

# 購買行動における 意思決定モデルを用いた コンジョイント分析による Decoy Effect

柴 田 淳 子

## 1. はじめに

多様化する顧客のニーズにあわせて、商品の多品種化が進んでいる。そのため、消費者の購買行動における意思決定過程も複雑になり、購買意思行動に関する分析は様々な分野から研究されている[1]。

購買行動が複雑化している原因は、それが環境との相互作用によって変遷することで、消費者の判断基準を多様化させているためである。消費者が判断基準に基づいて行動を選択するとき、価値観の変遷履歴によるあいまいさと、対象を認識するときの不確実性が大きく影響していると言われている。そのため、購買行動のモデルを構築するために用いられるデータに不確実性を加味する必要がある。このようなモデルはすでに提案されており[2]、その有効性が示されている。そこで、本論文でもこのモデルを用いる。

また、商品の多品種化は、小売業における商品管理や在庫の問題も複雑化させている。各店舗では、物理的に限られた範囲の中で、複数の商品の在庫だけでなく、いくつかの新商品の在庫もあわせて取り扱うこととなる。事前に、新商品を考慮した在庫量を計算するのは困難であるため、販売店の在庫システムや従業員の経験や勘により在庫量を決定するが、その値がいつも正しいとは限らない。そのため、売れ残りや売り切れの問題が発生する。売れ残った商品は、

購買行動における意思決定モデルを用いた……

価格を引き下げて販売するのが一般的である。しかし、価格の低下させることは利益を低下させることにつながるため、その前に、既存商品の中で売れ残り商品の魅力を把握し、それを強調させる商品配置により売れ残り商品の売りを上げを伸ばすことを試みるのが有効であると考えられる。具体的には、既存商品の中から、消費者が重視する性能を比較し、売れ残り商品よりもそれらの性能が劣っている商品をより近くに配置することで、売れ残り商品の魅力が増加すると考えられる。そのため、本論文では、購買行動における意思決定モデルを用いてコンジョイント分析を行い、売れ残り商品と既存商品の Decoy Effect の可視化を行う。

## 2. Decoy Effect

認知心理学的選択モデルは、多選択肢意思決定場理論モデルが合理的選択行動を満たさない文脈効果（魅力効果，類似効果，妥協効果）を説明できることを示している[3]。

図1で示されるような属性1と属性2のトレードオフからなる市場において、商品①と商品②が存在する。ここに、Decoy（囿）と呼ばれる商品③を投入すると、商品①の魅力が増加し、結果として商品①のシェアが増加することが知られている（Decoy Effect）[4]。つまり、商品①をターゲットとすると、2つの属性が商品①より劣る商品③を投入することで、商品①との比較が行われ、商品①の選択確率が高くなる。これを魅力効果という。

また、図1の商品①と商品②が存在する状況において、ある属性では商品①より勝り、ある属性では商品①より劣るような商品④を投入した場合、商品④のシェアは商品①から移るため、商品②のシェアは変化しない。これを類似効果という。さらに、商品⑤のような中間的な属性をもつ商品を投入した場合、商品⑤の選択確率が高くなる。これを妥協効果という。このような文脈効果を利用することで、有利なシェアをコントロールすることが可能になる。

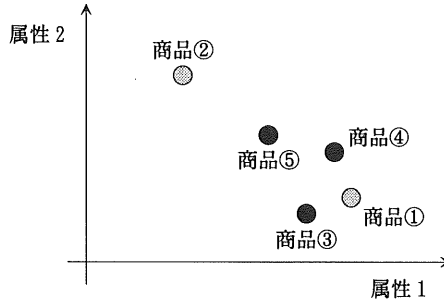


図 1：文脈効果の例

### 3. 購買行動の商品選択に関する意思決定モデル[2]

ここでは、購買行動における商品選択に関する意思決定モデル[2]について説明する。

$l$  番目の人の各製品から価格、性能、デザインなどの価値観のベクトル  $w_{lk}$  ( $k=1, 2, \dots, K$ ) ごとの効用  $u_{lk}^c$  を用いた確率モデルにより、製品  $c$  の価値指数は次式により定義されている。

