交互作用を考慮した商品プロフィールと販売価格の最適化

今　野　　勤

マーケティングにおいて，新商品のプロフィールを決定するときに，コンジョイント分析が用いられる．コンジョイント分析では，直交表に，商品の属性と水準を割り付ける．しかし販売価格を商品の属性に割りつけようとすると，直交性が損なわれることがある．今野（2010）は，タグチメソッドの外側の割り付けを応用し，販売価格を外側に割りつけることでこの問題を解決した．さらに Konno（2011）において，商品のコストが最小になるような商品プロフィールを決める解法を求めた．

本研究では，商品の属性と水準に交互作用を想定できるデータに今野（2010）のモデルと解法を適用する．さらに多水準，擬水準法をもこれらに応用する．これらのモデルと解法は，交互作用を含むデータにおいて，最適な商品プロフィールを求めることができる．さらに目標選好度を達成する販売価格を求めることができる．

1. は　じ　め　に

企業において，新商品を企画し販売していくことは，マーケティングの製品戦略上，重要な活動である[1]．特にアイデアの抽出から，商品企画案の決定が企業の利益を上げ続ける上で重要な意思決定になる．商品企画案を商品プロフィールという．複数の商品プロフィールから最適な商品プロフィールを決定するときに用いられる手法に，コンジョイント分析がある[2][3]．商品企画は，１つの商品を限定して案を練ることが多いが，そのラインナップを考えることはさらに重要である．すなわちこの商品群のブランド価値を企画することである．ブランド価値を実際のデータを使って，２次因子分析をもちいて，ブランドジャパン2006におけるパス図を解析した研究に豊田（2008）がある[4]．守口（2003）では，ブランドに対する顧客のロイヤリティについて，潜在クラス・ロジット・モデルで分析するモデルを提案している[5]．これらの研究では，解析的アプローチでブランドの構造を解析している．

本研究では，ブランドそのものの構造を解明するものはない．しかし，複数の商品プロフィールを構築していくといずれブランドの確立を，目指すことになる．ブランドは，前

出の研究でも明らかなように，様々な因子や水準が絡み合う．そこで本研究では，実験計画法であつかう交互作用に着目した．すなわち，商品のプロフィールを決定する上で，交互作用があるデータについて最適な商品プロフィールを，決定しようとするものである．

コンジョイント分析における価格決定問題では劉[６][７]の研究がある．これは，多属性の新商品の価格決定に有効な研究である．永井[８]の研究では，競合する商品の価格と比較し，期待利益を最大化する価格を求める方法を提案している．鈴木[９]の研究では，タグチメソッド[10]で使われる直交表の外側配置を応用し，多くの属性と水準を割りつけられるようにしている．ただしこれらの研究では，コンジョイント分析を商品企画に応用するために，顧客の選好順位をデータとして活用している．今野（2010）では，タグチメソッドを商品企画に適用し，商品の最適プロフィールと販売価格を求めるモデルと解法を求めるができた[11]．さらにKonno（2011）では，商品のコストが最小になる最適プロフィール，販売価格を求めることができた[12]．ただし，これまでの研究では主効果のみについてモデルと解法を適用してきた．本研究では，商品の属性・水準間に交互作用があるデータに今野（2010）のモデルと解法を適用するものである．交互作用があるデータにこのモデルを適用することによって，新たな課題を見つけ，将来の商品ブランド構築のためのモデルと解法の基礎としたい．

2．交互作用モデルと解法

本章では選好度を最大化する商品プロフィールを求める．ただし，属性・水準間に交互作用が想定できる場合である．ここで選好度とは，顧客がどの商品プロフィールを好むかを示す尺度とする．具体的には，アンケート調査で「どの商品を好むか？」との質問に対する反応である．まず，商品企画において一般的によく使われるコンジョイント分析を示し，つぎに交互作用を考慮したモデルと解法を解説する．

2.1　コンジョイント分析のモデル

コンジョイント分析には様々なモデルがある[13]．本研究の特徴を明確にするために，代表的なコンジョイントモデルのTRADE-OFFを（１）式に示す．u は全体効用，D は商品プロフィールごとのデザイン行列，b は効用値関数，o は順序尺度の選好データベクトルである[14]．

$$\boldsymbol{u}=\boldsymbol{Db} \tag{1}$$

ここで，$\|b\|=1$ と規準化し，o と u の不適合度を（２）式で計算する．

$$\theta^2=\frac{\sum_{i<j}\delta_{ij}(u_i-u_j)^2}{\sum_{i<j}(u_i-u_j)^2} \tag{2}$$

ただし

$$\delta_{ij}=\{1:\text{if sign}(o_i-o_j)\neq\text{sign}(u_i-u_j)\ \ 0:\text{そうでないとき}\}$$

u が極力 o と同順序に対応するように，すなわち θ^2 が最小になるように b を求める．これには最急降下法を用いる[14]．ここで用いるデータは，順序尺度である．

