

# 歩行者の経路選択行動分析

塚口博司<sup>1</sup>・松田浩一郎<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 立命館大学教授 理工学部環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

<sup>2</sup>学生会員 立命館大学大学院理工学研究科 環境社会工学専攻 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

街づくりを行う上で歩行者空間を安全で快適にすることは重要な検討事項の一つである。歩行者に満足され、楽しく歩行できる歩行者空間を整備するには、歩行者の経路選択行動を的確に把握し、これを計画・設計に反映させることが必要である。これまで歩行者の経路選択に関する研究は、街路環境、歩行者の空間的的定位、歩行者属性などに着目して分析が行われてきた。しかし、これらの要因をすべて経路選択行動分析に取り入れた研究は少なく、しかもそのほとんどが定性的な分析に留まっている。本研究は実態調査に基づき、歩行者の経路選択行動に関する基本的な原則を明らかにすることを目的とするものである。

**Key Words :** pedestrian route choice behavior, modeling of pedestrian behavior

## 1. はじめに

### (1) 研究の目的と背景

近年、高齢社会へ向けて、歩行者空間のバリアフリー化が盛んに行われている。また、自動車による渋滞や環境汚染等を解決する試みとして、トランジットモールなどの整備について検討が行われ、歩行者空間整備に対する関心が高まっている。

歩行者空間を安全、快適にすることは、街づくりを行う上で主要な検討事項であるが、これまでの歩行者空間づくりは、街路区間の整備に重点が置かれ、ネットワーク的な整備は十分ではなかった。人間が本来持つ性質や特性を考慮した歩行者空間づくりはあまりなされていなかったと言えよう。どのような経路を整備すれば、楽しく歩ける街づくりのために有効なのか、歩行者をうまく誘導するにはどのような工夫が必要なのか、といった課題に答えるためには、歩行者の経路選択行動について詳細に分析する必要がある。

歩行者の経路選択行動に影響する要因には、1) 経路の距離差、2) 街路環境、3) 歩行者の空間的的定位、4) 歩行者属性があると考えられる。歩行者の空間的的定位とは、歩行者が空間において、自分の置かれている空間的位置を認識して行動するというのである。

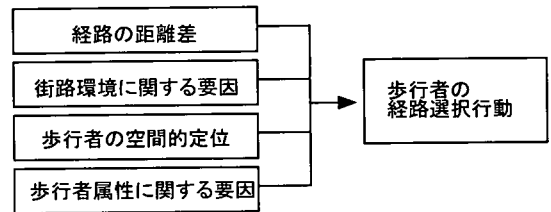


図-1 歩行者の経路選択行動に影響する要因

一般に、歩行者交通において、いくつかの代替経路がある場合、最短経路とその他の経路との距離差が大きければ、最短経路選択される確率が非常に高く、このような経路を指摘することも比較的容易である。しかしながら、格子状街路網を基調とした地区においては、ほぼ等距離の経路が複数存在することが少なくない。このような場合には、上記の2)~4)の要因が大きく影響してくると思われる。

街路環境と歩行者属性を考慮した研究、あるいは、歩行者の空間的的定位と歩行者属性を考慮した研究は数多く見られる。しかしながら、歩行環境が歩行者の経路選択行動に影響することは示せても、歩行環境を説明要因として、具体的にどのような経路が選択されるかを説明することは容易ではない。一方、空間的的定位を考慮した研究は、定性的な分析に留まっており、歩行者の経路選択行動を推計するための

定量的な分析は行われていない。そこで本研究では、等距離の経路が複数存在する格子を基調とした街路網を対象とし、歩行者の空間的定位を中心に、上記の3要因を考慮して定量的な分析を行い、歩行者の経路選択行動に関する基本的な原則を明らかにすることを目的とする。

## (2) 既往の研究

目的地までの距離及び歩行環境に着目して、経路選択行動分析した研究としては、竹内、高辻・深海、毛利・塚口、西の研究等が挙げられる。

竹内<sup>1)</sup>は歩道形態、駐車の有無、商店の有無、道路種別を説明変数として、数量化理論Ⅰ類によるモデルを作成した。

高辻・深海<sup>2)</sup>は、経路を構成する物理的要因を23個あげ、目的別性別、および、目的別年令別に数量化理論Ⅱ類を用いて、選択経路群と非選択経路群との判別分析を行った。「最短である方」、「歩行有効幅員の広い方」、「舗装されている方」が選択される可能性が高いとしている。

毛利・塚口<sup>3)</sup>は既往の研究の結果を整理して、距離以外の歩行者の経路選択要因について次のように示した。

- a) 幅員が広い
- b) 自動車交通量が多い
- c) 舗装されている
- d) 商店がある
- e) 歩道が整備されている
- f) 自動車に対する不安感が少ない

個人属性については、影響はあまり大きくないが、男性・高齢者が最短距離経路をより選択する傾向にあるとしている。

西<sup>4)</sup>はアンケート調査を行い、AHP法を用いて歩行者の経路選択の意識について分析している。

目的地までの経路の距離差がほぼ等しい場合の経路選択行動を対象とし、歩行者の空間的定位に着目した研究としては、Garbrecht、紙野・舟橋、舟橋、毛利・塚口の研究等が挙げられる。

