

鉄道過密問題に対する政策提言¹

一橋大学
佐藤主光研究会
都市交通①
岡部烈
北條愛
星耀太
本多海波
渡辺千紘

2022年 11月

¹ 本稿は、2022年12月10日、11日に開催されるISFJ日本政策学生会議「政策フォーラム2022」のために作成したものである。本稿にあり得る誤り、主張の一切の責任はいうまでもなく筆者たち個人に帰するものである。

要約

都市鉄道におけるピーク時の混雑率の高さは、乗客に負担をもたらすため、低く抑えるべきものとして問題視されてきた。そこで本論文では混雑を抑えるために、どのようにすれば乗客の行動変容を促すことができるかを検討した。

混雑率の問題は、経済学の枠組みで考えれば外部性の問題である。混雑により乗客は負効用を感じるようになるが、供給者である鉄道会社はそのコストを織り込まず、私的限界費用曲線をもとにして現在の均衡点が決まっている状況である。そこでまず我々はダイナミックプライシングという、ピーク時の運賃を相対的に高くする政策を導入して運賃を引き上げることで、需要曲線と交わる限界費用曲線を社会的限界費用曲線の水準にまで動かすことで負の外部性を解消する、ということをご提案した。

ダイナミックプライシングを日本の鉄道に応用した先行研究としては、小田切ほか(2006)が挙げられるが、最近のデータを使って最適運賃を理論的に導出する試みは少なかった。しかも小田切らの分析では JR 中央線 1 本のみを対象としていたが、これでは東京圏全体としての鉄道混雑の問題が網羅できないと考え、そのために今回我々の分析では、国土交通省による混雑率の目標値である「150%以下」に満たないすべての路線（33 路線）を対象に最適運賃を理論的に導出し、運賃の水準を現行の水準から何倍程度に価格を引き上げればよいかについて指針を与えた。

さらに、昨今のコロナ禍によって行動制限がかかったことで混雑率は大幅に減少した。しかしこれで混雑の問題は解消されたかという点、そうではないだろう。我々はコロナによる混雑率の緩和はあくまで一時的なものであり、行動制限が今後緩まってくにつれて長期的には混雑率はもとの水準の方向へと戻っていくだろうと想定した。ただし混雑率がコロナ直前期の水準に至るまで戻ると考えたわけではない。というのも、コロナをきっかけにテレワークの導入が進み、その便利さからコロナ禍後においても通勤はある程度抑えられていると考えられるからだ。実際、森川(2021)によれば、コロナ終息後も現在と同じ頻度で在宅勤務を希望するという人が増えてきており、そして今後もコロナをきっかけにテレワークという新たな働き方が定着することを示している。

つまり、長期的に見てコロナが終息したのちには、鉄道の混雑率はコロナ禍突入直後の水準よりは上がっていくが、コロナ禍突入前ほどの水準にまでは達しないだろうということだ。そこで本分析では、コロナ禍で大きく減った混雑率が長期的に「①減少分の 1/4 程度が戻ってくる」・「②1/2 程度が戻ってくる」・「③3/4 程度が戻ってくる」とした 3 つのシナリオを想定し、それぞれで改めて 33 路線分の分析を逐一行った。つまりここまでの分析では、2019 年度での 33 路線分、コロナ後の 3 つのシナリオでそれぞれ 33 路線分という、最適運賃の理論的分析を $33 \times 4 = 132$ 分を行ったことになる。今回の政策提案が幅広い路線に適用でき、政策の実行によって大きなインパクトが期待できるのではないかと考える。

そして我々はコロナ前の 2019 年時点においては 1.20~1.62 倍の運賃値上げが最適だということを示したうえで、これと比較する形でシナリオ①が実現する場合には運賃を 1.10~1.36 倍に、シナリオ②では 1.13~1.41 倍に、シナリオ③では 1.17~1.50 倍にすればよいことを示した。

また、コロナ禍におけるテレワークの推進ということに関連して、テレワークの導入そのものが人々の混雑回避行動に直接どのような影響を及ぼすのか考察するために、「混雑に関する情報等、交通情報に関するアンケート結果」の個票データを用いたロジスティッ

クス回帰分析を追加で行った。その結果リモートワークの導入が、混雑回避行動に正の影響を与えていることが明らかになった。

以上の分析から、各路線各シナリオ別に最適な運賃の上げ方を示したうえ、そしてリモートワークが導入された今、人々はより一層混雑を回避し、ひいては混雑解消のための政策をより受け入れやすくなっていることも考察された。

ただし通勤客のための会社による交通費支給のあり方に注目すると、ダイナミックプライシング単体を導入しただけでは運賃増の費用は結局は会社持ちなので、ピーク時間の通勤を避けようとする通勤客のインセンティブに制約がかかることが考えられる。そこで「固定交通費」という新たな交通費支給制度を同時に導入することでこの制約を解決することも提言する。そして最後に、通勤客・鉄道会社・通勤客を抱える企業の3者すべてがこの運賃改革に反対しないという意味でのダイナミックプライシングの実現可能性の高さを示し、これを具体的に運用するに至るまでを緻密にまとめた政策提言の全体像を提示する。

目次

第1章 現状・問題意識

- 第1節 鉄道混雑の現状
- 第2節 混雑に対する現状の取り組み
 - 第1項 働き方改革；フレックスタイム制・テレワーク制
 - 第2項 各鉄道会社の施策
- 第3節 混雑率の目標値の達成
- 第4節 ダイナミックプライシングの導入
 - 第1項 ダイナミックプライシングとは
 - 第2項 導入の利点
 - 第3項 実現可能性

第2章 先行研究及び本稿の位置づけ

- 第1節 都市鉄道過密問題に関する先行研究
- 第2節 本稿の位置づけ

第3章 分析

- 第1節 最適運賃の理論的導出
 - 第1.1項 最適混雑料金の理論
 - 第1.2項 需要曲線
 - 第1.3項 社会的限界費用曲線
 - 第1.4項 最適運賃・混雑率（東京メトロ東西線の例）
 - 第2項 最適運賃・混雑率（混雑率150%超えの33路線）
 - 第3項 コロナ終息後における最適運賃・混雑率
- 第2節 混雑回避行動に関する分析

第4章 政策提言

- 第1節 政策提言の方向性
- 第2節 ダイナミックプライシングの導入にあたって
- 第3節 既存の交通費支給システムへの働きかけ
- 第4節 導入の実現性・提言のまとめ

参考文献・データ出典

第1章 現状・問題意識

第1節 鉄道混雑の現状

都市圏における通勤通学時間の交通渋滞は以前より問題となっている。その輸送力の大きさと目的地到達の定時性から多くの利用者を抱えてきた鉄道輸送であるが、通勤・帰宅時間になると多くの路線で車内は超満員状態となり混雑という外部負効用を利用者にもたらしてきた。

平成12年の国土交通省による目標によると都市圏のすべての路線において通勤時間の混雑率を150%に抑えるという目標がとられている。鉄道混雑率は「輸送人員÷輸送力」で算出される指標であり、その混雑具合を指し示す図は次の通りであり、混雑は日本の社会問題であるといえる。

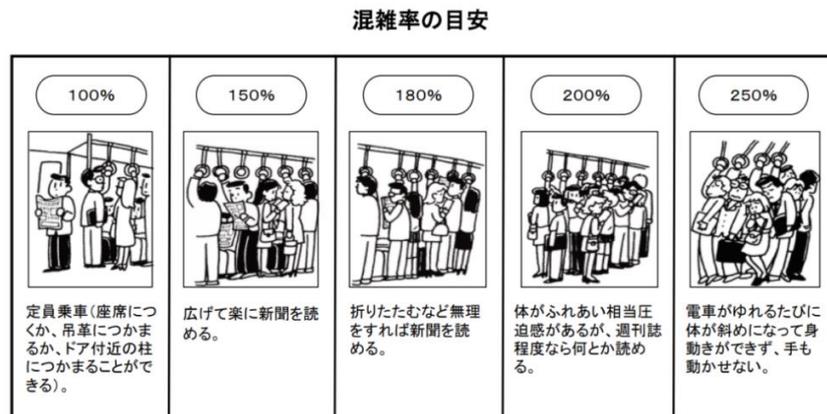


図1：混雑率の目安
(出典：国土交通省(2022))

第2節 混雑に対する現状の取り組み

第1項 働き方改革；フレックスタイム制・テレワーク制

総労働時間を設定することで始業、終業時間を変更する仕組みをフレックスタイム制と呼ぶ。この仕組みは働き方改革関連法として要件が改められた。テレワークはコロナウイルス蔓延のため日本において急速に拡大したシステムであり、対面出社による感染拡大の

リスクを抑えることを目的として導入されている。

これらの制度は導入された経緯は異なるが、ともに首都交通の混雑緩和を実現するための方法のひとつとなりうる。多くの会社でフレックスタイム制を導入することで通勤地獄と称されるラッシュ時間に出勤しなくてはならない人の数は減る。またテレワークが多くの会社において定着してしまえば、会社員は鉄道を利用することがなくなるため、混雑は解消される。

しかしながら、以上のような働き方改革は必ずしも混雑問題の根本的な解決にはつながらない。通勤客という人の観点と、制度運用者である会社の観点から理由を考える。

一つ目の理由として、全員が働き方を柔軟に変更させることができないからである。フレックスタイム制の推奨は1990年代から行われているものの、厚生労働省の調査によって2020年時点のフレックスタイム制を行う労働者の割合はわずか9.5%であることが明らかになった。また、パーソル総合研究所(2020)「第四回・新型コロナウイルス対策によるテレワークへの影響に関する緊急調査」によると、テレワークの実施率は2020年時点で24.7%となっている。特に医療、介護、福祉の分野では4.3%という水準であった。職業や職種によって融通の利かない人が一定数いることは明らかであり、施策の効果は限定的であるといえる。

