

# 非集計データを用いた複数商品の競合・補完関係の分析： 日用品の補完財への応用

宮 崎 慧

In recent times, the development of information technology has resulted in the easy availability of disaggregated data. In particular, active researches have been conducted on the analysis methods of scanner panel data in which purchase history of each household is recorded.

In this paper, I review representative studies regarding the analysis of consumer purchase behavior and competitive market structure analysis that use scanner panel data in relation to the analysis of purchase data of substitute or complementary products. When dealing with the purchase behaviors of several categories or brands of products, it is important to research the interrelated influences among them. Granger causality is one of the useful methods for understanding the time series variation of purchase behaviors, but in marketing science, few researches directly deal with Granger causality. Thus, I developed a model that could determine the Granger causality among purchase behaviors of each product for each consumer segment. This model enables to determine the latent switching behavior of the consumer across multiple products or brands in the absence of promotional activities. I applied the proposed method to toothbrush and toothpaste data from the IRI market data (Bronnenberg, Kruger and Mela, 2008), and the results were noteworthy.

## I. 序論

近年情報技術の発達により、特定の消費者別の購買データ、いわゆる非集計データの収集が容易になっている。特に顧客の単品購買を時系列で記録したデータはスキャンパネルデータと呼ばれ、マーケティングサイエンスの専門家から注目され、解析手法の開発研究が盛んである。

マーケティングサイエンスにおける分析手法は目的別に分類され、中でも非集計データは企業のマーケティング活動と市場の反応との関係把握を目的とした「市場反応分析」(守口, 2001)と、市場における製品やブランド間の競争状況を把握するための「競争市場構造分析」(井上, 2001)に関係する。前者では市場の反応を消費者個々の購買変化で

捉える際に非集計データが用いられ、これは特に消費者購買行動分析と呼ばれる。後者の競争市場構造分析では、非集計データに含まれる世帯レベルでの選択データから、競争構造の理解のために重要である弾力性、スイッチング、および競争空間を同定する一連の研究の流れが存在する。

そこで本論文では、非集計データを用いた消費者購買行動分析及び競争構造分析に注目し、後の著者らの提案モデルに関係するトピックとして、商品間の代替性と補完性を考慮した複数商品購買行動モデルと非集計データを用いた競争構造分析に関する主な研究について紹介する。その後著者らが開発した、消費者セグメントごとに複数商品の購買行動間の時系列因果性を分析するモデルとその実証分析例を紹介する。

## II. 複数商品購買行動の先行研究

複数商品購買行動のモデル化は、複数商品カテゴリーにかけてマーケティング活動を組み合わせることで利益の最大化を目標とする小売店や、複数商品カテゴリーの製造を手がける製造業者にとって大きな関心がある (Seetharaman et al., 2005)。多くのスキャンパネルデータは、主に店舗選択、購買発生、ブランド選択、および購買量に関するデータを含む。先行研究は主にこの 4 変数の解析方法を扱っているが、その殆どが各時点につき 1 つの製品カテゴリーのみの購買に注目している (例えば, Chiang, 1991 など)。その理由はデータ解析時の計算負荷の高さにあったが (Seetharaman et al. 2005), 現在では計算機性能の向上により複数カテゴリーのモデル化が容易になり、研究が蓄積され始めている。本節では後の著者らの提案モデルとの関連を意識し、購買発生、ブランド選択、および購買量に関する主な研究について紹介する。複数商品カテゴリー購買行動の間の相互作用について述べた論文は既に多く存在するため (Manchanda et al., 1999, Walters and MacKenzie, 1988; Walters, 1991; Song and Chintagunta, 2001), 複数商品カテゴリー購買行動に関する研究のレビューは意義があると考えられる。

複数商品カテゴリーには代替財と補完財が存在するため複数商品カテゴリーの購買発生は互いに依存すると考えられる。代替財とはある財の代わりを為す財のことであり、例としてバターとマーガリンなどが挙げられる。同一商品カテゴリー内のブランドもその一種である。補完財とは互いに補完し合って効用が発生する財のことであり、歯ブラシと歯磨

きチューブ、パンとジャムなどが例として挙げられる。

代替性と補完性は交差価格弾力性という概念と密接に関係している。価格弾力性とは価格の変化率に対するシェアの変化率の比のことである。価格を  $p$ , 数量を  $q$  とし, 変化前および変化後の 2 変量をそれぞれ  $(p_0, q_0)$ ,  $(p_1, q_1)$  とすると, 価格弾力性は以下のように表現される。

$$\eta = \frac{\text{需要の変化率}}{\text{価格の変化率}} = \frac{\frac{q_1 - q_0}{q_0}}{\frac{p_1 - p_0}{p_0}} = \frac{\Delta q_0 p_0}{\Delta p_0 q_0} \quad (1)$$

価格弾力性の値が大きいほど、価格戦略の効果が大きいことを意味する。価格弾力性は自身の商品の価格と需要の変化率の比を表すが、交差価格弾力性は他の商品の変化率との比を取ったものである。商品  $j$  の価格が商品  $i$  のマーケットシェアに与える効果を表す交差価格弾力性は以下になる。

$$\eta_{ij} = \frac{\frac{q_{i1} - q_{i0}}{q_{i0}}}{\frac{p_{j1} - p_{j0}}{p_{j0}}} = \frac{\Delta q_{i0} p_{j0}}{\Delta p_{j0} q_{i0}} \quad (2)$$

補完財の場合、片方の商品の価格戦略によりもう一方の商品の購買も促進されるため符号は正となる。代替財の場合はその逆であり、一方の商品の価格戦略によりシェアは奪われるため符号は負になる。この交差価格弾力性は後の競争市場構造分析において、ブランド間の競合関係を定量化する際の指標としても用いられる。

上記の商品間の代替財・補完財関係を踏まえた複数商品の購買行動に関する様々な研究が、現在までに報告されている。Manchanda et al. (1999) や Chib et al. (2002) では、

