



|                  |                                                                                   |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Title            | Rパッケージsupport, CEsとsurvivalを利用した離散選択実験の実施手順                                       |
| Author(s)        | 合崎, 英男                                                                            |
| Citation         | 北海道大学農経論叢, 70, 1-16                                                               |
| Issue Date       | 2015-11-30                                                                        |
| Doc URL          | <a href="https://hdl.handle.net/2115/60424">https://hdl.handle.net/2115/60424</a> |
| Type             | departmental bulletin paper                                                       |
| File Information | 1-16.pdf                                                                          |



# Rパッケージsupport.CEsとsurvivalを利用した 離散選択実験の実施手順

合 崎 英 男

## Implementing Discrete Choice Experiments Using the support.CEs and survival Packages in R

Hideo AIZAKI

### Summary

The application of discrete choice experiments (DCEs) to empirical studies consists of the following steps: (1) establishing the objective of applying DCEs, (2) examining a hypothetical situation, (3) creating choice sets, (4) preparing a questionnaire survey, (5) implementing the survey, (6) preparing the data set for discrete choice model analysis of the responses, and (7) implementing the analysis and extracting additional information from the results. This paper provides Japanese R beginners with an explanation of how the support.CEs and survival packages in R are used for implementing this series of steps via an illustration of consumers' valuation of rice.

### 1. はじめに

Louviere and Woodworth (1983) によって開発された離散選択実験 (discrete choice experiments : DCEs)－選択実験 (choice experiments) や選択型コンジョイント分析 (choice-based conjoint analysis) とも呼ばれるが、後者の名称は混乱を招く可能性がある (Louviere et al. 2010)－は、社会科学において人々の選好を測定するための統計的調査手法として、今や不動の地位を築いている。汎用性の高さ、経済学を中心に仮定されている個人の意思決定モデルとの整合性、そして開発から今日に至るまでの継続的な手法の改良を通じて、農業経済学を含めた社会科学のさまざまな研究領域で多種多様な実証研究に活用されている。さらに、その優れた機能は実務分野でも広く認められている。離散選択実験に関する基礎研究や応用研究を取りまとめた文献も、国内外で数多く刊行されている (Louviere et al. 2000; Bennett and Blamey 2001; Bateman et al. 2002; Hensher et al. 2005; Kanninen 2007; Street and Burgess 2007; Ryan et al. 2008; Aizaki 2012b ; 合崎 2005 ; 栗山・

庄子 2005)。

離散選択実験を実証研究に活用するためには、統計学と計量経済学の知識が必要である。とりわけ、選択肢集合の作成と得られたデータの分析において、実験計画法 (Cochran and Cox 1992; Heydayat et al. 1999 ; 奥野・芳賀 1969 ; 中村 1997 ; 岩崎 2006) と離散選択モデル (Ben-Akiva and Lerman 1985; Train 2009 ; 土木学会土木計画学研究委員会 1995 ; 交通工学研究会 1993 ; 北村ら 2002) に関する知識と技能が求められる。これまでも優れたソフトウェアが提供され、実証研究を進める上での負担を軽減してきた。例えば、選択肢集合の作成については、SASのマーケティング・リサーチ向けマクロ集 (Kuhfeld 2010), Sawtooth Software 社の各種製品 (<http://www.sawtoothsoftware.com/>), ChoiceMetrics社のNgene (<http://www.choice-metrics.com/>) などがある。データ分析については、多くの統計解析用ソフトウェアが離散選択モデルの推定モジュールを搭載している。ただし、これらの多くは金銭コストを負担しなければ利用できないため、離散選択実験を試験的に利用したいときや、多くの学生を対象とした

教育場面で利用したいときなどには、必ずしも十分に対応できていなかった。Microsoft Excelを使って選択肢集合の作成や離散選択モデルの推定を行えるマクロも公開されているが（合崎 2007；栗山ら 2013），手軽さという点では優れているものの，拡張性という点では制限的である。

R (R Core Team, 2014) は，GNU General Public License の下で自由に利用でき，さらにパッケージを追加することで機能を拡張できるという優れた特徴を持つ。ただし，コマンドでの利用が前提であるため，R の初心者にとってはハードルの高さは否めない。R で離散選択実験を試みるための資料には，合崎・西村（2007）とAizaki and Nishimura（2008）がある。しかし，紹介されている手順の多くは関数化されていないため，多くのコードを入力しなければならない。加えて，生成した選択肢集合を設問形式に変換したり，分析に適したデータセットを作成したりする作業はコード化されていない。そのため，R の初心者にとっては必ずしも使いやすい情報とはいえない。合崎（2009）は，選択肢集合の作成とデータの分析はRで行うが，Microsoft Excelをユーザー・インターフェースとしているため，操作性の点では相対的に優れているが，拡張性に難点がある。

R で離散選択実験を試みるためのパッケージとしては，2011年7月にThe Comprehensive R Archive Network (CRAN) で公開されたsupport.CEs パッケージ（Aizaki 2012a, 2014b）がある。離散選択モデルの推定以外の主な作業をR上で行えるようにする関数と例題用のデータセットを含んでおり，実証研究での活用成果（江守 2013；Ares et al. 2014；Gill et al. 2015）も公開されてきている。しかし，コマンドラインでの使用が前提であるため，R の初心者にとっては依然としてハードルが存在するだろう。さらに，support.CEsパッケージの詳細な使用方法に関する資料は英文に限られているため（Aizaki 2012a；Aizaki et al. 2014），日本語環境での利便性はさらに低いものであった。そのような状況を改善する目的で，本稿は執筆された。

ただし，本稿の内容はsupport.CEsパッケージの使用法を中心としており，実験計画法や離散選択モデルの解説はほとんど行っていない。また，

仮想状況を検討する際の注意事項や標本抽出に関する考え方なども取り上げていない。本稿で述べていない内容については，上述の実験計画法や離散選択モデルに関する文献，離散選択実験の基礎・応用文献を参照されたい。特に実験計画法については注意が必要である。一般の実験計画法の教科書には離散選択実験の選択肢集合を作る手順は紹介されていないが，その手順を理解する上で実験計画法の基本的な考え方は基礎となる。

加えて，本稿の読者は，R のインストール作業やパッケージの追加などRを使う上で必須となる基本的な操作方法については習得済みである一方，最小二乗法による線形回帰分析（説明変数の一部にダミー変数を含む）をRで実行でき，その出力結果を読み，解釈できる程度の知識と技能を持っていることを想定している。書籍を含めてRに関する情報源は多岐にわたるが，はじめてRを使う人はRの情報交換の場であるRjpWiki (<http://www.okada.jp.org/RWiki/>) を起点として，情報収集するのもよいだろう。

本稿は，執筆時点でのsupport.CEsパッケージ（バージョン0.3-2）のヘルプ，Aizaki（2012a），およびAizaki et al.（2014）に基づいて作成している。本稿よりも詳細な情報が必要なときは，これらの資料を参照されたい。また，バージョンアップによって変更が生じたときは，それに応じて読み替えられたい。

## 2. 基本用語の定義とパッケージの概要

### 1) 基本用語の定義

本稿では，離散選択実験の基本的な用語を，次のように定義する。属性（attribute）とは，選択肢の特徴を意味する。水準（level）は，属性の量的あるいは質的な値を示す。1つの属性は，2つあるいはそれ以上の水準を持つ。選択肢（alternative）は，属性の組み合わせであり，1つの選択肢は2つあるいはそれ以上の属性から構成されている。選択肢集合（choice set）は，回答者にとって利用可能な選択肢の集合である。1つの選択肢集合には2つあるいはそれ以上の選択肢が含まれており，少なくとも1つの属性は選択肢間で異なる値を持つ。さらに，「どれも選ばない」といった選択外オプション（opt-out option）を選択肢

集合に含めることもできる。一般に離散選択実験の設問では、回答者は1つの選択肢集合の中から、自身にとって最も好ましい選択肢を1つ選ぶように求められる。したがって、1つの選択肢集合が離散選択実験の1つの設問に対応する。全選択肢集合（choice setsあるいはDCE design）は、個々の選択肢集合をまとめたものである。

