



2023

研究活動報告

IBS Annual Report

I. 巻頭言

代表理事 岸井 隆幸 1

II. 研究論文

オールド・ニュータウンからスマート・ニュータウンへ
～高蔵寺ニュータウンにおけるモビリティのリ・デザイン～

交通・社会経済部門 GM 萩原 剛 5
都市地域・環境部門 木全 淳平
交通・社会経済部門 羽佐田紘之
// 水野 杏菜
// 菅原 智子
交通・社会経済部門 主幹研究員兼 GM 北村 清州

立地シミュレーションとまちづくりDX
～3D都市モデルを用いたユースケースより～

都市地域・環境部門 磯野 昂士 13
データサイエンス室 ITM 石井 良治
データサイエンス室 高橋 慧
早稲田大学 富岡 秀虎
データサイエンス室 高 宇涵
// 松井 浩
都市地域・環境部門 主任研究員 原田知可子
都市地域・環境部門 主任情報員 雨森恵理子
都市地域・環境部門 部門長兼 GM 石神 孝裕

インフラDXが目指す大型車両の通行円滑化と適正化

データサイエンス室 室長代理兼 GM 岡 英紀 21
交通・社会経済部門 担当部門長兼 GM 剣持 健
交通・社会経済部門 河上 翔太
データサイエンス室 宮内 弘太
交通・社会経済部門 羽佐田紘之
データサイエンス室 主任情報員 山本 恭子

「ひと中心の道路空間」への転換 ～仙台市・定禅寺通再整備の取り組み～

都市地域・環境部門（東北事務所） 青野 貞康 27
東北事務所次長、都市地域・環境部門 担当部門長兼 GM 福本 大輔
都市地域・環境部門（東北事務所） 西山 良孝
都市地域・環境部門 蛭子 哲
// 近藤 和宏
都市地域・環境部門（東北事務所） 笹 圭樹
// 廣瀬 健
都市地域・環境部門 千葉 妙子
都市地域・環境部門（東北事務所） 伊藤 京

Ⅲ. フェローシップ最終報告

COVID-19の影響による交通事業者支援施策のレビューおよび効果

ウィーン工科大学交通研究所 上席研究員 柴山多佳児 37

都市のデジタルツインの展望と課題：欧州のプロジェクトを概観して

ハーバード大学ポストドクトラル・リサーチフェロー（PhD in Earth and Environmental Engineering） 原口 正彦 45

Ⅳ. 自主研究活動報告

リニア中間駅（4駅）を中心とする地域活性化に関する検討

業務執行理事、研究本部長兼企画室長 毛利 雄一 55
都市地域・環境部門 担当部門長兼GM 森尾 淳
特任研究員 鈴木 紀一

Wi-Fiパケットセンサーの性能検証

交通・社会経済部門 部門長兼GM 絹田 裕一 59
交通・社会経済部門 和泉 範之
株式会社社会システム総合研究所 代表取締役 西田 純二

新たなモビリティサービス導入のための需要計画ツールの開発

～高蔵寺ニュータウンにおける低速自動運転車両の需要予測～

交通・社会経済部門 主幹研究員兼GM 北村 清州 63
データサイエンス室 高 宇涵
交通・社会経済部門 羽佐田紘之
// 水野 杏菜
交通・社会経済部門 GM 萩原 剛

Ⅴ. 海外学会参加の概要

第28回 ITS世界会議

データサイエンス室 宮内 弘太 69
交通・社会経済部門 村上 悠馬
交通・社会経済部門 主幹研究員兼GM 西村 巧
交通・社会経済部門 部門長兼GM 絹田 裕一

Smart City Expo World Congress 2022

～バルセロナ視察報告～

東北事務所次長、都市地域・環境部門 担当部門長兼GM 福本 大輔 73

第102回 TRB年次総会

交通・社会経済部門 羽佐田紘之 77
都市地域・環境部門 磯野 昂士
交通・社会経済部門 和泉 範之
データサイエンス室 ITM 石井 良治
交通・社会経済部門 GM 萩原 剛
業務執行理事、研究本部企画戦略部長 牧村 和彦

Ⅵ. 受賞・表彰報告

東北事務所次長、都市地域・環境部門 担当部門長兼GM 福本 大輔 83

データサイエンス室 室長代理兼GM 岡 英紀 84

業務執行理事、研究本部企画戦略部長 牧村 和彦 84

交通・社会経済部門 部門長兼GM 絹田 裕一 85

交通・社会経済部門 担当部門長兼GM 矢部 努 85

VII. 研究活動報告

都市地域・環境部門	89
交通・社会経済部門	95
データサイエンス室	101

VIII. 研究論文一覧

研究論文一覧	105
--------	-----

IX. IBS 情報

IBSの概要	119
--------	-----

巻頭言

Preface

岸井隆幸¹

By Takayuki KISHII

昨年2022年は鉄道開業から150年、記念シンポジウムなど様々なイベントが展開された。また、今年2023年は関東大震災から100年、メディアでも防災に関する話題が頻繁に登場している。別に99年でも101年でも同じだろうが、と思いつつも「区切りの良い周年」が来ると不思議に心が動かされる。

我々の人生にも「誕生日(周年)」を節目とした様々な仕掛けがある。子供の健やかな成長を祝うのは七五三。最近までは20歳、今は18歳で成人を祝う。結婚すれば25年で銀婚式、50年で金婚式。一方で厄災が多く降りかかるとされる「厄年」もある。これは男女で異なり、本厄は男性は25歳、42歳、61歳、女性が19歳、33歳、37歳、61歳とされている。また、めでたく100歳を迎えると「紀寿」あるいは「百寿」と呼ばれるお祝いがあるが、実は99歳でも「白寿」がある。長寿を寿ぐのは何回あってもよいのであろう。さらに、不帰の客となった後は、仏式であれば7回忌や13回忌といった法事が執り行われる。こうしてみると、どうも人間は根っから「周年」に弱いと言わざるを得ない。

我々の組織、一般財団法人計量計画研究所(IFS)が誕生したのは1964年7月15日。したがって今年は設立から59年、いよいよ来年は60歳(60周年)を迎えることになる。この60という区切りは人生では「還暦」と呼ばれ、私自身も研究室で赤いチャンチャンコを着せられた覚えがある。いうまでもないが、還暦は「甲・乙・丙・・・」の十干と干支の十二支の組み合わせが一巡することから「生まれたときと同じ暦に還る」まで長生きしたことをお祝いするものである。100年前の平均寿命は45歳を下回っていたから60歳まで生きるというのは、平均寿命が80歳を超える現代で100歳を迎える以上の重みがあったのであろう。

IFSもこのめでたい「還暦」を契機に(あるいは61歳の厄年を迎えるにあたり)、今一度、次の時代に向かって組織の在り方・働き方を考えてみたいと思う。単純!という声もあろうが「区切りの良い周年」を様々な活用するのは、時の流れや自らの変化を意識させる人間の知恵の産物である。

暦が一回りしたのであるから今一度初心に帰ってもよいのだが、実は今年度、当研究所の職員は100名を超えるに至っている。設立当初の職員数はわずか14名であるので、7倍増といえる。当然、大きくなれば大きくなったで、これまでにはない「新しい壁」が出てくる。「新しい壁」を乗り越えるには、何かこれまでと違う「新しい知恵」がいる。

浅草おかみさん会理事長の富永照子さんは、世の中は変わるが、変わらないのが「義理と人情と心意気」であり、壁を乗り越えるには「勇気・やる気・元気」だという。いかにも浅草らしい考え方である。一方、大阪のコラムニスト小杉なんぎんさんは「越えられへん壁は穴をあけたらええ」という。「わからんことはロマンやということにしとけ」、困ったら「座る場所変えてみたらどうや」。「京都人は過去を生きるんや、神戸人は未来を生きるんや。そんで大阪人は朝から晩まで生きるんや」、これが大阪人の流儀だという。こちらも頷くところがある。

IFSも、IFSの流儀で次の時代を切り拓く新たな知恵を出したい。

ちなみに私は神戸生まれである。大阪とは違う!未来を生きるんや!

1 一般財団法人計量計画研究所 代表理事 博士(工学)

Ⅱ

研究論文

- オールド・ニュータウンからスマート・ニュータウンへ
～高蔵寺ニュータウンにおけるモビリティのり・デザイン～
- 立地シミュレーションとまちづくりDX
～3D都市モデルを用いたユースケースより～
- インフラDXが目指す大型車両の通行円滑化と適正化
- 「ひと中心の道路空間」への転換
～仙台市・定禅寺通再整備の取組み～

オールド・ニュータウンからスマート・ニュータウンへ ～高蔵寺ニュータウンにおけるモビリティのリ・デザイン～

Mobility Re-design in Kozoji New Town: From "OLD" New Town to "SMART" New Town

萩原 剛¹ 木全淳平² 羽佐田紘之³ 水野杏菜³ 菅原智子⁴ 北村清州⁵

By Go HAGIHARA, Junpei KIMATA, Hiroyuki HASADA, Anna MIZUNO, Tomoko SUGAHARA, and Seishu KITAMURA

1 はじめに



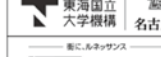





我が国の都市・地域が直面する様々な社会課題に対し、ICTをはじめとする新技術や各種データを活用して解決をめざす「スマートシティ」の取り組みが、近年国内外で進められている。

日本の戦後高度成長を支えた大規模住宅地であり、千里ニュータウン、多摩ニュータウンとともに日本三大ニュータウン¹⁾の1つに数えられる愛知県春日井市の高蔵寺ニュータウンにおいても、少子高齢化やニュータウン独特の地形条件、人口減少等により、様々な社会課題が生じている。このような課題を抱えたニュータウンは、しばしば「ニュータウンのオールドタウン化」、「オールド・ニュータウン」と呼ばれ、全国各地で早急な課題対応が求められている。

春日井市をはじめとした関係主体は、その中でも主に「モビリティ」の課題に着目し、これに対応するため、スマートシティの取り組みを含めさまざまな取り組みを行ってきた。本稿では、その一環として2022年度に実施した「モビリティポート」による交通結節点のスマート化の実証実験について紹介する。この実証実験は、高蔵寺ニュータウンの交通課題解決をめざした産学官連携組織「春日井市未来技術地域実装協議会」の専門部会として設置された「高蔵寺スマートシティ推進検討会」(以下「検討会」という。)が実施主体として行ったものである。検討会の構成と実証実験における役割は表-1の通りである。

なお、本事業は国土交通省都市局の「令和4年度国土交通省スマートシティ実装化支援事業」の支援を受けて実施した。当研究所は代表幹事として実験効果分析・検証、成果とりまとめ等を担当した。

表-1 高蔵寺スマートシティ推進検討会の構成と役割

メンバー	役割
 IBS 計画計画研究所 The Institute of Planning & Research	実施効果分析・検証・とりまとめ
 春日井市 Spring City	プロジェクト推進自治体、各種調整
 東海国立 大学機構	実験企画・調整
 名古屋大学	
 UR 都市機構	団地内関係者調整
 高蔵寺センター	商業施設テナント交渉・連携
 MIRAI SHARE	オンデマンド乗合タクシーのシステム提供
 DNP 大日本印刷	モビリティポートの提供

2 高蔵寺ニュータウンについて

(1) 高蔵寺ニュータウンの概要

高蔵寺ニュータウンは、愛知県春日井市の東部に位置し、春日井市域の約8%となる約700haを占めている。日本住宅公団(現在の独立行政法人都市再生機構、以下「UR」という。)が施行した土地区画整理事業により整備され、1968年に入居が始まり、2022年10月時点で42,430人(市全体の13.7%)が居住している。中心部に商業施設を集約したワンセンター方式が特徴であり、センター周辺にURの賃貸住宅、分譲集合住宅が立地し、その周辺を戸建住宅のエリアが囲んでいる。谷筋に整備された緑豊かな幅の広い幹線道路と尾根筋に並び建つ団地の風景が高蔵寺ニュータウンの独特の景観を形成している。

(2) 高蔵寺ニュータウンの課題

まちびらきから50年以上が経過した高蔵寺ニュータウンは、道路や公園等、充実した都市インフラや良好な居住環境を有する一方、初期の入居者が一斉に高齢期を迎えるなど様々な課題が生じている。

a) 人口動向・少子高齢化

人口は、1995年の52,000人超をピークに減少傾

¹交通・社会経済部門 グループマネジャー 博士(工学) ²都市地域・環境部門 研究員 ³交通・社会経済部門 研究員
⁴交通・社会経済部門 情報員 ⁵交通・社会経済部門 主幹研究員兼グループマネジャー 博士(工学)



図-1 高蔵寺ニュータウンの位置²⁾

向に転じている。一方、世帯数は20,000世帯前後を推移しており、小世帯化が進んでいる。また、直近ではニュータウンからの転出が転入を上回っている状況となっている。

65歳以上の高齢者人口が総人口に占める割合である高齢化率は2008年から市平均を上回り、2022年10月時点で36.4%（市平均26.0%）となっている。

b) バスの状況

高蔵寺ニュータウン内を運行するバス路線は、JR高蔵寺駅発着が15路線あり、朝夕は1時間あたり20本以上の頻度で運行され、市内の他地区と比較すると利便性は高いものの、ピーク時の3/4までに運行本数が減少している。

また、ニュータウンの中心部に立地する大型商業施設「サンマルシェ」の管理運営等を担う高蔵寺ニュータウンセンター開発株式会社が運行するサンマルシェ循環バスは、センター地区を中心に藤山台ルート、石尾台ルートの2ルートがあり、1時間あたり1～2本の頻度で運行されているが、近年の経営状況やコロナ禍等を勘案し、運行頻度の減少や運賃の値上げ等を行っている状況にある。

その他、高蔵寺ニュータウン周辺に立地する病院が送迎用の巡回バスを運行し、地域の病院利用者である高齢者等の日常の足として貢献している。

高蔵寺ニュータウン内を運行する名鉄バス（高蔵寺ニュータウン線）の利用者は、通勤・通学客の減少により、2006年度の年間約253万人から190万人を下回るまでに減少している。一方、サンマルシェ循環バスの利用者は、コロナ禍前は年間15万人前後で推移して

いるが、コロナ禍以降は7万人台にまで減少した。このように、2020年以降、先に述べた人口減少・高齢化による利用者の更なる減少に加え、コロナ禍による利用者の大幅減により多大な影響を受けており、運転者不足等移動サービスの担い手の不足も危惧されていることから、交通手段を確保する取り組みが求められている。

c) 住宅種別の構成と歩行環境

高蔵寺ニュータウンは、地域内に坂道や起伏が多いという地形的特性を有している。特に、ニュータウンにおいて最も高齢化が進展する石尾台地区は、800m四方程度（約77ha）の地域であるが、地域内においても500m程度の距離に18mほどの標高差がある。

これらの背景から、高齢者等の外出機会の減少が危惧されている。加えて、ニュータウン内の基幹交通である路線バスの運行本数は、前述のとおり、1995年のピーク時と比較して約3/4にまで減少しており、住民アンケートにおけるバス運行本数や自宅からバス停までの距離（ファースト・ラストマイル）についての満足度は低い。また、アンケートの中では住民の免許返納意向も窺えるが、免許返納後の将来の移動に不安を抱えている人も多く、近い将来、課題がさらに顕在化する恐れがあり、坂道の多い地区の高齢者が自らの運転だけに頼らず公共交通を利用して移動できる環境整備への要請、例えばバス停等へのファースト・ラストマイルの移動のサポートが必要となっている。

また、高齢者に対する日常生活の外出機会を確保することにより、将来にわたる医療・介護分野における公的負担軽減につながることも期待できる。

d) 商業施設の立地状況

前述の通り、高蔵寺ニュータウンは中心部に商業施設を集約したワンセンター方式により整備されており、センター地区には大規模小売店舗「サンマルシェ」を核として商業施設が公共施設とともに集積している。大規模小売店舗は平日でも賑わっており、売り上げも比較的高い水準を保っているが、近年、減少傾向にある。このほか、高蔵寺ニュータウン内には、集合住宅内に身近な商業施設としてサブセンターが設けられている。サブセンターは、近郊における大型商業施設の増加による環境の変化等に伴って利用者が減少し

ており、にぎわいが乏しくなっている状況にある。移動に不安を抱える高齢者が増加する中で、最寄品が購入できる身近な商業施設を望む声が多い。

(3) 「移動」課題解決に向けたこれまでの取り組み

上述のとおり、高蔵寺ニュータウンは、人口減少や高齢化、坂道の多さや商業施設の立地などの要因により、バス等の公共交通は一定程度整備されているものの自家用車への依存が高いという特徴を有している。住民の多くは、運転免許返納後の移動手段確保について不安を抱えている。

このような「移動」課題に対応するため、春日井市は多様な主体と連携しながら課題解決に向けた各種プロジェクトを推進している。春日井市は、自動運転技術、高精度3次元地図やダイナミックマップの整備、次世代移動通信「5G」やAIの活用など、先進技術による快適なまちづくり『高蔵寺ニューモビリティタウン』を推進するべく2020年度より「高蔵寺スマートシティ実行計画」を展開している。具体的には、ニュータウン版MaaSを担う移動サービスとして、表-2に示す7つ(2022年度に1つ追加となって8つ)のプロジェクトを設け、「春日井市近未来技術地域実装協議会」の各構成員が一体的に取り組み、ニュータウン版MaaSの共通プラットフォーム構築を目指す。これにより、自家用車に過度に依存せず、坂道などの地形的ハンディを新たなモビリティサービスで克服し、相乗りタクシーや幹線路線バスの高頻度化などサービス効率性の高い公共交通サービスを実現することで、高齢者を含む全ての世代の居住者の外出頻度向上や健康増進、QOL向上が期待される。

表-2 高蔵寺スマートシティ実行計画における8つのプロジェクト²⁾

- ①限定区域内ラストマイル自動運転
(ゆっくり自動運転)
- ②タクシーの高度利用
(AIオンデマンド乗合サービス)
- ③バスレーンの整備等基幹交通の自動運転化検討
- ④駐車場車室マネジメント
- ⑤スマートメーターによる地域の見守りシステム
- ⑥ゴミ収集車稼働マネジメント
- ⑦パーソナルモビリティのシェアリングサービス
- ⑧交通結節点のスマート化によるにぎわいのある安心安全なまちづくり【2022年追加】



図-2 ゆっくり自動運転の概要²⁾



図-3 AIオンデマンド乗合サービス²⁾

3 交通結節点のスマート化(モビリティポート)プロジェクトについて

(1) 背景

上述のとおり高蔵寺ニュータウンでは、自らの運転だけに頼らず暮らせる社会の実現を目指し、地域内のモビリティに対応する「ゆっくり自動運転」(図-2参照)やタクシーの高度利用を目指す「AIオンデマンド乗合サービス」(図-3参照)、高蔵寺駅への基幹交通の高度化など移動をスマート化する取り組みなど、モビリティ施策を軸とした8つのプロジェクトを複合的・継続

的に展開している。

名古屋大学は、中山間地域、オールド・ニュータウン、地方都市など、公共交通が不便な地域においてもともその地域にある交通手段と、新規に導入する手段をその地域にあったかたちでうまくブレンドして、利便性の向上と選択肢の多様化を図ることをめざす「モビリティブレンド(MB)」の考え方³⁾を提唱している(図-4参照)。既存の手段を補完するCASE型のモビリティを既存手段と併せて用いることや、市民の共助を取り込むこと、拠点となるモビリティセンター(交通結節点)など街づくりと連動している点がMaaSとMB

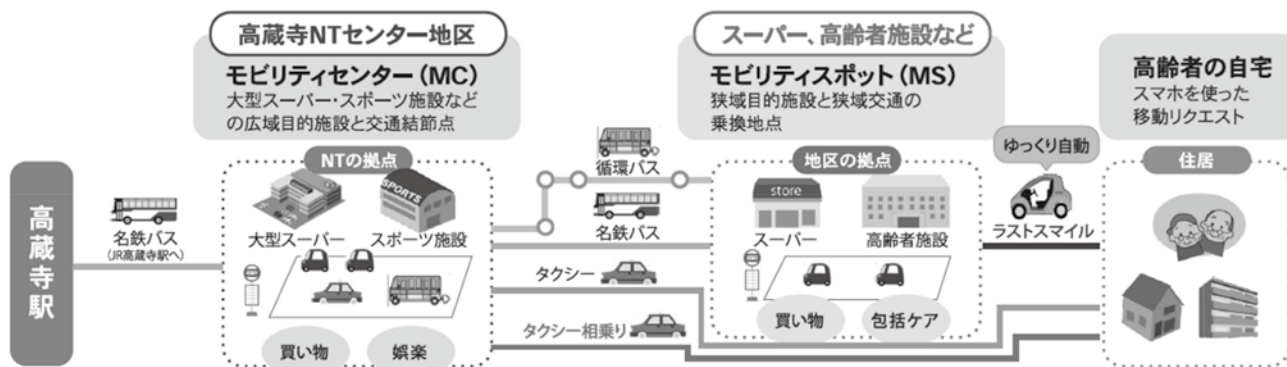


図-4 将来の高蔵寺ニューモビリティタウン(モビリティブレンド)イメージ²⁾

を比較した際の特徴として挙げられる。

以上のような背景のもと、2022年度においては、多様なモビリティを使いこなすための「交通結節点」が重要であるとの認識のもと、交通結節点のスマート化を目指した取り組みを推進することとした。

(2) モビリティポートについて

検討会の構成員である大日本印刷株式会社 (DNP) は、さまざまな交通モードの結節点において、交通と周遊促進のシステムとを連携した情報発信を行う拠点として「DNPモビリティポート」を開発・提供している⁴⁾。インタラクティブな屋外デジタルサイネージを活用して、各種モビリティの利用方法や接近情報の閲覧、利用申込等のサービスを提供することで、シームレスな

移動を実現することを目指している。

モビリティポートを使った交通結節点の実証実験は2020年以降、いくつかの都市で行われていたが、これらは機能検証が目的の単独設置での実証実験が中心であった。今回、高蔵寺ニュータウンでは複数拠点に設置し、ニュータウン内全体の移動を対象とする本格的な実証実験として位置づけ、実装に向けた取り組みとして実施することとした。具体的には、デジタルサイネージを活用したコミュニケーション端末を設置してバス時刻表等の公共交通情報やシェアサイクル、AIオンデマンド乗合サービス等の各種モビリティサービス利用促進のための情報、商業施設情報や地域振興情報を発信することとした。商業施設とは公共交通の利用を促進する割引クーポンなどの連携や店舗・周辺地域

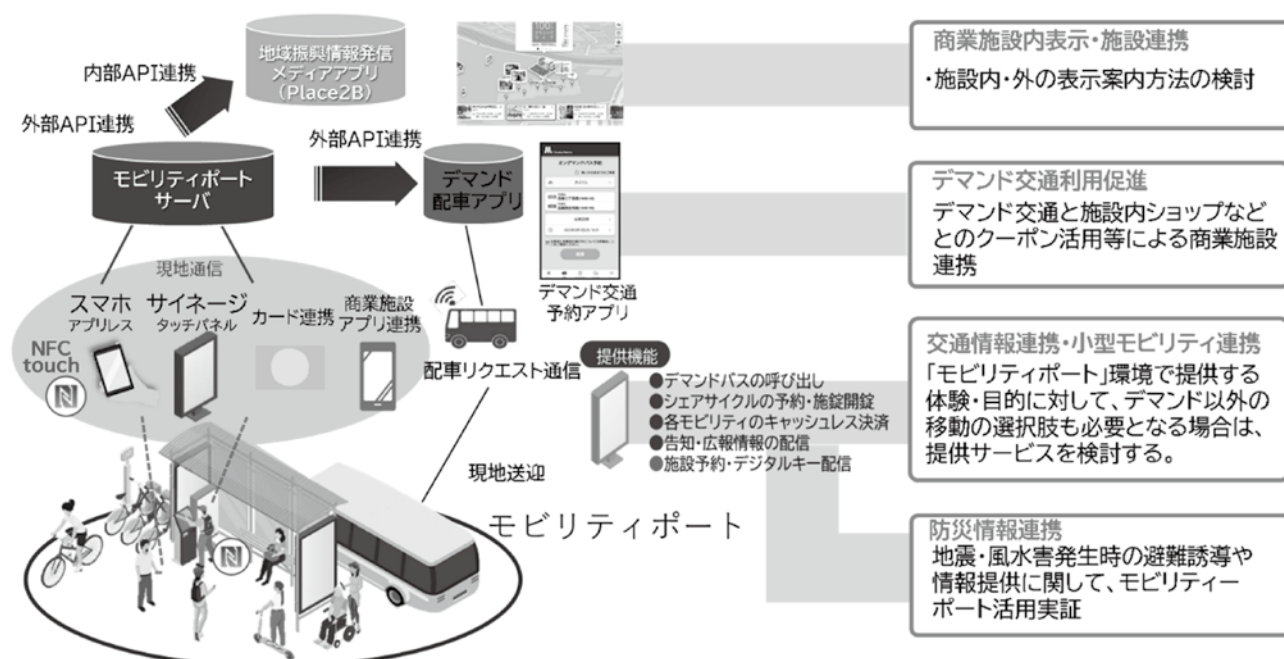


図-5 モビリティポートの全体像(イメージ図)

を周遊してもらい、ニュータウンの賑わいを創出する情報発信を行うことを目指した。機能面では、新モビリティサービスの予約や情報提供をスマホ利用者だけでなく高齢者にやさしいユーザーインターフェイスを持った機能を提供し、外出しやすい環境を提供して、あらゆる世代がWell-beingに過ごせるニュータウンづくりを支援することを目指した(図-5参照)。

(3) 期待される効果

モビリティポート設置により、二次交通への乗り継ぎの利便性向上を図り、公共交通の利用促進を図る。また高齢者でも利用しやすいユーザーインターフェイスを提供して、新しいモビリティサービスの利用率向上を図り、免許返納後の高齢者が安心して移動できるまちづくりへの貢献が期待される。また商業連携により、新しいモビリティサービスを含めたこれらのインフラの運営費を捻出し、持続可能な交通インフラとして整備することが将来的に期待される。

さらに、モビリティポートによる交通結節点のスマート化は、表-2に示した各種プロジェクトにより提供される交通手段の利用を後押しするインフラとして期待できる。

表-3 モビリティポートの設置箇所と機能

設置場所	機能	ポート(サインage)仕様	備考
アピタ館(東口、中央台バス停横)	・バス時刻表表示 ・シェアサイクルポート ・デマンド乗合タクシー予約 ・SNS対応マップベース地域情報発信機能(クーポン情報提供) ・防災情報発信	・32型サインage×2面(1面のみ「残」に対応、SmartSignage™に対応) ・屋外設置仕様 ・Felica対応カードリーダー	・ニュータウン・センター地区の中心となる商業施設。 ・ニュータウン内路線バス運行の中心地。
藤山台地商店街(駐車場横)	・シェアサイクルポート ・デマンド乗合タクシー予約 ・SNS対応マップベース地域情報発信機能(クーポン情報提供)	・55型サインage ・タッチパネル対応 ・屋外設置仕様 ・Felica対応カードリーダー	・ニュータウン内藤山台地の商店街 ・旧小学校施設を活用した地域交流センター
東海記念病院(待合室内)	・デマンド乗合タクシー予約 ・SNS対応マップベース地域情報発信機能(クーポン情報提供)	・55型サインage ・タッチパネル対応 ・屋外設置仕様 ・Felica対応カードリーダー	・ニュータウン拠点病院
名古屋徳洲会総合病院(待合室内)			



図-6 モビリティポートの設置箇所

4 実証実験の実施

これまでに示した背景・目的のもと、2023年1月から3月にかけて、高蔵寺ニュータウン内5箇所にモビリティポートを設置して運用を行う実証実験を実施した。

(1) 実施概要

実験では、商業機能が集積する「センター地区」や団地内、公共施設や病院等、表-3、図-6に示す5箇所にモビリティポートを設置した。

モビリティポートには、AIオンデマンド乗合サービスの予約機能やシェアサイクルの貸出機能、バス停の時刻表等、地域内公共交通の利便性に資する機能を付与した。さらに、地域内の商業施設に関する情報や、安心安全なまちづくりのための防災情報等を提供する機能をモビリティポートに持たせた(図-9参照)。実際の設置状況を図-7、図-8に示す。



図-7 モビリティポートの設置(東海記念病院)



図-8 モビリティポートに設置したシェアサイクル



図-9 モビリティポートによる各種情報提供 (左:コンテンツ、右:実際の設置・利用状況) (グルッポふじとう)

(2) 実施結果

a) サイネージや各種交通サービスの利用状況

2023年1月30日から3月3日までの33日間の実証実験期間中、5箇所のモビリティポートにおけるサイネージのタッチ回数は、合計5,654回(平均172回/日)となった。設置箇所別に集計すると、地域住民が多く買物に訪れる「アピタ館」でのタッチ回数が最も多く、次いで「グルッポふじとう」であった(表-4参照)。「グルッポふじとう」は、旧藤山台東小学校施設のリノベーションを経て、2018年に開館した多世代交流拠点施設で、図書館や児童館、コミュニティカフェ、地域包括支援センターなどで構成されている複合施設である⁵⁾。

サイネージで提供されたコンテンツ別にタッチ回数を集計すると、「シェアバイク」のタッチ回数が最も多く、次いで「オンデマンド乗合サービス」や地域情報を発信する「マップ」のタッチが多く見られた。

シェアサイクルは、期間中3つのモビリティポートに設置し、延べ663回(平均20回/日)貸し出された。実験では、シェアサイクルに対する潜在的なニーズを把握する観点から、実験期間中無料で貸出を行った。そのため、長時間借りっぱなしの利用者や、「グルッポふじとう」における子どもの敷地内利用(移動目的ではなく遊び道具としての利用)が一定数見られた。これらを除外した536回の利用を対象に貸出回数を集計した結果を表-5に示す。3拠点間での移動は約3割であり、残りの約7割が借りたポートと同じポートに返却をしていた。

シェアサイクルの利用時間(ポートで借りてポート

表-4 設置箇所別・コンテンツ別タッチ回数

設置箇所	シェアバイク	オンデマンド	マップ	防災情報	合計
アピタ館	1,033	590	384	385	2,392
グルッポふじとう	1,420	396	403	-	2,219
藤山台団地商店街	486	113	113	-	712
名古屋徳州会病院	-	87	68	-	155
東海記念病院	-	118	77	-	195
合計	2,939	1,304	1,026	385	5,654

表-5 シェアサイクル貸出回数

	返却ポート名	返却ポート名				合計
		アピタ館	グルッポふじとう	藤山台団地商店街	ポート外	
貸出ポート名	アピタ館	147	34	13	1	195
	グルッポふじとう	38	124	37	2	201
	藤山台団地商店街	19	26	95	0	140
合計		204	184	145	3	536

※利用実態を適切に把握するため、利用者663人のうち、長時間利用、施錠忘れと考えられる利用者、グルッポ貸出かつ敷地内のみ利用と考えられる利用者を除外した536人の利用者を対象に分析を行った。

で返すまでの時間)の分布は図-10に示すとおりであり、平均利用時間は144分、利用時間の中央値は69分であった。一方、走行時間(利用時間のうち、訪問先などで施錠されていない時間)の分布は図-11に示すとおりであり、平均走行時間は48分、中央値は約30分であった。図-11に示すように、走行時間が30分未満であるものが約5割と、利用時間に対して走行している時間は限定的であり、短距離の移動のために借りた自転車を占有する形で利用していたことがうかがえる。なお、貸出ポート別の走行時間に差はほぼみられなかった。

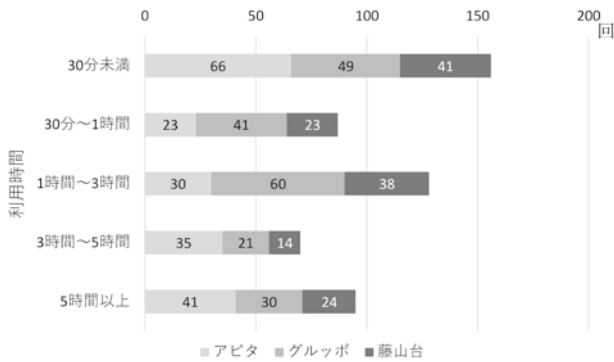


図-10 シェアサイクルの利用時間(貸出ポート別)

