

期待効用理論を援用したコンジョイント分析による リスク財評価

赤沢克洋*・稲葉憲治**

要旨

コンジョイント分析は財の特徴と人々のニーズとの関係を定量的に評価できる手法であり、古くからマーケティング分野で用いられている。しかし、コンジョイント分析ではリスクを伴う財（リスク財）の評価が十分に為されていない。そこで本研究では、コンジョイント分析のリスク財評価への拡張を図ることを目的として、コンジョイント分析の1つである選択実験に期待効用理論を援用したモデルを提案した。同モデルの方法論的特徴は、①期待効用理論に基づいてリスク財をプロファイル表現と代数的表現とで理論的に把握すること、②リスク財に対する選好データを多項ロジットモデルで処理する際に、効用の確定項を期待効用関数で定式化することである。さらに、駐車可能性が確率的であるという点からリスク財である海水浴場を対象とした評価を行い、リスク財評価の可能性を確認するとともに、既存研究では得られないリスク属性に関する示唆が得られることを示した。

キーワード

リスク、期待効用理論、選択実験、資源管理、定量的評価

1. 背景と目的

企業にとって製品に対する消費者のニーズを的確に把握することはマーケティングの第一歩である。あるいは、公共財を管理する多くの国や地方公共団体にとって公共財に対する住民のニーズを把握し、適切な資源管理を行うことはその責務といえる。このようにさまざまな主体にとって財に対する人々のニーズを把握することは重要である。

特に、財の特徴と人々のニーズを結びつけ、その定量的な関係を抽出することによって、財の改良に関する示唆を得ることは有益である。このために種々の多変量解析手法が学術から実務レベルに至るまで幅広く利用されて

いる。このうち、コンジョイント分析はマーケティング分野において古くから用いられてきた手法である。

コンジョイント分析は仮想的な財に対する選好を定量的かつ商品属性ごとに評価できる点が優れている。このため、同手法はマーケティング分野にとどまらず、環境評価の分野にも適用範囲を広げており、利用可能性が高い。

一方、財の中には、財の消費から得られる結果が確実ではなくリスクを伴うものもある。ここで、リスクを伴う状況とはあらかじめ確率的にしか確定できない自然の状態によって行為の結果が影響を受けるものである。例えば、ドーム球場でのプロ野球観戦は天気的面からは結果が確実であり、リスクを伴わないが、それ以外の場所でのプロ野球は天気によっては傘を差しながら観戦しなければなら

* 島根大学生物資源科学部
〒690-8504 松江市西川津町1060（大学）

** 島根大学大学院生物資源科学研究科
〒690-8504 松江市西川津町1060（大学）

ないし、あるいは中止になってしまうかもしれない。また、試合開始直前には試合中の天気をほぼ予測できるが、前売り券を買う段階では天気によって得られる効用が確実ではない。このようにドーム球場以外でのプロ野球観戦はリスクを伴う財（本研究では、リスク財とよぶ）であるといえる。

リスク財の定量的評価においてコンジョイント分析を適用するためには、特にリスク財に対する理論的把握とこれに対応したデータ処理が求められる。しかし、このような方法的な枠組みは構築されておらず、コンジョイント分析によるリスク財の評価が十分に為されているとはいえない¹⁾。

そこで本研究では、コンジョイント分析の一種である選択実験にリスクに対する効用理論を援用したモデルを提示することを目的とする。ここで、リスクに対する効用理論としては最も基本的なモデルである期待効用理論を取り上げる。このとき、リスク回避型、リスク中立型およびリスク志向型といった人々のリスクに対する態度も考慮に入れる。さらに、駐車可能性が確率的であるという点からリスク財である海水浴場を対象とした評価事例を示す。

2. リスクと期待効用理論²⁾

リスクには、①利得や損失を生じる確率、②事故、災害、危難といった個人の生命や健康に対して危害を生じる発生源の事象、③損失の大きさとそれを生じる確率との積などいくつかの定義がある（広田・増田・坂上 [5]）。本研究では、1番目の定義を採用し、これに基づいてリスクを伴う状況を「あらかじめ確率的にしか確定できない自然の状態によって行為の結果が影響を受けるもの」と定義する。したがって、「確率さえ知られていないもの」として定義される不確実性を対象としない。また、ここでの確率を「大量観察や繰り返し実験の結果得られるもの」と頻度説

的に定義される経験的確率とする。

von Neumann and Morgenstern は、期待効用理論を構築し、リスク下の意思決定における規範的モデルを初めて与えた（田村・中村・藤田 [17]）。いま、自然の状態 s ($s=1, 2, \dots, q$) に応じてある行為 a の結果 r_s が生じ、また、自然の状態 s の生起確率が既知な p_s であるようなリスク下の状況を考える。このとき、結果 r_s から得られる効用を Nuemann-Morgenstern 型の効用関数 $u(r_s)$ で表すと、ある行為 a から得られる期待効用は次のようになる。

$$EU_a = \sum_{s=1}^q p_s u(r_s) \quad (1)$$

期待効用理論では、(1)式で表される期待効用の最大化がリスク下における人々の合理的な行動の規範であるとしている。

さらに、リスクに対する個人の態度と効用関数 $u(r_s)$ の形状を関連づけることができる。簡単化のため、自然の状態が2つだけであり、その生起確率が p , $1-p$, 結果が r_1 , r_2 であるリスク下の状況を考える。ここで、結果の期待値から得られる効用は、

