

来店間隔とカテゴリ購買生起を考慮した購買行動の統合モデル

An Integrated Purchase Behavior Model Considering Interarrival Time and Category Purchase Incidence

佐藤 栄作

千葉大学

1. はじめに

消費者の購買行動プロセスは、買物場所の選択から商品や購入量の選択に至るまで複数の段階から構成されるものとして捉えられている。これに対してマーケティングの活動主体や想定する活動に依存して、同分野における購買行動プロセスの研究は、積極的に特定の段階に焦点を当ててきている。たとえばメーカーならば、商品カテゴリ購買意思決定、ブランドや商品の選択、購入量の決定といったところを特に注目しているだろうから、それらの段階に焦点を当てた消費者の購買行動モデルが提案されて実証研究が積み上げられている。小売業の場合には、メーカーと同様の部分には当然強い興味があることに加えて、買物出向タイミングの決定や買物場所選択といった来店行動の段階にもより多くの注意を払うことになるだろうから、それに応じた購買行動モデルの研究も行われてきている。

とはいえ消費者の購買行動モデルが、購買行動プロセスの各段階に対応して満遍なく研究蓄積されているとは言えない。次節で詳しく見るように、カテゴリ購買生起から購入量の選択のような小売店舗内における購買意思決定プロセスに関連する研究の蓄積に対して、

来店行動と小売店舗内における購買意思決定の段階を関連付けた購買行動モデルの実証研究は、最近になって僅かに見受けられる程度とまだ少ない。それゆえ、来店行動と小売店舗内の購買行動を関連付けて、顧客の購買行動に対する理解を深めることを目的とした研究の余地が残されている。そしてそのような研究に取り組むことは、小売店舗施策が、顧客の来店行動ならびに店舗内購買行動とどのように関連するのかを捉えるための1つの分析手法を提示することにも繋がる。

このような背景から本研究は、これまでの研究蓄積が少ない来店行動と商品カテゴリの購買生起の段階に関する統合モデルに焦点を当てる。ID-POS データを収集蓄積している小売業は、この2つの段階を考慮した統合モデルを利用することにより、当該商品カテゴリにおける施策が、顧客の来店行動（来店間隔・頻度）と店舗内における購買意思決定プロセスに与える影響を評価することが可能になる。

商品カテゴリに関する施策には、値引き等のプロモーションや品揃え変更などが考えられるので、本研究でもこれらの項目の影響を考慮した統合モデルを構築しその実証研究を行う。これまでの統合モデルは、主にプロモ

ーションの影響を研究するために用いられてきているのに対して、品揃えの変化を考慮したものは見当たらない。このため品揃えの変化を考慮した統合モデルの提案とその実証研究という観点で、本研究はこの分野の研究において初めての試みとなる。

以下、第2節では関連する研究の整理が示される。第3節では本研究で適用する購買行動の統合モデルの説明がなされる。第4節では実証分析の結果が示され、最後に第5節では本研究の全体的なまとめと残された課題が議論される。

2. 関連研究の整理

1) 購買行動の統合モデルに関する関連研究

消費者の購買行動に関する統合モデルは、Leeflang, Wittink and Naert (2000) によれば、Gupta (1988) の研究等がその嚆矢となっている¹⁾。Gupta (1988) の研究は、購買間隔、ブランド選択および購買量の決定の段階を統合した研究であり、それ以降の多くの研究が

参照する重要な研究の1つである。それ以降の主な統合モデルに関する研究を整理したものが図表1である。

先にも述べた通り2012年までの主な研究は、小売店舗内における購買意思決定プロセスの段階（カテゴリ購買生起、ブランド選択、購入量決定）に焦点を当てている。これらの統合モデルの目的は、ブランドや商品の売上増減の源泉の把握、同売上に影響を及ぼす顧客特性やセールスプロモーション等のマーケティング要因の把握、ブランドロイヤルティやブランドスイッチの要因に関する見識を得ることである（Leeflang, Wieringa, Bijmolt and Pauwels, 2015, p.295）。

これに対して2014年以降では、数は少ないものの店舗選択や来店間隔などの来店行動と店舗内購買意思決定の段階を関連付けた統合モデルの研究も行われつつある。Guyt and Gijsbrechts (2014) の研究は、店舗選択、カテゴリ購買生起、ブランド選択に関する統合モデルと購入量決定モデルを提案している。Guyt and Gijsbrechts (2014) は同モデルを、

図表1 統合モデルに関する主な研究

研究	店舗選択	顧客継続・離脱	来店間隔	カテゴリ購買生起	ブランド選択	購入量決定
Gupta 1988	---	---	---	△（注1）	△（注1）	△（注1）
Chiang 1991	---	---	---	○	○	○
Chintagunta 1993	---	---	---	○	○	○
Bucklin et al. 1998	---	---	---	○	○	○
Ailawadi and Neslin 1998	---	---	---	○	○	○
Chib et al. 2004	---	---	---	○	○	---
Song and Chintagunta 2007	---	---	---	○	○	○
Mehta and Ma 2012	---	---	---	○	○	○
Ma et al. 2012	---	---	---	○	○	---
Guyt and Gijsbrechts 2014	○	---	---	○	○	△（注2）
Park et al. 2014	---	○	○	○	---	---
Van Lin and Gijsbrechts 2016	○	---	---	○	---	△（注2）
本研究 2020	---	○	○	○	---	---

注1：Gupta (1988) は各モデルを別々に推定している。

注2：Guyt and Gijsbrechts (2014) と Van Lin and Gijsbrechts (2016) の購入量決定モデルは統合モデルとしてではなく別の独立したモデルとなっている。

異なる小売チェーン・店舗において26週間の間に実施されたプロモーションのスケジュールの違いが、対象NBの売上に及ぼす影響の分析に適用し、店舗スイッチ、カテゴリ購買生起、ブランドスイッチ、購入量の観点から評価を試みている。その結果、分析対象とした4つの商品カテゴリの一部では、店舗毎に異なる時期でプロモーションする場合、同じ時期でプロモーションする場合よりも売上の増加が期待され、その源泉として店舗スイッチの割合が少なくないことを示唆する結果を示している。