$$v_{lk}^c = \int_{-\infty}^{u_{lk}^c} g(x) dx \quad (1)$$

ここで、 $g(x)$  は平均  $v_{lk}^c$ 、分散  $\sigma_{lk}^c$  をもつ正規分布  $N(v_{lk}^c, \sigma_{lk}^c)$  に従い、価値観のベクトルごとの効用

$$u_{lk}^c = \sum_{r=0}^R \beta_{lk}^{cr} q^{cr} = \beta_{lk}^{cT} \mathbf{q}^{c'} \quad (2)$$

で与えられるとする。ただし、 $\mathbf{q}^{c'}$  は、製品  $c$  の機能  $r$  に関する基本情報  $q^{cr}$  から構成される品質特性  $\mathbf{q}^{c'} = [q^{c0'}, q^{c1'}, \dots, q^{cR'}]^T$  であり、 $q^{c0'} = 1$ 、 $q^{cr'} = q^{cr}$  ( $r = 1, 2, \dots, R$ ) である。また、 $\beta_{lk}^c = [\beta_{lk}^{c0}, \beta_{lk}^{c1}, \dots, \beta_{lk}^{cR}]^T$  である。

消費者ごとの価値観は、価値観から構成されるベクトルを  $\mathbf{w}_l = [w_{l1}, w_{l2}, \dots, w_{lK}]^T$  で表わすと、

購買行動における意思決定モデルを用いた……

$$\sum_{k=1}^K w_{ik} = 1 \quad (\forall i) \quad (3)$$

を満たすものとする。

選択結果は価値観にもとづく製品の効用  $u_{ik}^c$  と  $\varepsilon_{ik}^c \in N(v_i^c, \sigma_{ik}^c)$  と比較することで与えられるとする。さらに、効用  $u_{ik}^c$  が 1 単位変化したときの  $p(v_{ik}^c=1)$  の変化量は  $p(v_i^c | \varphi_{ik}^c)$  と表現できる。ただし、 $\varphi_{ik}^c = \{u_{ik}^c, \sigma_{ik}^c\}$  である。いま、評価  $v_{ik}^c$  をするにあたり価値観  $k$  にどの程度注意を向けていたのかを  $p(\mathbf{q}^c | \phi_{ik}^c)$  で表し、 $R$  次元正規分布  $N(\mathbf{q}^c | \phi_{ik}^c)$  により与える。ただし、 $\phi_{ik}^c = \{\mathbf{m}_{ik}^c, \Sigma_{ik}^c\}$ 、 $\mathbf{m}_{ik}^c = [m_{ik}^{c1}, m_{ik}^{c2}, \dots, m_{ik}^{cR}]^T$  であり、 $\Sigma_{ik}^c$  は  $ij$  第要素に  $\sigma_{ik}^{c,ij}$  をもつ  $R \times R$  の正定値対称行列である。

ここでは条件付確率密度関数  $f(v_i^c | \mathbf{q}^c)$  が、価値観  $k$  において効用  $u_{ik}^c$  が 1 単位変化したときの  $p(v_{ik}^c=1)$  の変化量に比例することと仮定する。このことは、経済学において取引成立のための最終交換単位による効用の増加分（限界効用）が価値（価格）決定に大きな役割を果たすことと類似している。このとき、評価  $v_i^c$  の条件付期待値は

$$E[v_i^c | \mathbf{q}^c] = \sum_{k=1}^K \lambda_{ik}(\mathbf{q}^c) u_{ik}^c \quad (4)$$

