

# 歩行空間ネットワークを用いた駅周辺の回遊性に関する研究

## 埼玉県大宮駅周辺を事例として

### Study on Pedestrian Circulation around Railway Station Using Pedestrian Network

#### - Case Study around Saitama Prefecture Omiya Railway Stations -

○長谷川 隼<sup>\*1</sup>, 渡辺 俊<sup>\*2</sup>  
Jun Hasegawa<sup>\*1</sup> and Shun Watanabe<sup>\*2</sup>

\*1 筑波大学大学院システム情報工学研究科 博士前期課程

Graduate student, System Information Engineering, Univ. of Tsukuba

\*2 筑波大学システム情報系 教授・博士（工学）

Prof., System Information Engineering, Univ. of Tsukuba, Ph. D. in Eng

キーワード：GIS; 媒介中心性; ネットワーク; Walkability; アクセシビリティ; 準最短経路

Keywords: GIS; Betweenness Centrality; Network; Walkability; Accessibility; Quasi shortest path.

## 1. はじめに

人口減少、少子高齢化社会を迎えた現代の日本においては、歩行者の回遊性の向上を目的とした取り組みが、大都市・地方都市を問わず、多くの自治体で全国的に行われている。特に、主要な公共交通機関である鉄道駅周辺においては、歩行者の回遊性の向上を目的とした駅前広場やペDESTリアンデッキ、地下ネットワークの整備事業などが盛んに行われており、多くの歩行者にとっての行動の起終点となる鉄道駅周辺の回遊性の向上は、公共交通を軸とした歩行者中心の都市を実現する上で重要になると考えられる。一方で、歩行者の回遊行動に影響を与えると考えられる街路構造等の都市空間の情報に基づいて、回遊性を定量的に検討する手法は充実していない。

そこで本研究の目的を、主要な公共交通機関である鉄道駅周辺を対象にしたネットワーク分析を行うことで、鉄道駅周辺における歩行者の回遊性を定量的に検討し、公共交通を軸とした歩行者中心のまちづくりの一助となることを目指すこととする。

## 2. 媒介中心性について

本研究においては、歩行者の回遊性を定量的に検討するための指標として、媒介中心性を用いる。媒介中心性は、ネットワーク中心性指標のひとつであり、ある点がある他の2点間を結ぶ最短経路上に位置している程、中心性の値が高くなる。式は以下の通りである。

$$\text{Betweenness}[i]^r = \sum_{j,k \in G - \{i\}, d[j,k] \leq r} \frac{n_{jk}[i]}{n_{jk}} \cdot W[j]$$

ここで、 $n_{jk}$ はノードjとk間の最短経路の数を、 $n_{jk}(i)$

は  $n_{jk}$ のうちノードiを通過する最短経路の数を表す。都市において媒介中心性が高い地点は、他の地点間の最短経路上に位置している頻度が高いことから、都市の中で比較的立ち寄りやすい、歩行者が集中しやすい点であると考えられる。

## 3. 分析方法

対象地は、平成28年度と比較的近年に実施された歩行者通行量調査のデータが入手可能な埼玉県大宮駅周辺とした。大宮駅周辺の調査は、38地点において平日と休日の10:00~21:00に連続して行われており、一時間ごとの人数が男女別に記録されている。また、大宮駅周辺は、駅の西側には高架型のペDESTリアンデッキと大規模な街区、東側には地上レベルの街路と中小規模の街区が広がっており、東西で異なる都市構造を持っている。

分析を行うにあたり、より実際の歩行者の行動に近い条件で分析を行うために、歩行者レベルのネットワークデータを手動で作成した。媒介中心性の算出には、ArcGIS上で利用可能なツールであるUrban Network Analysis (UNA)のCentralityツールを用いた。UNAは、建物をネットワークの分析対象に含むことができ、さらに、分析の対象となるノードから設定した探索範囲内にあるノード同士のネットワーク分析を行うことが可能である。分析範囲は、前述した歩行者交通量調査地点がいずれも大宮駅から直線距離で400m以内に位置していることから、大宮駅を中心に半径400mの範囲を取った上で、ネットワーク分析を実行するにあたってエッジ効果を防ぐために、対象地の周囲に400mのバッファを設けた。



