

2010年秋 (第28回)

研究報告会

開催日：2010年11月26日(金) 12時開場, 13時開会
場 所：海運クラブ 国際会議場 (千代田区平河町)

開会挨拶

森地 茂 運輸政策研究所長

来賓挨拶

北村隆志 国土交通省総合政策局長

研究報告

- | | |
|--|-----------|
| 1. 「都市鉄道の列車遅延の拡大メカニズムに関する研究」 | 仮屋崎圭司 研究員 |
| 2. 「駅前広場のバス乗降場に関する研究」 | 佐々木慧 研究員 |
| 3. 「東京圏における多世代ミックス居住型まちづくりに関する研究
-人口推移に関する分析について- | 梶谷俊夫 研究員 |



仮屋崎圭司



佐々木慧



梶谷俊夫

特別講演

「国際航空の変革：アジア太平洋全域での長距離、低価格路線の展開 - The AirAsia Story -」
アズラン・オスマンラニ エアアジアX最高経営責任者



研究報告

- | | |
|--|-----------------------|
| 4. 「時間地図による都市内道路交通所要時間の視覚化
-バスICカードデータを用いた東京都心部への適用-」 | 清水英範 客員研究員, 東京大学大学院教授 |
| 5. 「アジア各国における自動車とバイクの保有率の関連性分析」 | ブウ・トゥアン・アン 研究員 |
| 6. 「地方別データも活用した,ガソリン価格の変動が交通行動に及ぼす影響の実証分析」 | 藤崎耕一 主任研究員 |



清水英範



ブウ・トゥアン・アン



藤崎耕一

閉会挨拶

深谷憲一 運輸政策研究機構副会長

The AirAsia Story

アズラン・オスマンラニ
Azran Osman-Rani

エアアジアX最高経営責任者

1—エアアジアのあゆみ

ご招待ありがとうございます。今回は、エアアジアグループの広範囲な話をしたうえで、エアアジアXのローコスト長距離モデルの話を後半にいたします。

エアアジアは2001年に航空会社を買収したことから始まりました。その2日後、ご存知のとおり、世界を震撼させた9.11事件が起き、このセクターは長い停滞期を迎えました。それでも、エアアジアは強みを発揮し、成長を続けております。

当初は、ヨーロッパでのLCCの成功モデル、すなわち、イーージェット、ライアンエアのモデルをアジアに適用するという戦略でした。2001年、エアアジアは2機で年間20万の人々を乗せましたが、2010年までに約3,000万人に増えました。そこまでは、9.11事件やサーズなど、様々な事件がありました。このような状況に直面すると、航空会社はルート数を削減したり、撤退したりします。一方、創業以来、我々はこのような状況が成長できる、また、市場シェアを広げる機会だと考えております。なぜならば、それらの課題への挑戦が、人々に喜んで飛行機に乗ってもらうことにつながるからです。

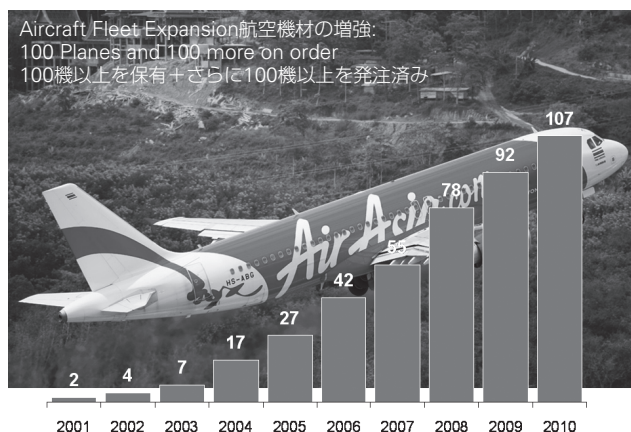
私は2007年に今の立場に就任し、そして新しい長距離の航空サービス、エアアジアXという形でブランドを拡大させました。その最初のものが、2007年の11月、クアラルンプールからゴールドコーストへの8時間のフライトです。

2—国際展開への道のり

2.1 機材の拡大

次に、航空機機材の話を行います(図—1)。当初は、2機のボーイング社の737型機があり、もともとの戦略はボーイング型機を継続するというものでした。しかし、2004年に、エアアジアは、エアバスに移るといふ大きな戦略シフトを行いました。当初の50機から、現在では、225機になっております。エアアジアはエアバスの最大顧客となりました。

エアアジアXは、2007年に設立し、エアバス型、特に、機体の大きいA330を導入しました。2007年に1機から始まり、現在、11機あります。9機がA330、2機がA340です。A340を採用



■図—1 航空機材の推移

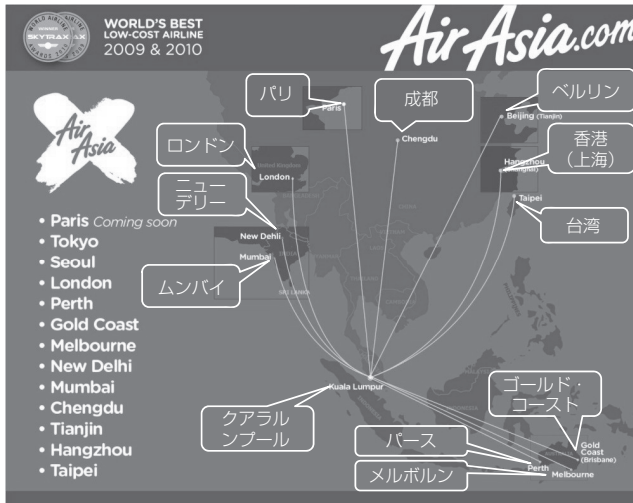
したのは戦略的な理由があります。これはコックピットが共通しているため、クルーがどちらでも操縦できるからです。ボーイング型機は、共通していないため、新しいパイロット、スペアパーツ等が必要になります。

現在、エアアジアXでは、10機のA350の注文をしております。この次世代のエアバス機であるA350は、ローコストモデルにとって理想的な機体と考えています。

2.2 就航地域の拡大

ご存知のように、エアアジアは、マレーシアの国内路線から始まりました。次に、タイ、インドネシア等に就航を始めました。ここで重要なのは規模でした。図—2をご覧ください。これはエアアジアXが就航している都市です。もともと、我々は意図的に、オーストラリアと中国のみに焦点を当てました。その理由として、まず、オーストラリアは、顧客がインターネット、低予算旅行等になれているといったオペレーションのしやすい環境にあったことです。次に、中国は、エアアジアがすでに就航していたため、エアアジアXは、南部の香港、天津、成都、桂林等に簡単に拡大していったということです。

重要な点は、規模を確立するということです。単に、一つの都市で限定的な路線だけだと、支配的な競合他社に負けてしまいます。基礎となる規模をオーストラリア、中国で確保してから、他の都市に出たわけです。異なるモデルとして、ジェットスターなどは、機体数は少なくとも、なるべく多くの都市、なるべく多くの国で小さな規模で始めようというものもありますが、



■図一2 就航都市

我々はこの方法はとりませんでした。

インドへの進出については、この2年くらいのことです。インドの市場も複雑です。便数が少ないと大手につぶされたり、複雑な市場に流されたりします。そのため、エアアジアが就航してから、エアアジアXが北部のムンバイ等に路線を持ちました。重要なことは、インドのような市場に参入する場合には、生き残るために大きな規模を持って参入しないとけないということです。

エアアジアは、まだシンガポールから運航許可をもらっていません。しかしながら、現在、エアアジアはシンガポールでは、第二位の航空会社になっております。といいますのは、東南アジア全体にハブがありますので、そういった都市からシンガポールに連絡する飛行機が飛んでいるからです。つまり、支配的なネットワークを東南アジアに持つことで、ハブを持ついろいろな都市からある地域へ飛行することができるというマルチハブの体制をとっています。

2.3 エアアジアXの経営方針

エアアジアのローコストモデルは、ヨーロッパ、アメリカで実証されたローコストモデルをアジアに移行し、アジア初の規模の経済を確保しようというのですが、エアアジアXは若干異なります。

エアアジアXを始めた時には、まだ市場調査も行っていませんでしたが、やはり旅行代金を低くすれば、より多くの人々が海外に行きたいと考えました。そのためには、安いコストでどのように経営を行っていくかが重要になります。たとえば、他社よりも50%安い料金でどのように経営していくかということです。そのために、まず、航空業界のモデル自体を見直しました。この時、やはり長距離は無理だ・厳しいといった意見ができました。専門家の多くは、LCCが成功するのは短距離で、小さな機体を用い、ポイントトゥポイントで運行するからだと言っていました。

我々の成功の鍵となるのは、単に短距離でうまくいったことを長距離に移すのではないということです。むしろ、エアアジ

アと違うことをしよう、そして、エアアジアが学んだことを活かしていこうという方向でモデルを変えてきました。この点については、後ほどお話します。

まず、顧客の立場となって考えました。従来型のフルサービスキャリアの場合には、プレミアム顧客を重視する傾向がありました。そのような顧客は時間を気にしますが、料金は気にしません。そのため、ほとんどのフルサービスキャリアの機体の稼働率は約50%程度でしょう。ここで、航空会社で最も高い資産というのは航空機です。この航空機を50%しか使っていないということは、1日12時間～13時間しか飛んでいないことになります。それは、着陸して乗客がすぐに仕事ができるような便利な時間帯に離陸着陸したいと思うからです。そのため、非常に高額なパーキング料を航空会社は空港に対して支払わなければなりません。

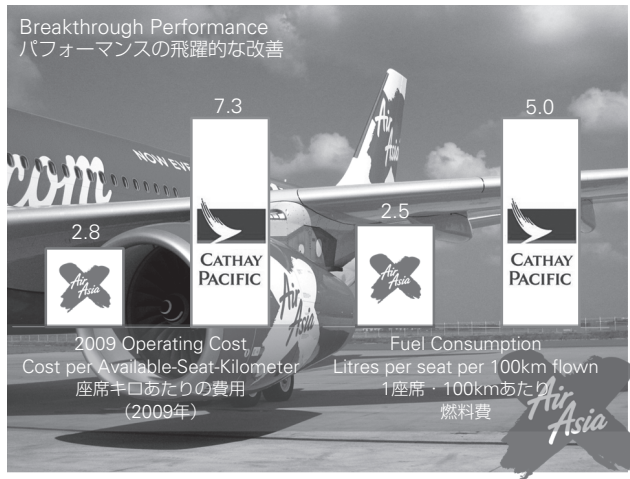
逆に、我々は、長距離を飛びたい人の中に、時間は気にしないが、価格は気にする顧客がいるのではないかと考えました。つまり、不便な時間帯の飛行機でもいいという顧客がいると考えたのです。それに加えて、長距離の場合、物理的に大きな機体が必要になります。当然、燃料タンクも大きくなります。従来型の長距離のLCCはここで破綻しました。A点からB点に飛ぶという形態ではうまくいきません。この50年間、航空会社は複雑なネットワーク、ハブ&スポークモデルを構築してきました。しかしながら、21世紀のモデルは、インターネットです。インターネットによって、複雑な支払・決済等、航空会社がお互いにやり取りしていたものがなくなります。顧客が、たとえば、クアラルンプールー東京間のある会社で、東京ー札幌間を別の会社でというように、簡単にチケットを買うとができるようになるのです。そこで、我々は、長距離を飛ばすときに、エアアジアの短距離と違い、フィーダーネットワークの整備が必要だと考えたのです。

2.4 成功の着眼点

エアアジアXを始めた時、我々が就航したのは、ゴールドコースト（オーストラリア）のみ、また、1機で就航しました。そのため、様々な批判がありました。では、何が成功に導いたかということ、乗客全員が必ずしもゴールドコーストに行くわけではないということです。ゴールドコーストに行く30%の人が、シドニー、メルボルン、ニュージーランド、あるいはニューキャッスルに行っています。そのような経路の一つとして利用してもらおうということです。次に、費用です。ジェットスターがクアラルンプールからシドニーまでの8時間の直行便を持っており、他方、経由した場合、全体で20時間かかるという結果になりました。しかし、調査を行ったところ、経由した場合、150オーストラリアドルが節約できるということが分かりました。休暇や学生であるということであれば、12時間というのは大した問題ではありません。その代わりに、150オーストラリアドルが節約できればいいのです。このようにして、我々は

現在、世界で最も高い航空機稼働率を維持しています。

もう一つは席数が多いということです。我々の席にはファーストクラス、ビジネスクラスはなく、主に、エコノミークラスです。そのため、30%ほど席数が増え、1年間の席当たりのコストは50%ほど低くなっております。図一3は、2009年の数字で燃料費も入っております。単価当たりのコストとしては世界で最も低減できています。



■図一3 座席当たりの費用

2.5 コストダウンの方策

我々は、他にもいろいろと実施しております。どのように食糧あるいは飲料を提供するのか、ここで100ドル程度の差異がでます。まず、我々の場合は、事前にオンラインで注文していただくようにしていますので、無駄が出ません。次に、よくあるハイタッチなサービスモデル（クルーが頻繁に顧客に接すること）の改善です。たとえば、A330には一般に290席ありますが、そこに13~14人のキャビンクルーがいます。他方、私たちのA330には377席ありますが、9名しかおりません。食糧、追加的なクルーに対するトレーニング費用、ホテルの宿泊等が100ドルの差異につながるのです。

他にも、どれだけの水を貯蓄するのかということです。大半の航空会社は水のタンクを満タンにしますが、我々は必要な分だけの水を貯蓄します。水は非常に重く、燃料がかかります。雑誌も重くなるので必要ありません。価値としてみられないサービスを排除しているのです。図一3の右側をご覧ください。燃料の価格以外の点として、燃料の量自体を低減することが大きな違いにつながります。

2.6 新しい需要の創出

伝統的に、航空会社というものは顧客がやってくるのを待っています。私どもは新しい顧客を創出することを考えました。つまり、我々が設定した目的地に夢にも行こうと思わなかった人

たちをターゲットにしたのです。エアアジアには特別なセールスがあります。ある顧客は10月にバリ行きたいと考えているかもしれませんが、インターネットの我々のページをみると、様々な低コストな競合商品があります。しかし、(セールスが)分からなかったため、買えなかった場合があります。チケットは買えなかったのですが、同じページにあるビエンチエンへのチケットが10ドルだったら買ってしまおうという人がいます。また、そのチケットの時期が3月ならば、休暇を3月に変えることもあるでしょう。つまり、我々の方から旅の楽しみを創出し、購買の決定というものを逆にするのです。

2009年、経済危機等からこの業界はグローバルバブルで非常に苦戦しました。ただ、エアアジアのルートは二桁の成長を経験しました。つまり、創造的な方法で需要を創出することができているということです。

2.7 新たな取り組み

どなたでも、このプレゼンを聞いた後でLCCのエアラインを開始できると思います。ですから、我々は新しい方法を考えなければなりません。

まず、LCCでは初めてフルフラットのシートを導入いたしました。これは違うセグメントを狙ったものです。いままで、ビジネスクラスの料金は非常に高いものでした。ただ、この代金には必要のないものが含まれています。ラウンジ代、キャビアやシャンペン等です。実際には、フラットベットシートと毛布があればいいのです。そのため、価格は典型的なビジネスクラスの約1/3になりました。信じない人は我々のwebsiteに入ってみてください。また、LCCで飛ぶのは恥ずかしいという人たちもいるでしょう。ただ、典型的なサービス、つまり、ロイヤリティに対する価格は高いわけです。エコノミーチケットを手に入れる代わりに、このビジネスチケットを購入することは、このような顧客にとっても簡単なトレードオフとなるでしょう。

次に、エアアジアは始まったときから、フリーシーティング（自由席）を行ってありますが、2007年にエアアジアXが始まったときに、アサインシートモデルというのを作りました。たとえば、通路側がいい、4人の家族で座りたい等の場合には、料金を支払うというモデルです。これで利益がでたため、1年後エアアジアも同様の方式に変えました。そして、荷物についても、15kg、20kg、25kg、30kg単位で荷物料を変えられることにしました。ここで、空港で料金を支払うと時間がかかりますので、すべてオンラインで設定することになっています。

最近始めた新しいプロジェクトとして、コネクティングトランスファーというものがあります。いままでのLCCは、ある1地点から1地点へのフライトを行うため、乗り継ぎというものは嫌っていましたが、たとえば、クアラルンプールへ来て、クアラルンプー

ルからロンドンに行く場合など、乗り継ぎ便に乗る人が多い場合には、20ドルを払えば、乗り継ぎの際、我々が荷物の運搬をするといったサービスをしています。

3—経営組織

我々のビジネスモデル自体に秘密はありません。誰でもまねることができます。航空業界のアナリストはどういったビジネスモデルが機能するのか、LCCなのか、ハイブリッドLCCなのか、フルサービスのキャリアなのか、ということ进行分析していますが、それは問題が間違っています。モデルだけではない、如何に行うか、“how”が重要なのです。この実行力は、まねできないのです。

まず、申し上げたいのは、我々の社風というのは、全員が事業目的に対して、エキサイティングな気持ちを持っているということです。ビジネスではなく、航空業界というわけではなく、人々に世界中を飛んでもらいたいと考えているということです。二番目として、非常にオープンな組織です。階層はありません。航空会社というのは、非常に厳格な階層構造になっていることで有名です。しかしながら、私たちの会社は非常に若い新入社員であっても、直接私に話ができます。私のデスクもほかの人と一緒に座っています。そして、いろいろなアイデアを伝え合います。これが新しいアイデアが生まれる源泉でもあります。世界中の航空会社の中でも、チーフパイロット、チーフエンジニアが同じデスクで隣に座っているのはうちだけだと思います。複雑な決定をする際、たとえば、燃料のヘッジをするかどうか、ということで見ると、様々な人がおりまして、そこで話をして決めるわけです。意思決定が非常に迅速に行われ、問題が出れば、即座に対応して動けるわけです。

私もマレーシアではジーンズやTシャツで仕事をしております。というのは、私のところに来てほしいからです。親しく話しかけられる環境を作ることで、情報の流れを円滑にしたいと考えているからです。

次に、機会（チャンス）です。若手の世代が期待するのは、成長の機会です。我が社は、高給ではありませんが、機会があるから入社してきます。たとえば、カバン持ちであっても、乗組員、キャビンクルーになれます。実際にパイロットになった人もいます。

20年の経験があっても、考え方が同じで変わらないというのであれば、そんな人は要りません。やはり、アイデアのある人、エネルギーのある人に入ってほしいと考えています。いろいろな機会を探していける、これが、人が集まってくる要因であり、社風となっております。ある意味、これが我々のビジネスモデルの鍵と考えておりますし、この部分はなかなかまねできません。

4—政府の役割

最後に、政府の役割について話したいと思います。我々はマレーシアでは運が良かったと思います。非常に政府が支援してくれました。ただ、これは簡単なことではありませんでした。我々自身が、LCCモデルが機能することを証明しなければならなかったからです。

今日では、政府の支援があり、専用ターミナルまで割り当ててくれました。割り当てられるまでの過程で、政府は、どの程度新しい乗客が来るかということを見積もっていました。2002年に新しいターミナル、次の年にはまた別のターミナルへ、2004年にも同じことがありました。そのため、1,000万人の収容力がある専用ターミナルを作ろうということになり、2006年に我々は新しいターミナルに移りました。2008年には、政府の方から、さらに、収容力を広げた1,500万人乗客対応とした施設への投資を行ってくれました。現在では、3,000万人対応のLCC専用のターミナル、そして滑走路も準備しております。

依然として長い道のりが続いています。というのは、キャリアに対して保護的な政府がいて、ある場所へは飛ばすなどといった要請があるわけです。そのような中で、日本政府からはかなり支援をしていただきました。東京や大阪への便もサポートしてくれました。ただ、承認をマレーシア政府から受ける際にいろいろありました。といいますのは、日本政府が7便を割り当ててくれたものの、マレーシア政府がそれを半分にしまして、3便をうちに、3便を別のところに、1便は別のところにと、全部がサブスケールになってどれも利益を上げられなくなってしまいう割り振りをしたのです。しかし、我々は3便から始め、そしてブランド、認知度を上げ、成長・拡張していこうと考えました。

我々の就航の結果として、マレーシアはこの市場の中で非常に大きな成長をとげました。長距離路線についても伸びています。このことは、既存シェアを食い合っていることを意味してはおりません。マレーシアエアポートのデータを見ていただくとわかると思います。また、観光客に来てもらうという観点から、経済にも利点がありました。現在、マレーシアでは、観光は外貨の収入源として第二位にあります。10年前はゼロに近く、つまり、完全に状況を変えたのです。路線の接続性を高めることによって、人々がいままで考えていなかったようなところに行くようになってきたということがその理由です。

これら、私たちがやってきたことが、政府を刺激し、その信頼を勝ち取り、それにより許可やインフラ面でのサポートを得ることができたのです。

そのため、今後、ますますエキサイティングなことが起こることを望んでおります。最終的には、すべての人々がどこにでもいけるような形にしたいと思っております。ご清聴ありがとうございました。

