

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月17日現在

機関番号：53601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560540

研究課題名（和文）

街路形状の評価意識構造を考慮したマルチエージェント歩行者優先街路評価システム

研究課題名（英文）

Estimation of pedestrian space and Pedestrian Behavior considering the Multi-Agent.

研究代表者

柳澤 吉保 (YANAGISAWA YOSHIYASU)

長野工業高等専門学校・環境都市工学科・教授

研究者番号：70191161

研究成果の概要（和文）：

歩行空間における歩行者行動と道路交通条件を考慮した改善整備方針を明らかにすることを目的としている。長野市で行われたトランジットモール社会実験における街路空間の満足度調査を行った。歩行空間形状と満足度の関係を明らかにし、道路交通条件および歩行者行動と街路空間評価の意識構造を明らかにしている。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study is to clarify improvements in consideration of road traffic condition of pedestrian space, and to clarify the realities of the pedestrian behavior. We executed the investigation concerning the satisfaction rating of the street space by the pedestrian in a transit-mall social experiment of Nagano City. The experiments on the transit-mall was carried out by the Center of Nagano City during consecutive holidays of May. First of all, we applied the factor analysis to the satisfaction rating data. Next, the correlation of the satisfaction rating data and the measurement data was clarified. We applied the covariance structure analysis, and were able to clarify the relation between the subconsciousness factor and the measurement of road traffic condition, multi-agent behavior of pedestrian.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学・土木工学

科研費の分科・細目：交通工学・国土計画

キーワード：地区交通計画、歩行者行動、マルチエージェント、道路空間評価意識

1. 研究開始当初の背景

長野市で行われた歩行者優先道路の社会実験(「ふれ愛通り」と呼ばれる)時には市街地内施設立ち寄り数等の回遊トリップ数の

増加が確認され¹⁾、沿道商店主、近隣・地元住民代表、交通事業者、関連行政機関からなる「ふれ愛通り」検討委員会、および主に沿道商店主・事業所からなる「ふれ愛通り」推

進委員会において歩行者優先道路の本格実施移行に対してほぼ合意が得られている。しかしながら、本格実施に向け、具体的な歩道幅員およびイベントエリアや植樹の配置による街路の形状、安全確保を目指した交通量削減のために導入すべき交通規制などの道路交通条件を明らかにしなければならず、市街地活性化の観点から歩行者が望む街路空間および交通規制を定量的に明らかにすることが課題となった。街路の詳細設計では、限られた街路空間を構成する各施設間のトレードオフを考慮する必要があると同時に、街路形状も含めた道路交通条件の組み合わせによって、歩行者がどのように歩行者優先道路空間内を移動し、歩行空間をどのように評価するかを明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

研究の背景に基づき、与えられた歩道幅員、形状、設置物、歩行者量に応じて歩行空間のどの位置に歩行者が占有し、歩行占有位置によってどのような行動が行われるのかを明らかにする。また、歩行者が歩行空間形状によって形成する歩道利用状況に基づく歩行空間サービスレベル指標を原因因子とした歩行空間評価意識構造モデルを構築し、歩行者優先道路における歩行空間満足度評価と歩行空間サービスレベルとの関係を明らかにする。そして、これによって歩行空間を設計するときに重要な歩行空間のサービスレベルと設計指針の関係を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

- (1) 長野市中心市街地における歩行者優先道路の社会実験時に実施した、歩行者行動計測と歩行空間満足度調査を行った。
- (2) 歩行者行動調査で得られた動画に基づき、計測区間の歩行者数を考慮した「直進」「左

右回避」「錯綜」「追従」「停止」行動の選択率と、歩行速度、密度、回避角度等の歩行者行動と歩道利用状況を計測した。

(3) 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」、「停止・滞留」、「左右回避」からなる歩行者行動に影響を与える要素を、ロジットモデルを適用することにより明らかにした。

