HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | 選言効果の量子意思決定モデルによる分析 ： ニューカム問題を中心とした行動科学的研究 |
| Author(s) | 大村（石橋）, 伸恵 |
| Degree Grantor | 北海道大学 |
| Degree Name | 博士(文学) |
| Dissertation Number | 甲第12829号 |
| Issue Date | 2017-09-25 |
| DOI | https://doi.org/10.14943/doctoral.k12829 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/67906 |
| Type | doctoral thesis |
| File Information | Nobue_Ohmura.pdf |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文題目

# 選言効果の量子意思決定モデルによる分析：

# ニューカム問題を中心とした行動科学的研究

大村（石橋）　伸恵

# 目次


**１．序論 ..... 1**

**２．研究の背景 ..... 7**

**２-１．ニューカム問題 ..... 7**

２-１-１．期待効用原理 ..... 10

２-１-２．支配原理 ..... 11

２-１-３．期待効用原理から導かれる選択と支配原理から導かれる選択が一致しない意思決定問題 ..... 11

２-１-４．功利主義・帰結主義・因果関係と意思決定理論 ..... 14

２-１-５．von Neumann & Morgenstern（1953）の期待効用理論 ..... 16

２-１-６．Savage（1954）のベイズ意思決定理論 ..... 20

２-１-７．コルモゴロフ確率論 ..... 22

２-１-８．期待効用理論の統合 ..... 27

２-１-９．因果的意思決定理論 ..... 28

２-１-１０．証拠的意思決定理論 ..... 31

２-１-１１．利得表について ..... 34

２-１-１２．意思決定ツリー ..... 35

２-１-１３．ニューカム問題と囚人のジレンマの類似性 ..... 37

**２-２．選言効果・当然原理のやぶれ・全確率の法則のやぶれ ..... 40**

２-２-１．当然原理 ..... 40

２-２-２．当然原理と Savage の要請 2 と独立性公理 ..... 41

２-２-３．全確率の法則 ..... 43

2-2-4. 全確率の法則のやぶれ ..... 45
2-2-5. 「普通の」確率論と全確率の法則 ..... 45
2-2-6. 期待効用理論の前提・公理・原理のやぶれに関する研究の流れ ..... 48
2-2-7. 選言効果―実験的に示された当然原理のやぶれ― ..... 48
2-2-8. これまでに行われてきたニューカム問題の実験研究 ..... 57
2-2-9. 全確率の法則のやぶれの実験的検討 ..... 67
2-2-10. プロスペクト理論 ..... 73
2-2-11. アレのパラドクスとエルスバーグ問題―独立性公理のやぶれを示す意思決定問題― ..... 75

**2-3. 量子意思決定理論 ..... 79**

2-3-1. 意思決定理論になぜ量子理論をもちいるか ..... 81
2-3-2. 本研究で採用する量子意思決定モデル ..... 82
2-3-3. 量子的全確率の法則 ..... 83

**2-4. ニューカム問題・選言効果・量子意思決定理論の交差点 ..... 113**

**3. 本研究の目的と検討事項 ..... 114**

**3-1. 本研究の目的1：ニューカム問題に対する人々の反応について基礎的な知見を追加すること ..... 114**

3-1-1. 検討事項1－1）ニューカム問題における2箱選択者の割合 ..... 114
3-1-2. 検討事項1－2）closed boxのなかの利得の大きさだけを変化させることで選択がどのように変化するか ..... 115
3-1-3. 検討事項1－3）closed boxのなかの利得の大きさだけを変化させる場合に，提示順によって選択がどのように変化するか ..... 116
3-1-4. 検討事項1－4）open boxとclosed box両方の利得の比率を保ったまま変えると選択がどのように変化するか ..... 116
3-1-5. 検討事項1－5）箱の中身によって利得が生じる場合と損失が生じる場合とで選択がどのように変化するか ..... 116
3-1-6. 検討事項1－6）実験参加者の属性（所属学校・性別）によって選択が異なるか

.....116

**3-2．本研究の目的 2：ニューカム問題における選言効果（当然原理のやぶれ・全確率の法則のやぶれ）の度合いの検討..... 117**

3-2-1．検討事項 2－1）ニューカム問題における人々の選択は当然原理の前件を満たすか.....117

3-2-2．検討事項 2－2）ニューカム問題における人々の選択は全確率の法則をやぶるか―回答者間の平均値で検討―.....118

3-2-3．検討事項2－3）ニューカム問題における人々の選択は全確率の法則をやぶるか．―個人ごとに検討―.....120

3-2-4．検討事項 2－4）ニューカム問題における全確率の法則のやぶれ値は closed box のなかの利得の大きさを変化させることで変化するか.....121

3-2-5．検討事項 2－5）closed box のなかの利得の大きさだけを変化させる場合に，提示順によって全確率の法則のやぶれ値は変化するか.....121

3-2-6．検討事項 2－6）open box と closed box の両方の利得の比率を保ったまま変えた場合に全確率の法則のやぶれ値は変化するか.....121

3-2-7．検討事項 2－7）箱の中身によって正の利得が生じる場合と損失（負の利得）が生じる場合とで全確率の法則のやぶれ値は変化するか.....121

3-2-8．検討事項 2－8）実験参加者の属性（所属学校・性別）によって全確率の法則のやぶれ値は異なるか.....122

**3-3．本研究の目的 3：選言効果（全確率の法則のやぶれ）は量子意思決定理論において説明可能かどうかを検討..... 122**

3-3-1．検討事項 3－1）ニューカム問題での人々の選択は，Franco（2005）のモデルの量子的全確率の法則の等式を満たすか.....122

**3-4．本研究の目的 4：ニューカム問題と囚人のジレンマ問題との類似性を検討123**

3-4-1．検討事項 4－1）ニューカム問題での 2 箱選択率と囚人のジレンマ問題での非協力率は相関するか.....123

3-4-2．検討事項 4－2）ニューカム問題での全確率の法則のやぶれ値と囚人のジレンマ問題での全確率の法則のやぶれ値は相関するか.....126

3-4-3．検討事項 4－3）ニューカム問題における箱の中身についての予測と 2 箱選択率

は相関するか ..... 126

**3-5．本研究の目的5：ニューカム問題の選択と他の意思決定課題や心理尺度の得点との関係 ..... 127**

3-5-1．検討事項5−1）ハワイ問題とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか ..... 127

3-5-2．検討事項5−2）2段階ギャンブル問題とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか ..... 128

3-5-3．検討事項5−3）エルスバーグ問題とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか ..... 129

3-5-4．検討事項5−4）自由意志についての信念とニューカム問題における選択・全確率の法則のやぶれ値は相関するか ..... 131

3-5-5．検討事項5−5）認知欲求・認知的熟考の程度とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか ..... 134

3-5-6．検討事項5−6）超自然的信念とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか ..... 137

**4．実験概要 ..... 140**

**4-1．実験で用いた課題 ..... 140**

4-1-1．本研究で用いたニューカム問題 ..... 142

**5．実験の結果 ..... 146**

**5-1．目的1に対応する結果 ..... 146**

5-1-1．検討事項1−1）ニューカム問題における2箱選択者の割合 ..... 146

5-1-2．検討事項1−2）closed boxのなかの利得の大きさだけを変化させることで選択がどのように変化するか ..... 152

5-1-3．検討事項1−3）closed boxのなかの利得の大きさだけを変化させる場合に，提示順によって選択がどのように変化するか ..... 153

5-1-4．検討事項1−4）open boxとclosed boxの両方の利得の比率を保ったまま変え

ると選択がどのように変化するか.....155
5-1-5. 検討事項 1−5）箱の中身によって正の利得が生じる場合と損失（負の利得）が生じる場合とで選択がどのように変化するか.....156
5-1-6. 検討事項 1−6）実験参加者の属性（所属学校・性別）によって選択が異なるか.....157
**5-2. 目的 2 に対応する結果 ..... 159**
5-2-1. 検討事項 2−1）ニューカム問題における人々の選択は当然原理の前件を満たすか.....159
5-2-2. 検討事項2−2）ニューカム問題における人々の選択は全確率の法則をやぶるか. ―回答者間の平均値で検討―.....168
5-2-3. 検討事項2−3）ニューカム問題における人々の選択は全確率の法則をやぶるか. ―個人ごとに検討―.....177
5-2-4. 検討事項 2−4）ニューカム問題における全確率の法則のやぶれ値は closed box のなかの利得の大きさを変化させることで変化するか.....182
5-2-5. 検討事項 2−5）closed box のなかの利得の大きさだけを変化させる場合に，提示順によって全確率の法則のやぶれ値は変化するか.....183
5-2-6. 検討事項 2−6）open box と closed box の両方の利得の比率を保ったまま変えた場合に全確率の法則のやぶれ値は変化するか.....186
5-2-7. 検討事項 2−7）箱の中身によって正の利得が生じる場合と損失(負の利得)が生じる場合とで全確率の法則のやぶれ値は変化するか.....187
5-2-8. 検討事項 2−8）実験参加者の属性（所属学校・性別）によって全確率の法則のやぶれ値は異なるか.....188
**5-3. 目的 3 に対応する結果 ..... 190**
5-3-1. 検討事項 3−1）ニューカム問題での人々の選択は，Franco（2005）のモデルの量子的全確率の法則の等式を満たすか.....190
**5-4. 目的 4 に対応する結果 ..... 192**
5-4-1. 検討事項 4−1）ニューカム問題での 2 箱選択率と囚人のジレンマ問題での非協力率は相関するか.....192
5-4-2. 検討事項 4−2）ニューカム問題での全確率の法則のやぶれ値と囚人のジレンマ

問題での全確率の法則のやぶれ値は相関するか……192

5-4-3. 検討事項4−3）ニューカム問題における箱の中身についての予測と2箱選択率は相関するか……200

**5-5. 目的5に対応する結果……204**

5-5-1. 検討事項5−1）ハワイ問題とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか……205

5-5-2. 検討事項5−2）2段階ギャンブル問題とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか……208

5-5-3. 検討事項5−3）エルスバーグ問題とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか……212

5-5-4. 検討事項5−4）自由意志についての信念とニューカム問題における選択・全確率の法則のやぶれ値は相関するか……224

5-5-5. 検討事項5−5）認知欲求・認知的熟考の程度とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか……227

5-5-6. 検討事項5−6）超自然的信念とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか……230

**5-6. 結果のまとめ……236**

5-6-1. 目的1に対応する結果のまとめ：ニューカム問題に対する人々の反応について基礎的な知見を追加すること……236

5-6-2. 目的2に対応する結果のまとめ：ニューカム問題における選言効果（当然原理のやぶれ・全確率の法則のやぶれ）の度合いの検討……237

5-6-3. 目的3に対応する結果のまとめ：選言効果（全確率の法則のやぶれ）は量子意思決定理論において説明可能かどうかを検討……238

5-6-4. 目的4に対応する結果のまとめ：ニューカム問題と囚人のジレンマ問題との類似性を検討……239

5-6-5. 目的5に対応する結果のまとめ：ニューカム問題の選択と他の意思決定課題や心理尺度の得点との関係……239

**6. 考察……242**

6-1．ニューカム問題における人々の選択を測定する上での実験上の制約..... 242

6-2．ニューカム問題における人々の選択と金額条件―囚人のジレンマ問題との類似性―..... 245

6-3．ニューカム問題における人々の選択と箱の中身についての予測―囚人のジレンマ問題との類似性―..... 246

6-4．ニューカム問題と囚人のジレンマ問題の類似性..... 249

6-5．ニューカム問題の箱の中身があると既知の場合にも人々が 1 箱選択をするのはなぜか..... 251

6-6．ニューカム問題と他の意思決定問題や心理尺度との関係..... 252

6-7．ニューカム問題における選択確率や予測の確率を測定する上での検討事項..... 253

6-8．本研究で示された全確率の法則のやぶれ..... 254

6-9．本研究で示された量子意思決定理論の妥当性..... 257

6-10．量子的全確率の法則が個人のデータに合致しなかったのはなぜか..... 258

6-11．量子的モデルを認知や意思決定に用いるうえでの困難と今後の方向性.. 260

6-12．本研究の目的を満たす検討結果が得られたか..... 262

6-13．今後の研究の方向性..... 262

7．引用文献.....266

【本論文でもちいる用語の定義】

選択：人々がある状況でとる行動・判断・回答などのことを指す．本研究の実験上の操作では，実験参加者が，ある質問に対していくつかの選択肢の中から答えを選ぶことを指す．

選好：意思決定主体が，他のものに対して 1 つの対象またはいくつかの対象の集まりを選ぶことを選好するという．本論文では，A を B よりも選好することを $A \succ B$ とあらわし，A を B よりも選好する（A が B よりも好まれる、A is preferred to B）もしくは A と B が無差別であること（B を A よりも選好しないこと）を $A \succsim B$ とあらわし，A と B が無差別であることを $A \sim B$ とあらわす. $A \succ B$ は A が B よりも望ましいということや A が B よりも好ましいこと（A should be preferred to B）を意味しない．

効用：選好（being desired / preferred の関係）から推論される選択者の好みや帰結を望む感情のこと．本論文では選択 A に対する効用を U(A)とあらわす．ただし、好ましさや望ましさ（desirability）といった「選好するべき」（to be desired）という規範的な命題的態度は含まれない．

事象・世界の状態・条件・状態：意思決定をおこなう条件を指す．不確実性下の意思決定とは，条件が不明である場合の意思決定と言い換えることができる．（例：明日晴れるか晴れないかが不明な場合に，明日登山するかどうかを決める）

全称命題：対象とする集合のすべての元や部分集合についての命題．元や部分集合のうち 1 つでも命題を満たさないならば全称命題は偽である．

公理：理論を構成するために用いられる前提．

公理系：理論を構成する複数の公理たちの集まり．本研究では公理たちが互いに矛盾しないような公理系のみを公理系と呼ぶ.

理論：事象や概念に対する論理的な説明の試み，もしくは説明を目的としない公理系そのもののこと．公理系によって構成される理論と，公理系を持たない理論がある.

モデル：ある考えや概念などを数式や幾何学的な図形などであらわしたもの．公理系によって構成される理論をあらわすモデル，公理系によらない理論をあらわすモデル．論理的な根拠に依拠しないモデルがある．本論文では理論をあらわすモデルのことを理論モデルと呼ぶ.

規範的理論：ものごとがどうあるべきかを示す理論，観察された事象と比較するためにもちいる規準となる理論を規範的理論と呼ぶこともある.

記述的理論：理論から導かれる結論や予測が，観察された事象に合致するように構成された理論.

期待効用理論：不確実状況において得られる効用を最大化するための意思決定はどのようなものであるかを定めた規範的理論．本論文では，von Neumann & Morgenstern（1953）の理論とSavage（1954）の理論および，それを元に整理された考えを含めて期待効用理論と呼ぶ．期待効用理論は全称命題の公理系によって構成される理論である．期待効用の概念をあらわす数式を理論モデルとして持つ.

# 1．序論

本研究は，ニューカム問題（Newcomb's problem; Newcomb's paradox）という Nozick（1969）によって紹介された期待効用理論におけるパラドックスを題材としてとりあげながら，期待効用理論の記述理論としてのやぶれを実験的に示し，期待効用理論を一般化することでやぶれがおきないように拡張する理論的試みを検証するものである．期待効用理論とは不確実状況において得られる効用（帰結に対する好み・欲求などの感情）を最大化するための意思決定はどのようなものであるかを定めた規範的理論である．意思決定についての全称命題の公理系をもつ帰結主義的意思決定理論は，ほとんど期待効用理論に集約される，もしくはその一般化であるといえる．

期待効用理論は，von Neumann & Morgenstern（1944 / 1947 / 1953[1]）の期待効用理論と呼ばれる全称命題の公理系と，Savage（1954）のベイズ意思決定理論と呼ばれる全称命題の公理系の２つの理論にもとづいて整理されてきた公理論体系を指すことが多い（Ellsberg, 1961; Gilboa, 2009 など）．どちらの理論も，期待効用原理と支配原理と呼ばれる意思決定原理を含んでいる[2]のだが，ニューカム問題を解こうとすると，この 2 つの原理が対立してしまう（Nozick, 1969）．ニューカム問題の特異性は，選択肢と得られる結果の間に因果関係はないが強い相関関係があり，その相関は選択行動と結果に共通する原因があることで生じている点，そのため支配原理から導かれる選択と期待効用原理から導かれる選択が一致しない点にある（Nozick, 1969; Eells, 1982）．Nozick によるニューカム問題の議論を発端としてどちらの原理が優先されるべきかの議論がさかんにおこなわれてきた．帰結主義の観点からは，選択と結果の間に因果関係がないニューカム問題のような状況においては，支配原理を優先すべきであることが主張され，因果関係を考慮す

---

[1] 同じ書籍で版が異なる．本論文では常に最終版の 1953 年版を参照するため，以降は"von Neumann & Morgenstern（1953）"と記載する．

[2] 支配原理は Savage（1954）の当然原理から，期待効用原理も Savage の理論から導かれる(Gibbard & Harper , 1978).

る手続きを明示した因果的意思決定理論（Gibbard & Harper, 1978; Campbell & Sowden, 1985 など）が生まれた．一方，非帰結主義の観点からは，選択と帰結の間の因果関係を考慮せず期待効用原理を用いるべきであると主張され，相関関係にもとづいて選択を導く証拠的意思決定理論（Jeffrey, 1965[3]）が生まれた．その後，Savage の理論は帰結主義に則ったものであると指摘され，期待効用原理は支配原理から導かれることが示された（Eells, 1982; Hammond, 1988）．その結果，von Neumann & Morgenstern（1953）の期待効用理論と Savage（1954）のベイズ意思決定理論とそれらを整理したものがまとめて期待効用理論とよばれるようになり，不確実性下の意思決定理論の代表として扱われることが多くなった（Shafir & Tverksy, 1992; Stanovich & West, 1999; Goldberg, Markoczy & Zahn, 2005 など）．このように支配原理と期待効用理論の競合を生じさせる特殊な意思決定問題であるニューカム問題は，選択と帰結の間の因果関係は意思決定において考慮されるべきかを問う議論を巻きおこし，哲学・意思決定科学領域で重要な問題として扱われてきた（Campbell & Sowden, 1985; Spohn, 2012）．また，ニューカム問題は囚人のジレンマ問題と課題構造が類似している点でも注目されてきたが（Lewis, 1979; Brams, 1975），心理学領域ではあまり知られておらず[4]，ニューカム問題を課題として用いた実験は本研究以前に 3 つのみで（Shafir & Tversky, 1992; Stanovich & West, 1999; Goldberg et al., 2005），重要性に

---

[3] Jeffrey(1965)の第 2 版(Jeffrey, 1983)では，理論が拡張されニューカム問題に対しては因果的意思決定理論と同じ選択が導かれるようになった.

[4] ニューカム問題の心理学領域における認知度について：Web of science TM で"Newcomb problem / Newcomb paradox / Newcomb's problem / Newcomb's paradox"をキーワードに検索した結果，ニューカム問題に関する論文は 83 本あり，そのうち哲学分野(PHILOSOPHY & PUBLIC AFFAIRS, BRITISH JOURNAL FOR THE PHILOSOPHY OF SCIENCE, Synthese など)が 58 本，経済学の意思決定科学分野(JOURNAL OF ECONOMIC THEORY , Theory and Decision など)が 11 本，対して心理学分野(COGNITIVE PSYCHOLOGY , BEHAVIORAL AND BRAIN SCIENCES )の論文は 3 本だけであった.（検索対象期間：1900 年～2016 年 5 月 30 日，Book Review を除外，物性科学領域・数学領域・情報科学領域にはニューカム問題とは異なる意味を持つ Newcomb を含む用語があるためそれらを除外.）

比して実証研究に乏しい．そこで，ニューカム問題における人々の選択はどのようなものであるかを複数の実験から多角的に示すことを本研究の１つ目の目的とする．

ニューカム問題における因果性の議論とは別の問題として，期待効用原理と支配原理に共通する論理的な前提である当然原理（sure-thing principle; Savage, 1954）のやぶれが Tversky & Shafir（1992）によって実験的に示された[5]．当然原理とは「考えられるどの世界の状態においても x を y よりも選好するなら，世界の状態がどのようなものかわからなくても x を y よりも選好する」ことを示す．したがって当然原理のやぶれとは，世界の状態が A に確定している場合と，世界の状態が A 以外に確定している場合の両方において x を y よりも選好するのに，世界の状態が不明の場合には x を y よりも選好しないような人々の選択によって示される．Shafir & Tversky（1992）は，当然原理のやぶれを示す意思決定課題の一つとしてニューカム問題を用いたが，Shafir と Tversky が「当然」だと考えて検証しなかった点があるため，ニューカム問題における当然原理のやぶれはいまだはっきりとしめされていない．従って，ニューカム問題における当然原理のやぶれがあるかどうかをはじめてはっきりと示すことを本研究の目的の１つとする．

Savage（1954）や von Neumann & Morgenstern（1953）における確率についての前提・公理は，数学の標準的確率論であるコルモゴロフ確率論（Kolmogorov, 1933 坂本訳 2010）と同内容をもっており，当然原理は，コルモゴロフ確率論の公理から演繹される全確率の法則（law of total probability; LTP）の特殊例である（Khrennikov, 2010; 図 1）．期待効用理論もコルモゴロフ確率論も全称命題の公理系を持つので，記述理論としての正しさを検証するには，仮説演繹法にしたがって公理や公理から演繹される定理や法則などに反する事例があるかどうかを探せば良い．１つでも反証が示されれば公理は棄却される．従って，人間の意思決定が当然原理をやぶる事例が示されるならば，記述理論としての期待効用理論の公理が棄却されるうえ，全確率の法則もやぶられるため記述理論としてのコルモゴロフ確率論の公理も棄却される．期待効用理論

[5] Allais(1953)や Ellsberg(1961)が当然原理のやぶれを指摘したとする考え方もあるが，本研究では厳密にはそれぞれ独立性公理のやぶれと Savage の要請２のやぶれを指摘したものと考え区別する．

は個人の意思決定についての理論であるにもかかわらず，これまで個人の選択における全確率の法則のやぶれが検証されたことはない．また，集団の平均をもちいて全確率の法則のやぶれを検証した先行研究（Li, Wang, Rao, & Li, 2010; Cheon & Takahashi, 2012; Cheon & Takahashi, 2010 など）においても，全確率の法則の検証に必要な測定値が適切に用いられてきたとはいえなかった．従って，個人および集団の全確率の法則のやぶれを適切に検証することも本研究の目的の 1 つとする．

当然原理がやぶられる現象は Tversky & Shafir（1992）によって選言効果（Disjunction effect）と名付けられ，その後心理学や意思決定科学領域で多く報告されてきた（Tversky & Shafir,1992; Bar-Hillel & Neter, 1993; Croson, 1999 など）．これに対し，（当然原理を含む）全確率の法則のやぶれを説明する 1 つのアプローチとして，量子論を用いた量子意思決定理論（Khrennikov & Haven, 2009; Pothos & Busemeyer, 2009, Franco, 2009 など）が提案されてきた[6][7]．量子意思決定理論では，コルモゴロフ確率論を一般化した性質をもつ量子確率論（Khrennikov, 2010; von Neumann, 1932）が用いられている．コルモゴロフ確率論は事象を集合として表現するのに対し，量子確率論は事象をベクトルとして表現するため，古典的意思決定理論に比べて不確実状況における実際の人々の選択を包含する範囲が広い．これまで，量子意思決定理論モデルをもちいることで全確率の法則のやぶれがみられなくなることが示されてきた（Pothos & Busemeyer, 2009; Busemeyer, Wang, & Lambert-Mogiliansky, 2009; Cheon & Takahashi, 2010 など）が，ニューカム問題における全確率の法則のやぶれが取り上げられたことはない．さらに前述のように，

---

[6] 本研究であつかう量子意思決定理論は，量子メカニクス（QM; 情報処理を担っているのが量子的物理現象であるというモデル; Penrose 1989）ではなく，量子的モデル（quantum-like model; Khrennikov(2002) が考えた概念; 量子的統計モデルとして心理学や認知科学領域で使われてきている; Khrennikov 2002; Busemeyer, Wang & Townsend, 2006; Acacio de Barros & Suppes 2009; Khrennikov & Haven 2009; Cheon & Takahashi 2010 など）である．

[7] 本研究では，数式モデルに，観察された人々の選択を変数として代入した時に数式が成立することを「説明する」と記述する．

これまでは集団の平均データを用いて全確率の法則のやぶれが検討されてきたが, 個々人の選択に対しては検討されてこなかった. そこで, ニューカム問題における集団の平均的選択および個人の選択の両方を対象として量子意思決定理論モデルの当てはまりを検証することを本研究の目的の 1 つとする.

ここまでに述べた本研究の目的は 3 つである. (1) 意思決定研究分野における重要度に反して実証研究に乏しいニューカム問題において, 人々はどのような選択するのかという基礎的な知見を追加する. (2) ニューカム問題を題材にして個人および集団の全確率の法則のやぶれを適切に検証する. (3) ニューカム問題における集団の平均的選択および個人の選択の両方を対象として量子意思決定理論モデルの当てはまりを検証する.

さらに追加的な目的を 2 つ設定する. まず, ニューカム問題は囚人のジレンマ問題と課題構造が類似している点でも注目されてきたが, 2 つの課題における個人の選択が一貫するのかどうか, 安定した結果が得られていない. そこで, 本研究の 4 つ目の目的は, ニューカム問題と囚人のジレンマ問題の類似性について新しい知見を加えることとする. 最後に 5 つ目の目的を, ニューカム問題と同時に当然原理のやぶれが指摘されてきた意思決定問題や心理尺度についても実験を行い, ニューカム問題に対する選択との関連を検討することとする.

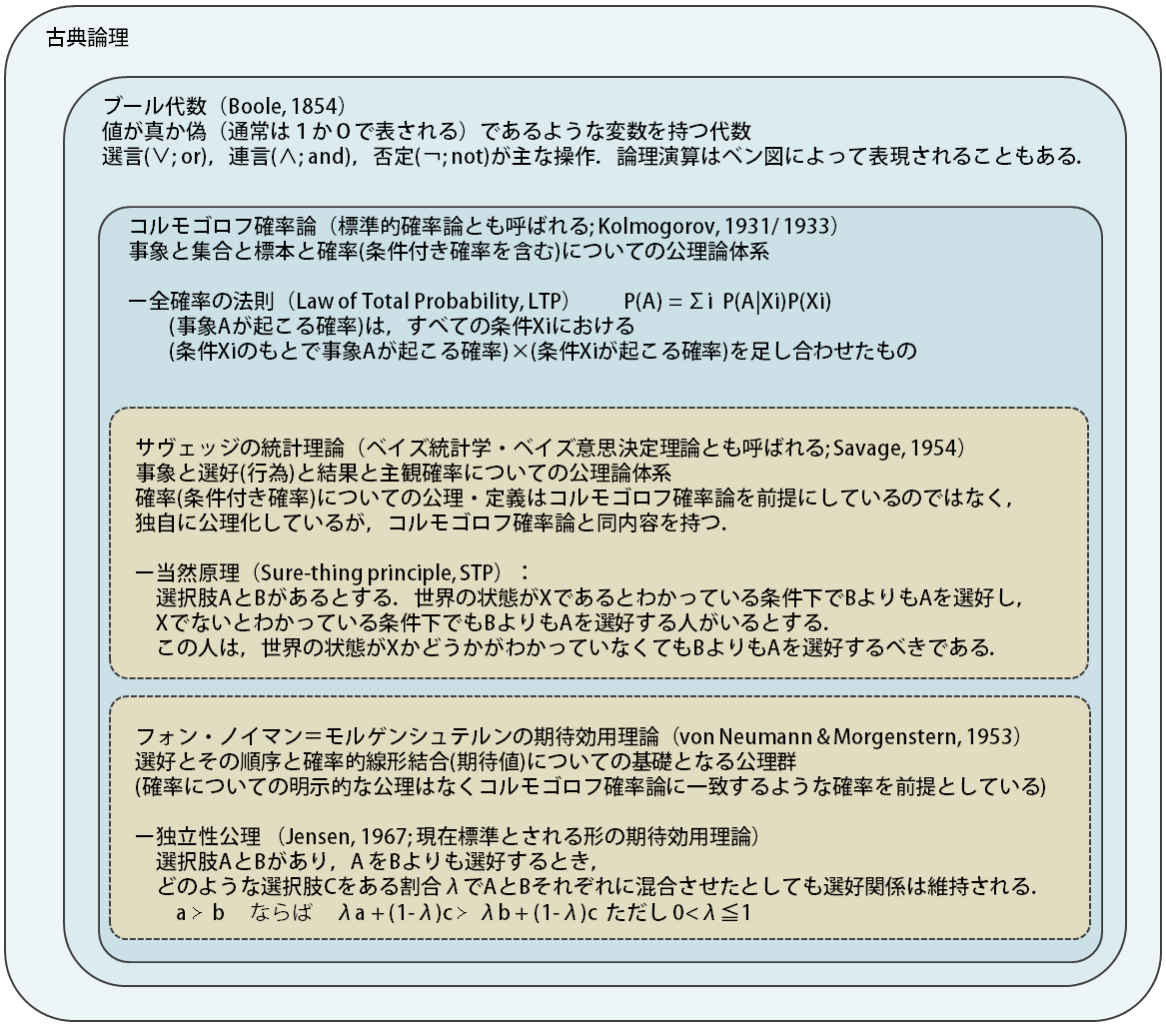



図 1 事象と確率についての公理系の包含関係を表すベン図：より大きな集合はより小さな集合の理論的前提となっている

# 2．研究の背景

本研究では，不確実性下の意思決定問題の題材としてニューカム問題をとりあげ，その背景にある理論的な問題である選言効果・当然原理のやぶれ・全確率の法則のやぶれを実験的に観察し，それらのやぶれを理論内に取り込むことを目指して提案された意思決定理論の一つである量子意思決定理論の適用を検討する．本研究で扱う題材・従来の理論と理論的問題・新しい理論について順に説明していく．

2-1ではまず，Nozick（1969）に端を発するニューカム問題とその議論を紹介し，ニューカム問題の解について対立する因果的意思決定理論と証拠的意思決定理論，そして論争を通じて整理されてきたSavage（1954）とvon Neumann & Morgenstern（1953）の期待効用理論を概観する．

2-2では，Tversky & Shafir（1992）によって指摘された当然原理のやぶれ，そして当然原理の一般化に相当する全確率の法則とそのやぶれについて紹介する．これまでに行われてきた実験の結果と当然原理のやぶれを説明しようとする試みについても述べる．

2-3では，当然原理のやぶれを説明しようとする理論の1つである量子意思決定理論を紹介する．特に，本研究の実験的検討のために採用したFranco（2009）のモデルを詳細に説明する．

## 2-1．ニューカム問題

ニューカム問題とは，政治哲学者のRobert Nozickがプリンストン大学の博士課程の学生であった時に，友人の物理学者であるMartin David Kruskalから聞いた問題である．問題を作ったのは物理学者のWilliam Newcombであった．Nozickはこの問題に強く興味をひかれ，Newcombや指導教員のPaul Benacerrafなどとこの問題を議論し，意思決定の規範理論について論じた彼の博士論文（Nozick, 1963）の一部としてニューカム問題を紹介した．その後，Nozickはニュー

カム問題について掘り下げた論文を発表した（Nozick, 1969）[8]．それは以下のような問題であった（原文は付録参照）．

**【Nozick（1969）で紹介されたニューカム問題】**

**あなたの選択を予測する能力を持つ「ある存在」がいるとしよう．（SF にでてくる宇宙人のように，進んだ科学技術を持ち人間に対して友好的な存在を考えてもよい．）過去に「ある存在」はあなたの選択をたびたび正しく予測してきたことをあなたは知っている．（また，これまでのところあなたが知るかぎりでは 1 度も予測が当たらなかったことがない．）さらに，「ある存在」はこれから説明する状況で，あなた以外の人々の選択もたびたび正しく予測してきたこともあなたは知っている．その人々の多くはあなたと似たような人だった．**
**これらのことから，次の状況におけるあなたの選択に対する「ある存在」の予測は，ほぼ確実に正しいとあなたが信じるに値する．**
**B1 と B2 の 2 つの箱があり，B1 には千ドルが入っていて，B2 には百万ドルが入っているか空（0 ドル）のどちらか．**
**B2 の中身がどのように決まるかはこのあと説明する．**

**（B1）{千ドル}　　（B2）{百万ドル or0 ドル}**

**あなたは次の 2 つの行為のうちどちらかを選択する．**
**（1）両方の箱の中身を取る**
**（2）B2 の中身だけを取る**

---

[8] Nozick（1991）には，ニューカム問題をはじめて紹介したのは（Nozick(1963)ではなく）Nozick(1969)であると書かれている．

**さらに「ある存在」は，あなたが以下の情報を知っていることを知っている．**

**（I）もし「ある存在」が，あなたは両方の箱の中身を取ると予測したら，B2 の中に百万ドルを置かない．**

**（II）もし「ある存在」が，あなたは B2 の中身だけを取ると予測したら，B2 の中に百万ドルを置く．**

**次のようにするとしよう．まず「ある存在」が予測を行う．そして，その予測に従って B2 に百万ドルを置く，もしくは何も置かない．そのあとあなたが選択を行う．あなたはどちらを選ぶか？**

Nozick は，この問題に対する選択について，以下の 2 つのもっともらしい直感的な議論が考えられると説明した．

議論 1【1 箱選択・B2 の中身だけを取る】：もし私が 2 箱を取ったら，ほとんど確実に B2 の中身は空だろう．もし私が 1 箱を取ったら，ほとんど確実に B2 の中身は百万ドルだろう．だから私は 1 箱だけを取るべきだ．追加的な理由―これまでのところ全員の予測があたっているというが，私だけが特別と考える理由はない．また，だれかが両方の箱を選んだあと，箱の中身が知らされるまで時間があるとして，その人が千ドルを受け取るかどうかの賭けを私がするとしたら，かなり千ドルの確率が高いと考えるだろう．

議論 2【2 箱選択・両方の箱の中身を取る】：この存在はすでに予言を終えて，箱のなかには百万ドルが置かれている，もしくは空になっている．箱の中身が百万ドルだとしても空だとしても，すでに中身は確定している．だとしたら，両方の箱を取るほうが 1 箱だけの場合より常に千ドル多い．だから私は両方の箱を取るべきだ．追加的な理由―B1 には千ドルはいっているのが明

らかなのだから取るべきだ．B2 に百万ドルが入っているかどうかはわからない．また，箱の中身を知っている友人がいるとしたら，その友人は私に両方の箱をとってもらいたいと思っているはず．もうすでに箱の中身は決まっているのだから．

Nozick が友人や学生などにこの問題を出してみたところ回答はほぼ半分に割れた．しかも多くの人は「自分と反対の考え方をする人はバカだと考えていた」という．Nozick（1969）は，この 2 つの議論は期待効用理論（von Neumann & Morgenstern, 1953; Savage, 1954）の前提である期待効用原理と支配原理それぞれに対応していることを示した．

### 2-1-1．期待効用原理

期待効用原理（expected utility principle）とは，取りうる行為（actions）のなかで，期待効用（expected utility）が最大となる行為をとるべきであるという，いくつかの異なる行為についての選択を制御する原理の 1 つである．互いに排他的な結果$O_1, \ldots, O_n$をそれぞれ確率$p_1, \ldots, p_n$でもたらす行為 A の期待効用は，

$$U(A) = \sum_{i=1}^{n} p_i \times u(O_i) \text{ ただし} \sum_{i=1}^{n} p_i = 1 \tag{1}$$

であらわされる．もしくは，行為 A を行った場合に結果$O_i$が得られる確率を$P(O_i|A)$のように条件付き確率としてあらわすと，行為 A の期待効用は，

$$U(A) = \sum_{i=1}^{n} P(O_i|A) \times u(O_i) \text{ ただし} \sum_{i=1}^{n} P(O_i|A) = 1 \tag{2}$$

となる（）．

### 2-1-2. 支配原理

支配原理（dominance principle）とは，可能な世界の状態がいくつかあり，行為 A が行為 B を弱支配しているならば，A が行為されるべきであるという，いくつかの異なる行為についての選択を制御する原理の 1 つである.

可能な世界の状態それぞれにおいてある人が行為 A の帰結を行為 B の帰結よりも選好するか無差別（$A \succsim B$）であり，そのうち 1 つ以上の世界の状態において行為 A の帰結を行為 B の帰結よりも選好（$A \succ B$）する場合，その場合に限り，その人にとって行為 A が行為 B を弱支配するという．弱支配する行為を，支配行為・支配選択・支配戦略などとよぶ．支配行為が存在しない問題状況もある.

### 2-1-3. 期待効用原理から導かれる選択と支配原理から導かれる選択が一致しない意思決定問題

例えば，A と B を行為，X と not-X を世界の状態とする．もし行為がなされ世界の状態がはっきりし, その帰結によって得られた効用とそれぞれの状態が得られる確率がつぎのように数字で与えられるとする.

表 1　2 つの行為 A，B と 2 つの世界の状態 X，not-X（行為の帰結）についての利得表（利得と確率）

| 帰結 o に対する効用 U の大きさ<br>（その行為を取った時に<br>その世界の状態が得られる条件付き確率） | 世界の状態 X | 世界の状態 not-X |
|---|---|---|
| 行為 A | 8（0.9） | 3（0.1） |
| 行為 B | 10（0.2） | 4（0.8） |

世界の状態が X の場合でも not-X の場合でも行為 B を行うことで得られる帰結に対する効用の方が行為 A によるものよりも大きい（$U(A) < U(B)$）ので，支配原理に従うならば，行為者は A

よりもBを行うべきである.（この状況では，どちらの世界の状態でもBの効用の方がAの効用よりも大きいためBはAを強支配しているという.）

次に，世界の状態Xとnot-Xの起こりやすさについて考えてみる．行為者がAを行うとかなりの確率で世界がXとなり,Bを行うとかなりの確率で世界がnot-Xとなると信じているとする．その場合，Aを選択すると8を得て，Bを選択すると4が得られる確率がかなり高い．Aの期待効用は

$$\mathrm{U(A)} = \mathrm{P(X|A)} \times 8 + \mathrm{P(notX|A)} \times 3 \quad (3)$$

$\mathrm{P(X|A)} = 0.9, \mathrm{P(notX|A)} = 0.1$ なので

$\mathrm{U(A)} = 0.9 \times 8 + 0.1 \times 3 = 7.5$

と計算され，Bに対する期待効用は，

$$\mathrm{U(B)} = \mathrm{P(X|B)} \times 10 + \mathrm{P(notX|B)} \times 4 \quad (4)$$

$\mathrm{P(X|B)} = 0.2, \mathrm{P(notX|B)} = 0.8$なので

$0.2 \times 10 + 0.8 \times 4 = 5.2$

と計算される．$\mathrm{U(A)} > U(\mathrm{B})$なので，期待効用原理に従うならばBよりもAを行うべきである．

次にニューカム問題における期待効用は以下のように示される．2種類の行為（1箱選択と2箱選択）それぞれにおける2種類の結果それぞれで得られる金額と確率をまとめると次のようになる．

表 2 ニューカム問題における利得表（利得と確率）

| 得られる金額<br>（その選択をした時にその金額が<br>得られる条件付き確率） | 箱 B2 の中身が<br>百万ドル | 箱 B2 の中身が<br>0 ドル |
|---|---|---|
| 1 箱選択 | 百万ドル（高確率） | 0 ドル（低確率） |
| 2 箱選択 | 百万千ドル（低確率） | 千ドル（高確率） |

B2 の中身が百万ドルの場合でも 0 ドルの場合でも 2 箱選択によって得られる金額の方が 2 箱選択によるものよりも大きいので，支配原理に従えば行為者は 1 箱選択よりも 2 箱選択をすべきである．

一方，これまでの予測結果から 1 箱選択をすると高い確率で B2 の中身が百万ドルで，2 箱選択をすると高い確率で B2 の中身が 0 ドルであったことをあなたは知っているので，これから行うあなたの選択についても高い確率で予測が当たるだろうと考えるとする．また，受取る金額に対する効用はここでは金額と線形変換の関係にあると仮定する．すると，1 箱選択に対する期待効用は

$$
\begin{aligned}
&\mathrm{U}\left(1\text{ 箱選択}\right) \qquad (5)\\
&=\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が百万ドル}\middle|1\text{ 箱選択}\right)\mathrm{U}\left(\text{百万ドル}\right)\\
&+\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が }0\text{ ドル}\middle|1\text{ 箱選択}\right)\mathrm{U}\left(0\text{ ドル}\right)\\
&\text{この時}\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が百万ドル}\middle|1\text{ 箱選択}\right)\cong 1\text{ かつ }\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が }0\text{ ドル}\middle|1\text{ 箱選択}\right)\cong\\
&0\text{ なので}\\
&\mathrm{U}\left(1\text{ 箱選択}\right)\cong\mathrm{U}\left(\text{百万ドル}\right)
\end{aligned}
$$

となり，2 箱選択に対する期待効用は，

$$
\begin{aligned}
&\mathrm{U}\left(2\text{箱選択}\right) \qquad (6)\\
&=\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が百万ドル}\middle|2\text{箱選択}\right)\mathrm{U}\left(\text{百万千ドル}\right)\\
&+\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が}0\text{ドル}\middle|2\text{箱選択}\right)\mathrm{U}\left(\text{千ドル}\right)\\
&\text{この時}\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が百万ドル}\middle|2\text{箱選択}\right)\cong 0\text{ かつ }\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が}0\text{ドル}\middle|2\text{箱選択}\right)\cong\\
&1\text{なので}\\
&\mathrm{U}\left(2\text{箱選択}\right)\cong\mathrm{U}\left(\text{千ドル}\right)
\end{aligned}
$$

となる．$\mathrm{U}\left(\text{百万ドル}\right)>U\left(\text{千ドル}\right)$なので，1 箱選択に対する期待効用のほうが 2 箱選択に対する期待効用よりも大きい．従って，期待効用原理に従えば 1 箱選択をすべきである．

Nozick（1969）は，ニューカム問題は「選択と得られる帰結の間に因果関係はないが，強い相関がある（確率的に独立ではない）」，かつ「選択と帰結それぞれに共通する原因（common cause）が相関の強さを作り出している」意思決定問題であると整理している．この議論を受けて Gibbard & Harper（1978）は因果的意思決定理論を提案し，選択と帰結の間の因果関係がない場合の期待効用は条件付き確率（例：P(箱の中身がある|1 箱選択) ）ではなく条件なし確率（例：P(箱の中身がある) ）をもちいるべきであることを示した．さらに，Eells（1982）は共通原因がある場合の因果的意思決定理論の適用について議論し，共通原因があっても因果関係がないのであればやはり条件なし確率をもちいるべきであるとした．一方，因果があるかどうかにかかわらず期待効用原理を用いるという証拠的意思決定理論を Jeffrey（1965）が提案している．これらの議論とその結果整理されていった意思決定理論の大きな前提について説明していく．

### 2-1-4．功利主義・帰結主義・因果関係と意思決定理論

功利主義（utilitalianism）とは，最大の善（good）もしくは効用（utility）をもたらす行為が道徳的に正しいとする考え方である（Sinnott-Armstrong, 2015）．何を善とみなすかは様々な見解があるが，はじめて効用についての見解を体系的に整理したのはベンサム（Bentham, 1789）であった．ベンサムは，快（pleasure）が本質的な唯一の善であり，苦（pain）が本質的な唯一

の悪（bad）であり，行動が効用を最大化（善の総量から悪の総量を引いた量を，取りうる全ての行動の中で最も大きく）するときそのときに限り倫理的に正しいとした[9].

功利主義は帰結主義的な規範体系のうちの典型的な事例であると言える（Sinnott-Armstrong, 2015）．帰結主義とは，規範の特性は帰結のみに依存するという考えである．功利主義と対立する考えとしては，神によってもたらされた価値観（例：「他者の幸福を自分の幸福とする」）における善を最大化するものがある．ベンサムは，快と苦が，我々は何をすべきか何をするかを支配していて，それは原因と結果の連鎖から生じるものであり，正（right）と誤（wrong）の判断を生じさせるものでもあると考えた[9].

ベンサムの考えは，感情も欲求も自由意志も自然法則に法った因果の鎖でつながっているという意味で決定論的だとするホッブズ（Hobbes, 1651 / 1968 水田訳 1992）の考え方にもとづいている．またベンサムは，人間に存在する自由意志は自然法則と矛盾せずに生じる欲求をみたす心の働きだと考えており，因果関係のつらなりとしての人間の生命活動のなかに快や苦の感情がうまれ，そこから必然的に生まれるのが自由意志であるとする両立主義（compatibilism）の立場を取る[10]（図 2，図 3）.

Savage（1954）の理論では因果関係を前提とすることが明示されていないが，「状態から結果への関数が行為である」と定義されている．これは古典的な帰結主義者であったベンサムの考えとも一致するものであり，因果関係を前提とする理論であると捉えられている（Eells, 1982）．この前提は von Neumann & Morgenstern（1953）の理論についても同様であるとみなされている（Hammond, 1988）．従って，これら期待効用理論は功利主義および帰結主義を前提とするも

---

9 Jeremy Bentham, The Principles of Morals and Legislation (1789) Ch I, p 1 本文の冒頭の部分より
"Nature has placed mankind under the governance of two sovereign masters, *pain* and *pleasure*. It is for them alone to point out what we ought to do, as well as to determine what we shall do. On the one hand the standard of right and wrong, on the other the chain of causes and effects, are fastened to their throne. They govern us in all we do, in all we say, in all we think"

10 両立主義と対立するのが，自由意志（心）は物質的な決定論によって生じるものではないとする考え方で，デカルト(René Descartes, 1596-1650)は心身二元論などにもとづいた，非両立主義的（imcompatibilistic; 非決定論的; Nondeterministic）自由意志を論じた.

のと捉えられる（図 4）.




図 2　自然科学的（古典力学的）な因果の鎖をあらわす概念図

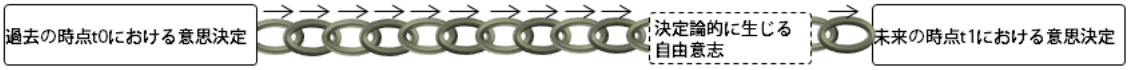



図 3　ベンサム・ホッブズらによる決定論的自由意志の概念図．自由意志は自然科学的な因果の鎖の中に位置づけられている.

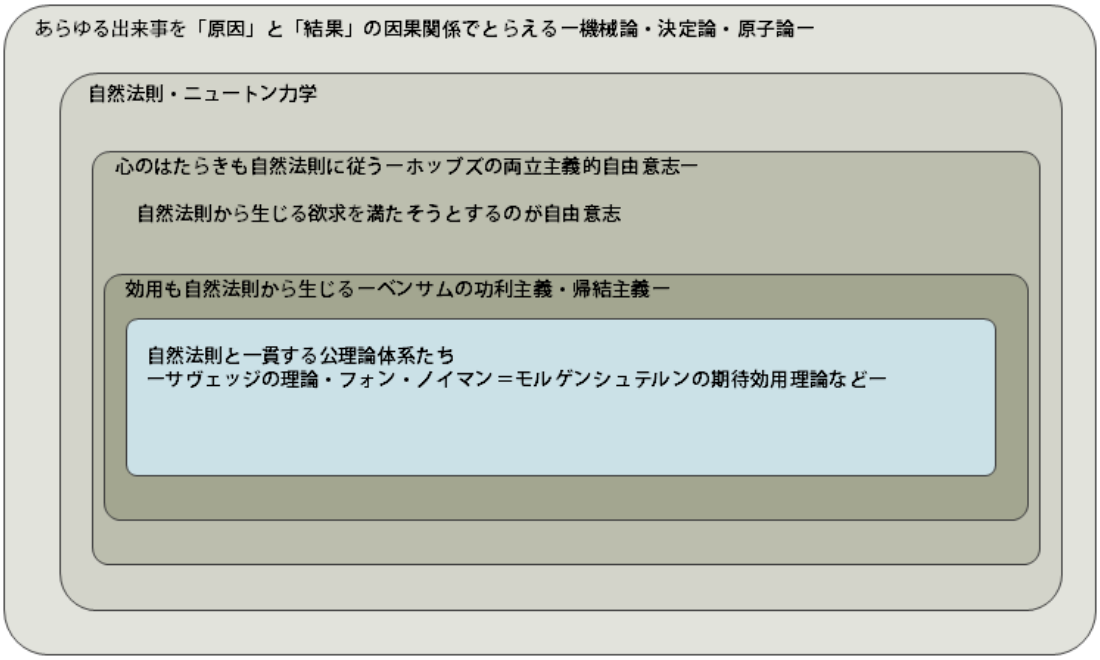



図 4　期待効用理論とそれらの前提の包含関係をあらわすベン図．より大きな集合はより小さな集合の理論的前提となっている

### 2-1-5．von Neumann & Morgenstern（1953）の期待効用理論

von Neumann & Morgenstern（1953）は，ゲーム理論の体系を著した書籍として有名であり，「最大の効用を得ようとする個人の努力を正確に書きあらわす」ことを目的としていると冒頭に記載されている．von Neumann らは効用とはある対象を他の対象よりも好む直接的な感覚であ

ると述べ,「最大の効用を得る」とはどのようなことかを全称命題の公理としてまとめた部分が,後に期待効用理論とよばれるようになった．期待効用理論の公理は以下のようなものである.

u, v, w,... が存在する体系 U を考え，U の中では u ＞ v という関係が与えられ任意の数 $\alpha$ (0＜ $\alpha$ ＜1)に関して $\alpha$u＋(1-$\alpha$)v～w という関係が与えられるとする. これらの概念は次の公理を満たしている.

(1:A) u ＞ v は U の全順序である

このことは，u ＞ v なら v＜u と書くことを意味している．そうすれば,

(1:A:a) 任意の 2 つの u,v に関して次の 3 つの関係のうちのただ 1 つだけが成り立つ：

u～v, u ＞ v , u＜v ※個人の選好の体系を完全にする公理．無差別曲線でも仮定している

(1:A:b) u ＞ v, v ＞ w なら u ＞ w となる

(1:B) 順序と結合

(1:B:a) u＜v なら u＜ $\alpha$u＋(1-$\alpha$)v

(1:B:a*)これは次のことを述べたものである．すなわち，もし v が u よりも好まれる（ u＜v ）ならば，v と u をある割合で混ぜ合わせたものも u より好まれる.

(1:B:b) u ＞ v なら u ＞ $\alpha$u＋(1-$\alpha$)v

(1:B:c) u＜w＜v なら $\alpha$u＋(1-$\alpha$)v＜w なる $\alpha$ が存在する

(1:B:c*)これは次のことを述べたものである．すなわち，もし v が w よりも好まれ w が u よりも好まれる時には，v と u をある割合で混ぜ合わせると w と無差別になる（連続性の仮定）.

(1:B:d) u ＞ w ＞ v なら $\alpha$u＋(1-$\alpha$)v ＞ w なる $\alpha$ が存在する

(1:C) 結合に関する代数

(1:C:a) $\alpha$u＋(1-$\alpha$)v～(1-$\alpha$)v＋ $\alpha$u

(1:C:b) $\alpha(\beta u+(1-\beta)v)+(1-\alpha)v \sim \gamma u+(1-\gamma)v$ ただし$\gamma \sim \alpha\beta$である

後に，この公理が Jensen（1967）によって以下のように整理された.

S が確率分布の集合であるとすると，そのような集合の制約は以下の様なものである.

公理１　完全性公理：S は $\succsim$ で表される完全な順序を持つ．S の要素 b ( $b \in S$ )の全てについて，$a \succ b \succ c$ となるような 2 つの要素 $a, c \in S$ が存在する[11].

公理２　連続性公理：もし $a, b, c \in S$ であり，$a \succ b$ かつ $b \succ c$ ならば，以下のような関係をもつ数値 $\lambda, \mu$ （ $0<\lambda, \mu<1$ ）が存在する.

$\lambda a+(1-\lambda)c \succ b, b \succ \mu a+(1-\mu)c.$

公理３　独立性公理：もし $a, b \in S$ であり，$a \succ b$ ならば，すべての $c \in S$ について，すべての $\lambda$ （$0<\lambda \leqq 1$）は以下のようになる

$\lambda a+(1-\lambda)c \succ \lambda b+(1-\lambda)c$

公理３’　:もし $b_i, b \in S$ であり，すべての $i(=1,2,\cdots)$について $b_i \succsim b$ ならば，$\sum_{i=1}^{\infty} \lambda_i b_i \succsim b$

ここで $\lambda i$ は $\lambda i \geqq 0$ でありすべての $\lambda i$ を足し合わせると 1 になるものとする.

これらの公理は，効用関数が存在するならば常に S について真である.

公理から導かれる定理

定理１：すべての $a, b, c \in S$ について

a　反射性： $a \succsim a.$

[11] S は無限集合である．弱順序（ $\succsim$ ）ではなく強順序（ $\succ$ ）が用いられているのは，１）S の全ての元が互いに無差別である数学的可能性を避けるため，２）S が最大の元と最小の元を持つ数学的可能性を避けるためである.

b： もし a ≻ b ならば，b ≻ a ではない.

c： もし a ≻ b ならば，a ≿ b であり，a ~ b ではない.

d ≻ の推移性： もし a ≻ b かつ b ≻ c ならば，a ≻ c.

e ~ の推移性： もし a ~ b かつ b ~ c ならば，a ~ c.

f：もし a ≻ b かつ b ~ c ならば，a ≻ c.

g：a ≻ b, a ~ b, a ≺ b のうちのいずれか 1 つが成り立つ.

定理 2 単調性の定理：もし a ≻ b ならば，$1 \geqq \lambda > \mu \geqq 0$ である時その時に限り

$\lambda a+(1-\lambda)b \succ \mu a+(1-\mu)b$

である.

定理 3 当然原理：もし a ≻ b ならば，どのような $\lambda(0 < \lambda < 1)$についても，

$a \succ \lambda a+(1-\lambda)b$ かつ $\lambda a+(1-\lambda)b \succ b$

である．これらはそれぞれ定理 2 における $\lambda=1, \mu=0$ の特殊例である.

von Neumann らと Jensen が用いている確率は観察される頻度をあらわす客観確率である.「普通の」確率（コルモゴロフ確率論の確率）の概念を所与として，期待効用がどのように決まるかが公理化されている．von Neumann らの理論では（1:B），jensen の理論では公理 2 において，効用は確率によって線形結合されることが示されている．このことから，確率は加法定理を満たすような普通の確率（コルモゴロフ確率論の確率）であることがわかる．一方，以降に説明する Savage（1954）の理論は主観確率を用いている点が von Neumann & Morgenstern（1953）と大きくことなる点である.

### 2-1-6. Savage（1954）のベイズ意思決定理論

Savage（1954）の理論は不確実な状況における数学的に厳密な統計的意思決定の統一理論を提供しようとする試みであった．von Neumann & Morgenstern（1953）の効用関数の考え方にもとづいて，主観確率という新たな概念を統合させてつくられたため，この理論は確率についての公理と効用についての公理の両方を含む全称命題の公理系となっている．意思決定者が経験にもとづいて主観確率を形成するプロセスを，ベイズの定理（Bayes & price, 1763）をもちいて記述したことから Savage（1954）の理論はベイズ意思決定理論とよばれるようになった．Savage の公理は以下のようなものである．

**状態の集合 S は発生する可能性のあるあらゆるシナリオを網羅的にまとめたリストであるとする．それぞれの状態 s では不確実性が解消されているとする．状態の集合の部分集合 A⊂S を事象とよぶ．結果の集合を X とする．ある結果 x∈X は，それがある人の意思決定に関係している限り，その人の幸福に関係のある全ての事柄を特定化するものと仮定する．行為 F は状態 S から結果 X への関数として定義される．**

**要請 1（P1）：関係 ≲ は行為の間の単純な順序である．**

**当然原理：任意の事象 B⊂S が起こると知っている場合も，事象 not-B⊂S（事象 B の補集合）が起こると知っている場合も任意の行為 f と g についての選好が f ≲ g である人は，事象 B が起こるかどうかにかかわらず f ≲ g である．**

**要請 2（P2）：行為 f，g，f′，g′について，**

**1) B⊂S が生じる場合に f ~ f′，g ~ g′であり，**

**2) not-B⊂S が生じる場合に f ~ g，f′ ~ g′であり，**

3) **f** ≲ **g** であるならば，

**f′** ≲ **g′**である．

要請 3（P3）：もし事象 B が空集合でなく，行為 **f** の結果を $O_f$ 行為 **g** の結果を $O_g$ とするならば，$O_f \lesssim O_g$ である時その時に限り，事象 B において **f** ≲ **g** である．

要請 4（P4）：事象 A と B，行為 **fA**，**fB**，**gA**，**gB**，結果 f，f′，g，g′について，

1) f′ ≺ f，g′ ≺ g，

2a) 全ての s∈A において fA(s) = f，gA(s) = g，全ての s∈not-A において fA(s) = f′，gA(s) = g′，

2b) 全ての s∈B において fB(s) = f，gB(s) = g，全ての s∈not-B において fB(s) = f′，gB(s) = g′，

3) **fA** ≲ **fB**

ならば，**gA** ≲ **gB** である．

要請 5（P5）：f′ ≺ f であるような結果 f と f′の対が少なくとも 1 つはある．

状態の集合 S における確率測度は S の部分集合 B に実数を与える関数 P(B)である．

1. すべての B について P(B)≧0
2. もし，B かつ C が空集合ならば，P(B または C)＝P(B)+P(C)
3. P(S)=1

要請 6（P6）：**g** ≲ **h** が偽だとしよう．そのとき，すべての f について，次のような S の部分空間が存在する．もし，**g′**と **h′**の f が等しいようなある任意の元以外において **g′** ~ **g** か

**つ h′～h ならば，g′≲h も g≲h′も偽である．**

**要請 7（P7）：もし事象 B のすべての s∈B において f≲g(s)ならば，事象 B において f≲g である．**

要請 4 と要請 6 はそれぞれ，ある行為の結果が他方よりも得られそうだと信じる（質的主観確率）ことと，得られそうだと信じる度合い（量的主観確率）を定めている．そして，要請 6 に先行して，どのような確率をもちいるかを Savage は述べている．確率は 0 以上 1 以下の値を取ること，確率は集合に対して割り当てられること，和集合に対しては確率の和が割り当てられることである．これは，「普通の」確率（コルモゴロフ確率論の確率）を前提とすることを意味し，次に説明するコルモゴロフ確率論がもつ確率の公理と同内容を持つ．

### 2-1-7．コルモゴロフ確率論

コルモゴロフ確率論（Kolmogorov, 1933 坂本訳 2010）は，数学の一分野として確率論を構築するために提示され，歴史上はじめて広く受け入れられるようになった確率論の公理論体系である．20 世紀になって作られたコルモゴロフ確率論は，唯一の確率論であるというよりは，それまで公理論体系にまとめられていなかった「普通の・古典的な」確率の考え方をまとめさらに数学として発展させたものだといえる．そのため「普通の」確率論を指すときにコルモゴロフ確率論に代表させることが多い．コルモゴロフの公理論化に至るまでは，以下のように数百年にわたる確率の理論的発展があった．

まず，体系化されていない確率論の初期の議論としては 16 世紀から 17 世紀にかけてのカルダノの手稿やパスカルとフェルマーの往復書簡が知られている．続いてホイヘンスによる確率計算の定式化やヤコブ・ベルヌーイによる大数の法則（中心極限定理）の定式化，ダニエル・ベルヌーイによる精神的期待値（効用）の概念の提示といった重要な基礎的な枠組みが作られてきた．さらに，18 世紀から 19 世紀にかけてはド・モアブルによって事象の独立性，期待値，条件付き

確率の概念が入念に整理され，二項定理の正規近似が示され，ベイズによってベイズの定理が示され，ラプラスとガウスによって誤差と正規分布についての解析が行われ，マルコフによってマルコフ連鎖の概念が導入されエルゴード原理が証明された．このように，コルモゴロフ確率論の成立までには統計学的な重要概念が多く提示されてきていた．加えて，純粋数学の分野でもポアンカレなどによって「ランダム」の概念が多く用いられるようになり，物理学においてもマクスウェル分布やブラウン運動などが示されるなど確率論の重要度が増してきた．最後に 20 世紀にはいってコルモゴロフ確率論の公理論化のための土台となったのが，ボレルによるボレル測度とルベーグによるルベーグ積分，そしてボレル測度を幾何学的空間から切り離したフレシェの理論であった．

コルモゴロフ確率論は経済学や哲学上の問題である意思決定や推論と切り離された純粋数学の理論であり，さらに数学領域の中でも幾何学から切り離し集合論に基づく最小限の前提をもとにして作られた確率の公理論[12]である．コルモゴロフ確率論における「事象」は抽象的な集合として定義されているが，同時に実際の統計的な現象への対応も考察されている．従って，統計学として作られた Savage（1954）や人間の意思決定原理を記述しようとした von Neumann & Morgenstern（1953）と，確率についての公理部分が同じ内容を持つのも不思議はない．実際に，3 者（コルモゴロフ，サヴェッジ，フォン・ノイマン＝モルゲンシュテルン）は共に古典的で人々が納得しやすい直観的な確率についての公理もしくは前提をもっており，もしコルモゴロフ確率論を他の 2 者の前提に用いても矛盾は生じない（Khrennikov, 2010; Aerts, Haven, & Sozzo, 2016）．従って本研究では，サヴェッジとフォン・ノイマン＝モルゲンシュテルンの理論で用いられてきた確率論の前提をコルモゴロフ確率論に代表させることにする．これは，後ほど紹介するコルモゴロフ確率論ではない確率論―量子確率論―を用いた意思決定理論との対比のためである．

---

[12] 確率論は，ルベーグ測度・積分における集合と関数の積分の関係から示唆される，事象と確率の期待値の関係に基礎づけられる．ルベーグ測度・積分で用いられる幾何学的要素を排除し，確率について必要な公理のみで確率論を作ろうとする試みがコルモゴロフ確率論であった．

コルモゴロフ確率論の全称命題の公理系と公理から直接導かれる諸結果・定理は以下のようなものである.

**コルモゴロフ確率論の公理**

**要素ωの集合をΩとし，Ωの部分集合を要素とする集合族をFとする．ωを根元事象といい，Ωを標本空間（根元事象の空間），Fの要素を確率事象（または事象）という[13].**

**I.** **Fは集合体である.**

**II.** **Fの各集合Aに，非負の実数P(A)が定められている．この数P(A)を事象の確率という.**

**III.** **$P(\Omega)=1$.**

**IV.** **AとBとが共通の要素をもたないとき，$P(A+B)=P(A)+P(B)$.**

**V.** **連続性の公理:集合$A_m$(有限個でも無限個でもよい)の積$(A_1 \wedge A_2 \wedge \cdots \wedge A_n \wedge \cdots)$を$\wedge_m A_m$で表すとする．Fの事象の減少列**

$$A_1 \supseteq A_2 \supseteq \cdots \supseteq A_n \supseteq \cdots$$

**について，$\wedge_n A_n = \varnothing$ならば$\lim_n P(A_n)=0$がなりたつ.**

**公理 I-Vを満たす3つの組$(\Omega, F, P)$を確率空間という.**

---

[13] 集合を表す記号について：集合Ωの部分集合族Fについて，Ωが集合族Fの元であり（$\Omega \in F$）その集合族Fにふくまれる2つの集合の和・積・差もまた同じ集合族にふくまれるとき，その集合族を集合体という. 集合AとBの論理積をA∧BまたはABであらわし, 論理和をA∨Bで, 論理差をA－Bであらわす. 集合Aの補集合Ω–Aを not-Aであらわす．空集合は∅であらわす．集合AとBが共通部分を持たない(A∧B=∅)ならば，論理和A∨BはA＋Bともあらわし，これを直和という.

集合族 F が有限集合ならば，公理 V は公理 I-IV から導かれ，公理系 I-V は無矛盾である．このとき F を有限確率空間という．有限確率空間においてのみ公理 I-V を有限回の観察に対応させて意味づけることができる．

集合族 F が無限集合ならば公理系 I-IV と公理 V は独立である．このとき F を無限確率空間といい，公理 V は無限確率空間においてのみ本質的なものである．無限確率空間は現実の確率現象を理想化したモデルなので，公理 I-V に経験的な意味をあたえることができない．

コルモゴロフ確率論の公理から直接導かれる諸結果，条件付き確率，ベイズの定理

最も単純な有限確率空間は以下のように構成される．任意の有限集合 $\Omega = \{\omega_1, \cdots, \omega_k\}$ と非負の実数からなる任意の集合 $\{p_1, \cdots, p_k\}$（ただし $p_1 + \cdots + p_k = 1$）をとる．このとき Ω の全ての部分集合 A の全体を F とし，$A = \{\omega_{i1}, \cdots, \omega_{i\lambda}\}$ に対し $P(A) = p_{i1} + \cdots + p_{i\lambda}$ とする．この場合 $p_1, \cdots, p_k$ を根元事象 $\omega_1, \cdots, \omega_k$ の確率，あるいは単に基本確率という．このようにして F が Ω の全ての部分集合の全体からなるすべての可能な有限確率空間が得られる．

補集合の確率：集合 A の補集合を not-A とあらわすと，A＋not-A＝Ω と公理 III, IV から $P(A) + P(\text{not-}A) = 1$ および $P(\text{not-}A) = 1 - P(A)$ が成り立つ．

空集合の確率：集合 Ω の補集合は空集合である（not-Ω=∅）ので，$P(\varnothing) = 0$ が成り立つ．

加法定理：集合族 F の要素 A, B, …, N が互いに排反であれば，公理 IV から，公式

$$P(A + B + \cdots + N) = P(A) + P(B) + \cdots + P(N) \tag{7}$$

がえられる．

また，要素 A, A1, A2, … , An, …をもつ無限集合の集合族 F の場合，$A=\Sigma_n A_n$

であれば

$$P(A)=\Sigma_n P(A_n) \tag{8}$$

がえられる.

条件付き確率：加法定理の式から，P(A)>0 のとき条件 A のもとでの事象 B が起こる条件

付き確率を

$$P(B|A) = P(AB) / P(A) \tag{9}$$

と定義する.

乗法定理：条件付き確率の式を変形させた

$$P(AB)=P(B|A)P(A) \tag{10}$$

から，帰納法によって次の一般的な公式

$$P(A_1A_2 \cdots A_n) = P(A_1)P(A_2|A_1)P(A3|A_1A_2) \cdots P(A_n|A_1 \cdots A_{n-1}) \tag{11}$$

が得られる.

全確率の法則：$A_1 + A_2 + \cdots + A_n = \Omega$とし，B を任意の事象とする．このとき，

$$B=A_1B + A_2B + \cdots + A_nB \tag{12}$$

だから，加法定理の式より

$$P(B)=P(A_1B) +P( A_2B) + \cdots + P(A_nB) \tag{13}$$

である．これに

$$P(A_iB)=P(A_i)P(B|A_i) \tag{14}$$

を代入すると

$$P(B) = P(A_1)P(B|A_1) + P(A_2)P(B|A_2) + \cdots + P(A_n)P(B|A_n) \tag{15}$$

**が得られる.**

**ベイズの定理：条件付き確率の式は,**

$$P(AB)=P(A|B)P(B) \tag{16}$$

**のように変形させることもできるので，式(10)とあわせて**

$$P(A|B) =P(A)P(B|A)/P(B) \tag{17}$$

**がえられる.**

**さらに，A1＋A2＋…＋An＝ Ω，B を任意の事象とし，全確率の法則の式を代入すると**

$$P(A_i|B) =P(A_i)P(B|A_i)/( P(A_1)P(B|A_1) + P(A_2)P(B|A_2) + \cdots + P(A_n)P(B|A_n) ) \tag{18}$$

**がえられる.**

これらのコルモゴロフ確率論の公理と全確率の法則・ベイズの定理などは von Neumann & Morgenstern（1953）が用いている確率と，Savage（1954）が用いている確率と同じものと考えてよい（2-2-5参照）.

## 2-1-8. 期待効用理論の統合

von Neumann & Morgenstern（1953）と Savage（1954）が用いているのは「普通の」確率であり，どちらもコルモゴロフ確率論の確率を用いていると言える[14]．さらに，効用は 2 つの選択肢の比較によってきまる連続的な量であることを von Neumann & Morgenstern（1953）が示し，それにもとづいて Savage（1954）の理論は作られているため，効用関数についても共通している．異なる点は，von Neumann らは頻度情報に基づく客観確率を使っているのに対し，Savage はある事象がどのくらい起こりそうかという見積もりをあらわす主観確率を使っている点である．主観確率とは，「事象の客観確率が不明な状況で選択の根拠を与えるような信念の度

[14] コルモゴロフ確率論でない確率論の代表は量子確率論である.

合い」のことだとする Ramsey（1926）や de Finetti（1950）の議論にもとづいて，Savage は主観確率を公理化した.

本研究では，この 2 つの理論をどちらも期待効用理論として扱う．これは以下のような先行研究の流れに従っている．例えば哲学・意思決定研究領域では，Nozick（1969）や Gibbard & Harper（1978）は期待効用理論として Savage（1954）を引用したが，von Neumann & Morgenstern（1953）を引用せずに議論している．Eells（1982）や Hammond（1988）は Savage（1954）を中心に議論して，von Neumann & Morgenstern（1953）の議論を部分的に引用している. そして経済学領域の Kahneman & Tversky（1979）のプロスペクト理論では, von Neumann & Morgenstern（1953）と Savage（1954）の両方を期待効用理論の公理として紹介し，2 つの理論をあわせて期待効用理論と呼んでいる．心理学領域とニューカム問題の接点である Shafir & Tversky（1992）も同様の意味で期待効用理論という用語を用いている．そこで本研究でも，von Neumann & Morgenstern（1953）の理論と Savage（1954）の理論および，それを元に整理された考えを含めて期待効用理論と呼ぶことにする.

### 2-1-9. 因果的意思決定理論

因果的意思決定理論（Gibbard & Harper, 1978）は公理論体系を持たない理論なので，ここでは，因果的意思決定理論の基本的な考え方を紹介し，ニューカム問題に対する解を示す.

因果的意思決定理論では，期待効用の式(2)の条件付き確率を「反事実条件命題の確率」で置きかえる．因果的意思決定理論における反事実条件命題（counterfactual）[15]とは，ある行為・選択をとることを条件としてある結果が得られることについての言明である．例えば「もし行為 A をしたならば結果 O が得られるだろう」という反事実条件命題は，論理記号"□→"や">"を用いて"A □→ O"や"A ＞ O"とあらわされる．そして反事実条件命題が真であると信じる確率は反事実条件命題の確率と呼ばれ, P(A □→ O)や P(A ＞ O)とあらわされる. 期待効用の式は(19)

[15] 反事実条件命題は仮定法条件文（subjunctive conditionals）とよばれることもある（Stalnaker, 1968）.

のようになる.

$$U(A) = \sum_{i=1}^{n} P(O_i \square \rightarrow A) \times u(O_i) \text{ ただし} \sum_{i=1}^{n} P(O_i \square \rightarrow A)=1 \quad (19)$$

$$U(A) = \sum_{i=1}^{n} P(O_i|A) \times u(O_i) \text{ ただし} \sum_{i=1}^{n} P(O_i|A)=1 \quad \text{比較のため(2)を再掲}$$

この反事実条件命題がもつ一般的な性質はStalnaker(1968)によって議論されたものである. 反事実条件命題を評価するとき，現実の世界では前件が偽であっても（例：もしケネディ大統領が殺されていなかったら），前件が真であるような現実世界に似た可能世界を用いて後件を評価する．例えば「もし事象 A が起こったなら結果 O が得られる」という命題を評価する際には前件が偽（現実世界では事象 A が起こらない）であってもよい．前件が真である（事象 A が起こる）可能世界において後件（結果 O が得られる）の真偽を評価する．前件が後件の原因とならない場合の反事実条件命題の真偽値は, その反事実条件命題の後件の真偽値と一致する. 例えば, 「事象 A がおこる」ことが「結果 O が得られる」ことに対して全く影響を及ぼさないならば, 反事実条件命題の真偽値は「結果 O が得られる」ことの真偽値と一致する．一方,「事象 A がおこる」ことが原因となって「結果 O が得られる」ならば，反事実的条件命題「もし事象 A が起こったなら結果 O が得られる」は真であり,「結果 O が得られる」の真偽値と一致するとは限らない.

ニューカム問題における，反事実条件命題の確率（反事実条件命題が真であると信じる主観確率）は次のようになる.「1 箱選択をする」ことは「箱の中身が百万ドルである」の原因にならないので，反事実条件命題「1 箱選択をしたら箱の中身が百万ドルである」の確率は,「箱の中身が百万ドルである」の確率と等しく，反事実条件命題「2 箱選択をしたら箱の中身が百万ドルである」の確率とも等しい（ただし事象「2 箱選択をする」は事象「1 箱選択をする」の余事象とする）:

$$\mathrm{P}\left(1\text{箱選択ロ}\rightarrow\text{箱の中身が百万ドル}\right)=\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が百万ドル}\right) \tag{20}$$
$$=\mathrm{P}\left(2\text{箱選択ロ}\rightarrow\text{箱の中身が百万ドル}\right).$$

同様に，反事実条件命題「1 箱選択をしたら箱の中身が 0 ドルである」の確率は，「箱の中身が 0 ドルである」の確率と等しく，反事実条件命題「2 箱選択をしたら箱の中身が 0 ドルである」の確率とも等しい：

$$\mathrm{P}\left(1\text{箱選択ロ}\rightarrow\text{箱の中身が 0 ドル}\right)=\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が 0 ドル}\right) \tag{21}$$
$$=\mathrm{P}\left(2\text{箱選択ロ}\rightarrow\text{箱の中身が 0 ドル}\right).$$

従って，1 箱選択に対する期待効用は

$$\mathrm{U}\left(1\text{箱選択}\right) \tag{22}$$
$$=\mathrm{P}\left(1\text{箱選択ロ}\rightarrow\text{箱の中身が百万ドル}\right)\mathrm{U}\left(\text{百万ドル}\right)$$
$$+\mathrm{P}\left(1\text{箱選択ロ}\rightarrow\text{箱の中身が 0 ドル}\right)\mathrm{U}\left(0\text{ ドル}\right)$$

これに(21)と(22)を代入すると

$$\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が百万ドル}\right)\mathrm{U}\left(\text{百万ドル}\right)+\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が 0 ドル}\right)\mathrm{U}\left(0\text{ ドル}\right)$$

となり，2 箱選択に対する期待効用は，

$$\mathrm{U}\left(2\text{箱選択}\right) \tag{23}$$
$$=\mathrm{P}\left(2\text{箱選択ロ}\rightarrow\text{箱の中身が百万ドル}\right)\mathrm{U}\left(\text{百万千ドル}\right)$$
$$+\mathrm{P}\left(2\text{箱選択ロ}\rightarrow\text{箱の中身が 0 ドル}\right)\mathrm{U}\left(\text{千ドル}\right)$$

これに(21)と(22)を代入すると

$$\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が百万ドル}\right)\mathrm{U}\left(\text{百万千ドル}\right)+\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が 0 ドル}\right)\mathrm{U}\left(\text{千ドル}\right)$$

となる．$\mathrm{P}(\text{箱の中身が百万ドル})\mathrm{U}(\text{百万ドル})+\mathrm{P}(\text{箱の中身が 0 ドル})\mathrm{U}(0\text{ ドル})<$ $P(\text{箱の中身が百万ドル})\mathrm{U}(\text{百万千ドル})+\mathrm{P}(\text{箱の中身が 0 ドル})\mathrm{U}(\text{千ドル})$なので，2 箱選択に対する期待効用のほうが 1 箱選択に対する期待効用よりも大きい．従って，反事実的条件命題の確率を用いた場合，期待効用原理に従った選択は 2 箱選択となる．

$\mathrm{P}(\text{箱の中身が百万ドル})=\lambda$，$\mathrm{P}(\text{箱の中身が 0 ドル})=1-\lambda$と置き，2 種類の行為（1 箱選択と 2 箱選択）それぞれにおける 2 種類の結果それぞれで得られる金額と反事実的条件命題の確率をまとめると次のようになる．

表 3 因果的意思決定理論におけるニューカム問題の利得表

| 得られる金額（反事実的条件命題の確率） | 箱 B2 の中身が百万ドル | 箱 B2 の中身が 0 ドル |
|---|---|---|
| 1 箱選択 | 百万ドル（$\lambda$） | 0 ドル（1-$\lambda$） |
| 2 箱選択 | 百万千ドル（$\lambda$） | 千ドル（1-$\lambda$） |

行為が結果の原因とならず影響をあたえることがない場合には，反事実的条件命題の確率は条件なし確率と等しくなるので，期待効用原理と支配原理の導く選択が 2 箱選択で一致する．このように，因果的意思決定理論のもとでは，ニューカム問題のように行為と結果の間に因果関係がないが相関がある（確率的依存関係がある）問題状況では，条件なし確率を用いて期待効用の計算を行うので，期待効用原理と支配原理の導く選択の不一致という問題が生じない．

### 2-1-10．証拠的意思決定理論

証拠的意思決定理論（Jeffrey, 1965）は，Savage（1954）の理論を前提として，因果関係を考慮しない期待効用による意思決定を論じたものである．因果的意思決定理論と同様に公理論体系を持たない理論なので，ここでは，証拠的意思決定理論の基本的な考え方を紹介し，そのニューカム問題に対する解を示す．

Jeffrey（1965）は，より少ない前提で意思決定理論の枠組みを作るために因果関係とその信念についての概念をもちいていない．つまり証拠的意思決定理論は非因果的理論である．証拠的意思決定理論でもちいる期待効用の式は式(2)と似ているが，意思決定者自身の選択が結果の予測にもちいられる点が特徴的である．ニューカム問題においては，もしも意思決定者が 1 箱選択をするならば，それは「予測者が 1 箱選択を予測し箱の中身が百万ドルであること」の強い手がかりとなる．一方意思決定者が 2 箱選択をするならば，それは「予測者が 2 箱選択を予測し箱の中身が 0 ドルであること」の強い手がかりとなる．過去の予測の的中率がほぼ 100%であったという情報に，自分自身の決定という情報を追加して最終的な主観確率が生成されると考える．選択が正しく予測される確率をそれぞれ $\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が百万ドル}|1\text{ 箱選択}\right)=\lambda$，$\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が 0 ドル}|2\text{ 箱選択}\right)=\gamma$ と置き，2 種類の行為（1 箱選択と 2 箱選択）それぞれにおける 2 種類の結果それぞれで得られる金額と条件付き確率の主観確率をまとめると次のようになる．

表 4 証拠的意思決定理論におけるニューカム問題の利得表

| 得られる金額<br>（その選択をした場合に<br>その帰結が得られる条件付き確率） | 箱 B2 の中身が百万ドル | 箱 B2 の中身が 0 ドル |
|---|---|---|
| 1 箱選択 | 百万ドル（$\lambda$） | 0 ドル（1-$\lambda$） |
| 2 箱選択 | 百万千ドル（1-$\gamma$） | 千ドル（$\gamma$） |

このとき，1 箱選択に対する期待効用は，

$$
\begin{aligned}
&\mathrm{U}\left(1\text{ 箱選択}\right) \\
&=\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が百万ドル}|1\text{ 箱選択}\right)\mathrm{U}\left(\text{百万ドル}\right) \\
&+\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が 0 ドル}|1\text{ 箱選択}\right)\mathrm{U}\left(0\text{ ドル}\right) \\
&=\lambda\mathrm{U}\left(\text{百万ドル}\right)+(1-\lambda)\mathrm{U}\left(0\text{ ドル}\right)
\end{aligned}
\tag{24}
$$

となり，2 箱選択に対する期待効用は，

$$
\begin{aligned}
&\mathrm{U}\left(2\text{ 箱選択}\right) \qquad (25)\\
&=\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が百万ドル}\,|2\text{ 箱選択}\right)\mathrm{U}\left(\text{百万千ドル}\right)\\
&+\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が }0\text{ ドル}\,|2\text{ 箱選択}\right)\mathrm{U}\left(\text{千ドル}\right)\\
&=(1-\gamma)\mathrm{U}\left(\text{百万千ドル}\right)+\gamma\mathrm{U}\left(\text{千ドル}\right)
\end{aligned}
$$

となる．効用は金額と線形変換の関係にあり U(0 ドル)=0 と仮定すると，$\lambda$ と $\gamma$ が 0.5005 よりも大きい場合に U(1 箱選択) > U(2 箱選択)となる（Lewis, 1979）．つまり，予測の的中率がランダム(0.5)よりも少しだけ高ければ証拠的意思決定理論（もしくは期待効用原理）によって 1 箱選択が導かれる．

この Jeffrey（1965）の議論は，Gibbard & Harper（1978）による因果的意思決定理論が提案されるきっかけとなった．その後 Lewis（1981）や Eells（1982）[16]によって議論が整理され，Jeffrey は Stalnaker（1968）の反事実条件命題の概念を取り入れた Jeffrey（1965）の第 2 版（Jeffrey, 1983）を出版した．Jeffrey は期待効用を用いて反事実条件命題の確率と似た概念をあらわすために，批准可能性（ratifiability）という概念を導入した．批准可能な行為とは「意思決定者がその行為を行うことを最終的に意思決定した直後の時点での意思決定者の主観確率により期待効用が最大になるような行為のことである」である．この概念は期待効用原理と似ているが，意思決定をする時の主観確率と，意思決定後の主観確率は異なると考える点が異なる．ニューカム問題における意思決定時の主観確率は $\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が百万ドル}|1\text{ 箱選択}\right)=\lambda$,
$\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が }0\text{ ドル}\,|2\text{ 箱選択}\right)=\gamma$ のように，1 箱選択をする場合に予測が的中する確率，2

[16] Eells(1982)は共通原因がある場合の因果的意思決定理論の適用について議論し，共通原因があっても因果関係がないのであればやはり条件なし確率をもちいるべきであると結論づけた．

箱選択をする場合に予測が的中する確率を用いた．一方，意思決定後，例えば 1 箱を選択した後にはもはや「2 箱選択をする場合」という条件は成立せず，「1 箱選択をする場合」しか実現しないので，$\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が 0 ドル}|2\text{ 箱選択}\right)=\gamma$ を $\mathrm{P}\left(\text{箱の中身が 0 ドル}|1\text{ 箱選択}\right)=\lambda$ で置きかえる．すると，それぞれのセルで得られる金額と主観確率は次のようになる．

表 5 批准可能性の概念を導入した証拠的意思決定理論におけるニューカム問題の利得表

| 得られる金額<br>（**1 箱選択**をした場合に<br>その帰結が得られる条件付き確率） | 箱 B2 の中身が百万ドル | 箱 B2 の中身が 0 ドル |
|---|---|---|
| 1 箱選択 | 百万ドル（$\lambda$） | 0 ドル（1-$\lambda$） |
| 2 箱選択 | 百万千ドル（$\lambda$） | 千ドル（1-$\lambda$） |

この利得表は因果的意思決定理論における利得表とひとしくなり，支配原理と期待効用原理の導く選択が 2 箱選択で一致する．

このように，改訂版の証拠的意思決定理論（Jeffrey, 1983）においては，意思決定後の主観確率によって期待効用を算出することで，因果性について考慮することなしにニューカム問題に対する解が因果的意思決定理論と一致した[17]．しかし前述のように，von Neumann & Morgenstern（1953）や Savage（1954）は帰結主義にもとづく理論であると理解されているので，それらを発展させた理論としては証拠的意思決定理論よりも因果的意思決定理論のほうがふさわしいと考えられている．

### 2-1-1 1．利得表について

前述のニューカム問題の利得表は，選択肢（1 箱選択・2 箱選択）を行に，帰結―箱の中身（百

[17] Joyce(2007)は批准可能性の導入によって，因果関係に目が向けられるので Jeffrey(1983)は純粋な証拠的意思決定理論とはいえないと議論した．

万ドル・0 ドル）ーを列にとったものだった．これは，条件―得られる世界の状態―を箱の中身という帰結によって区分したものである．得られる世界の状態の区分方法は他にも考えられる．例えば，予測者による予測が的中するかどうか（予測が当たる・予測が当たらない）によって区分すると次のような利得表ができる（Nozick, 1969）．

表 6 ニューカム問題の利得表を予測者による予測が的中するかどうか

| 得られる金額 | 予測が当たる | 予測が当たらない |
|---|---|---|
| 1 箱選択 | 百万ドル | 0 ドル |
| 2 箱選択 | 千ドル | 百万千ドル |

予測が当たるという条件のもとでは 1 箱選択によって得られる金額のほうが高く，予測が当たらないという条件のもとでは 2 箱選択によって得られる金額の方が高い．従って支配原理に従った選択が定まらない．一方，予測が当たる確率は高く，当たらない確率は低いので，1 箱選択に対する期待効用の方が大きいことから，期待効用原理に従った選択は 1 箱選択となる．この利得表を用いるならば，支配原理が導く選択と期待効用原理が導く選択が対立しないので，期待効用理論が 1 箱選択を導く（MacCrimmon & Larsson, 1979）．このように，世界の状態の区分を変えることで利得表を作り変える方法を Nozick（1969）も検討しているが，証拠的意思決定理論の議論の中では注目されていない．

### 2-1-1 2．意思決定ツリー

不確実状況での意思決定において，選択や状況の分岐を表現するのが意思決定ツリー（decision tree; Raiffa, 1968; Hammond, 1988）と呼ばれる樹上構造の分岐図である．意思決定者自身の選択をあらわす分岐点を意思決定ノード，自然や確率や相手の選択などによって状況が決まる分岐点をチャンスノードと呼ぶ．ニューカム問題を意思決定ツリー（decision tree）であらわすと次のようになる（図 5，図 6）．

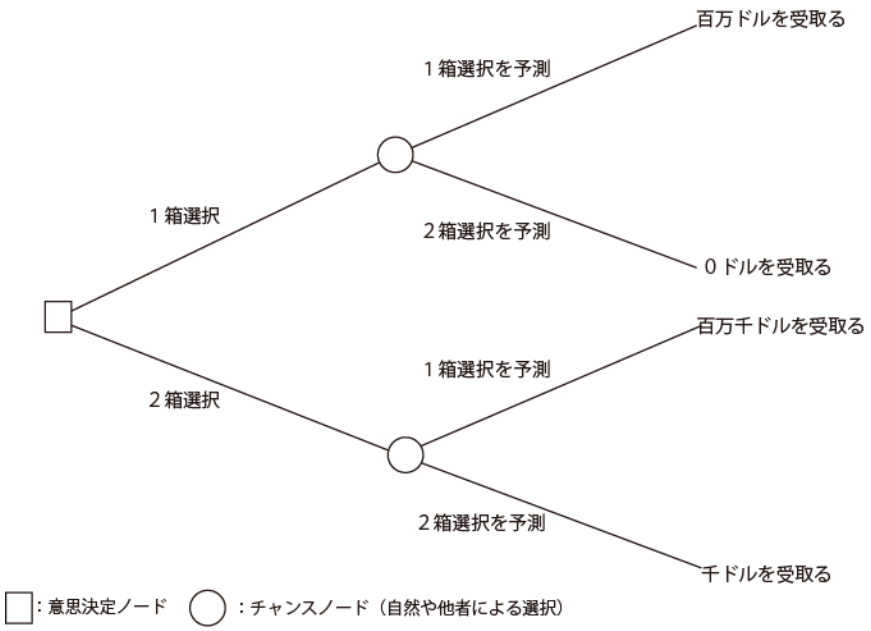



図 5 ニューカム問題の意思決定ツリー．意思決定者の選択を起点とした場合．

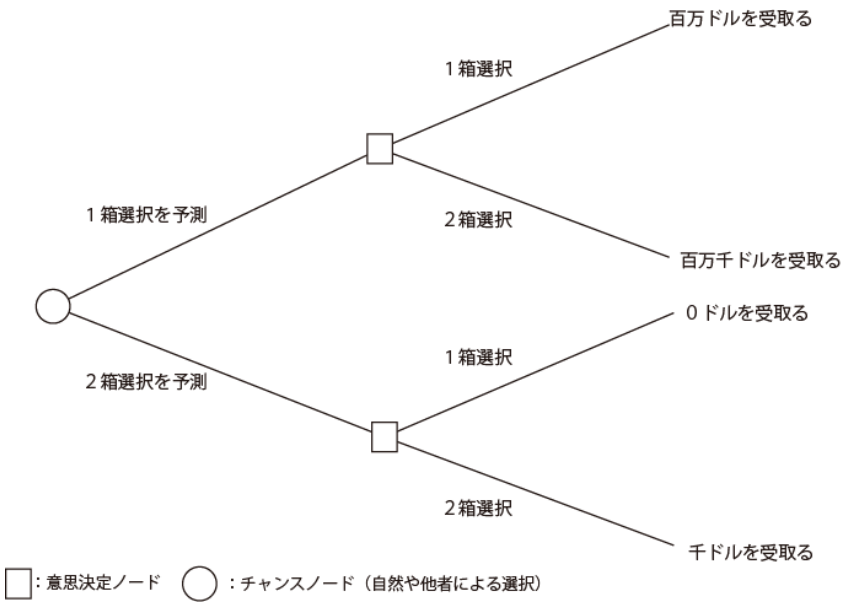



図 6 ニューカム問題の意思決定ツリー．予測者による予測を起点とした場合．

### 2-1-13．ニューカム問題と囚人のジレンマの類似性

Lewis（1979）や Brams（1975）によって，ゲーム理論領域における重要な問題である囚人のジレンマ問題（Rapoport & Chammah, 1965）とニューカム問題との構造の類似性が指摘されている[18]．まず，囚人のジレンマ問題とは次のようなストーリーで知られるものである．

**囚人のジレンマ問題のストーリー**

**ある強盗事件を起こした 2 人の容疑者が、軽い窃盗容疑で逮捕され、別々に検事の取り調べを受けている．検事は、強盗事件の方はまだ十分な証拠をつかんでいないが、窃盗容疑については十分に起訴できる状況にある．検事は 2 人の容疑者それぞれに、強盗事件について司法取引を持ちかけた．「黙秘する」もしくは「自白する」の 2 つの選択があり，もし 2 人とも強盗事件について黙秘を通せば窃盗の罪だけでそれぞれ 2 年の懲役刑を受ける．もし 1 人だけが自白した場合には、自白した方は減刑され 1 年の懲役刑ですむが、逆に自白しなかった方は 15 年の重い懲役刑を受ける．2 人とも自白した場合は 10 年ずつの懲役刑を受ける. この取引はもう 1 人の容疑者にも持ちかけられていることが伝えられている．**

2 つの選択肢（黙秘・自白）それぞれに対する 2 つの帰結（相手が黙秘・相手が自白）の利得（懲役期間）をまとめると次のようになる．

[18] Nozick（1969）はニューカム問題の検討のために囚人のジレンマ問題を例に取り上げている．

表 7 囚人のジレンマ問題の利得表

| 自分の懲役期間・相手の懲役期間 | 相手が黙秘を選択 | 相手が自白を選択 |
|---|---|---|
| 自分が黙秘を選択 | 2 年・2 年 | 15 年・1 年 |
| 自分が自白を選択 | 1 年・15 年 | 10 年・10 年 |

この問題に対するゲーム理論上の解は支配原理から導かれる．もし相手が黙秘するとしたら，意思決定者である自分が黙秘よりも自白を選択する場合により懲役期間が短い．もし相手が自白するとしたら，自分が黙秘よりも自白を選択する場合により懲役期間が短い．相手の選択がどちらであっても自分は自白することでより短い懲役期間となるのだから，自白が支配原理に従った選択である．

この囚人のジレンマ問題の利得構造は次のようになっている（表 8）．意思決定者が受取る帰結は次のように呼ばれる（Rapoport & Chammah, 1965）．2 人とも黙秘の場合の帰結は R（reward の R），自分が黙秘で相手が自白の場合の帰結は S（sucker の S），自分が自白で相手が黙秘の場合の帰結は T（temptation の T），2 人とも自白の場合の帰結は P（penalty の P）．そして，4 種類の帰結（利得）の大きさの関係は

$$S < P < R < T \tag{26}$$

となっていることが求められる．囚人であるとか，利得が懲役期間（負の利得）であるとか，選択肢が黙秘か自白であるといったストーリーの文脈設定は本質的ではない．2 人ともが支配原理に従った選択をすると，その結果得られる効用は，2 人ともがもう一方の選択をしておけば得られた効用よりも小さくなってしまうため「ジレンマ」問題と呼ばれている．式(26)の利得を持ち互いに相手の選択を知ることができない状況で 2 つの選択肢間の意思決定する問題が囚人のジレンマ問題である（表 8）．

表 8 囚人のジレンマ問題の利得構造

| 自分の懲役期間・相手の懲役期間 | 相手が黙秘を選択 | 相手が自白を選択 |
|---|---|---|
| 自分が黙秘を選択 | R・R | S・T |
| 自分が自白を選択 | T・S | P・P |

Lewis（1979）はニューカム問題を双方向にすると囚人のジレンマ問題になると指摘した．ニューカム問題の予測者をもう 1 人の意思決定者に置き換えた状況を考え，ニューカム問題の利得を対称的な 2 人の利得に置きかえると次のようになる（表 15）．

表 9　2 人で行うニューカム問題の利得表

| 自分の得る金額・相手の得る金額 | 相手が 1 箱選択 | 相手が 2 箱選択 |
|---|---|---|
| 自分が 1 箱選択 | 百万ドル　・百万ドル | 0 ドル　・百万千ドル |
| 自分が 2 箱選択 | 百万千ドル・0 ドル | 千ドル・千ドル |

利得の大きさは，0 ドル＜千ドル＜百万ドル＜百万千ドルなので，囚人のジレンマ問題の利得構造（式(26)）に合致する．また，相手の選択（箱の中身）を知らない状況で意思決定を行うという点も囚人のジレンマ問題と同じである．このように，囚人のジレンマ問題として成立するのに必要な条件は満たしている．

では，ニューカム問題を困難な問題にしている一番の特徴である予測とその精度の高さはどのように導入するのか．Lewis はまず意思決定者の複製を想定した．複製の選択は，元の意思決定者の選択と高い相関を示すだろうと考えられる．すると，片方が 1 箱選択をすることは，同時に相手の 1 箱選択を予測することにもなる．この高い相関は，両者の意思決定を行う脳や体が同一であるために生じている．従って，共通原因が選択の相関を生み出しているといえる．また，両者は相談しあうことはないので，片方の意思決定が相手の意思決定に影響を与えることはできない．ここまででニューカム問題の特徴である，選択（自分の選択）と帰結（相手の選択）の間

に因果関係はないこと，選択と帰結の間に高い相関があること，選択と帰結の間に共通原因があることが導入された.

次に複製した意思決定者を想定するのではなく，現実の人間 2 人がニューカム問題を行うことを考えてみる．前述のように，ニューカム問題において予測の的中率が 0.5 よりも少しだけ高ければ，期待効用原理から 1 箱選択が導かれるのだから，相手の選択を互いにシミュレーションしあう 2 者によってニューカム問題をおこなえばよいのではないか. Lewis は人間同士であれば 0.5 よりも少し高い精度で互いの選択を予測できると考え，従って 2 人の人間によるニューカム問題は囚人のジレンマ問題であると Lewis は結論づけた.

ただし，ニューカム問題には選択と帰結の間に共通の原因があるが，他人同士で行う囚人のジレンマ問題にはない．Lewis は共通原因については言及していない.

## 2-2．選言効果・当然原理のやぶれ・全確率の法則のやぶれ

ニューカム問題の議論とは別に，期待効用原理と支配原理の両方の論理的な前提（もしくは一部）である Savage（1954）の当然原理（sure-thing principle）のやぶれが，Tversky & Shafir（1992）や Shafir & Tversky（1992）によって実験的に示され，Tversky らは当然原理のやぶれを選言効果と名付けた．また，当然原理はコルモゴロフ確率論における全確率の法則の特殊例であり，当然原理のやぶれは全確率の法則のやぶれでもあることが示された（Khrennikov, 2010）. つまり，期待効用理論で採用されている確率論がやぶられているということである. これらの概念を説明するとともに，選言効果の実験研究を紹介する.

### 2-2-1．当然原理

Savage（1954）の当然原理（2-1-6）は，次のストーリーとともに紹介された原理である.

**あるビジネスマンがある品物を買おうかどうか熟考している．彼は次の大統領選の結果はその品物の魅力度に関係していると考えた．そこで，考えを整理するため次のように自問**

**してみた．もし共和党候補者が勝ったならば彼はその品物を買うだろうか．彼は買うだろうと考えた．同様にもし民主党候補が勝ったならば彼はその品物を買うだろうか．彼は買うだろうと考えた．つまり，どちらの場合にも彼はその品物を買うだろうと考えた．ということは，大統領選の結果がどちらであるか，またはどちらになるかを知らなくても彼はその品物を買うべきである．**

Savage はこの原理について「私はこれほど直ちに受け入れられるような意思決定の論理外の（extralogical）原理を知らない」とも述べている．このストーリーを一般化した当然原理が以下である．

**もし、考えられるどの事象においても、A を B よりも選好するなら、どの事象が起こるかわからなくても A を B よりも選好する．**

事象は条件と，選好は選択と言いかえてもよい．

### 2-2-2．当然原理と Savage の要請 2 と独立性公理

当然原理を「条件によって選好が変わらないならば条件を無視して選好が決まる」と言いあらわすこともできる．これは「選好に無関係な（選択するための判断に不必要な）条件を無視する」ことを示しているとも言える．そのため，同様の内容をもつ独立性公理と Savage の要請 2 と似たものであるとして扱われることが多く，論文によっては同じものとして扱われる[19]．本研究では，当然原理を「条件付き確率と条件なし確率の関係を示す」期待効用理論の前提として扱うため要請 2 と独立性公理とは区別する．要請 2 と独立性公理は 2-1-5 と 2-1-6 に示したが，以

[19] 当然原理は，効用の連続性を仮定すると，確率が特定されている状況下(リスク状況下)での期待効用理論の独立性公理と等しい(Fishburn & Wakker, 1992).

下にあらためて説明する.

Savage の理論において要請 2 は当然原理を一般化した前提として提示された．また，当然原理よりも先行する公理は，選択肢の間には選好関係があることを述べた要請 1 のみである．要請 2 は，「考えられるいくつかの条件下において A と B の選好が無差別で，他の条件において A を B よりも選好するなら，A を B よりも選好する」というものである.

独立性公理はもともと Marschak（1950），Samuelson（1952）などによって提示された．von Neumann & Morgenstern（1953）の期待効用理論を Jensen（1967）が整理した際，3 番目の公理を独立性公理として明示した（Fishburn & Wakker, 1992）．Jensen の公理群においては，当然原理が独立性公理から導かれている．まず独立性公理とは，次のようなものである．A を B よりも選好するならば，A と B それぞれに C を同じ割合で加えても，A を B よりも選好することに変わりはない：

$$\lambda A+(1-\lambda)C \succ \lambda B+(1-\lambda)C \quad \text{ただし，} 0<\lambda \leqq 1. \tag{27}$$

この式は，「2 つの選択肢 A，B 両方に対して同じ割合で加えられた第 3 の選択肢 C は，A と B の選好関係に影響を与えない」ことを示すものである．つまり独立性公理も要請 2 と同様に「選好に無関係な（選択するための判断に不必要な）条件を無視する」ことを示すものである.

独立性公理からは単調性の定理が導かれる．単調性の定理は次のようなものである．A を B よりも選好するならば，A と B をある割合で混合して選択肢をつくるときに，A をより多い割合で混合する選択肢がより選好される：

$$\lambda A+(1-\lambda)B \succ \mu A+(1-\mu)B \quad \text{ただし，} 1 \geqq \lambda > \mu \geqq 0. \tag{28}$$

この単調性の公理の式(28)に $\lambda=1$ を代入した場合と $\mu=0$ を代入した場合それぞれを考えると

$$A > \mu A+(1-\mu)B \quad \text{式(28)に} \lambda=1 \text{を代入} \tag{29}$$

$$\lambda A+(1-\lambda)B > B \quad \text{式(28)に} \mu=0 \text{を代入}$$

が得られる．この式は，A を B よりも選好するならば，A と B が混合されている選択肢よりも A に確定している選択肢を選好し，B に確定している選択肢よりも A と B が混合されている選択肢を選好することを示す．Jensen はこれを当然原理と呼んでおり，確定した選択肢（A や B）と不確実な割合で混合された選択肢（$\mu A+(1-\mu)B$ や $\lambda A+(1-\lambda)B$）との比較を，Savage の当然原理における条件の確定と不確定に対応させている．

Jensen の当然原理は Savage の当然原理と同一であるとはいえないが似たようなものとみなすと，Jensen の公理系において当然原理や独立性公理に先行する公理は，完全性公理と連続性公理の 2 つのみである．完全性公理は，Savage の要請 1 と同様に選択肢の間には選好関係があることを示す. 連続性公理は選択肢をある割合で混合して選択肢をつくることができることを示す．連続性公理において，効用が連続的な数値を取ることができるようにするため，von Neumann & Morgenstern（1953）は，「普通の」確率を導入し，それを効用が得られる確率として用いた.

このように，当然原理と Savage の要請 2 と独立性公理は「選好に無関係な（選択するための判断に不必要な）条件を無視する」ことを示す点で共通している. また, 期待効用理論において, 選好の順序と混合についての公理につづく重要な前提であるといえる. 支配原理や期待効用原理は，このような前提から導かれた基数的効用の性質をもちいて定義されている．本研究では，Savage の要請 2 と独立性公理を同じ内容を示す理論的前提として扱うので，以降は両者をあわせて独立性公理と呼ぶこととする.

### 2-2-3．全確率の法則

数理物理学者 Khrennikov（2010）は，当然原理がコルモゴロフ確率論の全確率の法則の特殊例であることを示した. 全確率の法則とは，コルモゴロフ確率論の公理から導かれるものであり

（２-１-７参照），次のような内容をもつ．ある事象 A が起こる確率を考えるとき，その事象が起こりうる条件 X{Xi,…,Xn}をすべて挙げて，それらの条件が互いに排他で完全（$\sum_{i=1}^{n} P(X_i) = 1$）ならば，それぞれの条件下での事象 A の生起確率 P(A｜$X_i$)を各条件の生起確率 P( $X_i$)で重み付けした和が，事象の条件なし生起確率 P(A)と一致するとする：

$$P(A) = \sum_{i=1}^{n} P(X_i)P(A|X_i) \quad \text{ただし} \sum_{i=1}^{n} P(X_i) = 1. \tag{30}$$

この式(30)について，条件の数が２（X と not-X）である特殊例を考えてみる．このときの事象 A の条件なし生起確率 P(A)は：

$$P(A) = P(A|X)P(X) + P(A|\text{not-}X)P(\text{not-}X) \quad \text{ただし } P(X) + P(\text{not-}X) = 1 \tag{31}$$

となる．さらに，条件 X のもとでも条件 not-X のもとでも必ず事象 A が起こる特殊例 P(A|X)=P(A|not-X)=1 を考えると：

$$P(A) = P(A|X)P(X) + P(A|\text{not-}X)P(\text{not-}X) = 1\times P(X) + 1\times P(\text{not-}X) = 1 \tag{32}$$

となる．ここで，全確率の法則における事象 A を，行為者の選択 A とみなして，行為者が A を選択する確率 P(A)を考える．条件 X のもとでも条件 not-X のもとでも A の選択確率は１（ P(A|X)=1，P(A|not-X)=1 ）であることから：

$$P(A) = P(A|X)P(X) + P(A|\text{not-}X)P(\text{not-}X) = 1\times P(X) + 1\times P(\text{not-}X) = 1 \tag{33}$$

とあらわされる．従って，当然原理は条件の数が 2(X と not-X)で選択 A の条件付き確率が 1(P(A|X)=P(A|not-X)=1)の場合の全確率の法則と同じことを示していることがわかる.

### 2-2-4. 全確率の法則のやぶれ

全確率の法則のやぶれとは，式(30)や式(31)の等式が成り立たないことを言う．本研究では，条件の数が 2（X と not-X）である問題状況をあつかうため，式(31)の等式が成り立つかどうかによって全確率の法則のやぶれがあるかどうかを検討する．

全確率の法則のやぶれには「大きいやぶれ」と「小さいやぶれ」の 2 つがあると言える．大きいやぶれ（図 7）とは，P(A)が P(A|X)と P(A|not-X)のどちらよりも大きいもしくは小さいことを指し，そのとき P(X)が 0〜1 のどのような値であっても全確率の法則の等式は成り立たない．小さいやぶれ（図 8）とは，P(A)が P(A|X)と P(A|not-X)の間にあるが，全確率の法則の等式がなりたたないことを指す．図の「内分点」は全確率の法則の等式の左辺 P(A|X)P(X)+P(A|not-X)P(not-X)の値を表す．P(A)は測定された値で，P(A)と内分点との差が全確率の法則のやぶれの大きさである．

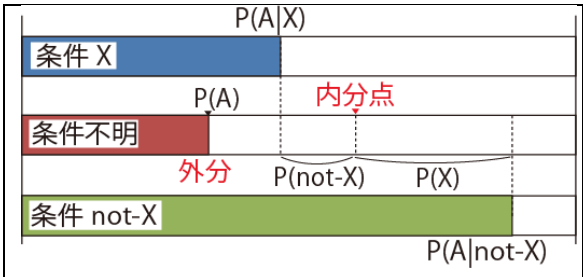



図 7　全確率の法則のやぶれ（大）

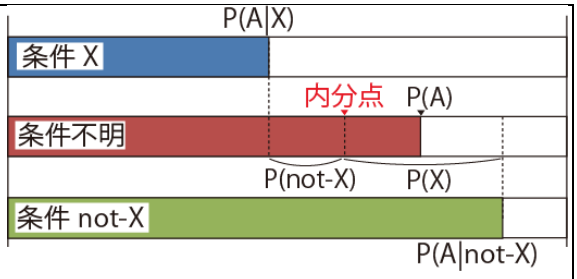



図 8　全確率の法則のやぶれ（小）

### 2-2-5.「普通の」確率論と全確率の法則

von Neumann & Morgenstern（1953）の理論と Savage（1954）の理論は，コルモゴロフ確率論（Kolmogorov, 1933 坂本訳 2010）に基づいて公理論化されたのではなく，「普通の」確率を用いて理論化し，全確率の法則を導くことができる体系を定めている（2-1-5，2-1-6，2-1-7 参照）．

コルモゴロフ確率論において，全確率の法則を導くために必要な前提は公理 I〜IV である（2-1-7 から抜粋）．

**要素ωの集合をΩとし，Ωの部分集合を要素とする集合族をF とする．ωを根元事象といい，Ωを標本空間（根元事象の空間），F の要素を確率事象（または事象）という．**

**I.　事象 F は集合体である．**

**II.　事象 F の各集合 A に，非負の実数 P(A)が定められている．この数 P(A)を事象の確率という．**

**III.　P(Ω)＝1.**

**IV.　P(A+B) = P(A) + P(B).**

これらは，確率は事象の集合に対して割り当てられること，事象の和（和集合）の確率は確率の和に対応すること（加法定理）を述べる非常にシンプルな公理である．加えて 2 つの事象の積集合（A かつ B; A∧B）の確率を片方の事象（A）の確率で割り算した値を条件付き確率 P(B|A) とあらわすと定義している．

**事象 A を条件として事象 B が得られる条件付き確率：**

P(B|A) = P(A∧B) / P(A)　ただし P(A)>0.　　式(9)の再掲

P(A)と P(B)と P(B|A)の関係をベン図であらわすと図 9 のようになる．さらに，P(B|not-A)は図 10 のようになる．2 つの図と加法定理から P(B)=P(A∧B)+P(not-A∧B)であることが確認できる．これに式(9)を変形した P(A∧B)=P(B|A)P(A)と，A の余事象についての同様の式 P(not-A∧B)=P(B|not-A)P(not-A)を代入すれば，全確率の法則の式 P(B)=P(B|A)P(A)+P(B|not-A)P(not-A)が得られる．

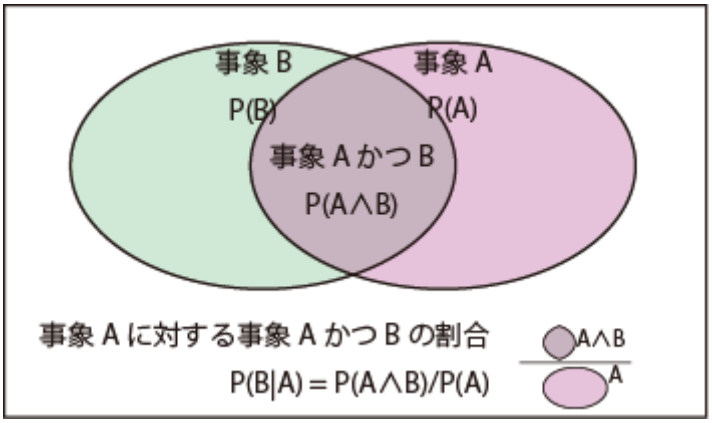



図 9 P(A)，P(B)，P(A∧B)と条件付き確率 P(B|A)をあらわすベン図

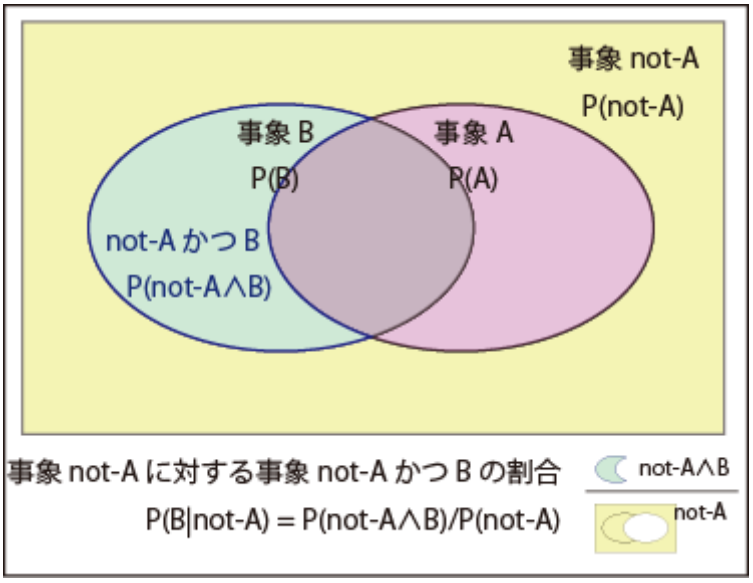



図 10 P(A)，P(B)，P(not-A)，P(not-A∧B)と条件付き確率 P(B|not-A)をあらわすベン図

このように，確率は 0 以上 1 以下の値を取ること，確率は集合に対して割り当てられること，和集合に対しては確率の和が割り当てられることが前提として与えられていれば，全確率の法則は導かれる．この範囲においては，von Neumann らの理論，Savage の理論，コルモゴロフ確率論は同等のことを示している．

### 2-2-6. 期待効用理論の前提・公理・原理のやぶれに関する研究の流れ

Savage（1954）や von Neumann & Morgenstern（1953）の理論の前提や公理や原理を人々がやぶることは，彼らの理論が発表されたすぐあとから指摘されてきた．Allais（1953）や Ellsberg（1961）は独立性公理のやぶれを思考実験によって示した．その後，推移性（もし a ≻ b かつ b ≻ c ならば，a ≻ c）のやぶれ（Tversky, 1969），帰結主義のやぶれ（Quattrone & Tversky, 1984），独立性公理のやぶれ（Tversky & Kahneman, 1986）が実験によって示されてきた．このような研究の流れのなかで当然原理のやぶれも報告された．

### 2-2-7. 選言効果―実験的に示された当然原理のやぶれ―

Tversky & Shafir（1992）と Shafir & Tversky（1992）は人々の選択が当然原理をやぶることを複数の意思決定課題を用いて実験的に示し，この現象を選言効果と名付けた．選言効果という名称は，選言（disjunction）状態，つまり，条件 X または条件 not-X のどちらかであるがどちらかに定まっていない論理和集合の状態（つまり不確実な状態）におかれたとき，意思決定者の選択が当然原理に従わない現象を示している．Tversky & Shafir（1992）ではハワイ問題と 2 ステージギャンブル問題における選言効果が示され，Shafir & Tversky（1992）では囚人のジレンマ問題とニューカム問題における選言効果が示された．以下では，これらの実験と関連する研究について紹介する．

#### 2-2-7-1. ハワイ問題

Tversky & Shafir（1992）は選言効果について，条件 X のときに行為 A を選択する理由と，条件 not-X のときに行為 A を選択する理由が異なるならば，不確実状態（選言状態）のときに同じ選択がされにくいと考え，次のハワイ問題を作成した．

**あなたはたった今大変な期末試験を終えたところだと想像してください。**

**秋学期の終わりで疲れきってぼろぼろで、試験に合格できたかどうか自信がありません。**

もし、不合格の場合はクリスマス休暇後、数ヶ月のうちに試験を受け直さなければなりません。

あなたは今、特別に安い値段で、非常に魅力的なハワイ 5 日間クリスマス休暇旅行パッケージを買える機会を手にしました。

試験の結果は明後日までは発表されませんが、この特別価格は明日で終了です。

あなたならどうしますか：

a) このパッケージを買う

b) このパッケージを買わない

c) 5 ドルの別料金を払って、明後日試験に合格したかどうかがはっきりしたあとで
同じ特別料金でこのパッケージを購入できる権利を買う。

このハワイ問題においては，合格した場合にはお祝いのためにハワイに行こうと考え，不合格の場合にはなぐさめのためにハワイに行こうと考えるだろうから，結果が不明の場合にはハワイに行く理由が確定せずハワイに行くことを選択する割合が低下すると Tversky らは考えたのである．この問題に対するスタンフォード大学の学部生 66 名（うち女性 33 名）の回答は，買う 32%，買わない 7%，5 ドルで保留 61%だった（表 10）．

次に試験の結果が合格だった場合のハワイ問題を以下に示す（不合格の場合には下線部がかっこ内の文章となる）．

あなたはたった今大変な期末試験を終えたところだと想像してください。

秋学期の終わりで疲れきってぼろぼろで、あなたが試験に<u>合格したことがわかりました。</u>

（不合格だったことがわかりました。

クリスマス休暇後、数ヶ月のうちに試験を受け直さなければなりません。）

あなたは今、特別に安い値段で、非常に魅力的なハワイ 5 日間クリスマス休暇旅行パッケ

**ージを買える機会を手にしました。この特別価格は明日で終了です。**

**あなたならどうしますか：**

**a) このパッケージを買う**

**b) このパッケージを買わない**

**c) 5 ドルの別料金を払って、明後日試験に合格したかどうかがはっきりしたあとで**

**同じ特別料金でこのパッケージを購入できる権利を買う。**

合格だった場合について新たな学生 67 名が回答したところ，買う 54%，買わない 16%，5 ドルで保留 30%だった. 不合格だった場合についてさらに別の 67 名が回答したところ, 買う 57%，買わない 12%，5 ドルで保留 31%だった（表 10）. 加えて，合格だった場合と不合格だった場合両方に新たな123名が回答したところ, 2/3 がどちらの場合にも買うと回答した. このように，個人内の意思決定が当然原理をやぶる様子を直接観察してはいないが, 個人間の平均選択として，当然原理がやぶられることが示された.

