

来街地ベース調査による OD パターンの 一致推定法の応用

—— 福岡市大名地区での回遊パターンの推定[†] ——

齋藤 参郎*, 中嶋 貴昭**

1. 研究のねらいと目的

パーソントリップ調査とは、人々の交通行動の実態を調べる調査である。主に、大都市圏における交通計画の策定のため、当該地域をゾーンに分割し、これらのゾーン間で、どの程度の人の行き来があるのかを、OD (origin-destination) 交通量 (専門用語では、分布交通量) としてとらえ、これを計測・予測するために用いられてきた。

これまでの伝統的な調査方法は、対象地域の世帯を 3% から 12% の抽出率で、サンプリングし、サンプルとなった世帯の構成員全員を被験者とし、特定の 1 日の交通行動を、出発地 (origin)、目的地 (destination)、そこでの目的、選んだ交通手段などを生起順に記録する調査であり、郵送配布留置訪問回収の方法をとっている。

しかし、長年培われてきた信頼できる調査ではあるものの、伝統的な居住地ベースパーソントリップ調査がかかえる問題点や課題が指摘されてきた。まず、1) 大都市圏では、調査の規模も大きく莫大なコストがかかること。2) 調査の間隔が 10 年以上となるなど、時代の変化に即応した、交通行動の変化を捉えきっていないこと。また、3) 目的が異なるトリップについては記述が正確だが、買物やレジャーといった、自由目的の同一目的が引き続く場合には記録を省略するなど、不正確な点があること。したがって、4) 広域の OD パターンの推定といった分析には向いているが、都心商業環境といった小地域の OD の推定には向いていないこと。さらには、5) 観光行動などの発生頻度の低いトリップに対してはサンプリング効率がわるいこと。とくに、6) 出向頻度を聞いていないために、個人の出向頻度推定に関するサンプリング効率が悪いこと、などである¹。

これらの課題を解決する一つの方向は、来街地ベースのパーソントリップ調査である。しかし、来街地ベースパーソントリップ調査では、従来の居住地ベースの場合と同様の、単純な方法で OD を推定したときには、齋藤・梶井・中嶋 (2000) ではじめて指摘されたように、choice-based パ

[†] 本論文は、第 39 回日本地域学会年次大会 (於、北星学園大学) において発表したものを加筆修正したものである。討論者の労をとって頂いた (社) 北海道開発技術センターの五十嵐日出夫先生、大阪大学の福重元嗣先生から有益なコメントを頂いた。ここに記して、厚く感謝の意を表したい。

*福岡大学都市空間情報行動研究所 所長、福岡大学経済学部 教授

**福岡大学都市空間情報行動研究所 ポストドクター

¹ 居住地ベースパーソントリップ調査の問題点や交通行動の種々の調査法に関する考察については、既に、齋藤・中嶋・梶井 (2001) で行っているため、詳細はそちらを参照されたい。

イアスが生じてしまう。来街地ベースパーソントリップ調査法の確立のためには、choice-based バイアス問題に対する理論的解決が是非とも必要とされていた。

齋藤・中嶋・梶井 (2001), Saito (2001) は、この問題に取り組み、その理論的定式化をおこなって、来街地ベースパーソントリップ調査による OD パターンの推定に、choice-based バイアスを取り除く、一致推定法が存在することを、はじめて構成的に示した。齋藤・中嶋・梶井 (2001), Saito (2001) による一致推定法の構成的存在証明を契機として、来街地ベースパーソントリップ調査法の理論的、実用的研究が進展することが期待されていたところである。

本研究のねらいは、福岡市の大名地区という比較的小地域を取り上げ、その小地域内部での人の流れを推定する問題に、彼らの一致推定法を適用し、齋藤・中嶋・梶井 (2001) による一致推定法の実用化に向けての研究の第 1 歩を踏み出すことである。

福岡市の都心部に隣接する大名地区は、近年、セレクトショップの路面店が多数立地し、九州一円から若者を集める人気スポットとなっている地区である。福岡大学都市空間情報行動研究所 (FQBIC) では、1999 年に大名地区の来街者を対象に、第 1 回大名地区消費者回遊行動調査を実施している。また、2000 年には、大名地区への来街者数を計測するため、歩行者の通行量調査も実施した。本研究では、これら 2 種類の調査データを用いる。

消費者回遊行動調査とは、都心部といった調査対象地域内に複数のサンプリング地点を設け、買物、レジャー、食事を目的としてサンプリング地点に立ち寄った来街者の中から、被験者をランダムに抽出する来街地ベース調査である。調査は、被験者が調査対象地域内で立ち寄った場所やそこでの目的、支出額を、生起順に記録した回遊行動履歴を採取する、被験者 1 人あたり約 15 分～20 分間のインタビュー調査である。消費者回遊行動調査では、回遊行動履歴と同時に、都心部への出向頻度、調査のサンプリング地点となった施設への出向頻度も同時に聞いている。第 1 回大名地区消費者回遊行動調査は、この形式の調査であり、実は、後述するように、これは、齋藤・中嶋・梶井 (2001) で想定した、来街地ベースのパーソントリップ調査の形式に合致する調査である。

一方、大名地区の歩行者通行量調査は、大名地区内へ通ずる街路 (リンク) へのリンクフローを計測する調査に相当する。齋藤・中嶋・梶井 (2001) による一致推定法は、実数ベースの OD フローではなく、確率密度としての OD パターンを推定する方法である。確率ベースの OD パターンの推定結果をもとに、実数として何人どこからどこへ移動したかの OD フローを推定するには、確率ベースを実数ベースへ「拡大」する必要がある。大名地区の通行量調査データは、この「拡大」² のために用いる。また同時に、この通行量データを、拡大によって得られた OD フローの推定値の精度を評価するためにも活用する。

本研究の目的は、1) 福岡市の大名地区を取り上げ、そこで実施した、来街地ベースパーソントリップ調査としての回遊行動調査をもとに、齋藤・中嶋・梶井 (2001) の一致推定法を適用し、大

² 居住地ベースパーソントリップ調査では、調査サンプルベース (確率ベース) から、実数ベースへ変換することを、拡大と呼んでいる。

名地区内の OD パターンを推定し、2) これを実数ベースの OD フローへと拡大するとともに、3) この OD フローの推定結果を、実数ベースのデータである大名地区の通行量調査データと比較し、その精度を評価することである。さらに、この過程で、4) 実用化するにあたって、斎藤・中嶋・梶井 (2001) の方法の再定式化と拡張をおこなうとともに、5) 確率ベースから実数ベースへ拡大するための、いくつかの実用化の方法を提案したい。

本論文の以下の構成は、次の通りである。次章では、斎藤・中嶋・梶井 (2001) の一致推定法をレビューするとともに、その実用化にあたって、問題の再定式化と拡張をおこなう。第 3 章では、まず、大名地区の概要、通行量調査、回遊行動調査の概要を述べ、次いで、OD パターンの一致推定法の適用方法、さらには、OD パターンの推定結果を通行量調査データと比較し、評価するための拡大の方法について考察する。第 4 章は、OD パターンの推定結果について述べる。第 5 章は、第 3 章で提案した拡大方法のもとでの、OD フローの推定結果の評価を行う。第 6 章は結論である。

2. 来街地ベースパーソントリップ調査による OD パターンの一致推定法

—斎藤・中嶋・梶井 (2001) の方法の再検討とその拡張—

2.1. 記号

斎藤・中嶋・梶井 (2001) で用いた記号法をここでも援用³する。

ノードの集合を $N = \{1, 2, \dots, n-1, h\}$ で表す。ここで、 h は自宅を表す。 N の要素は $i, j \in N$ で示す。ルート (パス, トリップチェーン) の集合を R で表し、その要素を $r \in R$ で示す。ルートとは、経路をなす、複数の OD ペアの連鎖、トリップチェーンの意味で使う。

例えば、3 つの OD ペアの連鎖 $\{(h, 1), (1, 3), (3, h)\}$ をルートとよび、ルート $h13h$ と書く。本論文では、 h で始まり、 h で終わる、サイクルをなすルートのみを考える。最初と最後が h であるルートであれば、どんなルートであってもよい。例えば、 $h1313h$ のように、同一のノードを複数回訪れるルートも考察の対象とする。

また、ルート $r \in R$ は、通常、 $r = h13h$ のように、ノードの文字列として表わすが、場合によっては、 $r = \{h, 1, 3, h\}$ のように、ルートをノードのリスト⁴ともみなす。

さて、 $m(r, d)$ で、ノード d がルート r に何個含まれるかの個数を表わそう。ルート $r \in R$ の長さ $l(r)$ は、次のように定義される。

³ 斎藤・中嶋・梶井 (2001) [12] では、暗黙のうちに同一ノードを複数回訪れないルートのみを想定していた。本論文では、同一ノードを複数回訪れるルートも対象とする。そのため若干、用語法と記号が [12] と異なる。注 4 も参照のこと。

⁴ 一般に集合の定義では、要素の順番は無視され、同一の要素を複数個持つことができないのに対し、リストの定義では、要素が順序付けされ、同じ要素が複数回現れてもよい。したがって、集合としてもよいが、ここではリストとするほうが正確である。ただし、誤解のおそれがないときには集合表現を積極的に誤用する。後述する適用例のように、同じノードに複数回訪れるルート $r = h1313h$ のリスト表現は $r = \{h, 1, 3, 1, 3, h\}$ である。ノード 1 がルート r の要素であることを $1 \in r$ と表わす。また、OD ペア $(1, 3)$ がルート r に含まれることを $(1, 3) \in r$ と表現する。

$$l(r) = \sum_{d \in N_h} m(r, d) \quad (2.1)$$

すなわち、長さ $l(r)$ は、ルート r に、自宅以外のノードが何個含まれているかの個数を表わしている。例えば、ルート $r = \{h, 1, 3, h\}$ の長さは 2 である。つまり、自宅以外の立ち寄りノード数のことである。一方、ルートのリスト表現を用いると、ルート r の長さ $l(r)$ は、 $l(r) = |r| - 2$ とも表現できることに注意しておこう。ただし、 $|A|$ はリスト A の要素数⁵である。すべてのルート $r \in R$ のなかで最大のルート長を L で表わす。また、集合 S でサンプリング地点 $k_1, k_2, \dots, k_{|S|}$ の集合を表わす。 $S \subset N$ である。OD ペア (i, j) の集合を W で表す。 $W = \{(i, j) | i, j \in N\}$ である。また、サンプルを t で識別し、サンプルの集合を T で示す。

$$T = \{1, 2, \dots, t, \dots, |T|\}$$

次に、 V を対象地域への出向頻度を表す分布(確率変数)とし、 Y は R 上の分布、また、 ϕ を W 上の分布、i.e., OD フローの密度、とする。この ϕ を「OD パターン」と呼ぶ。確率変数 Z によって、サンプリング地点への来街者数の分布を表す。確率変数 Z^s はサンプルがサンプリング地点 s に立ち寄ったとき 1、そうでないとき 0 の値をとる確率変数とする。居住地ベースの概念と来街地ベースの概念を明確に区別するために、分布(確率変数)が、居住地、来街地のいずれで定義されたかによって、その分布(密度)関数に、居住地ベースの場合には、添字 h を、また来街地ベースの場合には、添字 c を付けて区別することにする。

2.2. トリップチェーン交通行動の確率的機構と OD パターン

齋藤・中嶋・梶井(2001)では、OD パターンの統計的推定問題を明確にするために、トリップチェーン交通行動の発生する確率的機構についての想定を以下のようにおいている。

伝統的には、居住地で観測される、異なった出向頻度をもった交通行動主体が、その出向頻度にしたがって、トリップチェーンを起こした結果、出向先で来街者として、観察され、OD パターンとして現れる、と理解されてきたといえるが、これまで、あまり明確でなかったのは、トリップチェーンの選択であった。そこで齋藤・中嶋・梶井(2001)では、一歩踏み込んで、居住地ベースでトリップチェーンと出向頻度の同時分布を想定し、交通行動主体が、トリップを起こす前に、事前に、出向頻度とトリップチェーンの同時選択を行うという、トリップチェーン交通行動の確率的機構に関する仮定を設定した。これは統計的推定の過程をより明確に定式化するための概念装置である。それゆえ、 f_h を居住地ベースのトリップチェーン(Y)と出向頻度(V)の同時密度、 f_c を来街地ベースのそれとすると、想定する因果順序は以下となる。

$$f_h(r, v) \Rightarrow f_c(r, v) \rightarrow f_c(r) \rightarrow \phi \quad (2.2)$$