Garbrecht<sup>5)</sup>はどの経路を選んでも距離が最短である格子状街路網では、次のいずれかに基づいて行動が行われるという仮説をたてた。

- ・ 出発地と目的地との間の経路が全て等しい確率で選択される(random paths)
- ・ 遭遇する各交差点での選択が等確率でなされる(random walk)

駐車スペースがグリッド状に配置された矩型の屋外駐車場での歩行者の経路を観察した研究<sup>6)</sup>におい

表-1 街路網分類に用いる指標

指標	特徴
辺・頂点比 = $e/v$	1ノードに集中する平均リンク数
全ノード数/面積 = $v/s$	単位面積あたりのノード数
平均リンク長 = $L/e$	リンクの平均長
全リンク長/ノード数 = $L/v$	交差点が支配する道路の長さの平均値
$\gamma$ 指標 = $2e/v(v-1)$	完全グラフのリンク数に対する対象とするグラフのリンク数の比
E指標 = $2\{e-(v-1)\}/\{(v-1)(v-2)\}$	対象とするグラフが木と完全グラフの間のどの位置にあるのかを $0 \leq E \leq 1$ の数値で表す

ては、次のような2つの傾向を見出した。

- ・ 出発地を通る境界線上にとどまる
- ・ 出発地と目的地をつなぐ対角線上、またはその近くの分岐点では、最初に歩き始めたときの側にとどまる

紙野・舟橋<sup>7)</sup>は実測調査により、大阪圏の主要な駅における群集の歩行経路選択傾向を分析した。歩行の仕事量においてほぼ等価な複数経路が存在する場合には、集中して利用される経路があることを示した。

舟橋<sup>8),9)</sup>は格子状街路網において定性的な分析を行い、歩行行動の典型として、境界線上歩行と階段状歩行があるとしている。

毛利・塚口<sup>3)</sup>は出発地点と目的地点の位置関係が経路選択に影響するとして、等距離経路が複数ある地区で方向保持性と目的地指向性について調べた。状態を維持するという「方向保持性」と目的地の方向の経路へ進むという「目的地指向性」の両方あるいは一方が満足されている経路と、両方の条件が共に満足されていない経路とでは、約80%が前者に進んでいるとしている。

## 2. 街路網形態の特性分析

### (1) 類型化対象地区

歩行者の経路選択行動特性を把握するにあたり、街路網形態の類型化を行った。街路網分類の対象地区は京阪神都市圏の110地区(大阪府下60地区、京都府下30地区、兵庫県下20地区)とした。抽出に当たっては街路網形態が異なると思われる数10ha~100ha程度の地区を主として鉄道駅周辺から選んだ。

### (2) 類型化分析

抽出した地区において、リンク数 $e$ 、ノード数 $v$ 、面積 $s$ 、全リンク長 $L$ を求め、表-1に示す6つの指

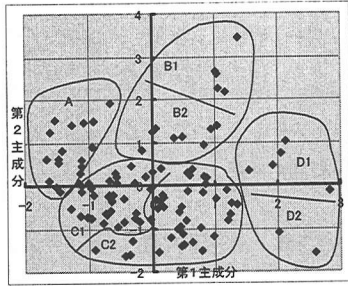


図-2 主成分得点の配置結果

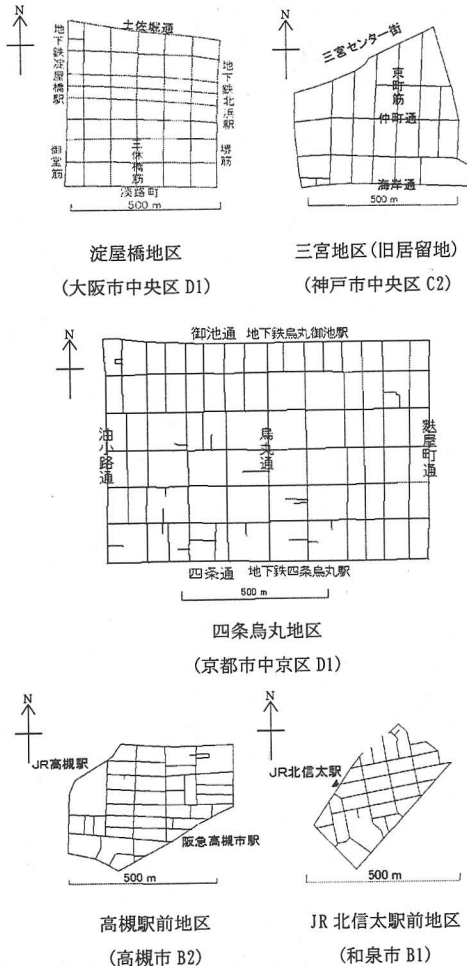


図-3 本研究における対象街路網

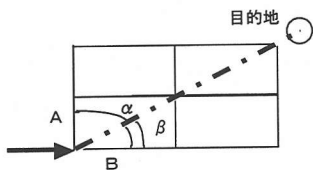


図-4 現在位置と目的地との位置関係

標<sup>10), 11)</sup>を算出した。ここでは街路網形態に関する指標だけを用い、土地利用等の特性は考慮していない。次に、これらを用いて主成分分析を行い、図-2に示すように2つの主成分(固有値が1.0以上)を得た。第1主成分は街路網の形を表し、正であるほど格子状であり、負であるほど不整形な街路網であることを表している。第2主成分は街区の大きさを表し、正であるほど街区が小さい。さらに、この2つの主成分得点を用いて、最短距離法によるクラスター分析を行ったところ、街路網は大きく4つのグループA, B, C, Dに分類された。さらに細かくみると、B, C, Dは2分割され、7つのグループとなる。