表 10　Tversky & Shafir（1992）のハワイ問題の結果.

| | 結果不明 | 結果合格 | 結果不合格 |
|---|---|---|---|
| 回答者数<br>※3条件とも異なる回答者<br>(うち女性) | 66<br>(33) | 67 | 67 |
| 買う<br>(回答者の割合) | 0.32 | 0.54 | 0.57 |
| 買わない<br>(回答者の割合) | 0.07 | 0.16 | 0.12 |
| 5 ドルで保留<br>(回答者の割合) | 0.61 | 0.30 | 0.31 |

※追加実験 (個人内要因配置; n=123)では，合格の場合と不合格の場合の両方で買うと回答した人の割合は 2/3 .

### 2-2-7-2. 2 段階ギャンブル問題

2 段階ギャンブル問題は，ハワイ問題と同様に起こりうる条件それぞれにおいて同じ選択をす

るとしても，選択する理由が異なるならば，不確実状態のときに同じ選択がされにくい問題として Tversky & Shafir（1992）が作成したものである．まず不確実状態のときの問題は：

あなたは今，確率的ゲーム（a game of chance）をしたところだと想像してください。
このゲームでは 50%の確率で 200 ドルを獲得し、50%の確率で 100 ドルを失います。
コインはすでに投げられましたが、あなたが 200 ドル勝ったか 100 ドル負けたかの結果はわかっていません。
これと全く同じ，50%の確率で 200 ドル獲得し 50%の確率で 100 ドル失うゲームを次に行うかどうかをあなたが選んだあとで結果が知らされます。あなたはどうしますか？
a) 次のギャンブルを行う
b) 次のギャンブルを行わない

のようにすでに実施されたギャンブルの結果を知らない状態で意思決定をするものである. 次に，条件が明らかな場合の問題として，ギャンブルの結果が勝ち（負け）と知らされた状態で意思決定をするものである：

あなたは今確率的ゲーム（a game of chance）をしたところだと想像してください。
このゲームでは 50%の確率で 200 ドル獲得し、50%の確率で 100 ドル失います。
コインが投げられあなたが 200 ドル勝ちました。
（あなたが 100 ドル負けました。）
今これと全く同じ、50%の確率で 200 ドル獲得し 50%の確率で 100 ドル失うゲームを次に行うかどうかを選ぶことができます。あなたならどうしますか？
a) 次のギャンブルを行う
b) 次のギャンブルを行わない

Tversky & Shafir（1992）が 3 つの条件（不確実・勝ち・負け）を個人内要因配置と個人間要因配置で測定した結果, どちらの要因配置でも同様に人々の平均選択が当然原理をやぶることが示された（表 11）. 1 回目の結果が勝ちの場合は次のギャンブルで負けても赤字にはならないのだからやる. 1 回目の結果が負けの場合は負けを取り戻すためにやる. というように, それぞれ異なる理由で同じ選択をするが, 1 回目の結果が不明の場合は理由が定まらないためギャンブルをさけるのではないかと Tversky らは考えた. 実際に, 1 回目の結果が不明の場合の選択は, 初めてそのギャンブルを行う場合の選択に近い[20]. 追加的に損失のないギャンブル（50%の確率で 600 ドル獲得し, 50%の確率で 300 ドル獲得する）についての実験もおこなったところ, 当然原理のやぶれはみられなくなった. これは, 1 回目の結果がどちらであっても, 2 回目のギャンブルを行う理由は同じであれば当然原理のやぶれはおこらないという Tversky らの仮説と一致した.

[20] 同じ利得のギャンブルを用いて Tversky らが追加的に実験をおこなった結果, ギャンブルを行うと回答したのは 0.33(n=71)だった. また, Tversky & Bar-Hillel(1983)でも同じ利得のギャンブルを用いており, ギャンブルを行うと回答したのは 0.3(n=230)だった

表 11 Tversky & Shafir（1992）の２段階ギャンブル問題において「次のギャンブルを行う」を選択した回答者の割合.

| ギャンブルの利得 | 回答者数 | 1回目の結果不明 | 1回目勝ち/金額が多い | 1回目負け/金額が少ない |
|---|---|---|---|---|
| 1回目，2回目：<br>５０%で２００ドル獲得<br>５０%で１００ドル失う | 98<br>(個人内要因) | 0.36 | 0.69 | 0.59 |
| | 各条件71 | 0.38 | 0.69 | 0.57 |
| １回目：５０%で６００ドル獲得<br>５０%で３００ドル獲得<br>２回目：５０%で２００ドル獲得<br>５０%で１００ドル失う | 各条件57<br>(個人間要因) | 0.73 | 0.69 | 0.75 |

※被験者内要因において勝ちの場合も負けの場合も次のギャンブルを行うと回答した人の割合は0.40．そのうち0.65が不明の場合に行わないと回答．つまり当然原理をやぶる回答者は全体の0.27.

### ２-２-７-３．囚人のジレンマ問題

Shafir & Tversky（1992）は選択と帰結の間に因果関係のないニューカム問題と囚人のジレンマ問題をもちいて当然原理の破れを観察した. 当然原理のやぶれは選択のもたらす帰結についてはっきりと思い浮かべることができない, もしくは選択が帰結を呼び込むことを信じるような心のはたらき―擬似魔法的思考―により起きているのではないかと考えた.

囚人のジレンマ問題において，相手の行動を知ってしまえば、非協力が協力よりも有利であることは明らかである．しかし、相手が意思決定をしていない不確実な状況では、相互協力が双方に魅力的に見え，相手の意思決定に影響を与えることはできないにも関わらず，その望ましい状態のために労力を投じてしまう（コストを払ってしまう）．つまり，不確実な状況において，選択とその帰結について考えるのが困難になり非帰結主義的な選択があらわれやすいのではないかと Shafir & Tversky（1992）は考えた．Shafir らが用いた囚人のジレンマ問題では以下のような利得表が参加者に提示された.

表 12 Shafir & Tversky（1992）の囚人のジレンマ問題の利得表の 1 例

| あなたのポイント・相手のポイント | 相手　協力 | 相手　非協力 |
|---|---|---|
| あなた　協力 | 75・75 | 25・85 |
| あなた　非協力 | 85・25 | 30・30 |

実験では，このような利得表を用いた問題が全部で 40 問出題され，そのうち 6 問が囚人のジレンマ問題だった．1 問につき，相手の選択を知らせない場合，相手が協力だと知らせる場合，相手が非協力だと知らせる場合の 3 条件を設けた（つまり囚人のジレンマ問題だけで 18 問）．実験の結果，相手が協力だと知らせた場合に非協力を選択した回答は 84%，非協力だと知らせた場合は 97%だったのに対し，相手の選択が不明の場合は 63%だった．協力・非協力だと知らせた場合の両方において非協力を選択した回答，つまり当然原理の前件を満たす回答は 82%だった．そのうち不明の場合にも非協力を選択した回答，つまり当然原理の前件を満たす回答のうち後件も満たす回答は 69%で，31%は当然原理をやぶっていた（表 13）．

表 13 Shafir & Tversky（1992）の囚人のジレンマ問題において非協力を選択した回答の割合

| 参加者数：80名<br>全回答数：444問<br>(1問につき3条件) | 相手の選択不明 | 相手が協力 | 相手が非協力 |
|---|---|---|---|
| 非協力を選択した回答の割合 | 0.63 | 0.84 | 0.97 |
| 相手が協力・非協力の場合で一貫して非協力を選択した回答の割合 | | 0.82 | |
| そのうち相手の選択が不明の場合に非協力を選択した回答の割合 | | 0.69 | |

他に，囚人のジレンマ問題について相手の協力・非協力を知らせる場合，知らせない場合で回答を比較したのが Hayashi, Walker, Ostrom & Yamagishi（1999）である．Hayashi らは 3 条件（相手が協力・非協力・不明）を個人間条件として配置した．また，囚人のジレンマ問題を「お金の

やりとり」として教示し，参加者は 500 円（米国では 5 ドル）を互いに渡すか渡さないかの選択を行った．渡した場合には 500 円が実験者によって 2 倍にされ相手は 1000 円を受取った．また，相手の選択を知らせない条件には，2 人が同時に意思決定するので相手の選択が不明である場合と，相手は既に意思決定を終えているがその選択を知らせない場合の 2 つがあった．実験の結果，当然原理のやぶれは見られなかった（表 14）．相手が協力だと知らせた場合の非協力者の割合が Shafir & Tversky（1992）の結果とは大きく異なり，相手の協力に対して協力で返す互酬傾向が見られる．

表 14　Hayashi, Ostrom & Yamagishi（1999）の囚人のジレンマ問題において非協力を選択した参加者の割合（条件ごとに異なる参加者が回答した）

| 非協力を選択した参加者の割合 | 相手の選択不明 (相手と同時に決定) | 相手の選択不明 (相手は選択済み) | 相手が協力 | 相手が非協力 |
|---|---|---|---|---|
| 米国での実験 | 0.64 | 0.62 | 0.39 | 1.00 |
| 日本での実験 | 0.46 | 0.88 | 0.25 | 0.88 |

また，Hayashi らは「コントロール幻想」―相互作用関係にあると認知した相手に対して，実際の相互作用関係の有無にかかわらず,自分の行動を変えることで相手の行動をコントロールできるとする信念―（Langer, 1975; Karp, Jin, Yamagishi, & Shinotsuka, 1993）と協力選択との関係も示した．相手と同時に決定する場合に「決定を行うとき，自分の決定が変われば相手の決定も変わるような気がした」と答えた参加者の割合は米国で 44%，日本で 41%だった．Shafir & Tversky（1992）は，選択が帰結を呼び込むことを信じるような心のはたらき―擬似魔法的思考―がコントロール幻想をつくっているのではないかと考えた．

### 2-2-7-4．擬似魔法的思考の事例

擬似魔法的思考とは，自分の選択が帰結に影響を与えるという誤った信念を持ってはいないのに、その誤った信念を持っているかのように振る舞うような心のはたらきである（Shafir &

Tversky, 1992）．囚人のジレンマ問題における協力，ニューカム問題における 1 箱選択をはじめとして，次のような事例が擬似魔法的思考のあらわれだと Shafir らは指摘する．

―Quattrone & Tversky（1984）は，「痛みに耐える時間が長い人は長生きする」という情報を事前に与えると痛みに耐える時間が長くなり，反対に「痛みに耐える時間が短い人は長生きする」という情報を事前に与えると痛みに耐える時間が短くなることを実験で示した．

―キリスト教カルバン派教徒は救済されるかどうかの運命は生前に予め決められておりこの世の行いには影響されないという予定説を信じているにもかかわらず，まるで自分の行動によって天国に行くか地獄に行くかがきまる日のように振舞う（Quattrone & Tversky, 1984）．

―コントロール幻想（Langer , 1973）を示した実験では，コイントスでコインが投げられる前に賭ける額のほうが，投げられて結果が知らされる前に賭ける額よりも大きい（Strickland, Lewicki, & Katz, 1966）．

擬似魔法的思考は不確実な状況（選言状況）に誘発されているのではないかと Shafir らは考察した．ニューカム問題では 2 つの選択肢と 2 つの条件によって 4 つの帰結が得られる．意思決定ツリーでは 2 段階の分岐によって帰結が得られる．条件（箱の中身）が明らかならば自分の選択によって得られる可能性のある帰結 2 つの帰結を比較して選択を決めればよい．しかし条件が明らかでない不確実な選言状態では，2 段階の分岐と 4 つの帰結を考慮しなければならない．非帰結主義的選択をする人々は，不確実な状況下で起こりえる帰結をすべて思い浮かべて比較できていないのではないかと Shafir らは考えた．

### 2-2-7-5．その他の選言効果に関する研究

ハワイ問題や 2 段階ギャンブル問題における選言効果は，不確実状況において選択する理由が定まらないために起きると Tversky & Shafir（1992）は論じた．帰結主義に基づいた期待効用理論がやぶれていることに対して，非帰結主義的な理由に基づく説明（Shafir, Simonson, & Tversky, 1993）を試みたのである．選言効果は，不確実状況下での選択理由がはっきりしないことにより起きるのか，それとも問題の理解が不十分であることによって起きるのか．どちらがよ

り強い説明となるかを Croson（1999）が囚人のジレンマ問題を用いた実験で検討した結果，理由がはっきりしないことのほうが選言効果に強い影響を与えていることが示された．また Bagassi & Macchi（2006）や Sun, Li & Li（2008）は選択の目的が選択に影響をあたえることを，2 段階ギャンブル問題とハワイ問題の問題文を変化させることで示している．

Hayashi, Ostrom & Yamagishi（1999）では囚人のジレンマ問題において選言効果が見られなかった（2-2-7-3）が，他に Kühberger, Komunska, & Perner（2001）の 2 段階ギャンブルの実験においても選言効果が見られなかった．Hayashi らも Kühberger らも，3 条件（X・not-X・不明）における選択を個人間要因として測定している．これに対し，Lambdin & Burdsal（2007）は期待効用理論（Savage, 1954; von Neumann & Morgenstern, 1953）は，個人の選択について当然原理を与えているので，3 つの条件（1 回目の勝ち・負け・不明）を個人内要因として測定しなければ，当然原理のやぶれを検証できないと指摘した．当然原理の前件を満たす回答（勝ちの場合も負けの場合も 2 回目と同じ選択）をした参加者のうち，後件を満たす回答（不明の場合にも同じ選択）をしなかった参加者の数によって当然原理のやぶれは示されるべきだと Lambdin らは考えた．

しかし，Lambdin らの議論以降も個人間要因として選択を測定し，選択の頻度（例：協力を選択した人の割合）によって当然原理のやぶれを検証する研究が行われている．Tversky & Shafir（1992）のハワイ問題の実験の一部や，Croson（1999）の囚人のジレンマ問題の実験なども個人間要因として測定され当然原理のやぶれが示された．Li, Wang, Rao & Li（2010）の囚人のジレンマ問題の実験の一部[21]は個人間要因として測定されたが，当然原理のやぶれは示されなかった．

### 2-2-8．これまでに行われてきたニューカム問題の実験研究

ニューカム問題において，当然原理に従った選択とは次のようなものである．箱の中身がある

[21] Li, Wang, Rao & Li（2010)の実験２，負の利得をもつ囚人のジレンマ問題の実験．

と知っている場合に 2 箱を選択し，箱の中身がないと知っている場合に 2 箱を選択するならば，箱の中身があるかどうかを知らなくても 2 箱を選択する（図 11）．

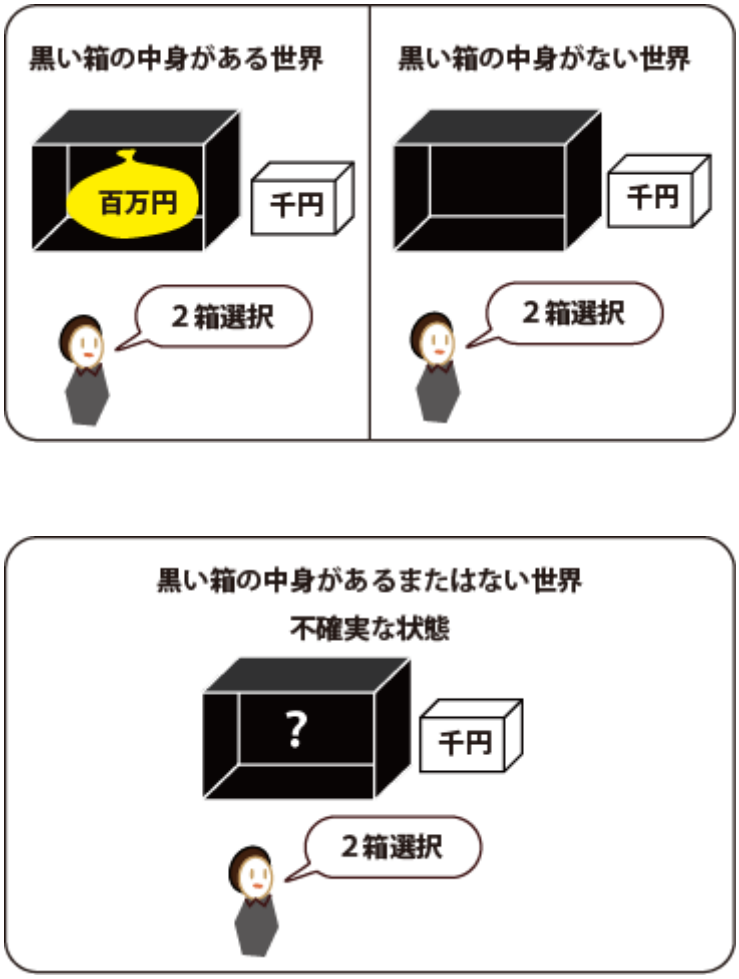



図 11 ニューカム問題における当然原理に従った選択．黒い箱の中身がある世界においても 2 箱選択をし，黒い箱の中身がない世界においても 2 箱選択をするならば，黒い箱の中身があるまたはない世界（不確実な状態）においても 2 箱選択をする．

ニューカム問題の実験研究はこれまで 3 件報告されているが，それ以前に Nozick（1969）が友人に口頭で質問した結果では，1 箱選択と 2 箱選択はほぼ半数だった．また，論文ではないがサイエンティフィック・アメリカン誌のマーチン・ガードナーのコラム「数学ゲーム」（Gardner, 1973; 1974）において，ガードナーが読者の意見を募集したところ 126 通の回答が寄せられ 1

箱選択は 89 通（71%），2 箱選択は 37 通（29%）と，1 箱選択が多数派だった．ガードナーのコラムには 650 枚に及ぶ反応が届き，これをきっかけにニューカム問題は米国で一般的に知られるようになった．

実験研究については，まず Shafir & Tversky（1992）がニューカム問題を実験課題として用いる際，意思決定者の選択について次のような仮定をおいていた．箱の中身を知らされたうえで意思決定者が選択するならば，箱の中身がどちらであっても当然 2 箱を選択するはずである．そのため実際に箱の中身が知らされた場合に，人々が 2 箱を選択するのかどうかは実験で確認されなかった．後続のニューカム問題の実験（Stanovich & West, 1999; Goldberg et al., 2005）においても同様である．これら 5 つの論文や記事におけるニューカム問題に対する人々の選択を表 15 にまとめる．続いて 3 つの実験について説明していく．

表 15 ニューカム問題についての実験や意見の集約をおこなった先行研究.

| | 予測者 | これまでの予測成績 | open box内の利得 | | closed box内の利得 | 回答者数 | 1箱選択 | 2箱選択 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nozick (1969) | 予測する能力を持つ存在（宇宙人など） | はずれたことがない. | 千ドル | | 百万ドル /0 | 友人や学生など多くの人 | 約半数 | 約半数 |
| Gardner (1974) | 予測する能力を持つ存在（宇宙人など） | はずれたことがない. | 千ドル | | 百万ドル /0 | 148 手紙での意見※1 | 0.71 | 0.29 |
| Shafir & Tversky (1992) | MITで開発されたプログラムが，回答者が先行して答えた40問の意思決定問題への回答を元に分析. | 1箱選択した人の92%の箱に中身あり．2箱選択した人の17%の箱に中身あり | 20ポイント ※2 | | 250ポイント / 0 | 40 | 0.65 | 0.35 |
| Stanovich & West(1999) | コンピュータプログラムが，回答者が先行して答えた意思決定問題への回答を元に分析 | かなり良かった | 20 ドル | | 250 ドル / 0 | 661 | 0.63 | 0.37 |
| Goldberg, Markoczy & Zahn (2005) | 高い知能を持ち人間の心理に精通したエイリアン. | これまで数百人の選択を予測してきて外れたことはない. | 千ポンド | 千ドル | 10万 ポンド /0 | 165 | 0.50 | 0.50 |
| | | | | | 10万 ドル /0 | 107 | 0.49 | 0.51 |

※1 148通中22通は1箱選択・2箱選択どちらも選択しないという意見だったためここでは除外して集計.

※2 ポイントは報酬として支払われた．他にも40問程度の意思決定問題に回答し合計の平均報酬は約6ドル.

### 2-2-8-1. Shafir & Tversky（1992）におけるニューカム問題の実験

Shafir らはニューカム問題と囚人のジレンマ問題をもちいて，選択と帰結の間に因果関係がないにもかかわらず人々はまるであるかのような選択をすることを実験によって示し，帰結主義のやぶれと共に当然原理のやぶれをしめした.

Nozick（1969）によって紹介されたニューカム問題にでてくる「ある存在」のように完全な未来の予測を行う主体は自然科学の理解を超えた超自然的な存在といえる. つまりニューカム問題は超自然的な現象を前提とする意思決定問題であるともいえる. その問題状況において，自分の選択が過去になされた予測に影響を与えるという時間を逆行する因果関係を前提とするならば，支配原理と期待効用原理の両方が 1 箱選択を導いてしまう．しかし Nozick の問題提起は，因果関係がないのに相関が高い状況における意思決定に対するものであった．そこで Shafir & Tversky（1992）は，選択と結果の因果関係がないことを明示的にするために，コンピュータが参加者のこれまでの選択情報にもとづいて予測するシナリオを用いた. 実験参加者はニューカム問題に先行して，囚人のジレンマゲーム 6 問を含む全部で 40 問の様々な利得構造をもつゲームに対する選択を行っていた.

**Shafir と Tversky（1992）が用いたシナリオ**

**MIT で開発されたばかりのプログラムを用いて、このセッションでの全てのあなたの選好パターンを分析しています。この分析に基づき、プログラムは次の最終問題に対するあなたの選好を予測しました。**

**ボックス A には確実に 20 ポイントが入っています。**

**ボックス B には何も入っていないか 250 ポイントが入っています。**

以下のどちらを選びますか：

両方のボックスを選択（両方のボックスのポイントを得られる）

ボックス B だけを選択（ボックス B のポイントだけを得られる）

プログラムがこれまでのあなたの選好に基づき、

あなたが 1）両方のボックスを選択すると予測した場合、ボックス B には何も入っていません。

あなたが 2）ボックス B だけを選択すると予測した場合、ボックス B には 250 ポイントが入っています。

（これまでのところプログラムの予想成績は非常に高く、

2）ボックス B だけを選択した人のうち 92%が 250 ポイントを得ており、

1）両方のボックスを選択した人のうち 17%だけしか 250 ポイントを得ていません。）

あなたが選択を表明した後にプログラムが予測を変更しないことを保証するため、担当者にあなたの選択を伝えてください。その後、結果を見るためにいずれかのキーを押してください。

40 名の参加者の回答は 1 箱選択が 26 人（65%），2 箱選択が 14 人（35%）であった．超自然的な要因を排除したシナリオを用いても 1 箱選択が多数派となった.

この非帰結主義的な 1 箱選択について，Shafir らは擬似魔法的思考（quasi-magical thinking）という概念を提示した（擬似魔法的思考の事例２-２-７-４）．例えば，ニューカム問題では箱の中身はすでに決まっていて，選択によって変化することはないと知っているのに，まるで 1 箱を選ぶことが箱の中に百万ドルがあることの兆しであるかのように，まじないのように 1 箱選

択をするのが擬似魔法的思考である．このように，Shafir らは期待効用理論で説明できない人々の選択にたいして,「なぜ」人々はその選択をしたかを検討する「理由による分析」(Reason-based analysis; Shafir, Simonson & Tversky, 1993）を行っている．

### ２-２-８-２．Stanovich & West（1999）におけるニューカム問題の実験

Tversky（1969）は推移性のやぶれが，Slovic & Tversky（1974）は独立性公理のやぶれが，意思決定者が問題を充分に理解していないためにが起きる可能性を示した．Stanovich & West（1999）は当然原理のやぶれに対してこの可能性を検討する実験をおこなった．Stanovich らは問題を理解する認知能力の個人差と当然原理のやぶれの個人差との関係の検討と,問題を理解させるための追加的な説明を行うことでやぶれが低下するかどうかを検討した．

**Stanovich & West（1999）が用いたシナリオ**

**あなたの想像力を必要とする問題です．**

**2 つの箱があり，箱 A には必ず 20 ドルが入っています．**

**箱 B には 250 ドルか 0 ドルが入っています．**

**あなたの選択肢は：**

**1. A と B 両方の箱を選ぶ（そして両方の箱の中身を手に入れる）**

**2. 箱 B だけを選ぶ（そして箱 B の中身だけを手に入れる）**

**[予言者]という名前のコンピュータプログラムがあり，あなたのこれまでの質問に対する回答パタンを分析するとしましょう．プログラムはすでに分析を行い，この問題に対するあなたの反応を予測し，それに従って箱 B の中身が決められています．**

**分析の結果，もしあなたが A と B 両方の箱を選ぶとプログラムが予測したならば，箱 B の**

**中身は空になっています．もしあなたが箱 B だけを選ぶとプログラムが予測したならば，箱 B には 250 ドル入れられています．**

**これまでのところ，プログラムはかなりうまく予測してきました：**

**箱 B を選んだほとんどの人は 250 ドルを手に入れ，両方の箱を選んだ人のほとんどは 250 ドルを手に入れていません．**

**あなたはどちらを選びますか？**

実験の結果，1 箱選択は 415 人（63%）で 2 箱選択は 246 人（37%）と 1 箱選択が多数派だった．1 箱選択者と 2 箱選択者の間に認知能力の違いを検討するために，認知能力の指標として参加者の SAT スコア（米国の大学入試に相当する学力試験），認知能力との相関が高い指標として認知欲求尺度（need for cognition: 思慮深い分析を行おうとする傾向・知的な熱心さ・理解への欲望・完全な情報処理を成し遂げようとする傾向を含む気質についての構成概念; Cacioppo, Petty, Feinstein, & Jarvis, 1996）の得点が用いられた．その結果，1 箱選択者と 2 箱選択者の間に SAT スコアの違いはみられなかったが，認知欲求スコアの違いがみられ，2 箱選択者は 1 箱選択者よりも認知欲求スコアが高かった．

また，問題を理解させるための追加的な説明をすると意思決定理論に従った規範的な回答（2 箱選択）が増加するのかを検討するため，Nozick（1969）が用いたような 1 箱選択と 2 箱選択の議論が参加者に提示された．1 箱選択をした参加者は，選択後に 2 箱選択が正しいと説明する文章を読むと 35．8%が 2 箱選択へと変化した．一方，2 箱選択をした参加者は，選択後に 1 箱選択が正しいと説明する文章を読むと 31%が 1 箱選択へと変化した．1 箱選択者が両方の説明を読んだ場合には，そのうち 24．3%が 2 箱選択へと変化した．2 箱選択者が両方の説明を読んだ場合には，そのうち 7．5%だけが 1 箱選択へと変化した．

このように，認知能力と問題に対する充分な理解が 2 箱選択と関係していることが示された．また，同時に囚人のジレンマ問題，確率判断問題，サンクコスト問題も実験が行われていたが，囚人のジレンマ問題以外においては認知能力（SAT スコアもしくは認知欲求スコア）と規範的選

択との正の関係がみられた．課題間の回答の相関は報告されていない．

### 2-2-8-3．Goldberg et al.（2005）におけるニューカム問題の実験

Goldberg et al.（2005）もまた，Shafir & Tversky（1992）のように期待効用理論のやぶれに対して心理的な傾向を用いた説明を試みたものである．Goldberg らは囚人のジレンマ問題における非規範的選択つまり協力の理由として，投票者の幻想（voter's illusion）を取り上げた．投票者の幻想とは Quattrone & Tversky（1984）によって提示された概念である．自分の選択と他者の選択に影響を与える状況にないとしても，自分がある選択をすると自分と似た他者も同じ選択をするだろうと感じる幻想のことをいう．Goldberg らは，この投票者の幻想はコントロール幻想（Langer, 1973）と他者の選択についての予測（Dawes, McTavish & Shaklee, 1977）の両方のあらわれであり，囚人のジレンマ問題において協力をもたらす心理的要因だととらえた．また，不確実状態では，全ての帰結と分岐を考慮できないために非帰結主義的な選択がされるのではないかという Shafir & Tversky（1992）の仮説もある．これらの 3 つの要因―コントロール幻想・他者の選択の予測・帰結を考慮できないこと―によって囚人のジレンマ問題とニューカム問題における協力と 1 箱選択が起きているのではないかと考えた．

Goldberg らが実験で行ったのは意思決定ツリーを用いた「帰結の考慮しやすさ」の操作である．帰結を考慮しやすい条件として，囚人のジレンマ問題において相手の選択が起点になっている意思決定ツリーを提示し，帰結を考慮しにくい条件として，自分の選択が起点になっている意思決定ツリーを提示した．ニューカム問題については次のようなシナリオを用いて英国と米国で 2 回の実験を行い，囚人のジレンマ問題での選択との相関が検討された．

**Goldberg et al.（2005）が米国での実験に用いたシナリオ**[22]

---

[22] Goldberg, Markoczy & Zahn（2005)中で紹介されているシナリオでは，予測主体が"space alien"という超自然的存在であるが，本文では non-supernatural なニューカム問題を使用したと記載されている．

（英国での実験ではドルをポンドに変更した）

2 つの箱があります．1 つは開いていて中身が千ドル入っているのが見えます．もう 1 つは閉じていて中身は見えません．閉じた箱の中身は 10 万ドルか 0 のどちらかです．

あなたには次の 2 つの選択肢が与えられています：

a) 閉じた箱だけを選ぶ

b) 両方の箱を選ぶ

これだけならば問題は簡単で，b)を選択するほうが良いのは明らかです．しかし，問題はそう簡単ではありません．非常に知能の高い宇宙人がいると想像してください．その宇宙人は人間の心理に精通していて，ちょっとした検査をおこなえば，個人の行動を非常に高精度に予測することができます．この宇宙人はあなたをすでに検査していて，閉じた箱に 10 万ドルを入れたかもしくは空にしました. あなたが 1 箱を選択すると宇宙人が予想したならば，宇宙人は箱に 10 万ドルをいれました．あなたが 2 箱を選択すると予想したら，宇宙人は箱を空にしました．宇宙人の予測は非常に正確であり，これまで，何百人の人の選択を予測しており，外れたことはないとあなたは知っています．さらにこの手順は慎重に監査されていて，あなたにこの問題を提示するよりも以前に，箱の中にはすでに 10 万ドルか 0 ドルが入っています．

以上にもとづいて，あなたは a)と b)のどちらを選びますか？

ニューカム問題に対する回答は，英国での実験の結果 1 箱選択が 107 人中 52 人（49%）で 2 箱選択が 107 人中 55 人（51%），米国での実験の結果 1 箱選択が 165 人中 82 人（50%）で 2 箱

選択が 165 人中 83 人（50%）であり，どちらもほぼ半数にわかれた．また，英国での実験では，囚人のジレンマ問題での協力選択とニューカム問題での 1 箱選択の回答に関連が見られたが，米国の実験では関連が見られなかった．

囚人のジレンマ問題においては帰結の考慮しやすさの影響がみられた．相手の選択を起点とする意思決定ツリーを提示した場合よりも，自分の選択を起点とする意思決定ツリーを提示した場合に協力選択者が多かった．

### 2-2-9．全確率の法則のやぶれの実験的検討

当然原理が成立することを模式図であらわしてみる（図 12）．一番上のバーは世界の状態が X の場合に A を必ず選択することを示し，一番下のバーは世界の状態が not-X（X の余事象）の場合に A を必ず選択することを示し，真ん中のバーは世界の状態が X か not-X のどちらであるか不明の場合に A を必ず選択することを示すとする．

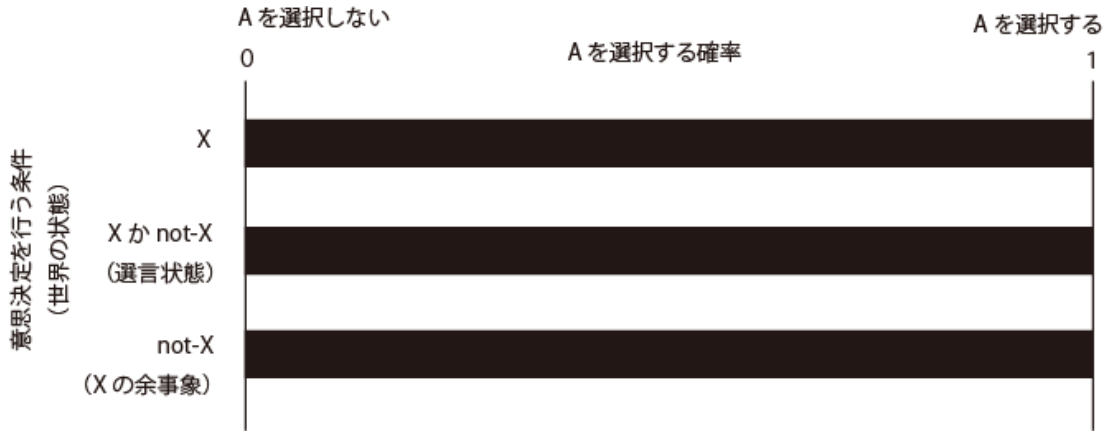



図 12 当然原理の成立を示す模式図．黒いバーの長さで A を選択する確率を示す．

この模式図の形式を用いて全確率の法則に従った選択の例をあらわすと次のようになる（図 13）．一番上のバーは世界の状態が X の場合に A を選択する主観的確率が 0.8 であることを示し，一番下のバーは世界の状態が not-X の場合に A を選択する確率が 0.3 であることを示す．真ん中のバーは X か not-X のどちらであるか不明の場合に A を選択する確率を示す．X が起こる確率

を 0.1，not-X が起こる確率を（ 1 - 0.1 = ）0.9 とすると，X と not-X の選言状態の場合の A の選択確率は式 0.8×0.1+0.3×09=0.35 と計算される.

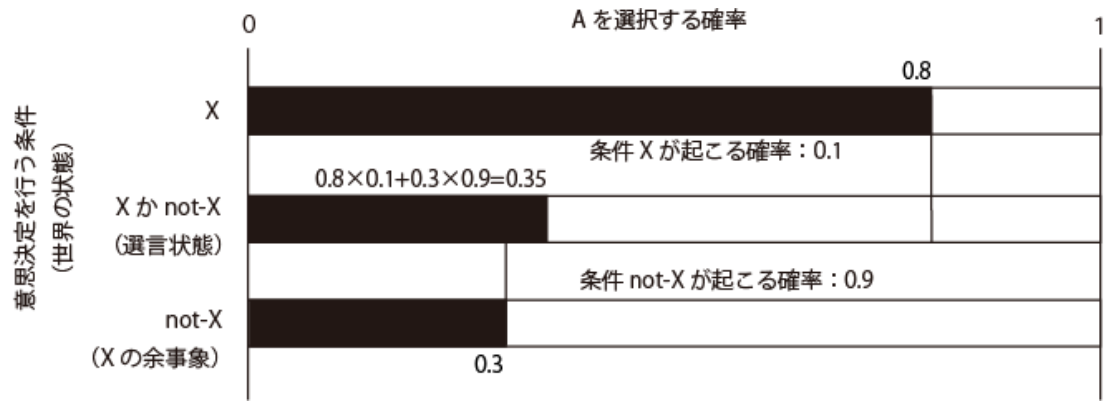



図 13 全確率の法則に従った選択の例をあらわす模式図.

X と not-X は互いの余事象であり，P(X) + P(not-X) = 1 が常に成り立つことが Savage（1954）と von Neumann & Morgenstern（1953）で前提とされている．だから P(X) = 1，P(not-X) = 0 の場合は P(A) = P(X|A)であり，P(X) = 0, P(not-X) = 1 の場合は P(A) = P(not-X|A)である. 従って，P(X)と P(not-X)が不明の場合に P(A)が取り得る値の範囲は P(A|X) ≦ P(A) ≦ P(A|not-X)もしくは P(A|X) ≧ P(A) ≧ P(A|not-X)となる（図 13）.

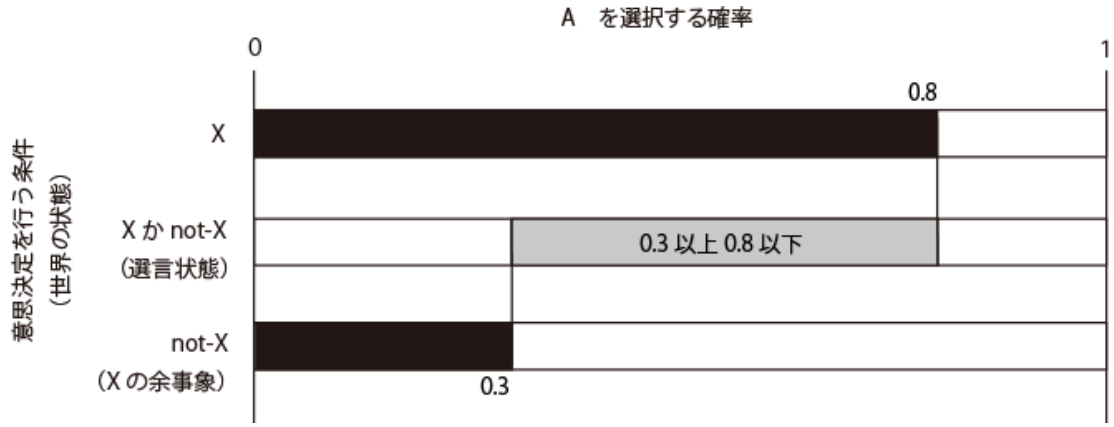



図 14 全確率の法則に従った場合に取りうる選択確率の範囲をあらわす図．全確率の法則に従う場合，不確実条件（選言状態）においてAを選択する確率はグレーの領域で示された値でなければならない．

Shafir & Tversky（1992）の行った囚人のジレンマ問題の結果を同様の図であらわすと次のようになる（Cheon & Takahashi, 2010）．選択は協力か非協力のどちらかを選ぶものだったため，協力・非協力する確率（程度）は測定されていない．従って，当然原理のやぶれの検証はできるが（2-2-7-3），全確率の法則のやぶれは検証できない（2-2-7-5）．そこで代替的に，非協力を選択した回答の割合を用いて，統計的な全確率の法則のやぶれを示す（図 15）．相手が協力すると知らされている場合に非協力を選択した回答の割合は 0.84．相手が非協力すると知らされている場合に非協力を選択した回答の割合は 0.97 であった．人々の平均的な選択が全確率の法則にしたがうならば，相手の選択が不明の場合に非協力を選択する回答の割当は 0.84 以上 0.97 以下となるはずである．ところが，実験の結果は 0.63 であり，0.97 よりも 0.84 よりも小さかった（0.63 と 0.84 の頻度の違いと，0.63 と 0.97 の頻度の違いは統計的に有意であると報告されている）．Shafir らは個人内要因として 3 つの条件（相手が協力・非協力・不明）での選択を測定し，個人内で当然原理がやぶれることを示したが，このように選択を頻度情報としてとらえることで統計的な全確率の法則がやぶれることも示された．この実験結果は，どちらの確実状況（相手が協力・相手が非協力）の非協力者の割合よりも，不確実状況（相手の選択不明）の非協力者の割合は低かったので，全確率の法則の「大きいやぶれ」が示されたといえる．

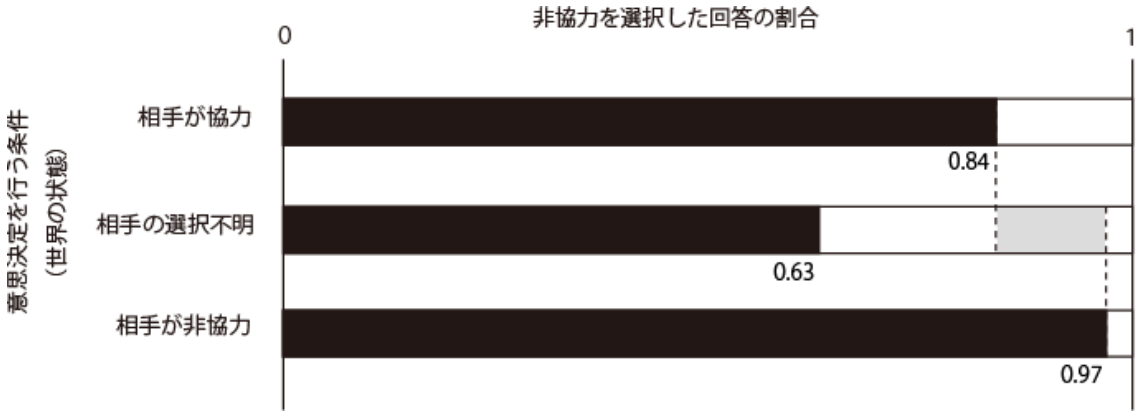



図 15　Shafir & Tversky（1992）の囚人のジレンマ問題実験の結果．統計的な全確率の法則の「大きいやぶれ」が示された．

ここまでは，個人内要因または個人間要因として当然原理のやぶれを検討した実験と，それらの実験結果から人々の統計的な全確率の法則のやぶれの検討を紹介してきた．次に，ある選択をする度合いを測定した実験結果から全確率の法則のやぶれを検証する．Li, Wang, Rao & Li（2010）は，囚人のジレンマ問題において協力・非協力の 2 択ではなく，2 極性の 8 点尺度（1「絶対に協力」―8「絶対に非協力」）での選択を測定した．Li らは 3 条件（相手が協力・非協力・不明）を個人間要因とする実験と個人内要因とする実験の両方を行った．どちらの要因配置でも正の利得をもつ囚人のジレンマ問題においては当然原理のやぶれがみられ，負の利得をもつ囚人のジレンマ問題においては当然原理のやぶれがみられなかった．個人内要因の実験結果について，8 点尺度の個人間平均得点を 0 から 1 のスケールに置きかえて図に示す[23]．まず正の利得をもつ囚人のジレンマ問題（図 16）においては，相手が協力すると知らされている場合に協力する度合いの平均は 0.44．相手が非協力すると知らされている場合に協力する度合いの平均は 0.39 であった．全確率の法則にしたがうならば，相手の選択が不明の場合に協力する度合いの平均は 0.39

[23] Li, Wang, Rao & Li（2010)は非協力する度合いを示す得点を数値で記載しておらず，グラフに示したのみであったため，グラフの目盛から数値を読み取った．８点尺度の各１点が 1/8（0.125）の値域を持ちその中点がそれぞれの尺度得点に対応するとして変換した．（例：グラフ上の目盛が１の場合 0.125÷2＝0.0625 に，目盛が８の場合 0.125÷2＋0.125×8＝0.9375 に置きかえた．）

以上 0.44 以下となるはずである．ところが，実験の結果は 0.56 であり全確率の法則をやぶっていた（大きいやぶれ）．

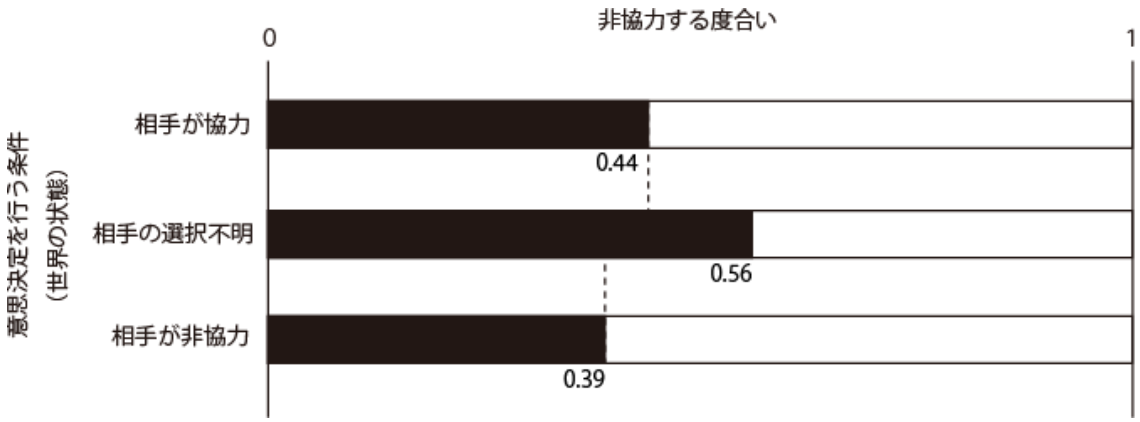



図 16 Li, Wang, Rao & Li（2010）の囚人のジレンマ問題．正の利得条件における非協力する度合いの平均値（8 点尺度での回答を 0 から 1 のスケールに置きかえた値）．3 つの条件は個人内要因として測定された．

次に，負の利得をもつ囚人のジレンマ問題においては（図 17），相手が協力すると知らされている場合に協力する度合いの平均は 0.45．相手が非協力すると知らされている場合に協力する度合いの平均は 0.35 であった．全確率の法則にしたがうならば，相手の選択が不明の場合に協力する度合いの平均は 0.35 以上 0.45 以下となるはずである．実験の結果は 0.41 であり全確率の法則のやぶれはみられなかった．

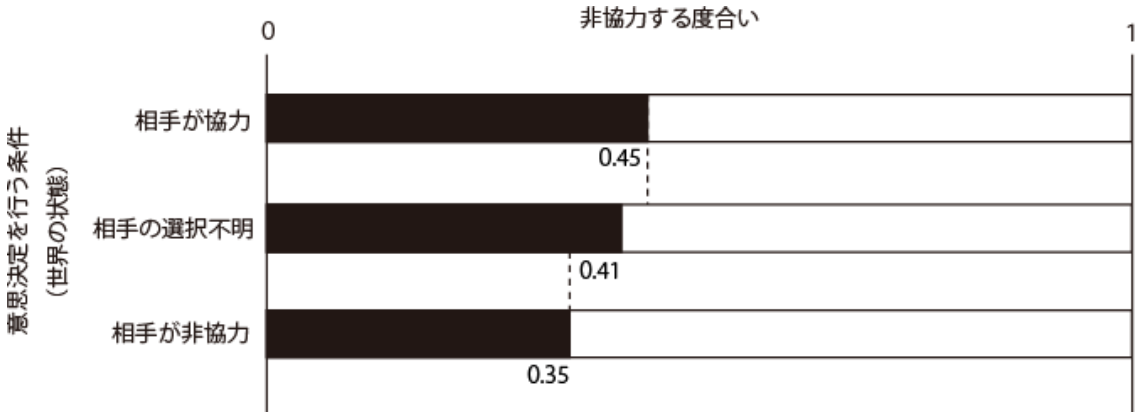



図 17 Li, Wang, Rao & Li（2010）の囚人のジレンマ問題．負の利得条件における非協力する度合いの平均値（8 点尺度での回答を 0 から 1 のスケールに置きかえた値）．3 つの条件は個人内要因として測定された．

Li らは，当然原理のやぶれの程度をあらわすために 8 点尺度によって選択を測定したのだが，このように測定結果を 0 から 1 の間の値に置きかえることで，全確率の法則のやぶれとして表現しなおすことができる．また，先行研究は「条件 X が起こると思う」確率を測定したことがなかったため，全確率の法則の「小さいやぶれ」が生じているのかどうかを検討できていなかった．つまり Li らの，負の利得条件の囚人のジレンマ問題の実験で全確率の法則のやぶれが示されなかったのは，「相手が協力すると思う」確率を測定していなかったためかもしれない．

他にこれまで，ニューカム問題を用いて全確率の法則のやぶれを実証した研究はない．さらに，ニューカム問題に限らず個人内の意思決定が全確率の法則をやぶる度合いを実験的に示した研究もない．

Busemeyer, Pothos, Franco & Trueblood（2011）などは，Shafir らが当初用いた選言効果の用法を拡張して，当然原理のやぶれを含む全確率の法則のやぶれを選言効果とよんでいる[24]．本論文でも以降は，選言効果には当然原理のやぶれと全確率の法則のやぶれの両方を含むこととする．

[24] 全確率の法則がやぶれる現象として，連言効果(conjunction effect)もある．これは連言(conjunction)状態，つまり，条件 X かつ条件 not-X の論理積集合の状態を考慮する際に行為者の意思決定が当然原理に従わない現象を示す．

## 2-2-10．プロスペクト理論

プロスペクト理論（prospect theory; Kahneman & Tversky, 1979）および累積的プロスペクト理論（cumulative prospect theory; Tversky & Kahneman, 1992）は，期待効用理論をやぶる人々の選択を説明するために提案された公理系をもつ記述的理論である．言い換えると，観察された人々の選択を期待効用理論の数式モデルに代入すると数式が成立しないが，プロスペクト理論の数式モデルに代入すると数式が成立することを Kahneman らは示した．プロスペクト理論の公理は以下である．

F＝{ f: S→X }をすべてのプロスペクト（prospects）のセットとし，$F^{+}$は正のプロスペクトを，$F^{-}$は負のプロスペクトをあらわすとする．≧を F における２者間の選好関係（binary preference relation）とし，～は対称的な（無差別な）関係を，＞は非対称的な関係をあらわすとする．≧は完全で推移的で厳密に単調であると仮定する，すなわち，もしすべての s∈S について f≠g かつ f(g)≧g(s)ならば，f＞g である．

すべてのf, g∈FかつA⊂Sについて，s∈Aならばh(s)＝f(s), かつs∈S—Aならばh(s)=g(s)であるとき h＝fAg と定義する．従って，fAg は A における f と S—A における g と一致する．全ての f, g, f’, g’∈F と A⊂S について，f’Ag≧f’Ag’であるときそのときに限り fAg≧fAg’ならば，F における選好関係≧は独立性を満たす．この公理は当然原理（Savage, 1954）ともよばれ，期待効用理論の質的性質の基礎の１つであり，アレの共通結果効果（Allais's common consequence effect; アレのパラドクス）によってやぶられる．実際に，アレの共通結果効果に適応する試みは，累積的効用理論を含む多くのモデルの発展を促した．累積効用理論の鍵となる概念は Schmeidler (1989)による共単調性（comonotonicity）の関係である．f(s)＞f(t)かつ g(t)＞g(s)であるような s, t∈S がないのならば，１対のプロスペクト f, g∈F は共単調である．全ての状態において同一の帰結を生む一定のプロスペクトは，

全てのプロスペクトと共単調である．明らかに，共単調性は対照的だが推移的ではない．

累積的効用理論は一般的に独立性を満たさないが，上記のプロスペクト fAg, fAg', f'Ag, f'Ag'のペアが共単調であるならば独立性を満たすことを示唆する．この性質は共単調独立性（comonotonic independence）と呼ばれ，累積的プロスペクト理論においても保たれ，以下に示すようにその理論の特徴の重要な役割をはたす．累積的プロスペクト理論はダブルマッチングと呼ばれる追加的な性質：すべての f, g∈F について $f^{+}$～$g^{+}$かつ $f^{-}$～$g^{-}$ならば，f～g である；を満たす．

累積的プロスペクト理論を特徴づけるため，以下の構造的な条件：S は有限であり少なくとも 3 つの状態を含むこと； X ＝ Re； $Re^{k}$の積位相 (product topology)において 選好順序は連続的である, つまり{f∈F: f≧g}と{f∈F: g≧f}はすべての g∈F について閉じていること；を仮定する．後者の仮定は限定可解性（restricted solvability）と共単調的アルキメデス公理（comonotonic Archimedean axiom）によって置きかえ可能である（Wakker, 1991）.

定理 1．($F^{+}$, ≧)と($F^{-}$, ≧)はどちらも累積的関数（cumulative functional）によって表現可能であると仮定する．(F, ≧)がダブルマッチングと共単調的独立性を満たすときそのときに限り，(F, ≧)は累積的プロスペクト理論を満たす．

この公理にもとづき，プロスペクト理論は期待効用の計算において，金銭的帰結（利得）に対する効用の関数である価値関数（value function）と，確率を重み付けする関数である確率加重関数を導入した．価値関数の形状は，正の利得について凹型，負の利得について凸型である．確率加重関数の形状は，0 からおよそ 0.3 の確率値については凹型，およそ 0.3 から 1 の確率値については凸型である．この 2 つの関数を期待効用の計算に用いることで，Savage（1954）や von Neumann & Morgenstern（1953）の理論をやぶるような実際の人々の選択を理論モデル内でとらえることができる．例えば，利得金額の期待値が同じ 2 つの選択肢―確実に受けとる正の利

得と確率的に受けとる正の利得―では確実な選択のほうを好むことや，負の利得については逆に不確実な選択を好むことなどである．

確率加重関数の性質として劣加法性がある．確率加重は W であらわされ，例えば X という事象に対する確率加重は W(X)，not-X という事象に対する確率加重は W(not-X)と表記される．X または not-X という事象に対する確率加重は W(X ∨ not-X)である．コルモゴロフ確率論における確率の足し算は P(X)+P(not-X)=P(X ∨ not-X)のようになるが，確率加重は W(X)+W(not-X)≦W(X ∨ not-X )のように劣加法性を持つ．ここで，ベイズの定理 P(A|X)P(A)=P(A∧X)のように A かつ X の集合に対して確率加重を割り当てれば，全確率の法則に相当する等式は

$$W(A) \geqq W(A \wedge X) + W(A \wedge \text{not-}X) \tag{34}$$

となる（Tversky & Fox, 1995）．このとき，W(A)が取りうる値の範囲は W(A|X)と W(A|not-X)の間（min{W(A|X), W(A|not-X)}以上 max{W(A|X), W(A|not-X)}以下）である．つまり，全確率の法則の「小さいやぶれ」はプロスペクト理論のなかで記述しうるが，「大きいやぶれ」はプロスペクト理論のなかで記述できない（Blutner & Graben, 2014）．

### ２-２-１１．アレのパラドクスとエルスバーグ問題―独立性公理のやぶれを示す意思決定問題―

Allais（1953）が提示した通称アレのパラドクスや，Ellsberg（1961）が提示した通称エルスバーグ問題は Savage の独立性公理のやぶれを指摘した意思決定問題である．アレのパラドクスやエルスバーグ問題は当然原理のやぶれを示す問題として扱われることもある（Ellsberg, 1961; Segal, 1987; Gilboa, 1987 など）．しかし，それは当然原理を独立性公理（２-２-２）と同じ内容―「選好に無関係な（選択するための判断に不必要な）条件を無視する」―を持つ原理として扱っているためである（２-２-２参照）．

アレのパラドクスとは以下のような問題である．

**質問 1）つぎの 2 つの賭けのどちらを選びますか**

**賭け A　100%の確率で 100 万ドルを受けとる**

**賭け B　10%の確率で 500 万ドルを受けとり，89%の確率で 100 万ドルを受けとる**

**1%の確率でなにも受けとらない.**

**質問 2）つぎの 2 つの賭けのどちらを選びますか**

**賭け C　11%の確率で 100 万ドルを受けとり，89%の確率でなにも受けとらない.**

**賭け D　10%の確率で 500 万ドルを受けとり，90%の確率でなにも受けとらない.**

賭け A は賭け C に「89%の確率で 100 万ドルを受けとる」という条件が加わった賭けである．賭け B は賭け D に「89%の確率で 100 万ドルを受けとる」という条件が加わった賭けである．賭け A と賭け B それぞれに加えられた条件は同一なので，加えられた条件についての賭け A と賭け B 間の選好は無差別である．このように，「89%の確率で 100 万ドルを受けとる」という条件は選好に無関係であるため，独立性公理に従えば，賭け A と賭け B 間の選好は，賭け C と賭け D 間の選好と同一になるはずである．しかし，多くの人々の選択は賭け A と賭け D であり，独立性公理をやぶることが知られる（Kahneman & Tversky, 1979）.

エルスバーグ問題とは以下のような問題である.

**いまここに 1 つのつぼがあります。**

**つぼには、赤い玉が 30 個、青い玉と緑の玉が合わせて 60 個の合計 90 個の玉が入っています。**

**あなたには、このつぼの中からひとつの玉を引く賭けに参加してもらいます。**

**事前に 2 種類の賭けのルールのうちどちらのルールで賭けをするかを選ぶことができます。**

**あなたは、次の 2 種類の賭け（ルール A とルール B）のうちどちらのルールを選びますか。**

**ルール A．赤い玉がでれば 1000 円もらえる**

**ルール B．青い玉がでれば 1000 円もらえる**

**あなたは、次の 2 種類の賭け（ルール C とルール D）のうちどちらのルールを選びますか。**

**ルール C．赤い玉か緑の玉がでれば 1000 円もらえる**

**ルール D．青い玉か緑の玉がでれば 1000 円もらえる**

ルール C はルール A に「緑の玉がでれば 1000 円」という条件が加わった賭けである．ルール D はルール B に「緑の玉がでれば 1000 円」という条件が加わった賭けである．ルール C とルール D に加えられた条件は同一なので，加えられた条件についてのルール C とルール D 間の選好は無差別である（表 16，表 17）．このように，「緑の玉がでれば 1000 円」という条件は選好に無関係であるため，独立性公理に従えば，ルール C とルール D 間の選好は，ルール A とルール B 間の選好と同一になるはずである．しかし，エルスバーグ問題に対する多くの人々の選択はルール A とルール D であり独立性公理をやぶることが示されてきた（Fox & Tversky, 1995, Hsu, Meghana, Adolphs, Tranel, & Camerer, 2005 など）．

表 16 エルスバーグ問題におけるルール A とルール B の賭けの条件と受け取る金額

| 賭けの条件 | 赤い玉がでたら | 青い玉がでたら | 緑の玉がでたら |
|---|---|---|---|
| （個数） | （30 個） | （あわせて 60 個） | |
| ルール A　赤い玉がでたら | 1000 円 | 0 円 | 0 円 |
| ルール B　青い玉がでたら | 0 円 | 1000 円 | 0 円 |

表 17 エルスバーグ問題におけるルールCとルールCの賭けの条件と受け取る金額

| 賭けの条件 | 赤い玉がでたら | 青い玉がでたら | 緑の玉がでたら |
|---|---|---|---|
| （個数） | （30 個） | （あわせて 60 個） | |
| ルールC　赤い玉か緑の玉がでたら | 1000 円 | 0 円 | 1000 円 |
| ルールD　青い玉か緑の玉がでたら | 0 円 | 1000 円 | 1000 円 |

このようにどちらの問題も 2 つの選択肢をもつ 2 つの設問からなり，一方の設問の選択肢 X と Y それぞれにある条件 Z を加えたものが，もう一方の設問の選択肢X+Z と Y+Z となっている．独立性公理に従うならば，X ≺ Y である人は X+Z ≺ Y+Z であるはずである．特に「X ≺ Y ならば X+Z ≺ Y+Z」は独立性公理そのものである．このように，アレのパラドクスとエルスバーグ問題は独立性公理の観点から見ると同じ構造を持つ問題である．異なるのは，アレのパラドクスの賭けでは帰結が得られる確率が客観確率として与えられているが，エルスバーグ問題ではつぼの中の青い玉と緑の玉の割合が不明で状況がよりあいまいだという点である．

エルスバーグ問題でのルール A とルール D の選択は，確率が不明な選択肢を避けているといえる．このような人々の選択の傾向は「あいまいさ回避（ambiguity aversion）」と呼ばれる．ルール A においては賭けに勝つ（赤い玉がでる）確率が 30/90 であるのに対して，ルール B で賭けに勝つ（青い玉がでる）確率は 0/90 から 60/90 の間のいずれかの値であることしかわからない．理由不十分の原理（Bernooulli, 1713）を用いれば，ルール B で賭けに勝つ確率は 30/90 となり，ルール A とルール B の期待利得（30/90×1000 円）は等しくなる．つまり，ルール A とルール B に対する選好は無差別であることが予測される．しかし，ルール B で賭けに勝つ確率は，理由不十分の原理を導入しなければ数字であらわしきれず，ルール A で賭けに勝つ確率に比べてあいまいさが強い．このように，数字で確率をあらわせる状況はリスク（risk）状況，理由不十分の原理を用いなければ数字で確率をあらわしきれない状況は不確実（uncertainty）状況もしくは，測定できない不確実（unmeasureable uncertainty）状況と呼び分けられている．エルスバーグ問題での独立性公理のやぶれは，人々が測定できない不確実性をリスクよりも避け

ようとすることから生じるとされる（Ellsberg, 1961）.

## 2-3. 量子意思決定理論

もともと量子論（量子力学）は，古典物理学で説明することができなかった電子や光子などの微小な振る舞いを説明するために 20 世紀初頭に提案された理論である（清水，2004）．量子論の特徴は，ある状態におけるある物理量を観察することで得られるその物理量の測定値が，確率的にしか定義できないような物理現象を扱う点である．古典物理学では，全く同じ状態を用意して観察するならば，何回観察しても同じ測定値がえられることを前提としている．例えば，サイコロを投げるような場合では，位置，初速度，空気抵抗など，関係する全ての物質の状態を全く同じにできるならば，その状況下で何度サイコロを投げても同じ結果がえられるはずである．一方量子論では，全く同じ状態を用意したとしても，例えば電子のスピンの向きが観察ごとに異なる可能性がある．このような本質的に不確実な状態の測定に対して，状態と測定値と確率分布の関係を公理論的に記述したのが量子論である．結果が 1 つに定まらず，測定のたびにばらつく実験結果をうまく記述できるのは，現在までのところ量子論だけである．このように，旧来の理論をやぶる現象をうまく説明する理論として量子論は受け入れられた．ただし，我々が直接知覚できるような身近な現象において，量子論的な本質的不確実性が観察されることは（原子核の崩壊による放射線を測定するガイガー計数機のカウント音などを除いて）ほとんどないとされる.

量子論の成功をうけて，帰結主義をやぶる人間の選択や行動を，量子論によって説明しようとする試みが行われるようになった. 量子論によって心を説明しようとする試みには 2 種類ある. 1 つは量子メカニクスとよばれ，脳の情報処理を担っているのが量子的物理現象であるという仮説を持つモデルである（Penrose, 1989）．しかし，これまでのところ神経生理学者や認知心理学者からは受け入れられていない（Khrennikov, 2002）．もう 1 つは量子的モデル（quantum-like model; Khrennikov, 2002）とよばれる量子論の枠組みを用いた記述的モデルであり，脳内のシステムが「物理的に」量子的な振る舞いをすることを前提としない．この量子的モデルの初期のアイデアは，Orlov（1982）などによって提示されていたが，2000 年以降心理学領域で盛んに

検討されるようになった．例えば知覚（Atmanspacher, Filk, & Romer, 2004），概念形成（Aerts & Gabora, 2005），意思決定（Franco, 2009; Pothos & Busemeyer, 2009; Khrennikov & Haven, 2009; Cheon & Takahashi 2010）についてのモデルが提案され，実験的検討も行われている．他にも量子ゲーム理論（Meyer, 1999）や，量子ファイナンス（Schaden, 2002; Haven, 2005）など，量子論を組み込んだ理論が提案されている．

これら量子的モデルの中で，意思決定をあつかった理論は量子意思決定理論とよばれる．そのうちの多くは，期待効用理論で使われている「普通の確率」（コルモゴロフ確率論）を量子確率論（von Neumann, 1932　広重ら訳 1957）に置きかえることでやぶれの起きない理論にしようと試みている．ここでは量子確率論は，量子論の基礎を数学的にまとめた理論をさす．コルモゴロフ確率論が事象を集合としてとらえ，確率を集合に対応させたように，量子確率論も測定対象の状態をとらえる特有の概念―複素ヒルベルト空間―をもつ．そして測定対象となる状態を，空間上の複素ベクトルに対応させ，複素ベクトルの成分を取り出すような手続きによって確率を導く．

コルモゴロフ確率論を量子確率論でおきかえる量子意思決定理論のアプローチは，これまで報告されてきた様々な期待効用理論のやぶれ（２-２-６参照）を，期待効用理論でも用いられる確率の扱いを修正・拡張することで説明しようとする試み（プロスペクト理論：Kahneman & Tversky, 1979; マルコフ理論：Martin, 1967）と同じ方向性をもつといえる．これまでのところ，量子意思決定モデルをもちいることで全確率の法則のやぶれがみられなくなることが示されてきた（Pothos & Busemeyer, 2009; Busemeyer, Wang, & Lambert-Mogiliansky, 2009; Cheon & Takahashi, 2010 など）．モデルがいくつもあり，それぞれが成功しているのは，測定しようとする状態をどのように複素ヒルベルト空間で表現するかがモデルによって異なるためである．例えば，囚人のジレンマ問題では，自分の選択と相手の選択を同じ空間内で表現するかどうかは，量子論から導かれないので量子意思決定モデルごとに定める必要がある．また，利得表でもちいる条件や帰結の区分（２-１-１１参照）は複素ヒルベルト空間の次元と対応するが，区分のしかたが変われば複素ヒルベルト空間も違ったものになり，えられる確率分布も変わる．そうやってえ

られた確率分布の範囲内に，実際の人々の選択がおさまっているモデルが複数あるため，決定版のモデルが定まっていない.

### 2-3-1. 意思決定理論になぜ量子理論をもちいるか

ここでは、Wang, Busemeyer, Atmanspacher & Pothos（2013）にもとづいて、一般に、量子論的な確率を用いた意思決定や判断のモデル化がもつ意義を説明する. 量子論は直観的理解に反する理論でありながら，経験的に正しいことが証明されてきており，量子論をやぶる現象はこれまでに報告されていない. またその応用として，レーザー・トランジスタ・CCD（電荷結合素子）・MRI（磁気共鳴画像）などの技術をもたらし全ての経済の３分の１に影響を与えているとされる（Rosenblum & Kuttner, 2006）．一方で，量子論の人間の認知や意思決定への適用は直接的なものではないと考えられているが, 心理学的な概念と量子的な概念との類似性を通じて形式的に利用可能である可能性がある．これまで，意思決定の規範的理論と人々の行動・認知の解離を示す数多くの知見が報告され, 心理学的領域ではそのような解離に関する認知バイアスや認知的錯誤についての研究が多く行われてきた. 量子論は，そのような研究の中で提示されてきた心理学的概念に対応するような基礎概念を持つ. Wang らは心理学的概念と量子論の概念の対応として以下の例を挙げている.

量子論では状態は複素ヒルベルト空間という概念的な空間上のベクトルで表現され, 測定される以前の状態は「測定されうる結果たちに対応する状態たち」が結合した重ね合わせ状態という純粋状態として表現される. そして，測定されることで状態ベクトルは測定結果に対応するベクトルのうちの１つに射影されて，その結果のベクトルへと変化する（射影公準）．これに対し，心理学では質問の順序によって回答が変化する質問順序効果（question-order effect; Schuman & Presser, 1981）があることが知られている．心の状態を量子論の状態ベクトルであらわすと，１つの質問に回答することは心の状態が回答のベクトルに射影され新しい状態へと変化することに対応する. 質問によって心の状態が変化するため質問の順序によって回答が変化することが質問順序効果であるという，量子論を用いた説明が可能になる（Wang, Solloway, Shiffrin &

Busemeyer, 2014 など）．また，ネッカーキューブ（図 18）のように（どの角が手前にあるかの認知が２通り可能な）あいまいな図形にたいする認知を，重ね合わせ状態として表現することで２つの並立する解釈を１つに確定する認知プロセス理論も提案されている（Atmanspacher, Filk, & Romer, 2004）.

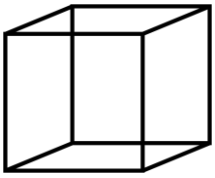


図 18　ネッカーキューブ

量子論における確率は，測定前の重ね合わせ状態のベクトルから，それぞれの結果のベクトルに射影した長さの２乗によって求められる（ボルンの確率規則）．このことと，射影公準とによって条件付き確率をあらわすことができ，量子論的な全確率の法則が導かれる．これによって選言効果や連言効果といった全確率の法則のやぶれを示す現象を理論内であつかうことができる（Franco, 2009 など）.

このように，測定によって変化する心の状態，不確実な状況やあいまいな状況での認知や行動が確実な状況での認知や行動などと整合しない現象といった，心理学において問題視されてきた現象は，量子論の概念と親和性が高いことが示されてきている．特に，古典力学や古典確率論では事象を集合で表すのに対して，量子論では事象を複素ベクトルで表す点が大きくことなる点である．心という未解明の現象に対して，古典的な集合論ではなく量子的なベクトル空間を用いた理論的アプローチの有効性が期待されている.

### 2-3-2．本研究で採用する量子意思決定モデル

全確率の法則のやぶれを説明しようとする量子意思決定モデルには次のようなものがある．よく題材に用いられる囚人のジレンマ問題を例にして説明する．囚人のジレンマ問題における条件（世界の状態）は相手が協力・非協力条件の２つ，選択肢は自分が協力・非協力の２つである.

Cheon & Takahashi（2010）は，条件ごとに空間を用意して，それぞれの複素ヒルベルト空間の次元は 2 つの選択肢に対応させるため 2 次元とするモデルを提示した. Yukalov & Sornette（2010）や Pothos & Busemeyer（2009）は，最終的に得られる帰結（測定値）が「相手協力・自分協力」，「相手協力・自分非協力」，「相手非協力・自分協力」，「相手非協力・自分非協力」の 4 つであることに対して，1 つの 4 次元ヒルベルト空間をもちいるモデルを提示した．Franco（2009）は 1 つの 2 次元複素ヒルベルト空間のなかで，2 つの条件に対応する心の状態を用意し，その心の状態が選択によって変化するというモデルを提示した．Khrennikov（2010）は，2 次元複素ヒルベルト空間からなるモデルから予測されるやぶれの大きさをうわまわる現象に対応するため，ハイパーボリックヒルベルト空間を使うという拡張をおこなった．さらに金城，（2016）のように，量子確率論を拡張させた新たな数学的道具をもちいてモデル化する試みもある.

こういったモデルたちの予測の範囲内に実験データがおさまっているならば, 用いている前提や変数が少ないモデルのほうが望ましいだろう. そこで, 本研究では最も単純なモデル（Ashtiani & Azgomi, 2015）とされる Franco（2009）のモデルを用いて実験結果に適用を試みることとする．以下では，すべてのモデルに共通する量子論上の基本的な概念と，Franco（2009）のモデルに特有な点の両方を詳しく説明していく．量子論の基礎的な概念の説明は清水（2004）に，心の状態と量子論の概念との対応の説明は Franco（2009）に基づいて述べる．清水や Franco は量子論特有の数式表現による説明や理論展開をしているが, 本論文では心理学領域の量子意思決定モデルの論文である Bruza, Wang & Busemeyer（2015）などを参考にして，独自に図形的表現を加える.

### 2-3-3. 量子的全確率の法則

まず，量子意思決定モデルを用いるのは，全確率の法則のやぶれを理論の範囲内で記述できるからである. そこで量子論の説明に先立って，最終的にえられる量子的モデル版の全確率の法則の等式を紹介しておく.

ニューカム問題や囚人のジレンマ問題のように，条件の数が 2（X と not-X）である場合の事

象 A の条件なし生起確率 P(A)を，量子確率論を用いて表した全確率の法則の等式は以下のようになる.

$$\begin{aligned} &\mathrm{P(A)} \\ &= \mathrm{P(A|X)P(X)} + \mathrm{P(A|not-X)P(not-X)} + 2\sqrt{\mathrm{P(X)P(not-X)P(A|X)P(A|not-X)}}\cos\theta \\ &\text{ただし } \mathrm{P(X)} + \mathrm{P(not-X)} = 1 \end{aligned} \tag{35}$$

$$\begin{aligned} &\mathrm{P(A)} \\ &= \mathrm{P(A|X)P(X)} + \mathrm{P(A|not-X)P(not-X)} \quad \text{ただし } \mathrm{P(X)} + \mathrm{P(not-X)} \\ &= 1 \end{aligned}$$

比較のため(31)を再掲

以降，量子確率論を用いてあらわした全確率の法則の等式(35)を「量子的全確率の法則の等式」と呼ぶことにする．古典確率論を用いてあらわした全確率の法則の等式(31)はこれまでどおり「全確率の法則の等式」と呼ぶ.

式(35)の右辺第 3 項は全確率の法則の等式のやぶれに相当する干渉項である．干渉項はどのようにして生じるのか．以下では，量子意思決定理論で援用している量子論の基本的な考え方を紹介しながら，ニューカム問題のような 2 つの条件と 2 つの選択肢をもつ意思決定場面を扱う Franco（2009）の量子意思決定モデルを説明していく.

### 2-3-3-1．【量子論で用いられる空間的概念たち】―演算子形式の量子論一般の説明―

まず，von Neumann（1932）や Dirac（1958）により定められた量子論の公理（前提）とは次の 5 つである.

**【量子論の公理】**

**要請１．量子系の純粋状態は，ある複素ヒルベルト空間 H の規格化された射線で表される.**

**要請２．可観測量は，H 上の自己共役演算子によって表される.**

**要請３．（ボルンの確率規則）**

**[離散固有値の場合]　状態|$\psi$>について，物理量 A の，誤差がない（無視できるほど小さい）測定を行ったとき，測定値 $a_\psi$は，Â の固有値のどれかに限られる．どの固有値になるかは，一般には測定ごとにランダムにばらつき，$a_\psi$が Â の離散固有値のひとつ a になる確率 P(a)は，a に属する固有空間への状態ベクトルの射影の長さの２乗で与えられる.**

$$\mathrm{P(a)} = \|\hat{\mathrm{p}}(\mathrm{a})|\psi>\|^2 \tag{36}$$

**[連続固有値の場合]　$a_\psi$が区間(a-Δ, a+Δ]に入る確率 P(a-Δ, a+Δ]は, この範囲の固有値に属する固有空間への状態ベクトルの射影の長さの２乗で与えられる.**

$$\mathrm{P(a-\Delta, a+\Delta]} = \left\|\hat{\mathrm{p}}(\mathrm{a}-\Delta, \mathrm{a}+\Delta]|\psi>\right\|^2 \tag{37}$$

**要請４．（射影仮説）閉じた量子系の，時刻 t における状態ベクトルを|$\psi$(t)>と書くと，その時間発展は，次のシュレーディンガー方程式で記述される.**

$$i\hbar\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{dt}}|\psi(\mathrm{t})> = \hat{\mathrm{H}}|\psi(\mathrm{t})> \tag{38}$$

**ただし，Ĥは系のエネルギーをあらわす自己共役演算子で，ハミルトニアンと呼ばれる.**

**要請５. 測定直前に|$\psi$>なる状態ベクトルをもっていた系に, 物理量 Â の理想測定を行い，測定値が Â の離散固有値の中のひとつ a であったとする．その場合，測定直後の状態ベクトル|$\psi_{\mathrm{after}}$>は，次式で与えられる.**

$$|\psi_{\mathrm{after}}> = \frac{1}{\|\hat{\mathrm{p}}(\mathrm{a})|\psi>\|}\hat{\mathrm{p}}(\mathrm{a})|\psi> \tag{39}$$

これらの公理をもちいて量子意思決定理論は構築されている. 以降では公理で用いられている概念について説明しながら, Franco（2009）のモデルに特有の量子意思決定理論を紹介していく.

量子論では，**複素ヒルベルト空間**という抽象的な空間上のベクトルの概念を用いて不確実な事象の確率を計算することができる（これを演算子形式（operator formalism）の量子論という．以降，特にことわりがない場合「量子論」とは「演算子形式の量子論」のことを指す）．図 19 はニューカム問題を例に空間的操作を図示したものである．**ある測定対象となる状態**（例：ニューカム問題の選択を行おうとしている心の状態）は，**状態ベクトル**とよばれる複素ヒルベルト空間上のベクトル$|\psi>$であらわされる[25]．観察され得る結果の数は，複素ヒルベルト空間の次元数に対応する[26]．観測され得る結果が 2 つの場合（例：1 箱選択・2 箱選択），2 次元複素ヒルベルト空間をもちいる．それぞれの**結果**は**固有ベクトル**とよばれる 2 つの**直交**[27]するベクトル|a1>と|a2>に対応する[28]．2 次元なので，この空間上の任意のベクトルを，2 つの直交する固有ベクトルの線形結合によって

$|\psi>=c1|a1>+c2|a2>$　ただし c1 と c2 は複素数. それぞれのベクトルの座標も複素数. (40)

---

[25] 本論文ではベクトルとベクトル計算を Dirac（1958）の記法で表示する.

[26] 次元数は特別な場合をのぞき観測され得る結果の数と同じなので，本論文では次元数と観察され得る結果の数を同じとする．特別な場合とは，例えば観測され得る結果が 2 種類しかないが，固有ベクトルが 3 つあり，そのうち 2 つが 1 つの結果に対応して，3 次元複素ヒルベルト空間を構成しているような場合を指す．このように，1 つの結果に対して 2 つ以上のベクトルが存在するとき，固有値に縮退があるという．量子意思決定理論には，現時点で縮退に対応するような現象を扱うものがなく，本論文でも縮退に対応するようなモデル展開をしないため，縮退のない場合のみを扱うこととする.

[27] 2 つのベクトルの内積<a1|a2>が 0 であるとき，互いに直交するという.（内積の計算方法は本文の式(41)参照.）

[28] 固有値に縮退がある場合，直交しない固有ベクトルのセットも存在するが，本論文では縮退がある場合をあつかわないため，固有ベクトルは直交するものとして扱う.

のように表現することができる[29]．固有ベクトル|a1＞と|a2＞の線形結合によって状態|$\psi$＞を表現することは，測定によって確定した状態|a1＞と|a2＞をまぜあわせて意思決定前の心の状態|$\psi$＞を表現することでもある．このように，ある 2 つの状態ベクトル（ここでは固有ベクトル）の線形結合によって作られる状態を**重ね合わせ状態**（superposition）と呼ぶ．また，状態ベクトルはノルム（長さ）が 1 となるよう規格化[30]したものであることが要請され[31]，固有ベクトルも簡便のため通常規格化されるため本論文でも規格化したものを扱う[32]（ここまで図 19）．

---

[29] つまり固有ベクトルは基底ベクトルでもある．基底ベクトルは互いに直交していなくてもかまわない．基底ベクトルの数と次元数が同じで，互いに線形独立であれば基底を成す．

[30] 複素ベクトルのノルムは$\| |\psi> \| = \sqrt{<\psi|\psi>}$で定義される．ノルムはベクトルの長さととらえることができる．$<\psi|\psi>$はベクトルの内積をあらわし，自分自身との内積は非負の実数となる．例えば

$|a2> = \left(\sqrt{3/10} - \sqrt{6/10}\,\mathrm{i} \;\; \sqrt{1/20} + \sqrt{1/20}\,\mathrm{i}\right)^{\mathrm{t}}$ のノルムを計算してみると，

$$\sqrt{<a2|a2>}$$
$$= \sqrt{\left(\sqrt{3/10} + \sqrt{6/10}\,\mathrm{i} \;\; \sqrt{1/20} - \sqrt{1/20}\,\mathrm{i}\right) \times \left(\sqrt{3/10} - \sqrt{6/10}\,\mathrm{i} \;\; \sqrt{1/20} + \sqrt{1/20}\,\mathrm{i}\right)^{\mathrm{t}}}$$
$$= \sqrt{\left(\sqrt{3/10} + \sqrt{6/10}\,\mathrm{i}\right)\left(\sqrt{3/10} - \sqrt{6/10}\,\mathrm{i}\right) + \left(\sqrt{1/20} - \sqrt{1/20}\,\mathrm{i}\right)\left(\sqrt{1/20} + \sqrt{1/20}\,\mathrm{i}\right)}$$
$$= \sqrt{3/10 + 6/10 + 1/20 + 1/20} = \sqrt{1} = 1$$

となり，ノルムが 1 であることがわかる．（内積の計算方法は本文の式(41)参照．）

[31] ここでの要請とは量子論の理論的前提のこと．この箇所に対応するのは要請 1「量子系の純粋状態は，ある複素ヒルベルト空間 H の，規格化された射線で表される」である．射線とは，ある状態ベクトルについて位相のことなる状態ベクトルをすべて集めた集合のこと．位相については本文にて後述する．

[32] 固有ベクトルたちが空間の基底であり互いに直交していて規格化されていることを，固有ベクトルのセットが正規直交完全系をなすという．

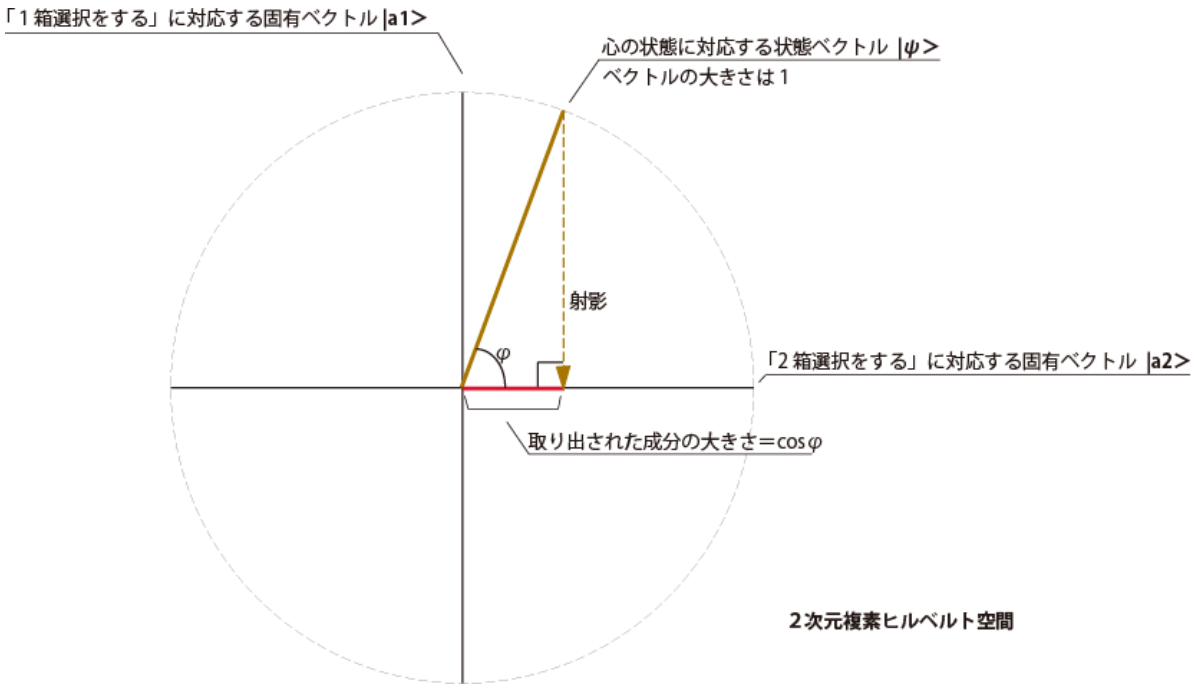



図 19　量子論で用いられる概念を表現した図．例としてニューカム問題をもちいる．観測され得る選択肢が 2 つなので，2 次元の複素ヒルベルト空間を用いる．観測され得る 2 つの結果「1 箱選択をする」と「2 箱選択をする」は直交する 2 つの固有ベクトル|a1＞と|a2＞で表現される．ニューカム問題の選択を行おうとしている心の状態は状態ベクトル|ψ＞であらわされる．

### 2-3-3-2．【測定に対応する概念：射影とその図形的表現】―演算子形式の量子論一般の説明―

このような複素ヒルベルト空間のモデルを使ってわれわれが知りたいのは，不確実な状況においてある事象が起こる確率である．不確実な状態（例：測定される前の心の状態）から，確定した観測結果（例：測定された選択）を得る手続きは，量子論では状態ベクトル|ψ＞から固有ベクトル|a1＞（または|a2＞）に平行な成分のみをもつベクトルを取り出す操作に対応している．この操作は**射影**と呼ばれ，射影の長さ（取り出された成分の長さ）の 2 乗が，事象の観察される確率をあらわす．図形的に射影操作を示すには図 20 のように|ψ＞から|a1＞に垂直な線を引けばよい．|ψ＞と|a1＞のノルムは 1 なので，|ψ＞と|a1＞のなす角をφとすると射影の長さは

cosφで求められる[33]．そして，確率は射影の長さの 2 乗なので$(\cos\varphi)^2$で計算される．

例えば，状態ベクトル|ψ＞と固有ベクトル|a1＞とが平行（φ=0°）ならば，射影の長さは cos0°=1 であり，|a1＞に対応する結果（例：1 箱選択）が観測される確率は$(\cos0°)^2=1$ となる．そのときもう一方の固有ベクトル|a2＞と状態ベクトル|ψ＞は直交（φ=90°）するので，|a2＞に対応する結果（例：2 箱選択）が観測される確率は$(\cos90°)^2=0$ である．このように，固有ベクトルは互いに直交しているため，射影の長さの 2 乗を足すと必ず 1 になる．つまり，観測され得る結果たちそれぞれの確率を足すと必ず 1 となる（例：p(1 箱選択)＋p(2 箱選択)=1）．この点では，量子確率論と古典的確率論に違いはない．

[33] 射影の長さは$\||\psi>\| \times \||a1>\| \times \cos\varphi$であるが，$\||\psi>\| = 1$ かつ$\||a1>\| = 1$という前提を置いたのでcosφと簡略化できる．

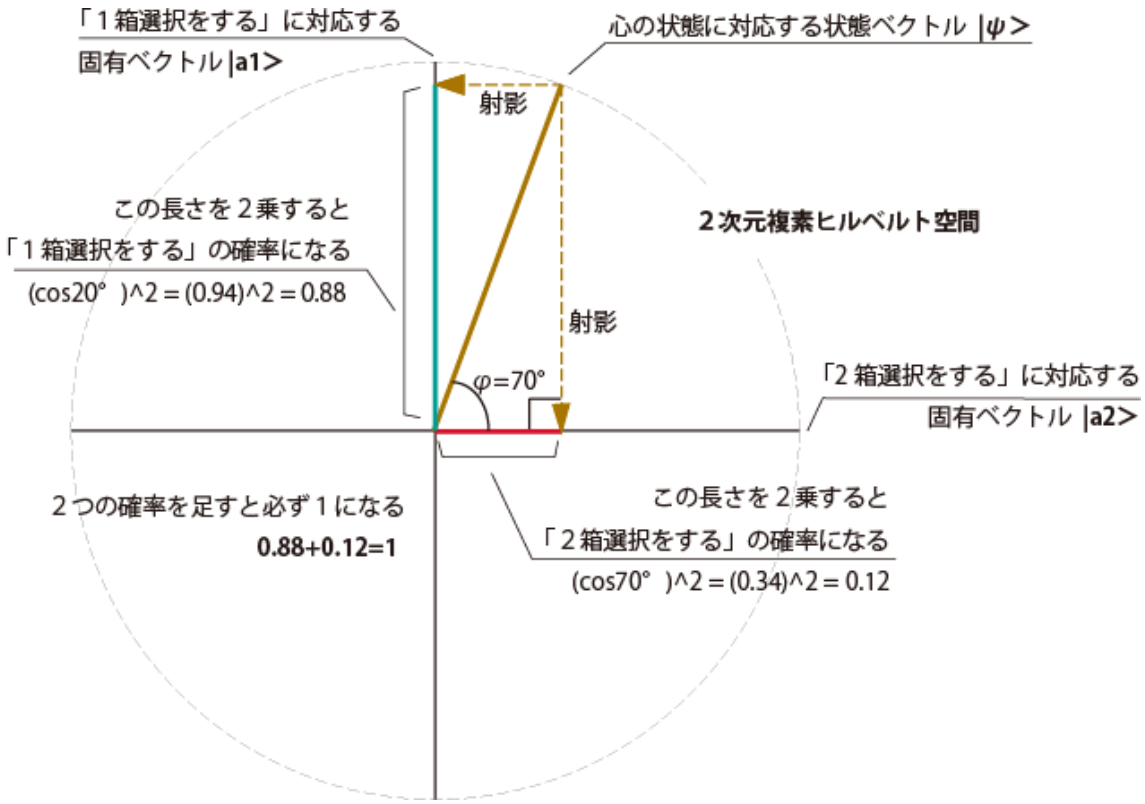



図 20　量子論における“不確実な状態から結果を測定する手続き―射影―”を，ニューカム問題を例に示した図．状態ベクトルから固有ベクトルに平行な成分を取り出す手続きが射影である．図の上では状態ベクトル|ψ＞から固有ベクトル|a1＞または|a2＞に垂直な線を引くことが射影に対応する．結果が観察される確率は，射影の長さ（固有ベクトルに平行な成分の長さ）の2乗で計算される．

### 2-3-3-3．【事象が起こる確率の計算】―演算子形式の量子論一般の説明―

状態ベクトルと固有ベクトルのなす角φが不明でベクトルの座標がわかっている場合は以下のように**内積，射影の長さ，事象の観察される確率**を表現，計算することができる．例えば状態|ψ＞から観察結果|a2＞をえる手続きは，|ψ＞から|a2＞への射影に対応し，内積は＜a2|ψ＞，射影の長さは$|\langle a2|\psi\rangle|$，確率は$|\langle a2|\psi\rangle|^2$と表現され以下のように計算される．まず，内積＜a2|ψ＞は＜a2|と|ψ＞のかけ算をあらわしている．|a2＞はケットベクトル，＜a2|はブラベクトルとよばれ，互いに共役なベクトルである．共役なベクトルとは，転置して（例：縦ベクトルを横ベクトルにして）各成分の値を複素共役にしたものである．複素共役とは，複素数の虚数成

分の符号を反対にしたもののことである．例えばケットベクトルを|a2 > = $(\sqrt{3/10} - \sqrt{6/10}\mathrm{i}\ \ \sqrt{1/20} + \sqrt{1/20}\mathrm{i})^{t}$ とすると，ブラベクトルは$< a2| = (\sqrt{3/10} + \sqrt{6/10}\mathrm{i}\ \ \sqrt{1/20} - \sqrt{1/20}\mathrm{i})$となる[34]．複素共役は複素数に*（アスタリスク）をつけることによってあらわすこともでき，例えば 1+2i の複素共役は$(1+2i)^{*}$=1-2i となる．ブラベクトルとケットベクトルのかけ算は，横ベクトルと縦ベクトルのかけ算なので，計算結果はベクトルではなく数値（複素数）となる．例えば，$|\psi > = (\sqrt{1/5} + \sqrt{3/5}\mathrm{i}\ \ \sqrt{1/10} - \sqrt{1/10}\mathrm{i})^{t}$とすると内積$< a2|\psi >$は次のように計算される．

$$
\begin{aligned}
&< a2|\psi > = < a2| \times |\psi > \\
&= (\sqrt{3/10} + \sqrt{6/10}\mathrm{i}\ \ \sqrt{1/20} - \sqrt{1/20}\mathrm{i}) \\
&\times (\sqrt{1/5} + \sqrt{3/5}\mathrm{i}\ \ \sqrt{1/10} - \sqrt{1/10}\mathrm{i})^{t} \\
&= (\sqrt{3/10} + \sqrt{6/10}\mathrm{i}) \times (\sqrt{1/5} + \sqrt{3/5}\mathrm{i}) + (\sqrt{1/20} - \sqrt{1/20}\mathrm{i}) \times (\sqrt{1/10} \\
&- \sqrt{1/10}\mathrm{i}) \\
&= \sqrt{3/50} - \sqrt{18/50} + \sqrt{9/50}\mathrm{i} + \sqrt{6/50}\mathrm{i} + \sqrt{1/200} - \sqrt{1/200} \\
&- \sqrt{1/200}\mathrm{i} - \sqrt{1/200}\mathrm{i} \\
&= \sqrt{3/50} - \sqrt{18/50} + \sqrt{9/50}\mathrm{i} + \sqrt{6/50}\mathrm{i} - 2\sqrt{1/200}\mathrm{i} \\
&\cong 0.24 - 0.6 + 0.42\mathrm{i} + 0.35\mathrm{i} - 0.14\mathrm{i} \\
&\cong 0.36 + 0.63\mathrm{i}
\end{aligned}
\tag{41}
$$

このように内積の計算結果は複素数となる．従って，射影の長さ$\left|< a2|\psi >\right|$を求めるにはこの複素数の絶対値を求めればよい．複素数の絶対値は，複素数自身とその複素共役とのかけ算の平方根によって求められる．

$$
\begin{aligned}
&\left|< a2|\psi >\right| = |(0.36 + 0.63\mathrm{i})| \\
&= \sqrt{(0.36 + 0.63\mathrm{i})^{*} \times (0.36 + 0.63\mathrm{i})} = \sqrt{(0.36 - 0.63\mathrm{i}) \times (0.36 + 0.63\mathrm{i})}
\end{aligned}
\tag{42}
$$

[34] ベクトルを座標表記する場合，縦ベクトルを行内で表現するために横ベクトルの転置として(x 座標 y 座標)$^{t}$のように表記する．

$$= \sqrt{0.36^2 + 0.63^2} = \sqrt{0.13 + 0.40} = \sqrt{0.53}$$

このように射影の長さ（複素数の絶対値）は正の実数となる．最後に確率は射影の長さの 2 乗なので，

$$\mathrm{P}\left(\text{結果 a2 をえる確率}\right) = \left(\left|< \mathrm{a2} | \psi >\right|\right)^2 = \left(\sqrt{0.53}\right)^2 = 0.53 \tag{43}$$

であることがわかる．以上が，複素ベクトルから事象が観察される確率を計算する手順である．これらの**複素ベクトルの内積計算と複素数の絶対値計算**が，本研究でもちいる量子意思決定モデルで使用する主要な数学的処理である．

### 2-3-3-4．【量子論における条件付き確率の表現】—Franco（2009）のモデルに特定的な説明—

次に，全確率の法則をあらわすために必要な**条件付き確率**を量子論の範ちゅうで説明したい．ところが，量子論における条件付き確率の表現は定まっていない（Ozawa, 1985; Cerf & Adami, 1999; Leifer, 2006 など）ので，ここから先は Franco（2009）のモデルに特有のとらえ方によって，条件付き確率と全確率の法則を説明していく．

Franco（2009）のモデルは，ニューカム問題と同じように**2 つの条件と 2 つの選択肢を持つ意思決定の場合に限定**したモデルなので，複素ヒルベルト空間の次元は 2 次元に限定される．従って，これまでの説明（図 19，図 20 に対応）では，図形であらわしやすくニューカム問題の選択肢数に対応するので次元数が 2 の場合を例として考えてきたが，以降の説明では，理論的な限定によって次元数は 2 のみとなる．条件付き確率は，この 2 次元複素ヒルベルト空間に新たな固有ベクトルの組を導入することで表現される（図 21）．新たな固有ベクトルとは，意思決定における 2 つの条件（例：「箱の中身がある」もしくは「箱の中身がない」）に対応するものである．これから意思決定を行う心の状態を状態ベクトル$|\psi>$とし，2 つの条件を固有ベ

クトル|x1＞と|x2＞，2 つの選択肢を固有ベクトル|a1＞と|a2＞とするしよう．この空間上のベクトルは心の状態に対応するものなので，2 つの条件に対応する固有ベクトル|x1＞と|x2＞もまた，主観的な条件の認知状態（例：「箱の中身がある」という事実ではなく「箱の中身があると思う」という主観的認知）に対応する．また，新たな固有ベクトル|x1＞と|x2＞も互いに直交しているので，すべての条件が起こる確率を足すと 1 になる．つまり Franco（2009）のモデルでは，ニューカム問題の意思決定前の心の状態|ψ＞は「1 箱選択をする」心の状態|a1＞と「2 箱選択をする」心の状態|a2＞の重ね合わせであり，同時に，「箱の中身がないと思う」心の状態|x1＞と「箱の中身があると思う」心の状態|x2＞の重ね合わせでもある[35].

[35] ニューカム問題の例では，条件の数（「箱の中身があると思う」と「箱の中身がないと思う」の 2 つ）と観察され得る結果の数（「 1 箱選択」と「 2 箱選択」の 2 つ）が一致しているため，同一空間内で表現できる.「 2 箱選択をするかどうか」に対応する固有ベクトルがある平面と，「箱の中身があると思うかどうか」に対応する固有ベクトルがある平面は同一平面にあることが問題の状況とどのように対応するかについて Franco(2009)は説明していない．また，モデルによっては，状況をあらわす固有ベクトルのセットと結果をあらわす固有ベクトルのセットを異なる空間上に割り当てたり（Choen & Takahashi, 2010 など），状況と結果の組み合わせ（例：「箱の中身があると思う　かつ　2 箱選択をする」）ごとに固有ベクトルを割り当てたり(Busemeyer, Wang, & Lambert-Mogiliansky, 2009)している.

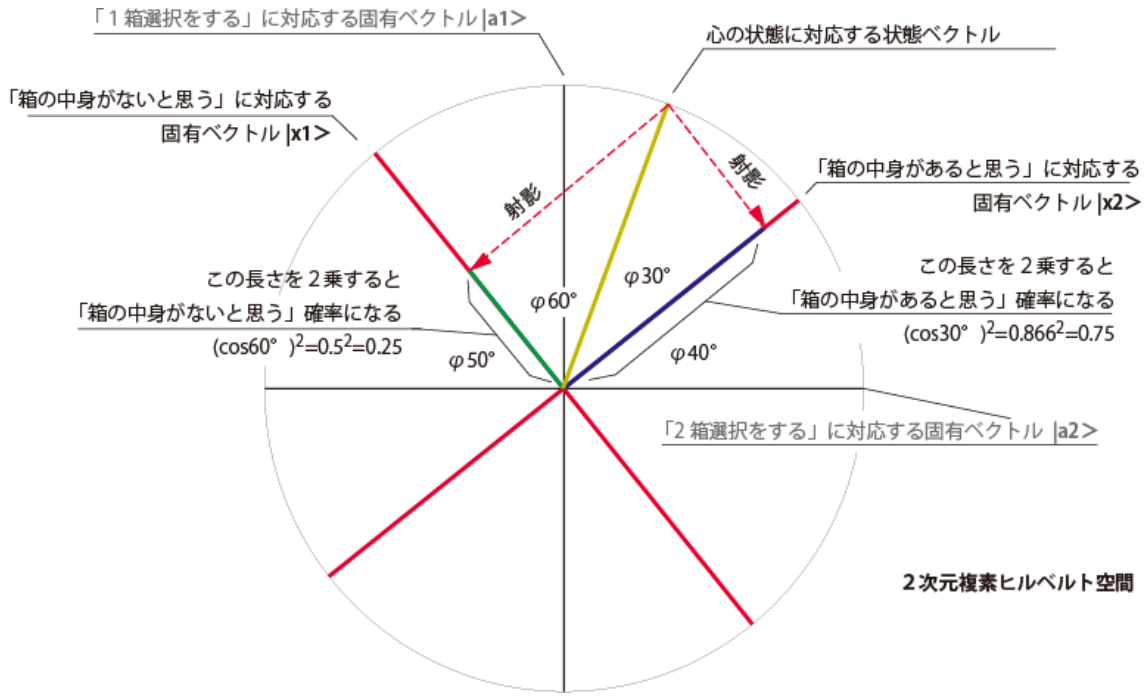



図 21　Franco（2009）のモデルに従い，状態ベクトルと 2 組の固有ベクトルを同一の 2 次元複素ヒルベルト空間上であらわした図．ニューカム問題では「2 箱選択をするかどうか」の測定に対応する固有ベクトルと「箱の中身があると思うかどうか」の測定に対応する固有ベクトルを考える．従って，状態ベクトル|ψ>は「2 箱選択をするかどうか」が不確定な心の状態であると同時に「箱の中身があると思うかどうか」が不確定な心の状態でもある．

2 つの不確実性をもつ状態ベクトル|ψ>について，1 つの不確実性が解消されている状態でもう 1 つの測定についての結果の確率を考えることで条件付き確率が表現される．まず，1 つ目の測定―意思決定―によって状態ベクトルはその測定に対応する固有ベクトル|x1>か|x2>へと射影され，射影された固有ベクトルと同じ座標をもつ新たな状態ベクトル|ψ'>になる[36]．次にその新しい状態ベクトルについて 2 つ目の測定を行うと，測定に対応する固有ベクトル|a1>か|a2>へと射影されて新たな状態ベクトル|ψ''>になる．このとき，|ψ'>を条件として|ψ''>が得られる確率が条件付き確率となる[37]．例えば，|x1>を条件として|a2>が得られる条件付き確

[36] 量子論の理論的前提，要請 5 の射影公準のこと．

[37] 射影の方向を逆にして，まず|a1>か|a2>に射影して，次に|x1>か|x2>に射影して条件付き確率を考え

率（例：「箱の中身がないと思う」場合に「2 箱選択をする」確率）は，|x1>から|a2>への射影に対応する（図 22； 図 23）.

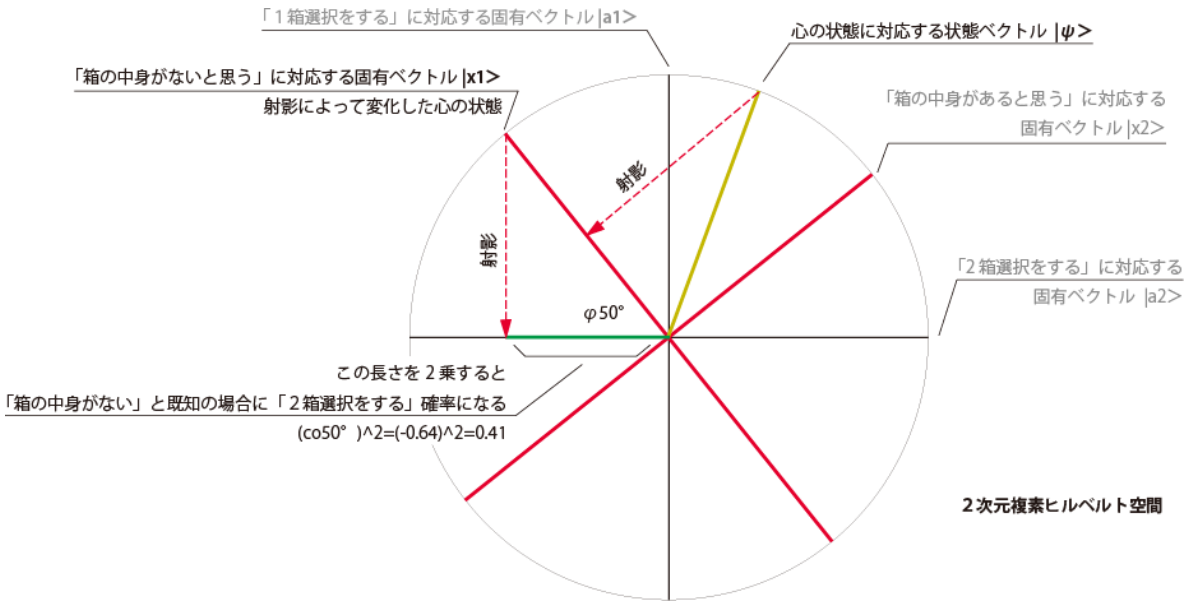



図 22　Franco (2009) のモデルにおける条件付き確率を表した図. ニューカム問題における「箱の中身がないと思う」場合に「2 箱選択をする」確率を示す.「箱の中身がないと思う」ことは|ψ>から|x1>への射影のあと|ψ>が|ψ'>へと変化することで表現される. そのうえで「2 箱選択をする」ことは|ψ'>から|a2>への射影によって表現される.

---

てもよい.

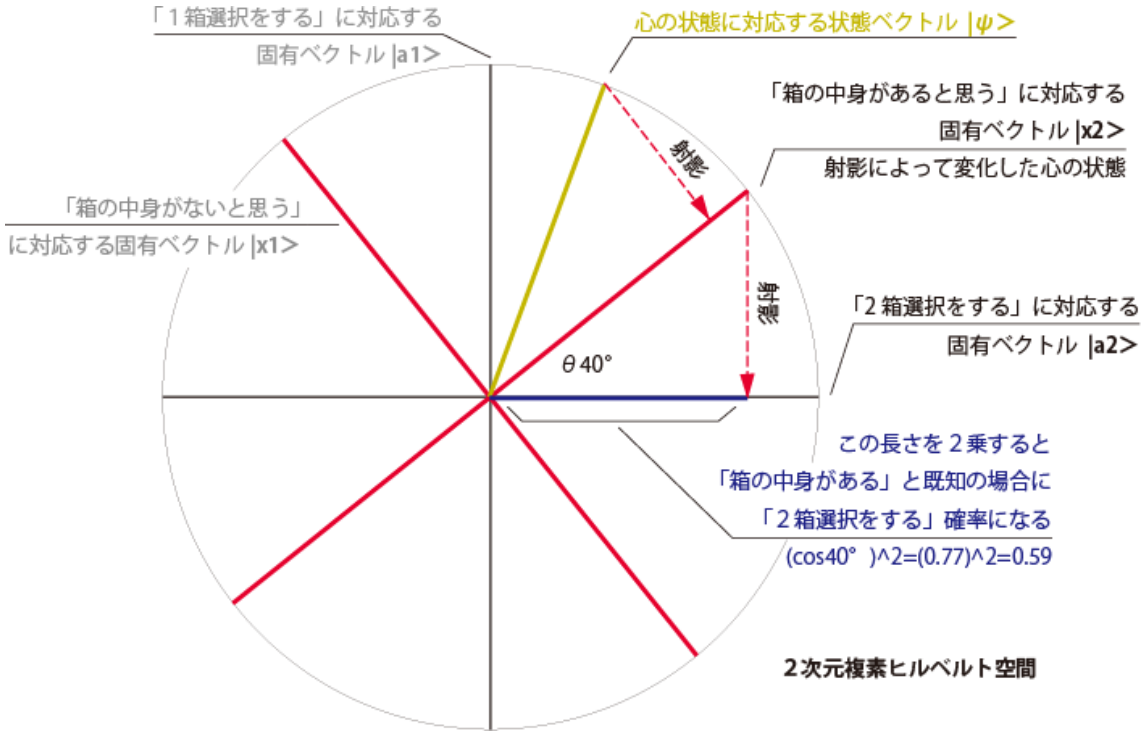



図 23　Franco (2009) のモデルにおける条件付き確率を表した図. ニューカム問題における「箱の中身があると思う」場合に「2 箱選択をする」確率.「箱の中身があると思う」ことは|ψ>から|x2>への射影によって|ψ>が|ψ'>へと変化することで表現される. そのうえで「2 箱選択をする」ことは|ψ'>から|a2>への射影によって表現される.

**2-3-3-5.【干渉項の大きさと複素ベクトル】**—Franco（2009）**のモデルに特定的な説明**—

ここまでで，図の例をもちいながら以下の主観的な確率の値について考えてきた.