2.2　交互作用

交互作用は，要因の組み合わせによる効果である[15]．交互作用を含む構造式を3元配置の繰り返しありの場合の例を(3)式に示す[16]．

$$x_{ijkl}=\mu+a_i+b_j+c_k+(ab)_{ij}+(ac)_{ik}+(bc)_{jk}+(abc)_{ijk}+\varepsilon_{ijkl} \tag{3}$$

x_{ijkl}：実験データ，μ：母平均，a_i：要因Aの i 水準の主効果，b_j, c_k も同様，$(ab)_{ij}$：要因Aの i 水準，Bの j 水準の交互作用，$(ac)_{ik}$, $(bc)_{jk}$ も同様，$(abc)_{ijk}$：要因Aの i 水準，Bの j 水準，Cの k 水準の交互作用，ε_{ijkl}：実験誤差

コンジョイント分析では，これまで交互作用を積極的に扱うことは少なかった．本研究では，複数の商品プロフィールを企画し，ブランドの確立を視野に入れることを考えた．そこで，より複雑な属性と水準の組み合わせ，すなわち交互作用をモデルに組み込もうとするものである．

2.3　交互作用モデルと解法

ここで今野（2010）モデルと解法を示す．このモデルと解法に，交互作用を考慮した商品プロフィールを計画し，データを採取する．したがって，直交表の選び方，データの構造には違いがあるが，モデルと解法は，今野（2010）とほとんど変わらない．違いは数値計算例で後述する．ここではモデルと解法を簡潔に示す．

手順1　商品プロフィールのデザイン行列を作成する

商品プロフィールごとに属性に対する水準の f_{ij} をデザイン行列 $\boldsymbol{F}$ とし，(4)式で定義する．ただし $\boldsymbol{F}$ は直交表である．主効果のみの時は，L12，L18などを使うが，交互作用が想定できるときは，L8，L9，L16などを用いる．

$$\boldsymbol{F}=\begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1A} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2A} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{P1} & f_{P2} & \cdots & f_{PA} \end{bmatrix} \tag{4}$$

$(i=1,\ 2,\ \cdots,\ P \quad j=1,\ 2,\ \cdots,\ A)$

手順２　販売価格をデザイン行列の外側に割り付けアンケートを作る

販売価格に，多段階の価格帯を設ける．これらの販売価格を，デザイン行列の外側に割り付ける．

手順３　選好度データを収集する

デザイン行列のプロフィールに対応したアンケートを作成し，選好度データを収集する．本論文では評点法を採用する．したがって，アンケートでは，５段階や７段階の選択肢を採用する．この行列を選好度データ行列 $\boldsymbol{Y}$ とし，（５）式で表す．ここで被験者数を S，販売価格の設定数を L とする．

$$\boldsymbol{Y}=\begin{bmatrix} y_{111} & \cdots & y_{11S} & \cdots & y_{1L1} & \cdots & y_{1LS} \\ \boldsymbol{y_{211}} & \cdots & y_{21S} & \cdots & y_{2L1} & \cdots & y_{2LS} \\ \vdots & \ddots & \vdots & y_{ilm} & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{P11} & \cdots & y_{P1S} & \cdots & y_{PL1} & \cdots & y_{PLS} \end{bmatrix}$$

$(i=1,\ 2,\ \cdots,\ P \quad l=1,\ 2,\ \cdots,\ L \quad m=1,\ 2,\ \cdots,\ S) \qquad \boldsymbol{Y}=(y_{ilm}) \qquad (5)$

y_{ilm} は，プロフィール i における，価格 l に対する被験者 m の選好度である．選好度は順序尺度ではなく評点を採用する．具体例をあげると，アンケートにおいて５段階評価を採用すると，４以上を購入する意志ありという選択肢にする．

手順４　データを変換する

最適プロフィールを決定後，価格を最適化するために，ゼロ点比例式の動特性のモデルを採用する[10]．一般的に商品の価格が高いほど選好度は落ちると考えられる．価格が低いほど選好度は高いが，値としては小さな値を割りつけることが，ゼロ点比例式の動特性モデルを適用する上で必要となる．データ解析において，選好度データを大小が逆転するように，（６）式において数値変換しておく．

$$z_{ilm}=b_{\max}-y_{ilm} \tag{6}$$

$b_{\max}$ はアンケートの評点の最大値＋1 である．５段階評価では６になる．z_{ilm} は y_{ilm} の

(6)式による変換後のデータである．

手順5　望小特性のSN比を求める

(6)式で変換した選好度は，値が小さいほど購入意欲が強いことになる．したがって，タグチメソッドの望小特性のSN比を(7)式で定義する[10]．同時に変換した選好度の平均値を求める．望小特性のSN比が高くなると，平均値が低くなることが分かっている[10]．すなわち選好度が高いことになる．

$$\eta_i = -10\log((\sum_{l=1}^{L}\sum_{m=1}^{S} z_{ilm}^2))/(L \times S)) \qquad (7)$$