次に、消費者の意思決定における不確実性を表わすパラメータの同定を行う。自身の価値観と認識にもとづいて製品を評価するモデルのデータが、得られる品質特性  $\mathbf{q}^c$  と  $l$  番目の人が製品を選択する確率  $p(v_{ik}^c=1)$  からなるとき、これらをまとめたベクトルを  $z_i^c = [\mathbf{q}^{cT}, v_i^c]^T$  とする。 $K$  個の価値観のベクトルからなる  $l$  番目の消費者の価値観  $k (k=1, 2, \dots, K)$  はパラメータ  $w_{ik}$  と  $\phi_{ik}$  をもつ。このとき、

$$E[v_i^c | \mathbf{q}^c] = \sum_{k=1}^K \lambda_{ik}(\mathbf{q}^c) E[v_{ik}^c | \mathbf{q}^c] \quad (5)$$

であることから、 $E[v_{ik}^c | \mathbf{q}^c] = u_{ik}^c$  とすることで価値のモデルと一致させることができる。このことから、価値観  $k$  にもとづく製品  $c$  の効用  $u_{ik}^c$  は品質特性  $\mathbf{q}^c$  に対する評価  $v_i^c$  の価値観  $k$  における条件付期待値であることがわかる。

これらの結果から、Expectation Maximization（以下、EM）アルゴリズムでパラメータ  $\theta_i = \{w_i, \phi_i\}$ ,  $\phi_i = [\phi_{i1}, \phi_{i2}, \dots, \phi_{ik}]^T$  を同定できれば、 $f(v_i^c | \mathbf{q}^c)$  の平均  $E[v_i^c | \mathbf{x}^c]$  と分散  $\Sigma_{ik}^v$  が得ることができ、製品  $c$ ,  $c'$  の評価が逆転する確率を見積もることができる。

いま、 $l$  番目の消費者は製品  $c$  を品質特性  $\mathbf{q}^c \in R^R$ , ( $c=1, 2, \dots, C$ ) に対して価値観  $k$  ごとの効用を

$$u_{ik}^c = m_{ik}^c + \mathbf{R}_{ik}^v (\mathbf{q}^c - \mathbf{m}_{ik}^v) \quad (6)$$

で評価することになる。ここで、行列  $\mathbf{R}_{ik}^v \in R^1 \times R^R$  は  $\mathbf{R}_{ik}^v = \Sigma_{ik}^v \Sigma_{ik}^{vq^{-1}}$  で与えられる。このとき、消費者の効用に関するパラメータ  $\beta_{ik}^{cs}$  ( $s=1, 2, \dots, S$ ) は

$$\beta_{ik}^{c0} = m_{ik}^v - \sum_{s=1}^S \mathbf{R}_{ik}^{vs} m_{ik}^{qs} \quad (7)$$

$$\beta_{ik}^{cs} = \mathbf{R}_{ik}^{vs} \quad (s=1, 2, \dots, S) \quad (8)$$

で同定することができる。ここで、 $m_{ik}^{qs}$ ,  $\mathbf{R}_{ik}^{vs}$  はそれぞれ  $m_{ik}^v$ ,  $\mathbf{R}_{ik}^v$  の  $s$  行目の要素を表わす。

また、価値観  $k$  における条件付確率密度関数  $f(v_{ik}^c | \mathbf{q}^c, \phi_{ik})$  は平均  $u_{ik}^c$ , 分散  $\Sigma_{ik}^{v'} = \Sigma_{ik}^v - \mathbf{R}_{ik}^v \Sigma_{ik}^q \mathbf{R}_{ik}^{vT}$  をもつ1次元正規分布に従う。このことは、消費者が価値観  $k$  にもとづき製品  $c$  の効用を評価するときの不確実性が  $\Sigma_{ik}^{v'}$  で同定できることを示している。

