

2019年春 (第45回)

研究報告会

開催日：2019年5月20日(月) 12時30分開場, 13時00分開会
場所：海運クラブ 国際会議場 (千代田区平河町)

開会挨拶

宿利正史 運輸総合研究所会長

来賓挨拶

山上範芳 国土交通省総合政策局次長

所長挨拶

山内弘隆 運輸総合研究所所長

研究報告

1. 「運輸, 観光部門におけるAI等の活用可能性に関する調査」
2. 「自動化・AI化による我が国港湾の効率性向上に関する研究」
3. 「バス・タクシーでの自動運転車導入に関する検討」

深作和久 主任研究員

瀬賀康浩 主任研究員

安部遼祐 研究員



深作和久



瀬賀康浩



安部遼祐

特別講演

「スマートモビリティ社会の創造に向けて」

山本圭司 トヨタ自動車コネクティッドカンパニー Executive Vice President



対談

山本圭司 トヨタ自動車コネクティッドカンパニー Executive Vice President

石田東生 日本大学工学部交通システム工学科特任教授



山本圭司



石田東生

研究報告

4. 「経済情勢・人口構造等が我が国の旅客輸送量へ及ぼした影響の構造的把握」
5. 「東京圏における訪日外国人の観光と鉄道利用の実態」

林田拓人 主任研究員

細野 晃 研究員



林田拓人



細野 晃

閉会挨拶

春成 誠 運輸総合研究所理事長

スマートモビリティ社会の創造に向けて

山本圭司
YAMAMOTO, Keiji

トヨタ自動車コネクティッドカンパニー Executive Vice President

1—はじめに

昨今、自動車業界は100年に一度の大変革と言われているが、車の電動化やつながる化が一体どんな形で進展しているか、将来、自動車会社が考えなければいけない社会の在り方はどんなものかということを考えてい

2—100年前に何が起こったか

自動車の歴史を100年単位で区切って振り返ると、大きな動きが理解できる。まずは200年前のフランスの物理学者カルノーが発明したカルノーサイクルである。これをもとに、それから70年後にドイツのカール・ベンツが世界で最初のガソリン自動車を製作した。その後、自動車はフォードによる大量生産時代を迎えるが、それがちょうど今から100年前の出来事である。実はそのときに米国では、もう一つとても重要な出来事が起こった。それはリンカーン・ハイウェイ協会の設立で、大陸横断の大規模ハイウェイをつくらうという試みである。これにより、人、物の移動が活発になり産業の大躍進につながった。その後100年の間に半導体の進化が牽引役となり、ネットワーク、通信技術、ソフトウェア、制御工学が飛躍的に発展し、いわゆる化学反動的な変革が始まっており、コア技術が全て出そろった今日、まさに100年の大変革が起こりうる土壌が整っている。

その結果、CASEという言葉が頻繁に耳にするようになった。CASEはダイムラーが提唱したConnected, Autonomous, Sharing, Electricの4つの頭文字をとって命名されたもので、自動車会社が直面するキーワードとは何かをうまく説明できている言葉だと思う。ここでCASEの代名詞の一つになっているMaaS (Mobility as a Service) に関して、どう理解するかという観点で考えたい。大都市圏を中心に、車の使われ方が変わり、所有よりライドシェアなどに代表されるMaaSサービスが全世界的に出現しており、MaaSは全世界で同時多発的に進展している。このMaaSの本質は地域や市場によってその形態が柔軟に変化することだと思う。自動車のシェアリングビジネスは世界で見ても、それぞれの地域に適合しながら拡大しており、日本でもカーシェアの台数や会員数は過去5年間で約

2.5倍に成長している。一方では、MaaSにより単に車の使われ方が変わるということだけではなく、自動車ビジネスのバリューチェーンへも影響を及ぼそうとしている。MaaS事業そのものを掌握するということは、車のバリューチェーンを掌握することと同意語であり、自動車業界にとっては死活問題であるという言い方もできる。MaaS事業者にとっての目下の経営課題は、ランニングコストの低減と各国の環境規制に対応した車両の選定にある。

3—私たちが目指していること

トヨタは81年の歴史を経て、先ごろ、車をつくる製造会社、自動車会社から、人々や物のさまざまな移動を支援するモビリティカンパニーへ変わっていきたくて宣言した。物づくりをなりわいとしたオートモービルカンパニーから、移動という全ての行為にかかわっていくということ。トヨタの原点はTPS (トヨタ生産方式) であり、必要なものを必要なときに必要なだけつくる、いわゆるジャストインタイムの生産システムである。トヨタはモビリティカンパニーとしても、このジャストインタイムの考えに基づく究極の移動サービスをお客様に届けたいと考えている。その考えを実現するために、1年前のCESで発表したのが、e-Paletteコンセプトであり、これは電動化・コネクティッド・自動運転を融合したMaaS専用の次世代モビリティである。

<e-Paletteのプロモーションビデオ上映>

パレットというのは絵の具用の意味で、様々な色彩をつくり上げるという思いで命名された。より実用性の高い車両使用の検討や新たなモビリティサービスを実現するために、初期パートナーとアライアンスを締結した。

今後2020年代前半に米国を始めとした様々な地域でのサービス実証を目指すとともに、来年2020年の東京オリ・パラの選手村で選手や大会関係者の移動をサポートしていく予定である。

このe-Paletteのコンセプトを実現するためには、電動化、AI自動運転、コネクティッドの3つの重要な要素がある。

4—電動化の取組み

トヨタは豊田佐吉の時代から電池の重要性を認識し、開発を進めてきた。佐吉は現在の貨幣価値で100億円の懸賞金を出してまで、飛行機も飛ばすことができる電池を構想し、公募した。それ以来、脈々と電池技術の開発を進めているが、2020年代には、現在のリチウム電池にかわる全固体電池を実用化したいと思っている。トヨタは1997年にプリウスを発売し、それ以来世界で1,200万台以上のハイブリッド車を販売してきた。モーター、電池、パワーコントロールユニットという3つのコア技術は、全ての電動車共通の基盤技術である。この電動化技術の蓄積が強みとなっている。トヨタグループは、ハイブリッド、プラグインハイブリッド、FC、電気自動車、全てのラインナップを持っている。これを世界各国に普及したいと考えており、そのためにまず2025年頃までには、全車種に電動車グレードを設定すること、2030年を目指し、ハイブリッド、プラグインハイブリッドは年間450万台、FC、EVは100万台以上の規模に高めていきたいと思う。そして、2050年にはCO₂ゼロにチャレンジしていく。

5—自動運転の取組み

自動運転は安全であることはもとより、移動の負担やコストを大幅に下げ、利便性を高めることができるなど、ポテンシャルがとて高い技術である。しかしながら、トヨタの思いは、自動運転技術を通じて、単に世の中を便利にするだけではなく、高齢者や障害者の方々にも安全で自由な移動、そして車を運転する喜びを提供し続けたいというところにある。トヨタが自動運転と呼ばれるものを世の中に最初に紹介したのは、2005年の愛・地球博での隊列走行バスだと思う。それ以降も、オーナーカーとモビリティサービスに対してAIを活用した自動運転技術の段階的な開発を続けてきている。POVでは、比較的交差点環境が簡単な高速道路から複雑な一般道路まで、段階的に自動運転のレベルを上げていく。一方、MaaSなどの専用車では、地域を限定した一般道でのデモ走行からスタートし、その後近い将来、幅広く実用化に向け検討していく。

<自動運転の技術開発のあり方についてビデオ上映>

自動運転の実験車は、現在米国を中心に走行実験中であり、これらの開発を通じて得られる成果を、単に自動運転のみならず、e-PaletteやMaaS車両にガーディアンシステムとして応用したいと考えている。ガーディアンとは守護神の意味で、有人・無人にかかわらず、車両が危険な状態になったと思われるときは、危険回避や衝突軽減などの適切な処置を行うもので、自動運転のMaaSビジネスを実現する上では必要不可欠な技術である。

6—コネクティッドの取組み

昭和の時代に初代のクラウンに搭載されたカーラジオが、車に搭載された最初の無線通信機器と言えると思う。現在は携帯電話と同様のセルラーネットワーク用の通信機、いわゆるDCMが車のつながる化の担い手になっており、カメラやGPSアンテナ、記憶デバイスなども取り込み、ますます高機能化している。トヨタは、車載通信機DCMをグローバルで標準化し、2020年までに日米中ほぼ全ての車両に標準搭載、その他、主要市場にも順次拡大していく方針を発表した。昨年国内で発表したクラウンやカローラ、レクサスEXやEUXなどの新型車には全てこのDCMが標準装着されている。このようにして集めた車両情報、いわゆるビッグデータの用途は、新しいサービスの創造や提供にとどまらず、設計支援、品質支援、バリューチェーンの拡大など、その可能性は多岐に広がり、ビッグデータは自動車会社の重要な経営資源ともいえる。

このビッグデータを分析すると、リアルタイムの交通情報が生成でき、道路調査員の人手を介さず、道路の傷みぐあいを監視することもできる。また、車から集まる情報は、安全運転のレベルを判断することができる保険ビジネスへの応用も期待される。

e-Paletteによる将来のモビリティサービスにおいて最も重要な要素は、いかにお客様のニーズを先取りした車両を用意するかという点で、トヨタはお客様が車を必要としているときには、既にe-Paletteが近くにあるといった究極のジャストインタイムサービスを目指す。これを支えるのがトヨタのコネクティッド基盤技術である。

ここでe-Paletteによるモビリティサービスの先駆けともいえる東京でのタクシーによる実証実験について紹介する。500台のタクシーからの情報をAIの技術を使って、しかもスマホから集まる人流データを組み合わせることによって、タクシーに乗りたいと思っているお客様がどこにいるかという顧客ニーズの分析をすることができる。

これによって車から集まる大量な情報をもとにいろいろなサービスが展開されていく。

7—仲間づくりに向けて

高齢化先進国の日本が抱える社会課題に対応できるものの一つがMaaSだと思う。これまでトヨタが進めてきたウーバーやGrab、ディディ、ジャパントクシーなどとの連携を通じて、MaaS車両の普及やそのサービスの展開を進めるに当たっては、車両製造者であるトヨタと利用者であるMaaS事業者や自治体をつなぐサービス企画から運営代行まで行う、いわゆる

第3の事業者が必要であるという認識に至った。MaaSにおける今後の一手として、MONETテクノロジーというサービス事業者をソフトバンクとのジョイントベンチャーの形で設立した。ソフトバンクが持つIT資産とトヨタグループの持つ物づくりの力、車の情報ネットワーク、モビリティサービス・ネットワークを掛け合わせることで、新たなモビリティサービスの機会を創出する。MONETでは、最初にオンデマンドバスサービスから始め、物の移動、サービスの移動と広げ、近い将来e-Paletteの自動走行による日本市場への投入にも貢献していきたいと考えている。現在オンデマンドバスサービスを一緒にやろうと地方自治体の賛同をいただいております、既に契約の締結を終えています。また、一般企業とのビジネスマッチングも積極的に進めており、そのためにMONETコンソーシアムというのを立ち上げ、仲間づくりを進めています。今現在200を超える賛同企業に参画いただいている。

