2019
研究活動報告
IBS Annual Report

一般財団法人 計量計画研究所

目次　IBS Annual Report　研究活動報告 2019

Ⅰ．巻頭言

代表理事　岸井　隆幸　1

Ⅱ．IBSの調査研究活動

IBSの調査研究活動
業務執行理事、研究本部長兼企画室長　毛利　雄一　3

Ⅲ．研究論文

イベント来場者の「流れ」を変えるしくみ
～ビッグデータを活用した混雑予測と混雑回避のためのリアルタイムな情報提供の実証～
交通・社会経済部門　萩原　剛　7
〃　和泉　範之
交通・社会経済部門　担当部門長兼GM　矢部　努
業務執行理事、研究本部長兼企画室長　毛利　雄一

自動運転社会に向けたインフラ整備
～現状の課題と検討の方向性～
都市地域・環境部門　GM　若井　亮太　13
交通・社会経済部門　GM　剣持　健
都市地域・環境部門　GM　松本　浩和
都市地域・環境部門　林　健太郎
〃　加藤　桃子
〃　磯野　昂士
〃　鈴木多恵子
研究本部次長　馬場　剛
業務執行理事、研究本部企画戦略部長　牧村　和彦

英国の事業評価手法について
～ワイダーエコノミックインパクトを中心に～
交通・社会経済部門　GM　樋野　誠一　21
交通・社会経済部門　田中　啓介
〃　知野　孝祐
〃　山本　恭子

クルマ依存型の地方都市における鉄道の存続を目指して
～自治体・鉄道事業者・市民のアクションプログラムの提案～
都市地域・環境部門　担当部門長兼GM　秋元　伸裕　27
都市地域・環境部門　GM　鈴木　弘之
都市地域・環境部門　蛯子　哲
〃　林　健太郎
〃　関本　稀美
〃　何　玏
〃　磯野　昂士
〃　雨森恵理子
交通・社会経済部門　伊藤　京

GM：グループマネジャー

新たな歩行回遊を支える道路空間創出の検討手法に関する一考察
～仙台市における都心交通まちづくりでの検討を対象に～
都市地域・環境部門　GM　福本　大輔　35
〃　稲原　宏
都市地域・環境部門　蛯子　哲
交通・社会経済部門　茂木　渉
都市地域・環境部門　桝山　和哉
〃　岡田真理子

スマートフォン位置情報から読み解く観光地における人の流動
～ビッグデータはどこまで人の行動を追えるのか～
交通・社会経済部門　廣瀬　健　43
〃　井村祥太朗
交通・社会経済部門　GM　絹田　裕一
交通・社会経済部門　担当部門長兼GM　矢部　努

Ⅳ．フェローシップ最終報告

ヨーロッパにおける大型貨物車を利用した貨物輸送に関する取組の実態と課題
東京海洋大学学術研究院流通情報工学部門　准教授　渡部　大輔　53

ラドバーンの現在と設計思想が米国に与えた影響
東洋大学理工学部都市環境デザイン学科　准教授　神山　藍　59

Ⅴ．海外学会参加の概要

第6回全米BRT会議
交通・社会経済部門　及川　潤　67
都市地域・環境部門　GM　若井　亮太
業務執行理事、研究本部企画戦略部長　牧村　和彦

CIVITAS Forum 2018
都市地域・環境部門　桝山　和哉　69
交通・社会経済部門　担当部門長兼GM　矢部　努

第25回　ITS世界会議
交通・社会経済部門　GM　岡　英紀　71
〃　絹田　裕一
業務執行理事、研究本部企画戦略部長　牧村　和彦

第15回　HVTTシンポジウム　報告
交通・社会経済部門　笹　圭樹　73
交通・社会経済部門　GM　剣持　健

第9回都市交通政策・観光・交通行動研究に関する国際セミナー2018
業務執行理事、研究本部長兼企画室長　毛利　雄一　75
都市地域・環境部門　正木　恵

国立公園都市ロンドンに学ぶ都市緑化政策
都市地域・環境部門　加藤　桃子　77
都市地域・環境部門　GM　稲原　宏

第98回TRB年次総会
都市地域・環境部門　石井　良治　79
都市地域・環境部門　部門長兼GM　石神　孝裕

欧州のサイクルツーリズムに関する視察報告

都市地域・環境部門　GM　高砂子浩司　81

Ⅵ. 自主研究活動報告

貨物車の経路選択行動の分析とモデリングに関する研究

交通・社会経済部門　GM　岡　英紀　85
〃　剣持　健
交通・社会経済部門　茂木　渉
〃　笹　圭樹
〃　廣瀬　健
都市地域・環境部門　加藤　桃子
交通・社会経済部門　GM　北村　清州
交通・社会経済部門　担当部門長兼GM　加藤　昌樹
業務執行理事、研究本部執行管理部長　萩野　保克

Ⅶ. 研究活動報告

都市地域・環境部門　91

交通・社会経済部門　97

Ⅷ. 研究論文一覧

研究論文一覧　105

Ⅸ. IBS情報

IBSの概要　121

巻頭言

Preface

岸井隆幸[1]
By Takayuki KISHII

昨年2018年は明治改元から150年目であったが、今年2019年は都市計画法・道路法・市街地建築物法が制定されてから100年、そして「令和」改元の年となった。我々の計量計画研究所（IBS）が誕生したのは「昭和」の時代、先の東京オリンピックが開催された1964年7月のことである。以来55年間、コンピュータ技術の進展を背景に、様々な交通解析、都市分析、計画立案に取り組んできたが、気が付けば、我が国の近代都市計画行政あるいは近代道路行政の過半（100分の55）に寄り添って生きてきたことになる。長いお付き合いであるといえよう。

一方、世界を見るとこの50年の変化は極めて激しい。IBS誕生から11年後の1975年にMicrosoftが、翌年1976年にAppleが、1994年にAmazonが創業している。そして1995年にWindowsが発売されてコンピュータが一気に身近なものとなり、1998年にGoogleが、2004年にFacebookが登場した。こうしたIBSより若いICTを活用する企業群（束ねてGAFAと呼ばれる）は飛躍的に発展して、今や彼らによって世界が動かされるようになった。

GAFAはプラットホームを提供しつつ大量のデータを入手できる仕組みを有している。このBIG DATAに対する世間の期待は極めて大きい。しかし、いかに分析技術が進展しても、デジタル情報自身は記号の羅列にすぎず、意味を見出し受け止める感受性がない限り何ももたらさない。しかも今のICTは双方向性を有しており、誰もが世界に自由に発信できる状況を生み出した。したがってNET上では「意図をもって操作された情報」が紛れ込む危険性も高い。SNSすら信頼できるという保証はなく、誰かが悪意を持って取り組めば「誤った情報」を次々と送り込むこともできる。結局、情報満載の世界では多くのDATAがあったとしても、最終的な意思決定に際しては信頼できる人々の意見に耳を傾けるという傾向が強くなってゆく。つまり「信頼できる人々が信頼する人たち」の集まる場所がこれまで以上に重要であり、「FACE TO FACEの聖地」の構築競争が始まる可能性が高い。

我々IBSの組織は必ずしも大きいものではないが、昨年、これまであった8つの研究室体制を「都市地域・環境部門」、「交通・社会経済部門」という2つの部門に統合した。同時に、担当するテーマ分野の企画戦略、業務執行を統率・管理するグループマネジャー（GM）という立場を設け、多数の若手研究員を登用することとした。より柔軟に、より能動的に動く組織を目指したつもりで、あれから1年、まだその成果を問うには早すぎるが、まずは順調な滑り出しであることは報告できるように思う。若い人たちが自主的、能動的に動くことで「信頼できる人々の集積の場」の新たな生成・更新・進化が進むことを期待したい。

もちろん、社会の変化は止まるところがない。我々IBSは少しでも社会の動きに先んじた活動をしてゆきたいと考えているが、そのためにも様々な分野の方々と「信頼に基づく連携」を強化して次のまだ見ぬ新しい世界に挑戦したい。IBSはFACE to FACEを大切にし、様々な異なる分野、異なる立場の方達と膝を交えた議論をしたい。「信頼」が次の世界を生み出す。

IBSがGAFAと連携して次の50年につながる世界を切り開く、そういうシーンも必ずしも夢ではない。

[1] 一般財団法人計量計画研究所　代表理事　博士（工学）

IBSの調査研究活動

Research Activities in The Institute of Behavioral Sciences（IBS）

毛利雄一[1]
By Yuichi MOHRI

1 現在の調査研究のテーマ

IBSは、1964年の東京オリンピック開催の年に創設され55年を迎えます。設立当初からのコンピュータ技術を活用した科学的アプローチ、計量的手法を中心に、都市・地域、社会基盤、経済・産業、生活・言語・価値意識等の諸分野について、政府・企業等の政策意思決定、計画策定に関する調査研究を行ってきました。特に、パーソントリップ調査や道路交通センサスをはじめとする交通調査、データ解析、交通需要予測、評価、計画立案に関する一連の交通計画技術については、研究の基礎となる理論に加え、社会潮流の変化や技術革新に対応して進化・発展させ、実務への適用を実践してきました。また、都市・地域計画については、その時代の社会的要請、政策課題に幅広く対応すべく、国内外の先進的手法をレビューするとともに、蓄積された技術知識を活かして、政策・計画づくりに取り組んできました。

現在のIBSは、都市地域・環境部門と交通・社会経済部門という2つの部門体制により、調査研究活動に取り組んでいます。

都市地域・環境部門では、人口減少や少子高齢時代においても、活力に溢れ、生活を営みやすく、環境にやさしい、防災性にも優れた持続可能な地域づくりに貢献するプランニングに資する調査研究に取り組んでいます。これまで培ったIBSの知識・経験を活かすとともに、最新の計画理論と高度な計量的分析手法、計画プロセスとそのデザイン技術を融合し、各分野の専門家や研究機関と連携を図りながら、国土・地域・都市から地区・コミュニティに至る多様な空間スケールを対象に、政策及び計画立案を支援しています。具体的には、**図－1**の都市地域・環境部門に示すテーマを対象に、国、地方自治体、民間のクライアントの政策・計画立案に貢献できるパートナーとして取り組んでいます。

交通・社会経済部門では、先に示したように、道路交通センサスをはじめとする大規模交通統計調査等に基づく一連の交通計画技術の開発・適用について取り組み、国土・地域・都市の交通課題を中心に、政府・企業等の政策及び計画立案を支援してきました。近年では、**図－1**の交通・社会経済部門のテーマに示されるように、多様化する政策課題とビッグデータをはじめとするICT等の進歩に対応し、最新の技術を開発・適用するとともに、学識経験者や有識者をはじめとする外部機関との連携を積極的に行い、様々な政策課題、技術課題に取り組んでいます。

また、多様化・複雑化する現状の政策課題において

都市地域・環境部門

- 広域計画・都市圏計画（広域地方ブロック、大都市圏等）
- 都市計画（立地適正化計画、区域・都市計画マスタープラン等）
- 拠点まちづくり（都心交通計画、スマート・プランニング等）
- 総合交通体系（将来モビリティビジョン、都市交通マスタープラン等）
- 個別交通手段の計画（コミュニティバス、自転車等）
- 先進モビリティ導入（自動運転、超小型モビリティ等）
- 防災まちづくり（防災、減災、事前復興等を考慮した都市計画等）
- 地球環境とエネルギー（温室効果ガス排出量データベースの作成）
- 大気汚染・交通環境対策（排出量データベース・予測モデルの作成）
- 都市構造の評価（低炭素施策評価・コンパクトシティ評価ツール開発）
- 動線データ解析・技術開発（モバイル調査、ビッグデータによる行動分析）
- 計画制度・手続き（広域計画、都市・地域計画に関わる計画制度検討）
- 市民協働型まちづくり（協働型まちづくりのシナリオやプロセス等の設計）

交通・社会経済部門

- 多様なニーズに対応した道路施策（効率的・効果的NWの活用等）
- ビッグデータを活用した各種政策モニタリング
- ヒヤリハットデータを活用した予防安全施策
- 動線データ分析と人・車の移動の可視化（調査・予測・計画立案へ応用）
- 社会資本整備が経済・社会に及ぼす影響分析（経済モデル等）
- 物流の効率化に向けた物流施策の立案（調査企画、分析・予測・評価）
- 高速道路の料金施策（料金体系の調査分析等）
- 諸外国の交通政策、交通サービス（国際比較分析、情報収集・整理）
- 交通基盤の代替性・多重性（定量分析、脆弱性評価、対応策立案）
- ビッグデータ解析（状況把握、行動解析、データ処理）
- 交通需要予測（全国・都市圏需要予測モデル、地域・地区行動モデル等）
- 交通実態調査（PT調査、物資流動調査、道路交通センサス等）

図－1　IBSの主な調査研究テーマ

[1]業務執行理事、研究本部長兼企画室長　博士（工学）

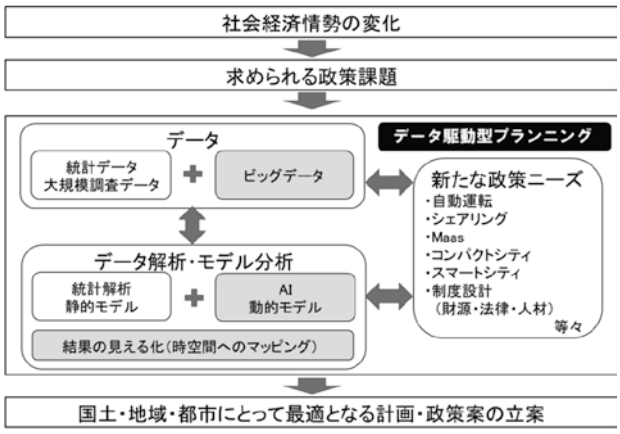
は、都市地域・環境部門と交通・社会経済部門が相互に連携して対応できる体制を構築しています。さらに、IBSの専門技術だけでは対応できない内容については、異分野を含めた専門家や企業との連携・協働によって、効率的・効果的に課題解決する体制を構築するとともに、総合性を発揮できる環境、姿勢で調査研究に取り組んでいます。

2 これから目指す調査研究

2016年の「第5期科学技術基本計画」と、2018年の新たな成長戦略となる「未来投資戦略2018－『Society5.0』『データ駆動型社会』への変革－」が閣議決定され、「Society5.0」が提唱されました。Society5.0とは、「サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させることにより、地域、年齢、性別、言語等による格差なく、多様なニーズ、潜在的なニーズにきめ細かく対応したモノやサービスを提供することで経済発展と社会的課題の解決を両立し、人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることのできる、人間中心の社会である」と定義されています。そのポイントは、フィジカル空間のセンサーから収集される膨大な情報（ビッグデータ）をサイバー空間で集積し、人工知能（AI）が解析し、その解析結果が人間に様々な形でフィードバックされ、これまでにない新たな価値を産業や社会にもたらすものとしています。

IBSにおいても、設立当初から統計データや交通を中心とする大規模調査データを用いて、データ解析やモデル分析を行い、政策課題に対応してきました。近年では、早い段階から多様なビッグデータを活用した解析を行うとともに、モデル構築やシミュレーション等を行っています。今後は、これらのデータ解析をより進化させるAIによる解析やこれまでの静的モデルから時空間解像度を向上させる動的モデルの適用等をより積極的に実行して行く予定です。また、新たな技術・政策として注目されている自動運転、シェアリング、MaaS、スマートシティ等も国内外の研究や事例をレビューし、我が国での実践的な適用を目指して、調査研究を進めています。IBSの専門家としての技術・知識を発展させるためにも、先のSociety5.0が提唱するデータ駆動型社会を踏まえ、都市や交通を対象にデータ駆動型プランニングという視点での取り組みを実践できる体制・環境づくりを目指しています。一方で、個人がより自由になれる、人の嗜好の多様性に応えるなどの高いレベルでモノやサービスを提供することを謳う社会は、過度な消費に走る、リソースを不当に独占する等、利己的でシステムを搾取するような行動が重なると、社会全体の福利を損ない、持続的に発展していくことができない可能性もあります。個人の幸福を達成するだけでなく、社会全体の福利を守るためのモラルとそれに整合した個人の行動を社会が必要とするため、技術やデータだけではなく、行動の自由と制御のバランスに着目した社会の制度設計が必要になります。IT技術が先導して、多様なライフスタイルが選択でき、経済、教育、福祉等の仕組みが変わる中、国土・地域・都市に対応した新たな社会的仕組みとしての計画・政策立案や制度設計（例えば、財源、法律、人材等）の追求と議論が重要となります。

IBSにおいては、先進的な技術習得と適用に加え、これまで培った55年の知識と経験を最大限活かし、調査研究成果に対するクライアントからの信任と我が国が抱える社会問題の改善への貢献、更には、調査研究のストックを活かした研修や交流による研究・政策策定のレベルアップを目指していきます。



図－2　めざす調査研究

Ⅲ

研究論文

- イベント来場者の「流れ」を変えるしくみ　～ビッグデータを活用した混雑予測と混雑回避のためのリアルタイムな情報提供の実証～
- 自動運転社会に向けたインフラ整備
～現状の課題と検討の方向性～
- 英国の事業評価手法について
～ワイダーエコノミックインパクトを中心に～
- クルマ依存型の地方都市における鉄道の存続を目指して
～自治体・鉄道事業者・市民のアクションプログラムの提案～
- 新たな歩行回遊を支える道路空間創出の検討手法に関する一考察
～仙台市における都心交通まちづくりでの検討を対象に～
- スマートフォン位置情報から読み解く観光地における人の流動
～ビッグデータはどこまで人の行動を追えるのか～

イベント来場者の「流れ」を変えるしくみ　～ビッグデータを活用した混雑予測と混雑回避のためのリアルタイムな情報提供の実証～

How to Optimize Spectators' Travel Behavior? - Investigation of Measures of Real-time Traffic Congestion Forecasting and Guiding to Avoid Congestion Using Big Data

萩原　剛[1]　和泉範之[2]　矢部　努[3]　毛利雄一[4]
By Go HAGIHARA, Noriyuki IZUMI, Tsutomu YABE and Yuichi MOHRI

1 はじめに

2020年に東京で開催される「2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会（オリパラ）」や2025年に大阪で開催される「2025年日本国際博覧会（大阪・関西万博）」をはじめ、「イベント」は今日我が国の至る所で、大小様々なものが企画され、開催されている。

例えばオリンピックであれば「スポーツを通した人間育成と世界平和」[1)]のように、それぞれのイベントには一般的に「開催目的」が存在し、その目的の達成を通して社会に様々な影響を及ぼしている。一般的にイベントは、この開催目的そのものの達成と共に、集客による地域活性化や経済波及効果等、様々なメリットを及ぼす一方で、いくつかのデメリットをもたらすという形で社会に影響を及ぼすことがある。イベント時の集客に伴う「交通混雑」の問題は、イベントに伴うデメリットの大きな一要素であり、オリパラや万博のような大規模イベントにおいては、日常的な都市活動に伴う交通需要と膨大な観客・イベント関係者の交通需要との両立をどう図るかが、イベント運営者が直面する重要な課題となっている[2)]。

本稿では、後述する戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の枠組み[3)]のもと、東京オリンピック・パラリンピック時の混雑予測データ取得・解析に関する関係組織との連携体制構築を見据えて当研究所が検討した混雑予測及び混雑回避誘導のための手法について示す。具体的には、混雑予測及び混雑回避誘導に関する過去事例をもとに、大規模イベント時における交通状況をシミュレーションすると共に、情報提供による混雑回避誘導手法の効果を把握するための大規模実証実験を行った結果を示す。

2 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）とは

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）は、内閣総理大臣、科学技術政策担当大臣のリーダーシップのもと設置されている総合科学技術・イノベーション会議が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために新たに創設するプログラムと位置づけられている。

平成26年度より平成30年度までの5ヶ年で実施された「SIP第1期」では、「自動走行システム」をはじめとする11の課題が設定され、課題毎に任命されるPD（プログラムディレクター）のもと、研究開発が推進された。課題「自動走行システム」では、高度な自動走行システムの実現に向け、産学官共同で取り組むべき技術課題（協調領域）について研究開発を推進しており、本稿に示す研究成果はこの枠組みのもと、自動走行システム実現に向けた取り組みを通じ、事故・渋滞の低減や公共交通を中心とした都市交通の利便性向上を目指した取組の一環として実施されたものである。

3 大規模イベントにおける「流れを変えるしくみ」の考え方

(1) 大規模イベントにおける交通の主体

オリパラのような広域的に影響が及ぶ大規模なイベントにおける混雑予測と情報提供を検討するためには、関係する多様な移動の「主体」と「目的」に着眼する必要がある。

オリパラを例にすると、移動の主体には大きく「東京で生活する人」と「域外からの来訪者」が存在する。このうち、「東京で生活する人」の中には、東京の「居住

1交通・社会経済部門　研究員　博士（工学）　2交通・社会経済部門　研究員
3交通・社会経済部門　担当部門長兼グループマネジャー　博士（工学）　4業務執行理事、研究本部長兼企画室長　博士（工学）