図 20 より　P(2 箱選択をする)=(cos70° )$^2$≒0.117　(44)

図 21 より　P(箱の中身がないと思う)=(cos60° )$^2$=0.25　(45)

図 21 より　P(箱の中身があると思う)=(cos30° )$^2$=0.75　(46)

図 22 より　P(2 箱選択をする|箱の中身がないと思う)=(cos50° )$^2$≒(0.643)$^2$≒0.41　(47)

図 23 より　P(2 箱選択をする|箱の中身があると思う)=(cos40°)$^2$≒0.59　(48)

これらを量子的全確率の法則の等式(35)に代入すると，

$$0.117 = 0.41 \times 0.25 + 0.59 \times 0.75 + 2\sqrt{0.41 \times 0.25 \times 0.59 \times 0.75}\cos\theta = 0.545 + 0.426\cos\theta. \quad (49)$$

この等式が成り立つための cosθの値を求めると，

$$0.426\cos\theta = 0.117 - 0.545 = -0.428 \quad (50)$$
$$\cos\theta \fallingdotseq -1$$

となり，θ≒180°である．はたしてこのθは何に由来するのか．

ベクトルたちがどのような関係にあるときに cosθ=0（例えば cos90°）となり，干渉項の大きさが 0 になるのか．実は，座標がすべて実数の実ベクトルのみを使い，状態ベクトルと固有ベクトルの関係を定義する線形結合の式(40)においてパラメータ c1 と c2 を実数にすれば，cosθはかならず-1 か 1 となる．つまり，干渉効果の大きさが最大となる．一方，cosθの絶対値が 1 よりも小さくなるのは，ベクトルの座標や線形結合のパラメータが複素数（虚数項が 0 ではない複素数）の場合である．ここに，量子論で複素ヒルベルト空間をもちいることが関わっている．実ベクトルではなく複素ベクトルが用いられ，線形結合のパラメータ（式(40)の c1 と c2）が複素数であるために，θの大きさが様々な値を取り干渉項の大きさが変化するのである．

**2-3-3-6．【複素ベクトルの位相とその図形的表現】―演算子形式の量子論一般の説明―**

ここで 1 度 Franco（2009）のモデルに特有の説明からはなれて，量子論で用いられる複素ベ

クトルの基本的な性質―座標が複素数であるために生じる性質―について説明し，その後で干渉項に影響をあたえる複素ベクトルの線形結合や内積の計算結果を考えていく．量子論では，確率の計算結果―内積の絶対値の 2 乗―がおなじになるならば，状態ベクトルの座標がかわっても**同じ状態**とみなす[38]．ある固有ベクトルに対して，内積の絶対値の 2 乗の値を変えないような状態ベクトルとは，ノルムが同じで平行なベクトルたちのことである[39]．平行な複素ベクトルとは，もとのベクトルを定数倍したものである．ノルムを変えないように定数倍するには絶対値が 1 の複素数をかければよい．絶対値が 1 の複素数は**位相因子**とよばれる特別な複素数 $\mathbf{e}^{\mathbf{i}\theta}$ としてあらわすことができる．

$$e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta \quad \text{ただし}\theta\text{は実数} \qquad (51)\ \text{オイラーの公式}$$

$|\psi>$に位相因子 $e^{i\theta}$をかけた $e^{i\theta}|\psi>$と$|\psi>$は，平行でノルムが同じである．従って同じ状態をあらわす．**$\theta$は位相**と呼ばれどんな実数の値も取り得る．$|\psi>$について全ての $e^{i\theta}$をあつめた集合を$|\psi>$の**射線（ray）**とよぶ．

複素ベクトルの射線，つまり平行な複素ベクトルたちとはどのようなものか．これは複素数を複素平面で表現してみるとわかりやすい．図 24 は，複素数の実数項の値を横軸に，虚数項の値を縦軸にとった複素平面である．実数 1 は座標(1, 0)であらわされ，原点(0, 0)からの距離は 1 である．虚数 i は座標(0, 1)であらわされ，原点からの距離は同様に 1 である，次に実数軸に対する角$\theta$をもちいて座標をあらわすと(1, 0)は$\theta$=0°なので(cos0°, sin0°)，(0, 1)は$\theta$=90°なので

---

[38] 量子論における「同じ状態」の定義：「２つの状態$\psi$，$\psi$'について，どんな物理量の測定値の確率分布も一致すれば，$\psi$と$\psi$'は同じ状態である.」２つのベクトルのノルムが同じで平行ならば，それぞれのベクトルと固有ベクトルとの内積の絶対値は等しくなる．つまり，確率の値が一致する．同じ確率分布をもたらすならば，量子論において２つのベクトルを区別する必要がない.

[39] 要請により状態ベクトルのノルムは常に 1 である.

(cos90°, sin90°)となる. 同様に原点からの距離が 1 で任意の$\theta$をもつ座標は(cos$\theta$, sin$\theta$)となる．原点からの距離はピタゴラスの定理にしたがって$\sqrt{\cos\theta^2 + \sin\theta^2}$でもとめられる．この$\sqrt{\cos\theta^2 + \sin\theta^2}$は複素数$\cos\theta + i\sin\theta$の絶対値でもある．つまり，複素平面上の原点からの距離は，複素数の絶対値のことである．従って，複素平面の原点から放射状に伸びる長さ 1 の射線は，絶対値 1 の複素数のあつまりであることがわかる．このように絶対値 1 の複素数はかならず$\cos\theta + i\sin\theta$の形であらわすことができる．絶対値が 1 でない複素数の場合は，$\left[(\cos\theta + i\sin\theta) \times \text{絶対値}\right]$となる．ここで式(51)より$\cos\theta + i\sin\theta$は位相因子$e^{i\theta}$のことなので，すべての複素数は位相因子と絶対値の積$\left[e^{i\theta} \times \text{絶対値}\right]$であらわすことができることがわかる．以上のように，同じ絶対値で異なる位相因子を持つ複素数たちが無数に存在し，それらを集めたものを複素平面上の円として図形的に表現することができる.

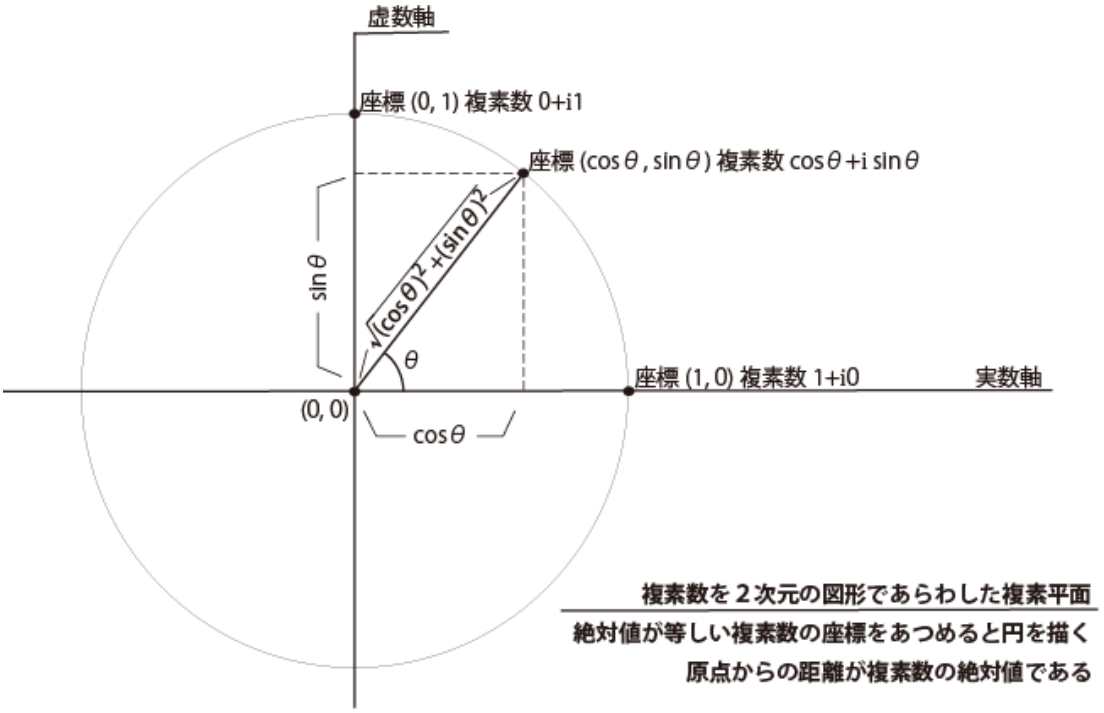



図 24 複素数を複素平面であらわした図.

次に，複素ベクトルは複素数の座標を持つので，ある複素ベクトルに位相因子$e^{i\theta}$をつけた射線も，複素空間上の円として表現できることを確認する．量子論の空間的概念を説明した図 19

から図 23 では，2 次元複素ヒルベルト空間を平面図形であらわし，x 軸と y 軸のそれぞれが複素数を代表していた．しかし，x 軸・y 軸の直線上で絶対値が等しく位相が異なる複素数を区別して表現するのは難しいため，図中では実ベクトルの例しか示していない．そこで図 25 のように，実数平面とそれに直交する虚数軸からなる立体図形で 2 次元複素ヒルベルト空間をあらわすことにする．

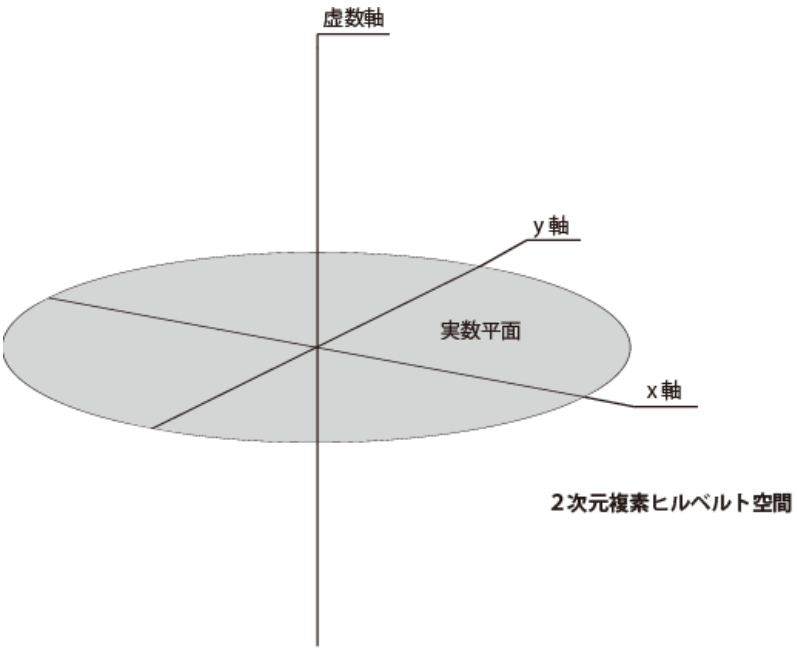



図 25　2 次元複素ヒルベルト空間を実数平面と虚数軸からなる立体図形としてあらわした図.

まず，図 26 の実ベクトル$|x2\rangle=(x, y)^t$を考えてみる．このベクトルは座標が実数なので実数平面上にある．次に位相$\theta$が 55°の場合，座標は

$$e^{i55^\circ}|x2\rangle=e^{i55^\circ}(x, y)^t=(e^{i55^\circ}x, e^{i55^\circ}y)^t \tag{52}$$
$$=((\cos55^\circ+i\sin55^\circ)\times x, (\cos55^\circ+i\sin55^\circ)\times y)^t$$

となる．座標の絶対値はかわらず，実数と虚数の割合が変わる．つまり，原点からの距離は 1 のまま，虚数軸にむかって 55°回転する．位相が 90°の場合，ベクトルは虚数軸上にあり，座

標は

$$e^{i90^\circ}|x2\rangle=e^{i90^\circ}(x,y)^t=(e^{i90^\circ}x,e^{i90^\circ}y)^t \quad (53)$$

$$=((\cos90^\circ+i\sin90^\circ)\times x,(\cos90^\circ+i\sin90^\circ)\times y)^t=(i\sin90^\circ x,i\sin90^\circ y)^t$$

のように純虚数となる．このように，実ベクトル$(x,y)^t$に位相因子をかけると，x 座標と y 座標の複素数が同じ位相因子をもち，それらをあつめた射線は実ベクトル$(x,y)^t$と虚数軸を含む円をかたちづくる．

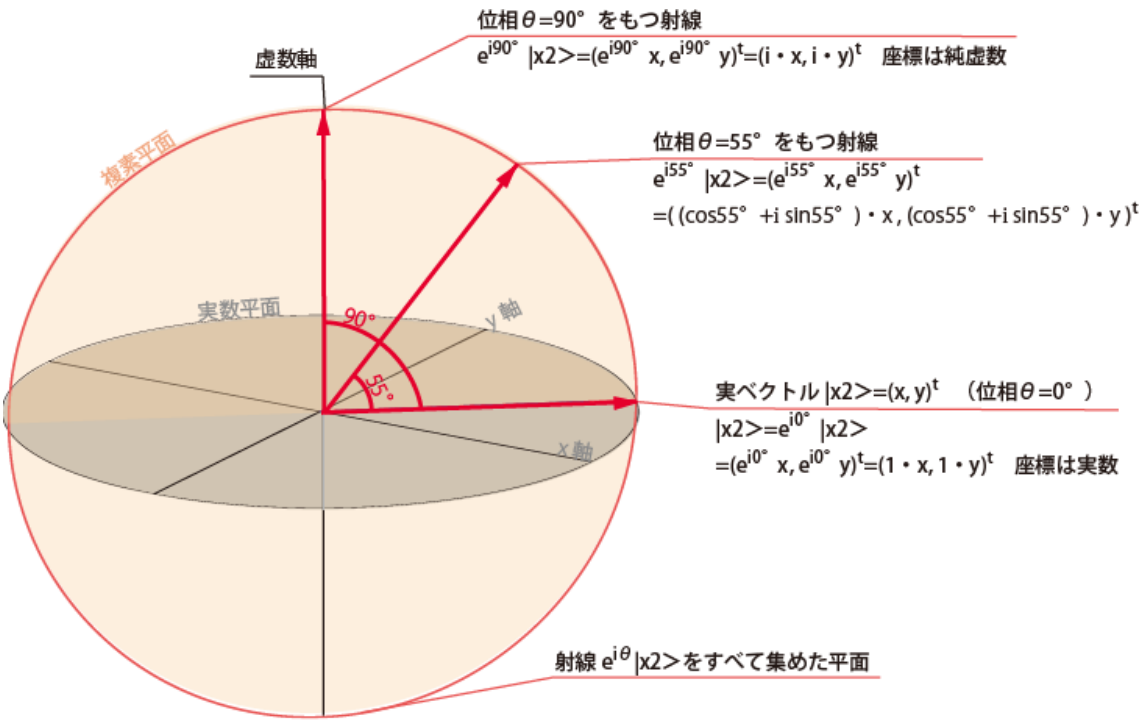



図 26　ある実ベクトル|x2>とその射線$e^{i\theta}|x2\rangle$がかたちづくる円型平面をあらわした図.

次に，x 座標と y 座標がそれぞれ異なる位相因子がもつ複素ベクトル$|\psi\rangle=(e^{i-25^\circ}\sqrt{0.75},e^{i40^\circ}\sqrt{0.25})^t$を考えてみる（図 27）．実数 x 軸上の点$(\sqrt{0.75},0)$を，実数軸平面に対して-25° 回

転させた点( $e^{i-25^\circ}\sqrt{0.75}, 0$) が x 座標であり，実数 y 軸上の点$(0, \sqrt{0.25})$ を，実数軸平面に対して 40° 回転させた点( $e^{i40^\circ}\sqrt{0.25}, 0$) が y 座標である.

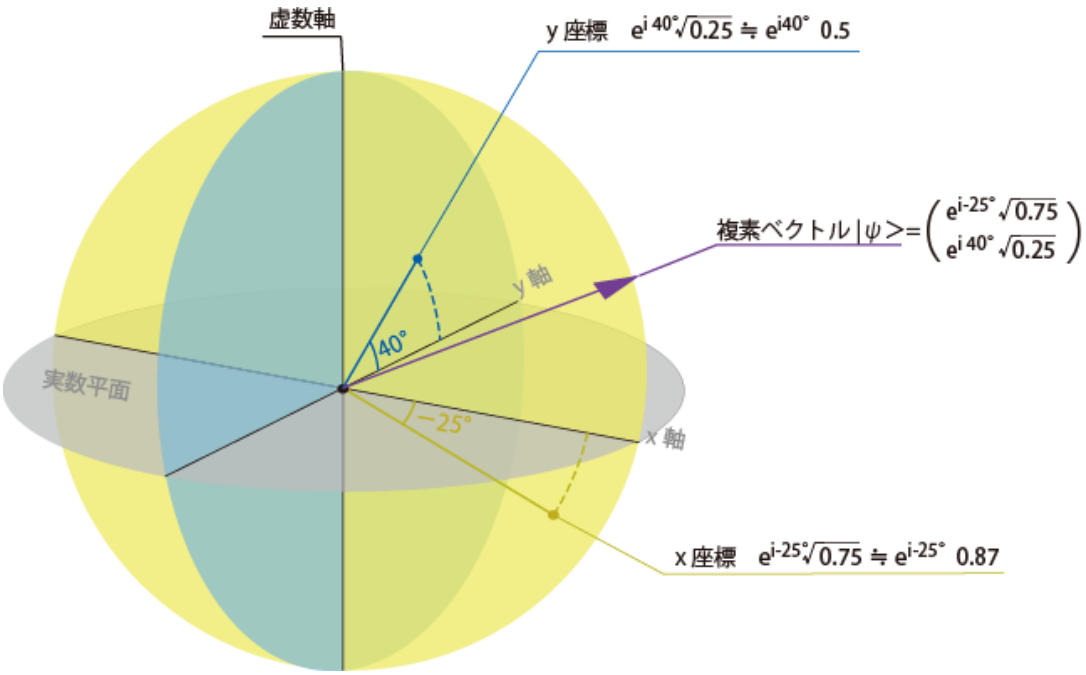



図 27　複素数の座標をもつ 2 次元複素ベクトルのイメージ図．2 次元複素ヒルベルト空間を実数軸と虚数軸にわけて，3 次元的にあらわしている.

この複素ベクトル$|\psi\rangle = (e^{i-25^\circ}\sqrt{0.75}, e^{i40^\circ}\sqrt{0.25})$tは，図 28 のように x 座標の点と y 座標の点と原点を結んだ平面上にある．この平面上では，x 座標の点・原点．y 座標の点がなす角は 90° ではない.

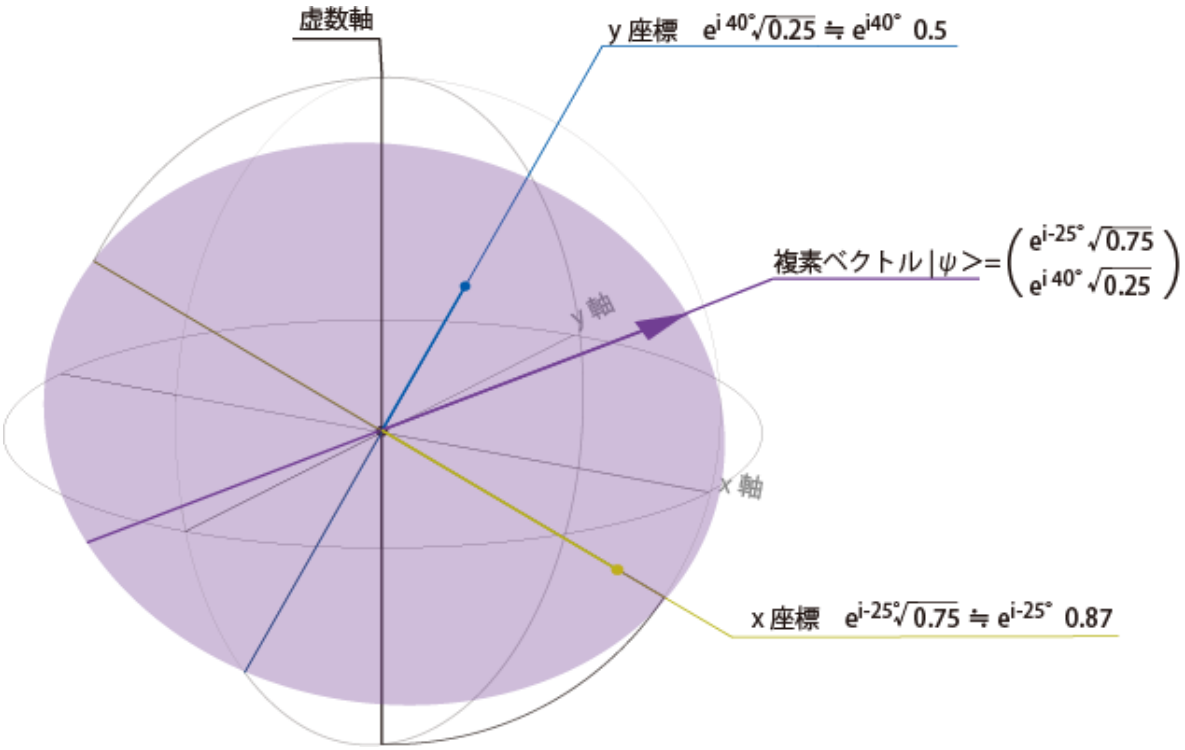



図 28 複素ベクトル$|\psi\rangle$とその x 座標の点，y 座標の点を結ぶ平面

そして，複素ベクトル$|\psi\rangle = (e^{i-25^\circ}\sqrt{0.75}, e^{i40^\circ}\sqrt{0.25})$tの射線がかたちづくる円型平面は，図 29 のように x 座標・y 座標・原点を結ぶ平面と直交する.

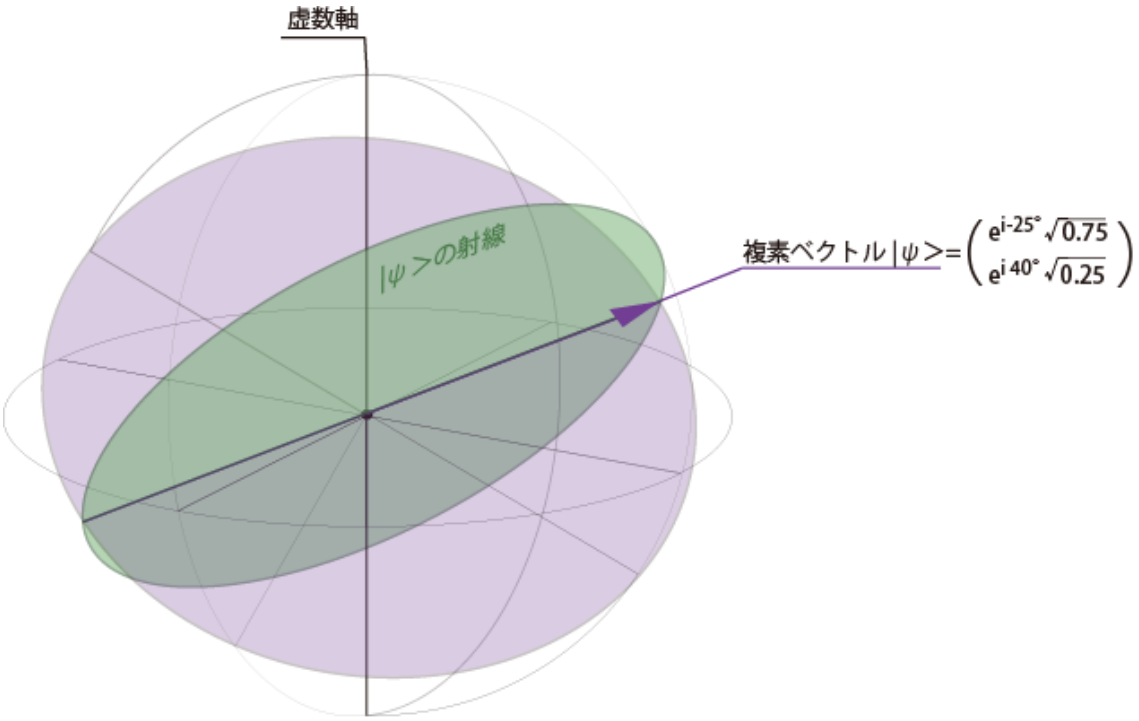



図 29 複素ベクトル|ψ>の射線がかたちづくる円型平面.

**2-3-3-7.【複素ベクトルの位相と内積】―演算子形式の量子論一般の説明―**

前述のように量子論では，ノルムが同じで平行なベクトル同士ーあるベクトルに位相因子 $e^{i\theta}$を掛けたもの．射線ーは同じ状態をあらわすとみなされる．ベクトルに位相因子 $e^{i\theta}$がついた場合に確率―内積の絶対値の 2 乗―の計算結果が変化しないので区別する必要がないためである．式(41)(42)(43)でもとめた確率―内積の絶対値の 2 乗―について，実際に位相因子 $e^{i\theta}$の位相 $\theta$を変化させた場合に計算結果が変わらない．例えば，$|a2>=(\sqrt{3/10}-\sqrt{6/10}i\ \ \sqrt{1/20}+\sqrt{1/20}i)^t$ の位相因子を$e^{i-25°}$とすると$e^{i-25°}|a2>$のブラベクトルは$(e^{i-25°})^*<a2|$となる．$e^{i-25°}$の複素共役は$e^{-(i-25°)}=\cos(-25°)-i\cdot\sin(-25°)$ である．$|\psi>=(\sqrt{1/5}+\sqrt{3/5}i\ \ \sqrt{1/10}-\sqrt{1/10}i\ )^t$の位相因子を$e^{i40°}$とすると内積は次のように計算される．

$$((e^{i-25^\circ})^* < a2|) \times (e^{i40^\circ}|) \qquad \text{※<}e^{i-25^\circ}\,a2\,|\,e^{i40^\circ}\psi\text{>ともあらわす} \qquad (54)$$

$$= e^{-(i-25^\circ)} \times e^{i40^\circ} \times < a2|\psi >$$

$$= e^{i(25^\circ+40^\circ)} \times < a2|\psi >$$

$$= e^{i65^\circ} \times < a2|\psi >$$

$$\cong e^{i65^\circ} \times (\cong 0.36 + 0.63i) \qquad \text{※式(41)より}$$

前述のように，ある複素数に位相因子 $e^{i\theta}$ を乗じても絶対値は変化しないのだから，内積の絶対値の 2 乗，つまり確率も変化しない．

**2-3-3-8．【重ね合わせ状態と位相】**―Franco（2009）**のモデルに特定的な説明**―

ここまでは，事象が観察される確率の計算結果に対して，位相因子は影響を与えていない．しかし，ベクトルを線形結合させる場合には，その位相―結合するベクトルそれぞれの位相とパラメータの位相―によって，確率は変化してしまう．つまり，重ね合わせ状態は位相によってことなる状態となることを以下に示す．

2 つの固有ベクトル|x1>と|x2>の線形結合において，|x1>と|x2>とパラメータ c1 と c2 のそれぞれに位相因子をつけて重ね合わせ状態$|\psi>$をあらわすと

$$|\psi >= e^{ic1}\,C1\,e^{ix1}\,|x1> + e^{ic2}\,C2\,e^{ix2}\,|x2> \qquad (55)$$

$$= e^{ir1}\,r1\,e^{ix1}\,|x1> + e^{ir2}\,r2\,e^{ix2}\,|x2>$$

ただし c1 と c2 とそれぞれのベクトルの座標は複素数．位相はすべて実数．

※複素数 c1 と c2 に位相因子がついても複素数なので，位相因子×実数のかたちに書き換えることができる．r1 と r2 は実数．

のようになる．この状態は，|x1>か|x2>かが不確定な状態であるといえる．いまから，この重ね合わせ状態$|\psi>$について，ある測定結果が観察される確率を計算することによって，位相が確率に与える影響を検討したい．すでに固有ベクトル|x1>と|x2>と重ね合わせ状態のベクトル

$|\psi>$がある空間内に，もう 1 つの測定に対応する固有ベクトルの組を導入するとしたら，それは Franco（2009）のモデルに特有の空間となる．従って，ここからは再び Franco（2009）のモデルに特定的な説明となる．もう 1 つの固有ベクトルの組を|a1>と|a2>とする．重ね合わせ状態$|\psi>$について結果|a2>が観察される確率は，(56)

$$|< a2|\psi >|^2 = \left|< a2| \times \left(e^{ir1}\ r1\ e^{ix1}\ |x1> + e^{ir2}\ r2\ e^{ix2}\ |x2>\right)\right|^2 \quad (56)$$

で計算される[40]．ニューカム問題で例えるならば，「箱の中身があると思う」と「ないと思う」かが不確実な状態のまま，「2 箱選択をする」確率を求めることに対応する．この式を計算していくと

$$|< a2|\psi >|^2 = \left|< a2| \times (e^{ir1}\ r1\ e^{ix1}|x1> + e^{ir2}\ r2\ e^{ix2}|x2>)\right|^2 \quad (57)$$
$$= \left|(< a2| \times e^{ir1}\ r1\ e^{ix1}|x1>) + (< a2| \times e^{ir2}\ r2\ e^{ix2}|x2>)\right|^2$$
$$= \left|(e^{ir1}\ r1\ e^{ix1} < a2|x1>) + (e^{ir2}\ r2\ e^{ix2} < a2|x2>)\right|^2$$

$$= [(e^{ir1}\ r1\ e^{ix1} < a2|x1>) + (e^{ir2}\ r2\ e^{ix2} < a2|x2>)]^*$$
$$\times [(e^{ir1}\ r1\ e^{ix1} < a2|x1>) + (e^{ir2}\ r2\ e^{ix2} < a2|x2>)] \qquad ※自分と複素共役との積$$

$$=[(e^{-ir1}\ r1\ e^{-ix1} < a2|x1>^*) + (e^{-ir2}\ r2\ e^{-ix2} < a2|x2>^*)]$$
$$\times [(e^{ir1}\ r1\ e^{ix1} < a2|x1>) + (e^{ir2}\ r2\ e^{ix2} < a2|x2>)]$$

$$=[(e^{-ir1}\ r1\ e^{-ix1} < a2|x1>^*)(e^{ir1}\ r1\ e^{ix1} < a2|x1>)] +$$
$$[(e^{-ir2}\ r2\ e^{-ix2} < a2|x2>^*)(e^{ir2}\ r2\ e^{ix2} < a2|x2>)]$$

---

[40] 重ね合わせ状態$|\psi>$と|a2>にも位相因子をつけることができるが，前述のように確率の計算結果には影響をあたえないためここでは考慮しない．

$+[(e^{-ir1}\ r1\ e^{-ix1} < a2|x1 >^{*})(e^{ir2}\ r2\ e^{ix2} < a2|x2 >)] +$

$[(e^{-ir2}\ r2\ e^{-ix2} < a2|x2 >^{*})(e^{ir1}\ r1\ e^{ix1} < a2|x1 >)]$

$= (e^{ir1-r1}\ r1^{2}\ e^{ix1-x1}|< a2|x1 >|^{2}) + (e^{ir2-r2}\ r2^{2}\ e^{ix2-x2}|< a2|x2 >|^{2})$ ※$e^{i0}=1$

$+(e^{ir2-r1}\ r1r2\ e^{ix2-x1} < a2|x1 >^{*} < a2|x2 >)$

$+ (e^{-ir2-r1}r1\ r2\ e^{-ix2-x1} < a2|x1 > < a2|x2 >^{*})$

$= r1^{2}\ |< a2|x1 >|^{2} + r2^{2}\ |< a2|x2 >|^{2}$

$+ r1r2\left(e^{ir2-r1}\ e^{ix2-x1}e^{-i<a2\theta x1>}|< a2|x1 >|e^{i<a2\theta x2>}|< a2|x2 >|\right)$ ※内積を絶対値と位相因子にわける

$+r1\ r2\left(e^{-ir2-r1}\ e^{-ix2-x1}e^{i<a2\theta x1>}|< a2|x1 >|e^{-i<a2\theta x2>}|< a2|x2 >|\right)$ <a2|x1>の位相は<a2$\theta$x1>と書く

$= r1^{2}\ |< a2|x1 >|^{2} + r2^{2}\ |< a2|x2 >|^{2}$

$+ r1r2|< a2|x1 >||< a2|x2 >|\left(e^{ir2-r1}\ e^{ix2-x1}e^{-i<a2\theta x1>}e^{i<a2\theta x2>}\right)$

$+ r1r2|< a2|x1 >||< a2|x2 >|\left(e^{-ir2-r1}\ e^{-ix2-x1}e^{i<a2\theta x1>}e^{-i<a2\theta x2>}\right)$

$= r1^{2}\ |< a2|x1 >|^{2} + r2^{2}\ |< a2|x2 >|^{2}$

$+ r1r2|< a2|x1 >||< a2|x2 >|\left(e^{ir2-r1}\ e^{ix2-x1}e^{-i<a2\theta x1>}e^{i<a2\theta x2>}\right.$

$\left.+\ e^{-ir2-r1}\ e^{-ix2-x1}e^{i<a2\theta x1>}e^{-i<a2\theta x2>}\right)$

$= r1^{2}\ |< a2|x1 >|^{2} + r2^{2}\ |< a2|x2 >|^{2}$

$+ r1r2|< a2|x1 >||< a2|x2 >|\left(e^{ir2-r1+x2-x1-<a2\theta x1>+<a2\theta x2>}\right.$

$\left.+\ e^{-ir2-r1+x2-x1-<a2\theta x1>+<a2\theta x2>}\right)$

ここで，第 3 項のカッコ内をオイラーの公式で展開すると，

$\left(e^{ir2-r1+x2-x1-<a2\theta x1>+<a2\theta x2>} + e^{-ir2-r1+x2-x1-<a2\theta x1>+<a2\theta x2>}\right)$

$= \cos(r2 - r1 + x2 - x1-< a2\theta x1 > +< a2\theta x2 >)$

$+ i\sin(r2 - r1 + x2 - x1-< a2\theta x1 > +< a2\theta x2 >)$

$$= \cos(\mathrm{r2} - \mathrm{r1} + \mathrm{x2} - \mathrm{x1} - < a2\theta x1 > + < a2\theta x2 >)$$
$$- \mathrm{i}\sin(\mathrm{r2} - \mathrm{r1} + \mathrm{x2} - \mathrm{x1} - < a2\theta x1 > + < a2\theta x2 >)$$
$$= 2\cos(\mathrm{r2} - \mathrm{r1} + \mathrm{x2} - \mathrm{x1} - < a2\theta x1 > + < a2\theta x2 >)$$

これをもとの式に代入すると

$$\mathrm{r1}^2 |< a2|\mathrm{x1} >|^2 + \mathrm{r2}^2 |< a2|\mathrm{x2} >|^2$$
$$+ \mathrm{r1r2}|< a2|\mathrm{x1} >||< a2|\mathrm{x2} >|2\cos(\mathrm{r2} - \mathrm{r1} + \mathrm{x2} - \mathrm{x1} - < a2\theta x1 > + < a2\theta x2 >)$$

となる．（ここまで式(57)）

これは，量子的全確率の法則の等式(35)と同じことを示している．

式(35)を再掲

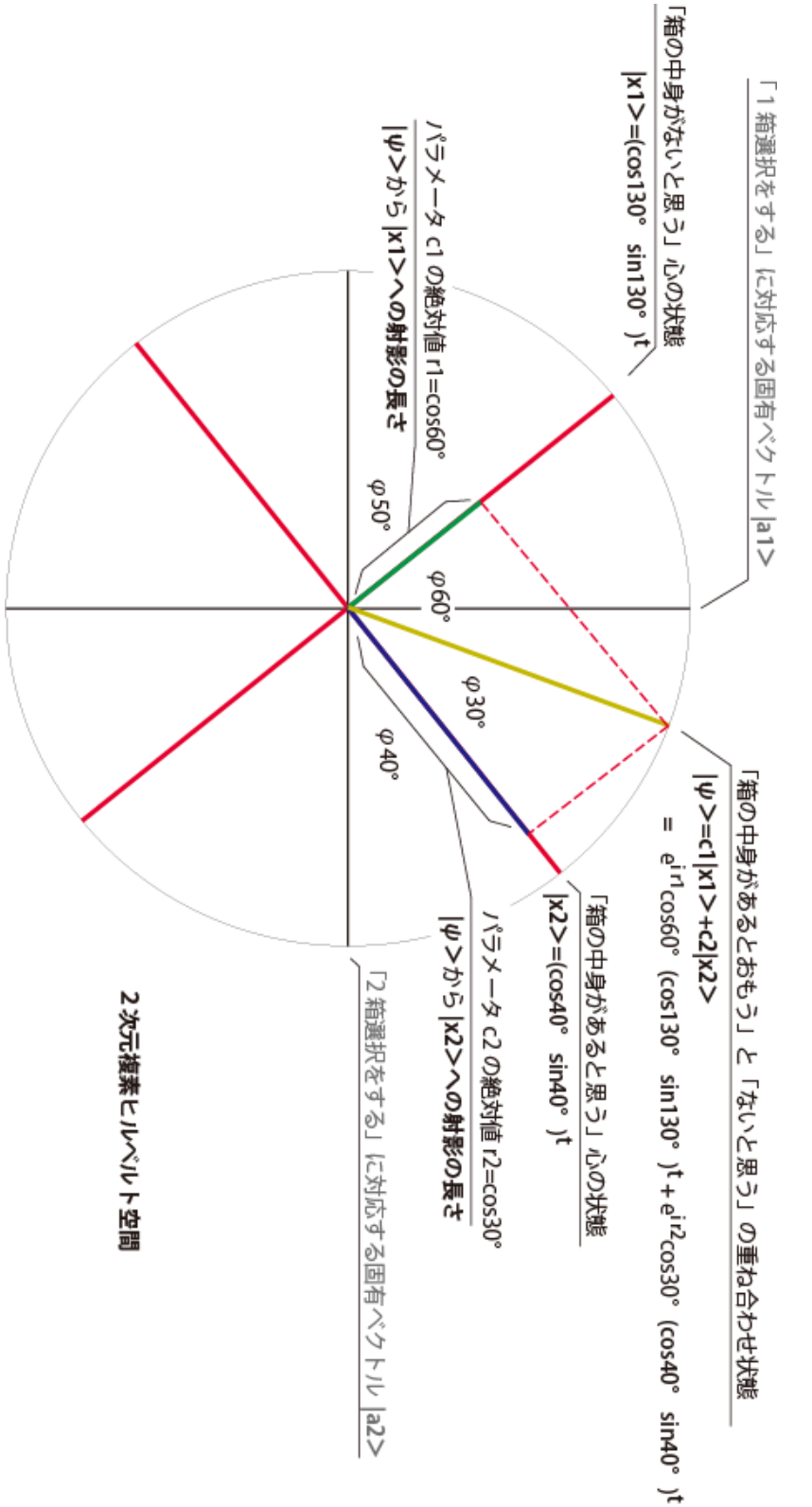
$$\mathrm{P(A)}$$
$$= \mathrm{P(A|X)P(X)}$$
$$+ \mathrm{P(A|not-X)P(not-X)} + 2\sqrt{\mathrm{P(X)P(not-X)P(A|X)P(A|not-X)}}\cos\theta$$

ただし $\mathrm{P(X)} + \mathrm{P(not-X)} = 1$

|x1>から|a2>への射影は，|x1>を条件として|a2>が観察される条件付き確率をあらわし，|x2>から|a2>への射影は，|x2>を条件として|a2>が観察される条件付き確率をあらわすことはすでにしめした．では，$r1^2$ と $r2^2$ はなにをあらわすのか．|x1>と|x2>を線形結合する際の|x1>のパラメータ c1 の絶対値が r1，|x2>のパラメータ c2 の絶対値が r2 である．線形結合のパラメータを図形であらわすと次のようになる．ノルム 1 の固有ベクトル|x1>の割合を r1 に，|x2>の割合を r2 にして加算することで，ノルム 1 の重ね合わせ状態ベクトルとなる．加算するときの割合 r1 と r2 とは，図をみればわかるように射影の長さのことである．パラメータは複素数の値を取り得るので，位相因子をつけた $e^{i\,r1}r1$ と $e^{i\,r2}r2$ が c1 と c2 に対応するが，線形結合時の加算割合―つまり射影の長さ―は絶対値部分 r1 と r2 だけであらわされる．従って，$r1^2$ は|x1>が観

察される確率，$r2^2$ は|x1＞が観察される確率をあらわす．

図 30　2 つの固有ベクトル|x1＞と|x2＞を線形結合する際のパラメータは，重ね合わせ状態|ψ＞からそれぞれの固有ベクトルへの射影の長さに対応する．（図のサイズが大きいため，次ページに図のみを掲載）


「1 箱選択をする」に対応する固有ベクトル |a1>
「箱の中身がないと思う」心の状態
|x1>=(cos130° sin130° )t
「箱の中身があるとおもう」と「ないと思う」の重ね合わせ状態
|ψ>=c1|x1>+c2|x2>
= e^ir1cos60° (cos130° sin130° )t + e^ir2cos30° (cos40° sin40° )t
「箱の中身があると思う」心の状態
|x2>=(cos40° sin40° )t
パラメータ c2 の絶対値 r2=cos30°
|ψ>から |x2>への射影の長さ
「2 箱選択をする」に対応する固有ベクトル |a2>
パラメータ c1 の絶対値 r1=cos60°
|ψ>から |x1>への射影の長さ
φ50°
φ60°
φ30°
φ40°
2 次元複素ヒルベルト空間

まとめると，

$r1^2$：|x1＞が観察される確率.　　（例：「箱の中身がないと思う」確率）

$r2^2$：|x2＞が観察される確率.　　（例：「箱の中身があると思う」確率）

$|< a2|x1 >|^2$：|x1＞を条件として|a2＞が観察される条件付き確率.

（例：「箱の中身がないと思う」場合に「2 箱選択をする」確率）

$|< a2|x2 >|^2$：|x2＞を条件として|a2＞が観察される条件付き確率.

（例：「箱の中身があると思う」場合に「2 箱選択をする」確率）

となり，式(57)の計算結果が量子的全確率の法則の等式(35)とおなじことを示していることがわかる．そして，式(35)における干渉項の$\theta$がなにに由来するのかも示されている．$\theta$は$(r2 - r1 + x2 - x1 - < a2\theta x1 > + < a2\theta x2 >)$であり，線形結合パラメータの位相r1とr2の差[41]と，固有ベクトル|x1＞と|x2＞の位相の差と，|x1＞と|a2＞の内積と|x1＞と|a2＞の内積の位相の差の和からなる．内積＜a2|x1＞の位相は，|x1＞の位相と|a2＞の位相（ベクトルの位相）だけによって決まるのではなく，|x1＞のx座標とy座標，|a2＞のx座標とy座標それぞれの位相（複素数の位相）も内積の計算過程で用いられるので，位相は複雑な要因により決まる．以上のように，干渉項の$\theta$は固有ベクトルの座標と線形結合のパラメータの影響をうけて決まっている．

干渉項が最大になるのは，$\cos\theta = \pm 1$のときつまり，$\theta$が0°か180°の倍数のときである．例えば，固有ベクトルが全て実ベクトルで，線形結合のパラメータも実数ならば，計算に用いられる全ての位相が0°なので干渉項が最大となる．なお，Franco（2009）では，この干渉項の大きさを左右する位相たちがどのような心の状態や観察結果に対応するかは考察されていない．

[41] $\cos\theta = \cos(-\theta)$なので，どちらからどちらを引いた差でもかまわない．

### 2-3-3-9.【同じ状態をあらわすベクトルと位相】―演算子形式の量子論一般の説明―

前述のように量子論では，ある複素ベクトルを位相因子 $e^{i\theta}$ 倍したものは同じ状態とみなす．だから，$|\psi>$ と $e^{i\theta}|\psi>$ の集合―射線―とを区別しない．このことを指して，「状態はベクトルではなく全てのベクトルに対する同一の位相変換（ゲージ変換）の自由度を同一視したもの」ということもできる. 同一空間内の全てのベクトルに対して等しく位相因子倍した場合には互いの関係が変化しないため無視してもよいという意味である．また，前述のように内積計算の場合にも 2 つのベクトルにどのような位相因子がついていようと計算結果の絶対値は変わらないので，位相因子を無視することができる．しかし，ベクトルを線形結合する場合には，それぞれのベクトルの相対的な位相は計算結果に影響を与え，さらに量子的全確率の法則の等式(35)の干渉項の大きさを左右してしまうので無視することができない．このような理由により，ベクトルの線形結合においては位相因子を付与して計算する必要があった.

量子的全確率の法則の等式(35)は，量子確率論をもちいることで全確率の法則の等式(31)を一般化したものだと言える．式(35)中の干渉項は $\theta$=90° の場合に 0 となり式(31)と等しくなる．式(35)中の $\cos\theta$ がとりうる値は-1 以上+1 以下と制約があるが，実験結果から $\cos\theta$ に相当する値を求めた場合-1 以上+1 以下の範囲に収まるとは限らないため，以降は $\cos\theta$ を $\lambda$ に置き換えて表記する.

$$\begin{aligned}&\mathrm{P(A)}\\&=\mathrm{P(A|X)P(X)}+\mathrm{P(A|not-X)P(not-X)}+2\sqrt{\mathrm{P(X)P(not-X)P(A|X)P(A|not-X)}}\lambda\\&\text{ただし }\mathrm{P(X)}+\mathrm{P(not-X)}=1\end{aligned}\tag{58}$$

干渉項は，全確率の法則の等式(31)のやぶれの度合いに相当する．この干渉項（やぶれの度合い）から $\lambda$ を求めるには，

$$\text{(干渉項)}=2\sqrt{\mathrm{P(X)P(not-X)P(A|X)P(A|not-X)}}\lambda\tag{59}$$

を $\lambda$ について解けばよいので,

$$\lambda = (\text{干渉項})/2\sqrt{\mathrm{P(X)P(not-X)P(A|X)P(A|not-X)}} \tag{60}$$

となる．実験で測定された確率たち P(箱の中身があると思う)，P(箱の中身がないと思う)，P(2 箱選択をする|箱の中身がある)，P(1 箱選択をする|箱の中身がない)を式(58)に代入して $\lambda$ について解き，その値が-1 以上+1 以下であれば，実験結果は量子的全確率の法則の等式をやぶらないことが確認できる.

## 2-4．ニューカム問題・選言効果・量子意思決定理論の交差点

ここまで，本研究の 3 つの軸―ニューカム問題・選言効果・量子意思決定理論―を紹介してきた．簡単にこれら 3 つの関わりを振り返る．まずニューカム問題は意思決定理論上重要な問題だが，実験的な検討が少ない．そのニューカム問題の実験研究は 3 つあり，すべて選言効果を検討する研究だった. しかも, 箱の中身が知らされていた場合の選択が測定されていないため, 本当に当然原理がやぶられていたのかが不明である．また，選言効果（全確率の法則のやぶれ）を説明しようとする量子的モデルでは, ニューカム問題がモデルの妥当性の検討対象として用いられたことがない. これも，箱の中身を知らされていた場合の選択についてのデータがこれまでなかったためであろう．これらの，先行研究で示されてこなかった点を実験的に示し，検討しなおすことが本研究の目的となる.

# 3．本研究の目的と検討事項

本研究では実験を通して以下の点を検証することを目的とする．1つ目の目的は，意思決定研究分野における注目度に反して実証研究に乏しいニューカム問題に対して，人々がどのように反応するかという基礎的な知見を追加すること，2つ目の目的は，ニューカム問題を題材にして個人の意思決定における全確率の法則のやぶれ方を検証すること，3つ目の目的は，ニューカム問題を題材にして量子意思決定理論（Franco, 2009）が全確率の法則のやぶれを理論の範囲内でとらえることができるのかどうかを検証することである．

さらに追加的な目的を2つ設定する．まず，ニューカム問題は囚人のジレンマ問題と課題構造が類似している点でも注目されてきた（Lewis, 1979）が，2つの課題における個人の選択が一貫するのかどうか，安定した結果が得られていない．そこで，本研究の4つ目の目的は，ニューカム問題と囚人のジレンマ問題の類似性について新しい知見を加えることとする．最後に5つ目の目的を，ニューカム問題と同時に当然原理のやぶれが指摘されてきた意思決定問題や心理尺度についても実験を行い，ニューカム問題に対する選択との関連を検討することとする．

## 3-1．本研究の目的1：ニューカム問題に対する人々の反応について基礎的な知見を追加すること

意思決定研究分野における注目度に反して実証研究に乏しいニューカム問題に対して，人々がどのように反応するかという基礎的な知見を追加するため以下の点を検討する．

### 3-1-1．検討事項1−1）ニューカム問題における2箱選択者の割合

先行研究において，ニューカム問題における2箱選択者の割合は29%から51%であり（表 15），多数派とは言えない．本研究の実験でもこの傾向が再現されるかどうかを，以下でもちいた8つの金額条件に対する選択について検討する．また，ニューカム問題に対する基本的な理解を問う確認問題も同時に実施し，問題への理解と選択との関係を検討する．

測定にあたっては，1 箱選択と 2 箱選択の 2 択ではなく，2 極性の 10 点尺度（1：絶対に 1 箱―10：絶対に 2 箱）とすることで選好の度合いを測定する．また，1～5 の回答を 1 箱傾向，6～10 を 2 箱傾向と分類した検討も行う．確認問題として以下の 2 問を用いた．

**確認問題**

**黒い箱にお金が入っているのは、どのような場合でしたか？（いずれかに丸）**

**A 「あなたが黒い箱だけを選ぶ」とコンピュータが予測した場合**

**B 「あなたが両方の箱を選ぶ」とコンピュータが予測した場合**

**C よくわからなかった**

**あなたが選択肢 A か B を選ぶ時、黒い箱の中身は決定されていましたか？（いずれかに丸）**

**A はい、すでに黒い箱の中身は決定されていた。**

**B いいえ、黒い箱の中身は決定されていなかった。**

**C よくわからなかった**

**※正解はどちらの問題に対しても A**

### 3-1-2．検討事項 1－2）closed box のなかの利得の大きさだけを変化させることで選択がどのように変化するか

open box の中身を千円に固定したまま，closed box に入っているかも知れない利得を百万円・10 万円・1 万円・千円と 4 段階に変化させ，個人内要因として回答を測定し，選択が変化するかどうかを検討する．

### 3-1-3. 検討事項1−3）closed box のなかの利得の大きさだけを変化させる場合に，提示順によって選択がどのように変化するか

検討事項1−2）の4つの条件を測定する際に，closed box に入っているかもしれない利得を百万円・10万円・1万円・千円の順に提示する降順条件と，千円・1万円・10万円・百万円の順に提示する昇順条件を個人間要因として測定し，選択に対する提示順の影響を検討する．

### 3-1-4. 検討事項1−4）open box と closed box 両方の利得の比率を保ったまま変えると選択がどのように変化するか

open boxの中身の利得とclosed boxに入っているかもしれない利得の比率を保ったまま変化させると選択は変化するか．open box と closed box の利得をそれぞれ150円・1050円とする条件と15000円・105000円とする条件を用い，個人内要因として選択を測定し検討する．

### 3-1-5. 検討事項1−5）箱の中身によって利得が生じる場合と損失が生じる場合とで選択がどのように変化するか

ニューカム問題での選択の結果，利得（正の利得）を受け取るか，損失（負の利得）が発生するかによって人々の選択は異なるか．open box と closed box の中身をそれぞれ，千円・百万円とする条件と，マイナス千円・マイナス百万円とする条件の組み合わせと，1050円・105000円とする条件とマイナス1050円・マイナス105000円とする条件の組み合わせをもちいて，個人内要因として選択を測定し検討する．

### 3-1-6. 検討事項1−6）実験参加者の属性（所属学校・性別）によって選択が異なるか

Stanovich & West（1999）は，ニューカム問題の選択と認知能力との関係を調べている．その結果，1箱選択者と2箱選択者の間にSATスコア（米国の大学入試に相当する学力試験）の違

いはみられなかったが，認知欲求スコアの違いがみられた．本研究では，苫小牧看護専門学校と北海道大学の学生を対象としてニューカム問題の実験をおこない両校の学生間でニューカム問題の回答に違いがあるのかを検討する．比較に用いるのは open box と closed box の中身をそれぞれ，千円・百万円とする条件とする．

### 3-2．本研究の目的 2：ニューカム問題における選言効果（当然原理のやぶれ・全確率の法則のやぶれ）の度合いの検討

これまでニューカム問題を用いて全確率の法則のやぶれを実証した研究はない．また，ニューカム問題に限らず個人内の意思決定が全確率の法則をやぶる度合いを実験的に示した研究はない．そこで本研究では，ニューカム問題に対する全確率の法則のやぶれを実験的に検討し，期待効用理論と実際の人々の選択との解離について新しい知見を加えることを一つの目的とする．

測定にあたっては，1 箱選択と 2 箱選択の 2 択ではなく，2 極性の 10 点尺度（1：絶対に 1 箱―10：絶対に 2 箱）をもちいる．また，1～5 の回答を 1 箱傾向，6～10 を 2 箱傾向と分類した検討も行う．全確率の法則のやぶれを検討するために，箱の中身があると知らされた場合に 1 箱と 2 箱のどちらを選ぶかを 2 極性の 10 点尺度（1：絶対に 1 箱―10：絶対に 2 箱）で測定し，箱の中身がないと知らされた場合にも同様に 2 極性の 10 点尺度（1：絶対に 1 箱―10：絶対に 2 箱）で測定する．箱の中身があると思う度合いも 2 極性の 10 点尺度（1：絶対に中身がある―10：絶対に中身がない）で測定する．

### 3-2-1．検討事項 2－1）ニューカム問題における人々の選択は当然原理の前件を満たすか

Shafir & Tversky（1992）が当然原理をニューカム問題に適用する際，意思決定者の選択について次のような仮定をおいていた．箱の中身を知らされたうえで意思決定者が選択するならば，箱の中身がどちらであっても当然 2 箱を選択するはずだ．そのため，Shafir らは箱の中身が知ら

された場合の選択を実験的に測定せず，その後の 2 つの実験研究も同様に測定していない．

また，当然原理は「もし、考えられるどの事象においても、A を B よりも選好する」を前件，「どの事象が起こるかわからなくても A を B よりも選好する」を後件とする命題である．命題論理においては前件が真の場合に後件が偽であるとき命題は偽であるが，前件が「偽」の場合には後件が真でも偽でも命題は真となる．従って，当然原理のやぶれとは，前件が真かつ後件が偽の場合のみを指す．つまり，箱の中身がある場合の選択と箱の中身がない場合の選択が一致していないならば，当然原理の前件が偽となるため当然原理はやぶれない．このように先行研究はニューカム問題における当然原理のやぶれを示したのかどうかは不確かであった．

本研究では，箱の中身を知らせたうえでの選択を測定し，ニューカム問題において当然原理の前件が満たされているか（箱の中身がある場合に 2 箱選択し，箱の中身がない場合にも 2 箱選択するか）を検討する．具体的には，ニューカム問題の説明文箱の中身があると知らせる全員の回答において前件が満たされているならば，Shafir らが示したように当然原理のやぶれを確認することができる．そうでなければ，前件を満たす回答のうち当然原理をやぶる回答の割合を確認する．

### 3-2-2．検討事項 2−2）ニューカム問題における人々の選択は全確率の法則をやぶるか―回答者間の平均値で検討―

2 極性の 10 点尺度によって測定した 1 箱選択をする度合い・2 箱選択をする度合いと，箱の中身があると思う度合い・箱の中身がないと思う度合いを確率として扱い，その平均値を用いて全確率の法則の等式を計算し，やぶれが生じているかどうかを検討する．

全確率の法則の等式(31)を用いてニューカム問題（箱の中身不明の場合）の 2 箱選択率をあらわすと，箱の中身があると既知の場合の 2 箱選択率と箱の中身がないと既知の場合の 2 箱選択率を，それぞれ箱の中身がある確率と箱の中身がない確率で重み付けして加算したものになる：

$$P(2\text{箱選択}) = P(2\text{箱選択}\mid\text{箱の中身あり})P(\text{箱の中身あり}) + P(2\text{箱選択}\mid\text{箱の中身なし})P(\text{箱の中身なし}) \quad (61)$$

$$\text{ただし } P(\text{箱の中身あり})+P(\text{箱の中身なし})=1$$

この等式に人々の実際の選択を代入して，全確率の法則がやぶれているかどうかを検討する．この等式に出てくる確率の値たちを本研究では次のように測定することにする．

意思決定理論で扱う「事象が起こる確率」として，Savage（1954）は意思決定者の主観確率（subjective probability）を用い，von Neumann & Morgenstern（1953）は客観的な頻度確率（frequancy probability）を用いた．ニューカム問題における「事象が起こる確率」（箱の中身がある確率）は客観的に定義されない確率であるため，主観的な確率を用いる必要がある．先行研究では意思決定者の選択から確率を得るにあたって次のような方法がとられている．当然原理のやぶれの検証を行った Li, Wang, Rao & Li（2010）は「ある選択をする度合い」を実質的に確率として用い，意思決定における分析上の確率の扱いを再検討した Khrennikov（2010）などは，「ある選択を行った人数」の割合を確率として用いた．これらの方法は，測定された値がコルモゴロフの確率の公理を満たす限りにおいて，その値を確率とみなすことができることによって正当化される．コルモゴロフ確率論の公理では，集合体の全体に対して 1 を割り当て，集合体に含まれる排他的な各要素それぞれに非負の実数を割り当て，それら各要素に割り当てた数値たちを合算すると 1 になるならば，それら各要素に割り当てた数値たちを確率とよぶことができる（公理 I から IV を満たせばよい．公理 V は無限集合を仮定する場合に用いるため，実際の測定に対応させる場合には満たす必要がない）．

従って本研究でも，コルモゴロフの確率論を満たす値を実験の測定結果から得た場合に，その値を確率と呼ぶこととする．本研究の実験では，「１箱選択する度合い」と「2 箱選択する度合い」，「箱の中身がないと思う度合い」と「箱の中身があると思う度合い」のそれぞれを２極性の１０点尺度で測定する．２極性尺度の両極に割り当てられた事象の集合たちは互いに排他で完全であるといえる．例えば，１箱選択と２箱選択は互いに排他で完全な事象である．従って，1

から 10 の測定値を 0 から 1 に変換すれば，コルモゴロフ確率論の公理 I〜IV を満たす値が得られるため確率として用いる事ができる．変換の方法は確率の公理において任意であるため，1 から 10 の整数値に対して，0 から 1 を 10 等分した区間たち（0~0.1, 0.1~0.2, … , 0.9~1）それぞれの中央値（0.05, 0.15, … , 0.95）を対応させる（例：測定値 1 は 0.05 に対応させる）こととする．これによって，「１箱選択する」確率と「2 箱選択する」確率，「箱の中身がないと思う」確率と「箱の中身があると思う」確率が得られる．条件付き確率は，「箱の中身がある場合に１箱選択をする度合い」と「箱の中身がある場合に２箱選択をする度合い」，「箱の中身がある場合に１箱選択をする度合い」と「箱の中身がある場合に２箱選択をする度合い」をそれぞれ２極性の１０点尺度で測定して同様に確率に変換することで得る．

また，「箱の中身がないと思う」確率と「箱の中身があると思う」確率を測定する代わりに，「いくつかの結論の中でどれかがより確からしいと推測する十分な理由がないならば，それぞれに等しい確率を割り当てなければならない」とする理由不十分の原理（Bernooulli, 1713）に従い，「箱の中身があると思う」確率と「ないと思う」確率を等しく 0.5 とする方法も妥当だと考えられるため，測定値ではなくそれぞれに 0.5 を代入しての検討も行う．

ここまでで，式(61)に出てくる確率の値たちを実験で測定する準備ができた．参加者の選択からえられた値を代入してみて等式が成り立たないならば，全確率の法則がやぶられていることが示される．左辺と右辺の差は，全確率の法則のやぶれの大きさととらえることができる．こうして求めた値を以降は「全確率の法則のやぶれ値」とよぶことにする．

### ３-２-３．検討事項２−3）ニューカム問題における人々の選択は全確率の法則をやぶるか．―個人ごとに検討―

個人ごとの回答を用いて全確率の法則の等式が成り立つかどうか，そして成り立たない場合はやぶれの大きさがどの程度であるかを検討する．

### 3-2-4. 検討事項2−4）ニューカム問題における全確率の法則のやぶれ値は closed box のなかの利得の大きさを変化させることで変化するか

全確率の法則のやぶれの大きさが金額条件によって異なるかどうかを検討する．open box の中身を千円に固定したまま，closed box に入っているかも知れない利得を百万円・10 万円・1 万円・千円と 4 段階に変化させ，個人内要因として回答を測定し，全確率の法則のやぶれ値が変化するかどうかを検討する．

### 3-2-5. 検討事項2−5）closed box のなかの利得の大きさだけを変化させる場合に，提示順によって全確率の法則のやぶれ値は変化するか

検討事項 2−4 の 4 つの条件を測定する際に，closed box に入っているかもしれない利得を百万円・10 万円・1 万円・千円の順に提示する降順条件と，千円・1 万円・10 万円・百万円の順に提示する昇順条件の 2 条件を個人間要因として測定し，全確率の法則のやぶれ値に対する提示順の影響を検討する．

### 3-2-6. 検討事項2−6）open box と closed box の両方の利得の比率を保ったまま変えた場合に全確率の法則のやぶれ値は変化するか

open box の中身の利得と closed box に入っているかもしれない利得の比率を保ったまま変化させると全確率の法則のやぶれ値は変化するか．open box と closed box の利得をそれぞれ 150 円・1050 円とする条件と 15000 円・105000 円とする条件を用い，個人内要因として全確率の法則のやぶれ値を測定し検討する．

### 3-2-7. 検討事項2−7）箱の中身によって正の利得が生じる場合と損失（負の利得）が生じる場合とで全確率の法則のやぶれ値は変化するか

ニューカム問題での選択の結果，利得（正の利得）を受け取るか，損失（負の利得）が発生す

るかによって全確率の法則のやぶれ値は異なるか．open box と closed box の中身をそれぞれ，千円・百万円とする条件と，マイナス千円・マイナス百万円とする条件の組み合わせと，1050 円・105000 円とする条件とマイナス 1050 円・マイナス 105000 円とする条件の組み合わせをもちいて，個人内要因として全確率の法則のやぶれ値を測定し検討する．損失条件では，支配原理から導かれる選択が 1 箱になるため，それぞれの確率の値を逆転尺度として扱い（例：0.05 を 0.95 とする），全確率の法則のやぶれ値を算出し検討する.

### 3-2-8．検討事項2−8）実験参加者の属性（所属学校・性別）によって全確率の法則のやぶれ値は異なるか

実験を実施した苫小牧看護専門学校と北海道大学の学生間で全確率の法則のやぶれ値に違いがあるのかを検討する．比較に用いるのは open box と closed box の中身をそれぞれ，千円・百万円とする条件とする.

### 3-3．本研究の目的 3：選言効果（全確率の法則のやぶれ）は量子意思決定理論において説明可能かどうかを検討

全確率の法則は量子意思決定理論のもとでは量子確率論的に一般化されるため, 実際の人々の選択を理論内で説明できる可能性がある. 果たして, 実験でえられた全確率の法則のやぶれ値は, 量子的全確率の法則の等式(35)における $\lambda$ が理論的に取りうる値の範囲に収まるのか．実験データに対する量子意思決定理論モデルの当てはまりを検討し, 量子意思決定理論は従来の意思決定理論の代替となりうるかを問う議論に新しい知見を加えることを 3 つ目の目的とする.

### 3-3-1．検討事項3−1）ニューカム問題での人々の選択は，Franco（2005）のモデルの量子的全確率の法則の等式を満たすか

本研究の実験で実施した 8 つの金額条件それぞれについて，量子的全確率の法則の等式(35)

の干渉項の変数λの値を計算し，λが-1 以上 1 以下の値であるかどうかを検討する．λについても全確率の法則のやぶれ値と同様に，平均回答をもちいた算出と，個人ごと回答をもちいた算出を行う．

## 3-4．本研究の目的 4：ニューカム問題と囚人のジレンマ問題との類似性を検討

ニューカム問題は 1 人で行う囚人のジレンマ問題（Lewis, 1979）とも呼ばれ，課題構造の類似が指摘されているが，2 つの課題における個人の選択が一貫するのかどうか，安定した結果が得られていない．具体的には，Tversky & Shafir（1992）の脚注において 2 つの問題間の回答の一貫性が示唆され，Goldberg et al.（2005）では 2 回の実験のうち 1 回で関係が確認されたのみである．本研究では，2 つの問題間の選択の一貫性を実験的に検討し，ニューカム問題と囚人のジレンマ問題の類似性についての議論に新しい知見を加えることを 4 つ目の目的とする．

測定にあたっては，ニューカム問題と同様に協力と非協力の 2 択ではなく，2 極性の 10 点尺度をもちいる．全確率の法則のやぶれを検討するために，相手が協力すると知らされた場合に協力と非協力のどちらを選ぶかを 2 極性の 10 点尺度で測定し，相手が非協力すると知らされた場合に協力と非協力のどちらを選ぶかを 2 極性の 10 点尺度で測定する．相手が協力すると考える度合いも 2 極性の 10 点尺度で測定する．1〜10 の回答は 0.05〜0.95 の確率値に読みかえて分析にもちいる．

### 3-4-1．検討事項 4−1）ニューカム問題での 2 箱選択率と囚人のジレンマ問題での非協力率は相関するか

まず，囚人のジレンマ問題とニューカム問題の金額条件を同等にしない場合に選択の相関がみられるかを検討する．相関を検討する組み合わせは正の利得条件と負の利得条件についてそれぞれ 1 対ずつ設ける．比較ペア 1）正の利得条件では，ニューカム問題の open box と closed box の中身をそれぞれ千円・百万円とする条件（表 18）と，囚人のジレンマ問題の利得を相互協力

時 750 円・相互非協力時 300 円・自分だけ非協力時 850 円・自分だけ協力時 250 円とする条件（表 19）を個人内要因として選択を測定し選択の相関を検討する．比較ペア 2）負の利得条件では，ニューカム問題の open box と closed box の中身をそれぞれマイナス千円・マイナス百万円とする条件（逆転尺度；表 20）と，囚人のジレンマ問題の利得を相互協力時 -300 円・相互非協力時 -750 円・自分だけ非協力時 -250 円・自分だけ協力時 -850 円とする条件（表 21）を個人内要因として選択を測定し選択の相関を検討する．

表 18 比較ペア 1）ニューカム問題の利得表

| | | コンピュータの予想 | |
|---|---|---|---|
| | | 1 箱選択 | 2 箱選択 |
| あなた | 1 箱選択 | 百万円 | 0 円 |
| | 2 箱選択 | 百万千円 | 千円 |

表 19 比較ペア 1）囚人のジレンマ問題の利得表

| | | 相手 | |
|---|---|---|---|
| | | 協力 | 非協力 |
| あなた | 協力 | あなた750円, 相手750円 | あなた250円, 相手850円 |
| | 非協力 | あなた850円, 相手250円 | あなた300円, 相手300円 |

表 20 比較ペア 2）ニューカム問題の利得表

| | | コンピュータの予想 | |
|---|---|---|---|
| | | 1 箱選択 | 2 箱選択 |
| あなた | 1 箱選択 | マイナス百万円 | 0 円 |
| | 2 箱選択 | マイナス百万千円 | マイナス千円 |

表 21 比較ペア 2）囚人のジレンマ問題の利得表

| | | 相手 | |
|---|---|---|---|
| | | 協力 | 非協力 |
| あなた | 協力 | あなた-300円, 相手-300円 | あなた-850円, 相手-250円 |
| | 非協力 | あなた-250円, 相手-850円 | あなた-750円, 相手-750円 |

次に，囚人のジレンマ問題とニューカム問題の金額条件を同等にした場合の選択の相関を検討

する．そのために囚人のジレンマ問題の利得は，ニューカム問題の利得を 2 人で行うニューカム問題の利得（2-1-1 3)に変換したものをもちいる．相関を検討する組み合わせは正の利得条件について 2 対，負の利得条件について 1 対設ける．比較ペア 3）1 つ目の正の利得条件は，ニューカム問題の open box と closed box の中身をそれぞれ 150 円･1050 円とする条件（表 22）と，囚人のジレンマ問題の利得を相互協力時 1050 円・相互非協力時 150 円・自分だけ非協力時 1200 円・自分だけ協力時 0 円とする条件（表 23）．比較ペア 4）2 つ目の正の利得条件は，ニューカム問題の open box と closed box の中身をそれぞれ 15000 円･105000 円とする条件（表 24）と，囚人のジレンマ問題の利得を相互協力時 105000 円・相互非協力時 15000 円・自分だけ非協力時 120000 円･自分だけ協力時 0 円とする条件（表 25）．比較ペア 5）負の利得条件は，ニューカム問題の open box と closed box の中身をそれぞれマイナス 150 円・マイナス 1050 円とする条件（逆転尺度．表 26），囚人のジレンマ問題の利得を相互協力時マイナス 1050 円・相互非協力時 マイナス 150 円・自分だけ非協力時 0 円・自分だけ協力時マイナス 1200 円とする条件（表 25）．以上，5 つの対についての選択の相関を検討する．

表 22 比較ペア 3）ニューカム問題の金額条件

| | | コンピュータの予想 | |
|---|---|---|---|
| | | １箱選択 | ２箱選択 |
| あなた | １箱選択 | 1050円 | 0円 |
| | ２箱選択 | 1200円 | 150円 |

表 23 比較ペア 3）囚人のジレンマ問題の金額条件

| | | 相手 | |
|---|---|---|---|
| | | 協力 | 非協力 |
| あなた | 協力 | あなた1050円, 相手1050円 | あなた0円, 相手1200円 |
| | 非協力 | あなた1200円, 相手0円 | あなた150円, 相手150円 |

表 24 比較ペア 4）ニューカム問題の金額条件

| | | コンピュータの予想 | |
|---|---|---|---|
| | | 1 箱選択 | 2 箱選択 |
| あなた | 1 箱選択 | 105000円 | 0円 |
| | 2 箱選択 | 120000円 | 15000円 |

表 25 比較ペア 4）実験 3 の囚人のジレンマ問題の金額条件

| | | 相手 | |
|---|---|---|---|
| | | 協力 | 非協力 |
| あなた | 協力 | あなた105000円, 相手 | あなた0円, 相手120000円 |
| | 非協力 | あなた120000円, 相手0円 | あなた15000円, 相手15000円 |

表 26 比較ペア 5）ニューカム問題の金額条件

| | | コンピュータの予想 | |
|---|---|---|---|
| | | 2 箱選択 | 1 箱選択 |
| あなた | 2 箱選択 | -150円 | -1200円 |
| | 1 箱選択 | 0円 | -1050円 |

表 27 比較ペア 5）囚人のジレンマ問題の金額条件

| | | 相手 | |
|---|---|---|---|
| | | 協力 | 非協力 |
| あなた | 協力 | あなた-150円, 相手-150円 | あなた-1200円, 相手0円 |
| | 非協力 | あなた0円, 相手-1200円 | あなた-1050円, 相手-1050円 |

### 3-4-2. 検討事項4−2）ニューカム問題での全確率の法則のやぶれ値と囚人のジレンマ問題での全確率の法則のやぶれ値は相関するか

検討事項4−1）の 5 つの対について，全確率の法則のやぶれ値の相関を検討する．

### 3-4-3. 検討事項4−3）ニューカム問題における箱の中身についての予測と 2 箱選択率は相関するか

囚人のジレンマ問題において，相手が協力を選択すると思うほど，意思決定者は協力を選択す

ることが報告されている（Dawes, McTavish, & Shaklee, 1977; Yamagishi et al., 2013 など）．本研究での囚人のジレンマ問題においても同様の関係がみられるか，囚人のジレンマ問題における非協力率と相手が非協力すると考える度合いの間の相関を検討する．また，ニューカム問題においても，2 箱選択率と箱の中身が入っていないと考える度合いの間の相関を検討する．

### 3-5．本研究の目的 5：ニューカム問題の選択と他の意思決定課題や心理尺度の得点との関係

5 つ目の目的は探索的なものである．ニューカム問題と囚人のジレンマ問題の他に，これまで当然原理のやぶれが示されてきたハワイ問題，2 段階ギャンブル問題と，これまで独立性公理のやぶれが示されてきたエルスバーグ問題（後述）について，全確率の法則のやぶれが起きるかどうかを検討する．また，それぞれの課題とニューカム問題の間で，個人内の選択・全確率の法則のやぶれ値が相関するかどうかも確認する．

Nozick（1969）は，「おそらく心理学者がニューカム問題の回答と何らかの心理的変数との間の相関を検討するだろう」と予測したが，これまでに検討されたのはニューカム問題の回答と認知能力・認知欲求尺度（Cacioppo et al., 1996）との相関（Stanovich & West, 1999）のみであった．本研究では，ニューカム問題との関わりが議論されてきた 4 つの心理尺度得点とニューカム問題における選択・予測・やぶれの関係を検討する．心理尺度は自由意志（free will）尺度・認知欲求尺度・認知熟考テスト（cognitive reflection test），パラノーマルビリーフ（paranormal believe）尺度の 4 つである．

#### 3-5-1．検討事項 5−1）ハワイ問題とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか

ニューカム問題と囚人のジレンマ問題間での検討と同様に，ニューカム問題とハワイ問題間でも，それぞれの選択の相関，全確率の法則のやぶれ値の相関，結果についての予測の相関を確認

する．また，ハワイ問題における選択と結果についての予測の相関も検討する．

測定にあたっては，ニューカム問題や囚人のジレンマ問題と同様に 2 極性の 10 点尺度（1：絶対に買うー10：絶対に買わない）をもちいる．全確率の法則のやぶれを検討するために，試験の結果が知らされた場合の選択についても 2 極性の 10 点尺度（1：絶対に買うー10：絶対に買わない）で測定する．試験に合格すると考える度合いも 2 極性の 10 点尺度（1：絶対に合格ー10：絶対に不合格）で測定する．1〜10 の回答は 0.05〜0.95 の確率値に読みかえて分析にもちいる．試験の結果が不明・合格・不合格の 3 条件を個人内要因とした．また，Tversky & Shafir（1992）のハワイ問題にあった購入期限を延期する選択肢を，全確率の法則のやぶれ値を算出するために削除した．かわりに，販売期限の延期を希望する程度をたずねる質問を不明条件に追加した．

相関を検討するニューカム問題の金額条件は，ハワイ問題の測定と同時に実施した open box と closed box の中身をそれぞれ千円・百万円とする条件と open box と closed box の中身をそれぞれマイナス千円・マイナス百万円とする条件である．

### 3-5-2．検討事項 5ー2）2 段階ギャンブル問題とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか

ニューカム問題と 2 段階ギャンブル問題間でも，それぞれの選択の相関，全確率の法則のやぶれ値の相関，結果についての予測の相関を確認する．また，2 段階ギャンブル問題における選択と結果についての予測の相関も検討する．

実験で用いるギャンブルの金額条件は 50%の確率で 2 万円を受取り，50%の確率で 1 万円を支払うものとする．測定にあたっては，ニューカム問題や囚人のジレンマ問題と同様に 2 極性の 10 点尺度（1：絶対に行うー10：絶対に行わない）をもちいる．全確率の法則のやぶれを検討するために，1 回目の賭けの結果が知らされた場合の選択についても 2 極性の 10 点尺度（1：絶対に行うー10：絶対に行わない）で測定する．1 回目の賭けに勝つと考える度合いも 2 極性の 10 点尺度（1：絶対に勝ちー10：絶対に負け）で測定する．1 回目の結果が不明・勝ち・負けの

3 条件を個人内要因とした．1〜10 の回答は 0.05〜0.95 の確率値に読みかえて分析にもちいる．

相関を検討するニューカム問題の金額条件は，2 段階ギャンブル問題の測定と同時に実施した open box と closed box の中身をそれぞれ千円・百万円とする条件と open box と closed box の中身をそれぞれマイナス千円・マイナス百万円とする条件である．

### 3-5-3．検討事項 5−3）エルスバーグ問題とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか

エルスバーグ問題は独立性公理をやぶる問題として知られているが（2-2-1 1），本研究の実験では全確率の当然原理のやぶれ値を測定するための課題としてもちいる．エルスバーグ問題について他の課題と同様におこなうのは，ニューカム問題とエルスバーグ問題間の選択の相関，全確率の法則のやぶれ値の相関，結果についての予測の相関の検討，エルスバーグ問題における選択と結果についての予測の相関の検討である．加えて，エルスバーグ問題に対してのみ検討する事項を 3 点設ける．1 つ目は先行研究と同様にエルスバーグ問題における選択が独立性公理をやぶるかどうか，2 つ目は状況のあいまいさの程度が低くなると独立性公理のやぶれの程度―あいまいさ回避傾向―が弱くなるかどうか，3 つ目はエルスバーグ問題の問題文を「選択と得られる帰結の間に因果関係がない」課題構造を明示するような問題文に変えると回答が変化するかどうかの検討である．

測定にあたってはまず，エルスバーグ問題には設問が 2 つあるため（ルール A とルール B 間の選択・ルール C とルール D 間の選択），それぞれについて「つぼの中の青い玉が緑の玉よりも多い場合」の選択，「つぼの中の青い玉が緑の玉よりも多くない場合」の選択，つぼの中の青い玉と緑の玉の割合についての予測を測定する質問を追加する．さらにあいまいさをなくしたリスク状況として「つぼの中の青い玉が 60 個で緑の玉が 0 個の場合」と「つぼの中の青い玉が 0 個で緑の玉が 60 個の場合」の選択も測定する．つまり，2 つの設問それぞれにたいして，不明条件・青多い条件・青多くない条件・全て青条件・全て緑条件の 5 条件を個人内要因として測定する．選択は 2 極性の 10 点尺度（1：絶対にルール A―10：絶対にルール B，1：絶対にルール

C－10：絶対にルールD）で，青い玉と緑の玉の割合についての予測も2極性の10点尺度（1：全部緑－10：全部青）で測定する．1～10の回答は0.05～0.95の確率値に読みかえて分析にもちいる．

独立性公理のやぶれは，先行研究と同様にルールAを選択する度合いとルールCを選択する度合いに違いがあるかどうかによって検討する．

状況のあいまいさの程度は，不明条件，青多い条件と青多くない条件，全て青条件と全て緑条件の順で低減していくので，この条件間で独立性公理のやぶれが異なるかを検討する．不明条件のルールBで賭けに勝つ確率は0/90から60/90の間であるのに対して，「つぼの中の青い玉が緑の玉よりも多い場合」においてルールBで賭けに勝つ確率は31/90から60/90の間と，確率が取り得る値域が狭くなりあいまいさが低減する．ルールCについても同様にあいまいさが低減する（確率の値域30/90から90/90が，30/90から59/90となる）．「つぼの中の青い玉が60個で緑の玉が0個の場合」においてはあいまいさが消失し確率を数字であらわすことができる．

最後に，次のようにエルスバーグ問題の問題文章を変えた課題を用いて比較する．「選択と得られる帰結の間に因果関係がない」ことがニューカム問題の大きな特徴であり，本研究で実験を行ったエルスバーグ問題以外の4つの意思決定課題―ニューカム問題，囚人のジレンマ問題，ハワイ問題，2段階ギャンブル問題－に共通する特徴でもある．それぞれの問題文では，意思決定者が選択をする際に，条件（箱の中身・相手の選択・試験の結果・ギャンブルの結果）は既に決まっているか現在決まりつつあり，意思決定者がその条件に影響をあたえることはできないことが明示されている．しかしエルスバーグ問題では，つぼから引かれる玉の色は意思決定者がルールを選択したあとで，意思決定者自身がつぼの中の玉を引くことによって決まる．つまり，意思決定者が条件に対して（ランダムだとしても）影響を与えることができるような問題設定になっている．そこで，選択と得られる帰結の間に因果関係がないことを明示するため，意思決定時にはすでに「つぼの中で玉を握っている」問題文に変えたエルスバーグ問題をもちいて，通常のエルスバーグ問題との比較を行う．

**【通常版：エルスバーグ問題】**

**あなたには、このつぼの中からひとつの玉を引く賭けに参加してもらいます。**

**事前に 2 種類の賭けのルールのうちどちらのルールで賭けをするかを選ぶことができます。**

**あなたは、次の 2 種類の賭け（ルール A とルール B）のうちどちらのルールを選びますか。**

**【改訂版：ツボの中で玉を握っているエルスバーグ問題】**

**あなたは、このツボの中から一つの玉を引く賭けに参加しました。**

**今，あなたはツボの中で玉を一つつかんでいますが，まだ何色かを確かめることはできません。**

**この状態で，以下の 2 種類の賭けのルールのうち、どちらのルールで賭けをするかを選んでください。**



### 3-5-4．検討事項 5－4）自由意志についての信念とニューカム問題における選択・全確率の法則のやぶれ値は相関するか

Nozick（1963）が世の中に初めて紹介したニューカム問題の文章の中で，意思決定者の選択の予測をおこなう主体は「ある存在（a being）」と呼ばれ，その「ある存在」はこれまで間違った予測をしたことがない，「ある存在」のことを SF にでてくるエイリアンなどと考えてもよい，と説明されている．これに対してサイエンティフィック・アメリカン誌上でニューカム問題を世の中に知らしめた Gardner（1973, 1974）は，意思決定者の選択が「ある存在」によって正確に予測されるのならば，意思決定者自身の自由意志はあるのだろうかという疑問を提示した．自由意志が決定論の範疇になく，因果関係の連鎖の外側にあるならば，「ある存在」が予測を間違え

るかもしれないのだから，2 箱を選択して両方の箱の中身を手に入れることに賭けるべきかもしれないと論じている．ただし，Gardner（1973, 1974）の自由意志のとらえ方は，現代的な意思決定理論と異なるものであるため, その後哲学や経済学におけるニューカム問題についての議論ではガードナーの観点に言及されていない（ただし近年の心理学研究においてはこのような自由意志についての素朴信念の研究も進んでいる; Paulhus & Carey, 2011）．また，近年の脳神経科学（Crick, 1994 中原訳 1995; Koch, 2012 小畑訳 2014）においては，決定論的な枠組みで心をとらえる試みが多くなされ，二元論的観点は注意深く避けられている．

ホッブズら両立主義者が考えるように, 心や自由意志が因果の鎖から決定論的に生じているとしても, 意思決定者主体としての我々はまるで因果に縛られずに自由に選択を行っているかのような感覚を持つことがある．自由意志についてのこのような感覚にもとづく，自由意志があるという信念は心理学的自由意志（Gilboa, 2009）などと呼ばれる．さらに自由意志という概念は，「選択の自由」を尊重する資本主義社会の中でとくに大切にされてきたのだから，自由意志の信念を維持することは社会的生物として意味があることではないかと考え（Baumeister, Masicampo, & DeWall, 2009），自由意志の信念と社会的な行動との関連が検討されている．その結果，「ものごとをコントロールしているのは自分であるかどうかについての信念」（Locus of Control; Rotter, 1966）と自由意志の信念が関連することが示されたり（Paulhus & Carey, 2011），向社会的行動との関係が指摘されている（Baumeister, et al., 2009）．

そこで本研究では探索的に，決定論に対する信念と自由意志に対する信念を測定し，ニューカム問題に対する選択との関係を検討する．測定に用いるのは，自由意志・決定論尺度（The Free Will & Determinism Plus Scale; Paulhus & Carey, 2011）の日本語版（渡辺・櫻井・綿村・唐沢, 2014）である．この尺度は，自由意志，科学的決定論，運命的決定論，予測不可能性それぞれを信じる度合いを測る 4 つの下位尺度からなる．渡辺らは，Paulhus & Carey（2011）版では 27 項目からなる尺度から，因子負荷量が低いものを除外して 17 項目からなる日本語版を作成した．この日本語版尺度を，5 点尺度として測定する．

日本語版自由意志・決定論尺度

【予測不可能性　5 項目】

人々の未来は予測することができない

サイコロを投げたりコインをはじくように，人生は予測できないと思われる

この世界で何が生じるかは，誰も予測ができない

人は予測不可能である

人生はほぼすべてがランダムなため，予測することが難しい

【運命的決定論　3 項目】

未来は運命によってすでに決定されていると思う

すべての人には，運命によって未来図が用意されている

どんなに努力しても，みずからの宿命を変えることはできない

【自由意志　6 項目】

人々は自分の悪い行動について常に非がある

人々は自分がした誤った選択に対して，すべての責任を取らなければならない

意志の強さは身体的欲求にいつでも打ち勝つことができる

犯罪者は自分がした悪いおこないに対してすべての責任を負う

人々は完全な自由意志を持っている

人々は真に望めば，どんな障害でも乗り越えることができる

【科学的決定論　3 項目】

**親の特性が子どもの特性を決めるだろう**

**幼少期の環境が，大人になったときの成功を左右する**

**遺伝子が人の将来を決定する**

### 3-5-5．検討事項5−5）認知欲求・認知的熟考の程度とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか

Stanovich & West（1999）は認知能力が高く，思慮深くものごとを深く考える人ほど意思決定問題における規範的選択をおこなうのではないかと考え，ニューカム問題，囚人のジレンマ問題，確率判断問題，サンクコスト問題にたいする回答と認知能力に関する測度の関連を検討する実験をおこなった．認知能力の指標としてSAT（米国大学の入学試験に相当する試験）の言語（verbal）と数学（mathematics）の合計得点がもちいられ，思慮深さの指標として認知欲求尺度（need for cognition scale; Cacioppo et al., 1996）が用いられた．その結果，ニューカム問題において規範的（2箱）選択をした群と非規範的（1箱）選択をした群の間で，SAT得点には違いがみられなかったが認知欲求得点に違いが見られ，規範的選択群において得点が高かった．本研究でもこの関係を確認するため，認知欲求尺度得点とニューカム問題に対する選択との関係を検討する．

さらに認知能力の指標として，SATやACTなどとの相関があることが示されている認知的熟考テスト（cognitive reflection test; Frederick, 2005）を採用し，ニューカム問題に対する選択との関係を検討する．認知的熟考テストは3問の数学的な問題からなり，素早く直感的な回答をすると間違いやすく，じっくり考えると正答しやすいとされ，SATスコアやACTスコア（どちらも米国の大学入試に相当する学力試験）などの認知能力との相関が知られている（Frederick, 2005）．

測定に用いたのは，認知欲求尺度（Cacioppo, & Petty, 1982）を元に作成された日本語版認知欲求尺度（神山・藤原，1991）と，Frederick（2005）の認知的熟考テストの3問の日本語訳（山田, 2017）である．

[日本語版認知欲求尺度　15 項目]

1. あまり考えなくてよい課題よりも、頭を使う困難な課題のほうが好きだ。
2. かなり頭を使わなければ達成されないようなことを目標にすることが多い。
3. 課題について必要以上に考えてしまう。
4. 新しい考え方を学ぶことにはあまり興味が無い。[逆転項目]
5. 一生懸命考え、多くの知的な努力を必要とする重要な課題を成し遂げることに特に満足を感じる。
6. 必要以上には考えない。[逆転項目]
7. 一度覚えてしまえばあまり考えなくてもよい課題が好きだ。[逆転項目]
8. 長時間一生懸命考えることは苦手な方である。[逆転項目]
9. 考えることは楽しくない。[逆転項目]
10. 深く考えなければならないような状況はさけようとする。[逆転項目]
11. 自分が人生でなにをすべきかについて考えるのは好きではない。[逆転項目]
12. 常に頭を使わなければ満足できない。
13. 自分の人生は解決しなければならない難問が多いほうがよい。
14. 簡単な問題よりも複雑な問題のほうが好きだ。
15. 問題の答えがなぜそうなるのかを理解するよりも、単純に答えだけを知っている方がよい。[逆転項目]

[認知的熟考テスト　3 項目]

以下の質問への回答を数字で記入してください。

**1.　バットとボール合わせて 110 円です。バットはボールより 100 円高いです。ボールはいくらですか？**

**＿＿＿＿＿円**

**2.　もし 5 個の機械が 5 個の製品を作るのに 5 分かかるとしたら、100 個の機械が 100 個の製品を作るのにかかる時間は何分ですか？　＿＿＿＿分**

**2.　湖にスイレンの葉があります。毎日葉の広がりが 2 倍になります。葉が湖全体を覆うのに 48 日かかるとしたら、湖の半分を覆うのに何日かかりますか？**

**＿＿＿＿＿日**

**[※それぞれの問題に対する正解は，5，5，47]**

Stanovich & West（1999）はニューカム問題以外にもいくつかの意思決定問題に対する回答と認知欲求尺度得点との関係を確認している．その結果では，囚人のジレンマ問題で協力を選んだ回答者と非協力を選んだ回答者の間で，認知欲求尺度得点に違いはみられず，SAT スコアにも違いはみられなかった. サンクコスト問題でのサンクコストにとらわれる回答ととらわれない回答の間で，認知欲求尺度得点に違いがみられ，SAT スコアにも違いがみられた．確率判断課題ではベースレートを無視する回答とそうでない回答の間で，認知欲求尺度得点に違いがみられ，SAT スコアには違いがみられなかった．このように，いくつかの意思決定問題と認知欲求尺度や認知能力との関係がみられたりみられなかったりしている．そこで，本研究で行ったニューカム問題以外の意思決定問題と，日本語版認知欲求尺度得点との相関も確認する.

### 3-5-6. 検討事項5−6）超自然的信念とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか

Shafir & Tversky（1992）は，ニューカム問題における1箱選択を説明するために，擬似魔法的思考（quasi-magical thinking）という概念を提示した．擬似魔法的思考とは，自分の選択が結果に影響をおよぼす因果関係がないと理解しているにも関わらず，まるで因果関係があるような選択をする考え方を指す．例えば，ニューカム問題では箱の中身はすでに決まっていて，選択によって変化することはないと知っているのに，まるで1箱を選ぶことが箱の中に百万ドルがあることの兆しであるかのように，まじないのように1箱選択をする．これが擬似魔法的思考だという．はたして1箱選択者は「因果関係がない」という信念を形成していて，そのうえでまじない的な選択を行っているのか．それとも1箱選択者は，自然科学で解明されていないような「因果関係がある」という信念を形成しているのか．

本研究では，このような超自然的因果関係を信じる傾向と，ニューカム問題に対する回答との関わりを検討する．超自然的因果関係を信じる傾向を測るため用いたのは，パラノーマルビリーフ尺度（Tobacyk, 1984; 1991; Tobacyk & Milford, 1983）である．パラノーマルビリーフ尺度とは，超能力や迷信などの超自然的現象を信じる度合いを測るもので，推論能力との負の相関が示されている．測定には，日本語版パラノーマルビリーフ尺度（中島，佐藤, & 渡邊, 1993）を用いた．

パラノーマルビリーフ尺度（Tobacyk, 1983; 1991; Tobacyk & Milford, 1984）は，米国で作成された尺度であり，「鏡を割ると悪いことが起こる」（" If you break a mirror, you will have bad luck."），「数字の13は縁起が悪い」（"The number "13" is unlucky."）といった日本ではあまり知られていない迷信についての項目が多く含まれている．そこで中島ら（1993）は，Tobacyk & Milford（1984）のパラノーマルビリーフ尺度，Tobacyk（1991）の改訂版パラノーマルビリーフ尺度，Eckblad & Chapman（1983）の奇異観念尺度（magical Ideation Scale），などを参考に，日本で信じられている「不思議な出来事」を信じる度合いを問う質問を100問作成して検討を行い，信じている度合いが回答者によって異なる項目，かつ因子寄与度が高い項目を選び20項

目からなる尺度を作成した．Tobacyk & Milford（1984）のパラノーマルビリーフ尺度は，「伝統的宗教信念」・「超能力」・「魔術」・「迷信」・「心霊主義」・「超常生命体」・「予知」の 7 つの因子を持つが，中島ら（1993）の作成した日本語版パラノーマルビリーフ尺度のもつ因子は「迷信」，「霊」，「超能力」，「超生命・超文明」の 4 つとなった．これを 7 点尺度（1：非常にそうである～7：全くそうでない）として測定し，4 つの因子に対応する項目を下位尺度としてニューカム問題での選択との相関を検討する.

**[日本語版パラノーマルビリーフ尺度　20 項目]**

**「迷信」因子項目**

**4　　血液型によって性格を知ることは可能である**

**6　　神社にお参りすれば願いごとがかなう**

**9　　仏滅に結婚式を行うとよくないことがある**

**16　　手のひらの生命線が長いと長生きする**

**18　　北枕にして寝るとよくない**

**「霊」因子項目**

**1　　体は死んでも，魂は生き続ける**

**7　　前世が来世は存在する**

**12　　憑依霊が人につくことがある**

**14　　霊界は存在する**

**19　　死者の霊は存在する**

**「超能力」因子**

2　物体を精神の力で浮揚させることのできる人がいる

5　呪文を使うことによって，人に呪いをかけることができる

11　念力で物体を動かすことができる

15　念力でスプーンを曲げることのできる人がいる

20　精神の力で他人の病気を治すことのできる人がいる

「超生命・超文明」因子

3　ネス湖の怪物（ネッシー）は存在する

8　古代文明には宇宙人が関係している

10　ムー大陸は存在した

13　政府は宇宙人に関する事実を隠している

17　ナスカの地上絵は宇宙人に対するメッセージである

# ４．実験概要

これまで説明してきた 5 つの目的に対して，本研究では 3 回の実験を行った．実験は全て授業内に質問紙に回答を求める方法で行われ，所要時間はいずれも 20〜30 分程度で，実験参加に対する金銭・成績評価などの報酬はない．それぞれの実験の実施時期や参加者の所属などは次のとおりである．

実験 1） 2014 年 9 月に苫小牧看護専門学校准看護学科 1 年生の心理学授業出席者 40 名（うち女性 36 名）を参加者として実施した．参加者の平均年齢は 27.18（SD=8.03）で，19 歳以下が 10 名，20〜29 歳が 13 名，30〜39 歳が 14 名，40〜42 歳が 3 名だった．

実験 2） 2014 年 11 月に北海道大学学部生 1 年生を対象にした意思決定科学入門授業の出席者 38 名（うち女性 5 名）を参加者として実施した．参加者の平均年齢は 19.18（SD=0.93）で，19 歳以下が 33 名，20〜22 歳が 16 名だった．

実験 3） 2015 年 11 月に北海道大学学部生 1 年生を対象にした意思決定科学入門授業の出席者を参加者として 2 回に分けて実施した．1 回目の参加者は 41 名（うち女性 13 名），2 回目の参加者は 46 名（うち女性 13 名）で，両方に参加したのは 31 名（うち女性 11 名）であった．1 回目と 2 回目を合算した参加者の平均年齢は 19.53（SD=1.14）で，19 歳以下が 31 名，20〜23 歳が 24 名だった．1 回目と 2 回目の間隔は 1 週間．実験 2 と同じ授業だが年度が異なるため，実験 2 と実験 3 の両方に参加した者はいなかった．以降，実験 3 の 1 回目を実験 3−1，2 回目を実験 3−2 と表記する．

## ４-１．実験で用いた課題

本研究の実験で用いた課題は，ニューカム問題，ニューカム問題の確認問題，囚人のジレンマ

問題，ハワイ問題，2 段階ギャンブル問題，エルスバーグ問題，日本語版自由意志・決定論尺度，日本語版認知欲求尺度，認知的熟考テスト，パラノーマルビリーフ尺度の 10 種である．ニューカム問題については 8 つの金額条件，囚人のジレンマ問題については 5 つの金額条件を設け，エルスバーグ問題は通常版と改訂版の 2 種を実施した．3 つの実験に対して課題は次のように割り当てられた．

実験 1） ニューカム問題（open box・closed box：千円・百万円，千円・10 万円，千円・1 万円，千円・千円．昇順・降順条件は個人間要因），日本語版自由意志・決定論尺度

実験 2） ニューカム問題（open box・closed box：千円・百万円，マイナス千円・マイナス百万円），エルスバーグ問題（通常版），ハワイ問題，2 段階ギャンブル問題

実験 3－1） エルスバーグ問題（通常版），囚人のジレンマ問題（相互協力時 750 円・相互非協力時 300 円・自分だけ非協力時 850 円・自分だけ協力時 250 円，相互協力時 -300 円・相互非協力時 -750 円・自分だけ非協力時 -250 円・自分だけ協力時 -850 円），ニューカム問題（open box・closed box：千円・百万円，マイナス千円・マイナス百万円），ハワイ問題，2 段階ギャンブル問題，日本語版認知欲求尺度，認知的熟考テスト

実験 3－2） 囚人のジレンマ問題（相互協力時 1050 円・相互非協力時 150 円・自分だけ非協力時 1200 円・自分だけ協力時 0 円，相互協力時 105000 円・相互非協力時 15000 円・自分だけ非協力時 120000 円・自分だけ協力時 0 円，相互協力時 -150 円・相互非協力時 -1050 円・自分だけ非協力時 0 円・自分だけ協力時 -1200 円），ニューカム問題（open box・closed box：150 円・1050 円，15000 円・105000 円，-150 円・-1500 円），エルスバーグ問題（改訂版），パラノーマルビリーフ尺度

他に全ての実験で測定したのは，性別と年齢である．また，ニューカム問題以外の課題や尺度は，各課題や尺度についての説明の中で紹介したとおりである（詳細は付録参照）．

### ４-１-１．本研究で用いたニューカム問題

本研究で用いたニューカム問題の説明文章は，Shafir ら（1992）の実験（以下 Shafir 版）を基本としている．Nozick（1969）が初めて紹介したニューカム問題（以下 Nozick 版）では，予測者は「あなたの選択を予測する能力を持つ存在」であったが，Shafir 版では超自然的な解釈可能性を排除するため予測主体は「MIT で開発されたばかりのプログラム」へと変更された．また過去の予測精度について，Nozick 版では「1 度も予測が当たらなかったことがない」としているが，Shafir 版での過去の予測精度は 1 箱選択について 92%，2 箱選択について 83%とし，予測精度の点でも超自然的な解釈可能性を排除しようとした．利得は，Nozick 版では open box に千ドル，closed box に百万ドルか 0 ドルだったが，Shafir 版では open box に 20 ポイント，closed box に 250 ポイントか 0 ポイントとなった（ポイントの換金率などは明示されてない）．

本研究で用いたニューカム問題の説明文章では，「近年アメリカ軍で、人間の行動を予測するコンピュータプログラムが開発され」，そのプログラムが予測を行うこととし，過去の予測精度は「約 90%」とした．箱の中の金額は，Nozick 版の利得のドルを円に置きかえ open box に千円，closed box に百万円か 0 円とした．この金額条件を基準の金額条件とし，3 回の実験すべてにおいて実施した．

**[本研究で用いたニューカム問題の文章]**

**次の文章を読み、あなたの想像力をはたらかせて答えてください。**

**近年アメリカ軍で、人間の行動を予測するコンピュータプログラムが開発されました。**
**このプログラムは、これまで約 90%の割合で予測対象者の選ぶ選択肢を当てることができ**

ました。

これから、このプログラムを用いてあなたの選択肢を予測することにします。

あなたがプログラムの出す 100 問以上のさまざまな質問項目に回答すると、

プログラムはあなたの回答傾向を分析し、あなたのその後の選択を予測します。

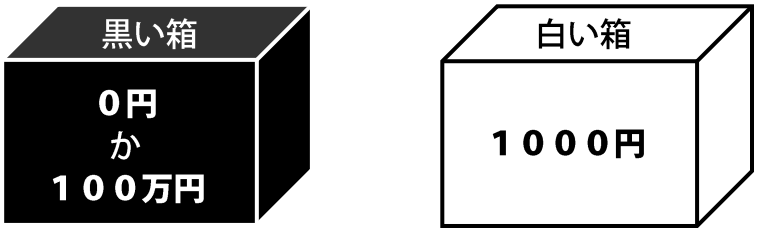
それでは、あなたはすでにプログラムの質問に回答し終わったと想像して下さい。

そして、プログラムは次の質問に対するあなたの選択を予測完了しました。

【説明】あなたには A と B、2 つの選択肢が与えられています。

A）黒い箱**だけ**を選ぶ。（黒い箱**だけ**を開けてその中のお金を手に入れる）

B）黒い箱と白い箱の**両方**を選ぶ。（**両方**の箱を開けてその中のお金を手に入れる）





白い箱の中には **1000 円**が入っています。


黒い箱の中身は **0 円**か **100 万円**のどちらかで、どちらになるかは、コンピュータプログラムによる、あなたの選択に対する予測に基づいて決定されました。

黒い箱の中身はどのように決定されたか：

プログラムはあなたの回答傾向にもとづき、あなたが選択肢 A、B のどちらを選ぶか予測しました。

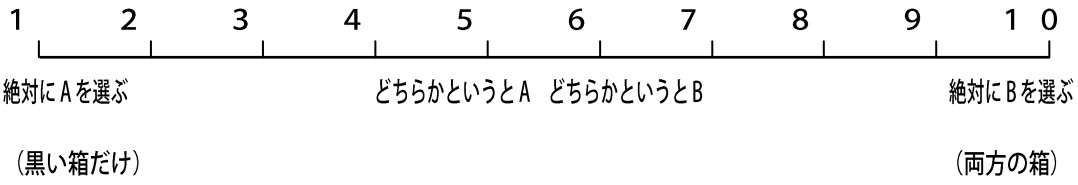
「あなたが選択肢 A（黒い箱だけ）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は **100 万円**、

**「あなたが選択肢Ｂ（両方の箱）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は０円となっています。**

**黒い箱の中身はすでに決定されており、もう箱の中身は変更されません。**

**【質問】あなたは選択肢Ａ（黒い箱だけ）とＢ（両方の箱）のどちらを選びますか。**

**「絶対にＡを選ぶ」から「絶対にＢを選ぶ」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。**




選択の測定は上記のように，2 極性の 10 点尺度（1：絶対に 1 箱―10：絶対に 2 箱）をもちいた．また，1～5 の回答を 1 箱傾向，6～10 を 2 箱傾向と分類した検討も行う．全確率の法則のやぶれを検討するために，箱の中身があると知らされた場合に 1 箱と 2 箱のどちらを選ぶかを次の質問文を用いて 2 極性の 10 点尺度（1：絶対に 1 箱―10：絶対に 2 箱）で測定した．

**もしも、黒い箱の中身がすでに１００万円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？**

また，箱の中身がないと知らされた場合の選択を次の質問文を用いて同様に 2 極性の 10 点尺度（1：絶対に 1 箱―10：絶対に 2 箱）で測定した．

**もしも、黒い箱の中身がすでに０円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？**

箱の中身があると思う度合いを次の質問文を用いて 2 極性の 10 点尺度（1：絶対に中身がある―10：絶対に中身がない）で測定した.

**あなたは、黒い箱の中身はどうなっていると思いましたか。**

**「絶対に１００万円入っている」から「絶対に何も入っていない（0円）」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。**

損失条件では次のような説明文を用いた.「コンピュータプログラムが『あなたが 1 箱を選ぶ』と予測した場合，箱の中の紙には『○○円払う』と書かれた紙が，『あなたが 2 箱を選ぶ』と予測した場合．箱の中の紙には『0 円払う』と書かれた紙が入っている」．損失条件では，箱の中身がどちらであっても 1 箱選択した時の損失のほうが 2 箱選択をした時の損失よりも小さくなるため，支配原理に従うならば 1 箱選択をするべきである．一方利得条件では支配原理に従うならば 2 箱選択するべきである．そこで，損失条件での回答は逆転項目として扱った.