8—まとめ

車の発展の歴史は、古くは紀元前3500年頃の車輪の発明

に始まるといわれる。その後、大ローマ帝国の時代に、戦争用に馬車を使った戦車生まれ、17世紀初頭には動力を使って動く自動車の概念が生まれ、カルノーサイクルによるガソリン自動車の発明によりモータリゼーションが起こり、今日に至っている。自動車会社が100年に一度の大変革期を迎えようとする中、我々が社会やお客様に求められるものは何かと考えると、工業製品としてお客様に喜びを届ける車を提供することに加え、電動化、つながる化、知能化の技術開発を加速させることで、単なる車づくりの枠を超えて、社会に目を向け、新しいモビリティのあり方を創造し、提案することも我々自動車会社、自動車業界の務めだと思っている。MaaSがその起爆剤となることは間違いないが、我々トヨタが提案するe-PaletteやMONETなどがMaaSの発展に少しでも寄与できればありがたい。スマートモビリティ社会の実現に向けて、MaaSや新たなモビリティによって町の形、都市の形がどう変わっていくのかを考え、皆様にも協力をいただきながら、今後もいろいろな場で提案をしていきたいと思っている。

(とりまとめ:小野芳計)



対談

山本圭司
YAMAMOTO, Keiji

トヨタ自動車コネクティッドカンパニー-Executive Vice President

石田東生
ISHIDA, Haruo

日本大学理工学部交通システム工学科特任教授

石田：きょうのテーマは、全ての人に移動の自由をということ、スマートモビリティ社会を実現していくということと言われたのはそのとおりだと思うが、もう少し具体的に街とか、人の暮らしの関係をどういうふうに設計しようと思っているのか、あるいは働きかけようとしているのかということをお伺いしたいと思う。

山本：最初にトヨタのなりわいをお話しさせてもらうが、トヨタはトヨタ自動車として発足してから81年がたっている。自動車に取り組んだ理由というのはとてもシンプルで、それは81年前に自動車産業を起すことで、日本国そのものの発展に寄与したいと考えた。トヨタは自動車という物づくりを通して、国の発展に貢献したい。幸いにも皆さんにご愛顧いただいて今に至っている。ただ、その精神は全く変わってなくて、自動車という言葉をもビリティという言葉にかえて、トヨタはモビリティを通して社会の発展に寄与したいと思う。昔はディーラーをたくさん作っていただき、割賦の仕組みを入れることによりトヨタはモーターゼーションに必要な仕掛けをつくり、車を販売した。モビリティカンパニーになっていく、もしくは社会によりよいモビリティを供給する今日に必要な仕掛けとは何かというと、モビリティサービス・プラットフォームである。それがひいては社会の一つの仕組みになっていく、社会システムの一部を担う、あるいはスマートシティそのものを構成するような一要素になってくる。

石田：モビリティサービス・プラットフォームについての質問であるが、先ほども講演の中で、オープンで、だれでも来ていいと考えていると紹介されたけれども、ほんとうにだれでもよろしいか。

山本：ええ、大変ウエルカムである。そういう理解でよいと思う。

石田：MONETのコンソーシアムの参加企業が、3月末には、100弱ぐらいだったが、この1か月ちょっとの間に200を超えている。どれぐらいまで増えそうか。

山本：今200数十社参加しているが、それがどれぐらいまで増えるかというのは、ちょっと予測不可能である。

石田：100年に一度の大変革期と最初言われたが、ダイムラーとBMWがこの新しい世界で共同でやろうと新会社を設立するというようなことが起っている。それに対して日本の存在、あるいは力を何とかしたいと思っている。そういう動きをどうとらえているのか。

山本：この連携というのは非常にエポック的である。彼らの根底には、町づくりそのものを変えていかないと、これからの自動車産業はもとより、世の中そのものの発展がままならないという大きな観点での危機感が両社にある。お互いしっかり連携し合って、協調領域で、世の中そのものを高めようという姿

勢ではないかと理解している。

石田：ヨーロッパを中心に、個人の持っている情報はいつでも開示しろという動きがある。そうした中でこれからe-Palette、あるいは自動運転、シェアリングに典型的なように、嫌でも個人の情報がとれてしまう。その辺の問題をどうしたらいいか、何かお考えがあれば聞きたい。

山本：車から集まるビッグデータの取り扱いに関しては、国ごとで考え方が違う。日本の場合は、経済産業省、総務省と頻繁に協議している。公共性のある情報と個人情報とを分けて、その取り扱いを行政の皆さんと一つずつ決めていくしか解はないのではないかと考えている。

石田：例えば、DCMでつながって、非常に便利になっているが、さらにそういう方向で進んでいくのか。

山本：先ほど公共性の高い情報と言ったが、例えば、ハザード状態にあるときは最優先で情報を提供するなど、社会の中での責任を果たすという意味でやっている。車線ごとの渋滞情報がわかれば、車の通行がスムーズになるというのは、実証実験等でわかっているが、こういうのは、行政と連携して直ちにやらなければいけないことだと思う。

石田：制度とか規制について、何かこういうことがうまくいくといいという思いがあれば、お聞きしたい。

山本：自動運転、貨客混載の輸送、相乗りタクシーについてメーカー側と省庁側が議論できる雰囲気にはなっており、緩和の方向でご議論いただいている。

石田：これだけは言っておきたいということがあれば、最後にお伺いしたい。

山本：町づくりというのは国づくりそのものだと思う。日本の町づくりは、日本らしさがあるといいような気がする。町とモビリティというのは背中合わせだと思う。海外が進んでいるとか、どこかの企業が海外でこんなことをやっているというのに余りとらわれずに、日本をどうするか、この町をどうするかという議論ができるような場が醸成できるだけでも一つずつ前に進んでいくような気がする。

石田：日本の町に合ったモビリティを追求すべきであるということにはまことに同感である。新しいモビリティ社会、あるいは新しい町と交通のあり方、人の暮らし方、あるいは産業のあり方を、こういうオープンなところから提案して突破ができればと思うし、そういうことをトヨタさんが考えているということは非常にうれしく思う。

(とりまとめ：小野芳計)

運輸・観光部門におけるAI等の活用可能性に関する調査

深作和久
FUKASAKU, Kazuhisa

運輸総合研究所主任研究員

1— 調査の背景と目的

近年、人工知能 (Artificial Intelligence. 以下「AI」という。) の飛躍的な進化に注目が集まっている。AIは、社会を根本から変える起爆剤になることが予想されるなか、運輸・観光部門においてAIの活用可能性について注目される状況となっている。

このような状況のなかで、当該分野において優先して取り組むべき政策課題を抽出するために運輸総合研究所では、「運輸・観光部門におけるAI等の活用可能性に関する調査」を実施した。

本日は、①運輸・観光分野におけるAI等の活用状況、②AI時代における政策のあり方について発表する。

調査にあたっては、山内所長を中心にAIや運輸政策を専門

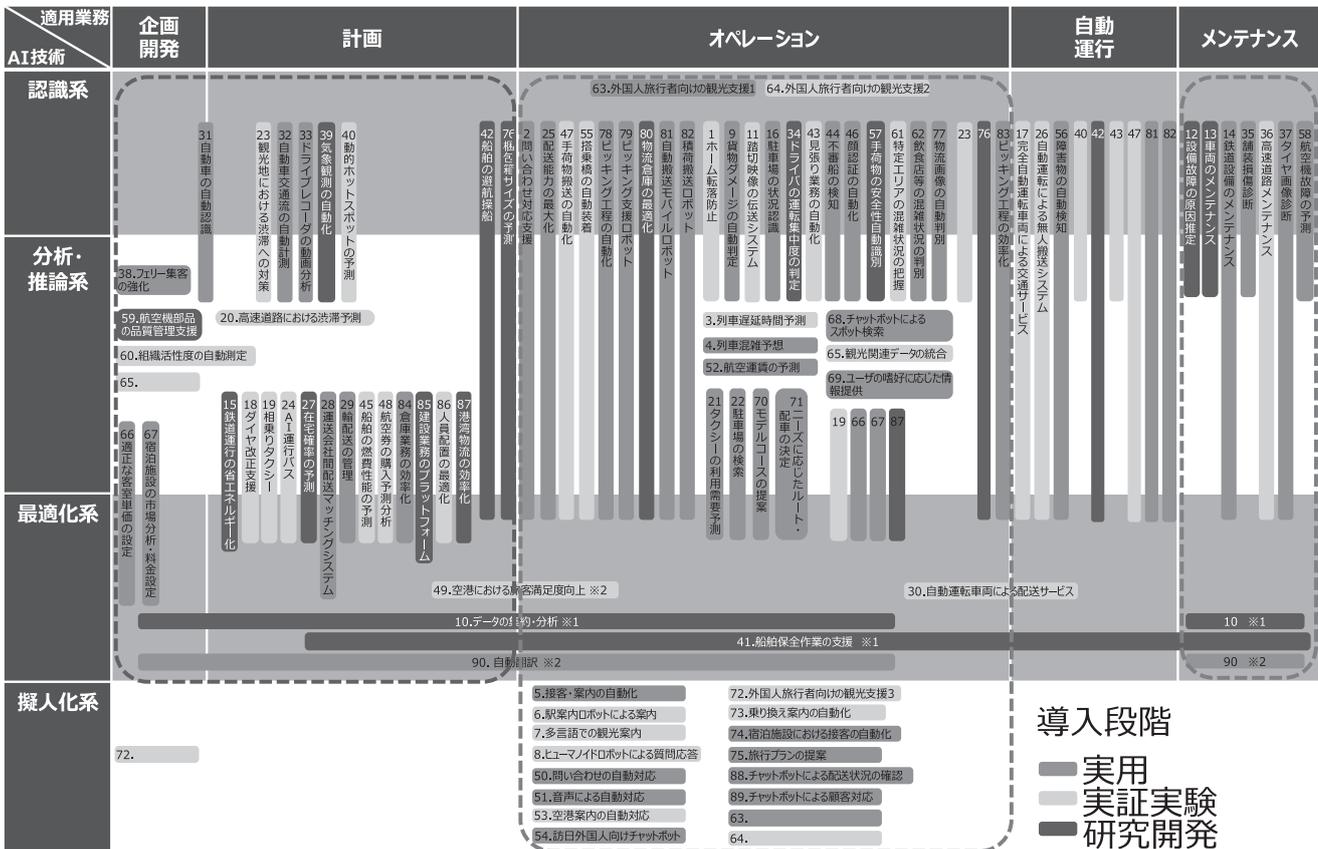
とする研究者、当研究所の役職員で構成される意見交換会を立ち上げ調査を実施した。

2— 運輸・観光部門におけるAI等の活用状況

(1) AI等の活用事例のマッピング

ここでは、運輸・観光部門におけるAI活用の全体像を把握するために、国内の鉄道・航空・自動車・船舶・港湾・物流・観光等を対象として、90事例を収集して、「適用業務」と「活用AI技術」の2軸でマッピングを行った。図-1は、上記に基づき、AIの導入段階別に事例をプロットしたものとなる。薄灰色が実用、灰色が実証実験、濃灰色が研究開発の段階となっている。