### (3) 本研究の対象街路網

本研究で分析を行った地区はグループB1, B2, C2, D1に属する格子状街路網である。対象とした地区の街路網を図-3に示す。B1, B2, C2には部分的に格子状街路網以外の街路も含まれるが、本研究ではこのような街路をほとんど含まない格子状部分のみを対象として分析を行った。格子状街路網は街路網の基本パターンであり、このような街路網においては等距離の経路が複数存在し、歩行者の経路選択行動における基本原則を考える上で適切と判断したためである。

### 3. 歩行者の経路選択行動における基本原則

格子状街路網で目的地までの距離、歩行環境および沿道利用状況等にほとんど差がない場合、歩行者は以下の2つの視点から経路を選択しているとの仮説を設定する。

- a) 直進する傾向が強い
  - b) 現在地点において直進方向と目的地方向との挟角が小さい経路を選択する確率が高い
- 以下で仮説を具体的に説明する。

図-4のように矢印の方向から歩行者が交差点に進入したとすると、歩行者は現在地点と目的地を結ぶ直線と直進方向の街路とが成す挟角の大小によって経路を選択すると考える。すなわち、 $\angle \alpha \geq \angle \beta$  ( $\angle \beta \leq 45^\circ$ ) の場合、上記の条件を同時に満たしているため、Bへ進む確率が高いが、 $\angle \alpha < \angle \beta$  ( $\angle \beta > 45^\circ$ ) の場合にはこれらの仮説を同時に満たすことができず、経路Aを選択する歩行者も多くなってくると考えられる。以下では、これらの場合の経路選択率を調べ上記の仮説を検証する。

表-2 調査対象地区と調査日時

調査対象地区	土地利用 街路網類型	調査日時
淀屋橋地区 (大阪市中央区)	商業業務系 D1	2000.10.16(月) 10:00-7:00 2001.2.22(木) 9:00-17:00
四条烏丸地区 (京都市中京区)	商業業務系 D1	2000.11.13(月) ・14(火) 8:00-19:00
三宮地区 (神戸市中央区)	商業業務系 C2	2000.12.5(火) 6(水) 8:00-17:00
高槻駅前地区 (高槻市)	商業住居系 B2	1999.12.13(月)~ 15(水) 7:00-19:00
JR北信太駅前地区 (和泉市)	住居系 B1	1999.5.31(月) 7:00-18:00

#### 4. 歩行者の経路選択行動に関する実態調査

##### (1) 調査の方法

データを取得する方法には、アンケートによって被験者に地図に記入してもらう方法と、調査員による追跡調査によるものがある。本調査で後者を用いた。追跡調査は歩行目的を把握することは困難だが、経路選択行動を詳細に把握できる。調査では対象地区内で歩行者を無作為に選び、目的地まで追跡した。追跡を始める地点は特に定めず、歩行途中からでも追跡を行った。なお、本調査は前述の仮説の検証を目的として実施するものであるから、以下のデータは分析対象としなかった。

- ・歩行者の目的地が不明であるもの
- ・目的地までの経路が1通りしかないもの
- ・うろつき行動をしているもの

上記以外のデータについて、現在地点と目的地点を結ぶ直線と直進方向の街路との挟角を全交差点で計測し集計を行った。追跡調査では歩行経路以外に、時刻、性別、年齢ランク(調査員の目視による)を記録した。

##### (2) 調査対象地区と調査の概要

表-2に示す5地区において、上記の追跡調査を行った。調査対象地区は格子状街路網を基本としており、各ノードにおいてどのリンクを選んででも目的地までほぼ等距離である。また、比較的歩道の広い都市幹線の街路、シンボリックな補助幹線以下の街路アーケード付き商店街等の特徴を有する街路を含んでいる場合がある。