表－１　オリパラにおける多様な移動の主体と目的

表－２　多様な移動主体・目的に応じた交通特性と考慮事項

移動主体 目的/特性		特徴	主な 交通手段	定常性	考慮すべき 事項
①通勤		朝夕に集中	鉄道	定常的 ※変動小	通勤者の意思だけでは調整しにくい
②業務・物流		業務は主に昼間、物流は深夜にも発生	自動車（荷物がない場合は鉄道）	やや 定常的	イベント時に調整できない需要も存在
③私事		主に日中に発生	鉄道	非定常的	
④移動制約者（日常交通）		主に日中に発生	徒歩・自転車	やや 定常的	移動手段やルート、時間等に制約がある
⑤イベント外の来訪		主に日中に発生	鉄道・タクシー	非定常的 ※変動大	イベント時に調整できない需要も一部存在
⑥イベント	1) 移動制約者（外国人等）	需要の上乗せ分として発生し、東京の交通事情に疎い	鉄道・タクシー	非定常的 ※変動大	移動手段やルート、時間等に制約があり、日本語広報に触れられない
	2) 日本人（東京以外からの来訪）	需要の上乗せ分として発生し、東京の交通事情に不慣れ	鉄道（一部、自動車）		東京圏のみを対象とした広報に触れられない
	3) 東京都内からの来訪	需要の上乗せ分として発生し、東京の交通事情に精通（イベント時は不明）	鉄道		通常時の交通事情で意思決定する可能性がある

者」や東京へ通勤する「従業者」のほか、東京都内で事業を営む「事業者」も含まれる。また、移動について検討する際には、東京で生活する人の中における高齢者や障害者等の「移動制約者」の存在も考慮する必要がある。

一方、「域外からの来訪者」には、イベント（オリパラ）に来訪する人の他、ビジネスやイベント以外の場所への観光等、「イベント外の来訪」も考えられる。また、イベントには前述した「東京で生活する人」も来場することが想定される。

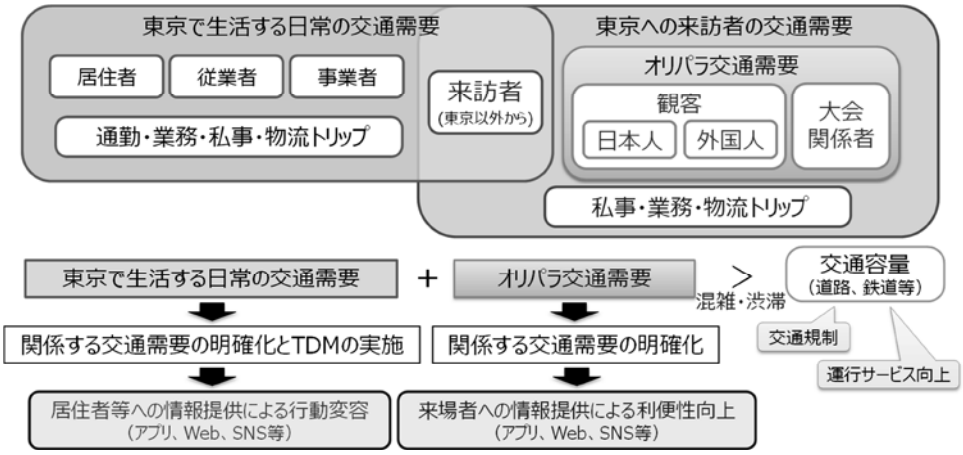
以上を踏まえ、移動の主体と目的に着目した移動者の整理を行ったものを**表－１**に示す。また、**表－１**に示したそれぞれの移動者の交通特性、ならびに混雑予測と情報提供を行う際に考慮すべき事項を**表－２**に示す。

表－２に示すように、それぞれの移動者は異なる交通特性を有している。例えば、定常的な交通である「①通勤」交通は朝夕に集中しており、東京の場合主な交通手段は鉄道である。一方、イベント開催期間中のみの突発的な需要である「⑥イベント」交通は、移動者の多様な特性に応じた情報提供のあり方を検討する必要がある。例えば、海外からの訪日客に対しては、移動手段やルート、滞在時間や言語等の制約を考慮した情報提供を行う必要がある。また、東京以外からの来訪者に対しては、東京圏のみを対象とした情報提供に接触できないことを考慮した情報の提供が必要となる。東京圏からの来訪者は、日常的な東京圏の交通事情を知っていることが想定されるが、イベントという非日常的な交通状況を十分に把握しているとは限らないことから、日常的な通常の交通状況を想像してイベント時の交通行動に関する意思決定を行う可能性がある。東京圏からの来訪者に対しては、この可能性を考慮した情報提供を行う必要がある。

(2) 大規模イベントにおける交通マネジメントの考え方

大規模イベントを対象とした混雑予測およびその緩和に向けた検討においては、先に述べた人々の多様な移動主体や移動目的を考慮して、日常的な交通需要を含めた統合的な交通需要予測とそのための情報提供の枠組みが必要である。

オリパラにおいては、**図－１**に示すように、1) 東京で生活する日常の交通需要、東京への来訪者の交通需要（オリパラ交通需要を含む）の２つの交通需要に対応した様々な交通主体・交通目的を想定し対策を検討すること、2) これらの交通主体に対応した２つの交通需要を時間帯別に予測し、3) 交通容量に対応した適切な交通サービスを供給できるような政策（例えば、TDM、交通規制、公共交通の運行サービスの向上等）を実施していくことが必要である。



図－１　実現のための情報提供等の全体スキーム

一方で、オリパラのような大規模かつ国際的なイベントに際しては、国籍、障害、年齢等の異なる多様な来場者に、非常時や緊急時にも対応した交通サービスと情報提供を行うことが重要である。

そのため、情報提供等の全体スキーム構築においては、オリパラ組織委員会、交通行政を担う国・地方自治体、警察、交通事業者、他の関係機関の連携を図ることが最重要課題である。この連携に基づき、多様な交通主体（市民、企業、関係機関）への行動変容を促す情報内容（目的の共有、行動の選択肢）、提供方法、タイミング、実行可能性とその影響について検討することが必要である。

(3) 大規模イベントにおける交通マネジメントの例

2012年に開催されたロンドンオリンピック・パラリンピックでは、招致決定直後より交通に関する検討を行っている。交通需要予測に関しては、例えば「チケット抽選結果から交通需要を予測」「長距離移動者・宿泊者をプロファイリング」「競技会場や観光等の需要を加味した交通量配分の実施」「障害者の需要予測を実施」等、様々な作業を行い、緻密な予測を行っている。また、これらの結果を踏まえ、市民をはじめとする様々な主体への情報提供施策を実施している。ロンドンでは、以下に示す「4つのR」という考え方で人々の交通行動を変えるよう促している。

・Reduce（不要な移動は行わない）
・Re-route（目的地まで別の経路で移動する）
・Re-time（時間帯を変えて移動する）
・Re-mode（違うモードを使う）

表－３　ロンドンオリンピック・パラリンピックにおける情報提供の取組

セグメント		情報提供の方法	タイミング		
交通主体（対象者）	トリップ目的		事前（数ヶ月以上前）	直前（数週間前）	そのとき（イベント時）
一般市民	通勤・私事	マスメディアやウェブ（サイト、SNS）を用いた情報提供キャンペーン	○ 2012.1～影響等を提供	○ 予測等を提供	○ リアルタイム交通情報
事業者	従業員の通勤	業界団体を通した働きかけ	○ 2012.春		
		ワークショップ、説明会、戸別訪問による情報提供	○ 2010.秋		
	業務・物流	物流事業者に向けた情報提供	○	○	
来訪者	観光等	来訪者向け経路情報提供サイト	○ 2011.7～	○	○

その上で、様々な交通の主体や目的に応じて、**表－3**に示すような様々な情報提供の方法を用いて、オリパラ開催の数ヶ月以上前から情報提供の取組を行っている。例えば、ロンドン交通局（TfL）が中心となって、ロンドン市民や来訪者に、市内の交通渋滞や影響があると予想されるイギリスの道路や鉄道網の情報を提供するため、Get Ahead of the Games（GAOTG）と呼ばれるキャンペーンが実施されている。GAOTGは高いPR性と双方向コミュニケーションを特徴とし、街頭広告、ラジオ、オンライン、ソーシャルメディアを通じて実施された。また、物流交通に関係する事業者を対象とした「Road Freight Management Programme」では、ワークショップや説明会、戸別訪問やウェブサイト等様々な方法を用いた情報提供を行い、オリンピック期間中における効果的な業務の継続を促した。これらの取組の結果、ロンドンの居住者・通勤者等のうち77％が、2週間のオリンピック期間中に何らかの「4つのR」を実践していたことが報告されている[4)]。

4 ビッグデータを活用した「流れを変えるしくみ」の構築（花火大会における実証実験）

ここでは、先に述べた多様な交通主体・目的のうち、特に「イベント来訪者」に着目し、イベント来場者が情報提供を受けることによって自発的に混雑回避する方向に交通行動を変えるための手法について示す。特に、本稿では混雑予測情報を生成するための情報源として、近年活用が進んでいる「ビッグデータ」に着眼し、ビッグデータを活用した混雑予測と情報提供の手法を構築した上で、2018年に東京都内で開催された2つの花火大会において実証を行った。以下に、検討の経緯ならびに実証実験の実施概要とその結果を示す。

(1) 対象としたイベント

先に述べたように、本検討はオリパラで活用されることを見据えて検討が進められていたことから、実証実験の対象とすべきイベントはオリパラとできる限り類似した特性を持つイベントが望ましいと考えられる。この方針のもと、「単発・1会場でのイベント（花火、大規模コンサート等）」は、「Retimeは前倒しのみ可能」「会場の配置が面的でない」「規模が大きい」等、オリパラと共通点を有する特性が多く見られたこと等を踏まえ、「隅田川花火大会」と「神宮外苑花火大会」を対象に実証実験を行うこととした。

表－4　対象としたイベント

イベント	イベント日時	情報提供実施協力事業者
平成30年（第41回）隅田川花火大会	2018年7月29日（日）19:00〜20:30 ※荒天のため7/28から延期	株式会社ナビタイムジャパン ヤフー株式会社
2018神宮外苑花火大会	2018年8月11日（土）19:30〜20:30	ヤフー株式会社

(2) 実証実験概要の検討

先に述べた背景を踏まえ、本稿で採り上げる取組では、「実証実験」として下記の方針の下で情報提供を行うこととした。

1） 大規模イベント（花火大会）時に、主にイベント参加者（一部地域居住者等を含む）を対象に混雑回避のための情報提供を行い、情報に触れた人の混雑回避行動結果を把握、検証する。
2） 提供する情報は、過去のイベント時の鉄道駅毎の乗降客数等のデータをベースに、経路検索サイトの検索履歴情報等（過去＆リアルタイム）から得られる情報を加味した混雑予測を行い、経路検索サイトおよびアプリの提供事業者の協力のもと、情報提供（プッシュ通知等）を行う。
3） 交通事業者から提供を受ける駅別乗降客数等のデータをもとにマクロ的な効果検証を想定するとともに、アプリ等利用者へのアンケートを実施することで、情報に触れた人の意識や行動変容をミクロに把握する。

上記の方針のもと、具体的に下記の通り情報提供の実証実験を行った。

a. 提供する情報の作成

経路検索サイト・アプリを提供する情報提供事業者2社（株式会社ナビタイムジャパン（以下、ナビタイム）、ヤフー株式会社（以下、ヤフー））の協力のもと、両社の経路検索サイトにおける検索履歴データをもとに、イベント当日の時間帯別・駅別の混雑状況を予測し、提供を行うこととした。

両社はビッグデータである検索履歴データをもとに、「異常混雑予報」[5] やイベントによる突発的な移動需要の検出[6] を行っており、この情報を花火大会の観客に提供することとした。

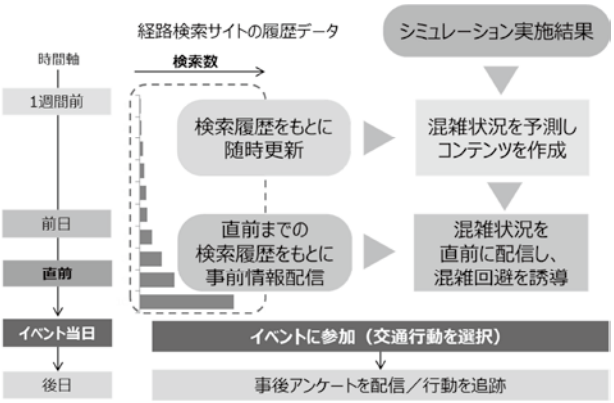
b. 情報の提供

本稿における取組では、a.で作成した情報を「花火大会の観客」と想定される人に確実に提供することをめざした。そこで、事前に「花火大会当日にイベント開催地周辺を起終点とする経路検索を行ったユーザ」を把握し、このユーザにプッシュ配信等の形式で特設ウェブサイトへの誘導を行い、特設サイトで予想される混雑状況や混雑回避策等に関する情報提供を行うこととした。

c. 効果検証（アンケートの実施）

提供した情報の効果を検証するため、実証実験終了後にアンケート調査を実施し、情報に接したユーザがどのように行動を変えたか把握することとした。

以上に示した情報提供実証実験の概要を図－2に示す。



図－２　実証実験の概要

図－３　実証実験に用いた情報提供ウェブサイト
（上：ヤフー、下：ナビタイムジャパン）

（3）提供した情報

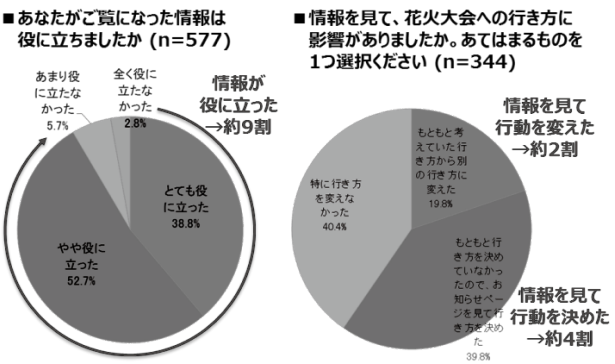
隅田川花火大会では、ナビタイム、ヤフー両社の経路検索情報提供サービスの利用者に対し、以下の内容を伝えるウェブサイトを案内するプッシュ通知等を配信し、閲覧を呼びかけた。

・混雑予測情報
・混雑が予想されるというメッセージとリアルタイム性を有する混雑度情報（時間別混雑状況等）
・混雑回避おすすめルート
・「来場時間を早める」「鉄道下車駅を会場最寄から変え、少し歩く」「最短ルートより空いている遠回りの鉄道ルートを選ぶ」等の混雑回避方法を検索画面とともに提供

また、神宮外苑花火大会においても、ヤフーが提供する「Yahoo!路線情報」の利用者に対し、同様のウェブサイト（ブログ記事）を案内する通知を行い、閲覧を呼びかけた。いずれの花火大会においても、1万ページビュー以上の規模で情報が提供された。実際の提供情報を図－３に示す。

（4）実施結果

情報提供を受けたユーザを対象に実施したアンケートの集計結果では、提供された情報を閲覧した人のうち約9割が「情報が役に立った」、このうち約2割が「もともと考えていたルートから別のルートに変えた」と回答していた。また、他の約4割は「もともと行き方を決めていなかったので記事を読んで決めた」と回答していた。どのように行動を変えたか尋ねたところ、「早めに到着するようにした」「降りる駅を変えた」「路線を変えた」等の回答が見られた。これらの結果は、今回の実証実験で提供した情報の有用性を示唆する結果と言える。



【サンプル】
隅田川花火大会後にYahoo!乗換案内アプリトップページからリンクを張り、調査回答した人（N=9,998）のうち、お知らせページ（ブログ記事）を見た人（N=577（花火に行かなかった人を含む））、花火に行き、かつお知らせページを見た人（N=344）を対象に集計

図－４　アンケート集計結果

5 おわりに

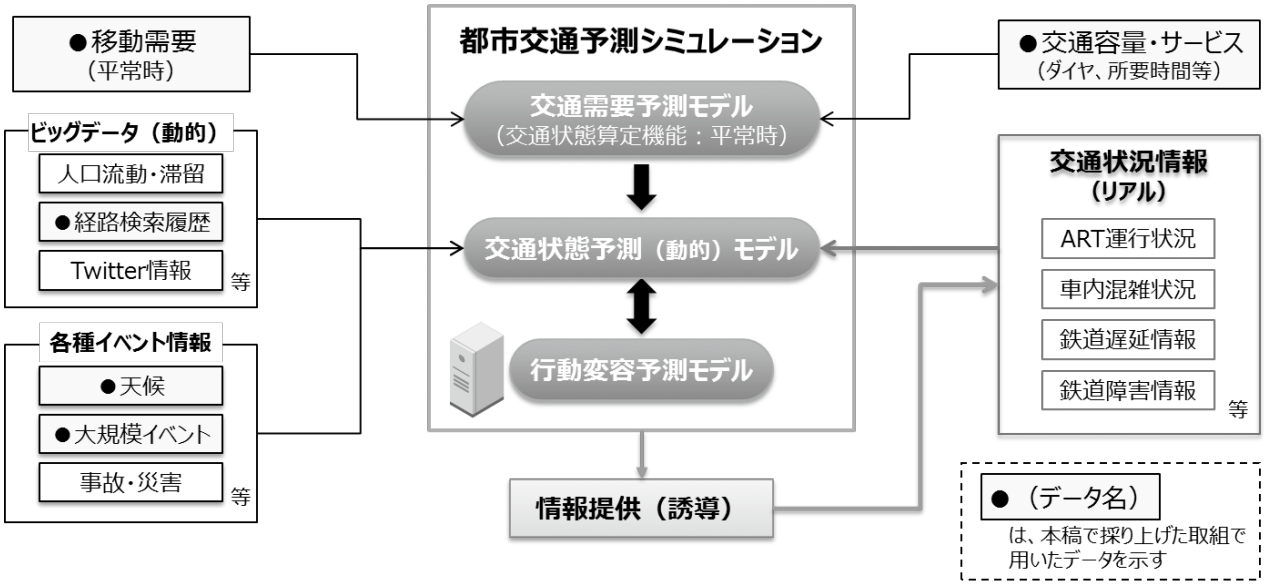
本稿では、オリパラをはじめとする大規模イベントにおけるイベント来場者の「流れ」を変えるしくみとして、ビッグデータである経路検索サイトの経路検索履歴情報をもとに混雑予測を行い、混雑回避誘導を意図した情報提供を行った。その結果、提供した情報の有用性を示唆する結果が得られた。

実証実験で得られた知見を含め、大規模イベント時における混雑予測と混雑回避のためのリアルタイム情報提供のために必要なしくみ（シミュレーションモデル）と必要なデータを**図－5**に示す。このようなモデルを実際の交通状況下で運用していくためには、データを保有する主体や交通行政を担う国・地方自治体、警察、交通事業者等、様々な関係機関の連携を図ることが重要であると考えられる。

謝辞：本稿は、「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）・自動走行システム」の一環として国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）から委託を受けた“「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動走行システム／大規模実証実験」のうち「次世代都市交通／a. ART 運行関連情報のデータ集約・蓄積とART 利用者等への情報提供の仕組み構築」”における研究開発成果をもとに執筆したものである。共同受託者である株式会社日立製作所、ならびに実証実験における情報提供の取組において経路検索サイト・アプリを提供いただいたヤフー株式会社、株式会社ナビタイムジャパンに謝意を表する。

参考文献

1）東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会：オリンピックとは，
https://tokyo2020.org/jp/games/about/olympic/
2）東京都オリンピック・パラリンピック準備局：輸送計画の状況，
https://www.2020games.metro.tokyo.jp/taikaijyunbi/torikumi/yusou/index.html
3）内閣府：戦略的イノベーション創造プログラム（SIP：エスアイピー），
https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/index.html
4）Transport for London（TfL）: Olympic Legacy Monitoring: Personal Travel Behaviour during the Games, Travel in London Supplementary Report
5）Yahoo!路線情報：異常混雑予報，
https://blog-transit.yahoo.co.jp/congestion/
6）ナビタイムジャパン：交通コンサルティング｜分析事例，
http://consulting.navitime.biz/example/



図－5　混雑予測と混雑回避のためのリアルタイム情報提供のために必要な「しくみ」とデータ

自動運転社会に向けたインフラ整備　～現状の課題と検討の方向性～

Developing Infrastructure toward the Society of Autonomous Vehicles
- Current Issues and Directions of Examination

