

Study of central city activation measures in regional city that focuses on the pedestrian excursion behavior

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/45415

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



博 士 論 文

歩行者回遊行動に着目した地方都市における 中心市街地活性化策の評価・分析 ～長野市中心市街地を対象として～

金沢大学大学院自然科学研究科
環境科学専攻

学 籍 番 号 0823142411
氏 名 轟 直希
主任指導教員 高山 純一 教授

平成 28 年 1 月 8 日 提出

目次 歩行者回遊行動に着目した地方都市における中心市街地活性化策の評価・分析 ～長野市中心市街地を対象として～

第1章 序論

1-1	本研究の背景と目的	1
1-2	本研究の内容と構成	4
1-3	参考文献	7

第2章 既存研究の整理と本研究の位置づけ

2-1	概要	8
2-2	選択行動への非集計モデルの適用性に関する研究	9
2-2-1	非集計モデルの適用性に関する研究	9
2-2-2	まとめ	9
2-3	目的地選択行動モデルに関する研究	11
2-3-1	駐車所選択行動モデルに関する研究	11
2-3-2	目的地選択行動モデルに関する研究	11
2-4	意識評価モデルに関する研究	15
2-5	本研究の位置づけ	16
2-6	参考文献	17

第3章 歩行者行動モデル

3-1	概要	23
3-2	Logit モデル	24
3-3	ロジット型モデルとプロビット型モデル	29
3-4	Nested Logit(NL)モデル	30
3-5	GEV 型モデル	31
3-6	共分散構造モデル	33
3-7	まとめ	36
3-8	参考文献	37

第4章 交通施策による中心市街地活性化方策の検討

4-1	概要	38
4-2	対象範囲ならびに調査の概要	39
4-2-1	対象範囲	39
4-2-2	調査概要	39
4-3	来街手段別買物行動特性	41
4-3-1	来街手段別の消費金額	41

4-3-2	来街手段別の滞在時間	42
4-4	買物行動特性分析	44
4-4-1	距離別平均消費金額	44
4-4-2	距離別平均滞在時間	44
4-4-3	来街頻度別平均消費金額	45
4-4-4	来街頻度別平均滞在時間	46
4-5	交通施策導入による可能性分析	47
4-5-1	来街手段別平均消費金額	47
4-5-2	来街手段別平均滞在時間	47
4-5-3	歩行者優先化道路導入効果	48
4-6	来街手段変容可能性分析	50
4-6-1	パーク&バスライド利用可能性の検証	50
4-6-2	利用意向者のシステム導入条件の整理	51
4-6-3	許容負担額の価格弾力性の検証	52
4-7	まとめ	54
4-8	参考文献	55
第5章 交通施策が中心市街地への来街・回遊に及ぼす影響分析		
5-1	概要	56
5-2	モデルの基本概念	57
5-2-1	入口ノード選択モデルの基本概念と特徴	59
5-2-2	第一立ち寄り施設選択モデルの基本概念と特徴	60
5-2-3	回遊継続および立ち寄り施設選択行動モデルの基本概念と特徴	62
5-3	適用範囲ならびに調査の概要	64
5-3-1	調査対象の範囲	64
5-3-2	アンケート調査概要	65
5-4	目的地選択行動基本モデルの適用結果	66
5-4-1	入口ノード選択モデル (STEP1)	66
5-4-2	第一立ち寄りノード選択モデル(STEP2)	69
5-4-3	回遊継続および立ち寄りノード選択モデル(STEP3)	72
5-4-4	逐次意思決定モデルへの発展(STEP3')	74
5-5	まとめ	75
5-6	参考文献	76
第6章 交通施策が中心市街地街路における歩行行動に及ぼす影響分析		
6-1	概要	77

6-2	調査分析のフロー	78
6-3	適用範囲ならびに調査の概要	79
6-3-1	調査対象の範囲	79
6-3-2	アンケート調査ならびに歩行者行動計測の概要	80
6-4	歩行者行動の実態分析	82
6-4-1	歩行者行動の表記	82
6-4-2	歩行者行動および歩道利用状況の実態分析	84
6-5	歩行空間評価意識構造モデルの構築	86
6-5-1	満足度調査に基づく潜在評価意識因子の抽出	86
6-5-2	歩行者行動を考慮した歩行空間評価意識構造モデル	87
6-5-3	モデルのパラメータの推定と考察	89
6-6	歩行空間サービスレベルと歩行空間満足度評価との関係	90
6-6-1	ケース設定	90
6-6-2	満足度算定結果	91
6-7	まとめ	94
6-8	参考文献	95
第7章	交通施策導入による政策評価 -長野市中心市街地歩行者優先型街路への適用-	
7-1	概要	96
7-2	回遊行動モデルの長野市中心市街地条件への適用	97
7-2-1	質的評価項目導入の意義	97
7-2-2	質的評価導入モデルの適用結果	99
7-2-3	歩行抵抗導入の意義	100
7-2-4	歩行抵抗導入モデルの適用結果	101
7-3	歩行空間満足度シミュレーション	102
7-3-1	シミュレーション条件	102
7-3-2	歩行者行動ならびに歩道利用状況の算出	103
7-3-3	各種条件下におけるシミュレーション結果と考察	105
7-5	まとめ	107
7-6	参考文献	108
第8章	結論	
8-1	研究のまとめ	109
8-2	今後の課題	112
	謝辞	113

第1章 序論

1-1. 本研究の背景と目的

中心市街地の衰退言われて久しいが、人口減少による超高齢化、モータリゼーションスパイラルによる一層の自動車依存、社会資本に対する投資能力の低下は避けられる状態ではなく、様々な政策に対して、効果的かつ効率的な財政運用が求められている。また、2014年には、日本創生会議（座長 増田寛也氏）が全国の49.8%（全国1,800自治体のうち896自治体）におよぶ自治体が消滅可能性のある都市であると指摘しており¹⁾、いかに行政サービスを効率化させ、市民の満足度を高めるかが重要な課題となっている。

わが国では、1970年代より財政負担の軽減や行政サービスの効率化を目指して、「コンパクトシティ」の構想が生まれたが、成長を続ける社会において都市の膨張を止めることはできず、市街地の外延化が進んでしまった。この状態を脱却するために、1998年には「中心市街地活性化法」「改正都市計画法」「大規模小売店舗立地法（通称・大店立地法）」からなる“まちづくり三法”が施行され、さらに2006年には「都市計画法」と「中心市街地活性化法」が改正され、大規模小売店舗の出店規制の強化と意欲的な地区への支援強化がされてきた。

しかしながら、人口減少トレンドの中、地方都市における中心市街地の衰退に歯止めをかけることができず、2014年に発足した第2次安倍改造内閣にて、「まち・ひと・しごと創生本部（通称・地方創生本部）」が立ち上げられ、地方創生の名のもとに国も本腰をあげはじめた²⁾。そしてその基本戦略のひとつとして掲げられたのが「コンパクト・プラス・ネットワーク」である。

これまで我が国の都市は、公共交通沿線に発展してきている。しかしながらモータリゼーションの進展により、市街地が外延化してしまった。この都市構造を脱却し、再び公共交通沿線に都市機能を集約させるのが集約型都市構造である。これが行政サービスの効率化につながると期待されている。具体的には、鉄道駅やバスターミナルを交通拠点と位置付け、交通拠点周辺の市街地を規模に応じて広域拠点、地域拠点、生活拠点として、「歩いて暮らせるまちづくり」を目指すものである。拠点機能をコンパクト化し、公共交通網の再構築と都市機能維持に必要な圏域人口の確保する「コンパクト・プラス・ネットワーク（集約型都市構造）」の考え方が、都市を存続させるために非常に重要となることは言うまでもない³⁾。

集約型都市構造の実現に向けた戦略的な取り組みを進める上で、既存中心市街地の存在意義は、ますます大きくなっている。集約型都市構造への転換にあたっては、公共交通機関への行動変容や公共交通を基幹軸とした交通軸上市街地集約型が望まれる。そして、集約地である中心市街地への居住者、来街者の回帰を促進する上で、“歩いて楽しい中心市街地”を目指すことが重要な課題であろう。

そのような中、長野市中心市街地においては、“歩いて楽しい中心市街地”を目指した取り組みを継続的に行ってきた。2004年からはトランジットモールや車道形状の変容に関する社会

実験を重ね、歩行者回遊性等の賑わいの検証を行った。それらの検証結果を踏まえて 2008 年からは、善光寺表参道でもある中央通りを自動車中心から、歩行者に優しく機能的（車道幅員の減少と歩道幅員の拡大による道路空間の再配分、舗装の美装化、ベンチ等の休憩施設の設置、既存モニュメントの夜間演出等、道路空間の柔軟な活用に配慮した歩道と車道のフラット化等）で魅力あふれる通りに整備する「中央通り歩行者優先道路化事業」を実施。平成 26 年度に整備が完了した⁴⁾。

今回分析の対象とした長野市中央通りは、長野市中心市街地の長野駅と善光寺を結ぶメインストリートであり、善光寺の表参道として発展してきた。しかしながらモータリゼーションの進展に伴い、住宅の郊外立地、大型店等の核となる店舗の中心市街地撤退や郊外進出等が影響し、1983 年には 6 万人／12 時間であった歩行者は、2003 年には 3 万人／12 時間に半減し、中央通りおよび周辺地区の衰退が著しい状態である。

平成 11 年より長野市では中心市街地の活性化を目指し、『中心市街地活性化基本計画』を策定し、中央通りの歩行環境を重視した道路・交通に関する整備方針として、中央通りのトランジットモール化と市街地内のモビリティを確保するような循環型コミュニティバスの導入効果が検討されることとなった。平成 13 年度には『中央通り歩行者優先型交通計画策定委員会』が設立され、平成 14 年度からは中央通りの商店街が中心となって、中心市街地活性化に向けてのワークショップ等が継続された。平成 15 年度より中央通りの一部が市道になったことをきっかけに、中央通りを歩行者優先型道路に活用し、来街者の回遊性を高めることが必要との考えが高まってきた。表 1-1 にこれまでの流れをあらわした年表を示す。

表1-1 中央通り歩行者優先道路化事業に至る経緯

年	概 要
1979年	長野市総合都市交通施設整備事業基本計画（環状道路，駐車場の整備）通称：交通セル方式
1999年	『中心市街地活性化基本計画』策定 中央通りを歩行者優先型交通計画に
2001年	『中央通り歩行者優先型交通計画策定委員会』設立
2003年	中央通りの一部が長野市道化
2004年	東西後町エリアを中心にトランジットモール社会実験の実施（区間長：300m）
2005年	区間・期間を延長してトランジットモール社会実験の実施（区間長：735m）
2006年	トランジットモール社会実験の継続実施（区間長：735m）
2007年	歩行者優先型交通に向けた社会実験の実施 （車道蛇行，センターライン消去）
2008年	『中央通り歩行者優先道路化事業』開始
2015年	『中央通り歩行者優先道路化事業』整備完了

そこで本研究では、これまでの長野市中心市街地における“歩いて楽しい中心市街地”に向けた取り組みより得られたデータに基づき、市街地内の駐車場、バス停留所、鉄道駅などの市街地内行動拠点へのアクセス特性、市街地内の歩行空間整備および公共交通などの回遊行動支援システムが市街地内行動特性に与える影響を検討するとともに、市街地内の来街者がどのような影響を受けるのかを明らかにする。具体的には、入口ノード選択モデル、回遊継続および商業地ノード選択モデルなどを提案し、来街者の行動に与える交通施策の導入による影響を明らかにする。

さらには、歩行者の歩行空間満足度意識調査および歩行空間の規模や形状に対する歩行者挙動の計測結果に基づき、歩行者優先道路に求められる歩行環境要素の抽出を行い、歩行者交通の質の向上が求められる歩行者優先道路において、従来の歩行空間サービスレベルを歩行空間設計や整備に用いる際の課題について考察する。そして、効果的な歩行空間サービスレベルについても提言することを目的とする。

本研究では、個人の交通行動の選択が行なわれる要因を明確化させつつ、各選択行動を考慮した政策の評価や政策導入の効果を検証することを目的としている。具体的な項目を以下に挙げる。

- (1) 交通施策が中心市街地への来街・回遊に及ぼす影響（長野市中心市街地回遊行動モデルの構築）
- (2) 交通施策が中心市街地街路における歩行行動に及ぼす影響（歩行空間評価意識構造モデルの構築）

これらについて各々の対象者の行動選択要因を明らかにし、行動選択要因を考慮した選択行動モデルならびに評価モデルへの発展と実証的な考察を行なう。

(1) 交通施策が中心市街地への来街・回遊に及ぼす影響

前述したとおり、中心市街地の衰退に対処するために、交通施策面から来街者が中心市街地内を「巡りやすく」そして、さまざまな施設に「立寄りやすく」することなどで回遊性を高めることが重要な課題となっている。歩行環境や都心の回遊性の向上に有効な手法としてトランジットモールなどが地方都市で社会実験として行われ、導入効果を検討している事例がある。今後、歩行者優先化道路などの歩行環境整備による回遊行動促進策を継続、推進するためには、歩行幅や交通規制などに基づく歩行要因と回遊行動との関係を明らかにするとともに、それら要因からトレードオフを考慮した回遊行動のモデル構築を行う必要がある。

そこで、これまでの長野市中心市街地における“歩いて楽しい中心市街地”に向けた取り組みより得られたデータに基づき、市街地内の駐車場、バス停留所、鉄道駅などの市街地内行動拠点へのアクセス特性、市街地内の歩行空間整備および公共交通などの回遊行動支援システムが市街地内行動特性に与える影響を考慮した回遊行動モデルの構築を試みた。来街者の一連の回遊行動

を入口ノード（交通結節点等）選択，回遊継続および立ち寄りノード選択の行動モデルを構築することで表現した．また，回遊行動の継続性を考える上で，来街者の施設や街路に対する満足度（安全性等含む）評価も重要な視点であることから，それら質的評価を組み込んだモデル展開を目指している．

（２）交通施策が中心市街地街路における歩行行動に及ぼす影響

来街者の回遊性を高める手法として，長野市中心市街地では歩行者優先型道路などの施策を実施している．歩行者優先型の交通施策は様々な都市で実施されており，当該エリアを通行する歩行者の歩行空間満足度調査や歩行者挙動の計測結果に基づき，歩行者優先道路に求められる歩行環境要素の抽出が行われてきた．しかしながら，より満足度評価が高い歩行者優先道路整備のため，具体的な整備および設計指針を示すことが課題となっている．

そこで，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結果に基づき，歩行者の「直進」「左右回避」「錯綜」「追従」「停止」行動の選択率と，歩行速度，密度等を明らかにするとともに，歩行空間形状と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う．モデルに基づき，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を設計するときに重要な歩行空間サービスレベルとの関係を明らかにすることを目指している．

1-2. 本研究の内容と構成

2 章では、これまでの歩行者行動（拠点選択、目的地選択）や歩行空間評価等に関する既存研究のレビューを含めながら現状を把握する。そして本研究の位置づけを明らかにしている。

3 章では、本研究で用いる歩行者行動メカニズムである、非集計型選択行動モデルや SEM 評価モデルについてその概要や数々のモデルを紹介し、これまでの研究経緯を明らかにしている。

4 章では、交通施策がどれほど中心市街地活性化に寄与するのか、その展望を記述している。

5 章以降では、非集計型選択行動モデルや SEM による街路空間評価モデルを様々な事例に適用するため、各種モデルの構築と実交通ネットワークへの適用を行なっている。

具体的には、長野市中心市街地にて行われた各種調査結果に基づき、歩行者の回遊行動を拠点選択ならびに街路評価の視点で基礎的なモデルを構築し、その適合性を検証している。

さらに 7 章では、5 章ならびに 6 章にて構築したモデルを長野市内で交通施策や道路交通条件等を考慮した場合のケーススタディについて考察するとともに、その効果を検証している。

8 章では、4 章から 7 章までの結果から結論と今後の課題を示す。

上記のテーマに基づいて、研究のフロー図を以下に示す。

第1章 序論

- ・研究の背景、目的、構成について記述する

第2章 既存研究の整理と本研究の位置づけ

- ・歩行者行動モデルとして、非集計選択行動モデルならびに歩行意識評価モデルに関わる既存研究の整理を行うとともに、本研究の位置づけを明らかにする。

第3章 歩行者行動モデル

- ・歩行者行動モデルとして非集計行動モデルや潜在因子を考慮した共分散構造モデルについて、その考え方等を詳説する。

第4章 交通施策による中心市街地活性化方策の検討

- ・来街者による買物行動特性や来街手段変容可能性に着目し、交通施策の変容が中心市街地の活性化に与える影響について分析する

第5章 交通施策が中心市街地への来街・回遊に及ぼす影響分析

- ・回遊継続要因を考慮した回遊行動（施設選択行動）モデルの構築を行い、逐次意思決定モデルへと発展させた

第6章 交通施策が中心市街地における歩行行動に及ぼす影響分析

- ・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、歩行空間サービスレベルと歩行空間満足度評価との関係性を検証した

第7章 交通施策導入による政策評価-長野市中心市街地歩行者優先型街路への適用-

- ・回遊行動モデルや歩行空間評価意識構造モデルを長野市中心市街地歩行者優先型道路に適用し、モデルの適合性を検証した

第8章 結論

- ・研究成果の概要とそれを踏まえた提言ならびに今後の課題を記述した

1-3. 参考文献

- 1) 日本創生会議・人口減少問題検討分科会(2014)：成長を続ける21世紀のために「ストップ少子化・地方元気戦略」
- 2) 宇都宮浄人(2015)：地域再生の戦略「交通まちづくり」というアプローチ，筑摩書房
- 3) 国土交通省(2014)：「都市再生特別措置法」に基づく立地適正化計画概要
- 4) 国土交通省(2015)：良好な道路景観と賑わい創出のための事例集，pp.62-75

第2章 既存研究の整理と本研究の位置づけ

2-1. 概要

本章では、歩行者行動モデルとして、歩行者の拠点や施設、さらには回遊を継続有無などの選択行動モデルや、歩行者が実際に歩いた街路を評価する手法に関する既存研究をレビューし、本研究の位置づけを明らかにしたい。

まず、歩行者行動モデルの拠点や施設選択に非集計モデルを適用することの意義について既存研究を踏まえて論じる。

従来の交通ネットワーク均衡について紹介する。さらに旅行時間の不確実性を考慮した交通量配分や経路選択モデルなどについての既存研究にも触れ、統合ネットワーク均衡モデルについての既存研究について紹介する。また、目的地選択行動モデルとして、観光地や目的地、駐車場、居住地選択モデルなどの各種モデルに関する既存研究を紹介し、本研究の位置付けを示す。

2-2 で多数の選択肢を有する選択行動への非集計モデルの適用可能性を論じた既存研究、2-3 で旅行時間の不確実性を考慮した交通量配分や経路選択モデルなどについての既存研究、2-4 で統合ネットワーク均衡モデルについての既存研究、2-5 で OD 交通量の変動についての既存研究、2-6 で数々の目的地選択行動に関するモデルについて紹介し、2-7 で本研究の位置付けを示す。

2-2. 選択行動への非集計モデルの適用性に関する研究

2-2-1. 非集計モデルの適用性に関する研究

本研究の重要な位置づけともなる、非集計行動モデルの選択行動モデルへの適用可能性について論じた研究について紹介する。

福田と森地⁵⁾は、選択肢の誤差構造を精緻化するために、誤差項の分散不均一を表現する Heteroscedastic-Extreme-Value (HEV) モデル及び選択支間の類似性を表現するモデルとして Mixed-Logit モデルの 2 つを取り上げ、それらのモデル特性について実証分析を通して把握している。そして、Mixed-Logit モデルをさらに精緻化することで、分散均一と選択肢間の類似性を同時に扱うことが可能としている。

松本ら⁶⁾は、非集計モデルで選択行動を表現する上で、説明変数として客観的指標（距離、時間、面積等）を用いる客観モデル（Objective Model）と主観的指標（魅力、サービス、利便性、近接性等）を用いる意識モデル（Attitude Model）の 2 つに大別され、主観値を導入することの重要性を論じている。

西井ら⁷⁾は、RP データの対象を過大評価するバイアス（個人の非観測異質性）を考慮する必要性があると指摘し、Mass Point 手法の有効性について検証している。

さらに森川⁸⁾らは、個人の選択行動モデルを表現した非集計離散型選択モデルについて、意思決定プロセスを効用関数で表現することで、ある意味ブラックボックス化してしまっていることに言及し、分析対象が多様化していることを考慮し、主観的要因を考慮した多指標多因子モデルの提言を行っている。

金森⁹⁾らは、都市圏レベルの交通需要予測に対して、確率的統合均衡モデルと非集計モデルの予測値を比較している。確率的統合均衡モデルは、交通基盤整備による自動車サービスレベル（LOS）の変化を考慮できることから、その重要性和精緻化の必要性を論じている。

2-2-2. まとめ

選択行動の意思決定メカニズムに焦点を当てると、選択肢集合の中から選択するという決定プロセスを、ランダム効用理論に基づき定式化することの有効性が明らかとなった。

複数の選択肢集合を持つ、意思決定メカニズムの分析は、古くはトリップチェーンの表現を目的としたマルコフ連鎖モデルに始まり、長い歴史を持っている。また、非集計モデルにその論拠を置くような交通行動モデルも数多く存在する。また、選択行動には、その決定プロセスをツリー構造で仮定することも多い。

既存研究にて非集計選択行動モデルの効用関数について、意思決定プロセスをブラックボックス化してしまっている問題点や、サービスレベルの変化に適性に対応できない可能性が論じられている。

しかしながら，多くの目的やその場の状況によって選択行動をしている歩行者の動きを確率的に表現することは難しく，本研究においては歩行者行動に関して，非集計モデルにて定式化を進める．さらに，歩行者行動の意識評価に対しては，主観的要因を考慮した多指標多因子モデルでの表現を試み，意識評価を予測するモデルの構築を行う．

2-3. 目的地選択行動に関する研究

2-3-1. 駐車場選択行動モデルに関する研究

駐車場の選択行動モデルに対して、塚口ら¹⁰⁾は、街中の駐車場案内システムによる駐車場最適割り当ての案内方法の検討として、目的地までの距離や駐車料金を説明変数とした修正徒歩距離を用いたLP手法により分析している。

また、室町、原田ら¹¹⁾は、駐車場選択モデルを動的な利用を考慮した駐車場需要配分シミュレーション分析を行っており、駐車政策分析モデルの枠組みを示している。その後、室町・原田ら¹²⁾により、中心市街地の駐車場とその他のやや離れた駐車場を選択するモデルを構築し、駐車料金システムが駐車場利用状況にどのような影響を与えるのかを定量的に評価している。

劉・河上¹³⁾は、駐車時間に関して研究を行っており、都市内の駐車場を対象として、駐車場利用者の総一般化費用は地区内の走行時間、駐車場での所要時間、徒歩時間とし、駐車場での所要時間を定式化する中で、駐車時間は指数分布に従うと仮定した。

溝上¹⁴⁾は、GEV型のモデルを用いてP&Rの需要予測に適用している。これは、GEVモデルの他の選択肢類似性があり、かつ選択肢間の相互包含関係がある程度明瞭であるP&Rのような複合交通手段を選択肢集合に含む手段選択問題に対して有用であるという特徴を考慮している。

吉田ら¹⁵⁾は、駐車場から目的地までのアクセスに着目し、駐車場から目的地までの位置関係指標や歩行空間連続性指標を用いて表現し、駐車場と目的地の位置関係や歩行空間の連続性が駐車場の有効活用に効果的であると結論付けている。

また、兵藤ら¹⁶⁾は、商業・業務地における駐車場割引制度等の付加サービスに着目し、それら情報提供によって駐車場を認知する効果と付加サービスによる効果によって駐車場の選択確率が向上する可能性を示している。

中平ら¹⁷⁾は、休日に来街するドライバーを対象に案内システムによる情報提供効果について分析し、案内システム導入がドライバーの駐車場認知を向上させ、結果として選択が増えて混雑緩和につながる可能性を指摘している。

2-3-2. 目的地選択行動モデルに関する研究

施設選択に関する研究としては、商業施設選択の視点として、梅ら¹⁸⁾¹⁹⁾が選択利用モデルとして活用されるハフモデルや、施設の近接性指標であるアクセシビリティを考慮し、施設群選択と特定施設を二段階の選択で行う競合立地モデル²⁰⁾などの適合性を検証するとともに、再開発時のシミュレーションを行っている。

歩行者の回遊性を考慮した研究としては、齋藤ら²¹⁾は、福岡市天神地区における徒歩回遊行動実態調査に基づき、商業施設間回遊行動を商業施設面積と移動距離のみを説明変数としたマルコフ吸収モ

デルを用いて表現している。また、モデルを用いたシミュレーションによって、様々な再開発計画のもとで消費者回遊行動の予測を行い、都心商業環境の再開発計画を評価する枠組みの提案を行っている。

木下ら²²⁾は、回遊行動指標である市街地内でのトリップ数、総移動距離、滞留時間を来街手段別、利用駐車場別等で分析し、都心における歩行空間計画および整備のための歩行特性に関する知見をいくつかまとめている。

瀧ら²³⁾は、歩行者の視覚情報に着目し、視覚レベルで行動の誘発要因を探り、視覚情報が経路選択に及ぼす影響を分析している。

店舗内などの限られた空間においては、豊嶋ら²⁴⁾が、顧客動線データにもとづき、目標の決定、総滞在時間の決定、各スポットの滞在時間の決定、滞在終了の判定からなるサブモデルを適用し、店舗内マーケティングに活用している事例がみられる。

さらに、歩行者の行動シナリオに沿った回遊行動モデルとしては、加藤ら²⁵⁾は、歩行者の回遊を購買を行う業種の順序にて説明する重力モデルにて表現した。その結果、商業集積が歩行者のエリア選択に大きな影響を及ぼすとともに、1kmを超えないようなコンパクトな商業地であれば、距離はあまり影響しないことを明らかにしている。

交通や都市施策に対する回遊性の検証に関する研究としては、前川ら²⁶⁾は、鶴岡市のイベント時に導入されたP&BRを対象に、P&BRの利用状況、利用者と非利用者のイベント滞在時間の比較、利用意向の調査結果から今後、自動車を利用した来街者を適切な駐車施設へ誘導し、そこから歩行またはバスを利用して回遊させる仕組みである「駐車&回遊型」交通システム構築に向けた交通社会実験の手法とその成果を報告している。

川上ら²⁷⁾は、福井市で導入されたトランジットモール社会実験を通して、おもに歩行環境や沿道環境が、来街者の滞在時間に与える影響について分析を行い、トランジットモール導入による滞留性の向上に関する評価を行っている。

また、中心市街地内の憩いの空間整備に関して、足立²⁸⁾は、市民提案型のオープンカフェに着目し、社会実験時に実施した調査結果に基づき、生存分析のモデルを用いて滞在時間促進要因を分析している。結果として「飲食、喫茶」に係わる施設は、滞在時間を増加させる効果があることが明らかとなり、これら施設の整備・活性化が必要であると結論付けている。福田ら²⁹⁾や平ら³⁰⁾は、オープンカフェの運営管理や合意形成手法、さらには空間の質向上プロセスについて論じている。

石川³¹⁾は、中心市街地において小規模賃貸店舗を展開した場合の賑わいについて、店舗の連続性等からなる街路特性と経営者の属性等からなる店舗特性の指標で分析し、回遊性を高める要因について考察を加えている。さらに昨今、観光地を抱える中心市街地に整備が進んでいる地域交流施設の効果について、松田ら³²⁾は、地域交流施設の賑わい創出に重要なリピーター客として、中高年層をメインターゲットとし、展示や体験等を継続的に進めていくことの重要性や、PR次第で新たな潜在需要を顕在化できる可能性についても言及している。

昨今、中心市街地の魅力創出の観点から、通り抜け空間を創出し有効活用することで魅力を高める取り組みが全国各地で導入されており、その効果を検証しているものや³³⁾³⁴⁾³⁵⁾³⁶⁾、路面電車（LRT）などを利用することによる行動特性と回遊行動の関連性を分析しているものもある³⁷⁾³⁸⁾³⁹⁾。

回遊行動の視点から観光ならびに歩行流動（歩行者数等を含む）予測モデルや評価につなげた研究としては、本間・栗田⁴⁰⁾は、観光行動に着目し、訪問先の魅力度や総移動コスト、訪問ゾーン数を考慮した、同時決定型の選択行動モデルを構築し、日本国内における観光流動の統一的な推定を試みている。

