

# PT 調査を活用した大都市ターミナル駅周辺の 回遊行動の分析

凌 雯怡<sup>1</sup>・佐々木 邦明<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 早稲田大学大学院 創造理工学研究科 建設工学専攻 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail: lwy\_bunnyi@moegi.waseda.jp

<sup>2</sup>正会員 早稲田大学教授 創造理工学部 社会環境工学科 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail: sasaki.k@waseda.jp

新宿区総合計画では駅周辺回遊性の向上が求められており、街の改変より人の行動がどのように変わるか把握することが重要になってきている。一方で H30 東京パーソントリップ調査といったポイントデータが活用できるようになり、回遊行動を詳細に検討することが可能になってきている。本研究ではこれらの詳細データをもとに、来街者の行動実態を把握し、時空間的に細かい区域の回遊行動を再現するモデルを構築することを目的とする。分析の結果、店舗面積などが目的地選択に影響を与えることが分かった。滞在時間には性別といった個人特性が影響することが示唆された。街路特性を表す指標として「媒介中心性の最大値」なども来街者行動に影響を与えることが示された。また、回遊性の向上に関する施策が行われた後街を訪れる人の行動の変化が明らかにした。これらのモデルを組み合わせることで、自由通路の開通による影響等をモデルで示すことができた。

**Key Words:** Travel behavior, person trip survey, terminal station, stay time analysis

## 1. 研究の背景と目的

新宿長期計画(平成 30(2018)年度～平成 39(2027)年度)<sup>1)</sup>が定められ、新宿駅をはじめとする地域内の主要な駅周辺に、商業、娯楽や滞在施設など多種多様な都市機能を向上し、地域間のアクセス性を強化することで、魅力的な歩いて楽しい街づくりを目指している。このような計画が進む中、街の構造だけでなく人の流れは様変わっていくと予想される。一方、災害発生時には、特に一日乗客者数が一位のターミナル駅として周辺が混雑・混乱することが懸念され<sup>2)</sup>、防災減災の面など新たな課題が生まれてくると考えられる。このようなことから、街の改変より人の行動がどのように変わるか、どんな時どのような場所に人が多いのかを把握することが重要になってきている。分析するには来街者の行動実績データは必要となる。現状では、歩行者行動を記録する調査に関しては、ゲートカウント調査が多く利用される。しかし、この調査を実施するには膨大な人手と費用がかかり、地域の範囲が限定される。目視のためデータの精度低下も問題となり、大都市ターミナル等では実施が困難と考えられる。東京都市圏交通計画協議会では平成 30 年に第 6 回目となる東京パーソントリップ調査 (以下 H30PT) を実施した。

H30PT データは緯度経度情報が新しく追加されていたため、回遊行動を詳細に検討することが可能となっている。

このような背景から、本研究では新宿駅周辺を対象として、ポイントデータを活用した来街者の行動実態を把握する。そのようなデータを活用するために解像度の高いモデルを構築する。また、街路の新設等の施策が行われた後、来街者行動をシミュレーションし、その変化を把握することを目的とする。

## 2. 既存研究の整理と研究の位置づけ

### (1) 既存研究の整理

本研究に関する既存研究としては、歩行者回遊特性に着目した研究と回遊行動モデルに関する研究を整理した。

#### a) 歩行者回遊特性に着目した研究

福山ら<sup>3)</sup>はプローブパーソン調査 (GPS を用いて自動的に時刻と位置情報が記録される調査) によるデータから渋谷駅周辺歩行者の回遊行動パターンを、マルコフ連鎖モンテカルロ法(MCMC 法)を用いて疑似的に発生させることで、街路ネットワーク形態分析に土地利用の影響を把握した。具体的には人の行動パターンごとの行動選択特性を用いて、ネットワーク上の経路に応じた媒介中

心性を求め、地区間の特徴を比較した。永杉らは<sup>3)</sup>グラフ理論に基づいて多様な種類の駅周辺ネットワーク解析を行った。JR 中央線 9 駅の駅周辺回遊ルートを選択肢の多様さを、回遊可能性と捉えて分析し、複数時点のネットワークの接続性の特徴を明らかにした。また、整備計画に適用できるルート数を評価指標として提案した。