手順6　SN比の水準平均を求める

次に，図2.1に示す手順で，各属性j水準kごとのSN比の水準平均をλ_{jk}を求める．B_jは各属性ごとの水準数とする．C_{jk}は，各属性j水準kごとのデータの数である．これは主効果を求めるときである．

```
For j=1 to A
  For k=1 to B_j
    For i=1 to P
      if  f_ij=k then λ_jk=λ_jk+η_i
    Next i
      λ_jk=λ_jk/C_jk
  Next k
Next j
```

図1　SN比の水準平均の計算手順

さらに，属性D(j=4)，属性E(j=5)の2因子交互作用を求めるときは，以下の手順になる．＝は代入演算子である．

```
For k=1 to B_4
  For k'=1 to B_5
    For i=1 to P
      if  f_i4=k and f_i5=k' then λ_kk'+η_i
    Next i
      λ_kk'=λ_kk'/C_kk'
  Next k'
Next k
```

図2　交互作用のSN比の水準平均の計算手順

手順７　要因効果図を作成する

水準平均データで折れ線グラフを作成し，各要因の効果を検証する．

手順８　最適条件を求める

要因効果図からSN比が高い，属性ごとの水準を見つけ，最適なプロフィールを求める．最適プロフィールのSN比 λ_{opt} は(８)式で，求めることができる．さらに最適プロフィールの平均 $\bar{z}_{\mathrm{opt}}$ を(９)式より求める．$\bar{\lambda}$ はSN比の全体平均であり，μ_{jk} は属性 j，水準 k の平均値，μ はすべて属性，水準の平均である．

$$\lambda_{\mathrm{opt}}=\sum_{j=1}^{\boldsymbol{A}}\max_{1\leq k\leq \boldsymbol{B}_j}(\lambda_{j1},\ \lambda_{j2},\ \ldots,\ \lambda_{jk},\ \ldots,\ \lambda_{jB_j})-(A-1)\times\bar{\lambda} \tag{8}$$

$$\bar{z}_{\mathrm{opt}}=\sum_{j=1}^{\boldsymbol{A}}\max_{1\leq k\leq \boldsymbol{B}_j}(\mu_{j1},\ \mu_{j2},\ \ldots,\ \mu_{jk},\ \ldots,\ \mu_{jB_j})-(A-1)\times\mu \tag{9}$$

2.4　販売価格の最適化モデルと解法

ここでは，商品企画の販売価格の最適化モデルと解法を示す．このために，タグチメソッドの動特性モデルを用いる[10]．選好度に用いるSN比は，もっとも一般的なゼロ点比例式を使う[10]．データは，先ほどの選好度データ $\boldsymbol{Y}$ を変換した $\boldsymbol{Z}$ である．以下，手順をおってモデルと解法を解説する．

手順１　全変動，有効除数，線形式を求める

プロフィール i に関する選好度データの２乗和，すなわち全変動を S_{T_i} とすると，(10)式になる．

$$S_{T_i}=\sum_{l=1}^{L}\sum_{m=1}^{S}z_{ilm}^2 \tag{10}$$

販売価格を $\boldsymbol{M}_l$ とし，価格，顧客ごとの繰り返し数 r_0 とすると，有効除数 r は(11)式になる[10]．有効除数は，価格の単位変化量あたりに変換する係数である．

$$r=r_0S(M_1^2+M_2^2+\cdots+M_L^2) \tag{11}$$

プロフィール i，顧客 m ごとの線形式 L_{im} は(12)式になる．ここで M_l は l 番目の販売価格である．

$$L_{im}=\sum_{l=1}^{L}z_{ilm}M_l \tag{12}$$

手順２　入力効果，調合誤差因子の効果，誤差分散，誤差全体の分散を求める

次に入力の効果 S_{β_i} は，(13)式となる．これは比例式の２乗和である．

$$S_{\beta_i}=\frac{1}{r}(\sum_{m=1}^{S}L_{im})^2 \tag{13}$$

調合誤差因子の効果 $S_{\beta\times N_i}$ を(14)式で求める[10]．これはノイズによる傾きの変化の2乗和である．

$$S_{\beta\times N_i}=\frac{\sum_{m=1}^{S}L_{im}^2}{\left(\dfrac{r}{r_0S}\right)}-S_{\beta_i} \tag{14}$$