二つ目の理由として、実行に対するハードルの高さ、実現可能性での問題があげられる。フレックスタイム制やテレワーク制は東京都をはじめ、公的機関からの推奨はあるものの、制度の採用の可否は各企業に委ねられている。今回のような混雑問題を解決するためには、少数の企業が制度を推進しても効果は薄く、社会全体となって取り組むことで初めて効果が表れると考える。この点で、各々に決定権を持つ企業に対して、制度を適用することは実現が難しく、施策として十分な効果が見込めないのではないかと考えた。

第2項 各鉄道会社の施策

混雑率緩和を目的として、首都圏の各路線は様々な施策をとり、設備投資を進めている。例えば小田急電鉄は1964年より代々木上原から登戸までの複々線化事業を開始した。小田急は新百合ヶ丘以西の小田原、江の島、多摩の3つの経路からの電車が一つの線に収束するため電車自体が混み合うことによる渋滞が発生していた。複々線化は上り下りを片側二線にすることで列車渋滞を緩和させ、混雑率が192%から150%まで解消に成功している。

またJR中央線は2024年以降、現在の10両編成からグリーン車を2両増やした合計12両編成の車両導入を目指している。そのため中央線の駅ホームは現在12両編成の列車が入線するためのホーム延伸工事が各駅で進められている。

そのほか各鉄道路線では有料特急、有料座席の導入のような設備投資が進められてきた。しかし多額の資金がかかること、首都圏の用地取得が困難なことから鉄道の混雑率は平成20年度を境にその変化率がほぼ横ばいとなっている。

第3節 混雑率の目標値の達成

鉄道の混雑率の減少を実現するためには乗車可能人数を増加させるような供給サイドのアプローチだけではなく、利用する側である需要サイドが混雑を避けるような行動をとることが大事である。

例えば東京メトロの東西線やJR 東日本において利用する IC 定期や IC 乗車券を提携するポイントサービスと紐づけることによってピーク時間を避けた鉄道利用に対してポイントを付与するサービスを実施している。この方法により鉄道利用客は混雑回避と同時にポイントを得ることができるため、さらなるピーク時間の分散を促すことができると考えられている。

図2のように平成20年度ごろから鉄道会社のピーク緩和施策によって見られる混雑緩和効果が減退し始めた。2020年のコロナショックにより首都圏の混雑率は100%前後にまで急激に減少したがこの変化は一時的であると筆者は考える。本論において検討する変動運賃制度は混雑率を改善するための経済的なアプローチであり、これまで数多くの場において提言されてきたことであるが、鉄道輸送の公共財的な特徴から首都圏において実現されることはなかった。図らずも達成した混雑率の減少が、コロナ禍が改善したのちにリバウンドしてしまうことを防ぐため鉄道運賃を改善させる大胆な施策を今こそとるべきである。以降この論文では混雑率の減少を実現するための政策として首都圏鉄道における時間帯運賃変動制度、ダイナミックプライシングに関して議論する。

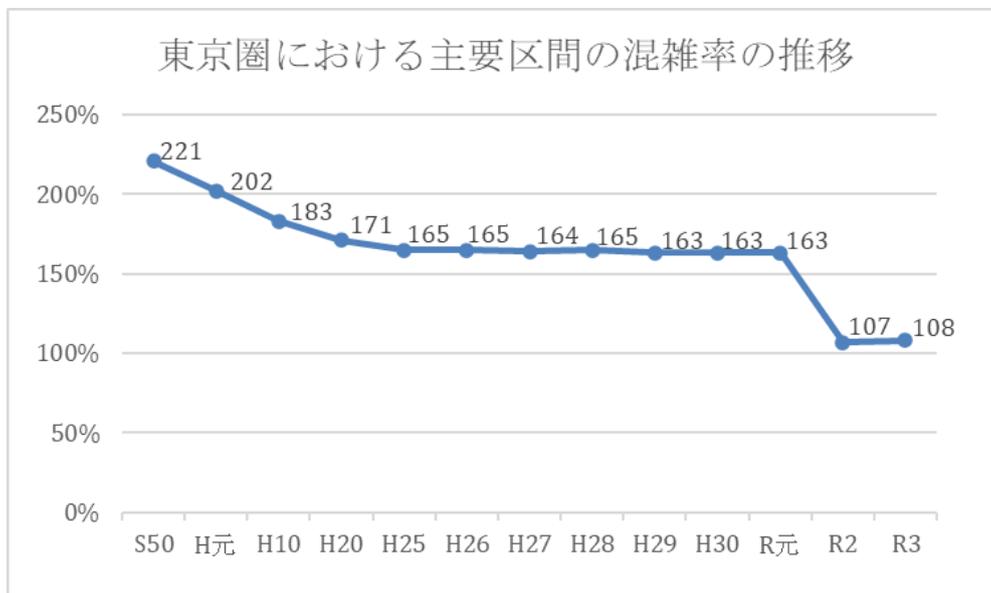


図2：東京圏内混雑率の推移
(出典：国土交通省(2021)より筆者作成)

第4節 ダイナミックプライシングの導入

第1項 ダイナミックプライシングとは

鉄道の混雑の問題はピーク時間に人が集中してしまうことである。実際に首都圏の混雑は通勤時間に集中しており、その他のオフピーク時間においては大きな混雑は発生していない。

第2節まででみてきたように、鉄道混雑の解決にはさらに設備投資を行うのではなく、これまで実施されていない利用客の行動に訴えかける政策が必要とされる。その政策の1つとして我々が提言するのが、「ダイナミックプライシング」である。ダイナミックプライシングとは、商品やサービスの需要に応じて価格を変動させることであり、航空産業や商業施設などで近年取り入れられている。

第2項 導入の利点

このダイナミックプライシングを鉄道産業に取り入れることが変動運賃制の導入である。ダイナミックプライシングの考えによると、鉄道需要の高い朝夕ラッシュ時間帯には運賃は高くなり、利用者にはラッシュ時を避けて利用時間を変えるインセンティブが生まれる。つまり、時間帯ごとに混雑の平準化が促され、ラッシュ時間帯の混雑の解消につながるのである。利用者は混雑による負効用を小さくすることができる。一方で、鉄道会社側にとってもコスト削減や運用の最適化といった利点がある。輸送人員の平準化によってラッシュ時の減便が生じることにもつながり、車両や人員などのコストを削減することができる。

変動運賃制は長期的な鉄道投資といった点で混雑を解消することができる。ダイナミックプライシングによって利用者に最適混雑料金を課すことになると、正の利潤が発生する場合がある。八田（1995）は、モーリングの定理を用いて「最適混雑料金の下で利潤がゼロになる鉄道施設の規模が効率面から見ると最適になる」と強調している。企業はこの利潤を混雑解消に資する鉄道投資を行い続けるとすると、混雑は緩和され、混雑料金は下がり続ける。やがて混雑料金からの収入は固定費に等しくなり、利潤はゼロになる。この時、混雑は解消され、鉄道規模も最適化されることになる。つまり、長期的にはダイナミックプライシングによる混雑料金は、それを原資とした鉄道投資により引き下げられ、同時に混雑も解消されるというのである。

第3項 実現可能性

混雑の問題は今日に限る問題ではなく、高度成長期以降日本の社会課題の1つであった。しかしながら、ダイナミックプライシングを導入するには技術的な障壁として、切符による運賃の事前徴収が存在した。特急列車のように乗車時間・区間を指定した変動運賃

切符を販売すればこの問題は解決するが、利用者数が非常に多い首都圏においては現実的ではなく、遅延や急な行先の変更にも対応できない。一方で、今日においては IC カードの普及によってこの障壁は取り除かれ、技術的に実現可能であると筆者らは判断する。スパコロの調査によると、IC カードの普及率は 8 割を超えており、ほとんどの利用者が改札出場時に料金を払う。この改札出場時に時間に応じた料金を徴収するといった流れで実行が可能である。

人々の混雑に対する関心はコロナ禍を通してさらに高まっている。直感的には通勤時間帯に運行される座席指定列車の運行数の増加によって理解することができる。例えば、東急電鉄株式会社は大井町線において「Q シート」と呼ばれる座席指定列車をはじめ、2023 年には東横線にも拡大予定であり、混雑を回避して快適な通勤をしたいという利用者のニーズの高まりがうかがえる。また、会社員はコロナ禍のいまにおいてより一層混雑を回避しようとしていることが第 3 章での筆者らの分析からも示唆されている。このような中で変動運賃制を採用することは利用者側からしても受け入れやすくなっているのではないかと判断した。

第2章 先行研究及び本稿の位置づけ

第1節 都市鉄道過密問題に関する先行研究

ここでは今回扱う問題の先行研究を二つあげる。

第一に、小田切ほか（2006）の研究を挙げる。この研究は、首都圏の通勤線区に混雑料金を導入した場合の混雑緩和の効果を、費用便益分析により検討したものである。例として、JR 中央線が取り上げられている。

分析の結果としては、主に以下のようなことが示されている。一つ目に、現行の 2 倍程度の運賃を設定することで、混雑率が 2006 年当時の 218% から、国の当面の目標値である 180% まで低下させることができると示唆されている。二つ目に、均衡水準では死重損失が解消されることにより、年間約 20 億円の社会的余剰が増加するのに加えて、混雑料金収入として年間約 100 億円の収入が得られることが推計された。

この分析結果から、政策提言が三つなされている。一つ目は、公的機関に対する提言である。差別料金の許容または混雑税の導入が行える環境整備が必要であるとして、鉄道事業法に定められる「特定の旅客に対する不当な差別的取扱い」条項の見直しを主張している。二つ目は、鉄道会社に対する提言である。具体的には、混雑料金から得られた収入を活用して、オフピークの運賃割引、複々線化を実施していない路線における輸送力増強策の実施、および混雑の不効用を悪化させないための車内や駅のセキュリティ向上等の取り組みの実施を指摘する。三つ目は、会社及び公的機関に対する提言であり、需要の運賃弾力性を高めるための政策として、通勤手当の非課税措置の縮小・撤廃を取り上げている。

