

歩行環境要因および空間的定位置を考慮した歩行者経路選択モデルの構築* ～一般街路網地区を対象として～

Pedestrian Route Choice Model Considering Street Environment and Relative Orientation of the Destination for Various Street Networks*

阿部 了**・塚口博司***・竹上直也****

By Ryo Abe**, Hiroshi Tsukaguchi*** and Naoya Takegami****

1. はじめに

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)空間的定位置、c)歩行環境、d)歩行者属性があると考えられる^{注)}。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、汎用性の高い経路選択行動モデルを構築するためには空間的定位置からのアプローチが望ましいのではないかとこの立場から研究を進め、すでに種々の街路網地区に適用可能な基本モデルを構築している²⁾。すなわち、街路網の形態に捉われず、ほぼすべての街路網形態に適用可能な歩行者経路選択行動基本モデルを提案しており、ここでは、目的地指向性および方向保持性によって、各交差点における歩行者の経路選択確率が表せることを明らかにしている。

もっとも、歩行環境が経路選択に影響を及ぼしていることも事実であり、特に個々の地区に限定したモデルの作成には、歩行環境要因を含めた分析が有効であろう。筆者らはすでに、格子状街路網地区を対象として、歩行環境に関する意識指標を取入れた経路選択モデルについて検討しているが³⁾、本稿では、一般街路網を対象とし、歩行環境評価モデルと経路選択モデルを組み合わせることによって、歩行環境要因と空間的定位置を考慮した経路選択モデルを提案することを目的とする。

2. 歩行環境要因に関する調査

筆者らは一連の研究において、京阪神都市圏の20地区を対象としてきたが、ここではこの中から4地区を選んで歩行環境要因に関する実測調査ならびにアンケート調査を実施した。対象地区は十三地区(大阪市淀川区)、関目地区(同城東区)、千林地区(同旭区)、野田地区(同福島区)であり、表1に調査の概要を示す。これらの地区は街路網形態から分類すると、十三、千林、野田地区は不整形な街路網地区、関目地区は不整形な街路網を含むが基本的には格子状の街路網地区である。

*キーワード：歩行者経路選択モデル、空間的定位置、歩行環境評価

**正会員、修士(工学)、東京都港区

***フェロー会員、工博、立命館大学理工学部 都市システム工学科、(〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 Tel:077-561-2735、FAX:077-561-2667)

****正会員、修士(工学)、文部科学省 科学技術・学術政策局 基盤政策課

表1 調査の概要

【物的調査】

	十三地区	関目地区	千林地区	野田地区
調査日	05/10/22	05/11/11	05/12/2	05/12/20
調査項目	道路幅員、リンク長、断面交通量(自動車、自転車、歩行者)、駐車台数、駐輪台数、商店数(リンクあたり)、住宅数(リンクあたり)、交通規制、街路灯等の有無			断面交通量を除く
調査地点数	83箇所	59箇所	68箇所	76箇所

【アンケート調査】

	関目地区	十三地区	千林地区	野田地区
調査時期	2002/12	2003/11		
調査項目	右項目から歩道幅員意識、圧迫感、自転車ヒヤリ感を除き、駐車量駐輪量意識は区別せず	歩道幅員意識、道路幅員意識、自動車交通量意識、駐車量意識、駐輪量意識、障害物意識、人通り意識、自動車ヒヤリ感、自転車ヒヤリ感、圧迫感、清潔感、歩行者空間に関する総合評価意識、にぎやかさ評価意識、歩きやすさ評価意識		
配布数	500世帯(各2票配布)	1000(各2票配布)	1000(各2票配布)	750(各2票配布)
回収数	144票	218票	230票	137票

3. 経路選択行動基本モデル

本稿では、空間的定位置で説明された歩行者の経路選択行動基本モデルをベースとし、これに歩行環境要因を追加することによって、空間的定位置要因と歩行環境要因を組み合わせた経路選択行動モデルを構築する。なお、歩行環境要因としては、アンケート調査で得られた意識指標ならびに実測調査で把握した物的指標を用いる。基本モデルの概要は以下のようである。