以上の定義の具体例が第1図である。全選択肢集合は9つの選択肢集合（問1から問9）で構成されている。各選択肢集合（設問）は3つの選択肢、すなわち「選択肢1」「選択肢2」「どちらも選ばない」から構成され、回答者はその中から最も好ましいもの1つを選択するように求められている。選択肢1と選択肢2は3つの属性から構成されており、各属性は3つの水準値を持つ。つまり、属性Aはa1, a2, a3の3水準、属性Bはb1, b2, b3の3水準、属性Cはc1, c2, c3の3水準を持ち、

問1 あなたにとって最も好ましい選択肢を1つお選びください。

|     | 選択肢1 | 選択肢2 |
|-----|------|------|
| 属性A | a1   | a2   |
| 属性B | b1   | b2   |
| 属性C | c1   | c2   |

1. 選択肢1を選ぶ
2. 選択肢2を選ぶ
3. どちらも選ばない

問2 あなたにとって最も好ましい選択肢を1つお選びください。

|     | 選択肢1 | 選択肢2 |
|-----|------|------|
| 属性A | a3   | a1   |
| 属性B | b2   | b3   |
| 属性C | c1   | c2   |

1. 選択肢1を選ぶ
2. 選択肢2を選ぶ
3. どちらも選ばない

<問3～問8は省略>

問9 あなたにとって最も好ましい選択肢を1つお選びください。

|     | 選択肢1 | 選択肢2 |
|-----|------|------|
| 属性A | a1   | a2   |
| 属性B | b3   | b1   |
| 属性C | c2   | c3   |

1. 選択肢1を選ぶ
2. 選択肢2を選ぶ
3. どちらも選ばない

第1図 離散選択実験の設問例

任意の選択肢はこれら3つの属性が特定の水準を持つ状態として表現される。例えば、第1図の問1の選択肢1はa1, b1, c1という水準（特徴）を持つ選択肢であり、問2の選択肢2はa1, b3, c2という水準を持つ選択肢である。

なお、全選択肢集合が大きい（設問数が多い）場合、全選択肢集合を2つあるいはそれ以上の部分集合（ブロック）に分割することがある。例えば、第1図に示す全9問を重複なく無作為に3分割すれば、1つのブロックは3つの選択肢集合（設問）で構成されることになる。

ここに示した例は、1つの選択肢集合が3つの選択肢から構成され、各選択肢は固有の名称を持たない非ラベル型であるが、これ以外にも選択肢数が2つに限定されるもの（2肢選択）、選択外オプションがないもの（強制選択）、選択肢に固有の名称が割り付けられているもの（ラベル型）など、様々なバリエーションがある。詳細については、support.CEsパッケージのヘルプや上述の離散選択実験の基礎・応用文献を参照されたい。

## 2) 使用するパッケージの概要

第1表は、離散選択実験の適用手順に沿って、各作業で利用可能なRの関数を示している。離散選択実験の適用手順は大きく7つに分けられるが、そのうち「選択肢集合の作成」「調査の準備」「データセットの準備」「分析・活用」で活用できる関数を紹介する。本稿のデータ分析では、条件付きロジット・モデル（conditional logit model）の利用を想定し、それをRで実行するための関数に

第1表 離散選択実験の適用手順と対応するR関数

| 手順           | 対応するR関数                                |
|--------------|----------------------------------------|
| 1. 調査目的の決定   | —                                      |
| 2. 仮想状況の設計   | —                                      |
| 3. 選択肢集合の作成  | Lma.design()<br>rotation.design()      |
| 4. 調査の準備     | questionnaire()                        |
| 5. 調査の実施     | —                                      |
| 6. データセットの準備 | make.design.matrix()<br>make.dataset() |
| 7. 分析・活用     | clogit()*<br>gofm()<br>mwtp()          |

注：\*はsurvivalパッケージに含まれる関数、それ以外はsupport.CEsパッケージに含まれる関数である。

はsurvivalパッケージ (Therneau 2014) の関数 `clogit()` を用いる。それ以外の R 関数は `support.CEs` パッケージに含まれている関数を利用する。

なお、条件付きロジット・モデルも含めて様々な離散選択モデルを R に実装するパッケージの 1 つに `mlogit` パッケージ (Croissant 2013) がある。本稿では取り上げないが、関心のある読者は当該パッケージのヘルプや *vignette* を参照されたい。また、Poe et al. (1997, 2005) による 2 つの (限界) 支払意思額の経験分布の差を統計的に検定する方法は、`mded` パッケージ (Aizaki 2014a) で行える。本例では使用しないが、関心のある読者は当該パッケージのヘルプや Aizaki et al. (2014) を参照されたい。

### 3. R での実行例

#### 1) 例題について

本稿では、`support.CEs` パッケージに含まれている 6 種類のデータセットのうち、データセット `rice` を使って離散選択実験の実施手順を解説する。このデータセットは、米の産地と栽培方法に対する消費者評価を課題とした適用事例を想定して、人工的に生成したものである。

第 2 図に調査票で提示する離散選択実験の設問

あなたが買いたい米を 1 つお選びください。

|      | 米 1   | 米 2   |
|------|-------|-------|
| 産地   | 産地 B  | 産地 C  |
| 栽培方法 | 無農薬栽培 | 有機栽培  |
| 価格   | 2000円 | 2300円 |

1. 米 1
2. 米 2
3. どちらも買わない

第 2 図 本例における設問イメージ

第 2 表 本例における属性と水準の設定

| 属性                     | 水準                                                          |
|------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 産地<br>(Region)         | (1) 産地 A (RegA)<br>(2) 産地 B (RegB)<br>(3) 産地 C (RegC)       |
| 栽培方法<br>(Cultivation)  | (1) 慣行栽培 (Conv)<br>(2) 無農薬栽培 (NoChem)<br>(3) 有機栽培 (Organic) |
| 5 kg あたり 価格<br>(Price) | (1) 1,700円 (1700)<br>(2) 2,000円 (2000)<br>(3) 2,300円 (2300) |

イメージを示す。米を表す選択肢は固有の名称が付かない非ラベル型であり、選択外オプション (「どちらも買わない」選択肢) を設定している。属性は「産地」「栽培方法」「(5 kg あたり) 価格」の 3 つであり、それぞれ 3 水準で構成されている (第 2 表)。産地 A と産地 B は一般的な米産地であるが、産地 C は有名な米産地と仮定している。第 2 表に示す各水準の先頭に記しているカッコ内の数字は、それぞれの水準に対応する水準値である。例えば、産地 A の水準値は 1、同じく産地 B は 2、産地 C は 3 である。詳細は後述するが、本例では第 2 図に示す形式の離散選択実験の設問が全 9 問分生成される。各回答者はそれら全 9 問に回答すると仮定する。回答者は産地 B に居住する消費者 100 名である。データ分析には条件付きロジット・モデルを利用する。

本例は、Aizaki et al. (2014) の Section 3.4.1 で示されている例に該当する。ほとんどのコードは共通しているため、当該例題のコードを Aizaki et al. (2014) の Web サイト (<http://www.agr.hokudai.ac.jp/spmur/>) から入手すれば、本例のコードの入力作業は大幅に簡略化できる。本例のイメージをつかみにくい読者は、米を題材に離散選択実験を適用した佐藤ら (2001) や Yoshida and Peterson (2003) などを参照されたい。

以下では、(1) 使用する PC に R はインストール済みであること、(2) `support.CEs` パッケージは R にインストール済みであること、(3) R を起動し、関数 `library()` を用いて `survival` パッケージと `support.CEs` パッケージを呼び出し済みであることを前提とする。`survival` は推奨パッケージであるため、Windows 版 R や OS X 版 R には含まれていると思われるが、`support.CEs` パッケージは利用者自身で CRAN から R にインストールする必要がある。

#### 2) 選択肢集合の作成

調査目的と属性・水準を含めた仮想状況の設計は完了しているとして、選択外オプションを除いた全選択肢集合を作成する作業から開始する。ここでは、直交配列表から全選択肢集合を作成する方法の 1 つである *mix-and-match design* 法 (Chrzan and Orme 2000; Johnson et al. 2007) を用いる。