第二に、松本（2015）の研究を挙げる。この研究は、価格のメカニズムを利用して、東京の通勤鉄道の混雑を解決しようとする立場をとり、多段階制混雑料金の導入を主張している。

分析の結果、二つのことが示された。一つ目は、混雑料金だけで、現行の定期料金よりも約 6 倍の徴収が必要であり、このことから現行の通勤定期料金制による通勤割引料金が混雑率の上昇に寄与しているということである。二つ目は、どの時間帯に通勤しても一律の通勤定期料金を課すという現在の料金体系は、最適混雑を達成する混雑料金の観点からは望ましくないということである。

以上のような結果から政策的な提案も二つある。一つ目は、通勤定期料金制を廃止するべきであるということである。時間によって混雑の度合いが異なる現状に対して、一律に割引することは不相当であると指摘している。二つ目は、通勤手当に対する非課税枠の引き下げ・撤廃である。非課税枠があることで、通勤者の職住近接が滞ってしまう事を理由として示している。

これらの先行研究を用いた意図としては、通勤鉄道の混雑を定量的に分析した研究として優れていると考えたからである。具体的な分析をするにあたって、用いる変数や枠組みを参考にした。

第2節 本稿の位置づけ

次章の第3章第1節では、小田切ほか(2006)で使われた消費者余剰アプローチを基にして同様の分析を行っていくが、以下の点で新規性があると言える。まず、小田切らの論文ではJR中央線1本のみを分析対象としているが、我々の分析では(国土交通省による目標値である)混雑率150%以下を2019年時点で達成できていない33路線について分析を行った。さらに、コロナ後の分析として、混雑率が長期的にどのように推移していくかについて3パターンのシナリオを想定し、それらに応じて最適運賃がどのように設定されるべきかについても分析を加えた。

第3章第2節では、2020年に行われた「混雑に関する情報等、交通情報に関するアンケート結果」の個票データを用いて通勤時の混雑回避行動に影響を与える要素について分析した。この結果から、混雑回避行動を促し、混雑率に応じた運賃変更策の効果を増大させるために同時に行うべき施策についての示唆が得られた。

第3章 分析

第1節 最適運賃の理論的導出

以下の分析では、小田切ほか（2006）の消費者余剰アプローチに沿って最適な混雑料金について考えていく。ただし小田切らの論文では分析対象は JR 中央線のみ 1 路線を扱っていたのに対し、我々の分析では、混雑率上位 33 路線について扱った。議論をわかりやすくするため、まずは東京メトロ東西線の事例を用いて最適運賃を算出し、その後同じ手法で産出された、ほかの 20 路線に関する分析結果も示した。データ上の制約から 2019 年のデータをもとに最適運賃を算出しているが、これでは 2020 年からのコロナ禍の影響を考慮した分析ができていない。そのため、2019 年での分析の後に、理論に基づきながらコロナ後における最適な運賃について、3 つの具体的なシナリオを立てたうえで予想を与えていく。

第 1.1 項 最適混雑料金の理論

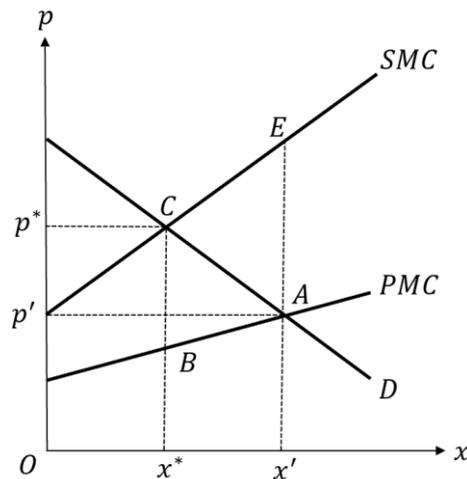


図 3：最適な混雑料金

竹内健蔵『交通経済学入門（新版）』p117 を参照しながら筆者が作成。

p は運賃。 x は混雑率、あるいは生産量（運送人数や運送量）と読みかえてもよい。（SMC はここでは簡単化のため線形で書いているが、後述の分析では非線形としている。）

図 3 は竹内（2018）をもとに書いた図である。縦軸に運賃、横軸に運送量（あるいは混雑率）をとっている。まず D は需要曲線、 PMC は私的限界費用曲線、 SMC は社会的限界費用曲線となっている。現在の均衡点は、需要曲線 D と私的限界費用曲線 SMC の交点 A で表現されている。このとき、現在の運賃は p' 、現在の輸送量（混雑量）は x' となる。

ただし、現在の均衡点が社会的に最適であるというわけではない。私的限界費用曲線には、混雑によってかかる社会的なコスト（乗客が感じる不快感など）が織り込まれていないからだ。ここに、混雑の「負の外部性」が存在している。社会的に最適な点とは、需要曲線 D と社会的限界費用曲線 SMC の交点 C で表される。そして現行の均衡点 A からこの社会的に最適な均 1 衡点 C へと移行させるために運賃 p を p' から p^* へと引き上げればよい、ということになり、この差分 $p^* - p'$ が混雑料金として定義される。

そしてここで行うべきことは、需要曲線と社会的限界費用曲線のカリブレーションである。つまり需要曲線と供給曲線の、関数としての形を仮定したうえで、そこに関わるパラメータを現実に近いものをあてはめていくという作業をとる。

ちなみに、私的限界費用曲線に関しては特定する必要はない。というのも、上で述べたように需要曲線 D と私的限界費用曲線 PMC の交点は「現在の均衡点」を表すものだから、わざわざ私的限界費用曲線の形を特定して D との交点を求めるよりも、現実に存在している状況として点 A: $(x, p) = (x', p')$ を考えればよいからである。

第 1.2 項 需要曲線

まずは、需要曲線である。小田切ほか（2006）のアプローチに従い、以下のような単純な線形関数を仮定する：

$$p = \alpha x + \beta$$

ここでパラメータ α , β を当てはめていけば、具体的な需要曲線を導くことができる。この分析では直接パラメータを求めていくのではなく、需要の運賃弾力性を推定することでそこから間接的にパラメータを求めていくことにする。この需要曲線は点 A: $(x, p) = (x', p')$ を通ることから、弾力性 ε は以下のように書ける。

$$\varepsilon = -\frac{\frac{dx}{x'}}{\frac{dp}{p'}} = -\frac{dx}{dp} \cdot \frac{p'}{x'} = -\frac{1}{\frac{dp}{dx}} \cdot \frac{p'}{x'} = -\frac{1}{\alpha} \cdot \frac{p'}{x'}$$

そして ε が与えられたとき、上の式からパラメータ α は以下のように書ける。

$$\alpha = -\frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{p'}{x'}$$

この α と $(x, p) = (x', p')$ を $p = \alpha x + \beta$ に代入する。そうすると β の値も求められる：

$$\beta = \left(1 + \frac{1}{\varepsilon}\right) p'$$

よって x', p', ε が所与のとき、需要曲線は

$$p = \left(-\frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{p'}{x'} \right) x + \left(1 + \frac{1}{\varepsilon} \right) p' \quad (*)$$

と書くことができる。

よって、 x', p', ε にあてはめる値を以下考えていくことにする。後述するよう使用データ「鉄道統計年報」では 2019 年（令和元年）度までのものしかなく、そのため x', p' については 2019 年のものを使って計算していく。このため、現時点ではこのカリブレーションはコロナ前のものとなる（コロナ後の分析については後の第 3 項で議論する）。

まず、 x' についてだが、この分析では「その路線における、もっとも混雑している 1 時間の混雑率」として解釈する。国土交通省による都市鉄道の混雑率調査（令和元年度実績）の「最混雑区間における混雑率（2019）」によると、7:50~8:50 の時間帯で木場→門前仲町区間 199% という混雑率が出ており、この数値を使用する。ただし、あとで述べる社会的限界費用曲線の算出における計算の都合上、 $x' = 1.99$ とする。

次に p' であるが、これは実質的な運賃として単位あたり（1km あたり）運賃として解釈する。朝のラッシュ時は基本的には定期券を使用する通勤・通学客が主な乗客だと考えられるので、それを対象とする。データは具体的には令和元年度「鉄道統計年報」を用いて、これに記載の①：「運輸成績表（収入）」の「旅客運輸収入」（定期の通勤通学客の合計を対象）を、②：「運輸成績表（延日キロ、人（トン）キロ、平均数）」の「旅客人キロ」（こちらも定期の通勤通学客の合計）で割ったものを単位運賃として解釈する。つまり、定期券使用の乗客を対象に、①東西線の年間定期券収入を、②同路線の年間輸送量で除しているということである。データより、①は 27,550,919 千円、②は 3,200,974 千 km なので、1km 単位運賃 p' （円）は：

$$p' = 8.6 \text{ (円)}$$

となる（小数点第 2 位を四捨五入）。

最後に需要の運賃弾力性 ε だが、これは先行研究の値を参照する。金子ほか(2004)では被説明変数に輸送人キロを、説明変数に自社運賃と就業人口を用いた重回帰分析を行って、定期使用者での需要の運賃弾力性を各路線について算出している。その結果では 0.14~0.41 という値が出ている。ここではこの中間値である $\varepsilon = 0.28$ （小数点第 3 位を四捨五入）を用いることにする。

以上の議論より、 $(x', p', \varepsilon) = (1.99, 8.6, 0.28)$ が求まり、これを (*) にいれると

$$p = \left(-\frac{1}{0.28} \cdot \frac{8.6}{1.99} \right) x + \left(1 + \frac{1}{0.28} \right) 8.6 \quad (D)$$