荒木ら⁴¹⁾や溝上ら⁴²⁾は、スペースシンタックス(SS)理論によるインテグレーション値(Int 値)を導入し、街路構成の持つ魅力度が回遊行動に与える影響を考慮した訪問店舗選択モデルや、歩行者通行量ならびに入込者数の予測モデルを構築し、回遊性を高める施策の効果をシミュレーションし、検証している。

さらに、伊藤・羽藤⁴³⁾は、プローブパーソンデータを用いて、歩行者行動を一連の状態遷移と捉え、エリア内の時空間内の動きとして連続時間マルコフ連鎖モデルにより経路の推定を行っている。

また、古市ら⁴⁴⁾は、アクセス交通と周遊行動との関連性を分析しており、アクセス交通手段ごとに周遊行動が異なることを明らかにし、渋滞対策を実施することによって、来訪者の再来訪意向の向上に効果が表れることについても明らかにしている。

その他、選択行動モデルの展開としては、張・藤原ら⁴⁵⁾は、居住地の選択行動に着目し、これまで個人意思決定プロセスを仮定する確率効用最大化理論が主流であったが、集団意思決定メカニズムの考え方を理論的に取り入れ、多項線形型集団効用関数の概念を応用した。そして、確率効用最大化の枠組みの中で、集団離散選択モデルを開発し、その適用可能性を確認するため、世帯居住選択を対象に政策評価モデルとしての有効性を検証している。

2-3-3. まとめ

駐車場政策に関する研究は1980年代後半より盛んに進められているが、非集計モデルを適用して、駐車場選択等の交通行動特性を明らかにしてきた。その後、1990年代には、中心市街地に焦点をあて、料金政策や駐車場案内システム、P&BR 効果にまで踏み込んで効果分析する研究が主流となった。近年では、情報提供の視認性、受容性を考慮したものや、駐車台数、入庫待ち時間等の関係を示す駐車場パフォーマンス関数を提案するなど、需要予測を目的とした詳細な研究が進められている。また駐車場の周辺環境が駐車場選択に及ぼす影響を考慮した研究も進められている。

また、目的地選択行動モデルは、中心市街地内の都市・交通施策による影響を定量的に捉えるため、様々な手法でモデル展開を目指す研究が多い。そして、歩行者の行動理論や意思決定プロセスを表現

するため、多くのアプローチで精度の向上を目指されている。また、観光地や居住地など様々な選択行動に非集計型のモデルは応用されており、今後さらなる発展が期待されている。

2-4. 意識評価モデルに関する研究

2-4-1. 街路（歩行空間）に対する意識評価に関する研究

街路評価に関する研究の歴史は長く、1970年代後半に行われた青島ら⁴⁶⁾⁴⁷⁾、広瀬・渡部⁴⁸⁾、奥⁴⁹⁾、平手ら⁵⁰⁾による幹線街路や住宅街路の環境実態や景観構成、街路樹を評価する研究がはじまりであった。そして、本研究にて対象としている歩行空間については、本多⁵¹⁾がはじめて言及し、リンク長や商業施設等の集積、歩行者・自転車・自動車交通量、歩行率、道路幅員などの歩行空間の構成要因を指標とした因子分析やクラスター分析を行い、調査対象地域の評価を行っている。

その後、1990年代になるとフォトモンタージュなどの景観シミュレーションシステムを導入した研究が増え、下村ら⁵²⁾は、フォトモンタージュ法によって景観モデルを構築し、街路修景や緑化手法に向けた知見を得ている。また、後藤ら⁵³⁾⁵⁴⁾は、道路ならびにその付属物、沿道建築物などを3次元化するシステムを開発し、想定した街路空間の表現を可能にした。

街路空間に抱く人間のイメージ（評価）に関する研究としては、牧田・三橋⁵⁵⁾は、景観構成要素と街路のイメージ評価の関係性について、数量化理論Ⅰ類を適用し、景観構成要素のうち、看板量やその統一性、建築物の壁面材、街路樹などがイメージ評価に大きく影響を与えていることを明らかにしている。

また、槇ら⁵⁶⁾は、街路を評価する際に人々が考慮している項目（評価項目）と、それらが街路評価に及ぼす影響について分析をしており、評価項目の影響力を用いて、街路景観評価（好ましさ）を予測する取り組みを行っている。

小林ら⁵⁷⁾は、路上における行動の行いやすさ（立ち話や飲食、休憩など）に着目し、街路の環境要因や路上他者との対人的な要因を考慮して、行動の行いやすさを検討している。そして、行動の目的や行動する人の人数などによって、行動の行いやすさが変容することを確認している。

歩行環境を考慮した経路選択行動に関する研究として、塚口ら⁵⁸⁾は、歩行者の追跡調査ならびにアンケート調査より、歩行者の歩行挙動（直進・挟角等）と歩行環境評価、街路形状を考慮した経路選択行動モデルを構築しており、歩行挙動と街路評価に影響を与える歩行環境要因が異なることを明らかにしている。また、歩行者挙動を明示的に扱った研究として、浅野ら⁵⁹⁾、⁶⁰⁾は、交錯領域に同時に侵入する歩行者間の譲歩行動および希望する方向に歩行者が決定する最適な速度ベクトルなど個々の歩行者挙動をミクロ的に扱っている。

また、歩行空間サービスレベルに関しては、小井土⁶¹⁾らは歩行者挙動が歩行空間のサービスレベルに及ぼす影響を明らかにしている。しかしながら、歩行環境が改善されたかどうかは、歩行者の評価によるところが大きいと考えられるが、歩行者による満足度などの評価と空間評価との関係までは触れられていない。

長野市では、歩行者優先化道路事業が完了し、歩行快適性が向上したほか、街路空間を活用してイベント等が実施されているが、これまでの研究では、歩行空間形状やイベント開催による影響、さら

には、歩行者優先道路を対象として歩行空間評価の関係を分析した事例は少ない。そのような中、松本、柳沢ら^{62)、63)}は、歩行者によって形成される歩行空間の占有実態調査および歩行者挙動実態の調査（いずれもビデオカメラによる定点調査）を行い、歩行空間形状に応じた歩行者による歩行空間占有状況および歩行空間位置における歩行者行動のモデル分析を行っている。しかしながら、歩行空間の占有状況に基づく歩行者優先道路形状の影響や評価・分析までは言及されていない。

歩行者による歩行空間評価意識に関する研究として、柳沢ら⁶⁴⁾は、歩行者優先道路社会実験において実施した歩行空間満足度調査（歩行者対象のアンケート調査）に基づき、歩行者優先道路の評価因子を明らかにするとともに、歩行空間評価意識構造モデルを構築している。その結果、歩行空間形状と歩行者による歩行空間評価との関係性について一定の成果は得られたが、提供された歩行空間形状において形成される歩道利用状況や設計指針の指標となるサービスレベルなどを考慮できるモデル化までは至っていない。

2-4-2. まとめ

これまでの研究で明らかになっている通り、歩行者によって形成される歩行空間の利用状況および歩行者行動が歩行空間評価に与える影響は大きいと考えられるが、既往研究では歩行者行動に基づいて歩行者自らの歩行空間の評価を扱い、その関連性を分析した研究事例は少ない。また、歩行空間評価に基づいた歩行空間形状の設定や歩行空間におけるサービスレベルなど、より具体的な歩行空間への設計整備指針を示した研究は少ないのが現状である。

2-5. 本研究の位置付け

選択行動の意思決定メカニズムに焦点を当てると、選択肢集合の中から選択するという決定プロセスを、ランダム効用理論に基づき定式化することの有効性が明らかとなった。

そこで、本研究では、いくつかの異なる交通条件に対して非集計モデルの定式化を行い、その適用性について検証を行なう。さらに、非集計モデルにて考慮できていない潜在因子を共分散構造モデルにて明らかにすることで、モデルの有用性を検証する。

(1) 中心市街地内の歩行者回遊行動モデルの構築

本研究では、回遊行動を促進するための具体的な歩行環境整備指標である、歩道幅、交通規制、およびトランジットモール区間長などの道路交通条件と、回遊トリップ数、移動距離などの歩行特性との関係を分析し、それらの関係に基づき、主目的別に回遊行動を表現するモデルを構築した。より効果的なトランジットモール等の歩行環境整備を行うためにも、回遊行動実態調査に基づいて、具体的な道路交通条件と回遊特性の関係を明らかにするとともに、それらの要因を用いて市街地内回遊行動モデルの構築を試みる。

(2) 歩行空間評価意識構造モデルの構築

本研究では、回遊行動を促進するための具体的な歩行環境整備指標である、歩道幅、交通規制、およびトランジットモール区間長などの道路交通条件と、回遊トリップ数、移動距離などの歩行特性との関係を分析し、それらの関係に基づき、主目的別に回遊行動を表現するモデルを構築した。より効果的なトランジットモール等の歩行環境整備を行うためにも、回遊行動実態調査に基づいて、具体的な道路交通条件と回遊特性の関係を明らかにするとともに、それらの要因を用いて市街地内回遊行動モデルの構築を試みる。

2-7. 参考文献

非集計モデルの適用性に関する研究

- 5) 福田大輔・森地茂(1999)：多数の選択肢を有する選択行動への非集計モデルの適用可能性の検討-観光目的地選択行動をケーススタディとして-, 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 秋季発表会, pp.72-73
- 6) 松本昌二・熊倉清一・松岡克明(1983)：非集計モデルによる買回り品買物交通の目的地・手段選択行動の分析, 第 18 回日本都市計画学会学術研究発表会論文集, pp.469-474
- 7) 西井和夫・近藤勝直・浅野智弥(1998)：多時点パネルデータの非観測異質性を考慮した休日買物場所選択モデル, 第 33 回日本都市計画学会学術研究発表会論文集, pp.163-168
- 8) 森川高行・佐々木邦明(1993)：主観的要因を考慮した非集計離散型選択モデル, 土木学会論文集 No.470/IV-20, pp.115~124
- 9) 金森亮・三輪富生・森川高行(2007)：都市圏レベルの交通需要予測手法の違いによる予測値の差の検証ー確率的統合均衡モデルと非集計モデルの比較ー, 都市計画論文集学術研究発表会論文, n42-3, pp.565-570

駐車場選択行動モデルに関する研究

- 10) 塚口博司・鄭憲永(1998)：駐車場選択現象の分析に基づいた駐車場の有効利用に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, No.6, pp.257-264
- 11) 室町泰徳・原田昇・太田勝敏(1991)：情報案内を考慮した駐車場選択モデルに関する研究, 土木計画学研究講演集, No.14, pp.139-146
- 12) 室町泰徳・原田昇・太田勝敏(1993)：都心商業地域における駐車料金システム改善に関する研究, 第 28 回日本都市計画学会学術研究発表会論文集, pp109-114
- 13) 劉正凱・河上省吾(1993)：交通量均衡配分モデルによる駐車場選択・駐車場需要予測に関する研究, 第 28 回日本都市計画学会学術研究発表会論文集, pp85-90
- 14) 溝上章志(2003)：P&R 需要予測への GEV 型手段選択モデルの適用可能性, 第 38 回日本都市計画学会学術研究論文集, No.38-1

15) 吉田樹・竹内伝史・秋山哲男(2003)：街路環境の影響を考慮した市街地における駐車場選択モデルの構築，土木計画学研究・論文集，Vol.20 no.3

16) 兵藤哲朗・高橋洋二・岸井隆幸・久保田尚・安田勇作(2001)：選択肢集合の形成確率を考慮した商業・業務地の駐車場選択行動に関する研究，第36回日本都市計画学会学術研究論文集，No.113

17) 中平恭之・廣島康裕(2001)：休日来街ドライバーを対象とした予定駐車場選択・変更行動の分析，近畿大学工業高等専門学校紀要 17, 29-35, 2001-12-01

目的地選択行動モデルに関する研究

18) 梅林・柏原士郎・吉村英祐・横田隆司・阪田弘一(1996)：商業施設の選択利用行動への競合着地モデルの適合性：地域施設選択利用行動のモデル化に関する研究，日本建築学会計画系論文集(480)，pp.129-136

19) 梅林・柏原士郎・吉村英祐・横田隆司・阪田弘一(1997)：ニュータウンにおける商業施設の選択行動への競合着地モデルの適合性：地域施設選択利用行動のモデル化に関する研究，日本建築学会計画系論文集 (491)，pp.109-115

20) Alexander Fotheringham(1983)：A New Set of Spatial-Interaction Models: The Theory of Competing Destinations, Environment and Planning A , 15(1)pp.15-36

21) 齋藤参郎・石橋健一 (1992)：説明変数を含んだマルコフチェインモデルによる都心再開発に伴う消費者回遊行動の変化予測，第27回日本都市計画学会学術研究論文集，pp.439-444

22) 木下瑞夫・牧村和彦・山田晴利・浅野光行(2001)：歩行回遊行動からみた地方都市における都心歩行者空間計画に関する一考察，都市計画 232 Vol.50 No.3, pp.86-95

23) 瀧直子・両角光男・本間里見・内山忠(2001)：都心商業地における来街者の回遊行動特性に関する研究：視覚刺激と回遊行動の関係の観察，日本建築学会 学術講演梗概集.F-1，都市計画，建築経済・住宅問題，pp.165-166

24) 豊嶋伊知郎・小磯貴史・吉田琢也・服部可奈子・今崎直樹(2005)：店舗内回遊モデルの定性的検証，電子情報通信学会技術研究報告.AI，人工知能と知識処理 105(361)， pp.7-12

25) 加藤憲一・山田孝子(2008)：業種別商業集積に基づく都心商業地域の回遊行動モデル，Working papers

- 26) 前川健・饗庭伸・浅野光行(2002): 中心市街地における「駐車&回遊型」交通システムの提案とその可能性―山形県鶴岡市山王商店街交通社会実験を事例として―, 第37回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.805-810
- 27) 川上洋司・堀井茂毅・川本義海(2002): 来街者の行動・意識からみた都心部街路空間の評価に関する研究, 土木計画学研究・講演集 Vol.25, 講演番号 208
- 28) 足立基浩(2007): 市民提案型オープンカフェの事業効果中心市街地の回遊性に関する分析, 経済理論 337, pp.1-23
- 29) 福田由美子・平祐輔・栗崎真一郎・稲田徹(2011): 河岸空間のオープンカフェ利用に関する研究(1): 運営管理面の考察, 日本建築学会学術講演梗概集 F-1, 都市計画, 建築経済・住宅問題, pp.173-174
- 30) 平祐輔・福田由美子・栗崎真一郎・稲田徹(2011): 河岸空間のオープンカフェ利用に関する研究(1): 空間特性の考察, 日本建築学会学術講演梗概集 F-1, 都市計画, 建築経済・住宅問題, pp.175-176
- 31) 石川宏之(2009): 地方都市中心市街地における来街者の回遊行動と小規模賃貸店舗の展開に関する研究: 青森県八戸市中心市街地を事例として, 都市計画 別冊, 都市計画論文集 no.44(3), pp.193-198
- 32) 松田浩紀・松浦 健治郎・浦山 益郎(2010): 中心市街地に整備された地域交流施設へのリピート客や新規顧客の獲得の可能性に関する研究: 三重県名張市の旧細川邸「やなせ宿」を事例として, 日本建築学会学術講演梗概集 F-1, 都市計画, 建築経済・住宅問題, pp.371-372
- 33) 山下裕子(2013): 再開発事業と連携した広場整備による中心商店街の賑わい創出: 富山市まちなか賑わい広場「グランドプラザ」の事例研究, 都市計画 62(1), pp.30-33
- 34) 北橋主税・渡和由(2013): 都市広場におけるイベント環境づくりの支援形態: 富山グランドプラザをケーススタディとして, 日本建築学会学術講演梗概集 2013(建築社会システム), pp.415-416
- 35) 大島英司(2014): 鳥取駅前太平線再生プロジェクト: 道路上のまちなか広場からエリアマネジメントへ, 都市計画 63(6), pp.32-35

36) 高松の事例

37) 川鍋充範・川島和彦(2012)：中心市街地活性化にむけた路面電車の沿線整備方策に関する研究：広島市中心商店街における路面電車利用者の回遊行動の分析，日本建築学会関東支部研究報告集 82(II)，pp.413-416

38) 川鍋充範・川島和彦(2012)：路面電車利用者の中心商業地区における回遊行動に関する研究 - 広島市における路面電車利用者の行動特性と中心商業地区の空間構成に着目して -，都市計画論文集 47(2)，pp.168-174

39) 田中元・瀬戸口 剛・永島健児・林原 麻莉(2012)：コンパクトシティへ向けた路面電車による都心回遊行動の誘発と都心構造の形成：札幌市都心部市電沿線を事例として，日本建築学会北海道支部研究報告集 (85)，pp.343-346

40) 本間裕大・栗田治(2006)：複数目的地の同時決定プロセスを考慮した周遊行動モデルの構築-国内観光流動データに基づく分析例-，第 41 回日本都市計画学会学術研究論文集，No.41-3

41) 荒木雅弘・溝上章志(2014)：まちなか回遊行動の詳細分析と政策シミュレーションのための予測モデル，土木計画学研究・講演集(CD-ROM) 50，NO.244

42) 溝上章志・高松誠治・吉住弥華・星野裕司(2012)：中心市街地の空間構成と歩行者回遊行動の分析フレームワーク，土木学会論文集 D3（土木計画学） 68(5)，I_363-374

43) 伊藤創太・羽藤英二(2013)：動的経路選択モデルを用いた吸収マルコフ連鎖交通量配分，都市計画論文集 Vol. 48 (2013) No. 3， pp.447-452

44) 古市英士・藤田素弘・永田史孝・三田村純(2012)：アクセス交通と周遊行動分析による観光振興に向けた交通支援に関する研究，土木学会論文集 D3（土木計画学） 68(5)，I_453-465

45) 張峻屹・藤原章正・桑野将司・杉恵頼寧・李百鎮(2006)：集団意思決定メカニズムを考慮した世帯居住選択行動の調査とモデル化，第 41 回日本都市計画学会学術研究論文集，No.41-3

街路（歩行空間）に対する意識評価に関する研究

46) 青島縮次郎・片平和夫・河上省吾(1976)：幹線街路周辺の環境実態とその評価に関する研究，環境問

題シンポジウム講演集 4(0), pp.25-30

47) 青島縮次郎・河上省吾・片平和夫(1977) : 幹線街路周辺の環境総合評価における各因子の重みづけについて, 土木学会論文報告集 1977(263), pp.97-105

48) 広瀬謙二・渡部英彦 : 住宅地街路景観の評価に関する研究 : その 1: 立面構成材料とその分布から, 学術講演梗概集, 計画系 51(計画系), pp.1389-1390

49) 奥俊信(1979) : 街路景観のまとまりと評価に関する実験的研究, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 計画系 (19), pp.393-396

50) 平手小太郎・立花直美・野村豪(1980) : 街路景観の評価に関する研究 : 評価手法の再考察, 日本建築学会学術講演梗概集, 計画系 55(環境工学), pp.181-182

51) 本多義明(1980) : 歩行者道のための街路評価について, 福井大学工学部研究報告, 28 巻 1 号

52) 下村泰彦・増田昇・山本聡・安部大就・田村省二(1992) : フォトモンタージュ法を用いた街路修景・緑化手法に関する研究, 造園雑誌 55(5), pp.289-294

53) 後藤孝臣・川上光彦・竹田恵子(1990) : 街路景観シミュレーションシステムの開発とその計画的利用, 都市計画論文集第 25 号, pp.277-282

54) 後藤孝臣・川上光彦・竹田恵子・三谷浩二郎(1990) : 街路景観シミュレーションシステムの開発とその計画的利用 : 金沢駅西土地区画整備事業施工区域におけるケーススタディー, 日本建築学会学術講演梗概集, F, 都市計画, 建築経済・住宅問題, 建築歴史・意匠, pp.165-166

55) 牧田和久・三橋俊雄(1992) : 街路景観構成要素のイメージ評価への影響 : 街路景観のイメージ構造(その 1), デザイン学研究 (94), pp.75-82

56) 槇究・乾正雄・中村芳樹(1995) : 評価項目が街路景観評価に及ぼす影響, 日本建築学会計画系論文集 (468), pp.27-36

57) 小林茂雄・荻原史郎・中村芳樹・村松陸雄(1999) : 路上行動の行いやすさに与える環境要因と对人的要因, 日本建築学会計画系論文集 (515), pp.97-103

- 58) 塚口博司・松田浩一郎・竹上直也(2003) : 歩行環境評価および空間的定位置を考慮した歩行者の経路選択行動分析, 土木計画学研究・論文集 Vol.20, pp.515-522
- 59) 浅野美帆・桑原雅夫・田中伸治(2006) : 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
- 60) 浅野美帆・井料隆雅・桑原雅夫(2008) : 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
- 61) 小井土祐介・浅野光行(2009) : 歩行形態が歩行空間のサービスレベルに与える影響, 日本都市計画学会 都市計画論文集 No.44-3, pp.97-102
- 62) 松本隆嗣・柳沢吉保・高山純一・上倉道陽・竹内剣(2011) : 街路形状及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、Vol.42, No.78
- 63) 柳沢吉保・高山純一・松本隆嗣・竹内剣(2012) : 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, pp.415-421
- 64) 柳沢吉保・高山純一・滝澤諭・轟直希(2010) : 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

第3章 歩行者行動モデル

3-1. 概要

本章では、ネットワーク上の交通行動から、選択行動に関してこれまでのモデルの整理を行なう。効用最大化理論を適用し、誤差構造の仮説の緩和を行なってきた主要モデルを以下に示す。

モデルの基本的枠組みとして、Luce (1959) の多項ロジットモデル (MNL) から派生した Nested Logit (NL) モデル等の大きく McFadden (1978) の GEV 理論に大別されるモデルを中心に各モデルの特徴を整理する。

また、直接観測することのできない潜在変数を用いて、観測変数との因果関係を考察する手法である共分散構造モデルについても言及する。

3-2. Logit モデル

(1) 基本式

非集計モデルの基本式を、基本理論であるランダム効用理論の考え方に沿って説明する。ここで、ランダム効用理論を説明する。ランダム効用理論とは、ある選択肢 j の持つ『望ましさ』、あるいは『効用 (Utility : U_j)』は、その選択肢のもつ特性 (X_j) と個人の社会経済特性 (S_n) によって異なると考えられるが、そのため、効用は確率的に変動すると考える。

確率変動について具体的な式で説明する。今、選択肢 1 (自動車) と選択肢 2 (バス) の 2 選択肢を考える。今、自動車とバスで自動車を選ぶのは、自動車の効用 (満足度) U_{car} がバスの効用 U_{bus} よりも大きい場合である。

したがって、

$$U_{car} > U_{bus} \quad (3.1)$$

効用が確率的に変動すると考えると、個人 n が自動車を選ぶ確率 P_{carn}

$$P_{carn} = P_r[U_{car} > U_{bus}] \quad (3.2)$$

$P_r[*]$: *の成立する確率

次に効用 U_{car} のうち、観測可能な要因を確定項 V_j 、観測不可能な要因を確率的に変動する項(確率項) ε_j とし、線形性を仮定すると、

$$U_j = V_j + \varepsilon_j \quad (3.3)$$

そして、(3.3)式を(3.1)式に代入し、整理すると、

$$\begin{aligned} P_{carn} &= P_r[U_{car} > U_{bus}] \\ &= P_r[V_{car} + \varepsilon_{car} > V_{bus} + \varepsilon_{bus}] \\ &= P_r[\varepsilon_{car} + V_{car} - V_{bus} > \varepsilon_{bus}] \\ &= P_r[\varepsilon_{car} = \eta, \varepsilon_{bus} < \eta + V_{car} - V_{bus}] \quad -\infty < \eta < \infty \end{aligned} \quad (3.4)$$

したがって、確率項の分布形によって P_{carn} の式の形が異なってくる。

ここで、確率項の分布形を正規分布と仮定した場合には、プロビットモデルと呼ばれる非集計モデルとなる。

$$P_{carn} = P_r[U_{carn} > U_{busn}] = \Phi \left[\frac{V_{carn} - V_{busn}}{\sigma_{carn}^2 + \sigma_{busn}^2 - 2\sigma_{carbusn}} \right] \quad (3.5)$$

ここで、 $\Phi[*]$ は標準正規分布を示し、 σ_{car}^2 は選択肢 1 の分散、 σ_{carbus} は共分散を示している。

しかし、プロビットモデルは選択肢が増加すると計算が非常に困難となるので、近似解として、確率項をガンベル分布と仮定したロジットモデルが実用モデルとなっている。

以下にガンベル分布について説明を加える。ガンベル分布は、正規分布と比較して分析上の操作性が高い。

正規分布の確率密度関数

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad -\infty < x < \infty \quad (3.6)$$

ガンベル分布の確率密度関数

$$f(\varepsilon) = \omega \exp^{-\omega(\varepsilon-\eta)} \cdot \exp^{-\exp^{-\omega(\varepsilon-\eta)}} \quad (3.7)$$

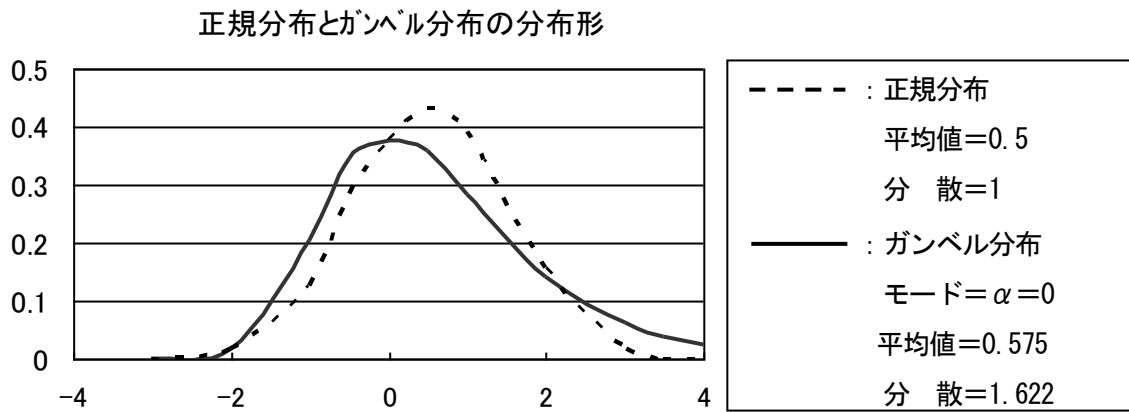


図 3-1 正規分布とガンベル分布

上記ガンベル分布を用いて式の導出を行うと、以下のような二肢択一のロジットモデルが導出される。

$$P_{car} = P_r[U_{car} > U_{bus}] = \frac{\exp[V_{car}]}{\exp[V_{car}] + \exp[V_{bus}]} \quad (3.8)$$

ここで、選択確率は効用差 ($V_{car} - V_{bus}$) の関数として求められ、ロジットモデルの選択確率は、0 から 1 の範囲で連続的なS字型となる。

また、より一般的に利用可能な選択肢集合 (J_n) の中から選択肢 i を選ぶ、多肢選択のロジットモデル式は、以下の通りとなる。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j \in Jn} \exp(V_j)} \quad (3.9)$$

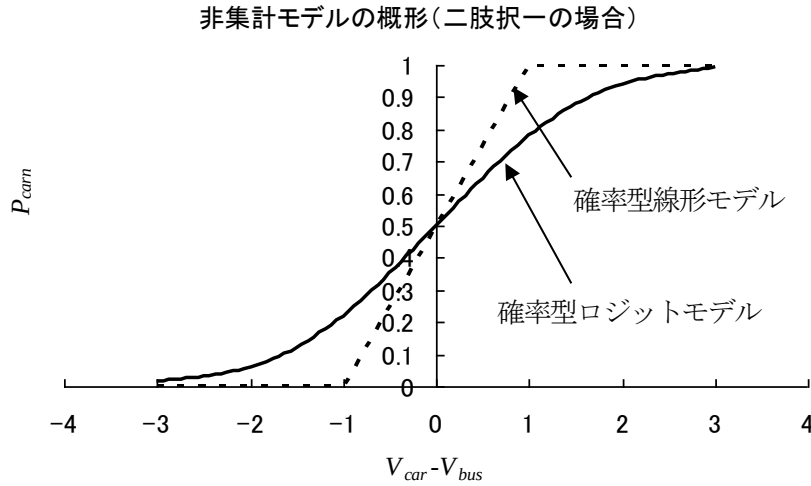


図 3-2 非集計モデルの概形

(2) 確定項(V_j)

