

住区内交通への多経路確率配分モデルの適用に関する研究

A Study of the Probabilistic Multipath Assignment Model
for the Traffics in Residential Areas

山中 英生^{*}、天野 光三^{**}、渡瀬 誠^{***}

By Hideo YAMANAKA, Kozo AMANO and Makoto WATASE

A street system in a residential area provides many alternate routes between the origin and destination which vary slightly with respect to length. Because the pedestrians, bicycle and car users would choose their route reflecting the route characteristics and their preference, many routes would be used in a probabilistic manner. This study is to develop the probabilistic multipath assignment model for traffics in residential areas using Dial's model. In this paper, multipath assignment models for pedestrians, bicycle and car users are built based on the analysis of the trips in two residential areas in Osaka city, and the transferability of these models is examined through the application to a different residential area.

1. はじめに

住宅地区内の道路は、通勤や買物などの歩行者や自転車の交通、さらに沿道住民の生活の場としても利用され、快適な街路環境の創造が必要となっている。このため、住宅地区を対象として、歩行者や自転車の安全な通行空間の整備、さらに自動車交通の抑制などの施策が最近盛んに進められている。

このような住区交通計画では、地区特性に合った計画策定のため、住区内の交通流動を把握し、かつ施策による交通の変化を予測することが必要になる。しかしながら、狭小な地区の交通量予測手法については研究事例が少なく、今後の研究に待たれる点が少ない。こうした住区内交通量推計手法の研究の一環として、本研究は住区内の歩行者・自転

車、および自動車交通の経路配分方法を検討したものである。

以下では、まず2で住区内交通の経路特性に関する従来の研究を概観し、3で本研究でのモデルの基本的な考え方と推定方法を示す。次に、4でモデル作成の対象地区と経路調査の概要を示し、5において多経路確率配分モデルの推定結果を示すとともに、6で得られた配分モデルを他地区での経路調査に適用して精度を検討する。最後に7では得られた結果と今後の課題をまとめる。

2 住区内交通の経路選択特性と経路配分手法

1) 経路選択特性に関する研究事例

住区内の歩行者交通の経路選択特性に関する研究は従来より多く、その分析方法は表-1のように、利用者の経路選択行動の結果として生じる街路区間交通量に着目して、街路特性との関連を分析する方

* 正員 工修 京都大学助手 工学部交通土木工学科

** 正員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学科

*** 学生員 京都大学大学院修士課程 工学研究科
(〒606 京都市左京区吉田本町)

表-1 歩行者の経路選択特性に関する従来の研究

分析対象 データ	説明 変数	方法	文 献
街区区間 別 利用者数	街路 特性	1. 歩行者交通量と経路特性との関係进行分析 2. 調査経路のOD間に最短経路配分した場合の 利用者数と実際の街路別利用者数の比の対数 を用いて街路特性との関連进行分析	1) 2)
選択経路 非選択経 路の相違	経路 特性	3. 選択された経路以外の代替経路を1本抽出し て2つの選択肢の特性を判別分析 4. 選択された経路以外に利用可能と思われる経 路を列挙して多項選択モデルにより分析	3)4) 5) 6)
利用経路 の相違	経路 特性	5. 迂回経路利用者と最短経路利用者の経路特性 の違い进行分析	7)

法¹⁾²⁾と、利用者の経路に着目した分析^{3)~7)}がある。後者の多くは、利用者の代替経路集合を作成し、選択行動として分析する方法を用いている。これらいずれの研究でも歩行者は最短経路からの迂回がある程度の範囲で、望ましいと思う経路を利用することが基礎的な知見となっている。

また表-2は、それぞれの研究で指摘された経路選択特性をまとめたものである⁸⁾。分析方法にかかわらず、共通した傾向がとらえられており、一般に広くて道路景観の良い道、安全性の高い道、にぎやかな道を選好するといった傾向が見られる。

これに対して自転車の場合の研究例は少ないが、広い道や自動車の少ない道を好む傾向が指摘されている⁹⁾。また、徒歩に比べて走行距離に対する抵抗感が低いため最短経路以外の経路の選択傾向はさらに増すと考えられる。

また、住区内自動車交通の経路特性についての研究例⁹⁾では、表-1の3、4の方法を用いて、幅員が広く、折れ曲りが少ないといった、走行速度や所要時間に関する要因が大きいことを指摘している。

2) 経路配分手法とその問題点

以上のような研究によって、住区交通の経路選択特性について多くの貴重な知見が得られている。しかし、こうした経路選択特性を考慮した経路配分の方法については検討された例は少ない。例えば、道路区間特性によって心理的な距離低減効果を仮定した上で、最短経路に配分する方法や¹⁰⁾、最短距離経路配分の推計量を、街路特性値により補正する方法²⁾が提案されている。

しかしながら、住区内の道路網はかなり密に構成されており、トリップのOD間には最短経路とさほど距離の変わらない経路が多数存在する。人々は、これらの経路の中から、最も望ましいと思う道を選ぶわけであろうが、個人による選好性の違いなどによって、同じOD間でも異なった経路が利用される。このため、最短経路のみを選択する仮定に基づ

