

街路評価指標を考慮した歩行者回遊行動モデルの構築*

—— 長野市中心市街地を対象として ——

轟直希*1・武藤創*2・柳澤吉保*3・清水春來*4・高山純一*5

Construction of Pedestrian Rambling Activities Model Considering the Street Evaluation Index

TODOROKI Naoki, MUTOH Sou, YANAGISAWA Yoshiyasu,
SHIMIZU Haruki and TAKAYAMA Jun-ichi

In order to improve the central city of charm, it is important that visitors aim the fun center city walking. Therefore, in this study, to build a pedestrian rambling activities model that takes into account the facility attractive, such as commerce and tourism. In addition, to develop a model that takes into account the street satisfaction and walking resistance. By leveraging this model, it enables verification of pedestrian rambling activities in the central city area. And, even in terms of guiding the direction of the street improvement in the central city area, can be expected as its guideline.

キーワード：中心市街地，街路評価，回遊行動モデル，Nested Logit Model

1. 本研究の背景と目的

多くの地方都市では、超高齢化による人口減少やモータリゼーションスパイラル等が主要因となって、中心市街地の賑わいが低下している。本研究の対象である長野市中心市街地においては、第二期長野市中心市街地活性化基本計画を主体として、「訪れたいまち」「住みたいまち」「歩きたいまち」「参加したいまち」を目標に掲げ、中央通り歩行者優先道路化事業をはじめ、善光寺周辺街並み環境整備事業等を展開し、長野市中心市街地の魅力の向上を図っている。これらの事業においては、歩道の拡幅、植栽、石畳化、および沿道の建造物の整備等の修景を通じて、歩行空間及び地域の持つ魅力の向上を目指している一方で、財政面の懸念がある。そ

* 平成 28 年度土木学会中部支部研究発表会（2016 年 3 月 4 日）にて一部発表。

*1 環境都市工学科講師

*2 長野工業高等専門学校専攻科生産環境システム専攻
（平成 27 年度 環境都市工学科卒業）

*3 環境都市工学科教授

*4 北海道大学環境社会工学科
（平成 26 年度 環境都市工学科卒業）

*5 金沢大学大学院自然科学研究科教授
原稿受付 2016 年 5 月 20 日

のため、今後はこれまで以上に効果的かつ効率的な整備を計画・展開していく必要がある。

本研究においては、中心市街地における来街者の回遊行動に影響を与える要因を明白にすることに加え、歩行空間整備や施設整備によって回遊行動にあらわれる変化を明らかにし、その評価を行った上で、次の事業にフィードバックすることが重要である。そこで、長野市中心市街地を対象に回遊行動実態調査を実施し、来街者の回遊行動特性を把握するとともに、回遊行動特性を考慮した回遊行動モデルの定式化を行う。さらに、中心市街地来訪者の買物・観光目的の施設評価や街路評価の導入可能性について検討する。

2. 本研究の位置づけ

中心市街地の回遊行動に関する既往研究としては、荒木ら¹⁾は、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を構築している。木下ら²⁾は回遊行動指標である市街地内でのトリップ数などを考慮し、来街手段が回遊行動に及ぼす影響について分析を行っているものの、中心市街地内への来街手段選択要因までは言及されていない。しかし観光客の回遊行動は定量的な魅力要因のみでは説明できない可能性もあることが、轟ら³⁾からも指摘されており、モデル再現性を向上させるた

め、施設評価や街路評価指標を組み込んだ回遊行動モデルの構築が重要である。また清水ら⁴⁾は、観光客を対象として、中心市街地内の回遊行動モデルを構築している。本研究では、来街者の回遊行動特性を把握するとともに、離散選択モデルを用いた回遊行動モデルの定式化を行い、観光客だけでなく買い物客の回遊行動にも目を向け施設・街路評価の導入可能性について検討する。また歩行者の街路満足度ならびに目的達成度、さらには年代別の運動抵抗等⁵⁾を考慮した総合的なモデルを全来街者対象に構築することを目的とする。

