

# 歩行者経路選択行動モデルを用いた経路案内の有効性の検証\*

Verification of Effectiveness of Route Guidance based on Pedestrian Route Choice Model\*

吉田育央\*\*・竹上直也\*\*\*・塚口博司\*\*\*\*

By Ikuo YOSHIDA\*\*・Naoya TAKEGAMI\*\*\*・Hiroshi TSUKAGUCHI\*\*\*\*

## 1. はじめに

歩行者の安全・快適な移動を支援する歩行者 ITS は、現在実用化に向けて研究開発が最終段階に入っている。このうち、経路情報の案内に関しては、最短性を重視した経路情報を提供する傾向にある。しかし、歩行者が安全・快適に移動できる経路は目的地の方向や歩行環境、さらに歩行者の心理状況や属性等によって異なると思われる。すなわち、目的地までの最短経路を情報提供することが歩行者にとって常に好ましいとは言えない。このように、歩行者 ITS において情報提供する経路の内容に関しては今後改善する余地があると考えられる。

このための一つの方向として、歩行者の経路選択行動をモデル化し、これに基づいて歩行者が選択しやすい経路を案内する方法が考えられる。さて、上記モデルが歩行者の経路選択現象を詳細に分析して得られたものであるならば、このモデルを用いて提示される経路は歩行者に選択されやすい経路であると考えられる。しかしながら、各交差点において当該モデルに基づく情報を歩行者に与える場合、これを歩行者が有用な情報と受け止めるか否かについては、実際の場面において確かめる必要がある。すなわち、歩行者 ITS でこうした経路情報を提供していくためには、モデルに基づいて提案された経路を実際に歩行してもらい、歩行者に評価してもらうことが必要である。本研究では、歩行者の経路選択行動分析に基づいて構築したモデルから提供される経路情報の有効性を検証することを目的とする。

## 2. 歩行者経路選択行動モデルの概要

\*キーワード：経路選択行動、歩行者交通、歩行者ITS

\*\*学生会員、東京工業大学大学院総合理工学研究科人間環境システム専攻（〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町425-9）TEL：045-924-5903 FAX：045-924-5970

\*\*\*正会員、工修、文部科学省（〒100-8959 東京都千代田区丸の内2-5-1）TEL：03-5253-4111

\*\*\*\*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 E-mail:tsukaguc@se.ri.tsumei.ac.jp

歩行者の経路選択行動に影響する主な要因としては、経路長、歩行環境、歩行者の空間的方位、および歩行者属性がある。ここで歩行者の空間的方位とは、歩行者が自身の置かれている空間的な位置を認識して行動するという特性であり、どのような街路網においても共通して影響を及ぼしている要因である。空間的方位に着目した既往研究としては、塚口・松田<sup>1)</sup>、塚口・竹上・松田<sup>2)</sup>等があり、これらの研究では、空間的方位は目的地指向性（目的地の方向に進もうとする特性）と方向保持性（進行している方向を維持しようとする特性）によって表されており、前者では格子状街路網地区、後者では不整形街路網地区における経路選択行動が分析されている。

上記の研究では街路網の特性に応じて若干異なる指標化が行われているが、街路網形態を問わず適用可能な歩行者経路選択行動モデルの方が望ましい。そこで、筆者らは新たに、このような経路選択モデルを構築した。このモデルの詳細は別途報告し<sup>3)</sup>、本稿ではその概要を記すことにしたい。

まず、歩行者の経路選択行動特性を把握するため、京阪神都市圏 20 地区において歩行者の経路選択データを取得し、空間的方位に着目して分析を行った。目的地指向性と方向保持性を表す指標としては、それぞれ目的地方向角度（図 - 1 の、）、進入方向角度（図 - 2 の、）を用いた。これらの角度は小さいほど目的地指向性、方向保持性が強いと言える。これらの角度を経