オペレーションやメンテナンス業務は、実用化が比較的進んでいる分野となる。例えば、認識、分析・推論を用いた事例とし



■図-1 運輸・観光部門におけるAI活用の実態 (導入段階別)

て、空港での出入国手続きを自動化した顔認証ゲート(実用)、X線手荷物検査での自動識別システム(研究開発)、鉄道無人駅での転落検知システム(実証実験)などがある。最適化では、タクシー需要のリアルタイム予測(実用)、港湾でのAIコンテナターミナル構想(研究開発)などがある。

一方で、企画開発や計画業務は、実証実験や研究開発のものが多くなっており、現時点で実用化が進んでいないが、今後進展の可能性がある分野となる。事例としては、最適化系のAIを用いた事例として、燃費などの船舶性能を様々なデータから予測するシステム(実証実験)、トラックの空車マッチングシステム(実用)などがある。この分野は事業計画の立案に直結する分野となり、AIの導入により、運輸・観光部門のさらなる効率化や新たなサービスの実現が期待される。

(2) 課題解決に向けたAIの活用可能性

ここでは、国土交通省、交通事業者などが取りまとめた提言などから、AIで解決することが可能と考えられる課題を抽出し、課題解決に向けたAIの活用可能性について考察を行った。抽出した政策課題は、①運行等の効率化・最適化、②混雑・遅延・障害等への対応、③安全・安心の確保、④多様な旅客へのサービス・情報提供、⑤地域における輸送手段の確保、⑥施設等の維持・管理の効率化、⑦人手不足への対応となる。

1) 運行等の効率化・最適化

わが国では、ライフスタイルやワークスタイルの多様化により、運輸・観光に対するニーズも多様化・複雑化している。交通に関するデータは、大量で複雑であることから、AIを活用することでリアルタイムでの運行の効率化・最適化が可能となる。

2) 混雑・遅延・障害等への対応

通勤時間帯の混雑や渋滞による遅延、相互直通運転による遅延、災害等による輸送障害や渋滞の発生が課題となっている。こうした課題に対して蓄積された大量の混雑データをAIが分析することで、迂回ルートの設定や遅延予測などがリアルタイムで可能となる。

3) 安全・安心の確保

運輸・観光部門全般での安全の確保が重要となる。なかでも、地方部では、厳しい経営環境下での安全確保が課題となっている。また、自動車事故が社会問題となっている高齢者、急増する訪日外客の安全確保も課題となる。これに対して、AIを活用することで、ヒューマンエラーの防止や広範囲の異常が検知可能となり安全性の向上に貢献する。

4) 多様な旅客へのサービス・情報提供

高齢化の進展、インバウンドの増加、ライフスタイルの変化により利用者ニーズが多様化している。こうしたニーズに対応したサービスや情報を適切に提供していくことが重要となる。利用

者の属性、位置情報、過去の行動履歴をAIが分析することで、多様なニーズにマッチしたサービスや情報提供が可能となる。

5) 地域における輸送手段の確保

地方部では、少子高齢化による人口減少により、鉄道やバス路線が廃止されるなど公共交通の維持が困難になっている。一方で、高齢者や障害者の移動確保、観光地への交通アクセスの確保も課題となっている。これに対して、AIを活用することで輸送に対するニーズと実際の輸送を適切にマッチングすることが可能となる。さらに医療や介護などをはじめとする生活環境の維持・向上に関する住民ニーズを交通と連携して提供することが可能となる。

6) 施設等の維持・管理の効率化

高度成長期に整備された交通インフラの老朽化が懸念されている。これに対して、昨今の財政制約による維持管理コストの縮減、効率的な維持管理の実現が課題となっている。AIを活用することで、高度な劣化予測や詳細な異常検知が可能となりコストの削減や効率化が図られる。

7) 人手不足への対応

運輸・観光部門においても、他部門と同様に人材の確保が大きな課題となっている。熟練技術者の技術の承継も深刻な問題となっている。これに対して、これまで人間が対応していた業務をAIに代替させることが可能となる。

3— AI時代における政策のあり方

これまでの検討を受け、「事業者・モード間でのデータ共有・連携」、「AIの影響評価・安全性確保」、「AI活用・普及のための取組み」の大きく3つの柱でAI時代における政策のあり方を取りまとめた。

(1) 事業者・モード間でのデータ共有・連携

AIは、インプットするビッグデータに立脚していることは明らかである。事業者やモード間の垣根を越えてデータ共有・連携を実現することで、広域的な輸送状況の把握、運行計画の立案、障害時の的確な対応が可能となる。しかし、事業者の競合関係やデータの囲い込み等により、データの共有・連携が進んでいないのが実情である。こうした課題に対する取組みとして、データ共有・連携が進んでいない分野において、連携の障壁となる事項とそれを踏まえた対策について関係者で協議し、合意形成を図る必要がある。さらに、関係主体間において共有すべきデータの明確化、データ・フォーマットの統一などを図る必要もある。

(2) AIの影響評価・安全性確保

AI活用の際には、その影響や効果に関する検証が必要となる。AIがもたらす社会的な効果や影響について客観的な分析をもとに議論を行うことで、AIに対する理解や合意形成の促進につながるものと期待される。

こうしたことから、経済・社会への影響評価や経済効果の測定方法に関する調査・研究を進める必要がある。

また、AIを活用する際の安全性確保について、既存の安全基準、法令等との整合が十分に整理されていないという課題もある。AIを活用する際に「ブラックボックス型AI」では実用に向けてのハードルは高くなる。こうしたことから、既存の安全基準や法令等との整合を踏まえた安全基準やガイドライン等の策定が必要となる。さらに、AIを活用する際の情報セキュリティに対するリスク対策も必要となる。

(3) AI活用普及のための取組み

地方では、輸送需要が薄く、広いなかで事業を実施しなければならないこと、人材や財源が乏しいことなどからAIが普及しないという課題がある。

こうした課題に対して、AIアプリケーションをはじめとする共通プラットフォームの整備、複数事業者によるAIの共同運用の仕組み、交通事業者のニーズとAI事業者のシーズとのマッチング、助成制度など資金調達のための仕組みが必要となる。こうした取組みを支えるために、産官学、府省庁横断による推進体制を構築する必要もある。

以上、本調査のアウトプットとなる3本の柱については、それぞれが相互に関係していること、様々な関係主体が関わることから、AI活用に向けたビジョンを策定して総合的に政策を展開していくことが必要となる。

4—まとめ

本調査では、運輸・観光部門におけるAIの活用実態を明らかにするとともに、AIの活用を進めるための政策のあり方について、①事業者・モード間でのデータ共有・連携、②AIの影響評価・安全性確保、③AI活用普及のための取組みの3つの柱で取りまとめた。

運輸部門は、医療、介護、環境、エネルギーなど、他のさまざまな部門の基盤となるものであり、運輸部門の課題解決は他部門の課題解決に大きく貢献する。

昨今のAIの開発・普及の進展は著しく、運輸・観光部門においてもAIの活用が進展しつつあるが、本調査で指摘した諸課題の解決という面からは、その取組みはまだ緒についたところである。

今後、AI技術の一層の進展が期待されるが、これに加えて、社会システムとしての運輸・観光事業への本格的な実装により、諸課題の解決に効果を発揮していくことが期待される。このためには、運輸・観光部門におけるAI活用に関するビジョンを描き、本調査で提示したようなさまざまな政策課題への取組みを進めていくことが重要であると考えられる。

自動化・AI化による我が国港湾の効率性向上の可能性に関する研究

瀬賀康浩
SEGA, Yasuhiro

運輸総合研究所主任研究員

1—研究の動機と目的

我が国の6大港の常用港湾労働者は、年々高齢化が進んでおり¹⁾、この傾向は今後とも続くと考えられる。そのため、近い将来、生産年齢人口減少による港湾労働者不足が懸念されており、より効率的で生産性の高い輸送体系の構築が求められている²⁾。一方、IoTやAI等の情報通信技術が、近年急激に発展しつつある。同技術の活用により物流分野においてもサプライチェーン全体での効率性の飛躍的な向上が期待されるとともに、ドローン、自動運転技術等の活用により労働者不足を補う生産性の向上等も期待されている。

以上の背景の下、国土交通省は、AIやIoTなどの最新技術を用いて港湾における生産性の向上や労働環境の改善を図るといふ、AIターミナル政策を進めようとしている。では、こうしたAIターミナルの整備促進は、労働者不足の解消や生産性の向上にどの程度寄与することになるのであろうか。本研究は、港湾への自動化設備導入の課題を明らかにするとともに、主に外貨コンテナ港湾を対象に港湾の効率性の定量化を試みることを目的とする。

2—港湾を取り巻く現状と課題

AIターミナル政策とは、AI、IoT、自動化などの各技術を組み合わせ、コンテナ蔵置計画の最適化や搬出入の迅速化を図ることにより、世界最高水準の生産性を有するコンテナターミナルを形成する施策である。当該技術は、実証試験段階のものにと既に実用化されているものとに分類できる。これらのうち、AGV (Automated Guided Vehicle) によるコンテナの自動搬送や、RTG (Rubber Tired Gantry) のような荷役機械の遠隔操作化・自動化といった技術は、名古屋港飛鳥地区のTCBターミナルで導入済みである。ただし、世界のコンテナ取扱上位20港のうち、75%にあたる15港で自動化設備が導入済みもしくは導入予定となっているのに対し、我が国では名古屋港以外に導入事例がない³⁾。

世界の大港湾の多くが自動化を進める中、我が国の港湾において自動化が進んでいないのには、大きく三つの理由があると考えられる。

一つ目は、我が国のコンテナターミナルの多くが、海外のものほど大規模なスペースを有していないことである。規模が小さいことから、自動化設備の導入は過剰投資となる。

二つ目は、自動化設備導入のために運営中のターミナルを閉鎖できないことである。AGVの導入には、誘導線を埋め込むための工事が必要となるが、その間ターミナルの閉鎖が余儀なくされる。

三つ目は、ターミナルレイアウトの違いが挙げられる³⁾。海外港湾の多くでは、広いターミナルスペースを取ることができることから、コンテナレーンが岸壁とは垂直に配置される。レーン内のコンテナ移動はASC (Automatic Stacking Crane: 自走式大型門形クレーン) により扱われ、外来トレーラーはターミナルのゲート付近、構内シャーシは岸壁付近を行き来するのみである。これに対して我が国のコンテナターミナルは、ターミナルスペースの都合上、多くはコンテナレーンが岸壁と並行配置となっている。つまり、海外のターミナルでは、ASCと外来トレーラー、構内シャーシの動線が錯綜しないので、自動化設備を導入しても安全確保が比較的容易である一方で、我が国のターミナルでは、外来トレーラー、構内シャーシの両方が共通の導線を使うことが多く、自動化設備を導入するにあたっては安全確保が課題になる。

