購買活動予測のための数量化手法

－購買行動促進のためのパッケージデザインに関する
感性工学的基礎研究(3)－

Mathematical Method for Forecasting of Consumers' Purchasing Activity

－Fundamental Study based on Kansei Engineering for Package Design to promote Consumers' Purchasing Activity (3)－

鄭　秉国
Jeong ByoungGuk

洪　起
Koh Ki

豊口　協
Toyoguchi Kyo

It is reported that all items concerning a product, such as brand name, commercial, price, package design and others, which are described in Part 1, give a remarkable effect on forecasting of consumers' purchasing activity. Therefore, in case of forecasting of consumers' purchasing activity, it will be demanded to formulate forecasting problem, considering quantitatively the effects of these all items.

This paper presents a probabilistic method to assess the purchasing activity of a new product which is designed by developer with some specified image level of selected items within all items, developing Bayes theory with the likelihood function obtained by the statistical analysis of the selling results of products or the questionnaire surveys. Besides, a probabilistic approach using fuzzy logic as a means to define numerically each image level of all items is formulated and discussed with numerical examples. It is hoped that such a tentative study will help to forecast consumers' purchasing activity for new product with some specified image level of selected items.

Keywords : Fuzzy Logic, Statistical Analysis, Image Level
ファジィ事象, 統計分析, イメージ段階

1．はじめに

消費者の購買活動状況を表すパラメーターとして購買率（商品販売の数をある地域の調査対象人口で割った数値と定義）を想定した場合､購買率は､その商品を保持する１人当たりの数であり、この値が１より十分小さければ、調査対象人口からなる母集団のうちの消費者１人がその商品を購買する近似的な平均的確率を表すことになり、また、１に近いかまたは１より大きければ、数値的には確率１で購入するという購買活動を表すことになるだろう。消費者の購買率を定量的に評価する数量化手法は、消費者を個人単位で解析対象にするならば、購買に関わる不確定な諸条件下において、消費者個人がある特定商品を購買するか否かの意思決定問題に属する。意思決定問題の数量化には、消費者の意思決定の体系を行動基準に関する何らかの規範的理論に基づいて定式化する必要が生じる。

しかしながら、ここで、我々は非常に重要な問題に直面する。それは、仮に何らかの規範的理論に基づく定式化が可能であるとしても、定式化に際して、消費者の意思決定の体系が規範的理論に基づく合理的な数理的手段によってのみ展開されてしまうことで生じる問題である。つまり、人間は、はたして、ある規範に則って理想的に行動し、合理的に判断を下すものであろうかという問題である。常に、何らかの規範的理論に則ってその商品を購買するかどうかの意思決定を下すかである。そもそも人間は最適性を追求する存在であるかどうかは疑問であり、事実、Simon[注1]は、有名な満足化原理を提案し、人間はほどほどのところで満足し、それ以上の最適性は追求しないと主張している。また、意思決定の対象となる問題内容にも依存し、一般論で、人間の意志決定を体系化するのは困難であると示唆している。以上のことから推察すれば、消費者の意識および判断に特別な訓練等の前提がなければ、商品の各種の因子に関する嗜好や他の条件等を考えながら、購入という最終的な意思決定を合理的な判断のもとで行うことは困難であろう。

しかしながら、一方では、実際の人間はより柔軟であり､常に、意識の中で学習しており、自分の購買行動を常にモニターすることによって、失敗の少ない合理的な選択を試みているものと思われる。特に、対象とする商品が日常的なものであり、日々使用するものであれば、通常は、間違った選択をする状況にはないし、仮に、一時的に間違った選択をしても、次回の購買時には改められる筈である。

本稿は、このような間違った選択が起こり難いある程度限定的な消費者の意思決定状況を想定し、消費者の商品に関する嗜好度および商品購入の意思決定に関わる購買活動が商品のデザイン因子とどのように関わっているかを確率空間の中で数量的に評価し、消費者の購買活動予測に関する数量化手法の定式化を試みることにする。

商品の購買率や販売率（販売の数を世帯数で割った値で、購買率同様に、1 世帯当たりの平均的な販売確率）等の外的基準（以下、目的変量と表記）と因子（説明変量）との関係から、目的変

数の将来予測に関する数量化手法は、一般的には数量化理論Ⅰ類や重回帰分析等による推定法が利用されている[注2〜3]。この手法は、基本的には、多次元空間において目的変数と因子との関で関係式を仮定し、観測値とこの関係式の残差を多変数空間の中で２乗平均の意味で最小にする数量化手法である。特に、重回帰分析法の場合は、分散解析、重相関解析によりどの程度有効であるのかに関して検定する必要もある。

既往のデザイン研究によると、商品の購買活動は、消費者がその商品の因子に対して抱くイメージに大きな影響を受けると報告されている[注2〜7]。それ故、消費者のパッケージデザインに関するイメージ評価を因子とする予測方法がデザイン開発上重要になるだろう。特に、消費者の各因子に関するイメージ評価は、感性的なものであり、ファジィな表現でイメージされるため、これらのイメージ評価をファジィ事象と見なした予測方法の構築が要求される筈である。

ファジィなデザイン因子を説明変量とする予測問題は、ファジィ多変量解析に属し、既往の研究[注 8〜11]に展開されている。特に、ファジィな説明変数と外的基準からなる予測問題はファジィ線形回帰分析として定式化されている。システムに関する観測データと推定値とのずれ、または、あいまいさをシステムの係数のあいまいさに帰着させる方法でモデル化し、可能性線形システムとして提案されている。この方法は、観測データと推定値との関係をファジイ集合論的な観点から定式化したもので、観測データの確率的事象に関する考慮はなされていない。