ここで、 f_h と f_c との間には、次の関係があることに注意しよう。

$$f_c(r, v) \propto v f_h(r, v), \quad v > 0 \quad (2.3)$$

⁵ $|A|$ は集合 A の要素の数を表わすが、リストにも援用する。

図式 (2.2) の \Rightarrow は、交通行動主体が、事前に居住地で、出向頻度とトリップチェーンの同時選択をおこない、その出向頻度にしたがって、トリップを起こした結果、来街地で出向頻度とトリップチェーンが観測される、という因果を示している。図式 (2.2) の \rightarrow は、同時分布 $f_c(r, v)$ が与えられれば、周辺分布 $f_c(r)$ 、更には OD パターン ϕ がえられることを示している。

この因果順序から明らかなように、OD パターン推定には、 $f_c(r, v)$ が推定されれば十分である。それを以下に示そう。周辺分布 $f_c(r)$ の定義は次である。

$$f_c(r) = \sum_{v \in V} f_c(r, v) \tag{2.4}$$

記述を複雑にしないために、トリップチェーンの集合 R 上の分布 $q_r, r \in R$ を導入し、周辺分布 $f_c(r)$ を表わそう。その定義は、次である。

$$q_r = f_c(r) = \Pr(Y^c = r) \tag{2.5}$$

すなわち、 q_r は、来街地ベースでトリップチェーンの確率変数 Y^c が r をとる確率である。

まず、トリップチェーンをその長さによって、直和分割する。

$$R = \bigcup_{l=1}^L R^{(l)} \tag{2.6}$$

ここで、 $R^{(l)} = \{r \in R \mid l(r) = l\}$ は、その長さが l であるトリップチェーンの集合である。OD ペア (i, j) を通るすべてのルートからなる集合 R_{ij} を次で定義しよう。

$$R_{ij} = \{r \in R \mid (i, j) \in r\} \tag{2.7}$$

また、ルートは同一のノードを複数回訪れてもよいとしたので、同一の OD ペア (i, j) を複数回含むルート r もある。そこで、ルート r に含まれる OD ペア (i, j) の数を $m(r, (i, j))$ で表わそう。

確率ベースでみた OD ペア (i, j) 間の期待フロー φ_{ij} は、ルート r が OD ペア (i, j) を通る確率 q_r を $m(r, (i, j))$ の重みで和をとったものとなる。

$$\varphi_{ij} = \sum_{r \in R_{ij}} m(r, (i, j)) q_r = \sum_{r \in R} m(r, (i, j)) q_r \tag{2.8}$$

2 番目の等号は $(i, j) \notin r$ ならば $m(r, (i, j)) = 0$ であることによる。次を定義しよう。

$$q^{(l)} = \sum_{r \in R^{(l)}} q_r \tag{2.9}$$

$$m = \sum_{l=1}^L l q^{(l)} \tag{2.10}$$

ここで、 m はトリップチェーンの長さの全平均であり、「ネットの生成原単位」と呼ばれているものである。以上のもとで、OD パターン ϕ はつぎのように表現できる。

$$\begin{aligned}
\phi_{ij} &= \frac{\varphi_{ij}}{\sum_{(i,j) \in W} \varphi_{ij}} = \frac{\sum_{r \in R} m(r, (i, j)) q_r}{\sum_{(i,j) \in W} \sum_{r \in R} m(r, (i, j)) q_r} = \frac{\sum_{r \in R} m(r, (i, j)) q_r}{\sum_{r \in R} \left(\sum_{(i,j) \in W} m(r, (i, j)) \right) q_r} \\
&= \frac{\sum_{r \in R} m(r, (i, j)) q_r}{\sum_{r \in R} (1 + l(r)) q_r} = \frac{\sum_{r \in R} m(r, (i, j)) q_r}{1 + m}, (i, j) \in W \quad (2.11)
\end{aligned}$$

2.3. 斎藤・中嶋・梶井 (2001) による OD パターンの来街地ベース一致推定法

2.3.1 来街地ベースパーソントリップ調査のサンプリング方法

斎藤・中嶋・梶井 (2001) が想定する来街地ベースパーソントリップ調査のサンプリング方法は以下の通りである。まず、(1) サンプリングデザインによって、各サンプリング地点ごとのサンプル数比率、 $H(s)$, $s \in S$ を決め、これにしたがって、ランダムサンプリングを行い、次いで、(2) 来街地ベースのトリップチェーンと出向頻度の同時分布 (Y^c , V^c) から、ランダムサンプル (r_t, v_t) を得る方法である⁶。

後者のステップは、まず、サンプル t のサンプリング地点 s_t と出向頻度 v_t を決め、次いで、(v_t, s_t) のもとで、サンプル t のトリップチェーン r_t を決めると考えても、概念上同じであるから、まず、 $H(s)$ にしたがって、 s_t をサンプリングし、次いで、 $f_c(v|s)$ にしたがって、 v_t をサンプリングし、最後に、 $f_c(r|v, s)$ にしたがって、 r_t をサンプリングする方法となる。これは以下のようにまとめられる。

$$\begin{aligned}
s_t &\sim H(s) \\
v_t &\sim f_c(v|s) \\
r_t &\sim f_c(r|v, s)
\end{aligned} \quad (2.12)$$

2.3.2 来街地ベースパーソントリップ調査による収集データ

斎藤・中嶋・梶井 (2001) が想定する来街地ベースパーソントリップ調査においては、各サンプルから同時に聞くべき調査項目は、次の3種類のデータである。(1) サンプル t のトリップチェーン r_t 、(2) サンプル t の対象地域全体への出向頻度 v_t 、そして、(3) サンプル t のサンプリング地点 s_t への出向頻度 $v_t(k)$, $k \in S$ である。

2.3.3 来街地ベーストリップチェーンサンプルの尤度

このような来街地ベースパーソントリップ調査のサンプリングスキームで、choice-based サンプル (r_t, v_t, s_t) が得られる尤度を $f_{CB}(r_t, v_t, s_t)$ で表すと⁷、次となる。

$$f_{CB}(r_t, v_t, s_t) = f_c(r_t | v_t, s_t) f_c(v_t | s_t) H(s_t) \quad (2.13)$$

従って、サンプル $\{(r_t, v_t, s_t) | t \in T\}$ が得られる完全尤度 L_{CB} は以下となる。

⁶ 交通行動主体が決める $f_c(s)$ に従うのではなく、サンプリングデザインによって決められた $H(s)$ に従って、ランダムサンプリングを行うので choice-based ランダムサンプリングの方法といえる。

⁷ 添字の CB は choice-based の略である。

$$\begin{aligned}
 L_{CB} &= \prod_{t \in T} f_{CB}(r_t, v_t, s_t) \\
 &= \prod_{t \in T} f_c(r_t | v_t, s_t) f_c(v_t | s_t) H(s_t)
 \end{aligned}
 \tag{2.14}$$

ここで、もしも $H(s)$ ではなく、各サンプリング地点への来街者数の比率 $f_c(s)$, $s \in S$ にしたがってサンプリングされたならば、バイアスのない正しい尤度を与えたはずである。各サンプルに重みを与えることで、来街地ベースのサンプリングの尤度をランダムサンプリングの尤度に変換できれば、目的は達する。

そのためには来街地ベースパーソントリップ調査における各サンプル (r_t, v_t, s_t) の尤度 $f_{CB}(r_t, v_t, s_t)$ の式において、最後の項 $H(s_t)$ を $f_c(s_t)$ で置き換える、あるいは、最後の2項 $f_c(v_t | s_t) H(s_t)$ を真の密度 $f_c(s_t | v_t) f_c(v_t)$ に置き換えればよい。

$$L = \prod_{t \in T} f_{CB}(r_t, v_t, s_t) \frac{f_c(s_t)}{H(s_t)} \tag{2.15}$$

$$= \prod_{t \in T} f_{CB}(r_t, v_t, s_t) \frac{f_c(s_t | v_t) f_c(v_t)}{H(s_t) f_c(v_t | s_t)} \tag{2.16}$$

$$= \prod_{k \in S} \prod_{t \in T^{(k)}} f_{CB}(r_t, v_t, k) \frac{f_c(k | v_t) f_c(v_t)}{H(k) f_c(v_t | k)} \tag{2.17}$$

式(2.17)は、サンプルをサンプリング地点 k ごとに、 $T^{(k)}$, $k \in S$ と分割した表現であり、 $t \in T^{(k)}$ のとき、 $s_t = k$ である。斎藤・中嶋・梶井 (2001) による重み付き一致推定法は、(2.17) 式により、ランダムサンプリングの完全尤度 L を推定する方法である。

2.4 排除サンプリングによる斎藤・中嶋・梶井 (2001) の一致推定法の拡張と再定式化

2.4.1 斎藤・中嶋・梶井 (2001) の一致推定法の再検討

斎藤・中嶋・梶井 (2001) の重み付き一致推定法は、次の (2.18) 式にしたがって、 $f_c(r, v)$ の推定を行う方法であった。

$$\frac{1}{T} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T^{(s)}} \delta_i^c(r, v, s) \frac{1}{l_s(r_i)} \frac{\tilde{f}_c(s_t | v_t) \tilde{f}_c(v_t)}{H(s_t) \tilde{f}_c(v_t | s_t)} \propto f_c(r, v) \tag{2.18}$$

斎藤・中嶋・梶井 (2001) [12] による式の導出の議論を詳細に検討してみると、同一ノードを複数回訪れないルートのみを対象とする、との暗黙の想定が、1) サンプリング地点の集合上でのルートの長さ $l_s(r)$ の定義、および、2) サンプル t に対する $f_c(s | v)$ の推定値 $\tilde{f}_c(s_t | v_t)$ の導出に影響を与えていることが分かる。(Cf. [12] pp.200-202) 実際、対象とするルートが同一サンプリング地点には複数回訪れないルートであることが、式の導出に不可欠の条件となっている。したがって、同一ノードを複数回訪れるルートも分析の対象とする本論文の場合には、単純には彼らの方法を適用できないことになる。

そこで、この問題を解決するため、以下では、サンプリングの方法として、新たに「排除サンプリング」と呼ぶ方法を導入し、同一ノードを複数回訪問するルートを含んだ場合にも適用でき

るように、齋藤・中嶋・梶井（2001）の一致推定法を拡張する。

2.4.2 排除サンプリングの導入による齋藤・中嶋・梶井（2001）の一致推定法の拡張

本論文で「排除サンプリング」と呼ぶサンプリングの仮定は次である。

排除サンプリングの仮定

同一サンプリング地点で、同一サンプルが、2度以上抽出された場合には、2回目以降はサンプルから排除する。

ここで、排除サンプリングの仮定の意味を理解するため、サンプリング地点の集合 S の上での来街者数の分布 Z と、ルート r の分布 Y および出向頻度の分布 V との関係を詳しくみてみよう。

まず、排除サンプリングを適用しない齋藤・中嶋・梶井（2001）の場合を考えよう。

ルート r が確定すると、立ち寄るノードが決まるから、サンプリング地点の集合 S の上での来街者数の分布 Z が決まる。つまり、来街者数の分布 Z はルート r の分布 Y から派生した分布であり、次の関係が成り立っていることが分かる。

$$f_c(r, v, s) \propto m(r, s) f_c(r, v)$$

すなわち、次式が成立する。

$$f_c(r, v, s) = \frac{m(r, s) f_c(r, v)}{\sum_r \sum_v \sum_{s \in S} m(r, s) f_c(r, v)} = \frac{m(r, s) f_c(r, v)}{\sum_r \sum_v l_s(r) f_c(r, v)} \quad (2.19)$$