#### b) 回遊行動モデルに関する研究

荒木ら<sup>4)</sup>は Nested logit モデルと生存時間モデルと組み合わせ、個人要素を反映する回遊モデルを構築し、再開発事業が来街者の回遊行動に与える効果を政策シミュレーションによって分析した。伊藤ら<sup>5)</sup>はそれぞれ移動コストを街路空間と関連する要素について考慮し、街中の選択行動を再現した。用いた手法としては Multinomial logit モデルである。施策が施設配置や歩道拡幅などを想定し、効果を評価した。

### (2) 本研究の位置づけ

これまでの研究により、大都市部の目的地選択と滞在時間に着目した研究はいまだ少ないことが分かった。算<sup>6)</sup>の研究では同様に H30PT データを用いたが、渋谷駅、銀座駅、秋葉原駅 3 つの駅の周辺行動のモデル化において、ゾーンを中心点から半径 100m の円では回遊行動を詳細に捉えられないと考えられる。また、回遊モデルに取り組む説明変数について、地域の街路空間要素を考慮する際、経路に関する要因が考慮されていない。本研究では、実経路のデータがない場合に、人の回遊行動を記述するモデルの構築における課題に取り組む。また、ネットワーク分析手法に基づく街路の特性を考慮する。具体的に、時空間的に回遊行動を再現するために、新宿駅を対象として、駅に到着してから、時間の経過とともにいくつかの施設を訪問し駅から乗車して帰るといった回遊行動を仮定し、その行動を 100m メッシュ単位の目的地選択、回遊継続終了モデルと滞在時間モデルで表現するものである。そして具体的政策を説明変数に反映し、政策の実施より来街者行動の変化を把握することが本研究の特徴である。

## 3. 研究の概要

### (1) 研究の流れ

本研究の流れは図-1 の通りである。まず新宿駅周辺来訪者の一日行動パターンを把握し、そして回遊行動特性を分析する。そして個人属性と地域特性を考慮した来街者回遊行動のモデルを構築しパラメータを推定する。そのモデルを用いて、シミュレーションより空間変更の政策が実施した後來街者行動の変化を明らかにする。

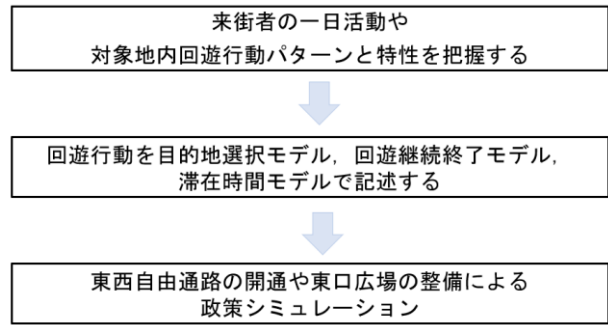


図-1 研究の流れ

### (2) 対象地域

本研究では、H30PT データから到着トリップがすべて新宿駅から半径 1000m 以内にあるため、その範囲を対象エリアとする。

### (3) 基礎概念の整理

本研究の基礎概念を以下に示す。

#### a) 回遊モデルの概要

本研究では、回遊行動を新宿駅に到着してから、時間の経過とともにいくつかの施設を訪問し駅から乗車して帰るといった回遊行動を仮定し、その行動を説明するために、目的地選択、回遊継続・終了モデルと滞在時間モデルを構築する。

目的地選択モデルでは、多項ロジットモデルを適用する。回遊継続・終了モデルは二項ロジットモデルで記述する。滞在時間モデルに関しては、各店舗における滞在時間を求めるために、目的地に訪問した時刻から時間  $t$  の経過と共に減少する滞在者の生存確率を生存関数のワイブル分布を表現した<sup>4)</sup>。確率密度関数は以下の式(1)に示す。

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \alpha\beta t^{\alpha-1} \cdot \exp\{-(\beta t)^\alpha\} \quad (1)$$