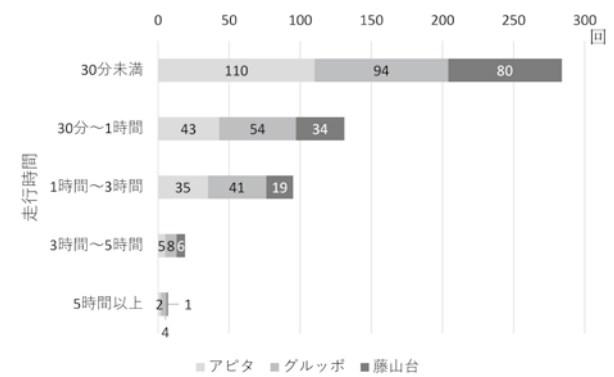


図-11 シェアサイクルの走行時間(貸出ポート別)

以上の集計を踏まえ、シェアサイクルの「施錠箇所」に着目し、その分布を図-12に図化した。図-12に示すように、ニュータウン内だけでなく、2km以上離れ高低差もあるニュータウン外で施錠する利用が多く見られた。施錠が多く見られた箇所には、食品スーパーやコンビニエンスストア等の商業施設の他、住宅地に停めている人も一定数存在していた。施錠箇所はシェアサイクル利用者の「目的地」と解釈することができること等を踏まえると、坂の多い高蔵寺ニュータウンにおけるシェアサイクルの潜在的な需要が確認できたと言える。

AIオンデマンド乗合サービスは、期間中271回(11.3回/日)利用され、うち19回がサイネージで利用予約された。2023年2月には前年同月比23%増となる215回の利用があった。

b) 利用者の声、地域関係者等の意見

実験では、モビリティポートの利用者を対象にヒアリング調査を行った。利用者からは、「使いやすい」「見やすい」などの声をいただいた一方、「教えてもらわないと触りにくい」等の声が一定数聞かれた。

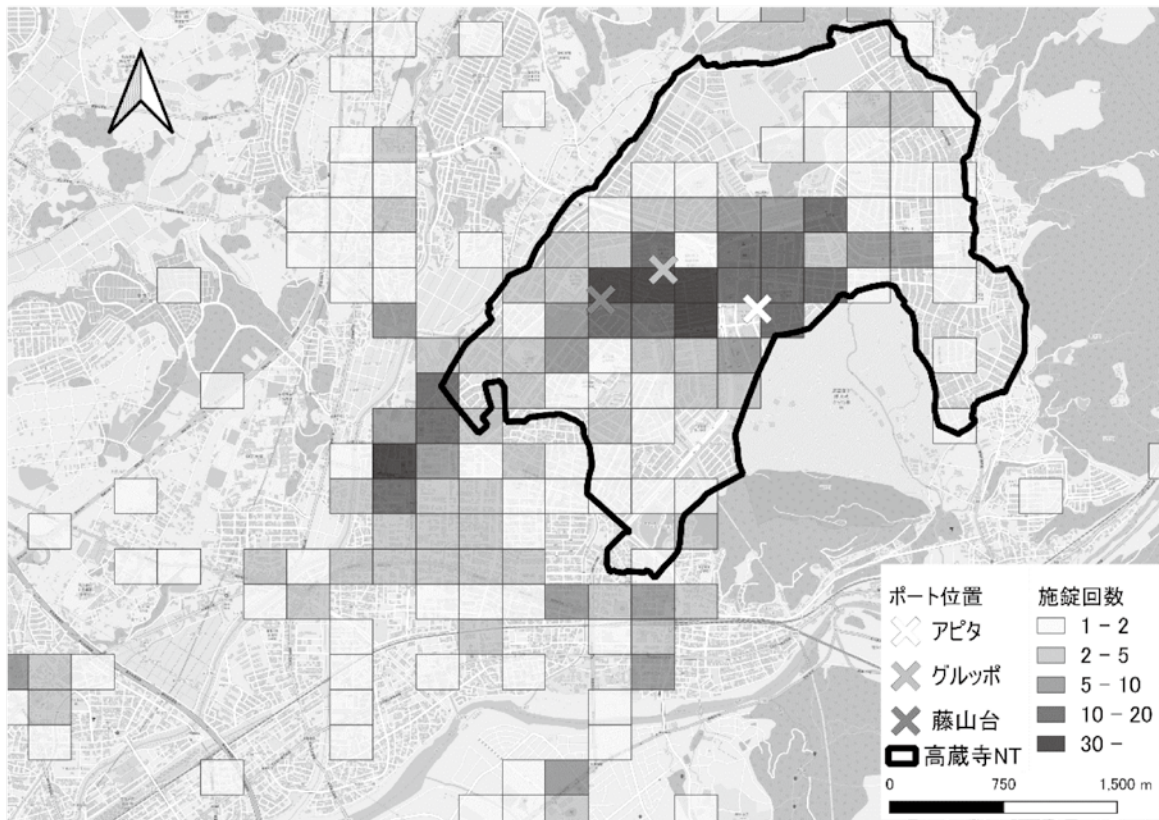


図-12 施錠回数の分布

今回の実証実験でモビリティポートを設置した施設管理者等からは、機能面に関する肯定的な意見や、施設来訪者の増加等の具体的なメリットが見られなかった等のご意見をいただいた。

5 今後の展開

今回の実証実験では、高蔵寺ニュータウンの5箇所に「モビリティポート」を設置した結果、期間中延べ5千回以上のサイネージの利用があり、シェアサイクルの潜在的な需要やAIオンデマンド乗合サービスの利用増加も確認することができた。

その一方、本実験によりいくつかの課題が確認された。例えば、シェアサイクルについて、実験期間中は無償・利用登録なしで使えたことから、長時間「借りっぱなし」となるような利用が一定数見られた。実装時には有償化、もしくは利用登録を義務化する必要があると考えられるが、有償化等を行うことにより、使われ方が変化する可能性に留意する必要がある。

また、必ずしも移動のためとは言えない子どもの利用が多く見られ、施設管理者の負担となる事象が見られた。新しいデバイスに興味を持った子どもの利用シーンを「逆手にとった」利用促進策の可能性があるかもしれない一方で、本来の目的で利用したい方や、施設管理者への配慮の観点から、一定の制約をかけることも考えられる。

今回の実験では、まち全体の移動量の増加、にぎわいの創出、商業活性化等に関する集計的な効果を把握するまでの結果には至らなかった。交通結節点のスマート化がまちのにぎわいや商業活性化にもたらす影響等を計測できるようなデータ収集のしくみ作りを行うことが重要である。

地域受容性の観点も重要と考えられる。利用者からは、「使ってみれば結構使える」と言っていただけのものの、使ってもらわないとその利便性が分からない、という状況を打開するしくみ作りが求められる。

今後の展開としては、以下が考えられる。

a) 「交通系ICカード」の連携

モビリティポートに交通系ICカードとの連携機能を実装し、シェアバイクの予約・解錠やAIオンデマンド乗合サービスの予約・決済に交通系ICカードを用いる

ことで、解錠・決済の利便性向上と、利用マナーの向上（乗り捨て、いたずら等の抑止）をめざす。

b) ポートまわりの空間設計を含めた「ここちよい待ち空間・たまり空間」の検討

設置箇所の特性に合わせて椅子やベンチ、屋根や各種利便施設等を設置し、バスやデマンドサービス等の待ち時間が苦にならない（ここちよく待てる）空間づくり、地元の人々がモビリティポートのまわりに自然と集まる（たまれる）ような空間づくりを検討する。

c) 「まちの価値」の向上をめざした実装体制の検討

「エリア内すべての住民・来訪者が、気軽に近くのモビリティポートにアクセスし、マイカー以外の交通手段を利用できる環境」をめざすために必要なモビリティポートや地域交通サービスのあり方や運営体制を検討し、実証実験を行う。

以上のような検討・社会実装を積極的に支援することで、「スマート・ニュータウン」となった高蔵寺ニュータウンが、同様の課題を持つ全国の都市・地域のモデルとなる日が来るよう貢献して参りたい。

参考文献

- 1) 春日井市：高蔵寺リ・ニュータウン計画2021-2030,
https://www.city.kasugai.lg.jp/shisei/machi/new_town/1008973.html
- 2) 高蔵寺スマートシティ推進検討会：高蔵寺スマートシティプロジェクト（2022年5月一部改訂）
- 3) 既存の交通とCASEを組み合わせるモビリティフレンドと「たすけあいカー」名古屋大学 未来社会創造機構 教授 森川高行氏 [インタビュー],
<https://response.jp/article/2020/12/21/341496.html>
- 4) 大日本印刷株式会社：DNPモビリティポート,
https://www.dnp.co.jp/biz/solution/products/detail/10162665_1567.html
- 5) グルッポふじとう,
<https://kozoji-nt.com/gruppo/>

立地シミュレーションとまちづくりDX ～3D都市モデルを用いたユースケースより～

Urban Simulation and Urban Digital Transformation - from a Use Case Using a 3D City Model

磯野昂士¹ 石井良治² 高橋 慧³ 富岡秀虎⁴ 高 宇涵⁵ 松井 浩⁶ 原田知可子⁷
雨森恵理子⁸ 石神孝裕⁹

By Koshi ISONO, Ryoji ISHII, Kei TAKAHASHI, Hidetora TOMIOKA, Yuhan GAO, Hiroshi MATSUI, Chikako HARADA,
Eriko AMAMORI, and Takahiro ISHIGAMI

1 はじめに

人口減少・少子高齢化、コロナ禍を契機としたライフスタイルの変化、well-being向上への要請の高まり等の課題に対して、都市中心部における居住や都市機能の集約・確保だけでなく、ポストコロナの多様な暮らし方・働き方を支える人間中心のコンパクトなまちづくりの実現が求められている¹⁾。また、そのようなまちづくりを実現するためのプロセスも変化しており、行政が主導して施設や市街地を整備するだけでなく、公民等の多様な主体が連携し、エリアのビジョン(将来像)を構築・共有し進めていく新たなプロセスが求められる場面が増えている(例えば²⁾)。さらに、まちづくりの各フェーズにおいてデータを取り入れて科学的な政策立案を行う「データ駆動型」の取り組みも重要になっており³⁾、データを活用し定量的な根拠に基づいて、関係者でビジョンを共有しながらまちづくりを推進していくことが今後より求められていくと言える。

しかし、立地適正化計画における居住誘導や都市機能誘導等のまちづくり施策の効果は短期的には見えづらく、また長期的な影響を把握することも難しい。このため、立地適正化計画を含めた各種施策のwith/withoutにより、人口分布や建物配置等の都市構造がどのように変化するかを推計できる立地シミュレーションには期待が高いと考えられる。ただし、このような立地シミュレーションは研究ベースでは手法の蓄積があるものの、技術的なハードルとインプットとなるデータ整備の大変さから、実務における活用が進んでいない状況である。

他方、近年は新たなデータが続々と登場しており、オープン化も進められている。都市に関するデータで代表的なものの1つが、国土交通省が主導する3D都市モデル整備・活用・オープンデータ化プロジェクト「PLATEAU」⁴⁾であり、2023年4月現在、約130都

市において整備されている。3D都市モデルには標準製品仕様書が定められており、各都市のデータは共通のフォーマットで整備され、オープン化されているため、この3D都市モデルを活用した立地シミュレーションを開発することで、各都市におけるシミュレーション開発やインプットデータ整備を簡略化できる。

以上の認識のもと、本稿では、3D都市モデルを活用し、コンパクトシティ等の短期的に成果が見えにくいまちづくり施策が都市構造に与える影響をわかりやすく可視化する立地シミュレーションを開発し、宇都宮市に適用してケーススタディを行い、都市構造のビジョンや施策の効果を共有する上での有用性を検証した結果について報告する。

なお、本稿の内容は、国土交通省都市局都市政策課から当研究所及び国際航業株式会社が受託した業務成果をもとに作成したものである。

2 立地シミュレーションの活用イメージ

立地シミュレーションのまちづくりでの活用場面を想定した上で、シミュレーションの対象となる施策、アウトプット、その他シミュレーションに求められる要件等について整理する。

(1) まちづくりでの活用場面

活用場面として次に述べる三点を想定する。

a) 施策の効果の把握

施策を実施した場合に将来の都市構造や各種指標にどのような影響があるのかを把握するため、施策を実施した場合と実施しなかった場合の2つの計算ケースを設定し、それぞれについて立地シミュレーションを実行して結果を比較する。例えば、LRTが開業した場合と開業しなかった場合、あるいは居住誘導施策を実

¹都市地域・環境部門 研究員 ²データサイエンス室 ITマネジャー ³データサイエンス室 研究員 博士(理学) ⁴早稲田大学 ⁵データサイエンス室 研究員 博士(工学)
⁶データサイエンス室 研究員 ⁷都市地域・環境部門 主任研究員 ⁸都市地域・環境部門 主任情報員 ⁹都市地域・環境部門 部門長兼グループマネジャー 博士(工学)

施した場合と実施しなかった場合、等の計算ケースを設定し、各計算ケースで別々に立地シミュレーションを実行して結果を比較する。これにより、LRTや居住誘導施策などによる地価の上昇、人口の増加、土地利用の高度化等の効果を把握する。

b) 代替案の比較

異なる施策の効果を比較するため、2つの計算ケースを設定し、それぞれについて立地シミュレーションを実行して結果を比較する。例えば、LRTが開業した場合と居住誘導区域を実施した場合の計算ケース同士を比較することで、どちらがより都市機能誘導区域の地価を上昇させるか、等を比較する。

c) 関係者や住民との共有

先述の a) b) で実行したシミュレーション結果について、都市構造の違いや指標の違いを分かりやすく可視化して、関係者や住民と共有する。例えば、施策を何も実施しない場合、LRTが開業した場合、居住誘導施策を実施した場合の3つの計算ケースを設定する。各計算ケースについて将来の都市構造を3Dで可視化し、互いの計算ケース間の都市構造の違いが分かるよう差分を色づけして示す。各計算ケースの指標についてはグラフにして示す。このような可視化により、行政の同一課内での議論や、他部署との議論、住民とのワークショップにおいて、施策の効果や目指すべき都市構造のビジョンの具体的なイメージの議論や共有をしやすいとする。

立地シミュレーションにより実現される業務フローとしては、まず行政職員や、行政から委託を受けたコンサルタントが、立地シミュレーションを活用して様々な施策についてそのwith/withoutのケースを設定してシミュレーションを実行・可視化する。次に、その出力結果について、行政の担当部署内や、関連する庁内他分野の部署、時には住民を交えて、将来時点の都市構造や多様な指標についてその差異を比較することを想定する(図-1)。

(2) 対象となる施策

施策としては、都市機能の誘導、施設の誘致・整備、容積率の緩和、用途制限の緩和、等の立地適正化計画に係る施策、LRT整備やバス路線再編、料金施策等の

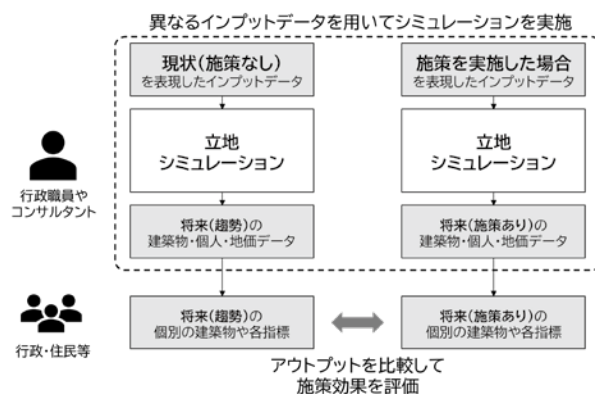


図-1 シミュレーションの活用方法イメージ

交通施策を想定する。このとき、これまでの立地適正化計画の策定事例では、子育て世帯に絞った居住誘導や、病院等の特定の施設の誘致・整備等の詳細かつ多様な施策が見られることから、シミュレーションにおいても居住者の個人属性・世帯属性や、個々の建築物の置かれている状況について考慮できるようにする。

(3) アウトプット

アウトプットとしては、都市における将来の居住誘導区域や公共交通沿線の土地利用、人口密度、地価、さらには空き家の分布、都市運営コスト、税収、CO₂排出量、浸水想定区域内の人口、浸水範囲内の想定家屋損害額、個人のWell-being等、多様な指標を出力できるシミュレーションを考える。

また、分かりやすさの観点から、将来時点の都市構造や居住地分布については、ゾーン単位での延べ床面積や人口といった集計量だけでなく、個々の建築物の有無・用途・高さや個人の居住地といった詳細のデータを出力し、可視化することが重要である。個々の建築物の将来の有無や用途について正確に予測することは現実的に不可能であるが、個々の建築物に関する推計結果を俯瞰的にみることで、たとえば公共交通軸沿線や都市機能誘導区域ではどのような変化が生じうるのか、といった施策効果の傾向を視覚的につかむことができると考える。

(4) その他シミュレーションに求められる要件

前述したような施策を表現するためのインプットデータとしては、都市における初期時点の詳細な土地利用、個人の属性と居住地分布、施設の立地状況、交通条件等が想定される。これらのインプットデータの

準備、シミュレーションの実施、結果の可視化分析まで含めて、容易に実行可能なシミュレーションであることが望ましいと考える。施策の評価と可視化が可能であり、かつインプットデータの準備が容易な立地シミュレーションが開発され、OSS(オープンソースソフトウェア)化されていることが理想的と考える。特に、3D都市モデルをインプットデータとして活用する立地シミュレーションを開発すれば、多くの都市で容易に活用できる汎用的な立地シミュレーションの基礎になると考えられる。

3 立地シミュレーションの構築

(1) 既存研究と本研究のアプローチ

将来の人口分布や土地利用を推計する手法に関しては多くの研究が存在する。代表的な手法の一つに、応用都市経済モデル(CUEモデル)がある。国内においても多くの研究の蓄積があり⁵⁾、本稿で対象としている宇都宮市においてLRTの効果を示した研究として富岡・森本(2018)⁶⁾もある。CUEモデルは、その出力が費用便益分析で用いられる便益指標と整合している点が特徴的である。しかし、定式化する上での制約が多く、細かな施策を表現することは容易ではない。また、土地や建物床の市場はゾーン単位で考えることが基本であり、個々の建築物の有無や用途、高さ、延べ床面積を直接推計することは基本的に困難である。

もう一つの手法として、個人や世帯、建築物といった単位で行動や遷移を表現するモデルを組み合わせるマイクロシミュレーション型の土地利用モデルに関する研究も多く存在する⁷⁾⁸⁾⁹⁾。マイクロシミュレーション型の土地利用モデルは、便益評価には向かないものの、個人や建築物といった詳細な単位で推計することができるため多様な指標を集計することができるほか、モデルの組み合わせ次第で多様な施策を表現することも容易である。

先述の通り、特定のエリアの土地利用や地価、CO₂排出量、税金、個人のWell-beingといった多様な指標を扱うことや、子育て世帯を対象とした居住誘導、特定の施設の誘致・整備といった詳細な施策を表現することが今後求められてくると考えられることから、本稿ではマイクロシミュレーション型の土地利用モデルを基本として、既存研究を参考にしながら開発を行った。

(2) シミュレーションの全体像

本稿における立地シミュレーションは、1つ1つの建物の建て替え行動及び1人1人の個人の住み替え行動を考慮したマイクロシミュレーションである。具体的には、大きく4つのサブモデル群、将来のゾーン単位の地価を推計する「地価モデル」機能、将来の個人の居住地をゾーン単位で推計する「居住地選択モデル」機能、将来のゾーン単位の空き家率を推計する「空き家率モデル」機能、将来の建築物一つ一つの除却・建設・用途を推計する「建て替え選択モデル」機能の4つの組み合わせで構成している(図-2)。インプット(外生変数)としては、初期状態の個々の建築物のデータ、個人の居住地のデータ、ゾーン間の交通条件のデータ等を用いる。これらのインプットを与えて、サブモデルを順に実行していくことで、将来時点の建築物の有無・用途・高さ・延床面積や個人の居住地、地価等を1年分ずつ出力する。なお、本稿で構築する立地シミュレーションは、土地利用や地価については扱うもののCO₂排出量、税金、個人のWell-beingといった指標は扱っていない。これらの指標も扱えるよう拡張していくことが今後の課題である。

(3) 各サブモデルの概要

サブモデルの詳細は表-1に示すとおりである。このうち、主要なサブモデルについて詳細を述べる。なお、個別のモデルの構造やパラメータの推定方法及び

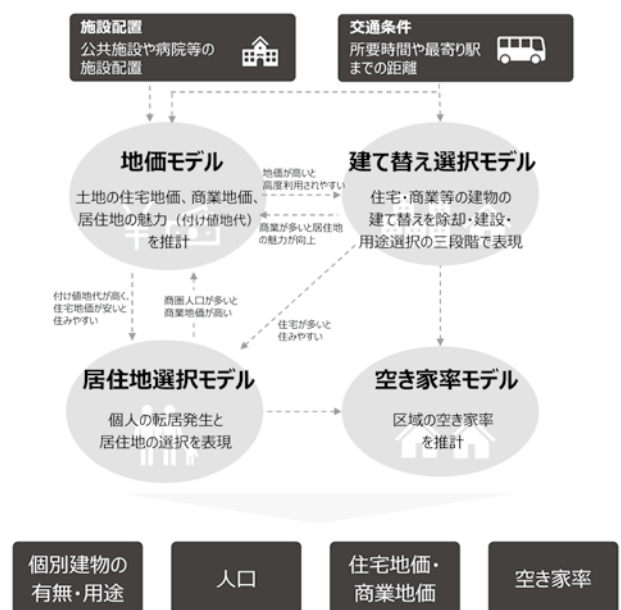


図-2 シミュレーションの全体像イメージ

推定結果については、都市構造シミュレーションの技術検証レポート¹⁰⁾を参照されたい。

付け値地代モデルは、ゾーン別の施設数や到達可能商業延べ床面積（当該ゾーンから一定時間内に到達できる範囲内の商業施設の延べ床面積）等をもとに主成分分析を行い、得られた主成分を説明変数にして、世帯類型別の付け値地代を推計するモデルである。鉄道駅が近い、施設が存在する、到達可能商業延べ床面積が多いゾーンであるほど付け値地代が高く、さらに世帯類型ごとにこれらの重みが互いに異なる、という関係を表現している（表-2、表-3）。

住宅地価モデルは、付け値地代モデルで推計された付け値地代や、人口、住宅延べ床面積等を説明変数として、ゾーン別の住宅地価を推計するモデルである。付け値地代が高いほど地価が高い、という関係を表現している。

居住地選択モデルは、転居する個人に対して、付け値地代と住宅地価等から居住地を選択させるモデルである。住宅地価に対して当該個人の付け値地代が高いほど、そのゾーンを選択しやすい、という関係を表現している。すなわち、他人よりもより高い魅力を感じている人こそ、そのゾーンを選択しやすい、という関係を表現している。

建て替え選択モデルは、除却モデル、建設モデル、用途選択モデルから構成される。このうち建設モデルは、個々の建築物の建設しうる空地に対して建設するかどうかを選択するモデルである。用途選択モデル

は、建設することが決まった建築物について、その用途を選択するモデルである。これらのモデルは地価や最寄り駅距離等を説明変数としており、地価が高く最寄り駅が近いほど建設がされやすく、住宅よりも共同住宅や商業施設が選択されやすい、という関係を表現している。（表-4、表-5）

(4) シミュレーションによる施策の表現例

前述したサブモデルを組み合わせることで、施策が地価、人口分布、土地利用に影響することが表現される。施策としてLRTの整備を例にとると、地価モデルに関しては、LRT沿線で電停整備による最寄り駅距離の短縮と到達可能商業延べ床面積の増加を要因として付け値地代・住宅地価が上昇する。また、商圏人口増加により商業地価が上昇する。居住地選択モデルに関しては、住宅地価の増加に対して付け値地代が特に増加していれば、そのゾーンが居住地として選ばれやすくなる。建設モデルや用途選択モデルに関しては、地価上昇により建設が生じやすく、戸建て住宅よりも共同住宅や商業施設が選ばれやすくなる。住宅や商業施設の床面積増加は、付け値地代や居住地選択モデルの効用の上昇に繋がる。このようにして、施策の影響が土地利用、人口分布、地価に波及してゆく。

(5) シミュレーションの実行方法

シミュレーションはpythonを使用言語として記述されており、ソースコードはGithub (<https://github>).

表-1 サブモデルで表現している内容

モデル	アウトプット	主な説明変数	説明変数とアウトプットの主な関係
①地価モデル機能： 付け値地代モデル	ゾーン別 世帯類型別 付け値地代	公共施設数、公共交通 40分圏商業延床面積	一定時間内でアクセスできる施設の数が増えれば、居住地としての魅力が向上する。 LRTの整備、施設の追加、商業施設の増加等により、付け値地代が増加する。
		最寄り駅までの距離	駅に近いほど、居住地としての魅力が高い。 LRTの整備により、LRT電停周辺のゾーンでは、付け値地代が増加する。
②地価モデル機能： 住宅地価モデル	ゾーン別 住宅地価	付け値地代	住宅地価は、個人属性別の付け値地代を反映して定まる。 付け値地代が増加したゾーンでは、住宅地価が増加する。
③地価モデル機能： 商業地価モデル	ゾーン別 商業地価	商圏人口（公共交通 20分・40分圏域人口）	商圏人口が多いゾーンほど、商業用地としての魅力が高い。 LRTの整備や、居住誘導区域への人口集中等により、左記の人口が増加したゾーンでは、商業用地としての魅力が高まり、商業地価が増加する。
④居住地選択モデル 機能： 転居発生モデル	個人別 転居発生有無	配偶関係・家族類型・世 帯内地位の遷移	独立や結婚等のライフイベントが転居発生の要因になっている。 国立社会保障・人口問題研究所作成の遷移確率に応じて左記の遷移有無を計算し、異なる配偶関係・家族類型・世帯内地位への遷移があった場合には転居が生じやすい。
⑤居住地選択モデル 機能： 居住地選択モデル	個人別 居住地ゾーン	付け値地代、住宅地価、 住宅延床面積	個人にとって居住地として魅力が高く、かつ地価が安いほど、居住地として選ばれやすくなる。 LRTの整備、施設の追加、商業施設の増加等により、単身世帯や夫婦と子の世帯等、世帯類型ごとに居住地としての魅力度がそれぞれ上昇し、特に大きな魅力度を持った属性の個人が居住しやすくなる。
⑥空き家率モデル	ゾーン別 空き家率	人口、建築物数	人口に対して建築物が多い場合、空き家が多い。
⑦除却・建設・用途 選択モデル	建築物別用途・ 高さ・除却及び 新規建設の有無	住宅地価、商業地価	地価が高い場所ほど、高度利用がされやすい。 LRTの整備、都市機能の配置、人口の増加等により地価が増加したゾーン内では、建替えや新規建設がされやすく、また戸建て住宅よりも共同住宅や商業施設が新たに建設されやすい。
		最寄り駅までの距離	駅に近いほど、高度利用がされやすい。 LRTの整備により、LRT電停に近接する土地では、建替えや新規建設がされやすく、また戸建て住宅よりも共同住宅や商業施設が新たに建設されやすい。

表-2 主成分分析の結果

	第一主成分	第二主成分	第三主成分
図書館数	-0.092	-0.095	-0.310
診療所数	-0.202	-0.407	-0.190
病院数	-0.162	-0.379	0.532
診療所（内科）数	-0.231	-0.405	-0.158
病院（内科）数	-0.169	-0.374	0.533
小学校数	-0.256	-0.210	-0.268
中学校数	-0.174	-0.173	-0.363
幼稚園・こども園数	-0.190	-0.200	-0.238
最寄り駅距離（m）	-0.372	0.231	0.037
宇都宮駅距離（m）	-0.431	0.290	0.074
公共交通40分圏到達可能商業延床面積（㎡）	0.442	-0.265	-0.064
自動車5分圏到達可能商業延床面積（㎡）	0.436	-0.237	-0.070
寄与率	0.29	0.26	0.12

表-3 推定結果（付け値地代モデル）

	単身世帯	夫婦のみ世帯	夫婦と子の世帯	その他の世帯
定数項	0.69 (16.85)	0.12 (2.66)	0.42 (9.87)	0.00
第一主成分	0.37 (17.38)	0.2 (8.69)	0.17 (7.94)	0.10
第二主成分	-0.25 (-13.78)	-0.18 (-9.6)	-0.17 (-9.94)	-0.10
第三主成分	-0.05 (-2.95)	-0.05 (-2.97)	-0.04 (-2.57)	-0.01
調整済尤度比	0.0338			
サンプル数	6.557			

※（）内はt値

com/Project-PLATEAU/UC22-020-Urban-structure-simulation) で公開されている。実行に必要なデータは、シミュレーション初期時点における個々の建築物の有無・用途・高さ等の「建築物データ」、個人の属性と居住地等の「個人データ」、ゾーン間の自動車・公共交通の所要時間データ、ゾーン単位の施設数のデータ等である（いずれもcsv形式）。施策については、これらのインプットデータの値を一部変更することによって表現する。例えば、あるゾーンに病院を1か所追加する場合は、ゾーン別施設数のcsvファイルのうち病院数を表す列の値を1増やすことで表現する。

4 シミュレーションの実施

(1) シミュレーションケースの設定

宇都宮市では、立地適正化計画を2021年に策定したほか、LRTの導入を進めており、2023年8月に宇都宮駅から東側（以下「LRT東側」とする。）が開業、2030年代前半には西側（以下、LRT東側と西側を合わせて「LRT東西」とする。）を整備する予定となっている。そこで、シミュレーションケースとして以下の4ケースを設定し、各ケースのシミュレーションを実施した。なお、シミュレーションの計算期間は2021年から2040年の計20年間である。

表-4 推定結果（建設モデル）

	住居専用地域	住居地域	商業地域	近隣商業地域	その他の地域
定数項	0.2 (10.96)	-0.3 (-14.84)	-1.13 (14.32)	-0.54 (2.83)	-0.75 (-12.67)
用途選択モデル ログサム変数	0.037 (1.63)	—	—	—	—
地価×面積 (百万円・㎡)	—	0.0048 (2.37)	—	—	0.026 (4.08)
最寄り駅 200mダミー	—	—	0.34 (0.88)	—	—
調整済み尤度比	0.14	0.01	0.00	0.05	0.07
サンプル数	11,959	15,670	906	977	2,262

※（）内はt値、住居専用地域は一低・二低・一中高・二中高、住居地域は一住・二住・準住を指す

表-5 推定結果（用途選択モデル）

一低・二低・一中高・二中高 サンプル数 6,604

	住宅	共同住宅	商業施設	店舗等併用住宅	店舗等併用共同住宅
定数項	0	-4.31 (-41.59)	-6.62 (-32.06)	-3.99 (-21.69)	-10.45 (-11.07)
地価（百万円） ×面積（㎡）	0	0.29 (21.31)	0.23 (18.92)	0.03 (0.74)	0.32 (17.21)
調整済尤度比	0.79				

一住・二住・準住 サンプル数 6,788

	住宅	共同住宅	商業施設	店舗等併用住宅	店舗等併用共同住宅
定数項	0	-3.52 (-48.87)	-4.59 (-46.08)	-3.78 (-30.8)	-6.59 (-31.51)
地価（百万円） ×面積（㎡）	0	0.19 (25.17)	0.17 (25.71)	0.1 (6.28)	0.2 (20.58)
調整済尤度比	0.63				

商業・近商 サンプル数 583

	住宅	共同住宅	商業施設	店舗等併用住宅	店舗等併用共同住宅
定数項	0	-0.38 (-0.28)	2.87 (2.53)	-0.64 (-0.42)	-2.72 (-1.02)
log ₁₀ （駅距離 （m））	0	-0.88 (-1.78)	-1.96 (-4.64)	-0.64 (-1.17)	-0.55 (-0.58)
地価（百万円） ×面積（㎡）	0	0.1 (7.88)	0.06 (7.51)	0.04 (2.00)	0.1 (7.92)
調整済尤度比	0.35				