ただし、ここで $l_s(r)$ はサンプリング地点の集合 S 上でのルート r の長さを表わしている。

$$l_s(r) = \sum_{s \in S} m(r, s) \quad (2.20)$$

ついで、排除サンプリングの方法を適用した場合を考えよう。そのために、関数 $\Delta(r, s)$ を導入する。関数 $\Delta(r, s)$ は、ルート r がノード s を含んでいれば1、そうでなければ0の値をとる定義関数である。また、上述の $m(r, s)$ を用いたルート r の長さ $l_s(r)$ に対応して、関数 $\Delta(r, s)$ を用いたサンプリング地点 S の集合上でのルート r の長さ $\bar{l}_s(r)$ を次で定義する。

$$\bar{l}_s(r) = \sum_{s \in S} \Delta(r, s) \quad (2.21)$$

排除サンプリングを適用した場合には、同一サンプリング地点で同一サンプルが2回以上抽出されたときにはサンプルとして採択しない。したがって、同一のサンプリング地点 $s \in S$ を2回以上含む、 $m(r, s) \geq 2$ のルート r は、あたかも $m(r, s) = 1$ であるかのように扱われる。

すなわち、排除サンプリングを適用した場合には、真の分布 $f_c(r, v, s)$ からではなく、 $m(r, s)$ を $\Delta(r, s)$ におきかえた分布 $f_c(r, v, s) \propto \Delta(r, s) f_c(r, v)$ からの choice-based ランダムサンプリングとなる。つまり、排除サンプリングのもとでは、choice-based ランダムサンプリングをおこなう分布は、真の分布 $f_c(r, v, s)$ ではなく、次の分布 $f_c(r, v, s)$ である。

$$f_c(r, v, s) = \frac{\Delta(r, s) f_c(r, v)}{\sum_r \sum_v \sum_{s \in S} \Delta(r, s) f_c(r, v)} = \frac{\Delta(r, s) f_c(r, v)}{\sum_r \sum_v \bar{l}_s(r) f_c(r, v)} \quad (2.22)$$

分布 $f_e(r, v, s)$ から分かるように、同一サンプリング地点を複数回訪れるルートをも分析対象として許した場合に、排除サンプリングを適用する意義は、同一のサンプリング地点を 2 回以上訪問するルートを、あたかも、1 回しか訪れないルートのように扱える点であり、同一ノードを複数回訪れないルートのみを対象とした、斎藤・中嶋・梶井 (2001) の一致推定法に帰着させることができる点にある。

実際、分布 $f_e(r, v, s)$ に彼らの方法を適用することで、OD パターンの一致推定量がえられることは、次のようにして分かる。

まず、式 (2.22) から明らかなように、分布 $f_e(r, v, s)$ の (r, v) に関する周辺分布 $f_e(r, v)$ は、真の分布 $f_e(r, v, s)$ の周辺分布 $f_e(r, v)$ に等しいことに注意しよう。排除サンプリングを適用した choice-based ランダムサンプリングの場合には、 $f_e(r, v, s)$ からの choice-based サンプル (r_t, v_t, s_t) に、斎藤・中嶋・梶井 (2001) の重み付き一致推定法である式 (2.18) を適用すると、 $f_e(r, v, s)$ の周辺分布 $f_e(r, v)$ の一致推定量が得られることになるが、先の事実より、実はこれは、真の分布 $f_e(r, v)$ の一致推定量を求めていることに他ならないからである。

2.4.3 排除サンプリングのもとでのサンプリングスキームの定式化

同一ノードを複数回訪れないルートのみを対象にした場合、斎藤・中嶋・梶井 (2001) においては、次の関係 (2.23) が重要な役割を果たした。(Cf. 斎藤・中嶋・梶井 (2001) p. 201)

$$\frac{1}{T} \sum_{t \in T} \delta_t^e(r, v, s) \frac{1}{l_s(r_t)} \rightarrow f_{cb}(r, v, s) \quad (T \rightarrow \infty) \quad (2.23)$$

ただし、 $\delta_t^e(r, v, s)$ は、度数をカウントする確率変数であり、次で定義される。

$$\delta_t^e(r, v, s) = \begin{cases} 1 & \text{if } r_t = r, v_t = v, s_t = s \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.24)$$

また、 $l_s(r)$ は、同一ノードを複数回訪れないルート r の、サンプリング地点の集合 S の上での長さである。

ここでは、同一サンプリング地点を複数回訪れるルートを許す、排除サンプリングのもとでも、式 (2.23) と同様に、次の関係 (2.25) が成り立つことを、サンプリングスキームの定式化までさかのぼって、確認しておく。

$$\frac{1}{T} \sum_{t \in T} \delta_t^e(r, v, s) \frac{1}{\tilde{l}_s(r_t)} \rightarrow f_{c\tilde{b}}(r, v, s) \quad (T \rightarrow \infty) \quad (2.25)$$

ここで、 $\delta_t^e(r, v, s)$ は排除サンプリングのもとでの度数カウントの確率変数で $\delta_s^e(r, v, s)$ に対応する。 $\tilde{l}_s(r_t)$ は、式 (2.21) による排除サンプリングのもとでのルート r_t の長さである。 $f_{c\tilde{b}}(r, v, s)$ は、排除サンプリングのもとでの choice-based サンプルの尤度である。

標本空間を Ω 、その標本を ω で表わそう。標本から得られるルートと出向頻度の情報を明示すれば、 $\{(\omega, r_\omega, v_\omega) | \omega \in \Omega\}$ と表現できる。 $r_\omega(i)$ で、ルート r_ω 上の、自宅 h を除いた第 i 番目のノードを表わす。ルート r_ω のリスト表現は $r_\omega = \{h, r_\omega(1), \dots, r_\omega(l(r_\omega)), h\}$ である。

さて、来街地ベースパーソントリップ調査では、標本がサンプリング地点へ立ち寄ったところで抽出する。したがって、抽出はトリップチェーンを直接抽出するのではなく、ノードへの来街トリップ⁸ $r_\omega(i)$ を抽出した後で、 ω より、ルート r_ω の情報を得ることになる。これを来街トリップの抽出として明示的に定式化すると、以下ようになる。

まず、全サンプルの全ノードへの来街トリップは、次である。

$$\{(\omega, r_\omega, v_\omega, r_\omega(i)) \mid i=1, \dots, l(r_\omega), \omega \in \Omega\} \quad (2.26)$$

サンプリング地点 s を訪れる標本は、 $s \in r_\omega$ となる ω であり、その来街トリップ数は $m(r_\omega, s)$ であることに注意すると、サンプリング地点の集合 S への全来街トリップ集合は、次となる。

$$\{(\omega, r_\omega, v_\omega, s) * m(r_\omega, s) \mid s \in S, \omega \in \Omega\} \quad (2.27)$$

したがって、どこで抽出されるかを無視すると、

$$\{(\omega, r_\omega, v_\omega) * l_s(r_\omega) \mid \omega \in \Omega\} \quad (2.28)$$

となり、標本 $(\omega, r_\omega, v_\omega)$ は、長さ $l_s(r_\omega)$ の複製をもつことになる。それゆえ、長さ $l_s(r_\omega)$ のサンプル r_ω をいずれかのサンプリング地点 s で抽出したときには、確率 $1/l_s(r_\omega)$ で採択するとすれば、平均として、標本 $(\omega, r_\omega, v_\omega)$ は真の $(\omega, r_\omega, v_\omega)$ の分布にしたがって、抽出されることになる。

以上が、式 (2.23) のウェイト $1/l_s(r_i)$ の意味である。排除サンプリングのもとでは、同様の議論によって、式の (2.25) ウェイト $1/\bar{l}_s(r_i)$ が得られることは明らかであろう。

2.4.4 排除サンプリングによる OD パターンの重み付き一致推定法

これまでの議論をまとめると、排除サンプリングの導入によって再定式化された OD パターンの重み付き一致推定法は、次のように再定式化される⁹。

$$\frac{1}{T} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T(s)} \delta_i^{\tilde{c}}(r, v, s) \frac{1}{l_s(r_i)} \frac{\tilde{f}_{\tilde{c}}(s_t | v_t) \tilde{f}_{\tilde{c}}(v_t)}{H(s_t) \tilde{f}_{\tilde{c}}(v_t | s_t)} \propto f_c(r, v) \quad (2.29)$$

式 (2.29) の各項の意味を説明しよう。

(a) $\delta_i^{\tilde{c}}(r, v, s)$: 排除サンプリングのもとでの度数カウン트의確率変数 $\delta_i^{\tilde{c}}(r, v, s)$ である。

$$\delta_i^{\tilde{c}}(r, v, s) = \begin{cases} 1 & \text{if } r_t = r, v_t = v, s_t = s \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

(b) $\bar{l}_s(r)$: 関数 $\mathcal{L}(r, s)$ によるルート r の長さであり、式 (2.21) で定義される。

$\tilde{f}_{\tilde{c}}(v)$, $\tilde{f}_{\tilde{c}}(v | s)$, $\tilde{f}_{\tilde{c}}(s | v)$ は、それぞれの分布に対応する推定値である。 $\tilde{f}_{\tilde{c}}$ は集計型の推定値、ま

⁸ トリップチェーンをチェーンではなく、個々のトリップに分解して扱っている。Unlinked Trip あるいは来街者といってもよい。

⁹ 分布 $f_c(r, v, s)$ に、齋藤・中嶋・梶井 (2001) の重み付き一致推定法を適用したものであり、排除サンプリングの適用によって、サンプリング地点を複数回訪れるルートの長さの定義が変わるのみで、基本的には、式 (2.18) と同じである。

た、 \tilde{f}_ε はそれが非集計型の推定値であることを表わしている。

式 (2.29) は、各サンプルに次のウェイト (2.30) を与えて、集計することを意味している。

$$\frac{1}{\tilde{l}_s(r_t)} \frac{\tilde{f}_\varepsilon(s_t|v_t)\tilde{f}_\varepsilon(v_t)}{H(s_t)\tilde{f}_\varepsilon(v_t|s_t)} \quad (2.30)$$

$\tilde{f}_\varepsilon(v)$, $\tilde{f}_\varepsilon(v|s)$, $\tilde{f}_\varepsilon(s|v)$ は、それぞれ以下のように求める。

(c) $\tilde{f}_\varepsilon(v)$, $f_\varepsilon(v)$ の推定値 $\tilde{f}_\varepsilon(v)$ は、次で求める。

$$\tilde{f}_\varepsilon(v) = \sum_{k \in S} \sum_{t \in T^{(k)}} \frac{\delta_t^\varepsilon(v|k)}{f_\varepsilon(s_t|v_t)} \bigg/ \sum_{v>0} \sum_{k \in S} \sum_{t \in T^{(k)}} \frac{\delta_t^\varepsilon(v|k)}{f_\varepsilon(s_t|v_t)}, \text{ for } \forall v > 0 \quad (2.31)$$

ただし、 $\delta_t^\varepsilon(r|s)$ は排除サンプリングのもとで次で定義する。

$$\delta_t^\varepsilon(r|s) = \begin{cases} 1 & \text{if } v_t = v, s_t = s \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

サンプル t へのウェイト $\tilde{f}_\varepsilon(v)$ は、式 (2.31) を v の関数とみて、これに v_t を代入して求めることになる。推定値 $\tilde{f}_\varepsilon(v)$ を集計型の推定値としたのは、この理由によっている。

(d) $\tilde{f}_\varepsilon(v|s)$: これも集計型の推定値であり、次で求める。

$$\tilde{f}_\varepsilon(v|s) = \frac{1}{T^{(s)}} \sum_{t \in T^{(s)}} \delta_t^\varepsilon(r|s), \text{ for } \forall s \in S, \forall v > 0 \quad (2.32)$$

