



Title	α-一般化割引モデルによる異時点間選択およびリスク下の選択における非整合性の検討
Author(s)	金城, 卓司
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(文学)
Dissertation Number	甲第15070号
Issue Date	2022-03-24
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/doctoral.k15070">https://doi.org/10.14943/doctoral.k15070</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/85482">https://hdl.handle.net/2115/85482</a>
Type	doctoral thesis
File Information	Takuji_Kinjo.pdf



博士論文

$q$ -一般化割引モデルによる異時点間選択および  
リスク下の選択における非整合性の検討

金城 卓司

北海道大学大学院文学研究科

令和3年度





# 目次

第 I 部	研究の背景	16
第 1 章	時間割引	17
1.1	異時点間選択と時間割引	17
1.1.1	研究の社会的背景	17
1.1.2	異時点間選択概念の歴史	20
1.1.3	割引効用モデル	21
1.2	選好の逆転	24
1.2.1	割引率は一定でないという研究の蓄積	24
1.2.2	選好の逆転とは	24
1.2.3	動物における選好の逆転	25
1.2.4	選好の逆転が引き起こす問題	26
1.2.5	選好の逆転と指数割引	27
1.3	選好の時間非整合性とコミットメント	28
1.3.1	現在バイアス	28
1.3.2	選好の逆転を説明するその他のモデル	31
1.4	時間非整合性指標	34
1.4.1	異時点間選択における不忍耐	34
1.4.2	Decreasing impatience	35
1.4.3	Decreasing impatience の程度	36
1.4.4	Decreasing relative impatience	38
1.4.5	Decreasing relative impatience の程度	39
1.4.6	指数割引モデルの decreasing impatience と decreasing relative impatience	40
1.5	時間非整合性と割引モデル	41

1.5.1	指数割引モデル	41
1.5.2	双曲割引モデル	41
1.5.3	一般化双曲割引モデル	43
1.5.4	$q$ -指数割引モデル	44
1.6	Time-based account	46
1.6.1	心理的歪みのモデル	46
1.6.2	Time-based account	46
1.6.3	Time-based account の実証研究	47
1.6.4	心理的歪みのモデルとコミットメントの関係	49
1.7	時間割引における非整合性の先行研究の課題	50
1.7.1	DI, DRI に関する研究の不十分さ	50
1.7.2	DI, DRI と時間知覚の関係	51
第 2 章	確率割引	52
2.1	リスク下の意思決定モデル	52
2.1.1	期待効用理論	52
2.1.2	アレのパラドックスと共通比効果	54
2.1.3	プロスペクト理論	55
2.2	確率割引	60
2.2.1	行動主義心理学のリスク選好に対するアプローチ	60
2.2.2	オッズアゲインスト	60
2.2.3	確率割引とは	60
2.2.4	その他の確率割引研究	63
2.3	確率割引における選好の逆転	64
2.3.1	双曲確率割引モデルの特徴	64
2.3.2	プロスペクト理論との対応	64
2.3.3	確率割引の選好の逆転が示唆すること	66
2.4	確率割引の非整合性と割引モデル	67
2.4.1	モデルの拡張	67
2.4.2	一般化双曲確率割引モデル	67
2.4.3	$q$ -指数確率割引モデル	67
2.4.4	$q$ -指数確率割引関数と確率加重関数	69
2.5	オッズアゲインスト知覚説	70

2.5.1	Time-based account としてのオッズアゲインスト知覚説 . . . . .	70
2.5.2	オッズアゲインスト知覚説の実証—Takahashi & Han (2013) . . . . .	70
2.5.3	オッズアゲインスト知覚説の妥当性 . . . . .	72
2.6	確率割引における非整合性指標の必要性 . . . . .	74
2.6.1	リスク下の意思決定理論の観点から . . . . .	74
2.6.2	時間割引と確率割引を同一の枠組みで扱う観点から . . . . .	75
<b>第 3 章</b>	<b>時間選好とリスク選好の関係</b>	<b>76</b>
3.1	Rachlin 説—行動主義心理学から見た時間選好とリスク選好の関係 . . . . .	76
3.2	Rachlin 説の傍証 . . . . .	77
3.3	Rachlin 説に対する反証 . . . . .	77
3.4	時間選好とリスク選好の関係の異なる見方 . . . . .	78
3.5	時間選好とリスク選好の関係に関する先行研究の課題 . . . . .	78
<b>第 4 章</b>	<b>本研究の目的</b>	<b>81</b>
<b>第 II 部</b>	<b>理論編</b>	<b>86</b>
<b>第 5 章</b>	<b>研究 1 <math>q</math>-指数割引モデルおよび <math>q</math>-対数知覚モデルによる時間非整合性 指標のダイナミクスの理論的検討</b>	<b>87</b>
5.1	研究 1 の目的 . . . . .	87
5.2	研究 1 の方法 . . . . .	88
5.2.1	解析方法 . . . . .	88
5.2.2	$q$ -対数知覚モデル . . . . .	88
5.3	研究 1 の結果 . . . . .	90
5.3.1	時間知覚の歪みを考慮しない場合の、時間割引率、および時間非 整合性指標 . . . . .	90
5.3.2	時間知覚の歪みを考慮する場合の、時間割引率、および時間非整 合性指標 . . . . .	99
5.4	研究 1 の考察 . . . . .	112
5.4.1	本研究の振り返り . . . . .	112
5.4.2	結果のまとめ . . . . .	112
5.4.3	本研究の意義と課題 . . . . .	114

第 6 章	研究 2 $q$ -指数確率割引モデルおよび $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルによる非整合性指標のダイナミクスの理論的検討	116
6.1	研究 2 の目的	116
6.2	研究 2 の方法	118
6.2.1	指標の導入	118
6.2.2	各指標の確率による表示	120
6.2.3	解析方法	122
6.3	研究 2 の結果	122
6.3.1	オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合の割引率, および非整合性指標	122
6.3.2	$q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルで歪みを考慮する場合の割引率, および整合性指標	132
6.4	研究 2 の考察	152
6.4.1	本研究の振り返り	152
6.4.2	結果のまとめ	152
6.4.3	本研究の意義と課題	154
第 III 部 実証編		158
第 7 章	実証編の目的と方法	159
7.1	実証編の目的	159
7.1.1	理論編の総括	159
7.1.2	実証編の目的	159
7.2	実証編の方法	160
7.2.1	実験課題	161
7.2.2	分析方法	163
第 8 章	研究 3 $q$ -指数割引モデルおよび $q$ -対数知覚モデルによる時間非整合性指標のダイナミクスの実証的検討	168
8.1	研究 3 の目的	168
8.2	研究 3 の方法	170
8.2.1	本研究の解析方法	170
8.2.2	本研究で用いるデータ	170

8.3	研究3の結果	172
8.3.1	物理時間における時間非整合性指標	172
8.3.2	心理時間における時間非整合性指標	173
8.3.3	発散の評価	178
8.4	研究3の考察	179
8.4.1	本研究の振り返り	179
8.4.2	結果のまとめ	179
8.4.3	本研究の意義と課題	181
第9章	研究4 $q$ -指数確率割引モデルおよび $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルによる非整合性指標のダイナミクスの実証的検討	184
9.1	研究4の目的	184
9.2	研究4の方法	186
9.2.1	本研究の解析方法	186
9.2.2	本研究で用いるデータ	187
9.2.3	データ分析	187
9.3	研究4の結果	188
9.3.1	$q$ 値の推定結果	188
9.3.2	オッズアゲインストでの割引における非整合性指標 ( $DI_q, DRI_q$ )	191
9.3.3	主観的オッズアゲインストでの割引における非整合性指標 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ )	192
9.3.4	発散の評価	197
9.4	研究4の考察	198
9.4.1	本研究の振り返り	198
9.4.2	結果のまとめ	198
9.4.3	本研究の意義と課題	200
第10章	研究5 実世界での割引の非整合性と主観世界での割引の非整合性の比較	202
10.1	研究5の目的	202
10.2	研究5の方法	204
10.2.1	実験実施日および参加者	204
10.2.2	課題	204
10.2.3	実験デザイン	204

10.2.4	実験手順	204
10.2.5	分析方法	205
10.3	研究5の結果	207
10.3.1	時間割引	207
10.3.2	確率割引	212
10.4	研究5の考察	221
10.4.1	本研究の振り返り	221
10.4.2	結果のまとめと考察	221
10.4.3	本研究の意義と課題	222
<b>第IV部 総合考察と結論</b>		<b>226</b>
<b>第11章 結果のまとめと考察</b>		<b>227</b>
11.0.1	結果のまとめ	227
11.0.2	総合考察	230
11.1	本研究の限界	235
11.1.1	モデルの限界	235
11.1.2	Decreasing impatience の推定バイアスの問題	235
11.1.3	本研究の結果の一般化可能性について	236
11.1.4	非整合性の個人差についての問題	238
11.2	本研究の意義と今後の展望	239
11.2.1	Time-based account に対するインプリケーション	239
11.2.2	割引研究としてのインプリケーション	239
11.2.3	実社会へのインプリケーション	244
11.3	結語	245
<b>付録A Appendix</b>		<b>267</b>
A.1	恒常所得仮説の導出	267
A.2	$q$ 拡張割引モデルにおける発散の条件	268
A.3	$q$ 拡張確率割引モデルにおける発散の条件	268
A.4	研究5 で用いた質問紙	269



# はじめに

われわれは日常的に、通時的な選択に直面している。例えば、食欲の意のままに食べただけ食べて将来に肥満などの不健康の代償を払うか、それとも我慢をして摂生に努めるかといった健康に関する選択である。あるいは、現在国債を発行して減税しその分を将来の増税をするか。それとも減税をしないで据え置くかといった政府の政策選択もそうだ。このような異時点間選択では、得られる利得が同じだったとしても、より現在の利得を人々が選好するのが一般的である。このように、主観的な価値が時間ともに割り引かれる現象を時間割引という。

異時点間選択や時間割引は、経済学では 18 世紀から主要な問題であり、Samuelson (1937) の割引効用モデルを中心に現在に至るまでさまざまに理論化され、実証されてきた (Frederick, Loewenstein, & O'Donoghue, 2002)。一方で、これらは心理学においても行動主義心理学を中心に研究の蓄積がなされてきた (Green & Myerson, 2004)。なかでも選好の逆転と呼ばれる現象、あるいはそういった現象を引き起こす人々の選好は、いずれの分野においても重要視されている。

選好の逆転とは、例えば今日の時点では「明日から禁煙する」と計画しているにもかかわらず、時間が経過していざその翌日になると「明日 (= 意思決定時点の翌々日) から禁煙する」として計画を反故にしてしまうような現象をいう。このような選好をもつ人は計画倒れや先延ばしが生じるため、肥満や喫煙などの健康上の問題や、負債の保有などの社会経済的な問題を抱えている可能性が高い (池田・大竹・筒井, 2005)。また、マクロ経済学の主要な仮説に破綻をもたらすため、個人においてのみならず政府の経済政策上の問題ともなる。選好の逆転は、従来の新古典派経済学のモデルの礎となっていた、人々の割引が時間を通して整合的であることを仮定する割引効用モデルでは記述することができないため、これまでに選好の逆転を説明する理論やモデルがいくつも提唱されてきた (Ericson & Laibson, 2019)。

そうした試みの一つとして、心理的歪みから割引の非整合性を説明しようとするもの

がある。特に Takahashi の一連の研究で理論化され、また実証もされてきた time-based account では、人々は主観的には時間整合的な割引をしているが、物理時間が主観的には対数的に知覚されているために、実世界（物理時間）では時間非整合的な割引が観察されると考える。実際、この仮説は数理的にも (Takahashi, 2005), 実証的にも (Zauberman et al., 2009) 示されている。また、Takahashi は従来の割引モデルを一般化した  $q$ -指数割引モデルを用いて、割引の非整合性を  $q$  値というパラメータで指標化し、主観世界の割引が実際に観察される実世界での割引よりも整合的であることを示した (Han & Takahashi, 2012)。

ところで、われわれは時間を通した選択だけでなくリスクのある選択にも日常的に直面している。例えば、宝くじを買うかどうかは、かなり高い確率で購入金額を失い、かなり低い確率で高額の当選金額を得る「購入する」という選択肢と、確実に損も得もしない「購入しない」という選択肢からの選択である。このようなリスクのある場合の意思決定についても、経済学では期待効用理論という公理的な理論により体系化されてきた (von Neumann & Morgenstern, 1947)。

しかし、やはりここでもこの新古典派経済学の基礎理論に反するアノマリーが報告され、新たな理論やモデルが次々に登場している。そのなかでも、人々がより確実な選択を重視する選好をもっていることを示したアレのパラドックス (Allais, 1979) と、その説明のために提唱され、現在の行動経済学の嚆矢となったプロスペクト理論 (Kahneman & Tversky, 1979) は特に有名かつ重要である。プロスペクト理論では、人々が小さな確率を実際よりも大きく、大きな確率を実際よりも小さく知覚するとする確率加重関数が理論の主要な役割を担う。確率加重関数はこの性質により逆 S 字型の形状をしており、確率が 1 からわずかに減少すると急激に選択肢に対する重みが減少することを、すなわち、確率の減少に伴って主観的価値が減少することを表現できる。

他方、行動主義心理学ではリスクをオッズアゲインストと呼ばれる報酬が得られるまでの平均待ち時間に変換し、リスク下の選択を一種の時間割引とみなす確率割引の理論が提唱されてきた (Rachlin, Raineri, & Cross, 1991)。確率割引理論では、アレのパラドックスのようなアノマリーは確率割引における割引の非整合性ということになる。確率割引における非整合性についても、やはり Takahashi が time-based account を援用し、オッズアゲインストが対数的に知覚されることによって確率割引が非整合的になると提唱し、また  $q$ -指数確率割引によってこの非整合性を指標化し、主観世界での割引が実世界での割引よりも整合的であることを示した (Takahashi & Han, 2013)。

時間割引研究では、 $q$ -指数割引モデルのパラメータ  $q$  値以外にも割引の非整合性の指標として decreasing impatience や decreasing relative impatience が提唱されている

(Prelec, 2004; Rohde, 2009). これらはそれぞれ結果が1つないし2つある場合に、人々が実際の選択行動でどれくらい選好の逆転を起こしやすいかを定量化したものであり、割引モデルが非整合的なモデルからどれだけ乖離しているのかを定量化した  $q$  値とは似て非なるものである。だが、これまでの研究で具体的なモデルを仮定し、実際のデータからこれらの指標を計算した研究はほとんどない。したがって、これらと  $q$  値との関係や、あるいは、 $q$  値がそうであったように、これら指標もまた主観世界での割引においてより整合的な値となっているのかについては不明である。また、先行研究では一般性の高さから  $q$ -指数割引モデルの利点が強調される一方、その限界点については明言されてこなかった。

そこで本研究では、時間割引および確率割引における非整合性として decreasing impatience や decreasing relative impatience に焦点を当て、 $q$ -指数（確率）割引モデルを用いて、これらの指標を用いた場合にも time-based account が妥当であるかを検討する。知覚のモデルとしては、従来用いられてきた対数知覚モデルを  $q$ -一般化したモデルを用い、知覚モデルのパラメータが非整合性に与える影響について検討する。さらに、 $q$ -指数（確率）割引モデルやそこに知覚の歪みを考慮した拡張したモデルについて、その意義とともに必要性や限界についても検討する。



# 本論文の構成

本論文は第 1 部 研究の背景, 第 2 部 理論編, 第 3 部 実証編, 第 4 部 総合考察と結論, 以上の 4 部から構成される。第 1 部 研究の背景の第 1 章では, まず時間選好について, 時間割引の歴史を概観した後に, 時間割引研究で用いる用語と割引効用モデルを説明する。次に, 割引効用モデルに対するアノマリーである選好の逆転とそれを説明するいくつかのモデルを説明する。そして, 本研究で主に用いる時間非整合性指標を導入する。従来の研究でよく用いられる時間割引モデルを紹介した後に, 最後に, 本研究によって立つ理論, time-based account について説明する。第 2 章では, リスク選好について取り上げる。従来の経済学ではリスク選好は時間選好と独立に理論化されてきた経緯があるため, まず, リスク下の意思決定が経済学においてどのようにモデル化されてきたかを歴史を追って概観する。次に, 行動主義心理学におけるリスク下の意思決定の取り扱いとして確率割引を説明する。また, 確率割引関数が行動経済学のプロスペクト理論の確率加重関数に対応することを明らかにする。先に述べたように, 行動主義心理学ではリスクを時間に変換して取り扱うため, ここで第 2 章のリスク選好の話と第 1 章の時間選好の話が接続する。最後に, time-based account の確率割引版である, オッズアゲインスト知覚説について説明する。第 3 章では, リスク選好が時間選好から派生すると考える行動主義心理学の立場 (Rachlin 説) について, その傍証と反証となる研究をそれぞれ紹介する。最後の第 4 章では, ここまでに述べた内容を踏まえて先行研究の関係を整理し, 本研究の目的を述べる。

第 2 部 理論編は研究 1, 研究 2 の 2 つの研究から構成される。研究 1, 研究 2 では, decreasing impatience と decreasing relative impatience のダイナミクスを理論的に検討する。これらの指標は時間の関数であるため, ダイナミクスを見ることにより  $q$  値では捉えることができない選好の変化について検討することができる。また, 知覚の歪みを考慮した場合に, これらダイナミクスがどのように変わるかを検討する。そして,  $q$ -指数 (確率) 割引の適用限界を理論的に示す。

第 3 部 実証編は実証編の目的と方法と, 研究 3, 研究 4, 研究 5 の 3 つの研究から構成

される。実証編の目的と方法では、まず理論編の総括を行う。次に実証編の目的を述べた後に、以降の研究で用いられる実験課題について詳しく説明する。したがって、以降の各研究では課題についての説明は省略される。研究3, 研究4では, 研究1, 研究2で理論的に検討された, 知覚の歪みによって割引がより整合的になり得る可能性や,  $q$ -指数割引モデルがパラメータ値によっては分析で用いることができないことについて, 実際の実験参加者の回答データを用いて調べる。研究5では Han & Takahashi (2012) や Takahashi & Han (2013) で実証された time-based account に対応させて, 実世界での割引と主観世界での割引について, decreasing impatience と decreasing relative impatience を直接比較する。また, 研究1-研究4では一般性の高いモデルでの検討するために, 知覚モデルとして  $q$ -対数知覚モデルを用いてきたが, 研究5では, 実際にこのモデルの方が従来の対数知覚モデルよりも当てはまりがよいかどうかについても検討する。



# 第I部

## 研究の背景

# 第 1 章

## 時間割引

### 1.1 異時点間選択と時間割引

#### 1.1.1 研究の社会的背景

##### 1.1.1.1 異時点間選択とは

宋の国に狙公という人がいた。狙公は飼っていたサルたちを非常にかわいがっていたが、ある時急に貧乏になってしまい、サルたちに与えるどんぐりを減らさざるを得なくなった。ところが、いきなりどんぐりを減らすとサルたちが自分に懐かなくなってしまうのではないかと案じて、サルたちに「朝は 3 つ、夜は 4 つにする」と言ったところ、サルたちが怒り出してしまった。そこで、狙公は「では、朝は 4 つ、夜は 3 つにする」と言うと、サルたちは大いに喜んだ (小林, 1987)。この話は、実質的には同じであるにも関わらず目先の違いにとらわれ誤魔化される愚かさを戒める「朝三暮四」という故事成語の由来である。<sup>\*1</sup>

朝三暮四の話は、サルたちが納得した朝の 4 つのどんぐりのうち 1 つを、朝食べるか (朝四暮三)、それとも夜にとっておくか (朝三暮四) と考えれば、消費と貯蓄の問題と同じ構造をしていることがわかる。そして貯蓄を将来の消費と考えれば、狙公のサルたちが直面した現在から将来の時点までのどの時点にどれだけ消費をするかという時間を通じた意思決定は、われわれの日常生活にありふれていることに気がつく。例えば、パソコンを新調しようと考えて、古い型の安いパソコンをいまずぐに買ってしまいか、それとも最新型の高いパソコンが値下がりするまで待って買うかといった個人のお財布事情。食欲の意のままに食べたいだけ食べて将来に肥満などの不健康の代償を払うか、それとも我慢をして摂生に努めるかといった健康に関すること。あるいは、残暑に耐えられず後の電力不足

---

<sup>\*1</sup> 朝三暮四の例示は池田 (2012) を参考にした。

を顧みずにエアコンをフル回転させるかといった自分以外をも巻き込む社会的な状況での選択。さらには、現在国債を発行して減税しその分を将来の増税をするか。あるいは減税をしないで据え置くかといった政府の政策までも朝三暮四と同じく現在と将来という異なる時点での選択という構造を持っている。このように、現在と将来のような異なる時点における利益/損失のうちからいずれかを選択することを異時点間選択という。

#### 1.1.1.2 ナッジ-異時点間選択に対する代表的な政策アプローチ

近年、上記のような個人の健康問題や節電のような社会問題に対して、社会心理学や行動経済学などの行動科学の知見を取り入れる動きが盛んである (Thaler & Sunstein, 2008; 那須・橋本, 2020)。なかでもナッジという、個人の選択の自由を尊重しつつも、最適な行動をとることができない人びとに対して経済的なインセンティブを大きく変えることなく、かつ強制的な手法によらずよりよい方向へ導く手法 (Thaler & Sunstein, 2008) は、各国で専門チームが設けられるなど注目度が高い。例えば、米国ではオバマ政権時代にナッジの提唱者の一人、法哲学者の Cass Sunstein が行政管理予算局情報規制室の室長を務め、また英国では 2010 年にナッジ・ユニットが設立され、この手法を政策へ応用したり、評価を行った。

異時点間選択の問題では、現在の費用をより小さくしたり、あるいは現在の利益を新しく追加するという方法がナッジとして採用されることが多い (佐々木・大竹, 2018)。現在に追加される利益としては、他人に関する情報の提供や宝くじのような少額のインセンティブがある。例えば、他人がどれだけ電力を消費しているかの情報を提供することが人びとに節電を促す効果があったことや (Allcott, 2011)、少額の金銭的インセンティブを提供することが肥満者の体重をより減らす効果があったこと (Volpp et al., 2008) などが報告されている。このような現在への追加的な利益は、目先の利得を得ようとする、あるいは目先の損失を避けようとする人びとの選択を、当人たちを矯正することなくうまく誘導できることがある (Allcott, 2011; Volpp et al., 2008; 佐々木・大竹, 2018)。

このように、異時点間選択における人びとの選択もまた、ナッジの対象となる。したがって、ナッジあるいはその他の行動科学の知見を政策へと応用するにあたって、異時点間選択での人びとの選択のクセと、そのクセが表出する状況について把握しておくことは社会経済政策上、必要不可欠だろう。そこで、次節以降では、異時点間選択についてのこれまでの経済学や心理学の知見をその歴史とともに紹介する。

### 1.1.1.3 時間選好，時間割引—異時点間選択における基本概念

この小節では，異時点間選択における基本概念である，時間選好，時間割引，割引現在価値について説明する．例えば，「現在1万円をもらう」か「1年後に1万円をもらう」のどちらかを選ぶという異時点間選択を考えてみよう．もしこのような選択を求められたら，多くの人が「現在1万円をもらう」方を選択するだろう．このように，得られる利得が同じ場合にも，できるだけ現在に近い利得を好む傾向を時間選好という．\*2 \*3

同じ1万円でも1年後の1万円よりも現在の1万円を選好するということは，将来の1万円の主観的な価値が現在の1万円よりも割引かれているということを意味する．例えば，この例のような選択をしたある個人にとって，1年後の1万円は現在において8000円分の価値しか感じられないという具合である．このように，時間が経過することで，利得や損失の主観的な価値が割引かれる現象を時間割引という．また，現在からみた将来における利得や損失の主観的価値を割引現在価値という．

割引の考え方は，われわれにとって身近な銀行にお金を預けるときの複利と密接な関係にある．ここに現在価値 ( $PV$ )  $A$  円の資産  $A$  があるとす．資産  $A$  の価値は1年間に  $m$  回上昇し，1回あたりの価値上昇は  $r/m$  とす．つまり，年利が  $r$  とす．すると，この資産を  $n$  年間保有した場合の資産  $A$  の  $n$  年後の将来価値 ( $FV$ ) は，

$$FV = A \left(1 + \frac{r}{m}\right)^{mn}$$

となる．これが離散時間の場合の複利計算の式である．一方，将来価値が  $FV$  である資産の割引現在価値 ( $DPV$ ) は上式の両辺を  $(1 + r/m)^{mn}$  で割って，

$$DPV = \frac{FV}{\left(1 + \frac{r}{m}\right)^{mn}} = A$$

と求まる．複利計算は指数割引計算とちょうど反対の関係にあるのである．

---

\*2 経済学では，2つの選択肢  $A, B$  があったときに， $A$  を  $B$  より好むことを「 $A$  を  $B$  より選好する」と言い， $A \succ B$  と書く．また， $A$  と  $B$  が同じくらい好ましいことを，「 $A$  は  $B$  と無差別である」と言い， $A \sim B$  と書く． $A$  は  $B$  と同じくらい好ましいか，または  $A$  の方が好ましいことを，これら2つの記号を組み合わせて， $A \succeq B$  と書く． $\succeq$  を弱選好という．

\*3 同じ利得でも将来よりも現在に得られる方を選好するのは，時間経過にともなって，例えば災害や病気などによって将来にその利得を受け取れないリスクがあるためだと考えることはできる．このようなリスクを排してもなお現在の利得を選好するようなときに，特に純粋時間選好といい，リスクも含めて現在の利得を選好するようなときに，時間割引が見られるという（高橋，2017）．

### 1.1.2 異時点間選択概念の歴史

ここまでに、本論文の主要な概念である異時点間選択や時間割引について定義し、それが複利という身近な経済概念と密接な関係があることを見てきた。ここでは、異時点間選択あるいは時間割引といった概念が経済学においてどのように発展し、定式化されてきたかについての歴史を、Frederick, Loewenstein, & O'Donoghue (2002) にもとづいてかんたんに概観する。

異時点間選択が一つの確立した概念となったのは、スコットランドの経済学者 John Rae によって出版された『資本の社会学的理論 (The Sociological Theory of Capital)』においてだった。Rae は同書において Adam Smith と同じく、「なぜ国によって富が異なるのか」を考察し、社会の貯蓄と投資の量を決定づけるものとして「貯蓄の欲望」という心理的な要因に辿り着いた。さらに Rae は、貯蓄しようという欲望を抑制する主な要因として、個人の生活の不確実性を挙げている。例えば、安全な地位にあり健康的な暮らしを送れる場合のほうが、不健康で不安定な地位にいる場合よりも人びとは儉約する傾向があるとして、船乗りや兵士といった生活が極めて不確実な人たちが放蕩であることを挙げている。このように初期の経済学においては、異時点間選択の主要因は、貯蓄の欲望という心理的要因や人生の不確実性といった個人的なものに帰せられていた。

オーストリアの経済学者 Böhm-Bawerk は、Rae ら先達と同様に、時間選好の分析に心理要素を多分に取り入れながらも、異時点間選択を、他の経済的なトレードオフ、すなわち、住宅と食料のように競合する 2 つの利害関係間の資源配分と同じように、異なる時点で資源を配分する意思決定としてモデル化した。そして、Böhm-Bawerk による時間軸上の消費配分としての異時点間選択の取り扱いは、10 年後にアメリカの経済学者 Irving Fisher によって定式化された。Fisher は異時点間選択を、その年の消費を横軸に、翌年の消費を縦軸にし、2 財 (現在財と将来財) の無差別曲線として描いた。Fisher の定式化により、(純粹) 時間選好率は、両期 (現在と将来) において財の消費が等しくなる時点での、すなわち、45 度線上の限界代替率として解釈できるようになった。ただし、Fisher (1930) においても先達のように、時間選好に関連した心理的動機に関する議論が多分に含まれていた。これら複数の動機が単一の割引率に縮約されるのは、Paul Samuelson の割引効用モデルの登場以降である。

### 1.1.3 割引効用モデル

#### 1.1.3.1 割引効用モデル (指数割引モデル)

アメリカの経済学者 Paul Samuelson は、Fisher のグラフィカルな無差別曲線分析では扱うのが難しい多期間の異時点間選択に適用できる一般化されたモデルとして、指数割引効用モデル<sup>\*4</sup> を提唱した (Samuelson, 1937). 割引効用モデルは、意思決定者の  $t$  期から  $T$  期にわたる複数の消費  $(c_t, \dots, c_T)$ <sup>\*5</sup> に対する異時点間選好が、異時点間効用関数  $U(c_t, \dots, c_T, t)$  によって表され、意思決定者はこの関数を最大化すると考える. さらにこの関数が即時効用関数  $u(\cdot)$ <sup>\*6</sup> と割引関数  $D(\cdot)$  とに分離できるとする仮定する:

$$U(c_t, \dots, c_T, t) = \sum_{i=0}^{T-t} u(c_{t+i})D(i), \quad (1.1)$$
$$D(i) = \left( \frac{1}{1+\rho} \right)^i.$$

ただし、 $i$  は 0 以上の整数で、 $T$  は終期を表す.  $u(c_{t+i})$  は連続な増加関数で、その個人の (基数的) 即時効用関数、すなわち  $t+i$  期でのその人の効用を表す. また、 $D(i)$  は減少関数でその人の割引関数、すなわち  $t+i$  期での効用に対する  $t$  期での相対的な重みを表すと解釈される. そして、 $\rho$  は個人の (純粹) 時間選好率、すなわちその人の割引率を表しており、これが先述したように、個人の心理的動機を縮約した唯一のパラメータとなっている. また、このモデルは一定の割引率で将来効用を割り引くことから、指数割引モデルとも呼ばれる.

式 (1.1) はしばしば、割引因子  $\delta = 1/(1+\rho)$  を用いた次の形でも書かれる:

$$U(c_t, \dots, c_T, t) = \sum_{i=0}^{T-t} u(c_{t+i})\delta^i. \quad (1.2)$$

ただし、割引因子  $\delta$  とは、1 期先の効用単位を割り引く重みであり、割引因子が大きいほど割引率は小さい.

---

<sup>\*4</sup> 式 (1.1) のように、割引効用がある仮定 (本文参照) を満たす即時効用関数と、割引関数に分離できて、かつ、その積の総和によって表されるとするモデルを割引効用モデルと呼び、特に割引関数が指数関数の場合に指数割引効用モデルと呼ぶ.

<sup>\*5</sup>  $c_t$  は  $t$  期における財の消費を表す.

<sup>\*6</sup> 即時効用関数  $u(c_t)$  は  $t$  期における消費  $c_t$  から得られる効用を表す.

離散時間におけるモデル (1.1) での割引関数  $D(t)$  は、連続時間においては  $\varphi(t)$  などと書き、

$$\varphi(t) = \exp(-\rho t) \quad (1.3)$$

と指数関数になる。<sup>\*7</sup> ただし、 $t$  は時間を表す。

### 1.1.3.2 割引効用モデルの前提および特徴

割引効用モデルは、2つの公理:

$$(I) \quad \rho > 0 \quad (1.4)$$

$$(II) \quad \text{任意の実数 } \tau > 0 \text{ について, } (c_i, t_i) \succ (c_j, t_j) \Rightarrow (c_i, t_i + \tau) \succ (c_j, t_j + \tau) \quad (1.5)$$

の下に成り立つ (Fishburn & Rubinstein, 1982; Koopmans, 1960; Lancaster, 1963)。た

だし、 $\rho$  は時間選好率、 $c_i, c_j$  は財の消費、 $t_i, t_j$  はそれぞれ消費  $c_i, c_j$  までの実現期間を表す。

公理 (I) は時間選好率は正であること、すなわち、同じ消費であれば消費の実現がより現在に近い消費を選好することを要請するものである。公理 (II) は消費の実現期間が同じだけ遅延する場合に選好関係は変わらないことを要請するもので、時間定常性公理 (Koopmans, 1960) と呼ばれる。このうち公理 (II) が本論文では特に重要であり、後の節でこの公理が破れる事例、すなわち、割引効用アノマリー<sup>\*8</sup> について述べる。

指数割引効用モデルには、割引率が一定であるという重要な特徴がある。割引率とは、割引関数の減少率である。一般に、離散時間における割引率  $DR(t)$  は、割引関数を  $D(t)$  として

$$DR(t) \equiv -\frac{D(t+1) - D(t)}{D(t)} \quad (1.6)$$

<sup>\*7</sup> 離散時間の割引関数  $D(t) = 1/(1+\rho)^t$  において、 $1/n$  期ごとに  $\rho/n$  の割引がされると考える。 $n \rightarrow \infty$  とすれば、これは無限に小さな割引が無限回されることになり、連続時間での割引関数にほかならない。すなわち、連続時間での割引関数を  $\varphi(t)$  とすると、

$$\varphi(t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{\rho}{n}\right)^{-nt} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left[\left(1 + \frac{\rho}{n}\right)^n\right]^{-t} = \exp(-\rho t).$$

ただし、3つ目の等号で、指数関数の定義： $e^x \equiv \lim_{n \rightarrow \infty} (1 + x/n)^n$  を用いた。

<sup>\*8</sup> ある法則や理論から逸脱した事象をアノマリーという。割引効用アノマリーは、割引効用理論では説明できない事象のことである。

と定義される<sup>\*9</sup>。一方、一般に連続時間での割引率  $DR(t)$  は、割引関数を  $\varphi(t)$  として

$$DR(t) \equiv -\frac{d\varphi(t)/dt}{\varphi(t)} \quad (1.7)$$

と定義される。したがって、指数割引モデルにおいて割引率は、離散時間と連続時間でそれぞれ

$$DR(t) = 1 - \delta, \quad (\text{離散時間}) \quad (1.8)$$

$$DR(t) = \rho \quad (\text{連続時間}) \quad (1.9)$$

と、いずれの場合にも一定になることがわかる。そして割引率が一定であるためには割引関数が指数関数である必要がある。<sup>\*10</sup> つまり、割引関数が指数関数であることは、割引率が一定であるための必要十分条件である。

### 1.1.3.3 指数割引モデルに依拠した経済理論

現代のマクロ経済学において主要な理論は指数割引モデルに依拠している。例えば、人々の消費性向は各期の変動する所得ではなく、比較的安定していて長期的に稼得可能な所得 (恒常所得) に依存するとする恒常所得仮説 (Friedman, 1957) や、個人の消費行動はその個人が一生の間に消費できる所得総額 (生涯所得) の現在価値を制約条件として、長期的な効用の現在価値を最大化するような計画を立てるとするライフサイクル仮説 (Modigliani, 1966) は、いずれも指数割引モデルを仮定した上で成り立つ仮説である (e.g., 二神・堀, 2017)。<sup>\*11</sup>

<sup>\*9</sup>  $\equiv$  は  $A$  を  $B$  で定義する場合に用いる記号で、 $A \equiv B$  のように書く。

<sup>\*10</sup> 時間割引率を  $\rho$  (一定) とすると、時間割引率の定義 (1.7) より、

$$-\frac{d\varphi(t)/dt}{\varphi(t)} = \rho.$$

両辺を  $t$  で積分すると、

$$\begin{aligned} \int \frac{d\varphi(t)/dt}{\varphi(t)} &= \rho \\ \Leftrightarrow \ln \varphi(t) &= -\rho t + \text{Const.} \\ \Leftrightarrow \varphi(t) &= \exp(-\rho t + \text{Const.}). \end{aligned}$$

$\varphi(0) = 1$  (遅延時間ゼロでは割引が生じない) を仮定すると、 $\text{Const.} = 0$ 。よって、 $\varphi(t) = \exp(-\rho t)$ 。

<sup>\*11</sup> 恒常所得仮説が指数割引モデルを仮定することで導出されることは Appendix 1 を参照のこと。

## 1.2 選好の逆転

### 1.2.1 割引率は一定でないという研究の蓄積

前節で、割引率が一定とする指数割引モデルが現代経済学の理論・仮説を基礎づけていることを述べた。したがって、もし観察や実験を通して、実際は割引率が一定であるという仮定が妥当でないことが示されるならば、先に挙げた理論・仮説をはじめ重要な経済学の理論は修正を余儀なくされる。そして実際、現在までに、心理学や経済学での実験やアンケートの結果から、割引率が一定であるという仮定が成立しない事例が数多く報告されている (e.g, Ainslie, 1974; Thaler, 1981; Mazur, 1987; Benzion et al., 1989; Rachlin et al., 1991; Laibson, 1997)。

ここでは、割引率が変化する (たいていは時間の経過とともに小さくなる) 具体例を Thaler (1981) に即して説明する。調査は米国オレゴン大学の学生を対象に行われた。参加者は、自分の預金口座に入っている宝くじで当たった賞金 (15 ドル) を今すぐ受け取るか、それとも一定の遅延後 (3 ヶ月後, 1 年後, 3 年後) に受け取るかの選択をした。そして遅延して受け取る場合は、いくらもらえれば今すぐもらえる場合の金額と同じ価値があると思うかを回答した。その結果、遅延して受け取る場合に参加者が要求する金額の中央値は、3 ヶ月後では 30 ドル, 1 年後では 60 ドル, 3 年後では 100 ドルだった。一方、各遅延時点において年利を計算すると、3 ヶ月後では 277%, 1 年後では 139%, 3 年後では 63% であった。この結果は、遅延が大きいほど割引率が小さくなっていくことを示す。では、割引率が変化するとどのような問題が生じるのであろうか。

### 1.2.2 選好の逆転とは

割引率が変化すると選好の逆転が起こり得る。選好の逆転とは、異時点間選択において当初計画した選択が時間の経過とともに変化することをいう。より形式的には、選好  $\succeq$  が 2 つの異時点間の結果  $x, y (y > x)$  と時点  $t, s (t > s)$  の組と、共通の遅延  $\epsilon > 0$  に対して、

$$(x, s) \succeq (y, t) \quad \text{かつ} \quad (y, t + \epsilon) \succ (x, s + \epsilon) \quad (1.10)$$

が成り立つ場合に、選好の逆転が生じたとか、共通差効果が観察されたという。また、特に  $s = 0$  のときを、現在バイアスがあるという。以下では、選好の逆転の具体例を説明する。

次の 2 つの選択それぞれで、いずれの選択肢が良いかを選ぶとする：

(A) 「今すぐにもらう 10000 円」 vs. 「1 ヶ月後にもらう 11000 円」

(B) 「1 年後にもらう 10000 円」 vs. 「1 年 1 ヶ月後にもらう 11000 円」

仮にある個人が、選択 (A) ではより早くもらえる金額が小さい「今すぐにもらう 10000 円」を、選択 (B) では遅延するが金額がより大きい「1 年 1 ヶ月後にもらう 11000 円」をそれぞれ選んだとしよう。ところが、選択 (B) の選択肢は、受け取りが 1 年遅延する点を除いて選択 (A) の選択肢と同じである。つまり、上のような選択の組は、実際に遅延時間が経過すると当初の選択と逆転した選択をすることを示す。この例の場合、この個人は選択した時点では「1 年後の 10000 円」を我慢して「1 年 1 ヶ月後の 11000 円」を受け取ることを計画していたにも関わらず、実際に 1 年が経過すると、「1 ヶ月後の 11000 円」ではなく「今すぐにもらう 10000 円」を選んでしまうのである。なお、この例は上の式 (1.10) で、 $x = 10000$  円、 $y = 11000$  円、 $s =$  今、 $t = 1$  ヶ月後、 $\epsilon = 1$  年間とおいたものである。Thaler (1981) のように、人を対象に選択肢を言語提示して選択を求める質問紙を用いた研究において、選好の逆転は繰り返し観察されている (Ainslie & Haendel, 1983; Rachlin et al., 1991; Green, Fristoe & Myerson, 1994; Kirby & Herrnstein, 1995; Kirby & Marakovic, 1995; Kirby, Petry, & Bickel, 1999)。

### 1.2.3 動物における選好の逆転

さきに人で選好の逆転が観察されることという実験事実を紹介した。実は、選好の逆転は行動主義心理学でハトの自己制御—将来のより大きな利益を得るために、目先の小さな利益を得ようとするのを我慢すること—を調べる、オペラント条件づけの手法を用いた実験によって初めて見いだされた (Rachlin & Green, 1972; Ainslie, 1974)。Rachlin & Green (1972) を例に実験の概要を説明する。

食餌制限をされたハトに、餌 (ペレット) を得るためにキーをつつく訓練を行う、その後、ハトに緑と赤の 2 つのキーを選択させる。緑のキーをつつくと即時に餌が出てきて、餌を 2 秒間食べることができる。一方、赤のキーをつつくと、4 秒間の遅延の後に餌が出てきて、餌を 4 秒間食べることができる。つまり、緑のキーを押すと「今すぐの小さな利益」が得られ、赤のキーを押すと「将来の大きな利益」が得られるようになっている。この条件では、ほぼすべてのハトが緑のキーをつつく。

次に、両方のキーをつついた後に  $T$  秒の遅延を挿入した。つまり、緑のキーをつつくと  $T$  秒後に餌が出てきて、赤のキーをつつくと  $4 + T$  秒後に餌が出てくるようにした、そして  $T$  の値を変化させたところ、 $T$  が小さいところでは、先の条件と変わらず緑のキー

をつつくが、しかし  $T$  が 10 秒を超えると、赤いキーをつつくようになった。つまり、報酬が遅延することで、「今すぐの小さな利益」から「将来の大きな利益」へと選好が変わったのである。その後も、同様の手法を用いた研究で、ハト (Ainslie & Herrnstein, 1981; Rachlin & Green, 1972; Rodriguez & Logue, 1988) やラット (Green & Estle, 2003) において選好の逆転が見られることが繰り返し確認されている (Green & Myerson, 2004)。

#### 1.2.4 選好の逆転が引き起こす問題

選好の逆転が起こると、当初立てた計画が崩れたり、将来やろうと決めていたことがいざその時点になると先延ばしにされてしまうという問題が生じる。実際、このような先延ばしの傾向は、負債の保有などの社会経済的な問題や、肥満や喫煙などの健康上の問題と関連することが示されている (池田・大竹・筒井, 2005; 筒井・大竹・晝間・池田, 2007; Ikeda et al., 2010; Kang & Ikeda, 2015; Price, Higgs, & Lee, 2016)。

例えば、経済実験やインターネット上でのアンケートを用いて先延ばし傾向を測り、その傾向がある人とそうでない人とで負債率を調べたところ、先延ばし傾向のある人がそうでない人よりも負債者比率が有意に高いことが報告されている (池田・大竹・筒井, 2005; Ikeda & Kang, 2011)。また、インターネット上でのアンケートから、消費者金融を利用して債務整理の経験をしたことのある人は、消費者金融の利用経験がない人よりも先延ばし傾向が強い (筒井・大竹・晝間・池田, 2007)。健康上の問題に関しても、肥満者、喫煙習慣者、飲酒習慣者はいずれもそうでない人たちと比べて、先延ばし傾向が有意に強いことが報告されている (Ikeda et al., 2010; 池田, 2012; Kang & Ikeda, 2015; Price, Higgs, & Lee, 2016)。

また、すでに前節で述べたように、異時点間選択で割引率が変化するような選好、すなわち選好の逆転を起こすような選好は、マクロ経済学の主要な仮説が成立しないという問題も引き起こす。例えば、政府が国債を発行して減税を行ったとする。<sup>\*12</sup> 減税のために発行した国債は将来の増税によってまかなわれるので、将来のことまで見通す消費者にとって、結局のところ長い目で見たときの所得 (恒常所得) は変化しない。したがって、減税によって消費が増えるということはない。政府の税政策が消費者の消費に影響を与えないとするこの命題はリカードの中立命題といい、標準的なマクロ経済学の教科書の教えるところである (e.g., 二神・堀, 2017)。ところが、消費者が選好の逆転を起こすような選好もっているときには事情が異なってくる。なぜならば、減税によって可処分所得が増える

---

<sup>\*12</sup> このリカードの中立命題 (の不成立) の説明は池田 (2012) を参考にした。

ので、恒常所得が変わっていないにも関わらず、消費者はこの増えた分の可処分所得を目前の消費に費やそうとするからである。つまり、減税が消費者の消費に影響を与えるのである。よって、リカードの中立命題、あるいはその裏返しである恒常所得仮説が成り立たないのである。このように、社会経済の問題、あるいは個人の健康といった実際上の問題からも、そして経済学の理論上の問題からも、選好の逆転という現象は極めて重要であり、それを説明できるモデルが求められる。

### 1.2.5 選好の逆転と指数割引

この節の最後に、選好の逆転と指数割引との関係について述べる。割引率が変化すると選好の逆転が起こり得ることはすでに述べた。では、割引率が変化することと選好の逆転が起こることとのあいだにはどのような関係があるのだろうか。選好の逆転の表現 (1.10) を割引効用理論における公理の1つ、時間定常性公理 (1.5) と見比べると、明らかに選好の逆転を起こす選好はこの公理を満たさないことがわかる。つまり、割引効用理論では選好の逆転を説明することはできない。実は、2時点以上の異時点間選択において、割引関数が指数関数であるとき、かつそのときに限り、任意の時点における選択で選好の逆転が起こらないことが数学的に示されている (Strotz, 1955)。したがって、選好の逆転を起こす人の割り引きを説明するためには、指数関数ではない別の関数によって割引モデルをつくる必要がある。そこで、次節では選好の逆転を説明するいくつかのモデルを紹介する。

## 1.3 選好の時間非整合性とコミットメント

### 1.3.1 現在バイアス

#### 1.3.1.1 現在バイアスと双曲割引

前節で見たような、現在と将来の2つの異時点間選択の組があるときに、将来では大きな結果を選択する一方で、現在では小さな結果を選択をする傾向を現在バイアスという (Laibson, 1997; O'Donoghue & Rabin, 1999). 現在バイアスをもつ個人は、意思決定時点から近い将来での割引率は大きく、時間が経過して実際に利得が得られる時点に近づくにつれて割引率は小さくなっていく。つまり、現在バイアスは時間非整合的選好を引き起こす。このような割り引きは、双曲線関数によってモデル化できるため双曲割引と呼ばれる。<sup>\*13</sup> つまり、双曲割引をする個人は時間非整合的選好をもち、選好の逆転を起こす。

#### 1.3.1.2 賢明な個人とナイーブな個人

双曲割引をする個人は、ナイーブな個人 (naive) と賢明な個人 (sophisticated) という2つのタイプに大きく分けることができる。ナイーブな個人は、自分の割引が時間非整合的であるということを自覚していない。したがって、意思決定時点での自分と将来の自分とで選好が変わらないという前提で計画を立てる。しかし、実際に計画を実行する段階になると選好が逆転し、計画時に立てた計画を実行することができないという問題に直面する。このことを準双曲割引モデルで説明する。準双曲割引モデル (Phelps & Pollak, 1968; Laibson, 1997) とは、心理学で構築された双曲割引モデルの質的な特徴を保ちながら、経済学的な分析がより容易にできるようにした次のモデルである：

$$D(t) = \begin{cases} 1 & (t = 0) \\ \beta\delta^t & (t \geq 1). \end{cases} \quad (1.11)$$

ただし、 $D(\cdot)$  は割引関数、 $\delta$  は割引因子、 $\beta$  は割引因子の重みで、 $0 < \beta \leq 1$  ある。

このモデルで意思決定者は、意思決定時点 ( $t = 0$ ) から見て最初の1期間は小さな割引因子 ( $\beta\delta$ )、すなわち大きな割引率 ( $1 - \beta\delta$ ) で、それ以降は大きな割引因子 ( $\delta$ )、すなわち小さな割引率 ( $1 - \delta$ ) で将来の効用を割り引く。このモデルで、2期間のオイラー方

---

<sup>\*13</sup> 双曲割引の詳細は次節で述べる。

程式<sup>\*14</sup>を、0期と1期、1期と2期とでそれぞれ求めると、限界代替率<sup>\*15</sup>と相対価格 $(1+r)$ が等しいとして、

$$\frac{u'(C_0)}{\beta\delta u'(C_1)} = 1+r,$$

$$\frac{u'(C_1)}{\delta u'(C_2)} = 1+r,$$

となる<sup>\*16</sup>。ただし、 $r$ は市場利子率である。

上式から、0期の消費からの効用と比べて、1期の消費からの効用は $\beta\delta$ という因子で、すなわち $1-\beta\delta$ という割引率で割り引かれるのに対して、下式から、1期の消費からの効用と比べて、2期の消費からの効用は $\delta$ という因子で、すなわち $1-\delta$ というより小さな割引率で割り引かれる。つまり、意思決定時点の $t=0$ 期において、現時点から1期先の効用は1期から1期先の効用よりも大きく割り引いてしまうのである。そして、時間が経過して1期に改めて意思決定をすると、1期と2期のオイラー方程式は、

$$\frac{u'(C_1)}{\beta\delta u'(C_2)} = 1+r$$

となり、1期の消費からの効用と比べて、2期の消費からの効用が $\beta\delta$ という因子で、すなわち $1-\beta\delta$ というより高い割引率で割り引かれる。

したがって、例えば、準双曲割引モデルにしたがって割り引くある個人が、現在消費するか貯蓄する(将来に消費する)かという異時点間選択に直面したとき、0期の時点では、1期先の消費からの効用が大きく割り引かれるために、0期では消費を大きくして貯蓄を1期先からはじめようと計画するが、いざ1期になると、今度は1期から2期の割引率が計画時よりも大きくなってしまうため、やはり1期でも消費を大きくして貯蓄が先延ばしにされてしまうのである。このように、ナイーブな個人は時間割引率が変わるために、時々刻々と最適な消費計画を立て直し、その結果、計画時点で実行しようとしていた行動とは違う行動をとってしまうのである。しかも、当人はこの時間非整合性に無自覚であるために、計画破綻を防ぐための手立てを取ることができない。

賢明な個人は、さらに2つのサブタイプに分けることができる。このうち完全に賢明な個人は、割引が時間整合的である。言い換えると、計画と実際の行動がずれることはない。

<sup>\*14</sup> 2財の限界代替率が相対価格に等しいという効用最大化の条件を、異時点間の効用最大化問題に適用した条件式のこと。マクロ経済学において家計の行動を理解するための最も基本的な条件式である(e.g., 二神・堀(2017))。

<sup>\*15</sup> 2財 $(x_1, x_2)$ に対して、効用 $u(x_1, x_2)$ が一定の下での $-dx_2/dx_1$ を $x_1$ の $x_2$ に対する限界代替率という。

<sup>\*16</sup> 'は一階微分を表す。ここでは $C$ での微分である。また、''は二階微分を表す。

したがって、賢明な個人には計画破綻を防ぐための工夫をする必要がない。一方、もう1つのサブタイプである部分的に賢明な個人 (partially sophisticated) は、割引は時間非整合的であるが、自分が短期的には高い割引率で、長期的には低い割引率で将来の効用を割り引く傾向があることを自覚している。したがって、将来の自分の選好が変わることを織り込み、計画が破綻しないような工夫をする。そのような、現在立てた計画が将来実行されるようにするための工夫はコミットメントと呼ばれる。

### 1.3.1.3 コミットメントの例

コミットメントの例として有名なものに、ギリシャ神話のオデュッセウスの鎖 (ホメロス, 1994) がある。セイレーンという美しい海の魔物の歌声を聞いたら、船乗りたちは惑わされて船が遭難してしまうという。しかし、それでもこの歌声を聞きたい英雄オデュッセウスは、船員にたちに耳栓をさせて歌声が聞こえないようにし、そして自らを帆柱に縛り付けるように命じた。そうして、オデュッセウスは歌声を聞いて惑わされながらも縛られて身動きがとれなかったために、遭難することなく航海を続けられたという話である。オデュッセウスは、将来の自分が、セイレーンの歌声によって現在想定している自分と異なる行動をとることを見越して、将来の自分がそのような行動をとれないように、予め帆柱に縛り付けるというコミットメントをとったわけである。あるいは、身近な例として、仕事中にスマートフォンを触ってしまうことを見越して職場に持っていかないといったことや、禁煙を決意してライターをパートナーに預けてしまうということもコミットメントである。

コミットメントは貯蓄の先送りや禁煙といった社会的な問題を解決するために有効な方法であることが知られている (Laibson, 1997; Thaler & Sunstein, 2008; Gine, Kalan, & Zinman, 2010; 池田, 2012)。現金のような流動性の高い資産を貯蓄に回せば、いつでも好きなときに預金をおろして消費に充てることができて便利であるが、もし時間非整合的選好をもつ個人ならば、貯蓄が先延ばしになってしまうという問題が生じる。そこで、保有資産を不動産のような低流動性資産として持つことで、計画通り貯蓄を行うことができる。この場合、低流動性資産を持つということがコミットメントとして機能している。実際、米国の全資産のうち低流動性資産が占める割合は90%以上に達することから、人びとが低流動性資産の保有をコミットメントとして手段として利用していると考えられる (Laibson, 1997)。また、フィリピンにおいて、喫煙習慣のある人たちに CARES (Committed Action to Reduce and End) という禁煙支援システムに登録してもらい、タバコ代になっていたはずのお金を半年間預金させ、半年後に検査を受けてタバコを吸っていないことが証明されれば、預金していたお金が戻って来るというコミットメントを行っ

てもらったところ、このシステムに登録した人たちの禁煙率はコントロール群と比べて有意に高かったことが報告されている (Gine et al., 2010).

### 1.3.1.4 現在バイアスのまとめ

ここまで、現在バイアスの枠組みで時間非整合的選好をもつ個人を、本人が自らの選好を自覚できるかどうかでタイプを分け、それぞれのタイプでコミットメントが必要かどうかということを述べてきた。これらを選好の時間非整合性とコミットメントを行うか否かで分類してまとめたのが表 1.1である。

表1.1: 選好の時間非整合性とコミットメント

	時間整合的選好	時間非整合的選好
コミットメントあり		部分的に賢明な個人
コミットメントなし	完全に賢明な個人 (指数割引)	ナイーブな個人

## 1.3.2 選好の逆転を説明するその他のモデル

前小節では、選好の逆転の原因を個人の時間非整合的選好に求めるモデルを説明してきた。しかし、選好の逆転が起こるのは必ずしも個人の選好が時間非整合的な場合に限らない。そこで本節では、個人が時間整合的選好をもつ場合にも選好の逆転が生じることを説明する単一自己モデルについて述べる。

### 1.3.2.1 単一自己モデル

単一自己モデル (Gul & Pesendorfer, 2001; Noor, 2007) はさまざまに定式化されているが、いずれも選択肢集合の中から選ばれなかった選択肢を含め選択肢集合が効用に影響を与えるという点で共通している (Kreps, 1979)。このモデルを Gul & Pesendorfer (2001) に沿って具体的に説明する。

いま、あるダイエットをしようとしている人が時点  $t$  で、将来時点  $t'$  において「ベジタリアン料理を食べる」または「高カロリー料理を食べる」という選択を行うとする。「高カロリー料理を食べる」ことは、ダイエットをしたい人にとって望ましいものではないが、即座の充足感を与えてくれるため誘惑的である。

意思決定時点  $t$  において、この人が選べる選択肢は次の 3 つである：

$\{\text{ベジタリアン料理}\}, \{\text{高カロリー料理}\}, \{\text{ベジタリアン料理, 高カロリー料理}\}.$

これら3つの選択肢の選好関係は、誘惑的な選択肢の誘惑の強さによって変わる。強い誘惑の場合には、選好関係は次の通りになる：

$$\{\underline{\text{ベジタリアン料理}}\} \succ \{\text{ベジタリアン料理, 高カロリー料理}\} \sim \{\underline{\text{高カロリー料理}}\}$$

下線は、時点  $t$  で各選択肢が選ばれた場合に、時点  $t'$  で実際になされる行動を意味する。もし時点  $t$  で {ベジタリアン料理, 高カロリー料理} という選択肢を選ぶと、高カロリー料理の強い誘惑に屈し、時点  $t'$  では高カロリー料理を食べることになるのである。<sup>\*17</sup> したがって、この人は時点  $t'$  でベジタリアン料理を食べるために、時点  $t$  で自らの手で誘惑的な選択肢を選ばないようにコミットメントする。言い換えると、この人は、コミットメントへの選好 (Gul & Pesendorfer, 2001) をもつ。

強い誘惑の場合、時点  $t$  において将来時点  $t'$  にベジタリアン料理を食べようと計画していても、実際に時点  $t'$  になると、誘惑に負けて高カロリー料理を食べることになってしまう。つまり、強い誘惑では現在バイアスのような選好の逆転が起こる。したがって、このケースで個人がコミットメントをするのは、現在バイアスモデルと同じく選好の逆転が起こらないようにするためである。

他方、弱い誘惑の場合には、選好関係は次の通りになる：

$$\{\underline{\text{ベジタリアン料理}}\} \succ \{\underline{\text{ベジタリアン料理, 高カロリー料理}}\} \succ \{\underline{\text{高カロリー料理}}\}$$

時点  $t$  で誘惑 (高カロリー料理) を除いた選択肢を選好するのはさきほどと同じである。

したがって、この場合にもこの人はコミットメントへの選好をもつ。ただし、強い誘惑の場合と異なり、もし時点  $t$  で {ベジタリアン料理, 高カロリー料理} という選択肢を選んでも、高カロリー料理の誘惑はそれほど強くないため、時点  $t'$  ではベジタリアン料理を食べることができる。しかし、選択肢に高カロリー料理が入っていると、その誘惑に打ち克ってベジタリアン料理を食べることになる。この誘惑に打ち克つことは自己制御のコストになる。したがって、そのコストがかかっていない {ベジタリアン料理} を {ベジタリアン料理, 高カロリー料理} よりも選好するのである。

弱い誘惑の場合、時点  $t$  において将来時点  $t'$  にベジタリアン料理を食べようよと計画したら、実際に時点  $t'$  になっても、誘惑に負けることなくベジタリアン料理を食べるこ

---

<sup>\*17</sup> 同様の理由により、時点  $t$  において、{ベジタリアン料理, 高カロリー料理} と {高カロリー料理} は無差別である。

とになる。つまり、弱い誘惑では選好の逆転は生じない。したがって、選好の逆転が起こらなくても個人はコミットメントをするこのケースは、現在バイアスモデルでは説明できない。

単一自己モデルの特徴は、個人の選好が変化しなくても、選択肢の誘惑の程度によって選好の逆転が起こり得るという点にある。また、誘惑の強さによらず、個人は将来の自分が望ましい行動をとるためにコミットメントをする。

### 1.3.2.2 現在焦点選好モデルのまとめ

ここまで見てきたように、選好の逆転と個人の選好の時間非整合性およびコミットメントとの関係は、複数のモデルによってモデル化できる。Ericson & Laibson (2019) は、個人が異時点間選択において近い将来と遠い将来の選択肢が同じだけ遅延した場合に、よりすぐに効用が得られる近い将来の選択肢を選び、また現在に近いほどよりその傾向が強まるような選好を現在焦点選好と名付け、現在バイアスや単一自己モデルやその他のモデルを含むより包括的な枠組みを提唱した (表 1.2)。

表1.2: 選好の時間非整合性とコミットメントによる現在焦点選好の分類 (Ericson & Laibson, 2019 Table1 を改変)

	時間整合的選好	時間非整合的選好
コミットメントあり	単一自己モデル	現在バイアス (部分的に賢明) 双曲割引の別の形
コミットメントなし	指数割引 (完全に賢明) 客観的リスク	現在バイアス (ナイーブ) 心理的歪みのモデル

本論文で用いるモデルは表 1.2の右下に分類される心理的歪みのモデルである。そこで、心理的歪みのあるモデルについては節を改めて詳述する。また、双曲割引の別の形と客観的リスクについてはそれぞれ 1.5 節と 3.4 節で述べる。

## 1.4 時間非整合性指標

1.2 節で選好の逆転とそれが引き起こす問題を、1.3 節で選好の逆転を説明するいくつかのモデルを紹介しコミットメントとの関係をそれぞれ説明した。次節以降、個人の時間選好が時間非整合的なケースに位置づけられる心理的歪みのモデルに基づき、時間非整合性がモデルによって異なるか、どのように変化するかということを議論する。そこで具体的なモデルの話に入る前に、本節で時間非整合性の程度の指標、言い換えると、選好の逆転の起こす程度を示す指標である、decreasing impatience および decreasing relative impatience を導入する。

### 1.4.1 異時点間選択における不忍耐

行動経済学者の Drazen Prelec は、双曲割引モデルが有用であることを認めつつも、このモデルには厳密に定義づけられた時間非整合性を測る性質がないことに気が付き、時間非整合性を測る指標として以下の decreasing impatience を提唱し、定式化した (Prelec, 1989; Prelec, 2004)。まず、Prelec (2004) が用いたモデルと不忍耐性について説明する。時点  $t_i$  において  $c_i$  を消費するとしたときの複数の消費  $c = (c_0 : t_0, \dots, c_i : t_i, \dots, c_m : t_m)$  から得る割引効用は、

$$U(c_0 : t_0, \dots, c_i : t_i, \dots, c_m : t_m) = \sum_{i=0}^m u(c_i) \varphi(t_i), \quad (1.12)$$

と表される (1.1 節)。ここで、 $u(\cdot)$  は連続で狭義の単調増加する即時効用関数<sup>\*18</sup> であり、 $u(0) = 0$  を満たす。 $\varphi(t)$  は任意の時刻  $t$  で二階微分可能な狭義の減少関数で、 $\varphi(0) = 1$  を満たす割引関数である。また、 $m$  は任意の自然数である。このモデルは割引関数が指数関数に限定されていないという点を除いて Samuelson の割引効用モデルと同じである。以下では、1 時点に 1 つの報酬<sup>\*19</sup> を得る時間くじ  $(x : t)$  を考える。ただし、 $x$  は報酬を、 $t$  は意思決定時点 (e.g., 現在) から報酬が得られるまでの遅延を表す。

2 つの時間くじ  $(\beta : s)$  と  $(\beta : t)$  ( $\beta > 0, 0 < s < t$ ) が与えられたとき、不忍耐とは  $(\beta : s) \succ (\beta : t)$  を意味する (Attema et al., 2010)。つまり、不忍耐とは、同じ大きさの

<sup>\*18</sup> ある関数  $f$  が範囲  $I$  において狭義の単調増加関数とは、任意の  $x, x' \in I$  (ただし、 $x < x'$ ) に対して、 $f(x) < f(x')$  が成り立つことを言う。狭義の減少関数についても同様である。

<sup>\*19</sup> Prelec (2004) では outcome と表現されているが、本論文では前後の節との一貫性を優先して報酬という表現を用いた。

報酬が得られるのならば、より現在に近い時点でその報酬を受け取ることを選好するということである。このとき、割引関数  $\varphi(t)$  は狭義の減少関数となる。このように不耐性が時間経過で変化しないような選好を定常不耐 (constant impatience)、時間経過で減少/増加するような選好を decreasing impatience/increasing impatience と呼ぶ。以下でこれらを定義する。

## 1.4.2 Decreasing impatience

定常不耐帯は次のように定義される：

定義 (定常不耐 (constant impatience))

ある個人の選好が次を満たすような場合、その個人の選好は定常不耐 (constant impatience) であるという。任意の  $s < t, \epsilon > 0, \beta > \gamma > 0$  について、

$$(\gamma : s) \sim (\beta : t) \Rightarrow (\beta : t + \epsilon) \sim (\gamma : s + \epsilon). \quad (1.13)$$

ただし、 $\beta, \gamma$  は報酬を、 $s, t$  は遅延時間を表す。

この定義の意味するところは次の通りである。ある個人が「近い時点  $s$  に小さな  $\gamma$  を得ること」と、「遠い時点  $t$  に大きな  $\beta$  を得ること」が無差別だとする。このとき、いずれの報酬も同じ  $\epsilon$  だけ遅延したとしても、「近い時点  $s + \epsilon$  に小さな  $\gamma$  を得ること」と、「遠い時点  $t + \epsilon$  に大きな  $\beta$  を得ること」が無差別である。つまり、意思決定する現在において、より遠い時点 ( $t + \epsilon$ ) の大きな報酬 ( $\beta$ ) とより近い時点 ( $s + \epsilon$ ) の小さな報酬 ( $\gamma$ ) が無差別なら、時間 ( $\epsilon$ ) が経過しても、選好は変わらず無差別のままである。

また、decreasing impatience は次のように定義される：

定義 (decreasing impatience)

ある個人の選好が次を満たすような場合、その個人の選好は decreasing impatience であるという。任意の  $s < t, \epsilon > 0, \beta > \gamma > 0$  について、

$$(\gamma : s) \sim (\beta : t) \Rightarrow (\beta : t + \epsilon) \succeq (\gamma : s + \epsilon). \quad (1.14)$$

ただし、 $\beta, \gamma$  は報酬を、 $s, t$  は遅延時間を表す。

同様に、もしこの弱選好が反転していれば、その選好は increasing impatience であるという。もしこの弱選好が無差別であれば、選好は定常不耐 (constant impatience) である (Attema et al., 2010)。この定義の意味するところは次の通りである。

ある個人が「近い時点  $s$  に小さな  $\gamma$  を得ること」と、「遠い時点  $t$  に大きな  $\beta$  を得ること」が無差別だとする。このとき、いずれの報酬も同じ  $\epsilon$  だけ遅延させると、この個人は「遠い時点  $t + \epsilon$  に大きな  $\beta$  を得ること」を選好するようになる。つまり、意思決定する現在は、より遠い時点 ( $t + \epsilon$ ) の大きな報酬 ( $\beta$ ) を選んだとしても、時間 ( $\epsilon$ ) が経過すると、遠い時点 ( $t$ ) の大きな報酬 ( $\beta$ ) が近い時点 ( $s$ ) の小さな報酬 ( $\gamma$ ) と無差別になってしまう、言い換えると、経過時間  $\epsilon$  を境に選好が逆転してしまうのである。あるいは、選好が decreasing impatience であるとは、報酬受取の時間差  $t - s (> 0)$  が、遠い将来において過小評価されていると言ってもよい。遠い将来の報酬受取の時間差  $(t + \epsilon) - (s + \epsilon)$  が近い将来の報酬受取の時間差  $t - s$  よりも小さく評価されるため、意思決定の時点では遠い将来において大きな報酬 ( $\beta$ ) を得るために  $(t + \epsilon) - (s + \epsilon)$  だけ待てると考えるのに、いざ時間が経過して報酬受け取り時点が近づくと、この時間差  $t - s$  が意思決定時点で想定していたよりも大きく感じられるために、待つことができずにより近い将来の報酬 ( $\gamma$ ) を選んでしまうのである。

現在立てた将来の計画をいざ実行する時点になると反故にしてしまう現在バイアスは、上の定義で  $s = 0$  とおいた特別な場合：

$$(\gamma : 0) \sim (\beta : t) \Rightarrow (\beta : t + \epsilon) \succeq (\gamma : \epsilon) \quad (1.15)$$

である。現在時点では、 $\epsilon$  後の小さな報酬  $\gamma$  の代わりにもう少し先の  $t + \epsilon$  の時点で大きな報酬  $\beta$  の方を選ぶことを計画していたとしても、実際に時間  $\epsilon$  が経過したら、選好が逆転して目の前 ( $s = 0$ ) の小さな報酬  $\gamma$  を選んでしまうのである。

すでに 1.2 節で述べたように、人を対象にした異時点間選択の実験やアンケートの結果から、多くの人で選好の逆転が観察される。これは、人々の不耐性が定常的ではなく、多くの場合に時間とともに逡減していく、すなわち decreasing impatience だということを意味する。

### 1.4.3 Decreasing impatience の程度

Decreasing impatience の程度は、異なる 2 つの選好の decreasing impatience を比較することで定義できる。Decreasing impatience であることは、遠い将来の時間を短く見積もっていることと考えられるので、実際よりも短く見積もるほどより decreasing impatience の程度が大きいと言える。一方、上の定義の decreasing impatience な選好を持つ個人に対して、遠い時点 ( $t + \epsilon$ ) の報酬受取をさらに遅延させていけば、遅延がある程度のところまで 2 つの時間くじが無差別 (i.e.,  $(\beta : t + \epsilon) \sim (\gamma : s + \epsilon)$ ) になることが期待さ

れる。したがって、異なる decreasing impatience な選好をもつ個人に対して、遠い時点の報酬受取を遅延させていき、選好が無差別になったときの追加遅延の大きさを比較することで、decreasing impatience の程度が比較できる。すなわち、decreasing impatience の程度は次のように定義できる (Prelec, 2004) :

定義 (DI : decreasing impatience の程度)

2つの異なる選好  $\succeq, \succeq^*$  が次を満たす場合、選好  $\succeq$  は選好  $\succeq^*$  よりも decreasing impatience であるという。