(4) 構築した歩行者行動モデルに基づき、歩行空間における歩行者占有状況を再現した。

(5) 計測した歩行者行動と歩道利用状況データを原因因子とした歩行空間評価意識構造モデルの構築を行い、パラメータの推定を行った。

(6) 各年度の社会実験時の歩行空間に対してサービスレベルを設定し、歩行空間評価意識構造モデルに基づきサービスレベルと歩行空間満足度の関係を明らかにした。

4. 研究成果

(1) 歩行者行動実態

表 1(スペースの関係で 2008,2009 年のみ表示) からいずれの計測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最初に選択した同じ通行帯を移動すると考えられる。また歩行者密度が大きいほど回避の選択率も高くなっていることから、時間帯によって歩道内の歩行者が多くなるに従って、直進しにくい現象が生じていることがわかる。回避行動では沿道側回避率より車道側回避率が高くなった。追従行動も、歩行者数が多くなるほど、追従率が高くなる。多少の混雑は、速度を低下させずに対面歩行者に対して回避や錯綜しながら歩行していると考えられる。回避角度は、車道側よりも沿道側への回避角度のほうが大きかった。歩行者は、より車道側を危険と認識しているため、回避しても角度は小さくなったと考えられる。

表1 街路空間行動選択率 (%)

		2008		2009		平均
		AM	PM	AM	PM	
歩行者数 (人/min)		35	28	40	50	28
行動選択率 (%)	車道回避	1.1	5	1.9	4.4	3.5
	沿道回避	0	1.3	6.9	3.3	2.6
	直進	98.9	93.7	91.2	92.4	92.8
	停止	0	0	0	0	1.1
	滞留	0	0	0	0	0.0
追従率 (%)		7.7	0	2.6	4.3	2.4
錯綜率 (%)		0	0	0	1.9	0.3
歩行速度 (km/h)		4.3	4.1	4.4	4.4	4.4
歩行密度 (人/m ²)		0.062	0.106	0.124	0.229	0.1
車道回避角度 (°)		7.3	11.3	9.2	18.6	11.8
沿道回避角度 (°)		12.5	19.7	10.9	25.2	14.8

(2) 歩行者行動モデル

歩行者挙動選択および通行帯選択に基づいた歩行者行動ツリー構造は、「歩行者は移動に当たり歩行しやすい通行帯を選ぶが、対面歩行者および障害物の存在により決定される直進、左右回避、停止・滞留挙動で生じる移動抵抗に関する負効用も考慮したうえで、移動する方向および通行帯の行先を決める」と考え、2段階層型の選択構造でモデル化することとした。歩行者行動の選択構造ツリーに基づき、下位レベルの歩行者挙動モデルは式(1)に示す。

$$P_{j|i} = \frac{e^{V_{ji}}}{\sum_{j'=1} e^{V_{j'i}}} \quad (1)$$

式(1)を構成する効用関数は、式(2)で表すこととする。

$$V_{ji} = \alpha_1 x_{1ji} + \alpha_2 x_{2ji} + \alpha_3 x_{3ji} + \alpha_4 x_{4ji} \quad (2)$$

通行帯 i への移動において挙動 j を選択していたときの各説明変数は、以下の通りである。

x_{1ji} : 歩行者量 (直進行動の選択肢固有変数)

x_{2ji} : イベントエリアまでの距離、 x_{3ji} : 側方抵抗の有無、 x_{4ji} : 対面歩行者の有無

上位レベルの通行帯選択行動のモデル化では、

下位レベルにおける効用も考慮した式(3)を示す。 λ は上位スケールパラメータである。

$$P_i = \frac{e^{\lambda(V_i + V_i^*)}}{\sum_{i=1} e^{\lambda(V_i + V_i^*)}} \quad (3)$$

ここで、合成変数を式(4)に示す。

$$V_i^* = \ln \sum_{j'=1} e^{V_{j'i}} \quad (4)$$

歩行者通行帯変更効用関数は式(5)に示す。

$$V_i = \beta_1 \times z_{1i} + \beta_2 \times \sqrt{z_{2i}} + \beta_3 \times \sqrt{z_{3i}} \quad (5)$$

ここで、通行帯 i 固有の説明変数は以下の通りである。 z_{1i} : 歩道幅員 (歩道端における選択肢固有変数)、 z_{2i} : 車道までの距離、 z_{3i} : 沿道施設までの距離