であり、これが具体的な需要曲線となる。

第 1.3 項 社会的限界費用曲線

社会的限界費用曲線 SMC は私的限界費用よりも社会的なコスト（乗客の不快感）の分だけ上に位置している。このことを念頭に、小田切ほか（2006）は関数の以下のような仮定をしている：

$$SMC = T(ax - b) + p'$$

ここで、 T は 1 分あたりの時間価値、 a, b は乗客が混雑から感じる不効用のパラメータである。また、 x, p' は前項と同じで混雑率と、現在の 1km 単位運賃を示す。

パラメータ T, a, b は国土交通省「鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル（2012 年改訂版）」（これが現在の最新版である）から引用してくる。まず、 T に関しては、東京都では、 $T = 47.0$ ということがわかる。

a, b に関しても同マニュアルに記載があり、ここでは $F = ax - b$ と定義されたうえで、しかも混雑率 x の値に依存する形で F の形が変わるようになっている。

混雑率 x	$F = ax - b$
$0 \leq x < 1.0$	$F = 0.0270x - 0$
$1.0 \leq x < 1.5$	$F = 0.0828x - 0.0558$
$1.5 \leq x < 2.0$	$F = 0.179x - 0.200$
$2.0 \leq x < 2.5$	$F = 0.690x - 1.22$
$2.5 \leq x$	$F = 1.15x - 2.37$

表 1 : F について

出典：国土交通省「鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル（2012 年改訂版）」
 改めて注意：ここで混雑率 x は、混雑率 $X\%$ に対して、 $x = X/100$ として定義してある。
 以上の議論より、SMC が具体的に求まる。

第 1.4 項 最適運賃・混雑率（東京メトロ東西線の例）

第 2・3 項の議論より、需要曲線 D と社会的限界費用曲線 SMC は以下のようになる。
 需要曲線 D ：

$$p = \left(-\frac{1}{0.28} \cdot \frac{8.6}{1.99}\right)x + \left(1 + \frac{1}{1.99}\right)8.6 \quad (D)$$

社会的限界費用曲線 SMC：

$$SMC = 47 \cdot F + 8.6$$

(F は表 1 にしたがう)

そしてこの D と SMC の交点（＝社会的に最適な均衡点）を求めると、これは社会的に最適な点 (x^*, p^*) であり、

$$(x^*, p^*) = (1.68, 13.4)$$

となる

(x^* は小数点第 3 位を、 p^* は第 2 位を四捨五入している)。

すなわち、1km あたり運賃を 8.6 円から 13.4 円へと引き上げることによって、混雑率は 199% から 168% へと改善され、これが社会的に望ましい水準であるということがわかった。

第2項 最適運賃・混雑率（混雑率150%超えの33路線）

上では東西線を例にとって分析を行ってきたが、この項では他の路線も扱う。第1章で述べたように、混雑率は当面150%以下にしようというのが国土交通省審議会での目標であった。そこで、この4-2項では、その目標値である「150%以内」に2019年度で満たなかった33の路線について、同様の分析を同じ要領で行う。

扱う路線は、2019年の混雑率の高い順に、東京メトロ東西線・JR横須賀線・JR総武線（緩行）JR東海道線・日暮里舎人ライナー・JR京浜東北線・JR埼京線・JR中央線（快速）東急田園都市線・JR南武線・東京メトロ千代田線・東急目黒線・東急東横線・東京メトロ半蔵門線・京王線・JR武蔵野線・東京メトロ有楽町線・西武新宿線・JR横浜線・JR高崎線・JR京葉線・都営三田線・都営大江戸線・東京メトロ銀座線・東京メトロ丸ノ内線・東京メトロ南北線・都営新宿線・東京メトロ日比谷線・西武池袋線・小田急小田原線・JR山手線（内回り）東急大井町線・東京メトロ副都心線である。

まず、上で述べてきたやり方と同様に、混雑率に関しては国土交通省による「都市鉄道の混雑率調査（令和元年度実績）」の「最混雑区間における混雑率（2019）」からデータを入手し、それを100でわって x' とする（つまり混雑率は $100x'\%$ である）。そして1kmあたり運賃 p' についてもこれまでの方法と同様に、令和元年（2019年）度の「鉄道統計年報」のデータで、各路線で①年間定期収入を②定期利用者の年間輸送量で除して算出する。ただし、JRの路線に関しては（他にもデータがないか多く探してみたものの）各路線別の定期収入のデータがなく、「JR東日本全体での」収入・輸送量のデータしか見当たらなかった。そこでJRの路線の1km単位運賃については一律に、

- ①（JR東日本全体での）年間定期券収入：509,427,285千円
- ②（JR東日本全体での）定期利用の年間輸送量：76,675,466千人キロ

を使って、 $① \div ② = 6.6$ 円（小数点第2位を四捨五入）を1kmあたり単位運賃 p' として、JRの路線に対し一律に使うことにする。

各路線の x' と p' は以下の通りである（次のページ）。

路線名	x'	① 年間定期券収入 (単位：千円)	② 年間輸送量 (単位：千 km)	1km 単位運賃(p') (①÷②)
東西線	1.99	27,550,919	3,200,974	8.6
JR 横須賀線	1.95			6.6
JR 総武線	1.94			6.6
JR 東海道線	1.93			6.6
日暮里舎人 ライナー	1.89	3,512,760	133,414	26.3
JR 京浜東北線	1.85			6.6
JR 埼京線	1.85			6.6
JR 中央線	1.84			6.6
田園都市線	1.83	26,497,608	3,257,310	8.1
JR 南武線	1.82			6.6
千代田線	1.79	23,672,720	2,338,687	10.1
目黒線	1.78	5,714,428	501,083	11.4
東横線	1.72	21,505,828	2,628,428	8.2
半蔵門線	1.69	14,602,881	1,220,275	12.0
京王線	1.67	29,576,926	4,341,376	6.8
JR 武蔵野線	1.66			6.6
有楽町線	1.65	20,529,383	2,113,430	9.7
西武新宿線	1.64	21,357,071	2,827,867	7.6
JR 横浜線	1.63			6.6
JR 高崎線	1.62			6.6
JR 京葉線	1.62			6.6
都営三田線	1.61	15,645,277	1,160,568	13.5
都営大江戸線	1.61	20,399,539	1,336,542	15.3
銀座線	1.60	11,903,356	728,662	16.3
丸ノ内線	1.59	19,862,829	1,487,930	13.3
南北線	1.59	9,720,734	893,041	10.9
都営新宿線	1.59	17,832,841	1,352,307	13.2
日比谷線	1.58	18,413,938	1,441,927	12.8
西武池袋線	1.58	23,316,862	2,969,562	7.9
小田原線	1.58	46,966,550	7,387,612	6.4
JR 山手線	1.56			6.6
大井町線	1.56	5,051,201	556,007	9.1
副都心線	1.55	8,931,989	827,201	10.8

表 2：各路線の混雑率（2019 年）と単位運賃

x' については国交省「都市鉄道の混雑率調査（令和元年度実績）」のデータで、
①と②は令和元年（2019 年）度「鉄道統計年報」のデータを用いている。

これをもとに、同様の分析を行う（ただし、 $\varepsilon = 0.28$ をすべての路線に対し一律に使っている）。分析結果は以下のとおりである：

(x^* は小数点第 3 位を、 p^* は第 2 位を四捨五入している)

路線名	(x', p')	(x^*, p^*)	p は何倍増えたか
東京メトロ東西線	(1.99, 8.6)	(1.68, 13.4)	1.56 倍
JR 横須賀線	(1.95, 6.6)	(1.61, 10.7)	1.62 倍
JR 総武線	(1.94, 6.6)	(1.60, 10.7)	1.62 倍
JR 東海道線	(1.93, 6.6)	(1.60, 10.6)	1.61 倍
日暮里舎人ライナー	(1.89, 26.3)	(1.78, 31.9)	1.21 倍
JR 京浜東北線	(1.85, 6.6)	(1.56, 10.3)	1.56 倍
JR 埼京線	(1.85, 6.6)	(1.56, 10.3)	1.56 倍
JR 中央線	(1.84, 6.6)	(1.55, 10.3)	1.56 倍
東急田園都市線	(1.83, 8.1)	(1.58, 12.0)	1.48 倍
JR 南武線	(1.82, 6.6)	(1.54, 10.2)	1.55 倍
東京メトロ千代田線	(1.79, 10.1)	(1.59, 14.1)	1.40 倍
東急目黒線	(1.78, 11.4)	(1.60, 15.5)	1.36 倍
東急東横線	(1.72, 8.2)	(1.52, 11.6)	1.42 倍
東京メトロ半蔵門線	(1.69, 12.0)	(1.55, 15.6)	1.30 倍
京王線	(1.67, 6.8)	(1.46, 9.9)	1.46 倍
JR 武蔵野線	(1.66, 6.6)	(1.45, 9.6)	1.45 倍
東京メトロ有楽町線	(1.65, 9.7)	(1.50, 12.9)	1.33 倍
西武新宿線	(1.64, 7.6)	(1.46, 10.6)	1.39 倍
JR 横浜線	(1.63, 6.6)	(1.43, 9.5)	1.44 倍
JR 高崎線	(1.62, 6.6)	(1.42, 9.5)	1.44 倍
JR 京葉線	(1.62, 6.6)	(1.42, 9.5)	1.44 倍
都営三田線	(1.61, 13.5)	(1.50, 16.7)	1.24 倍
都営大江戸線	(1.61, 15.3)	(1.51, 18.6)	1.22 倍
東京メトロ銀座線	(1.60, 16.3)	(1.50, 19.6)	1.20 倍
東京メトロ丸ノ内線	(1.59, 13.3)	(1.48, 16.5)	1.24 倍
東京メトロ南北線	(1.59, 10.9)	(1.46, 14.0)	1.28 倍
都営新宿線	(1.59, 13.2)	(1.48, 16.4)	1.24 倍
東京メトロ日比谷線	(1.58, 12.8)	(1.47, 15.9)	1.24 倍
西武池袋線	(1.58, 7.9)	(1.42, 10.8)	1.37 倍
小田急小田原線	(1.58, 6.4)	(1.39, 9.2)	1.44 倍
JR 山手線	(1.56, 6.6)	(1.38, 9.3)	1.41 倍
東急大井町線	(1.56, 9.1)	(1.42, 12.0)	1.32 倍
東京メトロ副都心線	(1.55, 10.8)	(1.43, 13.7)	1.27 倍

