消費者購買行動分析の確率理論

弓 削 與志郎

Probability Theory for Analysis of Consumer Behavior

Yoshio Yuge*

Consumer behavior has been analyzed from the viewpoint of competition between the store and the consumer. The present method analyzes the influence between a region with stores and its competing regions, and calculates the transition probability matrix based on the results of market research of consumer behavior. This study is suggested from the fundamental concept of the Input-Output Table for consumer behavior between regions, including stores.

1. は じ め に

小売店舗に集まる消費者の数は、その店舗に固有の魅力のみにより決定されるのではなく、消費者とその店舗の空間的位置関係によっても大きく左右される。このように、従来の研究は小売集客力とその店舗の「魅力」および店舗と消費者との「距離」の関数である、という立場を採ってきた。

消費者と小売施設との相互関係を、両者が介在する空間上の相対的位置に関係づけてとらえようと、重力モデル、ネットワークモデルなど、数多くの研究がこの分野でなされてきた (Kotlar 1971, White 1971)。消費者行動分析への重力モデルの適用は Reilly (1929) に始まり、その後 Converse (1949) によって受け継がれ、Huff (1962) の「消費者空間行動分析」に帰結した。1979年通産省は大規模小売店舗審議会(大店審)の審査方法を公表したが、Huffの研究はその基礎となっている。

しかしながら、現実の消費者行動の変化を空間的距離、小売店の床面積等の物理的要素のみに頼る手法で予測することは不可能であり、消費者行動を的確にするためには、標本調査で得られた資料に基づく分析理論が必要である。この視点に基づいた消費者購買行動

分析に対する確率理論を提案してきた (Yuge 1997)。この分析手法は、標本調査で得られた資料により消費者流出入分析表を作成し、その分析表をもとにして将来の消費者の行動を予測するものである。従来の分析方法は「小売店」と「消費者」における小売店間の競争という視点で捕らえられてきた。このモデルは消費者と小売店という関係ではなく、商圈と商圈、都市と都市あるいは地域と地域の競合という視点から、消費者行動を分析する手法である。ここで商圈とは、商業集積と消費者を含む一定地域とし、互いに重複しないものと定義する。

2. 消費者流出入分析の基本モデル

2.1 基本モデルの構築

モデルを構築するために消費者流出入市場分析表の要素間に次の仮定を導入しなければならない。

- (1) 各消費者と各商圈とは1対1の対応関係にある。すなわち、消費者はただ1つの商圈に所属する。
- (2) 各商圈間からの消費者流出入量は、その商圈の消費者数に比例する。
- (3) 各商圈が個別に行った消費者流出入量の和は、それらの商圈が同時に行った消費者流出入量に等しい。すなわち、各商圈の消費者の行動は独立である。

ある都市の消費経済圏が商圈 $h, \dots, t_n$ によって構成さ

* (籍名 弓削善夫)
宇都宮市竹下町908 作新学院大学経営学部 (Sakushin Gakuin University)

れているものとする。いま、商圏 t_i では、その商圏に属する消費者 C_i に対して、商圏 t_j に x_{ij} だけ出向している場合、線形性の仮定から式 (1) が導かれる。

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{C_i} \quad (1)$$

この比例定数 a_{ij} は商圏 t_i の消費者が商圏 t_j に出向する割合、すなわち出向確率を示している。このような出向確率 a_{ij} に対して、すべての商圏 t_i からすべての商圏 t_j への出向確率を並べたものを出向確率行列と呼ぶことにする。

$$A \equiv \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}; \text{出向確率行列} \quad (2)$$

ここで、消費者数の保存則は式 (3) で表される。

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + \cdots + x_{1n} = C_1 \\ x_{21} + x_{22} + \cdots + x_{2n} = C_2 \\ \vdots \\ x_{n1} + x_{n2} + \cdots + x_{nn} = C_n \end{cases} \quad (3)$$

さらに出向確率係数を用いて、式 (3) は式 (4) に書き改められる。

$$\begin{cases} a_{11} \cdot C_1 + a_{12} \cdot C_1 + \cdots + a_{1n} \cdot C_1 = C_1 \\ a_{21} \cdot C_2 + a_{22} \cdot C_2 + \cdots + a_{2n} \cdot C_2 = C_2 \\ \vdots \\ a_{n1} \cdot C_n + a_{n2} \cdot C_n + \cdots + a_{nn} \cdot C_n = C_n \end{cases} \quad (4)$$