3. 中心市街地内回遊行動実態調査概要

3-1 中心市街地の実態

分析の対象とした長野市中央通りは、JR長野駅から善光寺に至る長野市中心市街地の軸を形成するメインストリートであり、古くから市民や観光客で賑わう、善光寺の表参道として発展してきた。しかしながら、長野市内の道路整備及びモータリゼーションの進展に伴う、住宅・商業施設・事務所などの郊外立地に加え、人口減少による超高齢化が影響し、中央通りおよび周辺地区の賑わいが著しく低下してきた。TOiGO及び、もんぜんぶら座等の複合商業施設の位置する長野銀座においては、1983年には6万人/12時間であった歩行者量が、2013年には2万人/12時間にまで減少しており、歩行者通行量調査からも中心市街地の衰退は明らかである。長野市では、平成11年に「長野市中心市街地活性化基本計画」(以下「旧基本計画」)を策定し、「まちなか遊歩都市NAGANO」をテーマとして、中心市街地の活性化に取り組み始めた。もんぜんぶら座やTOiGOといった、域交流の拠点となる複合商業施設の整備を行う一方で、寺門前地域における回遊性の向上を目的として、前町の歴史を感じる、並み及び商業施設等の賑わいの創出や、の街並みに馴染むような趣ある小路の整備も行われた。また、平成16年から、中央通りトランジットモール化、車道形状の変容に関する社会実験を重ね、道路空間の活用方法や公共交通の利用促進も検討され、「歩いて楽しいまちづくり」を目指して継続的な取り組みが始まった。

平成19年に策定された、第二期長野市中心市街地活性化基本計画は、これまでに整備を終えた拠点を「点」から「線」として結び「面」へと発展させることが重要視されている。つまり、整備の終了した既存のストックを有効に活用して回遊性を高め、より広い範囲にわたる街歩きを促進が課題となっている。平成27年3月末には「中央通り歩行者優先道路

表1 商業地ノード

| No. | 商業地ノード |
|-----|----------------------|
| ① | 長野駅ビル (MIDORI) 東急百貨店 |
| ② | 長野駅周辺 |
| ③ | 長野駅北 |
| ④ | 新田町南 |
| ⑤ | 新田町北 |
| ⑥ | 東西後町南 |
| ⑦ | 東西後町北 |
| ⑧ | 権堂アーケード |
| ⑨ | 大門町南 |
| ⑩ | 大門町 |
| ⑪ | 善光寺 |

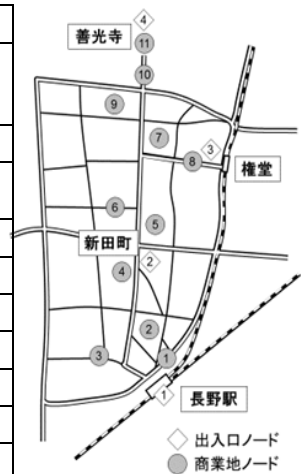


図1 長野市中心市街地概要

表2 主要調査項目

| 項目 | 概要 |
|------|-------------------------------|
| 来街手段 | 出発地点、交通手段、所要時間、運賃、活動拠点(交通結節点) |
| 回遊行動 | 市街地内回遊ルート、立ち寄り施設、利用交通手段 |
| 購買行動 | 使用金額、滞在時間 |
| 満足度 | 各交通施策に対する満足度 |
| 個人属性 | 属性、利用可能手段、来街頻度 |

表3 配布・回収状況

| | |
|--------|------------------------|
| 実施日 | 2014年7月20日(日)、21日(月・祝) |
| 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 |
| 配布数(部) | 3,000 |
| 回収数(部) | 409 |
| 回収率(%) | 13.6 |

化工事」等の大型のハード整備が終了した。今後は、それらの整備が人々の回遊行動に与える効果を的確に評価し、ソフト面の充実と合わせて、今後の事業展開に活かすことが重要となっている。本研究では、長野市中心市街地内に、長野駅、新田町、権堂、善光寺の計4つの出入口ノードと、以下の①～⑪の街区で構成される商業地ノードを設定した。商業地ノードの概要を表1、長野市中心市街地のノード略図を図1に示す。

3-2 アンケート調査の概要と配布・回収状況

中心市街地回遊行動実態を調査するにあたりアンケート調査を行った。主要調査項目の概要と配布・回収状況を表2および表3に示す。

アンケート調査は、長野市中心市街地来街者を対象として、来街・回遊行動実態調査を行った。3000部を配布、409部を回収し、回収率は「13.6%」となった。本研究の対象となる長野市中心市街地について、これまで実施されてきた「中央通り歩行者優先道路化計画」等の大型ハード整備には区切りがつき、今後は、整備の完了した既存のストックを有効に活用して回遊性を高め、より広い範囲にわたる街歩きの促進が課題となっており、回遊性を高めることが重要視されている。

