

路上条件を考慮した歩行者の経路選択モデルに関する研究

The research on the pedestrian route choice model considering the road condition

吉永 誠¹, 竹田 欣弘², 厲 国権³, 角 知憲⁴

Makoto YOSINAGA, Yoshihiro TAKEDA, Guoquan LI, Tomonori SUMI

1. はじめに

現在、環境保護・高齢化といった観点から歩行という移動手段が見直されており、さらに健康面からも歩行行動が注目され、今後その重要性が高まることが予想される。これまで歩行者密度に関する研究¹⁾や通勤者の歩行特性に関する研究²⁾が行われてきたが、都市内では依然として歩車混合街路が存在し、安全かつ快適な歩行空間は確立されていないのが現状である。その一例として、住区内道路では自動車の通過交通と歩行者とのすれ違い時や追い越し時に歩行者の安全が脅かされ³⁾、その騒音や排気ガスによって歩行者交通の快適性が損なわれている。改善策として市街地における自動車への交通規制・道路整備等が考えられるが、その時歩行者の経路選択行動の予測が必要となる。

そこで本研究では、歩行者にとっての危険要因や不快要因を考慮した経路選択行動の予測を行うことを目的とする。今回はその基礎的段階として、単一出発地・目的地における、同一交通目的を持った歩行者についての、様々な路上条件を考慮した歩行者の経路選択モデルの作成を試みる。

2. 歩行者の経路選択モデル

今、一組の出発地・目的地を移動する歩行者を考える。

Key Words: 経路選択, 歩行者交通行動,

歩行者・自動車交通計画

1. 学生会員 九州大学大学院 工学府
(〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

TEL:092-642-3275 FAX:092-642-3306

2. 学生会員 九州大学大学院 工学研究科

3. 正会員 博(工) (財)運輸政策研究所

4. 正会員 工博 九州大学大学院教授 工学研究科

この出発地・目的地間には歩行者が選択可能な様々な経路が存在する。一般的に歩行者はその中で最短経路を選択するものと考えることができる。しかし、それだけでは歩行者の経路選択行動を十分に説明できず、歩行空間の安全性や快適性等も影響があると考えられる。そこで本モデルでは路上条件としてリンク長以外に、電柱・駐車車両等の路上障害物、自動車交通量、歩道の有無、信号交差点を考慮する。歩行者はこれらの路上条件による通行リンクの非効用が全体で最小になるように経路を選択すると考える。

今、その経路を構成するリンク全体をNで表すと、本モデルでは文献²⁾に従ってその経路の非効用の値U、及びリンクコスト関数U_Kを次式で表す。

$$U = \sum_N U_K \quad (1)$$

$$U_K = a_1 l_K + a_1 X_{1K} + a_2 X_{2K} l_K + c X_{3K} l_K + a_4 X_{4K} l_K + a_5 X_{5K} \quad (2)$$

U : 出発地と目的地を結ぶ経路の非効用の最小値

U_K : リンクKの非効用

l_K : リンクKの距離 (m)

X_{1K} : リンクKの路上障害物 (個)

X_{2K} : リンクKの直接干渉交通量 (台/5min)

X_{3K} : リンクKの間接干渉交通量 (台/5min)

X_{4K} : 歩道の有無によるダミー変数

(有り=1, 無し=0)

X_{5K} : 信号交差点数 (箇所)

ここで直接干渉交通量とは、歩行者が自動車と直接接触する恐れのある交通量、すなわち、歩車分離されていない路上での交通量とする。また、間接干渉交通量とは歩行者が自動車と間接的に干渉する交通量、すなわち、歩行者が騒音や排気ガスを感じる交通量とする。a₁, a₁, a₂, a₄, a₅, cは、各々の説明変数のパラメータである。さらに本研究では人の行動のばらつきを表すため、間接干渉交通量の感じ方について個人差があると仮定