都市鉄道の列車遅延の拡大メカニズムに関する研究

—列車運行シミュレーションを用いた分析—

仮屋崎 圭司
KARIYAZAKI, Keiji

(財) 運輸政策研究機構 運輸政策研究所 研究員

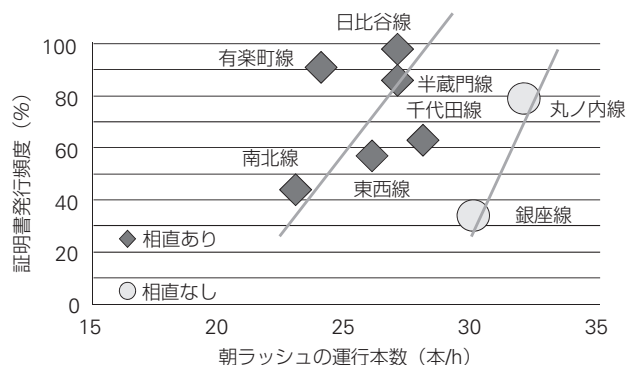
1—はじめに

首都圏の鉄道は、高密度な鉄道網整備、列車の長編成化、高頻度運行、相互直通運転の実施、ホームドアの設置等の施策により、世界に誇れる都市鉄道システムを構築している。そのため、首都圏鉄道は「概成された」と言われることがある。しかし、これらの施策は大きな成果を上げた一方、その副作用として、①通勤時間帯の慢性的な遅延、②人身事故、車両故障等により発生した遅延の広域的な連鎖、③一度発生した遅延の回復に数時間も要してしまうといった回復困難性の問題等が顕在化し、首都圏鉄道に新たな課題が生じている。しかしながら、遅延の発生・波及の現象に関する定量的な分析は少なく、それらの分析に基づいた対策検討の不足が上述の問題をより深刻化させている。そこで本稿では、遅延の発生・波及の現象について、実際の運行データからその要因と特性を定量的に把握する。さらに、遅延対策の検討に向けて、列車の運行挙動を再現するシミュレーションモデルを構築し、それを用いた分析結果から、遅延発生後における①遅延拡大の抑制方法、②遅延の早期回復方法、について得られた示唆を報告する。

2—遅延の現状

鉄道事業者がホームページ上に掲載する遅延証明書から遅延の発生状況を概観する。東京メトロでは、朝ラッシュ時、日中、帰宅ラッシュ時の3回/日、5分以上の遅延に対して証明書を発行している。(発行回数は平成21年12月より4回/日に増加) この遅延証明書を平成21年4月1日から同年11月30日までの8ヵ月間集計した。

平日の朝ラッシュ時間帯に着目し、路線毎の運行本数と遅延証明書の発行頻度の関係を図一1に示す。相互直通運転実施路線は、実施していない路線と比べ、少ない運行本数で遅延が頻繁に発生していることが分かる。また、運行頻度の高い路線ほど遅延証明書の発行件数が増加する傾向にあり、高頻度運行下で定時制を確保することの困難性がうかがえる。



■図一1 運行本数と遅延発生頻度

また、首都圏の全路線長における相互直通運転の路線延長は平成20年度で900kmを越えている。それに伴い、運行形態の複雑化や、他路線の事故等の影響を受ける、また、事故等におけるダイヤ調整の煩雑化といった負の効果が、遅延の発生・波及の現象として顕在化している。今回の集計期間では、相互直通運転を実施する東京メトロ7路線において、20分以上の遅延の約45%が、相互直通運転相手先の路線内で発生していた。このような慢性的に発生する遅延は、遅れ時間も日毎に異なり、未だ混雑率190%を超える路線が多く存在するため、利用者は車内の混雑に耐えながら、所要時間の増加、更に到着時間の不確実性という幾重ものストレスを強いられている。

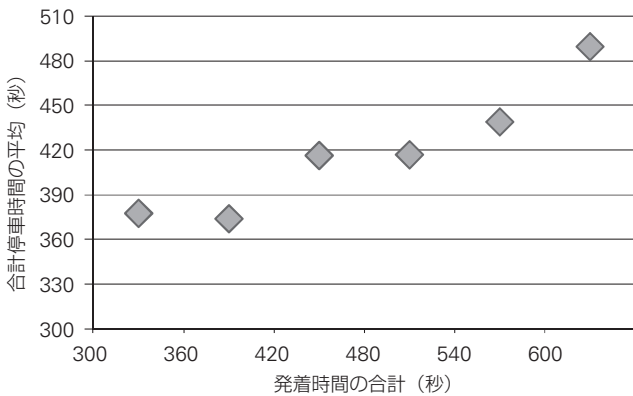
3—遅延の発生・波及メカニズム

列車運行実績値を用いて、遅延の発生・波及の現象を定量的に捉える。列車運行実績値は、自動進路制御装置 (PRC: Programmed Route Control) により得られるデータの一つであり、駅毎に各列車の到着時刻、出発時刻が秒単位で記録されている。

(1) 利用者要因による発生・波及

遅延の拡大メカニズムについては、何らかの要因により遅れの発生した列車が、次駅以降における乗客の増加によって乗降時間が増加し、さらに遅れが拡大する事象が知られてい

る。図一2に二子玉川駅～渋谷駅間における合計発着時間を60秒毎にランク分けした際の、各ランクに属する列車の平均合計停車時間を示す。本報告では、駅において先行列車が出発した後に、後続列車が到着するまでの時間を発着時間と定義する（追込み時分とも呼ばれる）。この発着時間は列車の駅到着遅れを表す一つの指標であることから、図一2は列車の到着遅れにより停車時間が増加することを示しており、遅延の拡大抑制策として、後続列車の遅れによる先行列車の出発時間調整が有効であることを示している。



■図一2 発着時間と停車時間の関係（二子玉川駅～渋谷駅）

(2) 線路上の列車混雑による発生・波及

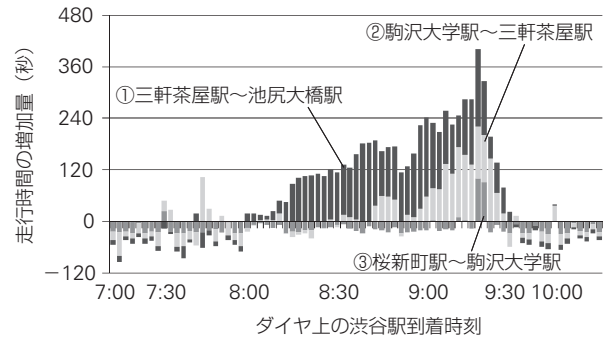
高頻度運行下では駅停車時間の増加が、直ちに後続列車の駅間走行速度の低下を誘引し、遅延の影響が後続列車へ波及する。運行間隔が短いため、駅間での走行時間の増加は後続列車で回復することなく、その区間の走行時間の増加量として引き継がれる。さらに走行時間が増加するとその影響は後続列車へ次々と伝播し、上流駅間へと波及する。

図一3は、桜新町駅～駒沢大学駅～三軒茶屋駅～池井尻大橋駅の3駅間における列車毎の走行時間の増加量を示している。最下流の三軒茶屋駅～池井尻大橋駅間で生じた走行時間の増加が上流駅間へと波及しており、遅延時間が最大となる時間帯（9:20頃）の列車では、3駅間全てで走行時間が増加するため、遅れ時間が拡大していることが分かる。

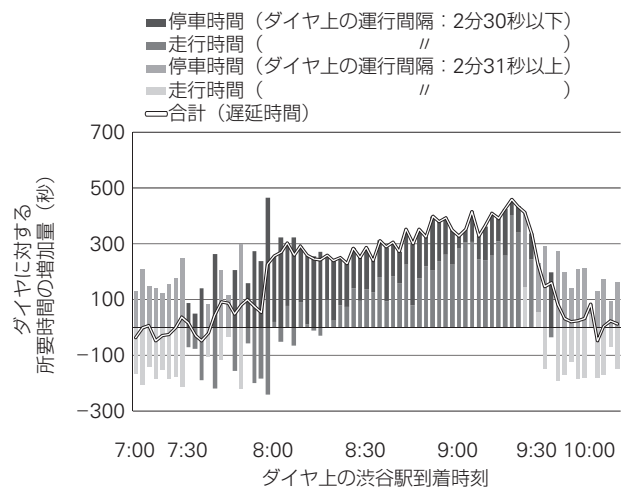
(3) 遅延時間の構成

図一4に、列車毎のダイヤに対する遅延時間の構成を示す。駅停車時間の増加は、ほぼ全ての列車において発生しているが、ラッシュ時間帯前後（ダイヤ上の渋谷駅到着時刻7:30以前、10:00以降）では、駅間走行時間の余裕時間によって遅延時間が回復されるため、渋谷駅での到着遅延は生じていない。早発を防ぐため、停車時間を短く設定しておき、増加する分は走行時間で補うといったダイヤの設計思想かと考えられる。

運行間隔が短くなるラッシュ時間帯では、停車時間の増加



■図一3 列車毎のダイヤに対する走行時間の増加量（桜新町駅～駒沢大学駅～三軒茶屋駅～池井尻大橋駅）



■図一4 列車毎のダイヤに対する遅延時間の構成（溝の口駅～渋谷駅）

に対する走行時間の余裕量が小さくなっており、ダイヤ上で7:40頃の列車から徐々に遅延が発生している。8:10頃の列車で停車時間の増加はピークを迎え、8:20以降の列車から走行時間は増加に転じている。走行時間の増加量がピークとなる時間帯に渋谷駅での到着遅延も最大となり、その後、ダイヤ上で設定された列車の運行間隔が広がると、直ちに走行時間の増加が解消されるとともに、遅延時間も回復している。

この様に遅延時間の構成は、利用者混雑に起因する駅停車時間の増加と、線路上の列車混雑に起因する駅間走行時間の増加という異なる要因で構成され、遅延発生初期段階は、駅停車時間の増加が主な遅延要因であるが、その後の時間帯は走行時間の増加の占める割合が大きくなることが分かる。また、ダイヤに対する走行時間の変化量は停車時間のそれより大きいこと、列車の運行間隔が遅延回復に与える影響が大きいことから、遅延時間の拡大抑制および早期回復において、駅間走行時間への対策が有効であることが示唆される。また、利用者行動の変化を伴う停車時間への対策と比べ、事業者側の取り組みだけを要求する走行時間への対策は、施策の実行性が高く、その効果が期待し易い点も特記すべき事項である。

4—列車運行シミュレーションの構築

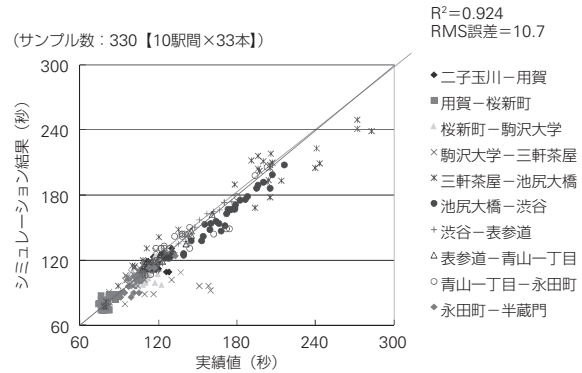
線路上に密な状態で運行している列車は、先行列車の速度変化に応じて加減速を繰り返すため、駅間走行時間の分析には、列車1本1本の挙動とそれらが互いに与える影響を時系列的に捉えることが不可欠といえる。そこで本研究は上述の分析を実施すべく、線路上の列車挙動を再現するシミュレーションモデルを構築し、遅延対策の検討を試みる。

(1) シミュレーションモデルの概要

運行ダイヤ、信号コード表、運転曲線図、列車性能を入力データとし、列車1本1本の駅間の運行挙動を再現するシミュレーションモデルを構築する。モデルはセルオートマトン理論を適用し、列車間の相互作用と列車信号方式により時系列で変化する走行速度を、列車毎に決定する。なお、駅における列車の停車時間は、列車の発着間隔、車内混雑率、ホーム上の旅客滞留などにより値が変動するため、本来は列車の駅間運行挙動と利用者行動による駅停車時間の推定とを一体的に再現するシミュレーションモデルが必要である。しかし、今回は列車運行に着目した分析を行うため、列車運行実績値から得られる各列車の駅停車時間の実績値を適用した。対象路線は、東急田園都市線および東京メトロ半蔵門線の二子玉川駅～半蔵門駅間（10駅間）とし、平成21年1月19日（月）の準急運転時間帯7:50～9:00頃（列車33本）のデータを用いた。この時間帯における渋谷駅での最大到着遅延時間は約9分であった。なお、東急田園都市線は渋谷駅到着7:50～9:00の急行を、二子玉川駅～渋谷駅（6駅間）の区間で各駅停車とする準急運転を実施しており、列車毎の混雑を平準化し遅延の抑制を図っている。

(2) モデルの再現性

図一五に駅間走行時間の実績値（平成21年1月19日）とシミュレーションモデルによる計算値の比較を示す。最大で約50秒の残差が発生しており、十分な再現性が確保されているとは言い難い（サンプル数330:10駅間×列車33本、重相関係数0.92）。しかし、分析対象区間において最も駅間走行時間の増加量が大きくなった三軒茶屋駅～池尻大橋駅間について、列車毎に走行時間の増加量を比較すると、遅延の発生および回復のタイミングの傾向は概ね再現されており、他の駅間についても同様な傾向を示した。そこで今回はこのシミュレーションモデルを用いて、列車運行方法の工夫による遅延の早期回復策の可能性について検討を行う。



■図一五 駅間走行時間の比較

5—運行方法による遅延対策の検討

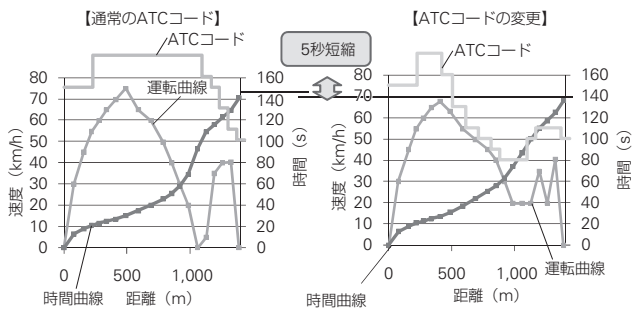
上述したように、列車の運行間隔は遅延の拡大および回復に影響しており、列車間隔を適度に保持することで遅延の拡大抑制や回復につながる。そこで、本報告では遅延発生により密になった列車間隔を広げる手法を検討し、遅延拡大の抑制および早期回復対策について考察を行う。

(1) 区間制限速度（ATCコード）の低下

列車は先行列車との相互作用による速度制限と、線形や勾配から区間毎に制約される区間速度制限（ATCコード）の双方から信号現示を受けて運行されている。多くのケースで運転士は先行列車の位置を目視等により確認出来ないため、信号現示に表示される最高速度を保持するよう運転するものと考えられるが、遅延発生時においては、その様な運転方法が遅延を拡大させてしまう要因の一つとなっていると考えられる。例えば自動車の運転において、前方の交差点で赤信号が表示されている場合、ドライバーは高い速度を保ったまま停止線直前でブレーキを踏み停止するのではなく、予め速度を下げて交差点に近づき、出来るだけ停止をしないような運転をすると推測される。後者の方が時間のロスが小さいことを経験的に認知しているからである。列車の運転士も朝ラッシュ時等は、経験的に先行列車の運行状況を把握しており、先行列車の挙動を予測しながら列車間隔を保持し、停止を回避するような運転を行っているが、実際に先行列車の状況を確認出来ないため、その運転方法は個人の裁量に依存している。

そこで遅延発生時において、先行列車との間隔を保持し、駅間の一時停止を回避する運転方法を支援するために、通常の区間制限速度と異なる遅延発生時用の区間制限速度を設定し、それを適用した際の列車運行挙動の変化を確認した。対象区間は三軒茶屋駅～池尻大橋駅とし、平成21年1月19日の実績値において当該区間で走行時間が約1分増加した列車（ダイヤ上の渋谷駅到着8:11）に適用した。

図一六はその結果であり、異なる区間制限速度による運転曲線と時間曲線を示している。駅出発から400m付近までは、後続列車の駅進入速度に影響がないよう減速を行っていない。その後、遅延発生時用の区間制限速度による運転（右図）は、速度低下により先行列車との間隔が保持され、一時停車を回避したことで通常の運転パターンと比べて走行時間が5秒短縮した。後続の列車にも同様に遅延発生時用の区間制限速度を適用したところ、走行時間が15秒短縮する結果となった。これは先行列車の走行時間の短縮が、後続列車との列車間隔の保持において相乗的な効果を発揮するためであり、このような速度低下の運転を繰り返すことで、この区間の遅延時間（走行時間の増加量）が連鎖して回復することを示している。しかし、この運転手法は先行列車の駅停車時間に大きく依存するため、大幅な停車時間の増加が生じた場合には効果がない。ただし、これらの結果は列車の運転において、必ずしも前へ前へと詰めるだけでなく、遅れが生じている場合は、あえて速度を低下させ、適度な間隔を保つことが遅延の早期解消につながることを示唆するものである。

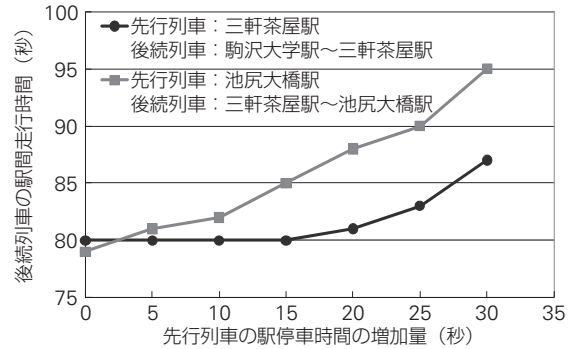


■図一六 区間制限速度（ATCコード）と運行挙動

(2) 停車時間の許容量

列車の運行はその区間の閉そく割に依存する。短い閉そく長の場合、列車間隔を短くすることが出来るが、長い閉そく長の場合は先行列車が後続列車に与える影響の範囲と時間が長くなる。図一七は運行間隔を125秒に設定した際の、先行列車の駅停車時間の増加量と直後の後続列車の走行時間の変化を示している。池尻大橋駅での停車時間の増加は、直ちに後続列車の走行時間増加へ波及するのに対し、三軒茶屋駅では15秒程度まで許容される。このような違いは駅部や駅前後の閉そく割の違いによるものである。

このような許容時間を有する駅では、ラッシュ時間帯を過ぎた際に、後続列車に影響を与えない範囲で出発時間を遅らせ、先行列車との時隔を拡げることが可能である。また、先述の区間制限速度低下の運転手法と組み合わせることにより、各々の効果が増幅することも期待される。複数の列車の群管



■図一七 先行列車の停車時間と後続列車の走行時間の関係（運行間隔125秒）

理により遅延の拡大を防ぐ対策と同様に、複数の駅・駅間における遅延対策の検討も必要と考えられる。

(3) 間引きの効果（後続列車の一時停止）

遅延時間が30分を越えるような輸送障害が発生した場合、ラッシュ時間帯の実質輸送量は大幅に減少する。慢性的な遅延での減少量は2~3本/h程度であるが、輸送障害の際は輸送量が半減するケースもある。この場合、需要が低下したラッシュ時間後に多くの列車が高頻度で運行することになり、各々の列車間隔も詰まっているため、遅れ時間が回復することなく遅延の影響が長時間化してしまう。このような際は、列車を間引く、あるいは、任意の列車の全ての後続列車を一時的に停止させ列車間隔を拡げる¹⁾等の手法により、遅延の早期回復を図るための検討が必要である。

6—結論

現在の都市鉄道の特徴の一つが非常に短い列車閉そく長であり、これにより高頻度運行による大量輸送を可能としている。しかし一方で、列車の線路上の混雑が発生し、これに起因して遅延時間の拡大、回復の長時間化が生じている。このような首都圏鉄道の新たな課題への対応として、遅延の発生・波及のメカニズムの究明は不可欠であり、その対策検討を実施するうえで列車1本1本の運行挙動に着目した分析は有効である。通常時と遅延発生時、あるいは遅延発生時も短時間の遅延と長時間の遅延とでは、駅での乗降や列車運行の状況が異なる。全て同様な方式でなく、各々の状況に合わせた運行方法の工夫により、遅延の拡大抑制および早期回復の可能性が期待され、それらの類型化が必要であると考えている。

参考文献

1) 仮屋崎圭司 [2010], “都市鉄道の列車遅延の拡大メカニズムに関する研究”, 「運輸政策研究」, Vol. 49, pp. 57-64.