予測問題における消費者の各因子のイメージ評価と目的変量は、ファジィ事象としてのイメージ評価と目的変量との関係であり、さらに、確定的な関係によって一意的に決められるのではない。そのため、どんな因子のイメージ評価が購買活動にどの程度の割合で寄与するのかという確率的概念を基本にした予測方法を構築したほうが合理的であり、新商品のデザイン開発時のリスクをできる限り小さくし、失敗を回避する上で現実に即した有効な情報を抽出することができる。さらに、将来、消費者の各因子に対して抱くイメージ評価に関するデータベースを構築することができれば、より信頼度の高い、的確な目的変量予測が可能になる筈である。

本稿は、市場における販売および購買活動実績とそれに関わるデザイン因子との各種の統計的データから、商品の目的変量とデザイン因子との確率的な関係をベイズ的アプローチにより数量的に定式化する手法を提案したものであり、デザイン開発者が、ある特定デザイン因子のイメージ評価を有する新商品のパッケージデザインを開発したときのその商品の目的変量はどの程度になるかに関するデザインの予測問題に、ファジィベイズ則[注13]に基づく確率論的なアプローチを新たに適応した研究である。

無論、ファジィベイズ則に基づくベイズ的規範が消費者の全ての購買活動を規定する規範という訳ではないが、新商品のパッケージデザインに関する感性的なイメージ評価が大きな因子となるような場合の購買活動予測を数量的に評価するための試験的試みとしてなされたものである。

２． 購買活動予測のための数量化手法の定式化

消費者は、商品に関わる諸々の要因のうちで、特定の因子、例えば、商品の品質、価格、コマーシャル、流行およびブランド名等の影響を受けながら、また、同時に、第２報で述べたように、形容詞項目による感性的なイメージを脳裏に抱きながら、主観的な立場で考え、全体的には合理的判断により、購買するかどうかを決定するものとしよう。商品の購買活動はその商品に関わる主要な因子に大きく影響を受けるため、その将来予測は、商品とその商品に関わる固有の因子、およびその商品に関する感性的イメージとの関係から推定されるだろう。

消費者は、その目的と用途が同じ商品群の中から、ある特定の商品を選択し、購入する場合を想定する。商品群を排他的な選択肢で整理し、商品群の標本空間または集合をΩ_Wとし、Ω_Wに属する事象を次のように定義する。

$$\{w_1, w_2, \cdots, w_m\} \in \Omega_W \tag{2-1}$$

上式中の$w_i (i = 1,2,\cdots,m)$は、Ω_Wに属する事象であり、i番目の商品である。市場で実際に市販されている商品と見なしてもよい。mは商品の個数を表すが、特に、その数に特別な制限はない。

集合Ω_Wに属する各商品w_iが有する因子の集合をΩ_Eとし、(2-1)式と同様に、この集合に属する事象を次のように定義する。

$$\{E_1, E_2, \cdots, E_n\} \in \Omega_E \tag{2-2}$$

上式中の$E_i (i = 1,2,\cdots,n)$は、Ω_Eに属する事象であり、商品の購買活動予測に影響を及ぼすi番目の因子である。nは因子の数で、購買に顕著な影響を及ぼす主な因子に特定することもできる。各商品w_iは、(2-2)式の集合のなかのすべての因子を有するものとする。無論、各因子のイメージレベルは商品毎に異なってもよい。因子の種類としては、第１報の述べたブランド名、コマーシャル等の購買活動に関わる全ての因子が解析対象となり、また、第２報の感性工学的観点から分析した形容詞項目を因子として想定しても構わない。

因子E_iは、消費者が感じるその度合いによって、さらに分類する必要がある。デザインのシンプルさを表す因子をE_iとして例にとれば、非常にシンプルな、かなりシンプルな等のイメージレベルの差異によって、商品のイメージはかなり異なり、購買活動に影響を及ぼすと思われるからである。それぞれの因子のその度合いを第１報と同様に次のように分類する。

$$E_i = (e_{i,1}, e_{i,2}, \cdots, e_{i,s}) \tag{2-3}$$

上式中のsは因子E_iのイメージレベルによる分類の数を表す。SD法[注 16]（Semantic Differential Technique）により、各因子のイメージレベルを分類する場合は、一般には、5 か 7 が適当であろう。$e_{i,j}$は要因E_iのイメージレベルjを表す。それ故、$e_{i,1}$はE_iの最大限のマイナスのイメージレベルを表し、$e_{i,s}$はE_iの最大限のプラスのイメージレベルを表すことになる。

(2-1)式の任意の商品w_lは、数が有限でそれぞれの固有の因子に対するイメージレベルを有する商品を表すが、標本空間におけ

る多くの商品の中で、このi番目の商品の目的変量を表す事象を表すことにしても、一般性を失うことは無い。それ故、本稿では、この事象の実現確率、すなわち、この目的変量w_lが実現する確率を$P(w_l)$で表すことにする。

ここで、以上述べた標本空間の中で、ある特定因子のイメージレベルを有する商品が開発されたとき、このイメージレベルが消費者の購買にどの程度関わり、その結果として、新商品の目的変数がどの程度の値になるかを推定する問題を考えてみよう。

因子のイメージレベル$e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots, e_{n,k}$を有する商品の目的変量を表す事象$w_L$の実現確率$P(w_L)$を評価する場合、その目的変数の推定値をイメージレベルの関数として一意的に求める代わりに、$P(w_L)$をw_Lに関わる因子のイメージレベルの関数とし、その因子が$e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots, e_{n,k}$のレベルで評価されたときの条件付確率のような表現式で記述したほうが合理的である。なぜならば、$P(w_L)$の精度を含めて推定することができるからである。このような確率評価の一手法としてベイズの定理がある。 これは、w_LとE_iからなる同時確率$P(w_L, E_1, E_2, \cdots, E_n)$が標本空間の中で存在するものとし、因子$E_1, E_2, \cdots, E_n$に対してある特定のイメージレベル$e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots, e_{n,k}$を有するという条件のもとで開発された事象$w_L$（新商品の目的変量）の条件付け実現確率を$P(w_L | E_1 = e_{1,i}, \cdots, E_n = e_{n,k})$で表すと、ベイズの定理に従い、目的変量の生起確率は次のように展開される。

$$P\left(w_L \middle| E_1 = e_{1,i}, E_2 = e_{2,j}, \cdots, E_n = e_{n,k}\right) = \frac{P\left(e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots, e_{n,k} \middle| W = w_L\right) P\left(w_L\right)}{P\left(e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots, e_{n,k}\right)} \qquad (2\text{-}4)$$

