

2018年春 (第43回)

研究報告会

開催日：2018年5月15日(火) 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

山内弘隆 運輸総合研究所所長

来賓挨拶

一見勝之 国土交通省総合政策局次長

研究報告

1. 「地域観光組織のニーズを踏まえた観光統計の新たな活用に向けた実証分析
ー宿泊旅行統計調査を対象としてー」 栗原 剛 客員研究員, 東海大学観光学部講師
2. 「都市圏における自動運転技術導入後の乗合バス・タクシーの
サービス水準の評価と今後の活用方策の方向性」 安部遼祐 研究員



栗原 剛



安部遼祐

特別講演

「JR東日本グループの現状と今後の展望」
富田哲郎 東日本旅客鉄道株式会社取締役会長



研究報告

3. 「新たな視点に立った都市鉄道整備手法の検討
ーバリアフリー等サービス改善事業に関する費用負担のあり方ー」 五十嵐達哉 研究員
4. 「新幹線及び国内航空旅客輸送量の推移について
：長期時系列の概観と震災、インフラ整備の影響等についての分析」 林田拓人 主任研究員
5. 「東京オリンピック・パラリンピックに向けた交通機関への
サイバーテロ対策に関する研究 ー人材育成と情報共有ー」 深作和久 総務部企画室参事



五十嵐達哉



林田拓人



深作和久

閉会挨拶

春成 誠 運輸総合研究所理事長

JR東日本グループの現状と今後の展望

富田哲郎
TOMITA, Tetsuro

東日本旅客鉄道株式会社取締役会長

1—— 当社の概要・環境

当社では、1日あたりのべ73万kmの距離を列車が走り、1,700万もの人がそれを利用している。73万kmというと、ほぼ地球から月まで行って帰ってくることに相当する距離である。また1,700万人というお客さまも、通勤・通学のような往復で利用されることを考えるとこの半分ぐらいかもしれないが、毎日800～900万人のお客さまに実質ご利用いただいているということである。

さて当社は、1987年に国鉄を分割・民営化する形で発足したが、当時はバブル経済のまただ中であり、幸運なことに最初の5年間でかなりの収益を上げることができた。本州3社はきわめて大きな債務を抱えて発足し、当社も最初は6兆6,000億円の債務があったが、スタート時の収入は年1兆5,000億円しかなかった。また会社が発足して10年ぐらいから日本は未曾有の低金利となり、それが債務を多く抱えて発足した当社にとっては大いにプラスとなった。債務は現在ではおよそ3兆円となっており、金利も発足当初は7%ぐらいで、それだけで利息が4,000億円以上にもなっていたが、現在の金利は2%程度で利息も600億円程度に収まっている。

当社の収入構成を見ると、鉄道収入は全体のおよそ7割弱である。その内、およそ3分の2が首都圏在来線の運賃収入であり、新幹線は3割程度である。私も社員には「当社の生命線は首都圏の在来線である」と常日頃より言っているところである。また、全体収入の3分の1が非鉄道部門ということで、こちらも成長させていきたいと考えている。

今後の人口予測に鑑みると、急激な人口減少下で鉄道会社の経営をどう考えるのかというのが課題である。その一方で、明るい見通しとしてはインバウンドの伸びが挙げられ、2020年には8,000万人ぐらいまでいくと言われている。但し東北地方におけるインバウンドのお客さまはまだまだ少なく、これをいかに増やしていくかを検討しなければならない。

当社では会社発足時に、会社の原点ということで「自主自立」「お客さま第一」「地域密着」の精神が重要であると考え、ここまでやってきた。しかし今後は、次の時代に向かったの業務改革、経営改革を行っていかねばならない。

2—— 課題と展望

2.1 安全・安定輸送のレベルアップ

当社は31年の歴史の中で、残念なことに2度の大きな事故を起こしている。1つは会社設立2年目の12月、東中野駅で中央・総武緩行線の各駅停車列車が先行する列車に追突した事故である。本件により運転士1名、お客さま1名が亡くなり、この事故をきっかけに当社では列車衝突事故をなくすことを徹底することとなった。

もう1つは2005年の羽越本線の脱線事故である。局所的な突風が原因だったと言われているが、5名のお客さまがこの事故で亡くなられた。このことにより現地にはドップラーレーダーを配備し、冬の日本海で発生する突風をいち早く検知できるような仕組みをつくり、列車の運転制御に役立てている。

当社では会社が発足して30年あまりの間に、3兆9,000億円の安全投資を行っており、近年では新年度に2,690億円ということなので、相当な額の安全投資を行えるようになってきた。今後とも、全体投資のうち4～5割を安全投資に向けようと考えている。このうち特に力を入れているのが耐震補強であり、1995年の阪神・淡路大震災以降、耐震化を推し進め、2011年の東日本大震災においても橋脚は1本も倒れることがなかった。また先ほど挙げたドップラーレーダーによる風対策であるが、これは世界でも初めての突風の検知システムであると聞いている。

そのほかの安全対策で近年進めているのはホームドアの設置であり、2032年度末までに東京圏在来線の主要路線全駅(330駅)での整備を予定している。なぜこれほど時間がかかるのかというと、夜間しか工事ができないこと、また他の私鉄もホームドアの導入を進めており、工事を請け負う業者の能力やホームドアそのものの生産能力が追いつかないためである。このような中、横浜線の町田駅ではスマートホームドアの設置を計画している。これはどのようなものかということ、従来のホームドアと比べ、重さ、費用、工期がそれぞれ半分程度で済むものであり、これによりホームドア整備が加速することを期待している。

また社員に対しては、「安全」に向けた意識改革を行ってい

る。すなわち、「安全とは守るものではなくつくり出すものである」ということ、「ABCの原則（当たり前（A）のことを馬鹿（B）にせずちゃんと（C）やる）」を徹底すること、「新しいリスクを未然に防止」していくこと、「今日の安全は明日を保証しない」ということ、「現場に入って実際の仕事とルールが合っているか確かめる」こと、「常に畏怖の気持ちを持つ」ということである。

近年、事故の発生は減少傾向にあるが、それでもホーム上の事故や踏切事故はまだ数多く発生している。そのため当社ではシミュレータ等を活用した実践的な安全教育・訓練を行っている。また特に大事なことは、安全をベースにした上での安定輸送を行うということである。そのためには故障のない車両、設備にしていけることが重要となる。

2.2 業務改革と生産性の向上

続いて、当社の技術革新についてである。これには4つの分野があると考えており、「安全・安心」「サービス&マーケティング」「オペレーション&メンテナンス」「エネルギー・環境問題」といったテーマである。

具体的に、「安全・安心」については、センサの活用による災害リスク低減やロボット等を活用した踏切・ホームの安全性向上などが挙げられる。

またサービスについては、次世代型新幹線の研究を進めており、これは秒速100m、すなわち時速360kmでの運転を目指すものであり、北海道新幹線の札幌延伸時には是非実現したいと考えている。その他にも駅構内にサービスロボットを配置したり、Suicaのさらなる活用方策としてのチケットレス化等も検討している。

新たなメンテナンスシステムとして、当社ではCBM（Condition Based Maintenance）と呼ぶ技術も進めている。具体的には、営業車両にモニタリング装置を搭載して、高頻度にデータを収集し、効率的なメンテナンスを実行しようとするものである。

さらには太陽光発電や風力発電といった環境技術、蓄電池電車、自動運転などの技術も進めている。特に自動運転については、ホームドア設置、踏切撤去、ドライバーレスといった複合的な技術の組み合わせであり、生産性向上と人手不足対策に資するものでもある。

技術だけではなく、ダイバーシティの推進など働き方改革についても取り組みを進めているところである。例えば、事業所内保育所を設置したり、60歳以上のエルダー社員を活用したり、海外展開プロジェクトの一環で外国人の研修を行ったりしている。

当社の社員は5万5,000～6,000人、子会社も含めれば7万人以上となるが、その人たちが挑戦できるような環境を整えており、海外展開に伴う海外赴任や希望による配置転換、公募制

異動を実施している。つまり技術革新だけではなく、社員の持っている力をいかに引っ張り出して活かすかが鍵となる。

海外鉄道プロジェクトへの参画も行っており、インドの高速鉄道プロジェクトには100人の社員を派遣している。また英国、ミャンマー、タイ、インドネシアでは都市鉄道プロジェクトを実施しており、特にインドネシアに対しては205系電車の輸出と併せてメンテナンス指導を行っている。鉄道会社はどちらかというと内向きだと言われるが、こうした海外プロジェクトを通じて外から日本や当社を見ることにより、社風も変わっていくのではないかと考えている。

2.3 新たな成長戦略

ここ最近では、北陸新幹線、北海道新幹線、上野東京ラインなど、新たな輸送ネットワークの構築により人口の減る時代でも鉄道の利用客は増やせるのではないかと期待している。今年はパーソントリップ調査が実施されるが、鉄道のシェアは増えているのではないと思う。

直通運転については、当社は2001年に湘南新宿ライン、2015年に上野東京ラインを構築したが、時間短縮や乗り換えなしといった効果は乗客数で顕著に表れている。

また現在、羽田空港直下に新駅をつくって東海道線、山手貨物線、東京臨海高速鉄道から直通で結ぶようにすることを検討している。ぜひ将来の首都圏のネットワークとして整備していきたい。

北陸新幹線の開業効果については、開業前の2014年の年間旅客数が530万人だったのに対し、開業後の2015年は820万人と1.6倍になった。特筆すべきは、同じ区間の飛行機の利用客数はほとんど減っていない（鉄道が奪ったわけではない）ということ、すなわち北陸への旅行客全体の流動が増えたということに意味がある。

Suicaについても単に鉄道利用あるいは電子マネーの物販だけではなく、いろいろな決済手段としてレベルアップしていきたい。紙チケットをなくしたりICカードでそのまま新幹線に乗る「タッチでGo!新幹線」など、新たな取り組みを進めているところである。

鉄道以外のものとしては、エキナカリニューアルの推進であるとか、まちづくりの取り組みなどが挙げられる。特にまちづくりとしては、竹芝のウォーターフロント開発、横浜駅西口駅ビル開発、品川新駅（山手線）開発に取り組んでいる。

観光の分野では、従来よりデスティネーションキャンペーンを実施しており、各地の首長さんに興味を持っていただいている。またクルーズトレインの「トランスイット四季島」については、列車の行く先々で大歓迎してもらえ、地域の活性化に寄与しているのではないかと考えている。

3——まとめ

JR各社が誕生して30年あまりであるが、まだまだ多くの課題がある。そういう意味で、もう一度原点に返って「自主自立」「お客さま第一」「地域密着」を忘れず、そして大きな時代変革に対応することが重要である。

これからの課題としては、まず人口減少下における鉄道事業として、ローカル線問題にどう対処していくか、地方創生にど

う向き合っていくかという点が挙げられる。また2つ目としては、働き方改革を進めて社員の力を引っ張り出すこと。3つ目として技術革新・グローバル化を進め、会社に向きの風土をつくっていくことが挙げられる。こうしたことを通じて、様々な社会的課題の解決に貢献し、社会的な価値と企業的な価値の2つを両立できる企業となっていくことが、JRの非常に大きな役割ではないかと考えている。