*Mix-and-match design* 法は、次の 4 ステップから構成されている (第 3 図)。1) 離散選択実験

形式の各設問の第1選択肢（第2図に示す設問例であれば米1に該当）を直交配列表により作成する。2）問 $j(=1, 2, \dots)$ の第 $i+1(i=1, 2, \dots)$ 選択肢を、問 $j$ の第 $i$ 選択肢から作成する。3）作成したすべての選択肢を第 $i$ 選択肢ごとにまとめ、それぞれの集合から選択肢を1つ非復元無作為抽出し、改めて選択肢集合を作成する。そして、4）第3ステップの作業をすべての選択肢がなくなるまで繰り返すことで、全選択肢集合を作成する。もし、同じ水準の組み合わせを持つ選択肢が同じ選択肢集合に含まれたときには、抽出作業をやり直す。

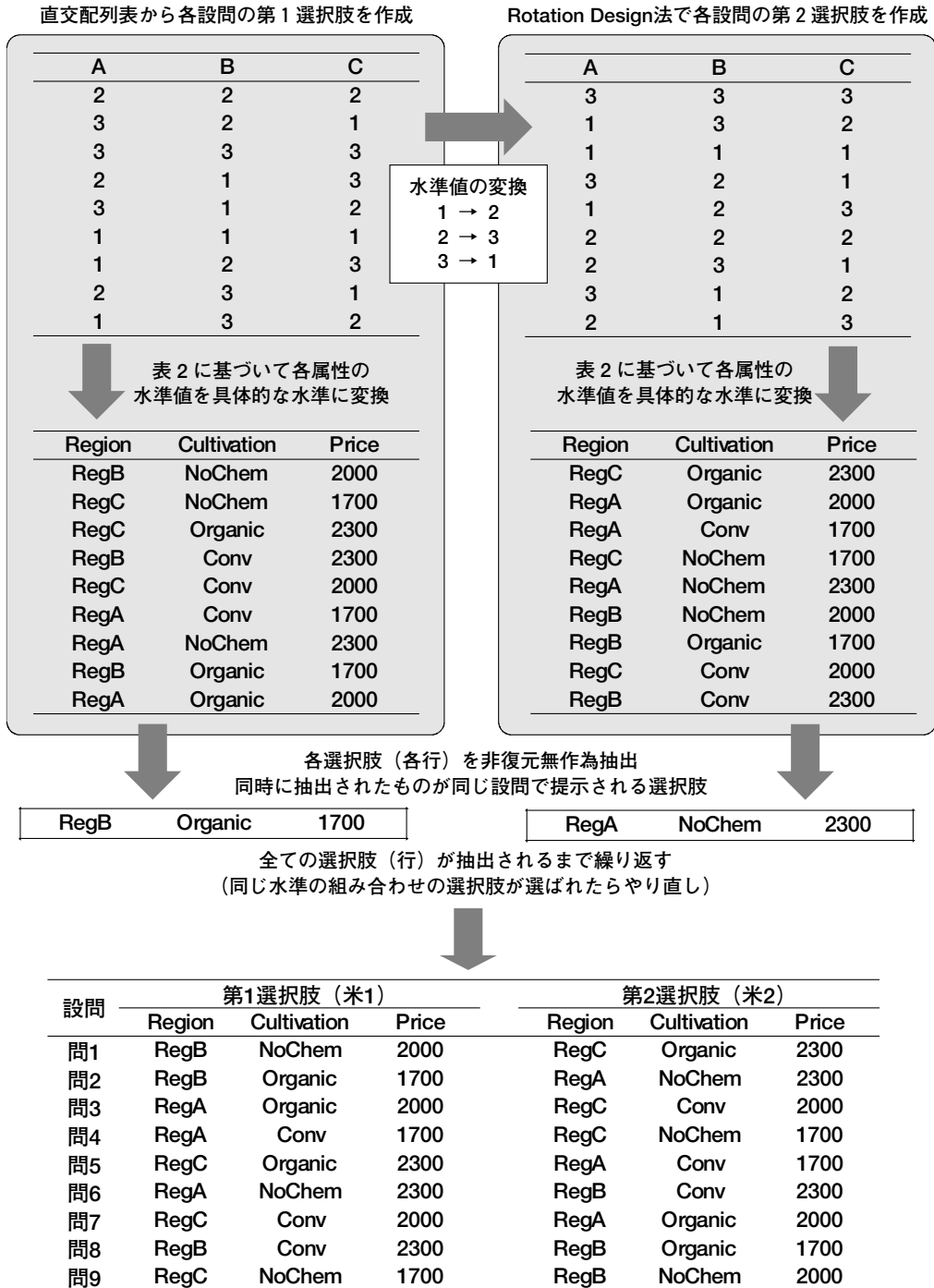
第2ステップの問 $j$ の第 $i$ 選択肢から問 $j$ の第 $i+1$ 選択肢を作成する方法として、rotation design法（shifted design法とも呼ばれる）がある。Rotation design法は、問 $j$ の第 $i$ 選択肢で示されている属性 $k$ の水準値を1つ繰り上げることで、問 $j$ の第 $i+1$ 選択肢の属性 $k$ の水準値を決める。問 $j$ の第 $i$ 選択肢に示されている属性 $k$ の水準値が最大値（本例であれば3）のときは、問 $j$ の第 $i+1$ 選択肢の属性 $k$ の水準値は最小値（本例であれば1）に戻す。例えば、第3図の左上には数字の水準値で示された各問の第1選択肢が全9問分示されている。その右側には、rotation design法で作成した各問の第2選択肢が示されている。第1選択肢（左側）と第2選択肢（右側）のどちらも2行目に注目すると、第1選択肢ではAが3、Bが2、Cが1である一方、第2選択肢ではAが1、Bが3、Cが2である。第2選択肢は同じ行にある第1選択肢の各属性A、B、Cの水準値をrotation design法の水準変換ルールに基づいて作成していることから、第1選択肢のAは最大値3であったので、第2選択肢のAは最小値1となっている。第1選択肢のBとCはそれぞれ2と1であったので、対応する第2選択肢のBとCはそれぞれ1つ水準値を繰り上げてBが3、Cが2となっている。

Mix-and-match design法をRで実行するために、関数rotation.design()を利用する。第4図は、本例の条件に沿って引数（arguments）を設定したコードとその実行結果を示す。コード欄1行目の1文字目の記号「>」はプロンプトであり、利用者がコードを入力したり、命令を実行したりするのをRが待っていることを表す。同じく2行目の1文字目の記号「+」は、1つ上の行で入力され

たコードが未了であり、コードの続きが入力されるのをRが待っていることを表す。

1行目は、関数rotation.design()で選択肢集合を生成し、その結果をオブジェクトd.riceに保存するよう指示している。2～7行が同関数の引数を設定している部分である。引数attribute.namesには、属性・水準の組み合わせをリスト形式で割り当てる（2～5行目）。属性はRegion, Cultivation, Priceの3つであり、それぞれ3つの水準を持つことを踏まえて、各水準を文字列とするベクトルで設定している。価格属性は分析にあたって量的変数として取り扱うことになる（後述）。量的変数で取り扱う属性の水準も文字列で設定するが、単位（円やkgなど）は含めずに、数値のみをダブルクォーテーションで囲む。引数nalternativesには、選択外オプションを除いた1問あたり選択肢数を設定する。本例では、2つの米を1つの設問で提示することから、2を割り当てている。引数nblocksには、生成した全選択肢集合をいくつのブロックに分割するか、その分割数を設定する。分割数は、全選択肢集合の大きさ（＝全質問数）を割り切れる整数でなければならない。本例のように分割を行わないときは、分割数を1とする。引数row.renamesは、（後述の）生成した選択肢集合の各行に表示する行番号を、（後述の）candidate designで使用している行番号に一致させる（FALSE）か否（TRUE）かを指定するものである。引数randomizeは、採用するデザイン方法に応じて設定する必要があるが、mix-and-match design法を実行するときにはTRUEを割り当てる。本関数は内部で乱数を利用しているため、適用結果の再現性を確保するときには、引数seedに任意の値（ここでは987）を設定する。

関数rotation.design()は、その実行結果を3つの要素（alternatives, candidate, design.information）から構成されるリストとして出力する。その内容を表示した結果が第4図の15行以降である。Choice setsは、生成した選択肢集合を選択肢グループごとに表示しており、16～26行が各設問の第1選択肢（米1）、28～38行が各設問の第2選択肢（米2）を示している。問1で提示される第1選択肢（18行）は、産地属性が「RegB」、栽培方法属性が「NoChem」、価格属性が「2000」であ



