

空間的定位に基づく歩行者経路選択行動モデルの体系化*

Systematization of Pedestrian Route Choice Models based on the Spatial Relationship between the Pedestrian's Current Location and the Destination*

竹上直也**・塚口博司***・阿部了****

By Naoya TAKEGAMI**・Hiroshi Tsukaguchi***・Ryo Abe****

1. はじめに

わが国が未曾有の高齢社会に向かいつつある今日、交通バリアフリー法の制定に基づく歩行者空間のバリアフリー化施策をはじめとして、安全で快適な歩行者空間の整備・運用に対する関心は今後益々高まってくると考えられる。このような状況の下で、歩行者の交通行動に関する法則性を解明し、質の高い歩行者空間を整備するための計画技術を確立することは、歩行者交通研究に課された重要な検討課題となっている。特に、どのような経路を整備すれば街づくりにとって有効なのか、どのような工夫をすれば歩行者を適切に誘導できるのか、といった問に答えるために、歩行者の経路選択行動に関する特性把握を行うことの重要性は高いと考える。

一般に、歩行者の経路選択行動に影響する要因としてはa)経路長、b)空間的定位、c)歩行環境、d)歩行者属性があると考えられる。筆者らはこれらのいずれの要因も歩行者の経路選択行動に影響すると考えているが、拙稿においては、空間的定位を中心として研究を進めてきた^{1)~4)}。もっとも、既往の研究を概観した場合、経路長や歩行環境を主要な選択要因とした研究も数多く行われている。そこで、まず、これらの要因の扱い方について若干の整理を行うことにしたい。

上記の4要因は、すべての地区に共通して選択行動に影響を及ぼす要因と、特定の地区において有効となる要因に区分できる。「経路長」および「歩行環境」はこれらが大きく異なる複数の経路が存在する場合には主要な選択要因となるが、これらに差がない経路が存在する場合には選択行動を規定し得ない。一方、「空間的定位」はどのような街路網形態の地区においても、選択要因となる可能性を有している。「歩行者属性」には性別や年齢のように地区に依存しないものと、歩行目的のように地区の特性(土地利用等)に関係する要因がある。このように考えると、特定の地区における歩行者の経路選択

*キーワード: 歩行者, 経路選択モデル, 空間的定位

**正会員, 文部科学省科学技術・学術政策局基盤政策課

***フェロー会員, 立命館大学理工学部都市システム工学科

****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, TEL077-561-2735)

表 - 1 歩行者経路選択モデル構築の方向性

モデル化の方向	基本的な説明変数	モデル精緻化のために追加される変数
A) 地区ごとの詳細モデルの構築	a)経路長、c)歩行環境、d)歩行者属性	
B) 汎用性の高い基本モデルを構築し、その後、必要に応じて地区個別モデルへと改良	b)空間的定位、d)歩行者属性	a)経路長、c)歩行環境

行動を詳細には説明するには、「経路長」および「歩行環境」を用いたモデルを構築する方法が有効であろう。一方、まず多くの地区に適用可能な汎用性の高い選択モデルを構築し、次にこのモデルにそれぞれの地区の固有特性を加えてモデルを精緻化する方法も効果的である。筆者らは後者の立場に立っている。以上のことは表-1のように整理できよう。

経路選択行動モデルの構築に当たっては、もう一つ整理しておくべき点がある。歩行者がどの時点、どの地点において意思決定を行っているかである。起終点が決定されると同時に経路が選択される場合もあろうし、交差点ごとに意思決定が行われる場合もあろう。筆者らは前者の場合であっても、その経路が選ばれたのは各交差点で選択が行われ結果であると考え、後者の立場から研究を進めている。

筆者らは、空間的定位要因のみを変数とした簡潔な形のモデルを構築しているが、歩行者の経路選択行動においてa)、c)、d)の要因が影響していることも明確であろう。そこで、本稿では上記の基本モデルについて説明するとともに、必要に応じて地区特性に対応した変数を加えた地区別モデルの事例を示し、歩行者の経路選択行動モデルの枠組みを整理することにした。