購買意欲を表す変数として潜在効用を仮定し、多変量プロビットモデルを用いて個々の世帯レベルの同時購買行動をモデル化している。消費者  $i$  が購買機会  $t$  ( $= 1, \dots, T$ ) に商品カテゴリー  $c$  を購買した場合、 $y_{itc} = 1$ 、購買しなかった場合  $y_{itc} = 0$  とし、潜在効用を  $u_{itc}$  とすると、購買データと潜在効用の関係は以下ようになる。

$$y_{itc} = \begin{cases} 1 & \text{if } u_{itc} > 0 \\ 0 & \text{if } u_{itc} < 0 \end{cases} \quad (3)$$

さらに Manchanda et al. (1999) では、マーケティング変数が自身の商品に及ぼす影響を own effect、他の商品に及ぼす影響を cross effect とし、潜在効用の式に組み込んでいる。

$$u_{itc} = \beta_{ic0} + \beta_{ic1} \text{Own effects} + \beta_{ic2} \text{Cross effects} + \epsilon_{itc} \quad (4)$$

他の製品のマーケティング変数が購買意欲に及ぼす効果は「相補性 (complementarity)」と呼ばれる。上式を商品カテゴリー  $c = 1, \dots, C$  までまとめて書くと、以下ようになる<sup>1)</sup>。

$$u_{it} = X_{it}\beta_i + \epsilon_{it}, \quad \epsilon_{it} \sim N(0, \Sigma) \quad (5)$$

識別性のため、 $\Sigma$  は相関行列である必要がある。観測されない各商品カテゴリーの潜在効用間の相関を「同時性 (coincidence)」と呼び、これは  $\Sigma$  中の誤差相関に表現される。

Chib et al. (2002) では多変量プロビットモデルの次元数が低いと (つまり商品カテゴリー数が少ないと)、相補性の効果が過大評価され、同時性が過小評価される傾向にあり、また消費者の異質性を無視すると同時性が過大評価され、相補性が過小評価されると報告している。また Chib et al. (2002) は商品カテゴリー間の相関が常に正になる現象を発見し、この現象を非購買が過多である、つまり 0 過剰データであることに起因してい

ると指摘している。

Ainslie and Rossi (1998) は商品カテゴリー間でマーケティング変数に対する反応性が共通であるという仮定のもとで、複数商品カテゴリー内でのブランド選択の相関構造を検討している。マーケティング変数の回帰係数の分散を家計固有の成分と商品カテゴリー固有の成分に分解することで、複数の商品カテゴリーにかけて共通する消費者行動の発見に成功している。例えばサイズの大きい世帯は特に価格に対する反応性が高いことなどが報告されている。なおブランド選択には多項プロビットモデルを用いている。Seetharaman et al. (1999) は消費者の習慣的な購買行動が複数商品カテゴリーで共通しているかを検討し、一つの商品カテゴリーについて習慣的に購買する傾向がある場合、他の商品カテゴリーについても習慣的に購買する傾向にあることを発見した。しかしその一方で、彼らの方法は各々の商品カテゴリーに特有のバラエティシーキング行動のメカニズムについては考慮していない。Iyengar et al. (2003) は商品カテゴリーに関して十分な情報がない場合に、データが得られている他の商品カテゴリーの変数を用いて、注目している商品カテゴリーのマーケティング変数に対する反応性をどの程度類推できるかを検討している。Russell and Kamakura (1997) はブランドの購買量をポアソン分布を用いてモデル化し、購買量間の相関構造を探索している。ナショナルブランドでなければ、商品カテゴリーが異なってもブランド選好は変化しないことを発見している。Erdem (1998) や Erdem and Winer (1999) は多項ロジットモデルを用いて、同じブランドの異なる商品カテゴリーに対し、知覚品質について相関があるかどうか

を検討している。カテゴリーが異なっても、ブランド間で負の相関が見られることを発見している。しかし、過去のブランド選択行動が当期のブランド選択に対して与える影響は考慮していない。Erdem and Sun (2002) ではモデルを拡張し、異なる商品カテゴリーであっても同じブランドであれば、広告やセールスプロモーション効果が波及することを示している。

Singh et al. (2005) は、関係の強さがそれぞれ異なる複数商品カテゴリーを同時に扱い、ブランド選択モデルを設定している。マーケティング変数に対する反応性も考慮しており、また商品カテゴリーが異なってもブランドが同一であれば見られる選好パターンに対し、因子構造を仮定しモデル化している。また新製品に対する消費者の行動を、推定結果をもとに予測している。しかし、異なる商品カテゴリーに対する予測は行っておらず、また過去の購買情報を活用した動的なモデルとはなっていない。

異なる商品カテゴリー間で、同一のプライベートブランドに対する選好の存在を調べた研究も幾つか報告されている。上述の Singh et al. (2005) もその一つである。他には Hansen et al. (2006) などが検討をしている。

Deepak et al. (2002) は購買発生を多項選択モデル内の選択肢の一つと捉え、購買発生とブランド選択を多変量プロビットモデルを用いて同時に考えている。複数商品カテゴリーにかけて、マーケティング変数に対する反応性に有意な相関があることを発見している。他に購買発生とブランド選択を別の段階として捕らえたモデルとして、Chib et al. (2005) はカテゴリー購買を多変量プロビッ

トモデルを用い、ブランド購買を多項プロビットモデルを用いて推定している。Chib et al. (2004) では単一カテゴリーを扱っており、その直接的な拡張であるといえる。しかしカテゴリー購買に影響を与える変数がその商品カテゴリーに含まれるブランドの全マーケティング変数となっており、それらが全て線形に影響を与えるという少々非現実的なモデルになっている。

