

街路形状および歩行者流動に基づく歩行者行動と街路空間占有状況に関するモデル分析*

Development of a Pedestrian Behavior Model Through Considering Street Space Structure and Pedestrian Flow

松本隆嗣****・柳沢吉保**・高山純一***・上倉道陽*****・竹内剣*****

By Ryu-ji MATUMOTO****・Yoshiyasu YANAGISAWA**・Jun-ichi TAKAYAMA***・

Michiharu KAMIKURA*****・Ken TAKEUCHI*****

1. はじめに

近年、都心部における歩行環境を改善し、市街地内の回遊性を向上させ、来街者の施設立ち寄り数を増やすことで、市街地活性化を目指した歩行者優先街路導入の社会実験が多くの都市で行われている。対象とする街路において、歩車道幅員およびその形状、イベントエリアの設置、樹木や花壇の配置、歩車道の段差、交通規制の導入など、さまざまな工夫が施された街路空間形状が求められている。社会実験評価に基づき歩行者優先街路を本格実施するに当たり、街路設計および導入する交通規制など複数の代替案の中から最適な方策を選ぶためには、設定した街路空間における道路交通条件において、歩行者が具体的にどのような歩行者流動を形成するか事前に予測・検討を行う必要がある。

歩行者行動の既存研究として浅野ら¹⁾²⁾は、交錯領域に同時に侵入する歩行者間の譲歩行動において、周辺歩行者との接近コストと静的障害物接近コストの和を最小にしている。さらに希望する方向に対してある時間内にできるだけ長く進むような最適な速度ベクトルを決定している。しかしながら、さまざまな街路空間形状やイベントが開催される歩行者道路を評価するために必要な、歩行者交通流の歩行空間内占有傾向まで明示的に予測するモデルとはなっていない。一方、辻ら³⁾は、歩行者流動をフローベクトルとして扱い、街路空間における歩行者数の占有状況を再現するとともに、歩行空間のにぎわい・憩い・安らぎなどの主観に与える影響を定量的に分析している。しかしながら、歩行者相互および歩

行者数、沿道施設・障害物等によって歩行空間における歩行者の歩行位置は変化すると考えられるが、歩行者周辺の環境の影響を考慮した歩行流動状況の変化までは明示的に分析に組み込まれていない。

来街者に対して安全で快適な歩行者優先街路空間を提供するためにも、設計された街路空間形状と設定された道路交通条件の代替案に対して、歩行者が歩行空間のどの位置を占有しながら移動していくかを再現することで、それぞれの街路空間導入案を評価できると考えられる。

そこで本研究では、中心市街地で導入された歩行者優先道路を対象に、(1)時々刻々と変化する来街者流動を計測する。(2)歩行空間における来街歩行者の占有状況と街路空間形状との相関関係を分析する。(3)歩行空間における対面歩行者の有無等を考慮した来街者の直進、停止・滞留、左右回避行動特性を明らかにする。(3)来街者行動特性と、道路交通条件を考慮した来街者行動モデルの構築を行う。(4)街路形状および歩行者流動を考慮した歩行者行動シミュレーションを行う。

2. 歩行者流動調査と分析手順



図1 計測対象区間

*キーワード：交通行動分析、歩行者行動

**正員、博(工学)、長野工業高等専門学校環境都市工学科
(長野市徳間716、TEL・FAX 026-295-7104)

***フェロー会員、工博、金沢大学大学院
(金沢市角間町、TEL:076-234-4613, FAX:076-234-4613)

**** 長野工業高等専門学校専攻科
(長野市徳間 716、TEL・FAX 026-295-7104)

***** JR東海

***** 長野工業高等専門学校環境都市工学科

表1 計測日時と状況

日時・区間	撮影場所の歩車道状況
2007年5月4日 10:15~11:30 トランプットモール社会実験実施 (イベント実施区間長700m)	実験区間においてイベントエリア8箇所を車道に左右交互に設置。交通規制有り(バス、タクシーは通行可)。
2008年5月4日 12:30~13:10 トランプットモール社会実験実施 (イベント区間長700m)	実験区間においてイベントエリア8箇所を車道に左右交互に設置。交通規制はなし。
2009年5月3日 10:15~11:45 花回廊実施(イベント区間長800m)	実施区間において花壇を歩道に設置。

