

消費者行動の時間遅れを考慮したシナリオシミュレーションの提案

01014010	NTT サービスインテグレーション基盤研究所	*高橋 彰子	TAKAHASHI Shoko
01008470	NTT サービスインテグレーション基盤研究所	井上 明也	INOUE Akiya
01110490	NTT サービスインテグレーション基盤研究所	川野 弘道	KAWANO Hiromichi
	NTT サービスインテグレーション基盤研究所	西松 研	NISHIMATSU Ken

1 はじめに

本稿では、技術革新や規制緩和、競合各社の参入撤退、製品仕様変更などの事象を時系列に並べた市場構造変化シナリオを作成し、このシナリオの下で個々にシミュレートした消費者行動を集計することにより製品需要推移を予測するシナリオシミュレーション技術を提案する。また提案技術の実現にはコンジョイント実験データに離散選択理論[1]を適用して得られる仮想状況下の消費者行動モデルが必要となるが、この静的なモデルに基づき動的な消費者行動をシミュレートする際に市場構造変化の影響が消費者行動に反映されるまでの時間遅れの確率変数を導入し、製品需要推移の実測データからこの確率変数の分布を逐次推定することにより予測精度の向上を図ることを提案する。

2 仮想状況下の消費者行動モデル

本研究においてシミュレーションの対象となるのは、個々の消費者の消費状態間における選択/遷移行動である。ここで消費状態とは予測対象製品を含む互いに代替関係にある製品群のうち0または1ヶの製品を所有/利用している状態である。このような行動をモデル化するには離散選択理論が有効である。これはThurstoneが心理学において礎を築き、McFaddenが経済学において一般化したものであり、現在ではマーケティングの分野でも広く用いられている[2][3]。通常は消費者行動モデルは個々の消費者の行動データにより推定されるが、過去に例のない市場構造変化をシナリオ内に想定するような場合、変化発生後の行動モデルを発生前の行動データにより推定することには少々無理がある。このような場合、コンジョイント実験で提示される仮想的な市場構造条件に対する被験者の反応データを用いる方法が有効となる[4]。

行動の一貫/推移性、序数的効用関数、効用最大化理論、およびランダム効用理論を前提とした場合、架空の代替製品群を始め仮想的な市場構造条件を提示された被験者 n が状態 $i \in A_n$ (製品 i を所有/利用している状態、但し $i=0$ は何も所有/利用していない状態)を選択する確率 p_{in} は、状態 i の効用確定項 V_{in} とその他の状態 $\forall i \in (A_n \setminus i)$ の効用確定項 V_{in} との差の関数になる。更に被験者 n の属性、被験者 n に提示された架空製品 i の属性、およびその他の仮想条件を要素に持つベクトル (以下、市場構造条件ベクトル) を x_{in} とおくと、 p_{in} は(1)式の通りとなる。但し p の関数形は全状態についてi.i.d.を前提とする効用確率項の分布に依存するもので、プロビットモデルやロジットモデルなどが提案されている[1]。

$$\begin{aligned} p_{in} &= p(V_{in} - V_{in}; \forall i \in (A_n \setminus i)) \\ &= p(\beta \cdot (x_{in} - x_{in}); \forall i \in (A_n \setminus i)) \end{aligned} \quad (1)$$

ところで、パラメータベクトル β は、コンジョイント実験において観測される全被験者 $\forall n \in C$ の市場構造条件ベクトル x_{in} および選択結果 γ_{in} (被験者 n が状態 i を選択した場合に

1, それ以外は0をとるような二値変数)を用いて最尤推定法等により推定される。 γ_{in} は飽くまでも仮想条件に対する反応なので、(1)式の β を推定結果 $\hat{\beta}$ で置き換えることにより得られる \hat{p}_{in} は仮想状況下の消費者行動モデルを意味する。

$$\hat{p}_{in}(x_{kn}; \forall k \in A_n) = p(\hat{\beta}(x_{in} - x_{in}); \forall i \in (A_n \setminus i)) \quad (2)$$

3 実状況下における行動の時間遅れ

仮想状況下の消費者行動モデルを用いて想定シナリオ下における消費者行動をシミュレートするには、時刻 t に消費者 $n \in C(t)$ が状態 $i \in A_n(t)$ に滞在する場合に1, それ以外は0をとるような状態滞在判別二値変数 $\delta_{in}(t)$ を状態滞在確率 $\hat{p}_{in}(t)$ と関係づければ良い。但し $\hat{p}_{in}(t)$ とは、想定シナリオとして市場構造条件ベクトルの時間変化 $x_{kn}(t)$ ($\forall k \in A_n(t), \forall t \in [t_s, t_e]$)を(2)式に代入したものである。仮に仮想状況下と実状況下とで消費者行動に違いが無いものとする、 $\delta_{in}(t)$ と $\hat{p}_{in}(t)$ との関係を次式で表すことは極めて自然である。

$$\begin{aligned} \delta_{in}(t) &= \begin{cases} 1 & \text{if } i = \text{arg max}_{k \in A_n(t)} \hat{p}_{kn}(t) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3) \\ \text{但し } \sum_{i \in A_n(t)} \delta_{in}(t) &= \sum_{i \in A_n(t)} \hat{p}_{in}(t) = 1 \end{aligned}$$