表-2 歩行者の経路選択特性の分析事例

経路 特性	広 さ	自 動 車 へ の 安全 性	人 通 り の 便 利 性	店 店 の 多 少	景 観	道 路 の 良 悪	交 差 点 の 多 少	損 失
文 分 析 対 象	道 が 広 い	歩 道 が 多 い	歩 道 が 多 い	歩 道 が 多 い	歩 道 が 多 い	歩 道 が 多 い	歩 道 が 多 い	歩 道 が 多 い
1) 商業地買物交通	+	+	+	+	+	+	+	-
2) 住区内徒歩	+	+	+	+	+	+	+	-
3) 昼間トリップ	+	+	+	+	+	+	+	-
夜間トリップ	-	-	-	-	-	-	-	-
4) 通勤	+	+	+	+	+	+	+	-
通学	+	+	+	+	+	+	+	-
買物	+	+	+	+	+	+	+	-
5) 通勤	+	+	+	+	+	+	+	-
買物	+	+	+	+	+	+	+	-
6) 一般人	+	+	+	+	+	+	+	-
老人	+	+	+	+	+	+	+	-
7) 住区内徒歩	+	+	+	+	+	+	+	-

+: 選好 - : 反発 *: 性別、年齢によって異なる

いた配分方法では、現実を反映しないことが多い。

こうした欠点を補うためには、OD間の複数の経路の利用を考慮することが必要になる。例えば、自動車交通で用いられる等時間配分手法もその1つの方法であるが、住区内道路では現実には混雑がさほど生じない上、自転車や歩行者には概念自体が適用しにくい。そこで、あらかじめ代替経路の範囲と設定方法を決めて、各利用者の全ての代替経路を列挙して、選択率を推計する方法も検討されている⁹⁾。しかし、実際の住区道路網では、多くの代替経路の列挙に計算時間がかかり、実用的でなくなる。

このような点を考えて筆者らは、配分計算時に代替経路を列挙する必要のないDialの多経路確率配分モデル¹¹⁾を適用し、同時に距離以外の経路選択特性の考慮を検討しており、歩行者、自転車についての適用結果を既に発表している⁵⁾。本稿では、自動車交通の考慮と折れ曲りの経路特性の考慮を加えて、さらに道路特性の異なった地区を対象として地区によるモデルの違いや移転性を見当することを目的としている。

3 モデルの基本的考え方

(1) 経路選択行動に対する仮定

ここでは、通勤や買物等の明確な目的地を持った歩行者や自転車のトリップのみを対象とする。そして基本的な仮定として、歩行者や自転車の利用者は自らの出発地から目的地に至る経路群に対して、その経路特性によって決まる評価値を持っており、その評価値が最も望ましい経路を選ぶとする。

さらにここでは、この経路評価値は、経路の距離や時間といった非効用の形で表されるとし、しか

も、効率的な配分方法を用いるための仮定として、経路の非効用値は経路を構成している道路区間（リンク）の非効用の和として算定できると考える。

$$D_{nj} = \sum_{i \in P_{nj}} t_{ni} \quad (1)$$

ここで、 D_{nj} :個人 n の経路 j の非効用 t_{ni} :リンク i の非効用
 P_{nj} :経路 j を構成するリンク集合

また、この道路区間の非効用 t_{ni} は、その街路特性によって定まると考え、例えば、歩行者や自転車の場合には、次のように距離の形で表現する。

$$t_{ni} = L_i + \sum \alpha_{nk} \cdot X_{ik} \cdot L_i + \sum \beta_{nk} \cdot Y_{ik} \quad (2)$$

ここで、 L_i :リンク i の実距離(m)

X_{ik} :道路幅員など比例的な距離増加効果をもつ特性の値

Y_{ik} :交差点特性など距離の加算効果をもつ特性の値

α_{nk} : X_{ik} による距離増加率を表わすパラメータ

β_{nk} : Y_{ik} による距離増加量を表わすパラメータ

X_{ik} と Y_{ik} は、それぞれ道路の幅員などの道路区間特性と折れ曲りなどの交差点特性を示している。この場合、交差点の特性を考慮するため図-1のようなリンクを用いてネットワークを表現している。

また、自動車の場合は、道路状況によって走行速度が大きく変化するため、次式のように、時間単位で非効用を表現する。

$$t'_{ni} = \frac{L_i \cdot 3.6}{\gamma' + \sum \alpha'_{nk} \cdot Z_{ik}} + \sum \beta'_{nk} \cdot W_{ik} \quad (3)$$

ここで、 Z_{ik} :道路幅員など速度上昇効果をもつ特性の値

α'_{nk} : Z_{ik} による速度上昇率を表わすパラメータ

W_{ik} :折れ曲りなど時間損失を与える特性の値

β'_{nk} : W_{ik} による時間損失量を表わすパラメータ(秒)

γ' :速度の初期値(km/h)

(2) 経路選択モデル

各利用者は基本的には経路の非効用値が最小の経路を選択するが、経路の情報の不足、外的に観察が不可能な要因、個人属性などの影響によって、非効用値が変動すると考える。ここで、ランダム効用の仮定と同様に、一般化距離の変動が経路に独立で同一のガンベル分布に従うとすれば、各経路の選択確率は次のロジット式で推計できる。