##### (3) 分析方法

本論では、次の2つの視点から街路網上の歩行者の位置を区分した上で、経路選択行動について分析する。

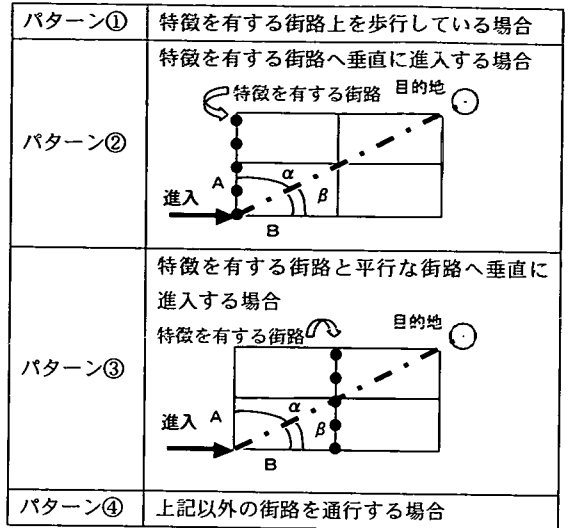


図-5 特徴を有する街路との位置関係からみた区分

表-3 特徴を有する街路

	該当する街路	集計方法 (図-5の番号 に対応)
比較的歩道の広い 都市幹線の街路	御堂筋【淀屋橋地区】	①③
	烏丸通【四条烏丸地区】	①②③
	御池通、四条通 【四条烏丸地区】	①③
シンボリックな補助 幹線以下の街路	三休橋筋【淀屋橋地区】	①②
	三条通【四条烏丸地区】	①②
	仲町通【三宮地区】	①②
アーケード付き商店街	高槻センター街 【高槻駅前地区】	①③

- ・特徴を有する街路に該当するか否か
- ・目的地までの経路数

##### a) 特徴を有する街路を考慮した分析

比較的歩道の広い都市幹線の街路、シンボリックな補助幹線以下の街路、アーケード付き商店街に注目して、図-5に示す区分を行った。図-5には歩行者行動と特徴を有する街路との位置関係によって、①~④の4つのパターンが示されている。③に関しては、街区が大規模である四条烏丸地区では平行な街路の1本目、街区が中規模である淀屋橋地区では平行な街路の2本目まで、街区が小規模である高槻駅前地区では全ての街路を対象として分析を行った。

図-5の区分を行った具体的な街路を表-3に示す。御堂筋、御池通、四条通、高槻センター街では②の場合のデータを今回の調査では取得することができなかった。

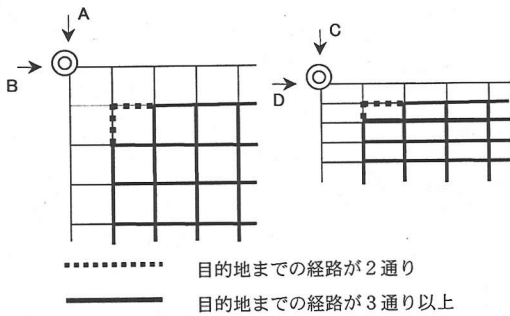


図-6 目的地までの経路数

表-4 取得可能な挟角データの範囲

目的地までの経路数	正方形街路網 (街区長比 1:1)	長方形街路網 (街区長比 1:2)
2通り	$27^\circ < \beta < 63^\circ$	$45^\circ \leq \beta < 76^\circ$ (C 進入) $14^\circ < \beta \leq 45^\circ$ (D 進入)
3通り以上	$0^\circ < \beta < 90^\circ$	$0^\circ < \beta < 90^\circ$

表-5 調査概要

調査対象地区	追跡人数 (データ数)		調査時間帯(データ割合)
	男	女	
淀屋橋地区	81 (250)	37 (109)	9:30-12:00(45%) 12:00-16:00(55%)
四条烏丸地区	70 (197)	63 (138)	8:00-12:00(38%) 12:00-19:00(62%)
三宮地区	57 (130)	41 (96)	8:00-12:00(40%) 12:00-17:00(60%)
高槻駅前地区	71 (196)	65 (184)	7:00-12:00(47%) 12:00-19:00(53%)
JR 北信太駅前地区	29 (66)	70 (155)	7:00-12:00(66%) 12:00-18:00(34%)

b) 目的地までの経路数を考慮した分析

図-5 のパターン④の場合については、目的地までの経路数を考慮し、以下のように区分して分析を行った。

- ・目的地までの経路が2通り
- ・目的地までの経路が3通り以上

図-6 には◎で示す起点から各リンクまでの経路数が上記の区分に従って示されている。矢印 A~D は進入方向を示す。目的地は各リンク上にあるものとし、直進方向と目的地方向との挟角  $\beta$  の範囲を、正方形街路網(街区長比 1:1)、長方形街路網(街区長比 1:2)の場合について表-4 に示した。

(4) 調査結果の概要

調査時間、男女別追跡人数を表-5、推定年齢ランクを図-7 に示した。各交差点でデータを取得するので、一人の追跡により複数のデータが得られることになる。このようにして得られたデータ数は、

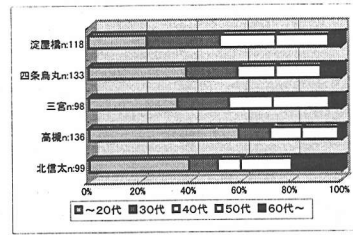


図-7 推定年齢ランク

表-6 分析対象データ数

図-6 の分類		淀屋橋地区	四条烏丸地区	三宮地区	高槻駅前地区	JR 北信太駅前地区
パターン①	都市幹線の街路上	76	81	-	-	-
	シンボリックな補助幹線以下の街路上	41	43	110	-	-
	アーケード付き商店街上	-	-	-	36	-
パターン②	都市幹線の街路へ垂直に進入	-	32	-	-	-
	シンボリックな補助幹線以下の街路へ垂直に進入	36	22	36	-	-
パターン③	都市幹線の街路と平行な街路へ垂直に進入	16	40	-	-	-
	アーケード付き商店街と平行な街路へ垂直に進入	-	-	-	77	-
パターン④		190	129	80	267	222