商圏間の消費者行動 X は、消費者数行列 C^+ と出向確率行列 A により式 (5) によって計算される。

$$\begin{aligned} X &\equiv \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nn} \end{pmatrix} = C^+ \cdot A \\ &\equiv \begin{pmatrix} C_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & C_2 & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \cdots & C_n \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \\ &\equiv \begin{pmatrix} a_{11} \cdot C_1 & a_{12} \cdot C_1 & \cdots & a_{1n} \cdot C_1 \\ a_{21} \cdot C_2 & a_{22} \cdot C_2 & \cdots & a_{2n} \cdot C_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} \cdot C_n & a_{n2} \cdot C_n & \cdots & a_{nn} \cdot C_n \end{pmatrix} \quad (5) \end{aligned}$$

この x_{ij} の要素を持つ行列 X は表 1 の消費者流出

表 1 消費者流出入分析表

流出		商 圈						消費 者数
流入		t_1	t_2	$\cdot$	$\dots$	$\cdot$	t_n	
商 圏	t_1	x_{11}	x_{12}	$\cdot$	$\dots$	$\cdot$	x_{1n}	C_1
	t_2	x_{21}	x_{22}	$\cdot$	$\dots$	$\cdot$	x_{2n}	C_2
	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$			$\cdot$	$\cdot$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\ddots$		$\vdots$	$\vdots$
	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$			$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
	t_n	x_{n1}	x_{n2}	$\cdot$	$\dots$	$\cdot$	x_{nn}	C_n
集客数		Y_1	Y_2	$\cdot$	$\dots$	$\cdot$	Y_n	

入市場分析表として表すことができる。これによって消費者の動向、すなわち商圏間の消費者の行動、商圏の集客数等の予測が可能になる。

さらにこの手法によれば、商圏 t_1 の消費者数が C_1 から C'_1 に変化したとき、上述の行列表現による式 (5) によって各商圏の集客数および各商圏間の消費者の空間的行動が予測できる。

2.2 商店街改装による消費者行動の予測

商店街が改装された場合、その商圏の吸引力 (集客力、魅力度) は増大し、集客数は増加する。各商圏の吸引力に影響を及ぼす資料があれば、それらによって出向確率行列を修正し、集客数を予測することができる。いま各商圏の相対的吸引力を商圏に流入してくる消費者の出向確率の総和であると定義すれば、各商圏の吸引力 $F(f_j)$ は式 (6) のように表される。

$$F(f_j) \equiv \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_n \end{pmatrix} = A^T \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}; \text{ただし } \sum_{j=1}^n f_j = n \quad (6)$$

ここで、商圏の相対的吸引力が式 (7) のように変化したとすれば

$$F'(f'_j) \equiv \begin{pmatrix} f'_1 \\ f'_2 \\ \vdots \\ f'_n \end{pmatrix}; \sum_{j=1}^n f'_j = n \quad (7)$$

出向確率行列 A' は下記の漸化式 (8) により、行方向の修正行列 R と、列方向の修正行列 S とによって、交互に修正することにより求められる。

$$\begin{aligned}
A_{(h+1)} &= A_{(h)} \cdot S_{(h)}, \\
A_{(h+2)} &= R_{(h+1)} \cdot A_{(h+1)}, \\
A_{(0)}, R_{(0)}, S_{(0)} &: \text{初期値}; (h=0, 2, 4, 6, \dots)
\end{aligned} \tag{8}$$

ただし

$$\begin{aligned}
A_{(0)} &\equiv \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \\
R_{(h)} &\equiv \begin{pmatrix} \frac{1}{\sum_{j=1}^n a_{1j}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \frac{1}{\sum_{j=1}^n a_{nj}} \end{pmatrix} \\
S_{(h)} &\equiv \begin{pmatrix} \frac{f'_1}{\sum_{j=1}^n a_{1j}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \frac{f'_n}{\sum_{j=1}^n a_{nj}} \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