第3図 Mix-and-match design法の手順

ることが読み取れる。同様に、問2の第2選択肢(31行)の産地属性は「RegA」、栽培方法属性は「NoChem」、価格属性は「2300」である。Candidate designは、第1選択肢を生成するために使用

した配列表である。関数rotation.design()は、内部でDoE.baseパッケージ(Gröping, 2014)に含まれる関数oa.design()を利用して、この配列表を生成している。指定した条件(属性数、水準数、プ

| 行  | コードと出力                                                                   |
|----|--------------------------------------------------------------------------|
| 1  | > d.rice <- rotation.design(                                             |
| 2  | + attribute.names = list(                                                |
| 3  | + Region = c("RegA", "RegB", "RegC"),                                    |
| 4  | + Cultivation = c("Conv", "NoChem", "Organic"),                          |
| 5  | + Price = c("1700", "2000", "2300"),                                     |
| 6  | + nalternatives = 2, nblocks = 1, row.renames = FALSE, randomize = TRUE, |
| 7  | + seed = 987)                                                            |
| 8  | The columns of the array have been used in order of appearance.          |
| 9  | For designs with relatively few columns,                                 |
| 10 | the properties can sometimes be substantially improved                   |
| 11 | using option columns with min3 or even min34.                            |
| 12 |                                                                          |
| 13 | > d.rice                                                                 |
| 14 |                                                                          |
| 15 | Choice sets:                                                             |
| 16 | alternative 1 in each choice set                                         |
| 17 | BLOCK QES ALT Region Cultivation Price                                   |
| 18 | 1 1 1 1 RegB NoChem 2000                                                 |
| 19 | 8 1 2 1 RegB Organic 1700                                                |
| 20 | 9 1 3 1 RegA Organic 2000                                                |
| 21 | 6 1 4 1 RegA Conv 1700                                                   |
| 22 | 3 1 5 1 RegC Organic 2300                                                |
| 23 | 7 1 6 1 RegA NoChem 2300                                                 |
| 24 | 5 1 7 1 RegC Conv 2000                                                   |
| 25 | 4 1 8 1 RegB Conv 2300                                                   |
| 26 | 2 1 9 1 RegC NoChem 1700                                                 |
| 27 |                                                                          |
| 28 | alternative 2 in each choice set                                         |
| 29 | BLOCK QES ALT Region Cultivation Price                                   |
| 30 | 1 1 1 2 RegC Organic 2300                                                |
| 31 | 5 1 2 2 RegA NoChem 2300                                                 |
| 32 | 8 1 3 2 RegC Conv 2000                                                   |
| 33 | 4 1 4 2 RegC NoChem 1700                                                 |
| 34 | 3 1 5 2 RegA Conv 1700                                                   |
| 35 | 9 1 6 2 RegB Conv 2300                                                   |
| 36 | 2 1 7 2 RegA Organic 2000                                                |
| 37 | 7 1 8 2 RegB Organic 1700                                                |
| 38 | 6 1 9 2 RegB NoChem 2000                                                 |
| 39 |                                                                          |
| 40 | Candidate design:                                                        |
| 41 | A B C                                                                    |
| 42 | 1 2 2 2                                                                  |
| 43 | 2 3 2 1                                                                  |
| 44 | 3 3 3 3                                                                  |
| 45 | 4 2 1 3                                                                  |
| 46 | 5 3 1 2                                                                  |
| 47 | 6 1 1 1                                                                  |
| 48 | 7 1 2 3                                                                  |
| 49 | 8 2 3 1                                                                  |
| 50 | 9 1 3 2                                                                  |
| 51 | class=design, type= oa                                                   |
| 52 |                                                                          |
| 53 | Design information:                                                      |
| 54 | number of blocks = 1                                                     |
| 55 | number of questions per block = 9                                        |
| 56 | number of alternatives per choice set = 2                                |
| 57 | number of attributes per alternative = 3                                 |

第4図 Mix-and-match design法による選択外オプションを除く全選択肢集合の作成

ロック数)によっては、直交配列表が存在しないこともある。そのようなときには、関数`oa.design()`は完全要因計画を返す。生成された配列の種類は51行の`type`が「oa」(直交配列表)であるか「full

factorial」(完全要因計画)であるかで判断できる。詳細は、関数`oa.design()`のヘルプを参照されたい。Design informationには、生成された選択肢集合に関する情報が整理されている。

なお、8～11行は、内部で関数`oa.design()`を実行した際に出力されたコメント文である。詳細は同関数のヘルプを参照されたい。

### 3) 設問形式への変換

関数`questionnaire()`を利用することで、生成した選択肢集合を調査票で提示する設問形式に変換する(第5図)。使い方は簡単であり、生成した選択肢集合を保存しているオブジェクトを本関数の引数`choice.experiment.design`に割り当てただけである(第5図の1行目)。

設問形式に変換された選択肢集合がRコンソール上に出力されるので(3行目以降)、それをコピーして、調査票を作成しているワープロソフトや表計算ソフトの編集画面に貼り付けるなどすれば、調査票を効率的に作成できるだろう。

### 4) データセットの準備

調査の実施部分は省略し、条件付きロジット・モデルを推定するための関数`clogit()`向けのデータセットを準備する作業に進む。データセットは、以下に述べる3ステップを通じて作成する。

第1ステップは、表計算ソフトなどを使って回答結果を整理し、それをRに読み込む作業である。

本例では、離散選択実験に関する全9問に加えて、回答者の性別を尋ねる設問の計10問分を分析に用いると仮定する。表計算ソフトを利用して、第6図のように調査結果を整理したとする(6名分のみ表示)。1行が回答者1名に対応し、1列が変数1つに対応している。ここでは100名分のデータを整理することになるので、1行目の変数名に相当する行を除けば行数は100である。列は、回答者ごとに異なる番号を割り当てることで各回答者を識別する変数ID列、各回答者が回答した設問ブロックを表す変数BLOCK列のほかに、9問分の離散選択実験の設問への回答を含む変数`q1`～`q9`の9列と、性別を表す変数`F`の1列の計12列から構成されている。

全ての回答者が離散選択実験の全9問に回答している、つまり分割数が1であることから、変数BLOCKは全ての回答者が1の値をとっている。仮に先に生成した選択肢集合を3つに分割、つまり全9問を3つのグループに(重複なく)分割したとすれば、BLOCKの値は1, 2, 3のいずれかである。そして、各回答者のBLOCK変数の値は、各々が直面したBLOCK番号に対応するように入力す

| 行  | コードと出力                                             |
|----|----------------------------------------------------|
| 1  | > questionnaire(choice.experiment.design = d.rice) |
| 2  |                                                    |
| 3  | Block 1                                            |
| 4  |                                                    |
| 5  | Question 1                                         |
| 6  |                                                    |
| 7  | Region alt.1 alt.2<br>"RegB" "RegC"                |
| 8  | Cultivation "NoChem" "Organic"                     |
| 9  | Price "2000" "2300"                                |
| 10 |                                                    |
| 11 | ...                                                |
| 12 |                                                    |
| 13 | Question 9                                         |
| 14 |                                                    |
| 15 | Region alt.1 alt.2<br>"RegC" "RegB"                |
| 16 | Cultivation "NoChem" "NoChem"                      |
| 17 | Price "1700" "2000"                                |

第5図 全選択肢集合の質問形式への変換

|   | A  | B     | C  | D  | E  | F  | G  | H  | I  | J  | K  | L |
|---|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1 | ID | BLOCK | q1 | q2 | q3 | q4 | q5 | q6 | q7 | q8 | q9 | F |
| 2 | 1  | 1     | 1  | 1  | 2  | 2  | 1  | 3  | 2  | 2  | 1  | 0 |
| 3 | 2  | 1     | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1 |
| 4 | 3  | 1     | 2  | 2  | 3  | 2  | 3  | 3  | 1  | 2  | 2  | 0 |
| 5 | 4  | 1     | 2  | 1  | 2  | 2  | 3  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1 |
| 6 | 5  | 1     | 1  | 1  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | 1 |
| 7 | 6  | 1     | 2  | 1  | 1  | 2  | 3  | 1  | 2  | 3  | 1  | 0 |