誤差変動 S_{e_i} と誤差分散 V_{e_i} を，(15)，(16)式で求める．これは取り上げなかった誤差すなわち偶然誤差である．

$$S_{e_i}=S_{T_i}-S_{\beta_i}-S_{\beta\times N_i} \tag{15}$$

$$V_{e_i}=S_{e_i}/(r_0SL) \tag{16}$$

全体の誤差変動 $S_{N_i'}$ とその分散 $V_{N_i'}$ を，(17)，(18)式で求める．

$$S_{N_i'}=S_{\beta\times N_i}+S_{e_i}=S_{T_i}-S_{\beta_i} \tag{17}$$

$$V_{N_i'}=S_{N_i'}/(r_0SL-1) \tag{18}$$

手順3　動特性の SN 比，感度，傾きを求める

動特性の SN 比 ρ_i，すなわち入出力関係のノイズに対する強さを，(19)式で求める．

$$\rho_i=10\log\frac{\dfrac{1}{r}(S_{\beta_i}-V_{e_i})}{V_{N_i'}} \tag{19}$$

動特性の感度 $\hat{S}_i$ は SN 比の分子であり，(20)式で求められる．

$$\hat{S}_i=10\log\frac{1}{r}(S_{\beta_i}-V_{e_i}) \tag{20}$$

ゼロ点比例式の傾き β_i は，(21)式で求める．

$$\beta_i=\sqrt{\frac{1}{r}(S_{\beta_i}-V_{e_i})} \tag{21}$$

手順4　動特性の最適プロフィール SN 比，感度，傾き，目標価格を求める

この手順は，節 2.2　選好度の最適化モデルと解法の手順6と同様である．選好度の最適化で求めた最適プロフィールにおいて，最適 SN 比 ρ_{opt} は(22)式，最適感度 $\overline{\mathrm{S}}_{\mathrm{opt}}$ は(23)式で求める．$\bar{\rho}$ は SN 比の全体平均であり，$\hat{S}_{jk}$ は属性 j，水準 k の平均値，$\overline{\mathrm{S}}$ はすべて属性，水準の感度の平均である．

$$\rho_{\mathrm{opt}}=\sum_{j=1}^{A}\max_{1\le k\le B_j}(\rho_{j1},\ \rho_{j2},\ \ldots,\ \rho_{jk},\ \ldots,\ \rho_{jB_j})-(A-1)\times\bar{\rho} \tag{22}$$

$$\overline{S}_{\mathrm{opt}}=\sum_{j=1}^{A}\max_{1\leq k\leq \boldsymbol{B}_j}(\hat{S}_{j1},\ \hat{S}_{j2},\ \ldots,\ \hat{S}_{jk},\ \ldots,\ \hat{S}_{jB_j})-(A-1)\times\overline{S} \tag{23}$$

なお最適プロフィールの傾きβ_{opt}は，(24)式で求めることができる．

$$\beta_{\mathrm{opt}}=\sqrt{10^{\frac{\overline{S}_{\mathrm{opt}}}{10}}} \tag{24}$$

目標選好度 ty とすると，ゼロ点比例式なので目標価格 tp は(25)式になる．

$$tp=\frac{b_{\max}-ty}{\beta_i} \tag{25}$$

2.5　商品企画案の再現性確認

本節では，タグチメソッドで実施している再現性の確認方法を示し，本論文への適用方法を解説する．タグチメソッドにおいては，実験　結果の再現性を確認するために確認実験を行う[10]．最初に実験をした結果から得られた最適条件の SN 比と，確認実験の結果の SN 比の違いが，±30％以内なら再現性が高いと判断している．価格対応モデルでも，同様に確認プロセスを実施する．すなわち，最初のアンケート結果で得られた選好度から算出される最適された SN 比と，確認アンケートで得られた SN 比の違いが，±30％以内なら再現性が高いと判断する．この判断基準を，静特性，動特性の各 SN 比について検証する．すなわち(26)，(27)式で検証する．

$$-30\%\leq\left(1-\frac{\lambda_{\mathrm{opt}}}{\lambda_c}\right)\times 100\leq+30\% \tag{26}$$

$$-30\%\leq\left(1-\frac{\rho_{\mathrm{opt}}}{\rho_{\mathrm{c}}}\right)\times 100\leq+30\% \tag{27}$$

ここで，λ_{opt} は最初のアンケートデータから求めた最適条件の静特性の SN 比，λ_{c} は確認アンケートから算出された静特性の SN 比である．同様に，動特性の SN 比を ρ_{opt}，ρ_{c} とする．

3．交互作用モデルの数値計算例

日本市場の通信会社のスマートフォンを例に，アンケートを作成し，調査，解析を実施した．被験者は，スマートフォンを持っている大学生10人を対象にした．確認アンケートは，10人から 5 人を選び実施した．選好度の最適化，販売価格の最適化，商品企画案の再現性確認の順に計算例を示す．

3.1　選好度の最適化モデルと解法

ここでは，選好度が最大になる商品プロフィールを求める．このアンケートは，具体的

な商品仕様を決定するよりは，通信会社のブランドイメージと，どの属性と水準を改善すれば，ブランドイメージが上がり購入意欲が上がるかを分析することを目的とする．したがって，通信会社と交互作用が発生しそうな属性と水準を選んだ．

