

マルチエージェントを適用した歩行空間における歩行者行動分析

長野工業高等専門学校 学生員 岡田 類 長野工業高等専門学校 正会員 柳沢 吉保
金沢大学 フェロー 高山 純一 長野工業高等専門学校 学生員 工藤 拓弥 長野技研 藤澤緑

1. はじめに

近年、多くの都市では、自動車優先の道路交通政策から歩行者優先の道路交通政策への転換が試みられている。しかしながら歩行者に、より安全で快適に移動できる歩行空間を提供するために、歩行者行動を考慮に入れた歩行空間の具体的整備指針は示されていない。歩行者が形成した歩行空間占有位置で行われる歩行者行動と、歩行空間のサービスレベルに関連する歩行空間要素との関係を明らかにする必要がある。歩行者行動の既往研究として、柳沢ら¹⁾は、歩行者によって形成される街路空間占有実態調査および歩行者挙動実態の分析を行い、歩行者行動モデルを構築している。竹内ら²⁾は、設定した街路形状パターンごとに歩行者行動シミュレーションを行っている。しかし、より歩行者行動を精度高く再現するためには個々の歩行者の意思決定を反映させる必要がある。そこで本研究では、長野市中心市街地中央通りで平成19年から3年間、歩道条件を変えて実施された歩行者優先道路社会実験を対象に、(1)街路形状および道路交通条件によって変化する歩行者行動軌跡を計測する。(2)街路空間形状や対面歩行者の有無等を考慮した来街者の「直進」「追従」「左右回避」、「錯綜」「停止」行動に影響を与える意思決定パターンを明らかにする。(3)歩行者個々の意思決定を考慮に入れた歩行者行動を明らかにする、ことを目的とする。

2. 歩行者行動の計測と行動動線の抽出方法

(1) 歩行者行動の計測

計測対象区間は長野駅と善光寺を直接結ぶ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60m区間を対象とし、マンション屋上の高さ約32mから、歩行者の行動軌跡をビデオ撮影した。計測は2007年から2009年のGW期間中の比較的歩行者量が多い日時で行った。とくに2007、2008年は歩道の拡幅、イベントの設置、交通規制が導入された。撮影された街路空間における歩行位置および行動軌跡を明らかにすることを目的に、動画上に1.0m×1.0m間隔のメッシュをあてはめた。歩行者行動軌跡は、画像計測支援ソフトウェアを用いて、歩行者の位置を

1.0秒間隔で計測した。

(2) 歩行者行動の抽出および集計方法

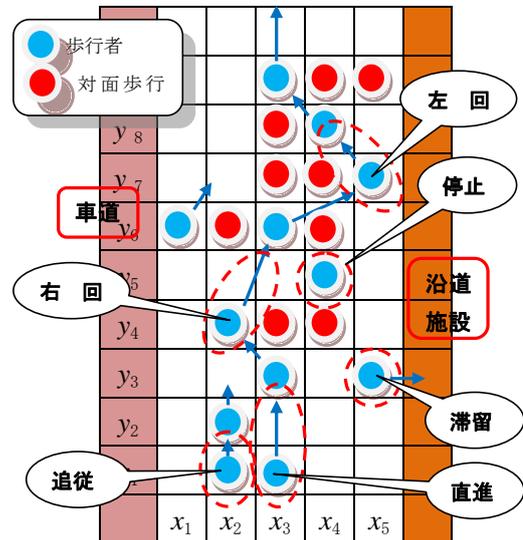


図1 歩行者行動動線および歩道利用状況

歩行者行動動線および歩道利用状況を図1に示す。

歩行者行動動線は、「直進・左右回避・停止・滞留・追従・錯綜」の7つの単位時間当たりの選択回数を計測する。同時に、「対面歩行者の有無」、「左右回避行動開始時の対面歩行者との距離」、「側方までの距離」も計測を行う。

歩道利用状況は、すべての計測対象者の歩行位置(メッシュ座標)を計測し、「歩行速度」、「回避角度」、「密度」を算出する。例えば、図1の (x_2, y_4) に存在する歩行者の速度、回避角度は以下のように計算する。

$$v = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_6 - y_4)^2} \quad (1)$$

$$\theta = \tan^{-1}\{(x_3 - x_2)/(y_6 - y_4)\} \quad (2)$$

歩行者密度 K は計測対象の歩行空間に存在する歩行者数 P を計測対象街路の面積 S で除すことで算出する。

$$K = P(\text{人}) / S(\text{m}^2) \quad (3)$$

3. 歩行者行動特性分析

(1) 歩行者行動動線

表1からいずれの年も直進選択率が高く、歩行者は原則として対面歩行者や障害物がない場合は同じ通行帯を移動すると考えられる。停止は2007年において6.7%しか計測されなかった。瞬間的な停止はあっても1秒以上の停止行動が観測されるケースは少ない。歩行者