最終的に計算された新しい出向確率行列 A' に基づいて、次式 (9) により消費者の空間的行動を予測する消費者流入市場分析表が求められる。

$$\begin{aligned}
X' &\equiv \begin{pmatrix} x'_{11} & x'_{12} & \cdots & x'_{1n} \\ x'_{21} & x'_{22} & \cdots & x'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x'_{n1} & x'_{n2} & \cdots & x'_{nn} \end{pmatrix} = C^* \cdot A' \\
&= \begin{pmatrix} a'_{11} \cdot C_1 & a'_{12} \cdot C_1 & \cdots & a'_{1n} \cdot C_1 \\ a'_{21} \cdot C_2 & a'_{22} \cdot C_2 & \cdots & a'_{2n} \cdot C_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a'_{n1} \cdot C_n & a'_{n2} \cdot C_n & \cdots & a'_{nn} \cdot C_n \end{pmatrix} \tag{9}
\end{aligned}$$

3. 開放系流入市場分析

3.1 開放系基本モデルの構築

前章で、都市内部の商圈における消費者の行動という、閉鎖系流入市場分析の基本的な考え方とその適用について論じてきた。閉鎖系流入市場モデルは、都市内部の商圈という地域内部での消費者の行動を予測するものであった。商圈と出店する大規模店舗との関係は、都市内部の商圈間の消費者の行動を考えるだけでなく、その商圈が所属する都市と他の競合都市との間の消費者の行動をも考慮して、都市内部の商圈間の消費者行

表2 予測される消費者流入市場分析表

流出 流入		商 圈						消費 者数
		t_1	t_2	$\cdot$	$\dots$	$\cdot$	t_n	
商	t_1	x'_{11}	x'_{12}	$\cdot$	$\dots$	$\cdot$	x'_{1n}	C_1
	t_2	x'_{21}	x'_{22}	$\cdot$	$\dots$	$\cdot$	x'_{2n}	C_2
圏	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$			$\cdot$	$\cdot$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\ddots$		$\vdots$	$\vdots$
	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$			$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
	t_n	x'_{n1}	x'_{n2}	$\cdot$	$\dots$	$\cdot$	x'_{nn}	C_n
	集客数	Y'_1	Y'_2	$\cdot$	$\dots$	$\cdot$	Y'_n	

動を予測しなければならない。大規模店舗の出店する都市の近隣にその都市より大きな都市があり、出店以前にはその大都市への流出がかなり存在しているような場合、大規模店舗の出店は大都市への流出をくい止める効果を持っていると同時に、その都市内部において消費者を他の都市から吸引するという二重の効果をもっていると考えられるからである。

この視点に立った都市外部からの流入を含んだ開放系分析型確率モデルを解説する。いま、都市 T_1 の周辺に都市 $T_2 \dots T_m$ が存在し、都市 T_1 は商圈 $t_1 \dots t_n$ で構成されているものとし、その場合の開放系基本モデルを考察する。都市 T_k の商圈 $t_i^{(k)}$ では、その商圈に属する消費者 $C_i^{(k)}$ に対して、商圈 $t_j^{(l)}$ および都市 T_l に消費者 $x_{ij}^{(kl)}$ が出向している場合、線形性の仮定から式 (10) より比例定数 $a_{ij}^{(kl)}$ が得られる。

$$a_{ij}^{(kl)} = \frac{x_{ij}^{(kl)}}{C_i^{(k)}} \tag{10}$$

また、都市 T_k に属する消費者 $C^{(k)}$ に対して、式 (11) より比例定数 $b_{ij}^{(kl)}$ を得る。

$$b_{ij}^{(kl)} = \frac{x_{ij}^{(kl)}}{C_i^{(k)}} \times \frac{C_i^{(k)}}{C^{(k)}} \tag{11}$$

したがって、この比例定数 $b_{ij}^{(kl)}$ は都市 T_k の消費者が商圈 $t_j^{(l)}$ ないし都市 T_l に出向する割合、すなわち都市からの出向確率を表している。

$$B \equiv \left[\begin{array}{ccc|ccc} b_{11}^{(11)} & b_{12}^{(11)} & \cdots & b_{1n}^{(11)} & b_{11}^{(12)} & b_{11}^{(13)} & \cdots & b_{11}^{(1m)} \\ b_{21}^{(11)} & b_{22}^{(11)} & \cdots & b_{2n}^{(11)} & b_{21}^{(12)} & b_{21}^{(13)} & \cdots & b_{21}^{(1m)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1}^{(11)} & b_{n2}^{(11)} & \cdots & b_{nn}^{(11)} & b_{n1}^{(12)} & b_{n1}^{(13)} & \cdots & b_{n1}^{(1m)} \\ \hline b_{11}^{(21)} & b_{12}^{(21)} & \cdots & b_{1n}^{(21)} & b_{11}^{(22)} & b_{11}^{(23)} & \cdots & b_{11}^{(2m)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{11}^{(m1)} & b_{12}^{(m1)} & \cdots & b_{1n}^{(m1)} & b_{11}^{(m2)} & b_{11}^{(m3)} & \cdots & b_{11}^{(mm)} \end{array} \right] \quad (12)$$