$\alpha$ : 時間的スケールに対応した尺度パラメータ

$\beta$ : 分布の形状を決める形状パラメータ

$\beta$  が大きいほど早い時間に急激に店舗から離れる確率が高くなることを示す。上記のパラメータ  $\beta$  を次の式のように定式化した。ここで、 $y$  は個人属性などの説明変数である。

$$\beta = \exp(b_0 + b_1 y_1 + \dots + b_m y_m) \quad (2)$$

#### b) 回遊モデルに導入する説明変数

目的地の選択は店舗が存在する場所の限界性やアクセス性が影響されるため、これを指標化することが望ましい。街路空間を定量的表現するものとしてスペースシンタックス(以下 SS と記す)理論によるインテグレーション値(Int.V)とネットワーク分析の媒介中心性が挙げられる。

以下では、それぞれ指標について述べる。

Int.V(Integration value)は 1984 年にロンドン大学 UCL の Bill Hiller 等により SS 理論が提唱され、グラフ理論を援用した空間相互の繋がり方を科学的に分析する手法によって導出された。この Int.V とは、道路ネットワークを線分の集合に変換した上で、各線分をノードとしたグラフに置き換えて近接性を求めた値である。すなわち、位相幾何学における空間同士のアクセシビリティを表す。Int.V が低いとは対象エリアにおいて他の空間から分離された場所で、アクセスが難しいと言える。

二つ目は媒介中心性である。媒介中心性とは、ある点があるが、他の 2 点間を結ぶ最短経路上にあるほど、中心性が高いとする考え方である。媒介中心性が高いところは、他の地点間の最短経路上に位置している頻度が高いので、比較的立ち寄りやすい地点であると言える。以下の式より求める。

$$C_b(i) = \sum_{i \neq j \neq k} \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}} \quad (3)$$

$g_{jk}$  は頂点  $j$  と頂点  $k$  の最短経路数を表す

$g_{jk}(i)$  はその最短経路のうち点  $i$  を通るもの数である

#### (4) 使用データ

本研究では行動データとして、H30PT 調査を用いる。具体的に、新宿駅から降車し徒歩で回遊した後新宿駅から乗車で帰るトリップを対象とする。トリップの目的を日用品の買物、日用品以外の買物、食事・社交、観光・行楽・レジャー 4 種類に限定し、消費活動を定義する。以上の条件より合わせて 462 トリップ(373 人分)を抽出した。モデルの推定には PT データを拡大した 50776 トリップを利用する。また、新宿駅周辺の施設データは、個別の建物についての情報が得られる、ZENRIN 建物ポイントデータ(新宿区渋谷区版)を活用する。街路ネットワークの作成には基盤地図情報の道路縁と GEOFABRI 道路線を使用する。

#### (5) 新宿駅周辺来街者一日の行動パターン

新宿駅周辺消費活動を行った人は一日のトリップ数を図-2に示す。一番多くみられたのは3トリップである。平日であり、出勤など長く滞在すると予想され、一日の活動は比較的少ないと考えられる。新宿駅周辺来訪来る前の場所として自宅、勤務先の順に少なくなる(図-3)。

#### (6) 新宿駅周辺回遊パターン

抽出したサンプル 373 人に関して、44 人が対象エリア内に複数目的地の回遊継続があったが、329 人は一回の立ち寄りのみであった。新宿駅から最初の立ち寄り場所分布を図-4に示した。回遊継続なしの人が比較的