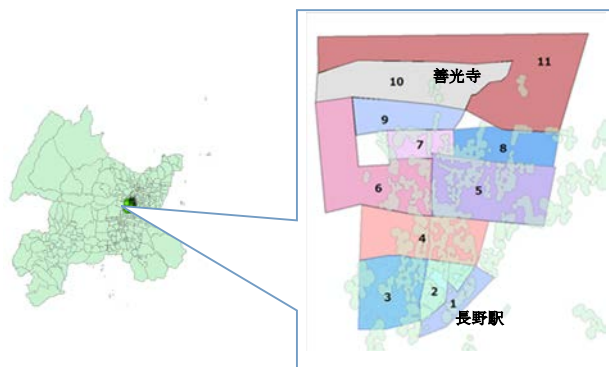


図2 長野市中心市街地における商業集積度データ

4. 中心市街地における商業集積度の特徴

4-1 中心市街地の実態

中心市街地における来街者の主目的を観光・買物客を分析対象とした。目的別の各商業地ノードにおける魅力集積度を算出する際には、主目的観光においては当該ノードにおける観光地数を当該ノード面積で除した値を観光集積度とした。また、主目的買物においては長野県における商業集積度ポリゴンデータからGISを用いて算出することとした。当該ノードにおける商業集積ポリゴンデータより得られた情報を当該ノード面積で按分して算出を行った。詳細は以下に示す。

4-2 GISの利用データ

本分析では、長野県における商業集積ポリゴンデータを用いる。図2に分析対象である長野市中心市街地をGISに表示した実際の画像で示す。商業集積ポリゴンデータからはそのポリゴンがプロットされているエリアにおける商業施設数、施設の分類等を把握することが可能である。

商業集積度を算出する際に、市街地を街路に沿って11の街区に分けた。表1の各ノードをもとにゾーンを決定している。各ゾーンの割り振りは図1に示した通りである。各ゾーンの商業集積度を算出するため、ゾーン内に存在する商業施設の数を把握する必要がある。そのため商業集積のプロットされているポリゴンデータをゾーンに重なっている面積割合で算出した。またその結果にゾーンの面積を除することでそのゾーンの商業集積度とした。

5. 来街者ならびに中心市街地歩行者回遊行動のシナリオと分析フレーム

5-1 回遊行動モデル

来街者は居住地を出発し、まず中心市街地内の駅、

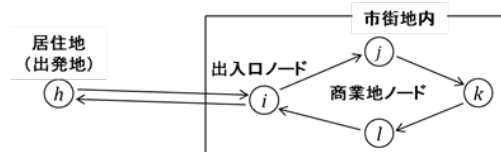


図3 中心市街地内歩行者回遊行動のシナリオ

駐車場、バス停などに到着する。その後、目的達成のためにいくつかの施設を巡り、その後帰宅すると仮定する。この回遊行動を、「来街行動ならびに出入口ノード第一立ち寄り施設選択モデル」、「帰宅一回遊先選択モデル」、「帰宅行動ならびに出入口ノード選択モデル」の3つのモデルにより表現する。中心市街地内歩行者回遊行動の想定シナリオを図3に示す。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、バス停留所などの出入口ノードを選択し、その後、初めに立ち寄り施設を選択する(STEP1: $h \rightarrow i \rightarrow j$)。次に、来街者は「回遊を継続する」あるいは「回遊を終了する(帰宅する)」を選択し、回遊を継続するのであれば、目的を達成するために次の目的施設に向かい(STEP2: $j \rightarrow k \rightarrow l$)、回遊を終了するのであれば、出入口ノードを選択し、帰宅する(STEP3: $l \rightarrow i$)と仮定する。これを、中心市街地回遊行動のシナリオと定義し、続いて各段階の行動を説明するモデルの定義を以下に述べる。

(i)来街行動ならびに出入口ノード第一立ち寄り施設選択モデル (STEP1)