サンプル t へのウェイト $\tilde{f}_\varepsilon(v|s)$ は、 v と s に、 v_t と s_t を代入して求める。

(e) $\tilde{f}_\varepsilon(s_t|v_t)$: $f_\varepsilon(s|v)$ の推定に関しては、サンプル t の各サンプリング地点への出向頻度 $v_t(k)$, $k \in S$ のデータから、非集計型として、次式で求める。

$$\tilde{f}_\varepsilon(s_t|v_t) = \frac{v_t(s_t)}{v_t} \quad (2.33)$$

さて、式 (2.29) によって、 $f_\varepsilon(r, v) = f_c(r, v)$ の一致推定値がえられたので、OD パターンの一致推定に必要な $f_c(r)$ の一致推定値 $\tilde{f}_c(r)$ は、次の式 (2.34) で求めることになる。

$$\tilde{f}_c(r) = \frac{\sum_{v>0} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T^{(s)}} \delta_t^\varepsilon(r, v, s) \frac{1}{\tilde{l}_s(r_t)} \frac{\tilde{f}_\varepsilon(s_t|v_t)\tilde{f}_\varepsilon(v_t)}{H(s_t)\tilde{f}_\varepsilon(v_t|s_t)}}{\sum_{r \in R} \sum_{v>0} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T^{(s)}} \delta_t^\varepsilon(r, v, s) \frac{1}{\tilde{l}_s(r_t)} \frac{\tilde{f}_\varepsilon(s_t|v_t)\tilde{f}_\varepsilon(v_t)}{H(s_t)\tilde{f}_\varepsilon(v_t|s_t)}} \quad (2.34)$$

3. 一致推定法の適用方法

3.1. 対象地区とデータ

3.1.1. 大名地区の概要

本研究の分析対象地区として取り上げる福岡市中央区大名地区(以後、大名地区と呼ぶ)は、福岡市の中心商業地である天神地区の西に隣接し、明治通り、大正通り、国体道路、および、天神

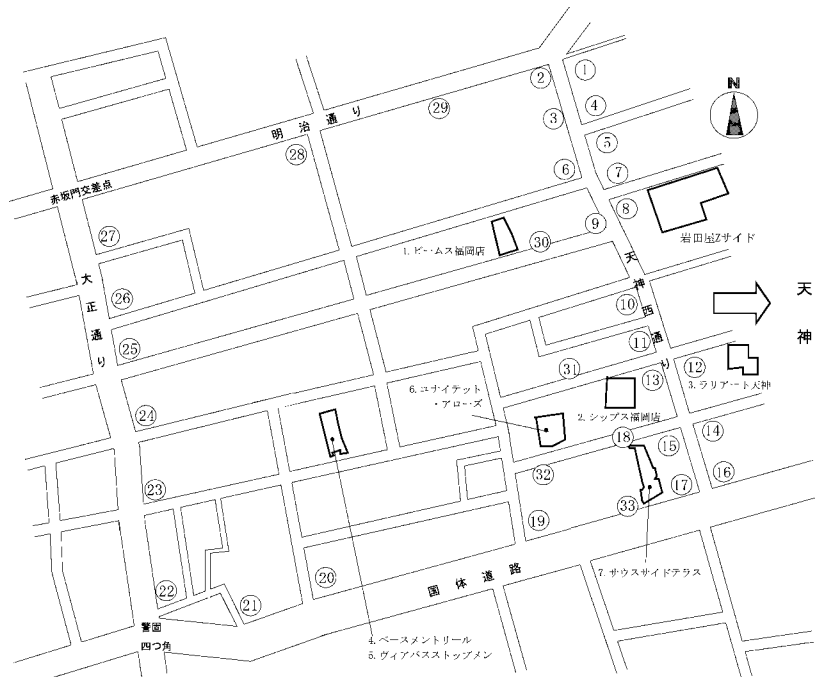


図 3.1 福岡市大名地区と大名地区通行量調査、大名地区回遊行動調査の調査地点

地区との境界線となる天神西通りに挟まれた 500 m 四方の商業地区である。大名地区には、全国展開のセレクトショップであるビームス福岡店、シップス福岡店、ユナイテッドアローズ福岡店（以後、それぞれビームス、シップス、ユナイテッドアローズと略記する。）などの多くのセレクトショップが outlets し、またレストランなどの飲食店も多数立地している。

1999 年時点の大名地区の地図を図 3.1 に示す。

3.1.2. 通行量調査の概要

第 1 回大名地区通行量調査の概要を表 3.1 にまとめた。本調査は通常の通行量調査と異なり、大名地区への入込み来街者数や滞留人口を計測する目的で実施したものである。そのために、図 3.1 に示すように、大名地区への出入口となっている通路をすべて調査地点としておさえ、各地点での流入、流出歩行者通行量を、15 分間隔で集計・計測している。特に、大名地区に隣接する街路である「天神西通り」を、独立した 1 地区として捉え、大名地区、天神西通りへの出入口となる通路はすべておさえ調査地点としている。その結果、通常の通行量調査では単に調査地点前の歩行者通行量がわかるだけにすぎなかったものが、大名地区と天神西通り地区の 2 地区のそれぞれに対し、時間帯別に流入・流出人口や滞留人口を計測することが可能となった。

調査日は、2000 年 5 月 28 日（日）、調査時間は、午前 10 時から午後 7 時までの 9 時間である。調査日は通常の日曜日の通行量を把握するため、バーゲンなどのイベントのない日を選択した。また、計測時間も、大名地区の店舗の開店時間が、概ね午前 11 時となっていることから、これに

表 3.1 第 1 回大名地区通行量調査の概要

調査名	第 1 回大名地区通行量調査
調査日時	2000 年 5 月 28 日 午前 10 時から午後 7 時までの 9 時間
調査地点	計測地点：計 33 箇所 <内訳> 大名地区の出入口街路：17ヶ所 大名地区の店前街路：3ヶ所（計測地点 30, 31, 32） 大名地区外縁の道路沿いと施設出入口（3, 29, 33） 天神西通り天神側出入口街路：10ヶ所（1, 2, 4, 5, 7, 8, 12, 14, 16, 17）
調査方法	(1) 計測地点をどの方向に何人通行したかを計測 (2) 各調査地点で、15 分間隔で何人通行したかを記録 (3) 調査は、33 計測地点で同時に計測を開始・終了
調査の特徴	大名地区の出入口街路の流入人口・流出人口を計測することで、以下の計測が可能 ・大名地区の入込み来街者数 ・大名地区の滞留人口

合わせて午前 10 時からとした。図 3.1 に示すように、調査地点は、大名地区の出入口となる街路に 17ヶ所、大名地区の主要な商業施設であるビームス、シップス、ユナイテッドアローズの店前 3ヶ所 (30, 31, 32)、道路沿いと施設出入口 3ヶ所 (3, 29, 33)、天神西通り天神側街路に 10ヶ所 (1, 2, 4, 5, 7, 8, 12, 14, 16, 17) の計 33ヶ所である。

本調査の詳細とその分析結果については岩永・上田・貝通丸・古賀・藤井・山浦（2000）を参照されたい。

さて、表 3.2 は、第 1 回大名地区通行量調査による調査地点別の大名地区への流入・流出人口の計測結果である。また、表 3.3 には、店前通行量の計測結果を示している。表中の調査地点番号は、図 3.1 に示した本通行量調査の調査地点番号である。また、表中のリンク番号は、後述する図 3.3 の大名地区の街路リンク番号である。

表 3.2 に示した流入人口は、大名地区へ流入した歩行者数であり、その合計は大名地区への総入込み来街者数となる。表 3.2 から、大名地区の総入込み来街者数は 43,854 人/日¹⁰ であることがわ

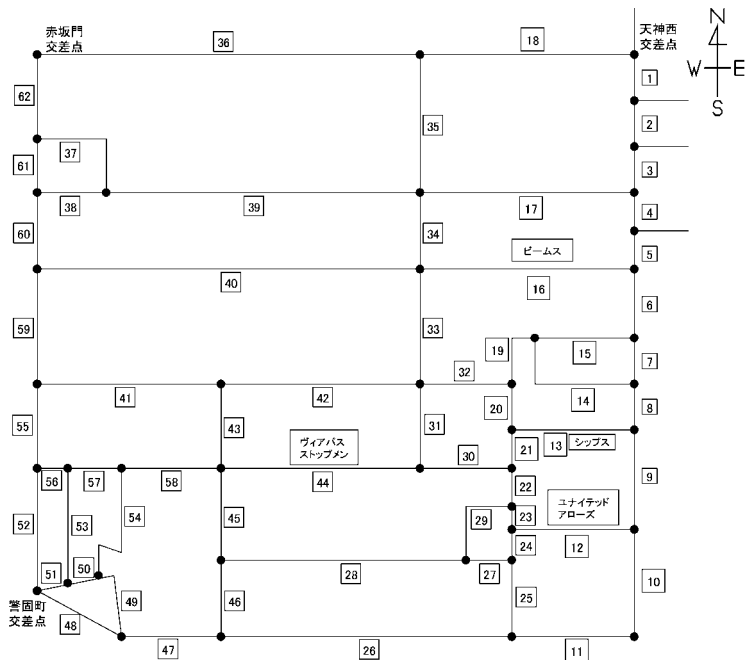
表 3.2 リンク別流入・流出人口 単位：人/日（第 1 回大名地区通行量調査による）

調査地点番号	6	9	10	11	13	15	18	19	20	
リンク番号	7	34	6	5	2	4	/	14	30	
流入人口	4,645	12,041	5,569	724	4,013	4,614	1,216	4,195	963	
流出人口	4,317	9,554	5,893	615	5,194	4,811	1,228	4,274	1,080	
調査地点番号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	合計
リンク番号	/	/	31	26	25	23	/	22	/	
流入人口	113	254	1,162	737	966	649	213	1,525	255	43,854
流出人口	230	140	1,529	900	775	643	175	1,444	432	43,234

¹⁰ ここでの人/日交通量とは、午前 10 時から午後 7 時までの計測時間通行量とする。

表 3.3 店前通行量 単位：人/日(第1回大名地区通行量調査による)

調査地点	30. ビームス前	31. シップス前	32. ユナイテッドアローズ前
リンク番号	1	35	36
店前交通量	17,161	8,935	7,190

図 3.2 実際的大名地区の街路 (62 リンク)¹¹

かる。

本研究では、表 3.2、表 3.3 に示した、これらの第1回大名地区通行量調査の計測データを、齋藤・中嶋・梶井 (2001) の一致推定法によって得られる OD パターンの推定値を実数ベースの OD フローの推定値に拡大する際に使用するとともに、OD フローの推定結果の精度を評価するためにも用いる。

3.1.3. 回遊行動調査の概要

表 3.4 に第1回大名地区回遊行動調査の概要を示した。本調査は、上述のように大名地区への来街者を対象にした、被験者1人あたり約15分～20分間の聞き取り調査である。調査項目は、(1) 大名地区の立ち寄り場所とそこでの目的、支出額を生起順に記録する回遊行動履歴の項目、(2) 大名地区への出向頻度、および、(3) 大名地区の主要商業施設への出向頻度の項目、などである。

調査地点は図 3.1 に示した7地点(ビームス福岡店、シップス福岡店、ラリアート天神店、ペー

¹¹ 図 3.2 の街路に付けた番号は、実際の分析では使用しない。

表 3.4 第 1 回大名地区回遊行動調査の概要

調査名	第 1 回大名地区回遊行動調査
調査日時	1999 年 12 月 3 日 (土), 4 日 (日) 午前 12 時から午後 6 時までの 9 時間
調査地点	調査地点: 計 7ヶ所 (図 3.1 を参照) <内訳> ビームス福岡店, シップス福岡店, ユナイテッドアローズ福岡店, ヴィアバスストップメン, ベースメントリール, ラリアート天神店, サウスサイドテラス
サンプル数	489 サンプル
調査方法	(1) 大名地区への来街者を対象とした来街地ベース調査 (2) 各調査地点に訪れた来街者を対象にランダムサンプリング (3) 被験者 1 人あたり, 約 15~20 分程度の聞き取り調査
調査項目	(1) 個人属性 (居住地, 年齢, 性別, 職業など) (2) 当日の大名地区での立ち寄り場所とそこでの目的, 支出額を生起順に尋ねる回遊履歴質問項目 (3) 大名地区への出向頻度 (4) 調査地点を含む大名地区の主要商業施設への出向頻度 (5) その他 (好きな店舗, 購買態度など)

スメントリール, ヴィアバスストップメン, ユナイテッドアローズ, サウスサイドテラス) である。本調査の詳細については, 徳安・広次・向井・山口 (2000) を参照されたい。

3.2. 回遊行動調査データと一致推定法の適用方法

3.2.1. 大名地区街路 (リンク) ネットワーク

図 3.2 は 1999 年時点の大名地区の街路網を示したものである。大名地区の街路を線分, 街路の交差点を黒丸で表し, それぞれをリンク, ノードと呼ぶ。各リンクには番号を付けている。大名地区の来街者は, 大名地区の各リンクを経由しながら回遊行動を行う。ここで, 回遊行動で選択したリンクを順番に並べたものを「経路」と呼ぶ。ここでは, 回遊行動調査データを, 回遊したリンクを順にならべた「経路」として表現している。