Figure 1. Analysis area and points of pedestrian traffic survey around Omiya station

#### 4. 分析結果

算出結果を見てみると、駅の西側と比較して東側に値が高い建物が多く見られ、特に高架型のペDESTリアンデッキと地上部の街路が混在しているエリアにおいては、最短経路が特定の経路に集中しにくく、中心性の値が非常に低くなった。

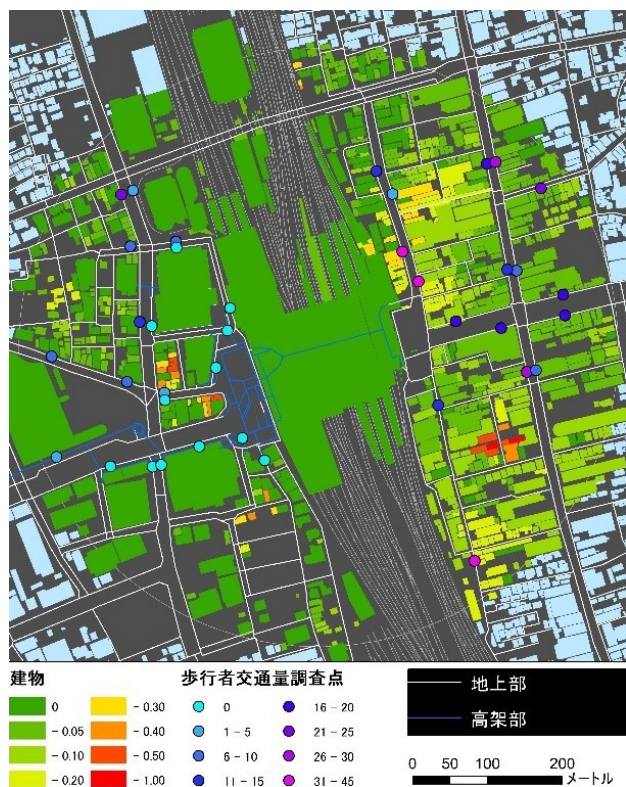


Figure 2. Calculation results of Centrality tool (Search Radius : R=400m)

続いて、実際の歩行者の行動と媒介中心性の関係を検討するために、歩行者通行量と通行量調査地点における媒介中心性の相関分析を行った。

具体的には、起点（終点）を駅としたネットワークにおいて分析を行い、駅とその他の全ての建物間の媒介中心性の算出を行った。探索範囲は400m~800mまで100mずつ5段階を設定し、駅の東西での異なる都市構造間で比較を行うため、全体（38地点）、東のみ（17地点）、西のみ（21地点）の3パターンの調査点について相関分析を行った。1時間ごとに全ての時間帯について分析を行ったが、代表して全時間帯（終日の合計）の結果を表示する。

結果として、対象地全体においては探索範囲400mではやや正の相関が見られたものの、探索範囲が広がるほどに相関は低くなっていった。また、男性の方が女性よりも相関が高い傾向にあることが分かった。

東口のみ結果を見てみると、どの探索範囲においても比較的強い正の相関が見られ、全体と同様に男性の方が女性よりも相関が高い傾向がみられた。

また、西口のみ結果を見てみると、どの探索範囲においても相関がほとんど見られず、探索範囲が拡大するにつれ負の値を示すようになった。

このような結果が得られた理由として、東口は地上レベル街路と基盤目に近い形状の中小規模の街区を持っているのに対し、西口は高架レベルのペDESTリアンデッキと地上レベルの街路が混在しているため、最短経路を用いた媒介中心性の算出では通過されない経路が見られるため、中心性の値と実際の歩行者量との間に大きな差が出来てしまっている調査地点が存在するためであると思われる。