第6図 表計算ソフトを利用した調査結果の整理(イメージ)

る。例えば、回答者1がブロック2の設問群を回答したとすれば、回答者1のBLOCK変数の値は2とする。離散選択実験の設問への回答変数`q1`～`q9`は、各設問でそれぞれの回答者が選択した選択肢番号 $i(i=1, 2, 3)$ を表している。変数`F`は回答者が女であれば1、そうでなければ0の値をとるダミー変数として設定されている。

| 行 | コードと出力                                |
|---|---------------------------------------|
| 1 | > data(rice)                          |
| 2 | > head(rice)                          |
| 3 | ID BLOCK q1 q2 q3 q4 q5 q6 q7 q8 q9 F |
| 4 | 1 1 1 1 1 2 2 1 3 2 2 1 0             |
| 5 | 2 2 1 1 1 2 1 1 3 2 2 1 1             |
| 6 | 3 3 1 2 2 3 2 3 3 1 2 2 0             |
| 7 | 4 4 1 2 1 2 2 3 2 1 2 1 1             |
| 8 | 5 5 1 1 1 2 2 1 1 1 2 3 1             |
| 9 | 6 6 1 2 1 1 2 3 1 2 3 1 0             |

第7図 本例で使用するデータセットの読み込み

| 行 | コードと出力                                                 |
|---|--------------------------------------------------------|
| 1 | > dm.rice <- make.design.matrix(                       |
| 2 | + choice.experiment.design = d.rice,                   |
| 3 | + optout = TRUE,                                       |
| 4 | + categorical.attributes = c("Region", "Cultivation"), |
| 5 | + continuous.attributes = c("Price"),                  |
| 6 | + unlabeled = TRUE)                                    |

第8図 全選択肢集合の計画行列への変換

| 行  | コードと出力                                                        |
|----|---------------------------------------------------------------|
| 1  | > ds.rice <- make.dataset(                                    |
| 2  | + respondent.dataset = rice,                                  |
| 3  | + choice.indicators =                                         |
| 4  | + c("q1", "q2", "q3", "q4", "q5", "q6", "q7", "q8", "q9"),    |
| 5  | + design.matrix = dm.rice)                                    |
| 6  | > head(ds.rice)                                               |
| 7  | ID F BLOCK QES ALT RES ASC RegB RegC NoChem Organic Price STR |
| 8  | 1 1 0 1 1 1 TRUE 1 1 0 1 0 2000 101                           |
| 9  | 2 1 0 1 1 2 FALSE 1 0 1 0 1 2300 101                          |
| 10 | 3 1 0 1 1 3 FALSE 0 0 0 0 0 1700 102                          |
| 11 | 4 1 0 1 2 1 TRUE 1 1 0 0 1 2300 102                           |
| 12 | 5 1 0 1 2 2 FALSE 1 0 0 1 0 2300 102                          |
| 13 | 6 1 0 1 2 3 FALSE 0 0 0 0 0 0 102                             |

第9図 分析用データセットの作成

回答者の識別番号を表す変数名と回答した離散選択実験向けの設問ブロックを表す変数名は、それぞれIDとBLOCKにしなければならないが、それら以外の変数名は任意である。

本例の回答結果は、すでにデータセットriceとしてsupport.CEsパッケージに準備されているが（第7図）、読者が自分の課題に取り組むときは、以上のようにして表計算ソフトなどで準備したデータセットをCSV形式で保存し、関数read.csv()を使ってRに読み込むことになる。

第2ステップは、関数make.design.matrix()を利用して、先に作成した全選択肢集合を分析に適した計画行列（design matrix）に変換する作業である（第8図）。本例に沿った関数make.design.matrix()の引数の設定は、次の通りである（2～6行目）。引数choice.experiment.designには、先に作成してd.riceに保存した選択肢集合を割り当てる。引数optoutには、選択外オプションの有無

を指定する。本例では「どちらも買わない」を設定することから、TRUEを割り当てている。次に、選択肢集合に含まれる属性を、質的属性と量的属性に分けて、それぞれ引数categorical.attributesと引数continuous.attributesに文字列ベクトルとして割り当てる。産地属性と栽培方法属性が質的属性、価格属性が量的属性であることから、RegionとCultivationを前者の引数に、Priceを後者の引数にそれぞれ割り当てている。引数unlabeledは、選択肢がラベル型（FALSE）か非ラベル型（TRUE）かを設定する。本例は非ラベル型の選択肢であることから、TRUEを割り当てている。このコードでは、以上のような設定に基づいて生成した計画行列を、オブジェクトdm.riceに保存している（1行目）。

第3ステップは、関数make.dataset()を利用して、回答結果データセットと計画行列を1つのデータセットに統合する作業である（第9図）。引数re-

respondent.datasetには、回答結果データセット（本例ではrice）を指定する．引数choice.indicatorsには、回答結果データセットの中で離散選択実験向けの設問への回答を含んでいる変数を、文字列ベクトルで割り当てる．データセットriceではq1～q9までの9つの変数が該当することから、q1からq9までの変数名を設定している．引数design.matrixには、計画行列を割り当てることから、ここではdm.riceを指定している．

第9図の6行目で作成した分析用データセットの先頭6行分を表示するよう命令し、7～13行目にその結果が表示されている．分析用データセットは、1行が1選択肢に相当するように作成される．本例では1問で3選択肢（米1、米2、「どちらも買わない」）を提示しているため、3行で1問分のデータを構成している．100名の回答者それぞれが全9問の離散選択実験の設問に回答していることから、分析用データセットの行数は2700行（＝100名×9問/名×3行/問）となる．回答結果データセットの構造は1行＝1回答者であったが、それとは異なることに注意されたい．

各列は変数となっている．変数IDは回答者番号、変数BLOCKは各回答者が直面した（回答した）離散選択実験の設問ブロックの番号、変数QESは離散選択実験設問の番号、変数ALTは選択肢番号である．変数RESは選択結果を表し、選ばれた選択肢に対応する行ではTRUE、それ以外ではFALSEの論理値をとる．例えば、最初の3行（第9図のコード全体であれば8～10行目）は、回答者番号が1（ID＝1）の回答者は、問1（QES＝1）において、3つの選択肢から1番目（ALT＝1）、つまり「米1」を選択した（TRUE）ことを表している．

変数ASCから変数Priceまでは属性変数を表している．ASCは選択肢固有定数である．本例は非ラベル型であり、「どちらも買わない」を設定していることから、米1あるいは米2に該当する行では1の値をとり、「どちらも買わない」に該当する行では0の値をとるように作られている．RegBとRegCは産地属性に関するダミー変数である．産地属性については、最小の水準値を割り当てられている産地Aを基準としたダミー変数として表現されており、変数RegBは産地Bの米のと

きに1、それ以外のときに0の値をとる．同様に変数RegCは産地Cの米のときに1、それ以外のときに0の値をとる．NoChemとOrganicは栽培方法属性に関するダミー変数である．最小の水準値が割り当てられているConvを基準としたダミー変数として表現されており、NoChemは米が無農薬栽培のときに1の値、それ以外のときに0の値をとる．同じく、Organicは米が有機栽培のときに1の値、それ以外のときに0の値をとる．変数Priceは価格属性変数である．変数F（2列目）は回答者の特徴の1つである性別を表すダミー変数である．

最後の列の変数STRは、関数clogit()用の特別な変数であり、確定効用関数の中に含まれる説明変数ではない．これは、回答者と設問の組み合わせを識別するための変数（層別変数）である．例えば、回答者1の問1の回答結果を表す行と回答者2の問1の回答結果を表す行をRが区別できるように、回答者と設問番号の組み合わせによって異なる値を持つように関数make.design.matrix()によって自動的に作成されている．

なお、質的属性からダミー変数を生成する方法の詳細については、関数make.design.matrix()のヘルプを参照されたい．

### 5) 分析の実行と結果の活用

関数clogit()を使ったコード例の説明に入る前に、本例における確定効用関数を具体的に解説する．本例では、「どちらも買わない」選択肢の確定効用をゼロに基準化した上で、米 $i$ （ $i=1, 2$ ）の確定効用を、次式のように仮定している．

$$V_i = ASC + b_1 RegB_i + b_2 RegC_i + b_3 NoChem_i + b_4 Organic_i + b_5 NoChem_i F_{in} + b_6 Organic_i F_{in} + b_7 Price_i$$