本研究では, これらの街路網のリンクフローの推定問題に, 2.4.4 に述べた OD パターンの一致推定法を適用する。

それは, リンクをすべて発地, 着地 (目的地) になるものと想定し, 回遊行動データのリンクの連鎖を引き続く OD ペアの連鎖である, と捉えると, OD フローの推定は, この場合, リンクフローの推定に等しくなるからである¹²。

本研究では, 来街者の大名地区内の OD フローを推定するが, ここでの OD フローは, リンクからリンクへの移動者数である。しかし, 回遊行動データには, 大名地区内から一旦, 西通りへ出て, 再び, 大名地区へ入るといったデータが存在することにある。例えば, 図 3.2 で, 13-9-12

¹² 通常の交通研究の考え方では, 次のように捉えたほうが, 分かりやすいかもしれない。まず, 大名地区以外に, 大名地区への入口となる発地と, 大名地区からの出口となる着地 (目的地) を想定し, この OD に対するパス (path) を, 回遊行動調査データの経路と考えよう。斎藤・中嶋・梶井 (2001) による OD パターンの一致推定法は, これらのパスの密度 (確率分布) を推定するので, 通常のリンク・パス接続行列を用いて, リンクフロー (密度) を求めることができる。

と移動する場合などである。

そこで、分析の目標を大名地区内での OD フローの推定に限定するために、通行量調査で通行量データを収集していない、大名地区の外縁を構成するリンク、リンク番号 1~11, 18, 26, 36, 47, 48, 52, 55, 56, 59~62 を大名地区のリンクネットワークから除外し、図 3.3 に示した、リンク番号が付けられ、実線で示されるリンクからなるリンクネットワークを本研究の分析対象とする。なお、リンク番号は図 3.3 から新たに番号を振りなおしている。また、先の回遊データの例では、これを 2 つのトリップチェーンデータとして扱う。

さて、リンク 12, 13, 16 は、回遊行動調査と通行量調査の店前通行量の調査地点である。これらのリンクでは、当該リンクを入口とし、回遊行動調査の調査地点を訪れた後、そのまま当該リンクを出口とするピストン型パスが観測される。ここで注意すべきは、ユナイテッドアローズとシッパス前のリンク 12, 13 である。これらのリンクでは、このピストン型パスは店前通行量として計測できない。そこで、リンク 12, 13 に仮想的なノードに配置し、回遊行動調査の調査地点リンク (2, 4) と通行量調査の計測地点リンク (35, 36) を区別した。ビームス前のリンク 16 についても 2 分割 (1, 34) したが、ビームスへのピストン型パスは店前通行量でも計測可能であるため、リンク 1 に両調査地点があると考ええる。

以上の 2 点を考慮した、分析で使用する大名地区街路ネットワークを図 3.3 に示す。

3.2.2. サンプル地点

第 1 回大名地区回遊行動調査の調査地点は、図 3.1 に示すように、ビームス、シッパス、ラリアート天神店、ベースメントリール、ヴィアバスストップメン、ユナイテッドアローズ、サウスサイドテラスの計 7ヶ所であった。

分析対象となるリンクネットワークの設定から、ラリアート天神店、サウスサイドテラスの 2ヶ所の調査地点でえられたデータは削除する。また、ベースメントリールの調査地点はヴィアバスストップメンと同じ調査地点となるため、ベースメントリールでえられたサンプルも同時に除外した。したがって、分析対象となるサンプル地点はビームス、シッパス、ヴィアバスストップメン、ユナイテッドアローズの 4ヶ所であり、そこでえられたデータに、2.4.4 で述べた重み付き一致推定法を適用する。

表 3.5 は第 1 回大名地区回遊行動調査の調査地点別サンプル数と本研究で使用する調査地点別サンプル数である。回遊行動調査で最もサンプル数が多かった調査地点は、ユナイテッドアローズで全体の 19.7% であった。

本研究で使用するサンプルは、大名地区回遊行動調査のサンプルよりも少ない。これは、調査サンプルのうち、大名地区をどのような経路を使って渡り歩いたかを記入できなかったサンプルがあったためである。本研究で使用するサンプル数は 182 サンプルで、最もサンプル数が多い調査地点はユナイテッドアローズで全体の 37.4% となった。

3.2.3. 経路の集合

表 3.6 は、表 3.5 で示した本研究で使用するサンプルの回遊経路の集計結果である。回遊経路は

表 3.5 第 1 回大名地区回遊行動調査および本研究で使用する調査地点別サンプル数

調査地点	第 1 回大名地区回遊行動調査のサンプル		本研究で使用するサンプル	
	サンプル数	パーセント	サンプル数	パーセント
ビームス	81	16.8	53	29.1
シップス	84	17.4	52	28.6
ラリアート天神	84	17.4	—	—
ベースメントリール	23	4.8	—	—
ヴィアバスストップメン	47	9.7	9	4.9
ユナイテッドアローズ	95	19.7	68	37.4
サウスサイドテラス	69	14.3	—	—
合計	483	100.0	182	100.0

自宅ノードの番号とリンク番号で構成され、リンクの通過順に番号が並んでいる。自宅ノードの番号は 37、リンク番号は図 3.3 に示したとおりである。

表 3.6 をみると、回遊経路パターンは 63 通り観測された。最も多く観測された回遊経路は、リンク 34 から大名に入り、ビームス前のリンク 1 を訪れ、リンク 34 から帰宅するパターン、次いで、ユナイテッドアローズの前のリンク 4 のみを訪れるパターンとなった。

表 3.7 は大名地区への出向頻度の集計結果、表 3.8 から表 3.11 は 4ヶ所のサンプリング地点となるビームス、シップス、ヴィアバスストップメン、ユナイテッドアローズの出向頻度の集計結果である。

3.3. OD パターンの拡大方法とその評価法について

本節では、2.4.4 で述べた排除サンプリングのもとへと拡張された斎藤・中嶋・梶井 (2001) の一致推定法による OD パターンの推定結果を実数ベースの OD フローに拡大する方法とその評価方法について議論する。

注意すべきは、2.4.4 の拡張された斎藤・中嶋・梶井 (2001) の方法においても、推定結果は、OD パターン、すなわち、OD 集合上の密度 (確率分布) であることである。したがって、交通流が定常フローパターンであると仮定できるとすれば、何か一つの実数と確率との関連が分かれば、それによって得られる一つの拡大係数を、すべての確率に掛けることにより、OD フローのすべてを推定できることになる。

この特徴から導かれる拡大法には、次が考えられる。1) 総来街者数で OD パターンの推定結果を拡大する方法、2) ある一つのリンクフローの実測値とそれに対応する確率を用いて拡大する方法、3) 複数のリンクフローの実測値とこれらに対応する確率との異なった拡大係数を重みを付けて用いる方法、などである。総来街者数で拡大する方法は、これまでも考えられてきた方法であるが、ある一つのリンクフローを用いて拡大する方法は、注目すべき新しい方法である。それは、一般に総来街者数の予測がもっとも難しく、特定の 1 つのリンクフローを計測するほうが、

表 3.6 大名地区回遊行動調査の観測パスと集計結果

サンプル数	分布	回遊経路ボタン	サンプル数	分布	回遊経路ボタン
30	0.1648	37 34 1 1 34 37	1	0.0055	37 5 8 19 20 1 34 37
21	0.1154	37 4 4 37	1	0.0055	37 6 8 9 35 2 2 37
16	0.0879	37 2 2 37	1	0.0055	37 20 18 17 10 35 2 37
14	0.0769	37 34 1 34 37	1	0.0055	37 25 20 19 9 35 2 37
12	0.0659	37 4 37	1	0.0055	37 34 1 20 18 3 28 37
5	0.0275	37 2 35 10 11 12 36 4 37	1	0.0055	37 34 1 20 19 8 6 37
5	0.0275	37 4 36 12 11 10 35 2 37	1	0.0055	37 2 35 9 19 20 1 34 37
5	0.0275	37 34 1 20 18 17 11 12 36 4 37	1	0.0055	37 6 8 19 20 1 1 34 37
4	0.0220	37 2 37	1	0.0055	37 2 35 10 17 3 33 32 31 37
4	0.0220	37 14 13 36 4 37	1	0.0055	37 2 35 10 17 18 20 1 34 37
4	0.0220	37 14 13 12 11 10 35 2 37	1	0.0055	37 4 36 12 11 10 9 8 6 37
4	0.0220	37 34 1 20 19 9 35 2 37	1	0.0055	37 4 36 12 11 17 3 29 30 37
3	0.0165	37 4 36 12 11 10 35 2 2 37	1	0.0055	37 31 32 33 3 17 10 35 2 37
2	0.0110	37 34 1 1 1 34 37	1	0.0055	37 34 1 1 20 19 9 35 2 37
2	0.0110	37 2 35 10 11 12 13 14 37	1	0.0055	37 34 1 20 18 17 10 35 2 37
2	0.0110	37 4 36 12 11 17 17 10 35 2 37	1	0.0055	37 2 35 9 19 20 1 1 1 34 37
2	0.0110	37 14 13 12 11 10 9 19 20 1 34 37	1	0.0055	37 2 35 10 11 11 11 10 35 2 37
2	0.0110	37 34 1 20 19 9 10 11 12 36 4 37	1	0.0055	37 2 35 10 17 18 20 1 1 34 37
1	0.0055	37 4 4 4 37	1	0.0055	37 4 36 12 11 17 18 20 1 34 37
1	0.0055	37 25 1 34 37	1	0.0055	37 26 27 19 9 10 11 12 36 4 37
1	0.0055	37 34 1 25 37	1	0.0055	37 31 32 33 3 17 10 9 8 6 37
1	0.0055	37 4 36 13 14 37	1	0.0055	37 34 1 1 20 18 17 10 35 2 37
1	0.0055	37 4 36 13 15 37	1	0.0055	37 4 36 12 11 17 18 20 21 24 23 37
1	0.0055	37 7 21 1 34 37	1	0.0055	37 26 28 3 3 28 27 19 9 35 2 37
1	0.0055	37 34 1 20 19 37	1	0.0055	37 34 1 20 18 3 3 18 20 1 34 37
1	0.0055	37 3 18 19 8 6 37	1	0.0055	37 34 1 20 19 9 10 11 12 13 14 37
1	0.0055	37 4 4 36 13 14 37	1	0.0055	37 2 35 10 17 3 3 17 11 12 36 4 37
1	0.0055	37 4 36 12 11 17 37	1	0.0055	37 14 14 13 12 11 17 3 3 17 10 35 2 37
1	0.0055	37 6 8 9 35 2 37	1	0.0055	37 6 8 9 35 2 2 2 35 10 11 12 36 4 37
1	0.0055	37 16 15 13 36 4 37	1	0.0055	37 34 1 20 18 17 11 12 13 14 14 13 36 4 37
1	0.0055	37 31 32 33 3 17 37	1	0.0055	37 34 1 20 27 28 33 32 31 31 32 33 28 27 20 21 22 37
1	0.0055	37 2 35 9 9 8 6 37			
計			182	1.0000	