表 3 : 2019 年データでの分析結果

※「1km あたり運賃を p' 円から p^* 円に上げたとき、混雑率は $100x' \%$ から $100x^* \%$ (社会的に最適な混雑率) へと減少する」と解釈すればよい。

第3項 コロナ終息後における最適運賃・混雑率

1km単位運賃 p' を算出するために必要な「鉄道統計年報」が、現時点で令和元年度(2019年度)版までしか出ていないため、以上の分析はそれに合わせて2019年のデータを使ってきた。しかしこれでは2020年に始まったコロナ禍以降の状況を記述できていない。第1章で確認したように、コロナ前後で混雑率のトレンドが明らかに変化していることから、コロナの影響について考えることは重要であろう。以下ではそれを議論していく。

ポイントは「コロナの影響は一時的なものであり、長期的にみればコロナによる社会への影響は薄まっていく」というものである。コロナはまさに「緊急事態」であり、普段は電車に乗っていた人々がテレワークといったオンライン技術を活用することで電車の乗客数が減り、混雑率が減っていた。それがコロナ終息後はあらたな「平時」として、例えば会社員ならばテレワークをしていたが対面での業務に戻るといったことで、混雑率も元の水準のほうへと向かっていく(戻っていく)ことが考えられる。

ただしここで注意なのは、コロナ禍で減った乗客のすべてがコロナ後に「戻ってくる」わけではないということである。コロナ禍がきっかけでテレワークに切り替えたひと全員が、(長期的にみて)コロナ終息後にテレワークを完全にやめるということは考えにくく、いくらかの割合のひとはコロナ終息後にもテレワークを続け、その分電車には乗らず、混雑率は抑えられると考えられる。実際、森川(2021)によれば、コロナ終息後においても現在と同程度の頻度で在宅勤務を続けたいという人が大幅に増加しており、このコロナを良いきっかけとして在宅勤務が新たな働き方として定着する可能性が高いことが示されている。ここで本項の分析では、コロナ禍で減った乗客の何割かが戻ってくるが、完全に10割戻ってはこないことを想定し、それに応じて混雑率を変化させて前項と同じ枠組みで分析を行う。混雑率については2020年のコロナ禍でのデータがあるので、これを活用する。

まず、ある路線におけるコロナ前(2019年)の混雑率を x'_{2019} とおく。そしてコロナ禍1年目の2020年の混雑率を x'_{2020} とする。コロナ突入直後が社会的な行動制限の程度が一番強かったが、年が経つにつれて行動制限が緩まってくると仮定する。そうなると、2020年以降は年々混雑率は上昇していくとも仮定できる。ただし先に述べたようにテレワークなどの定着を考慮して、混雑率は2019年の水準までには戻らないとする。これらの議論をまとめると、以下のように書ける²。

$$x'_{2019} \gg x'_{2020} < x'_{2021} < x'_{2022} < \dots (< x'_{2019})$$

² 2020年と2021年の混雑率に関して、ここではわかりやすさのために $x'_{2020} < x'_{2021}$ としているが、実際のデータでは2021年の混雑率 x'_{2021} のほうが2020年の混雑率 x'_{2020} よりも小さいというケース(路線)も一部存在したので、 $x'_{2020} < x'_{2021}$ であるとは厳密には一概に言えなさそうである。これについて考えられる背景としては、「データとして載っている2020年の混雑率はコロナ禍の行動制限以前の1, 2, 3月などでの混雑率データも拾ったうえで算出されているとおそらく考えられるので、対照的に年中コロナ禍だった2021年より値が大きく出ることになったものもある」という理由があるかもしれない。とはいえ、 x'_{2020} , x'_{2021} の2つの値はおおむね近い値であることが観察されているため、現実的には $x'_{2020} \approx x'_{2021}$ ぐらいに考えておくのがよいだろう。ただし、このこと自体は本項の議論の本質を損ねるものではない。

ここで考えたいのは、コロナ禍で減った乗客の「どのくらいの人たちが」「長期的に見て」コロナ終息後に戻ってくるのか、ひいてはコロナ禍で減った混雑率のうち「どのくらいの割合が」「長期的に見て」増加して戻ってくるのかということである。

たとえば、長期的に見てコロナ終息後にはコロナ直後で減った分の中間の割合くらいが戻ってくると想定する。この水準を $x'_{50\%}$ と書くことにすると、

$$x'_{50\%} \equiv x'_{2020} + \frac{1}{2}(x'_{2019} - x'_{2020})$$

と定義される。

x'_{2020} については国土交通省による「都市鉄道の混雑率調査（令和2年度実績）」の「最混雑区間における混雑率（2020）」から各路線について入手可能である。

このほかにもここでは「1/4ほどが戻ってくる」「3/4ほどが戻ってくる場合」も想定し、それらは

$$x'_{25\%} \equiv x'_{2020} + \frac{1}{4}(x'_{2019} - x'_{2020})$$

$$x'_{75\%} \equiv x'_{2020} + \frac{3}{4}(x'_{2019} - x'_{2020})$$

と定義する。

※ちなみに、「完全に戻ってくる場合」は $x'_{100\%} \equiv x'_{2019}$ として 2019 年度での分析に一致する。この場合は前項の分析結果をそのまま見ればよいので本項では対象外としている。一方全く戻ってこない場合も x'_{2020} と一致すると考えられはするが、コロナ発生直後である 2020 年の行動制限が長期的にみていつまでも続くとは考えられないので、これも本分析では対象外としている（それに、現実のデータを見れば 2020 年から混雑率は基本的に上昇している）。

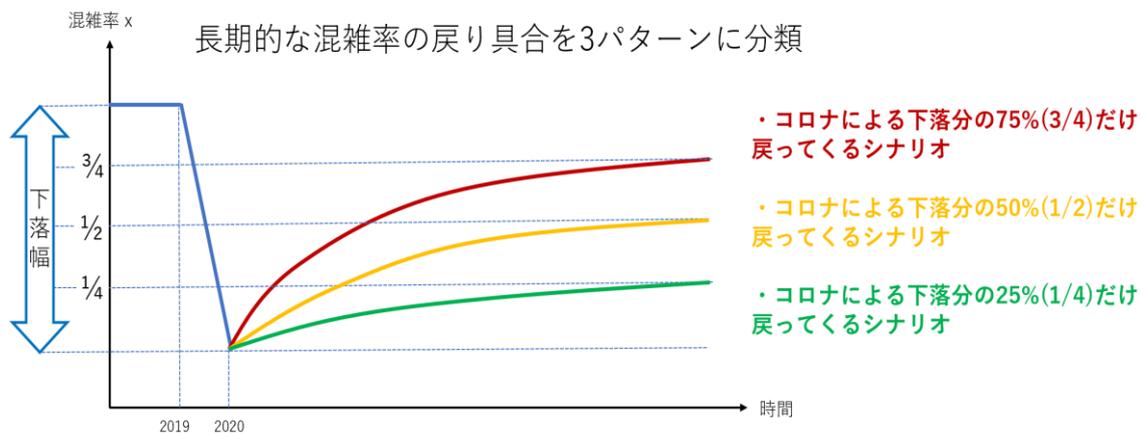


図4：3つのシナリオによる分析（筆者作成）

例えば東西線に関して言えば、「都市鉄道の混雑率調査」から $x'_{2019} = 1.99$ と $x'_{2020} = 1.23$ がわかり、 $x'_{25\%} = 1.42$ 、 $x'_{50\%} = 1.61$ 、 $x'_{75\%} = 1.80$ と算出できる。

そして、以下では各路線について $x'_{25\%}$ 、 $x'_{50\%}$ 、 $x'_{75\%}$ を用いて分析をしていく。各路線について x'_{2019} と x'_{2020} から $x'_{25\%}$ 、 $x'_{50\%}$ 、 $x'_{75\%}$ を算出すると、以下ようになる：