Table 1. Correlation between pedestrian traffic quantity and betweenness centrality

全体		探索範囲				
性別	時間	400m	500m	600m	700m	800m
男女合計	全時間帯	0.511	0.444	0.408	0.326	0.314
男性	全時間帯	0.644	0.574	0.514	0.404	0.384
女性	全時間帯	0.360	0.299	0.287	0.236	0.232
東口のみ		探索範囲				
性別	時間	400m	500m	600m	700m	800m
男女合計	全時間帯	0.722	0.656	0.707	0.709	0.711
男性	全時間帯	0.810	0.747	0.774	0.753	0.737
女性	全時間帯	0.591	0.524	0.603	0.631	0.654
西口のみ		探索範囲				
性別	時間	400m	500m	600m	700m	800m
男女合計	全時間帯	0.220	0.041	-0.029	-0.062	-0.073
男性	全時間帯	0.249	0.042	-0.037	-0.068	-0.073
女性	全時間帯	0.195	0.039	-0.023	-0.056	-0.072

## 5. 準最短経路に考慮した分析

これまでに行った分析のように、通常の媒介中心性の算出方法は、最短経路のみを考慮しており、実際の歩行者の行動においては必ずしも最短経路を用いるとは限らないこと、前章の大宮駅西口における分析のように複数レベルの街路が混在する都市においては通過されない経路が数多く出てしまうことなどから、より実際の歩行者の行動に近い条件で分析を行うためには、準最短経路にも考慮した分析を行うことが望ましいと考えられる。そこで、本章においては、準最短経路を考慮した分析を行うこととする。

分析には、UNA の Redundancy ツールを用いた。Redundancy ツールは、ある2点間を結ぶ最短経路よりやや長い代替経路（準最短経路）の算出を行うことが出来るツールであり、具体的には、係数 (>1.00) を指定し、ある2点間を結ぶ最短経路長にこの係数を掛けて算出した長さを代替経路長の上限とし、この上限の範囲内で最短経路よりもやや長い代替経路をすべて算出する。例として、最短経路長が 100m のある2点間において、係数を 1.05 としてツールを用いた場合、この2点間を結ぶ最短経路以外の経路について、100m よりも長く 105m 以下の長さのものがあれば、それらの経路が代替経路として算出される。

前章と同様に、起点（終点）を駅としたネットワークにおいて、探索範囲は 400m~800m まで 100m ずつ 5 段階を設定し、駅からその他の建物への代替経路を算出した。係数は、ほぼ最短経路とみなせる 1.001 と、UNA のデフォルトの値である 1.050 を用いた。全体（38 地点）、東のみ（17 地点）、西のみ（21 地点）の3パターンの調査点について、調査点を通過した代替経路数と歩行者通行量の相関分析を行った。

その結果、地区全体では、最短経路（係数 1.001）と比較して、男性は準最短経路（係数 1.050）の方が相関が低くなった一方で、女性は準最短経路の方が相関が高くなった。また、探索範囲 400m においてはやや大きな相関が見られたが、その他の探索範囲ではあまり相関が見られなかった。

続いて、東口のみ結果を見てみると、最短経路の方が準最短経路よりも相関が高くなっており、探索範囲 400m においてはどちらの係数でも比較的高い正の相関が見られるが、探索範囲が拡大するにつれて相関が低くなっていき、特に準最短経路では非常に低くなっていくことが分かる。

一方で、西口のみ結果を見てみると、準最短経路の方が最短経路よりも相関が高くなっており、最短経路では相関に負の値も見られるが、準最短経路では大きいとは言えないものの全体的に正の相関が見られる。

