

街路網類型別に見た歩行者経路選択行動のモデル化*

Modeling of Pedestrian Route Choice Behavior according to the Street Network Type*

竹上直也**・塚口博司***・松田浩一郎****

By Naoya TAKEGAMI**・Hiroshi TSUKAGUCHI***・Koichiro MATSUDA****

1. はじめに

経路選択行動に関する諸特性を理解することは、交通施設の整備ならびに管理運用にとって非常に重要であるが、地区レベルの交通主体の経路選択行動に関しては十分には分析されていない。例えば、自動車交通に関しても、所要時間等に基づいて交通需要が配分されるが、これは必ずしも実態調査結果を反映したものではない。

歩行者交通に関しては地区レベルでの経路選択行動が主要な研究対象となるが、汎用性の高い経路選択行動モデルが構築されるには至っていない。ハード、ソフトの両面から効果的な歩行者空間改善を行うためには、歩行者の経路選択行動に関する一層の特性把握が重要であると考えられる。

最短経路が単一であり、それが他の経路よりも大幅に短い場合には、恐らく最短経路が選択される可能性が高い。もっとも、複数の最短経路が存在する場合、特に格子状街路網のように数多くの代替可能な最短経路が存在する場合には、経路長自体は選択要因とはならない。すなわち、経路選択要因としての経路長の影響は街路網の形態に応じて異なっている。

歩行環境以外には、ほぼ条件の等しい代替可能な経路が複数あるとする。この場合には、歩行環境が良好な経路が選択される確率が高いと思われる、歩行環境は経路選択行動を左右する要因であると考えられる。しかしながら、歩行環境は良くないが、歩行者交通量が多い街路区間を挙げることは困難ではない。また、歩行環境評価モデルを作成することはできても、歩行環境を主要な説明変数とした汎用性の高い歩行者経路選択モデルは構築されていない。

歩行者の経路選択行動に関しては、一般に、1)経路長の差、2)歩行環境、3)歩行者の空間的定位、ならびに4)歩行者属性を主要要因として挙げることができよう。ここで、歩行者の空間的定位とは、現在地点と目的地点と

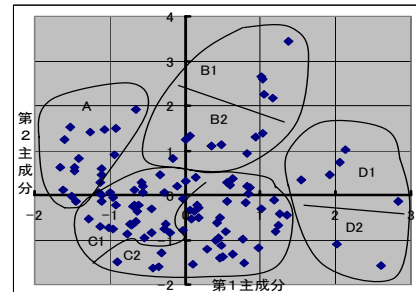


図-1 主成分得点の配置結果

の空間的位置に関する歩行者の認識である。筆者らはこれらの要因がいずれも歩行者の経路選択行動に影響していると考えている。しかしながら、先に述べたように、1)経路長の差や 2)歩行環境だけでは経路選択行動を説明しきれないことも事実である。そこで、本報告では、3)歩行者の空間的定位を中心として基本的な分析を行い、その他の要因は空間的定位に加えて分析することにした。

前述のとおり、経路長差の影響などは、街路網の形態によって、大きく異なってくる。空間的定位の表現方法についても同様である。このため、歩行者の経路選択行動の分析に先立ち、街路網形態を類型化することが必要であると考えられる。このような視点から、本報告では、街路網形態を類型化し、それぞれの類型ごとに歩行者の経路選択行動を分析し、上記の諸要因を考慮した歩行者経路選択行動のモデル化について述べることを目的とする。

2. 街路網形態の特性分析

街路網の分類を行うために京阪神都市圏の110地区（大阪府下60地区、京都府下20地区、兵庫県下30地区）を抽出し主成分分析を行ったところ、2つの主成分が得られた。第1主成分は街路網の形を表していると考えられ、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示している。第2主成分は街区の大きさを表していると考えられ、正であるほど小さい。この2つの主成分得点を用いてクラスター分析を行ったところ、図-1に示すように、街路網は大きく4つのグループA、B、C、Dに分類された。さらに細かく見ると、B、C、Dはそれぞれ2分割され7つのグループとなった。

次に、7つのグループに属する20地区において歩行者

*キーワード：歩行者、経路選択、行動モデル、街路網類型化

**学生員，立命館大学大学院理工学研究科環境社会工学専攻

***正会員，工博，立命館大学理工学部環境システム工学科

****正会員，工修，（株）インクリメント・ピー

（〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1，TEL077-566-1111，FAX077-561-2667）