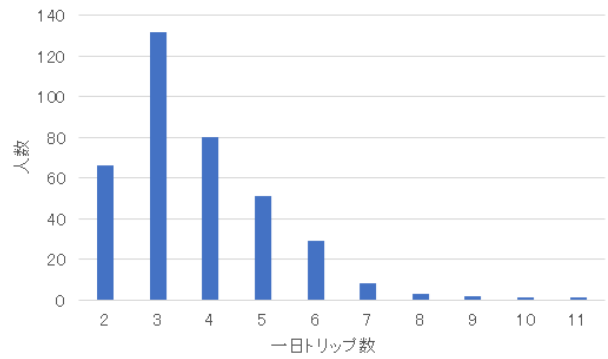


図-2 一日トリップ数

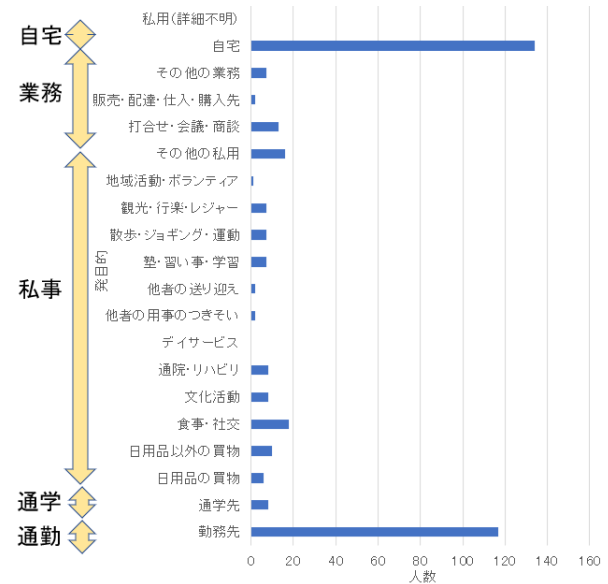


図-3 新宿駅周辺来る前の場所

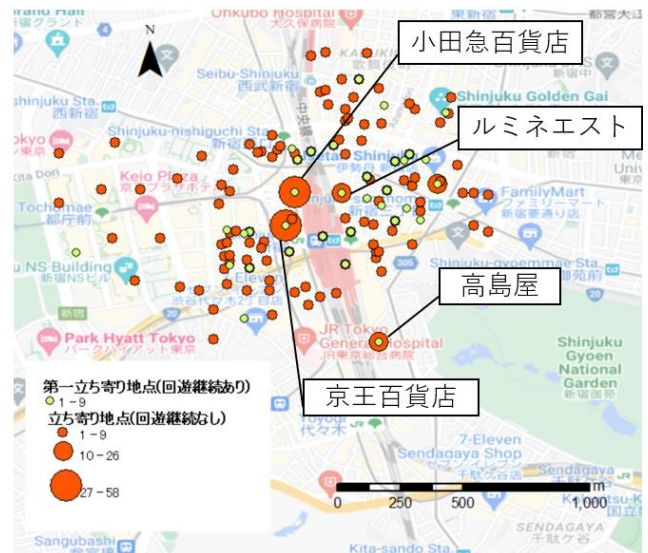


図-4 新宿駅から最初の立ち寄り場所の分布

遠いところに行っていることが分かる。回遊継続ありの人についての行動分布を図-5に示す。回遊継続ありの人が一番多く活動を行う場所としては新宿駅東口であることが分かった。さらに、個人前後のトリップはエリア



図-5 回遊継続ありの人の立ち寄り場所の分布

内の移動が少なく、エリアとエリアの移動が多いことが見られる。

(7) 回遊モデルの推定

a) モデル推定ためのデータの整備

目的地選択モデル選択肢の設定に関しては対象エリア店舗の総数 2221 軒と極めて多いため、本研究では選択肢を 100m メッシュ単位考える。土生らの研究<sup>9)</sup>を参考に、代替選択肢としては、新宿駅メッシュの中心点から 1,000m 以内に位置するメッシュからランダムに 20%抽出したメッシュを設定している。最後選択肢を 115 個メッシュとなった。

街路ネットワークの作成にあたって、GEOFABRI 道路線を基に、Arcmap10.4.1 を用いて作成した。エリア周縁部の後述する指標値が低くなることを避けるため、500m バッファを設けた。作成にあたって福山ら<sup>2)</sup>と同じ手法を用いた。1本の街路を1本のリンクとして扱い、片側2車線以上の街路のみ両側の歩道をリンクとして設定した。

Int.Vの計算についてはまず作成した対象エリアの街路ネットワークを AutoCAD ソフトよりデータの形を変換する。次に UCL depthmap10 に導入し Int.V を計算することができる。分布図を図-6 に示す。一般的に Int.V が高い街路や空間ほど行きやすく。しかし、Int.V の高い都庁通りやふれあい通りなど、オフィスが多く存在しており、実際に消費活動を行った人が少ない。Int.V が急に小さくなる街路で構成される空間にも回遊があまり見られない区域が存在する。したがって、Int.V の地域全体の変化率なども人の回遊に影響を与えていると考えられ、そこでモデルに Int.V の分散を考慮する。

媒介中心性の計算には ArcGIS で使用可能なネットワーク分析ツールである Urban Network Analysis(UNA)を活用した。分布図を図-7 に示す。媒介中心性については道