表-5 のカッコ内に示した。表-5 にはデータを取得した時間の割合も示したが、データ数が少なかったことから、これについては分析では考慮していない。

分析対象としたデータの数を地区別に表-6 に示す。取得可能な挟角データの範囲を考慮し、挟角を以下の4段階に区分した。

- 1)  $0^\circ \sim 27^\circ$  , 2)  $27^\circ \sim 45^\circ$  , 3)  $45^\circ \sim 63^\circ$
- 4)  $63^\circ \sim 90^\circ$

図-5 のパターン④について、右左折直進割合を目的地までの経路数別に示したものが表-7 である。なお、目的地までの経路が2通りある場合には、正方形街区と長方形街区別に示した。この場合、目的地までの経路が3通り以上ある場合には、図-8 に示すような傾向が見られた。図-8 は四条烏丸での結果であるが、全地区で同じような結果となった。すなわち、挟角が小さいときには直進の割合が大きく、挟角が増加すると右左折の割合が大きくなる傾向にある。一方、表-7 を見ると、長方形街区で経路が2通りの場合にはそのような傾向がないことが分かる。特に高槻、北信太でその傾向が強い。

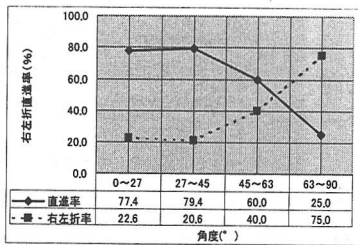


図-8 右左折直進割合(四条烏丸地区)  
(図-5のパターン④の場合)

表-7 経路数別右左折直進数  
(図-5のパターン④の場合)

調査対象地区	経路	0~27		27~45		45~63		63~90	
		直進	右左折	直進	右左折	直進	右左折	直進	右左折
淀屋橋	経路3通り以上	40	9	24	9	12	16	6	22
	正方形街区で経路2通り	2	2	21	10	9	6	0	2
四条烏丸	経路3通り以上	24	7	27	7	15	10	3	9
	正方形街区で経路2通り	-	-	6	4	1	1	-	-
	長方形街区で経路2通り	1	0	4	0	4	3	2	1
三宮	経路3通り以上	25	4	15	2	6	4	0	3
	長方形街区で経路2通り	3	0	5	3	7	0	0	3
高槻	経路3通り以上	90	5	25	6	2	4	12	64
	長方形街区で経路2通り	2	1	11	20	15	8	2	0
北信太	経路3通り以上	7	3	22	7	30	54	4	21
	長方形街区で経路2通り	12	11	3	6	9	7	22	4

挟角だけではなく、他の要因が経路選択に影響していると考えられる。例えば、目的施設が目前であり、目的施設の建物自体が明確な目印となるような場合である。

一方、図-5のパターン①、パターン③では直進割合が多く、パターン②では右左折割合が多い結果となった。これについては、次章で詳しく述べる。

## 5. 歩行者経路選択モデルの構築

### (1) 非集計モデルの作成

長方形街区で目的地までの経路が2通りである場合には、先の例のように、挟角以外の要因が経路選択に影響を与えている可能性がある。そのため、これらのデータを除いて二項選択ロジットモデルを作

成した。なお、歩行者の経路選択行動には、歩行者属性が影響すると思われるから、ここでは追跡調査から把握できる個人属性として性別を取り上げた。効用 $V_1$ (直進)と効用 $V_2$ (右左折)の説明変数は調査対象地区によって若干異なるが、基本的に次の5つの要因を採用した。

1. 挟角(°)
  2. 特徴を有する街路上を歩行
  3. 特徴を有する街路へ垂直に進入
  4. 特徴を有する街路と平行な街路へ垂直に進入
  5. 性別(女性=1、男性=0)
- 2, 3, 4は、該当する場合を1、しない場合を0とするダミー変数である。直進の効用は上記に示した5つの要因で表し、右左折の効用は定数項として右左折ダミーで表した。

### (2) パラメータの推定結果

5つの地区におけるパラメータの推定結果を表-8に示す。パラメータの符号は、全地区において、すべてのパラメータについて一致している。挟角のパラメータは全地区で負である。直進の効用に与えられたパラメータであるので、挟角が大きくなるにつれ、右左折割合が増えることになる。パラメータは全地区で1%有意となっている。

都市幹線の街路上、シンボリックな補助幹線以下の街路上、アーケード付き商店街上を歩行している場合のパラメータは全地区で正である。これは、直進の効用が高くなっていることを表している。仲町通(三宮地区)を除き、パラメータは5%有意となっている。

都市幹線の街路とシンボリックな補助幹線以下の街路へ垂直に進入する場合のパラメータは全地区で負である。直進の効用が下がり、これらの街路へ吸引される傾向が強いことが分かる。

都市幹線の街路と平行な街路へ垂直に進入する場合には、パラメータは全地区で正であり、直進する傾向があることが分かる。

性別のパラメータは全地区で負である。パラメータが5%有意である地区は淀屋橋のみであり、現時点では断定することは適切でないが、男性の方が女性よりも直進しつづける傾向がありそうである。

