

平成 24 年度卒業論文

地方鉄道における IC カード乗車券導入の余剰分析

所属ゼミ 鹿野ゼミ
学籍番号 1090401042
氏 名 北村友宏

大阪府立大学経済学部

要約

近年、規制緩和や自然災害の影響により地方鉄道の廃止が進み、地方の住民に対する交通手段の確保が課題となっている。このような状況の中、地方鉄道の事業者などは鉄道を活性化するための取り組みを行っており、そのうちの1つがICカード乗車券の導入である。2007年10月には地域公共交通活性化再生法が施行され、ICカード乗車券導入を含む活性化のための取り組みにかかる経費に対し国が補助金を交付することとなった。この法律の廃止後もICカード乗車券導入に対する補助は続いている。本稿ではこの取り組みが補助の対象として適切であるかどうかを調べるため、地方鉄道市場の需要曲線を推定したうえで、ICカード乗車券導入によって需要曲線が右上方にシフトし、消費者余剰が増加するかどうかを検証する。

実証分析の結果は、次の通りである。まず、自社路線でしか使用できないICカード乗車券は導入しても効果はないが、他社路線でも使用できるものは導入すると利用者数が6.273%増加する。次に、消費者余剰で導入の効果を見ると、未導入の場合に比べ2006年度の時点で平均3.633%、2007年度では5.5%、2008年度には7.459%、2009年度では13.096%増加する。したがって、後者のICカード乗車券は補助の対象として適切である。しかし前者に対しては補助をすべきではなく、他の事業に対して補助金を交付すべきであるといえる。

目次

第 1 章	はじめに	3
第 2 章	先行研究	5
第 3 章	日本の地方鉄道の現状	6
3.1	地方鉄道の廃止が進む背景	6
3.2	地方鉄道の活性化	6
3.3	経済理論による IC カード乗車券導入効果の説明	7
第 4 章	データと分析方法	9
4.1	データ	9
4.2	同時方程式モデル	9
(1)	モデルの定式化と変数の定義	9
(2)	推定方法	12
第 5 章	分析結果	14
5.1	需要曲線の推定結果	14
5.2	消費者余剰の分析結果	15
第 6 章	おわりに	18
	データ出所	19
	参考文献	22
	図表一覧	23

第1章 はじめに

近年、日本では経営環境の厳しい地方鉄道の廃止が進み、地方の住民に対する交通手段の確保が課題となっている。この問題は、モータリゼーションの進展などの原因により以前から発生していたものであるが、2000年代に入ってから、規制緩和や自然災害の影響により加速している。国土交通省『近年廃止された鉄軌道路線』によれば、2000年度から2009年度までに合計634.6kmの路線が廃止された。図1は日本全国で廃止された旅客鉄道路線の数と距離の推移を表している。特に2001年度以降、全体的に廃止路線数および距離が長くなっていることが読み取れる。

【図1：全国廃止路線数・距離の推移】

このような状況の中、地方鉄道の事業者などは鉄道を活性化するための取り組みを行っている。そのうちの1つがICカード乗車券の導入である。本稿が分析に利用したデータに基づけば、2009年度の時点で事業者の約17%がICカード乗車券を導入している。表1にICカード乗車券を導入している地方鉄道の事業者名、種類、導入時期をまとめた。この表によれば、2004年からICカード乗車券を導入している地方鉄道の事業者があり、その後複数の事業者が次々と導入し、ICカード乗車券の種類も多様化している。さらに、2007年10月からは、活性化のための取り組みにかかる経費に対し国が補助金を交付することとなった。ICカード乗車券導入も補助の対象である。

【表1：ICカード乗車券を導入している地方鉄道】

ここで、次のような疑問が生じる。ICカード乗車券の導入は補助の対象として適切であろうか。ICカード乗車券は乗降を円滑化するためのものであり、導入により鉄道の利用者が増加する、つまり活性化することにつながるかどうかは不明である。もし、導入によって鉄道の利用者数の増加および利用者の厚生上昇効果があるのであれば補助の対象として適切であろう。しかし、効果がな