以上構築した歩行者行動モデルのパラメータ推計結果を表2に示す。下位レベルの結果を考察する。

表2 歩行者行動モデルの推計結果

説明変数		推計結果 (t 値)
下位レベル	歩行者量 (α_1)	0.00015(6.487)**
	イベントエリアまでの距離 (α_2)	-0.8553(-2.226)*
	側方抵抗の有無 (α_3)	-0.0651(-0.168)
	対面歩行者の有無 (α_4)	-1.0981(-2.687)**
上位レベル	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%

歩行者量: 歩行者量が増加することにより歩行者の行動変更が困難になることから、係数の符号が正となったと考えられる。歩行者量の増加に伴って回避行動が困難となり、直進追従行動が選択される割合が増える。

イベントエリアまでの距離: 占有実態状況調査においても歩行者はイベントエリアに吸収される現象が生じており、イベントエリアに近づくほど効用が高くなる。すなわち、イベントから離れる程、負効用が増す。

側方抵抗の有無：歩行者は沿道の施設や設置物、植樹帯に近づいたまま歩行を継続せずに、ある程度の距離を保つ現象が生じていた。歩道端および設置物は避けるような行動をとる。

対面歩行者の有無：歩行者は対面歩行者が存在する通行帯を避けることから、係数の符号は負となったと考えられる。

つぎに、上位レベルの結果を考察する。

歩道幅員：歩道端における選択肢固有変数として導入した「歩道幅員」が拡幅されることで、通行帯の選択肢数が増えることから、歩道端を避け歩道中央付近に集まりやすくなる。

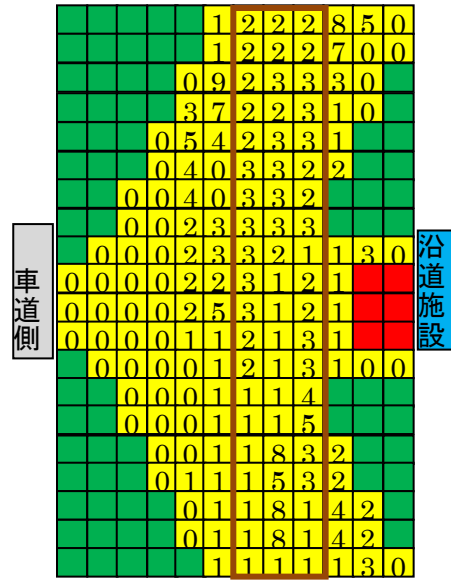
車道までの距離及び沿道施設までの距離：両要素とも同じ符号であることから、両要素はトレードオフの関係が成立していることがわかる。とくに「車道までの距離」の係数が大きいことから、歩行者は歩道の中央付近からやや沿道よりを選びやすい傾向がある。

(3) 数値実験結果

個々の歩行者が歩道の道路条件や交通状態を知覚し、自身の意思決定によって行動を起こし、歩道で形成された交通状態に環境に影響を与えることを考慮したマルチエージェント歩行者行動シミュレーションを構築した。歩道が蛇行している歩道の歩行者占有状態を再現した結果を図1に示す。赤線枠は歩行者占有率が高いことがわかる。歩道幅員を広く設定しているにもかかわらず、歩道中央部に歩行者が集中しているため、蛇行部において歩行者は存在しないことがわかる。蛇行部の変形率が大きいほど、歩行者数が頻繁に通行する直線部の幅が小さくなるため、歩道内は歩行者による混雑が生じやすいことがわかる。