3—コンテナターミナル間の効率性比較

以上のような理由があるにせよ、我が国のコンテナターミナルは、他国と比べて自動化設備導入が極端に遅れているように思われる。なぜこれほど導入が遅れているのであろうか。実は、自動化設備導入が港湾の効率性向上に寄与していないからかもしれない。

そこで、我が国で唯一自動化設備の導入されているTCBターミナルと、同じ飛鳥地区にあるNCB、飛鳥ふ頭北、飛鳥ふ頭南の3ターミナルとを対象に、ターミナルの「使われ方」という観点から、相対的な効率性比較を試みた。既往文献⁴⁾によれば、寄港する船舶の大きさと年間計画コンテナ取扱量、年間回転数などが与えられれば、一定の計算式により「ターミナルエリアの規模」を推計することが可能とされる。そこで本研究では、この方法を援用し、ターミナル規模から年間計画コン

テナ取扱量を逆推定することにする。推定された計画取扱量はキャパシティと見なせることから、それを観測されるテナ取扱量とを比較することにより、ターミナルの効率性を評価することが可能となる。

各ターミナルのデータをもとに効率性を推定した結果、表一に示す結果が得られた。これより、TCBターミナルの効率性は、飛鳥ふ頭南やNCBよりも低いということが読み取れる。自動化設備の導入は、期待されているほど効率性の向上に寄与していないようである。

では、なぜ自動化ターミナルの効率性はそれほど高くないのであろうか。次に、その理由を明らかにするため、自動化ターミナルの実態について、港運事業者に対して独自のヒアリング調査を行った。その結果より、日本のターミナルで自動化設備があまり活用されないのは、以下のような理由が考えられることが判明した。

一つ目は、自動化RTGの動作が熟練オペレーターの扱う手動RTGと比べて遅いことである。熟練オペレーターは、テナを下につり下げた状態のままRTGを動かしても、目的の位置でテナを揺らさずピタリと止めることができるが、自動化RTGで同じことをすると停止時にテナが左右に大きく揺れて危険な状態となる。従って、自動化RTGが移動するときには、いったんテナを一番上まで上げて揺れないようにして、移動してからまたテナを下ろす、という動作をしなければ

ならない。そのため自動化RTGは手動RTGと比べて3倍ほど時間がかかってしまうとされている(図一)。

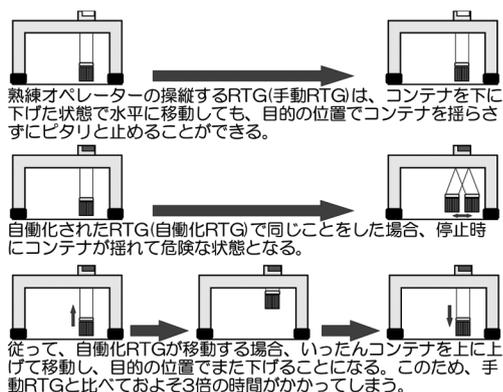
二つ目は、本船着船時に重点的にRTGを配備することができないことである。迅速な物流体系を構築するため、船舶側としてはなるべく港に停泊する時間を短くしたいと考えている。そのため、寄港したらなるべく早く荷揚げ・荷下ろしをしたい訳であるが、自動化RTGは基本的に1レーンを1基が受け持つ形を取っており、フレキシブルな対応が取れない。手動RTGであれば着船時に船側に重点的に配備することができ、素早く本船荷役に対応することができる(図二)。

三つ目は、AGV用の動線を確保するとヤードを広く使うことができないことである。電磁誘導線を埋め込んだ動線はAGV専用となるため、その分レーンが狭くなり、テナの蔵置スペースが少なくなる(図三)。また導入には誘導線埋込の工事が必要となり、その間ターミナルを閉鎖しなければならなくなるため、更に導入を困難なものとしている。

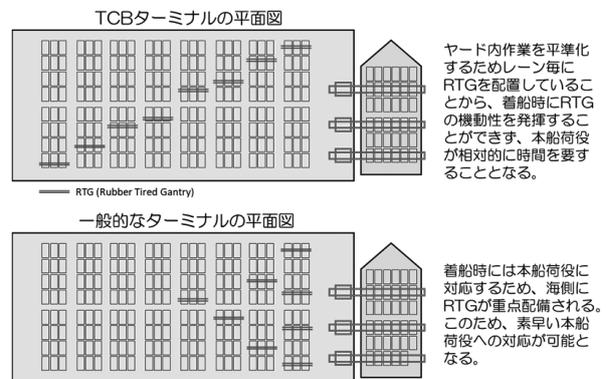
上に挙げた自動化設備の課題については、解決に向けての取り組みが現在進みつつある。例えば、国土交通省は、AIを活用した「熟練技能者の荷役ノウハウ継承・最大化実証事業」を進めており、熟練オペレーターの暗黙知をAIによって定式化することで荷役機械の運転支援・荷役ノウハウの継承を図ろうとしている。また、電磁誘導式AGVに代わり、自動運転技術

■表一 飛鳥地区4ターミナルの効率性比較

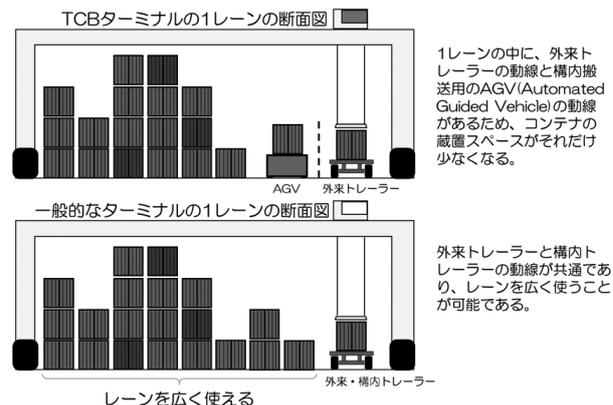
港湾名	施設名	バース水深(m)	荷役方式	バース長(m)	ターミナル面積(m ²)	年間回転数e=60としたときの推計計画テナ取扱量	2017年実績	実績/推計	
名古屋港	名古屋コンテナふ頭(NCB)	R1	12	SC	350	289,000	572,344	537,372	94%
		R2	12	SC	300				
		R3	12	SC	250				
	飛鳥ふ頭北	90号	10	SC	185	170,000	277,031	92,423	33%
		91号	12	SC	185				
	飛鳥ふ頭南	93号	15	SC	350	246,000	314,397	344,284	110%
		94号	15	SC	350				
	飛鳥ふ頭南側(TCB)	TS1	16	TC	400	362,000	720,536	489,831	68%
TS2		16	TC	350					



■図一 自動化RTGと手動RTGの動きの違い



■図二 自動化RTGと手動RTGの着船時の配置



■図三 AGVの動線とテナレーンの関係

をコンテナヤードの構内トレーラーに応用することで、AGV専用の動線も不要となりヤードが広く使え、工事によるヤード閉鎖も必要なくなる。現状での自動化設備には普及を阻害する課題があるものの、近い将来には技術的な解消が見込まれることから、今後積極的に導入を検討する必要があると思われる。

4—我が国の港湾コンテナターミナルの効率性の推定

仮に自動化設備が今よりも進展し、熟練技能者が活躍するコンテナターミナルと比べて遜色のない状況になったとき、どのような港湾であればその効力を発揮するのであろうか。さまざまな条件が考えられるが、少なくとも現時点で効率性の低い港湾であれば、自動化設備導入により効率性向上の余地が大きいと期待できる。そこで、我が国の港湾を対象に、コンテナターミナルの効率性を包括的に評価することとした。

すでに、名古屋港飛鳥地区の4ターミナルを対象に効率性比較を行ったが、これは地理的共通項が多いことを前提とした単純な物理スペックによる比較に過ぎない。将来的な労働者不足も考慮するのであれば、効率性を評価する要素として労働者数も含めるべきだと考えられる。またそれ以外にも、就航航路数、ガントリークレーン設置数、ターミナル面積といった要素も考慮する必要があると思われる。そこで、コンテナターミナルにおける年間取扱コンテナ量が、外貿コンテナ船の就航航路数、ガントリークレーン設置数、ターミナル面積、ターミナル労働者数などで決まるものと考え、以下のようなコブ・ダグラス型の関数を仮定し、生産関数の推計を行うこととした。

$$V = A \cdot B^{\alpha_1} \cdot C^{\alpha_2} \cdot T^{\alpha_3} \cdot W^{\alpha_4} \tag{1}$$

ここで、 V :年間取扱コンテナ量 (TEU) ; A :その他技術的要素, B :就航航路数, C :クレーン数 (基), T :ターミナル面積 (m²), W :ターミナル労働者数 (人) である。

各ターミナルの就航航路数、クレーン数、ターミナル面積については、既存の文献やインターネット等を通じてデータを収集できるものの、ターミナル労働者数についてはデータが存在しない。そこで、まずは港湾毎の荷役労働者数を算出した上で、それをもとにターミナル労働者数を推計するという二段階の計算を行った。港湾毎の荷役労働者数については、数値が公表されている港湾と、地方運輸局単位でまとめて示されている港湾とがあるため、公表されていない港湾については、取扱貨物量に比例するものとして地方運輸局の数字を按分することで推定した。また、ターミナル労働者数は、取扱貨物量をバルク貨物、コンテナ貨物、完成自動車の3種類に分け、コンテナ荷役に携わる労働者数はバルク貨物と比べてトンあたり2倍、完成自動車荷役に携わる労働者数はバルク貨物と比べてトンあたり3倍と仮定して算出した港湾毎の荷役労働者数を按分した。

■表—2 我が国港湾ターミナルの生産関数の推定結果

説明変数	係数	t値
その他技術的要素 (A)	7.841***	22.1
就航航路数 (B)	0.607***	5.34
クレーン数 (C)	0.273*	1.88
ターミナル面積 (T)	0.216**	2.01
ターミナル労働者数 (W)	0.324***	3.02
補正済みR ²	0.917	
観測数	61	

注: ***は99%有意水準, **は90%有意水準を満たす。

これらのデータを用いて生産関数のパラメータを推定した結果が表—2である。これより、ターミナル労働者数の推定弾性値は、就航航路数のそれに次いで大きいことが読み取れる。つまり、将来予想される港湾労働者の減少は、クレーン数やターミナル面積と比べて、コンテナターミナルの生産性に大きな影響を及ぼす可能性がある。また、推定結果をもとに各港湾のコンテナ取扱量を算定し、それと観測されたコンテナ取扱量との差を計算してみたところ、実際のコンテナ取扱量が200万TEUを超える大港湾のいくつかにおいて、その差が大きくマイナス側に振れているケースが見られた。

5—まとめ

本研究より、自動化設備導入港湾の効率性は、現時点においてはそれほど高いとは言えないものの、今後の現実的な技術進展に伴って効率性は上がるものと考えられることが明らかとなった。また、我が国の外貿コンテナ港湾においては、取扱量が200万TEUを超える大港湾のいくつかにおいて相対的に効率性が低いと思われる結果が得られた。これより、こうした大港湾にこそ、自動化・AI化を含め、効率性向上のための様々な取り組みを進めるべきことが示唆される。