市街地への来街者がどの出入口ノード(鉄道駅、駐車場、バス停留所)を選択し、その後、初めにどの立ち寄り施設を選択するのか明らかにするモデル。

(ii)帰宅一回遊先選択モデル (STEP2)

来街者が回遊を継続、あるいは回遊を終了し帰宅するのかを選択、さらに、回遊を継続する場合はどの立ち寄り施設を選択するのか明らかにするモデル。

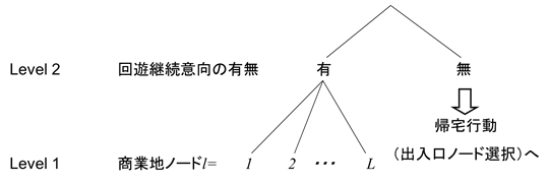


図4 帰宅一回遊先選択のネスト構造

(iii)帰宅行動ならびに出入口ノード選択モデル (STEP3)

STEP2において、来街者が帰宅を選択した場合、その後、どの出入口ノードを選択、帰宅するのかを明らかにするモデル。

本研究では、(ii)帰宅・回遊先選択モデルについて分析している。また、本モデルにおいても説明変数の異なる5つのパターンでパラメータの推計を行い、各モデルの適合性や導入した説明変数の影響度を分析する。

5-2 モデルの定式化

中心市街地内歩行者回遊行動のシナリオのうち、「中心市街地内での回遊促進」に着目、特に帰宅一回遊先選択モデルについて、Nested Logit Modelにてその定式化を行う。帰宅一回遊先選択モデルでは、来街者が回遊を継続するのか、あるいは回遊を終了し帰宅するのかを選択し、さらに回遊を継続するのであれば、どの施設を選択するの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。

(a) 帰宅選択

$$P(k|j) = \frac{\exp V(k|j)}{\sum_k \exp V(k'|j)} \quad (1)$$

(b) 回遊先選択

$$P(j) = \frac{\exp \{V(j) + \Lambda_j\}}{\sum_j \exp \{V(j') + \Lambda_{j'}\}} \quad (2)$$

$$\Lambda_j = \lambda \cdot \ln \left[\sum_k \exp(\bar{V}_k) \right] \quad (3)$$

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)

V : 効用関数

である。ここで、基本モデルでは次の効用関数を導入する。

Level 1: 回遊先選択における効用関数

$$V = \beta_2 \cdot D + \beta_3 \cdot T$$

Level 2: 帰宅選択における効用関数

$$V = \beta_1 \cdot A$$

ただし、

D : ノード間距離 (出発ノードを起点とした各ノードへの距離)

T : 目的別魅力集積度 (各ノードにおける商業・観光魅力集積度)

A : 目的余剰分割合 (1-累積目的達成度)

市街地内の商業地ノード選択においては、各ノードにおける目的の達成可能性と、各ノード間の距離抵抗が大きく影響していると考えられる。このことより、回遊先選択の説明変数として、魅力集積度、ノード間距離を導入している。また、2回目以降の商業地ノード選択行動においては、回遊を継続するのか否か、つまり、帰宅選択を考慮する必要性がある。そこで、帰宅選択の説明変数として、当該ノードにおける魅力集積度の達成可能性を導入、回遊行動により複数ノードを選択している場合は、それまでの回遊で得た魅力集積度が目的達成度として蓄積されていく逐次選択のモデル構造となっている。長野市中心市街地において達成できる全目的を「1」と考え、目的を達成していくことで帰宅確率が高くなっていくモデルとなっている。したがって、本モデルは図4のようなネスト構造において、帰宅確率および商業地ノード選択確率を推定する帰宅一回遊先選択モデルについて、Nested Logit Modelにより定式化を行った。

6. 市街地内回遊行動モデルの構築結果

6-1 モデル構築

本章では、長野市中心市街地における回遊行動を「移動距離」や「商業集積度」、「街路評価」等の変数を用いて表現することを目的としている。

そこで、長野市中心市街地において、歩行者優先道路化や街並み整備事業などの公共施策による回遊行動の促進効果を評価することが必要であり、評価を行った上で、今後の具体的な施策案を提案することが重要である。よって本章では、GIS、来街者満