Niraj et al. (2008) は 2 段階の二値ロジットモデルを用いて、複数商品カテゴリーの購買発生と購買量のモデル化を行っている。複数商品カテゴリーにまたがるプロモーション活動の効果を、購買発生に対する効果と購買量に対する効果に分解した結果、購買発生に対する効果が 60 パーセントを占めたと述べている。Song and Chintagunta (2007) はミクロ経済学のアプローチを導入し、消費者の予算制約のもとで 2 つの商品カテゴリーについて購買発生とブランド選択と購買量を同時に扱っている。商品カテゴリーをまたいだ効果は、購買量よりも購買発生とブランド選択に関して強く現れると述べている。Andrews and Currim (2009) はロジットモデルを用いてカテゴリー購買とブランド購買をモデル化し、さらに 0 打ち切りポアソンモデルを使って購買量もモデル化している。広告やクーポンの入手可能性、競合する商品の価格変化など、定量化の困難な需要に影響を与える要因 (common demand shocks) を変量効果として、ブランド選択と購買量決定モデルに組み込むことで、購買予測精度を高めることを目的としている。しかしこれらの研究も過去の購買履歴が現在の購買行動に与える影響については考えていない。

### Ⅲ. 競争市場構造分析の先行研究

競争市場構造分析はマーケティングサイエンスにおける主要分野の一つであるが、その定義についての統一の見解は未だ確立されていない。Myers and Tauber (1977) が初めて定義が述べられた研究とされているが、それは当時流行していた解析手法を列挙するにとどまるものであった。

井上 (2001) は競争構造が明らかにされるアウトプットに基づいた3分類を示している。その分類とは (1) 交差弾力性に代表される代替性, (2) 時系列的選択に代表されるスイッチング (3) 製品マップに代表される競争空間, である。本節では上記の分類に基づき、後の著者らの提案する手法に関係する部分として、非集計データを用いた競争構造分析手法を紹介する。

Guadagni and Little (1983) のスキャナーパネルデータへのロジットモデルの応用研究以降、非集計データに対しロジットモデルを応用し、交差弾力性を推定する研究が多く行われた。Russell, Bucklin and Srinivasan (1993) はブランド選好が共通しているセグメントを導入し、弾力性をセグメントレベルに分割し、その重み付け和で市場全体の弾力性を定義している。Bucklin, Gupta and Han (1995) はブランド特有の反応変数の情報を用いて潜在クラスを導入したセグメンテーションを行っている。Bockenholt and Dillon (1997) においても潜在クラスを導入し、競争市場構造の時系列変化を記述し、ロジットモデルの欠陥であるIIA特性を解決するモデルが提案されている。

Chintagunta (1992) は多項プロビットモデルを用いることによって選択肢間の相関構

造をモデル化し、IIA特性の問題を克服している。いずれのモデルでも交差弾力性は個人レベルで得られるため、これをどのように集計し市場レベルの競争構造を把握するかが問題となる。

スキャナーパネルデータでは同一の顧客の購買履歴が記録されているため、個々のパネルについて、注目しているブランド群に関してスイッチングのあった回数を計上することにより、スイッチング行列を構築することもできる。Bucklin et al. (1998) は競争市場構造分析におけるスイッチングと弾力性の関係を理論的に導出している。詳しくは井上 (2001) を参照されたい。

スキャナーパネルデータの普及に伴い、競争空間に基づく競争市場構造分析手法の開発も進んでいる。例えば、Katahira (1990) のLOGMAPでは、ブランドの類似度順序や選好順序データを用いてブランド間の距離に対し誤差変数を設定することで、最尤推定法を用いた多次元尺度構成法を開発し競争空間の記述モデルを構築した。Chintagunta (1994) ではLOGMAPを発展させ、スキャナーパネルデータからブランド間競争空間を再現し、潜在クラスを用いてブランド属性知覚の異質性を考慮した分析を行っている。Andrews and Manrai (1999) ではスキャナーパネルデータから潜在的なセグメントの選好ベクトルとブランドを同時に布置するMDSを適用し、競争空間を構築している。

### Ⅳ. 時系列因果性の探索

以上の一連の研究にあるように、消費者購買行動分析や競争市場構造分析では、より効率的に利益を上げるための販促活動の決定や、



消費者の属性別にブランド間の競合関係を把握し、さらには各ブランドの行うべきプロモーション活動を判定することを目的としている。そのため個々の消費者について各商品の購買行動の時系列変化が記録されているスキャンパネルデータは有用である。

時系列解析において複数時系列の因果関係を同定する方法の一つに、ベクトル自己回帰モデル (Vector AutoRegressive model) を用いたグレンジャー因果性分析がある (Granger, 1969; Sims, 1972)。グレンジャーの意味で「変数  $x$  から  $y$  への因果性がある」とは、「 $y$  の過去のデータだけより、 $y$  と  $x$  の過去のデータ両方を用いる方が、変数  $y$  の予測精度が良い」ことを意味する。

一般的な VAR モデルは以下のように表される。

$$y_t = \Lambda_1 y_{t-1} + \Lambda_2 y_{t-2} + \cdots + \Lambda_M y_{t-M} + \epsilon_t \quad (6)$$
ただし、 $\Lambda_j = [\lambda_{ab,j}]$  は  $C \times C$  の係数行列であり、 $\epsilon_t$  は標準正規分布に従う誤差変数である。VAR モデルにおけるグレンジャーの因果関係は、過去の影響があるか否かによって判断することができる。すなわち、グレンジャーの意味で  $y_{bt}$  から  $y_{at}$  への因果関係が無いことの必要十分条件は、

$$\lambda_{ab,1} = \lambda_{ab,2} = \cdots = \lambda_{ab,M} = 0 \quad (7)$$
となる。

先述の先行研究に示されるように、複数商品カテゴリーやブランドを扱う場合、競合・補完関係を含め、その相互影響を明らかにすることは重要であり、現在までにマーケティングサイエンスにおいてグレンジャー因果性分析を行った研究は散見される。Leeftlang & Wittink (1992) はブランド間の競合反応分析にグレンジャー因果性検定を利用している。Siddarth & Chattopadhyay (1998)