Van Lin and Gijsbrechts (2016) は、特定の商品カテゴリの購買における店舗選択、カテゴリ購買生起に関する統合モデルと購入量決定モデルを提案している。同提案モデルは5つの日用雑貨カテゴリにおける、スーパーマーケット (SM) とドラッグストア (Drgs) の間のチャネル・店舗選択行動ならびに店舗内購買意思決定の分析に適用され、チラシ掲載の価格プロモーション効果の業態間比較が行われている。この研究の結果、Drgs に対して SM の方がその効果が高く、その差が生じる背景にはチラシを参照する顧客数の差が起因している可能性があることが見出されている。

店舗選択を含めることで統合モデルを拡張した Guyt and Gijsbrechts (2014) や Van Lin and Gijsbrechts (2016) の研究に対して、Park, Park and Schweidel (2014) は、顧客継続・離脱、来店間隔、カテゴリ購買生起を含めた統合モデルの提案を行っている。Park et al. (2014) の提案モデルは、複数カテゴリ間の関連性を潜在的空間布置によって捉えようとする構造となっている。同提案モデルを百貨店における4つの化粧品カテゴリの購買履歴データに適用し他の複数モデルと比較した結果、顧客の購買パターンの予測の

観点で最も良いパフォーマンスを示すことが確認され、同提案モデルの有効性が示されるという結果を得ている。

以上の整理から、購買行動の統合モデルに関する研究は、来店行動と店舗内意思決定プロセスの一部を統合する方向での拡張が進められてきていることが確認できる。とはいえ来店行動を組み込んだ統合モデルの研究は着手され始めたばかりであり、店舗選択を組み込んだ統合モデルも、来店間隔を組み込んだ統合モデルもともに研究の蓄積は少なく研究の余地が残されている。

ところでこうした統合モデルの研究を進めていく上で、ID-POS データを収集している小売業が実務で利用することを想定するとすれば、通常は競合店舗利用行動までは観測できないので、店舗選択ではなく来店間隔を組み込んだ統合モデルが想定されることになる。その場合の先行研究としては Park et al. (2014) の研究が参考になる。先にも確認したように Park et al. (2014) の研究は百貨店の化粧品カテゴリを対象にしたものである。SM 等の他の業態における実証的な研究はまだ行われていない。そこで本研究では、Park et al. (2014) の研究と同様に来店間隔とカテゴリ購買生起の統合モデルを SM 店舗の ID-POS データに適用する実証研究に取り組むこととする。

2) 品揃え変更の影響に関する関連研究

前節で確認した統合モデルは、小売業の施策の中でも特にプロモーションに焦点を当てている。しかしながらプロモーションと同じように重要な小売業の施策の1つである品揃え変更の影響を明示的に考慮した統合モデルの研究は見当たらない。

これまでに行われてきた品揃え変更の研究は、カテゴリ売上金額への影響に関する研究

(Drèze, Hock, and Purk, 1994; Boatwright and Nunes, 2001; Sloot, Fok, and Verhoef, 2006)、顧客の来店間隔や客単価への影響に関する研究 (Borle, Boatwright, Kadane, Nunes, and Shumueli, 2005; 佐藤・里村・野際・中村・守口, 2016)、カテゴリ購買生起への影響に関する研究 (Borle et al. 2005; 佐藤 2019)、消費者の品揃えに対する知覚への影響に関する研究 (Broniarczyk, Hoyer, and McAlister, 1998) など、個別の側面から行われてきたものである。

そこで本研究では、品揃え変更の影響を明示的に考慮した購買行動の統合モデルへの拡張とその実証研究を試みる。

3. 本研究における統合モデルの概要

1) 提案モデル

先に述べたように本研究では小売業の観点から、購買行動プロセス中の小売店舗への来店行動（来店間隔）と来店時の商品カテゴリの購買生起の段階に焦点を当てた統合モデルを提案する。同様の観点から提案されているものに Park et al. (2014) の統合モデルがある。Park et al. (2014) は、前回来店時の複数商品カテゴリの購買有無と次の来店までの間隔を、潜在的空間モデルを利用して関連付ける方法を提案しているのであるけれども、商品カテゴリにおける施策が来店間隔に及ぼす影響を評価する構造までは考慮していない。そこで本研究では、統合モデルとしては Park et al. (2014) と同様の構造としつつ、ひとまず購買生起を考慮する商品カテゴリ数を1つに単純化した上で、同商品カテゴリにおける施策と来店間隔との関係を明示的に評価可能な統合モデルの提案を行う。なお、Park et al. (2014) の統合モデルでは、各サ

ブモデルの定数項パラメータのみで顧客間異質性を許容しているものの、他のパラメータについては顧客間に等値制約が課されている。本研究の提案モデルではこの仮定を緩和し、定数項以外のパラメータについても顧客間異質性を許容した統合モデルへと拡張する。

2) 来店間隔モデル

ある小売店舗における顧客の購買行動が、観測開始時点から観測終了時点 T まで観測されているものとする。この観測期間中に顧客 i が J_i 回来店し購買を行うとき、それぞれの来店時点を $t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{iJ_i}$ とする。さらに来店間隔が指数分布に従うものと仮定すると²⁾、その確率密度関数は以下ようになる、

$$f(t_{i,j+1}|t_{i,j}; \lambda_{ij}) = \lambda_{ij} \exp(-\lambda_{ij}(t_{i,j+1} - t_{i,j})). \quad (1)$$

観測終了時点 T で丁度来店した顧客以外は、次の来店が観測される前に観測期間が終了してしまうため、打ち切りデータとなる。これに対応させて観測終了時点 T における生存関数は以下ようになる、

$$S(T|t_{i,j}; \lambda_{ij}) = \exp(-\lambda_{ij}(T - t_{i,j})). \quad (2)$$

さらにパラメータ λ_{ij} を以下のように構造化することにより、想定される影響要因との関係を明示的に考慮できるようにする、

$$\lambda_{ij} = \lambda_i \exp(\mathbf{x}'_{ij} \boldsymbol{\alpha}_i). \quad (3)$$

ここで、 $\mathbf{x}_{ij}$ は説明変数ベクトル、 $\boldsymbol{\alpha}_i$ は対応するパラメータベクトル、 λ_i はベースラインである。