駅前広場のバス乗降場に関する研究

佐々木 慧
SASAKI, Satoshi

(財) 運輸政策研究機構 運輸政策研究所 研究員

1—背景と目的

交通結節点として多くの人々が利用している駅前広場には、交通空間の不足、長い乗換距離や乗場の分散、待ち空間の不足、交通動線の錯綜、情報案内の不連続、管理の不十分といった問題が指摘されている。

上記の問題の対策として、駅前広場の拡大や立体化といった駅前広場の改良が挙げられるが、駅前広場の改良は必要な用地や費用の規模が大きいため、どこでも行えるというものではない。一方で、駅前広場の運用の効率化に着目した提言もなされている。例えば、駅前広場の利用認証等の管理手法に対する提言¹⁾や、ピークタイムの差を利用した乗場空間の共用²⁾などである。しかしながら、これら駅前広場の運用に関しては、提言はなされてきたものの、実際にはあまり反映されていない。これについては、既得権の問題や、駅前広場の関係主体の責任分担が不明瞭であることなどが原因として指摘されている¹⁾。

そこで、本研究では上記の問題点を踏まえ駅前広場のバス乗降場の使い方について調査・分析を行い、効率的な使い方に向けた提案を行うことを目的に研究を行うこととした(公共性や施設規模からバスを対象とした)。今回の報告では、31駅(48駅前広場)の現地調査による問題の検証・分析から、バス乗場の設置位置と使用状況について、駅前広場の効率性について報告を行う。

2—駅前広場の現地調査

(1) 調査対象駅

調査対象駅は、東京23区内のコミュニティバスが発着する駅で、駅前広場があるものとした。これは、既得権的な利用を考慮するため、路線の新設や新規事業者の参入が比較的に見られるバス路線に着目したためである。

(2) 調査項目

調査項目は以下に示す通り、各調査項目については、駅前広場で指摘される問題点を参考に設定した。

- ①乗場設置位置
- ②乗場使用状況(使用事業者, シェアの有無)
- ③駅前広場全体のバス乗場の効率性(乗場数, 発車台数)
- ④駅前広場の各乗場の効率性(各乗場の発車台数)

以下、①②については、3章バス乗場設置位置と乗場使用状況で、③④については4章駅前広場のバス乗場の効率性で示す。

3—バス乗場設置位置と乗場使用状況

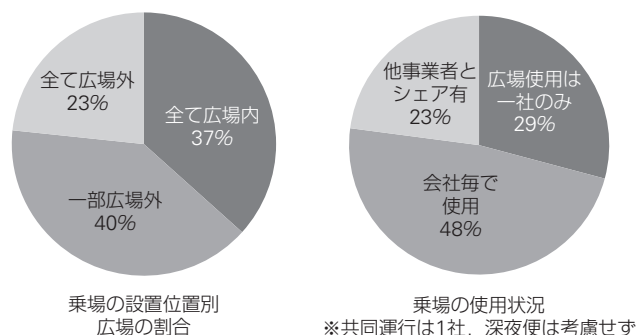
(1) 現地調査結果

乗場の設置位置より、本調査対象の駅前広場は概ね下記の3つに分類された。

- ①全てのバスが広場内から発着している駅前広場(全て広場内)
- ②一部のバスが広場外から発着している駅前広場(一部広場外)
- ③全てのバスが広場外から発着している乗降場(全て広場外)

図-1左図に乗場の設置位置別の広場の割合を示す。②と③を合わせ、調査対象の約6割の駅で広場外乗場が発生していた。特に広場外の乗場では、交通の錯綜や待ち空間の不足といった問題が見られた。

図-1右図に乗場の使用状況を示す。駅前広場を使用するバス事業者が1社のみの場合と、乗場を会社毎で使用している場合を合わせると、会社毎に乗場を使っている駅が全体の8割程度であった。一方、他の事業者同士で乗場のシェアを行って



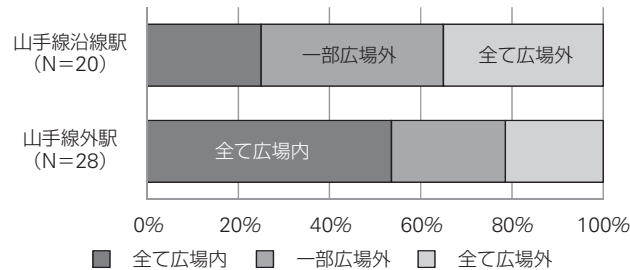
■図-1 現地調査結果

いるのは全体の2割程度であった。このことから、多くの駅前広場で、バス乗場は事業者毎で使用していることがわかる。

(2) 乗場の設置要因

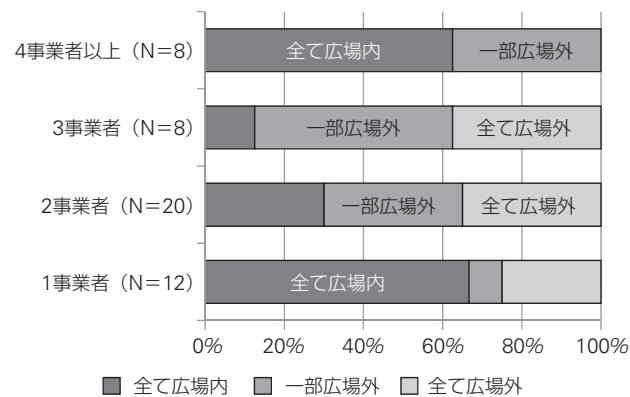
図一で示した乗場の設置位置の要因を調べるため、クロス集計から分析を行った。分析の結果、主な要因と考えられたのは、駅の立地と、駅前広場のバス事業者数であった。

駅の立地については、都心と郊外を比較するため、山手線沿線と、山手線外の駅前広場の乗場の設置位置の割合を比較した。この結果を図二に示す。図二より、山手線外の駅前広場では5割以上の駅前広場で全てのバスが広場内から発着しているのに対し、山手線沿線では2割程度であった。これは都心部の駅前広場面積の不足が影響しているものと考えられる。



■図二 駅の立地別の乗場設置位置の内訳

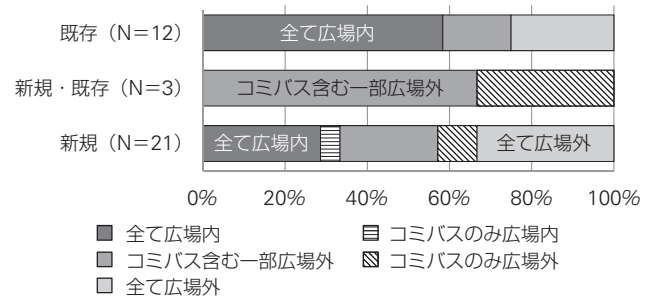
図三にバス事業者数と乗場設置位置の内訳を示す。図三より、単一事業者の駅前広場では全てのバスが広場内から発着している割合が高いことがわかる。なお、4事業者以上の場合も「全て広場内」の割合は高いが、これは空港バスや中距離バス等の事業者が含まれて、事業者数が多くなっている事例も含まれるためと考えられる。



■図三 バス事業者数別の乗場設置位置の内訳

以上、乗場の設置位置の要因を見てきたが、駅の立地特性については、空間的な要因である。一方で、バス事業者数の影響は、本研究で着目する駅前広場の運用的な要因といえる。

バス事業者数が多くなると広場外乗場が発生する割合が多くなることには、図一で示した、バス乗場の事業者毎の使用が影響していると考えられる。駅前広場のバス乗場は基本的に全て使われているため、乗場を持たない事業者が新規のバス路線を開設する場合、「事業者毎に乗場を使う」という状況下では、広場外に新規に乗場を設けざるを得ない。このため、駅前広場を使用するバス事業者が多いほど、広場外乗場が発生する割合は高くなるものと考えられる。これを示す端的な例として、新規事業者の運行する路線が比較的多い、コミュニティバスの乗場設置位置の割合を図四に示す。これによると、もともと駅前広場に乗場を持っていた既存事業者がコミュニティバスを運行している駅前広場では、約6割で全てのバスが広場内で発着しているのに対し、新規事業者の場合は2割強でしかない。さらに、新規事業者のコミュニティバスが広場内で発着している事例のほとんどは、コミュニティバスの開業前後で、当該駅前広場の改良がおこなわれているものである。これより、広場内を使用している新規事業者のコミュニティバスの乗場は、コミュニティバス開業後の駅前広場改良において、広場内に整備されたと想定される。翻せば、広場改良がなされない限りは、新規事業者が路線を開設するたびに、広場外乗場が発生してしまうと考えられる。



■図四 コミュニティバスの乗場設置位置の内訳

(3) バス事業者毎に乗場を設ける理由

バス事業者毎に乗場を設ける理由は、遅延時の調整（事業者毎の方が調整が容易）、バス停の設置にかかった負担（住民との交渉等）³⁾、競争的環境の忌諱³⁾などが言われている。しかしながら、これらの理由のうち、遅延時の調整以外はバス利用者や駅前広場利用者とは無関係な理由といえる。バス停設置にかかった負担については、公共空間として整備される駅前広場のバス乗場に当てはまらないと想定されること、競争的環境の忌諱は需給調整規制撤廃後の政策の課題であることがその理由である。

4—駅前広場のバス乗場の効率性

乗場設置位置については、運用面では使用するバス事業

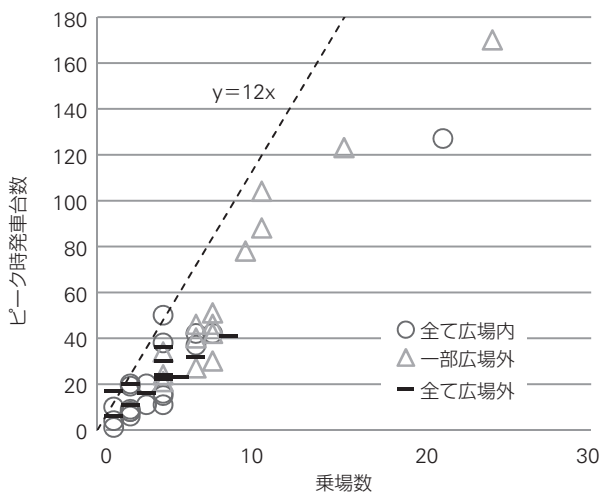
者の影響が示された。本節ではそれらの駅前広場の効率性を把握するために行った、駅前広場のバス乗場の効率性の分析について示す。駅前広場のバス乗場の効率性として、まず駅前広場全体のバス乗場の効率性の分析を行い、次に乗場ごとの効率性を分析した。

(1) 駅前広場全体の効率性

効率性については、乗場数あたりのピーク時発車台数を指標とした。ピークタイムは、朝ピークの7時～9時台とした。

図一五に乗場数とピーク時発車台数の傾向を示す。基本的に乗場数に対し発車台数は単純増加傾向であるが、効率性(各点の傾き:ピーク時発車台数/乗場数)には駅前広場ごとにばらつきがあることがわかる。

ここで、効率性を評価するため「駅前広場計画指針」⁴⁾で参考値として示されるバスの発車頻度5分を目安とし比較を行った。図一五中の破線(y=12x)は、発車頻度5分より、1バス時間12台発車を目安として記入したものである。各点と破線の、横方向の差は乗場数の余裕であり、縦方向の差は発車台数の余裕である。これより、一部のバスが広場外から発車している駅前広場でも、発車台数に対して乗場数に余裕があることがわかる。

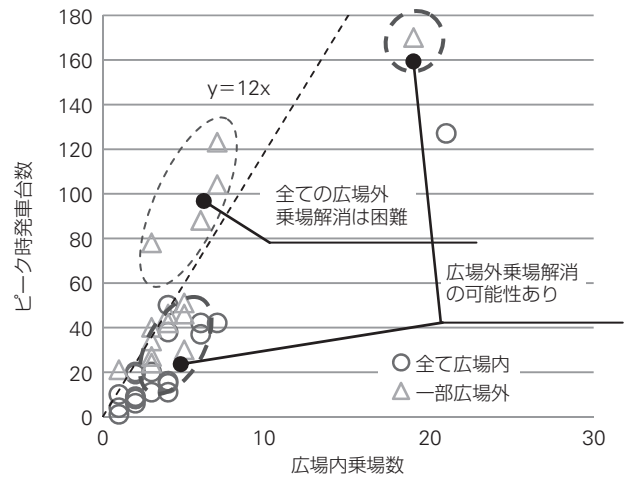


■図一五 乗場数とピーク時発車台数の傾向

■表一 発車台数・乗車位置ごとの乗場数(効率性上位下位5駅前広場)

ターミナル名	ピーク時バス発車台数別乗場数												
	駅前広場内						駅前広場外						
	3台以下	4～6台	7～9台	10～12台	13～15台	16台以上	3台以下	4～6台	7～9台	10～12台	13～15台	16台以上	
↑効率性高	大泉学園駅南口	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	渋谷駅東口	0	3	0	1	1	2	2	1	0	0	0	0
	金町駅北口	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	青井駅	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	中野駅南口	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
↓効率性低	亀有駅北口	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	阿佐ヶ谷南口	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	潮見駅	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	南千住駅東口	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	秋葉原駅西口	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

次に、広場外乗場解消の可能性の有無を調べた。図一六に広場内の乗場数と、全て(広場内外)のバスのピーク時発車台数の傾向を示す。これは、全てのバスを広場内から発車させたと想定したものである。図一六より、一部の乗場が広場外にある駅前広場で、全ての広場外乗場の解消が困難である駅前広場もある一方、広場外乗場解消の可能性のある駅前広場も少なくないことがわかる。



■図一六 広場内乗場数とピーク時発車台数

(2) 各乗場の効率性

駅前広場全体の効率性は、各乗場の効率性の合計と考えられる。そこで、各乗場の効率性として、各乗場の発車台数の分析を行った。これにより、効率的、非効率的な乗場の使い方を抽出し、要因を分析する。

表一に、駅前広場全体の効率性の上位、下位5駅前広場の、発車台数・乗車位置ごとの乗場数の内訳を示す。これによると、駅前広場として効率的な事例は、非効率的な事例に比べて、各乗場の発車台数が多いことがわかる。各乗場の発車台数が多い要因としては、複数の系統を1つの乗場に集約して乗場あたりの発車台数を多くしていることが、現地調査より想定された。

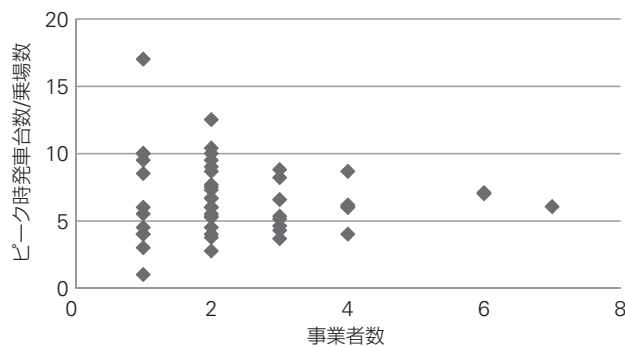
■表—2 発車台数・乗車位置ごとの乗場数（一部のバスが広場外から発車している駅前広場）

	ターミナル名	ピーク時バス発車台数別乗場数											
		駅前広場内						駅前広場外					
		3台以下	4~6台	7~9台	10~12台	13~15台	16台以上	3台以下	4~6台	7~9台	10~12台	13~15台	16台以上
高 ↑ 広場内 の 効 率 性 ↓ 低	西荻窪駅	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
	新橋駅	2	1	0	3	0	0	1	0	1	0	0	0
	渋谷駅西口	1	11	3	3	0	1	1	1	2	1	0	0
	阿佐ヶ谷駅北口	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	西新井駅西口	1	3	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	北千住駅西口	0	1	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	恵比寿駅西口	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	東京駅八重洲口	1	1	1	0	1	0	3	0	0	0	0	0
	上野駅	1	2	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0

表—2に、一部のバスが広場外から発車しており、広場外乗場解消の可能性のある駅前広場の発車台数・乗場位置ごとの乗場数の内訳を示す。表—2より、広場外に乗場を設置しているものの、広場内には発車台数の少ない乗場も多いことがわかる。路上乗場には、路線のルートや交通規制から、駅前広場に入構が困難である場合もあるが、乗場を集約することで広場外乗場を広場内に収めるだけの余裕がある事例も散見された。

(3) 効率化の阻害要因

上記のように、乗場を集約することで広場外乗場の解消が可能な場合でも、集約が行われない要因としても、乗場の設置位置同様にバス事業者毎の乗場使用が挙げられる。図—



■図—7 事業者数と効率性

7に駅前広場の事業者数と、効率性（ピーク時発車台数/乗場数）の関係を示す。図—7より、事業者数が多くなるほど効率性が低下していることがわかる。これは、バス事業者が事業者毎に乗場を使用しているため、事業者が多くなるほど集約しにくくなり、駅前広場の効率性を高めることが困難となっているためと想定される。

5—まとめ

本研究では、現地調査より駅前広場のバス乗降場の問題点の検証を行った。また、現地調査をもとに乗場配置や広場の効率性について分析を行い、乗場設置位置の要因、および駅前広場の効率的な使い方とその阻害要因を示した。

今後は、乗場配置や効率性についての考察を深めるとともに、案内サインの設置状況に関する分析を行い、問題解決に向けた提言を行っていきたい。

参考文献

- 1) 石坂久志 [2010], “駅前広場における管理の現状と今後の方向性”, 『運輸政策研究』, vol. 12, No. 4, pp. 2-10.
- 2) 東京大学工学部交通工学研究共同体 [1993], 『東京の交通問題』.
- 3) 中村文彦 [2006], 『バスでまちづくり』.
- 4) 建設省都市局都市交通調査室監修, 社団法人日本交通計画協会編 [1998], 『駅前広場計画指針』.

東京圏における多世代ミックス居住型まちづくりに関する研究

—人口推移に関する分析について—

梶谷俊夫
KAJITANI, Toshio

(財) 運輸政策研究機構運輸政策研究所研究員

1— 研究の背景と目的

東京圏（1都3県）の人口は、国立社会保障・人口問題研究所の推計（2007年5月）によると、5年後の2015年頃を境に減少していく。年齢3区分別人口で見ると、既に、0～14歳の年少人口は1980年頃、15～64歳の生産年齢人口は2000年頃を境に減少傾向にある一方、65歳以上の高齢者人口は増加し続けている。高齢者人口が総人口に占める割合「高齢化率」は、1980年が7%、2005年が17%、2030年が30%と、東京圏においても少子高齢化は着実に進み、今後も急速に進むと予測されている。

人口減少・少子高齢化が地域にもたらす問題として、①コミュニティの崩壊、②高齢者の独居世帯の増加や空き家や空き地の増加による都市環境の低下、③減便や路線の廃止による公共交通の衰退、④収収減少・福祉医療等のコストの増大、⑤地域の活力低下等が挙げられる。そして、これらの問題が起きた地域は住みにくくなり、人口減少・少子高齢化が加速してしまう「負のスパイラル」に陥ると考えられる。

鉄道事業者の視点でみると、急速な人口減少・少子高齢化により、沿線全体もしくは沿線内地域が衰退してしまうと、鉄道事業や関連事業（リテール事業・不動産事業等）の収入の減少を招いてしまう。沿線人口ならびに年齢構成バランスを意識して、持続可能なまちづくりと鉄道経営をすることは、東京圏の鉄道事業者にとって、今後ますます重要になってくると考えられる。

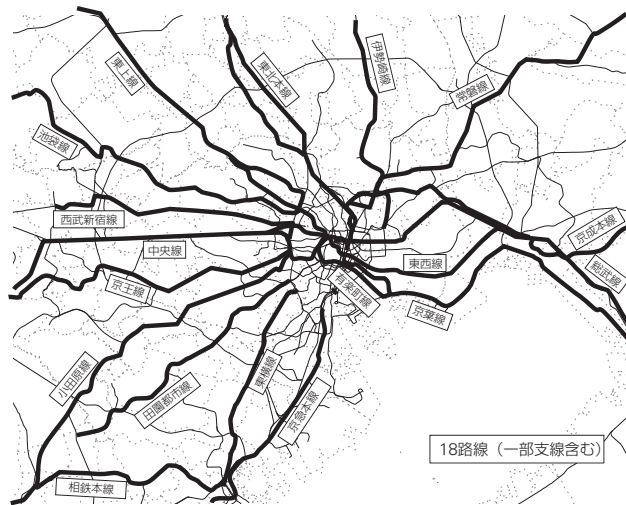
本研究では、①鉄道沿線の人口構造の違いと要因の分析、②沿線人口を維持し、年齢構成バランスを保つ方策の提案を行うことを目的とする。

今回の報告では、東京圏の近郊路線を対象として、沿線人口の推移ならびに年齢構成バランスの変化、そして沿線別の特徴について分析した結果を示す。

2— 沿線別 人口増減・年齢構成バランス変化の特徴

本分析では、東京近郊路線のうち、主に都心より放射線状に広がる18路線を対象とした（図一）。沿線人口は、国勢調

査の基準地域（1km）メッシュを用いて、当該路線の全ての駅から半径2km以内に中心があるメッシュの人口を集計することにより求めた。1980年から2005年までの推移を分析した。



■図一 分析対象路線

(1) 人口増減

各路線の沿線人口（総人口・年齢3区分別人口）の増減率（1980年を基準）を図一2に示す。各人口の特徴は以下のとおり。

●総人口

京葉線、田園都市線沿線が1980年から2005年にかけて増加率が高い。近年は都心回帰の影響からか、有楽町線、東西線沿線での増加率が高い。1995年以降、全沿線で増加傾向にある。

●生産年齢人口（15～64歳）

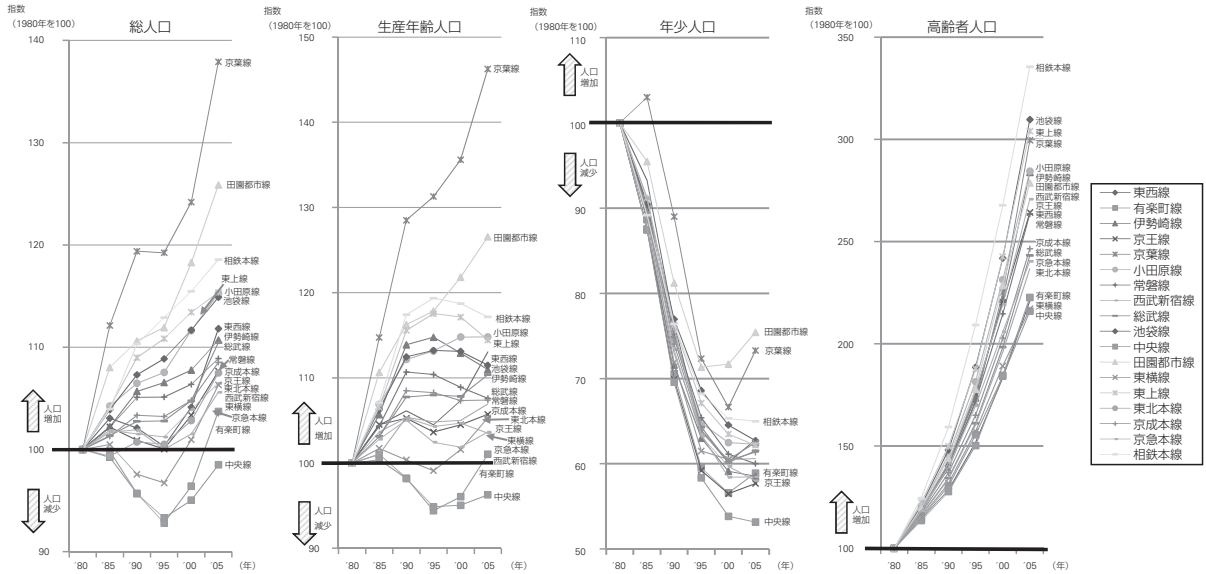
都心から北東部方面の伊勢崎線・常磐線、北西部方面の東上線・池袋線・西武新宿線、ならびに相鉄本線沿線において近年減少している。