路線名	x'_{2019}	x'_{2020}	$x'_{25\%}$	$x'_{50\%}$	$x'_{75\%}$
東西線	1.99	1.23	1.42	1.61	1.80
JR 横須賀線	1.95	1.17	1.365	1.56	1.755
JR 総武線	1.94	1.11	1.3175	1.525	1.7325
JR 東海道線	1.93	1.03	1.255	1.48	1.705
日暮里舎人 ライナー	1.89	1.40	1.5225	1.645	1.7675
JR 京浜東北線	1.85	1.18	1.3475	1.515	1.6825
JR 埼京線	1.85	1.27	1.415	1.56	1.705
JR 中央線	1.84	1.16	1.33	1.5	1.67
田園都市線	1.83	1.26	1.4025	1.545	1.6875
JR 南武線	1.82	1.20	1.355	1.51	1.665
千代田線	1.79	1.18	1.3325	1.485	1.6375
目黒線	1.78	1.26	1.39	1.52	1.65
東横線	1.72	1.23	1.3525	1.475	1.5975
半蔵門線	1.69	1.11	1.255	1.40	1.545
京王線	1.67	1.12	1.2575	1.395	1.5325
JR 武蔵野線	1.66	1.34	1.42	1.5	1.58
有楽町線	1.65	1.09	1.23	1.37	1.51
西武新宿線	1.64	1.13	1.2575	1.385	1.5125
JR 横浜線	1.63	1.08	1.2175	1.355	1.4925
JR 高崎線	1.62	1.11	1.2375	1.365	1.4925
JR 京葉線	1.62	1.02	1.17	1.32	1.47
三田線	1.61	1.29	1.37	1.45	1.53
大江戸線	1.61	1.22	1.3175	1.415	1.5125
銀座線	1.60	0.98	1.135	1.29	1.445
丸ノ内線	1.59	1.01	1.155	1.30	1.445
南北線	1.59	1.15	1.26	1.37	1.48
都営新宿線	1.59	1.18	1.2825	1.385	1.4875
日比谷線	1.58	1.10	1.22	1.34	1.46
西武池袋線	1.58	1.09	1.2125	1.335	1.4575
小田原線	1.58	1.18	1.28	1.38	1.48
JR 山手線	1.56	0.97	1.1175	1.265	1.4125
大井町線	1.56	1.02	1.155	1.29	1.425
副都心線	1.55	0.94	1.0925	1.245	1.3975

表4：各路線の $x'_{25\%}$, $x'_{50\%}$, $x'_{75\%}$ の値
 x_{2019} と x_{2020} については国交省「都市鉄道の混雑率調査」のデータである。

なお、各路線において p' は表2で求めた一定値を想定してよい。実際に他の年のデータを見ても、各路線で単位運賃は何年度においても一定の水準の近くに収まっていることが観察される。また弾力性 ε についてもこれまでの分析と同じく 0.28 を用いる。

分析結果は順に以下のとおりである。

シナリオ①：コロナ終息後、長期的に混雑率が 1/4 程度戻ってくる場合
(x^* は小数点第 3 位を、 p^* は第 2 位を四捨五入している)

路線名	$(x'_{25\%}, p')$	(x^*, p^*)	p は何倍増えたか
東京メトロ東西線	(1.42, 8.6)	(1.31, 11.1)	1.29 倍
JR 横須賀線	(1.365, 6.6)	(1.24, 8.8)	1.33 倍
JR 総武線	(1.3175, 6.6)	(1.20, 8.7)	1.32 倍
JR 東海道線	(1.255, 6.6)	(1.16, 8.5)	1.29 倍
日暮里舎人ライナー	(1.5225, 26.3)	(1.47, 29.4)	1.12 倍
JR 京浜東北線	(1.3475, 6.6)	(1.23, 8.7)	1.32 倍
JR 埼京線	(1.415, 6.6)	(1.28, 8.9)	1.35 倍
JR 中央線	(1.33, 6.6)	(1.21, 8.7)	1.32 倍
東急田園都市線	(1.4025, 8.1)	(1.29, 10.5)	1.30 倍
JR 南武線	(1.355, 6.6)	(1.23, 8.8)	1.33 倍
東京メトロ千代田線	(1.3325, 10.1)	(1.25, 12.3)	1.22 倍
東急目黒線	(1.39, 11.4)	(1.31, 13.9)	1.22 倍
東急東横線	(1.3525, 8.2)	(1.25, 10.4)	1.27 倍
東京メトロ半蔵門線	(1.255, 12.0)	(1.12, 14.0)	1.17 倍
京王線	(1.2575, 6.8)	(1.16, 8.7)	1.28 倍
JR 武蔵野線	(1.42, 6.6)	(1.28, 9.0)	1.36 倍
東京メトロ有楽町線	(1.23, 9.7)	(1.16, 11.6)	1.20 倍
西武新宿線	(1.2575, 7.6)	(1.17, 9.5)	1.25 倍
JR 横浜線	(1.2175, 6.6)	(1.13, 8.4)	1.27 倍
JR 高崎線	(1.2375, 6.6)	(1.14, 8.4)	1.27 倍
JR 京葉線	(1.17, 6.6)	(1.09, 8.2)	1.24 倍
都営三田線	(1.37, 13.5)	(1.30, 15.9)	1.18 倍
都営大江戸線	(1.3175, 15.3)	(1.26, 17.6)	1.15 倍
東京メトロ銀座線	(1.135, 16.3)	(1.10, 18.0)	1.10 倍
東京メトロ丸ノ内線	(1.155, 13.3)	(1.11, 15.0)	1.13 倍
東京メトロ南北線	(1.26, 10.9)	(1.19, 12.9)	1.18 倍
都営新宿線	(1.2825, 13.2)	(1.22, 15.3)	1.16 倍
東京メトロ日比谷線	(1.22, 12.8)	(1.17, 14.7)	1.15 倍
西武池袋線	(1.2125, 7.9)	(1.14, 9.7)	1.23 倍
小田急小田原線	(1.28, 6.4)	(1.17, 8.3)	1.30 倍
JR 山手線	(1.1175, 6.6)	(1.05, 8.1)	1.23 倍
東急大井町線	(1.155, 9.1)	(1.10, 10.7)	1.18 倍
東京メトロ副都心線	(1.0925, 10.8)	(1.05, 12.3)	1.14 倍

表 5：シナリオ①の分析結果

※「1km あたり運賃を p' 円から p^* 円に上げたとき、混雑率は $100x'_{25\%} \%$ から $100x^* \%$ (社会的に最適な混雑率) へと減少する」と解釈すればよい。

シナリオ②：コロナ終息後、長期的に混雑率が 1/2 程度戻ってくる場合
 (x^* は小数点第 3 位を、 p^* は第 2 位を四捨五入している)

路線名	$(x'_{50\%}, p')$	(x^*, p^*)	p は何倍増えたか
東京メトロ東西線	(1.61, 8.6)	(1.45, 11.6)	1.35 倍
JR 横須賀線	(1.56, 6.6)	(1.38, 9.3)	1.41 倍
JR 総武線	(1.525, 6.6)	(1.35, 9.2)	1.39 倍
JR 東海道線	(1.48, 6.6)	(1.32, 9.1)	1.38 倍
日暮里舎人ライナー	(1.645, 26.3)	(1.58, 30.2)	1.15 倍
JR 京浜東北線	(1.515, 6.6)	(1.35, 9.2)	1.39 倍
JR 埼京線	(1.56, 6.6)	(1.38, 9.3)	1.41 倍
JR 中央線	(1.5, 6.6)	(1.34, 9.2)	1.39 倍
東急田園都市線	(1.545, 8.1)	(1.40, 10.9)	1.35 倍
JR 南武線	(1.51, 6.6)	(1.34, 9.2)	1.39 倍
東京メトロ千代田線	(1.485, 10.1)	(1.37, 12.8)	1.27 倍
東急目黒線	(1.52, 11.4)	(1.41, 14.3)	1.25 倍
東急東横線	(1.475, 8.2)	(1.34, 10.8)	1.32 倍
東京メトロ半蔵門線	(1.40, 12.0)	(1.32, 14.5)	1.21 倍
京王線	(1.395, 6.8)	(1.26, 9.1)	1.34 倍
JR 武蔵野線	(1.5, 6.6)	(1.33, 9.2)	1.39 倍
東京メトロ有楽町線	(1.37, 9.7)	(1.28, 12.0)	1.24 倍
西武新宿線	(1.385, 7.6)	(1.27, 9.9)	1.30 倍
JR 横浜線	(1.355, 6.6)	(1.23, 8.8)	1.33 倍
JR 高崎線	(1.365, 6.6)	(1.24, 8.8)	1.33 倍
JR 京葉線	(1.32, 6.6)	(1.20, 8.7)	1.32 倍
都営三田線	(1.45, 13.5)	(1.37, 16.2)	1.20 倍
都営大江戸線	(1.415, 15.3)	(1.35, 17.9)	1.17 倍
東京メトロ銀座線	(1.29, 16.3)	(1.24, 18.5)	1.13 倍
東京メトロ丸ノ内線	(1.30, 13.3)	(1.24, 15.5)	1.17 倍
東京メトロ南北線	(1.37, 10.9)	(1.29, 13.3)	1.22 倍
都営新宿線	(1.385, 13.2)	(1.31, 15.7)	1.19 倍
東京メトロ日比谷線	(1.34, 12.8)	(1.27, 15.1)	1.18 倍
西武池袋線	(1.335, 7.9)	(1.23, 10.1)	1.28 倍
小田急小田原線	(1.38, 6.4)	(1.25, 8.6)	1.34 倍
JR 山手線	(1.265, 6.6)	(1.16, 8.5)	1.29 倍
東急大井町線	(1.29, 9.1)	(1.21, 11.2)	1.23 倍
東京メトロ副都心線	(1.245, 10.8)	(1.18, 12.8)	1.19 倍

表 6：シナリオ②の分析結果

※「1km あたり運賃を p' 円から p^* 円に上げたとき、混雑率は $100x'_{50\%}\%$ から $100x^*\%$ (社会的に最適な混雑率) へと減少する」と解釈すればよい。

シナリオ③：コロナ終息後、長期的に混雑率が 3/4 程度戻ってくる場合
 (x^* は小数点第 3 位を、 p^* は第 2 位を四捨五入している)

