

鉄道駅やその周辺におけるアクセシビリティのシミュレーション Accessibility Simulation for Railway Stations and Surrounding Areas

本間 健太郎^{*1}

Kentaro HONMA

Associate Professor, Institute of Industrial Science, the University of Tokyo



Abstract

This paper presents our research on the accessibility simulation, including modelling of wheelchair mobility in railway stations and optimal design of elevator arrangements, evaluation of wayfinding difficulty based on spatial form inside subway stations, network analysis of effectiveness that elevated railway project brought about on roadside land price, and network analysis of the impact of railroad-carriable mobility vehicles on travel areas.

●**Keywords:** Network analysis, Step-free route, Wayfinding difficulty, Elevated railway, Land price, Portable mobility vehicles

^{*1}東京大学生産技術研究所 准教授

1. 緒言

筆者は建築計画・建築設計・都市解析を専門とし、とくにデジタル技術やシミュレーションを活用した研究および実践活動を行っている。筆者の研究室では今まで、鉄道駅やその周辺における「アクセシビリティ」に関するシミュレーションを多く手掛けてきた。本稿ではその事例を紹介する。

建築を対象としたシミュレーションというと、たとえば地震時や強風時の建物挙動を予測する「構造」分野、あるいは音響環境や熱環境を予測する「環境」分野を想像することが多いだろう。実際これらの分野では、シミュレーション研究とその実践が長年にわたり進められてきた。一方で筆者が専門とする「計画」分野は、人間の行動や心理に焦点を当て、それに適した建物や都市を設計するための研究と応用を進める分野である。そのような計画分野の研究は、かつては特定の空間における人間の行動や心理を分析するという個別的な研究が主流だった。しかし近年ではシミュレーション研究も盛んになりつつあり、本稿で紹介する事例もその流れの研究である。

以降、2章と3章では建築スケールの分析、4章と5章では都市スケールの分析について紹介する。より具体的には、2章では駅構内および駅間における車いす移動のシミュレーション、3章では駅構内の空間形態に基づく迷いやすさ評価、4章では鉄道高架化による歩行流の変化がもたらす地価の変化、5章では鉄道に携行可能なモビリティの導入による移動圏域の拡大について述べる。

2. 駅構内における車いす移動経路のモデル化とバリアフリールートの最適デザイン

まず紹介するのは、鉄道駅構内における車いす利用者の移動経路をシミュレーションし、エレベーター増設時の意思決定を支援する研究である。なお本研究のうち、鉄道駅に関する部分は東日本旅客鉄道株式会社と東京大学の共同研究によって、それ以外はJSPS科研費20H02327の助成を受けて行われた。

車いす利用者の移動を観察すると、わずかな段差でもバリアとなり、その移動経路はいわゆる健常者とは大きく異なることが分かる¹⁾。図1に示すのは、車いす利用者がある場所から駅へ向かう際に、どのルートを通りどこを注視したかを調べた実験の様子とその分析図である。この実験の結果、坂道にある根上がり、狭い歩道にある電柱、排水溝の脇にある勾配などの、複数種の「バリア」が重複する状況で顕著な困難が生まれることが分かっている。



図1 車いす利用者による走行実験と分析図

計画者としては出発地から目的地まで段差のないバリアフリールートを通すことが重要で、これは駅構内についても同様である。ここ数十年の努力により主要駅にはおおむね1つのバリアフリールートが整備されている。しかし、そのルートはエレベーターの乗り換えが必要であったり、乗車駅と降車駅のホームエレベーターが離れていたりと、かなりの遠回りを交通弱者に強いる駅もあるのが現状である。そこで国土交通省の旗振りもあり、駅構内にエレベーターを増設して2つ目のバリアフリールートを整備する動きがある。駅構内のエレベーター増設は多くのコストがかかり、工事による不便ともなうため、その計画時には慎重な検討が必要である。