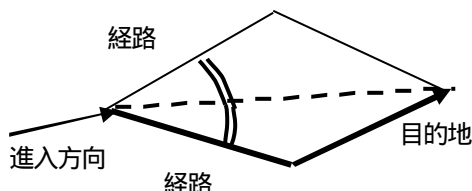


図 - 1 目的地方向角度の測定方法<sup>2)</sup>

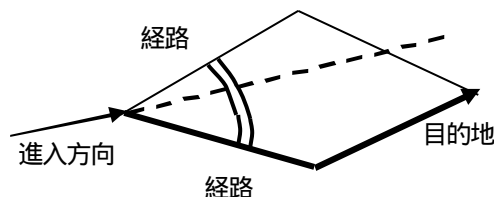


図 - 2 進入方向角度の測定方法<sup>2)</sup>

路 と経路 でそれぞれ2つずつ、つまり1箇所の経路選択機会ノードにつき4つの角度を測定する。ここで、測定対象とした経路選択ノードは、実態調査結果に基づいて、最短経路以外の迂回率 { (実経路距離 / 最短経路距離) - 1.0 } が0.2以内となるものに限定した。

20地区において上記2変数を用いてモデル構築を試みたところ、15地区において良好な地区別の経路選択行動モデルが構築された。そこで、この15地区のデータを統合し、街路網形態によらず適用可能である、汎用性の高い歩行者経路選択行動モデルが構築された<sup>3)</sup>。選択モデルは二肢選択ロジットモデルであり、選択肢は経路と経路 である。各経路の選択確率は以下の式より算出できる。

(経路 1 の選択確率) =  $\exp(V_1) / \{ \exp(V_1) + \exp(V_2) \}$   
 (経路 2 の選択確率) =  $\exp(V_2) / \{ \exp(V_1) + \exp(V_2) \}$   
 なお、式中の効用関数  $V_i$  は次式で表される。

$$V_i = \sum_{j=1}^2 Z_{ji} \quad (i=1, 2)$$

ここで、 $Z_{1j}$  は目的地方向角度、 $Z_{2j}$  は進入方向角度、 $j$  はそれぞれのパラメータである。パラメータの推定結果、t 値、尤度比および的中率を表 - 1 に示す。

表 - 1 パラメータ推定結果

パラメータ (t値)	目的地方向 角度 (°)	$-1.5304 \times 10^{-2}$ ( $-19.4169^{**}$ )
	進入方向 角度 (°)	$-9.5872 \times 10^{-3}$ ( $-24.6873^{**}$ )
尤度比		0.1661
的中率		69.990 = 3461/4945



図 - 3 十三地区 歩行経路図

### 3. 検証実験の概要

歩行者経路選択行動モデルを用いて作成した経路を実際に30名の被験者が歩行し、評価する実験を行った。調査地区は街路網形態の異なる2地区とし、不整形街路網地区の例として十三地区 (大阪市淀川区、阪急十三駅東側)、格子状街路網地区の例として四条烏丸地区 (京都市中京区、御池通~四条通) を取り上げた。

本調査は地区に不案内な歩行者が歩行者ITSによるサービスを使用する状況を想定しているため、当該地区の訪問経験がほとんどない人を被験者とし、経路の出発地点までバスで移動させることにより (バスルートと後述する2つの歩行経路には重複区間がない)、被験者が調査地区や歩行経路に関する情報を極力把握していない状態で実施した。経路案内は携帯端末の画面上に表示される地図上で行った。

歩行経路は両地区ともに2種類作成した。一方は、前章で示したモデルを用いて算出した経路選択確率が大きい方向を常に選択する経路であり (以下、推奨経路とする)、他方は、推奨経路より距離が短く、かつモデルで算出した経路選択確率が小さい方向へ進む箇所を幾つか含む等の条件を満たす経路である (以下、代替経路とする)。代替経路の作成については、まず推奨経路より距離が短くなる経路を幾つか抽出する。その上で、モデルによる推奨方向とは異なる指示を行う箇所を幾つか含む、かつ推奨経路とは極力異なった地点を通過している