3) 顧客離脱モデル

長期間の観測期間をとると、顧客によっては何らかの理由により観測対象の小売店舗に買い物に行くことを止めてしまうことも考えられる。ただし非契約型である場合、たとえ

来店間隔が長くなっているとしても、当該顧客が離脱しているのか否かについて観測することができない。それゆえ何らかの潜在的な構造を仮定することになる。ここでは Fade, Hardie and Lee (2005) や Park et al. (2014) と同様に、顧客 i が最後の来店後に離脱する確率を r_i とし、以下の幾何分布に従うものと仮定する、

$$P(\text{顧客}i\text{が}j\text{番目の来店後に離脱}) = r_i(1 - r_i)^{j-1}. \quad (4)$$

ただし r_i は0から1の間の値をとるので、 $r_i = \exp(\omega_i)/(1 + \exp(\omega_i))$ とした上で実証分析では ω_i を推定する。

4) カテゴリ購買生起モデル

商品カテゴリ購買生起は、これまでの多くの研究と同様に二項ロジットモデルを用いて以下のように定式化する (Van Heerde and Neslin, 2008)。

顧客 i が j 番目の来店時に分析対象カテゴリの購買を行うか否かを示す確率変数を c_{ij} とし、カテゴリ購買を行った場合に $c_{ij} = 1$ 、その他の場合は $c_{ij} = 0$ の値をとるものとする。このとき、顧客 i が j 番目の来店時に分析対象カテゴリの購買を行う確率は以下のようになる、

$$P(c_{ij} = 1 | \pi_{ij}) = P_{ij}^C = \frac{\exp(\pi_{ij})}{1 + \exp(\pi_{ij})}. \quad (5)$$

さらに効用 π_{ij} を以下のように構造化する、

$$\pi_{ij} = \mathbf{z}'_{ij} \boldsymbol{\beta}_i. \quad (6)$$

ここで $\mathbf{z}_{ij}$ は説明変数ベクトル、 $\boldsymbol{\beta}_i$ はパラメータベクトルである。

5) 統合モデルの尤度

顧客 i について、来店間隔モデル、顧客離脱モデル、カテゴリ購買生起モデルの統合モ

デルの尤度は以下ようになる、

$$L_i(\boldsymbol{\lambda}_i, r_i, \boldsymbol{\pi}_i | \mathbf{t}_i, \mathbf{c}_i) = \prod_{j=2}^{J_i} \left\{ f(t_{i,j} | t_{i,j-1}; \lambda_{ij}) P_{ij}^{c_{ij}} (1 - P_{ij}^c)^{1-c_{ij}} (1 - r_i) \right\} \cdot \{r_i + (1 - r_i) S(T | t_{i,J_i}; \lambda_{i,J_i})\}. \quad (7)$$

ここで、 $\boldsymbol{\lambda}_i = [\lambda_{i1}, \lambda_{i2}, \dots, \lambda_{ij}, \dots, \lambda_{iJ_i}]$ 、 $\boldsymbol{\pi}_i = [\pi_{i1}, \pi_{i2}, \dots, \pi_{ij}, \dots, \pi_{iJ_i}]$ 、 $\mathbf{t}_i = [t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{ij}, \dots, t_{iJ_i}]$ 、 $\mathbf{c}_i = [c_{i1}, \dots, c_{ij}, \dots, c_{iJ_i}]$ である。なお、式(7)右辺の最後の項は、観測終了時点 T で打ち切りが生じている場合、顧客 i が離脱してしまっているケースと顧客として継続しているものの次の来店の前に観測期間が終了したケースの双方の可能性あることを考慮したものとなっている。

6) 推定方法

はじめに各サブモデルのパラメータを1つのベクトルにまとめて、 $\boldsymbol{\Delta}_i = [\log \boldsymbol{\lambda}_i, \boldsymbol{\alpha}_i, \omega_i, \boldsymbol{\beta}_i]$ とする。その上で $\boldsymbol{\Delta}_i$ は以下の多変量正規分布に従うものと仮定する、

$$\boldsymbol{\Delta}_i \sim \text{MVN}(\boldsymbol{\mu}_\Delta, \boldsymbol{\Sigma}_\Delta). \quad (8)$$

さらに $\boldsymbol{\mu}_\Delta$ と $\boldsymbol{\Sigma}_\Delta$ の事前分布を以下のように仮定する、

$$\text{vec}(\boldsymbol{\mu}_\Delta) | \boldsymbol{\Sigma}_\Delta \sim \text{MVN}(\text{vec}(\bar{\boldsymbol{\mu}}_\Delta), \boldsymbol{\Sigma}_\Delta \otimes \mathbf{A}^{-1}), \quad (9)$$

$$\boldsymbol{\Sigma}_\Delta \sim \text{IW}(\mathbf{v}_{\boldsymbol{\Sigma}_\Delta}, \mathbf{V}_{\boldsymbol{\Sigma}_\Delta}). \quad (10)$$

ここで、 $\text{vec}(\bar{\boldsymbol{\mu}}_\Delta) = \mathbf{0}$ 、 $\mathbf{A} = 0.01 * \mathbf{I}_{\Delta_i}$ 、 $\mathbf{v}_{\boldsymbol{\Sigma}_\Delta} = \mathbf{0}$ 、 $\mathbf{V}_{\boldsymbol{\Sigma}_\Delta} = (\bar{n} + 3) * \mathbf{I}_{\boldsymbol{\mu}_\Delta}$ 、と設定する。ただし $\bar{n}$ はパラメータ数である。

以上の設定の下で、 $\boldsymbol{\Delta}_i$ はMetropolis-Hastings (MH) サンプリングで、 $\boldsymbol{\mu}_\Delta$ および $\boldsymbol{\Sigma}_\Delta$ はギブスサンプリングでそれぞれ事後分布が評価される。なお $\boldsymbol{\Delta}_i$ の候補は、照井 (2008, pp.70-71, p.134) に従いランダムウォークアルゴリズムに従って発生される。