# 5．実験の結果

## 5-1．目的1に対応する結果

### 5-1-1．検討事項1−1）ニューカム問題における2箱選択者の割合

3回の実験を通じて全部で8つの金額条件に対する回答を得た．それぞれの金額条件に対する回答を集計したものを表 28に示す．3実験に共通する金額条件（open box・closed box：千円・百万円）に対する回答者数は119人（女性54，男性65）で，2箱傾向（10点尺度の得点が6-10）は27人（23%），10点尺度（1：絶対に1箱―10：絶対に2箱）の平均回答は3.41（SD＝3.21）だった．他の金額条件での2箱選択者の割合は10%から63%と幅広い．3つの金額条件のうち5つにおいて，人々の平均回答は中央値の5.5よりも低かった．残りの3つの金額条件での平均回答は5.5であることが否定されなかった（表 29）．このことから，ニューカム問題における人々の平均的な選択は，先行研究と同様に2箱選択ではないことが示された．

また，確認問題の正解者と不正解者の間で，すべての参加者が回答した金額条件（open box・closed box：千円・百万円）でのニューカム問題の回答に違いがみられるかどうかを検討した結果，違いがあるとはいえなかった（表 30）．加えて，ニューカム問題についての他の測定結果（箱の中身が既知の場合の選択・箱の中身についての予測・全確率の法則のやぶれ値・回答者の所属学校）も確認問題での正解・不正解者との関連はみられなかった（表 30，表 31）．さらに，確認問題はニューカム問題についての基本的な理解を確かめることを目的として実施されたが，もしも回答者が期待効用原理をもちいて意思決定するならば，ニューカム問題において「1箱選択と箱の中身があることの間に強い相関がある」ことを理解しているだけでよい．箱の中身がどのようなプロセスで決定されるか（確認問題1）もしくは，すでに箱の中身が決定しているか（確認問題2）についての理解は不要である．また，本研究では，期待効用理論を用いて意思決定することを問題の理解不足に帰属させない（Nozickも答えを出せず，専門家が一応の決着にたどり着くまで10年を要した問題であるため）．従って，本研究でもちいた確認問題は必ずしもニ

ューカム問題に対する最低限の理解であるとはいえないと考えられる．以上のことから，確認問題への不正解者の回答を除外せずに以降の検討を行った．

表 28 本研究で行った 3 つの実験で用いたニューカム問題の金額条件と回答．closed box の中身が不明の場合・closed box の中に利得がある（または損失がない）と既知の場合・closed box の中に利得がない（または損失がある）と既知の場合それぞれにおける選択（1：絶対に 1 箱―10：絶対に 2 箱），および closed box の中身が不明の場合に，closed box のなかに利得がない（または損失がある）と思う度合い．（表のサイズが大きいため，次ページに表のみを掲載）

| 実験<br>※損失条件では，１箱選択が支配原理に従った選択であるため，逆転項目として扱う． | | 回答者数(うち女性) | open box内の金額(円) | closed box内の金額(円) | 箱の中身が不明の場合(通常のニューカム問題)の選択 | | | 箱の中に利得がある(または損失がない)と既知の場合の選択 | | | 箱の中に利得がない(または損失がある)と既知の場合の選択 | | | 箱の中身が不明の場合に箱の中に利得がない（または損失がある）と思う度合 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | １箱傾向(1-5)者数(割合) | [支配原理的]２箱傾向(6-10)者数(割合) | 回答平均値(1-10)(SD) | １箱傾向(1-5)者数(割合) | [支配原理的]２箱傾向(6-10)者数(割合) | 回答平均値(1-10)(SD) | １箱傾向(1-5)者数(割合) ※1 | [支配原理的]２箱傾向(6-10)者数(割合) ※1 | 回答平均値(1-10)(SD) ※1 | 利得がある(損失がない)(1-5)回答人数(割合) | 利得がない(損失がある)(6-10)回答人数(割合) | 回答平均値(1-10)(SD) |
| 実験1:2014<br>苫小牧看護専門学校<br>准看護学科１年<br>※1「箱の中が空だったらどちらを選ぶか」を，４つの金額条件の質問の後，共通の質問として１回だけ聞いた | | 40<br>(女36) | 1000 | 1000000 / 0 | 37<br>(0.93) | 3<br>(0.08) | 2.53<br>(2.22) | 30<br>(0.75) | 10<br>(0.25) | 3.63<br>(3.60) | 3<br>(0.08) | 37<br>(0.93) | 8.53<br>(2.40) | | | |
| | | | 1000 | 100000 / 0 | 36<br>(0.90) | 4<br>(0.10) | 2.85<br>(2.30) | 30<br>(0.75) | 10<br>(0.25) | 3.73<br>(3.50) | ※1 3<br>(0.08) | ※1 37<br>(0.93) | ※1 8.53<br>(2.40) | | | |
| | | | 1000 | 10000 / 0 | 34<br>(0.85) | 6<br>(0.15) | 3.43<br>(2.50) | 28<br>(0.70) | 12<br>(0.30) | 4.15<br>(3.60) | ※1 3<br>(0.08) | ※1 37<br>(0.93) | ※1 8.53<br>(2.40) | | | |
| | | | 1000 | 1000 / 0 | 15<br>(0.38) | 25<br>(0.63) | 6.00<br>(3.50) | 14<br>(0.35) | 26<br>(0.65) | 6.73<br>(3.50) | ※1 3<br>(0.08) | ※1 37<br>(0.93) | ※1 8.53<br>(2.40) | | | |
| 実験2:2014<br>北海道大学<br>学部生１年 | | 38<br>(女5) | 1000 | 1000000 / 0 | 25<br>(0.66) | 13<br>(0.34) | 4.16<br>(3.50) | 22<br>(0.58) | 16<br>(0.42) | 4.95<br>(4.30) | 4<br>(0.11) | 34<br>(0.89) | 8.97<br>(2.40) | 23<br>(0.61) | 15<br>(0.39) | 5.03<br>(2.90) |
| | | | -1000<br>損失条件 | -1000000 / 0<br>逆転項目 | 32<br>(0.84) | 6<br>(0.16) | 2.84<br>(2.86) | 6<br>(0.16) | 32<br>(0.84) | 8.34<br>(3.20) | 15<br>(0.39) | 23<br>(0.61) | 6.63<br>(4.04) | 26<br>(0.68) | 12<br>(0.32) | 4.24<br>(3.06) |
| 実験3:2015<br>北海道大学学部生１年<br>１回目<br>※2 欠損2　※3 欠損1 | | 41<br>(女13) | 1000 | 1000000 / 0 | 30<br>(0.73) | 11<br>(0.27) | 3.59<br>(3.60) | 26<br>(0.63) | 15<br>(0.37) | 4.22<br>(4.20) | 3<br>(0.07) | 38<br>(0.93) | 9.12<br>(2.20) | 26<br>(0.63) | 15<br>(0.37) | 4.63<br>(2.40) |
| | | | -1000<br>損失条件 | -1000000 / 0<br>逆転項目 | 30<br>(0.73) | 11<br>(0.27) | 3.90<br>(3.53) | 4<br>(0.10) | 36<br>(0.90) | ※3 9.18<br>(2.24) | 11<br>(0.28) | 28<br>(0.72) | ※2 6.95<br>(3.97) | 30<br>(0.75) | 10<br>(0.25) | ※2 4.18<br>(2.15) |
| 実験3:2015<br>北海道大学学部生１年<br>２回目 | | 46<br>(女13) | 150 | 1050 / 0 | 31<br>(0.67) | 15<br>(0.33) | 3.89<br>(3.11) | 26<br>(0.57) | 20<br>(0.43) | 4.78<br>(4.18) | 4<br>(0.09) | 42<br>(0.91) | 8.98<br>(2.25) | 31<br>(0.67) | 15<br>(0.33) | 4.24<br>(2.43) |
| | | | 15000 | 105000 / 0 | 25<br>(0.54) | 21<br>(0.46) | 4.74<br>(3.47) | 23<br>(0.50) | 23<br>(0.50) | 5.80<br>(4.23) | 2<br>(0.04) | 44<br>(0.96) | 9.41<br>(1.72) | 24<br>(0.52) | 22<br>(0.48) | 4.70<br>(2.71) |
| | | | -150<br>損失条件 | -1050 / 0<br>逆転項目 | 30<br>(0.67) | 15<br>(0.33) | ※3 4.60<br>(3.17) | 6<br>(0.13) | 40<br>(0.87) | 8.91<br>(2.52) | 10<br>(0.22) | 36<br>(0.78) | 7.96<br>(3.41) | 26<br>(0.57) | 20<br>(0.43) | 5.02<br>(2.59) |
| 利得条件が同じ結果を合算 | 実験１・２・３ | 119<br>(女54) | 1000 | 1000000 / 0 | 92<br>(0.77) | 27<br>(0.23) | 3.41<br>(3.21) | 78<br>(0.66) | 41<br>(0.34) | 4.25<br>(4.03) | 10<br>(0.08) | 109<br>(0.92) | 8.87<br>(2.32) | | | |
| | 実験２・３<br>主観確率あり | 79<br>(女18) | 1000 | 1000000 / 0 | 55<br>(0.70) | 24<br>(0.30) | 3.86<br>(3.54) | 48<br>(0.61) | 31<br>(0.39) | 4.57<br>(4.21) | 7<br>(0.09) | 72<br>(0.91) | 9.05<br>(2.29) | 49<br>(0.62) | 30<br>(0.38) | 4.82<br>(2.65) |
| | 実験２・３ | 79<br>(女18) | -1000<br>損失条件 | -1000000 / 0<br>逆転項目 | 62<br>(0.78) | 17<br>(0.22) | 3.39<br>(3.25) | 10<br>(0.13) | 86<br>(0.87) | ※3 8.77<br>(2.75) | 26<br>(0.34) | 51<br>(0.66) | ※2 6.79<br>(3.97) | 56<br>(0.72) | 22<br>(0.28) | ※2 4.21<br>(2.62) |

表 29　ニューカム問題における人々の平均的な選択は 1 箱選択か 2 箱選択か．１０点尺度（1：絶対に 1 箱―10：絶対に 2 箱）に対する回答の平均値は，中央値の 5.5 であるかどうかを T 検定によって検討した結果．太字で示した箇所は「平均値が 5.5 である」帰無仮説が棄却されなかった結果を示す．太字でない結果はすべて「平均値が 5.5 である」とは言えなかったもの．

| ※太字の箇所はT検定の結果帰無仮説が棄却されなかった(平均が0.5でないとは言えない)データ<br><br>※損失条件では，１箱選択が支配原理に従った選択であるため，逆転項目として扱う． | | 回答者数<br>(うち女性) | open box<br>内の金額<br>(円) | closed box<br>内の金額<br>(円) | 箱の中身が<u>不明</u>の場合(通常のニューカム問題）の選択<br><br>回答平均値<br>(1-10)<br>(SD) | 平均が5.5を帰無仮説とする１群のT検定<br><br>T値 (自由度)<br>p値 (効果量r) | 箱の中身が<u>ある</u>(または損失がない)と既知の場合の選択<br><br>回答平均値<br>(1-10)<br>(SD) | 平均が5.5を帰無仮説とする１群のT検定<br><br>T値 (自由度)<br>p値 (効果量r) | 箱の中身が<u>ない</u>(または損失がある)と既知の場合の選択<br><br>回答平均値<br>(1-10)<br>(SD) | 平均が5.5を帰無仮説とする１群のT検定<br><br>T値 (自由度)<br>p値 (効果量r) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 実験1<br>※１：「箱の中が空だったらどちらを選ぶか」を，４つの金額条件の質問の後，共通の質問として１回だけ聞いた | | 40<br>(女36) | 1000 | 1000000 / 0 | 2.53<br>(2.22) | 8.48 (39)<br>0.0000 (0.81) | 3.63<br>(3.60) | 3.29 (39)<br>0.0021 (0.47) | ※1 8.53<br>(2.40) | 7.98 (39)<br>0.0000 (0.79) |
| | | | 1000 | 100000 / 0 | 2.85<br>(2.30) | 7.29 (39)<br>0.0000 (0.76) | 3.73<br>(3.50) | 3.21 (39)<br>0.0027 (0.46) | ※1 8.53<br>(2.40) | 7.98 (39)<br>0.0000 (0.79) |
| | | | 1000 | 10000 / 0 | 3.43<br>(2.50) | 5.25 (39)<br>0.0000 (0.64) | 4.15<br>(3.60) | 2.37 (39)<br>0.023 (0.36) | ※1 8.53<br>(2.40) | 7.98 (39)<br>0.0000 (0.79) |
| | | | 1000 | 1000 / 0 | 6.00<br>(3.50) | **0.90 (39)**<br>**0.37 (0.14)** | 6.73<br>(3.50) | 2.21 (39)<br>0.033 (0.33) | ※1 8.53<br>(2.40) | 7.98 (39)<br>0.0000 (0.79) |
| 実験2 | | 38<br>(女5) | 1000 | 1000000 / 0 | 4.16<br>(3.50) | 2.36 (37)<br>0.023 (0.36) | 4.95<br>(4.30) | **0.79 (37)**<br>**0.43 (0.13)** | 8.97<br>(2.40) | 8.92 (37)<br>0.0000 (0.83) |
| | | | -1000<br>損失条件 | 1000000 / 0<br>逆転項目 | 2.84<br>(2.86) | 5.72 (37)<br>0.0000 (0.69) | 8.34<br>(3.20) | 5.47 (37)<br>0.0000 (0.67) | 6.63<br>(4.04) | **1.73 (37)**<br>**0.092 (0.27)** |
| 実験3-1<br><br>※2 欠損2　※3 欠損1 | | 41<br>(女13) | 1000 | 1000000 / 0 | 3.59<br>(3.60) | 3.41 (40)<br>0.0015 (0.47) | 4.22<br>(4.20) | **1.95 (40)**<br>**0.058 (0.29)** | 9.12<br>(2.20) | 10.54 (40)<br>0.0000 (0.86) |
| | | | -1000<br>損失条件 | 1000000 / 0<br>逆転項目 | 3.90<br>(3.53) | 2.90 (40)<br>0.0060 (0.42) | ※3 9.18<br>(2.24) | 10.39 (39)<br>0.0000 (0.86) | ※2 6.95<br>(3.97) | 2.28 (38)<br>0.028 (0.35) |
| 実験3-2 | | 46<br>(女13) | 150 | 1050 / 0 | 3.89<br>(3.11) | 3.51 (45)<br>0.0010 (0.46) | 4.78<br>(4.18) | **1.16 (45)**<br>**0.25 (0.17)** | 8.98<br>(2.25) | 10.48 (45)<br>0.0000 (0.84) |
| | | | 15000 | 105000 / 0 | 4.74<br>(3.47) | **1.49 (45)**<br>**0.14 (0.22)** | 5.80<br>(4.23) | **0.49 (45)**<br>**0.63 (0.07)** | 9.41<br>(1.72) | 15.43 (45)<br>0.0000 (0.92) |
| | | | -150<br>損失条件 | -1050 / 0<br>逆転項目 | ※3 4.60<br>(3.17) | **1.90 (44)**<br>**0.063 (0.28)** | 8.91<br>(2.52) | 9.18 (45)<br>0.0000 (0.81) | 7.96<br>(3.41) | 4.89 (45)<br>0.0000 (0.59) |
| 金額条件が同じ結果を合算 | 実験1・2・3 | 119<br>(女54) | 1000 | 1000000 / 0 | 3.41<br>(3.21) | 7.10 (118)<br>0.0000 (0.55) | 4.25<br>(4.03) | 3.38 (118)<br>0.0010 (0.30) | 8.87<br>(2.32) | 15.85 (118)<br>0.0000 (0.82) |
| | 実験2・3 | 79<br>(女18) | 1000 | 1000000 / 0 | 3.86<br>(3.54) | 4.12 (78)<br>0.0001 (0.42) | 4.57<br>(4.21) | **1.96 (78)**<br>**0.053 (0.22)** | 9.05<br>(2.29) | 13.78 (78)<br>0.0000 (0.84) |
| | 実験2・3 | 79<br>(女18) | -1000<br>損失条件 | 1000000 / 0<br>逆転項目 | 3.39<br>(3.25) | 5.77 (78)<br>0.0000 (0.55) | ※3 8.77<br>(2.75) | 10.50 (77)<br>0.0000 (0.77) | ※2 6.79<br>(3.97) | 2.85 (76)<br>0.0056 (0.31) |

表 30　ニューカム問題の確認問題における正解者・不正解者それぞれのニューカム問題における選択の平均値．正解者・不正解者間で平均回答に違いがみられるかどうかを分散分析によって検討した結果，違いはみられなかった．

| | | 人数 | 箱の中身が不明の場合(通常のニューカム問題) の選択 | 正解者・不正解者の間で回答に違いがみられるか2群の分散分析 | 箱の中身が100万円だと既知の場合の選択 | 正解者・不正解者の間で回答に違いがみられるか2群の分散分析 | 箱の中身が0円だと既知の場合の選択 | 正解者・不正解者の間で回答に違いがみられるか2群の分散分析 | 箱の中身が不明の場合に箱に100万円がないと思う度合 ※1 | 正解者・不正解者の間で回答に違いがみられるか2群の分散分析 | 理由不十分の法則を適用して算出した全確率のふれ値 | 正解者・不正解者の間で回答に違いがみられるか2群の分散分析 | 測定値を用いて算出した全確率のやぶれ値 ※1 | 正解者・不正解者の間で回答に違いがみられるか2群の分散分析 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ※1: 実験2と3のみでの測定 | | | 回答平均値(1-10) (SD) | F値<br>自由度 (1-10)<br>p値 (SD)<br>効果量 $\eta^2$ | 回答平均値<br>(1-10)<br>(SD) | F値<br>自由度<br>p値 (SD)<br>効果量 $\eta^2$ | 回答平均値<br>(1-10)<br>(SD) | F値<br>自由度<br>p値 (SD)<br>効果量 $\eta^2$ | 回答平均値<br>(1-10)<br>(SD) | F値<br>自由度<br>p値 (SD)<br>効果量 $\eta^2$ | やぶれ値<br>平均値<br>(SD) | F値<br>自由度<br>p値 (SD)<br>効果量 $\eta^2$ | やぶれ値<br>平均値<br>(SD) | F値<br>自由度<br>p値 (SD)<br>効果量 $\eta^2$ |
| 確認問題 1 | 正解者 | 93 | 3.18<br>(3.61) | 1.97<br>1.00<br>0.16<br>0.02 | 4.29<br>(4.65) | 0.34<br>1.00<br>0.56<br>0.00 | 8.99<br>(2.74) | 0.49<br>1.00<br>0.49<br>0.00 | 4.65<br>(3.24) | 1.17<br>1.00<br>0.28<br>0.02 | -0.35<br>(0.36) | 3.17<br>1.00<br>0.08<br>0.03 | -0.35<br>(0.36) | 0.83<br>1.00<br>0.36<br>0.01 |
| | 不正解者 | 24 | 4.21<br>(3.99) | | 3.75<br>(4.04) | | 8.63<br>(2.89) | | 5.50<br>(3.02) | | -0.20<br>(0.36) | | -0.20<br>(0.36) | |
| 確認問題 2 | 正解者 | 77 | 3.56<br>(3.74) | 0.60<br>1.00<br>0.44<br>0.01 | 4.19<br>(4.51) | 0.02<br>1.00<br>0.89<br>0.00 | 9.16<br>(2.59) | 2.58<br>1.00<br>0.11<br>0.02 | 4.93<br>(3.31) | 0.40<br>1.00<br>0.53<br>0.01 | -0.33<br>(0.38) | 0.42<br>1.00<br>0.52<br>0.00 | -0.33<br>(0.38) | 0.00<br>1.00<br>0.96<br>0.00 |
| | 不正解者 | 40 | 3.08<br>(3.39) | | 4.30<br>(4.64) | | 8.45<br>(3.32) | | 4.50<br>(2.84) | | -0.29<br>(0.30) | | -0.29<br>(0.30) | |
| | 全回答者 | 117 | 3.41<br>(3.71) | | 4.25<br>(4.53) | | 8.87<br>(2.82) | | -2.18<br>(3.15) | | 0.43<br>(0.37) | | 0.43<br>(0.37) | |

表 31　回答者の所属学校と確認問題の正解頻度

| 正解者の割合 | 回答者数<br>(うち女性) | 確認問題１ | 確認問題２ |
|---|---|---|---|
| 苫小牧看護専門学校 | 40（36） | 0.75 | 0.55 |
| 北海道大学 | 77（18） | 0.82 | 0.71 |
| 全回答者 | 117（54） | 0.79 | 0.66 |
| 学校間の正解者頻度の違いを検討するカイ二乗検定 | カイ二乗値<br>自由度<br>p値 | 0.39<br>1<br>0.53 | 2.47<br>1<br>0.116 |

### 5-1-2. 検討事項1−2）closed box のなかの利得の大きさだけを変化させることで選択がどのように変化するか

open box の中身を千円に固定したまま，closed box に入っているかも知れない金額を百万円・10 万円・1 万円・千円と 4 段階に変化させ，個人内要因として回答を得た（実験 1）．その結果，40 人中 2 箱選択をした人の割合はそれぞれ 8%・10%・15%・63%，10 点尺度の平均回答はそれぞれ 2.53（SD=2.2）・2.85（SD=2.3）・3.43（SD=2.5）・6.00（SD=3.5）であり，4 つの条件間に回答の違いが見られた（1 要因分散分析：$F(3, 117)=21.95$ , $p<0.0001$，$\eta \hat{} 2=0.21$；図 31）．下位検定の結果，千円条件とその他の 3 条件それぞれとの間に差が見られた（百万-千: $t(39)=5.42$, p<0.00001,$r=0.66$; 10 万-千: $t(39)=5.18$, p<0.00001, $r=0.64$; 1 万-千: $t(39)=4.98$, p<0.00001, $r=0.62$; p 値は調整された値．多重比較の調整は Shaffer の方法による．以下すべての多重比較の p 値について同様）．closed box の金額が千円の場合，つまり open box と closed box の金額が等しい場合に 2 箱選択の傾向が特異的に増加していた．

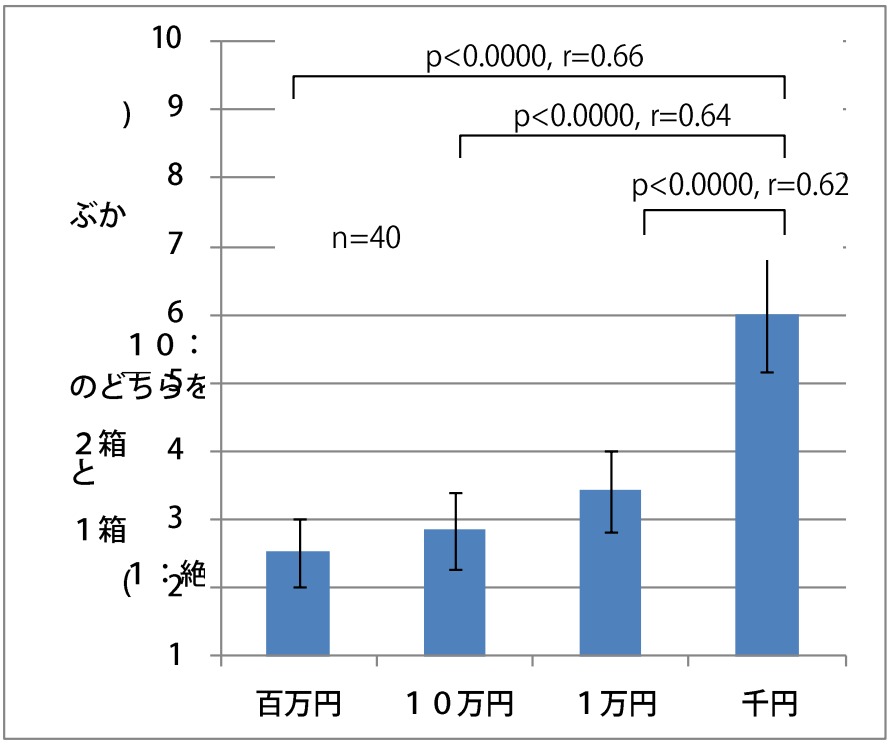



図 31 ニューカム問題における回答．closed box の金額を百万円・10 万円・1 万円・千円と変化させ個人内要因として測定した．open box の利得はすべて千円.

### 5-1-3．検討事項 1−3）closed box のなかの利得の大きさだけを変化させる場合に，提示順によって選択がどのように変化するか

金額条件の提示順（降順・昇順）の影響を考慮するため，検討事項 1−2 で報告した分散分析に提示順の要因を加え 2 要因分散分析（利得の 4 条件は個人内要因，提示順の 2 条件は個人間要因）を行った（図 32）．その結果，金額条件の主効果が 1 要因分散分析と同様にみられ（$F(3, 114)=24.30$ , $p<0.0000$，$\eta^2=0.21$），提示順の主効果はみられなかった（$F(1, 38)=0.06$ , $p=0.80$, $\eta^2=0.00006$）が，金額と提示順の交互作用効果がみられた（$F(3, 114)=5.18$ , $p=0.0022$，$\eta^2=0.046$）．下位検定では，降順条件における金額の単純主効果（$F(3, 57)=5.29$ , $p=0.0028$，$\eta^2=0.12$）と，昇順における金額の単純主効果（$F(3, 57)=23.8$ , $p<0.0000$，$\eta^2=0.35$）がみられた一方で，各金額条件における提示順の単純主効果はみられなかった．さらに，降順条件における金額の主効果についての多重比較では，1 万円と千円の間にだけ差がみられた( $t(19)=3.06$,

*p*=0.039,*r*=0.57)一方で，昇順条件における金額の主効果についての多重比較では全てのペアの間に差が見られた（百万-千: *t*(19)=6.04, p<0.00001,*r*=0.81; 10 万-千: *t*(19)=5.46, *p*=0.0001, *r*=0.78; 1 万-千: *t*(19)=3.92, *p*=0.0027, *r*=0.67; 百万-1 万: *t*(19)=3.62, *p*=0.0055, *r*=0.64; 10 万-1 万: *t*(19)=3.03, *p*=0.014, *r*=0.57; 百万-10 万: *t*(19)=2.56, *p*=0.019, *r*=0.51）．このように，金額が大きくなるほど 1 箱選択傾向が強まるという点では，降順条件・昇順条件ともに一貫しているため，交互作用効果によって金額の主効果は否定されない. そして昇順条件では降順条件よりも金額の影響がより顕著であることが示された.

また，金額の主効果についての下位検定も一要因分散分析と同様の傾向（百万-千: *t*(38)=5.78, p<0.00001,*r*=0.68; 10 万-千: *t*(38)=5.41, p<0.00001, *r*=0.66; 1 万-千: *t*(38)=4.94, p<0.00001, *r*=0.63; 百万-1 万: *t*(38)=2.74, *p*=0.028, *r*=0.41）だが要因が 1 つ増えて自由度が 1 減ったために百万円と 1 万円の間の差が検出されている.

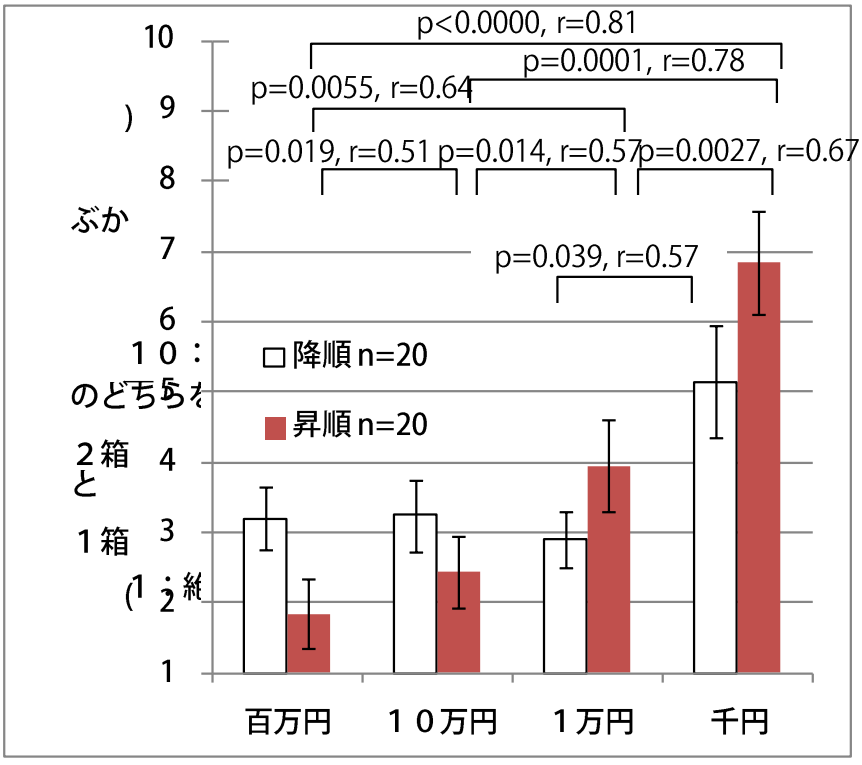



図 32 ニューカム問題における回答．closed box の金額を百万円・10 万円・1 万円・千円と変化させ個人内要因として測定．金額の提示順（降順・昇順）を個人間要因として測定．open box

の利得はすべて千円.

### 5-1-4. 検討事項1−4）open box と closed box の両方の利得の比率を保ったまま変えると選択がどのように変化するか

open box と closed box の金額をそれぞれ，150 円・1050 円とする条件と 15000 円・105000 円とする条件を用い，個人内要因として回答を得た[42]．回答者 46 人中，2 箱選択をした人の割合はそれぞれ 33%・46%，10 点尺度の平均回答は 3.89（SD=3.11）・4.74（SD=3.47），であり，金額条件間に回答の違いがあるとはいえなかった（対応のある T 検定： $t(45)=1.91$, $p=0.063$, $r=0.27$; 図 33）.

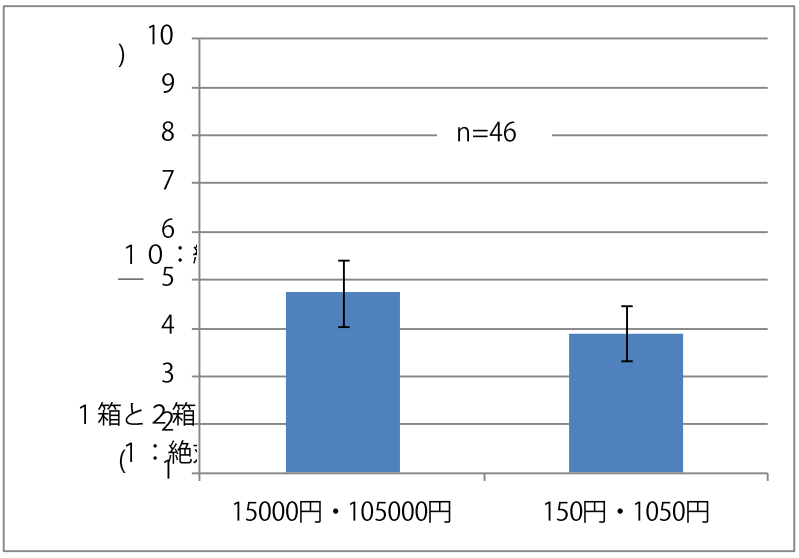



図 33 ニューカム問題における回答．open box と closed box の金額をそれぞれ 15000 円・105000 円とする条件，150 円・1050 円とする条件について個人内要因で測定．条件間で選択に違いはみられなかった.

[42] 本検討事項で用いた金額が，検討事項 1 − 2 と 1 − 3 で用いた利得条件と対比しやすい金額になっていないのは，後述する囚人のジレンマとニューカム問題との選択の類似性を検討に本データを用いるためである.

### 5-1-5. 検討事項1−5）箱の中身によって正の利得が生じる場合と損失（負の利得）が生じる場合とで選択がどのように変化するか

ニューカム問題での選択の結果，利得を受け取るか，損失（負の利得）が発生するかによって人々の選択は異なるのか．比較に用いたのは，open box と closed box の中の利得をそれぞれ，プラス千円・プラス百万円とする条件とマイナス千円・マイナス百万円とする条件の対（n=77），プラス 150 円・1050 円とする条件とマイナス 150 円・1050 円とする条件の対（n=30）である（それぞれの対を個人内要因として測定）．その結果，どちらの対の間にも支配原理に従った選択（利得条件では 2 箱選択，損失条件では 1 箱選択）をする度合いに差が見られなかった（千円・百万円の正・負条件について対応のある T 検定： $t(78)=1.00$, $p=0.32$, $r=0.11$; 図 34; 150 円・1050 円の正・負条件について対応のある T 検定： $t(44)=-1.11$, $p=0.27$, $r=0.16$; 図 35）．

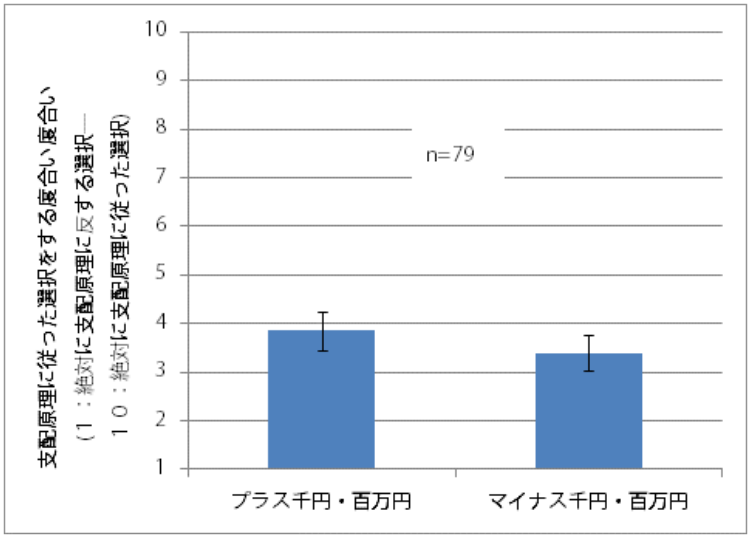



図 34 ニューカム問題における回答．open box と closed box の金額をそれぞれプラス千円・百万円とする条件，マイナス千円・マイナス百万円とする条件について個人内要因として測定．条件間で選択に違いはみられなかった．

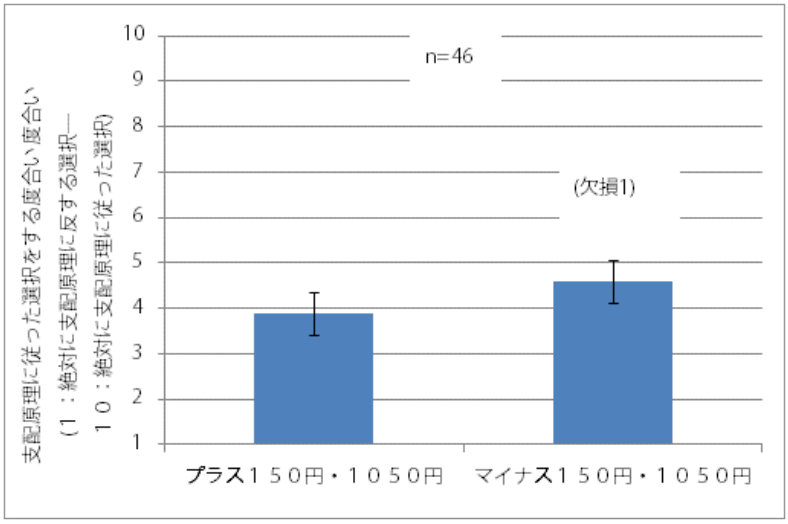



図 35 ニューカム問題における回答．open box と closed box の金額をそれぞれプラス 150 円・1050 円とする条件，マイナス 150 円・マイナス 1050 円とする条件について個人内要因として測定．条件間で選択に違いはみられなかった．

### 5-1-6．検討事項1−6）実験参加者の属性（所属学校・性別）によって選択が異なるか

実験 1 の参加者は苫小牧看護専門学校生，実験 2 と 3 の参加者は北海道大学学部生であった．両校の認知能力の違いに関連する指標として，山田（2017）が報告した苫小牧看護専門学校生の認知的熟考テストの正答数と，実験 2 で北海道大学学部生が回答した認知的熟考テストの正答数とを比較．苫小牧看護専門学校では 40 名（うち女性 36 名）のうち認知的熟考テスト全問正答者は 2 名（5%）で 3 問中の平均正答数は 0.88，北海道大学では 41 名（うち女性 13 名）のうち全問正答者は 32 名（78%）で 3 問中の平均正答数は 2.71 と，北海道大学において全問正答者が多く（$\chi^2$=41.41, $p$=0.0000, $\varphi$=-0.74），平均正答数も多かった（$t$(67.37)=-10.65, p<0.0000, $r$=0.79）[43]．

[43] 実験 1 の前年度に苫小牧看護専門学校准看護学科 1 年のクラスで測定した認知的熟考テスト正答数（山田, 2016）と，本研究実験 3 で測定した認知的熟考テスト正答数を比較．苫小牧看護専門学校での回答者は本研究の実験 1 への参加者とは異なる．本研究で認知的熟考テストを測定したのは実験 3－1（北海道大

## 5 実験の結果

両校の学生間でニューカム問題（千円・百万円条件）の回答に違いがあるのかを検討した結果，北海道大学学部生において 2 箱選択をする傾向が強いことが示された（苫小牧看護専門学校学生（40 名，うち女性 36 名）の平均回答: 2.53（SD=2.22）；北海道大学学生（79 名，うち女性 18 名）の平均回答: 3.86（SD=3.52）; $t(111.67)=-2.52$, $p=0.013$, $r=0.23$; 図 36）.

苫小牧看護専門学校の実験参加者は 40 名中 36 名（90%）が女性，北海道大学の実験参加者は 79 名中 18 名（23%）が女性となっており，サンプルの男女比が大きくことなる．男女間でニューカム問題の回答が異なるならば，学校間の回答傾向の違いがあるとはいえないだろう．そこで，性別の影響を検討した結果，性別により回答が異なるとはいえなかった（性別と学校を要因とする 2 要因分散分析における性別の主効果：$F(1, 115)=1.45$ , $p=0.23$, $\eta \wedge 2=0.012$, 学校の主効果：$F(1, 115)=5.022$ , $p=0.027$, $\eta \wedge 2=0.041$; 図 37）.

このように，学校による回答の違いがあることが示唆された一方，性別による違いは認められなかった．性別による違いを確認するにはサンプル数が不十分であった.

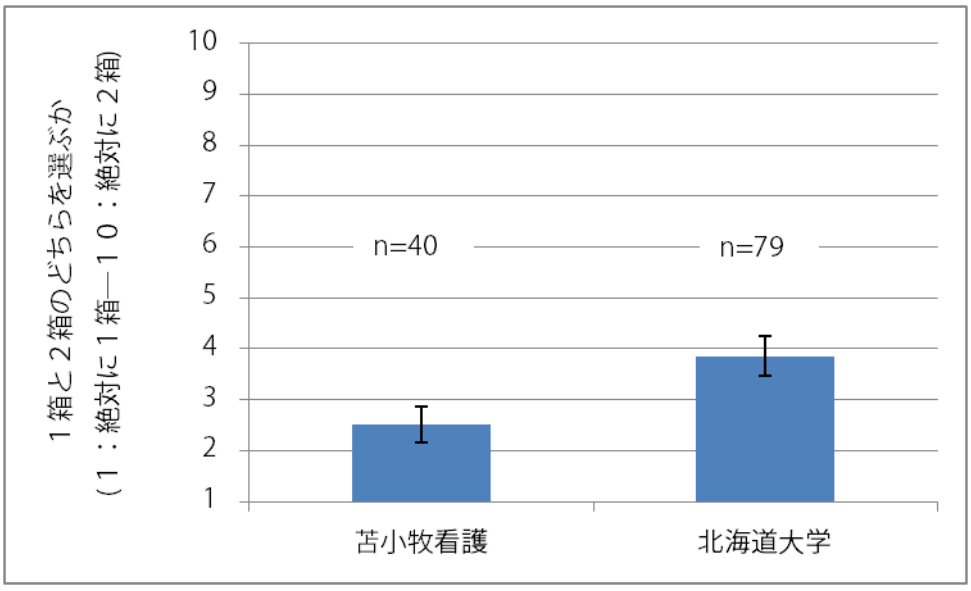



図 36 実験参加者の所属校とニューカム問題における回答. open box と closed box の金額はそれぞれ千円・百万円．所属学校間で選択に違いがみられた.

---

学）のみであった.

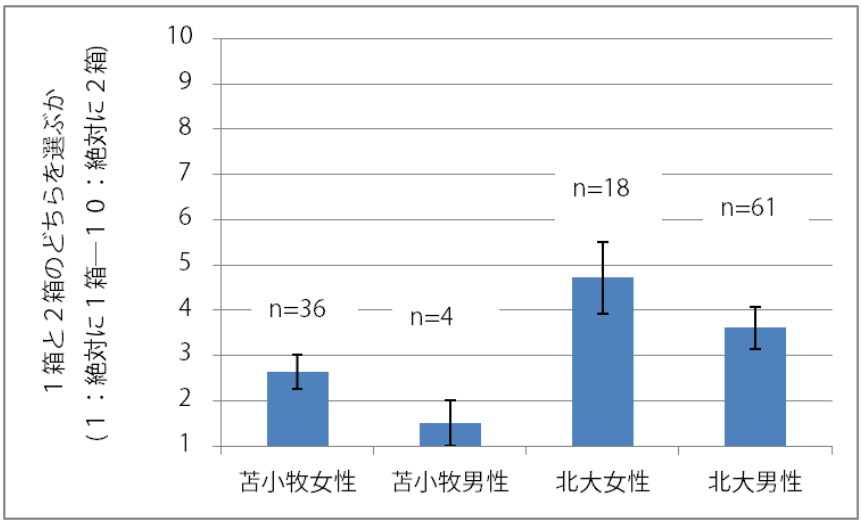



図 37 実験参加者の所属校・性別とニューカム問題における回答．open box と closed box の金額はそれぞれ千円・百万円．所属学校による違いはみられたが，性別による違いはみられなかった．

## 5-2．目的 2 に対応する結果

### 5-2-1．検討事項 2−1）ニューカム問題における人々の選択は当然原理の前件を満たすか

Shafir & Tversky（1992）が想定していたように，人々はニューカム問題において当然原理の前件を満たす選択，つまり箱の中身がある場合にもない場合の選択にも一貫した 2 箱選択をするのか．本研究でもちいた 8 つの金額条件すべてにおいて箱の中身を知らせたうえでの選択を聞いた．箱の中に利得（または損失）があると既知の場合と，箱の中に利得（または損失）がないと既知の場合の両方で一貫して，「絶対に 2 箱」（10 点尺度の 10．損失条件は逆転尺度として集計）を選択した回答の割合を実験の金額条件ごとに算出した（表 32）．その結果「絶対に 2 箱」で一貫していた回答の割合は 0.18 から 0.60 と金額条件ごとに異なるが，いずれの金額条件においても”全員が「絶対に 2 箱」（10 点尺度の 10）で一貫していた”ことは否定された（表 33）．つまり，「箱の中身がどちらであっても当然 2 箱を選択する」という Shafir らの仮定は実際の人々

の選択とは異なっていた.

表 32 ニューカム問題の回答のうち，当然原理の前件を満たす回答者数とその割合，当然原理（前件と後件）を満たす回答者数とその割合.（表のサイズが大きいため，次ページに表のみを掲載）

| 人数<br>（割合）<br>※損失条件では，１箱選択が支配原理に従った選択であるため，逆転項目として扱う． | | 回答者数<br>(うち女性) | open box 内の金額<br>(円) | closed box 内の金額<br>(円) | 箱の中身があると既知の場合・<br>箱の中身がないと既知の場合の両方で<br>回答が一貫しているもの<br>当然原理の前件を満たす回答者数<br>(割合) | | | | | | 箱の中身があると既知の場合・箱の中身がないと既知の場合・<br>箱の中身が不明の場合の全てで<br>回答が一貫しているもの<br>当然原理の前件と後件を両方満たす回答者数<br>（全回答者に対する割合）　（前件を満たす回答に対する割合） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | １０点尺度の回答が一貫 | 絶対に１箱(1)で一貫 | 絶対に２箱(10)(支配原理的選択)で一貫 | １箱傾向(1-5)または２箱傾向(6-19)で一貫 | １箱傾向(1-5)で一貫 | ２箱傾向(6-10)(支配原理的選択)で一貫 | １０点尺度の回答が一貫 | 絶対に１箱(1)で一貫 | 絶対に２箱(10)(支配原理的選択)で一貫 | １箱傾向(1-5)または２箱傾向(6-10)で一貫 | １箱傾向(1-5)で一貫 | ２箱傾向(6-10)(支配原理的選択)で一貫 |
| 実験1:2014<br>苫小牧看護専門学校<br>准看護学科１年<br>※1「箱の中が空だったらどちらを選ぶか」を，４つの金額条件の質問の後，共通の質問として１回だけ聞いた | | 40<br>(女36) | 1000 | 1000000 / 0 | 11<br>(0.28) | 2<br>(0.05) | 7<br>(0.18) | 13<br>(0.33) | 3<br>(0.08) | 10<br>(0.25) | 5<br>(0.13) (0.45) | 2<br>(0.05) (1.00) | 1<br>(0.03) (0.14) | 5<br>(0.13) (0.38) | 3<br>(0.08) (1.00) | 2<br>(0.05) (0.20) |
| | | | 1000 | 100000 / 0 | 11<br>(0.28) | 2<br>(0.05) | 7<br>(0.18) | 13<br>(0.33) | 3<br>(0.08) | 10<br>(0.25) | 5<br>(0.13) (0.45) | 2<br>(0.05) (1.00) | 1<br>(0.03) (0.14) | 5<br>(0.13) (0.38) | 3<br>(0.08) (1.00) | 2<br>(0.05) (0.20) |
| | | | 1000 | 10000 / 0 | 12<br>(0.30) | 2<br>(0.05) | 7<br>(0.18) | 15<br>(0.38) | 3<br>(0.08) | 12<br>(0.30) | 5<br>(0.13) (0.42) | 2<br>(0.05) (1.00) | 1<br>(0.03) (0.14) | 7<br>(0.18) (0.47) | 3<br>(0.08) (1.00) | 4<br>(0.10) (0.33) |
| | | | 1000 | 1000 / 0 | 20<br>(0.50) | 2<br>(0.05) | 16<br>(0.40) | 29<br>(0.73) | 3<br>(0.08) | 26<br>(0.65) | 12<br>(0.30) (0.60) | 2<br>(0.05) (1.00) | 8<br>(0.20) (0.50) | 24<br>(0.60) (0.83) | 3<br>(0.08) (1.00) | 21<br>(0.53) (0.81) |
| 実験2:2014<br>北海道大学<br>学部生１年 | | 38<br>(女5) | 1000 | 1000000 / 0 | 16<br>(0.42) | 2<br>(0.05) | 14<br>(0.37) | 18<br>(0.47) | 3<br>(0.08) | 15<br>(0.39) | 4<br>(0.11) (0.25) | 2<br>(0.05) (1.00) | 2<br>(0.05) (0.14) | 9<br>(0.24) (0.50) | 3<br>(0.08) (1.00) | 6<br>(0.16) (0.40) |
| | | | -1000<br>損失条件 | -1000000 / 0<br>逆転項目 | 22<br>(0.58) | 2<br>(0.05) | 18<br>(0.47) | 25<br>(0.66) | 4<br>(0.11) | 21<br>(0.55) | 6<br>(0.16) (0.27) | 2<br>(0.05) (1.00) | 3<br>(0.08) (0.17) | 8<br>(0.21) (0.32) | 3<br>(0.08) (0.75) | 5<br>(0.13) (0.24) |
| 実験3:2015<br>北海道大学学部生１年<br>１回目 | | 41<br>(女13) | 1000 | 1000000 / 0 | 16<br>(0.39) | 2<br>(0.05) | 13<br>(0.32) | 16<br>(0.39) | 2<br>(0.05) | 14<br>(0.34) | 7<br>(0.17) (0.44) | 2<br>(0.05) (1.00) | 5<br>(0.12) (0.38) | 7<br>(0.17) (0.44) | 2<br>(0.05) (1.00) | 5<br>(0.12) (0.36) |
| | | 39<br>(女13) | -1000<br>損失条件 | -1000000 / 0<br>逆転項目 | 23<br>(0.59) | 1<br>(0.03) | 21<br>(0.54) | 28<br>(0.72) | 2<br>(0.05) | 26<br>(0.67) | 8<br>(0.21) (0.35) | 1<br>(0.03) (1.00) | 7<br>(0.18) (0.33) | 10<br>(0.26) (0.36) | 2<br>(0.05) (1.00) | 8<br>(0.21) (0.31) |
| 実験3:2015<br>北海道大学学部生１年<br>２回目 | | 46<br>(女13) | 150 | 1050 / 0 | 18<br>(0.39) | 2<br>(0.04) | 14<br>(0.30) | 22<br>(0.48) | 3<br>(0.07) | 19<br>(0.41) | 3<br>(0.07) (0.17) | 1<br>(0.02) (0.50) | 2<br>(0.04) (0.14) | 9<br>(0.20) (0.41) | 2<br>(0.04) (0.67) | 7<br>(0.15) (0.37) |
| | | | 15000 | 105000 / 0 | 25<br>(0.54) | 1<br>(0.02) | 22<br>(0.48) | 25<br>(0.54) | 2<br>(0.04) | 23<br>(0.50) | 6<br>(0.13) (0.24) | 1<br>(0.02) (1.00) | 4<br>(0.09) (0.18) | 13<br>(0.28) (0.52) | 2<br>(0.04) (1.00) | 11<br>(0.24) (0.48) |
| | | 45<br>(女13) | -150<br>損失条件 | -1050 / 0<br>逆転項目 | 32<br>(0.71) | 0<br>(0.00) | 27<br>(0.60) | 33<br>(0.73) | 2<br>(0.04) | 31<br>(0.69) | 7<br>(0.16) (0.22) | 0<br>(0.00) - | 5<br>(0.11) (0.19) | 11<br>(0.24) (0.33) | 1<br>(0.02) (0.50) | 10<br>(0.22) (0.32) |
| 利得条件が同じ結果を合算 | 実験１・２・３ | 119<br>(女54) | 1000 | 1000000 / 0 | 43<br>(0.36) | 6<br>(0.05) | 34<br>(0.29) | 47<br>(0.39) | 8<br>(0.07) | 39<br>(0.33) | 16<br>(0.13) (0.37) | 5<br>(0.04) (0.83) | 9<br>(0.08) (0.26) | 21<br>(0.18) (0.45) | 8<br>(0.07) (1.00) | 13<br>(0.11) (0.33) |
| | 実験２・３ | 77<br>(女18) | -1000<br>損失条件 | -1000000 / 0<br>逆転項目 | 45<br>(0.58) | 3<br>(0.04) | 39<br>(0.51) | 53<br>(0.69) | 6<br>(0.08) | 47<br>(0.61) | 14<br>(0.18) (0.31) | 3<br>(0.04) (1.00) | 10<br>(0.13) (0.26) | 18<br>(0.23) (0.34) | 5<br>(0.06) (0.83) | 13<br>(0.17) (0.28) |

表 33　ニューカム問題において，人々は Shafir & Tversky の仮定に従い，当然原理の前件を満たす回答（両方の確実条件において「絶対に 2 箱」もしくは 2 箱傾向で一貫）をしていたかどうかのカイ二乗検定結果. 全ての金額条件において全員が当然原理の前件を満たしていたとは言えなかった.（表のサイズが大きいため，次ページに表のみを掲載）

| ※予測値は全員が「絶対に2箱」選択(Shafir & Tversky (1992)の仮定)の場合の頻度 | | 回答者数(うち女性) | open box内の金額(円) | closed box内の金額(円) | 箱の中身ある場合・ない場合の両方で「絶対に2箱」(10点尺度の10)の回答を当然原理の前件を満たす回答とみなす | | | | 箱の中身ある場合・ない場合の両方で2箱傾向(10点尺度の6-10)の回答を当然原理の前件を満たす回答とみなす | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 当然原理の前件を満たす回答数 | 当然原理の前件を満たさない回答数 | カイ二乗検定の結果 χ2値(自由度) p値 | | 当然原理の前件を満たす回答数 | 当然原理の前件を満たさない回答数 | カイ二乗検定の結果 χ2値(自由度) p値 |
| 実験1 | | 40 (女36) | 1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | 40 | 0 | 52.818 (1) | 予測値 | 40 | 0 | 44.853 (1) |
| | | | | | 実測値 | 7 | 33 | 0.0000 (1.15) | 実測値 | 0 | 40 | 0.0000 (1.06) |
| | | | 1000 | 100000 / 0 | 予測値 | 40 | 0 | 52.818 (1) | 予測値 | 40 | 0 | 44.853 (1) |
| | | | | | 実測値 | 7 | 33 | 0.0000 (1.15) | 実測値 | 0 | 40 | 0.0000 (1.06) |
| | | | 1000 | 10000 / 0 | 予測値 | 40 | 0 | 52.818 (1) | 予測値 | 40 | 0 | 40.055 (1) |
| | | | | | 実測値 | 7 | 33 | 0.0000 (1.15) | 実測値 | 0 | 40 | 0.0000 (1) |
| | | | 1000 | 1000 / 0 | 予測値 | 40 | 0 | 31.488 (1) | 予測値 | 40 | 0 | 14.632 (1) |
| | | | | | 実測値 | 16 | 24 | 0.0000 (0.89) | 実測値 | 0 | 40 | 0.0001 (0.61) |
| 実験2 | | 38 (女5) | 1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | 38 | 0 | 34.183 (1) | 予測値 | 38 | 0 | 30.176 (1) |
| | | | | | 実測値 | 14 | 24 | 0.0000 (0.95) | 実測値 | 0 | 38 | 0.0000 (0.89) |
| | | | -1000 損失条件 | 1000000 / 0 逆転項目 | 予測値 | 38 | 0 | 26.458 (1) | 予測値 | 38 | 0 | 19.398 (1) |
| | | | | | 実測値 | 18 | 20 | 0.0000 (0.84) | 実測値 | 0 | 38 | 0.0000 (0.72) |
| 実験3-1 | | 41 (女13) | 1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | 41 | 0 | 39.536 (1) | 予測値 | 41 | 0 | 37.328 (1) |
| | | | | | 実測値 | 13 | 28 | 0.0000 (0.98) | 実測値 | 0 | 41 | 0.0000 (0.96) |
| | | 39 (女13) | -1000 損失条件 | 1000000 / 0 逆転項目 | 予測値 | 39 | 0 | 20.872 (1) | 予測値 | 39 | 0 | 13.292 (1) |
| | | | | | 実測値 | 21 | 18 | 0.0000 (0.73) | 実測値 | 0 | 39 | 0.0003 (0.58) |
| 実験3-2 | | 46 (女13) | 150 | 1050 / 0 | 予測値 | 46 | 0 | 46.048 (1) | 予測値 | 46 | 0 | 35.437 (1) |
| | | | | | 実測値 | 14 | 32 | 0.0000 (1.00) | 実測値 | 0 | 46 | 0.0000 (0.88) |
| | | | 15000 | 105000 / 0 | 予測値 | 46 | 0 | 29.821 (1) | 予測値 | 46 | 0 | 27.052 (1) |
| | | | | | 実測値 | 22 | 24 | 0.0000 (0.81) | 実測値 | 0 | 46 | 0.0000 (0.77) |
| | | 45 (女13) | -150 損失条件 | -1050 / 0 逆転項目 | 予測値 | 45 | 0 | 20.069 (1) | 予測値 | 45 | 0 | 14.295 (1) |
| | | | | | 実測値 | 27 | 19 | 0.0000 (0.67) | 実測値 | 0 | 45 | 0.0002 (0.56) |
| 金額条件が同じ結果を合算 | 実験1・2・3 | 119 (女54) | 1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | 119 | 0 | 129.13 (1) | 予測値 | 119 | 0 | 117.51 (1) |
| | | | | | 実測値 | 34 | 85 | 0.0000 (1.04) | 実測値 | 0 | 119 | 0.0000 (0.99) |
| | 実験2・3 | 77 (女18) | -1000 損失条件 | 1000000 / 0 逆転項目 | 予測値 | 77 | 0 | 115.08 (1) | 予測値 | 77 | 0 | 34.816 (1) |
| | | | | | 実測値 | 39 | 38 | 0.0000 (1.22) | 実測値 | 0 | 77 | 0.0000 (0.67) |

表 34　ニューカム問題において，人々は当然原理の前件を満たす回答（両方の確実条件において 10 点尺度の得点が同一もしくは 1 箱傾向・2 箱傾向の分類が一貫）をしていたかどうかのカイ二乗検定結果. 全ての金額条件において全員が当然原理の前件を満たしていたとは言えなかった.

| ※予測値は全員が当然原理の前件を満たす場合の頻度 | | 回答者数（うち女性） | open box 内の金額（円） | closed box 内の金額（円） | 箱の中身ある場合・ない場合の両方で10点尺度の得点が同一の回答を当然原理の前件を満たす回答とみなす | | | | 箱の中身ある場合・ない場合の両方で1箱傾向か2箱傾向が一貫している回答を当然原理の前件を満たす回答とみなす | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 当然原理の前件を満たす回答数 | 当然原理の前件を満たさない回答数 | カイ二乗検定の結果 $\chi$ 2値(自由度) p値 (効果量 $\varphi$) | | 当然原理の前件を満たす回答数 | 当然原理の前件を満たさない回答数 | カイ二乗検定の結果 $\chi$ 2値 (自由度) p値 (効果量 $\varphi$) |
| 実験1 | | 40 (女36) | 1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | | 40 | 0 | 42.407 (1) 0.0000 (1.03) | 予測値 | 40 | 0 | 37.792 (1) 0.0000 (0.97) |
| | | | | | 実測値 | | 11 | 29 | | 実測値 | 13 | 27 | |
| | | | 1000 | 100000 / 0 | 予測値 | | 40 | 0 | 42.407 (1) 0.0000 (1.03) | 予測値 | 40 | 0 | 37.792 (1) 0.0000 (0.97) |
| | | | | | 実測値 | | 11 | 29 | | 実測値 | 13 | 27 | |
| | | | 1000 | 10000 / 0 | 予測値 | | 40 | 0 | 40.055 (1) 0.0000 (1.00) | 予測値 | 40 | 0 | 33.513 (1) 0.0000 (0.92) |
| | | | | | 実測値 | | 12 | 28 | | 実測値 | 15 | 25 | |
| | | | 1000 | 1000 / 0 | 予測値 | | 40 | 0 | 24.067 (1) 0.0000 (0.78) | 予測値 | 40 | 0 | 10.54 (1) 0.0012 (0.51) |
| | | | | | 実測値 | | 20 | 20 | | 実測値 | 29 | 11 | |
| 実験2 | | 38 (女5) | 1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | | 38 | 0 | 28.212 (1) 0.0000 (0.86) | 予測値 | 38 | 0 | 24.496 (1) 0.0000 (0.8) |
| | | | | | 実測値 | | 16 | 22 | | 実測値 | 18 | 20 | |
| | | | -1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | | 38 | 0 | 17.812 (1) 0.0000 (0.69) | 予測値 | 38 | 0 | 13.363 (1) 0.0003 (0.59) |
| | | | 損失条件 | 逆転項目 | 実測値 | | 22 | 16 | | 実測値 | 25 | 13 | |
| 実験3-1 | | 41 (女13) | 1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | | 41 | 0 | 33.145 (1) 0.0000 (0.90) | 予測値 | 41 | 0 | 33.145 (1) 0.0000 (0.9) |
| | | | | | 実測値 | | 16 | 25 | | 実測値 | 16 | 25 | |
| | | 39 (女13) | -1000 損失条件 | 1000000 / 0 逆転項目 | 予測値 | | 39 | 0 | 17.692 (1) 0.0000 (0.67) | 予測値 | 39 | 0 | 10.583 (1) 0.0011 (0.52) |
| | | | | | 実測値 | | 23 | 16 | | 実測値 | 28 | 11 | |
| | | 46 (女13) | 150 | 1050 / 0 | 予測値 | | 46 | 0 | 37.426 (1) 0.0000 (0.90) | 予測値 | 46 | 0 | 29.821 (1) 0.0000 (0.81) |
| | | | 損失条件 | 逆転項目 | 実測値 | | 18 | 28 | | 実測値 | 22 | 24 | |
| 実験3-2 | | | 15000 | 105000 / 0 | 予測値 | | 46 | 0 | 24.681 (1) 0.0000 (0.73) | 予測値 | 46 | 0 | 24.681 (1) 0.0000 (0.73) |
| | | | | | 実測値 | | 25 | 21 | | 実測値 | 25 | 21 | |
| | | 45 (女13) | -150 損失条件 | -1050 / 0 逆転項目 | 予測値 | | 45 | 0 | 12.947 (1) 0.0003 (0.54) | 予測値 | 45 | 0 | 11.635 (1) 0.0006 (0.51) |
| | | | | | 実測値 | | 32 | 13 | | 実測値 | 33 | 12 | |
| 金額条件が同じ結果を合算 | 実験1・2・3 | 119 (女54) | 1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | | 119 | 0 | 108.74 (1) 0.0000 (0.96) | 予測値 | 119 | 0 | 100.38 (1) 0.0000 (0.92) |
| | | | | | 実測値 | | 43 | 76 | | 実測値 | 47 | 72 | |
| | 実験2・3 | 77 (女18) | -1000 損失条件 | 1000000 / 0 逆転項目 | 予測値 | | 77 | 0 | 37.908 (1) 0.0000 (0.70) | 予測値 | 77 | 0 | 26.111 (1) 0.0000 (0.58) |
| | | | | | 実測値 | | 45 | 32 | | 実測値 | 53 | 24 | |

つぎに，当然原理の前件を満たすとみなす基準を緩めてみる．箱の中身があり既知・なし既知どちらの場合も 2 箱傾向（10 点尺度の回答が 6-10 のいずれか）で一貫するならば，前件を満たす回答だとみなすことにする．その場合，当然原理の前件を満たす回答の割合は 0.25 から 0.69 であり（表 32），基準を緩めてもすべての金額条件において”全員が 2 箱傾向（10 点尺度の 6-10 のいずれか）で一貫していた”とは言えなかった（表 33）．

それでは Shafir らの仮定（両方の確実状況において 2 箱選択）に限定せず，当然原理の前件を満たす選択をおこなっていた回答者はいたのか[44]．当然原理の前件を満たす回答として，両方の確実状況において 10 点尺度の得点が同じ回答の割合を金額条件ごとに算出した．その割合は 0.28 から 0.71 であり（表 32），いずれの金額条件においても”全員が当然原理の前件を満たしていた”とは言えなかった（表 34）．また，当然原理の前件を満たすとみなす基準を緩め，両方の確実状況において 1 箱傾向（10 点尺度の 1-5）または 2 箱傾向（同じく 6-10）で一貫する回答の割合を金額条件ごとに算出すると，その割合は 0.33 から 0.73 であった（表 32）．基準を緩めても，いずれの金額条件においても”全員が当然原理の前件を満たしていた”とは言えなかった（表 34）．ここまでで，人々の回答は Shafir らの仮定（両方の確実状況において 2 箱選択）を満たさず，さらに当然原理の前件を満たさないことが示された．

それでは当然原理を満たす回答のうち，当然原理の後件を満たさない一つまり当然原理をやぶる一回答はあったのか．両方の確実状況において 10 点尺度の得点が同じ回答を当然原理の前件を満たす回答とみなす場合，そのうち後件を満たす回答の割合は 0.17 から 0.60 で（表 32），いずれの金額条件においても“当然原理の前件を満たす回答のうち全てが後件を満たす”とは言えなかった（表 35）．また，両方の確実状況において 1 箱傾向（10 点尺度の 1-5）または 2 箱傾向（同じく 6-10）で一貫する回答を，当然原理の前件を満たす回答とみなす場合，そのうち後

---

[44] 命題論理において，前件が偽の場合命題は真となる．つまり，当然原理の前件が偽ならば，当然原理は真であるため，当然原理の前件が真でありかつ後件が偽である場合だけを「当然原理のやぶれ」とよぶことができない．

件を満たす回答の割合は 0.32 から 0.83 で（表 32），いずれの金額条件においても“当然原理の前件を満たす回答のうち全てが後件を満たす”とは言えなかった（表 35）.

表 35　ニューカム問題において，当然原理の前件を満たす回答のうち全てが後件を満たすかどうかのカイ二乗検定結果. 全ての金額条件において当然原理の前件を満たす回答のうち全てが後件を満たすとは言えなかった.

| ※予測値は当然原理の前件を満たす回答のうち全てが後件も満たす場合の頻度 | | 回答者数（うち女性） | open box 内の金額（円） | closed box 内の金額（円） | 箱の中身ある場合・ない場合・不明の場合の全てで**10点尺度の得点が同一の回答を**当然原理の前件と後件を満たす回答とみなす | | | 箱の中身ある場合・ない場合・不明の場合の全てで**1箱傾向か2箱傾向が**一貫している回答を当然原理の前件と後件を満たす回答とみなす | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 当然原理の前件と後件を満たす回答数 | 当然原理の前件をやぶる回答数 | カイ二乗検定の結果 $\chi 2$値(自由度) p値 (効果量 $\varphi$) | | 当然原理の前件を満たす回答数 | 当然原理の前件をやぶる回答数 | カイ二乗検定の結果 $\chi 2$値 (自由度) p値 (効果量 $\varphi$) |
| 実験1 | | 40 (女36) | 1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | 11 | 0 | 5.7292 (1) 0.0167 (0.72) | 予測値 | 13 | 0 | 8.8472 (1) 0.0029 (0.83) |
| | | | | | 実測値 | 5 | 6 | | 実測値 | 5 | 8 | |
| | | | 1000 | 100000 / 0 | 予測値 | 11 | 0 | 5.7292 (1) 0.0167 (0.72) | 予測値 | 13 | 0 | 8.8472 (1) 0.0029 (0.83) |
| | | | | | 実測値 | 5 | 6 | | 実測値 | 5 | 8 | |
| | | | 1000 | 10000 / 0 | 予測値 | 12 | 0 | 7.2605 (1) 0.0070 (0.78) | 予測値 | 15 | 0 | 8.3523 (1) 0.0039 (0.75) |
| | | | | | 実測値 | 5 | 7 | | 実測値 | 7 | 8 | |
| | | | 1000 | 1000 / 0 | 予測値 | 20 | 0 | 7.6562 (1) 0.0057 (0.62) | 予測値 | 29 | 0 | 3.5019 (1) 0.0613 (0.35) |
| | | | | | 実測値 | 12 | 8 | | 実測値 | 24 | 5 | |
| 実験2 | | 38 (女5) | 1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | 16 | 0 | 16.133 (1) 0.0001 (1.01) | 予測値 | 18 | 0 | 9.4815 (1) 0.0021 (0.73) |
| | | | | | 実測値 | 4 | 12 | | 実測値 | 9 | 9 | |
| | | | -1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | 22 | 0 | 22.098 (1) 0.0000 (1.00) | 予測値 | 25 | 0 | 22.816 (1) 0.0000 (0.96) |
| | | | | | 実測値 | 6 | 16 | | 実測値 | 8 | 17 | |
| | 逆転項目 | | 1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | 16 | 0 | 9.8937 (1) 0.0017 (0.79) | 予測値 | 16 | 0 | 9.8937 (1) 0.0017 (0.79) |
| | | | | | 実測値 | 7 | 9 | | 実測値 | 7 | 9 | |
| 実験3-1 | | 41 (女13) | -1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | 23 | 0 | 19.389 (1) 0.0000 (0.92) | 予測値 | 28 | 0 | 23.661 (1) 0.0000 (0.92) |
| | | | | | 実測値 | 8 | 15 | | 実測値 | 10 | 18 | |
| | | 39 (女13) | 1000 | 1050 / 0 | 予測値 | 18 | 0 | 22.4 (1) 0.0000 (1.12) | 予測値 | 22 | 0 | 15.722 (1) 0.0001 (0.85) |
| | | | | | 実測値 | 3 | 15 | | 実測値 | 9 | 13 | |
| 実験3-2 | | 46 (女13) | 15000 | 105000 / 0 | 予測値 | 25 | 0 | 27.504 (1) 0.0000 (1.05) | 予測値 | 25 | 0 | 13.268 (1) 0.0003 (0.73) |
| | | | | | 実測値 | 6 | 19 | | 実測値 | 13 | 12 | |
| | | 45 (女13) | -150 | -1050 / 0 | 予測値 | 32 | 0 | 37.809 (1) 0.0000 (1.09) | 予測値 | 33 | 0 | 30.068 (1) 0.0000 (0.96) |
| | | | | | 実測値 | 7 | 25 | | 実測値 | 11 | 22 | |
| | | 119 (女54) | 1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | 43 | 0 | 36.495 (1) 0.0000 (0.92) | 予測値 | 47 | 0 | 33.23 (1) 0.0000 (0.84) |
| | | | | | 実測値 | 16 | 27 | | 実測値 | 21 | 26 | |
| 金額条件が同じ結果を合算 | 実験1・2・3 | 77 (女18) | -1000 | 1000000 / 0 | 予測値 | 45 | 0 | 44.286 (1) 0.0000 (0.99) | 予測値 | 53 | 0 | 49.31 (1) 0.0000 (0.97) |
| | 実験2・3 | | 損失条件 | 逆転項目 | 実測値 | 14 | 31 | | 実測値 | 18 | 35 | |

### 5-2-2. 検討事項2−2）ニューカム問題における人々の選択は全確率の法則をやぶるか. ―回答者間の平均値で検討―

ここまでで，ニューカム問題への人々の回答は Shafir らの仮定と異なり，当然原理の前件を常に満たすとはいえないことがわかった. そこで，当然原理に限定せず，より一般化した全確率の法則のやぶれが生じているかを検討していく. まずは，回答者間の平均値をもちいて全確率の法則のやぶれを算出する.

全確率の法則のやぶれ値は，全確率の法則の等式(61)の左辺―右辺で求められる.

P(2 箱選択) = P(2 箱選択｜箱の中身あり)P(箱の中身あり) (61)を再掲
+P(2 箱選択｜箱の中身なし)P(箱の中身なし)
ただし P(箱の中身あり)+P(箱の中身なし)=1

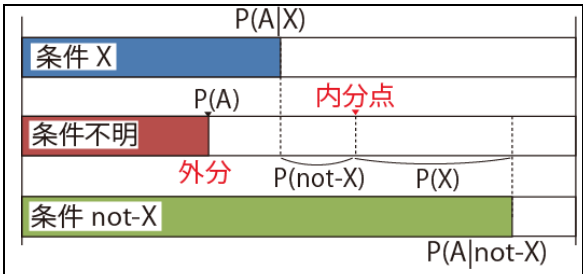
この式に出てくる確率のうち，「箱の中身があると思う」確率（ P(箱の中身あり) ）と「箱の中身がないと思う」確率（ P(箱の中身なし) ）は実験２と実験３において測定されたが，実験１においては測定されなかった. 従って，理由不十分の原理により，実験１の結果について全確率の法則のやぶれ値を求める場合は，「箱の中身があると思う」確率と「箱の中身がないと思う」確率をそれぞれ 0.5 と置いた. また実験２と実験３については，全確率の法則のやぶれ値を求めるために，理由不十分の原理をもちいるやり方と，「箱の中身があると思う」確率の実測値と「箱の中身がないと思う」確率の実測値をもちいるやり方の両方を行った.

「箱の中身が不明の場合に２箱選択をする」確率（ P(2 箱選択) ）と，「箱の中身があると既知の場合に２箱選択をする」確率（ P(2 箱選択｜箱の中身あり) ）と，「箱の中身がないと既知の場合に２箱選択をする」確率（ P(2 箱選択｜箱の中身なし) ）の３つの確率を表 36 に示す（表 36 は表 29 を確率値に変換したものである）. 「箱の中身が不明の場合に２箱選択をする」確率は 0.20〜0.55 であり，8 つの金額条件のうち５つにおいて人々の平均回答は１箱選択（0.5 より小さい）であり，残りの３つの金額条件では１箱選択と２箱選択の中間（0.5 で

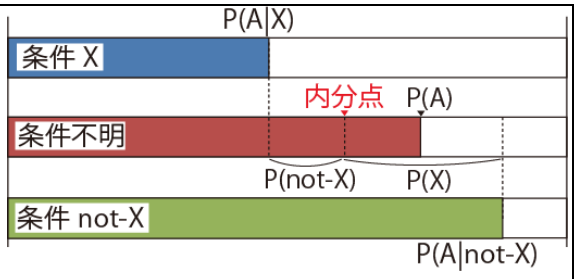
あることが否定されない）であった（表 36：表 29 の値を確率値に変換したもの）．次に，「箱の中身があると既知の場合に２箱選択をする」確率は 0.31〜0.87 と条件によるバラつきが大きく，１箱選択と２箱選択とそれらの中間に分かれた．２種類の負の利得条件と２つの箱の金額の比率が１：１の条件では２箱選択（0.5 より大きい）であり，その他の正の利得条件のうち苫小牧看護学校における回答は１箱傾向（0.5 より小さい）で，北海道大学における回答は１箱傾向と２箱傾向のどちらともいえなかった（平均回答が 0.5 であることが否定されなかった）．「箱の中身がないと既知の場合」に２箱選択をする確率は 0.61〜0.89 であり，全ての金額条件において２箱傾向（0.5 より大きい）がみられた．

「箱の中身があると思う」確率と「箱の中身がないと思う」確率は，「絶対に中身がある」と「絶対に中身がない」を両極とする 2 極性 10 点尺度で測定されているため，２つの確率を足すと必ず 1 になる．従って測定された「箱の中身がないと思う」確率を示せば，測定された「箱の中身があると思う」確率が一意に決まる．実験２と実験３で測定された「箱の中身がないと思う」確率を表 37 に示す．「箱の中身がないと思う」確率は 0.37〜0.46 であり，すべての金額条件において 0 よりも大きかった．また，5 つの金額条件中 4 つでは 0.5 よりも小さく，残りの 1 つでは 0.5 であることが否定されなかった．つまり，箱の中身があるだろうと思っているが，絶対に中身があるとは信じていない，もしくはある・ないのどちらを信じていたのでもなかったという結果である（表 37）．

次に，これらの平均値をもちいて全確率の法則のやぶれ値を算出した（表 39）．最も小さいもので 0.16，最も大きいもので 0.49 であり（表 39），いずれの計算結果からも，右辺と左辺の値が等しいとはいえなかった．そもそも全確率の法則の等式が成り立つためには，箱の中身不明時の 2 箱選択率は，中身あり既知時の 2 箱選択率と，中身なし既知時の 2 箱選択率の間の値でなければならない．この 3 つの値の関係を示したのがで図 38 である．全ての金額条件において，3 本の真ん中のグレーのバーは上下の黒と白のバーのどちらよりも短い．グラフからは全確率の法則のやぶれが「大きいやぶれ」（2-2-4；図 7；図 8 参照）であることが伺える．




（再掲）図 7　全確率の法則のやぶれ（大）




（再掲）図 8　全確率の法則のやぶれ（小）

統計的にも「大きいやぶれ」が観察された（不明時の２箱選択率は，中身あり既知時と中身なし既知時のどちらよりも低かった）といえるのかどうかを，分散分析によって検討した（表 38）．その結果，全ての負の利得条件においては不明時の２箱選択率は中身既知時のどちらよりも低かった．つまり，中身あり既知時と中身なし既知時の２箱選択率をどのような割合で混ぜ合わせても，不明時の２箱選択率にはならない．従って，箱の中身がないと思う度合に関係なく，全確率の法則の等式は成り立たないことから，負の利得条件においては「大きいやぶれ」が観察されたといえる．

一方，全ての正の利得条件においては不明時の２箱選択率は中身なし既知時よりも低かったが，不明時と中身あり既知時の２箱選択率に違いはみられなかった．つまり，中身あり既知時と中身なし既知時の２箱選択率を 1:0 で混ぜ合わせるならば（箱の中身があると確信しているならば），不明時の２箱選択率と等しくなり，全確率の法則の等式は成り立つ．前述のように，箱の中身がないと思う確率を測定したすべての条件において，人々は絶対に箱の中身がある信じていたわけではなかった（箱の中身がないと予測する確率が０ではなかった；表 37）．従って，中身あり既知時と中身なし既知時の２箱選択率の混ぜ合わせ比率は１：０ではないため，全確率の法則は成り立たない．実験１では予測確率を測定していなかったため，予測確率が０ではなかったかどうかは検討できない．以上のことから，実験２と３の正の利得条件においては「小さいやぶれ」が観察されたといえる．

表 36（表 29 を確率値に変換したもの）　ニューカム問題における２箱選択率の平均が 0.5 ではないかどうかの検定結果．太字で示した箇所は「平均値が 0.5 である」帰無仮説が棄却されなかった結果を示す．太字でない結果はすべて「平均値が 0.5 である」とは言えなかった結果を示す．

| ※太字の箇所はT検定の結果帰無仮説が棄却されなかった(平均が0.5でないとは言えない)データ<br><br>※損失条件では，１箱選択が支配原理に従った選択であるため，逆転項目として扱う． | | 回答者数<br>(うち女性) | open box<br>内の金額<br>(円) | closed box<br>内の金額<br>(円) | 箱の中身が<br>不明の場合<br>(通常の<br>ニューカム問題）の選択<br><br>２箱選択率<br>(支配原理的傾向)<br>(SD) | 平均が0.5を帰無仮説とする１群のT検定<br><br>T値 (自由度)<br>p値 (効果量r) | 箱の中身が<br>ある(または損失がない)と既知の場合の選択<br><br>２箱選択率<br>(支配原理的傾向)<br>(SD) | 平均が0.5を帰無仮説とする１群のT検定<br><br>T値 (自由度)<br>p値 (効果量r) | 箱の中身が<br>ない(または損失がある)と既知の場合の選択<br><br>２箱選択率<br>(支配原理的傾向)<br>(SD) | 平均が0.5を帰無仮説とする１群のT検定<br><br>T値 (自由度)<br>p値 (効果量r) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 実験1<br>※１：「箱の中が空だったらどちらを選ぶか」を，４つの金額条件の質問の後，共通の質問として１回だけ聞いた | | 40<br>(女36) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.20<br>(0.22) | 8.48 (39)<br>0.0000 (0.81) | 0.31<br>(0.36) | 3.29 (39)<br>0.0021 (0.47) | ※1 0.80<br>(0.24) | 7.91 (39)<br>0.0000 (0.78) |
| | | | 1000 | 100000 / 0 | 0.24<br>(0.23) | 7.29 (39)<br>0.0000 (0.76) | 0.32<br>(0.35) | 3.21 (39)<br>0.0027 (0.46) | ※1 0.80<br>(0.24) | 7.91 (39)<br>0.0000 (0.78) |
| | | | 1000 | 10000 / 0 | 0.29<br>(0.25) | 5.25 (39)<br>0.0000 (0.64) | 0.37<br>(0.36) | 2.37 (39)<br>0.023 (0.36) | ※1 0.80<br>(0.24) | 7.91 (39)<br>0.0000 (0.78) |
| | | | 1000 | 1000 / 0 | 0.55<br>(0.35) | **0.90 (39)**<br>**0.37 (0.14)** | 0.62<br>(0.35) | 2.21 (39)<br>0.033 (0.33) | ※1 0.80<br>(0.24) | 7.91 (39)<br>0.0000 (0.78) |
| 実験2 | | 38<br>(女5) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.37<br>(0.35) | 2.36 (37)<br>0.023 (0.36) | 0.44<br>(0.43) | **0.79 (37)**<br>**0.43 (0.13)** | 0.85<br>(0.24) | 8.92 (37)<br>0.0000 (0.83) |
| | | | -1000<br>損失条件 | 1000000 / 0<br>逆転項目 | 0.23<br>(0.29) | 5.72 (37)<br>0.0000 (0.69) | 0.78<br>(0.32) | 5.39 (37)<br>0.0000 (0.66) | 0.61<br>(0.40) | **1.73 (37)**<br>**0.092 (0.27)** |
| 実験3-1 | | 41<br>(女13) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.31<br>(0.36) | 3.41 (40)<br>0.0015 (0.47) | 0.37<br>(0.42) | **1.95 (40)**<br>**0.058 (0.29)** | 0.86<br>(0.22) | 10.54 (40)<br>0.0000 (0.86) |
| | | 39<br>(女13) | -1000<br>損失条件 | 1000000 / 0<br>逆転項目 | 0.33<br>(0.34) | 3.12 (38)<br>0.0034 (0.45) | 0.87<br>(0.22) | 10.50 (38)<br>0.0000 (0.86) | 0.64<br>(0.39) | 2.24 (38)<br>0.031 (0.34) |
| 実験3-2 | | 46<br>(女13) | 150 | 1050 / 0 | 0.34<br>(0.31) | 3.52 (45)<br>0.0010 (0.46) | 0.43<br>(0.42) | **1.16 (45)**<br>**0.25 (0.17)** | 0.85<br>(0.23) | 10.26 (45)<br>0.0000 (0.84) |
| | | | 15000 | 105000 / 0 | 0.42<br>(0.34) | **1.52 (45)**<br>**0.14 (0.22)** | 0.53<br>(0.42) | **0.49 (45)**<br>**0.63 (0.07)** | 0.89<br>(0.17) | 15.61 (45)<br>0.0000 (0.92) |
| | | 45<br>(女13) | -150<br>損失条件 | -1050 / 0<br>逆転項目 | 0.41<br>(0.32) | **1.89 (44)**<br>**0.066 (0.27)** | 0.84<br>(0.25) | 9.12 (44)<br>0.0000 (0.81) | 0.74<br>(0.34) | 4.74 (44)<br>0.0000 (0.58) |
| 金額条件が同じ結果を合算 | 実験1・2・3 | 119<br>(女54) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.29<br>(0.32) | 7.12 (118)<br>0.0000 (0.55) | 0.38<br>(0.40) | 3.41 (118)<br>0.0009 (0.30) | 0.84<br>(0.23) | 15.98 (118)<br>0.0000 (0.83) |
| | 実験2・3 | 79<br>(女18) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.34<br>(0.35) | 4.16 (78)<br>0.0001 (0.43) | 0.41<br>(0.42) | **1.97 (78)**<br>**0.053 (0.22)** | 0.86<br>(0.23) | 13.72 (78)<br>0.0000 (0.84) |
| | 実験2・3 | 77<br>(女18) | -1000<br>損失条件 | 1000000 / 0<br>逆転項目 | 0.28<br>(0.32) | 6.03 (76)<br>0.0000 (0.57) | 0.83<br>(0.28) | 10.34 (76)<br>0.0000 (0.76) | 0.63<br>(0.40) | 2.85 (76)<br>0.0056 (0.31) |

表 37　ニューカム問題における箱の中身がないと思う確率（箱の中身不明時）は 0 ではなかったかどうかを検討したＴ検定の結果.

| | | 回答者数<br>(うち女性) | open box内の金額(円) | closed box内の金額(円) | 箱の中身が不明の場合に箱に利得がない(または損失がある)と思う度合<br>利得なし(損失あり)予測確率<br>(SD) | 「予測確率は0である」を帰無仮説とするT検定<br>t値 (自由度)<br>p値(効果量r) | 「予測確率は0.5である」を帰無仮説とするT検定<br>t値 (自由度)<br>p値(効果量r) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 実験2:2014<br>北海道大学<br>学部生１年 | | 38<br>(女5) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.45<br>(0.29) | **9.69 (37)**<br>**0.0000 (0.85)** | -1.01 (37)<br>0.3173 (0.16) |
| | | | -1000<br>損失条件 | -1000000 / 0<br>逆転項目 | 0.37<br>(0.31) | **7.52 (37)**<br>**0.0000 (0.78)** | **-2.54 (37)**<br>**0.0153 (0.39)** |
| 実験3:2015<br>北海道大学学部生１年<br>１回目 | | 41<br>(女13) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.41<br>(0.24) | **10.82 (40)**<br>**0.0000 (0.86)** | **-2.27 (40)**<br>**0.0290 (0.34)** |
| | | 40<br>(女13) | -1000<br>損失条件 | -1000000 / 0<br>逆転項目 | 0.37<br>(0.22) | **10.83 (39)**<br>**0.0000 (0.87)** | **-3.90 (39)**<br>**0.0004 (0.53)** |
| 実験3:2015<br>北海道大学学部生１年<br>２回目 | | 46<br>(女13) | 150 | 1050 / 0 | 0.37<br>(0.24) | **10.42 (45)**<br>**0.0000 (0.84)** | **-3.51 (45)**<br>**0.0010 (0.46)** |
| | | | 15000 | 105000 / 0 | 0.42<br>(0.27) | **10.51 (45)**<br>**0.0000 (0.84)** | **-2.02 (45)**<br>**0.0499 (0.29)** |
| | | | -150<br>損失条件 | -1050 / 0<br>逆転項目 | 0.46<br>(0.26) | **11.86 (45)**<br>**0.0000 (0.87)** | -1.25 (45)<br>0.2162 (0.18) |
| 利得条件が同じ結果を合算 | 実験２・３ | 79<br>(女18) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.43<br>(0.27) | **14.48 (78)**<br>**0.0000 (0.85)** | **-2.27 (78)**<br>**0.0261 (0.25)** |
| | 実験２・３ | 78<br>(女18) | -1000<br>損失条件 | -1000000 / 0<br>逆転項目 | 0.37<br>(0.26) | **12.51 (77)**<br>**0.0000 (0.82)** | **-4.37 (77)**<br>**0.0000 (0.45)** |

表 38　ニューカム問題における２箱選択率（箱の中身不明時）は，中身あり既知時と中身なし既知時のどちらよりも低かったのかを検討した分散分析とその下位検定の結果. 全ての負の利得条件においては不明時の２箱選択率は中身あり既知時と中身なし既知時のどちらよりも低かったが，全ての正の利得条件においては不明時の２箱選択率は中身なし既知時とよりも低く，中身あり既知時と異なるとは言えなかった.

| ※損失条件では，1箱選択が支配原理に従った選択であるため，逆転項目として扱う.<br>※全確率の法則の等式に必要な４つの確率値が得られなかったデータは除外した. | | | | 箱の中身が不明の場合(通常のニューカム問題)の選択 | 箱の中に利得があるまたは損失がないと既知の場合の選択 | 箱の中に利得がないまたは損失がある)と既知の場合の選択 | 不明とあるとないの３群間に２箱選択率の違いがあるか | 不明とあるの間に２箱選択率に違いがあるか | 不明とないの間に２箱選択率に違いがあるか | あるとないの間に２箱選択率に違いがあるか |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 回答者数<br>(うち女性) | open box<br>内の金額<br>(円) | closed box<br>内の金額<br>(円) | ２箱選択率<br>(支配原理的傾向)<br>(SD) | ２箱選択率<br>(支配原理的傾向)<br>(SD) | ２箱選択率<br>(支配原理的傾向)<br>(SD) | F値 (自由度)<br>p値 (効果量 $\eta^2$) | t値 (自由度)<br>p値(効果量r) | t値 (自由度)<br>p値(効果量r) | t値 (自由度)<br>p値(効果量r) |
| 実験1:2014<br>苫小牧看護専門学校<br>准看護学科１年<br>※1「箱の中が空だったらどちらを選ぶか」を，４つの金額条件の質問の後，共通の質問として１回だけ聞いた | 40<br>(女36) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.20<br>(0.22) | 0.31<br>(0.36) | 0.80<br>(0.24) | 53.98 (2)<br>**0.0000 (0.47)** | 1.75 (39)<br>0.0888 (0.27) | 11.15 (39)<br>**0.0000 (0.87)** | 7.33 (39)<br>**0.0000 (0.76)** |
| | | 1000 | 100000 / 0 | 0.24<br>(0.23) | 0.32<br>(0.35) | 0.80<br>(0.24) | 51.84 (2)<br>**0.0000 (0.45)** | 1.43 (39)<br>0.1601 (0.22) | 10.65 (39)<br>**0.0000 (0.86)** | 7.38 (39)<br>**0.0000 (0.76)** |
| | | 1000 | 10000 / 0 | 0.29<br>(0.25) | 0.37<br>(0.36) | 0.80<br>(0.24) | 44.40 (2)<br>**0.0000 (0.39)** | 1.21 (39)<br>0.2343 (0.19) | 9.90 (39)<br>**0.0000 (0.85)** | 6.89 (39)<br>**0.0000 (0.74)** |
| | | 1000 | 1000 / 0 | 0.55<br>(0.35) | 0.62<br>(0.35) | 0.80<br>(0.24) | 12.45 (2)<br>**0.0000 (0.10)** | 1.30 (39)<br>0.2025 (0.20) | 4.80 (39)<br>**0.0000 (0.61)** | 3.80 (39)<br>**0.0005 (0.52)** |
| 実験2:2014<br>北海道大学<br>学部生１年 | 38<br>(女5) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.37<br>(0.35) | 0.44<br>(0.43) | 0.85<br>(0.24) | 23.62 (2)<br>**0.0000 (0.27)** | 0.91 (37)<br>0.3705 (0.15) | 7.35 (37)<br>**0.0000 (0.77)** | 5.65 (37)<br>**0.0000 (0.68)** |
| | | -1000 | 1000000 / 0 | 0.23<br>(0.29) | 0.78<br>(0.32) | 0.61<br>(0.40) | 30.17 (2)<br>**0.0000 (0.32)** | 8.13 (37)<br>**0.0000 (0.80)** | 5.13 (37)<br>**0.0000 (0.64)** | 2.26 (37)<br>**0.0298 (0.35)** |
| 実験3:2015<br>北海道大学学部生１年<br>１回目 | 41<br>(女13) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.31<br>(0.36) | 0.37<br>(0.42) | 0.86<br>(0.22) | 38.69 (2)<br>**0.0000 (0.35)** | 0.82 (40)<br>0.4182 (0.13) | 9.23 (40)<br>**0.0000 (0.82)** | 7.20 (40)<br>**0.0000 (0.75)** |
| | 39<br>(女13) | -1000 | 1000000 / 0 | 0.33<br>(0.34) | 0.87<br>(0.22) | 0.64<br>(0.39) | 35.40 (2)<br>**0.0000 (0.31)** | 9.00 (38)<br>**0.0000 (0.83)** | 4.56 (38)<br>**0.0001 (0.59)** | 3.52 (38)<br>**0.0012 (0.50)** |
| 実験3:2015<br>北海道大学学部生１年<br>２回目 | 46<br>(女13) | 150 | 1050 / 0 | 0.34<br>(0.31) | 0.43<br>(0.42) | 0.85<br>(0.23) | 34.03 (2)<br>**0.0000 (0.32)** | 1.22 (45)<br>0.2287 (0.18) | 8.65 (45)<br>**0.0000 (0.79)** | 6.46 (45)<br>**0.0000 (0.69)** |
| | 15000 | 105000 / 0 | 0.42<br>(0.34) | 0.53<br>(0.42) | 0.89<br>(0.17) | 28.53 (2)<br>**0.0000 (0.27)** | 1.40 (45)<br>0.1688 (0.20) | 8.67 (45)<br>**0.0000 (0.79)** | 5.77 (45)<br>**0.0000 (0.65)** |
| | 45<br>(女13) | -150 | -1050 / 0 | 0.41<br>(0.32) | 0.84<br>(0.25) | 0.74<br>(0.34) | 24.05 (2)<br>**0.0000 (0.27)** | 6.85 (44)<br>**0.0000 (0.72)** | 4.85 (44)<br>**0.0000 (0.59)** | 1.54 (44)<br>0.1304 (0.23) |
| 利得条件が同じ結果を合算 | 実験１・２・３<br>(女54) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.29<br>(0.32) | 0.38<br>(0.40) | 0.84<br>(0.23) | 111.45 (2)<br>**0.0000 (0.35)** | 1.93 (118)<br>0.0566 (0.17) | 15.82 (118)<br>**0.0000 (0.82)** | 11.70 (118)<br>**0.0000 (0.73)** |
| | 実験２・３<br>主観確率あ<br>(女18) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.34<br>(0.35) | 0.41<br>(0.42) | 0.86<br>(0.23) | 61.72 (2)<br>**0.0000 (0.31)** | 1.23 (78)<br>0.2230 (0.14) | 11.74 (78)<br>**0.0000 (0.80)** | 9.12 (78)<br>**0.0000 (0.72)** |
| | 実験２・３<br>合算<br>(女18) | -1000 | 1000000 / 0 | 0.28<br>(0.32) | 0.83<br>(0.28) | 0.63<br>(0.40) | 65.46 (2)<br>**0.0000 (0.31)** | 12.15 (76)<br>**0.0000 (0.81)** | 6.89 (76)<br>**0.0000 (0.62)** | 4.02 (76)<br>**0.0001 (0.42)** |
| | | 損失条件 | 逆転項目 | | | | | | | |

表 39 ニューカム問題に対する回答を確率に変換した値の平均と，その平均値を全確率の法則の等式に代入した結果．実験 1 では箱の中身を予測する確率を測定していないため，理由不十分の原理を用いた計算だけをおこなった．回答平均値と標準偏差の値は全て表 32 に示した値を確率表記に読みかえただけのもの（回答平均値＝10 点尺度の平均値×10＋0.5．標準偏差＝10 点尺度の標準偏差×10）．（表のサイズが大きいため，次ページに表のみを掲載）

| ※損失条件では，１箱選択が支配原理に従った選択であるため，逆転項目として扱う．<br><br>※ 全確率の法則の等式に必要な４つの確率値が得られなかったデータは除外した． | | 回答者数(うち女性) | open box内の金額(円) | closed box内の金額(円) | 箱の中身が不明の場合(通常のニューカム問題)の選択<br>２箱選択率(支配原理的傾向)(SD) | 箱の中に利得がある(または損失がない)と既知の場合の選択<br>２箱選択率(支配原理的傾向)(SD) | 箱の中に利得がない(または損失がある)と既知の場合の選択<br>２箱選択率(支配原理的傾向)(SD) | 箱の中身が不明の場合に箱に利得がない(または損失がある)と思う度合<br>利得なし(損失あり)予測確率(SD) | 全確率の法則の等式に回答平均値を代入<br>※理由不十分の原理適用時には箱の中身の予測確率をそれぞれ0.5ずつとする．<br>右辺（理由不十分の原理を適用） | 左辺－右辺:全確率の法則のやぶれ | 右辺（主観確率を適用） | 左辺－右辺:全確率の法則のやぶれ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 実験1:2014<br>苫小牧看護専門学校<br>准看護学科１年<br>※1「箱の中が空だったらどちらを選ぶか」を，４つの金額条件の質問の後，共通の質問として１回だけ聞いた | | 40<br>(女36) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.20<br>(0.22) | 0.31<br>(0.36) | ※1 0.80<br>(0.24) | | 0.56 | -0.36 | | |
| | | | 1000 | 100000 / 0 | 0.24<br>(0.23) | 0.32<br>(0.35) | ※1 0.80<br>(0.24) | | 0.56 | -0.33 | | |
| | | | 1000 | 10000 / 0 | 0.29<br>(0.25) | 0.37<br>(0.36) | ※1 0.80<br>(0.24) | | 0.58 | -0.29 | | |
| | | | 1000 | 1000 / 0 | 0.55<br>(0.35) | 0.62<br>(0.35) | ※1 0.80<br>(0.24) | | 0.71 | -0.16 | | |
| 実験2:2014<br>北海道大学<br>学部生１年 | | 38<br>(女5) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.37<br>(0.35) | 0.44<br>(0.43) | 0.85<br>(0.24) | 0.45<br>(0.29) | 0.65 | -0.28 | 0.63 | -0.26 |
| | | | -1000<br>損失条件 | -1000000 / 0<br>逆転項目 | 0.23<br>(0.29) | 0.78<br>(0.32) | 0.61<br>(0.40) | 0.37<br>(0.31) | 0.70 | -0.46 | 0.72 | -0.49 |
| 実験3:2015<br>北海道大学学部生１年<br>１回目 | | 41<br>(女13) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.31<br>(0.36) | 0.37<br>(0.42) | 0.86<br>(0.22) | 0.41<br>(0.24) | 0.62 | -0.31 | 0.57 | -0.27 |
| | | 39<br>(女13) | -1000<br>損失条件 | -1000000 / 0<br>逆転項目 | 0.33<br>(0.34) | 0.87<br>(0.22) | 0.64<br>(0.39) | 0.37<br>(0.22) | 0.76 | -0.42 | 0.78 | -0.45 |
| 実験3:2015<br>北海道大学学部生１年<br>２回目 | | 46<br>(女13) | 150 | 1050 / 0 | 0.34<br>(0.31) | 0.43<br>(0.42) | 0.85<br>(0.23) | 0.37<br>(0.24) | 0.64 | -0.30 | 0.59 | -0.25 |
| | | | 15000 | 105000 / 0 | 0.42<br>(0.34) | 0.53<br>(0.42) | 0.89<br>(0.17) | 0.42<br>(0.27) | 0.71 | -0.29 | 0.68 | -0.26 |
| | | 45<br>(女13) | -150<br>損失条件 | -1050 / 0<br>逆転項目 | 0.41<br>(0.32) | 0.84<br>(0.25) | 0.74<br>(0.34) | 0.46<br>(0.26) | 0.79 | -0.38 | 0.79 | -0.38 |
| 利得条件が同じ結果を合算 | 実験１・２・３<br>主観確率なし | 119<br>(女54) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.29<br>(0.32) | 0.38<br>(0.40) | 0.84<br>(0.23) | | 0.61 | -0.32 | | |
| | 実験２・３<br>主観確率あり | 79<br>(女18) | 1000 | 1000000 / 0 | 0.34<br>(0.35) | 0.41<br>(0.42) | 0.86<br>(0.23) | 0.43<br>(0.27) | 0.63 | -0.30 | 0.60 | -0.26 |
| | 実験２・３ | 77<br>(女18) | -1000<br>損失条件 | -1000000 / 0<br>逆転項目 | 0.28<br>(0.32) | 0.83<br>(0.28) | 0.63<br>(0.40) | 0.37<br>(0.26) | 0.73 | -0.45 | 0.76 | -0.48 |

## 5 実験の結果

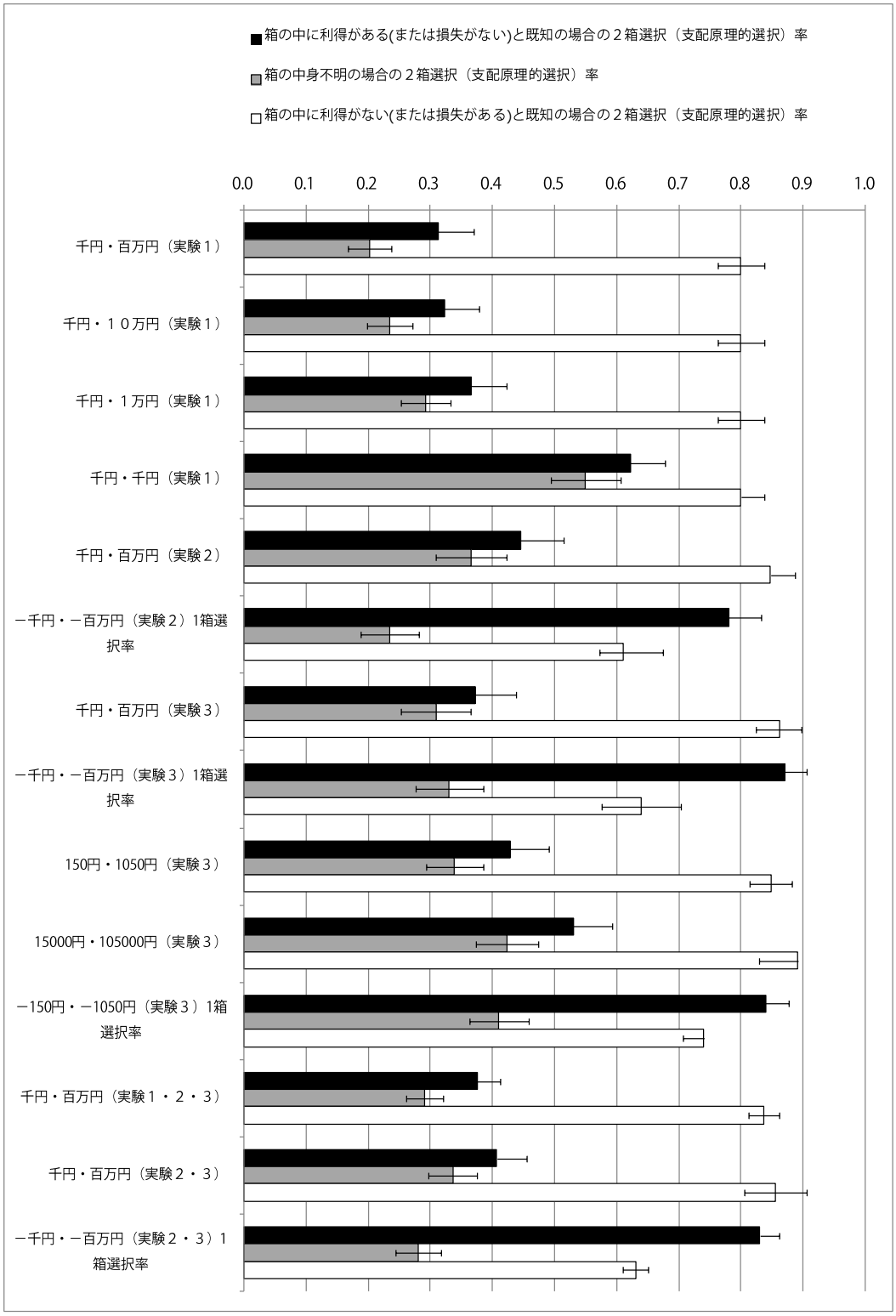



図 38 ニューカム問題に対する回答を確率に変換した値の平均．箱の中に利得（または損失）あり既知の場合と，不明の場合と，箱の中に利得（または損失）なし既知の場合の 2 箱選択率．表 39 の値をグラフに表した．

### 5-2-3. 検討事項2−3）ニューカム問題における人々の選択は全確率の法則をやぶるか. ―個人ごとに検討―

つぎに，個人ごとに全確率の法則の等式が成り立つかどうかを確認する. 理由不十分の原理を適用して計算した結果，等式が成り立った回答の割合を金額条件ごとに算出すると 0.07 から 0.33 であった（表 40）. 箱の中身がないと思う確率（中身がないと思う度合）を用いて計算した結果では，等式が成り立った回答の割合は 0.09 から 0.21 であった. 2 つの計算方法間での等式の成立件数の違いは，各金額条件において 0 件か 1 件だけでありさらに，それらと中身あり既知・なし既知・不明の 3 つの場合で一貫した選択の回答（当然原理の前件と後件を満たす回答）件数との違いも，0 か 1 件だけである. つまり，当然原理の前件を満たしかつ後件を満たす回答以外に全確率の法則を満たす回答は，各金額条件につき 0 件か 1 件だけだった.

個人ごとに算出した全確率の法則のやぶれ値の平均は，理由不十分の原理適用時で-0.46（SD=0.37）から-0.16（SD=0.31），測定値（箱の中身がないと思う確率）適用時で-0.45（SD=0.37）から-0.23（SD=0.39）であった. 絶対値の平均値は，理由不十分の原理適用時で 0.23（SD=0.26）から 0.49（SD=0.33），測定値適用時で 0.30（SD=0.34）から 0.48（SD=0.38）であった. 平均値が 0 ではなかったかどうかを 1 群の T 検定によって確認したところ，すべての条件において全確率の法則のやぶれ値の平均は 0 ではないことが示された（表 40）. また，図 39 に理由不十分の原理適用時と測定値適用時での全確率の法則のやぶれ値の平均をグラフで示す. 2 つの計算方法の間で全確率の法則のやぶれ値の大きさを比較した結果，5 つの金額条件のうち 1 つを除いて，この 2 つの計算方法の間で全確率の法則のやぶれの大きさに違いはみられなかった（表 42）. 以上のように，ニューカム問題への回答において全確率の法則のやぶれがあることが確認された.

個人ごとの回答を，全確率の法則の「大きいやぶれ」,「小さいやぶれ」に分類した結果を表 41 に示す. 負の利得条件で「大きいやぶれ」を示した回答の割合は 0.53〜0.60,「小さいやぶれ」をしめした回答の割合は 0.24〜0.32 であったのに対して，正の利得条件で「大きいやぶれ」を示した回答の割合は 0.23〜0.43,「小さいやぶれ」をしめした回答の割合は 0.43〜0.65 であった. 言いかえると，負の利得条件においては大きいやぶれが小さいやぶれよりも多く，正の利得条件

においては大きいやぶれが小さいやぶれよりも少ないもしくは同程度であった.

## 5 実験の結果

表 40 ニューカム問題の回答を全確率の法則の等式の右辺に代入して個人ごとに値を求めた．全確率の法則を満たす回答（左辺＝右辺）の数と割合，右辺－左辺の平均値と標準偏差を示す．不明時の選択が，中身あり既知時の選択となし既知時の選択の間に位置するまたはどちらかと同じ回答の数と割合も示す．また比較のため，中身あり既知・なし既知・不明の 3 つの場合の選択が一貫している回答の数と割合を再掲する．

| | | | | 【理由不十分の原理を適用して全確率の法則の等式を計算】 | | | | | | | 【箱の中身があると思う確率の測定値を用いて全確率の法則の等式を計算】 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ※損失条件では，支配原理に従った選択が 1 箱選択であるため，逆転項目として扱う． | 回答者数（うち女性） | open box 内の金額（円） | closed box 内の金額（円） | 左辺＞右辺 人数（割合） | 左辺＝右辺 人数（割合） | 左辺＜右辺 人数（割合） | やぶれの度合 左辺－右辺の平均値（SD） | やぶれは 0 ではないかどうか 1 群の T 検定 t値 | p値 | 自由度 | 効果量 r | 左辺－右辺の絶対値の平均値（SD） | 左辺＞右辺 人数（割合） | 左辺＝右辺 人数（割合） | 左辺＜右辺 人数（割合） | やぶれの度合 左辺－右辺の平均値（SD） | やぶれは 0 ではないかどうか 1 群の T 検定 t値 | p値 | 自由度 | 効果量 r | 左辺－右辺の絶対値の平均値（SD） |
| 実験1:2014<br>苫小牧看護専門学校<br>准看護学科 1 年<br>※「箱の中が空だったらどちらを選ぶか」を，4 つの金額条件の質問の後，共通の質問として 1 回だけ聞いた | 40<br>(女36) | 1000 | 1000000 / 0 | 2<br>(0.05) | 5<br>(0.13) | 33<br>(0.83) | -0.36<br>(0.30) | -7.38<br>0.0000 | | 39<br>0.76 | 0.37<br>(0.29) | | | | | | | | | |
| | | 1000 | 100000 / 0 | 3<br>(0.08) | 5<br>(0.13) | 32<br>(0.80) | -0.33<br>(0.30) | -6.94<br>0.0000 | | 39<br>0.74 | 0.36<br>(0.26) | | | | | | | | | |
| | | 1000 | 10000 / 0 | 3<br>(0.08) | 5<br>(0.13) | 32<br>(0.80) | -0.29<br>(0.27) | -6.33<br>0.0000 | | 39<br>0.71 | 0.31<br>(0.27) | | | | | | | | | |
| | | 1000 | 1000 / 0 | 7<br>(0.18) | 13<br>(0.33) | 20<br>(0.50) | -0.16<br>(0.31) | -3.33<br>0.0019 | | 39<br>0.47 | 0.23<br>(0.26) | | | | | | | | | |
| 実験2:2014<br>北海道大学<br>学部生 1 年 | 38<br>(女5) | 1000 | 1000000 / 0 | 7<br>(0.18) | 4<br>(0.11) | 27<br>(0.71) | -0.28<br>(0.42) | -4.1<br>0.0002 | | 37<br>0.56 | 0.41<br>(0.29) | 0.34<br>(0.32) | | | | | | | | |
| | | -1000 | -1000000 / 0 | 2<br>(0.05) | 6<br>(0.16) | 30<br>(0.79) | -0.46<br>(0.37) | -7.76<br>0.0000 | | 37<br>0.79 | 0.49<br>(0.33) | 0.48<br>(0.38) | | | | | | | | |
| | | 損失条件 | 逆転項目 | 5<br>(0.12) | 8<br>(0.20) | 28<br>(0.68) | -0.31<br>(0.39) | -5.11<br>0.0000 | | 40<br>0.63 | 0.39<br>(0.30) | 0.3<br>(0.34) | 3<br>(0.08) | 7<br>(0.17) | 29<br>(0.71) | -0.25<br>(0.38) | -4.33<br>0.0001 | | 40<br>0.56 | |
| 実験3:2015<br>北海道大学学部生 1 年<br>1 回目 | 41<br>(女13) | 1000 | 1000000 / 0 | | | | | | | | | | 7<br>(0.18) | 4<br>(0.11) | 27<br>(0.71) | -0.28<br>(0.28) | -4.65<br>0.0000 | | 37<br>0.61 | 0.34<br>(0.32) |
| | 39<br>(女13) | -1000 | -1000000 / 0 | 2<br>(0.05) | 8<br>(0.21) | 29<br>(0.74) | -0.42<br>(0.35) | -7.6<br>0.0000 | | 38<br>0.78 | 0.41<br>(0.34) | 0.46<br>(0.36) | 2<br>(0.05) | 8<br>(0.21) | 29<br>(0.74) | -0.45<br>(0.37) | -7.52<br>0.0000 | | 38<br>0.77 | 0.46<br>(0.36) |
| | | 損失条件 | 逆転項目 | 7<br>(0.15) | 3<br>(0.07) | 36<br>(0.78) | -0.3<br>(0.39) | -5.17<br>0.0000 | | 45<br>0.61 | 0.41<br>(0.28) | 0.32<br>(0.32) | 7<br>(0.15) | 4<br>(0.09) | 35<br>(0.76) | -0.23<br>(0.39) | -3.94<br>0.0003 | | 45<br>0.51 | 0.32<br>(0.32) |
| 実験3:2015<br>北海道大学学部生 1 年<br>2 回目 | 46<br>(女13) | 150 | 1050 / 0 | | | | | | | | | | 3<br>(0.07) | 6<br>(0.13) | 32<br>(0.70) | -0.29<br>(0.39) | -4.94<br>0.0000 | | 45<br>0.59 | 0.38<br>(0.30) |
| | | 15000 | 105000 / 0 | 8<br>(0.17) | 6<br>(0.13) | 32<br>(0.70) | -0.29<br>(0.39) | -4.94<br>0.0000 | | 45<br>0.59 | 0.38<br>(0.30) | 0.31<br>(0.33) | 7<br>(0.15) | 7<br>(0.15) | 32<br>(0.70) | -0.24<br>(0.38) | -4.37<br>0.0001 | | 45<br>0.55 | 0.31<br>(0.33) |
| | 45<br>(女13) | -150 | -1050 / 0 | 4<br>(0.09) | 7<br>(0.16) | 34<br>(0.76) | -0.38<br>(0.38) | -6.63<br>0.0019 | | 44<br>0.71 | 0.42<br>(0.33) | 0.43<br>(0.34) | 5<br>(0.11) | 7<br>(0.16) | 33<br>(0.73) | -0.39<br>(0.38) | -7.01<br>0.0000 | | 44<br>0.73 | 0.43<br>(0.34) |
| | | 損失条件 | 逆転項目 | 14<br>(0.12) | 17<br>(0.14) | 88<br>(0.74) | -0.32<br>(0.37) | -9.25<br>0.0000 | | 118<br>0.65 | 0.39<br>(0.29) | | | | | | | | | |
| | 119<br>(女54) | 1000 | 1000000 / 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 79<br>(女18) | 1000 | 100000 / 0 | 12<br>(0.15) | 12<br>(0.15) | 55<br>(0.70) | -0.29<br>(0.40) | -6.53<br>0.0000 | | 78<br>0.59 | 0.4<br>(0.30) | | 12<br>(0.15) | 11<br>(0.14) | 56<br>(0.71) | -0.27<br>(0.37) | -6.53<br>0.0000 | | 78<br>0.59 | 0.32<br>(0.33) |
| | 77<br>(女18) | -1000 | -1000000 / 0 | 4<br>(0.05) | 14<br>(0.18) | 59<br>(0.77) | -0.44<br>(0.36) | -10.92<br>0.0000 | | 76<br>0.78 | 0.46<br>(0.33) | 0.46<br>(0.37) | 5<br>(0.06) | 14<br>(0.18) | 58<br>(0.75) | -0.45<br>(0.39) | -9.94<br>0.0000 | | 76<br>0.75 | 0.46<br>(0.37) |
| | | 損失条件 | 逆転項目 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 利得条件が同じ結果を合算 | 実験 | |
|---|---|---|
| | 実験 1・2・3 主観確率あ | 実験 2・3 |

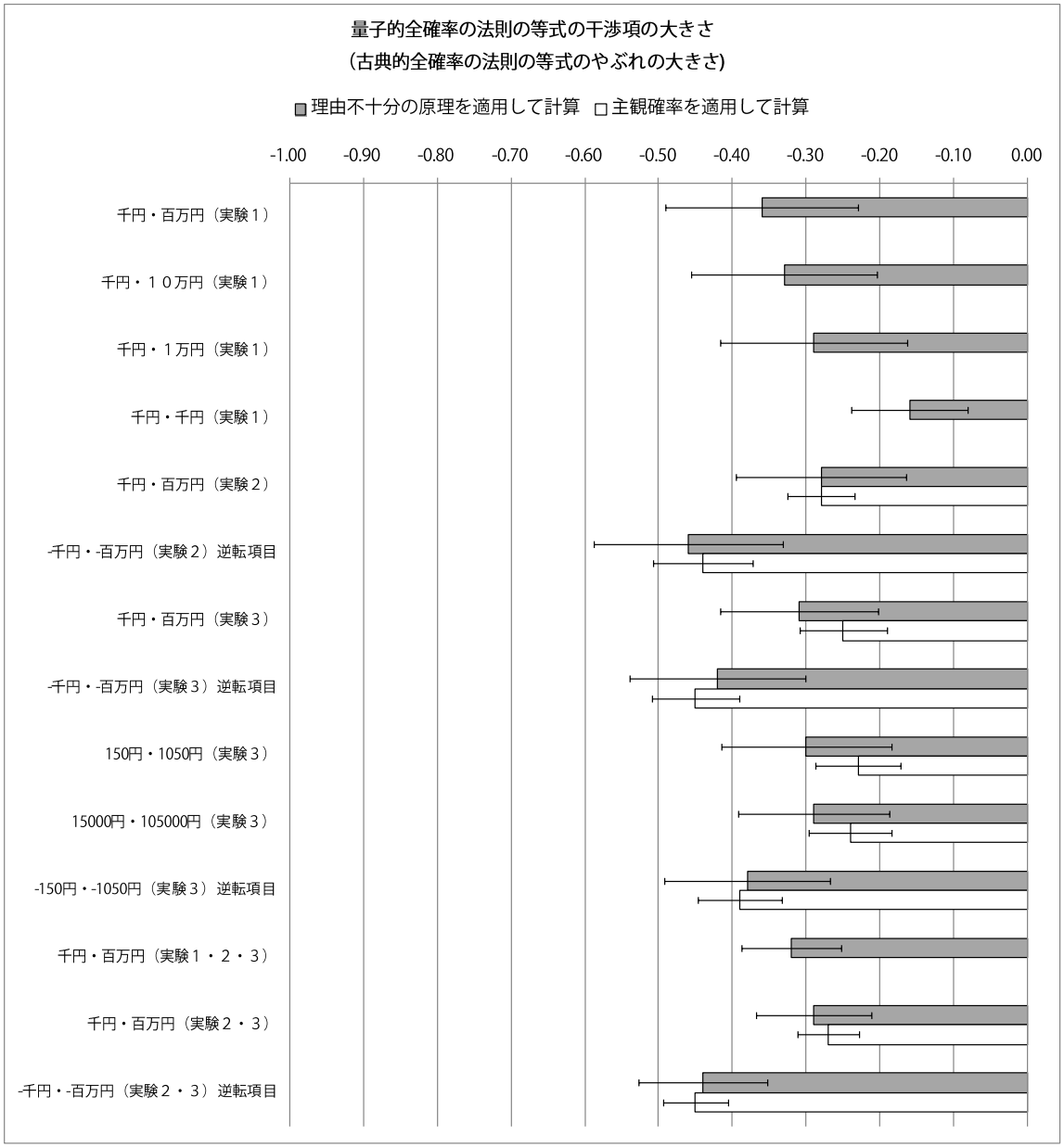



図 39 ニューカム問題の回答における全確率の法則のやぶれ値. 表 40 より数値を抜粋してグラフ化.