表4 立ち寄り数と街路評価の相関関数

| 変数名 | パラメータ (t 値) | |
|-------------|--------------------|-------------------|
| | 買物客 | 観光客 |
| 歩くためのスペース | 4.840 (2.428) | 1.297 (1.763) |
| 立ち話のしやすさ | 1.595 (0.536) | -0.663 (1.078) |
| 歩道の美観 | 1.831 (0.723) | 2.845 (3.667) |
| 沿道施設と街並みの調和 | 0.503 (0.217) | 0.007 (0.009) |
| 見通し | -2.542 (-1.125) | 0.817 (1.351) |
| 歩く楽しさ | 2.494 (1.439) | 0.073 (0.103) |
| 重相関係数 R | 0.799 | 0.854 |

表5 年代別運動能力指数

| 年齢階級 | 運動能力平均指数 | 年代 | 年代別指数 | 割合 | 逆数 |
|-------|----------|-----|--------|-------|-------|
| 10~14 | 80.58 | 10代 | 88.055 | 0.906 | 1.104 |
| 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 | 90.50 | | | | |
| 50~54 | 85.32 | 50代 | 82.890 | 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 | | | | |

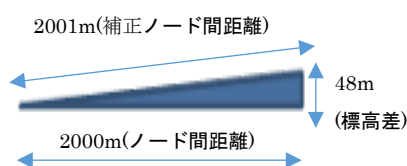


図5 標高差を考慮したノード間距離の算出

足度指標及による分析結果をもとにゾーン目的別魅力集積度を導入した逐次意思決定市街地内回遊行動基本モデルを構築しその評価を行う。その後、年代別運動能力指数、市街地内の標高差を考慮した距離抵抗等を適用し、モデル導入の可能性を検討する。また全ての回遊行動モデルでは、説明変数の有意性及び妥当性を評価し、各モデルの説明力の向上を目指す。

6-2 各種構築モデルについて

本研究では、来街者の街路空間に対する評価に基づいた回遊行動モデルへの発展を目指す。

(1) 基本モデル

目的別魅力集積度及び目的達成度を用いた逐次意思決定回遊行動モデルである。

(2) 街路満足度導入モデル

街路満足度導入モデルでは、立ち寄り数と街路満足度(街路空間を満足(1点)か不満足(0点)で評価)の関係性を考慮する。立ち寄り数を目的変数、街路満足度を説明変数として、重回帰分析を適用した結果を表4に示す。街路満足度指標としてノード間街路満足度を導入したモデルである。

(3) 年代別運動能力指数導入モデル

表5に示す年代別運動能力指数をノード間距離に乗じて歩行抵抗を考慮したモデルである。

(4) 市街地内距離標高考慮モデル(直線)

図5に示す算出方法によりノード間距離を補正して歩行抵抗を考慮したモデルである。なお、本モデルにおいてはノード間を直線と仮定する。

(5) 市街地内距離標高考慮モデル(経路)

(4)と同様に図5の算出方法によりノード間距離を補正する。なお、本モデルにおいてはノード間を代表経路と仮定する。

6-3 パラメータ推計結果

パラメータの推計結果を表6に示す。尤度比、相関係数及び選択ノードの的中率が向上することを確認し、これら説明変数の導入が有意であることを示した。

(1) 基本モデル

基本モデルにおいてはパラメータのt値が大きいため、導入した各説明変数が有意であることが確認できる。また、尤度比に注目すると、一般的に良好な結果が得られると言われる0.2以上の値が得られており、ある程度説明力のあるモデルが得られたと考えられる。

(2) 街路満足度指標導入モデル

街路満足度指標導入モデルにおいてはノード間街路満足度のパラメータが正の値となっている。これは、魅力がある「歩いて楽しい街路」で結ばれたノードほど選択される可能性が高いことを示している。尤度比が向上し、他の変数の符号の妥当性や変数の有意性も保たれているので、良好な結果が得られたと言える。

(3) 年代別運動能力指数考慮モデル

年代別運動能力指数考慮モデルにおいては有意な結果が示された。具体的には他のモデルと同様に、符号の妥当性があり、t値も高く出ており変数が有意である。ノード間距離の推定結果に注目し、基本モ