若井亮太[1]　**剣持　健**[2]　**松本浩和**[3]　**林健太郎**[4]　**加藤桃子**[4]　**磯野昂士**[4]　**鈴木多恵子**[5]　**馬場　剛**[6]　**牧村和彦**[7]

By Ryohta WAKAI, Takeshi KENMOCHI, Hirokazu Matsumoto, Kentaro HAYASHI, Momoko KATO, Koshi ISONO, Taeko SUZUKI, Tsuyoshi BABA and Kazuhiko MAKIMURA

1 はじめに

近年、交通事故、人口減少、労働者不足、高齢化、公共交通不便地域などの地域課題の解消のためのツールとして、様々な場面で自動運転技術の活用に対する期待が高まっている。それに伴い、郊外住宅団地、過疎地域、中心市街地、高速道路など様々な場所で、乗用車、バス、タクシー、貨物車など様々な車両を対象とした取り組みが行われている。

そのような中で、高齢者やその他の交通制約者にも利用しやすい次世代都市交通システム「ART（Advanced Rapid Transit）」の実現に向けた検討が進められている。中でもバス停への正着制御は高齢者等の利便性向上のみならず、乗降時間短縮に伴う定時・速達性の改善の観点からも重要な取組として研究開発が進められている。

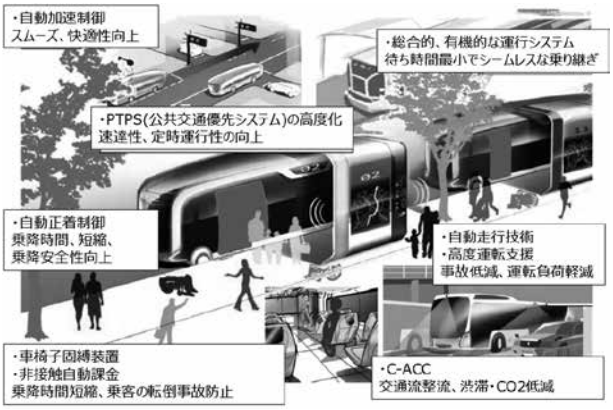
本稿では、ARTの正着制御技術の中でも比較的社会実装しやすい誘導線方式の導入に必要となるインフラ要件や正着制御に対する利用者ニーズについて、テストコースや公道等で行った実証実験結果に基づき整理する。また、検証結果を踏まえて、正着制御技術の社会実装時の課題を整理するとともに、自動運転社会に向けた今後の課題について考察する。

2 正着制御技術の概略と検討課題

（1）正着制御技術の概略

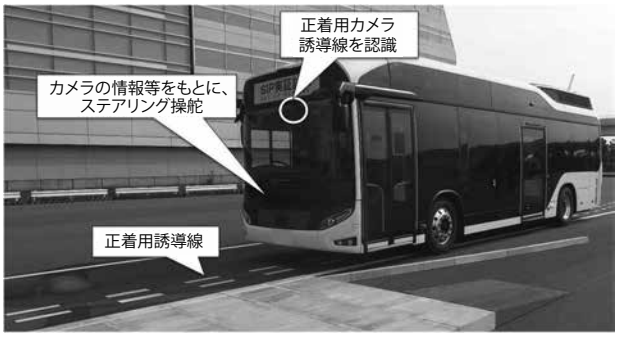
正着制御技術は、ARTで考えられている技術要素のうちの一つであり、バス停にバスを隙間なく停車させることで、公共交通を誰もが利用しやすくなることを目指している。

本稿で対象とする誘導線方式の正着制御は、車両に設置したカメラが路面に設置した誘導線を読み取り、誘導線の中心とバスの中心線が一致するように自動的にステアリング操舵が行われるものである。正着制御の手法のうち、精度が高く、近い将来社会実装可能な技術として期待されている。なお、今回、使用した誘



図－1　ARTの要素技術

（出典：自動運転走行システム次世代都市交通WG資料（内閣府））



写真－1　正着制御システムの概略

写真－2　正着制御の状況

1都市地域・環境部門　グループマネジャー　2交通・社会経済部門　グループマネジャー　博士（社会経済）
3都市地域・環境部門　グループマネジャー　博士（工学）　4都市地域・環境部門　研究員　5都市地域・環境部門　主任情報員
6研究本部次長　7業務執行理事、研究本部企画戦略部長　博士（工学）

導線方式による正着技術は、日野自動車株式会社といすゞ自動車株式会社が開発したものである。

（2）正着制御技術の課題

正着制御技術を社会実装するための当面の課題は以下のとおりである。

①日本の多くの路線バスでは、利用者が歩道からバスに乗降するため、バスの乗降に際し15～30㎝程度の段差が生じている。そのため、正着制御技術を社会実装する際には、段差を解消するため、併せてバスの床と同じ高さとなるプラットフォーム設置などが必要となる。

②正着時には、バス車両とプラットフォームとの隙間が小さくなるため、走行時に車体がブレた場合等にプラットフォームに接触することが懸念される。そのため、接触時の安全性を確保可能なプラットフォームが必要となる。

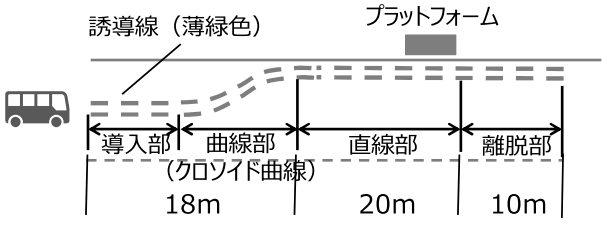
③誘導線方式では、誘導線と路面の色のコントラストによりカメラが誘導線を認識するため、夜間環境では一定の明るさを確保する必要がある。

④歩道へのプラットフォームの設置、一般車両が走行する車道への誘導線の整備が必要となるため、道路利用者を始め、広く社会に認知してもらう必要がある。

（3）正着制御に用いるインフラ設備

①誘導線の概略

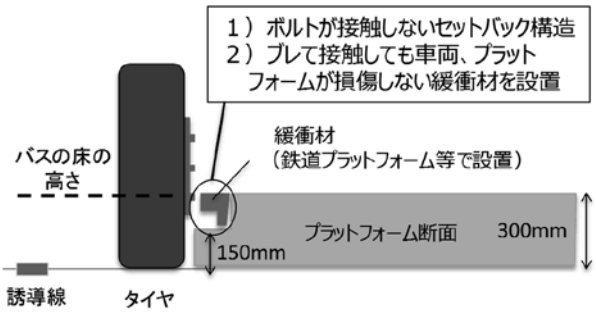
誘導線の形状は二重ドット線、色は一般のドライバーが法定線（白、黄などの色）と誤認しないよう薄い緑色とした。また、今回の検討で、主に使用した誘導線の全長は50ｍ程度である。



図－２　誘導線の概略図

②プラットフォームの概略

正着制御に使用するプラットフォームの断面は、**図－3**のような形状とした。具体的には、バス車両とプラットフォームの隙間と段差を解消するために、高さはバスの床と同程度の30㎝とした。また、正着制御時に車体がブレてタイヤのボルトがプラットフォームに接触しても安全が確保できるように、上部をセットバックさせるとともに緩衝材を設置した。今回の実証実験では、プラットフォームの長さと幅は、実証実験の目的や設置する場所の状況に応じてサイズを調整し、整備した。社会実装に際しては、プラットフォームの長さはバスの車両長に合わせた長さとし、幅は車いすでもすれ違うことが可能な2～3m程度の長さとすることが想定される。



図－３　正着用プラットフォームの断面

3 正着制御のための技術的検証

テストコースにおいて、正着制御に関する技術的検証を行った。

（1）検証項目

検証項目は、下記のとおりである。

a) 方法の違いによる正着距離や安全性への影響

b) 駐車車両の影響

c) 正着用カメラの夜間誘導線認識性能の確認

d) 誘導線の形状に関する改良効果の確認

（2）検証結果

以下、検証結果を整理する。

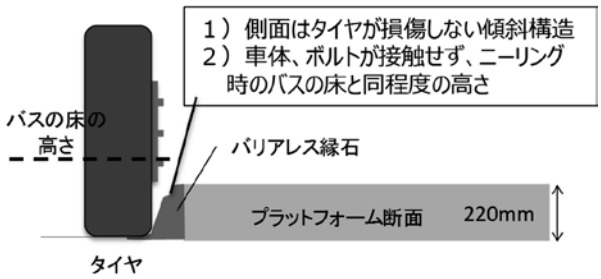
a) 方法の違いによる正着距離や安全性等への影響

①検証の概略

誘導線を用いた正着状況とバリアレス縁石を用いた正着状況を比較し、各手法の特徴を整理した。具体的

には2種類のプラットフォーム（図－3、図－4）をテストコースに設置し、正着距離、プラットフォームに接触したときの安全性、その他特徴を比較した。

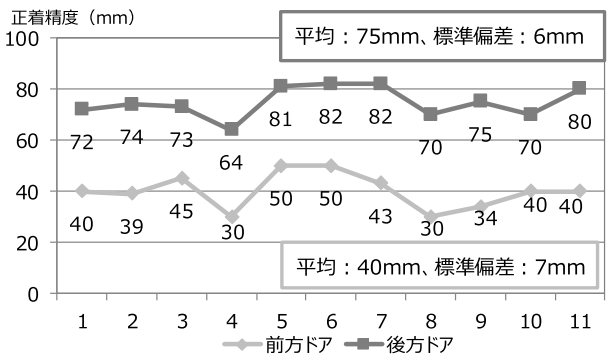
ここで、バリアレス縁石とは、タイヤを縁石に当てて停車させることで、縁石側面がバスのガイドとなり、正着制御を実現するものである。バリアレス縁石の側面は、接触してもタイヤが損傷しない傾斜構造となっている。また、高さはバスがニーリング機能（エアサスペンションの空気を調整することで車体を傾けて、地面との段差を小さくすることで乗降しやすくする機能のこと。）を使用したときのバスの床の高さと同程度の22㎝とした。



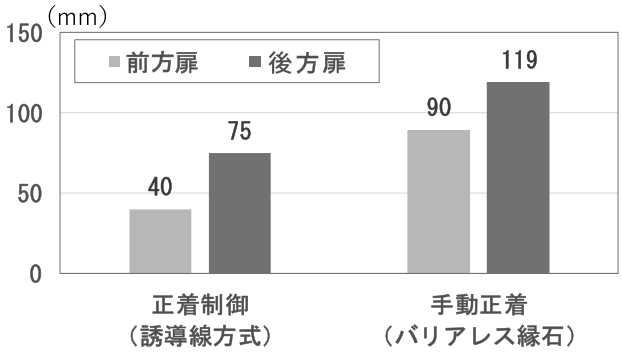
図－4　バリアレス縁石のプラットフォーム断面

②正着距離の比較

誘導線方式による正着距離（11回計測）は、前扉が平均40㎜、後扉が平均75㎜程度であり、バラつきは小さい。一方、バリアレス縁石を用いた正着距離（3回計測）は、前扉が90㎜、後扉が119㎜程度である。なお、バリアレス縁石は形状が異なるタイプのものを使用した場合は、正着距離の精度が向上するものと考えられる。



図－5　誘導線方式の正着制御の精度



図－6　正着距離の比較

③安全性の比較

2種類のプラットフォームについて、車両が接触したときの安全性を確認した。誘導線方式では、正着制御時のバス停停車直前に手動でハンドル操作を行い、車体とプラットフォームを接触させることで正着制御の失敗を再現し、その際の車両やプラットフォームの安全性を確認した。バリアレス縁石では、バス停に正着した際の安全性を確認した。ここで、安全性は接触後の車両やプラットフォームの損傷状況、接触時の衝撃、その他により確認する。

安全性を検証した結果、何れも車両、プラットフォームの損傷はなく、車内での大きな衝撃も感じられなかった。ただし、今回使用したバリアレス縁石では、車両のプラットフォームへの乗り上げが発生する可能性があるなどの課題も確認できた。

④その他の比較

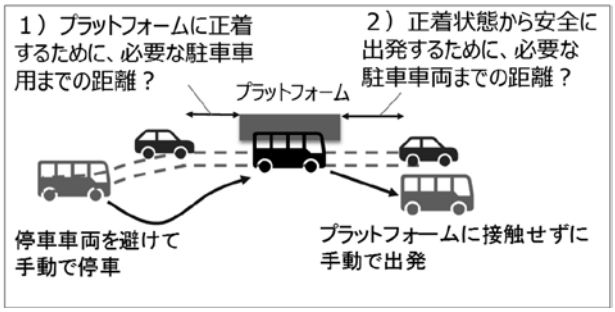
誘導線方式のプラットフォームでは、緩衝材とタイヤのボルトが接触しても直ちに緩衝材の強度が失われることはなかったが、繰り返し接触した場合、緩衝材の強度が劣化することも考えられる。一方、バリアレス縁石は、毎回タイヤを縁石に接触させて車両を停車させるため、タイヤの劣化が早まる可能性がある。

b) 駐車車両の影響

①検証の概略

プラットフォーム手前に一般の車両が駐車している場合は、車両を避けてバスを手動で停車させる必要があるが、熟練の運転手でも毎回精度高く正着させることは難しいと考えられる。また、プラットフォーム前方で、比較的近い位置に車両が駐車している場合は、バスが出発するには正着状態からハンドルを大きく操

舵する必要があるが、その際、車両の左後方部とプラットフォームが接触して、出発できない可能性がある。そのため、プラットフォーム前後は、どの程度の範囲で車両の駐停車を禁止する必要があるかを検証した。なお、検証ではバス車両の長さは約10.5m程度と大型路線バスと同程度のサイズの車両を用いた。

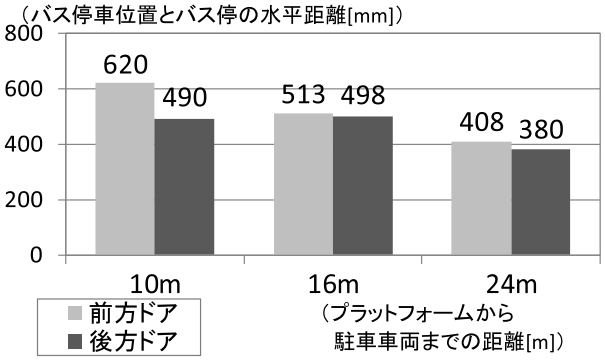


図－7　駐停車車両の検証イメージ

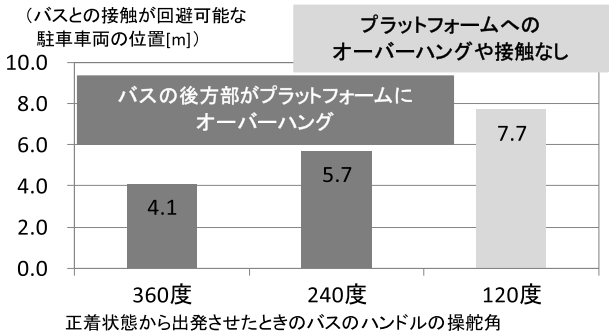
②検証結果

プラットフォーム手前に駐車車両がある場合は、プラットフォームと駐車車両が24m離れていても、正着距離は400㎜程度と正着させることはできなかった（**図－8**）。そのため、正着させるためには、少なくとも誘導線が設置されているプラットフォーム手前30m程度は駐停車車両が発生しない措置が必要である。

プラットフォーム前方に駐車車両がある場合は、正着した状態からハンドルの操舵角240度以上で出発させると、バス車両のオーバーハングがプラットフォームを越えてしまう（**図－9**）。プラットフォームに柵が設置している場合など、プラットフォームとバス車体が接触しまい、出発できない可能性があることを示している。一方、ハンドルの操舵角が120度の場合は、このような状態は発生しない。操舵角120度でバスを出発させた場合、乗用車から幅2.0m離れるためには、プラットフォーム側面から10m程度走行する必要がある。そのため、前方10m程度は駐停車禁止とする必要がある。ただし、想定する駐車車両や使用するバスにより条件は異なるため、周辺環境を踏まえて駐停車区域を設定する必要がある。



図－8　プラットフォーム手前の駐車車両の影響



図－9　プラットフォーム前方の駐車車両の影響

c) 正着用カメラの夜間誘導線認識性能の確認

①検証の概要

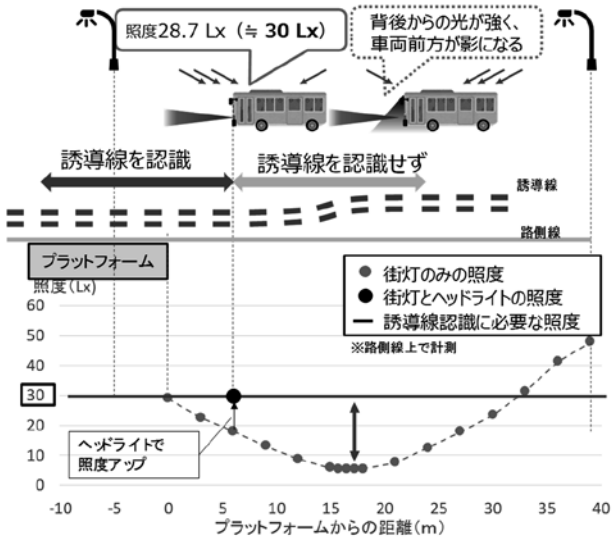
誘導線方式では、カメラが誘導線と路面の色のコントラストの違いにより誘導線を認識するため、夜間は一定程度の街灯の明かりが必要となる。テストコースにおいて街灯を設置し、市街地における夜間のバス停周辺の明るさ（照度）を再現し、公道において夜間環境で正着制御を行うために必要な照度を確認した。

写真－3　夜間の実証実験の様子

②検証結果

検証の結果、通常の街路の明るさでは、街路灯と街路灯の間の区間に誘導線を認識できない区間が存在す

ることがわかった。また、認識できない区間から手動で誘導線上を走行させると、照度が30Lxを超えた地点でカメラが再び誘導線を認識した。実際の公道では時間が経過すると誘導線がかすれるなど環境も厳しくなるため、より安全性を担保するためには、街路灯で30Lxを確保する必要があると考えられる。

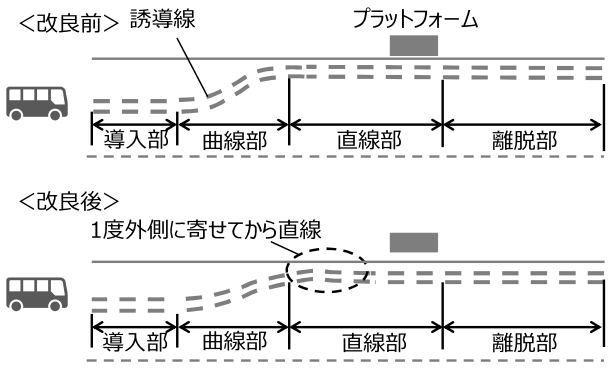


図－10　夜間の認識性能評価の結果

d) 誘導線の形状に関する改良効果の確認

①検証の概要

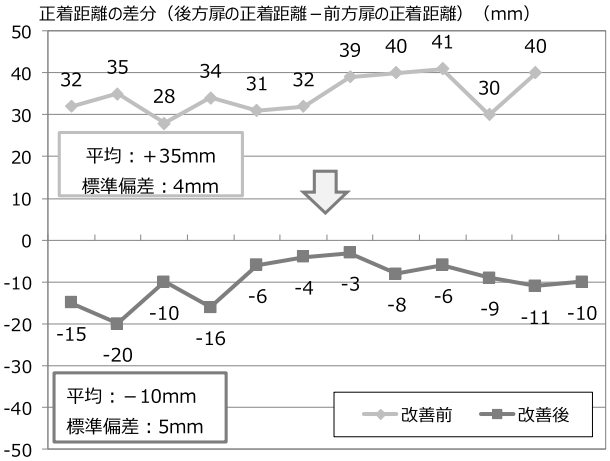
検証の最初の段階では、図－11に示す改良前の誘導線の形状を用いていたが、図－6に示すとおり、前方扉と比較して後方扉はプラットフォームへ十分寄せ切れていないことが確認された。そのため、誘導線の直線部を一度外側に寄せてから直線とする形状に改良し、正着距離の改善状況を検証した。