2・1 単一の駅構内のアクセシビリティ評価とエレベーター配置の改善支援

以上の背景のもと、まず現状の駅構内の移動しやすさを評価するためにネットワーク分析を行った²⁾。具体的には、駅空間をネットワーク構造としてデータ入力し、階段・エスカレーター・エレベーターといった昇降設備に適切な「移動抵抗」を付与し、いわゆる健常者あるいは車いす利用者が、任意の改札から電車の任意のドアまで移動するのにかかる最短時間を計算した。ここで、たとえば車いす利用者にとっての階段の移動抵抗は無限大に設定しているわけである。そのうえで図2に示すように、車いす利用者が健常者と比べてどのくらい遠回りせざるを得ないか、また、どのあたりが混雑し車いす利用者にとって危険なエリアになるかを評価した。そして、エレベーターをある場所に追加すると仮定したときに、そのような不便と危険がどのくらい改善されるかもシミュレートした。これにより、単一の駅構内における車いす利用者のアクセシビリティを評価し、その改善を支援することが可能になった。

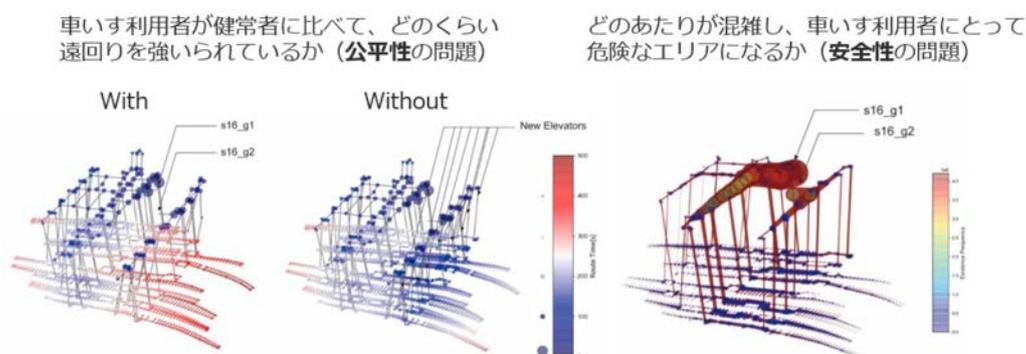


図2 駅構内におけるアクセシビリティのネットワーク分析

2・2 駅間移動時のアクセシビリティ評価とエレベーター配置の最適化

前節では、改札から車扉までのアクセシビリティを、最短経路を基準として評価した。しかし実際の歩行あるいは車いす移動は、改札から車扉までで完結するわけではなく、検討対象をラチ内に限定したとしても、乗車駅の改札から電車を經由して降車駅の改札に至る一連の経路をたどる。また移動経路が複数あるときに最短経路を通るとも限らない。そこで、駅間移動を対象としてネットワーク上の経路選択をモデル化し、エレベーター配置案の検討を行った。

具体的には、ホームと改札階をつなぐエレベーターが1基設置されたあるターミナル駅で、もう1基をどこに追加すべきかを検討した。

工事可能な位置を絞りA、B、Cの3つの増設案をつくったうえで、ネスティッドロジックモデルという選択モデルを用いて、別の各駅から来るあるいは各駅に向かう車いす利用者が何人ずつ増設エレベーターを使うかを予測し、期待最大効用という便益指標を計算して3案の良し悪しを比べた(図3)。また、その選択モデルのパラメーターを推定するために、車いす利用者に対して仮想的な状況を複数提示してその選好を表明してもらう調査を行っている³⁾。