4. 実証分析

1) データの概要

本研究の実証分析では首都圏の某スーパーマーケット1店舗のID-POSデータを利用する³⁾。データ期間の全体は、2014年4月から2018年3月までの4年間である。この中から最初の3ヶ月間は初期化期間として利用し、実証分析では2014年7月以降のデータを利用する。さらに2014年7月から2017年6月まで3年間のデータを推定用とし、2017年7月から2018年3月までの9ヶ月を検証用としている。

本実証分析が分析対象とする商品カテゴリはヨーグルトとした。ヨーグルトを対象とする理由は、カテゴリ購買生起モデルを適用した複数の既存研究（たとえば、Bucklin, Gupta and Siddarth, 1998; Ailawadi and Neslin, 1998; Sun, 2005）において同カテゴリが利用されていること、および同カテゴリは広い世帯に購買されていることと、その購買頻度も比較的高いことが期待できるためである。

全データ期間中に対象店舗への来店が観測された顧客は22,559人で、延べ来店回数は1,944,854回、平均来店回数は86.2回である。これらの顧客の中から、推定用データ期間（2014年7月～2017年6月）中に30回以上来店し、かつ少なくとも1回以上ヨーグルトを購買した顧客（6,404人、延べ来店回数1,492,897回、平均来店回数233.1回）を抽出した。同顧客のヨーグルトの述べ購買回数は232,469回、一人当たり平均購買回数36.3回である。さらに推定の計算負荷を考慮して、ここから約25%の顧客をランダムに抽出し、最終的な推定用サンプル（1,582人、延べ来店回数299,820回、平均来店回数189.5回、延べヨーグルト購買回数44,482回、一人当たり平均購買回数28.1回）としている。検証用デー

タは、推定用データに含まれる顧客1,582人の中で検証用データ期間（2017年7月～2018年3月）中に来店実績のある顧客1,335人（延べ来店回数69,466回、平均来店回数52.0回、延べヨーグルト購買回数10,569回、一人当たり平均購買回数7.9回）を用いる。

2) 影響要因

本研究の提案モデルにおいて、来店間隔に対する影響要因（式(3)の x_{ij} ）と購買生起に対する影響要因（式(6)の z_{ij} ）として考慮する変数は図表2の通りである。

図表2に示される変数の中で品揃え関連変数（店舗全体の購買経験アイテム削減率、店舗全体の非購買経験アイテム削減率、店舗全体の品揃え拡張指数、カテゴリ購買経験アイテム削減率、カテゴリ非購買経験アイテム削減率、カテゴリ品揃え拡張指数、カテゴリ品揃えエントロピー指数）について以下簡単な補足説明を加える。

はじめに品揃え関連の変数は、既存研究（Borle et al., 2005; Hong, Misra and Vilcassim, 2016; 佐藤, 2019）を参考に設定している。カテゴリ品揃えエントロピー指数以外の品揃え関連変数を構成するために、推定用データと検証用データを合わせた2017年7月から2018年3月までの期間を3ヶ月毎に区切った15期間を分析に用いる。店舗全体に関わる変数を構成するために利用している商品カテゴリは、加工食品、飲料、菓子、日用雑貨であり、生鮮食品等のインスタコードで管理されている商品カテゴリは除いている。

カテゴリ品揃えエントロピー指数は、Hong et al. (2016)に基づき下式で算出される、

$$\text{Entropy}_k = -\sum_{l_k=1}^{L_k} p_{l_k} \times \log p_{l_k}, \quad (11)$$

$$\text{Entropy}_{category} = \sum_{k=1}^K \text{Entropy}_k. \quad (12)$$

図表 2 影響要因の説明

変数（影響要因）	来店間隔	カテゴリ 購買生起	変数の概要
前々回・前回来店間隔日数	x_{ij1}	---	前々回来店時点から前回来店時点までの来店間隔日数
価格指数（店舗全体）	x_{ij2}	---	当該日売上金額÷通常価格時売上推定額により算出、通常価格は当該日を含む半期内最大売価を利用 ^(*)
購買経験アイテム削減率（店舗全体）	x_{ij3}	---	前期末時点での顧客 <i>i</i> の購買経験商品に対して、当期期初時点で削減された購買経験商品の割合 ^(*)
非購買経験アイテム削減率（店舗全体）	x_{ij4}	---	前期末時点での顧客 <i>i</i> の購買経験が無い商品に対して、それらの中で当期期初時点で削減された商品の割合 ^(*)
品揃え拡張指数（店舗全体）	x_{ij5}	---	前期末商品数に対する当期期初商品数の比率 ^(*)
前回来店時カテゴリ購買金額	---	z_{ij1}	前回来店時の分析対象カテゴリ購買金額
前回カテゴリ購買後経過日数	---	z_{ij2}	前回分析対象カテゴリを購買してからの経過日数
カテゴリ価格指数	x_{ij6}	z_{ij3}	分析対象カテゴリの当該日売上金額÷通常価格時売上推定額により算出、通常価格は当該日を含む半期内最大売価を利用
カテゴリ購買経験アイテム削減率	x_{ij7}	z_{ij4}	分析対象カテゴリについて、前期末時点での顧客 <i>i</i> の購買経験商品に対して、当期期初時点で削減された購買経験商品の割合
カテゴリ非購買経験アイテム削減率	x_{ij8}	z_{ij5}	分析対象カテゴリについて、前期末時点での顧客 <i>i</i> の購買経験が無い商品に対して、それらの中で当期期初時点で削減された商品の割合
カテゴリ品揃え拡張指数	x_{ij9}	z_{ij6}	分析対象カテゴリについて、前期末商品数に対する当期期初商品数の比率
カテゴリ品揃えエントロピー指数	x_{ij10}	z_{ij7}	週単位の短期的な品揃え変化をとらえる指数として分析対象カテゴリの週商品別売上実績に基づき式(11)(12)で算出
第1四半期フラグ	---	z_{ij8}	第1四半期 = 1、その他 = 0
第2四半期フラグ	---	z_{ij9}	第2四半期 = 1、その他 = 0
第3四半期フラグ	---	z_{ij10}	第3四半期 = 1、その他 = 0