その他 サンプル数 812

	住宅	共同住宅	商業施設	店舗等併用住宅	店舗等併用共同住宅
定数項	0	-2.58 (-16.24)	-2.88 (-15.78)	-3.82 (-13.68)	-5.66 (-11.54)
地価（百万円） ×面積（㎡）	0	0.14 (7.99)	0.16 (9.35)	0.12 (4.73)	0.14 (7.79)
調整済尤度比	0.48				

※（）内はt値

a) 趨勢（LRTあり）ケース

初期時点（2021年）からLRT東側のみが開業し、LRT西側は2040年まで開業しなかったケース。LRT東側の電停位置、運行頻度、所要時間を考慮して各種インプットデータを作成した。以下のb)～d)の3ケースを比較する基準となるケースである。

b) 基幹路線強化ケース

初期時点からLRT東西が開業し、かつバス路線の利便性が向上したケース。LRT沿線1km圏に概ね含まれ

るゾーン(図-3)の公共交通乗車時間を半分に、さらに居住誘導区域同士の移動に関してバスの待ち時間が5分以上ある場合は5分に短縮させた。



図-3 LRT(東西)の位置と沿線ゾーンの指定
 下図: 国土数値情報、DRMを用いて作成

c) 居住誘導ケース

趨勢(LRTあり)ケースに加えて、居住誘導施策を実施したケース。居住誘導区域に該当するゾーンを指定し、居住地選択モデルの確率を計算する時のみ住宅地価を2割減にするよう設定した。家賃補助がある場合を想定している。

d) 都市機能誘導ケース

趨勢(LRTあり)ケースに加えて、都市機能誘導施策を実施したケース。都市機能誘導区域に該当するゾーンは用途選択モデルの確率を計算する時のみ商業地価を2割増にするよう設定し、さらに一部のゾーンに病院(内科)を1施設追加した。施設の整備に加えて、商業施設に対する税制措置・財政支援により商業施設が成立しやすくなり、商業地としてのポテンシャルが向上する場合を想定している。

(2) シミュレーション結果の比較

a) 基幹路線強化ケース

建築物数の変化を図-4に示す。LRT(東西)沿線の建築物数は、趨勢(LRTあり)ケースから微増した。LRT(東西)沿線、特に宇都宮駅から東武宇都宮駅までの沿線では、住宅が減少する一方で共同住宅・商業施設が増加し、土地の高度利用がさらに進む結果となった(図-5)。

付け値地代を見ると(図-6)、LRT沿線やバスの待ち時間を短縮するゾーンでは、付け値地代が増加、特に単身世帯の付け値地代が大幅に増加した。LRT東側沿線でも、LRT東側のみ存在する場合よりも付け値地代が増加している。これは、LRT西側延伸によりLRT東側沿線から宇都宮駅西側の中心市街地へアクセスしやすくなり、到達可能な商業延べ床面積が増加したた

めである。しかし、LRT東側の北側、LRTからやや離れたゾーンでは、付け値地代が減少するゾーンも存在する。西側延伸により人口分布が西側に寄ることや、LRT東側沿線において住宅が建ちやすくなったこと等に伴い、LRT東側沿線の商業施設が減少したため、LRT東側の駅からやや離れた場所では到達可能な商業延べ床面積が減少することが原因である。以上の結果

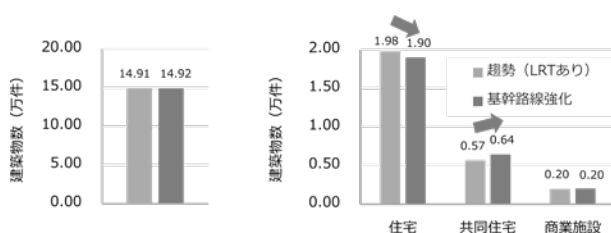


図-4 建築物数
 (左: 全域、右: 東西LRT沿線) (2040年)



図-5 建築物の用途の比較
 (2040年時点・趨勢(LRTあり)ケースとの比較)

基幹路線強化ケース - 趨勢(LRTあり)ケース

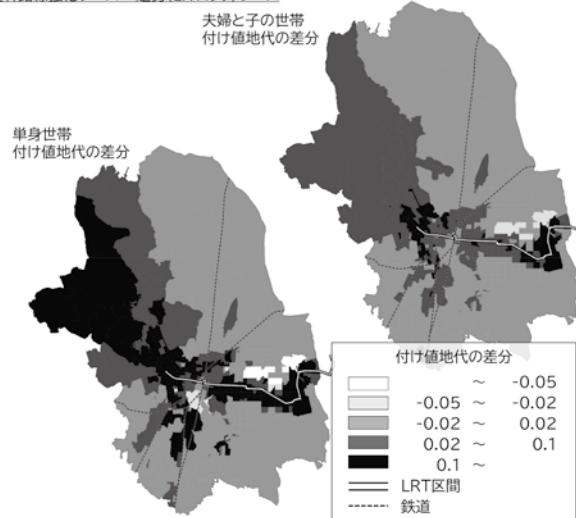


図-6 付け値地代の差
 趨勢(LRTあり)ケースとの比較
 (2040年時点・左: 単身世帯、右: 夫婦と子の世帯)

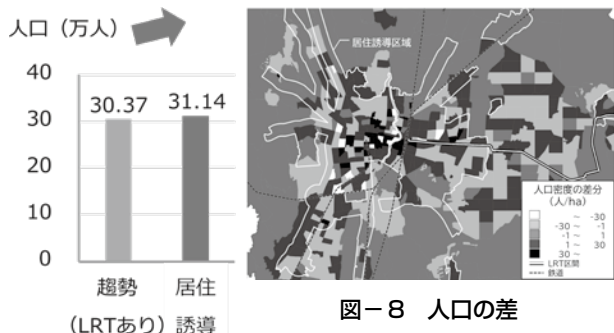


図-7 居住誘導区域の人口(2040年)



図-8 人口の差(2040年時点・趨勢(LRTあり)ケースとの比較)

は、LRT東側の駅に近接する場所では西側延伸により生活利便性が向上する一方、LRT東側の駅からやや離れた場所では西側延伸によるデメリットも生じうることを示唆している。

b) 居住誘導ケース

人口については、趨勢(LRTあり)ケースと比較して、居住誘導区域で人口が増加したことが分かった(図-7)。ゾーン別に見ると、居住誘導区域の中でも、主にLRT東側沿線から東武宇都宮駅周辺までの間のゾーンにおいて人口が増加する結果となった(図-8)。

c) 都市機能誘導ケース

建築物数については、趨勢(LRTあり)ケースと比較して、商業施設を誘導した都市機能誘導区域では、住宅や共同住宅が減少し、商業施設が増加したことが分かった(図-9)。

付け値地代を比較すると、単身世帯の付け値地代と異なり、夫婦と子の世帯の付け値地代が特に増加するゾーンが存在し、これは都市機能誘導ケースにおいて新規に病院(内科)を新設したゾーンと一致している(図-10)。病院(内科)が増えると、単身世帯よりも夫婦と子の世帯にとって居住地としての魅力が高まることを意味している。

(3) 有用性に関する行政職員の評価

ケーススタディの結果について、宇都宮市都市計画課、交通政策課、LRT企画課、NCC(ネットワーク型コンパクトシティ)推進課の方々と意見交換を行った。

市内部における検討での活用可能性としては、政策審議室等における施策同士の評価・優先順位付けに活用できる、施策の想定外の影響の理解ができる(例:LRT

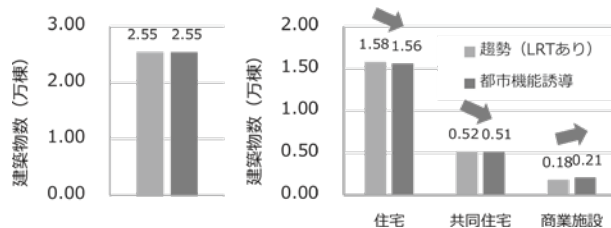


図-9 都市機能誘導区域内の建築物数(2040年)

都市機能誘導ケース - 趨勢(LRTあり)ケース

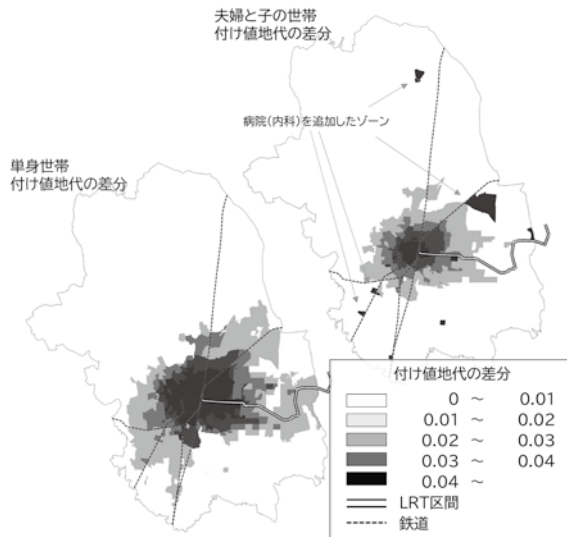


図-10 付け値地代の差 趨勢(LRTあり)ケースとの比較 (左:単身世帯、右:夫婦と子の世帯)

沿線以外の地価の下落、人口の減少等)といったご意見を頂戴した。住民説明における活用可能性としては、3Dで視覚的に分かりやすく示せるのがよい、施策の長期的な影響を比較できるので政策を早期に実施することの説明に活用できる可能性があるのではないか、といったご意見を頂戴した。

また、公共交通の運賃施策を表現、地価上昇に伴う固定資産税収の増加を計算、転入転出口への影響を表現といった今後の拡張方向に関するご意見を頂戴した。今後の検討課題としたい。

5 おわりに

本稿では、3D都市モデル等をインプットとして活用し、個々の建築物の状況や個人の属性を考慮しながら、個々の建築物の建替え、個人の転居・居住地選択、ゾーン単位の地価を推計するサブモデル等を組み合わせた立地シミュレーションを構築した。そして宇都宮市を対象に、立地適正化計画やLRT等の施策のwith/

withoutのシミュレーションを実施した。その結果を比較したところ、各種施策によって建築物の用途の高度化、人口の増加、地価の増加、世帯類型別の付け値地代の増減といった効果が生じる可能性を確認でき、その様子を3Dで可視化することができた。また、このようなシミュレーションと可視化についての活用可能性についても確認できた。このように、多様な施策と指標を扱うことができ、さらに施策の効果を3Dで可視化して俯瞰的にみることができ立地シミュレーションには、複数の関係者間で都市構造のビジョンや施策の効果を共有する、さらにこれを3D都市モデル等のデータを活用しながら定量的根拠をもって行う上で、有用性があることを確認できた。

本稿で構築した立地シミュレーションは、宇都宮市を対象にシミュレーションを実行して施策効果の分析や比較はできたものの、インプットデータの準備や可視化には依然として手作業を要しており、多くの都市において容易にシミュレーションを活用しやすい状態にはまだ至っていない。また、表現できる施策や算出できる指標についても未だ限定的である。特にCO₂排出量や個人のWell-being等の指標算出のためには人々の移動・活動に関するデータやモデルと組み合わせることも必要である。パーソントリップ調査データの活用、アクティビティ・ベースド・シミュレーション等の交通行動モデルとの組み合わせによる土地利用・交通モデルへの拡張等、引き続き検討を進めていきたい。

謝辞

本稿の内容は、国土交通省都市局都市政策課から当研究所および国際航業株式会社が受託した業務成果を基にとりまとめたものである。検討においては、宇都宮市からはデータ提供や意見交換等、多大なるご協力を賜った。シミュレーションについては早稲田大学森本章倫教授から多大なる助言を賜った。ここに記し、感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会都市計画基本問題小委員会：多様な価値観や社会の変化を包摂するまちづくりを目指して、2023
- 2) 今後の市街地整備のあり方に関する検討会：『「空間」・「機能」確保のための開発』から『「価値」・「持続性」を高める複合的更新』へ～市街地整備 2.0～、2021
- 3) まちづくりのデジタル・トランスフォーメーション実現会議：まちづくりのデジタル・トランスフォーメーション実現ビジョン (ver 1.0) , 2022
- 4) 国土交通省：PLATEAU：国土交通省が主導する、日本全国の3D都市モデルの整備・オープンデータ化プロジェクト、
<https://www.mlit.go.jp/plateau/>
(最終閲覧 2023年4月)
- 5) 堤盛人, 山崎清, 小池淳司, 瀬谷創, 2012. 応用都市経済モデルの課題と展望. 土木学会論文集D3 (土木計画学) 68, 344-357.
<https://doi.org/10.2208/jscejipm.68.344>
- 6) 富岡秀虎, 森本章倫, 2018. CUEモデルを用いたLRT導入による人口誘導効果に関する研究. 都市計画論文集 53, 1348-1354.
- 7) 林良嗣, 富田安夫, 1988. マイクロシミュレーションとランダム効用モデルを応用した世帯のライフサイクル住宅立地一人口属性構成予測モデル. 土木学会論文集 1988, 85-94.
- 8) 国土交通省国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所版都市の将来像アセスメントツール技術資料, 2013.
- 9) 鈴木温, 杉木直, 宮本和明, 2016. 空間的マイクロシミュレーションを用いた都市内人口分布の将来予測：人口40万人規模の富山市を対象として. 都市計画論文集 51, 839-846.
- 10) 国土交通省, 2023. 都市構造シミュレーション技術検証レポート,
https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau_tech_doc_0027_ver01.pdf

インフラDXが目指す大型車両の通行円滑化と適正化

Infrastructure DX Aims for Smooth and Appropriate Freight Vehicle Transportation

岡 英紀¹ 剣持 健² 河上翔太³ 宮内弘太⁴ 羽佐田紘之³ 山本恭子⁵

By Hideki OKA, Takeshi KENMOCHI, Shouta KAWAKAMI, Kouta MIYAUCHI, Hiroyuki HASADA, and Kyoko YAMAMOTO

1 はじめに

「自動車運転者の労働時間等の改善のための基準（改善基準告示）」の見直し（2024年4月から適用）による時間外労働時間の上限規制により、物流業界では「2024年問題」と呼ばれる諸問題が生じることが懸念されている。「2024年問題」は、都市間物流を支える長距離幹線輸送において特に大きな影響を及ぼす可能性が考えられる。時間外労働の削減に伴う実質的賃金の減少がドライバー不足を加速する懸念がある一方で、これを契機として、ドライバーの労働環境を改善するとともに、「長距離幹線輸送を止めない」ための施策を推進することが重要である。

長距離幹線輸送の多くは大型車両が担っており、このうち、車両の寸法や重量が一般的制限値を超える大型車両（特殊車両、以下「特車」という。）の通行にあたっては、道路管理者の許可等を受けることが定められている（これを「特車通行制度」と呼んでいる）。特車通行制度では、道路を保全し、交通の安全を確保することが重要視され、徐行や誘導車の配置など車両諸元と道路構造の関係に合わせて必要な通行条件が附されることとなる。近年のドライバー不足等に伴う車両大型化の進展により、特車の許可件数は増加傾向にある（図-1）。

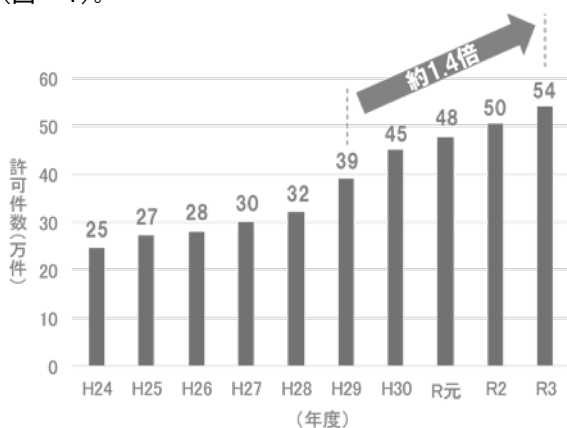


図-1 特車許可件数の推移

（出典：国土交通省）

特車通行制度を巡っては、これまでも複数の課題が指摘され、継続的に改善が図られてきた。特車通行制度が抱える課題のひとつとして、「特車通行のための手続きの簡素化・迅速化」があげられる。特車の通行許可手続きは、その複雑な業務の性質上、手続きに約1か月程度の時間を要してきたという実態（図-2）があり、度々問題視されてきた。これに対し、令和4年4月から、「ETC2.0を活用した経路確認」を基本に「特車通行のための手続きの即時処理」を実現する新たな通行制度の運用が開始されている。新たな通行制度は、道路システムのDX（xROADの実現）（国土交通省道路局）にも位置づけられ、行政手続きのデジタル化・スマート化による生産性向上を目指している。



図-2 特車許可手続きのための審査日数の推移

（出典：国土交通省）

特車通行制度が抱える課題のもうひとつとして、「特車の通行円滑化と適正化」があげられる。すなわち、特車が支障なく通行できる道路を拡充することとあわせて、道路への損傷を最小化するために、特車の通行を規格の高い道路へ収斂していくことが必要である。特車の通行を巡っては、これまで、その通行円滑化等を目的として指定道路ネットワーク制度が導入されてきた。指定道路とは、重さ高さ指定道路や大型車誘導区間、特車通行許可不要区間等、特車の通行にあたって、道路構造令等の規定の例外として何らかの緩和措

1データサイエンス室 室長代理兼グループマネージャー 博士(工学) 2交通・社会経済部門 担当部門長兼グループマネージャー 博士(社会経済)
3交通・社会経済部門 研究員 4データサイエンス室 研究員 博士(工学) 5データサイエンス室 主任情報員

置がとられる道路のことをいう。例えば、特車通行許可不要区間であれば、一定の要件を満たす国際海上コンテナ車（40ft背高）の通行許可が不要となる。

指定道路ネットワーク制度を含めた特車の通行制度は、特車の通行実態に大きな影響を及ぼすことが考えられるが、これまで指定道路ネットワーク制度と特車通行の関係について論じた調査研究は限定的である^{1)・4)}。道路システムのDXで特車通行制度の転換点を迎え、特車の通行実態はこれから大きく変化していくことが想定されることから、特車通行を巡る政策課題やそのあり方について検討を深めることが重要である。

本稿は、指定道路ネットワーク制度を含めた特車通行に関するこれまでの施策動向をレビューするとともに、指定道路ネットワークと特車通行の関係を整理し、特車の通行円滑化と適正化に向けた政策課題等について考察することを目的とする。

2 特車通行の政策課題と指定道路ネットワーク制度

特車に対する通行需要の高まりを踏まえ、通行可能な道路を拡充し、これとあわせて特車の通行を規格の高い道路へ収斂させていくために、指定道路ネットワーク制度の取り組みが進められてきた。以下、指定道路ネットワーク制度の検討経緯を整理しながら、その概要や役割、特徴について整理する。

(1) 国際物流基幹ネットワーク

平成18年、国際海上コンテナによる輸出入の増加、国際競争力強化の機運の高まり等の社会情勢から、高速道路や一般国道を中心に、国際物流基幹ネットワークが指定された⁵⁾。国際物流基幹ネットワークは、当時の既供用区間から約2万9千kmが指定され、将来的には新規供用区間も含めて約3万4千kmのネットワークを構築することを目指していた。施策のポイントは、国際海上コンテナ車が支障なく走行できる道路を構築していくこと、そのために、通行に支障があるボトルネック箇所の解消を目指すことだった。

この制度を通して、主に国際物流基幹ネットワーク上の通行支障の解消対策を実施し、一定の効果を挙げてきた。一方、個々の物流施設への端末のアクセスルートが国際物流基幹ネットワークに指定されていないことや、より規格の高い道路の利用を促進するため

の施策が欠如していること、継続的な利用を促す措置が不十分であることなど、指定の位置づけや関連する措置との連携のあり方などについて課題があった⁶⁾。

(2) 大型車誘導区間と特車ゴールド

平成25年6月5日に公布された道路法等の一部を改正する法律（平成25年法律第30号）において、道路の老朽化対策として大型車両の通行を適正化するという内容が含まれた。その一環として、国土交通大臣が大型車誘導区間を指定し、当該区間を通行経路とする特車通行許可手続については、複数の道路管理者を跨ぐ場合であっても、国が一元的に許可手続を実施することとする規定が設けられた⁷⁾。

大型車誘導区間は、道路の老朽化への対応として、適正な道路利用を促進するために導入が検討されたものであるが、特に、根幹的物流ネットワーク構築の観点においては、国際物流基幹ネットワーク制度の課題を踏まえ、大型車両（特車）の通行が望ましい道路への通行の誘導を図るために、このような道路を国土交通大臣が指定し、当該ルートにおける通行許可のための許可手続の迅速化を図る制度が創設された。これにより、走行環境に優れ、管理水準の高い高速道路等の幹線道路への大型車両の通行の誘導が図られ、道路全体の老朽化の抑制はもとより、大型車両の走行円滑化、混雑の防止、都市環境・居住環境の改善などに資することが期待された。また、平成28年1月25日には、ETC2.0装着車に対して、特車通行許可を簡素化するとともに、大型車誘導区間上における自由な経路選択を可能とする「特車ゴールド」の制度が開始された⁸⁾。渋滞や事故を避けた効率的な経路選択により、物流効率化への効果が期待されていた。

大型車誘導区間と特車ゴールド制度を通して、指定道路に法的な根拠が与えられたこと、これによって指定道路ネットワークに特車通行制度におけるインセンティブが与えられ、指定道路の継続的な利用を促すための枠組みが構築されたことなどに大きな特徴がある。

(3) 重要物流道路と特車通行許可不要区間

平成30年2月に閣議決定された道路法等の一部を改正する法律案において、重要物流道路制度が創設された⁹⁾。これは、平常時・災害時を問わない安定的な輸送を確保するため、国土交通大臣が物流上重要な道路輸送網を「重要物流道路」として指定し、機能強化、重点支援を実施するものである。具体的には、国際海上コ

ンテナ車等の円滑な通行を図るため、通常の道路より水準が高い特別な構造基準を設定し、当該基準を満たした道路については国際海上コンテナ車等の通行に係る許可を不要とすること（特車通行許可不要区間の指定）、重要物流道路及びその代替・補完路について、災害時の道路啓開・災害復旧を国が代行することなどが盛り込まれている。なお、特車通行許可不要区間は令和元年7月31日から運用が開始されている¹⁰⁾。

重要物流道路制度及び特車通行許可不要区間制度を通して、指定道路に法的根拠が与えられたことに留まらず、物流生産性の向上を図ることを目的に道路を機能強化する（通常の道路より水準が高い特別な構造基準を設定する）ことが明確に示されている点に大きな特徴がある。

3 特車の許可制度（旧制度）と確認制度（新制度）

令和2年5月27日に公布された道路法等の一部を改正する法律（令和2年法律第31号）により、特車の新たな通行確認制度が創設された¹¹⁾。これにより、寸法、重量等に係る一定の限度を超える車両（特車）を通行させようとする者が、あらかじめ国の登録を受けた車両について、従来の許可申請手続に代えて、通行が可能な経路をオンラインで即時に確認し、通行することが可能となった。通行可能経路は、登録されている車両の諸元情報、貨物積載物情報、特車ゴールド等の

制度利用状況等に応じて自動算定される。

旧制度（許可制度）と新制度（確認制度）では、事業者及び行政による手続きの考え方が大きく異なる（図-3）。許可制度では、通行経路を1経路ごとに「申請」し、通行の「許可」を受ける（許可を得た経路のみ通行可）のに対して、確認制度では、通行可能な経路の「確認」を求め、通行可能な経路の「回答」を受ける（回答を受けた全経路を通行可）ことになる。また、許可制度では、事業者の手続き（申請）が完了してから車両の通行まで約30日程度の時間を要していたところ、確認制度では、事業者の手続き（車両の登録及び経路の検索）が完了してから即時に車両を通行させることができる。

行政手続きのデジタル化・スマート化（道路システムのDX）を図る特車通行確認制度の導入により、事業者・行政双方の生産性向上が期待されるとともに、特車の通行に対しては、これまでは許可を得た経路のみ通行可であったところ、回答を受けた全ての経路が通行可能となることで、経路選択の自由度が高まることとなる。

4 指定道路ネットワークと特車制度の関係

許可制度（旧制度）では、指定道路ネットワークそれぞれの特性に応じ、手続き上のインセンティブが与えられている（表-1）。重さ指定道路は、車両の総重量が最大で25トンの車両まで通行許可が不要となり、高さ指定道路は、車両の高さが最大で4.1mの車両まで通行許可が不要となる。また、大型車誘導区間は、申

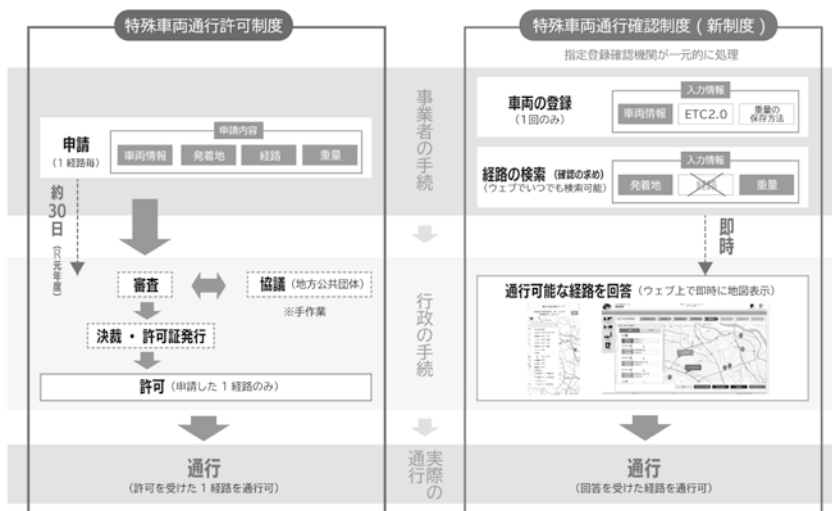


図-3 通行許可制度と通行確認制度の違い

(出典：特車登録センター)

請経路が大型車誘導区間だけで完結する場合、迅速に許可を得ることができる。さらに、大型車誘導区間及び許可不要区間は、ETC2.0車載器を登載し、一定要件を満たす車両の通行許可が不要となる。しかしながら、インセンティブを受けるための条件が厳しく、特車の走行経路へ及ぼす影響は限定的であることが考えられる。一方、確認制度（新制度）では、指定道路（大型車誘導区間及び重要物流道路）が経路検索結果に通行可能な主要道路として表示されることになる。特車の通行を規格の高い道路へ収斂させていく観点からみると、確認制度の導入によって特車の走行経路を誘導しやすい環境が整いつつあり、大型車誘導区間及び重要物流道路において、物流ネットワークとしての重要性が高まってきたといえる。

5 指定道路ネットワークにおける特車の通行ニーズ

前述のとおり、確認制度の導入によって指定道路の重要性が高まる一方で、指定道路と特車の通行ニーズには一定の乖離があるのが現状と考えられる。

大型車誘導区間の指定状況を見ると、例えば国道129号や国道294号、国道354号など、郊外の補助

表-1 指定道路ネットワークと特車制度の関係

	特車許可制度 (旧制度)	特車確認制度 (新制度)
重さ指定道路	車両の総重量が最大で25トンの車両まで通行許可・確認が不要になる	
高さ指定道路	車両の高さが最大で4.1mの車両まで通行許可・確認が不要になる	
大型車誘導区間	申請経路が大型車誘導区間だけで完結する場合、迅速に許可を得ることができる ETC2.0車載器を登載し、一定要件を満たす車両の通行許可が不要になる	経路検索結果に通行可能な主要道路として表示される
重要物流道路	—	同上
許可不要区間	ETC2.0車載器を登載し、一定要件を満たす40ft背高海コン車両の通行許可が不要になる	同上

(出典：国土交通省資料をもとにIBS作成)

国道で大型車誘導区間に指定されていない路線があることが確認できる(図-4)。また、特車通行許可不要区間の指定状況を見ると、例えば国道1号や国道294号、環状七号線など、主要な路線においても特車通行許可不要区間に指定されていない路線があることが確認できる(図-5)。

こうした未指定路線は、高速道路や直轄国道の密度が低い地域で幹線道路としての役割を担っている場合や、物流拠点等の近傍でラストマイルとしての役割を担っている場合などが考えられ、一定程度の特車の通行ニーズがあると考えられる。「事業者が通りたい道路」に対する理解を深めながら、「計画者が通って欲し

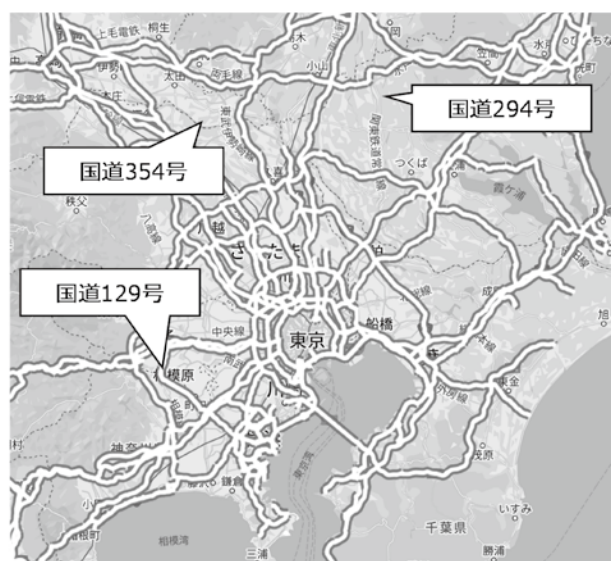


図-4 大型車誘導区間の指定状況

(出典：国土交通省)

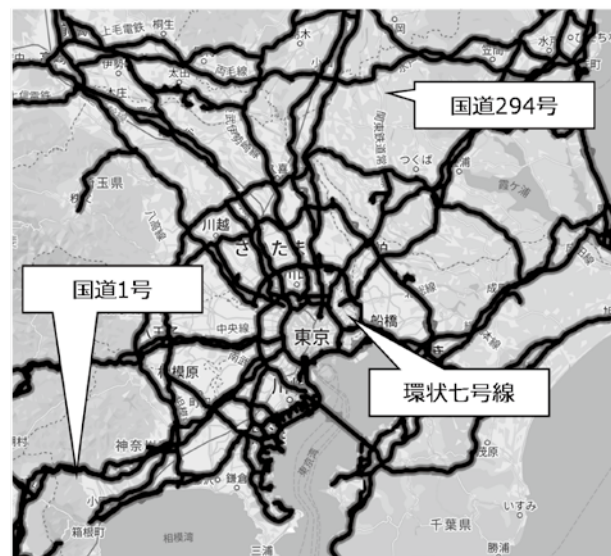


図-5 特車通行許可不要区間の指定状況

(出典：国土交通省)

い道路」とのすり合わせを図り、特車の通行を規格の高い道路へ収斂させていくことが重要である。

6 円滑で適正な特車通行の実現に向けて

(1) 指定道路の拡充と経路誘導

円滑で適正な特車通行の実現に向けて、まずは指定道路の拡充と指定道路への経路誘導を両輪で進めていくことが必要である。道路の階層構造を考慮し、高速道路や直轄国道の走行を最優先に、高速道路や直轄国道の密度が低い地域においては補助国道や主要地方道についても有効活用しつつ、都道府県道や市町村道についてはラストマイルとしての最低限の利用に留めることが望ましい。

前述のとおり、通行ニーズの高い未指定路線は、高速道路や直轄国道の密度が低い地域で幹線道路としての役割を担っている場合や、物流拠点等の近傍でラストマイルとしての役割を担っている場合などが考えられる。「事業者が通りたい道路」に対する理解を深めながら、「計画者が通って欲しい道路」とのすり合わせを図り、特車の通行を規格の高い道路へ収斂させていくことが重要である。

今後は、「事業者が通りたい道路」を定量的に分析するとともに、これを考慮した「計画者が通って欲しい道路」の計画手法の検討や指定道路の充実・整理を進めることが重要である。さらに、確認制度の導入によって特車の走行経路を誘導しやすい環境が整いつつあることを鑑み、確認制度の運用を通して、自然と特車の通行経路が収斂されていくこと、さらに理想的には物流施設の立地が規格の高い道路の沿線へ誘導されていくことにも期待したい。