しかしこの場合、市場構造条件ベクトル $x_{kn}(t)$ ($\forall k \in A_n(t)$)が変化しない限り、状態滞在確率 $\hat{p}_{in}(t)$ も状態滞在判別二値変数 $\delta_{in}(t)$ も一定値をとり続ける。つまり全ての消費者が市場構造変化の発生と同時に一斉に状態遷移行動をとることになり、現実的ではない。そこで本稿では、市場構造変化が発生してから消費者がそれを知覚し、知覚した市場構造条件に基づき行動意思を確定し、それを実際の状態遷移行動に反映させるまでの時間遅れをモデルに取り入れる。

シナリオ想定期間 $[t_s, t_e]$ に L 回の市場構造変化が発生するものとして通し番号 $l(= 1, 2, \dots, L)$ をつけ、 l 回目の変化発生時刻を t_l 、 l 回目の変化に対して消費者 n が行動を起こすまでの時間遅れを τ_n^l とおく。このとき、時刻 t_l で状態 i に滞在し、かつ時刻 $\forall t \in [t_l, t_{l+1})$ の状態滞在確率 $\hat{q}_{in}(t)$ が判明している消費者 n の状態遷移行動は、次式により表される。

- $\tau_n^l < t_{l+1} - t_l$ の場合
 - $\delta_{in}(t) = 1 \quad \forall t \in [t_l, t_l + \tau_n)$
 - $\delta_{jn}(t) = 1 \quad \forall t \in [t_l + \tau_n, t_{l+1})$
但し $j = \text{arg max}_{k \in A_n(t)} \hat{p}_{kn}(t)$
- $\tau_n^l \geq t_{l+1} - t_l$ の場合
 - $\delta_{in}(t) = 1 \quad \forall t \in [t_l, t_{l+1})$

4 時間遅れ分布の推定と需要予測

時間遅れ τ_n^i は非負の確率変数と考えられ、母数 ϕ_i の分布 $f(\phi_i, \tau)$ を区間 $\tau \in [0, \infty)$ で仮定するとシミュレーションが可能となる。母数 ϕ_i を推定するのに、本稿では各状態 $v_i \in A(t)$ の滞在消費者数の推移実績データを用いる。時刻 $t \in [t_i, t_{i+1})$ における母数 ϕ_i の推定値を $\hat{\phi}_i(t)$ としたとき、各消費者 $v_n \in C(t)$ の時間遅れ τ_n^i は分布 $f(\phi_i(t), \tau)$ に従う乱数として与えられるので、期間 $v_u \in [t_i, t_{i+1})$ における状態滞在判別二値変数の時間変化 $\delta_{in}(u)$ ($v_i \in A_n(u)$)が得られる。消費者属性の同時分布を考慮した上で $\delta_{in}(u)$ を集計すると、期間 $v_u \in [t_i, t_{i+1})$ における各状態 $v_i \in A_n(u)$ の滞在消費者数の推定値 $EN_i(u)$ が得られるので、現時点 $t \in [t_i, t_{i+1})$ までの実績値 $N_i(u)$ ($v_u \in [t_i, t]$)と推定値 $EN_i(u)$ ($v_u \in [t_i, t]$)との差の二乗和が最小となるように母数の推定値 $\hat{\phi}_i(t)$ を決定する。この $\hat{\phi}_i(t)$ に基づき算出される期間 $v_u \in (t, t_{i+1})$ における $EN_i(u)$ の推移が各状態 $v_i \in A_n(u)$ の滞在消費者数の予測値となる。

5 シミュレーション実施例

本稿では'01年5月1日に導入された電話会社事前登録制の下での東日本地域における市内電話各社登録数の予測を例にとり紹介する。ここで用いた消費者行動モデルは'00年12月のコンジョイント実験データから推定したものである。調査実施時点において同制度への参加を表明していたのはA, B, C, Dの4社であったため、モデルは(1)A社登録(RA), (2)B社登録(RB), (3)C社登録(RC), (4)D社登録(RD), (5)非登録(S)を選択肢とする多項選択モデルである。