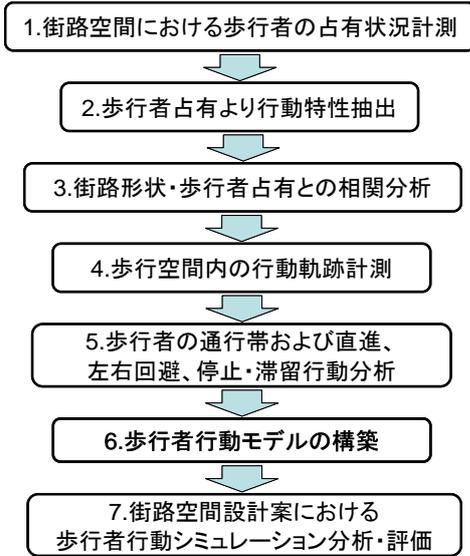


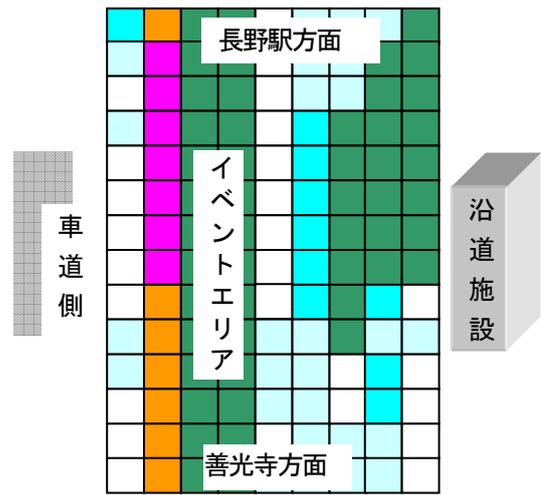
図2 分析・シミュレーションの流れ

(1) 歩行者流動計測対象区間の概要

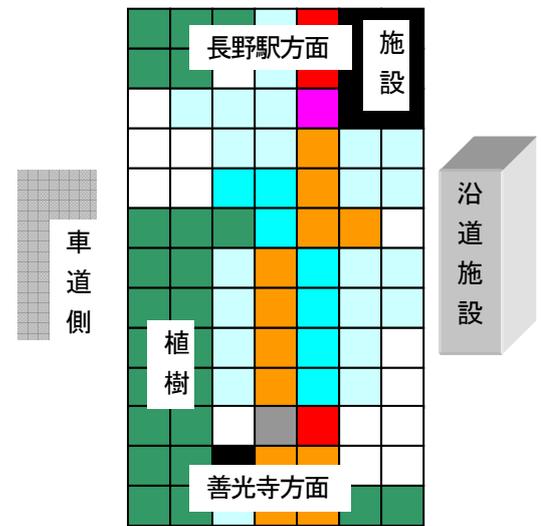
計測対象は図1に示すとおり、長野駅と善光寺を直接結ぶ「ふれ愛通り」(長野市中央通り)を対象とした。計測方法はふれ愛通りに面したマンションから南側街路の約150m区間を対象とし、マンションの屋上の高さ約32mから、歩行者、自転車、バス、自動車の移動状況をビデオ撮影した。研究で用いた画像の、計測日時および歩車道状況は表1に示す。

(2) 歩行者流動の分析手順

街路空間における来街者の行動特性を抽出するために、ビデオ画像から歩行者、自転車、自動車などの行動軌跡を分析し、分析およびシミュレーションまでの手順を図2に示す。まず、ビデオ撮影では、前述のように分析対象となる街路空間の撮影を行い、映像サンプルを入手する。つぎに、斜め上から分析対象区間の平面上に、1m×1m間隔相当のメッシュを、座標を変換することで画面上に引けるように整理する。歩行者行動軌跡は、画像計測支援ソフトウェアを用いて1.0秒ごとに歩行者を計測する。