任意の  $s < t, \epsilon > 0, \rho > 0, \beta > \gamma > 0, \beta^* > \gamma^* > 0$  について

$$\begin{cases} (\gamma : s) \sim (\beta : t), \\ (\beta : t + \epsilon) \sim (\gamma : s + \epsilon + \rho), \\ (\gamma^* : s) \sim^* (\beta^* : t) \end{cases} \Rightarrow (\beta^* : t + \epsilon) \succeq^* (\gamma^* : s + \epsilon + \rho). \quad (1.16)$$

以上の decreasing impatience および decreasing impatience の程度 (DI) の定義は、個人がどれだけ選好の逆転を起こしやすいかを選択レベルで測るためのものであるが、Prelec (2004) はさらに、次の系で割引関数から DI を求められることを示した。

系 (decreasing impatience と割引関数の凸性の同値性)

$\succeq$  を  $u(x), \varphi(t)$  で表される選好順序とする。このとき、次が成り立つ。

$$\succeq \text{ が decreasing impatience} \Leftrightarrow \ln \varphi(t) \text{ が } t \geq 0 \text{ に対して凸である。} \quad (1.17)$$

つまり、個人の割引関数の対数が原点に対して凸であるとき、かつそのときに限り選好が decreasing impatience となる。そしてこの凸性は Arrow-Pratt 測度 <sup>\*20</sup> (Arrow, 1965; Pratt, 1964) によって測られる。したがって、割引関数から個人の decreasing impatience を測る指標、DI パラメータは次の通りとなる :

$$DI(t) = -\frac{[\ln \varphi(t)]''}{[\ln \varphi(t)]'}. \quad (1.18)$$

Decreasing impatience は割引関数そのものの変化ではなく、割引率の変化に関係した指標ということである。実際、このことは、割引関数の時間減衰率を意味する割引率の定義 (1.7) を用いて、(1.18) を次のように書き換えるとよりはっきりとする :

$$DI(t) = -\frac{DR'(t)}{DR(t)}. \quad (1.19)$$

<sup>\*20</sup> Arrow-Pratt 測度は、効用関数の凹性を測る。これに対して、DI パラメータ (以後、単に DI とする) は割引関数そのものの凹性ではなく、割引関数の対数をとったものの凹性を測る。

$DI(t)$  は時間割引率  $DR(t)$  の時間減衰率と等価である (Takahashi, 2011) ため、<sup>\*21</sup> 選好の逆転の起こりやすさは割引率に依存する。  $DI(t) > 0$  ならば時間割引率が時間経過するにつれて小さくなる。すなわち、選好の逆転が起こり得る。また、容易にわかるように、定常不忍耐な選好をもつことと時間割引率が一定であることは同値である。

#### 1.4.4 Decreasing relative impatience

Decreasing impatience は単一の結果 (報酬または損失) を得る場合の選好の不忍耐性を測るために導入された概念であった。しかし、日常では結果が 2 つ組み合わせさせた異時点間も少なくない。例えば、将来のある時点で報酬を得るために、現在いくらかのコストを支払う必要があるような場合だ。具体例は以下で示すが、このような報酬と損失と結果が 2 つ組み合わせさせた異時点間選択でも、選好の不忍耐性を測ることができるのが、decreasing relative impatience である (Rohde, 2009)。

定義 (decreasing relative impatience)

弱選好  $\succeq$  が次を満たすような場合、その選好は decreasing relative impatience であるという。

$\alpha, \beta, \gamma$  があって、 $\beta > \alpha, \gamma > 0, s < t, \epsilon > 0$  であるとき、

$$(\alpha : 0, \gamma : s) \sim (\beta : 0, \gamma : t) \Rightarrow (\alpha : 0, \gamma : s + \epsilon) \succeq (\beta : 0, \gamma : t + \epsilon). \quad (1.20)$$

同様に、もしこの弱選好が反転していれば、その選好は increasing relative impatience であるという。

この定義の意味するところは次の通りである。例えある個人が、報酬  $\gamma$  の受け取りを  $t$  から  $s$  に早めるために  $\beta - \alpha$  支払う意思あったとしても、その人は、同じ報酬  $\gamma$  を  $t + \epsilon$  から  $s + \epsilon$  に早めるために  $\beta - \alpha$  を支払う意思はない、ということである。つまり、遠い将来へいくほど報酬受取の時間差  $t - s$  が過小評価される (受け取りを早めるための支払いが少なくなる) ということである。

Rohde (2009) に沿って具体例を挙げて説明する。ある個人は 1 月 1 日に 2 つの投資プロジェクトを選べるとする。1 つ目のプロジェクトでは、同じ年の 12 月に報酬  $\gamma$  を受け取ることができるが、プロジェクトにコミットしたら  $\beta$  支払わなければならない。もう 1 つのプロジェクトでは、報酬  $\gamma$  は同じだが、 $|\alpha - \beta|$  だけ余計に支払うことで 1 ヶ月早い

<sup>\*21</sup> 時間割引率が大きいということは、かんたんに言えば「待てない」ということである。不忍耐性とはこの「待てない」ということの言い換えである。したがって、時間割引率が減衰する ( $DI(t) > 0$ ) ということは「待てなさ」、すなわち不忍耐性が減衰しているということである。

11月にそれを受け取ることができる。この人が1月1日の時点では、12月に報酬を受け取ることをわずかに選好しているとする。すなわち、

$$(\alpha : 0, \gamma : s + \epsilon) \prec (\beta : 0, \gamma : t + \epsilon).$$

ただし、 $s, t, \epsilon$  はそれぞれ10ヶ月, 11ヶ月, 1ヶ月である。もしこの個人の選好が decreasing relative impatience であれば、1月1日に両者に対する選好がほとんど同じであったとしても、1ヶ月 ( $\epsilon$ ) 経過した2月1日には、 $|\alpha - \beta|$  だけ余計に支払うことで1ヶ月早く報酬を受け取る方を選ぶようになるのである：

$$(\alpha : 0, \gamma : s) \succ (\beta : 0, \gamma : t). \quad (1.21)$$

#### 1.4.5 Decreasing relative impatience の程度

また、decreasing relative impatience の程度は、decreasing impatience の程度と同じく、異なる2つの選好の decreasing relative impatience を比較することで定義できる。2つの異なる選好  $\succeq, \succeq^*$  が次を満たす場合、選好  $\succeq^*$  は選好  $\succeq$  よりも decreasing relative impatience であるという。

定義 (DRI : decreasing relative impatience の程度)

任意の  $s < t, \epsilon > 0, \rho, \alpha > \beta, \gamma > 0, \alpha^* > \beta^*, \gamma^* > 0$  について

$$\begin{cases} (\alpha : 0, \gamma : s) \sim (\beta : 0, \gamma : t), \\ (\alpha : 0, \gamma : s + \epsilon) \sim (\beta : 0, \gamma : t + \rho), \Rightarrow (\alpha^* : 0, \gamma^* : s + \epsilon) \preceq^* (\beta^* : 0, \gamma^* : t + \rho) \\ (\alpha^* : 0, \gamma^* : s) \sim^* (\beta^* : 0, \gamma^* : t) \end{cases} \quad (1.22)$$

この定義の意味するところは次の通りである。選好  $\succeq$  をもつある個人がいて、近い将来では報酬  $\gamma$  の受け取りを  $t$  から  $s$  に早めるために  $\beta - \alpha$  支払う意思があり、かつ、遠い将来でも報酬  $\gamma$  の受け取りを  $t + \rho$  から  $s + \epsilon$  に早めるために同じ  $\beta - \alpha$  だけ支払う意思がある。一方で、選好  $\succeq^*$  をもつある個人がいて、近い将来では報酬  $\gamma^*$  の受け取りを  $t$  から  $s$  に早めるために  $\beta^* - \alpha^*$  支払う意思があるが、しかし遠い将来では報酬  $\gamma^*$  の受け取りを  $t + \rho$  から  $s + \epsilon$  に早めるために同じ  $\beta^* - \alpha^*$  だけ支払う意思がない。このような場合に、後者をより decreasing relative impatience であるという。

すでに述べたように、decreasing impatience の程度 (DI) を得るためには、割引関数そのものの微分ではなく、割引関数の対数の微分が必要であった。他方、decreasing relative

impatience の程度 (DRI) は、割引関数そのものの Arrow-Pratt 測度と等しい (Rohde, 2009) :

$$DRI(t) = -\frac{\varphi(t)''}{\varphi(t)}. \quad (1.23)$$

DI が割引率の変化によって定義づけられていたのに対して、DRI は割引関数そのものの変化によって定義づけられるのである。また、DRI と DI の間には次のような極めてシンプルな関係が成り立つ (Rohde, 2009) :

$$DRI(t) = DR(t) + DI(t). \quad (1.24)$$

#### 1.4.6 指数割引モデルの decreasing impatience と decreasing relative impatience

この節の最後に、指数割引モデルを例に、具体的な割引モデルの DI, DRI を求める。(1.18) または (1.19) に指数割引関数  $\varphi(t) = \exp(-k_e t)$  を代入して、

$$DI(t) = 0. \quad (1.25)$$

よって、指数割引モデルの decreasing impatience はゼロである。つまり、指数的に割引引く個人の不耐性は定常的であることがわかる。

(1.24) に、指数割引モデルの割引率  $DR(t) = k_e$  および、(1.25) を代入して

$$DRI(t) = k_e. \quad (1.26)$$

よって、指数割引モデルの decreasing relative impatience は一定である。

## 1.5 時間非整合性と割引モデル

具体的な割引モデルで時間非整合性を評価するにあたり、本節で代表的な割引モデルを紹介する。まず Samuelson(1937) の提唱した指数割引モデルを再掲する。次に、割引率が時間とともに変化するような異時点間選択を記述できるモデル、すなわち時間非整合的な割引モデルとして、代表的な双曲割引モデルを説明する。そして、双曲割引モデルを一般化した一般化双曲割引モデルおよび  $q$ -指数割引モデルについて説明する。なお、本節以降では特に断りのない限り、連続時間のモデルを考える。<sup>\*22</sup>

### 1.5.1 指数割引モデル

1.1 節では割引率を  $\rho$  としたが、以下では  $k_e$  とする。すなわち、指数割引モデルは

$$\varphi(t) = \exp(-k_e t). \quad (1.27)$$

と表される。したがって、時間  $t$  だけ遅延した消費  $c$  の割引効用関数は、即時効用関数を  $u(c)$  として、

$$U(c, t) = u(c) \exp(-k_e t), \quad (1.28)$$

と表される。

### 1.5.2 双曲割引モデル

1.2.3 節で具体的に述べたように、行動主義心理学では行動経済学という分野が誕生する以前から、ヒトやハトにおける選好の逆転現象が報告されていた (e.g., Ainslie, 1974; Green, Fisher, Perlow, & Sherman, 1981; Rachlin & Green, 1972)。そして、選好の逆転が生じるような異時点間選択をモデル化する試みがなされてきた。ここでは、その変遷を概説する。その土台となったのが Herrnstein (1961) によるマッチング則である。

マッチング則とは、動物の反応 (行動) パターンに応じて報酬を与えるルールを一定にした上で、十分に長い時間をかけて動物に学習をさせた後では、各報酬に対する反応の割合と各報酬の割合とが一致する (マッチングする) という法則である (Herrnstein; 1961)。すなわち、行動  $a$  の頻度を  $B_a$ 、反応  $a$  を行った直後に得られる報酬量を  $A_a$  とすると、

---

<sup>\*22</sup> 連続関数で実装すると、均衡が一意性が保証されるなどの望ましい性質をモデルが備えることができる (Ericson & Laibson, 2019)。

選択できる行動の種類が  $n$  あるとき,

$$\frac{B_a}{\sum_{i=1}^n B_i} = \frac{A_a}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

が成り立つ. 特に選択できる行動が, 「すぐにもらえる小さな報酬を選ぶ」 ( $a$ ) と 「遅延してもらえる大きな報酬を選ぶ」 ( $b$ ) のように 2 種類の場合には,

$$\frac{B_a}{B_b} = \frac{A_a}{A_b}$$

が成り立ち, 選択行動の比は報酬量の比に等しくなる.

Baum & Rachlin (1969) は, マッチング則に個体にとっての行動の価値という概念を導入し, 報酬の主観的価値の比が行動の頻度の比に等しいとする変形マッチング則:

$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{B_a}{B_b}$$

を提唱した. ただし,  $V_a, V_b$  はそれぞれ行動  $a, b$  の個体にとっての主観的価値を表す.

そして Mazur (1987) は, この変形マッチング則と類似の単純逆数モデル (Rachlin & Green, 1972; Ainslie, 1975) に割引の程度を示すパラメータ ( $k_{sr}$ ) を付加したモデル:

$$V = \frac{A}{k_{sr}t} \quad (1.29)$$

と, このモデルの抱える問題— $t \rightarrow 0$  で無限大に発散するという問題—を解消するために, (1.29) 式の分母に 1 を加えた双曲割引モデル:

$$V = \frac{A}{1 + k_h t} \quad (1.30)$$

を提唱した. ただし,  $A$  はある行動をとった直後にもらえる報酬量を,  $t$  はある行動をとってから報酬  $A$  が得られるまでの遅延を,  $k_h$  は割引の程度を,  $V$  は遅延して得られる報酬  $A$  の主観的価値を表す.

さらに, Mazur (1987) は, ハトを用いた選択行動実験で調整遅延手続き<sup>\*23</sup>を用いて無差別点を求め, これら 2 つのモデルと指数割引モデルをあてはめ, 双曲割引モデルがもっともあてはまりが良いことを示した. その後, ハトやラットを対象にした選択行動実験 (e.g., Rodriguez & Logue, 1988, de Wit & Richards, 2003) やヒトに言語提示し

<sup>\*23</sup> すぐにもらえる小さな報酬量と等価になる大きな報酬量の遅延時間を求めることで, 報酬の遅延割引 (時間) を検討する方法 (佐伯, 2011).

て選択を求める研究 (e.g., Rachlin, Raineri, & Cross, 1991; Raineri & Rachlin, 1993; Myerson & Green, 1995; Bickel, Odum, & Madden, 1999) において, 双曲割引モデルは指数割引と比べてよりデータへのあてはまりが良いことが度々示されてきた。

ここで, 以下の議論のために, 心理学で発展された双曲割引モデル (1.30) を, 指数割引モデル (1.28) に合わせて次のように書き換えておく。

$$U(c, t) = \frac{u(c)}{1 + k_h t}. \quad (1.31)$$

この書き換えでは, 消費 (報酬) と効用とのあいだに効用が線形であること, すなわち  $u(c) = c$  が仮定されている。線形効用を仮定することで, 例えば割引率が異常に高くなってしまふという問題が生じることが指摘されている (e.g., Takeuchi, 2011) ものの, 本論文ではこの仮定を採用する。

### 1.5.3 一般化双曲割引モデル

双曲割引モデルは, 指数割引モデルと違って選好の逆転を説明するモデルではあるものの, 双曲割引モデルからも逸脱を示す実験結果も出てきたため, 経済学, 心理学いずれの分野でもモデルの修正が試みられてきた (e.g., Loewenstein & Prelec, 1992; Laibson, 1997; Myerson & Green, 1995)。

Myerson & Green (1995) は, Rachlin et al. (1991) などヒトを対象に行なった実験で双曲割引モデルがあてはまりが良いのはグループの集計データ (中央値) を用いた場合であり, 個人レベルでは必ずしも双曲割引モデルのあてはまりが良くないことを指摘し, Green, Fry, & Myerson (1994) のデータを再分析を通して修正双曲割引モデル:

$$V = \frac{A}{(1 + k_g t)^s} \quad (1.32)$$

を提案した。ここに,  $s \geq 0$  は遅延や報酬量に対する感度を表すパラメータであり, 多くの場合  $s \leq 1$  である。<sup>\*24</sup> この修正双曲割引モデルを, 以下では一般化双曲割引モデルと呼ぶ。

そして彼らは, グループレベルと個人レベルのどちらにおいても双曲割引モデルにパラメータを1つ付加した一般化双曲割引モデルの方が, 指数割引に対して同様にパラメータを1つ付加した修正指数割引モデルよりも決定係数が有意に向上することをもって, 一般化双曲割引モデルがあてはまりが良いモデルであることを示した。これを支持す

---

<sup>\*24</sup>  $s = 1$  のとき, 双曲割引モデル (1.31) に一致する。

る結果は後続の実験室実験 (Ostaszewski, Green, & Myerson, 1998; Green et al., 1999; Ostaszewski & Karzel, 2002; Estle et al., 2006; McKerchar, Pickford, & Robertson, 2014) や再分析 (Bickel, Odum, & Madden, 1999) でも再現されている。つまり、パラメータが増える分モデルが複雑になるものの、実データへのあてはまりの良さは、一般化双曲割引モデルが双曲割引モデルや修正指数割引モデルに優ると言える。以下では、一般化双曲割引モデルも双曲割引モデルと同様の書き換えを行った

$$U(c, t) = \frac{u(c)}{(1 + k_g t)^s} \quad (1.33)$$

を用いる。

#### 1.5.4 $q$ -指数割引モデル

他方、経済物理学や神経経済学においては、指数割引モデルの割引関数を、指数関数を  $q$  一般化した  $q$ -指数関数にするという形で双曲割引モデルの一般化がなされている (Cajueiro, 2006; Takahashi, Oono, & Radford, 2007; Han & Takahashi, 2012). Cajueiro (2006) は、非加法的統計力学である Tsallis 統計 (Tsallis, 1988; 須鎗, 2012) で用いられる通常の指数関数を一般化した関数、 $q$ -指数関数を用いて、異時点間選択の割引関数を次のように一般化した：

$$\varphi(x) = \exp_q(-k_q t), \quad (1.34)$$

$$\text{where } \exp_q(x) \equiv [1 + (1 - q)x]^{\frac{1}{1-q}}. \quad (1.35)$$

ただし、 $q$  は  $0 \leq q \leq 1$  のパラメータで、 $q \rightarrow 1$  のとき、 $\exp_q(x) \rightarrow \exp(x)$  と通常の指数関数に漸近的に一致する (須鎗, 2012)。よって、 $q$ -指数割引モデルは次のように書ける：

$$U(c, t) = u(c) \exp_q(-k_q t) = \frac{u(c)}{[1 + (1 - q)k_q t]^{\frac{1}{1-q}}}. \quad (1.36)$$

上述のように、 $q \rightarrow 1$  のとき、 $\exp_q(x)$  は通常の指数関数に漸近的に一致することから、 $q$ -指数割引モデル (1.34) は指数割引モデル (1.27) に漸近的に一致する。一方、 $q = 0$  のとき、 $q$ -指数割引モデルは双曲割引モデルに完全に一致する。つまり  $q$ -指数割引モデルは、パラメータ  $q$  の値に応じて、完全に時間整合的な指数割引モデルと、従来の代表的な時間非整合的モデルである双曲割引モデルのどちらも表現することもできる。したがって、パラメータ  $q$  はある種の時間非整合性の指標と言える。より正確には、 $q$  は指数割引モデルからの乖離度 ( $q$  が 1 に近いほど乖離度が小さい)、言い換えると、意思決定者の割引が時

間整合的なモデルからどれだけ逸脱しているかを関数の形状ではかる指標とみなせる。ここで注意したいのは、 $q$ -指数割引モデルのパラメータ  $q$  が割引関数がどれだけ時間整合的な割引から逸脱しているかを測る指標であるのに対して、1.4 節で導入した DI は、意思決定者がどのような選択を行うかという行動に基づいて時間非整合性を測る指標だということである。

本モデルもまた一般化双曲割引モデルと同様に選好の逆転を記述できるものの、パラメータが1つ増えてモデルが複雑になっている。しかし、先行研究によれば、やはりヒトを対象に行った異時点間選択の質問紙調査において、指数割引モデル、双曲割引モデル、および本モデルのデータへのあてはまりを推定したところ、赤池情報量規準 (AIC) で本モデルがもっともあてはまりが良いことが示されている (e.g., Takahashi, Oono, & Radford, 2008; Han & Takahashi, 2012, Lu & Zhuang, 2014). <sup>\*25</sup>

$q$ -指数割引モデルは一般化双曲割引モデルと

$$s \geq 0, \quad q = \frac{s-1}{s}, \quad k_q = k_g s \quad (1.37)$$

という条件の下で等価である。ただし、 $q > 1$  の範囲 (すなわち、 $s < 0$  の範囲) を記述できるのは  $q$ -指数割引モデルのみなので、 $q$ -指数割引モデルが一般化双曲割引モデルを含むという包含関係が成立している。

---

<sup>\*25</sup> Takahashi et al.(2008) は、 $q$ -指数割引モデルと等価なモデルを用いて、指数割引モデルおよび双曲割引モデルとの比較を行った。

## 1.6 Time-based account

### 1.6.1 心理的歪みのモデル

1.3 節で現在焦点選好を生み出すモデルの一つとして、心理的歪みのモデルがあることを述べた。本節では、異時点間選択の研究においてとりわけ重要である時間知覚の歪みを考慮したモデル (Takahashi, 2005; Zauberman, Kim, Malkoc, & Bettman, 2009; Kim & Zauberman, 2009; Han & Takahashi, 2012) を説明する。心理的歪みのモデルは、意思決定者の時間やリスクの知覚が歪んでいるために選好が非整合的になると仮定する。例えば、異時点間選択で人びとが現在バイアスをもつために現在付近の割引率が一気に低下して選好の逆転を起こすのと似たような現象 (確実性効果) が、リスク下の意思決定でも観察される。行動経済学の理論であるプロスペクト理論 (Kahneman & Tversky, 1979; Tversky & Kahneman, 1992) は、人びとの確率の知覚の歪み—小さな確率を実際よりも大きく知覚し、反対に大きな確率を実際よりも小さく知覚する—を仮定して、この現象を説明したものである。<sup>\*26</sup>

### 1.6.2 Time-based account

異時点間選択においては、心理的歪みのモデルは人びとが客観時間を凹変換して主観的にとらえていると仮定する (Read, 2001; Takahashi, 2005; Takahashi, 2006)。すなわち、主観時間は客観時間が短いときにはその増分に対して大きく反応し (すなわち長く感じ)、客観時間が長くなるにつれてその増分がだんだんと小さくなっていく (すなわち、同じ時間でもだんだんと短く感じるようになる) という感応逓減性をもつ関数によって表現されると仮定する。

Takahashi (2005) は時間知覚が心理物理学のウェーバー・フェヒナーの法則<sup>\*27</sup>にしたがうとき、もし意思決定者が主観的には指数割引をしていたとしても、時間知覚の歪みによって割引が双曲的になる、すなわち選好が時間非整合的になることを数理的に示した。Takahashi (2005) は、ウェーバー・フェヒナーの法則にモデルの自由度を高めるための

---

<sup>\*26</sup> 確実性効果やプロスペクト理論については2章で説明する。

<sup>\*27</sup> ウェーバー・フェヒナーの法則とは、人間が外部から刺激量  $I$  の物理刺激を受けるときに、内部で表現される量、すなわち主観的な刺激量 ( $\tau(I)$ ) は、物理的な刺激の強さの対数に比例するという法則である： $\tau(I) = \ln(1 + I)$ 。例えば、重さの知覚や音の大きさの知覚、あるいは数の大きさの知覚もこの法則にしたがうことが知られている (Dehaene, 2003)。

フリーパラメータ ( $a$ ) と主観時間を無次元化するためのフリーパラメータ ( $b$ ) を加え、時間 ( $t$ ) の知覚に対してこの法則を適用した対数知覚モデル：

$$\tau(t) = a \ln(1 + bt) \quad (1.38)$$

を用いて、時間割引と時間知覚の関係を検討した。もし、意思決定者が主観的には指数割引をしているとすれば、割引モデルは式 (1.28) で  $t \rightarrow \tau(t)$  として、

$$U(t) = u(c) \exp[-k_e \tau(t)] \quad (1.39)$$

となる。ところが、この人が対数知覚モデルにしたがって物理時間を知覚しているとすれば、実際に観察される物理時間での割り引きは、

$$U(t) = u(c) \exp[-k_e a \ln(1 + bt)] = \frac{u(c)}{(1 + bt)^{k_e a}} \quad (1.40)$$

となり、双曲割引モデル (1.31) に一致する。つまり、意思決定者が主観時間で時間整合的な選好をもっていたとしても、主観時間が客観時間に感応遅減するような時間知覚の仕方をしていれば、時間非整合的な選好が観察されるのである。このように、選好の時間非整合性の原因を意思決定者の時間知覚の歪みに求める仮説を、本論文では time-based account と呼ぶ。

### 1.6.3 Time-based account の実証研究

Time-based account の妥当性は後続の複数の研究 (e.g., Zauberman et al., 2009; Kim & Zauberman, 2009; Takahashi et al., 2008; Han & Takahashi, 2012) によって実証されている。

#### 1.6.3.1 Zauberman et al. (2009)

Zauberman et al. (2009) では、実験参加者に 75 ドルのギフト券を今日もらうと想像してもらった。そしてこの受取が遅延 (3 ヶ月, 1 年, 3 年) した場合にいくら支払われたら受け取りを待つことができるかを示してもらい、さらに、現在から受け取り (3 ヶ月後, 1 年後, 3 年後) までの遅延時間をどれくらい長く感じるか (主観時間) を、180mm の線分上に線を引いて示してもらうという実験を、遅延を要因とした参加者間計画と参加者内計画の両方で行った。

その結果、いずれの実験計画においても主観時間が客観時間に対して感応遅減すること

が示された。<sup>\*28</sup> また、客観時間における時間割引率を推定すると、遅延期間が長いほど割引率が小さくなるという双曲割引の結果 (e.g., Thaler, 1981) に一貫する結果が示された。さらに、3ヶ月での線分の長さを基準に残りの遅延時間 (i.e., 1年, 3年) に対する線分の長さを時間 (月) に変換して主観時間における時間割引率を推定したところ、遅延期間によらず割引率が一定であることが示された。つまり、遅延するにつれて時間割引率が小さくなるのは、主観時間が客観時間に対して感応逡減するためであるとする Takahashi (2005) の主張が実証された。

### 1.6.3.2 Takahashi, Oono, & Radford (2008)

Takahashi, Oono, & Radford (2008) は時間割引課題<sup>\*29</sup> (Bickel et al., 1999; Ohmura et al., 2006) を行い、時間知覚の歪みを考慮しない指数割引モデル、双曲割引モデルと、べき知覚モデル (Stevens, 1957) :

$$\tau(t) = at^b \quad (1.41)$$

(ただし、 $a, b$  はフリーパラメータである) と対数知覚モデル (1.38) のそれぞれで時間知覚の歪みを考慮した計4つのモデルで当てはまりの良さを比較した。その結果、グループレベルにおいても個人レベルにおいても、時間知覚の歪みを考慮したモデルの方がデータに対する当てはまりがよく、対数知覚モデルで考慮したモデルの方がべき知覚モデルで考慮したモデルよりも当てはまりが良いことが示された。この結果は、従来の客観時間で考えていた時間割引モデルよりも、意思決定者の時間知覚の歪みを組み込んだモデルの必要性を示唆する。

### 1.6.3.3 Han & Takahashi (2012)

Han & Takahashi (2012) は、 $q$ -指数割引モデルを用いて、割引モデルがどれだけ指数割引モデルから乖離しているか、すなわち時間非整合性を示すパラメータ ( $q$  値: 1 に近いほど指数割引からの乖離が小さい) を、利得と損失の両局面における時間割引課題から推定した。さらに Zauberman et al. (2009) の時間知覚課題を組み合わせることで、心理時間における  $q$  値を推定し、物理時間における  $q$  値と比較した。

その結果、利得、損失いずれの局面においても、心理時間における  $q$  値の方がより 1 に近い値となることが示された。つまり、心理時間と物理時間が非線形の関係にあるために、

<sup>\*28</sup> Zauberman et al. (2009) は時間知覚関数を推定することが論文の目的ではないと断りながらも、対数知覚モデルとべき知覚モデル (Stevens, 1957) と線形知覚モデル ( $\tau(t) = at$ ) との比較を行い、対数知覚モデルがもっとも当てはまりが良いことを示している。

<sup>\*29</sup> 時間割引課題については後に第3部で説明する。

実際に観察される物理時間での時間割引が、心理時間での時間割引より時間非整合的になっていたことが示された。さらに、Han & Takahashi (2012) では、利得局面の方が損失局面よりも時間割引の程度が大きくなる符合効果 (e.g., Frederick et al., 2002) も、両局面での時間知覚の歪みの非対称性によって説明されることを示した。

#### 1.6.4 心理的歪みのモデルとコミットメントの関係

この節の最後に、心理的歪みのモデルとコミットメントの関係について述べる。Ericson & Laibson (2019) の現在焦点選好モデル (表 1.2) で、本モデルは右下のセル、すなわち選好は「時間非整合的」で、コミットメントは「なし」に位置づけられている。選好が時間非整合的なのは、すでに述べたように、時間知覚の歪みがあるために実際には双曲的な割引が観察されることから明らかだろう。またコミットメントが「なし」に位置づけられるのは、このモデルで意思決定者が主観的には指数割引をしていることによる。言い換えると、意思決定者の主観では、自身のタイプは表 1.2 の左下の指数割引になっているのである。したがって、この人にとっては、選好の逆転が起こることがないと認識されているためにコミットメントの必要性はない。しかし、実際には時間知覚が線形ではないために双曲割引が観察されるにも関わらず、何のコミットメントもしなかったために、計画破綻などの問題が生じ得るのである。

## 1.7 時間割引における非整合性の先行研究の課題

本章の最後に、前節までに記してきたことを踏まえて、時間割引における非整合性を研究する意義について、先行研究でまだ明らかになっていないことともに述べる。

### 1.7.1 DI, DRI に関する研究の不十分さ

ここまでに述べてきたように、異時点間選択で選好の逆転はヒトだけでなくその他の種においてもしばしば観察されている。選好の逆転は、実社会を生きるわれわれに計画倒れや約束の反故といった重大な問題を引き起こす。例えば「明日からは禁煙しよう」という計画を先延ばしにしたり、あるいは、期日までに借りたお金を返せずに負債を蓄積してしまう。実際、選好の逆転の起こりやすさは、肥満や喫煙などの健康上の問題や負債などの社会的問題行動と関連することが示されている (e.g., 池田, 2012)。つまり、選好の逆転は個人の厚生を左右する。このことを 1.2.4 節で詳しく取り上げた。また同節では、マクロ経済学の教科書では選好の逆転を起こさないことが仮定されて、つまり、指数割引が仮定されて社会経済政策の処方箋を与えていることも述べた。これは言い換えると、選好の逆転の存在は、増税をするタイミングを計るなどといった社会経済政策を立案する上でも無視できないということである。このように、選好の逆転は個人だけの問題にとどまらず、社会経済といったマクロな問題の観点からも極めて重要な現象である。したがって、選好の逆転の程度を定量化し、それが何によって影響を受けるのかを明らかにすることは、これらの問題を解消していく糸口になるだろう。

選好の逆転はこれまでに経済学者や心理学者によってさまざまにモデル化されてきた。しかし、選好の逆転の起こりやすさを測るということに主眼をおいた研究は近年になって増えてはいるものの、まだそれほど多くはない (Rohde, 2019)。Prelec (2004) と Rohde (2009) はそれぞれ異時点間選択の結果が 1 つ/2 つの場合に、選好の逆転の起こりやすさを測る指標として、decreasing impatience/decreasing relative impatience を定式化し、またその程度 (DI や DRI) を割引関数から求める方法を示した。ところが、これらの研究は指標の定義および導出にとどまっており、具体的な割引モデルの DI, DRI が時間や割引パラメータに依存してどのように振る舞うかまでは調べられていない。また、具体的な割引モデルを仮定して、実際のデータから DI, DRI を推定した研究はなく<sup>\*30</sup>、別の時

<sup>\*30</sup> DI や DRI ではないが、別の指標 (DI-index) を用いて、質問紙の回答から時間非整合性を推定した研究はある (Rohde, 2019)。

間非整合性指標 (e.g.,  $q$  値) との関係は不明である。

### 1.7.2 DI, DRI と時間知覚の関係

DI と DRI が時間知覚とどのような関係にあるのかについての知見はさらに乏しく, Takahashi (2011) が DI と時間知覚の関係について理論的な考察を行ったのみである。Takahashi (2011) は, 心理時間 ( $\tau$ ) で指数割引をする場合に, DI が時間知覚関数 ( $\tau(t)$ ) の凸性と等価であること, および, 特に時間知覚が対数知覚モデルにしたがう場合に, DI がただ 1 つの時間知覚パラメータ ( $b$ ) にのみ依存することを数理的に示した。さらに, Takahashi (2011) は割引モデルが  $q$ -指数割引モデルの場合の DI も求めた。ところが, そこで求められた DI では時間知覚が考慮されていない。意思決定者の心理時間での割り引きが, 必ずしも指数割引にしたがうとは限らないことを考えると, 指数割引モデルも双曲割引モデルも包含するより一般性の高い  $q$ -指数割引モデルで, 時間知覚を考慮した場合の DI を求め, これが時間や割引パラメータに依存してどのように振る舞うかを明らかにすることは, DI と  $q$  値の関係を明らかにする糸口になると考えられる。

時間非整合性の指標である DI や DRI と  $q$  値の関係を明らかにするために, DI や DRI が時間知覚の歪みからどのように影響を受けるかを調べることは有効だろう。Han & Takahashi (2012) は,  $q$ -指数割引モデルを用いて, 割引関数がどれだけ時間整合的な割引関数から乖離しているかを示す  $q$  値が, 時間知覚の歪みがあるためにより非整合的な値になっていた (i.e.,  $q$  値が 1 から離れていた) ことを示して, time-based account を裏付けていた。そのことを考えると,  $q$  値とは別の時間非整合性指標である DI, DRI もまた, 時間知覚の歪みの影響を受ける一時間知覚の歪みがあるためにより非整合的な値になる一かどうかを実証することは, time-based account の妥当性を強固にするためにも有効だと考えられる。

また, ここまでは主に DI について言及してきたが, DRI についても同様のことが明らかになっていない。DRI は式の上では, DI に時間割引率を足しただけなのでかんたんに求まる。しかし, 時間割引率が時間変化するような場合には, DRI の時間やパラメータ依存性は単純に DI と同じものにはならないだろう。そこで, やはり同一データから DI と DRI の両方を推定して, 両者の振る舞いの違いを調べることも必要だと考えられる。

## 第 2 章

# 確率割引

### 2.1 リスク下の意思決定モデル

#### 2.1.1 期待効用理論

##### 2.1.1.1 期待効用理論の前身

われわれは日常的に、実現確率と帰結が異なる複数の選択肢の中からどれかを選択する場面に直面している。例えば、宝くじを買うかどうかは、かなり高い確率で購入金額を失い、かなり低い確率で高額の高額当選金額を得る「購入する」という選択肢と、確実に損も得もしない「購入しない」という選択肢のいずれかの選択である。あるいは、収益率とリスクが異なるさまざまな株式が存在する株式市場で、どの株を買うかを選択する株式投資もその例だろう。このようなリスク下における意思決定を基礎づけたのが、以下で述べる期待効用理論 (von Neumann & Morgenstern, 1947) である。

期待効用理論の萌芽は、聖ペテルブルグ (サンクトペテルブルク) のパラドックスとして知られる有名な賭けにある。これは 1738 年に数学者 Daniel Bernoulli (ダニエル・ベルヌーイ) によって考案された次のようなものである。偏りのないコインを表が出るまで投げ続け、 $n$  回目に表が出れば  $2^n$  円の賞金が与えられるというゲームにいくらであれば参加したいと思うかを尋ねると、その参加費は有限の値になるというものである。一方、このゲームに参加することによって得られる賞金の期待値は、

$$\frac{1}{2} \times 2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 2^2 + \dots + \left(\frac{1}{2}\right)^n \times 2^n = 1 + 1 + \dots = \infty$$

となる。よって、もし人々が賞金の期待値をもってゲームに参加するか否かの意思決定を行っているとするならば、参加費が (有限の値の範囲で) いくら高くても参加すべきであると

結論づけられる。しかし、実際にこのゲームに思考実験で参加する際の人々の参加費はせいぜい数百円程度であることが知られている。したがって、いくら高くても参加すべきであるというのは直観に反する。このパラドックスは、ゲームから得られる利得が期待値で与えられるという前提に問題がある。Bernoulli は対数関数型の効用関数を導入し、人々は期待値ではなく期待効用、つまり、事象が生起する客観確率とその事象から得られる効用の積をもとに意思決定を行うとして、この問題に解決を与えた。

### 2.1.1.2 期待効用理論の概要

Bernoulli のアイデアからおよそ 200 年後に、数学者・物理学者の John von Neumann と経済学者の Oskar Morgenstern は『ゲーム理論と経済行動』を著し、期待効用理論の公理的な基礎付けを行った。以来、期待効用理論はリスク下での意思決定の基礎的な理論となり、ミクロ経済学をはじめ意思決定にまつわる種々の学問のベースとなっている。

期待効用理論とは、リスク下にある合理的な意思決定者は、期待効用を最大化するように行動するとする仮定である。より形式的に記すと、複数の状態  $i (i = 1, 2, \dots, n)$  があり、それぞれの状態の実現確率を  $p_i$ 、状態  $i$  が生じることによって意思決定者が得られる効用を  $u_i$  とするとき、意思決定者が合理的であるならば、期待効用

$$EU = \sum_{i=1}^n p_i u_i \quad (2.1)$$

が最大となるような意思決定を行うと考えるのである。

簡単な例として、2つのくじ

A: (10 万円, 1) = 確実に 10 万円がもらえる

B: (50 万円, 0.1) = 10% の確率で 50 万円がもらえる

があるとする。効用関数を  $u(\cdot)$  とすると、くじ A を選ぶ場合の期待効用は、 $EU_A = 1 \times u(10 \text{ 万円})$  であり、一方、くじ B を選ぶ場合の期待効用は、 $EU_B = 0.1 \times u(50 \text{ 万円}) + 0.9 \times u(0 \text{ 円})$  である。したがって、期待効用理論に従えば、この意思決定者の効用関数が、 $u(10 \text{ 万円})/u(50 \text{ 万円}) > 0.1$  を満たしていれば、 $EU_A > EU_B$  より、この意思決定者はくじ A を選ぶべきとなる。

### 2.1.1.3 期待効用理論の公理

期待効用理論は、完備性、推移性、連続性、独立性などのいくつかの公理から成り立つ公理論である (von Neumann & Morgenstern, 1947; Jensen, 1967; Fishburn, 1988)。完

備性と推移性は選択肢間の選好関係を関数として表すために必要なものであり、連続性は技術的な仮定である(友野, 1991)。後の議論に深く関わるのはこのうちの独立性公理である：

独立性公理：

任意の2つの財  $x, y$  について、もし  $x \succeq y$  ならば、任意の第3の財  $z$  と任意の確率  $p$  について、

$$(x, p; z, (1-p)) \succeq (y, p; z, (1-p)). \quad (2.2)$$

これは要するに、 $x \succeq y$  ならば、両財に無関係な財を適当な確率で混ぜても選好は変わらないということである。しかし、独立性公理が破れる事例の存在が、以下で説明するアレのパラドックスなど後続の実証研究によって確認されている。

## 2.1.2 アレのパラドックスと共通比効果

### 2.1.2.1 アレのパラドックス

フランスの経済学者 Maurice Allais は、後にアレのパラドックス (Allais' paradox) として知られるくじの選択を通して、多くの意思決定者において独立性公理が破れていることを示し、期待効用理論を批判した (Allais, 1953; Allais, 1979)。Allais は次のような2つの選択それぞれで、どちらのくじを購入したいかを尋ねた。<sup>\*1</sup>

選択 1

A : 確実に 10 万円がもらえる

B : 確率 10% で 25 万円, 89% で 10 万円, 1% で 0 円がもらえる

選択 2

C : 確率 11% で 10 万円, 89% で 0 円がもらえる

D : 確率 10% で 25 万円, 90% で 0 円がもらえる

Allais (1953) によれば、多くの人が、選択 1 ではくじ B よりくじ A を、選択 2 ではくじ C よりくじ D を選好する。しかし、このような意思決定は独立性公理を破るものである。なぜならば、選択 1 でくじ A を選好したことから

$$\begin{aligned} u(10) \times 1 &> u(25) \times 0.10 + u(10) \times 0.89 + u(0) \times 0.01 \\ &\Leftrightarrow u(10) \times 0.11 > u(25) \times 0.10 + u(0) \times 0.01 \end{aligned}$$

---

<sup>\*1</sup> ただし、ここで示す例は、実際に Allais が提示したものと数字や通貨は異なる。

が成り立つ一方で、選択 2 でくじ D を選好したことから

$$\begin{aligned}u(10) \times 0.11 + u(0) \times 0.89 &< u(25) \times 0.10 + u(0) \times 0.90 \\ \Leftrightarrow u(10) \times 0.11 &< u(25) \times 0.10 + u(0) \times 0.01\end{aligned}$$

もまた同時に成り立つ。しかし、これら 2 つの選好を同時に満たす効用関数  $u(\cdot)$  は存在しない。

この例が示しているのは、元の財と無関係な財を適当な確率で混ぜ合わせるたときに、選好関係が変わることがあるということである。つまり、独立性公理が破れる例となっているのである。したがって、Allais の提示したくじの選択で上のような選択をする個人は、独立性公理を破るという意味で合理的な意思決定者ではないのだ。

### 2.1.2.2 共通比効果

アレのパラドックスは共通比効果の一つの現われである。共通比効果の定義は次の通りである：

定義 (共通比効果 (1))

選好  $\succeq$  が 2 つのくじ  $(x, p), (y, q)$  ( $y > x > 0, p > q$ ) と  $\theta \in (0, 1)$  について

$$(x, p) \succeq (y, q) \quad \text{かつ} \quad (y, \theta q) \succ (x, \theta p) \quad (2.3)$$

であるとき、この選好において共通比効果が観察されたという。

特に  $p = 1$  のときを確実性効果と呼ぶ。アレのパラドックスは、確実性効果の現れである。つまり、アレのパラドックスは共通比効果の特殊なケースである。

共通比効果を示す選好を持つ人においては、くじのリスクを  $\theta p$  から  $\theta q$  に減らすことの価値 (相対的に低い確率においてリスクを軽減することの価値) が、くじのリスクを  $p$  から  $q$  に減らすことの価値 (相対的に高い確率においてリスクを軽減することの価値) よりも小さくなっている。すなわち、リスクの変化に対する感応性が確率の減少にともなって低くなっている。これはリスク下における選択での選好の逆転である。しかし期待効用理論では、このような選好の逆転を説明することができない。

## 2.1.3 プロスペクト理論

### 2.1.3.1 プロスペクト理論とは

アレのパラドックスの具体例で見たように、期待効用理論では共通比効果が説明できない。そこで、心理学者の Daniel Kahneman と Amos Tversky はこの問題を解決すべ

く、期待効用理論を拡張したプロスペクト理論を考案した (Kahneman & Tversky, 1979; Tversky & Kahneman, 1992).

期待効用理論では合理的な個人は、客観確率と効用関数の積である期待効用を最大化するように振る舞うと考えた。それに対しプロスペクト理論では、合理的な個人は、客観確率に重みを付けた確率、確率加重関数

$$w(p) = \frac{p^\gamma}{[p^\gamma + (1-p)^\gamma]^{1/\gamma}} \quad (2.4)$$

と、価値関数

$$v(x) = \begin{cases} x^\alpha \\ -\lambda(-x)^\beta \end{cases} \quad (2.5)$$

の積  $w(p)v(x)$  によって定まる価値  $V$ ，すなわち

$$V(x, p) = w(p)v(x) \quad (2.6)$$

を最大化するように振る舞うと考える。ただし、価値関数の引数  $x$  は財の量そのものではなく、財の量の変化を表す \*2(図 2.1)。また、 $\gamma, \alpha, \beta, \lambda$  はフリーパラメータである。

---

\*2 その意味では、 $v(\Delta x)$  と記すべきかもしれないが、本論文では  $v(x)$  と記す。

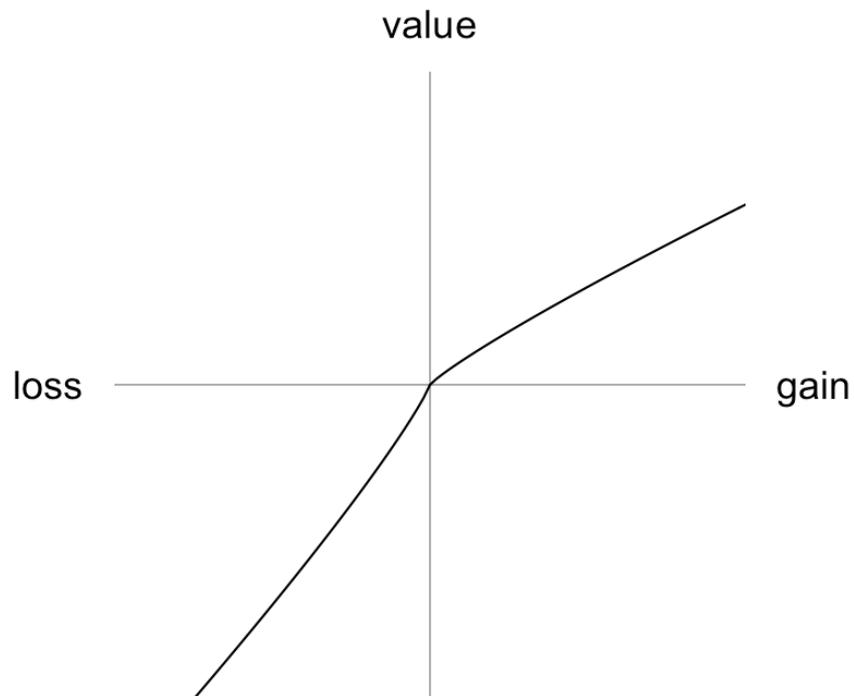


図2.1: 典型的な価値関数  
 横軸は財の変化, 縦軸は主観的価値である. (2.5) で  $\alpha = \beta = 0.88, \lambda = 2.25$  として描いた.

確率加重関数 ( $w(p)$ ) とは, 客観確率  $p$  を意思決定者の主観によって重み付けした  $p$  の非線形な増加関数である. 重み付けは, 客観確率が 0 に近いときは大きくなり ( $w(p) > p$ ), 反対に客観確率が 1 に近いときは小さくなる ( $w(p) < p$ ). また, およそ  $p \simeq 0.4$  あたりで  $w(p) = p$  となることが知られている (図 2.2).

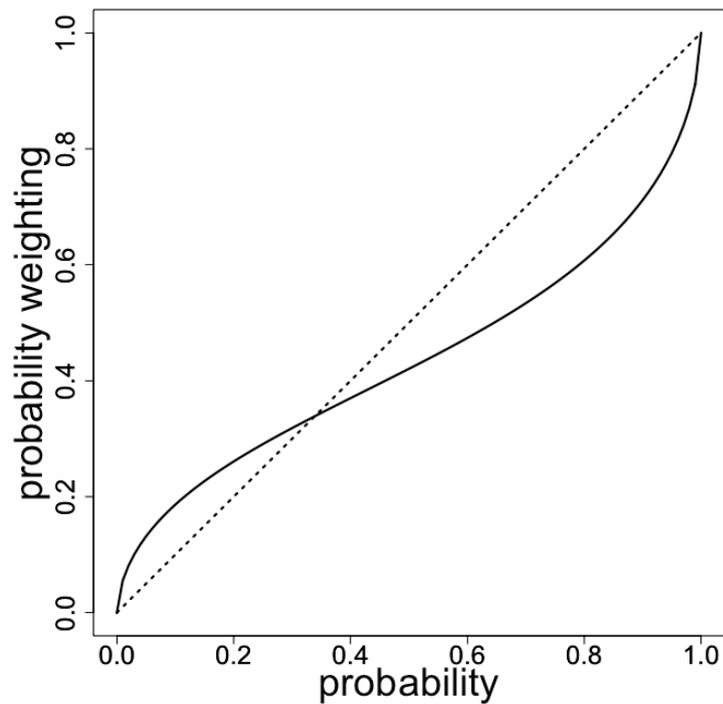


図2.2: 典型的な確率加重関数

横軸は客観確率，縦軸は重み付きの確率，すなわち確率加重関数である．(2.4)で $\gamma = 0.61$ として描いた．

さらに確率加重関数は劣確実性：

$$w(p) + w(1 - p) < 1 \quad (2.7)$$

という，確率加重を足し合わせると1よりも小さくなるという性質を持っている．この性質は，プロスペクト理論でアレのパラドックスを説明するための必要条件である．

価値関数  $v(x)$  は，期待効用理論における効用関数  $u(x)$  に対応するもので，その形状は利得領域では凹関数，損失領域では凸関数である．また，損失領域において関数がより急峻となるのも大きな特徴である (図 2.1)．

### 2.1.3.2 確率加重関数を用いた共通比効果の表現

確率加重関数を用いると，共通比効果は次のように表すことができる。

定義 (共通比効果 (2))

$$\frac{w(\theta p)}{w(p)} < \frac{w(\theta q)}{w(q)}. \quad (2.8)$$

ただし，確率加重関数  $w(p)$  は  $p$  の増加関数で，劣確実性を満たす。

したがって，この定義を満たすような確率加重関数  $w(p)$  を用意すれば，理論的には共通比効果を説明することができる。実際，Tversky & Kahneman (1992) の確率加重関数 (2.4) はこの定義を満たす。<sup>\*3</sup> あるいは，Prelec (1998) の提唱した劣加法性<sup>\*4</sup> を満たす確率加重関数

$$w(p) = e^{-\beta(-\ln p)^\alpha}, \quad (2.9)$$

もまた上の定義を満たし，共通比効果を説明し得る。ただし， $\alpha, \beta$  はフリーパラメータを表す。このように，適当な確率加重関数によって，プロスペクト理論は期待効用理論では説明できなかった共通比効果というアノマリーを説明し得る。<sup>\*5</sup>

---

<sup>\*3</sup> ただし，Tversky Kahneman (1992) の価値関数

$$v(x) = \begin{cases} x^\alpha & (x \geq 0) \\ \lambda(-x)^\beta & (x < 0) \end{cases}$$

および，確率加重関数

$$w(p) = \frac{p^\gamma}{p^\gamma + (1-p)^\gamma}^{1/\gamma}$$

に典型的なパラメータ値を用いて計算しても，アレのパラドックスは解決しないことが知られている (大垣・田中, 2012)

<sup>\*4</sup> 劣加法性とは，以下のような選好を満たす確率の性質をいう。

定義 (劣加法性) :  $(x, p) \sim (y, q)$  を満たす任意の2つのくじについて，

$$(y, \theta q) \succ (x, \theta p)$$

が成り立つ。ただし， $0 \leq \theta \leq 1$  である。

<sup>\*5</sup> 実際には確率加重関数だけでは不十分で，参照点の移動を仮定する必要がある。

## 2.2 確率割引

### 2.2.1 行動主義心理学のリスク選好に対するアプローチ

従来の新古典派経済学では、基本的にリスク選好を時間選好と切り離し、それぞれ異なる枠組みで研究がなされてきた。それに対し行動主義心理学では、リスク(確率)を時間に変換可能であるという仮定の下で、リスク選好(確率割引)を時間選好(時間割引)の議論に結びつける研究がなされてきた。ただし、近年は経済学でもこれら2つの選好を同一の枠組みで扱う研究に注目が集まってきている。本節では、行動主義心理学の研究がどのようにしてリスクを時間と関連させてきたかについて述べる。

### 2.2.2 オッズアゲインスト

いま、確率  $p$  で報酬が当たるギャンブルを考える。もしこのギャンブルを繰り返したとすると、報酬が当たるまでの平均待ち回数  $d$  は、平均試行回数から 1 を引いたものと等しい (Rachlin et al., 1986; Rachlin et al., 1991)。すなわち、

$$d = \frac{1}{p} - 1.$$

1 を引くのは、1 回目の試行で当たる場合の待ち回数が 0 回であるためである。例えば、 $p = 1/3$  のギャンブルであれば、1 回報酬を手に入れるまでに平均して 3 回このギャンブルをやる必要がある。したがって、平均待ち回数は、 $d = 3 - 1 = 2$  回である。

平均待ち回数は、繰り返しのあるギャンブルで勝つまでの平均の負け回数である。これを当たらない確率  $1 - p$  と当たる確率  $p$  の比として、オッズアゲインスト：

$$O = \frac{1 - p}{p} \tag{2.10}$$

と呼ぶ。行動主義心理学ではこのオッズアゲインストを、ギャンブルのようなりスク下での選択における利得/損失までの遅延時間と考える。この仮定を、本論文では確率一遅延可換説と呼ぶことにする。以下では、基本的にこの仮定が成り立つものとして議論を進める。

### 2.2.3 確率割引とは

確率一遅延可換説の下では、報酬を得る確率が低下することは、報酬を得るまでの遅延が増大することと同じ意味を持つ。そうであれば、報酬を受け取るまでの遅延が増大する

と報酬の主観的な価値が変化したように、報酬獲得確率の減少にともなって、その報酬の主観的な価値も変化すると考えられる。このような報酬獲得確率の減少、すなわちオッズアゲインストの増大にともなって、報酬の主観的な価値が低下する現象を確率割引と呼ぶ。

Rachlin et al. (1991) は確率一遅延可換説に基づき、従来は時間割引を引き起こすとされていた人びとの「待てなさ」が不確実な報酬の主観的な価値を減ずるものにもなっていると、時間割引のアナロジーで次のような指数確率割引モデルと双曲確率割引モデルを提案した (図 2.3) :

$$V(O) = A \exp[-hO] \quad (\text{指数確率割引モデル}) \quad (2.11)$$

$$V(O) = \frac{A}{1+hO} \quad (\text{双曲確率割引モデル}) \quad (2.12)$$

ただし、 $O$  は報酬の実現確率  $p$  のオッズアゲインスト  $O = (1-p)/p$  を、 $A$  は報酬量を、 $h$  は割引の程度をそれぞれ表す。

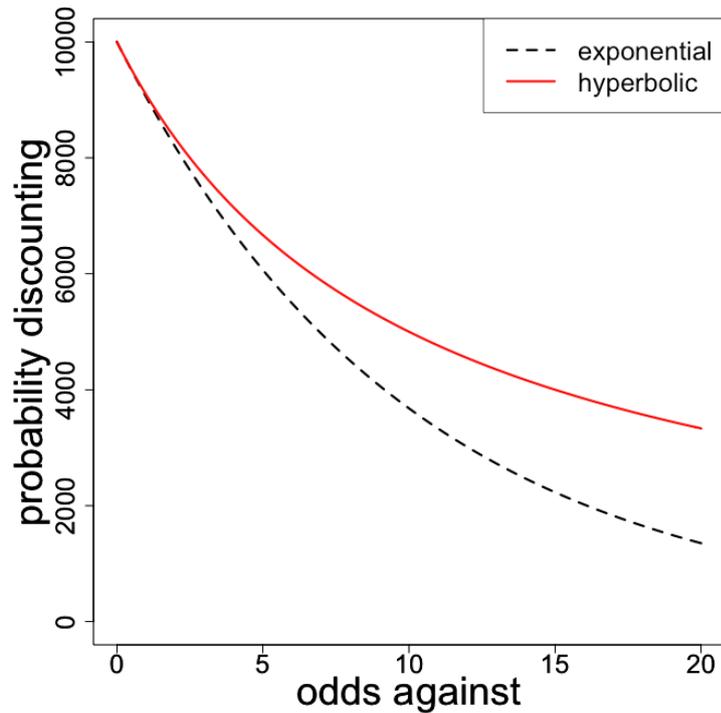


図2.3: 指数確率割引モデルと双曲確率割引モデル

横軸はオッズアゲインスト，縦軸は確率割引である．赤実線は指数確率割引モデル，黒破線は双曲確率割引モデルをそれぞれ表す． $A = 100000, h = 0.1$  として描いた．

さらに，Rachlin et al. (1991) は心理物理学の手法である極限法<sup>\*6</sup>を用いて，ヒトにおいて仮想報酬の確率割引をはじめて測定し，得られた無差別点<sup>\*7</sup>に上記2つの確率割引モデルを当てはめた．その結果，時間割引と同様に，双曲割引モデルのほうが指数割引モデルよりも決定係数で当てはまりが良いことが示された．

<sup>\*6</sup> 1000ドルと主観的に等価な確実報酬額を，複数の確率条件について求めた．

<sup>\*7</sup> 選択する際，双方の主観的な価値が等価であるとみなされる点．主観的等価点ともいう．無差別点の具体的な求め方については後述する．

#### 2.2.4 その他の確率割引研究

Rachlin et al. (1991) と同じく人を対象とし、極限法を用いて仮想報酬の確率割引を調べた研究でも、やはり双曲確率割引の方が指数割引よりも当てはまりが良いことが示されている (Ostaszewski et al., 1998; 実光・大河内, 2007; Green, Myerson, & Vanderveldt, 2014). また、実際の報酬を用いた場合にも、同様に双曲確率割引がデータをよく記述されることが報告されている (Richards, Zhang, Mitchell, & de Wit, 1999; 実光・大河内, 2007). 動物を対象にした確率割引の研究は数が少ないが、上記のような確率割引の枠組みでラットのリスク傾向を示した研究はある (Mobini et al., 2000). その研究では、確実に得られる小さな報酬の選択肢 (ペレット 1 個; 確率 1) と不確実な大きな報酬の選択肢 (ペレット 2 個; 確率 0.08~0.88) を提示して、不確実選択肢の確率を変えていき、確実選択肢と無差別となる確率 (0.32) を求めて、ラットがリスク愛好的であることが報告されている.

## 2.3 確率割引における選好の逆転

### 2.3.1 双曲確率割引モデルの特徴

指数確率割引モデル (2.11) および双曲確率割引モデル (2.12) の特徴を概観する。いずれも時間割引での指数割引モデルおよび双曲割引モデル同様の特徴を持っている。すなわち、割引の程度  $h$  が共通の場合、割引曲線は、オッズアゲインストが小さい部分 (報酬獲得確率が大きな部分) では確率双曲割引モデルの方が指数確率割引モデルよりも急激に減少する (主観的価値が急激に低下する) のに対し、反対にオッズアゲインストが大きい部分 (報酬獲得確率が小さな部分) では双曲確率割引モデルの方が緩やかに減少する (主観的価値が緩やかに低下する)(図 2.3)。

この双曲確率割引モデルのもつ性質によって、選好の逆転を捉えることができるというのもまた時間割引のときと同様である。すなわち、オッズアゲインストが大きい (報酬獲得までの平均待ち時間が長い) ときには、オッズアゲインストが  $\Delta O$  だけ増えてもより大きな報酬を選好する一方で、ある程度の待ち時間が経過して、オッズアゲインストが小さい (報酬獲得までの平均待ち時間が短い) ときには、オッズアゲインストが同じ  $\Delta O$  だけ増えると、よりオッズアゲインストの小さい目先のより小さな報酬を選好するようになる。

### 2.3.2 プロスペクト理論との対応

このことをオッズアゲインストではなく確率を用いて言い換えると次のようになる。報酬獲得の確率が小さいときには、より大きな報酬を得るために報酬獲得の確率が  $\Delta p$  だけ低下するのを許容できる一方で、報酬獲得の確率が大きいときには、より大きな報酬を得るためであっても報酬獲得の確率が  $\Delta p$  だけ低下することを許容できない。つまり、確率が大きいと確率の低下が実際よりも大きく見積もられ、反対に確率が小さいと確率の低下がそれほど大きく見積もられない。言い換えると、報酬獲得のリスクが増大することに対する報酬の主観的価値の低下の度合いが、確率の低下にともなって小さくなっているわけである。これは共通比効果に他ならない。

このことが意味するのは、リスクの伴う選択において、報酬の主観的価値を双曲的に割り引く関数は小さい確率を実際よりも大きく見積もり、反対に大きい確率を実際よりも小さく見積もるような確率加重関数 (e.g., Kahneman & Tversky, 1979) を表現することができるということである。したがって、双曲確率割引モデルは、プロスペクト理論の価値

関数を  $v(x) = V$  (線形効用の仮定), 確率加重関数 ( $w(p)$ ) を双曲割引関数

$$w(p) = \frac{1}{1 + hO(p)} = \frac{1}{1 + h\left(\frac{1-p}{p}\right)} \quad (2.13)$$

とおいたものとみなすことができる. ただし,  $V$  は報酬量を表す. そこで双曲確率割引関数 (2.13) を, 割引の程度を表すパラメータ  $h$  として  $h = 0.5, 1, 3$  を選んで確率の関数として描くと図 2.4 のような概形になる.

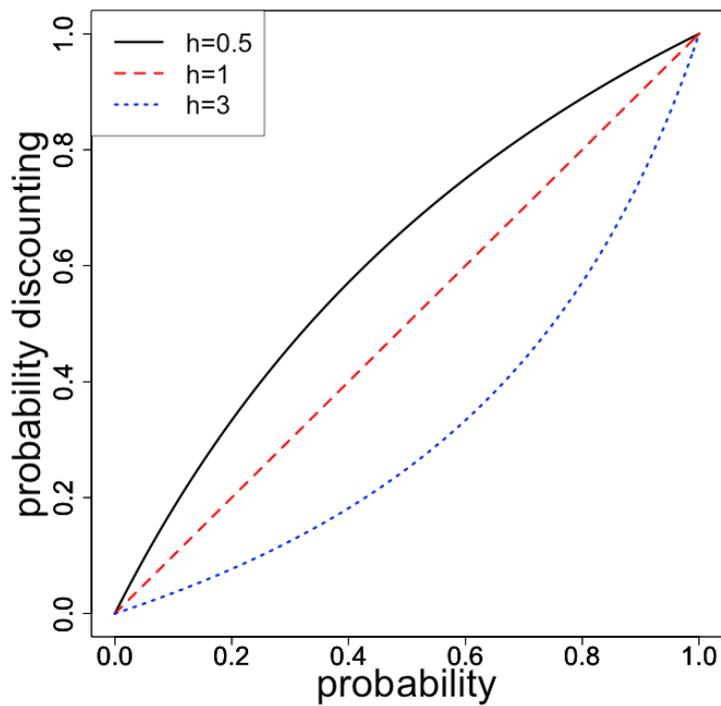


図2.4: 双曲確率割引関数 (Rachlin et al., 1991)

横軸は確率を, 縦軸は確率割引, すなわち主観的確率を表す. 黒実線, 赤破線, 青点線はそれぞれ  $h = 0.5, 1, 3$  のときの割引関数.

図 2.4から、 $h = 1$  のときに確率的な報酬はその期待値  $pV$  にしたがって線形に割り引かれること、 $h > 1$  のときに期待値と比べて過大に割り引かれること、反対に  $h < 1$  のときには期待値と比べて過小に割り引かれることがわかる。Kahneman & Tversky (1979) の確率加重関数を表現するためには、 $h > 1$  が必要である。<sup>\*8</sup>

また、割り引きの程度を表すパラメータとリスク態度との間には、 $h > 1$  ならばリスク回避的、 $h = 1$  ならばリスク中立的、 $h < 1$  ならばリスク愛好的であるという関係がある (Green et al., 1999)。よって、双曲的な確率割引を示す意思決定者のリスク態度はリスク回避的である。実際、Rachlin et al. (1991) は、無差別点のグループ中央値に双曲確率割引モデル (2.12) を当てはめたところ、 $h = 1.6$  を得た。つまり、グループレベルでは、人びとは利得領域においてリスク回避的であった。この結果は、利得領域において人びとはリスク回避的に振る舞うとするプロスペクト理論の結果 (Kahneman & Tversky, 1979) と整合的である。したがって、これらを踏まえると、リスクの伴う選択において、報酬の主観的価値が双曲的に割り引かれることによって生じる選好の逆転は、一般に利得領域で人びとがリスク回避的であることに起因すると考えることができる。

### 2.3.3 確率割引の選好の逆転が示唆すること

確率割引の枠組みはその黎明期からすでに、上に記したようなプロスペクト理論との類似性が意識されていた (Rachlin et al., 1986)。つまり、はじめにこの概念が提唱された Rachlin et al. (1991) においてすでに、確率割引で選好の逆転が起こることは理論の範疇内にあったと言える。したがって、時間割引で選好の逆転が伝統的に用いられてきた指数割引効用理論の枠組みを逸脱したようなアノマリーは生じてないと言える。

確率割引における選好の逆転が示唆することはむしろ、確率割引関数がプロスペクト理論の確率加重関数に対応することや、確率割引関数が時間割引関数と同じように双曲的な形状になるという形式的な類似性であって、経済学ではこれまで別々の理論体系として発展してきた異時点間選択とリスク下の選択とを、統一的な枠組みで捉えることができるかもしれないという可能性である。

---

<sup>\*8</sup> ただし、 $h > 1$  であっても上の双曲確率割引モデルでは、Kahneman & Tversky (1979) の確率加重関数の逆 S 字が再現できるわけではない (Takahashi, Han, Nishinaka, Makino, & Fukui, 2013)。このことは、後に 2.4 節で取り上げる。

## 2.4 確率割引の非整合性と割引モデル

### 2.4.1 モデルの拡張

本節では、まず、双曲確率割引モデルの拡張として、一般化双曲確率割引モデルとそれを用いた先行研究を紹介する。次いで、一般化双曲確率割引モデルと等価な  $q$ -指数確率割引モデルを導入し、このモデルが持つ重要な性質を紹介する。

### 2.4.2 一般化双曲確率割引モデル

Ostaszewski (1997) は、時間割引と確率割引の形式的な類似性に着目し、時間割引において双曲割引を一般化双曲割引モデルへと拡張することでよりデータへの当てはまりの良さが改善したように (Myerson & Green, 1995)、確率割引においても同様の一般化が (データへの当てはまりという意味で) よりモデルの改善につながると考えた。その一般化双曲確率割引モデルは、次の通りである：

$$V = \frac{A}{(1 + h_q O)^s}. \quad (2.14)$$

ただし、 $s$  はオッズアゲインストに対する感度と報酬量に対する感度の比を表すフリーパラメータで、その他の  $V, A, h_q, O$  の意味は式 (1.33) と同じである。

一般化双曲確率割引モデル (2.14) が、フリーパラメータ数を統制した上でも、なお双曲確率割引モデルよりもデータに対する当てはまりが良いことは、Ostaszewski (1997) のほか、ヒトを対象に仮想場面を用いて確率割引を検討したいくつかの先行研究でも示されている (Green et al., 1999; Du et al., 2002; Myerson et al., 2003; McKerchar et al., 2009)。

### 2.4.3 $q$ -指数確率割引モデル

一方、Takahashi et al. (2007) は、やはり時間割引との形式的な類似性に基づいて、 $q$ -指数関数 (1.35) を用いて双曲確率割引モデルの一般化を行った。 $q$ -指数確率割引モデルは次の通りである：

$$V = \frac{A}{[1 + h_q(1 - q)O]^{\frac{1}{1-q}}}. \quad (2.15)$$

ここに、 $q$  は  $q$ -指数割引モデル (1.36) と同様、指数関数からの乖離を表すフリーパラメータで、 $q \rightarrow 1$  なら式 (2.15) は指数確率割引モデル (2.11) に、 $q = 0$  なら双曲確率割引モデル (2.12) にそれぞれ一致する (図 2.5). すなわち、パラメータ  $q$  は割引の非整合性 (指数割引からの乖離度) を表す. このことも、第 1 章で記した  $q$ -指数割引モデルと同様である.

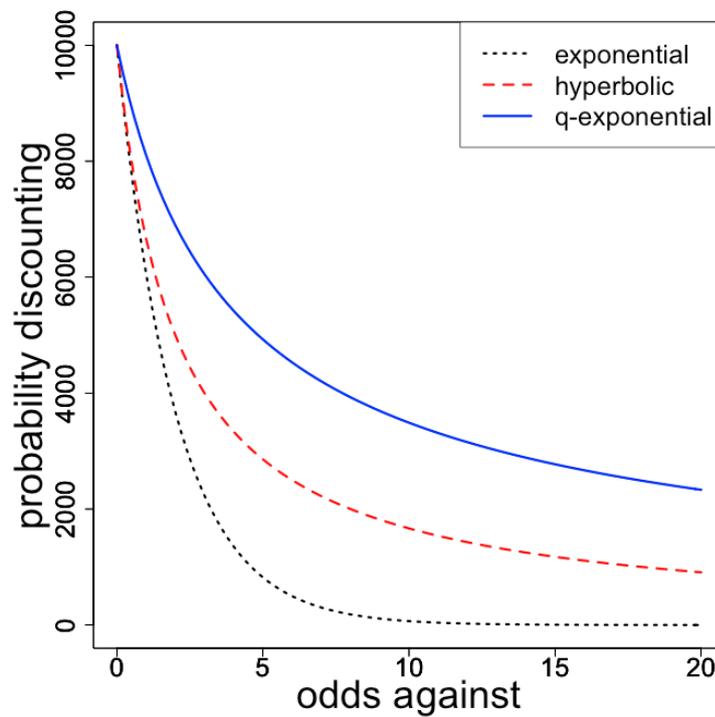


図2.5:  $q$ -指数確率割引モデル

横軸はオッズアゲインスト, 縦軸は確率割引. 青実線が  $q$ -指数確率割引モデル. 比較のために, 指数確率割引モデル (黒点線) と双曲確率割引モデル (赤破線) も描いた. パラメータは  $h = 0.5, q = 0.3$  である.