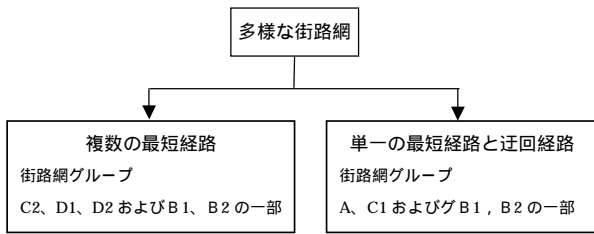


図-2 街路網形態による分析方法の分類

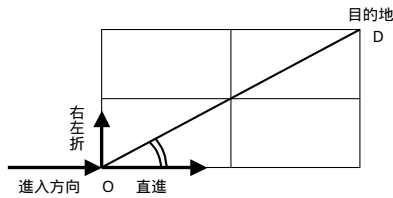


図-3 格子状街路網における分析手法

の経路選択行動を調査した。調査方法は調査員による追跡調査であるが、これが困難な地区においてはヒアリング調査を行った。

3. 歩行者の経路選択行動における基本原則

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) 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

ここでの目的地指向性とは「目的地の方向へ進む」という特性であり、方向保持性とは「進行している方向を維持する」という特性である。また、経路長や歩行環境についても、街路網の状況に応じて選択要因としていふと考えられる。

4. 歩行者の経路選択行動特性に関する分析

(1) 分析方法の決定

本研究では類型化した街路網ごとに歩行者の経路選択行動を分析する。上述のように、街路網は7つのグループに分類されたが、これを最短経路数によって以下に示すように再整理した(図-2)。

-) 目的地までの経路に複数の最短経路がある場合
-) 目的地までの経路に単一の最短経路と複数の迂回経路がある場合

ほぼ完全な格子状街路網を有するD1、D2、および全体としては格子状街路網であるC2は)に属する。一方、不整形な街路網を有するA、C1は)に属する。Bグループは格子状街路網と不整形街路網が混在したグループであり、格子状を基本パターンとするものの部分的に不整形な街

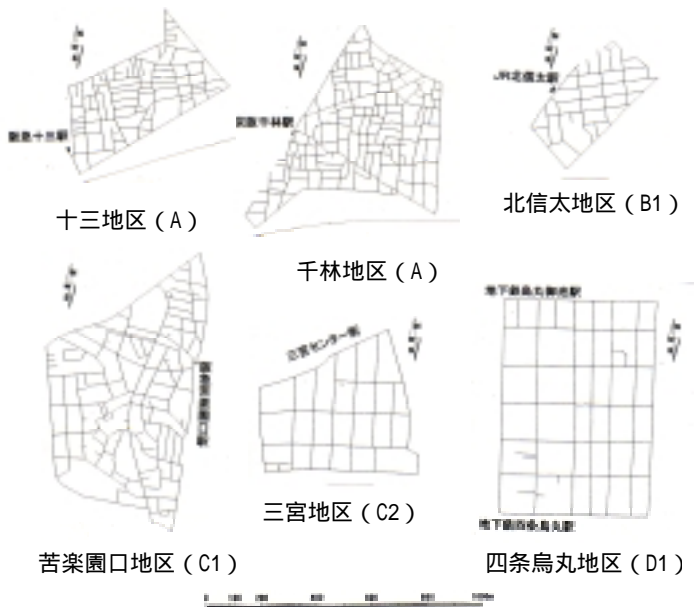


図-4 本研究における対象街路網

路網を含むため、)に属する場合と)に属する場合がある。

(2) 格子状街路網における指標化

格子状街路網における歩行者の経路選択行動特性の分析¹⁾では、経路選択時における進入方向と目的地方向との挟角を測定し、その際に歩行者が直進するか右左折するかを調べ(方向保持性を表す)、挟角によって右左折直進の割合が変化することを明らかにし、これをモデル化した(図-3)。本稿では分析を行った5地区の中から、北信太(グループB1)、三宮(グループC2)、四条烏丸(グループD1)の3地区の分析結果を紹介する。対象地区の街路網を図-4に示す。

(3) 不整形街路網における指標化

追跡調査を行った20地区の中で、14地区において、出発地と目的地間の最短経路長に対する実行経路長の割合(迂回率)を測定した。これより、格子状もしくは格子状に近い街路網においては多くの歩行者が迂回率=0に近い経路を選択し、不整形な街路網においては迂回率の値にはばらつきがあるものの、ほとんどの歩行者は迂回率=0.2以下の経路を選択することを再確認することができた。

以下では、不整形街路網における歩行者の経路選択行動特性の分析手法を示す。

不整形な街路網における歩行経路について、目的地指向性、方向保持性、最短経路の3つの選択要因に注目して分析を行った。ここでは十三、千林(グループA)、苦楽園口(グループC1)の3地区を対象として分析を行った。対象地区の街路網を図-4に示す。