(a) イベント導入あり(2007年春)



(a) イベント導入なし(2009年春)

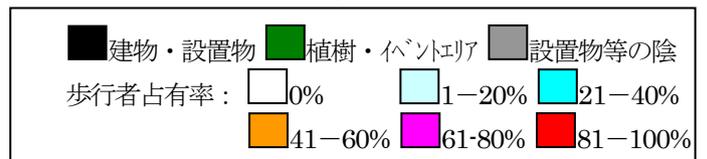


図3 街路空間の各断面歩行者占有状況

3. 歩行者の街路空間占有状況

(1) 街路空間の歩行実態

歩行者が街路空間のどの位置を歩行しているのかを把握するため、街路空間形状を考慮した歩行者の街路空間占有率を検討する。計測区間内を歩行する歩行者について、一秒ごとに各メッシュを通過する歩行者数を数えた。計測時間内に各メッシュを通過する歩行者数を集計し、断面ごとに通過する総歩行者数に対する当該断面の各メッシュを通過する歩行者数の比である各断面歩行者占有率を求めた。紙面の都合上、オープンカフェなどのイベントが導入され、歩行空間が拡張された2007年と、イベント等が導入されず、平常時と同じ歩行空間形状で

あった 2009 年の結果(いずれも善光寺方面)を図 3 に示す。図 3(a)で示すとおり歩行空間が拡張された 2007 年では、善光寺方面に向かう歩行者は歩道中央を移動する歩行者と、イベントエリア周辺に滞留する歩行者、沿道施設側を移動する歩行者に分かれていることがわかる。

図には示さなかったが、長野駅方面に向かう歩行者も歩道中央、イベントエリア、沿道施設側の 3つの通行帯を移動する歩行状態が形成されていたが、善光寺方面と長野駅方面で 1 通行帯分ずれていた。したがって、歩行者は選択した通行帯はある程度維持しながら移動していることが分かった。一方、図 3 (b)に示すとおり、平常時と同じ歩道形状で行われた。2009 年では、歩道中央を移動する歩行者が最も多く、ついで沿道施設側を移動する歩行者が多かった。長野駅方面に向かう歩行者も歩道中央通り、沿道施設付近を移動する歩行者が多かった。特徴的だったのは、車道側を移動する歩行者が極端に少なかった。以上より、歩行者は目的地に向かって通過する場合は、歩道中央を継続して利用し、沿道施設に立ち寄る意思のある歩行者は沿道施設側を利用する。車道側は避けるような行動をとるが、歩道幅員に対して歩行者数が多く、イベントエリアが設置されているなど、車道側に集客施設が存在する場合、歩行者は車道側に出るなど、危険な行為を行う行為が観測された。

(2) 歩行空間形状と歩行者占有率との相関関係

歩道空間形状と歩行者占有状態との関係を分析するため回帰分析を適用した。前節の集計結果より、歩行者占有率に影響を与える要因として、歩行空間のスペース余裕要因である「歩道幅員」、歩行空間の混雑要因である、「単位幅員当りの歩行者量」、スムーズで安全な移動要因である「車道までの距離」および「沿道施設までの距離」を採用した。また、進行方向の設置物による障害物を回避する要因として「障害物までの距離」、イベントエリアなどによる歩行者吸収要因である「イベントエリアまでの距離」も説明変数として採用した。善光寺方面と長野駅方面のデータを統合して分析を行った。分析結果を表 2 に示す。

分析の結果、歩道幅員の係数が負であることから、歩道幅員が広がると、歩行者流動が歩道内に分散することがわかる。歩行者の車道からの距離と沿道からの距離の係数がともに符号が正であることから沿道施設に立ち寄る歩行者以外は、歩道中央付近に占有率の高い通行帯を形成することが分かる。単位幅員当りの歩行者量増加に伴い、歩行者占有率も増加することがわかる。イベントエリアまでの距離の係数が負であることから、イベントエリアに近い通行帯に吸収される歩行者が多いことが分かる。障害物の有無の係数が負であることから、障害物が存在する通行帯は避ける傾向にあることが分かる。