確定項 V_j は、一般に選択肢 i の特性(X_i)および個人の社会経済属性(S_n)などの要因 $Z_i = (Z_{1i}, Z_{2i}, \dots, Z_{ki})$ の線形関数で表現される。

$$V_i = \beta_1 Z_{1i} + \beta_2 Z_{2i} + \dots + \beta_k Z_{ki} \quad (3.10)$$

ここで、パラメータ β_k は、変数 Z_{ki} が効用に与える重要性をあらわす。また、 Z_{1i} をトリップ時間、 Z_{2i} をトリップコストとすると、 β_1/β_2 は対象としている交通行動から見た「時間価値」を表す指標と解釈することができる。要因 Z については、以下に示すような 3 通りの変数がある。

- ① 選択肢固有変数：選択肢に固有なものであり、ほかの選択肢には影響がない変数
例：自動車保有の有無、性別等
- ② 共通変数：各選択肢に共通な変数
例：運賃、距離等
- ③ 選択肢固有ダミー(定数項)：説明変数として採用されなかった様々な要因の影響をまとめたもの。
定数項について値が 1 か 0 となるダミー変数

(3) モデルのパラメータ推定・検定方法

以上、ロジットモデルの基礎知識を踏まえ、ここではモデルパラメータの推定方法、検定方法について説明する。

まず、モデルパラメータ推定・検定手順を示す。

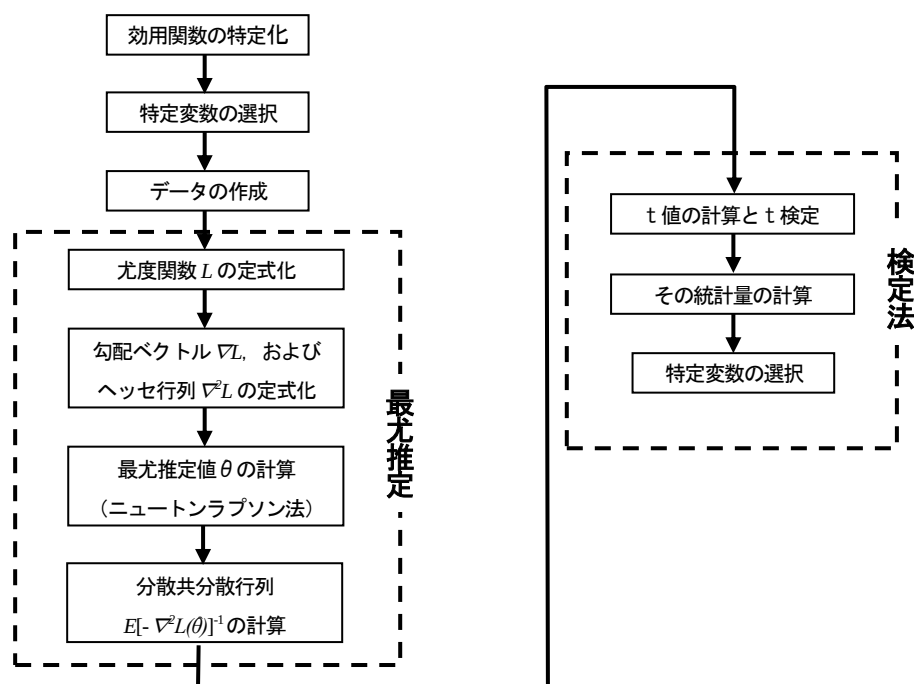


図 3-3 パラメータ推定・検定手順

(4) 最尤推定法

モデルのパラメータ推定には、最尤推定法を用いる。これは、個人個人の選択確率が未知パラメータを含む理論式で与えられた時、最も一般的に用いられる方法である。この方法は、尤度関数(選択確率の同時確率)を最大とするパラメータ β を推定する方法である。

詳細は参考文献¹⁾を参照されたい。

(5) 検定方法

最尤推定法から得られたパラメータ β の良否の統計的判断には、以下のものが挙げられる。なお、検定の際には、「最尤推定量はサンプル数が十分に大きくなると、その分布が正規分布に近似でき(漸近正規性)、分散が十分小さくなり(漸近有効性)、真の値に収束する(一致性)という性質をもつ」ということを利用する。

① t 値 (パラメータの有意性の検定)

最尤推定法で得られるパラメータ β に関する分散共分散行列より

$$\Sigma = -[\nabla^2 L(\bar{\beta})]^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 & \cdots & \sigma_{1n} \\ \vdots & & \\ \sigma_{n1} & \cdots & \sigma_{nn}^2 \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

この行列の体格要素を σ_{kk}^2 とすれば、

$$t_k = \bar{\beta} / \sqrt{\sigma_{kk}^2} \quad (3.12)$$

の t 検定と近似式となり、両側 5% 有意水準では、 $t_k=1.96$ 以上で、 $\beta=0$ を棄却する。

② カイ 2 乗法検定 (パラメータベクトルの全体的な有意性の検定)

$$\chi^2 = -2[L(0) - L(\bar{\beta})] \quad (3.13)$$

ここで、

$L(0)$: 初期尤度, $L(\beta)$: 最終尤度

これが自由度 k (パラメータ数) のカイ 2 乗分布に従うので、パラメータベクトルの有意性の検討が可能である。初期尤度 $L(0)$ は、パラメータをすべてゼロに固定して計算した尤度関数の値である。

選択肢の利用可能性に個人差がなければ、

$$L(0) = -N \ln A \quad (3.14)$$

ここで、 N : サンプル数, A : 選択肢数

また、通常のモデルでは、選択肢固有定数を用いていることが多いので、この場合には、

$$L(C) = (\sum N_i \ln N_i) - N \ln N \quad (3.15)$$

ここで、 N_i : 選択肢 i を選んだサンプル数

このカイ 2 乗検定で有意とならないモデルは現状再現力が極端に低いといえる。

③ 尤度比 (モデルの説明力の判断)

$$\rho^2 = 1 - (L(\bar{\beta}) / L(0)) \quad (3.16)$$

これは、推定したパラメータにより、尤度がどれだけ向上したのかを示している。尤度比は $0 < \rho^2 < 1$ の値をとり、1 に近いほど良い値であると言える。しかしながら、0.2~0.3 程度の尤度比であっても、的中率や相関係数を同時に算出すると、かなり良好な結果となる。

④ 的中率 (モデル上で最大確率を持つ選択肢と実際に選んだ選択肢が一致するサンプルの割合)

尤度比最大化と的中率最大化とが異なる基準にあるため、評価指標には用いないが通常は、参考程度の意味で利用する。

3-3. ロジット型モデルとプロビット型モデル

Maier and Hughes (1998) は、実際に用いられる確率的な配分は、MNL か多項プロビット (MNP) のどちらかに属すると述べている。双方のモデルは長い歴史を有している。Luce (1959) によって既に提案されていた MNL モデルはその時点では、理論的に未成熟であったが、McFadden (1973) によって、効用最大化理論と理論的に矛盾無く合致したものとして示されることで大きく発展した。

一方、MNP モデルは、Thurstone (1927) によって示されている。設定した誤差項の正規分布の確率密度関数に対して選択肢の数に比例した数の多重積分が必要であるためパラメータ推定が困難であった。

交通量配分では、現実的な手法が Daganzo (1979) によって提案され、さらに近年では有効なパラメータ推定法が提案されている。 V_1 と V_2 で表される経路 1 と経路 2 の間の経路選択問題を考える。経路 1 が選択される確率は MNL モデルの一種である BNL モデルの以下の式で表される。

$$P_1 = \frac{e^{-\theta V_1}}{e^{-\theta V_1} + e^{-\theta V_2}} \quad (3.17)$$

確率的配分で θ は、経路への需要のばらつきを示すパラメータと解釈できる。MLN モデルは、各選択肢の誤差の項が互いに独立である (IID) ことを仮定している。このとき、選択肢間の無関係性 (IIA) が導かれる。ここで、一般的なネットワークでは経路間に多くの共有リンクが存在する。したがって各々のリンクの属性間のパターンは複雑になる。MNL をこのようなネットワークに適用すると、共有リンクのフローを過大推計してしまうことが Daganzo and Sheffi (1977) により指摘されている。

3-4. Nested Logit (NL) モデル

NL モデルは Ben-Akiva (1973) の PhD thesis の中で示された。Mcfadden (1973) が効用最大化理論により MNL モデルを再定義した時期に一致する。ただし、この時点で、効用最大化理論に対する NL モデルの理論的な展開はなされていない。NL モデルの理論的な展開は Williams (1977) によってなされた。さらに Mcfadden (1978) が GEV モデルと NL モデルとの関連性を示した。

NL モデルの最大の効果は MNL にモデル対する IIA 特性の緩和にある。NL モデルでは、ネストの中で同一のグループに所属する選択肢の類似性についてツリー構造を用いて記述する。NL モデルで経路 n の選択確率は以下の式で表される。

$$P_n = P_m P_{n|m} \quad (3.18)$$

$$P_n = \frac{\left(\sum_{n \in N_m} e^{V_n / \mu_m} \right)^{\mu_m}}{\sum_m \left(\sum_{n \in N_m} e^{V_n / \mu_m} \right)^{\mu_m}} \quad (3.19)$$

$$P_{n|m} = \frac{e^{V_n / \mu_m}}{\sum_{n \in N_m} e^{V_n / \mu_m}} \quad (3.20)$$

P_m はネスト m が選択される確率を示す。 N_m はネスト m の選択肢グループを、 μ_m はネスト m の非類似度パラメータを示す。NL モデルでは、 $0 < \mu_m \leq 1$ で、 $\mu_m = 1$ であれば MNL モデルと同型の式が導かれることが示されている。選択肢の限られた交通機関選択問題において NL モデルは有効である。

3-5. GEV 型モデル

選択肢の類似性を持つような選択問題に対してMultinomial Logit (MNL) モデルを適用すると, IIA (Independence from Irrelevant Alternatives) 特性のために, 類似した選択肢の選択確率を過大評価する傾向が生じる.

これに対して, IIA 特性を緩和するアプローチであるのが上述したNested Logit (NL) モデルであるが, 本モデルを適用すると, 選択肢ツリー構造の構築の際, 独立したツリーを仮定することが不適切な事象が発生しうる.

そこで, IIA 特性の制約を緩和することが可能なPaired -Combinatorial Logit (PCL), および選択肢の類似性や選択肢ツリーの構造想定に対する問題を解決するため, 複数のネストに1 つの選択肢が属することを許すCross Nested Logit (CNL), これをさらに一般化したGeneralized Nested Logit (GNL) モデルである. これからのモデルは, 全てGeneralized Extreme Value (GEV) から導出されるので, 以下ではGEV 型モデルも概要を示す.

GEV 型モデルは次のようにして誘導される. いま, $y_1, y_2, \dots, y_I \geq 0$ なる変数に対して, 下記のような性質を持つ関数 $G(y_1, y_2, \dots, y_I)$ を考える.

- 1) 関数 G は非負
- 2) G は $\lambda(\geq 1)$ 次の同次関数
- 3) 任意の $i, y \rightarrow \infty$ のとき G の極限は $+\infty$
- 4) y_I の任意の k 個の組み合わせについての G の偏微分は, k が奇数の場合は非負, 偶数の場合は非正

ここで, y_i についての G の偏微分を G_i とするとき, 選択肢 i の選択確率 $p(i)$ は, 次式のような一般化された関数で表現される.

$$p(i) = e^{V_i} G_i(e^{V_1}, e^{V_2}, \dots, e^{V_I}) / \lambda G(e^{V_1}, e^{V_2}, \dots, e^{V_I}) \quad (3.21)$$

これに同次関数に関するEuler の定理を用いると,

$$p(i) = \exp[V_i + \ln G_i(\dots)] / \sum_{j \in G} \exp[V_j + \ln G_j(\dots)] \quad (3.22)$$

ここに, 関数形 $G(\dots)$ を特定することで, NLだけでなく, PCLやCNL, GNLなどの各種GEVモデル型を導出することができる.

関数 G の定義を表3-1に示す.

表3-1 各種モデルの関数Gの定義

モデル	関数 G の定義
PCL	$\sum_{i=1}^{I-1} \sum_{j=i+1}^I \lambda_{ij} \left[y_i^{1/\lambda_{ij}} + y_j^{1/\lambda_{ij}} \right]^{\lambda_{ij}}$
CNL	$\sum_m \left[\sum_{j \in C} (\alpha_{jm} y_j)^{1/\lambda} \right]^{\lambda}$
GNL	$\sum_m \left[\sum_{j \in C} (\alpha_{jm} y_j)^{1/\lambda_m} \right]^{\lambda_m}$

PCL モデルは、2 つの選択肢による全ての選択肢ペア間の類似性を考慮することにより、MNL モデルの IIA 特性を緩和するものである。 λ_{ij} は選択肢間の類似性を示すパラメータ（類似性パラメータ）であり、 $0 < \lambda_{ij} < 1$ ならばその選択ツリー構造の仮定は正しく、全ての選択肢ペア ij 間の類似性パラメータが $\lambda_{ij}=1$ であるとき、PCL モデルは通常の MNL モデルに帰着する。

CNL モデルの α_{jm} は選択肢分布特性パラメータとよばれ、 $0.0 \leq \alpha_{jm} \leq 1.0$ 、かつ $\sum_m \alpha_{jm} = 1.0$ であり、ネスト m ごとの選択肢 j の分布比率を特定化する。この α_{jm} により、選択肢 j が 1^m 以上のネストに含まれることを可能にする。 λ は PCL モデルと同じ類似性パラメータであり、 $0.0 \leq \alpha_{jm} \leq 1.0$ ならばその選択ツリー構造の仮定は正しく、 $\lambda=1.0$ のとき MNL モデルと一致する。また、手段 i が単一のネスト m だけに配置されている場合には NL モデルと一致する。

GNL モデルでは、 α_{jm} は CNL モデルと同じ選択肢分布パラメータであり、GNL モデルにおいて、すべての選択肢分布特性パラメータ α_{jm} が等しいとき、PCL モデルと一致する。また、 λ_m ($0.0 \leq \lambda_m \leq 1.0$) はネスト m における類似性パラメータであり、 λ_m がすべてのネスト m で等しいと仮定した時に CNL モデルと一致する。

3-6. 共分散構造モデル

(1) 基本的な考え方

共分散構造モデル（SEM）は、観測変数との関係性を変数や変数間の分散・共分散によって分析する手法である。本手法では、変数間の複雑な原理や現象について、分析者がモデリングし、値を推定することができ、分析者がモデルを柔軟に構築できるメリットがある。共分散構造モデルでは、変数分散や共分散の情報を用いることから共分散構造分析（CSA）とも呼ばれている。

なお、モデル中には直接観測することのできない「潜在変数」という仮想的な構成概念を構築することができ、その潜在変数と観測変数との因果関係を同定することによって、現状に沿った解釈可能な結果を導くことが可能である。さらに因子間の因果関係を設定することによって拡張可能で、回帰分析（パス解析）や因子分析等の多変量解析の上位概念モデルとも言える。

なお、共分散構造モデルにて因果関係を扱う場合、以下の2つのタイプの因果関係性があると言われている。

- ・2つの現象の背後に共通して存在する潜在変数を想定することができる場合

例えば、「公共交通の利用頻度」には、「年齢：自動車を利用できないために利用する」、「飲酒を伴う外食頻度：自動車を運転できないため利用する」といった現象の背後に共通して存在する原因がある。

- ・2つの現象の間に、一方は原因となって他方を成立させており因果関係が認められる場合

例えば、「公共交通分担率」には、「自動車分担率」等の他の分担率を明らかにすることで、その因果関係を明確化することができる。

すなわち、観測される多くの現象（観測変数）に影響を与えている要因とも言える「潜在変数」を導入することで、類似した観測変数をまとめることができ、多数の変数間の因果関係を明確化しやすくなるメリットがある。なお、共分散構造モデルは、多変量解析の様々な手法を統合したモデルともいえる。

表3-2 共分散構造モデルの位置づけ

測定方程式のみを用いたモデル	測定方程式と構造方程式を用いたモデル	構造方程式を用いたモデル
・因子分析 ・主成分分析 ・分散成分の推定モデル 等	・多重指標モデル ・MIMIC モデル ・PLS モデル ・高次因子分析 ・重判別分析 ・数量化理論Ⅲ類 等	・単回帰分析 ・重回帰分析 ・分散分析 ・共分散分析 ・判別分析 ・数量化理論Ⅰ類・Ⅱ類 等

(2) 多重指標モデルの例

ここでは、多重指標モデルの事例をもとに変数の解釈方法について解説する。多重指標モデルは、調査項目をまとめて単純化して潜在変数としてから因果関係を明らかにするモデルである。具体例を以下に示す。

表 3-3 多重指標モデルの例（環境意識と自動車購入意欲との関係性）

No.	X1 環境への関心	X2 総合的な性能バランス	X3 購入許容額	X4 店舗訪問数
1	5	2	350	5
2	3	4	300	3
3	2	5	150	4
4	3	4	250	3
5	3	5	320	2
...				

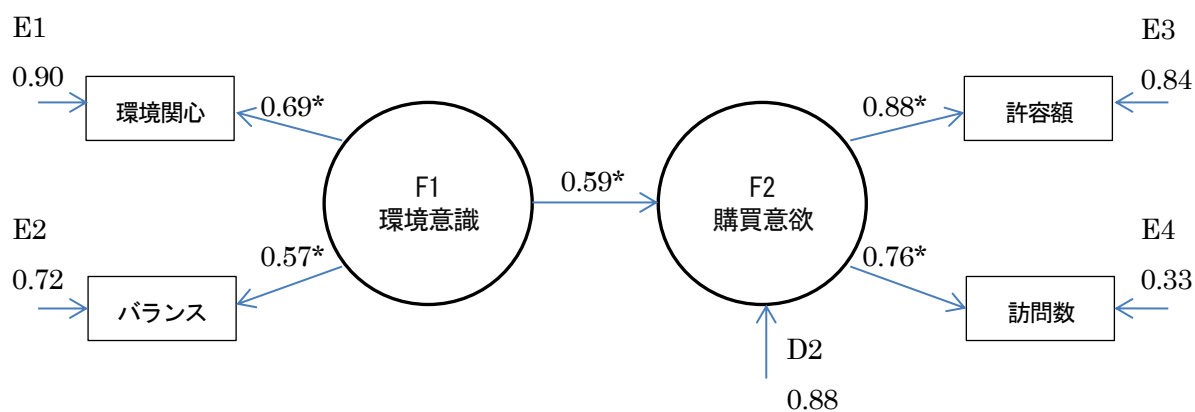


図 3-4 多重指標モデルのパス図

上図において、観測変数は四角形、潜在変数は円で囲んでいる。そして矢印は各変数間の因果関係を表している。また、矢印を受けた変数には誤差変数が付属する。矢印にはパス係数の推定値が付され、t 値もしくは*が係数に付される。

(3) モデルの評価方法

共分散構造モデル (SEM) の評価については、適合度指標である GFI や AGFI を検証することで適合性を確認することが可能である。適合度指標・GFI(Goodness of Fit Index)は、0 から 1 までの値を取り、分析者によって構築されたモデルが、どれほどの割合で説明できていたのかを検証する数値となっている。すなわち、1 に近いほど説明力の高いモデルと判断される。

しかしながら、統計モデルでは母数の数を増やして複雑なモデルを構築すると見かけ上の説明力が向上する傾向が生じてしまう。そこで調整済適合度指標・AGFI(Adjusted Goodness of Fit Index)を確認することが重要である。基本的には $GFI \geq AGFI$ の関係となっており、GFI と比較し、AGFI が大きく低下している場合は、モデルの再構築をするなどして、適合度を向上させる必要がある。

また、最尤推定法にて母数を推定した「統計モデルのあてはまりの良さ」を測る指標として、情報量基準・AIC(Akaike's Information Criterion)がある。モデルの説明力や安定性を総合的に評価する指標となっており、モデル単体ではなく、複数モデルを比較する際に相対的な良さを評価するための指標であると言える。なお、個々の母数の優位性については、t 検定を適用し、妥当性を検証していく。

3-7. まとめ

本章では、交通行動選択問題に適用することが有効と考えられる非集計型モデルについてモデル理論の枠組みと発展経緯を整理した。選択行動問題について効用最大化理論の実際的な手法を整理したが、MacFadden が述べているように我々の交通行動モデルは以下の 3 つの仮説に基づいて構築されている。

- 1) 旅行者は完全にすべての選択肢情報を認知している。
- 2) 得られる結果の確率分布形を選択以前に知っている。
- 3) 効用最大化理論に従うといった合理的な行動仮説を無意識に支持している。

こうした行動仮説に対して、現実の人間の選択行動は、そのような合理的な行動が前提になされていないという指摘がある。現時点では、合理的な意思決定モデルに代わり得る一般的な分析方法論が現れていないのが現状である。

そこで、潜在変数を考慮したより精緻な意思決定プロセスを内包した非集計離散型選択行動モデルの構築が重要であると考えられる。本章では共分散構造モデルにて示しているが、潜在変数を導入することによって、効用関数としてブラックボックス化していた意思決定プロセスに対して、主観的指標等を考慮した意思決定モデルを如何に効率的に選択行動モデルに組み込むかが重要な視点であると言えよう。

3-7. 参考文献

- 65) 土木学会(1995)：非集計行動モデルの理論と実際
- 66) 羽藤英二(2002)：ネットワーク上の交通行動，土木計画学研究・論文集，Vol.19-1
- 67) Hisayoshi Morisugi, Takayuki Ueda and Dam Hanh LE(1995)：GEV AND NESTED LOGIT MODELS IN THE CONTEXT OF CLASSICAL CONSUMER THEORY, J. Infrastructure Plan. and Man, No506, IV-26, 129-136
- 68) 溝上章志(2003)：P&R 需要予測への GEV 型手段選択モデルの適用可能性，第 38 回日本都市計画学会学術研究論文集，No.38-1
- 69) 豊田秀樹，前田忠彦，柳井晴夫(1992)：原因をさぐる統計学 ―共分散構造分析入門―，講談社

第4章 交通施策による中心市街地活性化方策の検討

4-1. 概要

本章では、公共交通（鉄道・バス）、自動車、二輪車・徒歩によって、市街地内の回遊行動にどのような差異が生じるのかを消費金額、滞在時間の観点から明確化させるとともに、中心市街地に至るまでの距離や来街頻度などに応じた買物行動特性を検証する。

さらに、歩行者優先化事業実施による買物行動への影響や、パーク&バスライドシステム等の来街手段変容可能性についても言及し、今後の交通施策導入に示唆を与えることを目的としている。

なお、本章では、2003年から2005年までのアンケート調査結果、ならびに2001年に長野都市圏にて実施されたパーソントリップ調査を中心に分析している。

4-2. 対象範囲ならびに調査の概要

4-2-1. 対象範囲の概要

分析の対象地域は、長野市中心市街地であり、アンケート調査票は JR 長野駅と善光寺を結ぶメインストリートである中央通り（約 2km）を中心に配布している。また、トランジットモール（以下、TM とよぶ）社会実験は中央通りを対象に 2004 年（平成 16 年）は 350m、2005 年（平成 17 年）からは 725m に区間を延長して実施されている。また、2007 年（平成 19 年）からは車道蛇行、センターライン消去等の社会実験を重ね、2008 年（平成 20 年）より「中央通り歩行者優先道路化事業」が開始、2015 年（平成 27 年）に整備が完了している。なお、歩行者優先道路化されたのは、2005 年に TM 社会実験が行われた区間の 725m である。

調査対象地域の状況を図 4-1 に示す。

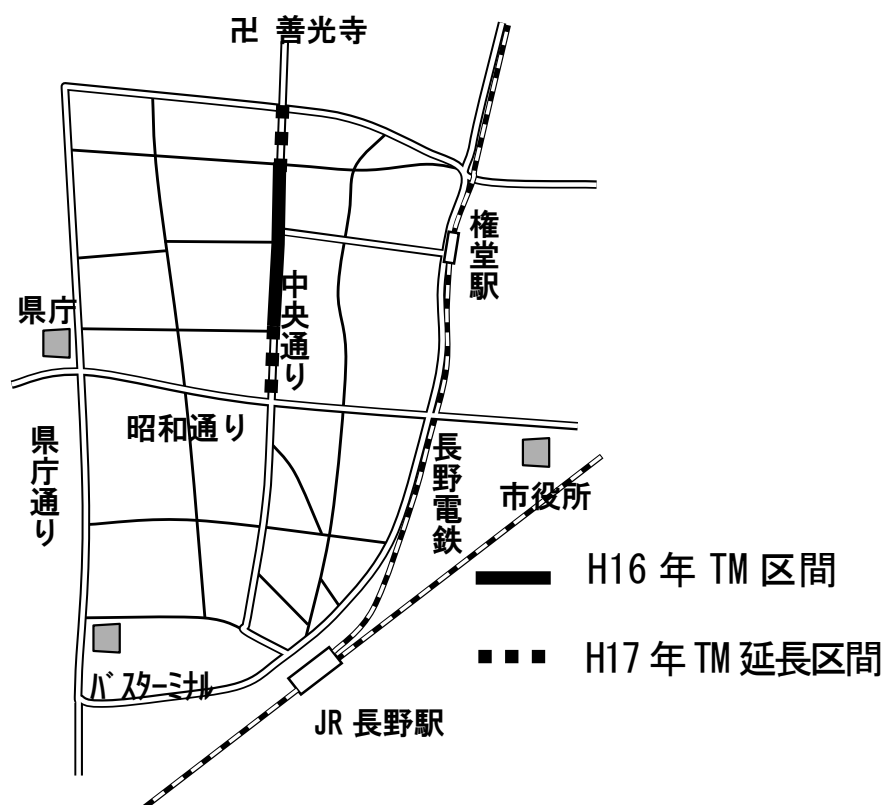


図 4-1 市街地内 TM 範囲および区間図

4-2-2. 調査の概要

本研究では、長野市中心市街地を対象に、以下の項目についてアンケート調査を行なった。2003 年については平日および休日、2004 年以降はトランジットモール実施時に行ない、アンケート調査票の

配布・回収は来街者に直接手渡し，後日，郵便により回収する方法を用いた．

アンケート調査の調査項目と回収状況を表 4-1，表 4-2 に示す．

表 4-1 調査項目

①来街行動	出発場所，交通手段，所要時間，運賃， 活動拠点（交通結節点）
②回遊行動	市街地内回遊ルートおよび訪れた施設・場所，移動手段 ※回遊ルートは地図中に記入していただく方法をとった
③購買行動	目的，使用金額，滞在時間
④帰宅行動	交通手段，所要時間，運賃
⑤属性調査	個人属性，グループ構成，来街頻度

表 4-2 回収状況

実施日	2003 年		2004 年	2005 年
	11/8(土)	11/19(水)	5 月上旬	5 月上旬
対象区間	長野市中心市街地中央通り周辺			
対象者	長野市中心市街地来街者			
配布部数（部）	1000	500	3000	4000
回収部数（部）	219	82	311	520
回収率（％）	21.9	16.4	10.4	13.0

4-3. 来街手段別買物行動特性

4-3-1. 来街手段別消費金額

ここでは、消費金額（消費金額とは、中心市街地内駐車場における駐車料金や来街するための公共交通等の運賃などを除く中心市街地内での1日の総消費金額を示す）について、自動車、公共交通（鉄道・バス）、その他（二輪車、徒歩）の長野市中心市街地までの来街手段によって、来街者の消費金額の差が認められるのかを分析するため、自動車来街を基準として差の検定を行なった。各来街手段別消費金額の平均値および差の検定結果を表4-3に示す。

各来街手段は、自動車運転および同乗は「自動車来街」、鉄道、バス等の公共交通は「公共交通来街」、徒歩、二輪車は「その他来街」としている。差の検定には、対応のない標本で分散が等しくないという仮定のもと、Welchの検定を用いている。

2つのデータ間の平均値の差に関するパラメトリック検定としては、studentのt検定が使われることも多いが、studentのt検定は、2つのデータの母分散が等しいと仮定できる時に用いる手法であるため、今回は2つのデータの母分散が等しいとは限らない場合に適用するwelchのt検定を適用することとした。