路線名	$(x'_{75\%}, p')$	(x^*, p^*)	p は何倍増えたか
東京メトロ東西線	(1.80, 8.6)	(1.58, 12.4)	1.44 倍
JR 横須賀線	(1.755, 6.6)	(1.51, 9.9)	1.50 倍
JR 総武線	(1.7325, 6.6)	(1.50, 9.8)	1.48 倍
JR 東海道線	(1.705, 6.6)	(1.48, 9.7)	1.47 倍
日暮里舎人ライナー	(1.7675, 26.3)	(1.68, 31.0)	1.18 倍
JR 京浜東北線	(1.6825, 6.6)	(1.46, 9.7)	1.47 倍
JR 埼京線	(1.705, 6.6)	(1.48, 9.7)	1.47 倍
JR 中央線	(1.67, 6.6)	(1.46, 9.6)	1.45 倍
東急田園都市線	(1.6875, 8.1)	(1.50, 11.3)	1.40 倍
JR 南武線	(1.665, 6.6)	(1.45, 9.6)	1.45 倍
東京メトロ千代田線	(1.6375, 10.1)	(1.49, 13.3)	1.32 倍
東急目黒線	(1.65, 11.4)	(1.52, 14.7)	1.29 倍
東急東横線	(1.5975, 8.2)	(1.44, 11.2)	1.37 倍
東京メトロ半蔵門線	(1.545, 12.0)	(1.44, 15.0)	1.25 倍
京王線	(1.5325, 6.8)	(1.36, 9.5)	1.40 倍
JR 武蔵野線	(1.58, 6.6)	(1.39, 9.4)	1.42 倍
東京メトロ有楽町線	(1.51, 9.7)	(1.39, 12.5)	1.29 倍
西武新宿線	(1.5125, 7.6)	(1.36, 10.3)	1.36 倍
JR 横浜線	(1.4925, 6.6)	(1.33, 9.2)	1.39 倍
JR 高崎線	(1.4925, 6.6)	(1.33, 9.2)	1.39 倍
JR 京葉線	(1.47, 6.6)	(1.32, 9.1)	1.38 倍
都営三田線	(1.53, 13.5)	(1.44, 16.5)	1.22 倍
都営大江戸線	(1.5125, 15.3)	(1.43, 18.2)	1.19 倍
東京メトロ銀座線	(1.445, 16.3)	(1.38, 19.0)	1.17 倍
東京メトロ丸ノ内線	(1.445, 13.3)	(1.36, 16.0)	1.20 倍
東京メトロ南北線	(1.48, 10.9)	(1.38, 13.6)	1.25 倍
都営新宿線	(1.4875, 13.2)	(1.40, 16.0)	1.21 倍
東京メトロ日比谷線	(1.46, 12.8)	(1.37, 15.5)	1.21 倍
西武池袋線	(1.4575, 7.9)	(1.33, 10.4)	1.32 倍
小田急小田原線	(1.48, 6.4)	(1.32, 8.9)	1.39 倍
JR 山手線	(1.4125, 6.6)	(1.27, 8.9)	1.35 倍
東急大井町線	(1.425, 9.1)	(1.32, 11.6)	1.27 倍
東京メトロ副都心線	(1.3975, 10.8)	(1.31, 13.3)	1.23 倍

表 7：シナリオ③の分析結果

※「1km あたり運賃を p' 円から p^* 円に上げたとき、混雑率は $100x'_{75\%} \%$ から $100x^* \%$ (社会的に最適な混雑率) へと減少する」と解釈すればよい。

結果の解釈については、政策提言の 4 章にて述べる。

第2節 混雑回避行動に関する分析

データ利活用実証プロジェクト『官民連携データプラットフォーム構築に向けた公共交通機関の混雑情報提供システムの検討』において2020年11月に実施された、「混雑に関する情報等、交通情報に関するアンケート結果」の個票を用いて通勤時の混雑回避行動に影響を与える要因を分析した。このアンケートの質問項目は別途添付した表の通りである。調査対象は、東京都、千葉県、埼玉県、神奈川県に居住し、東京都区部に通勤する会社員の男女1030名である。このうち「あなたは会社へ通勤する際に、時間をずらしたり経路を変えたりして混雑する電車での移動を避けて出社していますか」に対する回答を混雑行動回避の説明変数とした。また、被説明変数として、男性ダミー (Male)、年齢 (AGE)、リモートワークダミー (R)、居住地の千葉、埼玉、神奈川のダミー変数を入れた。リモートワークについては、「あなたは現在、リモートワークまたは時差出勤をしていますか。」という質問に対して、「完全リモートワークをしている」「リモートワークをしているが、出社もしている (時差出勤をしている)」「リモートワークをしているが、出社もしている (時差出勤をしていない) 」と答えた人をリモートワークしている、「いつも勤務先に出社している (時差出勤をしている)」「いつも勤務先に出社している (時差出勤をしていない) 」人をリモートワークしていない人とした。また、被説明変数同士の相関係数は以下のようになった (表8)。

	Male	AGE	R	Chiba	Saitama	Kanagawa
Male	1.000					
AGE	0.458	1.000				
R	0.095	-0.018	1.000			
Chiba	0.068	0.063	0.011	1.000		
Saitama	0.066	0.040	0.036	-0.163	1.000	
Kanagawa	0.056	0.044	0.030	-0.202	-0.202	1.000

表8：被説明変数同士の相関係数

以上の変数について、ロジスティック回帰を用いて係数を推定した。推定結果は表9の通りである。

Congestion avoidance	
(Intercept)	-1.273 *** (0.302)
Male	0.331 * (0.163)
AGE	0.011 (0.007)
R	1.490 *** (0.136)
Chiba	-0.039 (0.205)
Saitama	-0.321 (0.203)
Kanagawa	-0.117 (0.179)
N	1030

*** p < 0.001; ** p < 0.01; * p < 0.05.

表9：ロジスティック回帰による分析結果

リモートワークの導入により、混雑回避行動をとる確率が大きく上昇する結果になった。また、男性の方が混雑回避行動をとる確率も高くなっている。加えて、統計的に有意な水準とは言えないが、千葉県、埼玉県、神奈川県に居住している場合、東京都区部への通勤にかかる所要時間が長くなることにより混雑回避の行動が取りにくくなる可能性があることを加えて述べておく。

第4章 政策提言

第1節 政策提言の方向性

前章では二つの分析を行い、混雑を解消するために適切な運賃とリモートワーク普及後の人々の混雑に対する行動を検証した。その結果、前に示したようにコロナ前の鉄道路線は現在の運賃をおおむね1.20~1.62倍程度値上げすることが混雑率を考慮したうえで最適な価格設定となることを示した。コロナ後の混雑率に関して、長期的に成り立つと想定されるシナリオを3つ示したうえで分析を行った結果、シナリオ①（長期的に混雑率が1/4程度戻ってくる場合）では、表5より1.10~1.36倍程度に運賃を上げればよく、シナリオ②（長期的に混雑率が1/2程度戻ってくる場合）では表6の結果より1.13~1.41倍程度であり、シナリオ③（長期的に混雑率が3/4程度戻ってくる場合）では表7より1.17~1.50倍程度運賃を上げればよいことがわかった。そして（これは現実的に起こるとは考えにくい）長期的に混雑率がコロナ直前の2019年の水準並みに戻る場合では、3章2項の分析の表3より、1.20~1.62倍程度にすることを提言する。実現したシナリオに応じてこれらのようなピーク時の運賃引上げ（ダイナミックプライシング）を行うことによって、現行の混雑率を社会的に見て最適な水準の混雑率に抑えることができ、混雑の負の外部性が解消されるというわけだ。つまりこれらの分析結果そのものが提言内容となり、実現した（あるいは、実現しそうな）シナリオに応じて、それに対応するシナリオの分析結果の表を提示し、各鉄道会社にそこに書いてある通りの運賃値上げを行うよう要請することになる（たとえばシナリオ③が実現すると見込まれるとき、表7を提示し、例としてJR山手線に対してはその表より1.35倍の運賃値上げを要請すればよい、ということである）。

またコロナ禍におけるリモートワークの導入が混雑率に与える影響の分析も追加で行い、その結果人々の通勤行動に関して、コロナ禍以前のリモートワークが普及していないときと比べて、混雑する通勤電車で出勤することを回避する確率が大きく上がっていることが示された。つまりこれは混雑率を抑えるための政策を、いま人々がより受け入れやすくなってきているということに繋がっているだろう。そのためコロナ禍以前でリモートワークが普及していなかったこれまでの時期にくらべて、（混雑率抑制策としての）ダイナミックプライシングの導入をいま人々により訴えやすくなっているだろうと考えられる。

これらの結果から、ダイナミックプライシングの導入は混雑解消に意義があるとしたうえで、その導入の際の補足となる提言を行う。

第2節 ダイナミックプライシングの導入にあたって

コロナ禍での行動制限が徐々に緩和され、人々の通勤スタイルが戻ったときに、人々が混雑を能動的に回避するシステムを構築しておく必要があるが、このダイナミックプライシングを導入すべき「時期」とその「方法」について述べておきたい。

まず時期であるが、この改革はコロナ禍のいまこそが実行のチャンスであることを改めて強調しておきたい。今後長期的にコロナの影響は社会から薄まっていくと考えられるが、そのような「平時」では、人々は運賃が上がることに対し抵抗感を示すだろう。しかし今回のコロナ禍では、人々は混雑率の大きく減った電車を体験して混雑率減少に対する評価が高まったと考えられるし、先のロジスティクス分析から明らかになったように、テレワークの導入をきっかけに人々はより一層、混雑の回避を望んでいる。まさに今こそ、「混雑率の減少のために」ダイナミックプライシングを導入させてください、と人々に頼めば、この改革が実現する可能性が高いというわけである。

そして導入方法については、全路線で一斉に導入を行うべきことを注意しておきたい。一部の路線だけが単独で適応してしまうと、各路線の運賃が歪み、需要がダイナミックプライシングを行わない路線に流れる可能性がある。そのため導入の際は、すべての路線の混雑率を考慮した一般均衡的視点から、首都圏の各路線が一斉に運賃変更・ダイナミックプライシングを行うことが望ましい。