2. 空間的定位に基づいた歩行者経路選択行動基本モデルの構築⁴⁾

(1) 空間的定位特性の定量化方法

本研究では、歩行者が経路上で遭遇する経路選択機会において複数の経路が存在している場合、歩行者は空間的定位を表す以下の2つの行動原則を有しているとの仮

説を設定する。

- a)目的地指向性の強い経路を選択する
- b)方向保持性の強い経路を選択する

ここで、目的地指向性とは「目的地の方向へ進む」という特性であり、図-1に示す挟角(目的地方向角度)、を測定することで定量化を行う。方向保持性とは「進行している方向を維持する」という特性であり、図-2に示す挟角(進入方向角度)、を測定することで定量化を行う。この2種類の角度は小さいほどその特性が強い経路であると言える。

また、歩行者が通過した経路選択機会のある全てのノードを分析対象とするのではなく、当該ノードから目的地までの最短経路に対する代替経路(最短経路以外の経路の中で最も短い経路)の迂回率が0.2を超えるノードでは、ほとんどの歩行者が最短経路を選択するノードと考え、分析対象から除いた。これは、分析を実施した20地区のうちの16地区において迂回率を測定したところ、約95%の歩行者は迂回率=0.2以下の経路を選択することを確認したためである。

(2) 基本モデルの構築

表-2に示す20地区において追跡調査(一部ヒアリング調査)によって歩行者の経路データを取得し、目的地方向角度および進入方向角度の2要因のみを説明変数とする経路選択モデル(2肢選択ロジットモデルを使用)を構築したところ、表中の*印で表される15地区において説明力の高いモデルが構築できた。また、残る5地区についても、歩行者の経路選択行動を空間的定位の2指標のみで表すことができない合理的な理由が各地区で認められている。

次に、良好なモデルが構築できた15地区のデータを統合し、同様の方法を用いて歩行者の経路選択行動基本モデルを構築した。表-3に示すパラメータ推定結果より、説明力の高いモデルであることが確認でき、さらに当該モデルの地域移転性が高いことも竹上・塚口¹⁾において明らかにされている。この空間的定位要因に基づいたモデルに各種要因を組み合わせることにより、次章においてさらに精緻なモデルへと展開させることにしたい。

3. 歩行者属性を考慮した歩行経路選択モデル

本章では、基本モデル構築に用いた15地区の歩行データを性別および年齢別に分類し、これを基本モデル構築と同様の方法でモデル化することで、各属性要因が歩行者の経路選択に与える影響を明らかにする。

男女別モデルのパラメータ推定結果は表-4に、年齢別モデルのパラメータ推定結果は表-5に示す通りである。いずれのモデルも、t値、尤度比、的中率などから、説明力の高いモデルであると言える。ここで、男女別モ

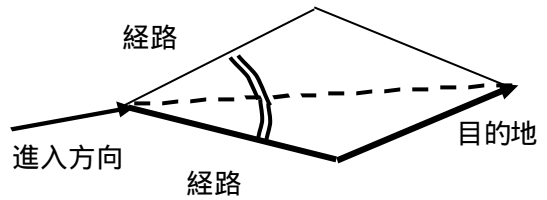


図-1 目的地方向角度の測定

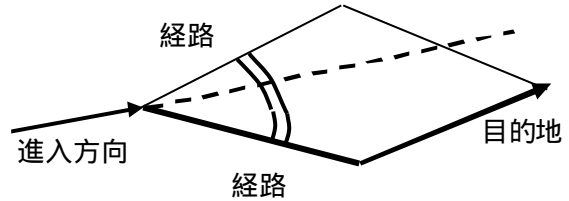


図-2 進入方向角度の測定

表-2 対象地区(類型化は塚口・松田¹⁾に基づく)

類型化	対象地区
A	豊中庄内*、千林*、野田*、十三*
B1	北信太、京橋
B2	西宮北口*、高槻*
C1	茨木*、園田*、苦楽園口*、武庫之荘*、立花
C2	西神IT、堀江*、関目*、三宮*
D1	淀屋橋*、四条烏丸*
D2	御池*

表-3 基本モデルパラメータ結果(**は1%有意)