はテレビコマーシャルでチャンネルを変える行動を決定する要因を探索する際にグレンジャー因果性分析を行っている。Krider, Li, Liu and Weinberg (2005) は映画産業における広告費と売り上げなど、需要と供給間のリード効果とラグ効果の間のグレンジャー因果性を検討している。しかしグレンジャー因果性は経済時系列間の依存関係を表現する上で有用な概念であるにもかかわらず、マーケティングサイエンスではグレンジャー因果性分析は主な解析の前段階として予備的に検討されるにとどまっている。現在のところスキャンパネルデータを対象に、消費者異質性を考慮した上で複数商品の競合・補完関係の理解のためにグレンジャー因果性を活用した研究は殆ど見られない。

そこで著者らはマーケティングにおいて重要なステップであるセグメンテーションと、グレンジャー因果性分析の双方を行うモデルを開発した (宮崎・星野, 投稿中)。具体的には各消費者のデモグラフィック属性によって潜在クラスを決定する。マーケティングサイエンスにおいては、潜在クラスへの所属は消費者のデモグラフィック変数によって決定すると考えるのが一般的である (Gupta and Chintagunta, 1994; 星野, 2008)。従って潜在クラスへの所属の指示変数  $k_i$  を名義尺度水準の変数と捉えた、以下の名義ロジスティック回帰モデルを用いる。

$$p(k_i = l | \pi, z_i) = \frac{\exp(\pi'_l z_i)}{\sum_{j=1}^L \exp(\pi'_j z_i)} \quad (8)$$

ここで、 $\pi = (\pi'_1, \cdots, \pi'_L)'$  はデモグラフィック変数の回帰係数であるが、識別性のため  $\pi_L = 0$  とおかれる。このようにデモグラフィック属性により所属が決定されるクラスごとに、各商品・ブランドの購買意欲を表す潜在効用

間のグレンジャー因果性が探索できるようモデル化する。

今回対象としている非集計データでは、購買・非購買を表した離散データが従属変数となる。よって、Manchanda et al. (1999)と同様、式(3)を満たす潜在効用を仮定する。また潜在効用に対するプロモーション変数の影響を調べるため、式(5)のように両者に回帰関係を仮定する。しかし本提案モデルでは他の商品カテゴリーからのcross effectは考慮しない。

Montgomery (2004) ではウェブアクセスデータを解析し、閲覧・非閲覧を表す離散データの背後に潜在効用を仮定し多項プロビットVARモデルを用いている。本研究では購買データの背後に仮定した潜在効用に対してVARモデルを仮定する。式(5)と同様、 $i$  番目の消費者について、 $X_{it}$  を切片を含むマーケティング変数とする。 $X_{it}$  には価格 (Price) やディスプレイ (Display), 広告 (Feature) の実施に関するデータが含まれる。消費者  $i$  が所属する潜在クラスを  $k_i$  と表す。マーケティング変数の潜在効用に対する回帰係数を  $\beta$  で表し、これはクラスごとで異なると考える、すなわち  $\beta_{k_i}$  となる。以上の設定により、 $t$  期の潜在効用ベクトル  $u_{it} = (u_{it1}, \dots, u_{itC})'$  は以下のように表現される。

$$\begin{aligned} u_{it} &= X_{it}\beta_{k_i} + \Lambda_{k_i1}u_{i[t-1]} + \Lambda_{k_i2}u_{i[t-2]} + \dots \\ &\quad + \Lambda_{k_iM}u_{i[t-M]} + \epsilon_{it} \\ &= X_{it}\beta_{k_i} + \sum_{j=1}^M \Lambda_{k_ij}u_{i[t-j]} + \epsilon_{it}, \quad \epsilon_{it} \sim N(0, \Sigma) \end{aligned} \quad (9)$$

以上の設定のもとで、クラス  $l$  について変数  $c_2$  から変数  $c_1$  へのグレンジャー因果性が無いことの必要十分条件は、

$$\lambda_{lc_1c_2,1} = \lambda_{lc_1c_2,2} = \dots = \lambda_{lc_1c_2,M} = 0 \quad (10)$$

となる。

これにより、例えば核家族世帯が主に所属するクラスでは商品Aから商品Bへグレンジャー因果性があるが、独身世帯が主に所属するクラスではBからAへグレンジャー因果性があるなど、デモグラフィック属性が異なるクラスごとにグレンジャー因果性を検討することが可能となる。また本モデルでは潜在効用をプロモーション変数に回帰するため、潜在効用の自己回帰係数を見ることで、プロモーションが行われない場合の潜在的な顧客の購買推移を理解することも可能となる。

本モデルは補完財と競合財の選択データ双方に適用できるモデルであるが、特に競合財の選択データに対しては、前述のように非集計データを用いた競争市場構造分析法が幾つか提案されている。井上 (1998,2001) ではブランドスイッチングとロイヤルティを表す潜在クラスを仮定した研究も紹介されているが、本研究ではさらにセグメントによってマーケティング変数に対する反応が異なることを表現できるモデルを構成することを目的とする。これにより個々の潜在クラスの特性をみることで、マーケティング変数に対する反応、デモグラフィック属性とブランドスイッチング・ロイヤルティの3変数の相互関係が把握可能である。

## V. 解析例の紹介

本提案手法の応用例として、アメリカの Information Resources Inc. 社提供のIRIマーケティングデータセットを解析した (Bronnenberg, Kruger and Mela, 2008)。対象期間は2002年1月から2002年12月までであり、補完財関係のデータとして、歯ブラシと歯磨きチューブのスキャンパネルデータを