今後は、港湾の効率性を比較・検討するための要素として、今回は考慮できなかった時間やコストについても検討したい。また熟練就労者比率のデータが得られれば、将来的に退職等によってその比率が大幅に下がったときの効率性についても検討できるので、こちらについても検討していきたい。さらに、AIターミナルの有用性立証のためは、個々のターミナルにおいてケーススタディを実施し、定量的な評価を行うことや、海外の自動化ターミナル事例についても調査を進めたいと考えている。

参考文献

- 1) 厚生労働省職業安定局雇用開発部建設・港湾対策室資料 (https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/koyou/kensetsu-kouwan/index.html)
- 2) 国土交通省港湾局資料「港湾の中長期政策 PORT 2030」(http://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_PORT_2030.html)
- 3) 雑誌「港湾」2019年3月号 (公社 日本港湾協会)
- 4) 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」2018年5月 (公社 日本港湾協会)

バス・タクシーでの自動運転車導入に関する検討

安部 遼祐
ABE, Ryosuke

運輸総合研究所 研究員

1— 研究の背景および目的

現在、自動運転車を用いたサービスの実証実験が多数実施されている。自動車会社や米国のIT企業では、乗用車を用いて、非固定路線サービス（いわゆる自動運転タクシー、自動運転ライドシェアサービス等）導入を目指した動きがある。我が国では非固定路線サービスの実験は少ないのが実情だが、2020年代早期のサービス展開を目標とした実験が実施されている¹⁾。また、我が国の鉄道・バス事業者、大学等では、主にバス車両を用いて、固定路線サービスの導入を目指した動きがあり、2020年頃の運転手なし自動運転が目標とされる^{2)、3)}。さらに、国や自治体主導のプロジェクトでは、乗用車やバス車両等を用いて、固定路線サービスの導入を目指した動きが多数ある。例えば、東京都心部の固定路線でミニバンサイズの自動運転車運行の実験も実施された⁴⁾。併せて、自動運転車普及の過渡期を想定した法制度の整備も進みつつある⁵⁾。

一方、自動運転車導入によるバス・タクシーの課題解決の可能性も議論されている。地域交通では、バス事業の運営の効率化、高齢者の移動手段確保等が課題とされる。特に、乗合バス事業は、三大都市圏で1.2%の営業黒字であるものの、地方都市圏・町村部で15%の営業赤字（2015年度）である^{注1)}。さらに近年では、都市部も含め、バス・タクシー事業での運転者不足も課題となっている^{6)、7)}。運営の非効率性や運転者不足は、公共交通のサービスレベルの低下（バス路線網の縮小、減便等）につながる。結果、車を運転しない人の移動手段確保がより困難になりうる。

こうした中、本報告は、バス・タクシーでの自動運転車導入に関する最新の検討を実施する。特に、サービス提供者側と利用者側の動向の整理・分析を踏まえ、今後の方向性を示したい。

2— サービス提供者側の動向

2.1 中長期的展望

現在、自動運転車の遠隔監視・操作システムの開発が行われている。これは、自動車から遠隔に存在する係員等が電気

通信技術を利用して監視し、必要に応じその運転操作を行うことができるシステムとされている⁸⁾。本システムを自動運転バス・タクシー等に用いる場合、運行の監視（非常時対応）を担うことがまずは期待される⁹⁾。

こうした動きを踏まえて、自動運転車の運行管理（監視）手法を概念的に整理すると次のようになる。(1) 乗務員による監視：各車両には乗客と乗務員が乗り、乗務員が直接目視で車両稼働と車両内外の状態を監視する。緊急時には、乗務員が車両を誘導して停止させる。(2) 人主体の遠隔監視：各車両には乗客のみが乗り、遠隔監視員が車両稼働と車両内外の状態を監視する。緊急時には、遠隔監視員が車両を誘導して停止させる。(3) システム主体の遠隔監視：各車両には乗客のみが乗り、コンピュータシステムが車両稼働と車両内外の状態を監視する。このシステムが異常を検知すると、遠隔監視員が車両を誘導して停止させる。

サービス提供者側の展望としては、導入初期は乗務員が車両に配置され、遠隔監視員1人対1台の遠隔監視から、長期的に1人対N台への展開が考えられる。乗務員配置では運行コスト面でのメリットが小さく、人主体の遠隔監視導入ののち、1人あたり監視車両台数を実質的に増加させることによって、よりシステム主体の遠隔監視を目指すことになる予想される。

なお、Abe (2019)¹⁰⁾では、バス・タクシーでの自動運転車導入について、事業面と利用者面における期待効果を定量化している。例えば、遠隔監視員1人が無限台数を監視するいわゆる最終的な状態では、運行コストはタクシーで今より80%程度の減、バスで50%程度の減と算出されている。これを地方のバス事業における15%の営業赤字と比較すると、過渡的な遠隔監視の段階でも、多大な効果（課題の解決）がありうることが分かる。

2.2 実現に向けた論点と課題

ここでは、中長期的展望を踏まえ、バス・タクシーでの自動運転車の実現に向けた論点を整理し、課題を抽出する。本検討の手順は、まず、筆者がこれまでに発表したセミナー等の場で頂いたコメントをもとに論点のたたき台を作成した。次に、2019年4～5月にバス・タクシーでの自動運転車に関連する関

係先へヒアリングを実施し、論点の詳細化を行った。ヒアリングは国・自治体、自動車メーカー、鉄道・バス事業者、タクシー事業者、システム開発業者、大学等の計12の関係先に対して実施した。

結果として、運行形態（車両サイズ、乗降地、路線）、乗務形態（安全性、ユニバーサルデザイン、運賃収受）、コスト（車両、運行管理・監視システム、運行監視ビジネス、インフラ）、地域交通への展開の四つの大きな論点に整理した。

まず、一つ目の論点は運行形態であり、表一1は関連する論点を整理している。この前提として、自動運転車の走行には3次元地図が必要となり、車両の運行範囲の地図を読み込ませる必要がある。また、非固定路線サービスでも、乗降可能な場所を事前にある程度決めておくことが行われている。

二つ目の論点は乗務形態である。まず、表二は安全性の観点から関連する論点を整理している。この前提として、非常時対応については、自動運転でも運送事業者は何らかの対応が必要というのが基本的な考え方になるとされる。この際に「運転者がいなくても同等の安全性を確保すること」がベースになるとされる。表三はユニバーサルデザインや運賃収受の観点から関連する論点を整理している。

■表一1 運行形態に関する論点

	非固定路線サービス	固定路線サービス
車両サイズ	乗用車	乗用車（例：ミニバン）～バス車両
乗降地・路線	<ul style="list-style-type: none"> 例：みなとみらい・関内地区で乗降可能な場所は15箇所 乗降地から、運行範囲の道路を使い、最適なルートを移動 	<ul style="list-style-type: none"> 混在交通での想定が多い ミニバン：現行、市街地で8～9割は介入なし自動運転が可能 専用の走行空間を作ること可能
導入初期形態	特定のエリア内で多乗降地点	駅からのラストマイル、病院までのルート等の高需要路線（民間事業者）
関連する課題	<ul style="list-style-type: none"> 乗降地の設置は都市側との連携が必要（植栽のカット等） エリアを拡大すると地図作成のコスト大 	例：一般的なバスの運転操作はできても、プロドライバーの技能を実現することの難しさ

■表二2 乗務形態に関する論点（安全性の観点）

	非固定路線サービス	固定路線サービス
現状の実証実験	<ul style="list-style-type: none"> セーフティドライバーが乗車。ドライバーはより高度な運転技術・知識を持つ 補助的に遠隔監視を実施。今後、ドライバー非配置での実験を実施 	
乗務員配置	将来的には、非専門的ドライバー等で務まる可能性はある	バス：非専門的ドライバー等で務まるか不明（免許制度と併せ、さらなる検証が必要）
遠隔監視	<ul style="list-style-type: none"> 1人が1台から始め、1人あたりの監視車両台数を増やしていく 遠隔監視員は、マニュアルに対応できる人が求められる 非常時対応：遠隔監視員と車内電話でやりとりが基本。現場への急行体制の確立を目指す。かけつけ拠点等に課題。保険会社との連携も実施 遠隔での運転操作は、想定する場合（監視→操作→かけつけ）と想定しない場合（監視→かけつけ）がある 	
二種免許のあり方	遠隔監視・操作者や乗務員等に課すべき義務についてさらに検討する必要（警察庁報告書、2019年3月）	

三つ目の論点はコストであり（表一4）、四つ目の論点は地域交通への展開（表一5）である。

以上の論点整理を踏まえ、課題を抽出すると次のようになる。まず、非常時対応、ユニバーサルデザイン等への対応に注力しつつ、運行管理を高度化していく必要がある。次に、乗降エリアの確保等では都市側との連携が必要である。さらに、地域交通への展開に関してはさらなる検討が求められる。最後に、より外的要因として、車両のコスト減等にはもう少し時間を要することに留意する必要がある。

3——利用者側の動向：安全性に対する利用者意識

ここでは、利用者側の動向に関する重要な論点と言える安全性に対する利用者意識の分析を行う。

このため、本研究では、バス・タクシーでの自動運転車の利用意向に関するウェブアンケート調査を実施した。対象者は、全国の都市圏居住者20～74歳とし、調査会社のモニタから1962人の回答を回収した。調査は2019年1月に実施した。

調査票では、法制度整備の進展等を踏まえて、2025年頃の自動運転の状況に関するより具体的な情報伝達を実施した。

■表三3 乗務形態に関する論点（その他の観点）

	非固定路線サービス	固定路線サービス
ユニバーサルデザイン（遠隔監視の場合）	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転車での車いすやチャイルドシート対応技術の開発は実施されている 特定の乗降地（鉄道駅・大規模ビル等）で乗客・車いす利用者への案内を駅員・係員に委託等、さらなる進展が必要 	
運賃収受（遠隔監視の場合）	<ul style="list-style-type: none"> 支払いがない場合ドアが開かず 事前確定運賃・キャッシュレス決済 	<ul style="list-style-type: none"> ミニバン：事前確定運賃・キャッシュレス決済 バス：ICカードのタッチ等によるある程度の信用乗車（車内の遠隔監視はあり）

■表一4 コストに関する論点

	非固定路線サービス	固定路線サービス
車両	<ul style="list-style-type: none"> 現状では高額 乗降時のすり抜け交通への対策等、どこまで追加的に作り込むかも影響 将来的なコスト減を見込む 	<ul style="list-style-type: none"> バス：通常車両の2倍。当初はさらにその倍とも。将来的なコスト減を見込む ミニバン：特別な作り込みはあまりなし。通常車両の3～4倍を目指す
運行管理・監視システム	車両コストよりは安い。車両と納入業者が同一の場合も（一体で販売）	
運行監視ビジネス（監視の委託）	<ul style="list-style-type: none"> 当面は運送事業者サイドと一体的 技術的にはバスでも集約可能（遠隔操作・かけつけで効率化） 他業種からの参入はありうる 	
インフラ	<ul style="list-style-type: none"> 磁気マーカーや信号との通信等に大きく依存する形は想定せず 車両の待機場所、乗降エリアの確保に課題 	<ul style="list-style-type: none"> 磁気マーカーや信号との通信等に大きく依存する形は想定せず（あればとも手助けになる）