	パラメータ値(°)	t値
目的地法方向角度	-1.5304×10^{-2}	-19.42**
進入方向角度	-9.5872×10^{-3}	-24.69**
尤度比	0.166	
的中率(%)	70.0(=3461/4945)	
パラメータ比 (目的地/進入)	1.60	

デルのパラメータ比に注目すると、男性が女性より低くなっていることから、男性は方向保持性が強く、女性は目的地指向性が強いと考えられる。一方、年齢別モデルにおいてはパラメータ比に大きな差が見られておらず、年齢による歩行者の経路選択行動には大きな相違が見られないようである。

4. 経路長を考慮した歩行経路選択モデル

(1) 歩行者の経路選択実態

最短距離指向は、一般に歩行者の経路選択要因として最も重視されるように思われるが、格子状街路網においては目的地までの最短経路が複数存在するため、歩行者が仮に最短距離指向を有していたとしても、この要因のみでは経路選択行動を説明できない。そこで、基本モデル構築に用いた15地区中、不整形街路網(類型化AおよびC1)に属する8地区を対象として分析を行った。なお、ここでも経路選択機会があるとされるノードのみを分析

表 - 4 男女別経路選択モデル (**は1%有意)

	パラメータ (t 値)		尤度比	的中率 (%)	パラメータ比 (目的地/進入)
	目的地方向角度 (°)	進入方向角度 (°)			
男性	-1.4864×10^{-2} (-12.55**)	-1.0506×10^{-2} (-18.36**)	0.176	71.3 (=1641/2302)	1.41
女性	-1.5762×10^{-2} (-14.88**)	-8.7519×10^{-3} (-16.51**)	0.154	70.1 (=1853/2643)	1.80

表 - 5 年齢別経路選択モデル (**は1%有意)

	パラメータ (t 値)		尤度比	的中率 (%)	パラメータ比 (目的地/進入)
	目的地方向角度 (°)	進入方向角度 (°)			
10~20歳代	-1.6330×10^{-2} (-11.33**)	-1.0428×10^{-2} (-14.98**)	0.181	72.0 (=1125/2302)	1.57
30~50歳代	-1.4921×10^{-2} (-14.06**)	-9.2939×10^{-3} (-17.90**)	0.162	70.1 (=1853/2643)	1.61
60歳代以上	-1.3524×10^{-2} (-6.77**)	-8.6923×10^{-3} (-8.05**)	0.135	68.0 (=448/659)	1.56

表 - 6 最短経路方向選択率

地区	最短経路	迂回経路	選択率 (%)
豊中庄内	310	173	64.2
千林	119	75	72.6
野田	204	82	71.3
十三	282	121	70.0
茨木	302	101	74.9
園田	156	84	65.0
苦楽園口	156	68	69.6
武庫之荘	117	55	68.0
合計	1726	759	69.5

対象とし、選択経路が目的地までの最短経路方向であるか否かについて調べている。

最短経路方向の選択率を表 - 6 に示す。やや地区により異なる傾向を示しているものの、約70%の経路選択機会において最短経路方向の経路が選択されており、最短距離指向は歩行者の経路選択に影響していると言えよう。

(2) 経路選択行動モデルの構築

分析対象8地区において、上述の経路選択モデルと同様の方法でモデル化を行った。ただし、ここでの説明変数は、目的地方向角度、進入方向角度、最短経路方向か否か(該当 = 1、該当しない = 0)の3変数である。

8地区においてモデル構築を行ったところ、8地区中7地区において説明力の高いモデルを構築することができた。そこで、この7地区の歩行データを統合し、不整形街路網地区における経路長を考慮した代表モデルを構築した。パラメータ推定結果は表 - 7の通りである。t 値、尤度比、的中率から、説明力の高いモデルが構築できたと言える。これより、歩行者の経路選択に最短距離指向が影響していることが再確認でき、不整形街路網地区においては、経路長を考慮したモデルを作成することによって、基本モデルと比較してより精緻なモデル化が行えたと言えよう。