手順１　商品プロフィールのデザイン行列を作成する

L16 直交表を用い，各通信会社のスマートフォンのプロフィールを16種類作成した．属性と水準は，通信会社（ソフトバンク，AU，DoCoMo），繋がりやすさ（普通，よい），デザイン（普通，よい），アイフォン（なし，あり）である．通信会社が３社なので，多水準法，擬水準法を用いて割り付けをした．

表１　商品プロフィールとデザイン行列

因子の割付	通信会社	繋がりやすさ	デザイン	アイフォン
1	ソフトバンク	普通	普通	なし
2	ソフトバンク	普通	よい	あり
3	ソフトバンク	よい	普通	あり
4	ソフトバンク	よい	よい	なし
5	Au	普通	普通	なし
6	Au	普通	よい	あり
7	Au	よい	普通	あり
8	Au	よい	よい	なし
9	DoCoMo	普通	普通	なし
10	DoCoMo	普通	よい	あり
11	DoCoMo	よい	普通	あり
12	DoCoMo	よい	よい	なし
13	ソフトバンク	普通	普通	なし
14	ソフトバンク	普通	よい	あり
15	ソフトバンク	よい	普通	あり
16	ソフトバンク	よい	よい	なし

手順２　販売価格をデザイン行列の外側に割り付けアンケートを作る

２年間の総額で端末価格と通話料金込みの月額料金は，5000円，6500円，8000円，9500円とした．通信会社の実販価格から設定した．

表２　アンケート

					月割り（２年間通話料＋端末価格）			
プロフィール	通信会社	繋がりやすさ	デザイン	アイフォン	¥5,000	¥6,500	¥8,000	¥9,500
1	ソフトバンク	普通	普通	なし				
2	ソフトバンク	普通	よい	あり				
3	ソフトバンク	よい	普通	あり				
4	ソフトバンク	よい	よい	なし				
5	Au	普通	普通	なし				
6	Au	普通	よい	あり				
7	Au	よい	普通	あり				
8	Au	よい	よい	なし				
9	DoCoMo	普通	普通	なし				
10	DoCoMo	普通	よい	あり				
11	DoCoMo	よい	普通	あり				
12	DoCoMo	よい	よい	なし				
13	ソフトバンク	普通	普通	なし				
14	ソフトバンク	普通	よい	あり				
15	ソフトバンク	よい	普通	あり				
16	ソフトバンク	よい	よい	なし				

手順３　選好度データを収集する

購買の意志を明確にするために評点を採用した．５段階評価とし，以下のようにした．１　絶対買わない，２　買わない，３　どちらともいえない，４　買う，５　必ず買う．プロフィール16，価格４，被験者10の640個のデータである．

表３　アンケート結果（一部）

因子の割付	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥6,500	¥6,500
1	4	1	3	2	1	3	1	1	3	2	4	1
2	5	5	4	4	5	5	4	1	3	4	5	5
3	5	5	4	4	5	5	5	1	4	4	4	5
4	3	1	3	2	1	4	3	1	4	3	2	1
5	5	1	3	3	1	3	1	3	3	2	4	1
6	5	5	3	5	1	5	3	4	3	4	5	5
7	4	5	3	5	1	5	4	4	4	4	4	5
8	3	1	3	4	1	3	3	4	4	2	2	1
9	4	1	4	3	1	3	1	4	3	4	4	1
10	5	3	4	4	3	5	4	4	4	5	5	3
11	5	5	5	4	3	5	4	5	5	5	4	5
12	3	1	4	4	1	3	2	5	4	4	2	1
13	4	1	3	2	1	3	1	1	3	2	4	1
14	5	5	4	4	5	5	4	1	3	4	5	5
15	5	5	4	4	5	5	5	1	4	4	4	5
16	3	1	3	4	1	4	3	1	4	3	2	1

手順４　データを変換する

表３のアンケートの評点は(６)式で変換し，アンケートの評点５が１になり，解析データになる．表４に結果を示す．

表４　データ変換後

プロフィール	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥5,000	¥6,500	¥6,500
1	2	5	3	4	5	3	5	5	3	4	2	5
2	1	1	2	2	1	1	2	5	3	2	1	1
3	1	1	2	2	1	1	1	5	2	2	2	1
4	3	5	3	4	5	2	3	5	2	3	4	5
5	1	5	3	3	5	3	5	3	3	4	2	5
6	1	1	3	1	5	1	3	2	3	2	1	1
7	2	1	3	1	5	1	2	2	2	2	2	1
8	3	5	3	2	5	3	3	2	2	4	4	5
9	2	5	2	3	5	3	5	2	3	2	2	5
10	1	3	2	2	3	1	2	2	2	1	1	3
11	1	1	1	2	3	1	2	1	1	1	2	1
12	3	5	2	2	5	3	4	1	2	2	4	5
13	2	5	3	4	5	3	5	5	3	4	2	5
14	1	1	2	2	1	1	2	5	3	2	1	1
15	1	1	2	2	1	1	1	5	2	2	2	1
16	3	5	3	2	5	2	3	5	2	3	4	5