また, (2.15) と一般化双曲確率割引モデル (2.14) のパラメータ間に,

$$q = \frac{s-1}{s}, \quad h_q = h_g s \quad (2.16)$$

という関係が成り立つときに両者が一致するのも、時間割引における一般化双曲割引モデルと  $q$ -指数割引モデルとのあいだの関係と同じである。そしてやはり一般化双曲確率割引モデルと同じく、人を対象に行なった確率割引課題において、 $q$ -指数確率割引モデルが双曲割引モデルよりも、データに対する当てはまりが良い (Takahashi et al., 2013)。

#### 2.4.4 $q$ -指数確率割引関数と確率加重関数

前節で、共通比効果と双曲確率割引の対応、あるいは確率加重関数と双曲確率割引関数との対応を見た。しかし、確率的な報酬が期待値以上に過大に割引かれる場合 (すなわち、 $h > 1$ ) であっても、双曲確率割引関数 (2.12) によって、Kahneman & Tversky (1979) の逆 S 字型の確率加重関数 (2.4) を再現することは必ずしもできない。しかし、 $q$ -指数確率割引モデルを用いれば、この問題が解決できる (Takahashi et al., 2013)。\*<sup>9</sup> つまり、 $q$ -指数確率割引モデルは、確率加重関数の特徴である逆 S 字型を再現し、確率割引における選好の逆転を表現できる。

さらに、 $q$ -指数確率割引モデルと等価なモデルである一般化双曲確率割引モデル (2.14) を確率加重関数として、行動経済学でよく用いられる代表的な 2 つの確率加重関数 Kahneman & Tversky (1979) (2.4), Prelec (1998) (2.9) や双曲割引確率割引関数 (2.12) とデータへの当てはまりの良さを AIC によって評価したところ、一般化双曲確率割引モデルがもっとも当てはまりが良いことが報告されている (Takemura & Murakami, 2016)。よって、確率割引関数を確率加重関数と見なす場合、双曲確率割引関数よりも  $q$ -指数確率割引関数を用いることは適当だと言えよう。

---

\*<sup>9</sup> ただし、 $q$ -指数確率割引関数でも行動経済学でよく用いられる Prelec (1998) は再現できない。Takahashi (2011) は、双曲確率割引モデル (行動主義心理学で主に用いられてきたモデル)、および Prelec (1998) の確率加重関数 (行動経済学で主に用いられてきたモデル) を統合する一般化確率加重関数を提唱している。

## 2.5 オッズアゲインスト知覚説

### 2.5.1 Time-based account としてのオッズアゲインスト知覚説

ここまでに、共通比効果が、リスク下の意思決定の代表的モデルであるプロスペクト理論と、リスク下での選択を時間の枠組みでモデル化した確率割引モデルの2つの側面から説明可能であることを見た。同一の現象を、時間の枠組みのモデルとリスクの枠組みのモデルの両方で扱えるというこの事実から、異時点間選択と確率的報酬の選択には共通の心理過程がはたいていると仮説を立てることができる。もし時間割引と確率割引が、どちらも報酬を得るまでの待ち時間という共通の要因によって生じる現象であるのならば、リスク下での意思決定でのアノマリーを説明するのに、異時点間選択でのアノマリーに関する知見は有効であろう。本論文では、リスク下での意思決定のアノマリーが報酬を得るまでの待ち時間によって説明できるとする仮説を、オッズアゲインスト知覚説と呼ぶ。

### 2.5.2 オッズアゲインスト知覚説の実証—Takahashi & Han (2013)

第1章で述べたように、Han & Takahashi (2012) は、意思決定者の時間知覚の歪みによって時間割引の時間非整合性を説明した。そのアナロジーで Takahashi & Han (2013) は、確率的報酬の選択において報酬を得るまでの平均待ち時間、すなわちオッズアゲインストを、意思決定者が対数的に知覚することで確率割引の双曲性が生じることを説明した。より具体的には、報酬の獲得確率を  $p$ 、オッズアゲインスト (客観的な平均待ち時間) を  $O = 1/p - 1$ 、主観的オッズアゲインスト (主観的な平均待ち時間) を  $\tau(O)$  として、報酬を得るまでに意思決定者が主観的に感じる心理時間を次のようにモデル化した (図 2.6) :

$$\tau(O) = a \ln(1 + bO). \quad (2.17)$$

ただし、 $a, b$  は非線形性を表すフリーパラメータである。

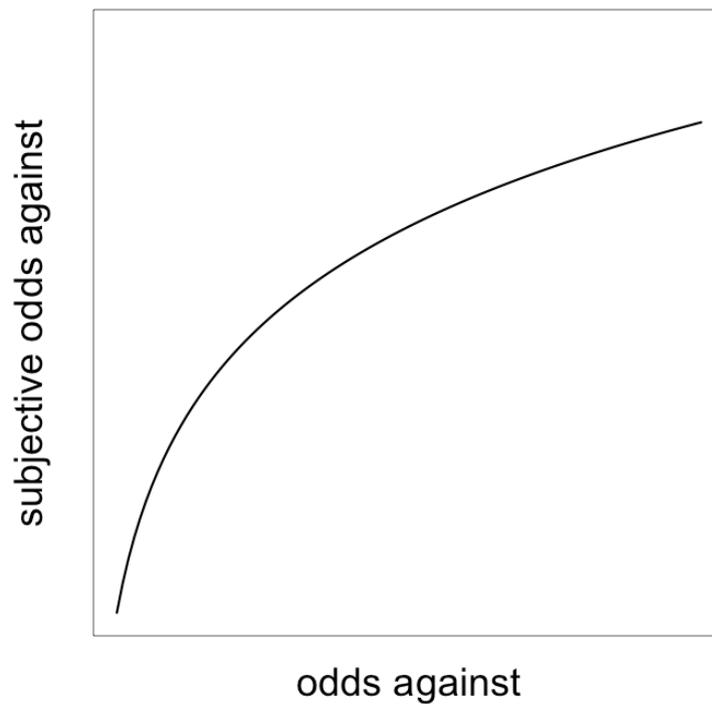


図2.6: 対数オッズアゲインスト知覚モデル  
 横軸はオッズアゲインスト，縦軸は主観的オッズアゲインスト． $a = 50, b = 1$  として描いた．

このモデルは，第1章で説明した対数時間知覚モデル (1.38) における遅延 (物理時間) をオッズアゲインストに置き換えたものである．以下，本論文ではこのモデルを対数オッズアゲインスト知覚モデルと呼ぶ．

彼らは学生を対象に仮想質問紙で確率割引課題を行って得られたデータに対して，指数確率割引モデル (2.11)，双曲確率割引モデル (2.12)，および  $q$ -指数確率割引モデル (2.15) を当てはめて AIC 規準でモデルを比較し，Takahashi et al. (2013) と同様に  $q$ -指数確率割引モデルがもっとも当てはまりがよいという結果を得た．その上で， $q$ -指数確率割引モデルの非整合性パラメータ ( $q$  値) を推定した．

また、オッズアゲインスト知覚課題<sup>\*10</sup>を実施し得られたデータに対して、線形オッズアゲインスト知覚モデル ( $\tau(O) = aO$ )、べきオッズアゲインスト知覚モデル ( $\tau(O) = aO^b$ )、および対数オッズアゲインスト知覚モデルの3つのモデルを当てはめ、モデル比較を行った。その結果、対数オッズアゲインスト知覚モデルがもっともデータに対する当てはまりが良いという結果を得た。その上で、対数オッズアゲインスト知覚モデルの非線形パラメータを推定した。

さらに、横軸をオッズアゲインストの代わりに主観的オッズアゲインストにとり、主観的オッズアゲインストでの確率割引を、 $q$ -指数確率割引モデルでモデル化して非整合性パラメータ ( $q$ ) を推定した。その結果、オッズアゲインストにおける  $q$ -指数確率割引モデルよりも、非整合性が小さくなった ( $q$  値がより 1 に近くなった)。したがって、時間割引の非整合性が時間知覚の歪みに起因すると考える time-based account (Takahashi, 2005; Han & Takahashi, 2012) と符合して、確率割引の非整合性もまた、確率的報酬を得るまでの平均待ち時間の知覚の歪みに起因すると考えることができる。

### 2.5.3 オッズアゲインスト知覚説の妥当性

オッズアゲインスト知覚説に基づくモデルが実際の確率割引のデータをよく説明することは、Takemura & Murakami (2016) によっても示唆されている。彼らは、確率—遅延可換説に基づいて確率割引を分析した先行研究 (e.g., Rachlin et al., 1986; Rachlin et al., 1991; Takahashi, 2011; Takahashi & Han, 2013) とは異なり、確率的な報酬を得るまでの平均待ち時間に 1 試行目の待ち時間を仮定しない。具体的には、確率的な報酬を得るギャンブルの平均試行回数を、幾何分布の下での平均試行回数 = 平均待ち時間の期待値 ( $1/p$ ) とみなし、意思決定者はこの平均待ち時間を、ウェーバー・フェヒナーの法則に基づき対数的に知覚する、すなわち

$$\tau(O) = \ln \left( \frac{1}{p} \right) = -\ln p \quad (2.18)$$

と仮定した。そして、この主観的オッズアゲインストにおいて、確率的な報酬を遅延報酬とみなして割引を行うとする変形双曲確率割引モデル：

$$V(p) = \frac{A}{1 + h\tau(O)} = \frac{A}{1 - h \ln p} \quad (2.19)$$

を提唱した。

---

<sup>\*10</sup> 詳細は第 3 部

さらに、このモデルや一般化双曲確率割引モデル (2.14) を含む、行動主義心理学分野で代表的な 4 つの確率割引モデルと、行動経済学分野で代表的な 4 つの確率加重関数 (Tversky & Kahneman, 1992; Prelec, 1998) を合わせた計 8 つの確率割引関数ないし確率加重関数を、確率加重関数の推定課題 (Tversky & Kahneman, 1992; Gonzalez & Wu, 1999) で得たデータに対してフィッティングした。

その結果、AIC 規準で一般化双曲確率割引モデルがもっとも当てはまりが良く、また、変形双曲確率割引モデルが双曲割引モデルやその他の確率加重関数よりも当てはまりが良いことが示された (Takemura & Murakami, 2016; 竹村・村上, 2018)。この結果の後半は、意思決定者のオッズアゲインスト知覚を考慮したモデルの方が、それを考慮しないモデルよりも現実のデータをうまく説明できることを示している。また結果の前半は、確率割引を記述するのに双曲確率割引モデルよりも、一般化双曲確率割引モデル、あるいはそれと等価な  $q$ -指数確率割引モデルを用いるのが妥当であることを改めて示している。

## 2.6 確率割引における非整合性指標の必要性

### 2.6.1 リスク下の意思決定理論の観点から

われわれは日常的にリスク下で意思決定を行っている。その意思決定を公理論として体系化したのが新古典派経済学の礎を築いてきた期待効用理論だった。期待効用理論では、事象の生起確率は客観確率として与えられることが前提とされていた。ところが、アレのパラドックスという期待効用理論に対する反例が知られるようになり、期待効用理論は刷新を余儀なくされた。そうして登場したのが、行動経済学で有名なプロスペクト理論だった。プロスペクト理論では期待効用理論とは異なり、事象の生起確率は意思決定者による主観的な確率、すなわち確率加重が用いられる。したがって、人びとが異なる確率をどのように重み付けするのかはリスク下の意思決定理論において極めて重要である。なぜならば、もし事象の生じる確率の見積もりを誤ると、自分や社会に大きな損失をもたらすかもしれないからである。例えば、誰かと一緒に食事をして感染症にかかる確率を過小評価すると、自分が感染して病気を広めてしまうかもしれない。あるいは、ギャンブルで勝つ確率を過大評価すると、病的なまでに何度もギャンブルを繰り返してしまうかもしれない。行動経済学ではこのような事情から、確率加重関数がいくつも提案されてきた (e.g., Kahneman Tversky, 1979; Tversky Kahneman, 1992; Prelec, 1998)。

ところで、本章でここまでに見てきたように、ギャンブルのように報酬を得るのにリスクがある場合に、報酬の獲得確率に反比例して報酬を得るまでの平均待ち時間が長くなると考えると、その確率が小さくなるほど報酬の主観的価値が割り引かれる。こうした確率割引では多くの場合、時間割引と同様に、割り引きのされ方は指數的というよりもむしろ双曲的である。言い換えると、確率の変化にともなって割引率が変化する非整合的な割引率が観察される。この確率割引の非整合性は、行動経済学においては、より大きな確率が低下するとき主観的に感じる確率の減少分が、より小さな確率が同じだけ低下するとき感じる減少分よりも大きいとする確率加重関数の性質によって表現される。つまり、双曲確率割引の非整合性は確率加重関数の非線形性に対応するのである。したがって、確率割引の非整合性が何によってもたらされているか、あるいはその程度が何によって影響を受けるかを調べることは、われわれのリスクに対する主観的な重み付けのメカニズムを解明する一助となる。さらに、主にヒトを対象とした多くの研究で双曲的な確率割引が観察されていることに鑑みると、この非整合性の性質を知ることは、リスク下の選択を扱う意思決定理論の整備に寄与するだろう。

## 2.6.2 時間割引と確率割引を同一の枠組みで扱う観点から

近年、経済学においてリスク選好と時間選好の両方を考慮した研究に注目が集まっている（芝, 2017）。しかし前章で述べたように、時間割引の非整合性を定量化する試みは盛んに行われている一方（Han & Takahashi, 2012; Rohde, 2009; Attema et al., 2010; Rohde, 2019）、確率割引の非整合性を定量化する試みは、一般化双曲確率割引あるいは  $q$ -指数確率割引を用いた研究にとどまる程度で乏しい。そしてすでに 1.4 節, 1.5 節で述べたように、 $q$ -指数割引モデルのパラメータ  $q$  は、指数割引からどれだけ乖離した割引をしているかを示す指標であり、個人の選好の逆転の起こりやすさを選択行動に基づいて指標化したものではない。時間割引の研究では、そのような選好の逆転の起こりやすさを定量化した指標として decreasing impatience や decreasing relative impatience が提唱されてきた一方で、確率割引の研究で選好の逆転の起こりやすさを定量化した研究はこれまでにない。よって、(行動) 経済学あるいは行動主義心理学いずれの立場からも、時間割引の非整合性の指標と対をなす形で、確率割引の非整合性の指標を選択行動に基づいて指標化しておくことは、確率割引を時間割引と同一の枠組みで議論する上で有用だろう。

## 第 3 章

# 時間選好とリスク選好の関係

本章では、前の 2 章を振り返り、行動主義心理学の時間選好とリスク選好の関係に関する見方をまとめる。そしてその他の分野が、時間選好とリスク選好の関係を異なって捉えていることを概観する。最後に、時間割引と確率割引の非整合性についての検討がまだ不十分であることを、先行研究の課題として指摘する。

### 3.1 Rachlin 説—行動主義心理学から見た時間選好とリスク選好の関係

2.2 節で述べたように、行動主義心理学ではリスク下での選択を、その確率に応じた報酬を得るまでの平均待ち時間、すなわちオッズアゲインストに変換できるとする確率—遅延可換説の下で取り扱う。そして、オッズアゲインストを異時点間選択における将来の報酬までの遅延と見なして、確率的報酬の主観的価値が確率の低下とともに減衰する現象を確率割引と呼び、時間割引と同じフレームで取り扱うのだった (Rachlin et al., 1986; Rachlin et al., 1991; Green & Myerson, 2004)。

確率割引を提唱した Rachlin のアイデアに則ると、確率割引を左右するのは、意思決定者のリスク選好ではなく時間選好ということになる。その理由は次の通りである。もし意思決定者が忍耐強く待つことができる人だったとすると、この人は滅多に当たらないようなギャンブルでも繰り返しプレイするだろう。言い換えると、確率が小さな報酬に対してもあまり価値を割り引かないということである。一方で、忍耐強く待つという時間選好は、将来の報酬の価値もまたあまり割り引かない。

## 3.2 Rachlin 説の傍証

したがって、Rachlin の唱えるように、時間選好がリスク選好のベースにあり、時間割引と確率割引は同一のプロセスであるという考えが正しければ、時間割引の程度と確率割引の程度は正の相関があると予想される。そして実際、これを支持する研究はある。Richards et al. (1999) や Reynolds, Karraker, Horn, & Richards (2003) は、参加者内デザインで時間割引、確率割引の課題をそれぞれ実施し、双曲確率割引モデルをフィッティングして割引の程度を求めたところ、強い正の相関 (それぞれ  $r = 0.75$ ,  $r = 0.72$ ) があったことを報告している。Myerson, Green, Hanson, Hold, & Estle (2003) は、特定の割引モデルを仮定せず、AUC と呼ばれる割引曲線の下側の面積の大きさをもって割引の程度を測る指標 (Myerson, Green, & Warusawitharana, 2001) を測定し、両割引のあいだに弱いながらも正の相関 ( $r = 0.032$ ) があったことを報告している。Saeki & Ito (2010) は大学生を対象にオペラント条件づけの手法を用いた選択場面シミュレーションを行い、両割引のあいだに強い正の相関 ( $r = 0.87$ ) があったことを報告している。

また、脳機能画像を用いた研究によって、異時点間選択で遠い将来を選択するときには背外側前頭前野や眼窩前頭皮質が、直近の選択をするときには線条体や後帯状皮質などの報酬系が賦活することが知られている (Kable & Glimcher, 2007) が、両割引の神経活動を比較した研究によれば、両割引で腹側線条体や眼窩前頭皮質が共通して賦活していたことが報告されている (Peters & Büchel, 2009)。このことにより、両割引のあいだに共通の神経基盤があることが示唆される。

## 3.3 Rachlin 説に対する反証

しかし他方で、両割引とのあいだには関連がない、または少なくとも両割引は単一のプロセスではないことを示す研究もある。まず先ほどと同じく、割引の程度どうしの相関を質問紙で調べた研究のいくつかで割引の程度に相関がないという報告がある (e.g., Reynolds, Richards, Horn, & Karraker, 2004; Ohmura, Takahashi, Kitamura, & Wehr, 2006)。

報酬量によって割引の程度が変わるという報酬量効果の現れ方も両割引では異なる。一般に、時間割引では報酬量が大きいほど割引の程度は小さくなる。一方で、確率割引ではそれとは反対に、報酬量が大きいほど割引の程度が小さくなるという、いわゆる逆転報酬量効果が見られる (Green et al., 1999; Yi, de la Piedad, & Bickel, 2006)。また、時間割引では一般に、報酬の種類によって割引の程度が異なるというドメイン効果が知られてい

るが (Chapman, 1996; Yu, Liu, & Shi, 2020), 確率割引では報酬を金銭にした場合とキャンディーやビールといった飲食料品にした場合とで、割引の程度に差が見られなかったことが報告されている (Estle, Green, Myerson, & Holt, 2007). \*<sup>1</sup>

その他にも、時間割引では割引の程度が幼年期の子どもと思春期とで異なるが、確率割引では異なる (Olson, Hooper, Collins, & Luciana, 2007; Scheres et al., 2006) という発達における両割引の違いや、喫煙の頻度は時間割引と相関するが確率割引とは相関が見られないというように、両割引に作用する神経精神薬理的効果に違いがあることも示唆されている (Ohmura, Takahashi, & Kitamura, 2005). 以上を踏まえると、時間割引と確率割引のプロセスにオーバーラップする部分がある可能性はあるものの、両者が単一のプロセスであるという見方は現時点ではあまり支持されない。

### 3.4 時間選好とリスク選好の関係の異なる見方

行動主義心理学以外の分野では、時間選好がベースにあるとする時間選好とリスク選好の関係の見方は必ずしも支持されているわけではない。例えば、行動主義心理学では忍耐強く待てる、すなわちセルフコントロールができる人はリスク愛好的な行動をとる (確率割引ではあまり割り引かない) と考えるのに対して、臨床心理学や精神医学では反対に、セルフコントロールができる人はリスクを避けるような選択をすると考える (高橋, 2017)。したがって、これらの分野では、セルフコントロールができる人は時間割引ではあまり割り引かず、反対に確率割引では大きく割り引くというように、行動主義心理学とは正反対の予測が成り立つのである。

また進化生物学では、将来の報酬 (餌) を得るまでに報酬が他個体に食べられてしまうとか、自らが餌を食べられない状況に陥ってしまうといった不確実性によって時間割引をすると考える (Sozou, 1998)。つまり、不確実性を嫌うリスク選好によって時間割引が生じているわけであり、時間選好がリスク選好を左右すると考える行動主義心理学とは正反対の方向で選好間関係を捉えている。

### 3.5 時間選好とリスク選好の関係に関する先行研究の課題

以上に概観したように、時間選好をベースとして時間割引も確率割引も生じるとする Rachlin を代表とする行動主義心理学の見方は、必ずしも強固なものではない。ただし、

---

\*<sup>1</sup> ただし、ドメイン効果を確率割引で調べた研究は明らかに少ないので、結論は保留にすべきという主張がある (Green, Myerson, & Vanderveldt, 2014)

上述した時間割引と確率割引の関係を調べた多くの研究で明らかになったことは、両割引の程度のあいだに相関がある、またはないということである。

他方、両割引の整合性の関係について調べた研究は、Green, Myerson, & Vanderveldt (2014) と、前節で述べた Takahashi & Han (2013) を除いてない。Green et al., (2014) は、金額を様々に変えて時間割引課題を実施した Green, Myerson, Oliveira, & Chang (2013) と同じく金額を様々に変えて確率割引課題を実施した Myerson, Green, & Morris (2011) の比較を通して、一般化双曲割引モデルあるいは一般化双曲確率割引の指数パラメータ ( $s$ ) が、時間割引では金額によって変化しないのに対して、確率割引では金額が大きくなるほど大きくなるということを示した。つまり、割引の非整合性に関する報酬量効果が両割引で異なることを示したわけである。

ただし、この研究のデザインは、参加者内デザインであり、同一参加者の非整合性パラメータを測定したものになっていない。また、Takahashi & Han (2013) と異なり、非整合性が時間知覚あるいはオッズアゲインスト知覚から受ける影響については考慮していない。したがって、時間選好とリスク選好の関係についての見方やそれを支持する研究が混在する現況において、この関係についての理解を深めるために、割引の程度ではなく割引の非整合性、およびそれが知覚から受ける影響に着目して、時間割引と確率割引の類似性あるいは異質性について調べる研究が必要だろう。



## 第 4 章

# 本研究の目的

第 1 部の最後に、時間割引研究や確率割引研究における time-based account でこれまでに明らかになってきたことを整理し、本研究の目的を述べる。以下では、物理時間あるいはオッズアゲインストでの割引を実世界での割引、心理時間あるいは主観的オッズアゲインストでの割引を主観世界での割引と呼び、割引関数をそれぞれ  $\varphi, \tilde{\varphi}$  などと表す。実世界での割引と主観世界での割引は、表 4.1 の行で区別される。なお、表 4.1 では話を時間割引に絞っているが、確率割引についても以下の説明は全く同様に当てはまる。

表4.1: 実世界での割引と主観世界での割引

世界 \ 知覚の歪み	なし	あり
実世界 : $t$ で割引	<sup>A</sup> $\varphi(t, \mathbf{m})$	<sup>B</sup> $\varphi'(t, \mathbf{m}') := \tilde{\varphi}(\tau(t), \tilde{\mathbf{m}})$
主観世界 : $\tau$ で割引	<sup>C</sup> $\tilde{\varphi}(\tau, \tilde{\mathbf{m}})$	<sup>D</sup> $\tilde{\varphi}'(\tau, \tilde{\mathbf{m}}') := \varphi(t(\tau), \mathbf{m})$

知覚は関数  $\tau$  によって変換される。例えば、物理時間  $t$  は対数知覚モデル (1.38) によって心理時間に変換される。このように物理時間  $\rightarrow$  心理時間と変換されることを、あるいは反対に、心理時間  $\rightarrow$  物理時間と変換されることを、本研究では「知覚の歪み」と表現する。知覚の歪みの有無は、表 4.1 の列で区別される。また、割引パラメータの組を  $\mathbf{m}$  や  $\tilde{\mathbf{m}}$  と表す。 $\mathbf{m}$  は  $q$ -指数割引モデルならば、 $\mathbf{m} = (k_q, q)$  といった具合である。

実世界で割引関数  $\varphi$  をもっている意思決定者（表 4.1 セル A）の主観世界での割引（表 4.1 セル D）が知りたいときには、物理時間  $t$  を心理時間  $\tau$  へと変換する変換  $t(\tau)$  を用いて  $t$  を  $t(\tau)$  に置き換え知覚を歪ませることで、 $\varphi(t(\tau), \mathbf{m})$  を得ることができる。変換後の割引は心理時間での割引なので、 $\varphi(t(\tau), \mathbf{m})$  を  $\tilde{\varphi}'(\tau, \tilde{\mathbf{m}}')$  とも書ける。同様に、主観世界

で割引関数  $\tilde{\varphi}(\tau, \tilde{\mathbf{m}})$  をもっている意思決定者（表 4.1セル C）の実世界での割引（表 4.1セル B）が知りたいときには、心理時間  $\tau$  を物理時間  $t$  へと変換する変換  $\tau(t)$  を用いて  $\tau$  を  $\tau(t)$  に置き換え知覚を歪ませることで、 $\tilde{\varphi}(\tau(t), \tilde{\mathbf{m}})$  を得ることができる。変換後の割引は物理時間での割引なので、 $\tilde{\varphi}'(\tau(t), \tilde{\mathbf{m}})$  を  $\varphi(t, \mathbf{m}')$  とも書ける。なお、実世界での割引の割引関数や割引パラメータがダッシュ（'）の有無で区別されているのは、同じ実世界での割引であっても、一般には知覚の歪みの有無によって割引関数や割引パラメータが異なるためである。これは主観世界の割引での割引関数や割引パラメータについても同様である。

以下では、この枠組で time-based account に関する先行研究を整理する。まず、Takahashi が最初に time-based account を提唱した研究 (Takahashi, 2005) で理論的に示したことは次のことである。仮に意思決定者が主観世界で指数割引をしていたとしても、物理時間 ( $t$ ) を対数的に知覚していると仮定すれば、実際には双曲割引が観察される。つまり、主観世界（表 4.1セル C）では指数割引  $\tilde{\varphi}(\tau, \tilde{k}_e)$  をしている意思決定者の心理時間を対数知覚モデルによって物理時間に変換し、その割引を実世界（表 4.1セル B）で見ると、双曲割引  $\varphi'(t, k'_h)$  になってしまうということである。それまでの割引研究では知覚の歪みがない実世界での割引（表 4.1セル A）のみを考えていたが、この研究ではじめて心理時間での割引（表 4.1セル C）が想定され、またその割引が知覚の歪みを経て実世界に現れる（表 4.1セル B）というアイデアが提唱された。この仮説にしたがうならば、割引課題を通して観察される割引はセル B の割引関数、割引パラメータということになる。

また、Han & Takahashi (2012) や Takahashi & Han (2013) が実際の割引データおよび知覚データを用いて実証したのは次のことである。意思決定者が物理時間  $t$  で割り引く場合の  $q$ -指数割引パラメータ  $q$  (表 4.1セル B) <sup>\*1</sup> と、心理時間  $\tau$  で割り引く場合の  $q$ -指数割引パラメータ  $\tilde{q}_1$  (表 4.1セル D) を比べると、後者の方がより整合的な値になっている。

本研究では非整合性指標として、Takahashi の一連の研究で  $q$  値というパラメータを見ていたところを、選好の逆転の指標である decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度を見る。まず、研究 1 と研究 2 では、decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度という非整合性指標のダイナミクスに焦点を当てる。そのダイナミクスが、知覚の歪みがない実世界での割引（表 4.1セル A）と、知覚の歪みがある実世界での割引（表 4.1セル B）とでどのように異なるのかを比較する。知覚の歪みがない場合、すなわち  $\tau(t) = t$  の場合には主観世界での割引は歪みなしにそのまま

<sup>\*1</sup> 物理時間での割引がセル A ではなくセル B なのは、すぐ上で述べたように Takahashi(2005) によれば、実際に観察されるのは、意思決定者は知覚の歪みがある状態での異時点間選択の結果だからである。

実世界で観察されるため、セル A はセル C と一致する。そのため、ここでの比較はセル C とセル B の比較であるとも言える。

そして研究 3 と研究 4 では、実際の参加者の割引や知覚のデータを用い、Han & Takahashi (2012) と Takashi & Han (2013) にそれぞれ即してこのダイナミクスを、意思決定者が実世界で割り引く場合 (表 4.1セル B) と、主観世界で割り引く場合 (表 4.1セル D) の両方のケースで調べ、これらを比較する。

最後に研究 5 で、同一集団に対して時間割引課題、時間知覚課題、確率割引課題、オッズアゲインスト知覚課題を行った結果を用いて、時間割引、確率割引それぞれにおける実世界の decreasing impatience や decreasing relative impatience (表 4.1セル B) と、主観世界でのそれら (表 4.1セル D) とを比較し、両割引の関係を調べる。なお、各研究の詳細な目的や仮説についてはそれぞれの研究で述べる。





第 II 部  
理論編

## 第 5 章

# 研究 1 $q$ -指数割引モデルおよび $q$ -対数知覚モデルによる時間非整合 性指標のダイナミクスの理論的検討

### 5.1 研究 1 の目的

本研究の目的は、割引の非整合性 (指数関数からの乖離度) を定量化できる一般的な時間割引モデル、すなわち  $q$ -指数割引モデルにおいて、時間割引率 ( $DR_q$ ) および時間非整合性指標、decreasing impatience ( $DI_q$ ) decreasing relative impatience ( $DRI_q$ ) のダイナミクスを調べ、これらが意思決定者の時間知覚の歪みからどのように影響を受けるかを調べることであった。まずは、意思決定者の時間知覚の歪みを考慮しない実世界での割引 (表 4.1セル A) の、時間割引率  $DR_q$  および時間非整合性指標  $DI_q, DRI_q$  の性質を調べた。次いで、意思決定者の時間知覚の歪みを考慮した実世界での割引 (表 4.1セル B) の、時間割引率  $DR_q$  および時間非整合性指標  $DI_q, DRI_q$  の性質を調べた。時間知覚の歪みを表現するにあたっては、対数知覚だけでなく線形知覚、べき知覚をも包含するより一般的な知覚モデル  $q$ -対数知覚モデル (Destefano & Martinez, 2011) を用いることで、意思決定者の線形的な時間知覚からの歪みの程度 ( $q_2$ ) が、時間割引率 ( $DR_q$ ) および時間非整合性指標 ( $DI_q, DRI_q$ ) に及ぼす影響についても調べた。

## 5.2 研究1の方法

### 5.2.1 解析方法

#### 5.2.1.1 時間知覚の歪みを考慮しない場合

$q$ -指数割引モデルにおける時間割引率  $DR_q$  (5.7) および decreasing impatience の程度 ( $DI_q$ ) は、すでに Takahashi (2011) によって導出済みであるので、それを以下の解析で用いた。decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_q$ ) は、式 (1.20) にしたがって導出した。 $DR_q, DI_q, DRI_q$  のパラメータ ( $q$ ) への依存性を、いくつかのパラメータ値での描画を通して考察した。

#### 5.2.1.2 $q$ -対数知覚モデルで時間知覚の歪みを考慮する場合

まず、 $q$ -対数知覚モデル\*<sup>1</sup>で時間知覚の歪みを考慮する場合の割引関数の性質を、いくつかのパラメータ値での描画を通して考察した。そして、時間知覚の歪みを考慮しない場合に求めた時間割引率 ( $DR_q$ )、decreasing impatience の程度 ( $DI_q$ )、decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_q$ ) のそれぞれで物理時間を心理時間に置き換え、さらに  $q$ -対数知覚モデル (5.3) によって心理時間を物理時間に変換することで、 $q$ -対数知覚モデルで時間知覚の歪みを考慮する場合の時間割引率 ( $DR_{q_1, q_2}$ )、および decreasing impatience の程度 ( $DI_{q_1, q_2}$ )、decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{q_1, q_2}$ ) を導出した。最後に、 $DR_{q_1, q_2}, DI_{q_1, q_2}, DRI_{q_1, q_2}$  の  $q$ -対数知覚モデルのパラメータ  $q_2$  への依存性を、いくつかのパラメータ値での描画を通して考察した。

### 5.2.2 $q$ -対数知覚モデル

#### 5.2.2.1 $q$ -対数知覚モデルの定義および特徴

$q$ -対数知覚モデルは、対数知覚モデルにおける対数関数の代わりに、対数関数を  $q$  一般化した  $q$ -対数関数 \*<sup>2</sup> を用いたモデルである。 $q$ -対数関数は、

$$\ln_q y = \frac{y^{1-q} - 1}{1 - q} \quad (5.1)$$

---

\*<sup>1</sup> このすぐ後で説明する。

\*<sup>2</sup>  $q$ -対数関数型の効用関数は、相対的リスク回避度一定の個人がもつ効用関数 (CRRA 型効用関数) としてマクロ経済学ではしばしば用いられる。

と定義され、値域は

$$\ln_q : \mathbb{R}^+ \rightarrow \begin{cases} \left(-\infty, \frac{1}{q-1}\right) & (q > 1 \text{ のとき}) \\ \mathbb{R} & (q = 1 \text{ のとき}) \\ \left(\frac{1}{q-1}, \infty\right) & (q < 1 \text{ のとき}) \end{cases} . \quad (5.2)$$

定義より、 $q \rightarrow 1$  のとき  $\ln_q y \rightarrow \ln y$  となる<sup>\*3</sup>。つまり、 $q$  値が  $q = 1$  という特定の値をとるときに対数関数と一致する。また、 $q = 0$  のときには、 $\ln_q y = y - 1$  と、 $y$  の一次関数になり、 $q \neq 1$  のときには、 $y$  のべき関数になる (須鎗, 2010)。

したがって、 $q$ -対数知覚モデル：

$$\tau_{q_2}(t) = a_{q_2} \ln_{q_2}(1 + b_{q_2}t) = a_{q_2} \frac{(1 + b_{q_2}t)^{1-q_2} - 1}{1 - q_2} \quad (5.3)$$

は、 $q_2 \rightarrow 1$  のとき、対数知覚モデル (1.38) に一致し、 $q_2 = 0$  のとき、線形知覚モデルに一致する。すなわち、 $q_2$  値は、時間知覚がどれだけ線形的な時間知覚から乖離しているか ( $q_2$  が 0 から離れるほど乖離)、あるいは、どれだけ対数的な時間知覚に近い (  $q_2$  が 1 に近いほど対数的) を表すパラメータである。 $q \neq 1$  のときには、べき知覚モデル (1.41) に一致する。また、 $\tau_{q_2}(t)$  の物理時間  $t$  での微分は、

$$\tau_{q_2}(t)' = a_{q_2} b_{q_2} (1 + b_{q_2}t)^{-q_2} . \quad (5.4)$$

### 5.2.2.2 $q$ 拡張割引モデル： $q$ -対数知覚モデルを用いた $q$ -指数割引モデル

$q$ -指数割引モデルにおける物理時間を心理時間に置き換え、 $q$ -対数知覚モデルによって変換することで時間知覚の歪みを考慮したモデルを、本論文では  $q$  拡張割引モデルと呼ぶ。 $q$  拡張割引モデルは次の通りである。

$q$  拡張割引モデル

$$\varphi(t) = \left[ 1 + k_{q_1}(1 - q_1)a_{q_2} \frac{(1 + b_{q_2}t)^{1-q_2} - 1}{1 - q_2} \right]^{-\frac{1}{1-q_1}} \quad (5.5)$$

ただし、 $k_{q_1}, q_1$  は  $q$ -指数割引モデルにおける割引パラメータ、 $a_{q_2}, b_{q_2}, q_2$  は  $q$ -対数知覚モデルにおける時間知覚パラメータを表す。なお、この割引関数の  $q_2$  値への依存性は、結果で示した。

<sup>\*3</sup>  $\mathbb{R}$  は実数の集合、 $\mathbb{R}^+$  は正の実数の集合である。

## 5.3 研究1の結果

### 5.3.1 時間知覚の歪みを考慮しない場合の、時間割引率、および時間非整合性指標

#### 5.3.1.1 $q$ 値の変化による割引関数の変化

図 5.1 に、時間知覚の歪みを考慮しない場合の  $q$ -指数割引関数が、 $q$  値の変化に伴ってどのように変化するのかを示した。ただし、割引パラメータ  $k_q$  は  $k_q = 0.1$  に固定した。<sup>\*4</sup> <sup>\*5</sup> 赤実線 ( $q \rightarrow 1$ ) は意思決定者が指数割引モデルにしたがう場合を、黒点線 ( $q = 0$ ) は双曲割引モデルにしたがう場合をそれぞれを表す。また、破線の  $q$  値は、同じ色の実線で描かれる  $q$  値の符号反転である。

図 5.1 からわかるように、 $q < 1$  のときには割り引きが浅く、反対に  $q > 1$  のときには割り引きが深くなる。この傾向は、 $q$  値が 1 から離れるほど顕著になる。

---

<sup>\*4</sup> 以後の図でも、パラメータ値による変化を見るために、基本的に横軸の物理時間は  $0 \leq t \leq 10$  の範囲にしている。

<sup>\*5</sup> 以後、特に断りのない限り、 $k_q = 0.1$  である。

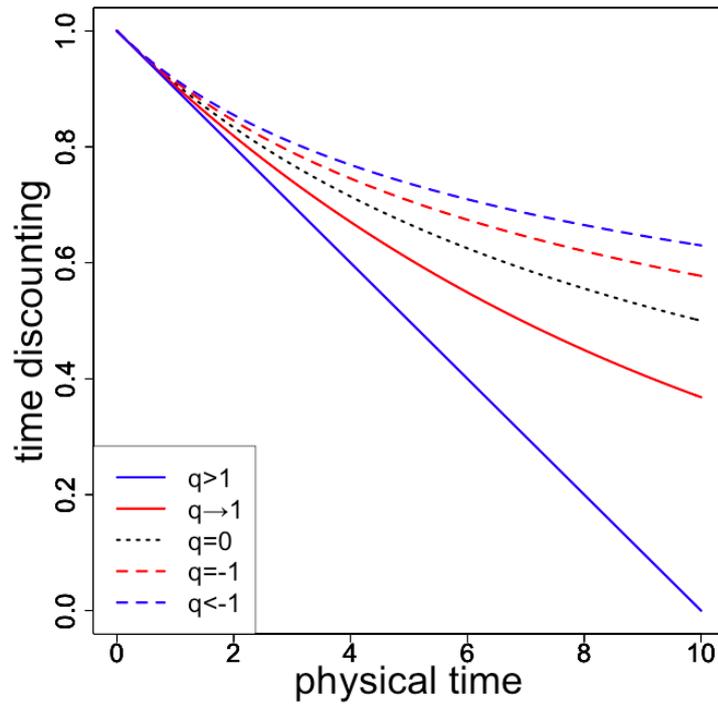


図5.1:  $q$ -指数割引関数

赤実線 ( $q \rightarrow 1$ ) は意思決定者が指数割引モデルにしたがう場合を、黒点線 ( $q = 0$ ) は双曲割引モデルにしたがう場合を表す。また、破線の  $q$  値は、同じ色の実線で描かれる  $q$  値の符号反転である。

### 5.3.1.2 $DR_q$ の導出

以下では、時間知覚の歪みを考慮しない場合の、 $q$ -指数割引モデルにおける割引率 ( $DR_q$ ), decreasing impatience ( $DI_q$ ), および decreasing relative impatience ( $DRI_q$ )

を導出し、その性質を調べた。割引率の定義 (1.7) に  $q$ -指数割引関数とその時間微分

$$\begin{aligned}\varphi(t) &= \frac{1}{[1 + (1 - q)k_q t]^{1/1-q}}, \\ \varphi(t)' &= \frac{(1 - q)k_q}{[1 + (1 - q)k_q t]^{2-q/1-q}}\end{aligned}\quad (5.6)$$

を代入して、

$$DR_q(t) = \frac{k_q}{1 + (1 - q)k_q t} \quad (5.7)$$

を得る。この結果から、 $q$ -指数割引モデルの割引率は時間とともに変化することがわかる。その符号は、 $k_q$  と  $q$  の値に依存して変化する。よって、 $k_q > 0$ 、つまり、意思決定者が時間割引をするときでも、 $q$  の値によっては割引率  $DR_q$  が負になることもある。<sup>\*6</sup>

### 5.3.1.3 $DR_q$ の $q$ 値による変化

図 5.2 に、時間知覚の歪みを考慮しない場合の  $q$ -指数割引モデルにおける  $DR_q$  が、 $q$  値の変化に伴ってどのように変化するのかわを示した。ただし、割引パラメータは  $k_q = 0.1$  に固定した。

$q \rightarrow 1$  のときには、割引率は一定である。つまり、意思決定者は時間が経過しても忍耐強さが変わらない。

$q < 1$  のときには、割引率は正で、時間とともに逡減する。つまり、意思決定者は、遠い将来のことについては忍耐強い (割り引きが小さい) 一方で、時間が経過するとせっかちになっていく (割り引きが大きくなっていく) 傾向にある。

$q > 1$  のときには、近い将来で割引率は正で時間とともに急激に増加し、ある時点で正の無限大に発散する。そして、次の瞬間に割引率は負の無限大から急激に増加し、やがてゼロへと収束する。つまり、意思決定者は、遠い将来のことについては忍耐強い (割り引きが小さい) 一方で、時間が経過すると将来の価値を割り増し、ある時点でその傾向が極めて強くなる。そして次の瞬間に極めてせっかちになり、やがてその傾向が落ち着いていく。

---

<sup>\*6</sup> 例えば  $k_q > 0$  であったとしても、 $q > 1$  であれば、 $t$  が小さいところでは  $DR_q > 0$  だが、十分大きな  $t$  では分母の符号が正から負に転じるため、それにともなって  $DR_q$  も  $DR_q < 0$  と符号変化する。

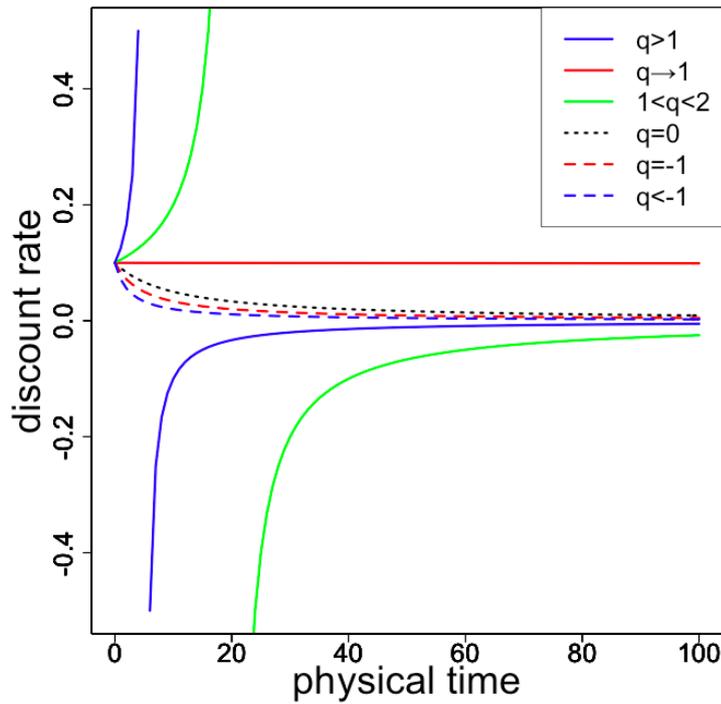


図5.2:  $q$ -指数割引モデルにおける割引率 ( $DR_q$ )

#### 5.3.1.4 $DI_q$ の導出

Decreasing impatience の定義 (1.18) に (1.34) を代入して,

$$DI_q(t) = \frac{(1-q)k_q}{1+(1-q)k_q t} \quad (5.8)$$

を得る. この結果から,  $q$ -指数割引モデルの decreasing impatience は時間とともに変化する事がわかる. その符号は  $k_q$  と  $q$  の値に依存して変化する. よって,  $k_q > 0$ , つまり, 意思決定者が時間割引をするときでも,  $q$  の値によっては decreasing impatience  $DI_q$  が負になる, つまり increasing impatience になることもある.

### 5.3.1.5 $DI_q$ の $q$ 値による変化

図 5.3に、時間知覚の歪みを考慮しない場合の  $q$ -指数割引モデルにおける  $DI_q$  が、 $q$  値の変化に伴ってどのように変化するかを示した。

$q \rightarrow 1$  のときには、decreasing impatience の程度はゼロで一定、すなわち定常不忍耐である。つまり、意思決定者は選好の逆転を起こさない。

$q < 1$  のときには、decreasing impatience の程度は正、すなわち decreasing impatience で、時間とともに逡減し、やがてゼロになる。つまり、意思決定者は、遠い将来については選好の逆転を起こしにくい一方で、時間が経過すると選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向にある。

$q > 1$  のときには、decreasing impatience の程度は負、すなわち increasing impatience で、時間とともに急激に減少し、ある時点で負の無限大に発散する。そして、次の瞬間に decreasing impatience の程度は正の無限大から急激に減少し、やがてゼロへと収束する。つまり、意思決定者は、遠い将来については選好の逆転を起こしにくい一方で、時間が経過すると選好の逆転を起こす可能性が高まり、ある時点でその可能性が無限大に発散する。そして次の瞬間には、反対の選好の逆転を起こす可能性が無限大になり、やがてその可能性が小さくなっていく。

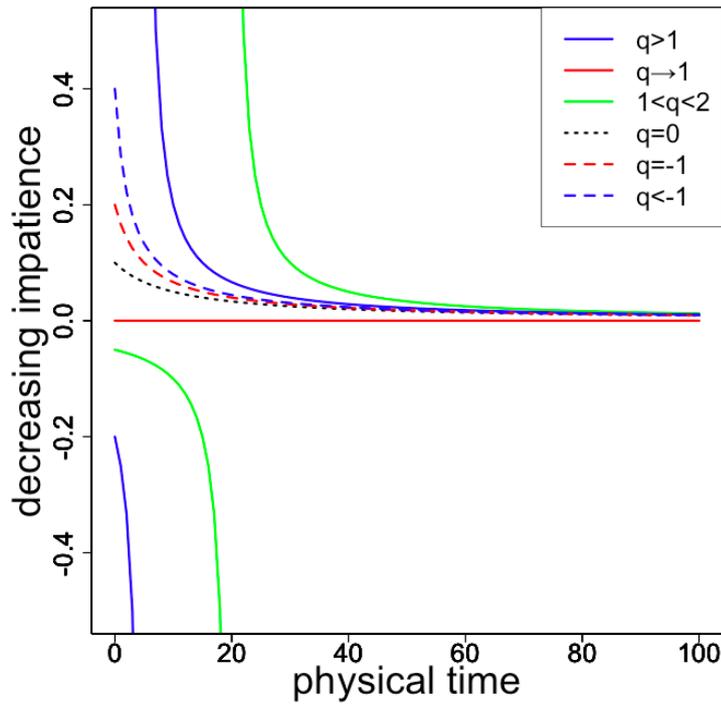


図5.3:  $q$ -指数割引モデルにおける decreasing impatience( $DI_q$ )

### 5.3.1.6 $DRI_q$ の導出

Decreasing relative impatience の程度と decreasing impatience の程度, および割引率の関係式 (1.24) に, 上で求めた  $DR(t), DI(t)$  を代入して,

$$DRI_q(t) = \frac{(2-q)k_q}{1+(1-q)k_q t} \quad (5.9)$$

を得る. この結果から,  $q$ -指数割引モデルの decreasing relative impatience は時間とともに変化することがわかる. その符号は  $k_q$  と  $q$  の値に依存して変化する. よって,  $k_q > 0$ ,

つまり、意思決定者が時間割引をするときでも、 $q$  の値によっては  $DRI_q$  が負になる、つまり increasing relative impatience になることもある。

### 5.3.1.7 $DRI_q$ の $q$ 値による変化

図 5.4に、時間知覚の歪みを考慮しない場合の  $q$ -指数割引モデルにおける  $DRI_q$  が、 $q$  値の変化に伴ってどのように変化するかを示した。

$q \rightarrow 1$  のときには、decreasing relative impatience の程度は正で一定である。つまり、意思決定者は、(decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が時間によらず変化しない傾向にある。

$q < 1$  のときには、decreasing relative impatience の程度は正、すなわち decreasing relative impatience で、時間とともにその値は逡減し、やがて一定になる。つまり、意思決定者は、遠い将来については (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こしにくい一方で、時間が経過すると (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向にある。

$1 < q < 2$  のときには、decreasing relative impatience の程度は正、すなわち decreasing relative impatience で、時間とともに急激に増加し、ある時点で正の無限大に発散する。そして、次の瞬間に decreasing relative impatience の程度は負の無限大から急激に増加し、やがてゼロへと収束する。つまり、意思決定者は、遠い将来については (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こしにくい一方で、時間が経過すると (decreasing relative impatience の意味で) 反対選好の逆転を起こす可能性が高まり、ある時点でその可能性が無限大に発散する。そして次の瞬間には、(decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が無限大になり、やがてその可能性が小さくなっていく。

$q > 2$  のときには、<sup>\*7</sup> decreasing relative impatience の程度は負、すなわち increasing relative impatience で、時間とともに急激に減少し、ある時点で負の無限大に発散する。そして、次の瞬間に decreasing relative impatience の程度は正の無限大から急激に減少し、やがてゼロへと収束する。つまり、意思決定者は、遠い将来については (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こしにくい一方で、時間が経過すると (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まり、ある時点でその可能性が無限大に発散する。そして次の瞬間には、(decreasing relative impatience の意味で) 反対の選好の逆転を起こす可能性が無限大になり、やがてその可能性が小さくなっていく。

---

<sup>\*7</sup> この  $DRI_q$  の場合にのみ、 $q > 1$  で  $q = 3$  を採用した。その理由は、 $q = 2$  だと  $DRI_q$  が時間を通してゼロとなるため、あたかも  $q > 1$  の範囲で一般に  $DRI_q$  がゼロとなる、という誤解を与えかねないためである。

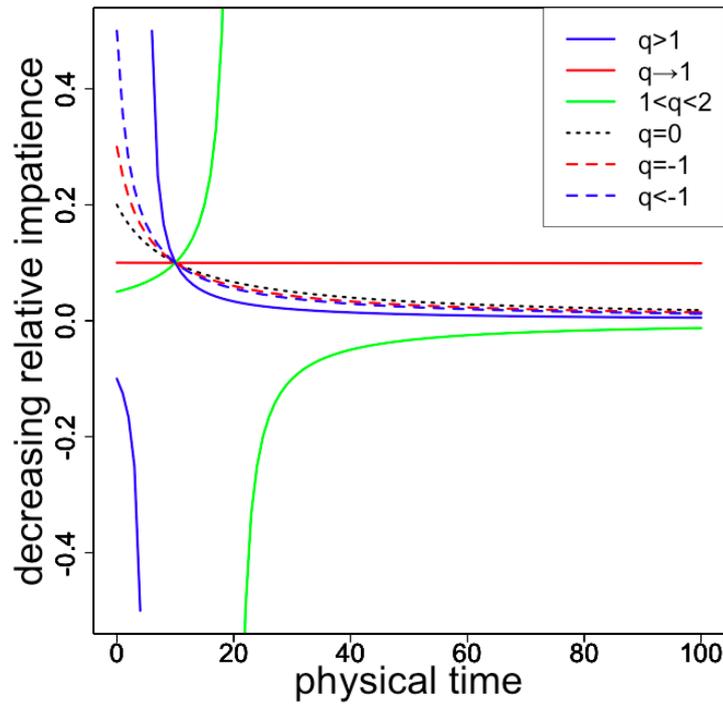


図5.4:  $q$ -指数割引モデルにおける decreasing relative impatience( $DRI_q$ )

### 5.3.1.8 $DR_q, DI_q, DRI_q$ の発散に関する解析

$q$ -指数割引モデルで、このような発散が生じる条件を求めると、 $q > 1$  であることが示される。<sup>\*8</sup> よって、 $q > 1$  ならば、 $k_q (> 0)$  の値によらず  $DR_q, DI_q, DRI_q$  はいずれもある時刻  $t_{div} \geq 0$  で発散する。

<sup>\*8</sup>  $DR_q, DI_q, DRI_q$  のいずれも分母が 0 となるような条件を求めればよい。

### 5.3.1.9 $q$ -指数割引モデルにおける $DR_q, DI_q, DRI_q$ のまとめ

以上,  $q$ -指数割引モデルにおける割引率 ( $DR_q$ ), decreasing impatience の程度 ( $DI_q$ ), および decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_q$ ) の符号と時間変化をまとめると表 5.1, 表 5.2, 表 5.3となる.

表5.1:  $DR_q$  の  $q$  値による符号と時間変化

	符号	時間変化
$q < 1$	+	減少 → 収束
$q \rightarrow 1$	+	一定
$q > 1$	$+ \rightarrow -$	増加 → 発散 → 収束

表5.2:  $DI_q$  の  $q$  値による符号と時間変化

	符号	時間変化
$q < 1$	+	減少 → 収束
$q \rightarrow 1$	0	一定 (ゼロ)
$q > 1$	$- \rightarrow +$	減少 → 発散 → 収束

表5.3:  $DRI_q$  の  $q$  値による符号と時間変化

	符号	時間変化
$q < 1$	+	減少 → 収束
$q \rightarrow 1$	+	一定
$1 < q < 2$	$+ \rightarrow -$	増加 → 発散 → 収束
$q > 1$	$+ \rightarrow -$	減少 → 発散 → 収束

## 5.3.2 時間知覚の歪みを考慮する場合の、時間割引率、および時間非整合性指標

### 5.3.2.1 $q_2$ 値の変化による割引関数の変化

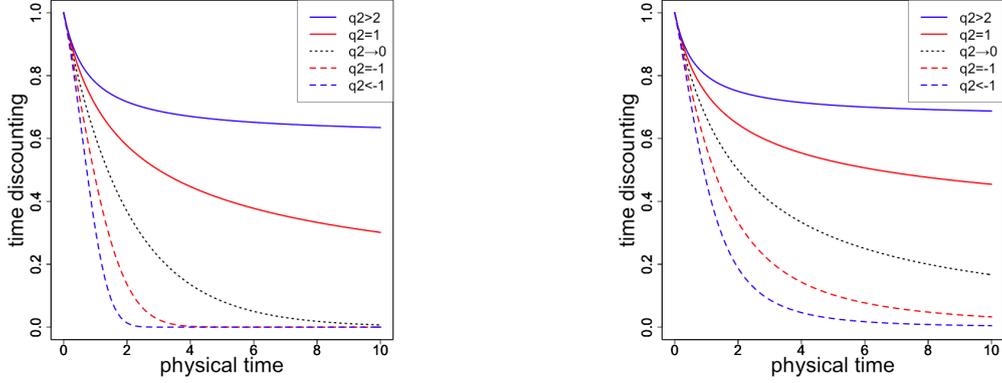
$q$ -指数割引モデル (1.36) において物理時間を心理時間に置き換え、 $q$ -対数知覚モデル (5.3), および式 (5.4) を代入することで、 $q$ -対数知覚モデルで時間知覚の歪みを考慮した場合の、 $q$ -指数割引関数

$$\varphi(t) = \frac{1}{\left[ 1 + (1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a \frac{(1 - bt)^{1-q_2} - 1}{1 - q_2} \right]^{1/1-\tilde{q}_1}} \quad (5.10)$$

を得る.

図 5.5 に、この関数が  $q_2$  値によってどのように変化するかを示した。ただし、割引パラメータ  $k_q$  と時間知覚パラメータ  $a, b$  はそれぞれ  $k_q = 0.1, a = 5, b = 1$  に固定した。また、黒点線 ( $q_2 = 0$ ) は時間知覚が線形の場合を表し、赤 ( $q \rightarrow 1 / q = -1$ ), 青 ( $q_2 = 2 / q_2 = -2$ ) の順に線形的な知覚から乖離する。実線は  $q_2 > 0$  に、破線は  $q_2 < 0$  に対応する。

図 5.5-(a) からわかるように、 $q_2$  がゼロから離れるほど、割引関数が整合的な割引 (黒点線) から乖離する。つまり、たとえ心理時間での時間割引が時間整合的 ( $\tilde{q}_1 \rightarrow 1$ ) であっても、時間知覚が非線形だと実際に観察される物理時間での時間割引は時間非整合的なものとなる。また、図 5.5-(b) からわかるように、心理時間での時間割引が時間非整合的 ( $\tilde{q}_1 = 0$ ) である場合には、時間知覚が非線形的であることによって、実際に観察される物理時間での時間割引が、より時間整合的なものとなることがある。実際、図 5.5-(b) の赤破線 ( $q_2 = -1$ ) は時間知覚が非線形的であるが、線形知覚である黒点線 ( $q_2 = 0$ ) よりも、より図 5.5-(a) の黒点線 (時間整合的な割引かつ線形知覚) に近い。さらに、図 5.5-(a), 図 5.5-(b) のいずれからとも、 $q_2$  値が大きいほど割り引きが全体的に小さくなっていることがわかる。



(a) 指数割引 ( $\tilde{q}_1 \rightarrow 1$ )

(b) 双曲割引 ( $\tilde{q}_1 = 0$ )

図5.5:  $q$ -対数知覚モデルで時間知覚の歪みを考慮した  $q$ -指数割引関数  
 黒点線 ( $q_2 = 0$ ) は時間知覚が線形の場合を表し, 赤 ( $q_2 \rightarrow 1 / q_2 = -1$ ), 青 ( $q_2 = 2 / q_2 = -2$ ) の順に線形的な知覚から乖離する. 実線は  $q_2 > 0$  に, 破線は  $q_2 < 0$  に対応する.

### 5.3.2.2 $q$ -指数割引モデルにおける割引率 $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ , および時間非整合性指標

$$DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$$

以下では,  $q$ -対数知覚モデルで時間知覚の歪みを考慮する場合の,  $q$ -指数割引モデルにおける割引率 ( $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ ), および時間非整合性指標 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) を導出し, その性質を調べた. なお, 本節では  $\tilde{q}_1 \leq 1$  の場合のみを取り上げた.  $\tilde{q}_1 > 1$  の場合は節を改めて取り上げる.

### 5.3.2.3 $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ の導出

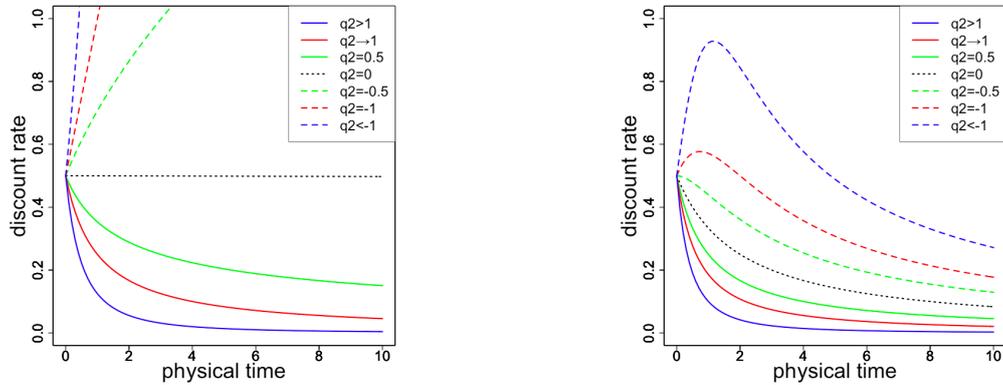
式 (5.7) に対数知覚モデル (5.3), および, その時間微分 (5.4) を代入して,

$$DR_{\tilde{q}_1, q_2} = \frac{\tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} b_{q_2}}{(1 + b_{q_2} t)^{q_2} \left[ 1 + (1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} \frac{(1 + bt)^{1-q_2} - 1}{1 - q_2} \right]} \quad (5.11)$$

を得る. ゆえに, 時間知覚の歪みを考慮しない場合の割引率 (5.7) との大小関係は, 割引パラメータ  $k_q, \tilde{k}_{\tilde{q}_1}, \tilde{q}_1$ , 時間知覚パラメータ  $q_2, a_{q_2}, b_{q_2}$ , および物理時間  $t$  に依存する.