表 4-3 来街手段別消費金額の平均値および差の検定結果（平常時）

平日（2003 年）	サンプル数	平均消費金額	標準偏差
自動車来街	17	14,854 円	28235.07
公共交通来街	36	4,947 円	7430.55
その他来街	15	5,557 円	5737.98
休日（2003 年）			
自動車来街	58	10,371 円	14972.50
公共交通来街	58	6,091 円	8291.09
その他来街	57	5,176 円	6604.20

自動車来街と公共交通来街との平均値の差の検定（休日）

検定統計量	自由度	両側 P 値	判定
2.099882	123	.0378	**

自動車来街とその他来街との平均値の差の検定（休日）

検定統計量	自由度	両側 P 値	判定
2.685438	111	.0084	***

***:1%有意, **: 5%有意, *: 10%有意

※平日と休日が似ているため休日のみ示す

表 4-3 より、一日当たりの平均消費金額では、自動車来街者の消費金額が他の来街手段に比べて非常に高い。自動車来街と公共交通来街、その他来街では、平均値に有意な差が認められたことから、平常時においては自動車来街であるほど消費金額は高いことが明らかとなった。

自動車来街の場合、公共交通やその他来街と比較して、消費金額のばらつきが大きいことが明らかとなった。

4-3-2. 来街手段別滞在時間

ここでは、消費金額と同様に滞在時間（滞在時間は、1 日当たりの商店および施設等での総滞在時間を示す）について、自動車、公共交通（鉄道・バス）、その他（二輪車、徒歩）の来街手段によって差が認められるのかを分析した。各来街手段別滞在時間の平均値および自動車来街との差の検定結果を表 4-4 に示す。差の検定には、消費金額と同様に対応のない標本で分散が等しくないという仮定のもと、Welch の検定を用いている。

表 4-4 来街手段別滞在時間の平均値および差の検定結果（平常時）

平日（2003 年）	サンプル数	平均滞在時間	標準偏差
自動車来街	17	138 分	119.17
公共交通来街	36	231 分	166.99
その他来街	15	74 分	59.28
休日（2003 年）			
自動車来街	58	120 分	82.80
公共交通来街	58	160 分	120.74
その他来街	57	114 分	120.08

自動車来街と公共交通来街との平均値の差の検定（平日）

検定統計量	自由度	両側 P 値	判定
2.231428	42	.0310	**

自動車来街とその他来街との平均値の差の検定（平日）

検定統計量	自由度	両側 P 値	判定
1.900732	24	.0694	*

自動車来街と公共交通来街との平均値の差の検定（休日）

検定統計量	自由度	両側 P 値	判定
2.092743	93	.0391	**

自動車来街とその他来街との平均値の差の検定（休日）

検定統計量	自由度	両側 P 値	判定
0.341855	92	.7332	

***:1%有意, **: 5%有意, *: 10%有意

表 4-4 より，一日当たりの平均滞在時間は，公共交通来街が最も長く，それに対し自動車来街の平均滞在時間は短いことが明らかとなった．平日，休日とも滞在時間の平均値は，自動車来街と公共交通来街では有意な差が認められた．

以上より，自動車来街と公共交通来街では，消費金額，滞在時間ともに有意な差が認められたことから，平常時においては来街手段によって買い物行動が異なることが分かった．

4-4. 買物行動特性分析

消費金額や滞在時間といった買物行動特性は、来街手段の選択によって違いがあることが明らかとなった。ここでは、居住地域や来街頻度によって、来街手段別にどのような特徴があり、消費金額や滞在時間にどのような影響があるのかを分析した。なお本分析には、2003 年のデータを用いている。

4-4-1. 距離別平均消費額

来街手段別に中心市街地からの距離と平均消費金額にどのような関係があるのかを明らかにした。中心市街地からの距離と平均消費金額の関係を図 4-2 に示す。なお、ここで近距離は「市内」、中距離は「都市圏内」、遠距離は「都市圏外」とした。

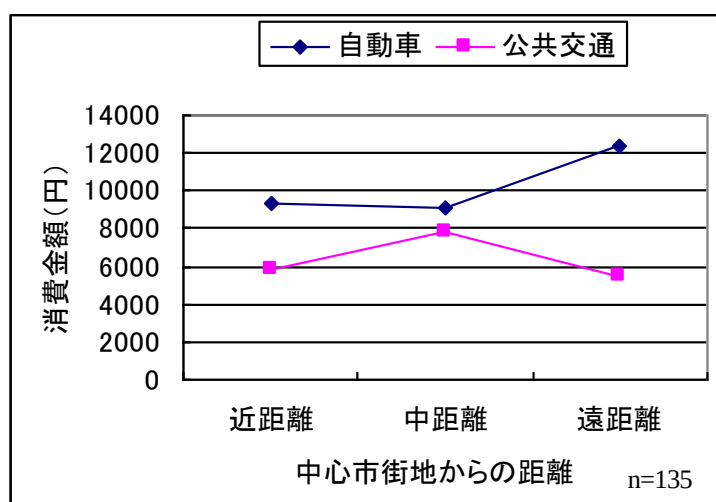


図 4-2 来街手段別の距離と平均消費金額との関係

図 4-2 より、平均消費金額は、公共交通来街より自動車来街の方が高く、自動車来街では、遠距離であるほど消費金額が高いことが分かった。遠距離からの来街者は、市街地内で買物をする強い目的を持って来街している可能性が高いことが伺える。公共交通来街は、中距離でやや高いものの、6,000 円から 8,000 円程度であった。

以上より、遠距離から自動車で来街する来街者が自動車来街の平均消費金額を増加させる一要因であることがわかった。

4-4-2. 距離別平均滞在時間

来街手段別に中心市街地からの距離と平均滞在時間にどのような関係があるのかを明らかにした。中心市街地からの距離と平均滞在時間の関係を図 4-3 に示す。

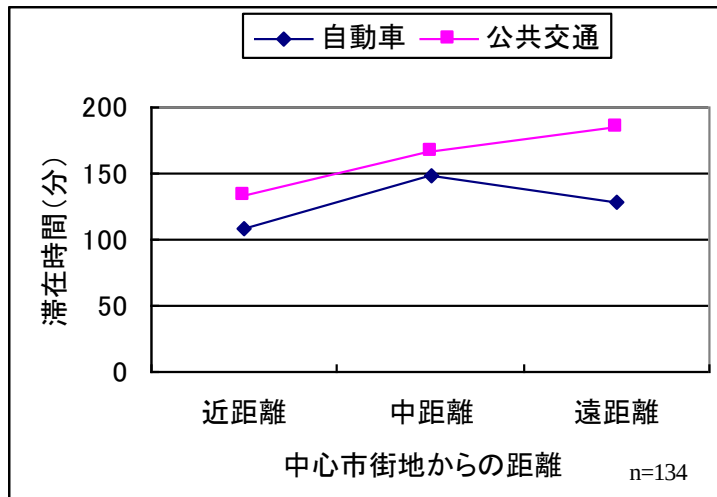


図 4-3 来街手段別の距離と平均滞在時間との関係

図 4-3 より、平均滞在時間は、自動車来街より公共交通来街の方が高く、遠距離であるほど平均滞在時間は長くなっていることが明らかとなった。近距離や中距離では、公共交通来街と自動車来街の差は、僅か 20 分程度であるが、遠距離では、公共交通来街と自動車来街の差が約 1 時間あり、滞在時間に大きな違いがあることが明らかとなった。

以上より、遠距離からの公共交通による来街者が、公共交通来街の平均滞在時間を増加させる要因となっていることが明らかとなった。

4-4-3. 来街頻度別平均消費金額

来街手段別に中心市街地への来街頻度と平均消費金額にどのような関係があるのかを明らかにした。中心市街地への来街頻度と平均消費金額の関係を図 4-4 に示す。

なお、ここで低頻度は「1 年に数回以下」、中頻度は「1 ヶ月に 1 回以上」、高頻度は「1 週間に 1 回以上」とした。

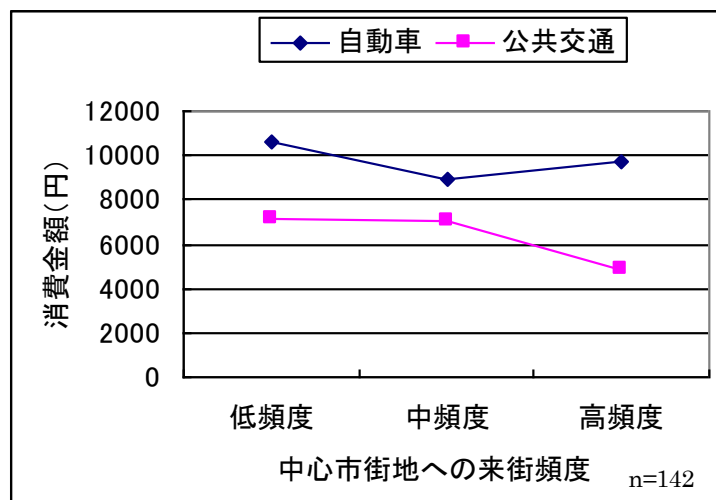


図 4-4 来街手段別の来街頻度と平均消費金額との関係

図 4-4 より、平均消費金額は、公共交通来街より自動車来街の方が高く、中心市街地への来街頻度が少ないほど平均消費金額が高いことが分かった。また、その傾向は公共交通来街の方が顕著であった。

以上より、来街頻度が低頻度である自動車来街が自動車来街の平均消費金額を増加させる一要因であることがわかった。

4-4-4. 来街頻度別平均滞在時間

来街手段別に中心市街地への来街頻度と平均滞在時間にどのような関係があるのかを明らかにした。中心市街地への来街頻度と平均滞在時間の関係を図 4-5 に示す。

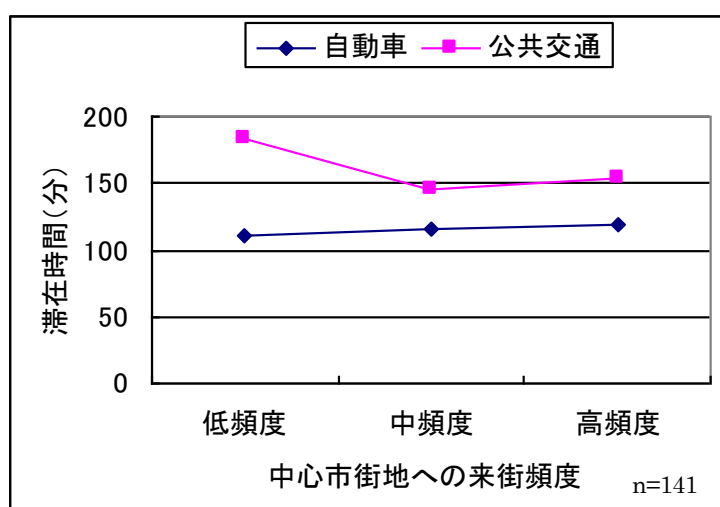


図 4-5 来街手段別の来街頻度と平均滞在時間との関係

図 4-5 より、自動車来街者は頻度による増減が大きくないのに対して、公共交通は低頻度であるほど滞在時間は長いことが明らかとなった。また、公共交通来街者の滞在時間が長い傾向を示している。

以上より、公共交通利用者で低頻度来街の来街者が公共交通の平均滞在時間を増加させる一要因であることがわかった。

4-5. 歩行者優先化導入効果分析

上述の分析にて、平常時における買物行動を把握することができた。トランジットモールなどの歩行者優先型交通計画導入時の中心市街地活性化を目指した来街手段支援システム整備の影響を明らかにするため、トランジットモール社会実験時の平均消費金額と平均滞在時間を分析した。また、トランジットモール導入時は観光期にあたるため、買物目的で来街している人に絞った。

4-5-1. 来街手段別平均消費金額

ここでは、歩行者優先化道路計画として、トランジットモール社会実験時の消費金額について、来街手段によって差が認められるのかを分析した。各来街手段別消費金額の平均値および自動車来街との差の検定結果を表 4-5 に示す。差の検定には、対応のない標本で分散が等しくないという仮定のもと、Welch の検定を用いている。

表 4-5 来街手段別消費金額の平均値および差の検定結果（トランジットモール導入時）

TM 導入時（04,05 年）	サンプル数	消費金額	標準偏差
自動車来街	48	10,247 円	13778.4
公共交通来街	43	8,552 円	11696.8
その他来街*	38	6,362 円	10447.2

自動車来街と差の検定結果 ***:1%有意, **: 5%有意, *: 10%有意

表 4-5 より、平常時は自動車来街者の消費金額が高く、公共交通と有意な差が認められたが、トランジットモール実施時は、有意な差は認められない。したがって、回遊性の向上により公共交通来街の消費行動が促進された可能性を示している。

4-5-2. 来街手段別平均滞在時間

ここでは、トランジットモール導入時の滞在時間について、来街手段によって差が認められるのかを分析した。各来街手段別滞在時間の平均値および自動車来街との差の検定結果を表 4-6 に示す。差の検定には、対応のない標本で分散が等しくないという仮定のもと、Welch の検定を用いている。

表 4-6 来街手段別滞在時間の平均値および差の検定結果（トランジットモール導入時）

TM 導入時（04,05 年）	サンプル数	滞在時間	標準偏差
自動車来街	48	137 分	113.07
公共交通来街	43	136 分	91.40
その他来街	38	130 分	160.23

自動車来街と差の検定結果 ***:1%有意, **: 5%有意, *: 10%有意

表 4-6 より，平常時は公共交通来街と自動車来街に有意な差が認められたものの，トランジットモール導入時は，平均滞在時間に有意な差が認められなかった。

4-5-3. 歩行者優先化道路導入効果

次に，平常時の買物行動とトランジットモール導入時の買物行動に差が認められるかどうかを分析するため，各来街手段別に差の検定を行なった。各来街手段別消費金額の差の検定結果を表 4-7 に，各来街手段別滞在時間の差の検定結果を表 4-8 に示す。

表 4-7 来街手段別消費金額の差の検定結果

平常時とトランジットモール導入時の差の検定（自動車）			
検定統計量	自由度	両側 P 値	判定
0.190999	104	.8489	

平常時とトランジットモール導入時の差の検定（公共交通）			
検定統計量	自由度	両側 P 値	判定
1.353333	101	.0895	***

平常時とトランジットモール導入時の差の検定（その他）			
検定統計量	自由度	両側 P 値	判定
1.026443	101	.1536	

表 4-8 来街手段別滞在時間の差の検定結果

平常時とトランジットモール導入時の差の検定（自動車）			
検定統計量	自由度	両側 P 値	判定
1.006587	76	.1587	

平常時とトランジットモール導入時の差の検定（公共交通）			
検定統計量	自由度	両側 P 値	判定
0.481079	86	.3158	

平常時とトランジットモール導入時の差の検定（その他）			
検定統計量	自由度	両側 P 値	判定
0.668857	60	.2531	

***:1%有意，**：5%有意，*：10%有意

表 4-7 および表 4-8 より，買物目的においては，トランジットモール導入によって，公共交通来街において消費活動を促進させる効果があることが明らかとなった．しかしながら，買物主目的の来街者においては，滞在時間に大きな影響を与えないことが明らかとなった．歩行者優先化道路計画を進める上では，街路整備と併せて，中心市街地での滞在を促進させるような仕組みづくりが重要であるといえる．

4-6. 交通施策導入による可能性分析

上述の分析にて、来街手段によって買物行動に差異があることが確認できた。そこで、長野市中心市街地において来街手段の変容させる可能性があるのかどうかを分析した結果を以下に示す。

長野市では、御開帳時の中心市街地内の混雑緩和を目的として、パーク&バスライド(以下、P&BR)を導入している。主な対象は観光客であるため対応させて評価することは難しいが、長野都市圏 PT 調査(平成 13 年実施)にて長野市にて定常的に自動車を使う人に対して、P&BR の導入意向を付帯調査にて聞いている。

もちろん、日ごろから中心市街地内に来街する長野市民および近隣住民も本 P&BR システムの利用は可能であり、かつ利用促進を図る必要があることから、買物目的来街者に絞って、P&BR への転換可能性を分析した。

4-6-1. パークアンドバスライド利用可能性の検証

まず、全トリップにおける P&R の利用可能性について集計した結果を図 4-6 に示す。自動車利用者の約 4 割が移動の際に P&BR の利用が可能であると回答している。

平成 25 年度に実施した長野都市圏における交通量・渋滞長実態調査において、平日・朝時間帯(A.M7～9)の総流入交通量は、33,576 台となっており、平成 21 年度と比べ 5.7%増加している(平成 21 年度 31,773 台)。

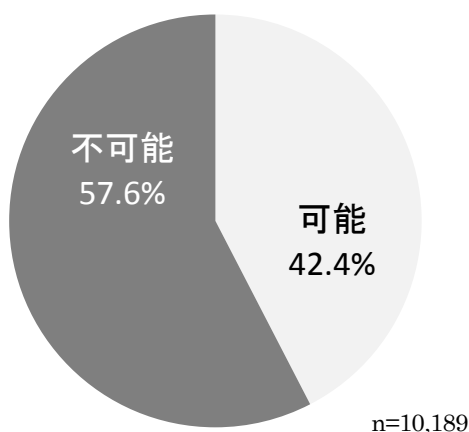


図 4-6 P&BR 利用可否

続いて、P&BR の利用が可能な市民(近隣住民含む)に対して、実際に P&BR を利用するかどうかを聞いている。ここでは、買物目的で P&BR を利用したいとする利用意向者の割合を示している。結果を図 4-7 に示す。

その結果、約 7 割が「利用してもよい」と回答し、通勤目的でも約 7 割程度が「利用してもよい」

と回答しており、P&BR の利用意向・利用意識は比較的高いことがうかがえる。

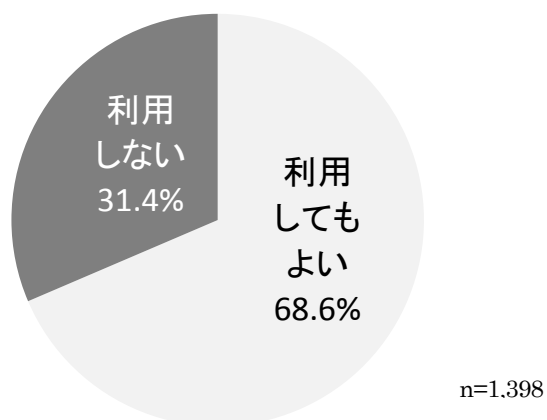
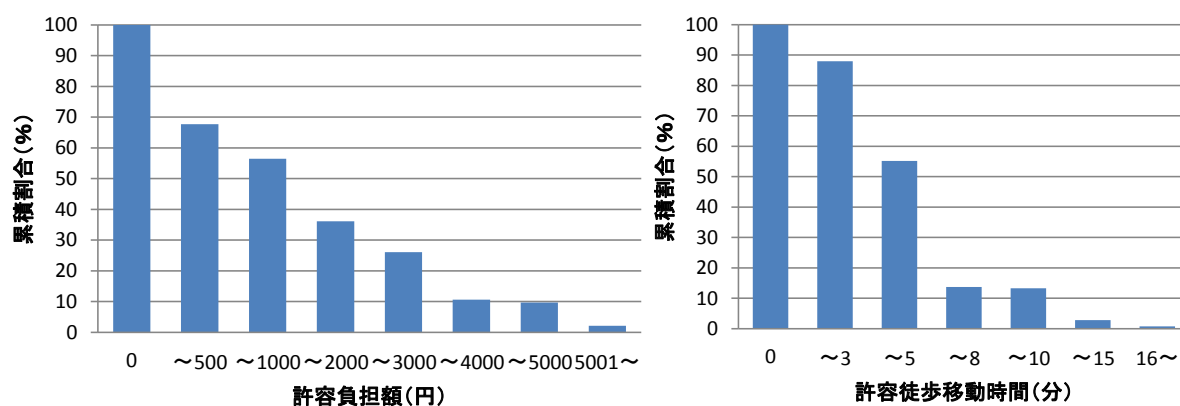


図 4-7 P&BR 利用意向

4-6-2. 利用意向者のシステム導入条件の整理

P&BR を利用してもよいとする市民（近隣住民含む）を対象に、どのような条件であれば転換する可能性が高まるかを聞いている。その結果を図 4-8 に示す。なお、負担金は 1 ヶ月あたりの負担金（駐車料金）、許容徒歩移動時間は、P&BR 駐車場から乗換地点までの許容時間を示している。



基本統計量

許容負担額 (円)		許容徒歩移動時間 (分)	
平均	1621.722	平均	4.425
不偏分散	4034243.810	不偏分散	13.343
標準偏差	2008.543	標準偏差	3.653
観測値	1398	観測値	1398

図 4-8 P&BR 導入条件(許容金額および許容移動時間)

図 4-8 より、P&BR への平均許容負担額は 1,600 円程度、平均徒歩許容時間は 4.4 分程度であることが明らかとなった。とりわけ許容負担金額は、平均では 1,600 円程度であるが、負担金なしを希望する人も一定割合存在することから、その解釈に注意が必要であろう。

4-6-3. 許容負担額の価格弾力性の検証

P&BR を本格導入するにあたっては、導入による事業性や効果について、事前に予測しておくことが重要であろう。そこで今回は、簡易的に価格弾力性の指標を適用し、長野市中心市街地の流入自動車を対象として検証を行った。なお導入条件として、許容徒歩移動時間については土地利用制約等もあり任意に指定できないため、おおむね接続駅から 3 分以内で移動できると仮定して算出している。また、今回の分析対象は長野市民および近隣住民とし、県外観光客は想定していない。

表 4-8 許容負担額別の P&BR 導入効果分析

	現状	パターン A (P&BR 負担金 500 円/月)	パターン B (P&BR 負担金 2,000 円/月)
GW 期市街地内 流入交通量(台/日)	16,000 御開帳時の最大来街者数 300,000 人, 県内割合 20%, 県内マイカー利用率 80%, 平均マイカー乗車人数 3 人と仮定し算出		
転換可能交通量(台/日)	0	2195.31	
転換交通量(台/日)	0	1469.82	898.22
補正係数(認知効果)	0	0.8	0.8
補正済転換交通量(台/日)	0	1175.86	718.58
負担金収入(円)	0	587,930	1,437,160
公共交通利用者数(人)	±0	+3527.58	+2155.74
価格弾力性		-0.130	

※価格弾力性: 弾力性=-(需要変化量/価格変化量), 弾力性が 1 より大きい場合に弾力的(価格が上昇(下落)したときに収入が減少(増加)), 1 より小さい場合に非弾力的(価格が上昇(下落)したときに収入が増加(減少))という。

表 4-8 より、御開帳時の GW 期間の来街者数を想定すると、転換の可能性のある流入交通量は約 2,200 台/日と推計される。駐車代金等としての負担金の許容金額別に 2 パターン (A: 負担金 500 円, B: 負担金 2,000 円) で検証した結果、転換交通量はパターン A で約 1180 台、パターン B で 720 台となった。負担金による収益はパターン B の方が大きくなった。しかしながら公共交通利用者増加による利用促進効果等もあるため、本項目のみで評価することはできない。ただし、P&BR サービスに対する需要の価格弾力性が小さいため、負担金をむやみに値下げしてしまうと大幅に負担金収入が減少し

てしまう可能性を示唆している。

今回は、500 円と 2,000 円の 2 パターンで検証しているが、最適な負担金の検証や県外観光客に対する P&BR 導入効果の検証を進めることで、混雑時の市街地内渋滞緩和の方策を模索できると考えている。またドライバーは、混雑を覚悟して市街地へ入り駐車料金を支払うか（さらに中心市街地での運転抵抗、駐車抵抗を考慮）、P&R を利用して公共交通料金を支払うか（さらに乗り換え抵抗、所要時間の拡大などを考慮）のトレードオフを行うと考えられる。それらの手段によっても中心市街地内の回遊行動は異なってくることから、TDM 施策を考慮したまちなか回遊行動モデルへと発展させていく必要がある。

4-7. まとめ

(1) 地方都市においては、遠方からの自動車来街者は消費金額が非常に大きく、公共交通来街とも有意な差が認められた。しかしながら滞在時間は、公共交通来街の方が長い。

(2) 中心市街地内の買物行動は、遠方からの自動車来街が最も消費金額が高く、遠方からの公共交通来街が最も滞在時間が長いことが明らかとなった。また、来街頻度は低いほど消費金額、滞在時間は大きく、自動車来街については、来街頻度による滞在時間の差異はほとんど無いことがわかった。

(3) 歩行者優先型交通計画導入時は、公共交通来街を促進させることで、中心市街地内の消費行動を促進させる可能性があることを示している。

(4) 長野市中心市街地内で最も混雑が想定される混雑期における P&BR の導入可能性について、許容負担金別に想定した。その結果、P&BR サービスに対する需要の価格弾力性が小さいため、負担金をむやみに値下げしてしまうと大幅に負担金収入が減少してしまう可能性を示唆していた。

4-5. 参考文献

- 70) 香川太郎, 藤井聡: 商店街における来街手段と出費金額の関係についての実証分析 ～自由ヶ丘商店街における自動車来訪者と非自動車来訪者別の消費行動分析～, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM) Vol.35,2007
- 71) 柳沢吉保, 高山純一, 轟直希, 柳澤友樹, 藤原恵介: 中心市街地における利用手段の実態と回遊支援システムに関する選好意識分析, 土木学会中部支部・研究発表会講演概要集, pp.333-334, 2004.3
- 72) 湯沢昭, 桃崎秀二: イベント開催時における P&BR 利用者の滞在時間に関する一考察, 第 21 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.97-100, 2001. 10

第5章 交通施策が中心市街地への来街・回遊に及ぼす影響分析

5-1. 概要

本章では、長野市中心市街地における歩行者の回遊行動を、移動距離や道路交通条件等の変数を用いて表現することを目的としている。近年、地方都市の多くは、住宅、商業施設、事業所などの郊外立地が進み、都心機能が衰退する傾向にあり、これら中心市街地問題への対処が急務となっている。交通施策による対処では、歩行環境や公共交通の利便性を改善し、市街地内の施設等を巡る回遊性を高めることが重要であると言える。長野市中心市街地では、2004年度（平成16年度）より歩行者優先型交通計画として、JR長野駅と善光寺を結ぶメインストリートである中央通りの一部でトランジットモール社会実験を実施している。また、2015年（平成27年）には、新田町交差点から大門交差点に至る区間において歩行者優先化道路事業が完了した。

そこで、長野市中心市街地においてトランジットモールなどの歩行者優先型交通施策導入による回遊行動の促進効果を評価することが急務であり、評価を行なった上で、さらなる展開を提案することが重要である。本章は、市街地内の駐車場、バス停留所、鉄道駅などの市街地内行動拠点へのアクセス特性、市街地内の歩行空間整備および公共交通などの回遊行動支援システムが市街地内行動特性に与える影響を検討するとともに、市街地内の来街者がどのような影響を受けるのかを明らかにする。具体的には、入口ノード選択モデル、回遊継続および商業地ノード選択モデルなどを提案し、来街者の行動に与える交通施策の導入による影響を明らかにする。

5-2. モデルの基本概念

市街地内の回遊行動のシナリオを図 5-1 に示す。

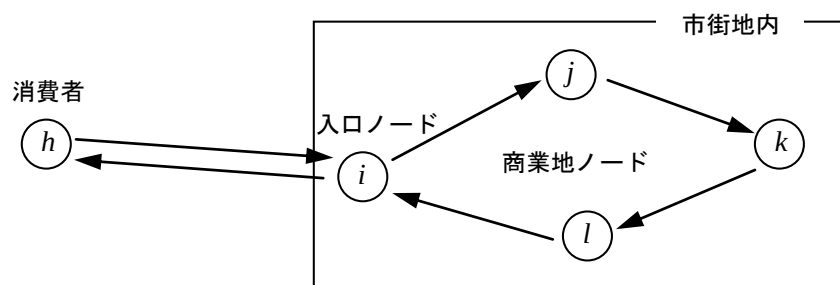


図 5-1 来街者の回遊行動概念図

中心市街地内への来街者は、居住地（宿泊地等も含む）を出発し、鉄道駅や駐車場、バス停留所などの入口ノードを選択し、その後、目的達成のため市街地内の目的施設（商業施設や観光施設、トランジットモール等）をまわり、目的を達成すると「回遊を継続するか」、「回遊を終了するか（帰宅する）」の選択を行い、回遊を継続するのであれば次の目的施設に向かい、回遊を終了するのであれば入口ノードに戻って帰宅するものと仮定する。本シナリオに沿って、今後モデルを構築していく。