手順５　望小特性の SN 比を求める

（７）式で，望小特性の SN 比を求める．望小特性の場合 SN 比が大きいと，平均値が小さくなることが知られている[10]．この場合，変換された選好度が好ましい．すなわち購入意欲が高いことを意味する．

表５　SN 比と平均値

因子の割付	通信会社	繋がりやすさ	デザイン	アイフォン	SN	平均
1	ソフトバンク	普通	普通	なし	−12.713	4.225
2	ソフトバンク	普通	よい	あり	−9.879	2.775
3	ソフトバンク	よい	普通	あり	−9.294	2.550
4	ソフトバンク	よい	よい	なし	−12.355	4.000
5	Au	普通	普通	なし	−12.135	3.900
6	Au	普通	よい	あり	−10.304	2.925
7	Au	よい	普通	あり	−9.754	2.750
8	Au	よい	よい	なし	−11.797	3.725
9	DoCoMo	普通	普通	なし	−11.584	3.600
10	DoCoMo	普通	よい	あり	−8.822	2.575
11	DoCoMo	よい	普通	あり	−7.853	2.200
12	DoCoMo	よい	よい	なし	−11.367	3.450
13	ソフトバンク	普通	普通	なし	−12.724	4.225
14	ソフトバンク	普通	よい	あり	−9.879	2.775
15	ソフトバンク	よい	普通	あり	−9.445	2.600
16	ソフトバンク	よい	よい	なし	−12.221	3.925

手順６　SN 比の水準平均を求める

図１の手順で，各属性，水準後ごとの SN 比の合計を算出すると表６になる．表６のデータをグラフ化したものが要因効果図である．図３に示す．

表６　平均 SN 比

効果	属性１	属性２	SN 比要因効果	平均値要因効果
主効果	通信会社			
	ソフトバンク		−11.064	3.384
	Au		−10.998	3.325
	DoCoMo		−9.907	2.956
	繋がりやすさ			
	普通		−11.005	3.375
	よい		−10.511	3.150
	デザイン			
	普通		−10.688	3.256
	よい		−10.828	3.269
	アイフォン			
	なし		−12.112	3.881
	あり		−9.404	2.644
２因子交互作用	通信会社	繋がりやすさ		
	ソフトバンク	普通	−10.746	3.266
	ソフトバンク	よい	−10.770	3.259
	Au	普通	−10.733	3.238
	Au	よい	−10.783	3.288
	DoCoMo	普通	−10.807	3.281
	DoCoMo	よい	−10.709	3.244
	通信会社	デザイン		
	ソフトバンク	普通	−10.808	3.284
	ソフトバンク	よい	−10.708	3.241
	Au	普通	−10.775	3.269
	Au	よい	−10.741	3.256
	DoCoMo	普通	−10.640	3.213
	DoCoMo	よい	−10.876	3.313
	通信会社	アイフォン		
	ソフトバンク	なし	−10.843	3.353
	ソフトバンク	あり	−10.672	3.172
	Au	なし	−10.372	3.131
	Au	あり	−11.144	3.394
	DoCoMo	なし	−10.973	3.213
	DoCoMo	あり	−10.543	3.313

手順７　要因効果図を作成する

表６から，要因効果図を作成する．

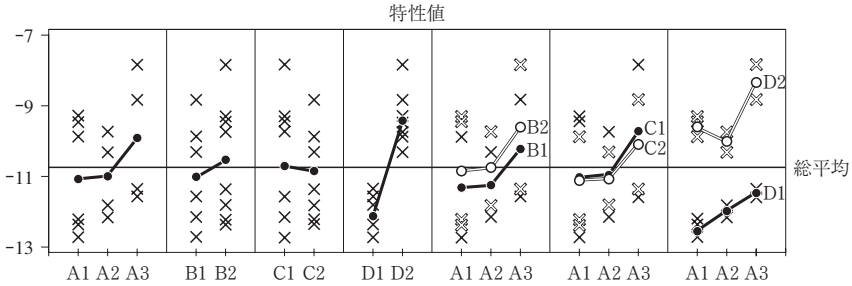

図３　要因効果図

手順８　最適条件を求める

図３及び(８)式から SN 比の高い組み合わせを選択すると，表７のように最適水順の組み合わせが求まる．

表７　最適プロフィール

プロフィール	通信会社	繋がりやすさ	デザイン	アイフォン	SN 比	平均
最適	DoCoMo	よい	普通	あり	-7.853	2.200
2	Au	よい	普通	なし	-8.983	2.488
3	ソフトバンク	よい	普通	あり	-9.269	2.531