■表一5 地域交通への展開に関する論点

	非固定路線サービス	固定路線サービス
事業者視点	<ul style="list-style-type: none"> 採算性の問題 現状では高需要が見込める都市部で展開 	<ul style="list-style-type: none"> 採算性の問題 各バス事業者の営業地域での展開が基本 GPSの精度が確保される場所（山間部や過密地は難しくなる）等
公的な支援・補助、事業者間連携	<ul style="list-style-type: none"> 先進的な取り組みとして、前橋市は自動運転バス等を活用した交通再編の計画を策定 地域交通への展開に関して、さらなる検討が必要であり、より多くのケーススタディが求められる 	

まず、自動運転技術に関する簡単な説明をした上で、2025年頃の自家用車での自動運転車の状況に関する説明をした。この中で、例えば、「高度な自動運転技術を持つ車は、自動運転車の車両安全基準を満たしていることが義務づけられる見込みです」との説明をした。次に、バス・タクシーでの自動運転車の状況として、例えば、「自動運転タクシーやバスには、ドライバーは乗車しません。運行の安全性は下記のいずれかの方法で確保されることになると予想されています」との説明をし、2.1項で記した3つの運行管理手法の説明をした。

こうした情報提供の上、バス・タクシーでの自動運転車の利用意向に関する単純設問とSP設問を実施した。SP設問とは、各交通手段の運賃、所要時間等を提示し、そのうち望ましい手段を選んでもらう設問法であり、外的情報等の影響を受けにくい結果を得ることできる。併せて、個人属性やその他の項目（関連する認知、経験、態度）も尋ねている。

単純設問からは、乗務員が配置されたとしても、約4割の人は自動運転バス・タクシーの利用に何らかの抵抗があり、人主体もしくはシステム主体の遠隔監視になると、約7割の人が利用に何らかの抵抗があるとの結果が得られた。つまり、「乗務員監視」と「遠隔監視」への抵抗感には大きな差がある。言い換えると、遠隔監視化（乗務員非配置化）は一般的な利用意向を強く低下させる可能性がある。

次に、SP設問の分析では、利便性を考慮した場面で、自動運転車の運行管理手法は利用意向に影響を与えるかを検証できる。利便性とは、交通行動の分析では重要な要素であり、例えば、移動コスト、乗車時間、待ち時間等がある。この分析で得られた知見をまとめると、まず、利便性に関わる変数は利用意向に対して統計的に強く有意な影響を与えた。一方、遠隔監視化は利用意向に対して負の影響を与えるものの、この影響は統計的に有意ではなかった。以上の知見は、十分な情報提供が前提となっており、応用面でもこれが前提となることに留意する必要がある。

なお、3章の詳細は「運輸政策研究Vol.22（2019年4月の運輸政策コロキウムの概要）」で説明されている。

4—まとめと今後の方向性

自動運転車を用いたサービスは導入初期段階（何らかの形での実用化）へと向かいつつある中で、本報告は最新の関連の検討を実施した。図—1は得られた知見をまとめている。

(サービス提供者側の動向)

中長期的展望

- 導入初期は乗務員配置→1人对1台の遠隔監視から長期的に1人对N台へ
- 過渡的な段階でも運行コスト・バス運営効率化の観点では多大な影響

実現に向けた論点と課題

- 非常時対応、ユニバーサルデザイン等への対応に注力し、都市側や地域交通の取り組みと連携しつつ、運行管理を高度化していく必要
- より外生的要因として、車両コスト減等にはもう少し時間を要することに留意

■図—1 本報告のまとめ

最後に、バス・タクシーでの自動運転車導入に関して、今後の方向性を二点挙げたい。一点目は、人主体の遠隔監視の確実な実施が重要と考えられる。つまり、自動運転の将来の発展性を踏まえ、先進的な技術に取り組んでいくことが重要であるとされる。二点目は、よりサービスの側面では、既存のバス・タクシーと同等の安全性・サービスレベルの実現も重要と考えられる。つまり、あくまで安全で役に立つサービスを目指すことが重要であると考えられる。この両面をおさえた取り組みがサービス提供者、利用者の双方に多大なメリットをもたらすと考えている。

参考文献

- 1) 日産自動車 [2019], プレスリリース, <https://easy-ride.com/news>, 2019/4/1.
- 2) 小田急電鉄 [2018], プレスリリース, <https://www.odakyu.jp/news/o5oaa1000001bwk7-att/o5oaa1000001bwke.pdf>, 2019/4/1.
- 3) 群馬大学 [2018], プレスリリース, <http://www.gunma-u.ac.jp/information/47347>, 2019/4/1.
- 4) ZMP [2018], プレスリリース, https://www.zmp.co.jp/news/pressrelease_20180827, 2019/4/1.
- 5) 内閣官房 [2018], “自動運転に係る制度整備大綱のフォローアップ状況について”, https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/dourokoutsu_wg/dai1/siryousu3.pdf.
- 6) 国土交通省 [2017], “地域公共交通の活性化及び再生の将来像を考える懇談会提言”, http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_tk_000062.html.
- 7) 東京都 [2018], プレスリリース, <http://www.metro.tokyo.jp/tosei/hodohappyo/press/2018/06/08/02.html>, 2019/4/1.
- 8) 国交省 [2018], プレスリリース, https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha07_hh_000271.html, 2019/4/1.
- 9) SBドライブ [2016], 関連資料, https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/4th_sangyokakumei_dai3/siryousu8.pdf, 2019/4/1.
- 10) Abe, R. [2019], “Introducing Autonomous Buses and Taxis: Quantifying the Potential Benefits in Japanese Transportation Systems”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 126, pp. 94–113, <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.06.003>.

注

注1) 算出手順は文献10を参照

(利用者側の動向)

安全性に対する利用者意識

- 遠隔監視化（乗務員非配置化）で一般的な利用意向は強く低下
- しかし、サービスレベルを考慮した場面では、利用意向へ有意な影響を与えない
- サービスレベルは、利用意向に強く有意な影響を与える
- 遠隔監視化は利用者意識面からは進められる可能性。十分な情報提供が前提

経済情勢・人口構造等が我が国の旅客輸送量へ及ぼした影響の構造的把握

林田拓人
HAYASHIDA, Takuto

運輸総合研究所主任研究員

1——研究の背景及び趣旨

地域交通活性化・交流人口拡大等が課題とされているが、それらに対応する上で、旅客の動向についての分析が必要と考えられる。

特に、近年の輸送量の動向には、人口構造や経済情勢・経済政策等が大きく影響しているとみられるが、それらの影響の計量的な把握は不十分とみられる。

この研究は、1970年度以降の歴史的動向における、輸送量への人口構造や経済情勢・経済政策等の構造的な影響を分析し、行政及び事業者が旅客の動向を把握する上での一助とするものである。

2——全国の鉄道、乗合バス、新幹線及び国内航空旅客数についての統計モデルの推定

2.1 統計モデル推定の考え方

輸送量の増減に係る構造的な要因としては、経済情勢や少子高齢化等が考えられるが、これらの要因については、統計モデルによって分析できると考えられる。

そこでこの研究では、1970年度から2017年度の全国の鉄道、乗合バス、新幹線及び国内航空を対象にして、人口一人当たり旅客数を被説明変数、経済規模（人口一人当たり実質GDP等）、実質運賃、人口一人当たり乗用車数、人口構造（15歳から19歳人口の総人口の対する比率、就業者数の総人口に対する比率等）等を説明変数とする統計モデルを推定した（注）。

具体的な統計モデル案は、下記のとおり。

$$q = \alpha \times Y^{\beta_1} \times f^{\beta_2} \times CAR^{\beta_3} \times I^{\beta_4} \times P^{\beta_5} \times e$$

q ：人口一人当たりの旅客数

Y ：人口一人当たりの実質GDP等

f ：実質運賃、

CAR ：人口一人当たりの乗用車保有台数

I ：インフラに係るデータ

P ：人口に係るデータ

e ：誤差項（モデルでは説明できない要因）

モデルの推定に当たっては、対数変換した線形モデルを、データの多くが単位根を有していたことから、一般化最小二乗法（Prais-Winsten法）によって推定した。

2.2 統計モデルによる分析の性格

上記の統計モデルについて、下記の限界が指摘できる。

- 今回対象とする1970年代から2010年代について、輸送に対する消費者の意向が同一との前提。
- 異なる交通機関間の相互影響が、盛り込まれていない。
- 年度データを用いていることからデータ数が比較的少なく、バブル期等の極端な変動の影響を、過度に評価している可能性。

このような限界の下ではあるが、経済情勢等の旅客数への影響について、1970年代から2010年代の歴史的経緯に基づいて、定量的に評価することが可能となる。

2.3 統計モデルの推定結果

統計モデルの推定結果は、下記とおりである（係数は有意水準5%で有意、※を付したものは10%で有意）。

なお、以下では説明変数について、「人口一人当たり」との記述を省略しており、また、「就業者数」及び「15歳から19歳人口」とは、それぞれ総人口に対する比率である。

• 鉄道

$$\text{定期旅客数} = 53.3 \times \text{実質GDP}^{0.41} \times \text{乗用車数}^{-0.16} \times e$$

$$\begin{aligned} \text{定期外旅客数} &= 177.1 \times \text{実質民間消費支出}^{0.50} \\ &\quad \times \text{実質運賃}^{-0.19} \times \text{乗用車数}^{-0.09} \\ &\quad \times \text{就業者数}^{0.70} \times e \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{定期} + \text{定期外旅客数} &= 96.9 \times \text{実質GDP}^{0.40} \\ &\quad \times \text{乗用車数}^{-0.10} \times e \end{aligned}$$

• バス

$$\text{定期旅客数} = 66.2 \times \text{実質運賃}^{-0.61} \times \text{乗用車数}^{-0.32}$$

$$\times \text{主要地方道実延長}^{0.19}$$

$$\times \text{15歳から19歳人口}^{0.44} \times e$$

$$\text{定期外旅客数} = 170 \times \text{実質運賃}^{-0.41} \times \text{乗用車数}^{-0.14} \times e$$

$$\text{定期} + \text{定期外旅客数} = 210 \times \text{実質運賃}^{-0.38}$$

$$\times \text{乗用車数}^{-0.19} \times \text{失業率}^{-0.08} \times e$$

● 鉄道+バス

$$\text{定期旅客数} = 67.6 \times \text{実質GDP}^{0.28} \times \text{乗用車数}^{-0.21} \times e$$

$$\text{定期外旅客数} = 240 \times \text{実質GDP}^{0.21} \times \text{実質運賃}^{-0.20}$$

$$\times \text{乗用車数}^{-0.13} \times \text{就業者数}^{0.48} \times e$$

$$\text{定期+定期外旅客数} = 407.2 \times \text{実質民間消費支出}^{0.23}$$

$$\times \text{実質運賃}^{-0.11} \times \text{乗用車数}^{-0.17}$$

$$\times \text{就業者数}^{0.66} \times e$$

● 新幹線・国内航空

$$\text{新幹線旅客数} = 0.42 \times \text{実質GDP}^{1.84} \times \text{実質運賃}^{-0.91}$$

$$\times \text{乗用車数}^{-0.47} \times \text{新幹線営業キロ}^{0.40} \times e$$

$$\text{国内航空旅客数} = 3.04 \times \text{実質GDP}^{1.50} \times \text{実質運賃}^{-0.77} \times e$$