地域観光組織のニーズを踏まえた観光統計の新たな活用に向けた実証分析

—宿泊旅行統計調査を対象として—

栗原 剛
KURIHARA, Takeshi

講演者 運輸総合研究所総合研究部客員研究員
東海大学観光学部講師

崔 善鏡
CHOI, Sunkyoung

運輸総合研究所総合研究部研究員

ヌエン ヴァン チューン
NGUYEN Van Truong

運輸総合研究所総合研究部研究員

清水哲夫
SHIMIZU, Tetsuo

首都大学東京大学院都市環境科学研究科観光科学域教授

1——研究の背景および目的

わが国では、DMOへの期待が高まっている。このことは、観光地経営は地域自ら行うべきとの意識の表れでもあり、地域観光組織は独自調査でデータを収集し、客観的に観光マーケティングを行うことが求められている。

他方、本共同研究で提唱した地域観光組織のデータマネジメントレベル評価によると、60%を超える多くの組織のレベルは低く、必須KPIである宿泊者数等のデータ収集さえままならない地域が多いことを明らかにした。この実態を踏まえ、本共同研究の今後の研究仮説として、二つのアプローチを提案した。一つ目は、レベルの低い多くの組織を対象として、観光統計（宿泊旅行統計調査、訪日外国人消費動向調査）の新たな活用により、地域観光組織がデータ収集せずとも指標を取得可能であるかどうかを検証することである。二つ目は、一部のレベルの高い組織を対象として、ニーズを踏まえた総合分析により、既存統計やビッグデータ、民間所有データの補完可能性を検証することである。本報告では、前者の観光統計のうち、宿泊旅行統計調査を対象として新たな活用を検討していく（図—1）。具体的には、現在の同調査データは都道府県単位で公表されており、現状ではDMOや市町村等の組織は活用することができない課題がある。それに対して、集計単位を見

直すことで、どの程度の組織に対して一定の精度を担保した上で活用が可能かを示すことを本報告の目的とする。

2——地域観光組織のニーズ

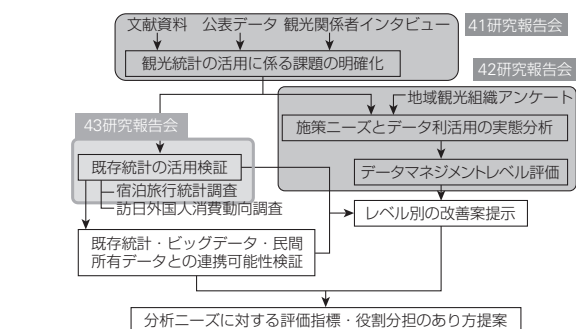
地域観光組織による施策ニーズとその評価に資するデータ利活用の実態を把握するため、2017年8月から11月にかけて意識調査を行った。その結果、191組織から有効回答が得られ、262の施策と評価指標を収集した。調査概要と基礎集計結果は参考文献1)を参照されたい。

本報告で着目している「宿泊」にかかる評価指標としてのニーズは、施策全体の22%を占め、これは入込客数（37%）に続いて大きな割合であった。その多くは量的ニーズで占められているが、代表的な回答としては、施策効果を検証するために、施策実施前後の宿泊需要を比較したいというニーズである。また、複数の組織から、効果検証のために宿泊旅行統計調査を活用したいが、自地域に適した範囲のデータが公開されておらず、活用に至らないとの課題が指摘されている。質的なニーズに着目すると、宿泊者数に加えて、施設タイプ別の宿泊者数や地域への来訪目的等の旅行者情報を組み合わせて評価したいとの意見もみられた。

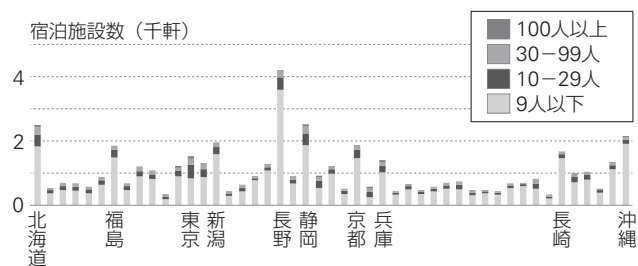
3——宿泊旅行統計調査の地域観光組織への活用可能性

(1) 宿泊旅行統計調査の設計概要

宿泊旅行統計調査は、宿泊施設が毎月延べ・実宿泊者数と外国人宿泊者数等を報告する形式で集計されており、従業者数が10名以上の施設については全数調査、5名から9名の施設については1/3、4名以下の施設は1/9のサンプル調査となっている。全国約5万の施設が母集団として登録されており、各調査の回収数は1万件強である。



■図—1 研究の流れと本報告の位置付け



出典：宿泊旅行統計調査（平成28年1月）データより作成
 ■図—2 都道府県別の宿泊施設数（従業者4区分）

■表—1 規模・タイプ別の宿泊施設数と回答率
 施設数

	旅館	リゾート	ビジネス	シティ	簡易	会社団体
0-4	12,998	708	1,436	29	14,576	980
5-9	4,241	362	1,647	66	1,283	439
10-29	3,051	544	2,718	122	570	271
30-99	1,667	623	1,043	349	100	86
100-	285	279	66	422	9	10

回答率（%）

	旅館	リゾート	ビジネス	シティ	簡易	会社団体
0-4	11.9	11.2	11.5	5.5	9.1	16.7
5-9	21.9	23.7	27.7	19.2	27.4	30.3
10-29	54.9	61.8	66.2	66.3	57.3	81.0
30-99	69.4	75.0	73.1	80.3	59.6	87.4
100-	70.9	72.2	75.5	79.7	66.7	82.3

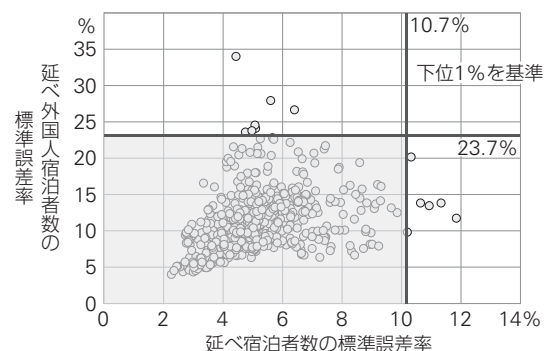
宿泊者数を推計する上で、宿泊施設の従業者数ごとにカテゴリーを分け、カテゴリーごとに回収率を踏まえて拡大している。客室数や収容人数による拡大推計でない点に注意が必要である。調査は、都道府県別にみた月別の延べ宿泊者数の標準誤差率が5%に収まるように設計されている。

(2) 全国の宿泊動向にみるデータの特徴

宿泊旅行統計調査データの特徴を概観する。まず、都道府県別の宿泊施設数の分布をみると、総数で最も多いのは長野県であり、静岡と北海道が続くことが分かる（図—2）。従業員数区分ごとにみると、従業者数が9名以下の小規模な施設が多い点に特徴があるといえる。次に、従業者5区分と施設タイプ6区分の施設数およびそれぞれの回答率を示す。表—1より、従業者の少ない旅館と簡易宿所が圧倒的に多いこと、および従業者の少ない施設程回答率が低いことが分かる。

(3) 地域観光組織の活用可能性検証

本研究で称する活用可能性とは、地域観光組織が必須KPI評価として利用できることを指す。そこで、宿泊旅行統計調査の個票データを用いて地域観光組織ごとに延べ宿泊者数と延べ外国人宿泊者数を推計し、標準誤差率が一定の基準以下であれば活用可能と判定する。基準は、公表されている月別・都道府県別の標準誤差率を参考にして、その下位1%にあたる延べ



出典：宿泊旅行統計調査（平成28年確定版）データより作成

■図—3 月別・都道府県別の標準誤差率

■表—2 宿泊旅行統計調査の活用可能性判定結果

Lv	地域連携 DMO	地域 DMO	市町村	計
B	5/10 (50.0%)	1/4 (25.0%)	4/24 (16.7%)	16/44 (36.4%)
C	5/7 (71.4%)	7/10 (70.0%)	7/49 (14.3%)	25/72 (34.7%)
D	2/4 (50.0%)	1/2 (50.0%)	1/36 (2.8%)	5/43 (11.6%)
計	12/21 (57.1%)	9/16 (56.3%)	12/109 (11.0%)	46/159 (28.9%)

宿泊者数10.7%、延べ外国人宿泊者数23.7%とした（図—3）。

データマネジメントレベル評価でB,C,Dランクとなった159組織を対象として、2018年1月の個票データで活用可能性を検証したところ、全体では28.9%、DMOでは半数以上の組織に対して活用可能であると判定された。市町村の多くは宿泊施設が少ないため、活用可能性は10%程度にとどまる傾向が示された（表—2）。

4——提言と今後の課題

宿泊旅行統計調査の地域観光組織への活用可能性を検証したところ、約6割のDMOに対して現状の調査体系のまま活用が可能であることが示された。この結果を踏まえ、既存統計を活用できる場合は、地域観光組織は必須KPIである宿泊者数データを収集することではなく、マーケティングに資するデータ収集・分析に労力を注ぐべきである。他方、統計整備側としては、地域観光組織の宿泊データに係るニーズと活用可能性の検証結果を踏まえ、一定の精度を満たす組織のデータ公表を検討することが有益と考えられる。

今後は、訪日外国人消費動向調査の活用検証に加え、データマネジメントレベルの高い地域を念頭に、既存統計とビッグデータ等との補完について検討することが課題である。

参考文献

- 1) 栗原剛・崔善鏡・清水哲夫・鎌田裕美 [2018], “地域観光組織による観光統計・データ活用の実態と施策ニーズとの整合性”, 運輸総合研究所第42回研究報告会, 「運輸政策研究」, 早期公開版 Vol.20 2018, pp.9-10.