(*)：対象商品カテゴリは加工食品、飲料、菓子、日用雑貨。

ここで、分析対象カテゴリの K 個の製品属性に注目し、各属性の L_k 個の水準毎の商品数比率 p_{lk} に基づいて、式(11)に従い製品属性 k のエントロピーを計算する。その後、式(12)のように K 個の製品属性別のエントロピーの総和を分析対象カテゴリの品揃えエントロピー指数としている。ただし ID-POS データで観測される週別売上が0より大きい場合に商品数にカウントされるため、厳密には週別売上0の商品は考慮されていない。週別売上0の商品を考慮するためには、小売店頭における品揃え商品の調査が必要であり今後の課題としたい。なお、本研究のカテゴリ購買生起

に関する対象カテゴリであるヨーグルトについては、製品属性としてメーカーと容量が利用可能であったので、それら2つの属性に基づいて指数を構成している。他の製品カテゴリでは必ずしも十分に製品属性が利用可能でない場合があることや、カテゴリ間で共通の製品属性が設定できる訳ではないといった理由から、店舗全体についての品揃えエントロピー指数は利用しないこととした。

3) モデル評価と選択

来店間隔モデルおよびカテゴリ購買生起モデルと図表2に示した影響要因との関係から、

ここでは図表3に示す6つの統合モデルを設定し、それらの間でパフォーマンスを比較した上で最終的なモデルの選択を行う。

図表3のModel1からModel3までは、Park et al. (2014) のモデルと同様に来店間隔モデルの平均パラメータ λ と購買生起モデルの定数項、および離脱率のパラメータのみに顧客間異質性を許容し、それ以外のパラメータには等値制約を課したモデルである。これに対してModel4からModel6は、Park et al. (2014) のモデルを拡張し、すべてのパラメータについて顧客間異質性を許容したモデルである。

考慮する影響要因の観点では、Model3とModel6がすべての影響要因を考慮したモデルである。Model2とModel5は、分析対象カテゴリの品揃え変化が、カテゴリ購買生起に

のみ影響し、来店間隔には影響しないと仮定したモデルである。Model1とModel4は、来店間隔やカテゴリ購買生起が品揃え変化の影響を受けないと仮定したモデルである。

モデル比較は、周辺対数尤度、推定用データによる予測精度、検証用データの予測精度の3つの観点で行う。予測精度に関しては、来店予測に関する的中率と来店かつカテゴリ購買生起に関する的中率の2つの観点で評価する。なお来店予測に関しては、週別販促を想定し7日以内に来店するか否かを予測することとし、実績と予測ともに7日以内に来店となっている場合、および実績と予測ともに8日以上となっている場合を正答としての中率を計算している。

モデル間の比較結果を図表4に示す。周辺対数尤度の観点で見ると、Model1から

図表 3 比較対象モデル

サブモデル	影響要因	異質性（定数項のみ）			異質性（全パラメータ）		
		Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	Model6
来店間隔モデル	平均パラメータ λ	○	○	○	○	○	○
	前々回・前回来店間隔日数	○	○	○	○	○	○
	価格指数（店舗全体）	○	○	○	○	○	○
	購買経験アイテム削減率（店舗全体）	---	○	○	---	○	○
	非購買経験アイテム削減率（店舗全体）	---	○	○	---	○	○
	品揃え拡張指数（店舗全体）	---	○	○	---	○	○
	カテゴリ価格指数	---	---	○	---	---	○
	カテゴリ購買経験アイテム削減率	---	---	○	---	---	○
	カテゴリ非購買経験アイテム削減率	---	---	○	---	---	○
	カテゴリ品揃え拡張指数	---	---	○	---	---	○
	カテゴリ品揃えエントロピー指数	---	---	○	---	---	○
顧客継続・離脱	離脱率	○	○	○	○	○	○
カテゴリ購買生起モデル	定数項	○	○	○	○	○	○
	前回来店時カテゴリ購買金額	○	○	○	○	○	○
	前回カテゴリ購買後経過日数	○	○	○	○	○	○
	カテゴリ価格指数	○	○	○	○	○	○
	カテゴリ購買経験アイテム削減率	---	○	○	---	○	○
	カテゴリ非購買経験アイテム削減率	---	○	○	---	○	○
	カテゴリ品揃え拡張指数	---	○	○	---	○	○
	カテゴリ品揃えエントロピー指数	---	○	○	---	○	○
	第1四半期ダミー	○	○	○	○	○	○
	第2四半期ダミー	○	○	○	○	○	○
	第3四半期ダミー	○	○	○	○	○	○

図表 4 モデル比較結果

影響要因	異質性（定数項のみ）			異質性（全パラメータ）		
	Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	Model6
Iteration 回数 (burn-in)	5000 (3000)	5000 (3000)	5000 (3000)	50000 (40000)	50000 (40000)	50000 (40000)
周辺対数尤度	-768,776.7	-768,586.5	-768,556.3	-764,520.9	-762,660.1	-761,717.9
推定用データによる評価						
的中率（来店）	0.75	0.75	0.75	0.76	0.76	0.77
的中率（来店・カテゴリ購買）	0.74	0.74	0.74	0.74	0.75	0.75
検証用データによる評価						
的中率（来店）	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.74
的中率（来店・カテゴリ購買）	0.70	0.69	0.69	0.72	0.72	0.71

Model3よりも、Model4からModel6の方がデータに適合していることを示し、その中でもModel6のパフォーマンスが良い。したがって本研究の提案モデルが既存研究のモデルに対して優位性を持っていることが確認できる。

次に推定用データに基づく評価を見ると、来店予測に関しては僅差ではあるがModel6が他のモデルよりも若干良い精度を示している。来店・カテゴリ購買予測ではModel5とModel6の精度が他のモデルよりも良い結果を示している。

予測用データに基づく評価の場合には、来店予測に関してはModel1からModel5までは同程度でありModel6がやや劣るという結果である。来店・カテゴリ購買予測に関してはModel4とModel5が他のモデルよりも良い結果を示しており、Model6がそれに続いている。

以上の結果を見ると、周辺対数尤度と推定用データの来店・カテゴリ購買予測の精度についてModel6が良い結果を示しているため、ここではModel6を選択する。ただしここまでの結果から、Model6は分析対象データの記述には優れているものの、同データにオーバーフィットしている可能性もあり、そのことが起因して予測モデルとしてはModel4やModel5に次ぐモデルとなっていることにも留意しておきたい。