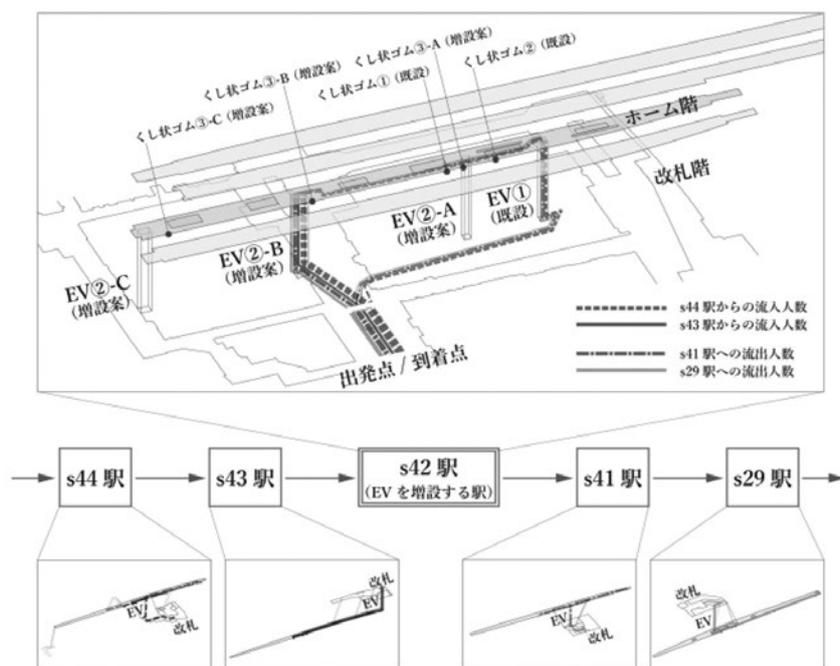


図3 駅間移動時のネットワーク上の経路選択

2・3 ホームエレベーター配置の駅間相性評価

前節の選択モデルをホーム上の移動のみに単純化したうえで、対象駅を増やした検討も行った。具体的には、首都圏438駅のホームにおける昇降設備の位置をデータ化して、乗車駅と降車駅のホームエレベーターの位置のズレを、路線内の全駅ペアについて把握した。これに加えて旅客移動量も考慮して、ホームエレベーター配置の駅間相性を計算した⁴⁾。このシステムを応用すると、たとえばある路線にエレベーターを計5基増設する予算があるなら、どの駅のどの場所に設置する組み合わせが最適かを導き出すことができる。このような数理的予測をベースに最適化デザインを行う手法は、意思決定に役立つだけでなく、意思決定のエビデンスや説明責任が必要とされる状況でも重宝されると考えている。

3. 駅構内の空間形態に基づく迷いやすさ評価

次に紹介するのは、筆者の研究室に所属していた大嶽有加氏が修士研究として行った、駅構内の迷いやすさの定量評価を試みた研究⁵⁾である。以前から鉄道事業者は工夫を重ねているものの、利用者が迷ってしまうような駅が大規模駅を中心に依然として存在しており、近年の駅の用途複合化にともなって迷いやすくなった場所も見られる。また外国人観光客や高齢者といった、込み入った文字情報の理解が難しいため迷いやすい利用者が増加している現状もある。このため、サインに頼らなくとも迷いにくい空間計画が求められており、広い意味での「アクセシビリティ」を高める必要がある。

そこで、ある地下鉄駅構内において、歩行者から見える空間の形態を手がかりにして複数の指標を算出し、その空間の迷いやすさを評価した。算出した指標のひとつは「誤経路可視度」と呼ぶ独自指標である。これは、歩行経路上の任意の歩行者ポイントから見える平面領域内に密に計測ポイントを分布させたときに、それらの計測ポイントから目的地までの最短距離が、歩行者ポイントから目的地までの最短距離よりも長くなりがちときに高くなる指標である。たとえば分岐地点において正しい経路より間違った経路の方がよく見える状況だとこの指標は高くなる。図4は、この駅構内における移動人数データに基づく、誤経路可視度の空間分布を示している。またこの他にも、可視空間の「凸度」や「遮蔽縁長比」などの指標も算出した。

そのうえで、このようにあくまで空間形態の幾何的特性のみに基づいて算出した指標が、実際の迷いやすさを説明するかを検証した。空間的に迷いやすい場所には案内サインが設置されがちだと思われることから、案内サインの設置状況を現地調査した(図5)。統計的な分析によると、案内サインがよく見える地点と、誤経路可視度が高い地点は、そこまで強い相関はないものの一一致する傾向がみられた。したがって、誤経路可視度が高い地点はおおむね迷いやすいといえる。このような指標は駅空間の設計時や改修時に役立つ可能性がある。