都市圏における自動運転技術導入後の乗合バス・タクシーのサービス水準の評価と今後の活用方策の方向性

安部遼祐
ABE, Ryosuke

運輸総合研究所総合研究部研究員

1——研究の背景および目的

近年、自動運転技術の開発が活性化している。SAE自動運転レベル1, 2 (運転支援技術) は普及が進み¹⁾、また、近年中にレベル3 (条件付き自動運転) 装着の量産車が市販予定である²⁾。ある予測によると、2025年に完全自動運転に相当するレベル4, 5装着の車は世界の乗用車販売台数の最大2%を占めるとされている³⁾。

併せて、国内外で自動運転車を用いた乗合バス・タクシーサービスの実証実験が多数実施されている⁴⁾。こうした事業型 (車両は企業が保有・運行管理あり) の自動運転車は、日常交通で利用される自動運転車の中では最も実用化が早いと予想される。

都市圏における自動運転バス・タクシー導入の代表的なメリットは次のようにまとめることができる。乗合バス・タクシー事業では運転者不足の解消・運行コストの削減が行える可能性がある⁵⁾。都市圏居住者 (交通サービス利用者) にとっては乗合バス・タクシーのサービスが改善される可能性がある。

自動運転バス・タクシーの導入により公共交通網の利便性を大幅に高められる可能性がある一方で、自動運転バス・タクシーはそもそもサービスとしてどのような特徴を持ちうるのか明確になっていない。特徴を理解した上で、活用方策を検討していく必要がある。

本報告は、都市圏において自動運転バス・タクシーのサービス水準を評価し、それらの今後の活用方策の方向性を示すことを目的とする。なお、乗合バス・タクシーのサービス水準や運行コストは、タクシーの営業区域に概ね対応する都市圏内の市レベルで算出することが妥当であると考えられる。

本報告では東京区部の結果の概要を示す。ただし、三大・地方都市圏内の他の都市でも算出されるサービス改善率と運行コスト削減率は概ね同様の傾向になることを別途すでに確認している。

2——仮定：自動運転技術が都市圏の交通システムに与える影響

自動運転技術 (レベル4, 5) が中短期的に都市圏の交通システムに与える技術レベルの影響として (1) 車両コストにおける

影響、(2) 乗合バス・タクシー事業における運送人件費の削減、(3) 自家用車を利用する際の操作負荷軽減の影響を考える。

まず、車両コストにおける影響として、乗用車取得価格上昇と走行経費 (燃料費、タイヤ費) 減少を考える。これらの増減率に関して、本研究ではWadud (2017)⁶⁾に基づき、40%増と5%減とを仮定する。

次に、自動運転バス・タクシーの運行コスト (営業費) の算出にあたっては、車両コスト増減率の仮定に加え、運送人件費削減率の仮定も重要となる。現状の日本のタクシー事業において運送人件費は営業費の7割、乗合バス事業で6割を占めており⁷⁾、運送人件費削減率の仮定が運行コスト全体へ与える影響は大きい。本研究では自動運転バス・タクシーの導入形態として、乗務員配置型 (車両上の乗務員は第二種免許非保持者) と、車両自律型 (車両上の乗務員は非配置) を考える。前者は監視に要する人件費と現状との比較に基づき40%削減と仮定し、後者は運送人件費100%削減と仮定する。特に乗合バスにおいては、車両上の乗務員はシステムの監視のみならず、乗客対応を行うことが想定され、中短期には乗務員配置の方が乗客に受け入れられやすい可能性がある⁸⁾。例えば、車両自律型の場合の車いす利用者への対応などは課題である⁹⁾。

最後に、都市圏居住者が自家用車を利用する際の操作負荷軽減 (乗車中の活動の多様化) の影響については、Steck et al. (2018)¹⁰⁾に基づき、自動運転化によって自家用車利用の時間価値 (交通時間節約価値) は30%減と仮定する。

なお、本報告での中短期的影響とは上記3点の影響のみが反映された状態を意味する。それら影響の結果、長期的には交通ネットワーク均衡や土地利用の変化が起こりうるが、本研究ではこうした長期的影響は考慮しない。具体的には、例えば道路交通事故発生率の減少や交通渋滞の増加または減少、都市内の駐車場利用の効率化なども自動運転車普及の影響として議論されるが、これらは本研究では扱わない。

3——自動運転バス・タクシーの運行コストの算出 (事業者側)

自動運転バス・タクシーの運賃水準を設定するため、ここで

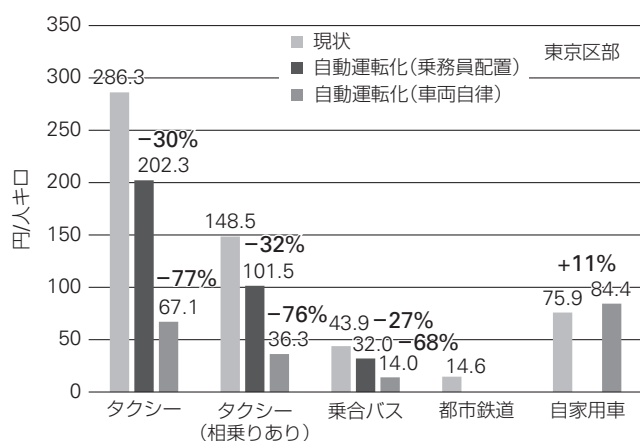
はそれらの運行コストを算出する。

自動運転タクシーの運行コストの算出手順は次のようになる（比較のため、自家用の自動運転車の利用コストも併せて算出する）。まず、用いる乗用車としてトヨタプリウスを想定し、その取得価格、年間維持費（保険料、税金、駐車場代）、キロあたり走行経費（修繕費、燃料費、タイヤ費）に関して、現状の値を設定する。この車両を事業用（タクシー）として使う場合の各費目の増減率も把握可能である。次に、運行パターン（実車時間率、平均乗車率、平均旅行速度、平均実車距離、実車距離率など）に関して、現状の値を設定する。運行パターンはタクシー、相乗りタクシー、自家用車で異なる値を用いる。最後に、金利や車両平均寿命（タクシー用は積算キロ、自家用は年）、車内清掃費、運転手時給、一般管理費などに関して、現状の値を設定する。そして、2章1、2点目の仮定を対応する費目に反映させることで自動運転化後の運行/利用コストを算出する。なお、都市間で値が異なりうる費目は、駐車場代、事業用保険料、運行パターン、運転手時給である。

自動運転バスの運行コストの算出手順は次のようになる。まず、乗合バスの人キロあたり運送人件費とその他運行コスト（対象都市の値）に関して、現状の値を設定する。そして、2章2点目の仮定を運送人件費に反映させる。

以上の算出手順はBösch et al. (2018)¹¹⁾のアプローチに基づいている。異なる交通機関の間での比較のため、人キロあたりの運行/利用コストとして結果を示す。

図一1は東京区部における現状と自動運転化後の運行/利用コストの算出結果を示している。乗合バス、タクシーとも自動運転化により、乗務員配置型で3割、自律型で7～8割の人キロあたり運行コストの削減になる。また、自動運転タクシーの運行コストの水準は乗務員配置型では自家用車の利用コストより依然大きい、自律型になると下回ることも分かる。



鉄道は東京メトロと都営地下鉄の輸送人員重み付け平均値。自家用車は利用コストを表す。

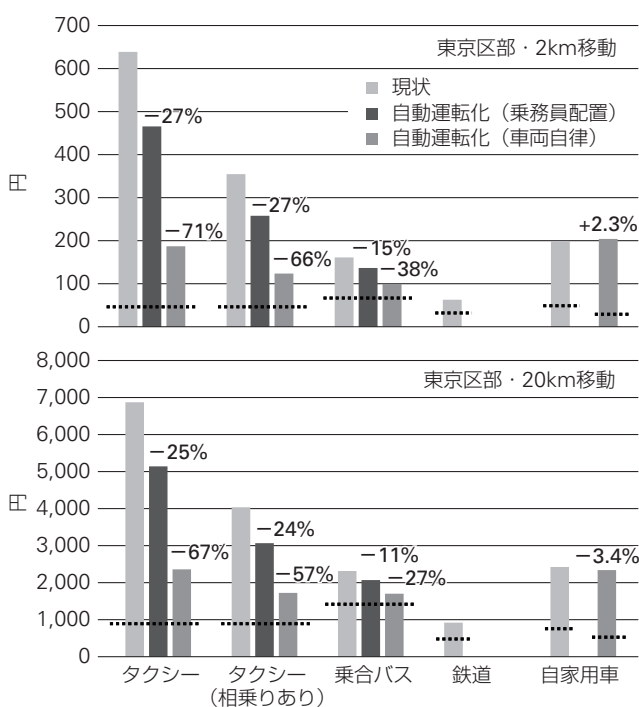
■図一1 運行コスト（営業費）の算出結果（東京区部）

なお、乗合バス、タクシーの運行コストの現状再現性については概ね妥当な結果が得られている。乗合バスでは区部平均乗車距離4.3kmだと運行コスト190円（1人あたり）が算出され、現行運賃（均一）は税抜194円なので利潤2.1%で釣り合う。タクシーでは同4.1km、乗車人員1.32人だと運行コスト1,550円（車両あたり）が算出され、同距離で現行運賃は税抜1,610円なので利潤3.9%で釣り合う。

4——自動運転バス・タクシーの一般化費用の算出（都市圏居住者側）

最後に、都市圏居住者が自動運転バス・タクシーを利用した場合の一般化費用を算出し、それらのサービス水準を評価する。ここでは平均的な個人が非業務目的の移動をする場合を想定し、移動距離別（2kmと20km）に算出を行う。なお、本報告では一般化費用算出の最初の試みとして、交通機関に乗車中の移動（アンリンクトリップ）に関する一般化費用を示す。つまり、公共交通機関を利用する際の待ち時間、乗り換え時間、アクセス時間は考慮しない。

ここでの一般化費用とは、運賃（人キロあたり運賃×移動距離）に時間的費用（所要時間×時間価値）を加えたものであり、小さな値であるほどサービスの水準が高いと見ることができる。運賃は3章で算出した運行コストに利潤3%を加えた額である（このため乗合バス・タクシー事業において規模の経済性なし、



鉄道は東京メトロと都営地下鉄の輸送人員重み付け平均値。各棒グラフ点線の下部分が時間的費用、上部が運賃（自家用車は利用コスト）を表す。

■図二 一般化費用の算出結果（東京区部）

参入容易性を仮定)．所要時間は移動距離を各交通機関の現状の旅行速度(対象都市の値)で除した値である．時間価値は既往文献や費用便益分析マニュアルから移動距離、交通機関別の値を設定する．自家用の自動運転車を利用する際の時間価値は2章3点目の仮定を適用し設定する．

図一2は東京区部における現状と自動運転化後の一般化費用の算出結果を示している．都市圏居住者から見ると、自動運転化によるサービス改善幅は(1)タクシーで特に大きい(乗務員配置型で2～3割、自律型で6～7割．自律型だと自家用車利用と同等のサービス水準になる)、(2)乗合バスはタクシーより小さい(乗務員配置型で1～2割、自律型で3～4割)、(3)乗合バス、タクシーとも短距離帯でやや大きい．

5—まとめ

本報告は、都市圏において自動運転バス・タクシーのサービス水準の評価を行った．サービスの特徴を理解することはそれらの活用方策を考える上での最初のステップとなる．今後、公共交通機関を利用する際の待ち時間、乗り換え時間、アクセス時間を含めた移動(リンクトリップ)に関する一般化費用に基づき、地方都市圏も含めた全国の代表的な都市圏での分析を行ってきたい．

また、近年、自動運転サービスのビジネスモデルへの関心が高まっている．本報告で算出した自動運転バス・タクシーの運行コストは我が国で初の試算結果であると考えられ、今後より詳細化が可能である．

本報告の結果に基づくと、都市圏居住者から見て自動運転技術が公共交通網へ与える顕著な影響は、例えば、(特に短距離帯での)タクシーのサービス改善と考えられる．今後の検討項目としては、鉄道駅へのフィーダー路線へ自動運転バス・タクシーを導入する場合の旅客需要、導入による鉄道乗客数