図－11　誘導線の構成（上段改良前、下段改良後）

②検証結果

検証した結果、改善後の誘導線では、前扉と後扉の正着距離の差が小さくなり、正着距離が改善することを確認した。



図－12　前後扉正着距離の差の改善前後比較

4 正着機能に対する利用者意識の把握

モニターを募集し、テストコースにおいて正着制御の試乗会を開催し、試乗会後に、アンケート形式による正着機能に対する意識調査を行った。

(1) 検証項目

モニターが感じる正着機能の効果や正着機能に対するニーズ等を確認した。

(2) 検証結果

a) 正着機能に対する導入効果とニーズの検証

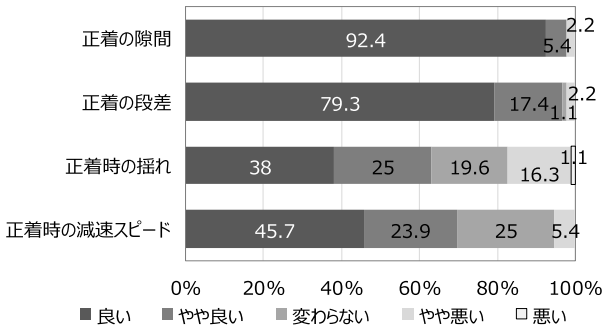
①検証の概要

東京臨海部の大規模駐車場内に、正着制御を体験できる仮設のコースを設置し、試乗会を行った。試乗会では、募集したモニターに正着機能を体験していただいた上で、正着機能や誘導線に関する意識についてアンケート調査を行った。本調査のモニターは、調査会社の登録モニターの中から性・年齢階層等の属性が偏らないように、全体で92名を選定した。

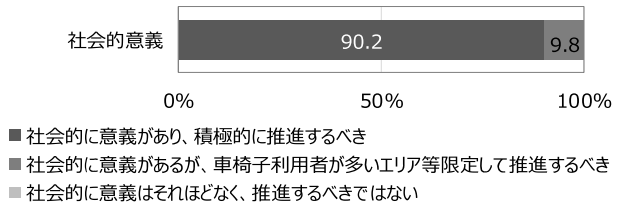
アンケート調査では、正着制御時のバス車両とバス停の間の隙間や段差、正着制御時の揺れや減速スピードについて、従来のバスとの比較により評価していただいた。

②検証の結果

正着時の揺れや減速スピードが「やや悪い」と回答した方が一部いたが、全体的には、「良い」「やや良い」と回答した割合が高かった。また、社会的意義に対する意識は、積極的に推進すべきとの意見が90％との回答が得られた。このように正着機能については、前向きに効果や意義を実感する方が多いことがわかった。



図－13　従来のバスと比較した正着制御の評価



図－14　社会的意義に対する意識

b) その他意見

その他、自由回答で得られた意見について主要なものを整理した。モニターからは、「事前に想像していたよりも精度が高い」「ベビーカーで非常に乗降しやすい」「このようなサービスが身近にあれば、外出しやすくなる」などの前向きな意見が多かった。一方で、一部の方からは、「誘導線区間に入るときのバスの横揺れが気になった」「駐停車、落下物などの対策が心配であり、バス専用道が必要ではないか」などの意見もいただいた。

表－1　アンケート調査におけるその他意見

No	意見
1	このようなバスがあるならもっと乗りたい。安心、安全面でも期待値が上がった。
2	想像していたよりも精度が高い。
3	ベビーカーでも非常に乗り降りしやすい。車両とプラットフォームの隙間が電車と同じくらいで、重いベビーカーでもバスを利用しやすくなる。
4	車イスを利用していた頃、上り下りが不安で外出したくないと思った経験もあったが、このようなバスが身近にあれば外出しやすくなると思った。
5	誘導線の区間に入る際、横揺れが気になった。
6	違法駐車やゴミ、落下物などの対策をどうするか検討すべき。バス専用道も必要ではないか。

5 社会実装に向けた整理

誘導線方式の正着制御バスの社会実装に際しての課題、適地を整理し、無人自動運転交通サービスの今後の検討を考察した。

(1) 導入に際しての課題の整理

a) 誘導線等の維持管理

路線バスは、民間事業者が運営していることが多く、導入した地域では、路面に設置する誘導線の維持管理（落葉･汚れ対策、降雪時の対応、線の更新等）をどのように分担するかを明確にする必要がある。また、バス停周辺に街路樹があると、街路樹の枝と車体が接触し、正着することができないため、街路樹を定期的に剪定することが必要である。

b) 駐車車両対策

一般車も走行する道路で運用する場合は、誘導線設置区間に駐停車が発生すると、正着制御が難しくなる。そのため、導入に際しては、効果の高い駐車車両対策を合わせて実施する必要がある。

c) 道路空間へのインフラ整備

誘導線やプラットフォームは、法定線等の路面表記や歩道の街路樹の存在、歩道幅員の制約など既存の道路の状況によっては、整備することが難しいことも想定される。特にプラットフォームを歩道に設置する場合、歩行者の通行の妨げになる可能性もある。そのため、インフラ形状の工夫、道路空間の再配分など場所に応じた整備を行う必要がある。

d) 社会的な認知度の向上

プラットフォームは歩行者の通行に影響する可能性がある。また、普及させていくためには、正着機能の効果や意義を実感してもらう必要がある。そのため、効果や意義を体験できる場（部分的導入、試乗会等）を設け、PR活動を行っていく必要がある。

e) その他

誘導線の導入部では、誘導線とバス車両の中心が一致するようにハンドル操舵が行われる。バス車両中心と誘導線が離れた位置で誘導線区間に入ると、ハンドル操作による横揺れが発生する。そのため、乗客の安全性・快適性の確保に向けた運転手の訓練も必要となる。

（2）社会実装の適地の考察

正着制御に必要なインフラ要件は、以下のように整理される。

表－2　正着に必要なインフラ要件

項目	内容
プラットフォーム	・バスの床の高さに合わせた 15～30cm の高さ ・車いす、ベビーカーがすれ違い可能な幅と乗降するためのスロープ ・バスが接触した場合に安全性が確保可能な構造と緩衝材
誘導線	・薄緑色 ・二重ドット線（カメラが線を認識するための仕様） ・運行速度や道路幅員等に応じた線の長さ
街灯	・夜間正着するために、誘導線付近で 30Lx 確保できる街路灯

プラットフォームの設置を前提とすると、幅員が比較的広い道路が必要となる。また、ARTは、定時性・速達性の確保が前提となるため、右左折車両の影響が小さい多車線道路か、専用レーンで運用を行うことが望ましい。

そのため、比較的広幅員の道路が整備されている大都市部や地方都市の中心市街地の幹線道路に導入することが考えられる。

（3）今後の検討課題

a) 自動運転技術の導入を支援する道路運用

内閣官房の自動運転のロードマップによると、路線バス等の無人自動運転移動サービスの開始後も、一般道は、当面、手動運転の自家用車と混在した状況が続くことが想定される。

誘導線方式の正着制御技術は、初期の技術であり、将来的には、無人自動運転移動サービスへと移行できるように導入を進めていくことが望ましい。

正着制御技術の導入に際しては、一般車両が走行する路線では、短い周期での誘導線管理が要求されること、駐車車両対策を実施する必要が生じること等から専用レーン等による運用が望ましいと考えられる。しかし、我が国の都市部では一定程度の道路整備が進んでおり、新たに全面的な専用レーンを有する路線の整備は困難な場合も多く、既存の道路空間の有効活用が重要となる。

海外の都市の中には、既存市街地に専用空間を伴うBHLS（バスハイレベルサービス）等を導入する際に、既存インフラを柔軟に運用することで、安全安心な交通サービスを実現している。例えば、同じ誘導線方式の正着制御技術を導入しているフランスのルーアンは、狭隘な道路が多い中心市街地であり、誘導線を設置するバス停前後の区間では車線を従来よりも狭くし、その分を歩道や停留所の空間に充当、確保する工夫がされている。自動運転の技術を活用することで、公共交通の専用の空間が創出されている点も、今後の我が国のまちづくりに参考となる。

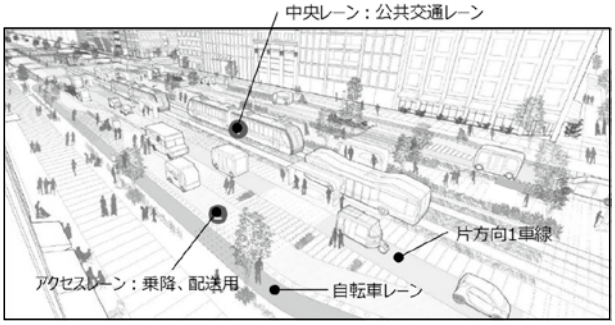
都市部における自動運転技術の導入に際し、まずは、沿道や地域との合意形成を進めながら既存インフラの柔軟な活用を行い、自動運転の初期の技術として正着制御技術を導入し、段階的にレベル4の無人自動運転移動サービスに移行することがプロセスとして考えられ、このような既存インフラの柔軟な活用方法や導入へのプロセスを検討していくことが課題である。

b) 自動運転技術から自動運転社会へ

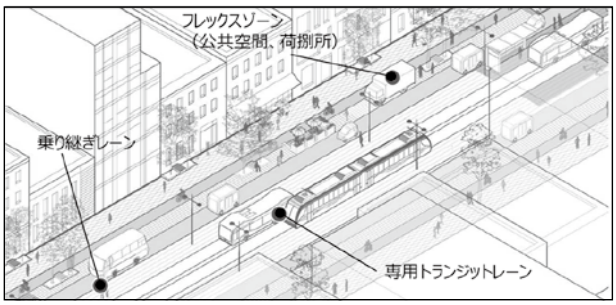
将来の無人自動運転移動サービスへ移行する際には、従来の車両とは特徴が異なるため、サービスに応じたインフラの活用を検討することが重要である。

米国のNACTO（National Association of City Transportation Officials）は、「BLUEPRINT FOR AUTONOMOUS URBANISM」で、人や公共交通利用中心のまちづくりを推進し、新たなモビリティシステムが都市に実装されたときにあるべき街路空間の姿

をビジョンとして提案している。この中で、大通り、トランジットストリート、ダウンタウンストリート、居住地近隣のメインストリートなど、道路の機能ごとに、道路空間の姿と、各通りのコンセプトを提案している。



図－15　NACTOが描く街路の将来像（大通り）
（出典：BLUEPRINT FOR AUTONOMOUS URBANISM（NACTO））



図－16　NACTOが描く街路の将来像
（主要なトランジットストリート）
（出典：BLUEPRINT FOR AUTONOMOUS URBANISM（NACTO））

自動運転技術について、市民の理解を深め、より実効性のある施策に昇華させていくためには、このような、自動運転技術の特徴を踏まえ、街や普段利用する道路がどのように生まれ変わるのか、どのような生活が実現されるかといった、まちづくりのビジョンを提示していくことが重要である。

日本では、道路幅員が狭い道路が多い、車線数が少ない道路が多い、鉄道を中心としてまちづくりされている都市が多いなど、アメリカとの違いも多いため、NACTOで整理した将来像をそのまま適用することはできないと考えられる。そのため、日本の道路状況や地域特性、将来の自動運転車両の特徴などを踏まえつつ、将来自動運転が実装された街路空間の姿をビジョンとして取りまとめていくことが大切である。

過渡期には、非自動運転車両と自動運転車両が混在する状況が想定されるため、将来ビジョンに導くタクティカルな交通戦略も重要となる。道路空間のリデザイン、駐車空間のあり方、路肩のあり方、交差点のデザインや交差点の運用等、自動運転社会実現のためにハードとソフトが一体となった施策も課題である。

6 まとめ

ARTの要素技術の一つである正着制御の社会実装に向け、プラットフォームや誘導線に関する技術的検証と道路利用者等が感じる正着機能の効果や意義を整理した。その上で、今後、社会実装に際して検討すべき課題や実装の適地、今後の検討課題を考察した。今後、他国の動向や我が国の特徴の検討を踏まえて、将来想定されるモビリティ像を整理し、自動運転社会のまちづくりについて検討を進めていきたい。

最後に、本稿は、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）より当研究所が受託した「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）/自動走行システム/大規模実証実験/次世代都市交通のうち次世代都市交通システムの正着制御に係るインフラ要件に関する研究開発」で検討した結果に、研究開発報告として著者らの考察を加えて書き起こしたものである。研究開発にあたって、内閣府SIP自動走行システム担当、NEDOロボット・AI部、日野自動車株式会社、トヨタ自動車株式会社の関係者のみなさまには、委託業務において実証実験等に関する多大なるご協力をいただき、打合せ等での議論等を通じて多くの示唆を頂きました。末筆ながら謝意を表します。

参考文献

1）戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）　自動走行システム推進委員会　次世代都市交通WG資料，内閣府
2）高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議　第5回会議資料，内閣官房
3）National Association of City Transportation Officials（2017），BLUEPRINT FOR AUTONOMOUS URBANISM

英国の事業評価手法について
～ワイダーエコノミックインパクトを中心に～

Project Evaluation for Transport in UK

樋野誠一[1]　田中啓介[2]　知野孝祐[2]　山本恭子[3]
By Seiichi HINO, Keisuke TANAKA, Kosuke CHINO and Kyoko YAMAMOTO

1 はじめに

我が国の交通投資の費用便益分析は、道路事業の場合、時間短縮、走行経費減少便益、事故減少便益の確度の高い限定的な項目で評価される。これに対して、英国運輸省では伝統的な費用便益分析に加えて「経済」「環境」「社会」の多様な視点での評価を行っている。これらの項目は、交通分析ガイダンス（Transport Analysis Guidance、TAG：以下ガイダンスと記す）と呼ばれるマニュアルによって評価される。ガイダンスは2013年に初めて公開され、改定を経て、2018年5月に最新版が公表された。

ガイダンスのうち「経済」評価は「ワイダーエコノミックインパクト」（より幅広い経済的影響）と称され、伝統的な費用便益分析以外のいわゆる外部効果に着眼した評価を行う。本稿では、ガイダンスとワイダーエコノミックインパクトの特徴について紹介する。

本稿の執筆にあたり、英国運輸省のガイダンス作成担当者、ロンドン市交通局の新設路線整備事業担当者、英国運輸省の高速鉄道整備担当者、2009年当時のガイドライン作成に携わったケンブリッジに所在するコンサルタント社へのヒアリングを2018年10月に実施した。以下はヒアリングから得られた情報を踏まえて整理する。

本稿の構成は以下の通りである。第2章はガイダンスの構成と評価方法について示す。第3章はワイダーエコノミックインパクトの概要と適用条件について整理する。第4章は以上を踏まえたまとめを示す。

写真－1　英国運輸省のヒアリング風景

2 交通分析ガイダンス

(1) ガイダンスの構成

ガイダンスは、交通投資の資金調達の意思決定にかかる、投資対効果検討書の作成の支援を目的としている。ガイダンスは評価（Appraisal）ガイダンス（原文ではAガイダンスと示される）と、モデル（Model）ガイダンス（原文ではMガイダンスと示される）に分けられる。

Aガイダンスは、A1.伝統的な費用便益分析、A2.ワイダーエコノミックインパクト、A3.環境インパクト（騒音、空気質、風景等を評価）、A4.社会・分布インパクト（地域分断等の社会への影響評価）、A5.個別機関評価によって構成される。A2.ワイダーエコノミックインパクトは第3章に詳述する。

Mガイダンスは、主に交通モデルの構築方法についてM1～M5として示される。M1.モデル原則、M2.需要予測、M3.配分モデル、M4.予測、M5.応用モデルである。このうち、最新ガイダンスでは、M5.3として交通改善による土地利用の変化を分析する「補足的経済モデル」が加えられた。その詳細は第3章（3）に示す。

(2) ガイダンスの構成

英国財務省は、公的支出1ポンドの厚生最大化を目的として、公的支出の効率性を評価するグリーンブックを公表した（初版2013年、最新版2018年）。英国交通省は、交通支出の投資基準についてグリーンブックに従う必要があるため、最新のエビデンスに沿って交通分析ガイダンスを作成した（初版2013年、最新版2018年）。

交通投資の投資妥当性を調査する報告書は、次表

[1]交通・社会経済部門　グループマネジャー　[2]交通・社会経済部門　研究員　[3]交通・社会経済部門　主任情報員

5つの視点で整理される交通投資評価報告書（原文はTransport Business Case）にまとめられ、大臣に提出される。

表－１　投資評価報告における事業評価の視点

視点	内容
1.戦略ケース	交通投資が幅広い公共政策の目的に合致しているかを示す。
2.経済ケース	交通投資の金銭価値（Value for Money；VfM）を示す。
3.商業ケース	交通投資が商業的に実行可能かを示す。
4.財務ケース	交通投資が財務的に適切であるかを示す。
5.管理ケース	交通投資が経営として達成できるかを示す。

このうち、2.経済ケースは、金銭価値（Value for Money、VfM）で評価される。VfMは費用便益分析などによって貨幣単位で評価され、その具体の算定方法を示すマニュアルが、交通分析ガイダンス（TAG）である。また、第3章で後述する、エコノミックナラティブ（事業実施地域の経済状況報告）は、1.戦略ケースに示されるとヒアリングでは回答を得た。

1）金銭価値（VfM）による評価項目と評価方法

VfMの評価項目は、評価手法の信頼性に応じて**表－2**の①から④の４グループに分けられる。

①「確立された金銭的影響」は、伝統的な費用便益分析の項目である「時間短縮」「走行経費」「事故」に加えて、「騒音」「大気質」「温室効果ガス」「旅行の質」「身体的活動」「財政影響（間接税収）」の評価項目によって構成される。これらは算定方法の確度が高い“Initial B/C”（初期B/C）として位置付けられる。我が国ではB/Cを3便益（時間短縮、走行経費、事故）のみで評価していることと比較すると、英国は多様な項目を考慮していることが特徴である。

②「進化中の金銭的影響」は、①よりも算定方法が確立されていない評価項目によって構成され、“Adjusted B/C”（調整されたB/C）として位置付けられる。**表－2**中の「集積経済」、「不完全競争市場での生産増加」、「労働供給増加の税収増加」は、A2.ワイダーエコノミックインパクトで計測される項目である。③「示唆的な金銭的影響」、④「非金銭的影響」はそれぞれ金銭指標、非金銭指標の項目であり、“Initial B/C”および“Adjusted B/C”には含めない。

表－２　金銭価値（VfM）の項目は多岐にわたる

影響区分	レベル１ ①確立された金銭的影響	レベル２ ②進化中の金銭的影響	レベル３ ③示唆的な金銭的影響	④非金銭的影響
B/C区分	Initial B/C	Adjusted B/C	B/Cの感度分析（スイッチングアプローチ）	
評価項目	時間短縮 走行経費 事故 身体的活動 旅行の質 騒音 大気質 温室効果ガス 間接税収	時間信頼性 集積経済 不完全競争市場での生産増加 労働供給増加の税収増加	 働き先の変更 誘発投資 補足的な経済モデル	安全 分断 アクセシビリティ 街並み 歴史 環境 景観 生物多様性 水環境 住みやすさ サービスへのアクセス オプション価値 非利用価値

（出典：Value for Moneyフレームワーク、2017年7月）

③「示唆的な金銭的影響」は、例えばB/Cが1.8のときに2.0になるために（VfMのカテゴリーが変更されるために）、便益が0.2高まるにはどのくらい土地利用が変更されなければならないかの感度分析を示すために活用される。土地利用の変更は、第3章（3）で後述するM5.3の補足的な経済モデルが適用される。

④「非金銭的影響」は、定性的項目であり、7段階（極めて有益・適度に有益・やや有益・中立・やや不利・適度に不利・極めて不利）で評価される。

金銭評価された“Initial B/C”または“Adjusted B/C”は、VfMカテゴリーとして6つに区分される（とても高い;4≦B/C、高い;2≦B/C<4、中間;1.5≦B/C<2、低い;1≦B/C<1.5、貧弱;0<B/C<1、とても貧弱;B/C≦0）。英国では、事業承認のための正式なB/Cの基準はなく、たとえVfMカテゴリーが「とても貧弱」でも、非金銭指標が無視できない重大な影響が示されれば、その事業は考慮される。最終的な投資判断は運輸大臣と投資委員会によって評価される。我が国の採択では費用便益分析（3便益）が1以上であることが事業採択の必要条件であることが英国と異なる点である。

2) 評価総括表（AST）

上記**表－2**に示される各評価項目は、評価総括表（Appraisal Summary Table：AST）の名称で一覧表の形式で整理され、事業採択の判断に活用される。AST表ではB/CやVfM等の総合評価指標は示されない。また、AST評価の各項目で重み付けはしていない。

運輸省へのヒアリングによると、ASTは交通投資評価報告書（ビジネスケース報告書）とともに、意思決定者（閣僚と投資委員会）に提出されるが、意思決定において正式に規定された機能はASTにはなく、AST自体は最終的な意思決定ではめったに参照されないとのことである。むしろ、B/C等のVfMが記載されており、非公開の交通投資評価報告書（ビジネスケース報告書）が影響するとのことである。

評価は、地方自治体、運輸省、交通機関、都市地域、運輸省関係機関（Network RailやHighway Englandなど）などの各事業主体の責任で行い、提出された内容については、手前味噌にならないよう、運輸省が精査するとのことである。