ただし、$P(e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots, e_{n,k} | W = w_L)$：ある特定商品の目的変数$W$が$w_L$であるという条件のもとで、その商品が有している各因子のイメージレベルが$e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots, e_{n,k}$である条件付け確率、$1 \le i, j, k \le s$

上式中の条件付け確率、これまでの市場における販売実績およびアンケート調査等における目的変量に関わるデータ分析から評価する。さらに、$P(w_L)$は、前述のように、新商品が消費者によって購入される目的変量w_Lに関する実現確率で、ベイズの定理では事前確率を表す。(2-4)式の右辺の分母は、(2-4)式の分子の条件付け確率を用いると、全確率の公式から次式で表される。

$$P\left(e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots, e_{n,k}\right) = \sum_{l=1}^{m} P\left(e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots, e_{n,k} \middle| W = w_l\right) P\left(w_l\right) \qquad (2\text{-}5)$$

(2-4)式と(2-5)式の右辺の条件付け確率は、既に市場で販売されている特定商品w_lの既知な目的変量と、その商品が有している各因子のイメージレベルに関する観測値またはアンケート調査等から推定される値である。

(2-5)式の任意の各因子$e_{i,j}$は、$W = w_l$という同じ条件のもとで、他の因子$e_{l,k}$と統計的に条件付け独立性を仮定すれば、(2-5)式は次のように変形される[注14]。

$$P\left(e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots e_{n,k}\right) = \sum_{l=1}^{m} P\left(e_{1,i} \middle| W = w_l\right) P\left(e_{2,j} \middle| W = w_l\right) \cdots P\left(e_{n,k} \middle| W = w_l\right) P\left(w_l\right) \qquad (2\text{-}6)$$

ただし、$P\left(e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots e_{n,k} \middle| W = w_l\right) = P\left(e_{1,i} \middle| W = w_l\right) \cdot P\left(e_{2,j} \middle| W = w_l\right) \cdots P\left(e_{n,k} \middle| W = w_l\right)$

上式は、各因子$e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots, e_{n,k}$がそれぞれ無条件に統計的に独立であることを意味しない。(2-6)式を(2-4)式に代入すれば、ある特定のイメージレベル$e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots, e_{n,k}$を有するように開発された新商品$w_L$の目的変量の実現確率が、事前確率の再評価として推定される。(2-6)式の$P(w_l)$は事前確率である。以上の２つの事前確率$P(w_l)$と$P(w_L)$は、ある特定因子を有する新商品が販売される前に、仮定される目的変量に関する実現確率である。(2-4)式の左辺は、上記の事前確率に対して、目的変量等に関する情報を考慮した後の目的変数の実現に関する事後確率を表す。

過去の販売実績が既知の商品w_Lに対して因子のイメージレベル$e_{i,j}$が抽出されたとき、(2-6)式の$P(e_{i,j} | W = w_l)$はw_lの$e_{i,j}$に関する尤度であり、$P(e_{i,j} | W = w_l)$をw_lの関数と見なすと尤度関数になる。この方法は、事前確率$P(w_l)$をどのように仮定するかという問題があるが、現実的に合理的な方法であることは一般的に理解されている。(2-4)式は、市場において、各因子のイメージレベル$e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots, e_{n,k}$が消費者によって感性的にイメージされ、その結果として、目的変量w_Lが実現すると見なすものであり、w_lと$e_{1,i}, e_{2,j}, \cdots, e_{n,k}$の関係は、確定的な関係にあるのではなく、実際の市場での販売実績等から得られる尤度関数によって確率論的に決定されるものとする。この推定手法は、従来型の手法のように、販売実績等のデータに基づいて、未知パラメータ（目的変量）の真の推定値をただひとつ求めるのではなく、未知パラメータの確率分布をデータの関数の形で求めるものである。そのため、過去の販売実績等に関するデータベース等を構築することができれば、精度を含んだ信頼性の高い推定が可能になるだろう。

以上述べたある特定の因子を有する新商品の目的変量の実現確率に関する評価手法は、過去の販売実績から得られる実現確率等が既知の商品が有する因子に関する全情報からある特定因子（新商品が有する因子）情報を抽出し、この情報を基礎にして新しく開発された新商品の購買活動予測評価に直接関わる目的変量（購買率や販売率等）を統計的かつ合理的に推定する解析手法を提案しようとするものである。尤度関数については次項で述べる。

３． 尤度関数$P(e_{i,j} | W = w_l)$の導出

商品が有する因子E_iに対して、消費者は脳裏にイメージレベル$e_{i,j}$を抱くか否かは確率事象としてモデル化されるが、この$e_{i,j}$をどのように定義するかという問題が生じる。一般には、消費者が各因子に対して抱くイメージレベルは、主観的で不明確な判断に基づき、言語学的表現により知覚されるものと思われる。それ故、本論では、消費者の各因子に対する不明確で曖昧な印象をあ

る程度定量的に評価する方法としてファジィ事象の概念を応用する。

第１報で述べたように、Zadeh によって導入されたファジィ理論による言語学的アプローチは、このような不明確で、曖昧な因子を定量的に評価する手段として大変効果的である[注 17]。