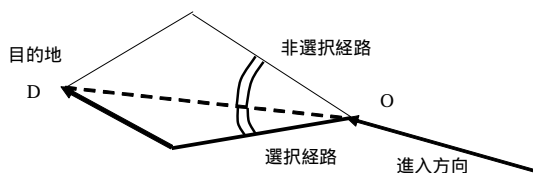


図-5 目的地方向角度の測定手法

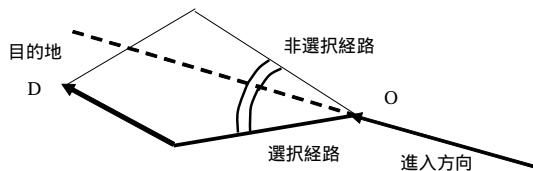


図-6 進入方向角度の測定手法

まず歩行者が通過した経路選択機会のあるノードのうちで、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の迂回率が 0.2 以下の経路が存在するノードのみを分析対象ノードとした。なお、迂回経路選択後、前方のノードから目的地までの最短経路がもとの最短経路と重なる場合には、当該ノードと合流点との間の経路の迂回率を同様に測定し、その値が 0.2 以下になる場合にのみ分析対象ノードとした。

目的地指向性は「目的地方向角度」（図-5 における挟角、 θ ）、方向保持性は「進入方向角度」（図-6 における挟角、 ϕ ）の大きさによって定量的に表すことができる。これらは、上述の格子状街路網地区における挟角の考え方を街路網形態に応じて発展させたものである。抽出した分析対象ノードにおいて、選択経路および非選択経路に関するこれら 2 種類の挟角を測定するとともに、それぞれの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も調べ、経路選択行動モデル化した。

5. 歩行者経路選択モデルの構築

(1) 格子状街路網地区におけるモデルの構築

本研究で用いる非集計モデルは 2 肢選択ロジットモデルである。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) には 1. 挟角 (θ)、2. 性別 (女性=1、男性=0) を説明変数として用い、効用 V_2 (右左折) には定数項として右左折ダミーを用いた。また、ここでは、街路の歩行環境にほとんど差のない北信太地区における分析結果を説明する。

パラメータの推定結果を表-1 に示す。挟角のパラメータは負であり 1%有意となっている。これは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。

表-1 格子状街路網地区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	PARAMETER (t-VALUE)					
	北信太地区		三宮地区		四条烏丸地区	
挟角 ($^{\circ}$)	-0.4912E-01 (-4.1354 **)		-0.6066E-01 (-5.1684 **)		-0.6379E-01 (-6.2796 **)	
都市幹線の街路上	-		-		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	-		-		0.2646E+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	-		0.9931E+00 (1.9740) 仲町通		0.1778E+01 (3.1663 **) 三条通	
シンボリックな補助幹線以下の街路へ垂直に進入	-		-0.8179E+00 (-1.4259) 仲町通		-0.1311E+01 (-2.3119 *) 三条通	
性別(女=1 男=0)	-0.5752E+00 (-1.4874)		-0.3147E+00 (-0.7362)		-0.7133E-01 (-0.2378)	
右左折ダミー (右左折=1 直進=0)	-0.2586E+01 (-3.6788 **)		-0.6379E-01 (-5.6588 **)		-0.3460E+01 (-6.7176 **)	
Chi-square	22.7221		39.2688		76.0467	
尤度比	0.1125		0.2150		0.2064	
的中率 (%)	108/148=72.9		143/174=82.1		227/298=76.1	
Share (%)	直進	右左折	直進	右左折	直進	右左折
Predict	30.4	69.6	77.5	22.5	87.9	12.1
Actual	42.6	57.4	69.1	30.9	78.2	21.8

モデルの有効性は尤度比等によって表すことができるが、ここで得られたモデルの尤度比は 0.11 であり、的中率も高い値を示している。そのため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。

(2) 不整形街路網地区におけるモデルの構築

不整形街路網においても格子状と同様に 2 肢選択ロジットモデルを用いた。説明変数には 1. 目的地方向角度 (θ)、2. 進入方向角度 (ϕ)、3. 最短経路方向であるか否かの 3 指標を用いた。最短経路方向であるか否かに関しては、選択経路がそれに該当する場合は 1、該当しない場合は 0 とするダミー変数とした。

3 つの地区におけるパラメータの推定結果を表-2 に示す。パラメータの符号は、全地区において合理的である。各パラメータの t 値は高い値をとり、モデルの尤度比も 0.2 を超えているため、説明力の高いモデルを作成することができたといえる。