6. 歩行環境を考慮した歩行経路選択モデル

(1) 歩行者の経路選択実態

歩行環境は種々の指標で表現することができる。筆者らはすでに、空間的方位指標および歩行環境意識(「にぎやかさ」に対する意識)を説明変数とした経路選択モデルを提案しているが、本稿では歩行環境と関係が深い物的指標として道路幅員および歩道幅員を取上げて分析することにした。ただし、これらが経路選択要因となるためには、前者に関しては代替となる街路間の幅員が適度に異なっていること、後者の場合には歩道が一定量以上整備されていることが必要となる。そこで、2つの条件が満たされる苦楽園口および堀江地区では道路幅員と歩行幅員を対象とし、十三および西宮北口地区においては道路幅員のみを対象として分析した。なお、これまでと同様に経路選択機会があるとされるノードのみを分析対象とした。

道路幅員および歩道幅員に基づく経路選択率は図 - 3の通りである。同図より、十三地区および苦楽園口地区においては道路幅員が歩行者の経路選択行動に影響しているが、西宮北口地区および堀江地区においてはあまり影響していないようである。歩道幅員については、苦楽園口地区では影響するものの、堀江地区については影響していないと思われる。以上より、道路幅員および歩道幅員は、地区によっては主要な選択要因となる場合があるが、すべての地区において大きな影響を与えているわけではないようである。

(2) 経路選択行動モデルの構築

道路幅員に関する分析を実施した4地区において、空間的方位指標に道路幅員を加えて、同様のモデル構築を行った。すなわち、説明変数は目的地方向角度、進入方向角度、道路幅員の3変数である。

地区別のパラメータ推定結果は表 - 8の通りである。十三地区および西宮北口地区においては説明力の高いモデルを構築することができた。ただし、西宮北口地区では道路幅員を変数に取り入れることで、空間的方位要因の2変数のみを用いたモデルよりも尤度比および的中率が低下している。また、苦楽園口地区では、進入方向角度