ただし、各 $b$ は推定すべき係数である．この式は、米 $i$ の確定効用は、選択肢固有定数（ASC：ここでは米1ないしは米2のときには1、「どちらも買わない」ときには0の値をとる）、米 $i$ の産地、栽培方法、価格、ならびに消費者の性別によって決まることを仮定している．産地の違いは産地Aを基準とした産地Bダミー変数（RegB）と産地Cダミー変数（RegC）、栽培方法の違いは慣行栽培を基準とした無農薬栽培ダミー変数（NoChem）と有機栽培ダミー変数（Organic）によって、それ

ぞれ表現している．さらに、NoChemとOrganicには回答者*n*が女であるときに1の値をとるダミー変数（*F*）と掛け合わせた項が含まれている．このダミー変数が設定されていることから、*b*<sub>3</sub>と*b*<sub>4</sub>は男の回答者のNoChemとOrganicの係数となり、*b*<sub>5</sub>と*b*<sub>6</sub>は、それぞれ*b*<sub>3</sub>と*b*<sub>4</sub>を基準とした女の回答者のNoChemとOrganicの係数の差分を表す．つまり、*b*<sub>5</sub>と*b*<sub>6</sub>が統計的にゼロと有意な差が認められれば、男女間でNoChemとOrganicの係数にそれぞれ差があることを意味する．

関数clogit()は多数の引数を持つが、本例では2つの引数のみ設定している（第10図）．1つはモデル式を割り当てる引数formula、もう1つは分析用データセットを指定する引数dataである．ここでは、引数formulaに割り当てるモデル式をオブジェクトfm.riceに一度保存した上で（1～2行）、引数formulaに割り当てている（3行）．モデル式は、チルダ（～）の左辺がいずれの選択肢を選んだか表す変数（RES）、右辺がその選択行動に影響を及ぼした変数であり、上記の確定効用関数における説明変数に対応する．NoChem:FとOrganic:Fは、確定効用関数におけるNoChem<sub>*i*</sub> *F<sub>i</sub>*とOrganic<sub>*i*</sub> *F<sub>i</sub>*に該当する．モデル式の最後に加えているstrata(STR)は、関数clogit()に特有な設定であり、回答者と設問の組み合わせを区別するための層別変数が変数STRであることを示している．

関数clogit()を使った推定結果を4行目以降に示す．変数ごとに係数推定値（coef）、exp(coef)、

係数推定値の標準誤差（se(coef)）、*z*値（*z*）、*p*値（*p*）が示されている．*p*値を見ると、NoChem:FとOrganic:Fを除いた変数では0.01を下回っており、それらの変数の係数推定値はゼロと有意差のあることがわかる．また、係数推定値の符号条件から、プラス（マイナス）の係数推定値を持つ変数は当該変数の値が大きいくほど、あるいはダミー変数であれば0から1に変化すると、そのような変化が生じた選択肢の確定効用が高くなる（低くなる）ことを意味する．

なお、第10図に示されている関数clogit()の出力結果は、係数推定値を中心とした情報に限られているが、これら以外にもさまざまな情報がオブジェクトout.riceに保存されている．詳細については、同関数のヘルプを参照されるか、オブジェクトout.riceに関数str()を適用して出力の概要を把握されたい．

推定した条件付きロジット・モデルをモデル全体として評価する際に利用するのが、疑似決定係数（McFaddenの決定係数） $\rho^2$ である．関数clogit()の出力を関数gofm()に割り当てることで計算できる．関数gofm()で計算される疑似決定係数の定義式は、次の通りである．

$$\rho^2 = 1 - (\ln L_b / \ln L_0)$$

$$\text{Adj-}\rho^2 = 1 - ((\ln L_b - K) / \ln L_0)$$

ただし、 $\ln L_0$ と $\ln L_b$ はそれぞれ全ての係数を0としたときと収束したときの対数尤度関数の値、Adj- $\rho^2$ は自由度調整済み疑似決定係数、*K*は推定

| 行  | コードと出力                                                                |
|----|-----------------------------------------------------------------------|
| 1  | > fm.rice <- RES ~ ASC + RegB + RegC + NoChem + Organic + NoChem:F +  |
| 2  | + Organic:F + Price + strata(STR)                                     |
| 3  | > out.rice <- clogit(formula = fm.rice, data = ds.rice)               |
| 4  | > out.rice                                                            |
| 5  | Call:                                                                 |
| 6  | clogit(formula = fm.rice, data = ds.rice)                             |
| 7  |                                                                       |
| 8  |                                                                       |
| 9  | coef exp(coef) se(coef) z p                                           |
| 10 | ASC 4.44306 85.035 0.482971 9.199 0.0e+00                             |
| 11 | RegB 0.46909 1.599 0.137283 3.417 6.3e-04                             |
| 12 | RegC 0.96775 2.632 0.107571 8.996 0.0e+00                             |
| 13 | NoChem 0.75163 2.120 0.176572 4.257 2.1e-05                           |
| 14 | Organic 1.16466 3.205 0.141132 8.252 1.1e-16                          |
| 15 | Price -0.00227 0.998 0.000233 -9.732 0.0e+00                          |
| 16 | NoChem:F -0.19422 0.823 0.233636 -0.831 4.1e-01                       |
| 17 | Organic:F -0.12266 0.885 0.183405 -0.669 5.0e-01                      |
| 18 |                                                                       |
| 19 | Likelihood ratio test=436 on 8 df, p=0 n= 2700, number of events= 900 |

第10図 条件付きロジット・モデルの推定

された係数の個数である。

一般に、自由度調整済み疑似決定係数の値が0.2を超えると適合度が良いと判断される。上記の推定結果out.riceに関数gofm()を適用した結果（第11図）についても、Adjusted rho-squaredの値は0.2を超えている。

さて、本例の回答者は産地Bに居住する消費者である。産地Bのダミー変数（RegB）の係数が0と有意な差を持つと認められたことは、産地Aと産地Bのどちらも一般的な米産地であるものの、産地Bに居住する消費者にとって、地元である産地Bの米をより好むという「地元産志向」の存在が示唆される。一方、産地Bと有名な米産地である産地Cとの間に消費者から見た評価に差があるのか、言い換えればRegBの係数とRegCの係数の差については、統計的検定を行わなければ判断できない。そこで、RegBとRegCの係数が等しいという制約を設けたモデルを推定して、尤度比検定を実行する。

関数update()を利用することで、先に推定した結果から容易に制約付きモデルを推定できる（第12図）。第12図の1行目にある「-RegB-RegC」は、out.riceに保存されている先に推定したモデルからRegBとRegCを取り除くことを意味する。そのあとに続く「+I(RegB+RegC)」は、米の産地が産地Bあるいは産地Cであるときに1、それ以外のときには0の値をとる新しいダミー変数に相当するI(RegB+RegC)をモデルに追加することを意味する。収束時の対数尤度関数の値は、関数clogit()の出力の1つであるloglikの第2要素に保存

されていることから、次式で表される検定統計量は第12図の2行目で計算できる。

$$-2(\ln L_R - \ln L_U)$$

ただし、 $\ln L_R$ と $\ln L_U$ は、それぞれ制約ありモデルと制約なしモデルの収束時の対数尤度関数の値である。計算結果は16.12869である一方、 $\chi^2_{0.01}(1)=6.634$ であることから、RegBとRegCの係数は等しいという帰無仮説は棄却される。つまり、産地Bに居住する消費者は、地元産である産地Bの米よりも有名な産地である産地Cの米を相対的に高く評価していることを意味する。

最後に産地変数と栽培方法変数の限界支払意思額（marginal willingness-to-pay: MWTP）を関数mwtp()を使って推定する。同関数は、価格変数Pと非価格変数NPの係数をそれぞれ $b_P$ と $b_{NP}$ とすると、 $-b_{NP}/b_P$ で定義される限界支払意思額とその信頼区間を計算する。ここでは信頼区間の計算方法に、係数推定値ベクトルとその分散共分散行列を使って多変量正規分布に従う乱数を生成することで多数の係数推定値を複製し、その複製された係数推定値から限界支払意思額の経験分布を求めるKrinsky and Robb (1986, 1990)によるパラメトリック・ブートストラップ法を用いる。