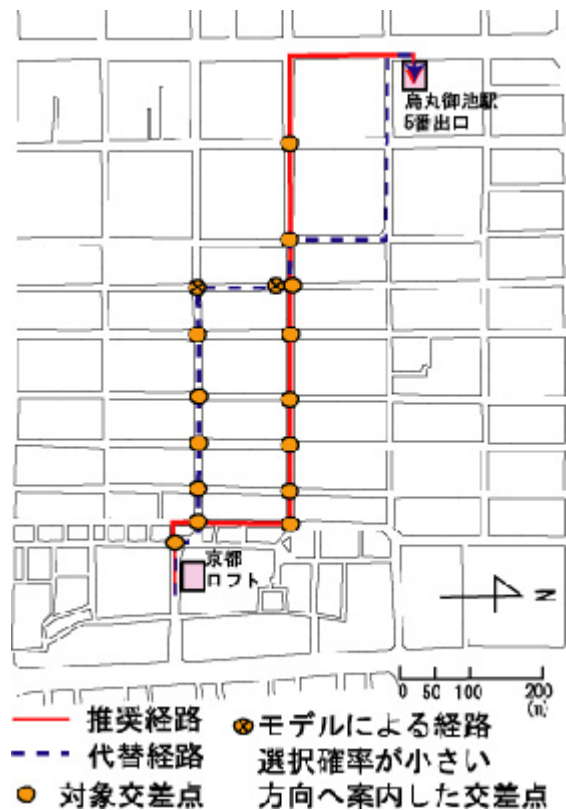


図 - 4 四条烏丸地区 歩行経路図

経路を採用した。また、被験者にはどちらの経路が推奨経路か代替経路であるかを伝えていない。

被験者には実験実施時に以下の内容の意識調査を行った。

- a) 被験者には対象交差点到着前に携帯端末を通して毎回進行経路を指示するが、この情報に対して違和感を持つかどうかを交差点ごとに評価させる。
- b) 目的地に到着した後、経路全体から見て「目的地までスムーズに移動できたか?」と「どちらの経路が歩きやすかったか?」を問う。
- c) 歩行環境の視点から経路評価を問う。

#### 4. 選択行動モデルに基づく経路案内の有用性の検証

##### (1) 各交差点における評価結果

交差点ごとに指示した進行経路に違和感を持つか否かに関する評価結果は図-5～図-8の通りである。まず、推奨経路の評価結果(図-5および図-6)を見ると、四条烏丸地区の数箇所を除き、「違和感なし」と評価された比率が0.5を超えている。これより、モデルによって算出した経路選択確率が大きい経路へ案内した場合、半数以上の歩行者は違和感を持たなかったと言える。なお、四条烏丸地区において比率が0.5を下回った箇所においては、案内しなかった方の経路がいずれもアーケードを有していた。これらの交差点ではアーケードの有無が経路案内の適切性の評価に影響しているものと思わ

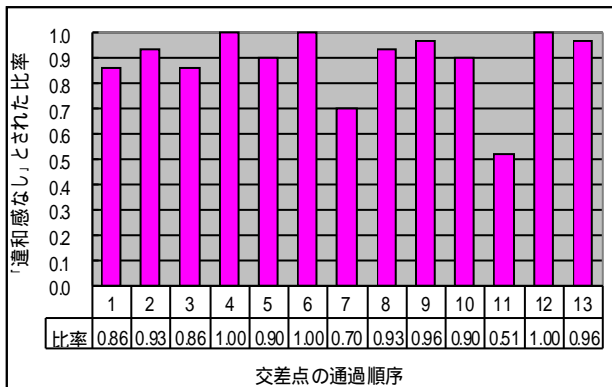


図-5 十三地区推奨経路 交差点別評価結果

る。このため、効果的な歩行者ITSには必要に応じて、空間的定位置以外の要因も考慮することが必要であろう。

次に、代替経路の評価結果に着目する。図-7および図-8において白色で示した交差点では、モデルによって算出した経路選択確率が小さい方向へ案内した。これらの交差点では、「違和感なし」と評価された比率が他の交差点における比率よりも小さい値を取っており、モデルに反する方向の経路を案内した場合、歩行者に違和感を持たれやすい場合が多い。また、代替経路においてモデルを用いて算出した経路選択確率が大きい方向へ案内した箇所では、推奨経路の場合と同様に「違和感なし」と評価された比率がすべて0.5を上回っており、半数以上の人に支持されたと言える。