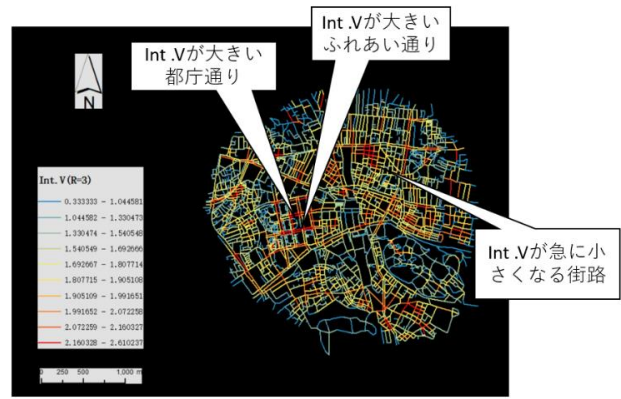


図-6 Int.V 分布

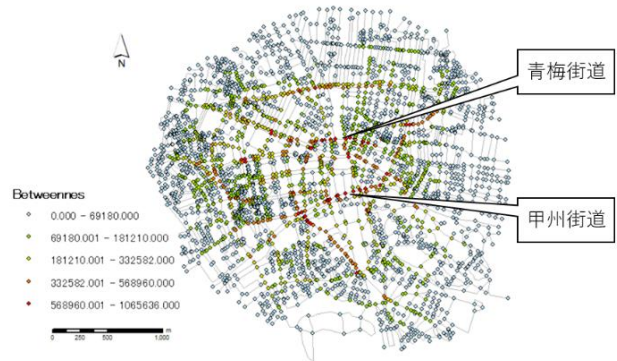


図-7 媒介中心性分布図

路の交差のところの値を取っているから、店舗が交差のところに近くあると、値が大きいほど、選択しやすいと考えられる。青梅街道と駅南側にある甲州街道が媒介中心性の値が比較的に高いところが見られた。

目的地選択モデルでは、魅力度指標としてメッシュの平均店舗延床面積と店舗数を用いる。これらの指標はゼンリン社の建物ポイントデータ(新宿区渋谷区版)を用いて算出した。事業所として、飲食、物販(食品・衣料・日用品)、量販店、娯楽の6種類を取り上げ、メッシュごとにこれら事業所の件数、平均延床面積(「延床面積」/「階数」)を使うこととした。

(8) モデルの推定結果と考察

a) 目的地選択モデル

モデルのパラメータ推定結果を表-1 に示す。メッシュの魅力度に関する指標として店舗数と面積のパラメータの符号が正であることから、メッシュ内の店舗数が多い、面積が大きいほど、そのメッシュが選ばれやすいと考えられる。この結果が、品揃えが豊富であり、買物スペースが大きいところを選択する傾向にあるという一般的な考え方と一致していると考えられる。

メッシュの Int.V の分散の符号は負である。これは、メッシュごとの Int.V のバラつきが小さい乱雑性の低いメッシュに存在する店舗の方が、効用が高いことを示し

ていることが分かった。また、媒介中心性の最大値の符号が負となり、本来の仮定ではメッシュの媒介中心性の最大値が大きければ、比較的に立ち寄り高いところと考えられ、選択確率が高いと考えられる。しかし今回逆となっている原因は図-5 と図-6 の実際に到着分布図から見ると、媒介中心性の高いところは通過し、目的地として選ばれてないと考えられる。

**b) 回遊継続・終了モデル**

回遊終了・継続の選択モデルの推定結果を表-2 に示す。尤度比が高く、モデルの適合度は高い。回遊終了の効用関数には、年齢 50 歳以上ダミー、累積滞在時間を説明変数として導入している。結果から、総滞在時間が長いほど、年齢が 50 歳以上であれば、回遊を終了する可能性が高い、つまり多くの個所を回らないことが示された。また回遊継続場合の説明変数について前後や一日のトリップ特性を考慮した。一日活動終了までについての符号は正であり、一日使える時間が有限であり、家に帰る時間を事前に決めた場合、一日活動終了するまで残る時間が長いほど、回遊継続しやすいことが原因だと考えられる。一日の活動が私事を中心という場合の符号が正であり、これらの人が長い滞在の勤務などが無いことから、時間が自由に使える、継続しやすいという結果が得られた。私事の分類については、図-3 を参照されたい。