$$u(Er) = u(pr_1 + (1-p)r_2) \quad (2)$$

となり、期待効用は、

$$Eu(r) = pu(r_1) + (1-p)u(r_2) \quad (3)$$

となる。このとき、リスクに対する個人の態度と効用関数の形状には以下の関係がある。

$$\text{危険回避的} \Leftrightarrow u(Er) > Eu(r)$$

$$\text{危険中立的} \Leftrightarrow u(Er) = Eu(r)$$

$$\text{危険志向的} \Leftrightarrow u(Er) < Eu(r)$$

つまり、リスクに対する個人の態度がリスク回避的、リスク中立的、リスク志向的な場合において効用関数はそれぞれ強い凹関数、線形関数、強い凸関数である。

3. 選択実験の概要³⁾

選択実験を含むコンジョイント分析の手順を整理すると、次の3つの段階に分けられる。すなわち、理論的把握段階、データ収集段階、

データ処理段階である。

理論的把握段階では、対象となる財の持つさまざまな属性ごとにその水準に応じた部分効用が形成され、さらにこの部分効用から財の全体効用が形成されるという考え方に基づき、対象となる財を定量化できる形態で把握する。具体的には、複数の属性とその水準から構成される仮想的なプロフィールによって評価対象財を表現する。同時に、財の属性を独立変数とした関数によって、財から得られる効用（全体効用）を代数的に把握する。ここで、多くのコンジョイント分析の既存研究では、次の直交主効果モデルを適用することが一般的である。

$$V = \sum_j \beta_j x_j \quad (4)$$

ただし、 j は属性を表している。これは対象を構成する属性ごとから得られる効用（部分効用）が水準に関して線形であり、対象財から得られる効用が部分効用の和となっているとみなしたものである。したがって、パラメータ β_j は属性 j の重要度を表す。

次はデータ収集段階であり、財に対する人々の選好や選択に関するアンケート調査を実施する。このとき、アンケートの質問形態にはいくつかのバリエーションがあり、コンジョイント分析は質問形態の違いからペアワイズ評定型、選択実験、完全ランキングなどに分類される。このうち、選択実験では、複数のプロフィールから構成される選択集合をアンケート回答者に提示し、この選択集合の中から最も望ましい（購入したい、選択したい）プロフィールを選んでもらうといった質問形態をとる。したがって、選択実験のアンケートから得られるデータは選択集合と選択結果の組である。また、選択実験は回答者の購買方法に近いため、回答しやすいという特徴を持つ。

最後に、得られたデータを処理して人々の選好を抽出するために、一般にペアワイズ評

定型では順序プロビットモデル、完全ランキングではランク順序ロジットモデルが利用され、選択実験では多項ロジットモデルが適用される。多項ロジットモデルの概要は次の通りである。

いま、プロフィール k に対する効用 U_k を確率的に捉える。すなわち、効用 U_k が観察可能な確定項 V_k と観察不可能な誤差項 ε_k に分けられるとすると、効用 U_k は次のように定式化される。

$$U_k = V_k + \varepsilon_k \quad (5)$$

このとき、ある個人が選択集合 C の中からプロフィール k を一番望ましいものとして選ぶ確率 $Prob(k)$ は、 k を選んだときの効用 U_k がその他の選択肢 l を選んだときの効用 U_l よりも大きくなる確率であるから、以下の式で示される。

$$\begin{aligned} Prob(k) &= Prob(U_k > U_l, \forall l \in C, \forall l \neq k) \\ &= Prob(V_k - V_l > \varepsilon_l - \varepsilon_k, \forall l \in C, \forall l \neq k) \end{aligned} \quad (6)$$

ここで、(5)式の誤差項が独立かつ同一のGumbel分布に従うとき、(6)式は次式となる。

$$Prob(k) = \frac{\exp(\lambda V_k)}{\sum_{c \in C} \exp(\lambda V_c)} \quad (7)$$

ただし、 λ はスケールパラメータであり、通常1に標準化される。よって、対数尤度関数は、

$$\ln L = \sum_m \sum_k d_{mk} \ln \left(\frac{\exp(\lambda V_k)}{\sum_{c \in C} \exp(\lambda V_c)} \right) \quad (8)$$

となる。ただし、 d_{mk} は回答者 m によって k が選択されたときのみ1となるダミー変数である。このとき、(4)式の直交主効果モデル等により効用の確定項 V を定式化した上で、最尤法により属性パラメータを求め、効用関数を同定する。

消費者行動理論によると、消費者の合理的な行動とは予算などの制約を考えた上で財の集合から効用が最大となるような財の組み合わせを選択することである。以上でみたように、選択実験ではこのような消費者の選択を

模した理論的把握およびデータ収集を行う。また、データ処理段階においても、消費者行動をランダム効用理論に基づいて記述的に表現している。したがって、選択実験およびそのデータ処理手法である多項ロジットモデルは、その理論的基礎を消費者行動理論におくことができる。

4. 期待効用理論を援用した選択実験

一般的な財に対する消費者行動理論は選択実験の理論的基礎を為している。一方、期待効用理論はリスク下における人々の合理的な行動の規範が期待効用最大化であるというものであり、消費者行動理論のリスクへの拡張とみなすことができる。そこで、本研究で提案するリスク財に対する選択実験ではその理論的基礎を期待効用理論におく。このとき、リスクを伴う状況の定義から、リスク財を「確率的な状態に応じて生じる複数の異なる財の集合」と定義する。

提案モデルの大枠は通常の実験と同様に理論的把握、データ収集、データ処理の3

つの段階から構成される。

4.1 理論的把握

この段階では、まずリスク財のプロファイルを各属性とその水準および各水準の生起確率によって表現する。これには以下の理論的背景がある。すなわち、全体効用が属性水準に応じた部分効用から形成されるという選択実験の考え方を状態の生起確率について拡張すると、ある状態 s に応じて生じる財 g_s において、その生起確率 p_s (=状態 s の生起確率) は g_s を構成する属性 j の水準 x_{sj} の生起確率 p_{sj} から形成されると考えることができる。ただし、

$$\sum_{s=1}^q p_s = 1 \tag{9}$$

である。

この考え方を決定木概念を用いて表現したのが図1である。いま、リスク財 Ge は3つの属性 $AT1, AT2, AT3$ からなり、4つの自然の状態に応じて4つの財 g_1, g_2, g_3, g_4 を生じている。このとき各ノードは属性 $AT1,$