図-9に図-5のパターン④の場合、図-10にパターン①の場合の右左折直進割合を示す。これらは四条烏丸で作成されたモデルによって得られたものであり、男性の場合について示したものである。なお、パターン①の特徴を有する街路とは、都市幹線の街路の烏丸通である。

表-8 パラメータ推定結果 (カッコ内はt値を表し,\*は5%有意,\*\*は1%有意である)

変数	淀屋橋地区		四条烏丸地区		三宮地区		高槻地区		北信太地区	
	PARAMETER (t-VALUE)									
挟角 (°)	-0.4291E-01 (-6.0001**)		-0.6379E-01 (-6.2796**)		-0.6066E-01 (-5.1684**)		-0.6981E-01 (-8.9937**)		-0.4912E-01 (-4.1354**)	
都市幹線の街路上	0.9609E+00 (2.8713**) 御堂筋		0.8676E+00 (2.4274*) 烏丸通・御池通・ 四条通		-		-		-	
都市幹線の街路へ垂直に進入	-		-0.1269E+01 (-2.8069*) 烏丸通		-		-		-	
都市幹線の街路と平行な街路へ垂直に進入	0.3308E+00 (3.0739*) 御堂筋		0.2646E+00 (0.5149) 烏丸・四条通 0.1441E+01 (1.8320)御池通		-		-		-	
シンボリックな補助幹線以下の街路上	0.1095E+01 (2.5978*) 三休橋筋		0.1778E+01 (3.1663**) 三条通		0.9931E+00 (1.9740) 仲町通		-		-	
シンボリックな補助幹線以下の街路へ垂直に進入	-0.2586E+00 (-0.6502) 三休橋筋		-0.1311E+01 (-2.3119*) 三条通		-0.8179E+00 (-1.4259) 仲町通		-		-	
アーケード付き商店街上	-		-		-		0.4038E+01 (3.7470**) 高槻センター街		-	
アーケード付き商店街と平行な街路へ垂直に進入	-		-		-		0.2348E+01 (5.2063**) 高槻センター街		-	
性別(女=1 男=0)	-0.6903E+00 (-2.5592*)		-0.7133E-01 (-0.2378)		-0.3147E+00 (-0.7362)		-0.3046E+00 (-0.7362)		-0.5752E+00 (-1.4874)	
右左折ダミー (右左折=1 直進=0)	-0.2426E+01 (-6.5810**)		-0.3460E+01 (-6.7176**)		-0.6379E-01 (-5.6588**)		-0.3867E+01 (-8.1906**)		-0.2586E+01 (-3.6788**)	
Chi-square 尤度比 的中率 (%)	62.3593 0.1372 261/359=72.7		76.0467 0.2064 227/298=76.1		39.2688 0.2150 143/174=82.1		167.4314 0.4546 267/305=87.5		22.7221 0.1125 108/148=72.9	
Share (%)	直進	右左折	直進	右左折	直進	右左折	直進	右左折	直進	右左折
Predict	78.8	21.2	77.5	22.5	87.9	12.1	74.1	25.9	30.4	69.6
Actual	67.1	32.9	69.1	30.9	78.2	21.8	70.8	29.2	42.6	57.4

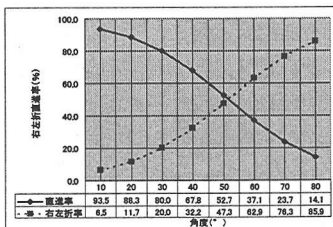


図-9 右左折直進割合 (四条烏丸)

【図-5のパターン④の場合、男性】

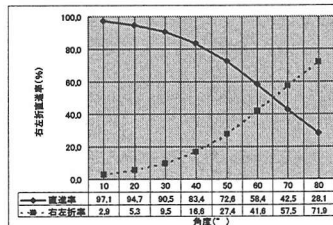


図-10 右左折直進割合 (四条烏丸)

【都市幹線の街路(烏丸通)上を歩行している場合男性】

表-9 右左折効用と直進効用が等しくなる挟角

	淀屋橋	四条烏丸	三宮	高槻	北信太
男性	56°	52°	59°	55°	59°
女性	42°	51°	47°	51°	47°

図-5のパターン④の場合、挟角が52°で右左折効用と直進効用が等しくなるが、都市幹線の街路上を歩行している場合には、65°で等しくなる。都市幹線の街路上では、直進する傾向が強いことが分かる。この場合の右左折効用と直進効用が等しくなる挟角を、調査対象とした5地区について示したものが表-9である。調査対象とした5地区の平均をとると、男性は56°、女性は48°で右左折効用と直進効用が等しくなる。

### (3) モデルの説明力

モデルの有効性は尤度比と的中率によって表すこ

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
X1	1000 280	720 284	436 250	186 145	41 41
X2	190 90	307 167	285 272	116 314	63 157
X3	74 16	197 45	349 120	335 328	492 492
X4	16	60	181	508	

1000

図-11 正方形街路網における流動状況推定結果

図-5のパターン④の場合(矢印の方向から1000人進入)