以上の結果から、交差点ごとの評価から見た場合、歩行者経路選択行動モデルに基づいて案内した経路は違和感を持たれにくく、モデルに基づいた経路案内は歩行者に有用であると評価されたと考えられよう。

##### (2) 経路全体に対する評価結果

まず、経路全体としてスムーズに移動できたかという設問に対する結果を図-9に示す。この質問は被験者が歩行を終了した後に行ったものである。図-9より、推奨経路に関しては、両地区ともにスムーズに移動できたと回答した人が多いことがわかる。一方、代替経路に関しては、十三地区ではやや低い評価となり、四条烏丸地区においては推奨経路と同程度の評価であった。

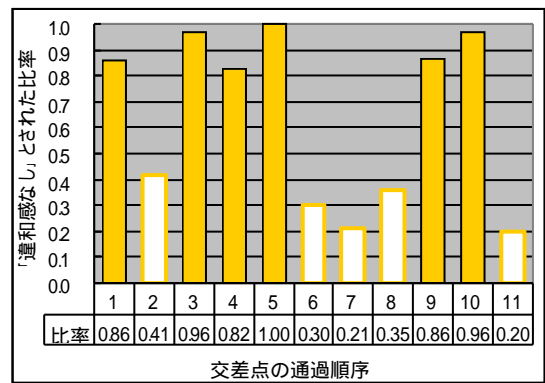


図-7 十三地区代替経路 交差点別評価結果

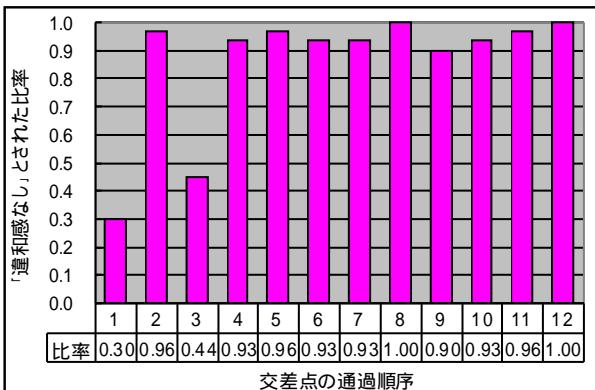


図-6 四条烏丸地区推奨経路 交差点別評価結果

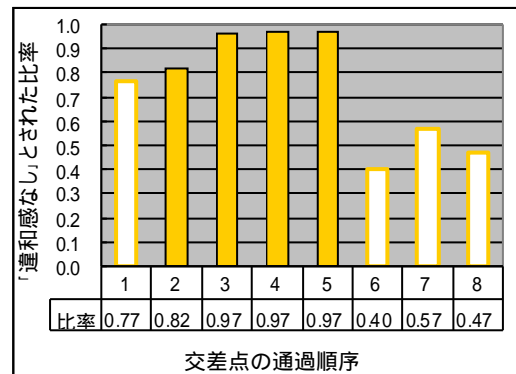


図-8 四条烏丸地区代替経路 交差点別評価結果

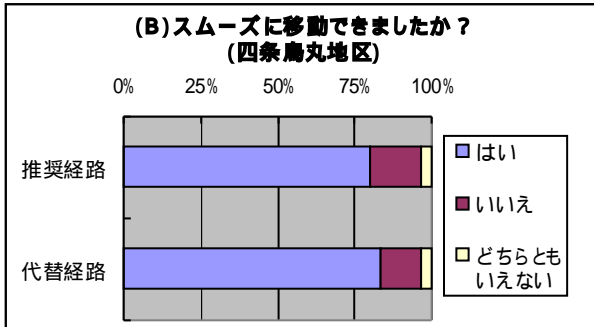
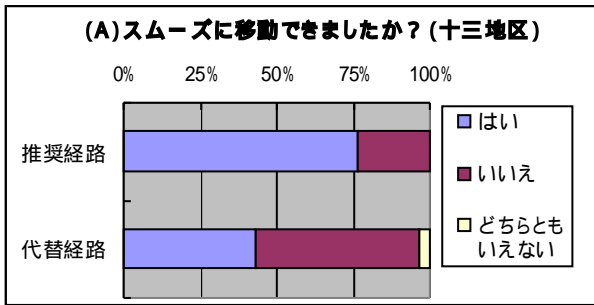