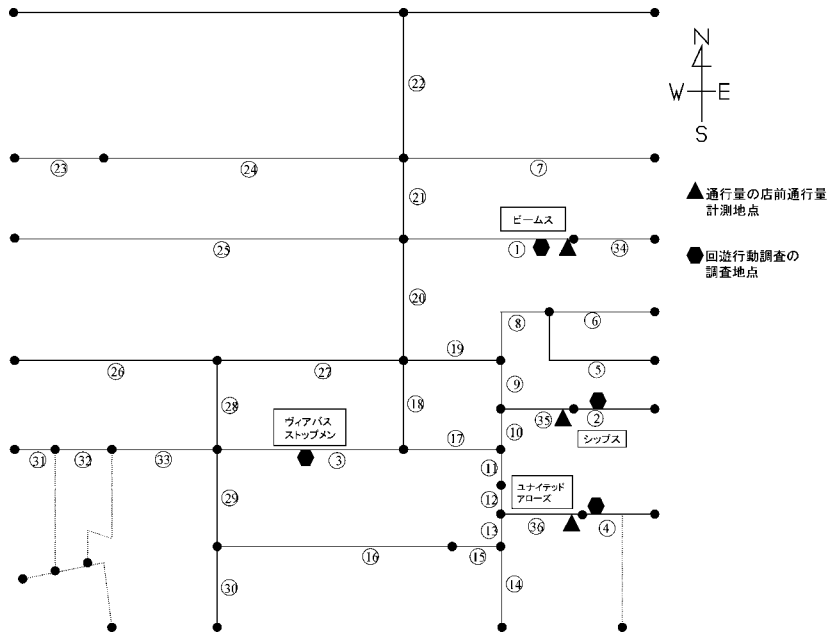


図 3.3 分析で使用する大名地区街路（リンク）ネットワーク

表 3.7 大名地区への出向頻度 $f_c(v)$

出向頻度	サンプル数	パーセント
1ヶ月に10回以上	7	3.8
1ヶ月に6~9回	3	1.6
1ヶ月に4~5回	23	12.6
1ヶ月に2~3回	51	28.0
1ヶ月に1回	43	23.6
2~3ヶ月に1回	26	14.3
半年に1回	8	4.4
1年に1回	18	9.9
1年に1回未満	3	1.6
合計	182	100.0

表 3.8 ビームスへの出向頻度 $f_c(v | s)$

出向頻度	サンプル数	パーセント
1ヶ月に10回以上	0	0.0
1ヶ月に6~9回	0	0.0
1ヶ月に4~5回	3	5.7
1ヶ月に2~3回	19	35.8
1ヶ月に1回	13	24.5
2~3ヶ月に1回	11	20.8
半年に1回	3	5.7
1年に1回	4	7.5
1年に1回未満	0	0.0
合計	53	100.0

はるかにコストが安く、簡単であり、そこから、逆に、総来街者数を推定できることになれば大きなメリットをもつからである。これらの観測値が複数個あった場合の3)の方法を含めて、2), 3)の拡大の方法は、さらに理論的にも検討されるべきである。ここでは、3)の方法は今後の課題とし、その第1歩と位置づけ、3つの方法を実際に試みる。

以下の3.3.1, 3.3.2で、それぞれ詳しく議論する。

さて、斎藤・中嶋・梶井(2001)によるODパターンの一致推定法がもつ第2の特徴は、ODパターンを推定するのに、経路上(パス上)の分布をもとめ、そこから、ODパターンを導いていた

表 3.9 シップスへの出向頻度 $f_c(v | s)$

出向頻度	サンプル数	パーセント
1ヶ月に10回以上	0	0.0
1ヶ月に6~9回	0	0.0
1ヶ月に4~5回	4	7.7
1ヶ月に2~3回	8	15.4
1ヶ月に1回	16	30.8
2~3ヶ月に1回	7	13.5
半年に1回	4	7.7
1年に1回	11	21.2
1年に1回未満	2	3.8
合計	52	100.0

表 3.10 ヴィアバスストップメンへの出向頻度 $f_c(v | s)$

出向頻度	サンプル数	パーセント
1ヶ月に10回以上	0	0.0
1ヶ月に6~9回	0	0.0
1ヶ月に4~5回	1	11.1
1ヶ月に2~3回	2	22.2
1ヶ月に1回	3	33.3
2~3ヶ月に1回	0	0.0
半年に1回	0	0.0
1年に1回	3	33.3
1年に1回未満	0	0.0
合計	9	100.0

表 3.11 ユナイテッドアローズへの出向頻度 $f_c(v | s)$

出向頻度	サンプル数	パーセント
1ヶ月に10回以上	7	10.3
1ヶ月に6~9回	3	4.4
1ヶ月に4~5回	15	22.1
1ヶ月に2~3回	22	32.4
1ヶ月に1回	11	16.2
2~3ヶ月に1回	8	11.8
半年に1回	1	1.5
1年に1回	0	0.0
1年に1回未満	1	1.5
合計	68	100.0

点である。この特徴を用いると、バイアスのない回遊選択確率を推定でき、回遊マルコフモデルを用いたリンクフローの推定も可能になる。この第2のクラスに属する拡大方法については、3.3.3で議論する。

さらに、第3のクラスに属する方法は、推定されたODパターンの確率自体を調整していく方法である。上の2つのクラスに属する拡大の方法が、推定されたODパターンの確率には、変更を加えないのと対照的な方法である。

今回の大名地区のケースでは、様々な通行量データが利用可能である。1) 総入込来街者数、2) リンクネットワークの外縁をなすリンクへの流入者数(入口来街者数)、3) リンクネットワークの外縁をなすリンクへの流出者数(出口来街者数)、4) リンク交通量(店前交通量)である。

Saito (1998) によるI-射影モデリングの方法により、ODパターンを導くパス上の分布の推定結果をもとに、入口来街者や出口来街者数、さらには入口来街者数と出口来街者数の両方にアジャストするパス上の分布をもとめる、などの様々な方法が考えられる。

3.3.1. 総入込み来街者数による拡大

総入込み来街者数とは、商業地単位での来街者数であり、商業地へのトリップ数である。総入込み来街者数の定義より、総入込み来街者数がわかれば、その値を使ってODパターンの密度を実際のODフローに拡大することができる。

総入込み来街者数の推計に関する研究には、齋藤・熊田・石橋(1995)、Saito, Kumata, Ishibashi (1996)、齋藤・梶井・中嶋(1999)、梶井(2000)などがある。これらの入込み者数推計モデルの研究開発により、商業地への入込み者数を推計することが可能である。また、第1回大名地区通

行量調査のように、商業地への全入口の流入人口をすべて計測することで総入込み来街者数を計測することも可能である。本研究で使用する総入込み者数は、後者の方法により計測したものである。

総入込み来街者数による OD パターンの拡大方法について、以下で述べる。

総入込み来街者数は商業地へのトリップ数であるので、商業地内の経路通行量（パスフロー）は総入込み来街者数 c と経路の集合 R 上の分布 q_r を掛け合わせることで得ることができる。

$$h_r = c \cdot q_r$$

パスフロー h_r が得られれば、各リンクの通行量であるリンクフローは h_r とリンク・パス接続行列（経路行列） Δ を用いて推定できる。通常、リンク・パス接続行列では、 n_{ar} をリンク a がパス r を構成する要素になっているときに 1、そうでないとき 0 を表す Δ の要素として定義される。しかし、本研究で使用するデータには、1つのパス上に同じリンクを複数回訪れるパスがある。そこで、このことを考慮するため、リンク・パス接続行列を次式で定義する。

$$\Delta = [n_{ar}]$$

$$n_{ar} = \begin{cases} m(r, a) & \text{if } a \in r \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

ここで、 n_{ar} はリンク a がパス r を構成する要素になっているとき、パス上にリンク a が表れる回数をカウントする Δ の要素である。 $m(r, a)$ をリンクを訪れた回数として定義した。

リンクフローは次式で与えられる。

$$x_a = \Delta h_r$$

また、OD ペア (i, j) の交通量である OD フロー d_{ij} は次式により推定できる。

$$d_{ij} = \sum_{r \in R_{ij}} h_r$$

3.3.2. 街路通行量（リンクフロー）による拡大

次に、街路通行量を用いた OD パターンの拡大方法について説明する。

先の総入込み来街者数による拡大は、入込み者数予測モデルで入込み者数を推計するか、商業地内の全出入口の流入人口を計測しなければならない。しかし、ここで提案する街路通行量による拡大方法は、ある任意の 1ヶ所の街路通行量を計測することで、すべてのリンクフローと OD パターンを推定する方法である。それは、すべてのリンクフロー x_a とリンクの選択確率 p_a に対して次の理論式が成り立つからである。 R_a をリンク a を通るパスの集合としよう。すなわち、 $R_a = \{r \in R \mid a \in r\}$ である。

$$p_a = \sum_{r \in R_a} q_r$$

$$x_a = \alpha p_a$$

この理論式は、ある一つのリンク \hat{a} の観測街路通行量と選択確率 p_a がわかれば、拡大係数 α を求めることができ、この拡大係数 α を用いて、リンク a の選択確率を α 倍すれば、リンク a の街路通行量 x_a が推定できることを意味する。ここで提案する街路通行量による拡大方法とは、ある一つの観測リンク通行量とその選択確率から、拡大係数 α を求め、すべてのリンクの選択確率を α で拡大することで、全街路通行量を推定する方法である。

3.3.3. 回遊マルコフモデルを用いる方法

次に、回遊マルコフモデルを用いて、各リンクのリンクフロー、OD フローを推定する方法について説明する。回遊マルコフモデルに関する既存研究については、齋藤・中嶋・梶井 (1999)、齋藤・山城 (2001)、石橋・齋藤 (2000) などを参照されたい。

消費者の都心部内の渡り歩き行動を回遊行動とよぶ。都心部へ訪れ、最初に立ち寄ったノードが入口であり、2 番目以降のノードの渡り歩きを「回遊」と定義する。

回遊マルコフモデルは、消費者の回遊行動を、自宅を出発し、無限回の回遊を繰り返した後に帰宅すると想定し、定常吸収マルコフ連鎖として表現したモデルである。 H_0 を帰宅ノード (吸収状態)、 H を出発ノードとし、出発ノードと帰宅ノードを除いたノードの集合を I で表そう。消費者の回遊行動を状態推移確率 P で表す。

$$P = \begin{matrix} H_0 & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{HI} \\ P_{IH_0} & 0 & P_{II} \end{bmatrix} \\ H & \\ I & \end{matrix}$$

「当初自宅にいる」ということを、初期分布で表わすと、 $\pi^0 = [0 \ 1 \ 0]$ ($\mathbf{0}$ は零ベクトル) である。初期状態から、 P を無限回繰り返した後は、 $\pi^\infty = [1 \ 0 \ 0] = \pi^0 P^\infty$ となって、出発した人すべてが「帰宅する」ということが、 $\pi^\infty = [1 \ 0 \ 0]$ に表わされている。

回遊がどの程度引き起こされているのかを測る尺度として、「回遊効果」を定義しよう。単純化すれば、回遊効果とは、都心部に入った 1 トリップが、回遊によって、各ノードにたいする訪問頻度 (visit) としては何倍になって現れるか、を示そうとする尺度である。具体的には、2 回目以降に他のノードを経て、各ノードを訪れる総期待来街頻度として定義する。 P の分割行列を用い、 n 次の高次推移確率を求めると、 P_{HI} に対応する項は $P_{HI} P_{II}^{n-1}$ となる。これは n 回目に各ノードを訪れる確率であるから、2 回目以降をすべて加えて回遊効果 RE を求めると、次が得られる。

$$RE = P_{HI} P_{II} + P_{HI} P_{II}^2 + \dots = P_{HI} P_{II} (I - P_{II})^{-1}$$

また P_{HI} を単位行列に置き換えて得られる $P_{II} (I - P_{II})^{-1}$ は各商業施設に 1 トリップ入ったときに他の商業施設にどれだけ回遊来街頻度をもたらすかを示す尺度になる。

回遊効果を各ノードへの来街頻度ベースで表わすには、入口選択確率 P_{HI} を入口来街頻度 F_{HI} に置き換えればよく、その結果は回遊によって各ノードを訪れた人の数、回遊来街頻度となる。従って、各ノードへの総来街頻度 $TVST$ は入口来街頻度と回遊来街頻度に分解されて次のように表現できる。

$$TVST = F_{HI}(I - P_{II})^{-1}$$

リンクをノードと考えると、回遊マルコフモデルを適用した場合には、この $TVST$ が各リンクのリンクフローに相当する。したがって、来街地ベースパーソントリップ調査データと商業地区への出入口となるノードへの入口来街頻度のデータが得られれば、斎藤・中嶋・梶井（2001）の一致推定法を用いて OD パターンを推定し、OD パターンを回遊選択確率に変換し、回遊マルコフモデルを適用することで各リンクのリンクフローが推定できることになる。また、回遊マルコフモデルによる推定の特徴は、 F_{HI} に実際の入口来街頻度を使用することにある。これは、入口来街頻度を現実に値に調整した上で、来街者数を推定することに等しい。