以降の節では、以下の選択モデルを構築し、中心市街地内における回遊行動を表現することを目的としている。

（i）入口ノード選択モデル（STEP1）

市街地への来街者がどの入口ノード（鉄道駅、駐車場、バス停留所）を選択するのかを明らかにするモデルである。

（ii）第一立ち寄り施設選択モデル（STEP2）

来街者が入口ノードからどの立ち寄り施設を選択するのかを明らかにするモデルであり、来街者が最初に立寄る、第一立ち寄り施設の選択モデルである。

（iii）回遊継続および立ち寄り施設選択モデル（STEP3）

来街者が回遊を続けるか、もしくは回遊を終了し帰宅するのかを選択し、さらに回遊を続けるのであれば、どの施設を選択するかを明らかにするモデルであり、回遊継続および立ち寄り施設の選択モデルである。

以下の図 5-2 に、歩行者回遊行動モデルの概念図を示す。

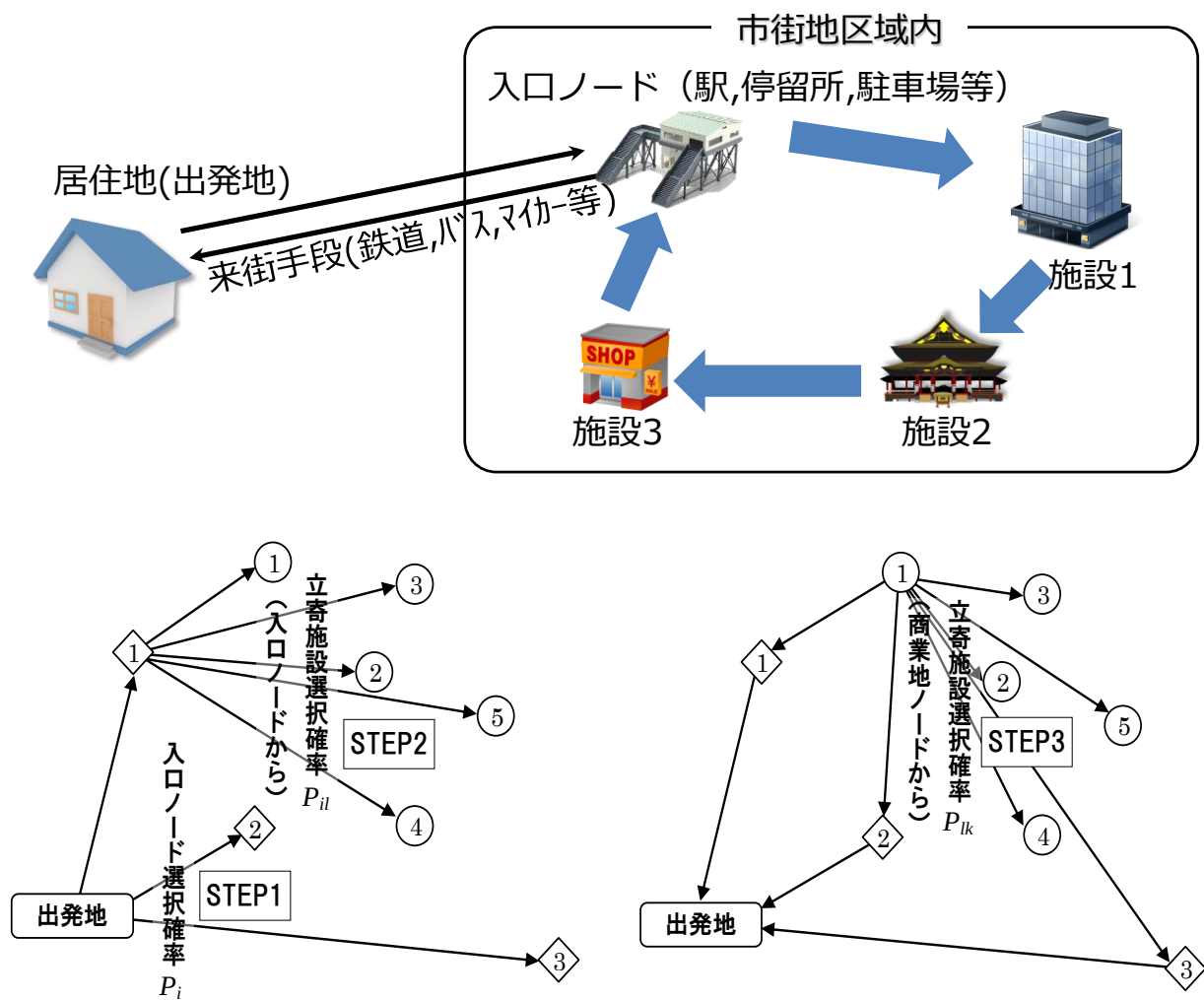


図 5-2 市街地内選択行動概念図

5-2-1. 入口ノード選択モデルの基本概念と特徴

既存研究²⁾では、来街者の市街地内における最初の回遊行動を表現するモデルとして、売り場面積と移動距離を用いた、入口選択モデル（第一立ち寄りノード選択確率）を提案している。本モデルでは、市街地内で最初に行なわれる行動を「市街地内の活動拠点を選択する行動」と考え、活動拠点を選択する入口ノード選択モデルを導入した。

これまでの長野市中心市街地に関する研究にて、来街者の行動は鉄道駅や駐車場、バス停留所等が存在する入口ノード選択によって、大きく行動が異なっていることを把握できた。そこで本研究では、入口ノード選択をモデルの中に組み込む。ここでは、入口ノード選択モデルを提案し、入口ノード選択確率を算出した。入口ノード選択は、当該ノードの駐車場収容台数や鉄道駅数、バス停留所等の影響が大きいと考えられる。また、入口ノードから主目的ノードまでの距離を入れることで、目的地までのアクセス性も考慮している。上記変数を説明変数としたロジットモデルを提案する。

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_j \exp(V_j)} \quad (5.1)$$

入口ノード選択モデルの効用は、以下のように表現することとする。

$$V_i^n = \beta_1 \cdot P_i + \beta_2 \cdot S_i + \beta_3 \cdot l_i^n + \beta_4 \cdot t_i \quad (5.2)$$

ただし、

V_i : 入口ノード i の効用

P_i : 入口ノード i の駐車場収容台数

S_i : 入口ノード i の駅数

l_i^n : 入口ノード i から主目的ノードまでの距離

t_i : 鉄道利用固有変数

β : 効用パラメータ

である。

5-2-2. 第一立ち寄り施設選択モデルの基本概念と特徴

第一立ち寄り施設選択モデルでは、入口ノードから最初に立寄る商業地ノードの選択確率を推定することを目的としている。

既往研究²⁾では商業地ノードの選択確率を、商業地面積と施設間距離で表現していた。本モデルでは、これまでの変数に加え、歩行者の回遊性を向上させると考えられるトランジットモール区間長を新たな説明変数として加えてモデルを構築した。また、来街者の目的によって、魅力に感じる施設が異なるため、一概に商業地面積を説明変数にするのではなく、各目的別の魅力要因を導入した。各目的別に用いた変数を以下に挙げる。

- (i) 買物目的：当該ノードの商業施設（食事含む）店舗数
- (ii) 観光目的：当該ノードの観光施設（寺院等）の数
- (iii) 娯楽目的：当該ノードのトランジットモール区間長（m）

※ トランジットモール実施区間内で各種イベントが行われていたため、トランジットモール社会実験時のみ適用した。

上記の変数を用いたロジットモデルを以下に提案する。

$$P_{il} = \frac{\exp(V_{il})}{\sum_{ik} \exp(V_{ik})} \quad (5.3)$$

- (i) 買物目的来街者の効用関数

$$V_{il}^n = \beta_1 \cdot R_{il} + \beta_2 \cdot C_l + \beta_3 \cdot L_{il} \quad (5.4)$$

ただし、

V_{il} ：商業地ノード l の効用

R_{il} ：入口ノード i から商業地ノード l までの距離（m）

C_l ：商業地ノード l の商店魅力度（当該ノードの商業施設数）

L_{il} ：入口ノード i のから商業地ノード l までのトランジットモール区間長（m）

β ：効用パラメータ

である。

- (ii) 観光目的来街者の効用関数

$$V_{il}^n = \beta_1 \cdot R_{il} + \beta_2 \cdot T_l + \beta_3 \cdot L_{il} \quad (5.5)$$

ただし、

T_l ：商業地ノード l の観光魅力度（当該ノードの観光施設数）

(iii) 娯楽目的来街者の効用関数

$$V_{il}^n = \beta_1 \cdot R_{il} + \beta_2 \cdot M_l + \beta_3 \cdot L_{il} \quad (5.6)$$

ただし,

M_l : 商業地ノード l のトランジットモール規模 (当該ノードのトランジットモール区間長)

5-2-3. 回遊継続および立ち寄り施設選択モデルの基本概念と特徴

回遊継続および立ち寄り施設選択モデルでは、来街者が回遊を続けるか、もしくは帰宅するかを選択し、さらに回遊を続けるのであれば、どの施設を選択するかを明らかにするモデルである。つまり、回遊継続の確率と、さらなる立ち寄り施設の選択確率を推定することを目的としている。本推定によって、一連の回遊行動を表現することが可能であると考えられる。

前節で説明した通り、市街地内の商業地ノード選択は、そのノードの目的の達成可能性と活動拠点からのアクセス性に大きく影響していると考えられることから、ノード内の施設数と商業地ノードからの距離を用いている。しかしながら、二回目以降の商業地ノード選択行動には、回遊行動を引き続き継続するかどうかが大きく影響する。したがって、まずは帰宅確率を考慮する必要がある。そこで本モデルでは、現時点で来街者が滞在しているノードの目的別達成度を帰宅確率として導入し、図 5-3 のような回遊行動継続選択（帰宅確率）と商業地ノード選択（商業地ノード選択確率）のネステッドロジットモデルで定式化を行なう。

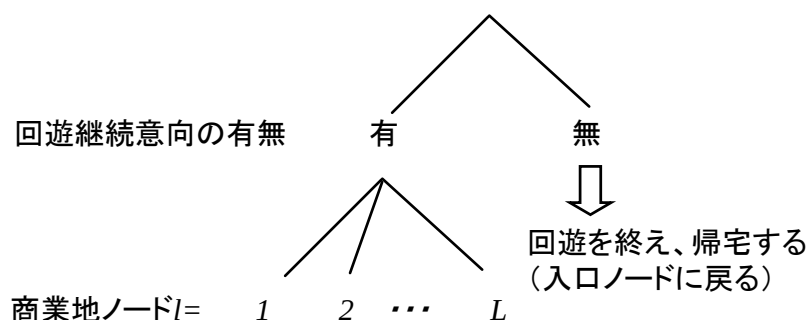


図 5-3 回遊継続および立ち寄り施設選択のツリー構造

回遊継続の有無は、現在滞在している商業地ノードの目的達成確率が大きいほど、現在の商業地ノードで目的を達成させ、帰宅する可能性が高くなる、という仮定に基づき、現在の滞在商業地ノードの目的別の達成確率の割合（当該商業地ノードの目的達成可能施設数／全商業地ノードの目的達成施設数）を説明変数として導入した。

その他の変数については、前項の第一立ち寄り施設選択モデルで導入した変数を用いた。以下にネステッドロジットモデルを提案する。

(i) 帰宅選択

$$P(j|i) = \frac{\exp V(j|i)}{\sum_{j'} \exp V(j'|i)} \quad (5.7)$$

(ii) 回遊先選択

$$P(i) = \frac{\exp\{V(i) + \Lambda_i\}}{\sum_{i'} \exp\{V(i') + \Lambda_{i'}\}} \quad (5.8)$$

$$\Lambda_i = \lambda \cdot \ln \left[\sum_j \exp(\bar{V}_j) \right] \quad (5.9)$$

ただし,

Λ : 合成変数 (ログサム変数)

λ : スケールパラメータ (ログサムパラメータ)

である.

5-3. 調査範囲ならびに調査の概要

道路空間の開放・活用や、公共交通の利用促進により、歩いて楽しいまちづくりのための歩行者優先型道路の本格実施に向けた課題の抽出や対応策の検討を目的に、2004年（平成16年）5月2日(日)、3日(月)の2日間、中央通り東西後町を中心としたセントラルスクウェア周辺約350mの区間において、トランジットモール（名称”ふれ愛花通り”）が導入された。また、2005年（平成17年）は5月2日(月)から4日までの3日間、大門交差点から、もんぜんぶら座のある新田町交差点までの約735mに区間を延長してトランジットモール（名称”表参道ふれ愛通り”）が実施された。導入区間の一部路上やセントラルスクウェア（セントラルスクウェアのイベントは2004年度のみ）では、地元商店街が中心となり、イベントなどが行われた。その後、2015年（平成27年）の歩行者優先道路化事業完了に至るまで、社会実験等を繰り返してきた。その際に実施した調査をもとに、上述したモデルへの適合性を検証した。

5-3-1. 調査対象の範囲

今回設定した入口ノードは、JR長野駅、新田町、権堂、善光寺の4地点である。また、商業地ノードとして、以下の①から⑪の11箇所のノードを設定し、トランジットモール実施区間として⑫TM導入区間ノードを入れている。商業地ノードの概要を表5-1、長野市中心市街地のノード略図を図5-4に示す。

表 5-1 商業地ノード

No	商業地ノード
⑫	TM導入区間
⑪	善光寺
⑩	大門町
⑨	大門町南**
⑧	権堂アーケード
⑦	東西後町北*
⑥	東西後町南*
⑤	新田町北**
④	新田町南
③	長野駅北
②	長野駅周辺
①	長野駅・東急百貨店

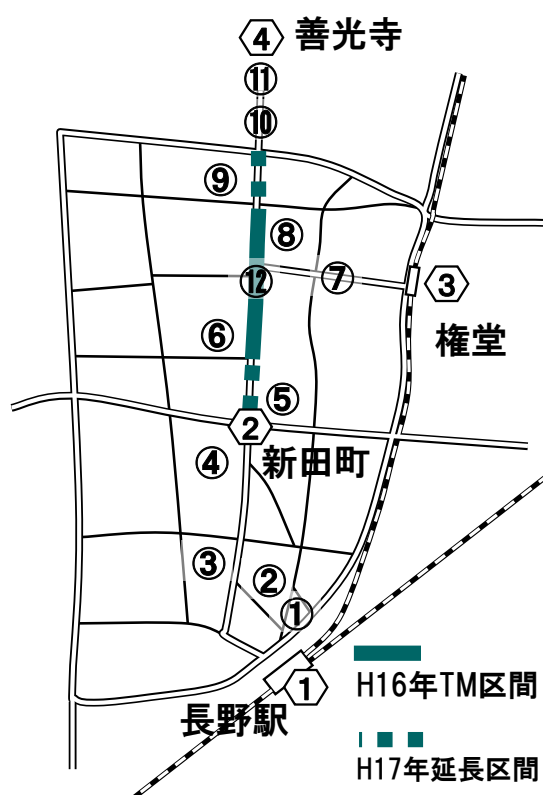


図 5-4 商業地ノード分布

5-3-2. アンケート調査概要

本調査は、おもに中央通りを歩いている来街者を対象に市街地内への来街、拠点選択、目的地選択等を明らかにするための市街地内回遊行動実態とトランジットモールの導入効果を分析することを目的に、以下の調査項目についてアンケート調査を行った。アンケート調査項目を表 5-2 に示す。

表 5-2 市街地内回遊行動実態主要項目

質問対象	調査項目
来街行動	発地点、交通手段、所要時間、運賃、活動拠点（交通結節点）、目的
回遊行動	市街地内回遊ルート、立寄り施設、利用交通手段
購買行動	使用金額、滞在時間
満足度	立ち寄り施設・街路等に対する満足度
個人属性	属性（住所、性別、年齢、職業、来街グループ、バス1日乗り放題券購入の有無）、利用可能手段、中心市街地への来街頻度等

中心市街地を回遊した来街者を分析対象とし、トランジットモール導入効果関連データと共通項目の市街地内回遊行動実態を用いて、分析を行っている。

アンケートは、中央通り（歩行者優先化対象区間、トランジットモール社会実験実施区間含む）や善光寺、長野駅、権堂などを中心に中心市街地の歩行者に直接配布し、後日郵送で回収する方法をとった。配布回収状況を表 5-3 に示す。

表 5-3 アンケート配布回収状況

年	2003	2004	2005	2006	2014
実施月	11 月	5 月	5 月	5 月	7 月
配布数（部）	1500	3000	4000	4000	3000
対象エリア	長野市中心市街地（中央通り・長野駅周辺）				
対象者	長野市中心市街地来街者および居住者				
回収数（部）	301	311	520	521	409
回収率（％）	20.1	10.4	13.0	13.0	13.6

5-4. 目的地選択行動基本モデルの適用結果

上述したモデル式を各段階において適用した結果を以下に示す。

5-4-1. 入口ノード選択モデル（STEP1）

本モデルでは、市街地内で最初に行なわれる行動を「市街地内の活動拠点を選択する行動」と考え、活動拠点を選択する入口ノード選択モデルを導入した。これまでの長野市中心市街地に関する研究にて、来街者の行動は鉄道駅や駐車場、バス停留所等が存在する入口ノード選択によって、大きく行動が異なっていることを把握できた。そこで本研究では、入口ノード選択をモデルの中に組み込む。ここでは、入口ノード選択モデルを提案し、入口ノード選択確率を算出した。入口ノード選択は、当該ノードの駐車場収容台数や鉄道駅数、バス停留所等の影響が大きいと考えられる。また、入口ノードから主目的（買物、観光、娯楽）ノードまでの距離を入れることで、目的地までのアクセス性も考慮している。上記変数を説明変数としたロジットモデルにて推定した結果を表5-4に示す。

表5-4 主目的別入口ノード選択モデルの推定結果

変数名	買物	観光	娯楽
駐車場	4.6×10^{-4}	-6.1×10^{-4}	1.2×10^{-3}
収容台数(台)	(0.43)	(1.93)	(2.29)
交通結節点数 (箇所)	0.509 (1.70)	1.834 (5.72)	-0.489 (0.73)
主目的ノード間 距離 (m)	-6.9×10^{-4} (0.91)	—	2.3×10^{-3} (2.01)
鉄道利用	—	3.048 (2.92)	2.363 (2.23)
尤度比	0.337	0.433	0.284
相関係数（実測値と推計値）	0.955		

（ ）内はt値，—は適切な符号が得られなかった

主目的別に行なったパラメータ推定結果の例を表5-4に示す。表5-4のパラメータ推定結果より尤度比は、ほぼ0.3以上あり比較的予測能力の高いモデルであることがわかる。しかし、買物主目的についてはt値が低いことから、さらに精度を向上させる必要がある。

買物主目的の来街者は、駐車場や鉄道駅が整備されているノードを選択する可能性が高いことがわかる。観光主目的の来街者は、駅数や駅利用の可否が非常に大きく影響していることが分かった。これは、観光来街者の多くが鉄道を利用している傾向を示している。また、駐車場数の符号が負で出ているが、これは観光来街者のマイカー利用者の多くが、観光地周辺の駐車場の少ないノードを選択している影響であると考えられる。娯楽主目的の来街者は、マイカーと公共交通の両手段ともノード選択に影響しているが、主目的ノードまでの距離については、ある程度まで許容できることを示している。

また、求められたパラメータ推定結果より、入口ノード選択確率を算出した。結果を表 5-5 に示す。

表 5-5 入口ノード選択確率推定結果

ノード番号	ノード名称	買物(%)	観光(%)	娯楽(%)
1	長野駅	69.91	61.68	63.42
2	新田町	9.57	0.11	1.20
3	権堂	15.06	13.42	12.59
4	善光寺	5.46	24.79	22.80

表 5-5 の入口ノード選択確率推定結果より、どの目的においても長野駅周辺を入口ノードとする確率が 60%以上を占めている。権堂を入口ノードとする確率は、どの目的においても 10%から 15%であった。しかしながら、善光寺を入口ノードとする確率は、観光目的が最も多く 25%であり、次いで娯楽目的の 23%、買物目的では、わずか 5%ほどであった。新田町については、買物目的以外では、あまり利用されていないことが明らかとなった。

続いて、本モデルによって求めた推定入口ノード選択確率と、アンケートより算出した実測入口ノード選択確率を比較した。その結果を図 5-6 に示す。

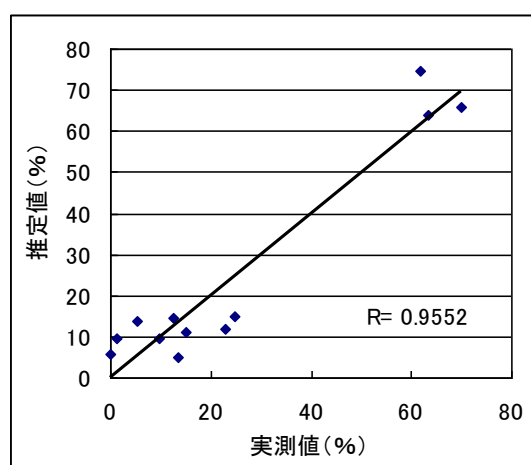


図 5-5 実測値と推定値の比較（入口ノード）

図 5-5 より、相関係数は 0.955 であり、入口ノード選択確率の推定値と実測値の相関は、非常に

高いことがわかった。しかしながら、本データには、サンプルに偏りが見られる。そこで、t 検定（両側）を行なった。その結果、有意な差が認められなかったため、本モデルによって推定された入口ノード選択確率は、妥当なものであると言えるだろう。

しかしながら入口選択行動は、利用する交通手段によって大きく異なるものであると考えられる。したがって、今後さらなる精緻化を図る上で、手段別の入口ノード選択モデルを構築することが重要であると考えられる。

5-4-2. 第一立ち寄りノード選択モデル（STEP2）

第一立ち寄りノード選択モデルでは，入口ノードから最初に立寄る商業地ノードの選択確率を推定することを目的としている．既往研究では商業地ノードの選択確率を，商業地面積と施設間距離等で表現しているが，本モデルでは，歩行者の回遊性を向上させると考えられる歩行空間整備（歩行者優先道路長）を新たな説明変数として加えてモデルを構築した．また，来街目的によって，魅力に感じる施設が異なるため，一概に商業地面積を説明変数にするのではなく，主目的別の魅力要因を導入した．主目的別の導入変数を表5-6，これら変数を説明変数としたロジットモデルにて推定した結果を表5-7に示す．

表5-6 主目的別導入変数

主目的	導入変数
買物	当該ノード商業施設（食事含む）の集積度
観光	当該ノード観光施設（寺院等）の集積度
娯楽	当該ノードイベント区間長

表5-7 第一立ち寄りノード選択モデルの推定結果

変数名	買物	観光	娯楽
入口ノードからの距離(m)	-0.004 (0.43)	-0.001 (2.49)	-0.002 (3.84)
主目的別 導入変数(表5-6)	-3.9×10 ⁻⁴ (0.28)	0.007 (2.88)	8.0×10 ⁻⁴ (1.35)
歩行者優先道路 区間長 (m)	0.004 (2.84)	9.8×10 ⁻⁴ (1.04)	0.003 (3.48)
尤度比	0.288	0.061	0.044
相関係数（実測値と推計値）	0.681		

（ ）内はt値

表5-7のパラメータ推定結果より尤度比は，買物目的以外の目的において非常に低いため，さらなる改善が必要であろう．

全ての目的において，入口ノードから当該ノードまでの距離が短いノードを選択する傾向を示しており，距離抵抗の小さいノードを選択する可能性が高いことを示している．また，歩行者優先型道路区間長が長く回遊性が高くなるノードほど選択する可能性が高くなる傾向を示している．

買物目的については，買物目的変数の影響が非常に小さく，符号も妥当となっていない．これは，発ノードが長野駅周辺であり，非常に商業魅力度の高いノードであったことが原因であると

考えられ、本ノード周辺で十分に買物目的を達成できる本ノードの特性が出たものである。他のノードでは、買物目的変数の符号が正であるとともに、 t 値も高い値となったため、本変数の導入は妥当であると考えられる。

観光目的、娯楽目的については、各目的別変数の影響が非常に大きいことがわかる。したがって、観光目的では、観光施設の数、娯楽目的では、歩行者優先道路区間長がノード選択に大きな影響を与えていることを示している。

求められたパラメータ推定結果より、第一立ち寄り施設選択確率を算出した。結果を表 5-8 に示す。

表 5-8 第一立ち寄り施設選択確率（長野駅ノード発）

ノード番号	ノード名称	買物(%)	観光(%)	娯楽(%)
1	長野駅・東急百貨店	34.77	11.31	13.42
2	長野駅周辺	17.64	9.14	9.96
3	長野駅北	19.09	9.01	9.94
4	新田町南	4.73	6.81	4.94
5	新田町北	2.03	6.10	4.29
6	東西後町南	1.67	5.94	4.94
7	権堂アーケード	1.80	5.14	5.85
8	東西後町北	1.88	5.77	8.81
9	大門町南	2.26	5.23	8.09
10	大門町	1.02	4.43	4.94
11	善光寺	11.20	26.17	16.39
12	TM 区間	1.90	4.94	8.47

表 5-8 より、目的別に選択するノードが異なっていることが示されている。買物目的では、長野駅・東急百貨店や長野駅周辺、長野駅北ノードの選択確率が非常に大きい。また、観光目的では、観光魅力度の高い善光寺ノードの選択確率が大きく、娯楽目的では、善光寺周辺やトランジットモール実施区間で選択確率が大きくなっていることがわかる。

続いて、本モデルによって求めた推定第一立ち寄り施設ノード選択確率と、アンケートより算出した実測第一立ち寄り施設ノード選択確率を比較した。その結果を図 5-6 に示す。

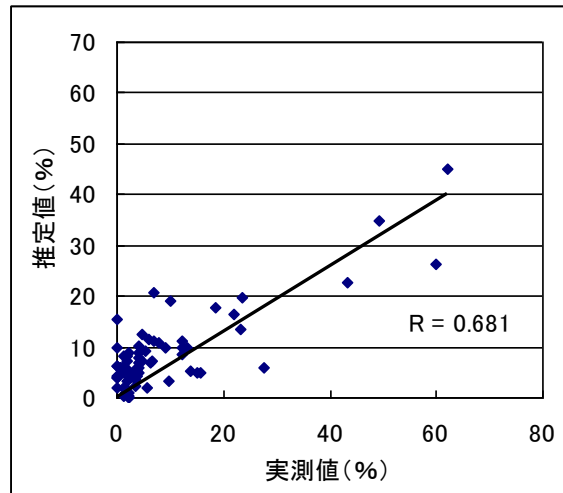


図 5-6 実測値と推定値の比較（第一立ち寄り施設選択）

図 5-6 より，第一立ち寄り施設選択確率の推定値と実測値の相関は，0.681 であり，やや低い値となった．これは，アンケートから算出した実測値による選択確率に，全く選択されていないノードが発生していたことや，アンケート調査結果の偏りが大きく影響していることが原因として挙げられる．実測値の選択確率がゼロであるサンプルを除いて相関係数を算出したところ，0.747 となり，やや改善された．

しかしながら，まだまだ相関係数は十分に高いとは言えないので，さらなる第一立ち寄り施設選択モデルの精度向上を図る必要がある．

5-4-3. 回遊継続および立ち寄りノード選択モデル (STEP3)

回遊継続および立ち寄りノード選択モデルでは、来街者が回遊を続けるか、もしくは帰宅するのを選択し、さらに回遊を続けるのであれば、どのノードを選択するかを明らかにするモデルである。本推定によって、一連の回遊行動を表現することが可能であると考えられる。

上述した通り、市街地内の各ノード選択は、そのノードの目的の達成可能性と活動拠点からのアクセス性に大きく影響していると考えられることから、ノード内の施設数とノードからの距離を用いている。しかしながら、二回目以降のノード選択行動には、回遊行動を引き続き継続するかどうかが大きく影響する。したがって、まずは帰宅確率を考慮する必要がある。そこで本モデルでは、現時点で来街者が滞在しているノードの目的別達成度を帰宅確率として導入し、回遊行動継続選択（帰宅確率）とノード選択（ノード選択確率）の *Nested Logit Model* にてパラメータ推定を行なう。