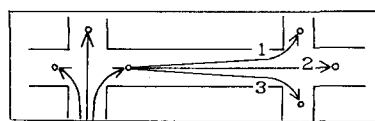
$$Pr_n(j) = \frac{\exp(-\theta_n \cdot D_{nj})}{\sum_{j \in C_n} \exp(-\theta_n \cdot D_{nj})} \quad (4)$$

ここで $Pr_n(j)$:個人 n が経路 j を選択する確率

C_n :個人 n が利用可能な経路群

θ_n :選択確率を制御するパラメーター この値が0のとき全ての利用可能経路を同確率で選択し∞のとき最短経路のみを選択することになる。

こうしたロジットモデルを仮定すると、経路同志の重なり、すなわち経路の類似性を考慮できない欠点はあるが、計算上の効率性において優れている。



1,2,3を
それぞれ
別のリンク
と考える

図-1 折れ曲りを考慮したリンク

(3) Dialの配分方法

Dialによって提案されている配分方法により、トリップのOD間の利用可能経路に対して(4)式の経路選択率に従って交通を配分することができる。この際、利用可能経路をどのように決めるかが問題となるが、Dialは「1つの道路区間を通過するつど常に出発地から遠ざかる（出発地への最短距離が長くなる）経路」⁽¹⁾と定義し、これをEfficient Path（有効経路あるいは効率的経路）と呼んでいる。この定義とロジットモデルによって、OD間の経路群を列挙することなく配分計算ができることがDial法の特徴であり、Dialのアルゴリズム⁽¹⁾⁽²⁾では最短経路配分とさほど変わらない手間です計算できる⁽⁵⁾。

(3) モデルの推定方法

まず、モデル作成では、均一な利用者集合（適用例では手段や地区で分類）を仮定して、その中では α_{nk} や θ_n は n にかかわらず一定とする。そして、未知パラメータ θ 、 α 、 β 、 γ は、実際の利用経路のOD間に対して(4)式を適用して、その結果が実経路と最も良く整合するように繰返し法により推定する。本研究では、モデルを用いた配分によって得られる道路区間交通量と、実際に選択された経路から得られる道路区間交通量の二乗誤差（次式）が最小となるパラメーターを求める方法を用いている。

$$\sum_{s,k} (X_{sk} - X_{sk}^*)^2 \rightarrow \min \quad (5)$$

ここで X_{sk} :目的地が s のトリップのモデル配分交通量

X_{sk}^* :目的地が s のトリップの利用経路による交通量

θ は二次補間法を用いて(5)式の極値探索から推定する。 θ が変化しても有効経路群は変わらないため、この推定は最短経路探索を繰り返す必要がなくできる。その他のパラメーターは値の変化によって各個人の有効経路集合が変化するため、ニュートン法などの効率的手法が適用できない。そこで次のような段階的な総当たり法を用いた。まず各パラメーターの上限値と下限値および、推計精度を設定する。そして、パラメーターの組合せ（きざみ幅は上下限値の範囲の5分の1とした）について θ を推定する。次にその組合せ中で推定量の最小となるものを中心としてきざみ幅を新たな上下限値として繰返し、精度が得られたところで終了する。

4 基礎調査の概要

(1) 対象地区の概要

モデル作成は、大阪市の城東区関目地区（面積約196ha常住人口約4万人）、および都島区都島地区（同約100ha 1.9万人）の住宅地区を対象とした。両地区の道路網と施設分布状況を図-2、3に、また道路構成の状況を図-4、5に示す。両地区とも大半の地域で、道路網が格子状に整備されている。ただし関目地区は都島地区に比べ、道路幅員が全体に広く、歩道設置や生活ゾーン規制による一方通行の割合も高い。

(2) アンケート調査の内容

表-3は両地区で行った経路調査の概要を示したものである。ここではサンプルの少なかった関目地区での自動車利用を除き、表内に示す徒歩、自転車のトリップを分析対象としている。

表-4は経路の選択理由（複数解答）のアンケート結果である。両地区とも徒歩の場合で約8割、自転車では7割、自動車では9割の人が選択理由として最短経路であることを挙げている。ただし自動車の場合は最短時間を意識しているとも考えられる。

それ以外の項目は指摘率が低く、徒歩と自転車では目的による違いはさほど見られない。関目地区で20%以上の指摘率が見られるのは「車が少なければ」「歩道があるから」の理由である。また、都島では自転車利用者が信号の少さを指摘しているほか、人通りの少さや舗装の良さを指摘する人もやや見られる。車では道の広さが指摘されている。

地区によって設問構成が違うため単純には比較できないが、地区によって経路の選択理由が異なるのは道路全体の特性が違えば、当然、そのなかで人々がよりよいと感じる道も変わるためであろう。例えば、歩道がある道を理由にする人が少なくなっているのも、都島では歩道のある道が少ないことが影響しているのかもしれない。