因子レベル $e_{i,j}$ （ $j=1,2,\cdots,s$ ）をファジィ事象として取り扱う場合、(2-6) 式の右辺の $P(e_{i,j}|W=w_l)$ はファジィ事象 $e_{i,j}$ の条件付け確率になる。ファジィ事象の生起確率はその帰属度関数の期待値で表されるから、これを条件付け確率の場合に拡張すると、尤度関数は次式になる。

$$P\left(e_{i,j}\middle|W=w_l\right)=\sum_{k=1}^{4s+5}\mu_{ei,j}(x_k)p_{E_i}\left(x_k\middle|W=w_l\right) \qquad (3\text{-}1)$$

ただし、$\mu_{ei,j}(x_k)$ ：因子 $e_{i,j}$ の帰属度関数で、要素 x_k が因子のイメージレベルを表すファジィ集合 $e_{i,j}$ に属する度合い

$x_l\in\Omega_{Ei}$ （ Ω_{Ei} ：因子 E_i の全イメージレベルを表す集合で、Ω_E の部分集合）

$p_{E_i}(x_k|W=w_l)$ ：商品の目的変数が既知な集合（商品群）のなかで、ほぼ同じ値の目的変量を有する集合に属する商品を対象にして、因子 E_i のイメージレベルが要素 x_k に相当する確率

因子 $e_{i,j}$ の帰属度関数としては、第１報の図１に示した関数を考えることにする。(3-1) 式の確率関数 $p_{E_i}(x_k|W=w_l)$ は、第１報の (3-3) 式と (3-4) 式の $P_{E_i}(x_k)$ と同様な手順に従い、求めることができる。第１報との違いは、目的変量がある確定値 w_l を有する母集団を対象にして算出する必要があるということのみである。

(3-1) 式の尤度関数は、目的変量が既知で w_l である商品の因子 E_i の各イメージレベルからなる集合において、j レベルのイメージ $e_{i,j}$ が実現する確率を表したものである。これは、目的変量が w_l であるとき、消費者の脳裏にイメージレベル $e_{i,j}$ が浮かぶ確率を表し、また、ある因子レベルを有する商品の目的変数の推定という特定の目的に適した情報を既存の商品に関する因子情報から袖出するための仕掛けを表す。それ故、既存の商品とその販売実績等に関するデータがこの仕掛けを構築するための一員であるかどうかの検討が必要になる。すなわち、既存商品が有する因子が属する集合の明確化が重要になる。

一般に、これらの因子が異なるデータを含んだ母集団から上記の確率を算定することはできない。仮に、このような母集団を用いて算出しても、推定値のばらつきが大きくなり、推定値の信頼度が低下する。

４． 目的変数の平均と標準偏差

結局、これまでに導出した式を用いて、新商品の各因子のイメージレベルを条件付けにした目的変量の条件付け確率関数 (2-4) 式が得られれば、開発者が各因子のイメージレベル $e_{1,i},e_{2,j},\cdots,e_{n,k}$ を想定して開発されたときに予想される目的変寮の平均と分散が次式のように評価される。

$$E\left[W\middle|E_1=e_{1,i},\cdots,E_n=e_{n,k}\right]=\sum_{l=1}^{m}w_lP\left[w_l\middle|E_1=e_{1,i},\cdots,E_n=e_{n,k}\right]$$

$$\sigma^2\left(W\middle|E_1=e_{1,i},\cdots,E_n=e_{n,k}\right)=\sum_{l=1}^{m}w_l^2P\left[w_l\middle|E_1=e_{1,i},\cdots,E_n=e_{n,k}\right]$$

$$-\left\{\sum_{l=1}^{m}w_lP\left[w_l\middle|E_1=e_{1,i},\cdots,E_n=e_{n,k}\right]\right\}^2 \qquad (4\text{-}1)$$

従来型の数量化理論Ⅰ類等の推定方法との相違点は、従来型は目的変量と要因との関係式を仮定し、観測値と関係式の残差を２乗平均の意味で多次元空間のなかで最小にする手法であるのに対し、本稿で提案した方法は、目的変量の推定に有効なデータから構築した尤度関数を用いて、ファジィ事象からなる確率空間の中でその精度を含めて推定する手法になっている。

５． 事前確率 $P_W(w_l)$ の評価

一般に、ベイズの理論は、事前確率の選択をどうするかという問題があるが、実際の市場での目的変数に関する情報を考慮したときの再評価とも解釈されるので、目的変量に関する情報がある程度あれば、予めこの実現に関する事前確率を正確に評価する必要はない。

これまでに開発された商品の販売実績等から商品の目的変量の平均値とそのばらつきを表す変動係数が概ね推定されるものとしょう。前述のように、目的変量の事前確率を正確に予測する必要が無いから、本稿では、目的変量は近似的に正規分布で表されるものと仮定すれば、商品 w_l の目的変量の事前確率は、離散型で表現すれば次式になる。

$$P(w_l)=\Phi\left[\frac{w_l+0.5\Delta w-\overline{W}}{\sigma_W}\right]-\Phi\left[\frac{w_l-0.5\Delta w-\overline{W}}{\sigma_W}\right] \qquad (5\text{-}1)$$

ただし、$\Phi[w]=\dfrac{1}{\sqrt{2\pi}}\displaystyle\int_{-\infty}^{w}\exp\left\{-\frac{t^2}{2}\right\}dt$

$\overline{W},\sigma_W(=\overline{W}V_W)$ ：目的変量の平均値と標準偏差

V_W ：目的変量の変動係数、Δw ：目的変量を離散型で表現したときの増分間隔

６．数値解析例

ここでは、本稿で展開し目的変量を推定する数量化手法を用いた例題を示す。目的変量としては、前述のように、商品の販売率や購買率等が考えられるが、シャンプー容器に関するこれらのデータがないので、本稿では、第１報で定義したシャンプー容器の嗜好度と嫌悪度を目的変量としよう。この嗜好度と嫌悪度はシャンプー容器の販売に直接関係する変量であるから、これらの変量を目的変量としても一般性を失うことはない。