(2) 制度・システムの継続的な改善

前述のとおり、特車の通行については、道路管理者の事務負担を軽減し、事業者の利便性を高めるために、許可制度及び確認制度が導入され、自動審査による手続きの迅速化に取り組まれてきた。自動審査の対象とするためには、道路情報（特車の審査のために必要な諸情報）が電子化されていることが必須要件である。しかしながら、地方自治体が管理する道路については、道路情報の電子化割合が特に低い状況にある。特車制度の運用にあたり、道路情報の電子化は極めて重要な役割を果たすことから、地方自治体と十分なコ

ミュニケーションを図りながら、道路情報の電子化を促していくことが重要と考えられる。

また、確認制度が導入されたことで、当面は許可制度と確認制度という2つの通行制度が運用されていくことになる。制度体系が複雑であることから、事業者の法令遵守を適切に支援するとともに、道路管理者にとって運用しやすい制度となるよう、継続的な制度改善を図り、適宜制度設計を見直すことが重要と考えられる。

加えて、制度設計の見直しに対応したシステム改善に取り組んでいくことが重要である。これまで、複雑な特車制度を円滑に運用するために、継続的なシステム改善に取り組まれてきた。特車制度については、制度設計のみならず、運用されているシステムそのものも複雑多岐にわたるため、システム改善は容易でないと考えられるが、制度の見直しとシステムの見直しを円滑に連携するための体制を構築することとあわせて、継続的な検討が重要と考えられる。

(3) 特車通行のモニタリングや取締り

これまで、特車の通行実態を把握するためには、取締り基地での取締りやWIM(Weigh In Motion、自動重量計測装置)での取締りといった、限られた箇所での観測を行う方法しかとることができなかった(図-6)。特に取締り基地での取締りについては、人的資源等の制約から特定の時間と場所を対象に、対象車両をスクリーニングして実施せざるをえない実態があり、特車の通行実態について十分に把握することが難しい状況があった。

確認制度が導入されたことにより、ETC2.0車載器を活用したモニタリング環境が整いつつある。ETC2.0を取締りに活用することとあわせて、これを有効活用して特車の通行をモニタリングすることが重要と考えられる。モニタリングデータをもとに「事業者が通りたい道路」と「計画者が通って欲しい道路」を重畳し、定量的にニーズや課題を分析することで、指定道路を含めた特車制度の改善や経路誘導のための方策を検討することが期待される。

(4) 官民連携の推進

制度改善に向けて、積極的に官民連携を図ることが重要と考えられる。例えば、動態管理・運行管理サービスとの連携による運行管理者の特車管理支援、カーナビアプリ等との連携によるドライバーに対する通行経路遵守支援など、官が保有する情報を峻別して民間



図-6 取締り基地(左)及び自動重量計測装置(右)

(出典:国土交通省)

へ公開することで、円滑な制度運用を支援する多様なサービスが実現することが期待される。円滑で適正な特車通行の実現に向けて、官民連携でDXをさらに加速させることが重要と考えられる。

7 おわりに

本稿では、指定道路ネットワーク制度を含めた特車通行に関するこれまでの施策動向をレビューするとともに、指定道路ネットワークと特車通行の関係を整理し、特車の通行円滑化と適正化に向けた政策課題等について考察した。

新たな通行制度の導入で特車通行制度の転換点を迎え、特車の通行実態はこれから大きく変化していくことが考えられる。当研究所では、引き続き物流を取り巻く不確実な社会情勢や特車に関わる動向を注視しながら、指定道路の拡充と経路誘導、制度・システムの継続的な改善、特車通行のモニタリングと取締り、官民連携の推進等に取り組み、今こそ、インフラDXによる大型車両の通行円滑化と適正化に貢献していきたい。

8 謝辞

本稿には、国土交通省道路局企画課道路経済調査室から受託した「貨物車の通行円滑化・輸送の効率化等に向けた道路施策の調査検討業務」における検討成果が一部含まれています。ここに記して関係する方々に謝意を表します。

参考文献

- 1) 兵藤哲朗, シジニィ・シュライナー, 高橋洋二: 東京都都市圏物資流動調査を用いた大型貨物車走行経路のモデル分析, 土木計画学研究・論文集, Vol. 24, No. 3, pp. 405-412, 2007.
- 2) 萩野保克, 兵藤哲朗, 宮原ゆい: 特車申請電子データ及び道路情報便覧データを用いた海上コンテナ車の経路選択特性, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol. 67, No. 5, pp. 599-609, 2012.
- 3) 関谷浩孝, 萩野保克, 剣持健, 前田雅人, 田名部淳: 道路構造に着目した一般道における大型貨物車の経路選択モデル, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol. 73, No. 5, p. I_527-I_536, 2017.
- 4) Oka, H., Hagino, Y., Kenmochi, T., Tani, R., Nishi, R., Endo, K., Fukuda, D. (2019). Predicting travel pattern changes of freight trucks in the Tokyo Metropolitan area based on the latest large-scale urban freight survey and route choice modeling. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 129, 305-324.
- 5) 国土交通省: 国際物流基幹ネットワークについて <https://www.mlit.go.jp/road/press/press06/20060608/20060608.html> (2023年5月8日)
- 6) 国土交通省: 社会資本整備審議会道路分科会第42回基本政策部会資料 <https://www.mlit.go.jp/common/000987229.pdf> (2023年5月8日)
- 7) 国土交通省: 大型車誘導区間の指定について <https://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/reports/autonomy/roads/01/siryu48.pdf> (2023年5月8日)
- 8) 国土交通省: ETC2.0装着車への特車通行許可を簡素化する「特車ゴールド」の制度開始について https://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_000612.html (2023年5月8日)
- 9) 国土交通省: 重要物流道路 <https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/butsuryu/Top03-02-03.htm> (2023年5月8日)
- 10) 国土交通省: 国際海上コンテナ車(40ft背高)特殊車両通行許可不要区間 <https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/butsuryu/Top03-02-03.htm> (2023年5月8日)
- 11) 国土交通省: 特殊車両通行制度について <https://www.mlit.go.jp/road/tokusya/> (2023年5月8日)

「ひと中心の道路空間」への転換 ～仙台市・定禅寺通再整備の取組み～

Transformation of Urban Streets into People-Oriented Spaces

– Redevelopment of Jozenji-dori Avenue, Sendai

青野貞康¹ 福本大輔² 西山良孝³ 蛭子 哲⁴ 近藤和宏⁵
 笹 圭樹³ 廣瀬 健³ 千葉妙子⁶ 伊藤 京⁷

By Sadayasu AONO, Daisuke FUKUMOTO, Yoshitaka NISHIYAMA, Akira EBIKO, Kazuhiro KONDO,
 Keiju SASA, Takeshi HIROSE, Taeko CHIBA, and Miyako ITO

1 はじめに

近年、賑わい創出や、地域の活性化を目的として、まちなかを「車中心」からウォーカブルな「ひと中心」の空間への転換を図る取組みが、国内外の様々な都市で推進されている。わが国では国土交通省が「居心地が良く歩きたくなる」まちなかづくりに向けた官民の取組みを支援する制度を整えており、2020年の道路法改正では、「歩行者利便増進道路（通称ほこみち）」制度が創設され、道路上での憩いや飲食といった様々な活動の場が創出できることとなり、道路が持つ空間機能のひとつとして「滞在活動機能」が新たに加わったとされている¹⁾。

宮城県仙台市（人口109.8万人、2023.5.現在）では、国の制度を活用しながら、居心地が良く歩きたくなるまちなか空間づくりを促進し、回遊性が高く、魅力的なまちづくりを推進している。「せんだい都市交通プラン²⁾」（2019）では施策の一つとして、都心の賑わいや回遊性の向上のために、民間と連携した道路空間の利活用に取り組むこと、道路空間の再構成を検討し、沿道の土地利用や交通機能の確保、街路樹が形成する緑陰等を考慮した歩行者空間等を創出することが掲げられている（図-1）。

仙台市のシンボルロードである定禅寺通でも、2017年度以降官民が連携して、道路空間の再構成とエリア

マネジメントの導入によるエリアの活性化が検討されている。当研究所では仙台市より業務委託を受け、道路空間再構成による交通影響評価や大規模社会実験の効果計測、定禅寺通再整備に関する市の方針である「定禅寺通再整備方針³⁾」（以下、再整備方針という）の策定支援等に携わってきた。

本稿では定禅寺通における「ひと中心の道路空間」の創出の取組みについて、定禅寺通活性化の経緯や、当研究所が調査・分析した大規模社会実験の効果、道路空間再構成の方針等について紹介する。

2 定禅寺通再整備の経緯

仙台市都心部に位置する定禅寺通（市道定禅寺通線、延長約0.71km、幅員46m）は、美しいケヤキ並木やせんだいメディアテーク等の主要な文化施設があり、また定禅寺ストリートジャズフェスティバルや、SENDAI光のページェントをはじめとする様々なイベントの舞台として、市民や来訪者に親しまれる仙台市のシンボルロードとなっている（図-2、図-3）。

定禅寺通エリアでは、1991年に公民連携による定禅寺通街づくり総合プランが策定され、地区計画・景観



図-1 賑わいや回遊を支える道路のイメージ²⁾



図-2 定禅寺通の位置

¹都市地域・環境部門（東北事務所） 研究員 博士（工学） ²東北事務所次長、都市地域・環境部門 担当部門長兼グループマネジャー

³都市地域・環境部門（東北事務所） 研究員 ⁴都市地域・環境部門 研究員 博士（経済学） ⁵都市地域・環境部門 研究員

⁶都市地域・環境部門 情報員 ⁷都市地域・環境部門（東北事務所） 情報員

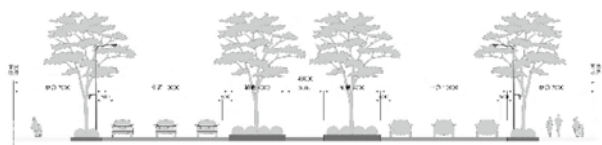


図-3 定禅寺通の車線構成 (現況)³⁾

地区等による規制、道路空間のリニューアルや中央緑道整備等が実施されたほか、市民主体のまちづくり活動やイベント等での空間利活用が行われてきた。

近年、仙台市の都心部では、歩行者交通量が仙台駅周辺で増加する中、仙台駅から離れた箇所では減少する等、人の流れと賑わいが仙台駅周辺に集中する傾向が見られ、回遊性の低下や、仙台駅前とならぶ都心の拠点である定禅寺通エリアの活力低下が懸念される状況にある。

定禅寺通エリアの魅力を高め、人の流れを引き寄せることで、都心全体の回遊性向上と活性化を図るため、仙台市では2017年から定禅寺通の活性化に向けた取り組みを開始した。また、2021年5月には、定禅寺通エリアを含む「勾当台・定禅寺通エリア」において、まちづくりの理念と取り組みの方向性を示した「勾当台・定禅寺通エリアビジョン⁴⁾」(以下、エリアビジョンという)が策定された。一方、2018年には地域

表-1 近年の定禅寺通エリア活性化の取り組みの経緯 (2017年以降)

年月	仙台市の取り組み	地域における取り組み
2017.4.	定禅寺通活性化室設置	
2018.10.		定禅寺通活性化検討会設立
2019.10.	道路空間利活用社会実験「定禅寺通ストリートパーク'19」実施	
2021.5.	勾当台・定禅寺通エリアビジョン策定	
2021.8-9.	大規模社会実験「JOZENJI STREET STREAM」実施	
2022.3.		定禅寺通エリアまちづくりビジョン 2030 (まちづくり基本構想) 策定
2022.5.		定禅寺通活性化検討会解散・新エリマネ体制
2022.7.	歩行者利便増進道路 (ほこみち) に指定	
2023.3.	定禅寺通再整備方針策定	

の関係者によって「定禅寺通活性化検討会」(以下、検討会という)が設立され、官民が連携して定禅寺通の道路空間の再構成や利活用の方向性についての検討・議論を行ってきた。また、歩道や中央緑道を利活用する小規模な社会実験が断続的に実施されたほか、2019年には短期間の一部車線規制が行われ、周辺交通への影響が調査された。

これらの検討や交通シミュレーション結果等を踏まえ、2021年夏には定禅寺通の車線を一部削減し、拡張した歩行者空間を利活用する「大規模社会実験」が実施された。

2022年3月には、検討会での議論をもとに、定禅寺通エリアの関係者が将来のまちづくりの方向性を共有し、その実現を目指し取り組んでいくための指針として、「定禅寺通エリアまちづくりビジョン2030(まちづくり基本構想⁵⁾」(以下、基本構想という)が策定され、まちづくりの理念と目指すまちの姿、実現に向けたプロジェクトメニュー等が取りまとめられた。

2023年3月には、エリアビジョン、基本構想等を踏まえ、仙台市として定禅寺通の道路・公園空間の再整備の方向性や考え方、整備概要、整備スケジュール等を示す再整備方針が策定された。今後は再整備方針をもとに道路空間再構成の設計・工事が進められる予定である。

3 大規模社会実験 「JOZENJI STREET STREAM」

(1) 実験の概要

定禅寺通の車線削減の交通への影響と、道路空間利活用の日常化に向けた効果や課題等を調査するため、2021年8月20日から9月7日にかけて大規模社会実験「JOZENJI STREET STREAM」が実施された。

片側1車線削減(一部2車線削減)を基本とした車線規制が実施され、拡大された歩行者空間や中央緑道等において様々な利活用イベントが企画された。また、定禅寺通は「普通自転車歩道通行可」の規制となっているが、実験期間中はこの規制を解除し、車道に自転車専用通行帯や矢羽根を設置した(図-4~6)。大規模社会実験はコロナ禍の影響を強く受け、実験開始日の8月20日にはまん延防止等重点措置が適用されたため、飲食店等を中心に多くの集客コンテンツが中止や



図-4 車線規制の様子
(IBS撮影)



図-5 路上に設置されたパークレット
(IBS撮影)



図-6 キッチンカーの出店
(IBS撮影)

内容の変更を余儀なくされ、8月27日には緊急事態宣言の発令によって全集客コンテンツが中止となった。なお、車線規制は予定通りの期間で実施された。

(2) 交通への影響

車線規制や空間利活用による周辺交通への影響を把握するため、様々な交通調査が実施された。

定禅寺通周辺道路の自動車交通量や、周辺道路を通行する車両の所要時間は実験前と比べ大きな変化は見られず、車線削減による影響は殆ど生じなかった。

定禅寺通の歩行者や自転車交通量も、実験前と比べて大きな変化はなかったが、中央緑道で出店イベントが行われた日は歩行者交通量が増加しており、空間利活用による効果があったと考えられる。

自転車通行空間については、車道に自転車専用通行帯を設置することで車道走行が増加したものの、他の車両との錯綜は殆ど見られなかった。一方、歩道上での自転車のルール・マナー違反が多く見られたほか、市役所やコールセンターへ寄せられた意見でも自転車に関するものが多く、広報や啓発活動等を通じて自転車の車道通行ルールの浸透を図ることが課題であると考えられる。

(3) 利活用効果の把握

a) マッピング調査

定禅寺通の各エリアで、どのような人がいつ、どこで、どのように過ごしており、それが空間利活用によってどのように変化したのかを把握するため、マッピング調査を実施した。マッピング調査は、定禅寺通を小エリアに分割し、各小エリア内の全ての滞在者の属性、活動場所、活動時間、活動内容(以下、アクティビティ)を調査員が目視で把握し、調査票に記入するものである(全数調査)(図-7)。

マッピング調査の結果、実験期間中の定禅寺通の滞在者数は事前よりも増加した(平日は約2.0~2.4倍、休日は約2.0倍)(図-8)。また、平日の総活動量(人・時)は、実験前と比較すると約1.2~1.4倍に増加した。一方、休日はキッチンカーや中央緑道に出店した物販屋台での買い物等、短時間のアクティビティ

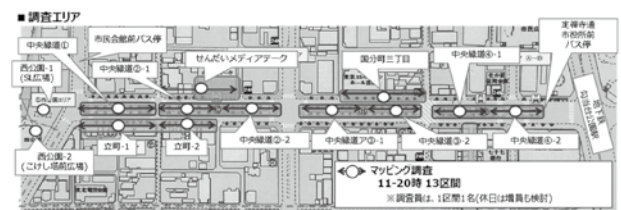


図-7 マッピング調査エリア図

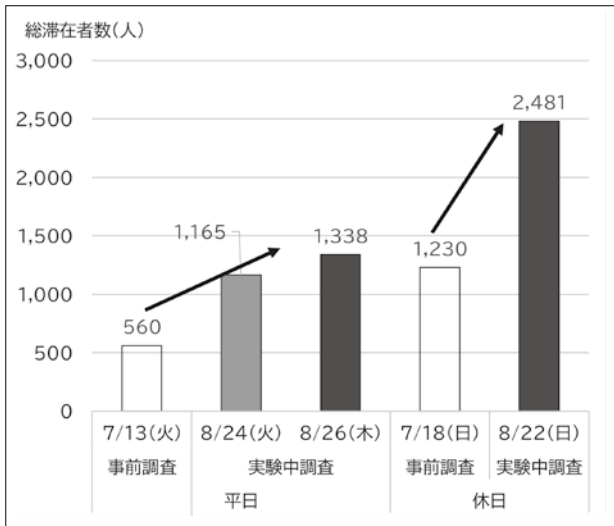


図-8 定禅寺通の総滞在者数

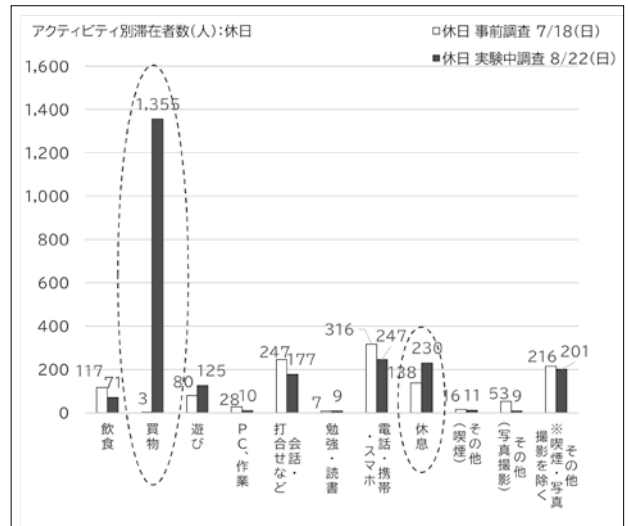


図-11 アクティビティ別滞在者数(休日)

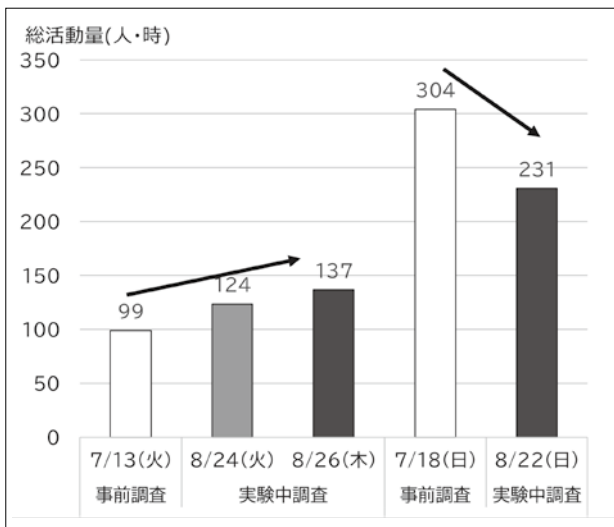


図-9 定禅寺通の総活動量(人・時)

が増加したため約0.8倍となった(図-9)。

また、アクティビティ別の滞在者数を見ると、平日、休日ともに実験前にはほぼ見られなかった「買い

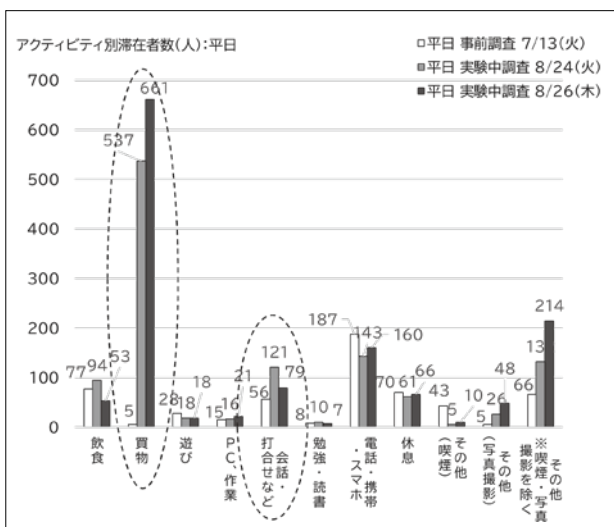


図-10 アクティビティ別滞在者数(平日)

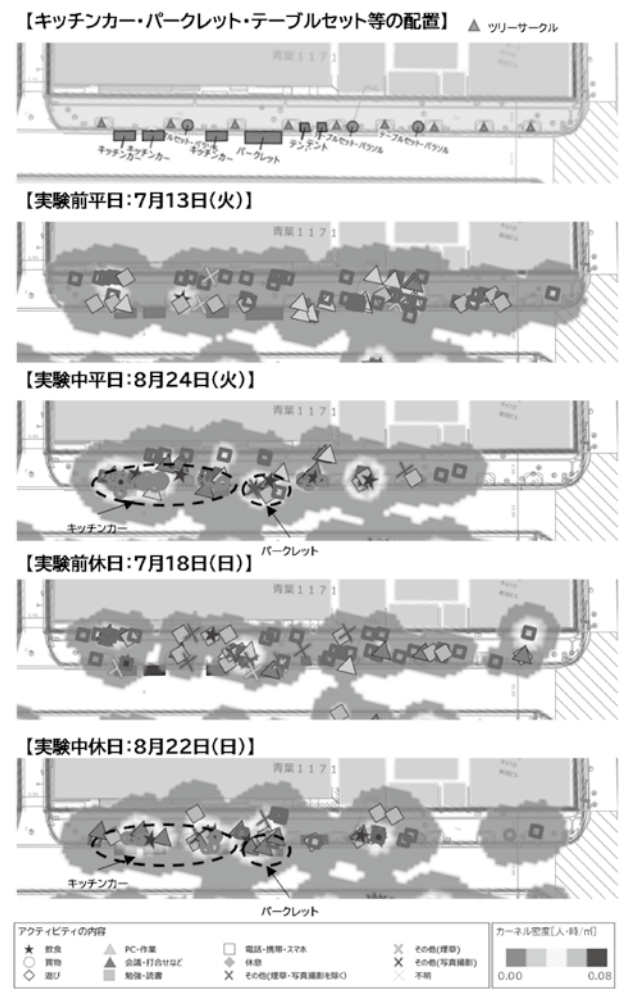


図-12 国分町三丁目エリアの活動量ヒートマップ

物」が、実験期間中は非常に多く観測されたほか、平日の「会話・打合せなど」、休日の「遊び」「休息」などの活動も増加していた(図-10、図-11)。

実験中にキッチンカーの出店やパークレット、テーブルセット、ツリーサークルベンチの設置等が行われた国分町三丁目エリアについて、活動量のヒートマップを確認した。実験前は歩道の車道側端部に配置されたツリーサークルや、店舗・施設の軒先を中心に、人の活動が薄く広がっていたことがわかる。これに対し実験期間中は、ツリーサークルに加え、キッチンカーやパークレットの設置箇所周辺に活動が集中しており、活動場所にメリハリが見られた(図-12)。

b) 追跡調査

定禅寺通で、どのような人が、どこから、どこを、どこまで移動したか、それが空間利活用によりどのように変化したのかを把握するため、追跡調査を実施した。

追跡調査は定禅寺通エリア内の各交通結節点(地下鉄駅・バス停)での降車客や、エリアの端から徒歩で流入した人(グループ)を調査員が追跡し、個人属性や対象エリア内での歩行経路、滞在状況や活動内容を調査票に記録するものである(サンプル調査)(図-13、図-14)。

追跡中に、対象者が定禅寺通内の店舗・施設等に立ち

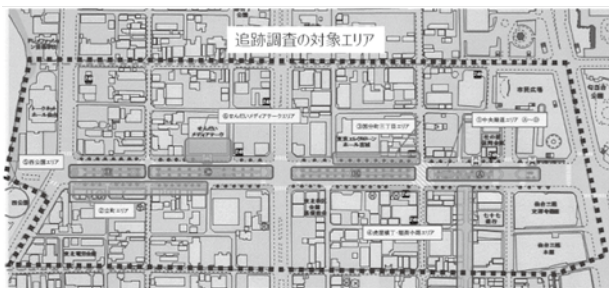


図-13 追跡調査の対象範囲

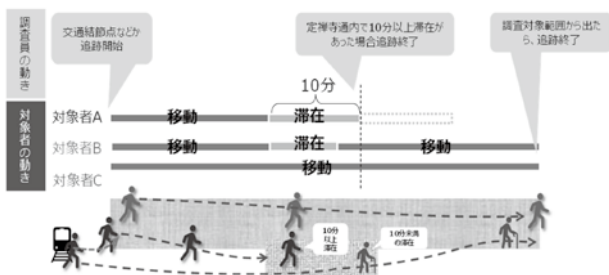


図-14 追跡調査のイメージ

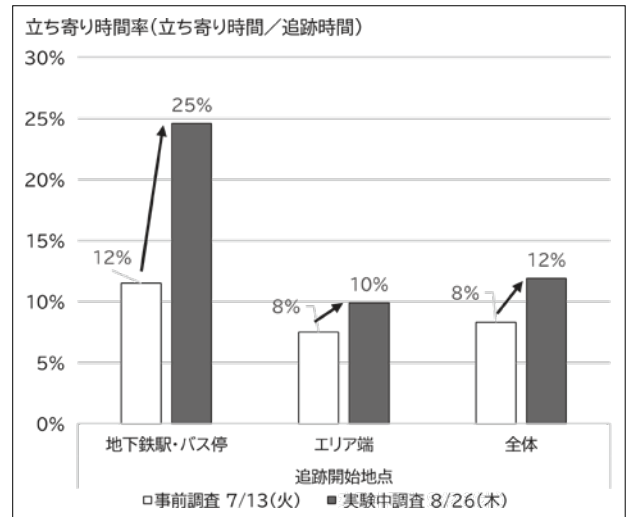


図-15 立ち寄り時間率

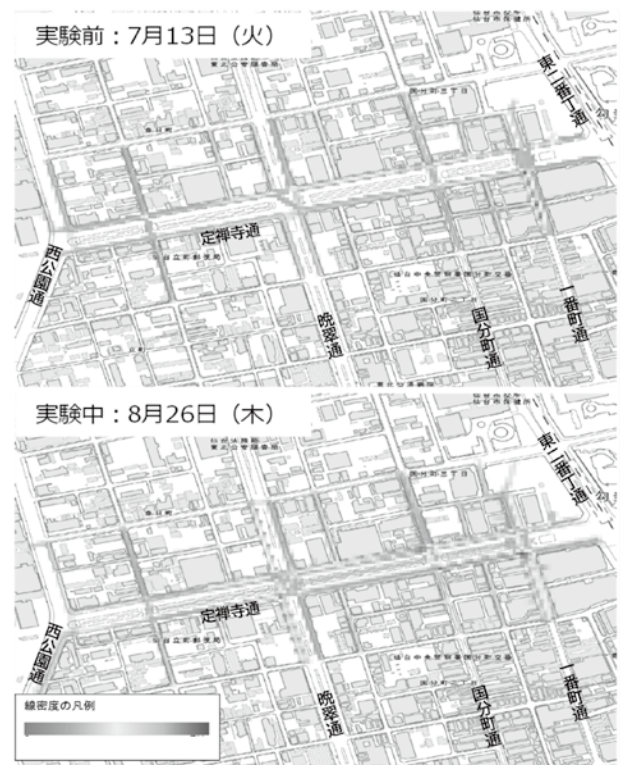


図-16 歩行経路の密度

寄った時間を追跡時間で除した立ち寄り時間率を見ると、実験中の平日は事前と比べて立ち寄り時間率が高くなっており、特に交通結節点から追跡した場合に大きく上昇していた(図-15)。

また、歩行経路の密度を見ると、晩翠通以東の定禅寺通の歩道や、一番町通で密度が高く、よく利用されていることがわかる。また、実験期間中は中央緑道のコンテンツを経由する移動が見られ、事前と比べる緑道の密度が高くなっていった(図-16)。

c) アンケート調査

社会実験の影響や公共空間利活用に対する意向等を把握するため、社会実験への来訪者、非来訪者、沿道関係者、イベント出店者といった様々な立場の人々を対象にしたアンケート調査を実施した。

来訪者と沿道関係者のアンケートで共通する設問への回答を比較することで、立場によるニーズ等の違いを把握することができた。

歩行者空間拡大に対する賛否については、いずれも過半数が賛成しており、特に来訪者の賛意が約8割と高くなっていた(図-17)。

拡幅された歩道の広さに対する評価については、来訪者は約8割が通常時よりも歩行者空間が拡大された方が良いと回答している(図-18)。

歩道がテーブルやベンチ、キッチンカーの設置等で利活用されることに対する評価については、両者ともに、「エリアに活気が出てよい」の割合が最も高かったが、沿道関係者の選択割合が約7割と特に高かった。また、沿道関係者は歩行者の安全対策や、ポイ捨て・迷惑行為への対応を選ぶ割合が比較的高かった(図-19)。

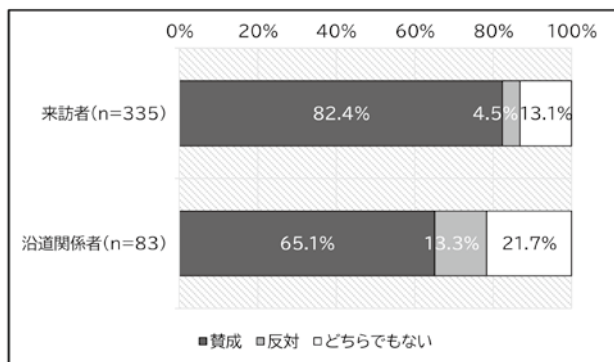


図-17 歩行者空間拡大に対する賛否

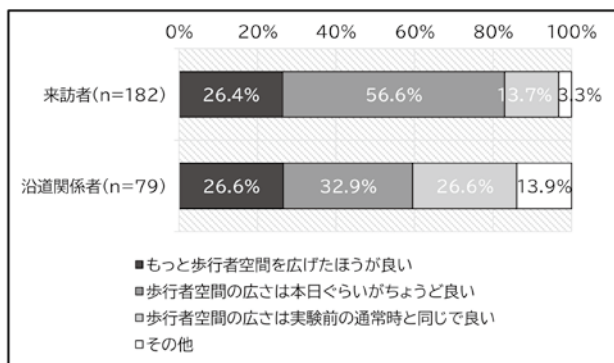


図-18 歩行者空間の広さに対する評価

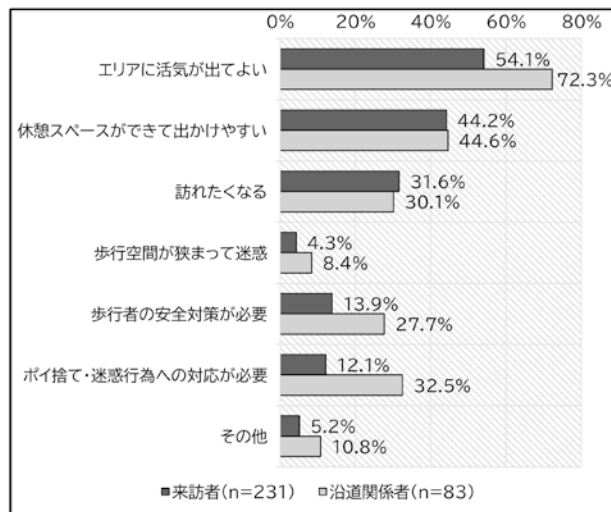


図-19 歩道の利活用に対する評価

d) まとめ

定禅寺通での来訪者のアクティビティや移動経路を把握するためのマッピング調査、追跡調査の結果からは、道路空間に滞留の場所やサービスを提供することで人々の多様な活動が誘発され、活動の内容も変化すること、イベントの実施により回遊経路も変化し、滞在行動も誘発されることが確認された。また、アンケート調査の結果から、歩行者空間の拡大や歩道の利活用について肯定的な意見が多いことが確認された。