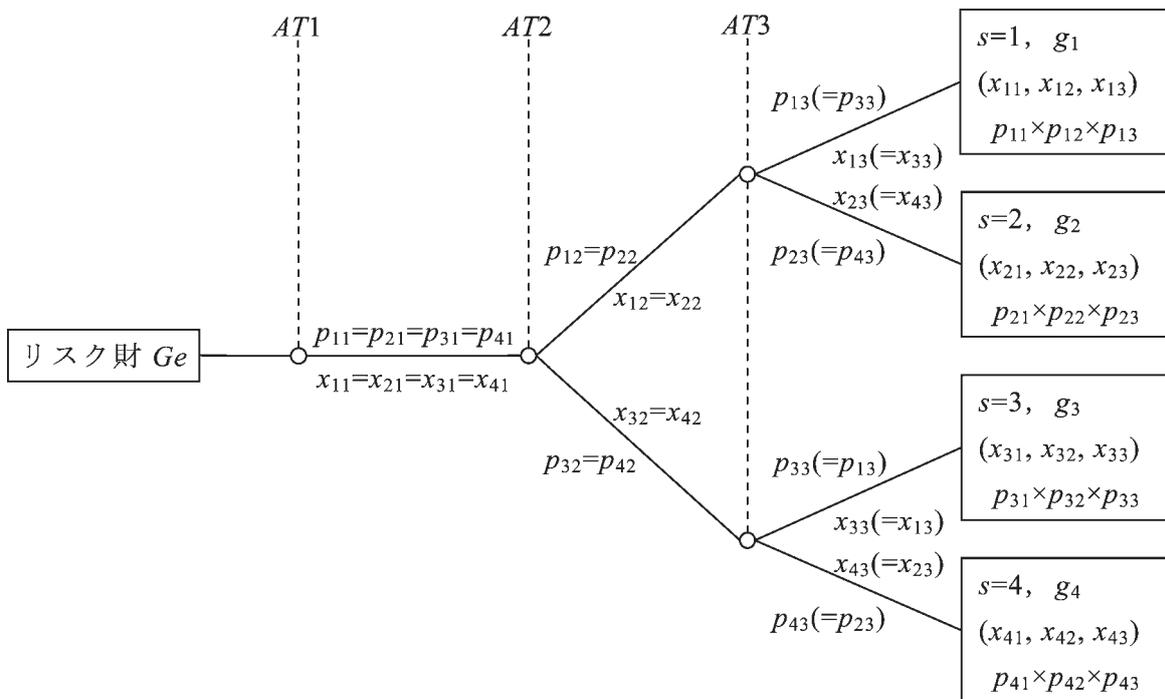


図1 リスク財の概念図

AT2, AT3に対応している。ここで財 g_1 に注目すると、その属性水準は (x_{11}, x_{12}, x_{13}) であり、 g_1 の生起確率は各属性水準の生起確率の積 $p_{11} \times p_{12} \times p_{13}$ である。ただし、 p_{11} は p_{21} , p_{31} , p_{41} と、 p_{12} は p_{22} と、 p_{13} は p_{33} と等しく、 $p_{11}=1$, $p_{12}+p_{32}=1$, $p_{13}+p_{23}=1$ である。このように各財 (状態) の生起確率は属性水準の生起確率の積として算出される。

結果的にリスク財のプロファイルは4つの財 g_1, g_2, g_3, g_4 における属性水準とその生起確率を重複等を考慮して整理したものとなる。ここで、財 g_1, g_2, g_3, g_4 のプロファイルの結果プロファイルと名付ける。図2左図は図1におけるリスク財 Ge をプロファイル化したものである。属性 AT1, AT2, AT3 における水準の個数は1, 2, 2であり、状態 s の個数 q , すなわち結果プロファイルの個数は4である。図2右図は4つの結果プロファイルであり、リスク財 Ge のすべての結果を表現したものである。また、図2右図では属性水準ごとに生起確率 p_{sj} が示されており、この生起確率から各状態の生起確率 p_s を計算することができる。

以上のことを代数的に整理する。いま、あるリスク財 G が自然の状態 s に応じて結果である財 g_s を生じているとする。このとき、自然の状態 s の生起確率を p_s , 財 g_s から得られる効用を $u(g_s)$ とすると、期待効用理論より、あるリスク財 G から得られる効用は、

$$EU = \sum_{s=1}^q p_s u(g_s) \tag{10}$$

となる。ここで、部分効用の属性水準に関する線形性と属性間選好独立性を仮定すると、効用 $u(g_s)$ は、

$$u(g_s) = \sum_{j=1}^n \beta_j x_{sj} \tag{11}$$

と表せる。ただし、 n は属性数、 x_{sj} は財 g_s の属性 j の水準である。したがって、(10)式は以下となる。

$$EU = \sum_{s=1}^q p_s \sum_{j=1}^n \beta_j x_{sj} \tag{12}$$

ただし、自然の状態 s の生起確率 p_s は、財 g_s の属性 j の水準 x_{sj} が生起する確率を p_{sj} とし、属性ごとの生起確率の独立性を仮定すると、