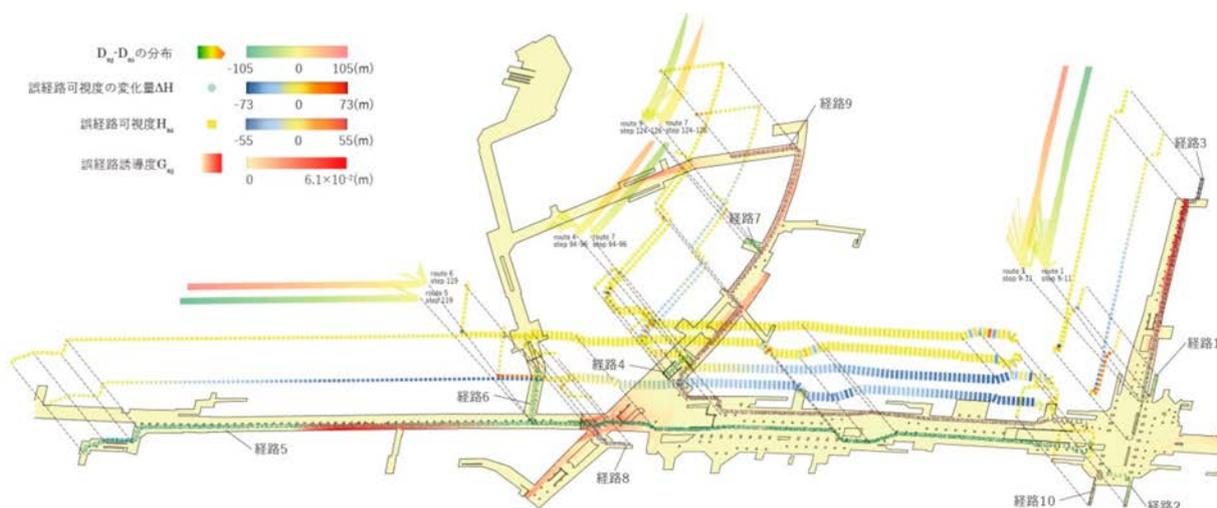


図4 誤経路可視度とその変化量



図5 案内サインの設置場所

4. 鉄道高架化による歩行流の変化がもたらす地価の変化

次は、鉄道路線の高架化にともなう地域の地価の変化を予測する研究⁶⁾を紹介する。東京都墨田区の曳舟周辺では、京成押上線の高架化事業が2015年に完了し、いくつかの踏切がなくなった。図6の中央の黒丸が以前の「開かずの踏切」の1つで、ラッシュ時に長時間待たなければならなかった状況が立体交差によって解消された。それにより地域の交通流が変わったはずだと考え、ネットワーク分析によって歩行者の動きを推計した。粗い仮定を設けてはいるが、道路を行き交う歩行者や車両の動きをシナリオごとに再現し、どの区間で歩行量が多くなり「にぎわい」が生まれるかを、高架化の前後で比較した。すると今まで踏切を避けて遠回りしていた歩行者が、高架化後には立体交差部を通るようになり、広域にわたり歩行流が変わることが計算上確かめられた(図6左)。

一方で、このような歩行量の変化は、街路に面する用地の事業性を左右し、ひいては土地の経済的価値に影響すると予想できる。そこで土地の価値を示す指標として、さかのぼって詳細なデータが得られる「路線価」を利用し、その高架化前後での変化も調べた(図6右)。ここでは、路線価の鑑定における地域要因に歩行量が間接的に影響すると考えている。

この予測歩行量と路線価の変化率を比べると、商業地や主要道路へ向かう歩行者が増えるエリアは路線価が上昇傾向にあるなどというように、両者には統計的に有意な関連性があった。つまり「街路の物理的なネットワーク構造の変化から、歩行流パターンの変化の予測を經由して、土地の経済的価値の変化を予測する」ことがある程度可能であることが分かった。この予測は、鉄道路線の高架化をはじめとする、地域の歩行経路を変えるようなプランニングをしている時に有用だと思われる。

以上のように、都市あるいは建築空間におけるモノ側のデータ(本章では街路ネットワーク、前章では駅構内の空間形態データ)と、その上で営まれるアクティビティ側のデータ(本章では路線価、前章ではサインの配置)を突き合わせ、前者と後者の関係を説明することは、計画分野の典型的な分析方法の1つといえる。