モデルに取り入れる変数の候補としては15変数を挙げたが、選択結果との相関が高く(有意水準10%で無相関とは言えず)、かつ互いには相関が低い(有意水準1%で無相関な)組合せを独立性の検定により抽出したところ、6変数に絞り込まれた。このうち x_1, x_2, x_3 の3変数は、それぞれ時間帯別(昼間, 夜間, 深夜)市内3分間当たり料金の2社間差である。また残り x_8, x_{10}, x_{11} の3変数は固定回線利用者の属性で、各項目(B社市内電話サービス利用, 未婚, 有配偶)に該当する場合に1, それ以外は0をとるようなダミー変数である。'01年1月10日の登録受付開始時点における各社公表値から算出した各社料金差, および'00年10月の国勢調査データ[5]や'00年12月の調査データから推定した固定回線利用者属性の同時分布(登録行動単位は個人でなく世帯のため, 実際は世帯主属性の同時分布)をモデルに入力したところ, 世帯主属性の組合せ(x_8, x_{10}, x_{11})に対する各社サービスの選択確率を得た。

表 1: 固定回線利用世帯の各社サービス選択確率

	1	1	1	0	0	0
x_8	1	1	1	0	0	0
x_{10}	1	0	0	1	0	0
x_{11}	0	1	0	0	1	0
世帯数割合	0.021	0.11	0.020	0.16	0.54	0.15
\hat{q}_{RA}	0.19	0.19	0.17	0.23	0.26	0.22
\hat{q}_{RB}	0.33	0.43	0.38	0.11	0.17	0.14
\hat{q}_{RC}	0.14	0.14	0.12	0.17	0.19	0.16
\hat{q}_{RD}	0.12	0.12	0.11	0.15	0.17	0.14
\hat{q}_S	0.22	0.12	0.22	0.35	0.21	0.35

以上より仮想状況下における固定回線利用世帯の各社市内電話サービス選択確率が得られたので, 制度が導入されてから各世帯がいずれかの市内電話会社に登録するまでの時間

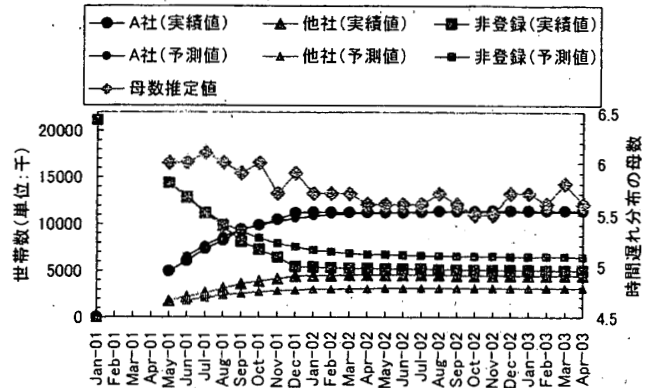


図 1: 市内電話各社登録世帯数の実績値と予測値

遅れの分布としてカイ2乗分布を仮定し, シミュレーションを行った。図1は時間遅れ分布の母数の逐次推定値, および東日本地域における市内電話各社登録数の実績値[6]と'01年5月1日時点の予測値である。但しB, C, Dの3社はまとめて他社としている。登録受付は同年1月10日に開始されたが, 5月1日の制度導入時に初めて累積登録数が公表されたため, 予測に用いたのはこの1ポイントデータである。

'01年5月1日時点の母数推定値が6であるのに対して, 登録行動が完全に収束している'03年4月1日までの2年間の累積登録数推移を用いた母数推定値は5.6であった。カイ2乗分布の母数は時間遅れの平均を意味するので, 限りなく真の値に近いと考えられる5.6ヶ月という値に対し最初の1ポイントデータに基づく推定値は0.4ヶ月の誤差しか無いことになる。従って, A社登録世帯数以外については実績値と予測値との間に多少の乖離が見られるものの, これは選択確率の推定精度に由来するものと考えられる。すなわち選択確率の推定さえ正確に行えば, 電話会社事前登録制導入のような前例のない市場構造変化にも耐え得る需要予測が実現すると言える。

6 まとめ

本稿では, 市場構造変化の想定シナリオ下における製品の需要推移を, 個々の消費者の製品選択行動の集計により予測するシナリオシミュレーション技術を提案した。また, 提案技術の基礎となるのはコンジョイント実験データに基づく消費者行動モデルであるが, この静的なモデルに基づき動的な消費者行動をシミュレートする際, 市場構造変化の影響が消費者行動に反映されるまでの時間遅れの確率変数を導入し, 需要推移の実績データからその分布を逐次推定することにより予測精度向上を図ることを提案した。

参考文献

- [1] M. Ben-Akiva, S. R. Lerman, Discrete Choice Analysis, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1985.
- [2] 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, 2001.
- [3] 片平秀貴, 杉田善弘, "マーケティング・サイエンスの最近の動向," オペレーションズ・リサーチ, 39, pp.178-188, 1994.
- [4] M. Ben-Akiva, "Combining Revealed and Stated Preferences Data," Marketing Letters, 5:4, pp.335-350, 1994.
- [5] <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/index.htm>
- [6] http://www.myline.org/report_index.html