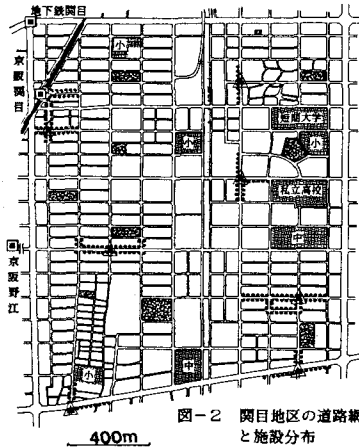


図-2 関目地区の道路網と施設分布



図-3 都島地区の道路網と施設分布

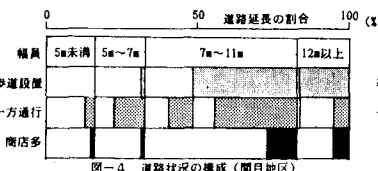


図-4 道路状況の構成（関目地区）

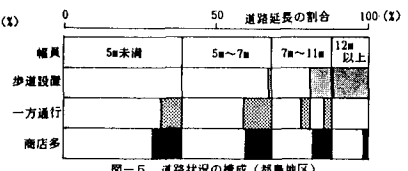


図-5 道路状況の構成（都島地区）

表-3 モデル作成に用いた経路調査と経路データの概要

地区	関目地区調査	都島地区調査
調査対象	昭和58年12月調査 397世帯 298票（回収率74.6%） 世帯の一人が代表して解答	昭和60年10月調査 277世帯 495票（回収率83.5%） 世帯の中学生以上全員
質問形式	買物、通勤、通学目的の 日常の利用経路とその手段	徒歩・自転車・自動車利用の 日常の行き先、経路
分析対象	手段 目的 平均トリップ長 歩 通勤 175 748.6(m) 買物 290 528.6 計 465 572.0 自 通勤 112 1056.5 買物 107 484.0 計 219 630.2	手段 目的 平均トリップ長 歩 通勤 60 582.6(m) 買物 234 481.6 計 294 502.2 自 通勤 29 849.4 買物 135 686.7 計 164 680.1 自動車 45 1048.8

注）トリップ長は分析対象地区内の範囲での経路長

表-2 アンケートによる経路の選択理由

地区	関目	都島
理由	徒歩	自転車
手段	徒歩	自転車
目的	通勤	買物
最短経路だから	80	77
人通りが多い	0	0
人通りが少ない	0	0
歩道がある	0	0
信号が多い	0	0
信号が少ない	0	0
道路が広い	0	0
一方通行が多い	0	0
対面通行が多い	0	0
一時停止が少ない	0	0
折れ曲がりが少ない	0	0
自動車・駐車が少しい	0	0
景色が多い・景色が良い	0	0
舗装が良い	0	0

数字は指摘した人の割合（%）



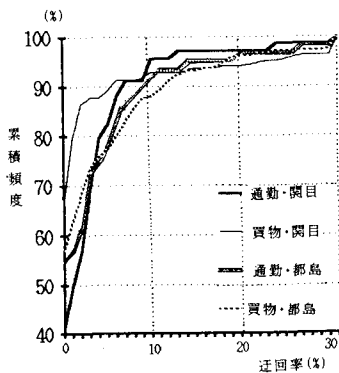


図-6 徒歩トリップの迂回率分布

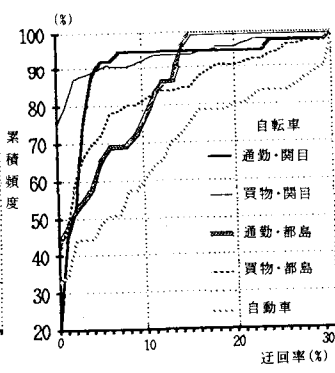


図-7 自転車・自動車トリップの迂回率分布

注) 迂回率は以下の算定による

$$\text{迂回率} = \frac{\text{利用経路長} - \text{最短経路長}}{\text{最短経路長}} \times 100 (\%)$$

 縦軸はそれぞれ全トリップに対する累積の頻度を表す。

表-5 判別分析に用いた経路特性の変数

変数	単位	略称
幅員	幅員が7m以上の道路の延長割合	% 幅員7m以上率
	5m以上	% 幅員5m以上率
	5m未満	% 幅員5m未満率
	5m-7m	% 幅員5-7m率
歩道	歩道付道路の延長割合	% 歩道完備道路率
	一方通行路の延長割合	% 一方通行路率
	自動車通行禁止道路の延長割合	% 道禁道路率
商店	商店密度が4軒/100m以上の道路の延長割合	% 商店4件以上率
	1-4件	% 商店1-4率
	1件未満	% 商店1件未満率
屈折	折れ曲り回数/100m	回 折れ曲り数
信号	信号交差点通過回数/100m	回 信号数

注) 利用経路群および最短経路群の変数値は以下のように各個人について差をとって基準化している。

$$\text{利用経路に対する値} = \frac{\text{利用経路の特性値} - \text{最短経路の特性値}}{\text{最短経路に対する値} - \text{最短経路の特性値} - \text{利用経路の特性値}}$$

(3) 迂回率の分析結果

次に、2500分の1の地図から道路網を座標入力装置で計算機に入力し各道路距離をm単位に算定し、地図上の厳密な最短経路を求め、実際の選択経路と比較した。図-6、7は歩行者・自転車と自動車について、最短経路からの迂回率の累積頻度を示している。これによると、歩行者ではいずれの場合も最短経路からの迂回率が10%以下の人が全体の9割を占めているが、最短経路があるいはそれと同距離の経路を利用する(迂回率=0)のサンプルは50%以下である。地区や目的による差は少ないが、関目での買物トリップの迂回率が小さいのはトリップ長が他に比べ短かいためであろう。また、アンケートで8割の人が最短経路を選択していると答えていたが、迂回率でみると7~8%以下の人が全体の8割となっている。このことを考え合わせると7~8%程度の迂回であれば、多くの人は最短経路と区別せずに選択しているとも考えられる。