表 41　ニューカム問題の回答における全確率の法則の「大きいやぶれ」と「小さいやぶれ」

| ※損失条件では，支配原理に従った選択が１箱選択であるため，逆転項目として扱う． | | 回答者数 (うち女性) | open box 内の金額 (円) | closed box 内の金額 (円) | 【理由不十分の原理 適用して計算】 やぶれなし 人数 (割合) | 【理由不十分の原理 適用して計算】 小さなやぶれ 人数 (割合) | 【測定値を用いて計算】 やぶれなし 人数 (割合) | 【測定値を用いて計算】 小さなやぶれ 人数 (割合) | 大きなやぶれ 人数 (割合) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 実験1:2014 苫小牧看護専門学校 准看護学科１年 | | 40 (女36) | 1000 | 1000000 / 0 | 5 (0.13) | 26 (0.65) | | | 9 (0.23) |
| | | | 1000 | 100000 / 0 | 5 (0.13) | 26 (0.65) | | | 9 (0.23) |
| | | | 1000 | 10000 / 0 | 5 (0.13) | 24 (0.60) | | | 11 (0.28) |
| | | | 1000 | 1000 / 0 | 13 (0.33) | 14 (0.35) | | | 13 (0.33) |
| 実験2:2014 北海道大学 学部生１年 | | 38 (女5) | 1000 | 1000000 / 0 | 4 (0.11) | 20 (0.53) | 4 (0.11) | 20 (0.53) | 14 (0.37) |
| | | | -1000 損失条件 | 1000000 / 0 逆転項目 | 6 (0.16) | 12 (0.32) | 6 (0.16) | 12 (0.32) | 20 (0.53) |
| 実験3:2015 北海道大学学部生１年 １回目 | | 41 (女13) | 1000 | 1000000 / 0 | 8 (0.20) | 24 (0.59) | 7 (0.17) | 25 (0.61) | 9 (0.22) |
| | | 39 (女13) | -1000 損失条件 | 1000000 / 0 逆転項目 | 8 (0.21) | 10 (0.26) | 8 (0.21) | 10 (0.26) | 21 (0.54) |
| 実験3:2015 北海道大学学部生１年 ２回目 | | 46 (女13) | 150 | 1050 / 0 | 3 (0.07) | 24 (0.52) | 4 (0.09) | 24 (0.52) | 19 (0.41) |
| | | | 15000 | 105000 / 0 | 6 (0.13) | 20 (0.43) | 7 (0.15) | 20 (0.43) | 20 (0.43) |
| | | 45 (女13) | -150 損失条件 | -1050 / 0 逆転項目 | 7 (0.16) | 11 (0.24) | 7 (0.16) | 11 (0.24) | 27 (0.60) |
| 利得条件が同じ結果を合算 | 実験 １・２・３ | 119 (女54) | 1000 | 1000000 / 0 | 17 (0.14) | 70 (0.59) | | | 32 (0.27) |
| | 実験２・３ 主観確率あり | 79 (女18) | 1000 | 1000000 / 0 | 12 (0.15) | 44 (0.56) | 11 (0.14) | 45 (0.57) | 23 (0.29) |
| | 実験２・３ | 77 (女18) | -1000 損失条件 | 1000000 / 0 逆転項目 | 14 (0.18) | 22 (0.29) | 14 (0.18) | 22 (0.29) | 41 (0.53) |

表 42　ニューカム問題の回答における全確率の法則のやぶれ値は計算方法の違いによって異なるかどうかを検討したＴ検定の結果.

| ※損失条件では，支配原理に従った選択が１箱選択であるため，逆転項目として扱う. | | 回答者数 (うち女性) | open box 内の金額 (円) | closed box 内の金額 (円) | 【理由不十分の原理を適用して全確率の法則の等式を計算】 | 【主観確率を適用して全確率の法則の等式を計算】 | 理由不十分の原理を適用して計算した場合と測定した予測確率を用いて計算した場合でやぶれの大きさは異なるかどうかをT検定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | やぶれの度合 左辺－右辺の平均値（SD） | やぶれの度合 左辺－右辺の平均値（SD） | t値 (自由度) p値(効果量r) |
| 実験2:2014 北海道大学 学部生１年 | | 38 (女5) | 1000 | 1000000 / 0 | -0.28 (0.42) | -0.28 (0.28) | 0.12 (37) 0.91 (0.02) |
| | | | -1000 損失条件 | 1000000 / 0 逆転項目 | -0.46 (0.37) | -0.44 (0.42) | -0.76 (37) 0.45 (0.12) |
| 実験3:2015 北海道大学学部生１年 １回目 | | 41 (女13) | 1000 | 1000000 / 0 | -0.31 (0.39) | -0.25 (0.38) | **-2.11 (40) 0.0415 (0.32)** |
| | | 39 (女13) | -1000 損失条件 | 1000000 / 0 逆転項目 | -0.42 (0.35) | -0.45 (0.37) | 1.25 (38) 0.22 (0.20) |
| 実験3:2015 北海道大学学部生１年 ２回目 | | 46 (女13) | 150 | 1050 / 0 | -0.3 (0.39) | -0.23 (0.39) | **-3.19 (45) 0.0026 (0.43)** |
| | | | 15000 | 105000 / 0 | -0.29 (0.39) | -0.24 (0.38) | -1.76 (45) 0.085 (0.25) |
| | | 45 (女13) | -150 損失条件 | -1050 / 0 逆転項目 | -0.38 (0.38) | -0.39 (0.38) | 0.88 (44) 0.385 (0.13) |
| 利得条件が同じ結果を合算 | 実験２・３ 主観確率あ | 79 (女18) | 1000 | 1000000 / 0 | -0.29 (0.40) | -0.27 (0.37) | -1.39 (78) 0.17 (0.15) |
| | 実験２・３ | 77 (女18) | -1000 損失条件 | 1000000 / 0 逆転項目 | -0.44 (0.36) | -0.45 (0.39) | 0.14 (76) 0.89 (0.02) |

## 5-2-4. 検討事項2−4）ニューカム問題における全確率の法則のやぶれ値は closed box のなかの利得の大きさを変化させることで変化するか

つぎに, やぶれの大きさは金額条件によって異なるかどうかを確認する. まず, 実験１で closed box の金額を百万・10 万・1 万・千円と変化させた場合の個人内のやぶれの大きさは，金額間で異なっていた（1 要因分散分析：$F(3, 117)=5.94$ , $p=0.0008$, $\eta \wedge 2=0.058$；図 40）．下位検定の結果, 千円条件とその他の３条件それぞれとの間に差が見られた（百万-千: $t(39)=2.94$, $p=0.033$, $r=0.43$; 10 万-千: $t(39)=2.63$, $p=0.037$, $r=0.39$; 1 万-千: $t(39)=2.55$, $p=0.045$, $r=0.38$; p 値は調整された値. 多重比較の調整は Shaffer の方法による）. closed box の金額が千円の場合, つまり open box と closed box の金額が等しい場合に特異的にやぶれが減少していた.

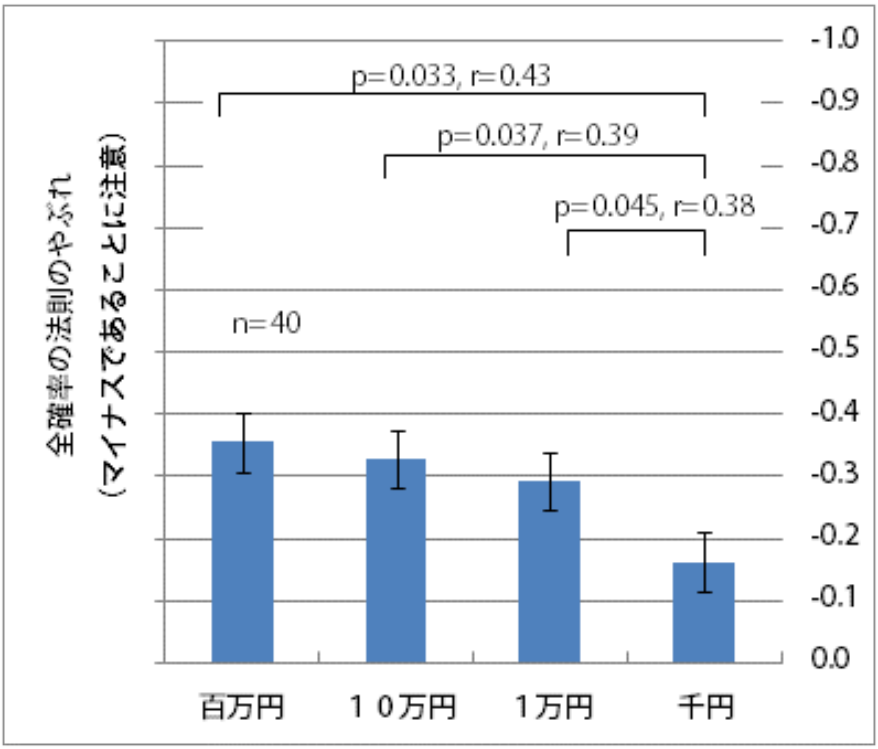



図 40 実験 1 でのニューカム問題における全確率の法則のやぶれ値（理由不十分の原理を適用して計算したもの）. closed box の金額の違いによってやぶれの大きさがことなっていた. open box の利得はすべて千円.

### 5-2-5. 検討事項 2−5）closed box のなかの利得の大きさだけを変化させる場合に，提示順によって全確率の法則のやぶれ値は変化するか

金額の提示順（降順・昇順）の影響を考慮するため，検討事項 2−4 で報告した分散分析に提示順の要因を加え 2 要因分散分析（金額の 4 条件は個人内要因，提示順の 2 条件は個人間要因）を行った（図 41）. その結果, 金額条件の主効果が 1 要因分散分析と同様にみられ（$F(3, 114)=6.81$ , $p=0.0003$, $\eta \wedge 2=0.058$）, 提示順の主効果はみられなかった（$F(1, 38)=1.50$ , $p=0.23$, $\eta \wedge 2=0.021$）が，金額と提示順の交互作用効果がみられた（$F(3, 114)=6.71$ , $p=0.0003$, $\eta \wedge 2=0.057$）. 下位検定では，昇順における金額の単純主効果（$F(3, 57)=13.96$ , $p<0.0000$, $\eta \wedge 2=0.19$）がみられたが降順条件では金額の単純主効果（$F(3, 57)=0.29$ , $p=0.83$, $\eta \wedge 2=0.0067$）はみられなかった. 各金額条件における提示順の単純主効果については，百万円における順序の単純主効果（$F(1,$

38)=0.63 , *p*=0.0076, η^2=0.17) と 10 万円における順序の単純主効果 (*F*(1, 38)=4.94 , *p*=0.032, η^2=0.12) がみられ，1 万円，千円ではみられなかった．さらに，昇順条件における金額の主効果についての多重比較では，すべての金額のペアの間にやぶれの大きさの差がみられた (百万-千: *t*(19)=4.81, *p*=0.0007, *r*=0.74; 10 万-千: *t*(19)=4.09, *p*=0.0019, *r*=0.68; 1 万-千: *t*(19)=3.01, *p*=0.022, *r*=0.57; 百万-1 万: *t*(19)=2.85, *p*=0.031, *r*=0.55; 10 万-1 万: *t*(19)=2.23, *p*=0.038, *r*=0.46; 百万-10 万: *t*(19)=2.67, *p*=0.031, *r*=0.52)．このように，全確率の法則のやぶれ値は，昇順条件でのみ金額の影響がみられ，降順条件では金額の影響はみられなかった．したがって，金額の主効果は否定された．とくに昇順条件ではすべての金額間で違いがみられており，提示順が全確率の法則のやぶれ値に与える影響は明らかであった．

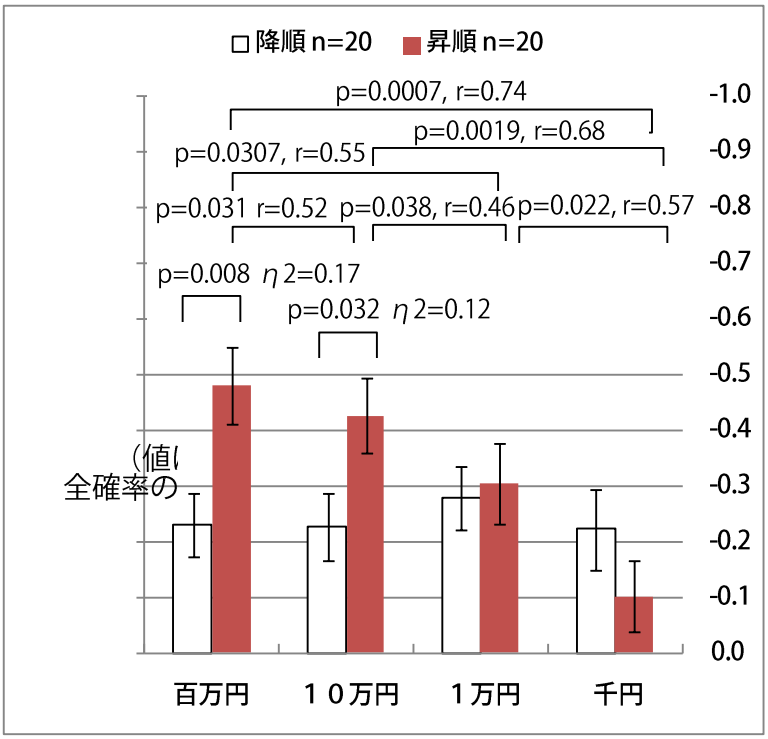



図 41 実験 1 でのニューカム問題における全確率の法則のやぶれ値（理由不十分の原理を適用して計算したもの）．closed box の金額を百万円・10 万円・1 万円・千円と変化させ個人内要因として測定．金額の提示順（降順・昇順）を個人間要因として測定．open box の利得はすべて千円．

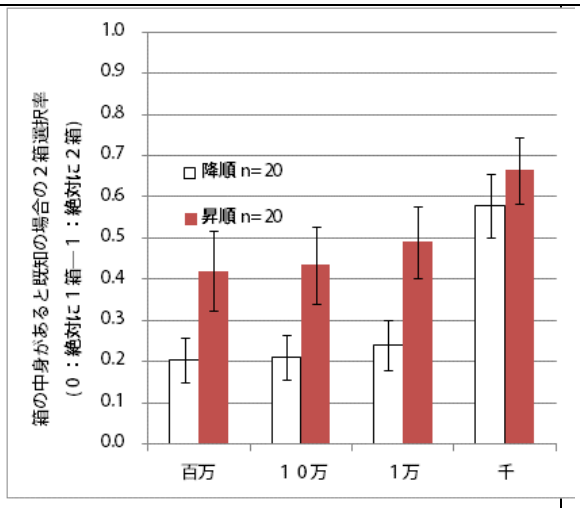



図 42　ニューカム問題の箱の中身があると既知の場合の２箱選択率．実験１で２つの箱の金額の比率を変化させた４つの金額条件と質問の提示順による違い．

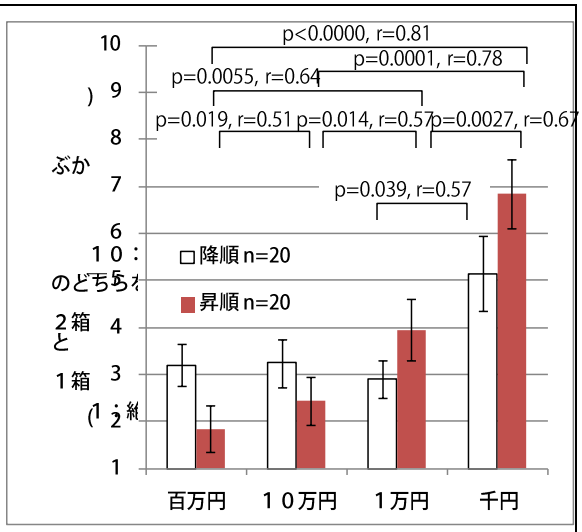



図 43 （再掲）ニューカム問題（不明条件）における回答．closed box の金額を百万円・10 万円・1 万円・千円と変化させ個人内要因として測定．金額の提示順（降順・昇順）を個人間要因として測定．open box の利得はすべて千円．

なぜ，昇順条件のみにおいて金額の効果がしめされたのか．箱の中身が不明の場合の選択においては，昇順条件でも降順条件でも箱の金額の比率が小さくなるほど 2 箱選択傾向が強まっていた．実験 1 では「箱の中身があると思う」確率（予測確率）を測定しておらず，箱の中身がないと既知の場合の選択は 4 つの金額条件に回答した後で 1 回だけ測定していた．つまり，実験 1 の結果において実験条件間の全確率の法則のやぶれ値の大きさの違いを左右するのは，ニューカム問題の不明条件での選択と，箱の中身がある条件での選択だけである．そこで，追加的に実験 1 の箱の中身がある場合の選択について，4 つの金額条件と質問の提示順によって違いがみられるどうかを確認した．図 42 に箱の中身がある場合の選択，図 43 に箱の中身が不明の場合の選択，図 41 に全確率の法則のやぶれ値それぞれのグラフを示す．図 42 のバーと図 43 のバーの長さの差が図 41 に反映されていることが見て取れる．

箱の中身がある場合の選択について，2 要因分散分析（利得の 4 条件は個人内要因，提示順の

2 条件は個人間要因）の結果，金額条件の主効果（$F(3, 114)=4.19$ , $p=0.048$, $\eta \wedge 2=0.67$）と，提示順の主効果（$F(1, 38)=21.39$ , $p<0.0000$, $\eta \wedge 2=0.12$）がみられたが，金額と提示順の交互作用効果がみられなかった（$F(3, 114)=1.37$ , $p=0.26$, $\eta \wedge 2=0.0073$）．金額の主効果についての下位検定では千円と他の３つの条件（１万円・10 万円・百万円）それぞれとの間に違いがみられた（百万-千: $t(38)=5.02$, p=0.00001, $r=0.63$; 10 万-千: $t(38)=4.97$, =0.00001, $r=0.63$; 1 万-千: $t(38)=4.59$, p=0.00001, $r=0.60$）．箱の中身が千円であると知らされた場合には「もう１箱もらおう」とする（２箱選択）傾向が，箱の中身が百万円・１０万・１万であると知らされた場合にはさらに千円を受け取ろうとはしない（１箱選択）傾向が示された．

### 5-2-6．検討事項２−6）open box と closed box の両方の利得の比率を保ったまま変えた場合に全確率の法則のやぶれ値は変化するか

open box と closed box の利得をそれぞれ，150 円・1050 円とする条件と 15000 円・105000 円とする条件の間で全確率の法則のやぶれ値には，違いがあるとはいえなかった（対応のあるＴ検定： $t(45)=0.38$, $p=0.71$, $r=0.056$; 図 44）．

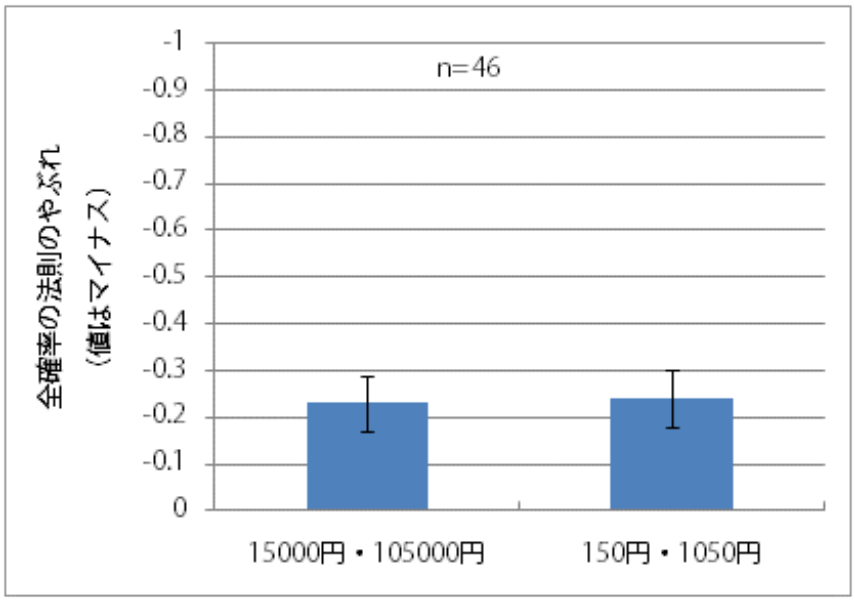



図 44 実験３でのニューカム問題における全確率の法則のやぶれ値（測定値をもちいて計算し

たもの）．open box と closed box の金額をそれぞれ 15000 円・105000 円とする条件，150 円・1050 円とする条件について個人内要因として測定．条件間でやぶれの大きさに違いはみられなかった．

### 5-2-7．検討事項 2−7）箱の中身によって正の利得が生じる場合と損失(負の利得)が生じる場合とで全確率の法則のやぶれ値は変化するか

open box と closed box の中の利得を，プラス千円・プラス百万円とする条件とマイナス千円・マイナス百万円とする条件の間(n=77; 個人内要因)で全確率の法則のやぶれ値に違いがみられた（ $t(76)=3.53$, $p=0.0007$, $r=0.38$; 図 45）．また，プラス 150 円・1050 円とする条件とマイナス 150 円・1050 円とする条件の間(n=45; 個人内要因)でも違いがみられた（ $t(44)=2.70$, $p=0.01$, $r=0.38$; 図 46）．

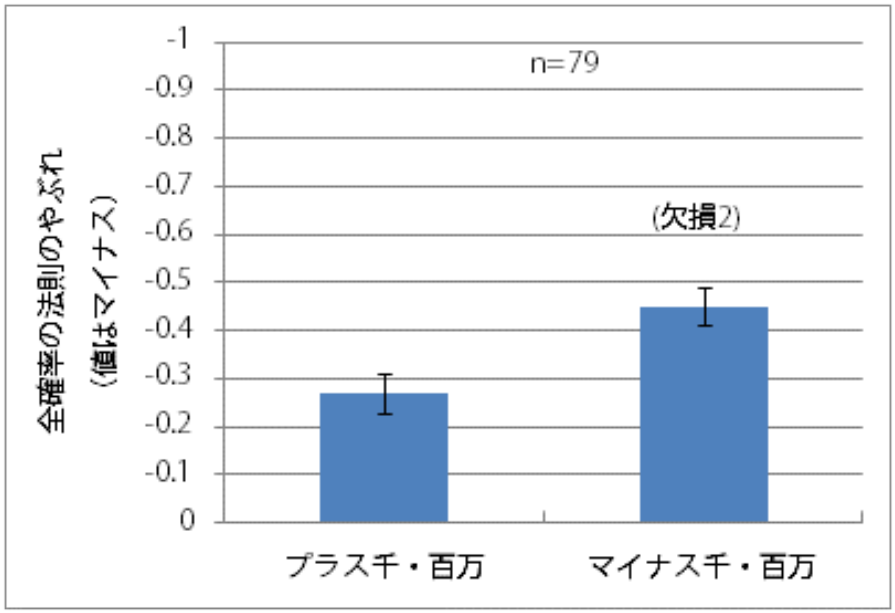



図 45 実験 2・3 でのニューカム問題における全確率の法則のやぶれ値（測定値をもちいて計算したもの）open box と closed box の金額をそれぞれプラス千円・百万円とする条件，マイナス千円・マイナス百万円とする条件について個人内要因として測定．条件間でやぶれの大きさに違いがみられた．

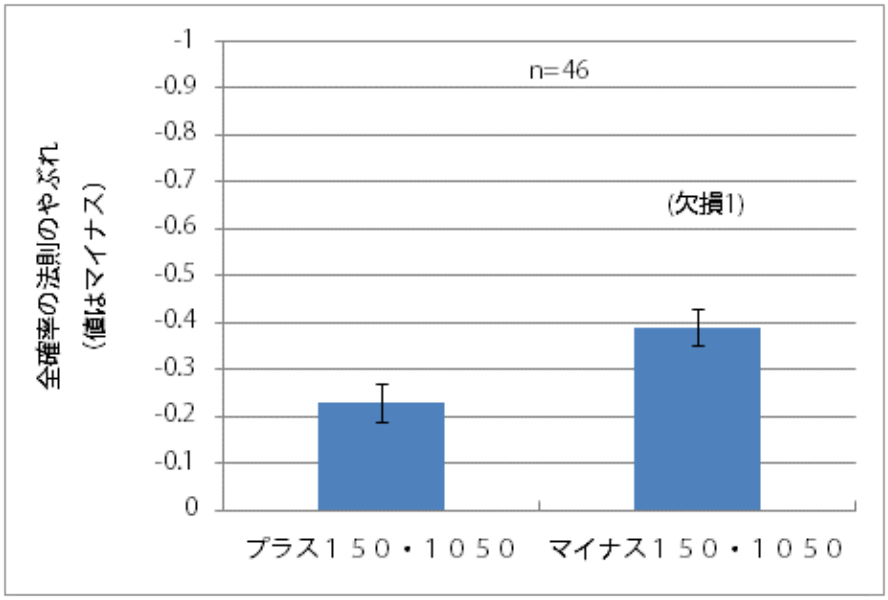



図 46 実験 3 でのニューカム問題における全確率の法則のやぶれ値（測定値をもちいて計算したもの）．open box と closed box の金額をそれぞれプラス 150 円・1050 円とする条件，マイナス 150 円・マイナス 1050 円とする条件について個人内要因として測定．条件間でやぶれの大きさに違いがみられた．

### 5-2-8．検討事項 2−8）実験参加者の属性（所属学校・性別）によって全確率の法則のやぶれ値は異なるか

全確率の法則のやぶれ値は所属学校間で違うとはいえなかった（$t(99.757)=-0.89, p=0.38, r=0.089$; 図 47）．また，性別と学校を要因とする 2 要因分散分析において，学校の主効果（$F(1, 115)=2.80, p=0.10, \eta^2=0.023$）も，性別の主効果（$F(1, 115)=2.84, p=0.0095, \eta^2=0.024$）も，交互作用効果（$F(1, 115)=0.0056, p=0.94, \eta^2=0.0000$）もみられなかった（図 48）．

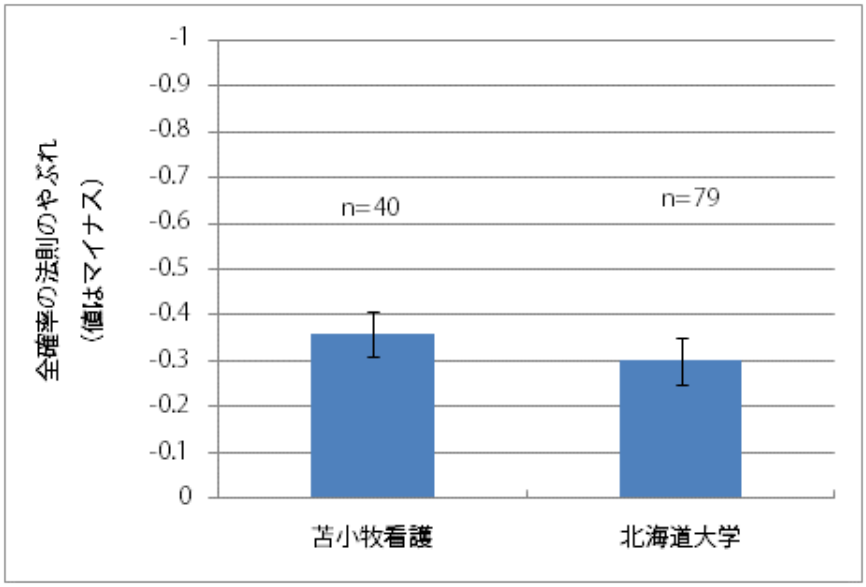



図 47 実験参加者の所属学校とニューカム問題における全確率の法則のやぶれ値．open box と closed box の金額はそれぞれ千円・百万円．所属学校間でやぶれの大きさに違いはみられなかった．

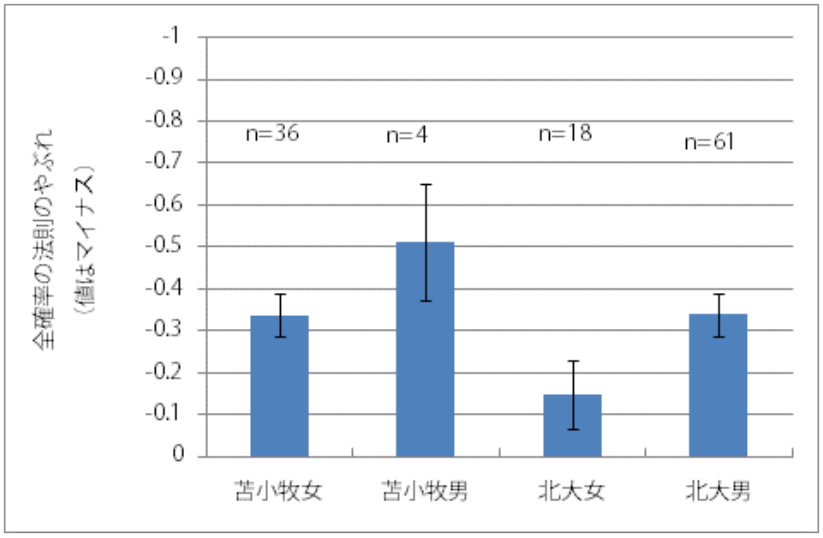



図 48 実験参加者の所属校・性別とニューカム問題における全確率の法則のやぶれ値. open box と closed box の金額はそれぞれ千円・百万円．性別間でやぶれの大きさに違いはみられなかった．

## 5-3. 目的3に対応する結果

### 5-3-1. 検討事項3−1）ニューカム問題での人々の選択は，Franco（2005）のモデルの量子的全確率の法則の等式を満たすか

本研究のニューカム問題の実験結果から求めたλを表 43 に示す. 実験の金額条件ごとの平均回答をもちいて計算した結果，λは-0.71 から-0.23 とすべて絶対値は 1 以下であった．従って，実験参加者の「平均回答」は量子的全確率の法則の等式(35)を満たしていた.

一方，個人ごとに干渉項の変数λを算出した結果，理由不十分の原理を適用して計算した場合では，λの絶対値が 1 よりも大きい回答者の割合はそれぞれの金額条件ごとに 10〜46%であった．λの金額条件ごとの平均値は-0.23 から-1.03 と，絶対値が 1 よりも大きいものもある．λの平均値の絶対値が 1 以上であることを対立仮説とする片側Ｔ検定をおこなった結果，すべての金額条件において帰無仮説は棄却されなかった．つまり，λの絶対値が 1 よりも大きいとはいえなかった.

次に，λを実験参加者の「箱の中身があると思う」確率を用いて算出した場合では，λの絶対値が 1 よりも大きい回答者の割合はそれぞれの金額条件ごとに 24〜44%であった．λの金額条件ごとの平均値は-1.37 から 0.06 と，絶対値が 1 よりも大きいものもある．λの平均値の絶対値が 1 以上であることを対立仮説とする片側Ｔ検定をおこなった結果，1 つの金額条件（open box・closed box：マイナス千円・マイナス百万円について実験２と３のデータをあわせたもの）をのぞいて帰無仮説は棄却されなかった．つまり，ほとんどの金額条件において，λの絶対値が 1 よりも大きいとはいえなかった.

## 5 実験の結果

表 43 ニューカム問題の回答から算出した干渉項の値と，干渉項の大きさを左右する要因 λ．個人ごとに算出した値の平均と，金額条件ごとの平均回答をもちいて算出した値を，金額条件ごとに示す．測定値（「箱の中身があると思う」確率）をもちいて計算した結果と，理由不十分の原理を適用して「箱の中身があると思う」確率をもちいずに計算した結果をそれぞれ記載．

| | | | | 【理由不十分の原理を適用して全確率の法則の等式を計算】 | | | | | | | | 【測定値を適用して全確率の法則の等式を計算】 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 個人ごとに算出 | | | | | | 平均回答をもちいて算出 | | 個人ごとに算出 | | | | | | 平均回答をもちいて算出 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ※損失条件では，支配原理に従った選択が 1 箱選択であるため，逆転項目として扱う． | 回答者数（うち女性） | open box 内の金額（円） | closed box 内の金額（円） | 干渉項 平均値（SD） | 干渉項 の λ 平均値（SD） | λ の絶対値が 1 以上であることを対立仮説とする片側 T 検定 T値 自由度 p値 効果量 r | | λ の絶対値が 1 より大きい回答数（割合） | 干渉項 | 干渉項 の λ | 干渉項 平均値（SD） | 干渉項 の λ 平均値（SD） | λ の絶対値が 1 以上であることを対立仮説とする片側 T 検定 T値 自由度 p値 効果量 r | | λ の絶対値が 1 より大きい回答数（割合） | 干渉項 | 干渉項 の λ |
| 実験1:2014<br>古小牧看護専門学校<br>准看護学科 1 年<br>※1「箱の中が空だったらどちらを選ぶか」を，4 つの金額条件の質問の後，共通の質問として 1 回だけ聞いた | 40<br>(女36) | 1000 | 1000000 / 0 | -0.36<br>(0.30) | -1.03<br>(0.90) | 0.72 | 39<br>0.24<br>0.11 | 16<br>(0.40) | -0.36 | -0.71 | | | | | | | | | |
| | | 1000 | 100000 / 0 | -0.33<br>(0.30) | -0.89<br>(0.90) | 0.18 | 39<br>0.43<br>0.03 | 14<br>(0.35) | -0.33 | -0.64 | | | | | | | | | |
| | | 1000 | 10000 / 0 | -0.29<br>(0.27) | -0.71<br>(0.80) | -1.85 | 39<br>0.96<br>0.28 | 12<br>(0.30) | -0.29 | -0.54 | | | | | | | | | |
| | | 1000 | 1000 / 0 | -0.16<br>(0.31) | -0.23<br>(0.63) | -6.98 | 39<br>1.00<br>0.75 | 4<br>(0.10) | -0.16 | -0.23 | | | | | | | | | |
| 実験2:2014<br>北海道大学<br>学部生 1 年 | 38<br>(女5) | 1000 | 1000000 / 0 | -0.28<br>(0.42) | -0.48<br>(1.19) | 0.22<br>0.41<br>0.04 | 37 | 15<br>(0.39) | -0.28 | -0.46 | -0.28<br>(0.28) | -0.62<br>(1.06) | -0.62<br>0.73<br>0.10 | 37 | 13<br>(0.34) | -0.26 | -0.43 |
| | | -1000 | -1000000 / 0 | -0.46<br>(0.37) | -0.84<br>(0.78) | -0.50<br>0.69<br>0.08 | 37 | 11<br>(0.29) | -0.46 | -0.67 | -0.44<br>(0.42) | -1.28<br>(2.09) | 1.34<br>0.09<br>0.22 | 37 | 16<br>(0.42) | -0.44 | -0.66 |
| | | 損失条件 | 逆転項目 | -0.42<br>(0.35) | -0.76<br>(0.71) | -1.90<br>0.97<br>0.29 | 38 | 8<br>(0.21) | -0.42 | -0.56 | -0.45<br>(0.37) | -1.37<br>(2.36) | 1.08<br>0.14<br>0.17 | 38 | 17<br>(0.44) | -0.39 | -0.54 |
| 実験3-1:2015<br>北海道大学学部生 1 年<br>1 回目 | 41<br>(女13) | 1000 | 1000000 / 0 | -0.31<br>(0.39) | -0.75<br>(1.14) | 1.00<br>0.16<br>0.16 | 40 | 19<br>(0.46) | -0.31 | -0.54 | -0.25<br>(0.38) | -0.61<br>(1.06) | -1.14<br>0.87<br>0.18 | 40 | 15<br>(0.37) | -0.27 | -0.48 |
| | | -1000 | -1000000 / 0 | -0.42<br>(0.35) | -0.76<br>(0.71) | -1.90<br>0.97<br>0.29 | 38 | 8<br>(0.21) | -0.42 | -0.56 | -0.45<br>(0.37) | -1.37<br>(2.36) | 1.08<br>0.14<br>0.17 | 38 | 17<br>(0.44) | -0.39 | -0.54 |
| | | 損失条件 | 逆転項目 | -0.3<br>(0.39) | -0.29<br>(2.94) | 1.01<br>0.16<br>0.15 | 45 | 18<br>(0.39) | -0.30 | -0.50 | -0.23<br>(0.39) | 0.06<br>(3.89) | 0.55<br>0.29<br>0.08 | 45 | 11<br>(0.24) | -0.25 | -0.42 |
| 実験3-2:2015<br>北海道大学学部生 1 年<br>2 回目 | 46<br>(女13) | 150 | 1050 / 0 | -0.29<br>(0.39) | -0.46<br>(1.05) | -1.20<br>0.88<br>0.18 | 45 | 13<br>(0.28) | -0.29 | -0.42 | -0.24<br>(0.38) | -0.44<br>(0.91) | -2.69<br>1.00<br>0.37 | 45 | 14<br>(0.30) | -0.26 | -0.38 |
| | | 15000 | 105000 / 0 | -0.29<br>(0.39) | -0.46<br>(1.05) | -1.20<br>0.88<br>0.18 | 45 | 13<br>(0.28) | -0.29 | -0.42 | -0.24<br>(0.38) | -0.44<br>(0.91) | -2.69<br>1.00<br>0.37 | 45 | 14<br>(0.30) | -0.26 | -0.38 |
| | | 損失条件 | 逆転項目 | -0.38<br>(0.38) | -0.49<br>(0.78) | -3.47<br>1.00<br>0.46 | 44 | 6<br>(0.13) | -0.38 | -0.48 | -0.39<br>(0.38) | -0.70<br>(0.95) | -1.34<br>0.91<br>0.20 | 44 | 11<br>(0.24) | -0.38 | -0.48 |
| | | 実験<br>1・2・3 | | 119<br>(女54) | 1000 | 1000000 / 0 | -0.32<br>(0.37) | -0.76<br>(1.10) | 0.64<br>0.74<br>0.06 | 118 | 48<br>(0.40) | -0.32 | -0.56 | | | | | | | | |
| 利得条件が同じ箱を合算 | | 実験2・3<br>主観確率あり | | 79<br>(女18) | 1000 | 1000000 / 0 | -0.29<br>(0.40) | -0.62<br>(1.17) | 0.88<br>0.19<br>0.10 | 78 | 32<br>(0.41) | -0.30 | -0.50 | -0.27 | -0.54 | -1.28<br>0.90<br>0.14 | 78 | 30<br>(0.38) | -0.26 | -0.45 |
| | | 実験2・3 | | 77<br>(女18) | -1000 | -1000000 / 0 | -0.44<br>(0.36) | -0.79<br>(0.74) | -1.72<br>0.96<br>0.19 | 76 | 19<br>(0.25) | -0.45 | -0.62 | -0.45<br>(0.39) | **-1.31**<br>**(2.20)** | **1.70**<br>**0.047**<br>**0.19** | **76** | 33<br>(0.43) | -0.42 | -0.61 |

## 5-4. 目的4に対応する結果

### 5-4-1. 検討事項4−1）ニューカム問題での2箱選択率と囚人のジレンマ問題での非協力率は相関するか

### 5-4-2. 検討事項4−2）ニューカム問題での全確率の法則のやぶれ値と囚人のジレンマ問題での全確率の法則のやぶれ値は相関するか

検討事項 4−1）と検討事項 4−2）の結果をあわせて記す．まず，囚人のジレンマ問題の 5 つの金額条件における非協力する度合い確率に変換した平均値と標準偏差，全確率の法則のやぶれ値の平均値と標準偏差は

表 44 のとおりである．全確率の法則のやぶれ値の平均は-0.19 から-0.06 であった．ニューカム問題では最もやぶれ値の平均の絶対値が小さい条件において-0.23 であったのに比べると，囚人のジレンマ問題でのやぶれ値は相対的に小さい．また，箱の中身不明時の 2 箱選択率と，中身あり既知時の 2 箱選択率と，中身なし既知時の 2 箱選択率の関係を図 49 に示す．5 条件中 3 条件において，真ん中のグレーのバーの長さが黒のバーと白のバーの長さの間にある．ニューカム問題では全ての金額条件においてグレーのバーが最も短かった．このことからも，囚人のジレンマ問題における全確率の法則のやぶれはニューカム問題におけるやぶれよりも小さいことが示された．

表 44 囚人のジレンマ問題の 5 つの金額条件に対する回答と全確率の法則のやぶれ値

| 囚人のジレンマ問題<br>※1：欠損値1 | 回答者数<br>(うち女性) | 意思決定者が受取る金額 | | 相手の選択が不明の場合の非協力選択率 | 相手が協力すると既知の場合の非協力選択率 | 相手が非協力だと既知の場合の非協力選択率 | 相手の選択が不明の場合に相手が非協力する予測確率 | 全確率の法則のやぶれ値<br>(個人ごとに算出) | やぶれ値が0ではないかどうか1群のT検定 | | | 全確率の法則のやぶれ値<br>(平均値から算出) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 相互協力 | 自分のみ協力 | | | | | | | | | |
| | | 自分のみ非協力 | 相互非協力 | | | | | | | | | |
| | | | | 平均<br>(SD) | 平均<br>(SD) | 平均<br>(SD) | 平均<br>(SD) | 平均<br>(SD) | t値 | 自由度 | | |
| | | | | | | | | | p値 | 効果量r | | |
| 実験2・3の合計 | 85 | 750 | 250 | 0.43 | 0.44 | 0.69 | 0.50 ※1 | -0.12 ※1 | -3.30 | 84 | | -0.13 |
| | (女18) | 850 | 300 | (0.32) | (0.39) | (0.34) | (0.25) | (0.34) | 0.0014 | 0.34 | | |
| | 86 | -300 | -850 | 0.30 | 0.29 | 0.48 | 0.33 | -0.08 | -3.15 | 44 | | -0.05 |
| | (女18) | -250 | -750 | (0.31) | (0.36) | (0.40) | (0.30) | (0.28) | 0.0030 | 0.43 | | |
| 実験3：2回目 | 46 | 1050 | 0 | 0.48 | 0.37 | 0.80 | 0.50 | -0.08 | -3.37 | 76 | | -0.10 |
| | (女13) | 1200 | 150 | (0.32) | (0.36) | (0.27) | (0.29) | (0.25) | 0.0012 | 0.36 | | |
| | 45 | 105000 | 0 | 0.51 | 0.41 | 0.80 | 0.52 ※1 | -0.06 ※1 | -3.37 | 76 | | -0.10 |
| | (女13) | 120000 | 15000 | (0.33) | (0.38) | (0.27) | (0.31) | (0.29) | 0.0012 | 0.36 | | |
| | 45 | -150 | -1200 | 0.42 | 0.48 | 0.81 | 0.48 | -0.19 | -3.37 | 76 | | -0.21 |
| | (女13) | 0 | -1050 | (0.32) | (0.40) | (0.25) | (0.27) | (0.34) | 0.0012 | 0.36 | | |

5 実験の結果

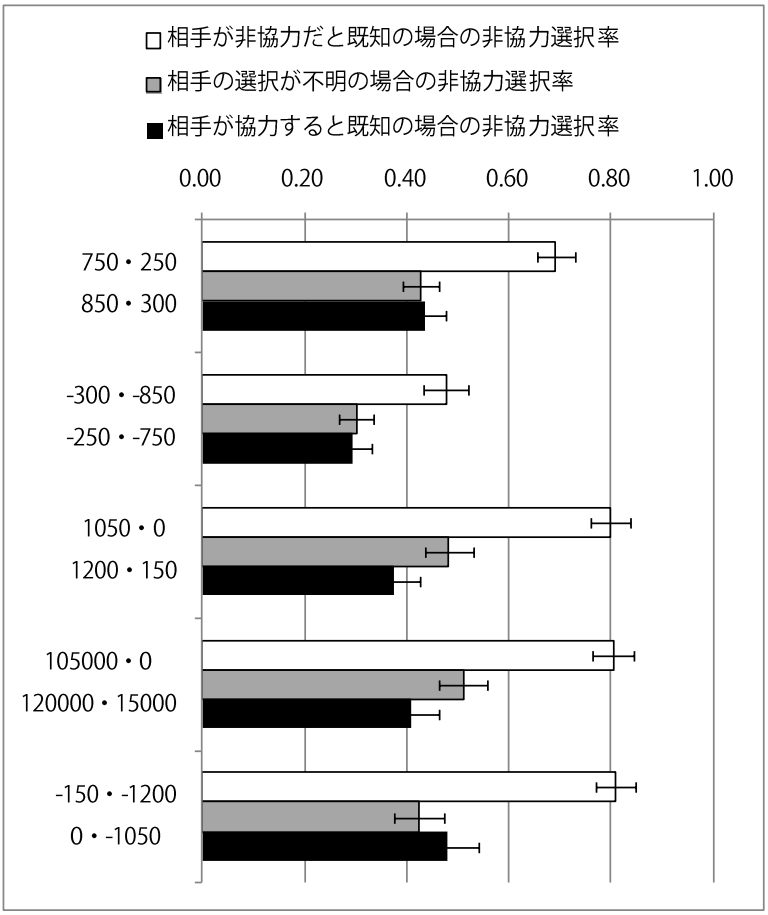



図 49 囚人のジレンマ問題の 5 つの金額条件に対する平均回答のグラフ.

囚人のジレンマ問題とニューカム問題の 5 つの金額条件の対について，個人内の課題間の選択の相関を検討した．まず，囚人のジレンマ問題とニューカム問題の金額条件を同等にしない場合の選択の相関を確認する．比較ペア 1）の正の利得条件では，ニューカム問題の 2 箱選択率と囚人のジレンマ問題の非協力率の間には相関関係があるとはいえなかった（$r$=-0.2, $p$=0.079; 図 50）が，全確率の法則のやぶれ値には負の相関関係が見られた（$r$=-0.23, $p$=0.046; 図 51)．比較ペア 2）の負の利得条件では，選択率，全確率の法則のやぶれ値ともに相関はみられなかった（選択率の相関分析：$r$=0.032, $p$=0.78；図 52；　全確率の法則のやぶれ値の相関分析：$r$=0.094, $p$=0.42；図 53).

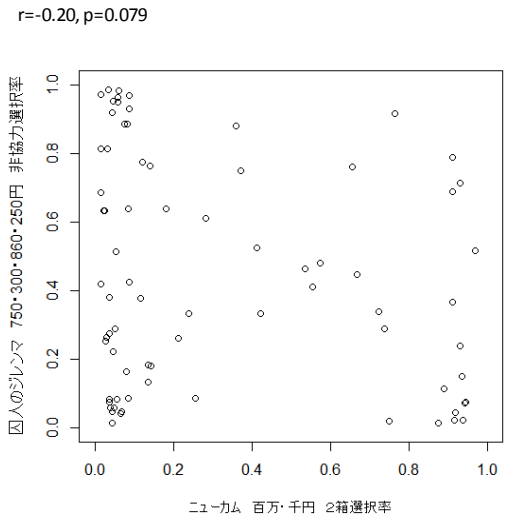



図 50 比較ペア 1）ニューカム問題（closed box 百万・open box 千円）の 2 箱選択率と囚人のジレンマ問題（相互協力 750・相互非協力 300・自分だけ非協力 850・自分だけ協力 250 円）の非協力率の散布図

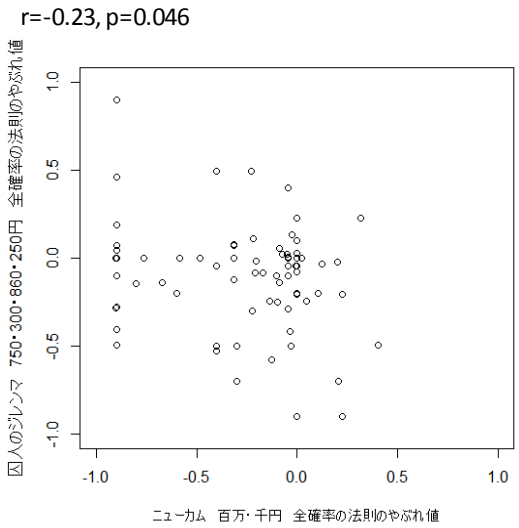



図 51 比較ペア 1）ニューカム問題（closed box 百万・open box 千円）と囚人のジレンマ（相互協力 750・相互非協力 300・自分だけ非協力 850・自分だけ協力 250 円）の非協力率の全確率の法則のやぶれ値散布図

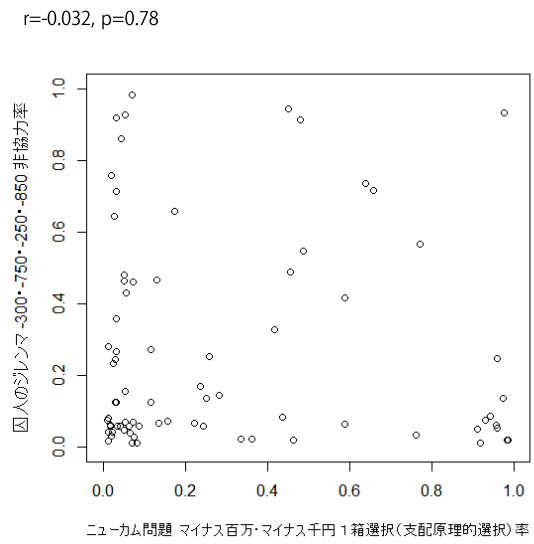



図 52 比較ペア 2）ニューカム問題（closed box マイナス百万・open box マイナス千円）の 2 箱選択率と囚人のジレンマ（相互協力 -300・相互非協力 -750・自分だけ非協力 -250・自分だけ協力 -850 円）の非協力率の散布図

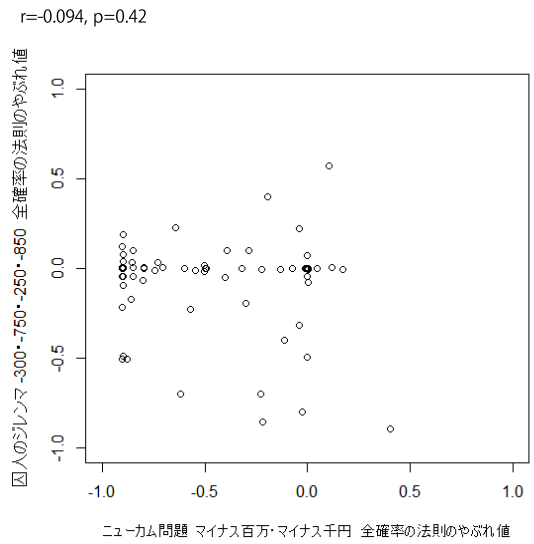



図 53 比較ペア 2）ニューカム問題（closed box マイナス百万・open box マイナス千円）と囚人のジレンマ（相互協力 -300・相互非協力 -750・自分だけ非協力 -250・自分だけ協力 -850 円）の非協力率の全確率の法則のやぶれ値散布図

次に，囚人のジレンマ問題とニューカム問題の金額条件を同等にした場合の選択の相関を確認する．比較ペア 3）の正の利得条件では，選択率，全確率の法則のやぶれ値ともに相関はみられなかった（選択率の相関分析：$r$=0.16, $p$=0.29；図 54； 全確率の法則のやぶれ値の相関分析：$r$=0.13, $p$=0.39；図 55)．比較ペア 4）の正の利得条件では，ニューカム問題の 2 箱選択率と囚人のジレンマ問題の非協力率の間には相関関係がみられ（$r$=0.31, $p$=0.038; 図 56)，全確率の法則のやぶれ値には負の相関関係がみられなかった（$r$=0.17, $p$=0.26; 図 57)．比較ペア 5）の負の利得条件では，選択率，全確率の法則のやぶれ値ともに相関はみられなかった（選択率の相関分析：$r$= -0.042, $p$=0.78；図 58； 全確率の法則のやぶれ値の相関分析：$r$=0.19, $p$=0.22；図 59)．

以上のように，ニューカム問題の 2 箱選択率と囚人のジレンマ問題の非協力率が個人内で相関していたのは 5 対の利得条件中 1 対のみで，Tversky & Shafir（1992）や Goldberg et al.（2005）と同様に一貫性のない結果であった．また，全確率の法則のやぶれ値が相関していたのも 5 対

の利得条件中 1 対であり，ニューカム問題と囚人のジレンマ問題間で全確率の法則のやぶれ値が個人内で明確に一貫しているとはいえない.

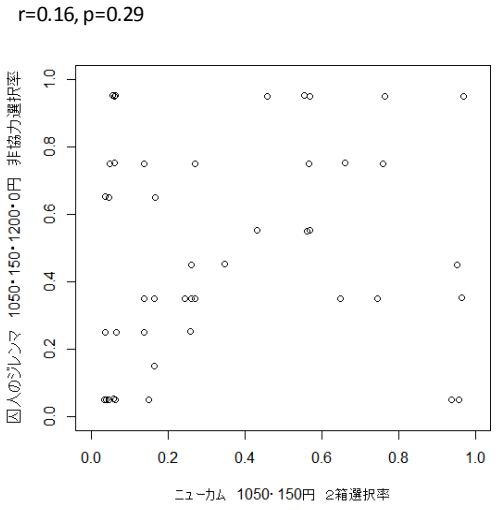



図 54 比較ペア 3）ニューカム問題（closed box 1050・open box 150 円）の 2 箱選択率と囚人のジレンマ（相互協力 1050・相互非協力 150・自分だけ非協力 1200・自分だけ協力 0 円）の非協力率の散布図.

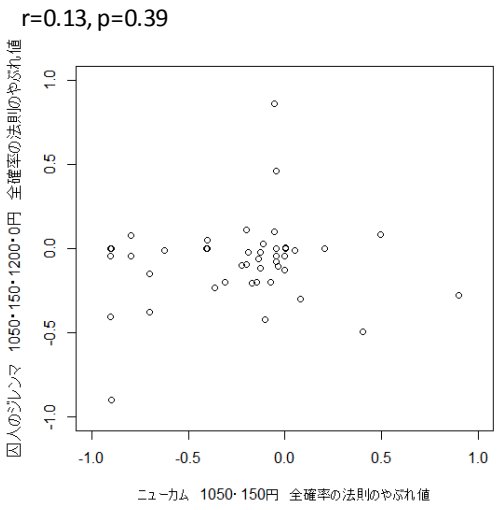



図 55 比較ペア 3）ニューカム問題（closed box 1050・open box 150 円）と囚人のジレンマ（相互協力 1050・相互非協力 150・自分だけ非協力 1200・自分だけ協力 0 円）の非協力率の全確率の法則のやぶれ値散布図.

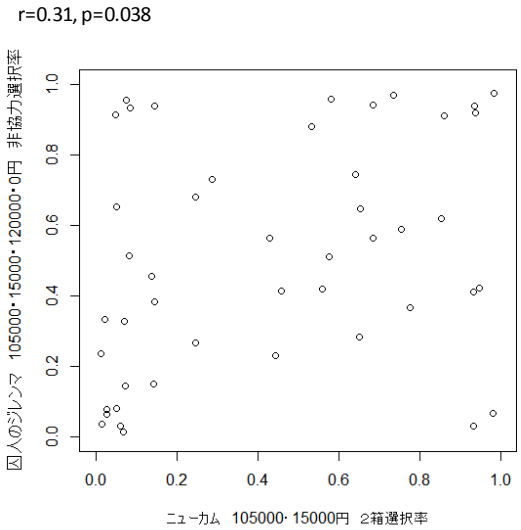



図 56 比較ペア 4）ニューカム問題（closed box 105000・open box 15000 円）の 2 箱選択率と囚人のジレンマ（相互協力 105000・相互非協力 15000・自分だけ非協力 1200000・自分だけ協力 0 円）の非協力率の散布図.

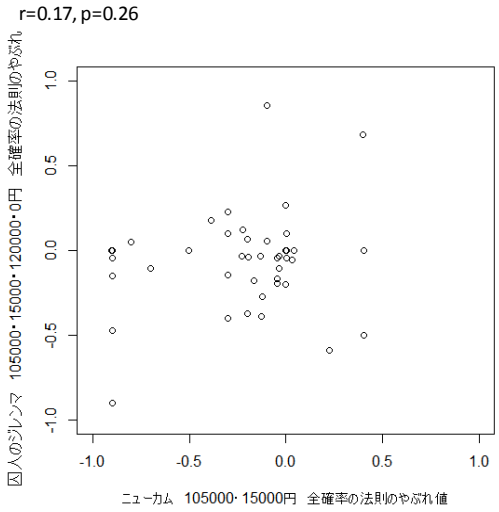



図 57 比較ペア 4）ニューカム問題（closed box 105000・open box 15000 円）と囚人のジレンマ（相互協力 105000・相互非協力 15000・自分だけ非協力 1200000・自分だけ協力 0 円）の非協力率の全確率の法則のやぶれ値散布図.

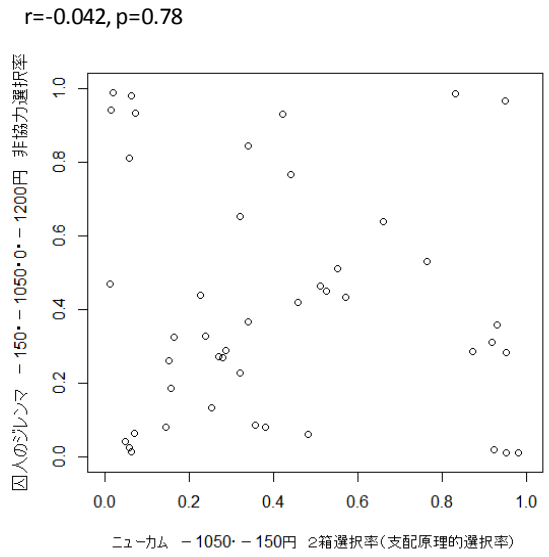



図 58 比較ペア 5）ニューカム問題（closed box -1050・open box -150 円）の 2 箱選択率と囚人のジレンマ（相互協力 -150・相互非協力 -1050・自分だけ非協力 0・自分だけ協力 -1200 円）の非協力率の散布図.

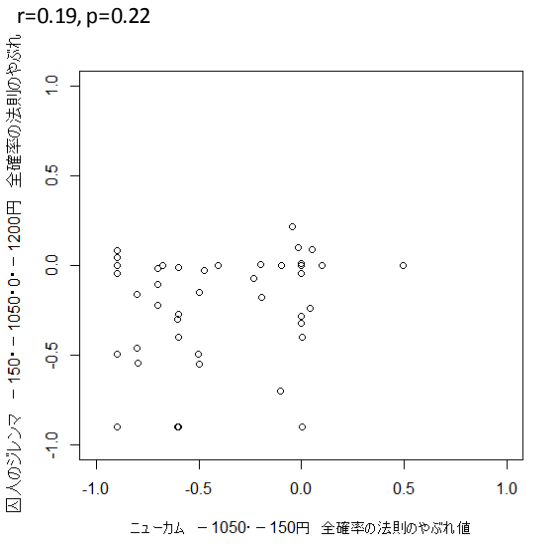


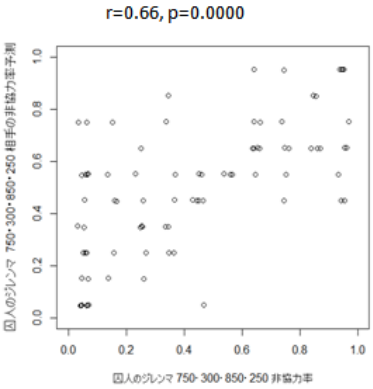

図 59 比較ペア 5）ニューカム問題（closed box -1050・open box -150 円）と囚人のジレンマ（相互協力 -150・相互非協力 -1050・自分だけ非協力 0・自分だけ協力 -1200 円）の非協力率の全確率の法則のやぶれ値散布図.

### 5-4-3. 検討事項4−3）ニューカム問題における箱の中身についての予測と 2 箱選択率は相関するか

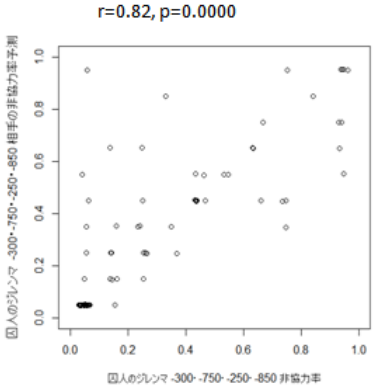
まず，囚人のジレンマ問題における選択と相手の選択についての予測との相関を確認した．5 つの金額条件すべてにおいて，非協力を選択する度合いと相手が非協力するだろうと予測する度合いの間に相関がみられた（図 60）．次にニューカム問題における選択と箱の中身についての予測との相関を確認した．本研究のニューカム問題で箱の中身がないと思う度合いを聞いた 5 つの金額条件のすべてにおいて，2 箱選択率と箱の中身がないと思う度合いの間に相関が見られた（図 61）.

予測と選択の間に一貫した相関がみられるのだから，ニューカム問題における予測と囚人のジレンマ問題における予測の間に相関がある条件において選択の相関もみられるのではないか．この点を確認した結果，利得が同一にした 3 条件のうち正の利得をもつ 2 つの条件（1050・150

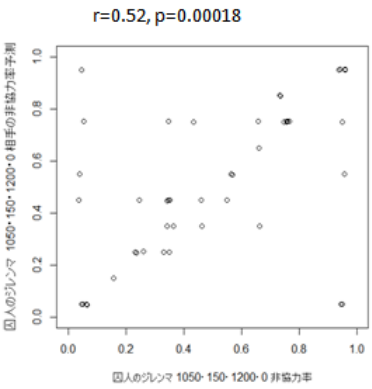
円の条件と 105000・15000 円の条件）において予測の相関がみられた（図 62）．このうちの 1 つ（105000・15000 円の条件）が，選択の相関がみられた唯一の条件である．また，ニューカム問題においても，囚人のジレンマ問題においても，異なる金額条件間（正の利得をもつ 3 条件）で参加者の選択は相関しており，さらに予測も相関していた（図 63，図 64）．以上の結果から，予測が似ていれば選択も似ることが示唆された．



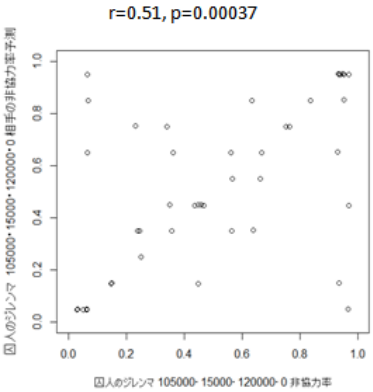

相互協力 750・相互非協力 300・自分だけ非協力 850・自分だけ協力 250 円



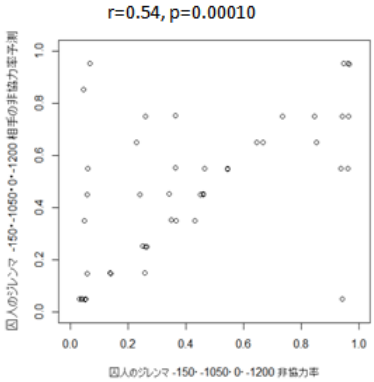

相互協力 -300・相互非協力 -750・自分だけ非協力 -250・自分だけ協力 -850 円




相互協力 1050・相互非協力 150・自分だけ非協力 1200・自分だけ協力 0 円



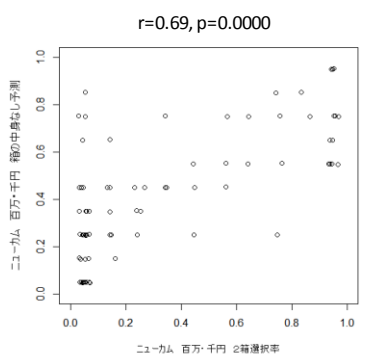

相互協力 105000・相互非協力 15000・自分だけ非協力 1200000・自分だけ協力 0 円



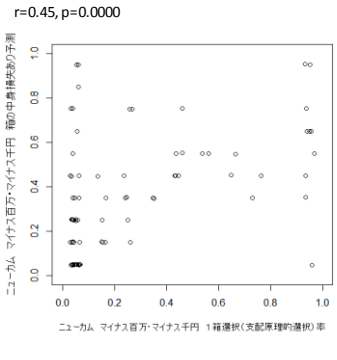

相互協力 -150・相互非協力 -1050・自分だけ非協力 0・自分だけ協力 -1200 円

図 60 囚人のジレンマ問題における非協力率と相手の非協力の予測率の散布図と相関係数

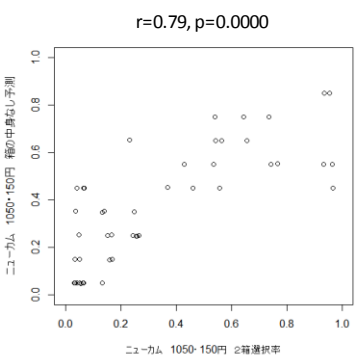
5 実験の結果



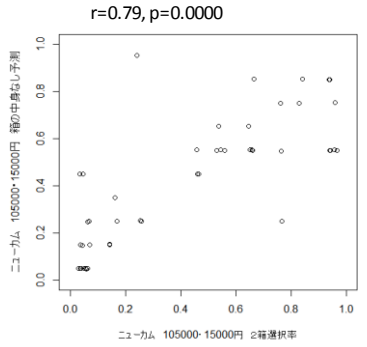

closed box 百万・open box 千円



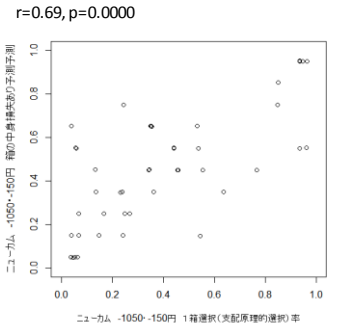

closed box マイナス百万・open box マイナス千円




closed box 1050・open box 150 円




closed box 105000・open box 15000 円




closed box -1050・open box -150 円

図 61 ニューカム問題における 2 箱選択率（支配原理的選択率）と箱の中身なし予測確率の散布図

## 5 実験の結果

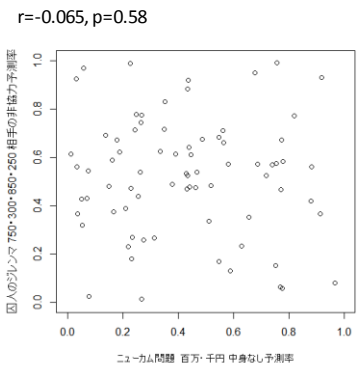
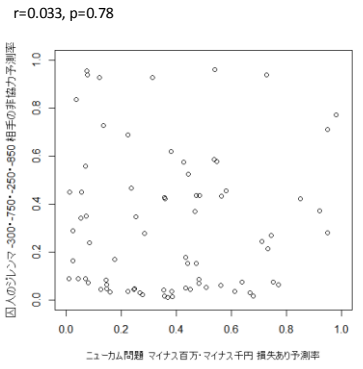
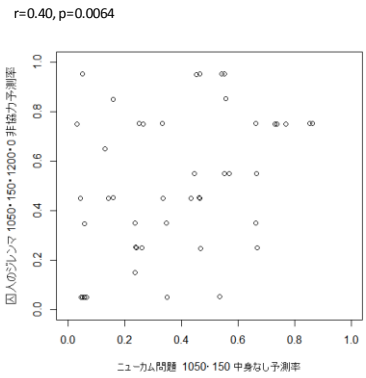
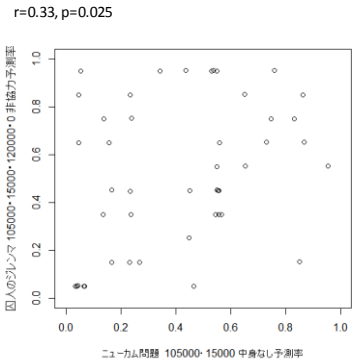
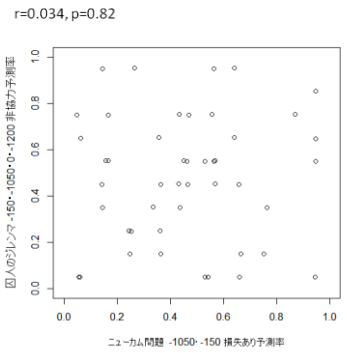
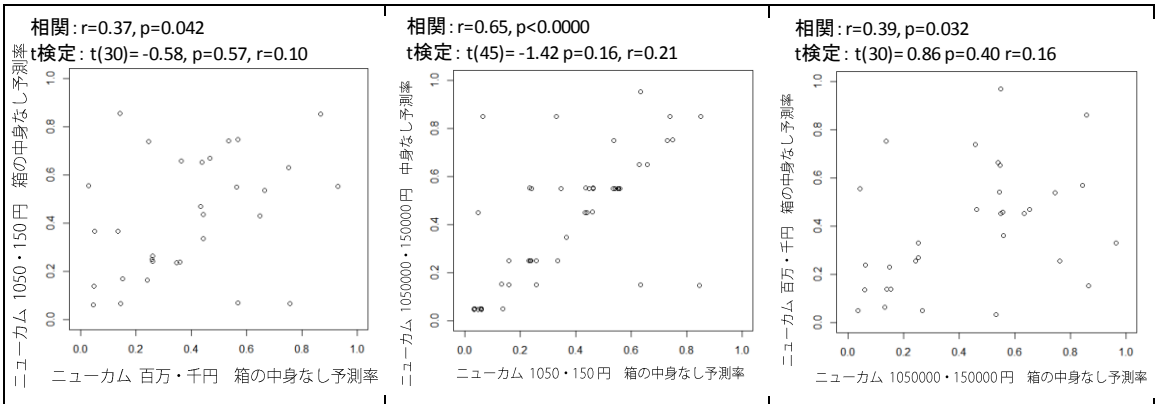
<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>比較ペア 1）ニューカム問題：closed box 百万・open box 千円．囚人のジレンマ問題：相互協力 750・相互非協力 300・自分だけ非協力 850・自分だけ協力 250 円</td>
<td>比較ペア 2）ニューカム問題：closed box マイナス百万・open box マイナス千円．囚人のジレンマ問題：相互協力 -300・相互非協力 -750・自分だけ非協力 -250・自分だけ協力 -850 円</td>
<td>比較ペア 3）ニューカム問題：closed box 1050・open box 150 円．囚人のジレンマ問題：相互協力 1050・相互非協力 150・自分だけ非協力 1200・自分だけ協力 0 円</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>比較ペア 4）ニューカム問題：closed box 105000・open box 15000 円．囚人のジレンマ問題：相互協力 105000・相互非協力 15000・自分だけ非協力 1200000・自分だけ協力 0 円</td>
<td>比較ペア 5）ニューカム問題：closed box -1050・open box -150 円．囚人のジレンマ問題：相互協力 -150・相互非協力 -1050・自分だけ非協力 0・自分だけ協力 -1200 円</td>
<td></td>
</tr>
</table>

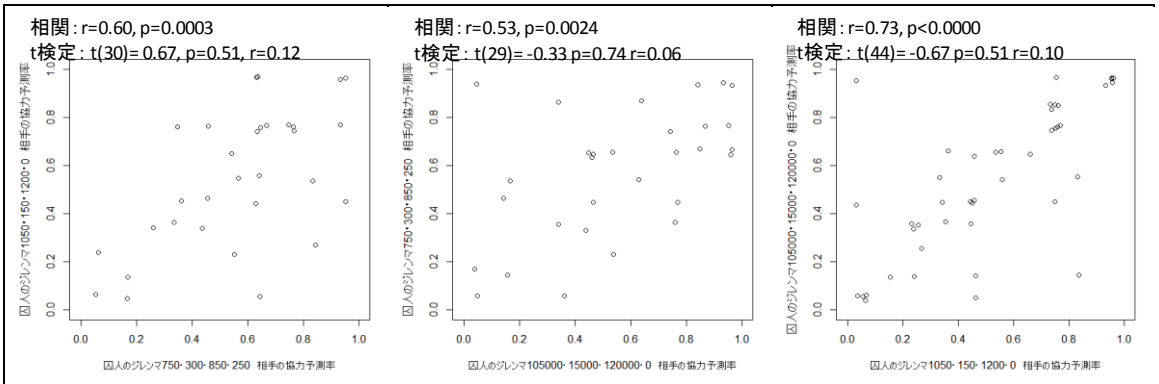
図 62 ニューカム問題と囚人のジレンマ問題における予測率（箱の中身がないと思う度合い・相手が非協力すると思う度合い）の散布図と相関

5 実験の結果




| | | |
|---|---|---|
| closed box 百万・open box 千円と closed box 1050・open box 150 円 | closed box 1050・open box 150 円と closed box 105000・open box 15000 円 | closed box 105000・open box 15000 円と closed box 百万・open box 千円 |

図 63 ニューカム問題の 3 つの正の利得条件における条件間の箱の中身なし予測確率の散布図. 全ての対の間に相関がみられ，すべての対の間に平均値の差はみられなかった.




| | | |
|---|---|---|
| 相互協力 1050・相互非協力 150・自分だけ非協力 1200・自分だけ協力 0 円と 相互協力 750・相互非協力 300・自分だけ非協力 850・自分だけ協力 250 円 | 相互協力 105000・相互非協力 15000・自分だけ非協力 1200000・自分だけ協力 0 円と 相互協力 750・相互非協力 300・自分だけ非協力 850・自分だけ協力 250 円 | 相互協力 1050・相互非協力 150・自分だけ非協力 1200・自分だけ協力 0 円と 相互協力 105000・相互非協力 15000・自分だけ非協力 1200000・自分だけ協力 0 円 |

図 64囚人のジレンマ問題の3つの正の利得条件における条件間の相手の非協力予測確率の散布図. 全ての対の間に相関がみられ，すべての対の間に平均値の差はみられなかった.

## 5-5. 目的 5 に対応する結果

### 5-5-1. 検討事項5−1）ハワイ問題とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか

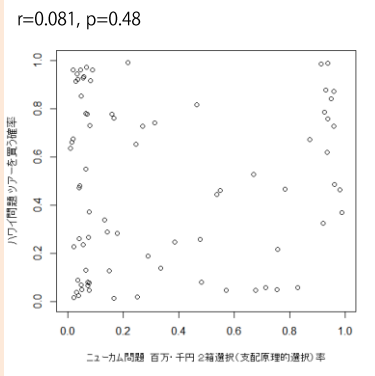
まず，ハワイツアーを買う度合いを確率に変換した平均値は試験の結果が不明の場合で0.48，合格の場合で0.55，不合格の場合で0.57だった．1から5の回答を「買う」に分類し，6から10の回答を「買わない」に分類した結果，買うに分類された回答者の割合は試験の結果が不明の場合で0.46，合格の場合で0.57，不合格の場合で0.57だった（表 45）．全確率の法則のやぶれ値の平均は-0.07で0ではなかった（$t(76)=-2.82$, $p=0.0061$, $r=0.31$）．

当然原理の前件を満たす回答が後件も満たしていたかを確認する．まず，試験の結果が合格の場合と不合格の場合の両方において買う（10点尺度の1から5）を選択したのは79名中36名（46%），そのうち32名（41%）がさらに不明の場合にも買うを選択した．試験の結果が合格の場合と不合格の場合の両方において買わない（10点尺度の6から10）を選択したのは79名中25名（32%），そのうち24名（30%）がさらに不明の場合にも買わないを選択した．つまり，買う・買わないの2分類にして当然原理のやぶれをみた場合，前件を満たした回答は79名中61名（77%）で，これを1とすると，そのうち後件を満たさないのは8%（5名）だった．本研究では，全確率の法則のやぶれ値は0ではないことが示されたが，Tversky & Shafir（1992）の結果と比べると当然原理をやぶる回答は少数であった．

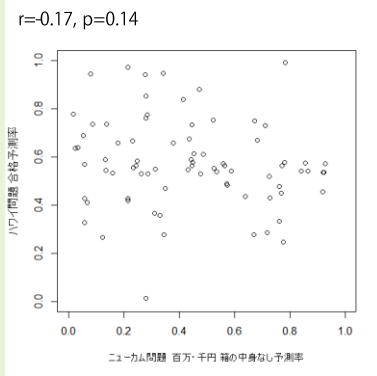
ニューカム問題とハワイ問題の選択の相関，結果の予測の相関，全確率の法則のやぶれ値の相関はいずれも確認されなかった（図 65）．一方，ニューカム問題や囚人のジレンマ問題と同様に，ハワイ問題での選択と結果の予測の相関がみられた（図 66）．

表 45 ハワイ問題に対する回答を確率に変換した値の平均．全確率の法則のやぶれ値．回答を買う・買わないのどちらかに分類した人数．

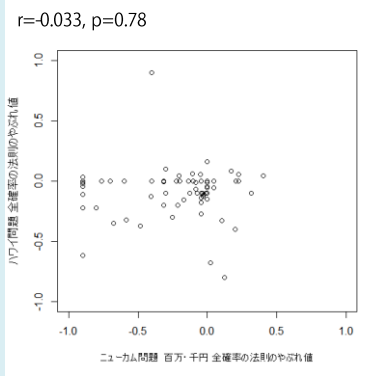
| 実験２・３ハワイ問題 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ※1：欠損値1，※2：欠損値2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|



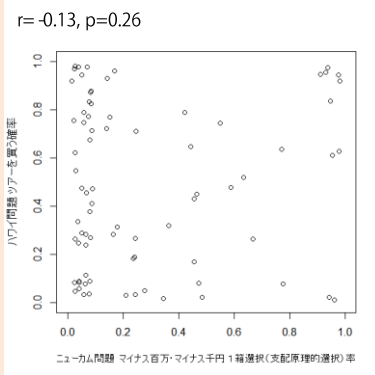

ニューカム問題（closed box 百万・open box 千円）の 2 箱選択率
× ハワイ問題の買う選択率



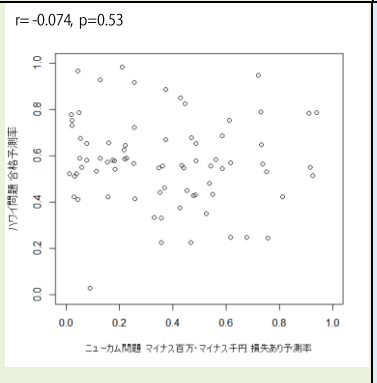

ニューカム問題（closed box 百万・open box 千円）の中身なし予測率
× ハワイ問題の合格予測率



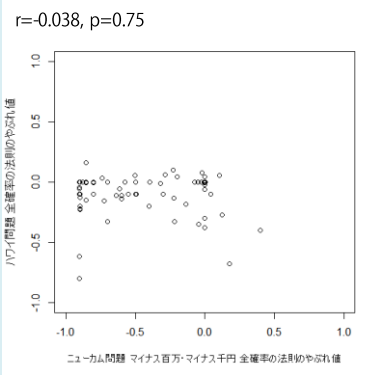

ニューカム問題（closed box 百万・open box 千円）の全確率の法則のやぶれ値
× ハワイ問題の全確率の法則のやぶれ値




ニューカム問題（closed box マイナス百万・open box マイナス千円）の 1 箱選択率 × ハワイ問題の買う選択率




ニューカム問題（closed box マイナス百万・open box マイナス千円）の損失あり予測率×ハワイ問題の合格予測率




ニューカム問題（closed box マイナス百万・open box マイナス千円））の全確率の法則のやぶれ値 × ハワイ問題の全確率の法則のやぶれ値

図 65 ニューカム問題とハワイ問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値の散布図.

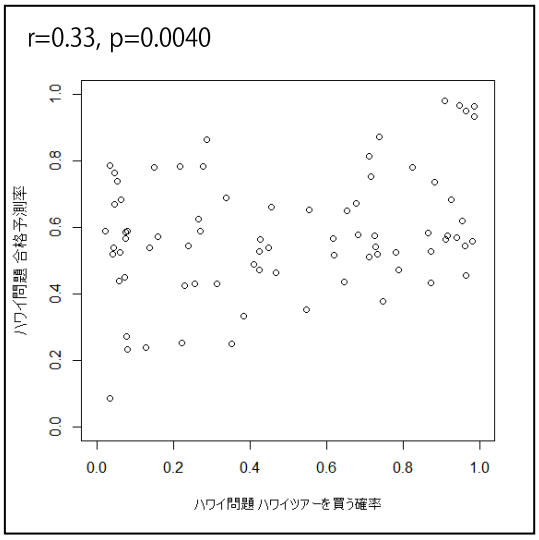



図 66 ハワイ問題におけるツアーを買う確率と試験結果の合格予測率の散布図と相関係数

### 5-5-2. 検討事項5−2) 2段階ギャンブル問題とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか

まず, 2回目のギャンブルを行う度合いを確率に変換した平均値は1回目の結果が不明の場合で0.53，勝ちの場合で0.59，負けの場合で0.53だった．1から5の回答を「行う」に分類し，6から10の回答を「行わない」に分類した結果，行うに分類された回答者の割合は1回目の結果が不明の場合で0.57，勝ちの場合で0.62，負けの場合で0.56だった（表 46）．全確率の法則のやぶれ値の平均は-0.04で0でないとはいえなかった（$t(77)=-1.28$, $p=0.21$, $r=0.14$）.

当然原理の前件を満たす回答が後件も満たしていたかを確認した．まず，1回目の結果が勝ちの場合と負けの場合の両方で行う（10点尺度の1から5）を選択したのは79名中33名（42%）で，そのうち31名（40%）がさらに不明の場合にも行うを選択した．1回目の結果が勝ちの場合と負けの場合の両方で行わない（10点尺度の6から10）を選択したのは79名中19名（24%）で，そのうち15名（19%）がさらに不明の場合にも行わないを選択した．つまり，行う・行わないの2分類にして当然原理のやぶれをみた場合，前件を満たした回答は79名中52名（66%）で，これを100%とすると，そのうち後件を満たさないのは11%（6名）だった．以上のように，本研究の結果からは，全確率の法則のやぶれ値は0ではないとはいえず，Tversky & Shafir

（1992）の結果と比べても当然原理をやぶる回答は少数であった.

次に，ニューカム問題における回答と 2 段階ギャンブル問題における回答の類似性を検討した．ニューカム問題の 2 条件と 2 段階ギャンブル問題の選択の相関分析，結果についての予測の相関分析，全確率の法則のやぶれ値の相関分析をそれぞれ行った（図 67）．相関が見られたのは，ニューカム問題の正の利得条件（closed box 百万・open box 千円）で箱の中身が入っていると予測する度合いと，2 段階ギャンブル問題で 1 回目の結果が勝ちであると予測する度合いの間（$r$=-0.29, $p$=0.010）のみであった.

2 段階ギャンブルでの選択と 1 回目の結果が勝ちであると予測する程度の間には相関が見られた．これは，ニューカム問題，囚人のジレンマ問題，ハワイ問題と同様の結果である（図 68）.

表 46　2 段階ギャンブル問題に対する回答を確率に変換した値の平均．全確率の法則のやぶれ値．回答を行う・行わないのどちらかに分類した人数．

| 実験２・３ ２段階ギャンブル問題 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ※1：欠損値1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 次のギャンブルを行う | | | | | | | | |
| | | | | | | | 1回目の結果が不明の場合 | | 1回目の結果が勝ちの場合 | | 1回目の結果が負けの場合 | | 1回目の結果が不明の場合に勝ちだと思う | 全確率の法則のやぶれ(個人ごとに算出) | やぶれは０ではないかどうか１群のT検定 | 全確率の法則のやぶれ(平均値から算出) |
| n=79 (女18) | 平均 (SD) | | 確率 | | | | 0.53 (0.31) | | 0.59 (0.34) | | 0.53 (0.32) | | 0.53 (0.18) | ※1 -0.04 (0.27) | t値 -1.2759 | -0.03 |
| | | | | | | | | | | | | | ※1 0.53 (0.18) | | p値 0.2058 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 自由度 77 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 効果量r 0.14 | |
| | 回答分類 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 人 (割合) | 行う(1-5) | | | | 45 (0.57) | | 49 (0.62) | | 44 (0.56) | | 45 (0.58) | 勝ちだと予測(1-5) | | |
| | | 人 (割合) | 行わない(6-10) | | | | 34 (0.43) | | 30 (0.38) | | 35 (0.44) | | 33 (0.42) | 負けだと予測(6-10) | | |
| | | 人 (割合) | 勝ちの場合も負けの場合も行う | | | | | | 33 (0.42) | | | | | | | |
| | | 人 (割合) | さらに不明の場合も行う | | | | | | 31 (0.40) | | | | | | | |
| | | 人 (割合) | 勝ちの場合も負けの場合も行わない | | | | | | 19 (0.24) | | | | | | | |
| | | 人 (割合) | さらに不明の場合も行わない | | | | 15 (0.19) | | | | | | | | | |

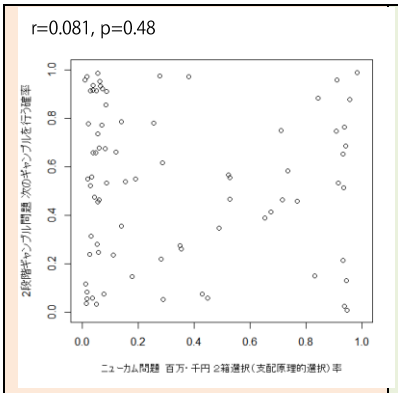
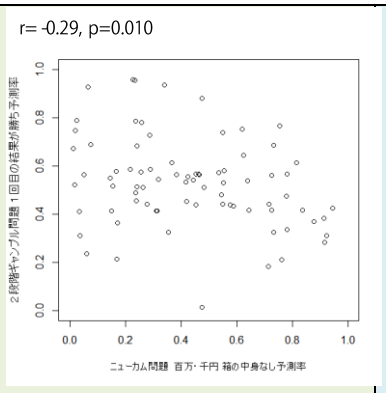
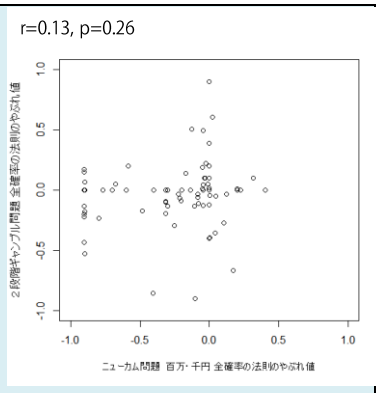
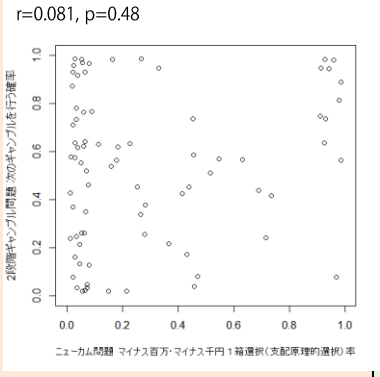
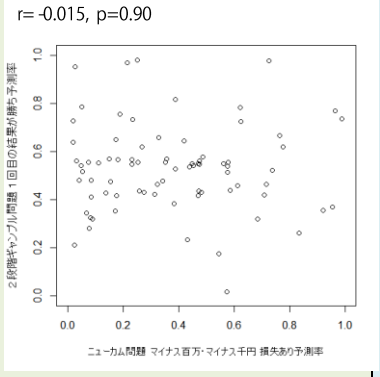
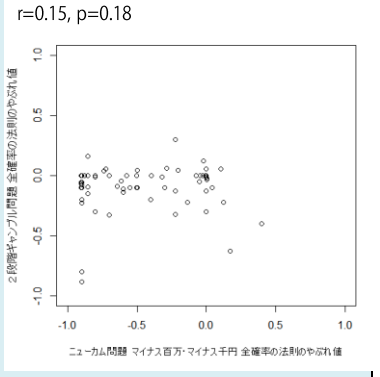
| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| ニューカム問題(closed box 百万・open box 千円）の 2 箱選択率<br>× 2 段階ギャンブル問題で次のギャンブルを行う確率 | ニューカム問題（closed box 百万・open box 千円）の中身なし予測率<br>× 2 段階ギャンブル問題の 1 回目の結果勝ち予測率 | ニューカム問題（closed box 百万・open box 千円）の全確率の法則のやぶれ値<br>× 2 段階ギャンブル問題の全確率の法則のやぶれ値 |
|  |  |  |
| ニューカム問題(closed box マイナス百万・open box マイナス千円）の 1 箱選択率 × 2 段階ギャンブル問題で次のギャンブルを行う確率 | ニューカム問題（closed box マイナス百万・open box マイナス千円）の損失あり予測率× 2 段階ギャンブル問題の 1 回目の結果勝ち予測率 | ニューカム問題（closed box マイナス百万・open box マイナス千円)）の全確率の法則のやぶれ値 × 2 段階ギャンブル問題の全確率の法則のやぶれ値 |

図 67 ニューカム問題と 2 段階ギャンブル問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値の散布図.

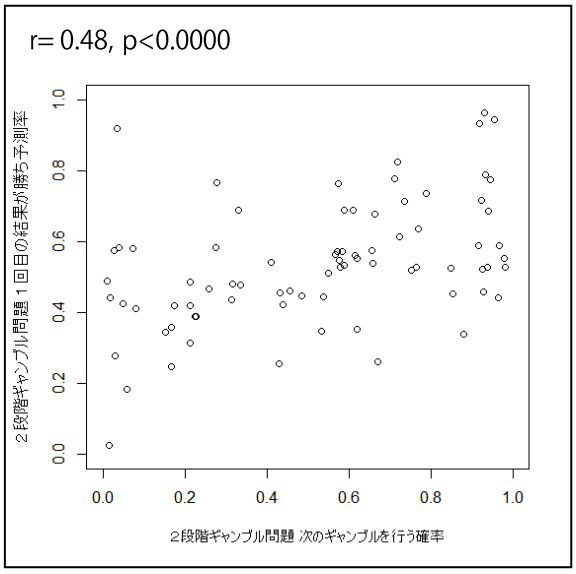



図 68 2段階ギャンブル問題における次のギャンブルを行う確率と1回目の結果が勝ちであると予測する確率の散布図と相関係数

### 5-5-3. 検討事項5−3）エルスバーグ問題とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか

先行研究で示された独立性公理のやぶれ―あいまいさ回避選択―が再現されるかどうか, そのやぶれは条件のあいまいさの程度によって変化するかどうかをまず検討する. 続いて全確率の法則のやぶれおよびニューカム問題との選択などの相関を検討する. 最後に通常版と改訂版（「選択と得られる帰結の間に因果関係がない」ことを明示したもの）に対する選択の違いを検討する.

表 47　エルスバーグ問題に対する回答を確率に変換した値の平均．全確率の法則のやぶれ値．

| 実験２・３－１ エルスバーグ問題 | | 青と緑の玉の割合不明 | 青が多い場合 | 青が多くない場合 | 全部青の場合 | 青が０の場合 | 割合が不明の場合に青が多いと思う度合い | 全確率の法則のやぶれ(個人ごとに算出) | やぶれは０ではないかどうか１群のT検定 | | | 全確率の法則のやぶれ(平均値から算出) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ※1 | ※1 | ※1 | ※2 | ※1 | ※1 | t値 | 自由度 | 効果量r | ※1 |
| n=79(女18) | ルールAB選択でルールBを選ぶ度合 | 0.31 | 0.85 | 0.16 | 0.89 | 0.08 | 0.43 | -0.13 | -3.99 | 40 | | -0.14 |
| | | (0.22) | (0.15) | (0.18) | (0.12) | (0.11) | (0.15) | (0.21) | 0.0003 | 0.53 | | |
| ※1：実験３-１でのみ測定した項目のため n=41(女13) ※2：※1の欠損値1 n=40(女13) | ルールCD選択でルールDを選ぶ度合 | 0.66 | 0.77 | 0.28 | 0.87 | 0.07 | 0.52 | 0.15 | 3.52 | 40 | | 0.15 |
| | | (0.28) | (0.26) | (0.32) | (0.15) | (0.07) | (0.15) | (0.26) | 0.0011 | 0.49 | | |
| | B選択の度合いとD選択の度合いに違いがあるか２群のT検定 | -8.05 | -2.61 | 1.80 | 1.30 | 1.36 | -2.61 | | | | | |
| | | 78 | 40 | 40 | 39 | 39 | 40 | | | | | |
| | | 0.0000 | 0.0126 | 0.0797 | 0.2005 | 0.1830 | 0.0126 | | | | | |
| | | 0.67 | 0.38 | 0.27 | 0.20 | 0.21 | 0.38 | | | | | |

表 48 エルスバーグ問題に対する回答を 2 分類し頻度をまとめた.

| 実験 2・実験 3－1 エルスバーグ問題<br>n=79<br>※1: 実験 3－1 でのみ測定した項目 n=41(女13)<br>※2: ※1において欠損値1 n=40 | | | 青と緑の玉の割合不明 | 青が多い場合 | 青が多くない場合 | 全部青の場合 | 青が 0 の場合 | 割合が不明の場合の予測 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 回答分類 | 【ルールA・B問題　回答頻度】 | | | ※1 | ※1 | ※1 | ※1 | ※1 |
| ルールAとBのどちらを選ぶか | ルールA(1-5)（赤い玉がでたら千円） | 人（割合） | 68 (0.86) | 2 (0.05) | 38 (0.93) | 2 (0.05) | 40 (0.98) | 27 (0.66) 青が多くないと予測 |
| | ルールB(6-10)（青い玉がでたら千円） | 人（割合） | 11 (0.14) | 39 (0.95) | 3 (0.07) | 39 (0.95) | 1 (0.02) | 14 (0.34) 青が多いと予測 |
| ルールCとDのどちらを選ぶか | 【ルールC・D問題　回答頻度】 | | | ※1 | ※1 | ※2 | ※2 | ※1 |
| | ルールC(1-5)（赤い玉か緑の玉がでたら千円） | 人（割合） | 20 (0.25) | 4 (0.10) | 32 (0.78) | 2 (0.05) | 40 (1.00) | 21 (0.51) 青が多くないと予測 |
| | ルールD(6-10)（青い玉か緑の玉がでたら千円） | 人（割合） | 59 (0.75) | 37 (0.90) | 9 (0.22) | 38 (0.95) | 0 (0.00) | 20 (0.49) 青が多いと予測 |
| 独立性公理を満たす | 【独立性公理を満たす回答の頻度】 | | | ※1 | ※1 | ※2 | ※2 | ※1 |
| | ルールA選択　かつ　ルールC選択 | 人（割合） | 17 (0.22) | 0 (0.00) | 31 (0.76) | 1 (0.03) | 39 (0.98) | 16 (0.39) ABでも，CDでも青が多くないと予測 |
| | ルールB選択　かつ　ルールD選択 | 人（割合） | 8 (0.10) | 35 (0.85) | 2 (0.05) | 37 (0.93) | 0 (0.00) | 9 (0.22) ABでも，CDでも青が多いと予測 |
| 独立性公理を満たさない | ルールA選択　かつ　ルールD選択 | 人（割合） | 51 (0.65) | 2 (0.05) | 7 (0.17) | 1 (0.03) | 0 (0.00) | 11 (0.27) ABでは青が多くないCDでは青多いと予測 |
| | ルールB選択　かつ　ルールC選択 | 人（割合） | 3 (0.04) | 4 (0.10) | 1 (0.02) | 1 (0.03) | 1 (0.03) | 5 (0.12) ABでは青が多いCDでは青が多くないと予測 |

表 49 エルスバーグ問題において当然原理の前件・後件を満たす回答の頻度

| 実験３－１ エルスバーグ問題<br>n=41(女13) | | | | 人 (割合) |
|---|---|---|---|---|
| 回答分類 | ルールA選択者について | 当然原理の前件を満たす(青が多い場合も多くない場合もルールA選択) | 人<br>(割合) | 0<br>(0.00) |
| | | そのうち後件も満たす(さらに不明の場合もルールA選択) | 人<br>(割合) | 0<br>(0.00) |
| | ルールB選択者について | 当然原理の前件を満たす(青が多い場合も多くない場合もルールA選択) | 人<br>(割合) | 1<br>(0.02) |
| | | そのうち後件も満たす(さらに不明の場合もルールA選択) | 人<br>(割合) | 1<br>(0.02) |
| | ルールC選択者について | 当然原理の前件を満たす(青が多い場合も多くない場合もルールA選択) | 人<br>(割合) | 1<br>(0.02) |
| | | そのうち後件も満たす(さらに不明の場合もルールA選択) | 人<br>(割合) | 1<br>(0.02) |
| | ルールD選択者について | 当然原理の前件を満たす(青が多い場合も多くない場合もルールA選択) | 人<br>(割合) | 6<br>(0.15) |
| | | そのうち後件も満たす(さらに不明の場合もルールA選択) | 人<br>(割合) | 5<br>(0.12) |

不明条件において，ルール B を選択する度合いの平均は 0.31（SD=0.22）と 0.5 よりも小さく（平均値 0.5 を帰無仮説とする 1 群の両側 T 検定： $t(78)=-7.42, p<0.0000, r=0.64$），ルール A を選択した回答者は 79 人中 68 人（0.86）と大多数をしめた．また，ルール D を選択する度合いの平均は 0.66（SD=0.28）と 0.5 よりも大きく（平均値 0.5 を帰無仮説とする 1 群の両側 T 検定： $t(78)=5.20, p<0.0000, r=0.51$），ルール D を選択した回答者は 79 人中 59 人（0.75）と大多数をしめた．ルール B を選択する度合いとルール D を選択する度合いの間には明らかな違いがみられ（2 群の両側 T 検定： $t(78)=-8.05, p<0.0000, r=0.67$），ルール A 選択かつルール D 選択

の組み合わせをした回答者は 79 人中 51 人（65%）と過半数であった．このように先行研究の結果と同じように，独立性公理がやぶられ，「あいまいさ回避」の回答傾向が示された．

「つぼの中の青い玉が緑の玉よりも多い場合」において，ルール B を選択する度合いの平均は 0.85（SD=0.15）で，不明条件でのルール B 選択度合いの平均値よりも大きかった（$t(40)=-11.69$, $p<0.0000$, $r=0.88$）．ルール D を選択する度合いの平均は 0.77（SD=0.26）で，不明条件でのルール B 選択度合いの平均値よりも大きかった（$t(40)=-1.85$, $p=0.072$, $r=0.28$）．しかし，ルール B を選択する度合いとルール D を選択する度合いには依然として差がみられた（$t(40)=-2.61$, $p=0.0126$, $r=0.38$）が，ルール A とルール C の組み合わせで選択したのは 41 人中 2 人（5%）であった．

「つぼの中の青い玉が緑の玉よりも多くない場合」において，ルール B を選択する度合いの平均は 0.16（SD=0.18）で，不明条件でのルール B 選択度合いの平均値よりも小さかった（$t(40)=3.92$, $p=0.0003$, $r=0.53$）．ルール D を選択する度合いの平均は 0.28（SD=0.32）で，不明条件でのルール B 選択度合いの平均値よりも小さかった（$t(40)=6.26$, $p<0.0000$, $r=0.70$）．ルール B を選択する度合いとルール D を選択する度合いには差がみられず（$t(40)=1.80$, $p=0.0797$, $r=0.27$），ルール A とルール C の組み合わせで選択したのは 41 人中 7 人（17%）であった．

「つぼの中の青い玉が 60 個で緑の玉が 0 個の場合」において，ルール B を選択する度合いの平均は 0.89（SD=0.12）で，「つぼの中の青い玉が緑の玉よりも多い場合」でのルール B 選択度合いの平均値よりも大きかった（$t(40)=-3.78$, $p=0.0005$, $r=0.51$）．ルール D を選択する度合いの平均は 0.87（SD=0.15）で，「つぼの中の青い玉が緑の玉よりも多い場合」でのルール B 選択度合いの平均値よりも大きかった（$t(39)=-2.17$, $p=0.036$, $r=0.33$）．ルール B を選択する度合いとルール D を選択する度合いには差がみられず（$t(39)=1.30$, $p=0.20$, $r=0.20$），ルール A とルール C の組み合わせで選択したのは 40 人中 1 人（3%）であった．

「つぼの中の青い玉が 0 個で緑の玉が 60 個の場合」において，ルール B を選択する度合いの平均は 0.08（SD=0.11）で，「つぼの中の青い玉が緑の玉よりも多くない場合」でのルール B 選択度合いの平均値よりも大きかった（$t(40)=3.80$, $p=0.0005$, $r=0.52$）．ルール D を選択する度合

いの平均は 0.07（SD=0.07）で，「つぼの中の青い玉が緑の玉よりも多くない場合」でのルール B 選択度合いの平均値よりも大きかった（$t(39)=4.39, p=0.0001, r=0.57$）．ルール B を選択する度合いとルール D を選択する度合いには差がみられず（$t(39)=1.36, p=0.18, r=0.21$），ルール A とルール C の組み合わせで選択したのは 40 人中 0 人（0%）であった．以上のように，確率のあいまいさの程度が小さくなると，あいまいさ回避選択の傾向が弱まることが示された．

次に，全確率の法則のやぶれを確認する．まず，ルール B を選択する度合いの平均は不明条件で 0.31，青い玉が多い条件で 0.85，青い玉が多くない条件で 0.16，不明条件で青い玉が多いと思う度合いの平均は 0.43 だった．回答を 2 分類した結果ではルール B を選択した回答者の割合はそれぞれの場合に 0.14, 0.95, 0.07 だった．全確率の法則のやぶれ値の平均は-0.13（SD=0.21）で，0 ではなかった（$t(40)=-3.99, p=0.0003, r=0.53$）．次に，ルール D を選択する度合いの平均はそれぞれの場合に 0.66，0.77，0.28，不明の場合に青い玉が多いと思う度合いの平均は 0.52 だった．回答を 2 分類した結果ではルール D を選択した回答者の割合はそれぞれの場合に 0.75, 0.90，0.22 だった．全確率の法則のやぶれ値の平均は 0.15（SD=0.26）で，0 ではなかった（$t(40)=3.52, p=0.0011, r=0.49$）．

このように，全確率の法則のやぶれ値を算出したが，「つぼの中の青い玉が緑の玉よりも多い場合」の青い玉の個数は 31 から 60 個のいずれかであり，回答者が理由不十分の原理を採用して青い玉の個数を 45.5 個と予測したかどうかは不明である．現に，青い玉が多いと思う度合いの平均は，ルール A と B 間の選択時（0.43）とルール C と D 間の選択時（0.52）で異なっていた（$t(40)=-2.61, p=0.013, r=0.38$）．つまり，つぼの中身についての予測は問題状況によって変化していた．従って，上記の全確率の法則のやぶれ値の算出方法はエルスバーグ問題については適切でない可能性がある．ここでは，不明条件での選択（ルール B を選択する度合いとルール D を選択する度合い）が，青い玉が多い場合と青い玉が多くない場合での選択の中間に位置していたことから，全確率の法則のやぶれは明確でないと示されたにすぎなかった．

当然原理の前件を満たす回答が後件も満たしていたかを確認する．まず，ルール A か B 間の選択について．青い玉が多い場合にも青い玉が多くない場合にもルール A（10 点尺度の 1 から

5）を選択したのは 41 名中 0 名（0%）と前件を満たす回答がなかった．青い玉が多い場合にも青い玉が多くない場合にもルール B（10 点尺度の 6 から 10）を選択したのは 41 名中 1 名（2%）で，その 1 名はさらに不明の場合にもルール B を選択したので当然原理の後件をやぶる回答はなかった．次に，ルール C か D 間の選択について．青い玉が多い場合にも青い玉が多くない場合にもルール C を選択したのは 41 名中 1 名（2%）で，その 1 名はさらに不明の場合にもルール A を選択肢たので当然原理の後件をやぶる回答はなかった．青い玉が多い場合にも青い玉が多くない場合にもルール B を選択したのは 41 名中 6 名（15%）で，そのうち 5 名（12%）はさらに不明の場合にもルール B を選択したので，当然原理の後件をやぶったのは 1 名（2%）であった．以上のように，エルスバーグ問題においては当然原理の前件を満たす回答が少なく，そのうち当然原理をやぶる回答は 1 例だけであり，全確率の法則のやぶれは明確には示されなかった．

## 5 実験の結果

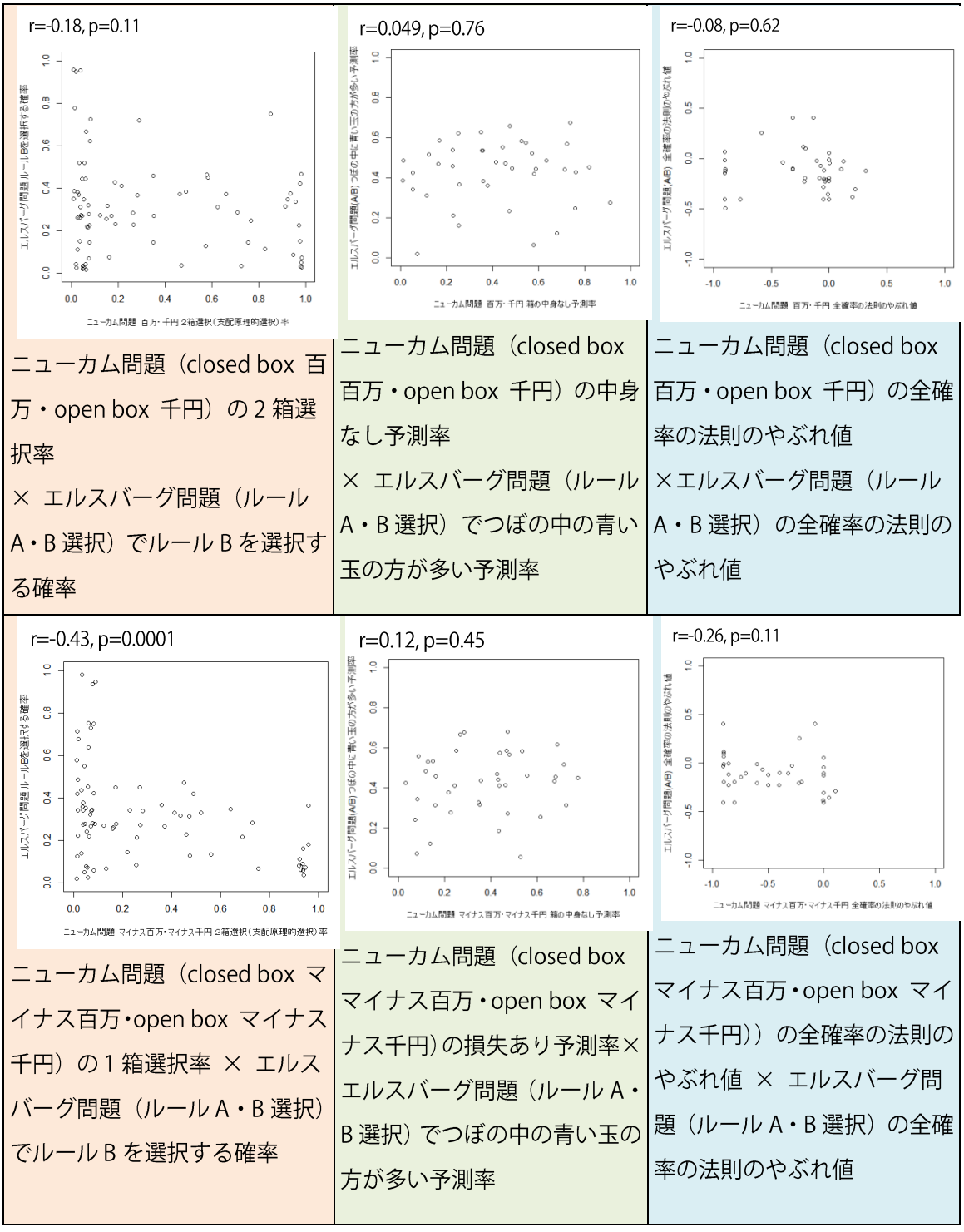



図 69 ニューカム問題とエルスバーグ問題（ルール A と B 間の選択）における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値の散布図.

5 実験の結果




図 70 ニューカム問題とエルスバーグ問題（ルールCとD間の選択）における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値の散布図.

次に，ニューカム問題における回答とエルスバーグ問題における回答の類似性を検討する．ニ

ューカム問題（closed box 百万・open box 千円条件と，closed box マイナス百万・open box マイナス千円条件）とエルスバーグ問題（ルール A と B 間の選択・ルール C と D 間の選択）の選択の相関分析，結果の予測の相関分析，全確率の法則のやぶれ値の相関分析をそれぞれ行った（図 69，図 70）．相関が見られたのは，ニューカム問題（closed box マイナス百万・open box マイナス千円条件）での選択と，エルスバーグ問題（ルール A と B 間の選択）での選択の間（$r$=-0.43, $p$=0.0001）と，ニューカム問題（closed box 百万・open box 千円）での全確率の法則のやぶれ値と，エルスバーグ問題（ルール C と D 間の選択）での全確率の法則のやぶれ値の間（$r$=-0.39, $p$=0.013）の 2 つであった．

エルスバーグ問題（ルール A と B 間の選択）でのルール B 選択の度合いとつぼの中身は青い玉の方が多いと予測する度合いの間には相関が見られた（図 71）．これは，ニューカム問題，囚人のジレンマ問題，ハワイ問題と同様の結果である．一方，エルスバーグ問題（ルール C と D 間の選択）でルール D 選択の度合いとつぼの中身は青い玉の方が多いと予測する度合いの間には相関が見られなかった（図 72）．

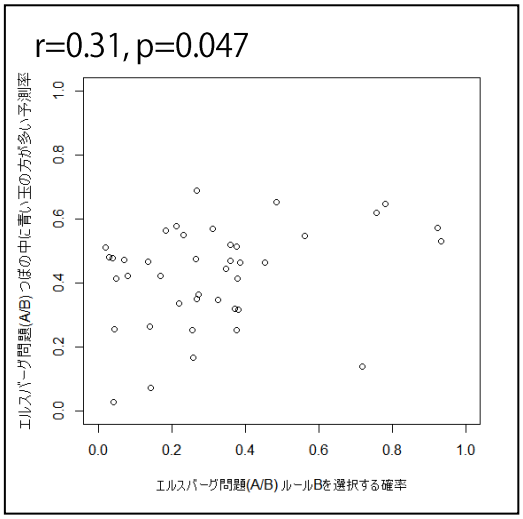



図 71 エルスバーグ問題（ルール A と B 間の選択）におけるルール B 選択率とつぼの中身は青い玉の方が多いと予測する確率の散布図と相関係数

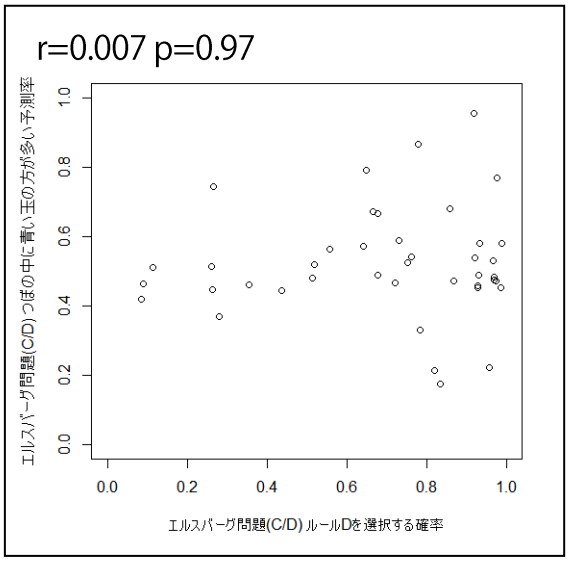



図 72 エルスバーグ問題（ルールＣとＤ間の選択）におけるルールＤ選択率とつぼの中身は青い玉の方が多いと予測する確率の散布図と相関係数

改訂版と通常版のエルスバーグ問題に対する回答に違いが見られるかどうかを確認した. その結果，通常版と改訂版の間で，青と緑の玉の割合が不明な場合に，ルールＢを選択する度合いに違いはみられず（$t(30)=-1.74, p=0.092, r=0.30$），相関がみられ（$r=0.54, p<0.0000$），ルールＤを選択する度合いにも違いはみられず（$t(30)=-0.74, p=0.47, r=0.13$），相関がみられた（$r=0.76, p<0.0000$）．このように，「ツボの中で玉を握っている」状況設定に変えても回答に違いはみられなかった.