表 2 歩行空間形状と歩行者占有率との相関関係

街路形状要素	偏回帰係数	t 値
1. 歩道幅員	-11.280	-6.302
2. 車道からの距離	27.101	6.758
3. 沿道施設からの距離	29.900	7.603
4. 単位幅員当りの歩行者量	0.002	0.707
5. イベントエリアまでの距離	-0.008	-1.148
6. 障害物の有無	-7.065	-2.987
重相関係数	0.700	

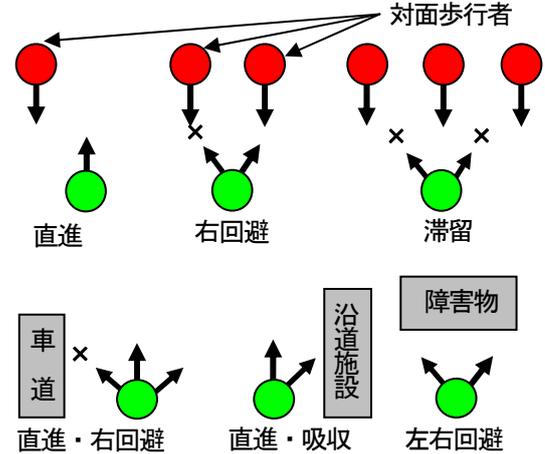


図 4 歩行行動の継続および変更

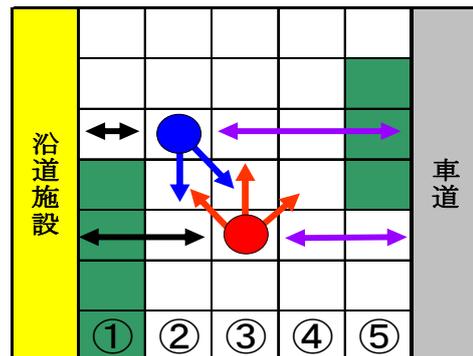


図 5 歩行者通行帯選択行動

4. 歩行者行動モデルの構築

(1) 歩行者行動モデルの定式化

本研究は、街路空間形状に応じて形成される歩行者流動状態を分析することを目的とする。歩行者流動状態の形成過程はつぎのように考える。歩行者が障害物およびイベントエリアまでの距離のほかに対面歩行者の有無の影響も大きいと考えられる。歩行中に歩行者量、対面歩行者および樹木・花壇・電灯など歩道内設置物の有無を考慮し、そのまま直進、左右回避、あるいは停止・滞留するかを決める。さらに左右回避の場合、回避後の位置を基準に車道あるいは、沿道側施設への接近を考慮した行動を行うと考えられる。ここでは、直進継続、左右回避、停止・滞留選択行動を「イベントエリアまでの距離」「障害物までの距離」「対面歩行者の有無」を用いてモデル化する。

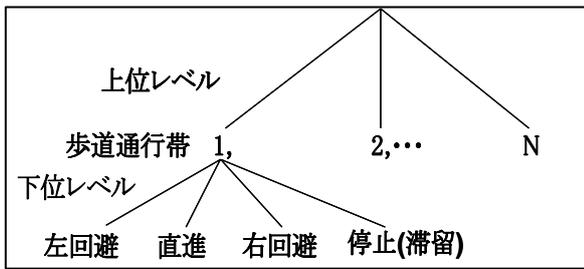


図6 歩行者行動選択構造ツリー

表3 歩行者行動モデルの推計結果

説明変数		NLモデル推計結果(t値)
上位レベル	歩道幅員	-1.306(-3.151)
	車道までの距離	1.866(2.362)
	沿道施設までの距離	3.103(4.658)
	歩行者数/歩道幅員	-0.0007(-2.467)
上位スケールパラメータ		0.570
下位レベル	イベントエリアまでの距離	-0.006(-1.456)
	障害物までの距離	0.001(1.574)
	対面歩行者の有無	-0.433(-1.605)
	滞留定数項	-8.257(-6.989)
下位スケールパラメータ		1.000
尤度比		0.613