解析した。1ヶ月を1ラグとしている。各商品カテゴリーに対し、データセットは価格、店内ディスプレイ、広告をマーケティング変数として含む。まず初めに毎月少なくとも1回何らかの商品を購入している6070世帯を抽出し、さらに研究対象期間の12ヶ月間に歯ブラシと歯磨きチューブともに少なくとも2回購入している582世帯を抽出した。デモグラフィック変数に用いたのは、課税前の世帯の合計収入 (Combined Pre-Tax Income of Household)、世帯人数、1月当たりの購買確率、平均購買間隔である。本スキナーパネルデータは購買が発生した場合のみについてマーケティング変数が得られるため、あるパネルが解析対象の商品を買わなかった月のマーケティング変数は欠測となる。対処法としてErdem and Keane (1996) に倣い、そのパネルがその月に来店した店舗群において、他のパネルにより購買が発生し判明したマーケティング変数の平均値を算出し、これで欠測値を補完した。価格について、歯ブラシは1本当たりの値に変換し、歯磨きチューブは16オンス当たりの値に変換した。

歯ブラシと歯磨きチューブの記述統計量は表1のようになった。また、月ごとの各商品カテゴリーの購買量変動をグラフにまとめた。縦軸は各月における購買確率を全世帯で平均した値である。本解析の目的は、図1に示される購買量の時系列変化が消費者のデモグラフィック属性、およびマーケティング変数(価格、広告、ディスプレイ)により分割されたセグメント(潜在クラス)ごとでどのように異なるかを探ることである。

表1 記述統計量

商品カテゴリー	平均購買回数	価格 (\$/16oz)	店頭陳列	広告
歯ブラシ	2.516	2.774	0.06247	0.04680
歯磨きチューブ	5.222	9.856	0.06648	0.04994

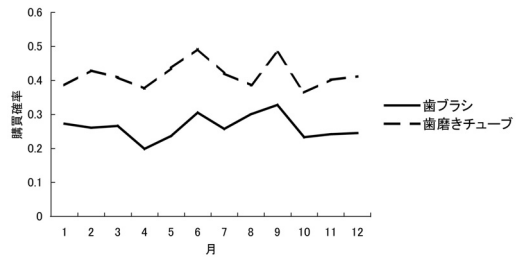


図1 歯ブラシと歯磨きチューブの時系列プロット

### 推定結果

クラス数は1~4、ラグ数は1~3まで設定、それぞれ解析を行い、BICを算出した。サンプリング回数は10000回で初めの5000回をBurn-in phaseとして解析から除外し、残りの5000回を事後推定値の算出とBICの計算に用いた。価格については対数値を用いた。結果は表2のようになった。これよりクラス数3、ラグ数1のモデルが最適と判明したので、その結果を示す。なおラベルスイッチングの問題はpermutation sampler (Fruhwirth-Schnatter, 2001) を用いて解決した。

表2 BICの計算結果  
ラグ数

		1	2	3
クラス数	1	16835.205	16864.611	16893.164
	2	16238.011	16271.474	16312.708
	3	<b>16133.322</b>	16182.289	16238.554
	4	16162.147	16230.202	16303.47

クラスサイズはそれぞれ42.8%、41.5%、15.7%であった。潜在クラスへの所属に対する各デモグラフィック変数の回帰係数は表3のように、マーケティング変数に対する回帰係数は表4のようになった。自己回帰係数を



非集計データを用いた複数商品の競合・補完関係の分析

表 5 に掲載した。行の商品カテゴリーの方が、  
表頭のラグの値だけ未来の期の値となっている。  
つまり式(9)における従属変数が行に、説

明変数が列に表記されている。

表 3 を見ると、クラス 1 は他クラスと比較  
して年収が最も高く、世帯人数が最も少ない

表 3 デモグラフィック変数の回帰係数

	クラス 1	クラス 2	クラス 3
課 税 前	0.5208	0.1458	0
世 帯 収 入	(-0.1111, 1.217)	(-0.2771, 0.5840)	
世 帯	-0.7925	-0.5405	0
人 数	(-2.227, 0.4842)	(-1.448, 0.3355)	
1 月あたりの	<b>-72.55</b>	<b>-28.46</b>	0
購 買 確 率	(-98.61, -51.69)	(-45.76, -16.95)	
購 買	<b>26.53</b>	<b>16.52</b>	0
間 隔	(19.08, 35.54)	(10.32, 25.04)	

(括弧内は95%ベイズ信用区間。太字は5%水準で有意だった値)

表 4 マーケティング変数の回帰係数と切片

	クラス 1	クラス 2	クラス 3
切片 歯ブラシ	<b>-1.184</b>	<b>-1.029</b>	<b>-0.4379</b>
	(-1.288, -1.077)	(-1.121, -0.9396)	(-0.5840, -0.2861)
歯 磨 き	<b>-0.7915</b>	<b>-0.5804</b>	<b>0.5172</b>
チューブ	(-0.9459, -0.6409)	(-0.7368, -0.4204)	(0.2877, 0.7652)
価 格	<b>-0.04221</b>	$-1.800 \times 10^{-4}$	<b>-0.02798</b>
	(-0.06086, -0.02475)	(-0.01548, 0.01492)	(-0.05246, -0.005270)
広 告	<b>2.423</b>	<b>2.842</b>	<b>1.979</b>
	(1.955, 2.893)	(2.408, 3.279)	(1.302, 2.678)
店頭陳列	<b>1.768</b>	<b>1.672</b>	<b>1.333</b>
	(1.363, 2.193)	(1.262, 2.085)	(0.6786, 2.004)

(括弧内は95%ベイズ信用区間。太字は5%水準で有意だった値)

表 5 潜在効用間の自己回帰係数

	歯ブラシ	歯磨きチューブ
クラス 1 歯ブラシ	<b>-0.1136</b>	-0.07523
	(-0.1971, -0.02724)	(-0.1616, 0.005873)
歯磨きチューブ	-0.002045	<b>0.1752</b>
	(-0.08896, 0.08475)	(-0.2540, -0.099318)
クラス 2 歯ブラシ	<b>-0.08842</b>	0.02370
	(-0.1547, -0.02017)	(-0.04103, 0.08764)
歯磨きチューブ	<b>-0.07547</b>	<b>-0.1137</b>
	(-0.1408, -0.008896)	(-0.1729, -0.055441)
クラス 3 歯ブラシ	0.09582	-0.08665
	(-0.01356, 0.2018)	(-0.1888, 0.0095146)
歯磨きチューブ	<b>-0.1260</b>	0.02547
	(-0.2480, -0.01391)	(-0.07837, 0.1272)