自転車の場合、関目地区では歩行者と変わらない傾向であるが、都島ではかなりの迂回が見られ、最短経路を利用している人が少ない。これは全体に道路が狭いため、より走りやすい道を選んでいるためであろう。自動車は当然速度の速い道を選ぶため距離的には迂回が多くなる。時間要因が関連する自動車はともかく、歩行者や自転車では、最短距離経路のみを選択するという配分方法が現実には合わないことが指摘できる。

5 多経路配分モデルの作成

(1) 判別分析による経路選択要因の分析方法

ここでは、まずあらかじめ配分モデルに導入する

選択要因の変数を選出するため、利用経路の特性を分析した。このため最短経路以外の経路(迂回経路)を利用している人について、その利用経路と利用されなかった最短経路の特性の違いを判別分析を用いて分析するという方法を採用した。こうした分析では、距離要因を分析で直接考慮できない(迂回経路は常に最短経路より長い)ため、ここでのように距離要因以外の選択要因の抽出するには、最も単純な方法と考えられる。

なお以下では、最短経路に対する迂回率が30%を超えるサンプルは複数の目的地を経由していると考えられるものなどがあるため、分析対象から除いた。また、通勤・買物の目的については、サンプル数の点からまとめて分析することにした。

表-5は判別分析に用いた経路特性変数を示している。ここでは配分モデルへの導入を考慮してリンク特性に分解可能な特性のみを用いている。用いた要因は、「幅員」「歩道」「一方通行」「自動車通行禁止道路」「沿道の商店」「折れ曲り」「信号」であり、商店と幅員については複数の変数を用いた。アンケートではこれら以外に「自動車交通量」や「人通り」「舗装」などの理由の指摘があるが、データ制約のため除いている。なお、表注のように変数は各人について利用経路と最短経路の特性値の差を用いている。

(2) 判別分析の結果と考察

表-6は地区・手段別の判別分析結果である。これらは ①変数を追加することによってウィルクスの Λ の減少量の多いものから追加していく。 ②変数間の相関の高いものはどちらか減少量の大きい方を選ぶ。 の基準によって変数を選択した。また表中には、各変数の重要度を記入している。この結果

表-6 迂回経路利用者の判別分析結果

手役	地区	徒 歩		自 転 車		自動車
		関目	都島	関目	都島	都島
上段 判別係 数項目	幅員7m 以上率	0.0380 (1)		0.0321 (1)		
	幅員5m 以上率		0.0288 (2)		0.0390 (2)	0.0376 (1)
	歩道完備 道路率		0.0194 (4)	0.0153 (3)	-0.0158 (3)	0.0235 (2)
	一方通行 路率	0.0036 (3)	0.0413 (1)	0.0362 (2)	0.0539 (1)	0.0168 (4)
	商店4軒 以上率	0.0250 (2)		0.0086 (5)	-0.0051 (4)	-0.0181 (3)
	折れ曲り 重数	-0.0984 (4)	-0.278 (5)	-0.123 (4)	-0.0018 (6)	-0.0020 (5)
	信号数	-1.700 (5)	-4.120 (3)	-2.062 (6)	-0.987 (5)	-0.011 (6)
	定数項	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	サンプル数	113	26	55	97	28
	群 平均	選択経路 -0.67	0.43	-0.97	0.72	-1.14
	最短経路	-0.67	-0.43	-0.97	-0.72	-1.14
カイメスΛ		0.668	0.842	0.511	0.656	0.427
過中率(X)		76.3	67.5	85.4	73.3	89.3

注) 項目の重要度：その変数を除いた場合にウィルクスのΛの増加量の大きい(判別の優位性が低下する)順番。
係数が正の場合に吸引要因、負の場合に反発要因を示す。

から、以下のことがわかる。

i) 歩行者では幅員の要因が大きい、関目地区では幅員7m以上の変数を用いた方が判別結果がよく、都島では5m以上の変数が有意であった。これは道路構成の違いによるものであろう。また、両地区とも、一方通行路を好み、折れ曲りや信号を避ける傾向が見られる。一方通行路の選好は安全感や、あるいは幅員6m程度で自動車交通の比較的少ない道に一方通行路が多いことの影響も考えられる。

ii) 関目では歩道、都島では商店街の要因が有意でなかった。歩道については関目では歩道設置率が高く、経路間の差が生じにくいことが理由の一つであろう。一方、関目では商店が比較的広い道にあるのに対して、都島は狭い道路に商店が多いため(図-4, 5)、歩きやすい広い道を好む傾向が影響して商店街の変数が有意でなくなると考えられる。

iii) 自転車では広い道、一方通行路を好み、折れ曲り、信号をさける傾向は共通して見られる。しかし、都島では関目と異なり、歩道、商店を避ける傾向がある。歩道の場合は自動車交通の多い幹線系道路が避けられていること、商店は前述のように狭い人通りの多いところが避けられるためであろう。

iv) 都島地区の自動車の分析では、広い道、歩道のある道、一方通行路が好まれ、折れ曲りや商店が避けられる傾向が見られる。

(3) 多経路配分モデルの推計結果

表-7. 8は先の分析で得られた要因を用いて、歩行者・自転車・自動車の多経路配分モデルのパラメーターを推定した結果である。なおモデル作成で

は、計算作業上の理由から分析対象とするトリップの目的地を限定することにし、通勤については図-2. 3に示した鉄道駅、および商店街へ向かうトリップのみを抽出し⁽²⁾、表中に示すサンプル数を用いている。また、得られたモデルから、変数を除いても(5)式の増加が少ない変数から削除した変数数の少ないモデルについても示している。