### 5.3.2.4 $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ の時間知覚パラメータ ( $q_2$ 値) による変化

図 5.6 に、指数割引と双曲割引のそれぞれの場合において、非線形知覚パラメータ  $q_2$  をさまざまに変化させたときに、割引率 ( $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) がどのように変化するかを示した。ただし、割引パラメータと時間知覚パラメータはそれぞれ  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 0.1$ ,  $a_{q_2} = 5$ ,  $b_{q_2} = 1$  に固定した。また、黒点線 ( $q_2 = 0$ ) は時間知覚が線形の場合を表し、緑 ( $q_2 = 0.5 / q = -0.5$ )、赤 ( $q \rightarrow 1 / q = -1$ )、青 ( $q_2 = 2 / q_2 = -2$ ) の順に線形的な知覚から乖離する。実線は  $q_2 > 0$  に、破線は  $q_2 < 0$  に対応する。



(a) 指数割引 ( $\tilde{q}_1 \rightarrow 1$ )

(b) 双曲割引 ( $\tilde{q}_1 = 0$ )

図5.6:  $q$ -対数知覚モデルで時間知覚の歪みを考慮した  $q$ -指数割引モデルにおける割引率

心理時間での時間割引が指数割引である場合には、図 5.6-(a) からわかるように、まず、 $q_2 = 0$  のときには、つまり時間知覚の歪みがないときには、割引率は一定である。つまり、物理時間を線形に知覚する意思決定者は、時間が経過しても忍耐強さが変わらない。

$q_2 > 0$  のときには、割引率は正で、時間とともに逡減する。つまり、心理時間が物理時間に対して凹になる非線形知覚をする意思決定者は、遠い将来のことについては忍耐強い(割り引きが小さい)一方で、時間が経過するとせっかちになっていく(割り引きが大きくなっていく)傾向にある。

$q_2 < 0$  のときには、割引率は正で、時間とともに逡増する。つまり、心理時間が物理時間に対して凸になる非線形知覚をする意思決定者は、遠い将来のことについてはせっかち

である(割引きが大い)一方で、時間が経過すると忍耐強くなっていく(割引きが小さくなっていく)傾向にある。これらの傾向はいずれも、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。つまり、より凹的な時間知覚をする人ほど、時間経過でよりせっかちになっていく傾向が強く、より凸的な時間知覚をする人ほど、時間経過でより忍耐強くなっていく傾向が強い。

しかし、これらの割引率  $DR_{\bar{q}_1, q_2}$  と非線形知覚パラメータ  $q_2$  の関係は、心理時間での時間割引が非整合的である場合には異なる様相を呈する。心理時間での時間割引が双曲割引である場合には、図 5.6-(b) からわかるように、 $q_2 = 0$  のとき、つまり時間知覚の歪みがないときでも、割引率は一定ではなく時間とともに逡減する。これは  $q_2 > 0$  のときも同じである。まとめると、 $q_2 \geq 0$  のとき、割引率は正で、時間とともに逡減する。つまり、心理時間が物理時間に対して歪みがない意思決定者、または心理時間が物理時間に対して凹になる非線形知覚をする意思決定者は、遠い将来のことについては忍耐強い(割引きが小さい)一方で、時間が経過するとせっかちになっていく(割引きが大きくなっていく)傾向にある。そして、この傾向は、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。

この傾向は、心理時間で指数割引をし、時間知覚が凹になる意思決定者が有する傾向と同じである。ただし、時間割引の非整合性の影響を受けるため、傾向が指数割引の場合よりもより顕著になる。つまり、時間知覚の歪み方がまったく同じであっても、時間割引が非整合的な意思決定者の方が、時間が経過するとせっかちになっていく傾向が強い。

また、 $q_2 < 0$  のときには、割引率は正で、時間とともに逡減してやがてゼロに収束する。しかし、ある  $q_2$  値以下(e.g.,  $q_2 < -1$ )では、割引率が(符号は正のまま)時間とともに一時的に増加し、その後は逡減する傾向が見られる。つまり、心理時間が物理時間に対して凸になる非線形知覚をする意思決定者には、次の 2 つの傾向をもつ者が存在する。

一つは、心理時間が物理時間に対して歪みがない意思決定者、あるいは心理時間が物理時間に対して凹になる非線形知覚をする意思決定者と同様に、遠い将来のことについては忍耐強い(割引きが小さい)一方で、時間が経過するとせっかちになっていく(割引きが大きくなっていく)傾向である。そしてもう一つは、時間が経過するとだんだんとせっかちになっていき、ある時点でせっかちさがピークに達し、その後再び忍耐強くなっていく傾向である。このうち後者の傾向は、心理時間で指数割引をし、時間知覚が凸になる意思決定者には見られないものである。そして、この傾向は、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。

### 5.3.2.5 $DI_{\bar{q}_1, q_2}$ の導出

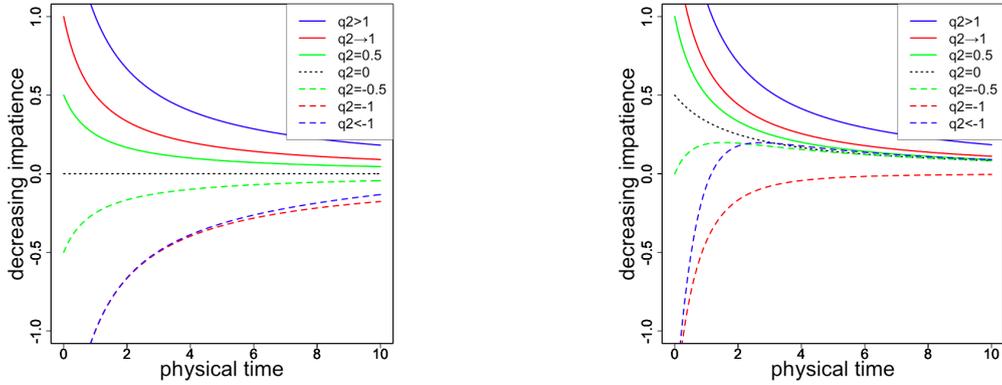
式 (5.8) に対数時間知覚モデル (5.3), および, その時間微分 (5.4) を代入して,

$$DI_{\tilde{q}_1, q_2} = \frac{(1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} b_{q_2}}{(1 + b_{q_2} t)^{q_2} \left[ 1 + (1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} \frac{(1 + bt)^{1-q_2} - 1}{1 - q_2} \right]} + \frac{b_{q_2} q_2}{1 + b_{q_2} t} \quad (5.12)$$

を得る．ゆえに，時間知覚の歪みを考慮しない場合の decreasing impatience の程度 (5.8) との大小関係は，割引パラメータ  $k_q, \tilde{k}_{\tilde{q}_1}, \tilde{q}_1$ ，時間知覚パラメータ  $q_2, a_{q_2}, b_{q_2}$ ，および物理時間  $t$  に依存する．

### 5.3.2.6 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ の時間知覚パラメータ ( $q_2$ 値) による変化

図 5.7 に，指数割引と双曲割引のそれぞれの場合において，非線形知覚パラメータ  $q_2$  をさまざまに変化させたときに，decreasing impatience ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) がどのように変化するかを示した．ただし，割引パラメータと時間知覚パラメータはそれぞれ  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 0.1$ ， $a_{q_2} = 5, b_{q_2} = 1$  に固定した．また，黒点線 ( $q_2 = 0$ ) は時間知覚が線形の場合を表し，緑 ( $q_2 = 0.5 / q = -0.5$ )，赤 ( $q \rightarrow 1 / q = -1$ )，青 ( $q_2 = 2 / q_2 = -2$ ) の順に線形的な知覚から乖離する．実線は  $q_2 > 0$  に，破線は  $q_2 < 0$  に対応する．



(a) 指数割引 ( $\tilde{q}_1 \rightarrow 1$ )

(b) 双曲割引 ( $\tilde{q}_1 = 0$ )

図5.7:  $q$ -対数知覚モデルで時間知覚の歪みを考慮した  $q$ -指数割引モデルにおける decreasing impatience ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ )

心理時間での時間割引が指数割引である場合には，図 5.7-(a) からわかるように，まず，

$q_2 = 0$  のときには、つまり時間知覚の歪みがないときには、decreasing impatience の程度はゼロで一定である。つまり、物理時間を線形に知覚する意思決定者は選好の逆転を起こさない。

$q_2 > 0$  のときには、decreasing impatience は正で、時間とともに逡減する。つまり、心理時間が物理時間に対して凹になる非線形知覚をする意思決定者は、遠い将来については選好の逆転を起こしにくい一方で、時間が経過すると選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向にある。

$q_2 < 0$  のときには、decreasing impatience は負(すなわち、increasing impatience)で、時間とともに逡増する。つまり、心理時間が物理時間に対して凸になる非線形知覚をする意思決定者は、遠い将来については選好の逆転を起こしにくい一方で、時間が経過すると選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向にある。ただし、この場合の選好の逆転とは通常の選好の逆転とは反対の選好の逆転、すなわち、increasing impatience の意味での選好の逆転である。つまり、時間とともに目先の小さな利益よりも遠い将来の大きな利益を選ぶように選好が逆転するのである。これらの傾向は、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。つまり、より凹的な時間知覚をする人ほど、時間経過でより選好の逆転をする可能性高まっていき、より凸的な時間知覚をする人ほど、時間経過でより通常とは反対の選好の逆転をする可能性が高まっていく。

しかし、これらの decreasing impatience( $DI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) と非線形知覚パラメータ  $q_2$  の関係は、心理時間での時間割引が非整合的である場合には異なる様相を呈する。心理時間での時間割引が双曲割引である場合には、図 5.7-(b) からわかるように、 $q_2 = 0$  のとき、つまり時間知覚の歪みがないときでも、decreasing impatience は一定ではなく、正の値をとり、時間とともに逡減する。これは  $q_2 > 0$  のときも同じである。まとめると、 $q_2 \geq 0$  のとき、decreasing impatience は正で、時間とともに逡減する。つまり、心理時間が物理時間に対して凹になる非線形知覚をする意思決定者は、遠い将来については選好の逆転を起こしにくい一方で、時間が経過すると選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向にある。そして、この傾向は、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。この傾向は、心理時間で指数割引をし、時間知覚が凹になる意思決定者が有する傾向と同じである。ただし、時間割引の非整合性の影響を受けるため、傾向が指数割引の場合よりもより顕著になる。つまり、時間知覚の歪み方がまったく同じであっても、時間割引が非整合的な意思決定者の方が、時間が経過すると選好の逆転を起こす可能性が高い。

また、 $q_2 < 0$  のときには、decreasing impatience は負で、時間とともに逡増してやがてゼロに収束する。しかし、ある  $q_2$  値以下(e.g.,  $q_2 < -1$ )では、decreasing impatience は時間とともに一時的に増加し、ある時刻以降、符号を正に転じ、その後は逡減してゼロ

に収束する傾向が見られる。つまり、心理時間が物理時間に対して凸になる非線形知覚をする意思決定者には、次の2つの傾向をもつ者が存在する。

一つは、心理時間が物理時間に対して歪みがない意思決定者、あるいは心理時間が物理時間に対して凹になる非線形知覚をする意思決定者と同様に、遠い将来については選好の逆転を起こしにくい一方で、時間が経過すると選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向である。そしてもう一つは、遠い将来についてはどのような形の選好の逆転も起こしにくい一方で、時間が経過すると通常の選好の逆転を起こす可能性が高まり、さらに時間が経過すると、またその可能性が低くなり、そして今度は反対の選好の逆転を起こす可能性が急激に高まっていくという傾向である。このうち後者の傾向は、心理時間で指数割引をし、時間知覚が凸になる意思決定者には見られないものである。そして、この傾向は、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。

### 5.3.2.7 $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ の導出

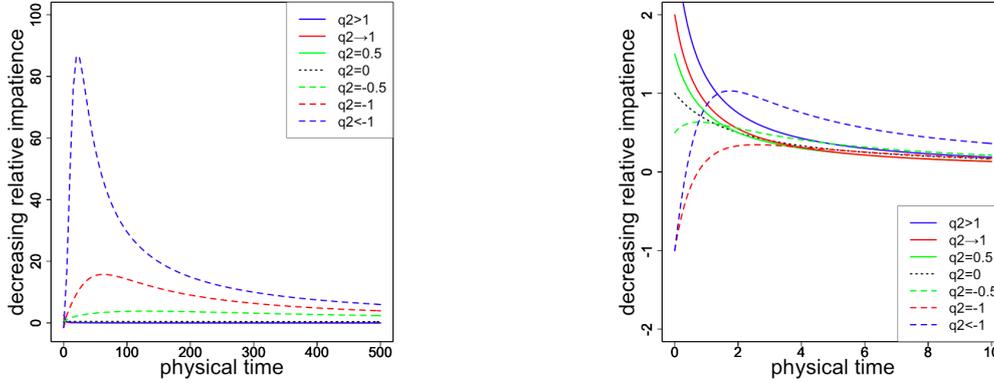
式 (5.9) 対数時間知覚モデル (5.3), および, その時間微分 (5.4) を代入して,

$$DRI_{\tilde{q}_1, q_2} = \frac{(2 - \tilde{q}_1)\tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} b_{q_2}}{(1 + b_{q_2} t)^{q_2} \left[ 1 + (1 - \tilde{q}_1)\tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} \frac{(1 + bt)^{1-q_2} - 1}{1 - q_2} \right]} + \frac{b_{q_2} q_2}{1 + b_{q_2} t} \quad (5.13)$$

を得る。ゆえに、時間知覚の歪みを考慮しない場合の decreasing relative impatience の程度 (5.9) との大小関係は、割引パラメータ  $k_{\tilde{q}_1}, \tilde{k}_{\tilde{q}_1}, \tilde{q}_1$ , 時間知覚パラメータ  $q_2, a_{q_2}, b_{q_2}$ , および物理時間  $t$  に依存する。

### 5.3.2.8 $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ の時間知覚パラメータ ( $q_2$ 値) による変化

図 5.8 に、指数割引 (a) と双曲割引 (b) のそれぞれの場合において、非線形知覚パラメータ  $q_2$  をさまざまに変化させたときに、decreasing relative impatience ( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) がどのように変化するかを示した。ただし、割引パラメータと時間知覚パラメータはそれぞれ  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 0.1, a_{q_2} = 5, b_{q_2} = 1$  に固定した。また、黒点線 ( $q_2 = 0$ ) は時間知覚が線形の場合を表し、緑 ( $q_2 = 0.5 / q = -0.5$ ), 赤 ( $q \rightarrow 1 / q = -1$ ), 青 ( $q_2 = 2 / q_2 = -2$ ) の順に線形的な知覚から乖離する。実線は  $q_2 > 0$  に、破線は  $q_2 < 0$  に対応する。



(a) 指数割引 ( $\tilde{q}_1 \rightarrow 1$ )

(b) 双曲割引 ( $\tilde{q}_1 = 0$ )

図5.8:  $q$ -対数知覚モデルで時間知覚の歪みを考慮した  $q$ -指数割引モデルにおける decreasing relative impatience( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ )

心理時間での時間割引が指数割引である場合には，図 5.8-(a) からわかるように，まず， $q_2 = 0$  のときには，つまり時間知覚の歪みがないときには，decreasing relative impatience の程度は正で一定である．つまり，物理時間を線形に知覚する意思決定者は，(decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が時間によらず変化しない．

$q_2 > 0$  のときには，decreasing relative impatience は正で，時間とともに逡減する．つまり，心理時間が物理時間に対して凹になる非線形知覚をする意思決定者は，遠い将来については (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こしにくい一方で，時間が経過すると (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向にある．この傾向は，同じく  $q_2 > 0$  のときの decreasing impatience の性質と同様である．この傾向が， $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になるのもまた同様である．

$q_2 < 0$  のときには，decreasing relative impatience は負 (すなわち，increasing relative impatience) で，時間とともに一時的に増加し符号が正に転じ (すなわち，decreasing relative impatience になり)，その後はピークに達した後に逡減してゼロに収束する傾向が見られる．つまり，心理時間が物理時間に対して凸になる非線形知覚をする意思決定者は，遠い将来については選好の逆転を起こしにくい一方で，時間が経過すると選好の逆転

を起こす可能性が高まっていき、その後再びその可能性が低下し、利益を目前にしたところで反対の選好の逆転を起こす可能性が急激に高まる傾向にある。この傾向も、やはり  $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。

しかし、これらの decreasing relative impatience ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) と非線形知覚パラメータ  $q_2$  の関係は、心理時間で時間割引が非整合的である場合には異なる様相を呈する。心理時間で時間割引が双曲割引である場合には、図 5.8-(b) からわかるように、 $q_2 = 0$  のとき、つまり時間知覚の歪みがないときでも、decreasing relative impatience は一定ではなく、正の値をとり、時間とともに逡減する。これは  $q_2 > 0$  のときも同じである。まとめると、 $q_2 \geq 0$  のとき、decreasing relative impatience は正で、時間とともに逡減する。つまり、心理時間が物理時間に対して凹になる非線形知覚をする意思決定者は、遠い将来については (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こしにくい一方で、時間が経過すると (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向にある。そして、この傾向は、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。

この傾向は、心理時間で指数割引をし、時間知覚が凹になる意思決定者が有する傾向と同じである。ただし、時間割引の非整合性の影響を受けるため、傾向が指数割引の場合よりもより顕著になる。つまり、時間知覚の歪み方がまったく同じであっても、時間割引が非整合的な意思決定者の方が、時間が経過すると (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高い。また、 $q_2 < 0$  のときには、decreasing relative impatience は負 (すなわち、increasing relative impatience) で、時間とともに一時的に増加し符号が正に転じ (すなわち、decreasing relative impatience になり)、その後はピークに達した後に逡減してゼロに収束する傾向が見られる。つまり、心理時間が物理時間に対して凸になる非線形知覚をする意思決定者は、遠い将来については選好の逆転を起こしにくい一方で、時間が経過すると選好の逆転を起こす可能性が高まっていき、その後再びその可能性が低下し、利益を目前にしたところで反対の選好の逆転を起こす可能性が急激に高まる傾向にある。この傾向は  $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。

この傾向は、心理時間で指数割引をし、時間知覚が凸になる意思決定者で見られたものと基本的には同じものである。ただし、指数割引の場合と比べると、decreasing relative impatience のピークがより近い将来に近いが、その程度は小さい。つまり、心理時間で双曲割引をする意思決定者と指数割引をする意思決定者とを比べると、前者の方がより利益に近い時点で (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こすが、そのような逆転が起こる可能性は、後者と比べると極めて低い。

### 5.3.2.9 $\tilde{q}_1 > 1$ の場合の割引率 $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ , および時間非整合性指標 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$

$\tilde{q}_1 > 1$  の場合には, 上述の結果と異なる. 図 5.9, 5.10, 5.11 に,  $\tilde{q}_1 = 3 > 1$  の場合に, 非線形知覚パラメータ  $q_2$  をさまざまに変化させたときに, 割引率 ( $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ ), decreasing impatience ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ), decreasing relative impatience ( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) がどのように変化するかを示した. ただし, 割引パラメータと時間知覚パラメータはそれぞれ  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 0.1$ ,  $a_{q_2} = 5, b_{q_2} = 1$  に固定した. また, 黒点線 ( $q_2 = 0$ ) は時間知覚が線形の場合を表し, 赤実線 ( $q \rightarrow 1$ ) は凹に歪む時間知覚を, 青破線 ( $q_2 = -2$ ) は凸に歪む時間知覚をそれぞれ表す. \*9

---

\*9 見やすさを優先して, これまでよりも曲線の本数を減らし, 凹に歪む時間知覚, 凸に歪む時間知覚をそれぞれ代表的な 1 本ずつ選んだ. ここで述べる結果は, それ以外の  $q_2$  値を選んだ場合にも成り立つ.

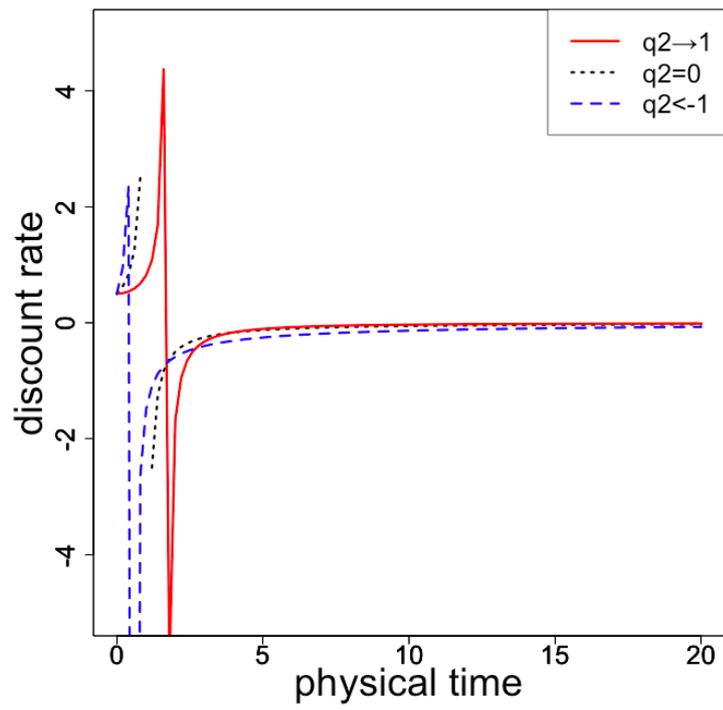


図5.9:  $\tilde{q}_1 > 1$  の場合の割引率 ( $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ )

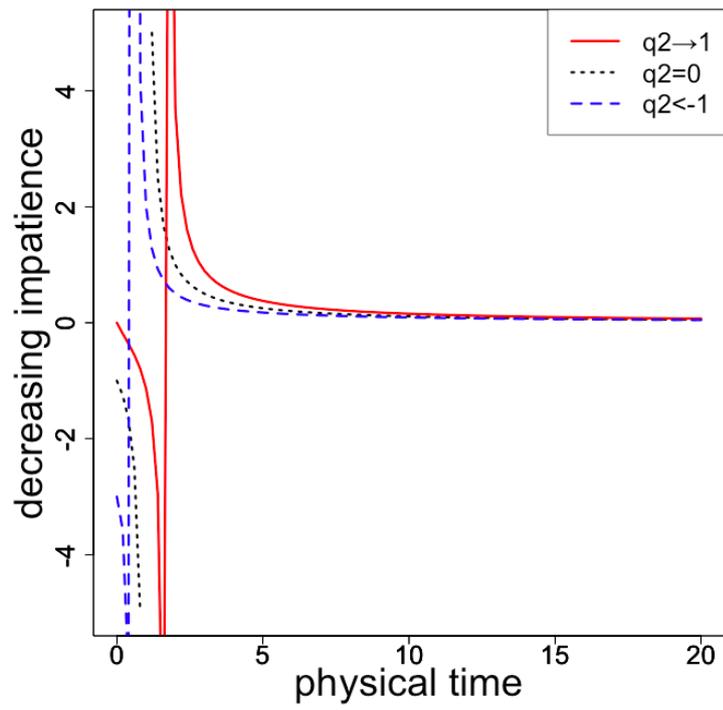


図5.10:  $\tilde{q}_1 > 1$  の場合の decreasing impatience( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ )

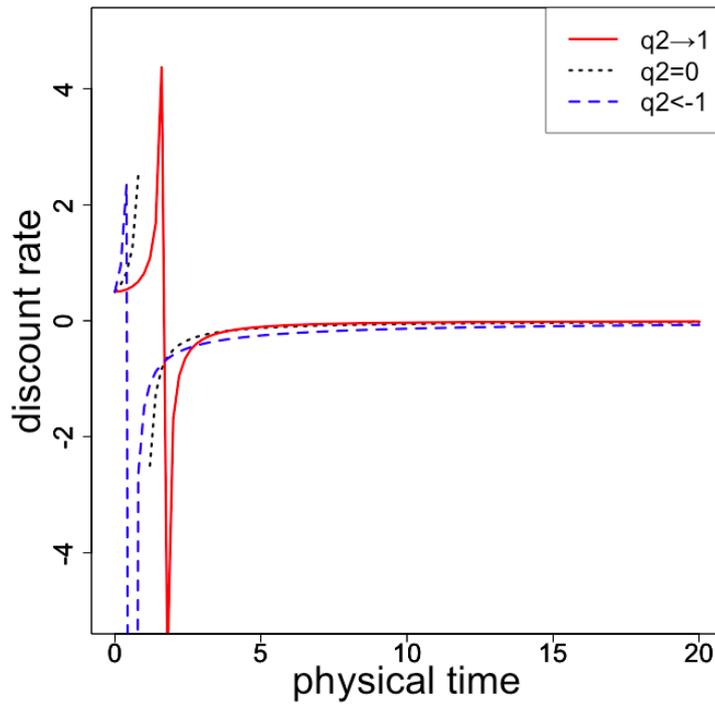


図5.11:  $\tilde{q}_1 > 1$  の場合の decreasing relative impatience( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ )

図 5.9, 5.10, 5.11 からわかるように,  $\tilde{q}_1 > 1$  の場合には,  $DR_{\tilde{q}_1, q_2}, DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  はいずれもある時刻  $t \geq 0$  で無限大に発散 (以後, 単に発散) することがある.

■  $DR_{\tilde{q}_1, q_2}, DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の発散に関する解析 実際,  $q$  拡張割引モデルで, このような発散が生じる条件は,

$$\tilde{q}_1 > 1 \tag{5.14}$$

である. <sup>\*10</sup> よって,  $\tilde{q}_1 > 1$  ならば,  $q_2$  の値によらず,  $DR_{\tilde{q}_1, q_2}, DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  はいずれもある時刻  $t_{div} \geq 0$  で発散する. つまり, 例え  $q$ -対数知覚モデルによって意思決

<sup>\*10</sup> Appendix を参照のこと.

定者の時間知覚の歪みを考慮<sup>\*11</sup> したとしても、その意思決定者の割引率, decreasing impatience, decreasing relative impatience を適切に記述できない可能性がある。また、発散する時刻  $t_{div}$  を求めると、

$$t_{div} = \frac{1}{b} \left\{ \left[ 1 - \frac{1 - q_2}{ak(1 - \tilde{q}_1)} \right]^{\frac{1}{1 - q_2}} - 1 \right\}. \quad (5.15)$$

## 5.4 研究1の考察

### 5.4.1 本研究の振り返り

本研究では、選好の逆転を考える上で重要な概念である時間割引率と、時間非整合性として選好の逆転の度合いの指標である decreasing impatience および decreasing relative impatience を取り上げ、これらが意思決定者の時間知覚にどのように影響を受けるかを、 $q$ -指数割引モデルを用いて調べた。時間知覚のモデルには  $q$ -対数知覚モデルを用い、意思決定者の線形的な時間知覚からの歪みの程度 ( $q_2$ ) が、時間割引率, decreasing impatience, および decreasing relative impatience に及ぼす影響について調べた。

### 5.4.2 結果のまとめ

#### 5.4.2.1 $q < 1$ の場合

■割引関数 時間知覚の歪みを考慮すると、たとえ心理時間での時間割引が時間整合的であっても、実際に観察される物理時間での時間割引は時間非整合的なものになったり、あるいは反対に、心理時間での時間割引が時間非整合的であっても、実際に観察される時間割引は時間整合的になり得ることがわかった。つまり、時間割引が時間非整合的かを検討するには、時間知覚の非線形性をも考慮する必要がある。

■割引率 時間知覚の歪みを考慮しないときには、意思決定者は、1) 時間が経過しても忍耐強さが変わらないか、あるいは、2) 遠い将来のことについては忍耐強い一方で、時間が経過するとせっかちになっていく。これに対して、時間知覚の歪みを考慮すると、心理時間での時間整合性が不変であっても、意思決定者は、時間知覚が凹的か凸的かによって、1') せっかちさ/忍耐強さが強まったり、あるいは、2') せっかちさが強まりそのうち

<sup>\*11</sup> 対数知覚モデルによって時間知覚の歪みを考慮する場合にも、時間割引が  $q$ -指数割引モデルにしたがうなら同様の発散が生じる。

に再び忍耐強くなっていく。つまり、意思決定者のせっかちさや忍耐強さは、その人の時間知覚の凹凸によって時間とともに変化するといえる。

■decreasing impatience 時間知覚の歪みを考慮しないときには、意思決定者は、1) 選好の逆転を起こさないか、あるいは、2) 遠い将来については選好の逆転を起こしにくい一方で、時間が経過すると選好の逆転を起こす可能性が高まっていく。これに対して、時間知覚の歪みを考慮すると、心理時間での時間割引が時間整合性が不変であっても、意思決定者は、時間知覚が凹的か凸的かによって、1') 選好の逆転/反対の選好の逆転を起こす可能性が高まったり、あるいは、2') 選好の逆転を起こす可能性が高まりそのうちにまた可能性が低くなり、やがて反対の選好の逆転を起こす可能性が高まっていく。つまり、意思決定者の、選好の逆転や反対の選好の逆転の起こしやすさは、その人の時間知覚の凹凸によって時間とともに変化するといえる。

■decreasing relative impatience 時間知覚の歪みを考慮しないときには、意思決定者は、1) (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こさないか、あるいは、2) 遠い将来については (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こしにくい一方で、時間が経過すると (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まっていく。これに対して、時間知覚の歪みを考慮すると、心理時間での時間割引が時間整合性が不変であっても、意思決定者は、1') 時間知覚が凹的か凸的かによらず、(decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まりそのうちにまた可能性が低くなる。あるいは、時間知覚が凹的か凸的かによって、2') (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まっていったり (凹的な時間知覚)、もしくは、選好の逆転を起こす可能性が高まりそのうちにまた可能性が低くなり、やがて反対の選好の逆転を起こす可能性が高まっていく。つまり、意思決定者の、(decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転や反対の選好の逆転の起こしやすさは、その人の時間知覚の凹凸によって時間とともに変化するといえる。

#### 5.4.2.2 $q > 1$ の場合

ところが、 $q > 1$  の場合には、割引率、decreasing impatience, decreasing relative impatience はいずれもある時刻 ( $t_{div}$ ) で無限大に発散してしまうため、以上の結果は成り立たない。

### 5.4.3 本研究の意義と課題

本研究は、異時点間選択での重要な概念である選好の逆転と深く関わる、時間割引率, decreasing impatience, decreasing relative impatience についてそのダイナミクスの性質を一般性の高い割引モデルを用いて解析し、さらに、意思決定者の時間知覚を考慮することによって、これらの性質がどのように変化するかを示したはじめての研究である。従来の研究で、割引モデルの指数割引モデル (時間整合的な割引モデル) からの乖離の大きさが、意思決定者の時間知覚の歪みによってもたらされていることは示されていたが (Han & Takahashi, 2012), 時間割引率, decreasing impatience, decreasing relative impatience といった時間非整合性の指標もまた、時間知覚の歪みに左右されることを示した本研究の結果は、異時点間選択を考える上で、意思決定者の時間知覚を考慮に入れることが必要であることを強く示唆する。

また、本研究は、先行研究が言及してこなかった  $q$ -指数割引モデルの限界についても示した。先行研究では、 $q$ -指数割引モデルを意思決定者の割引の様子を記述するのに用いていたのみで、このモデルで時間割引率や時間非整合性指標について調べた研究は、Takahashi (2011) を除いては存在しない。そして Takahashi (2011) は、 $q$ -指数割引モデルでの時間割引率と decreasing impatience を理論的に導出したものの、これらの適用限界については述べていない。しかし、本研究から明らかになったように、 $q$  値ないし  $\tilde{q}_1$  値が 1 より大きいと、時間割引率, decreasing impatience, decreasing relative impatience はいずれもある時刻において無限大に発散する。したがって、このようなケースでは、 $q$ -指数割引モデルを用いて時間割引率や decreasing impatience, decreasing relative impatience を分析することは適切でない可能性がある。

ただし、本研究はこれらが無限大に発散する条件を示し、その時刻を求めたものの、その時刻がどれほど遠い将来のことなのか、あるいはどれほど近い将来のことなのかについては、明らかにその他のパラメータに依存するため不明である。パラメータ値の組み合わせによっては、その時刻がずいぶん遠い将来 (e.g., 50 年後) にあって、実際の分析をする上では特に問題がない可能性もある。したがって、今後の研究では実際の時間割引のデータを用いて、decreasing impatience や decreasing relative impatience を計算し、分析をする上で発散が問題になるかどうかを調べる必要がある。



## 第 6 章

# 研究 2 $q$ -指数確率割引モデルおよび $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルによる非整合性指標のダイナミクスの理論的検討

### 6.1 研究 2 の目的

本研究では、まず、確率割引における選好の逆転を考える上で重要な概念である割引率と、非整合性として選好の逆転の度合いの指標である decreasing impatience および decreasing relative impatience を確率割引の枠組みに導入し、これらが意思決定者のオッズアゲインスト知覚にどのように影響を受けるかを、従来の確率割引研究で用いられてきた割引モデル、およびオッズアゲインスト知覚モデルをより一般化して考察した。

すなわち、本研究の目的は、割引の非整合性を定量化できる一般的な割引モデル、 $q$ -指数確率割引モデルにおいて、割引率 ( $DR_q$ ) および非整合性指標 ( $DI_q, DRI_q$ ) のダイナミクスを調べ、これらが意思決定者のオッズアゲインスト知覚の歪みからどのように影響を受けるかを調べることであった。言い換えると、表 4.1 のセル A とセル B の比較を通じて、オッズアゲインスト知覚の歪みが確率割引の非整合性へ与える影響を調べることであった。これらの指標のダイナミクスがオッズアゲインストの変化によってどのように変化するかについては、基本的に研究 1 で見たものと同じであるため、本研究では、これら指標をオッズアゲインストではなく確率で表示したときの変化の様子を調べた。

本研究の 2 つ目の目的は、 $q$ -指数確率割引関数の形状が割引パラメータに依存してどの

ように変化するのかについて、オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合と、考慮する場合のそれぞれで調べることであった。これにより、 $q$ -指数確率割引関数を確率加重関数として用いることの適否および適用限界を明らかにした。

## 6.2 研究 2 の方法

### 6.2.1 指標の導入

#### 6.2.1.1 確率割引における割引率, decreasing impatience, および decreasing relative impatience

第 1 部の時間割引で導入した, 時間割引率, decreasing impatience, および decreasing relative impatience の定義において, 利得/損失までの遅延時間を利得/損失までのオッズアゲインストと読み替えることで, 確率割引における割引率, decreasing impatience, および decreasing relative impatience を定義した. よって, 確率割引における割引率, decreasing impatience の程度 ( $DI(O)$ ), および decreasing relative impatience ( $DRI(O)$ ) の程度はそれぞれ次の通りになる:

$$DR(O) = -\frac{\phi(O)'}{\phi(O)}, \quad (6.1)$$

$$DI(O) = -\frac{[\ln \phi(O)]''}{[\ln \phi(O)]'}, \quad (6.2)$$

$$DRI(O) = DR(O) + DI(O). \quad (6.3)$$

ただし, ここに  $\phi(O)$  はオッズアゲインストでの確率割引関数である.

#### 6.2.1.2 $q$ -指数確率割引モデルにおける割引率, decreasing impatience, decreasing relative impatience

$q$ -指数確率割引関数

$$\phi(O) = \frac{1}{[1 + k_q(1 - q)O]^{\frac{1}{1-q}}} \quad (6.4)$$

を, 上の割引率 (6.1), decreasing impatience (6.2), decreasing relative impatience (6.3) にそれぞれ代入することで,  $q$ -指数確率割引モデルにおける割引率, decreasing impatience, decreasing relative impatience をそれぞれ次の通り導出した:

$$DR_q(O) = \frac{k_q}{1 + (1 - q)k_q O}, \quad (6.5)$$

$$DI_q(O) = \frac{(1 - q)k_q}{1 + (1 - q)k_q O}, \quad (6.6)$$

$$DRI_q(O) = \frac{(2 - q)k_q}{1 + (1 - q)k_q O}. \quad (6.7)$$

### 6.2.1.3 オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮した割引率, decreasing impatience, decreasing relative impatience

$q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデル (5.3) において, 時間  $t$  をオッズアゲインスト  $O$  に置き換えて, オッズアゲインスト知覚での  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルを次の通り導入した:

$$\tau_{q_2}(O) = a_{q_2} \frac{(1 + b_{q_2} O)^{1 - q_2} - 1}{1 - q_2} \quad (6.8)$$

ただし, パラメータ  $a_{q_2}, b_{q_2}, q_2$  が表すものは,  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデル (5.3) に準じる. また,  $\tau_{q_2}(O)$  の  $O$  での微分は,

$$\tau_{q_2}(O)' = a_{q_2} b_{q_2} (1 + b_{q_2} O)^{-q_2}. \quad (6.9)$$

オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合で求めた割引率 ( $DR_q$ ), decreasing impatience ( $DI_q$ ), decreasing relative impatience ( $DRI_q$ ) のそれぞれで, オッズアゲインストを主観的オッズアゲインストに置き換え, さらに  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデル (6.8) を用いることで,  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルでオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮する場合の割引関数, 割引率 ( $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ ), および decreasing impatience ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ), decreasing relative impatience ( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) をそれぞれ次の通り導出した:

$$\phi(O) = \frac{1}{\left[ 1 + (1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a \frac{(1 - bO)^{1 - q_2} - 1}{1 - q_2} \right]^{1/1 - \tilde{q}_1}}, \quad (6.10)$$

$$DR_{\tilde{q}_1, q_2}(O) = \frac{\tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} b_{q_2}}{(1 + b_{q_2} O)^{q_2} \left[ 1 + (1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} \frac{(1 + bO)^{1-q_2} - 1}{1 - q_2} \right]}, \quad (6.11)$$

$$DI_{\tilde{q}_1, q_2}(O) = \frac{(1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} b_{q_2}}{(1 + b_{q_2} O)^{q_2} \left[ 1 + (1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} \frac{(1 + bO)^{1-q_2} - 1}{1 - q_2} \right]} + \frac{b_{q_2} q_2}{1 + b_{q_2} O}, \quad (6.12)$$

$$DRI_{\tilde{q}_1, q_2}(O) = \frac{(2 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} b_{q_2}}{(1 + b_{q_2} O)^{q_2} \left[ 1 + (1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} \frac{(1 + bO)^{1-q_2} - 1}{1 - q_2} \right]} + \frac{b_{q_2} q_2}{1 + b_{q_2} O}. \quad (6.13)$$

## 6.2.2 各指標の確率による表示

オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合と、考慮する場合のそれぞれでの  $q$ -指数確率割引関数、割引率、decreasing impatience、および decreasing relative impatience を、確率で表示すると次の通りである。なお、以下、本研究では、これら指標は確率表示で用いた。

### 6.2.2.1 オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合

$q$ -指数確率割引関数：

$$\phi(p) = \frac{1}{\left[ 1 + k_q(1 - q) \left( \frac{1}{p} - 1 \right) \right]^{\frac{1}{1-q}}}. \quad (6.14)$$

割引率 :

$$DR_q(p) = \frac{k_q}{1 + (1 - q)k_q \left(\frac{1}{p} - 1\right)}. \quad (6.15)$$

decreasing impatience :

$$DI_q(p) = \frac{(1 - q)k_q}{1 + (1 - q)k_q \left(\frac{1}{p} - 1\right)}. \quad (6.16)$$

decreasing relative impatience :

$$DRI_q(p) = \frac{(2 - q)k_q}{1 + (1 - q)k_q \left(\frac{1}{p} - 1\right)}. \quad (6.17)$$

#### 6.2.2.2 オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮する場合

$q$ -指数確率割引関数 :

$$\phi(p) = \frac{1}{\left\{ 1 + (1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a \frac{\left[1 - b \left(\frac{1}{p} - 1\right)\right]^{1 - q_2} - 1}{1 - q_2} \right\}^{1/1 - \tilde{q}_1}}. \quad (6.18)$$

割引率 :

$$DR_{\tilde{q}_1, q_2}(p) = \frac{\tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} b_{q_2}}{\left[1 + b_{q_2} \left(\frac{1}{p} - 1\right)\right]^{q_2} \left\{ 1 + (1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} \frac{\left[1 + b \left(\frac{1}{p} - 1\right)\right]^{1 - q_2} - 1}{1 - q_2} \right\}} \quad (6.19)$$

decreasing impatience :

$$DI_{\tilde{q}_1, q_2}(p) = \frac{(1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} b_{q_2}}{\left[1 + b_{q_2} \left(\frac{1}{p} - 1\right)\right]^{q_2} \left\{ 1 + (1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} \frac{\left[1 + b \left(\frac{1}{p} - 1\right)\right]^{1 - q_2} - 1}{1 - q_2} \right\}} + \frac{b_{q_2} q_2}{1 + b_{q_2} \left(\frac{1}{p} - 1\right)}. \quad (6.20)$$

decreasing relative impatience :

$$\begin{aligned}
 DRI_{\tilde{q}_1, q_2}(p) = & \frac{(2 - \tilde{q}_1)\tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} b_{q_2}}{\left[1 + b_{q_2} \left(\frac{1}{p} - 1\right)\right]^{q_2} \left\{1 + (1 - \tilde{q}_1)\tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} \frac{\left[1 + b_{q_2} \left(\frac{1}{p} - 1\right)\right]^{1-q_2} - 1}{1 - q_2}\right\}} \\
 & + \frac{b_{q_2} q_2}{1 + b_{q_2} \left(\frac{1}{p} - 1\right)}. \tag{6.21}
 \end{aligned}$$

### 6.2.3 解析方法

#### 6.2.3.1 オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合

$DR_q, DI_q, DRI_q$  のパラメータ ( $q$ ) への依存性を、いくつかのパラメータ値での描画を通して考察した。

#### 6.2.3.2 $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルでオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮する場合

まず、 $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルでオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮する場合の割引関数の性質を、いくつかのパラメータ値での描画を通して考察した。そして、 $DR_{\tilde{q}_1, q_2}, DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルのパラメータ ( $q_2$ ) への依存性を、いくつかのパラメータ値での描画を通して考察した。

## 6.3 研究 2 の結果

### 6.3.1 オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合の割引率、および非整合性指標

#### 6.3.1.1 $q$ 値の変化による割引関数の変化

図 6.1-図 6.3 に、オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合の  $q$ -指数確率割引関数 (6.4) が、 $k_q$  値、および  $q$  値の変化に伴ってどのように変化するかを示した。図 6.1 からわかるように、 $k_q = 0.1$  のときには、 $q \leq 1$  の範囲で、大きい確率ではあまり割り引きをしない一方で、確率が小さくなるにつれて急激に割り引きが大きくなる。つまり、このような意思決定者は、概して客観確率を実際よりも大きく見積もっており、特に確率が小さい場合にその傾向が顕著である。ただし、 $q > 1$  のときには、確率が小さな領域で、

割り引きが大きすぎて割り引き関数が負の値をとる。この場合には、確率割引関数を確率加重関数とみなすことはできない。

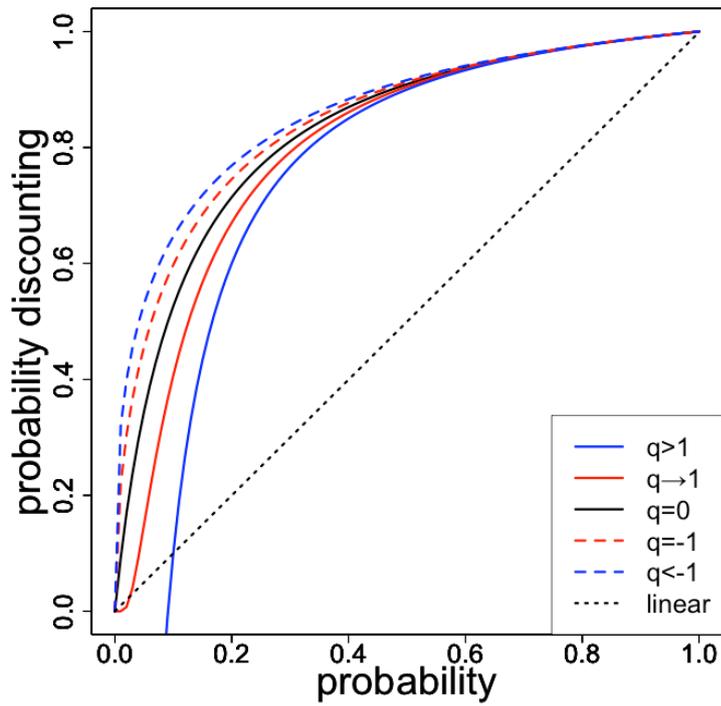


図6.1:  $q$ -指数確率割引関数 ( $k = 0.1$ )

赤実線 ( $q \rightarrow 1$ ) は意思決定者が指数確率割引モデルにしたがう場合を，黒実線 ( $q = 0$ ) は双曲確率割引モデルにしたがう場合を示す。また，破線の  $q$  値は，同じ色の実線で描かれる  $q$  値の符号反転である。なお，黒点線 (linear) は， $\phi(p) = p$  を表す。

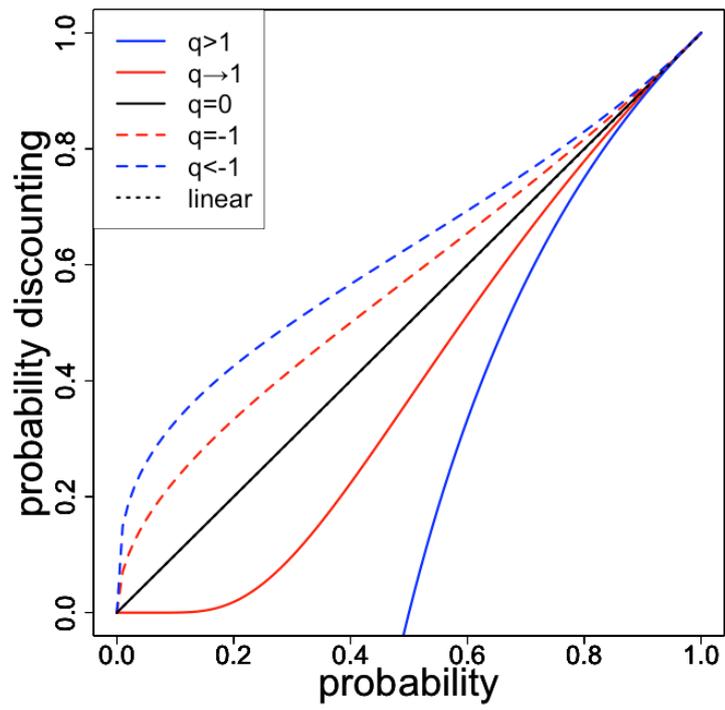


図6.2:  $q$ -指数確率割引関数 ( $k = 1.0$ )

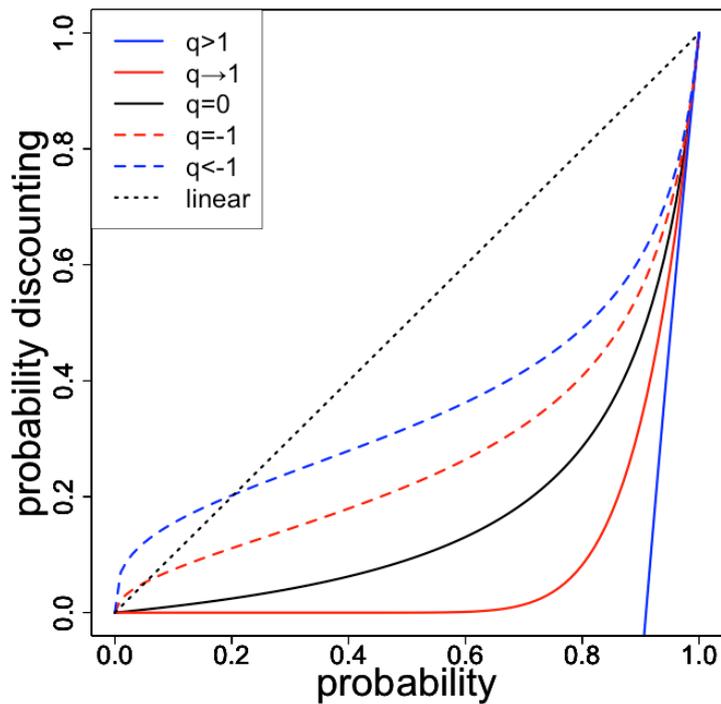


図6.3:  $q$ -指数確率割引関数 ( $k = 10$ )

図 6.2 からわかるように、 $k_q = 1.0$  のときには  $q$  の値によって割り引きの仕方が異なる。まず、 $q = 0$  のときには、すなわち双曲確率割引をするときには、意思決定者は確率を線形に割り引く。<sup>\*1</sup> つまり、客観確率を重みづけなしで見積もる。

$q < 1$  のときには、大きい確率は線形に近い割引をするが、確率が小さくなるにつれて割り引きが小さくなり、確率がゼロの付近で再び大きく割り引く。つまり、意思決定者は、大きな確率はほぼ重みづけなしで見積もるが、確率が小さくなるにつれて重みづけが小さくなり、確率を実際よりも大きく見積もる。この傾向は、 $q$  値が 0 から離れるほど顕著で

<sup>\*1</sup> 2.3 節の図 2.4における赤破線と一致する。

ある。

$q \rightarrow 1$  のときには、確率が小さくなるにつれて割引きが大きくなっていき、ある値（およそ  $p \sim 0.2$ ）を境に割引き関数はゼロになる。つまり、意思決定者は、確率が小さくなるほど重みづけが大きくなり、確率を実際よりも小さく見積もるが、ある値より確率が小さくなると客観確率をゼロと見積もる。

$q > 1$  のときには、やはり、確率が小さくなっていくにつれて割引き関数が負の値をとるようになる。この場合には、確率割引関数を確率加重関数とみなすことはできない。

図 6.3 からわかるように、 $k_q = 10$  のときにも  $q$  の値によって割引きの仕方が異なる。 $q < 0$  のときには、大きい確率の割引きが大きいが、確率が小さくなるにつれて割引きが小さくなり、ある値を境に割引きが線形割引よりも小さくなり、それより小さい確率では再び急激に割引く。つまり、意思決定者は、ある値よりも大きな領域では客観確率を実際よりも小さく見積もり、ある値よりも小さな領域では客観確率を実際よりも大きく見積もる。この傾向は  $q$  値が 0 から離れるほど顕著である。この場合の確率割引関数は、プロスペクト理論 (Kahneman Tversky, 1979; Tversky & Kahneman, 1992) の確率加重関数と同様に逆 S 字型の形状をとることができる。実際、確率加重関数が、 $q$ -指数確率割引関数によって表現できることを示した Takahashi et al. (2013) においても、 $k_q > 1$  であった。<sup>\*2</sup>

$0 \leq q < 1$  のときには、大きい確率を急激に割引き、確率が小さくなるにつれて割引きが小さくなり、やがて割引関数がゼロになる。つまり、意思決定者は、確率の大きさによらず客観確率を実際よりも小さく見積もり、確率が大きいほどより実際よりも小さく見積もる。

$q > 1$  のときには、やはり、確率が小さくなっていくにつれて割引き関数が負の値をとるようになる。この場合には、確率割引関数を確率加重関数とみなすことはできない。

### 6.3.1.2 割引率 $DR_q$ , decreasing impatience $DI_q$ , および decreasing relative impatience $DRI_q$

以下では、オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合の、 $q$ -指数確率割引モデルにおける割引率 ( $DR_q$ ), decreasing impatience ( $DI_q$ ), および decreasing relative impatience ( $DRI_q$ ) の性質を調べる。

---

<sup>\*2</sup> Takahashi et al. (2013) では、 $k_q = 2.43$  だった。

■ $DR_q$  の  $q$  値による変化 図 6.4に、オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合の  $q$ -指数確率割引モデルにおける  $DR_q$  が、 $q$  値の変化に伴ってどのように変化するかを示した。ただし、割引パラメータは  $k_q = 10$  に固定した。

$q \rightarrow 1$  のときには、ほとんどの確率で割引率は一定である。つまり、意思決定者は報酬獲得の確率が変化しても、忍耐強さが変わらないという傾向にある。ただし、 $p \sim 0$  付近では、割引率は急激にゼロに収束する。

$q < 1$  のときには、割引率は正で、確率の低下とともに逡減する。つまり、意思決定者は、確率が小さなことについては忍耐強い(割り引きが小さい)一方で、確率が大きくなっていくとせっかちになっていく(割り引きが大きくなっていく)傾向にある。

$q > 1$  のときには、割引率は正で、確率の低下とともに急激に増加し、ある時点で正の無限大に発散する。そして、次の瞬間に割引率は負の無限大から急激に増加し、やがてゼロへと収束する。つまり、意思決定者は、確率が小さなことについては忍耐強い(割り引きが小さい)一方で、確率が大きくなっていくと不確実な報酬の価値を割り増し、ある確率でその傾向が極めて強くなる。そしてそこから確率がわずかに大きくなると極めてせっかちになり、やがてその傾向が落ち着いていく。

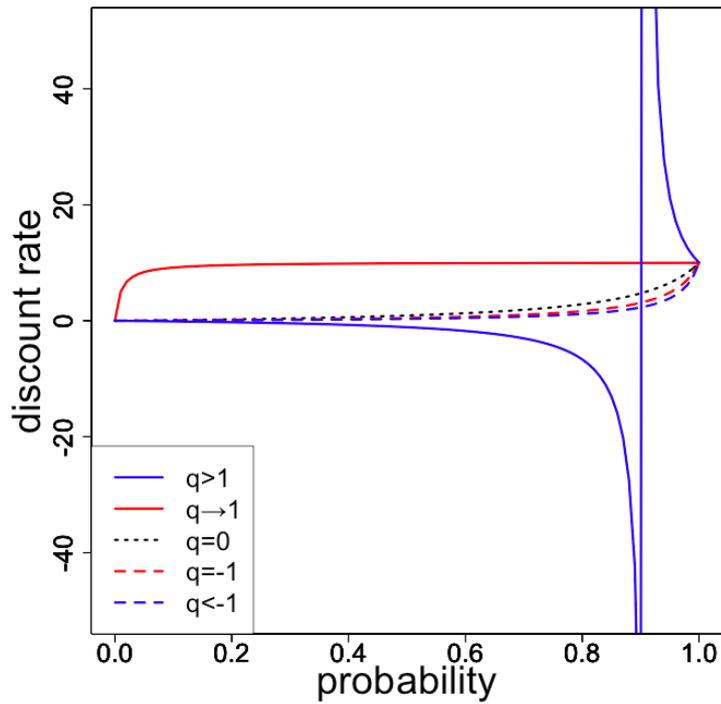


図6.4:  $q$ -指数確率割引モデルにおける割引率 ( $DR_q$ )

■  $DI_q$  の  $q$  値による変化 図 6.5に、オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合の  $q$ -指数確率割引モデルにおける  $DI_q$  が、 $q$  値の変化に伴ってどのように変化するかを示した。

$q \rightarrow 1$  のときには、decreasing impatience の程度はゼロで一定，すなわち定常不忍耐である。つまり，意思決定者は選好の逆転を起こさない。

$q < 1$  のときには，decreasing impatience の程度は正，すなわち decreasing impatience で，確率の低下とともに逡減し，やがてゼロになる。つまり，意思決定者は，確率が小さなことについては選好の逆転を起こしにくい一方で，確率が大きくなると選好の逆転を起こ

す可能性が高まっていく傾向にある。

$q > 1$  のときには、decreasing impatience の程度は負、すなわち increasing impatience で、確率の低下とともに急激に減少し、ある時点で負の無限大に発散する。そして、次の瞬間に decreasing impatience の程度は正の無限大から急激に減少し、やがてゼロへと収束する。つまり、意思決定者は、確率が小さなことについては選好の逆転を起こしにくい一方で、確率が大きくなると選好の逆転を起こす可能性が高まり、ある時点でその可能性が無限大に発散する。そしてそこから確率がわずかに大きくなると、反対の選好の逆転を起こす可能性が無限大になり、やがてその可能性が小さくなっていく。

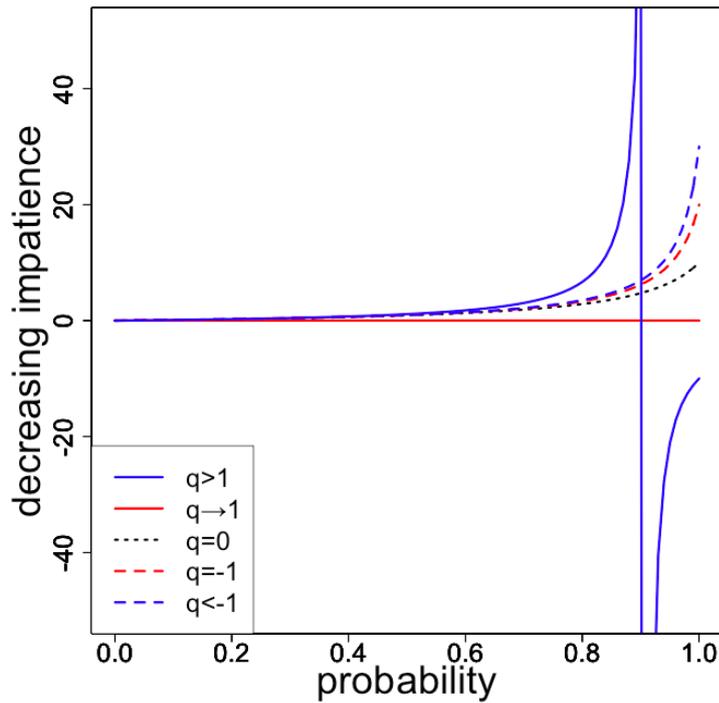


図6.5:  $q$ -指数確率割引モデルにおける decreasing impatience( $DI_q$ )

■  $DRI_q$  の  $q$  値による変化 図 6.6 に、オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合の  $q$ -指数確率割引モデルにおける  $DRI_q$  が、 $q$  値の変化に伴ってどのように変化するかを示した。

$q \rightarrow 1$  のときには、ほとんどの確率で decreasing relative impatience の程度は正で一定である。つまり、意思決定者は報酬獲得の確率が変化しても、(decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が確率の大きさによらず変化しない傾向にある。ただし、 $p \sim 0$  付近では、decreasing relative impatience は急激にゼロに収束する。

$q < 1$  のときには、decreasing relative impatience の程度は正、すなわち decreasing relative impatience で、確率の低下とともにその値は逡減し、やがてゼロに収束する。つまり、意思決定者は、確率の小さなことについては (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こしにくい一方で、確率が大きくなると (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向にある。

$1 < q < 2$  のときには、decreasing relative impatience の程度は正、すなわち decreasing relative impatience で、確率の低下とともに急激に増加し、ある時点で正の無限大に発散する。そして、そこから確率がわずかに小さくなると decreasing relative impatience の程度は負の無限大から急激に増加し、やがてゼロへと収束する。つまり、意思決定者は、確率の小さなことについては (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こしにくい一方で、確率が大きくなると (decreasing relative impatience の意味で) 反対の選好の逆転を起こす可能性が高まり、ある確率でその可能性が無限大に発散する。そしてそこから確率がわずかに大きくなると、(decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が無限大になり、やがてその可能性が小さくなっていく。

$q > 2$  のときには、<sup>\*3</sup> decreasing relative impatience の程度は負、すなわち increasing relative impatience で、確率の低下とともに急激に減少し、ある時点で負の無限大に発散する。そして、そこから確率がわずかに小さくなると decreasing relative impatience の程度は正の無限大から急激に減少し、やがてゼロへと収束する。つまり、意思決定者は、確率の小さなことについては (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こしにくい一方で、確率が大きくなると (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まり、ある確率でその可能性が無限大に発散する。そしてそこ

---

<sup>\*3</sup> この  $DRI_q$  の場合にのみ、 $q > 1$  で  $q = 3$  を採用した。その理由は、 $q = 2$  だと  $DRI_q$  が任意の確率  $p$  ( $0 \leq p \leq 1$ ) でゼロとなるため、あたかも  $q > 1$  の範囲で一般に  $DRI_q$  がゼロとなる、という誤解を与えかねないためである。

から確率がわずかに大きくなると, (decreasing relative impatience の意味で) 反対の選好の逆転を起こす可能性が無限大になり, やがてその可能性が小さくなっていく.

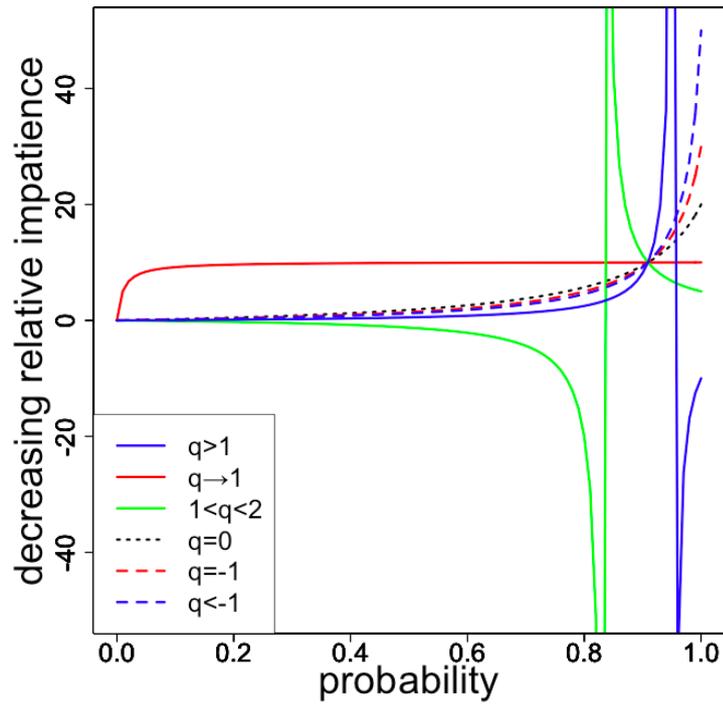


図6.6:  $q$ -指数確率割引モデルにおける decreasing relative impatience( $DRI_q$ )

### 6.3.1.3 $DR_q, DI_q, DRI_q$ の発散に関する解析

$q$ -指数確率割引モデルで, このような発散が生じる条件を求めると,  $q > 1$  であることが示される. <sup>\*4</sup> よって,  $q > 1$  ならば,  $k_q (> 0)$  の値によらず,  $DR_q, DI_q, DRI_q$  はいず

<sup>\*4</sup> Appendix を参照のこと.

れも確率

$$p_{div} = \left[ 1 - \frac{1}{k_q(1-q)} \right]^{-1} \quad (6.22)$$

で発散する.

#### 6.3.1.4 $q$ -指数確率割引モデルにおける $DR_q, DI_q, DRI_q$ のまとめ

以上,  $q$ -指数確率割引モデルにおける割引率  $DR_q$ , decreasing impatience  $DI_q$ , および decreasing relative impatience  $DRI_q$  の符号と確率の変化 ( $p = 1 \Rightarrow p = 0$ ) をまとめると表 6.1, 表 6.2, 表 6.3 となる.

表6.1:  $DR_q$  の  $q$  値による符号と時間変化

	符号	確率の変化 (低下)
$q < 1$	+	減少 → 収束
$q \rightarrow 1$	+	一定. ただし, $p = 0$ 付近で急減しゼロに
$q > 1$	$+ \rightarrow -$	増加 → 発散 → 収束

表6.2:  $DI_q$  の  $q$  値による符号と時間変化

	符号	確率の変化 (低下)
$q < 1$	+	減少 → 収束
$q \rightarrow 1$	0	一定 (ゼロ)
$q > 1$	$- \rightarrow +$	減少 → 発散 → 収束

### 6.3.2 $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルで歪みを考慮する場合の割引率, およびひ整合性指標

#### 6.3.2.1 $q_2$ 値の変化による割引関数の変化

図 6.7-図 6.9 に,  $q$ -対数知覚モデルでオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮した場合の,  $q$ -指数確率割引関数 (ただし,  $\tilde{q}_1 \rightarrow 1$ ) が,  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1}$  値, および  $\tilde{q}_1$  値の変化に伴ってどのよう

表6.3:  $DRI_q$  の  $q$  値による符号と時間変化

	符号	確率の変化 (低下)
$q < 1$	+	減少 → 収束
$q \rightarrow 1$	+	一定. ただし, $p = 0$ 付近で急減しゼロに
$1 < q < 2$	+ → -	増加 → 発散 → 収束
$q > 1$	+ → -	減少 → 発散 → 収束

に変化するのかわを示した。<sup>\*5</sup> また、黒点線 ( $q_2 = 0$ ) はオッズアゲインスト知覚が線形の場合を表し、赤 ( $q \rightarrow 1 / q = -1$ ), 青 ( $q_2 = 2 / q_2 = -2$ ) の順に線形的な知覚から乖離する。実線は  $q_2 > 0$  に、破線は  $q_2 < 0$  に対応する。

<sup>\*5</sup> オッズアゲインスト知覚パラメータ  $a, b$  はそれぞれ  $a = 5, b = 1$  に固定した。

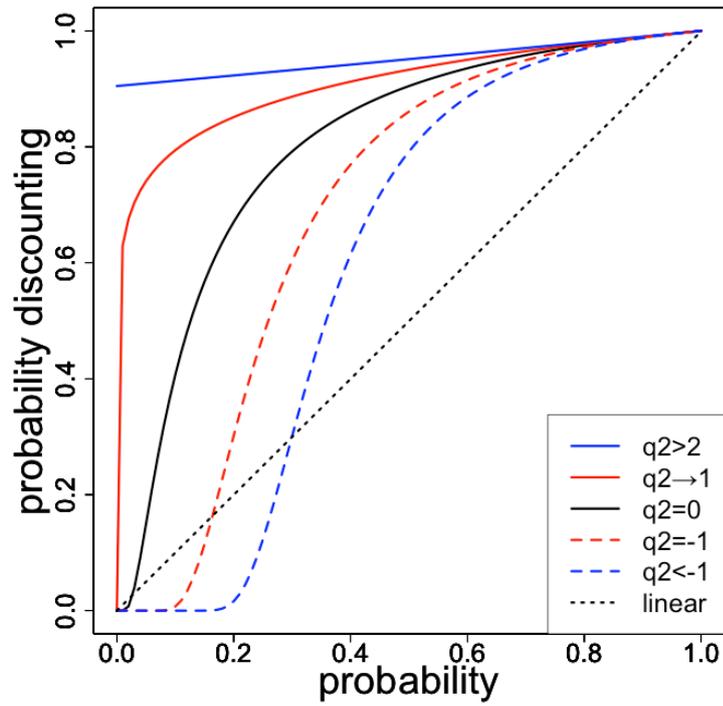


図6.7:  $q$ -対数知覚モデルでオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮した  $q$ -指数確率割引関数 ( $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 0.1$ ,  $\tilde{q}_1 \rightarrow 1$ : 指数確率割引)  
 黒実線 ( $q_2 = 0$ ) はオッズアゲインスト知覚が線形の場合を表し, 赤 ( $q \rightarrow 1 / q = -1$ ), 青 ( $q_2 = 2 / q_2 = -2$ ) の順に線形的な知覚から乖離する. 実線は  $q_2 \geq 0$  に, 破線は  $q_2 < 0$  に対応する.