なお、回遊継続の有無は、「現在滞在しているノードの目的達成確率が大きいほど、現在のノードで目的を達成させ、帰宅する可能性が高くなる」という仮定に基づき、現在の滞在ノードの目的別の達成確率の割合（当該ノードの目的達成可能施設数／全ノードの目的達成施設数）を説明変数として導入した。推定結果を表5-9に示す。

表5-9 回遊継続および立ち寄りノード選択モデルの推定結果

変数名	買物	観光	娯楽
Level 1			
入口ノードからの距離(m)	-2.2×10 ⁻³ (4.49)	-3.0×10 ⁻³ (5.22)	-3.8×10 ⁻³ (5.43)
主目的別 導入変数(表5-6)	1.2×10 ⁻³ (1.22)	4.6×10 ⁻³ (0.24)	1.8×10 ⁻³ (2.42)
歩行者優先道路 区間長 (m)	2.2×10 ⁻³ (2.27)	1.3×10 ⁻³ (1.87)	2.8×10 ⁻³ (2.23)
Level 2			
帰宅確率 (目的達成度)	0.065 (2.97)	0.405 (2.46)	0.368 (2.86)
ログサム変数λ	2.002 (3.05)	1.389 (2.56)	1.131 (2.87)
尤度比	0.210	0.208	0.217
相関係数（実測値と推計値）	0.591		

() 内はt値

パラメータ推定結果より尤度比は、比較的高く出ており、各変数の符号も妥当な結果を示しているが、ログサム変数が1.0以上（0.0～1.0でなければならい）の値となっている。ログサム変数、すなわち下位レベルのサブモデルより規定される目的達成度が説明できていない可能性が考えられるため、ゾーン特性のみで一意的に与えてしまっている目的達成確率を、来街者の逐次行動を考慮したモデルへと発展させる必要があると考えられる。

5-4-4. 逐次意思決定モデルへの発展(STEP3')

目的の達成は、ノード特性によって一意的に与えられるものではなく、個人の目的達成割合に大きく依存すると考えられる。すなわち、前ノードまでの目的達成度の積み重ねを考慮し、モデルを構築しなければ、来街者の回遊を表現したとは言えない。そこで、逐次的に目的達成度を考慮したモデルを構築した。推定結果を表 5-10 に示す。

表5-10 目的達成度を一意的に与えたモデルと逐次決定モデルとの比較

変数名	一意に与えたモデル	逐次決定モデル
Level 1		
入口ノードからの距離(m)	-3.0×10^{-3} (5.22)	-1.1×10^{-3} (7.48)
主目的別 導入変数(表5-6)	4.6×10^{-3} (0.24)	9.7×10^{-3} (8.63)
歩行者優先道路 区間長 (m)	1.3×10^{-3} (1.87)	—
Level 2		
帰宅確率 (目的達成度)	0.405 (2.46)	-1.188 (6.04)
ログサム変数 λ	1.389 (2.56)	0.242 (9.07)
尤度比	0.208	0.242
相関係数 (実測値と推計値)	0.591	0.657

() 内はt値

表5-10より、目的達成を逐次的に与えた帰宅確率を導入することで、モデルの整合性が確認できた。また、Level2の変数より、ノード内における帰宅確率が負となっていることから、全目的において、当該ノードで目的を達成できる施設の割合が大きい（積み重ねの目的達成度が大きくなるほど）ほど、回遊を終了する可能性が大きいことを示している。Level1の変数より、商業地ノードからノードまでの距離が短いノードを選択する傾向を示しており、距離抵抗の小さいノードを選択する可能性が高いことを示している。

各変数の符号が正であり、t値も高いため、目的施設が多く存在するノードほど選択される可能性を示している。ただし、実測値との相関が0.657であるので、さらなる再現性の向上が望まれる。

5-5. まとめ

長野市中心市街地を対象に、来街者の回遊行動を表現するモデルの構築を試みた。来街者の中心市街地での回遊行動が、入口選択、回遊継続および立ち寄り施設選択で構成されていると仮定し、①入口ノード選択モデル、②第一立ち寄りノード選択モデル、③回遊継続および立ち寄りノード選択モデルを目的別に構築し、その評価を行なった。

入口ノード選択モデルを、当該ノードの駐車場台数や駅数や停留所等の状況、主目的ノードまでの距離を変数に組み込み構築した。パラメータ推定の結果、主目的別に入口ノード選択には特性があることが明らかとなった。

第一立ち寄りノード選択モデルを、当該ノードまでの距離や歩行者優先道路区間長、目的別の魅力度を組み込み構築した。パラメータ推定の結果、入口ノードから目的ノードまでの距離が短いノードを選択する傾向を示しており、距離抵抗の小さいノードを選択する可能性が高いことを示していた。また、歩行者優先道路区間長が長く、回遊性が高くなるノードほど選択する可能性が高くなる傾向であった。

回遊継続および立ち寄りノード選択モデルを、第一立ち寄りノード選択モデルの拡張によるNested Logit Modelで表現した。来街者の回遊継続（帰宅確率）を表現するため、当該ノードの目的達成割合を説明変数として導入した。さらに、逐次的に目的達成度を積み重ねる手法を適用することで、当該ノードで目的を達成できる施設の割合が大きいほど、回遊を終了する可能性を示す行動を表現することができた。

5-6. 参考文献

- 73) 前川健・饗庭伸・浅野光行(2002): 中心市街地における「駐車&回遊型」交通システムの提案とその可能性ー山形県鶴岡市山王商店街交通社会実験を事例としてー, 第37回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.805-810
- 74) 川上洋司・堀井茂毅・川本義海(2002): 来街者の行動・意識からみた都心部街路空間の評価に関する研究, 土木計画学研究・講演集 Vol.25, 講演番号 208
- 75) 齋藤参郎・石橋健一(1992): 説明変数を含んだマルコフチェーンモデルによる都心再開発に伴う消費者回遊行動の変化予測, 第27回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.439-444
- 76) 本間裕大・栗田治(2006): 複数目的地の同時決定プロセスを考慮した周遊行動モデルの構築-国内観光流動データに基づく分析例-, 第41回日本都市計画学会学術研究論文集, No.41-3
- 77) 張峻屹・藤原章正・桑野将司・杉恵頼寧・李百鎮(2006): 集団意思決定メカニズムを考慮した世帯居住選択行動の調査とモデル化, 第41回日本都市計画学会学術研究論文集, No.41-3

第6章 交通施策が中心市街地街路における歩行行動に及ぼす影響分析

6-1. 概要

本章では、歩行者が歩行空間形状によって影響される歩道利用状況に着目し、歩道空間評価を行うため、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する。歩道の中でもとりわけ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を設計するときに重要な歩行空間サービスレベルとの関係を明らかにする。その関係性より、歩行空間のサービスレベルと今後、歩行者優先道路を計画する上での設計指針の関係を明らかにすることを目的とする。

具体的には、(1) 2007年から2009年までの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（ビデオ計測）と歩行空間満足度調査（アンケート調査）について、実施した方法や区間、アンケート調査票の配布回収状況についての結果を示す。(2) 歩行者行動計測で得られた動画をもとに、歩行者の歩行行動と歩道利用状況分析を行うことによって、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」の各歩行行動の選択確率と、「歩行速度」、「密度」、「回避角度」といった歩道利用状況を明らかにする。(3) 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する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う。(4) 各年度の社会実験時の歩行空間に対して既存調査研究によるサービスレベルを設定し、構築した歩行空間評価意識構造モデルによる歩行空間満足度の再現性を検証する。(5) 道路交通条件と歩行者行動の関係を考慮した歩行空間を複数ケース設定し、歩行空間評価意識構造モデルを用いて歩行者優先道路におけるサービスレベルと歩行空間満足度との関係性を明らかにする。

6-2. 調査分析のフロー

歩行行動に及ぼす影響を分析するためのフローを以下に示す。

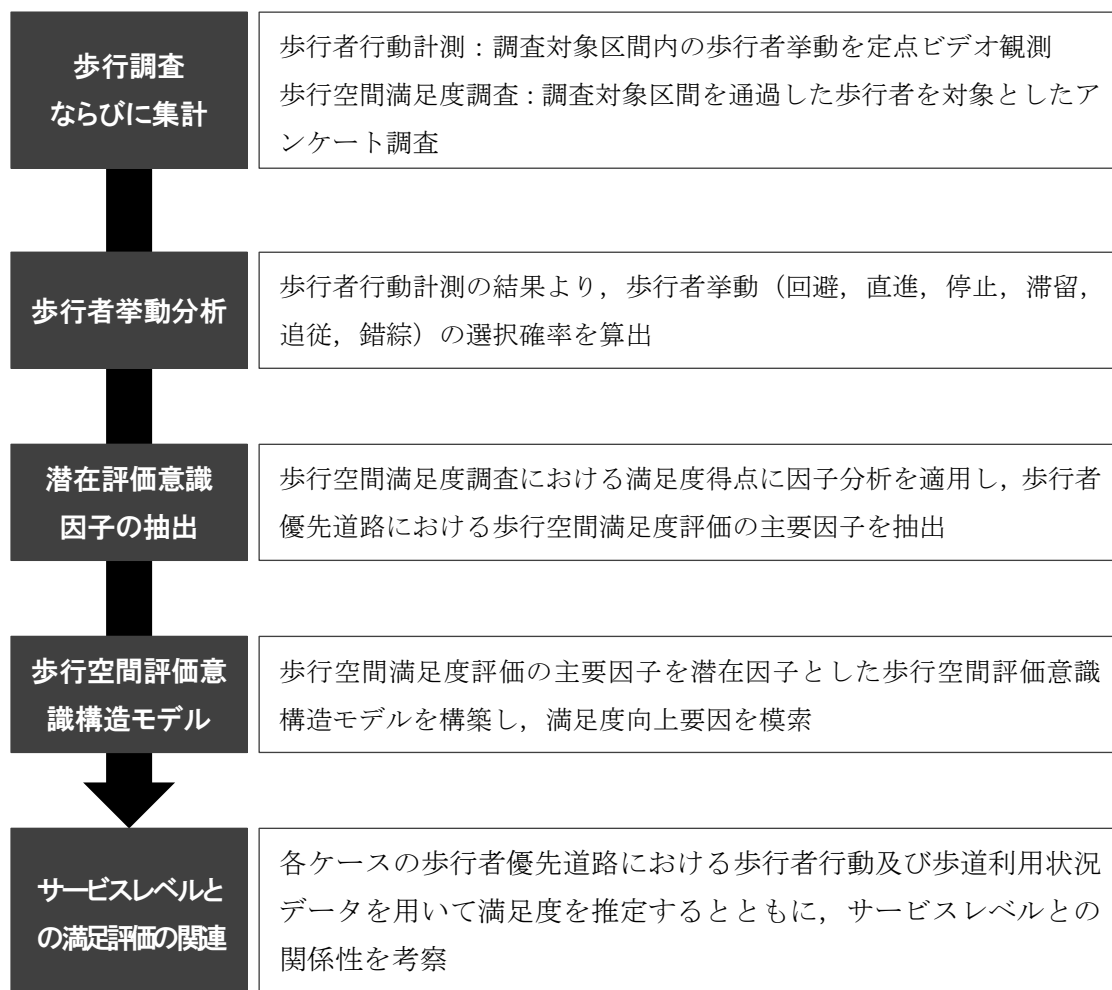


図 6-1 調査フロー

6-3. 適用範囲ならびに調査の概要

長野駅から善光寺までを結ぶ長野市中心市街地中央通りでは、2004年(平成16年)から2008年(平成20年)まで「ふれ愛通り」という名称で、歩行者優先道路導入に向けた数々の社会実験が行われてきた。2009年(平成21年)は善光寺御開帳とあわせて「善光寺花回廊」(花回廊は社会実験ではない)が実施された。これまでの期間に実施された社会実験ならびに調査の概要を以下に示す。

6-3-1. 調査対象の範囲

調査対象の範囲は、長野市中心市街地中央通りで、社会実験の実施されていたエリアを中心に歩行者行動計測ならびに満足度調査を実施している。中央通りならびに実施範囲の状況を図6-2に示す。2007年の社会実験は区間長約200m、2008年は約700mで社会実験が行われていた。アンケート調査は対象区間を中心に配布し、対象区間の一部(約60m)にて歩行者行動を定点カメラにて計測した。なお、実施されていた社会実験の概要は表6-1に示す。

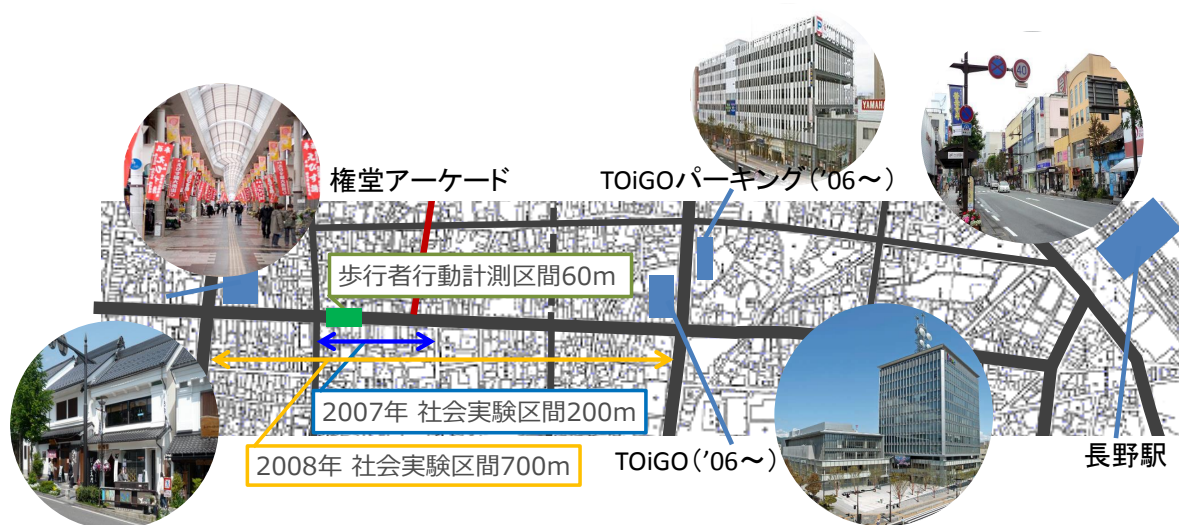


図 6-2 実施範囲の状況

表 6-1 社会実験の実施概要

実施期間(取組)	実施概要
2007 年 10 月 27 日 ～11 月 25 日 (歩行者優先社会実験)	①片側平均歩道幅員:6.0m ②歩車道形状:蛇行 ③交通規制内容:速度規制のみ
2008 年 5 月 3 日～5 日 (トランジットモール社会実験)	①片側平均歩道幅員:5.1m ②歩車道形状:イベントエリア設置・蛇行 ③交通規制内容:一般車進入禁止
2009 年 5 月 2 日～4 日 (無し, 通常の幅員)	①片側平均歩道幅員:4.6m ②歩車道形状:通常時と同じ ③交通規制内容:交通規制なし

6-3-2. アンケート調査ならびに歩行者行動計測の概要

実施した街路満足度調査の調査項目の概要と調査票の配布回収状況を表 6-2 ならびに表 6-3 に示す。前節の対象区間の交通状況の課題を踏まえ、歩行空間に対する満足度評価として、歩行に関する「安全性」「快適性」「利便性」に関連する約 23 項目と、個人属性として居住地域、性別、年齢、職業、来街グループ、中心市街地への来街主目的、そして歩行者優先道路における移動距離、区間長なども収集した。調査票は歩行者優先道路区間において手渡しし、後日郵送にて回収する方法をとった。

表 6-2 街路満足度調査 主要調査項目

質問対象	調査項目
満足度評価	・人や自転車との接触危険性 ・自動車交通量, 自動車走行速度, 路上駐車 ・歩道幅など歩くためのスペースの確保 ・歩道での段差 ・横断しやすさ ・ベンチなどの休憩場所の位置・数 ・街路樹や花壇の位置・数 等 23 項目
個人属性	属性（住所、性別、年齢、職業、来街グループ）、目的等

表 6-3 アンケート配布回収状況

年	2007	2008	2009
実施月	11 月	5 月	5 月
配布数 (部)	2000	3000	3000
対象エリア	長野市中心市街地（中央通り・長野駅周辺）		
対象者	長野市中心市街地来街者および居住者		
回収数 (部)	382	597	524
回収率 (%)	19.1	19.9	17.5

計測対象は図 6-2 に示すとおり，長野市中央通りの北側区間「ふれ愛通り」の約 60m の区間を対象とした．計測方法は，ふれ愛通りに面したマンション屋上から南側の対象街路を撮影する方法とし，マンション屋上の高さ約 32m から，歩行者流動の移動状況を定点ビデオ撮影した．撮影された歩行空間において歩行者行動軌跡は画像計測支援ソフトウェアを用いて，60 秒間歩行者の移動しているメッシュの位置を 1.0 秒間隔で計測した．歩行者は 1.0 秒で約 1.0m 移動するため，メッシュ間隔は 1.0m×1.0m とした．撮影された歩行者の行動軌跡より，現在位置から移動先のメッシュを計測し，さらにメッシュを通過する歩行者量をカウントする．メッシュ上の歩行者行動軌跡を図 6-3 に示す．

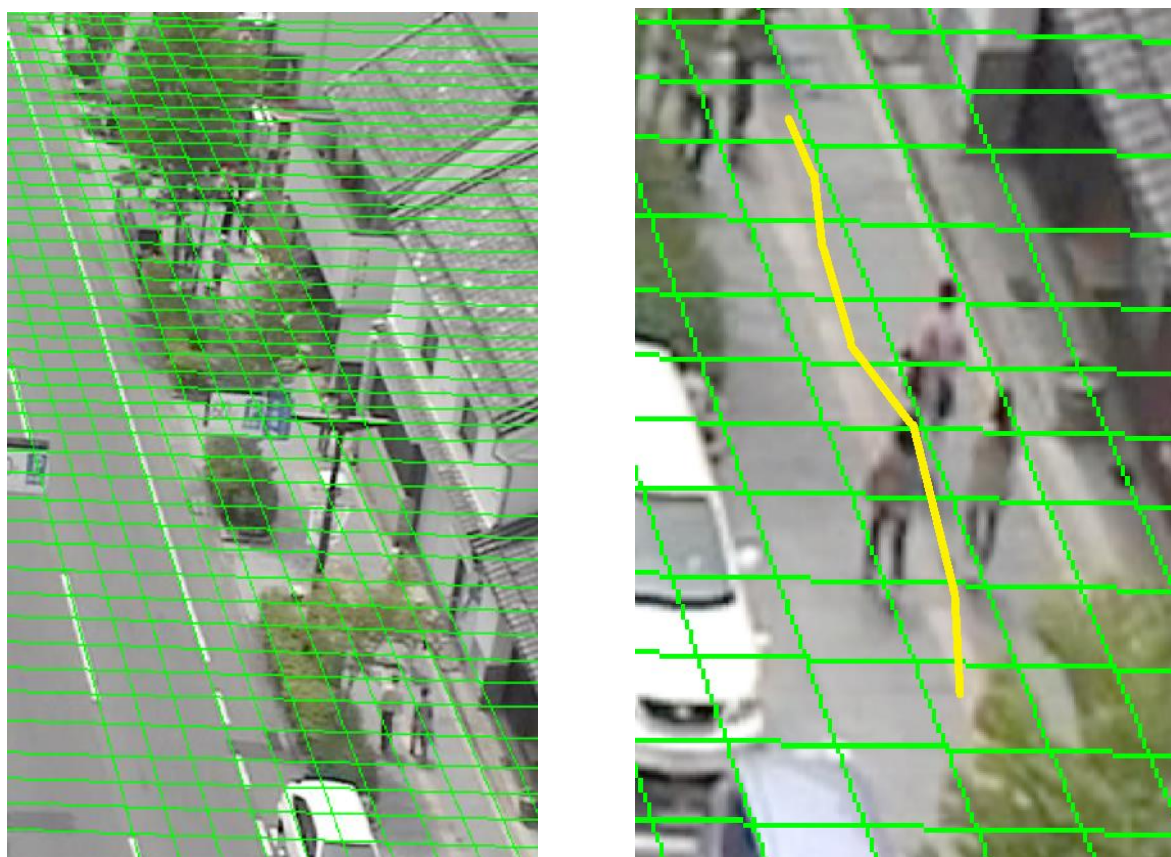


図 6-3 メッシュをもとに歩行者の座標を計測

6-4. 歩行者行動の実態分析

6-4-1. 歩行者行動の表記

歩行者行動動線の概念図を図 6-4 に示す。ここで、 $x_1, x_2 \cdots$ は 1.0m 間隔の歩行通行帯である。 $y_1, y_2 \cdots$ は進行方向の横断面である。各年度における長野市歩行者量調査結果の歩行者量を単位時間あたりに換算した歩行者数と、歩行者行動調査から計測された単位時間歩行者数と一致する時間帯における歩行者行動を計測した。直進・左回避・右回避・停止・滞留・追従・錯綜といった 7 つの歩行者挙動の選択回数を、単位時間 60 秒間を 1.0 秒間隔で計測した。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も計測した。

まず「直進」は、概念図(図 6-4)の (x_3, y_3) に存在する歩行者のように同じ通行帯をそのまま進行している場合とし、「左回避」「右回避」は (x_2, y_4) と (x_5, y_7) に存在する歩行者が行っている対面歩行者やベンチ、植栽等の通行を妨げる障害物が現れた際に通行帯を変えて左右どちらかに回避した場合とする。また、「停止」は (x_4, y_5) に位置する歩行者の様に時間が経過してもひとつのメッシュの中で止まっている状態とし、「滞留」は (x_5, y_3) に存在する歩行者の様に、気になる沿道施設やイベントエリア前のメッシュで立ち止まっているような行動とする。「追従」は (x_2, y_1) に存在する歩行者の様に、すぐ前方に存在する目の前の同じ進行方向の歩行者に従って歩行している場合とし、「錯綜」は (x_2, y_6) に存在する歩行者のように、対面歩行者と同じ通行帯の中ですれ違う非常に近接性の高い往来の場合とする。

歩道の利用状況は、歩行者個々の通行帯(歩行位置 $x_1, x_2 \cdots x_5$)と、歩行速度、回避角度、歩行者密度を算出することにより把握する。例えば、図 2 の (x_2, y_4) に存在する歩行者は対面歩行者が現れたため右回避行動を行っているが、この歩行者の歩行速度(m/s)は、式(6.1)のように計算する。

$$v = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_6 - y_4)^2} \quad (6.1)$$

歩行者の回避角度は、以下の式(6.2)のように計算できる。

$$\theta = \arctan\{(x_3 - x_2)/(y_6 - y_4)\} \quad (6.2)$$

歩行者密度は計測対象区間の歩行者数を歩道面積で除したものとして算出する。

$$D_w = n/S \quad (6.3)$$

ここで、 D_w ：歩行者密度、 n ：計測対象区間の歩行者数(人)、 S ：計測対象区間の歩道面積(m^2)

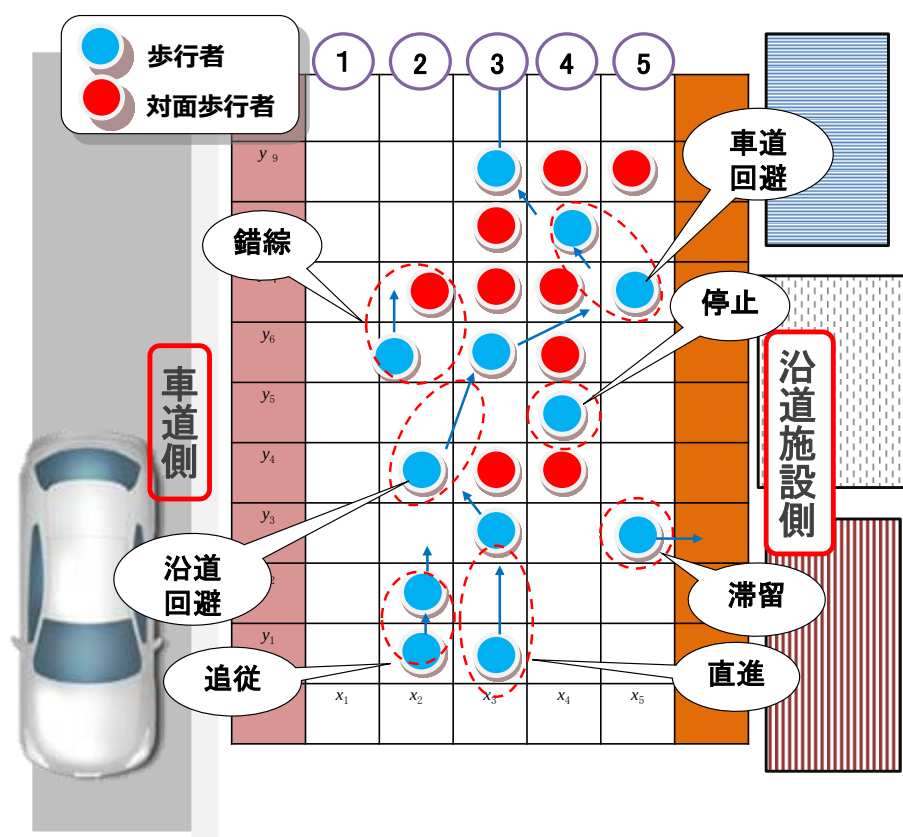


図 6-4 歩行者行動動線の概念図

6-4-2. 歩行者行動および歩道利用状況の実態分析

各年の計測対象時刻を表 6-4, 分析結果を表 6-5 ならびに表 6-6 に示す。

表 6-4 各年計測対象時刻(時：分：秒)

計測年	午前	午後
H19(2007)	10:02:22～	12:17:15～
H20(2008)	11:32:30～	12:35:07～
H21(2009)	11:05:23～	12:10:49～

表 6-5 歩行者行動選択率(%)

		2007		2008		2009		平均
		A.M.	P.M.	A.M.	P.M.	A.M.	P.M.	
歩行者数(人/min)		4	6	27	31	38	37	24
行動選択率(%)	車道回避	0.0	1.9	1.5	4.3	0.5	8.7	2.8
	沿道回避	4.2	0.0	4.5	9.2	5.1	2.6	4.3
	直進	95.8	98.1	92.1	86.5	94.5	88.7	92.6
	停止	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.3
	滞留	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
追従率(%)		0.0	0.0	7.0	20.2	26.6	16.1	11.7
錯綜率(%)		0.0	0.0	2.2	4.0	3.2	5.2	2.4

表 6-6 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/min)		4	6	27	31	38	37	24
歩行速度(km/h)		4.9	3.9	4.2	4.0	3.4	4.1	4.1
車道回避角度(°)		6.5	12.0	8.0	8.7	10.0	8.1	8.9
沿道回避角度(°)		6.6	12.7	7.2	10.8	12.2	7.3	9.5
歩行密度(人/m ²)		0.013	0.019	0.063	0.073	0.108	0.152	0.071
利用通行帯(%)	1(車道側)	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.9	0.3
	2	2.7	43.9	26.8	7.5	24.6	25.9	21.9
	3	45.9	38.6	26.3	34.1	50.4	16.7	35.3
	4	27.0	16.7	46.5	45.7	25.0	18.7	29.9
	5(施設側)	24.3	0.0	0.4	12.7	0.0	37.9	12.6

表 6-5 の歩行者行動選択率は式(6.4)に示すとおりで、計測対象区間における画像の計測開始時刻から 1 分間当たりのすべての歩行者の各行動選択数を計測したものを午前・午後別にまとめたものである。分子の各行動選択回数 t_i とは、計測時間帯で全ての歩行者がとる直進、車道側・沿道施設側（左・右）の回避、停止、滞留、錯綜、追従といった各行動選択のそれぞれの回数のことである。また分母の全行動選択回数 T はその総和であらわす。

$$P_i = t_i / T \times 100 \quad (6.4)$$

ここで、 P_i ：各行動 i の選択率、 t_i ：各行動の選択回数、 T ：計測対象の全歩行者の行動回数

ただし、左右回避は、車道に対して歩行者の抵抗があることが想定されることから、歩行抵抗を考慮し、車道側回避と沿道施設側回避に識別して集計した。追従、錯綜行動回数は、少なかつたため、表 6-5 では、直進行動に含め、直進行動のうち「追従」「錯綜」が占める割合とした。