モデルのデータに対する再現性精度の指標には、モデルで得られる道路区間別交通量を、アンケートの選択経路による道路区間別交通量と比べて、そのRMS誤差、Teilの不一致係数を求めている。また、各モデルと同じ非効用関数を用いた場合の最短経路配分($\theta = \infty$ の配分)の推計精度を付記している。

i) 何れのモデルも最短経路配分に比べると再現性の改善が見られ、RMS誤差で20%~90%改善している。また、距離だけを考慮したモデルに比べて、他の要因の考慮によって精度向上が見られる。

ii) 歩行者の場合、都島の適用結果では幅員、歩道、折れ曲り、信号の要因が、関目地区では幅員、一方通行、折れ曲り、商店の要因が精度を改善する。判別分析で抽出した要因は、判別結果の選好・反発と同じ方向で精度改善に役立っているが、関目では信号の要因が有意でなかったり、要因の効果順位も判別分析とは異なっている。このことは、モデル推定の作業軽減のために行った判別分析による要因抽出の方法では、必ずしも重要な変数を抽出しきれないことも意味しており、今後検討が必要であろう。

iii) 自転車のモデルでも同様に地区による変数の違いが見られるが、モデルは歩行者と類似している。

iv) 自動車については、幅員、歩道、信号、折れ曲りの要因が精度を改善している。幅員1mあたりの速度上昇率は3km/hと推定されているが、住区道路での自動車の走行速度(27m区間の平均速度)を実測した既存の調査¹³⁾では全幅員が1m広くなると1.5km/h程度の速度上昇がみられており、実際の速度上昇効果よりもさらに走りやすさを考慮してより広い道が選好されていることがわかる。

6 中加賀屋地区へのモデル適用結果

次に、作成したモデルを大阪市住之江区中加賀屋地区(面積約75ha)での経路調査結果に適用し、モデルの移転性を検討した。中加賀屋地区の道路網を図-8に、道路構成を図-9に示す。この地区は、

表-7 歩行者・自転車トリップの配分モデル推定結果

対象 トリップ	手 段 目 的 地 区 サンプル数	徒 歩						自 転 車					
		通 勤・買 物						通 勤・買 物					
		関 目			都 島			関 目			都 島		
モデル NO		WS1	WS2	WS3	WM1	WM2	WM3	BS1	BS2	BS3	BM1	BM2	BM3
パ ラ メ ー タ	α_1 幅員7m以上(1)		-0.08	-0.04	x	x	x		-0.10	-0.05	x	x	x
	α_2 幅員5m以上(2)	x	x	x		-0.30	-0.30	x	x			-0.25	-0.25
	α_3 歩道 (3)	x	x	x		-0.10	-0.05			x			0.15
	α_4 一方通行 (4)		-0.04	-0.06	—	—	—			-0.05		-0.20	-0.10
	α_5 商店 (5)			-0.02	x	x	x		-0.15	-0.10		—	—
	β_1 折れ曲り (6)			45.0			35.0	30.0	50.0	45.0		—	—
	β_2 信号 (7)	—	—	—	—	—	70.0	—	—	—	—	20.0	20.0
適 合 度	配分パラメータ	0.039	0.014	0.016	0.009	0.004	0.015	0.035	0.004	0.007	0.017	0.025	0.028
	Teillの	0.445	0.331	0.293	0.369	0.241	0.205	0.356	0.304	0.303	0.401	0.355	0.305
	不一致係数	0.475	0.481	0.379	0.444	0.413	0.235	0.528	0.467	0.445	0.691	0.471	0.435
	RMS誤差	4.484	3.394	2.965	1.619	1.151	1.027	1.676	1.488	1.486	1.109	1.028	0.881
		5.019	4.410	4.014	2.112	2.132	1.268	2.669	2.559	2.361	1.481	1.508	1.394

表-8 自動車トリップの配分モデル推定結果

分析 トリップ	手 段	自 動 車		
	目 的	全 島		
	地 区	都 島		
	サンプル数	39		
パラ メ ー タ	モデル NO	CN1	CN2	CN3
	γ 最低速度	7.00	7.00	7.00
	α_1 幅員 (8)	3.00	3.00	3.00
	α_2 歩道 (3)	3.00	3.00	3.00
	α_3 一方通行 (4)	—	—	—
	α_4 商店 (5)	—	—	—
	β_1 折れ曲り (6)	—	—	2.00
	β_2 信号 (7)	—	5.00	5.00
	θ 配分パラメータ	0.131	0.112	0.148
	適 合 度	Teilの 不一致係数	0.283	0.209
		0.286	0.244	0.242
RMS誤差		0.482	0.338	0.335
		0.503	0.407	0.398