同関数の引数を本例に沿って設定すると（第13図）、引数outputには条件付きロジット・モデルの推定結果（out.rice）を割り当てる。引数monetary.variablesと引数nonmonetary.variablesには、推定結果の中で価格変数と（限界支払意思額を求めたい）非価格変数である変数をそれぞれ指定する。ここでは価格変数がPrice、非価格変数が残り

| 行 | コードと出力                                          |
|---|-------------------------------------------------|
| 1 | > gofm(out.rice)                                |
| 2 |                                                 |
| 3 | Rho-squared = 0.2202996                         |
| 4 | Adjusted rho-squared = 0.2122085                |
| 5 | Akaike information criterion (AIC) = 1557.859   |
| 6 | Bayesian information criterion (BIC) = 1596.278 |
| 7 | Number of coefficients = 8                      |
| 8 | Log likelihood at start = -988.7511             |
| 9 | Log likelihood at convergence = -770.9296       |

第11図 推定結果のモデル適合度の計算

| 行 | コードと出力                                                              |
|---|---------------------------------------------------------------------|
| 1 | > out.rice.r <- update(out.rice, ~. - RegB - RegC + I(RegB + RegC)) |
| 2 | > -2 * (out.rice.r\$loglik[2] - out.rice\$loglik[2])                |
| 3 | [1] 16.12869                                                        |

第12図 尤度比検定の実行

| 行  | コードと出力                                                             |
|----|--------------------------------------------------------------------|
| 1  | > mwtp.rice <- mwtp(output = out.rice,                             |
| 2  | + monetary.variables = c("Price"),                                 |
| 3  | + nonmonetary.variables =                                          |
| 4  | + c("RegB", "RegC", "NoChem", "Organic", "NoChem:F", "Organic:F"), |
| 5  | + confidence.level = 0.95,                                         |
| 6  | + method = "kr",                                                   |
| 7  | + seed = 987)                                                      |
| 8  | > mwtp.rice                                                        |
| 9  |                                                                    |
| 10 | MWTP      2.5%   97.5%                                             |
| 11 | RegB      207.02   83.20  346.64                                   |
| 12 | RegC      427.08  323.43  560.86                                   |
| 13 | NoChem     331.71  179.37  510.57                                  |
| 14 | Organic    513.98  377.58  686.88                                  |
| 15 | NoChem:F   -85.71 -290.84  118.05                                  |
| 16 | Organic:F  -54.13 -217.84  103.29                                  |
| 17 |                                                                    |
| 18 | method = Krinsky and Robb                                          |

第13図 限界支払意思額の推定

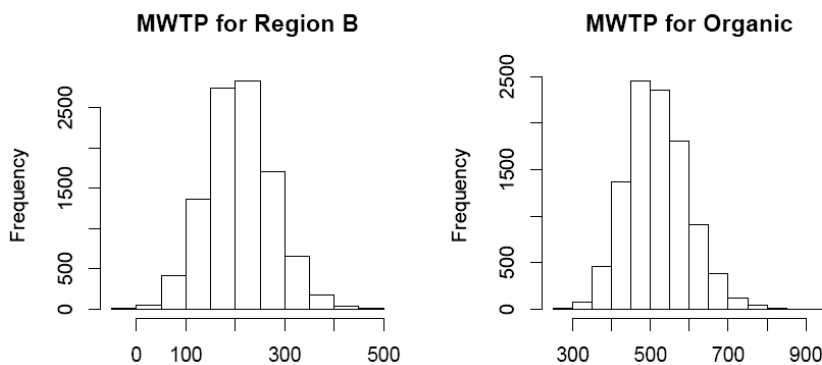
| 行  | コードと出力                                                                      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1  | > str(mwtp.rice)                                                            |
| 2  | List of 4                                                                   |
| 3  | \$ mwtp.table: num [1:6, 1:3] 207 427.1 331.7 514 -85.7 ...                 |
| 4  | ..- attr(*, "dimnames")=List of 2                                           |
| 5  | .. ..\$ : chr [1:6] "RegB" "RegC" "NoChem" "Organic" ...                    |
| 6  | .. ..\$ : chr [1:3] "MWTP" "2.5%" "97.5%"                                   |
| 7  | \$ method : chr "kr"                                                        |
| 8  | \$ mwtps : num [1:10000, 1:6] 208 217 233 291 158 ...                       |
| 9  | ..- attr(*, "dimnames")=List of 2                                           |
| 10 | .. ..\$ : NULL                                                              |
| 11 | .. ..\$ : chr [1:6] "RegB" "RegC" "NoChem" "Organic" ...                    |
| 12 | \$ repb : num [1:10000, 1:8] 4.41 4.58 4.89 4.37 4.97 ...                   |
| 13 | ..- attr(*, "dimnames")=List of 2                                           |
| 14 | .. ..\$ : NULL                                                              |
| 15 | .. ..\$ : chr [1:8] "ASC" "RegB" "RegC" "NoChem" ...                        |
| 16 | - attr(*, "class")= chr "mwtp"                                              |
| 17 | > head(mwtp.rice\$mwtps)                                                    |
| 18 | RegB      RegC     NoChem  Organic     NoChem:F  Organic:F                  |
| 19 | [1,] 208.2073 418.4580 320.9260 414.7318 -11.97813 11.56211                 |
| 20 | [2,] 216.9377 480.2554 326.6607 463.0803 -27.41068 -55.81398                |
| 21 | [3,] 233.4848 431.3704 417.7531 554.4196 -169.39672 -115.44696              |
| 22 | [4,] 291.3130 454.6473 340.6243 599.6510 -109.22773 -130.24962              |
| 23 | [5,] 158.2568 377.2748 243.7260 455.6349 -130.87070 -65.56002               |
| 24 | [6,] 166.8805 480.0054 378.8332 691.8733 -33.42156 -305.65251               |
| 25 | > hist(mwtp.rice\$mwtps[, "RegB"], main = "MWTP for Region B", xlab = "")   |
| 26 | > hist(mwtp.rice\$mwtps[, "Organic"], main = "MWTP for Organic", xlab = "") |

第14図 限界支払意思額のヒストグラムの作図

の属性変数6つである。引数confidence.levelには信頼水準を指定する。ここでは95% (0.95) に設定している。引数methodで指定する信頼区間の計算方法は、Krinsky and Robbの方法 ("kr") である。そして、再現性を確保するために引数seedに任意の値 (987) を設定している。

第13図の10行目以降が推定結果である。1列目 (MWTP) が限界支払意思額の点推定, 2列目 (2.5%) と3列目 (97.5%) が限界支払意思額の区間推定の下限値と上限である。NoChem:FとOrganic:Fを除いた限界支払意思額の信頼区間にはゼロが含まれないため、これらについてはゼロと有意差があると判断できる。産地の評価結果を見ると、産地Aに比べて産地Bと産地Cは相対的に高く評価されていることがわかり、その評価差 (相対的な差) は約207円と約427円である。栽培方法については、慣行栽培に比べて、無農薬栽培と有機栽培はそれぞれ約332円と約514円だけ高く評価されていることがわかる。

なお、今回設定した引数以外は初期設定のまま



第15図 限界支払意思額のヒストグラム

で関数`mwtp()`を実行しているため、その出力の中には計算した限界支払意思額の経験分布が`mwpts`というオブジェクト名で保存されている（第14図の8～11行）。それを利用すれば、限界支払意思額のヒストグラムを描くこともできる（第14図の25～26行および第15図）。

#### 4. おわりに

本稿で示した例題は、離散選択実験の適用例としては極めて簡単なものである。回答者の個人特性として評価対象に関連する知識や態度を使ってみたり、回答者グループ間で推定結果を比較してみたりするなど、研究テーマに応じて色々と工夫できる余地がある。離散選択実験の実証論文や本稿で引用している文献などが参考になろう。

#### 付 記

本稿には、各地の大学や研究機関で実施してきた講義やゼミの経験が反映されている。これまでに協力、参加いただいた方々に感謝申し上げる。本稿は、JSPS科研費25450341の助成による成果の一部である。

#### 引用文献

- 合崎英男（2005）『農業・農村の計画評価』農林統計協会。  
 合崎英男（2007）「MS Excelを利用した選択実験データの統計分析マクロ・プログラムの開発」『農業情報研究』16(3), 141-149。  
 合崎英男（2009）「Rを活用した選択実験向け選択枝集合の作成およびデータ分析用アプリケーションの開発」『行動計量学』36(1), 35-46。  
 Aizaki, H. (2012a) Basic Functions for Supporting an

Implementation of Choice Experiments in R, *Journal of Statistical Software, Code Snippets*, 50(2), 1-24, URL <http://www.jstatsoft.org/v50/c02/>.