最適条件の SN 比は(８)式より，$\lambda_{opt}=-7.853$，平均値は(９)式より，$\bar{z}_{opt}=2.20$ であり，選好度に逆変換すると，3.80 である．すなわち，評点の約４であり，“買いたい”という評価である．２番目，３番目のプロフィールは表 3.7 のとおりである．

3.2　販売価格の最適化

選好度の最適条件における，目標販売価格を求める．以下，節 2.3 の手順をおって解説する．

手順１　全変動，有効除数，線形式を求める

(10)，(11)，(12)式から全変動，有効除数，線形式を商品プロフィールごとに求める．表８に全変動，有効除数を示す．

表８　全変動，有効除数

プロフィール	r	ST
1	2215000000	747
2	2215000000	389
3	2215000000	340
4	2215000000	688
5	2215000000	654
6	2215000000	429
7	2215000000	378
8	2215000000	605
9	2215000000	576
10	2215000000	305
11	2215000000	244
12	2215000000	548
13	2215000000	749
14	2215000000	389
15	2215000000	352
16	2215000000	667

手順２　入力効果，調合誤差因子の効果，誤差分散，誤差全体の分散を求める

(13)～(18)式から入力効果などを求め，表９とする．

表９　入力効果，調合誤差因子の効果など

S_β	SN×β	Ve	VN
700.35	19.29	0.91	1.20
325.42	49.01	0.49	1.63
278.91	42.36	0.62	1.57
637.71	26.63	0.79	1.29
599.14	31.29	0.79	1.41
359.62	54.09	0.51	1.78
317.04	45.90	0.50	1.56
554.25	33.91	0.56	1.30
514.95	40.87	0.67	1.57
277.14	20.54	0.24	0.71
209.68	24.19	0.34	0.88
480.82	50.97	0.54	1.72
698.66	20.88	0.98	1.29
325.42	49.01	0.49	1.63
287.14	48.10	0.56	1.66
623.31	24.81	0.63	1.12

手順３　SN比，感度，傾きを求める

(19)，(20)，(21)式でSN比，感度，傾きを求めると，表10になる．

表10　SN 比，感度，傾き

SN 比	感度	傾き
−65.784	−65.006	0.000562
−70.458	−68.336	0.000383
−70.957	−69.009	0.000354
−66.517	−65.413	0.000536
−67.166	−65.684	0.000520
−70.403	−67.901	0.000403
−70.389	−68.449	0.000378
−67.165	−66.021	0.000500
−68.288	−66.342	0.000482
−67.569	−69.031	0.000354
−69.690	−70.245	0.000307
−69.000	−66.639	0.000466
−66.126	−65.017	0.000561
−70.458	−68.336	0.000383
−71.091	−68.881	0.000360
−66.005	−65.511	0.000530

手順 4　動特性の最適プロフィール SN 比，感度，傾きを求める

(22)～(25)式から最適条件の動特性の SN 比，感度，傾き，目標価格を求めると，表11になる．

表11　最適条件の動特性の SN 比，感度，傾き，目標価格

プロフィール	通信会社	繋がりやすさ	デザイン	アイフォン	SN 比	感度	傾き	目標価格
最適	DoCoMo	よい	普通	あり	−69.690	−70.245	0.000307	¥6,505
2	Au	よい	普通	なし	−67.805	−66.235	0.000488	¥4,100
3	ソフトバンク	よい	普通	あり	−71.024	−68.945	0.000357	¥5,601

3.3　商品企画案の再現性の確認

ここで，節 2.5 で述べたように最適プロフィールと，現行プロフィール確認するために，再度同じ被験者に確認アンケート表 3.15 を実施した．被験者は，10人から 5 人に絞り込んだ．確認アンケートは L16 直交表から，確認したいプロフィールを 3 つ選んだ． 1 つは，11の最適解， 1 は，一番販売価格が安そうなもの， 6 は AU のアイフォン効果をみるために選んだ．それぞれのプロフィールを，最適，比較 1 ，比較 2 とした．

表12　確認アンケート例

					月割り（2年間通話料＋端末価格）			
因子の割付	通信会社	繋がりやすさ	デザイン	アイフォン	¥5,000	¥6,500	¥8,000	¥9,500
1	ソフトバンク	普通	普通	なし	4	4	3	3
6	Au	普通	よい	あり	4	4	3	3
11	DoCoMo	よい	普通	あり	5	4	4	3

アンケート結果を，これまでと同様に望小特性，動特性の解析した結果を元データと比較し順に示す．まず，望小特性の解析結果を表13に示す．

表13　望小特性の確認アンケートの解析結果

					確認データ		元データ		
プロフィール	通信会社	繋がりやすさ	デザイン	アイフォン	SN 比	平均	SN 比	平均	確認
最適	DoCoMo	よい	普通	あり	−8.779	2.450	−7.853	2.200	−11.8％
比較１	ソフトバンク	普通	普通	なし	−10.212	2.900	−12.7184	4.225	19.7％
比較２	Au	普通	よい	あり	−10.774	3.150	−10.304	2.925	−4.6％