し、パラメータ c が対数正規分布に従うと仮定する。

3. モデルのキャリブレーション

(1) 調査概要

本研究ではモデルの適応性を確かめるため、福岡市東区箱崎を通行する通勤・通学者を対象とし調査を行った。この地区には歩車分離の幹線道路のほか、細街路や混雑した歩車混合路が存在している。また、先に挙げた路上条件が多様に存在する。

まずアンケート調査を、平成 11 年 11 月に九州大学正門において行った。午前 8:00～午後 8:00 の間、JR 箱

崎駅から徒歩で来た通勤・通学者に、九州大学～JR 箱崎駅間の通行経路とその経路を選んだ理由を聞き取った。特に通行経路は、天候・通行時間帯などの違いによる場合差も考慮に入れるため、主な通行経路を最大 3 パターンまで記入してもらい、主な通行経路が複数あると答えた人には、それぞれの通行割合も合わせて聞き取った。次にすべてのリンクについて、全長を市販の地図から読みとったほか、電柱の本数・駐車車両数・交通量・歩道の有無・信号交差点数を現地にて測定した。なお、電柱は歩行行動に影響を及ぼすと考えられる、路肩から 40cm 以上離れているもののみを対象とした。

アンケートの有効回答数は 78 であった。アンケート結果の歩行者の通行経路を基に、ノード数 29、リンク数 44 のネットワークを九州大学～JR 箱崎駅間に作成し、歩行者の場合差による通行割合も考慮して、各リンクの実測通行人数を求めた。これを図-1 に示す。ノードナンバーとリンクナンバーの関係は表-1 の通りである。また今回の調査で歩行者が利用していたルートは 18 本あった。それらの距離・利用者割合・構成ノードを表-2 に示す。またルート別の利用者割合を図-2 に示す。

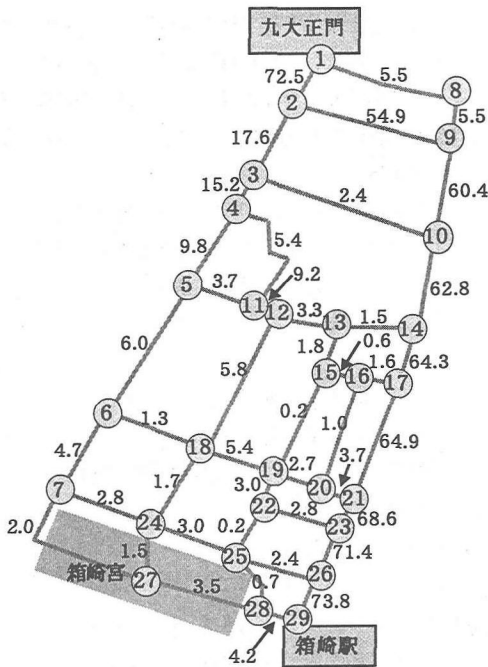


図-1 ネットワーク (実測人数)

表-1 リンクナンバー/ノードナンバー

リンク No.	ノード No.	リンク No.	ノード No.	リンク No.	ノード No.
1	1 2	16	9 10	31	19 20
2	1 8	17	10 14	32	19 22
3	2 3	18	11 12	33	20 21
4	2 9	19	12 13	34	21 23
5	3 4	20	12 18	35	22 23
6	3 10	21	13 14	36	22 25
7	4 5	22	13 15	37	23 26
8	4 11	23	14 17	38	24 25
9	5 6	24	15 16	39	24 27
10	5 11	25	15 19	40	25 26
11	6 7	26	16 17	41	25 28
12	6 18	27	16 20	42	26 29
13	7 24	28	17 21	43	27 28
14	7 27	29	18 19	44	28 29
15	8 9	30	18 24		