表6 パラメータ推計結果

| 変数名 | 基本モデル | 街路満足度 指標導入 モデル | 年代別 運動能力 指数導入モデル | 市街地内距離 標高考慮 モデル(直線) | 市街地内距離 標高考慮 モデル(経路) |
|--------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Level 1 | | | | | |
| ノード間距離 m | -1.20×10 ⁻³ (10.799) | -1.21×10 ⁻³ (10.389) | -2.46×10 ⁻³ (16.217) | -1.17×10 ⁻³ (10.191) | -0.83×10 ⁻³ (9.365) |
| 目的別魅力 集積度 | 10.43×10 ⁻³ (9.755) | 8.72×10 ⁻³ (7.646) | 4.50×10 ⁻³ (7.990) | 10.0×10 ⁻³ (9.380) | 8.19×10 ⁻³ (8.103) |
| 街路満足度 | | 2.20×10 ⁻¹ (6.902) | 1.72×10 ⁻¹ (5.649) | 2.25×10 ⁻¹ (8.380) | 2.07×10 ⁻¹ (7.725) |
| Level 2 | | | | | |
| 目的達成 余剰割合 | -1.360 (8.324) | -1.417 (8.447) | -1.578 (8.198) | -1.435 (8.380) | -1.577 (6.388) |
| ログサム変数 λ | 0.551 (11.934) | 0.495 (11.577) | 0.571 (11.220) | 0.463 (11.391) | 0.237 (6.388) |
| 尤度比 | 0.217 | 0.235 | 0.378 | 0.229 | 0.237 |
| 相関係数 | 0.788 | 0.821 | 0.774 | 0.804 | 0.721 |

デルと比較してみると、パラメータの絶対値は大きく変わっていることが見て取れる。t 値も大きく増加している。年代別運動能力指数の導入はモデルの精度に影響を与えていると考えられる。

(4) (5)市街地内距離標高考慮モデル(直線・経路)

長野市中心市街地の来街者の特性から、標高差考慮モデルは結果にあまり基本モデルからの向上が得られなかった。各モデルの適合度を確認するために、相関係数との中率を算出し比較検討を行ったが、サンプル数が十分でないことから、実際に選択されていないノードが存在した。

7. あとがき

本研究にて得られた知見を以下に示す。

- (1) GIS より、長野県における商業集積ポリゴンデータを街区の面積を用いて按分することで街区ごとの商業集積度が算出できた。
- (2) 買物・観光客を対象として、目的達成度、ノード間距離、観光魅力集積度を導入した逐次意思決定市街地内回遊行動モデルの基本モデルを Nested Logit Model により表現した。
- (3) 目的達成度の導入により、回遊行動の継続により回遊によって得られた効用が蓄積され、帰宅選択確率が増加することを示した。
- (4) ノード間街路満足度を導入した回遊行動モデルを構築し、基本モデルと比べてモデルの適合度が向上することを確認し、回遊先選択の効用関数の説明変数をモデルに組み込むことの重要性を示した。
- (5) 個人属性を組み込んだモデルの構築を目指して年代別の歩行抵抗に注目し、運動能力指

数及び長野市中心市街地における歩行抵抗指数を用いた補正ノード間距離を導入した結果、モデルの精度に大きな影響が示された。

- (6) 長野市中心市街地の標高差を考慮したモデルにおいてはあまりモデルへの影響は得られなかった。

参 考 文 献

- 1) 荒木雅弘, 溝上章志: 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, 第 50 回土木計画学研究発表会・講演集, No.244,2014.11
- 2) 木下瑞夫, 牧村和彦, 山田晴利, 浅野光行: 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考察, 都市計画 232 Vol. 50 No.3, pp.86-95,2001
- 3) 轟直希, 高山純一, 中山晶一郎, 柳沢吉保: 交通施策を考慮した回遊行動モデルの構築と精緻化-長野市中心市街地を対象として-, 第 50 回土木計画学研究発表会・講演集, No.243,2014.11
- 4) 清水春来, 轟直希, 柳沢吉保, 宮原誉弥, 高山純一: 観光魅力を考慮した逐次意思決定回遊行動モデルの構築, 平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会・講演概要集 No.29,2015.3
- 5) 佐藤栄治, 吉川徹, 山田あすか: 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, 日本建築学会計画系論文集第 610 号,133 -139,2006.12
- 6) 長野市 HP, 第二期長野市中心市街地活性化基本計画(平成 28 年 3 月 15 日変更)
www.city.nagano.jp/site/sougoukeikaku/51476.html