最適プロフィール，比較プロフィールとも，±30％以内で望小特性の再現性が保証された．次に動特性の解析結果を表14に示す．

表14　動特性の確認アンケートの解析結果

					確認データ			元データ			
プロフィール	通信会社	繋がりやすさ	デザイン	アイフォン	SN 比	感度	傾き	SN 比	感度	傾き	確認
最適	DoCoMo	よい	普通	あり	−67.530	−69.075	0.000352	−69.69	−70.245	0.000307	3.1％
比較１	ソフトバンク	普通	普通	なし	−70.145	−67.936	0.000401	−65.955	−65.012	0.000562	−6.4％
比較２	Au	普通	よい	あり	−68.962	−67.223	0.000435	−70.403	−67.901	0.000403	2.0％

最適プロフィール，比較プロフィールとも，±30％以内で動特性においても再現性が保証された．動特性の解析結果から，目標販売価格を確認すると表15になる．

表15　目標販売価格の確認

プロフィール	通信会社	繋がりやすさ	デザイン	アイフォン	確認データ	元データ
最適	DoCoMo	よい	普通	あり	¥5,686	¥6,506
比較１	ソフトバンク	普通	普通	なし	¥4,987	¥3,559
比較２	Au	普通	よい	あり	¥4,594	¥4,967

最適プロフィールが，他のプロフィールよりも，選好度が高くかつ販売価格を高めに設定できることが分かった．かつ再現性があることが分かった．

4．ま　と　め

本論文では今野（2010）のモデルと解法を交互作用があるデータに適用し，多水準，擬水準への適用もした．タグチメソッドの静特性モデルで，選好度が最も良くなる属性と水準を決定し，目標選好度を達成する価格を求めることができた．今回はスマートフォンを例に学生を使ってモデルと解法を検証した．今後さらに実用性を検証するために，企業での実施例で，モデルと解法を検証し，よりこれらの実用性も高める．さらに研究成果，の

商品ブランド構築のためのモデルと解法を適用したい.

参　考　文　献

［1］ コトラー．フィリップ：「コトラー　マーメティング・マネジメント　―第4版　競争的戦略時代の発想と展開」プレジデント社（1994），pp. 250-251

［2］ 神田　範明，大藤　正，岡本　眞一，今野　勤，長沢　伸也：「商品企画七つ道具」日科技連　pp. 177-209，（1995）

［3］ 片平　秀貴：「マーケティング・サイエンス」東京大学出版　pp. 155-166（1994）

［4］ 豊田　秀樹，福中　公輔，川端　一光，片平　秀貴：“2次因子分析における構成概念の平均値の比較”行動計量学（2008）第35巻第1号，pp. 91-101

［5］ 守口　剛：“潜在クラス・ロジット・モデルを利用したロイヤルティ・セグメンテーション”オペ―レションズ・リサーチ　2003年10月号，pp. 35-40

［6］ 劉　東日，太田　宏：“コンジョイント分析による多属性をもつ新商品の最適価格決定”，日本経営工学会誌，pp. 324-330，Vol. 44 No. 4（1993）

［7］ 劉　東日，太田　宏：“コンジョイント分析による多属性をもつ新商品を設計するためのヒューリスティックアプローチ”，日本経営工学会誌，pp. 9-16，Vol. 47 No. 1（1996）

［8］ 永井　亮雄，生田目　嵩，山口　俊和：“コンジョイント分析を用いた新商品企画と価格決定”，日本オペレーションズリサーチ学会秋季研究発表会，pp. 126-127，（1998）

［9］ 鈴木　秀男，クンティダ・テーチャワォラスィサグン，圓川　隆夫：“外側配置を導入したコンジョイント分析とその商品企画への応用”，日本経営工学会論文誌，pp. 257-264，Vol. 47 No. 4（1996）

［10］ 立林　和夫：「入門タグチメソッド」日科技連出版（2004），pp. 9-75

［11］ 今野　勤：“商品企画における価格対応モデルと解法”日本経営システム学会誌 Vol. 27，No. 2（November 2010），pp. 27-36

［12］ T. Konno: “Cost Model and Solution in Product Planning” JAMS/JAIMS ICBI 2011 JAMS/JAIMS International Conference on Business & Information 2011（submitted）

［13］ J. Douglas, Carrol., and Paul E. Green.: “Psychometric Methods in Marketing Research: Part I, Conjoint Analysis”, *Journal of Marketing Research* Vol. XXXII, pp. 385-391,（1995）

［14］ 朝野　熙彦，山中　正彦：「新製品開発」朝倉書店 p. 97-128（2004）

［15］ 楠　正，辻谷　将明，松本　哲夫，和田　武夫：「応用実験計画法」日科技連出版

［16］ 永田　靖：「入門実験計画法」日科技連出版（2004），pp. 96-137