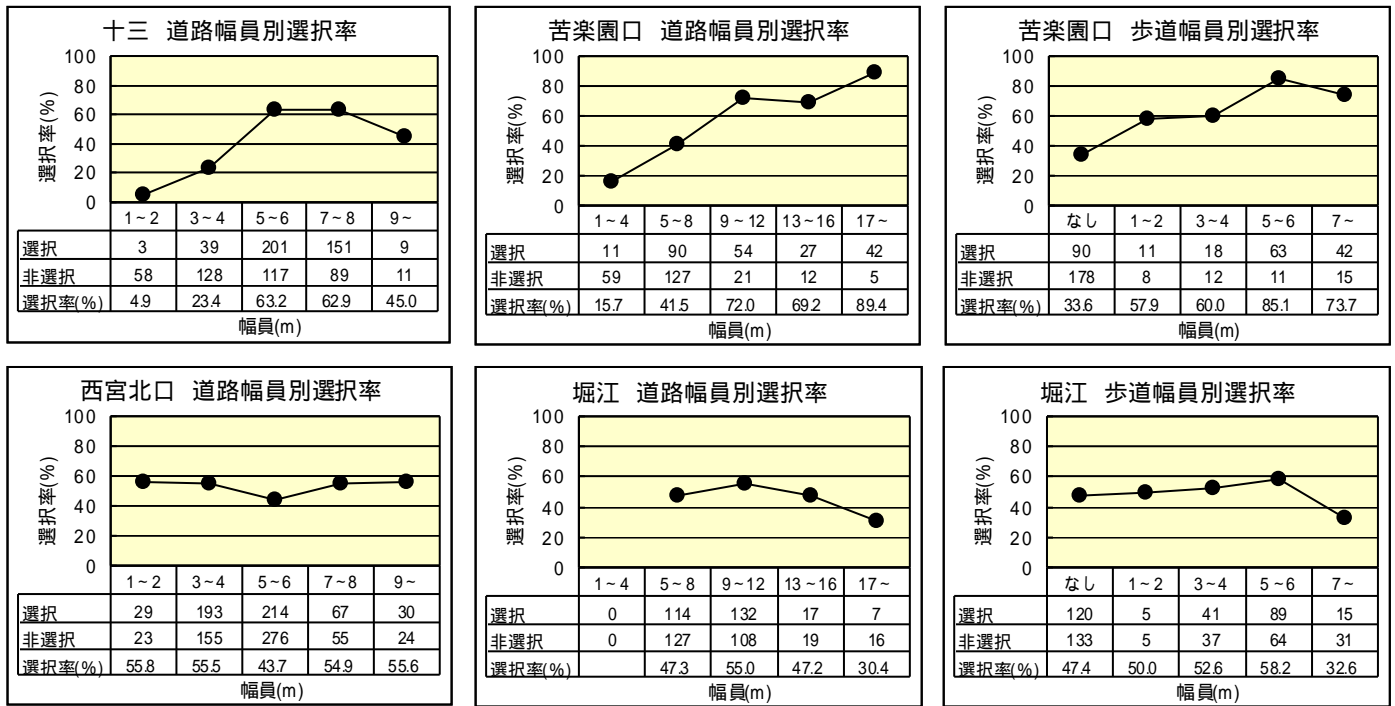


図 - 3 歩行環境が経路選択に与える影響

表 - 7 経路長を考慮した経路選択モデル

パラメータ (t 値)			尤度比	的中率 (%)	パラメータ比 (目的地/進入)
目的地方向角度 (°)	進入方向角度 (°)	最短経路か否か			
-11252×10^{-2} (-9.17**)	-9.9547×10^{-3} (-15.85**)	-6.2088×10^{-3} (-12.26**)	0.225	72.4 (= 1675/2313)	1.13

表 - 8 道路幅員を考慮した経路選択モデル (*は5%有意、**は1%有意)

地区	パラメータ (t 値)			尤度比	的中率 (%)
	目的地方向角度 (°)	進入方向角度 (°)	道路幅員 (m)		
十三	-1.4783×10^{-2} (-4.76**)	-1.4282×10^{-2} (-7.97**)	-1.1459×10^{-1} (-2.59**)	0.269	78.2 (= 360/403)
西宮北口	-1.5568×10^{-2} (-6.28**)	-8.8092×10^{-3} (-7.19**)	-7.4425×10^{-2} (-2.13*)	0.153	67.5 (= 315/533)
苦楽園口	-2.0689×10^{-2} (-4.48**)	-4.4562×10^{-3} (-1.73)	-1.7471×10^{-1} (-5.12**)	0.345	79.9 (= 179/224)
堀江	-1.5856×10^{-2} (-4.59**)	-6.5232×10^{-3} (-4.27**)	-1.5480×10^{-3} (-0.08)	0.117	65.9 (= 178/270)

の t 値がやや低いものの、モデル全体の説明力が向上している結果となった。以上のことから、道路幅員はより精緻な地区別モデルへ改良するために重要な変数となる場合があるものの、その影響は地区固有のものであると思われる。

6. まとめ

本研究では、表 - 1 に示した考え方に基づいて、歩行者の経路選択モデルを具体的に構築した。その結果、空間的的定位要因は特別な理由（たとえば、公開空地の存在など）がある地区を除いたすべての地区において選択要因となることが明らかとなった。一方、経路長および歩行環境要因は地区特性に応じて影響を与える要因であり、地区別モデルを構築（精緻化）する際に、有用な要因であることと言えよう。また、歩行者属性に関しては、空間的的定位と同レベルの分析を行ってはいないが、各地区

に共通して有効な要因であると考えることができよう。本稿では、歩行環境に関する分析が充分ではないから、適切な歩行環境指標を取り入れて、経路選択モデルを精緻化していく予定である。

参考文献

- 1) 塚口博司, 松田浩一郎: 歩行者の経路選択行動分析, 土木学会論文集, No709/ -56,117-126,2002.7.
- 2) 塚口博司, 松田浩一郎, 竹上直也: 歩行環境評価および空間的的定位を考慮した歩行者の経路選択行動分析, 土木計画学研究 論文集, Vol.20, No.3, 515-522, 2003.9.
- 3) 塚口博司, 竹上直也, 松田浩一郎: 不整形街路網地区における歩行者の経路選択行動に関する研究, 土木学会論文集, No779/ -66,45-52,2005.1.
- 4) 竹上直也, 塚口博司: 空間的的定位に基づいた歩行者の経路選択行動モデルの構築, 土木学会論文集 (投稿中)