図 - 9 経路全体に対する移動のスムーズ性

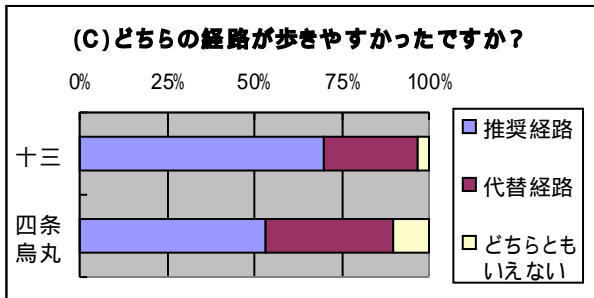


図 - 10 経路全体から見た歩きやすさ

次に、経路全体から見た歩きやすさに関しては、両地区ともに推奨経路の方が歩きやすかったと答えた人が多かった（図 - 10）。特に、十三地区においては推奨経路と代替経路との評価の差が顕著であった。これらの結果から、経路全体として見た場合においても、モデルに基づいて作成した推奨経路が歩行者から高い評価を受けていると言えるだろう。

両経路に対する歩行環境評価の結果を表 - 2 に示す。表中の評価値は最低を 0、最高を 4 とし、各経路の平均を示したものである。これより、十三地区では、歩行環境に着目すると、推奨経路よりも代替経路の方が高いことがわかる。しかし、上述したように、交差点ごとの評価ならびに経路全体から見た評価においては、推奨経路の方が高評価となっている。四条烏丸地区においても、両経路の歩行環境はほぼ同じ評価であるが、交差点ごとの評価と経路全体から見た評価では推奨経路の方が若干高い評価となっている。このような結果から、歩行者は必ずしも歩行環境の良い経路がスムーズに移動できる経路、あるいは歩きやすい経路と感じているわけではないようである。歩行環境のみが経路全体を通した移動のス

表 - 2 歩行環境に関する評価結果

地区	経路	総合評価
十三	推奨経路	2.064
	代替経路	2.436
四条烏丸	推奨経路	1.956
	代替経路	1.932

ムーズさや歩きやすさを決定する要因であるとは限りないといえよう。

## 5. おわりに

本研究では、歩行者経路選択行動モデルによって得られた経路情報が歩行者ITSにおいて有効な情報と成り得るかについて検討するために、常に歩行者経路選択行動モデルに基づいて合理的な経路案内を行う推奨経路と必ずしもそうでない代替経路において比較実験を行った。すなわち、携帯端末によって経路案内を行い、この2種類の経路を実際に歩行し評価してもらう実験を行った。この結果、推奨経路は、街路網形態に関わらず高い割合で歩行者に支持されることが明らかとなった。また、経路全体に対する評価においては、推奨経路は移動のスムーズさ、歩きやすさという点において歩行者から高い評価を受けた。以上より、筆者らが提案している経路選択行動モデルに基づいて作成した経路情報を歩行者に提供することは有効であると考えられる。すなわち、歩行者ITSの経路案内サービスにこのモデルを活用できる可能性が示されたと考える。

もっとも、四条烏丸地区の数箇所の交差点で見られたように、空間的定位置以外の要因が経路選択に影響している場合も見受けられた。したがって、実用的な歩行者ITSには、歩行環境や歩行者属性といった、空間的定位置以外の要因と経路選択特性との関連性をさらに分析することが求められる。また、ランドマークのような目印となるものを活用して案内するといった、局所的な対応についても検討すべきであろう。いずれにしても、これらの要因を必要に応じて加味して案内経路を行うことにより、歩行者により好ましい経路案内を目指すことが望ましいと考える。

### 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、N0709、2002。
- 2) 塚口博司、竹上直也、松田浩一郎：不整形街路網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、N0779、2005。
- 3) 竹上直也、塚口博司：空間的定位置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。