歩行者が街路網上で経路を選択する場合、3肢以上の経路選択を行う必要が生じることもあるが、迂回率が1.2を超える経路が選択されることはほとんどないことを確認しているから、迂回率が小さい経路に関する2肢選択問題と捉えても差し支えないと考えられる。

2肢選択の場合、選択確率は効用 V_1 (右経路方向)と効用 V_2 (左経路方向)を用いると、次式で表される。

右経路方向選択確率

$$= \exp(V_1) / \{ \exp(V_1) + \exp(V_2) \}$$

左経路方向選択確率

$$= \exp(V_2) / \{ \exp(V_1) + \exp(V_2) \}$$

ここで、

$$V_i = \beta_1 Z_{1i} + \beta_2 Z_{2i} \quad (i = 1, 2)$$

であり、 Z_{1i} 、 Z_{2i} はそれぞれ

Z_{1i} ：目的地方向角度(°)

Z_{2i} ：進入方向角度(°)

を表している。

筆者らが研究対象としている 20 地区のうちで、上記の形式のモデルが作成できた 15 地区において、共通して用いることができる基本モデルとして、表 2 に示すモデルを提案している¹⁾。本稿で対象とした 4 地区のうちで、関目地区以外の 3 地区は上記の 15 地区に含まれている。

表 2 経路選択基本モデル

基本モデル	パラメータ (t 値)
目的地方向角度(°)	-1.5304×10 ⁻² (-19.42**)
進入方向角度(°)	-9.5872×10 ⁻³ (-24.69**)
尤度比	0.1661
的中率(%)	70.0 (3461/4945)

**1%有意 *5%有意

なお、表 3 に関目地区以外の 3 地区における地区ごとの経路選択モデルも示しておく。

表 3 地区別モデル

十三モデル	パラメータ (t 値)
目的地方向角度(°)	-1.5006×10 ⁻² (-4.88**)
進入方向角度(°)	-1.6803×10 ⁻² (-9.81**)
尤度比	0.2554
的中率(%)	76.2 (307/403)
千林モデル	
目的地方向角度(°)	-2.0742×10 ⁻² (-5.48**)
進入方向角度(°)	-1.0515×10 ⁻² (-5.58**)
尤度比	0.2551
的中率(%)	73.4 (201/274)
野田モデル	
目的地方向角度(°)	-1.5607×10 ⁻² (-4.40**)
進入方向角度(°)	-4.7303×10 ⁻³ (-2.06**)
尤度比	0.1206
的中率(%)	68.5 (196/286)

**1%有意 *5%有意

4. 歩行環境要因を考慮した経路選択モデル

環境要因を加えるに当たっては、上記の 2 要因に歩行環境指標を追加し、効用関数を以下のように表した。

$$V_i = \beta_1 Z_{1i} + \beta_2 Z_{2i} + \beta_3 Z_{3i} \quad (i = 1, 2)$$

ここで、

Z_{1i} ：目的地方向角度(°)

Z_{2i} ：進入方向角度(°)

Z_{3i} ：歩行環境指標

対象とした 4 地区において、このようにして求められた有意なモデルを表 4 および表 5 に示す。

(1) 意識指標を用いたモデル

意識指標はアンケート調査における 5 段階評価に基づいて、1～5 を与えたものであり、評価が良い方を 5 としている。パラメータが有意であり、かつ符号が合理的なモデルは十三地区では 2 モデル、千林地区、野田地区、および関目地区ではそれぞれ 1 モデル得られた。

十三地区で有効であった意識指標は、「人通りの多さ」、「にぎやかさ」である。これらの要因はパラメータが有意であり、尤度比も大きいと、この地区において有効な要因であると考えられる。当該地区では、賑わいのある経路が選択されるという傾向が読み取れる。