ここで開放系基本モデルと同様に、消費者の保存則は式 (13) によって表される。

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{11}^{(11)} + x_{12}^{(11)} + \cdots + x_{1n}^{(11)} + x_{11}^{(12)} + x_{11}^{(13)} + \cdots + x_{11}^{(1m)} = C_1^{(1)} \\ x_{21}^{(11)} + x_{22}^{(11)} + \cdots + x_{2n}^{(11)} + x_{21}^{(12)} + x_{21}^{(13)} + \cdots + x_{21}^{(1m)} = C_2^{(1)} \\ \vdots \\ x_{n1}^{(11)} + x_{n2}^{(11)} + \cdots + x_{nn}^{(11)} + x_{n1}^{(12)} + x_{n1}^{(13)} + \cdots + x_{n1}^{(1m)} = C_n^{(1)} \\ \hline x_{11}^{(21)} + x_{12}^{(21)} + \cdots + x_{1n}^{(21)} + x_{11}^{(22)} + x_{11}^{(23)} + \cdots + x_{11}^{(2m)} = C^{(2)} \\ \vdots \\ x_{11}^{(m1)} + x_{12}^{(m1)} + \cdots + x_{1n}^{(m1)} + x_{11}^{(m2)} + x_{11}^{(m3)} + \cdots + x_{11}^{(mm)} = C^{(m)} \end{array} \right. \quad (13)$$

上式 (13) は都市消費者に対しての出向確率係数 $b_{ij}^{(kl)}$ を用いて式 (14) となる。

$$\left\{ \begin{array}{l} b_{11}^{(11)} \cdot C^{(1)} + \cdots + b_{1n}^{(11)} \cdot C^{(1)} + b_{11}^{(12)} \cdot C^{(1)} + \cdots + b_{11}^{(1m)} \cdot C^{(1)} \\ b_{21}^{(11)} \cdot C^{(1)} + \cdots + b_{2n}^{(11)} \cdot C^{(1)} + b_{21}^{(12)} \cdot C^{(1)} + \cdots + b_{21}^{(1m)} \cdot C^{(1)} \\ \vdots \\ b_{n1}^{(11)} \cdot C^{(1)} + \cdots + b_{nn}^{(11)} \cdot C^{(1)} + b_{n1}^{(12)} \cdot C^{(1)} + \cdots + b_{n1}^{(1m)} \cdot C^{(1)} \\ \hline b_{11}^{(21)} \cdot C^{(2)} + \cdots + b_{1n}^{(21)} \cdot C^{(2)} + b_{11}^{(22)} \cdot C^{(2)} + \cdots + b_{11}^{(2m)} \cdot C^{(2)} \\ \vdots \\ b_{11}^{(m1)} \cdot C^{(m)} + \cdots + b_{1n}^{(m1)} \cdot C^{(m)} + b_{11}^{(m2)} \cdot C^{(m)} + \cdots + b_{11}^{(mm)} \cdot C^{(m)} \end{array} \right. = C^{(1)} \quad (14)$$

したがって、商圏間、都市間、商圏都市間の消費者の行動は次式 (15) によって求められる。

$$X \equiv \left[\begin{array}{ccc|ccc} x_{11}^{(11)} & \cdots & x_{1n}^{(11)} & x_{11}^{(12)} & \cdots & x_{11}^{(1m)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1}^{(11)} & \cdots & x_{nn}^{(11)} & x_{n1}^{(12)} & \cdots & x_{n1}^{(1m)} \\ \hline x_{11}^{(21)} & \cdots & x_{1n}^{(21)} & x_{11}^{(22)} & \cdots & x_{11}^{(2m)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{11}^{(m1)} & \cdots & x_{1n}^{(m1)} & x_{11}^{(m2)} & \cdots & x_{11}^{(mm)} \end{array} \right] = C^* \cdot B$$