例題の設定は次のようになる。第２報で、20 個の形容詞項目による各シャンプー容器のイメージ評価に関するアンケート調査結果が得られている。また、第１報では、各シャンプー容器に関する被験者の嗜好度と嫌悪度が定義され、アンケート調査結果を基

礎にした解析によって数量的に得られている。この形容詞項目によるイメージ評価と被験者の嗜好度および嫌悪度とは密接に関係する。すなわち、感性工学的には、形容詞項目による各シャンプー容器のイメージ評価の結果として、被験者の嗜好や嫌悪の度合いがイメージされ、そのイメージの数量化により、嗜好度や嫌悪度が算出されているからである。第２報の因子分析により、日韓の消費者の代表語で記述される因子軸が定義され、また、各形容詞項目に関するイメージの因子分析による因子負荷量と嗜好度および嫌悪度との偏相関係数を求めることにより、これらの目的変量に与える影響が大きい形容詞項目を特定することを可能にした。

第２報の表５から、日本男子の嗜好度に強い影響を与える形容詞項目として、仮に、偏相関係数が約 0.5 以上の項目を選出すれば、第１因子軸の形容詞項目は、6, 11、第２因子軸は 1, 19, 12, 2、さらに第３因子軸は 15 の計７個になる。尚、各形容詞項目は第２報に記載している。今、この７個の形容詞項目を因子 E_i の度合い $e_{i,j}$ と見なし、この因子に関する被験者のイメージに関するデータが得られているものとし、さらに、この７個の形容詞項目に関する消費者のデータとシャンプー容器の嗜好度が既知な組み合わせが、何組かあるものとする。そこで、開発者が新商品のパッケージデザイン開発に際して、この７個の形容詞項目をデザインコンセプトとして、７ 段階のうちのあるレベルを想定して開発されたとき、開発されたシャンプー容器の消費者による嗜好度はどの程度になるかを推定する問題を解析することにする。

この場合の開発者による形容詞項目に対するイメージ評価は、一般消費者の各形容詞項目のイメージ評価に関する多くのデータからその平均的なイメージ評価が客観的に可能なデザインセンスを有する場合を想定する。これは、開発者が、個性豊かで、かなり強い主観的なイメージ評価による開発を行えば、その新商品の目的変量の推定に際して、一般被験者のデータから構築される尤度関数が効果的に機能しないからである。

７個の表（表１〜表７）は、形容詞項目に関する被験者のデータで、第２報のアンケート調査の結果である。本稿では、このデータを消費者のイメージ評価による統計的データと見なすことにする。被験者の形容詞項目とシャンプー容器の嗜好度が既知な組み合わせの数は $m=10$ とした。この 10 組のシャンプー容器は各表の左側に記してある。日本の場合は、33 個のシャンプー容器の嗜好度のデータがあるが、解析を多少簡単にするため 10 組にした。無論、データの数が増えれば、予測値の信頼度は上昇する。表 8 はこの 10 個のシャンプー容器の嗜好度が示している。この値は第１報の図 13 に示した日本男子のものである。被験者の数は 24 名（第１報）であるから、表１から表７の行の度数の和は全て 24 になる。

まず、７ 個の形容詞項目に対する被験者のイメージ評価を表す各表から、最初の形容詞項目 6 に対する尤度関数に必要な(3-2)式の $P_{E_6}\left(x_l \middle| W=w_l\right)$ を算出する。表１から表７までの７個の形容詞項目におけるシャンプー容器 s1 の表中の値は、表８の s1 の既知な嗜好度は $w_l = 0.2446$ のときのイメージ評価に関するデータである。今、形容詞項目 6 に注目すると、因子 $e_{i,j}$ は $e_{6,j}\,(j=1,2,\cdots 7)$ となり、その個数 $n_{6,j}\ (j=1,2\cdots,7)$ はそれぞれ $n_{6,1}=1, n_{6,2}=3, n_{6,3}=6,\ n_{6,4}=8, n_{6,5}=3,\ n_{6,6}=2,\ n_{6,7}=1$ になる。そのとき、第１報の(3-2)式から $x_k\,(k=1,2,\cdots,33)$ が得られ、$C=1/96$ になる。x_k の全ての値を足して１になるように正規化してもよい。　無論、C は同じ値になる。このようにして、因子 E_6 に対する条件付け確率 $P_{E_6}\left(x_l \middle| W=w_l\right)$ が得られる。さらに、新商品の因子 E_6 のイメージレベルが j 段階であるときの尤度関数 $P(e_{6,j}|W=w_l)$ は、(3-1)式から次のようになる。

$$P\left(e_{6,j} \middle| W=w_l\right)=\sum_{k=1}^{33}\mu_{e6,j}\left(x_k\right)P_{E_6}\left(x_i \middle| W=w_l\right) \qquad (4\text{-}2)$$

ただし、$\mu_{e6,j}\left(x_i\right)$: 因子 E_6 のイメージレベルが j 段階を表す $e_{6,j}$ の帰属度関数で、j 段階のイメージに対してのみ山があり、他のイメージに対しては 0 の帰属度関数

他の形容詞項目 $(e_{11,i}, e_{1,j}, e_{1,k}, e_{19,i}, e_{12,j}, e_{15,k})$ に対しても同じ操作を行うと、(4-2)式と同様な尤度関数が得られる。以下、嗜好度が既知な他の９個のシャンプー容器に対しても、同様な操作を行えばよい。