(括弧内は95%ベイズ信用区間。太字は5%水準で有意だった値)

一方で、購買確率が最も低く、また購買間隔も最も高い。一度にまとめて購入するクラスと解釈できる。強度パラメータの自己回帰係数を見ると、1 期前と当期の購買量の間に負の相関関係があることも整合的である。クラス 2 はクラス 1 ほどではないが、クラス 3 と比較して年収が多く、サイズが小さい世帯が所属し易い傾向にある。購買確率が低く、購買間隔も長めの世帯が所属し易い。表 4 を見ると、価格の効果が有意でない。表 5 より、前期の歯ブラシの購買量と当期の歯磨きチューブの購買量に負の相関関係が見られた。このクラスに関しては、歯ブラシの購買量が多かった場合、次の月では歯磨きチューブの購買量は低減するという結果になった。図 2 のグレンジャー因果性分析の結果でも歯ブラシの購買が歯磨きチューブの購買について予測力を持つという結果になった。歯ブラシと歯磨きチューブは両方とも非耐久消費財であり、その磨耗度合いに起因する購買間隔の違いがこのような結果を生み出したと考えられる。クラス 3 は他クラスと比べて相対的に年収が低く、サイズの大きい世帯が主に所属するクラスである。表 4 の切片を見ると歯磨きチューブの方が値が高く、多く購買する傾向にあることが分かる。表 5 を見るとクラス 2 と同様、前期の歯ブラシの購買量と当期の歯磨きチューブの購買量に負の相関関係が見られ、図 2 のグレンジャー因果性分析もクラス 2 と同様であるが、その関係はクラス 2 よりも強い。

## VI. 考察

本論文ではスキャンパネルデータを用いた複数商品購買行動分析、及び競争市場構造分析の主な研究を紹介した。また複数商品購買行動理解のためのグレンジャー因果性の直接的な応用として、著者らの開発した手法の解析例を紹介した。スキャンパネルデータは同一の顧客の購買履歴が記録されているため、一種の時系列データと見なすことができる。時系列解析においてグレンジャー因果性は複数時系列の因果関係を探索する際に重要な概念であるが、マーケティングサイエンスではこれまで積極的に活用されておらず、消費者の異質性とグレンジャー因果性を同時に考慮したアプローチは未だ無かった。そこで著者らは消費者の異質性に基づいたセグメントごとにグレンジャー因果性を探索する手法を開発した。本手法はマーケティング変数が一定という条件のもとでのグレンジャー因果性を探索することで、ブランド間の推移関係や商品カテゴリーの潜在的な購買サイクルの関係を発見できるという特長を持つ。本研究の歯ブラシと歯磨きチューブデータの解析例では、クラス 2 における価格以外のプロモーション活動は効果が期待でき、それらの効果が一定のもとでは、クラス 2 と 3 において歯ブラシ→歯磨きチューブへのグレンジャー因果性が確認された。デモグラフィック特性と併せて考えると、収入が低く、人数が多く、購買確率が高く、購買間隔が狭い世帯ほど、この傾

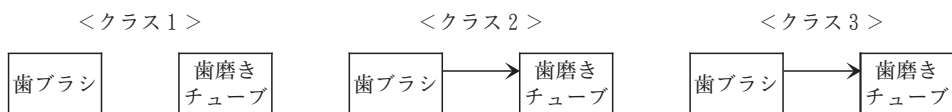


図 2 グレンジャー因果性の図解

向が顕著であるということが分かる。

本研究では購買量は扱っていないが、当然購買量をモデル化する上でも代替・補完財関係は考慮されるべきである。先行研究ではBockenholt (1999) が潜在クラスポアソン自己回帰モデルを用いた、スキャナーパネルデータの解析を行っている。しかしこの研究では単一の商品カテゴリーのみを扱っており、複数ブランドのスイッチングについては見ることはできない。Andrews and Currim (2009) では商品カテゴリーとブランド購買および購買量をモデル化しているが、特にブランド購買の場合には時系列変化の中でのスイッチング行動に関心があるにもかかわらず、時系列変化は考慮していない。また消費者固有属性による購買行動の違いも考慮していない。序論において紹介した Song and Chintagunta (2007) や Mehta (2007) は複数商品の購買発生、ブランド選択、購買量の同時モデルを提案しているが、これらの研究も時系列変化や消費者のデモグラフィック属性を考慮していない。購買量の時系列変化を探索するモデルの構築が今後の研究課題である。

また小売店にとっては効率的に利益を上げるために、販促活動を行う最適な時期を把握することが重要であり、複数商品の購買間隔の相互影響を探索するのは有用であると考えられる。一般に単一の個体について複数回観察される可能性のある事象は再発事象 (recurrent event) と呼ばれ、主に生物臨床医学や人口統計学などで解析モデルの開発が進められてきた。Bijwaard, Frances and Paap (2006) は購買行動を再発事象の一種と捉え、再発事象データ解析の標準的なモデルである Andersen and Gill (1982) のモデ