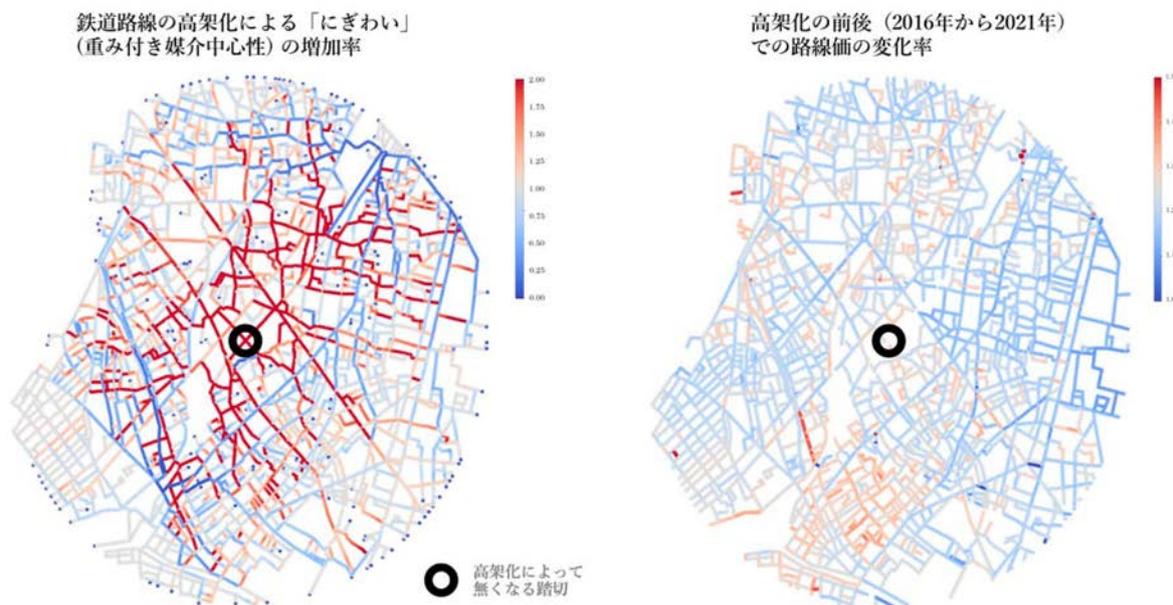


図6 鉄道高架化による歩行流(推定値)の変化および路線価の変化

5. 鉄道に携行可能なモビリティの導入による移動圏域の拡大

最後に、筆者の研究室に所属していた倉知直生氏が修士研究として行った、小型乗物の鉄道車内への持ち込みがいかに移動圏域を拡大するかをネットワーク分析で示した研究⁷⁾を紹介する。全国の住宅の6割近くが最寄り駅から1km以上離れており、また首都圏の通勤定期利用者は、自宅から駅までと駅から勤務地までの移動にそれぞれ平均10分ほどを費やしている。総移動時間の短縮のためには、鉄道自体の速達性を高めるだけでなく、端末時間も短縮する必要がある。

パークアンドライドや、自転車やシェアモビリティの利用は、端末時間の短縮に役立つ。しかし鉄道の乗降前と降車後で同じ機体を引き継いだ利用ができないため、機体へアクセスする時間と手間が発生する。さらに、いずれも交通結節点の好立地に駐車駐輪スペースを要する。

パリでは電動キックボードのシェアリングサービスが禁止され、個人で保有して鉄道車内に持ち込む姿がよく見られるという。日本の公道でも走行可能なものも含め、鉄道に携行可能なポータブルモビリティが市場を拡大しつつある。ポータブルモビリティは、鉄道乗車前後に引き継いで利用でき、駐車駐輪スペースも不要である。そのうえ、機種によっては安全性の課題があるものの自転車並みの速度が出るため、それが普及すると端末時間の短縮に寄与するはずである。

その短縮効果を確認するため、道路データを用いたネットワーク分析を行った。図7は、JR中央線と西武新宿線の各駅から10分以内で到達できる範囲を彩色している。端末交通手段が徒歩の場合には10分で800m、ポータブルモビリティの場合には2400m移動できるとしている。ポータブルモビリティの導入により到達範囲が顕著に広がり、従来「駅から遠い」場所だったところが「駅から近い」と認識されるようになる可能性がある。とくに紫色のエリア(「2400m駅勢圏積集合(800m駅勢圏と独立)」のエリア)は、従来は中央線からも新宿線からもアクセスしづらい場所だったが、ポータブルモビリティによって両線にアクセスしやすくなった場所である。家族で異なる路線を使うことや平日と休日で異なる路線を使うことが可能になるため、便利な場所に様変わりする可能性がある。

また駅間移動人数データを用いて概算したところ、たとえば東京圏において定期券利用者の1%が、端末交通手段を徒歩からポータブルモビリティに切り替えると、社会全体で1日あたりおよそ400日分の移動時間を短縮できることが分かった。