**c) 滞在時間モデル**

滞在時間のモデルの推定結果を表-3 に示す。現在時刻の符号が正であることから、現在時刻が早く訪問先の店舗に長く滞在することを示している。年齢が高いほど、滞在時間が長くなる。また、同行者があり、目的が食事・社交、一日のトリップが私事を中心にする符号は正であり、こうした場合の滞在時間が長くなることが示された。

**表-2 回遊終了・継続モデルの推定結果**

説明変数		パラメータ
終了	累積滞在時間(min)	0.00891(*)
	年齢(60歳以上)	1.176(*)
	定数項	2.164(*)
回遊継続	出た後の目的が自宅	0.776(*)
	一日の活動が私事中心	1.135(*)
	一日活動終了まで残る時間 (min)	0.00168(*)
	直前食事	0.0680
	女性	0.421(*)
	同行者あり	0.377(*)
修正済 $\rho^2$ 値		0.431

サンプル数：50776トリップ

(\*)5%有意

**表-3 滞在時間モデルの推定結果**

説明変数		パラメータ
$\beta$ 形状パラメータ	同行者あり	0.173(*)
	女性	0.219(*)
	現在時刻	0.079(*)
	目的が食事社交	0.482(*)
	一日の活動が私事中心	0.745(*)
$\alpha$ 尺度パラメータ		0.745
最大対数尤度		-2332.4

サンプル数：50776トリップ

(\*)5%有意

**表-1 目的地選択モデルの推定結果**

説明変数	パラメータ
平均店舗延床面積 (㎡)	0.0130(*)
メッシュ間距離(m)	-0.00466(*)
メッシュ内媒介中心性の最大値	-0.607(*)
メッシュ内Int.V分散	-37.233(*)
店舗数	0.00299(*)
定数項(南口エリア)	1.486(*)
定数項(西口エリア)	1.383(*)
定数項(東口エリア)	0.598(*)
修正済 $\rho^2$ 値	0.188

サンプル数：50776トリップ

(\*)5%有意

**4. 政策シミュレーションについて**

(8)a)の推定結果をもとに政策についてシミュレーションを行う。2020年7月にJR新宿駅構内の北通路改札が移設され、自由通路化した。また、同じ時点で新宿駅東口前の広場の再整備より、利便性が向上すると考えられる。この二つの政策を図-8、図-9に示す。図-8左は東西通行する際に改札を通して行く人はないと考えて通行不可能に設定している。図-9に示すように、新宿駅東口から新宿通りの方向に通行する時に、遠回りする必要があった。広場を再整備ことによって、駅の広場を通ることが可能になった。

この政策による変化のシミュレーション結果としてメッシュの選択確率の前後の差メッシュの選択確率の前後

の差を図-10 に示す。大半のメッシュの選択確率が上昇しており、特にメッシュ 57 とメッシュ 60 の選択確率それぞれ 6.17%、6.45% 高くなった。東西自由通路がメッシュ 60 のところに位置しており、政策後は東口エリアや西口エリアに向かう際に遠回りしなくもする必要がなくなり行けるから、人が選択しやすく歩きたくなると思われる。(8a)のモデルから得られた結果として、Int.V の分散が小さいほど、媒介中心性最大値が大きいほど、選ばれやすい。ここでは、Int.V が政策によってより高くなり、そのバラツキが少なくなるため、選択確率が高くなる原因であると考えられる。