第3節 既存の交通費支給システムへの働きかけ

ピーク時間の鉄道利用者のほとんどの目的が通勤である。多くの場合、定期代は会社より支給される。たとえ運賃が変動したとしても実際に負担増加分は会社持ちになるのだから、実際に利用する通勤者にとっては能動的に行動を変容させるインセンティブは働かない可能性があり、そのため単にダイナミックプライシングを導入するだけでは混雑解消に対し限界があると考えられよう。そこで運賃のこの改革によって得られる効果を高めるために会社の従来の交通費支給システムの見直しを検討する必要がある。このことは先行研究でも認識されていて、たとえば小田切ほか（2006）は交通費支給制度の非課税枠を減らすことで会社と労働者の交通費節約を促すことができ、この節約行動がダイナミックプライシングによって決定される比較的運賃の低いオフピークへの通勤時間変容を達成できると考察した。

我々はより根本的な変化を促す「固定交通費」の導入を提言する。この制度は、ダイナミックプライシングによって生じた同じ区間の異なる運賃の差を利用する（次のページの図5を参照）。

まず定期運賃を支給する会社側は各社員に対して、その社員の通勤区間におけるオフピーク時に乗車した場合の費用を計算し、これを固定の支給額として設定する。一方社員の視点からすれば、ピーク時にそのまま通勤していると当然ダイナミックプライシングによりピーク時の高い運賃負担を被るが、会社から支給される固定額の交通費はオフピーク時の料金のものなので、実際にかかった費用と固定交通費支給の差額分だけ損を被ってしまう。そこで、可能ならばオフピーク時に通勤することでこの差額の損を避けようとするインセンティブが生まれる、ということだ。こうすることで、従来のすべて会社持ちの交通費支給制度のもとでは効果が限定的だったダイナミックプライシングが、より影響力を発揮するようになるというわけだ。

ただし、すべてのひとがピーク時間を避けて通勤できるわけではない。どうしてもピーク時の電車に乗らなければならない人は一方的に損を被るのではないかと批判もあるだろう。だが、こうした人たちは混雑の緩和という実際に感じることでできる便益を受けることができるとも考えられるだろう。そうした意味において、固定交通費制度は通勤客にコスト意識を働かせながら、ダイナミックプライシングの効果を発揮させる役割を持ち、そしてこれが結果として混雑緩和として通勤客に恩恵をもたらすものとして理解できる。

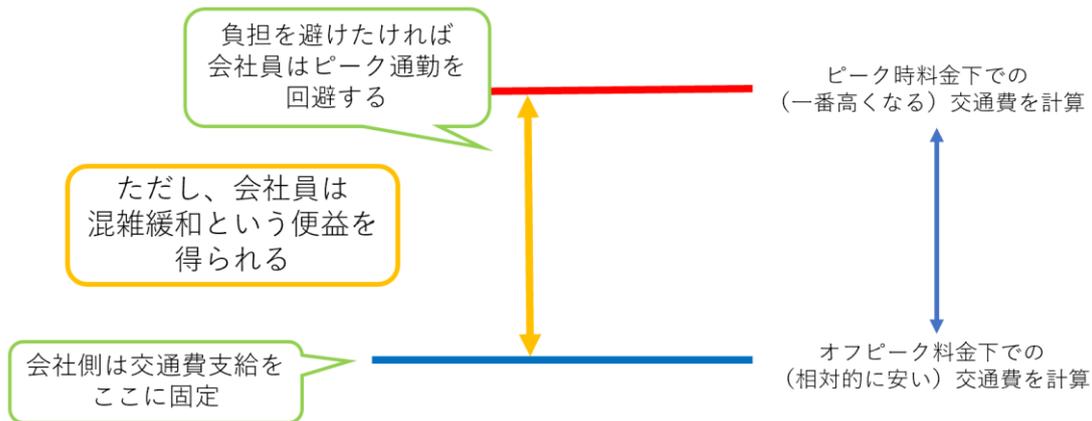


図5：固定交通費のアイデア（筆者作成）

第4節 導入の実現性・提言のまとめ

以上の議論を考えると、ダイナミックプライシングに関わる乗客・鉄道会社・企業にとってこの実現に反対する理由は見当たらず、この導入の実現性は高いことが示せる。

まず、乗客側からすれば、混雑緩和という恩恵を受けることができる。もちろん、その代償として運賃の値上げという負担を伴うものの、第3章2節の分析結果より、コロナ禍のいまこそ、人々は混雑をより避けようとしているのである。この今という状況こそ導入の絶好のタイミングであるということはこれまで繰り返し強調してきた通りである。

次に、鉄道会社の側からしてもダイナミックプライシングに反対する理由は考えにくい。ピーク時の運賃が値上げされると、その時間帯の乗車需要が減ってしまうから損になる可能性もあるように思えるかもしれないが、それはピーク時からオフピーク時へと乗客が分散して、同一路線内における需要のシフトが起こっているだけなので、結果として収益が減るということは考えにくい。むしろそのような分散化があるだけで全体的な時間を通じた乗客量がおおむね変わらないとするならば、ピーク時の値上げ分だけ収益が拡大することも十分ありうるので、鉄道会社はダイナミックプライシングにむしろ積極的であると考えることもできる。

最後に、通勤客を抱える企業側としてもダイナミックプライシング導入に消極的である

ことはありえない。我々はダイナミックプライシングの効果を発揮させるために固定交通費制度を提言したが、これは会社側から見れば、交通費の負担額は従来額と全く変わらないものである。というのも、従来運賃からの値上げとしてのピーク時間の運賃がある一方で、オフピーク時では従来運賃の価格と変わらず、そしてその（従来価格＝）オフピーク時の運賃費用を固定額として会社が負担するからである。そのため、会社としてはダイナミックプライシングの導入に反対する理由が全くない。

つまり以上の議論をまとめると、（固定交通費と共に提言される）ダイナミックプライシングに関して、これに関わる乗客・鉄道会社・通勤客を抱える会社のすべてが、その導入に積極的ないしは反対する理由がないのである。これを考えるとダイナミックプライシングの実現可能性は高いということがわかるだろう。

さらに政策提言の流れをすべてまとめる。まず我々はダイナミックプライシングの導入によって混雑率の緩和を目指そうと考えた。しかし従来型の会社持ちの交通費支給のありかたでは、いくら運賃の改革をしても、混雑を回避しようという通勤客側のインセンティブが抑えられてしまっている。そこで我々は固定交通費という混雑回避のインセンティブを促す新制度の提言を加えた。そして乗客・鉄道会社・通勤客を抱える企業のいずれの視点から見てもダイナミックプライシング導入に反対する理由はなく、この実現可能性の高さが示された。そしてこの改革は第3章2節の分析より、混雑回避の行動の確率がより高まっている今こそ導入が進められるべきである。最後にいざ、導入される段になったときは、第3章1節の分析から、コロナ後長期的に実現するシナリオに応じて具体的な分析結果の表を提示し、各33路線に対してその表に書いてある通りの運賃引き上げを要請すればよい、という具体的で細かな運用方法に至るまでを提言したのである。

我々のこの緻密な提言に沿っていけば、ダイナミックプライシングを実現可能性が高いものとするだけでなく、実際に運用するときにはシナリオ別に示した具体的な分の運賃引き上げを行うことで、外部性が緩和され社会的に望ましい混雑率が達成され、都市鉄道の混雑問題は解決の方向へと向かうであろう。

先行研究・参考文献

主要参考文献

- ・小田切未来・豊原行伸・深山剛（2006）「首都圏の通勤鉄道における混雑料金の導入効果」東京大学公共政策大学院
- ・金子雄一郎・福田敦・香田淳一・千脇康信（2004）「首都圏における鉄道旅客需要の運賃弾力性の計測」土木計画学研究・論文集
- ・八田達夫（1995）「東京の過密通勤対策」、八田達夫・八代尚弘編『東京問題の経済学』第2章、東京大学出版会.
- ・パーソル総合研究所（2020）「第四回・新型コロナウイルス対策によるテレワークへの影響に関する緊急調査」
- ・松本涼佑（2015）「東京通勤鉄道における多段階性混雑料金の導入～首都圏通勤者のミクロデータを用いて～」一橋大学大学院経済学研究科
- ・森川正之（2021）「新型コロナと在宅勤務の生産性：パネルデータ分析」RIETI Discussion Paper Series

引用文献

- ・竹内健蔵（2018）『交通経済学入門〔新版〕』有斐閣ブックス

データ出典

- ・国土交通省「都市鉄道の混雑率調査結果（令和元年度実績）」
(https://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo04_)、「資料3：最混雑区間における混雑率(2019)」([001365144.pdf \(mlit.go.jp\)](https://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo04_001365144.pdf)) 2022/09/02 アクセス・データ取得
- ・国土交通省「都市鉄道の混雑率調査結果（令和2年度実績）」
(https://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo01_)、「資料3：最混雑区間における混雑率(2020)」([001413544.pdf \(mlit.go.jp\)](https://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo01_001413544.pdf)) 2022/09/02 アクセス・データ取得
- ・国土交通省「鉄道統計年報〔令和元年度〕」
(https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk2_000053_)、「運輸成績表（収入）」「運輸成績表（延日キロ、人（トン）キロ、平均数）」 2022/09/02 アクセス・データ取得
- ・国土交通省「鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル（2012年改訂版）」([鉄道：鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル（2012年改訂版） - 国土交通省 \(mlit.go.jp\)](https://www.mlit.go.jp/railway/evaluation/evaluation_manual_2012_000001_000001.pdf)) p110, p112 2022/09/02 アクセス

- ・東京都オープンデータカタログサイト「混雑に関する情報等、交通情報に関するアンケート結果（R2 年度 データ利活用実証プロジェクト）」（2022/8/30 アクセス）
<https://catalog.data.metro.tokyo.lg.jp/dataset/t000029d0000000006>