ただし、コロナ禍の影響によりイベントや出店の多くが中止されており、当初予定していた規模での利活用効果や評価を把握することはできなかった。

4 定禅寺通エリアの活性化と定禅寺通再整備の方針

(1) 基本構想の策定

検討会では大規模社会実験結果も含むこれまでの検討内容を踏まえて、2022年3月に基本構想を策定した。基本構想ではまちづくりの理念と目指すまちの姿、それを実現するための「ひと中心の空間づくり」を掲げ、エリアの特徴を生かしたまちづくりの考え方や、実現に向けた4つのエリアブランディング戦略等をまとめている。

「ひと中心の空間づくり」では、空間利活用の熟度などに応じて、段階的に道路空間の再構成を図ることとし、まずは2030年を目標に空間利活用の気運を醸成し、「空間利活用常態期」に向けた取り組みを進めるこ



図-20 基本構想における「ひと中心の空間づくり」のステップ⁵⁾

ととしている(図-20)。

基本構想策定後、検討会は新たなエリアマネジメント推進体制(定禅寺通街づくり協議会・一般社団法人定禅寺通エリアマネジメント)に、基本構想と今後のまちづくりを引き継ぎ、2023年5月に解散した。

(2) 再整備方針の策定

仙台市ではエリアビジョンや基本構想等を踏まえた再整備方針を2023年3月に策定した。

再整備方針では定禅寺通エリアの目指すエリア像として、

- ・近隣の居住者や従業者の他、多様な人々が日常的に訪れ、美しいケヤキ並木のある豊かな公共空間で時間を過ごし、楽しむことができるエリア
- ・市民協働や文化芸術の舞台として、多様な人々が様々な挑戦を行う場となり、市民活動やクリエイティブな活動が日常的に展開されるエリア

を掲げ、その実現のために「公共空間の形成(ハード整備)」と、整備された空間における「多彩な活動の推進(ソフト施策)」を官民が連携して進めていくこととしている(図-21)。

また、仙台市が民間による利活用を見据えた道路空間再整備を実施し、それをきっかけに空間利活用による賑わいが生まれることで民間投資が呼び込まれ、それによって都市機能が高質化し、さらに人を惹きつけ賑わいが高まるといった、活性化の好循環(スパイラルアップ)を目指して取り組むこととしている(図-22)。

定禅寺通の再整備は「定禅寺通シンボルロード整備事業」(1999~2001年度)の考え方を継承し、仙台市

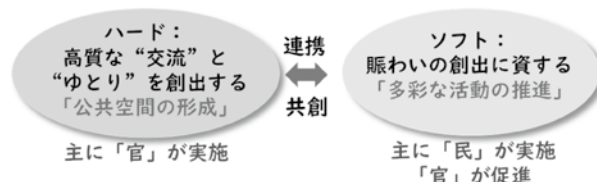


図-21 官民連携の取り組みイメージ³⁾

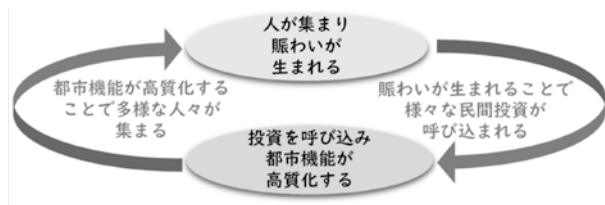


図-22 活性化の好循環のイメージ³⁾

のシンボルであるケヤキ並木を保全しながら、基本構想の考え方も踏まえ、以下の方向性に沿って車線削減を伴う道路空間再構成を実施することとしている。

- ・歩行者が安全・快適に通行・滞在でき、豊かな時間を過ごすことができる「ひと中心の空間」への転換
- ・活用しやすい広い空間・設備が整った、多様なアクティビティが生まれる環境づくり

車線削減については、基本構想で示されている段階的な道路空間再構成の考え方も踏まえ、地域が目指すまちづくりを加速させるためにも、まずは早期に実現可能な道路空間再構成を進めることとしている。

具体的には、大規模社会実験時と同様、片側1車線削減を基本の一部区間で2車線削減して歩行空間を拡大すること、バスベイや荷捌き・停車スペースを確保するとともに自転車通行空間を車道上に整備することとしている(図-23~図-26)。

再整備の考え方は、定禅寺通の交通機能と空間機能の別に整理し、交通機能は自動車と自転車、歩行者の交通手段別に考え方を整理している。空間機能としては、ケヤキを現在の位置に保存しながら、歩道や中央緑道内の滞在・利活用空間を配置・拡張することとしている。歩道上の滞在・利活用空間の配置は、通行機能を確保しつつ車道側に配置するパターン(パターンA)を基本とし、沿道の利活用ニーズに応じて建物側にも滞在・利活用空間を配置するパターン(パターンB、C)も採用することとしている(図-25)。

(3) 今後の展望

再整備方針を踏まえ、2023年度には測量・調査・設

計が行われ、2024～2027年度にかけて再整備工事が実施予定となっている。

道路空間の再構成について、検討会では片側1車線化やトランジットモール化、フルモール化といったさらなる車線削減についても議論されてきたが、現状では自動車交通の安全性・円滑性の観点や、沿道土地利用との調整、空間利活用による活性化の気運醸成といった課題が残されており、再整備完成後の交通状況や利活用実態も踏まえた長期的な検討が必要であると考えられる。

5 おわりに

定禅寺通では行政と地域がそれぞれ検討組織を立ち上げ、相互に連携しながらエリアの将来像や道路空間の使い方を検討し、社会実験による交通への影響や利活用効果の検証も踏まえて具体的な再整備案が取りまとめられた。

このプロセスは、「ひと中心の道路空間」づくりのモデルケースとなりうると考えられ、当研究所でも定禅寺通での知見を各地で進む道路空間再構成の取り組みの支援に活用してまいりたい。

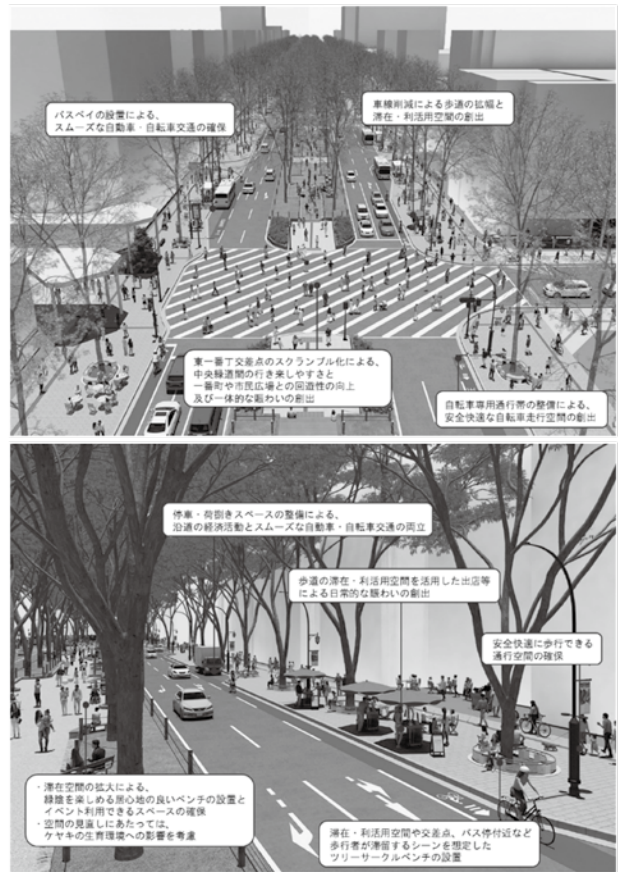


図-26 定禅寺通再整備のイメージ³⁾

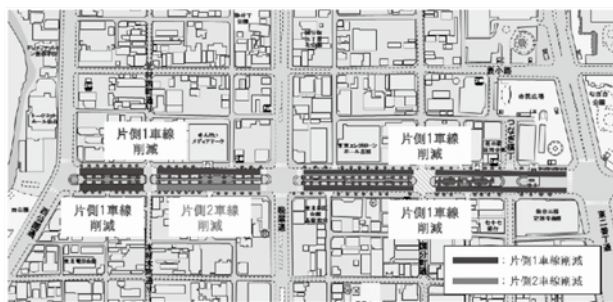


図-23 定禅寺通の車線削減の概要³⁾

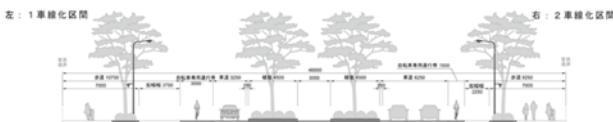


図-24 再整備後の車線構成³⁾



図-25 歩道上の滞在・利活用空間の配置³⁾

謝辞

本稿は、仙台市定禅寺通活性化室より業務委託を受けた「令和3年度大規模社会実験に係る利活用効果測定調査業務委託」及び「令和4年度(仮称)定禅寺通エリア活性化方針検討業務委託」における検討結果を踏まえて取りまとめたものである。仙台市定禅寺通活性化室及び関係者各位には、多大なる協力を賜った。ここに記し、感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 久保田尚, 大口敬, 高橋勝美(編著):改訂新版 読んで学ぶ交通工学・交通計画, 2022
- 2) 仙台市:「せんだい都市交通プラン」, 2020.
- 3) 仙台市:「定禅寺通再整備方針」, 2023.
- 4) 仙台市:「勾当台・定禅寺通エリアビジョン」, 2021.
- 5) 定禅寺通活性化検討会:「定禅寺通エリアまちづくりビジョン2030(まちづくり基本構想)」, 2022.

Ⅲ

フェローシップ最終報告

- COVID-19の影響による交通事業者支援施策のレビュー
および効果
- 都市のデジタルツインの展望と課題：欧州のプロジェクトを
概観して

COVID-19の影響による交通事業者支援施策のレビューおよび効果

International Review of Measures and Their Effects for Public Transport Operators in Response to the COVID-19 Pandemic

柴山多佳児¹

By Takeru SHIBAYAMA

1 はじめに

新型コロナウイルス感染症 (Coronavirus disease 2019、COVID-19) は、2019年末に中国で最初に確認されたSARSコロナウイルス2を病原体とする気道感染症である。2020年初頭から世界中で感染が拡大し、パンデミック (世界的流行) をもたらしめている。せきやくしゃみからの飛沫感染や、ウイルスに触れた手などが粘膜に触れることなどによる接触感染が主な感染経路とされている。

世界的な感染拡大の初期にあたる2020年前半には、各国の政府が様々な措置を講じたが、多くの国を中心に据えられたのは、人々の接触を最小限とするための、外出や行動の制限といった市民のモビリティ (移動可能性) に対する制限と、食料品の購入といった「エッセンシャル」なもの以外の財やサービスを提供する店舗や施設の閉鎖を組み合わせた、いわゆるロックダウンであった。ロックダウンの実施状況は国や地域ごとに異なるが、多くの国では初期のロックダウンのみならず、感染状況の推移や、後のデルタ株やオミクロン株といった変異種の登場による再度の感染拡大でも実施された。また、感染者からの飛沫が1.5~2m程度の範囲に広がるとの知見から、「ソーシャルディスタンス」と呼ばれる物理的距離の確保も推奨された。

モビリティの制限により経済活動が縮小し、交通需要そのものが大きく減少したが、公共交通機関はとりわけ甚大な影響を受けた。公共交通機関には、鉄道車両やバスなどを「乗り合い」で利用するという重要な特性がある。この乗り合いの特性が発揮される前提は同時かつ同方向のまとまった移動需要であるが、交通需要の大幅な減退はそれを覆した。また空間面から考えると、「乗り合い」とは本質的には見知らぬ者同士が車内の狭い空間を高密度で共用することであるが、これは上述の物理的距離の確保がそもそも困難な環境である。公共交通機関がCOVID-19の主要な感染拡大の場となっていると

いう医学的なコンセンサスは筆者の知る限り今のところないが、その一方で公共交通機関における感染のリスクが高いかどうかに関する議論は、パンデミック初期から世界各地で起こっている (例えば¹⁾。

こうしたCOVID-19の対策と乗り合いの相容れなさがある一方で、公共交通機関には徒歩や自転車での移動距離帯を超えた距離の移動を自動車なしで可能とする公益的役割がある。在宅勤務が推奨されたモビリティの制限下においてさえ、エッセンシャルワーカーと呼ばれる出勤が必要な職種の人々の通勤などには、公共交通機関は欠かせないものである。こうした公益性を背景に、パンデミックにおける行動制限下であってもサービス提供を継続する要請が公共交通機関に対して存在する。

このように公共交通機関は、その特性である「乗り合い」の前提がモビリティの制限下で崩れ、物理的距離を保つことによる感染対策も難しい中で、公益的な役割を担い続けねばならないという、矛盾した状況に陥った。様々な形での公的な支援を必要とすることとなったが、その支援の方法や内容、そして効果は、国や都市ごとに異なるものであった。

本研究は、公共交通機関における対応がどのようなものであったか、各国の対応状況や支援策をレビューするとともに、その効果を整理し、得られた知見を日本における対応と比較することで、その特徴や課題を見出すことを目的とした。さらに、それを基にして、わが国の公共交通政策に対する示唆を得るべく考察した。

2 調査の方法

COVID-19は新しい感染症であり、各国で行われたモビリティの制限や、ましてや公共交通への支援策については、政府機関やメディアの断片的な情報が多い上に、重要な情報はほとんどが現地語のみでまとめられていると考えられるが、筆者自身が読み書き可能な言語には限度がある。その一方で、現地の専門家

¹ウィーン工科大学交通研究所 上席研究員 博士 (工学)

であれば一定程度は状況を網羅的に把握していると推測される。そこで、世界交通会議 WCTRS の分科会 SIG G2 National and Regional Transport Policy and Planning と筆者自身の個人的な専門家のネットワークを通じて、各国の研究者に文章で整理した形で情報提供を呼び掛けた。ただし、単なる情報提供の呼びかけではうまく集まらないことが容易に想像される一方で、まとまった情報がないことは英語でも同様であり、英文で公表することも学術的知見として重要と考えられる。そこで、これら協力者らからの成果をまとめたものを WCTRS-Elsevier Book Series の英文書籍 “International Perspectives on Public Transport Responses to COVID-19” として刊行することとし、協力者へのインセンティブとした。最終的には 38 名から 20 の国や地域、都市に関する情報を得た。協力者の一覧は最終報告書に付する予定である。

なお、上述の英文書籍は各国からの情報提供を基盤とする部分と、本レビューの枠外とはなるが WCTRS 分科会のイニシアチブとしてテーマ別に国横断的に分析する部分から構成している。2023 年中の刊行を目指して編集を進めている。

3 国・地域単位の支援策の概略

本節では各協力者から提供された情報を基に、筆者が収集した情報を併せつつ、各国での支援策の概略をまとめる。国全体をカバーするケースと特定の地域や都市にフォーカスしているケースがあるが、これは協力者の情報提供の枠組みに対応したものである。

(1) アジア太平洋地域

オーストラリアは、パンデミック初期は国境の封鎖によって COVID-19 感染者を抑制したが、南半球の冬にあたる 2020 年半ばになって感染者数が増えロックダウンなどが行われるようになった。豪州の都市は全体に低密度で、公共交通は CBD (中心業務地域) から郊外に向けて放射状に延びる形で、公共交通の重要性は相対的に低い。公共交通関連の主な権限は州政府にあり、共通してパンデミック前のサービス水準で継続する方策をとった。ただし国全体を統括する組織や事前の対応計画はなく、クイーンズランド州ではサービスを強化して対人距離の確保をやすくした一方で、ニューサウスウェールズ州ではコスト削減のため運行本数を減らすなど、州政府により対応が異なる結果と

なった。財政面では主に州政府が支援した。

ニュージーランドのオークランドではロックダウン中の公共交通利用者は 80% 程度減少し、2022 年中ごろの時点では 2/3 程度の回復に留まる。週末ダイヤなどを利用した減便がおこなわれたが、国のアンケート調査では、28% の回答者が減便によって利便性が損なわれたために公共交通を利用しなくなったと回答している。公共交通ネットワークは豪州と同様に CBD との往来に向けたものとしてできており、在宅勤務や他所に居住するリモート勤務が増加したことで CBD への通勤者が減少し、公共交通のみならず土地開発の計画にも影響を及ぼした。ただし報告時点では長期的見通しは不透明である。

ソウル (韓国) は地下鉄とバスで組織形態が異なり、対応も異なった。地下鉄は基本的に公企業であるが行政からの特段の財政的支援は行われておらず、事業者自らが副駅名の命名権販売によって増収を図るなどの工夫をしているものの、従前からの累積赤字がさらに膨らむ事態となり本質的解決には至っていない。また運転手らの給与削減を試みた結果ストライキに発展するなど、解決の努力が別の問題を生み出した。バスは後述する欧州の PSO と似たソウル市政府とバス会社間の契約制による「準公共」の組織形態であり、この枠組みの中でバス会社への財政的支援が行われた。

北京とその他の中国本土の都市における公共交通はすべて公営であり、財政的な面では特に大きな課題が生じてはいない。しかし「ゼロコロナ」の方針のもとで感染が急増する都市の一部を完全に封鎖する方策が採られたために、それに応じて封鎖地域を避けた運行のための経路変更をしばしば迫られるなど、厳格なロックダウンに付随する課題に事業者がしばしば直面した。

台北と高雄をはじめとする台湾の諸都市では、行動制限は行われなかったものの、2002 年の SARS の教訓などを背景に人々が自発的に行動を抑制したことで、公共交通需要も大幅に減少した。2019 年 6 月と 2021 年 6 月を比較すると、台北や高雄の地下鉄とバス、高速鉄道、都市間バス、空港連絡鉄道のいずれもが 80~90% の乗客減であった。民間事業者には特に支援がなかったが、自己資本の半分以上を超える赤字を計上する事業者が多数現れ、この状況が銀行等からの資金調達をさらに困難とした。なお、感染経路同定のために IC カード乗車券と個人情報の紐づけが推奨された

のは他からの報告にはない特徴である。

マレーシアのクアラルンプール首都圏では、対2019年比で2020年の公共交通の乗客はモードを問わず半減した。2021年には公共交通利用にはワクチン接種が義務付けられるなど、利用の制限が大きい。

タイでは夜間外出制限や地域間の移動制限がおこなわれたほか、公共交通機関では乗客数や駅での滞留人数の制限が政令によって行われ、バンコク都市圏では政令より先行して実施する場合もあった。都市部ではロックダウン中は乗客がパンデミック前の25%程度まで落ち込んだが、各種制限解除後の2022年9月時点では都市鉄道は90%程度に回復している。バスは半分程度までしか回復していないが、一部での路線変更や民営化に伴う値上げの影響が大きいとみられる。

(2) ヨーロッパ

欧州ではEU規則1370/2007で定められた「公共サービス義務」(Public Service Obligation, PSO)によって州や市といった権限を持つ行政が計画策定と運営上の資金調達を行い、契約関係かそれに準じる形で公共交通事業者が運営を担う形態が一般的である。

トルコからの報告では、2020年の3～4月の感染拡大初期に、公共交通需要が2019年比で約70～90%減少した。同年夏には半分程度に持ち直したが、冬の感染拡大で再び1/3程度まで減少した。特に自動車利用への転換が顕著であり、首都のアンカラでは公共交通と自動車の交通手段分担率がパンデミックを機に逆転し、その状況が2021年半ばまで継続している。自動車利用へ転換した乗客が戻らずに固定化することが懸念されている。

クロアチアはパンデミックの初期にあたる2020年3月21日に、その2日後からのロックダウンに先立って国レベルで一時的に公共交通を完全に停止した。首都のザグレブ市では、出勤が必要なエッセンシャルワーカー専用に通勤用のバスが設定された。その後の緩和段階でも定員の40%までしか利用を認めないなど大幅な利用制限を行った。人口4万人以上の都市における従業員10名以上の事業者の公共交通の輸送量(人キロ)や輸送人員の統計を2019年と2022年で比較すると、輸送量では8%の減少にとどまるが、乗客数は33%の減少となっており短距離の利用の減少が多いとみられるが、その理由は不明である。

チェコの主要都市では、PSOによるサービス提供

義務を背景に運行が継続され、全体では2020年の対2019年比での供給量(車両キロ)の減少は6.6%にとどまったが、輸送人員は40%の減少であった。乗車券等からの収入は22%の減少にとどまったが、輸送人員ほどの減少でないのは年間パスなどのサブスクリプション型乗車券の所有者が多いためであり、大都市ほどこの傾向が顕著である。プラハのケースでは運賃収入の減少が29%であったのに対して、利用者は53%も減少している。

ハンガリーでは、初期はPSO契約を担う各自治体の判断に任せられたため事業者や都市により異なる対応となったが、週末ダイヤなどを利用した供給の調整が行われた。同国での第2波・第3波の際には、対人距離確保を容易にすべく増発を行った例もある。また国鉄もエッセンシャルワーカーや工場労働者など出勤が必要な業種の従業員の通勤利用が多い路線を中心に増結や増発を行ったが、逆に利用者の落ち込みが激しい地方部の鉄道路線ではバス代行輸送に切り替え、2021年になってから順次鉄道に戻したケースもある。輸送量(人キロベース)では50～70%の一時的な減少があったが、2022年半ばまでには長距離の鉄道利用はおおむね回復し、地方部のバスや都市交通はパンデミック前の80%程度の水準に回復している。運賃収入の減少分を補うために事業者に公的資金の投入がなされたが、これはPSO契約を所管する自治体と事業者の間の交渉によって決められた。

ドイツの首都ベルリンとオーストリアの首都ウィーンの公共交通事業者は、いずれも市内交通は市の下にある公営事業者、郊外鉄道S-Bahnは連邦政府の傘下にある公営事業者の運営である。パンデミックの初期のみ、両市とも週末ダイヤ(ウィーン)や10分間隔(ベルリン)といった減便対応を行ったが、深夜帯はウィーンでは減便・運休、ベルリンでは夜勤の通勤などを勘案して運行が継続された。対2019年比での2022年中頃の乗客数は、ベルリンでは2019年と同水準まで回復した。ウィーンでの回復は80%程度にとどまるが、交通手段分担率で見ると徒歩と自転車への移行が大きい。両国とも事業者に対して公的資金が投じられたが、パンデミック前における運賃収入での運営費用のカバー率がベルリンは47%(2020年)、ウィーンは60%(2015年)で、PSOの枠組みでもともと一定程度の公的な費用負担がなされており、こ

の枠内で公的負担を増額する手法が主に採られた。なお土方²⁾のまとめでは、2020年だけでドイツ全体の都市・地域公共交通の運賃収入減が31億ユーロであるが、そのうち25億ユーロは連邦政府からの追加的財源で、権限を持つ州政府を經由して補填された。またオーストリアでは商業運行される長距離列車に対して、乗客急減によるサービス停止の可能性を根拠にEUのPSO規則で定められた緊急避難措置が適用され、随意契約による直接的資金投入がおこなわれたのが特徴的である。なお両国とも日本の雇用調整助成金と同様の措置が全産業対象に取られ、公共交通事業者も活用していたとみられるが、この数字は含まれない。

なお、ハンガリー、ドイツ、オーストリアのいずれも、COVID-19のパンデミックの最中から、全土の公共交通サブスクリプション制度を導入したことは付記に値するであろう。オーストリアは2021年10月より、ハンガリーとドイツは2023年5月より導入しており、オーストリアは全土の長距離列車や高速鉄道を含むほぼすべての陸上公共交通機関、ドイツは快速・普通列車や路線バスなどの全土の近距離公共交通機関、ハンガリーは路面電車のような市内で完結するもの以外の全土の快速・普通列車と路線バスが対象となっている。

フランスはパンデミック前から交通税などを財源に公共交通への公的負担がおこなわれており、パリなど大都市でも運賃収入で賄うのは運営費用の40～50%、小都市では10%以下のこともある。都市圏ごとに合計330のAOMと呼ばれる交通政策当局があり、同国の面積の25%、人口の75%がAOMの域内となる。ロックダウン中も公共交通の運行は継続されたが、フランスでは学校の閉鎖時に親が在宅の権利を得たため、人員面での工面は特に事業者にとって課題であった。パリを含むイルドフランス地域圏に19億ユーロ、その他の地域圏に合計12億ユーロの資金供給が中央政府からなされ、運賃収入の減収分と、休業措置などに起因する交通税の減収分の補填がされた。さらに公共交通への政府による投資も、パンデミック前の2009年の計画の4.5億ユーロから倍の9億ユーロへと増額された。

イタリアはパンデミック初期に欧州で最も甚大な影響が出た国であり、2020年のGDPが前年比マイナス12.4%を記録するなど経済的影響も甚大であった。感染リスクに応じて地域ごとに黄、橙、赤の区分けが

なされ、橙や赤の地域では他地域への移動制限など行動制限が課せられる状況が2022年3月末まで続き、他国よりも厳しい措置が採られた。高速鉄道など商業的に運行されるものは、一時はほぼすべてが運休したが、行政との契約下で運行される公共サービスは一定水準が維持された。公共交通機関は定員の50%（のちに80%）での利用とされ、それと需要に応じて供給を調整するよう通達がなされた。2021年の対2019年比での旅客需要は30～42%の減少と推計され、2021年、2022年ともにイタリア全体の公共交通に対して10億ユーロ程度の追加的支援が必要と見積もられている。2019年水準までの回復には2024年頃までかかるとみられているが、インフレなど利用者数を押し上げる要因もみられる。また人口密度の低い地域ほど移動需要全体の減少が著しい傾向が報告されている。

ベルギーには公共交通事業者は公営のものが全土に4社あるのみで、パンデミック前同様に運行を継続したり、事前に策定されたストライキ対応ダイヤで路線を絞って運行するなどしたが、2021年初頭までに元のサービスに戻した。対人距離確保のため最前部のドアを締め切った運行としたことでバスでの不正乗車が増えたとの報告がある点が興味深い。乗客の戻りは週末の方が早く、週末の鉄道利用客数は2022年前半にはパンデミック前の水準に戻った。通勤客は、バスでは10～12%、鉄道では20%程度減った状態が継続するとみられている。なお協力者が筆者からの依頼にあたって事業者すべてにヒアリングを実施しており、その成果は英語論文³⁾としてすでに公開されている。

イギリスでは、2020年3月にはロンドン以外のバスの旅客が90%、鉄道の旅客が96%も減少した。2022年11月時点でバスはパンデミック前の81%、鉄道は71%まで回復しているが、在宅勤務の普及などでこれ以上の回復は鈍い。バス事業の場合、2018-2019年のイギリスの費用負担は40%が公的資金、60%が運賃収入であり、運賃収入の割合が高いところほどパンデミックの影響が大きい。中央政府が手厚く資金支援をし、2020年3月に失われた収入への補填として14億ポンド、さらに8月に2.6億ポンド、さらに2021年には2.3億ポンド、そして2022年には1.3億ポンドの支援など、総額20億ポンドを超える資金的支援がバス事業者に対して行われた。鉄道はフランチャイズ制であるが、2020年3月から9月まで

はフランチャイズ契約を一時的に変更して総費用契約に移行し、資金面と運行継続の支援を行った。以後はNational Rail Contracts という新しい枠組みに移行したが、配当の支払いを禁止するなど条件付きの総費用契約という点では同じである。イギリスの公共交通は規制緩和下で運賃収入の依存度が高いサービス提供が特徴であるが、これを根本的に見直すべきとの主張がすでに出ている点は注目に値する^{例えば4)}。

(3) アフリカ・北米

南アフリカの公共交通はミニバス・タクシーと呼ばれる定員15名のパラトランジットのシェアが高いことが特徴である。アフリカ諸国で見られる、決まった出発点で満員になると発車するタイプのもので、経路は定まるが停留所はなく、旅客の希望に応じた場所で乗降可能なものである。2020年時点では公共交通利用者の83%がミニバス・タクシーの利用者である。貧困層が多く公共交通に依存する市民が多いのも特徴である。鉄道利用者はパンデミック前から架線などの施設や部品の窃盗や放火、さらに経営問題や汚職などでもともと低下傾向であったが、パンデミックが追い打ちをかけた。2020年3月末～5月末まで全面運休したが、これにより以前からの問題が悪化しただけでなく、運休中に貧困層の住民が線路上にスラムを構築してその後移転に応じず再開不能となる例もあるなど、全体に回復の目途が立たない。バス事業はパンデミックにより車両の更新が停滞し、故障の頻発や維持修繕費用の増加などの悪循環を招いている。それにもかかわらず2022年9月には2019年の水準まで利用者は回復しているが、これは上述の鉄道の問題と自動車の燃料価格の急騰が主因と考えられている。

アメリカでは、全米公共交通協会(APTA)による試算では2020年4月から2021年末までの21か月間で488億ドルの減収と見積もられたが、連邦政府による特別予算措置により公共交通事業者への支援が報告時点までに3回に分けて行われた。2020年3月の最初のCoronavirus Aid, Relief and Economic Security (CARES) 法では向こう4～6か月分の運営費用総額250億ドルが供給され、その後2020年12月に2度目の支援が行われた。2021年3月までにはAmerican Rescue Planにより追加支援が行われている。報告が主眼とするカリフォルニア州の場合、それぞれ37.5億ドル、21億ドル、40億ドルの追加措置の配分で

あった。同州では公共交通の財源として地方消費税にあたるLocal Operation Sales Taxes (LOSTs) が平時の公共交通への公的支出の主要な財源であったが、経済活動の縮小により大幅な減収となった。同州では、対2019年比ではパンデミック初期は8割の需要減であり、その後も5割減程度で推移し、2021年月でも約45%の需要減となっており、全米平均よりも落ち込みが大きい。これはIT企業のような在宅勤務に転換しやすい業種が他州より多いためと考えられている。

4 日本の公共交通のCOVID-19対応の特徴

我が国の感染症対策は、法的枠組みの観点では主に、「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」(いわゆる「感染症法」)による医療面からの措置、「検疫法」を軸とした水際対策による国外との往来に関連する措置、「予防接種法」によるワクチンの接種関連の措置、そして2012年に成立・公布され翌年に施行された「新型インフルエンザ等対策特別措置法」(以下「特措法」)による社会的な対策から構成されている。特措法がCOVID-19を対象とするかは初期には議論があったが、2020年3月13日の法改正で明示的に対象とされた。その後もCOVID-19対策のために同法の法改正が幾度かおこなわれている。

この特措法は緊急事態宣言や施設の使用停止等の要請(いわゆる「休業要請」)などの法的根拠となるものであり、COVID-19の社会的な対策との関連では非常に重要なものである。公共交通との関連での重要な点は、特措法の下でJR各社や多くの大手民鉄などの鉄道事業者が「指定公共機関」として国から指定されていることである。また都道府県レベルでも、それぞれの域内で営業する鉄道事業者やバス事業者が指定されているケースが多い。

特措法の規定では、指定機関は新たな感染症発生時の対策の業務計画を策定する義務を負う。特措法制定後、かつCOVID-19よりも前に策定された各社の業務計画も基本的にはこの方針に則ったものとなっている。2012年にJR東日本が政府に提出した資料⁵⁾では、「社会機能維持の観点から…できる限り必要なサービスの継続に努めて参りたい」としており、事業者の立場からも基本的なサービスを感染拡大時も維持する方針が明確化されている。「業務計画」ではJR東海⁶⁾が「国民生活及び国民経済に及ぼす影響が最小となるよ

う…旅客の輸送を適切に行うものとする」とし、小田急電鉄⁷⁾は「旅客および鉄道係員の感染拡大防止による安全を最優先に、輸送の確保に努める」としていることなどからも、同様の方針が伺える。また前述のJR東日本の資料では、「感染リスクが高くなることから…交通需要の減少や分散のため、外出の自粛や時差通勤を政府において呼びかけていただきたい」としていることから、事業者側はサービス水準は維持することが念頭に置かれていたことが読み取れる。

このように、特措法の方針を背景に、日本の公共交通事業者は、感染症発生時には運行を継続する方針を事前に定めており、COVID-19の初期対応においても基本的にこの方針が採られた。これは特措法の第一条で「国民の生命及び健康を保護し、並びに国民生活及び国民経済に及ぼす影響が最小となるようにすることを目的とする」と明示されていることと対応する。国土交通省⁸⁾もCOVID-19対応として「やむを得ず外出する方々…の移動ニーズに応えること」とするなど、この目的に沿った対応の方針を明示している。また車内での感染予防策や混雑緩和策が実務的観点からの交通分野の研究で既に行われていたことは他国にはあまりみられない特徴である⁹⁾。