表-2 利用ルート

ルート No.	距離 (m)	人数 (%)	経路のノードNo																											
1	778	7.09	1	8	9	10	14	17	21	23	26	29																		
2	791	70.34	1	2	9	10	14	17	21	23	26	29																		
3	822	3.08	1	2	3	10	14	17	21	23	26	29																		
4	853	1.28	1	2	3	4	5	11	12	13	15	16	20	21	23	26	29													
5	858	0.04	1	2	3	4	11	12	13	15	19	22	23	26	29															
6	860	2.32	1	2	3	4	11	12	18	19	22	23	26	29																
7	862	1.22	1	2	3	4	5	11	12	18	19	22	23	26	29															
8	864	0.90	1	2	3	4	5	6	7	24	25	28	29																	
9	866	1.75	1	2	3	4	11	12	18	19	20	21	23	26	29															
10	867	0.21	1	2	3	4	5	11	12	13	15	19	22	25	26	29														
11	871	0.80	1	2	3	4	11	12	13	15	16	17	21	23	26	29														
12	874	0.26	1	2	3	4	11	12	18	24	25	26	29																	
13	875	1.67	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21	23	26	29															
14	881	1.79	1	2	3	4	11	12	18	24	27	28	29																	
15	883	0.13	1	2	3	4	5	11	12	18	24	27	28	29																
16	887	1.94	1	2	3	4	5	11	12	13	14	17	21	23	26	29														
17	888	2.66	1	2	3	4	5	6	7	24	25	26	29																	
18	924	2.53	1	2	3	4	5	6	7	27	28	29																		

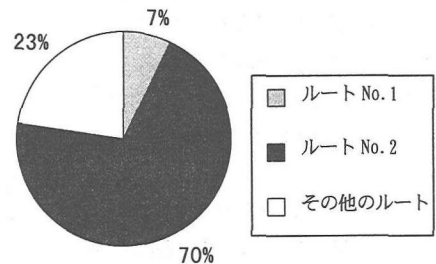


図-2 利用人数割合

このように、最短ルート (No.1) を通行する歩行者は全体の 7.1%であり、第二最短ルート(No.2)を利用している歩行者は 70.3%であった。また、その他の比較的距離の長いルートを利用していた歩行者も、全体の 23%を占めていた。このことから、歩行者が必ずしも最短経路を選択していないことが分かる。

(2) パラメータ推定と結果

リンクコスト関数に含まれるパラメータ $a_1, a_1, a_2, a_4, a_5, c$ は、各リンクの実測値と理論値の二乗誤差を、全リンクで合計した値が最小となるように決定した。本研究では間接干渉交通量に対する重み c は対数正規分布 (μ, σ) に従うと仮定する。計算には c の分布を適当な 110 のカテゴリー (セル) に区分して処理した。パラメータ推定のフローチャートを図-3に示す。推定にはシンプレックス法を用いた。

推定の結果、それぞれのパラメータの最適値は、($a_1,$

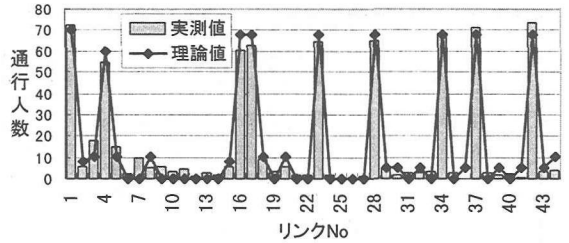


図-4 理論値・実測値比較

$a_1, a_2, \mu, \sigma, a_4, a_5) = (31.577, 112.981, 0.310, -3.621, 1.865, -4.644, 196.121)$ となった。個人差を仮定した c の期待値は、0.152 である。したがって、リンクコスト関数は次のようになった。

$$U_k = 31.577 l_k + 112.981 X_{1k} + 0.310 X_{2k} l_k + 0.152 X_{3k} l_k - 4.644 X_{4k} l_k + 196.121 X_{5k} \quad (3)$$

各リンクにおける通行人の理論値と実測値の比較を図-4に示す。理論値と実測値の修正済み重相関係数は 0.988 となり、適合度検定として $k-s$ 検定を行った結果、有意水準 20%でこのパラメータを採択することができた。

4. 経路選択行動の誘導可能性

今回仮定したリンクコスト関数及び推定したパラメータの値を用い、対象地区の路上条件に何らかの規制・整備が行われたときの歩行者の流れをシミュレーションして経路誘導の可能性を検討する。今回はノード 2~3~4~5~6~7 (区間Aとする) に交通規制と道路整備を実施するものとする。その内容は次の通りである。