今、開発者は、消費者は形容詞項目に対するイメージレベルがそれぞれ概ね $e_{6,2}, e_{11,3}, e_{1,4}, e_{19,4}, e_{12,2}, e_{2,3}, e_{15,4}$ になるようなイメージレベルを有するようなパッケージデザインの新商品を開発したとする。そのとき、この新商品の消費者による嗜好度の予測値(4-1)式の平均と標準偏差は表９の解析結果１になる。事前確率の平均は 10 個の嗜好度の平均を用いた。変動係数 V は、表８の嗜好度の値から得られる変動係数 0.24 と、その前後の値を用い、$V=0.2, 0.24, 0.3$ の場合の結果を表９に示した。

解析結果から、事前確率の値により多少変動するが、上記のイメージレベルを有するパッケージデザインの嗜好度の平均は概ね 0.34〜0.35 程度、標準偏差は約 0.08 になる。

表 1　項目 6 の形容詞の度数（ *si* ：サンプル番号）

容器＼段階	1	2	3	4	5	6	7
s1	1	3	6	8	3	2	1
s14	2	4	7	5	5	0	1
s5	0	0	4	9	4	3	4
s9	1	0	3	6	7	4	3
s13	0	1	3	8	4	5	3
s21	0	2	6	7	4	3	2
s2	0	0	6	7	4	6	1
s7	5	7	6	5	1	0	0
s32	1	3	11	5	1	1	2
s26	2	6	8	7	1	0	0

表 2　項目 11 の形容詞の度数

容器＼段階	1	2	3	4	5	6	7
s1	0	0	9	9	3	2	1
s14	2	4	6	10	1	1	0
s5	0	0	0	8	9	2	5
s9	0	1	3	13	2	1	4
s13	0	1	2	7	5	4	5
s21	1	2	8	5	3	1	4
s2	0	0	6	7	4	6	1
s7	2	7	7	5	3	0	0
s32	1	4	10	6	3	0	0
s26	1	4	10	6	3	0	0

表 3　項目 1 の形容詞の度数

容器＼段階	1	2	3	4	5	6	7
s1	3	3	13	2	2	1	0
s14	7	11	5	1	0	0	0
s5	1	1	5	5	7	3	2
s9	1	4	10	5	4	0	0
s13	1	0	8	2	8	3	2
s21	3	2	11	5	3	0	0
s2	1	6	11	4	2	0	0
s7	7	8	6	2	1	0	0
s32	0	5	9	5	2	3	0
s26	3	6	7	4	4	0	0

表 4　項目 19 の形容詞の度数

容器＼段階	1	2	3	4	5	6	7
s1	4	7	7	4	0	2	0
s14	8	5	8	1	2	0	0
s5	3	4	4	4	8	0	1
s9	0	0	2	2	7	8	5
s13	0	1	0	1	11	4	7
s21	0	1	6	12	3	2	0
s2	0	0	0	2	7	6	9
s7	1	3	8	5	4	2	1
s32	0	0	1	0	11	7	5
s26	0	0	2	1	13	7	1

表 5　項目 12 の形容詞の度数

容器＼段階	1	2	3	4	5	6	7
s1	1	2	5	6	6	4	0
s14	0	7	6	5	6	0	0
s5	1	2	8	9	4	0	0
s9	0	2	4	10	7	0	1
s13	2	4	6	6	6	0	0
s21	1	3	6	8	4	1	1
s2	2	6	8	5	1	1	1
s7	0	2	3	7	8	3	1
s32	3	6	5	5	4	1	0
s26	1	4	5	8	4	2	0

表 6　項目 2 の形容詞の度数

容器＼段階	1	2	3	4	5	6	7
s1	0	1	3	9	8	3	0
s14	1	3	6	5	3	4	2
s5	0	0	3	4	11	5	1
s9	1	5	4	5	5	4	0
s13	1	2	6	5	7	3	0
s21	1	5	3	6	5	3	1
s2	4	3	6	5	5	0	1
s7	0	2	6	5	7	3	1
s32	4	4	7	3	4	1	1
s26	0	6	8	2	4	3	1

表 7　項目 15 の形容詞の度数

容器＼段階	1	2	3	4	5	6	7
s1	1	5	6	4	6	1	1
s14	0	2	0	8	11	2	1
s5	2	5	9	5	2	1	0
s9	4	8	9	1	1	0	1
s13	3	7	8	4	1	0	1
s21	4	6	8	5	1	0	0
s2	3	8	7	3	2	1	0
s7	0	4	7	4	7	2	0
s32	3	7	9	3	2	0	0
s26	3	4	13	2	2	0	0

表 8　各シャンプー容器の嗜好度

容器	嗜好度	容器	嗜好度
s1	0.2446	s21	0.2812
s14	0.2356	s2	0.3906
s5	0.280	s7	0.3924
s9	0.2849	s32	0.4044
s13	0.2861	s26	0.4832

表 9　解析結果 1

V ＼予測値	平均	標準偏差
0.2	0.335	0.071
0.24	0.340	0.076
0.3	0.352	0.083

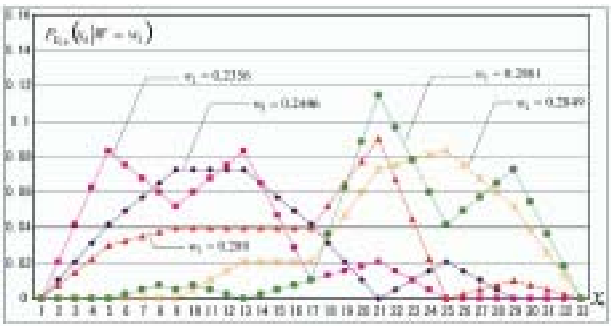

図 1　確率関数

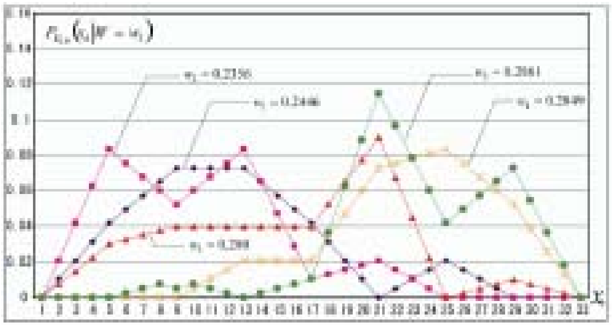

図 2　確率関数

ここで、消費者の購買活動促進を図るために、この表 1〜表 7 の基礎データをより有効に活用して、消費者の嗜好度をさらに上昇させるようなデザイン開発を試みることにする。