3 ワイダーエコノミックインパクト

(1) 計測の意味と改定経緯

交通投資の便益計測における重要な前提は、市場が完全競争である場合（市場の失敗がない場合）、帰着便益であるワイダーエコノミックインパクトは生じないということである。つまり、交通投資による外部効果の純増あるいは純減は国民経済的にはプラスマイナスゼロであり、直接便益だけ計測すれば良いことになる。

逆に、市場が不完全競争である場合（市場の失敗や歪みがある場合）、交通投資の効果は交通市場だけでなく経済全般に広く影響する。これを外部効果といい、外部効果が生ずる場合は、A1.費用便益分析で計測される直接便益以外の追加の便益（不便益）を捉える必要がある。

英国では交通改善の効果を捉えるために、1970年代から伝統的な費用便益分析（Cost Benefit Analysis, COBA）が適用されてきた。しかし、外部効果が生ずる場合、伝統的な費用便益分析の適用では不十分であるとして、1999年のSACTRA（幹線道路の評価に関する諮問委員会）において外部効果の評価検討が始まり、2005年の運輸省レポートにおいて、集積、不完全競争、労働供給の影響を捉える現在のガイダンスの原型を公表した。

2013年10月には、交通分析ガイダンス第1版を公表し、その一項目にワイダーエコノミックインパクトが示された。2014年12月には、ガイダンスの作成に携わった学識者から、A2.ワイダーエコノミックインパクトに対する課題が指摘された。具体的には、英国内のあらゆる事業にワイダーエコノミックインパクトが適用されたことによって、効果の積み増しの過大推計の問題が生じたため、効果が見込まれる事業にのみワイダーエコノミックインパクトを適用すべきであることを指摘した。その指摘を踏まえ、運輸省はガイダンスの見直しに着手し、2016年9月に更新ガイダンス案を公表し、2017年12月に、更新ガイダンスを公表する前の利害関係者への意見照会（パブリックコメント）を実施し、意見照会の質問に対する解説が公表された。以上の手続きを踏まえ2018年5月に改定版ガイダンスが公表された。英国では議論を通じて頻度高くガイダンスが改良されている状況にある。

(2) 評価の項目

2018年改定版ガイダンスにおけるA2.ワイダーエコノミックインパクトは、集積経済、生産増加、税収増加、誘発投資の4項目で構成される。このうち誘発投資が改訂版において新たに加わった項目であり、それ以外は2013年版から変更はない。これらの効果項目は、任意に加えてよい項目ではなく、経済モデルから理論整合的に導出される効果である。以下では各項目の特徴を示す。効果導出の証明は2016年の当研究所所報（IBS Annual Report 研究活動報告2016）を参照されたい。

1) 集積経済

集積経済とは、交通投資により企業集積やカバー圏域が拡大し生産性が向上することによるGDPの増加効果をいう。

$$\text{集積経済} = \text{パラメータ} \times \text{有効密度} \times \text{GDP} \qquad (1)$$

である。ここで、有効密度とは下式で示され、いわゆるアクセシビリティ（交通利便性）の意味を持つ。

$$\text{ゾーン}i\text{有効密度}=\sum_{j}(\text{ゾーン}j\text{人口}/\text{ゾーン}i\text{からゾーン}j\text{までの所要時間}) \quad (2)$$

パラメータは英国のデータに基づき、メタ分析を経た学術研究より得られるエビデンスから設定される。

2) 不完全競争市場における生産増加

不完全競争市場における生産増加とは、輸送費の減少により製品価格が低下することで生産が増加し、不完全競争企業の余剰が増加する効果である。英国ガイダンスでは下式で計測する。

$$\text{生産増加}=\text{利用者便益のうちの業務目的分}\times 10\% \quad (3)$$

3) 労働供給・労働者の移動から生じる税収増加

労働供給・労働者の移動から生じる税収増加とは、交通投資により通勤時間短縮が労働時間に振り替わることや、生産性の高い地域に通勤先が変更することで、所得が向上し税収が増加する効果を捉える。所得増加そのものは機会費用としてA1.費用便益分析で考慮している効果であるためA2では見なくてよい。税収増加は下式で計測する。

$$\text{税収増加}=\text{所得税率}\times\text{通勤時間短縮によるGDP増額}+\text{法人税率}\times\text{通勤先変更によるGDP増額} \quad (4)$$

通勤先変更は、交通土地利用モデル（Land Use Transport Integratedモデル）を用いて推計するが、信頼性が低いことと、モデルの適用は追加的な調査費用を要するため、通常は計測しない。

4) 誘発投資

誘発投資は、交通投資から生ずる誘発的、追加的な開発による地価増加を捉える。また、沿線開発による交通混雑の不経済を考慮する。しかし、この項目は、2018年版から追加された新項目であり、詳細式は明確でなく、実際の適用例もない。地価上昇効果は、上述した他の項目とダブルカウントにはならないとの運輸省の回答である。

(3) 効果計測時の要件：エコノミックナラティブ

2018年5月に改定されたA2.ワイダーエコノミックインパクトでは、旧版ガイダンスには無かった「エコノミックナラティブ」（経済的記述）を示す必要があるという重要な変更点がある。「エコノミックナラティブ」とは、交通投資によってワイダーエコノミックインパクトが生ずる実現性を物語によって記述することである。

例えば、雇用効果の経済的記述（エコノミックナラティブ）は下表の問いがガイダンスに示され、雇用効果を示す事業は事前に下記の問いに答える必要がある。

表－3　雇用効果の計測時に答えるべきエコノミックナラティブ

- 交通投資は雇用効果を持つと予想されるか？
- もしそうなら、どのような影響が生ずると予想されるか？これらは、国家レベルで追加される予定か？
- 雇用効果計測を正当化するために、交通投資によって雇用効果が発生するメカニズムは何か？
- 交通投資の結果として企業が追加的に労働者を雇用するという証拠は何か？
- 勤務先が変わると予想される場合、生産性への影響があるという証拠は何か？
- 期待される雇用効果は利用者便益によって既に捉えられていないか？
- 利用者利益の他に社会的価値の影響を与える市場の失敗が存在するか？市場の失敗の存在を証明するためにどのようなエビデンスを示すことができるか？

（資料：交通分析ガイダンスA2.3雇用効果）

運輸省へのヒアリングによると、エコノミックナラティブの具体例は、例えば雇用効果を言う場合、その地域には当然失業が存在していることを示す必要があるというものである。事業地域に失業率がゼロであるにも係わらず、雇用効果を示せば効果の上積みとなる。そして、地域のどの企業が雇用するか、どんな技能を持った人が必要とされるかなど、効果の確からしさを具体的に記載する必要がある。経済的記述の妥当

性は手前味噌にならないよう、運輸省が内容をチェックする。ここから判断して、エコノミックナラティブとは「地域経済状況報告」という意味と理解できる。

これまでのガイドライン策定に携わったコンサルタントのデービッドシモンズ氏によると、エコノミックナラティブを記載する理由は「ワイダーエコノミックインパクトは機械的に適用できるものであり、全ての事業で計算できるものである。この結果、英国内事業で濫用が相次ぎ、2016年にガイダンスの修正を行った。エコノミックナラティブでは、なぜそのような外部効果が生ずる可能性があるかの記述的説明を要件としている」との回答である。

ヒアリングを実施した2018年10月時点では、エコノミックナラティブの適用事例はまだ存在しないとのことである。ロンドン市交通局によると将来、新設される地下鉄クロスレール2が最初の例になるのではないかとの発言があった。

(4) M5.3補足的な経済モデル

表－2のレベル3：③示唆的な金銭的影響で適用される土地利用変化を捉える枠組みについて示す。

1) 土地利用の変更を捉えるモデル

A2.ワイダーエコノミックインパクトのレベル3の分析では、交通投資による土地利用の変化がVfMに与える影響を感度分析する。例えば、B/Cが中間カテゴリーの1.8のときに高いカテゴリーの2.0に変更されるために、便益を0.2加えるには土地利用がどのくらい変更されなければならないかの程度を示すために土地利用モデルが活用されることになる（これをスイッチングアプローチという）。

土地利用の変化は、M5.3「補足的な経済モデル」におけるLUTI（土地利用交通統合）モデルまたはSCGE（空間一般均衡）モデルによって算定される。式（2）の有効密度において、交通投資によって分母の所要時間が変化する影響がレベル2であり（ガイダンスでは静的集積と呼ぶ）。土地利用が変化することによって、分子の雇用者数が変化する影響がレベル3（ガイダンスでは動的集積と呼ぶ）と意味づけられる。

2) モデルの選定指針

交通投資に伴う土地利用の変化を捉えるモデルは、LUTIモデルかSCGEモデルの何れかによって分析されるが、どのモデルが適切かについて、英国運輸省の見解は「モデル適用の唯一の方法はなく、様々な方法が適用可能であるとしている。またLUTIとSCGEモデルは、運輸省は開発しておらず、事業主体の所有物である。これらのモデルの公表を義務づける権限を運輸省は有せず、これらのモデルを開発するコストは実際には非常に高く、100万ポンドを上回る可能性がある。これらのモデルは不確実性が高く、頑健な経済的評価のための必要条件ではない。したがって、これらのモデルからのアウトプットは“Initial B/C”または“Adjusted B/C”には含めていない」との回答を得た。過去のクロスレール1の評価では、デービッドシモンズ氏作成の土地利用（LUTI）モデルを適用し、人口移動の影響（動的集積）を評価していたが、最新の評価では土地利用の変化は考慮していない。

4 ケーススタディ

A2.ワイダーエコノミックインパクトの適用例として、ロンドン市の新設地下鉄であるクロスレールの整備事例を示す。

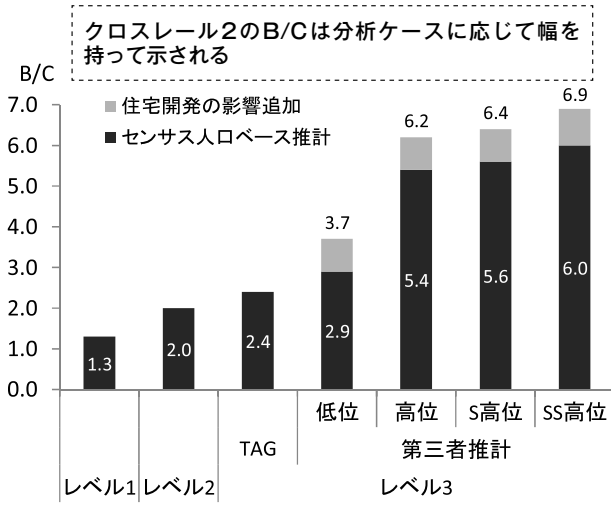
(1) クロスレール概要

ロンドン市の人口は増加傾向にあり、住宅不足が問題となっている。ロンドン市内のオリンピック会場跡地やロンドン市郊外は住宅開発が進んでいる。新設地下鉄の整備目的は、ロンドン市地下鉄の混雑緩和と、既存地下鉄を交差（クロス）することによる利便性向上にある。クロスレール1（2016年にエリザベス線と正式命名）は2018年12月に部分開業し、西のヒースロー空港、シティ、東のドックランズの主要ビジネス街を直結する。対して、クロスレール2はロンドンを南北に走る地下鉄である。

(2) 評価結果

クロスレール2の事業評価では、地下鉄整備と住宅開発をセットにした幅広い便益を考慮して評価を行っている。住宅開発と合わせた評価は、事業の妥当性を政治家に説明する際に大きな役割が期待されると交通局の発言である。

図－1に示す通り、B/Cは様々な住宅開発ケースで



図－１　クロスレール２のケース別費用便益比

幅を持って評価している。上図の例では、レベル１(B/C=1.3) とレベル２(B/C=2.0) の差がワイダーエコノミックインパクトの効果であり、レベル２とレベル３(B/C=2.4) の差が土地利用変更の効果である。クロスレール２の経済的背景はエコノミックナラティブとして戦略ケースに記載されるとのことである。

5 まとめ

英国の交通投資の評価方法は、我が国の費用便益分析マニュアルで示される３便益以外の経済、環境、社会の様々な項目を考慮し評価している。B/Cの評価項目の信頼度に応じて、分析のレベルを変えている点に特徴がある。また、ガイダンスの作成は、英国運輸省、大学、コンサルタントの産官学の共同作業となっており、専門家の指摘に応じて高い頻度でガイダンスの更新修正を行っている。効果の算定に用いる式やパラメータ係数は、経済学者らの積極的な関わりが見られ、学術研究から得られるエビデンスに基づき算定している。

経済的記述と呼ばれる地域経済状況報告では、追加的な効果が期待される事業に対してのみワイダーエコノミックインパクトを推計できる。この理由は、ワイダーエコノミックインパクトは機械的に適用できるものであり、適用しようと思えば全ての事業で計算できるものであるため、英国内事業で濫用が相次ぎ信頼性が失われたためである。最新のガイダンスに基づけば、大都市において集積効果が期待できる地下鉄事業や、都市間をつなぐ高速新幹線などの大規模事業がワイダーエコノミックインパクトの評価対象となるものと予想される。

ワイダーエコノミックインパクトは簡易な算定式および少ないパラメータにより効果算定できる点において実用性があり、事業間比較などの活用に有効性がある。また理論的には経済モデルの一般均衡体系から導出され、理論整合性、妥当性、簡便性が確認されている。よって、我が国においても、事業評価の体系やプロセス、評価項目について、英国のような展開の方向性があるのではないだろうか。また、多様な関係者の関わりのもと、時々の社会動向を反映し、マニュアルを更新修正すべきであろう。

謝辞：本稿は、国土交通省国土技術政策総合研究所の業務成果および当研究所独自の英国ヒアリング成果を整理したものである。本稿のまとめにおいては関係各位に感謝申し上げる。

参考文献

1）Department for Transport, Transport Analysis Guidance, 2018.5.
2）HM Treasury, The Green Book, 2018.3.
3）Department for Transport, The Transport Business Cases, 2013.1.
4）Department for Transport, Value for Money Framework, 2017.7.
5）Department for Transport, Transport, Wider Economic Benefits, and Impacts on GDP, 2005.7.
6）Graham D.J., Gibbons S and Martin, R., “Transport Investments and Distance Decay of Agglomeration Benefits”, 2009.

クルマ依存型の地方都市における鉄道の存続を目指して
～自治体・鉄道事業者・市民のアクションプログラムの提案～

Aiming for the Survival of Railways in Car-Dependent Local Cities
– Local Government's, Railway Company's, and Citizen's Action Program –

秋元伸裕[1]　鈴木弘之[2]　蛯子　哲[3]　林　健太郎[4]　関本稀美[4]　何　玏[4]　磯野昂士[4]　雨森恵理子[5]
伊藤　京[6]

By Nobuhiro AKIMOTO, Hiroyuki SUZUKI, Akira EBIKO, Kentaro HAYASHI, Maremi SEKIMOTO, Le HE, Koshi ISONO, Eriko AMAMORI and Miyako ITO

1 はじめに

全国有数の自動車社会である群馬県では、平成24年9月に、人口減少、超高齢社会における群馬県のまちづくりの取組方針である「ぐんま“まちづくり”ビジョン」を策定し、「持続可能なまちづくり」への転換を図るため、「まちのまとまりをつくり、公共交通でつなぐ」という方向性を提示した。

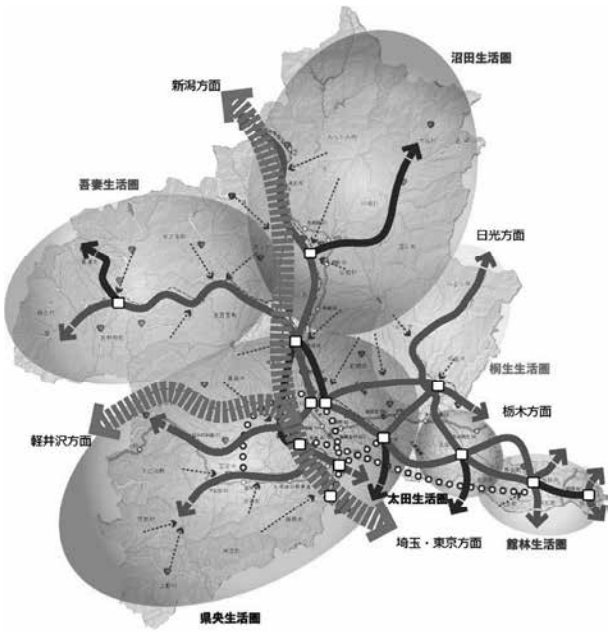
さらに、平成27～28年にかけて、全県域を対象にパーソントリップ（PT）調査を実施し、県民の移動特性の現状分析および課題整理を踏まえ、「ぐんま“まちづくり”ビジョン」の理念を実現し、多様な移動手段を確保するための実行計画として、平成30年3月に「群馬県交通まちづくり戦略」を策定した。

この、「群馬県交通まちづくり戦略」では、今後人口減少が本格化し、まちの拡散と公共交通の衰退がさらに進むことにより、自動車を使えない県民の移動手段がなくなっていくことが懸念されることから、将来にわたって県民の多様な移動手段を確保し、持続可能なまちづくりの実現を目的に、地域の実情を踏まえた施策を実行するための「アクションプログラムの策定」が明記されている。

このアクションプログラムでは、今後5年程度を目安に鉄道・幹線バス路線などの基幹公共交通の維持に向けた緊急対策として、沿線地域の特性に応じ、地方鉄道路線別に県が中心となって一体的に実施する施策を整理し、パークアンドライド駐車場、駅アクセス道路、駅前広場等のハード整備を実施するとともに、沿線地域へ利用促進に向けたモビリティマネジメントによる住民の意識醸成を図ることになっている。

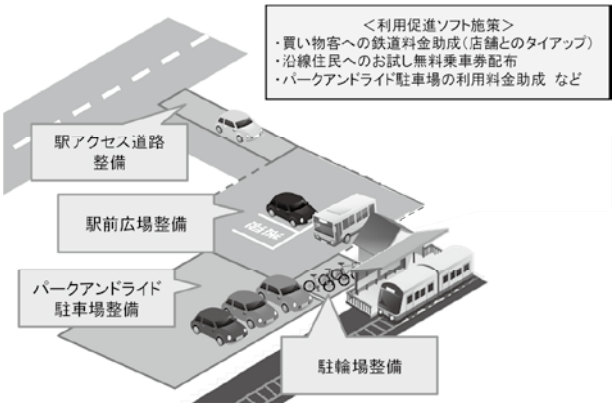
平成30年度は、JR吾妻線、JR両毛線、東武桐生線、上毛電鉄線を対象に策定され、以降2か年をかけて、県内全路線分のプログラムを策定する予定である。

本稿では、平成30年度に群馬県より当研究所が業務委託を受け、4路線を対象に策定の支援をさせていただいた、鉄道利用促進アクションプログラムのうち、主にJR吾妻線版の内容について紹介する。



図－1　将来公共交通体系図

（出典：群馬県交通まちづくり戦略（H30.3））



図－2　アクションプログラムのイメージ

（出典：群馬県県土整備部交通政策課より提供）

[1]都市地域・環境部門　担当部門長兼グループマネジャー　[2]都市地域・環境部門　グループマネジャー　博士（工学）
[3]都市地域・環境部門　研究員　博士（経済学）　[4]都市地域・環境部門　研究員　[5]都市地域・環境部門　主任情報員
[6]交通・社会経済部門　情報員

図－３　吾妻線の路線図

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

2 吾妻線と沿線地域の現況

(1) 吾妻線の位置づけ

吾妻線は、渋川市の渋川駅から嬬恋村の大前駅まで、吾妻川沿いを運行する鉄道路線であり、榛名山や浅間山、草津白根山などに囲まれた吾妻地域と県内の他地域、さらには首都圏をつなぐ役割を果たしている。

また、この地域は、草津温泉や万座温泉、四万温泉といった日本を代表する温泉地など、観光資源に恵まれているため、各駅は、県内外からの観光の玄関口としての役割も担っている（**図－3**）。

なお、現在、吾妻線と並行して、上信自動車道の整備が進められており、将来的には、吾妻地域と県央地域の自動車でのアクセス性がさらに向上することが予想される。

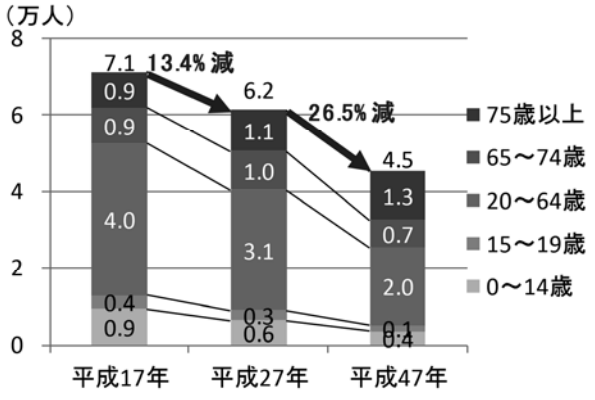
(2) 沿線人口の状況

吾妻地域は、多野地域や利根沼田地域に次いで人口減少率が高く、沿線地域（駅6㎞圏域）の人口は、平成17年からの10年間で約1万人（13.4％）減少し、特に19歳以下の人口は、約31％減と減少率が大きい。