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
X1	1000 477	523 206	316 181	135 105	30 30
X2	324 153	364 166	292 254	111 286	27 141
X3	126 27	242 50	374 122	349 311	490 490
X4	27	77	199	510	

1000

図-12 正方形街路網における流動状況推定結果

図-5のパターン④の場合(矢印の方向から1000人進入)

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
X1	1000 124	876 27	726 150	522 204	225 296
X2	22 3	102 7	209 55	311 135	305 530
X3	3	7	9	23	32
X4	3	9	32		

1000

図-13 長方形街路網における流動状況推定結果

図-5のパターン④の場合(矢印の方向から1000人進入),

なお、モデル化にあたり目的地までの経路が2通りの場合のデータは除いたので、地点 X3Y4 の推定結果は示していない。

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
X1	1000 249	751 69	622 129	447 175	193 254
X2	44 5	205 83	285 79	354 160	315 508
X3	5	9	25	39	
X4	5	14	39		

1000

図-14 長方形街路網における流動状況推定結果

図-5のパターン④の場合(矢印の方向から1000人進入),

なお、モデル化にあたり目的地までの経路が2通りの場合のデータは除いたので、地点 X3Y4 の推定結果は示していない。

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
X1	1000 280	720 284	436 250	186 145	41 41
X2	107 6	173 182	276 275	250 296	100 63
X3	6	24	52	164	754
X4	6	30	83	246	

1000

図-15 正方形街路網における流動状況推定結果

都市幹線の街路を有する場合(矢印の方向から1000人進入)

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
X1	1000 477	523 206	316 181	135 105	30 30
X2	182 10	295 173	329 251	260 268	97 127
X3	10	21	55	192	722
X4	10	31	86	278	

1000

図-16 正方形街路網における流動状況推定結果

都市幹線の街路を有する場合(矢印の方向から1000人進入)

とができる。本稿で得られたモデルは表-8 に示すように、尤度比は 0.11~0.45 であり、的中率は 72.7%~87.5%である。パラメータの符号は合理的であり、おおむね 5%有意となっているから、歩行者の経路選択行動を分析するために有効なモデルであると考えられる。

## 6. 歩行者経路選択行動モデルを用いた歩行経路の推定

特徴を有する街路が存在する場合の流動状況の推定も行うため、特徴を有する街路が存在し、尤度比が比較的高い四条烏丸におけるモデルを利用し、歩行経路を推定した。ここでは歩行者を男性と設定した。なお、当地区における特徴を有する街路とは都市幹線の街路である。都市幹線の街路として烏丸通を取り上げたのは、図-5 の分類において全てのパターンのデータを取得できたからである。

### a) 図-5 のパターン④の場合

前章で求めたロジットモデルを用いて、正方形街路網(3リンク×4リンク)と長方形街路網(3リンク×4リンク)を対象として、図-5 のパターン④の場合の歩行者流動状況の推定結果を図-11、図-12、図-13、図-14 に示した。歩行者流動状況の推定図に示すように、ここでは各街路に X1~X4, Y1~Y5 のように名称を与え、各地点は XiYj (i=1~4, j=1~5) のように表示した。起点はいずれも地点 X1Y1 であり、目的地は地点 X4Y5 である。歩行者 1000 人が流入する方向は各図に矢印に示す通りである。図-11 から図-16 に示した角度は、矢印の方向と同じ方向から進入した場合の現在地点と目的地点との挟角を示している。

正方形街路網で、地点 X1Y1 への進入方向が異なる図-11 と図-12 を比較すると、歩行者の経路選択状況に差異が表れている。方向保持性と目的地指向性の関係を示す結果になっている。

長方形街路網で、地点 X1Y1 への進入方向が異なる



る図-13と図-14を比較すると、歩行者の経路選択状況に大きな違いは見られない。

図-11(図-12)、図-13(図-14)に示す街路網は同じ3リンク×4リンクではあるが、各交差点における現在地点と目的地と位置関係が異なるため、このような差異が表れたのだと考えられる。

#### b) 特徴を有する街路が存在する場合

図-11、図-12の正方形街路網の地点X3Y1から地点X3Y5にかけての街路が都市幹線の街路(烏丸通)であった場合の歩行者の流動状況を図-15、図-16に示した。都市幹線の街路は太い点線で示されている。地点X2Y<sub>i</sub>(*i*=1~4)に地点X1Y<sub>i</sub>(*i*=1~4)方向からの進入する場合には、都市幹線の街路と平行な街路へ垂直に進入する場合のパラメータを用いた。地点X3Y<sub>i</sub>(*i*=1~4)に地点X2Y<sub>i</sub>(*i*=1~4)方向から進入する場合には、都市幹線の街路へ垂直に進入する場合のパラメータを用い、地点X3Y<sub>i</sub>(*i*=2~5)に地点X3Y<sub>i</sub>(*i*=1~4)方向から進入する場合には都市幹線の街路上を歩行している場合のパラメータを用いた。全体として見ると、歩行者は都市幹線の街路へ吸引され、利用率が高くなっていることが分かる。