千林地区および野田地区で有意なモデルに取り入れられた意識指標は、「にぎやかさ」であり、十三地区と同様に、賑わいのある道路が選ばれていると考えられる。

関目地区では「圧迫感」が有意となっているが、このモデルの尤度比は非常に低く、有効なモデルとはいえないであろう。

以上で述べたように、全地区において採用された共通の要因はなかったが、「にぎやかさ」を用いたモデルは関目地区を除く 3 地区で有意となっており、

表 4 歩行環境要因(意識指標)を加えたモデル

十三モデル	パラメータ (t 値)
目的地方向角度(°)	-1.5161×10 ⁻² (-4.90**)
進入方向角度(°)	-1.5256×10 ⁻² (-9.03**)
人通り(少ない 1⇔多い 5)	5.4064×10 ⁻¹ (2.41**)
尤度比	0.2642
的中率(%)	77.3 (310/401)
十三モデル	
目的地方向角度(°)	-1.4699×10 ⁻² (-4.81**)
進入方向角度(°)	-1.5409×10 ⁻² (-9.16**)
賑やかさ(ない 1⇔ある 5)	6.8441×10 ⁻¹ (2.30**)
尤度比	0.2633
的中率(%)	77.3 (310/401)
千林モデル	
目的地方向角度(°)	-2.1202×10 ⁻² (-5.53**)
進入方向角度(°)	-1.1331×10 ⁻² (-5.61**)
賑やかさ(ない 1⇔ある 5)	7.3166×10 ⁻¹ (4.74**)
尤度比	0.2589
的中率(%)	73.0 (200/274)
野田モデル	
目的地方向角度(°)	-1.2515×10 ⁻² (-4.40**)
進入方向角度(°)	-3.8242×10 ⁻³ (-2.06*)
賑やかさ(ない 1⇔ある 5)	7.7698×10 ⁻¹ (5.63**)
尤度比	0.2013
的中率(%)	75.1 (214/285)
関目モデル	
目的地方向角度(°)	-9.8630×10 ⁻³ (-2.43*)
進入方向角度(°)	-3.8750×10 ⁻³ (-2.51**)
圧迫感(感じる 1⇔感じない 0)	7.1557×10 ⁻¹ (3.12**)
尤度比	0.0521
的中率(%)	56.5 (134/237)

**1%有意 *5%有意

歩行者が賑やかな経路を選んでいる傾向がうかがえる。なお、「歩行者空間に関する総合評価」ならびに「歩きやすさ」はいずれも有意な変数として採用されなかった。

(2) 物的指標を用いたモデル

次に、物的指標を用いたモデルを示す。

十三地区で有意な物的指標は、「道路幅員」、「自動車交通量」、「駐車・駐輪量」、「交通規制の有無」、「商店街の有無」といった要因である。十三地区では、自動車交通量、歩行者交通量がある程度多く、商店の多い街路を指向する傾向にあると言える。この傾向は先に述べたように、賑わいのある街路を選ぶという傾向と整合性の取れたものとなっている。

千林地区では有意な物的指標を見出せなかった。

野田地区で有意な物的指標は、「交通規制」、「住居数」である。

関目地区では「駐車・駐輪の有無」が有意な選択要因となっはいるが、このモデルの尤度比が非常に小さいから有効なモデルとはいえない。

(3) まとめ

以上で述べたように、歩行環境に関する意識指標ならびに物的指標を目的地方向角度ならびに進入方向角度に加えて歩行者の経路選択行動モデルを作成したところ、意識指標の場合には、4地区の中の3地区において「にぎやかさ」が有意な要因と捉えることができた。一方、物的指標の場合には、上記の空間的的定位を表す指標と同時に有意であり、また各地区に共通性のある指標を見出すことは困難であった。なお、「にぎやかさ」が経路選択行動に影響する場合があることは明らかとなったが、これは4地区における分析から得られたものであり、他の要因の存在を否定するものではない。