最後に、以上の分析から次の2つの結論が得られる。1つは全てのパラメータに異質性を許容したモデルを適用することが支持されるという点である。つまり、影響要因として考慮している価格や品揃え変化の影響の仕方は顧客によって異なっているため、ID-POSデータを活用し、影響を受けやすい顧客の反応を捉え、その反応に店舗施策を適用させていくことが、実務的に意義があるということが示唆される。もう1つは、来店間隔に対する影響要因として少なくともヨーグルトカテゴリの品揃え施策が影響を与える可能性があるという点である。

4) 統合モデルの推定結果

モデル比較の結果Model6が選択されたことを受け、ここでは図表5に示されている同モデルのパラメータ推定結果を確認していくこととする。

はじめに来店間隔モデルに関するパラメータ推定結果を確認する。影響要因として考慮した変数の中で、拡張指数（店舗全体）を除いた他のパラメータについて95%信用区間に0が含まれていないため、これらの要因の来店間隔に対する影響が認められる。

前々回・前回来店間隔日数の事後平均値は負であるので、来店間隔日数が長くなると平均来店頻度 λ_{ij} が小さくなる方向に影響し、

図表 5 パラメータ μ_{Δ} の事後平均値（太字：95%信用区間に0を含まない場合）

サブモデル	影響要因	事後平均	サブモデル	影響要因	事後平均
来店間隔モデル	平均パラメータ λ	-0.541	カテゴリ購買生起モデル	定数項	-0.376
	前々回・前回来店間隔日数	-0.886		前回来店時カテゴリ購買金額	0.042
	価格指数（店舗全体）	-0.141		前回カテゴリ購買後経過日数	-0.214
	購買経験アイテム削減率（店舗全体）	-0.194		カテゴリ価格指数	-0.115
	非購買経験アイテム削減率（店舗全体）	-0.335		カテゴリ購買経験アイテム削減率	-0.431
	拡張指数（店舗全体）	-0.020		カテゴリ非購買経験アイテム削減率	-0.094
	カテゴリ価格指数	-0.332		カテゴリ品揃え拡張指数	-0.313
	カテゴリ購買経験アイテム削減率	-0.203		カテゴリ品揃えエントロピー指数	-0.389
	カテゴリ非購買経験アイテム削減率	-0.636		第1 四半期ダミー	0.080
	カテゴリ品揃え拡張指数	0.050		第2 四半期ダミー	-0.042
	カテゴリ品揃えエントロピー指数	-0.260		第3 四半期ダミー	-0.071
顧客継続・離脱	離脱率	-7.468			

結果として来店間隔が長くなる傾向を示唆している。とはいえこれは平均的な傾向であるので、顧客別パラメータに事後平均値に基づく分布を確認すると、パラメータが負の顧客が多いものの、0付近の顧客（前々回・前回来店間隔日数がその後の来店間隔に影響を与えない顧客）や、正の顧客（前々回・前回来店間隔日数が長くなるとその後の来店間隔が短くなる傾向の顧客）も一定数存在していることを付け加えておきたい。このような顧客毎の特徴を把握できるという点は、本研究の提案モデルのメリットの1つである。

続いて、店舗全体の価格指数に対するパラメータは負であるので、店舗全体の価格が上がると来店間隔が長くなることを示している。この結果は、既存研究とも整合しており直感的にも受け入れられる結果となっている。

品揃え変化の影響については、店舗全体に関する3つのパラメータのうち95%信用区間に0を含まない2つの要因、すなわち購買経験アイテム削減率（店舗全体）と非購買経験アイテム削減率（店舗全体）が負で推定されている。この結果は、店舗全体で見ると購買した経験があるか否かに関わらず、品揃えアイテム数削減率が高くなると、来店頻度が低下し来店間隔が長くなる方向に影響することを意味している。このような関係については、来店間隔に対する同様の影響を分析した

Borle et al. (2005) の研究でも確認されている。さらに佐藤ほか (2016) の研究は、この影響が店舗規模によって変化し得るという可能性を示している。具体的には、店舗規模が中・大規模の場合には本研究や Borle et al. (2005) と同様の傾向が示される一方で、小規模店舗の場合にはむしろ来店間隔を短縮する可能性があるということである。本研究で対象にした店舗は中・大規模に含められる店舗であるので、ここでの結果はこれまでの研究とも共通した傾向を示している。これら一連の研究結果を踏まえると、少なくともある程度規模の大きな店舗は、品揃えの変化が大きくなるほど来店間隔を伸ばす可能性があるので、大幅な品揃えの変更よりも小規模な変更の方が望ましいという示唆が得られる。

次に、分析対象カテゴリであるヨーグルトカテゴリの来店間隔への影響について確認する。カテゴリ価格指数の影響を見るとパラメータは負となっているので、カテゴリ価格の上昇は来店間隔を長くする方向に影響することが確認できる。

引き続き、カテゴリの品揃え変化に関する4つの変数の推定結果を確認する。カテゴリ購買経験アイテム削減率、カテゴリ非購買経験アイテム削減率のパラメータはともに負であり、店舗全体の場合と同様に、購買経験の有無によらずカテゴリの品揃えアイテム数

削減率が高くなると、来店間隔が長くなることを示唆している。一方、品揃え拡張指数のパラメータは正であるので、品揃えの規模が拡大すると来店頻度を高め、来店間隔を短縮する方向に影響することが示唆される。

次にカテゴリ品揃えエントロピー指数について確認する。各種のアイテム削減率や拡張指数は、3ヶ月毎に区切った期間における中長期的な品揃えの変化を捉えることを意図した変数であるのに対して、カテゴリ品揃えエントロピー指数は、先にも述べたように週別売上に基づいて構成され、週単位の短期的な品揃え変化の影響を捉えることを意図して構成されている変数である。変数の定義から明らかのように、製品属性の各水準に等しい割合でアイテムが品揃えされているときにこの指数の値は最も高くなり、特定の水準に品揃えアイテム数が集中するほど小さな値になる。図表5に示される分析結果を見ると、カテゴリ品揃えエントロピー指数のパラメータは負で推定されているので、製品属性の水準間でアイテム数を均一にするよりも、水準間でメリハリをつけた品揃えの変化がある方が、来店頻度を高め、来店間隔を短縮する効果があるということが示唆される。