表 6-5 からいずれの計測年においても「直進」選択率が高く、歩行者は原則として対面歩行者や歩行に支障のある障害物がない場合は最初に選択していた通行帯を移動すると考えられる。しかしながら、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、中央通りにおいて時間帯によっては、歩道内の歩行者が多くなることによって直進しにくい現象が生じていることがわかる。

なお、表 6-6 に示した歩行者密度は、画像計測時間帯において単位時間間隔で計測された歩行者数に基づいて算出された歩行者密度の平均値を示した。歩行者密度が比較的小さくても回避や追従、錯綜が生じていたのは、計測区間内で歩行者が一様に分布せずに、グループ等で比較的主とまった歩行者群が生じた状態で相互通行が生じたためであると考えられる。歩行者の回避行動では車道側回避率より沿道側回避率が高くなった。回避を行う場合も、車両に対してより安全である沿道側を選択していると考えられ、車道側に対する歩行抵抗を確認することができた。停止は 2008 年において 2.0%しか計測されなかった。瞬間的な停止はあっても 1.0 秒以上の停止行動が観測されるケースは少なかった。追従行動も、歩行者数が多くなるほど、追従率が高くなることわかる。ただし、2008 年午後および 2009 年は、画像計測した結果から同伴者が多いことが原因していると考えられる。

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。多少の混雑では、速度を低下させずに対面歩行者に対して回避や錯綜行動をとり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、車道側をより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。3 年間の通行帯別利用率から歩道中央の利用率が最も高く、ついで沿道施設側の通行帯の利用率が高くなっていることから車道側の歩行を避けていることがわかる。

6-5. 歩行空間評価意識構造モデルの構築

6-5-1. 満足度調査に基づく潜在評価意識因子の抽出

歩行者が歩行者優先道路およびその周辺の歩行空間に対して、どのような潜在意識から評価を行っているかを分析する。潜在因子を抽出するため、歩行者の道路ならびに歩行空間に対する満足度得点に因子分析を適用することで歩行者優先道路における歩行空間満足度評価の主要因子を明らかにした。

ここで、歩行者の直進、車道側および沿道施設側への回避行動は、歩行空間の形状や歩道での歩行者量のみならず、自動車交通量の影響も受けていると考えられること、長野市中心市街地中央通りでは自動車流入規制の導入も視野に入れていることから、本研究では自動車流入規制の有無（年度によって車輛の流入規制が異なる）も同時に考慮できるように、2007年から2009年の3年間の満足度調査結果を一体的に用いることとする。3年間の満足度得点に因子分析を適用した結果を表6-7に示す。

表 6-7 歩行者優先道路の満足度評価意識因子の抽出

変 数	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
人や自転車との接触	0.3051	0.1476	0.4492	0.0657	0.0493
自動車交通量	0.7897	0.0718	0.1844	0.0804	0.0280
自動車走行速度	0.8246	0.1364	0.0988	0.1004	0.0330
路上駐車	0.4798	0.2052	0.1080	0.0729	0.0546
走行車との距離	0.5787	0.1766	0.2963	0.0720	0.0737
歩道幅等歩くスペース確保	0.1766	0.1815	0.7500	0.0949	0.1458
歩道での段差	0.1673	0.2421	0.5109	0.1168	0.0881
立ち話のしやすさ	0.0944	0.1261	0.6975	0.0660	0.1788
横断しやすさ	0.2778	0.2064	0.3817	0.0925	0.1857
ベンチなどの休憩場所の位置	0.0832	0.1697	0.2165	0.1615	0.7406
ベンチなどの休憩場所の数	0.0650	0.1108	0.2025	0.0958	0.9661
街路樹や花壇の位置	0.1241	0.2258	0.1480	0.9486	0.1092
街路樹や花壇の数	0.1279	0.2409	0.1128	0.7112	0.1442
歩道の美観	0.2090	0.5500	0.1724	0.3272	0.1118
沿道施設など町並みとの調和	0.1629	0.6160	0.1031	0.2335	0.1126
見通し	0.1823	0.7790	0.2515	0.0906	0.0606
開放感	0.1684	0.7375	0.2902	0.1327	0.1389
騒音	0.3756	0.3586	0.2730	0.0778	0.0910
累積寄与率	13.46%	26.68%	38.83%	48.28%	57.61%

表 6-7 より、累積寄与率が 60%程度以上となっている因子 5 までを示す。第 1 因子は「自動車交通量」「自動車走行速度」「走行車との距離」の因子負荷量が高いため『歩行安全性』に関する因子とした。第 2 因子は「歩道の美観」「まちなみとの調和」「見通し」「開放感」の因子負荷量が高いため『歩行環境』に関する因子とした。第 3 因子は「歩くための歩行スペースの確保」「歩道の段差」「立ち話のしやすさ」「人や自転車との接触」の因子負荷量が高いため『歩行利便性』に

関する因子とした。第4因子は「街路樹花の数および位置」が、第5因子は「ベンチなどの休憩場所の数・位置」の因子負荷量が高いことから、それぞれ『歩道の潤い』『歩道の憩い』に関する因子と考えられる。以上、歩行者優先道路空間の潜在評価意識因子とした。

なお、累積寄与率が低めであるものの、本因子分析では共分散構造モデルにて適用する潜在変数の抽出を目的としているため、本結果を採用することとした。

6-5-2. 歩行者行動を考慮した歩行空間評価意識構造モデル

歩行者優先道路の形状および交通規制の導入により生成される歩行者行動を含む交通状態などの道路交通条件を政策変数とした歩行空間の評価指標を構築する。具体的には、歩行空間満足度調査結果に因子分析を適用し得られた潜在評価意識因子を「潜在変数」、満足度評価項目を各潜在評価意識因子の「多重指標(観測変数)」とする。さらに歩行空間整備指針である、歩道幅員を含む歩道空間の形状および、車両台数などの交通規制の導入により生成される交通条件を原因因子とするとともに、前章で計測集計を行った歩行者優先道路空間形状により形成された歩行者行動および歩道利用状況を多重原因として組み込んだMIMIC(Multiple Indicator Multiple Cause Model)型の歩行空間評価意識構造モデルを構築する。モデルに、整備指標である具体的な道路交通条件、歩行者行動および歩行利用状況を当てはめると、歩行空間を構成する各評価項目の満足度が算出されるため、様々なケースを与えることで来街歩行者の評価がより高い道路交通条件を検討することができる。

原因因子のうちの道路交通条件の選定は、多重指標である満足度調査項目を目的変数、具体的な道路交通条件を説明変数として重回帰分析を適用した既往研究の結果に基づき、符号、t値、相関の高い項目を選定した。

潜在評価意識因子は、前項の因子分析結果に基づき、寄与率の高い因子を歩行空間評価意識構造の上位となるようなパスの向きを設定した。また、因子数は寄与率が高く、因子分析において固有値スクリープロットの変化が大きく変わる第2(歩道の環境)までと、因子2とほぼ同程度の固有値であった因子3(歩行利便性)まではモデルに組み込む因子とした。

潜在評価意識因子と多重指標である満足度の各評価項目の組み合わせは、因子分析結果に基づいて選定した。

以上、潜在評価意識因子、多重指標因子、原因因子の組み合わせは、歩行空間評価意識構造モデルの構築において原因因子から潜在評価意識因子へ、また潜在評価意識因子から満足度評価項目へのパス係数(標準化係数)の符号が妥当であることを考慮して試行錯誤した。その結果、潜在意識因子は因子分析の寄与率の高い順番でパスの向きが決まり、また3因子までを採用した場合に、パス係数の符号が妥当な結果が得られた。本モデルにて採択した各変数は表 6-8 に示すとおりである。

表 6-8 モデルに組み込む原因因子

潜在変数	歩行安全性，歩行環境，歩行利便性
道路交通条件	歩道幅員，車道幅員，歩行者量，車両台数，植栽の数，累計休憩所数
歩行者行動	回避率，錯綜率
歩道利用状況	歩行者密度，歩行速度

※太字は歩行空間サービス水準指標を示す

歩行者行動は回避率，錯綜率を，歩道利用状況は歩行者密度，歩行速度を採用した．多重原因多重指標型の歩行空間評価意識構造モデルとその解析結果を図 6-5 に示す．本研究で取り上げた歩行者行動と歩道利用状況のうち，いくつか（表 6-8 の太字項目）は歩行空間サービスレベルの評価項目として設定されているため，本モデルでは，より具体的な歩行空間設計指針を含んでいると考えられる．

なお，「市街地道路の計画と設計」⁸⁴⁾に基づき，歩行者行動では，回避率，錯綜率を，歩行者利用状況では歩行者密度，歩行速度を歩行空間サービスレベル指標とする．

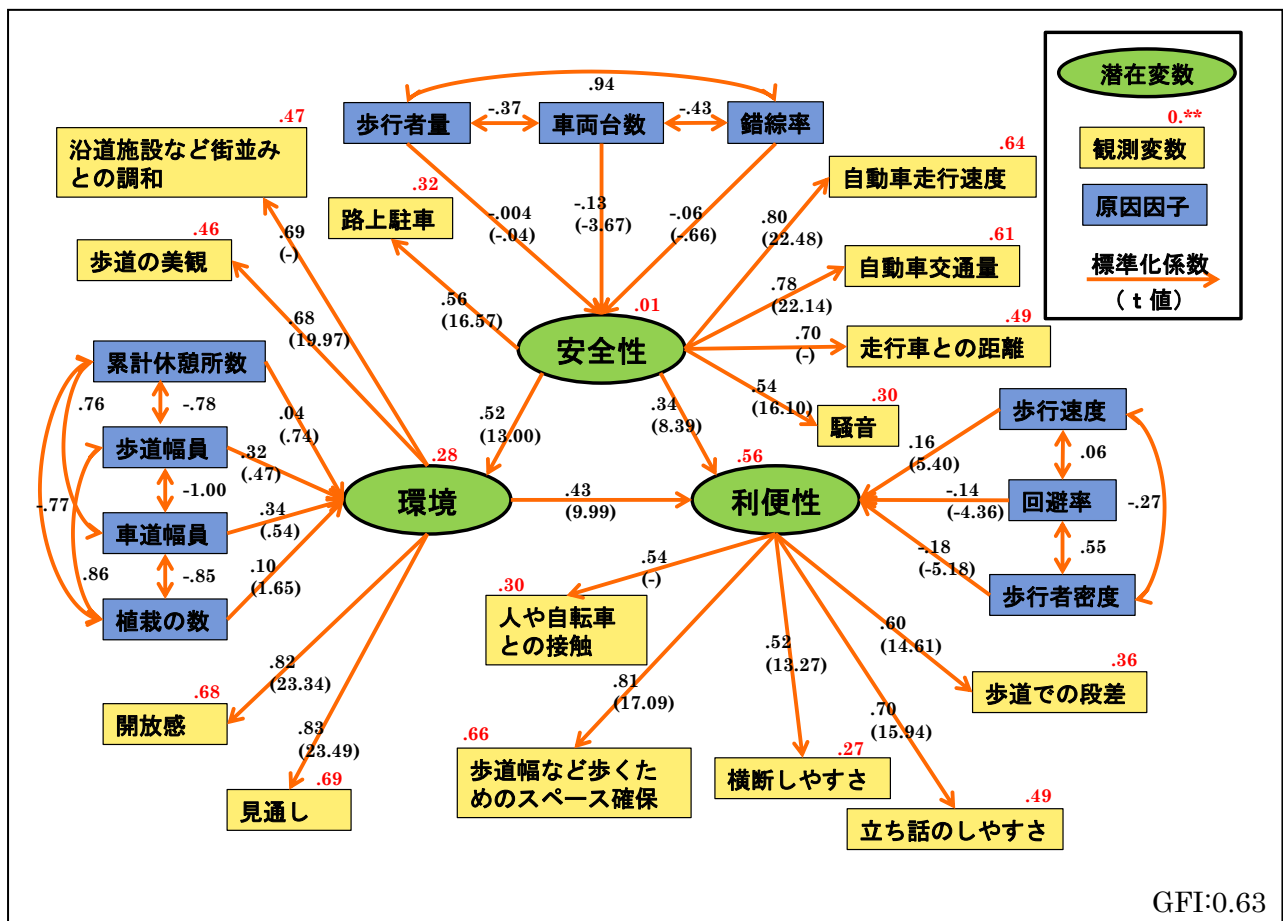


図 6-5 歩行空間評価意識構造モデル

6-5-3. モデルのパラメータの推定と考察

(1) 原因因子と多重指標との関係性

「歩行安全性」の確保は大前提であり、安全性に対する評価が他の評価因子に影響を与える意識構造を形成していることがわかる。いずれの潜在因子間でもパス係数の符号は正であった。歩行者優先道路で重要な「歩行利便性」は、歩行の安全性確保と歩行環境に関連する道路の見通しや開放感を確保することによって評価が高くなることがわかる。「歩行環境」評価の向上には、歩行の安全性確保がかかせないことがわかる。以上、本モデルより、「歩行利便性」「歩行環境」などの歩行者優先道路整備において考慮しなければならない評価因子間の関係は、直接的な効果のほか、直接影響を受けない因子であっても間接的効果も考慮できるため、より現実的に因子間で及ぼす影響を再現できると考えられる。

つぎに潜在因子間の関係が満足度評価項目へ繋がるパス係数に及ぼす影響を検討する。「歩行利便性」に基づく満足度評価項目は表 6-7 と比較すると「歩行安全性」および「歩行環境」因子からの影響によって「歩行スペースの確保」「人と自転車との接触」などほぼすべての満足度評価との関係性が強まったと考えられる。以下同様に、「歩行環境」では「歩行安全性」因子からの影響により、ほぼすべての満足度評価との関係性が強まったことがわかる。

(2) 原因因子と潜在変数との関係

ここでは前節で構築した歩行空間評価意識構造モデルについて原因因子と潜在変数の関係をパス係数(標準化係数)の符号に基づいて考察する。

まず、道路交通条件の変化が潜在変数に与える影響を考察する。歩行者量と車両台数の符号が負であることから、車両台数の流入規制することで「歩行安全性」の潜在評価意識を高めることができる。

つぎに、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を考察する。錯綜率および歩行者量の符号が負であることから、歩行者量が多くなれば歩道上の安全性に対する評価意識は低下するが、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、「歩行安全性」の潜在意識にかかわる評価は低くなることが示唆されている。

歩道幅員および車道幅員の符号が正であることから、幅員の広さは見通しが良いとの評価に反映されていると考えられる。上位の因子において歩行者量の符号が負となっていることから、単位幅当たりの歩行者量が少ないことが、歩行環境評価に大きな影響を与えていると考えられる。

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」の潜在意識にかかわる評価を低下させる可能性が高いことを示している。回避率の符号は負であり t 値も高いことから、直進できない程の歩道の混雑が生じると、「歩行利便性」の潜在意識にかかわる評価を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」の潜在意識にかかわる評価を低下させることを示している。

6-6. 歩行空間サービスレベルと歩行空間満足度評価との関係

6-6-1. ケースの設定

本章では、長野市中央通り社会実験時の道路交通条件と歩行者行動及び歩道利用状況データを用い、各年度(ケース)の歩行者優先道路交通条件を歩行空間評価意識構造モデルに入力することで満足度を算出する。なお、歩行者密度については、計測された歩行者量より算出可能な平均歩行者密度を適用している。平均値であるため値は小さいが、ある程度の集団が通行する際に回避や錯綜が発生していた。

本研究で検討の対象とするサービスレベルは「吉岡昭雄『市街地道路の計画と設計』(社)交通工学研究会⁸⁴⁾」である。密度、交通量、歩行速度、歩行行動の自由度(追い越し、身体的接触等その他)などの評価項目をAからFのサービスレベルで規定されている。本研究の歩行空間評価意識構造モデルでも原因因子として歩行者密度、歩行速度、歩行行動の自由度として回避率、錯綜率がサービスレベル評価項目に当てはまり、本研究の目的であるサービスレベルと満足度の関係を明らかにするための評価指標として吉岡の規定したサービスレベルを用いることとした。なお、そのうち最も低い評価項目を各ケースのサービスレベルとした。各ケースの歩行者優先道路のサービスレベルはGWのイベント開催期間中に中央通りで行われていたことから、行事・催し物の歩行のサービスレベルを与えた。ケースの設定とサービスレベルの関係は表6-9に示す。

表6-9 ケースの設定とサービスレベルの関係

原因因子		2007		2008		2009	
		AM ケース1	PM ケース2	AM ケース3	PM ケース4	AM ケース5	PM ケース6
道路交通条件	歩行者量(人/h)	210.	361.	1637.	1880.	2220.	2298.
	車両台数(台/h)	434.	473.	35.	33.	429.	401.
	歩道幅(m)	6.0	6.0	5.1	5.1	4.6	4.6
	車道幅員(m)	6.0	6.0	7.8	7.8	9.0	9.0
	植栽の(個)	28.	28.	22.	23.	23.	23.
	休憩所の数(個)	13.	13.	36.	36.	52.	52.
歩行者行動	錯綜率(%)	0.00	0.00	2.20	4.00	3.20	5.20
	回避率(%)	4.20	1.90	6.00	13.50	5.60	11.30
歩道利用状況	歩行速度(km/h)	4.90	3.90	4.20	4.00	3.40	4.10
	歩行者密度(人/m ²)	0.01	0.02	0.06	0.07	0.11	0.15
サービスレベル		A	A	B	C	B	C

※サービスレベルは「歩行者行動」「歩道利用状況」より算定

6-6-2. 満足度算定結果

表 6-9 の道路交通条件，歩行者行動，歩道利用状況により歩行空間評価意識構造モデルから歩行空間の各評価項目の満足度を算出する。

歩行者優先道路における評価意識因子として重要な「歩行安全性」「歩行利便性」について，各満足度の算定値と実測値の相関を図 6-6 および図 6-7 に示す。

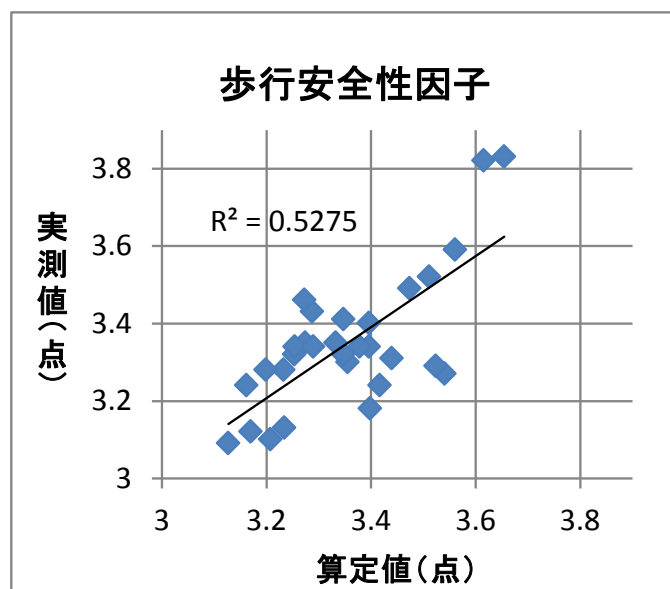


図 6-6 「歩行安全性」の満足度に関する相関($R^2=0.5275$)

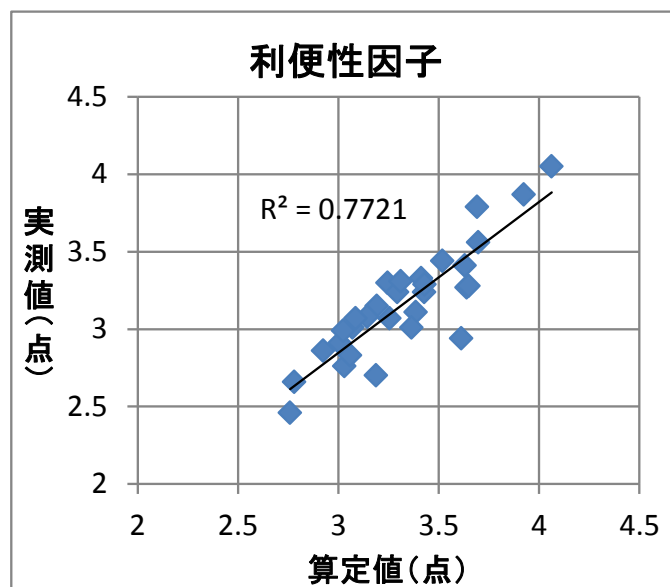


図 6-7 「歩行利便性」の満足度に関する相関($R^2=0.7721$)

算定値と実測値との相関は， R^2 からモデルより算定される満足度と調査データによる満足度の相関はある程度得られていることがわかる。

また「歩行安全性」「歩行利便性」の各満足度の結果を図 6-8 および図 6-9 に示す。

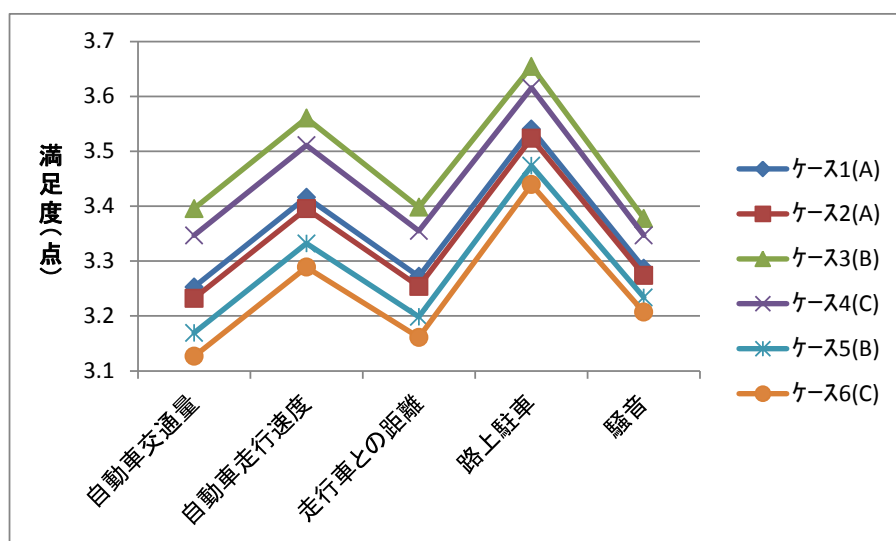


図 6-8 「歩行安全性」の満足度

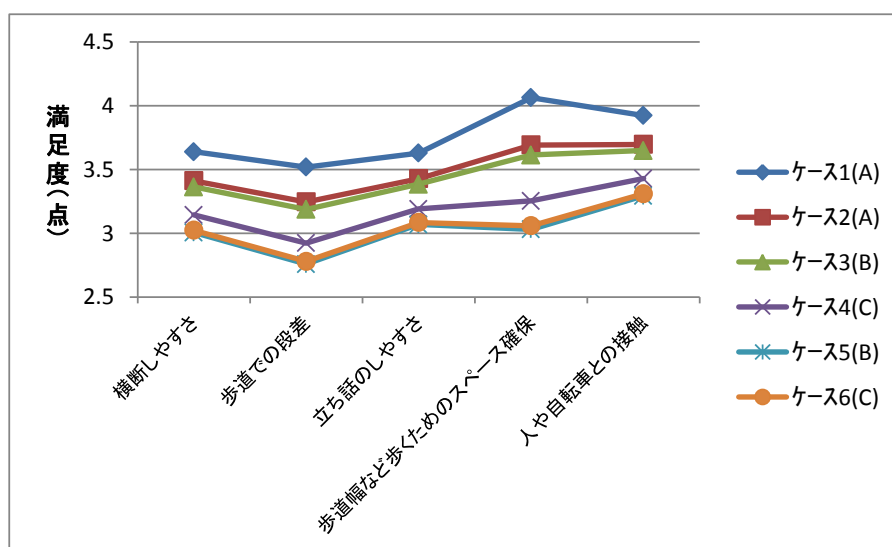


図 6-9 「歩行利便性」の満足度

図 6-8 および図 6-9 の縦軸は満足度得点である。なお、満足度得点は、「よい・まったく支障ない」(5 点), 「どちらかといえばよい・ほぼ支障ない」(4 点), 「どちらともいえない」(3 点), 「どちらかといえば悪い・ある程度支障あり」(2 点), 「悪い・支障あり」(1 点) である。

今回の結果から、長野市中心市街地歩行者優先道路社会実験では、自動車流入規制が行われた 2008 年と規制が行われなかった 2007 年および 2009 年では、「歩行 安全性」に関する多重指標の満足度で騒音を除いて 0.2 点以上の差が生じていた。サービスレベルが A であっても、安全性に関する多重指標は「どちらともいえない」よりもやや良い程度の評価が多かった。とくに自動車交通量や自動車との接近に対して評価が厳しかった。一方、「歩行利便性」はサービスレベル A

と B では満足度で 1.0 点以上の差が生じているところもある。とくに歩くためのスペースの確保では、レベル A が「どちらかと言えばよい」と評価される傾向が強く、レベル B および C が「どちらとも言えない」と評価される傾向が出ており、評価差が生じる評価項目もあることがわかった。

6-7. まとめ

(1) 歩行者行動実態に関する知見

- (a) 歩行者は原則として対面歩行者や障害物がない場合、直進率が高く、同じ通行帯を移動すると考えられる。
- (b) 回避行動では車道側回避率よりも沿道回避率が高くなった。歩行者は沿道施設側の通行帯の利用率が高く、対面歩行者を回避するには安全な沿道側の方に移動する傾向があった。
- (c) 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。
- (d) 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、車道側に回避しても角度は小さくなったと考えられる。

(2) 歩行空間評価意識構造モデルの分析による知見

- (a) 自動車を流入規制することで「歩行安全性」の潜在意識にかかわる評価を高めることができる。
- (b) 歩道幅員および車道幅員は見通しの点で、「歩行環境」の潜在意識にかかわる評価を高めることができる。さらに単位幅当たりの歩行者量が少ないことも「歩行環境」の潜在意識にかかわる評価を高めることができる。
- (c) 歩行速度の低下は、「歩行利便性」の潜在意識にかかわる評価を低下させる可能性が高いことがわかった。
- (d) 回避率が高く、直進ができないほどの歩道の混雑が生じると、「歩行利便性」の潜在意識に関わる評価を低下させる可能性が高いことがわかった。
- (e) 歩行者密度が高くなると、「歩行利便性」の潜在意識にかかわる評価を低下させることがわかった。

(3) 歩行者優先道路の歩行空間の満足度とサービスレベルの関係から得られた知見

- (a) 「歩行安全性」に関しては、サービスレベルが A であっても、安全性の多重指標は「どちらともいえない」に近い評価が多かった。歩行者は特に自動車交通量や自動車が接近することに抵抗を持っていることがわかる。
- (b) 「歩行利便性」はサービスレベル A と B では満足度で最大 1.0 点以上の差が生じていた。特に歩くためのスペースの確保では、「どちらかと言えばよい」と評価された項目と、「どちらかといえば悪い」の評価差があることがあり、歩くためのスペースの確保は、「歩行利便性」に大きな影響を与えることが分かった。

6-8. 参考文献

- 78) 小井土祐介, 浅野光行(2009): 歩行形態が歩行空間のサービスレベルに与える影響, 日本都市計画学会 都市計画論文集 No.44-3, pp.97-102
- 79) 浅野美帆, 桑原雅夫, 田中伸治(2006): 混雑時におけるマイ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
- 80) 浅野美帆, 井料隆雅, 桑原雅夫(2008): 交錯交通の要領評価のためのマイクロ歩行者行動モデル, 交通工学, Vol.43, No.4, pp.23-34
- 81) 松本隆嗣, 柳沢吉保, 高山純一, 上倉道陽, 竹内剣(2010): 街路形状及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, 第42回土木計画学研究委員会(秋大会)講演集, Vol.42
- 82) 柳沢吉保, 高山純一, 松本隆嗣, 竹内剣(2012): 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, 415-421
- 83) 柳沢吉保, 高山純一, 滝澤諭, 轟直希(2010): 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
- 84) 吉岡昭雄(1987): 「市街地道路の計画と設計」(社) 交通工学研究会
- 85) 豊田秀樹: 共分散構造分析[Amos 編]付録 A 適合度指標, 東京図書