- (1) 区間Aの全面自動車通行止め。
- (2) 区間Aの路上障害物 (経路選択の要因として考慮した電柱・駐車車両) の撤去。

モデルへの入力条件は、区間Aの交通量・路上障害物は 0、また区間Aは全面歩道とした。これ以外に入力条件はもとのままの値を用いる。シミュレーションの結果は表-3のようになった。また通行人数をリンクの太さで表した規制前・規制後のネットワークを図-5に示す。区間Aを歩行者天国化したことにより、比較的距離の長い区間Aを通る歩行者が規制・整備前の約 4 倍まで増えており、歩行環境を整備することで歩行者の流れを誘導できる可能性を示している。

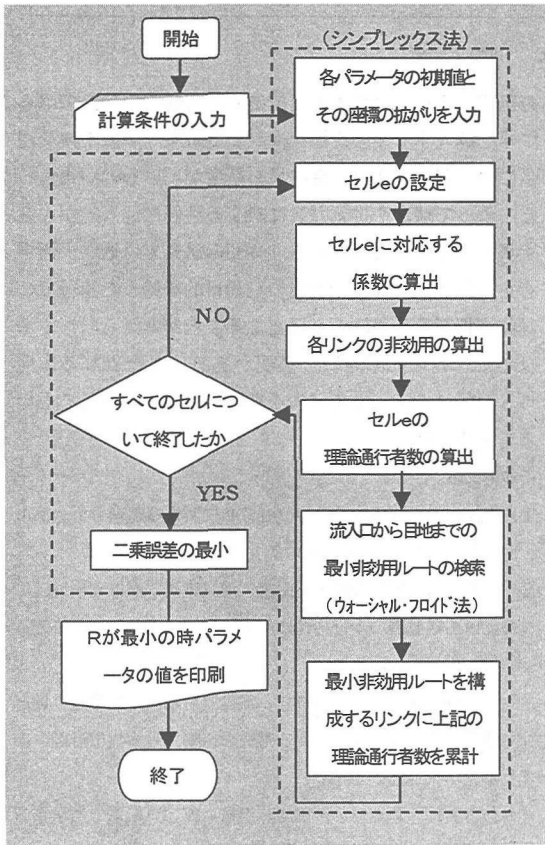


図-3 パラメータ推定のフローチャート

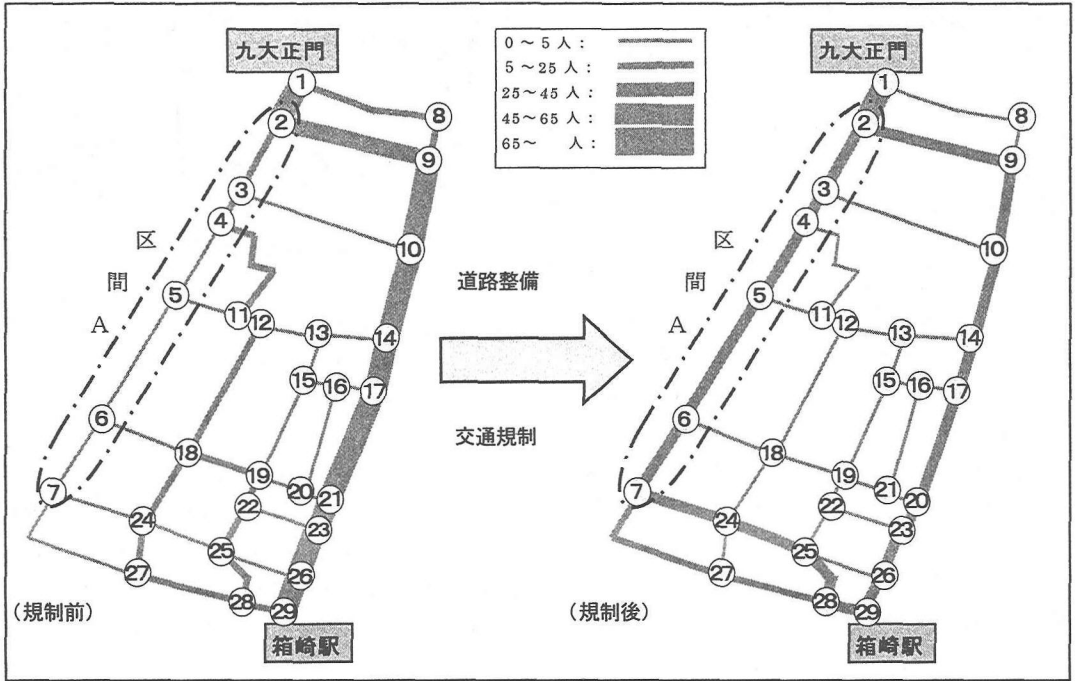


図-5 規制前後のネットワーク図

表-3 シミュレーション結果

O	D	規制前	規制後	O	D	規制前	規制後
1	2	70.20	78.00	14	17	67.86	40.87
1	8	7.80	0.00	15	16	0.00	0.00
2	3	10.14	37.13	15	19	0.00	0.00
2	9	60.06	40.87	16	17	0.00	0.00
3	4	10.14	37.13	16	20	0.00	0.00
3	10	0.00	0.00	17	21	67.86	40.87
4	5	0.00	37.13	18	19	4.99	0.00
4	11	10.14	0.00	18	24	5.15	0.00
5	6	0.00	37.13	19	20	0.00	0.00
5	11	0.00	0.00	19	22	4.99	0.00
6	7	0.00	37.13	20	21	0.00	0.00
6	18	0.00	0.00	21	23	67.86	40.87
7	24	0.00	28.86	22	23	0.00	0.00
7	27	0.00	8.27	22	25	4.99	0.00
8	9	7.80	0.00	23	26	67.86	40.87