引き続き顧客継続・離脱サブモデルに関する推定結果を見ると、顧客離脱率 r は $\exp(-7.468)/(1 + \exp(-7.468)) = 0.0005$ と推定されている。安定的な推定結果を得ることを優先し、推定用データ期間中に30回以上来店している比較的来店回数の多い顧客を分析対象としていたため、結果として潜在的な離脱率も極めて小さな値で推定されたものと推測される。

カテゴリ購買生起サブモデルに関連しては、定数項と各四半期ダミーを除いて、前回来店時カテゴリ購買金額以外のパラメータの推定値は95%信用区間に0を含んでいないので、

それらの影響が確認できる。以下、影響があると推定された各要因についてその結果を見ていくこととする。

前回カテゴリ購買後経過日数のパラメータは負なので、経過日数が長くなるほどカテゴリ購買確率が低くなる傾向を示している。ヨーグルトは長期間ストックできないため短期間で継続的に購入するカテゴリであることを考慮すると、経過日数が大きい（購買間隔が長い）顧客はライトユーザー、もしくは他店で購入している顧客の可能性がある、そのような顧客の分析対象店舗におけるヨーグルト購買の特徴を捉えているように見える。

カテゴリ価格指数のパラメータも負であるので、カテゴリ価格が高くなるとカテゴリ購買確率は低下する。

カテゴリ購買経験アイテム削減率とカテゴリ非購買経験アイテム削減率のパラメータ推定値はともに負であり、来店間隔に対する影響と同様に購買経験の有無によらずカテゴリの品揃えアイテム数削減率が高くなると、ヨーグルトカテゴリの購買生起確率が低下することを示している。少なくともヨーグルトに関してはアイテム数削減率を一度に高めることは望ましい施策とはならないので、この影響をより少なくするために、たとえば、小規模な品揃え変更に分割するという対処方法が考えられる。

カテゴリ品揃え拡張指数のパラメータは負で推定されているので、ヨーグルトカテゴリの場合には、品揃えの拡大がカテゴリ購買生起確率の低下をもたらす可能性を示している。本研究の分析対象の店舗は、先にも述べたように中・大規模店舗に属するので、すでにヨーグルトの品揃えは充実している。そのようなケースでさらに品揃えアイテム数を増加させることは、顧客が商品を選びにくくなる状況を生じさせてしまうということに繋がって

いるのかもしれない。店舗の品揃えアイテム数を増やすという施策を行う場合でも、顧客の購入率の低下には注意しながら行う必要があるということである。

最後に、短期的な品揃え変化の影響に関する変数であるカテゴリ品揃えエントロピー指数のパラメータの推定値も負なので、カテゴリの品揃えエントロピー指数が高まると（製品属性水準毎の商品数が均一化すると）、カテゴリ購入確率が低下する傾向を示している。したがってカテゴリ購買生起確率の観点でも、製品属性水準間で品揃えのメリハリをつけた方が良いという示唆が得られる。ただし本研究の結果のみからでは、どの程度のバランスが望ましいのかについての示唆までは得ることができないので、この点については今後の課題としたい。

5. まとめと今後の課題

本研究では顧客の購買行動プロセスの来店とカテゴリ購買生起の段階に焦点を当て、潜在的な顧客継続・離脱、来店間隔、カテゴリ購買生起を考慮した購買行動モデルを提案した。

1つの分析事例として対象カテゴリにヨーグルトを取り上げ、実証分析を行った。モデル選択の結果、ヨーグルトの場合には、その品揃え変更等の施策が来店間隔とカテゴリ購買確率の双方に影響することが確認された。その結果、品揃えの削減率を一度に高めるような品揃え変更を避けることが、来店間隔とカテゴリ購買生起の観点からは望ましいという示唆を得た。また、品揃えの拡大は来店間隔を短縮する傾向があるものの、すでにある程度充実した品揃えの店舗では、カテゴリ購買生起確率を低下させる可能性があるため、そのような施策を行う場合には、カテゴリ購

買生起確率を確認しながら適宜修正を行うことに注意する必要があるという示唆も得られた。さらに週レベルの短期的な品揃え変化の観点では、製品属性の各水準で均一なアイテム数とするのではなく、特定的水準にアイテム数を集中させるなどメリハリのある品揃えの方が、来店間隔を短縮し、カテゴリ購買確率を高めるという知見も得られた。

以上のように本研究の提案モデルをID-POSデータに適用することで、特定カテゴリの品揃え変更の施策が、顧客の来店行動や当該カテゴリの購買行動にどのような影響を及ぼし得るのかについて評価を行うことが可能になる。そのような購買行動の統合モデルの提案を行った点が、本研究の実務的貢献である。また、本研究は、各影響要因に対応するパラメータに等値制約を課した既存研究のモデルに対して、その仮定を緩和し異質性を許容するように拡張したモデルである。モデル選択の結果、既存研究のモデルに対して本研究の提案モデルの優位性を示すことができた点は、本研究の学術的貢献の1つであると言える。

ただし本研究においてもいくつかの課題が残されている。その1つは、より多くのカテゴリにおける分析結果を蓄積していくことである。その傾向はカテゴリによって異なることが予想されるけれども、カテゴリ特性としてこの傾向が確認できれば、来店行動への影響にも留意すべきカテゴリなのか、そうではないカテゴリかを区別できるので、実務におけるカテゴリ施策を検討する上で有用な知見となる。

もう1つの課題は、考慮する商品カテゴリ数の拡張である。商品カテゴリ間の関連性を考慮することを可能とするためにも、少なくともカテゴリ購買生起に関して関連が強いと想定される複数の商品カテゴリを同時に考慮

可能とするように統合モデルを拡張していくことも今後の重要な課題である。

謝辞：

本研究は、科学研究助成金・基盤研究（C）（課題番号：15K03722、20K01987）の助成を受けた研究の一部であり研究助成をいただいたことにつきまして感謝申し上げます。また本論文について丁寧な査読を行っていただき、貴重なコメントをいただきました査読者の先生方にも感謝申し上げます。