上記の結果、下記の事項が明らかになった。

- 鉄道旅客数及び鉄道+バス旅客数のうち「鉄道定期」・「鉄道定期+定期外」・「鉄道+バス・定期」については、経済規模、乗用車数の影響が認められること。
- 鉄道旅客数及び鉄道+バス旅客数のうち「鉄道定期外」・「鉄道+バス・定期外」・「鉄道+バス・定期+定期外」については、経済規模、乗用車数、実質運賃、就業者数等の影響が認められること。
- 乗合バス旅客数（定期・定期外・定期+定期外）については、実質運賃、乗用車数の影響が認められ、特に「定期」については、それらに加えて15歳から19歳人口等の影響が認められること。
- 鉄道+バスともに多くの場合で、就業者数等、雇用に係るデータの強い影響が認められること。
- 新幹線及び国内航空旅客数については、実質GDP及び実質運賃が影響しているとみられ、係数の絶対値が大きいことから、経済変動等の影響を比較的大きく受けると考えられること。

3——全国の鉄道、バス、新幹線及び国内航空旅客数についての統計モデルによる2013年以降の輸送量の増減についての要因分析

推定した統計モデルによって、2013年度から2017年度の全国の鉄道、乗合バス、新幹線及び国内航空の旅客数の増加要因について分析した。

3.1 鉄道定期、鉄道定期+定期外、鉄道+バス定期（説明変数が、経済規模及び乗用車数の場合）

表一1のとおり、実質GDPの増加の正の寄与が認められるが、経済の低成長化によって、過去に比べて寄与は小さくなっている。また、乗用車数の増加の負の寄与が認められるが、乗用車数の増加の鈍化によって、過去に比べて、負の寄与は小

さくなっている。なお、これらの要因以外の寄与が大きい。

3.2 鉄道定期外、鉄道+バス定期外、鉄道+バス・定期+定期外（説明変数が、経済規模、実質運賃、乗用車数及び就業者数の場合）

表一2のとおり、就業者数の増加の寄与が比較的大きい。また、実質運賃については、デフレ等の影響で負の寄与となる場合が過去に多かったが、2013年度から17年度では実質運賃が低下し正の寄与を示している。なお、依然として「その他」の要因の寄与が大きい。

3.3 バス

表一3のとおり、実質運賃の低下が旅客数増加に寄与しているほか、「バス定期+定期外」については、失業率改善の寄与が大きい。

■表一1 2013年度～2017年度の旅客数増加への寄与（鉄道定期、鉄道定期+定期外、鉄道+バス定期）

		実質GDP	乗用車数	その他
鉄道定期	増減への寄与	0.58%	-0.16%	1.38%
	寄与度のシェア	31.8%	-8.6%	76.4%
鉄道定期+定期外	増減への寄与	0.56%	-0.10%	1.28%
	寄与度のシェア	31.9%	-5.4%	73.1%
鉄道+バス・定期	増減への寄与	0.38%	-0.21%	1.67%
	寄与度のシェア	20.7%	-11.2%	90.3%

■表一2 2013年度～2017年度の旅客数増加への寄与（鉄道定期外、鉄道+バス定期外、鉄道+バス・定期+定期外）

		経済規模	実質運賃	乗用車数	就業者数	その他
鉄道定期外	増減への寄与	0.25%	0.06%	-0.09%	0.63%	0.82%
	寄与度のシェア	14.9%	3.8%	-5.2%	37.7%	48.5%
鉄道+バス・定期外	増減への寄与	0.29%	0.07%	-0.13%	0.44%	0.79%
	寄与度のシェア	19.6%	4.7%	-8.6%	30.0%	53.9%
鉄道+バス・定期+定期外	増減への寄与	0.11%	0.04%	-0.16%	0.60%	1.07%
	寄与度のシェア	6.9%	2.2%	-9.9%	36.0%	64.4%

■表一3 2013年度～2017年度の旅客数増加への寄与（バス）

		実質運賃	乗用車数	主要地方道 実延長	15歳から 19歳人口	失業率	その他
バス定期	増減への寄与	0.10%	-0.31%	0.06%	-0.02%	-	2.53%
	寄与度のシェア	4.3%	-13.1%	2.8%	-1.0%	-	107.3%
バス定期外	増減への寄与	0.07%	-0.14%	-	-	-	0.79%
	寄与度のシェア	9.4%	-18.9%	-	-	-	109.4%
バス定期+定期外	増減への寄与	0.06%	-0.19%	-	-	0.71%	0.58%
	寄与度のシェア	5.3%	-16.0%	-	-	60.8%	49.7%

3.4 新幹線・国内航空

「新幹線」の場合、整備新幹線の開業効果が認められる他、実質GDPの増加旅客数増加への寄与が大きい。また、「その他」の寄与が小さい。また、「航空」の場合、「実質運賃」の寄与が大きく、LCC運航開始等が影響しているとみられる。

4—まとめ

この研究では、鉄道等の旅客数を対象に、経済・人口構造等による統計モデルを推定したが、その結果、人口一人当たり旅客数に対する、経済規模・実質運賃・乗用車数等の影響を明らかにすることができ、その中でも、就業者数等雇用に関するデータの影響が大きい場合が認められた。

その統計モデルによって2013年度から2017年度の旅客数の増加要因を分析したところ、経済規模・実質運賃の改善の寄与等が認められるほか、特に就業者数の増加等雇用情勢の改善の寄与が大きい場合が認められた。

そのため、経済情勢等が悪化した場合には、旅客数への減少を招き、地域交通の活性化、運輸事業者の経営強化等が大きな課題となる可能性が考えられる。

特に将来予想される15歳から19歳人口の減少や、近年極めて良好な労働需給が悪化した場合の輸送量への影響について、注視が必要と考えられる。

今後については、輸送量に係る統計モデルについてさらに

■表—4 2013年度～2017年度の旅客数増加への寄与（新幹線・国内航空）

		実質GDP	実質運賃	乗用車数	新幹線 営業キロ	その他
新幹線	増減への寄与	2.59%	0.35%	-0.46%	1.08%	-0.09%
	寄与度のシェア	74.8%	10.0%	-13.1%	31.1%	-2.7%
国内航空	増減への寄与	2.11%	0.95%	-	-	0.57%
	寄与度のシェア	57.8%	26.1%	-	-	15.7%

検討を進めるとともに、都道府県データについてもモデル化を行うことによって、分析を進めたい。

注

データは、下記の統計等から作成した。

鉄道輸送統計調査、自動車輸送統計調査、航空輸送統計調査、国民経済計算、人口推計、消費者物価指数、学校基本調査報告、労働力調査、自動車検査登録情報協会資料

参考文献

- 1) 山内弘隆・竹内健蔵 [2002], “交通経済学”, 有斐閣
- 2) 北川源四郎 [2005], “時系列解析入門”, 岩波書店
- 3) 沖本竜義 [2010], “経済・ファイナンスデータの計量時系列分析”, 朝倉書店
- 4) 馬場真哉 [2018], “時系列分析と状態空間モデルの基礎 RとStanで学ぶ理論と実装”, プレアデス出版
- 5) 栗田善吉・加藤一誠・金子雄一郎・清水哲夫・田邊勝巳・加藤浩徳 [2009], “我が国における交通機関別旅客交通需要動向の時系列分析”, 土木計画学研究
- 6) 井上岳・丹生清輝 [2011], “航空需要予測における計量時系列分析手法の適用性に関する基礎的研究”, 国土技術政策総合研究所資料

東京圏における訪日外国人の観光と鉄道利用の実態

～外国人の鉄道利用人数～

細野 晃
HOSONO, Akira

運輸総合研究所 研究員

1— 研究の背景および目的

はじめに、本研究は政策研究大学院大学 森地政策研究センター所長を委員長とした、運輸総合研究所で実施している「今後の東京圏を支える鉄道のあり方に関する調査研究」の一環として行われている。当プロジェクトは、鉄道路線やその沿線における課題を検討する研究である。委員会メンバーとして、学識者、私鉄事業者等が参加している。

テーマの1つに訪日外国人が選ばれた背景として、急増する訪日外国人の数がある（図—1参照）。その数は2018年には3,000万人を超え、今後より増えていくと考えられる。

急増する訪日外国人は鉄道経営においても重要な要素であり、各社は企画乗車券や無料wi-fiなど外国人向けサービスの充実を進めているが、今後より重点的・効率的な施策を行うために路線別・駅別の「利用者数」「国籍」など詳細な情報を整理する必要がある。

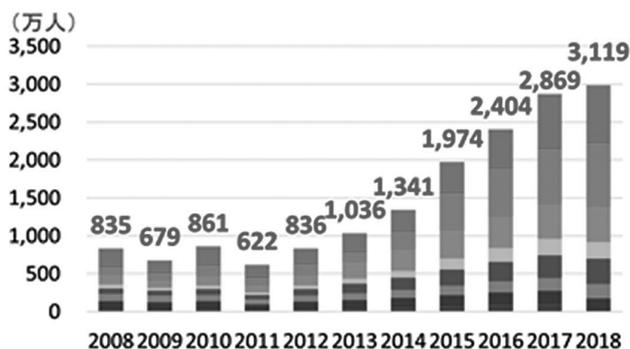
しかしながら、訪日外国人と鉄道利用に関するデータは現状少なく、まずは既存の調査・統計を整理し、訪日外国人の宿泊地・訪問地・滞在日数等を分析し、東京圏における鉄道利用者数の概数を推計することを目的とする。

なお、本研究における東京圏は、東京都・神奈川県・千葉県・埼玉県の1都3県を示す。

2— 既存の調査・統計の内容整理

2.1 統計・調査の整理

国土交通省等が主体的に行う調査・統計について、下記統



出典：JNTO資料を元に作成

■図—1 訪日外国人の推移

計・調査を整理した。

- ・ 出入国管理統計
国籍別・目的別に入国者数が分かる。
- ・ 宿泊旅行統計調査*
地点別の外国人延べ宿泊者数・実宿泊者数が分かる
- ・ 国際航空旅客動態調査*
目的・訪問地・滞在期間等が分かる。
- ・ 訪日外国人消費動向調査*
目的・訪問地・滞在期間等が分かる。