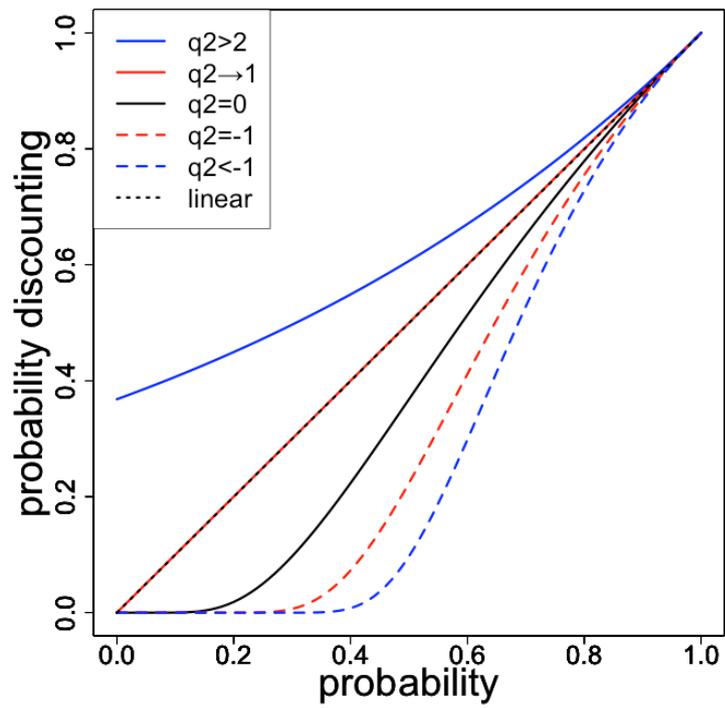


図6.8:  $q$ -対数知覚モデルでオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮した  $q$ -指数確率割引関数 ( $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 1.0$ ,  $\tilde{q}_1 \rightarrow 1$ : 指数確率割引)

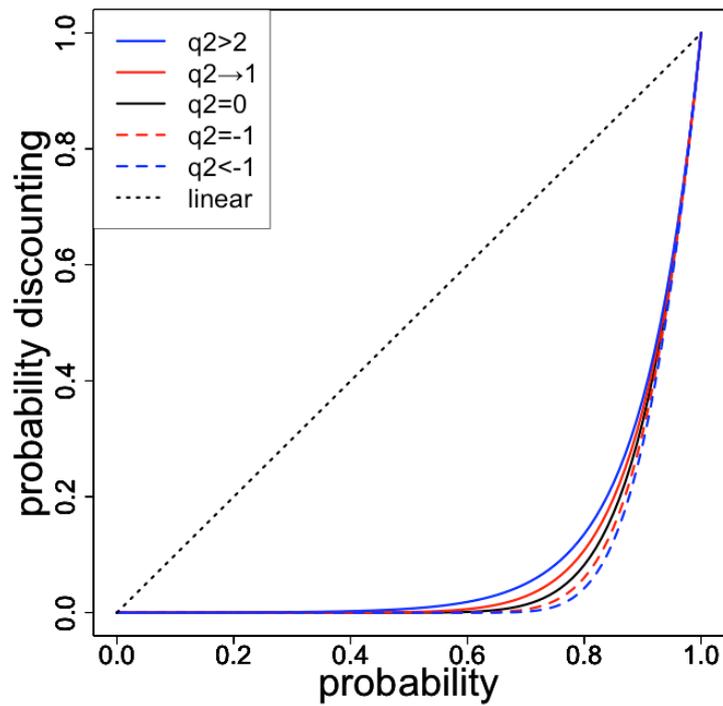


図6.9:  $q$ -対数知覚モデルでオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮した  $q$ -指数確率割引関数 ( $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 10, \tilde{q}_1 \rightarrow 1$ : 指数確率割引)

### 6.3.2.2 指数確率割引 ( $\tilde{q}_1 \rightarrow 1$ ) の場合

図 6.7 からわかるように、 $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 0.1$  のときには  $q_2$  の値によって割り引きの仕方が異なる。

$q_2 \leq 0$  のときには、大きい確率では割り引きが小さく、ある確率より小さくなると線形割引より確率を大きく割り引くようになる。つまり、このような意思決定者は、確率が大きな場合には実際よりも確率を大きく見積もり、反対に確率が小さな場合には実際よりも確率を小さく見積もる。

$q_2 \rightarrow 1$  のときには、確率の大きさによらず概して割り引きが線形割引よりも小さい。つまり、このような意思決定者は、概して確率を大きく見積もる。

$q_2 > 1$  のときにも、確率の大きさによらず概して割り引きが線形割引よりも小さいが、この場合は  $q_1 \rightarrow 1$  の場合と異なり、確率がゼロに近づいても割り引きが大きくなることはなく、確率がゼロになっても割引関数はゼロにならない。つまり、このような意思決定者は、概して確率を大きく見積もり、かつ、確率がゼロになってもその大きさのある程度の大きさに見積もる。オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合の、同じパラメータ値 ( $k_q = 0.1, q \rightarrow 1$ ) の割引関数 (図 6.7 の赤実線) と比べると、知覚の歪みの影響で割り引きが大きくなり、また  $q_2$  の値によっては、割引関数が S 字になるような大きな確率と小さな確率とで割り引き方のパターンに違いが生じている。

図 6.8 からわかるように、 $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 1.0$  のときには  $q_2$  の値によらず、大きな確率で急激に割り引きが起こる。つまり、このような意思決定者は大きな確率を実際よりもかなり小さく見積もり、また中程度以下の確率をほとんどゼロと見積もる。オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合の同じパラメータ値 ( $k_q = 1.0, q \rightarrow 1$ ) の割引関数 (図 6.8 の赤実線) と比べると、知覚の歪みの影響で割り引きが大きくなっていることがわかる。

図 6.9 からわかるように、 $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 10$  のときも  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 1.0$  のときと同様、 $q_2$  の値によらず、大きな確率で急激に割り引きが起こる。しかも、この場合には割り引きの程度  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1}$  が大きい分より割り引きが強く、 $q_2$  の値による割引関数の差はほとんど見られない。オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合の、同じパラメータ値 ( $k_q = 1.0, q \rightarrow 1$ ) の割引関数 (図 6.9 の赤実線) と比べると、知覚の歪みの影響で割り引きが大きくなっていることも  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 1.0$  の場合と同様である。

### 6.3.2.3 双曲確率割引 ( $\tilde{q}_1 = 0$ ) の場合

図 6.10-図 6.12 に、 $q$ -対数知覚モデルでオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮した場合の、 $q$ -指数確率割引関数 (ただし、 $\tilde{q}_1 = 0$ ) が、 $\tilde{k}_{\tilde{q}_1}$  値、および  $\tilde{q}_1$  値の変化に伴ってどのように変化するかを示した。

図 6.10 からわかるように、 $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 0.1$  のときには、指数確率割引の場合のほとんど同じ形の割引関数を得る。ただし、指数確率割引の場合には、 $q_2 = 0$ 、つまりオッズアゲインスト知覚が線形のとときに、割引関数が S 字型 (小さい確率を実際よりも小さく、大きな確率を実際よりも大きく見積もる) だったのに対して、双曲確率割引の場合には、割引関数が線形割引よりも割り引きが小さい、つまり、確率の大きさによらず確率を実際よりも大きく見積もる、という違いがある。オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合の、同じパラメータ値 ( $k_q = 0.1, q = 0$ ) の割引関数 (図 6.1 の黒実線) と比べると、やはり指

数確率割引のときと同様に、知覚の歪みの影響で割り引きが大きくなり、また  $q_2$  の値によっては、割引関数がS字になるような、大きな確率と小さな確率とで割り引き方のパターンに違いが生じている。

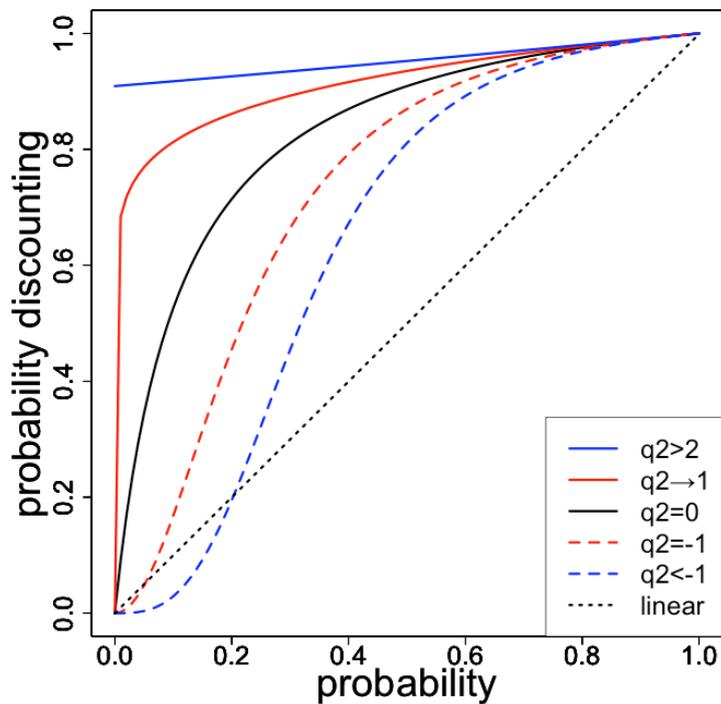


図6.10:  $q$ -対数知覚モデルでオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮した  $q$ -指数確率割引関数 ( $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 0.1$ ,  $\tilde{q}_1 = 1$ : 双曲確率割引)  
 黒実線 ( $q_2 = 0$ ) はオッズアゲインスト知覚が線形の場合を表し、赤 ( $q \rightarrow 1 / q = -1$ ), 青 ( $q_2 = 2 / q_2 = -2$ ) の順に線形的な知覚から乖離する。実線は  $q_2 \geq 0$  に、破線は  $q_2 < 0$  に対応する。

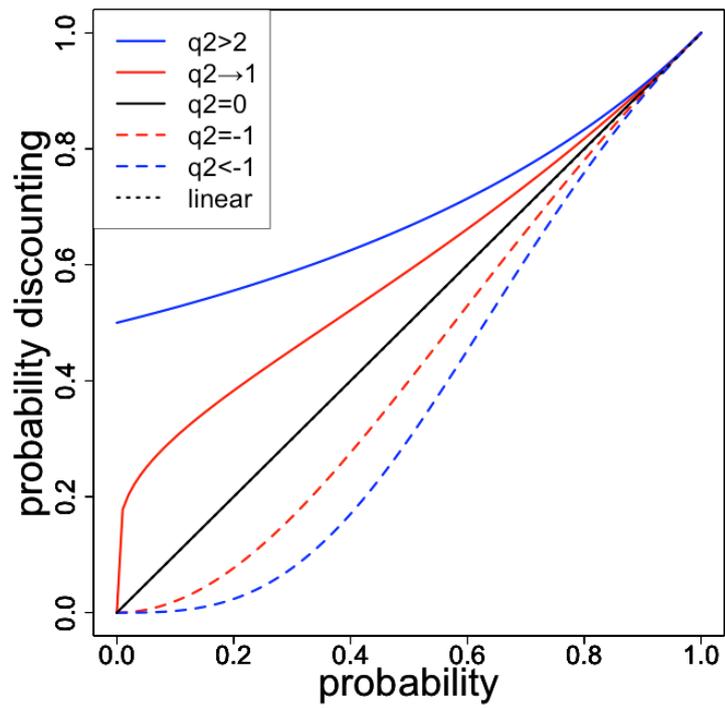


図6.11:  $q$ -対数知覚モデルでオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮した  $q$ -指数確率割引関数 ( $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 1.0$ ,  $\tilde{q}_1 = 1$ : 双曲確率割引)

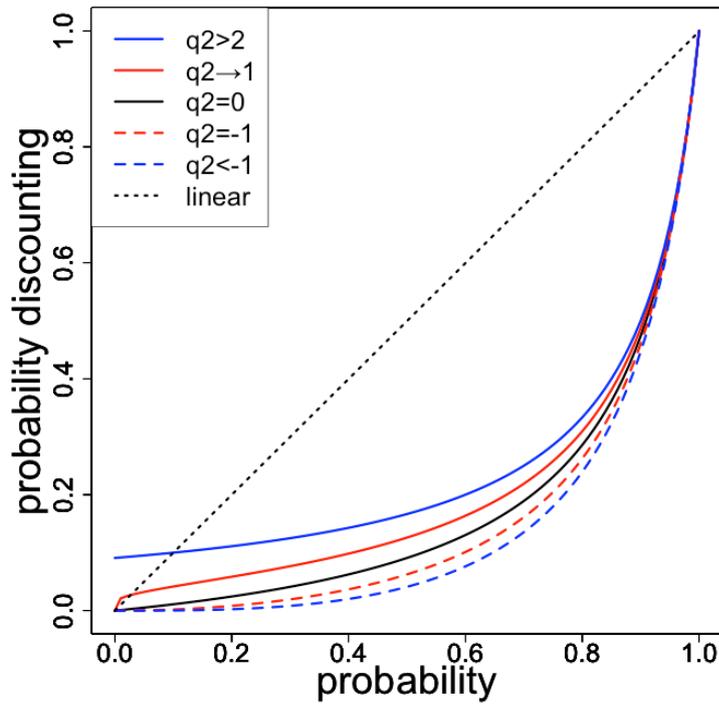


図6.12:  $q$ -対数知覚モデルでオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮した  $q$ -指数確率割引関数 ( $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 10$ ,  $\tilde{q}_1 = 1$ : 双曲確率割引)

図 6.11 からわかるように、 $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 1.0$  のときにも、指数確率割引の場合のほとんど同じ形の割引関数を得る。ただし、指数確率割引の場合には、 $q_2$  値によらず、割り引きが線形割り引きより大きかった (概して確率を実際よりも小さく見積もっていた) のに対して、双曲確率割引の場合には、 $q_2 \geq 1$  のときには線形割引よりも割り引きが小さくなる、つまり、小さな確率では実際よりも大きく見積もる、という違いがある。オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合の、同じパラメータ値 ( $k_q = 1.0, q = 1$ ) の割引関数 (図 6.2 の黒実線) と比べると、割引関数が線形割引だったのが知覚の歪みの影響で、割り引きが大きくなっている。つまり、確率が実際よりも小さく見積もられるようになっている。た

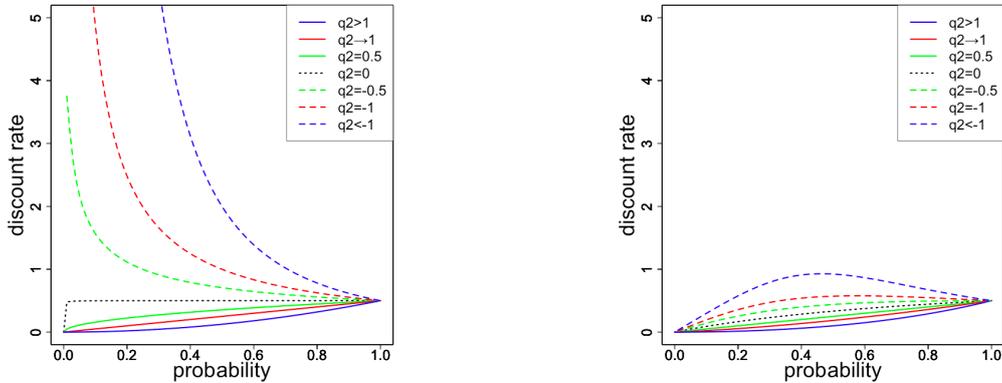
だし、上述のように、 $q_2 \geq 1$  の場合にはこの限りではない。

図 6.12 からわかるように、 $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 10$  のときにも、指数確率割引の場合のほとんど同じ形の割引関数を得る。ただし、指数確率割引の場合よりも割り引きがわずかに小さい。オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合の、同じパラメータ値 ( $k_q = 10, q = 0$ ) の割引関数 (図 6.3 の黒実線) と比べると、やはり指数確率割引の場合と同様、知覚の歪みの影響で割り引きが大きくなっていることがわかる。

#### 6.3.2.4 $q$ -指数確率割引モデルにおける割引率 ( $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ ), および時間非整合性指標 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ )

以下では、 $q$ -対数知覚モデルでオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮する場合の、 $q$ -指数確率割引モデルにおける割引率 ( $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ ), および時間非整合性指標 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) の性質を調べる。なお、本節では  $\tilde{q}_1 \leq 1$  の場合のみを取り上げた。 $\tilde{q}_1 > 1$  の場合は節を改めて取り上げる。

図 6.13 に、指数確率割引と双曲確率割引のそれぞれの場合において、非線形知覚パラメータ ( $q_2$ ) をさまざまに変化させたときに、割引率 ( $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) がどのように変化するかを示した。ただし、割引パラメータとオッズアゲインスト知覚パラメータはそれぞれ  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 0.1$ ,  $a_{q_2} = 5, b_{q_2} = 1$  に固定した。また、黒点線 ( $q_2 = 0$ ) はオッズアゲインスト知覚が線形の場合を表し、緑 ( $q_2 = 0.5 / q = -0.5$ ), 赤 ( $q \rightarrow 1 / q = -1$ ), 青 ( $q_2 = 2 / q_2 = -2$ ) の順に線形的な知覚から乖離する。実線は  $q_2 > 0$  に、破線は  $q_2 < 0$  に対応する。



(a) 指数確率割引 ( $\tilde{q}_1 \rightarrow 1$ )

(b) 双曲確率割引 ( $\tilde{q}_1 = 0$ )

図6.13:  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚を考慮した  $q$ -指数確率割引モデルにおける割引率 ( $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ )

主観的オッズアゲインストでの確率割引が指数確率割引である場合には、図 6.13-(a) からわかるように、 $q_2 = 0$  のときには、つまりオッズアゲインスト知覚の歪みがないときには、割引率は基本的に一定である。つまり、オッズアゲインストを線形に知覚する意思決定者は、確率が低下しても忍耐強さが変わらない。ただし、 $p \sim 0$  付近では、割引率は急激にゼロに収束する。

$q_2 > 0$  のときには、割引率は正で、確率の低下とともに逓減する。つまり、主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して凹になる非線形知覚をする意思決定者は、確率が小さなことについては忍耐強い(割り引きが小さい)一方で、確率が大きくなるとせっかちになっていく(割り引きが大きくなっていく)傾向にある。

$q_2 < 0$  のときには、割引率は正で、確率の低下とともに逓増する。つまり、主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して凸になる非線形知覚をする意思決定者は、確率が小さなことについてはせっかちである(割り引きが大きい)一方で、確率が大きくなるとに忍耐強くなっていく(割り引きが小さくなっていく)傾向にある。これらの傾向はいずれも、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。つまり、より凹的なオッズアゲインスト知覚をする人ほど、確率の増大でよりせっかちになっていく傾向が強く、より凸的なオッズアゲインスト知覚をする人ほど、確率の増大でより忍耐強くなっていく傾向が強い。

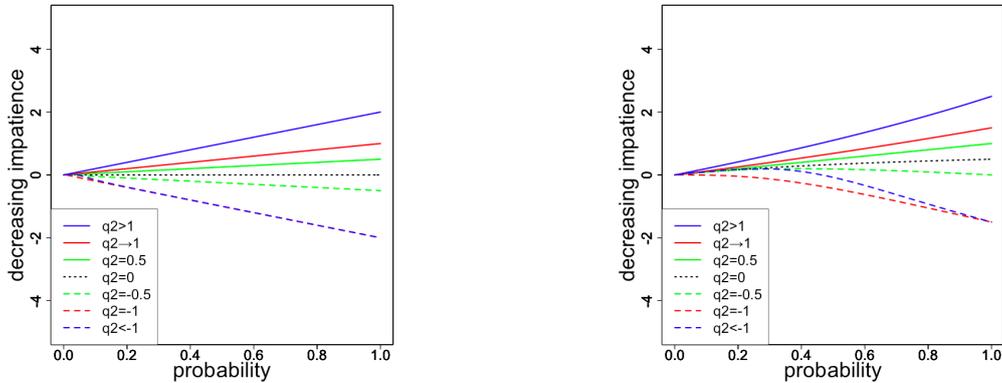
しかし、これらの割引率 ( $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) と非線形知覚パラメータ ( $q_2$ ) の関係は、主観的オッズアゲインストでの確率割引が非整合的である場合には異なる様相を呈する。主観的オッズアゲインストでの確率割引が双曲確率割引である場合には、図 6.13-(b) からわかるように、 $q_2 = 0$  のとき、つまりオッズアゲインスト知覚の歪みがないときでも、割引率は一定ではなく確率の低下とともに逓減する。これは  $q_2 > 0$  のときも同じである。まとめると、 $q_2 \geq 0$  のとき、割引率は正で、確率の低下とともに逓減する。つまり、主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して歪みがない意思決定者、または主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して凹になる非線形知覚をする意思決定者は、確率が小さなことについては忍耐強い一方で、確率が大きくなるとせっかちになっていく傾向にある。そして、この傾向は、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる

この傾向は、主観的オッズアゲインストで指数確率割引をし、オッズアゲインスト知覚が凹になる意思決定者が有する傾向と同じである。ただし、確率割引の非整合性の影響を受けるため、傾向が指数確率割引の場合よりもより顕著になる。つまり、オッズアゲインスト知覚の歪み方がまったく同じであっても、確率割引が非整合的な意思決定者の方が、確率が大きくなるとせっかちになっていく傾向が強い。

また、 $q_2 < 0$  のときには、割引率は正で、確率の低下とともに一時的に増加し、その後は逓減する傾向が見られる。つまり、主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して凸になる非線形知覚をする意思決定者は、確率が大きくなるとだんだんとせっかちになっていき、ある確率でせっかちさがピークに達し、その後再び忍耐強くなっていく傾向がある。

### 6.3.2.5 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ のオッズアゲインスト知覚パラメータ ( $q_2$ 値) による変化

図 6.14に、指数確率割引 (a) と双曲確率割引 (b) のそれぞれの場合において、非線形知覚パラメータ ( $q_2$ ) をさまざまに変化させたときに、decreasing impatience ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) がどのように変化するかを示した。ただし、割引パラメータとオッズアゲインスト知覚パラメータはそれぞれ  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 0.1$ ,  $a_{q_2} = 5$ ,  $b_{q_2} = 1$  に固定した。また、黒点線 ( $q_2 = 0$ ) はオッズアゲインスト知覚が線形の場合を表し、緑 ( $q_2 = 0.5 / q = -0.5$ )、赤 ( $q \rightarrow 1 / q = -1$ )、青 ( $q_2 = 2 / q_2 = -2$ ) の順に線形的な知覚から乖離する。実線は  $q_2 > 0$  に、破線は  $q_2 < 0$  に対応する。



(a) 指数確率割引 ( $\tilde{q}_1 \rightarrow 1$ )

(b) 双曲確率割引 ( $\tilde{q}_1 = 0$ )

図6.14:  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚を考慮した  $q$ -指数確率割引モデルにおける decreasing impatience( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ )

主観的オッズアゲインストでの確率割引が指数確率割引である場合には、図 6.14-(a) からわかるように、 $q_2 = 0$  のときには、つまりオッズアゲインスト知覚の歪みがないときには、decreasing impatience の程度はゼロで一定である。つまり、オッズアゲインストを線形に知覚する意思決定者は選好の逆転を起こさない。

$q_2 > 0$  のときには、decreasing impatience は正で、確率の低下とともに逓減する。つまり、主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して凹になる非線形知覚をする意思決定者は、確率の小さなことについては選好の逆転を起こしにくい一方で、確率が大きくなると選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向にある。

$q_2 < 0$  のときには、decreasing impatience は負 (すなわち、increasing impatience) で、確率の低下とともに逓増する。つまり、主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して凸になる非線形知覚をする意思決定者は、確率の小さなことについては選好の逆転を起こしにくい一方で、確率が大きくなると選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向にある。ただし、この場合の選好の逆転とは通常の選好の逆転とは反対の選好の逆転、すなわち、increasing impatience の意味での選好の逆転である。つまり、確率の低下とともにより確実な小さな利益よりもより不確実な大きな利益を選ぶように選好が逆転するのである。これらの傾向は、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。つまり、より凹的なオッズアゲインスト知覚をする人ほど、確率の増大でより選好の逆転をする可能

性が高まっていき、より凸的なオッズアゲインスト知覚をする人ほど、確率の増大でより通常とは反対の選好の逆転をする可能性が高まっていく。

しかし、これらの decreasing impatience ( $DI_{q_1, q_2}$ ) と非線形知覚パラメータ ( $q_2$ ) の関係は、主観的オッズアゲインストでの確率割引が非整合的である場合には異なる様相を呈する。主観的オッズアゲインストでの確率割引が双曲確率割引である場合には、図 6.14-(b) からわかるように、 $q_2 = 0$  のとき、つまりオッズアゲインスト知覚の歪みがないときでも、decreasing impatience は一定ではなく、正の値をとり、確率の低下とともに逡減する。これは  $q_2 > 0$  のときも同じである。まとめると、 $q_2 \geq 0$  のとき、decreasing impatience は正で、確率の低下とともに逡減する。つまり、主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して凹になる非線形知覚をする意思決定者は、確率の小さなことについては選好の逆転を起こしにくい一方で、確率が大きくなると選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向にある。そして、この傾向は、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。

この傾向は、主観的オッズアゲインストで指数確率割引をし、オッズアゲインスト知覚が凹になる意思決定者が有する傾向と同じである。ただし、確率割引の非整合性の影響を受けるため、傾向が指数確率割引の場合よりもより顕著になる。つまり、オッズアゲインスト知覚の歪み方がまったく同じであっても、確率割引が非整合的な意思決定者の方が、確率が大きくなると選好の逆転を起こす可能性が高い。

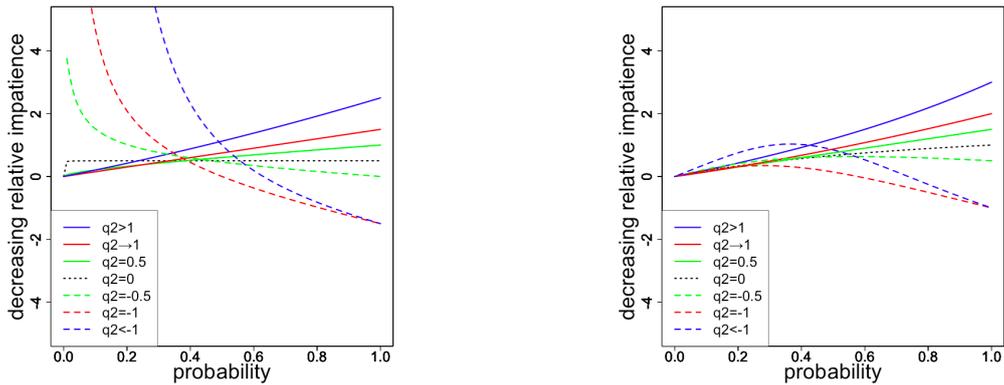
また、 $q_2 < 0$  のときには、decreasing impatience は負で、確率の低下とともに逡増してやがてゼロに収束する。しかし、ある  $q_2$  値以下 (e.g.,  $q_2 < -1$ ) では、decreasing impatience は確率の低下とともに一時的に増加し、ある確率以下で、符号を正に転じ、その後は逡減してゼロに収束する傾向が見られる。つまり、主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して凸になる非線形知覚をする意思決定者には、次の 2 つの傾向をもつ者が存在する。

一つは、主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して歪みがない意思決定者、あるいは主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して凹になる非線形知覚をする意思決定者と同様に、確率が小さなことについては選好の逆転を起こしにくい一方で、確率が大きくなると選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向である。そしてもう一つは、確率の小さなことについては選好の逆転を起こしにくい一方で、確率が大きくなると通常の選好の逆転を起こす可能性が高まり、さらに確率が大きくなると、またその可能性が低くなり、そして今度は反対の選好の逆転を起こす可能性が高まっていくという傾向である。このうち後者の傾向は、主観的オッズアゲインストで指数確率割引をし、オッズアゲインスト知覚が凸になる意思決定者には見られないものである。そして、この傾

向は、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる

### 6.3.2.6 $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ のオッズアゲインスト知覚パラメータ ( $q_2$ 値) による変化

図 6.15に、指数確率割引と双曲確率割引のそれぞれの場合において、非線形知覚パラメータ ( $q_2$ ) をさまざまに変化させたときに、decreasing relative impatience( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) がどのように変化するかを示した。ただし、割引パラメータとオッズアゲインスト知覚パラメータはそれぞれ  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 0.1, a_{q_2} = 5, b_{q_2} = 1$  に固定した。また、黒点線 ( $q_2 = 0$ ) はオッズアゲインスト知覚が線形の場合を表し、緑 ( $q_2 = 0.5 / q = -0.5$ ), 赤 ( $q \rightarrow 1 / q = -1$ ), 青 ( $q_2 = 2 / q_2 = -2$ ) の順に線形的な知覚から乖離する。実線は  $q_2 > 0$  に、破線は  $q_2 < 0$  に対応する。



(a) 指数確率割引 ( $\tilde{q}_1 \rightarrow 1$ )

(b) 双曲確率割引 ( $\tilde{q}_1 = 0$ )

図6.15:  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚を考慮した  $q$ -指数確率割引モデルにおける decreasing relative impatience( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ )

主観的オッズアゲインストでの確率割引が指数確率割引である場合には、図 6.15-(a) からわかるように、 $q_2 = 0$  のときには、つまりオッズアゲインスト知覚の歪みがないときには、decreasing relative impatience の程度は正で基本的に一定である。つまり、オッズアゲインストを線形に知覚する意思決定者は、(decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が確率によらず変化しない傾向にある。ただし、 $p \sim 0$  付近では、割引率が急激にゼロに収束するため、decreasing relative impatience も急激に

ゼロに収束する。

$q_2 > 0$  のときには、decreasing relative impatience は正で、確率の低下とともに逓減する。つまり、主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して凹になる非線形知覚をする意思決定者は、確率の小さなことについては (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こしにくい一方で、確率が大きくなると (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向にある。この傾向は、同じく  $q_2 > 0$  のときの decreasing impatience の性質と同様である。この傾向が、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になるのまた同様である。

$q_2 < 0$  のときには、decreasing relative impatience は負 (すなわち、increasing relative impatience) で、確率の低下とともに増加し符号が正に転じ (すなわち、decreasing relative impatience になり)、その後はさらに急激に増加する傾向が見られる。つまり、主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して凸になる非線形知覚をする意思決定者は、確率の小さなことについては選好の逆転を起こす可能性が極めて高い一方で、確率が大きくなると選好の逆転を起こす可能性が低下していき、ある確率以上では反対の選好の逆転を起こす傾向が高まっていく傾向にある。この傾向も、やはり  $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。

しかし、これらの decreasing relative impatience ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) と非線形知覚パラメータ ( $q_2$ ) の関係は、主観的オッズアゲインストでの確率割引が非整合的である場合には異なる様相を呈する。主観的オッズアゲインストでの確率割引が双曲確率割引である場合には、図 5.8-(b) からわかるように、 $q_2 = 0$  のとき、つまりオッズアゲインスト知覚の歪みがないときでも、decreasing relative impatience は一定ではなく、正の値をとり、確率の低下とともに逓減する。これは  $q_2 > 0$  のときも同じである。まとめると、 $q_2 \geq 0$  のとき、decreasing relative impatience は正で、確率の低下とともに逓減する。つまり、主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して凹になる非線形知覚をする意思決定者は、確率の小さなことについては (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こしにくい一方で、確率が大きくなると (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まっていく傾向にある。そして、この傾向は、 $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。

この傾向は、主観的オッズアゲインストで指数確率割引をし、オッズアゲインスト知覚が凹になる意思決定者が有する傾向と同じである。ただし、確率割引の非整合性の影響を受けるため、傾向が指数確率割引の場合よりもより顕著になる。つまり、オッズアゲインスト知覚の歪み方がまったく同じであっても、確率割引が非整合的な意思決定者の方が、確率が大きくなると (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能

性が高い。

また、 $q_2 < 0$  のときには、decreasing relative impatience は負 (すなわち、increasing relative impatience) で、確率の低下とともに一時的に増加し符号が正に転じ (すなわち、decreasing relative impatience になり)、その後はピークに達した後に逡減してゼロに収束する傾向が見られる。つまり、主観的オッズアゲインストがオッズアゲインストに対して凸になる非線形知覚をする意思決定者は、確率の小さなことについては選好の逆転を起こしにくい一方で、確率が大きくなると選好の逆転を起こす可能性が高まっていき、その後再びその可能性が低下し、利益を得る確率が高まったところで反対の選好の逆転を起こす可能性が高まる傾向にある。この傾向は  $q_2$  値が 0 から離れるほどより顕著になる。

この傾向は、主観的オッズアゲインストで指数確率割引をし、オッズアゲインスト知覚が凸になる意思決定者で見られたものと基本的には同じである。<sup>\*6</sup> ただし、指数確率割引の場合と比べると、decreasing relative impatience のピークがより確率が大きなところにあるが、その程度は小さい。つまり、主観的オッズアゲインストで双曲確率割引をする意思決定者と指数確率割引をする意思決定者とを比べると、前者の方がより利益を得る確率が高まったところで (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こすが、そのような逆転が起こる可能性は、後者と比べると低い。

### 6.3.2.7 $\tilde{q}_1 > 1$ の場合の割引率 $DR_{qq}$ , および非整合性指標 $DI_{qq}, DRI_{qq}$

■  $DR_{\tilde{q}_1, q_2}, DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  のオッズアゲインスト知覚パラメータ ( $q_2$  値) による変化  $\tilde{q}_1 > 1$  の場合には、上述の結果と異なる。図 6.16-図 6.18 に、 $\tilde{q}_1 = 3 > 1$  の場合に、非線形知覚パラメータ ( $q_2$ ) をさまざまに変化させたときに、割引率、decreasing impatience, decreasing relative impatience がどのように変化するかを示した。ただし、割引パラメータとオッズアゲインスト知覚パラメータはそれぞれ  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1} = 0.1, a_{q_2} = 5, b_{q_2} = 1$  に固定した。また、黒点線 ( $q_2 = 0$ ) はオッズアゲインスト知覚が線形の場合を表し、赤実線 ( $q \rightarrow 1$ ) は凹に歪むオッズアゲインスト知覚を、青破線 ( $q_2 = -2$ ) は凸に歪むオッズアゲインスト知覚をそれぞれ表す。<sup>\*7</sup>

<sup>\*6</sup> 主観的オッズアゲインストで指数確率割引をする場合には、双曲確率割引をする場合の decreasing relative impatience のようなピークがないという点のみ異なっているが、指数確率割引の場合には、(実際には考えない)  $p < 0$  の領域にピークがあると見なせばよい。

<sup>\*7</sup> 見やすさを優先して、これまでよりも曲線の本数を減らし、凹に歪むオッズアゲインスト知覚、凸に歪むオッズアゲインスト知覚をそれぞれ代表的な 1 本ずつ選んだ。

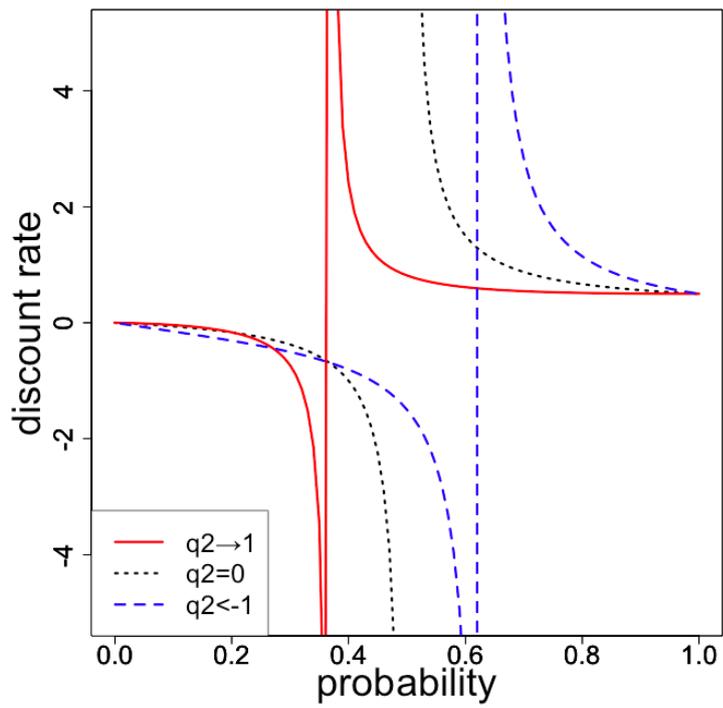


図6.16:  $\tilde{q}_1 > 1$  の場合の割引率 ( $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$ )

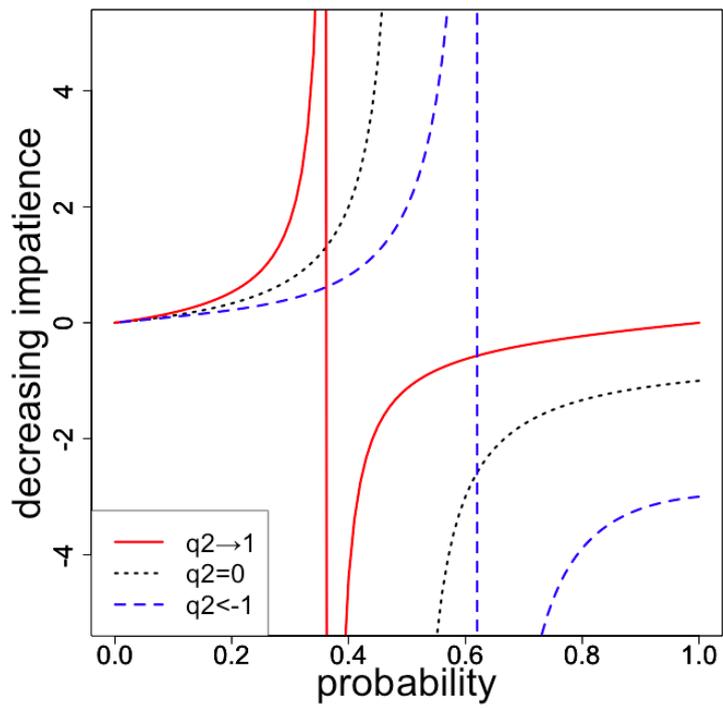


図6.17:  $\tilde{q}_1 > 1$  の場合の decreasing impatience( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ )

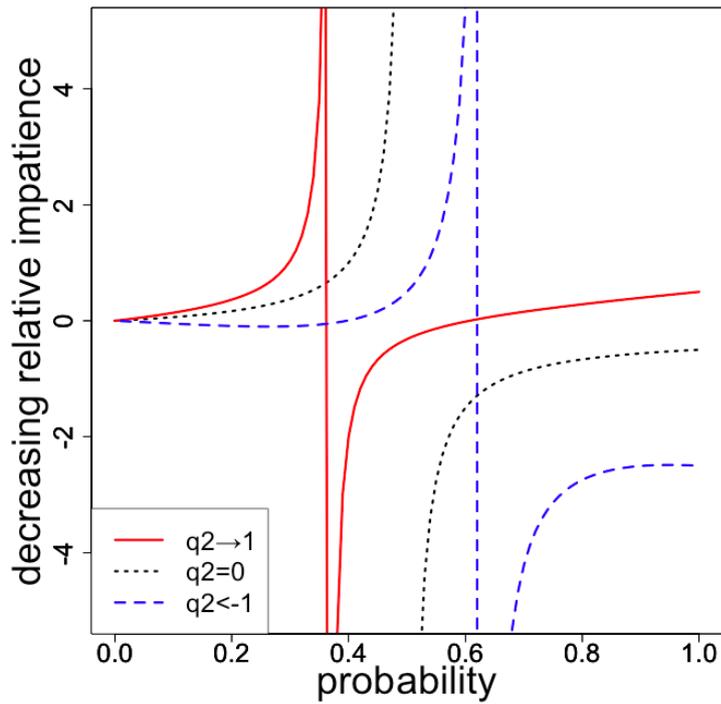


図6.18:  $\tilde{q}_1 > 1$  の場合の decreasing relative impatience( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ )

図 6.16-図 6.18からわかるように,  $\tilde{q}_1 > 1$  の場合には  $q_2$  の値によらず,  $DR_{\tilde{q}_1, q_2}, DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  は, いずれもある確率  $p(0 \leq p \leq 1)$  で無限大に発散する.

■ $DR_{\tilde{q}_1, q_2}, DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の発散に関する解析 実際,  $q$ -拡張割引モデルで, このような発散が生じる条件は,

$$\tilde{q}_1 > 1 \tag{6.23}$$

である. \*8

---

\*8 Appendix を参照のこと.

よって、 $\tilde{q}_1 > 1$  ならば、 $q_2$  の値によらず、 $DR_{\tilde{q}_1, q_2}, DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  はいずれもある確率  $p_{div} (0 \leq p_{div} \leq 1)$  で発散する。つまり、例え  $q$ -対数知覚モデルによって意思決定者のオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮<sup>\*9</sup> したとしても、その意思決定者の割引率、decreasing impatience, decreasing relative impatience を適切に記述できない可能性がある。また、発散する確率  $p_{div}$  を求めると、

$$p_{div} = \left\{ 1 + \frac{1}{b} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{1}{\tilde{k}_{\tilde{q}_1} a} \frac{1 - q_2}{1 - \tilde{q}_1} \right)^{\frac{1}{1 - q_2}} \right] \right\}^{-1}. \quad (6.24)$$

## 6.4 研究2の考察

### 6.4.1 本研究の振り返り

本研究では、確率割引における選好の逆転を考える上で重要な概念である割引率と、選好の逆転の度合いの指標である decreasing impatience および decreasing relative impatience を取り上げ、これらが意思決定者のオッズアゲインスト知覚にどのように影響を受けるかを、 $q$ -指数確率割引モデルを用いて調べた。オッズアゲインスト知覚のモデルには  $q$ -対数知覚モデルを用い、意思決定者の線形的なオッズアゲインスト知覚からの歪みの程度 ( $q_2$ ) が、割引率、decreasing impatience, および decreasing relative impatience に及ぼす影響について調べた。また、 $q$ -指数確率割引関数を確率加重関数として用いることの適否および適用限界を明らかにするために、この割引関数が割引パラメータに依存してどのように変化するかについて、オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合と、考慮する場合のそれぞれで調べた。

### 6.4.2 結果のまとめ

#### 6.4.2.1 $q < 1$ の場合

■割引関数  $q$ -指数確率割引関数を確率加重関数と見る場合、オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しないと、割引の程度 ( $k_q$ ) が小さいときには、概して客観確率を実際よりも大きく見積もる確率加重関数となるが、割引の程度が大きくなると逆 S 字型の確率加重関数、すなわち小さい確率を実際よりも小さく、大きい確率を実際よりも小さく見積もる確率加重関数を表現できる。他方、オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮すると、割引の程

<sup>\*9</sup> 対数知覚モデルによってオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮する場合にも、確率割引が  $q$ -指数確率割引モデルにしたがう場合は、同様の発散が生じる。

度が小さいときにはS字型の確率加重関数，すなわち，小さい確率を実際よりも小さく，大きい確率を実際よりも大きく見積もる確率加重関数となるが，割引の程度が大きくなると大きな確率で急激な割り引きが起こり，ある値以下の確率をほぼゼロと見積もるような確率加重関数となる．また， $q$  値/ $\tilde{q}_1$  値が1より大きい場合には，オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮するか否かに関わらず， $0 \leq p \leq 1$  の範囲で確率割引関数が負の値をとることから，この場合に  $q$ -指数確率割引関数を確率加重関数として扱うことは不適切である．

オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮すると，たとえ主観的オッズアゲインストでの確率割引が整合的であっても，実際に観察されるオッズアゲインストでの確率割引は非整合的なものになったり，あるいは反対に，主観的オッズアゲインストでの確率割引が非整合的であっても，実際に観察される確率割引は整合的になり得ること，すなわち，確率割引が非整合的かを検討するには，オッズアゲインスト知覚の非線形性をも考慮する必要があることもわかった．この結果は，時間割引の非整合性を検討する際に，時間知覚の非線形性を考慮する必要があることを示した研究1の結果と平行である．

■割引率 オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しないときには，意思決定者は，1) 確率が大きくなっても忍耐強さが変わらないか，あるいは，2) 確率の小さなことについては忍耐強い一方で，確率が大きくなるとせっかちになっていく．これに対して，オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮すると，主観的オッズアゲインストでの確率割引の整合性が不変であっても，意思決定者は，オッズアゲインスト知覚が凹的か凸的かによって，1') せっかちさ/忍耐強さが強まったり，あるいは，2') せっかちさが強まりそのうちに再び忍耐強くなっていく．つまり，意思決定者のせっかちさや忍耐強さは，その人のオッズアゲインスト知覚の凹凸によって確率とともに変化するといえる．

■decreasing impatience オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しないときには，意思決定者は，1) 選好の逆転を起こさないか，あるいは，2) 確率の小さなことについては選好の逆転を起こしにくい一方で，確率が大きくなると選好の逆転を起こす可能性が高まっていく．これに対して，オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮すると，主観的オッズアゲインストでの確率割引の整合性が不変であっても，意思決定者は，オッズアゲインスト知覚が凹的か凸的かによって，1') 選好の逆転/反対の選好の逆転を起こす可能性が高まったり，あるいは，2') 選好の逆転を起こす可能性が高まりそのうちにまた可能性が低くなり，やがて反対の選好の逆転を起こす可能性が高まっていく．つまり，意思決定者の選好の逆転や反対の選好の逆転の起こしやすさの程度は，その人のオッズアゲインスト知覚の凹凸によって確率とともに変化するといえる．

■decreasing relative impatience オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しないときには、意思決定者は、1) (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こさないか、あるいは、2) 遠い将来については (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こしにくい一方で、確率が大きくなると (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まっていく。これに対して、オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮すると、主観的オッズアゲインストでの確率割引の整合性が不変であっても、意思決定者は、1') オッズアゲインスト知覚が凹的な場合には、(decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まっていき、2') オッズアゲインスト知覚が凸的な場合には、確率が大きくなるにつれて (decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性がだんだんと低くなって、やがて反対の選好の逆転を起こす可能性が高まっていったり (指数割引の場合) もしくは、(decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転を起こす可能性が高まった後に再び低まり、反対の選好の逆転を起こす可能性が高まっていく (双曲割引の場合)。つまり、意思決定者の、(decreasing relative impatience の意味で) 選好の逆転や反対の選好の逆転の起こしやすさは、その人のオッズアゲインスト知覚の凹凸によって確率とともに変化するといえる。

#### 6.4.2.2 $q > 1$ の場合

ところが、 $q > 1$  の場合には、割引率、decreasing impatience, decreasing relative impatience はいずれもある確率 ( $p_{div}$ ) で無限大に発散してしまうため、以上の結果は成り立たない。

#### 6.4.3 本研究の意義と課題

本研究は、リスク下の選択での重要な概念である選好の逆転と深く関わる、割引率、decreasing impatience, decreasing relative impatience について、そのダイナミクスの性質を一般性の高い割引モデルを用いて解析し、さらに、割引モデルに意思決定者のオッズアゲインスト知覚を一般性の高いオッズアゲインスト知覚モデルで組み込むことによって、これらの性質がどのように変化するかを示したはじめての研究である。従来の研究で、割引モデルの指数確率割引モデルからの乖離の大きさが、意思決定者のオッズアゲインスト知覚の歪みによってもたらされていることは示されていたが (Takahashi & Han, 2013)、割引率、decreasing impatience, decreasing relative impatience といった非整合性の指標もまた、オッズアゲインスト知覚の歪みに左右されていることを示したことは、

リスク下の選択を考える上でも、報酬が当たるまでの主観的な待ち時間という、従来リスクとは異なる扱いをされてきた心理物理量を考慮に入れることが必要であることを強く示唆するものである。

また、本研究は、先行研究では言及されてなかった  $q$ -指数確率割引モデルを確率加重関数として用いる場合の適否や適用限界についても示した。さらに、時間割引 (研究 1) で示したのと同様に、確率割引においても  $q$  値が 1 より大きいと、割引率, decreasing impatience, decreasing relative impatience はいずれも無限大に発散するため、このようなケースでは、 $q$ -指数確率割引モデルを用いて割引率や decreasing impatience, decreasing relative impatience を分析することは適切でない可能性があることも示した。したがって、今後の研究では実際の確率割引のデータを用いて、decreasing impatience や decreasing relative impatience を計算し、分析をする上で発散が問題になるかどうかを調べる必要がある。





## 第 III 部

## 実証編

## 第 7 章

# 実証編の目的と方法

### 7.1 実証編の目的

#### 7.1.1 理論編の総括

研究 1 では、割引率および時間非整合性のダイナミクスについて理論的な検討を行った。その結果、意思決定者の割り引きが仮に時間整合的であったとしても、時間知覚が歪んでいれば、実際に観察される割り引きは時間非整合的になってしまうことが明らかになった。また、これまでの時間割引研究でしばしば用いられてきた、 $q$ -指数割引モデルを割引モデルとして仮定すると、パラメータ ( $q_1$ ) がある条件を満たす場合に、割引関数、割引率、および非整合指標が無限大に発散するという問題が生じ得ることも明らかになった。

研究 2 では、研究 1 と同様に、確率割引の割引率および非整合性のダイナミクスを描像し、基本的には研究 1 で見出されたことと同じことが見出された。すなわち、確率割引でも意思決定者のオッズアゲインスト知覚の歪みが、割引の非整合性へ影響を与えるということである。また、発散の問題も確率割引でもまた同様に生じることがわかった。さらに、 $q$ -指数確率割引モデルをプロスペクト理論の確率加重関数のように見なす際の適否や適用限界についても示した。

#### 7.1.2 実証編の目的

しかし、当然ながら理論だけでは現実に観察される意思決定者の行動を説明し得るかどうかはわからない。この理論の適否を評価するためには、実際のデータに基づき、上記の理論から導かれる予測の妥当性を検討したり、あるいはデータを分析する際に、理論の適用限界が問題になるか否かを検証する必要がある。

そこで実証編ではまず、研究1で提唱した意思決定者の時間知覚の新たなモデルである $q$ -対数知覚モデルを用いて、実際の質問紙から得られたデータへのフィッティングを試みる。また同様に、オッズアゲインスト知覚のモデルとして $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルを用いたフィッティングも行う。そうして推定されたパラメータをもって、意思決定者の時間知覚やオッズアゲインスト知覚がどれほど線形知覚から乖離しているか、あるいは対数知覚から乖離しているかを調べる。

そして、 $q$ -対数知覚モデルによって物理時間を心理時間に変換した後に、心理時間での時間割引がどのようになるか、また $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルによってオッズアゲインストを主観的オッズアゲインストに変換した後に、主観的オッズアゲインストでの確率割引がどのようになるかを調べる。これにより、対数知覚モデルによって物理時間やオッズアゲインストをそれぞれ心理時間や主観的オッズアゲインストへ変換した先行研究 (Han & Takahashi, 2012; Takahashi & Han, 2013) との比較が可能となる。この比較は表 4.1におけるセル B とセル D の比較にあたる。

理論編では、物理時間での割引と心理時間での割引、あるいはオッズアゲインストでの割引と主観的オッズアゲインストでの割引は、それぞれ同じ割引パラメータを用いて (つまり、 $k_q = \tilde{k}_{q_1}$  として) 非整合性指標のダイナミクスの比較を行った。しかし、一般には、両者の割引パラメータは等しくない。そこで実証編では、心理時間/主観的オッズアゲインストの割引で割引パラメータを推定し、それぞれ物理時間/オッズアゲインストでの割引パラメータと比較する。そして、割引パラメータの推定値を用いて、decreasing impatience および decreasing relative impatience の程度のダイナミクスを描き、時間知覚やオッズアゲインスト知覚の歪みがこれらに与える影響を調べる。また、理論編で明らかになった、割引関数や非整合性指標が発散するという問題が、実際のデータを用いた分析で問題になるかについて評価する。

## 7.2 実証編の方法

ここでは、以降の研究 (研究 3, 研究 4, 研究 5) で扱う課題と分析方法について説明する。そして説明の重複をさけるために、各研究の方法のセクションでは課題の詳細な説明については省略し、実験参加者や実験手続き、その他の各研究で特有のことについてのみ記す。なお、以下の課題はいずれの研究においてもすべて質問紙で実施された。参加者は「以下に、あなた自身が受け取る (支払う) お金に関する意思決定に関する質問が書かれています。実際のお金に関する選択だと思って、完全にあなたの自由な意思に基づいてお答えください。」というインストラクションを受けた後で、各課題に取り組んだ。

## 7.2.1 実験課題

### 7.2.1.1 時間割引課題

参加者の時間割引を調べるために、先行研究 (e.g., Ohmura, Takahashi, & Kitamura, 2005; Takahashi et al., 2007) で確立された時間割引課題 (Bickel & Marsh, 2001) が用いられた。参加者は、調整された X 円を今日受け取るか、10 万円を一定の遅延後に受け取るかのいずれかを選択するよう求められた。遅延は 1 週間後、2 週間後、1 ヶ月後、6 ヶ月後、1 年後、5 年後、25 年後の 7 つだった。以下では、参加者がお金を受け取り、遅延が 1 週間後の場合を例に課題のページについて詳述する。

参加者は「今日の X 円」(左列) と「1 週間後の 10 万円」(右列) のうち選びたい方の選択肢に丸をつけるという二者択一を 40 問行った (図 7.1)。X 円は調整された金額で、97,500 円から 0 円まで 2,500 円刻みで小さくなっていった (降順)。このページの 40 問すべてで選択を終えたら、次のページに進み、新たな遅延 (この例では 2 週間後) で、再び同じ二者択一を 40 問行った。7 つの遅延すべてで選択を終えたら、順序効果を消すために、今度は今日受け取る X 円を 0 円から 97,500 円まで 2,500 円刻みで大きくして調整して (昇順)、再び 1 週間後から 25 年後までの 7 つの遅延で同じ二者択一を行った。なお、各遅延につき 1 ページで、すべてのページで左列に「今日の X 円」が右列に「遅延後の 10 万円」が並んでいた。

### 7.2.1.2 時間知覚課題

参加者の時間知覚を調べるために、Zauberman et al.(2009) による時間知覚課題が用いられた。参加者は一定の遅延後に受け取る (支払う) までに自身が感じる心理時間の長さを、180mm の線分上に線を引くことで示すよう求められた (図 7.2)。180mm の線分の左端には「非常に短く感じる」と、右端には「非常に長く感じる」という説明が記されており、参加者は時間を長く感じる分だけ長く左端から右に向かって線分を引いた。遅延は時間割引課題と同じく、1 週間後、2 週間後、1 ヶ月後、6 ヶ月後、1 年後、5 年後、25 年後の 7 つだった。

### 7.2.1.3 確率割引課題

参加者の確率割引を調べるために、先行研究で確立された確率割引課題が用いられた。参加者は、調整された X 円を確実に (確率 100% で) 受け取るか、10 万円を一定の確率で受け取るかのいずれかを選択するよう求められた。確率は 95%, 90%, 70%, 50%, 30%,

	今日	1週間後
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

図7.1: 時間割引課題

### 1. 「今から 1 週間後に 100,000 円をもらう」ときの今から 1 週間後までの長さ



図7.2: 時間知覚課題

10%, 5%, の7つだった。以下では、参加者がお金を受け取り、確率が95%の場合を例に課題のページについて詳述する。

参加者は「100%のX円」(左列)と「95%の10万円」(右列)のうち選びたい方の選択肢に丸をつけるという二者択一を40問行った(図7.3)。X円は調整された金額で、97,500円から0円まで2,500円刻みで小さくなっていった(降順)。このページの40問すべてで選択を終えたら、次のページに進み、新たな確率(いまの場合は90%)で、再び同じ二者択一を40問行った。7つの確率すべてで選択を終えたら、順序効果を消すために、今度は確率100%で受け取るX円を0円から97,500円まで2,500円刻みで大きくして調整して(昇順)、再び確率95%から5%までの7つの確率で同じ二者択一を行った。なお、各確率につき1ページで、すべてのページで左列に「100%のX円」が右列に「一定の確率の10万円」が並んでいた。

#### 7.2.1.4 オッズアゲインスト知覚課題

参加者のオッズアゲインスト知覚を調べるために、以下のオッズアゲインスト知覚課題が用いられた。参加者は一定の確率で10万円を受け取ることでできるギャンブルを繰り返して行うときに、報酬が当たるまでにどれくらい長く待つことになると思うか、という自身を感じる心理時間(i.e., 主観的オッズアゲインスト)の長さを、180mmの線分上に線を引くことで示すよう求められた(図7.4)。180mmの線分の左端には「非常に短いと思う」と、右端には「非常に長いと思う」という説明が記されており、参加者は時間を長く感じる分だけ長く左端から右に向かって線分を引いた。確率は確率割引課題と同じく、95%, 90%, 70%, 50%, 30%, 10%, 5%の7つだった。

## 7.2.2 分析方法

### 7.2.2.1 無差別点

いずれの割引課題でも参加者の無差別点に対して、割引モデルをフィッティングしてパラメータやAICの推定を行った。そこで、ここではまず無差別点の概念について説明し、

	100%	95%
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

図7.3: 確率割引課題

1. 95%の確率で10万円の報酬が当たるギャンブルを繰り返したとき、報酬が当たるまでの時間



図7.4: オッズアゲインスト知覚課題

次いでその算出方法について説明する。

■無差別点とは 無差別点とは、ある財の価値と同じ価値を、別の財で実現するために必要なその他の財の個数のことである。つまり、無差別点によってある財の価値を別の財の個数をもって測ることができる。この考えを将来財と現在財とに適用し、将来財の価値を現在財の金額で測ったものが時間割引課題における無差別点である。つまり、時間割引課題における無差別点とは、遅延後にもらえる報酬と価値の上で等しくなる現在もらえる報酬の金額である。例えば、上記の遅延が1週間の場合の時間割引課題で、「1週間後の10万円」と「今日の97,500円」が参加者にとって価値の上で等しく感じられたら、無差別点は97,500円となる。

同様にして、確率割引課題における無差別点とは、一定の確率でもらえる報酬と価値の上で等しくなる確実な報酬の金額である。例えば、上記の確率が95%の場合の確率割引課題で、「95%の10万円」と「100%の97,500円」とが参加者にとって価値の上で等しく感じられたら、無差別点は97,500円となる。

■無差別点の算出方法 ただし、上記の課題では参加者に現在財と将来財、あるいは確実財と不確実財とが価値の上で等しく感じられる金額を直接尋ねてはいない。したがって、この課題では、参加者の選択が左列(今日のX円/100%のX円)から右列(遅延後の10万円/一定確率の10万円)に切り替わったときの、左列の金額とその直前の左列の金額の平均をとったものを無差別点と定義した。より具体的な算出方法を、時間割引課題を例に以下で説明する。

金額を降順で提示した場合は、参加者の選択が、「今日のX円」(左列)から「遅延後の10万円」(右列)へと切り替わったときの、切り替わる直前の左列の金額とその直後の左列の金額の平均を降順の無差別点とした。参加者が40問すべてで「遅延後の10万円」(右列)を選択した場合には、「今日の10万円」と「遅延後の10万円」という選択が仮にあったとしたら前者を選ぶだろうと仮定して、100,000円と(左列第1行目の)97,500円の平均(i.e., 98750円)を降順の無差別点とした。

金額を昇順で提示した場合は、参加者の選択が、「遅延後の 10 万円」(右列) から「今日の X 円」(左列) へと切り替わったときの、切り替わる直前の左列の金額とその直後の左列の金額の平均を昇順の無差別点とした。参加者が 40 問すべてで「遅延後の 10 万円」(右列) を選択した場合には、降順のときと同様に、「今日の 10 万円」と「遅延後の 10 万円」という選択が仮にあったとしたら前者を選ぶだろうと仮定して、100,000 円と (左列第 40 行目の)97,500 円の平均 (i.e., 98750 円) を昇順の無差別点とした。そして降順での無差別点と昇順での無差別点の平均を参加者の無差別点とした。確率割引における無差別点も、これと同様の手順によって求めた。

### 7.2.2.2 割引パラメータの推定

■時間割引 横軸に物理時間ないし遅延時間 (日) を、縦軸に主観的価値 (円) をとり、各遅延における無差別点をプロットした。そして、7つの無差別点に対して、 $q$ -指数割引モデルを用いて遅延を説明変数、主観的価値を応答変数とした非線形回帰分析を行い、最尤法によって割引パラメータ ( $k_q, q$ ) を推定した。

■確率割引 割引パラメータの推定に先立って、各確率 ( $p$ ) を  $O = 1/p - 1$  という関係式によってオッズアゲインストに変換した。それから横軸に繰り返しギャンブルでの平均待ち時間、すなわちオッズアゲインストを、縦軸に主観的価値 (円) をとり、各オッズアゲインストにおける無差別点をプロットした。そして、7つの無差別点に対して、 $q$ -指数確率割引モデルを用いてオッズアゲインストを説明変数、主観的価値を応答変数とした非線形回帰分析を行い、最尤法によって割引パラメータ ( $h_q, q$ ) を推定した。

### 7.2.2.3 知覚パラメータの推定

■時間知覚 横軸に物理時間ないし遅延時間 (日) を、縦軸に心理時間 (mm) をとり、各遅延における心理時間をプロットした。そして、7つの心理時間に対して、対数知覚モデルまたは  $q$ -対数知覚モデルを用いて物理時間 (遅延時間) を説明変数、心理時間を応答変数とした非線形回帰分析を行い、最尤法によって時間知覚パラメータ ( $a_{1\log}, b_{1\log}$  または  $a_{q2}, b_{q2}, q_2$ ) を推定した。

■オッズアゲインスト知覚課題 横軸にオッズアゲインストを、縦軸に主観的オッズアゲインスト (mm) をとり、各オッズアゲインストにおける主観的オッズアゲインストをプロットした。そして、7つの主観的オッズアゲインストに対して、対数オッズアゲインスト知覚モデルまたは  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルを用いてオッズアゲインストを説明変数、主観的オッズアゲインストを応答変数とした非線形回帰分析を行い、最尤法に

よってオッズアゲインスト知覚パラメータ ( $a_{\log}, b_{\log}$  または  $a_{q_2}, b_{q_2}, q_2$ ) を推定した。

#### 7.2.2.4 心理時間での時間割引パラメータ推定

研究3では  $q$ -対数知覚モデルを、研究5では対数知覚モデルと  $q$ -対数知覚モデルのうちあてはまりが良い方のモデルをそれぞれ用いて、各遅延を心理時間に変換した。変換後の心理時間 (mm) を横軸に、時間割引課題における主観的価値 (円) を縦軸に取り、各遅延に対応する心理時間上に、さきに求めた無差別点の平均値をプロットした。そして再び7つの無差別点の平均値に対して、 $q$ -指数割引モデルを用いて心理時間を説明変数、主観的価値を応答変数とした非線形回帰分を行い、最尤法によって心理時間での時間割引パラメータ ( $\tilde{k}_{\tilde{q}}, \tilde{q}$ ) を推定した。

#### 7.2.2.5 主観的オッズアゲインストでの確率割引パラメータ推定

研究4では  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルを、研究5では対数オッズアゲインスト知覚モデルと  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルのうちあてはまりが良い方のモデルをそれぞれ用いて、各オッズアゲインストを主観的オッズアゲインストに変換した。変換後の主観的オッズアゲインスト (mm) を横軸に、確率割引課題における主観的価値 (円) を縦軸に取り、各オッズアゲインストに対応する主観的オッズアゲインスト上に、さきに求めた無差別点の平均値をプロットした。そして再び7つの無差別点の平均値に対して、 $q$ -指数確率割引モデルを用いて主観的オッズアゲインストを説明変数、主観的価値を応答変数とした非線形回帰分を行い、最尤法によって主観的オッズアゲインストでの確率割引パラメータ ( $\tilde{h}_{\tilde{q}}, \tilde{q}$ ) を推定した。

なお、以上の分析はすべて、統計ソフト R(version 3.6.1)(<https://www.R-project.org/>)を用いて行われた。

## 第 8 章

# 研究 3 $q$ -指数割引モデルおよび $q$ -対数知覚モデルによる時間非整合 性指標のダイナミクスの実証的検討

### 8.1 研究 3 の目的

本研究の目的は、実際の時間割引課題の回答データに対して  $q$ -指数割引モデルを用い、時間非整合性の指標である、decreasing impatience や decreasing relative impatience のダイナミクスについて、実世界での割引（表 4.1セル B）と、主観世界での割引（表 4.1セル D）とで比較することであった。さらに、これら 2 つの割引のパラメータの推定値を用いて割引関数が発散する時刻を求めることによって、 $q$ -指数割引モデルを実際の分析で用いることの妥当性について評価することも目的とした。

本研究の仮説の 1 つ目 (仮説 A) は、実世界においては利得局面の方が損失局面よりも時間非整合性的であるが、一方、主観世界においては時間非整合性の局面による違いは見られないというものであった。したがって、実世界において decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度は、損失局面よりも利得局面においてより大きな値をとる、すなわち、利得局面の方が選好の逆転を起こしやすい一方、主観世界において decreasing impatience や decreasing relative impatience の両局面での違いは見られないと予測 (予測 A) された。この予測は、研究 1 で示したように decreasing impatience や decreasing relative impatience が割引の程度 ( $k_q$ ) に依存すること、および、今回データとして用いる Han & Takahashi (2012) では、実世界での割引の程度が利得局面の方が 1 桁大きくなっていることから導かれた。

本研究の仮説の2つ目(仮説B)は、主観世界の割引の方が実世界の割引よりも時間整合的であるというものであった。したがって、decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度は、主観世界においてより時間整合的な値に近づくと予測(予測B)された。この予測は、時間非整合性の1つの指標である  $q_1$  値が、主観世界においてより時間整合的な値に近づくとという Han & Takahashi (2012) の結果から導かれた。

## 8.2 研究3の方法

### 8.2.1 本研究の解析方法

本研究では、Han & Takahashi (2012) のデータおよびパラメータ推定値を用いて、グループレベルの時間非整合性指標、decreasing impatience および decreasing relative impatience を計算した。時間非整合性指標は、物理時間 (実世界) での割引と心理時間 (主観世界) での割引の両方で求めた。

物理時間での割引における時間非整合性指標は、研究1で得た  $DI_q$  および  $DRI_q$  に Han & Takahashi (2012) で推定されたグループレベルの割引パラメータ  $(k_q, q)$  の推定値を代入することで計算した。そして得られた  $DI_q$  および  $DRI_q$  の時間発展を図示した。

心理時間での割引における時間非整合性指標は、研究1で得た decreasing impatience ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ )、および decreasing relative impatience ( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) を用いた。そのために、まず、Han & Takahashi (2012) の時間知覚課題における参加者の心理時間の平均値に対して、 $q$ -対数知覚モデルのフィッティングを行い、時間知覚パラメータ  $(a_{q_2}, b_{q_2}, q_2)$  の推定を行った。そして、推定されたパラメータ  $(a_{q_2}, b_{q_2}, q_2)$  を、Han & Takahashi (2012) で推定されたグループレベル (平均値) の心理時間での時間割引パラメータの推定値  $(\tilde{k}_q, \tilde{q})$  と合わせて、 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  および  $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  に代入することで計算した。そして得られた  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  および  $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の時間発展を物理時間で図示した。<sup>\*1</sup> そして、物理時間での割引における時間非整合性指標  $DI_q$  および  $DRI_q$  を、心理時間での割引における時間非整合性指標  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  および  $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  とそれぞれ比較した。

### 8.2.2 本研究で用いるデータ

本研究では Han & Takahashi (2012) のデータを用いた。Han & Takahashi (2012) の実験参加者、課題、実験デザイン、実験手順、分析方法、および推定パラメータは以下の通りであった。実験参加者 実験参加者は、北海道大学の学生 50 名 (男性 38 名、女性 12 名、平均年齢  $19.9 \pm 0.9$ ) だった。

---

<sup>\*1</sup> 物理時間での割引における時間非整合性指標と心理時間での割引における時間非整合性指標を比較するためには、心理時間を物理時間に、あるいは反対に物理時間を心理時間に変換することが必要である。本研究では前者の変換を用いることで、主観世界での割引パラメータをもった人 (表 4.1セル D) を物理時間に”連れて来て”比較を行う。

### 8.2.2.1 課題

参加者は時間割引課題と時間知覚課題のそれぞれに回答した。いずれの課題も利得局面と損失局面の両方があった。

### 8.2.2.2 実験デザイン

実験デザインは、時間割引課題、時間知覚課題いずれも 1 要因 7 水準 (1 週間, 2 週間, 1 ヶ月, 6 ヶ月, 1 年, 5 年, 25 年) の被験者内配置だった。時間割引課題では、今日受け取る/支払う金額が下がっていく降順と、上がっていく昇順の両方があり、全参加者共通で降順が先に、昇順が後に呈示された。また両課題において、呈示の順序効果をなくすために遅延はランダムに呈示された。

### 8.2.2.3 実験手順

参加者は教室で個別に座り、質問紙を受け取った。その後、実験者から、匿名性の保持のため回答はすべてこの ID 番号によって処理されることが伝えられた。そして、課題で受け取る金銭報酬は仮想的なものだが、本物であると考えて回答をするよう一斉に指示を受け、質問紙へ匿名で回答した。参加者は時間割引課題、時間知覚課題にこの順で回答した。回答時間に制限は設けられなかった。

### 8.2.2.4 データ分析

■物理時間での時間割引 参加者の無差別点の平均値に対して、 $q$ -指数割引モデルをフィッティングし、物理時間での時間割引パラメータ ( $k_q, q$ ) を推定した。

■時間知覚 参加者の心理時間 (線分の長さ [mm]) の平均値に対して、 $q$ -対数知覚モデルをフィッティングし、時間知覚パラメータを推定した。

■心理時間での時間割引 心理時間を横軸にとり、各遅延に対する心理時間の平均値に対して無差別点の平均値をプロットした。その上で  $q$ -指数割引モデルをフィッティングし、心理時間での時間割引パラメータ ( $\tilde{k}_{\tilde{q}}, \tilde{q}$ ) を推定した。

### 8.2.2.5 推定パラメータ

■時間割引パラメータ Han & Takahashi (2012) で推定された物理時間および心理時間での割引パラメータは表 8.1 の通りであった。

表8.1: 物理時間および心理時間での時間割引パラメータ (Han & Takahashi(2012) の Table1 を改変)

	物理時間での割引モデル		心理時間での割引モデル	
	$k_q$	$q$	$\tilde{k}_{\tilde{q}}$	$\tilde{q}$
利得局面	0.00825	-6.54	0.00212	3.72
損失局面	0.00037	-5.33	0.000935	8.21

## 8.3 研究 3 の結果

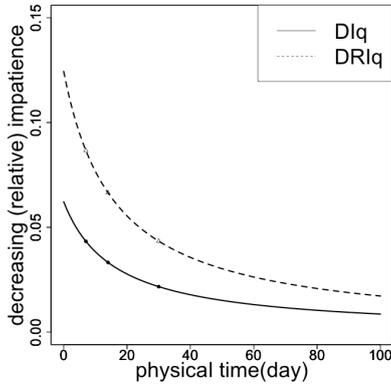
### 8.3.1 物理時間における時間非整合性指標

物理時間での時間割引に  $q$ -指数割引モデルを用いた場合の decreasing impatience の程度 ( $DI_q$ ) および decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_q$ ) の時間発展の様子を、図 8.1 に示した。

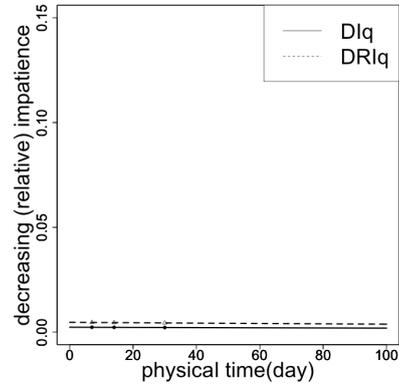
図 8.1-(a) から、利得局面における参加者の平均的な時間選好は decreasing impatience であり、decreasing relative impatience でもあった。ただし、decreasing impatience の程度 ( $DI_q$ ) および decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_q$ ) はいずれも時間経過とともにゼロに収束した。<sup>\*2</sup> つまり、参加者の平均的な時間選好は、近い将来では decreasing impatience で decreasing relative impatience だが、時間経過とともに急激に定常不忍耐になった。

図 8.1-(b) から、損失局面における参加者の平均的な時間選好は時間を通じて定常不忍耐 ( $DI_q \sim 0$ ) であり、また decreasing relative impatience ( $DRI_q \sim 0$ ) でもあった。利得局面においては、近い将来では decreasing impatience で時間経過とともに定常不忍耐になったことに鑑みると、物理時間における時間非整合性指標のダイナミクスは利得局面と損失局面とで異なった、すなわち一種の符号効果が見られたことを示唆する。この結果は仮説 A を支持する。

<sup>\*2</sup> 以下の  $DI, DRI$  の結果でも、 $DI, DRI$  いずれも  $t$  の減少関数で、 $t \simeq 1000$  以降の遠い将来ではゼロに等しい。よって、以下では見やすさを優先して、図の物理時間は  $0 \leq t \leq 100$  の範囲とする。



(a) 利得局面



(b) 損失局面

図8.1: 物理時間における時間非整合性指標 ( $DI_q, DRI_q$ ) ( $0 \leq t \leq 100$ )

時間割引モデルに  $q$ -指数割引モデルを用いた場合の decreasing impatience ( $DI_q$ ) および decreasing relative impatience ( $DRI_q$ ) を物理時間に対して描いた。黒実線は  $DI_q$ , 黒破線は  $DRI_q$  をそれぞれ表し, 白三角と黒丸は時間割引課題の各遅延における  $DI_q, DRI_q$  の値をそれぞれ表す。

### 8.3.2 心理時間における時間非整合性指標

#### 8.3.2.1 $q$ -対数知覚モデルによるパラメータの推定

利得局面, 損失局面のそれぞれで, 時間知覚課題における参加者の回答の平均値に対して,  $q$ -対数知覚モデル (5.3) のフィッティングを行い, 時間知覚パラメータ ( $a_{q_2}, b_{q_2}, q_2$ ) の推定を行った結果を表 8.2 (利得局面), 表 8.3 (損失局面) にそれぞれ示した。

表8.2: 利得局面における  $q$ -対数知覚モデルのパラメータ

比較のために対数知覚モデルのパラメータ (Han & Takahashi, 2012) を左列に併記した。

パラメータ	対数知覚モデル		$q$ -対数知覚モデル		
	$a$	$b$	$a_{q_2}$	$b_{q_2}$	$q_2$
	15.8	2.59	11.1	7.71	0.953

またパラメータの推定値を用いて, 物理時間に対して  $q$ -対数知覚モデル, および対数知

表8.3: 損失局面における  $q$ -対数知覚モデルのパラメータ

パラメータ	対数知覚モデル		$q$ -対数知覚モデル		
	$a$	$b$	$a_{q_2}$	$b_{q_2}$	$q_2$
	17.1	0.445	11.3	1.13	0.933

覚モデルをそれぞれフィッティングした心理時間を図 8.2 に示した。

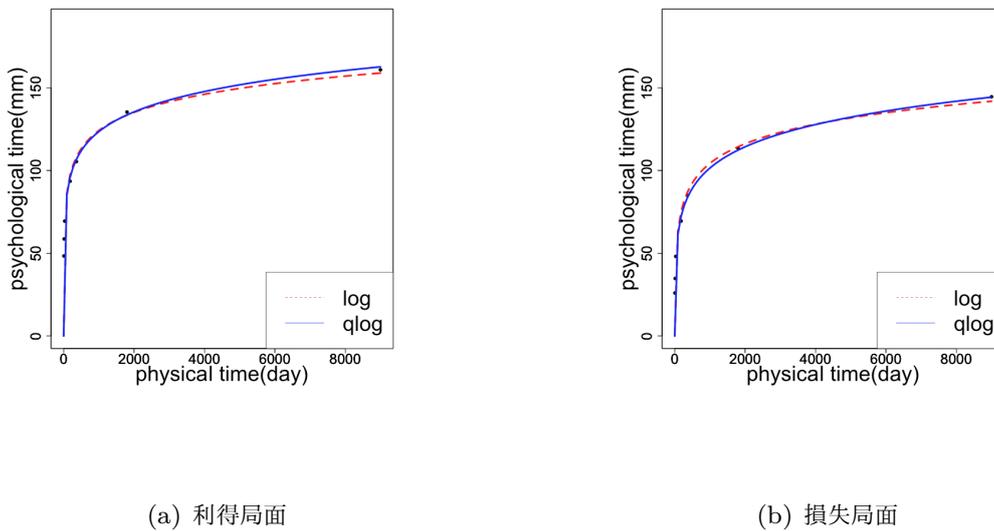


図8.2:  $q$ -対数知覚モデルおよび対数知覚モデルによる心理時間

物理時間に対して、 $q$ -対数知覚モデル、および対数知覚モデルをそれぞれフィッティングした心理時間を描いた。青実線は  $q$ -対数知覚モデルを、赤破線は対数知覚モデルをそれぞれ表し、黒丸は時間知覚課題における参加者の回答の平均値を表す。

### 8.3.2.2 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ と $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ の比較

以下では、心理時間における時間非整合性指標の結果を示した。

心理時間での時間割引に  $q$ -指数割引モデルをフィッティングして推定した割引パラメータ (表 8.1の値)、および心理時間に対して  $q$ -対数知覚モデルをフィッティングして推定した時間知覚パラメータ (表 8.2, 8.3) を用いて計算した、decreasing impatience の程度 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) および decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) の時間発展の様子を

図 8.3 に示した.