9	10	67.86	40.87	24	25	0.00	25.43
10	14	67.86	40.87	24	27	5.15	3.43
11	12	10.14	0.00	25	26	0.00	0.00
12	13	0.00	0.00	25	28	4.99	25.43
12	18	10.14	0.00	26	29	67.86	40.87
13	14	0.00	0.00	27	28	5.15	11.70
13	15	0.00	0.00	28	29	10.14	37.13

5. 考察と結論

本研究では、経路の路上条件を非効用で表すことにより、歩行者の経路選択モデルの作成を試みた。その結果再現性の高いモデルが得られた。さらにこのモデルを用い、交通規制・道路整備に対する歩行者の選択経路の変化を予測した。これにより、歩行環境を操作することで歩行者の通行経路を誘導することが可能である、ということ

を示唆できた。なお本モデルにおいて個人の行動のばらつきを導入する要因を様々検討した結果、間接干渉交通量に個人差を与えたときに最も精度がよいものが得られた。よって騒音や排気ガスに対する評価に個人差が大きく現れるものと考えられる。今回の研究では通勤・通学者を対象としたが、今後他の交通目的を持った歩行者の経路選択行動の予測が必要となることが考えられ、さらなるモデルの拡張を行う必要がある。また異なる出発地・目的地を持った歩行者を取り扱う必要が生じるものと考えられる。

<参考文献>

- 1) 大河内学：都市空間の歩行者分布に関する調査分析，都市計画論文集N○.31, 1996
- 2) 小沢英幸・榛澤芳雄・小山茂・清原航也：都市業務地区における通勤者の歩行特性に関する研究，土木計画学研究・論文集N○.19, 1996
- 3) 厲国権・角知憲・寺町賢一：歩者混合細街路の交通容量と歩行者の交通安全に与える電柱の影響，日本都市計画学会論文集N○.33, 1998
- 4) 渡辺義則・角知憲・清田勝・秦裕二郎：自転車通勤する高校生を対象としての自転車利用者の経路選択モデルに関する基礎研究，土木学会論文集N○.618/IV-43, 1999