図-8 新宿駅東西自由通路開通シナリオ図



図-9 新宿駅東口広場整備シナリオ図

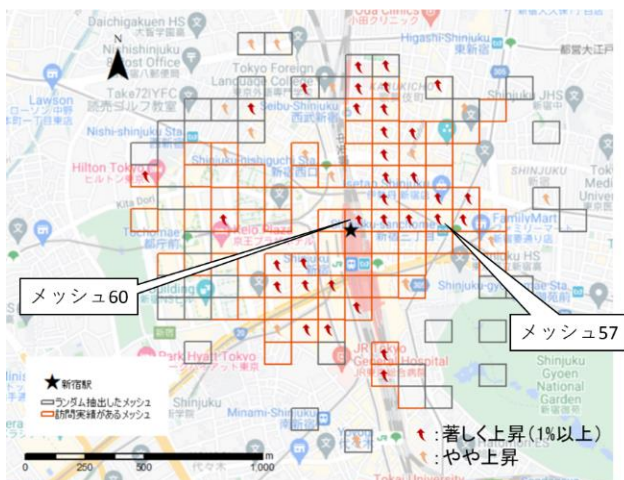


図-10 メッシュ選択確率の変化

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、東京都市圏パーソントリップ調査を活用して、東京都市圏居住者新宿駅周辺の行動実態を把握した。また、様々なモデルを用いて目的地選択、滞在時間などに影響する要因を明らかにした。さらに、政策シミュレーションでは、街路特性を表す指標を考えたモデルを基に分析した。空間を改変した後の来街者行動の変化をシミュレーションすることができた。一方、経路歩行者数は把握できていないことから、このシミュレーションの精度については今後の課題としたい。

新宿駅周辺では東京都市圏の居住者以外、他都市圏や外国観光客など多く回遊行動していると考えられる。今コロナ禍で外国人観光客が入国できない状況が、収束したらまた大規模な流動が見られると考えられる。東京都市圏パーソントリップ調査はこれらの人が対象外であることから、訪日外国人や首都圏居住者以外に特化したデータの取得が期待される。例えば、GPS 携帯のログといったビックデータの活用可能性が高いと考えられる。また、実際人のルート選択情報が手に入れば、モデルに取り込む説明変数として、階段の有無、街路の幅、リンク上店舗の数を追加した分析が可能となり、今後検討する必要がある。

謝辞：本研究は東京都市圏交通計画協議会から頂いたデータを利用した。ここに記して感謝の意を示す。

### 参考文献

- 1) 新宿区長期計画(平成30年度～平成39年度) [https://www.city.shinjuku.lg.jp/kusei/toshikei01\\_012171.html](https://www.city.shinjuku.lg.jp/kusei/toshikei01_012171.html) 最終閲覧 2021.7.29
- 2) 福山祥代, 羽藤英二: 行動データに基づく歩行者行動特性を考慮した街路ネットワーク分析-渋谷歩行圏を対象として, 都市計画学会論文集, Vol. 47, No. 1, 2012
- 3) 永杉博正, 羽藤英二: ネットワークの閉路特性に着目した駅周辺街路の回遊特性分析とその適用, 都市計画学会論文集, Vol. 49, No. 3, 2014
- 4) 荒木雅弘, 溝上章志, 円山琢也: 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, 学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 71, No. 5 (土木計画学研究・論文集第 32 巻), I\_323-I\_335, 2015.
- 5) 伊藤創太, 福山祥代, 三谷卓摩, 羽藤英二: 都心回遊モデルを用いた都市空間改変効果の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol. 45, 2012.
- 6) 筧英士: 東京都内の駅周辺回遊行動の行動パターン分析 卒業論文
- 7) 溝上章志, 高松誠治, 吉住弥華, 星野裕司: 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, 学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 68, No. 5, I\_363-I\_374, 2012.
- 8) 長谷川, 渡辺俊(2018) 媒介中心性を用いた歩行者の回遊行動に関する検討—walkability 指標の計測へ向けて— 日本建築学会・情報システム技術委員会第 41 回情報・シ

ステム・利用・技術シンポジウム

変更挙動を考慮して ー

- 9) 土生健太郎, 小谷通泰, 寺山一輝: 都心商業地域における歩行者による回遊行動のモデル化ー 事前の活動計画からの

## ANALYSIS OF PEDESTRIAN BEHAVIOR AROUND TERMINAL STATION USING PERSON TRIP SURVEY DATA

Wenyi LING, Kuniaki SASAKI

Improvement of circulation around the station is called for in the Shinjuku Ku Comprehensive Plan, and it is important to grasp how the behavior of the person changes from the changes of the city. On the other hand, point data such as H30 Tokyo Person Trip Survey data has become available and it is possible to study pedestrian behavior in detail. The purpose of this study is to understand the actual behavior of visitors behavior of a small area based on this data. The results of the analysis are as follows. It was found that the store area influenced the destination choice. It was suggested that individual characteristics such as gender have an impact on stay time. The maximum value of "Betweenness" and other indicators of street characteristics were also shown to influence pedestrian's behavior. The change of the behavior of the visitors after the measure on the improvement of circulation was clarified.