表 50 ツボの中で玉を握っているエルスバーグ問題に対する回答を確率に変換した値の平均. 全確率の法則のやぶれ値.

| 実験３－２ ツボの中で玉を握っている状態のエルスバーグ問題 | | 青と緑の玉の割合不明 | 青が多い場合 | 青が多くない場合 | 全部青の場合 | 青が０の場合 | 割合が不明の場合に青が多いと思う度合い | 全確率の法則のやぶれ(個人ごとに算出) | やぶれは０ではないかどうか１群のT検定 | | 全確率の法則のやぶれ(平均値から算出) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | t値 | 自由度 | |
| n=46(女13) | | | | | | | | | p値 | 効果量r | |
| ルールAB選択で | 平均値 | 0.29 | 0.84 | 0.17 | 0.86 | 0.11 | 0.45 | ※1 | -5.77 | 44 | ※1 -0.18 |
| ルールBを選ぶ度合 | (SD) | (0.23) | (0.18) | (0.22) | (0.18) | (0.17) | (0.18) | -0.17 (0.20) | 0.0000 | 0.66 | |
| ルールCD選択で | 平均値 | 0.71 | 0.80 | 0.27 | 0.86 | 0.10 | 0.56 | | 3.95 | 44 | 0.14 |
| ルールDを選ぶ度合 | (SD) | (0.24) | (0.22) | (0.30) | (0.18) | (0.17) | (0.16) | 0.14 (0.24) | 0.0003 | 0.51 | |
| ※1：欠損値1 | t値 | -7.21 | 1.08 | -2.82 | 0.00 | 0.31 | -3.00 | | | | |
| n=45(女13) | 自由度 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 44 | | | | |
| B選択の度合いとD選択の度合いに違いがあるか２群のT検定 | p値 | 0.0000 | 0.2856 | 0.0071 | 1.0000 | 0.7571 | 0.0045 | | | | |
| | 効果量r | 0.73 | 0.16 | 0.39 | 0.00 | 0.05 | 0.41 | | | | |

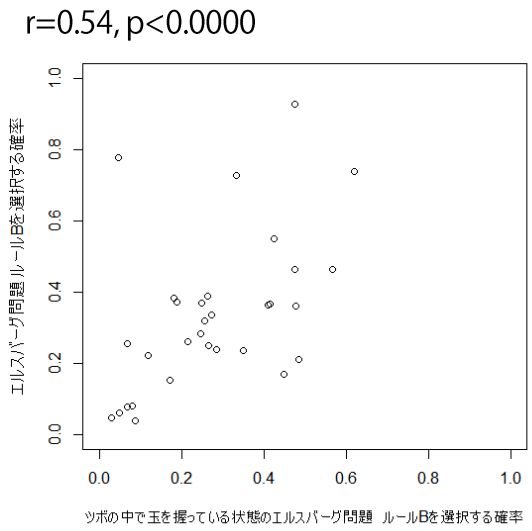



図 73 通常版エルスバーグ問題と改訂版エルスバーグ問題でのルール B 選択率の散布図と相関

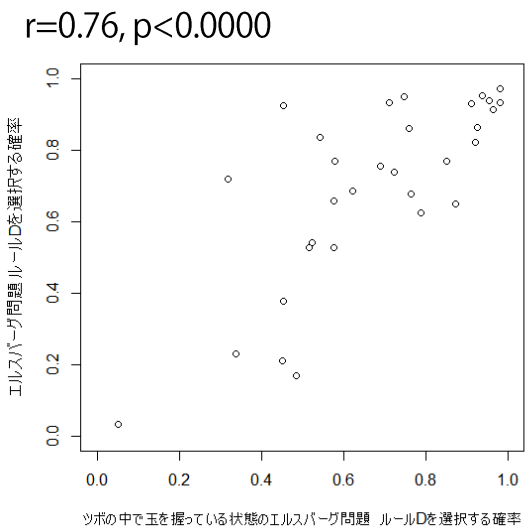



図 74 通常版エルスバーグ問題と改訂版エルスバーグ問題でのルール D 選択率の散布図と相関

### 5-5-4. 検討事項5−4）自由意志についての信念とニューカム問題における選択・全確率の法則のやぶれ値は相関するか

日本語版自由意志・決定論尺度について，4 つの下位尺度の平均得点と下位尺度それぞれの合成得点を算出し，下位尺度間の相関分析を行ったところ，相関が見られたのは予測不可能性と科学的決定論の間のみであった．下位尺度間の相関が弱いのは Paulhus & Carey（2011; r 値は-0.01 から 0.19）と一貫しているが，3000 人の回答を分析した後藤・石橋・梶村・岡隆・楠見（2015）では，科学的決定論と運命的決定論の間に強い相関（$r$=0.76）がみられるなど，研究間で傾向が異なる．

また Paulhus & Carey（2011）や渡辺ら（2014）は，自由意志と科学的決定論の間に負の相関がみられないことをもって，人々が両立論的な見方をしていると解釈している．しかし本研究の結果では，負の相関の傾向（$r$=-0.39, $p$=0.07）がしめされ，Paulhus & Carey（2011）や渡辺ら（2014）の結果と一貫していたとはいえない．

表 51 日本語版自由意志・決定論尺度の 4 つの下位尺度得点の平均・標準偏差・信頼性係数

| | 予測不可能性 | 運命的決定論 | 自由意志 | 科学的決定論 |
|---|---|---|---|---|
| 平均値 | 3.92 | 2.29 | 3.28 | 2.84 |
| (SD) | (1.23) | (1.31) | (1.33) | (1.30) |
| クロンバックのα | 0.84 | 0.71 | 0.72 | 0.64 |

表 52 日本語版自由意志・決定論尺度の 4 つの下位尺度間の相関係数
（p 値は Holm の方法により調整した値）

| 相関係数<br>（p値） | 予測不可能性 | 運命的決定論 | 自由意志 | 科学的決定論 |
|---|---|---|---|---|
| 予測不可能性 | 1<br>(0.00) | 0<br>(0.99) | 0.38<br>(0.07) | -0.42<br>(0.04) |
| 運命的決定論 | | 1<br>(0.00) | 0.21<br>(0.38) | 0.27<br>(0.29) |
| 自由意志 | | | 1<br>(0.00) | -0.39<br>(0.07) |
| 科学的決定論 | | | | 1<br>(0.00) |

次に，日本語版自由意志・決定論尺度の 4 つの下位尺度得点と，ニューカム問題での選択との相関分析の結果，科学的決定論尺度の得点とニューカム問題（closed box 百万の条件・10 万の条件・1 万の条件）での 2 箱選択率との間に正の相関，予測不可能性尺度の得点とニューカム問題（closed box 百万の条件）での 2 箱選択率との間に負の相関が示された（表 53）．また，日本語版自由意志・決定論尺度の 4 つの下位尺度得点と，箱の中身がわかっている場合のニューカム問題での選択との相関分析もおこなったが，相関は見出されなかった（表 54）．

さらに，日本語版自由意志・決定論尺度の 4 つの下位尺度得点と，ニューカム問題での全確率の法則のやぶれ値との相関分析の結果，科学的決定論尺度の得点とニューカム問題（closed box 百万の条件・10 万の条件）での全確率の法則のやぶれ値との間に正の相関がみられた（表 55）．

これらの結果から，環境や遺伝などによって人生が予測可能だと思う人ほど，ニューカム問題で 2 箱選択をし，全確率の法則のやぶれが小さいことが示された．さらに，利得金額が大きい

ほどその傾向は強くなり，箱の中身がわかっている場合にはその傾向は見られなくなった.

表 53 実験 1 でのニューカム問題の 4 つの金額条件での 2 箱選択率と，日本語版自由意志・決定論尺度の 4 つの下位尺度得点との相関.

| 相関係数<br>（p値）※holmの方法で調整 | 予測不可能性 | 運命的決定論 | 自由意志 | 科学的決定論 |
|---|---|---|---|---|
| ニューカム問題（closed box 百万・open box 千円）の2箱選択率 | **-0.35**<br>(0.03) | -0.03<br>(0.85) | -0.13<br>(0.44) | **0.33**<br>(0.04) |
| ニューカム問題（closed box 10万・open box 千円）の2箱選択率 | -0.3<br>(0.06) | -0.17<br>(0.30) | -0.1<br>(0.53) | **0.33**<br>(0.04) |
| ニューカム問題（closed box 1万・open box 千円）の2箱選択率 | -0.3<br>(0.06) | 0.23<br>(0.16) | -0.02<br>(0.88) | **0.34**<br>(0.03) |
| ニューカム問題（closed box 千・open box 千円）の2箱選択率 | 0<br>(0.99) | -0.11<br>(0.51) | 0.12<br>(0.45) | -0.23<br>(0.15) |

表 54　実験 1 で箱の中身がわかっている場合のニューカム問題の 4 つの金額条件での 2 箱選択率と，日本語版自由意志・決定論尺度の 4 つの下位尺度得点との相関.

| 相関係数<br>（p値）※holmの方法で調整 | 予測不可能性 | 運命的決定論 | 自由意志 | 科学的決定論 |
|---|---|---|---|---|
| ニューカム問題（closed box 百万・open box 千円）で箱の中に百万円があると既知の場合の2箱選択率 | -0.16<br>(0.33) | 0.13<br>(0.41) | -0.1<br>(0.53) | -0.03<br>(0.86) |
| ニューカム問題（closed box 10万・open box 千円）箱の中に10万円があると既知の場合の2箱選択率 | -0.16<br>(0.32) | 0.12<br>(0.47) | -0.1<br>(0.56) | -0.01<br>(0.97) |
| ニューカム問題（closed box 1万・open box 千円）箱の中に1万円があると既知の場合の2箱選択率 | -0.15<br>(0.34) | 0.09<br>(0.56) | -0.08<br>(0.64) | -0.01<br>(0.97) |
| ニューカム問題（closed box 千・open box 千円）箱の中に千円があると既知の場合の2箱選択率 | -0.07<br>(0.65) | -0.07<br>(0.66) | -0.08<br>(0.63) | -0.19<br>(0.24) |
| ニューカム問題（closed box 千・open box 千円）箱の中身がないと既知の場合の2箱選択率 | 0.02<br>(0.88) | -0.03<br>(0.86) | 0.08<br>(0.61) | -0.18<br>(0.28) |

表 55　実験 1 でのニューカム問題の 4 つの金額条件での全確率の法則のやぶれ値（理由不十分の原理を適用して算出した値）と，日本語版自由意志・決定論尺度の 4 つの下位尺度得点との相関.

| 相関係数<br>（p値）※holmの方法で調整 | 予測不可能性 | 運命的決定論 | 自由意志 | 科学的決定論 |
|---|---|---|---|---|
| ニューカム問題（closed box 百万・open box 千円）での全確率の法則のやぶれ値 | -0.17<br>(0.30) | -0.09<br>(0.58) | -0.06<br>(0.70) | **0.32**<br>(0.04) |
| ニューカム問題（closed box 10万・open box 千円）での全確率の法則のやぶれ値 | -0.14<br>(0.38) | -0.19<br>(0.24) | -0.05<br>(0.74) | **0.33**<br>(0.04) |
| ニューカム問題（closed box 1万・open box 千円）での全確率の法則のやぶれ値 | -0.17<br>(0.30) | 0.14<br>(0.37) | -0.01<br>(0.97) | **0.36**<br>(0.02) |
| ニューカム問題（closed box 千・open box 千円）での全確率の法則のやぶれ値 | 0.04<br>(0.83) | -0.07<br>(0.67) | 0.15<br>(0.35) | -0.08<br>(0.60) |

### 5-5-5. 検討事項5−5）認知欲求・認知的熟考の程度とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか

日本語版認知欲求尺度得点の平均値は 3.52 で，神山・藤原（1991）による約４５０名を対象にした検討での平均値 4.08 と比べると低いが，信頼性係数クロンバックのαの値は 0.90 で，神山・藤原（1991）のα値 0.86 から 0.88 と同等であった（表 56）.

日本語版認知欲求尺度得点とニューカム問題（closed box 百万の条件・マイナス百万の条件）の回答との相関はみられなかった（表 57）．また，日本語版認知欲求尺度得点とニューカム問題（closed box 百万の条件・マイナス百万の条件）の全確率の法則のやぶれ値との相関もみられなかった（表 58）.

表 56　実験３－１での日本語版認知欲求尺度得点の平均・標準偏差・信頼性係数

| n=41 | 認知欲求尺度得点<br>平均値(1-7) |
|---|---|
| 平均値<br>(SD) | 4.48<br>(1.05) |
| クロンバックのα | 0.90 |

表 57　実験３－１でのニューカム問題の２つの金額条件での２箱選択率（負の利得条件では１箱選択）と，日本語版認知欲求尺度得点との相関

| 相関係数<br>（p値） | 認知欲求尺度得点 |
|---|---|
| ニューカム問題（closed box 百万円)<br>２箱選択率 | 0.18<br>(0.27) |
| ニューカム問題（closed box マイナス百万円)<br>１箱選択率 | 0.1<br>(0.52) |

表 58　実験３－１でのニューカム問題の２つの金額条件での全確率の法則のやぶれ値と，日本語版認知欲求尺度得点との相関

| 相関係数<br>（p値） | 認知欲求尺度得点 |
|---|---|
| ニューカム問題（closed box 百万円)<br>全確率の法則のやぶれ値 | -0.03<br>(0.87) |
| ニューカム問題（closed box マイナス百万円)<br>全確率の法則のやぶれ値　※欠損:2, n=39 | -0.18<br>(0.27) |

Stanovich & West(1999)はニューカム問題以外にもいくつかの意思決定問題に対する回答と認知欲求尺度得点との関係を確認している．その結果では，囚人のジレンマ問題で協力を選んだ回答者と非協力を選んだ回答者の間で，認知欲求尺度得点に違いはみられず，SAT スコアにも違いはみられなかった. サンクコスト問題でのサンクコストにとらわれる回答ととらわれない回答の間で，認知欲求尺度得点に違いがみられ，SAT スコアにも違いがみられた．確率判断課題では

ベースレートを無視する回答とそうでない回答の間で，認知欲求尺度得点に違いがみられ，SATスコアには違いがみられなかった．このように，いくつかの意思決定問題と認知欲求尺度や認知能力との関係がみられたりみられなかったりしている．そこで，本研究で行ったニューカム問題以外の意思決定問題と，日本語版認知欲求尺度得点との相関も確認した．その結果，囚人のジレンマ問題，ハワイ問題，2段階ギャンブル問題，エルスバーグ問題のいずれの回答においても，日本語版認知欲求尺度得点との相関はみられなかった（表 59）．

表 59 実験３－１での４つの意思決定問題での選択と日本語版認知欲求尺度得点との相関

| 相関係数<br>（p値） | 認知欲求尺度得点 |
|---|---|
| 囚人のジレンマ問題　非協力選択率 | -0.11<br>(0.50) |
| ハワイ問題　ツアーを買う確率<br>※欠損: 1, n=40 | -0.3<br>(0.06) |
| ２段階ギャンブル問題<br>次のギャンブルを行う確率 | -0.27<br>(0.09) |
| エルスバーグ問題<br>ルールAB選択でルールBを選ぶ度合 | 0.07<br>(0.65) |
| エルスバーグ問題<br>ルールCD選択でルールDを選ぶ度合 | -0.07<br>(0.64) |

認知的熟考テストに対する回答者（北海道大学学部生）の平均正答数は 2.71，全 3 問正答者は 32 名（78%），2 問正答者は 6 名（15%），1 問正答者は 3 名（7%），全問不正答者は 0 名（0%）だった．Frederick（2005）による 3428 名を対象にした検討での平均正答数 1.24，全問正答者の割合 17%，全問不正答者の割合 33%と比べるとかなり正答率が高い．また，Frederick（2005）は 11 校を対象に実験を行っており，最も正答率の高かったマサチューセッツ工科大学の学生 61 名中の全問正答者の割合は 48%，全問不正答者の割合は 7%，2 番めに正答率の高かったプリンストン大学の学生 121 名中の全問正答者は 26%，全問不正答者は 18%であった．Frederick（2005）では，全問正答者と全問不正答者の間で比較を行っているが，本データでは全問不正答者がいな

いため同様の比較ができない．従って，北海道大学での回答のみを使用して認知的熟考テストとニューカム問題の回答の関係を検討することは適当ではないだろう．

### 5-5-6．検討事項5−6）超自然的信念とニューカム問題における選択・予測・全確率の法則のやぶれ値は相関するか

日本語版パラノーマルビリーフ尺度20問に対する46名の回答者の平均得点（7点中）は，2.77（SD=0.91）で「どちらでもない」の回答（4点）よりも低かった（$t(45)=-9.23$, $p<0.0000$, $r=0.81$; 表 60）．また，もっとも高い平均得点は4.05で，4点よりも高かったのはこの1名のみだった．中島ら（1993）の平均得点が5点尺度で3.32（SD=0.69）であったのに比べても低い．4つの下位尺度の平均得点も同様に4点よりも低かった（迷信:$t(45)=-8.48$, $p<0.0000$, $r=0.78$，霊:$t(45)=-4.74$, $p<0.0000$, $r=0.58$，超能力:$t(45)=-10.15$, $p<0.0000$, $r=0.83$，超生命・超文明:$t(45)=-8.07$, $p<0.0000$, $r=0.77$）．このように，回答者たちは迷信や霊や超能力や宇宙人などをどちらかというと信じていなかった．

日本語版パラノーマルビリーフ尺度得点とニューカム問題（closed box 1050円の条件・105000円の条件・マイナス1050円の条件）の回答との相関分析を行った（表 61）．その結果，日本語版パラノーマルビリーフ尺度得点とニューカム問題（closed box 1050円の条件）での2箱選択率の間に相関がみられた（$r=0.32$, $p=0.03$）．また，日本語版パラノーマルビリーフ尺度の迷信下位尺度とニューカム問題（closed box 1050円の条件）での2箱選択率との間（$r=0.37$, $p=0.01$），霊下位尺度とニューカム問題（closed box 1050円の条件）での2箱選択率との間（$r=0.5$, $p=0.05$），霊下位尺度とニューカム問題（closed box 105000円の条件）での2箱選択率との間にも相関が見られた（$r=0.35$, $p=0.02$）．このように本データでは，超自然的信念をもっている回答者がほとんどいなかったが，超自然的信念を否定する度合いが低いほどニューカム問題における1箱選択をするという関係が部分的にみられた．

また，迷信や霊を信じる度合いが低い人ほど箱の中身があると予測する傾向も示された．相関がみられたのは，日本語版パラノーマルビリーフ尺度得点とニューカム問題（closed box 1050

円の条件）で箱の中身がないと予測する程度との間（$r$=0.29, $p$=0.05），日本語版パラノーマルビリーフ尺度の迷信下位尺度とニューカム問題（closed box 1050 円の条件）での予測との間（$r$=0.3, $p$=0.04），霊下位尺度とニューカム問題（closed box 1050 円の条件）での予測との間（$r$=-0.35, $p$=0.02）である．尺度得点と予測の相関がみられた 4 つの比較対のうち 2 つにおいて尺度得点と選択との相関がみられた．

表 60　実験 3−2 での日本語版パラノーマルビリーフ尺度得点の平均・標準偏差・信頼性係数

| n=46 | 日本語版パラノーマルビリーフ尺度 | 「迷信」下位尺度 | 「霊」下位尺度 | 「超能力」下位尺度 | 「超生命・超文明」下位尺度 |
|---|---|---|---|---|---|
| 平均値 | 2.77 | 2.71 | 3.11 | 2.36 | 2.88 |
| (SD) | (0.91) | (1.03) | (1.27) | (1.10) | (0.94) |
| クロンバックの $\alpha$ | 0.92 | 0.78 | 0.88 | 0.87 | 0.75 |

表 61　実験 3−1 でのニューカム問題の 3 つの金額条件での 2 箱選択率（負の利得条件では 1 箱選択）と，日本語版パラノーマルビリーフ尺度得点との相関

| 相関係数<br>（p値） | 日本語版パラノーマルビリーフ尺度 | 「迷信」下位尺度 | 「霊」下位尺度 | 「超能力」下位尺度 | 「超生命・超文明」下位尺度 |
|---|---|---|---|---|---|
| ニューカム問題（closed box 1050円）<br>2箱選択率 | 0.32<br>**(0.03)** | 0.37<br>**(0.01)** | 0.3<br>**(0.05)** | 0.21<br>(0.16) | 0.2<br>(0.19) |
| ニューカム問題（closed box 105000円）<br>2箱選択率 | 0.21<br>(0.16) | 0.35<br>**(0.02)** | 0.2<br>(0.18) | 0.04<br>(0.79) | 0.11<br>(0.48) |
| ニューカム問題（closed box マイナス1050円）<br>1箱選択率　※欠損: 1, n=45 | 0.03<br>(0.87) | -0.01<br>(0.93) | 0.02<br>(0.90) | 0<br>(0.99) | 0.08<br>(0.58) |

表 62　実験 3−1 でのニューカム問題の 3 つの金額条件での箱の中身についての予測と，日本語版パラノーマルビリーフ尺度得点との相関

| 相関係数<br>（p値） | 日本語版パラノーマルビリーフ尺度 | 「迷信」下位尺度 | 「霊」下位尺度 | 「超能力」下位尺度 | 「超生命・超文明」下位尺度 |
|---|---|---|---|---|---|
| ニューカム問題（closed box 1050円）箱の中身がない予測 | 0.29<br>**(0.05)** | 0.3<br>**(0.04)** | 0.22<br>(0.13) | 0.21<br>(0.17) | 0.23<br>(0.12) |
| ニューカム問題（closed box 105000円）箱の中身がない確率 | 0.17<br>(0.25) | 0.25<br>(0.10) | 0.07<br>(0.66) | 0.05<br>(0.74) | 0.25<br>(0.09) |
| ニューカム問題（closed box マイナス1050円）損失がある確率 | -0.21<br>(0.16) | -0.35<br>**(0.02)** | -0.2<br>(0.18) | -0.04<br>(0.79) | -0.11<br>(0.48) |

表 63　実験 3−1 でのニューカム問題の 3 つの金額条件での全確率の法則のやぶれ値と，日本語版パラノーマルビリーフ尺度得点との相関

| 相関係数<br>（p値） | 日本語版パラノーマルビリーフ尺度 | 「迷信」下位尺度 | 「霊」下位尺度 | 「超能力」下位尺度 | 「超生命・超文明」下位尺度 |
|---|---|---|---|---|---|
| ニューカム問題（closed box 1050円）<br>全確率の法則のやぶれ値 | 0.16<br>(0.28) | 0.2<br>(0.18) | 0.17<br>(0.25) | 0.11<br>(0.48) | 0.05<br>(0.73) |
| ニューカム問題（closed box 105000円）<br>全確率の法則のやぶれ値 | 0.2<br>(0.19) | 0.27<br>(0.07) | 0.22<br>(0.14) | 0.08<br>(0.60) | 0.08<br>(0.60) |
| ニューカム問題（closed box マイナス1050円）<br>全確率の法則のやぶれ値　※欠損: 1, n=45 | 0.1<br>(0.50) | 0.02<br>(0.87) | 0.16<br>(0.30) | 0.05<br>(0.76) | 0.1<br>(0.51) |

## 5-6. 結果のまとめ

### 5-6-1. 目的1に対応する結果のまとめ：ニューカム問題に対する人々の反応について基礎的な知見を追加すること

先行研究ではニューカム問題における2箱傾向回答の割合が約3割から5割であり2箱選択が多数派とは言えないことが示された. 本研究での8つの金額条件での平均回答は1箱選択もしくは1箱でも2箱でもない選択（１０点尺度の中央値）であり，2箱選択ではなかった. 従って，本研究でえられたニューカム問題における選択は先行研究の結果と同様であったといえる.

ニューカム問題における1箱選択は問題の理解不足によるものかどうかを検討するため, 問題を理解したかどうかを確認する確認問題を2問設けて, 正解者と不正解者の間で回答が異なるかどうかを検討した. その結果, 正解者と不正解者の間ではニューカム問題における選択に違いがみられず，他の測定値たち（箱の中身が既知の場合の選択・箱の中身についての予測・全確率の法則のやぶれ値・箱の中身についての予測と選択との相関・回答者の所属学校）についても正解者と不正解者の間に違いはみられなかった. さらに，確認問題はニューカム問題についての基本的な理解を確かめることを目的として実施されたが, もしも回答者が期待効用原理をもちいて意思決定するならば，ニューカム問題において「1箱選択と箱の中身があることの間に強い相関がある」ことを理解しているだけでよい. 箱の中身がどのようなプロセスで決定されるか（確認問題1）もしくは, すでに箱の中身が決定しているか（確認問題2）についての理解は不要である. また，本研究では，期待効用理論を用いて意思決定することを問題の理解不足に帰属させない（Nozickも答えを出せず, 専門家が一応の決着にたどり着くまで10年を要した問題であるため）. 従って, 本研究でもちいた確認問題は必ずしもニューカム問題に対する最低限の理解であるとはいえないと考えられる. 以上のことから，確認問題への不正解者の回答を除外せずに結果の分析を行った.

8つの金額条件それぞれでの平均回答は 10 点尺度中 2.53 から 6.00， 2箱傾向（10 点尺度の

6-10 の回答）の回答割合は 8%から 60%と幅広い．本研究では金額条件の影響について，次の３つの検討を行った．（１）open box と closed box の利得の比率を１：1000，1：100，1：10，1：1 とする４条件間で比べた場合，比率が小さいほど２箱選択率が高い傾向がみられ，1：1 の場合に特異的に２箱選択率が高かった．（２）open box と closed box の利得の比率を保ったまま金額を 100 倍に変化させた場合において選択の違いはみられなかった．（３）金額の絶対値は変えずに正の利得条件と負の利得条件を比較した場合において選択の違いは見られなかった．

金額条件以外の影響としては，金額条件の提示順の順序の影響がみられた．上記（1）の検討において，２つの箱の中身の金額比率を個人内要因として変化させる際に，比率が大きい条件から順に提示した場合には，４条件間のうち 1：1 条件でだけ２箱選択率が高く他の３条件での選択に違いはなかった．比率が小さい条件から順に提示した場合には，比率が大きくなるごとに２箱選択率が高くなっていた．

他に，回答者の属性との関係が示唆された．北海道大学学部生の回答は苫小牧看護専門学校生の回答よりも２箱選択率が高かった．両校の認知的熟考テストの正答数には違いがあることがわかっているため，認知能力が高いほどニューカム問題で２箱選択をする傾向を示した Stanovich & West（1999）と同様の傾向を示した可能性がある．

### ５-６-２．目的２に対応する結果のまとめ：ニューカム問題における選言効果（当然原理のやぶれ・全確率の法則のやぶれ）の度合いの検討

箱の中身がある，もしくはないと知らせたうえでニューカム問題への回答を求めた場合，Shafir & Tversky（1992）が仮定していたように人々は必ず２箱選択をするのかどうかを検討した．実験から，ニューカム問題の８つの金額条件いずれにおいても人々は「箱の中身がどちらであっても 2 箱選択」をしたわけではないことが示された．従って，Shafir らの仮定は正しくないことがわかった．

また，ニューカム問題における人々の選択は，当然原理の前件を満たすー両方の確実条件において同じ選択をするーとは言えず，当然原理の前件を満たす回答だけを見たときにそのすべてが

後件を満たす（つまり当然原理を満たす）とも言えなかった.

全確率の法則のやぶれについては,集団の平均値は,負の利得条件においては「大きいやぶれ」を示し，正の利得条件においては「小さなやぶれ」を示した．個人ごとに算出したやぶれ値をもちいても人々の選択は全確率の法則をやぶることが示された．「箱の中身がないと思う確率」を用いて計算した結果では，やぶれ値が 0 になる回答は 9%から 21%で，全確率の法則を満たす回答は少数派であった．個人回答については，負の利得条件において「大きいやぶれ」が「小さいやぶれ」よりも多く，正の利得条件において「大きいやぶれ」が「小さいやぶれ」よりも少ないもしくは同程度観察された.

金額条件の影響を 3 つの点で検討した．open box と closed box の利得の比率を 1：1000，1：100，1：10，1：1 とする 4 条件のうち，1：1 の場合に特異的に全確率の法則のやぶれ値が小さかった. open box と closed box の利得の比率を保ったまま金額を 100 倍に変化させた場合にはやぶれ値の違いがみられなかった. 正の利得条件と負の利得条件の間ではやぶれ値の違いがみられ，負の条件においてやぶれ値が大きかった．また，全確率の法則のやぶれ値は所属学校間で違うとはいえなかった.

### 5-6-3．目的 3 に対応する結果のまとめ：選言効果（全確率の法則のやぶれ）は量子意思決定理論において説明可能かどうかを検討

量子的全確率の法則の等式の干渉項の大きさを左右する変数 λ を実験データから算出した. Franco の理論モデルに従うならば，λ は-1 以上 1 以下の値をとる変数である．つまり，λ の絶対値が 1 以下でなければ量子的全確率の法則の等式が成り立たない. 集団の平均値をもちいて算出した λ の絶対値はすべての金額条件において 1 よりも小さかった．個人ごとに算出した λ の絶対値が 1 よりも大きい回答は 10%～46%存在したが，λ の絶対値の平均は 1 つの金額条件を除き 1 よりも小さかった．つまり，量子的全確率の法則をやぶる回答は存在したが，変数 λ の平均値は概ね Franco の理論モデルの取りうる値域におさまっていたといえる.

### 5-6-4. 目的 4 に対応する結果のまとめ：ニューカム問題と囚人のジレンマ問題との類似性を検討

Lewis（1979）は囚人のジレンマ問題は 2 人で行うニューカム問題であると指摘したが，2 つの課題に対する人々の回答は同様であると言えるのかを検討した．まず，ニューカム問題の 2 箱選択率と囚人のジレンマ問題の非協力率が個人内で相関していたのは 5 対の金額条件中 1 対のみで，Tversky & Shafir（1992）や Goldberg et al.（2005）と同様に一貫性のない結果であった．また，全確率の法則のやぶれ値が相関していたのも 5 対の金額条件中 1 対のみであった．

一方で，囚人のジレンマ問題のすべての金額条件において，「非協力を選択する度合い」と「相手の非協力を予測する度合い」の間に相関がみられたため，ニューカム問題においても確認したところ，全ての金額条件で「2 箱選択率」と「箱の中身がないと予測する度合い」の間に相関がみられた．囚人のジレンマ問題での予測とニューカム問題での予測は 5 条件中 2 条件で相関しており，そのうち 1 条件は選択の相関が確認された唯一の金額条件であった．以上のように，ニューカム問題と囚人のジレンマ問題の間で，選択の相関や全確率の法則のやぶれ値の相関はみられなかったが，どちらの問題においても予測と選択との間に相関がみられた．

### 5-6-5. 目的 5 に対応する結果のまとめ：ニューカム問題の選択と他の意思決定課題や心理尺度の得点との関係

ハワイ問題・2 段階ギャンブル問題・エルスバーグ問題のうち，個人ごとの全確率の法則のやぶれの平均の絶対値が 0 よりも大きかったのはハワイ問題とエルスバーグ問題であった．

ハワイ問題において，当然原理の前件を満たす回答は 77%と多く，前件を満たす回答のうち後件を満たさないのは 8%であり，Tversky & Shafir（1992）の結果と比べると当然原理をやぶる回答は少なかった．ニューカム問題とハワイ問題の選択の相関，結果の予測の相関，全確率の法則のやぶれ値の相関はいずれも確認されなかったが，ニューカム問題や囚人のジレンマ問題と同様に，選択と結果の予測の間に相関がみられた．

2 段階ギャンブル問題において，前件を満たす回答は 66%でそのうち後件を満たさないのは 11%であった．ニューカム問題と 2 段階ギャンブル問題の選択の相関，全確率の法則のやぶれ値の相関はみられなかったが，2 条件中 1 条件において予測の相関がみられた．また，他の問題と同様に，選択と結果の予測の間に相関がみられた.

エルスバーグ問題において，独立性公理をやぶる回答は約 7 割で「あいまいさ回避」の回答傾向が示された．あいまいさ回避の傾向は，賭けのあいまいさの程度（結果が得られる確率の範囲）が小さくなるほど弱まることが示された．当然原理について，ルール A・B 設問において前件をみたす回答は 2%のみでそのうち後件をみたさない回答は 0%，ルール C・D 設問において前件をみたす回答は 17%でそのうち後件をみたさない回答は 14%と少なかった．ニューカム問題とエルスバーグ問題の選択の相関は 4 つの比較対のうち 1 つでみられ, 全確率の法則のやぶれ値の相関も 4 つの比較対のうち 1 つでみられたが，予測の相関はみられなかった．選択と予測の相関はルール A・B 設問ではみられたが，ルール C・D 設問ではみられなかった．また，ルール A・B 設問での予測と，ルール C・D 設問での予測が異なっていた．さらに，「ツボの中で玉を握っている」状況設定に変えた改訂版と通常版の選択に違いはみられなかった.

日本語版自由意志・決定論尺度の 4 つの下位尺度得点とニューカム問題の 4 つの金額条件における選択との相関が部分的にみられた．また，自由意志の 4 つの下位尺度と全確率の法則のやぶれ値との相関も部分的にみられた．これらの相関から「環境や遺伝などによって人生が予測可能だ」と思うほど，ニューカム問題で 2 箱選択をし，全確率の法則のやぶれが小さいことが示された．さらに，利得金額が大きいほどその傾向は強くなり，箱の中身がわかっている場合にはその傾向は見られなくなった.

日本語版認知欲求尺度の得点とニューカム問題の 2 つの金額条件における選択との相関はみられなかった．また，日本語版認知欲求尺度得点と全確率の法則のやぶれ値との相関もみられなかった．Stanovich & West（1999）にならい，他の意思決定課題での選択との相関を確認したところ，囚人のジレンマ問題，ハワイ問題，2 段階ギャンブル問題，エルスバーグ問題のいずれの選択との相関もみられなかった

## 5 実験の結果

認知的熟考テストの回答者は北海道大学学部生で, 全 3 問正答者は 78%, 2 問正答者は 15%, 1 問正答者は 3 名 7%，全問不正答者は 0%であった．Frederick（2005）の結果などと比べても正答率が高く，全問不正答者がいないため，ニューカム問題における選択と認知的熟考テストの正答数との関係を確認することはできなかった.

日本語版パラノーマルビリーフ尺度の回答者は北海道大学学部生であり, 回答者たちは迷信や霊や超能力や宇宙人などをどちらかというと信じていなかった. 超自然的信念をもっている回答者はほとんどいなかったが，超自然的信念を否定する度合いとニューカム問題における 1 箱選択との関係が部分的にみられた. また，尺度得点とニューカム問題の選択との相関がみられた 4 つの比較対のうち 2 つにおいて尺度得点とニューカム問題の箱の中身についての予測との相関もみられた.

# 6．考察

ニューカム問題において 2 箱選択をしないことは期待効用理論をやぶることであるが，ニューカム問題において期待効用理論に従うならば 2 箱選択をすべきであるという意思決定研究者間の合意を得るまでにおよそ 10 年におよぶ議論が必要であった．このことから本研究ではニューカム問題において人々が 1 箱選択をすることを主な問題として扱うことはせず，支配原理に先行する前提である当然原理がやぶれることを主たる問題として扱った. 全確率の法則のやぶれとは，不確実状況の意思決定が確実状況での意思決定たちの線形結合ではないことである．この非線形的な事象の結合現象を記述するために，「不確実状況は確実状況を単に線形結合させた状況ではない」という量子論の概念（重ね合わせ状態）を用いるとうまくいきそうであるという，研究上のヒューリスティックス的な観点から意思決定理論に量子論が導入されてきたのである. ニューカム問題における人々の選択と全確率の法則のやぶれを丁寧に測定し, 記述理論としての量子意思決定理論の妥当性を検証する本研究の試みについて考察していく．

## 6-1．ニューカム問題における人々の選択を測定する上での実験上の制約

ニューカム問題における人々の選択はどのようなものであるかを示すのが本研究の目的の 1 つだが，本研究で実施した実験はその目的にかなったものだっただろうか．ニューカム問題についての理解度，真剣に回答していたかどうか，実験参加報酬，参加者が学生であることなどが実験結果に与える影響について以下に論じる．

Nozick（1969）はニューカム問題を紹介した論文のなかで，読者に論文を置いてじっくりニューカム問題について考えるよう呼びかけた．Nozick は 2 箱選択を支持しながらも説得力に欠けるとして論文中では結論を出さなかった．その後，意思決定における因果性の扱いについて論争がおこり，10 年ほどかけて「期待効用理論は選択と結果の因果性を考慮する理論」であり「選択と帰結の間に因果関係がないのだから 2 箱選択がニューカム問題の合理的な選択だ」という見解が受け入れられていった．そして，ニューカム問題は「不合理な意思決定者に対して報酬を

与える問題」であり，得られる帰結を最優先した選択を行う合理的な意思決定者が金持ちになれない問題（Lewis, 1981）として理解されるようになった．さらに，近年も例えば因果的ベイズネットを用いた分析によって 1 箱選択を支持する論文（Spohn, 2012）などが哲学領域では発表されている．このように多くの専門家を惑わし続ける難問に対して，はじめて直面した回答者が「選択と帰結の間に因果関係がないのだから期待効用によってではなく帰結に対する効用の比較のみによって選択を導くべきだから 2 箱選択をする」という，期待効用理論に則った正確な理解に基づく選択をすることを本研究は想定しない．ニューカム問題に対する人々の理解の程度や仕方はさまざまであることを前提として，どのようにさまざまであるかを示すことに努める．

本研究では，ニューカム問題の実験において，2 箱選択をしない実験参加者が充分に問題を理解していないとは仮定しないが，問題に対する理解が選択に影響するかどうかを確認した．「黒い箱にお金が入っているのは、どのような場合でしたか？」（確認問題 1）と「あなたが選択肢 A か B を選ぶ時、黒い箱の中身は決定されていましたか？」（確認問題 2）の 2 つの確認問題の正答率はそれぞれ 78%と 66%であり，約 3 割の実験参加者が不正解だったが，正解者と不正解者の間で選択に違いはみられなかった．また，認知能力の高さの違いが示唆されている実験参加者の所属学校間でも正答率に違いはみられなかった．

もしも実験参加者が期待効用原理をもちいて意思決定するならば，ニューカム問題において「1 箱選択と箱の中身があることの間に強い相関がある」ことを理解しているだけでよい．確認問題のように，箱の中身がどのようなプロセスで決定されるか（確認問題 1）もしくは，すでに箱の中身が決定しているか（確認問題 2）についての理解は不要である．従って，本研究でもちいた確認問題は必ずしもニューカム問題に対する最低限の理解であるとはいえない．ただし，確認問題 1 よりも明確に「選択と箱の中身の間に因果性がない」ことについての理解を確かめる質問を用いることで，因果性を考慮して選択をしていたかどうかがを検討することができるだろう．

他に，実験参加者が質問紙に真剣に取り組んでいなかった可能性も考慮する必要があるだろう．実験参加者全員がでたらめに回答した場合には平均回答は 10 点尺度の中央値 5.5 となるはずである．本研究の実験の結果では，8 つの金額条件のうち 3 つにおいて平均が 5.5 ではないとは言

えなかったが，残りの 5 つの条件では平均が 5.5 よりも小さく，ランダムではない偏りがみられた. さらに箱の中身がない条件では 1 つの金額条件をのぞいて平均が 5.5 よりも大きかったことから，不明条件と確実条件で実験参加者は回答を変化させており，「でたらめに」（ここでは「なんの傾向性もなく」）回答をしていたのではないことがわかる.

本研究のニューカム問題などの実験では回答者に報酬を支払っていない. はたして金銭的利得にかかわる意思決定の実験において，意思決定課題と連動させた報酬を支払わずに選択を測定することに意味があるのか. 時間割引（時間の経過によって報酬の価値を割り引くこと）や社会割引（社会的距離によって他人が受け取る報酬の価値を自分がもらう場合と比較して割り引くこと）の実験研究において，実際の報酬を支払うか支払わないかは，選択に影響を与えないことが報告されている（Bickel, Pitcock, Yi, & Angtuaco, 2009; Locey, Jones, & Rachlin, 2011）．このことから，報酬に関する個人的な意思決定問題であるニューカム問題での選択の測定にあたっても，実際の報酬支払いをしないことで選択が変化することはないと推測される.

他に，本研究の実験上の制約として，学生を実験参加者としていることが挙げられる. 心理学や社会学の調査において，大学生の回答と非大学生の回答には違いがあり，大学生の回答はより均質的であることが知られている（Peterson, 2001）. 特に，ニューカム問題と同様の利得構造をもち，回答の相関も部分的にみられた囚人のジレンマ問題においては，年齢が高いほど協力する傾向が示されている（Matsumoto, Yamagishi, Li, & Kiyonari, 2016）. 本研究の実験 1 に参加した苫小牧看護専門学校の学生の年齢層は幅広い（10 歳代が 10 名，20 歳代が 13 名，30 歳代が 14 名，40 歳代が 3 名）ため，年齢とニューカム問題（closed box・open box：百万円・千円）への回答の相関分析を追加的に行ったが相関はみられなかった（$r$=0.15, $p$=0.35）. 同校の回答者のおよそ半数は会社勤務や子育てなど多様な社会人経験をもっている. 従って，性別に偏り（４０名中３６名が女性）があるものの，年齢と背景が多様な参加者を対象としたニューカム問題の選択を測定できたといえる. 一方，苫小牧看護専門学校生と北海道大学学部生の間では，ニューカム問題における回答の違いがみられた. ２つの学校間で認知能力の高さの違いが示されていることから，回答の違いは認知能力の影響を受けていると考えるべきか，学生の多様性の影響を受

けていると考えるべきか，もしくは性別の偏りの影響を受けていると考えるべきか，現時点では検討材料に欠ける．実験参加者の多様性の確保や男女比のコントロールは今後の課題である．

## 6-2．ニューカム問題における人々の選択と金額条件―囚人のジレンマ問題との類似性―

本研究ではニューカム問題における人々の選択を知るために８つの金額条件を用いた．複数の金額条件を用いてニューカム問題の実験を行ったのは現在までのところ本研究のみである．実験結果から，８つのうち５つの金額条件において人々は１箱選択をし，残りの３つの金額条件においては１箱と２箱どちらでもない（10 点尺度の中央値 5.5 であることが否定されない）選択をしたことが示された．つまり先行研究と同様に，２箱選択は多数派ではなかった．

金額条件間の比較から，2 つの箱の金額の比率が人々の選択に影響を与えていることが示された一方で，2 つの箱の中の金額の大きさや，金額の正・負が選択に影響を与えているとは言えなかった．選択肢に対応する金額の比率が選択に影響を与えるというこの結果は，囚人のジレンマ問題における金額の影響と類似している．

囚人のジレンマ問題における協力の誘引は利得マトリクスの 4 つの金額から算出される K 比（K-ratio; Rapoport, 1967）とよばれる指標値によって変化するとされる（Jones, Steel, Gahagan, & Tedeschi, 1968）．K 比は，

$$K = \frac{(\text{相互協力時の利得}-\text{相互非協力時の利得})}{(\text{自分だけ非協力時の利得}-\text{自分だけ協力時の利得})} \tag{62}$$

と計算される．Jones らは，K 比が 0.1 である金額条件と比べて，K 比が 0.5 と 0.9 の金額条件において協力率が高いことを示した．一方，K 比を変えずに利得金額を変化させても囚人のジレンマ問題での協力率は変化しなかった．さらに，正と負の利得条件間では協力率に差がみられた．

ニューカム問題における K 比の影響はどうか．2-1-1 3の表 9（p. 39）のようにニューカム

問題の利得を囚人のジレンマ問題の利得に変換してみる．２つの箱の比率を変えた４つの金額条件（実験１）での K 比は，それぞれ 0.999（closed box 百万円・open box 千円），0.98（closed box 10 万円・open box 千円），0.82（closed box 1 万円・open box 千円），0（closed box 千円・open box 千円[45]）であった．ニューカム問題の 2 箱選択率に違いがみられたのは，K 比が 0 の条件と他の 3 つの条件との間で，K=0 のときにもっとも 2 箱選択率が高かった．また，K 比が 0.999 と 0.98 と 0.82 のどの組み合わせの条件間にも違いがみられなかった．さらに，箱の中身があると既知の場合の選択も同様に K=0 のときに特異的に 2 箱選択率が高かった．Jones, Steele, Gahagan, & Tedeschi（1968）では K 比が 0.1 と 0.9 の間で，Chater, Vlaev, & Grinberg（2008）では K 比が 0.9 と 0.12 の間で囚人のジレンマの協力率が異なることを示している．ニューカム問題において，K 比が高いとき（0.82 以上）に 2 箱選択率が高く，K 比が低いとき（0.1）に 2 箱選択率が低かったことは，囚人のジレンマ問題での人々の選択傾向と一貫しているといえる．加えて，利得の大小が選択に影響をあたえないことも囚人のジレンマ問題の知見と一致している．

### 6-3．ニューカム問題における人々の選択と箱の中身についての予測―囚人のジレンマ問題との類似性―

ニューカム問題における箱の中身の予測と選択の間にはっきりした相関（相関係数が 0.45 から 0.79）がみられた点も，囚人のジレンマ問題と類似している．囚人のジレンマ問題では，相手の協力についての予測と自分の協力選択が相関することが知られており（Dawes, McTavish, & Shaklee, 1977; Yamagishi et al., 2013），本研究の実験でも同様の相関が示された．特に，Yamagishi らは囚人のジレンマ問題以外にいくつかの 2 者間のゲームも行い，予測と選択の相関を同様に見出している．これは，本研究でおこなったエルスバーグ問題の１つの設問以外の他の意思決定課題において，予測と選択の相関が示されたことと同様の結果である．

---

[45] この条件は，相互協力時の利得と相互非協力時の利得が同一なので囚人のジレンマ問題の利得とはいえない．

以上のように，支配原理と期待効用原理が導く選択が一致しないニューカム問題において，人々の選択は「予測」に左右されていた．支配原理は予測の影響を受けないが，期待効用原理は予測によって導かれる選択が変化することから，人々は期待効用原理を用いて意思決定をしていたようである．予測と選択の散布図（図 61）からは，1 箱選択者が期待効用原理に従って 1 箱を選択しただけでなく，2 箱選択者も「箱の中身がなさそうだから 2 箱を選択しよう」と期待効用原理に従って 2 箱選択をしたことがうかがえる．つまり，2 箱選択者は支配原理に従って選択をしたわけではないことを示唆する．

ハワイ問題や 2 段階ギャンブル問題における予測と選択の相関も期待効用原理によるものだととらえることができるだろうか．ハワイ問題では多くの人にとって，試験に合格した上でハワイ旅行を買うことの効用は，不合格した上でハワイ旅行を買うことの効用よりも大きいと考えると，合格への予測が強いほどハワイ旅行を買うことの効用が大きくなる．しかし，合格への予測に関わらず，ハワイ旅行を買うことの効用は買わないことの効用よりも大きい．

$$
\begin{aligned}
&U\left(\text{ハワイ旅行を買う}\right) \\
&= P\left(\text{合格}\middle|\text{ハワイ旅行を買う}\right)U\left(\text{合格かつハワイ}\right) \\
&\quad + P\left(\text{不合格}\middle|\text{ハワイ旅行を買う}\right)U\left(\text{不合格かつハワイ}\right)
\end{aligned}
\tag{63}
$$

$$
\begin{aligned}
&U\left(\text{ハワイ旅行を買わない}\right) \\
&= P\left(\text{合格}\middle|\text{ハワイ旅行を買わない}\right)U\left(\text{合格かつハワイ無し}\right) \\
&\quad + P\left(\text{不合格}\middle|\text{ハワイ旅行を買わない}\right)U\left(\text{不合格かつハワイ無し}\right)
\end{aligned}
\tag{64}
$$

表 64　ハワイ問題の利得表（ハワイ旅行を好む人にとって）

| 帰結<br>（4 つの帰結に対する選好順序） | 試験に合格 | 試験に不合格 |
|---|---|---|
| ハワイ旅行を買う | 合格かつハワイ　（1） | 不合格かつハワイ　（2） |
| ハワイ旅行を買わない | 合格かつハワイ無し　（3） | 不合格かつハワイ無し（4） |

従って，期待効用原理から予測によって選択が変化することを説明できない．2 段階ギャンブル問題についても同様である．1 回目の賭けの結果についての予測に関わらず，2 回目のギャンブルを行うことの効用は行わないことの効用のよりも大きく，期待効用原理から予測と選択が相関することを説明できない．

表 65　2 段階ギャンブル問題の利得表．ギャンブルの効用は賭けの期待値に比例するとする．

| 帰結<br>（4 つの帰結に対する選好順序） | 1 回目勝ち | 1 回目負け |
|---|---|---|
| 2 回目のギャンブルを行う | 勝ちかつ行う　（1） | 負けかつ行う　（2） |
| 2 回目のギャンブルを行わない | 勝ちかつ行わない（3） | 負けかつ行わない（4） |

一方，エルスバーグ問題では，予測によって 2 つの選択肢の期待効用の大きさが逆転するので，期待効用原理によって予測と選択の相関が説明できるのだが，実験の結果 C・D 設問では予測と選択の相関があらわれなかった．

表 66　エルスバーグ問題 A・B 設問の利得表

| 帰結<br>（4 つの帰結に対する選好順序） | 青い玉＞緑の玉 | 青い玉≦緑の玉 |
|---|---|---|
| ルール A：赤い玉で千円 | 千円×1/3　（2） | 千円×1/3　（2） |
| ルール B：青い玉で千円 | 千円×1/3 より多い（1） | 千円×1/3 以下（3） |

表 67　エルスバーグ問題 C・D 設問の利得表

| 帰結<br>（4 つの帰結に対する選好順序） | 青い玉＞緑の玉 | 青い玉≦緑の玉 |
|---|---|---|
| ルール A：赤い玉か緑の玉で千円 | 千円×2/3 より多い　（1） | 千円×2/3 以下　（3） |
| ルール B：青い玉か緑の玉で千円 | 千円×2/3　（2） | 千円×2/3　（2） |

以上のように，ニューカム問題・囚人のジレンマ問題・エルスバーグ問題における予測と選択の相関は期待効用原理から説明が可能だが，ハワイ問題と２段階ギャンブル問題における予測と選択の相関は期待効用原理から説明できない．考えられるのは，本研究では選択を１０点尺度で測定しているため，ハワイ旅行を買うことの効用が大きい回答者ほど，「絶対に買う」に近い選択をしたことで予測と選択の相関が生まれた可能性である．

いずれにしても，ニューカム問題において２箱選択者も期待効用原理に従っていた可能性が示されたことから，ほとんどの回答者がニューカム問題において支配原理ではなく期待効用原理を用いていることが示唆され，記述理論としての期待効用理論がはっきりと棄却された結果と言えるだろう．

## 6-4．ニューカム問題と囚人のジレンマ問題の類似性

本研究の実験結果から，ニューカム問題での選択と囚人のジレンマ問題での選択の相関は部分的にしか示されなかったが，6-1 で述べたようにニューカム問題の分析に，囚人のジレンマ問

題の分析は有用である.

例えば，ニューカム問題は 1 人でおこなう囚人のジレンマ問題だという Lewis の議論は，囚人のジレンマ問題におけるソーシャルプロジェクション仮説と類似している. 囚人のジレンマ問題の K 比が大きいとき，自分の非協力によって相手にあたえる損失に対して自分がえる利得は小さい（Chater, Vlaev, & Grinburg, 2008）．これについて Acevedo & Krueger（2005）は，自分が協力する場合の利得の期待値と非協力する場合の利得の期待値を考えた. 自分が協力する場合の利得の期待値（Expected value of cooperation; EVC）を：

$$\begin{aligned}\mathrm{EVC} = &\left(\text{相手が自分と同じ選択をする確率}\right)\left(\text{相互協力時の利得}\right)\\ &+(1-(\text{相手が自分と同じ選択をする確率}))(\text{自分のみ協力時の利得})\end{aligned} \tag{65}$$

とし，自分が非協力する場合の利得の期待値(Expected value of defection; EVD)を：

$$\begin{aligned}\mathrm{EVD} = &(\text{相手が自分と同じ選択をする確率})(\text{相互非協力時の利得})\\ &+(1-(\text{相手が自分と同じ選択をする確率}))(\text{自分のみ非協力時の利得})\end{aligned} \tag{66}$$

とし，EVC<EVD の場合に協力するならば，EVC=EVD となる条件は：

$$\begin{aligned}&\left(\text{相手が自分と同じ選択をする確率}\right)\\ &=\left[(\text{自分のみ非協力時の利得})-(\text{自分のみ協力時の利得})\right]\\ &\div\left[(\text{自分だけ非協力時の利得})-(\text{自分だけ協力時の利得})+(\text{相互協力時の利得})\right.\\ &\left.-(\text{相互非協力時の利得})\right]\\ &=\frac{1}{1+\mathrm{K}}\end{aligned} \tag{67}$$

と計算される．つまり，協力をしようかどうかまよっている意思決定者にとって，K 比が大きいほど，相手が自分と同じ選択をする確率は小さくなる．この仮説における相手が自分と同じ選択

をする確率は，ニューカム問題における予測者の予測的中率に相当する．ソーシャルプロジェクション仮説に従うなら，ニューカム問題では予測的中率が非常に高いので，K 比が大きくなってもー２つの箱の金額差が小さくなってもー１箱選択が維持されることが予測される．実際に実験の結果も，２つの箱の金額が同じ条件以外では１箱選択が多数派であった．

## 6-5．ニューカム問題の箱の中身があると既知の場合にも人々が１箱選択をするのはなぜか

ニューカム問題における人々の選択は，不確実な状況において支配原理に従っていないだけでなく，確実（箱の中身が既知）な状況においては支配原理にも期待効用原理にも従っていなかった．例えば closed　box に百万円・open box に千円の金額条件では，箱の中身があると既知の場合に１箱選択によって得られる金額は百万円，２箱選択によって得られる金額は百万千円である．得られる帰結についての不確実性がないのだから，得られる金額が大きい方を選ぶことが効用を最大化する．従って，確実状況においては期待効用原理と支配原理が導く選択は２箱選択で一致する．ところが，実験での平均回答は１箱選択であった．この結果に対する説明としては以下のようなアプローチが考えられる．

まず，刺激における最小可知差異未満の刺激変化は知覚されないという仮説を用いて説明を試みることとする．箱の中身があると既知の条件において，百万円と百万千円の差額千円が意思決定者にとって「どうでもいい」，つまり最小可知差異よりも小さい場合，百万円と百万千円に対する選好は無差別である．つまり，１箱選択と２箱選択のどちらでも同じ効用が得られると考えられるため，平均回答は 0.5 に近づくことが予測される．従って，最小可知差異の存在だけからは，人々の１箱選択を説明できない．

他には「百万円をえられるならば追加の千円はいらない．１箱で充分」と考えるような何らかの道徳的基準を人々が用いている可能性も考えられるだろう．Gilboa（2009）はニューカム問題における２箱選択を強欲な（greedy）選択，１箱選択を謙虚な（modest）選択と呼んだ．意思決定者の心の中に「強欲を避けることで良いことが訪れる」というような道徳的規範があるな

らば，謙虚な選択自体への選好によって 1 箱選択の効用が高まるだろう．特に，百万円と百万千円に対する選好が無差別であるときに，謙虚な 1 箱選択に対する選好があるならば，1 箱選択がなされやすくなるだろうと考えられる．

1 箱選択の合理的な根拠として，無限に繰り返し行うニューカム問題の議論（Schaden, 2002）が提示されている．無限に繰り返し行う囚人のジレンマ問題におけるゲーム理論の分析（Fudenberg & Tirole, 1991）に従えば，ニューカム問題を無限に繰り返し行う場合には 1 箱選択が有効であることが導かれる（Schaden, 2002）．繰り返しによって，ニューカム問題における選択が将来のニューカム問題の予測に影響をあたえるという因果関係が生じるため，期待効用原理をもちいることが妥当になるためである．さらに Schaden は，もともとの（1 回限りの）ニューカム問題は，繰り返し行われることが示唆されている問題だとする．問題文中には「これまでのあなたの選択にもとづいて予測が行われる」ことが書かれており，意思決定者が知らないうちに過去の選択が観察されていた．意思決定者が「私の知らないうちに観察されていたのなら，現在行う選択がさらに将来のために観察されるかもしれない」と考え，明示されていないが繰り返しニューカム問題が行われると解釈するならば，1 箱選択が妥当な選択となるだろう．ただし，箱の中身が確実な状況においても 1 箱選択をすることが，将来の予測者の「意思決定者は 1 箱選択をする」と予測させる根拠になるかどうかは不明である．このように「もしかしたら繰り返しおこなわれるかもしれない」とか，「確実条件での 1 箱選択が将来の 1 箱選択の予測の根拠となるだろう」といったニューカム問題の状況に対する理解によって，意思決定者の 1 箱選択が根拠づけられている可能性がある．意思決定者がどのように問題を理解しているかを実験的に確認することで，ニューカム問題の不確実条件と確実条件両方における 1 箱選択の根拠が検討できるだろう．

### 6-6．ニューカム問題と他の意思決定問題や心理尺度との関係

本研究では，ニューカム問題，囚人のジレンマ問題以外に，ハワイ問題，2 段階ギャンブル問題，エルスバーグ問題と 5 つの意思決定問題を実験に用いた．課題間で選択や全確率の法則のや

ぶれ値の相関はあまりみられなかった.

一方，5つの課題に共通したのは，各課題内で結果の予測と選択の間に相関がみられた点である．前述（6-3）のように人々の意思決定における予測の重要性が示唆され，不確実な選言状況において人々は支配原理ではなく期待効用原理を用いている可能性が示された.

また, 認知的熟考テストは北海道大学での実験でのみ用いたため得点のばらつきが小さかったが，過去に苫小牧看護専門学校でおこなった認知的熟考テストの得点と，北海道大学での認知的熟考テストの得点には差があり，2つの学校間でニューカム問題の選択が異なることから，認知能力が高いほど 2 箱選択傾向が強いことが示唆された．Stanovich & West（1999）が示したように，認知能力が高いほど期待効用理論に従う傾向（規範理論的合理性）が本実験でも支持された．認知能力の高さと規範理論合理性の高さの関連があることから，① 2 箱選択者はニューカム問題では百万円を手に入れられない確率が高いが, 他の多くの問題状況では大きな効用を手に入れられる可能性や，② 2 箱選択者は IQ テストに正解できる能力のような，あるルールに則ってゲームを行うスキルが高い可能性がある．ただし彼ら（Stanovich &West, 2014）は IQ の高さと合理的思考能力（rational thinking skill）が異なると考え，IQ とは別に RQ（合理性指数）を提唱している.

## 6-7．ニューカム問題における選択確率や予測の確率を測定する上での検討事項

期待効用理論のやぶれを示す現象の 1 つとして，Shafir & Tversky (1992)が選言効果―当然原理のやぶれーを報告したが，そこでは人々の選択は 2 つの選択肢のどちらかに限られていた．しかし，当然原理を一般化した全確率の法則のやぶれの検討にあたっては，選択する確率や事象が起こる確率を用いてやぶれの度合いを算出する必要がある．そこで本研究では，Li, Wang, Rao & Li（2010）の方法にならって選択肢を選択する度合いを測定し，その度合いをコルモゴロフ確率論の公理に従って選択確率に変換した. このように測定値を確率として扱うことは正当化される.

しかし一方で,「あなたは 1 箱と 2 箱のどちらを選びますか」という質問に対して 2 極性の 10 点尺度（1：絶対に 1 箱―10：絶対に 2 箱）で測定された回答が，実際にその人が選択する確率

を反映するのかは不明である．例えば，プロスペクト理論（Kahneman & Tversky, 1979; Tversky & Kahneman, 1992）は，人々は確率を意思決定に用いる際に非線形な変換を行っていることを示しており，選択と認知処理に用いられた確率の値は線形変換の関係にないことが示唆される．さらに，全確率の法則のやぶれが示すように，意思決定においては確率の値は線形結合する性質が満たされない．さらに，平均値をもちいて算出した全確率の法則のやぶれは，統計的なデータにおいても確率の値が線形結合する性質を持たないことを示している．このように，意思決定や統計的データにおける確率がコルモゴロフ確率論の前提を満たしていないことを考慮して，確率値の測定方法を模索していく必要があるだろう．

## ６-８．本研究で示された全確率の法則のやぶれ

本研究は，個人の意思決定にたいして全確率の法則を適用したはじめての研究である．これまでは集団の平均データへの適用しかされてこなかったが，本研究では個人の選択を１０点尺度で測定したことにより，１人１人のデータを全確率の法則の等式に代入することができた．さらに，「箱の中身があると思う確率」を測定したことで，はじめて理由不十分の原理を用いずに算出した全確率の法則のやぶれ値が示された．また，ニューカム問題において「箱の中身があると既知の場合の選択」と「箱の中身がないと既知の場合の選択」を測定したことで，はじめてニューカム問題における当然原理のやぶれを検討することができた．

本研究の実験で用いた８つの金額条件すべてにおいて，個人ごとに算出した全確率の法則のやぶれ値が０ではない，つまり全確率の法則のやぶれがあることが示された．ニューカム問題ではない課題を用いて全確率の法則のやぶれを検討した先行研究（Pothos & Busemeyer, 2009; Cheon & Takahashi, 2010）と同様に，ニューカム問題の平均回答を用いてやぶれの大きさを算出した結果においても，すべての金額条件において全確率の法則のやぶれが示された．

本研究で見出された全確率の法則のやぶれは，負の利得条件においては「大きいやぶれ」，正の利得条件においては「小さいやぶれ」であることが示された．具体的には負の利得条件では，箱の中に負の利得がないとわかっている場合にもあるとわかっている場合にも１箱選択（open

box の負の利得を受けとらない）傾向がみられた一方で，箱の中身が不明の場合には２箱選択（両方の負の利得を受けとる）傾向がみられたことによって「大きいやぶれ」が示された．正の利得条件では「小さいやぶれ」が示されたが，箱の中身不明・あり・なしの３つの条件のうち．正と負の利得条件間で選択が異なるのは，箱の中身がある（正の利得がある・負の利得がない）場合のみであった. 正の利得条件では例えば百万円をもらえることが確定しているならば追加の千円をもらおうとしない一方で，負の利得条件では例えば損失がないことが確定しているならば追加で千円の損失を払おうとしない．これは，前述（6-5）のように百万円と百万千円の効用が無差別でありかつなんらかの道徳的規準（例：欲張りは良くない）がはたらいた可能性がある一方で，０円の損失と千円の損失の効用には違いがあるためだと考えられる．また，箱の中身がない（正の利得がない・負の利得がある）場合には，正の利得条件では例えば０円の利得が確定しているならば追加の千円をもらおうとするが，負の利得条件では例えば百万円の損失が確定しているならば追加の千円を払おうとしない. これは，０円の利得と千円の利得の効用には違いがあり，マイナス百万円とマイナス百万千円の効用にも違いがあるとすれば説明できるだろう. 以上のように，心理物理則と，正の利得と負の利得にたいする効用関数の形状の違い（プロスペクト理論；Kahneman & Tversky, 1992）と，道徳的規準などの社会的価値観によって，正と負の利得条件でやぶれの大きさがことなることが説明できる可能性がある．

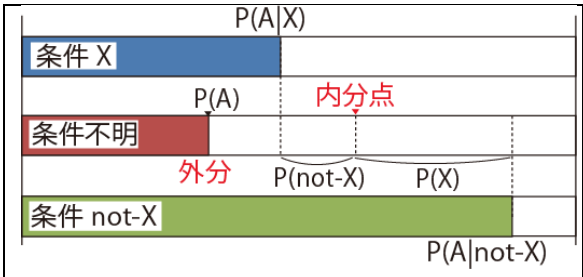



図 7（再掲）全確率の法則のやぶれ（大）

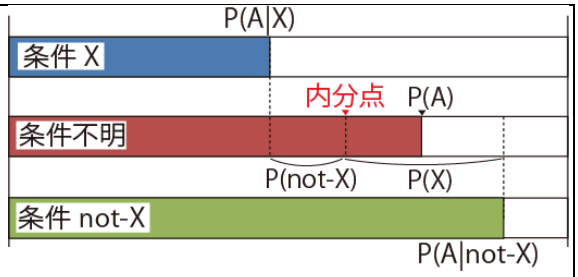



図 8（再掲）全確率の法則のやぶれ（小）

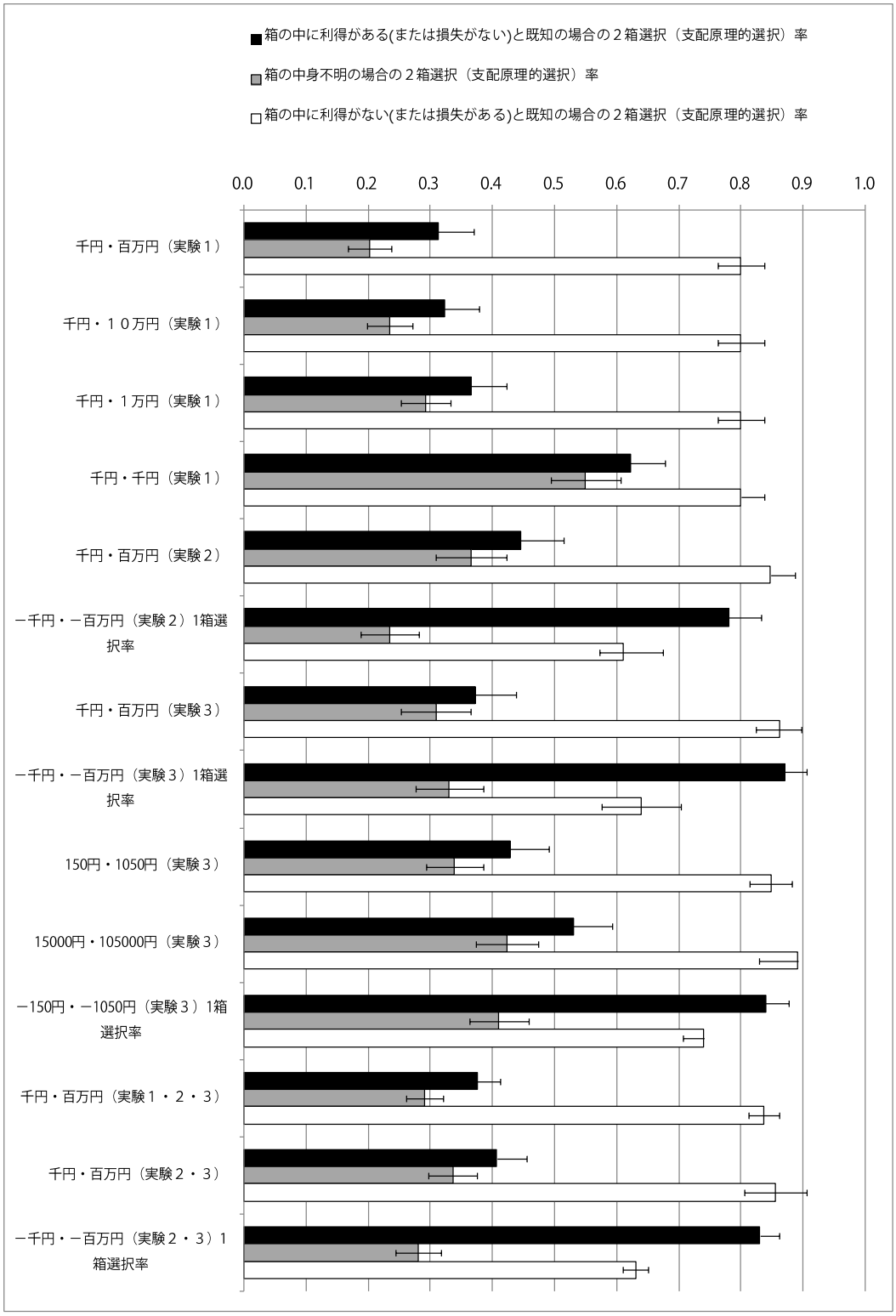



図 75 （再掲）ニューカム問題に対する回答を確率に変換した値の平均．箱の中に利得（または損失）あり既知の場合と，不明の場合と，箱の中に利得（または損失）なし既知の場合の 2 箱選択率．表 39 の値をグラフに表した．

また，８つの金額条件を比較した結果，２つの箱の金額の比率を変えた４つの金額条件において，比率が１：１の条件とその他３つの条件（1：10，1：100，1：1000）それぞれとの間で全確率の法則のやぶれ値に違いがみられた. 全確率の法則のやぶれ値はニューカム問題における選択たちによって算出されるので，ニューカム問題における選択がＫ比（６-２）によって変化することで金額条件間の全確率の法則のやぶれ値の違いが生じたと考えられる.

## ６-９．本研究で示された量子意思決定理論の妥当性

本研究は, 個人の意思決定にたいして量子意思決定理論および量子的全確率の法則を適用したはじめての研究である. これまでは集団の平均データへの適用しかされてこなかったが，本研究では個人の選択を１０点尺度で測定したことにより，１人１人のデータを量子的全確率の法則の等式に代入することができた. これまで Franco(2009)以外にもいくつかの量子的全確率の法則が提案され（Pothos & Busemeyer, 2009; Cheon & Takahashi, 2010），実験データとの適合性が示されてきたが，それらは個人の意思決定に適用されてきたのではなく統計的データ（例：２箱選択した人の割合）に適用されてきた. 当然原理のやぶれを検討するためには個人内要因として選択を測定すべきと Lambdin & Burdsal（2007）が指摘したように，期待効用理論を一般化した量子意思決定理論を検討する際には, 個人ごとに量子的全確率の法則の成立を確認すべきであろう.

まず, 先行研究にならってニューカム問題の実験結果の「平均回答」をもちいて計算した結果，干渉項の変数である $\lambda$ の値の絶対値は，すべての金額条件において１以下であった. つまり「平均回答」は量子的全確率の法則の等式を満たしていた. 先行研究でも平均回答を用いて量子的全確率の法則の等式が計算されてきたが,「条件が得られる確率（箱の中身があると思う確率）」を測定して計算にもちいたのは本研究がはじめてである.

次に，個人ごとに干渉項の変数 $\lambda$ を算出した結果，$\lambda$ の絶対値が１よりも大きい回答が 10〜46%あることがわかったが，統計的検定の結果，１つの金額条件（closed box・open box：マイナス百万円・マイナス千円）をのぞいて $\lambda$ の絶対値の平均値は１よりも大きいとは言えなかっ

た．つまり，個人ごとの選択は量子的全確率の法則をやぶることもあるが，概ね量子的全確率の法則の適用範囲内であったといえる．

本研究の結果から，量子意思決定理論は集団平均データに対して適合することが先行研究と同様に示されたと同時に，個人データに対しては適合しない場合があることがはじめて示された．

## 6-10．量子的全確率の法則が個人のデータに合致しなかったのはなぜか

$\lambda$はどのような場合にその絶対値が 1 を上回るのだろうか．式(60)より，分子の干渉項$(\mathrm{P(A)} - \big(\mathrm{P(A|X)P(X)} + \mathrm{P(A|not-X)P(not-X)}\big))$が大きいほど，また分母の$2\sqrt{\mathrm{P(X)P(not-X)P(A|X)P(A|not-X)}}$が小さいほど$\lambda$は大きくなる．分母の P(X)P(not-X)の値には制約があり，確率の測定に 2 極尺度をもちいているため P(X)+P(not-X)=1 がやぶられることはなく，P(X)=P(not-X)=0.5 のときに P(X)P(not-X)は最大に，P(X)=0.05,P(not-X)=0.95 のとき（もしくは P(X)=0.95,P(not-X)=0.05 のとき）に P(X)P(not-X)は最小になる．従って，$\lambda$がもっとも大きな値をとるのは次のような場合である．箱の中身がある・ないと既知の場合のどちらでも 2 箱選択率が 0.05 で，箱の中身が不明の場合には 2 箱選択率が 0.95，箱の中身があると思う確率が 0.05，ないと思う確率が 0.95 のとき（もしくはあると思う確率が 0.95，ないと思う確率が 0.05 のとき），分子の干渉項の絶対値は 0.95-0.05=0.9 と最大に，分母は$2\sqrt{0.05 \times 0.95 \times 0.05 \times 0.05} \cong 0.022$と最小に，$\lambda$は$0.9/0.022 \cong 41$と最大値をとる．本研究のニューカム問題の実験でえられた$\lambda$の最大値は 9 だった．

また，量子的全確率の法則の等式を解析すると次のようなことが分かる．ここまで回答者の選択を 2 箱選択率であらわしてきたが，1 箱選択率（つまり 1 – [2 箱選択率]）であらわして$\lambda$を計算すると異なる値になる．前述の$\lambda$が最大になる例について，2 箱選択率を 1 箱選択率で表現しなおすと，箱の中身がある／ないと既知の場合のどちらでも 1 箱選択率が 0.95 で，箱の中身が不明の場合には 1 箱選択率が 0.05，箱の中身があると思う確率は変わらず 0.05，ないと思う確率も変わらず 0.95 となる．干渉項は 0.05-0.95=-0.9 なので 2 箱選択の場合と絶対値は同じだが，$\lambda$を計算すると$-0.9/(2\sqrt{0.5 \times 0.5 \times 0.95 \times 0.95}) \cong -0.95$と 1 より小さくなる．同じ回答に

ついて計算したのに，1 箱選択率について計算した λ と 2 箱選択率について計算した λ では値がことなってしまう．

Franco のモデルにおける位相 θ は，「箱の中身がないと思う」ことに対応するベクトルの位相と「箱の中身があると思う」ことに対応するベクトルの位相の差に対応している．つまり，1 箱選択率（「1 箱選択をする」に対応するベクトルへの射影）を考える場合でも，2 箱選択率（「2 箱選択をする」に対応するベクトルへの射影）を考える場合でも，位相の元になるベクトルは同じだと想定されている．この点でも実験結果は Franco（2009）のモデルをやぶる．

1 箱選択率の λ と 2 箱選択率の λ が大きく異なる値を示す原因は，Franco（2009）のモデルでは P(A|X)+P(A|not-X)=1（二重確率性; double stochasticity）が暗黙のうちに想定されていることにある（Busemeyer, Wang, & Lambert-Mogiliansky, 2009）．図 22，図 23 で示したように，「箱の中身がない場合に 2 箱選択をする確率」と「箱の中身がある場合に 2 箱選択をする確率」と足すと 1 になる．ところが，実際の人々の選択ではこの二重確率性が成り立たない（表 39; Busemeyer, Wang, & Lambert-Mogiliansky, 2009）．仮に，P(A|X)+P(A|not-X)=1 が成立するならば，1 箱選択率の λ と 2 箱選択率の λ の絶対値は一致する．例えば，箱の中身があると既知の場合の 2 箱選択率が 0.05 ならば，箱の中身がないと既知の場合の 2 箱選択率は 0.95 となる．箱の中身が不明の場合には 2 箱選択率が 0.95，箱の中身があると思う確率が 0.05，ないと思う確率が 0.95 ならば，干渉項の絶対値は 0.95-(0.05×0.05+0.95×0.95)=0.045 で，$\lambda$ は$0.045/2\sqrt{0.05 \times 0.95 \times 0.05 \times 0.95} \cong 0.001$である．これを 1 箱選択率で表現しなおすと，箱の中身があると既知の場合の 1 箱選択率は 0.95，箱の中身がないと既知の場合の 1 選択率は 0.05，箱の中身が不明の場合には 1 箱選択率が 0.05 となる．箱の中身があると思う確率は 0.05，ないと思う確率は 0.95 なので，干渉項は 0.05-(0.05×0.95+0.95×0.05)=-0.045，$\lambda$ は$-0.045/2\sqrt{0.05 \times 0.95 \times 0.05 \times 0.95} \cong -0.001$となり，1 箱選択率の λ と 2 箱選択率の λ の絶対値が一致する．このように，Franco（2009）のモデルは，実際の人々の選択と一致しない理論上の制約をもっている．

## 6-11．量子的モデルを認知や意思決定に用いるうえでの困難と今後の方向性

Franco（2009）の理論が持つ二重確率性の問題を回避するため，Busemeyer, Wang, & Lambert-Mogiliansky（2009）は８次元の空間を用いた量子意思決定理論を提案している．８次元理論モデルを用いた場合，実験結果を代入してもモデルの等式は破綻しないが，変数が２つ必要になり（Franco 型の理論では変数はλの１つだけ），実験での測定から変数の値が一意に定まらない．そのため，任意に変数の値を選ぶことでモデルにフィットさせることしかできず，現在のところモデルの有用性があきらかとはいえない．

量子的意思決定理論では，心の状態を複素ヒルベルト空間上のベクトルに代表させることが多いが，それらのベクトルがはたしてなにを代表するのかは定かではない．例えば，Franco（2009）のモデルと Busemeyer, Wang, & Lambert-Mogiliansky（2009）の２次元モデルでは，結果が確定するまえ，選択が測定されるまえの状態|ψ＞は，|x1＞と|x2＞の重ね合わせの状態であると同時に，|a1＞と|a2＞の重ね合わせの状態として表現することもできる．これは，ある人に対するイメージを１つのベクトルであらわしていてある質問によって|x1＞と|x2＞へと射影され，別の質問によって|a1＞と|a2＞へと射影されることに対応する．また，干渉項の大きさを左右するのはベクトルのもつ位相であるが，その位相がどのような心理的概念に対応しているのかも定かではない．

量子意思決定理論の研究領域では，実験結果への適用を目指して多くの理論が林立しているような状況である．この状況は，量子論が全称命題の公理系（Dirac, 1958; von Neumann, 1932）としてまとめられる以前に，いくつかの理論が並立している状態がしばらく続いていた物理学の当時の状況に似ている．量子意思決定理論の林立状況も，将来的に量子意思決定理論が統一されていくために必要な試行錯誤の段階であるのかもしれない．そのような試行錯誤の過程において，特定の状況における予測力を高めた理論モデルが提示されることは実用的な価値があるだけでなく，統一的な理論に向けての突破口となる可能性がある．例えば，インターネットで買い物をする際に，不確実な状況（商品 A の価格が下がるかどうか不明）での購買行動と確実な状況（商品 A の価格が固定）での購買行動それぞれを精度高く予測できるような量子意思決定理論が構

築されるとする．そのように，何か１つの状況に対してでも量子意思決定理論による予測力の高さが示されるようなモデルが提案されることは，統合的な量子意思決定理論構築の足掛かりとなるだろう．

量子意思決定理論は，ベクトルや位相の概念が心理的概念と対応しておらず，射影公準やボルンの確率規則が認知的プロセスに対応しているわけでもない．しかし，これによって量子意思決定理論を用いることの妥当性が弱まるとはかぎらない．なぜなら，物理学においても量子論の基礎概念（複素ヒルベルト空間や複素ベクトル）は力学的メカニズムに対応しておらず（量子現象には対応するメカニズムが存在せず），多くの物理学者にとっても直感に反する受け入れがたい理論だったが，量子論は驚くほど観察結果によく合致するうえ，量子論をやぶる観察結果は未だ報告されていないからである．さら付け加えるならば，現実によく合致する理論であるならば，量子論を用いることにこだわる必要もない．我々が本研究で直面した問題（全確率の法則のやぶれ）は，事象を古典集合論によってあらわすコルモゴロフ確率論の公理のやぶれであり，「事象を古典集合論によってあらわすことは適切なのか」という問いを提示する問題でもある．全確率の法則のやぶれは大腸菌の遺伝子発現（Asano, Basieva, Khrennikov, Ohya, Tanaka & Yamato, 2012）においても観察されており，人間の意思決定に限定された現象ではないことから，生物の情報処理全般において古典集合論的な事象の表現が用いられていないことが示唆される．量子論は，事象をベクトルで表現する非古典集合論的な理論の代表であり，コルモゴロフ確率論に代わる意思決定・情報処理理論として有望だと考えられ検討されている．しかし，生物の意思決定・情報処理の特性に合致するならば，量子論的な事象の表現をもちいない理論であっても良いはずである．例えば，量子確率論の数学的表現を拡張した理論（Khrennikov, 2003; 金城, 2016）や，神経細胞集団によるベクトル情報処理の理論（Takahashi & Cheon, 2012）などは非古典集合論的な理論であり，そこでは量子論と同様に確率は線形結合しない．今後は，特に神経情報処理の特性を検証することで，どのような非古典集合論的・非線形結合的意思決定理論が適切であるかが見えてくるだろうと考えられる．

## 6-12．本研究の目的を満たす検討結果が得られたか

本研究の大きな目的は3つあり,1つ目はニューカム問題に対する実験的知見を提供すること，2つ目はニューカム問題における選言効果（全確率の法則のやぶれ）を検証すること，3つ目は量子意思決定モデルが選言効果（全確率の法則のやぶれ）に合致するかどうかを検証することであった．それぞれの目的が達成されたかどうかを以下に概観する.

まず，本研究は８つの金額条件を用いてニューカム問題の実験を行ったことで，ニューカム問題に対する実験的知見をある程度まとまったかたちで提供したといえるだろう．そのなかで，囚人のジレンマ問題における分析（K比，予測と選択との相関など）がニューカム問題にも有用であると示されたことは興味深い.

次に，本研究はニューカム問題における当然原理のやぶれ・全確率の法則やぶれをはじめて慎重に測定し，集団ではなく個人の意思決定における選言効果を示すことに成功した．さらに，集団の平均値を用いた場合の全確率の法則のやぶれと,個人ごとの全確率の法則のやぶれが適切な測定によってはじめて示された,

そして，Franco（2009）の量子的意思決定理論の量子的全確率の法則の等式に人々の選択が概ね合致することが示された．ただし，個人の選択を量子的全確率の法則の等式に代入すると，等式が成立しないデータがあることがわかり，さらにFrancoの理論特有の制約によって実験データと合致しないことも明らかになった.

以上のように，本研究はニューカム問題に対する多角的な実証的知見を示し，緻密な測定によって個人における選言効果を示し,ある量子意思決定理論モデルの検証を通じて期待効用理論に代わる記述理論としての量子意思決定理論の適合性と今後の拡張の必要性を示したといえる.これらのことから，本研究の目的は達成されたと考えられる.

## 6-13．今後の研究の方向性

今後の課題として,まずはニューカム問題自体とそれに対する人々の選択についての検討をすすめる必要があると考えられる．例えば，選択と帰結の間に因果関係はないが共通原因があると

いうニューカム問題に特有の課題構造に注目し，Spohn（2012）のように因果的ベイズネット等を用いた分析をさらに加えていく研究が考えられるだろう．また，無限の繰り返しを示唆しないニューカム問題に改変することで人々の選択が変化するかどうかを検討することもニューカム問題の理解には重要だろうと考えられる．さらに，本研究から示唆された認知能力との関連についてさらに検討することや，囚人のジレンマ問題との類似性の観点から，囚人のジレンマ問題に対する仮説を援用してニューカム問題をさらに検討することも可能である．

量子確率論や新しい確率論を用いた意思決定理論の拡張の試みはまだ尽きていない．「不確実事象は起こりえるすべての確実事象をある比率で混合した（線形結合した）事象である」という期待効用理論およびコルモゴロフ確率論の公理は，人々の状況認知と合致しないことが先行研究からも本研究の実験結果からも明らかである．このように全称命題の公理およびそこから導かれる定理をやぶる例が１つでもあるならば，仮説演繹法（付録 A 参照）に従いその公理系は記述理論として棄却される．記述理論を成立させることは，人々の選択や行動を予測しようとする心理学や経済学の目的にかなうことであり，心の性質を理解しようとする心理学の目的にとっても重要である．従って，記述理論として棄却されない新たな全称命題の公理系をもつ意思決定理論が必要とされる．本研究で用いた Franco の量子意思決定理論は集団平均のデータには適合したが，個人のデータの一部には適合しなかった．今後，量子論のように（古典集合論に寄らない）非線形結合する事象の表現を用いることで，人々の選択や生物の情報処理の記述に適した理論の出現が望まれる．

最後に，本研究で採用した研究戦略は，カーネマンやトバースキーたちの用いた研究戦略に似ている．カーネマンやトバースキーは，まず全称命題の公理系である期待効用理論について，仮説演繹法をもちいてその記述理論としての正しさを検証し，公理や定理に反する事例をしめしたことで，記述理論としての期待効用理論は棄却された．そして，期待効用理論に代わる全称命題の公理系をもつ記述理論としてプロスペクト理論を提示した．また一方では公理や定理のやぶれがなぜ起こるのかという心理的な「理由」（原因）を探る試みを行った．彼らは「理由」についての実験的検討を用いて人間の心の性質を断片的にとらえる，いわば心の真の姿の証拠集めを行

いながら，集まった証拠から描き出せる最も一般的な心の姿を数学的に表現するという両輪を持って，心と意思決定についての解明を目指したといえる．

本研究でも同様に，まずニューカム問題をもちいて期待効用理論の公理（当然原理）とそこから演繹される全確率の法則のやぶれを実験によって示した．そして，そのやぶれの仕方を表現する記述理論として量子意思決定理論を検討した．また同時にそのやぶれがなぜ起こるのかという心理的な「理由」を探る試みをさまざまな心理尺度などをもちいて行った．このように，公理論からの逸脱事象の提示，事象を表現するための記述理論の検討，逸脱の原因を探る探索的な試みを繰り返すことは，人間の心の真の理解に近づくための１つの方策であろう．

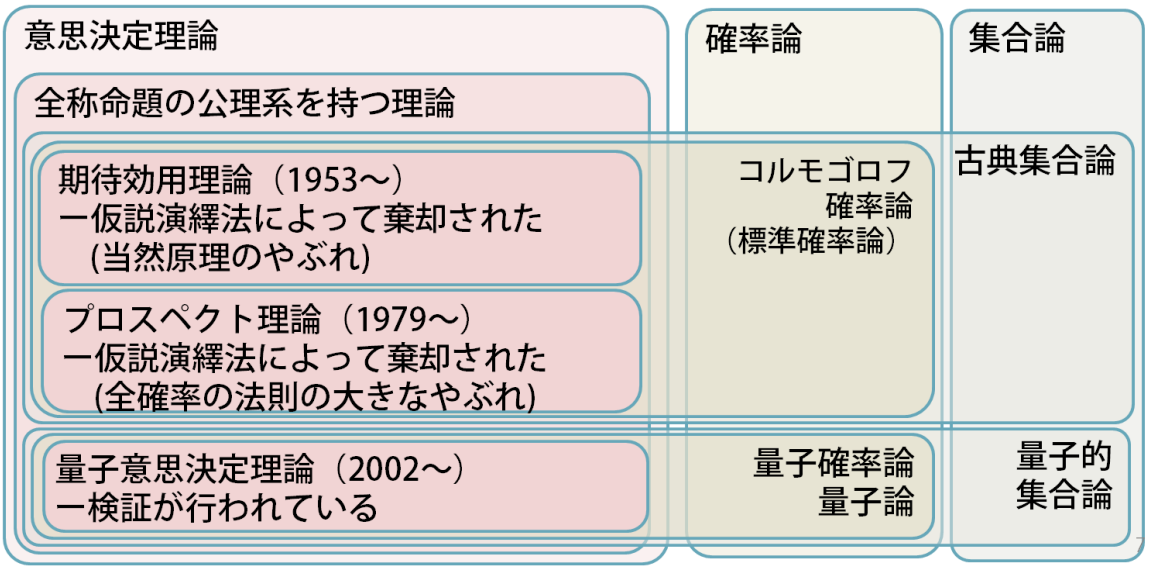



図 76　意思決定理論と確率論・集合論との関係．現在，古典集合論を用いない意思決定理論の検証が多く行われている．

# 7．引用文献

Acacio de Barros, J., & Suppes, P. (2009). Quantum mechanics, interference, and the brain. *Journal of Mathematical Psychology*, *53*(5), 306–313. http://doi.org/10.1016/j.jmp.2009.03.005

Aerts, D., & Gabora, L. (2005). A theory of concepts and their combinations II: A Hilbert space representation. *Kybernetes*, *34*(1/2), 192–221. http://doi.org/10.1108/03684920510575807

Aerts, D., Haven, E., & Sozzo, S. (2016). A Proposal to Extend Expected Utility in a Quantum Probabilistic Framework, 1–25. Retrieved from http://arxiv.org/abs/1612.08583

Allais, P. M. (1953). Le Comportement de l'Homme Rationnel devant le Risque: Critique des Postulats et Axiomes de l'Ecole Americaine. *Econometrica*, *21*(4), 503–546. http://doi.org/10.2307/1907921

Asano, M., Basieva, I., Khrennikov, A., Ohya, M., Tanaka, Y., & Yamato, I. (2012). Quantum-like model for the adaptive dynamics of the genetic regulation of E. coli's metabolism of glucose/lactose. *Systems and Synthetic Biology*, *6*(1–2), 1–7. http://doi.org/10.1007/s11693-012-9091-1

Ashtiani, M., & Azgomi, M. A. (2015). A survey of quantum-like approaches to decision making and cognition. *Mathematical Social Sciences*, *75*, 49–80. http://doi.org/10.1016/j.mathsocsci.2015.02.004

Atmanspacher, H., Filk, T., & Romer, H. (2004). Quantum Zeno features of bistable perception. *Biological Cybernetics*, *90*(1), 33–40. http://doi.org/10.1007/s00422-003-0436-4

Bagassi, M., & Macchi, L. (2006). Pragmatic approach to decision making under uncertainty: The case of the disjunction effect. *Thinking & Reasoning*, *12*(3), 329–350. http://doi.org/10.1080/13546780500375663

Bar-Hillel, M., & Neter, E. (1993). How alike is it versus how likely is it: A disjunction fallacy in probability judgments. Journal of Personality and Social Psychology. http://doi.org/10.1037/0022-3514.65.6.1119

Baumeister, R. F., Masicampo, E. J., & DeWall, C. N. (2009). Prosocial Benefits of Feeling Free: Disbelief in Free Will Increases Aggression and Reduces Helpfulness. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *35*(2), 260–268. http://doi.org/10.1177/0146167208327217

Bayes, M., & Price, M. (1763). An Essay towards Solving a Problem in the Doctrine of Chances. By the Late Rev. Mr. Bayes, F. R. S. Communicated by Mr. Price, in a Letter to John Canton, A. M. F. R. S. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, *53*, 370–418. http://doi.org/10.1098/rstl.1763.0053

Bentham, J. (1789). *An Introduction to the Principles of Morals and Legislation*.（ベンサム, J. 田制佐重（訳）（1928）. 功利論. 春秋社.）

Bickel, W. K., Pitcock, J. A., Yi, R., & Angtuaco, E. J. C. (2009). Congruence of BOLD Response across Intertemporal Choice Conditions: Fictive and Real Money Gains and Losses. *Journal of Neuroscience*, *29*(27), 8839–8846. http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5319-08.2009

Blutner, R., & Graben, P. beim. (2014). Descriptive and Foundational Aspects of Quantum Cognition. Retrieved from http://arxiv.org/abs/1410.3961

Boole, G. (1854). *An Investigation of the Laws of Thought.* New York: Prometheus Books.

Bordley, R. F. (1998). Quantum Mechanical and Human Violations of Compound Probability Principles: Toward a Generalized Heisenberg Uncertainty Principle. *Operations Research*, *46*(6), 923–926. http://doi.org/10.1287/opre.46.6.923

Brams, S. J. (1975). Newcomb's Problem and Prisoners' Dilemma. *Journal of Conflict Resolution*, *19*(4), 596–612. http://doi.org/10.1177/002200277501900402

Bruza, P. D., Wang, Z., & Busemeyer, J. R. (2015). Quantum cognition: A new theoretical approach to psychology. *Trends in Cognitive Sciences*, *19*(7), 383–393. http://doi.org/10.1016/j.tics.2015.05.001

Busemeyer, J. R., Pothos, E. M., Franco, R., & Trueblood, J. S. (2011). A quantum theoretical explanation for probability judgment errors. *Psychological Review*. http://doi.org/10.1037/a0022542

Busemeyer, J. R., Wang, Z., & Lambert-Mogiliansky, A. (2009). Empirical comparison of Markov and quantum models of decision making. *Journal of Mathematical Psychology*, *53*(5), 423–433. http://doi.org/10.1016/j.jmp.2009.03.002

Busemeyer, J. R., Wang, Z., & Townsend, J. T. (2006). Quantum dynamics of human decision-making. *Journal of Mathematical Psychology*, *50*(3), 220–241. http://doi.org/10.1016/j.jmp.2006.01.003

Cacioppo, J. T., & Petty, R. E. (1982). The need for cognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, *42*(1), 116–131. http://doi.org/10.1037/0022-3514.42.1.116

Cacioppo, J. T., Petty, R. E., Feinstein, J. A., & Jarvis, W. B. G. (1996). Dispositional differences in cognitive motivation: The life and times of individuals varying in need for cognition. *Psychological Bulletin*, *119*(2), 197–253. http://doi.org/10.1037/0033-2909.119.2.197

Campbell, R., & Sowden, L. (Eds.). (1985). *Paradoxes of rationality and cooperation: prisoner's dilemma and Newcomb's problem.* University of British Columbia Press.

Cardano, G. (1961). *The book on games of chance* (Trans.). New York: Holt, Rinehart and Winston. (Original work published 1663).

Cerf, N., & Adami, C. (1999). Quantum extension of conditional probability. *Physical Review A*, *60*(2), 893–897. http://doi.org/10.1103/PhysRevA.60.893

Chater, N., Vlaev, I., & Grinberg, M. (2008). A new consequence of Simpson's paradox: Stable cooperation in one-shot prisoner's dilemma from populations of individualistic learners. *Journal of Experimental Psychology: General*, *137*(3), 403–421. http://doi.org/10.1037/0096-3445.137.3.403

Cheon, T., & Takahashi, T. (2010). Interference and inequality in quantum decision theory. *Physics Letters, Section A: General, Atomic and Solid State Physics*, *375*(2), 100–104. http://doi.org/10.1016/j.physleta.2010.10.063

Cheon, T., & Takahashi, T. (2012). Quantum phenomenology of conjunction fallacy. *Journal of the Physical Society of Japan*, *81*(10), 1–5. http://doi.org/10.1143/JPSJ.81.104801

Crick, F. (1994). *The astonishing hypothesis : the scientific search for the soul*. New York: Charles Scribner's Son.（クリック, F.　中原英臣（訳）.（1995）. DNA に魂はあるか：驚異の仮説　講談社）

Croson, R. T. A. (1999). The Disjunction Effect and Reason-Based Choice in Games. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 80(2), 118–133. http://doi.org/10.1006/obhd.1999.2846

Crupi, V. (2015). *Stanford Encyclopedia of Philosophy: Confirmation.* Retrieved from https://plato.stanford.edu/entries/confirmation/

Dawes, R. M., McTavish, J., & Shaklee, H. (1977). Behavior, communication, and assumptions about other people's behavior in a commons dilemma situation. *Journal of Personality and Social Psychology*, *35*(1), 1–11. http://doi.org/10.1037/0022-3514.35.1.1

de Finetti, B. (1951). Recent suggestions for the reconciliation of theories of probability. *Proceedings of the Second Berkley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, *1*, 217–225.

Dirac, P. A. M. (1958). *The Principles of Quantum Mechanics*. Clarendon, Oxford.

Eckblad, M., & Chapman, L. J. (1983). Magical ideation as an indicator of schizotypy. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *51*(2), 215–225. http://doi.org/10.1037/0022-006X.51.2.215

Eells, E. (1981). Causality, utility, and decision. *Synthese*, *48*(2), 295–329. http://doi.org/10.1007/BF01063891

Eells, E. (1982 / 2016). *Rational decision and causality*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Ellsberg, D. (1961). Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms. *Quarterly Journal of Economics*, 75, 643–669.

Fishburn, P. C., & Wakker, P. (1995). The invention of the independence condition for preferences. *Management Science*, *41*(7), 1130–1144. http://doi.org/10.1287/mnsc.41.7.1130

Fishburn, P., & Wakker, P. (1995). The Invention of the Independence Condition for Preferences. *Management Science*, *41*(7), 1130–1144. http://doi.org/10.1287/mnsc.41.7.1130

Fox, C. R., & Tversky, A. (1995). Ambiguity Aversion and Comparative Ignorance. *The Quarterly Journal of Economics*, *110*(3), 585–603. http://doi.org/10.2307/2946693

Franco, R. (2009). The conjunction fallacy and interference effects. *Journal of Mathematical Psychology*, 53(5), 415–422. http://doi.org/10.1016/j.jmp.2009.02.002

Frederick, S. (2005). Cognitive Reflection and Decision Making. *Journal of Economic Perspectives*, *19*(4), 25–42. http://doi.org/10.1257/089533005775196732

Fudenberg, D., and J. Tirole (1991), *Game Theory*. Cambridge, MA: MIT Press.

Gardner, M. (1973). Mathematical Games, Free will revisited, with a mind-bending prediction paradox by William Newcomb. *Scientific American*, *229*(1), 104–109. Retrieved from http://www.scientificamerican.com/article/mathematical-games-1973-07/

Gardner, M., (1974). Mathematical Games, Reflections on Newcomb's problem: a prediction and free-will dilemma. *Scientific American1*, *230*(3), 102–108. Retrieved from http://www.scientificamerican.com/article/mathematical-games-1974-03/

Gibbard, A., & Harper, W. L. (1978). Counterfactuals and Two Kinds of Expected Utility. In *Foundations and Applications of Decision Theory* (Vol. 1, pp. 125–162). Dordrecht: Springer Netherlands. http://doi.org/10.1007/978-94-009-9789-9_5

Gilboa, I. (1987). Expected utility with purely subjective non-additive probabilities. *Journal of Mathematical Economics*, *16*(1), 65–88. http://doi.org/10.1016/0304-4068(87)90022-X

Gilboa, I. (2009). Theory of Decision under Uncertainty. *Economics and Philosophy*, *26*(July), xiv, 215. http://doi.org/10.1017/S0266267110000246

Goldberg, J., Markoczy, L., & Zahn, G. L. (2005). Symmetry and the Illusion of Control as Bases for Cooperative Behavior. *Rationality and Society*, *17*(2), 243–270. http://doi.org/10.1177/1043463105055431

後藤崇志・石橋優也・梶村昇吾・岡隆之介・楠見孝. (2015). 日本版自由意志・決定論信念尺度の作成. 心理学研究, *86*(1), 32–41.

Hammond, P. J. (1988). Consequentialist foundations for expected utility. *Theory and Decision*, *25*(1), 25–78. http://doi.org/10.1007/BF00129168

Haven, E. (2005). Pilot-wave theory and financial option pricing. *International Journal of Theoretical Physics*, *44*(11), 1957–1962. http://doi.org/10.1007/s10773-005-8973-3

Hayashi, N., Ostrom, E., Walker, J., & Yamagishi, T. (1999). RECIPROCITY, TRUST, AND THE SENSE OF CONTROL: A CROSS-SOCIETAL STUDY. *Rationality and Society*, *11*(1), 27–46. http://doi.org/10.1177/104346399011001002

Hobbes, T. (1651 / 1968). *Leviathan*. London: Penguin Books.（ホッブズ, T. 水田洋（訳）（1992）. リヴァイアサン 1～4. 岩波文庫.）

Hsu, M., Meghana, B., Adolphs, R., Tranel, D., & Camerer, C. F. (2005). Neural Systems Responding to Degrees of Uncertainty in Human Decision-Making. *Science*, *310*(5754), 1680–1683. http://doi.org/10.1126/science.1115327

Jeffrey, R. C. (1965). *The logic of decision*. New York: McGraw-Hill.

Jeffrey, R. C. (1983). *The logic of decision* (2nd ed.). Chicago: University of Chicago Press.

Jensen, N. E. (1967). An Introduction to Bernoullian Utility Theory: I. Utility Functions. *The Swedish Journal of Economics*, *69*(3), 163. http://doi.org/10.2307/3439089

Jones, B., Steele, M., Gahagan, J., & Tedeschi, J. (1968). Matrix values and cooperative behavior in the Prisoner's Dilemma game. *Journal of Personality and Social Psychology*, *8*(2), 148–53. http://doi.org/10.1037/h0025299

Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, *47*(2), 263. http://doi.org/10.2307/1914185

神山貴弥, & 藤原武弘. (1991). 認知欲求尺度に関する基礎的研究. 社会心理学研究, *6*(3), 184–192.

Kant, I. (1781). *Critique of Pure Reason*. (P. Guyer & A. W. Wood, Trans. / Eds.). Johann Friedrich Hartknoch.（カント, I. 篠田英雄（訳）. （1961）. 純粋理性批判 岩波文庫.）

Karp, D., Jin, N., Yamagishi, T., & Sshinotsuka, H. (1993). Raising the Minimum in the Minimal Group Paradigm. *Japanese Journal of Experimental Social Psychology*, *32*(3), 231–240. http://doi.org/10.2130/jjesp.32.231

Khrennikov, A. (2002). Brain as quantum-like computer. Retrieved from http://arxiv.org/abs/quant-ph/0205092

Khrennikov, A. (2003). Hyperbolic quantum mechanics. *Advances in Applied Clifford Algebras*, *13*(1), 1–9. http://doi.org/10.1007/s00006-003-0001-1

Khrennikov, A. Y. (2010). *Ubiquitous Quantum Structure*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. http://doi.org/10.1007/978-3-642-05101-2

Khrennikov, A. Y., & Haven, E. (2009). Quantum mechanics and violations of the sure-thing principle: The use of probability interference and other concepts. *Journal of Mathematical Psychology*, 53(5), 378–388. http://doi.org/10.1016/j.jmp.2009.01.007

金城卓司 (2016). 意思決定における非合理性の量子意思決定モデルによる研究 北海道大学大学院文学研究科修士論文（未公刊）

Koch, C. (2012). *Consciousness : confessions of a romantic reductionist*. Cambridge, MA: THE MIT PRESS.（コッホ, C. 小畑史哉（訳）. （2014）. 意識をめぐる冒険 岩波書店）

Kolmogorov, A. (1933). *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeits-Rechnung*. (K. bei Moskau, Ed.). Springer.（コルモゴロフ, A. N. 坂本實（訳）（2010）. 確率論の基礎概念. ちくま学芸文庫.）

Kolmogorov, A. (1933). *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeits-Rechnung*. (K. bei Moskau, Ed.). Springer.（コルモゴロフ, A. N. 坂本實（訳）（2010）. 確率論の基礎概念. ちくま学芸文庫.）

Kühberger, A., Komunska, D., & Perner, J. (2001). The Disjunction Effect: Does It Exist for Two-Step Gambles? *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *85*(2), 250–264. http://doi.org/10.1006/obhd.2000.2942

Lambdin, C., & Burdsal, C. (2007). The disjunction effect reexamined: Relevant methodological issues and the fallacy of unspecified percentage comparisons. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *103*(2), 268–276. http://doi.org/10.1016/j.obhdp.2006.04.001

Langer, E. (1975). The illusion of control. *Journal of Personality and Social Psychology*, *32*(2), 311–328. http://doi.org/10.1037/0022-3514.32.2.311

Langer, E. (1975). The illusion of control. *Journal of Personality and Social Psychology*, *32*(2), 311–328. http://doi.org/10.1037/0022-3514.32.2.311

Leifer, M. S. (2006). Quantum dynamics as an analog of conditional probability. *Physical Review A - Atomic, Molecular, and Optical Physics*, *74*(4), 1–12. http://doi.org/10.1103/PhysRevA.74.042310

Lewis, D. (1979). Prisoners' Dilemma Is a Newcomb Problem. Philosophy and Public Affairs, 8(3), 235–240.

Lewis, D. (1981). Why Ain'cha Rich?. *Noûs*, 15(3), 377. http://doi.org/10.2307/2215439

Li, S., Wang, Z.-J., Rao, L.-L., & Li, Y.-M. (2010). Is There a Violation of Savage's Sure-Thing Principle in the Prisoner's Dilemma Game? *Adaptive Behavior*. http://doi.org/10.1177/1059712310366040

Locey, M. L., Jones, B. A., & Rachlin, H. (2011). Real and hypothetical rewards. *Judgment and Decision Making*, *6*(6), 552–564.

MacCrimmon, K. R., & Larsson, S. (1979). Utility Theory: Axioms Versus "Paradoxes." In *Expected Utility Hypotheses and the Allais Paradox* (pp. 333–409). Dordrecht: Springer Netherlands. http://doi.org/10.1007/978-94-015-7629-1_15

Marschak, J. (1950). Rational Behavior, Uncertain Prospects, and Measurable Utility. *Econometrica*, *18*(2), 111. http://doi.org/10.2307/1907264

Matsumoto, Y., Yamagishi, T., Li, Y., & Kiyonari, T. (2016). Prosocial behavior increases with age across five economic games. *PLoS ONE*, *11*(7), 1–16. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0158671

Martin, J. J. (1967). *Bayesian decision problems and Markov chains*. NJ: Wiley.

Meyer, D. A. (1999). Quantum Strategies. *Physical Review Letters*, *82*(5), 1052–1055. http://doi.org/10.1103/PhysRevLett.82.1052

Meyer, D. A. (1999). Quantum Strategies. Physical Review Letters, 82(5), 1052–1055. http://doi.org/10.1103/PhysRevLett.82.1052

中島定彦・佐藤達哉・渡邊芳之. (1993). 超自然現象信奉尺度の作成. *Journal of the Japan Skeptics*, *2*, 69–80.

von Neumann, J. (1932). Mathematical foundations of quantum mechanics (R. T. Beyer, Trans.). Princeton, NJ: Princeton University Press.（フォン・ノイマン, J.　広重徹・井上健・恒藤敏彦（訳）.（1957）. 量子力学の数学的基礎　みすず書房.）

von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1944 / 1947 / 1953). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: Princeton University Press.（ジョン・フォン・ノイマン, オスカー・モルゲンシュテルン. 武藤滋夫（訳）・中山幹夫（翻訳協力）（2014）. ゲーム*理論と経済行動：刊行 60 周年記念版*. 勁草書房.）

Nozick, R. (1963). *The normative theory of individual choice*. Harvard University.

Nozick, R. (1969). Newcomb's Problem and Two Principles of Choice. In C. G. Hempel, D. Davidson, & N. Rescher (Eds.), *Essays in Honor of Carl G Hempel* (pp. 114–146). Dordrecht: D. Reidel.

Nozick, R. (1991). Decisions of Principle, Principles of Decision. In *Tanner Lecture on Human Values* (pp. 117–202).

Orlov, Y. F. (1982). The wave logic of consciousness: A hypothesis. *International Journal of Theoretical Physics*, *21*(1), 37–53. http://doi.org/10.1007/BF01880263

Osherson, D. N., & Markman, E. (1974). Language and the ability to evaluate contradictions and tautologies. *Cognition*, *3*(3), 213–226. http://doi.org/10.1016/0010-0277(74)90009-2

Ozawa, M. (1985). Conditional probability and a posteriori states in quantum mechanics. *Publications of the Research Institute for Mathematical Sciences*, *21*(2), 279–295. http://doi.org/10.2977/prims/1195179625

Paulhus, D. L., & Carey, J. M. (2011). The FAD–Plus: Measuring Lay Beliefs Regarding Free Will and Related Constructs. *Journal of Personality Assessment*, *93*(1), 96–104. http://doi.org/10.1080/00223891.2010.528483

Penrose, R. (1989). *The emperor's new mind : concerning computers, minds, and the laws of physics*. Oxford: Oxford University Press.

Peterson, R. A. (2001). On the Use of College Students in Social Science Research: Insights from a Second-Order Meta-analysis. *Journal of Consumer Research*, *28*(3), 450–461. http://doi.org/10.1086/323732

Pothos, E. M., & Busemeyer, J. R. (2009). A quantum probability explanation for violations of "rational" decision theory. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. http://doi.org/10.1098/rspb.2009.0121

Quattrone, G. A., & Tversky, A. (1984). Causal versus diagnostic contingencies: On self-deception and on the voter's illusion. *Journal of Personality and Social Psychology*, *46*(2), 237–248. http://doi.org/10.1037/0022-3514.46.2.237

Raiffa, H. (1970). Decision analysis: introductory lectures on choices under uncertainty. 1968. *M.D. Computing : Computers in Medical Practice*, *10*(5), 312–28. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8231747

Ramsey, F. P. (1931). Readings in Formal Epistemology. In R. B. Braithwaite (Ed.), *The Foundations of Mathematics and Other Logical Essays* (pp. xv–xvi). New York: Harcourt Brace.

Rapoport, A., & Chammah, A. (1965). *Prisoner's Dilemma*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press. http://doi.org/10.3998/mpub.20269

Rosenblum, B., & Kuttner, F. (2006). *Quantum enigma: Physics encounters consciousness*. Oxford: Oxford University Press.

Rotter, J. B. (1966). Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcement. *Psychological Monographs: General and Applied*, *80*(1), 1–28. http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Samuelson, P. A. (1952). Economic theory and mathematics--an appraisal. *The American Economic Review*, 56-66.

Schaden, M. (2002). Quantum finance. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *316*(1–4), 511–538. http://doi.org/10.1016/S0378-4371(02)01200-1

Schmidt‐Petri, C. (2005). Newcomb's Problem and Repeated Prisoners' Dilemmas. *Philosophy of Science*, *72*(5), 1160–1173. http://doi.org/10.1086/508962

Sinnott-Armstrong, W. (2015). *Stanford Encyclopedia of Philosophy: Consequentialism*. Retrieved from https://plato.stanford.edu/entries/consequentialism/

Segal, U. (1987). The Ellsberg Paradox and Risk Aversion: An Anticipated Utility Approach. *International Economic Review*, *28*(1), 175. http://doi.org/10.2307/2526866

Shafir, E., & Tversky, A. (1992). Thinking through uncertainty: Nonconsequential reasoning and choice. *Cognitive Psychology*, *24*(4), 449–474. http://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90015-T

Shafir, E., Simonson, I., & Tversky, A. (1993). Reason-based choice. *Cognition*, *49*(1–2), 11–36. http://doi.org/10.1016/0010-0277(93)90034-S

清水明（2004）．量子論の基礎　サイエンス社

Slovic, P., & Fischhoff, B. (1977). On the psychology of experimental surprises. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *3*(4), 544–551. http://doi.org/10.1037//0096-1523.3.4.544

Slovic, P., & Tversky, A. (1974). Who accepts Savage's axiom? *Behavioral Science*, *19*(6), 368–373. http://doi.org/10.1002/bs.3830190603

Spohn, W. (2012). Reversing 30 years of discussion: why causal decision theorists should one-box. *Synthese*, *187*(1), 95–122. http://doi.org/10.1007/s11229-011-0023-5

Stalnaker, R. (1968). A theory of conditionals. *Studies in Logical Theory*, 98–112. http://doi.org/10.1093/acprof

Stanovich, K. E., & West, R. F. (1999). Discrepancies between normative and descriptive models of decision making and the understanding/acceptance principle. *Cognitive Psychology*, *38*(3), 349–385. http://doi.org/10.1006/cogp.1998.0700

Strickland, L. H., Lewicki, R. J., & Katz, A. M. (1966). Temporal orientation and perceived control as determinants of risk-taking. *Journal of Experimental Social Psychology*, *2*(2), 143–151. http://doi.org/10.1016/0022-1031(66)90075-8

Sun, Y., Li, S., & Li, Y.-M. (2008). Reexamining the role of the description of problem texts in the disjunction effect. *The Journal of Psychology*, *142*(3), 261–266. http://doi.org/10.3200/JRLP.142.3.261-266

Takahashi, T., & Cheon, T. (2012). A nonlinear neural population coding theory of quantum cognition and decision making. *World Journal of Neuroscience*, *2*(4), 183–186. http://doi.org/10.4236/wjns.2012.24028

Tobacyk, J. (1984). Paranormal belief and college grade point average. *Psychological Reports*, *54*(1), 217–218. http://doi.org/10.2466/pr0.1984.54.1.217

Tobacyk, J. J. (2004). A revised paranormal belief scale. *The International Journal of Transpersonal Studies*, *23*(1), 94–98.