5. 物的指標と意識指標の関係

(1) 「にぎやかさ」と物的指標との関係

本章では物的指標と意識指標との関係について述べる。なお、前章において、「にぎやかさ」が歩行者の経路選択行動に関係が深いことが明らかとなったので、ここでは、「にぎやかさ」と物的指標との関係に限定して述べることにしたい。表6より、道路幅員が広く、ヒヤリ感が少なく、駐車・駐輪が少なく、人通りが多く、楽しく歩くことができる街路を「にぎやか」であると感じる歩行者が多いようである。関目地区では、「にぎやかさ」が経路選択行動に影響しておらず、他の3地区と異なっているが、表6より、当該意識指標と物的指標との関係の相違点もかなり大きいことがわかる。

関目地区は本研究で対象とした20地区のうちで、空間的的定位の視点から経路選択モデルを構築できなかった地区の一つであり、他の3地区とは別にさらに詳細な検討を進めることが必要であろう。

以下では、「にぎやかさ」に焦点を当てて検討することにした。「にぎやかさ」という概念には良好な歩行環境とは無縁のやや混雑した状況も含まれよう

が、表6から考察すると、先に述べたように、ここでの「にぎやかさ」は安全で快適に歩行できる環境と密接な関係にあると考えられる。

ただし、このような考え方を一般化するまでには至っていない。たとえば「にぎやかさ」と道路幅員との関係には注意を要する。すなわち、対象とした4地区のうちで、関目地区の道路幅員はモードが8mであり幅員が比較的広いが、他の地区では多くの

表5 歩行環境要因(物的指標)を加えたモデル

十三モデル	パラメータ (t 値)
目的地方向角度(°)	-1.4783×10^{-2} (-4.76**)
進入方向角度(°)	-1.4282×10^{-2} (-7.97**)
道路幅員(m)	1.1459×10^{-1} (2.59**)
尤度比	0.2686
的中率(%)	78.2 (315/403)
十三モデル	
目的地方向角度(°)	-1.9147×10^{-2} (-4.54**)
進入方向角度(°)	-1.0970×10^{-2} (-5.23**)
自動車交通量(台/時)	1.5008×10^{-4} (1.96*)
尤度比	0.2046
的中率(%)	75.0 (171/228)
十三モデル	
目的地方向角度(°)	-1.9588×10^{-2} (-5.08**)
進入方向角度(°)	-1.3361×10^{-2} (-6.76**)
駐車・駐輪(有1、無0)	-4.3442×10^{-1} (-2.17*)
尤度比	0.2538
的中率(%)	75.8 (204/269)
十三モデル	
目的地方向角度(°)	-1.8088×10^{-2} (-4.06**)
進入方向角度(°)	-1.1691×10^{-2} (-5.67**)
通行規制(有1、無0)	1.0371 (3.07**)
尤度比	0.2171
的中率(%)	75.2 (158/210)
十三モデル	
目的地方向角度(°)	-1.3587×10^{-2} (-4.33**)
進入方向角度(°)	-1.5434×10^{-2} (-9.06**)
商店街(有1、無0)	4.6071×10^{-1} (1.97*)
尤度比	0.2623
的中率(%)	77.4 (312/403)
野田モデル	
目的地方向角度(°)	-1.3213×10^{-2} (-4.58**)
進入方向角度(°)	-5.5318×10^{-3} (-2.96**)
通行規制(有1、無0)	6.8329×10^{-1} (4.34**)
尤度比	0.1653
的中率(%)	70.8 (192/271)
野田モデル	
目的地方向角度(°)	-9.9007×10^{-3} (-3.12**)
進入方向角度(°)	-5.7013×10^{-3} (-3.06**)
住居数(軒/100m)	4.5344×10^{-2} (3.01**)
尤度比	0.1377
的中率(%)	67.2 (182/271)
関目モデル	
目的地方向角度(°)	-1.0125×10^{-2} (-2.57**)
進入方向角度(°)	-2.9913×10^{-3} (-2.00*)
駐車・駐輪(有1、無0)	-4.1287×10^{-1} (2.01*)
尤度比	0.0406
的中率(%)	61.0 (153/251)