●年少人口（0～14歳）

1980年と比較すると、全沿線で減少している。近年は増加している沿線もみられる。

●高齢者人口（65歳以上）

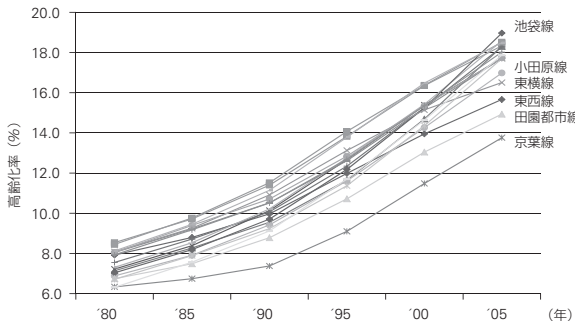
伸び率は異なるものの、全沿線で全期間において増加している。



■図—2 人口増減(総人口・年齢3区分別人口)

(2) 高齢化率の推移

高齢化率を図—3に示す。全路線において全期間で上昇している。2005年時点では、都心から東部方面の京葉線や東西線、都心から南西部方面の田園都市線、東横線、小田原線が高齢化率が低い。



■図—3 高齢化率

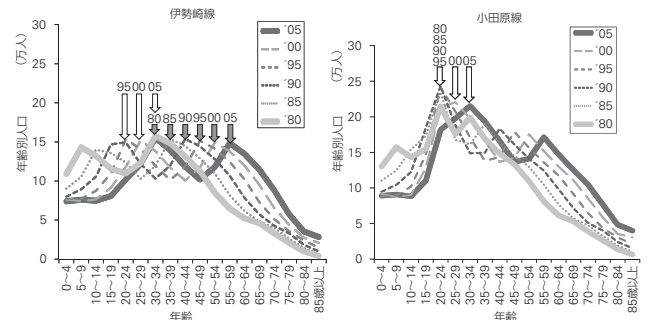
(3) 年齢構成分布(時系列推移ならびに近年の分布)

沿線別に年齢構成分布(5歳階級別人口)の時系列推移をみると、各年において人口が特に多い世代が、常に団塊世代である沿線と、常に20~30代前半の世代である沿線にわかれている。各特徴をもつ沿線の一例を図—4に示す。

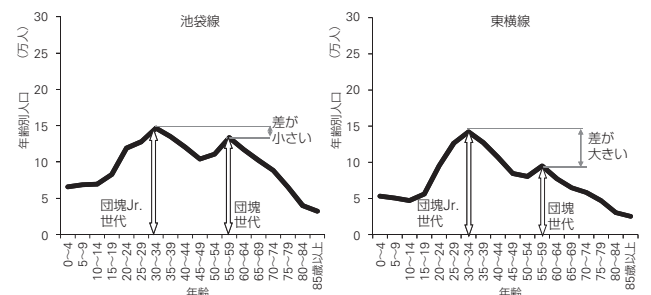
前者は、若い世代の転入による増加が小さい沿線、後者は増加が大きい沿線といえる(一時的な増加含む)。

また2005年時点の年齢構成分布をみると、全沿線において、団塊世代と団塊Jr.世代の2つの山があるが、その差が小さい沿線と大きい沿線がある。各特徴をもつ沿線の一例を図—5に示す。差が小さい沿線は、地域における高齢者の割合が今後高くなると考えられる。

上記特徴の違いで、沿線を分類すると、表—1のとおりとなる。



■図—4 各年における人口が特に多い世代の変化の違い(矢印は各年の人口が特に多い世代を示す)



■図—5 2005年時点の年齢構成分布の違い

表の右下記載の沿線は、若い世代の転入による増加が大きく、今後、高齢化が急速には進みにくい沿線であるといえるが、

■表—1 年齢構成分布の特徴の違いによる沿線の分類

		各年次で人口が特に多い世代(25年間の変化)※	
		世代が高齢化	若い世代で一定
団塊世代と 団塊Jr. 世代の 人口 (2005年)	差が 小さい	常磐線・総武線 東北本線・伊勢崎線 京急本線・京成本線 相鉄本線	東上線・池袋線
	差が 大きい	なし	東西線・有楽町線 京葉線・中央線 西武新宿線・京王線 小田原線・東横線 田園都市線

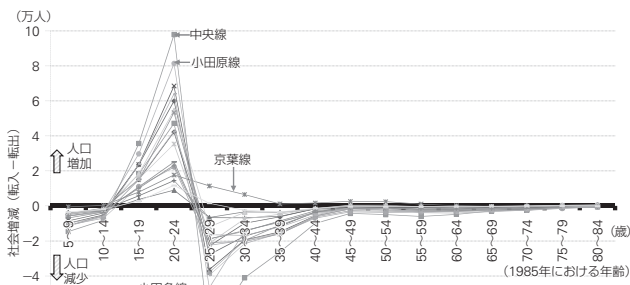
※近年傾向が変化している路線もある

若い世代の人口自体は近年減少しており、注意が必要である。

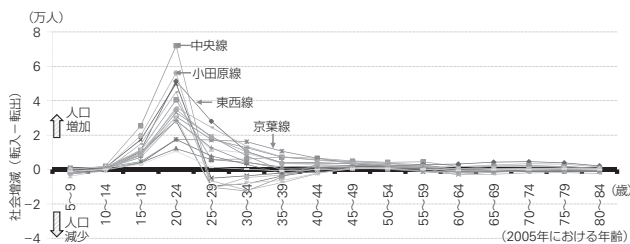
(4) 社会増減 (転入・転出による増減)

社会増減 (転出・転入による増減) を沿線別・5歳階級年齢別に把握する。5歳階級別の社会増減の算出は、「ある年の国勢調査の5歳階級別人口」と、「ある年の5年前の国勢調査の5歳若い階級の人口に自然減少分 (生存率) を考慮した人口 (期待人口)」の差により求めた。

時系列の変化を把握するため、1985年ならびに2005年の



■図-6 1985年の社会増減

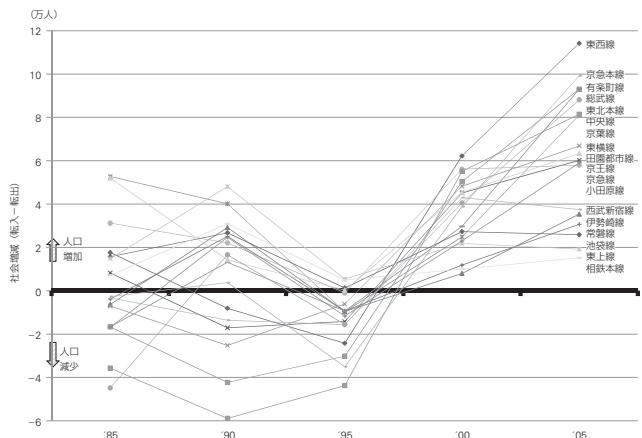


■図-7 2005年の社会増減

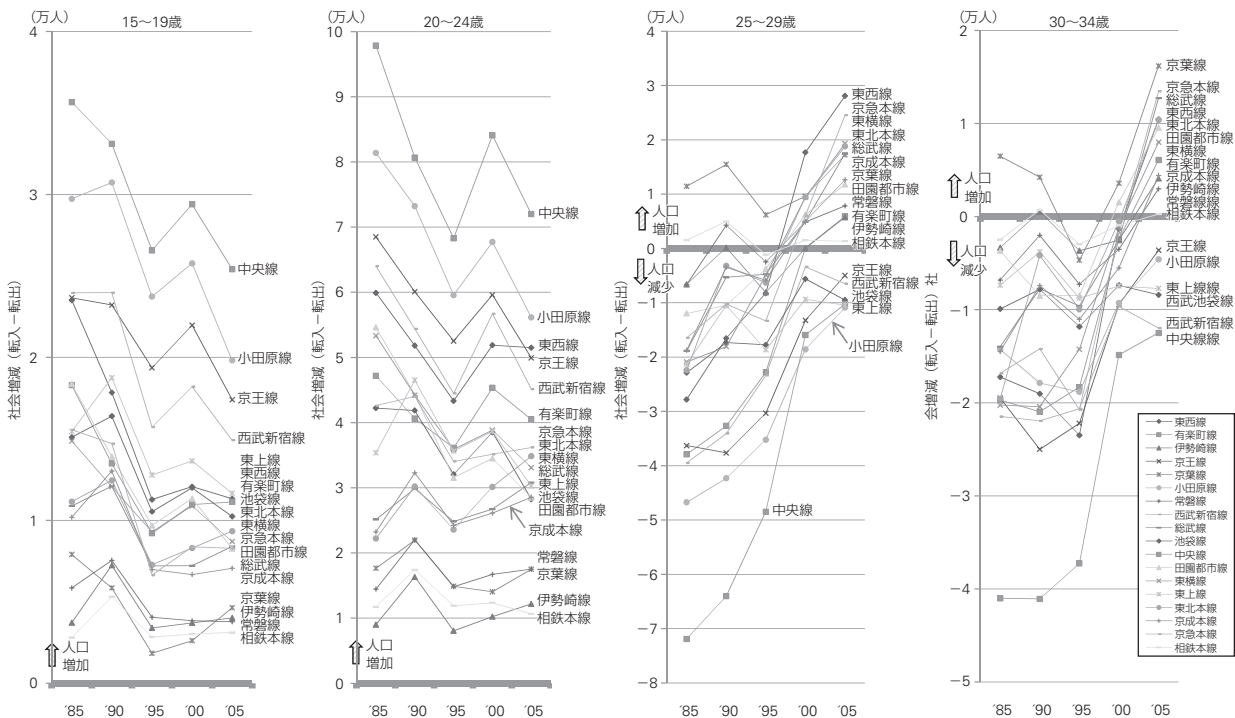
社会増減を図-6、図-7に示す。いずれの年も、15~19歳から30~34歳までの社会増減量が大きく、大学入学・卒業、就職、結婚、家購入等のライフステージの変化により転入が多いことが考えられる。2005年の社会増減は、1985年に比べて、15~19歳や20~24歳での増加量は小さくなっているが、25~29歳以降の減少量は小さく、もしくは増加に転じている。

転入が多い年齢での、社会増減の時系列推移を図-8に示す。各年齢で増加が大きい沿線が異なる。また、大学入学の転入の影響が出る15~19歳、20~24歳に比べて、入社、結婚、家購入等の影響が出る25~29歳以降の方が時系列による変化は大きくなっている。

生産年齢人口の社会増減を合計したのが、図-9である。近年は、全沿線で、生産年齢人口が社会増加している (転出より転入が多い) ことがわかる。



■図-9 生産年齢人口 (15~64歳) 社会増減計



■図-8 各年齢での社会増減の時系列推移

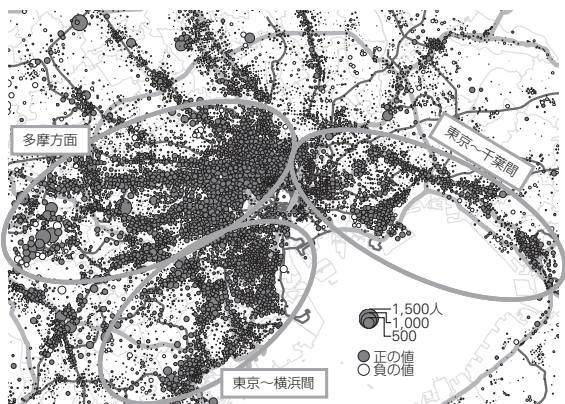
2(1) で述べた、生産年齢人口が近年減少している路線は、他路線に比べて増加量が小さく、自然減少量が社会増加量を上回っているのがわかる。

3—近年における転出入状況 (GIS)

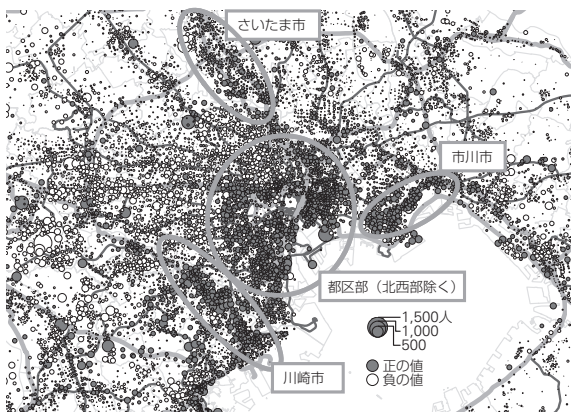
2005年における15～19歳から30～34歳までの社会増減を、国勢調査の小地域(町丁目)データを用いて地図上で示す。



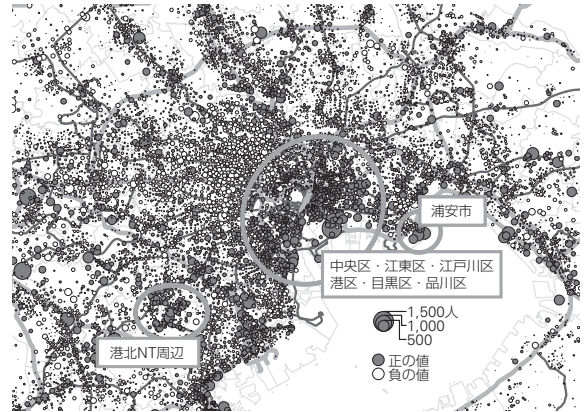
■図—10 社会増減：15～19歳(2005年)
(10～14歳(2000年)[生存率考慮]との比較)



■図—11 社会増減：20～24歳(2005年)
(15～19歳(2000年)[生存率考慮]との比較)



■図—12 社会増減：25～29歳(2005年)
(20～24歳(2000年)[生存率考慮]との比較)



■図—13 社会増減：30～34歳(2005年)
(25～29歳(2000年)[生存率考慮]との比較)

前述の結果と併せて、2005年において、各ライフステージで人口が増加していると想定される地域、沿線を表—2に示す。

■表—2 ライフステージ別 主な増加地域・増加沿線(想定)

ライフステージ	主な増加地域	主な増加路線
大学等への入学	多摩方面	中央線・小田原線 京王線・西武新宿線 池袋線・東上線
入社	都区部(北西部除く) 市川市・川崎市 さいたま市	東西線・総武線 東北本線・京葉線 京急本線・東横線
結婚・家の購入	中央区・江東区・江戸川区 港区・目黒区・品川区 浦安市・港北NT周辺	京葉線・東西線 有楽町線・京急本線 東横線・田園都市線

4—報告のまとめと今後の研究

本報告では、沿線間の分析を行った。その結果、

- ①沿線によって、現在住んでいる年齢構成バランスは異なっている。
- ②年齢構成バランスは、社会増減(転入-転出)の影響によって異なっている。
- ③今後、高齢化が早く進む沿線、緩やかに進む沿線がある。といったこと等が示された。若い世代の人口減少が予測されており、路線間の年齢構成バランスを確保する為の競争が、ますます激しくなると想定される。

今後の研究については、上記分析の深度化、ならびに以下の分析を行う予定である。

①沿線内の分析

高齢化が進むスピードが早い地域、緩やかな地域を把握し、それらの地域の特徴を整理する。

②地域の居住者の年齢構成バランスを保つために実施されている施策の収集・分析・課題整理

- ・住み替え
- ・若年層流入策
- ・開発計画(同時期に開発を行わない等) 等

時間地図による都市内道路交通所要時間の視覚化

—バスICカードデータを用いた東京都心部への適用—

清水英範 SHIMIZU, Eihan 講演者 (財)運輸政策研究機構運輸政策研究所客員研究員
東京大学大学院工学系研究科教授

井上 亮 INOUE, Ryo 東北大学大学院工学系研究科准教授

久都内裕一 KUTSUNAI, Yuichi 東京大学大学院工学系研究科修士課程

1—はじめに

昨今、国の機関や自動車会社・カーナビ会社などによって、道路交通の所要時間に関する詳細情報の取得と整備が進められている。所要時間情報を取得する代表的な方法は、測位機器を利用したプローブ調査であるが、その他にもICカードによるバス乗降履歴に基づく方法なども実施されている。

国や地方自治体は、これらの情報を道路行政へと反映させることを目指しており、道路交通に関する現況分析や施策立案に活用しつつある。また、道路交通の実態や問題点などに関して国民の共通認識を醸成することを目的に、Webサイトなどを通じた情報提供において、これらの情報やその分析結果を視覚的に分かりやすく表現するよう努力している。

例えば、プローブ調査から推計された平均旅行速度や渋滞損失時間などの指標について、地域全域に着目した時間帯別グラフによる表現、地域内の空間分布に着目した地図へのオーバーレイによる表現、特定路線に着目した区間別・時間帯別グラフによる表現など、様々な視覚表現を通じた情報提供が行われている^{1),2)}。これらのうち、地図を利用した視覚的表現に注目すると、平均旅行速度に応じて道路区間を表す線に色を付ける、あるいは、渋滞損失時間に応じて3次元状のグラフを描くなどの手法が取られていることが多い。

本研究は、このようなことを背景に、地図を利用した道路交通状況の視覚化手法をさらに充実させるべく、時間地図という新たな表現手法に着目して、その適用可能性を事例分析により検討することを目的としている。対象地域は東京都心部とし、また、バスICカードデータによる所要時間情報を利用する機会を得たので、これを用いた事例分析を行う。

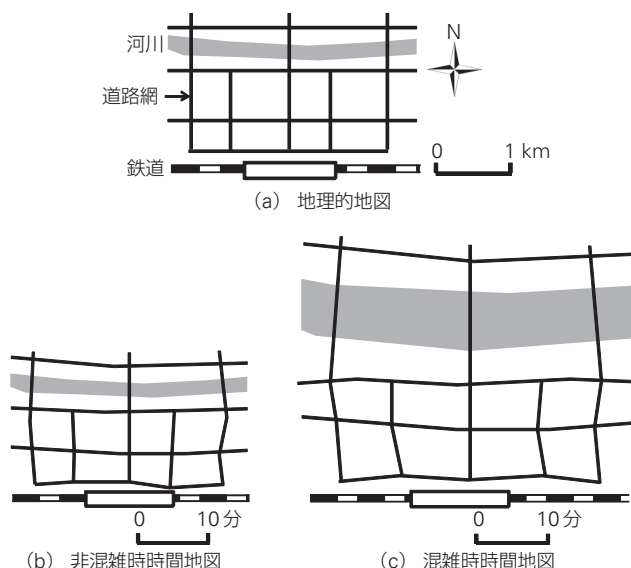
2—時間地図とは

時間地図とは、地図上の地点間距離がその地点間所要時間の大きさを表現するように、地理的な地図形状を变形させた地図のことである。通常の地図(地理的地図)が「km」といった距離の縮尺を持つのに対し、時間地図は「分」といった時間の縮尺を持つことになる。

図—1は、都市内道路交通の所要時間を時間地図で表現した例を模式的に表したものである。図—1(a)は、ある仮想的な地域の地理的地図を示している。鉄道駅の北に市街地(道路網)が広がり、その北部には東西に河川が通っているという地域を想定している。地図上の幾つかの地点間(例えば、道路交差点間)に所要時間情報が与えられ、時間地図が作成されたでしょう。

図—1(b)は、早朝や深夜などの非混雑時の時間地図を表している。地理的地図と比較すると、その形状に大きな違いはなく、道路構造や信号制御等に起因する旅行速度の域内格差はほとんどないことが分かる。図—1(c)は、通勤時間帯などの混雑時の時間地図を表している。非混雑時の時間地図と比べると、旅行速度の低下により、時間地図は大きくなっており、相対的には南北方向に大きく伸びており、この地域では南北方向の道路混雑が特に激しいことが分かる。また、その主な原因は三本の橋での渋滞にあることが読み取れる。

このように時間地図により、交通状況の域内格差や、その時系列的な変化を視覚的かつ印象的に表現できる可能性がある。しかし、時間地図のこれまでの応用例は、データの利用可能性の問題からその多くが全国規模の長期的な所要時間変化の表現に留まっており、都市内道路交通のように時々刻々変



■図—1 時間地図による表現例(模式図)

化する所要時間に対する表現手法としての時間地図の有効性については、十分な検討が行われてこなかった。

3—時間地図作成手法の概要

本研究では、筆者らが提案し、これまでの研究でその一応の有効性を確認している時間地図作成手法³⁾を適用する。ここでは、その概要を示しておく。

時間地図作成問題の未知変数である地点*i*の時間地図座標を (x_i, y_i) 、所要時間が与えられた地点間の組合せの集合を L と表す。時間地図作成とは、地点*i*・*j*間に与えられた所要時間 t_{ij} と、地点*i*・*j*間の時間地図上の距離を合わせる問題であるので、その目的関数は式 (1) で表すことができる。

$$\min \sum_{ij \in L} \left(t_{ij} - \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \right)^2 \quad (1)$$

しかし、所要時間が与えられる地点間を結んで構成されるネットワークの構造によっては、未知変数の数に比べて地点間所要時間情報の数が不足するため、式 (1) は不良設定問題となり一意な解が得られない。そのため、問題の正則化が不可欠である。