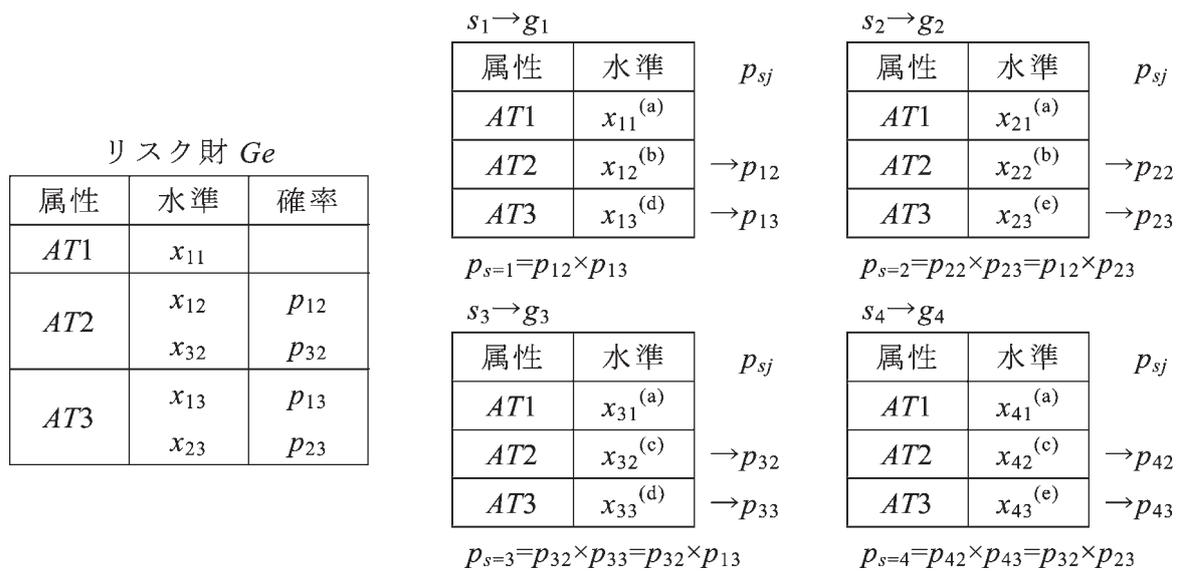


図2 リスク財のプロファイル

注：1) 左図：リスク財 Ge のプロファイル，右図：4つの結果プロファイル
 2) (a)~(e)は属性水準が等しいことを示す。

$$p_s = \prod_{j=1}^n p_{sj} \quad (13)$$

であり、状態 s の個数 q (=結果プロファイルの個数) は、属性 j における異なる水準の個数を t_j とすると、

$$q = \prod_{j=1}^n t_j \quad (14)$$

である。

ここで、 $j=1$ から d までを確定的属性、 $j=d+1$ から n までを確率的属性となるように属性を並び替えると(12)式は、

$$EU = \sum_{s=1}^q \sum_{j=1}^d p_s \beta_j x_{sj} + \sum_{s=1}^q \sum_{j=d+1}^n p_s \beta_j x_{sj} \quad (15)$$

となり、さらに確定的属性では x_{sj} が s に関して一定であることを考慮すると、

$$EU = \sum_{j=1}^d \beta_j x_j + \sum_{s=1}^q \sum_{j=d+1}^n p_s \beta_j x_{sj} \quad (16)$$

となる。

以上は $u(g_s)$ を直交主効果モデルとしたものであり、リスクに対する人々の選好の違いを組み込むと、

$$EU^{at} = \sum_{j=1}^d \beta_j x_j + \sum_{s=1}^q p_s u^{at}(x_{sj}) \quad (17)$$

となる。ただし、添字 at は {リスク回避型, リスク中立型, リスク志向型} のいずれかを表し、 $u^{at}(\cdot)$ はそれぞれの関数型を表す。

理論的把握段階では、上記のようにリスク財を捉えた上で、消費者の行動の規範が期待効用理論にあると仮定し、消費者は財 g_s から得られる効用の期待値の最大化を行っているとする。

4.2 データ収集とデータ処理

データ収集段階には、消費者の選択を模した質問形態である選択実験を自然に拡張する。すなわち、リスク財に対する選択実験では、図2左図のような各属性とその水準および各水準の生起確率によって表現されたプロファイルから選択集合を提示し、最も望ましいプロファイルを選んでもらうといった質問を行

う。

最後にデータ処理には、通常の実験と同様に多項ロジットモデルを適用する。ただし、効用の確定項を(16)式あるいは(17)式の期待効用関数により定式化する。

5. 評価事例

5.1 評価対象の選定

前述のように、本研究ではリスク財を「確率的な状態に応じて生じる複数の異なる財の集合」と定義している。このようなりスク財の例としては、前述の「ドーム球場以外でのプロ野球観戦」の他に「インフルエンザの予防接種」などが想定できる。インフルエンザのワクチンはその年の流行予測に基づいて株が決定される。ただし、流行予測には誤差があるためリスクあるいは不確実性が生じ、また、このリスクに関する情報として日本臨床内科医会がインフルエンザ予防接種の前年度における有効率を公表している。このように「インフルエンザの予防接種」はリスク財的な性質を持つと考えられる。さらに、路線バスなどの到着時間にリスクあるいは不確実性を伴う「交通機関」もまた、リスク財的な性質を持つといえる。

同様に、海水浴需要もリスク財と考えられる。海水浴需要は季節性が高く天候にも左右されるので、砂浜、駐車場やアクセス道路の混雑が発生しやすい。しかし、利用者にとってこれらの混雑に関する事前予測はある程度可能であるが、確定的ではなくリスクを伴う。さらに、混雑程度が利用者の選好に影響を及ぼす可能性が高い。また、海水浴場に対する人々の選好を抽出することは、海水浴場の資源管理上有益である。そこで本研究では、海水浴場をリスク財として捉えた上で、海水浴場の施設・サービスの改善に対する人々のニーズを定量的に評価する。

5.2 評価対象の概要

対象地は島根県鹿島町（現在、松江市鹿島町）の古浦海水浴場である。古浦海水浴場は恵曇漁港に隣接し、松江市街から車で約20分の距離にある。2001～2003年における年平均入り込み客数は28707人であり、県外からの入り込み客数の割合が低い海水浴場である。

2004年時点において管理運営は島根県から委託された鹿島町が行っている。その内容はシャワー施設の整備、トイレの清掃、海水浴客の監視である。砂浜の清掃は地元住民のボランティアによりシーズン前に行われているが、シーズン中は行われていない。また、ビーチクリーナーは導入されていない。