Tobacyk, J., & Milford, G. (1983). Belief in paranormal phenomena: Assessment instrument development and implications for personality functioning. *Journal of Personality and Social Psychology*, *44*(5), 1029–1037. http://doi.org/10.1037/0022-3514.44.5.1029

Townsend, J. T., & Ashby, G. F. (1983). *Stochastic modeling of elementary psychological processes*. MA: Cambridge University Press.

Tversky, A. (1969). Intransitivity of preferences. *Psychological Review*, *76*(1), 31–48. http://doi.org/10.1037/h0026750

Tversky, A., & Fox, C. R. (1995). Weighing risk and uncertainty. *Psychological Review*, *102*(2), 269–283. http://doi.org/10.1037/0033-295X.102.2.269

Tversky, A., & Kahneman, D. (1986). Rational Choice and the Framing of Decisions. *The Journal of Business*, *59*(S4), S251. http://doi.org/10.1086/296365

Tversky, A., & Kahneman, D. (1992). Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, *5*(4), 297–323. http://doi.org/10.1007/BF00122574

Tversky, A., & Shafir, E. (1992). The disjunction effect in choice under uncertainty. *Psychological Science*. http://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1992.tb00678.x

Wang, Z., Busemeyer, J. R., Atmanspacher, H., & Pothos, E. M. (2013). The Potential of Using Quantum Theory to Build Models of Cognition. *Topics in Cognitive Science*, *5*(4), 672–688. http://doi.org/10.1111/tops.12043

Wang, Z., Solloway, T., Shiffrin, R. M., & Busemeyer, J. R. (2014). Context effects produced by question orders reveal quantum nature of human judgments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(26), 9431–9436. http://doi.org/10.1073/pnas.1407756111

渡辺匠・櫻井良祐・綿村英一郎・唐沢かおり. (2014). 自由意思・決定論尺度（The Free Will and Determinism Plus Scale : FAD+）日本語版の作成. パーソナリティ研究, *23*(1), 53–56.

山田愛（2017). 認知傾向と時間割引との関係の研究　北海道大学文学部卒業論文（未公刊）

Yamagishi, T., Mifune, N., Li, Y., Shinada, M., Hashimoto, H., Horita, Y., Miura, A., Inukai, K., Tanida, S., Kiyonari, T., Takagishi, H., & Simunovic, D. (2013). Is behavioral pro-sociality game-specific? Pro-social preference and expectations of pro-sociality. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *120*(2), 260–271. http://doi.org/10.1016/j.obhdp.2012.06.002

Yukalov, V. I., & Sornette, D. (2010). Mathematical Structure of Quantum Decision Theory. *Advances in Complex Systems*, *13*(5), 659–698. http://doi.org/10.1142/S0219525910002803

参考論文

Ishibashi-Ohmura, N., & Takahashi, T. (2015). Quantum Decision-making in Newcomb's Problem: Effect of Reward Size. *NeuroQuantology, 13*(3). http://doi.org/10.14704/nq.2015.13.3.857

# 付録 A：仮説演繹法（Crupi, 2015）

仮説演繹法の中心となるのは「逆向きの演繹」である．証拠（evidence）は，適切な補助的仮説や仮定とともに仮説を確認するために用いられる. 基本的な仮説演繹とは以下のようなものである.

全ての h, e, k∈L について，h∧k が一定であるとき：

i. h∧k が真であることの論理的帰結として e が真であり．かつ，k が真であるとき e が真であることは論理的帰結ではないときそのときに限り，e は k に対する h を仮説演繹的に確認する.

ii. h∧k が真であることの論理的帰結として e が真でなく．かつ，k が真であるとき e が真でないことは論理的帰結ではないときそのときに限り，e は k に対する h を仮説演繹的に否認する.

iii. それ以外の場合，e は k に対する h の仮説演繹的に中立である.

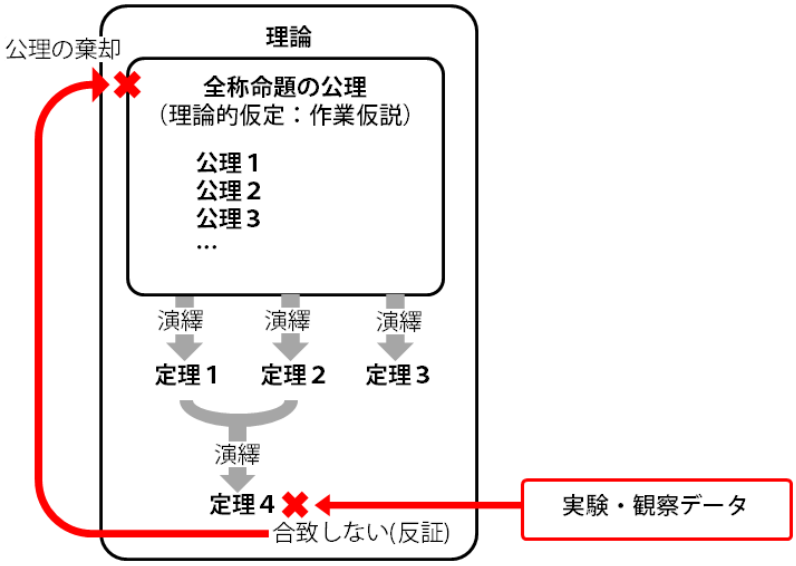



図 77　仮説演繹法の手順を示した図．公理から演繹された定理や仮説と実験・観察データを照らし合わせ，合致しない場合はその公理が否定される.

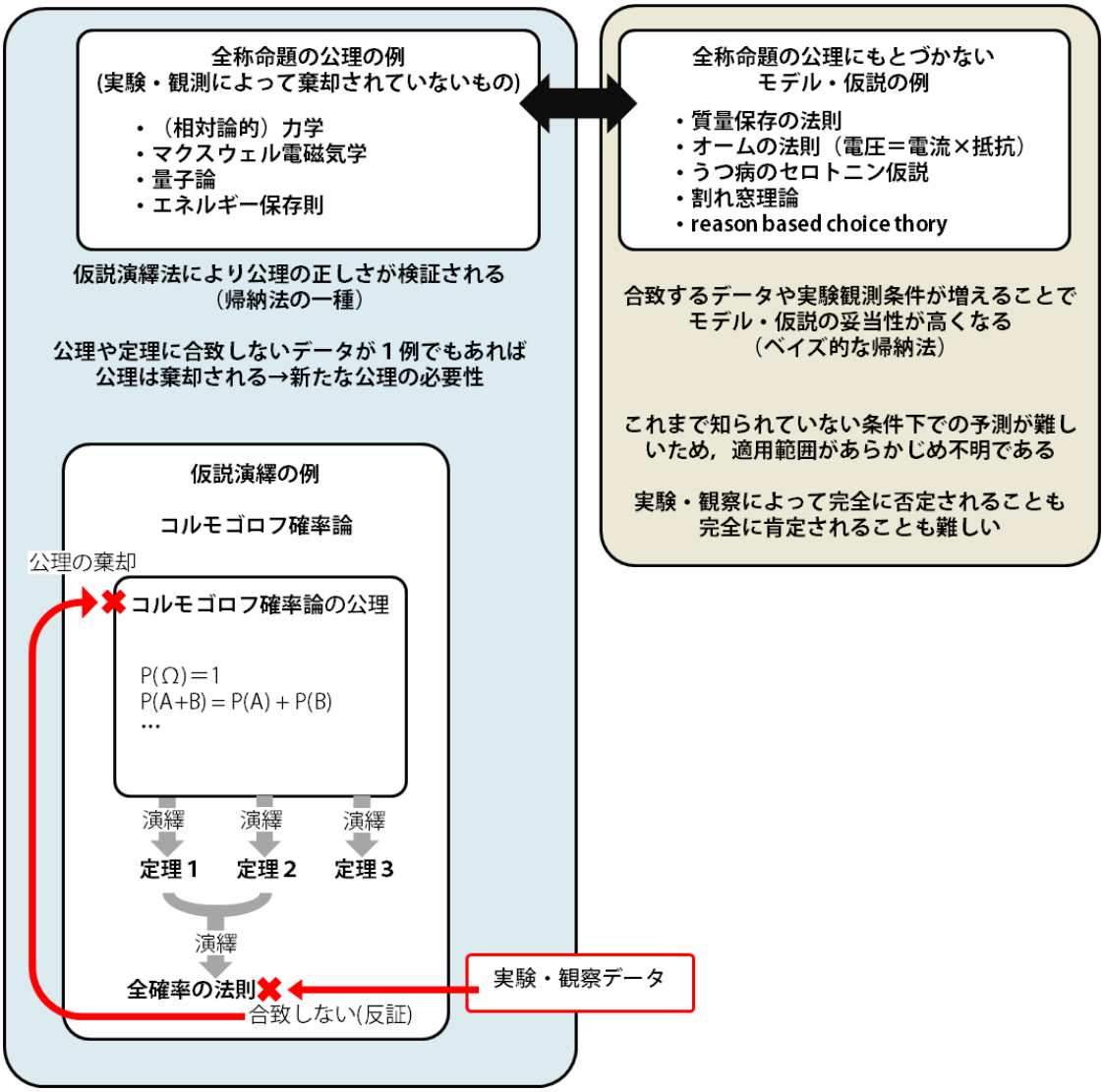


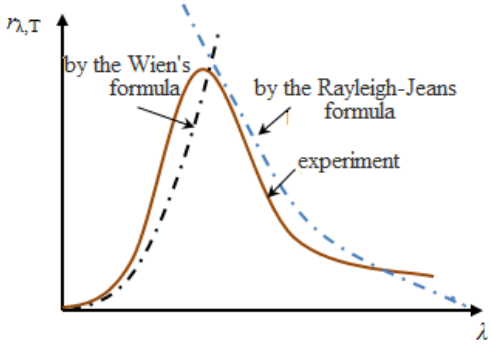

図 78　仮説演繹法を適用できる理論の例と仮説演繹法を適用しにくいモデル・仮説の例.

# 付録 B：本研究の概要説明スライド

付録 B：本研究の概要説明スライド

# 選言効果の量子意思決定モデルによる分析：ニューカム問題を中心とした行動科学的研究

大村（石橋）伸恵




光の強度

$$I(\nu)=\frac{2h\nu}{c^2}\frac{1}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right)-1}\left[\frac{W}{m^2\,Hz\,sr}\right]$$

h：プランク定数(Max Planck, 1900)

1

■本研究は，<u>期待効用理論の記述理論としてのやぶれ</u>を実験的に示し，
期待効用理論を<u>一般化</u>することでやぶれないように拡張する試みを検証する．

■**期待効用理論**（von Neumann & Morgenstern, 1953; Savage, 1954）：
不確実状況において得られる<u>効用</u>（帰結に対する好み・欲求などの感情）を
<u>最大化</u>するための意思決定はどのようなものであるかを定めた規範的理論．
意思決定(選択)についての公理系をもつ帰結主義的意思決定理論は，
ほとんど期待効用理論に集約される，もしくはその一般化である．



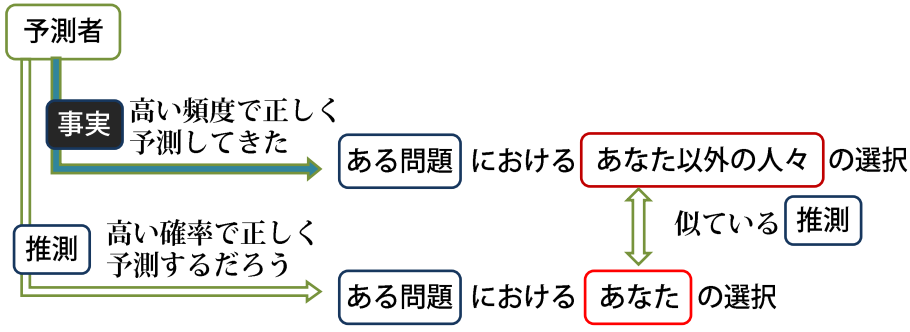

2

# 付録 B：本研究の概要説明スライド

## 1）ニューカム問題の紹介

Nozick（1969）が提示した「ニューカム問題」（前半部分）

あなたの選択を**予測**する能力を持つ**予測者**がいる．
予測者は過去に「**ある問題**」における**あなた以外の人々の選択**を
たびたび**正しく予測**してきた．
その人々の多くはあなたと似たような人だった．
これらのことから予測者は「ある問題」におけるあなたの選択を
**正しく予測するだろう**とあなたが信じるに値する．

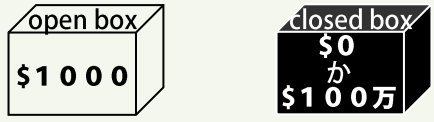



3

Nozick（1969）が提示した「ニューカム問題」（後半部分）

**ある問題**

2つの箱がある．open boxの中身は千ドル．
closed boxの中身は百万ドルか０ドルのいずれか．




【あなたに与えられた選択肢】
（1）両方の箱の中身を取る（**２箱選択**）
（2）closed boxの中身だけを取る（**１箱選択**）

【closed boxの中身はどのように決まるか】
・もし予測者があなたは**２箱選択をすると予測**したら箱の中身は**０**ドル．
・もし予測者があなたは**１箱選択をすると予測**したら箱の中身は**百万**ドル

予測者はすでに予測を終え，
箱(closed box)の中身は百万ドルか０ドルになっている．

あなたはどちらの選択肢を選ぶか
**１箱選択？２箱選択？**

4

# 付録 B：本研究の概要説明スライド

Nozick（1969）の提示した期待効用理論における規範的原理の対立

■支配原理：２箱選択を導き出す

| 得られる金額 | 箱の中身が百万ドル | 箱の中身が0ドル |
|---|---|---|
| 1箱選択 | 百万ドル | 0ドル |
| 2箱選択 | 百万千ドル | 千ドル |

箱の中身がどちらの場合でも２箱選択をすることでより大きな効用を得る

■期待効用原理：１箱選択を導き出す

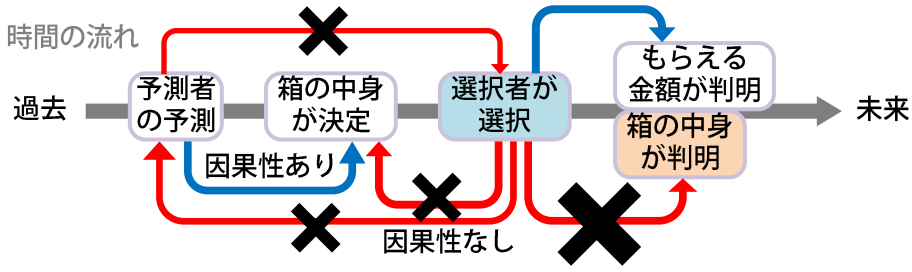
１箱選択をした場合に中身が百万ドルである条件付き確率

| 得られる金額（条件付き確率） | 箱の中身が百万ドル | 箱の中身が0ドル |
|---|---|---|
| 1箱選択 | 百万ドル ×（高確率） ＋ | 0ドル ×（低確率） |
| 2箱選択 | 百万千ドル ×（低確率） ＋ | 千ドル ×（高確率） |

１箱選択の期待効用(効用の期待値)のほうが大きい

5

■ニューカム問題における因果性




・ニューカム問題では選択と箱の中身の間に因果性がない

期待効用原理の適用における問題：
選択と箱の中身の間に因果性がない場合に
条件付き確率を使ってよいのか？
（例：１箱選択の場合に百万円を得る確率）

6

# 付録 B：本研究の概要説明スライド

## ニューカム問題は期待効用理論における<br>因果性の議論を提示した重要な問題

【２つの理論の対立】

■因果的意思決定理論（CDT; Gibbard & Harper, 1978）：
因果性を**考慮する**．因果性のない状況では選択の結果として帰結が得られる確率は，帰結が得られる**無条件確率**と等しいとする．
P(箱の中身) = P(箱の中身 | １箱選択) = P(箱の中身 | １箱選択)

■証拠的意思決定理論（EDT; Jeffrey, 1965）：
因果性を**考慮しない**．因果性のない状況でも**条件付き確率**をもちいる．

⇒ **一応の理論的決着（例：病気の検査）**

**期待効用理論は因果性を考慮すべき理論**（Eells, 1982; Hammond, 1988）

7

■本研究の目的①
ニューカム問題における選択についての基礎的な知見を追加する

・人々は**因果的意思決定(２箱選択)**と**証拠的意思決定(１箱選択)**の
どちらを行うのか？
…ニューカム問題の先行研究(実験)は３つのみだった．

・金額条件は選択に影響を与えるのか？
ー金額の大小
ー利得の正負
ー２つの箱の中の金額の比率
…誰も調べていない

| | open box内 | closed box内の | 回答者数 | 1箱選択 | 2箱選択 |
|---|---|---|---|---|---|
| Nozick (1969) | 千ドル | 百万ドル /0 | 友人など | 約半数 | 約半数 |
| Gardner (1974) | 千ドル | 百万ドル /0 | 148<br>手紙での意見 | 0.71 | 0.29 |
| Shafir&Tversky (1992) | 20ポイント | 250ポイント / 0 | 40 | 0.65 | 0.35 |
| Stanovich&West(1999) | 20ドル | 250ドル / 0 | 661 | 0.63 | 0.37 |
| Goldberg, Markoczy & Zahn (2005) | 千ポンド | 10万 ポンド /0 | 165 | 0.50 | 0.50 |
| | 千ドル | 10万 ドル /0 | 107 | 0.49 | 0.51 |

先行研究における２箱選択の割合：0.29 ～ 0.51

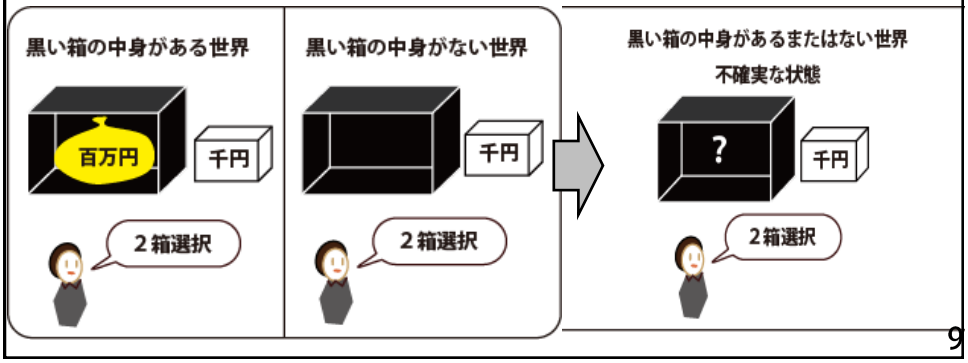
# 付録 B：本研究の概要説明スライド

**2）期待効用理論におけるニューカム問題の重要性**
・選言効果を示す意思決定問題の１つ

■**選言効果**（Tversky & Shafir, 1992）：期待効用理論の前提の１つである**当然原理を人々の選択がやぶる**現象

■**当然原理**（Savage, 1954）：
もし、考えられるどの事象においてもAをBよりも選好するなら、どの事象が起こるかわからなくてもAをBよりも選好する.

■当然原理に従ったニューカム問題の選択：




9

■期待効用理論の公理における**当然原理(sure-thing principle)**の位置づけ

１．選好の完全性　$A \succsim B$

ー**当然原理**　**事象Xにおいて$A \succsim B$，事象not-Xにおいて$A \succsim B$ならば，$A \succsim B$**

２．無関係な事象からの独立性　$A \succsim B$ ならば $A+C \succsim A+C$

３．連続性　$A \succsim B$かつ$B \succsim C$ならば $\lambda A + (1-\lambda)C \succsim B$が成り立つような
$0<\lambda<1$が存在する

■当然原理を一般化すると**全確率の法則**(law of total probability)が得られる

ーコルモゴロフ確率論（標準的確率論）において演繹される
いかなる確率についても成立するはずの定理の１つ

$P(A) = P(A|X)P(X) + P(A|\text{not-}X)P(\text{not-}X)$　ただし$P(X) + P(\text{not-}X) = 1$

当然原理は$P(A|X)=P(A|\text{not-}X)=1$の場合の全確率の法則の特殊例である

$P(A) = P(A|X)P(X) + P(A|\text{not-}X)P(\text{not-}X) = 1$

10

# 付録 B：本研究の概要説明スライド

■全確率の法則の各項と実験データとの対応（例：ニューカム問題）

【全確率の法則】P(A) ＝ P(A|X) P(X) ＋ P(A|not-X) P(not-X)

箱の中身不明条件での２箱選択率 ／ 中身あり条件での２箱選択率 ／ 中身ありと信じる確率 ／ 中身なし条件での２箱選択率 ／ 中身ないと信じる確率

箱の中身不明条件での２箱選択率 は 中身あり条件での２箱選択率 と 中身なし条件での２箱選択率 を

中身ありと信じる確率 ： 中身ないと信じる確率 の割合で混合した値

例：3%の食塩水と5%の食塩水を混合したら，3%と5%の間の食塩水ができる．

■全確率の法則と棒グラフ上の内分点との対応

これらのデータを棒グラフであらわすとき，式が成立しているならば

**点P(A)は 点P(A|X)と点P(A|not-X)を両端とする線分を P(X)：P(not-X)に内分する点となる．**（付録参照）

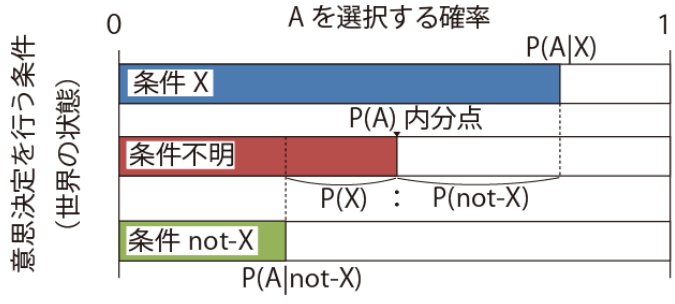
11

■全確率の法則の等式とグラフとの対応

【全確率の法則】P(A) = P(A|X)P(X) + P(A|not-X)P(not-X)

ただしP(X) + P(not-X) = 1

**点P(A)は 点P(A|X)と点P(A|not-X)を両端とする線分を P(X)：P(not-X)に内分する点となる．**



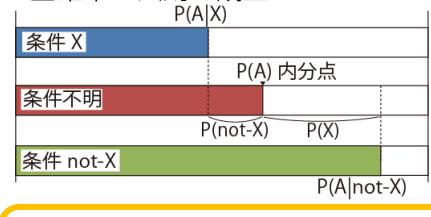

P(A)■がP(A|X)■とP(A|not-X)■の外分点になってしまうと，
（正のP(X)とP(not-X)が用意できないので）全確率の法則が成立不可能．

例：3%の食塩水と5%の食塩水を1:1で混合したのに4%ではなく…
ケース１）3.5%になる(小さいやぶれ)，ケース２）10%になる(大きいやぶれ)

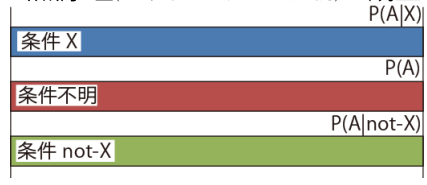
12

# 付録 B：本研究の概要説明スライド

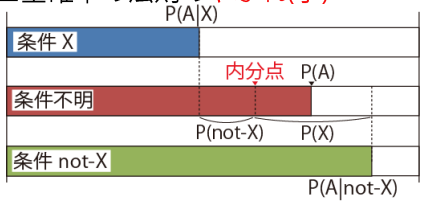
■全確率の法則の成立




■当然原理(全確率の法則の特殊例)の成立

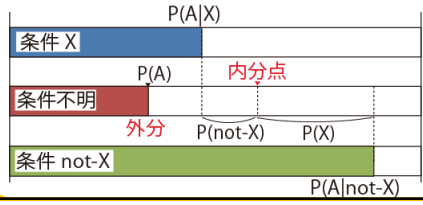



■全確率の法則のやぶれ(小)

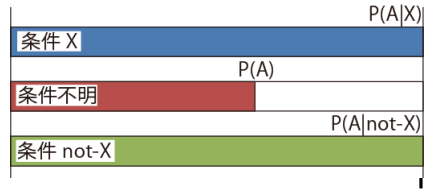



選言効果

■全確率の法則のやぶれ(大)

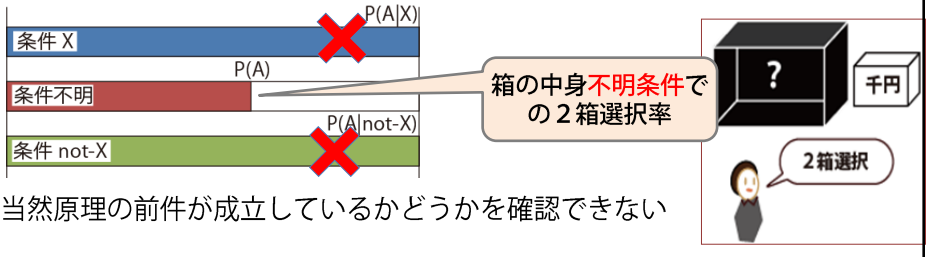



■当然原理のやぶれ(大)



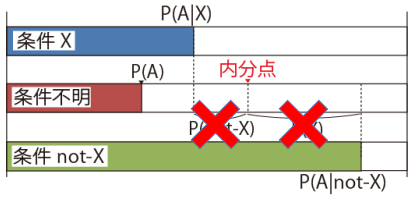

■先行研究の実験データの問題点

【当然原理のやぶれ】ニューカム問題の
**確実条件(箱の中身あり・なし)での選択**が測定されていなかった




→当然原理の前件が成立しているかどうかを確認できない

【全確率の法則のやぶれ】
**条件(箱の中身あり・なし)が得られると思う確率**は測定されていなかった




→全確率の法則のやぶれの大きさを確認できない

# 付録 B：本研究の概要説明スライド

■本研究の目的②

当然原理のやぶれ・全確率の法則のやぶれ(選言効果)が存在するかを検討する
（存在するならやぶれの大きさを算出）

・５つの確率を測定(回答を10段階で測定)することで，
はじめて全確率の法則が成立するかどうかを確かめられる.

箱の中身不明条件での２箱選択率　オリジナルのニューカム問題（不明条件）

中身あり条件での２箱選択率　「箱の中身がある」と伝えるニューカム問題(中身あり条件)

中身なし条件での２箱選択率　「箱の中身がない」と伝えるニューカム問題(中身なし条件)

中身ありと信じる確率　中身ないと信じる確率　不明条件での回答後に
「箱の中身があると思ったか」を質問

15

3）選言効果を説明しようとする量子意思決定理論の紹介

選言効果の存在による期待効用理論（全称命題の公理系）のやぶれ

判断

期待効用理論に代わる全称命題の公理系を探す必要がある

■期待効用理論に代わる理論（全称命題の公理系）の候補

・プロスペクト理論：演繹される数式モデルに全確率の法則のやぶれ(大)データが合致せず

・量子意思決定理論：有力な候補

実験データが示すこと一箱の中身が不明の場合の選択は，
箱の中身がある場合の選択と箱の中身がない場合の選択の混合ではない.

判断

【公理】いかなる不確実状態も重ね合わせ状態である

→演繹→【定理】 $P(A)=P(A|X)P(X)+P(A|not\text{-}X)P(not\text{-}X)+$(干渉項)

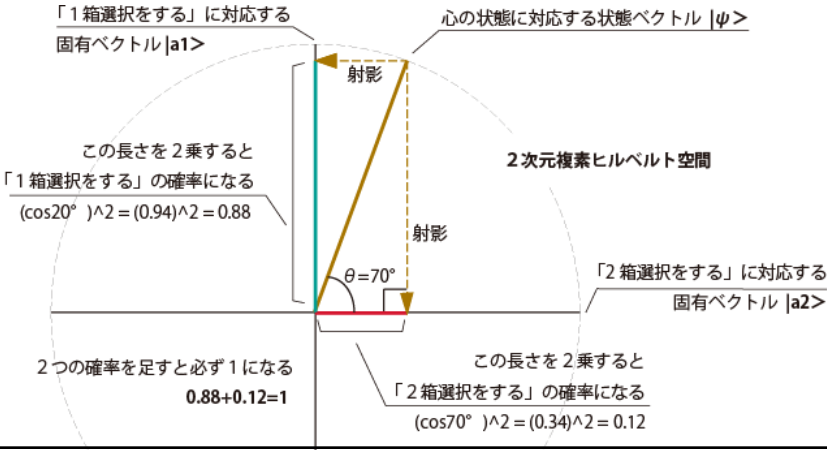
（cf. 期待効用理論：状態Aと状態Bのどちらであるか不確実な混合状態）

16

# 付録 B：本研究の概要説明スライド

■量子論の概念と不確実性下の意思決定の対応（Franco, 2009）

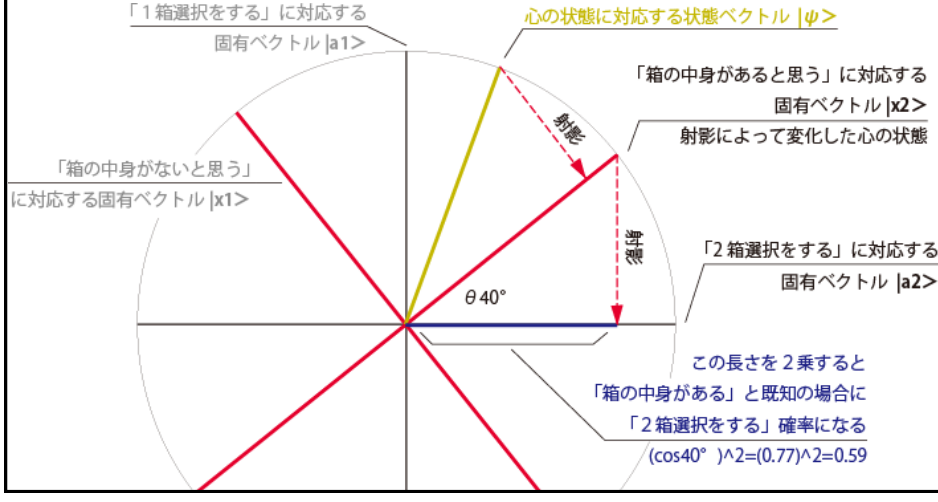
・(心の) 状態：複素ヒルベルト空間上のベクトル｜ψ＞
・選択肢：選択肢の数が２つの場合２次元複素ヒルベルト空間をもちいる
　　それぞれは互いに直交する２つのベクトルに対応｜a1＞,｜a2＞
・意思決定 (測定)：不確実な状態｜ψ＞からどちらかの帰結への射影
・選択の確率：射影の長さの２乗（ボルンの確率規則）




17

■量子論の概念と不確実性下の意思決定の対応（Franco, 2009）

・条件：２つの条件は２つの直交するベクトルに対応｜x1＞,｜x2＞
・条件付き確率：心の状態から一方の条件に射影し,
　　その条件から一方の選択肢に射影した長さの２乗
・条件なし確率：心の状態から一方の選択肢に射影した長さの２乗




18

# 付録 B：本研究の概要説明スライド

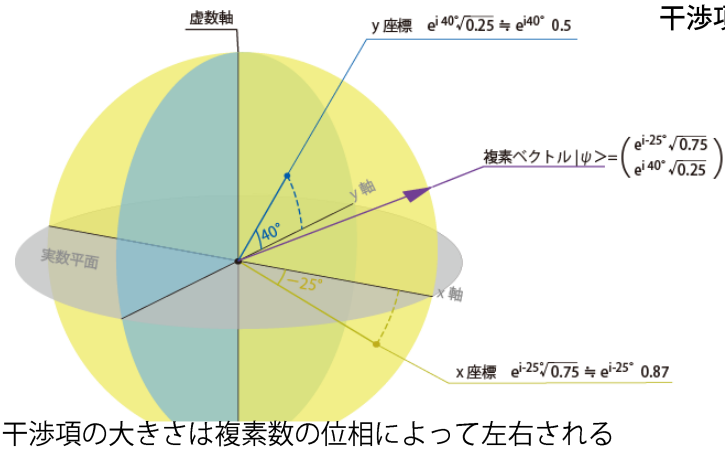
■量子的「全確率の法則」の等式

①状態は複素ヒルベルト空間のベクトルである（重ね合わせの原理）

②ボルンの確率規則，③Franco(2009)の仮定

①かつ②かつ③より次の式が導出される

$$P(A) = P(A|X)P(X) + P(A|\mathrm{not}-X)P(\mathrm{not}-X) + \underbrace{2\sqrt{P(X)P(\mathrm{not}-X)P(A|X)P(A|\mathrm{not}-X)}\lambda}_{\text{干渉項=I}}$$

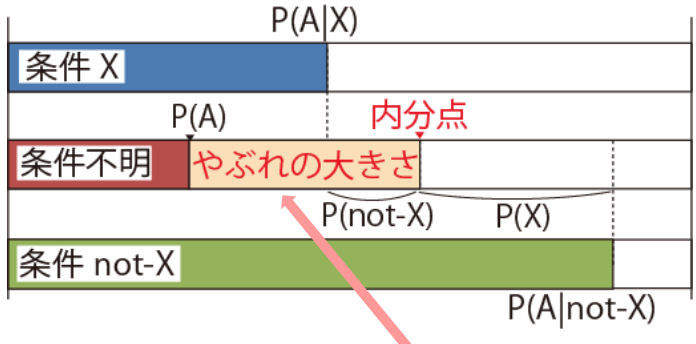



・干渉項の大きさは複素数の位相によって左右される

19

■量子的「全確率の法則」とグラフとの対応

古典的「全確率の法則」P(A) = P(A|X)P(X) + P(A|not-X)P(not-X)のやぶれ(大)




量子的「全確率の法則」

$$P(A) = \underbrace{P(A|X)P(X) + P(A|\mathrm{not}-X)P(\mathrm{not}-X)}_{\text{内分点}} + \underbrace{2\sqrt{P(X)P(\mathrm{not}-X)P(A|X)P(A|\mathrm{not}-X)}\lambda}_{\text{干渉項=I}}$$

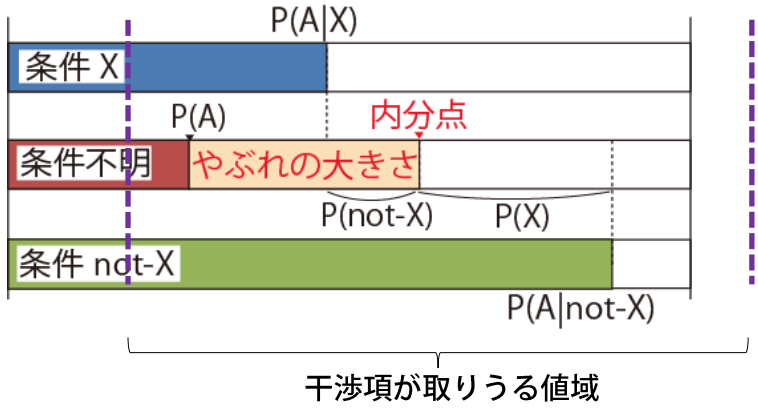
20

## 付録 B：本研究の概要説明スライド

■本研究の目的③

Franco(2009)のタイプの量子的「全確率の法則」が成立するかどうかを検討する

全確率の法則のやぶれの大きさは干渉項が取りうる値域の範囲に収まるか



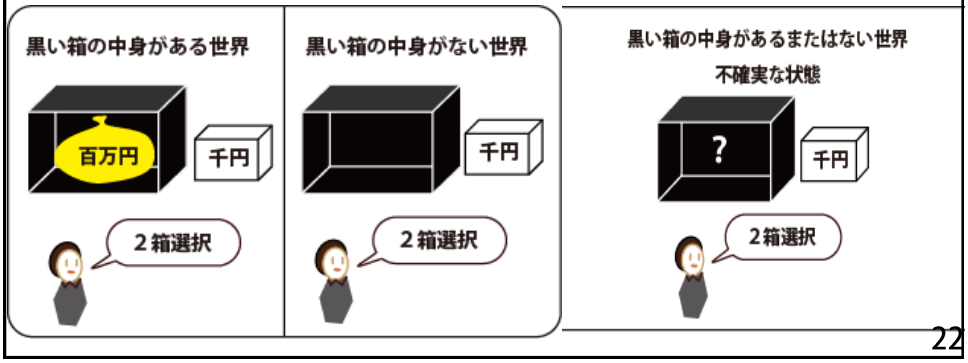

21

4）本研究でニューカム問題をもちいて実験的に検討する事項

1．ニューカム問題において人々は
因果的意思決定(２箱選択)と証拠的意思決定(１箱選択)のどちらをするか

2．当然原理や全確率の法則のやぶれ（選言効果）が存在するか

3．Franco(2009)のタイプの量子的「全確率の法則」が成立するか




22

## 付録 B：本研究の概要説明スライド

**【本研究の実験参加者および実験条件】**

**■実験１**
・参加者：**苫小牧看護**専門学校，４０名(女性３６), 平均年齢27.17(*SD*=8.03)

**■実験２**
・参加者：**北海道大学**学部生，３８名(女性５名), 平均年齢19.18(*SD*=0.93)

**■実験３**　同じ授業内で２週連続実施　両方への参加者３１名（女性１３名）

□実験３－１
・参加者：**北海道大学**学部生，４１名(女性１３名), 平均年齢19.51(*SD*=1.19)

□実験３－２
・参加者：**北海道大学**学部生，４６名(女性１３名), 平均年齢19.47(*SD*=1.06)

※いずれも1年生向けの心理学もしくは意思決定論の入門講義受講者.
授業内に質問紙を用いて行った．報酬や授業成績との関連付けはなし.

**【３つの実験で用いた課題】**

**■実験１**
・ニューカム問題（２つの箱の金額比率を変えた４条件×提示順２条件），日本語版自由意志・決定論尺度

**■実験２**
ニューカム問題（正と負の利得条件），
選言効果が報告されている課題（エルスバーグ問題，ハワイ問題，2段階ギャンブル問題）

**■実験３－１**
ニューカム問題（正と負の利得条件），囚人のジレンマ問題（正と負の利得条件），選言効果が報告されている課題（エルスバーグ問題，ハワイ問題，2段階ギャンブル問題），日本語版認知欲求尺度，認知的熟考テスト

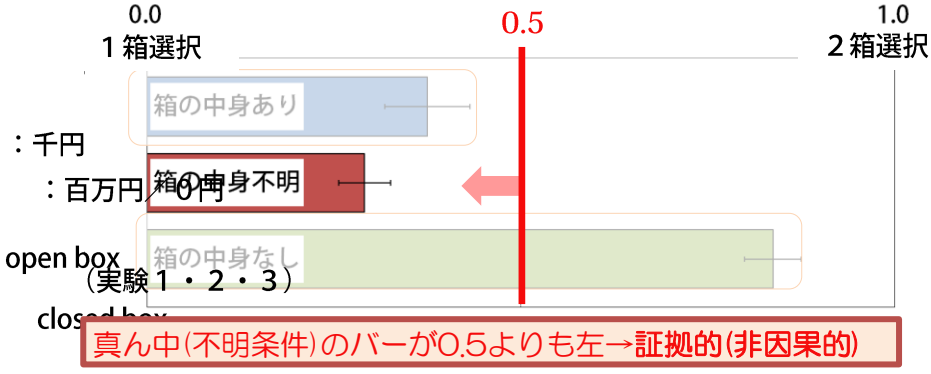
**■実験３－２**
ニューカム問題（２つの箱の金額比率を保ったまま金額を変えた３条件），囚人のジレンマ問題（ニューカム問題と利得をそろえた３条件），エルスバーグ問題（改訂版），パラノーマルビリーフ尺度

# 付録 B：本研究の概要説明スライド

検討事項１）Q. ニューカム問題において人々は
因果的意思決定(２箱選択)と証拠的意思決定(１箱選択)のどちらをするか

A. (**因果的ではない**)証拠的意思決定(１箱選択)をする

ほぼ全実験を通じてニューカム問題(不明条件)の平均回答は１箱選択だった
→人々は証拠的意思決定(１箱選択)をすることが多い

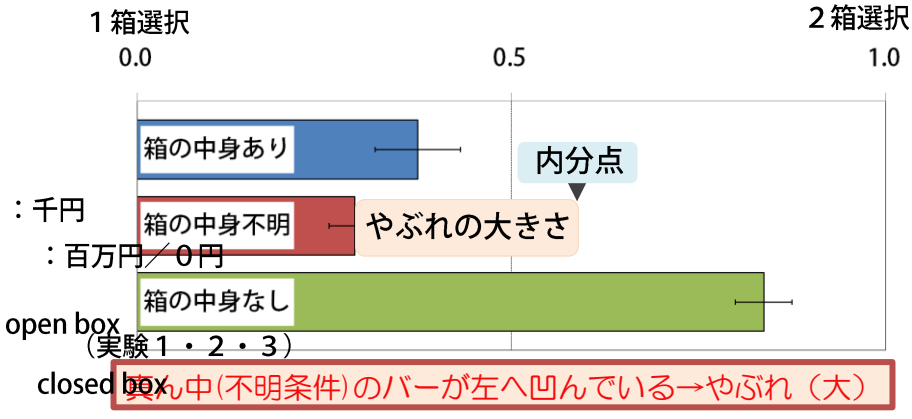



25

検討事項２）Q. 選言効果(当然原理や全確率の法則のやぶれ)が存在するか

A. Yes.

全実験を通じて**全確率の法則のやぶれがみられた→選言効果が存在する**



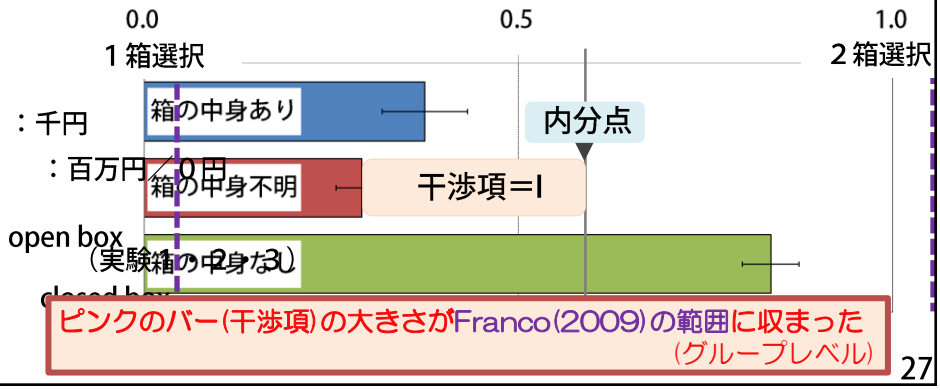

26

# 付録 B：本研究の概要説明スライド

検討事項３）Q. Franco(2009)のタイプの量子的「全確率の法則」が成立するか

A. グループレベルでは成立する.
個人ごとには成立しない人が少数(最大で４割程度)いる.
(→個人レベル用にはFranco(2009)を一般化する必要がある)

$$P(A) = \underbrace{P(A|X)P(X) + P(A|not-X)P(not-X)}_{\text{内分点}} + \underbrace{2\sqrt{P(X)P(not-X)P(A|X)P(A|not-X)}\lambda}_{\text{干渉項=I}}$$




27

５）考察１

検討事項１）より，ニューカム問題において(<u>因果的ではない</u>)証拠的意思決定をすることが確認された.
さらに，<u>２つの箱の金額の比率</u>の影響，金額条件提示順の影響(<u>順序効果</u>)が発見された．(博士論文参照)

因果性を考慮した期待効用理論によって人々のニューカム問題における選択を説明できないことがわかった.

検討事項２）より，<u>ニューカム問題における選言効果</u>が本研究で発見された

検討事項３）より，ニューカム問題における人々の選択はFranco(2009)のタイプの<u>量子意思決定理論</u>で以下のことが発見された.
(A)グループレベルにおいてモデル化可能
(B) 個人レベルにおいてはモデル化可能でない人が少数存在する

(B)より個人差に注目する研究の場合は，Franco(2009)を一般化
(i.e.①<u>複素ヒルベルト空間</u>の一般化，②<u>ボルンの確率規則</u>の一般化，
③<u>Franco(2009)特有のモデル上の仮定</u>の一般化．いずれかまたは複数)
する必要があることが見出された

28

## 付録 B：本研究の概要説明スライド

考察 2

〇心理学的知見と●量子論の概念との親和性(Wangら, 2013)

〇選言効果：確実条件での選択を混合しても不確実条件での選択にならない
〇心理的葛藤状態：２つの欲求を同時に満たすことができない
●複素ヒルベルト空間：状態はベクトル空間上の部分空間(重ね合わせの原理)
●ボルンの確率規則：状態においてある量がある数値に測定される確率を定める
(Pothos & Busemeyer, 2009; Blutner, Bruza, & Pothos,2013など)

〇順序効果：ある問いに回答することで，後続の回答が変化する
〇認知的不協和の解消：嫌いな行動を行ったあとでその行動を好きになる
●射影公準：ある測定を行うと状態が変化し，次の測定に影響を与える
測定を行う直前の状態は不確定状態であり測定によって確定状態へと変化する
(Busemeyer & Wang, 2010など)

〇非還元的認知(例：顔の認知）：全体に対する認知は部分に対する理解から生まれていない
●量子もつれ（エンタングルメント）：ある事象の確率分布は他の事象の確率分布と相関する
(Aerts, Gabora, & Sozzo, 2013など)

29

考察 3

■合理性研究との関係

・ニューカム問題を通じて因果性の議論をしてきたのは知能の高そうな人々

・Stanovich & West (2014)は合理性(rationality)は知能(intelligence)とは違う思考の特性であると提唱

・北海道大学と苫小牧看護専門学校では，ニューカム問題における選択に違いがあった（北海道大学で２箱選択が多い）

・認知的熟考テスト(CRT)という認知情報処理のタイプ分けを行うと学校間の差があった（北海道大学でSystem2回答が多い）

・認知欲求尺度やSATの得点とニューカム問題・サンクコスト錯誤・囚人のジレンマ問題・基準率無視の誤謬などとの関連 (Stanovich & West, 1999)

→心の性質の１つとしての記述的合理性研究に，量子意思決定理論のような課題を縦断するような枠組み（記述的合理性のものさし）が有効だろう.

30

# 付録 B：本研究の概要説明スライド

考察 4 ■囚人のジレンマ問題とニューカム問題との関係

・Lewis(1979)は囚人のジレンマ問題は 2 人で行うニューカム問題だと主張

| ニューカム | 箱の中身あり | 箱の中身なし |
|---|---|---|
| 1箱選択 | 百万ドル | 0ドル |
| 2箱選択 | 百万千ドル | 千ドル |

| 囚人のジレンマ | 相手協力 | 相手非協力 |
|---|---|---|
| 自分が協力 | 百万ドル<br>・百万ドル | 0ドル<br>・百万ドル |
| 自分が非協力 | 百万千ドル<br>・0ドル | 千ドル<br>・千ドル |

・囚人のジレンマ問題での選択とニューカム問題での選択の類似性
(Goldberg, Markoczy & Zahn, 2005; Shafir & Tverksy, 1992)

・本研究においては，2 つの課題間の選択の相関は一部の条件でしか見出されなかった（5 つの比較条件対のうち 1 つのみ）

・囚人のジレンマ問題における社会規範に従う「非合理的」選択(協力)と
ニューカム問題における「非因果的」選択(1 箱選択)とは異なる可能性.

・本研究では，箱の中身についての予測と選択との相関が確認された.

→ニューカム問題における非因果的意思決定の心理メカニズムをさらに検討する必要がある．（擬似魔法的思考，感情干渉効果(Takahashi, 2014)など）

31

考察 5

■自由意志とニューカム問題

・Nozickは自由意志主義政治哲学者として有名 (“Anarcky, state and utopia”)

・Gardner(1973)は(非決定論的)自由意志の存在を信じるならば 2 箱選択すべきと主張

・本研究では日本語版自由意志・決定論尺度 (渡辺・櫻井・綿村・唐沢, 2014; 自由意志，科学的決定論，運命的決定論，予測不可能性）を測定

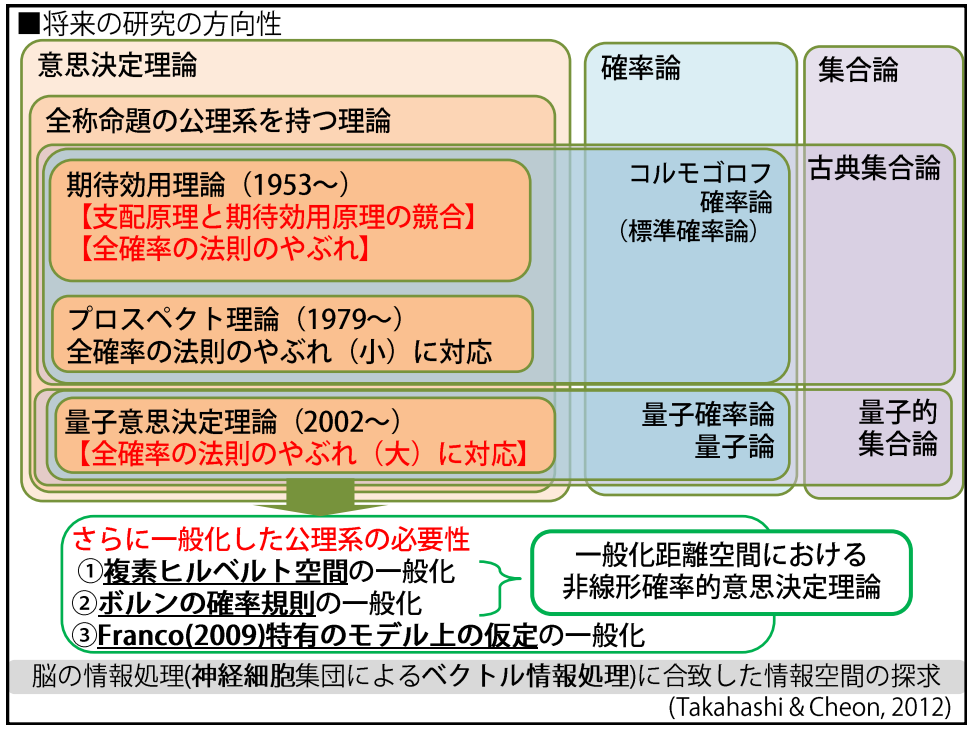
・本研究では「予測不可能性」が高い人は 1 箱選択(非因果的選択)傾向が強かった

・本研究では「科学的決定論」が高い人は 2 箱選択(因果的選択)傾向が強かった

→合理性・擬似魔法的思考・自由意志信念などのニューカム問題での意思決定の背景にある心理特性を明らかにすることでこれらの概念の整理を行うことができる.

32

付録 B：本研究の概要説明スライド



# 付録 C：Nozick（1969）で紹介されたニューカム問題の原文

Suppose a being in whose power to predict your choices you have enormous confidence. (One might tell a science-fiction story about a being from another planet, with an advanced technology and science, who you know to be friendly, etc.) You know that this being has often correctly predicted your choices in the past (and has never, so far as you know, made an incorrect prediction about your choices), and furthermore you know that this being has often correctly predicted the choices of other people, many of whom are similar to you, in the particular situation to be described below. One might tell a longer story, but all this leads you to believe that almost certainly this being's prediction about your choice in the situation to be discussed will be correct.
There are two boxes, (Bl) and (B2). (B1) contains $ 1000. (B2) contains either $1000000 ($M), or nothing. What the content of (B2) depends upon will be described in a moment.
You have a choice between two actions:
(1) taking what is in both boxes
(2) taking only what is in the second box.
Furthermore, and you know this, the being knows that you know this, and so on:
(I) If the being predicts you will take what is in both boxes, he does not put the $M in the second box.
(II) If the being predicts you will take only what is in the second box, he does put the $¡¿ in the second box.1
The situation is as follows. First the being makes its prediction. Then it puts the $M in the second box, or does not, depending upon what it has predicted. Then you make your choice. What do you do?

# 付録 D：実験 1 で用いた質問紙

年齢：　＿＿＿＿＿＿　歳

性別：　女性　・　男性

みなさんの回答は厳密に統計的に処理されます。

氏名などの個人情報に結び付けられたり、成績や評価などに影響をあたえることは絶対にありません。

同じ年齢・性別の人がこのクラス内にあなたしかいない場合でも、

個人情報が特定されることはありません。

100,10,1,1000

次の文章を読み、あなたの想像力をはたらかせて答えてください。

近年アメリカ軍で、人間の行動を予測するコンピュータプログラムが開発されました。

このプログラムは、これまで約９０％の確率で予測対象者の選ぶ選択肢を当てることができました。

これから、このプログラムを用いてあなたの選択肢を予測することにします。

あなたがプログラムの出す１００問以上のさまざまな質問項目に回答すると、

プログラムはあなたの回答傾向を分析し、あなたのその後の選択を予測します。

それでは、あなたはすでにプログラムの質問に回答し終わったと想像して下さい。

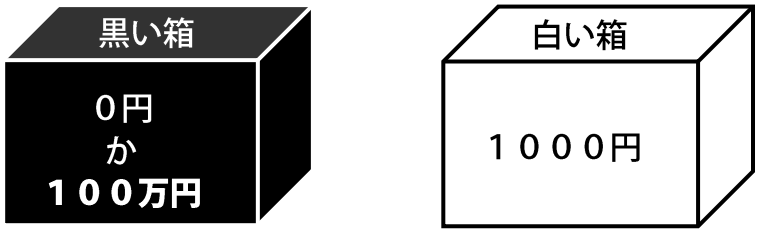
そして、プログラムは次の質問に対するあなたの選択を予測完了し、

以下の説明と質問が表示されました。

【説明】あなたにはＡとＢ、２つの選択肢が与えられています。

**Ａ）黒い箱だけを選ぶ。（黒い箱だけを開けてその中のお金を手に入れる）**

**Ｂ）黒い箱と白い箱の両方を選ぶ。（両方の箱を開けてその中のお金を手に入れる）**





白い箱の中には１０００円が入っています。


黒い箱の中身は０円か**１００万円**のどちらかで、どちらになるかは、コンピュータプログラムによる、あなたの選択に対する予測に基づいて決定されました。

黒い箱の中身はどのように決定されたか：

プログラムはあなたの回答傾向にもとづき、あなたが選択肢Ａ、Ｂのどちらを選ぶか予測しました。

「あなたが選択肢Ａ（黒い箱だけ）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は**１００万円**、

「あなたが選択肢Ｂ（両方の箱）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は０円となっています。

黒い箱の中身はすでに決定されており、もう箱の中身は変更されません。

【質問】あなたは選択肢Ａ（黒い箱だけ）とＢ（両方の箱）のどちらを選びますか。

「絶対にＡを選ぶ」から「絶対にＢを選ぶ」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。

１　２　３　４　５　６　７　８　９　１０

絶対にAを選ぶ（黒い箱だけ）　どちらかというとA　どちらかというとB　絶対にBを選ぶ（両方の箱）

次の文章を読み、あなたの想像力をはたらかせて答えてください。

近年アメリカ軍で、人間の行動を予測するコンピュータプログラムが開発されました。

このプログラムは、これまで約９０％の確率で予測対象者の選ぶ選択肢を当てることができました。

これから、このプログラムを用いてあなたの選択肢を予測することにします。

あなたがプログラムの出す１００問以上のさまざまな質問項目に回答すると、

プログラムはあなたの回答傾向を分析し、あなたのその後の選択を予測します。

それでは、あなたはすでにプログラムの質問に回答し終わったと想像して下さい。

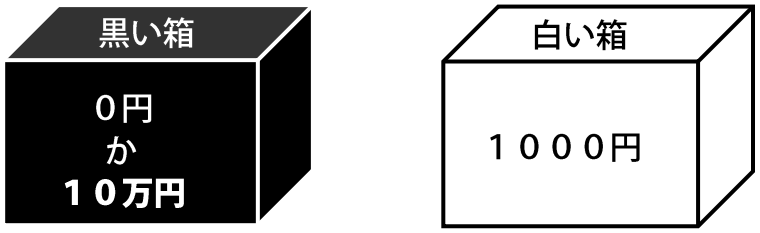
そして、プログラムは次の質問に対するあなたの選択を予測完了し、

以下の説明と質問が表示されました。

【説明】あなたにはＡとＢ、２つの選択肢が与えられています。

**Ａ）黒い箱だけを選ぶ。（黒い箱だけを開けてその中のお金を手に入れる）**

**Ｂ）黒い箱と白い箱の両方を選ぶ。（両方の箱を開けてその中のお金を手に入れる）**





白い箱の中には１０００円が入っています。


黒い箱の中身は０円か**１０万円**のどちらかで、どちらになるかは、コンピュータプログラムによる、あなたの選択に対する予測に基づいて決定されました。

黒い箱の中身はどのように決定されたか：

プログラムはあなたの回答傾向にもとづき、あなたが選択肢Ａ、Ｂのどちらを選ぶか予測しました。

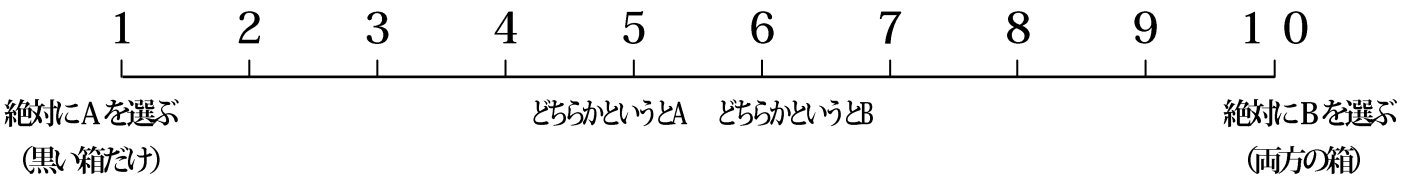
「あなたが選択肢Ａ（黒い箱だけ）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は**１０万円**、

「あなたが選択肢Ｂ（両方の箱）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は０円となっています。

黒い箱の中身はすでに決定されており、もう箱の中身は変更されません。

【質問】あなたは選択肢Ａ（黒い箱だけ）とＢ（両方の箱）のどちらを選びますか。

「絶対にＡを選ぶ」から「絶対にＢを選ぶ」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。



次の文章を読み、あなたの想像力をはたらかせて答えてください。

近年アメリカ軍で、人間の行動を予測するコンピュータプログラムが開発されました。

このプログラムは、これまで約９０％の確率で予測対象者の選ぶ選択肢を当てることができました。

これから、このプログラムを用いてあなたの選択肢を予測することにします。

あなたがプログラムの出す１００問以上のさまざまな質問項目に回答すると、

プログラムはあなたの回答傾向を分析し、あなたのその後の選択を予測します。

それでは、あなたはすでにプログラムの質問に回答し終わったと想像して下さい。

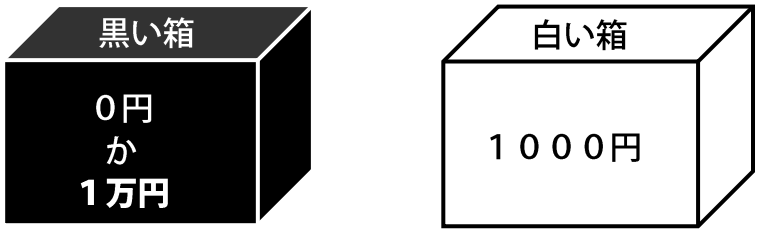
そして、プログラムは次の質問に対するあなたの選択を予測完了し、

以下の説明と質問が表示されました。

【説明】あなたにはＡとＢ、２つの選択肢が与えられています。

**Ａ）黒い箱だけを選ぶ。（黒い箱だけを開けてその中のお金を手に入れる）**

**Ｂ）黒い箱と白い箱の両方を選ぶ。（両方の箱を開けてその中のお金を手に入れる）**





白い箱の中には１０００円が入っています。


黒い箱の中身は０円か**１万円**のどちらかで、どちらになるかは、コンピュータプログラムによる、
あなたの選択に対する予測に基づいて決定されました。

黒い箱の中身はどのように決定されたか：

プログラムはあなたの回答傾向にもとづき、あなたが選択肢Ａ、Ｂのどちらを選ぶか予測しました。

「あなたが選択肢Ａ（黒い箱だけ）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は**１万円**、

「あなたが選択肢Ｂ（両方の箱）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は０円となっています。

黒い箱の中身はすでに決定されており、もう箱の中身は変更されません。

【質問】あなたは選択肢Ａ（黒い箱だけ）とＢ（両方の箱）のどちらを選びますか。

「絶対にＡを選ぶ」から「絶対にＢを選ぶ」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。

１　２　３　４　５　６　７　８　９　１０

絶対にAを選ぶ（黒い箱だけ）　どちらかというとA　どちらかというとB　絶対にBを選ぶ（両方の箱）

次の文章を読み、あなたの想像力をはたらかせて答えてください。

近年アメリカ軍で、人間の行動を予測するコンピュータプログラムが開発されました。

このプログラムは、これまで約９０％の確率で予測対象者の選ぶ選択肢を当てることができました。

これから、このプログラムを用いてあなたの選択肢を予測することにします。

あなたがプログラムの出す１００問以上のさまざまな質問項目に回答すると、

プログラムはあなたの回答傾向を分析し、あなたのその後の選択を予測します。

それでは、あなたはすでにプログラムの質問に回答し終わったと想像して下さい。

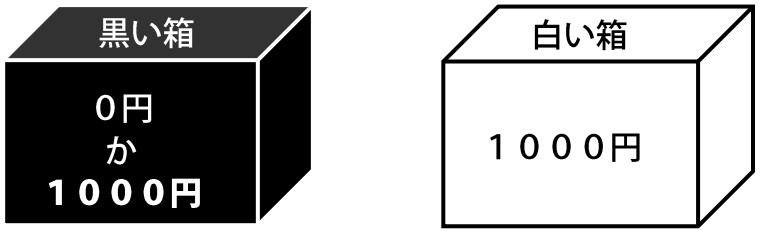
そして、プログラムは次の質問に対するあなたの選択を予測完了し、

以下の説明と質問が表示されました。

【説明】あなたにはＡとＢ、２つの選択肢が与えられています。

**Ａ）黒い箱だけを選ぶ。（黒い箱だけを開けてその中のお金を手に入れる）**

**Ｂ）黒い箱と白い箱の両方を選ぶ。（両方の箱を開けてその中のお金を手に入れる）**





白い箱の中には１０００円が入っています。


黒い箱の中身は０円か**１０００円**のどちらかで、どちらになるかは、コンピュータプログラムによる、あなたの選択に対する予測に基づいて決定されました。

黒い箱の中身はどのように決定されたか：

プログラムはあなたの回答傾向にもとづき、あなたが選択肢Ａ、Ｂのどちらを選ぶか予測しました。

「あなたが選択肢Ａ（黒い箱だけ）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は**１０００円**、

「あなたが選択肢Ｂ（両方の箱）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は０円となっています。

黒い箱の中身はすでに決定されており、もう箱の中身は変更されません。

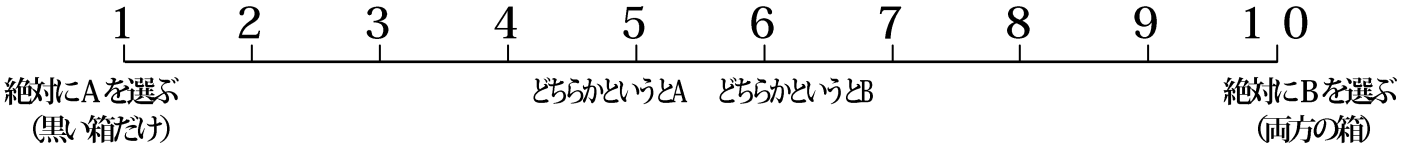
【質問】あなたは選択肢Ａ（黒い箱だけ）とＢ（両方の箱）のどちらを選びますか。

「絶対にＡを選ぶ」から「絶対にＢを選ぶ」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。

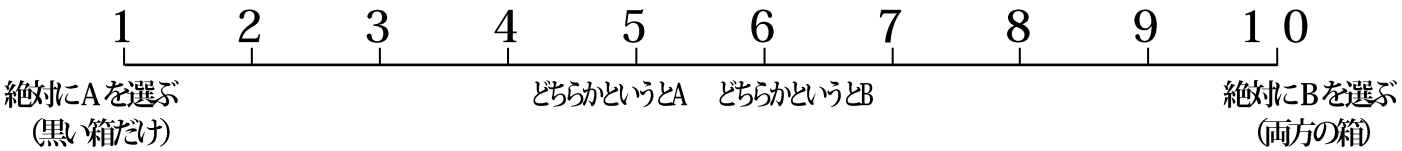


前ページまでの質問についてお聞きします。前ページに戻らず回答して下さい。

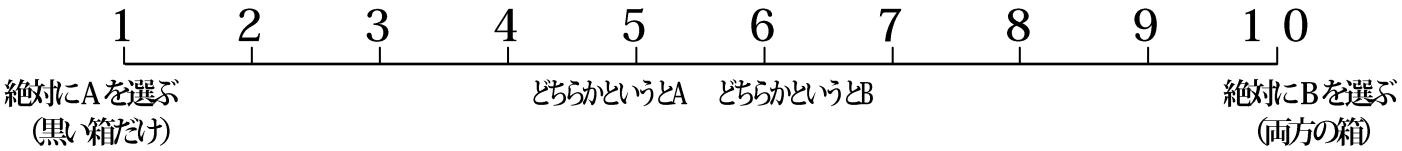
もしも、黒い箱の中身がすでに０円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？



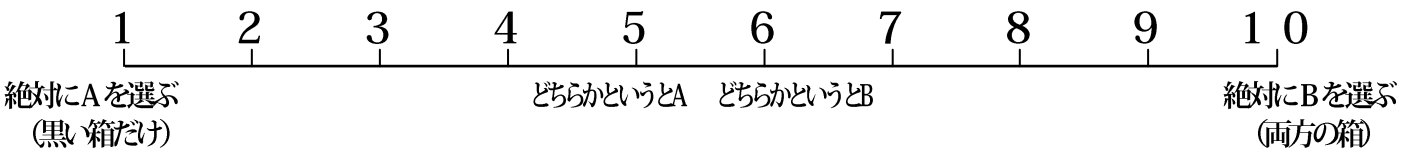

もしも、黒い箱の中身がすでに１００万円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？



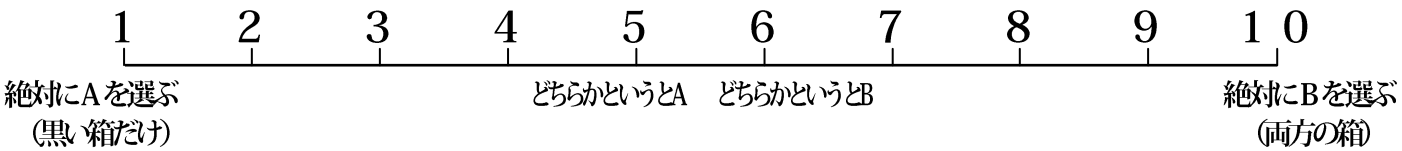

もしも、黒い箱の中身がすでに１０万円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？




もしも、黒い箱の中身がすでに１万円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？




もしも、黒い箱の中身がすでに１０００円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？




黒い箱にお金が入っているのは、どのような場合でしたか？（いずれかに丸）

A　「あなたが黒い箱だけを選ぶ」とコンピュータが予測した場合

B　「あなたが両方の箱を選ぶ」とコンピュータが予測した場合

C　よくわからなかった

あなたが選択肢 A か B を選ぶ時、黒い箱の中身は決定されていましたか？（いずれかに丸）

A　はい、すでに黒い箱の中身は決定されていた。

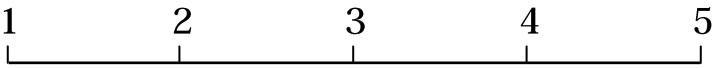
B　いいえ、黒い箱の中身は決定されていなかった。

C　よくわからなかった

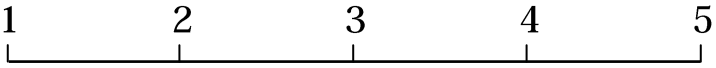
以下のそれぞれについて、あなたの考えはどの程度あてはまりますか。

「そう思わない」から「そう思う」の 5 段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。

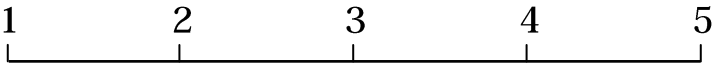
1. 人々の未来は予測することができない



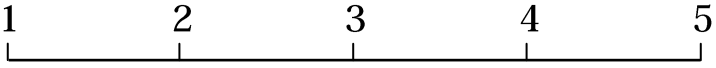

2. サイコロを投げたりコインをはじくように，人生は予測できないと思われる



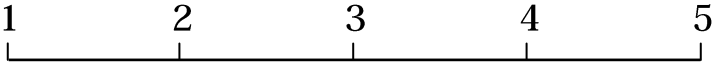

3. この世界で何が生じるかは，誰も予測ができない



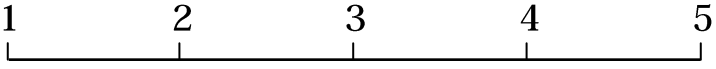

4. 人は予測不可能である



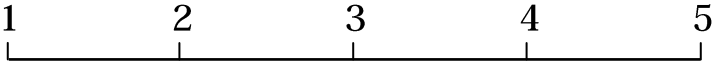

5. 人生はほぼすべてがランダムなため，予測することが難しい



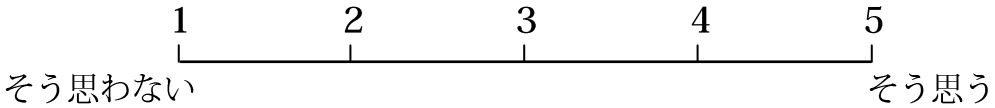

6. 未来は運命によってすでに決定されていると思う



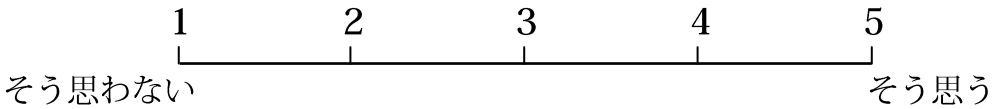

7. すべての人には，運命によって未来図が用意されている



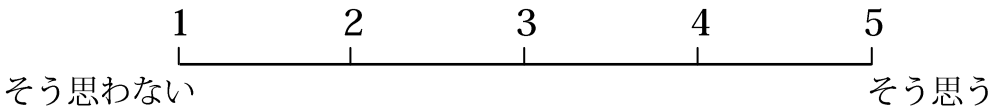
8. どんなに努力しても，みずからの宿命を変えることはできない



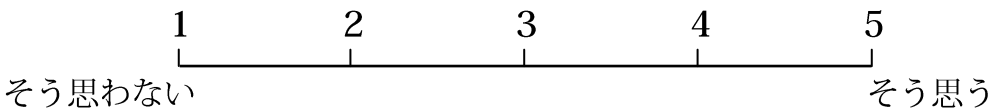

9. 人々は自分の悪い行動について常に非がある



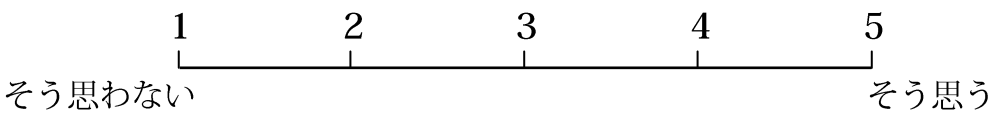

10. 人々は自分がした誤った選択に対して，すべての責任を取らなければならない



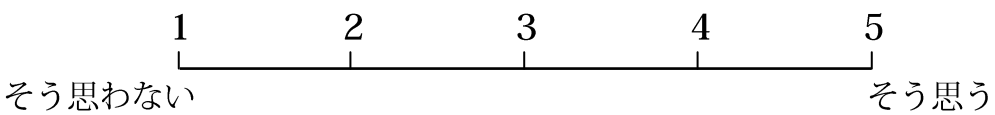

11. 意志の強さは身体的欲求にいつでも打ち勝つことができる



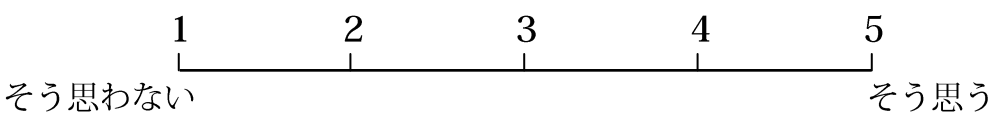

12. 犯罪者は自分がした悪いおこないに対してすべての責任を負う



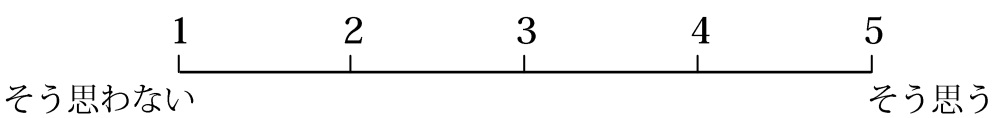

13. 人々は完全な自由意志を持っている



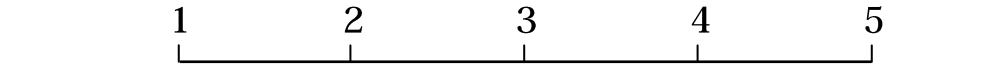

14. 人々は真に望めば，どんな障害でも乗り越えることができる



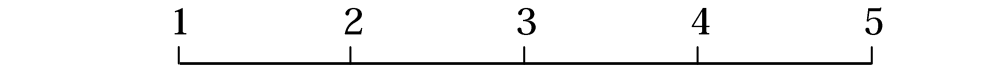

15. 親の特性が子どもの特性を決めるだろう



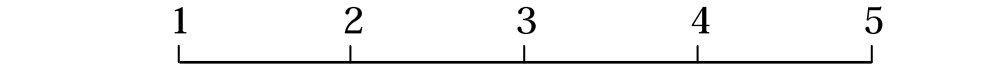
16. 幼少期の環境が，大人になったときの成功を左右する



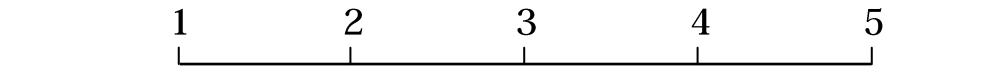

17. 遺伝子が人の将来を決定する



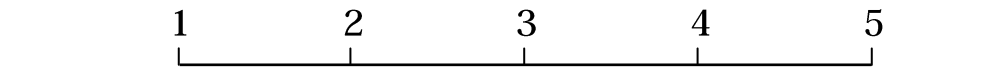

18. 人の生物学的な形質が，その人の才能や性格を決定する



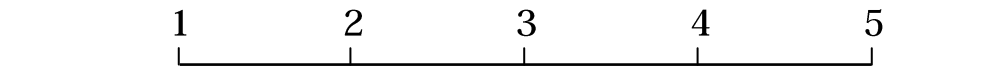

19. 偶発的な出来事が人類の歴史の主要な原因となっているように思う



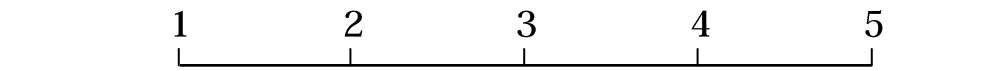

20. 人々は自分自身が下す決定を完全にコントロールしている



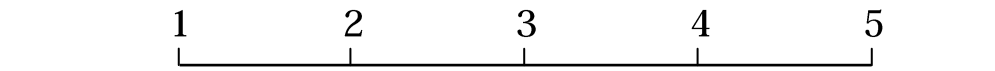

21. 心理学者や精神科医は，いずれすべての人間行動を解明するだろう



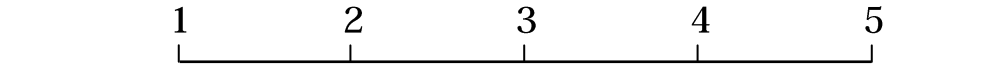

22. なるようになる。それは自分にはどうしようもない



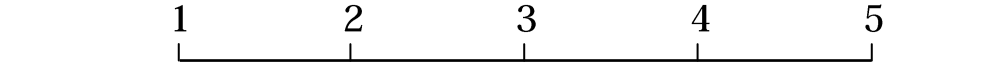

23. 知能や性格がその人の過去の環境によってどのように形成されるかを科学は示してきた



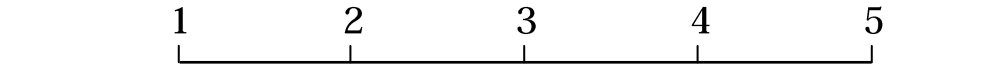
24. 好むかどうかにかかわらず，不思議な力が人生を動かすように思う



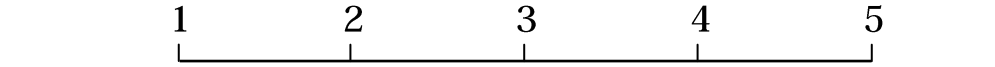

25. ほかの動物と同様に，人間の行動は自然の法則に常に従う




26. 運は人々の人生において，大きな役割を果たしている




27. 人々に何が起こるかは運次第である



# 付録 E：実験 2 で用いた質問紙

年齢：　＿＿＿＿＿＿　歳

性別：　女性　・　男性

学籍番号：　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

所属：　すでに学部が決まっている場合（　理・農・医・保健・歯・工・水産・文・教・法・経　）

総合入試で学部が決まっていない場合（　理系・文系　）

みなさんの回答は厳密に統計的に処理されます。

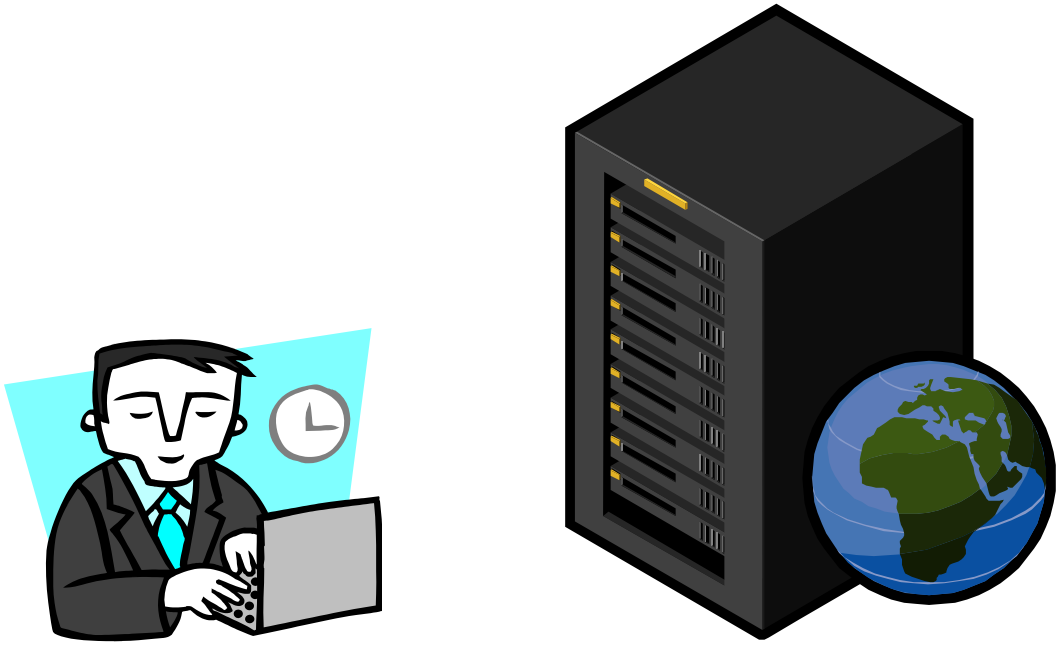
氏名などの個人情報に結び付けられたり、成績や評価などに影響をあたえることは絶対にありません。

学籍番号はデータ識別のためだけに使用されます。個人情報が特定されることは絶対にありません。

回答に正解はありません。あなたの考えにもとづいて回答して下さい。

次の文章を読み、あなたの想像力をはたらかせて答えてください。

近年アメリカ軍で、人間の行動を予測するコンピュータプログラムが開発されました。
このプログラムは、これまで約９０％の割合で予測対象者の選ぶ選択肢を当てることができました。
これから、このプログラムを用いてあなたの選択肢を予測することにします。
あなたがプログラムの出す１００問以上のさまざまな質問項目に回答すると、
プログラムはあなたの回答傾向を分析し、あなたのその後の選択を予測します。
それでは、あなたはすでにプログラムの質問に回答し終わったと想像して下さい。

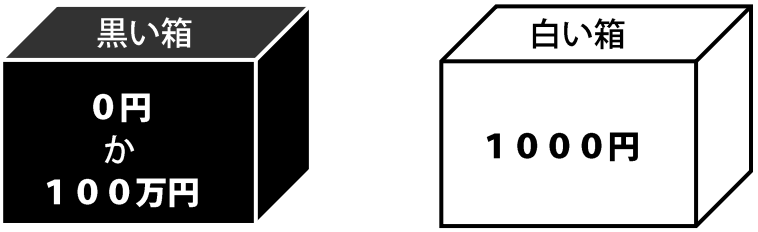


そして、プログラムは次の質問に対するあなたの選択を予測完了しました。

【説明】あなたには A と B、２つの選択肢が与えられています。

**A）黒い箱だけを選ぶ。（黒い箱だけを開けてその中のお金を手に入れる）**

**B）黒い箱と白い箱の両方を選ぶ。（両方の箱を開けてその中のお金を手に入れる）**





白い箱の中には**１０００円**が入っています。


黒い箱の中身は**0 円**か**１００万円**のどちらかで、どちらになるかは、コンピュータプログラムによる、あなたの選択に対する予測に基づいて決定されました。

黒い箱の中身はどのように決定されたか：

プログラムはあなたの回答傾向にもとづき、あなたが選択肢 A、B のどちらを選ぶか予測しました。

「あなたが選択肢 A（黒い箱だけ）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は**１００万円**、

「あなたが選択肢 B（両方の箱）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は**0円**となっています。

黒い箱の中身はすでに決定されており、もう箱の中身は変更されません。

【質問】あなたは選択肢 A（黒い箱だけ）と B（両方の箱）のどちらを選びますか。

「絶対に A を選ぶ」から「絶対に B を選ぶ」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。

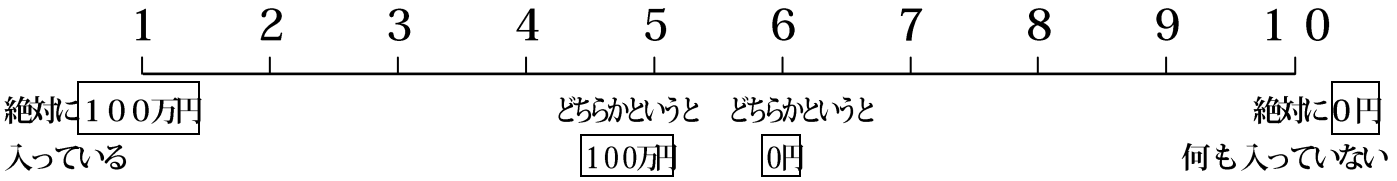
1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

絶対にAを選ぶ（黒い箱だけ）　どちらかというとA　どちらかというとB　絶対にBを選ぶ（両方の箱）

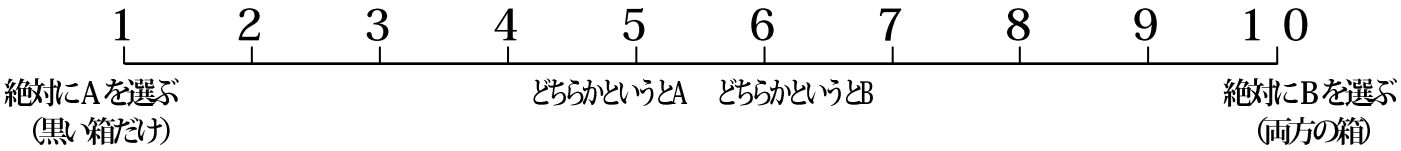
G100

あなたは、黒い箱の中身はどうなっていると思いましたか。

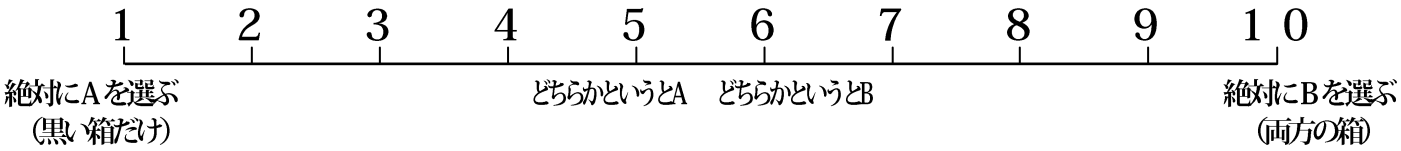
「絶対に**１００万円**入っている」から「絶対に何も入っていない（**０円**）」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。




もしも、黒い箱の中身がすでに０円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？



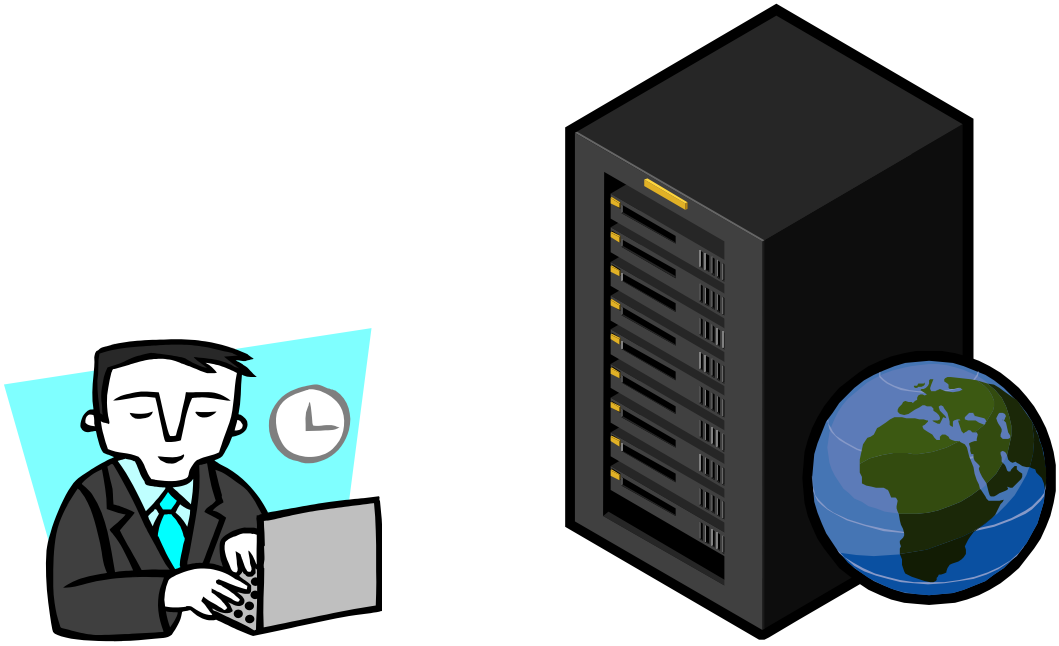

もしも、黒い箱の中身がすでに１００万円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？




G100

次の文章を読み、あなたの想像力をはたらかせて答えてください。

近年アメリカ軍で、人間の行動を予測するコンピュータプログラムが開発されました。
このプログラムは、これまで約９０％の割合で予測対象者の選ぶ選択肢を当てることができました。
これから、このプログラムを用いてあなたの選択肢を予測することにします。
あなたがプログラムの出す１００問以上のさまざまな質問項目に回答すると、
プログラムはあなたの回答傾向を分析し、あなたのその後の選択を予測します。
それでは、あなたはすでにプログラムの質問に回答し終わったと想像して下さい。



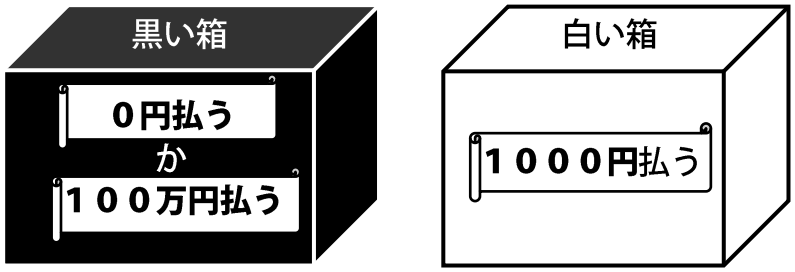
そして、プログラムは次の質問に対するあなたの選択を予測完了しました。

【説明】あなたには A と B、２つの選択肢が与えられています。

**A）黒い箱だけを選ぶ。（黒い箱だけを開けて、その中の紙に書いてある金額を支払う）**

**B）黒い箱と白い箱の両方を選ぶ。**

**（両方の箱を開けて、両方の中の紙に書いてある金額を支払う）**




白い箱の中には**１０００円払う**と書かれた紙が入っています。

黒い箱の中身は**０円払う**と書かれた紙か**１００万円払う**と書かれた紙のどちらかで、どちらになるかは、コンピュータプログラムによる、あなたの選択に対する予測に基づいて決定されました。

黒い箱の中身はどのように決定されたか：

プログラムはあなたの回答傾向にもとづき、あなたが選択肢 A、B のどちらを選ぶか予測しました。

「あなたが選択肢 A（黒い箱だけ）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中の紙には**１００万円払う**、

「あなたが選択肢 B (両方の箱)を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中の紙には０円払うと書かれています。

黒い箱の中身はすでに決定されており、もう箱の中身は変更されません。

【質問】あなたは選択肢 A（黒い箱だけ）と B（両方の箱）のどちらを選びますか。

「絶対に A を選ぶ」から「絶対に B を選ぶ」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。

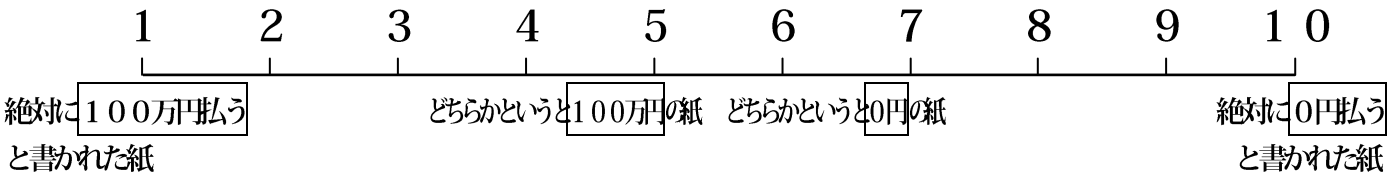
1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

絶対にAを選ぶ（黒い箱だけ）　どちらかというとA　どちらかというとB　絶対にBを選ぶ（両方の箱）

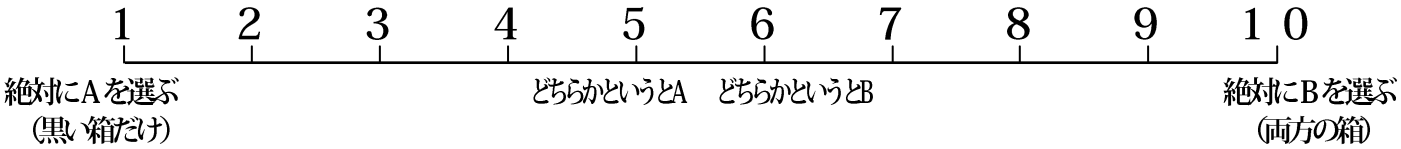
L100

あなたは、黒い箱の中身はどうなっていると思いましたか。

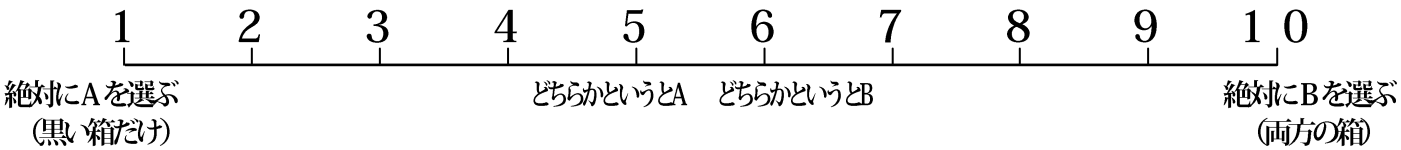
「絶対に１００万円払う と書かれた紙が入っている」から「絶対に０円払う と書かれた紙が入っている」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。




もしも、黒い箱の中がすでに０円払う と書かれた紙に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？




もしも、黒い箱の中身がすでに１００万円払う と書かれた紙に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？




L100

黒い箱にお金が入っているのは、どのような場合でしたか？（いずれかに丸）

A　「あなたが黒い箱だけを選ぶ」とコンピュータが予測した場合

B　「あなたが両方の箱を選ぶ」とコンピュータが予測した場合

C　よくわからなかった

あなたが選択肢 A か B を選ぶ時、黒い箱の中身は決定されていましたか？（いずれかに丸）

A　はい、すでに黒い箱の中身は決定されていた。

B　いいえ、黒い箱の中身は決定されていなかった。

C　よくわからなかった

次のページからは、全く新しい質問が始まります。

これまでの質問とは関係のない質問です。

下記の点線を左端からなぞって、感じ方の度合いが大きいほど長い線を描いて下さい。

例：



全く楽しくない　　非常に楽しい

もしも、あなたが**１０００円をもらう**としたらどの程度うれしいですか。

全くうれしくない　　非常にうれしい

もしも、あなたが**１００万円をもらう**としたらどの程度うれしいですか。

全くうれしくない　　非常にうれしい

もしも、あなたが**１０００円を支払う**としたらどの程度悲しいですか。

全く悲しくない　　非常に悲しい

もしも、あなたが**１００万円を支払う**としたらどの程度悲しいですか。

全く悲しくない　　非常に悲しい

次のページからは、全く新しい質問が始まります。

これまでの質問とは関係のない質問です。

以下の文章をよく読み、質問に回答してください。



いまここに 1 つのつぼがあります。

つぼには、**赤い玉が３０個**、**青い玉と緑の玉が合わせて６０個**の**合計９０個**の玉が入っています。

あなたには、このつぼの中からひとつの玉を引く賭けに参加してもらいます。

事前に 2 種類の賭けのルールのうちどちらのルールで賭けをするかを選ぶことができます。

あなたは、次の 2 種類の賭け（ルール A とルール B）のうちどちらのルールを選びますか。

ルール**A**．**赤い玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**B**．**青い玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

絶対にA　　どちらかというとA　どちらかというとB　　絶対にB

あなたは、次の 2 種類の賭け（ルール C とルール D）のうちどちらのルールを選びますか。

ルール**C**．**赤い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**D**．**青い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

絶対にC　　どちらかというとC　どちらかというとD　　絶対にD

あなたは、青い玉と緑の玉がどの程度の割合で入っていると思いましたか。

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

全部青い玉　　どちらかというと青が多い　どちらかというと緑が多い　　全部緑の玉

以下の文章をよく読み、質問に回答してください。



いまここに 1 つのつぼがあります。

つぼには、**赤い玉が３０個**、**青い玉と緑の玉が合わせて６０個**、**合計９０個**の玉が入っています。

あなたには、このつぼの中からひとつの玉を引く賭けに参加してもらいます。

事前に 2 種類の賭けのルールのうちどちらのルールで賭けをするかを選ぶことができます。

あなたは、次の 2 種類の賭け（ルール A とルール B）のうちどちらのルールを選びますか。

ルール**A**．**赤い玉**がでれば１０００円**失う**

ルール**B**．**青い玉**がでれば１０００円**失う**

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

絶対にA　　どちらかというとA　どちらかというとB　　絶対にB

あなたは、次の 2 種類の賭け（ルール C とルール D）のうちどちらのルールを選びますか。

ルール**C**．**赤い玉か緑の玉**がでれば１０００円**失う**

ルール**D**．**青い玉か緑の玉**がでれば１０００円**失う**

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

絶対にC　　どちらかというとC　どちらかというとD　　絶対にD

あなたは、青い玉と緑の玉がどの程度の割合で入っていると思いましたか。

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

全部青い玉　　どちらかというと青が多い　どちらかというと緑が多い　　全部緑の玉

次のページからは、全く新しい質問が始まります。

これまでの質問とは関係のない質問です。

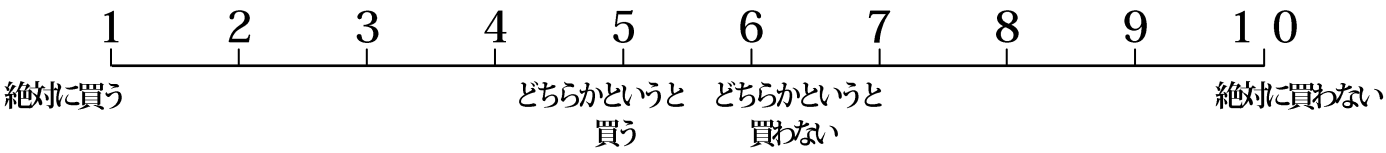
あなたは、たった今大変な期末試験を終えたところだと想像してください。

学期の終わりで疲れきってぼろぼろで、試験に合格できたかどうか自信がありません。

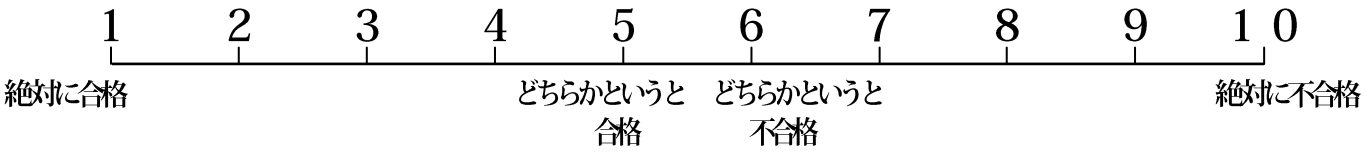
今、激安で非常にお得なハワイ 5 日間夏休み限定旅行パックツアーを買える機会を手にしました。

試験の結果は明後日までは発表されませんが、このパックツアーの販売は明日で終了です。

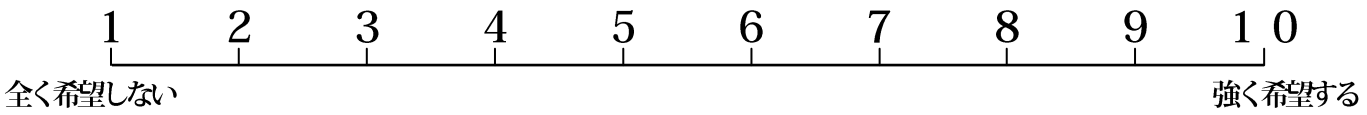
あなたは、明日までにこのパックツアーを買いますか。




あなたは、試験に合格あるいは不合格していそうだとどの程度思いましたか。




あなたは、パックツアーの販売期限が 3 日後まで延長されることをどの程度希望しますか。



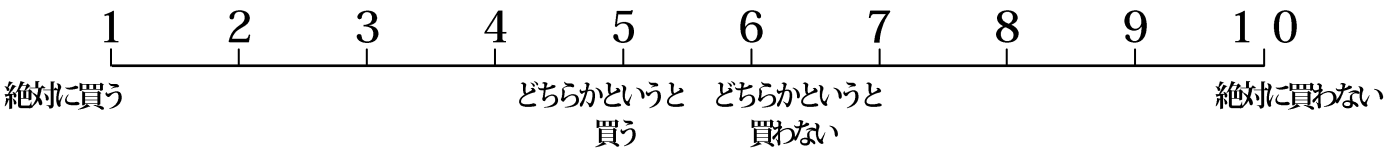
あなたは、たった今大変な期末試験を終えたところだと想像してください。

学期の終わりで疲れきってぼろぼろで、**試験の結果は合格**でした。

今、激安で非常にお得なハワイ 5 日間夏休み限定旅行パックツアーを買える機会を手にしました。

このパックツアーの販売は明日で終了です。

あなたは、明日までにこのパックツアーを買いますか。



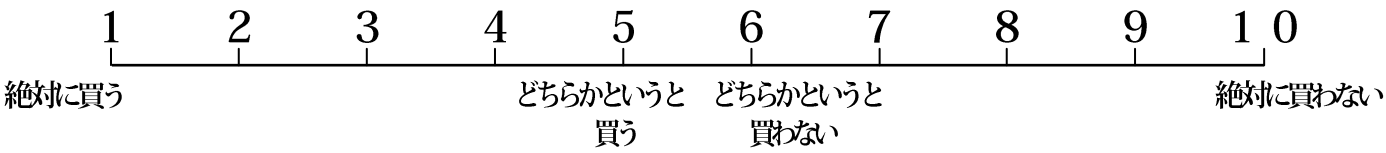

あなたは、たった今大変な期末試験を終えたところだと想像してください。

学期の終わりで疲れきってぼろぼろで、**試験に不合格**だったことがわかりました。

今、激安で非常にお得なハワイ 5 日間夏休み限定旅行パックツアーを買える機会を手にしました。

このパックツアーの販売は明日で終了です。

あなたは、明日までにこのパックツアーを買いますか。



次のページからは、全く新しい質問が始まります。

これまでの質問とは関係のない質問です。

あなたは今、コイン投げゲームをしたところだと想像してください。

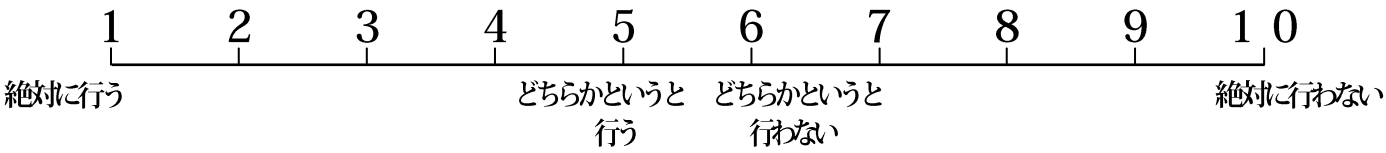
このゲームでは表が出たら勝ちで２万円受取ります。裏が出たら負けで１万円支払います。

表が出る確率は５０％、裏が出る確率は５０％です。

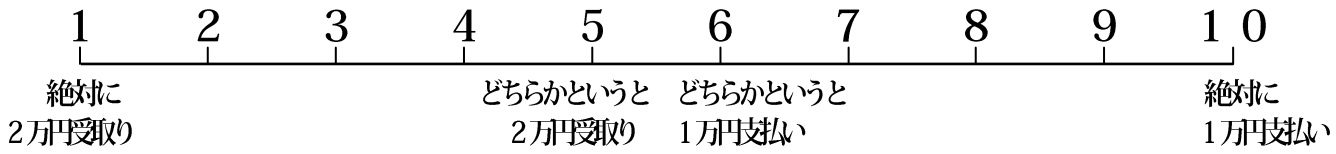
コインが投げられましたが、**まだ結果は知らされていません**。

今から、これと全く同じゲームをもう１度行うことができます。

**５０％の確率で２万円受取り**、**５０％の確率で１万円支払う**このゲームをもう１度行いますか。




あなたは、このゲームで２万円受取りそうだあるいは１万円支払いそうだとどの程度思いましたか。



あなたは今、コイン投げゲームをしたところだと想像してください。

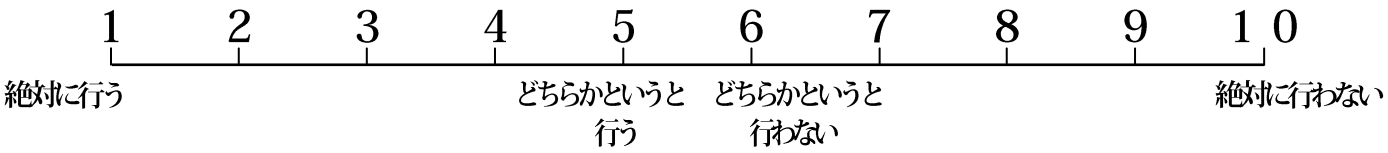
このゲームでは表が出たら勝ちで２万円受取ります。裏が出たら負けで１万円支払います。

表が出る確率は５０％、裏が出る確率は５０％です。

コインが投げられ表が出たので**あなたは<u>２万円受取りました</u>**。

今から、これと全く同じゲームをもう１度行うことができます。

**５０％の確率で２万円受取り**、**５０％の確率で１万円支払う**このゲームをもう１度行いますか。




あなたは今、コイン投げゲームをしたところだと想像してください。

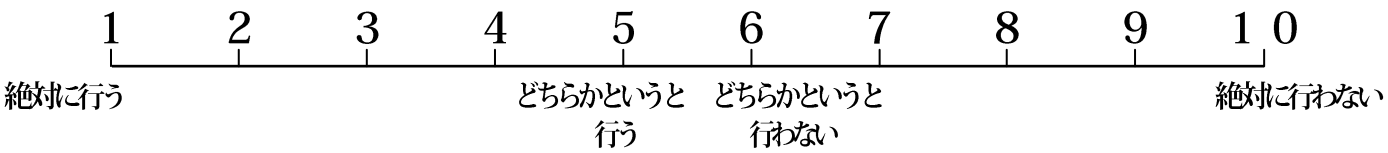
このゲームでは表が出たら勝ちで２万円受取ります。裏が出たら負けで１万円支払います。

表が出る確率は５０％、裏が出る確率は５０％です。

コインが投げられ裏が出たので**あなたは<u>１万円支払いました</u>**。

今から、これと全く同じゲームをもう１度行うことができます。

**５０％の確率で２万円受取り**、**５０％の確率で１万円支払う**このゲームをもう１度行いますか。



# 付録Ｆ：実験３－１で用いた質問紙

年齢：　＿＿＿＿＿＿　歳

性別：　女性　・　男性

学籍番号：　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

所属：　すでに学部が決まっている場合（　理・農・医・保健・歯・工・水産・文・教・法・経・獣・薬　）

総合入試で学部が決まっていない場合（　理系・文系　）

みなさんの回答は厳密に統計的に処理されます。

氏名などの個人情報に結び付けられたり、成績や評価などに影響をあたえることは絶対にありません。

学籍番号はデータ識別のためだけに使用されます。個人情報が特定されることは絶対にありません。

回答に正解はありません。あなたの考えにもとづいて回答して下さい。

以下の文章をよく読み、質問に回答してください。



いまここに１つのつぼがあります。

つぼには、**赤い玉が３０個**、**青い玉と緑の玉が合わせて６０個**、**合計９０個**の玉が入っています。

青い玉と緑の玉それぞれの数はわかりません。

あなたには、このつぼの中からひとつの玉を引く賭けに参加してもらいます。

事前に２種類の賭けのルールのうち、どちらのルールで賭けをするかを選ぶことができます。

あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。

ルール**A**．**赤い玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**B**．**青い玉**がでれば１０００円もらえる

下記の１から１０の数字のどれかに丸をつけて答えてください

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

**絶対にA**　　**どちらかというとA**　**どちらかというとB**　　**絶対にB**

先ほどのつぼには、青い玉と緑の玉がどの程度の割合で入っていると思いましたか。

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

全部緑の玉　どちらかというと緑が多い　どちらかというと青が多い　全部青い玉



もし、つぼの中の青い玉が緑の玉よりも**多かったら**、

あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。

ルール**A**．**赤い玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**B**．**青い玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

絶対にA　どちらかというとA　どちらかというとB　絶対にB



もし、つぼの中の青い玉が緑の玉よりも多く<u>なかったら</u>、

あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。

ルール**A**．**赤い玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**B**．**青い玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

絶対にA　どちらかというとA　どちらかというとB　絶対にB

以下の文章をよく読み、質問に回答してください。



いまここに１つのつぼがあります。

つぼには、**赤い玉が３０個**、**青い玉と緑の玉が合わせて６０個**、**合計９０個**の玉が入っています。

青い玉と緑の玉それぞれの数はわかりません。

あなたには、このつぼの中からひとつの玉を引く賭けに参加してもらいます。

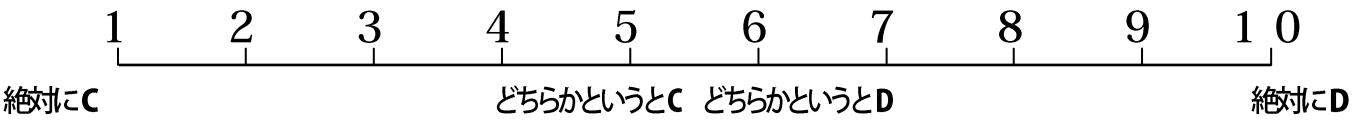
事前に２種類の賭けのルールのうち、どちらのルールで賭けをするかを選ぶことができます。

あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。

ルール**C**．**赤い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**D**．**青い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

下記の１から１０の数字のどれかに丸をつけて答えてください



先ほどのつぼには、青い玉と緑の玉がどの程度の割合で入っていると思いましたか。

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

全部緑の玉　どちらかというと緑が多い　どちらかというと青が多い　全部青い玉



もし、つぼの中の青い玉が緑の玉よりも**多かったら**、

あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。

ルール**C**．**赤い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**D**．**青い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

絶対にC　どちらかというとC　どちらかというとD　絶対にD



もし、つぼの中の青い玉が緑の玉よりも多く<u>なかったら</u>、

あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。

ルール**C**．**赤い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**D**．**青い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

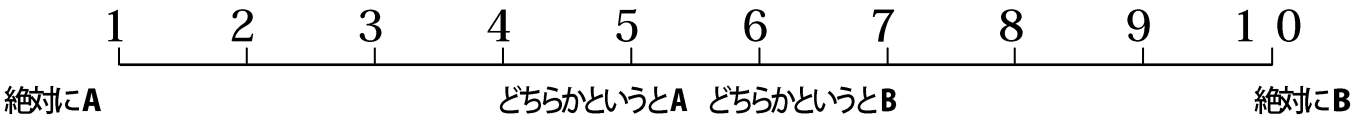
絶対にC　どちらかというとC　どちらかというとD　絶対にD

もし、先ほどのつぼの中の**青い玉が６０個で緑の玉が０個**だったら、

あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。

ルール**A**．**赤い玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**B**．**青い玉**がでれば１０００円もらえる

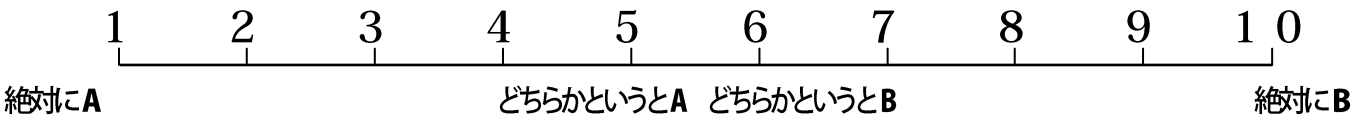



もし、先ほどのつぼの中の**青い玉が０個で緑の玉が６０個**だったら、

あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。

ルール**A**．**赤い玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**B**．**青い玉**がでれば１０００円もらえる