本研究では、第 1 回大名地区通行量調査のリンク別流入人口を入口来街頻度 F_{HI} とすることで、回遊マルコフモデルによるリンクフローの推定を行う。

4. 一致推定法による OD パターンの推定結果

4.1. 一致推定法による推定結果

表 4.1 は、上述の排除サンプリングによる拡張された一致推定法を大名地区回遊行動調査の回遊行動履歴データに適用し、回遊経路の R 上の分布 q_r を推定した結果である。表 4.2 は、表 4.1 の q_r から式にしたがって推定した OD パターンである。

5. OD パターンの拡大方法とその評価

本章では、1) 総入込み来街者数による拡大方法、2) リンクフローによる拡大方法、3) 回遊マルコフモデルによる方法、の 3 つの拡大方法から、回遊経路の R 上の分布 q_r の計測結果、および一致推定法による推定結果を拡大し、大名地区のリンクフローを推定した結果を提示する。その上で、大名地区通行量調査で計測した店前通行量との比較を行うことで、回遊行動データを単純に集計した方法による推定値と一致推定法による推定値の精度について検証する。

5.1. 総入込み来街者数による拡大と評価

表 5.1 は、表 3.6 の回遊経路の集合 R の集計結果を R 上の分布 q_r の計測値に変換し、その q_r から大名地区のリンク選択確率をもとめたものである。また、表 5.2 は q_r の計測値を大名地区の総入込み来街者数 43,854 人/日で拡大し、推定した大名地区のリンクフローである。ここで、ビームス前、シップス前、ユナイテッドアローズ前の店前街路であるリンク 34, 35, 36 のリンクフローをみてみよう。ビームス前の店前通行量は 30,361 人/日、シップス前では 11,084 人/日、ユナイテッドアローズ前では 9,397 人/日と推定された。大名地区通行量調査によるビームス前、シップス前、ユナイテッドアローズ前の店前通行量は、それぞれ 17,161 人/日、8,935 人/日、7,190 人/日であった。この店前通行量と単純な方法によるリンクフローの推定結果を比較すると、ビームス前では 13,200 人/日、シップス前では 2,149 人/日、ユナイテッドアローズ前では 2,207 人/日の過大推定

表 4.1 回遊経路の分布 q_r の推定結果 (一致推定法による)

分 布	回遊経路パターン	分 布	回遊経路パターン
0.1515	37 34 1 1 34 37	0.0050	37 4 36 12 11 17 18 20 21 24 23 37
0.1016	37 4 4 37	0.0049	37 34 1 20 19 37
0.0992	37 34 1 34 37	0.0047	37 4 36 12 11 17 17 10 35 2 37
0.0896	37 2 2 37	0.0044	37 25 20 19 9 35 2 37
0.0640	37 4 37	0.0042	37 4 36 12 11 17 37
0.0544	37 3 18 19 8 6 37	0.0042	37 20 18 17 10 35 2 37
0.0409	37 14 13 12 11 10 9 19 20 1 34 37	0.0037	37 34 1 20 19 8 6 37
0.0364	37 4 36 12 11 10 35 2 37	0.0037	37 4 36 12 11 10 9 8 6 37
0.0304	37 14 13 36 4 37	0.0037	37 34 1 1 20 18 17 10 35 2 37
0.0278	37 14 13 12 11 10 35 2 37	0.0035	37 25 1 34 37
0.0229	37 4 36 13 14 37	0.0034	37 2 35 9 19 20 1 1 1 34 37
0.0172	37 26 28 3 3 28 27 19 9 35 2 37	0.0033	37 34 1 20 19 9 10 11 12 13 14 37
0.0147	37 6 8 9 35 2 37	0.0027	37 4 4 36 13 14 37
0.0147	37 6 8 9 35 2 2 37	0.0025	37 34 1 20 18 17 10 35 2 37
0.0147	37 2 35 10 11 11 11 10 35 2 37	0.0022	37 2 35 9 19 20 1 34 37
0.0146	37 2 37	0.0022	37 6 8 19 20 1 1 34 37
0.0130	37 34 1 20 18 17 11 12 36 4 37	0.0020	37 2 35 10 17 18 20 1 1 34 37
0.0129	37 34 1 20 18 3 3 18 20 1 34 37	0.0020	37 4 36 13 15 37
0.0123	37 2 35 10 11 12 36 4 37	0.0018	37 2 35 9 9 8 6 37
0.0105	37 2 35 10 11 12 13 14 37	0.0018	37 2 35 10 17 3 33 32 31 37
0.0101	37 34 1 1 20 19 9 35 2 37	0.0016	37 31 32 33 3 17 37
0.0087	37 31 32 33 3 17 10 9 8 6 37	0.0015	37 4 36 12 11 17 18 20 1 34 37
0.0073	37 4 36 12 11 10 35 2 2 37	0.0011	37 34 1 20 18 17 11 12 13 14 14 13 36 4 37
0.0070	37 16 15 13 36 4 37	0.0010	37 34 1 1 1 34 37
0.0066	37 7 21 1 34 37	0.0009	37 6 8 9 35 2 2 2 35 10 11 12 36 4 37
0.0066	37 5 8 19 20 1 34 37	0.0008	37 2 35 10 17 18 20 1 34 37
0.0063	37 34 1 20 19 9 10 11 12 36 4 37	0.0008	37 31 32 33 3 17 10 35 2 37
0.0062	37 34 1 20 19 9 35 2 37	0.0007	37 2 35 10 17 3 3 17 11 12 36 4 37
0.0060	37 34 1 20 27 28 33 32 31 31 32 33 28 27 20 21 22 37	0.0006	37 14 14 13 12 11 17 3 3 17 10 35 2 37
0.0057	37 34 1 25 37	0.0004	37 4 36 12 11 17 3 29 30 37
0.0057	37 26 27 19 9 10 11 12 36 4 37	0.0004	37 4 4 4 37
0.0050	37 34 1 20 18 3 28 37		
計		1.0000	

となった。

次に、表 5.3、表 5.4 をみてみよう。表 5.3 は一致推定法により推定された大名地区のリンク選択確率であり、表 5.4 は、一致推定法により推定した q_r を総入込み来街者数で拡大し、大名地区のリンクフローを推定した結果である。この結果をみると、ビームス前のリンクフローは 17,794 人/日、シップス前では 9,042 人/日、ユナイテッドアローズ前では 7,381 人/日の推定値をえた。ビームス前、シップス前、ユナイテッドアローズ前の店前通行量の計測結果と比較すると、ビームス前では 633 人/日、シップス前では 107 人/日、ユナイテッドアローズ前では 191 人/日の誤差があった。

以上のように、 q_r を総入込み来街者数で拡大する方法でリンクフローを推定すると、回遊経路を集計し q_r を求めた単純な方法よりも一致推定法による q_r の推定値を用いたほうが、各店前通行量の計測値に非常に近い推定値が得られることがわかる。

5.2. 街路通行量（リンクフロー）による拡大

次に、3.3.2 のリンクフローによる拡大方法を用いて、大名地区リンクフローを推定する。大名通行量調査では、ビームス前、シップス前、ユナイテッドアローズ前のリンク 34、35、36 で店前通行量の計測結果が得られており、これら店前通行量と一致推定法により推定されたリンク 34、35、36 の選択確率を用いて、リンク 34、35、36 の拡大係数を計算する。これらの拡大係数をすべてのリンク選択確率に掛け合わせて、リンクフローを推定する。

表 5.5 は一致推定法により推定した q_r を用い、ビームス前の計測リンクフローで拡大した大名地区リンクフローの推定結果である。観測されたビームスの店前通行量は 17,161 人/日であり、ビームス前のリンク 34 の確率ベースでのリンクフロー密度の一致推定値は 0.406 であった。したがって、この場合の拡大係数は $17,161/0.406=42,294.9$ となる¹³。この拡大係数もちいたシップス前のリンクフローの一致推定値は 8,720 人/日、ユナイテッドアローズ前のそれは 7,118 人/日となった。また、店前通行量の計測値との差はシップス前では -215 人/日、ユナイテッドアローズ前では -72 人/日であり、通行量調査の計測結果と推定値はほぼ同じ結果となった。

ここで、リンク 37 の推定値をみてみよう。リンク 37 は実際には自宅ノードであるが、本研究では仮想的にリンクとして扱っている。リンク 37 のフローは、自宅へのフローであり、これは総入込み来街者数に相当する。このリンク 37 の推定値は、42,295 人/日であり、大名地区の総入込み来街者数 43,854 人/日にほぼ一致している。

表 5.6 は一致推定法による q^r をシップス前の店前通行量で拡大した大名地区リンクフローの推定結果である。シップス前の店前通行量による拡大係数は 43337.3 となった。このシップス前の店前通行量で拡大した結果、ビームス前のリンクフローは 17,584 人/日、ユナイテッドアローズ前では 7,294 人/日である。また、総入込み来街者数は 43,337 人/日である。

¹³ $17161/0.406=42268.5$ であり、本文中の 42294.9 と一致しない。これは、0.406 が小数点第 4 桁を四捨五入で丸めた数値であることによる。 $17161/0.405746=42294.9$ のように、実際の計算は、0.406 ではなく、丸める前の 0.405746 を使っている。他も同様である。

表 4.2 OD パターンの推定

リンク 番号	着地リンク																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.178	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.113	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.067
4	0.000	0.000	0.000	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.072	0.000	0.000	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.002	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053	0.000	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.131	0.029	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.132	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069	0.000	0.041	0.002	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.101	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000
17	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.009
18	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042
21	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
32	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34	0.336	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35	0.000	0.171	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
36	0.000	0.000	0.000	0.077	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
自宅	0.000	0.154	0.054	0.257	0.007	0.033	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.007	0.000	0.000
計	0.597	0.438	0.135	0.439	0.007	0.105	0.007	0.111	0.146	0.215	0.231	0.186	0.150	0.142	0.009	0.007	0.063	0.119

同様に、表 5.7 はユナイテッドアローズ前の店前通行量で拡大した推定結果である。ユナイテッドアローズ前の店前通行量による拡大係数 42,721.3 を使って、リンクフローを拡大すると、ビームス前では 17,334 人/日、シブス前では 8,808 人/日、総入込み来街者数では 42,721 人/日の推定値を得た。

このように、一致推定法による OD パターンと単一のリンクフローから拡大係数を計算し、全リンクフローへ拡大する方法においても、リンクフロー、総入込み来街者数の推定値が現実の通行量にほぼ一致することを示すことができた。さらに推定精度を上げる方法としては、3.3 節でも述べたように、複数のリンクフローの実測値とこれらに対応する確率との異なった拡大係数を重み付けて用いる方法の理論的、実証的な検討が重要であり、今後の研究課題である。

結果 (一致推定法による)

19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	帰宅	計
0.000	0.079	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.334	0.000	0.000	0.000	0.597
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.051	0.000	0.274	0.438
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.135
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.091	0.243	0.439
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.072	0.105
0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.111
0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.068	0.000	0.000	0.146
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.103	0.000	0.000	0.215
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.231
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039	0.000	0.186
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039	0.000	0.150
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039	0.142
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.009
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.063
0.054	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.119
0.000	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.171
0.039	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.171
0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.006
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.005
0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.014
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
0.023	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.005	0.051
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.002	0.025
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.025
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.334	0.670
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.670
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.168
0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.336	0.000	0.000	0.000	1.000
0.171	0.171	0.018	0.006	0.005	0.005	0.014	0.023	0.035	0.051	0.000	0.000	0.025	0.025	0.025	0.670	0.222	0.168	1.000	5.742

5.3. 回遊マルコフモデルを用いる方法

最後に、回遊マルコフモデルを用いた方法によるリンクフローの推定結果をみていこう。

表 5.8 は、一致推定法により得られた q_r を用いて回遊マルコフモデルに適用し、大名地区のリンクフローを推定した結果である。ここで、回遊マルコフモデルによる推定に必要な入口来街者数は、大名地区の出入口となるリンクへの流入人口の計測データを用いた。これは入口来街者数を調整したことと同じ意味をもつ。