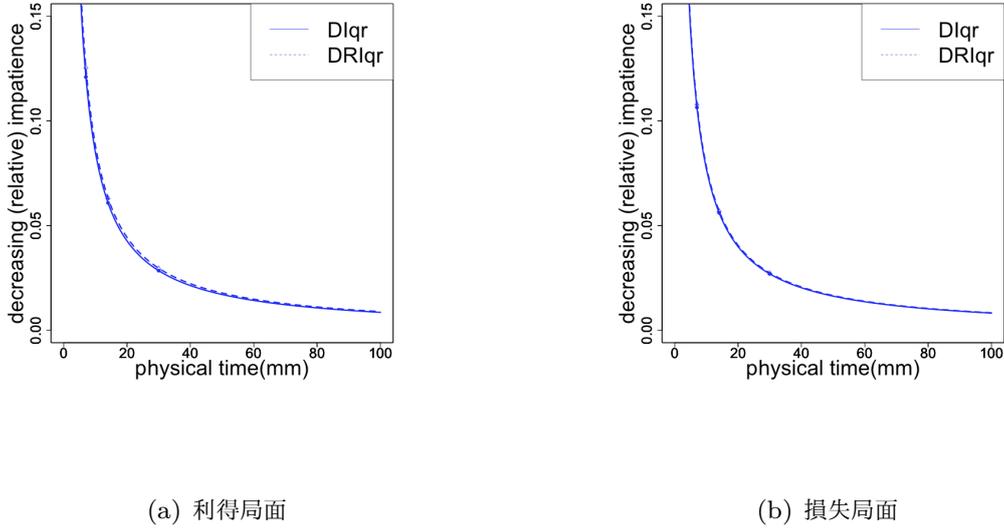


図8.3: 心理時間における時間非整合性指標 ( $0 \leq t \leq 100$ )

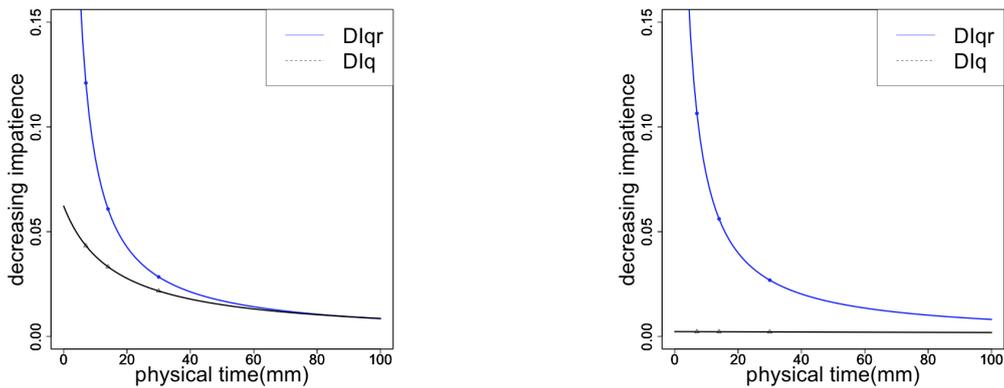
時間割引モデルに  $q$ -指数割引モデルを, 時間知覚モデルに  $q$ -対数知覚モデルを用いた場合の decreasing impatience の程度 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) および decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) を物理時間に対して描いた. 青実線は  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ , 青破線は  $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  をそれぞれ表し, 白三角と青丸は時間割引課題の各遅延における  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ,  $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の値をそれぞれ表す.

図 8.3-(a) から, 心理時間での割引での, 利得局面における参加者の平均的な時間選好は decreasing impatience ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) であり, decreasing relative impatience でもあった. decreasing impatience の程度 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) および decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) がいずれも  $t = 0$  以降急激に減少し, 遠い将来においては値がほぼゼロになることも, 物理時間での結果と同様であった.

図 8.3-(b) から, 心理時間での割引での, 損失局面における参加者の平均的な時間選好は利得局面の場合と同様, decreasing impatience ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) であり, decreasing relative impatience でもあった. decreasing impatience の程度 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) および decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) がいずれも  $t = 0$  以降急激に減少し, 遠い将来においては値がほぼゼロになることも, 利得局面の場合の結果と同様であった.

### 8.3.2.3 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ と $DI_q$ の比較

心理時間での割引における decreasing impatience の程度 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) と物理時間における decreasing impatience の程度 ( $DI_q$ ) の比較を図 8.4 に示した.



(a) 利得局面

(b) 損失局面

図8.4: 心理時間における時間非整合性指標 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) と物理時間における時間非整合性指標 ( $DI_q$ ): ( $0 \leq t \leq 100$ )

心理時間における decreasing impatience の程度 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) と物理時間における decreasing impatience の程度 ( $DI_q$ ) を物理時間に対して描いた。青実線は  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ , 黒実線は  $DI_q$  をそれぞれ表し、青丸と黒丸は時間割引課題の各遅延における  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DI_q$  の値をそれぞれ表す。

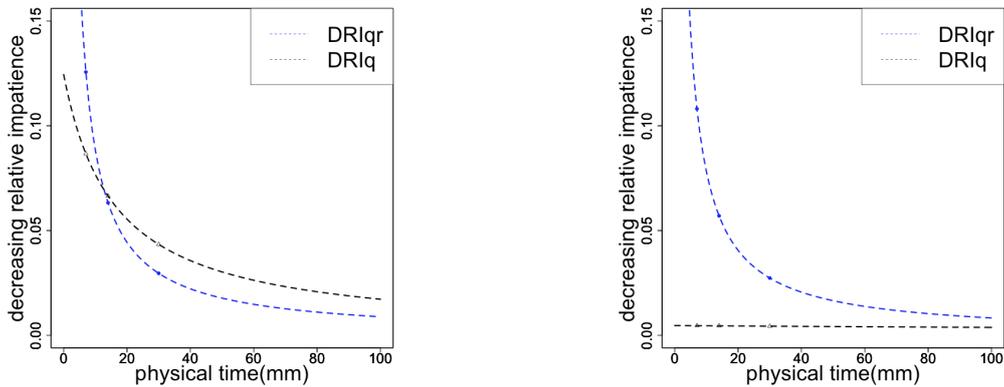
図 8.4-(a) から、利得局面における参加者の平均的な時間選好は、心理時間での割引においてより decreasing impatience の程度が強まった。特に、 $t = 0$  においてその差は顕著であった。つまり、参加者の時間非整合性 (decreasing impatience) は心理時間での割引においてより時間非整合的であり、Han & Takahashi (2012) とは反対の結果になった。よって、この結果は仮説 B を支持しない。

図 8.4-(b) から、損失局面における参加者の平均的な時間選好は、利得局面の場合と同様、心理時間での割引において、より decreasing impatience の程度が強まった。また、 $t = 0$  における差は利得局面よりも広がった。つまり、参加者の時間非整合性 (decreasing impatience) は心理時間での割引においてより時間非整合的であり、やはり Han & Takahashi (2012) とは反対の結果になった。よって、この結果は仮説 B を支持し

ない。

### 8.3.2.4 $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ と $DRI_q$ の比較

心理時間での割引における decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) と物理時間における decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_q$ ) の比較を図 8.5 に示した。



(a) 利得局面

(b) 損失局面

図8.5: 心理時間における時間非整合性指標 ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) と物理時間における時間非整合性指標 ( $DRI_q$ ): ( $0 \leq t \leq 100$ )

心理時間における decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) と物理時間における decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_q$ ) を物理時間に対して描いた。青実線は  $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ , 黒実線は  $DRI_q$  をそれぞれ表し、青丸と黒丸は時間割引課題の各遅延における  $DRI_{\bar{q}_1, \log}$ ,  $DRI_q$  の値をそれぞれ表す。

図 8.5-(a) から、利得局面における参加者の平均的な時間選好は、物理時間が短いうちは心理時間における decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) が強かった。つまり、遅延が短いときには、心理時間での割引の方がアウトカムが 2 つの異時点間選択での選好の逆転が起こりやすくなる。この結果は、Han & Takahashi (2012) とは非整合的な結果である。

しかし、物理時間が長くなるにしたがって、心理時間における decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) は、物理時間における decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_q$ ) よりも小さくなった。つまり、物理時間が長くなると、心理時間での割引の方がアウトカムが 2 つの異時点間選択での選好の逆転が起こりにくくなる。この結果は、

Han & Takahashi (2012) と整合的である。よって、利得局面での時間非整合性は、報酬までの遅延時間が短い場合には心理時間 (主観世界) での割引の方がより時間非整合的であるのに対して、遅延時間が長い場合には心理時間 (主観世界) での割引の方がより時間整合的になるという、仮説 B を部分的に支持する結果となった。

また損失局面については、図 8.5-(b) から、decreasing impatience のときと同様、参加者の平均的な decreasing relative impatience の程度は心理時間での割引でより強まり、物理時間の長さによらず一貫して心理時間での割引の方が大きな値をとっていた。つまり、損失局面では利得局面と異なり、遅延の長さによらず一貫して心理時間での割引の方がアウトカムが 2 つの異時点間選択での選好の逆転が起こりやすくなる。この結果は、Han & Takahashi (2012) とは反対の結果である。よって、この結果は仮説 B を支持しない。

### 8.3.3 発散の評価

#### 8.3.3.1 物理時間 (実世界) での割引の発散

物理時間 (実世界) での割引の発散時刻は、利得局面と損失局面でそれぞれ

$$t_{div}^G = -\frac{1}{k_q^G(1-q^G)} = -16.1 < 0, \quad (8.1)$$

$$t_{div}^L = -\frac{1}{k_q^L(1-q^L)} = -427 < 0 \quad (8.2)$$

となり、いずれの局面でも発散は問題にならないと言える。

#### 8.3.3.2 心理時間 (主観世界) での割引の発散

一方、心理時間 (主観世界) での割引での発散時刻は、研究 1 の式 (5.15) を用いると、利得局面と損失局面でそれぞれ

$$\tilde{t}_{div}^G = \frac{1}{b^G} \left\{ \left[ 1 - \frac{1 - q_2^G}{a^G \tilde{k}^G (1 - \tilde{q}_1^G)} \right]^{\frac{1}{1-q_2^G}} - 1 \right\} = 15873, \quad (8.3)$$

$$\tilde{t}_{div}^L = \frac{1}{b^L} \left\{ \left[ 1 - \frac{1 - q_2^L}{a^L \tilde{k}^L (1 - \tilde{q}_1^L)} \right]^{\frac{1}{1-q_2^L}} - 1 \right\} = 10893, \quad (8.4)$$

となり、25 年以上先の遠い将来を含む異時点間選択において発散が生じる。

## 8.4 研究3の考察

### 8.4.1 本研究の振り返り

本研究では、実際の時間割引課題および時間知覚課題の回答データに  $q$ -指数割引モデルを用いて、利得局面と損失局面のそれぞれで、物理時間 (実世界) での割引と心理時間 (主観世界) での割引とで decreasing impatience および decreasing relative impatience のダイナミクスを描き、比較した。また、研究1で明らかになった、 $q$ -指数割引モデルを用いる場合に生じ得る発散について、実データを用いて具体的にその時刻を計算し、分析上の問題になり得るかを評価した。

### 8.4.2 結果のまとめ

以下では、本研究の各仮説に対応させる形で得られた結果を簡潔に記し、結果を本研究の目的および先行研究の知見に照らして考察する。

■利得局面の方が損失局面より非整合的か (仮説 A) 時間知覚を考慮しない場合の decreasing impatience や decreasing relative impatience は、損失局面よりも利得局面においてより大きな値をとった。つまり、Han & Takahashi (2012) が  $q$  値を用いて見出したように、物理時間での割引においては利得局面の方が損失局面よりも時間非整合的になった。よって、仮説 A は支持された。この結果は、損失局面における物理時間での割引の程度が小さく、decreasing impatience の程度がほとんどゼロ (つまり定常不忍耐) だったために、両局面で差が生じたことによってもたらされたと考えられる。

この結果からわかることは、 $q$  値を用いて時間非整合性を見た場合には利得局面と損失局面とで差がなかったとしても、割引の程度が両局面で差があると、つまり符号効果が観察されると、decreasing impatience や decreasing relative impatience で測る時間非整合性は局面によって差が生じるということである。<sup>\*3</sup> 言い換えると、利得局面と損失局面とで割引関数の指数関数からの乖離度 ( $q$ ) がまったく同じであったとしても、符号効果によって選好の逆転の起こりやすさに差が生じるのである。このことから、 $q$  値と decreasing impatience あるいは decreasing relative impatience が質の異なる非整合性指標であると言えるだろう。

---

<sup>\*3</sup> もちろん、両局面における割引の程度の差だけでなく、 $q$  値の差もまた decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度の違いに影響するのは明らかである。

■心理時間において割引が整合的になるか (仮説 B) 心理時間での割引において, decreasing impatience や decreasing relative impatience がより時間非整合的な値に近づいた. つまり, Han & Takahashi (2012) が  $q$  値を用いて見出したのとは反対に, 心理時間での割引の方が物理時間での割引よりも時間非整合的になった. よって, 仮説 B は支持されなかった. この結果について, ここでは decreasing impatience に焦点をあて, 利得局面, 損失局面いずれにおいても  $q_2 \sim 1$  という結果を踏まえて  $q_2 \rightarrow 1$  と,  $q$ -対数知覚モデルを対数知覚モデルへと単純化して, 時間知覚が decreasing impatience に与える影響を考察する.

物理時間と心理時間のそれぞれにおける decreasing impatience の式は,

$$DI_q = (1 - q_1)DR_q,$$

$$DI_{\tilde{q}_1,1} = (1 - \tilde{q}_1)DR_{\tilde{q}_1,1} + \frac{b}{1 + bt} \quad (8.5)$$

である. ただし,  $b$  は対数知覚モデル (1.38) の時間の歪みを表すパラメータである.

式 (8.5) からわかるように, 心理時間における decreasing impatience はこのパラメータ  $b$  の影響を受ける. このことは, 心理時間の割引として指数割引モデルを, 時間知覚モデルとして対数知覚モデルをそれぞれ仮定した際に, decreasing impatience が, 割引程度のパラメータ  $k$  やもう 1 つの時間知覚パラメータ  $a$  ではなく  $b$  に依存することを理論的に示した Takahashi (2011) の結果と整合的である. 実際, 式 (8.5) の第 2 項の影響を完全に取り去り, 心理時間での割引パラメータを物理時間での割引パラメータに一致させる (つまり,  $\tilde{q} = q, \tilde{k}_q = k_q$  とした) ことを考える. すると,  $DI_q$  と  $DI_{\tilde{q}_1,1}$  の大小関係は,  $DR_q, DR_{\tilde{q}_1,1}, b/(1 + bt)$  の 3 つの項で決定される. このうち前の 2 つの項の大小関係については, 本研究でも再現された時間知覚が感応逓減しているという結果と, 凹的な時間知覚をする場合には割引率が大きくなるという研究 1 の結果より,  $DR_q < DR_{\tilde{q}_1,1}$  が言える. さらに,  $t \geq 0$  で  $b/(1 + bt) > 0$  より, 結局この場合には,  $DI_q < DI_{\tilde{q}_1,1}$  が成立する. つまり,  $\tilde{q}_1 < 1$  となる場合, 感応逓減的な時間知覚は, (8.5) の第 1 項も第 2 項も大きくし, 結果的に decreasing impatience を大きくする, 言い換えると, 割引を非整合的にするようにはたらく.

しかし, 本研究のように  $\tilde{q}_1 \geq 1$  となる場合にはこの限りではない. この場合には, 第 2 項は相変わらず全体を大きくするが, 第 1 項は負値となり全体を小さくする. よって, 感応逓減的な時間知覚であっても, decreasing impatience の大きさは, この第 1 項によって小さくなる効果と第 2 項によって大きくなる効果のトレードオフで決定されるため, 一般に  $DI_q < DI_{\tilde{q}_1,1}$  が成立するとは言い切れないのである. したがって, 本研究で見出さ

れた、心理時間における decreasing impatience や decreasing relative impatience がより時間非整合的な値に近づくという結果が、割引パラメータや知覚パラメータの値が変わっても成立するかについては、新たな別のデータを用いて検証される必要がある。

■**発散の結果** 物理時間においては発散が生じない一方、心理時間においては、利得局面、損失局面のいずれでも 10000(日) 以上のある時刻で発散が生じることが確認された。この発散時刻は、今回用いた時間割引課題の最大遅延である 25 年以上より先の遠い将来を含む異時点間選択を考える場合には問題になる。反対に言えば、それほど遠い将来も含む異時点間選択でない限りは問題にならない。

これらのことから、発散が問題になるかどうかは、物理時間での割引と心理時間とで異なることがわかる。その違いは、主に両方で  $q_1$  値が異なることによると考えられる。前者ではその値が 1 より小さくそもそも  $t \geq 0$  において発散が生じないのに対して、後者ではその値が 1 よりも大きくなるために、発散が遠い将来の時点で生じてしまうのである。ただし、勿論、発散時刻がこれだけ遠い将来となるのは今回のデータに限ったことであり、異なるサンプルで同じ課題を行った場合にも問題にならないと言うことはできない。このことについては、後に総合考察でも触れる。

### 8.4.3 本研究の意義と課題

本研究は研究 1 で理論的に検討された知見を、実際のデータを用いて調べた最初の研究である。実際のデータを用いることにより、decreasing impatience や decreasing relative impatience で見た場合は、必ずしも心理時間での割引の方が物理時間での割引よりも整合的になるわけではないことが確かめられた。発散の時刻を実際に求めることにより、課題や参加者によっては発散が問題にならないことを示したことも意義があるだろう。

課題としては、まず、今回得られた、物理時間での割引の方が心理時間での割引よりもむしろ時間整合的になるという結果については、先行研究から導かれる予測と反対の結果になった。ただし、今回用いた非整合性指標は先行研究で用いられたものとは別の指標である。したがって、今後はこの新たな非整合性指標を用いて、物理時間での割引と心理時間での割引の比較を行うさらなる実証研究が望まれる。また、今回のようなグループの代表値に対して時間知覚モデルをフィッティングする場合には、対数知覚モデルのあてはまりがよいことが多い。つまり、 $q$ -対数知覚モデルを用いたとしても、 $q_2$  値はほとんど 1 に近い値をとることが予想されるため、べき知覚モデルをも兼ねる  $q$ -対数知覚モデルを用いる意義があまりないかもしれない。したがって、今後の研究では、従来の対数知覚モデル

とのモデル比較を行った上で、なおも  $q$ -対数知覚モデルを用いる意義があるかについて検討する必要があるだろう。



## 第 9 章

# 研究 4 $q$ -指数確率割引モデルおよび $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルによる非整合性指標のダイナミクスの実証的検討

### 9.1 研究 4 の目的

#### 9.1.0.1 本研究の目的

本研究の目的は、実際の確率割引課題の回答データに対して  $q$ -指数確率割引モデルを用い、非整合性の指標である decreasing impatience や decreasing relative impatience のダイナミクスについて、オッズアゲインストでの割引と、主観的オッズアゲインストでの割引とで比較することであった。さらに、これら 2 つの割引のパラメータ推定値を用いて割引関数が発散する確率を求めることによって、 $q$ -指数確率割引モデルを実際の分析で用いることの妥当性について評価することも目的とした。本研究では以下に 2 つの仮説を立てた。いずれも研究 3 の仮説と対をなすものであった。

本研究の仮説の 1 つ目 (仮説 A) は、確率割引でも実世界においては利得局面の方が損失局面よりも非整合性的であり、一方、主観世界においては非整合性の局面による違いは見られないというものであった。したがって、実世界において decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度は、損失局面よりも利得局面においてより大きな値をとる、すなわち、利得局面の方が選好の逆転を起こしやすい一方、主観世界において decreasing impatience や decreasing relative impatience の両局面での違いは見られ

ないと予測（予測 A）された。この予測は、研究 2 で示したように確率割引の decreasing impatience や decreasing relative impatience が割引の程度 ( $h_q$ ) に依存すること、および、利得局面と損失局面の割引の程度の差は、実世界よりも主観世界において小さくなるという Han & Takahashi (2012) の結果から導かれた。

本研究の仮説の 2 つ目 (仮説 B) は、確率割引でも主観世界の割引の方が実世界の割引よりも整合的であるというものだった。したがって、decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度は、オッズアゲインストでの割引と比べて主観的オッズアゲインストでの割引において整合的な値に近づくと予測（予測 B）された。この予測は、非整合性の 1 つの指標である  $q_1$  値が、主観的オッズアゲインストでの割引においてより整合的な値に近づくとという Takahashi & Han (2013) の結果から導かれた。

## 9.2 研究4の方法

### 9.2.1 本研究の解析方法

#### 9.2.1.1 $q$ 値の推定方法

$q$  値は、オッズアゲインストでの確率割引 ( $q$ ) および、主観的オッズアゲインストでの確率割引 ( $\tilde{q}$ ) のそれぞれから推定した。オッズアゲインストでの確率割引では、参加者の無差別点の平均値に対して、 $q$ -指数確率割引モデルをフィッティングし、確率割引パラメータ ( $k_q, q$ ) を推定した。主観的オッズアゲインストでの確率割引では、主観的オッズアゲインストを横軸にとり、各オッズアゲインストに対する主観的オッズアゲインストの平均値に対して無差別点の平均値をプロットした。その上で  $q$ -指数確率割引モデルをフィッティングし、確率割引パラメータ ( $\tilde{k}_q, \tilde{q}$ ) を推定した。

#### 9.2.1.2 Decreasing impatience および、decreasing relative impatience の推定方法

Decreasing impatience および decreasing relative impatience を、オッズアゲインストでの割引と、主観的オッズアゲインストでの割引の両方で求めた。オッズアゲインストでの割引における非整合性指標は、研究2で得た  $DI_q$  および  $DRI_q$  に友納 (2012) で推定されたグループレベルの割引パラメータ ( $k_q, q$ ) の推定値を代入することで計算した。そして得られた  $DI_q$  および  $DRI_q$  のオッズアゲインストに沿った変化を図示した。

主観的オッズアゲインストでの割引における非整合性指標は、研究2で得た  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルを用いてオッズアゲインスト知覚歪みを考慮した場合の decreasing impatience ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ )、および decreasing relative impatience ( $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) にグループレベルの主観的オッズアゲインストでの確率割引パラメータの推定値 ( $\tilde{k}_q, \tilde{q}$ )、および  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルのパラメータ ( $a_{q_2}, b_{q_2}, q_2$ ) の推定値を代入することで計算した。そして得られた  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  および  $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  のオッズアゲインストに沿った変化を図示した。

また、オッズアゲインストでの割引における非整合性指標  $DI_q$  および  $DRI_q$  を、主観的オッズアゲインストでの割引における非整合性指標  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  および  $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  とそれぞれ比較した。

## 9.2.2 本研究で用いるデータ

本研究では友納 (2012) のデータを用いた。友納 (2012) の実験参加者、課題、実験デザイン、実験手順は以下の通りであった。

### 9.2.2.1 実験参加者

実験参加者は、北海道大学の学部生 37 名 (男性 23 名, 女性 14 名) だった。

### 9.2.2.2 課題

参加者は確率割引課題とオッズアゲインスト知覚課題のそれぞれに回答した。いずれの課題も利得局面と損失局面の両方があった。

### 9.2.2.3 実験デザイン

実験デザインは、確率割引課題、オッズアゲインスト知覚課題いずれも 1 要因 7 水準 (95%, 90%, 70%, 50%, 30%, 10%, 5%) の被験者内配置だった。確率割引課題では、確実に受け取る/支払う金額が下がっていく降順と、上がっていく昇順の両方があり、全参加者共通で降順が先に、昇順が後に呈示された。また両課題とも、呈示される確率は大きな確率から小さな確率へと小さくなる順序で呈示された。つまり、順序効果をなくすために確率をランダムに呈示するようなことはされなかった。

### 9.2.2.4 実験手順

参加者は教室で個別に座り、質問紙を受け取った。その後、実験者から、匿名性の保持のため回答はすべてこの ID 番号によって処理されることが伝えられた。そして、課題で受け取る金銭報酬は仮想的なものだが、本物であると考えて回答をするよう一斉に指示を受け、質問紙へ匿名で回答した。参加者は確率割引課題、オッズアゲインスト知覚課題にこの順で回答した。回答時間に制限は設けられなかった。

## 9.2.3 データ分析

### 9.2.3.1 オッズアゲインストでの確率割引

参加者の無差別点の平均値に対して、 $q$ -指数確率割引モデルをフィッティングし、オッズアゲインストでの確率割引パラメータ ( $k_q, q$ ) を推定した。

### 9.2.3.2 オッズアゲインスト知覚

参加者の主観的オッズアゲインスト (線分の長さ [mm]) の平均値に対して,  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルをフィッティングし, パラメータを推定した.

### 9.2.3.3 主観的オッズアゲインストでの確率割引

主観的オッズアゲインストを横軸にとり, 各オッズアゲインストに対する主観的オッズアゲインストの平均値に対して無差別点の平均値をプロットした. その上で  $q$ -指数確率割引モデルをフィッティングし, 主観的オッズアゲインストでの確率割引パラメータ ( $\tilde{k}_q, \tilde{q}$ ) を推定した.

## 9.3 研究4の結果

### 9.3.1 $q$ 値の推定結果

#### 9.3.1.1 オッズアゲインストでの確率割引 ( $q$ )

利得局面と損失局面それぞれで, 参加者の無差別点の平均値に対して,  $q$ -指数確率割引モデルをフィッティングし, 確率割引パラメータ ( $k_q, q$ ) を推定した (表 9.1). 推定値をもとに描いた  $q$ -指数確率割引関数を図 9.1 に示した.

表9.1:  $q$ -指数確率割引モデルのパラメータ

	オッズアゲインストでの確率割引		主観的オッズアゲインストでの確率割引	
	$k_q$	$q$	$\tilde{k}_q$	$q$
利得局面	2.71	-1.49	0.0123	0.995
損失局面	1.37	-2.02	0.00841	1.46

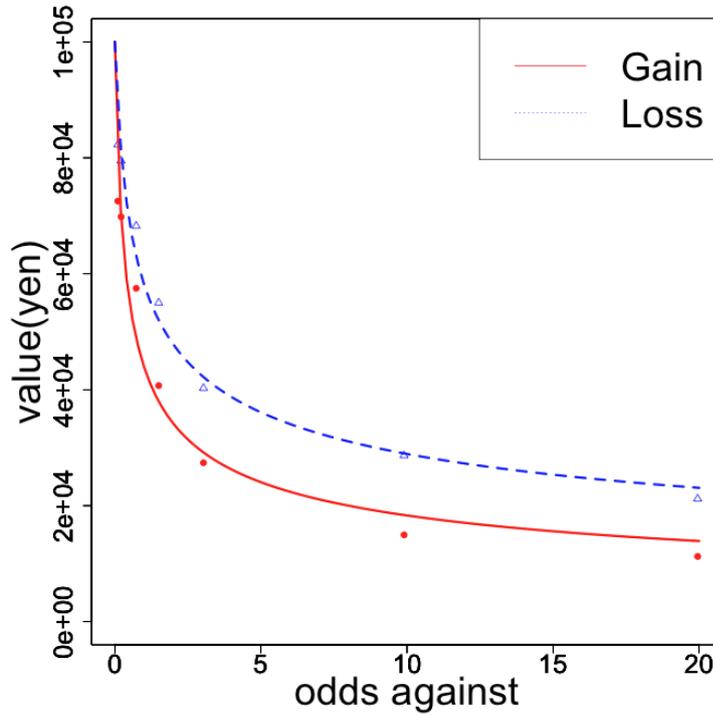


図9.1: オッズアゲインストでの  $q$ -指数確率割引

横軸にオッズアゲインストをとって  $q$ -指数確率割引関数を描いた。赤実線は利得局面、青破線は損失局面での割引関数をそれぞれ表す。

### 9.3.1.2 主観的オッズアゲインストでの確率割引 ( $\tilde{q}$ )

利得局面と損失局面それぞれで、参加者の主観的オッズアゲインスト (線分の長さ [mm]) の平均値に対して、 $q$ -指数確率割引モデルをフィッティングし、確率割引パラメータ ( $\tilde{k}_{\tilde{q}}, \tilde{q}$ ) を推定した (表 9.1)。推定値をもとに描いた  $q$ -指数確率割引関数を図 9.2 に示した。

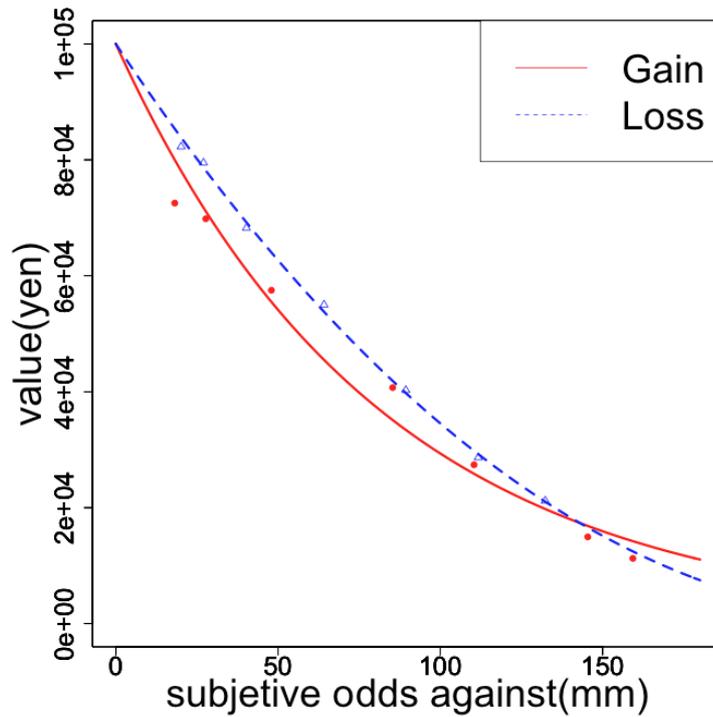


図9.2: 主観的オッズアゲインストでの  $q$ -指数確率割引

横軸に主観的オッズアゲインストをとって  $q$ -指数確率割引関数を描いた。赤実線は利得局面、青破線は損失局面での割引関数をそれぞれ表す。

オッズアゲインストでの  $q$  値と主観的オッズアゲインストでの  $\tilde{q}$  値を比較すると、利得局面および損失局面の両方において、主観的オッズアゲインストでの  $\tilde{q}$  値の方がより整合的な値 (i.e., より 1 に近い値) をとっていた。つまり、参加者の確率割引における非整合性はオッズアゲインスト知覚の歪みによって強まっていた。この結果は Takahashi & Han (2013) に整合的であり、仮説 B を支持した。

## 9.3.2 オッズアゲインストでの割引における非整合性指標 ( $DI_q, DRI_q$ )

### 9.3.2.1 $DI_q$ と $DRI_q$ の比較

オッズアゲインストでの確率割引に、 $q$ -指数確率割引モデルを用いた場合の decreasing impatience の程度 ( $DI_q$ ) および decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_q$ ) のオッズアゲインストに沿っての変化の様子を図 8.1 に示した。

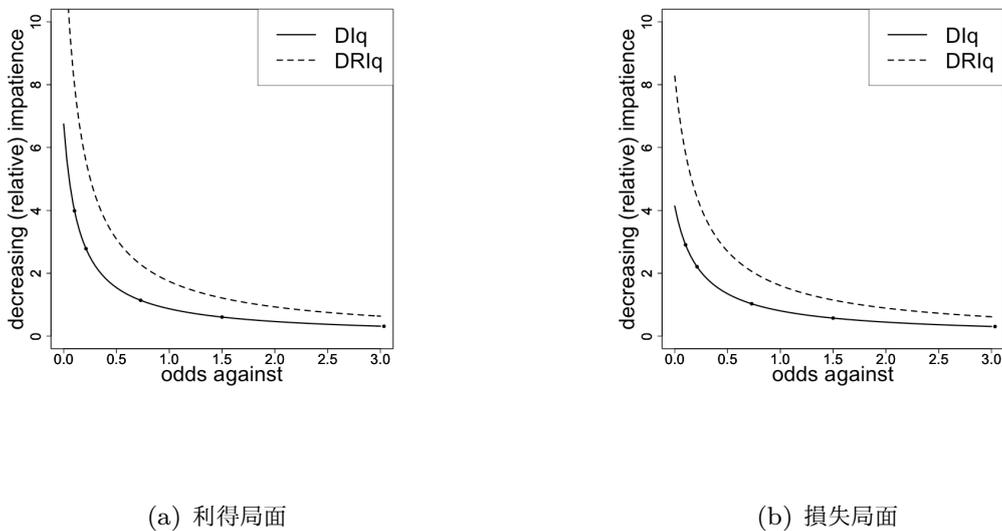


図9.3: 非整合性指標 ( $DI_q, DRI_q$ ): ( $0 \leq O \leq 3.0$ )

確率割引モデルに  $q$ -指数確率割引モデルを用いた場合の decreasing impatience ( $DI_q$ ) および decreasing relative impatience ( $DRI_q$ ) をオッズアゲインストに対して描いた。黒実線は  $DI_q$ 、黒破線は  $DRI_q$  をそれぞれ表し、白三角と黒丸は確率割引課題の各オッズアゲインストにおける  $DI_q, DRI_q$  の値をそれぞれ表す。

図 9.3から、利得局面においても損失局面においても、参加者の平均的なリスク選好は decreasing impatience であり、decreasing relative impatience でもあった。ただし、decreasing impatience の程度 ( $DI_q$ ) および decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_q$ ) はいずれも  $O = 0$  以降減少し、オッズアゲインストの増加とともにゼロに収束した。つまり、参加者の平均的なリスク選好は、平均待ち時間が短いときには decreasing impatience で decreasing relative impatience だが、平均待ち時間が長くなるとともに定常不忍耐になった。これらの結果を併せると、オッズアゲインストでの割引における非整合性指標は利得局面と損失局面とで差がなかった、この結果は、仮説 A を支持しなかった。

### 9.3.3 主観的オッズアゲインストでの割引における非整合性指標

$$(DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2})$$

#### 9.3.3.1 $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルによるパラメータの推定

利得局面，損失局面のそれぞれで，オッズアゲインスト知覚課題における参加者の回答の平均値に対して， $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデル (6.8) のフィッティングを行い，オッズアゲインスト知覚パラメータ  $(a_{q_2}, b_{q_2}, q_2)$  推定を行った結果を，表 9.2，図 10.5 にそれぞれ示した。

表9.2:  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルによるオッズアゲインスト知覚パラメータ

パラメータ	$a_{q_2}$	$b_{q_2}$	$q_2$
利得局面	1.39	4130	0.673
損失局面	1.60	1580	0.680

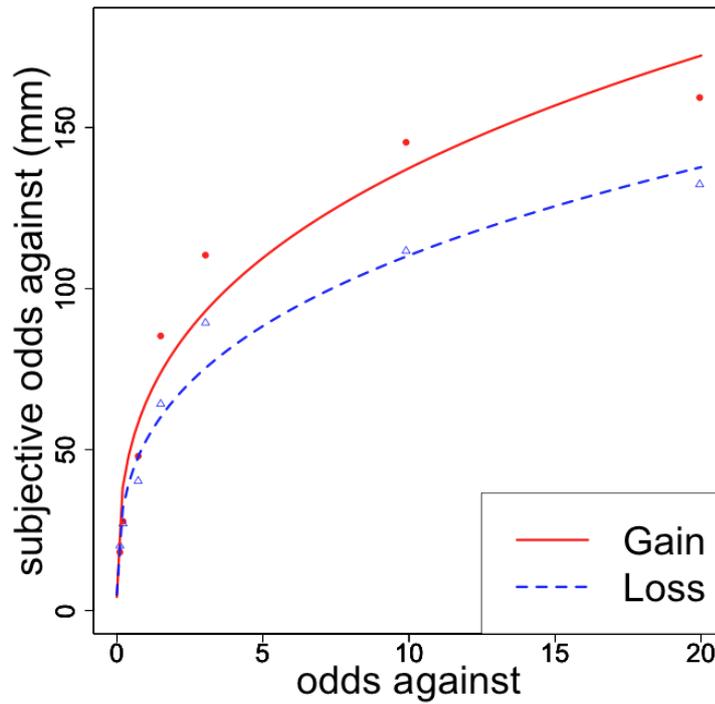


図9.4:  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルおよび対数オッズアゲインスト知覚モデルによる主観的オッズアゲインスト

オッズアゲインストに対して,  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルをフィッティングした主観的オッズアゲインストを描いた. 赤実線は利得局面を, 青破線は損失局面をそれぞれ表す.

以下では, 主観的オッズアゲインストでの割引における非整合性指標の結果を示した.

### 9.3.3.2 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ と $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$ の比較

主観的オッズアゲインストでの確率割引に  $q$ -指数確率割引モデルをフィッティングして推定した割引パラメータ (表 9.1の値), および主観的オッズアゲインストに対して  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルをフィッティングして推定したオッズアゲインスト知覚パラメータを用いて計算した, decreasing impatience の程度 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) および decreasing

relative impatience の程度 ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) がオッズアゲインストに沿って変化する様子を図 9.5 に示した。

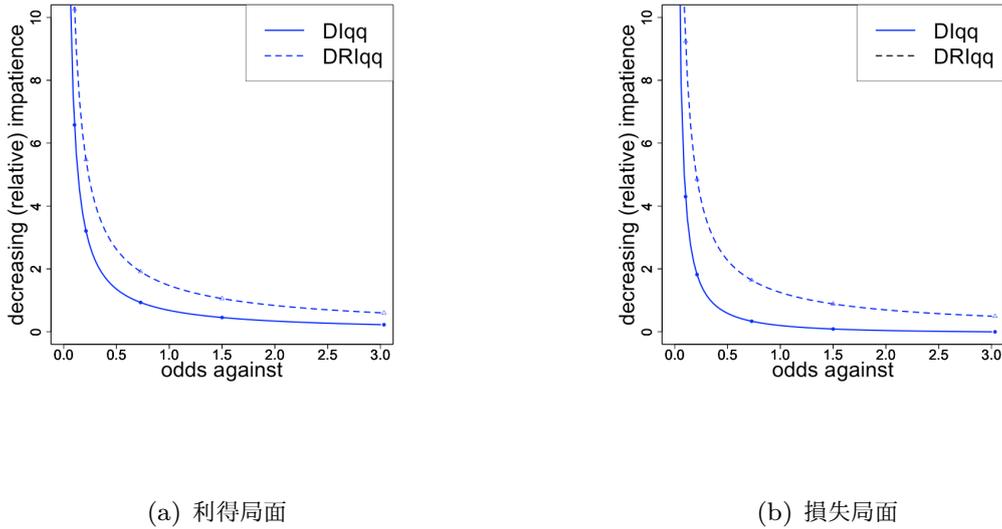


図9.5:  $q$ -対数確率知覚モデルでの非整合性指標: ( $0 \leq O \leq 3.0$ )

確率割引モデルに  $q$ -指数確率割引モデルを、オッズアゲインスト知覚モデルに  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルを用いた場合の decreasing impatience の程度 ( $DI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) および decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) をオッズアゲインストに対して描いた。青実線は  $DI_{\bar{q}_1, q_2}$ 、青破線は  $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$  をそれぞれ表し、白三角と青丸は確率割引課題の各オッズアゲインストにおける  $DI_{\bar{q}_1, q_2}$ ,  $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$  の値をそれぞれ表す。

図 9.5-(a) から、主観的オッズアゲインストでの割引の、利得局面における参加者の平均的なリスク選好は decreasing impatience であり、decreasing relative impatience でもあった。Decreasing impatience の程度 ( $DI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) および decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) がいずれも  $O = 0$  以降減少し、平均待ち時間が長いときには値がほぼゼロになることも、オッズアゲインストでの割引の場合の結果と同様であった。

図 9.5-(b) から、主観的オッズアゲインストでの割引の、損失局面における参加者の平均的なリスク選好は、利得局面の場合と同様、decreasing impatience であり、decreasing relative impatience でもあった。Decreasing impatience の程度 ( $DI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) および decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) がいずれも  $O = 0$  以降減少し、平均待ち時間が長いときには値がほぼゼロになることも、利得局面の場合の結果と同様であった。

### 9.3.3.3 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ と $DI_q$ の比較

主観的オッズアゲインストでの割引における decreasing impatience の程度 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) とオッズアゲインストでの割引における decreasing impatience の程度 ( $DI_q$ ) の比較を図 9.6 に示した。

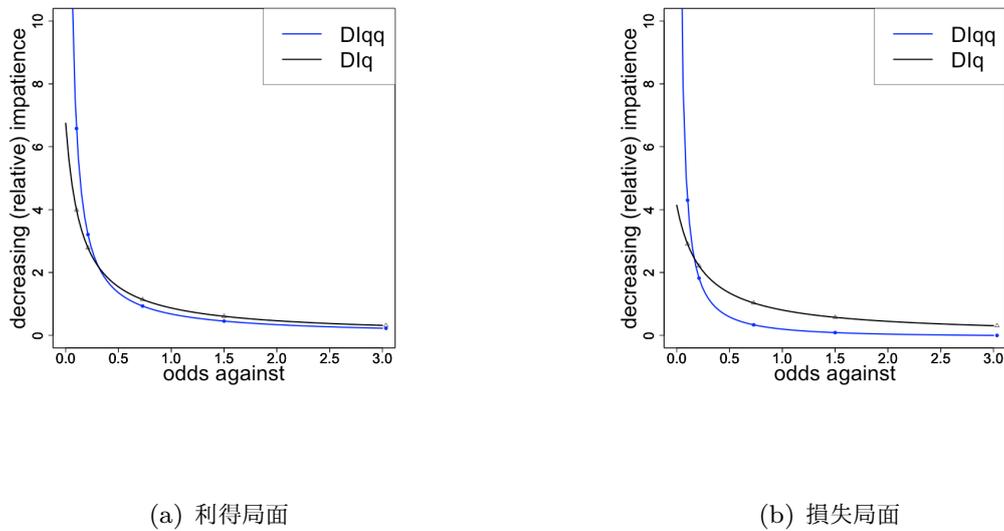


図9.6: 主観的オッズアゲインストでの割引における非整合性指標 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) とオッズアゲインストでの割引における非整合性指標 ( $DI_q$ ): ( $0 \leq O \leq 3.0$ )

主観的オッズアゲインストでの割引における decreasing impatience の程度 ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) とオッズアゲインストでの割引における decreasing impatience の程度 ( $DI_q$ ) をオッズアゲインストに対して描いた。青実線は  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ 、黒実線は  $DI_q$  をそれぞれ表し、青丸と黒丸は確率割引課題の各オッズアゲインストにおける  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ 、 $DI_q$  の値をそれぞれ表す。

図 9.6-(a) から、利得領域における参加者の平均的なリスク選好は、平均待ち時間が短いときには、主観的オッズアゲインストでの割引において decreasing impatience がより強まった。特に、 $O = 0$  においてその差は顕著であった。つまり、参加者の非整合性 (decreasing impatience) は主観的オッズアゲインストでの割引においてより非整合性的であり、Takahashi & Han (2013) とは反対の結果になった。よって、この結果は仮説 B を支持しない。

図 9.6-(b) から、損失局面における参加者の平均的な時間選好は、利得局面の場合と同様、平均待ち時間が短いときには、主観的オッズアゲインストでの割引において decreasing

impatience の程度がより強まった。つまり、参加者の非整合性 (decreasing impatience) は主観的オッズアゲインストでの割引においてより非整合的であり、やはり Takahashi & Han (2013) とは反対の結果になった。よって、平均待ち時間が短いときのこの結果は仮説 B を支持しない。しかし、平均待ち時間が長くなるにつれて、今度は反対に参加者の非整合性 (decreasing impatience) は主観的オッズアゲインストでの割引においてより整合的となった。

### 9.3.3.4 $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ と $DRI_q$ の比較

主観的オッズアゲインストでの割引における decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) とオッズアゲインストでの割引における decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_q$ ) の比較を図 9.7 に示した。

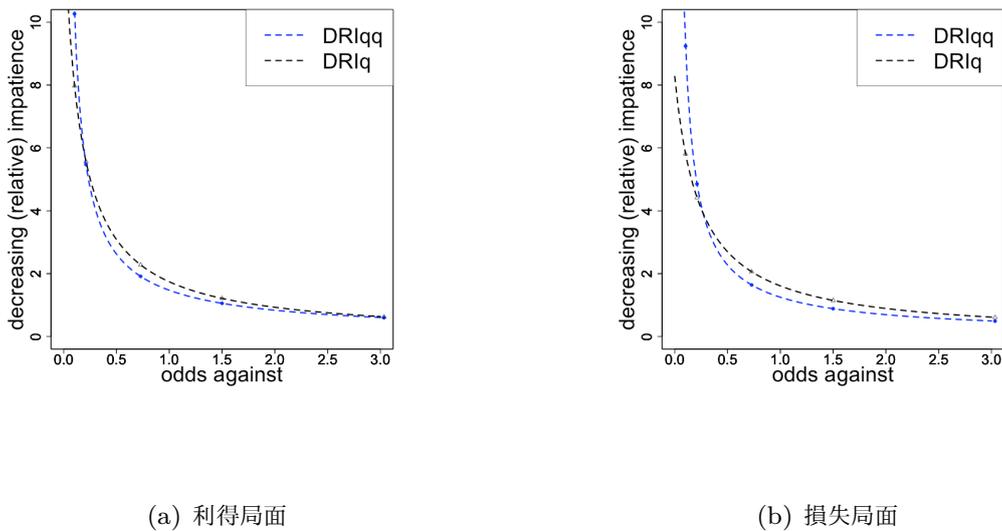


図9.7: 主観的オッズアゲインストでの割引における非整合性指標 ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) とオッズアゲインストでの割引における非整合性指標: ( $0 \leq O \leq 3.0$ )

主観的オッズアゲインストでの割引における decreasing relative impatience の程度 ( $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ) とオッズアゲインストでの割引における decreasing impatience の程度 ( $DRI_q$ ) をオッズアゲインストに対して描いた。青破線は  $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ , 黒破線は  $DRI_q$  をそれぞれ表し、青丸と黒丸は確率割引課題の各オッズアゲインストにおける  $DRI_{\bar{q}_1, q_2}$ ,  $DRI_q$  の値をそれぞれ表す。

図 9.7から、利得局面、損失局面いずれにおいても、参加者の平均的なリスク選好は、平均待ち時間が短いときには、主観的オッズアゲインストでの割引において decreasing

relativeimpatience がより強まった。つまり、平均待ち時間が短いときには、主観的オッズアゲインストでの割引において、アウトカムが2つのリスク下の選択での選好の逆転が起こりやすくなる。この結果は、Takahashi & Han (2013) とは非整合的な結果である。よって、平均待ち時間が短い場合には、確率割引の非整合性は主観的オッズアゲインストでの割引の方がより整合的であるという仮説 B を支持しない結果となった。ただし、decreasing impatience のときと同様、平均待ち時間が長くなるにつれて、主観的オッズアゲインストでの割引における decreasing relative impatience は整合的になり、オッズアゲインストでの割引における decreasing relative impatience と差はなくなった。

### 9.3.4 発散の評価

#### 9.3.4.1 オッズアゲインストでの割引の発散

オッズアゲインストでの割引は、 $q_1 < 1$  ゆえに  $0 \leq p \leq 1$  の範囲で発散しない。実際、発散するような  $p_{div}$  を求めると、利得局面と損失局面でそれぞれ

$$p_{div}^G = \left[ 1 - \frac{1}{h_q^G(1 - q^G)} \right]^{-1} = 1.17, \quad (9.1)$$

$$p_{div}^L = \left[ 1 - \frac{1}{h_q^L(1 - q^L)} \right]^{-1} = 1.31 \quad (9.2)$$

となり、 $0 \leq p \leq 1$  を満たさない。

#### 9.3.4.2 主観的オッズアゲインストでの割引の発散

一方、主観的オッズアゲインストでの割引は、利得局面においてはやはり発散確率は、 $q_1 < 1$  ゆえに  $0 \leq p \leq 1$  の範囲で発散しない。しかし損失局面においては、 $q_1 > 1$  ゆえに発散が生じる。その確率  $\tilde{p}_{div}$  を研究 2 の式 (6.22) を用いて求めると、

$$\tilde{p}_{div}^L = \left\{ 1 + \frac{1}{b^L} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{1}{\tilde{k}_{q_1}^L a^L} \frac{1 - q_2^L}{1 - \tilde{q}_1^L} \right)^{\frac{1}{1 - q_2^L}} \right] \right\}^{-1} = 0.00191 \quad (9.3)$$

となり、極めて小さい確率で損失を被るようなリスク下の選択において発散が生じる。

## 9.4 研究4の考察

### 9.4.1 本研究の振り返り

本研究では、実際の確率割引課題およびオッズアゲインスト知覚課題の回答データに  $q$ -指数確率割引モデルを用いて、利得局面と損失局面のそれぞれで、オッズアゲインスト (実世界) での割引と、主観的オッズアゲインスト (主観世界) での割引とで decreasing impatience および decreasing relative impatience のダイナミクスを描き、比較した。また、研究2で明らかになった、 $q$ -指数確率割引モデルを用いる場合に生じ得る発散について、実データを用いて具体的にその確率を計算し、分析上の問題になり得るかを評価した。

### 9.4.2 結果のまとめ

以下では、本研究の各仮説に対応させる形で得られた結果を簡潔にまとめ、結果を本研究の目的および先行研究の知見に照らして考察する。

#### 9.4.2.1 利得局面の方が損失局面より非整合的か (仮説 A)

オッズアゲインストでの割引における decreasing impatience や decreasing relative impatience は、利得局面と損失局面とで差が見られなかった。つまり、仮説 A は支持されなかった。これらの指標はいずれも、オッズアゲインストでの確率割引のパラメータ推定値  $k_q, q$  に依存する。 $k_q$  は利得局面においてより大きな値をとった (つまり、より割引の程度が大きかった) という結果 (表 9.1) に鑑みると、時間割引でよく知られる符合効果—利得局面での割引の程度が損失局面での割引の程度より大きい—は確認されたものの、研究3のときのようにその違いが顕著でなかった上に、 $q$  値も両局面であまり差がなかったために、decreasing impatience や decreasing relative impatience も両局面で差が生じなかったと考えられる。

#### 9.4.2.2 知覚の歪みを考慮するとより割引が整合的になるか (仮説 B)

主観的オッズアゲインストでの割引において、decreasing impatience や decreasing relative impatience がより非整合的な値に近づいた。つまり、Takahashi & Han (2013) が  $q$  値を用いて見出したのとは反対に、主観的オッズアゲインストでの割引の方がオッズアゲインストでの割引よりも非整合的になった。よって、仮説 B は支持されなかった。この結果について、ここでは decreasing impatience に焦点をあて、オッズアゲインスト知

覚による影響を考察する。オッズアゲインストでの割引と主観的オッズアゲインストでの割引における decreasing impatience の式はそれぞれ、

$$DI_q = (1 - q_1)DR_q, \quad (9.4)$$

$$DI_{\tilde{q}_1, q_2} = (1 - \tilde{q}_1)DR_{\tilde{q}_1, q_2} + \frac{b_{q_2} q_2}{1 + b_{q_2} t} \quad (9.5)$$

である。

基本的には研究3の考察で述べたように、 $\tilde{q}_1 < 1$  となる場合には、感応逓減的なオッズアゲインスト知覚は、(9.5)の第1項も第2項も大きくし、結果的に decreasing impatience を大きくする、言い換えると、割引を非整合的にするようにはたらく。よって、この条件が満たされる利得局面のケースでは、主観的オッズアゲインストでの割引における decreasing impatience の程度が大きくなるという本研究の結果は納得できよう。

しかし一方で、この条件が満たされない、つまり  $\tilde{q}_1 > 1$  である損失局面のケースでは、感応逓減的なオッズアゲインスト知覚であっても、decreasing impatience の大きさは(9.5)の第1項によって小さくなる効果と第2項によって大きくなる効果のトレードオフで決定されるため、一般に  $DI_q < DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  が成立するとは言い切れないのである。したがって、本研究で見出された、主観的オッズアゲインストでの割引における decreasing impatience や decreasing relative impatience がオッズアゲインストでのそれらより非整合的な値に近づくという結果が、割引パラメータや知覚パラメータの値が変わっても成立するかについては、やはり研究3と同様に、新たな別のデータを用いて検証される必要がある。

#### 9.4.2.3 発散の結果

オッズアゲインストでの割引では、利得、損失いずれの局面においても発散が生じない一方、主観的オッズアゲインストでの割引では、損失局面においてごく小さな確率で発散が生じることが確認された。すなわち、この発散は、今回用いた確率割引課題の最小確率である5%よりずっと小さい確率を含むリスク下の選択を考える場合には問題になる。反対に言えば、それほど小さな確率も含むリスク下の選択でない限りは問題にならない。

このことから、発散が問題になるかどうかは、オッズアゲインストでの割引と主観的オッズアゲインストとで異なることがわかる。その違いは、主に両方で  $q_1$  値が異なることによると考えられる。前者ではその値が1より小さく、そもそも  $0 \leq p \leq 1$  において発散が生じないのに対して、後者ではその値が1よりも大きくなるために発散が小さい確率で生じてしまうのである。ただし、勿論、発散確率がこれだけ小さくなるのは今回のデータ

に限ったことであり、異なるサンプルで同じ課題を行った場合にも問題にならないと言うことはできない。

### 9.4.3 本研究の意義と課題

本研究は研究2で理論的に検討された知見を、実際のデータを用いて調べた最初の研究である。実際のデータを用いることにより、decreasing impatience や decreasing relative impatience で見た場合は、必ずしも主観的オッズアゲインストでの割引の方がオッズアゲインストでの割引よりも整合的になるわけではないことが確かめられた。発散の確率を実際に求めることにより、課題や参加者によっては発散が問題にならないことを示したことも意義があるだろう。

課題としては、まず、今回得られた、オッズアゲインストでの割引の方が主観的オッズアゲインストでの割引よりもむしろ整合的になるという結果については、先行研究から導かれる予測と反対の結果になった。ただし、今回用いた非整合性指標は先行研究で用いられたものとは別の指標である。したがって、今後は、この新たな非整合性指標を用いて、オッズアゲインストでの割引と主観的オッズアゲインストでの割引の比較を行うさらなる実証研究が望まれる。

また、今回のようなグループの代表値に対してオッズアゲインスト知覚モデルをフィッティングする場合には、オッズアゲインスト知覚と時間知覚とのあいだに類似の心理プロセスを仮定するならば、やはりオッズアゲインスト知覚のモデルとして対数知覚モデルがあてはまりがよいと予想される。実際、Takahashi & Han (2013)によれば、オッズアゲインストの知覚は、線形知覚、あるいはべき知覚よりもむしろ対数知覚にしがたう。よって、本研究ではべき知覚モデルをも兼ねるより一般化された  $q$ -対数知覚モデルを用いたが、この複雑なモデルを用いる意義はあまりないかもしれない。したがって、今後の研究では、従来の対数知覚モデルとのモデル比較を行った上で、なおも  $q$ -対数知覚モデルを用いる意義があるかについて検討する必要があるだろう。



## 第 10 章

# 研究 5 実世界での割引の非整合性と主観世界での割引の非整合性の比較

### 10.1 研究 5 の目的

本研究の目的は、まず、同一集団に対して時間割引課題と時間知覚課題、および、確率割引課題とオッズアゲインスト知覚課題を実施して得られたデータに対して、実世界での割引パラメータ (表 4.1セル B)、および、(知覚モデルを仮定せずに) 主観世界での割引パラメータ (表 4.1セル D) を推定し、これらを比較することで、Takahashi & Han (2013) と同様の結果が再現されるか否かを確認することであった。

そして、時間知覚モデルおよびオッズアゲインスト知覚モデルとして、対数知覚モデルや対数オッズアゲインスト知覚モデルだけでなく、先行研究では取り上げられなかった  $q$ -対数知覚モデルや  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルを加え、どちらのモデルがあてはまりが良いかのモデル比較を行った。そしてその上で、もっともあてはまりの良い知覚モデルを用い、知覚の歪みを考慮して主観世界での割引パラメータ (セル C) を推定し、実世界での割引パラメータ (セル B) と比較することで、Takahashi & Han (2013) と同様の結果が再現されるかを確認した。

さらに、意思決定者の心理的歪みを考慮した場合に、各割引で選好の逆転がより起こりにくくなるかどうかを調べた。すなわち、実世界 (物理時間/オッズアゲインスト) での割引で decreasing impatience や decreasing relative impatience を求め、それらが主観世界 (心理時間/主観的オッズアゲインスト) での割引でより値が 0 に近づくかどうかを

調べた。

本研究の仮説の1つ目(仮説 A)は、 $q$ -一般化した知覚モデルの方が従来の対数知覚モデルよりもグループレベルのデータに対する当てはまりが良いというものであった。すなわち、時間知覚モデルとしては $q$ -対数知覚モデルが対数知覚モデルよりも、オッズアゲインスト知覚モデルとしては対数オッズアゲインスト知覚モデルが $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルよりもそれぞれ AIC が小さくなると予測(予測 A)された。

本研究の仮説の2つ目(仮説 B)は、時間割引、確率割引いずれにおいても、主観世界での割引の方が実世界での割引よりも整合的であるというものだった。したがって、主観世界での指数割引からの乖離度( $\tilde{q}$  値/ $\tilde{s}$  値)は、実世界での乖離度( $q$  値 /  $s$  値)よりも小さくなる、すなわちより 1 に近い値となると予測(予測 B)された。<sup>\*1</sup> この予測は Han & Takahashi (2012) や Takahashi & Han (2013) の結果から導かれた。また、非整合性を選好の逆転の起こりやすさを示す decreasing impatience や decreasing relative impatience で評価すると、主観世界での値の方が実世界での値よりもより整合的な値になる、すなわちより 0 に近い値となるとも予測(予測 C)された。この予測は、さきの仮説 B や Takahashi による一連の研究の結果から導かれた。

---

<sup>\*1</sup> ここまで  $q$ -指数確率割引モデルのパラメータ  $q$  として表していたものを、本研究に限って  $s$  や  $\tilde{s}$  と記す。 $q$ -指数割引モデルのパラメータ  $q$  や  $\tilde{q}$  との混同を避けるためである。

## 10.2 研究 5 の方法

### 10.2.1 実験実施日および参加者

実験が行われたのは、2016 年 11 月 21 日だった。実験参加者は、北海道大学文学部の「行動科学実験実習」履修生 23 名 (男性 11 名, 女性 12 名, 平均年齢  $20.52 \pm 1.3$ ) だった。

### 10.2.2 課題

参加者は時間割引課題, 時間知覚課題, 確率割引課題, オッズアゲインスト知覚課題それぞれに回答した。いずれの課題も利得局面のみだった。

### 10.2.3 実験デザイン

実験デザインは、時間割引課題, 時間知覚課題 (1 週間, 2 週間, 1 ヶ月, 6 ヶ月, 1 年, 5 年, 25 年), 確率割引課題, オッズアゲインスト知覚課題 (95%, 90%, 70%, 50%, 30%, 10%, 5%) いずれも 1 要因 7 水準の被験者内配置だった。時間割引課題では、今日受け取る金額が下がっていく降順と、上がっていく昇順の両方があり、全参加者共通で降順が先に、昇順が後に呈示された。確率割引課題では、確実に受け取る金額が下がっていく降順と、上がっていく昇順の両方があり、全参加者共通で降順が先に、昇順が後に呈示された。

また、時間割引課題と時間知覚課題はいずれも、呈示される遅延は短い遅延から長い遅延へと長くなる順序で呈示され、確率割引課題とオッズアゲインスト知覚課題はいずれも、呈示される確率は大きな確率から小さな確率へと小さくなる順序で呈示された。つまり、いずれの課題でも、順序効果をなくすために遅延や確率をランダムに呈示するようなことはされなかった。

### 10.2.4 実験手順

参加者は教室で個別に座り、質問紙<sup>\*2</sup>を受け取った。その後、実験者から、匿名性の保持のため回答はすべてこの ID 番号によって処理されることが伝えられた。そして、課題で受け取る金銭報酬は仮想的なものだが、本物であると考えて回答をするよう一斉に指示を受け、質問紙へ匿名で回答した。参加者は時間割引課題, 時間知覚課題, 確率割引課題,

---

<sup>\*2</sup> 質問紙にはこれ以外の課題が含まれていた (Appendix を参照のこと)。

オッズアゲインスト知覚課題にこの順で回答した。回答時間に制限は設けられなかった。

## 10.2.5 分析方法

データを分析する上で、確率割引課題で未回答項目がある人(女性1名)データを除外した。したがって、以下の分析は22名(男性11名, 女性11名, 平均年齢 $20.55 \pm 1.4$ )を対象としたものである。

### 10.2.5.1 実世界での割引パラメータ, decreasing impatience, および decreasing relative impatience の推定

まず、時間割引課題および確率割引課題において各遅延/各オッズアゲインストでの無差別点を算出し、その平均値をそれぞれで求めた。<sup>\*3</sup>次に遅延/オッズアゲインストを横軸に、各割引課題における主観的価値を縦軸に取り、上で求めた平均値をプロットした。そして7つの無差別点の平均値に対して、 $q$ -指数割引モデル((1.34), 時間割引課題)および、 $q$ -指数確率割引モデル((6.4), 確率割引課題)をそれぞれフィッティングし、非線形回帰分析により割引パラメータを推定した。推定された各割引パラメータを、decreasing impatienceの程度を表す式(時間割引： $DI_q(t)$ (5.8), 確率割引： $DI_s(O)$ (6.16)), および decreasing relative impatienceの程度を表す式(時間割引： $DRI_q(t)$ (5.9), 確率割引： $DRI_s(O)$ (6.17))にそれぞれ代入した。decreasing impatienceの程度、および decreasing relative impatienceの程度は、 $t = 0$  または  $O = 0$  での値、すなわち意思決定時点での選好の逆転の起こりやすさを用いた。

### 10.2.5.2 時間知覚パラメータおよびオッズアゲインスト知覚パラメータの推定

まず、時間知覚課題において各遅延/各オッズアゲインストに対する主観的な待ち時間の長さ(mm)を定規で測定し、その平均値をそれぞれの課題で求めた。次に上で求めた平均値に対して、時間知覚課題では対数知覚モデル(1.38)および $q$ -対数知覚モデル(5.3)を、オッズアゲインスト知覚課題では対数オッズアゲインスト知覚モデル(2.17)および $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデル(6.8)をそれぞれフィッティングし、非線形回帰分析により知覚パラメータを推定した。また、あわせてモデル選択のためにAIC(赤池情報量規準)を推定した。AICは、最尤法であてはめられたモデルが複数個あるときに、その中の一つを選択する規準である。具体的には、モデルの最大対数尤度にモデルのフリーパ

<sup>\*3</sup> 無差別点の算出の仕方については7章を参照のこと。

ラメータの個数に応じた罰則項を加えた

$$AIC = -2MLL + 2K \quad (10.1)$$

という推定値が最小となるモデルをあてはまりの良いモデルとして採用する規準である (坂本・石黒・北川, 2008; Akaike, 1973; Akaike, 1974). ただし,  $MLL$  は最大対数尤度を,  $K$  はフリーパラメータの個数をそれぞれ表す.

### 10.2.5.3 主観世界での割引パラメータ, decreasing impatience, および decreasing relative impatience の推定

まず, 心理時間/主観的オッズアゲインストの平均値を横軸に, 各割引課題における主観的価値を縦軸に取り, 各遅延/各オッズアゲインストに対応する心理時間/主観的オッズアゲインスト上に, さきに求めた無差別点の平均値をプロットした. そして再び7つの無差別点の平均値に対して,  $q$ -指数割引モデルおよび,  $q$ -指数確率割引モデルをそれぞれフィッティングし, 非線形回帰分析により割引パラメータ ( $\tilde{k}', \tilde{q}'_1$  および  $\tilde{h}', \tilde{s}'_1$ ) を推定した.

次に, 上の時間知覚モデル/オッズアゲインスト知覚モデルで選択されたモデルおよび知覚パラメータを用いて, 各遅延/各オッズアゲインストを心理時間/主観的オッズアゲインストにそれぞれ変換した. 変換後の心理時間/主観的オッズアゲインストを横軸に, 各割引課題における主観的価値を縦軸に取り, 各遅延/各オッズアゲインストに対応する心理時間/主観的オッズアゲインスト上に, さきに求めた無差別点の平均値をプロットした. そして再び7つの無差別点の平均値に対して,  $q$ -指数割引モデルおよび,  $q$ -指数確率割引モデルをそれぞれフィッティングし, 非線形回帰分析により割引パラメータ ( $\tilde{k}, \tilde{q}_1$  および  $\tilde{h}, \tilde{s}_1$ ) を推定した.

推定された各割引パラメータを, 心理時間/主観的オッズアゲインストでの decreasing impatience の程度を表す式 (時間割引:  $\tilde{D}I_{\tilde{q}_1}(\tau(t))$ (5.12), 確率割引:  $\tilde{D}I_{\tilde{s}_1}(\tau(O))$ (6.20)) といった具合に, および, 心理時間/主観的オッズアゲインストでの decreasing relative impatience の程度を表す式 (時間割引:  $\tilde{D}RI_{\tilde{q}_1}(\tau(t))$ (5.13), 確率割引:  $\tilde{D}RI_{\tilde{s}_1}(\tau(O))$ (6.21)) にそれぞれ代入した. \*4 decreasing impatience の程度, および decreasing relative impatience の程度は, いずれも  $\tau = 0$  での値を用いた.

なお, 以上の分析はすべて, 統計ソフト R(version 3.6.1)(<https://www.R-project.org/>)を用いて行われた.

\*4  $\tilde{D}I_{\tilde{q}_1}(\tau(t))$  という下付きでコンマが入った書き方をしているのは, 時間知覚モデルやオッズアゲインスト知覚モデルがまだ定まっていないためである. もし仮に時間知覚として対数知覚モデルが選ばれたら  $\tilde{D}I_{\tilde{q}_1, \log}(\tau(t))$  と,  $q$ -対数知覚モデルが選ばれたら  $\tilde{D}I_{\tilde{q}_1, q_2}(\tau(t))$  といった具合に表現する.

## 10.3 研究 5 の結果

### 10.3.1 時間割引

#### 10.3.1.1 時間割引課題の無差別点

時間割引課題の割引関数を推定するために、まず各遅延 (1 週間, 2 週間, 1 ヶ月, 6 ヶ月, 1 年, 5 年, 25 年) での無差別点の平均値を求めた (表 10.1).

表10.1: 時間割引課題での無差別点の平均値 (円)

	平均値	標準誤差
1 週間後	94139	1706
2 週間後	90163	2206
1 ヶ月後	85408	3155
6 ヶ月後	71367	4501
1 年後	65109	4910
5 年後	47989	4647
25 年後	28270	4940

#### 10.3.1.2 物理時間での時間割引パラメータの推定

参加者の平均的な時間割引を評価するために、上で得られた各遅延における無差別点の平均値に対して、 $q$ -指数割引モデルをフィッティングした (図 10.1, 表 10.2). パラメータ値  $q$  が 1 より小さかったことから、先行研究と同様、参加者は指数割引から乖離した時間非整合的な割引を示していた.