表 7 から比較的嗜好度が大きいシャンプー容器は s2, s7, s32, s26 であり、この 4 つのシャンプー容器の嗜好度を全体的に大きくしている因子の 1 つは、表 4 の形容詞項目 19 である。そこで、形容詞項目 19 の因子 E_{19} に注目して、算出した $P_{E_{19}}\left(x_i \middle| W = w_l\right)$ を図 1 と 2 に示した。この図の横軸は、第 1 報の図 1 の横軸と同じである。図 1 は $w_l(l = 1,2,\cdots,5)$ に対する確率関数であり、図 2 は $w_l(l = 6,7,\cdots,10)$ に対する確率関数である。図中の数値は w_l の値で表 9 に示した嗜好度を表す。この関数は、嗜好度 w_i をある値（表 9）に固定したときに、因子 E_{19} のイメージレベルが要素 x_k に相当する確率を表す。図 2 から、嗜好度が比較的大きい $w_9 = 0.4044, w_{10} = 0.4832$ は、E_{19} の $x_k = 21$ 近傍（イメージレベル 5 近傍）のイメージの実現確率の大きさがこの高い嗜好度の原因になっていることを意味している。別解釈をするならば、この因子のイメージレベルが 5 近傍になるようなデザイン開発をすれば、嗜好度は上昇することを意味する。そこで、形容詞項目 19 の例題のレベル 4 を 5 にするようなイメージ、すなわち、曲線的なイメージが多少強くなるようなデザイン開発が行われたとする。そのときの 7 個の形容詞項目のイメージレベルはそれぞれ $e_{6,2}, e_{11,3}, e_{1,4}, e_{19,5}$, $e_{12,2}, e_{2,3}, e_{15,4}$ になる。数値的には、因子 19 のイメージレベル 5 の尤度関数を新しく求める。他の因子の尤度関数は変わらない。 因みに、因子 19 のレベル 4 のときの尤度関数は 0. 1159 であり、イメージレベル 5 のときの値は 0. 2656 である。この条件を用いたときの予測値は表 10 の解析結果 2 に示したように、嗜好度の平均は概ね 0. 39 〜0. 41 程度、標準偏差は約 0. 6 になり、嗜好度がかなり改良されているのが分かる。例題では、因子 E_{19} のイメージレベルを変えることで、嗜好度の改良を試みたが、無論、図 1 と 2 から、他の因子やその組み合わせのイメージレベルを操作することにより、嗜好度がどの程度変化するかをシミュレーションすることができる。

さらに、経験的に一番望まれる嗜好度の実現のために、各因子のイメージレベルの組み合わせを想定し、具体的なそれぞれのイメージ内容についてのシミュレーションも可能になるだろう。こ

のように、本稿で提案した手法は、従来型の目的変量の推定手法とは異なり、曖昧な言語学的表現によるイメージレベルを因子とした場合の推定が可能であり、デザイン開発過程におけるリスクを出来る限り小さくするためのパッケージデザイン学構築の基礎になるだろう。

ある目的の実現に際し、複数の要因間において、どの要因がどの程度評価されているのかの指標を表す「効用値」の数量的評価により、各種のシミュレーションが可能なコンジョイント分析[注16]がある。本稿で提案した手法も、各因子やその組み合わせのイメージレベルの操作により、例題で示した嗜好度や、他の嫌悪度や販売率等の目標実現のためのシミュレーションが可能であるという意味で、コンジョイント分析と概ね同様な分析機能を有する。コンジョイント分析では、その操作の指標が最小２乗法により推定される「効用値」であるが、本稿では、確率空間のおけるファジイ事象の実現確率を基礎にして推定される「尤度関数」がその指標になっており、また、感性工学的観点から、各因子（または、各要因）のイメージレベルを曖昧なファジィ事象として表現しているところに、本手法の特徴がある。

表 10　解析結果２

V ＼予測値	平均	標準偏差
0.2	0.385	0.061
0.24	0.392	0.061
0.3	0.405	0.065

以上、例題を用いて、シャンプー容器の嗜好度のみについて解析したが、これによって特別に一般性が失われることはないし、過去の販売実績等のデータがあれば、無論、開発者によりある特別なイメージでデザインされた新商品の市場での販売率を推定する問題への適用も可能である。

しかしながら、開発者の各形容詞項目に関するイメージと消費者のそれらに対するイメージとは、一般には、別なものであろう。例題で述べたが、開発者が曲線的なイメージが多少強くなるようなイメージでデザインしたとしても、消費者がそのように感じるかどうかは全く分からない。それ故、前述のように、この場合の開発者は、一般消費者の各形容詞項目に関するイメージ評価に関する多くのデータからその平均的なイメージ評価が客観的に可能であるようなデザインセンスを有する場合を想定しなければならない。例題として、目的変量に影響を及ぼす因子として、形容詞項目を用いたが、前述のように、第１報で述べたシャンプー容器選択時の諸因子を用いてもよい。

７．結論

開発者がある特定イメージでデザイン開発した新商品の販売に関する将来予測を定量的に行うことは大変難しい。従来は、はじめにで述べたように、数量化理論Ⅰ類や重回帰分析等による推定法が用いられているが、この手法は、目的変量に影響を与える因子として、消費者の曖昧な言語学的なイメージにより評価される因子を想定したものでないし、また、これらの各因子が消費者の脳裏に確率事象として生起する場合を想定したものではない。