*政策研究大学院大学と共同研究することで、一般には公表されていない個票データを取り寄せて分析した（平成29年データ）。

なお、FF-DATAについては、県間OD等の行動把握はできるものの、都市内の観光地点間流動など都県内々の動きについて把握が難しいため今回が調査対象外とした。

2.2 鉄道利用者数の計算フロー

各統計・調査から訪問率・滞在日数・一日あたりのトリップ数・鉄道分担率を求めることにより鉄道利用者数を算出する（図—2参照）。

3— 宿泊実態

宿泊旅行統計調査から訪日外国人の宿泊状況を分析した。鉄道利用者数に繋がる数値は判明しなかったが、外国人の宿泊地に関する情報を整理した。



■図—2 鉄道利用者数の計算フロー

3.1 東京圏を含む関東1都6県における宿泊状況

図一3より、1都6県全体では年間約2,700万人泊の外国人延べ宿泊者数となっており、殆どが東京に集中している。また、東京における全体宿泊者数に対する外国人割合は33%と他地域に比べて高い。神奈川県・千葉県は箱根や成田の影響から10~15%、その他地域では3~5%と殆どが日本人宿泊者となった。

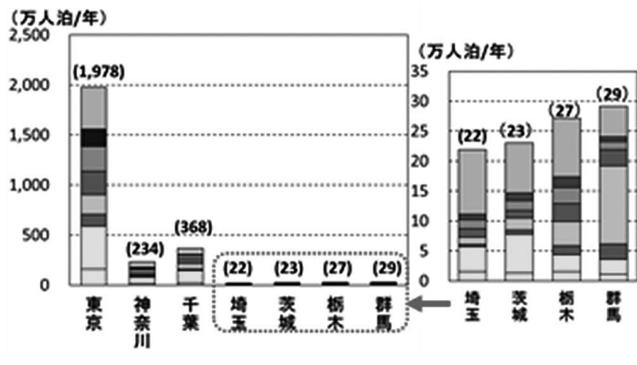
3.2 東京都心地区の宿泊状況

都心ターミナル駅付近の地区における延べ宿泊者数については、新宿駅が最も多く(年間約460万人泊)、次に東京駅(年間約300万人泊)が続く順となった(図一4参照)。また、新宿付近では外国人割合が全体の約60%と非常に高く、鉄道やバスターミナルなど交通機関の充実、外国人対応宿泊施設の多さ、ゴールデン街など夜間活動(ナイトタイムエコノミー)に適したスポットに関する知名度の影響が考えられる。なお、客室稼働率は日本人含む数値となる。

3.3 1都6県の主な宿泊地

図一5より、都心以外では箱根付近をはじめ、八王子等の西東京エリア、草津・嬬恋、日光に多いことが分かった。

また、国籍別で見た場合に、木更津では中国が、草津・嬬恋では台湾の割合が多いことが特徴的であった。



出典：宿泊旅行統計調査を元に作成
 ■図一3 1都6県の外国人延べ宿泊者数 (H29年)

4—東京圏への訪問状況

国際航空旅客動態調査および訪日外国人消費動向調査から東京圏への訪問者数、訪問率、滞在日数、訪問地点数、主な訪問地を分析する。なお、訪日目的対象を全目的と観光目的の2種類についてそれぞれ集計する。

訪問者数：東京圏を訪問したトリップを集計する。一度東京圏を離れ、再度訪問した場合はその都度集計する。

訪問率：滞在中に一度でも東京圏を訪問していたら集計する。

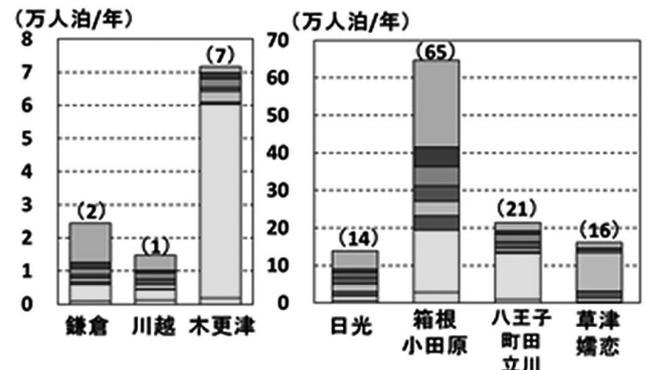
滞在日数：東京圏の滞在日数を集計する。

4.1 国際航空旅客動態調査

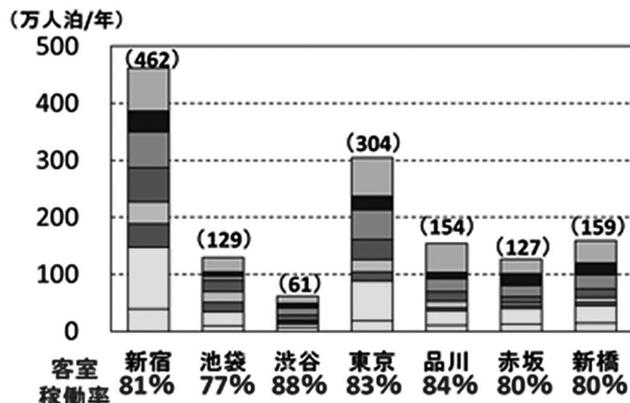
東京圏への訪問者数、訪問率、滞在日数を算出する。図一6より、当該調査で確認する訪問地はほぼ都道府県単位となり、東京圏への訪問状況が把握できる。一方、詳細な地区や近い都市間移動の把握は難しい。

東京圏への訪問者数は、年間約1,300万人(観光目的940万人)となる(表一1参照)。

流入経路は成田・羽田空港からの来訪が最も多く(約60~65%)、次に他地域から新幹線で訪れるケースが多かった(約15%)。また、中国については貸切バス利用の割合が比較的多



出典：宿泊旅行統計調査を元に作成
 ■図一5 地域別外国人延べ宿泊者数



出典：宿泊旅行統計調査を元に作成
 ■図一4 都心地区における延べ宿泊者数

入国空港	訪問地番号	訪問地番号	訪問地番号	訪問地番号
	{ }	{ }	{ }	{ }
交通機関	{ }	{ }	{ }	{ }
	{ }	{ }	{ }	{ }
●訪問地番号(アルファベット順)				
1. 秋田	12. 函館	23. 高知	34. 富士山周辺	45. 岡山
2. 青森	13. 箱根	24. 小松	35. 高野山	46. 大阪
3. 旭川	14. 広島	25. 熊本	36. 長崎	47. 小樽
4. 阿蘇	15. 伊勢志摩	26. 草津	37. 名古屋	48. 大津
5. 別府	16. 石垣島	27. 釧路	38. 那覇	49. 佐賀
6. 千葉	17. 鹿児島	28. 京都	39. 奈良	50. さいたま
7. 千歳	18. 鎌倉	29. 松江	40. 成田	51. 札幌
8. 福井	19. 金沢	30. 松山	41. 新潟	52. 仙台
9. 福岡	20. 軽井沢	31. 水戸	42. 日光	53. 静岡
10. 福島	21. 北九州	32. 宮崎	43. 登別	54. 下関
11. 富良野	22. 神戸	33. 盛岡	44. 大分	55. 高松

■図一6 国際航空旅客動態調査票(訪問地選択部分抜粋)

い（東京圏を訪問する中国人の約20%）。

4.2 訪日外国人消費動向調査

東京圏への訪問率、滞在日数、訪問地点数、主な訪問地を分析する。訪問地点が自由記入なため、国際航空旅客動態調査より詳細な位置が把握できる。

なお、個票データを確認した際、回答内容に特定の傾向パターンがあり、詳細に回答するサンプルもあれば、訪問地として宿泊地しか記載しないサンプルもあった。このため、分析内容に合わせて情報が不足していると考えられるサンプルについては集計時に制約をかけた。

国際航空旅客動態調査と比べ、目的別の差が大きく、業務目的による影響から全目的訪日者の訪問率・滞在日数ともに高い値となった。

東京圏における訪問地として回答された地点を集計の多い順に記載する（全目的）。

新宿、銀座、東京、渋谷、浅草、東京（その他）、上野、原宿、秋葉原、池袋、箱根、横浜、品川、お台場、東京タワー、築地、中央線沿線、六本木、表参道、赤坂…と続いた。基本的には新宿訪問が多いが、中国では銀座が最も多いなど国籍による訪問地の傾向に違いがあった。

また、観光目的では箱根やTDR/舞浜の割合が高くなった。

5——鉄道利用者数の概数推計

図—2の計算フローと4章で算出された数値を用いて東京圏における鉄道利用者数の概数を計算する。

訪日外国人のトリップ数については、訪問地点へ向かうトリップのほかに、1日1回宿泊地へ戻る「ホテル戻りトリップ」と初日と最終日に東京圏を流入出する際の「アクセス/イグレストリップ」も考慮する。

各統計・調査から求められなかった東京圏内鉄道分担率については、大胆な仮説となるが、日本人対象調査である東京圏パーソントリップ調査（平成20年）のデータを用い、私事目的かつ自動車保有なしという極力訪日外国人と近い条件から算出し、80%と仮定した。

訪日外国人と東京圏における鉄道利用トリップは全目的では34～58万トリップ/日、観光目的では24～26万トリップ/日と

■表—1 国際航空旅客動態調査の分析結果

目的別集計	全目的	観光目的
訪問者数（万人/年）	1,300	940
訪問率（%）	41	41
滞在日数（日）	5.4	4.6

■表—2 国際航空旅客動態調査の分析結果

目的別集計	全目的	観光目的
訪問率（%）	48	42
滞在日数（日）	8.3	4.6
訪問地点数（箇所/日）	1.2	1.2

■表—3 訪日外国人の鉄道利用トリップ

項目	全目的		観光目的	
	最大値	最小値	最大値	最小値
延べ宿泊者数（人泊/年）	109.2	61.1	43.2	42.4
総交通量（百万トリップ/年）	266.6	157	113.6	111.7
鉄道利用交通量（百万トリップ/年）	213.3	125.6	90.9	89.4
鉄道利用交通量（万トリップ/日）	58	34	25	24

なる（表—3参照）。

また、値の規模感を確認するため、鉄道全体交通量と比較検討を行う。各統計・調査により、訪日外国人の移動は山手線内エリアに集中していると仮定し、大都市交通センサス（平成27年）における山手線内利用者トリップ（650万トリップ/日）と訪日外国人の観光目的トリップを比較した。山手線内エリアにおける観光目的訪日外国人の割合は約3.4～4%となった。車両定員150人/両かつ混雑率100%（座席・つり革・ドア付近すりに着くことが可能）の列車を想定すると、1両あたり5～6人の外国人観光客が乗車していることとなる。なお、全目的では約8～13人/両となる。

6——まとめと課題

以上より、訪日外国人の行動実態について新宿をはじめとした東京に集中すること、東京圏に5～8日間滞在すること等について把握し、鉄道利用状況の推計を行った。

一方、一日の連続した行動パターンや鉄道交通機関分担率など推計にあたり課題が残った。今後は1日当たりの行動パターンや出発～目的地の関係を調査するため、モバイル統計等を検討し、鉄道利用者数の推計を精査する。