表10.2:  $q$ -指数割引モデルのパラメータおよび decreasing impatience, decreasing relative impatience

	物理時間	心理時間 (歪みなし)	心理時間 (歪みあり)
$k/\tilde{k}$	0.00567	0.00245	0.00264
$q/\tilde{q}$	-4.01	3.21	3.29
$DI_q(0)/\tilde{DI}_{q,\log}(0)$	0.0284	-0.00541	-0.00604
$DRI_q(0)/\tilde{DRI}_{q,\log}(0)$	0.0341	-0.00296	-0.00341

### 10.3.1.3 物理時間での decreasing impatience および decreasing relative impatience の推定

物理時間での割引パラメータの推定結果を用いて、意思決定時点での参加者の平均的な decreasing impatience および decreasing relative impatience を求めた (表 10.2).  $DI_q(0)$  および  $DRI_q(0)$  の値がいずれも正だったことから、参加者の時間選好は decreasing impatience で、かつ、decreasing relative impatience だった。つまり、結果が 1 つの場合の異時点間選択、結果が 2 つの場合の異時点間選択のいずれでも、利得を得られる直前になって選好の逆転を起こす傾向があった。

### 10.3.1.4 心理時間での時間割引パラメータの推定：知覚モデルなし

心理時間での時間割引のパラメータを推定した。具体的には、まず、各遅延に対応する心理時間に無差別点の平均値をプロットし、 $q$ -指数割引モデルをフィッティングした (図 10.2)。パラメータ値  $\tilde{q}' = 3.21$  が物理時間での  $q$  値よりも 1 に近かったことから、割引関数の形状がより指数割引に近づいた。つまり、参加者の時間非整合性 (i.e., 指数割引からの乖離程度) は心理時間においてより小さくなった。この結果は、Han & Takahashi (2012) および Takahashi & Han (2013) の結果と整合的だった。

### 10.3.1.5 時間知覚モデルの選択および時間知覚パラメータの推定

参加者の平均的な時間知覚を評価するために、各遅延で報酬を受け取るまでに感じる時間の長さ、すなわち心理時間の平均値 (表 10.3) に対して、対数知覚モデルおよび  $q$ -対数知覚モデルをフィッティングした (図 10.2, 表 10.4)。対数知覚モデルの  $AIC_{\log}$  が  $q$ -対数知覚モデルの  $AIC_{q\log}$  よりも小さかったことから、参加者の平均的な時間知覚として、対数知覚モデルの方があてはまりが良かった。この結果は、時間知覚モデルとして対数知覚モデルよりも  $q$ -対数知覚モデルの方があてはまりが良いとする仮説 A を支持しなかった。

### 10.3.1.6 心理時間での時間割引パラメータの推定：知覚モデルあり

時間知覚の歪みが時間割引に与える影響を調べるために、心理時間での時間割引のパラメータを推定した。具体的には、まず、上のモデル選択で選ばれた対数知覚モデルを時間知覚のモデルとして、推定された時間知覚パラメータを用いて各遅延を心理時間に変換し、各遅延に対応する心理時間上に無差別点の平均値をプロットし、 $q$ -指数割引モデルをフィッティングした (図 10.3, 表 10.2)。パラメータ値  $\tilde{q} = 3.29$  が物理時間での  $q$  値よりも 1 に近かったことから、割引関数の形状がより指数割引に近づいた。つまり、時間知覚モデ

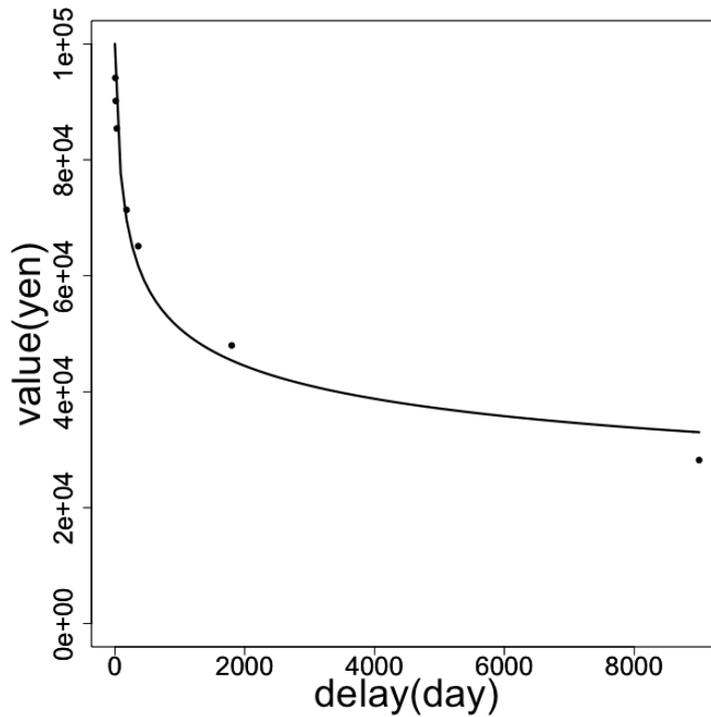


図10.1: 物理時間での時間割引

ルを具体的に仮定する場合にも，参加者の時間非整合性 (i.e., 指数割引からの乖離程度) は物理時間での割引よりも心理時間での割引において小さくなった．この結果は，Han & Takahashi (2012) および Takahashi & Han (2013) の結果と整合的だった．

### 10.3.1.7 心理時間での decreasing impatience および decreasing relative impatience の推定

心理時間での割引パラメータの推定結果を用いて，意思決定時点での参加者の平均的な decreasing impatience および decreasing relative impatience を求めた (表 10.2)．心理時間での  $\tilde{DI}_{\tilde{q},\log}(0)$  および  $\tilde{DI}_{\tilde{q},\log}(0)$  の値は，いずれも物理時間での  $DI_q(0)$  お

表10.3: 心理時間の平均値 (mm)

遅延	平均値	標準誤差
1 週間後	34.826	9.1054
2 週間後	45.130	8.0382
1 ヶ月後	57.913	6.9521
6 ヶ月後	85.652	8.3601
1 年後	107.39	9.7104
5 年後	130.39	10.054
25 年後	154.43	10.007

表10.4: 時間知覚モデルのパラメータおよび AIC

	対数知覚モデル		$q$ 対数知覚モデル		
	$a$	$b$	$a_{q_2}$	$b_{q_2}$	$q_2$
パラメータ	17.7	0.928	4.23	769000	0.846
AIC	41.0		57.9		

よび  $DRI_q(0)$  の値より 0 に近い値をとったことから, decreasing impatience および decreasing relative impatience の程度が小さくなった. つまり, 心理時間での割引において, 参加者の時間非整合性 (i.e., 選好の逆転の起こしやすさ) は小さくなった. この結果は, 上述の 2 つの先行研究, および本研究によって示された, 心理時間での割引において  $q$  値がより時間整合的な値になるという結果と整合的である.

さらに,  $\tilde{DI}_{\tilde{q}, \log}(0)$  および  $\tilde{DI}_{\tilde{q}, \log}(0)$  の値がいずれも負だったことから, 参加者は increasing impatience で, かつ, increasing relative impatience だった. つまり, 参加者は意思決定時点において, 結果が 1 つの場合の異時点間選択, 結果が 2 つの場合の異時点間選択のいずれでも通常とは反対の選好の逆転を起こす傾向があった.

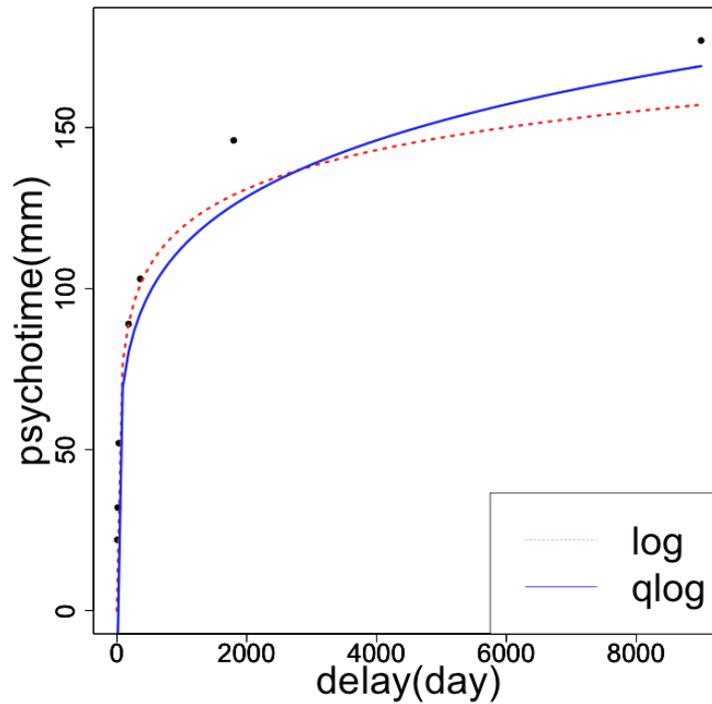


図10.2: 時間知覚モデルの比較

各遅延 (day) に対し参加者の心理時間 (mm) の平均値をプロットした。赤点線は対数知覚モデルを、青実線は  $q$ -対数知覚モデルをそれぞれフィッティングした曲線を表す。

## 10.3.2 確率割引

### 10.3.2.1 確率割引課題の無差別点

確率割引課題の割引関数を推定するために、まず各確率をオッズアゲインストに変換し、各オッズアゲインスト (0.0527, 0.111, 0.429, 1.00, 2.33, 9.00, 19.0) での無差別点の平均値を求めた (表 10.5)。

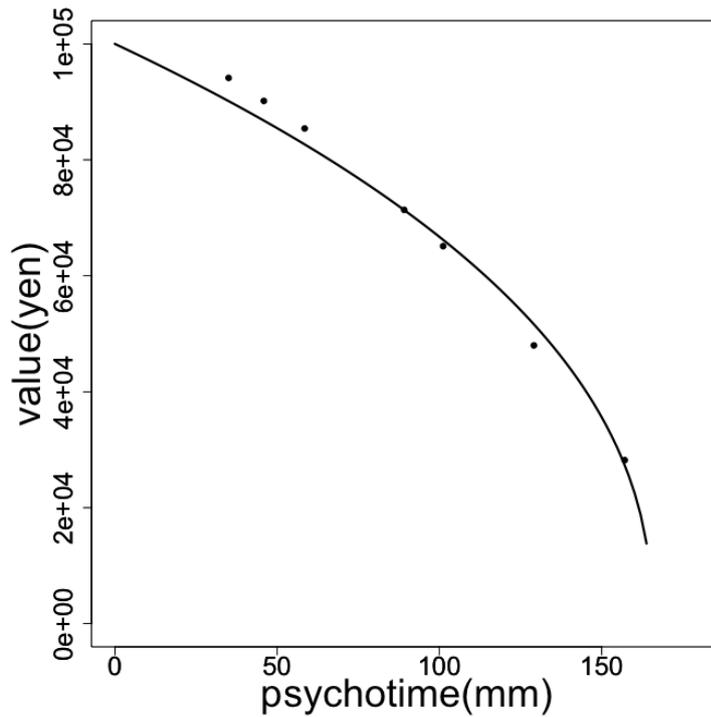


図10.3: 心理時間での時間割引

### 10.3.2.2 客観的オッズアゲインストでの確率割引パラメータの推定

参加者の平均的な確率割引を評価するために、上で得られた各オッズアゲインストにおける無差別点の平均値に対して、 $q$ -指数確率割引モデルをフィッティングした (図 10.4, 表 10.6). パラメータ  $s$  値が 1 より小さかったことから, Takahashi & Han (2013) と同様, 参加者は指数確率割引から乖離した非整合的な割引を示していた.

表10.5: 確率割引課題での無差別点の平均値 (円)

確率	オッズアゲインスト	平均値	標準誤差
95%	0.0527	83381	2365
90%	0.111	75199	2953
70%	0.429	53920	3281
50%	1.00	4501	2744
30%	2.33	36534	2419
10%	9.00	24034	2336
5 %	19.0	9489	2171

表10.6:  $q$ -指数確率割引モデルのパラメータおよび decreasing impatience, decreasing relative impatience

	オッズアゲインスト	主観的オッズアゲインスト (歪みなし)	主観的オッズアゲインスト (歪みあり)
$h/\tilde{h}$	3.44	0.00918	0.00898
$s/\tilde{s}$	-1.10	1.45	1.49
$DI_s/\tilde{DI}_{s,\log}$	7.22	-0.00413	-0.00440
$DRJ_s/\tilde{DRJ}_{s,\log}$	10.7	0.00505	0.00458

### 10.3.2.3 オッズアゲインストでの decreasing impatience および decreasing relative impatience の推定

客観的オッズアゲインストでの割引パラメータの推定結果を用いて、意思決定時点での参加者の平均的な decreasing impatience および decreasing relative impatience を求めた (表 10.6).  $DI_s(0)$  および  $DRI_s(0)$  の値がいずれも正だったことから、参加者は decreasing impatience で、かつ、decreasing relative impatience だった。つまり、参加者は意思決定時点において、結果が 1 つの場合のリスク下の選択、結果が 2 つの場合のリスク下の選択のいずれでも選好の逆転を起こす傾向があった。

### 10.3.2.4 主観的オッズアゲインストでの確率割引パラメータの推定：知覚モデルなし

主観的オッズアゲインストでの確率割引のパラメータを推定した。具体的には、まず、各オッズアゲインストに対応する主観的オッズアゲインストに無差別点の平均値をプロットし、 $q$ -指数確率割引モデルをフィッティングした (図 10.6, 表 10.6)。パラメータ  $\hat{s}$  値がオッズアゲインストでの  $s$  値よりも 1 に近かったことから、割引関数の形状がより指数確率割引に近づいた。つまり、オッズアゲインスト知覚モデルを具体的に仮定しない場合にも、参加者の非整合性 (i.e., 指数確率割引からの乖離程度) はオッズアゲインストでの割引よりも主観的オッズアゲインストでの割引において小さくなった。この結果は、Takahashi & Han (2013) の結果と整合的だった。

### 10.3.2.5 オッズアゲインスト知覚モデルの選択およびオッズアゲインスト知覚パラメータの推定

参加者の平均的なオッズアゲインスト知覚を評価するために、主観的オッズアゲインストの平均値 (表 10.7) に対して、対数オッズアゲインスト知覚モデルおよび  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルをフィッティングした (図 10.5, 表 10.8)。対数オッズアゲインスト知覚モデルの  $AIC_{\log}$  が  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルの  $AIC_{s\log}$  よりも小さかったことから、参加者の平均的なオッズアゲインスト知覚として、対数オッズアゲインスト知覚モデルの方があてはまりが良かった。この結果は、オッズアゲインスト知覚モデルとして対数オッズアゲインスト知覚モデルよりも  $q$ -対数知覚モデルの方があてはまりが良いとする仮説 A を支持した。

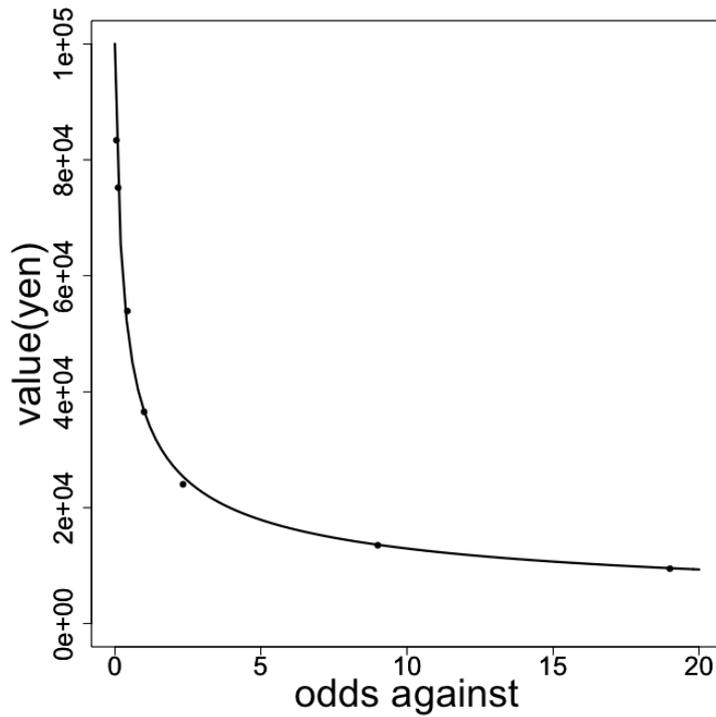


図10.4: オッズアゲインストでの確率割引

### 10.3.2.6 主観的オッズアゲインストでの確率割引パラメータの推定：知覚モデルあり

オッズアゲインスト知覚の歪みが確率割引に与える影響を調べるために、主観的オッズアゲインストでの確率割引のパラメータを推定した。具体的には、まず、上のモデル選択で選ばれた対数オッズアゲインスト知覚モデルをオッズアゲインスト知覚のモデルとして、推定されたオッズアゲインスト知覚パラメータを用いて各オッズアゲインストを主観的オッズアゲインストに変換し、各オッズアゲインストに対応する主観的オッズアゲインスト上に無差別点の平均値をプロットし、 $q$ -指数確率割引モデルをフィッティングした(図 10.6, 表 10.6)。パラメータ  $\tilde{s}$  値がオッズアゲインストでの  $s$  値よりも 1 に近かった

表10.7: 主観的オッズアゲインストの平均値 (mm)

確率	オッズアゲインスト	平均値	標準誤差
95%	0.0527	20.455	6.521
90%	0.111	32.136	5.860
70%	0.429	56.409	6.400
50%	1.00	84.955	6.966
30%	2.33	116.32	7.575
10%	9.00	143.64	7.829
5 %	19.0	158.00	7.478

表10.8: オッズアゲインスト知覚モデルのパラメータおよび AIC

	対数知覚モデル		$q$ 対数知覚モデル		
	$a$	$b$	$a_{q_2}$	$b_{q_2}$	$q_2$
パラメータ	27.2	21.1	12.6	8880000	0.858
AIC	47.7		55.4		

ことから、割引関数の形状がより指数確率割引に近づいた。つまり、オッズアゲインスト知覚のモデルを具体的に仮定する場合にも、参加者の非整合性 (i.e., 指数確率割引からの乖離程度) はオッズアゲインストでの割引よりも主観的オッズアゲインストでの割引において小さくなった。この結果は、Takahashi & Han (2013) の結果と整合的だった。

### 10.3.2.7 オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮する場合の decreasing impatience および decreasing relative impatience の推定

主観的オッズアゲインストでの割引パラメータの推定結果を用いて、意思決定時点での参加者の平均的な decreasing impatience および decreasing relative impatience を求めた (表 10.6)。主観的オッズアゲインストでの  $\tilde{D}I_{\tilde{s}, \log}(0)$  および  $\tilde{D}I_{\tilde{s}, \log}(0)$  の値は、い

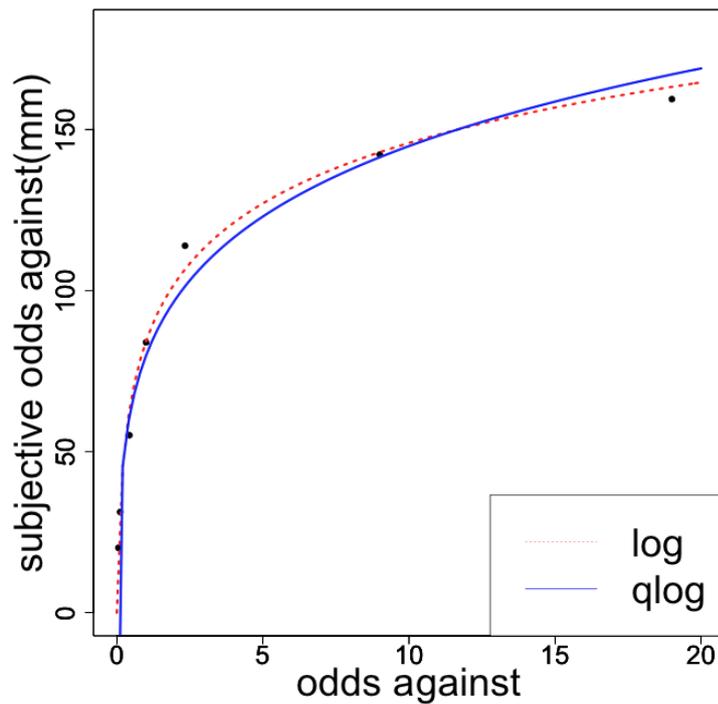


図10.5: 参加者の平均的な主観的オッズアゲインスト

各オッズアゲインストに対し参加者の主観的オッズアゲインスト (mm) の平均値をプロットした。赤点線は対数オッズアゲインスト知覚モデルを、青実線は  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルをそれぞれフィッティングした曲線を表す。

れもオッズアゲインストでの  $DI_s(0)$  および  $DRI_s(0)$  の値より 0 に近い値をとったことから, decreasing impatience および decreasing relative impatience の程度が小さくなった。つまり, オッズアゲインスト知覚の歪みを考慮することで, 参加者の非整合性 (i.e., 選好の逆転の起こしやすさ) は小さくなった。この結果は, Takahashi & Han (2013) および本研究によって示された, 主観的オッズアゲインストでの割引において  $s$  値がより整合的な値になるという結果と整合的である。

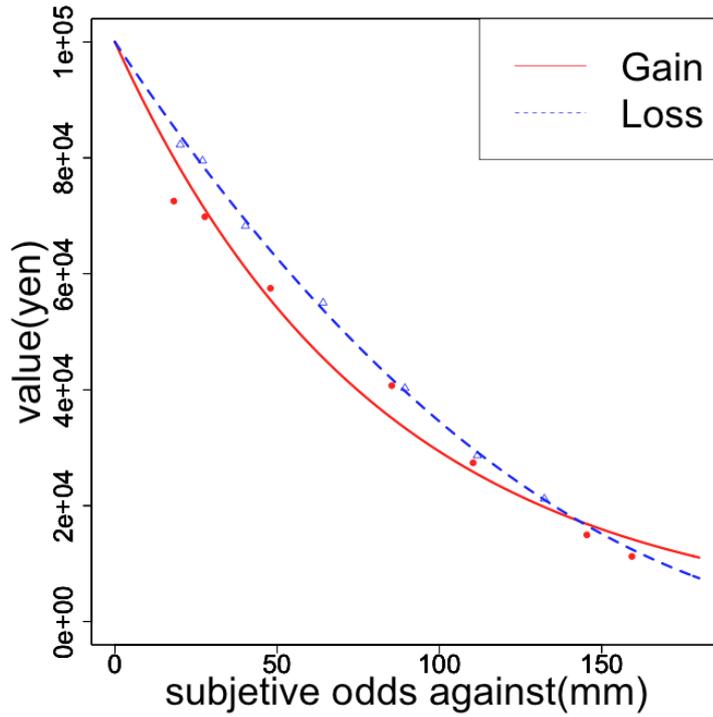


図10.6: 主観的オッズアゲインストでの確率割引

さらに,  $\tilde{DI}_{\tilde{s}, \log}(0)$  の値は正で  $\tilde{DRI}_{\tilde{s}, \log}(0)$  の値は負だったことから, 参加者は increasing impatience で, かつ, decreasing relative impatience だった. つまり, 参加者は意思決定時点において, 結果が1つの場合のリスク下の選択では選好の逆転を起こす傾向がある一方で, 結果が2つの場合のリスク下の選択では通常とは反対の選好の逆転を起こす傾向があった.

## 10.4 研究5の考察

### 10.4.1 本研究の振り返り

本研究では、指数割引モデルからの乖離度を測る  $q$  値だけでなく、選好の逆転の起こりやすさを示す指標である decreasing impatience や decreasing relative impatience についても、主観世界ではより整合的になるかどうかを、同一集団に対して時間割引課題、時間知覚課題、確率割引課題、オッズアゲインスト知覚課題を実施することで調べた。また、先行研究では、具体的な知覚モデルを仮定した上で主観世界での割引パラメータを求め、それを実世界での割引パラメータと比較していたが、本研究では、知覚モデルを具体的に仮定しない場合の主観世界での割引パラメータも求めて、実世界での割引パラメータとの比較も行った。さらに、知覚モデルを仮定する際も、時間知覚やオッズアゲインスト知覚のモデルとして、従来あてはまりが良いとされている対数知覚モデルや対数オッズアゲインスト知覚モデルをそのまま適用するのではなく、より一般化されたモデルもデータにフィッティングし、モデル比較を行うことで、一般化された知覚モデルの有用性も確認した。

### 10.4.2 結果のまとめと考察

その結果、まず、時間知覚およびオッズアゲインスト知覚のいずれにおいても、一般化された知覚モデルよりも従来あてはまりが良いとされていた対数知覚モデルや対数オッズアゲインスト知覚モデルの方があてはまりが良かった。これは、少なくともグループレベルで時間知覚モデルやオッズアゲインスト知覚モデルをフィッティングするには、対数知覚モデルや対数オッズアゲインスト知覚モデルで十分に良いモデルであったということだと考えられる。実際、本研究での  $q$ -対数知覚モデルの  $q_2$  値、 $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルの  $s_2$  値はどちらもかなり 1 に近い値をとっている。そして、decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度は、知覚モデルを具体的に仮定するか否かに関わらず、物理時間より心理時間で、またオッズアゲインストより主観的オッズアゲインストでそれぞれ小さくなっていた。つまり、意思決定者が報酬を得るまでの待ち時間を考慮することで、異時点間選択における選好の逆転も、リスク下の選択における選好の逆転も起こりにくくなっていた。より正確には、主観的オッズアゲインストでの割引における decreasing relative impatience 以外は負の値になっていたことから、通常の選好の逆転よりもむしろ反対の選好の逆転を起こす傾向があった。ここでは、この結果を、特に異時点間選択の場合を例に考察を進めてみる。

異時点間選択における選好の逆転の起こりやすさが、物理時間よりも心理時間の方が小さかったということは、遠い将来の大きな報酬とより近い将来の小さな報酬との選択があったときに、時間が経過して今すぐに小さな報酬が得られる場面に直面しても、それに飛びつく傾向は、意思決定者の主観世界 (心理時間) ではかなり小さいということである。むしろ、反対の選好の逆転を起こす傾向にあったということは、意思決定者は主観世界では、自分は遠い将来の大きな報酬よりも近い将来の小さな報酬を選ぶと意思決定時点では思っていたとしても、実際に時間が経過して小さな報酬を選択できる場面に直面すると、選好を通常とは反対に逆転させてしまって、後から得られる大きな報酬を得るために小さな報酬を見送ってしまう傾向があるということである。

このような主観世界での decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度の低下はなぜ生じるのであろうか。  $q$ -指数割引モデルでの decreasing impatience の程度 (5.8) や decreasing relative impatience の程度 (5.9) を見れば明らかのように、意思決定時点、すなわち  $t = 0$  あるいは  $\tau = 0$  でのそれらの値は、割引パラメータ  $k, q, \tilde{k}, \tilde{q}$  に依存する。そして、物理時間での decreasing impatience の程度と心理時間での decreasing impatience の程度の大小関係は、 $(1 - q)k$  と  $(1 - \tilde{q})\tilde{k}$  の大小関係である。したがって、物理時間よりも心理時間において割引の程度が小さくなり (i.e.,  $k > \tilde{k}$ ), 非整合性 (指数割引からの乖離度) が大きくなれば (i.e.,  $q < \tilde{q}$ ), decreasing impatience の程度は心理時間においてより小さくなるのは当然である。また仮に物理時間と心理時間とで割引の程度が等しかったとしても (i.e.,  $k = \tilde{k}$ ), 非整合性 (指数割引からの乖離度) が心理時間において大きくなれば (i.e.,  $q < \tilde{q}$ ), やはり同じところに帰結する。実際、Han & Takahashi (2012), Takahashi & Han (2013), そして本研究すべてにおいて、時間割引、確率割引いずれも、実世界での割引パラメータと主観世界での割引パラメータは、この関係を満たしている。したがって、割引パラメータの大小関係がわかった時点で、decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度の大小関係も自動的に決定していたとすることができる。

### 10.4.3 本研究の意義と課題

最後に本研究の意義と残された課題について述べる。まず、本研究は、時間知覚課題やオッズアゲインスト課題において従来あてはまりが良いとされていたモデルを、それを一般化したモデルと実データにもとづいて比較を行ったはじめての研究である。例えば研究 1 で示したように、 $q$ -対数知覚モデルを用いる利点は、意思決定者の時間知覚が対数知覚モデルに必ずしもしたがわかないような場合にも適用できる点である。しかし一方で、パラ

メータ数が増えてモデルが複雑化するという欠点もある。

以上を踏まえると、時間知覚が対数知覚モデルによってとらえることが不適切になり得るケース (e.g., 個人ごとに時間知覚を推定するケース) では、複雑な  $q$ -対数知覚モデルで対数知覚からの乖離度を定量化する利点がモデルの複雑さという欠点を上回るためこのモデルを用いることが有効になり得るが、一方で、Takahashi の先行研究や本研究のようにグループデータに対して知覚モデルをフィッティングする場合には、時間知覚やオッズアゲインズ知覚のモデルとして  $q$ -一般化された知覚モデルを用いる意義は特に見い出せない、ということがわかったことは、本研究の一つの意義だろう。しかし本研究の結果は、研究 1, 研究 2 の意義を毀損するものではない。なぜならば、研究 1, 研究 2 では、対象を個人あるいはグループに限定せずに、知覚の歪みを線形知覚モデルからの乖離度 ( $q_2$ ) として定量化できるより一般的な知覚モデル ( $q$ -対数知覚モデル) を仮定することで、その乖離度が割引の非整合性に与える影響を見ることを主眼としていたからである。つまり、そこでは  $q$ -対数知覚モデルが実際のデータに対してどれほど当てはまりが良いかについては関心の対象外であった。他方、本研究では、そうして非整合性との関係を調べられた  $q$ -対数知覚モデルがはたして実際のグループレベルのデータに対してどれくらい当てはまるのか、従来の当てはまりが良いとされている対数知覚モデルと比べてどちらが当てはまりが良いのかということに関心があったのである。

また、本研究は異時点間選択やリスク下の選択での重要概念である選好の逆転について、その起こりやすさを  $q$ -指数割引モデルで定量化し、またその起こりやすさがどのように意思決定者の知覚の歪みに影響を受けるかを示したはじめての研究でもある。これまでの研究で、具体的な割引モデルを仮定し、実際の実験や質問紙のデータをもって decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度を求めた研究はなかったため、その値がどの程度のオーダーであるのかすらも明らかでなかった。また、Takahashi による研究で用いられた割引の非整合性指標 ( $q$  値) 以外の非整合性指標を用いても、Takahashi の time-based account の成立を示したことで、time-based account の妥当性を再度確認することもできた。

ただし、上述のように、decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度が主観世界においてより小さくなったという結果は、割引パラメータ (割引の程度/指数割引からの乖離度) が主観世界においてより小さくなった/大きくなったという結果に自動的にしたがったものである。したがって、割引パラメータ、とりわけ  $q$  値が、主観世界での割引を考えることでシステマチックに大きくなるのか否かを検証することが、本研究の妥当性、ひいては先行研究の妥当性を示すためには必要だろう。意思決定者の知覚の歪みを考慮した際に、割引パラメータが先行研究や本研究とは反対方向にシフトするような

ケースで, decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度がどちらの方向にシフトするかという検証が, 今後の研究では必要だと考えられる.



## 第 IV 部

# 総合考察と結論

# 第 11 章

## 結果のまとめと考察

本研究では，異時点間選択やリスク下の選択において，新古典派経済学の理論から逸脱するという理由，あるいは計画破綻などを引き起こし社会経済的な問題を引き起こすという理由から重要視されている選好の逆転について焦点をあてた．選好の逆転の起こりやすさを decreasing impatience や decreasing relative impatience という指標によって定量化し，そのダイナミクスを，時間割引研究で一般に用いられる双曲割引を一般化した  $q$ -指数割引モデルを用いて調べた．そして，一般化された対数知覚モデルを用いて，意思決定者の時間知覚の歪みがこれらの指標に与える影響も調べた．また，確率的な報酬が得られるリスク下の選択でも見られる選好の逆転についても，確率を繰り返しのあるギャンブルの平均待ち時間 = オッズアゲインストに変換できると仮定し，確率的な報酬の価値がその待ち時間によって減衰するとする確率割引のフレームで調べた．確率割引でも，やはり時間割引と同じく，一般化された確率割引モデルを用いて，オッズアゲインストの知覚の歪みが，確率割引の選好の逆転の起こりやすさへ与える影響を調べた．以下で各研究で得られた知見を，各研究とのつながりを重視しつつ簡潔にまとめる．

### 11.0.1 結果のまとめ

表11.1: 実世界での割引と主観世界での割引（表 4.1の再掲）

世界 \ 知覚の歪み	なし	あり
実世界 : $t$ で割引	${}^A\varphi(t, \mathbf{m})$	${}^B\varphi'(t, \mathbf{m}') := \tilde{\varphi}(\tau(t), \tilde{\mathbf{m}})$
主観世界 : $\tau$ で割引	${}^C\tilde{\varphi}(\tau, \tilde{\mathbf{m}})$	${}^D\tilde{\varphi}'(\tau, \tilde{\mathbf{m}}') := \varphi(t(\tau), \mathbf{m})$

#### 11.0.1.1 研究 1 の結果のまとめ

研究 1 では、時間割引モデルとして  $q$ -指数割引モデルを仮定し、まず意思決定者の時間知覚の歪みを考慮しない場合の、物理時間での割引率, decreasing impatience, decreasing relative impatience のダイナミクスを調べた。これは表 11.1 のセル A ないしセル C における性質である。さらに、意思決定者の時間知覚の歪みを考慮した場合に、これらの振る舞いがどのように変化するかを調べた。これは表 11.1 のセル B における性質である。つまり、表 11.1 のセル A およびセル B における割引率, decreasing impatience, decreasing relative impatience それぞれのダイナミクスの比較を行った。

その結果、時間知覚の歪みを考慮しないときには、一般に、忍耐強さは時間が経過するにつれて弱まっていき、選好の逆転を起こす可能性は時間が経過すると高まっていくことなどがわかった。一方で、時間知覚の歪みを考慮すると、時間の感じ方、すなわち心理時間が物理時間に対して感応逓減するか感応逓増するかによって、忍耐強さが強まったり、選好の逆転の起こりやすさが時間経過で高まったり低まったりすることがわかった。さらに、モデルのパラメータ  $q_1$  値がある範囲にある場合 ( $q_1 > 1$ ) には、割引率, decreasing impatience, decreasing relative impatience がいずれもある時刻で無限大に発散することがあるため、こうした変数を分析するのに  $q$ -指数割引モデルが不適切になる可能性があることを指摘した。

#### 11.0.1.2 研究 2 の結果のまとめ

研究 2 では、確率割引モデルとして  $q$ -指数確率割引モデルを仮定し、研究 1 と同様に、意思決定者のオッズアゲインスト知覚の歪みを考慮しない場合と考慮する場合とで、割引率, decreasing impatience, decreasing relative impatience のダイナミクスを調べ、オッズアゲインスト知覚の歪みがこれらに与える影響を調べた。つまり、表 11.1 のセル A およびセル B におけるこれらダイナミクスの比較を行った。

得られた結果は基本的に研究 1 と同様のもので、確率割引でも  $q$ -指数確率割引モデルを用いて割引率などを分析すると、モデルのパラメータの値によっては発散の問題に直面する。また、研究 2 では、 $q$ -指数確率割引関数を確率加重関数として見立てると何が言えるかについても調べた。そして、モデルのパラメータの範囲によっては行動経済学でよく用いられる逆 S 字型の確率加重関数が再現できること、また同じくパラメータの範囲によっては確率加重が負値になってしまうために、確率割引関数は、逆 S 字を再現できないだけでなく確率加重関数と見なせないことを示した。

### 11.0.1.3 研究3の結果のまとめ

研究1では、 $q$ -指数割引モデルを用いて、選好の逆転の指標と割引率について、それぞれ物理時間でのダイナミクスやパラメータ依存性について理論的な考察を行った。そこでは、時間知覚の歪みがこれらの変数に与える影響を見るために、時間知覚の歪みの影響を考えない場合と考える場合とで同一の割引パラメータ値に設定していた。しかし、一般にはこれらは等しくない。そこで研究3では、まず、先行研究のデータを用いて、物理時間での割引パラメータ(表11.1セルBの $\mathbf{m}$ )と、心理時間での割引パラメータ(表11.1セルDの $\mathbf{m}'$ )をそれぞれ推定した。さらに、その推定値をもとに物理時間での decreasing impatience および decreasing relative impatience をそれぞれの割引パラメータから求め、両者を物理時間で比較した。また、研究1で明らかになった発散についての評価も行った。

その結果、 $q$ -対数知覚モデルの、対数知覚モデルからの乖離度を示すパラメータ( $\tilde{q}_2$ )の推定値はほぼ1に等しく、実験参加者の平均的な時間知覚が従来の対数知覚モデルでほぼ捉えることができることがわかった。Decreasing impatience や decreasing relative impatience のダイナミクスは、心理時間での割引においては全体的に値が大きくなり、とりわけ物理時間  $t$  が小さい範囲でそのギャップが顕著だった。つまり、実世界での割引(セルB)での decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度よりも、主観世界での割引(セルD)でのそれらの方が大きかった。この結果は、非整合性を  $q_1$  値で指標化していた Han & Takahashi (2012) とは反対の結果である。また、主観世界での割引での decreasing impatience および decreasing relative impatience は、報酬を得るまでの遅延がそれほど大きくはない( $t_{div} = 1352$  (日)) 場合に無限大に発散することも示された。

### 11.0.1.4 研究4の結果のまとめ

研究2が研究1に対してそうであったように、研究4もまた研究3に対して平行的な研究であった。つまり、実際の確率割引およびオッズアゲインスト知覚のデータを用いて、研究3と同じように、実世界での割引(表11.1セルB)と、主観世界での割引(表11.1セルD)とでそれぞれ decreasing impatience および decreasing relative impatience を推定し、比較した。結果は、やはり研究3と同じく、実世界での割引での decreasing impatience や decreasing relative impatience の程度よりも、主観世界での割引でのそれらの方が大きかった。この結果は、非整合性を  $q_1$  値で指標化していた Takahashi & Han (2013) とは反対の結果である。ただし、研究3と異なり、研究4では発散の問題に直面し

なかった。それは、研究4で用いたデータから推定されたパラメータが、発散の条件を満たさなかったためである。

#### 11.0.1.5 研究5の結果のまとめ

研究5では、先行研究が $q$ -指数割引モデルや $q$ -指数確率割引モデルのパラメータ( $q$ 値)が、実世界よりも主観世界においてより非整合性が小さくなることをもって time-based account を示したように、非整合性指標として decreasing impatience を用いた場合にも、このことが成り立つかどうかを調べた。また、併せて研究1と研究2で提案した一般化された知覚モデルが、実際のデータに対してどれくらいあてはまりが良いかを確かめるために、従来用いられてきた対数型の知覚モデルとの比較を行った。

その結果、まず、時間知覚およびオッズアゲインスト知覚のいずれにおいても、知覚モデルとしては従来の対数知覚モデルのほうがあてはまりが良かった。そして、実世界と主観世界における decreasing impatience の比較は、先行研究と同じく、主観世界においてより非整合性が小さかった。つまり、人びとは、主観世界ではそれほど選好の逆転を起こす傾向が高くなかったとしても、知覚が歪むことによって実世界ではその傾向が強まって現れてしまうということがわかった。

### 11.0.2 総合考察

次に、個別の研究の考察で記せなかったこととして、「知覚の歪みまで考慮した場合の整合的な割引の実現可能性」、「実世界の割引と主観世界の割引の整合性の比較」、「知覚の歪みと整合性の低下」という3つのテーマについて、各々の研究を関連付けて統合的に考察する。なお、以下では便宜上、実世界での割引関数や割引パラメータをもった人を「実世界人」(表11.1第2行)、同じく主観世界での割引関数や割引パラメータをもった人を「主観世界人」(表11.1第3行)と呼ぶ。

#### 11.0.2.1 知覚の歪みまで考慮した場合の整合的な割引の実現可能性 (研究1, 研究2)

研究1, 研究2の主たる結果は、仮に歪みを考慮しない場合に decreasing impatience であったとしても、知覚の歪みを考慮することで、decreasing impatience がゼロ、もしくは increasing impatience になるというものだった。一般に decreasing impatience は時間や確率とともに変化するので、そうやって知覚の歪みを考慮したとしても、完全に整合的な割引になるわけではない。では、あらゆる時刻/確率で割引が整合的な人、言い換えると、知覚の歪みを考慮した場合にも指数割引のような完全に整合的な割引をする人は

存在するのだろうか。このことを、研究1の時間割引における decreasing impatience を例に考察する。

$q$ -対数知覚モデルで時間知覚の歪みを考慮する場合の decreasing impatience の式は次の通りだった：

$$DI_{\tilde{q}_1, q_2} = \frac{(1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} b_{q_2}}{(1 + b_{q_2} t)^{q_2} \left[ 1 + (1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a_{q_2} \frac{(1 + bt)^{1-q_2} - 1}{1q_2} \right]} + \frac{b_{q_2} q_2}{1 + b_{q_2} t}. \quad (5.12) \text{を再掲}$$

これより、任意の時刻  $t \geq 0$  で decreasing impatience がゼロとなるには、 $t$  の変化にともなって  $q_2$  が変化することが必要だということがわかる。つまり、時間知覚の仕方をそのような形で時々刻々と変化するような人を想定すれば、その人の decreasing impatience は任意の時刻でゼロとなり、割り引きは完全に時間整合的となる(山口, 2020)。そのような時間知覚の歪みによって完全に時間整合的になるような人を実現するには、 $q_2$  が時間変化することが必要であるわけだが、本研究では  $q_2$  を時間の関数にしていなかったため、本研究からは  $q_2$  が時間変化するかどうかについてはわからない。

$q_2$  の時間依存性を調べるためには、たとえば、同一個人に対して時間知覚課題を時間を空けて行い、時間知覚の歪み方が時間変化しているかを調べる方法が考えられる。これまで時間割引の時間知覚による影響を考えた研究では、このように時間知覚の仕方の時間変化について調べていないので、将来このような実験を行うのは意義があるだろう。ただし、仮に  $q_2$  が時間変化していることがわかって、ただ変化していることを示すだけではなく、上の  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  がゼロになるような変化をしていなければ不十分である。しかも、時間知覚の歪み方が変化するということは、 $q_2$  だけでなくその他の知覚パラメータ ( $a_{q_2}, b_{q_2}$ ) も変化していると考えるのが自然だろう。したがって、上の式に含まれるあらゆるパラメータが時間変化している中で、任意の時刻で  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  がゼロになる状態が達成されるのは極めて難しいだろう。

では仮に、 $q_2$  以外は時間変化しないと、さらに  $q_2$  は任意の時刻で  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  がゼロになるような変化をちょうどしていたと仮定しよう。その場合には、任意の時刻でつねに decreasing impatience がゼロとなる個人を考えることができる。しかし、その個人であっても、decreasing relative impatience はゼロにはならない。それは、 $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の式を見れば明らかなように、任意の時刻で  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  がゼロになることは、任意の時刻で  $DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  がゼロ以外の値をとることを意味するからである。結局、知覚の歪みを考慮したとしても、decreasing impatience も decreasing relative impatience もゼロとなるような完全に時間整合的な割り引きは実現できないと考えられる。以上の考察を通して、そのような完全に時間整合的な割り引きは、指数割引をする知覚の歪みがない個人においてのみ実現され

ることがわかる。

#### 11.0.2.2 実世界の割引と主観世界の割引の整合性の比較 (研究 3, 研究 4)

研究 3 と研究 4 の主たる結果は、知覚の歪みがある実世界人の非整合性と、主観世界人の非整合性を実世界において比較すると、 $q_1$  値で評価すると実世界人よりも主観世界人の方が整合的な (i.e.,  $q_1$  値がより 1 に近い) 値だったとしても、decreasing impatience や decreasing relative impatience で評価すると、反対に主観世界人の方が非整合的になるというものだった。これは、時間割引でも確率割引でも、非整合性指標を decreasing impatience にしても decreasing relative impatience にしても、利得・損失いずれの領域でも広く成り立っており、特に遅延時間ゼロ、またはオッズアゲインストゼロのところで顕著である。そしてこの結果は、Han & Takahashi (2012) や Takahashi & Han (2013) で示されたことと反対の結果である。そこで、このことについて、研究 3 の、物理時間での割引における decreasing impatience ( $DI_q$ ) と心理時間での割引における decreasing impatience ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) の比較を例にとって考察する。

再び、物理時間での割引における decreasing impatience ( $DI_q$ ) の式 (5.8) と、心理時間での割引における decreasing impatience ( $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$ ) の式 (5.12) を見てみる。 $DI_q$  が  $k_{q_1}, q_1$  という 2 つの割引パラメータだけに支配されているのに対して、 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  は主観世界における 2 つの割引パラメータと、3 つの知覚パラメータに支配されている。ここで仮に、実世界での割引パラメータと主観世界での割引パラメータが等しいと仮定する。すると、 $t = 0$  における  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の第 1 項は、 $a > 1, b > 1$  の下で  $DI_q$  より大きくなり、さらに、 $bq_2 > 0$  ならさらに大きくなる。 $a > 1, b > 1$  および  $bq_2 > 0$  の仮定は、先行研究や本研究の結果を考慮すると妥当であろう。したがって、この場合に  $DI_{\tilde{q}_1, q_2} > DI_q$  となるのは自然だろう。

ところが、本研究では明らかに、実世界での割引パラメータと主観世界での割引パラメータが等しくない。特に、 $q_1$  値は実世界では負値 ( $q_1 < 0$ ) であったのに対して、主観世界で正值 ( $\tilde{q}_1 > 0$ ) になるという大きな違いがある。しかも  $\tilde{q}_1$  値は、時間割引でも確率割引でも、そして利得局面でも損失局面でも 1 より大きくなる。 $\tilde{q}_1$  値が 1 よりも大きいと、 $\tilde{k}_{\tilde{q}_1}$  および知覚パラメータが正の値をとるという仮定の下では、 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の第 1 項は負値をとる。この場合、 $DI_{q_1}$  と  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の大小関係は、 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の第 2 項で決まるが、先行研究にしたがって  $q_2 > 0$ 、すなわち心理時間は物理時間に対して感応遞減することを仮定すると、この大小関係は知覚パラメータ ( $b_{q_2}$ ) に依存することになる。つまり、 $\tilde{q}_1$  値が 1 よりも大きい場合には、 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の正負および値の大きさは、 $b_{q_2}$  によって決まるのである。このことは、対数知覚モデルにしたがって時間を知覚して、主観的には指数割引をし

ている人の decreasing impatience がパラメータ  $b$  のみに依存して、その他の知覚パラメータや割引パラメータに依存しないという Takahashi (2011) の結果と整合的である。

話を  $DI_{q_1}$  と  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の大小関係に戻すと、研究 3 および研究 4 では、このパラメータ ( $b_{q_2}$ ) の値がある程度大きかったために、 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  第 2 項が、負値をとる第 1 項の効果を打ち消し、結果的に  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  が  $DI_{q_1}$  よりも大きくなったと考えられる。 $b_{q_2}$  がどの程度の大きさかについては、その他のパラメータの値に依存するため、今回の研究からははっきりしたことは言えない。しかし、知覚が対数知覚モデルにしたがうような場合、言い換えると、 $b$  がよほど小さい場合を除いては、 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  第 2 項の正の値としての効果は無視できないだろう。結局、decreasing impatience や decreasing relative impatience で見た場合に主観世界の方が非整合的になるという今回の結果は、1) 主観世界の方が  $q_1$  値が大きく、しかもその値は 1 よりも大きい、という先行研究で度々観察されてきた経験事実と、2) 知覚が対数的に従うという、やはり先行研究で度々観察されてきた経験事実から自然に従うものと考えてよいだろう。

ただし、 $DI_{q_1}$  と  $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の大小関係は、 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  の第 1 項の大きさを左右する各パラメータの値の大きさにも当然依存する。もし仮に、 $a_{q_2}$  または  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1}$  の値が十分に大きければ、第 1 項の負値としての効果が大きく、第 2 項を加味しても全体として負値をとることもある。その場合には、 $DI_{\tilde{q}_1, q_2}$  は  $DI_{q_1}$  よりも小さくなるだろう。したがって、今回よりも  $a_{q_2}$  や  $\tilde{k}_{\tilde{q}_1}$  が大きくなるような設定で割引課題を実施すれば、主観世界の方が decreasing impatience や decreasing relative impatience においても実世界人よりも整合的な値をとるという今回の結果とは反対の結果になるかもしれない。そのためには、例えば、報酬量が小さいほど割引の程度 ( $\tilde{k}_{\tilde{q}_1}$ ) が大きくなることで知られる報酬量効果を用いて、実験参加者の割引の程度 ( $\tilde{k}_{\tilde{q}_1}$ ) を今回よりも大きくするという方法が考えられる。報酬量を今回よりも小さくした課題で、主観世界人の非整合性が小さくなるかどうかは将来の研究で検討されるべきだろう。

### 11.0.2.3 知覚の歪みと整合性の低下 (研究 5)

研究 5 の主たる結果は、実世界での割引と主観世界での割引を比較すると、割引の非整合性を示す decreasing impatience は前者の方が大きかった、すなわち、主観世界での割引の方がより整合的だったというものである。この結果は基本的に、Han & Takahashi (2012) や Takahashi & Han (2013) と同じである。違いは、これらの先行研究では非整合性を  $q$  値で指標化していたのに対して、研究 5 では decreasing impatience を指標化したという点である。研究 5 の考察で述べたように、遅延ゼロまたはオッズアゲインストゼロでの decreasing impatience の値は完全に 2 つの割引パラメータ ( $k_q, q$ ) のみによって決

定される。したがって、もし仮に、割引の程度 ( $k_q$ ) が実世界での割引と主観世界での割引とで同程度で、 $q$  値が主観世界においてより大きな値になるのであれば、主観世界における decreasing impatience の値の方が小さくなるのは当然であった。しかしこの結果は、研究 3、研究 4 の結果とあわせて考えると興味深い。

Takahashi が示してきた、主観世界での割引の方が実世界での割引よりも整合的という結果は、いずれも研究 5 と同じく、実世界人の割引パラメータと、主観世界人の割引パラメータの比較によるものであった。一方で、研究 3、研究 4 では、実世界人の割引と主観世界人の割引をいずれも物理時間 (オッズアゲインスト) で見て比較した。つまり、割引パラメータはそれぞれの世界の人のものを用いたものの、非整合性指標は実世界 (物理時間やオッズアゲインスト) に沿って比較された。つまり、主観世界人の割引引きは Han & Takahashi (2012) や Takahashi & Han (2013) と異なり、主観世界人の非整合性を主観時間や主観的オッズアゲインストで見たわけではない。このように、主観世界人の知覚を実世界に合わせて歪めた上で割引引きを見ると、必ずしも主観世界の方が整合的であるとは言い切れないというのが研究 3、研究 4 の結果だった。

したがって、研究 3、研究 4、研究 5 の結果をあわせると、次のようなことが考えられる。すなわち、実世界人と主観世界人の割引を直接比較すると後者の方が整合的 (Han & Takahashi, 2012; Takahashi & Han, 2013) であるが、主観世界人の非整合性指標を実世界で評価すると必ずしもこの関係は成立しない。

このように、一方の世界での割引パラメータをもっともう一方の世界で非整合性を評価すると、元の世界での非整合性よりも低下するというのは興味深い。しかし、研究 3、研究 4 とは反対に、実世界人の割引パラメータをもっと主観世界で非整合性を評価する場合にも、同様に非整合性が低下するかについては本研究からは不明である。したがって、このことについては将来の研究による検討が必要だろう。そのための方法としては、例えば、今回の研究 5 で用いたような割引課題および知覚課題を実施して、まず知覚課題の回答から知覚モデル ( $\tau(t)$ ) を決定する。その上で同じ割引モデル (e.g.,  $q$ -指数割引モデル) を仮定して、物理時間  $t$  で割り引く場合と、知覚を歪ませて  $\tau(t)$  で割り引く場合のパラメータ (e.g.,  $q$  値)、あるいは decreasing impatience を比較すれば、この仮説を検討することができるだろう。

## 11.1 本研究の限界

### 11.1.1 モデルの限界

本研究で用いた  $q$ -指数割引モデルや  $q$ -指数確率割引モデルには、パラメータ  $q_1$  値の範囲によっては関数が無限大に発散するという問題が生じることを指摘し (研究 1, 研究 2), しかしそれが実際の分析上は問題にならないことを示した (研究 3, 研究 4, 研究 5). ただし, それが問題にならなかったのは, たまたま今回のデータから推定されるパラメータ ( $q_1$  値や  $\tilde{q}_1$  値) が問題にならない範囲に収まっただけという批判は当然あり得る. 以下で述べるように, 例えば割引課題の遅延期間を短くした場合には,  $q_1$  値の推定値が今回の研究よりも大きくなって, その結果発散の問題がより切実になる可能性はある.  $q$ -指数割引モデルを仮定して decreasing impatience を測定した研究は本研究がはじめてのものなので, 今後は, 課題をさまざまに変更してこのモデルの限界の確認する必要があるだろう.

### 11.1.2 Decreasing impatience の推定バイアスの問題

Rohde (2019) によれば, 双曲割引モデルで decreasing impatience を測ることは次の 2 点で問題がある. まず, 双曲割引モデルは割引の程度と割引の非整合性を 1 つのパラメータにまとめてしまっているため, これらを分離して測ることができない. そして, 双曲割引モデルでは increasing impatience を測ることができないため, decreasing impatience の推定にはバイアスがかかってしまう.  $q$ -指数割引モデルを用いることで, 割引の程度と割引の非整合性を分けて測ることができるので, 前者の批判は当たらない. そこで, 後者の批判について考えてみたい.

先行研究によれば個人レベルではもちろん, グループレベルですら increasing impatience になるという報告がある (Attema et al., 2010). とりわけ, 遅延が 4 週間以内の場合には increasing impatience が観察されやすいことが知られている (Sayman & Öncüler, 2009). 本研究で調べた  $q$ -指数割引モデルを用いた decreasing impatience は,  $q_1 > 1$  の範囲で負の値をとる, すなわち increasing impatience を捉えることができる. しかし, 研究 5 や先行研究の結果に鑑みると,  $q_1 > 1$  という条件が満たされるケースはそれほど多くはない. また, 研究 1 で明らかになったように,  $q$ -指数割引モデルで知覚の歪みを考慮する場合には,  $q_1 < 1$  であっても物理時間に対して感応逡増するような (i.e., 凸的な) 時間知覚をするのであれば, increasing impatience を捉えることができる. しかし, 研究 5 からは, 少なくともグループレベル見る限り, 時間知覚はむしろ感応逡減している (i.e.,

凹的な時間知覚) ようである。したがって、本研究で用いた割引課題や知覚課題から割引パラメータおよび知覚パラメータを推定する限り、decreasing impatience の推定には実際よりも大きく推定するというバイアスがかかることは避けられないと言える。

しかし、もしすべての遅延期間を4週間以内に短くした割引課題を作成して同様の分析をすれば、割引パラメータが  $q_1 > 1$  と推定されたり、感応逓増的な知覚が観察され、その結果、本研究のモデルでも increasing impatience を捉えることが可能になるかもしれない。将来の研究では、このような課題を作成して、本研究のモデルの妥当性を確かめることが必要だろう。ただしその場合には、上述したように、今度は発散の問題が再浮上する可能性があることに留意する必要がある。また、increasing impatience を捉えることのできるパラメトリックなモデルとして、ワイブル分布を一般化した割引モデルが提唱されている (Takeuchi, 2011) が、同じ課題を用いてそのモデルと本研究で提唱したモデルのどちらがデータに対するあてはまりが良いかを調べることもまた将来の研究では必要だろう。

### 11.1.3 本研究の結果の一般化可能性について

#### 11.1.3.1 課題の変更に伴って

本研究で用いた割引課題では、割増が測定できない (i.e.,  $k < 0$  とは推定されない)。しかし、すべての個人が利得、損失両方の領域で常に割引をするとは限らない。例えば、経済的な余裕が十分ある個人は、今すぐ得られる小さな利得よりも将来の大きな利得を選好するだろう。あるいは、損失を遅延して被ることより、できるだけ早く被る方を選好する個人もいるだろう。実際、先行研究では時間割増が観察されることが報告されている (Frederick et al., 2002)。そこでもし、本研究のように選択課題を実施するのであれば選択肢を上を追加して\*1、あるいは、選択ではなく金額を直接答えさせるような課題に変更して割増を測定できるようにすると、平均的な割引の程度は本研究で推定された値より小さな値\*2が推定される可能性が高い。その場合に  $q$  値の方は、実世界での割引では相変わらず  $q < 1$  となり、選好は変わらず decreasing impatience となることが予想される。ただし、 $q$  値は課題変更前より大きくなる、すなわち負値からより1に近づく可能性はある。一方、主観世界での割引では、 $\tilde{q}$  値が大きくなる、すなわち正值でより1から遠ざか

---

\*1 例えば7章の時間割引課題では、選択のスタートの1行目が「今日の ¥97,500」か「1週間後の ¥100,000」となっているが、それよりも金額を上げた「今日の ¥102,500」か「1週間後の ¥100,000」からスタートをする。

\*2 ただし、推定値は小さくなくても平均的には割引になっている (i.e.,  $k > 0$ ) だろう。

る可能性がある。この場合にも相変わらず主観世界では increasing impatience ではあるが、ただ課題変更前よりもその程度が大きくなる (i.e., より increasing impatience になる)。もしそうになると、実世界での decreasing impatience よりも主観世界での increasing impatience の方がより 0 から遠い値をとる、つまり、割引がより非整合的になるかもしれない。この場合には本研究の主張は反証される。あるいは、上述のように遅延期間を 4 週間以内に短くした割引課題を実施すれば、実世界での割引も increasing impatience になる可能性がある。加えて、主観世界での割引はいつそう increasing impatience が強まることが期待される。この場合、研究 5 の、実世界での割引よりも主観世界での割引の方が整合的であるという結果は再現されないかもしれない。

#### 11.1.3.2 サンプルの変更に伴って

本研究の研究 3, 研究 4, 研究 5 は、日本人大学生を対象としたものだった。もし学生のみならず、幅広い人口統計から参加者を抽出した場合にも、本研究の結果は再現されるだろうか。主に時間割引の研究で、割引率は年齢と負の相関があること (Green et al., 1994), あるいは中高年で最も低くなるような U 字型になること (Richter & Mata, 2018) が知られている。また、時間割引率は収入、学歴とも負の相関があることが知られている (Reimers, Maylor, Stewart, & Chater, 2009)。よって、負の相関を持つにせよ U 字型になるにせよ、学歴等は統制した上で年齢や収入に注目すると 20 代前半の学生よりは、一般人の方が割引率が低くなることが予測される。

他方、時間展望を測定する代表的な尺度である、Zimbardo Time Perspective Inventory (ZTPI: Zimbardo & Boyd, 1999) の 5 つの次元と年齢との関係を調べたメタ分析により、現在指向性 (present hedonistic) 次元の得点が年齢と負の相関を持つことがわかっている (Laureiro-Martinez, Trujillo, & Unda, 2017)。ZTPI は必ずしも本研究の時間知覚課題と同じ時間の見通しについて測定しているわけではないかもしれないが、ZTPI で present hedonistic である人は利得の遅延を長く感じるのと考えるのは妥当だろう。よって、時間知覚に関しては、一般人を対象に時間知覚課題を実施すると、本研究の参加者よりも時間知覚が短くなると予想される。そうすると、仮に各遅延 (物理時間) における無差別点が両サンプルで同一だと仮定しても、時間知覚が異なるために心理時間での割引関数の形状は変わる。具体的には、一般人において無差別点が全体的に心理時間が減る方向にスライドし、かつ、遅延が短いほどその移動が大きくなると考えられる。これにより、心理時間での割引関数はやや浅くなり、それに伴って推定される  $\tilde{q}$  値が変わる。<sup>\*3</sup>

---

<sup>\*3</sup>  $\tilde{q}$  値はより大きくなるだろう

このように、サンプルを学生から平均年齢、平均収入が高い一般人にすると、割引パラメータおよび知覚パラメータのいずれも変わることが予測される。もちろん、それに伴って decreasing impatience の値も変わる。ただし、実世界での decreasing impatience と主観世界での decreasing impatience の大小関係が、本研究で見られたものと反対になるかどうかについては、実際に各パラメータを推定してみない限りは明らかにはならない。言い換えると、本研究の結果がどれだけ一般化可能なものであるかについては、本研究だけでは不明である。したがって、将来の研究では本研究の結果の再現性を検証するために、課題の変更やサンプルの変更を行った上で同様の分析を実施する必要がある。

#### 11.1.4 非整合性の個人差についての問題

Takahashi & Han (2013) は  $q$  値を非整合性の指標として、確率割引でも時間割引と同様に、主観世界においてはより整合的な値となっていることを示し、time-based account の妥当性を検証した。一方、研究 5 は decreasing impatience を非整合性の指標として、同一参加者でこの time-based account の妥当性を検証した。そして、先行研究 (Han & Takahashi, 2012; Takahashi & Han, 2013) と同じく、主観世界においてより割引が整合的であること、すなわち、より decreasing impatience が小さいことを示した。この 3 つの研究により、時間割引の非整合性と確率割引の非整合性の背後には、時間の感じ方の歪みという共通した要因があるということが強く示唆される。

ところが、これら一連の研究はいずれも個人ごとにパラメータを推定していないため、本研究から時間割引の非整合性と確率割引の非整合性とのあいだに相関があるのか否かについては何も言うことができない。先行研究および本研究は、代表的個人の性質に関心に向けたため個人ごとの解析は行わなかったが、両割引の非整合性どうしの関係について直接検証するためには、同一個人にこれら 2 つの割引課題および知覚課題を実施し、個人ごとにパラメータを推定して、相関を調べる必要がある。

また、本研究では知覚モデルとして従来の対数型のモデルの方がそれを一般化した  $q$ -対数知覚モデルよりもあてはまりが良いことが示され、 $q$ -対数知覚モデルを提唱したもののそれをを用いる利点が見出だせなかった。このこともまた、すぐ上で述べた個人レベルの解析を行わなかったことによる限界だろう。個人ごとに解析を行えば、なかには  $q$ -対数知覚モデルの方が良い個人もいる可能性はあるかもしれないが、本研究ではそれを明らかにすることはできなかった。

## 11.2 本研究の意義と今後の展望

### 11.2.1 Time-based account に対するインプリケーション

本研究が時間割引および確率割引研究に果たした大きな貢献は、時間割引や確率割引が実世界での割引か主観世界での割引かと、知覚の歪みの有無によって表 4.1 の 4 つのケースに分類されることを明示したことである。これにより割引の非整合性を知覚の歪みによって説明する Takahashi の time-based account と、それを検証した一連の研究が整理された。こうして整理されることで、Han & Takahashi (2012) や Takahashi & Han (2013) が行った非整合性 ( $q_1$  値) の比較が、実は、実世界での割引 (表 4.1セル B) と知覚の歪みがない場合の主観世界で割引 (表 4.1セル C) ではなく、実世界での割引 (表 4.1セル B) と知覚の歪みがある場合の主観世界で割引 (表 4.1セル D) であったことが明らかになった。<sup>\*4</sup>

また、主観世界人の割引が実世界人の割引よりも必ずしも整合的ではないこと (c.f., 前節「実世界の割引と主観世界の割引の整合性の比較」) や、実世界人も主観世界人も知覚の歪みによって割引がより非整合的になる可能性があること (c.f., 前節「知覚の歪みと整合性の低下」) を見出すことができた。そして、表 4.1 のセル A とセル B, セル B とセル C とでそれぞれ割引の非整合性を比較し、time-based account, すなわち、時間割引と確率割引のベースに時間の知覚の歪みがあるという仮説を従来とは異なるフレームで検証することができた。

### 11.2.2 割引研究としてのインプリケーション

#### 11.2.2.1 発散の問題の指摘とその実際上の評価

これまでの時間割引や確率割引の研究ではさまざまな割引モデルが提案されてきた。本研究ではそのうち  $q$ -指数割引モデル/ $q$ -指数確率割引モデルという、指数関数を一般化することで、整合的な選好をもつ個人がしたがう指数割引モデル/指数確率割引モデルや、非整合的な選好をもつ個人を記述する代表的な双曲割引モデル/双曲確率割引モデル、そしてその中間的な個人までを連続的に記述することのできる汎用性の高いモデルを主に用いてきた。先行研究では  $q$ -指数割引モデル/ $q$ -指数確率割引モデルのこのような利点がフォ

---

<sup>\*4</sup> ただし、知覚の歪みがある場合の主観世界での割引パラメータ ( $\mathbf{m}$ ) は、Takahashi が求めた知覚の歪みがある場合の主観世界での割引パラメータ ( $\mathbf{m}'$ ) とそれほど変わらないため、先行研究の主結果に変更はない。

一カスされることが多く、その適用限界については明記されてこなかった。

しかし、本研究が明らかにしたように、パラメータの値がある範囲にあるときは、 $q$ -指数割引関数/ $q$ -指数確率割引モデルが発散する時刻/確率が存在する。したがって、その時刻/確率によっては、 $q$ -指数割引モデルを用いた分析が適当ではない可能性がある。本研究は、研究3、研究4、研究5において、そのような発散の時刻や確率を実際に求め、発散時刻は極めて遠い将来で、発散確率は極めて小さい値であることを示した。つまり、実際の分析をするにあたっては、よほど遠い将来、あるいは小さい確率を含むような課題になっていない限り、関数の発散の問題はそれほど気にしなくてもよい。このように、モデルの適用限界を示し、実際のデータやパラメータ推定値を用いた場合にその限界範囲内に収まるか否かを検討することは、ともすればモデルが乱立してしまう傾向に疑義を呈し、また当該モデルでこれまでに行われてきた分析の妥当性を保証するという意義があるだろう。

#### 11.2.2.2 新たな知覚モデルの提案と評価

これまで対数関数を一般化した  $q$ -対数関数によって時間知覚をモデル化するという試みは理論研究においてのみあった (Destefano, & Martinez, 2011)。繰り返し述べてきたように、この一般化により従来の対数型の知覚モデルでは捉えることのできない知覚をも捉えることができる。ただし、さきの割引モデルの乱立問題とも通じることだが、新たなモデルは提唱されるだけではその妥当性は担保されない。あくまでも、その適用限界が示され、分析はその限界範囲に収まるかどうかや、他のモデルと比較をして何かしらの規準で新モデルが優っていることを示した上で、はじめて有用なモデルとなるはずである。

その意味で、理論研究で提唱された  $q$ -対数知覚モデルと、そのアナロジーで本研究において新たに提唱された  $q$ -対数オッズアゲインスト知覚モデルの2つのモデルについて、本研究はモデルの妥当性を検証した最初の研究である。その結果からは、少なくともグループレベルでの時間知覚またはオッズアゲインスト知覚をモデル化するにあたっては、必ずしも複雑な一般化されたモデルを使う必要性は高くないということである。ただし、今後、個人レベルで時間知覚やオッズアゲインスト知覚の解析を行う際には、従来のモデルではうまくその知覚を捉えることのできない個人が存在するかもしれない。その場合には、より一般性の高いこれら新たな知覚モデルが生きてくる可能性がある。

#### 11.2.2.3 非整合性指標のダイナミクスの安定性

これまでの  $q$ -指数割引モデルや  $q$ -指数確率割引モデルを用いた研究では、 $q$  値を用いて、意思決定者の非整合性を定量化してきた。しかし、繰り返しになるが、この指標はあくまでも割引関数がどれだけ整合的な割引関数から乖離しているかを示しているのであ

て、選好の逆転の起こりやすさをそのまま表しているわけではない。また、 $q$  値は時間や確率に依存しない単一のパラメータ値なので、これだけでは意思決定者の非整合性が時々刻々と変化する様を捉えることができない。

本研究では、選好の逆転の起こりやすさを表す指標である decreasing impatience を、具体的な割引モデルを仮定して計算してそのダイナミクスを描き、また意思決定者の知覚の歪みを考慮するとダイナミクスがどのように変化するかを見た。このようにして割引の非整合性を捉えることで、意思決定者が報酬を目の前にしたら突然、選好の逆転を起こす傾向が強まることや、あるいは、選好の逆転を起こす傾向が、仮に割引が同じであっても知覚の歪み方によって異なるということが明らかになった。今後は、実際に報酬を用意した時間割引課題を時間を空けて 2 回行い、1 回目の回答から計算される将来のある時点での decreasing impatience と、2 回目の回答から計算される同時点での decreasing impatience がどれだけ一致、または乖離しているかを調べることが、この研究結果の意義を確かめるには必要だろう。

#### 11.2.2.4 知覚の歪みの変化を通して割引を変化できる可能性

Takahashi (2011) や本研究によれば、対数的な時間知覚を仮定する場合、非線形パラメータ  $b$  が decreasing impatience に影響を与える。具体的には、 $b$  が小さいほど decreasing impatience が小さくなる。すなわち、非整合性が低下する。これは言い換えると、何かしらの方法によって  $b$  を下げることができれば、割引が整合的な方向に変化し得るということである。時間知覚の仕方を変化させるための方法として、外的に知覚刺激を操作する方法が考えられる。時間知覚の研究では、感覚のモダリティによらず刺激の量や頻度が大きくなるほど心理時間が長くなる充実時程錯覚という現象が知られている (Buffardi, 1971)。実際、時間知覚を外的に操作するデバイスの作成を目的として、小型の振動子をリストバンドに巻きつけて振動周期を変化させたときの時間知覚を調べた研究では、振動子の周期が短いほど、つまり触覚刺激の頻度が高くなるほど時間知覚を長く感じたことが報告されている (清水・双見・寺田・塚本, 2016)。反対に、このようなデバイスを用いれば、触覚刺激の頻度を低くすることで時間知覚を短くすることができる可能性がある。時間知覚が短くなることは、対数型の時間知覚モデルではパラメータ  $b$  が小さくなることに対応する。そしてそれは割引の非整合性が低下することに対応する。

あるいは、このような操作で充実時程錯覚を利用して割引の程度を操作することもできるかもしれない。刺激の頻度を高める、あるいは刺激量を大きくすることで時間知覚を長くし、 $b$  を大きくすることは、time-based account では割引の程度を大きくすることを意味する。そして割引の程度が大きいということは、現在により重きをおいているというこ