古浦海水浴場の主な施設は、シャワー施設、トイレ、海の家（売店）、バレーボールコート、管理棟、駐車場である。特筆すべき点は駐車場料金が無料なことである。ただし、収容可能台数は150と多くない。また、イベントに関しては海水浴場が主体となるものはなく、隣接する恵曇漁港での花火大会とシーカヤック大会が実施されている程度である。

5.3 アンケート調査

30人程度を対象としたプレテストの結果に基づきアンケート票を作成した。アンケート質問は、個人属性、リスク態度、古浦海水浴

場の利用形態、施設・サービスに対するイメージ、選択実験の各項目から構成される。

リスク態度に関する質問は「500円のくじがあります。このくじは2回に1回800円が当たり、はずれた場合には200円がもらえます。あなたならどうしますか？」というものであり、これに対して「買う、買わない、どちらでもない」の中から回答してもらう。このような質問を回答者ごとに5問行う。さらに、「買う」を2点、「どちらでもない」を1点、「買わない」を0点として回答者ごとに点数を集計し、5問の合計点数が3点未満、3点以上8点未満、8点以上となる回答者をそれぞれリスク回避型、リスク中立型、リスク志向型にクラス分けする。

表1は選択実験における属性とその水準である。「シャワー施設の増設」は既存のシャワー施設とは別に、「利用料金が300円でシャワーと更衣室がある施設（シャワー施設A）」と「利用料金が200円でシャワーがある施設（シャワー施設B）」の片方を設置するあるいは設置しないというものである。「売店の拡充」は「軽食メニューの増加、浮き輪・パラソルの貸し出し、バーベキュー器具の貸し出し」といったサービス面の拡充を意味している。「砂浜の清掃」は週1回金曜日に砂浜のゴミ清掃を行うものである。「イベント」は5つ

表1 海水浴場の属性と水準

属 性		水 準
シャワー施設の増設		シャワー施設A, シャワー施設B, 増設なし
売店の拡充		拡充あり, 拡充なし
砂浜の清掃		実施する, 実施しない
イベント		特産品市, ステージイベント, ビーチスポーツ大会, ファミリーイベント, 神楽
駐車場	空車確率	0.5, 0.7, 0.8, 0.9, 1
	駐車料金	無料, 300円, 500円, 700円

注) シャワー施設A：利用料金が300円でシャワーと更衣室がある施設
シャワー施設B：利用料金が200円でシャワーがある施設

のイベント（特産品市，ステージイベント，ビーチスポーツ大会，ファミリーイベント，神楽）のそれぞれを実施するあるいは実施しないというものである。ただし，「シャワー施設の増設」，「売店の拡充」および「イベント」については，施設やサービスが改善されたとしても利用する必要はなく，利用者にとっては選択肢が増えたことを意味する。

「駐車場」は空車確率（駐車場を利用できる確率）と駐車料金からなり，確率的な属性である。したがって，あるプロファイルの状態の個数は2であり，結果プロファイルは「駐車料金を支払って，駐車する場合」と「駐車料金を支払わずに，駐車しない場合」に相当する。前者の生起確率は空車確率であり，後者は（1－空車確率）である。ここで空車確率は休日の午前9時のものとし，その現状の水準は事前調査の結果から0.8であるとした。

これらの属性と水準とから直交主効果デザインによりプロファイルを49個生成した。このうち非現実的なものを除いた37個のプロファイルを用いて，3肢選択（選択肢A，B，C）の選択集合を24個作成した。なお，選択肢Cは現状を表し，選択肢A，Bは改善案である。さらに，24個の質問を4セットに分割し，回答者1人あたり6つの選択集合（質問）を提示した。質問例を図3に示す。

今回の調査では古浦海水浴場に対する具体的なニーズの把握のためのアンケート設計を行っているので，着地点調査とした。アンケー

ト調査は2004年7～8月の7日間（土曜，日曜および祝日）実施し，調査対象者は海水浴を目的に来訪している人に限定した。まず，調査の意図を説明したあと，直接面接により回答を得た。このとき，選択実験の属性や水準に関して写真を用いながら詳細に説明した。結果として，249人から回答が得られ，有効サンプル数は1494となった。また，リスク態度の質問の結果，リスク回避型：100人，リスク中立型：108人，リスク志向型：41人であった。

5.4 推定方法

期待効用関数として人々のリスク態度を組み込んだ次の式を用いた。

$$V^{at} = \sum_{m \in M} \beta_m x_m + pr \cdot (\beta_p^{at} sig^{at}(x_p) + \beta_{pa}) + (1 - pr)f(x_p) + \beta_{asc} \quad (18)$$

ただし， M は施設・サービスに関する属性変数の集合， pr は空車確率であり， x_p は駐車料金を0～1に正規化したものである。ここで，満車の場合には，駐車料金を支払わないので x_p は0となる。また， β_{pa} は駐車場から得られる効用を表すパラメータであり， asc は現状の選択肢ならば1，そうでなければ0となる選択肢固有定数項（Alternative Specific Constant）である。

$sig^{at}(x_p)$ は次のシグモイド関数であり， β_p^{at} との積は駐車できるときの駐車料金に関する部分効用である。

	A	B	C
シャワー施設の増設	シャワー施設 A (施設+更衣室：300円)	シャワー施設 B (施設：200円)	増設なし
売店の拡充	拡充なし	拡充あり	拡充なし
砂浜の清掃	実施	なし	なし
イベント	特産品市，神楽	ファミリーイベント	なし
駐車場	駐車料金：500円 0.7：空車	駐車料金：300円 0.9：空車	駐車料金：無料 0.8：空車