さて、時間地図による視覚化では、図—1で示したように、地理的地図との対比や異なる条件で作成された時間地図との対比を通して地図形状変形を認識し、表現されている所要時間情報の特徴を把握することになる。そのため、所要時間情報の表現とは無関係な地図形状変形を可能な限り抑制する必要がある。そこで、式 (1) の目的関数に加えて、地点*i*・*j*間を結ぶ線の時間地図上の方位角 θ_{ij}^C が、地理的地図上の方位角 θ_{ij}^G から変化することを抑制する正則化項を導入することを提案し、式 (2) の非線形最小二乗問題を導いた。

$$\min \sum_{ij \in L} \left[\left(t_{ij} - \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \right)^2 + \alpha (\theta_{ij}^C - \theta_{ij}^G)^2 \right] \quad (2)$$

ただし、 α は正則化項の重み

式 (2) の方位角 θ_{ij}^C 、 θ_{ij}^G を地点の時間地図座標、及び地理座標を用いて表した後、地点座標の近似値 x'_i 、 y'_i 周りで線形化し、正則化項の重み α を1に固定することによって、以下の式 (3) が導かれる。

$$\min \sum_{ij \in L} \left[\left\{ t_{ij} \sin \theta'_{ij} - (x_j - x_i) \right\}^2 + \left\{ t_{ij} \cos \theta'_{ij} - (y_j - y_i) \right\}^2 \right] \quad (3)$$

ただし、 θ'_{ij} は地点座標の近似値 x'_i 、 y'_i から求められる

地点*i*・*j*間を結ぶ線の方位角

一点の時間地図座標を固定すると、方位角の近似値を更新しながら式 (3) の線形最小二乗問題を繰り返し解くことで、時間地図上の地点配置を得られることを確認している。すなわち、道路網に所要時間情報を与えると、その時間地図上配

置 (例えば、図1— (b)(c) の道路網) を得ることができる。

さらに、道路網以外の空間情報 (例えば、図—1(b)(c) の鉄道や河川) を時間地図に合わせて形状を変形して表示すると、読図者にとって地図形状の変形をより認識しやすい時間地図作成を行うことができることが多い。そこで、地理的地図・時間地図の道路網の交差点を基準点として、アフィン変換の攪乱項の共分散を距離の関数として表す普遍クリギング⁴⁾による空間内挿を行い、他の空間情報の内挿を行う。

4—バスICカードデータの概要

バスICカードデータとは、ICカードを利用したバス乗降時に記録される乗降履歴 (カードID・乗降バス停ID・利用日時) を集計したバスサービスに関するデータセットである。2007年3月以降、PASMOサービスが導入された南関東1都3県を中心とした地域において、継続的に情報が蓄積されている。本研究では、バスICカードデータの集計情報の一つである、日別・時間帯別・デジタル道路地図 (DRM) 区間別に集計された所要時間情報を用いて時間地図を作成する。

このDRM区間所要時間情報は、以下の手順で作成されている。まず、各バス停における最後のICカード利用時刻をバス停出発時刻、最初のICカード利用時刻をバス停到着時刻と仮定し、バス停間の所要時間情報を作成する。そして、このバス停間情報をDRM区間長に応じて距離按分し、DRM区間所要時間情報を作成している⁵⁾。

以後本研究では、このDRM区間所要時間情報のことを、単に「バスICカードデータ」と記す。

バスICカードデータの利点は、運賃精算に用いられる業務データを加工して作成されるため、定期的・継続的にデータ取得が行われている点である。月日・曜日・時間帯・天候や事故等のイベントによる所要時間の変化を捉えることができると期待される。

5—バスICカードデータを用いた時間地図作成

対象地域は、図—2に示す東京都心部の山手線エリア及びそれ以東、荒川までを含む地域である。図には、バス路線網の他、JR路線網・区界・水域を示している。

下記の2つのケースについて時間地図作成を行った。

[ケース1] 2009年7月12日 (日)・13日 (月) の、バス運行時間である6時台から22時台までのバスICカードデータを、1時間単位に集計した情報を使用した。所要時間の休日・平日による違いや時間帯による変化の表現が目的である。なお、両日は晴天の連続する2日であり、天候の違いなど、道路交通状況



■図-2 対象地域 (バス路線網・JR路線網・区界・水域)

異なる影響を与える要因は少ないと期待される。

[ケース2]2009年8月1日から31日まで1ヶ月間のバスICカードデータのうち、9時台に関して集計した情報を使用した。所要時間の曜日や天候による違いの表現が目的である。

なお、バスICカードデータは、データ作成手順から明らかのように、バス停間より詳細な空間解像度を有していない。そこで、データ処理および時間地図表現上の効率性を考え、DRM区間所要時間情報を主要交差点間の所要時間に再集計して時間地図を作成した。また、時間地図表現では上下線の異なる所要時間を表現することはできない。本研究では、混雑状況を表現するため、所要時間が長い方向の情報を利用して時間地図を作成している。

ここで、2009年7月13日(月)の9時台を例に、時間地図作成手順について説明する(図-3)。本研究では、バス路線網の交差点間所要時間情報を用いて時間地図作成を行うが、図-3(a)は所要時間情報を平均速度で表現し、地理的地図

上の道路区間を濃淡で示したものである。まず、この所要時間情報を地図上の交差点間距離で表現するように、前述の時間地図作成手法に基づいてバス路線網を変形し、図-3(b)の時間地図を得る。次に、時間地図の読図や解釈を容易にするため、JR路線網・区界・水域を空間内挿し、図-3(c)の時間地図を作成する。図-3の時間地図と地理的地図の比較からは、若干読み取りにくいものの、東西に対象地域が拡大していることを確認することができる。

2ケースの時間地図作成結果について紹介する。

[ケース1]2009年7月12日(日)(休日)・13日(月)(平日)

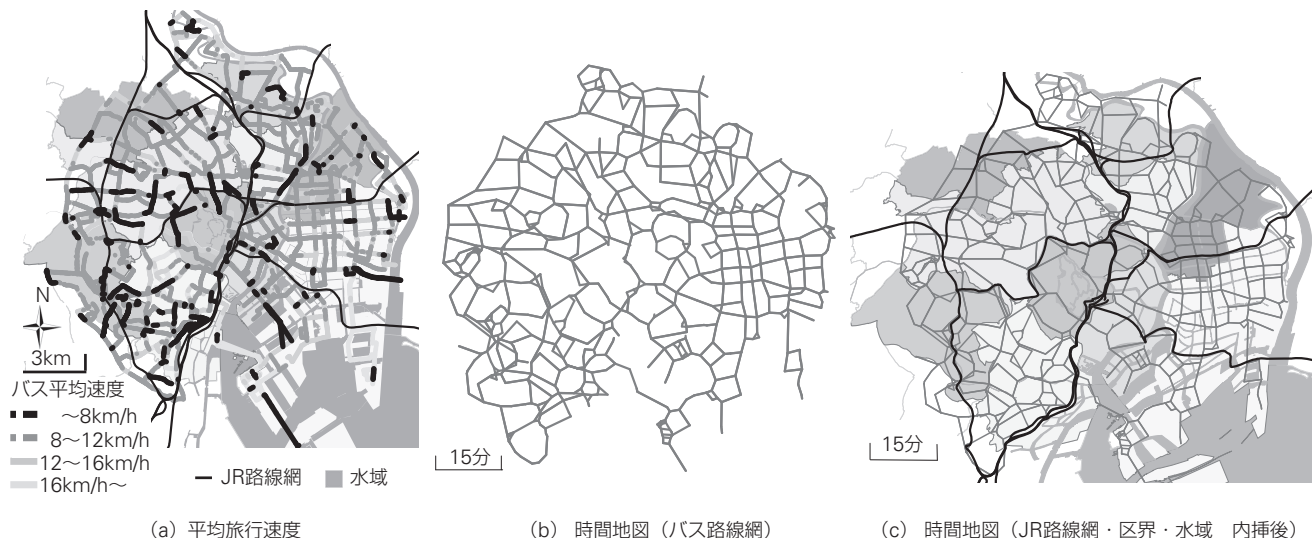
作成した時間地図のうち、両日の6時台から21時台まで3時間毎の道路所要時間情報を表すものを図-4に示す。各時間帯の左図が12日(日)、右図が13日(月)を表している。

まず、両日の同時間帯の時間地図を比較すると、一目瞭然であるが、休日の時間地図が小さい、すなわち所要時間が短いことを読み取ることができる。

また、時間帯毎の変化を確認すると、朝から日中にかけて道路混雑のため時間地図が膨張し、夕方から夜にかけて混雑が解消し時間地図が収縮する様子が確認できる。

ここで、時間地図上に空間内挿された山手線内側の面積の変化を図-5に示す。なお、時間地図上の距離スケールは時間であるため、面積は時間の二乗となる。

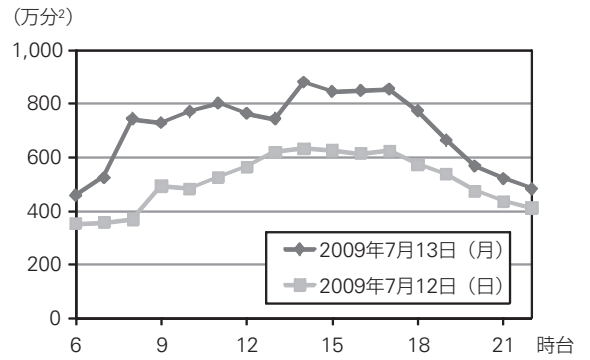
図-5より、時間地図上の山手線内面積は、平日は8時台に急激に拡大、その後、日中はほぼ同レベルで拡大した状況が続く。夕方のラッシュ時に更に時間地図が拡大し18時台より縮小する。一方、休日は平日より遅い9時台に急激な拡大を見せた後はなだらかに推移し、平日と同じ18時台より混雑が解消している。このように、山手線内の地域の平日と休日の道路混雑パターンの違いが時間地図上に表現されていることが確認された。



■図-3 時間地図作成例 (2009年7月13日(月)9時台)



■図—4 7月12日(日)と7月13日(月)の時間地図



■図—5 時間地図上の山手線内の面積

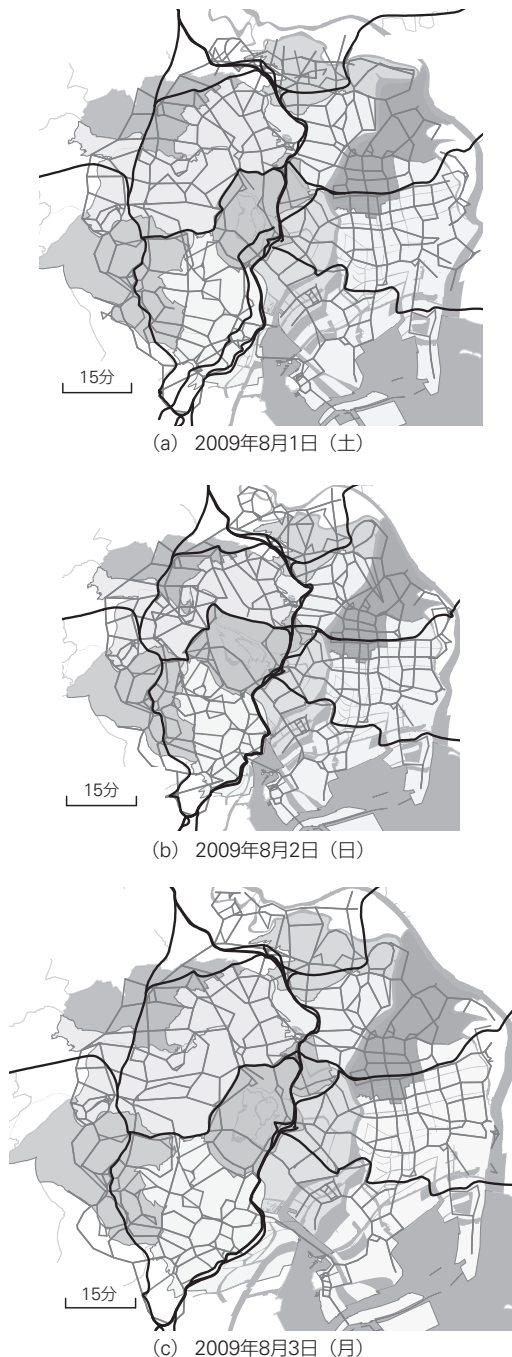
[ケース2] 2009年8月1日～31日(1ヶ月間) 9時台

対象期間1ヶ月間の時間地図作成結果のうち、ここでは紙幅の制約のため、最初の3日間である2009年8月1日(土)・2日(日)・3日(月)の時間地図のみを図—6に示す。図より、土曜日の時間地図は、平日と日曜日の時間地図の中間に位置するが、どちらかと言えば平日により近いことが読み取れる。

対象期間中には台風の接近に伴う悪天候の日も含まれていたものの、天候の違いによる時間地図形状の顕著な違いは観察されなかった。また、平日の日曜についても大きな違いは見られなかった。結果として、平日型・土曜型・日曜型の大きく3通りの時間地図が作成された。換言すれば、バスの運行ダイヤ(平日・土曜・休日)に対応した時間地図が作成されたことになる。バスICカードデータの所要時間情報は、バス運行の性質上ダイヤ通りの所要時間に近くなり、このことが時間地図の作成にそのまま反映された可能性がある。実際、対象期間にはお盆の時期も含まれているが、この時期には多くの系統で土曜ダイヤに従い運行されているためか、土曜型の時間地図に類似した出力が得られた。

所要時間情報と運行ダイヤの関係については今後検討を行う必要があるが、今回の分析の目的は、時間地図による所要時間情報の視覚化の可能性を確認することであり、この観点においては、一応の成果が得られたと考えている。

なお、時間地図作成結果の一部にはあるが、特定の道路の混雑状況が時間地図上に表現されている可能性が示唆される形状の変形が見られた。このような変形は、時間地図による表現の利点の一つを示すものでもあり、大変興味深い事例と思われる。しかし、今回の分析では、これらの地図形状の変形が、現実の道路混雑を反映したものであるのか、もしくは、何らかの理由で生じた局所的なデータの不備によるものであるのか、について明確な判断ができなかった。この点についても、今後の検討課題としたい。



■図—6 曜日による時間地図の違い(9時台)

6—今後の展望

本研究では、時間地図による都市内道路所要時間の視覚化の可能性を、東京都心部のバスICカードデータを用いて確認した。前述のような検討課題は残るものの、時間地図と地理的地図の比較、平日・休日別の時間地図の比較、時間帯別

の時間地図の比較を通して、都心部における、平日・休日別、時間帯別の道路混雑状況を、従来の表現手法とは異なる視点から印象的に表現することができたと考えている。

しかし、バスICカードデータは、一般車両の道路交通状況を把握するという点では、以下のような限界を有していることに留意する必要がある。①先にも述べたように、バスは非混雑時においても運行ダイヤに従って走行する、②バス専用・優先レーンが設定されている場合がある、③所要時間はICカードによる乗降時刻をバス停の発着時刻と仮定して推計されるが、ICカード以外によるバス利用者が多い場合は、必ずしも正確な時間を示さない、④データの取得がバス路線の経路上・運行時間帯内に限定されている、⑤この結果として、幹線道路であってもデータが取得できない路線があり、また、複数バスターミナルがある駅周辺では鉄道路線を跨ぐような路線の所要時間情報が得られない。

したがって、一般車両の道路交通状況を視覚化するという視点に立てば、今後はプローブ調査による所要時間情報への適用が必要である。幸い、道路行政によるプローブ調査や民間プローブ情報の活用が全国的に展開されており、都市内道路に関する詳細な所要時間情報が蓄積されつつある。これらの情報を活用し、長期的な時間スケールでの都市内道路交通状況の変化、大規模な交通基盤整備の前後における道路交通状況の変化などへの適用を通して、時間地図による視覚的表現の有効性をさらに検討していきたいと考えている。

謝辞：バスICカードデータの利用は、国土交通省および(財)計量計画研究所のご厚意による。計量計画研究所の牧村和彦氏、中村俊之氏には、データの使用方法に関して多大なるご助力を頂いた。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省 関東地方整備局 大宮国道事務所, “さいたまのみち情報”, <http://www.ktr.mlit.go.jp/oomiya/01michijoho/index.htm>, 2010/12/1.
- 2) 東京都道路移動性向上検討委員会, “らくらく東京ROAD 東京都渋滞見える化プラン”, http://www.ktr.mlit.go.jp/toukoku/09about/jutai_kankyo/jyutai/mobility/index.htm, 2010/12/1.
- 3) 清水英範・井上亮 [2004], “時間地図作成問題の汎用解法”, 『土木学会論文集』, No. 765/IV-64, pp. 105-114.
- 4) 例えば, 間瀬茂・武田純 [2001], 『空間データモデリング』, 共立出版.
- 5) 絹田裕一・矢部努・中嶋康博・牧村和彦・齋藤健・田中倫英 [2008], “バスICカードデータからの所要時間及び移動履歴へのデータ変換方法に関する検討”, 『土木計画学研究・講演集』, Vol. 38, CD-ROM.

アジア各国における乗用車とバイクの保有率の関連性分析

ブウ・トゥアン・アン
Vu Anh Tuan

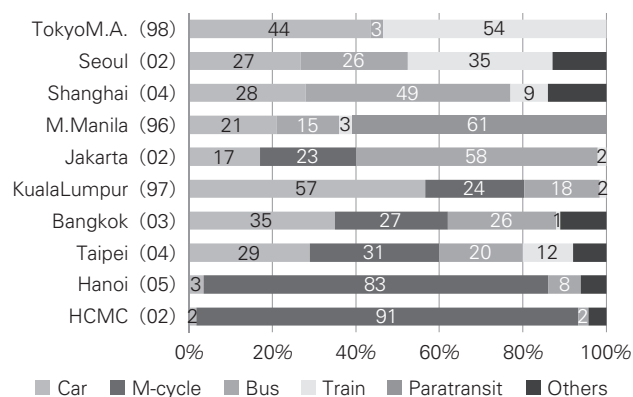
(財) 運輸政策研究機構 運輸政策研究所 研究員

1— 研究の背景

アジアの発展途上国では2つの深刻な交通問題が生じており、長期的かつ革新的な運輸政策が求められているところである。

1点目の問題は、バイクへの急激かつ膨大なモダリティシフトが進んでいることである。これは主に低所得者層を中心に起こっており、これらの人々が利用可能な公共交通サービスが不足していることに起因する。したがって、アジアの多くの都市において主要交通機関はバイクになっている。図—1に示すように、ハノイやホーチミンでは特にバイクが顕著に利用されている。また台北、バンコク、クアラルンプールといった都市ではバイクと乗用車が利用されている交通手段のほとんどを占めている。森地 [2009] によると、これらの都市におけるバイクの普及は以下の要因があると指摘している。それは低所得であってもバイクは容易に保有できるため大衆化する手段であること、人は公共交通から個人の交通へは簡単にシフトするが、ひとたび自由に移動可能な交通手段を知ってしまうと公共交通機関を選好しなくなるという交通行動の不可逆性が存在することである。実際にベトナムを例にあげるとバイク保有者数が急激に増加しており、2000年から2008年にかけて1,000人あたり88台から290台と、年平均で約18%増加となっている。この期間において1人あたりGDPは480米ドルから1,040米ドルと約9%成長であった (Traffic Police Department and Statistical Yearbook of Vietnam[2009])。その結果、都市では主要交通機関が大きく変化することとなった。ハノイでは、1995年から2005年にかけてバイクのシェアが36%から60%に急増したのである。この間、バスは0.6%から5.6%に微増し、自転車は61%から28%に大きく減少した (HAIDEP [2007])。これらのことが交通事故を増加させる大きな要因となっている。

2点目は、ほとんどのアジア途上国において、旅客の都市間交通としては乗用車、鉄道、航空と比較して費用が小さく済むバスによる移動が主体になっていることである。ベトナムでは、図—2に示すように100km以上の移動についてはバスのシェアが46%~74%を占めている。1,000km以上の長距離移動を

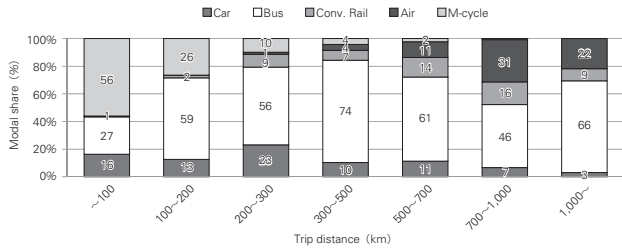


Source : STREAM Study[2006] with updated data

■図—1 東アジアの大都市における各交通機関のシェア (徒歩と自転車を除く)

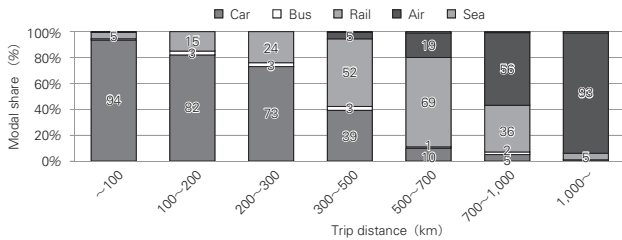
見ても、極めて長時間にもかかわらず低運賃でのバスによる移動が66%を占めている。ここで興味深いのは、100km未満の移動についてはバイクの利用が56%に達していることである。このような行動は先進国の人々の行動には今日ではほとんど見られない現象である。日本では、都市間の移動にバイクを利用する人は安全上の問題があるためにほとんど存在していない。またバスも他の交通手段と比較すると移動時間が極めて長く、また快適性も高くないためにシェアは3%以下である。図—3には日本の移動距離別の交通機関別シェアをまとめたもので、これを見ると300km未満の移動距離では乗用車利用が70%と最も高く、300km以上700km未満では新幹線を含む鉄道利用が最も利用されており、1,000km以上では航空のシェアが90%以上となっている。すなわち、ベトナムの例で見られるように途上国の人々の長距離移動に関する現在の交通行動には、低運賃や低コストで長時間の交通機関に対しても比較的受け入れられていると考えられる。その一方、日本の例で見られるように先進国の人々は運賃やコストよりも移動時間、確実性、快適性、そして安全性といった要因を考慮して交通手段を選択しており、両者は異なっている。しかしながら、今後アジア各国の人々の所得や都市間交通のインフラ整備が進むことによって、利用者の交通手段選択が大きく変化することが予想される。