$$\equiv \left[\begin{array}{ccc|ccc} C^{(1)} & \cdots & 0 & & & \\ \vdots & \ddots & \vdots & & & \\ 0 & \cdots & C^{(1)} & & & \\ \hline & & & C^{(2)} & \cdots & 0 \\ & & & \vdots & \ddots & \vdots \\ & & & 0 & \cdots & C^{(m)} \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{ccc|ccc} b_{11}^{(11)} & \cdots & b_{1n}^{(11)} & b_{11}^{(12)} & \cdots & b_{11}^{(1m)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1}^{(11)} & \cdots & b_{nn}^{(11)} & b_{n1}^{(12)} & \cdots & b_{n1}^{(1m)} \\ \hline b_{11}^{(21)} & \cdots & b_{1n}^{(21)} & b_{11}^{(22)} & \cdots & b_{11}^{(2m)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{11}^{(m1)} & \cdots & b_{1n}^{(m1)} & b_{11}^{(m2)} & \cdots & b_{11}^{(mm)} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{ccc|ccc} b_{11}^{(11)} \cdot C^{(1)} & \cdots & b_{1n}^{(11)} \cdot C^{(1)} & b_{11}^{(12)} \cdot C^{(1)} & \cdots & b_{11}^{(1m)} \cdot C^{(1)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1}^{(11)} \cdot C^{(1)} & \cdots & b_{nn}^{(11)} \cdot C^{(1)} & b_{n1}^{(12)} \cdot C^{(1)} & \cdots & b_{n1}^{(1m)} \cdot C^{(1)} \\ \hline b_{11}^{(21)} \cdot C^{(2)} & \cdots & b_{1n}^{(21)} \cdot C^{(2)} & b_{11}^{(22)} \cdot C^{(2)} & \cdots & b_{11}^{(2m)} \cdot C^{(2)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{11}^{(m1)} \cdot C^{(m)} & \cdots & b_{1n}^{(m1)} \cdot C^{(m)} & b_{11}^{(m2)} \cdot C^{(m)} & \cdots & b_{11}^{(mm)} \cdot C^{(m)} \end{array} \right] \quad (15)$$

この $x_{ij}^{(kl)}$ の要素をもつ行列 X は表 3 のような消費者流入市場分析表として表すことができる。

3.2 商業集積の変化による地域外流入の予測

商圏内の商業集積が変化し、その商圏の吸引力（集客力、魅力度）が増大した場合、その商圏を含む都市全体の吸引力も増大する。各商圏および各都市の相対的吸引力を閉鎖系モデルと同様に商圏・都市に流入する消費者の出向確率の総和であると定義すれば、各商圏と各都市の吸引力は式 (16)、式 (17) によって表される。

$$F(f_j) \equiv \begin{pmatrix} f_1^{(k)} \\ f_2^{(k)} \\ \vdots \\ f_n^{(k)} \end{pmatrix}; f_j^{(k)} = \sum_{i=1}^m b_{ij}; \text{商圏間の吸引力} \quad (16)$$

$$F(f^{(k)}) \equiv \begin{pmatrix} f^{(1)} \\ f^{(2)} \\ \vdots \\ f^{(m)} \end{pmatrix}; f^{(k)} = \sum_{j=1}^n f_j^{(k)}; \text{都市間の吸引力} \quad (17)$$

都市間と商圏間の相対的吸引力を結合させ正規化する

表3 消費者流出入市場分析表

流出 流入		都 市 T_1			都市 T_2	...	都市 T_m	流出 消費者	
		商圈 t_1	...	商圈 t_n				$C^{(1)}$	
都 市 T_1	商圈 t_1	$x_{11}^{(11)}$	...	$x_{1n}^{(11)}$	$x_{11}^{(12)}$	...	$x_{11}^{(1m)}$		$C_1^{(1)}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$		
	商圈 t_n	$x_{n1}^{(11)}$	...	$x_{nn}^{(11)}$	$x_{n1}^{(12)}$	...	$x_{n1}^{(1m)}$	$C_n^{(1)}$	
都市 T_2		$x_{11}^{(21)}$	...	$x_{1n}^{(21)}$	$x_{11}^{(22)}$	...	$x_{11}^{(2m)}$	$C^{(2)}$	
$\vdots$		$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$	
都市 T_m		$x_{11}^{(m1)}$	...	$x_{1n}^{(m1)}$	$x_{11}^{(m2)}$	...	$x_{11}^{(mm)}$	$C^{(m)}$	
流入		$Y_1^{(1)}$	...	$Y_n^{(1)}$	$Y^{(2)}$	...	$Y^{(m)}$		
消費者		$Y^{(1)}$							