運営継続の明示的な方針がパンデミック前より明示的に定められていたのとは対照的に、それを財政面で裏付ける措置は事前に定められていなかった。これは、特措法では新型感染症は最長でも8週間程度の流行期間と想定されていたことが背景にあらう。国土交通省のCOVID-19関連の支援策をまとめた資料¹⁰⁾では、あくまで「財務面で事業存立基盤が揺らいでいる事業者について」財政的に支援するとしており、その内容も感染拡大防止対策や既存の補助事業の要件緩和といったものに留まる。

しかしCOVID-19の影響は本稿執筆時点で既に3年以上に及び、その期間中には定期的なダイヤ改正も行われた。2021年にはダイヤ改正による終電時間の繰り上げによる深夜帯のサービス削減が行われ、さらに2022年には、東京都心といった高需要の地域でさえ、日中の時間帯におけるサービスの削減がされたことは周知の通りである。こうした削減は緊急事態宣言発令中の一時的な措置ではなく、特に2021年や2022年に入ってからのダイヤ改正によって、準恒常的な措置として行われた点は指摘される必要があらう。

5 レビューから得られる知見の総合

本レビューから得られる主な知見は多岐にわたるが、特にわが国の対応との比較から重要であると思われる主な点を以下にまとめる。

第一に、COVID-19のモビリティ制限に対する公共交通の初動対応は各国で様々であったが、一部の中進国で特有の事情に起因しつつパンデミックを契機とする中長期的なサービス水準の低下や公共交通離れがみられるものの、欧州各国など先進諸国ではサービス水準をパンデミック前の水準に戻すのが基本的な対応として共通しており、サービス水準低下の方向へとシフトした具体例は、わが国を除くと見当たらない。

第二に、通勤需要など、特定のトリップ目的による需要の利用の偏りが大きい公共交通システムほど、パンデミックによる中長期的な需要の変化に対して脆弱である点である。CBDへの通勤需要による利用が主であった公共交通の乗客の回復が遅い豪州などの例がこれを端的に表しているが、日本における公共交通機関にも共通しう脆弱性であらう。また、逆に多種多様な需要が混在していると考えられる週末の乗客が2022年までには回復したベルギーの例などが、多様な需要の取り込みによる脆弱性の回避を端的に物語っている。またパンデミックからの回復にあたっては、通勤需要は元の水準に戻らない可能性が高いようであるが、週末など多種多様な移動需要が混在する時間帯には回復が早い傾向があることから、感染の懸念からの自動車など他のモードへの移行による減少によるものではなく、在宅勤務など働き方・通勤の仕方の変化に主に起因するものであることが示唆される。

第三に、公共交通における感染症対策は、SARSやMERSなどの経験がある東アジアで先行していたが、これらは主に公衆衛生の観点からの公共交通における利用者や運行職員の感染対策であり、急激な交通需要の変化とそれに伴う財政的措置の必要性は基本的には想定されていなかった点である。

その一方で、第四の点として指摘されるのは、PSO制度などによる平時からの財政面での公的な関与を前提とした公共交通システムの方が、その制度的基盤を用いることで財政面からのCOVID-19対応を実行でき、財政上堅牢であった点である。もともと公的な負担が運営に入る独仏などのケースのみならず、イギリ

スのフランチャイズの一時的変更の例や、オーストリアで活用された商業的サービスに対するPSOの緊急避難措置は、平時からの公的関与が急激な交通需要減の下でも乗客の減少と収入減による運行途絶のリスクを補う仕組みとして機能したことが示される。

第五に、英独仏などが国と直接の比較対象となり得る先進諸国では、公共交通運営を継続するための直接の財政的支援措置は、円換算で総額数千億円規模に及ぶ点である。わが国でも2020年の第2次補正予算による138億円の「地域公共交通における感染拡大防止対策」や、総額18兆円もの「新型コロナウイルス感染症対応地方創生臨時交付金」の創設などはあったが、前者は感染対策、後者はPCR検査体制の拡充から「子ども食堂」や学生支援まで含めた他の全分野との合算であり、他の先進諸国における公共交通の直接的な運行そのものの補助への資金投入は文字通り「桁違い」であったことがわかる。

6 わが国の公共交通政策への示唆

パンデミックによる急激な交通需要減退は、公共交通システムを支える社会的・制度的基盤に対する、ある種のストレステストであったと振り返ることができる。わが国では特措法を背景に、たとえ緊急事態宣言の下であっても、公共交通サービスの継続を基本方針とすることが事前に明確化されていたことは、評価されるべき事項であろう。その一方で、その継続を裏付ける財政面・制度面の枠組みは、平時から公的資金を投じる制度的基盤のある国々と比べると脆弱であった。公的な補助メニューがあったとはいえ、感染対策を名目としたものが多く、また経営基盤の脆弱な地方の公共交通事業者の資金繰りに焦点を置いたものが多い。これら自体は評価できない内容ではないが、本研究でレビューした他の主要国と比べると、収入減の補填は原則として行えないなど制約が多く、運行の継続それ自体は事業者の自助努力によった部分が大きい。結果的に、移動需要が急減した緊急事態宣言下などの時期には従前のダイヤを維持する一方で、移動需要が戻りつつある回復期に差し掛かった段階で、ダイヤ改正による準恒久的なサービス削減が行われるという、矛盾ともいえる状況が発生した。

本研究でレビューした他の先進諸国と比べると、わが国の公共交通分野のCOVID-19への対応は、特措

法を背景に公共交通の社会の中での役割は強く認識され、事業者による運行の継続が事前に制度的に織り込まれながらも、公的な支援には総じて消極的であったと評価されよう。この点は「交通弱者の足の確保」といった福祉的な意味合いは公共交通政策の文脈で強く認識されながらも、それと「事業」としての面以上の公共交通の社会の中での役割があまり認識されず、政策にも反映されることがあまりない平時の状況と、共通するものがある。

福祉や事業の側面を超えた現代かつ平時における公共交通の役割には、様々なものがある。公共交通機関の人キロ当たりのエネルギー効率¹¹⁾は自動車の1/5程度であり、エネルギー消費全体の約2割を占める交通分野全体の効率を高める点で、公共交通は戦略的な役割を担う。これはエネルギー政策においても重要であるが、わが国が2050年までに実現するとしている脱炭素目標にも直結する。また道路や駐車場による土地被覆面積の減少は温暖化対策として有効だが、そのためには自動車への依存度を下げる必要があり、徒歩、自転車と並んで公共交通が重要な役割を果たす。また公共交通の質を十分に高め日常の移動手段の選択肢に十分なり得る社会を構築することは、自動車に依存せず暮らせる社会という点で、暮らしの質や住み心地(QoL)の向上に貢献する。これらはいずれも、交通弱者といった特定の利用者を対象としたものではなく、また「事業」としての公共交通をはるかに超え、エネルギーや地球環境、暮らしの質や住み心地への貢献といった、公共交通が持つ公益的な役割である。

その実現の中心にあるのは、自動車以外の「モビリティのための選択肢(Mobility Options)」として公共交通を提供することにある。これは、福祉や事業としての存在を大きく超えて、エネルギー政策、環境政策、都市・地域政策などの目標から導かれる公益的な役割を、公共交通機関が十二分に発揮できるようにすることを意味する。EUが「NextGenerationEU」としてCOVID-19からの「復興」、すなわち次の平時に向けて、社会のデジタル化と低環境負荷化に力点を置き、温室効果ガス削減目標のための施策パッケージである「Fit for 55」と協調して、公共交通の大幅なテコ入れを図っているのも、まさにこの点が背景にあるからである。

しかし、この公共交通の公益性ポテンシャルへの認識は、平時のわが国では特に弱いように思われ、

これが前述のダイヤ改正など平時の枠組みでの、COVID-19回復期におけるサービス水準の準恒久的低下を後押ししてしまっているようにも思われる。

社会全体の持続可能性を高めることの重要性が増すにつれて、交通政策の立て方は従来の建設計画の立案、すなわち「どこに何をやるのか？」という問題設定を中心に据える計画から大きく変化し、社会的目標から「逆算」して政策パッケージを立案するバックキャスト的な方式、すなわち「どんな社会を実現したいのか？そのために何をすればよいのか？」という問い立てを中心に据えた、目標指向型の計画策定へと変化している¹²⁾。EUではこれを「持続可能な都市モビリティ計画」(Sustainable Urban Mobility Plan, SUMP)として都市交通計画分野で結実させ、さらに地方部を念頭に、Sustainable Regional Mobility Plan が概念として提唱されていて議論が進む。

こうした社会的目標から「逆算」されて導かれる公共交通の役割は、上述のように多面的かつ総じて公益的である。さまざまなモビリティのニーズに応えるために公共交通の運行を継続することがCOVID-19対応の最も基本に据えられた点に、非常時にはこの多面性・公益性がわが国でも実は十分に認識されていることが端的に表れている。ところが運行自体は民間事業者の自助努力に委ねられ、「ねじれた」状況が生まれた。公共交通が多面性・公益性のある役割を担うのが非常時のみということではなく、平時にも重要なのは言うまでもない。ところが、実は平時に公共交通がそれを発揮しようとする、この「ねじれ」が大きな足かせとなる。その「ねじれ」を解消しつつ公共交通機関が社会の中で公益的な役割を果たすことができるようにするためにも、これまで構築してきた公共交通のインフラや制度、民間の公共交通事業者も含めた組織といったアセットを活かしつつ、公的な関与により公益性を発揮することが可能な形に改めていくための制度的イノベーションが求められよう。各国からの報告にあるように、これが結果的に非常時のレジリエンスにもつながる。本レビューによるわが国と各国のCOVID-19対応の比較は、こうしたわが国の平時の課題をも浮き彫りにしているといえる。

謝辞

第3節にまとめた内容は世界各地の大学・研究機関

や公共交通事業者団体など合計38名の方々の協力を得た。これらの方々の協力がなければ本研究は成り立たなかった。紙幅の都合でここに全員の名を記すことはできないが、最終報告書中に記す予定である。この場を借りて改めて感謝申し上げる。

参考文献

- 1) O'Sullivan, S. "In Japan and France, Riding Transit Looks Surprisingly Safe", Bloomberg (online), 09 June 2020
- 2) 土方まりこ:「コロナ禍に見舞われた地域公共交通に対するドイツの財政支援」, 交通経済研究所, 2022
- 3) Tori, S. et. al. "Reactions of the public transport sector to the COVID-19 pandemic. Insights from Belgium", Travel Behaviour and Society, Vol. 31, pp244-253, 2023
- 4) Vickerman, R. "Will Covid-19 put the public back in public transport? A UK perspective", Transport Policy, Vol. 103, pp95-102
- 5) 新型インフルエンザ等対策有識者会議 社会機能分科会(第4回):「事業者等からの提出資料(事業継続計画概要)」, 2012
- 6) 東海旅客鉄道株式会社:「新型インフルエンザ等対策業務計画」, 2014
- 7) 小田急電鉄株式会社:「『新型インフルエンザ等対策業務計画』要旨」, n.d.
- 8) 長谷知治, 中尾昭仁, 菊池香織, 加藤賢:「公共交通機関における新型インフルエンザ等対策に関する調査研究(報告)」国土交通政策研究所報 Vol. 55, 2015
- 9) 国土交通省鉄道局総務課危機管理室:「事務連絡-新型コロナウイルス感染症対策における鉄道の運行の考え方について」, 2020
- 10) 国土交通省:「地域公共交通に対する国土交通省の支援策(新型コロナウイルス感染症拡大対応)」, 2020
- 11) 国土交通省総合政策局情報管理部:「交通関係エネルギー要覧 平成19年版」, 2007
- 12) Banister, D. The sustainable mobility paradigm. Transport Policy, Vol. 15. Issue 2, pp73-80, 2008

都市のデジタルツインの展望と課題：欧州のプロジェクトを概観して

*Opportunities and Challenges for Digital Twin for Cities: Exploring Projects in EU*原口正彦¹

By Masahiko HARAGUCHI

1 はじめに

デジタル化は、私たちの生活のあらゆる面で進行中である。新興技術であるデジタルツインは、物理的システムをデジタル上に再現した、言わば「生きている仮想モデル」という特徴を持つ (Ketzler ら、2020)。その技術は、製造業や建設業 (Harwood & Eaves、2020)、気候や地球システム (Voosen、2020)、医療 (Liu ら、2019) など、さまざまな分野で広く導入されており、都市も例外ではない。近年、国や地方自治体、大手テック企業が、都市計画や建築環境にデジタルツイン技術を適用するようになってきており、シティ・デジタル・ツイン (CDT) と呼ばれる分野が注目を浴びている (Ketzler ら、2020)。

CDTは、データ、分析、計算技術を用いて作成された都市の物理的資産、景観、および人間活動の仮想複製である。CDTを作成する過程には、建物や道路など都市の構造物の用途や建設年などの活動情報を定義・付与し、地理空間的特性を変換し、都市空間を再現する過程が含まれる (Lei ら、2023年)。他分野のデジタルツインとは異なり、CDTでは物理的な都市との双方向の相互作用を可能にし、仮想環境内での分析やシミュレーションを実現できる (Lehtola ら、2022年; Lei ら、2023年)。CDTは、都市設計に携わるものにとって、建設プロジェクトの計画や危機管理など、様々な都市計画や将来起こりうる変化の影響を評価する際に必須のツールとなる可能性を秘めている。さらに、シミュレーションと影響評価により、政策決定者は政策の影響を評価し、より望ましい解決策にいたることも大いに期待できる。参加型の市民参画による都市計画、相互運用可能なシステムによる統合的な運用、およびデータアクセスの改善なども期待されている。すでに、世界では、欧州連合、各国政府 (例: シンガポール、日本、中国)、民間企業 (例: シーメンス、マイクロソフト、ダッソー・システムズ)、地方公共団体、お

よび国際機関 (例: 世界銀行) は、本技術に着目し研究開発、投資を積極的に行っている。本邦でも、物理空間とサイバー空間を融合させ経済発展と社会課題の解決を目指す「ソサエティ5.0」の実現に向けて、国土交通省が2020年度から「Project PLATEAU」を主導し、官民を挙げての技術開発・普及が行われている。特に、モバイルの位置情報データと人口統計データを組み合わせた人流データを活用することで、街の動態を再現することができ、大きな可能性を秘めている。しかしながら、CDT技術は、新興技術であるがゆえに、技術のガバナンス的側面 (例: プライバシー保護や透明性) の懸念があげられている。そこで、本報告では、EUにおけるCDTプロジェクトをガバナンスの観点から整理し、人流データ・シミュレーションの展望と課題を整理する。これらをもとに、わが国におけるCDTの取り組みへの示唆を整理することを目的とする。

2 CDTイニシアチブの分析：概要

本章では、異なるCDTプロジェクトについて、その類似点や相違点を把握するために、住民参加が進んでいるEUのCDTイニシアチブを選定し、比較した。計画段階または実施段階で特徴的な市民参加を促進する以下の5つのプロジェクトを対象として、公表文書や関連する記事の分析を行った。具体的には、i) EUのCDTプロジェクトであるDIGITAL URBAN EUROPEAN TWINS (DUET) の実験都市として、ベルギーのフランダース地方、チェコのプルゼニ、ギリシャのアテネでのデジタルツインと3Dモデル、ii) スイス・チューリッヒ市、iii) 英国の国家デジタルツインプログラム (National Digital Twin program, NDTp)、iv) フランス・ディジョン市のOnDijon、v) オランダの3D BAG、の5つである。

また、学術機関、自治体、民間企業が主導するプロジェクトなど、運営主体に違いがあるものを選択し

¹ハーバード大学ポストドクトラル・リサーチフェロー (PhD in Earth and Environmental Engineering)

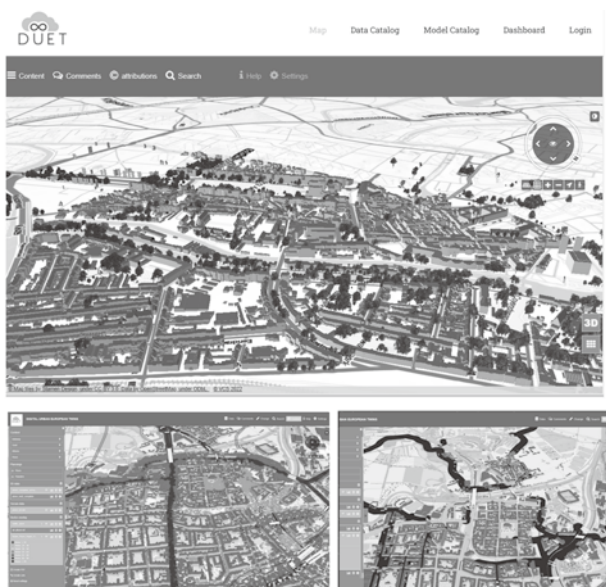


図-1 EUのDUETプロジェクトのCDTの外観とユースケース。上: DUETのCDTの外観。下左: DUET上での騒音シミュレーションの結果。下右: DUET上での大気汚染シミュレーションの結果。

(出典: DUET 2022)

た。これらの多様なプロジェクトを分析することで、データ収集・共有、ステークホルダー間での市民参加など、CDTの実施・ガバナンスを多角的に検証することを意図した。

(1) 各プロジェクトの目的

各プロジェクトの目的を要約すると、NDTpはデータ開発とフレームワーク構築（デジタル建設イギリスセンター）、DUETはデータ収集、シミュレーション、政策立案、および公共参加（DUET、2022a）に焦点を当てている。また、チューリッヒ市のプロジェクトは、データ収集、シミュレーション、およびデータ公開（Schrotter & Hürzeler、2020）、OnDijonはデータ収集（Metropole）、3D BAGはデータ収集とシミュレーション（3D Geoinformation research group、2022）を目的に掲げていた。

興味深いことに、DUETは、目的とするアウトプットを明示せず、より上位概念であるアウトカムを目的として掲げていた（アウトプットはプロジェクト終了後の成果であり、アウトカムはアウトプットが達成された際にもたらされる効果）。具体的には、i) 共同政策立案のためのデジタルツインアプローチを作成、ii) より効果的な政策実施のためにDTアプローチを実験、iii) 拡張性と移植性を通じて広範囲にわたる効果を保証すること、と目的を定めていた。

一方で、他のプロジェクトではより具体的なアウトプットを伴う目的を示していた。例えば、チューリッヒ市のプロジェクトは、市政府や第三者が3D空間データモデルを環境や都市計画の分野で建設プロジェクトの可視化に使用することを目的として明示していた（Schrotter & Hürzeler、2020）。さらに、フランスのディジョン市のOnDijonは、施設の93%にLED照明を設置して大幅なエネルギー削減を達成すること、公共空間の安全性を向上させ、危機管理時のより良い連携を展開することなど、より具体的な目標を掲げていた（Metropole）。同様に、オランダの3D BAGは、建物のエネルギー利用、風や汚染物質飛散のシミュレーション、騒音公害、新規プロジェクトの評価などにCDTを適用することを目的としていた（3D Geoinformation research group、2022）。

(2) 収集データの種類

収集データに関してしてみると、NDTpとDUETは、道路交通情報、大気汚染、熱環境、騒音などの環境データに重点を置いていた。一方で、チューリッヒのプロジェクトと3D BAGは、地形や空中写真などの地理情報を中心とし、OnDijonは、交通状況、街灯データ、防犯カメラの映像データなど、市のインフラに関するデータに焦点を当てていた。

人の移動に関する人流データは、都市のダイナミックな性質を考慮するために、都市デジタルツイン技術のための重要なデータソースである（Haraguchiら、2022）。歴史的には、このタイプのデータは国勢調査、移動調査、交通データ、パーソントリップ調査などの方法で収集されてきた。しかし最近では、スマートフォンや公共交通用データの世界標準のデータフォーマットである、標準的なバス情報フォーマット（General Transit Feed Specification, GTFS）などの新しいIoTデータソースも、人流データを収集するために使用されるようになってきている（Haraguchiら、2022）。

CDT技術は、都市プランナーが新しい方法で人流を分析しシミュレーションすることを可能とする。これまでに、機械学習やエージェント・ベース・モデル（Agent-based Model, ABM）などの技術を使用して人流シミュレーションが行われてきたが（Haraguchiら、2022; Yabeら、2022）、これらの技術は特定の技術環境やシナリオに限定されてきた。

表-1 対象としたプロジェクト一覧

プロジェクト名	国・都市	データの種類	活用	管理運営主体	課題	出典
The National Digital Twin program (NDTp)	UK イギリス	建物、インフラ等に設置したセンサー	エネルギー消費 占有 大気汚染 交通情報(流れ、量、速度、経路)	CDBB (Department for Business, Energy & Industrial Strategy, government of UK とケンブリッジ大学のパートナーシップ)	データ整備、 フレームワークの構築	(the Centre for Digital Built Britain)
DIGITAL URBAN EUROPEAN TWINS (DUET)	Flanders ベルギー	地理情報(2Dモデル)、道路交通情報、公共交通機関運行情報、大気汚染情報	交通規制、環境評価	Digitaal Vlaanderen(政府組織) imec(研究開発機関)	情報収集、 シミュレーション、 政策立案、 市民参加	DUET(2022b)
	Pilsen チェコ	地理情報(3D建物モデル)、道路交通情報、公共交通機関運行情報、大気汚染情報、温熱情報、騒音	交通情報(交通量、車両の種類、速度制限)、騒音、都市計画	City of Pilsen(自治体)	情報収集、 シミュレーション、 政策立案	DUET(2022b)
	Athens ギリシャ	地理情報、道路交通情報、公共交通機関運行情報、大気汚染情報	交通情報、健康、環境政策	DEMO(外郭IT企業) GFOSS(ICT系NPO団体)	情報収集、 シミュレーション、 政策立案、 市民参加	DUET(2022b)
The Digital Twin of the City of Zurich for Urban Planning	Zurich, Switzerland スイス	LIDARで取得された地形モデル、地積調査による平面図、航空写真測量による屋根形状記録	都市計画、不動産計画の評価、騒音、洪水等のシミュレーション	the City of Zurich(自治体)	データ収集、 シミュレーション、 データ公開	Schrotter and Hürzeler(2020)
OnDijon	Dijon, France フランス	交通機関、インフラの情報、街路灯、防犯カメラ	遠隔操作にて交通・インフラ等の市民サービスを集中管理	Dijon Métropole(自治体)	データ収集	Metropole
3D BAG	Netherlands オランダ	LIDARで取得された高さ情報、地形記録に関するデータセット	エネルギー消費、大気汚染、騒音、都市構造の解析	3D geoinformation research group part of the Delft University of Technology(大学)	データ収集、 シミュレーション	3DGeoinformation research group(2022)

(参照: Haraguchiら、2023)

これに対し、CDT技術は、建物、道路、環境など、様々な情報源からのデータを組み合わせて人流の完全なシミュレーションを実現することができる。これにより、都市プランナーはより包括的な方法で人流を分析し、シミュレーションすることができる。

DUETとOnDijonは、道路交通情報を使用して人流データのモデルを作成した(DUET、2022年b; Metropole)。特に、DUETはこのモデルを使用してシミュレーションを行い、他のシミュレーションデータと組み合わせて危機管理分析や大気汚染などの環境問題に関する決定や政策を実施していた(DUET、2021年9月30日)。

(3) 技術活用

対象プロジェクトにおけるCDT活用法は多様である。たとえば、DUETはシミュレーション結果を使用して、市民のパブリックコメントを集め、政策立案を支援することを目的としていた(DUET、2021年9月30日、2020年)。一方、チューリッヒ市のプロジェクトは、シミュレーションデータを一般に公開することで、災害防止や汚染対策に対する意識を高めることを目的としていた(Schrotter & Hürzeler、2020

年)。また、3D BAGは研究開発のためにシミュレーションデータを使用することを目的としていた(3D Geoinformation research group, 2022)。

各プロジェクトの計画を比較すると、NDTp、DUET、チューリッヒ市プロジェクト、および3D BAGは、エネルギー消費や大気汚染などの環境問題や都市設計にかかわるような長期的な課題として都市構造の分析を行っていた。一方、OnDijonは市民サービスの改善を目的として設計され、長期的な課題というよりは直近の社会課題の解決に焦点を当てていた(Metropole)。

(4) 開発者とステークホルダー

CDTの開発には複数のステークホルダーが協働しているが、様々な形態がみられた。1つ目は、公共部門が主導権をとり、他のステークホルダーと共同で開発し、実施するものである。例えば、チューリッヒのプロジェクトはGIS Stadt Zurichによって主導され、チューリッヒ市の25のサービス部門、チューリッヒ工科大学、Fachhochschule Nordwestschweizなどのパートナーと共同実施されていた。データは、公益事業や通信会社などから提供を受け、開発を行ってい

た。

2つ目として、研究機関が主導するプロジェクトが挙げられる。オランダの3D BAGは、デルフト工科大学によって開発が行われていた。

最後は、公共部門、民間企業、学術機関の合同イニシアチブまたはコンソーシアムによるものが挙げられる。例えば、フランスのOnDijonは、23の自治体、コンサルティング会社、エネルギー・エネルギーインフラ会社、水と廃棄物管理会社のイニシアチブによって開発が行われていた。その他の例には、政府と大学が共同で主導するもの（NDTp、フランダース地方のDUET）、民間企業とNPOの合同組織による開発（アテネのDUET）がみられた。

市民参加は、CDTプロジェクトにおいて重要な役割を担い、特にプロジェクトを参加型かつ民主的にする点においても重要である。DUETやチューリッヒのプロジェクト、OnDijonでは、政府が開発に中心的な役割を果たしながらも、同時にゲームやアプリの開発を通じて技術開発や技術利用に市民参加を促進していた。たとえば、OnDijonプロジェクトでは、市民が生成したデータをデジタルモデルに接続することのできるスマートフォンの仕組みを使用して、情報提供者として市民参加を容易にしていた。OnDijonは実装段階では市民参加において高い評価を受けていたが、計画段階では十分に包括的な市民参加がなされなかったため、プロジェクトの目標を達成できなかったとの評価も見受けられた（Nicolas, Kim, & Chi, 2020）。一方、DUETは、アジャイル法（Agile methodology）という手法を用いて計画段階で市民の意見の収集を行っていた（DUET、2020年7月20日）。

(5) 動的モデル

いくつかのCDTの取り組みでは、時間的な成分を含む可変データ（例えば、交通、空気の質、騒音）を静的データ（例えば、地形や建物）とともにモデル化し、時空間的に動的なモデルを開発している。NDTp、DUET、OnDijonの3つのプロジェクトでは、電力使用量や交通状況などの動的モデルを組み入れていた（DUET、2022a; Metropole; the Centre for Digital Built Britain）。一方、チューリッヒのプロジェクトや3D BAGでは、主に地形や建物などの静的な要素の3Dデジタル化に焦点が当てられていた（3D Geoinformation research group, 2022;

Schrotter & Hürzeler, 2020）。

(6) 各プロジェクト報告書でとりあげられている課題

動的モデルの作成に焦点を当てたDUETとOnDijonプロジェクトでは、クリエイターとユーザーの間で共通の基盤を見つけることや、個人情報の保護とオープンデータの必要性の調和、そして技術的な課題では、データの統合と取得などが課題として特定されていた。一方、動的モデルを使用しないZürichと3D BAGプロジェクトでは、データの統合と取得などの技術的な課題に直面していた。

動的モデルの開発においては、技術的な課題だけでなく、社会的な課題も考慮する必要がある。これには、個人情報の保護とオープンデータの促進のバランスを取ることや、ステークホルダー間で合意を得ることなどが含まれる。さらに、現在のデータ収集方法は偏りをもたらす可能性があり、ある都市に定住しておらず一時的に滞在している人口（例：来訪者や国際的な季節労働者など、その場所に定住していない人）などの重要な人口セグメントを見逃す恐れがある。この課題が適切に対処されない場合、都市の問題、例えば都市の分断がさらに悪化し、デジタル上でも都市の分断が生じる可能性がある。

3 CDT イニシアチブの分析：ガバナンスの観点から

本章では、ガバナンスの下位要素である、透明性、説明責任、社会包摂、市民参加の観点から、対象プロジェクトを比較検討する（Castelnovoら、2016）。

(1) 透明性

透明性（Transparency）とは、市民にとって情報が利用可能かつアクセス可能である状態を指し、情報が容易に理解できる形をとり、意思決定過程が公開されており市民にとって理解しやすい状態であることを意味する（Jacobs et al., 2020）。本項では、CDTプロジェクトの透明性を以下の2つの方法で比較検討した。

1つ目に、プロジェクトの計画文書が公開されていれば透明性があると定義した。計画文書の公開は、将来のプロジェクトの実施および改善（ガイドラインおよび仕様を含む）に対して情報提供を行っていることと捉えることができるためである。例えば、NDTpは、開発の枠組みに関連する複数の計画を公開していた。公開された

9つの計画と報告書のうち、4つが枠組みに関連しており、英国での国家デジタルツインの原則である Gemni 原則、およびそれを促進する情報管理枠組が含まれる (Centre for Digital Built Britain)。一方、チューリッヒ市のプロジェクトでは計画を見つけることができなかった。

透明性に関する2つ目の項目として、データの利用可能性に注目した。一部のプロジェクトは、データの利用可能性の方針を明示的に発表していた。例えば、2012年以來、チューリッヒ市は公共行政からのデータ提供を、無償ライセンスの下で提供していた。オランダの3D BAGもCC BY 4.0のライセンスで提供していた。

(2) 説明責任

説明責任 (Accountability) は、意思決定者や実行者が自身の意思決定や実行について説明する義務を意味する (Jacobsら、2020)。今回は、オープンデータライセンスの枠組みやプライバシーに関する規制に基づく CDT 技術の設計と実行がどのように行われているかを検討した。

1つ目に、過去に実行されたプロジェクトに関する説明責任文書として報告書を分析した。DUETは、CDT実装の各領域(データ管理、プライバシー、CDT構築および分析技術)について報告書を公開しており、実証実験の進捗状況報告を定期的に公開し、データ操作および意思決定に関する計画も公開していた (DUET、2022b)。DUETの実証実験は完了し、その結果に関する報告書が公開されていた。さらに、DUETでは、倫理面に関する報告書や政策報告書など、関連する多様な文書が公開されていた。また、チューリッヒ市のプロジェクトでは、利用規約、CDT製品の説明、および公共CDTの技術に関するレポートを公開していた (Stadt Zürich)。

2つ目に、プライバシーに関するガイドラインや標準に関連する文書を分析した。DUETは、景観規制、プライバシー影響評価 (PIA) など、複数の計画やガイドラインを公開していた。DUETおよびOnDijonは、一般データ保護規則 (GDPR) に準拠するとし、倫理とデータガバナンス委員会を設立していた。

(3) 社会包摂性

社会包摂性 (Social inclusion) とは、CDTプロジェクトがもたらす便益や機会に、周辺化された社会集団 (Socially marginalized groups) や不利な立場にあ

る人々を含めた全ての市民が公平に参加することを指す (van Gils&Bailey、2021)。つまり、それはすべての市民が、CDTが提供するサービスやインフラにアクセスでき、参加する機会を平等に持つことを意味する。昨今の社会の分断を鑑みると重要な課題であるにもかかわらず、CDTの文脈では包摂性がほとんど議論されていないことが判明した。

(4) 市民参加

市民参加は、市民や関係者が意思決定や実施過程に積極的に関与することを指す。これには、市民がCDTプロジェクトに対して意見やフィードバックを提供する機会を与えられ、市民の意見が反映された意思決定や実施が行われている状態を含む。市民参加は、市民のCDTへの要望や懸念に応えるためにも重要である。ちなみに、前述の包摂性は、経済的地位、性別、人種、民族、宗教に関係なく、広範な都市住民を包括的に扱うことを意味する。一方で、参加は、市の計画や課題において市民の意見を取り入れることや過程を意味し、全市民を包括的に含めた参加、包摂性の高い参加がより望ましい。