そして、決して遠くない将来において、途上国の人々の交通



Source : VITRANSS2, JICA[2008]

■図-2 ベトナムの移動距離帯別における交通機関のシェア



Source : Interregional Travel Survey, MLIT[2005]

■図-3 日本の移動距離帯別における交通機関のシェア

手段選択は劇的に変化するであろうと考えられる。例えば、人々の所得が増加することによって乗用車保有者は急激に上昇するであろうし、あるいは鉄道や航空のインフラ整備が進むことや、鉄道や航空分野に民間会社が参入してサービス水準が大幅に向上するといったことが考えられる。その結果、都市内交通のように短距離移動に関して人々は短期間のうちに乗用車にシフトするであろうし、都市間交通のように長距離移動に関しては航空にシフトする可能性がある。このような人々の交通行動に対する不確実性が、長期的な観点から見ると誤った投資を招いてしまうリスクを持っていることが懸念される。

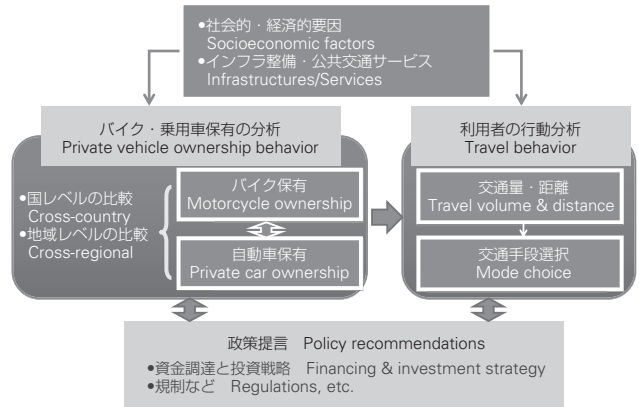
そこで本研究では、人々の交通行動の変化や現状を把握し、長期的観点から政策提言を行うことを目的とする。今回の報告は、本研究の中でもアジア各国における乗用車とバイクの保有率の関連性分析について述べる。なお、今回の内容は本研究の冒頭部分に相当する。

2—研究の目的、構成および対象

本研究の目的は、以下の2つから構成している。

- (1) 社会的・経済的要因とインフラ整備や公共交通サービス水準の変化に伴うバイク・乗用車保有の分析および利用者の交通行動分析に関する長期トレンドの把握。
- (2) アジアの各発展途上国における持続的な交通システムのための政策提言。

本研究の構成を図-4に示す。まず第1のステップとして、アジア各国・地域における経済状況とバイクおよび乗用車保有の推移について長期トレンドを把握すること、および比較を行



■図-4 本研究の構成

う。第2のステップとして、インフラ整備や公共交通のサービス水準と利用者の交通手段選択の相互関係を考慮した長期的な利用者交通行動の調査を実施する。ここでの利用者の交通行動とは、旅行頻度、移動距離、利用交通手段である。最後のステップとして、資金調達や投資、社会資本整備の戦略および規制といった政策提言を行う。

本研究で対象とする国および地域は、ベトナム、インドネシア、タイ、マレーシアといったアジアの発展途上国と、日本、韓国、台湾といった先進国・地域である。また、本研究では都市間交通と都市内交通の双方に焦点を当てるものとしている。これらの国および地域における都市間・都市内交通の比較および考察を行うことで知見を得ることをねらいとしている。

以下、3章において第1のステップについての分析結果を記述する。4章では3章での分析結果に基づいた考察と今後の研究課題について述べる。

3—アジアにおけるモータリゼーションの動向

3.1 使用データと研究方法

本研究ではアジア各国・地域におけるモータリゼーションの長期的な傾向を分析するため、国レベル、および都市レベルでの時系列データを用いる。ここでモータリゼーションを表す指標として、1,000人あたりバイク・自動車保有台数を対象とする。

分析にあたっては、3つのパートから構成した。

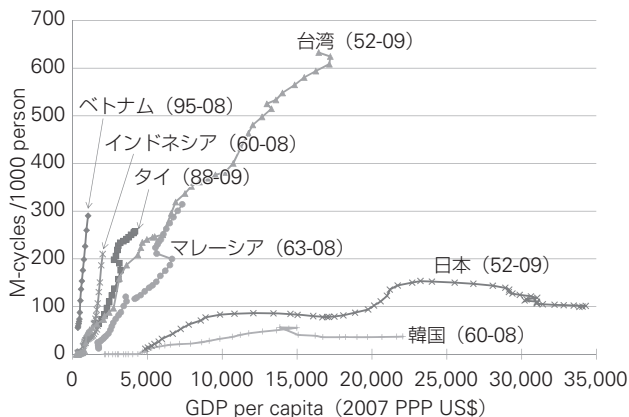
- (1) 国レベルの時系列分析を行うこととし、本研究で対象とする全ての国および地域を対象とする。
- (2) 都市レベルの時系列分析を行うこととし、対象はベトナムおよび台湾とする。
- (3) 都市レベルでのクロス分析にあたっては、最新の年次データを用いて2都市間の分析を行う。

バイクおよび乗用車に関連するデータとして収集したものは、

各国・地域の各年次における国土面積、総人口ならびに都市人口、2007年の米ドルに換算したGDP/GRPまたは1人あたり消費額、道路ネットワーク、公共交通ネットワークの状況である。各データについては各国・地域における公的機関、すなわち統計省、交通省、警察省に相当する機関が実施したものを採用している。

3.2 国レベルの時系列分析の結果

まず各国における1人あたりGDPとバイクの保有の関係性について見ることにする。図一5に示したように、大きく2つの傾向があることが分かった。まず第1の傾向として、日本や韓国のように1人あたりGDPがある程度増加するまでは1,000人あたりバイクの保有台数も増加したものの、その後さらに1人あたりGDP増加してもバイクの保有台数は増えずに一定の値を保つか、または減少していることである。例えば韓国では、1990年代に1人あたりGDPが15,000米ドルに達した時点で1,000人あたりバイクの保有台数もピークを迎えたが、その後は減少ないし一定の傾向を示しており、2009年時点では40台に過ぎない。



■図一5 1人あたりGDPとバイク保有台数の関係

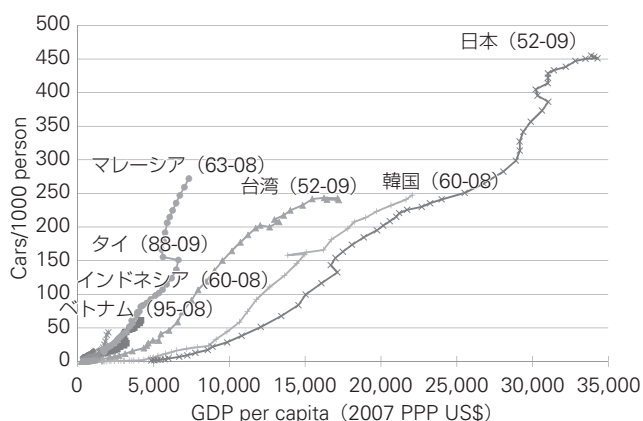
第2の傾向は、台湾のように1人あたりGDPの増加に比例して1,000人あたりバイク保有台数も増加を続けていることであり、2009年では1人あたり16,450米ドルに対し1,000人あたり630台ものバイクを保有している。マレーシアやタイも台湾と同様のパターンで追随しており、2009年における1,000人あたりバイク保有台数はマレーシアで270台（1人あたりGDPは7,730米ドル）、タイで260台（1人あたりGDPは4,170米ドル）となっている。さらに驚くことに、インドネシアやベトナムではマレーシアとタイ以上に低所得であるにもかかわらず、さらに急激にバイク保有台数が増加していることである。インドネシアでは、2009年に1人あたりGDPが2,020米ドルに対し、1,000人あたりバイク保有台数は210台に達しているのである。もしこの傾向が今後も続いていくと仮定すると、インドネシアの1人

あたりGDPが5,000米ドルに達した時点で、2009年の台湾における1,000人あたりバイク保有台数の水準に到達してしまうのである。

このような高いバイクの保有台数については、いくつかの要因があると考えられる。その中で最も重要な要因は、バイクは乗用車と比較して購入費も維持費も極めて低いことである。開発途上国においては、乗用車を購入するためには10,000～30,000米ドルが必要であるが、最も安価なバイクであれば200米ドル程度で購入することができる。自動車に関する税金などの固定費とガソリン代などの変動費を合わせた毎年の平均的な維持費用を見ると、乗用車は年間4,000～5,000米ドルを要するのにに対し、バイクでは年間400～500米ドルで済むのである。さらに、バイクの購入費および維持費用が低いだけでなく、中間所得者層を中心としてバイクの需要が増加し続ける主な要因は以下の5点が挙げられる。まず第1に、乗用車購入の前に、所得が低い場合はバイクを保有することが挙げられる。第2に、公共交通のサービス水準が十分でないことがバイク利用を助長させる。第3に、バンコク、ジャカルタ、クアラルンプール、ホーチミンのように、アジアの多くの大都市においては、ミッシングリンクの存在などでアクセス性が悪いなど道路ネットワークが十分でなく、その結果として居住区へのアクセスがバイクに限られるという問題を抱えている。第4に、地域における住居、就業、商業、工業、学校といった土地利用の階層分けや地域区分が不十分であり、通勤通学や買い物といった多くの移動が極めて短距離であり、その結果として最も適する交通手段としてバイクが選ばれる環境にある。第5に、都市内道路は極めて深刻な渋滞が発生しており、乗用車やバスよりも早く目的地に到達できるバイクは、需要が増加し続けることになると考えられる。これはアジアのどの都市でも共通して見られることである。このような状況であるために、たとえ将来において所得の増加や公共交通のサービス水準が向上しようとも、バイクは主要交通手段として利用されることが続く懸念される。最も典型的な例として示しているのが台北である。所得が増加し、高速鉄道などの良い公共交通システムが構築されているにもかかわらず、未だにバイクは増加の一途をたどっているのである。各世帯において、所得が増加して十分な乗用車を保有していたとしても、渋滞や駐車問題を避けることや極めて短距離の移動手段としてのニーズがあるためにバイクを1～2台保有するのである。このように、バイクの問題はアジア特有のものであると同時に、複雑な背景から生じているものである（アチャリエ・森地 [2007]）。

続いて、乗用車保有とGDPの関係について述べる。図一6を見ると、発展途上国の1,000人あたり乗用車保有台数は急激に増加しており、かつ低所得者層においても増加の兆しが

見られる。これは先進国と比較してみるとより明確な現象である。事実、日本で乗用車保有台数が増加し始めたのは1人当たりGDPが10,000USドルに達した1960年代であるのに対し、台湾では5,500米ドル（1980年代の中頃）、マレーシアに至っては3,000米ドル（1980年代後半）である。さらにマレーシアでは1人当たりGDPが7,000米ドルに達した時点で1,000人当たり乗用車保有台数は250台に至っている。この250台という水準は、台湾では1人当たりGDPが16,000米ドルで、日本では25,000米ドルである。そして、バイクと乗用車の台数を合わせたものでは、ベトナム、インドネシア、タイはマレーシアよりもさらに急速に増加していることが分かる。世界のモータリゼーションの傾向を分析した先行研究（Dargay and Gately（1999））によると、所得の増加に応じて乗用車保有台数は成長曲線に従って増加するとされ、急成長が始まる段階における1人あたりGDPは5,000～6,000米ドルであるとしている。このような先行研究とアジアの発展途上国における状況は異なっており、アジアにおいてはより低所得の段階でも急激にバイクや乗用車保有が増加することが予測されるのである。



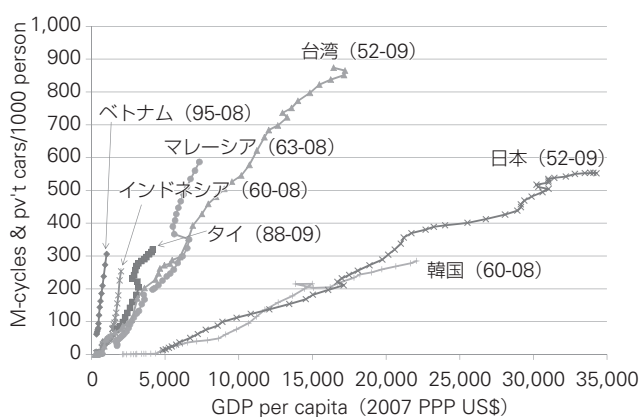
■図—6 1人当たりGDPと乗用車保有台数の関係

Surya and Morichi[2007]によると、乗用車保有の急速な増加にはいくつかの主要な要因があると指摘している。まず、政策として国内の産業強化のコアとして、または所得増強といった成長戦略のために自動車産業を強力に推し進め、その結果として乗用車の価格が低下し、急速に乗用車が増加するのである。さらに乗用車を購入しやすいように中間所得者向けの金利政策を実施している。これらの中間所得者層はしばしば乗用車保有を自由と個人の成功の象徴として捉え、社会的ステータスになっているのである。これがさらなるモータリゼーションを助長させるのである。これに加え、乗用車保有者は公共交通のサービスが不十分だと感じ、より乗用車を選択してしまうのである。

しかしながら、低所得であってもバイク保有者が急速に増加し、それが乗用車保有を加速させる要因は明らかになって

いない。そこで本研究では、以下にその関連性について述べることにする。

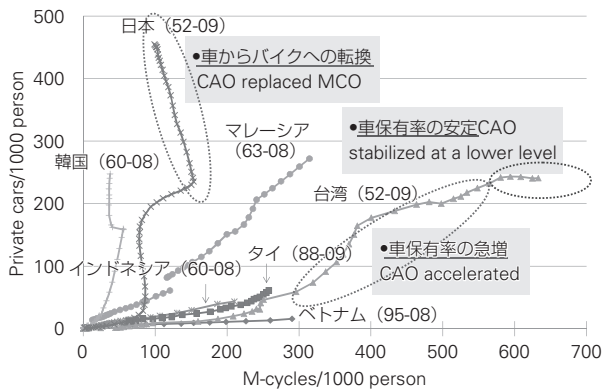
図—7で示しているように、各国・地域ともに最終的にはバイクと乗用車の保有については共通の傾向が見られる。しかしながら、バイクと乗用車を合わせた保有台数は台湾と途上国の各国で極端に急増しており、ここではバイクが主要交通手段として利用されている。特にベトナムとインドネシアでのバイクおよび乗用車の保有台数は顕著であり、韓国よりずっと低い所得であるにもかかわらず、韓国と同程度のバイクおよび乗用車を保有しているのである。このバイクおよび乗用車の急速な普及はGakenheimer and Zegras[2003]が指摘している『モビリティの平衡化』と一致する。



■図—7 1人当たりGDPとバイクおよび乗用車保有台数の関係

図—8に示すように、バイクと乗用車の動的な関係は主に2つの傾向がある。まずは日本のように、ある程度の所得の増加に伴いバイクから乗用車に転換が進み、乗用車の保有台数は増加し続け、バイクの保有台数が減少するパターンである。日本では1,000人あたりバイク保有台数のピークが150台程度で、それ以降は乗用車に転換していることが分かる。これと対照的なのが、台湾に代表されるようなパターンで、乗用車がバイクの代替にならない場合が見られるということである。台湾では1,000人あたりバイク保有台数が250台に達したあたりから乗用車保有台数が急増し始めたが、その後1,000人あたり乗用車保有台数が200台に至ってからは乗用車保有台数は急激に増加しなかった。その一方でバイク保有台数は増加を続け、今や1,000人あたり600台以上に及んでいる。これはバイクの高い保有水準は乗用車保有を鈍らせていることを示している。タイ、インドネシア、そしてベトナムでは公共交通サービス水準の大幅な改善や整備の遅れ、または乗用車やバイクの利用方法に管理がなされなければ、台湾と同じパターンを追従する恐れがある。またマレーシアは独自の傾向が見られる。すなわち、バイクと乗用車の保有台数の双方が増加し続けている。

またPongthanaisawan and Sorapipatana[2010]による



■図—8 バイク保有台数と乗用車保有台数の関係

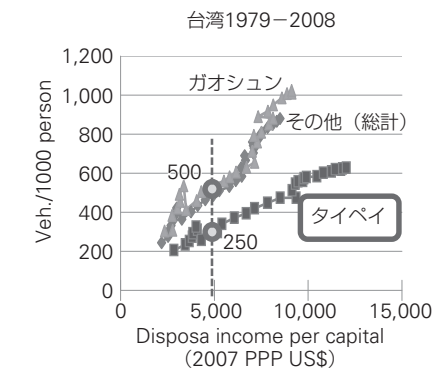
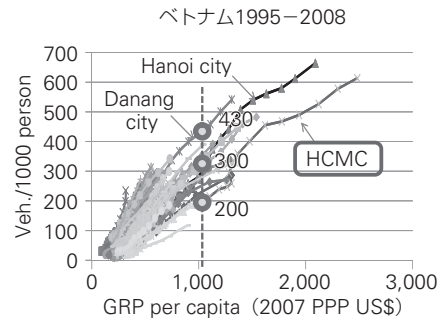
と、所得の増加に伴い人々はバイクからより安全で快適性の高い乗用車にシフトすると指摘している。なお、先行研究では1人当たり年間16,000米ドルを超えたあたりと述べられている。しかしながら、このような議論は本研究の結果とは異なるものである。

概して、アジアのバイクおよび乗用車の保有傾向はこれまでの研究とは違うパターンを示している。現段階は、発展途上国はまだ低所得の段階にあり、バイクの保有台数は極めて急速に増加しており、その結果として乗用車も急激に増加するポテンシャルを有している。先進国においては、現在は2つの大きな傾向がある。1つは、日本や韓国で見られるようにバイクを保有していた人が乗用車の保有に切り替えたものである。第2に、台湾で見られるように乗用車の保有台数は低いレベルで安定しつつもバイクの保有台数が増加を続けるものである。ここで、発展途上国の政策決定者にとっては彼らの国・地域においてどのようなバイクや乗用車の保有の傾向を辿るのかを把握することが重要な課題となるであろう。それは日本なのか、台湾なのか、またはいずれとも違うパターンなのかである。その解は、各国・地域がどのような政策決定を行っていかにか大きく依存するのである。

3.3 都市レベルの時系列分析

時系列分析に関しては、1995年から2008年のベトナム、および1979年から2008年の台湾の都市および地域におけるデータについて見ることにする。バイクと乗用車を合わせた保有台数はベトナム国内と台湾内のいずれも地域や都市によってパターンが異なっている(図—9)。特に同じ所得水準の時であれば、都市よりも郊外地域の方がバイクと乗用車を合わせた台数も、また増加量も大きい。ベトナムの各都市・地域での1人当たりGRPが1,000米ドルの時の1,000人当たりバイクおよび乗用車保有台数を見てみると、主都ホーチミン(HCMC)では200台であったのに対し、第2の都市であるハノイでは

300台、他の地方都市であるダナン市では430台であった。このように、地方部ではホーチミンのような都市と比較して急曲線となり、郊外地域の方がバイクと乗用車の保有台数も大きくなり、また急激に増加するのである。同様に台湾では、1人当たり年間消費額が5,000米ドルの時の1,000人当たりバイクおよび乗用車保有台数を見てみると、首都台北では250台、ガオシュンでは500台であった。保有台数の増加率はガオシュンや他の都市・地域の方が高いという結果であった。

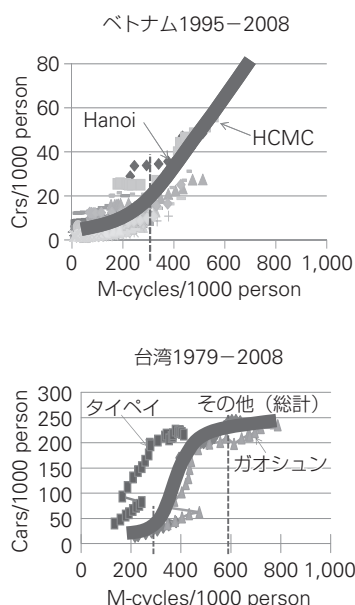


■図—9 各都市・地域における所得水準とバイク・乗用車の保有台数の関係

バイクや乗用車の保有台数が都市部より地方部の方が多い点についてはより深い分析や考察が求められるところであるが、本報告ではまず全体像の大まかな把握を試みることにする。まず第1に、公共交通のサービス水準が地方部では都市部よりも低いことである。都市部では公共交通が成立するための需要と供給があり、日々の移動に関しては特段に困窮しているわけではないため、バイクや乗用車に大きく依存する必要性が低いのである。第2に、都市部では限られた駐車スペースと深刻な道路渋滞によって、乗用車の利用にはより多くのコストが必要となり、それだけ魅力が低下しているのである。第3に、地方部の人は都市部の人との刺激を受けて、都市部の人よりも早くバイクや乗用車を購入する傾向がある。その上、都市部で所得を大幅に増加させた人は保有していたバイクや乗用車を極めて安価で売却し、地方部の人がそれを安価で購入するのである。これらの要因は地方部においてバイク