への影響などが考えられる．併せて、自動運転バス・タクシーの利用に関する都市圏居住者の意識調査も行っていく必要がある．

本研究プロジェクトでは既存の公共交通の役割も踏まえた自動運転サービス(バス・タクシー)の活用方策の検討を引き続き行っていく予定である．

参考文献

- 1) 国土交通省 [2017], “運転支援技術・自動運転技術の進化と普及”, 車載式故障診断装置を活用した自動車検査手法のあり方検討会資料, <http://www.mlit.go.jp/common/001213451.pdf>.
- 2) 藤野逸郎 [2018], “国際ルール難航, 自動運転走らず「レベル3」, アウディ封印 せめぎ合う各国, 米は我が道”, 「日経新聞」, https://www.nikkei.com/article/DGKKZO28265280W8A310C1MM8000_20180317.
- 3) Roland Berger [2017], *Global Automotive Supplier Study 2018*, https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_global_automotive_supplier_study_2018.pdf.
- 4) 国土交通省 [2018], “自動運転に関する最近の動向について”, 第3回車両安全対策検討会資料, <http://www.mlit.go.jp/common/001225574.pdf>.
- 5) 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.
- 6) Wadud, Z. [2017], “Fully Automated Vehicles: A Cost of Ownership Analysis to Inform Early Adoption”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 101, pp. 163–176, <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.05.005>.
- 7) 国土交通省自動車局編 [2017], 『自動車運送事業経営指標2016年度版』, 日本自動車会議所.
- 8) Dong, X., DiScenna, M. and Guerra, E. [2017], “Transit User Perceptions of Driverless Buses”, *Transportation*, pp. 1–16, <https://doi.org/10.1007/s11116-017-9786-y>.
- 9) Lutin, J.M. [2018], “Not If, but When: Autonomous Driving and the Future of Transit”, *Journal of Public Transportation*, Vol. 21, pp. 92–103, <http://doi.org/10.5038/2375-0901.21.1.10>.
- 10) Steck, F., Kolarova, V., Bahamonde-Birke, F., Trommer, S. and Lenz, B. [2018], “How Autonomous Driving May Affect the Value of Travel Time Savings for Commuting”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, <https://doi.org/10.1177/0361198118757980>.
- 11) Bösch, P.M., Becker, F., Becker, H. and Axhausen, K.W. [2018], “Cost-Based Analysis of Autonomous Mobility Services”, *Transport Policy*, Vol. 64, pp. 76–91, <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.09.005>.

新たな視点に立った都市鉄道整備手法の検討

ーバリアフリー等サービス改善事業に関する費用負担のあり方ー

田邊勝巳
TANABE, Katsumi

運輸総合研究所総合研究部客員研究員
慶應義塾大学商学部教授

五十嵐達哉
IKARASHI, Tatsuya

講演者 運輸総合研究所総合研究部研究員

安部遼祐
ABE, Ryosuke

運輸総合研究所総合研究部研究員

1——研究の背景および目的

鉄道のバリアフリー整備は、平成5年度の「障害者基本法」改正により交通事業者の努力義務が課せられ、以降、国及び地方公共団体の協力のもと整備が進められてきた。平成22年度のバリアフリー法に基づく「基本方針」改定で示された3,000人/日以上駅のバリアフリー化（H32まで）では、段差解消に関する整備率が87%（H29.3月末時点）となるなど着実に整備が進んでいる¹⁾。

バリアフリー施設は、サービス改善事業の一部ではあるが、整備費用に見合うほどの収入増を期待できるものではなく、社会福祉の観点から国・地方自治体・鉄道事業者の三位一体の取り組みとして、整備費用を1/3ずつ負担することを基本として整備が進められてきた。しかし、近年の費用負担実績を見ると、厳しい財政である地方自治体の負担が1/3を下回る事例が多く存在する。現在、地方自治体の不足分を鉄道事業者が負担しているが、鉄道事業者においては、人口減少下において利用者の増加が見込みにくく、また、整備後の維持更新費も発生するため、今後のバリアフリー整備が円滑に進まない恐れがあり、新たな費用負担のあり方は重要な研究課題と言える。

2——費用負担のあり方に関する検討

2.1 費用負担のあり方の論点

(1) バリアフリー施設の便益（価値）

バリアフリー施設には、本人がその施設を利用することで発生する利用価値だけでなく、今は使っていないが将来利用するかもしれないオプション価値、また、自分は利用しないが家族や知り合いなどが利用できる代位価値が存在する。

従来、バリアフリー施設の利用価値は移動制約者に限られ、健常者については、オプション価値、代位価値といった非利用価値が主であると考えられていた。しかし、本研究において、健常者にも利用価値が存在していることを明らかにしており²⁾、

バリアフリー施設の価値は、移動制約者の利用価値、健常者の非利用価値、利用価値の3つを考えることが妥当と考える。しかし、障害者の人口に占める割合が7%程度であるなど移動制約者が全体に占める割合は小さい。そのため、費用負担のあり方を考える上では、絶対数の多い健常者の利用価値、非利用価値に着目することが重要である。

(2) バリアフリー施設への費用負担方法

鉄道バリアフリー施設の費用を鉄道利用者が負担する場合、「税金」または「運賃上乗せ」の2つの費用負担方法が想定できる。税金での負担は、顕在化していない価値を市場の代わりに税金として顕在化し、鉄道事業者に補助するといった従来の補助制度に通じる考え方である。運賃上乗せでの負担については、鉄道利用者は改札を通して入場するため特定可能であること、また、その料金収受のシステムも確立されていることから負担方法の1つとして考えられる。

整備費用の負担を考える場合、利用者の便益額の分だけ最大負担してもらうことが可能である。しかし、その負担方法に関する明確な決定方法は存在しない。そのため、負担者の納得感を得られる負担方法を採用する考え方があり、その意向の確認が必要となる。

(3) バリアフリー施設整備の負担の範囲

バリアフリー施設の非利用価値については、どの範囲での整備にその価値を感じるかは人によって異なる。負担の範囲としては、税金の場合は市区町村・都道府県・国単位での収受、運賃上乗せでは駅・路線・事業者または東京都市圏・全国といった範囲が考えられる。この負担の範囲についても人により異なるものであるため、意向（納得感）の把握が重要となる。

2.2 アンケート調査

前項の論点を踏まえて、費用負担のあり方に関するアンケート調査を実施した。調査方法等の概要は、表—1に示すとおり

である。有効サンプル数は1,492票であり、年齢・性別、居住地、世帯年収、運転免許保有率等の分布に大きな偏りがないことを確認している。

■表—1 バリアフリー施設の価値

バリアフリー施設の価値（便益）については、「2020年度までに1日の利用者が3,000人以上の駅（全国の駅）にエレベーター等を整備する」といった現在の政策に対する支払い意思額の調査結果を基に検討する。

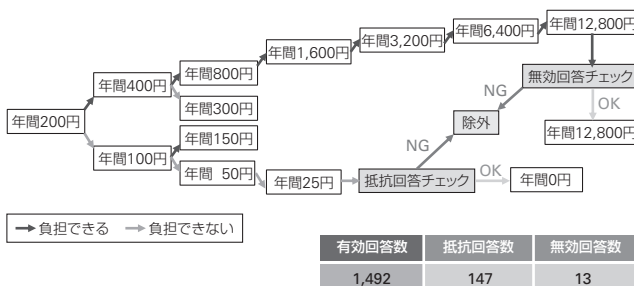
支払い意思額の調査方法は、図—1に示すとおり多段階二項選択方式とし、開始額はプレ調査を踏まえて年間200円から開始する。なお、最終的に0円と回答した人、最高額である12,800円を回答した人には、抵抗回答、無効回答の確認をしてサンプルから除外している。なお、回答にあたっては、現在の整備状況・推移、現在の負担方法、エレベーター整備費、現状の年間補助額（年間200億円）を提示した。

支払い意思額を把握したのち、バリアフリー施設の価値として、利用価値、オプション価値、代位価値の内訳を回答してもらった。鉄道利用者、非鉄道利用者別の支払い意思額の平均値は表—2のとおりであり、これに東京都市圏の人口比率を乗じて東京圏全体の便益額を試算したものが表—3である。

東京圏全体の便益は333億円と現在の全国の補助額200

■表—1 アンケート調査概要

調査概要	
調査方法	インターネットアンケート
調査対象	東京都市圏在住者（20歳以上）
調査実施時期	平成30年4月
サンプル数	2,000サンプル回収（有効回答数1,492票） ※100サンプルでのプレ調査を実施



■図—1 乗換ルートのバリアフリー化の価値

■表—2 支払い意思額（平均値）

	利用価値 (円/年)	非利用価値 (円/年)			合計 (円/年)
		オプション 価値	代位 価値		
鉄道利用者 (N=1,414)	330	767	378	389	1,098
非鉄道利用者 (N=78)		1,013	547	466	1,013

※抵抗・無効回答該当者、世帯年収未回答者を除いた支払い意思額の平均値

億円より大きい結果となった。また、利用価値と非利用価値の割合は概ね3:7となっている。

(2) バリアフリー施設への費用負担方法

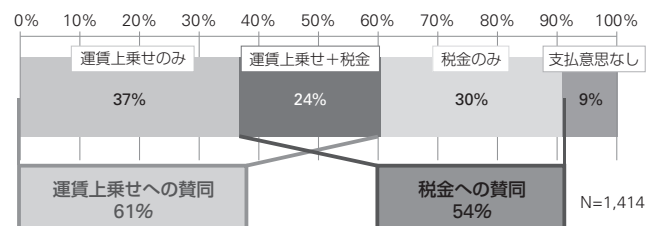
論点の2つ目であるバリアフリー施設への費用負担方法についても、現在の政策に関する支払い意思額を基に検討する。鉄道利用者に対して行った「運賃上乗せ」、「税金」の2つの負担方法に関する意向調査の結果は図—2のとおりであり、「運賃上乗せ」への賛同は61%、「税金」への賛同は54%となった。なお、ここで「運賃上乗せ」、「税金」ともそれぞれのみの負担では過半数とならなかった。

「運賃上乗せ」での負担割合を考慮して負担方法別の支払い意思額・便益額を整理したものが表—4である。鉄道利用者の「運賃上乗せ」の便益額は178億円で、「税金」の便益額138億円の約1.3倍となっている。なお、鉄道非利用者は「税金」での負担となるため、鉄道非利用者も含めた負担方法別の便益では「運賃上乗せ」が「税金」の1.15倍とほぼ変わらない大きさとなる。

「運賃上乗せ」で負担する場合の収受の方法に関する意向調

■表—3 東京圏全体の便益額 [試算]

	利用価値 (億円/年)	非利用価値 (億円/年)	合計 (億円/年)
鉄道利用者 (N=1,414)	95億円/年 (29%)	221億円/年 (66%)	316億円/年 (95%)
非鉄道利用者 (N=78)		17億円/年 (5%)	17億円/年 (5%)
合計	95億円/年 (29%)	238億円/年 (71%)	333億円/年 (100%)



■図—2 鉄道利用者の負担方法に関する意向

■表—4 負担方法別の支払い意思額・便益額

	負担方法	一人あたり平均 (円/年)	東京都市圏試算 (円/年)
鉄道利用者 (N=1,414)	運賃上乗せ	618円/年	178億円/年 ← 1.3倍
	税金	479円/年	138億円/年
+			
鉄道非利用者 (N=78)	税金	—	17億円/年
II			
全体	運賃上乗せ	—	178億円/年 ← 1.15倍
	税金	—	155億円/年