作成した歩行者経路選択モデルより考えられる歩行経路の選択行動の傾向は以下の通りである。

- 目的地指向性は歩行者の経路選択に影響する。
- 方向保持性は歩行者の経路選択に影響する。
- 最短経路方向であるか否かは歩行者の経路選択に影響する。
- 目的地指向性と方向保持性が経路選択に及ぼす寄与の大きさは地区によって若干異なる。
- 十三、千林地区と、相対的に格子状の特性を有する

表-2 非格子状街路網地区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)

	十三地区	千林地区	苦楽園口地区
変数	PARAMETER (t-VALUE)		
目的地方向角度 (°)	-1.18377E-02 (-3.7729 **)	-1.78380E-02 (-4.4305 **)	-1.57389E-02 (-3.4915 **)
進入方向角度 (°)	-1.45927E-02 (-8.6145 **)	-9.58325E-03 (-4.8689 **)	-1.08977E-02 (-4.8468 **)
最短経路ダミー (該当=1 該当しない=0)	5.60800E-01 (4.4194 **)	7.31656E-01 (4.7436 **)	3.60811E-01 (2.0395 *)
Chi-square	162.1929	117.6558	76.9465
尤度比	0.2903	0.3118	0.2499
的中率 (%)	319/403=79.2	213/274=77.7	172/224=76.8

苦楽園口地区とを比較すると、前者の方が最短経路方向であるか否かが経路選択に大きく影響する。そのため最短経路は、街路網形態が不整形であるほど経路選択行動特性に強く影響するのではないかと思われる。

以上より、先に示した歩行者の経路選択行動に関する仮説が検証できたと考えられる。

(3) 歩行環境を考慮したモデルの構築

格子状街路網ならびに不整形街路網において、目的地指向性および方向保持性という視点から歩行経路が選択されているという結果が得られたが、ここでは、さらに詳細に歩行者の経路選択行動特性を明確にするため、歩行環境要因を格子状街路網の分析モデルに組み入れた。対象地区は三宮、四条烏丸である。

各地区は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等の特徴を有する街路を含んでいる場合がある。そこでこれらに該当する街路の影響を考慮に入れることにした。ここで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、パターン からパターンの4つに区分して分析を行った(図-7)。

モデルの構築方法は格子状街路網のモデル化と同様であるが、効用 V_1 (直進)に用いる説明変数を以下の通りとした。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。

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つの地区におけるパラメータの推定結果を表-1に示す。都市幹線の街路上、あるいはシンボリックな補助幹線以下の街路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

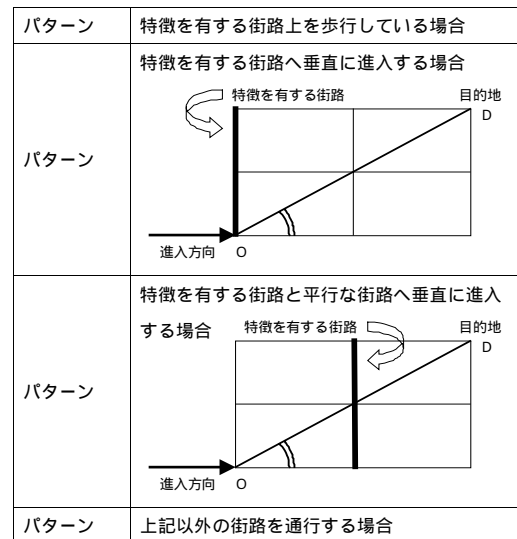


図-7 特徴を有する街路との位置関係からみた区分

路と平行な街路へ垂直に進入する場合には、パラメータは四条烏丸地区で正であり、直進する傾向があることが分かる。

ここで得られたモデルの尤度比は0.2以上であるため、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。すなわち、歩行環境も経路選択行動に影響を及ぼしていることが確認できる。

6. まとめ

本研究においては、街路網形態を類型化したのちに、格子状街路網および不整形な街路網において、目的地指向性ならびに方向保持性を用いた分析手法に基づいて歩行者の経路選択行動特性を明らかにすることができた。この新たな分析手法においては、格子状および不整形な街路網で、目的地指向性・方向保持性という同一の概念のもとでモデルが構築されている。このため、ここで構築されたモデルは汎用性が高いモデルであると言える。また、格子状街路網に関しては、歩行者の空間的定位置だけでなく、歩行環境も考慮したモデルを構築できた。

今後は、不整形な街路網においても歩行環境を考慮したモデルを作成するとともに、モデル実用化に向けて、構築したモデルの他地区への代替性を検討する必要がある。

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