と式 (18) になる.

$$F(f_j^{(k)}) \equiv \left[\begin{array}{c} f_1^{(1)} \\ f_2^{(1)} \\ \vdots \\ f_n^{(1)} \\ \hline f^{(2)} \\ \vdots \\ f^{(m)} \end{array} \right] = B^T \cdot \left(\begin{array}{c} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{array} \right);$$

$$\text{ただし } \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n f_j^{(k)} = m \quad (18)$$

ここで商圏間の相対的吸引力および都市間の相対的吸引力が下記の式 (18) のように変化したとする.

$$F'(f_j^{(k)}) \equiv \left[\begin{array}{c} f_1'^{(1)} \\ f_2'^{(1)} \\ \vdots \\ f_n'^{(1)} \\ \hline f'^{(2)} \\ \vdots \\ f'^{(m)} \end{array} \right] = f'^{(1)}; \quad \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n f_j'^{(k)} = m \quad (19)$$

予測される新しい都市間の出向確率行列 B' は、閉鎖系基本モデルと同様にして、下記の漸化式 (20) により行方向の修正行列 R と列方向の修正行列 S とによって求められる.

$$\begin{aligned} B_{(h+1)} &= B_{(h)} \cdot S_{(h)}, \\ B_{(h+2)} &= R_{(h+1)} \cdot B_{(h+1)}, \end{aligned} \quad (20)$$

$B_{(0)}, R_{(0)}, S_{(0)}$: 初期値; ($h=0, 2, 4, 6, \dots$)

最終的に計算された商圏・都市間の出向確率行列 B' に基づいて、商業集積が変化した商圏と他の商圏を含めて、その都市内外の流出入が予測される。このように出向確率行列が求められれば、商圏および都市に流入する消費者数、また商圏間、都市間、商圏都市間の消費者の行動が式 (21) によって求められる。

$$\begin{aligned} X &\equiv \left[\begin{array}{cc|cc} x_{11}'^{(11)} & \dots & x_{1n}'^{(11)} & x_{11}'^{(12)} & \dots & x_{11}'^{(1m)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1}'^{(11)} & \dots & x_{nn}'^{(11)} & x_{n1}'^{(12)} & \dots & x_{n1}'^{(1m)} \\ \hline x_{11}'^{(21)} & \dots & x_{1n}'^{(21)} & x_{11}'^{(22)} & \dots & x_{11}'^{(2m)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{11}'^{(m1)} & \dots & x_{1n}'^{(m1)} & x_{11}'^{(m2)} & \dots & x_{11}'^{(mm)} \end{array} \right] = C^T \cdot B' \\ &= \left[\begin{array}{cc|cc} b_{11}'^{(11)} \cdot C^{(1)} & \dots & b_{1n}'^{(11)} \cdot C^{(1)} & b_{11}'^{(12)} \cdot C^{(1)} & \dots & b_{11}'^{(1m)} \cdot C^{(1)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1}'^{(11)} \cdot C^{(1)} & \dots & b_{nn}'^{(11)} \cdot C^{(1)} & b_{n1}'^{(12)} \cdot C^{(1)} & \dots & b_{n1}'^{(1m)} \cdot C^{(1)} \\ \hline b_{11}'^{(21)} \cdot C^{(2)} & \dots & b_{1n}'^{(21)} \cdot C^{(2)} & b_{11}'^{(22)} \cdot C^{(2)} & \dots & b_{11}'^{(2m)} \cdot C^{(2)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{11}'^{(m1)} \cdot C^{(m)} & \dots & b_{1n}'^{(m1)} \cdot C^{(m)} & b_{11}'^{(m2)} \cdot C^{(m)} & \dots & b_{11}'^{(mm)} \cdot C^{(m)} \end{array} \right] \quad (21) \end{aligned}$$