図3 海水浴場に関する選択実験の質問例

表 2 推定結果

属性変数	推定値	<i>t</i> 値
シャワー施設 A	0.4047	2.512**
シャワー施設 B	0.1873	1.704*
売店の拡充	-0.1858	-1.498
砂浜の清掃	0.7360	6.737***
特産品市	-0.0147	-0.110
ステージイベント	-0.3091	-2.346**
ビーチスポーツ大会	0.0296	0.232
ファミリーイベント	0.2354	1.933*
神楽	-0.3184	-2.703***
駐車料金 (リスク回避型)	-2.6629	-2.275**
駐車料金 (リスク中立型)	-3.1049	-2.375**
駐車料金 (リスク志向型)	-2.0139	-1.730*
閾値 (リスク回避型)	0.5095	3.797***
閾値 (リスク中立型)	0.4914	4.357***
閾値 (リスク志向型)	0.2149	0.695
駐車場	1.4940	1.645*
形状 (α)	3.8075	1.751*
<i>asc</i>	-1.3052	-5.531***

注) ***: 1%水準, **: 5%水準, *: 10%水準で有意

$$\text{sig}^{\alpha t}(x_p) = \frac{1}{1 + \exp(-\alpha(x_p - \theta^{\alpha t}))} \quad (19)$$

これはリスク態度ごとに割り当てられる。(19)式の α は関数の形状を表し、その値が大きいと非線形性の強い階段関数となり、小さいと線形に近い関数となる。 $\theta^{\alpha t}$ は閾値 (位置) パラメータである。つまり、ある α において 0 ~ 1 の定義域では、 $\theta^{\alpha t}$ が 1, 0.5, 0 に近いとそれぞれ(19)式は凹関数、線形関数、凸関数の傾向をより強く持つ。ここでは、 $\theta^{\alpha t}$ を外生的に与えるのではなく内生的に求める。一方、駐車できないときの駐車料金に関する部分効用 $f(x_p)$ は 0 とする。

(18), (19)式から対数尤度関数を構成し、その最大化問題を解いてパラメータ ($\beta_m, \beta_p^{\alpha t}, \beta_{pa}, \beta_a, \alpha, \theta^{\alpha t}$) を推定した。なお、最大化問題の処理には、LIMDEP7.0の maximize 関数を用いた。

5.5 推定結果

表 2 に推定結果を示す。まず、*t* 値をみると、売店の拡充、特産品市およびビーチスポーツ大会のパラメータは10%水準で有意ではなく、これらの施設・サービス改善が海水浴客の効用に影響を及ぼさないことが否定できなかった。一方、その他の施設・サービスに関する属性パラメータは10%水準で有意であった。順にみていくと、シャワー施設 A, B とともにその符号は正であり、さらに、現状と同じシャワー施設の増設 (シャワー施設 B) よりも更衣室付きの施設 (シャワー施設 A) がより選好されていた。また、砂浜の清掃のパラメータは大きな正值をとり、砂浜清掃の重要性が明らかとなった。イベントの中では、ファミリーイベントが海水浴客のニーズと合致している一方、ステージイベントと神楽を実施することは海水浴需要促進にとって逆効果であるといえる。

次に、駐車場関連の属性をみていくと、駐

車場利用のパラメータは大きな正值であった。一方、駐車料金のパラメータはすべてのリスク態度において大きな負値であり、また駐車料金に関する部分効用の出力範囲を計算すると0～1の定義域の範囲で約-2.7～-0.4であった。このことから海水浴需要にとって駐車料金と駐車場利用が重要な要因であることが明らかとなった。また、駐車料金に対する感度がリスク志向型の海水浴客において相対的に低かった。

最後に、リスク態度と関数型の関係のみをみると、閾値パラメータはリスク回避型が線形関数に近くなっていたものの、リスク中立型とリスク志向型でそれぞれ線形関数と凸関数の傾向を強く示すものとなっていた。また、閾値パラメータの大小関係はリスク回避型>リスク中立型>リスク志向型であり、理論的予測と整合的であった。このようにリスク態度を反映した関数型を内生できたといえる。

5.6 確率的属性に関する検討

前述の結果から砂浜の清掃やファミリーイベントの実施などの施設・サービスの改善は、海水浴客のニーズに合っており、海水浴需要を増すと見える。しかし、海水浴需要の増加は駐車場の混雑すなわち空車確率の低下を招く。このとき、前述の推定結果から明らかなように海水浴需要にとって駐車料金と駐車場利用が重要な要因であるので、海水浴客の効用を大きく損なう可能性がある。つまり、中長期的には、施設・サービスの改善により期待される効果が駐車場の混雑のために発揮されない可能性がある。

そこで以下では、海水浴場がリスク財であるという視点から施設・サービス改善と駐車場整備水準（空車確率、駐車料金）との関連を検討する。

海水浴場のあるプロファイル h が選ばれる確率は、

$$Prob(h) = \sum_{at} \mu_{at} Prob^{at}(h) \quad (20)$$

で求められる。ただし、 μ_{at} は各リスク態度を持つ人々の割合であり、 $Prob^{at}(h)$ はリスク態度ごとの選択確率である。

(20)式の選択確率式を用いて、各施設・サービスの改善を行ったときに入り込み客数（効用水準）が現状と等しくなる空車確率（改善後空車確率）を求めた。ここで、現状の空車確率（0.8）と改善後空車確率との差は各施設・サービスの空車確率に対する限界代替率とみなすことができる。結果として、改善後空車確率は、シャワー施設 A , B , 砂浜の清掃, ファミリーイベントではそれぞれ0.4251, 0.6265, 0.1182, 0.5819であった。したがって、シャワー施設 A , B の増設を行ったとしても、混雑により空車確率が0.4251, 0.6265より下回ると、海水浴客の効用は改善前（現状）より低下する。また、砂浜の清掃とファミリーイベントについても同様であり、ファミリーイベントを実施したとしても空車確率を0.5819より高めるような駐車場整備を行わない限り、イベント実施の効果が得られないといえる。