表 5.8 をみてみよう。ビームス前のリンク 34 のリンクフロー推定値は 26,666 人/日、シップス前のリンク 35 では 7,154 人/日、ユナイテッドアローズ前のリンク 35 では 4,323 人/日となった。店前通行量の計測値と比べると、ビームス前では 9,505 人/日ほど多く、シップス前では 1,781 人/日、ユナイテッドアローズ前では 2,867 人/日ほど少なく推定された。

表 5.1 単純な方法を用いた大名地区リンクの選択確率

(単位: %)

リンク番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
リンクフロー	65.9	47.8	8.2	53.3	0.5	4.9	0.5	5.5	12.1	22.5	24.2	22.5	11.0	10.4	1.1	0.5	14.8	9.3	11.0
店前通行量の計測地点	ビームス シップス ユナイテッドアローズ																		
リンク番号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
リンクフロー	19.2	1.6	0.5	0.5	0.5	1.6	1.1	2.2	2.7	0.5	0.5	3.3	3.3	3.3	69.2	25.3	21.4	100.0	

表 5.2 単純な方法を用いた大名地区リンクフローの推定 (総入込み者数による拡大)

(単位: 人/日)

リンク番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
リンクフロー	28,915	20,963	3,614	23,373	241	2,169	241	2,410	5,301	9,879	10,602	9,879	4,819	4,578	482	241	6,506	4,096	4,819
店前通行量の計測地点	ビームス シップス ユナイテッドアローズ																		
リンク番号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
リンクフロー	8,433	723	241	241	241	723	482	964	1,205	241	241	1,446	1,446	1,446	30,361	11,084	9,397	43,854	
店前通行量の 実測値	17,161 8,935 7,190																		

表 5.3 一致推定法を用いた大名地区リンクの選択確率

(単位: %)

リンク番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
リンクフロー	40.6	31.0	10.4	33.4	0.7	10.5	0.7	11.1	14.4	20.0	20.1	18.6	14.9	14.0	0.9	0.7	5.7	10.6	17.1
店前通行量の計測地点	ビームス シップス ユナイテッドアローズ																		
リンク番号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
リンクフロー	15.2	1.8	0.6	0.5	0.5	1.4	2.3	2.9	2.8	0.0	0.0	1.9	1.9	1.9	40.6	20.6	16.8	100.0	

表 5.4 一致推定法を用いた大名地区リンクフローの推定 (総入込み者数による拡大)

(単位: 人/日)

リンク番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
リンクフロー	17,794	13,609	4,559	14,661	289	4,592	289	4,881	6,321	8,784	8,819	8,173	6,548	6,153	395	307	2,508	4,648	7,158
店前通行量の計測地点	ビームス シップス ユナイテッドアローズ																		
リンク番号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
リンクフロー	6,658	773	265	219	219	595	1,004	1,269	1,237	19	19	828	828	828	17,794	9,042	7,381	43,854	
店前通行量の 実測値	17,161 8,935 7,190																		

表 5.5 一致推定法を用いた大名地区リンクフローの推定 (ビームス店前通行量による拡大)

(単位: 人/日)

リンク番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
リンクフロー	17,161	13,125	4,397	14,139	279	4,429	279	4,707	6,097	8,472	8,505	7,883	6,316	5,934	381	296	2,419	4,483	7,250
店前通行量の計測地点	ビームス シップス ユナイテッドアローズ																		
リンク番号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
リンクフロー	6,422	746	256	212	212	574	968	1,223	1,193	18	18	798	798	798	17,161	8,720	7,118	42,295	
店前通行量の 実測値	17,161 8,935 7,190																		

表 5.6 一致推定法を用いた大名地区リンクフローの推定（シップス店前通行量による拡大）
（単位：人/日）

リンク番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
リンクフロー	17,584	13,448	4,506	14,488	286	4,538	286	4,823	6,247	8,681	8,715	8,077	6,471	6,081	391	303	2,479	4,593	7,429
店前通行量の計測地点																ビームス	シップス	ユナイテッドアローズ	
リンク番号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
リンクフロー	6,580	764	262	217	217	588	992	1,254	1,223	19	19	818	818	818	17,584	8,935	7,294	43,337	
店前通行量の 実測値																17,161	8,935	7,190	

表 5.7 一致推定法を用いた大名地区リンクフローの推定（ユナイテッドアローズ店前通行量による拡大）
（単位：人/日）

リンク番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
リンクフロー	17,334	13,257	4,442	14,282	282	4,473	282	4,755	6,158	8,557	8,591	7,962	6,379	5,994	385	299	2,444	4,528	7,323
店前通行量の計測地点																ビームス	シップス	ユナイテッドアローズ	
リンク番号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
リンクフロー	6,486	753	258	214	214	580	978	1,236	1,205	19	19	806	806	806	17,334	8,808	7,190	42,721	
店前通行量の 実測値																17,161	8,935	7,190	

表 5.8 一致推定法を用いた大名地区リンクフローの推定（回遊マルコフモデルを用いた方法による）
（単位：人/日）

リンク番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
リンクフロー	26,119	12,842	2,404	8,681	724	9,586	4,645	6,193	5,417	6,557	6,929	5,663	5,254	5,681	70	0	1,618	3,036	5,809
店前通行量の計測地点																ビームス	シップス	ユナイテッドアローズ	
リンク番号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
リンクフロー	6,467	5,063	3,259	2,086	1,437	1,216	737	1,119	1,565	8	971	2,457	2,237	1,752	26,666	7,154	4,323		
店前通行量の 実測値																17,161	8,935	7,190	

6. 結論と今後の課題

本研究では、斎藤・中嶋・梶井（2001）による一致推定法を福岡市大名地区で実施した来街地ベースパーソントリップ調査である回遊行動調査データに適用し、大名地区内の OD パターンを推定するとともに、これを実数ベースの OD フローに拡大し、大名地区通行量調査データと比較して、その精度の評価を行った。

本研究の意義は、排除サンプリングを導入することで、斎藤・中嶋・梶井（2001）による一致推定法を、同一サンプリング地点を 2 回以上訪問するサンプルを含んだ場合へと拡張し、これを実際の来街地ベースパーソントリップ調査にはじめて適用したことにある。さらに、OD パターンの推定値を OD フローに拡大するいくつかの方法を提案し、とくに、一つのリンクフローからの拡大方法では、対象地域への総入込み来街者数の推定が可能であること、を示したことも本研究の意義である。

今後の課題としては、本研究で提案した OD パターンから OD フローの拡大方法のうち、入口来街頻度と出口来街頻度による回遊パターンの調整を行う方法や複数の実測街路通行量データを用いて、推定された街路通行量を調整する方法の理論的、実証的検討を挙げることができる。

さらに、来街地ベースパーソントリップ調査では、サンプリング地点を通過しないルートは観測されない、ゼロ頻度問題がおこる。齋藤・中嶋 (2001) は、ゼロ頻度問題の所在を明らかにし、一致推定法を拡張した I-射影法による新しい解法を提案している。この齋藤・中嶋 (2001) の方法を実際の回遊行動データへ適用し、実用化にむけた実証的研究を行うことも今後の課題である。

参 考 文 献

- [1] 石橋健一・齋藤参郎, “回遊行動モデルからみた都心空間評価”, 熊田禎宣編, 『公共システムの計画学』第 11 章, 技報堂出版, 2000, pp. 177-193.
- [2] 岩永厚志・上田周嗣・貝通丸葉子・古賀義彦・藤井愛・山浦学, “大名・西通り通行量調査分析結果”, 福岡大学経済学部齋藤研究室・福岡大学都市空間情報行動研究所編, 『大名・西通り街づくりマーケティング調査研究発表会梗概集』, 2000, pp. 1-2.
- [3] 梶井昌邦, 『Choice-based バイアスをともなった統計的逆問題の理論と応用—都心部への入込み者数および回遊パタンの同時逆推定法の構成と評価—』, 福岡大学博士論文, 2000.
- [4] Saito, S. *Extensions of Iterative Proportional Fitting Procedure and I-projection Modeling*, Kyushu University Press, 1998.
- [5] Saito, S. “On-site trip-chain data and choice-based bias correction”, Paper presented at The 17th PRSCO (Pacific Regional Science Conference Organization) held at Portland, U.S., 2001.
- [6] 齋藤参郎・梶井昌邦・中嶋貴昭, “来街地ベースサンプリングによる都心商業地への入込者数予測モデルの構築と評価”, 『地域学研究』, 日本地域学会, Vol. 29, No. 1, 1999, pp. 55-74.
- [7] 齋藤参郎・梶井昌邦・中嶋貴昭, “都心商業空間における商業施設への消費者来街者数と回遊パタンの同時推定逆問題について”, 『地域学研究』, 日本地域学会, Vol. 30, No. 1, 2000, pp. 213-229.
- [8] 齋藤参郎・熊田禎宣・石橋健一, “来街者調査ベースポアソン回帰集客予測モデルの提案とその応用”, 『都市計画論文集』, No. 30, 1995, pp. 523-528.
- [9] Saito, S., Kumata, Y., and Ishibashi, K. “A choice-based Poisson Regression model: Its integrated use with Markov shop-around model to evaluate city center retail redevelopment”, Paper presented at 3rd Recent Advances in Retailing and Services Science Conference held at Telfs-Buchen, Austria, 1996.
- [10] 齋藤参郎・中嶋貴昭, “来街地ベースパーソントリップ調査による OD パタンの一致推定法の拡張”, 第 38 回日本地域学会年次大会提出論文, 2001.
- [11] 齋藤参郎・中嶋貴昭・梶井昌邦, “消費者回遊行動からみた大規模再開発による都心部の構造変化に関する実証的研究”, 『地域学研究』, Vol. 29, No. 3, 1999, pp. 107-130.
- [12] 齋藤参郎・中嶋貴昭・梶井昌邦, “来街地ベースパーソントリップ調査による OD パタンの一致推定法”, 『地域学研究』, 日本地域学会, Vol. 31, No. 3, 2001, pp. 191-208.
- [13] 齋藤参郎・山城興介, “回遊行動からみた都心 100 円バスの経済効果の推計—福岡都心部におけるケーススタディー—”, 『地域学研究』, 日本地域学会, Vol. 31, No. 1, 2001, pp. 57-75.
- [14] 徳安まりい・広次洋子・向井優・山口千春, “大名地区における消費者の回遊経路パターン分析”, 福岡大学経済学部齋藤研究室・福岡大学都市空間情報行動研究所編, 『大名・西通り街づくりマーケティング調査研究発表会梗概集』, 2000, pp. 29-31.

An application of the consistent OD estimation for
on-site person trip survey :
Estimating the shop-around pattern of consumers
at Daimyo district of Fukuoka City, JAPAN

Saburo SAITO* and Takaaki NAKASHIMA**

The purpose of person trip survey is to collect data of trip chains, which are defined as sequences of OD (Origin-Destination) pairs. Traditionally, the person trip survey has been conducted by home-based sampling, in which samples of trip makers are drawn at random at their home. While it can be said a reliable method, the home-based person trip survey takes quite expensive cost.

With this defect in mind, Saito, Nakashima, and Kakoi (2001) first have shown that there exists a consistent method to estimate OD pattern from on-site person trip survey, which drastically reduces implementation cost. Since the purpose of their paper is to show that their method is consistent, they have provided a simple numerical example only. They left various topics toward actual implementation as further research themes.

The purpose of this study is to demonstrate the effectiveness of their estimation method with actual data. More specifically, we have collected consumer's shop-around data by interviewing visitors at Daimyo district, which is the hottest spot for young generation at the city center of Fukuoka City. Since consumer's shop-around is equivalent to consumer's trip chaining behavior, consumer's shop-around data collected at city center is simply seen as the data from an on-site person trip survey. Similarly, consumer's shop-around pattern at Daimyo district can be seen as an OD pattern for shoppers. With applying our consistent estimation method to consumer's shop-around data at Daimyo district, we have estimated the OD (shop-around) pattern. We also have demonstrated the effectiveness of our consistent method by comparing the estimated OD pattern with actual pedestrian flows data collected elsewhere.

* The Fukuoka University Institute of Quantitative Behavioral Information for City and Space Economy (FQBIC) Director, Fukuoka University Professor

** The Fukuoka University Institute of Quantitative Behavioral Information for City and Space Economy (FQBIC) Post Doctor