第7章 交通施策導入による政策評価 -長野市中心市街地歩行者優先型街路への適用-

7-1. 概要

本章では、前章までで定式化したモデルを長野市中心市街地歩行者優先型道路への適用を試みる。回遊行動モデルに関しては、長野市中心市街地の地理的要因や交通施策状況等を考慮したモデルへの発展を目指す。また、歩行空間評価意識構造モデルにおいては、長野市中心市街地内で各種交通施策が導入された場合のシミュレーションを通じて、サービスレベルと満足度評価の関係性を考察する。

7-2. 回遊行動モデルの長野市中心市街地条件への適用

7-2-1. 質的評価項目の導入意義

前章にて構築した回遊行動モデルでは、選択ノードの特性について量的評価指標を説明変数として導入したモデルを構築している。一方、目的選択行動には、量的評価のできない来街者の意識（施設の注目度や満足度、再来訪意向等）が大きく影響していると考えられる。また、各ノードへのアクセス特性についても、歩行者優先道路区間長だけでなく、歩行空間の満足度が回遊継続におよぼす影響は大きいと想定される。そこで、2014年（平成26年）に実施した調査では、来街者に以下の質的評価項目を聞いている。表7-1に示す質的評価項目をこれまでのモデルに組み込むことによって、目的地ノードを量的評価指標のみならず、来街者の質的評価指標を考慮したモデルへと発展させることを目指している。

表7-1 質的評価項目

区分	調査項目
▼施設（ノード）に対する質的評価（5段階評価）	
施設に対する事前評価	事前の注目度
施設に対する満足度	周辺との調和性、歴史性、サービス充実度、雰囲気、 回遊自由度、独自・地域性
施設に対する事後評価	再来訪・紹介意欲
▼アクセス性に対する質的評価（安全、満足項目を選択）	
経路の安全性	自転車との接触、自動車交通量および速度
経路に対する満足度	歩行空間の広さ、会話しやすさ、美観、街並み調和、 見通し・解放感
経路の総合評価	歩く楽しさ

街路評価が移動距離にどのような影響を与えているのかを分析するため、数量化Ⅲ類を適用し、合成変数を算出した。その結果を表 7-2 に示す。また、クラスター分析により類型化した結果を表 7-3 に示す。

表 7-2 数量化理論 3 類の結果

	カテゴリー	第 1 軸	第 2 軸	第 3 軸
安全性 指標	人や自転車との接触	1.7849	<u>2.0309</u>	-0.3078
	自動車交通量	1.8644	<u>2.5922</u>	-1.3921
	自動車の走行速度	1.8068	<u>2.4721</u>	-1.0409
街路満足度 指標	歩くためのスペース	1.8650	0.1290	1.7880
	立ち話のしやすさ	<u>2.4146</u>	0.0595	-0.8793
	歩道の美観	1.9630	-1.9519	0.3409
	沿道施設との街並み調和	<u>2.0634</u>	-2.1908	-1.5489
	見通し・解放感	<u>2.1267</u>	-0.9031	1.2039
	歩く楽しさ	1.9746	-2.5252	-1.7115
	寄与率(%)	63.19	10.58	6.24

表 7-3 クラスタ分析結果

クラスター	割合 (%)	全項目 評価(1 軸)	歩行安全性 評価(2 軸)	歩行快適性 評価(3 軸)	1 トリップあたりの 平均距離(m)
No.1	70.38	-0.573	-0.073	0.083	184.454
No.2	5.95	<u>1.160</u>	<u>1.998</u>	<u>1.259</u>	<u>487.244</u>
No.3	12.44	0.912	0.265	-1.925	469.172
No.4	11.22	<u>1.966</u>	-0.898	0.948	421.395

表 7-2 より、数量化理論Ⅲ類を適用した結果、第 1 軸の寄与率が約 63%、第 2 軸の寄与率が約 11%、第 3 軸の寄与率が約 6%となった。第 1 軸に着目すると、すべての項目が高いカテゴリー数量を示しており、総合的な評価の高さを表す軸であると推定できる。続いて第 2 軸は、「人や自転車との接触」や「自動車交通量」「自動車の走行速度」が高いカテゴリー数量を示しており、安全性指標の評価の高さを表す軸であると推定できる。続いて第 3 軸は、「歩くためのスペース」「見通し・解放感」のカテゴリー数量が高く、歩行快適性を表す軸であると推定できる。

本結果よりサンプルスコアを算出し、クラスタ分析によってグループ分けした結果が表 7-3 である。表 7-3 より、街路に対する満足度評価が低いと、1 トリップあたりの平均回遊距離も短い傾向となった。一方、街路に対する評価が総合的に高い No.2 の平均回遊距離は約 490m。特に歩行の安全性（第 2 軸）が距離を伸ばす要因として強い可能性がある。以上のことから街路満足度は、回遊促進に影響を及ぼしていることから、これらを回遊行動モデルへと組み込んでいく必要性が示された。

7-2-2. 質的評価導入モデルの適用結果

前章にて構築した回遊行動モデルでは、選択ノードの観光地特性や商業地特性等の統計的データを変数に導入し、モデルを構築していた。しかしながら、中心市街地への来街者の行動は、歩道の歩きやすさ、すなわち歩行空間の環境によって大きく変容する可能性が前項にて示された。そこで、来街者の歩行環境評価指標を考慮した回遊行動モデルの構築を試みる。説明変数にノード間街路満足度を導入したモデルのパラメータ推定結果を表 7-4 に示す。

表 7-4 パラメータ推計結果

変数名	基本モデル	満足度指標モデル
Level2		
ノード間距離(m)	-1.12×10^{-3} (7.481)	-1.08×10^{-3} (6.922)
観光魅力集積度	9.71×10^{-3} (8.634)	8.47×10^{-3} (7.646)
ノード間街路満足度		0.179 (5.657)
Level1		
帰宅確率 (1-目的達成度)	-1.188 (6.044)	-1.186 (6.036)
ログサム 変数 λ	0.542 (9.066)	0.476 (8.835)
尤度比	0.242	0.263
相関係数	0.657	0.719

※ () 内は t 値

表 7-4 より、基本モデルと満足度指標を導入したモデルを比較すると、尤度比、相関係数ともに向上する傾向を示した。また、各変数の t 値も妥当な数値となっていることから、来街者の街路満足度を導入することによって、回遊行動モデルの精緻化を図ることができた。

また、ノード間街路満足度のパラメータが正の値で出ていることから、ノード間街路満足度が高いノードほど選択する可能性が高まることを示している。

7-2-3. 歩行抵抗導入の意義

長野市中心市街地は、長野駅から善光寺にかけて緩やかな傾斜となっており特徴的な地形となっている。長野駅の標高が 360.5m であるのに対して、善光寺入口では 392.1m、善光寺本堂付近では約 405m と言われており、その標高差は約 45m に達する。これほどの高低差を抱える対象地域においては、地形による負荷と年齢による身体能力の変化を勘定した歩行換算距離の検討が重要であると考えられる。既往研究としては⁸⁶⁾、「力学的換算距離」「代謝的換算距離」などを定義し、施設利用者の利用行動を的確に説明できる可能性を示している。そこで本研究においても、各年齢別に運動能力平均指数を導入し、説明力の向上を試みた。利用した運動能力指数は既存研究を参考とし、表 7-5 に示す指数を利用している。

表 7-5 年代別の運動能力指数

年齢階級	運動能力 平均指数	年代	年代別指数	割合	逆数
5~9	51.63	10代	88.055	0.906	1.104
10~14	80.58				
15~19	95.53				
20~24	97.47	20代	97.215	1.000	1.000
25~29	96.96				
30~34	95.75	30代	95.385	0.981	1.019
35~39	95.02				
40~44	93.47	40代	91.985	0.946	1.057
45~49	90.5				
50~54	85.32	50代	82.89	0.853	1.173
55~59	80.46				
60~64	76.29	60代	72.935	0.750	1.333
65~69	69.58				
70~74	64.37	70代	61.925	0.637	1.570
75~	59.48				

※各年齢の体力測定の結果より、ピーク時の 20 代を 1.000 とした場合の年齢の負荷を算出した。

7-2-4. 歩行抵抗導入モデルの適用結果

前項の表 7-5 にて示された割合の逆数をノード間距離に考慮することで、実距離と異なった各年代の体感距離としてパラメータを算出した。また、同様の手法で、長野市内中心市街地の歩行実態（各年代別の平均歩行距離より簡易的に算出）より、長野市内における年代別の歩行能力指数を算出し、比較した。その結果を表 7-6 に示す。

表 7-6 運動能力指数を考慮したモデルのパラメータ推定結果

変数名	運動能力 指数モデル	歩行実態 モデル
Level2		
ノード間距離(m)	-9.62×10^{-4} (6.915)	-8.16×10^{-4} (6.916)
観光魅力集積度	8.45×10^{-3} (7.625)	8.36×10^{-3} (7.540)
ノード間街路満足度	0.1278 (5.649)	0.180 (5.708)
Level1		
帰宅確率（1-目的達成度）	-1.190 (6.045)	-1.183 (6.042)
ログサム 変数 λ	0.479 (8.837)	0.471 (8.807)
尤度比	0.263	0.264
相関係数	0.719	0.715

表 7-6 より、ノード間距離を「運動能力指数」ならびに歩行実態より算出した長野市中心市街地における「歩行抵抗指数」にて補正したものの、結果として精度が著しく上昇することはなかった。

7-3. 歩行空間満足度シミュレーション

前章にて構築したモデルを適用し、長野市中央通りの歩行者優先道路施策の条件を導入して満足度を推計する。なお、推計に当たっては、道路交通条件を説明変数とした歩行者の回避率、錯綜率、歩行速度を予測するモデルを作成する。続いて、表 7-7 に示す道路交通条件等を与え、そこから歩行者行動ならびに歩道利用状況を算出した。その算出結果を原因因子として、歩行空間評価意識構造モデルに代入し、観測変数に対する満足度を推計した。

7-3-1. シミュレーション条件

長野市中心市街地では、2008 年より歩行者優先道路化事業を進めており、2015 年に整備が完了した。本整備においては、歩道幅が 4.5m から 6.0m に拡幅され、それに合わせて、植栽や休憩所（ベンチ等）なども整備されている。ここでは、中央通りの街路幅員が 18m であることを考慮し、5 つのパターンの条件設定をした。表 7-7 に示すようにシミュレーション条件の設定にあたっては、本整備の導入前後を歩行者量の違いも考慮した比較を行うとともに、中央通りの対象区間に流入規制を導入した場合の歩行者の街路に対する満足度を推計することとする。

具体的には、表 7-7 の①と③は一般車両の流入規制を行わず、また歩道幅員は整備前の 4.5m とし、歩行者量のみを変え、通常時（①）と混雑時（③）を想定している。②と④は一般車両の流入規制を行わず、歩道幅員は整備後と同様に 6.0m とし、歩行者量は①③と同様に通常時（②）と混雑時（④）を想定した。⑤はトランジットモール（TM）導入を想定した一般車両の流入規制を行うとともに、流入規制による歩道の拡幅を想定し、歩道幅員は 7.5m とし、歩行者量は設定①②と同様とした。

表 7-7 シミュレーション条件の設定

原因因子		①	②	③	④	⑤
		歩行者優先 導入前	歩行者優先 導入後	歩行者優先 導入前	歩行者優先 導入後	TM 導入後
道路条件	歩行者量(人/h)	286	286	2009	2009	286
	車両台数(台/h)	436	436	436	436	34
	歩道幅(m)	45	60	45	60	75
	車道幅員(m)	90	60	90	60	30
	植栽の(個)	23	23	23	23	35
	休憩所の数(個)	52	52	52	52	78
歩行者 行動	錯綜率(%)	0.16	0.09	4.06	4.00	0.02
	回避率(%)	75.1	29.0	99.2	53.0	1.48
歩道利用 状況	歩行速度(km/h)	3.79	4.37	3.73	4.31	4.88
	歩行者密度(人/m ²)	0.02	0.02	0.12	0.12	0.02
サービスレベル		B	A	C	B	A

※歩道幅は片側、サービスレベルは「歩行者行動」「歩道利用状況」より算定

7-3-2. 歩行者行動ならびに歩道利用状況の算出

歩行空間評価意識構造モデルに各要素を代入し、観測変数に対する満足度を推計するためには、歩行空間の道路交通条件に基づく、回避率や錯綜率といった歩行者行動ならびに歩行速度といった歩道利用状況の算出が必要となる。そこで、2007年～2009年の3年間の歩行者行動および歩道利用状況の実態を目的変数とし、表7-7に示す道路交通条件を説明変数として、重回帰分析を適用して算出した。結果を表7-8に示す。

表 7-8 歩行者行動ならびに歩道利用状況の推計結果

説明変数		係数 (t値)	
歩行者行動			
目的変数			
回避率 (直進率=100-回避率)			
説明変数			
歩道幅員		-3.0754	(-6.2184)
植栽の数		0.6784	(8.5626)
自転車量		1.4494	(42.1506)
歩行者密度		22.5706	(4.7458)
定数項		-45.3771	(-26.3020)
重相関係数		0.9364	
目的変数			
錯綜率 (直進行動のうち)			
説明変数			
歩行者量		0.0017	(29.2358)
歩行速度		-0.1278	(-11.8527)
歩行者密度		8.8637	(8.5034)
重相関係数		0.9798	
歩道利用状況			
目的変数			
歩行速度			
説明変数			
歩道幅員		0.3124	(15.0902)
直進率		0.0257	(22.2636)
重相関係数		0.9955	

表 7-8 より、いずれの変数も重相関係数は 0.9 以上となっており、適合性の高いモデル式であると考えられる。各パターンの歩行行動および歩道利用状況の算出結果は、表 7-7 に示す通りである。

各モデルの推計結果より、歩道にて回避行動をする割合を示す回避率は、歩道の幅員が広がるほど低下する傾向を示し、植栽や自転車量などの障害物が増え、歩行者密度が高くなると上昇する傾向を示している。歩行者の直進行動のうち、対面歩行者と錯綜する割合を示す錯綜率は、歩行者量ならびに歩行者密度が大きくなると高まり、歩行速度が低下すると小さくなることを示している。さらに歩行速度は、歩道幅員が広く、直進率が高いほど高まる傾向を示していた。なお、歩行速度推計モデルで適用している直進率は、回避率推計モデルによって算出された回避率より算出した値（直進率＝ $1 - \text{回避率}$ ）を利用している。

7-3-3. 各種条件下におけるシミュレーション結果と考察

表 7-8 の道路交通条件，歩行者行動，歩道利用状況等の条件を歩行空間評価意識構造モデルに代入し，歩行空間の各評価項目の満足度を算出する．歩行者優先道路における評価意識因子として重要な「歩行安全性」「歩行利便性」について，各満足度の算定値を図 7-1 および図 7-2 に示す．

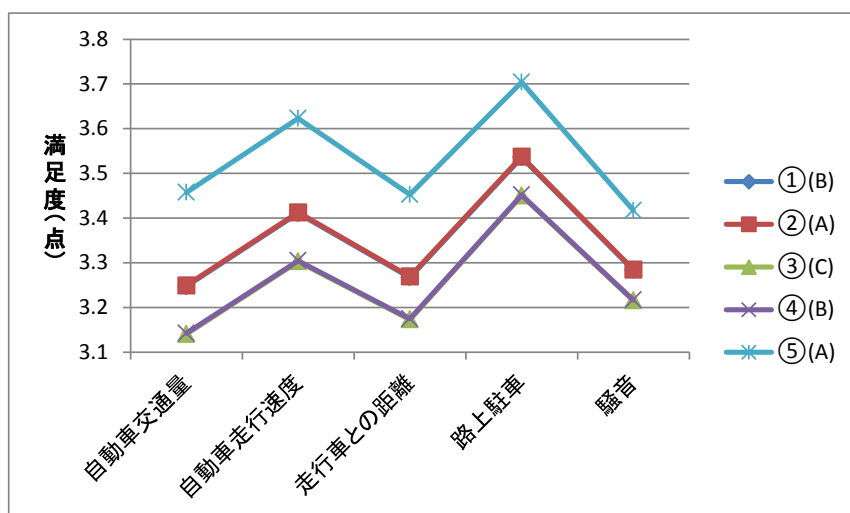


図 7-1 シミュレーションによる「歩行安全性」の満足度

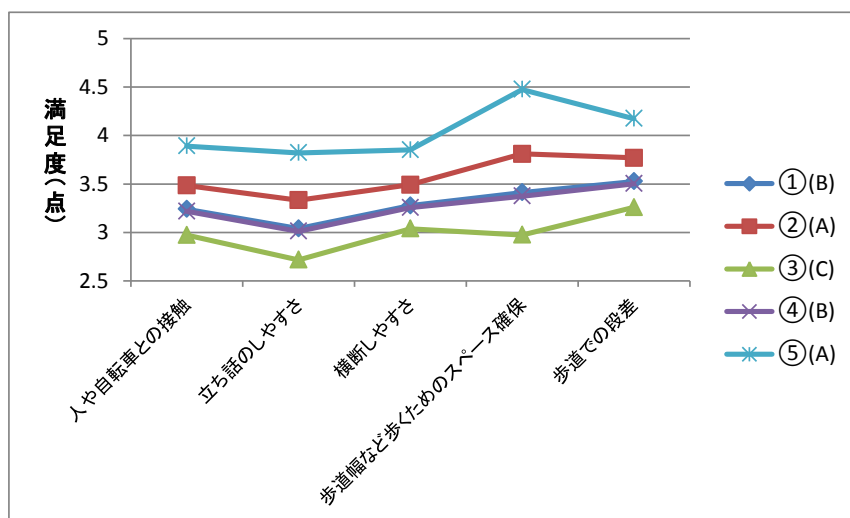


図 7-2 シミュレーションによる「歩行利便性」の満足度

歩行空間評価意識構造モデルより満足度を算出した結果，図 7-1 の「歩行安全性」に関する満足度では，歩行空間におけるサービスレベルの B と C では大きな差が認められなかった．一方，サービスレベル A では，同じレベルであっても 0.2 点程度の差が発生している．また，サービスレベルが高くて，自動車交通量や走行車との距離，騒音に関しては「どちらとも言えない」とする評価となった．図 7-2 の「歩行利便性」に関する満足度では，「歩道幅など歩くためのスペース確保」を除くと，流入規制を行う設定⑤のトランジットモール導入以外の各サービスレベルの差は 0.5 点程度以内となって

おり、サービスレベルの違いによる満足度評価への影響は大きいとは言えない。しかしながら、⑤トランジットモール導入は、歩行者の満足度評価が非常に高まることが分かった。

以上より、サービスレベル B と C にはあまり大きな満足度の差はないものの、サービスレベル A になると、その整備手法によっては、歩行者の満足度を大きく改善させる可能性があることがわかった。今回のシミュレーションにて条件設定した歩行者優先道路導入後のサービスレベルとトランジットモールの導入によるサービスレベルでは、サービスレベルはいずれも A と判断できるが、「歩行安全性」ではおよそ 0.2 点程度、「歩行利便性」では、0.5 点程度の満足度の差が生じており、歩行者優先道路においては、「よい・まったく支障ない」(5点)、「どちらかといえばよい・ほぼ支障ない」(4点)といった評価を得るためには、少なくともサービスレベル A 以上の歩道環境整備が必要であることが明らかとなった。

7-6. まとめ

(1) 回遊行動モデルに関する知見

- (a) 回遊行動モデルに歩行者の満足度指標を考慮した質的評価指標であるノード間満足度を導入した。パラメータ推計の結果、導入前モデルと比較し、尤度比、相関係数ともに向上する傾向を示した。
- (b) ノード間街路満足度のパラメータが正の値で出ていることから、ノード間街路満足度が高いノードほど選択する可能性が高まることを示していた。
- (c) 長野市中心市街地は、長野駅から善光寺にかけて緩やかな傾斜地となっているため、年齢による移動抵抗を考慮した運動能力指数の導入を目指した。
- (d) 長野市中心市街地においては、年齢別の運動能力指数の導入有無がモデル精度に大きな影響を与えていないことが明らかとなった。

(2) 歩行空間評価意識構造モデルシミュレーションによる知見

- (a) 長野市中心市街地において複数ケースを設定し、歩行者満足度とサービスレベルとの関係性を考察した。
- (b) サービスレベル B と C にはあまり大きな満足度の差はないものの、サービスレベル A になると、その整備手法によっては、歩行者の満足度を大きく改善させる可能性があることがわかった。
- (c) 特にサービスレベル A であっても流入規制を行う設定とすることによって、「歩行安全性」や「歩行利便性」などの歩行者満足度を大きく改善できることが分かった。

7-7. 参考文献

- 86) 佐藤栄治, 吉川徹, 山田あすか(2006): 地形による負荷と年齢による身体能力の変化を勘案した歩行換算距離の検討: 地形条件と高齢化を勘案した地域施設配置モデル その1, 日本建築学会計画系論文集 (610), 133-139

第8章 結論

8-1. 研究のまとめ

本研究では、個人の交通行動の選択が行なわれる要因を明確化させつつ、各選択行動を考慮した政策の評価や政策導入の効果を検証することを目的とした。

今回は、中心市街地内における歩行者挙動のうち、施設間を巡るマクロな回遊行動と、街路におけるミクロな歩行者挙動の両面から、その行動メカニズムを明らかにし、非集計型選択行動モデルや共分散構造モデルにより定式化することで、交通行動を表現した。そして、対象地域にて本モデルを適用し、実測値等と比較、検証を行った。本研究で明らかとなった知見を以下に示す。

A. 長野市中心市街地回遊行動モデルの構築

本研究では、市街地内の駐車場、バス停留所、鉄道駅などの市街地内行動拠点へのアクセス特性、市街地内の歩行空間整備および公共交通などの回遊行動支援システムが市街地内行動特性に与える影響を検討するために、入口ノード選択モデル、回遊継続および商業地ノード選択モデルなどを提案し、基本的なモデルの定式化を行った。

- (1) 入口ノード選択モデルを、当該ノードの駐車場台数や駅数や停留所等の状況、主目的ノードまでの距離を変数に組み込むロジットモデルで表現した。
- (2) 入り口ノード選択モデルのパラメータ推定の結果、主目的別に入口ノード選択には特性があることが明らかとなった。
- (3) 第一立ち寄り施設選択モデルを、当該ノードまでの距離やトランジットモール区間長、目的別の魅力度を組み込むロジットモデルで表現した。
- (4) 第一立ち寄り施設選択モデルのパラメータ推定の結果、入口ノードから商業地ノードまでの距離が短いノードを選択する傾向を示しており、距離抵抗の小さい商業地ノードを選択する可能性が高いことを示していた。また、トランジットモール区間長が長く回遊性が高くなる商業地ノードほど選択する可能性が高くなる傾向であった。
- (5) 回遊継続および立ち寄り施設選択モデルを、第一立ち寄り施設選択モデルを拡張し、ネステッドロジットモデルで表現した。来街者の回遊継続（帰宅確率）を表現するため、当該ノードの目的達成割合を説明変数として導入した。
- (6) 回遊継続および立ち寄り施設選択モデルのパラメータ推定の結果、当該ノードで目的を達成できる施設の割合が大きいくほど、回遊を終了する可能性を示していた。また、逐次的に目的達成を考慮するモデルへと発展させ、モデルの適合性を向上させた。
- (7) 歩行者の満足度指標を考慮した質的評価指標であるノード間満足度を導入した。パラメータ推計の結果、導入前モデルと比較し、尤度比、相関係数ともに向上する傾向を示した。
- (8) 長野市中心市街地は、長野駅から善光寺にかけて緩やかな傾斜地となっているため、年齢によ

る移動抵抗を考慮した運動能力指数の導入を目指した。しかしながら、長野市中心市街地においては、年齢別の運動能力指数の導入有無がモデル精度に大きな影響を与えていないことが明らかとなった。

B. 歩行空間評価意識構造モデルの構築

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に基づき、歩行者の「直進」「左回避」「右回避」「錯綜」「追従」「停止」の各行動選択率と、歩行速度、歩行密度等を明らかにするとともに、歩行空間形状と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った。さらに、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を設計するときに重要な歩行空間サービスレベルとの関係性を明らかにした。

- (1) 歩行者行動実態より、歩行者は原則として対面歩行者や障害物がない限りは直進し、同じ通行帯を移動していた。回避行動は、車道側を通行することの抵抗より、より安全な沿道側回避率が高い傾向を示した。
- (2) 歩行者満足度項目より、満足度評価意識因子について因子分析を適用し明らかにした。その結果、「歩行安全性」「歩行環境」「歩行利便性」の3つの代表因子を抽出することができた。
- (3) 「歩行安全性」「歩行環境」「歩行利便性」を潜在変数とし、道路交通条件、歩行者行動、歩道利用状況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た。
- (4) 自動車を流入規制することで「歩行安全性」の潜在意識にかかわる評価を高めることができる。
- (5) 歩道幅員および車道幅員は見通しの点で、「歩行環境」の潜在意識にかかわる評価を高めることができる。さらに単位幅当たりの歩行者量が少ないことも「歩行環境」の潜在意識にかかわる評価を高めることができる。
- (6) 歩行速度の低下や回避率の上昇、歩行者密度の上昇は、「歩行利便性」の潜在意識にかかわる評価を低下させる可能性が高いことがわかった。
- (7) 「歩行安全性」に関しては、サービスレベルが A であっても、安全性の多重指標は「どちらともいえない」に近い評価が多かった。歩行者は特に自動車交通量や自動車が接近することに抵抗を持っていることがわかる。また、「歩行利便性」に関しては、サービスレベル A と B では満足度で最大 1.0 点以上の差が生じていた。特に歩くためのスペースの確保では、「どちらかと言えばよい」と評価された項目と「どちらかといえば悪い」の評価に差があることから、歩くためのスペースの確保は「歩行利便性」に大きな影響を与えることが分かった。
- (8) 長野市中心市街地内にて想定される交通施策について 5 つのケースを設定し、歩行空間満足度シミュレーションを行った。
- (9) シミュレーションの結果、サービスレベル B と C にはあまり大きな満足度の差はないものの、サービスレベル A になると、その整備手法によっては、歩行者の満足度を大きく改善させる

可能性があることがわかった。特にサービスレベル A であっても流入規制を行う設定とすることによって、「歩行安全性」や「歩行利便性」などの歩行者満足度を大きく改善できることが分かった。

8-2. 今後の課題

本研究の今後の課題を以下に示す.

A. 長野市中心市街地回遊行動モデル

- (1) 本モデルにて, 道路交通条件や施設魅力, さらには歩行快適性が回遊性向上に影響を及ぼすことが明らかとなった. 立地適正化を見据え, 施設種類や位置等の検証, 他都市でも援用可能なモデル構築を目指していく.
- (2) 活性化の指標として, 市街地内の歩行者数を明確化させる必要がある. 市街地内の歩行者数を推定するため, 本研究で求める状態遷移確率より, 吸収マルコフ連鎖モデルの考え方を適用して算出し, 評価指標とする.

B. 歩行空間評価意識構造モデルの構築

- (1) 歩行空間の満足度評価モデルを構築し, 歩行空間サービスレベルと満足度の関係性を検証した. 歩行者優先道路の満足度を向上させる要素は, 一般的な歩行空間サービスレベル指標では考慮されていない可能性があるため, 複数ケースを与えながら, 歩行者優先道路における歩行空間サービスの提案を目指す.
- (2) 本モデルでは, 歩行者行動ならびに歩道利用状況等を回帰モデルにて表現したが, 別途開発中の歩行者行動モデルを組み込み, 与えられた歩行空間形状に対する歩行者行動, 歩道利用状況の再現に対応していく.

謝 辞

本研究の遂行ならびに本論文の作成にあたっては、多くの方々から貴重な御指導と御協力を頂きました。

まず、本研究において、終始御指導とご鞭撻を賜った金沢大学大学院 高山純一教授ならびに長野工業高等専門学校 柳沢吉保教授に深く感謝の意を表します。ゼミ等での適切なアドバイス等は本論文の中に大きく活かさせていただきました。ここに改めて御礼申し上げます。

また、中山晶一郎教授には研究方針から研究に関する基礎的事柄まで様々なことを御指導賜りました。研究を進める上での質問や相談に対しても、常に的確かつ丁寧な回答を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

最後に、ゼミ等で貴重なご意見をいただきました藤生慎助教、交通まちづくり研究室の皆様にも感謝申し上げます。

皆様、本当にどうもありがとうございました。

2016 年 1 月 8 日

轟 直希