上記の結果は施設・サービス改善時における駐車場整備の必要性を定量的に示したものである。これに加えて、駐車料金の賦課が混雑の緩和と駐車場の管理運営財源となることから駐車料金の検討は管理運営上重要である。そこで上記に加えて駐車料金の変化との関係を見るために、各施設・サービスの改善を行ったときに入り込み客数（効用水準）が現状と等しくなる空車確率と駐車料金の組を求めた。結果を図4に示す。ただし、図4では空車確率を満車確率に変換して図示している。

図4における4本の曲線は現状の効用水準を達成する無差別曲線である。すなわち、無差別曲線の左下方の領域は現状以上の入り込み客数が期待できる満車確率と駐車料金の組である。各曲線の横軸切片は1から改善後空

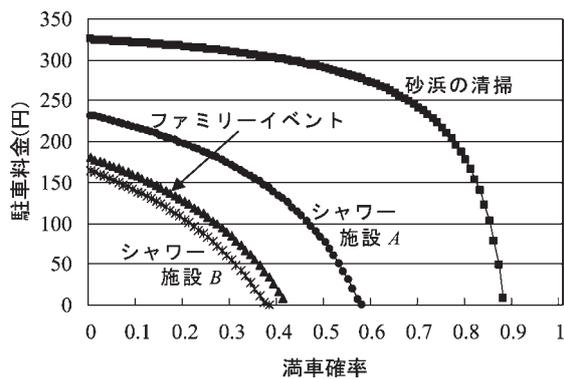


図4 満車確率と駐車料金の無差別曲線

車確率を引いたものと同じであり、図4は前述の結果を内包している。また、縦軸切片の駐車料金は現状の効用水準をベースとしたとき、施設・サービス改善時に確実に駐車できることへの最大支払意思額を表している。

図4における満車確率0.2(=空車確率0.8)のときの駐車料金は各施設・サービス改善に対する限界支払意思額である。したがって、シャワー施設A, B, 砂浜の清掃, ファミリーイベントのそれぞれに対する限界支払意思額は197円, 104円, 314円, 127円である。これは、各施設・サービス改善を行った場合に現状の空車確率を維持しながら現状の入り込み客数を確保するためには、この水準以下の駐車料金を設定することが必要であることを意味している。また別の見方をすると、施設・サービス改善を行った場合にこの水準以上の駐車料金を賦課したならば、現状の入り込み客数を確保するためには空車確率を現状以上に高めることが必要であることを意味している。この例のように、図4の無差別曲線を用いることによって施設・サービス改善効果が発揮される駐車場管理水準に関する示唆を得ることができる。

6. 結論

本研究では、リスク財に対する消費者選好を定量的に評価することを目的として、期待効用理論を組み込んだ選択実験の理論構築を

行った。また、提案モデルを用いて、リスク財である海水浴場の施設・サービス改善に関するニーズを定量的に評価するとともに、リスク属性である駐車場の管理水準に関して検討し、既往のモデルでは得られない示唆を得ることができた。本研究での取り組みは、リスク下への拡張という枠組みの中での選択実験の改良である。また別の見方をすれば、リスクに対する効用理論におけるデータ収集とデータ処理の方法を提示した取り組みでもある。

最後に本研究で提案したモデルの拡張可能性と今後の課題について検討しておこう。拡張の方向は以下の3つが考えられる。第1に、選択実験以外のコンジョイント分析への拡張である。ペアワイズ型と完全ランキングで用いる順序プロビットモデルとランク順序ロジットモデルに関して若干の補足を加えると、多項ロジットモデルを含む3つのモデルの主要な相違点は選択確率式(7)である。例えば、ペアワイズ評定型における順序プロビットモデルはある評定を選択する確率を対象とし、2つのプロファイルの効用差から定式化している。また、完全ランキングにおけるランク順序ロジットモデルはある選好順序を選択する確率を対象としており、多項ロジットモデルの一般型である。ただし、いずれのモデルも離散選択を対象としており、枠組みは同一である。また、データ収集段階においても、リスク属性の取り扱いに関して大きな修正の必要性はない。したがって、ペアワイズ型や完全ランキングへの理論的拡張は可能であり、その実証分析が課題となる。

第2に、不確実性を伴う財への拡張である。これは自然の生起確率が既知である状況から未知である状況への拡張である。また、本研究ではリスク下の状況を想定しているのに、回答者が経験的確率として駐車場の空車確率を認識していることを仮定しているが、不確実性への拡張はこの仮定が成立しない場合に

おける対処であるとも解釈できる。不確実性を伴う財に対しては、「ある個人の確信の程度」と定義される主観確率を一般に用いる。したがって、コンジョイント分析における理論的把握段階とデータ処理段階では経験的確率を主観確率に読み替えることによって比較的容易に拡張可能である。一方、データ収集段階における拡張には工夫が必要であり、この点が今後の検討課題となる。

既存研究では規範的なモデルである期待効用理論を侵犯する事例が提示されており、リスク下における消費者行動を記述するモデル

が検討されている。したがって、期待効用理論に代わって記述的モデルをコンジョイント分析に組み込むことが第3の拡張方向となる。しかし、この点に関しては十分な検討が必要であり、今後の課題となる。

さらに、パラメータ推定量と検定統計量の統計学的性質に関する理論的検討を行うことは意義がある。また、さまざまなリスク財に対する実証分析や実験を蓄積することによって、提案モデルの妥当性と信頼性を再検証していくことが至急の課題となる。