(4) 歩行者優先道路空間評価意識構造

歩行者優先道路整備の具体的指標を示すための歩行者行動を考慮した歩行空間評価意識構造モデルを構築した。道路交通条件および歩行者行動と歩道利用状況を原因因子



モデル街路(蛇行形状) 上方向↑

●モデル適合度●
CMIN:25354.488
AIC:25576.488

図1 コミュニティ道路における歩行者占有率

としたMIMIC型の共分散構造分析を適用した。その結果を図2に示す。

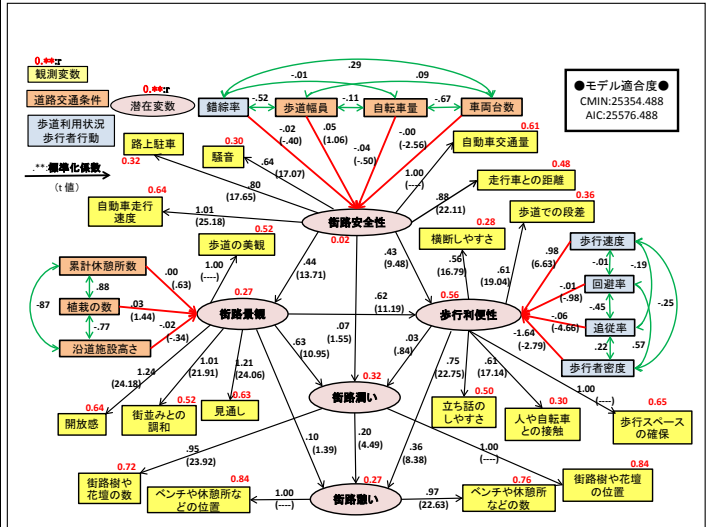


図2 歩行空間評価意識構造モデル

歩行者行動および歩道利用状況の変化が潜在変数に与える影響への影響を考察する。

錯綜率の符号が負であることから、比較的歩道の混雑が少なく、対面歩行者同士がすり抜けるような行動でも、「街路の安全性」の潜在意識評価は低くなることを示している。

歩行速度の符号は正でt値も高いことか

ら、歩行速度の低下は、「歩行利便性」の潜在意識評価を大きく低下させる可能性が高いことを示している。追従率の符号は負であり t 値も高いことから、回避がとれない程度の歩道の混雑が生じると、「歩行利便性」の潜在意識評価を大きく低下させる可能性が高いことを示している。

歩行者密度の符号は負で、t 値もある程度高いことから、歩行者密度が高くなると、「歩行利便性」の潜在意識評価を低下させることを示している。回避率の符号は負であるが、t 値が小さいことから、回避行動が可能な程度の混雑では、「歩行利便性」の潜在意識評価は大きく低下しないことを示している。

5. 主な発表論文等 〔雑誌論文〕(計 13 件)

- ① 柳沢吉保：長野市中心市街地再生への取組み―地元商店街の挑戦―。新都市(第 11 回日本各地からのまちづくり情報)，pp.71-80, 2013.2.
- ② 進藤魁仁，柳沢吉保，加藤博和，高山純一，中村優一他：屋代線廃止代替バスの評価分析。土木計画学研究・講演集 No.46(2012.11) 講演番号 117, CD-ROM.
- ③ 柳沢吉保，高山純一，松本隆嗣，竹内 剣：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.32(2012.9)415-421
- ④ 進藤魁仁，柳沢吉保，加藤博和，高山純一，大毛利亮：屋代線廃止代替バス導入に伴うアクセシビリティの変化。土木計画学研究春大会 Vol. 45, No. 176. pp. 1-8. 2012. 6.
- ⑤ 柳沢吉保，古本吉倫，高山純一，南澤智美，尾曾真理恵：震災時における救急車の駆けつけ搬送圏域の救命制約時間信頼性評価。土木学会論文集 F6(安全問題)，Vol.68.No. 2, pp. 30-37, 2012.
- ⑥ 柳沢吉保，高山純一，藤澤 緑：歩行者行動動線と歩道利用状況を考慮した歩行者優先道路空間評価構造モデルの構築。長野工業高等専門学校紀要 No.46, pp.1-9, 2012.6.
- ⑦ 柳沢吉保，古本吉倫，高山純一，南澤智美：地震被災時の救命制約時間信頼度を考慮した救急拠点および後方病院の駆けつけ搬送圏域の評価。長野工業高等専門学校紀要 No.46, pp.1-6, 2012.6.
- ⑧ 藤澤緑，柳沢吉保，高山純一，松本隆嗣，滝澤諭：歩行者優先道路整備のための歩行者行動特性と街路空間評価意識構造の調査分析。土木計画学研究・講演集 No.44(2011.11)(講演番号 310), CD-ROM.
- ⑨ 柳沢吉保，古本吉倫，尾曾真理恵，高山純一：長野都市圏交通ネットワークにおける地震被災時の救命制約時間未到達危険度の算定。長野工業高等専門学校紀要, No.45, 1-6, 2011.6.
- ⑩ 松本隆嗣，柳沢吉保，高山純一，上倉道陽，竹内剣：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。土木計画学研究・講演集 No.42(2010.11)(講演番号 78), CD-ROM.
- ⑪ 尾曾真理恵，柳沢吉保，古本吉倫，高山純一，和泉佑紀：救命制約時間を考慮した救急車両の地震被災地への未到達危険度評価。土木計画学研究・講演集 No.42(2010.11)(講演番号 117), CD-ROM.
- ⑫ 柳沢吉保，高山純一，滝澤諭，轟直希：中心市街地来街者による街路空間満足度の潜在意識構造を考慮した歩行者優先街路の整備評価-長野市善光寺表参道のトランジットモール本格導入に向けた取り組み-。都市計画論文集，Vol. 45-3, pp.499-504, 2010.10.
- ⑬ 柳沢吉保，松本隆嗣，上倉道陽，高山純一：街路空間構造と歩道交通流動を考慮した歩行者行動モデルの構築。長野工業高等