CDTに関する市民参加には2種類のものがある。1つはCDTプロジェクトの設計・開発段階における参加、もう1つは、完成したCDTを活用しながら、都市計画の意思決定段階での参加である。DUETは市民にCDTプロジェクトの設計・開発過程に参加させていた。そこでは市民を含む各ステークホルダーと面談し、アジャイル法 (agile methodology) といわれる方法論を用いてCDTに含めるべき機能を特定していた (DUET、2020年7月20日)。市民を含む関係者は、開発計画の初期段階からプロジェクトに参加していた。彼らの視点や意見はCDTの開発優先順位の評価に要約され、考慮されていた。特に、18件の要約された公開意見のうち、12件は市民からのものであった (DUET、2020年7月20日)。

一方、チューリッヒとOnDijonのプロジェクトでは、市民がCDT技術の使用と実装過程に参加することを奨励していた。たとえば、OnDijonでは、スマートフォンアプリを介して入力された情報がデジタルモデルに接続され、市民が情報提供者としての役割を果たしていた (Metropole)。また、チューリッヒのプロジェクトでは、作成されたデジタルモデルを利用したゲームが開発されていた。市民に広くゲームを利用

するよう奨励することで、市民の関心や意見を集め、フィードバックを得ることを狙っていた。実証実験された技術の利点として、自宅で柔軟な時間に参加でき、参加が容易であることが挙げられる (Schrotter & Hürzeler, 2020)。一方で、3D BAGでは市民参加が限定され、NDTpでは市民参加の事例は見当たらなかった。

このようにCDTは、市民にとってよりエビデンスに基づいた意思決定や参加のツールとして役立ち、CDTを通じて市民の参加機会と行政へのアクセスを増やすことが可能となる (Ketzlerら、2020; Schrotter & Hürzeler, 2020)。

4 終わりに

本研究は、欧州で進行中のCDTプロジェクトの概要を調査し、人流シミュレーションや技術ガバナンスの観点からCDTの課題を評価したものである。CDTは、近年発展が目覚ましい新技術であり、その概要をつかむことは容易ではない。しかしながら、今回の研究を通じて、EUのプロジェクトから学べる点として、CDTの発展レベルに応じて、データの提供から意思決定まで、市民参加を促進する必要があることが示唆された。これにより、CDTの効果を高め、その技術の社会受容性を向上させることが期待できる。一方、EUのプロジェクトでも社会包摂性に対する十分な取り組みが行われていないことが明らかになった。世界をリードするためにも、わが国のCDTは、積極的に社会包摂性に取り組むべきである。そのためには、建物や地形データだけでなく、社会経済分野を含む多種多様なデータを取り込んでいくべきである。また、プライバシーに配慮しながらも、人流データを取り込み、サイバー空間上で人流のシミュレーションを行うことは、長期的なまちづくりの計画をたてる際に重要である。わが国のCDTは、国土交通省が主導し、都市空間情報デジタル基盤構築支援事業 (PLATEAU補助制度) として進められている。各地方公共団体はこの支援を受けられることができるが、実施者や開発者向けに、技術開発と制度作りの進捗状況を評価する枠組みが必要となってくる。本研究は結論として、その評価の枠組みとして、成熟度モデル (Maturity Model) が有効であることを指摘する。成熟度モデルは、技術の成熟度、

品質、能力、洗練度、または目標に対する進捗状況を測定するための枠組みである (Becker et al., 2009年; Warnecke et al., 2019年)。成熟度モデルは、CDTの分野外では、スマートシティ (Aljowder, Ali, & Kurnia, 2019年; Warnecke et al., 2019年)、IT業界 (Wendler, 2012年)、交通 (Hausladen & Schosser, 2020年) など様々な分野で、デジタルトランスフォーメーション技術の開発の現状やリスク・機会を評価するために使用されている (Teichert, 2019年)。しかし、CDTに適用される成熟度モデルは未発展であり、CDTに特化した成熟度モデルの必要性が今後ますます高まるであろう。

謝辞

本プロジェクトの実施にあたっては、リサーチアシスタントである京都大学大学院博士課程後期舟橋知生さんに多大なご尽力をいただきました。ここに感謝いたします。

参考文献

- 1) Ketzler, Bernd, et al. "Digital twins for cities: A state of the art review." Built Environment 46.4 (2020).
- 2) Harwood, Stephen, and Sally Eaves. "Conceptualising technology, its development and future: The six genres of technology." Technological forecasting and social change 160 (2020).
- 3) Voosen, Paul. "Europe builds 'digital twin' of Earth to hone climate forecasts." (2020).
- 4) Lei, Binyu, et al. "Challenges of urban digital twins: A systematic review and a Delphi expert survey." Automation in Construction 147 (2023).
- 5) Lehtola, Ville V., et al. "Digital twin of a city: Review of technology serving city needs." International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation (2022).
- 6) DUET. (2022a). Digital Urban European Twins. Retrieved from <https://www.>

- digitalurbantwins.com
- 7) Schrotter, Gerhard, and Christian Hürzeler. "The digital twin of the city of Zurich for urban planning." PFG–Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science 88. 1 (2020) .
 - 8) 3D Geoinformation research group. (2022) . 3D BAG. Retrieved from <https://docs.3dbag.nl/en/>
 - 9) Metropole, D. OnDijon, métropole intelligente et connectée [OnDijon, smart and connected metropolis] . Retrieved from <https://www.metropole-dijon.fr/Grands-projets/Les-grandes-realizations/OnDijon-metropole-intelligente-et-connectee>
 - 10) Haraguchi, Masahiko et al. (2022) . Human mobility data and analysis for urban resilience: A systematic review. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science.
 - 11) Yabe, Takahiro, et al. "Mobile phone location data for disasters: A review from natural hazards and epidemics." Computers, Environment and Urban Systems 94 (2022) .
 - 12) DUET. (2022b) . D6.6 Pilot Evaluation Report. Retrieved from digitalurbantwins.com/_files/ugd/a245c2_0daef34d7a5e4784b48a08042a0d4d30.pdf
 - 13) DUET. (30 September 2021) . Pilot Testing Cycle Report 1 .
 - 14) Nicolas, Clement, Jinwoo Kim, and Seokho Chi. "Quantifying the dynamic effects of smart city development enablers using structural equation modeling." Sustainable Cities and Society 53 (2020) .
 - 15) The Centre for Digital Built Britain. The National Digital Twin program (NDTp) .
 - 16) Castelnovo, Walter et al. "Smart cities governance: The need for a holistic approach to assessing urban participatory policy making." Social Science Computer Review 34.6 (2016) .
 - 17) Jacobs, Naomi, et al. "Who trusts in the smart city? Transparency, governance, and the internet of things." Data & Policy 2 (2020) .
 - 18) Stadt Zürich. The Digital Twin of the City of Zurich for Urban Planning.
 - 19) van Gils, Bart AM, and Ajay Bailey. "Revisiting inclusion in smart cities: infrastructural hybridization and the institutionalization of citizen participation in Bengaluru's peripheries." International Journal of Urban Sciences 27.sup1 (2023) .
 - 20) Becker, Jörg, Ralf Knackstedt, and Jens Pöppelbuß. "Developing maturity models for IT management: A procedure model and its application." Business & Information Systems Engineering 1 (2009) .
 - 21) Warnecke, Danielle, Rikka Wittstock, and Frank Teuteberg. "Benchmarking of European smart cities—a maturity model and web-based self-assessment tool." Sustainability Accounting, Management and Policy Journal 10.4 (2019) .
 - 22) Aljowder, Thajba, Mazin Ali, and Sherah Kurnia. "Systematic literature review of the smart city maturity model." 2019 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies (3ICT) . IEEE, 2019.
 - 23) Wendler, Roy. "The maturity of maturity model research: A systematic mapping study." Information and software technology 54.12 (2012) .
 - 24) Hausladen, Iris, and Maximilian Schosser. "Towards a maturity model for big data analytics in airline network planning." Journal of Air Transport Management 82 (2020) .
 - 25) Haraguchi, Masahiko, et al. Assessing Governance Implications of City Digital Twin Technology: A Maturity Model Approach. Working Paper.

IV

自主研究活動報告

- リニア中間駅（4駅）を中心とする地域活性化に関する検討
- Wi-Fiパケットセンサーの性能検証
- 新たなモビリティサービス導入のための需要計画ツールの開発
～高蔵寺ニュータウンにおける低速自動運転車両の需要予測～

リニア中間駅（4駅）を中心とする地域活性化に関する検討

A Study on Regional Revitalization at Linear Chuo Shinkansen Intermediate Stations (4 Stations)

毛利雄一¹ 森尾 淳² 鈴木紀一³

By Yuichi MOHRI, Jun MORIO, and Norikazu SUZUKI

1 はじめに

リニア中央新幹線が、日本の国土構造の変革をもたらすことへの期待は大きく、2023年夏に策定予定の新たな国土形成計画においても、リニア中央新幹線はシームレスな拠点連結型国土を形成する「日本中央回廊」（仮称）の基幹インフラとして位置付けられている¹⁾。一方で、リニア中央新幹線は、東京・名古屋・大阪の大都市圏を1時間で結ぶことが注目されているが、中間駅の拠点化とそれがもたらす国土構造の改変についての議論は少なかった。

品川駅～名古屋駅間に設置されるリニア中央新幹線の神奈川県、山梨県、長野県、岐阜県における4つの中間駅が拠点性を持ち、周辺圏域におけるハブ機能を持ちながら、その地域特性を活かした未来デザインを描き、それを実現していくことは、国土軸が発展的に強化され、国土軸圏域全体が高度な連携を持ち、日本の国力をエンパワーメントしていく重要な方向性であると考えられる。本稿は、中間駅を核とする新たな広域中核地方圏の形成と、そのための中間駅周辺開発の方策を検討することを目的として設置された「リニア中間駅（4駅）を中心とする地域活性化に関する検討委員会²⁾」での議論の内容を紹介する。

2 活力ある拠点都市圏の形成

リニア中央新幹線の開業後、中間駅においても大幅な時間短縮により、産業、生活、観光において、これまで経験したことのないポテンシャルが生まれる。

また、リニア中央新幹線が全線開業した後は、東海道新幹線は「のぞみ」中心のダイヤから「ひかり」「こだま」中心のダイヤになり、東海道新幹線沿線都市の利便性が大幅に向上する。

なお、本稿内におけるリニア中央新幹線の中間駅名は仮称で表示している。

(1) 中間駅の東京圏・名古屋圏の圏域の形成

リニア中央新幹線の開業により、中間駅と品川駅との所要時間は、山梨県駅約25分、長野県駅約45分、岐阜県駅約60分と短縮され、中間駅周辺地域が東京圏の通勤圏となりうる（図-1）。また、同様に、名古屋駅との所要時間は、岐阜県駅約15分、長野県駅約25分、山梨県駅約45分、神奈川県駅約60分と短縮され、名古屋圏の通勤圏となりうる（図-2）。

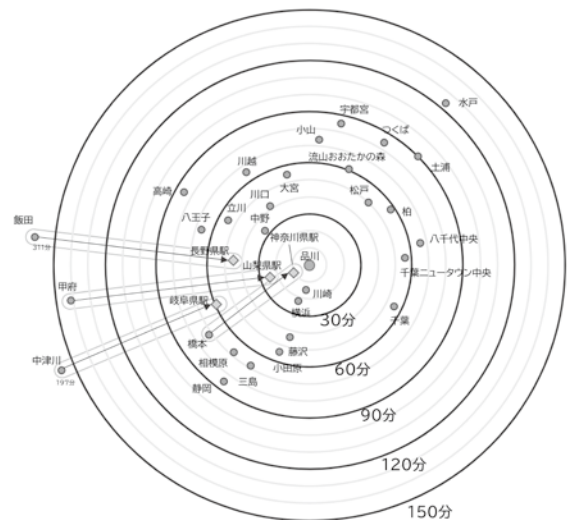


図-1 中間駅の品川駅までの所要時間の変化

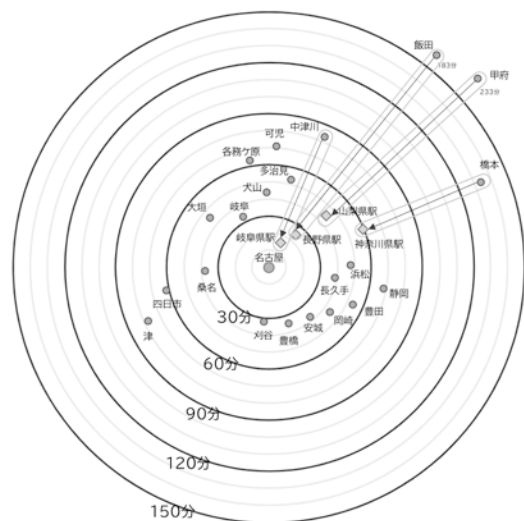


図-2 中間駅の名古屋駅までの所要時間の変化

¹業務執行理事、研究本部長兼企画室長 博士(工学) ²都市地域・環境部門 担当部門長兼グループマネージャー 博士(工学)

³特任研究員

(2) 中間駅を中心とする新たな圏域形成

リニア中央新幹線の開業により、中間駅を中心に、東京、名古屋へのアクセスが飛躍的に向上する圏域が県境を越えて広がる。この圏域は、一定の人口規模を有しており、新たな圏域として形成されることが期待される。中間駅からの自動車を利用した場合について、各メッシュから最寄りの中間駅とその所要時間をみると、現況道路ネットワークにおいても、中間駅からの60分圏、90分圏の圏域は、50km圏を越えた拡がりを示している(図-3)。現況道路ネットワークによる中間駅を中心とする圏域人口を合計すると、現況人口で、60分圏域が1134万人、90分圏で1379万人となる。

また、リニア中央新幹線の開業に伴い、東京駅、大阪駅から中間駅周辺までの交通手段は、現状とは異なり、最短交通手段がリニア中央新幹線となる。リニア中央新幹線利用の中間駅からの圏域は、県境を越え、日本海側まで広がる。特に、大阪駅からの圏域に着目すると、山梨県駅の圏域は軽井沢周辺まで、長野県駅の圏域は、日本海側まで広がる(図-4)。

(3) 中間駅周辺エリアに立地すべき機能(案)

中間駅を中心とする新たな広域中核地方圏の形成を図るためには、①居住に不可欠な機能やレジャー・レクリエーション・文化施設を含む生活サービス機能、②リニア中央新幹線とデジタル技術の活用により、大都市圏と遜色のない環境を創出する医療・教育機能、③④中間駅周辺地域と大都市圏の産業・人材連携、イノベーションネットワークを展開することを目指した地域の雇用に関連する産業機能と研究開発機能等を中間駅周辺地域に配置することが求められる。また、中間駅周辺地域の基盤として、訪問者、周辺住民の両面に対応し、後背圏域への玄関口(ゲートウェイ)として機能する⑤交通拠点機能、エネルギー自立型エリアの構築とともに、大都市の代替機能・防災機能を有する⑥エネルギー・レジリエンス、高速デジタル技術を活用可能とする⑦通信・スマートインフラ等が想定される(表-1)。

このような中間駅周辺地域に立地すべき具体的な施設は、現状の中間駅周辺地域のポテンシャルを活かすとともに、大都市圏や後背圏域と中間駅周辺地域の連携を勘案して設定していくことが望ましい。

表-1 代表的な機能と立地が想定される施設

代表的な機能	後背圏域	中間駅周辺エリア	大都市
①生活サービス(文化含む)		・生活拠点施設 ・大規模娯楽消費施設 ・文化教育施設 ← 最先端QOL居住エリア ← 2拠点居住 →	
②医療・教育	・地域の医療施設 ・地域の教育施設	・高次医療施設 ・高次教育施設	・最先端医療・教育
③雇用(産業等)	・生産現場 ・関連産業の広がり	・基幹産業拠点 ・サテライトオフィス ・チャレンジングなベンチャー	・大都市企業、金融、市場 ・ベンチャー企業、VC
④雇用(研究開発)	・研究拠点バックアップ ・実証フィールド	・先端研究開発拠点 ・人材交流拠点 ・インキュベーション施設	・大学・研究機関
⑤交通拠点等(観光含む圏域内外の移動)	地域内交通網 広域幹線交通網	ノード&モビリティ	リアップ
⑥エネルギー・レジリエンス	・再エネ創出	・大都市代替機能 ・防災拠点機能	・送エネ
⑦通信・スマートインフラ			

3 リニア中間駅周辺圏域の方向性

リニア中央新幹線による移動時間の短縮とデジタル技術の両者を組み合わせることにより、中間駅周辺地域の活性化に加えて、中間駅の周辺地域の相互連携による新たな効果も期待される。特に、中間駅周辺をデジタル変革推進先導区域とすることで、研究機関等の立地、地域産業の特性を活かしたイノベーション拠点化など、産業の活性化のきっかけとし、複数地域に跨がる異業種連携を進めることが必要である。

また、デジタル化をはじめとする中間駅周辺の各種機能の向上、地域間のエネルギーの相互補完によるレジリエンスの確保等により、企業等の大都市圏からの移転や災害時の拠点となることも想定される。神奈川県駅周辺では、立川広域防災基地を核として、立川市、八王子市、多摩市等の周辺地域との連携による防災機能の強化も考えられる。さらに、中間駅の後背圏域を相互に結ぶ新たな広域の観光周遊ゴールデンルートの形成による地域活性化も進めていく。以下に、リニア中間駅周辺圏域における具体的な方向性を示す。

(1) 分野横断的な圏域間連携

品川駅周辺、名古屋駅周辺では、羽田空港、中部国際空港とも直結を含め、国際交流拠点の形成の観点から、都市基盤のリニューアルと各種機能の集積が進められており、今後、分野横断的なイノベーションの一大連携拠点となることが期待される。このように、中間駅は、大都市及び海外(空港)との高速な接続性と各圏域の強みを活かし、一体的な日本のドライビング・フォースの形成とクリエイティブなイノベーション創出の場(新しいアイデアや創造力の集積、分野横断的

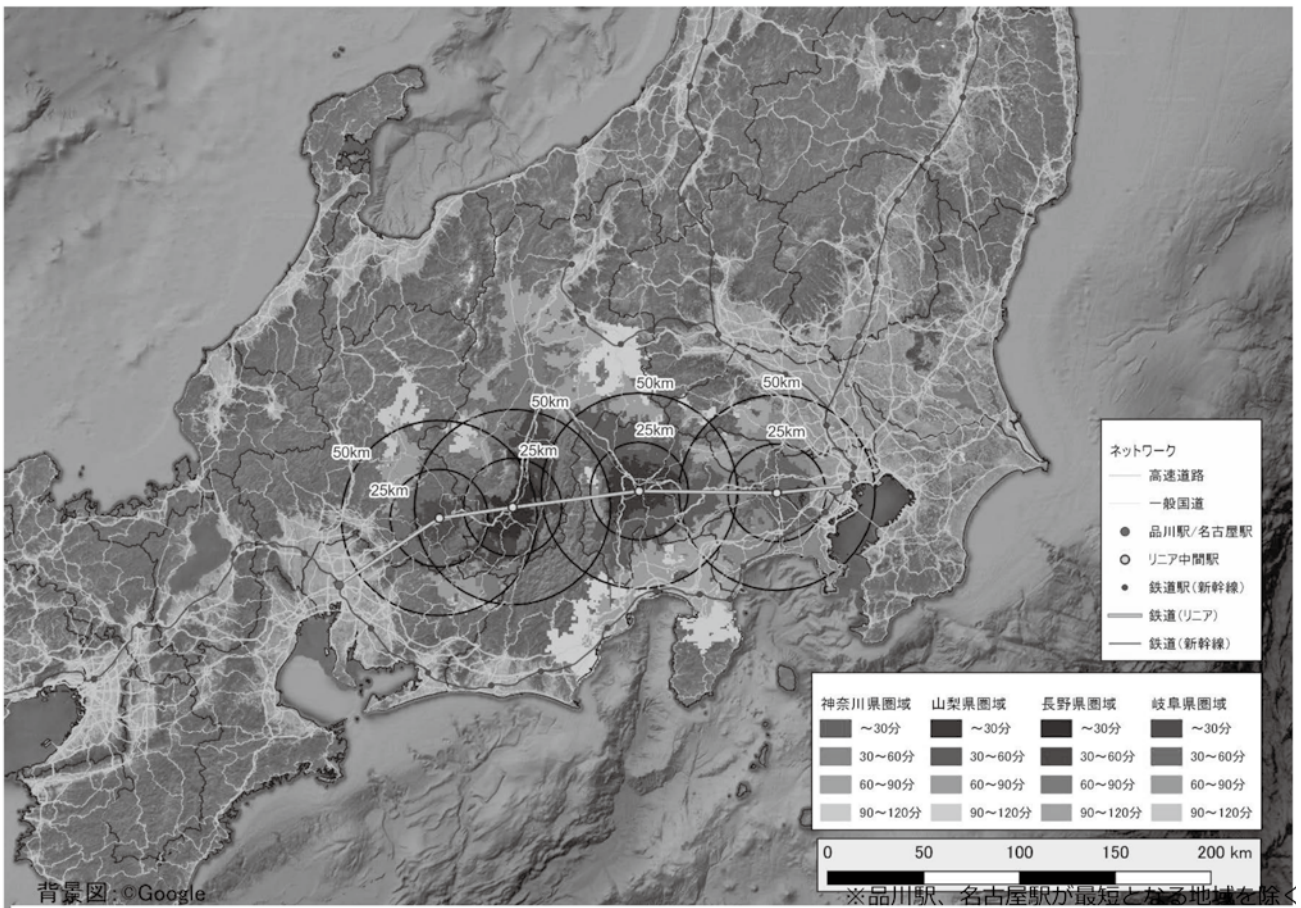


図-3 中間駅(神奈川県駅、山梨県駅、長野県駅、岐阜県駅)からの所要時間圏域

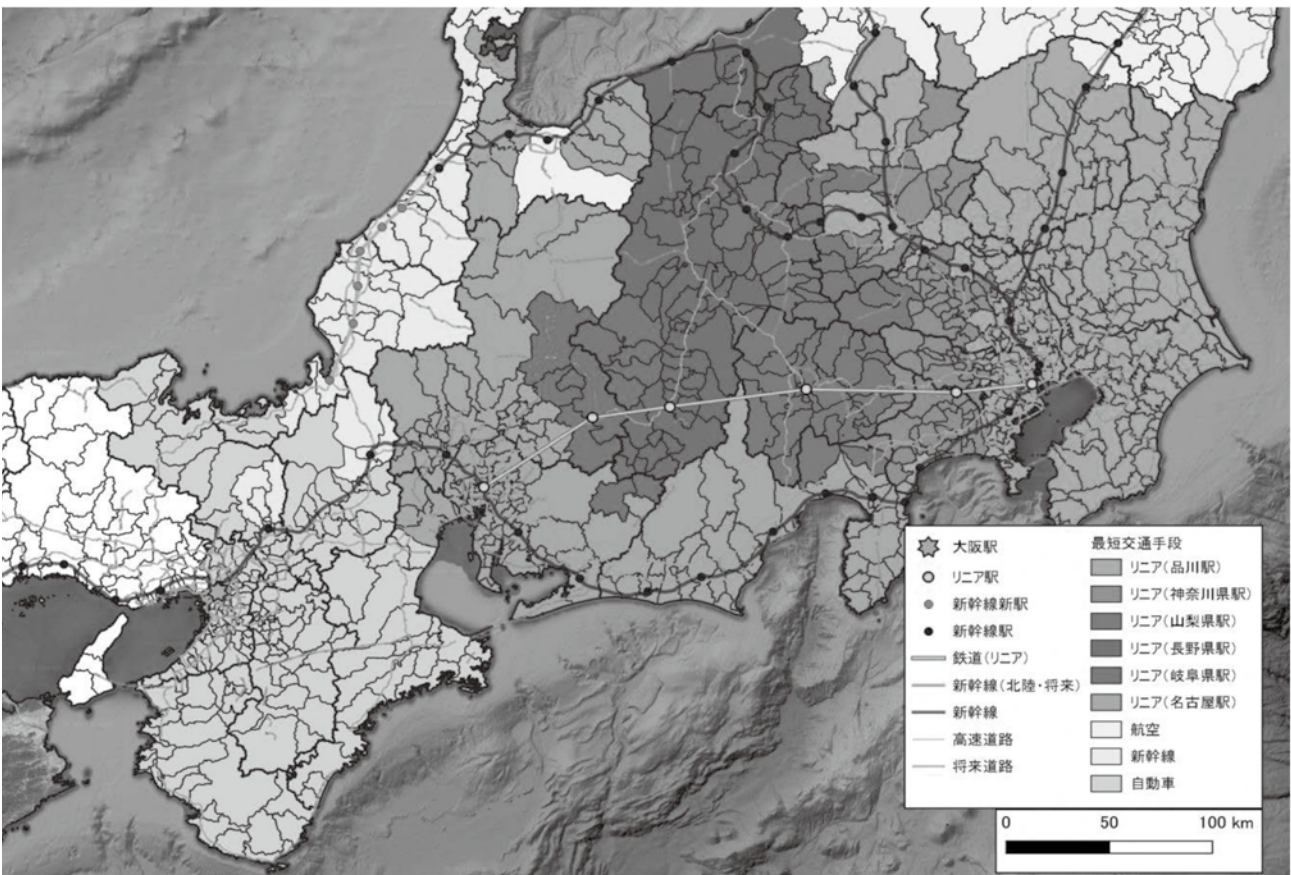


図-4 大阪駅を起点として最短交通手段となるリニアを利用した中間駅の後背圏

な連携等)となることで、相乗効果的なサイクルを生み出していく。

研究開発フェーズにおいては、技術・人材・資金を豊富に要する大都市圏に加え、それぞれの地域資源・施設を持つ各駅背後圏での相互連携を行う。また、実証フェーズにおいても、大都市、地方都市の特徴を生かし、それぞれの実証フィールドを連携することで、早期の実導入につなげることが可能となる。

(2) 中間駅を中心とした階層的ハブ・ネットワーク

中間駅周辺、中間駅を中心とした後背圏域が持つ特性を最大限に活かすために、中間駅を中心とした交通体系として、①リニア駅中心地区から各種機能地区を結ぶネットワーク(圏域内交通)、②各地区間を結ぶネットワーク(地区間交通)、③エリア外の広域拠点と連結する幹線ネットワーク(広域交通)の3つで構成する。それぞれのアクセシビリティ特性、利用ニーズに対応したモビリティを導入するとともに、モビリティ間の乗り継ぎの効率を徹底的に追求する。

リニア中間駅からの広域的な交通体系として、高規格幹線道路等との連携を重視する。スマートIC化されたSA・PAや高速バスのバス停、道の駅等におけるモビリティハブの形成、二次交通ネットワークの形成も想定する。モビリティハブでは、カーシェア・レンタカーデポの設置、周辺の観光地、事業所・居住地等を周遊するバス等の運行も考えられる。また、幹線ネットワークに加えて、地区内ネットワークにおいても、自動運転車両の活用を想定する。

(3) 圏域間連携によるレジリエンス向上

中間駅から一定範囲の地域において、行政・企業等の事業継続拠点として、有事の際に機能する一体的な基盤インフラ等(スマートインフラを含む)を予め整備しておくことで、国土軸のレジリエンス向上を担うことが考えられる。各圏域において、エネルギーマネジメントシステム(EMS)を構築し、効率的なエネルギーの運用による災害に強い地域を実現するとともに、圏域間の連携により、さらなるレジリエンス向上を進める。

(4) 地域ブランディング

リニア中央新幹線の中間駅は、神奈川県駅から岐阜県駅まで相当の距離があるため、開業後の観光プロ

モーションとして、沿線地域を地理的、文化的特徴や独自資源を持つ地域として一体的にアピールすることが有効である。沿線地域が、日本特有の丘陵地、盆地、河岸段丘などの地形と眺望を有することに着目し、例えば圏域全体を「ジャパンテラス(仮称)」と称して、祭りや食などの文化的特徴やストーリーも含めてブランディングしていく。

(5) デジタル技術の活用

中間駅周辺圏域において、分野横断的な圏域間連携、中間駅を中心とした階層的なハブ・ネットワーク、圏域間の連携によるレジリエンス向上、地域ブランディングを推進するためには、デジタル技術の活用ならびに高速デジタルインフラ整備が求められる。

リニア中央新幹線の開業による大都市圏との時間短縮のメリットに、デジタル技術の活用によるメリットを組み合わせることにより、中間駅を中心とする圏域の活性化が期待される。例えば、デジタル技術の活用により、スマート農業による1次産業の活性化、スタートアップ企業等との連携、イノベーション拠点の形成、サテライトオフィスの立地等による新たな産業の創出、移住定住・二拠点居住の促進や賑わい創出の仕掛けによる関係人口の創出、エネルギーに着目した域内循環経済の構築、MaaS等による地域の交通体系の改善を行っていく。

4 おわりに

本稿では、リニア中間駅(4駅)を中心とする地域活性化に関する検討委員会での議論の内容の一部を紹介した。この委員会での議論のより具体的かつ詳細な成果については、2023年夏頃に公表予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省,国土の長期展望専門委員会:「国土の長期展望」,
https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/kokudo03_sg_000243.html
- 2) 一般財団法人計量計画研究所:「リニア中間駅(4駅)を中心とする地域活性化に関する検討委員会」,
<https://www.ibs.or.jp/archives/3351>

Wi-Fiパケットセンサーの性能検証

Performance verification of Wi-Fi packet sensors

絹田裕一¹ 和泉範之² 西田純二³

By Yuichi KINUTA, Noriyuki IZUMI, and Junji NISHIDA

1 はじめに

近年、モバイル端末の位置情報を活用した人流把握に関する研究が各所で活発に行われている。モバイル端末を用いた人の位置の特定方法は、モバイル端末のアプリケーション利用時に取得されるGPSの位置情報や、通信を行った基地局の位置で代表させる方法、通信を行ったWi-Fiアクセスポイントの位置で代表させる方法等が一般的である。

Wi-Fiパケットセンサーは、モバイル端末が付近のアクセスポイントを探すために発信する信号（プローブリクエスト）を受信するセンサーであり、アクセスポイントと同様に、モバイル端末の位置をWi-Fiパケットセンサーの位置で代表させることにより、人の位置を特定することが可能である。

先に示した各種の人流データは、サンプル数やサンプルの一般性、コスト面等、それぞれに長所・短所があることから、調査の目的や諸条件に応じて使い分けることが重要である。Wi-Fiパケットセンサーデータは、センサーを設置するだけで周辺にあるモバイル端末を捕捉できることから、簡易に安価に人流データを取得することが可能である。近年多くの研究者がWi-Fiパケットセンサーに着目し、人流把握手法としての活用事例が蓄積される一方で、MACアドレスのランダム化（従来は端末毎に固有であったMACアドレスをランダムにすることで端末の同定を困難にする技術）やプローブリクエストの発進頻度等の端末側の仕様によってデータ取得量が変動し、センサー設置者では制御できない領域が存在することから、人流把握手法としての将来性を憂慮する声がしばしば耳にされるようになってきたことも事実である。

当研究所では、Wi-Fiパケットセンサーデータと交通量カウント調査とを組み合わせ、実交通量を算定するための拡大係数の設定方法の検討等、人流データを政策立案に活用するための技術開発に取り組んできているが、

MACアドレスのランダム化の影響が懸念されている現在においても、Wi-Fiパケットセンサーを活用することで、相当量の人流データが取得できることを確認¹⁾²⁾しており、引き続き、Wi-Fiパケットセンサーの性能検証を通して、その有用性についての公知化を図っている。

2 本稿の目的と使用するデータ

(1) 目的

Wi-Fiパケットセンサーデータは、簡易に人流データを取得できる一方で、モバイル端末を保有する人の属性（性・年齢・居住地等）の情報を把握することは不可能である。ただし、属性情報の一部は、モバイル端末の移動履歴を追跡することにより推定することも可能である。例えば、調査対象エリアへの交通手段（飛行機・鉄道・自動車等）や経路、訪問頻度を把握できる情報を得られれば、センサーに捕捉された人の来訪目的について推定できる可能性がある。本稿では、空港や鉄道ターミナル駅等、広域的な交通拠点に設置したWi-Fiパケットセンサーデータと、市街地部に高密度に設置したセンサーのデータを組み合わせ、広域的な流動と市街地内での流動の関係性について分析を行う。