表-7. 8 の注

1. 変数の意味

- (1) 幅員7m以上の道路で1 その他は0
- (2) 幅員5m以上の道路で1 その他は0
- (3) 歩道のある道路で1 その他は0
- (4) 一方通行路で1 その他は0
- (5) 商店が4件/100m以上の道で1 その他0
- (6) 折れ曲りの時1 その他は0
- (7) 信号交差点通過の場合1 その他は0
- (8) 幅員3m以上の時 幅員-3(m) その他は0

歩行者・自転車

- α_{1-5} : 距離低減率 [-0.4 ~ 0.4, 0.01]
 β_{1-2} : 距離増加量 (m) [-20 ~ 80, 5]

自動車

- γ : 最低速度 (km/h) [5 ~ 15, 1]
 α_1 : 幅員1mあたりの速度増加 (km/h/m) [0.0 ~ 5.0, 0.5]
 α_{2-4} : 速度増加量 (km/h) [-8.0 ~ 8.0, 1]
 β_{1-2} : 損失時間 (秒) [0 ~ 10, 1]

2. パラメータの値がxの変数は判別分析からモデルに最初から導入していない
-は導入したが有意でなかったもの

3. パラメータの意味と探索範囲

- []内が探索範囲と精度、ただし判別分析の結果と逆の方向(吸引を反発要因とする等)には探索していない。

4. 適合度

- 経路情報から得た区間別利用者数に対する配分結果の適合度を示している。
 上段はDialセルによる配分結果、
 下段はDialセルと同じ距離(時間)関数を用いた最短経路配分結果
 Teillの不一致係数は0-1で小さいほど適合

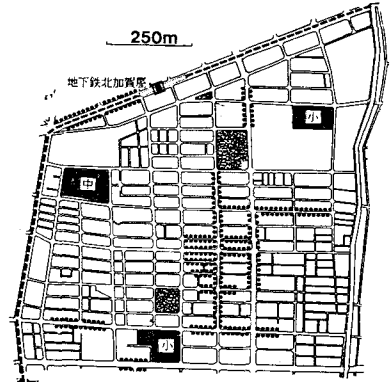


図-8 中加賀屋地区の道路網と施設分布

先の2地区に比べて幅員が5~6mの道路が多く、歩道の設置量や、交通規制の量などの道路整備量としては、ちょうど2つの地区の間にあるといえる。ただし、地区の中心に商店街(アーケード)があり、商店の多い道が多くの2地区に比べて多いのが特徴である。この地区の表-9に示す経路調査⁽³⁾を用いてモデル精度の検証を行った。調査形式は都島地区とほぼ同様である。

図-10. 11. 12は、表-7. 8に示した配分モデルを中加賀屋地区での経路データのOD交通量に適用した場合の道路区間交通量と、経路から得られる道路区間交通量との適合度をRMS誤差で示したものである。図中には、それぞれのモデルと同じリンク非効用の関数を用いた最短経路配分($\theta = \infty$ の配分)での適合度を示している。

i) まず、ほぼ全てのモデルで、最短経路配分よりはDial配分の方が精度が高くなっており、確率的配分方法の有意性がわかる。また、歩行者の都島モデル以外は、距離以外の要因を考慮したモデルが距離だけのモデルに比べて精度が改善しており、要因の考慮もほぼ妥当と考えられる。

ii) 歩行者では関目モデルWS2やWS3の適合度が高

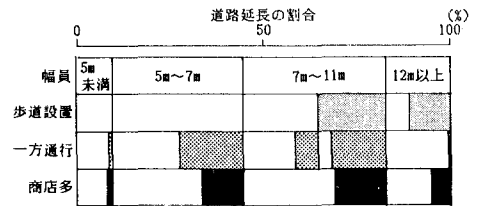


図-9 道路状況の構成(加賀屋地区)

注) 商店多: 100mに4件以上の商店があるところ

表-9 中加賀屋地区の経路調査

地区		中加賀屋地区調査	
調査	昭和60年11月調査	316世帯	
対象	600票(回収率79.5%)	世帯の中学生以上全員	
質問形式	徒歩・自転車・自動車利用の日常の行き先、経路		
分析	手段	目的	平均トリップ長
	徒	通勤	113 601.2(m)
対象	歩	買物	298 531.2
	計		422 549.1
トリップ	自	通勤	57 770.3
	転	買物	119 598.3
	車	計	175 654.3
	自動車		68 872.6

く、自転車でも関目モデルBS1の適合度がよく、これに対して、都島モデルの適合度は低い。

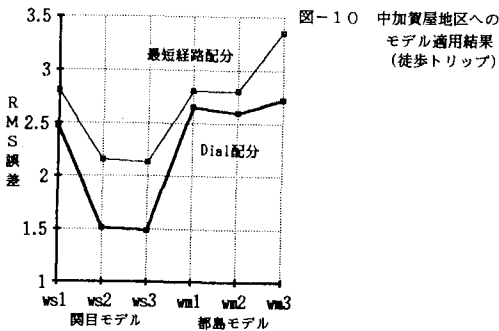


図-10 中加賀屋地区へのモデル適用結果 (徒歩トリップ)