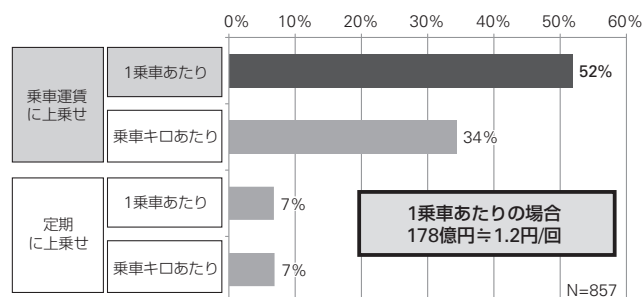
査の結果は、図—3のとおりであり、回答者の過半数が1乗車あたりの運賃への上乗せに賛同した。なお、「運賃上乗せ」での便益額は178億円であり、首都圏の年間延べ鉄道利用人数（約146億人/年）³⁾で考えると1回あたり1.2円で回収できることとなる。

(3) バリアフリー施設整備の負担の範囲

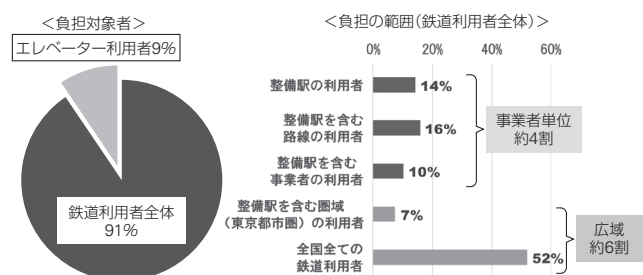
論点の3つ目の負担の範囲については、「運賃上乗せ」、「税金」それぞれの負担の範囲に関する意向を調査した。

「運賃上乗せ」の負担に関する意向調査の結果を図—4に示す。負担対象者については、エレベーターの利用に関係なく、鉄道利用者全体での負担に9割以上が賛同した。負担の範囲では駅・路線・事業者といった事業者単位で収受への賛同が約4割、東京圏特に全国単位での収受への賛同が約6割と広域での負担が支持された。

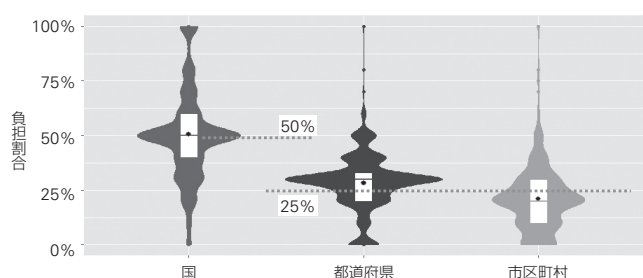
「税金」での負担の範囲に関し、国・都道府県・市区町村の負担割合に関する意向の分布は図—5のとおりであり、国



■図—3 「運賃上乗せ」の際の収受方法に関する意向



■図—4 「運賃上乗せ」での負担の範囲に関する意向



■図—5 「税金」での負担の範囲に関する意向

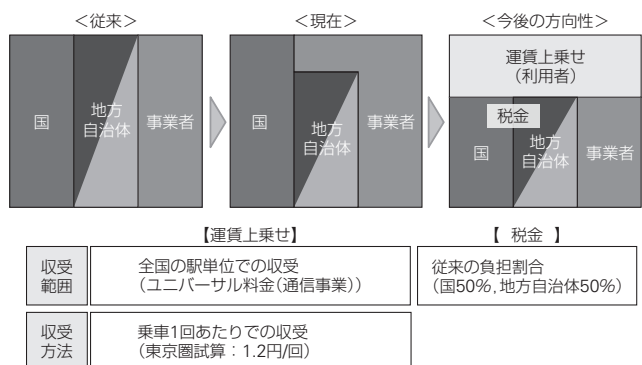
50%，都道府県・市区町村25%と従来の助成スキームとほぼ同等の負担割合が支持された。

3——費用負担のあり方(方向性)

鉄道バリアフリー施設の現状の費用負担の状況・課題、アンケート結果を踏まえ、今後の費用負担のあり方の方向性として、図—6に示す「運賃上乗せ」と「税金」を合わせた負担での整備推進が考えられる。

アンケート結果を基に考えると、「運賃上乗せ」と「税金」の額がほぼ同額となるような割合が望ましい。また、「運賃上乗せ」については全国の駅単位、「税金」については従来の負担割合と同じく国・地方自治体が同額で負担することが望ましい。

なお、「運賃上乗せ」を併用することで地方自治体の負担は減少するが、地方自治体の財源がさらに厳しくなる場合にはこのスキームも維持できない恐れがある。地方自治体の財源確保策として、駅広整備や駅周辺再開発などのまちづくり事業との連携、ソーシャルインパクトボンドなどの新たな財源スキームの活用が考えられる。また、費用負担のあり方は直接関係しないが、バリアフリー施設の整備効果を検証し、それを基に関係機関、国民の理解増進を図ることにより、バリアフリー施設への投資優先順位を高めることも重要である。



■図—6 費用負担のあり方(方向性)

参考文献

- 1) 国土交通省 [2017], “平成28年度末 鉄軌道駅における段差解消への対応状況について”, (オンライン), <http://www.mlit.go.jp/common/001209629.pdf>
- 2) 田邊勝巳・五十嵐達哉・安部達祐 [2017], “新たな視点に立った都市鉄道整備手法の検討—バリアフリー等サービス改善事業の整備に関する効果の検証—”, 運輸総合研究所第42回研究報告会, 「運輸政策研究」, 早期公開版 Vol.20 2018, pp. 6-8.
- 3) 運輸総合研究所 [2017], 『平成26年版 都市交通年報』, 運輸総合研究所.

新幹線及び国内航空旅客輸送量の推移について ：長期時系列の概観と震災、インフラ整備の影響等についての分析

林田拓人
HAYASHIDA, Takuto

運輸総合研究所総合研究部主任研究員

1——分析の趣旨

新幹線及び国内航空は、国内旅客に係る中長距離輸送機関として重要な役割を果たしている。そして、その担い手であるJR各社及び航空会社は激しい競争環境に置かれ、その中で、LCC等新しいサービスも生まれている。

一方、新幹線及び国内航空旅客輸送を含む運輸全般については、全国的な統計が整備されており、長期時系列を俯瞰することが可能である。

特に、新幹線及び国内航空の場合は、企業側の取り組みや政策展開が、そのような統計から観測される輸送量のトレンドに、影響を及ぼしたと考えられる。

そのため、長期時系列のトレンドの推移から新幹線及び国内航空旅客輸送について分析することは、歴史的経緯の中で企業側の取り組みや政策展開の影響について改めて評価し、教訓を得ていく上で有益と考えられる。

本報告は、このような考え方のもと、新幹線及び国内航空旅客の長期時系列を俯瞰し、トレンドの転換点とその転換理由、輸送量増減の要因について分析を行うものである。

2——状態空間モデルについて

この分析では「状態空間モデル」を利用したが、ここで、「状態空間モデル」を利用する趣旨と、この分析で用いた「状態空間モデル」の概要について、説明する。

2.1 状態空間モデルを利用する趣旨

この分析においては、トレンドの転換・形成の要因となった事象と、輸送量の変動との関係を明らかにするとともに、トレンドの転換点を明確にするため、下記の月次データを利用する必要があると考えた。

(利用データ)

新幹線及び国内航空の旅客数（鉄道輸送統計及び航空輸送統計より・1965年6月～2017年12月）

月次データは一般に、トレンド成分、季節変動、一時的なラン

ダムな動きによって変動すると整理されており、そのままでは、季節変動、一時的なランダムな変動などにより、挙動を的確に把握することが困難である。

一方、状態空間モデルを適用すると、月次データを、トレンド成分、季節変動、一時的な変動とに、区分することが可能である。そこで、この分析では、状態空間モデルによって抽出したトレンド成分などを分析することによって、事象との関係を明確化し、輸送量の変動要因について、考察することとした。

なお、状態空間モデルは広く活用されており、交通分野では、高速道路交通量の変動などに適用されている。

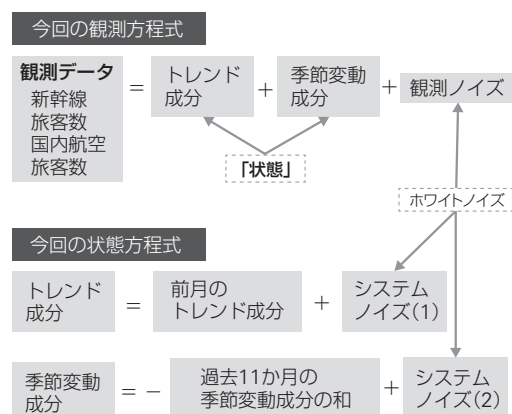
2.2 この分析で用いた「状態空間モデル」の概要

「状態空間モデル」とは、「状態」と呼ばれる、観測できないものの観測データの変動を決定づける数値の存在を前提とした統計モデルであり、「状態」と観測データとの関係を示す「観測方程式」と、「状態」の時系列的な変動を示す「状態方程式」から成る。

状態空間モデルの詳細については、参考文献等に譲るが、この分析では図—1に示す状態空間モデルを用いた。

3——トレンドの概観

新幹線及び国内航空の旅客数について、状態空間モデルによって抽出したトレンド成分によって、輸送量の推移をみる。



■図—1 この分析で用いた「状態空間モデル」の概要

3.1 新幹線旅客数のトレンドの推移

図一2は新幹線旅客数の観測データとトレンド成分とを示すが、3つの時期に区分して詳述する。

① 1975年頃まで増加の後、1982年頃まで伸び悩み。

旅客数の増加トレンドが、1975年11月のスト権スト及び1976年11月の国鉄運賃・料金の値上げで落ち込み、その後は、東北新幹線大宮・盛岡開業（1982年6月）までの間、伸び悩んだ。