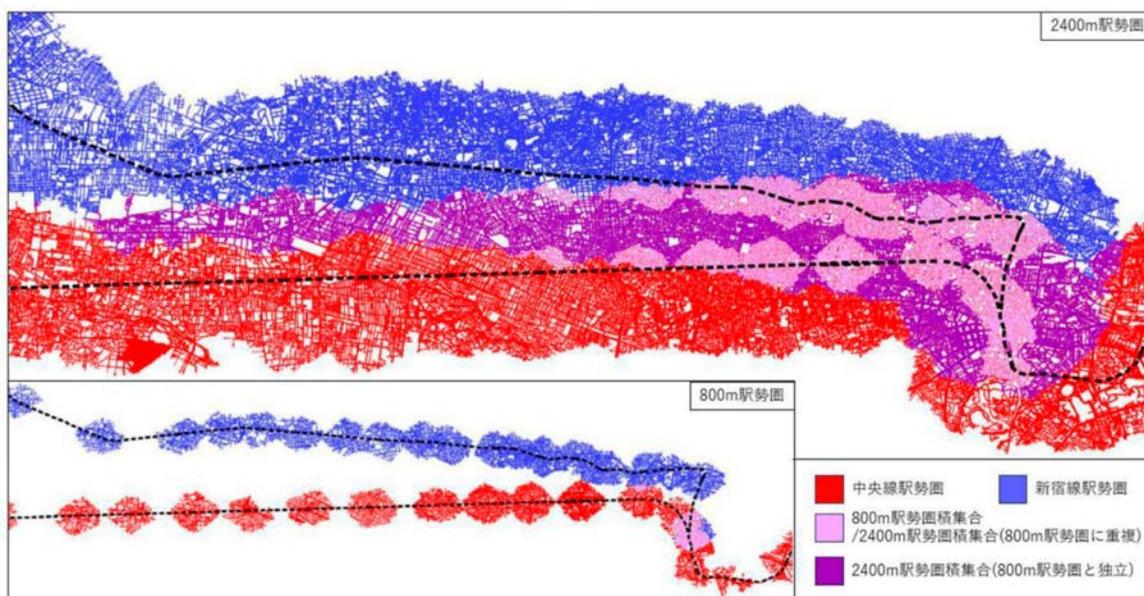


図7 現状およびポータブルモビリティ利用時の「駅から10分圏」

6. 結言

以上、鉄道駅やその周辺におけるアクセシビリティをテーマに、車いす移動のシミュレーション (2章)、空間形態に基づく迷いやすさ評価 (3章)、鉄道高架化による歩行流の変化がもたらす地価の変化 (4章)、鉄道に携行可能なモビリティの導入による移動圏域の拡大 (5章) について、筆者の研究室で行った研究を紹介した。建築や都市の計画分野におけるシミュレーション研究について、読者のみなさまが少しでも理解を深められたら幸いである。

参考文献

- 1) 寺尾聡子, 田名部衣織, 佐野拓郎, 丹羽由佳理, 本間健太郎, 新井祐子, 日下部貴彦, "車いすユーザを対象とした駅周辺の道路環境評価 — その1 車いすユーザの困難性", 日本建築学会学術講演会梗概集, 2023.
- 2) Yuko Arai, Takahiko Kusakabe, Yukari Niwa, Kentaro Honma, "Evaluation of wheelchair accessibility in train stations using a spatial network", Asian Transport Studies, 8 100067-100067, 2022.
- 3) 日下部貴彦, 新井祐子, 本間健太郎, 杉野勝敏, 菅芳樹, 丹羽由佳理, "車いす利用者の駅構内経路選択行動モデル構築のための Stated Preference 調査", 第42回交通工学研究発表会論文集, 215-222, 2022.
- 4) 新井祐子, 劉 俐伶, 日下部貴彦, 丹羽由佳理, 本間健太郎, "旅客移動量に基づく駅ホームエレベーター配置の駅間相性評価", 日本建築学会第44回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 2021.
- 5) 大嶽有加, "地下歩行空間の形態と迷いやすさの関係性 — サインの空間分布との比較を通じたisovistの評価", 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻修士論文, 2023.
- 6) 那須昭碩, 本間健太郎, 今井公太郎, "立体交差事業が路線価に与える影響の街路ネットワーク分析", 日本建築学会計画系論文集, 88巻 805号, 2023.
- 7) 倉知直生, "鉄道に携行可能なモビリティの導入が移動圏域に与える影響", 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻修士論文, 2024.