や乗用車の保有を急激に増加させる結果となっていると考えられる。

この状況に加えて、都市レベルにおけるバイクと乗用車の保有の関係について見たものが図10である。これによるとベトナムと台湾の双方において、1,000人当たりバイク保有台数が300台に達した段階で、自動車保有台数も急激に増加が始まっている。さらに、台湾ではガオシュンおよび他の地域では1,000人当たりバイク保有台数が600台に達した段階で乗用車保有台数は飽和している。これは3.2で明らかにしたように、台湾では乗用車の保有が大きく伸びず、バイクの保有が増加し続けるという現象を補足するものである。所得に応じてバイクの保有台数は増加を続け、そのことが間接的に乗用車の保有に影響を与えている。台湾、特にガオシュンでは1,000人当たり乗用車保有台数が250台で飽和しつつあるが、ベトナムでは未だに100台にも到達しておらず、いずれはベトナムも台湾と同様に乗用車の保有台数は飽和すると考えられるが、近い将来においては乗用車の保有はまだ増加していくものと予想される。



■図10 各都市・地域におけるバイク保有台数と乗用車保有台数の関係

本節では、所得の推移とそれに伴って求められる人々の移動の需要とインフラの関係を明らかにしてきた。その結果をまとめると、所得が向上するにしたがって、人々はより早く移動したいというニーズが発生し、以下の3つの段階を経るということである。まず『移動のしやすさ』が求められる段階である。この段階では、公共交通が十分でなく、主要な交通手段としては費用の低いバイクが利用される。次に『移動の質』が問われる段階になる。この段階ではバイクと乗用車の双方が急速に求められるものの、富裕層の人々にとっては安全性、快

適性、社会的ステータスといった側面から乗用車が選択される。この段階になると乗用車保有者数は大幅に増加するのである。第3段階になると、階層的な道路ネットワークの欠如による深刻な道路渋滞、駐車スペースの不足、バイクおよび乗用車利用による規制強化により、乗用車の増加は抑制されていく。しかし、所得の増加に伴い交通のニーズも増加し、乗用車が十分満足に利用できない環境のためにバイクの利用が依然として高い水準で残るのである。

3.4 ベトナムおよび台湾の都市レベルにおけるクロスセクション分析

社会経済要因とインフラ整備および公共交通サービス水準の状況が、バイクおよび乗用車保有台数にどの程度の差を与えているのか把握するため、保有台数を被説明変数、これらの要因を説明変数とした線形回帰モデルを適用した。ベトナムは2008年の59都市・地域、台湾は2009年の23都市・地域のデータを用いて、各々のモデルを推計した。その推計結果を表1に示す。

■表1 バイク・乗用車の保有台数に関する回帰結果

変数名	バイク・乗用車保有台数 (台/1,000人)	
	ベトナム (2008)	台湾 (2009)
定数項	178.271** (7.178)	1204.636** (4.717)
1人当たりGRP (2007年換算USドル) (台湾: 1人あたり年間消費額)	0.112** (3.280)	-0.05794** (3.793)
人口密度 (人/km ²)	-0.00057 (0.031)	0.01517 (0.733)
都市化率 (%)	2.36597** (3.369)	-1.485 (0.943)
単位面積あたり 道路延長 (km/km ²)	-2.337 (0.215)	13.376* (1.766)
人口1人当たりバス利用者数 (台湾: 人口100万人当たり バス台数)	-0.685 (1.126)	-0.01149* (1.750)
決定係数R ²	0.728	0.501
データ数	59	23

() 内の値はt値を示す。
** p-value < 0.05, * p-value < 0.1

ベトナムの都市・地域における推計結果によると、1人当たりGRPと都市化率の双方がバイクおよび乗用車保有台数に正の影響をもたらしていた。この2つの変数はともに有意であり、所得の高さおよび都市化率の進展のどちらともバイクおよび乗用車保有台数に影響を及ぼしていると言える。都市・地域における人口密度および1人当たりバス利用者数は負の値であったが、有意な値とはならなかった。都市・地域における1km²あたりの道路整備延長は負の影響を与えており、これもまた有意な値ではなかった。なお、このモデルの決定係数はR²=0.728となった。

台湾の都市・地域における推計結果はベトナムと異なるものであり、1人当たり年間消費額および都市化率はバイクおよび乗用車保有台数に負の影響をもたらしていた。また、1km²あたりの道路整備延長は正の影響、人口100万人あたりのバス台数は負の影響を与えていた。これら2つの変数は有意であり、バイクおよび乗用車の保有に明確に影響を与えている。予想外なことに、人口密度は正の影響を与えたものの、統計上有意な値とは認められなかった。このモデルによる決定係数は $R^2=0.501$ であった。

回帰結果を見ると、所得の状況によってバイクおよび乗用車保有の増加の要因は異なるということである。2008年のベトナムのように所得が低い状況では、所得水準ならびに都市化率は保有の主要な要因であった。しかしながら、2009年の台湾のように所得が高い状況では、所得水準や都市化率は保有に負の影響をもたらし、道路延長や公共交通の水準が大きな役割を果たしていた。

この結果は、長期投資による公共交通のサービス水準の改善や戦略的な道路ネットワークの整備は、急激なモータリゼーションに対する有効な手段になり得ることを示している。例えば、台北では1990年代の中頃から後半にかけて、バス専用レーンの導入やMRT化によって劇的なバス利用へのシフトを促すことに成功した。台北における1996年から2005年の公共交通のシェアは23.8%から42.0%に急増したのである（Department of Transportation, Taipei City Government [2007]）。台北における公共交通の大幅な改善は、交通問題解決のための本質的な要素であったことは明らかである。この公共交通の改善による効果は、バイクおよび乗用車保有の進展を抑制したことも図9および図10からも明らかである。

4—要約と今後の課題

不十分なインフラ整備、また十分でない公共交通サービス、そして急速に進展しているモータリゼーションにより、発展途上国の交通は完全に持続的でない状態に至っている。本報告は、長期的な観点から見たアジアの発展途上国の交通問題の解決に向けた提言を行うにあたり、その導入として人々の交通行動、特にバイクおよび乗用車保有の動向について分析を行った。

ここで留意すべきことは、モータリゼーションの傾向が他の

アジアの発展途上国や都市に応用できるとは限らないということ意識する必要がある。現在の多くのアジアの都市で見られるような低所得の段階においては、バイクの保有台数は急速に増加し、都市の公共交通を衰退させ、同時に乗用車保有を促進させる状況を生んでいる。しかしながら、高所得の段階に移ったとしても、台湾のように乗用車とバイクが共に増加する場合もあれば、乗用車がバイクの代替となる場合もある。今後、アジアの発展途上国においてどちらの傾向に進展していくかは、それぞれの国や地域においてどのような政策決定がなされ、長期的にどのような投資や公共交通のサービス水準の改善が行われるかに大きく依存するのである。

今後の課題として、インフラ整備や公共交通のサービス水準の変化によって、交通機関選択にどのような影響を与えたかを分析する予定である。これにより、アジアの発展途上国の政策決定者に対し、バイクの問題やインフラ整備の投資、また公共交通サービス水準の改善のタイミングに関して政策決定をサポートするような提言を行っていくことが必要と考えている。

参考文献

- 1) Acharya, S. R. and Morichi, S. [2007], "Motorization and role of mass rapid transit in East Asian megacities", IATSS Research, Vol. 31, No. 2, pp. 6-16.
- 2) Dargay, J. and Gately, D. [1999], "Income's effect on car and vehicle ownership, worldwide: 1960-2015", Transportation Research A, 33, pp. 101-138.
- 3) Gakenheimer, R. and C. Zegras. [2003], "Overview of Drivers of Travel Demand in Cities of the Developing World", a report prepared for the World Business Council for Sustainable Development, Sustainable Mobility Project Phase III, Appendix in?Mobility 2030: Meeting the Challenges to Sustainability.
- 4) Japan International Cooperation Agency, JICA [2010], "The Comprehensive Study on the Sustainable Development of Transport System in Vietnam-Phase 2", VITRANSS2.
- 5) JICA [2007], "The Comprehensive Urban Development Programme in Hanoi Capital City of the Socialist Republic of Vietnam", HAIDEP.
- 6) Morichi, S. [2009], "Sustainable transport development in East Asian megacities", Int. J. Environment and Sustainable Development, Vol. 8, No. 3-4, pp. 229-246.
- 7) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Government of Japan, MLIT [2005], "2005 Inter-regional Travel Survey", accessed on 1 July 2010, available at http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/jyunryuudou/report_en/h17_report.pdf
- 8) Pongthanasawan, J. and Sorapitana, C. [2010], "Relationship between level of economic development and motorcycle and car ownership and their impacts on fuel consumption and greenhouse gas in Thailand", Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- 9) Sustainable Transport for East Asian Megacities [2006], Unpublished draft study report, STREAM.

地方別データも活用した、ガソリン価格の変動が交通行動に及ぼす影響の実証分析

藤崎 耕一
FUJISAKI, Koichi

(財) 運輸政策研究機構運輸政策研究所主任研究員

1—はじめに

近年のガソリン価格の変動が自動車又は公共交通の利用等交通行動に与える影響について実証分析を行い、需要予測手法の検討等関連研究に役立つ基礎資料を提供する。また、分析結果を用い、経済状況に応じた低炭素社会向きの燃料価格政策等についての示唆並びにガソリン暫定税率実質廃止及び高速道路料金施策の影響の試算を検討する。

併せて、途上国に見本となる我が国交通統計について、データ存在範囲の境界を整理し、一つの活用方法を提示する。

2—分析の方法

2.1 分析の方針

①から③の交通行動（括弧書中の数量で把握）に対しガソリン価格と所得が及ぼす影響について、計量分析で実証する。

- ① 自家用車の運転回数及び走行距離の減少（マイカーの交通量及びガソリン消費量）
- ② 公共交通へ移動手段を変更（公共交通の交通量）
- ③ マイカーを低燃費車に変更、または手放し（保有台数や軽自動車販売割合）

なお、環境省アンケート調査¹⁾では、ガソリン価格上昇に対し、クルマによるレジャー、走行距離、買物回数の縮減、買物やレジャーの交通手段の変更を一定割合の回答者が選択した。

2.2 統計の選定と分析データの作成

旅客人キロ単位の交通統計に着目すると、関係する主要統計におけるデータの有無等は、表—1のとおりであり、全国分析は年度及び四半期の両時系列で、地方分析は年度系列で行う。対象期間は、軽自動車交通量が自動車輸送統計調査の対象に追加された1987年度始以降、高速道路休日割引が開始された2008年度末までの約20年間とする。

鉄道と営業用バス又は自家用登録乗用自動車と自家用軽自動車（軽2輪を除く）を併せてそれぞれ公共交通又はマイカーの人キロを算出する。また、公共交通とマイカーの交通を併せて便宜上「陸上交通」と称する。行動経済学によれば、

■表—1 統計におけるデータの有無、時間単位等（2010年11月現在）

(統計項目)	全国	地方	都道府県	主要都市
鉄道	国土交通省鉄道輸送統計年報 年・月		×	×
営業用バス	国土交通省自動車輸送統計年報 年・月			×
マイカー	同上		△ 6都府県のみ	×
ガソリン価格	石油情報センター調査 月			×
GDP(GRP) <所得指標>	内閣府 年・四半期	内閣府（県民経済計算） 年（2007年度分まで）		(政令指定都市)

消費者は必ずしも合理的には行動しないことから、経済指標は、実質値だけでなく、名目値のペアでも分析に用いる。

現在の東北、北陸信越及び中部の地方区分については、地方運輸局区域が再編される2002年度以前の交通統計が公表されていないため、地方分析から除く。また、JR本州3社が営業する新幹線の輸送量は、鉄道輸送統計上地方別内訳が公表されていないため、地方分析から除き、別途分析する。

2.3 交通量データの推移の概要

2.3.1 全国値

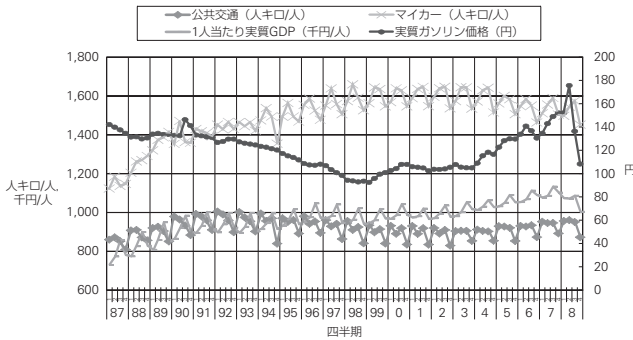
全国値の四半期実質値系列で見た交通量等の推移は図—1のようになる。季節変動があるものの、2002年度前後に、マイカー交通量は山を、公共交通は谷を打っている。なお、公共交通の太宗は鉄道が占めている。機関分担率の推移は、図—2のとおりで、その動きは交通量の推移と類似している。この間、実質ガソリン価格は2002度の前に下降基調から上昇基調に転じている一方、実質所得指標（1人当たり実質GDP）は基本的に2008年度を除き上昇基調である。

年度系列の実質ガソリン価格とマイカー交通量との散布図（図—3）において、90年度以降98年度以前は、所得上昇基調の効果にガソリン価格低下の効果が相乗して傾きが急である一方、99年度以降は、所得上昇の効果がガソリン価格上昇の効果により減殺されて、傾きが緩やかになっている、という推測が成り立ちうる。

2.3.2 地方値

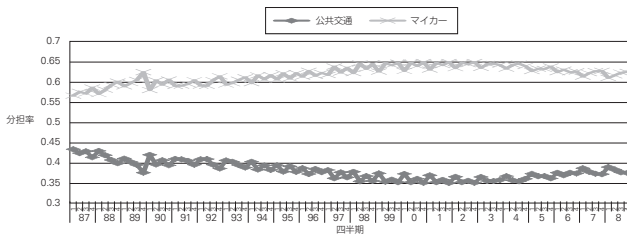
地方毎のマイカー交通量並びに公共交通の交通量及び機関分担率の推移（図—4～6）において、関東及び近畿の2地

方とそれ以外の地方とでそれぞれ水準は異なるが、各地方とも、動きについては、全国値と類似の動きを示している。



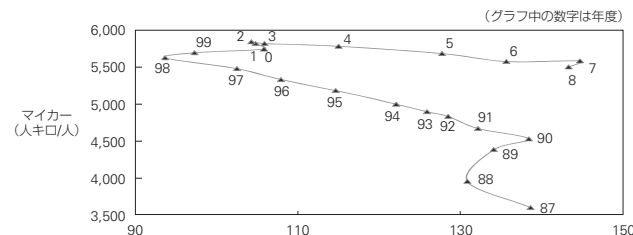
資料：国土交通省鉄道輸送統計年報及び自動車輸送統計年報、石油情報センター、内閣府SNA統計、総務省消費者物価指数及び人口推計

■図一 全国 陸上交通における交通量等の推移 (四半期系列)



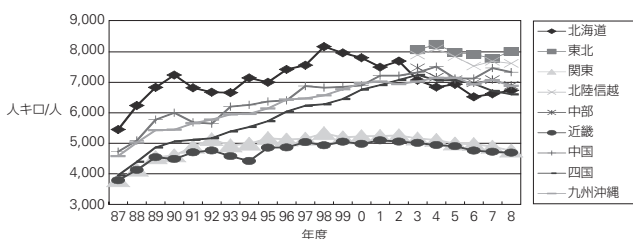
資料：国土交通省鉄道輸送統計年報及び自動車輸送統計年報

■図二 全国 陸上交通における分担率の推移 (四半期系列)



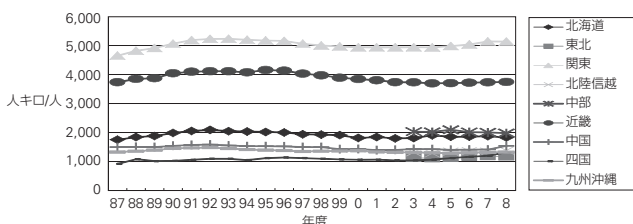
資料：国土交通省自動車輸送統計年報、石油情報センター、総務省消費者物価指数及び人口推計

■図三 全国 ガソリン価格とマイカー交通量の散布図 (年度系列)



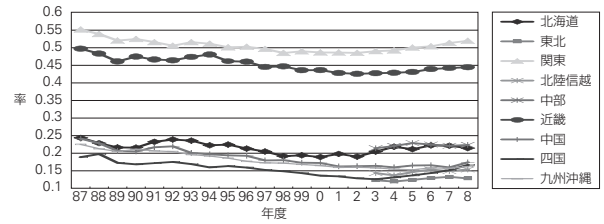
資料：国土交通省自動車輸送統計年報、総務省人口推計

■図四 地方別マイカー交通量の推移



資料：国土交通省鉄道輸送統計年報及び自動車輸送統計年報、総務省人口推計

■図五 地方別公共交通 (JR本州3社営業新幹線を除く) の推移

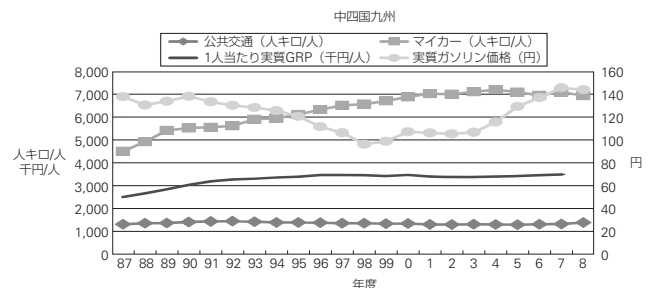
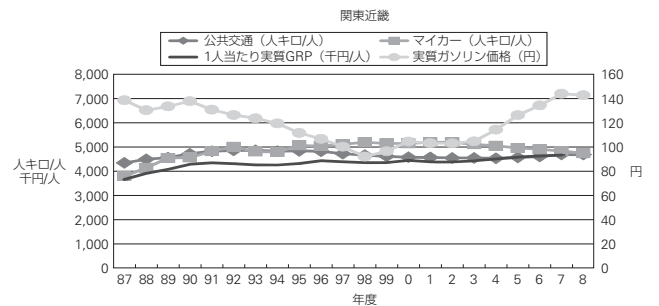


資料：国土交通省鉄道輸送統計年報及び自動車輸送統計年報

■図六 地方別公共交通 (JR本州3社営業新幹線を除く) 分担率の推移

2.3.3 大括り地方の値

地方区分データの分析を行う前に、大都市圏を含み交通量等の水準が特異な関東及び近畿、それ以外の中国、四国及び九州沖縄をそれぞれ大括りにし、2つの大括り地方 (図一) で分析する。なお、マイカー交通量の変動が激しい北海道は除く。兩大括り地方とも、交通量の動きは、全国に類似している。



資料：国土交通省鉄道輸送統計年報及び自動車輸送統計年報、内閣府県民経済計算、石油情報センター、総務省人口推計及び消費者物価指数より接続等作成

■図七 大括り地方 陸上交通 (JR本州3社営業新幹線を除く) 交通量等の推移

2.4 計量分析の基本的考え方

各交通量又は分担率に対してガソリン価格及び所得が影響を与えることを仮定し、2.3で作成したデータを用いて、前者を独立変数、後者を従属変数とする計量モデルを両対数線形式で構築すれば、独立変数の係数が弾性値を表すことになる (付録1)。弾性値とは、独立変数が1%変化する場合に、各交通量又は分担率が変化する割合 (%) を表す。例えば、1人当たりマイカー交通量に対するガソリン価格弾性値が-0.2であれば、ガソリン価格が10%上昇すると、1人当たりマイカー交通量は2%減少することになる。

統計学的検定基準等 (藤崎²⁾) に照らして診断し、選定した適合的なモデルから有意な弾性値が推計できれば、当該弾

性値から、ガソリン価格又は所得が各交通量又は分担率に与える増減影響の程度を確認することができる(付録2)。

3—分析の結果

3.1 公共交通とマイカーの利用への影響

3.1.1 基本モデルによる弾性値の推定

(1) 全国及び大括り地方の分析

全国年度系列、全国四半期系列及び大括り地方について推計した弾性値は、それぞれ表—2~4のとおりとなり、各符号はどの表も一致している。すなわち、ガソリン価格が上がると、公共交通の利用は増え、マイカーの利用は減る。その際、マイカー利用の減少量が公共交通利用の増加量より多いために、

■表—2 全国の年度系列分析により推計された弾性値

(マイカーは、自家用軽貨物自動車を除く)

		ガソリン価格弾性値		所得弾性値	
		名目系列	実質系列	名目系列	実質系列
陸上交通	人キロ/人	負		正	
		-0.13	-0.17	0.60	0.66
公共交通	人キロ/人	正		正	
		0.12	0.12	0.23	0.27
	機関分担率	正		負	
マイカー	人キロ/人	負		正	
		-0.30	-0.41	0.86	1.02
	機関分担率	負		正	
		-0.18	-0.22	0.27	0.36

注：全て誤差項の1次自己帰帰AR(1)モデルで、LjungBoxQ値は5%有意水準で適合

■表—3 全国の四半期系列分析により推計された弾性値

(マイカーは、自家用軽貨物自動車を含む)

		ガソリン価格弾性値		所得弾性値	
		名目系列	実質系列	名目系列	実質系列
陸上交通	人キロ/人	負		正	
		-0.09	-0.12	0.42	0.43
公共交通	人キロ/人	正		正	
		0.10	0.08	0.23	0.27
	機関分担率	正		負	
マイカー	人キロ/人	負		正	
		-0.21	-0.26	0.57	0.57
	機関分担率	負		正	
		-0.16	-0.13	0.07	0.15

注：太字は誤差項の季節性1次自己帰帰SAR(1)モデルで、LjungBoxQ値は5%有意水準で適合、その他は重回帰モデルで、DW値は5%有意水準で適合

■表—4 大括り地域の分析により推計された弾性値

(マイカーは、自家用軽貨物自動車を含む)