② 1992年頃まで増加の後、2003年頃まで伸び悩み。

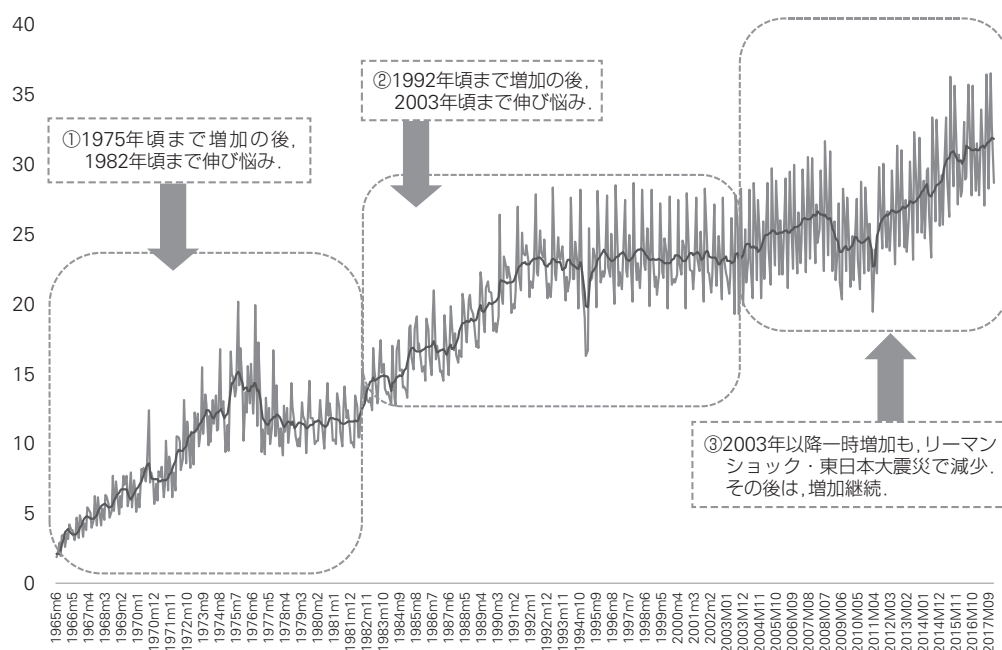
東北新幹線大宮・盛岡開業以降伸び悩みを脱し、上越新幹

線開業（1982年11月）、東北新幹線の上野延伸（1985年3月）等の中で、上昇トレンドをたどった。

ただ、1990年代に入ってから、全国的なトレンドでは、伸び悩みを示した。

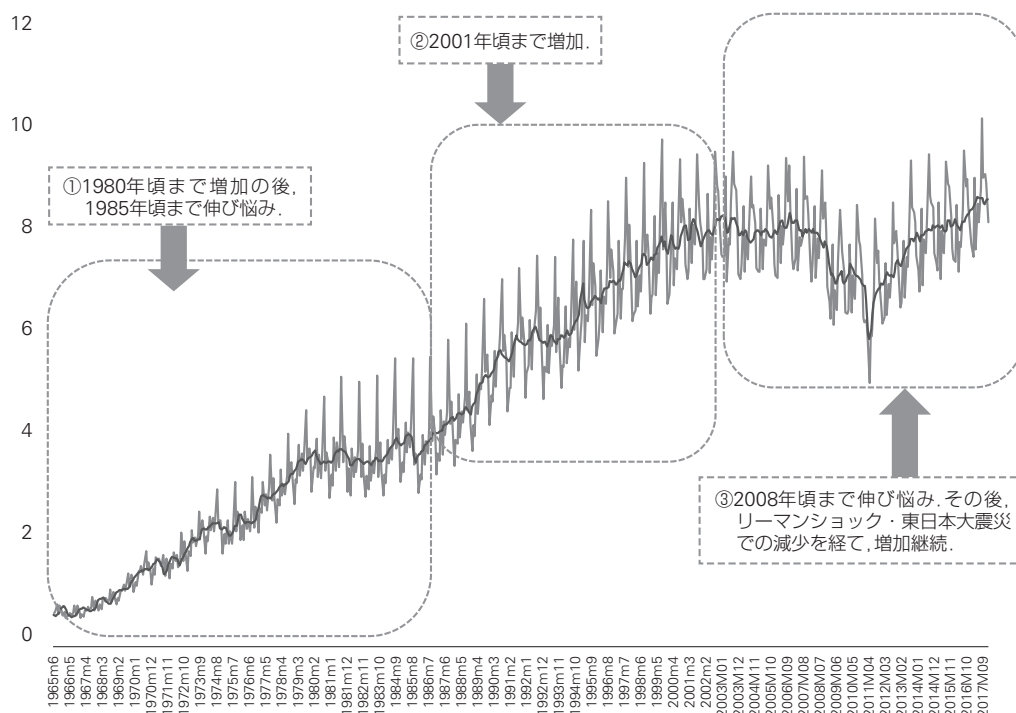
③ 2003年以降一時増加も、リーマンショック・東日本大震災で減少。その後は、増加継続。

2003年頃から、若干の増加を示したが、リーマンショック（2008年9月）及び東日本大震災（2011年3月）によって落ち込んだものの、その後は増加が続いている。



データ：鉄道輸送統計調査から作成

■図一2 新幹線旅客数の観測データとトレンド成分（百万人）



データ：航空輸送統計調査から作成

■図一3 国内航空旅客数の観測データとトレンド成分（百万人）

その間、北陸新幹線金沢開業（2015年3月）と北海道新幹線新函館北斗開業（2016年3月）とがあり、それぞれ開業直後に旅客数の伸びがみられるところである。

3.2 国内航空旅客数のトレンドの推移

次に、図—3に示す国内航空旅客数の観測データとトレンド成分とについて、3つの時期に区分して詳述する。

① 1980年頃まで増加の後、1985年頃まで伸び悩み。

1960年代から70年代の増加トレンドの中で、羽田空港の処理能力の逼迫が問題になっていたとみられ、1980年頃から伸び悩み結果となった。

② 2001年頃まで増加。

旺盛な輸送需要に機材の大型化等によって対応した結果、1985年10月以降上昇トレンドが続いた。

その間、羽田空港の新A滑走路（1988年7月）及び新C滑走路（1997年3月）の供用が開始され、これらが上昇トレンドに寄与したとみられる。

③ 2008年頃まで伸び悩み。その後、リーマンショック・東日本大震災での減少を経て、増加継続。

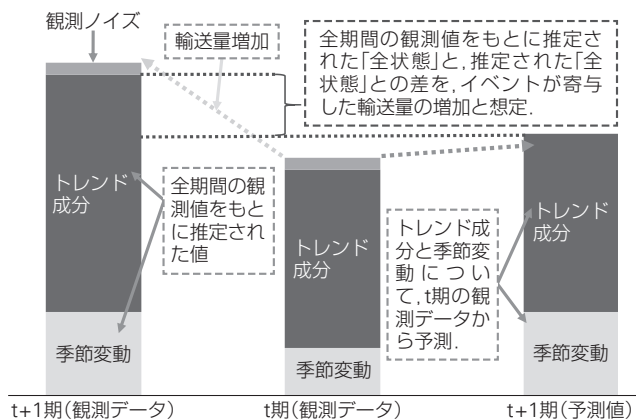
2001年頃から伸び悩みを示すようになり、リーマンショック及び東日本大震災によって落ち込んだものの、震災以降は増加が続いている。

4——新幹線・空港の整備等及び阪神淡路大震災・東日本大震災の影響

前述の通り、新幹線の路線や空港の整備などが、輸送量の増減に寄与してきたとみられるが、それらが寄与したとみられる輸送量の増減を、状態空間モデルの枠組みを用いて、試算してみた。

4.1 イベントが寄与したとみられる輸送量の増減の試算の方法（図—4）

この分析で状態空間モデルの算出に用いたカルマンフィル



■図—4 状態空間モデルの枠組みを用いた、イベントが寄与した輸送量の増減の試算（イメージ）

タでは、期初の観測データから時系列の順に一期先の「状態」を予測した後に、その予測値を基に全観測データを用いて改めて「状態」の値を推定する、というプロセスをたどる。

そこで、イベント発生の前月までの観測データによる「状態」（「トレンド成分」＋「季節変動成分」（図—1参照）」に基づき、上記プロセス中の一期先予測によってイベント発生月以降の「状態」を算出した。

これは端的には、イベント発生情報が含まれない「状態」を用いて、イベントが発生しなかった場合の「状態」を予測しようとするものである。

その上で、上記のイベント発生情報が含まれない「状態」と、全期間のデータを用いて推定された「状態」との差を、イベントが寄与したとみられる輸送量の増減とみなした。

4.2 新幹線及び大都市圏空港の整備等が寄与したとみられる輸送量の増減

新幹線の整備等が寄与したとみられる輸送量の増減を図—5に示す。図—5中のイベント後の変化とは、4.1の手法で算出したイベントが寄与した輸送量の増減について、イベント後12か月の平均、及びその平均とイベント前12か月の状態の平均に対する比率を示している。

次に、大都市圏空港整備が寄与したとみられる輸送量の増減を図—6に示す。

4.3 輸送量の増加トレンドに大きく寄与したとみられる新幹線及び大都市圏空港の整備の輸送量増加への影響

旅客数が増加トレンドを形成した時期に、新幹線の新規開業や大都市圏の空港整備等が、大きく影響したと考えられる事例がいくつかみられる。

そこで、イベントが寄与した増加量のトレンド全体に対する寄与率として、4.1の手法で算出したイベントが寄与した輸送量の増加のイベント後12か月の平均と、大きな増加トレンドの最初と最後の頃のふた月の「状態」の増加量との比率を算定した（表—1）。

4.4 阪神淡路大震災及び東日本大震災の影響

新幹線及び国内航空旅客輸送量に対して、阪神淡路大震災及び東日本大震災は、短期的に顕著な影響を与えたとみられるが、このような事象の分析に4.1の手法が適用できる。

そこで、阪神淡路大震災が寄与した輸送量の増減（震災後12か月）を試算したところ、新幹線については75%のマイナス、航空については新幹線からのシフトもみられ5.6%のプラスと試算された。

また、東日本大震災の場合、新幹線については震災直後のマイナスからの立ち直りが早く0.4%のプラス、航空については6.5%のマイナスと試算された。

日時	イベント	イベント後の変化		イベント前1年の増減率
		旅客数(万人)	増減率	
1975年11月	スト権スト	-145	-10.5%	8.7%
1976年11月	運賃・料金値上げ	-260	-18.5%	-10.5%
1982年 6月	東北新幹線大宮開業	128	11.1%	0.4%
1982年11月	上越新幹線開業	182	14.2%	5.3%
1985年 3月	東北新幹線上野開業	191	12.9%	-2.0%
1991年 6月	東北新幹線東京開業	49	2.2%	0.0%
1997年10月	北陸新幹線長野開業	67	2.9%	2.8%
2002年12月	東北新幹線八戸開業	26	1.1%	-2.6%
2003年10月	品川駅開業	46	2.0%	-0.6%
2004年 3月	九州新幹線鹿児島中央開業	-9	-0.4%	0.6%
2010年12月	東北新幹線新青森開業	25	1.0%	2.8%
2015年 3月	北陸新幹線金沢開業	176	6.2%	2.0%
2016年 3月	北海道新幹線函館北斗開業	34	1.1%	6.2%

スト権スト及び76年11月の運賃・料金値上げに係る輸送量減少が大きい。

東北・上越新幹線の開業・上野乗り入れに係る増加は大きい、東京乗り入れに係る増加は比較的小さい。

1990年代後半以降の整備新幹線の開業及び品川駅開業に係る増加は、比較的小さい。

北陸新幹線金沢開業に係る増加は、比較的大きく、北海道新幹線函館北斗開業とあいまって、近年の旅客増に寄与。

注：「イベント前1年の増減率」とは、イベント1年前時点において、前頁の手法で算出した値。

データ：鉄道輸送統計調査から作成

■図—5 新幹線の整備等が寄与したとみられる輸送量の増減

日時	イベント	イベント後の変化		イベント前1年の増減率
		旅客数(万人)	増減率	
1988年 7月	羽田新A供用開始	24.3	5.7%	3.5%
1997年 3月	羽田新C供用開始	37.9	5.6%	3.6%
2000年 3月	羽田新B供用開始	-2.1	-0.3%	3.9%
2010年10月	羽田D供用開始	-5.6	-0.8%	-2.9%
2014年12月	羽田C延伸	-2.6	-0.3%	1.8%
1994年 9月	関空開港	23.9	4.1%	0.5%
2002年 4月	成田B供用開始	11.7	1.5%	3.5%
2005年 2月	中部開港	-14.6	-1.9%	-0.3%
2006年 2月	神戸開港	12.1	1.5%	-1.9%
2007年 8月	関空B供用開始	13.5	1.7%	1.6%
2012年12月	成田A延伸	17.3	2.4%	3.8%