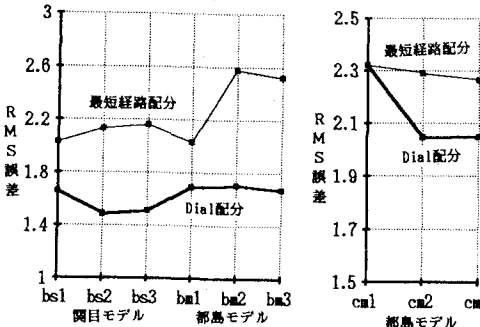


図-11 中加賀屋地区へのモデル適用結果 (自転車トリップ)

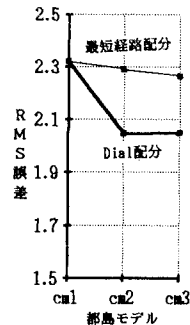


図-12 中加賀屋地区へのモデル適用結果 (自動車トリップ)

iii) 歩行者の場合、都島地区で作成したWM1, WM2のモデルは距離要因のみのモデルWM1よりも精度が悪化している。これは歩道要因の考慮によるもので、中加賀屋地区では、関目地区と同様、利用経路に歩道の選好性が見られないためと考えられる。この理由として、筆者の感覚ではあるが、歩道が設置されている道路に乗り上げ駐車や植木などの路上障害物が多く、しかも歩道がなくても6m幅の自動車の少ない道が多くあることが関連していると思われる。この状況は関目地区も類似しているが、都島地区では歩道のない道は5m幅程度の狭い道が多い。

6. おわりに

本研究では経路調査の分析から、住区内交通にDialの多経路確率配分モデルを適用した。そして、距離以外の経路選択要因として、道路幅員、歩道、一方通行、折れ曲り、信号、沿道商店などを考慮した配分モデルを作成し、距離だけを考慮したモデルに比べて推計精度が改善でき、また最短経路配分モデルに比べ有用であることが分った。

しかしながら、ここでは、データ制約から沿道状況や交通状況など通行時の安全性や快適性にかかわる要因を直接とらず、それらと関連する道路構造の説明変数もちいているため、地区の状況によって

モデルが異なり、またアンケートに見られるような常識的意識と異なるなどの問題が残っている。しかし、中加賀屋と関目地区のように比較的道路状況が類似していれば、モデル転用は可能と考えられる。

今後は、さらに異なった特徴をもった地区へのモデルの適用や、多様な経路選択要因の導入を検討が必要であろう。特に、コミュニティ道路など自動車の速度抑制対策が盛んに進められており、それらの自動車の経路選択行動への影響を探ることが重要な課題となっている。

最後になったが、本研究を進めるにあたり内芝氏(現阪急電鉄)、岩住氏(現鹿島建設)に計算作業等の協力を得た。また、調査にあたり大阪市土木局の方々、関西支部共同研究グループの方々に多大な尽力いただいた。記して感謝の意を表したい。

<補注>

- (1) これはDialのParallel Probabilistic Assignment Modelにおける定義である。このモデルでは同じ始点をもつ交通を同時に配分できる。ただし、本論文のモデルではトリップの目的地を限定して計算作業を軽減するため、起終点を逆にし、「常に目的地に近づく経路」を用いている。
- (2) この際各駅と商店街の中心地点を設定し、トリップの終点を中心地点にするため経路の一部を修正した。具体的には中心点を通過したものはそこまでとし、それ以外は不自然にならないように中心点まで経路を追加している。
- (3) 本調査は土木学会関西支部共同研究グループにおいて行ったものである。

<参考文献>

- 1) 深澤隆恒: 商業地における歩行者流に関する研究(その2), 都市計画別冊, No.12 pp61-66, 1977
- 2) 竹内伝史: 歩行者の経路選択特性に関する研究, 土木学会論文報告集, No.259 pp91-101, 1977
- 3) 越, 今西: 歩行者の経路選択特性に関する研究, 土木学会年講, pp190-1, 1975
- 4) 高辻, 深海: 住宅地における歩行者の経路選択行動についての分析, 都市計画別冊, No.18, pp199-204, 1983
- 5) 山中, 天野: 多経路確率配分モデルを用いた住区内歩行者・自転車交通の経路配分方法, 都市計画別冊, No.20, pp247-252, 1985
- 6) 薄端光雄: 住民の経路特性に関する分析, 都市計画別冊, No.20, pp253-258, 1985
- 7) 毛利, 塚口: 歩行者の経路選択特性について, 土木学会関西支部年講 IV-28, 1979
- 8) 土木学会編: 交通需要予測ハンドブック, pp368-369
- 9) 鈴木, 肥田野, 長野, 松岡: 住区内交通環境のための手段の提案と評価に関する研究, 土木計画学講演集, No.3, pp53-54, 1981
- 10) 小谷通泰: 電算機を援用した交通計画に関する方法論的研究, 京都大学学位論文 1983.
- 11) Dial, R.B: A Probabilistic Multipath Traffic Assignment Model which Obviates Path Enumeration, Transpn. Res., Vol.5, 1971
- 12) 飯田, 高山, 金井, 水口: Dial確率配分法を導入したリンク交通量による道路網交通需要推計法, 都市計画別冊, No.19, pp13-18, 1984.
- 13) 大阪市土木局: 住区交通環境総合整備計画調査 交通安全施設等整備計画部会報告書, pp119-120, 1984