## 7. まとめ

本論では格子状街路網を対象とした歩行者の経路選択行動を追跡調査によって詳細に把握し、直進方向と目的地点間の挟角、都市幹線の街路等の特徴を有する街路と歩行者の位置関係、ならびに歩行者属性等を説明変数とする経路選択モデルを構築することができた。本モデルは尤度比、的中率、パラメータの*i*値から、妥当であると考えられる。本研究の成果ならびに課題は以下のようにまとめられる。

- 1) 目的地までの距離、各街路間の歩行環境および沿道利用状況等に差がない場合、直進方向と目的地方向の挟角が、男性では56°、女性では48°までは、歩行者は経路選択を行う際、現在の状態を持続しようとする。つまり、直進を優先する。しかし、挟角が大きくなると、直進割合は減ることが分かった。したがって、本論で仮定した仮説が検証されたと考えられる。
- 2) 本研究において構築した経路選択モデルにおいては、対象とした5地区について1)に示したようなモデルを構築することができた。歩行者の経路選択行動には、本論で仮定したような仮説

だけでなく、歩行環境の良否、あるいは、個々の歩行者の属性等の影響もあると思われる。

本研究では、上記で述べたような歩行環境等を、考慮しなくてもおおよそ歩行者の経路選択行動を再現することができたが、今後歩行環境の良否が経路選択行動にどのような影響を及ぼすのか、環境を明示的に考慮したモデルが望まれる。

- 3) 特徴を有する街路が存在し、それを利用する可能性がある場合、その街路は歩行者の経路選択に影響を与える。特徴を有する街路と歩行者との位置関係によって、その影響は異なるが、以下のような傾向が見られた。

- ・特徴を有する街路上を歩行する場合、あるいは、特徴を有する街路と平行な街路へ垂直に進入する場合には、1)に示した場合の経路選択結果と比較して、直進することが多い。
- ・特徴を有する街路へ垂直に進入する場合には、1)に示した場合の経路選択結果と比較して、右左折することが多い。

なお本論では特徴を有する街路としていくつかの街路をひとまとめに扱った。都市幹線の街路とアーケード付き商店街とでは、歩行者に与える影響が異なっていると思われるから、今後このような視点からの分析が必要であろう。

- 4) 性別のパラメータの*i*値は1地区のみでしか有意ではないものの、パラメータの符号はすべての地区で負であるから、男性の方が女性よりも直進をし続ける傾向があるのではないかと考えられる。
- 5) 本研究によって得られた歩行者の経路選択モデルを用いれば、比較的簡便な方法で、歩行者が通行する確率の高い経路を抽出することが可能となる。したがって、このような街路を優先的に整備し、望ましい歩行者空間ネットワークの構築を図る方向に活用できるものと期待される。もっとも、本研究で対象とした街路網とは異なる特性を有する地区へも適用できるように、歩行者の経路選択モデルの地区移転性を高めるためには、街路網特性の異なる地区における分析をさらに進めることが必要であろう。

## 参考文献

- 1) 竹内伝史：歩行者の経路選択性向に関する研究，土木学会年次学術講演会講演梗概集第4部，IV-96, 173-174, 1976。
- 2) 高辻秀興，深海隆恒：住宅地における歩行者の経路

- 選択行動についての分析, 日本都市計画学会学術研究発表会論文集第18回, 199-204, 1983.
- 3) 毛利正光, 塚口博司: 歩行者の経路選択特性について, 土木学会関西支部年次学術講演会講演梗概集, IV28-1, IV28-2, 1979.
  - 4) 西淳二: AHPモデルによる歩行者の経路選択に関する研究, 交通工学, vol26, no3, 43-50, 1991.
  - 5) Garbrecht, D.: Frequency distributions of pedestrian in a rectangular grid, *Journal of Transport Economics and Policy*, IV(1), 66-88, 1970.
  - 6) Garbrecht, D.: Pedestrian paths through a uniform environment, *Town Planning Review*, 42(1), 71-84, 1971.
  - 7) 紙野桂人, 舟橋國男: 群集行動にみられる空間的定位の傾向について, 日本建築学会論文報告集, 217, 45-51, 1974.
  - 8) 舟橋國男, 大塚裕弘: 格子状街路網地区における経路選択に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 599-600, 1977.
  - 9) 舟橋國男: 格子状街路網地区における経路の選択ならびに探索に関する調査実験, 日本建築学会計画系論文報告集, 428, 85-92, 1991.
  - 10) 奥平構造: 都市工学読本—都市を解析する, 彰国社
  - 11) (社) 土木学会: 交通ネットワークの分析と計画 最新の理論と応用, 1987.

(2001. 9. 12 受付)

## ANALYSIS ON PEDESTRIAN ROUTE CHOICE BEHAVIOR

Hiroshi TSUKAGUCHI and Koichiro MATSUDA

Safety and comfort walking are important factors for urban planning. To analyze pedestrian route choice behavior is necessary for providing pedestrian spaces that are preferred and frequently used by pedestrians. There were many researches based on the following three factors including 1) street environment, 2) characteristics of pedestrians, and 3) spatial relationship between the current location and the destination. Most researches were conducted from view points of 1) and 2) or 2) and 3). However few researches considered 1), 2), and 3) at the same time, also mostly they were qualitative analyses. Based on an observation survey, this study aims to investigate characteristics of pedestrian route choice behavior and develop a pedestrian route choice model.