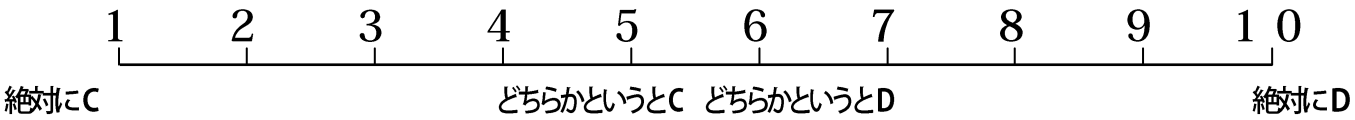


もし、つぼの中の**青い玉が６０個で緑の玉が０個**だったら、

あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。

ルール**C**．**赤い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**D**．**青い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

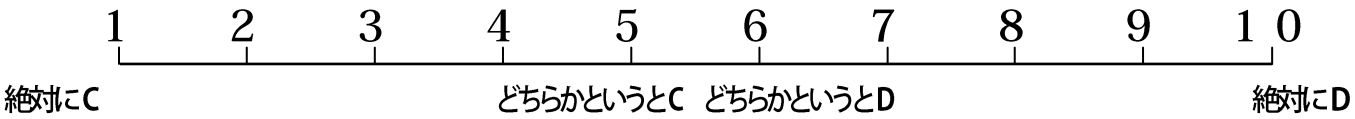



もし、つぼの中の**青い玉が０個で緑の玉が６０個**だったら、

あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。

ルール**C**．**赤い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**D**．**青い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる



次のページからは、全く新しい質問が始まります。

これまでの質問とは関係のない質問です。

これから、あなたの知らない１人の相手とあなたの２人でやりとりをすると考えてください。

やりとりは何回か行われ、**あなたの相手は毎回変わります**。

やりとりは匿名でおこなわれ、互いに顔を合わせることは一切ありません。

毎回のやりとりでは２人それぞれが行動Ａか行動Ｂのどちらかを選択します。

選択の際には、あなたの好み・自由な意志に基づいて決定してください。

これから、あなたと相手で行っていただくやりとりは次のようなものです。

もし、**あなたが行動 A** を選び、**相手が行動 B** を選んだなら、

**あなたは 250 円**を受け取り、**相手は 850 円**を受け取ります。

もし、**あなたが行動 B** を選び、**相手が行動 A** を選んだなら、

**あなたは 850 円**を受け取り、**相手は 250 円**を受け取ります。

もし、**２人とも行動 A** を選んだなら、**２人とも 750 円**を受け取ります。

もし、**２人とも行動 B** を選んだなら、**２人とも 300 円**を受け取ります。

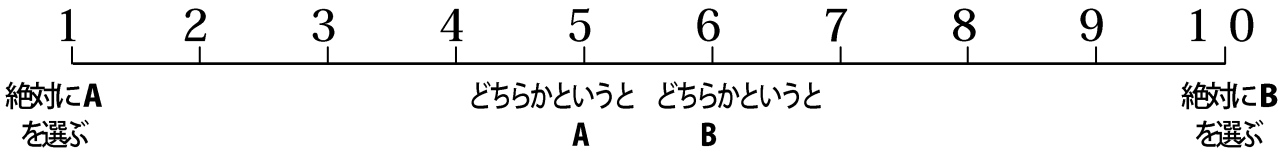
【あなたと相手が手に入れる金額の表】

| | | 相手の選択 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 行動 A | | 行動 B | |
| あなたの選択 | 行動 A | あなた ７５０円 | 相手 ７５０円 | あなた ２５０円 | 相手 ８５０円 |
| | 行動 B | あなた ８５０円 | 相手 ２５０円 | あなた ３００円 | 相手 ３００円 |

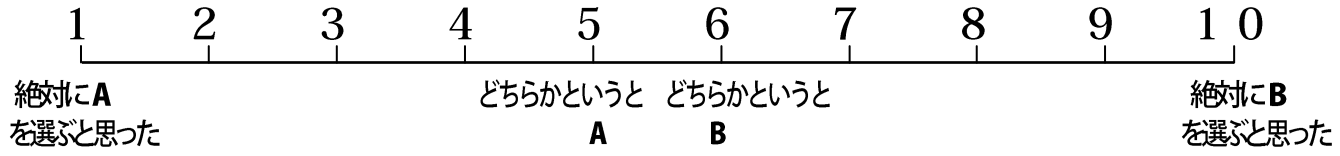
今、相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手が行動 A と行動 B の<u>どちらを選んだかはわかりません</u>。

あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？




相手は行動 A と行動 B のどちらを選びそうだと思いましたか？



次に、同じやりとりを新たな相手と行います。

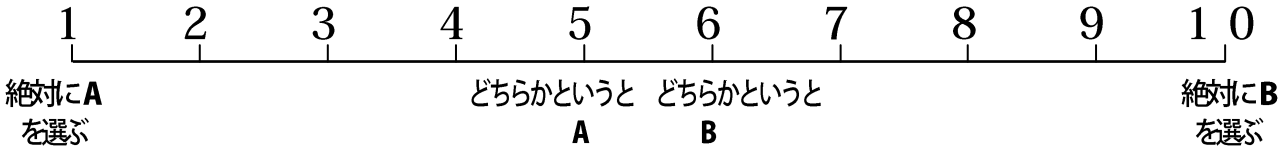
**【あなたと相手が手に入れる金額の表】**

| | | 相手の選択 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 行動 A | | 行動 B | |
| あなたの選択 | 行動 A | あなた **７５０**円 | 相手 **７５０**円 | あなた **２５０**円 | 相手 **８５０**円 |
| | 行動 B | あなた **８５０**円 | 相手 **２５０**円 | あなた **３００**円 | 相手 **３００**円 |

今、新たな相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手は行動 A を選びました。

**あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？**



次に、同じやりとりを新たな相手と行います。

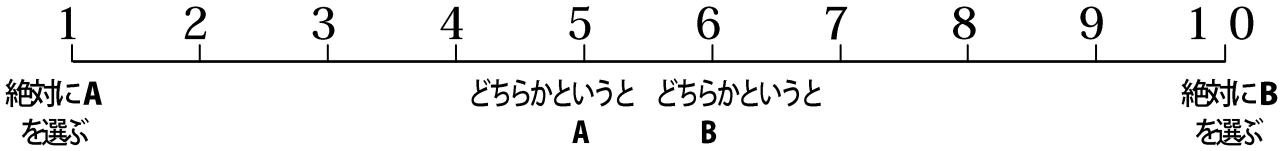
**【あなたと相手が手に入れる金額の表】**

| | | 相手の選択 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 行動 A | | 行動 B | |
| あなたの選択 | 行動 A | あなた **７５０**円 | 相手 **７５０**円 | あなた **２５０**円 | 相手 **８５０**円 |
| | 行動 B | あなた **８５０**円 | 相手 **２５０**円 | あなた **３００**円 | 相手 **３００**円 |

今、新たな相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手は行動 B を選びました。

**あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？**



ここからは、やりとりの内容が変わります。

もし、**あなたが行動 A** を選び、**相手が行動 B** を選んだなら、

**あなたは 250 円**を失い、**相手は 850 円**を失います。

もし、**あなたが行動 B** を選び、**相手が行動 A** を選んだなら、

**あなたは 850 円**を失い、**相手は 250 円**を失います。

もし、**２人とも行動 A** を選んだなら、**２人とも 300 円**を失います。

もし、**２人とも行動 B** を選んだなら、**２人とも 750 円**を失います。

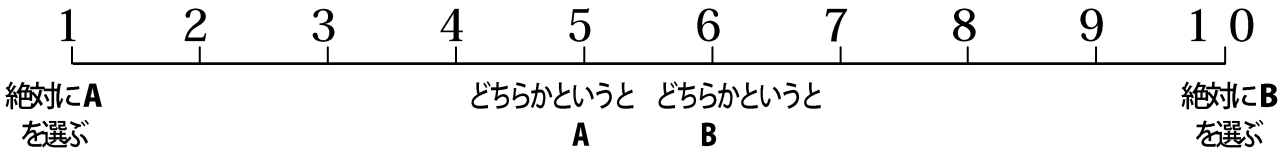
【あなたと相手が手に入れる金額の表】

| | | 相手の選択：行動 A | | 相手の選択：行動 B | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 相手 | | 相手 | |
| あなたの選択 | | あなた | 相手 | あなた | 相手 |
| | 行動 A | －３００円 | －３００円 | －２５０円 | －８５０円 |
| | 行動 B | －８５０円 | －２５０円 | －７５０円 | －７５０円 |

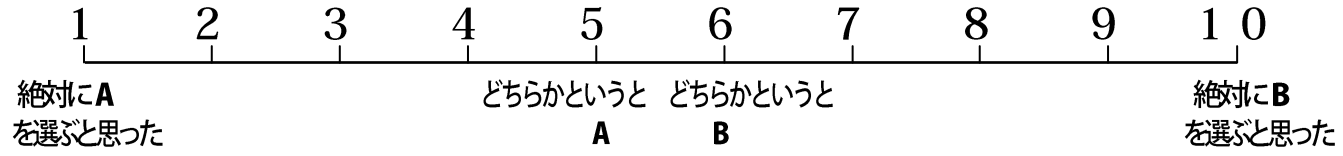
今、新たな相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手が行動 A と行動 B のどちらを選んだかはわかりません。

あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？




相手は行動 A と行動 B のどちらを選びそうだと思いましたか？



次に、同じやりとりを新たな相手と行います。

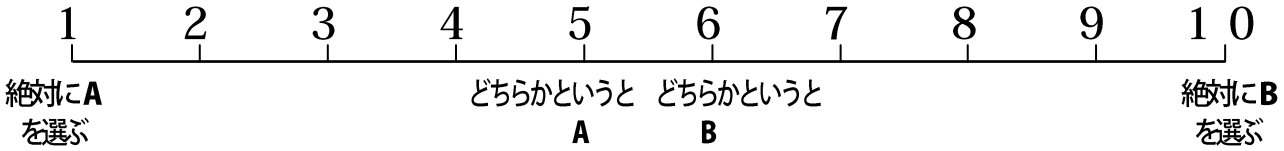
**【あなたと相手が手に入れる金額の表】**

| | | 相手の選択 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 行動A | | 行動B | |
| あなたの選択 | 行動A | あなた −300円 | 相手 −300円 | あなた −250円 | 相手 −850円 |
| | 行動B | あなた −850円 | 相手 −250円 | あなた −750円 | 相手 −750円 |

今、新たな相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手は行動Ａを選びました。

あなたは行動Ａと行動Ｂのどちらを選びますか？



次に、同じやりとりを新たな相手と行います。

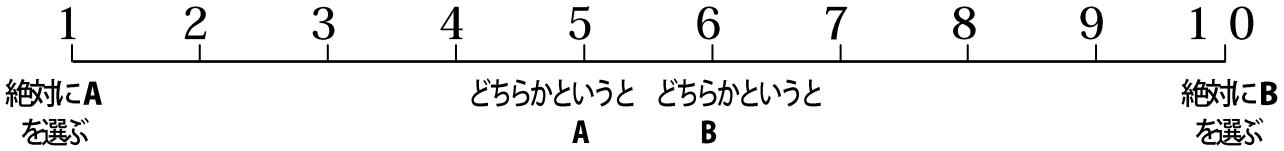
**【あなたと相手が手に入れる金額の表】**

| | | 相手の選択 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 行動 A | | 行動 B | |
| あなたの選択 | 行動 A | あなた **－３００円** | 相手 **－３００円** | あなた **－２５０円** | 相手 **－８５０円** |
| | 行動 B | あなた **－８５０円** | 相手 **－２５０円** | あなた **－７５０円** | 相手 **－７５０円** |

今、新たな相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手は行動 B を選びました。

**あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？**

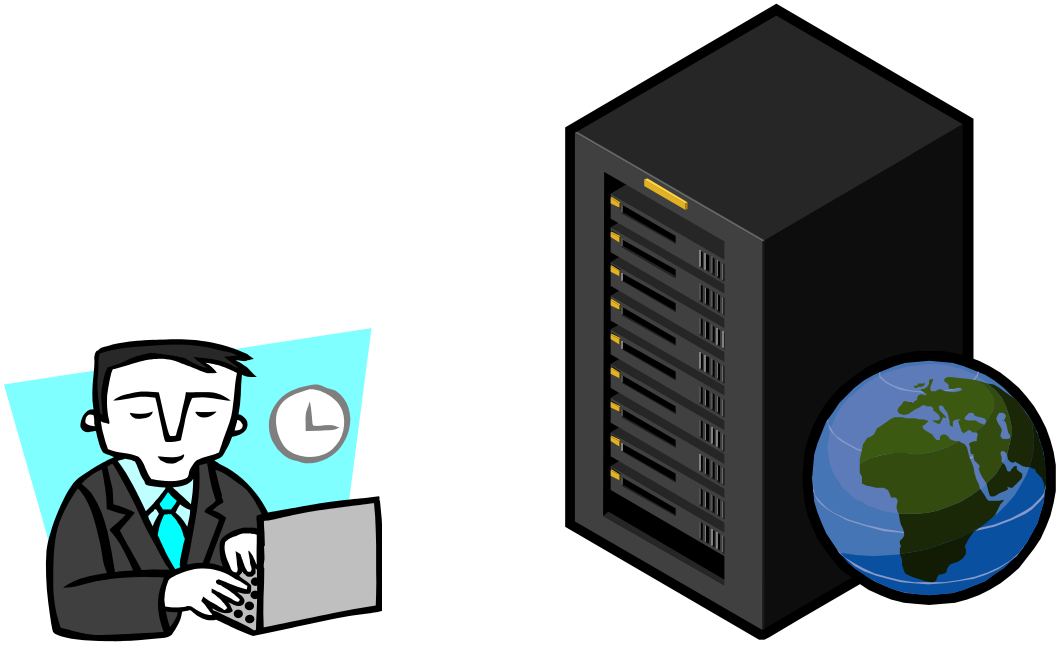


次のページからは、全く新しい質問が始まります。

これまでの質問とは関係のない質問です。

次の文章を読み、あなたの想像力をはたらかせて答えてください。

近年アメリカ軍で、人間の行動を予測するコンピュータプログラムが開発されました。
このプログラムは、これまで約９０％の割合で予測対象者の選ぶ選択肢を当てることができました。
これから、このプログラムを用いてあなたの選択肢を予測することにします。
あなたがプログラムの出す１００問以上のさまざまな質問項目に回答すると、
プログラムはあなたの回答傾向を分析し、あなたのその後の選択を予測します。
それでは、あなたはすでにプログラムの質問に回答し終わったと想像して下さい。



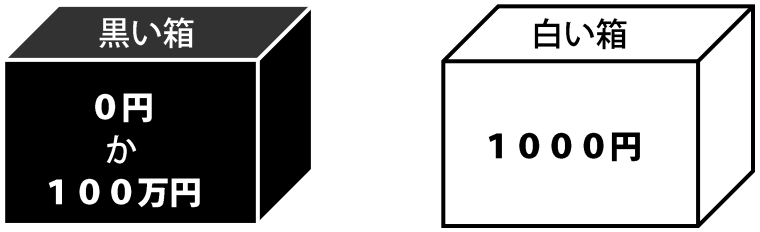
G100

そして、プログラムは次の質問に対するあなたの選択を予測完了しました。

【説明】あなたにはＡとＢ、２つの選択肢が与えられています。

**Ａ）黒い箱だけを選ぶ。（黒い箱だけを開けてその中のお金を手に入れる）**

**Ｂ）黒い箱と白い箱の両方を選ぶ。（両方の箱を開けてその中のお金を手に入れる）**




白い箱の中には**１０００円**が入っています。

黒い箱の中身は**０　円**か**１００万円**のどちらかで、どちらになるかは、コンピュータプログラムによる、あなたの選択に対する予測に基づいて決定されました。

黒い箱の中身はどのように決定されたか：

プログラムはあなたの回答傾向にもとづき、あなたが選択肢Ａ、Ｂのどちらを選ぶか予測しました。

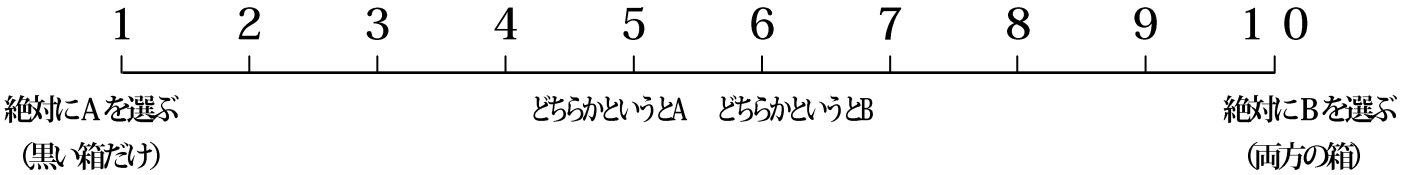
「あなたが選択肢Ａ（黒い箱だけ）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は**１００万円**、

「あなたが選択肢Ｂ（両方の箱）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は**０円**となっています。

黒い箱の中身はすでに決定されており、もう箱の中身は変更されません。

【質問】あなたは選択肢Ａ（黒い箱だけ）とＢ（両方の箱）のどちらを選びますか。

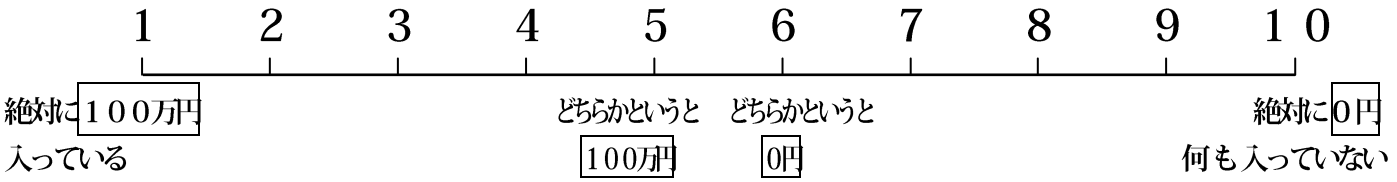
「絶対にＡを選ぶ」から「絶対にＢを選ぶ」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。



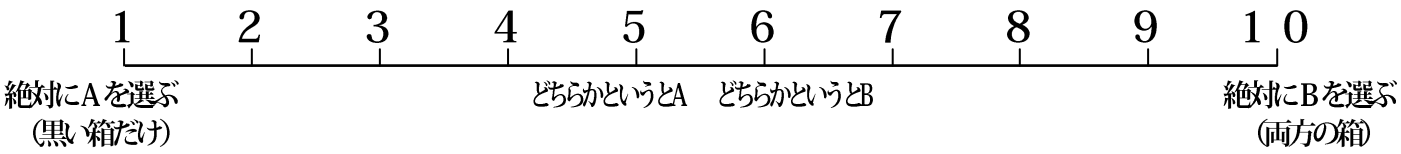

G100

あなたは、黒い箱の中身はどうなっていると思いましたか。

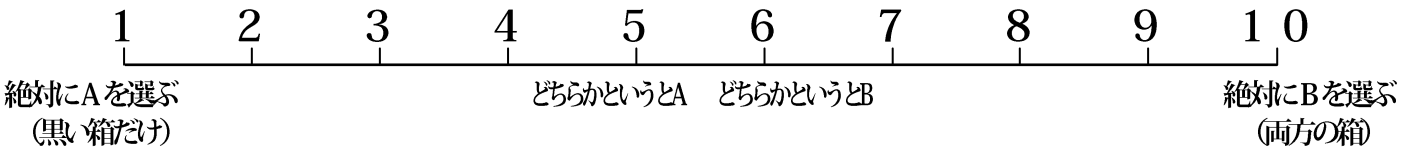
「絶対に**１００万円**入っている」から「絶対に何も入っていない（**０円**）」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。




もしも、黒い箱の中身がすでに０円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？



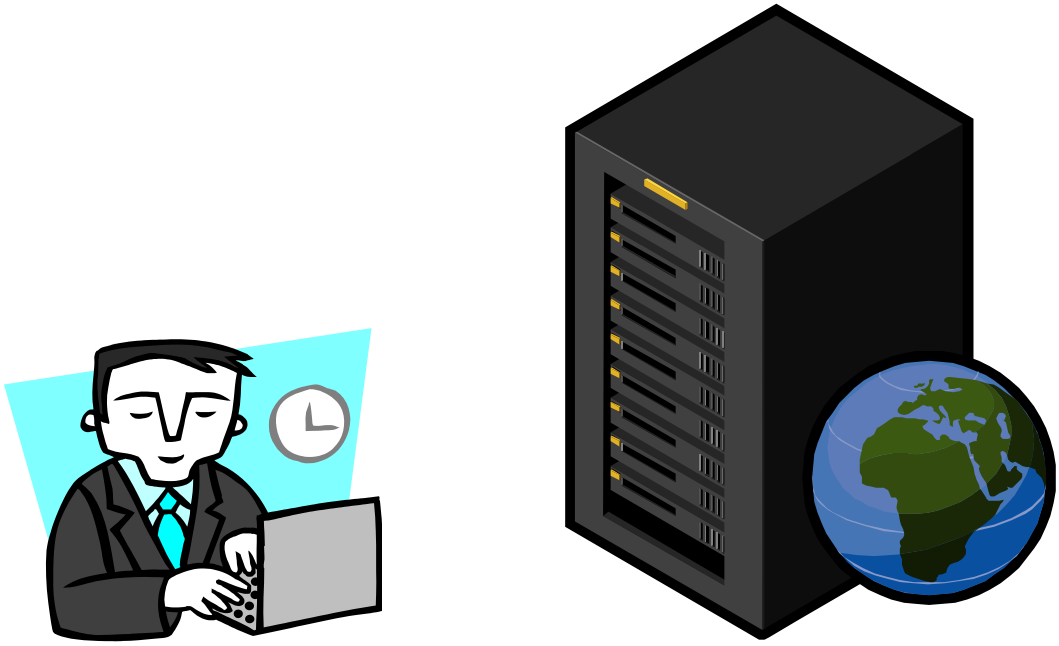

もしも、黒い箱の中身がすでに１００万円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？




G100

次の文章を読み、あなたの想像力をはたらかせて答えてください。

近年アメリカ軍で、人間の行動を予測するコンピュータプログラムが開発されました。
このプログラムは、これまで約９０％の割合で予測対象者の選ぶ選択肢を当てることができました。
これから、このプログラムを用いてあなたの選択肢を予測することにします。
あなたがプログラムの出す１００問以上のさまざまな質問項目に回答すると、
プログラムはあなたの回答傾向を分析し、あなたのその後の選択を予測します。
それでは、あなたはすでにプログラムの質問に回答し終わったと想像して下さい。



L100

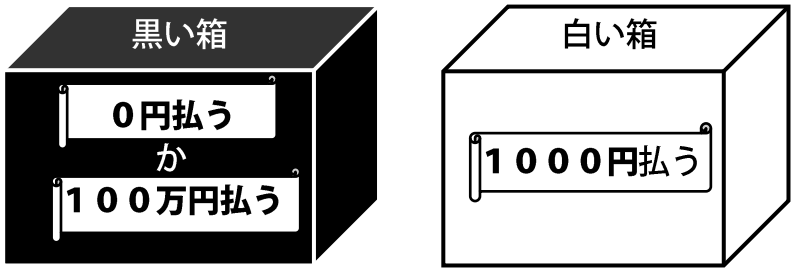
そして、プログラムは次の質問に対するあなたの選択を予測完了しました。

【説明】あなたにはＡとＢ、２つの選択肢が与えられています。

**Ａ）黒い箱だけを選ぶ。（黒い箱だけを開けて、その中の紙に書いてある金額を支払う）**

**Ｂ）黒い箱と白い箱の両方を選ぶ。**

**（両方の箱を開けて、両方の中の紙に書いてある金額を支払う）**




白い箱の中には**１０００円払う**と書かれた紙が入っています。

黒い箱の中身は**０円払う**と書かれた紙か**１００万円払う**と書かれた紙のどちらかで、どちらになるかは、コンピュータプログラムによる、あなたの選択に対する予測に基づいて決定されました。

黒い箱の中身はどのように決定されたか：

プログラムはあなたの回答傾向にもとづき、あなたが選択肢Ａ、Ｂのどちらを選ぶか予測しました。

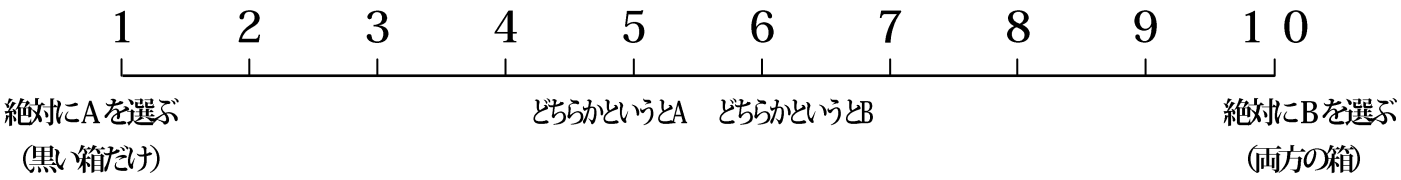
「あなたが選択肢Ａ（黒い箱だけ）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中の紙には**１００万円払う**、

「あなたが選択肢Ｂ（両方の箱）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中の紙には０円払うと書かれています。

黒い箱の中身はすでに決定されており、もう箱の中身は変更されません。

【質問】あなたは選択肢Ａ（黒い箱だけ）とＢ（両方の箱）のどちらを選びますか。

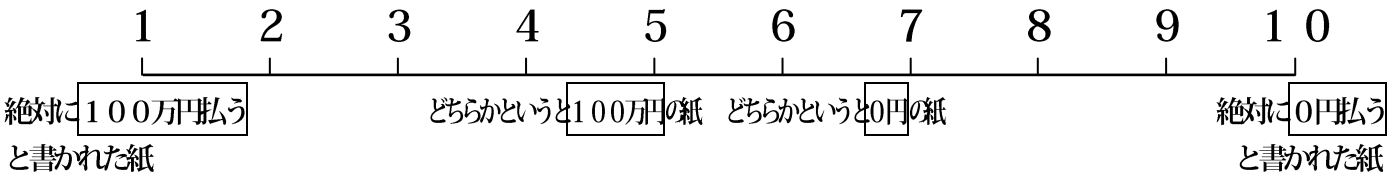
「絶対にＡを選ぶ」から「絶対にＢを選ぶ」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。



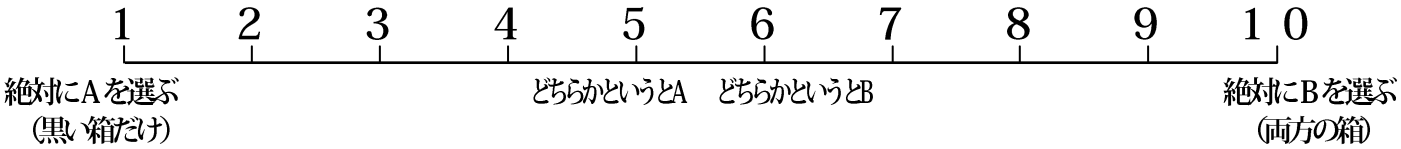

L100

あなたは、黒い箱の中身はどうなっていると思いましたか。

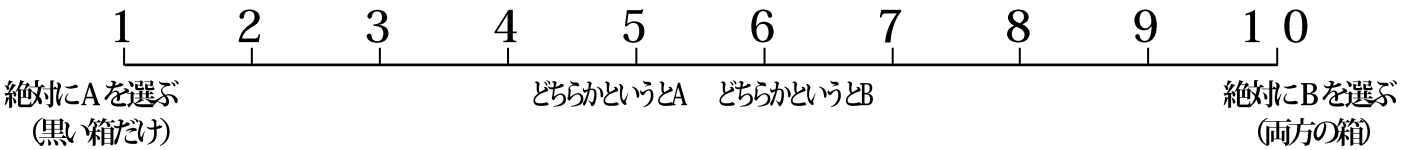
「絶対に１００万円払う と書かれた紙が入っている」から「絶対に０円払う と書かれた紙が入っている」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。




もしも、黒い箱の中がすでに０円払う と書かれた紙に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？




もしも、黒い箱の中身がすでに１００万円払う と書かれた紙に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？




L100

黒い箱にお金が入っているのは、どのような場合でしたか？（いずれかに丸）

A　「あなたが黒い箱だけを選ぶ」とコンピュータが予測した場合

B　「あなたが両方の箱を選ぶ」とコンピュータが予測した場合

C　よくわからなかった

あなたが選択肢 A か B を選ぶ時、黒い箱の中身は決定されていましたか？（いずれかに丸）

A　はい、すでに黒い箱の中身は決定されていた。

B　いいえ、黒い箱の中身は決定されていなかった。

C　よくわからなかった

次のページからは、全く新しい質問が始まります。

これまでの質問とは関係のない質問です。

下記の点線を左端からなぞって、感じ方の度合いが大きいほど長い線を描いて下さい。

例：



全く楽しくない　　非常に楽しい

もしも、あなたが**１０００円をもらう**としたらどの程度うれしいですか。

全くうれしくない　　非常にうれしい

もしも、あなたが**１００万円をもらう**としたらどの程度うれしいですか。

全くうれしくない　　非常にうれしい

もしも、あなたが**１０００円を支払う**としたらどの程度悲しいですか。

全く悲しくない　　非常に悲しい

もしも、あなたが**１００万円を支払う**としたらどの程度悲しいですか。

全く悲しくない　　非常に悲しい

次のページからは、全く新しい質問が始まります。

これまでの質問とは関係のない質問です。

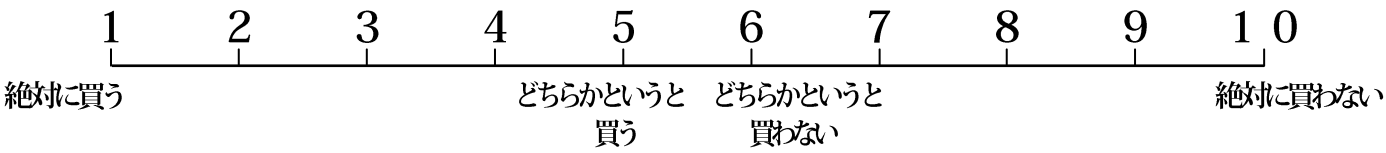
あなたは、たった今大変な期末試験を終えたところだと想像してください。

学期の終わりで疲れきってぼろぼろで、試験に合格できたかどうか自信がありません。

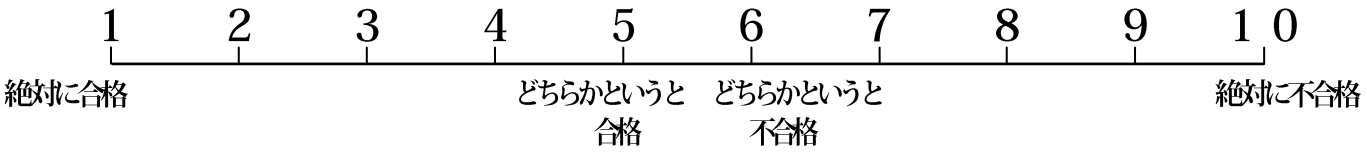
今、激安で非常にお得なハワイ５日間夏休み限定旅行パックツアーを買える機会を手にしました。

試験の結果は明後日までは発表されませんが、このパックツアーの販売は明日で終了です。

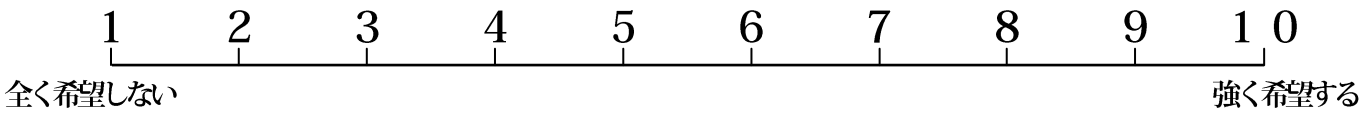
あなたは、明日までにこのパックツアーを買いますか。




あなたは、試験に合格あるいは不合格していそうだとどの程度思いましたか。




あなたは、パックツアーの販売期限が３日後まで延長されることをどの程度希望しますか。



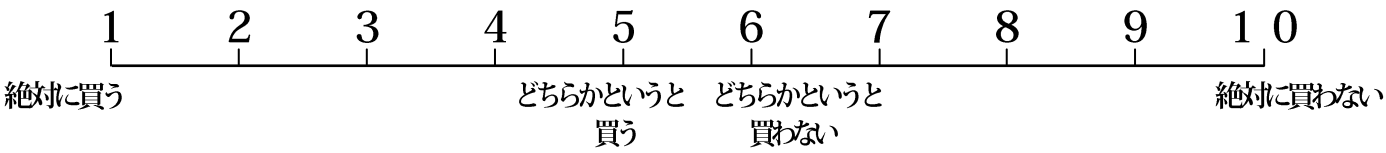
あなたは、たった今大変な期末試験を終えたところだと想像してください。

学期の終わりで疲れきってぼろぼろで、**試験の結果は合格**でした。

今、激安で非常にお得なハワイ 5 日間夏休み限定旅行パックツアーを買える機会を手にしました。

このパックツアーの販売は明日で終了です。

あなたは、明日までにこのパックツアーを買いますか。



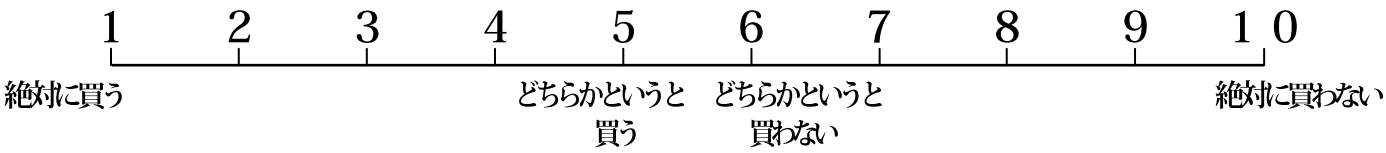

あなたは、たった今大変な期末試験を終えたところだと想像してください。

学期の終わりで疲れきってぼろぼろで、**試験に不合格**だったことがわかりました。

今、激安で非常にお得なハワイ 5 日間夏休み限定旅行パックツアーを買える機会を手にしました。

このパックツアーの販売は明日で終了です。

あなたは、明日までにこのパックツアーを買いますか。



次のページからは、全く新しい質問が始まります。

これまでの質問とは関係のない質問です。

あなたは今、コイン投げゲームをしたところだと想像してください。

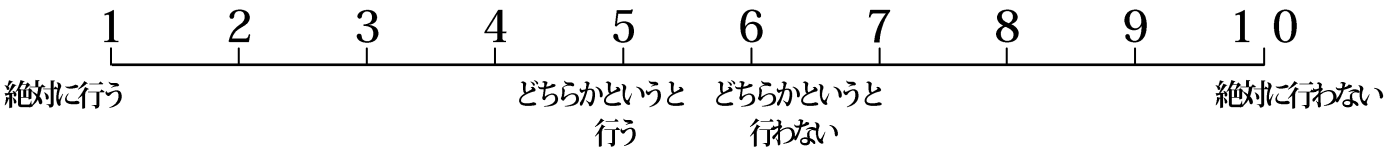
このゲームでは表が出たら勝ちで２万円受取ります。裏が出たら負けで１万円支払います。

表が出る確率は５０％、裏が出る確率は５０％です。

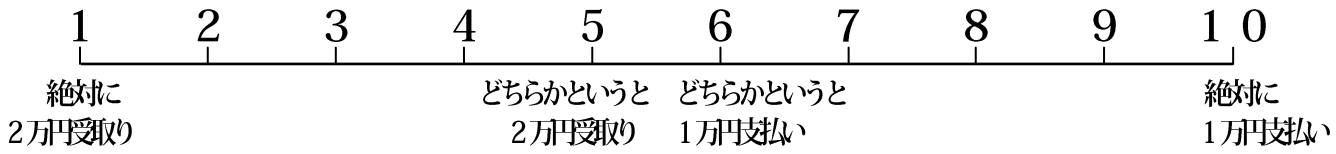
コインが投げられましたが、**まだ結果は知らされていません**。

今から、これと全く同じゲームをもう１度行うことができます。

**５０％の確率で２万円受取り**、**５０％の確率で１万円支払う**このゲームをもう１度行いますか。




あなたは、このゲームで２万円受取りそうだあるいは１万円支払いそうだとどの程度思いましたか。



あなたは今、コイン投げゲームをしたところだと想像してください。

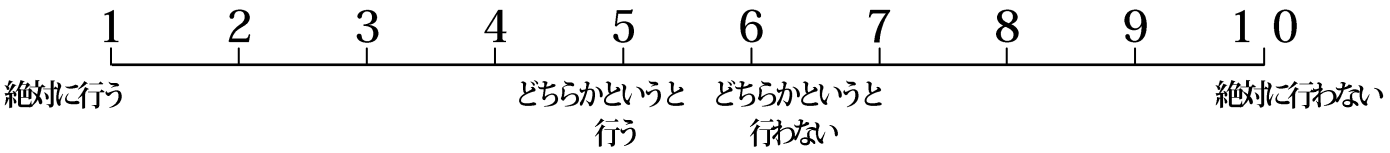
このゲームでは表が出たら勝ちで２万円受取ります。裏が出たら負けで１万円支払います。

表が出る確率は５０％、裏が出る確率は５０％です。

コインが投げられ表が出たので**あなたは<u>２万円受取りました</u>**。

今から、これと全く同じゲームをもう１度行うことができます。

**５０％の確率で２万円受取り**、**５０％の確率で１万円支払う**このゲームをもう１度行いますか。




あなたは今、コイン投げゲームをしたところだと想像してください。

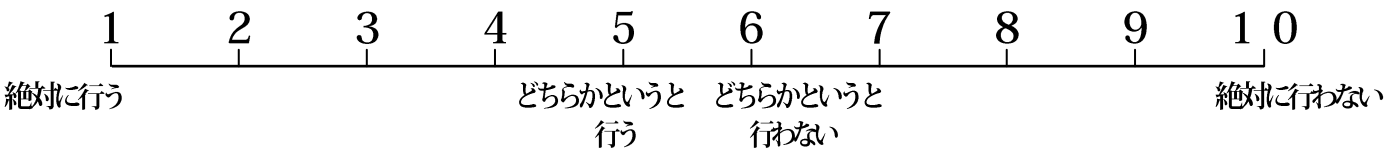
このゲームでは表が出たら勝ちで２万円受取ります。裏が出たら負けで１万円支払います。

表が出る確率は５０％、裏が出る確率は５０％です。

コインが投げられ裏が出たので**あなたは<u>１万円支払いました</u>**。

今から、これと全く同じゲームをもう１度行うことができます。

**５０％の確率で２万円受取り**、**５０％の確率で１万円支払う**このゲームをもう１度行いますか。

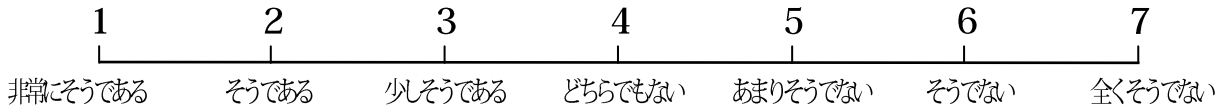


次のページからは、全く新しい質問が始まります。

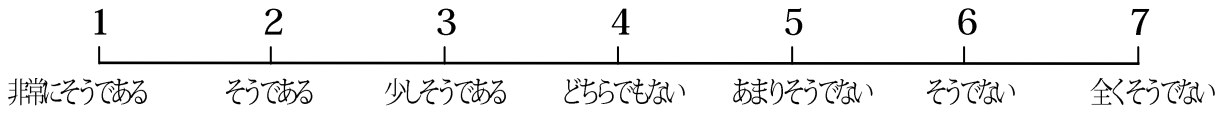
これまでの質問とは関係のない質問です。

以下のそれぞれについて、あなたはどの程度あてはまりますか。「非常にそうである」から「全くそうでない」の７段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。

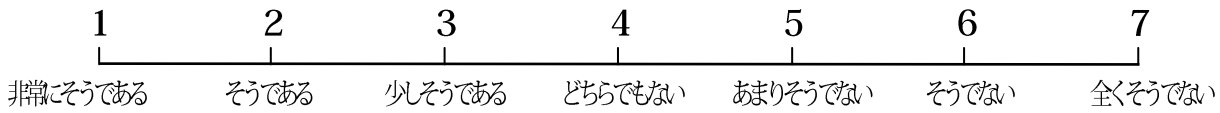
1. あまり考えなくてよい課題よりも、頭を使う困難な課題のほうが好きだ。



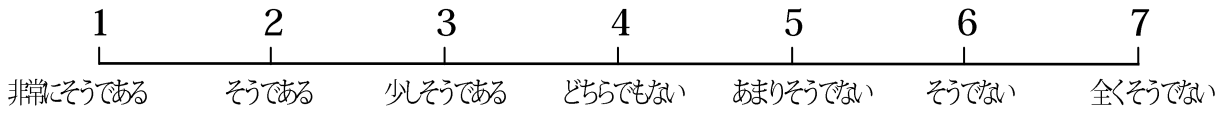

2. かなり頭を使わなければ達成されないようなことを目標にすることが多い。



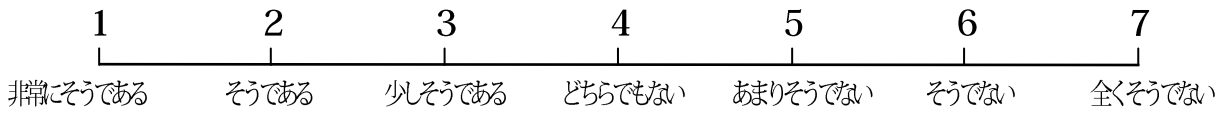

3. 課題について必要以上に考えてしまう。



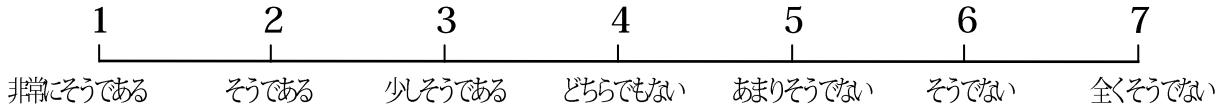

4. 新しい考え方を学ぶことにはあまり興味が無い。



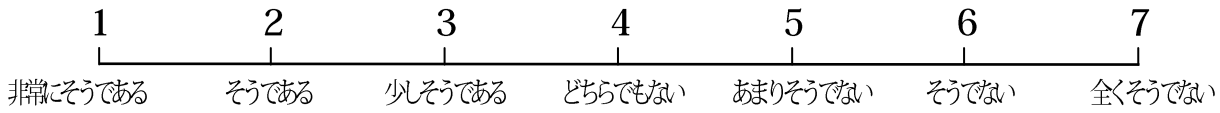

5. 一生懸命考え、多くの知的な努力を必要とする重要な課題を成し遂げることに特に満足を感じる。



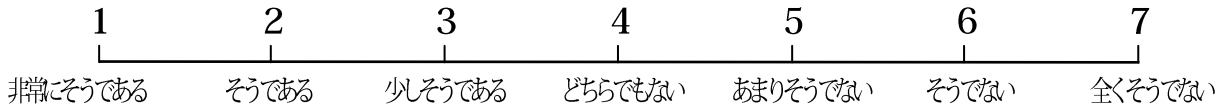
6. 必要以上には考えない。



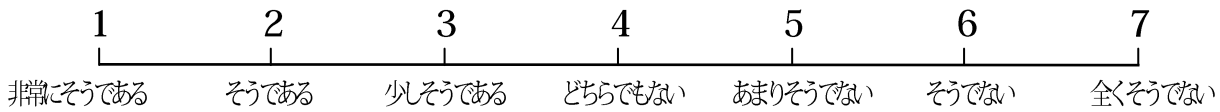

7. 一度覚えてしまえばあまり考えなくてもよい課題が好きだ。



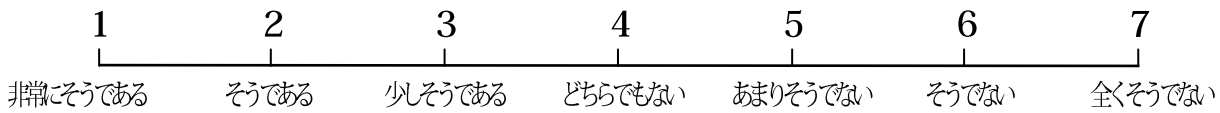

8. 長時間一生懸命考えることは苦手な方である。



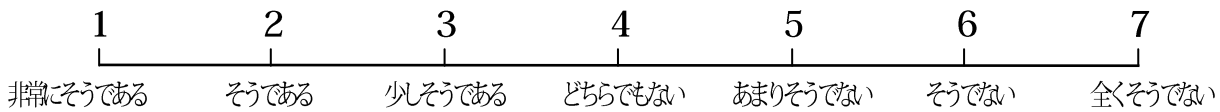

9. 考えることは楽しくない。



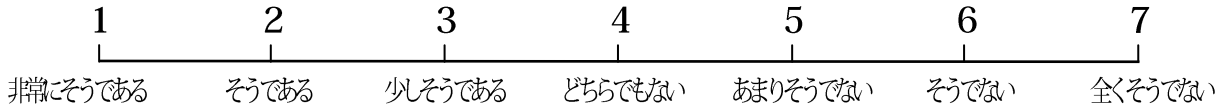

10. 深く考えなければならないような状況はさけようとする。



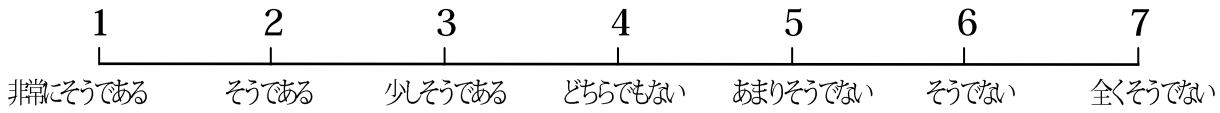

11. 自分が人生でなにをすべきかについて考えるのは好きではない。



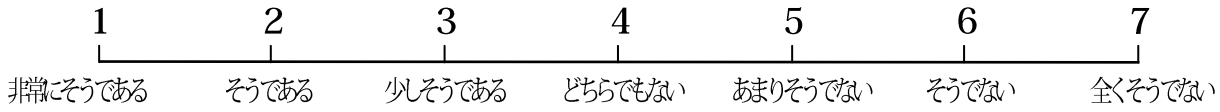
12. 常に頭を使わなければ満足できない。



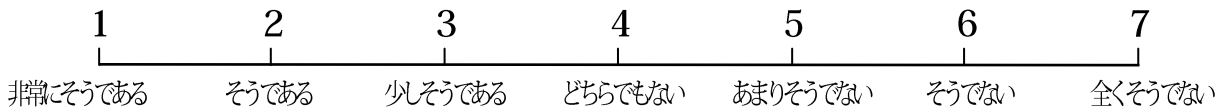

13. 自分の人生は解決しなければならない難問が多いほうがよい。



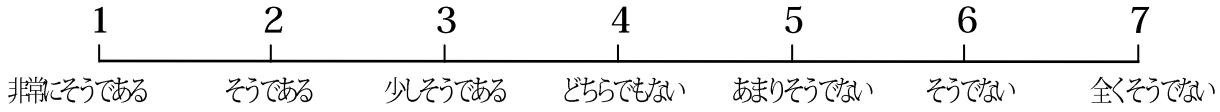

14. 簡単な問題よりも複雑な問題のほうが好きだ。



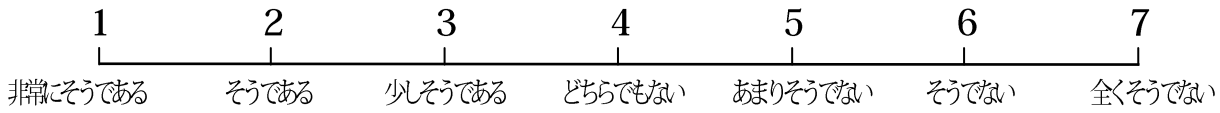

15. 問題の答えがなぜそうなるのかを理解するよりも、単純に答えだけを知っている方がよい。



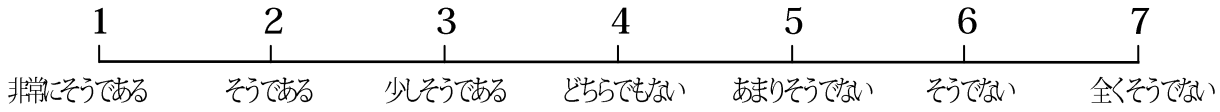
16. 人の行動は、良いことも悪いことも最終的にはその人に戻ってくる。



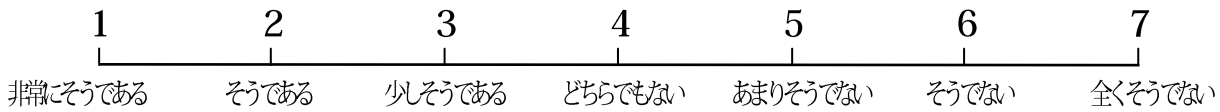

17. 人が行った行為はやがて必ずその人自身にはね返ってくる。




18. あなたが他人に与えたのと同じものが、必ずあなたのもとへ戻ってくる。




19. 良いことも悪いことも、何かしたことにはいつかどこかで、それに見合った結果が現れる。



以下の質問への回答を数字で記入してください。

20. バットとボール合わせて 110 円です。バットはボールより 100 円高いです。ボールはいくらですか？

＿＿＿＿＿＿ 円

21. もし５個の機械が５個の製品を作るのに５分かかるとしたら、１００個の機械が１００個の製品を作るのにかかる時間は何分ですか？

＿＿＿＿＿＿ 分

22. 湖にスイレンの葉があります。毎日葉の広がりが２倍になります。葉が湖全体を覆うのに 48 日かかるとしたら、湖の半分を覆うのに何日かかりますか？

＿＿＿＿＿＿ 日

# 付録 G：実験 3−2 で用いた質問紙

年齢：　＿＿＿＿＿＿　歳

性別：　女性　・　男性

学籍番号：　＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

所属：　すでに学部が決まっている場合（　理・農・医・保健・歯・工・水産・文・教・法・経・獣・薬　）

総合入試で学部が決まっていない場合（　理系・文系　）

みなさんの回答は厳密に統計的に処理されます。

氏名などの個人情報に結び付けられたり、成績や評価などに影響をあたえることは絶対にありません。

学籍番号はデータ識別のためだけに使用されます。個人情報が特定されることは絶対にありません。

回答に正解はありません。あなたの考えにもとづいて回答して下さい。

以下の文章をよく読み、質問に回答してください。

これから、あなたの知らない 1 人の相手とあなたの 2 人でやりとりをすると考えてください。
やりとりは何回か行われ、**あなたの相手は毎回変わります**。
やりとりは匿名でおこなわれ、互いに顔を合わせることは一切ありません。
毎回のやりとりでは 2 人それぞれが行動 A か行動 B のどちらかを選択します。
選択の際には、あなたの好み・自由な意志に基づいて決定してください。

これから、あなたと相手で行っていただくやりとりは次のようなものです。

もし、**あなたが行動 A** を選び、**相手が行動 B** を選んだなら、

**あなたは 0 円**を受け取り、**相手は 1,200 円**を受け取ります。

もし、**あなたが行動 B** を選び、**相手が行動 A** を選んだなら、

**あなたは 1,200 円**を受け取り、**相手は 0 円**を受け取ります。

もし、**2 人とも行動 A** を選んだなら、**2 人とも 1,050 円**を受け取ります。

もし、**2 人とも行動 B** を選んだなら、**2 人とも 150 円**を受け取ります。

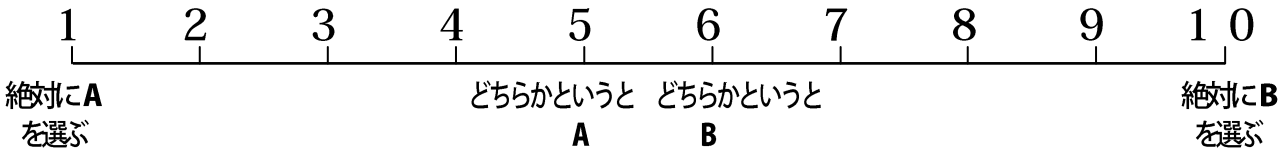
【あなたと相手が手に入れる金額の表】

| | | 相手の選択 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 行動 A | | 行動 B | |
| あなたの選択 | 行動 A | あなた<br>１０５０円 | 相手<br>１０５０円 | あなた<br>0円 | 相手<br>１２００円 |
| | 行動 B | あなた<br>１２００円 | 相手<br>0円 | あなた<br>１５０円 | 相手<br>１５０円 |

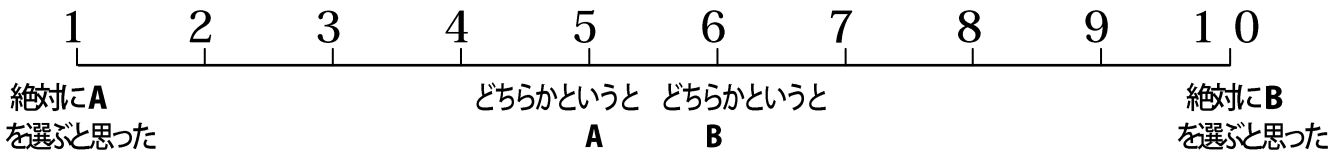
今、相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手が行動 A と行動 B の<u>どちらを選んだかはわかりません</u>。

あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？




相手は行動 A と行動 B のどちらを選びそうだと思いましたか？



次に、同じやりとりを新たな相手と行います。

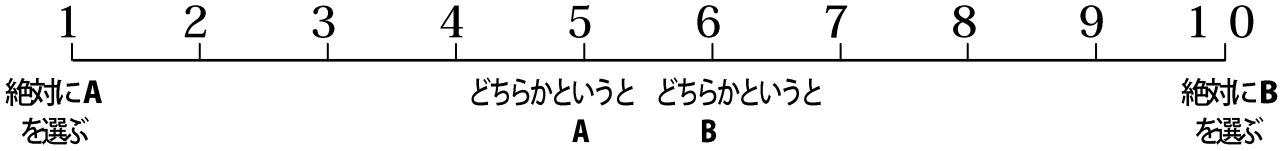
【あなたと相手が手に入れる金額の表】

| | | 相手の選択 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 行動 A | | 行動 B | |
| あなたの選択 | 行動 A | あなた<br>1050円 | 相手<br>1050円 | あなた<br>0円 | 相手<br>1200円 |
| | 行動 B | あなた<br>1200円 | 相手<br>0円 | あなた<br>150円 | 相手<br>150円 |

今、新たな相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手は行動 A を選びました。

あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？



次に、同じやりとりを新たな相手と行います。

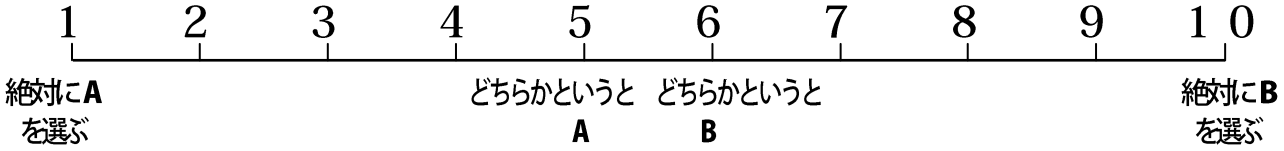
【あなたと相手が手に入れる金額の表】

| | | 相手の選択 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 行動 A | | 行動 B | |
| あなたの選択 | 行動 A | あなた **1050円** | 相手 **1050円** | あなた **0円** | 相手 **1200円** |
| | 行動 B | あなた **1200円** | 相手 **0円** | あなた **150円** | 相手 **150円** |

今、新たな相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手は行動 B を選びました。

あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？



ここからは、やりとりの内容が変わります。

もし、**あなたが行動 A** を選び、**相手が行動 B** を選んだなら、

**あなたは 0 円**を受け取り、**相手は 12 万円**を受け取ります。

もし、**あなたが行動 B** を選び、**相手が行動 A** を選んだなら、

**あなたは 12 万円**を受け取り、**相手は 0 円**を受け取ります。

もし、**2 人とも行動 A** を選んだなら、**2 人とも 10 万 5 千円**を受け取ります。

もし、**2 人とも行動 B** を選んだなら、**2 人とも 1 万 5 千円**を受け取ります。

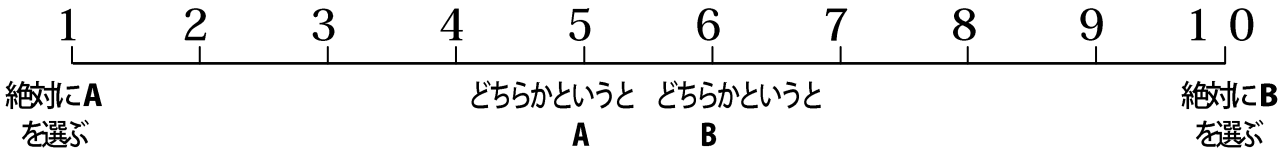
【あなたと相手が手に入れる金額の表】

| | | 相手の選択：行動 A | | 相手の選択：行動 B | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 相手 | | 相手 | |
| あなたの選択 | | あなた | 相手 | あなた | 相手 |
| 行動 A | | **10万5千円** | **10万5千円** | **0円** | **12万円** |
| 行動 B | | **12万円** | **0円** | **1万5千円** | **1万5千円** |

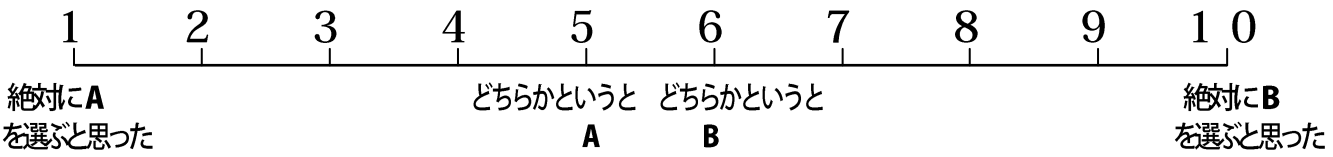
今、相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手が行動 A と行動 B のどちらを選んだかはわかりません。

あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？




相手は行動 A と行動 B のどちらを選びそうだと思いましたか？



次に、同じやりとりを新たな相手と行います。

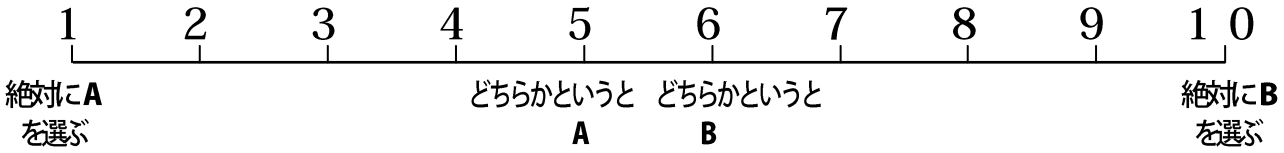
【あなたと相手が手に入れる金額の表】

| | | 相手の選択 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 行動 A | | 行動 B | |
| あなたの選択 | 行動 A | あなた<br>**１０万５千**円 | 相手<br>**１０万５千**円 | あなた<br>**０**円 | 相手<br>**１２万**円 |
| | 行動 B | あなた<br>**１２万**円 | 相手<br>**０**円 | あなた<br>**１万５千**円 | 相手<br>**１万５千**円 |

今、新たな相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手は行動 A を選びました。

あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？



次に、同じやりとりを新たな相手と行います。

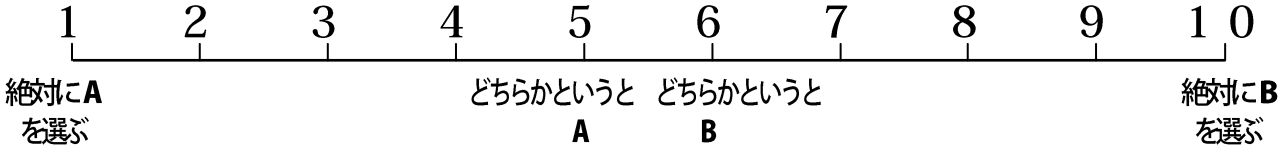
【あなたと相手が手に入れる金額の表】

| | | 相手の選択 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 行動 A | | 行動 B | |
| あなたの選択 | 行動 A | あなた **10万5千円** | 相手 **10万5千円** | あなた **0円** | 相手 **12万円** |
| | 行動 B | あなた **12万円** | 相手 **0円** | あなた **1万5千円** | 相手 **1万5千円** |

今、新たな相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手は行動 B を選びました。

あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？



ここからは、やりとりの内容が変わります。

もし、**あなたが行動 A** を選び、**相手が行動 B** を選んだなら、

**あなたは 1,200 円**を失い、**相手は 0 円**を失います。

もし、**あなたが行動 B** を選び、**相手が行動 A** を選んだなら、

**あなたは 0 円**を失い、**相手は 1,200 円**を失います。

もし、**2 人とも行動 A** を選んだなら、**2 人とも 150 円**を失います。

もし、**2 人とも行動 B** を選んだなら、**2 人とも 1,050 円**を失います。

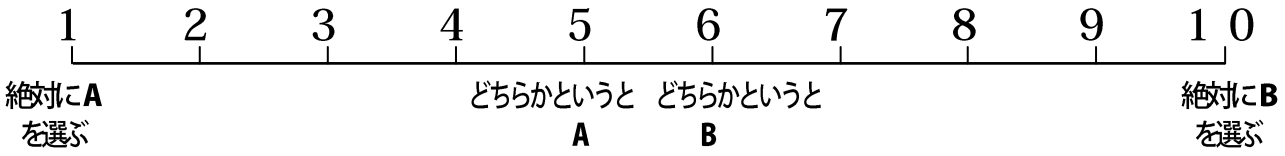
【あなたと相手が失う金額の表】

| あなたの選択 ＼ 相手の選択 | | 行動 A | | 行動 B | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | あなた | 相手 | あなた | 相手 |
| 行動 A | | −150円 | −150円 | −1200円 | 0円 |
| 行動 B | | 0円 | −1200円 | −1050円 | −1050円 |

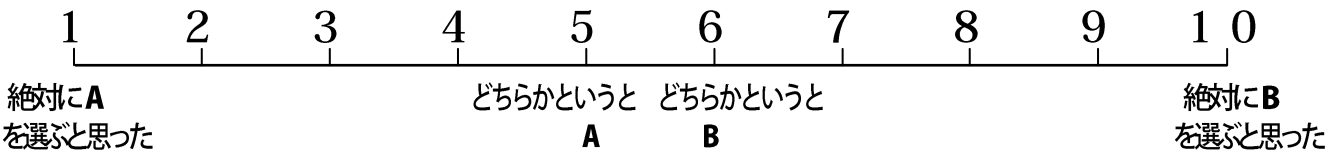
今、新たな相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手が行動 A と行動 B のどちらを選んだかはわかりません。

あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？




相手は行動 A と行動 B のどちらを選びそうだと思いましたか？



次に、同じやりとりを新たな相手と行います。

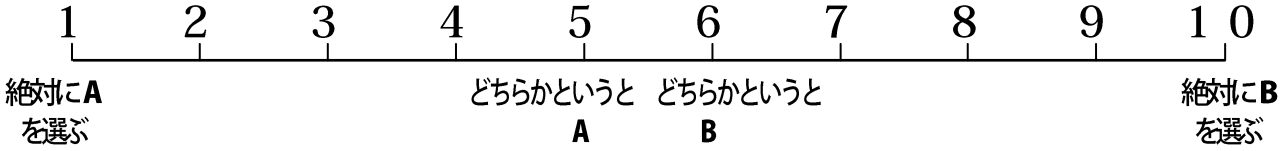
**【あなたと相手が失う金額の表】**

| | | 相手の選択 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 行動 A | | 行動 B | |
| あなたの選択 | 行動 A | あなた −150円 | 相手 −150円 | あなた −1200円 | 相手 0円 |
| | 行動 B | あなた 0円 | 相手 −1200円 | あなた −1050円 | 相手 −1050円 |

今、新たな相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手は行動 A を選びました。

**あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？**



次に、同じやりとりを新たな相手と行います。

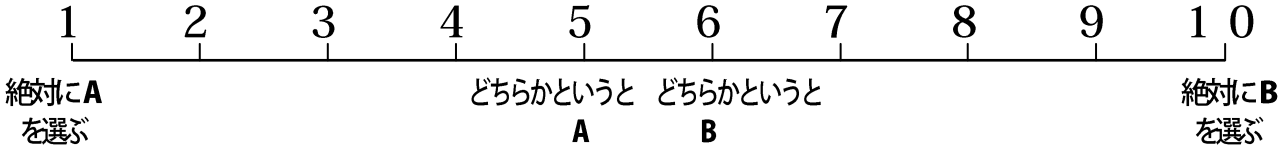
**【あなたと相手が失う金額の表】**

| | | 相手の選択 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 行動 A | | 行動 B | |
| あなたの選択 | 行動 A | あなた −150円 | 相手 −150円 | あなた −1200円 | 相手 0円 |
| | 行動 B | あなた 0円 | 相手 −1200円 | あなた −1050円 | 相手 −1050円 |

今、新たな相手がランダムに選ばれ、やりとりがはじまりました。

相手は行動 B を選びました。

**あなたは行動 A と行動 B のどちらを選びますか？**



次のページからは、全く新しい質問が始まります。

これまでの質問とは関係のない質問です。

次の文章を読み、あなたの想像力をはたらかせて答えてください。

近年アメリカ軍で、人間の行動を予測するコンピュータプログラムが開発されました。
このプログラムは、これまで約９０％の割合で予測対象者の選ぶ選択肢を当ててきました。
これから、このプログラムを用いてあなたの選択肢を予測することにします。
プログラムの出す１００問以上のさまざまな質問項目に回答すると、
プログラムはあなたの回答傾向を分析し、あなたのその後の選択を予測します。
それでは、あなたはすでにプログラムの質問に回答し終わったと想像して下さい。



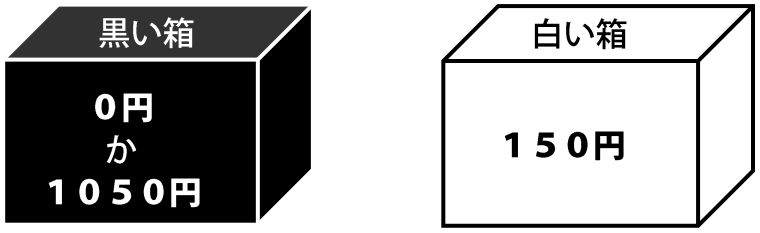


そして、コンピュータプログラムは次の質問に対するあなたの選択を予測完了しました。

【説明】あなたには A と B、２つの選択肢が与えられています。

**選択肢 A）黒い箱<u>だけ</u>を選ぶ。（黒い箱<u>だけ</u>を開けてその中のお金を手に入れる）**

**選択肢 B）黒い箱と白い箱の<u>両方</u>を選ぶ。（<u>両方</u>の箱を開けてその中のお金を手に入れる）**




白い箱の中には**<u>１５０円</u>**が入っています。

黒い箱の中身は**<u>0円</u>**か**<u>１０５０円</u>**のどちらかです。この中身は，コンピュータプログラムの予測にもとづいて以下のように決定されました。

黒い箱の中身はどのように決定されたか：

プログラムはあなたの事前の回答傾向にもとづき、あなたが選択肢 A、B のどちらを選ぶか予測しました。

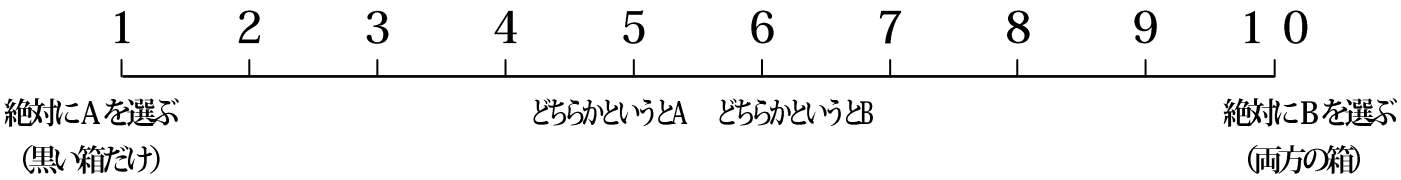
**「あなたが選択肢 A（黒い箱だけ）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は１０５０円、**

**「あなたが選択肢 B（両方の箱）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は0円**となっています。

**黒い箱の中身はすでに決定されており、もう箱の中身は変更されません。**

【質問】あなたは選択肢 A（黒い箱だけ）と B（両方の箱）のどちらを選びますか。

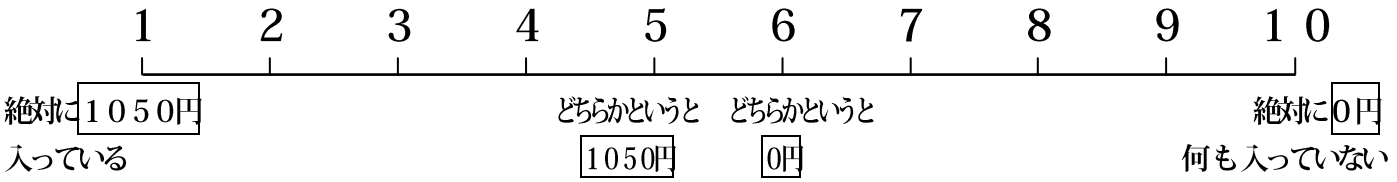
「絶対に A を選ぶ」から「絶対に B を選ぶ」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。



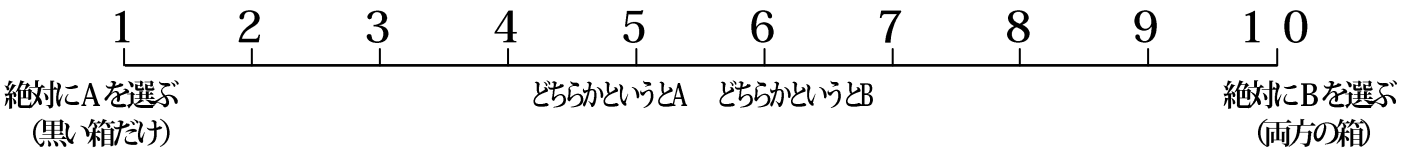

あなたは、黒い箱の中身はどうなっていると思いましたか。

「絶対に**１０５０円**入っている」から「絶対に何も入っていない（**0円**）」の１０段階からどれかを選ん

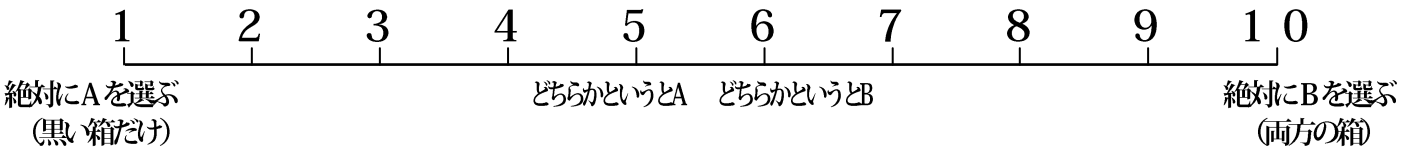
で数字に丸をつけてください。




もしも、黒い箱の中身がすでに0円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？




もしも、黒い箱の中身がすでに１０５０円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？



次の文章を読み、あなたの想像力をはたらかせて答えてください。

近年アメリカ軍で、人間の行動を予測するコンピュータプログラムが開発されました。
このプログラムは、これまで約９０％の割合で予測対象者の選ぶ選択肢を当ててきました。
これから、このプログラムを用いてあなたの選択肢を予測することにします。
プログラムの出す１００問以上のさまざまな質問項目に回答すると、
プログラムはあなたの回答傾向を分析し、あなたのその後の選択を予測します。
それでは、あなたはすでにプログラムの質問に回答し終わったと想像して下さい。



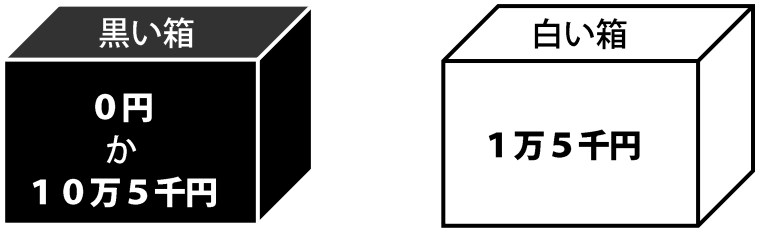


そして、コンピュータプログラムは次の質問に対するあなたの選択を予測完了しました。

【説明】あなたには A と B、２つの選択肢が与えられています。

**選択肢 A）黒い箱<u>だけ</u>を選ぶ。（黒い箱<u>だけ</u>を開けてその中のお金を手に入れる）**

**選択肢 B）黒い箱と白い箱の<u>両方</u>を選ぶ。（<u>両方</u>の箱を開けてその中のお金を手に入れる）**




白い箱の中には**<u>１万５千円</u>**が入っています。

黒い箱の中身は**<u>0円</u>**か**<u>１０万５千円</u>**のどちらかです。この中身は，コンピュータプログラムの予測にもとづいて以下のように決定されました。

黒い箱の中身はどのように決定されたか：

プログラムはあなたの事前の回答傾向にもとづき、あなたが選択肢 A、B のどちらを選ぶか予測しました。

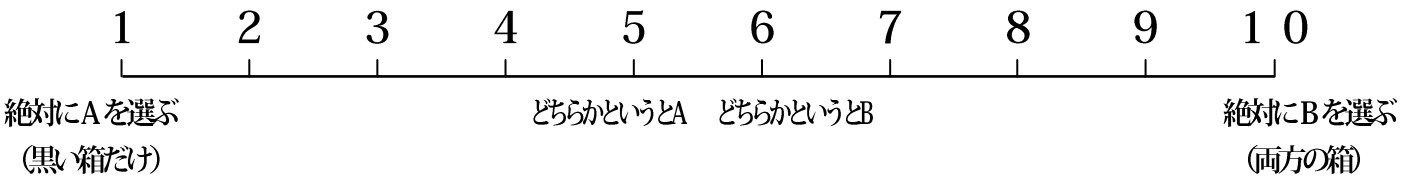
**「あなたが選択肢 A（黒い箱だけ）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は１０万５千円、**

**「あなたが選択肢 B（両方の箱）を選ぶ」と予測した場合、黒い箱の中身は0円**となっています。

**黒い箱の中身はすでに決定されており、もう箱の中身は変更されません。**

【質問】あなたは選択肢 A（黒い箱だけ）と B（両方の箱）のどちらを選びますか。

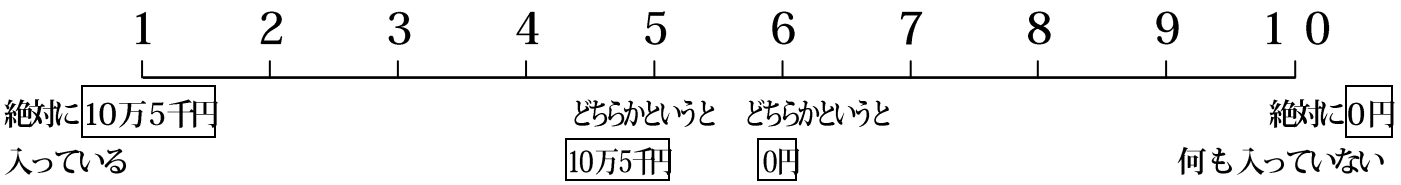
「絶対に A を選ぶ」から「絶対に B を選ぶ」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。



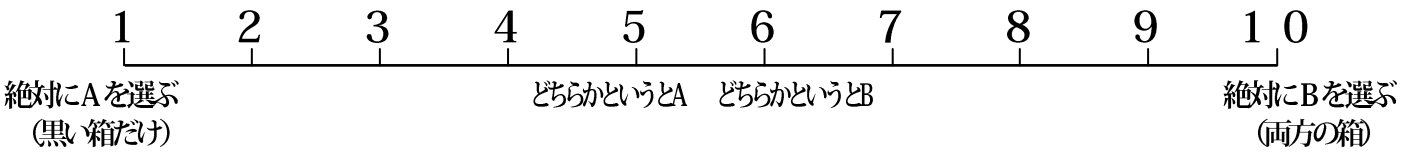

あなたは、黒い箱の中身はどうなっていると思いましたか。

「絶対に**１０万５千円**入っている」から「絶対に何も入っていない（**0円**）」の１０段階からどれかを選

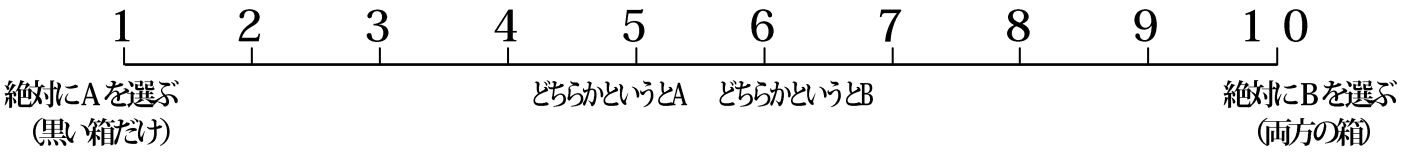
んで数字に丸をつけてください。




もしも、黒い箱の中身がすでに０円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？




もしも、黒い箱の中身がすでに１０万５千円に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？




次の文章を読み、あなたの想像力をはたらかせて答えてください。

近年アメリカ軍で、人間の行動を予測するコンピュータプログラムが開発されました。

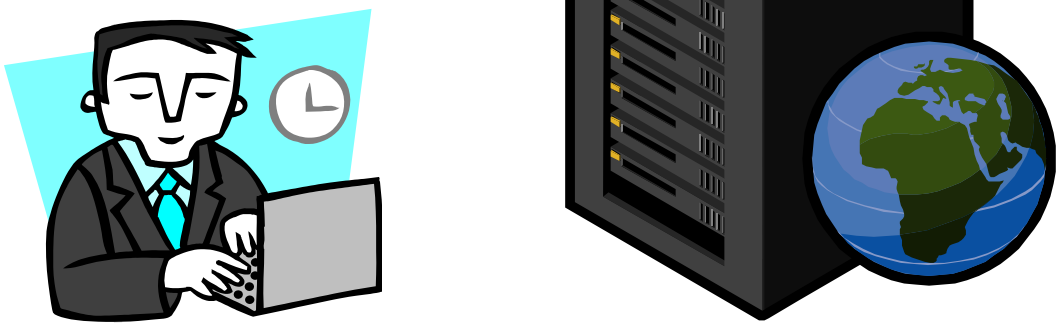
このプログラムは、これまで約９０%の割合で予測対象者の選ぶ選択肢を当ててきました。

これから、このプログラムを用いてあなたの選択肢を予測することにします。

プログラムの出す１００問以上のさまざまな質問項目に回答すると、

プログラムはあなたの回答傾向を分析し、あなたのその後の選択を予測します。

それでは、あなたはすでにプログラムの質問に回答し終わったと想像して下さい。



そして、コンピュータプログラムは次の質問に対するあなたの選択を予測完了しました。

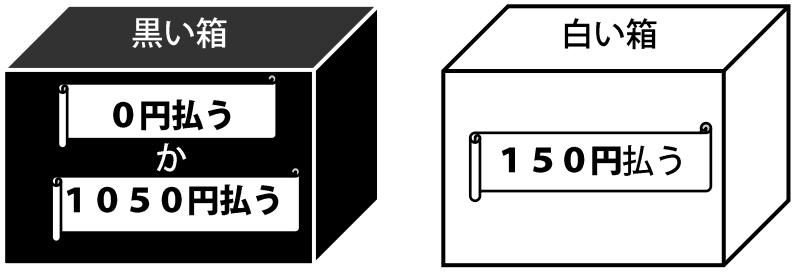
【説明】あなたには A と B、２つの選択肢が与えられています。

**選択肢 A）黒い箱だけを選ぶ。**

（黒い箱**だけ**を開けて、その中の紙に書いてある金額を**支払う**）

選択肢 B）黒い箱と白い箱の**両方**を選ぶ。

（**両方**の箱を開けて、両方の中の紙に書いてある金額を**支払う**）




白い箱の中には**１５０円払う**と書かれた紙入っています。

黒い箱の中身は**０円払う**と書かれた紙か**１０５０円払う**と書かれた紙のどちらかです。

この中身は，コンピュータプログラムの予測にもとづいて以下のように決定されました。

黒い箱の中身はどのように決定されたか：

プログラムはあなたの事前の回答傾向にもとづき、あなたが選択肢 A、B のどちらを選ぶか予測しました。

**「あなたが選択肢 A(黒い箱だけ)を選ぶ」と予測した場合、**黒い箱の中の紙には**１０５０円払う**、

**「あなたが選択肢 B(両方の箱)を選ぶ」と予測した場合、**黒い箱の中の紙には**０円払う**と書かれています。

**黒い箱の中身はすでに決定されており、もう箱の中身は変更されません。**

【質問】あなたは選択肢 A（黒い箱だけ）と B（両方の箱）のどちらを選びますか。

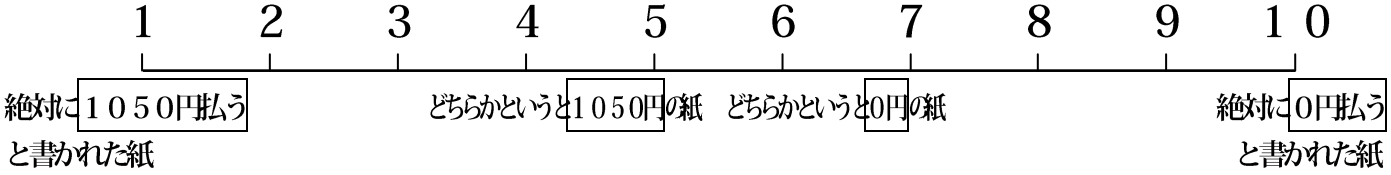
「絶対に A を選ぶ」から「絶対に B を選ぶ」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

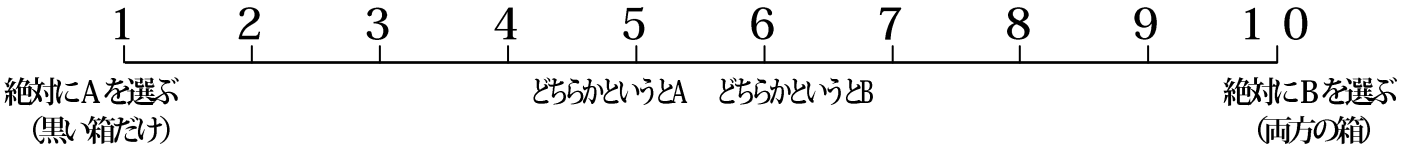
絶対にAを選ぶ（黒い箱だけ）　どちらかというとA　どちらかというとB　絶対にBを選ぶ（両方の箱）

あなたは、黒い箱の中身はどうなっていると思いましたか。

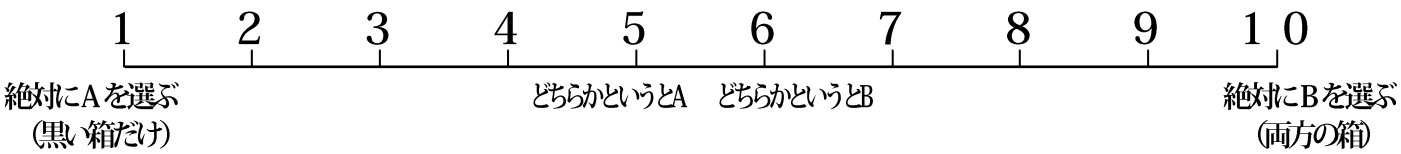
「絶対に１０５０円払う と書かれた紙が入っている」から「絶対に０円払う と書かれた紙が入っている」の１０段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。




もしも、黒い箱の中がすでに０円払う と書かれた紙に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？




もしも、黒い箱の中身がすでに１０５０円払う と書かれた紙に決まっていたならばあなたはどちらを選びますか？



黒い箱にお金が入っているのは、どのような場合でしたか？（いずれかに丸）

A　「あなたが黒い箱だけを選ぶ」とコンピュータが予測した場合

B　「あなたが両方の箱を選ぶ」とコンピュータが予測した場合

C　よくわからなかった

黒い箱に0円払うと書かれた紙が入っているのは、どのような場合でしたか？（いずれかに丸）

A　「あなたが黒い箱だけを選ぶ」とコンピュータが予測した場合

B　「あなたが両方の箱を選ぶ」とコンピュータが予測した場合

C　よくわからなかった

あなたが選択肢 A か B を選ぶ時、黒い箱の中身は決定されていましたか？（いずれかに丸）

A　はい、すでに黒い箱の中身は決定されていた。

B　いいえ、黒い箱の中身は決定されていなかった。

C　よくわからなかった

次のページからは、全く新しい質問が始まります。

これまでの質問とは関係のない質問です。

以下の文章をよく読み、質問に回答してください。

いまここに１つのツボがあります。

ツボには、**赤い玉が３０個**、**青い玉と緑の玉が合わせて６０個**、**合計９０個**の玉が入っています。

青い玉と緑の玉それぞれの数はわかりません。

あなたは、このツボの中から一つの玉を引く賭けに参加しました。

今，あなたはツボの中で玉を一つつかんでいますが，まだ何色かを確かめることはできません。

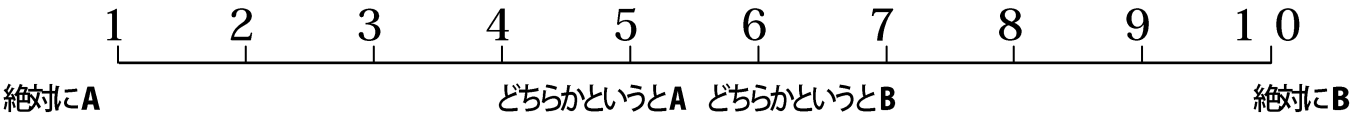


この状態で，以下の２種類の賭けのルールのうち、どちらのルールで賭けをするかを選んでください。

ルール**A**．**赤い玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**B**．**青い玉**がでれば１０００円もらえる

下記の１から１０の数字のどれかに丸をつけて答えてください

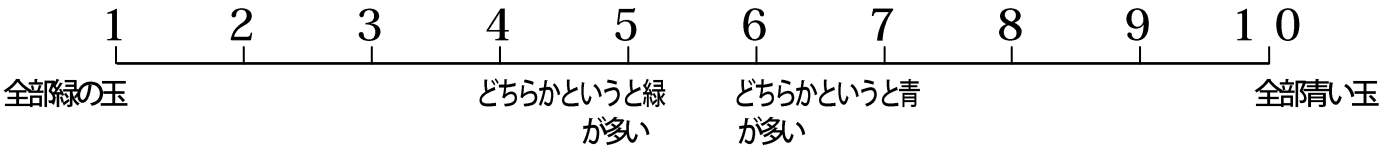


あなたがつかんでいる玉はどの色だとおもいましたか？

合計が１００%になるように，それぞれの確率を数字で答えてください。

赤い玉 _____ % 青い玉 _____ % 緑の玉 _____ %

ツボには、青い玉と緑の玉がどの程度の割合で入っていると思いましたか。



もし、ツボの中の青い玉が緑の玉よりも**多かったら**、一つの玉をつかんだ状態で，
あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。



ルール**A**．**赤い玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**B**．**青い玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

**絶対にA**　　**どちらかというとA**　**どちらかというとB**　　**絶対にB**

もし、ツボの中の青い玉が緑の玉よりも**多く**<u>なかったら</u>、一つの玉をつかんだ状態で，
あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。



ルール**A**．**赤い玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**B**．**青い玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

**絶対にA**　　**どちらかというとA**　**どちらかというとB**　　**絶対にB**

次に，ルールの選択肢が変わります。

ツボには、**赤い玉が３０個、青い玉と緑の玉が合わせて６０個、合計９０個**の玉が入っています。
青い玉と緑の玉それぞれの数はわかりません。
あなたは、このツボの中から一つの玉を引く賭けに参加しました。
今，あなたはツボの中で玉を一つつかんでいますが，まだ何色かを確かめることはできません。



この状態で，以下の２種類の賭けのルールのうち、どちらのルールで賭けをするかを選んでください。

ルール**C**．**赤い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる
ルール**D**．**青い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

下記の１から１０の数字のどれかに丸をつけて答えてください

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

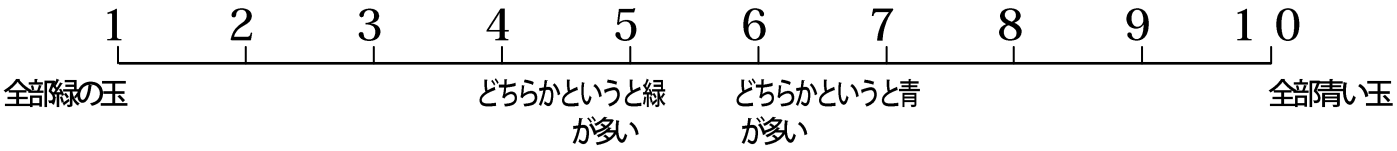
**絶対にC**　　**どちらかというとC**　**どちらかというとD**　　**絶対にD**

あなたがつかんでいる玉はどの色だとおもいましたか？

合計が１００%になるように，それぞれの確率を数字で答えてください。

**赤い玉　＿＿＿＿＿＿ %　青い玉　＿＿＿＿＿＿ %　緑の玉　＿＿＿＿＿＿ %**

先ほどのツボには、青い玉と緑の玉がどの程度の割合で入っていると思いましたか。



もし、ツボの中の青い玉が緑の玉よりも**多かったら**、一つの玉をつかんだ状態で，
あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。



ルール**C**．**赤い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**D**．**青い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

**絶対にC**　　**どちらかというとC**　**どちらかというとD**　　**絶対にD**

もし、ツボの中の青い玉が緑の玉よりも**多く**<u>**なかったら**</u>、一つの玉をつかんだ状態で，
あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。



ルール**C**．**赤い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**D**．**青い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

**絶対にC**　　**どちらかというとC**　**どちらかというとD**　　**絶対にD**

もし、ツボの中の**青い玉が６０個で緑の玉が０個**だったら、一つの玉をつかんだ状態で，
あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。



ルール**A**．**赤い玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**B**．**青い玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

**絶対にA**　　**どちらかというとA**　**どちらかというとB**　　**絶対にB**

もし、ツボの中の**青い玉が０個で緑の玉が６０個**だったら、一つの玉をつかんだ状態で，
あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。



ルール**A**．**赤い玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**B**．**青い玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

**絶対にA**　　**どちらかというとA**　**どちらかというとB**　　**絶対にB**

もし、ツボの中の**青い玉が６０個で緑の玉が０個**だったら、一つの玉をつかんだ状態で，
あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。



ルール**C**．**赤い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**D**．**青い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

**絶対にC**　　**どちらかというとC**　**どちらかというとD**　　**絶対にD**

もし、つぼの中の**青い玉が０個で緑の玉が６０個**だったら、一つの玉をつかんだ状態で，
あなたは、次の２種類のルールのうちどちらを選びますか。



ルール**C**．**赤い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

ルール**D**．**青い玉か緑の玉**がでれば１０００円もらえる

1　2　3　4　5　6　7　8　9　10

**絶対にC**　　**どちらかというとC**　**どちらかというとD**　　**絶対にD**

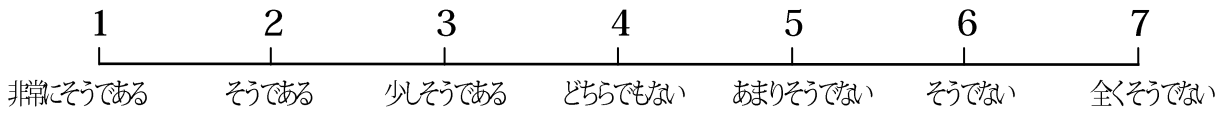
次のページからは、全く新しい質問が始まります。

これまでの質問とは関係のない質問です。

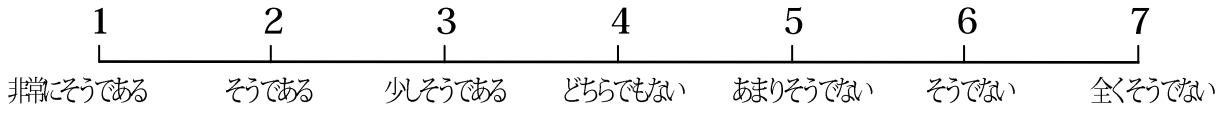
以下のそれぞれについて、あなたの考えはどの程度あてはまりますか。

「非常にそうである」から「全くそうでない」の 7 段階からどれかを選んで数字に丸をつけてください。

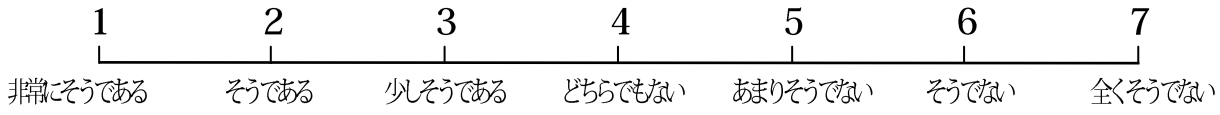
1. 人生をふり返ってみると、「さまざまな経験が結局は役に立っている」ことがわかる



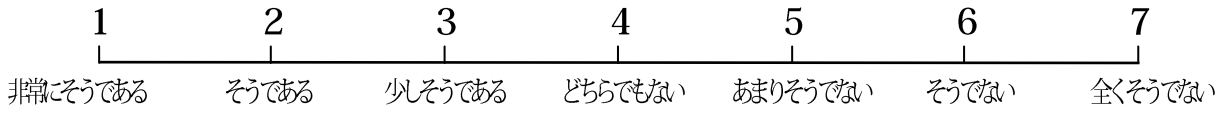

2. あなたが他人に与えたのと同じものが、必ずあなたのもとへ戻ってくる



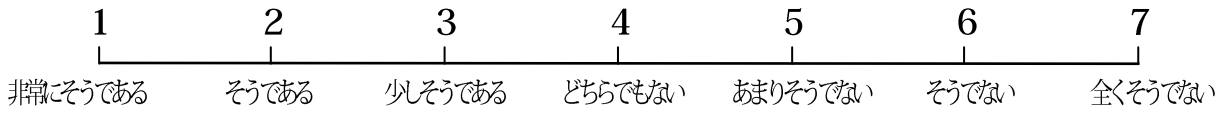

3. 人が心で思ったことは、実際の出来事として現実化する



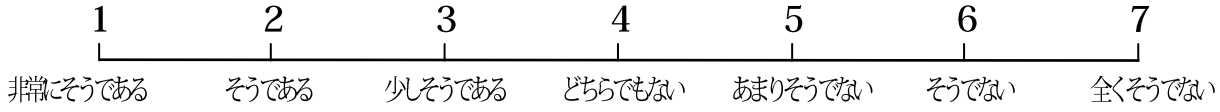

4. 人生の挫折や行きづまりには、そこから学ばなければならない「何か」がある



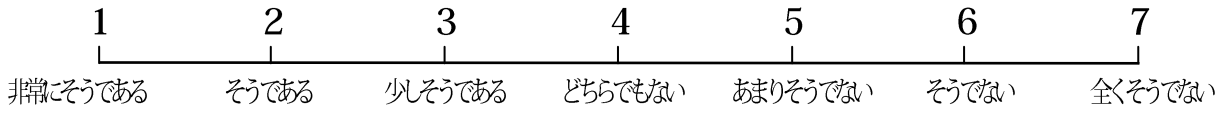

5. あなたが心で思ったことは、現実となって現れてくるものだ



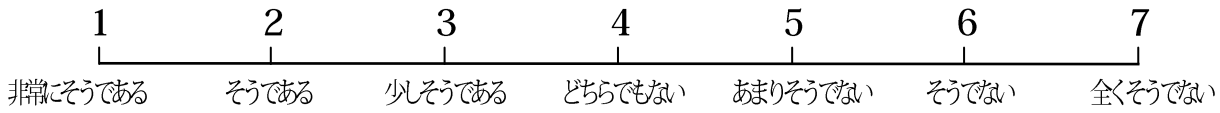
6. 人が行った行為はやがて必ずその人自身にはね返ってくる



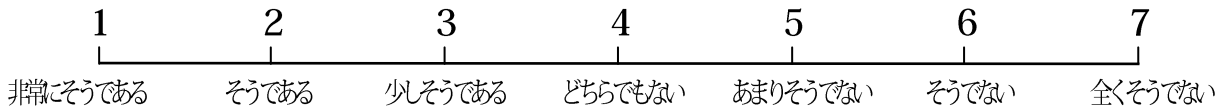

7. 「こうなったらいやだな」という不安感を強くいだくと、その思いは現実化してしまう



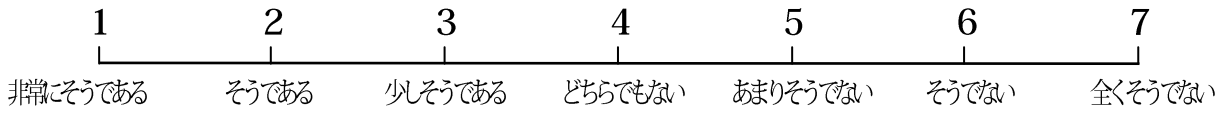

8. 人生で直面する出来事は、良いことも、つらいことも、何かの意味や必要性があって生じている



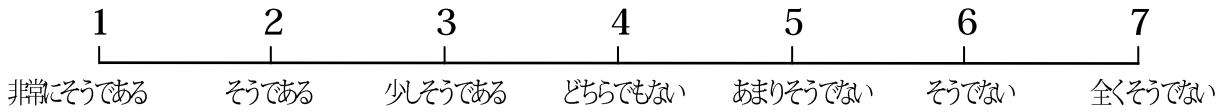

9. 人の行動は、良いことも悪いことも最終的にはその人に戻ってくる



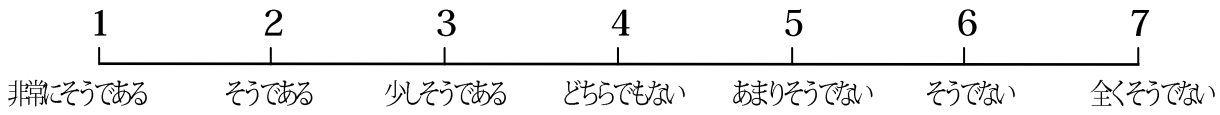

10. 人生で起こる出来事や人との出会いは、あなたが人間として必要なことを学び成長するために、見えない縁によってやってくる



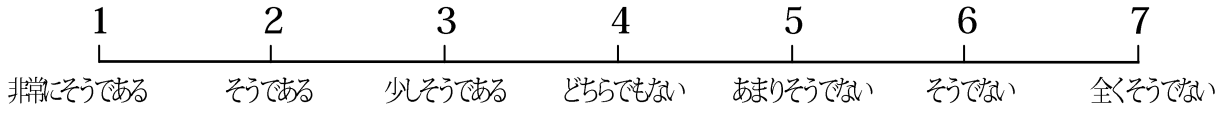

11. 積極的に明るいことを考えれば、その思いはかない、幸福を手にすることができる



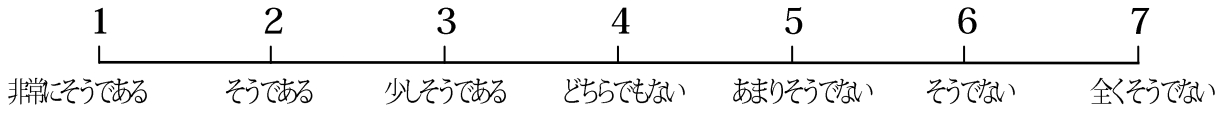

12. 良いことも悪いことも、何かしたことにはいつかどこかで、それに見合った結果が現れる



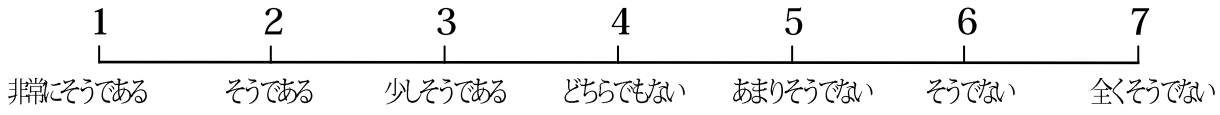

13. 良いことが起こると期待している心には、良いことを引き寄せる力が働く



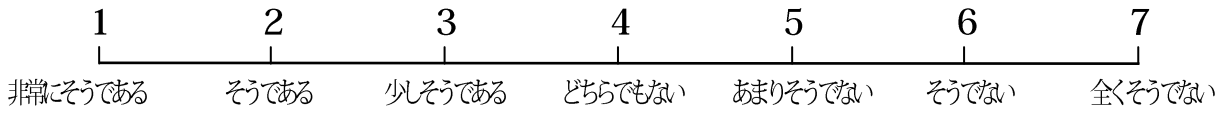

14. 体は死んでも，魂は生き続ける



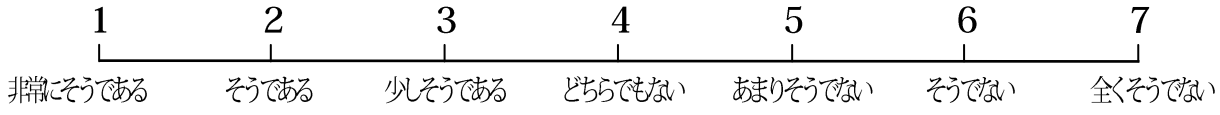

15. 物体を精神の力で浮揚させることのできる人がいる



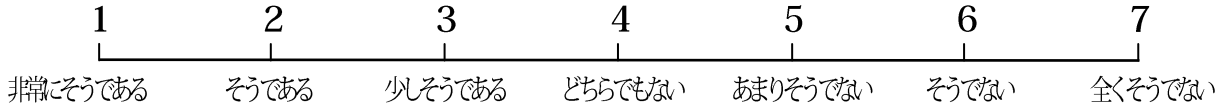

16. ネス湖の怪物（ネッシー）は存在する



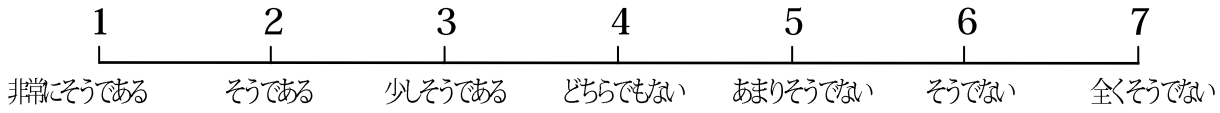

17. 血液型によって性格を知ることは可能である



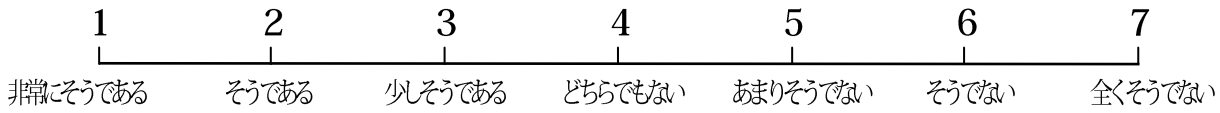
18. 呪文を使うことによって，人に呪いをかけることができる



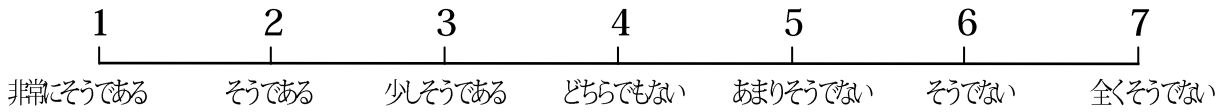

19. 神社にお参りすれば願いごとがかなう



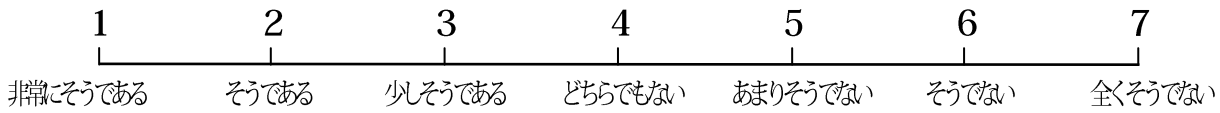

20. 前世が来世は存在する



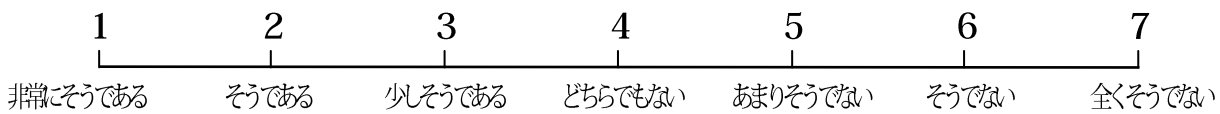

21. 古代文明には宇宙人が関係している



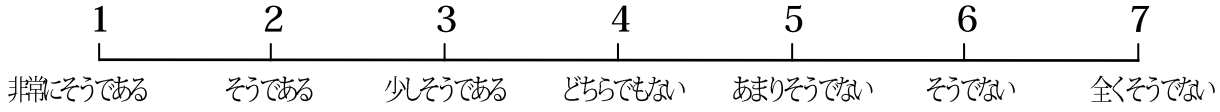

22. 仏滅に結婚式を行うとよくないことがある



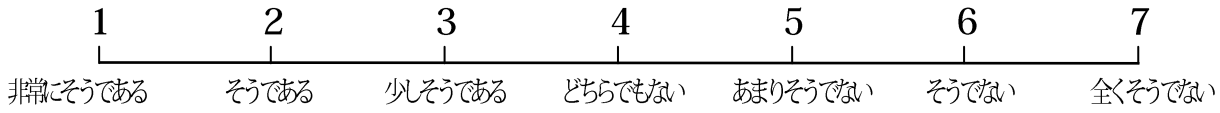

23. ムー大陸は存在した



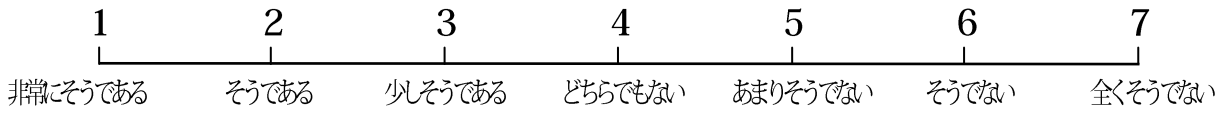
24. 念力で物体を動かすことができる



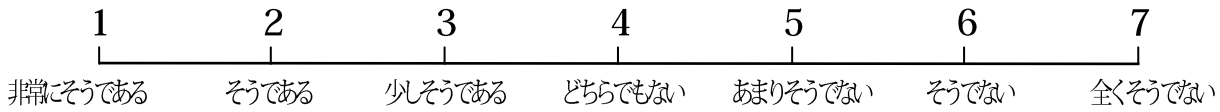

25. 憑依霊が人につくことがある



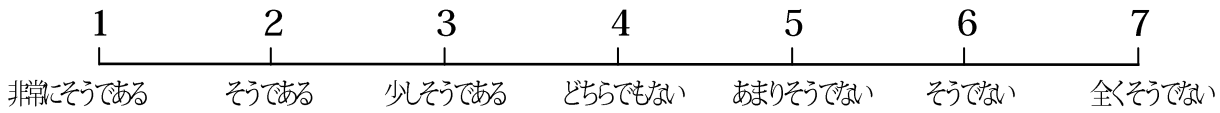

26. 政府は宇宙人に関する事実を隠している



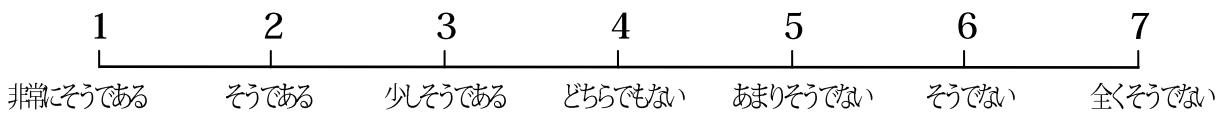

27. 霊界は存在する



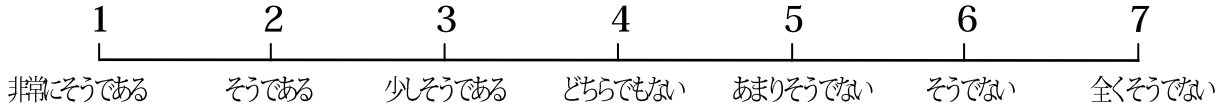

28. 念力でスプーンを曲げることのできる人がいる



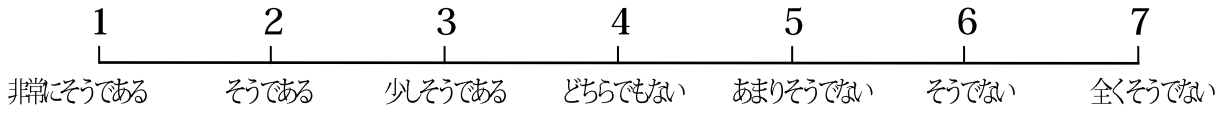

29. 手のひらの生命線が長いと長生きする



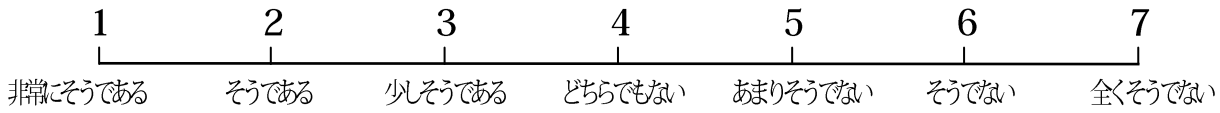
30. ナスカの地上絵は宇宙人に対するメッセージである



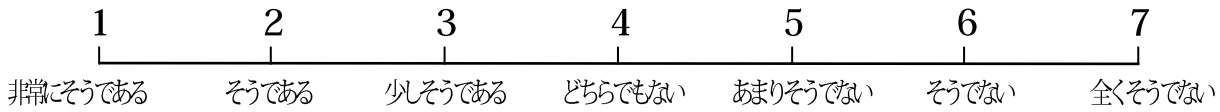

31. 北枕にして寝るとよくない




32. 死者の霊は存在する




33. 精神の力で他人の病気を治すことのできる人がいる




おつかれさまでした．以上で終了です．

まだ回答している人のさまたげにならないよう，声や音を立てないようにして待っていてください．