ルを購買データに応用し、スキャナーパネルデータを用いた解析例を紹介している。Andersen and Gill (1982) のモデルはCoxの比例ハザードモデルを一般化したものであり、再発する各事象（ここでは購買行動）ごとに設定されたハザード率に対し、ベース率と動的な変数（マーケティングでは主に価格、広告、店頭陳列などのマーケティング変数が入る）が説明変数に設定される。しかしこのモデルで扱えるのは単一商品カテゴリーのみであり、例えば小売店は2節に述べたように、複数の商品カテゴリーにかけてどのようにマーケティング活動を組み合わせれば利益を最大できるかに関心があるはずである。従って複数の再発事象を同時に扱い、例えば補完財関係にある商品について、片方の商品カテゴリーの購買間隔に関する履歴がもう一方の商品カテゴリーの購買間隔にどのように影響するかを探索するモデルが開発されれば実務的に有益である。そのためには従来の再発事象に関する単変量モデルを多変量モデルへと拡張する必要がある、今後の課題である。

## 謝辞

本論文の執筆にあたり、星野崇宏先生 (名古屋大学経済学研究科) から大変有益なコメントをいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

本研究は独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 個人型研究さきがけ「知の創生と情報社会」領域「マルチソースデータ高度利用のための統計的データ融合」の助成をうけた。また本研究は、日本学術振興会 (特別研究員奨励費)「潜在変数モデリングにおける、因果推論のバイアス補正法の

開発と応用」(研究代表者:宮崎慧)の研究  
成果の一部である。

## 注

- 1) ここでは価格を含むマーケティング変数と潜在  
効用との間に回帰関係を仮定している。一般に変  
数  $X$  の 1 単位の増加に対する変数  $Y$  の変化を  $X$   
から  $Y$  への限界効果といい、これは  $Y$  の  $X$  上へ  
の線形回帰モデルにおける回帰係数によって表現  
される。また  $\ln Y$  の  $\ln X$  上への線形回帰モデル  
における回帰係数は、 $Y$  の  $X$  に対する弾力性に一  
致する。

## 引用文献

- 星野崇宏 (2008), 「ブランドイメージに関する広告  
政策を策定するための階層ベイズ的な選択モデル  
とその応用」, 『マーケティング・サイエンス』  
Vol.15, No.1・2, 27-44.
- 井上哲浩 (1998), 「競争市場構造分析研究の類型化  
と今後の展開」, 『マーケティング・サイエンス』  
Vol.7, 62-83.
- 井上哲浩 (2001), 「競争市場構造分析」, 岡太彬訓・  
木島正明・守口剛 (編) 『マーケティングの数理  
モデル』, 朝倉書店.
- 宮崎慧, 星野崇宏 (投稿中), 「複数商品購買行動理  
解のための階層ベイズグレンジャー因果性分析」.
- 守口剛 (2001), 「市場反応分析」, 岡太彬訓・木島正  
明・守口剛 (編) 『マーケティングの数理モデル』,  
朝倉書店.
- Ainslie, A. and Rossi, P.E. (1998), "Similarities  
in Choice Behavior Across Multiple  
Categories," *Marketing Science*, 17(2), 91-106.
- Andersen, P.K. and Gill, R.D. (1982), "Cox's  
Regression Model for Counting Processes: A  
Large Sample Study," *The Annals of  
Statistics*, 10 (4), 1100-1120.
- Andrews, R.L. and Currim, I.S. (2009), "Multi-  
stage purchase decision models: Accommoda-  
ting response heterogeneity, common demand  
shocks, and endogeneity using disaggregate  
data," *International Journal of Research in  
Marketing*, 26, 197-206.
- Andrews, R.L. and Manrai, A.K. (1999), "MDS  
Maps for Product Attributes and Market Re-  
sponse: An Application to Scanner Panel  
Data," *Marketing Science*, 18 (4), 584-604.
- Bijwaard, G.E., Frances, P.H. and Paap, R.  
(2006), "Modeling Purchases as Repeated  
Events," *Journal of Business and Economic  
Statistics*, 24 (4), 487-502.
- Bockenholt, U. (1999), "Mixed INAR (1)  
Poisson Regression Models: Analyzing  
Heterogeneity and Serial Dependencies in  
Longitudinal Count Data," *Journal of  
Econometrics*, 89, 317-338.
- Bockenholt, U. and Dillon, W.R. (1997), "Some  
New Methods for an Old Problem: Modeling  
Preference Changes and Competitive Market  
Structures in Pretest Market Data," *Journal  
of Marketing Research*, 34 (1), 130-142.
- Bronnenberg, B.J., Kruger, M.W. and Mela,  
C.F. (2008), "Databasepaper: The IRI market-  
ing data set," *Marketing Science*, 27 (4), 745-  
748.
- Bucklin, R.E., Gupta, S. and Han, S. (1995), "A  
Brand's Eye View of Response Segmentation  
in Consumer Brand Choice Behavior," *Journal  
of Marketing Research*, 32 (1), 66-74.
- Bucklin, R.E., Russell, G.J. and Srinivasan, V.  
(1998), "A Relationship between Market  
Share Elasticities and Brand Switching  
Probabilities," *Journal of Marketing Research*,  
35 (1), 99-113.
- Chiang, J. (1991), "A Simultaneous Approach  
to the Whether, What and How Much to Buy  
Questions," *Marketing Science*, 10 (4), 297-315.
- Chib, S., Seetharaman, P.B., and Strijnev, A.  
(2002), "Analysis of Multi-category Purchase  
Incidence Decisions Using IRI Market Basket