また20年後の将来では、総人口は約1.7万人（26.5％）の減少が見込まれている（**図－4**）。

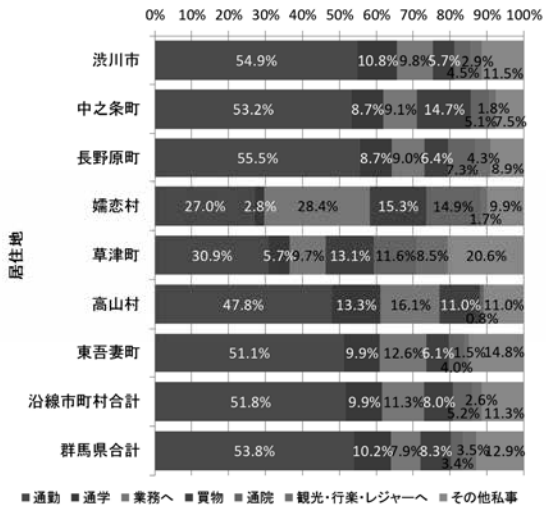
(3) 沿線地域の人の動き

PT調査から、沿線地域の人の動きを分析したところ、居住者の移動目的では、県全体と比べて通勤や通学の割合が少ない町村、通院の割合が多い町村が目立ち、吾妻地域の少子高齢化を改めて裏付ける結果となった（**図－5**）。



図－４　沿線地域の人口の推移

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

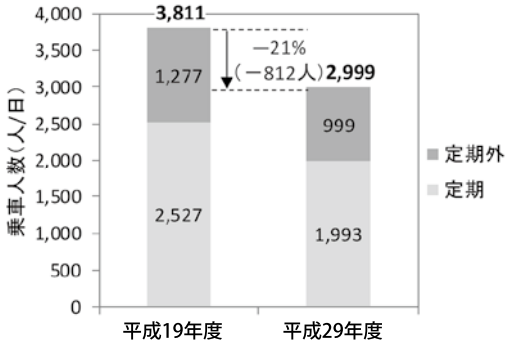


図－５　沿線地域の居住地別トリップ目的構成

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

(4) 吾妻線の利用状況

沿線地域における19歳以下の人口減少（図－4）に加え、吾妻線は通学利用が中心（図－5）であることから、地域の人口減少率を上回るペースで乗車人員が減少している。具体的には、平成19年度から29年度までの間に、乗車人員は全体で約20％減少している。

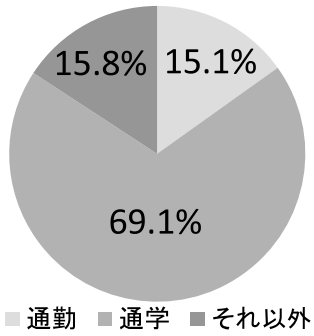


図－６　乗車人員の推移

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

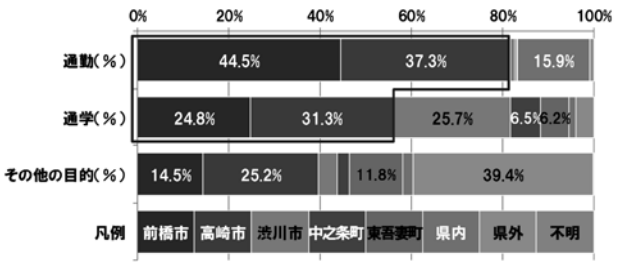
吾妻線は、１日あたり約3,000人が乗車しているが、PT調査によると、通学利用だけで約７割を占めており（図－7）、その鉄道端末交通手段は自動車による送迎利用に大きく依存していることがわかっている。

吾妻線利用者の目的別の訪問場所は、通学・通勤のいずれにおいても、前橋市・高崎市など吾妻地域外がほとんどであり（図－8）、地域に暮らしながら、学校に通い、会社で働くための重要な交通手段となっていることがわかる。



図－７　利用目的の内訳（群馬県民限定）

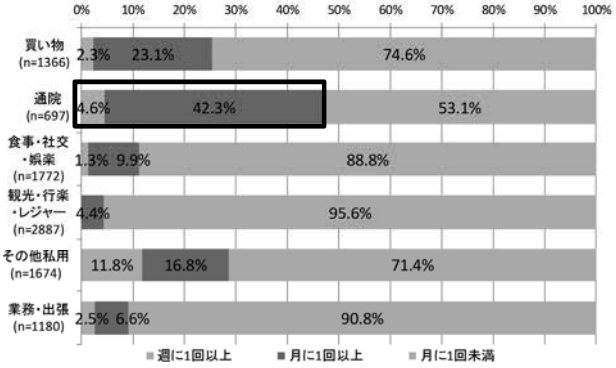
（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））



図－８　利用者の目的別訪問場所

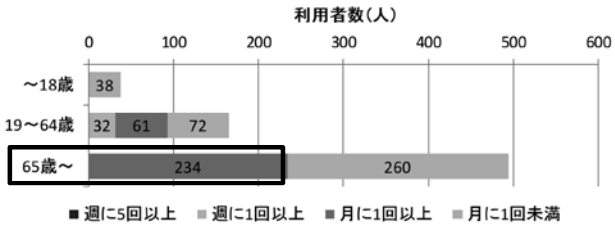
（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

通学・通勤以外では、多くは月１回未満の利用と、利用頻度は決して高くないが、週１回以上や月１回以上といった定期的な通院での利用が目立ち（図－9）、特に65歳以上では、通院に鉄道を利用している方の約半数が月１回以上の利用頻度となっている（図－10）。



図－９　通勤・通学以外の目的別鉄道利用頻度

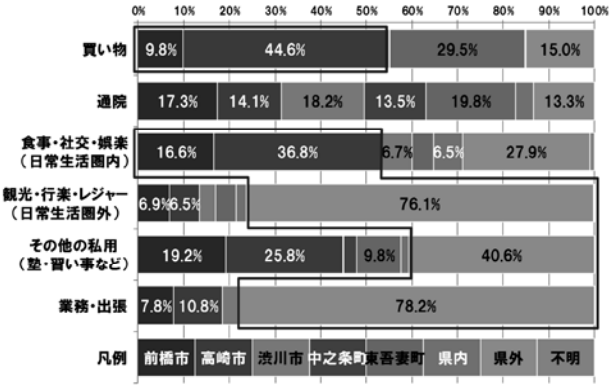
（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））



図－１０　年齢区分別通院目的別鉄道利用頻度

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

さらに、通院以外の目的での鉄道利用者についても、その多くが吾妻地域外を訪問場所としており（図－11）、吾妻線は、地域内の居住者の多くの目的における地域外への移動と、高齢者を中心とした通院目的での移動の一定の割合を支えている。沿線地域に居住する鉄道利用者にとっては、日常生活を支える上での必要性が非常に高い状況がうかがわれる。

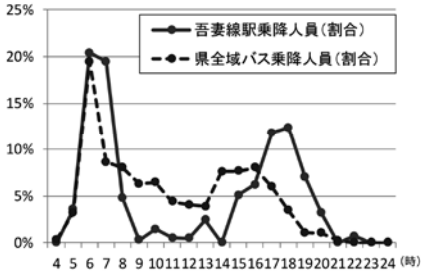


図－１１　通勤・通学以外の目的別訪問場所

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

また、PT調査のデータから吾妻線の利用時間帯分布を確認すると、利用者のほとんどが通学・通勤者であることから、同じ公共交通であるバスと比べても、より朝・夕のピーク時間帯への集中率が高く、昼間の時間帯の利用率は非常に少なくなっている（**図－12**）。

鉄道事業者が、運行の効率化のため、時間帯別の利用者分布特性にある程度合わせて運行本数（ダイヤ）を設定すると想定されることから、買物などの私事や通勤以外の業務目的などのオフピーク時の利用が少ないと、昼間の運行サービスが1時間に1本を大きく下回る水準に低下する可能性が考えられる。



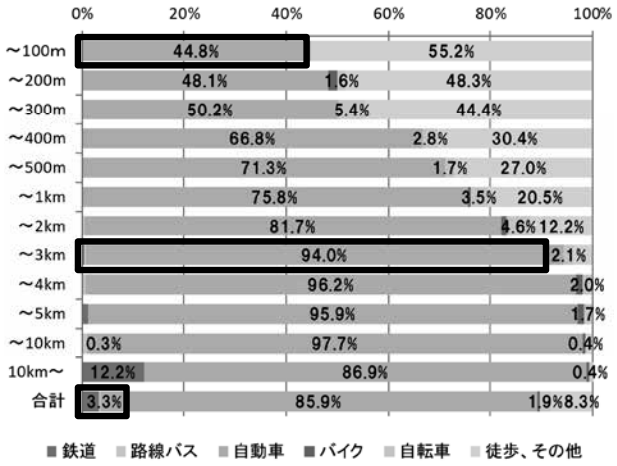
図－12　時間帯別の利用分布割合

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

(5) 沿線地域の交通手段選択の状況

「群馬県交通まちづくり戦略」で示されている、過度な自動車依存の実態は、吾妻線沿線地域も例外ではなく、100m未満の移動でも半数近く、日常的な活動範囲と考えられる3㎞程度の移動でも90％以上が自動車利用となっており、自動車に大きく依存した日常生活となっている。

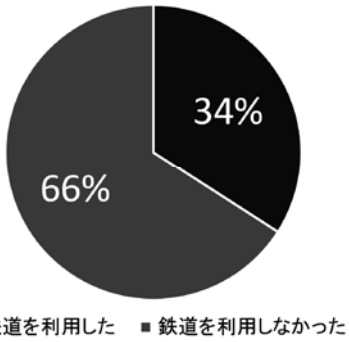
その結果として、全ての移動手段の中から鉄道が選択される割合は、わずか3.3％に過ぎない（**図－13**）。



図－13　移動距離帯別交通手段構成

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

さらに、PT調査によると、渋川市・吾妻郡に居住する7割弱の方が、1年間で一度も鉄道を利用していないと回答しており、通学・通勤等で鉄道を利用していないほとんどの方々には、日常の移動手段として吾妻線が意識されていない状況が推察される（**図－14**）。



図－14　ここ1年の外出時での鉄道利用有無
（渋川市および吾妻郡居住者）

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

(6) 沿線地域における通勤・通学目的の交通手段

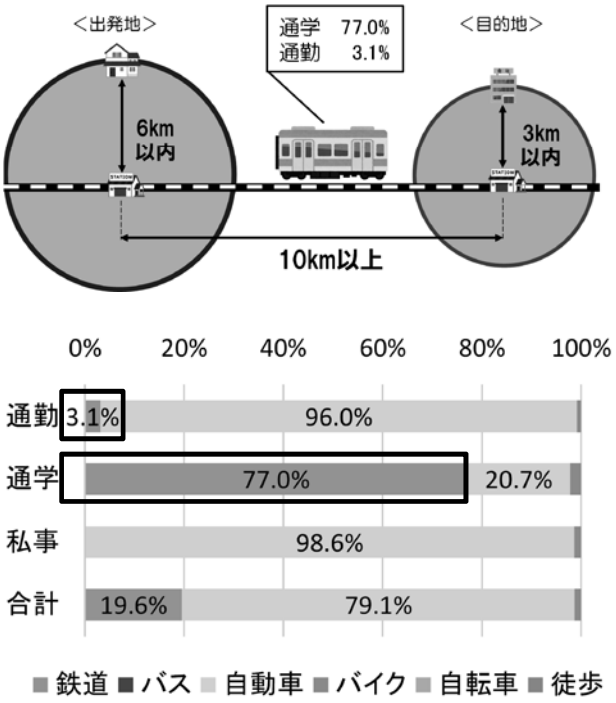
駅との位置関係や訪問先までの移動距離を、鉄道利用が代替案として想定されうる条件として、例えば駅6㎞圏域内に居住し、通勤・通学先が駅から3㎞以内にある場合（**図－15**）と設定し、PT調査データを集計すると、通学目的の鉄道利用割合は77％となった。

一方で、同じ条件での通勤目的での鉄道利用割合はわずか3.1％で、さらに通勤以外の目的ではほとんど鉄道が利用されていないことから、自動車と駅が使いやすく「つながっていない」、「つながっていないと思われている」ことも原因のひとつとして考えられる。

なお、この条件のもとで、鉄道を使わずに自動車のみで通勤しているトリップは全体の96％、人数を試算すると、1日あたり約3,500人となるが、このうち一部でも鉄道利用にシフトすることで、利用者数が一定程度増加する可能性があることがわかる。

例えば、鉄道利用にメリットのある日や状況（例：週に1回程度の飲み会、送迎をお願いできない日の通院、渋滞しやすい地域への買物など）から、まずは鉄道の利用を始めていただくことが考えられる。

前述の通り、鉄道を使わずに自動車のみで通勤している人数は1日あたり約3,500人と想定されるが、仮にこの自動車だけで通勤している人が、週1回でも鉄道を利用するようになると、鉄道利用者数は平日1日あたり約700人増加すると想定される。これだけでも、現状の乗車人員の2割以上に相当することになる。



図－15　吾妻線沿線で駅6㎞圏域内に居住し、通勤・通学先が駅から3㎞以内のトリップの目的別手段構成

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

3 吾妻線沿線地域の今後の動向

(1) 吾妻線の運営状況

吾妻線で最も利用者の多い中之条駅では、1日あたり約900人の利用があるが、川原湯温泉駅では1日あたり20人ほどの利用となっており、無人駅である袋倉駅や祖母島駅、大前駅なども同程度の利用状況と考えられる。これはJR東日本の全駅の中でも最も少ない水準の乗車人員である。

また、吾妻線の中で、比較的利用が多いと考えられる渋川駅～長野原草津口駅間でも、平均通過人員（1日1㎞あたりの平均輸送量）は3,008人（平成29年度、JR東日本資料）となっており、これは平成27年以降、列車の減便や平日の特急列車の廃止などが行われた千葉県の内房線君津駅～安房鴨川駅間の3,031人（同資料）とほぼ同水準である。

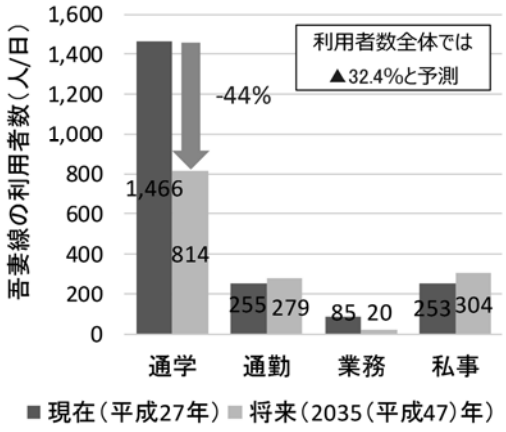
さらに、長野原草津口駅～大前駅間の平均通過人員は379人（同資料）で、JR北海道の根室本線滝川駅～富良野駅間や、宗谷本線名寄駅～稚内駅間とほぼ同水準である。地域特性が異なることから1つの目安に過ぎないが、いずれもJR北海道が「当社単独では維持することが困難な線区」と位置付けた水準である。

なお、吾妻線では、最近でも平成29年4月に群馬原町駅、万座・鹿沢口駅が新たに無人駅となっており、現在、渋川駅～大前駅間の18駅のうち、有人駅は渋川駅、中之条駅、川原湯温泉駅、長野原草津口駅の4駅のみであり、14駅が無人駅となっている。

鉄道事業者は、路線の利用状況・経営状況を踏まえ、一定の経費縮減を図りながら路線の維持に努めている一方で、安全運行のために必要な経費もあり、特に吾妻線においては、トンネルや橋梁などの維持管理費用もかかっていると考えられる。このことから、吾妻線の運行に関わるコストの縮減にも、一定の限界が予想される。

(2) 鉄道利用者の将来推計

群馬県における年齢階層別・目的別OD量の相対的な大小関係や、鉄道利用割合などの現状の移動パターンが今後も基本的に変化しないと仮定すると、沿線地域の少子化の進展により、鉄道利用の大部分を占める通学利用は大幅に減少することが推計される。吾妻線沿線地域に着目して、20年後の目的別の鉄道利用トリップ数を推計すると、全目的での利用者数は約32％の減少、通学目的に限れば実に44％の減少となる（図－16）。



図－16　吾妻線の将来利用者数の推計結果

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

なお、PT調査で把握された鉄道利用パターンをあてはめると、20年後は一部の区間で40％以上の減少が見込まれる結果となった。

以上の推計結果を踏まえ、アクションプログラムでは、現状でも決して多いとは言えない利用者数が大幅減少することになれば、特に利用が少ない区間や時間帯の運行本数の減便や、最悪の場合、廃線もあり得る差し迫った状況であることを認識しておく必要があると訴えている。

4 吾妻線における今後のアクション

(1) 行政のアクション

これまで分析してきた通り、吾妻線沿線地域を含め、群馬県は自動車に大きく依存した社会となっている。このような状況下で、鉄道を利用しようといった呼びかけを行っても、県民のライフスタイル自体を、自動車利用型から公共交通活用型へ転換していくことは、非常にハードルが高いと想定される。

そのため、自動車中心のライフスタイルを延長する形で、少しでも鉄道の利用を組み込んでいくようなライフスタイルを提案しながら、関連する施策を組み合わせて展開していくことが考えられる。

例えば、行政のアクションとしては、自宅や勤務先・用務先が比較的駅の近くにある県民を念頭に、「自動車と鉄道を使いやすくつなげる」ためのハード整備やソフト施策を実施していくことが考えられる。

具体的には、「自動車による駅へのアクセスの受け皿」となる「パークアンドライド駐車場」、「駅前広場」、「駅アクセス道路」のハード整備や、県民にさまざまな目的での移動シーンにおいて、鉄道利用のメリットを感じてもらえるような施策を検討し、実際に取り組んでいくことが考えられる。

図－17　施策展開のイメージ

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

(2) 自動車による駅へのアクセスのしやすさの現状

ハード整備の重点プロジェクトを検討するため、吾妻線の各駅を対象に、「自動車と鉄道が使いやすくつながっているか」という観点からの「パークアンドライド駐車場」、「駅前広場」、「駅アクセス道路」の現状把握と、駅から一定の距離内にある空き地の有無やその広さ、地形上の制約など今後の追加整備の可能性の確認を行うため、現地調査を行った。

吾妻線では、基幹駅である中之条、群馬原町、長野原草津口、万座・鹿沢口の各駅を除き、自動車でのアクセス性が必ずしも担保されていない駅が多い。

写真－1　駅周辺に駐車場や送迎車用のスペースがない例

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

写真－2　駐車場不足でバス停にも自動車を停めている例

（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2）

写真－3　自動車の回転場はあるが駐車スペースがない例

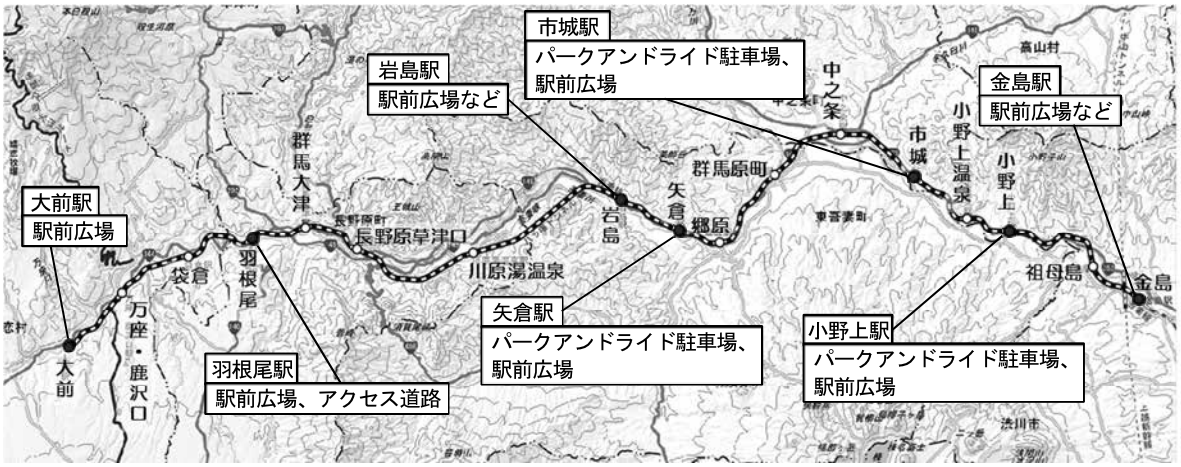
（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