羽田新A滑走路及び新C滑走路の供用開始に係る増加が比較的大きい。

羽田新B滑走路供用開始以降に係る増加は、顕著ではない。

羽田以外では、関西国際空港開港に係る増加が比較的大きい。

注：「イベント前1年の増減率」とは、イベント1年前時点において、前頁の手法で算出した値。

データ：航空輸送統計調査から作成

■図—6 大都市圏空港整備が寄与したとみられる輸送量の増減

■表—1 輸送量の増加トレンドへのイベントの寄与度

新幹線開業・空港整備の旅客数増加に対する寄与度

対象データ	比較した年月	全状態の増減率	対象イベント	イベントの寄与度
新幹線旅客数	82年5月・94年5月	103.0%	東北大宮・上越・東北上野・東北東京	49.3%
新幹線旅客数	11年12月・17年12月	20.5%	北陸金沢・北海道新函館北斗	43.0%
国内航空旅客数	85年10月・2000年10月	142.2%	羽田新A・関空・羽田新C・羽田新B	16.8%

注：東北新幹線大宮開業については上越新幹線開業の、関空開港については阪神淡路大震災の影響を除外して算出した。

データ：鉄道輸送統計調査および航空輸送統計調査から作成

4.5 新幹線・空港の整備等の影響のまとめ

新幹線の整備等の影響のまとめとして、次の3点が指摘できる。

1. 1975年のスト権ストは10.5%の旅客減、76年の運賃・料金値上げは18.5%の旅客減に寄与したと試算され、その後の旅客数の伸び悩みの要因となったとみられること。
2. 東北新幹線大宮・盛岡開業は+11.1%の旅客増に寄与した

と試算され、これによって、それまでの伸び悩みから、増加トレンドに転換したとみられること。その増加トレンドに、上越新幹線開業、東北新幹線上野開業などが寄与したとみられること。

3. 北陸新幹線金沢開業は+6.2%の旅客増に寄与したと試算され、北海道新幹線新函館北斗開業などとあいまって、

2011年以来の旅客数増加に寄与したとみられること。

一方、空港の整備の影響のまとめとして、次の2点が指摘できる。

1. 羽田新A滑走路の供用開始は+5.7%, 新C滑走路の供用開始は+5.6%の旅客増に寄与したとみられ、関西国際空港の開港などとともに、1985年以降の旅客数の増加に寄与したとみられること。
2. 一方、それ以外の大都市圏空港の整備の、国内旅客数全体への影響は、限定的とみられること。

5——まとめ

この発表では、新幹線及び国内航空旅客の長期時系列を概観するとともに、新幹線の路線及び空港の整備などの影響について、分析した。

その上で、今後の検討の方向性について述べると、この分析のモデルは非常に単純なものであり、さらに精緻化する余地があると考えられる。

また、トレンドに影響しているとみられる他の要因についても盛り込まれていないことから、時系列モデルを用いた輸送量増減について分析する上で考慮すべき点は多い。

また、他のデータや文献などの資料による分も併せて行う余地は大きいと考えられる。

さらに、最終的な目標としては、新幹線及び国内航空旅客について、歴史的経緯の中で企業の取り組みや政策展開の影響に関する評価を整理し、同種の事例に対する分析の在り方も示したい、と考えている。

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) Petris.G, Petrone.S, Campagnoli.P [2009], *Dynamic Linear Models with R*, Springer-Verlag New York (和合肇監訳・萩原淳一郎訳 [2013], 『Rによるベジアン動的線型モデル』, 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) 張風波 [1985], “旅客輸送の時系列分析”, 『京都大学経済学会経済論叢』, 第136巻, 第2号, pp.64-81。
- 6) 中込隆 [2006], “交通流におけるフィードバック原理に基づく推定技術の現状と展望”, 『IATSS Review』, Vol.31, No.1, pp.15-23。
- 7) 佐々木邦明・中沢航太・山本隆・川崎健史 [2012], “ベイズ型状態空間モデルを用いた交通量変動の分析”, 『交通工学』, Vol.47, No.2, pp.27-32。
- 8) 福田大輔 [2012], “データ同化アプローチによる交通状態の推定に関する研究動向”, 『交通工学』, Vol.47, No.2, pp.33-38。
- 9) 長尾大道・樋口知之・三浦哲・稲津大祐 [2012], “地球地殻の活動監視を目的とした粒子フィルタ法による長期潮位変動解析”, 『日本統計学会誌』, 第42巻, 第1号, pp. 119-133。

東京オリンピック・パラリンピックに向けた交通機関へのサイバーテロ対策に関する研究 —人材育成と情報共有—

深作和久
FUKASAKU, Kazuhisa

運輸総合研究所総務部企画室参事

1—はじめに

近年急増しているサイバー攻撃は、2017年度に発生した「WannaCry」と呼ばれる身代金攻撃（ランサムウェア）に代表されるように、世界規模で拡大しており、我が国にとっても大きな脅威になりつつある。海外では鉄道及び航空分野へのサイバー攻撃も散見されており、仮に2020年東京オリンピック・パラリンピック開催期間中にサイバー攻撃が発生した場合、甚大な影響を及ぼすおそれがある。

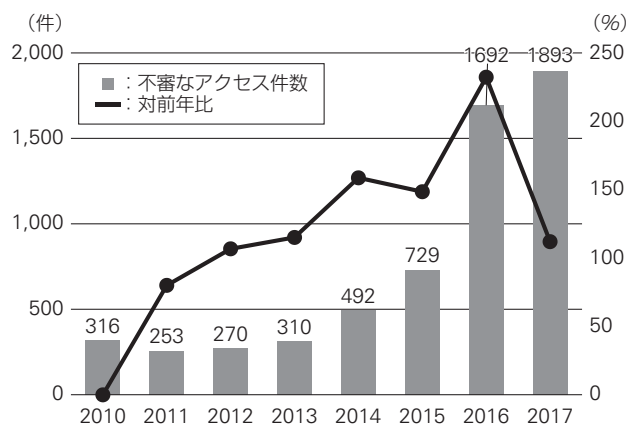
こうした中で、鉄道及び航空分野では、サイバーセキュリティ人材の不足が懸念されている。平成27年度に実施した鉄道、航空事業者への意識調査では、鉄道及び航空分野の事業者の7割以上が人材育成に課題があると回答があり、同分野においても、サイバー攻撃に対応できる人材の育成が急務となっている。一方で、サイバー攻撃は、攻撃手法が進化しているため、近年、金融などの分野では業界全体でセキュリティ情報を共有する情報共有組織（ISAC）が立ち上がり活動を行っているとともに、国土交通省においても交通分野での同組織の立ち上げに向け検討が行われている。

以上を踏まえ、当研究所では日本財団より支援を受け、2020年東京オリンピック・パラリンピックに向けて、我が国の鉄道及び航空分野のサイバーセキュリティ体制の強化に資することを目的として、サイバー攻撃に対する人材育成、セキュリティ情報共有組織（ISAC）の構築に関する調査研究を実施した。調査研究にあたっては、情報セキュリティ大学院大学、東京大学名誉教授の田中英彦先生を委員長として、有識者、政府関係者、交通事業者からなる検討会を設置して、検討を行った。

今回の発表では、サイバー攻撃の増加と政府の動き、サイバー攻撃を取り巻く環境、人材育成と情報共有についてお話しする。

2—サイバー攻撃の増加と政府の動き

図—1は、我が国へのサイバー攻撃の増加について、警察庁の「リアルタイム検知ネットワークシステム」で、観測した1日当



出典：警察庁資料より作成

■図—1 我が国へのサイバー攻撃の増加

りの不審なアクセス件数を示している。不審なアクセスは年々増加しているが、とりわけ2016年から急激に伸びている。この原因は、IPカメラなどインターネットに接続されたIoT機器を標的とする探索行為、IoT機器を踏み台とした攻撃の増加などが原因となっている。

こうした中で、政府においては、2014年9月に「サイバーセキュリティ戦略」が閣議決定され、同年の11月にサイバーセキュリティ基本法が施行された。

2016年1月には、経営者が実施すべき要件をまとめたサイバーセキュリティ経営ガイドラインが発行されるとともに、同年10月には、「サイバーセキュリティ基本法改定案」が施行され、オリンピックに向けた対策の強化が打ち出されている。

3—サイバー攻撃を取り巻く環境

(1) サイバー攻撃の高度化

2016年、米国のサンフランシスコ市営鉄道は7万3千米ドルの身代金を要求するランサムウェア「Mamba」による攻撃を受け、2,000台を超えるコンピューターが不正にロックされ、券売機に攻撃者のメッセージが表示されるなどのトラブルが発生した。同市営鉄道では、被害調査を行うため約3日間、券売機や改札システムを停止させ一時的に乗車料金を無料にした。また、2017年5月、ドイツ鉄道は、ランサムウェア「WannaCry」による攻撃を受け、発着時刻を表示する駅の電光掲示板が不正に

ロックされた。ドイツ鉄道では、乗降客の多い駅にスタッフを増員配備することで対応した。

サンフランシスコ市営鉄道、ドイツ鉄道のインシデントの原因となったランサムウェアは、脆弱なシステムに感染し増殖していく。情報通信研究機構において、WannaCryの感染速度について124台のパソコンで感染実験を行ったところ、すべてのパソコンが感染した時間は30分たらずであった。この実験結果から言えることは、感染してから、状況を把握して対策を講じようとした時点で、手遅れということである。感染拡大を防ぐためには、事前のセキュリティ対策が極めて重要になるとともに、万が一感染した場合、感染拡大を防ぐための初動対応が極めて重要となる。

また、2016年のベトナム航空へのサイバー攻撃で利用されたウイルス検体を入手し、攻撃時点のウイルス・ソフト（67種類）でスキャンを行ったところ、ウイルスが検出されたソフトは1種類であった。サイバー攻撃手法は年々高度化しており、対策とのイタチごっことなっているのが現状である。最近では、ウイルス・ソフトでは検出できないファイルレス・マルウェアを使った攻撃も発生しており、新たな脅威となっている。

(2) IoT機器の普及に伴う新たな脅威

近年、家電やIPカメラなどインターネットに接続され、情報のやりとりや制御を行うIoT機器（Internet of Things）が普及している。こうしたIoT機器を標的とする探索行為、IoT機器を踏み台とした攻撃が近年増加していることは、冒頭で説明した。IPカメラは、IDやパスワードの設定がないものもある。また、ID、パスワードをデフォルトのまま変更していないなど、セキュリティ対策を怠った場合、外部から侵入されDoS攻撃の踏み台として活用されたり、画像無断公開サイトなどを通じて情報漏洩が起きる。