**1%有意 *5%有意

道路が3～6mであり、千林では3m以下の道路も少なくない。このような地区固有の特性の下での評価であり、またそうならざるを得ないことに注意すべきである。

(2)「にぎやかさ」評価モデル

表6には「にぎやかさ」と他の意識指標との相関関係を示す。「にぎやかさ」は「人通り」、「楽しい道路」と密接に関係しているが、自動車交通関係の指標との関係等では地区によって認識が異なっているようである。

次に、物的指標によって「にぎやかさ」評価モデルを構築し、主要な結果を表7に示す。「にぎやかさ」を説明する物的指標は多岐にわたっているが、商店率等の歩行者を吸引する要因と、自動車交通量が少ない、交通規制といった交通安全に関係する要因が含まれている。

表6 「にぎやかさ」と他の意識指標との相関係数

	十三	千林	野田	関目
道路幅員	0.179**	0.200**	0.223**	-0.017
交通量	-0.082*	0.200**	-0.310**	0.341**
ヒヤリ感	0.054	-0.305**	0.277**	—
車ヒヤリ	—	—	—	0.274**
自転車ヒヤリ	—	—	—	0.366**
駐車駐輪	-0.152**	-0.452**	-0.330**	—
駐車	—	—	—	0.346**
駐輪	—	—	—	0.399**
圧迫感	—	—	—	0.303**
障害物	-0.235**	-0.408**	-0.305**	0.379**
人通り	0.366**	0.607**	0.424**	0.666**
清潔感	0.147**	0.159**	0.079	-0.226**
楽しい道路	0.459**	0.314**	0.356**	0.331**
歩きやすさ	0.190**	0.134**	0.113*	-0.179**
総合的	0.265**	0.169**	0.177**	-0.163**

表7 にぎやかさ評価モデルの例

評価モデル	道路幅員	自動車交通量	歩行者交通量	交通規制	歩道の有無	駐車・駐輪	商店率	商店街	R ²
十三1			0.369**				0.567**		0.597
十三2	0.474**	-0.256*							0.212
千林1	0.262*					0.435**			0.553
千林2	0.254*						0.419**		0.291
野田1					0.089**			0.169**	0.276
野田2	0.077*							0.158**	0.260
関目1			0.568**	0.164**					0.534
関目2			0.540**		0.253**				0.459
関目3	0.493**		0.273**						0.516

注) 各変数はすべて標準化されている

**1%有意 *5%有意

6. むすび

筆者らは一連の研究において、一貫してすべての地区に適用可能な汎用モデルの構築を目指してきたが、この基本モデルをベースとして、環境要因も考慮した経路選択行動モデルを構築するために4地区において分析したところ、基本モデル作成の対象となった15地区に含まれる3地区においては、歩行環境意識指標である「にぎやかさ」を加えたモデルを構築することができた。「にぎやかさ」という概念には、歩行環境からみて正負両面の捉え方があると思われるから今後さらに検討しなければならないが、「にぎやかさ」指標は経路選択に影響する有効な要因となる可能性がある。

「にぎやかさ」指標と物的指標との分析に基づいて「にぎやかさ」評価モデルが構築されているから、経路選択基本モデル（本稿では、具体的には空間的定位置を表す2指標で表した地区別モデルとして示している）と「にぎやかさ」評価モデルを組合して用いることによって、歩行環境を考慮した経路選択行動モデルとすることができると考えている。

参考文献

1) 竹上直也・塚口博司・阿部了：空間的定位置に基づく歩行者経路選択行動モデルの体系化、土木計画学研究・講演集、No.31、CD-ROM、2005。

2) 竹上直也・塚口博司：一般街路網地区に適用可能な歩行者経路選択行動モデル、土木学会論文集、No.807、77～86、2006.1。

3) 塚口博司・松田浩一郎・竹上直也：歩行環境および空間的定位置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、2003.9。

注) これらの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¹⁾。「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、「空間的定位置」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。