吾妻線各駅の現地調査に加え、鉄道事業者保有の駅別乗車人員、自動車によるアクセス圏域を想定した駅6㎞圏内の居住人口、パーソントリップ調査データによる駅別端末手段構成や目的別駅利用トリップ数等を用いて、各駅別の駐車場・駐輪場需要の概算値を推計し、ハード整備の必要性を確認した。

(3) 吾妻線重点プロジェクトの整理

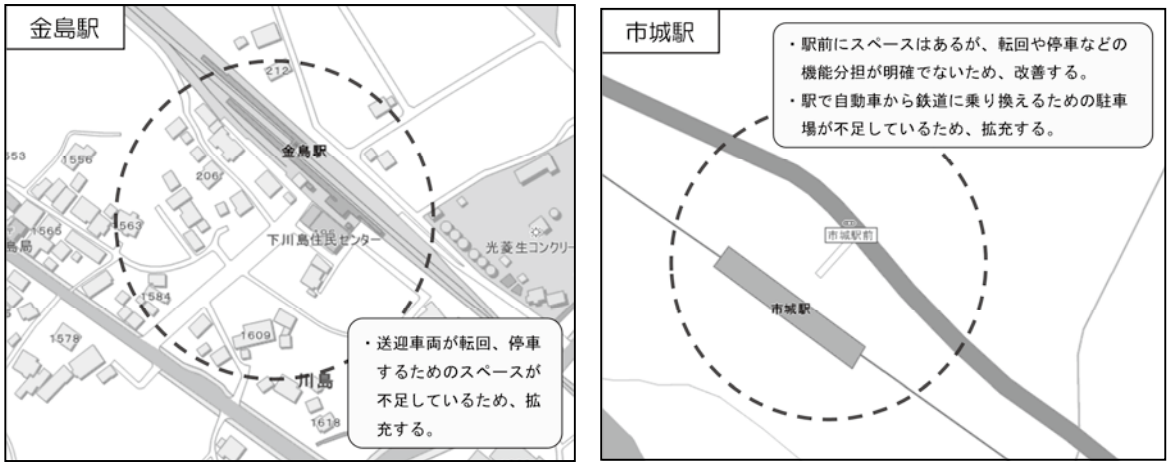
検討内容を踏まえ、「自動車と鉄道を使いやすくつなげる」ための環境整備として、鉄道の利用増が見込まれる駅について、現況に応じ、「パークアンドライド駐車場」、「駅前広場」、「駅アクセス道路」の機能を持たせることを重点プロジェクトとして位置づけ、今後5年間で一体的な沿線整備を実施する計画として整理した。

この重点プロジェクトの実施にあたっては、沿線市町村・JR東日本の協力を得ながら、県が中心となって取り組むこととし、また重点プロジェクト以外についても、沿線市町村の意向を踏まえながら適宜検討・実施していくこととされた。



図－18　重点プロジェクトの対象駅

(出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2))



図－19　重点プロジェクト対象駅の実施イメージ例

(出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2))

表－1　重点プロジェクトの取組一覧表

対象駅	こんな取組を実施します！			
	駅に車を停めて、鉄道に乗換えしやすくなります	車で送迎がしやすくなります	車で駅へ行き来しやすくなります	その他
金島駅		○		
小野上駅	○	○		
市城駅	○	○		
矢倉駅	◎	○		
岩島駅				路線バスが駅前広場に出入りできるようにします
羽根尾駅		○	○	
大前駅		○		

※　◎は機能を新たに持たせるもの、○は機能を拡充するものを示します。

(出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2))

(4) 県民へのアクションのよびかけ

アクションプログラムでは、行政・県民・鉄道事業者が協働して、鉄道利用増につながる望ましい循環を実現する必要性を訴え、以下の内容を入れ込んだ三者連携のイメージを提示し、沿線地域の県民へ鉄道利用をよびかけている。

①行政のアクション
自動車から（一部でも）鉄道に転換してもらうきっかけとして、駅の環境整備を率先して行う！
②みなさんのアクション
利用しやすくなった駅や鉄道を、週1回でも月1回でも使っていただく！
③鉄道事業者のアクション
安全運行を第一に、利用者の信頼確保に努める！

併せて、イラストを使い様々な移動シーンで鉄道利用のメリットを例示し、出かける際にまず「鉄道が使えないか」を最初に考えるよう提案している。

図－20　暮らしにかしこく鉄道利用を取り入れるためのヒント例
（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

5 アクションプログラムの目標

(1) 目標値の設定

アクションプログラムでは、今後の「自動車と鉄道を使いやすくつなげる」ためのハード整備を着実に実施するとともに、継続して県民に鉄道利用を呼びかけながら、吾妻線の利用促進を目指したソフト施策に取り組むことから、その成果を測るための評価指標とその目標値を設定している。

評価指標は、パーソントリップ調査の補完票データの集計結果で示されている、渋川市・吾妻郡居住者の「年間一度も鉄道を利用しない割合」（**図－21**）とし、今後5年間で10ポイント改善することを目標値としている。

＜本プログラムの目標＞
○年間一度も鉄道を利用しない場合（渋川市・吾妻郡）
2016（平成28）年度　66％　⇒　2023年　56％

図－21　アクションプログラムの目標値
（出典：鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線―（H31.2））

(2) 鉄道の利用状況の調査

また、前述の評価指標の達成状況を把握するため、5年経過後、沿線居住者を対象とした鉄道の利用状況調査を実施予定であると明記されている。

6 おわりに

昨年度は、JR吾妻線、JR両毛線、東武桐生線、上毛線の4路線を対象にアクションプログラムが策定されたが、以降今年度は、JR上越線、JR信越本線、上信線、わたらせ渓谷線、来年度は、JR八高線、JR高崎線、東武伊勢崎線、東武日光線、東武佐野線、東武小泉線を対象としたアクションプログラムが策定予定である。

本アクションプログラムは、パーソントリップ調査データや鉄道利用の動向、沿線地域の人口分布や将来見通し等の定量的なデータをベースに、現地の実態や、関係市町村の意向も踏まえながら、県が主体的に進めるハード整備を「群馬県交通まちづくり戦略」の実行計画として位置付けたものである。

今後は、このハード整備と連動し、駅や関連施設を活用しながら、いかに沿線市町村・鉄道事業者・県民が実際にアクションを起こし、通勤・通学といった定常的な移動に限らず、週1日・月1日といった低頻度であっても、鉄道ライフスタイルを実践し、定着させていくことが最重要課題である。そのためには、3者が協働し、継続的なソフト施策の取り組みを、着実に進めていくことが必須であろう。

本稿の作成にあたっては、群馬県県土整備部交通政策課のご担当の方々に多大な協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

1）群馬県：「群馬県交通まちづくり戦略」，2018年3月．
2）群馬県：「鉄道利用促進アクションプログラム―JR吾妻線（JR金島駅～JR大前駅）―」，2019年2月．

新たな歩行回遊を支える道路空間創出の検討手法に関する一考察
～仙台市における都心交通まちづくりでの検討を対象に～

A Study on a New Method to Reconstruct the Road Space to Improve Pedestrian's Migration

福本大輔[1]　稲原　宏[1]　蛯子　哲[2]　茂木　渉[3]　桝山和哉[4]　岡田真理子[5]

By Daisuke FUKUMOTO, Hiroshi INAHARA, Akira EBIKO, Wataru MOGI, Kazuya MASUYAMA and Mariko OKADA

1 はじめに

(1) 仙台市都心地区における現在の交通状況

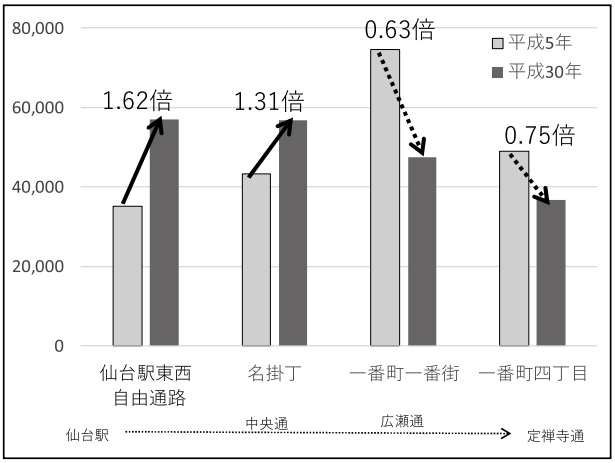
仙台市の都心地区は、「仙台市総合計画」における都市軸の中心に位置し、民間、行政の中枢的な機能や広域的集客圏をもつ商業機能が集積する地域として位置づけられている。また、仙台市の都市づくりの目標像を定めている「仙台市都市計画マスタープラン」においても、都心地区は、「県内外から多くの人が訪れる重要な交流・交通の拠点」と位置付けられている。

一方、近年の都心地区の交通状況としては、歩行者数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傾向となっている（**図－1**）。さらに、都心内での来訪者の平均立ち寄り箇所数は、約30年前から1.5箇所未満となっており、複数施設を巡る回遊行動がほとんど生じていない状況にある（**図－2**）。

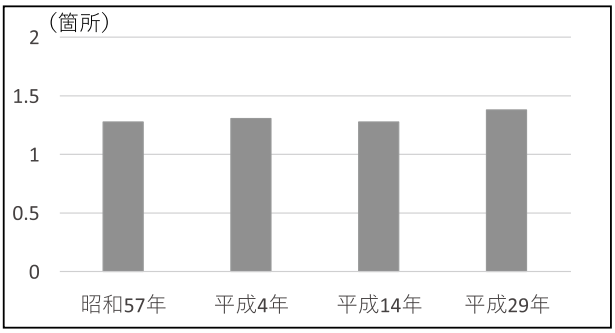
また、平成29年度における仙台市全域の自動車交通量は、平成6年度から減少傾向である（約5%減）が、都心部以外は約3%増加している中、都心部では約20%近く減少しており、都心部の道路空間について見直しが求められる状況にある（**図－3**）。

これらの状況から、仙台市の都心地区においては、仙台駅周辺に一極集中する歩行者に対し、周辺地域を含めた複数の施設に立ち寄り、より広範囲での回遊行動を行うことを促進、支援する道路空間、交通システムを提供することが求められると考えられる。

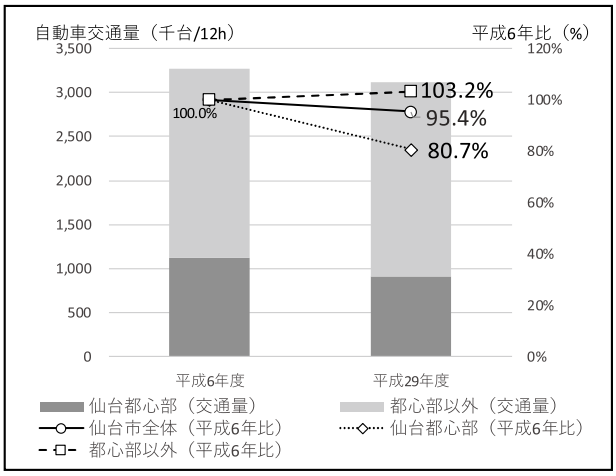
また、都心内の自動車交通が減少傾向にあることを踏まえ、歩行者空間を拡大するなど、道路空間活用のあり方を検討する中で、仙台市の都市軸の中心に位置する都心部は、公共交通や物流等を含む自動車交通の円滑性を確保するトラフィック機能も求められるため、各路線の機能や使われ方、位置づけ等について分析した上で方向性を検討する必要がある。



図－1　仙台都心地区商店街の歩行者交通量の推移[1)]



図－2　都心来訪者の平均立ち寄り箇所数[2)]



図－3　仙台市の自動車観測交通量の推移[3)]

[1]都市地域・環境部門　グループマネジャー　[2]都市地域・環境部門　研究員　博士（経済学）　[3]交通・社会経済部門　研究員
[4]都市地域・環境部門　研究員　[5]都市地域・環境部門　主任情報員

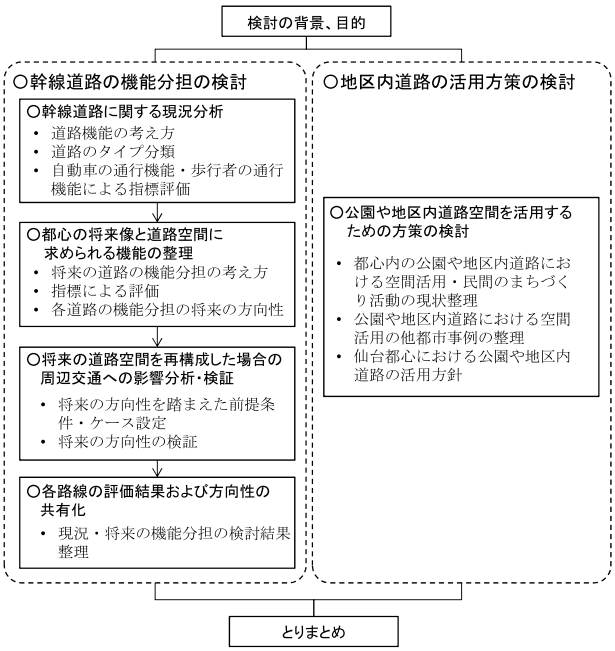
（2）検討の方向性

都心が抱える課題を解消し、将来の望ましい都市像、ビジョンを実現するためには、各道路に備えるべき機能や交通手段の優先順位などの位置づけを明確にする必要があると考えられる。しかしながら、各道路の機能・役割を分析するための手法や評価指標、必要となるデータ等については、一般的に確立されたものが存在するわけではない。

そのため、本検討では、仙台都心地区をモデルケースとして、都心内の各路線の機能、位置づけについて分類し、将来的に道路空間を再編すべき路線を明確化するなど、今後の歩行回遊を支える道路空間ネットワークを創出するための検討手法について整理し、考察するものとする。

2 検討の流れ

まず、都心内の道路について評価、分析を始める前に、道路の種類を大きく2つに分類して、検討を行うこととする。1つは、都市計画道路等の都心内の幹線道路、もう1つは、公園や幹線道路に囲まれる細街路等の地区内道路の2種類とする。これらは、求められる役割が大きく異なるため、評価手法を別々に設定することとした（**図－4**）。



図－4　検討の流れ（フロー）

幹線道路を対象とした検討では、区間の連続性や沿道の特性等を加味し、都心内の幹線道路を41の区間に分割し、各区間の現在の使われ方や位置づけなどについて分析することとした。

一方、地区内道路については、これまでの空間活用の実績や民間主導のまちづくりの現状、他都市の事例等から今後の活用方策を検討することとした。

3 幹線道路に関する現況分析

（1）都心内の道路に求められる機能

まず、道路空間は都心まちづくりを構成する重要な要素であることから、仙台市のまちづくりの前提となる「仙台市都市計画マスタープラン」に位置づけられている都心空間の機能から、都心内道路に求められるキーワードを抽出した（**表－1**）。

これらのキーワードは、①自動車の通行機能、②歩行者の回遊・滞留機能の2種類に大きく分類される。

表－1　道路に求められる機能に関するキーワード

機能の分類	都市計画マスタープランのキーワード
①自動車の通行機能	移動の円滑性、自転車交通の円滑性、防災性
②歩行者の回遊・滞留機能	賑わい・交流、安全性、回遊性、アクセス性、快適性

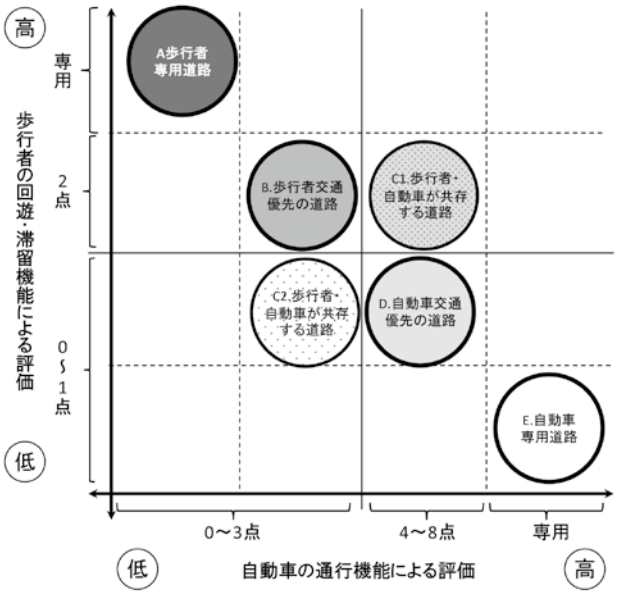
（2）道路のタイプ分類

都心内の幹線道路は、前述の2分類の機能についてそれぞれ評価し、各機能の大小のバランスによって、分類することとした（**図－5**）。

まず、自動車または歩行者の道路通行を制限し、専用化した路線については、それぞれタイプ分類を設定し、「A：歩行者専用道路」と「E：自動車専用道路」として位置づけることとした。

次に、歩行者と自動車の通行機能のどちらを優先するか明確化できる道路は、「B：歩行者交通優先の道路」と「D：自動車交通優先の道路」に分類する。

さらに、歩行者と自動車の通行機能が同程度の水準となる道路は、歩行者・自動車の交通量に応じて、「C-1：歩行者・自動車が共存する道路（交通量大）」、「C-2：歩行者・自動車が共存する道路（交通量小）」の2種類に分類することとした。



図－５　自動車と歩行者の通行機能によるタイプ分類

※各指標の点数については後述

表－２　タイプ分類別の道路の特徴・イメージ

タイプ分類	道路の特徴・イメージ
A:歩行者専用道路	・自動車の通行がなく、公共交通や自転車で訪れた多くの歩行者が行き交うとともに、道路空間を活用したイベントや休憩施設等で楽しむために人が集い、滞留することで、賑わいを創出する道路
B:歩行者交通優先の道路	・自動車の通過が少なく、歩行者が通行するための機能や自転車や公共交通でのアクセスを支える施設が充実するとともに、来訪者が道路空間を活用したイベントや休憩施設等で楽しみながら回遊することで、賑わいを支える道路
C-1:歩行者・自動車が共存する道路（交通量大）	・自動車の通過交通と都心を回遊する交通が、それぞれ円滑に通行し、互いに阻害することなく共存することで、歩行者も道路空間で自動車と錯綜することなく、回遊・滞留することが出来る道路
C-2：歩行者・自動車が共存する道路（交通量小）	
D:自動車交通優先の道路	・自動車の通過交通のための機能が優先的に整備され、都心内外のアクセスを支える道路
E:自動車専用道路	・都心外を通過する多くの自動車交通を円滑に捌くことに特化した道路

このように分類した道路は、それぞれ**表－２**のように特徴を整理できるとともに、歩行者、自動車およびその他の交通手段の使われ方のイメージについても**表－３**のように分類できる。

表－３　タイプ分類別の利用交通モード

道路の分類		利用する交通モード			
		歩行者	自転車	路線バス	自動車
A	歩行者専用道路	◎	×	×	×
B	歩行者交通優先の道路	◎	△	△	△
C-1	歩行者・自動車が共存する道路（交通量大）	○	○	○	○
C-2	歩行者・自動車が共存する道路（交通量小）	○	○	○	○
D	自動車交通優先の道路	△	△	○	◎
E	自動車専用道路	×	×	○	◎

【凡例：利用する交通モード】
◎：最優先で利用する交通モード
○：優先的に利用する交通モード
△：通行可能とする交通モード
×：通行不可とする交通モード

（３）通行機能の水準を評価する手法・指標

都心内の幹線道路における「①自動車の通行機能」、「②歩行者の回遊・滞留機能」それぞれについて、「整備状況及び位置付け」、「道路の使われ方」の視点から、**表－４、表－５**に示す指標を設定した。

なお、交通量等の定量的な指標については、本検討の対象となる道路・区間である全41区間サンプルの中央値以上か否か（中央値以上１点、以下０点）で、評価することとした。