ところで、価値観  $k$  においてベクトル  $\mathbf{z}_{ik}^c$  が平均ベクトル  $\mathbf{m}_{ik}$ , 共分散行列  $\mathbf{C}_{ik}$  をもつ  $d$  次元正規分布  $f(\mathbf{z}_{ik}^c | \phi_{ik}) = N_d(\mathbf{z}_{ik}^c, \phi_{ik})$  に従うため、ベクトル  $\mathbf{z}_{ik}^c$  は

$$f(\mathbf{z}_i^c | \theta_i) = \sum_{k=1}^K w_{ik} N_d(\mathbf{z}_{ik}^c, \phi_{ik}) \quad (9)$$

の混合正規分布に従うことが導かれる。

ベクトル  $\mathbf{z}_i^c$  が混合正規分布に従うことから、パラメータ  $\theta_i$  の導出にEMアルゴリズムの適用が可能であることがわかる。EMアルゴリズムでは、まずEステップで欠損値の推測値から対数尤度の期待値を計算し、Mステップでこの期待対数尤度に基づいてパラメータの最尤推定値  $\hat{w}_{ik}$ ,  $\hat{\mathbf{m}}_{ik}$ ,  $\hat{\mathbf{C}}_{ik}$  を求める。そ

購買行動における意思決定モデルを用いた……

して、この値から再び欠損値の推定値を更新するプロセスを繰り返す。

#### 4. 数 値 実 験

ここでは、表1に示すような8種類のノートパソコンに関して数値実験を行う。いま、製品1が売れ残っている状況を仮定する。

表1：本論文で用いたデータ

	金額	サイズ	CPU	メモリ	HDD	重量	駆動時間	得点
製品1	45,900	15.6	Celeron Dual-Core T3300 2GHz (1MB)	2GB	160GB	2.7	3.1	54
製品2	153,759	15.6	Core i3 330M 2.13GHz (512KB)	4GB	500GB	3	3.3	63
製品3	68,800	13.3	Core i5 450M 2.4GHz (512KB)	2GB	250GB	1.8	8	97
製品4	118,000	16.4	Core i5 450M 2.4GHz (512KB)	4GB	500GB	3.2	2.5	82
製品5	141,000	10.4	Core i7 640UM 1.2GHz (4M)	4GB	250GB	0.94	7	45
製品6	64,890	10.1	Atom N470 1.83GHz (512KB)	1GB	250GB	1.17	4.1	57
製品7	77,175	11.6	Celeron Dual-Core SU2300 1.2GHz (1MB)	2GB	320GB	1.6	6.2	10
製品8	46,700	10.1	Atom N470 1.83GHz (512KB)	1GB	250GB	1.4	4.5	40

本論文では、コンジョイント分析を行うために表1データを表2のように加工した。

表2：数値実験に使用したデータ

	金額	サイズ	CPU 1	CPU 2	メモリ	HDD	重量	駆動時間	得点
製品1	1	3	1	2	2	1	3	1	54
製品2	2	3	1	3	3	3	3	1	63
製品3	1	2	2	3	2	1	2	3	97
製品4	2	3	2	3	3	3	3	1	82
製品5	2	1	2	1	3	1	1	3	45
製品6	1	1	3	2	1	1	1	1	57
製品7	1	1	3	1	2	2	1	2	10
製品8	1	1	3	2	1	1	1	2	40

次に、表1のデータをもとに購買行動における商品選択に関する意思決定モデルを構築し、それを利用して表3に示す直交表の得点を得た。

そして、表3のデータを用いてコンジョイント分析を行った結果を図2に示

表3：L18直交表（混合型）

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	得点
1	1	1	1	1	1	1	1	1	53.34
2	1	1	2	2	2	2	2	2	69.88
3	1	1	3	3	3	3	3	3	52.37
4	1	2	1	1	2	2	3	3	59.34
5	1	2	2	2	3	3	1	1	66.22
6	1	2	3	3	1	1	2	2	67.18
7	1	3	1	2	1	3	2	3	43.57
8	1	3	2	3	2	1	3	1	69.42
9	1	3	3	1	3	2	1	2	55.96
10	2	1	1	3	3	2	2	1	64.15
11	2	1	2	1	1	3	3	2	42.37
12	2	1	3	2	2	1	1	3	69.08
13	2	2	1	2	3	1	3	2	49.88
14	2	2	2	3	1	2	1	3	70.14
15	2	2	3	1	2	3	2	1	27.72
16	2	3	1	3	2	3	1	2	80.82
17	2	3	2	1	3	1	2	3	49.41
18	2	3	3	2	1	2	3	1	38.71