〈注〉

- 1) Leeflang et al.(2000) の p.247に掲載されている Table 12.8には、1996年までの主な統合モデル研究が一覧としてまとめられている。
- 2) 来店間隔に指数分布を仮定することに関しては批判もある（たとえば Fader et al.(2014) の議論を参照されたい）。より柔軟な Weibull 分布など他の分布を仮定することについては今後の研究の課題としたい。
- 3) 本研究では(株)アイディーズ様よりご提供いただいた i-code データを利用した。

〈参考文献〉

- Ailawadi, K.L., and S.A. Neslin (1998), "The Effect of Promotion on Consumption: Buying More and Consuming It Faster," *Journal of Marketing Research*, 35(3), pp.390-398.
- Boatwright, P., and J. C. Nunes (2001), "Reducing Assortment: An Attribute-Based Approach," *Journal of Marketing*, 65(3), 50-63.
- Borle, S., P. Boatwright, J. B. Kadane, J. C. Nunes, and G. Shmueli (2005), "The Effect of Product Assortment Changes on Customer Retention," *Marketing Science*, 24(4), 616-622.
- Broniarczyk, S. M., W. D. Hoyer, and L. McAlister (1998), "Consumers' Perceptions of The Assortment Offered in A Grocery Category: The Impact of Item Reduction," *Journal of Marketing Research*, 35(2), 166-176.
- Bucklin, R.E., S. Gupta, and S. Siddarth (1998), "Determining Segmentation in Sales Response Across Consumer Purchase Behaviors," *Journal of Marketing Research*, 35(2), pp.189-197.
- Chiang, J. (1991), "A Simultaneous Approach to the Whether, What and How Much to Buy Questions," *Marketing Science*, 10(4), 297-315.
- Chib, S., P.B. Seetharaman, and A. Strijnev (2004), "Model of brand choice with a no-purchase option calibrated to scanner-panel data," *Journal of Marketing Research*, 41(2), 184-196.
- Chintagunta, P. K. (1993), "Investigating Purchase Incidence, Brand Choice and Purchase Quantity Decisions of Households," *Marketing Science*, 12(2), 184-208.
- Drèze, X., S. J. Hock, and M. E. Purk (1994), "Shelf Management and Space Elasticity," *Journal of Retailing*, 70(4), 301-326.
- Fader, P. S., B. G. S. Hardie, and K.L. Lee (2005),

- “Counting Your Customers” the Easy Way: An Alternative to the Pareto/NBD Model” *Marketing Science*, 24(2), pp.275-284.
- Fader, P. S., B. G. S. Hardie, and S. Sen (2014), “Ch.7 Stochastic Models of Buyer Behavior,” *The History of Marketing Science*, R.S. Winer and S. A. Neslin (ed.), World Scientific Publishing.
- Hong, S., K. Misra, and N. J. Vilcassim (2016), “The Perils of Category Management: The Effect of Product Assortment on Multicategory Purchase Incidence,” *Journal of Marketing*, 80(5), pp.34-52.
- Gupta, S. (1988), “Impact of Sales Promotions on When, What, and How Much to Buy,” *Journal of Marketing Research*, 25(4), pp.342-355.
- Guyt, J. Y., and E. Gijsbrechts (2014), “Take Turns or March in Sync? The Impact of the National Brand Promotion Calendar on Manufacturer and Retailer Performance,” *Journal of Marketing Research*, 51(6), 753-772.
- Leeflang, P.S.H., D.R. Wittink, M. Wedel, and P. A. Naert (2000), “Ch.12 Stochastic Consumer Behavior Models,” *Building Models for Marketing Decisions*, Kluwer Academic Publishers.
- Leeflang, P.S. H., J.E. Wieringa, T.H.A. Bijmolt, and K.H. Pauwels (2015), *Modeling Markets: Analyzing Marketing Phenomena and Improving Marketing Decision Making*, Springer.
- Ma, Y., P. B. Seetharaman, and C. Narasimhan (2012), “Modeling Dependencies in Brand Choice Outcomes Across Complementary Categories,” *Journal of Retailing*, 88(1), 47-62.
- Mehta, N., and Y. Ma (2012), “A Multicategory Model of Consumers’ Purchase Incidence, Quantity, and Brand Choice Decisions: Methodological Issues and Implications on Promotional Decisions,” *Journal of Marketing Research*, 49(4), 435-451.
- Park, H.P., Y.H. Park, and D.A. Schweidel (2014), “A Multi-Category Customer Base Analysis,” *International Journal of Research in marketing*, 31(3), 266-279.
- Sloot, L.M., D. Fok, and P.C. Verhoef (2006), “The Short- and Long-Term Impact of an Assortment Reduction on Category Sales,” *Journal of Marketing Research*, 43(4), 536-548.
- Song, I., and P. K. Chintagunta (2007), “A Discrete-Continuous Model for Multicategory Purchase Behavior of Households,” *Journal of Marketing Research*, 44(4), 595-612.
- Sun, B. (2005), “Promotion Effect on Endogenous Consumption,” *Marketing Science*, 24(3), pp.430-443.
- Van Heerde, H. J. and S. A. Neslin (2008), “Ch.5 Sales Promotion Models,” *Handbook of Marketing Decision Models*, B. Wierenga (ed.), Springer.
- Van Lin, A., and E. Gijsbrechts (2016), “The Battle for Health and Beauty: What Drives Supermarket and Drugstore Category-Promotion Lifts?,” *International Journal of Research in Marketing*, 33(3), 557-577.
- 佐藤栄作 (2019) 「品揃え変更がカテゴリ購買生起に及ぼす影響の顧客間異質性」『流通情報』51(1), 58-73頁.
- 佐藤栄作・里村卓也・野際大介・中村博・守口剛 (2016) 「実務における品揃え操作影響評価のための購買行動モデルの拡張と実証分析」『流通情報』48(4), 52-73頁.
- 照井伸彦 (2008) 『ベイズモデルによるマーケティング分析』東京電機大学出版局.

(受講日：2020年5月1日、受理日：2021年2月2日)