Aizaki, H. (2012b) Choice Experiment Applications in Food, Agriculture, and Rural Planning Research in Japan, *AGRI-Bioscience Monographs*, 2(1), 1-46, URL <http://www.terapub.co.jp/online-monographs/agbm/>.

Aizaki, H. (2014a) *mded: Measuring the Difference between Two Empirical Distributions*, R Package Version 0.1-1, URL <http://CRAN.R-project.org/package=mded>.

Aizaki, H. (2014b) *support.CEs: Basic Functions for Supporting an Implementation of Choice Experiments*, R Package Version 0.3-2, URL <http://CRAN.R-project.org/package=support.CEs>.

合崎英男・西村和志（2007）「データ解析環境Rによる選択型コンジョイント分析入門」『農村工学研究所技報』206, 151-173.

Aizaki, H. and Nishimura, K. (2008) Design and Analysis of Choice Experiments using R: A Brief Introduction, *Agricultural Information Research*, 17(2), 86-94.

Aizaki, H., Nakatani, T. and Sato, K. (2014) *Stated Preference Methods Using R*, CRC Press.

Ares, G., Mawad, F., Gimenez, A. and Maiche, A. (2014) Influence of Rational and Intuitive Thinking Styles on Food Choice: Preliminary Evidence from an Eye-Tracking Study with Yogurt Labels, *Food Quality and Preference*, 31, 28-37.

Bateman, I. J., Carson, R. T., Day, B., Hanemann, M., Hanley, N., Hett, T., Jones-Lee, M., Loomes, G., Mourato, S., Özdemiroglu, E., Pearce, D. W., Sugden, R. and Swanson, J. (eds.) (2002) *Economic Valuation with Stated Preference Techniques: A Manual*, Edward Elgar.

Ben-Akiva, M. and Lerman, S. R. (1985) *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*,

- The MIT Press.
- Bennett, J. and Blamey, R. (eds.) (2001) *The Choice Modelling Approach to Environmental Valuation*, Edward Elgar.
- Chrzan, K. and Orme, B. (2000) An Overview and Comparison of Design Strategies for Choice-Based Conjoint Analysis, *Sawtooth Software Research Paper Series*, URL <http://www.sawtoothsoftware.com/download/techpap/desgncbc.pdf>.
- Cochran, W. G. and Cox, G. M. (1992) *Experimental Designs*, Second Edition (Wiley Classics Library Edition), John Wiley & Sons.
- Croissant, Y. (2013) *mlogit: Multinomial Logit Model*, R Package Version 0.2-4, URL <http://CRAN.R-project.org/package=mlogit>.
- 土木学会土木計画学研究委員会編 (1995) 『非集計行動モデルの理論と実際』 土木学会.
- 江守智夏子 (2013) 「家庭での食育をサポートする食育ビジネス—コンジョイント分析による商品開発—」 『フードシステム研究』 20(3), 233-238.
- Gill, D. A., Schuhmann, P. W. and Oxenford, H. A. (2015) Recreational Diver Preferences for Reef Fish Attributes: Economic Implications of Future Change, *Ecological Economics*, 111, 48-57.
- Grömping, U. (2014) *DoE.base: Full Factorials, Orthogonal Arrays and Base Utilities for DoE Packages*, R Package Version 0.26-2, URL <http://CRAN.R-project.org/package=DoE.base>.
- Hedayat, A. S., Sloane, N. J. A. and Stufken, J. (1999) *Orthogonal Arrays: Theory and Applications*, Springer-Verlag New York.
- Hensher, D. A., Rose, J. M. and Greene, W. H. (2005) *Applied Choice Analysis: A Primer*, Cambridge University Press.
- 岩崎学 (2006) 『統計的データ解析入門 実験計画法』 東京図書.
- Johnson, F. R., Kanninen, B., Bingham, M. and Özdemir, S. (2007) Experimental Design for Stated Choice Studies, In B. J. Kanninen (ed.), *Valuing Environmental Amenities Using Stated Choice Studies: A Common Sense Approach to Theory and Practice*, Springer, 159-202.
- Kanninen, B. J. (ed.) (2007) *Valuing Environmental Amenities Using Stated Choice Studies: A Common Sense Approach to Theory and Practice*, Springer.
- 北村隆一・森川高之編著・佐々木邦明・藤井聡・山本俊行 (2002) 『交通行動の分析とモデリング』 技報堂出版.
- 交通工学研究会編 (1993) 『やさしい非集計分析』 交通工学研究会.
- Krinsky, I. and Robb, A. L. (1986) On Approximating the Statistical Properties of Elasticities, *The Review of Economics and Statistics*, 68, 715-719.
- Krinsky, I. and Robb, A. L. (1990) On Approximating the Statistical Properties of Elasticities: A Correction, *The Review of Economics and Statistics*, 72, 189-190.
- 栗山浩一・庄子康編著 (2005) 『環境と観光の経済評価：国立公園の維持と管理』 勁草書房.
- 栗山浩一・柘植隆宏・庄子康 (2013) 『初心者のための環境評価入門』 勁草書房.
- Kuhfeld, W. F. (2010) *Marketing Research Methods in SAS*, SAS Institute, URL [http://support.sas.com/resources/papers/tnote/tnote\\_marketresearch.html](http://support.sas.com/resources/papers/tnote/tnote_marketresearch.html).
- Louviere, J. J. and Woodworth, G. (1983) Design and Analysis of Simulated Consumer Choice or Allocation Experiments: An Approach based on Aggregate Data, *Journal of Marketing Research*, 20, 350-367.
- Louviere, J. J., Hensher, D. A. and Swait, J. D. (2000) *Stated Choice Methods: Analysis and Application*, Cambridge University Press.
- Louviere, J. J., Flynn, T. N. and Carson, R. T. (2010) Discrete Choice Experiments Are Not Conjoint Analysis, *Journal of Choice Modelling*, 3(3), 57-72.
- 中村義作 (1997) 『よくわかる実験計画法』 近代科学社.
- 奥野忠一・芳賀敏郎 (1969) 『実験計画法』 培風館.
- Poe, G. L., Giraud, K. L. and Loomis, J. B. (2005) Computational Methods for Measuring the Difference of Empirical Distributions, *American Journal of Agricultural Economics*, 87(2), 353-365.
- Poe, G. L., Welsh, M. P. and Champ, P. A. (1997) Measuring the Difference in Mean Willingness to Pay when Dichotomous Choice Contingent Valuation Responses Are Not Independent, *Land Economics*, 73, 255-267.
- Ryan, M., Gerard, K. and Amaya-Amaya, M. (eds.) (2008) *Using Discrete Choice Experiments to Value Health and Health Care*, Springer.
- R Core Team (2014) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.R-project.org/>.
- 佐藤和夫・岩本博幸・出村克彦 (2001) 「安全性に配慮した栽培方法による北海道産米の市場競争力」 『農林業問題研究』 37(1), 37-49.
- Street, D. J. and Burgess, L. (2007) *The Construction of*

*Optimal Stated Choice Experiments: Theory and Methods*, John Wiley & Sons.

Therneau, T. (2014) *survival: A package for survival analysis in S*, R Package Version 2.37-7, URL <http://CRAN.R-project.org/package=survival>.

Train, K. E. (2009) *Discrete Choice Methods with Simulation*, Second edition, Cambridge University Press.

Yoshida, K. and Peterson, H. H. (2003) Estimating the Consumer Response toward the Country-of-Origin Labeling and Food Safety of Imported Rice, *Journal of Rural Economics*, Special Issue 2003, 297-302.