専門学校紀要, No.44, 1-10, 2010.6.

[学会発表] (計 12 件)

- ① 工藤拓弥、柳沢吉保、高山純一、岡田類、藤澤 緑：歩行者行動に基づく歩行空間サービス水準を考慮した街路空間評価意識構造モデル. 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集(2013.3)247-248
- ② 岡田 類、柳沢吉保、高山純一、工藤拓弥、藤澤 緑：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. 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集(2013.3)249-250
- ③ 進藤魁仁、中村優一、柳沢吉保、加藤博和、高山純一ほか：長野電鉄屋代線代替バス路線のアクセス・イグレス移動距離と利便性評価分析. 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集(2013.3)287-288
- ④ 中村優一、進藤魁仁、柳沢吉保、加藤博和、高山純一ほか：乗降客数に基づく長野電鉄屋代線代替バス路線の評価分析. 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集(2013.3)305-306
- ⑤ 栗原柁太、柳沢吉保、古本吉倫、高山純一ほか：時間信頼性評価に基づく災害リスクを考慮した消防署の最適に関する考察. 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集(2013.3)315-316
- ⑥ 進藤魁仁、柳沢吉保、高山純一、大毛利亮：交通事業者の運営状況と鉄道沿線集客性評価指標に基づく地方鉄道の活性化に関する一考察. 平成 23 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集(2012.3.8)pp.251-252
- ⑦ 大毛利亮、柳沢吉保、加藤博和、進藤魁仁：鉄道廃止代替バス路線の集客性評価に関する分析. 平成 23 年度土木学会中部

支部研究発表会講演概要集(2012.3.8)pp.255-256.

- ⑧ 藤澤緑、柳沢吉保、高山純一、南澤智美：歩行者行動動線に基づく歩行空間サービスレベルが街路空間評価に与える影響. 平成 23 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集(2012.3.8)pp.277-278.
- ⑨ 南澤智美、柳沢吉保、古本吉倫、藤森康弘、高山純一：地震被災者数と救急車両の配置を考慮した救命制約時間信頼性評価分析. 平成 23 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集(2012.3.8)pp.351-352.
- ⑩ 馬島大地、柳沢吉保、高山純一、滝澤諭：規模と形状を考慮した駅前広場の分類と評価に関する研究. 平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集(2011.3.4)pp.281-282.
- ⑪ 高力はるか、柳沢吉保、高山純一、滝澤諭、丸林紗代：路線バスの幹線軸の抽出と運行計画に関する研究. 平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集(2011.3.4)pp.313-314.
- ⑫ 竹内剣、柳沢吉保、高山純一、松本隆嗣：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研究発表会講演概要集(2011.3.4)pp.381-382

[図書] (計 1 件)

大橋健一、柳澤吉保ほか：コロナ社，建設システム計画、2013、227(118-150, 219-223)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柳澤 吉保 (YANAGISAWA YOSHIYASU)

長野工業高等専門学校・環境都市工学科・教授

研究者番号：70191161

(2) 研究分担者

高山 純一 (TAKAYAMA JUN-ICHI)

金沢大学・環境デザイン学系・教授

研究者番号：90126590