このような結果が得られたのは、地上レベルの街路が

広がる東口においては、実際には歩行者が選択しにくいと考えられる代替経路も算出されてしまった一方で、高架と地上のレベルの街路が混在する西口においては、最短経路のみを扱う分析では通過されなかった経路が選択されたことで、より実際の歩行者の行動に近づいたためであると考えられる。

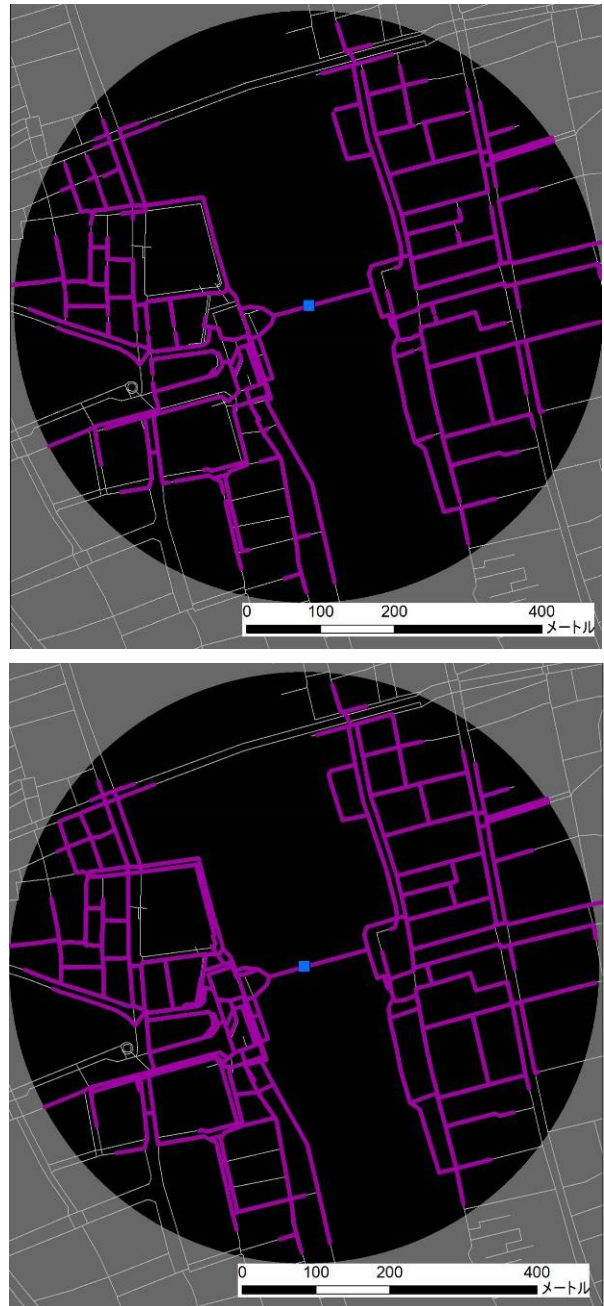


Figure 3. Calculation results of Redundancy Paths tool (Search Radius : R=500m, coefficient : 1.001 (Top), 1.050(Bottom))

## 6. 総括

本研究においては、歩行者の回遊性を定量的に検討するための指標として媒介中心性を採用し、駅の東西で異

Table 2. Correlation between pedestrian traffic quantity and redundancy paths (coefficient : 1.001, 1.050)