サンフランシスコ市営鉄道では、2016年12月に調査した結果、インターネットに接続していることが把握されていない端末が90台発見され、外部からのアクセスを遮断した。IPカメラを含め、インターネットを経由する機器については、セキュリティ対策を行うとともに、外部への接続を最小限にする必要がある。

4——人材育成と情報共有

過去のオリンピック・パラリンピックでは、公式サイトなどへの不正アクセスや大規模なDDoS攻撃がなされている。また、これまで述べたサイバー攻撃の高度化やIoT機器の普及により新たな脅威が発生している。

こうしたことから、2年後の東京大会において、本格的なサイ

バー攻撃が起きることを想定した上で、対策を講じる必要がある。

当研究所においては、前述の検討会での議論を踏まえ、平成28年度に鉄道、航空事業者が実施すべき、具体的なセキュリティ対策をまとめた手引書を作成するとともに、続く平成29年度には、手引書にあるセキュリティ対策が実践できる人材を育成するためのカリキュラムの作成や情報共有組織（ISAC）のあるべき姿について検討を行った。

(1) 人材育成について

平成28年度に作成した「鉄道/航空の安全・安定輸送に資するサイバーセキュリティ対策の手引き」を実践できる人材を育成することを目的として、鉄道及び航空事業者がサイバーセキュリティ人材を育成する際に参考となるカリキュラムの作成を行った。

1) 育成対象者の絞り込み

カリキュラムの作成にあたっては、鉄道及び航空事業者の実態を把握した上で具体的な育成対象者を絞り込んだ。それぞれの事業者では、通常システム障害に対して、すでに復旧手順を策定しこれに基づき対応を行っており、システム障害が発生した際はシステム維持管理部門が中心的な役割を担っていることが分かった。

こうしたことから、今回のカリキュラムでの育成対象者は、システム維持管理部門の技術者とし、鉄道では電気部門、航空ではシステム維持管理部門とした。

サイバー攻撃を受けた際、司令（指令）やシステム運用部門のオペレータなどからシステム維持管理部門が連絡を受け、起こった事象が、「通常システム障害なのか」、「サイバー攻撃によるものなのか」、判断を行う。もし、サイバー攻撃であった場合、社内のセキュリティ担当部門やシーサート、外部のセキュリティベンダーなどに連絡を行うとともに、サイバー攻撃対策の立案や実行を行うこととなる（図—2）。

2) 育成対象者に求められる人材像と能力

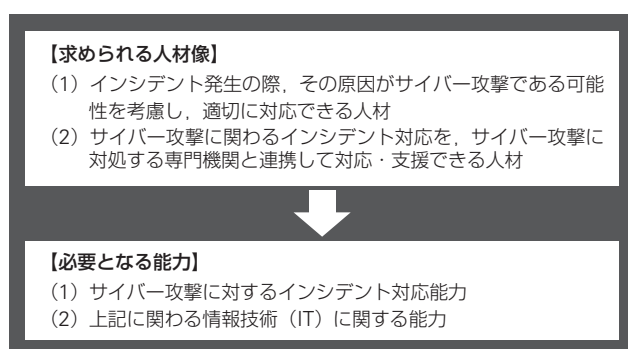
ここでは、育成対象となる電気部門（鉄道）、システム維持管理部門（航空）に求められる人材像と能力について、初動対応と関連機関との連携の2つの切り口で整理を行った。

先に述べた情報通信研究機構におけるWannaCryの感染速度に関する実験でも明らかであるとおおり、ウイルスの感染速度は非常に早く感染してから状況を把握し、対策を講じようとした時点で手遅れである。そのため、万が一感染した場合、感染拡大を防ぐための初動対応が極めて重要となる。こうしたことから、育成対象者に求められる人材像として、インシデント

育成対象：システム維持管理部門の技術者層
(鉄道：電気部門、航空：システム維持管理部門)

対応	担当部署		役割
	鉄道	航空	
システム異常の検知・通報	司令所/指令所	システム運用部門(オペレーター)	■発生事象の適切な通報
システム障害対応	電気部門(外部委託先を含む)	システム維持管理部門(外部委託先を含む)	■サイバー攻撃かどうかの判断 ■サイバー攻撃対策の対応・支援
サイバー攻撃のインシデント対応立案、実行	セキュリティ担当部門 C-SIRT セキュリティベンダー等		■サイバー攻撃対策の立案・実行

■図—2 人材育成カリキュラムの育成対象者と対応手順



■図—3 育成対象者に求められる人材像と能力

発生の際、その原因がサイバー攻撃である可能性を考慮し、適切に対応できる人材とした。また、サイバー攻撃を受けた場合、社内の関係部署やセキュリティベンダーなど社外の専門機関などへ状況を的確に伝えることが必要となるとともに、セキュリティ対策の実行に直接携わる必要もある。こうしたことから、サイバー攻撃に関わるインシデント対応を専門機関と連携して対応・支援できる人材とした。

また、育成対象者となる電気部門(鉄道)、システム維持管理部門(航空)に必要な能力について、サイバー攻撃への対策を理解するとともに、サイバー攻撃を受けた際の対応手順や具体的な対策が実行できるインシデント対応能力が必要となる。また、インシデント対応能力を養うためにはITに関する最低限の知識が必要となる(図—3)。

3) 人材育成カリキュラムの作成

人材育成カリキュラムを作成するためには、育成対象者の能力や知識などを把握する必要がある。こうしたことから、インシデント対応能力を育成する机上演習を実施する中で、事業担当者の能力や知識を把握し、カリキュラムの拡充を図った。講師は、サイバーセキュリティの第一線で活躍する名和俊夫氏をお迎えし、鉄道、航空それぞれ3回実施した。演習での主な討議内容は図—4のとおりとなる。

こうして作成された人材育成カリキュラムは、全体で9回の構成となっている。

■日程

鉄道	第1回	平成29年11月1日(水) サイバー攻撃への対応基礎能力(勘所)
	第2回	平成29年11月21日(火) 攻撃経路や被害範囲の特定
	第3回	平成29年12月19日(火) サイバー脅威の収集と分析の実践
航空	第1回	平成29年10月30日(月) サイバー攻撃への対応基礎能力(勘所)
	第2回	平成29年11月20日(月) 攻撃経路や被害範囲の特定
	第3回	平成29年12月13日(水) サイバー脅威の収集と分析の実践

■演習での主な討議内容

初動対応	■感染拡大を防ぐために何をしなければならないか ■他部門への報告、委託業者への指示内容
エスカレーション	■具体的に想定される被害と範囲 ■上層部へ何をどう説明するのか
原因特定	■証拠保全をどう実施するか ■攻撃方法の特定
今後の対策	■再発防止策の立案 (技術、人的管理、法務に対して、短期、中期、長期の視点から)

■図—4 机上演習での主な討議内容

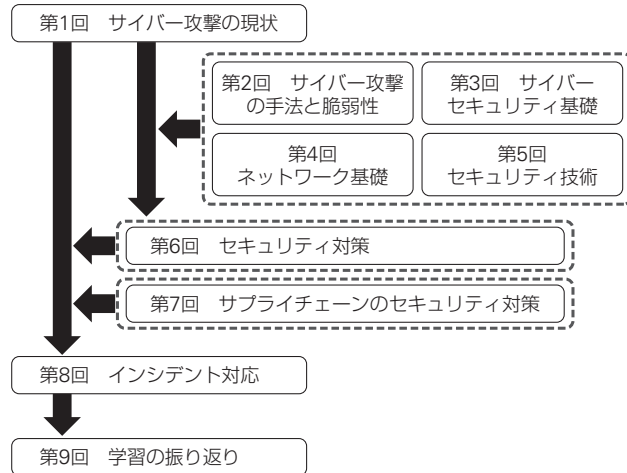
第1回の「サイバー攻撃の現状」は、国内外の攻撃事例からセキュリティ対策の必要性について学習する内容となっている。第2回～第5回は、「サイバー攻撃の手法と脆弱性」、「サイバーセキュリティの基礎」、「ネットワークの基礎」、「セキュリティ技術」となっており、ITの基礎的な知識を習得する講座となっている。

第6回の「セキュリティ対策」では、手引書に掲載された具体的なセキュリティ対策を学習し、第7回の「サプライチェーンでのセキュリティ対策」では、外部委託管理について、第8回の「インシデント対応」では、対応手順や担当者の役割などについて学習する講座となっている。最後の第9回は、総括としての学習の振り返りとなっている。

図—5の赤で囲んだ講座は、事業者のレベルに応じて選択可能となっている。

(2) 情報共有について

情報共有組織ISACとは、サイバーセキュリティに関する情報を共有し、サイバー攻撃への防御力を高めることを目指して活動する組織である。国内では、金融ISAC、通信分野のICT-ISAC、電力ISACの3つのISACが活動を行っており、現在、国土交通省では、重要インフラである鉄道、航空、物流分野の事業者で構成される「交通ISAC(仮称)」の設立について、検討を実施している。こうした中で、当研究所では、「情報共有組織ISACのあるべき姿」について国内や海外のISACへのヒアリング、鉄道・航空事業者へのアンケートなどを実施し、研究ベースでの検討を行った。今回の発表では、時間の都合もあるので、その一部を紹介したい。



■図—5 人材育成カリキュラム

情報提供の内容について、現状では、政府機関からの脆弱性情報や会員から提供されたインシデント情報などが共有されているが、情報を受け取った事業者が、速やかに対策できるようインシデント情報の送付と合わせて、具体的な対策を提供することが望まれる。また、インシデントが発生した際、経営層などへの説明が必要となることから、被害状況などについても合わせて提供することが望まれる。

情報共有の方法について、現状では、多くの組織でメールを用いているが、海外や一部の国内ISACでは、ポータルサイトを利用している組織もある。ポータルサイトは、双方向の意見交換が可能となることや過去のインシデント情報などが蓄積され、検索も可能であるなどのメリットがある。

参加資格について、鉄道・航空事業者では、ベンダーやメーカーと密接に連携して業務を行っていることから、情報共有の裾野を広げるために、ベンダーやメーカーの参加についても検討することが望まれる。

情報共有の活性化について、ISACは、会員からの積極的な情報提供が成功のカギとなることから、会員同士が顔を合わせるなど、信頼関係を醸成する機会を設けることが重要となる。

5—おわりに

サイバー空間に関する情勢は深刻になっており、その攻撃方法も日々進化している。2020年の東京オリンピック・パラリンピックに向けて、わが国に対するサイバー攻撃の脅威は一層深刻になると考えられる。

こうしたことから、当研究所では人材育成カリキュラムに対応した教材を作成し、鉄道、航空事業者を対象として、人材育成の試行を実施するとともに、机上演習も昨年に引き続き実施している。座学により知識の向上を図るとともに、机上演習の実施により、インシデント発生時の対応能力の向上を図っていき

たい。

また、サイバー攻撃に対する理解を深めていただくために、経営者、管理者などを対象とした啓発セミナーを実施していく予定である。