消費者のある商品のパッケージデザインに関するイメージは、曖昧な言語学的表現でなされる場合が多い。それ故、曖昧な言語の数量的評価が可能なファジィ事象としての諸因子を想定し、商品購買時には消費者の脳裏にこれらの諸因子が確率事象として生起する場合を想定したほうが、より現実に即した合理的な推定法になるだろう。

本稿は、シャンプー容器の販売等に関する目的変量とその目的変量に影響を与える曖昧な因子に関する既知なデータを用いて、この因子のある特定レベルのイメージでデザイン開発された新商品の目的変量を推定する一手法を提案した。本手法は、各因子やその組み合わせのイメージレベルの操作により、例題で示した嗜好度や、他の嫌悪度や販売率等の目標実現のためのシミュレーションが可能であるという意味で、コンジョイント分析と概ね同様な分析機能を有し、購買活動促進のためのデザイン開発に対しても有効なアプローチになるだろう。

実際の過去のデータを用いた場合の検証およびデータを効果的に活用するためのデータベースの構築も重要で、今後の研究課題になるだろう。

以上、第 1、第 2、および第 3 報の研究論文を通して、感性工学的観点から、消費者の購買活動を促進し、パッケージデザインの開発過程でのリスクを出来る限り小さくするためのデザイン手法を数量的手法により定式化し、パッケージデザイン学構築のための一手法を提案した。

謝辞
小川一行先生（長岡造形大学非常勤講師・工博）から貴重なコメントを頂きました。ここに記して、謝意を表します。

注および参考文献

1）繁桝算男：意思決定の認知統計学、行動計量学シリーズ、11、朝倉書店
2）Pi-Ju TSAI、Shin'ya NAGASAWA: Applied Research on the product Planning of Cosmetics for Men、Kansei Engeering International Vol.3、No.4、2002
3）金子　良二：印刷物における認知評価とイメージ評価の構造、日本感性工学会、研究論文集、Vol.2、No.2、2002
4）松田　龍人：意匠設計支援のための形態嗜好予測に関する基礎研究、日本デザイン学会、研究論文集、第 50 巻、第 1 号、2003
5）竹末　俊昭：デザインプロセスにおける意思決定要因の研究、日本デザイン学会、第 50 回研究発表 50 周年記念大会、2003
6）小松亜紀子：製品スタイルの選択と社会心理評価、日本デザイン学会、デザイン学研究、Vol.51、No.4、2004
7）河口至商：多変量解析入門Ⅰ、数学ライブラリー32、森北出版
8）和多田淳三、田中英夫、浅居帰喜代治：ファジイ数量化理論Ⅱ類、行動計量学、第 9 巻 2 号、24－32、1982
9）田中英夫：可能性モデルとその応用、システムと制御、28－7、199－249、1984
10）田中英夫、和多田淳三、林勲：ファジィ線形解析分析における３つの定式化について、第２回ファジィシステムシンポジウム、166－169、1986

11）長沢伸也：多変量解析における選択変数のファジィ決定：第１２回ファジィシステムシンポジウム、123－126、1996
12）渡辺則夫、佐々木統一：ファジィ情報のもとでの統計的決定問題について、第１２回ファジィシステムシンポジウム、927－928、1996
13） 矢川元基：ファジィ推論、計算力学と CAE シリーズ４、223－234、培風館、1991
14）ATHANASIOS PAPOULIS: Probability、 Random Varibles、and Stochastic Process、237－238、 Mcgraw-Hill Book
14）例として、3 因子 $e_{1,i}, e_{2,j}, e_{3,k}$ の場合を記述する。これらの因子はファジィ事象の確率で表され、次式が成立する。

$$P(e_{1,i}, e_{2,j}, e_{3,k} | W = w_l) = \frac{P(e_{1,i}, e_{2,j}, e_{3,k}, w_l)}{P(W = w_l)}$$

$$= \frac{P(e_{1,i} | E_2 = e_{2,j}, E_3 = e_{3,k}, W = w_l) P(e_{2,j}, e_{3,k}, w_l)}{P(W = w_l)}$$

$$= P(e_{1,i} | E_2 = e_{2,j}, E_3 = e_{3,k}, W = w_l) \cdot P(e_{2j} | E_3 = e_{3,k}, W = w_l) \cdot P(e_{3,k} | W = w_l)$$

ここで、各因子 $e_{1,i}, e_{2,j}, e_{3,k}$ は、$W = w_l$ という同じ条件の下で、それぞれ独立、すなわち、条件付け独立性を仮定すれば[注 13]、上式は次のように表される。

$$P(e_{1,i} e_{2,j}, e_{3,k} | W = w_l) = P(e_{1,i} | W = w_l) P(e_{2,j} | W = w_l) \cdot P(e_{3,k} | W = w_l)$$

15）水本雅晴：ファジィ理論と応用、サイエンス社
16）深谷澄男、貴田安哲：SPSS とデータ分析 1 と 2、北樹出版、2001
17）Zadeh L.A.: Fuzzy Sets、 Information and Control、Vol.8、353－383、1965
18）井上勝雄、安斎利典、土屋雅人：広川美津雄：ファジィ理論による言語表現を用いたデザイン評価の提案、日本デザイン学会、デザイン学研究、Vol.42、No.2、1995
19）井上勝雄、森典彦、広川美津雄：デザイン評価のための 新しいファジィ測度の提案、日本デザイン学会、デザイン学研究、Vol.46、No.2、1999
20）長町　三生：感性工学ー感性をデザインに活かすテクノロジー、海文堂、1998
21）真城　知己：SPSS によるコンジョイント分析、東京図書