要因	金額	サイズ	CPU 1	CPU 2	メモリ	HDD	重量	駆動時間
レンジ	0.000172	7.929896	2.724434	11.82074	17.66073	0.03811	13.91256	3.697247

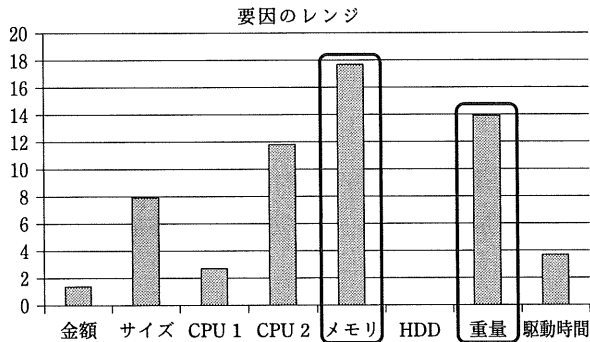


図2：各要因に対するレンジ

購買行動における意思決定モデルを用いた……

す。

図2は要因のレンジをグラフに表したものであり、レンジが大きいものから順にメモリ、重量となっていることが分かる。この結果より、消費者はメモリや重量を重要視している。また、金額とHDDはレンジが小さいことから、あまり重要視されていないことが分かる。

最後に、メモリと重量を軸とするとき各商品の位置を表したものを図3に示す。

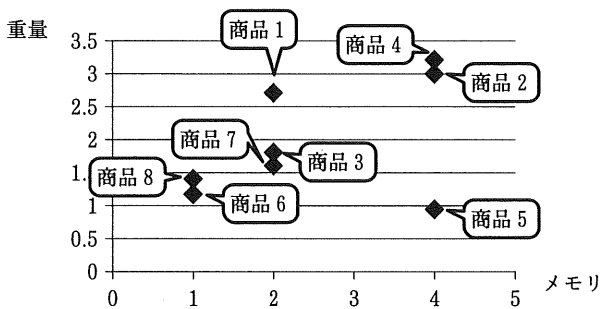


図3：メモリと重量に関する各商品の位置関係

図3において、売れ残りと仮定した製品1に着目すると、2つの属性に関して劣っている商品は製品6および製品8である。そのため、これら2つの商品が商品1に対して Decoy Effect となる可能性があると考えられる。

## 5. お わ り に

本研究では、消費者の購買行動に基づいた選択の意思決定モデルを用いて、コンジョイント分析から各要因のレンジから Decoy Effect の可視化を行った。

## 参 考 文 献

[1] Melissa S. Burnett, Dale A. Lunsford, "Conceptualizing Guilt in the Consumer Decision-making Process", Journal of Consumer Marketing, 11(3), p. 33-43, (1994).



- [ 2 ] 柴田淳子, 奥原浩之, 塩出省吾, “消費者の購買行動にもとづく選択の意思決定モデルの分析”, 第26回ファジィシステムシンポジウム講演論文集 pp.630-633, (2010).
- [ 3 ] Roe R. M., Busemeyer J. R., Townsend J. T., “Multialternative decision field theory: a dynamic connectionist model of decision making”, *Psychol Rev.* 108(2), pp. 370-92, (2001).
- [ 4 ] 里村卓也, 中村博, 佐藤栄作, “消費者の価格意識 (4) : 参照価格に関する実験”, *流通情報* (336), 18-24, 1997-05 (1997).