注

- 1) 本研究で取り上げるリスク財評価と近い枠組みを持つものとして、統計的生命価値 (Value of a statistical life: VSL) の研究がある。VSL 研究では、微小な死亡率変化に対する人々の支払意思額 (Willingness to pay: WTP) を調査し、死亡率変化と WTP が大域的に線形であるとの仮定の下、WTP を死亡率変化で除すことによって VSL を推定する。このとき、WTP 調査としては賃金リスク法、表明選好法 (CVM, コンジョイント分析) などがある。ただし、VSL の測定方法には期待効用関数を用いた理論的な基礎付けを与えることが可能であるが、このような基礎付けが不必要かつ VSL の概念に反するとの批判がある (山本・岡 [19])。また、VSL 研究はリスクに対する効用理論を評価手法に援用すること、およびリスク財に対する人々のニーズを把握することに主眼をおいていない。一方、Kuriyama *et al.* [12] は選択実験のデータと主観確率データを結合させたモデルによって不確実性下の環境ダメージを計測している。しかし、人々の選択データとして、最も生起確率が大きいと想定されるプロファイルと、確定的な状況の下で最も望ましくないプロファイルとを尋ねているため、収集されたデータが不確実性下の選択結果ではないという問題がある。また、このようなデータ構造であるために、主観確率データが属性水準の加重和であり、かつ確率的な分布をとるという仮定をおき、主観確率のパラメータを内生的に推定している。このことの理論的妥当性に関しても疑問が残る。
- 2) リスクと不確実性および期待効用理論を含むリスク下の効用理論については、広田・増田・坂上 [5]、依田 [6]、松原 [14]、中村・富山 [15]、田村・中村・藤田 [17] 等参照。
- 3) コンジョイント分析全般に関しては朝野 [3]、片平 [7]、Louviere [13] 等、選択実験やペアワイズ評定型に関しては栗山 [10]、鷺田 [18]、多項ロジットモデル等の離散選択モデルに関しては北村・森川 [8]、交通工学研究会 [9] に詳しい。また、選択実験の事例研究には Adamowicz, Louviere and Williams [1]、Adamowicz *et al.* [2]、Haener, Boxall and Adamowicz [4]、栗山・石井 [11]、佐藤・岩本・出村 [16] 等がある。

参考文献

- [1] Adamowicz, W., J. Louviere and M. Williams, "Combining Revealed and Stated Preference Methods for Valuing Environmental Amenities", *Journal of Environmental Economics and Management*, 26, pp.271-292, 1994.
- [2] Adamowicz, W., J. Swait, P. Boxall, J. Louviere and M. Williams, "Perceptions versus

- Objective Measures of Environmental Quality in Combined Revealed and Stated Preference Models of Environmental Valuation”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 32, pp.65-84, 1997.
- [3] 朝野熙彦『マーケティング・リサーチ工学』, 朝倉書店, 2000年.
- [4] Haener, M., P.C. Boxall and W.L. Adamowicz, “Modeling Recreation Site Choice: Do Hypothetical Choices Reflect Actual Behavior?”, *Kobe Conference on Theory and Application of Environmental Valuation*, 2000.
- [5] 広田すみれ, 増田真也, 坂上貴之編著『心理学が描くリスクの世界 行動的意思決定入門』, 慶應義塾大学出版会, 2002年.
- [6] 依田高典『不確実性と意思決定の経済学』, 日本評論社, 1997年.
- [7] 片平秀貴『マーケティング・サイエンス』, 東京大学出版会, 1987年.
- [8] 北村隆一, 森川高行編著『交通行動の分析とモデリング』, 技報堂出版, 2002年.
- [9] 交通工学研究会編『やさしい非集計分析』, 丸善, 1993年.
- [10] 栗山浩一『環境の価値と評価手法 CVM による経済評価』, 北海道大学図書刊行会, 1998年.
- [11] 栗山浩一, 石井 寛「リサイクル商品の環境価値と市場競争力」『環境科学会誌』12(1), pp. 17-26, 1999年.
- [12] Kuriyama, K., K. Takeuchi, A. Kishimoto and K. Seo, “A Choice Experiment Model for the Perception of Environmental Risk: A Joint Estimation using Stated Preference and Probability Data”, *Environmental Economics Working Paper #0201*, School of Political Science and Economics, Waseda University, 2002.
- [13] Louviere, J.J., *Analyzing Decision Making: Metric Conjoint Analysis*, Saga publications, 1988.
- [14] 松原 望『意思決定の基礎』, 朝倉書店, 2001年.
- [15] 中村和男, 富山慶典『選択の数理 個人的選択と社会的選択』, 朝倉書店, 1998年.
- [16] 佐藤和夫, 岩本博幸, 出村克彦「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ー選択型コンジョイント分析による接近ー」『農林業問題研究』37(1), pp.37-49, 2001年.
- [17] 田村坦之, 中村 豊, 藤田眞一『効用分析の数理と応用』, コロナ社, 1997年.
- [18] 鷺田豊明『環境評価入門』, 勁草書房, 1999年.
- [19] 山本秀一, 岡 敏弘「飲料水リスク削減に対する支払意思調査に基づいた統計的生命の価値の推定」『環境科学会誌』7(4), pp.289-301, 1994年.

Evaluation of Goods with Risk by Using Conjoint Analysis with Expected Utility Theory

Katsuhiko AKAZAWA and Kenji INABA

Summary

Conjoint analysis is used in the marketing field from of old, and is able to evaluate the relationships the features of goods and consumer's needs. However, the goods with risk are not evaluated enough by using conjoint analysis. The purpose of this paper is to expand conjoint analysis into the evaluation of the goods with risk. Then, we proposed the model that incorporated expected utility theory into choice experiments which is one of conjoint analysis. Methodological features of this model are followings: (1) the goods with risk are theoretically grasped as the goods profiles and the algebraic expression by applying expected utility theory, (2) the deterministic component of utility in the multinomial logit model is formulated by the expected utility function. In addition, we have evaluated the seaside beach which is a good with risk since the availability of its parking is probabilistic. As the results of empirical analysis, it is confirmed that the proposed model is able to evaluate the goods with risk and provide the useful implications.

Key Words

Risk, Expected utility theory, Choice experiments, Resource management, Quantitative evaluation