数と追従行動の関係から、歩行者数が多くなるほど、

表1 歩行者行動動線

	2007		2008		2009		平均	
	A.M.	P.M.	A.M.	P.M.	A.M.	P.M.		
歩行者数(人/min)	6	9	35	28	40	50	168	
行動 %選 択率	1 右回避	5.9	2.6	0	1.9	6.3	2.7	19.4
	2 左回避	3.4	0.7	1.1	4.4	2.5	4.9	17
	3 直進	84	96.7	98.9	93.7	91.2	92.4	92.8
	4 停止	6.7	0	0	0	0	0	1.1
	5 滞留	0	0	0	0	0	0	0.0
追従率(%)	0	0	7.7	0	2.6	4.3	2.4	
錯綜率(%)	0	0	0	0	0	1.9	0.3	
歩行速度(km/h)	4.5	4.6	4.3	4.1	4.4	4.4	4.4	
車道回避角度(°)	14.5	10.1	7.3	11.3	9.2	18.6	11.8	
沿道回避角度(°)	8.8	11.6	12.5	19.7	10.9	25.2	14.8	

追従行動が発生する確率も大きくなる。ただし、2008年午前中は、同伴者が多いことが原因し、追従率が大きくなった。歩行速度は、歩行者数の増加による大きな低下は観測されなかった。多少混雑は、速度を低下させずに対面歩行者と錯綜しながら歩行する。回避角度は、車道側よりも沿道側への角度のほうが大きかった。車道側は危険と認識している。

(2) 歩道利用状況の形成

表2 歩道利用状況

	2007		2008		2009		平均
	A.M.	P.M.	A.M.	P.M.	A.M.	P.M.	
歩行者数(人)	6	9	35	28	40	50	168
歩行密度(人/m)	0.029	0.018	0.062	0.106	0.124	0.229	0.1

歩行密度が低いほど歩道中央の通行帯が選ばれ、密度が高くなるほど多くの通行帯が選ばれている。

4. マルチエージェント歩行者行動モデル

(1) 歩行者行動要素と説明要因

歩行空間整備指標を示すために、歩行者行動要素を歩行空間のサビレベル指標に対応させることを考える。歩行者行動要素と歩行空間要素を表3に示す。

表-3 歩行者行動要素と歩行空間要素

歩行者行動要素	歩行空間要素(説明要因)
<ul style="list-style-type: none"> 歩行者行動動線(直進、左右回避、停止、追従、錯綜) 歩行者速度 回避角度 	<ul style="list-style-type: none"> 道路条件(歩道幅員、車道および沿道施設までの距離、イベントエリアまでの距離、植込み等側方抵抗の有無) 交通条件(歩行者量、歩行者密度、対面歩行者有無、グループ行動有無)

(2) 歩行者行動モデルとシミュレーション結果

構築したモデルの一例として、歩道通行帯と歩行者行動要素の同時選択構造に基づいたモデルの推計結果を表3に示す。本モデルに基づく歩行者行動シミュレーションの一例を表4と図2に示す。

5. まとめ

歩行者行動動線計測により、①直進選択率が高い、②歩行者数の増加とともに追従選択が高くなる、③車

表3 歩行者行動モデルの推計結果 (Sample800)

説明変数		推計結果(t値)
下位	歩行者量 (a_1)	0.00015(6.487)**
	イベントエリアまでの距離 (a_2)	-0.8553(-2.226)*
	側方抵抗の有無 (a_3)	-0.0651(-0.168)
	対面歩行者の有無 (a_4)	-1.0981(-2.687)**
上位	歩道幅員 (β_1)	-0.4043(-2.145)*
	車道までの距離 (β_2)	0.6244(0.772)
	沿道施設までの距離 (β_3)	0.2881(0.315)
上位スケールパラメータ(λ)		0.855
尤度比		0.768

*:有意水準5%、**:有意水準1%

表4 適合度検証のためのシミュレーション条件

日時・計測時間	シミュレーションの歩車道状況
2007年5月4日 10:15~11:30 に撮影時の街路 100タイムストップ 歩行者進行方向上り	①シミュレーション範囲:縦17m,横7m ②歩道幅員:5m ③歩車道形状:イベントエリア設置 ④イベントエリア規模:縦15m,横3m ⑤歩行者交通量:上り166人
2009年5月3日 10:15~11:45 に撮影時の街路 100タイムストップ 歩行者進行方向上り	①シミュレーション範囲:縦10m,横5m ②歩道幅員:5m ③歩車道形状:通常 ④イベントエリア規模:無し ⑤歩行者交通量:上り180人



道側への回避は避けられやすい。などの知見を得た。今後、歩行者による歩行空間占有状態をさらに精度高く再現するために、個々の意思決定に対応した行動パラメータを適用するマルチエージェントシミュレーションを適用する。発表時には、複数の検討結果を示す。

<参考文献>

- 1) 柳沢, 高山他: 歩行者優先道路における歩行空間占有行動の要因分析. 交通工学研究発表会論文報告集 No. 32pp. 345-348, 2012. 9. 2) 竹内, 柳沢他: 街路空間占有状況評価のための歩行者行動シミュレーション. 平成22年度土木学会中部支部講演集 pp.381-382, 2011.3.4