表－４　自動車の通行機能による評価指標

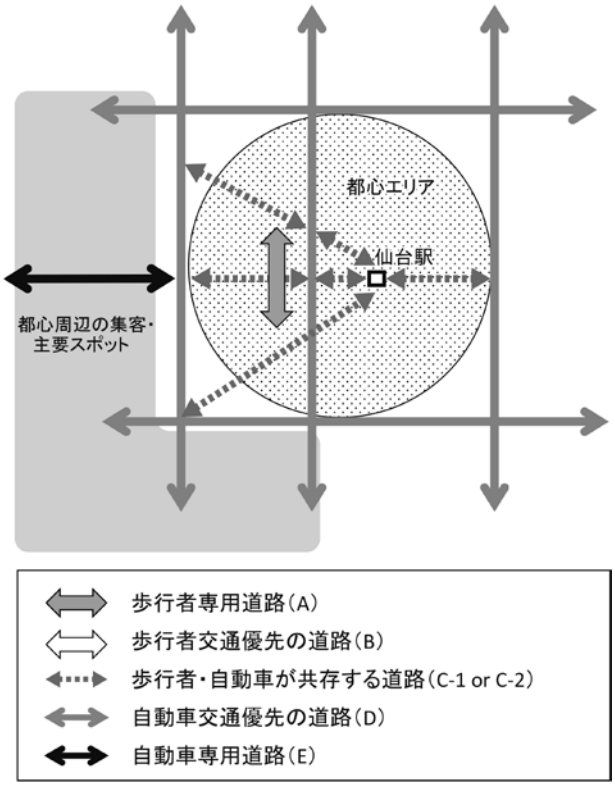
視点	評価指標	評価基準
整備状況及び位置付け	自動車専用道路の指定	・自動車専用道路に指定 ⇒E:自動車専用道路に分類
	都市計画道路の指定	・都市計画道路網として位置づけられている（整備済み、概成、事業中）
	緊急輸送ネットワークの指定	・宮城県公安委員会、宮城県緊急輸送道路ネットワーク計画等指定協議会、仙台市により緊急輸送道路に指定
	規制速度	・対象路線のサンプル中央値（40km）以上
	設計交通容量	・対象路線のサンプル中央値（21,600台/日）以上
道路の使われ方	自動車交通量	・対象路線のサンプル中央値（14,121台/日）以上
	通過交通割合	・対象路線のサンプル中央値（69%）以上
	平均トリップ長	・対象路線のサンプル中央値（11.2km）以上
	大型車混入率	・対象路線のサンプル中央値（8.4%）以上

表－５　歩行者の回遊・滞留機能による評価指標

視点	評価指標	評価基準
整備状況及び位置付け	歩行者専用道路の指定	・歩行者専用道路に指定されている ⇒A:歩行者専用道路に分類
	歩道幅員	・対象路線のサンプル中央値（5.5m）以上
道路の使われ方	歩行者交通量	・対象路線のサンプル中央値（5,111人/12h）以上

表－６　交通量配分システムの概要

推計年次	・平成29年10月
対象地域	・仙台市及び周辺地域（仙台市を通過する交通を考慮するために仙台都市圏パーソントリップ調査の対象範囲で推計を実施）
配分手法	・利用者均衡配分法
摘要	・平成29年度道路交通等現況調査の結果をもとに、平成22年度道路交通センサスのOD表を補正



図－６　現況の評価結果イメージ

なお、これらの指標のうち、自動車交通量、通過交通割合、平均トリップ長、大型車混入率の自動車交通に関わる指標は、すべての路線で実測値がある訳ではないので、都心地区の自動車交通を再現する交通量配分システムを構築し、推計した（表－６）。

それらの結果を加え、各路線を評価し、図－５に従って路線をＡ～Ｅに分類することとした。本検討の対象である仙台都心では、図－６に示すような結果となり、現況においては、都心内のいずれの道路・区間も「B：歩行者交通優先の道路」に分類されなかった。

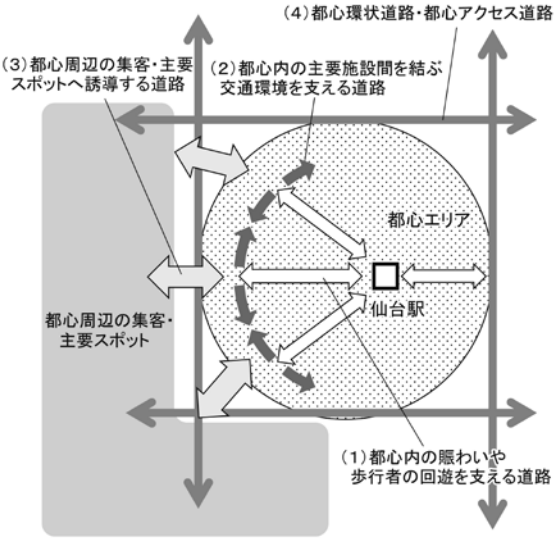
4 都心の将来像と道路空間に求められる機能の整理

（1）将来の道路の機能分担の考え方

将来の整備の方向性の検討に当たっては、都心地区の交通環境に関する課題及びまちづくりの方向性を踏まえ、求められる機能をどの路線で支えるのか、という視点から、各路線の特性に基づく指標を用いて機能分担を図ることが必要となる。

そこで、都心内の道路を再整備することで「人々が集い・歩きたくなる都心空間を創り、プラス一歩の回遊を生み出す」ことのできる都心の将来像を目指すこととした。その際、道路空間において賑わいを創出する機能を持つことを目指していく道路や自動車交通等を円滑に通行させる機能を確保する道路などに分類し、各路線を評価する必要があると考えた。

特に、都心の回遊性向上を支える路線としては、図－７に示す４分類のいずれかを担うことが必要になってくると位置づけた。具体的には、賑わい創出を支える路線を「(1) 都心内の賑わいや歩行者の回遊を支える道路」、「(2) 都心内の主要施設間を結ぶ交通環境を支える道路」、「(3) 都心周辺の集客・主要スポットへ誘導する道路」の３種類に分類し、一方、都心に集まる多様かつ大量の自動車交通を円滑に通行させるための「(4) 都心環状道路・都心アクセス道路」のいずれかとして各道路を分類することとした。



図－７　都心の回遊性向上に向けた道路のイメージ

表－７　将来の機能分担の方向性を定める評価指標

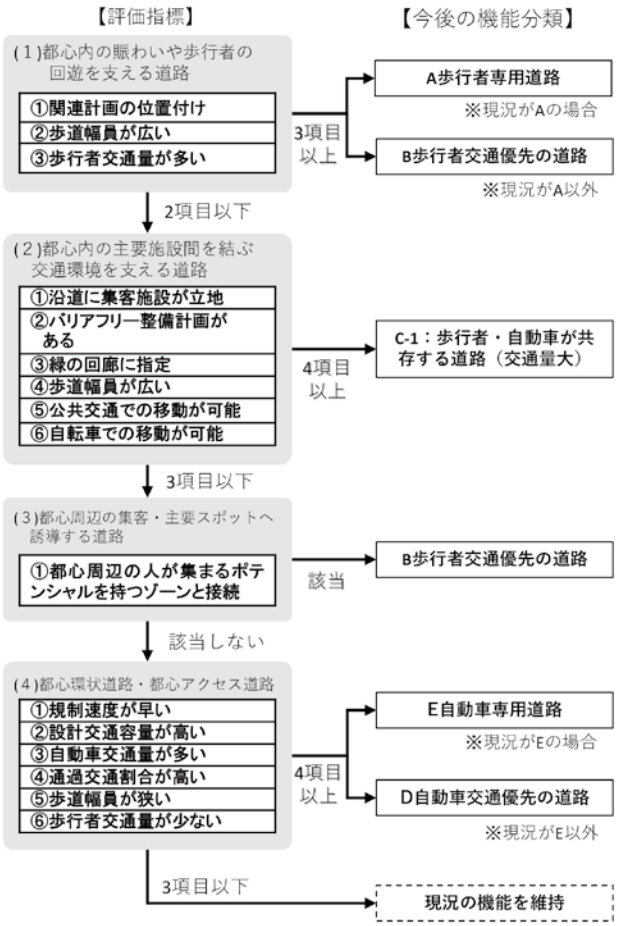
道路機能	評価の視点	評価指標
(１)都心内の賑わいや歩行者の回遊を支える道路	関連計画への位置付け	①総合計画・都市計画マスタープランに賑わい空間の中心として位置付けられている
	回遊ポテンシャル	②道路構造令第11条第3項が定める「歩行者交通量が多い道路」の幅員基準（3.5ｍ）以上
		③歩行者交通量が対象路線のサンプル中央値（5,111人/12h）以上
(２)都心内の主要施設間を結ぶ交通環境を支える道路	沿道土地利用	①集客施設が沿道に立地している
	関連計画への位置付け	②仙台市バリアフリー基本構想において生活特定経路路線に指定されている路線
		③みどりの基本計画の重点プロジェクト「みどりの回廊づくり」事業の対象となっている路線
(３)都心周辺の集客・主要スポットへ誘導する道路	回遊ポテンシャル	④道路構造令第11条第3項が定める「歩行者交通量が多い道路」の幅員基準（3.5ｍ）以上
		⑤都心内を手軽に回ることができる路線バス（るーぷる仙台、120円パッ区）の停留所が立地している
		⑥コミュニティサイクルポートが整備されている
(４)都心環状道路・都心アクセス道路	自動車交通環境	①規制速度が対象路線のサンプル中央値（40km/h）以上
		②設計交通容量が対象路線のサンプル中央値（21,600台/日）以上
		③現況の自動車交通量が対象路線のサンプル中央値（14,121台/日）以上
		④現況自動車通過交通割合が対象路線のサンプル中央値（69％）以上
		⑤歩道幅員が対象路線のサンプル中央値（5.5ｍ）未満
		⑥歩行者交通量が対象路線のサンプル中央値（5,111人/12h）以下

（２）将来の機能分担の方向性を定める指標の設定

都心の将来像を支える各道路に期待する（1）～（4）の機能を評価するに当たり、関連計画への位置付けや回遊ポテンシャル、沿道土地利用といった視点から、関連情報や定量的なデータが収集可能なものを評価指標として設定した。また、円滑な自動車交通を確保する必要性が高い路線を把握するため、規制速度や設計交通容量、現況の自動車交通量など、自動車交通環境に基づく評価指標を設定した（表－7）。

（３）将来の機能分担の評価方法

設定された各種評価指標を用いて、表－7に示す（1）～（4）の道路機能の視点からみた際の各路線の位置づけを整理し、その結果から将来の道路の機能分担を行う考え方を整理した（図－8）。

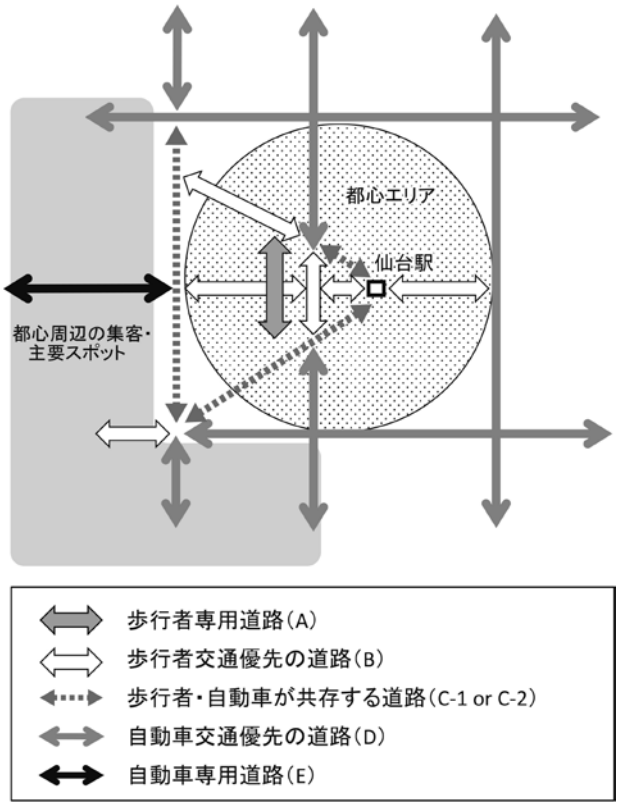


図－８　指標による将来の機能分担の評価

（4）将来の評価結果

前述の方法により、将来の機能分担（A～E）を評価することとした。本検討の対象都市である仙台都心における評価結果のイメージを整理すると、**図－9**のような結果となった。この図を現況の評価結果（**図－6**）と比較すると、道路の分類に変化があった路線は、全て、歩行者を優先する方向に道路空間を見直す路線として、「B：歩行者交通優先の道路」または「C-1：歩行者・自動車が共存する道路（交通量大）」として位置づけられるものとなった。

これらの区間については、車線数削減などにより自動車の空間を縮小化し、歩行空間を拡大・創出する方向で道路空間を再構成することを検討する対象区間として扱い、創出された空間を積極的に活用することを検討することとなる。



図－9　将来の評価結果イメージ

5 将来の道路空間を再構成した場合の周辺交通への影響分析・検証

今回の評価結果をもとに、対象となる全ての路線を歩行者優先とする方向で道路空間を再構成していった場合、周辺を含む自動車交通に与える影響について確認しておくことが必要である。

そこで、現況評価のために構築した交通量配分システムを用い、将来の都心内道路の整備の方向性（仮に想定する空間再配分の内容）を反映したケース設定を行うことで、周辺交通への影響について検証することとした。

ケース設定の内容は、新たに「B：歩行者交通優先の道路」として位置づけられた路線・区間において、自動車の車線数を削減するなど、交通容量について設定し、OD交通量は現況のままとすることとした。

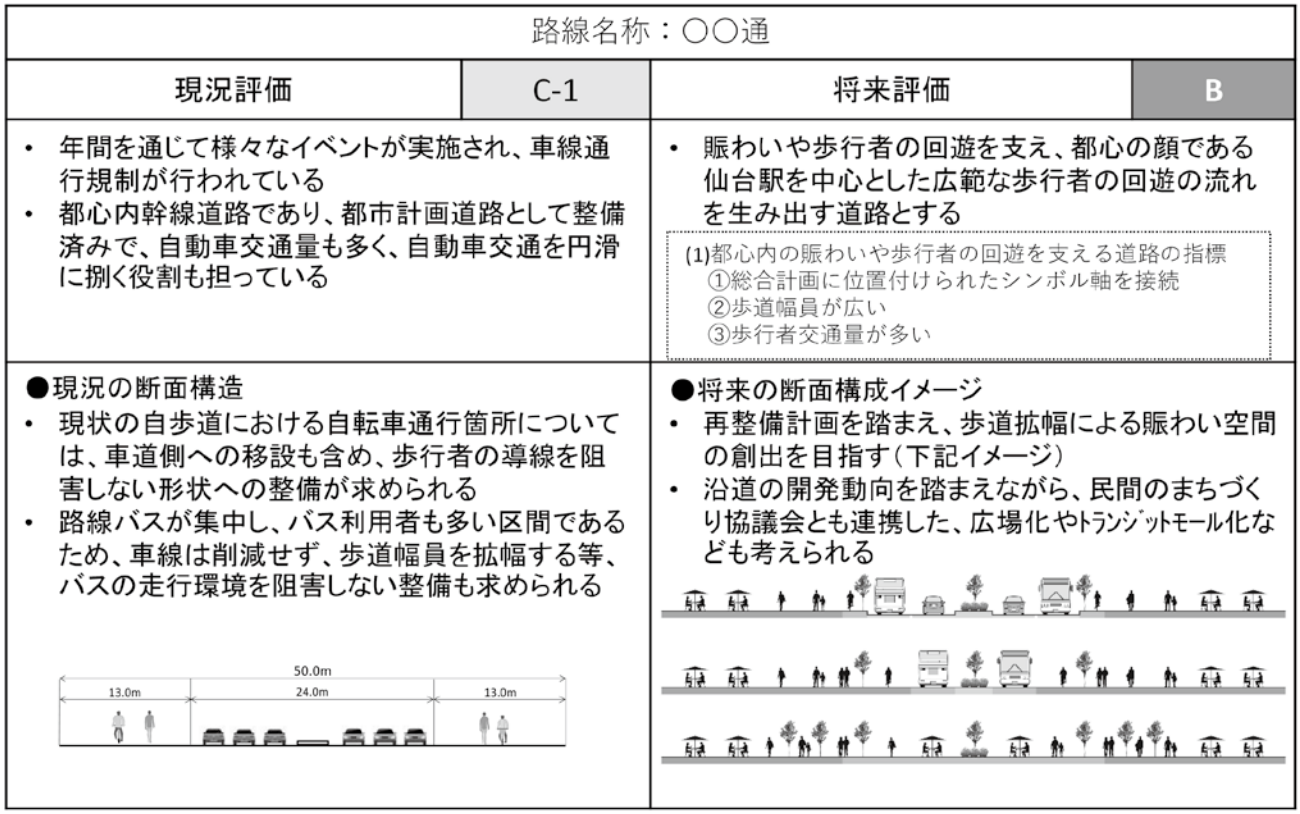
その結果、交通容量を減少させた「B：歩行者交通優先の道路」を通行する交通量は減少し、周辺の路線を通行する交通量が増加する影響は確認されたが、各路線の混雑度は、一部を除き概ね1.00を下回っていた。このことにより、都心地区で想定される道路空間再構成が複数の路線で実施される場合においても、1日の交通状況を扱う交通量配分の結果を見る限りは、大きな問題は生じないということが確認された。

6 各路線の評価結果および方向性の共有化

各路線の現況評価・将来評価の結果を踏まえた各幹線道路の今後の道路空間整備の方向性については、断面構成のイメージを含め、一覧可能な資料（カルテ）として取りまとめることで、道路整備・まちづくりに係る関係者間で今後の方向性を共有化することができるようにした（**図－10**）。

7 地区内道路の活用方策の検討

また、都心内における公園や地区内道路等は、幹線道路とは異なり、自動車を円滑に通行させる目的で整備されているものではないため、歩行者の憩いの空間として継続的に活用できるようにすることを検討することとした。



図－10　評価結果・方向性の共有化資料（カルテ）の例

表－8　都心における地区内道路の空間活用の方向性

空間活用を推進していくエリアの現状	活用の方向性
・民間による、公園や沿道不動産などを活用したリノベーションまちづくりが進捗しているエリア	・民間主体による、地域コミュニティの創出につながる取り組みや、歩道空間等を活用した日常的なコンテンツづくりや、歩行者の回遊性を高める取り組みを支援
・周辺エリアの道路空間を一体的に活用するイベントが実施されているエリア	・恒常的な時間帯による通行規制の実施等、歩行者優先となる時間・空間を多く作り、地域資源のさらなる活用を進める取り組みを支援
・地元商店街が中心となり、道路空間でのオープンカフェ等のイベントが実施されているエリア	・地区内の自動車交通への影響に留意した上で、民間主体による、オープンカフェの常設等の道路空間での賑わい創出に向けた取り組みを支援する
・地域主体のエリアマネジメントの実施が検討されているエリア	・榴岡公園におけるP-PFI事業や周辺の大規模集客施設等のコンテンツと連携し、民間主体による、エリア内の道路空間や沿道不動産を活用したエリア全体の回遊性を高める取り組みを支援する

そこで、都心地区において、都市計画道路としての位置付けがなく、自動車交通を円滑に捌く機能が重視されていない路線のうち、公園や道路空間を活用した民間によるまちづくり活動の萌芽が見られるなど、道路空間を利活用する機運が高まっているエリアを、「都心内において空間活用を推進していくエリア」として抽出し、現状を整理した。

なお、これらのエリアにおいて、今後も継続的に空間活用を推進していくために、現在やこれまでの状況や課題を整理するとともに、他都市における公園や地区内道路の空間活用の事例を参考に、道路空間活用の方向性について検討した（表－8）。

8 まとめ

本稿は、道路の機能とその役割について、定量的、定性的な指標を多角的に設定し、都心内の道路空間を総合的に評価、分析した上で、将来の整備の方向性を検討する手法を、実際の都市で適用し、検証した結果をもとに、提案するものである。

この分析手法により導かれた各道路の将来の整備の方向性は、個別路線の整備方針として位置づけられる

だけでなく、都心における将来の交通まちづくりの方向性（ビジョン）と基本的な施策方針（戦略）を支えるものとして結論づけることが重要である。

今後、他の都市においても同様の分析手法を適用しつつ、汎用性を向上させるための工夫や課題について検討したい。

謝辞：本稿は、仙台市交通政策課より業務委託を受けた「平成30年度都心内道路の機能のあり方検討業務委託」における検討結果から、都心内道路の機能分類や整備の方向性を評価・分析する手法について取りまとめたものである。仙台市交通政策課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）仙台市商工会議所：「仙台市内中心部商店街の通行量調査結果」
2）仙台都市圏総合都市交通協議会：「仙台都市圏パーソントリップ調査」,
3）仙台市：「仙台市道路交通等現況調査」，2017
4）仙台市：「仙台市バリアフリー基本構想地区別構想《都心地区》」，2012
5）仙台市：「仙台市みどりの基本計画」，2012
6）高山純一：リンクフロー観測値に基づいた道路網交通需要分析モデルに関する方法論的研究，京都大学学位論文，1998
7）小根山裕之,桑原雅夫：路側観測交通量からの時間変化するOD交通量の推定,交通工学，Vol.32-2,1997
8）Jane Jacobs（1961）. The death and life of great American cities. Vintage Books
9）国土交通省国土技術政策総合研究所：戦略的ストリート形成のための賑わいづくり施策「発見」マニュアル，2015