とである。したがって、このような時間知覚を長くする操作は「イマ、ココ」に集中したいようなときに有効だろう。あるいは、時間経過を過小評価してしまい、スケジュール管理を失敗する (e.g., まだ時間に余裕があると思っていたら締切が直前に迫っていた) ような人に対しても有効だろう (清水ほか, 2016)。また、体温が高いほど時間評価が長くことも知られている (Wearden & Penton-Voak, 1995)。このため、例えば運動をすることによって時間知覚を長くし、現在に重きを置いた行動をとらせることができる可能性がある。

#### 11.2.2.5 神経科学による time-based account の検証

Time-based account あるいは本研究の主張を神経科学的に裏付けるにあたって、時間知覚の歪みが増加した場合に、割引の大きさや非整合性が変化することを実証するのは有効であろう。例えば先述の充実時程錯覚を利用し、fMRI の中で割引課題を行わせる際に異なる周期のリズムを聴かせることで、時間知覚の歪みが可変の状態では割引課題が実施できるかもしれない。対数的な時間知覚モデルを仮定すれば、パラメータ  $b$  を大きくすることは時間知覚を長く感じることに対応するので、この場合、time-based account によれば割引は大きくなり (Takahashi, 2005)、非整合性も大きくなる (Takahashi, 2011) ことが予想される。

また、時間割引された価値の計算は、報酬系、特に線条体によって担われることが知られている (Kable & Glimcher, 2007; Hariri, Brown, Williamson, Flory, De Wit et al., 2006)。人を対象にして、fMRI の中で割引課題を遂行させた結果から、線条体でも腹側と背側とで異なる割引率に対応することも報告されている (Tanaka, Schweighofer, Asahi, Shishida, Okamoto et al., 2007)。具体的には、腹側が直近の報酬に対してより強く賦活し割引率が大きく、背側が遠い将来の報酬に対してより強く賦活し割引率が小さい。こうした知見を踏まえると、充実時程錯覚で時間知覚を長くすることができれば割引は大きくなり、したがって、腹側線条体の賦活が相対的に大きくなることが予想される。

確率割引についても、やはりオッズアゲインスト知覚の歪みの大きさと非整合性の大きさの関係を実証する方針が有力だろう。ただし、オッズアゲインスト知覚の歪みもまた充実時程錯覚によって変化するかについては不明である。ところで、オッズアゲインスト知覚の歪みパラメータ ( $b$ ) が、いくつかの仮定の下で確率加重関数の非線形性に、つまり双曲確率割引関数の非整合性に対応することが理論的に示されている (金城, 2021)。他方、確率加重関数の非線形性はドーパミン受容体 D1 の結合能との関連が知られており、結合能が低いほど高い確率を低く見積もる (Takahashi, Matsui, Camerer, Takano, Kodaka et al., 2010)。これらの知見を組み合わせると、D1 受容体の結合能が低い群と高い群とがあったとき、前者の方が確率加重関数の非線形性が強く、そのためオッズアゲインスト知

覚パラメータ  $b$  が大きいと予測される。そこで、この両群でオッズアゲインスト知覚課題を実施すれば、間接的にオッズアゲインスト知覚の歪みの大きさが確率割引の非整合性に対応するか否かを実証することができるだろう。

#### 11.2.2.6 割引の非整合性の文化差

時間割引や確率割引の文化差を見た研究 (Du et al., 2002; Wang, Rieger, & Hens, 2016; Ishii, Gang, & Takahashi, 2016) によれば、文化によらず人びとは双曲的な割引をする。これらの研究では、主として割引の程度という量的な差に着目しており、例えば、東アジアに住む人の方が北米に住む人よりも割引が小さいこと (Du et al., 2002; Ishii & Eisen, 2017) や、同じ東アジアでも日本に住む人の方が中国に住む人よりも割引が小さいこと (Ishii et al., 2016) などが報告されている。ところが、いずれの文化でも双曲割引が観察されるとしながらも、割引の非整合性に着目した研究は管見の及ぶ限りほとんどない。

割引の非整合性を測定した数少ない研究として、Wang et al.(2016) や Ishii et al. (2016) があるが、いずれの研究でも非整合性は、指数割引モデルからの乖離度を示すパラメータで測定されており、実際の選択行動における非整合性を測定したものにはなっていない。また、Wang et al.(2016) ではパラメータの範囲制約のために、increasing impatience が原理的に測定できない\*5。他方、Ishii et al.(2016) ではそうした制約がないため原理的には increasing impatience を測定できるものの、仮に実際に推定されたパラメータ ( $q$ ) を用いて本研究で用いた decreasing impatience を求めても、やはり観察されるのは decreasing impatience のみである。したがって、将来の時間割引/確率割引の文化差に関する研究では、割引の非整合性に着目した研究が望まれる。特に、 $q$ -指数（確率）割引モデルのパラメータによって非整合性の程度の量的な違いを比較することにとどまらず、decreasing impatience のような行動から非整合性を測定する指標を用いて、不忍耐性 (impatience) が時間経過/確率の低下とともに減少していくのか (decreasing impatience)、それとも増加していくのか (increasing impatience) といった質的な違いの比較を行うことによって、これまでの研究では顕在化していなかった割引行動の文化差が見い出される可能性があるだろう。

---

\*5 一般双曲割引モデル（式 1.33）に似たモデルを用いているが、パラメータ  $s$  の範囲が  $0 \leq s \leq 1$  であるため、式 (5.8) および式 (1.37) より  $DI_q \geq 0$  となる。つまり、increasing impatience にはならない。

## 11.2.3 実社会へのインプリケーション

### 11.2.3.1 社会経済政策に対するインプリケーション

第1部第1章で述べたように、社会の多くの人びとに現在バイアスがある場合には、もし景気安定化のために政府が減税を実施すると、現時点での現時点での可処分所得が増える。つまり、リカードの中立命題が成立しない。人びとに現在バイアスがあるということは、人びとの選好が decreasing impatience であるということである。しかし、decreasing impatience の程度は、本研究によれば、時間知覚の歪みからも影響を受ける。もし、人びと時間知覚が感応逓減するのであれば、つまり物理時間を凹変換した時間を感じるのであれば、人びとの選好は decreasing impatience で先に述べた通りにリカードの中立命題が成立しない。

ところが一方で、人びとの時間知覚が感応逓増するのであれば、つまり物理時間を凸変換した時間を感じるのであれば、人びとの選好は increasing impatience となつて、減税で増えた可処分所得は将来の消費のために貯蓄に回ることになる。この場合もリカードの中立命題は破れるのであるが、このケースでは、消費を刺激するための減税が、その目論見と正反対の帰結をもたらしてしまうのである。したがって、このように経済政策を実施する上では、社会の人びとの時間知覚の歪みを考慮することも必要かもしれない。今後の研究では、時間知覚課題で凸的な時間知覚をする個人が、実際に選好が increasing impatience であるかどうかを、例えば時間割引課題で  $q$ -指数割引モデルなどのモデルを仮定した上で decreasing impatience の程度を測定することで検証することができるだろう。

また、やはり第1部第1章で述べたように、時間非整合性はさまざまな社会経済上の問題や健康問題と関連する。したがって、この非整合性が生じるメカニズムが解明されれば、こうした問題の解決の一助となるだろう。そのメカニズムの候補が、Takahashi による一連の研究 (Takahashi, 2005; Han & Takahashi, 2012; Takahashi & Han, 2013) で提唱されてきた、時間知覚の歪み、あるいはオッズアゲインストの知覚の歪みであった。本研究ではこれらの研究を支持する結果を得た。つまり、本研究を含む time-based account を持する研究は、時間知覚の歪みを変えることによって、時間割引の非整合性が低下する可能性があることを示唆する。このような時間知覚の変化を促す方法として、先行研究では、報酬や予定までの遅延の代わりにカレンダーの日付を提示する方法が挙げられている (Read, Frederick, Orsel, & Rahman, 2005)。カレンダーの日付によって提示することで、心理時間ではなく物理時間で意思決定し、割引がより整合的になることが期待され、また実際の実験でも確認されている。

本研究や Takahashi & Han (2013) の知見を用いれば、時間知覚を変化させたときに非整合性が低下する可能性があるのは確率割引でも同様である。したがって、例えば、ギャンブル依存のような確率認知の歪みによって生じていると考えられる問題行動についても、当人の確率に対する認知ではなく、時間の感じ方<sup>\*6</sup>を変化させることが、その問題行動の緩和のために有効な方法となり得るかもしれない。Peters & Büchel (2009) によれば、リスクで減衰した価値と時間で減衰した価値を表象する脳部位はオーバーラップする部分もあるものの、オーバーラップしない部分(頭頂葉)もある。よって、時間知覚課題で測定されるような異時点間選択での遅延時間と、繰り返しギャンブルにおける平均待ち時間とは異なる機序によって脳内で処理されている可能性がある。このことを考慮すると、将来の研究では、繰り返しギャンブルにおける平均待ち時間と関係する脳部位を特定することが必要と言えよう。

### 11.3 結語

人びとは、異時点間選択やリスク下の選択で、目の前の報酬や確実性の高い報酬をより選好し、時間の経過、あるいは報酬獲得確率の上昇にともなって、それ以前の選択と異なる選択をすることがある。このような計画破綻を招く選好の逆転という現象は、社会経済的な問題を引き起こすという理由からも重要視されている。本研究は、時間割引と確率割引の2つの枠組みで、この選好の逆転の起こりやすさ、すなわち非整合性を定量化し、その程度が、実際に観察される実世界と意思決定者の感じている主観的な世界とでどのように異なるかについて、知覚の歪みの有無を考慮しながら検討した。

本研究は、1) 仮に割引モデルが非整合的なものであっても知覚の歪みを考慮することで整合的な割引が観察され得ること、2) 割引関数の形状はより整合的な割引をしている主観世界での割引の非整合性を実世界で評価すると、実世界での割引よりも非整合的になり得ること、および、3) 実世界での割引と主観世界での割引について非整合性を直接評価する場合には、従来知られていた通りに主観世界での割引の方が実世界での割引よりも、関数の形状および選好の逆転の起こりやすさのいずれでも整合的になることを明らかにした。

本研究の結果は、時間割引の非整合性と確率割引の非整合性のいずれも意思決定者の時間の感じ方の歪みに起因すると考える time-based account を支持する。しかし、本研究

---

<sup>\*6</sup> ただし、ここでの時間の感じ方というのは、繰り返しギャンブルにおける平均待ち時間(オッズアゲインスト)の感じ方のことである。

が整理した実世界の割引と主観世界の割引，および知覚の歪みの有無の関係についての枠組みのすべてにおいて time-based account が支持されたわけではない．したがって，今後はその枠組内のまだ検討されていない部分において，time-based account の妥当性が検証されることが望まれる．



## 引用文献

- Ainslie, G. W. (1974). Impulse control in pigeons 1. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 21(3), 485-489.
- Ainslie, G. (1975). Specious reward: A behavioral theory of impulsiveness and impulse control. *Psychological Bulletin*, 82(4), 463-496.
- Ainslie, G. and V. Haendel, (1983). The motives of the will, In E. Gottheil. K. Druley, T. Skodola and H. Waxman, (Eds.), Etiology
- Ainslie, G., & Herrnstein, R. J. (1981). Preference reversal and delayed reinforcement. *Animal Learning & Behavior*, 9(4), 476-482.
- Akaike, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle, *2nd International Symposium on Information Theory* (eds. B. N. Petrov and F. Csaki), 267-281, Akademiai Kiado, Budapest. (Reproduced in *Breakthroughs in Statistics*, Vol.1, Foundations and Basic Theory (eds. S. Kotz and N.L. Johnson), Springer-Verlag, New York, (1992).)
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723.
- Allais, M. (1953). Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: Critique des postulats et axiomes de l'ecole Americaine [Rational man's behavior in the presence of risk: critique of the postulates and axioms of the American school]. *Econometrica*, 21, 503-546.
- Allais, M. (1979). The so-called Allais Paradox and rational decisions under uncertainty, In Allais, M., & Hagen, G. M. (Eds.). (2013). *Expected utility hypotheses and the Allais paradox: Contemporary Discussions of the Decisions Under Uncertainty with Allais' Rejoinder* (Vol.21). Springer Science & Business Media.
- Allcott, H. (2011). Social norms and energy conservation. *Journal of Public Economics*, 95(9-10), 1082-1095.

- Arrow, K. (1965). Aspects of the theory of risk bearing. Helsinki: Yrjo Jahnssoonin Saatio.
- Attema, A. E., Bleichrodt, H., Rohde, K. I. M., & Wakker, P. P. (2010). Time-Tradeoff Sequences for Analyzing Discounting and Time Inconsistency. *Management Science*, *56*(11), 2015–2030.
- Baum, W. M., & Rachlin, H. C. (1969). Choice as time allocation. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *12*(6), 861–874.
- Benzion, U., Rapoport, A., & Yagil, J. (1989). Discount rates inferred from decisions: An experimental study. *Management Science*, *35*(3), 270–284.
- Bickel, W. K., Odum, A. L., & Madden, G. J. (1999). Impulsivity and cigarette smoking: Delay discounting in current, never, and ex-smokers. *Psychopharmacology*, *146*(4), 447–454.
- Buffardi, L. (1971). Factors affecting the filled-duration illusion in the auditory, tactual, and visual modalities. *Perception Psychophysics*, *10*(4-B), 292–294.
- Cajueiro, D. O. (2006). A note on the relevance of the q-exponential function in the context of intertemporal choices. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *364*, 385–388.
- Chapman, G. B. (1996). Temporal discounting and utility for health and money. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *22*(3), 771–791.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, *20*(3-6), 487–506.
- Destefano, N., & Martinez, A. S. (2011). The additive property of the inconsistency degree in intertemporal decision making through the generalization of psychophysical laws. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *390*(10), 1763–1772.

- de Wit, H., & Richards, J. B. (2004). Dual determinants of drug use in humans: reward and impulsivity. In *50th Nebraska Symposium on Motivation, Mar, 2002, University of Nebraska, Lincoln, NE, US; Presented at the aforementioned symposium..* University of Nebraska Press.
- Du, W., Green, L., & Myerson, J. (2002). Cross-cultural comparisons of discounting delayed and probabilistic rewards. *The Psychological Record*, 52(4), 479-492.
- Ericson, K. M., & Laibson, D. (2019). Intertemporal choice. In *Handbook of Behavioral Economics: Applications and Foundations 1* (Vol. 2, pp. 1-67). North-Holland.
- Estle, S. J., Green, L., Myerson, J., & Holt, D. D. (2006). Differential effects of amount on temporal and probability discounting of gains and losses. *Memory & Cognition*, 34(4), 914-928.
- Estle, S. J., Green, L., Myerson, J., & Holt, D. D. (2007). Discounting of monetary and directly consumable rewards. *Psychological Science*, 18(1), 58-63.
- Fishburn, P. C. (1988). Expected utility: An anniversary and a new era. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1(3), 267-283.
- Fishburn, P. C., & Rubinstein, A. (1982). Time preference. *International Economic Review*, 677-694.
- Fisher, I. (1930). *Theory of interest: as determined by impatience to spend income and opportunity to invest it.* Augustusm Kelly Publishers, Clifton.
- Frederick, S., Loewenstein, G., & O'Donoghue, T. (2002). Time discounting and time preference: A critical review. *Journal of Economic Literature*, 40(2), 351-401.
- Friedman, M. (1957). *A Theory of the Consumption Function.* Princeton and Oxford: Princeton University Press.
- 二神孝一・堀敬一 (2017). マクロ経済学 第2版 有斐閣.

- Giné, X., Karlan, D., & Zinman, J. (2010). Put your money where your butt is: a commitment contract for smoking cessation. *American Economic Journal: Applied Economics*, 2(4), 213-35.
- Gonzalez, R., & Wu, G. (1999). On the shape of the probability weighting function. *Cognitive Psychology*, 38(1), 129-166.
- Green, L., & Estle, S. J. (2003). Preference reversals with food and water reinforcers in rats. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 79(2), 233-242.
- Green, L., Fisher, E. B., Perlow, S., & Sherman, L. (1981). Preference reversal and self control: Choice as a function of reward amount and delay. *Behaviour Analysis Letters*.
- Green, L., Fristoe, N., & Myerson, J. (1994). Temporal discounting and preference reversals in choice between delayed outcomes. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(3), 383-389.
- Green, L., Fry, A. F., & Myerson, J. (1994). Discounting of delayed rewards: A life-span comparison. *Psychological Science*, 5(1), 33-36.
- Green, L., & Myerson, J. (2004). A Discounting Framework for Choice With Delayed and Probabilistic Rewards. *Psychological Bulletin*, 130(5), 769-792.
- Green, L., Myerson, J., Oliveira, L., & Chang, S. E. (2013). Delay discounting of monetary rewards over a wide range of amounts. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 100(3), 269-281.
- Green, L., Myerson, J., & Ostaszewski, P. (1999). Discounting of delayed rewards across the life span: age differences in individual discounting functions. *Behavioural Processes*, 46(1), 89-96.
- Green, L., Myerson, J., & Vanderveldt, A. (2014). Delay and probability discounting. In McSweeney, F. K., & Murphy, E. S. (Eds.). *The Wiley Blackwell Handbook of Operant and Classical Conditioning*. John Wiley & Sons, Ltd.

- Gul, F., & Pesendorfer, W. (2001). Temptation and self-control. *Econometrica*, 69(6), 1403-1435.
- Han, R., & Takahashi, T. (2012). Psychophysics of time perception and valuation in temporal discounting of gain and loss. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 391(24), 6568-6576.
- Herrnstein, R. J. (1961). Relative and absolute strength of response as a function of frequency of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4(3), 267.
- ホメロス (松平千秋訳) (1994). オデュッセイア (上・下) 岩波文庫.
- 池田新介 (2012). 自滅する選択 東洋経済新報社.
- Ikeda, S., Kang, M.-I., & Ohtake, F. (2010). Hyperbolic discounting, the sign effect, and the body mass index. *Journal of Health Economics*, 29(2), 268-284.
- 池田新介・大竹文雄・筒井義郎 (2005). 時間割引率：経済実験とアンケートによる分析  
Osaka University ISER Discussion Paper No. 638.
- Ishii, K., Gang, L., & Takahashi, T. (2016). Cross-cultural comparisons of delay discounting of gain and loss. *Neuroendocrinology Letters*, 37(6).
- Ishii, K., & Eisen, C. (2017). *Japanese Psychological Research*, 59(3), 230-237
- Jensen, N. E. (1967). An introduction to Bernoullian utility theory: I. Utility functions. *The Swedish Journal of Economics*, 163-183.
- 実光由里子・大河内浩人 (2007). 確率による報酬の価値割引：現実場面と仮想場面の比較 心理学研究, 78(3), 269-276.
- Kable, J. W., & Glimcher, P. W. (2007). The neural correlates of subjective value during intertemporal choice. *Nature Neuroscience*, 10(12), 1625-1633.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47(2), 263-292.

- Kang, M.-I., & Ikeda, S. (2016). Time discounting, present biases, and health-related behaviors: Evidence from Japan. *Economics & Human Biology*, 21, 122-136.
- Kirby, K. N., & Herrnstein, R. J. (1995). Preference reversals due to myopic discounting of delayed reward. *Psychological Science*, 6(2), 83-89.
- Kirby, K. N., & Maraković, N. N. (1995). Modeling myopic decisions: Evidence for hyperbolic delay-discounting within subjects and amounts. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 64(1), 22-30.
- Kim, B. K., & Zauberman, G. (2009). Perception of anticipatory time in temporal discounting. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, 2(2), 91-101.
- 金城卓司 (2021). リスク下の報酬待ち時間と確率加重関数の関係についての考察. 行動経済学会第15回大会. 2021年12月11日-12日. 於: 成城大学
- Kirby, K. N., Petry, N. M., & Bickel, W. K. (1999). Heroin addicts have higher discount rates for delayed rewards than non-drug-using controls. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(1), 78.
- 小林勝人 (訳) (1987). 列子 (上・下) 岩波文庫.
- Koopmans, T. C. (1960). Stationary Ordinal Utility and Impatience. *Econometrica*, 28(2), 287.
- Kreps, D. M. (1979). A representation theorem for "preference for flexibility". *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 565-577.
- Lancaster, K. (1963). An axiomatic theory of consumer time preference. *International Economic Review*, 4(2), 221-231.
- Laibson, D. (1997). Golden Eggs and Hyperbolic Discounting. *The Quarterly Journal of Economics*, 112(2), 443-478.

- Laureiro-Martinez, D., Trujillo, C. A., & Unda, J. (2017). Time perspective and age: A review of age associated differences. *Frontiers in Psychology*, *8*, 101.
- Loewenstein, G., & Prelec, D. (1992). Anomalies in intertemporal choice: Evidence and an interpretation. *The Quarterly Journal of Economics*, *107*(2), 573-597.
- Lu, Y., & Zhuang, X. (2014). The impact of gender and working experience on intertemporal choices. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *409*, 146-153.
- Mazur, J. E. (1987). An adjusting procedure for studying delayed reinforcement. *Commons, ML.; Mazur, JE.; Nevin, JA*, 55-73.
- McKerchar, T. L., Green, L., Myerson, J., Pickford, T. S., Hill, J. C., & Stout, S. C. (2009). A comparison of four models of delay discounting in humans. *Behavioural Processes*, *81*(2), 256-259.
- McKerchar, T. L., Pickford, S., & Robertson, S. E. (2013). Hyperboloid Discounting of Delayed Outcomes: Magnitude Effects and the Gain-Loss Asymmetry. *The Psychological Record*, *63*(3), 441-451.
- Mobini, S., Chiang, T.-J., Ho, M.-Y., Bradshaw, C. M., & Szabadi, E. (2000). Effects of central 5-hydroxytryptamine depletion on sensitivity to delayed and probabilistic reinforcement. *Psychopharmacology*, *152*(4), 390-397.
- Modigliani, F. (1966). The life cycle hypothesis of saving, the demand for wealth and the supply of capital. *Social Research*, 160-217.
- Myerson, J., & Green, L. (1995). DISCOUNTING OF DELAYED REWARDS: MODELS OF INDIVIDUAL CHOICE. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *64*(3), 263-276.
- Myerson, J., Green, L., Hanson, J. S., Holt, D. D., & Estle, S. J. (2003). Discounting delayed and probabilistic rewards: Processes and traits. *Journal of Economic Psychology*, *24*(5), 619-635.

- Myerson, J., Green, L., & Morris, J. (2011). Modeling the effect of reward amount on probability discounting. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *95*(2), 175-187.
- Myerson, J., Green, L., & Warusawitharana, M. (2001). Area under the curve as a measure of discounting. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *76*(2), 235-243.
- 那須耕介・橋本努 (編) (2020). ナッジ!? —自由でおせっかいなりバタリアン・パターンリズム 勁草書房.
- Noor, J. (2007). Commitment and self-control. *Journal of Economic Theory*, *135*(1), 1-34.
- O'Donoghue, T., & Rabin, M. (1999). Doing it now or later. *American Economic Review*, *89*(1), 103-124.
- 大垣昌夫・田中沙織 (2014). 行動経済学 有斐閣.
- Ohmura, Y., Takahashi, T., & Kitamura, N. (2005). Discounting delayed and probabilistic monetary gains and losses by smokers of cigarettes. *Psychopharmacology*, *182*(4), 508-515.
- Ohmura, Y., Takahashi, T., Kitamura, N., & Wehr, P. (2006). Three-month stability of delay and probability discounting measures. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, *14*(3), 318-328.
- Olson, E. A., Hooper, C. J., Collins, P., & Luciana, M. (2007). Adolescents' performance on delay and probability discounting tasks: contributions of age, intelligence, executive functioning, and self-reported externalizing behavior. *Personality and Individual Differences*, *43*(7), 1886-1897.
- Ostaszewski, P. (1997). Temperament and the discounting of delayed and probabilistic rewards: Conjoining European and American psychological traditions. *European Psychologist*, *2*(1), 35-43.

- Ostaszewski, P., Green, L., & Myerson, J. (1998). Effects of inflation on the subjective value of delayed and probabilistic rewards. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(2), 324-333.
- Ostaszewski, P., & Karzel, K. (2002). Discounting of delayed and probabilistic losses of different amounts. *European Psychologist*, 7(4), 295.
- Peters, J., & Buchel, C. (2009). Overlapping and Distinct Neural Systems Code for Subjective Value during Intertemporal and Risky Decision Making. *Journal of Neuroscience*, 29(50), 15727–15734.
- Phelps, E. S., & Pollak, R. A. (1968). On second-best national saving and game-equilibrium growth. *The Review of Economic Studies*, 35(2), 185-199.
- Pratt, J. W. (1964). Risk aversion in the small and in the large. *Econometrica*, 32, 122–136.
- Prelec, D. (1989). *Decreasing Impatience: Definition and Consequences*. Division of Research, Harvard Business School.
- Prelec, D. (1998). The Probability Weighting Function. *Econometrica*, 66(3), 497.
- Prelec, D. (2004). Decreasing Impatience: A Criterion for Non-stationary Time Preference and “Hyperbolic” Discounting. *The Scandinavian Journal of Economics*, 106(3), 511–532.
- Price, M., Higgs, S., & Lee, M. (2017). Self-control mediates the relationship between time perspective and BMI. *Appetite*, 108, 156–160.
- Rachlin, H., Logue, A. W., Gibbon, J., & Frankel, M. (1986). Cognition and behavior in studies of choice. *Psychological Review*, 93(1), 33–45.
- Rachlin, H., & Green, L. (1972). Commitment, choice and self-control 1. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 17(1), 15-22.
- Rachlin, H., Raineri, A., & Cross, D. (1991). Subjective probability and delay. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 55(2), 233-244.

- Raineri, A., & Rachlin, H. (1993). The effect of temporal constraints on the value of money and other commodities. *Journal of Behavioral Decision Making*, 6(2), 77-94.
- Read, D. (2001). Is time-discounting hyperbolic or subadditive?. *Journal of Risk and Uncertainty*, 23(1), 5-32.
- Read, D., Frederick, S., Orsel, B., & Rahman, J. (2005). Four Score and Seven Years from Now: The Date/Delay Effect in Temporal Discounting. *Management Science*, 51(9), 1326–1335.
- Reimers, S., Maylor, E. A., Stewart, N., & Chater, N. (2009). Associations between a one-shot delay discounting measure and age, income, education and real-world impulsive behavior. *Personality and Individual Differences*, 47(8), 973-978.
- Reynolds, B., Karraker, K., Horn, K., & Richards, J. B. (2003). Delay and probability discounting as related to different stages of adolescent smoking and non-smoking. *Behavioural Processes*, 64(3), 333-344.
- Reynolds, B., Richards, J. B., Horn, K., & Karraker, K. (2004). Delay discounting and probability discounting as related to cigarette smoking status in adults. *Behavioural Processes*, 65(1), 35-42.
- Richards, J. B., Zhang, L., Mitchell, S. H., & de Wit, H. (1999). DELAY OR PROBABILITY DISCOUNTING IN A MODEL OF IMPULSIVE BEHAVIOR: EFFECT OF ALCOHOL. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 71(2), 121–143.
- Richter, D., & Mata, R. (2018). Age differences in intertemporal choice: U-shaped associations in a probability sample of German households. *Psychology and Aging*, 33(5), 782.
- Rodriguez, M. L., & Logue, A. W. (1988). Adjusting delay to reinforcement: comparing choice in pigeons and humans. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 14(1), 105.

- Rohde, K. I. M. (2009). Decreasing relative impatience. *Journal of Economic Psychology*, 30(6), 831–839.
- Rohde, K. I. M. (2019). Measuring Decreasing and Increasing Impatience. *Management Science*, 65(4), 1700–1716.
- 佐伯大輔 (2011). 価値割引の心理学 昭和堂.
- Saeki, D., & Ito, M. (2010). *Humans' Temporal and Probabilistic Discounting Derived from Choice Proportions in a Choice Situation*. 19. 人文研究 (61), 62-80, 2010-03
- 坂元慶行・石黒真木夫・北川源四郎 (2008). 情報量統計学 共立出版.
- Samuelson, P. A. (1937). A note on measurement of utility. *The Review of Economic Studies*, 4(2), 155-161.
- 佐々木周作・大竹文雄 (2018). 医療現場の行動経済学：意思決定のバイアスとナッジ行動経済学, 11, 110-120.
- Scheres, A., Dijkstra, M., Ainslie, E., Balkan, J., Reynolds, B., Sonuga-Barke, E., & Castellanos, F. X. (2006). Temporal and probabilistic discounting of rewards in children and adolescents: effects of age and ADHD symptoms. *Neuropsychologia*, 44(11), 2092-2103.
- 芝正太郎 (2017). リスク選好と時間選好の統合に向けて. WINPEC Working Paper Series No. J1701
- 清水友順・双見京介・寺田努・塚本昌彦 (2016). ユーザの主観時間制御のためのウェアラブルデバイス向け情報提示手法. マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム論文集, 162-169.
- Sozou, P. D. (1998). On hyperbolic discounting and uncertain hazard rates. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 265(1409), 2015-2020.

- Stevens, S. S. (1957). On the psychophysical law. *Psychological Review*, 64(3), 153.
- Strotz, R. H. (1955). Myopia and inconsistency in dynamic utility maximization. *The Review of Economic Studies*, 23(3), 165-180.
- 須鎗弘樹 (2010). 複雑系のための基礎数理—べき乗則とツァリスエントロピーの数理  
牧野書店.
- Takahashi H, Matsui H, Camerer C, Takano H, Kodaka F, Ideno T, Okubo S, Takemura K, Arakawa R, Eguchi Y, Murai T, Okubo Y, Kato M, Ito H, & Suhara T. (2010) Dopamine D(1) receptors and nonlinear probability weighting in risky choice. *Journal of Neuroscience*, 30,16567–16572.
- Takahashi, T. (2005). Loss of self-control in intertemporal choice may be attributable to logarithmic time-perception. *Medical Hypotheses*, 65(4), 691–693.
- Takahashi, T. (2006). Time-estimation error following Weber–Fechner law may explain subadditive time-discounting. *Medical Hypotheses*, 67(6), 1372–1374.
- Takahashi, T. (2011). A neuroeconomic theory of rational addiction and nonlinear time-perception. *Neuroendocrinology Letters*, 32(3)
- 高橋泰城 (2017). セルフ・コントロールの神経経済学 高橋雅治 (編) セルフ・コントロールの心理学—自己制御の基礎と教育・医療・矯正への応用 北大路書房.
- Takahashi, T., & Han, R. (2013). Psychophysical Neuroeconomics of Decision Making: Nonlinear Time Perception Commonly Explains Anomalies in Temporal and Probability Discounting. *Applied Mathematics*, 04(11), 1520–1525.
- Takahashi, T., Han, R., Nishinaka, H., Makino, T., Fukui, H. (2013). The q-exponential probability discounting of gain and loss. *Applied Mathematics*, 04(11), 876–881.
- Takahashi, T., Oono, H., & Radford, M. H. B. (2007). Empirical estimation of consistency parameter in intertemporal choice based on Tsallis’ statistics. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 381, 338–342.

- Takahashi, T., Oono, H., & Radford, M. H. B. (2008). Psychophysics of time perception and intertemporal choice models. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 387(8-9), 2066-2074.
- Takemura, K., & Murakami, H. (2016). Probability Weighting Functions Derived from Hyperbolic Time Discounting: Psychophysical Models and Their Individual Level Testing. *Frontiers in Psychology*, 7, 778.
- 竹村和久・村上始 (2018). 意思決定における確率荷重関数と時間割引関数 竹村和久 (編) 選好形成と意思決定 勁草書房.
- Takeuchi, K. (2011). Non-parametric test of time consistency: Present bias and future bias. *Games and Economic Behavior*, 71(2), 456-478.
- Tanaka SC, Schweighofer N, Asahi S, Shishida K, Okamoto Y, Yamawaki S, & Doya K. (2007) Serotonin Differentially Regulates Short- and Long-Term Prediction of Rewards in the Ventral and Dorsal Striatum. *PLoS ONE*2(12),pp.e1333
- Thaler, R. (1981). Some empirical evidence on dynamic inconsistency. *Economics Letters*, 8(3), 201-207.
- Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness*. Yale University Press.
- 友野典男 (1991). 期待効用理論におけるパラドックス 明治大学短期大学紀要 49, 75-127
- 友納壮紀 (2012). 不確実性下の意思決定に関する行動心理学的及び行動経済学的アプローチ 北海道大学文学部卒業論文.
- Tsallis, C. (1988). Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics. *Journal of Statistical Physics*, 52(1), 479-487.
- 筒井義郎・大竹文雄・晝間文彦・池田新介 (2007). 上限金利規制の是非：行動経済学的アプローチ 現代ファイナンス, 22, 25-73.

- Tversky, A., & Kahneman, D. (1992). Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 5(4), 297-323.
- Volpp, K. G., John, L. K., Troxel, A. B., Norton, L., Fassbender, J., & Loewenstein, G. (2008). Financial incentive-based approaches for weight loss: a randomized trial. *JAMA*, 300(22), 2631-2637.
- Von Neuman, J., & Morgenstern, O. (1947). *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press.
- Wang, M., Rieger, M. O., & Hens, T. (2016). How time preferences differ: Evidence from 53 countries. *Journal of Economic Psychology*, 52, 115-135.
- Wearden, J. H., Penton-Voak, I. S. (1995). Feeling the heat: Body temperature and the rate of subjective time, revisited. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section B*, 48(2b), 129-141.
- 山口澄也 (2020). 経済主体の異時点間選択の  $q$ -一般化による行動経済学的研究 北海道大学文学部卒業論文.
- Yu, M., Liu, T., & Shi, J. (2020). Food is discounted more steeply than money: Evidence from N2 and P3 responses in delay discounting tasks. *Neuropsychologia*, 142, 107469.
- Yi, R., de la Piedad, X., & Bickel, W. K. (2006). The combined effects of delay and probability in discounting. *Behavioural Processes*, 73(2), 149-155.
- Zauberman, G., Kim, B. K., Malkoc, S. A., & Bettman, J. R. (2009). Discounting time and time discounting: Subjective time perception and intertemporal preferences. *Journal of Marketing Research*, 46(4), 543-556.
- Zimbardo, P. G., & Boyd, J. N. (1999). Putting time in perspective: A valid, reliable individual-differences metric. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77, 1271-1288.



# 謝辞

本論文は多くの人の支えなしでは完成しませんでした。まず、修士課程2年のころから長きに渡って辛抱強くご指導賜った高橋泰城先生に深く感謝申し上げます。先生の博覧強記ぶりにいつも驚き、憧憬の念を抱いておりました。先生から直接賜ったご指導、ご著書や論文を通して学んだことが本論文の根底を支えております。

北大の行動システム科学講座(行動科学講座)という、一つの場に専門も出自も異なるさまざまな人間が暮らす場に身をおけたことも僥倖でした。結城先生には、最初のTAで右も左も分からない中、親切にご指導いただきことを今でも思い出します。大沼先生には、日頃から研究の進捗だけでなくプライベートにまでお気にかけていただき、温かいお声かけもいただきました。竹澤先生には、修士の1年間指導教員としてお世話になり、またその後も共通院ゼミなどを通して多くを学ばせていただきました。瀧本先生には、TF業務でたくさんお世話になりました。そこで身に余るお褒めの言葉をいただいたことは、わたしの自信の糧となっております。中島先生には、日常の研究生活での細かいサポートをしていただいたり、統計のことを教えていただきました。そして伸幸先生には、TF、学術研究員(基盤S、基盤B)の業務だけでなく、博士課程での研究1、研究2の副査、学位論文の主査をしていただき、言い尽くせないほどお世話になりました。ここに謝意を表します。

自分の研究だけでなくその他の研究の面白さを教えてくれたり、日常の他愛もない会話で心身を浄化してくださった院生のみなさんにも感謝申し上げます。特に、本論文の執筆に際しては、山田順子さんにお忙しい中目を通していただき、ご助言をいただきました。ありがとうございました。その他にも一人ひとりお名前を挙げて、思い出のエピソードを具に記そうかと思いましたが、やめます。コロナ禍が落ち着いて、また面と向き合ってお酒を酌み交わす時が来たら、その時に改めて直接お礼を申し上げることにします。

また、玉川大学の松田哲也先生、高岸治人先生、そして大澤美佳さんにもこの場を借りて感謝申し上げます。みなさまの温かいサポートがなければ、やはりこの論文は完成しませんでした。他にも他学部の教員、研究員、院生などここには書き尽くせないほどの人た

ちに、色々とお教えていただき、支えていただきました。記して感謝申し上げます。

最後に、長きに渡る博士後期課程生活をさまざまな形でサポートしてくれた妻と、多忙な心に平安を与えてくれた娘たちに心から感謝致します。



# 付録 A

## Appendix

### A.1 恒常所得仮説の導出

ここでは恒常所得仮説が指数割引モデルから導出されることを見てみる。第  $i$  期 ( $i = 0, 1, \dots, T$ ) における所得を  $Y_i$ , 消費を  $C_i$ , 貯蓄を  $S$ , 利子率を  $r$  とする。ここで、割引モデルに割引因子  $\delta$  の指数割引モデル (1.1.2) を仮定し、さらに  $\delta(1+r) = 1$  (割引率一定) を仮定すると、最適化 (割引効用最大化) のための  $t$  期と  $t+1$  期の 2 期間オイラー方程式は、

$$\frac{u'(C_t)}{u'(C_{t+1})} = \delta(1+r) = 1$$

となり、隣接する 2 期間での限界効用が等しいことが導かれる。

限界効用逓減の法則 ( $u''(C_t) < 0$ ) の下でこれが成立することから、隣接する 2 期間での消費は変わらない。このことは任意の 2 期間について成立するので、結局、すべての期間を通して消費は不変であるから、 $C_t = C$  ( $t = 0, \dots, T$ ) として多期間モデルの予算制約式：

$$C + \frac{1}{1+r}C + \dots + \frac{1}{(1+r)^T}C \leq Y_0 + \frac{1}{1+r}Y_1 + \dots + \frac{1}{(1+r)^T}Y_T$$

を  $C$  について解けば、最適消費を得る。これより最適消費は、各期の所得には依存せず、所得の割引現在価値、すなわち恒常所得にのみ依存することがわかる。

## A.2 $q$ 拡張割引モデルにおける発散の条件

$q$  拡張割引モデルにおける割引率  $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$  の式 (5.11) より,

$$1 + (1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a \frac{(1 - bt)^{1-q_2} - 1}{1 - q_2} = 0$$

を満たす  $t \geq 0$  が存在すれば,  $DR_{\tilde{q}_1, q_2}, DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  いずれもその時刻  $t_{div}$  で発散する. この条件は,  $k > 0, a > 0, b > 0$  の下で  $\tilde{q}_1 > 1$  と同値である.

## A.3 $q$ 拡張確率割引モデルにおける発散の条件

$q$  拡張割引モデルにおける割引率  $DR_{\tilde{q}_1, q_2}$  の式 (6.13) より,

$$1 + (1 - \tilde{q}_1) \tilde{k}_{\tilde{q}_1} a \frac{\left[1 - b \left(\frac{1}{p} - 1\right)\right]^{1-q_2} - 1}{1 - q_2} = 0$$

を満たす  $0 \leq p \leq 1$  が存在すれば,  $DR_{\tilde{q}_1, q_2}, DI_{\tilde{q}_1, q_2}, DRI_{\tilde{q}_1, q_2}$  はいずれもその確率  $p_{div}$  で発散する. この条件は,  $k > 0, a > 0, b > 0$  の下で  $\tilde{q}_1 > 1$  と同値である.

## A.4 研究5 で用いた質問紙

I D

## 質問紙

以下の質問項目について、  
どちらかに○をするか、記入して回答してください。

性別： 男 ・ 女

学科（分類）： \_\_\_\_\_

年齢： \_\_\_\_\_

以下に、あなた自身が受け取るお金に関する意思決定に関する質問が書かれています。

**実際のお金に関する選択だと思って、完全にあなたの自由な意思に基づいてお答えください。**

各ページ冒頭に書かれた質問文中の、太字と下線で強調された部分を、特に注意して読み、質問に答えてください。

**あなたが受け取るお金に関する選択です**

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を **1 週間後** に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
**1** から **40** の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	1週間後
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

**あなたが受け取るお金に関する選択です**

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を **2 週間後** に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
**1** から **40** の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	2週間後
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

**あなたが受け取るお金に関する選択です**

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を **1ヶ月後**に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	1ヶ月後
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

**あなたが受け取るお金に関する選択です**

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を **6ヶ月後**に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	6ヶ月後
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

あなたが受け取るお金に関する選択です

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を1年後に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちららを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	1年後
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

あなたが受け取るお金に関する選択です

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を5年後に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちららを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	5年後
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

あなたが受け取るお金に関する選択です

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を25年後に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	25年後
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

あなたが受け取るお金に関する選択です

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を1週間後に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	1週間後
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

**あなたが受け取るお金に関する選択です**

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を **2週間後** に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1 から 40 の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	2週間後
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

**あなたが受け取るお金に関する選択です**

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を **1ヶ月後** に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1 から 40 の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	1ヶ月後
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

**あなたが受け取るお金に関する選択です**

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を**6ヶ月後**に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	6ヶ月後
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

**あなたが受け取るお金に関する選択です**

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を**1年後**に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	1年後
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

**あなたが受け取るお金に関する選択です**

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を5年後に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	5年後
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

**あなたが受け取るお金に関する選択です**

以下の左列に書かれた金額を今日受け取るか、右列に書かれた金額を25年後に受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	今日	25年後
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

次のページから、あなたがお金をもらうことに  
ついての考えをお聞きます。質問をよく読ん  
だ上お答えください。

**質問 A.** これからあなたには、以下の質問文で示された状況においてお金をもらうまでの待ち時間をどれくらい長く感じるかについて答えていただきます。このとき、それぞれ示された状況において、お金をもらうまでの待ち時間について、主観的に感じる長さを線の長さで表現してもらいます。

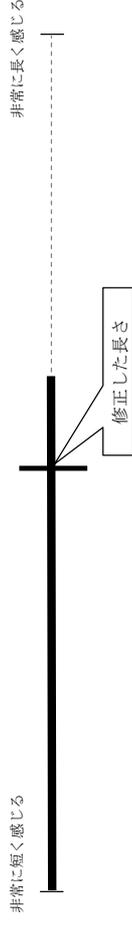
この点線に沿って、線分を書いてください。**長いと感じる程、線分を長く書いて下さい**。また線分は必ず、**左端から右に向かって**書いてください。線分の書き方は以下の例を参考にして下さい。

例：「今から X 日後に 100,000 円をもらう」ときの今から X 日後までの長さ



もし線の長さを**修正したい場合は**、下の図のように縦の線で長さを示してください。

例：「今から X 日後に 100,000 円をもらう」ときの今から X 日後までの長さ



1. 「今から 1 週間後に 100,000 円をもらう」ときの今から 1 週間後までの長さ  
非常に短く感じる

-----

2. 「今から 2 週間後に 100,000 円をもらう」ときの今から 2 週間後までの長さ  
非常に短く感じる

-----

3. 「今から 1 ヶ月後に 100,000 円をもらう」ときの今から 1 ヶ月後までの長さ  
非常に短く感じる

-----

4. 「今から 6 ヶ月後に 100,000 円をもらう」ときの今から 6 ヶ月後までの長さ  
非常に短く感じる

-----

5. 「今から 1 年後に 100,000 円をもらう」ときの今から 1 年後までの長さ  
非常に短く感じる

-----

6. 「今から 5 年後に 100,000 円をもらう」ときの今から 5 年後までの長さ  
非常に短く感じる

-----

7. 「今から 25 年後に 100,000 円をもらう」ときの今から 25 年後までの長さ  
非常に短く感じる

-----

**質問 B.** 先ほど、今すぐもらえるお金と将来もらえるお金とで選択をしてみました。これまでの質問が実際のお金に関する質問だと想定し、その上で以下の質問に答えてください。

1. もしあなたが 1 週間後のお金を選んだら、どれくらい確実にそのお金が実際にもらえるか、あなたがお金をもらえると思う主観的な確率 (%) を答えてください。  
\_\_\_\_\_ %

2. もしあなたが 2 週間後のお金を選んだら、どれくらい確実にそのお金が実際にもらえるか、あなたがお金をもらえると思う主観的な確率 (%) を答えてください。  
\_\_\_\_\_ %

3. もしあなたが 1 ヶ月後のお金を選んだら、どれくらい確実にそのお金が実際にもらえるか、あなたがお金をもらえると思う主観的な確率 (%) を答えてください。  
\_\_\_\_\_ %

4. もしあなたが 6 ヶ月後のお金を選んだら、どれくらい確実にそのお金が実際にもらえるか、あなたがお金をもらえると思う主観的な確率 (%) を答えてください。  
\_\_\_\_\_ %

5. もしあなたが 1 年後のお金を選んだら、どれくらい確実にそのお金が実際にもらえるか、あなたがお金をもらえると思う主観的な確率 (%) を答えてください。  
\_\_\_\_\_ %

6. もしあなたが 5 年後のお金を選んだら、どれくらい確実にそのお金が実際にもらえるか、あなたがお金をもらえると思う主観的な確率 (%) を答えてください。  
\_\_\_\_\_ %

7. もしあなたが 25 年後のお金を選んだら、どれくらい確実にそのお金が実際にもらえるか、あなたがお金をもらえると思う主観的な確率 (%) を答えてください。  
\_\_\_\_\_ %

次のページから、あなたが自身が受け取るお金に関する  
意思決定に関する質問が書かれています。

**実際のお金に関する選択だと思って、完全にあなた  
の自由な意思に基づいてお答えください。**

各ページ冒頭に書かれた質問文中の、太字と下線で強  
調された部分を、特に注意して読み、質問に答えてく  
ださい。

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**95%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	95%
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**90%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ばなければならないとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	90%
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**70%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ばなければならないとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	70%
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**50%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ばなければならないとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1 から 40 の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	50%
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**30%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ばなければならないとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1 から 40 の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	30%
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**10%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	10%
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**5%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	5%
1	¥97,500	¥100,000
2	¥95,000	¥100,000
3	¥92,500	¥100,000
4	¥90,000	¥100,000
5	¥87,500	¥100,000
6	¥85,000	¥100,000
7	¥82,500	¥100,000
8	¥80,000	¥100,000
9	¥77,500	¥100,000
10	¥75,000	¥100,000
11	¥72,500	¥100,000
12	¥70,000	¥100,000
13	¥67,500	¥100,000
14	¥65,000	¥100,000
15	¥62,500	¥100,000
16	¥60,000	¥100,000
17	¥57,500	¥100,000
18	¥55,000	¥100,000
19	¥52,500	¥100,000
20	¥50,000	¥100,000
21	¥47,500	¥100,000
22	¥45,000	¥100,000
23	¥42,500	¥100,000
24	¥40,000	¥100,000
25	¥37,500	¥100,000
26	¥35,000	¥100,000
27	¥32,500	¥100,000
28	¥30,000	¥100,000
29	¥27,500	¥100,000
30	¥25,000	¥100,000
31	¥22,500	¥100,000
32	¥20,000	¥100,000
33	¥17,500	¥100,000
34	¥15,000	¥100,000
35	¥12,500	¥100,000
36	¥10,000	¥100,000
37	¥7,500	¥100,000
38	¥5,000	¥100,000
39	¥2,500	¥100,000
40	¥0	¥100,000

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**95%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ばなければならないとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	95%
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**90%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ばなければならないとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	90%
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**70%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ばなければならないとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	70%
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**50%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ばなければならないとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	50%
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**30%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ばなければならないとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1 から 40 の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	30%
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**10%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ばなければならないとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1 から 40 の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	10%
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

100%の確率で以下の左列に書かれた金額を受け取るか、**5%の確率**で右列に書かれた金額を受け取るか、どちらかを選ぶ必要があるとしたら、あなたならどちらを選びますか。  
1から40の各選択肢について、あなたが選びたいほうの金額に○をつけてください。

	100%	5%
1	¥0	¥100,000
2	¥2,500	¥100,000
3	¥5,000	¥100,000
4	¥7,500	¥100,000
5	¥10,000	¥100,000
6	¥12,500	¥100,000
7	¥15,000	¥100,000
8	¥17,500	¥100,000
9	¥20,000	¥100,000
10	¥22,500	¥100,000
11	¥25,000	¥100,000
12	¥27,500	¥100,000
13	¥30,000	¥100,000
14	¥32,500	¥100,000
15	¥35,000	¥100,000
16	¥37,500	¥100,000
17	¥40,000	¥100,000
18	¥42,500	¥100,000
19	¥45,000	¥100,000
20	¥47,500	¥100,000
21	¥50,000	¥100,000
22	¥52,500	¥100,000
23	¥55,000	¥100,000
24	¥57,500	¥100,000
25	¥60,000	¥100,000
26	¥62,500	¥100,000
27	¥65,000	¥100,000
28	¥67,500	¥100,000
29	¥70,000	¥100,000
30	¥72,500	¥100,000
31	¥75,000	¥100,000
32	¥77,500	¥100,000
33	¥80,000	¥100,000
34	¥82,500	¥100,000
35	¥85,000	¥100,000
36	¥87,500	¥100,000
37	¥90,000	¥100,000
38	¥92,500	¥100,000
39	¥95,000	¥100,000
40	¥97,500	¥100,000

次のページから、あなたがお金をもらうことについて  
の考えをお聞きします。質問をよく読んで  
だしてお答えください。

**質問 A.** これからあなたには、以下の質問文で示された状況においてお金がもらえる確率を**どれくらい当たりやすいと感じるか**について答えていただきます。このとき、それぞれ示された状況において、例えば「X%の確率で10万円がもらえる」場合の確率について、主観的に感じる当たりやすさを**線の長さで表現してもらいます**。

これから質問の度に次のような点線が書かれています。

絶対に当たらない。 ----- 絶対に当たる。

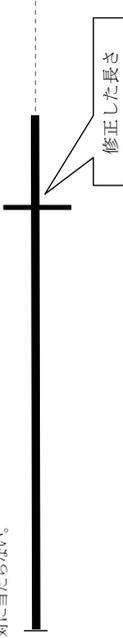
この点線に沿って、線分を書いてください。**当たりやすいと感じる程、線分を長く書いて下さい**。また線分は必ず、**左端から右に向かって**書いてください。線分の書き方は以下の例を参考にして下さい。

例：「X%の確率で100,000円もらえる」ときのX%の当たりやすさ

絶対に当たらない。  ----- 絶対に当たる。

もし線の長さを**修正したい場合は**、下の図のように縦の線で長さを示してください。

例：「X%の確率で100,000円もらえる」ときのX%の当たりやすさ

絶対に当たらない。  ----- 絶対に当たる。

1. 「95%の確率で100,000円もらえる」場合の95%の当たりやすさ  
絶対に当たらない ----- 絶対に当たる

2. 「90%の確率で100,000円もらえる」場合の90%の当たりやすさ  
絶対に当たらない ----- 絶対に当たる

3. 「70%の確率で100,000円もらえる」場合の70%の当たりやすさ  
絶対に当たらない ----- 絶対に当たる

4. 「50%の確率で100,000円もらえる」場合の50%の当たりやすさ  
絶対に当たらない ----- 絶対に当たる

5. 「30%の確率で100,000円もらえる」場合の30%の当たりやすさ  
絶対に当たらない ----- 絶対に当たる

6. 「10%の確率で100,000円もらえる」場合の10%の当たりやすさ  
絶対に当たらない ----- 絶対に当たる

7. 「5%の確率で100,000円もらえる」場合の5%の当たりやすさ  
絶対に当たらない ----- 絶対に当たる

**質問 B.** これからあなたには、以下の質問文で示された確率で 10 万円の報酬が当たるギャンブルを繰り返して行うとき、報酬が当たるまでにどれくらい長く待つことになるかと思うかについて答えていただきます。例えば「X%の確率で 10 万円の報酬が当たるギャンブルを繰り返して行う」とき、当たるまでのかかる時間の長さがどれくらいだと思うかを線の長さで表現してもらいます。

これから質問の度に次のような点線が書かれています。

非常に短いと思う。

非常に長いと思う。

この点線に沿って、線分を書いてください。当たるまで待つことになる時間が長いと思う程、線分を長く書いて下さい。また線分は必ず、左端から右に向かって書いてください。線分の書き方は以下の例を参考にして下さい。

例：X%の確率で報酬が当たるギャンブルを繰り返したとき、報酬が当たるまでの時間

非常に短いと思う。

非常に長いと思う。

もし線の長さを修正したい場合は、下の図のように縦の線で長さを示してください。

例：X%の確率で報酬が当たるギャンブルを繰り返したとき、報酬が当たるまでの時間

非常に短いと思う。

非常に長いと思う。

修正した長さ

1. 95%の確率で 10 万円の報酬が当たるギャンブルを繰り返したとき、報酬が当たるまでの時間  
非常に短いと思う

2. 90%の確率で 10 万円の報酬が当たるギャンブルを繰り返したとき、報酬が当たるまでの時間  
非常に短いと思う

3. 70%の確率で 10 万円の報酬が当たるギャンブルを繰り返したとき、報酬が当たるまでの時間  
非常に短いと思う

4. 50%の確率で 10 万円の報酬が当たるギャンブルを繰り返したとき、報酬が当たるまでの時間  
非常に短いと思う

5. 30%の確率で 10 万円の報酬が当たるギャンブルを繰り返したとき、報酬が当たるまでの時間  
非常に短いと思う

6. 10%の確率で 10 万円の報酬が当たるギャンブルを繰り返したとき、報酬が当たるまでの時間  
非常に短いと思う

7. 5%の確率で 10 万円の報酬が当たるギャンブルを繰り返したとき、報酬が当たるまでの時間  
非常に短いと思う

次のページから、あなたとリストの相手のどちらかが  
お金を受け取る状況で、あなたがどのような決定をす  
るか質問します。

**実際のお金に関する選択だと思って、完全にあなたの  
自由な意思に基づいてお答えください。**

各ページ冒頭に書かれた質問文中の、太字と下線で強  
調された部分を、特に注意して読み、質問に答えたく  
ださい。

1. はじめに、世の中であなたと最も仲が良く親しい人を1番目の人、またよつとした知り合いを100番目の人とした100人(親しい順)のリストを頭の中に思い浮かべて下さい。  
1番目の人は、あなたがよく知っていて最も仲の良い家族や親友になるでしょう。100番目の人は、見覚えがあり出会うこともあるが、名前すら知らない人もかもしれません。なお、リストを実際に書き出す必要はありません。

あなた     1番目の人     2番目の人     10番目の人     60番目の人     100番目の人

2. 続いて次のページからの質問に回答してください。下に例を示します。

質問 (例)	
<input type="radio"/>	A. 8,000円をあなた自身が受け取る
<input type="radio"/>	B. 6,500円をリストの33番目の人に受け取ってもらう

※選択肢A・Bをよく読み、あなたが選びたいほうの選択肢の左側に○をつけてください。選択肢A(8,000円をあなた自身が受け取る)を選びたい場合はAの左側に○を、選択肢B(6,500円をリストの33番目の人に受け取ってもらう)を選びたい場合はBの左側に○をつけてください。上の例では、選択肢Bを選んでいきます。

次のページから質問が始まります。ページをめくって質問に回答してください。

以下の9個の質問のうち、選択肢A・Bどちらかあなたが選ぶだけの場合をつけてください。

質問1	A. 8,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの1番目の人に受け取ってもらう
質問2	A. 7,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの1番目の人に受け取ってもらう
質問3	A. 6,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの1番目の人に受け取ってもらう
質問4	A. 5,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの1番目の人に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの1番目の人に受け取ってもらう
質問6	A. 3,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの1番目の人に受け取ってもらう
質問7	A. 2,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの1番目の人に受け取ってもらう
質問8	A. 1,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの1番目の人に受け取ってもらう
質問9	A. 500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの1番目の人に受け取ってもらう

以下の9個の質問のうち、選択肢A・Bどちらかあなたが選ぶだけの場合をつけてください。

質問1	A. 8,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの2番目の人に受け取ってもらう
質問2	A. 7,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの2番目の人に受け取ってもらう
質問3	A. 6,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの2番目の人に受け取ってもらう
質問4	A. 5,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの2番目の人に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの2番目の人に受け取ってもらう
質問6	A. 3,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの2番目の人に受け取ってもらう
質問7	A. 2,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの2番目の人に受け取ってもらう
質問8	A. 1,500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの2番目の人に受け取ってもらう
質問9	A. 500円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500円をリストの2番目の人に受け取ってもらう

以下の9個の質問のうち、選択肢 A・B どちらかあなたが選ぶだけの場合をつけてください。

質問1	A. 8,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 5 番目の人に受け取ってもらう
質問2	A. 7,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 5 番目の人に受け取ってもらう
質問3	A. 6,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 5 番目の人に受け取ってもらう
質問4	A. 5,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 5 番目の人に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 5 番目の人に受け取ってもらう
質問6	A. 3,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 5 番目の人に受け取ってもらう
質問7	A. 2,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 5 番目の人に受け取ってもらう
質問8	A. 1,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 5 番目の人に受け取ってもらう
質問9	A. 500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 5 番目の人に受け取ってもらう

以下の9個の質問のうち、選択肢 A・B どちらかあなたが選ぶだけの場合をつけてください。

質問1	A. 8,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 10 番目の人に受け取ってもらう
質問2	A. 7,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 10 番目の人に受け取ってもらう
質問3	A. 6,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 10 番目の人に受け取ってもらう
質問4	A. 5,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 10 番目の人に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 10 番目の人に受け取ってもらう
質問6	A. 3,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 10 番目の人に受け取ってもらう
質問7	A. 2,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 10 番目の人に受け取ってもらう
質問8	A. 1,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 10 番目の人に受け取ってもらう
質問9	A. 500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの 10 番目の人に受け取ってもらう

以下の9個の質問のうち、選択肢 A・B どちらかあなたが選ぶだけのを一つつけてください。

質問1	A. 8,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問2	A. 7,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問3	A. 6,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問4	A. 5,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問6	A. 3,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問7	A. 2,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問8	A. 1,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問9	A. 500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20 番目の人</u> に受け取ってもらう

以下の9個の質問のうち、選択肢 A・B どちらかあなたが選ぶだけのを一つつけてください。

質問1	A. 8,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問2	A. 7,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問3	A. 6,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問4	A. 5,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問6	A. 3,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問7	A. 2,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問8	A. 1,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問9	A. 500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう

以下の9個の質問のうち、選択肢 A・B どちらかあなたが選ぶだけのを一つつけてください。

質問1	A. 8,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問2	A. 7,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問3	A. 6,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問4	A. 5,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問6	A. 3,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問7	A. 2,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問8	A. 1,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問9	A. 500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう

以下の9個の質問のうち、選択肢 A・B どちらかあなたが選ぶだけのを一つつけてください。

質問1	A. 500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>1 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問2	A. 1,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>1 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問3	A. 2,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>1 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問4	A. 3,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>1 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>1 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問6	A. 5,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>1 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問7	A. 6,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>1 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問8	A. 7,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>1 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問9	A. 8,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>1 番目の人</u> に受け取ってもらう

以下の9個の質問のうち、選択肢 A・B どちらかあなたが選ぶだけのを一つつけてください。

質問1	A. 500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>2 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問2	A. 1,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>2 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問3	A. 2,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>2 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問4	A. 3,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>2 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>2 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問6	A. 5,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>2 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問7	A. 6,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>2 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問8	A. 7,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>2 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問9	A. 8,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>2 番目の人</u> に受け取ってもらう

以下の9個の質問のうち、選択肢 A・B どちらかあなたが選ぶだけのを一つつけてください。

質問1	A. 500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>5 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問2	A. 1,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>5 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問3	A. 2,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>5 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問4	A. 3,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>5 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>5 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問6	A. 5,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>5 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問7	A. 6,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>5 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問8	A. 7,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>5 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問9	A. 8,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>5 番目の人</u> に受け取ってもらう

以下の9個の質問のうち、選択肢 A・B どちらかあなたが選ぶだけの場合に○をつけてください。

質問1	A. 500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>10番目の人</u> に受け取ってもらう
質問2	A. 1,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>10番目の人</u> に受け取ってもらう
質問3	A. 2,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>10番目の人</u> に受け取ってもらう
質問4	A. 3,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>10番目の人</u> に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>10番目の人</u> に受け取ってもらう
質問6	A. 5,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>10番目の人</u> に受け取ってもらう
質問7	A. 6,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>10番目の人</u> に受け取ってもらう
質問8	A. 7,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>10番目の人</u> に受け取ってもらう
質問9	A. 8,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>10番目の人</u> に受け取ってもらう

以下の9個の質問のうち、選択肢 A・B どちらかあなたが選ぶだけの場合に○をつけてください。

質問1	A. 500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20番目の人</u> に受け取ってもらう
質問2	A. 1,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20番目の人</u> に受け取ってもらう
質問3	A. 2,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20番目の人</u> に受け取ってもらう
質問4	A. 3,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20番目の人</u> に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20番目の人</u> に受け取ってもらう
質問6	A. 5,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20番目の人</u> に受け取ってもらう
質問7	A. 6,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20番目の人</u> に受け取ってもらう
質問8	A. 7,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20番目の人</u> に受け取ってもらう
質問9	A. 8,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>20番目の人</u> に受け取ってもらう

以下の9個の質問のうち、選択肢 A・B どちらかあなたが選ぶだけのを一つつけてください。

質問1	A. 500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問2	A. 1,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問3	A. 2,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問4	A. 3,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問6	A. 5,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問7	A. 6,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問8	A. 7,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問9	A. 8,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>50 番目の人</u> に受け取ってもらう

以下の9個の質問のうち、選択肢 A・B どちらかあなたが選ぶだけのを一つつけてください。

質問1	A. 500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問2	A. 1,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問3	A. 2,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問4	A. 3,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問5	A. 4,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問6	A. 5,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問7	A. 6,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問8	A. 7,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう
質問9	A. 8,500 円をあなた自身が受け取る
	B. 7,500 円をリストの <u>100 番目の人</u> に受け取ってもらう

次のページから、あなた、あなたとお金のやり取りをしたリストの相手についての考えをお聞きします。質問をよく読んで上お答えください。

これからあなたには、お金を受け取ってもらう「1 番目」、「100 番目」といった人との社会的距離はどのくらいかという質問に答えていただきます。このとき、「1 番目」、「100 番目」といった人に対して、社会的距離を線の長さで表現してもらいます。

これから質問の度に次のような点線が書かれています。



この点線に沿って、線分を書いてください。社会的距離を感じる程、線分を長く書いて下さい。また線分は必ず、左端から右に向かって書いてください。線分の書き方は以下の例を参考にして下さい。

例：X 番目

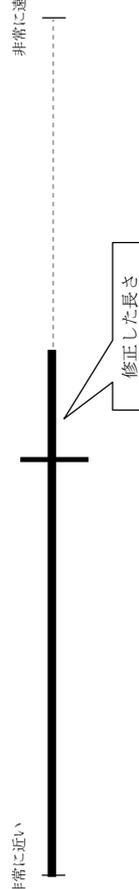
非常に近い



もし線の長さを修正したい場合は、下の図のように縦の線で長さを示してください。

例：X 番目

非常に近い



以下の人との社会的距離はどのくらいですか？

1. 1 番目の人

非常に近い

非常に遠い

2. 2 番目の人

非常に近い

非常に遠い

3. 5 番目の人

非常に近い

非常に遠い

4. 10 番目の人

非常に近い

非常に遠い

5. 20 番目の人

非常に近い

非常に遠い

6. 50 番目の人

非常に近い

非常に遠い

7. 100 番目の人

非常に近い

非常に遠い

次のページから、あなたがお金をもらうことについて  
の考えをお聞きます。質問をよく読んで  
だ上お答えください。

以下に示される29個の各条件で、左の選択肢(今すぐもらえるお金)と右の選択肢(ある期間経過したあとにもらえるお金)のどちらかを選択しなければならぬとしたら、あなたならどちらを選びますか。

各項目の2つの選択肢(左・右)のうち、あなたが選びたいほうに丸をつけてください。二つの選択肢の両方をえらぶことはできません。選択を決めるときは、あなたが本当にその条件でお金をもらえたとしたら左・右のどちらの選択肢を選ぶか、よく考えて決定してください。

- 例) 今すぐ180円もらう ・ 150日後に20,000円もらう ① 左 ・ 2. 右
1. 今すぐ5,400円もらう ・ 117日後に5,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  2. 今すぐ5,500円もらう ・ 61日後に7,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  3. 今すぐ1,900円もらう ・ 53日後に2,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  4. 今すぐ3,100円もらう ・ 7日後に8,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  5. 今すぐ1,400円もらう ・ 19日後に2,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  6. 今すぐ4,700円もらう ・ 160日後に5,000円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  7. 今すぐ1,500円もらう ・ 13日後に3,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  8. 今すぐ2,500円もらう ・ 14日後に6,000円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  9. 今すぐ7,800円もらう ・ 162日後に8,000円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  10. 今すぐ4,000円もらう ・ 62日後に5,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  11. 今すぐ1,100円もらう ・ 7日後に3,000円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  12. 今すぐ6,700円もらう ・ 119日後に7,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  13. 今すぐ3,400円もらう ・ 186日後に3,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  14. 今すぐ2,700円もらう ・ 21日後に5,000円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  15. 今すぐ6,900円もらう ・ 91日後に8,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  16. 今すぐ4,900円もらう ・ 89日後に6,000円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  17. 今すぐ8,000円もらう ・ 157日後に8,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  18. 今すぐ2,400円もらう ・ 29日後に3,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  19. 今すぐ3,300円もらう ・ 14日後に8,000円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  20. 今すぐ2,800円もらう ・ 179日後に3,000円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  21. 今すぐ3,400円もらう ・ 30日後に5,000円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  22. 今すぐ2,500円もらう ・ 80日後に3,000円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  23. 今すぐ4,100円もらう ・ 20日後に7,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  24. 今すぐ5,400円もらう ・ 111日後に6,000円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  25. 今すぐ5,400円もらう ・ 30日後に8,000円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  26. 今すぐ2,200円もらう ・ 136日後に2,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  27. 今すぐ2,000円もらう ・ 7日後に5,500円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  28. 今すぐ10万円もらう ・ 15日後に0円もらう 1. 左 ・ 2. 右
  29. 今すぐ0円もらう ・ 1日後に100万円もらう 1. 左 ・ 2. 右

## 次のページから、あなたの知らない1人の相手とあなたの2人でゲームをすることを考えてください。

ください。

- ・ゲームは何回か行われ、あなたの相手は毎回変わります。
- ・ゲームは匿名で行われ、互いが顔を合わせることは一切ありません。
- ・毎回のゲームで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ゲーム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。

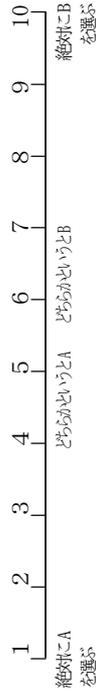
【あなたと相手が手に入れる金額の表】

		相手の選択	
		行動 A	行動 B
あなたの選択	行動 A	あなた 7 5 0 円	あなた 2 5 0 円
	行動 B	あなた 8 5 0 円	あなた 3 0 0 円

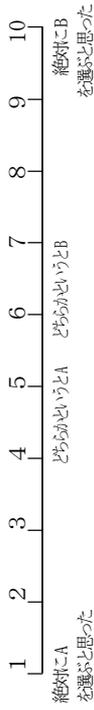
今、相手がランダムに選ばれ、ゲームがはじまりました。

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すか？



次に、同じゲームを新たな相手と行います。

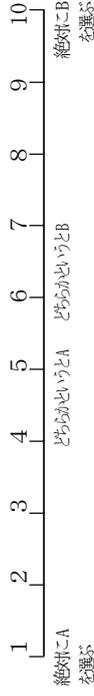
【あなたと相手が手に入れる金額の表】

		相手の選択	
		行動 A	行動 B
あなたの選択	行動 A	あなた 7 5 0 円	あなた 2 5 0 円
	行動 B	あなた 8 5 0 円	あなた 3 0 0 円

今、新たな相手がランダムに選ばれ、ゲームがはじまりました。

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、同じゲーム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 7 5 0 円      相手 2 5 0 円	あなた 2 5 0 円      相手 8 5 0 円
	行動 B	あなた 8 5 0 円      相手 2 5 0 円	あなた 3 0 0 円      相手 3 0 0 円

今、新たな相手がランダムに選ばれ、ゲームがはじまりました。

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？

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

絶対 A を選ぶ      どちらかというと A      どちらかというと B      絶対 B を選ぶ

次のページの問題に答えてください。

問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

問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

問3. 湖にスイレンの葉があります。毎日葉の広がり方が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

あなたは現在、喫煙されていますか？

はい・いいえ

はいと答えた方は、どの銘柄のタバコを一日何本吸っていますか？

\_\_\_\_\_を一日\_\_\_\_\_本

質問紙は以上です。

ご協力ありがとうございました。