全体		400m		500m		600m		700m		800m	
性別	時間	1.001	1.050	1.001	1.050	1.001	1.050	1.001	1.050	1.001	1.050
男女合計	全時間帯	0.520	0.539	0.431	0.469	0.372	0.432	0.254	0.200	0.228	0.256
男性	全時間帯	0.651	0.639	0.562	0.566	0.478	0.391	0.325	0.140	0.295	0.190
女性	全時間帯	0.370	0.420	0.286	0.356	0.254	0.452	0.174	0.249	0.154	0.308
東口のみ		400m		500m		600m		700m		800m	
性別	時間	1.001	1.050	1.001	1.050	1.001	1.050	1.001	1.050	1.001	1.050
男女合計	全時間帯	0.704	0.654	0.615	0.490	0.640	0.431	0.593	0.359	0.551	0.259
男性	全時間帯	0.796	0.762	0.709	0.606	0.710	0.534	0.646	0.429	0.593	0.318
女性	全時間帯	0.571	0.502	0.482	0.334	0.533	0.292	0.508	0.263	0.481	0.180
西口のみ		400m		500m		600m		700m		800m	
性別	時間	1.001	1.050	1.001	1.050	1.001	1.050	1.001	1.050	1.001	1.050
男女合計	全時間帯	0.354	0.444	0.097	0.490	-0.024	0.564	-0.065	0.302	-0.082	0.435
男性	全時間帯	0.388	0.514	0.102	0.512	-0.031	0.532	-0.075	0.268	-0.086	0.415
女性	全時間帯	0.323	0.382	0.092	0.465	-0.018	0.581	-0.056	0.324	-0.078	0.444

なる都市構造を持つ埼玉県大宮駅周辺を対象とした分析を行い、実際の歩行者の通行量と媒介中心性の関係の考察を行った。

その結果、特に大宮駅の東側においては、歩行者の通行量と媒介中心性の間に強い正の相関が得られたことから、媒介中心性を用いることで、実際の歩行者の行動をある程度表現できることがわかった。一方で、大宮駅の西側のような最短経路を用いた指標である媒介中心性の適応が難しい都市構造が存在することがわかった。

さらに、最短経路を前提とした媒介中心性指標のみでなく、準最短経路を考慮した分析を行うことで、最短経路を用いるとは限らない実際の歩行者の行動により近い条件で分析を行うことができ、高架と地上レベルの街路が混在するエリアのような通常の媒介中心性指標では扱うことが難しい対象地における分析手法の改善の可能性を示すことができた。

今後の展望として、今回は大宮駅周辺を対象地として取り上げたが、複数の都市において同様の分析を行い、異なる都市構造において中心性と通行量の関係を検討したい。また、Redundancy ツールを用いた分析においては、係数をUNAのデフォルトの値である1.050として分析を行ったが、複数の係数で分析を行うことが望ましい。さらに、今回の分析結果において、男女の間で傾向に差が見られたが、その要因の考察が不十分であったため、こ

の点の考察も行いたい。最後に、本研究においては、純粋な街路構造のみに注目し、分析を行ったが、実際の歩行者の行動により近い条件とするために、訪れる建物の用途・ジャンルや規模といった街路構造以外の要素を取り入れた分析を行うことを今後の課題としたい。

#### [参考文献]

- 1) 国土交通省都市局まちづくり推進課 (2018) : 「2018 (H30年度) 中心市街地活性化ハンドブック」
- 2) 前 遼太郎, 松本 邦彦, 澤木 昌典 (2014) : 中心市街地活性化事業による商業活性化と回遊性向上の効果, 日本都市計画学会関西支部研究発表会講演概要集, 12 巻, p. 53-56
- 3) 内閣府地方創生推進事務局 都市再生緊急整備の地域整備方針 (最終閲覧日 : 2019/02/14 ) ( <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/toshisaisei/kettei/020719housin.html> )
- 4) さいたま市経済局商工観光部商業振興課 (2017) : 「平成28年度 さいたま市主要駅周辺地区歩行者通行量調査」
- 5) Andres Sevtsuk, Michael Mekonnen Urban Network Analysis A new toolbox for ArcGIS” , International Journal of Geomatics and Spatial Analysis, vol.22, no. 2, pp. 287-305, 2012
- 6) Amindarbari, R. and Sevtsuk, A. Measuring Growth and Change in Metropolitan Form, City Form Lab at the Singapore University of Technology and Design UAA2013 in Sun Francisco, 2013