この手法によれば、他都市と商業集積の変化があった都市との間の競合関係を前提として、都市間および商圏間の吸引力を適用することによって、商業集積の変化による流出がどの程度くい止められるかを算出し、そのくい止められた消費者が地元都市の商圏にど

表 4 商圏都市間の消費者流出入分析表

流出		都 市 T_1			都市	...	都市	流出
流入		商圈 t_1	...	商圈 t_n	T_2		T_m	消費者
都 市 T_1	商圈 t_1	$x_{11}'^{(11)}$	...	$x_{1n}'^{(11)}$	$x_{11}'^{(12)}$	...	$x_{11}'^{(1m)}$	$C_1^{(1)}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$C^{(1)}$
	商圈 t_n	$x_{n1}'^{(11)}$	...	$x_{nn}'^{(11)}$	$x_{n1}'^{(12)}$	...	$x_{n1}'^{(1m)}$	
都市 T_2		$x_{11}'^{(21)}$	...	$x_{1n}'^{(21)}$	$x_{11}'^{(22)}$	...	$x_{11}'^{(2m)}$	$C^{(2)}$
$\vdots$		$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$
都市 T_m		$x_{11}'^{(m1)}$	...	$x_{1n}'^{(m1)}$	$x_{11}'^{(m2)}$	...	$x_{11}'^{(mm)}$	$C^{(m)}$
流入		$Y_1'^{(1)}$	...	$Y_n'^{(1)}$				
消費者		$Y'^{(1)}$			$Y'^{(2)}$	...	$Y'^{(m)}$	

のように分散するのかを予測することができる。

4. お わ り に

消費者の空間的行動分析に新しい確率分析モデルを提案し、閉鎖系および開放系の消費者流出入市場分析の基本的な考え方とその適用について理論的に考察してきた。

従来の分析は、地域内部の小売店と消費者という立場から、小売店と小売店の競争という視点の消費者の行動を予測するものであった。それは小売店と消費者の影響を分析することのみにとどまり、その小売店を含む商圏と他の競合商圏との間の流出入分析をするものではなかった。商圏と出店する大規模店舗をとの関係は、商圏と大規模店舗含めて、その商圏と他の競合商圏との間の消費行動を予測しなければならない。

ここに提案した手法は、純粋に理論的なものであるから、実際問題に対する有効性はこれから検証されなければならない。経済分析の妥当性を実証する唯一の基準は、その分析結果が経験的に検証されるかどうか、それが現実的な内容を持っているか否かである。今後は、実際にどのような問題に適応可能なのか検討しなければならない。現在、数値計算例を研究中であり、結果は次の機会に報告する予定である。

謝 辞

本論文に対して有益な御助言を頂いた常盤絢子教授(慶応義塾大学名誉教授)、作新学院大学長矢内原勝教

授(慶応義塾大学名誉教授)、大妻女子大学尾崎巖教授(慶応義塾大学名誉教授)、慶応義塾大学桜本光教授、慶応義塾大学清水雅彦教授に感謝する。最後に、産業連関分析を創始した New York 大学 Wassily Leontief 名誉教授と Brandeis 大学 Anne Carter 教授には、親切な御手紙と共にたいへん有益な御助言を頂いたことを感謝する。本論文の投稿中に Leontief 教授が亡くなられ、論文受理の報告ができなかったことはたいへん悔やまれる。Leontief 教授のご冥福を祈りたい。

参 考 文 献

- Converse, Paul D. (1949), "New Laws of Retail Gravitation", *Journal of Marketing*, Vol. 14 (October), 379-384.
- Huff, David L. (1962), *Determination of Intra-Urban Retail Trade Areas*, Publication of Real Estate Research Program, Graduate School of Business Administration, Division of Research.
- Kotlar, Philip (1971), *Marketing Decision Making: A Model Building Approach*, New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Reilly, William J. (1929), "Method for the Study of Retail Relationships", *University of Texas Bulletin*, No. 2944 (November 22).
- White, L.A., and J.B. Ellis (1971), "A System Construct for Evaluating Retail Market Locations", *Journal of Marketing Research*, Vol. 8 (February), 43-46.
- Yuge, Yoshio (1997), "Input-Output Marketing Analysis Table: Consumer Behavior Analysis Based on Closed Systems", *Journal of Applied Input-Output Analysis*, Vol. 4 (December), 1-21.