- Data," *Advances in Econometrics*, 16, 57-92.
- Chib, S., Seetharaman, P.B. and Strijnev, A. (2004), "Model of Brand Choice With a No-Purchase Option Calibrated to Scanner-Panel Data," *Journal of Marketing Research*, 41 (2), 184-196.
- Chib, S., Seetharaman, P.B. and Strijnev, A. (2005), "Joint Modeling of Multiple Category Incidence and Private Label Choice, Accounting for No Category Incidence and Panel Heterogeneity," Working Paper, School of Management, University at Buffalo.
- Chintagunta, P.K. (1992), "Estimating a Multinomial Probit Model of Brand Choice Using the Method of Simulated Moments," *Marketing Science*, 11 (4), 386-407.
- Chintagunta, P.K. (1994), "Heterogeneous Logit Model Implications for Brand Positioning," *Journal of Marketing Research*, 31 (2), 304-311.
- Deepak, S., Ansari, A. and Gupta, S. (2002), "Investigating Consumer Price Sensitivities Across Categories," Working Paper, University of Iowa.
- Erdem, T. (1998), "An Empirical Analysis of Umbrella Branding," *Journal of Marketing Research*, 35 (3), 339-351.
- Erdem, T. and Keane, M.P. (1996), "Decision-making under uncertainty: capturing dynamic brand choice processes in turbulent consumer goods markets," *Marketing Science* 15 (1), 1-21.
- Erdem, T. and Sun, B. (2002), "An Empirical Investigation of the Spillover Effects of Advertising and Sales Promotions in Umbrella Branding," *Journal of Marketing Research*, 39, 1-16.
- Erdem, T. and Winer, R. (1999), "Econometric Modeling of Competition: A Multicategory Choice-Based Mapping Approach," *Journal of Econometrics*, 89, 159-175.
- Frühwirth-Schnatter, S. (2001), "Markov Chain Monte Carlo Estimation of Classical and Dynamic Switching and Mixture Models," *Journal of the American Statistical Association*, 96, 194-208.
- Granger, C.W.J. (1969), "Investigating Causal Relations by Cross-spectrum Methods," *Econometrica*, 39 (3), 424-438.
- Guadagni, P. and Little, J.D.C. (1983), "A Logit Model of Brand Choice Calibrated on Scanner Data," *Marketing Science*, 2 (3), 203-238.
- Gupta, S. and Chintagunta, P.K. (1994), "On Using Demographic Variables to Determine Segment Membership in Logit Mixture Models," *Journal of Marketing Research*, 31 (1), 128-136.
- Hansen, K., Singh, V. and Chintagunta, P. (2006), "Understanding Store-brand Purchase Behavior across Categories," *Marketing Science*, 25(1), 75-90.
- Iyengar, R., Ansari, A. and Gupta, S. (2003), "Leveraging Information Across Categories," *Quantitative Marketing and Economics*, 1(4), 425-465.
- Katahira, H. (1990), "Perceptual Mapping Using Ordered Logit Analysis," *Marketing Science*, 9(1), 1-17.
- Krider, R.E., Li, T., Liu, Y. and Weinberg, C.B. (2005), "The Lead-Lag Puzzle of Demand and Distribution: A Graphical Method Applied to Movies," *Marketing Science*, 24 (4), 635-645.
- Leeflang, P.S.H., and Wittink, D.R. (1992), "Diagnosing Competitive Reactions Using (aggregated) Scanner Data," *International Journal of Research in Marketing*, 9, 39-57.
- Manchanda, P., Ansari, A. and Gupta, S. (1999), "The "Shopping Basket": A Model for Multicategory Purchase Incidence Decisions," *Marketing Science*, 18 (2), 95-114.
- Mehta, N. (2007), "Investigating Consumers' Purchase Incidence and Brand Choice



- Decisions Across Multiple Product Categories: A Theoretical and Empirical Analysis," *Marketing Science*, 26 (2), 196-217.
- Montgomery, A.L., Li, S., Srinivasan, K., and Liechty, J.C. (2004), "Modeling Online Browsing and Path Analysis Using Clickstream Data," *Marketing Science*, 23 (4), 579-595.
- Myers, J.H. and Tauber, E. (1977), *Market Structure Analysis*, American Marketing Association.
- Niraj, R., Padmanabhan, V. and Seetharaman, P.B. (2008), "Research Note-A Cross-Category Model of Households' Incidence and Quantity Decisions," *Marketing Science*, 27 (2), 225-235.
- Russell, G.J., Bucklin, R.E. and Srinivasan, V. (1993), "Identifying Multiple Preference Segments from Own-and Cross-price Elasticities," *Marketing Letters*, 4,5-18.
- Russell, G.J. and Kamakura, W.A. (1997), "Modeling Multiple Category Brand Preference with Household Basket Data," *Journal of Retailing*, 73 (1), 439-461.
- Seetharaman, P.B., Ainslie, A. and Chintagunta, P.K. (1999), "Investigating Household State Dependence Effects Across Categories," *Journal of Marketing Research*, 36 (4), 488-500.
- Seetharaman, P.B., Chib, S., Ainslie, A., Boatwright, P., Chan, T., Gupta, S., Mehta, N., Rao, V. and Strijnev, A. (2005), "Models of Multi-Category Choice Behavior," *Marketing Letters*, 16, 239-254.
- Siddarth, S. and Chattopadhyay, A. (1998), "To Zap or Not to Zap: A Study of the Determinants of Channel Switching During Commercials," *Marketing Science*, 17 (2), 124-138.
- Sims, C.A. (1972), "Money, Income and Causality," *American Economic Review*, 62 (4), 540-552.
- Singh, V.P., Hansen, K. and Gupta, S. (2005), "Modeling Preferences For Common Attributes in Multicategory Brand Choice," *Journal of Marketing Research*, 42 (2), 195-209.
- Song, I. and Chintagunta, P.K. (2001), "Investigating Cross-Category Effects of Retailer's Marketing Activities: Application of Random Coefficient Choice Models with Aggregate Data," Working Paper, University of Chicago.
- Song, I. and Chintagunta, P.K. (2007), "A Discrete-Continuous Model for Multicategory Purchase Behavior of Households," *Journal of Marketing Research*, 44 (4), 595-612.
- Walters, R.G. (1991), "Assessing the Impact of Retail Price Promotions on Product Substitution, Complementary Purchase and Inter-store Displacement," *Journal of Marketing*, 55 (1), 17-28.
- Walters, R.G. and MacKenzie, S.B. (1988), "A Structural Equation Model of the Impact of Price Promotions on Store Performance," *Journal of Marketing Research*, 25 (4), 551-563.

(日本学術振興会特別研究員)