さらに歩道における通行帯選択行動で表2は「歩道幅員」「車道までの距離」「沿道施設までの距離」「単位幅員当りの歩行者量」、滞留行動の影響を考慮して「滞留定数項」を用いてモデル化する。

(2) モデルパラメータの推定と考察

表3の結果より、下位レベルでは、「障害物までの距離」の符号が正であるため、障害物までの距離が短い場合は、障害物を避けるような行動をとることがわかる。「対面歩行者の有無」の符号は負であるため、対面歩行者が存在する通行帯を避けることがわかる。本モデルにおいても歩行者は「イベントエリア」へ吸収される結果となった。また、滞留定数項の符号が負であることから、歩道において滞留・停止の頻度は少ないことがわかる。上位レベルの結果では、「歩道幅員」の符号が負であることから、歩道幅員が拡張されると、街路空間に存在する歩行者は分散し、スムーズな歩行が行える可能性が高い。「車道までの距離」及び「沿道施設までの距離」は、同じ符号であることから両要因はトレードオフの関係が成立している。沿道施設までの距離係数が大きいことから、歩行者は歩道の中央付近からやや沿道よりを選びやすい傾向がある。また、「単位幅員当りの歩行者数」は、「歩道幅員」と同じ考え方で、幅員が広がれば、歩行者の行動範囲が広がり、歩行者は歩道を広く使おうと分散することが予想できる。

6. おわりに

(1) 歩行者の行動実態に関する知見

- (a) 歩行者は、選択した通行帯での移動が維持されるように歩行行動が行われる。
- (b) 移動を目的とした歩行トリップでは歩道中央の通行帯を選択する傾向が強い。
- (c) 歩行者は歩道内における車道側付近の通行帯を避けるように行動するが、イベントエリアの設置位置によっては、車道側に出てしまう歩行者も存在し、危険である。

(2) 街路形状と歩行占有状況の相関に関する知見

- (a) 歩道中央の通行帯を選んで歩行する歩行者が多い。
- (b) ただし歩行者はイベントエリアにはその設置位置にかかわらず近づく傾向があることが確認された。
- (c) 前方の障害物の有無は、通行帯を敏感に変更する大きな要因であることが確認された。

(3) 歩行行動モデルから得られた知見

- (a) 歩道における滞留の選択は大きな抵抗が認められた。
- (b) 対面歩行者および障害物は通行帯の変更に大きく影響することが認められた。
- (c) 歩行者は、車道側の通行帯および沿道施設側の通行帯は歩行にあたり抵抗がある。すなわち、自動車等による危険因子がある車道側通行帯の歩行は避ける。また、沿道施設においては、歩行者が施設に立ち寄るなど、滞留が生じやすいことから、沿道施設側通行帯の歩行者数も減少すると考えられる。歩行者が歩道を移動通過する場合、両要因のトレードオフを考慮した通行帯を選んでいることがわかった。以上より、歩行者が最も選択する可能性が高い中央から沿道施設側には移動を遮る構造物の設置を避けること。また、イベントエリア周辺の歩行者量は多いので、車道側に設置物を設ける場合は、歩行者が車道に出ないような仕組みを導入する必要がある。

参考文献

- 1) 浅野美帆、桑原雅夫、田中伸治：混雑時におけるミクロ歩行者流動モデルの構築、第5回 ITS シンポジウム、pp.419-424,2006
- 2) 浅野美帆、井料隆雅、桑原雅夫：交錯交通の要領評価のためのミクロ歩行者行動モデル、交通工学、Vol.43、No.4、pp.23-34、2008
- 3) 内田敬、辻智香：街路空間の主観的評価における歩行者流動効果の定量化、第32回土木計画学研究発表会(秋大会)、講演集 Vol.32、324、2005.12