(2) 使用するデータ

「関西広域流動解析コンソーシアム」は、関西地区の空港や鉄道駅等の交通拠点（関西国際空港、伊丹空港、神戸空港、JR大阪駅、JR京都駅、JR奈良駅、近鉄大阪難波駅・南海なんば駅等）にWi-Fiパケットセンサーを設置し、広域的な人流データを取得している（設置したWi-Fiパケットセンサーは、機器内でMACアドレスの匿名化処理を行っている）。

また、尼崎市等、一部の自治体においては、商店街や拠点施設等、市街地内に面的にWi-Fiパケットセンサーを設置している。本稿では、このデータを活用し、関西地区での広域的な人流データと尼崎市街地の

¹交通・社会経済部門 部門長兼グループマネジャー ²交通・社会経済部門 研究員 ³株式会社社会システム総合研究所 代表取締役



図-1 広域流動データの取得箇所

(出典：関西広域流動解析コンソーシアムHP)

狭域的な人流データを組み合わせて分析を行う。

3 分析

(1) Wi-Fiパケットセンサーでの捕捉数

a) 尼崎市街地部での捕捉人数

図-2は、尼崎市市街地部に面的に設置されたWi-Fiパケットセンサー(17箇所)において捕捉された人数(モバイル端末の台数)を示したものである。このとき、市街地内での流動を把握するため、2箇所以上のセンサーで取得されたデータのみを抽出し、2022年5月のGWを含む1週目(5/2~5/8)と通常の週である4週目(5/23~5/29)を比較した。

2022年のGWは、5/2(月)を挟んで、4/29(金・祝)~5/1(日)と5/3(火・祝)~5/5(木・祝)の3連休が2回繰り返される日程であったことから、平日である5/2を含め、5/2~5/4までは、通常の週である5月4週よりも多くの人々が捕捉されている。一方で、GW直後の週末は、5月4週の週末よりも人の捕捉が少なく、想定通りの人出が観測されていると考えられる。

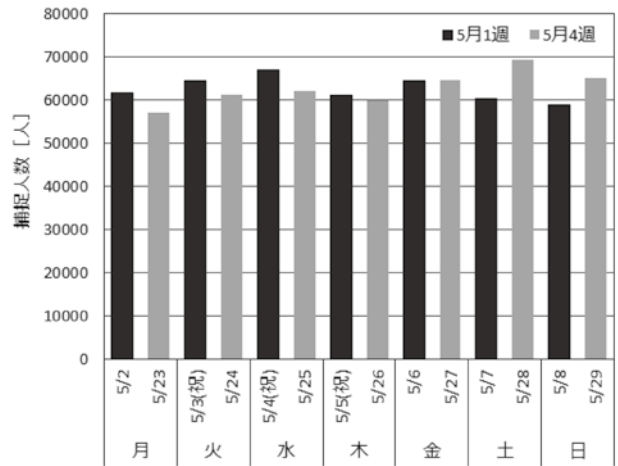


図-2 尼崎市街地部での日別捕捉人数(2022年)

(Wi-FiパケットセンサーデータよりIBS作成)

b) 広域流動データとの組み合わせ

図-3は、図-2に示した尼崎市街地部での捕捉人数のうち、空港や鉄道駅等の拠点でも捕捉された人の割合を示したものである(JR尼崎駅・阪神尼崎駅は拠点に含めない)。

各日、概ね1,000人程度(捕捉された人数の2%程度)は、尼崎市街地のみならず、空港や鉄道駅でも捕捉されている。空港で捕捉されている人は飛行機を利用している可能性があり、同様に鉄道駅で捕捉されている人は鉄道を利用している可能性があることから、尼崎市街地で捕捉された人の2%程度は、尼崎市街地を訪れる前後にいた場所によって、アクセス時やイグレス時の交通手段を推定することが可能であることを示唆している。

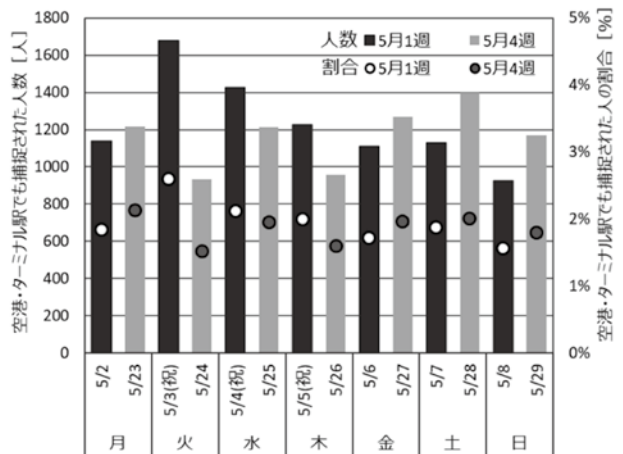


図-3 尼崎市外のセンサーでの捕捉状況(2022年)

(Wi-FiパケットセンサーデータよりIBS作成)

(2) GW期間中の尼崎市街地来訪者の流動の傾向

図-4は、GWの連休中(5/3~5/5)と、通常の週末(5/7~5/8、5/28~5/29)に分け、尼崎市街地のWi-Fiパケットセンサーで捕捉された人(来訪者)の、尼崎市街地来訪前後で捕捉された拠点(空港・鉄道駅)の割合を示したものである。GWの連休中は、通常の週末と比較して、大阪駅周辺で捕捉される割合が少なく、京都駅(JR)や奈良駅(JR・近鉄)で捕捉される割合が高い傾向にある。尼崎市は大阪市に隣接することから、地元住民の流動がほとんどを占める通常の週末は大阪市との間での流動が多く、観光客等が含まれるGW中は、京都や奈良等を含む広域的な流動の割合が高いと推察される。

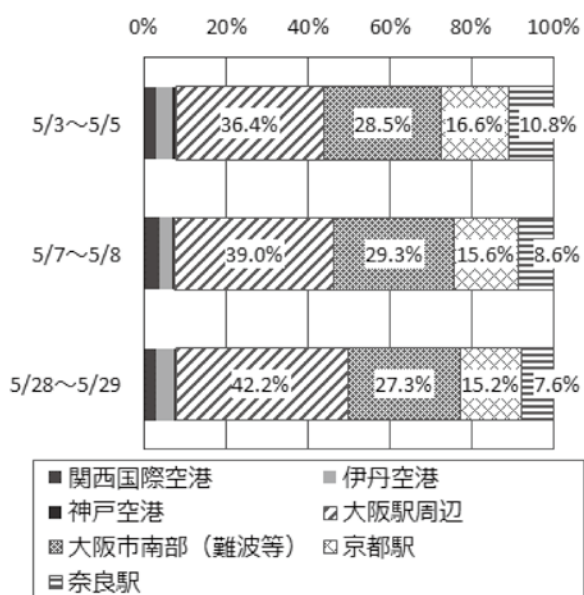


図-4 尼崎市街地と同じ日に捕捉されている拠点 (Wi-FiパケットセンサーデータよりIBS作成)

(3) GW期間中の尼崎市街地来訪者の流動の傾向

a) 京都・奈良への訪問者の尼崎市街地の流動

表-1は、GW期間中で京都・奈良でも捕捉されている人数が最も多かった5/3(火・祝)について、京都・奈良への訪問者とそれ以外の人の尼崎市街地部での訪問施設(捕捉されたWi-Fiパケットセンサーの設置箇所)を示したものである。

京都・奈良への訪問者とそれ以外の人の訪問施設を比較すると、京都・奈良への訪問者は、JR尼崎駅や尼崎城址公園、尼崎市総合文化センター、尼崎えびす神社で捕捉される割合が高いのに対し、それ以外の人は、

阪神尼崎駅や商店街、観光案内所で捕捉される割合が高い。観光案内所は、阪神尼崎駅に隣接するため阪神尼崎駅と同様の傾向を示していることを考慮すると、観光客の訪問先となりやすい施設では、京都・奈良訪問者が多く捕捉され、地元住民が多いと推察される商店街においては、京都・奈良訪問者の捕捉が少ないことが確認された。

表-1 5/3(火・祝)の尼崎市街地の訪問施設構成比

訪問施設		京都・奈良訪問者		その他	
阪神尼崎駅北	阪神尼崎駅	22.4%	36.5%	24.2%	38.7%
阪神尼崎駅		14.1%		14.5%	
JR尼崎駅		6.1%		0.4%	
中央一番街商店街	商店街	15.2%	37.2%	22.3%	47.3%
中央三番街商店街		14.2%		21.9%	
中央四番街商店街		2.8%		1.7%	
三和本通商店街		5.1%		1.5%	
尼崎城址公園駐車場	尼崎城址公園	2.7%	5.3%	0.6%	1.9%
尼崎城址駐車場		1.9%		0.8%	
尼崎城天守1階		0.6%		0.6%	
尼崎市総合文化センター1階		2.3%		0.2%	
あまがさき観光案内所		8.8%		10.8%	
尼崎えびす神社		3.0%		0.4%	
寺町		0.1%		0.1%	
貴布禰神社		0.1%		0.1%	
開明cafe		0.6%		0.2%	
歴史博物館		0.0%		0.0%	

(Wi-FiパケットセンサーデータよりIBS作成)

b) GW期間中の尼崎市街地の流動

表-2は、GW期間中の5/3(火・祝)と通常の週末である5/28(土)の京都・奈良でも捕捉されている人の尼崎市街地部での訪問施設を示したものである。表-1と比較すると、訪問施設の割合の差は小さくなるものの、GW期間中である5/3(火・祝)の方が、尼崎城址公園や尼崎市総合文化センター、尼崎えびす神社で捕捉される割合が高い。一方、通常の週末である5/28(土)は、商店街での捕捉される割合が高い。

これは、GW期間中の京都・奈良訪問者と比較して、通常の週末の京都・奈良への訪問者には尼崎居住者等、日常的に尼崎市街地に来訪する人が相対的に多く含まれていることを示唆していると考えられる。

表-1、表-2を踏まえると、GW期間中の京都・奈良と併せて尼崎市街地でも捕捉されている人の中に

は、他のカテゴリの人に比べ、観光等の非日常的な目的で尼崎市街地に来訪した人が多数含まれているものと推察される。

表-2 GW中とGW以外の週末の訪問施設の構成比

訪問施設		5/3(火・祝)		5/28(土)	
阪神尼崎駅北	阪神 尼崎駅	22.4%	36.5%	20.5%	34.1%
阪神尼崎駅		14.1%		13.6%	
JR尼崎駅		6.1%		6.0%	
中央一番街商店街	商店街	15.2%	37.2%	16.4%	45.6%
中央三番街商店街		14.2%		19.5%	
中央四番街商店街		2.8%		5.3%	
三和本通商店街		5.1%		4.3%	
尼崎城址公園駐車場	尼崎 城址 公園	2.7%	5.3%	2.0%	3.9%
尼崎城駐車場		1.9%		1.1%	
尼崎城天守1階		0.6%		0.8%	
尼崎市総合文化センター1階		2.3%		0.2%	
あまがさき観光案内所		8.8%		8.2%	
尼崎えびす神社		3.0%		0.8%	
寺町		0.1%		0.5%	
貴布禰神社		0.1%		0.3%	
開明cafe		0.6%		0.5%	
歴史博物館		0.0%		0.0%	

(Wi-FiパケットセンサーデータよりIBS作成)

4 おわりに

本稿では、2022年5月時点でのWi-Fiパケットセンサーデータを用いて、人流把握手法としての適用可能性についての検討を行った。MACアドレスのランダム化の影響等、モバイル端末の移動の追跡性能についての疑義が抱かれることもあるWi-Fiパケットセンサーデータであるが、現時点においても相当数のサンプルが取得できること、市街地内等の狭域なエリアだけでなく、広域的な流動と組み合わせた分析にも耐えるサンプル数が取得できていることを確認できた。特に、広域的な流動に関しては、基地局データやGPSデータ等の市販データの入手にかかるコストが高額に

なることを考えると、Wi-Fiパケットセンサーは、現時点においても有力な選択肢であると言えよう。今回の研究では、既設のWi-Fiパケットセンサーのデータを用いて検証を実施したが、Wi-Fiパケットセンサーの機材は高額なものではなく、ランニングコストについてもわずかな電気代とデータを回収するための通信費のみであることから、比較的安価に実施可能な調査手法である。

本検証においては、Wi-Fiパケットセンサーに補足される順番(移動の順番)や、時系列的な捕捉頻度についての分析は行わなかったが、これらを実施することで、(3)b)で推察した尼崎居住者等の日常的に尼崎市街地に来訪する人か、もしくは観光目的で来訪した人かを見極められる可能性もある。

また、尼崎市街地だけでなく、他の市街地や観光地でも同様の分析を行い比較することで、市街地や観光地等のアクセス交通手段の構成比や観光地毎の滞在時間の比較、さらには滞在時間とアクセス交通手段との関係等、市街地や観光地に訪れる人の流動特性を把握することが可能となると考えられる。

引き続き、具体的な分析事例を通して、Wi-Fiパケットセンサーデータの有用性について検証していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 吉田・新階・絹田・和泉・西田: 地下街を有する市街地におけるWi-Fiパケットセンサーを用いた歩行流動観測に関する研究, 土木学会論文集D3, 78巻5号, p.L97-L105, 2023
- 2) 絹田・和泉・廣川・笹・菅原: 新たな技術を活用した交通流動把握の取組~センサーデータによる可視化技術の向上に向けて, IBS Annual Report 研究活動報告2021, p.29-32, 2021

新たなモビリティサービス導入のための需要計画ツールの開発 ～高蔵寺ニュータウンにおける低速自動運転車両の需要予測～

Development of Demand Forecasting Tools for Introducing New Mobility Services

北村清州¹ 高 宇涵² 羽佐田紘之³ 水野杏菜³ 萩原 剛⁴

By Seishu KITAMURA, Yuhan GAO, Hiroyuki HASADA, Anna MIZUNO, and Go HAGIHARA

1 はじめに

人口減少や高齢化の進展に伴い、地方の中山間地等において、バスをはじめとする公共交通の需要が縮小している。加えて、運転手不足も深刻化しており、地域の交通サービスの維持・確保が困難になっている。また、高齢者の運転免許の返納も年々増加しており、今後は、中山間地だけでなく、郊外のニュータウン等においても、近距離の買い物や通院のための移動が困難となることが想定されている。こうした課題に対する解決策のひとつとして、低速自動運転車両やオンデマンド乗合サービスのような新たなモビリティサービスの導入による地域交通システムのリ・デザインがあげられる。例えば、愛知県春日井市の高蔵寺ニュータウンでは、2016年に策定された「高蔵寺リ・ニュータウン計画」¹⁾の主要プロジェクトの一つとして、交通拠点をつなぐ快適移動ネットワークの構築が掲げられており、地域内の移動性を持続・向上するための取り組みとして、春日井市、名古屋大学が中心となり「低速自動運転車両(ゆっくり自動運転[®])」や「オンデマンド乗合サービス」を活用した交通網のリ・デザインが進められている²⁾。本稿では、愛知県春日井市の高蔵寺ニュータウンにおける、新たなモビリティサービスを用いた地域の公共交通網再編検討に関連して筆者らが開発した、全国で進む低速自動運転車両やオンデマンド乗合サービスの導入検討、地域交通のリ・デザインに活用可能な需要計画ツールの概要を紹介する。

2 需要計画ツールの開発の必要性

低速自動運転車両やオンデマンド乗合サービス等の新たなモビリティサービスの導入に関しては、地域公共交通の活性化及び再生に関する法律に基づく「地域旅客運送サービス継続事業」³⁾や内閣府・総務省・経済産業省・国土交通省による「スマートシティ関連事業」⁴⁾

等の事業支援を受け、全国各地で実証実験や社会的受容性に関わる調査研究が実施されてきた。今後、新たなモビリティサービスの本格導入を迎えるにあたり、持続的な運営を可能とするためには、移動需要に基づく必要な車両台数の試算や需要に応じた適切な料金の設定が極めて重要となる。従前の路線バスやコミュニティバスの運賃を基準に数百円でサービスを導入した結果、地域住民の利便性は向上し移動需要は増加したものの、採算が合わず車両追加等のサービス拡張が困難になってしまった事例も存在する。このように初期の試算を見誤ることでサービス改善が難しくなってしまう可能性や、反対に、損失を恐れてスモールスタートとしたために、当該サービスの持つ本来の機能を十分に発揮できず、利用者に悪い印象を与えてしまい需要が伴わない可能性もある。需要予測に基づき必要な車両台数や適切な運賃を試算し、サービスの位置づけや採算性を検討したうえで、持続可能なシステムを設計していくことが重要である。

3 需要計画ツールの概要

(1) リ・デザインのための詳細OD表の作成

新たなモビリティサービスの需要計画にあたり、重要となるのが計画検討の基礎となる人の移動データである。対象とする新たなモビリティサービスは、既存の路線バスやコミュニティバスを代替し、ラストマイルや特定のエリア内で運用されるサービスであり、その設計には、数100m単位の解像度での需要予測が求められる。都市圏の交通ネットワーク検討にはこれまで、多くの地域において、パーソントリップ調査(以下、PT調査)より取得されたデータを用いた需要予測技術が適用されてきた(2022年時点で国内65都市圏において143回の調査が実施されている)⁵⁾。PT調査データの解像度は概ね数km程度のゾーン単位であり、都市間交通の需要予測には有効であるが、狭域の移動

¹交通・社会経済部門 主幹研究員兼グループマネージャー 博士(工学) ²データサイエンス室 研究員 博士(工学)

³交通・社会経済部門 研究員 ⁴交通・社会経済部門 グループマネージャー 博士(工学)

を担う交通サービスの設計には適さない。一方、近年では、携帯電話やカーナビゲーションシステムなどから取得された人の移動に関するビッグデータが収集・蓄積され、データを保有する複数の民間企業により製品化されたことで、都市交通計画分野においても活用が進んでいる。全国各地で検討が進められている新たなモビリティサービスの需要予測を実施するためには、予測に必要なデータを容易に入手可能であることが必要な条件となる。そこで、解像度は粗いものの現在の利用交通手段や移動目的等の交通特性が把握できかつ全国に既往調査のデータが存在するPT調査データと、詳細な交通特性までは分からないものの数100m単位の解像度で移動実態を把握できる携帯電話の位置情報データを融合した詳細OD表を作成し、新たなモビリティ需要推計のための基礎データとして用いる。データの作成手順は、越智ら⁶⁾の提案手法を参考とし、新たなモビリティサービスの配置等解析に必要なスケールと他統計データ等関連データとの整合性やデータの取扱い易さの観点から、標準地域メッシュ(約1km四方)の4分の1の約250m四方のメッシュ間の交通手段別の詳細なOD表を作成した。

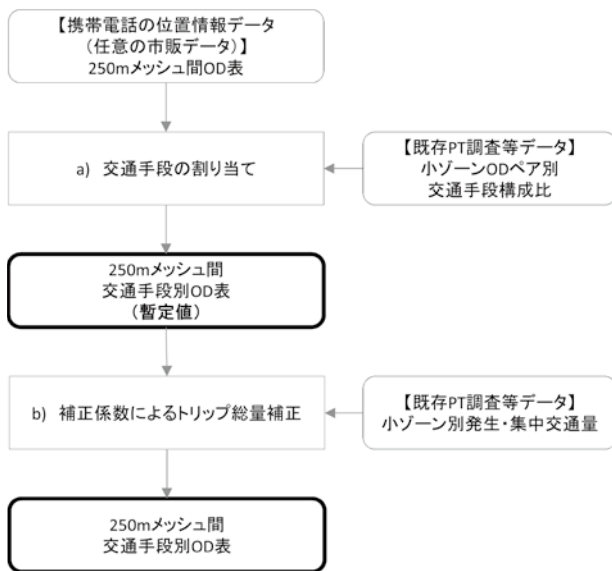


図-1 データ融合による詳細OD表の作成手順

a) 交通手段の割り当て

市販の携帯電話の位置情報データによる「250mメッシュ間OD分布パターン」にPT調査の「小ゾーン間ODペアの交通手段構成比」を乗じ、「交通手段別詳細ゾーン間OD表(暫定値)」を作成した。小ゾーンI

からJへの交通手段kの構成比を $P_{I(j)k}$ 、小ゾーンI内の250mメッシュiから小ゾーンJ内の250mメッシュjの移動需要を X_{ij} と表すと、交通手段kの250mメッシュij間の移動需要 Y_{ijk} は、以下の式で計算できる。分析目的に応じ、交通手段以外にも移動目的やPT調査で把握されているその他トリップ属性を割り当てることも可能である。

$$Y_{ijk} = X_{ij} \cdot P_{I(i)J(j)k}$$

ここで、

i, j : 250mメッシュ

$I(i), J(j)$: 250mメッシュ*i, j*を含む小ゾーンI, J

k : 交通手段

b) 補正係数によるトリップ総量補正

PT調査データより得られる小ゾーン別の発生交通量をコントロールトータルとして、「交通手段別詳細ゾーン間OD表(暫定値)」のうち小ゾーンIに含まれる250mメッシュiの発生交通量の合計値 ΣY_{ijk} がPT調査の小ゾーンIの発生交通量 ΣY_I と一致するよう補正係数 N_I を計算した。補正係数によるトリップ総量の拡大推計を行い、交通手段別の詳細ゾーン間OD \hat{Y}_{ijk} を作成した。

$$N_{I(i)} = \Sigma Y_{I(i)} / \Sigma Y_{ijk}$$

$$\hat{Y}_{ijk} = N_{I(i)} \cdot Y_{ijk}$$

c) 250mメッシュ間詳細OD表の作成結果

前述の手順で高蔵寺ニュータウンにおいて作成した250mメッシュの詳細OD表による自動車(送迎)及びバス利用者のトリップ数分布の分析例を以下に示す。ニュータウンの中心に位置する商業施設サンマルシェや高蔵寺駅への送迎交通が多いこと、バス利用者は地域内に満遍なく分布しており、250mメッシュあたり20~40トリップ/日程度の利用があることなどが把握できる。PT調査データのみでは5つの小ゾーン単位でしか捉えられなかったニュータウン内の交通手段別のトリップ特性を、携帯電話の位置情報データと組み合わせることでより詳細な解像度で把握可能であることが示された。携帯電話の位置情報データは全国で市販されており、既往のPT調査や類似の交通行動調査のデータと融合することで、250mメッシュの詳細な解像度

で地域の移動特性を捉え、地域の交通サービスのリ・デザインに有効活用できる。

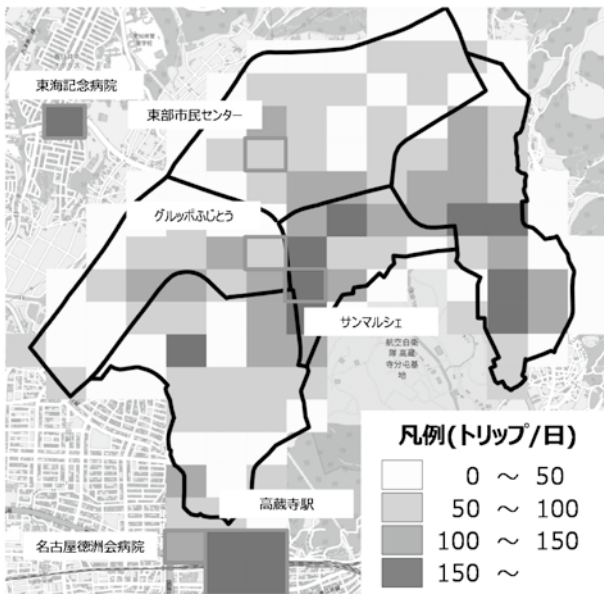


図-2 250mメッシュ着トリップ分布：自動車（送迎）

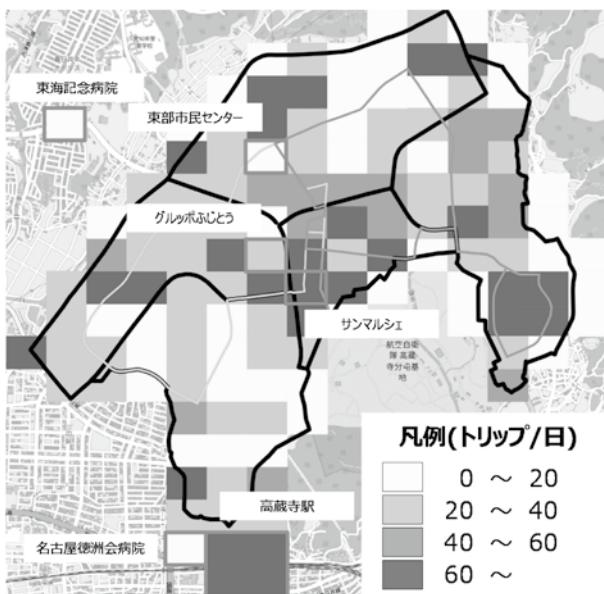


図-3 250mメッシュ着トリップ分布：バス

(2) 需要予測ツールの開発

(1) で作成した250mメッシュ間の交通手段別詳細OD表を顕在化した選好 (Revealed Preference: 以下、RP) とみなし、新たなモビリティサービス導入時の利用意向に関する選好意識 (Stated Preference: 以下、SP) に関する調査データと組合せてRP/SPモデルを構築した⁷⁾。高蔵寺ニュータウン内の現在の利用可能交通手段は、バス、自動車（運転）、自動車（送迎）、タクシー、自転車、徒歩であり、複雑な乗換えも

ないことから、シンプルな多項ロジットモデルを採用した。250mメッシュ間の各交通手段のサービス水準を作成し、加えて、起伏の大きい地域であるため、徒歩による移動の負荷を考慮するためメッシュ間の高低差を変数として用いた。

$$U_{in}^{RP} = \beta x_{in}^{RP} + \alpha w_{in}^{RP} + \varepsilon_{in}^{RP}$$

$$U_{in}^{SP} = \beta x_{in}^{SP} + \gamma z_{in}^{SP} + \varepsilon_{in}^{SP}$$

$$\text{Var}(\varepsilon_{in}^{RP}) = \mu^2 \text{Var}(\varepsilon_{in}^{SP})$$

ここで、

U_{in} : 個人 n の選択肢 i に対する総効用

ε_{in} : 個人 n の選択肢 i に対する総効用 U_{in} の誤差項

x_{in}, w_{in}, z_{in} : 個人 n の選択肢 i に対する確定効用の説明変数ベクトル (x は RP と SP で共通の、 w, z は RP と SP それぞれに固有の説明変数)

α, β, γ : 未知パラメーター

μ : スケールパラメーター

作成した需要予測ツールを用い、ニュータウン内への低速自動運転車両の導入影響の予測を実施した。地域内「サンマルシェ」を含むメッシュへのトリップ需要の推計結果及びニュータウン内各地区からのトリップ需要を分析した結果が図-4、5であり、導入するサー

表-1 パラメーターの推定結果

説明変数		推定値	t値
定数項 (RP/SP共通)	バス	-	-
	自動車（運転）	1.70	24.47
	自動車（送迎）	0.17	5.52
	タクシー	-3.08	-36.22
	自転車	0.09	3.02
定数項	徒歩	2.82	35.38
定数項	ゆっくり自動運転 [※]	0.82	22.41
所要時間 (分) ※料金を含む	徒歩	-7.94	-22.99
	その他交通手段	-5.12	-18.55
標高差20m以上ダミー ※徒歩のみ		-0.08	-1.47
スケールパラメーター		0.80	2.21
サンプル数 (総数)		31,329	
サンプル数 (メッシュペア×手段)		22,074	
サンプル数 (SP調査回答者×設問)		9,255	
回答者数 (SP調査)		3,791	
自由度調整済み決定係数		0.3336	

バスの運賃等水準や既存のバス網の改変等を加味することで、様々なパターンで低速自動運転車両の需要を分析可能である。これにより必要車両数や効率的な車両配置のシミュレーション、運賃と利用者数による収支の想定など詳細な検討が可能となる。

高蔵寺ニュータウンでは、2019年に低速自動運転車両の利用意向に関するSP調査を、2022年にオンデマンド乗合サービスの利用意向に関するSP調査を実施しており、両サービスの需要予測ツールを開発している。地域移転性等の継続研究は必要であるものの全国各地の類似サービス導入検討への活用が可能である。

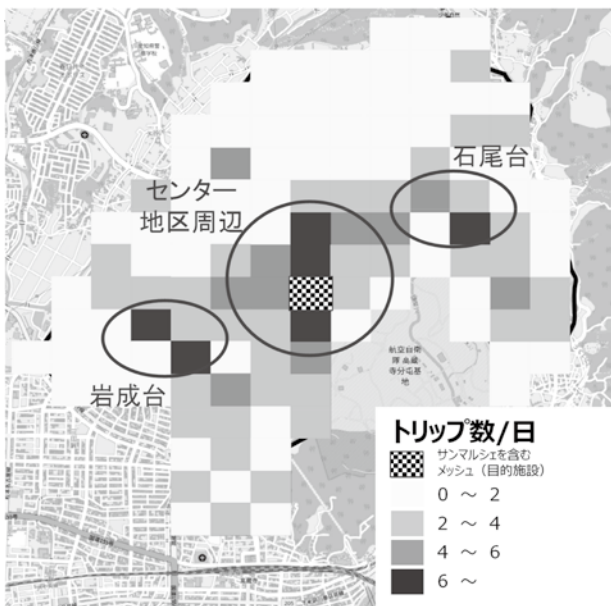


図-4 需要予測ツールによる自動運転利用トリップの予測結果(サンマルシェを含むメッシュ着)

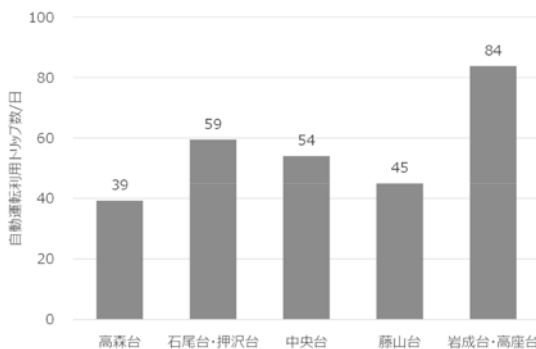


図-5 ニュータウン各地区からの自動運転トリップ数

4 おわりに

本稿は、2019年度から自主研究として取り組んだ、新たなモビリティサービスの導入影響評価ツール

開発に関する調査研究の検討成果の報告である。開発したツールは全国各地の新たなモビリティサービス導入影響の予測や数値による裏付けを踏まえた地域交通のR・デザインに利用できる。今後、各地で進むサービス導入の検討・評価に活用しつつ、地域特性による差異等を反映しながら汎用的な需要計画ツールへと改良を重ねていきたい。

最後に、本稿の分析結果や各種図表には、当研究所が名古屋大学、春日井市より受託した調査業務や研究の成果が含まれている。各種データの分析及びとりまとめにあたり多くの助言をいただいた名古屋大学の金森特任教授、岐阜大学の中村准教授(研究開始時点名古屋大学所属)、春日井市都市政策課津田様をはじめとする関係者各位に、厚く感謝申し上げます次第である。

参考文献

- 1) 春日井市:高蔵寺リ・ニュータウン計画,平成28年3月.
- 2) 先導的モビリティに関する取組.
https://www.city.kasugai.lg.jp/shisei/machi/new_town/1022354/index.html
- 3) 地域公共交通の活性化及び再生に関する法律について.
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_tk_000055.html
- 4) スマートシティ官民連携プラットフォーム(内閣府、総務省、経済産業省、国土交通省、デジタル庁). <https://www.mlit.go.jp/scpf/>
- 5) パーソントリップ調査.
https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000031.html
- 6) 越智健吾,関信郎,岩館慶多,石神孝裕,若井亮太,石井良治,杉田溪:パーソントリップ調査データと交通関連ビッグデータを用いた詳細ゾーンのOD表作成方法,土木計画学研究発表会・講演集,vol.57,CD-ROM,2018.
- 7) 北村清州,水田哲夫,中村俊之,佐藤仁美,森川高行,中菅章浩,南川敦宜:自動運転車両によるモビリティサービス導入に向けた実践的需要分析手法~高蔵寺ニュータウンでのケーススタディ~土木学会論文集D3(土木計画学) Vol.76,No.5