		ガソリン価格弾性値				所得弾性値			
		関東近畿		中四国九州		関東近畿		中四国九州	
		名目	実質	名目	実質	名目	実質	名目	実質
陸上交通	人キロ/人	負				正			
		-0.04	-0.12	-0.17	-0.19	0.47	0.82	0.33	0.55
公共交通	人キロ/人	正				正			
		0.14	(0.06)	(0.19)	0.14	0.35	(0.68)	(0.21)	0.60
	機関分担率	正				負			
マイカー	人キロ/人	負				正			
		-0.21	-0.28	-0.25	-0.26	0.62	0.98	0.37	0.57
	機関分担率	負				正			
		-0.17	-0.17	-0.07	-0.07	0.13	0.23	0.13	0.20

注：イタリック体は重回帰モデルで、DWは1%有意水準で適合。括弧内は重回帰モデルで、DWは1%有意水準の下限値以上上限値以下。太字は誤差項1次自己帰帰AR(1)モデルで、LjungBoxQは5%有意水準で適合。他は重回帰モデルで、DWは5%有意水準で適合

両者を足した陸上交通の利用も減り、陸上交通の利用量を分母とする公共交通分担率は増える。また、所得が増加すれば、公共交通もマイカーも利用は増えるが、マイカーに対してより影響することから、陸上交通の利用に大きく正で影響し、陸上交通の利用を分母とする公共交通分担率は減って、マイカー分担率は増える。なお、独立変数については、名目値と実質値のいずれをとった場合も、ガソリン価格と所得ともに従属変数の1年前の値が従属変数を適合的に説明するモデルとなった。つまり、影響が十分顕在化するのに1年の遅れ(ラグ)がある。

(2) 地方分析

年度系列の地方データについて、地方毎に独立に分析するのではなく、異なる地方に横断して分布する時系列データ(パネルデータ)として、単一モデルで一括分析を行った(付録3)。全国及び大括り地方の分析結果を踏まえ、ラグは1年として推計した主要な係数は表—5のとおりとなった。この場合、各地方固有の弾性値は、弾性値(標準)に当該地方のダミー係数を加えて得た値となるが、計算した結果、ガソリン価格弾性値及び所得弾性値の符号、つまり、ガソリン価格と所得が公共交通とマイカーの利用と分担率に与える方向は、各地方とも、(1)の全国及び大括り地方の分析の結果と同じである。

■表—5 地方パネル分析により推計された主要な係数

(マイカーは、自家用軽貨物自動車を含む)

	人キロ/人				機関分担率			
	公共交通		マイカー		公共交通		マイカー	
	名目	実質	名目	実質	名目	実質	名目	実質
ガソリン価格弾性値(標準)	0.16	0.09	-0.25	-0.31	0.47	0.43	-0.11	-0.09
*ダミー係数(北海道)								
*ダミー係数(関東)				0.15	-0.41	-0.36	-0.07	-0.07
*ダミー係数(近畿)					-0.27	-0.24		-0.07
*ダミー係数(四国)	0.28	0.38						
所得弾性値(標準)	0.22	0.40	0.98	1.17	-0.76	-0.89	0.17	0.21
*ダミー係数(北海道)			-0.63	-1.04	0.61	0.88	-0.12	-0.17
*ダミー係数(関東)				-0.09	0.24	0.21	0.04	
*ダミー係数(近畿)				-0.54	0.63	0.58		
*ダミー係数(四国)	0.29	0.64						

3.1.2 長期弾性値の推計

全国四半期系列で、ガソリン価格及び所得の交通量に対する短期弾性値(当期における変化が当期の交通量に及ぼす影響の程度を表す)と長期弾性値(当期における変化が当期の後の交通量にも長期間にわたって継続的に及ぼす影響全体の程度を表す)を推計すると(推計方法は藤崎²⁾)、結果は表—6のとおりで、名目値及び実質値においても、ガソリン価格及び所得の長期弾性値の絶対値は短期弾性値の絶対値よ

りも大きい。これは、ガソリン価格又は所得が、長期的には、マイカーの保有にも影響し(3.3で確認)、保有を通じた利用への相乗的な影響が加わることと整合的と考えられる。

■表—6 1人当たり交通量に対する長短弾性値

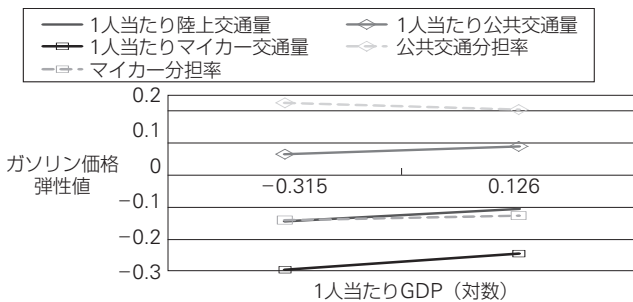
項目	ガソリン価格弾性値				所得弾性値			
	短期		長期		短期		長期	
	名目	実質	名目	実質	名目	実質	名目	実質
公共交通 人キロ /人	0.16	0.08	0.25	0.14	0.22	0.46	0.34	0.78
マイ カー 人キロ /人	-0.15	-0.19	-0.22	-0.26	0.40	0.36	0.58	0.50

注：Durbin's h alternativeは有意水準5%で全て適合

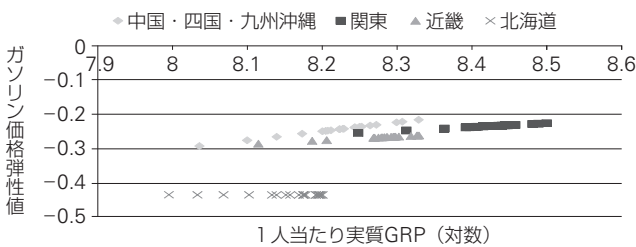
3.1.3 弾性値の変化を追及した場合

ガソリン価格と所得という独立変数の交差項を含む両対数線形式の計量モデルを構築すると、所得水準及びガソリン価格水準の変化にそれぞれ応じて変化するガソリン価格弾性値及び所得弾性値を推計することができる²⁾。

全国四半期系列で推計した実質ガソリン価格弾性値と実質所得の関係は図—8、地方年度系列についてパネル分析で推計した、マイカー交通量に対する実質ガソリン価格弾性値と実質所得の関係は図—9のとおりである。



■図—8 所得水準とガソリン価格弾性値の関係(実質値系列)



■図—9 所得水準とマイカー交通量のガソリン価格弾性値の関係(地方分析)

全国及び地方(北海道を除く)の両層において、所得水準が高いほど、マイカー交通量に対するガソリン価格弾性値の絶対値は小さいことがわかる。従って、マイカー利用の抑制のためのガソリン価格政策への含意として、マイカー交通量の抑制効果を一定程度与えるためには、所得水準が高い好況期ほど、ガソリン価格引上げ度合いをより大きくする必要はある。

なお、同じ所得水準の状況では、関東及び近畿よりも、中国、

四国及び九州沖縄の方が、ガソリン価格弾性値の絶対値は小さい傾向にあることから、公共交通の充実度が比較的低い後者の地方のほうが、マイカー利用に対するガソリン価格の影響度合いが小さいことが推察される。

3.2 マイカーガソリン消費量への影響(全国年度系列)

1人当たりマイカーガソリン消費量(資料：国土交通省自動車輸送統計年報、総務省人口推計)について、両対数線形式の計量モデルを用い、ガソリン価格等の弾性値を推計すると、表—7のとおりとなった(先行ラグは各1年)。

■表—7 1人当たりマイカーガソリン消費量に対する弾性値

(マイカーは、自家用軽貨物自動車を除く)

	ガソリン価格弾性値		所得弾性値		1台当たり平均乗車人数の弾性値	
	名目	実質	名目	実質	名目	実質
1人当たりマイカーガソリン消費量	-0.35	-0.50	0.88	1.0	-1.1	-1.45

注：誤差項自己回帰AR(1)モデルで、LjungBoxQは有意水準5%で適合

ガソリン価格と所得の弾性値の符号は、1人当たりマイカー交通量に対する弾性値の符号(3.1)と同じである。

3.3 マイカー保有台数への影響(全国年度系列)

人口千人当たりの自家用登録乗用車保有台数(資料：国土交通省自動車保有台数、総務省人口推計)について、両対数線形式の計量モデルで推計すると、表—8のとおり、ガソリン価格及び所得は、自家用登録乗用車の保有に影響している。したがって、保有を通じてマイカーの利用にも更に影響を及ぼすと考えられる(3.1.2参照)。

■表—8 1人当たり保有台数に対する弾性値(先行ラグは各1年)

(年度系列)

自家用登録乗用車(1人当たり保有台数)	ガソリン価格弾性値		所得弾性値	
	名目	実質	名目	実質
	-0.17	-0.25	0.74	0.85

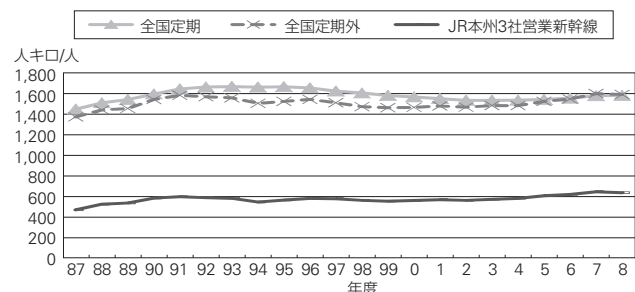
注：誤差項自己回帰AR(1)モデルで、LjungBoxQは有意水準5%で適合

3.4 軽自動車販売割合への影響(2000年以降の四半期系列)

軽4輪乗用車の販売割合(資料：(社)日本自動車販売協会連合会、(社)全国軽自動車協会連合会)について、1期前の従属変数を右辺に含む両線形対数式を用いて、ガソリン価格を独立変数とする適合モデル(ラグは1期)を構築した結果、ガソリン価格弾性値は、0.13(名目系列)、0.14(実質系列)となった。即ち、消費者は、車種による燃費の違いを意識しており、ガソリン価格が上昇すると販売車種(フロー)に占める軽4輪乗用車の割合が増える関係にある。

3.5 鉄道旅客輸送（定期・定期外）への影響

鉄道の定期・定期外等の1人当たり旅客人キロの全国年度系列値は、図10のとおりであり、両辺対数線形式のモデルを構築して、弾性値の推計を行った結果は、表9のとおりである。なお、新幹線輸送量の太宗は定期外である。



資料：国土交通省鉄道輸送統計年報、総務省人口推計

■図10 全国の鉄道定期・定期外等の1人当たり旅客人キロの推移

■表9 鉄道定期・定期外の全国分析により推計された弾性値

		ガソリン価格弾性値		所得弾性値	
		名目	実質	名目	実質
全国	定期	0.13	—	0.46	0.61
	定期外	0.25	0.20	0.18	0.60
JR本州3社営業新幹線		0.25	0.25	0.41	0.58

注：イタリック体は重回帰モデルで、DWIは有意水準1%で適合。
太字は、誤差項1次自己回帰AR(1)モデルで、LjungBoxQは有意水準5%で適合。
他は重回帰モデルで、DWIは有意水準5%で適合。

また、地方年度系列（JR本州3社営業新幹線を除く）については、パネル分析よりも地方毎の個別分析のほうが適格的であり、その結果は、表10のとおりである。

■表10 地方毎の鉄道定期・定期外（JR本州3社営業新幹線を除く）の個別分析により推計された弾性値

	名目			実質		
	ガソリン価格弾性値	所得弾性値	鉄道旅客列車キロ/可住地面積	ガソリン価格弾性値	所得弾性値	鉄道旅客列車キロ/可住地面積
<定期>						
北海道	0.43	—	1.34	0.45	0.31	1.57
関東	—	0.37	—	—	0.37	0.80
近畿	—	0.49	—	—	0.84	—
中国	0.15	0.67	—	—	1.20	—
四国	0.26	0.34	—	0.30	0.60	0.68
九州沖縄	0.13	0.60	0.35	—	1.55	—
<定期外>						
北海道	0.24	—	0.93	0.24	—	1.18
関東	0.13	—	0.89	0.10	—	1.00
近畿	0.13	0.27	—	—	0.87	—
中国	0.32	—	—	0.26	0.62	—
四国	0.23	0.27	—	0.24	0.62	—
九州沖縄	0.16	—	0.53	0.13	—	0.65

これらは、定期旅客よりも定期外旅客のほうがガソリン価格に明確に反応しており、一方、定期旅客は定期外旅客よりも所得の影響が明瞭であることを示している。裏返せば、通勤通学者よりも観光旅行者の方がガソリン価格に敏感に反応する

可能性があり、旅行促進を図る中でも、燃料価格政策が観光旅行者のマイカー利用抑制に有効であると示唆される。

4 分析結果の活用例

4.1 ガソリン暫定税率が実質廃止される場合の影響の試算

ガソリン価格が123円（1987年度～2008年度の平均名目値）である場合に、暫定税率分25.1円が廃止されると20.4%の価格減少に相当する。これに3.1の全国年度系列で推計した弾性値を乗じて、交通量に対する影響を試算すると表11のようになる。2008年度の交通量を前提に試算すれば、この影響で、マクロ的にはこの部門のCO₂排出量は5.4～7.6%増加する。

■表11 暫定税率が実質廃止される場合の影響試算（全国）

	項目	影響 (%)
陸上交通	旅客人キロ/人	増加2.6～3.5
	旅客人キロ/人	減少2.3～2.5
公共交通	機関分担率	減少5.0～5.8
	旅客人キロ/人	増加6.2～8.5
マイカー	機関分担率	増加3.7～5.8

大括り地方について、同様に3.1の大括り地方分析で推計した弾性値を用いて交通量に対する影響を試算すると表12のようになり、この部門のCO₂排出量は、関東近畿で3.5～5.1%、中四国九州で4.8～5.1%増加すると試算される。

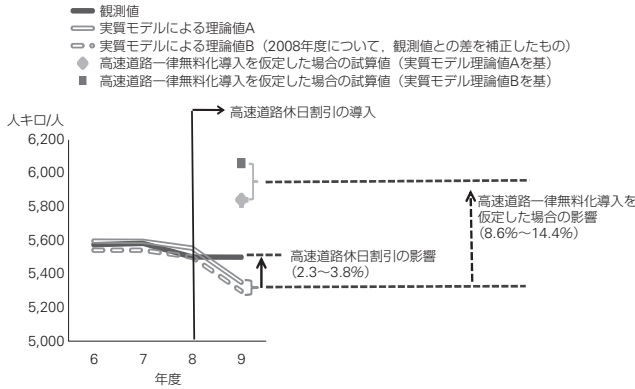
■表12 暫定税率が実質廃止される場合の影響試算（大括り地方）

		影響 (%)	
		関東近畿 (JR本州3社営業 新幹線を除く)	中四国九州 (JR本州3社営業 新幹線を除く)
陸上交通	旅客人キロ/人	増加0.8～2.5	増加3.6～4.0
	旅客人キロ/人	減少1.2～3.0	減少2.9～3.9
公共交通	機関分担率	減少3.7～3.8	減少6.2～6.3
	旅客人キロ/人	増加4.4～5.9	増加5.2～5.4
マイカー	機関分担率	増加3.5～3.6	増加1.4

4.2 高速道路の現行休日割引の影響の試算

ガソリン価格と所得によって交通量等を説明する、3で構築した全国年度系列の計量モデルを用いて、高速道路休日割引といった新規の要因が無いと仮定した場合の2009年度の交通量等のモデル上の理論値を推計し、2009年度の現実の観測値との差を計算し、2009年度におけるこの理論値と観測値の乖離分を高速道路休日割引の影響と試算する検討を行う。

例えば、1人当たりマイカー交通量については、実質系列モデルでは、図11のとおり、2009年度における理論値に対する観測値の乖離は、それぞれ2.3～3.8%と試算される。これらの試算をまとめると、表13のとおりとなり、ガソリンを燃料とするマイカー交通の分野でのCO₂排出量5%前後の増加に相当すると試算される。ただし、この試算で比較計算に用いた理論値にも予測誤差があることに留意する必要がある。



■図一11 1人当たりマイカー交通量における現行高速道路休日割引の影響と高速道路一律無料化が導入される場合の影響の試算検討のイメージ

■表一13 高速道路休日割引による影響の試算

公共交通	項目	影響 (%)	
		実質モデル	名目モデル
マイカー	旅客人キロ/人	減少 2.3~3.8	増加 4.4
	ガソリン消費量/人	増加 3.6	増加 5.4

4.3 高速道路一律無料化が導入される場合の影響の試算

高速道路の現行休日割引は、高速道路料金平均引下率26.7%に相当すると試算される(付録4)。その上で、高速道路料金引下げ(無料化を含む)の影響は、その平均引下率に比例すると仮定すれば、高速道路無料化(平均引下率:100%)が仮に実施される場合の影響は、

高速道路料金休日割引の影響(4.2で試算)÷26.7%×100%で試算する検討を行う。1人当たりマイカー交通量に対する無料化の影響は、図一11のイメージのようになるが、試算値をまとめると表一14になり、ガソリンを燃料とするマイカー交通の分野でのCO₂排出量15%前後の増加に相当すると試算される。ただし、これは、理論値の予測誤差があることを前提にした試算値(4.2)を基に、更に簡易な仮定に従って単純比例計算によって得た試算値であることに留意する必要がある。

■表一14 高速道路一律無料化が導入される場合の影響の試算

公共交通	項目	影響 (%)	
		実質モデル	名目モデル
マイカー	旅客人キロ/人	減少 1.4~6.1	減少 3.0~6.8
	ガソリン消費量/人	増加 8.6~14.4	増加 16.4

付録

(付録1) 両対数線形式における独立変数が弾性値である交通機関(陸上交通、公共交通又はマイカー)の一人あたり輸送人キロ又は分担率をY、ガソリン価格をX₁、所得をX₂として、交通需要の基本方程式を次の左の両対数線形式で表すと

$$\log Y = \alpha + \beta \log X_1 + \gamma \log X_2 \Leftrightarrow Y = e^{\alpha} X_1^{\beta} X_2^{\gamma} \dots \textcircled{1}$$

右式について、例えばX₁で微分すると

$$dY/dX_1 = \beta e^{\alpha} X_1^{\beta-1} X_2^{\gamma}$$

$$\therefore dY/Y = \beta e^{\alpha} X_1^{\beta-1} X_2^{\gamma} \div Y \times dX_1 / X_1 = \beta dX_1 / X_1 \textcircled{1}$$

即ち (Yの変化割合) = β (X₁の変化割合)

つまり、①左式が成立すれば、X₁が1%変化すればYがβ%だけ変化する関係になっており、βは、Yに対するX₁の弾性値に該当する。

(付録2) 計量経済学上のいくつかの論点の点検
変数が単位根を持つ場合には、係数推計に用いる重回帰分析が「見せかけの回帰」に過ぎない可能性がある旨、計量経済学は指摘している。確かに、例えば、マイカー及び公共交通の1人当たり交通量、ガソリン価格並びに所得に関して2.3で作成した全国四半期系列の実質値データについては、単位根を持つことが確認された。しかし、これらのデータの組合せについて、報告者において、誤差修正モデルを構築した結果、共和分関係が成立し、即ち、「見せかけの回帰」にならない旨確認している。また、ガソリン価格等は、交通量等への因果性があるかという指摘を学会で頂いたが、上述のとおり共和分関係が成立することから、グレンジャー因果性無しとは言えない(Miller and Russek³⁾)

(付録3) 地方パネル分析における基本モデル
地方iにおける交通機関(陸上交通、公共交通又はマイカー)の一人あたり輸送人キロ又は分担率をY_i、ガソリン価格をX_{i1}、所得をX_{i2}とし、α、β、γ及びδは地方が異なっても共通の係数とし、ω_kとε_kを地方k(九州沖縄を除く)のダミー係数として、パネルデータのモデル形式の基本を次のように設定できる。

$$\log Y_i = \alpha + \beta \log X_{i1} + \gamma \log X_{i2} + \delta T + \sum_k (\omega_k \log X_{i1} + \epsilon_k \log X_{i2}) \times \text{地方}k\text{のダミー変数} (i \neq k \text{なら} 0)$$

この場合、九州沖縄については、
ガソリン価格弾性値(標準): β, 所得弾性値(標準): γ
地方kについては、
ガソリン価格弾性値: β + ω<sub>k}, 所得弾性値: γ + ε_{k}}
なお、分析の過程で、全て固定効果モデルが適格的として選定された。</sub>

(付録4) 現行休日割引が相当する高速道路平均引下率の算定方法
マイカー1台高速道路1km走行当たりの平均料金支出金額についての2008年度(休日割引本格導入前)と2009年度(休日割引本格導入後)の値を対比する方法とした。その際、
マイカー1台高速道路1km走行当たりの平均料金支出金額
=マイカー1台当たりの月平均高速道路料金支出金額
÷小型車類1台当たり月平均高速道路走行距離
(東日本高速道路株式会社公表資料⁴⁾より計算)
マイカー1台当たりの月平均高速道路料金支出金額
=1人月平均有料道路料金支出金額(総務省家計調査より計算)
×マイカー1台当たり平均乗車人数
(国土交通省自動車輸送統計年報より計算)

参考文献

- 1) 環境省 [2008], “原油価格の高騰に伴う自動車燃料価格の上昇による消費行動等調査”。
- 2) 藤崎耕一 [2009], “ガソリン価格の変動が交通行動に及ぼす影響の実証分析”, 「運輸政策研究」Vol. 12 No. 4, pp. 94-99.
- 3) Miller, S.M. and Russek, F.S. [1990], “Co-Integration and Error-Correction Models: The Temporal Causality between Government Taxes and Spending”, Southern Economic Journal, Vol. 57, No. 1, pp. 221-229.
- 4) 東日本高速道路株式会社 [2010], “平成21年度営業概況”及び“車種別通行台数”。