いのであれば、ICカード乗車券導入以外で集客・厚生上昇効果のある別の事業に補助金を交付すべきである。そこで本稿では、この取り組みが上記の効果をもたらすかどうかを調べる。そのために、地方鉄道市場の需要曲線を推定し、ICカード乗車券導入によって需要曲線が右上方にシフトし、消費者余剰が増加するかどうかを明らかにする。また、その結果をもとに、ICカード乗車券導入に対して補助金を交付してもよいかどうかについても言及する。

本稿の構成は次の通りである。第2章では鉄道市場の分析を行った先行研究を2点紹介し、第3章では日本の地方鉄道の現状と、分析に用いる経済理論を説明する。第4章では地方鉄道市場の需要曲線を推定するにあたり、仮定したモデルについて説明し、需要曲線の推定方法を述べる。そして第5章では需要曲線の推定結果および消費者余剰の計算結果を示し、第6章では本稿の結論と今後の課題を述べる。

第2章 先行研究

日本の地方鉄道市場の需要曲線を推定した研究や、鉄道に IC カード乗車券を導入することによる効果を分析した研究は、筆者の知る限り存在しない。しかしながら、鉄道市場の実証分析は多くなされている。本章ではその中から Doi, Allen (1986) と Mizutani, Kozumi, Matsushima (2009) を紹介する。

Doi, Allen (1986) は 1 路線のみの月次データを使用し、アメリカの高速鉄道の需要曲線を推定した。そして、鉄道の運賃が値上げされたときや途中駅が営業休止になったとき、夏季には鉄道の利用者数が減少すること、ガソリン価格や道路橋の通行料が値上げされたとき、10 月には利用者数が増加することを明らかにしている。しかし、この研究は、運賃という内生変数がモデルに含まれているにもかかわらず、同時性の問題を無視して通常の最小 2 乗法による推定を行っているため、推定値にはバイアスが生じている可能性がある。この問題への対処法としては、例えば操作変数法を用いて推定するということが考えられるが、そのためには供給曲線をシフトさせる変数が必要となる。供給サイドの分析を行った先行研究も存在するので、次にそれを紹介する。

Mizutani, Kozumi, Matsushima (2009) は、日本の民鉄 34 社のデータを用いて鉄道事業者の可変費用曲線を最尤法で推定し、ヤードスティック規制が機能しているかどうかを検証した。ヤードスティック規制とは、政府が企業に対し限界費用を他の企業の平均値まで削減させるように努力させる規制である。推定結果より、ヤードスティック規制がかかると、かかっていない場合に比べ事業者の可変費用が低下するということが明らかになった。それだけでなく、市場競争が激しくなった場合も可変費用が低下することが明らかになっている。

第3章 日本の地方鉄道の現状

3.1 地方鉄道の廃止が進む背景

本節では堀内（2012）に基づき、日本の地方鉄道の廃止が進んでいる背景を説明する。2000年3月、鉄道事業法の改正により退出規制が緩和された。鉄道路線を廃止する場合、改正前は運輸大臣の許可を得る「許可制」であったが、改正後は廃止予定日の1年前までに事業者が廃止届を最寄りの運輸局長に提出する「届出制」となった。また、廃止が予定されていなくても台風・集中豪雨などで鉄道施設が被害を受け、復旧が困難になったためにやむを得ず廃止となった路線も存在する。これらが地方鉄道の廃止の増加につながった点は、第1章で述べた通りである。

規制緩和により鉄道の廃止が進んでいることに関して、堀内（2012）は、規制緩和による市場原理の導入は悪いことではないが、代替交通手段が確保できるような配慮をせずに規制緩和を行ったため、日常生活に支障をきたす人々が増加したと述べている。

次に、鉄道がなくなることにより支障が生じた事例を2点挙げる。第1に、2005年に廃止されてバスに転換された茨城県の日立電鉄がある。この鉄道は、沿線の高校の通学手段として機能していたが、「転換後は運賃が値上げされ、代替バスの遅延が目立っている」と利用者は認識している。第2に、全線廃止には至らなかったが福井県の京福電気鉄道（現：えちぜん鉄道）を挙げる。この鉄道は全線廃止には至らなかったが、2000年と2001年に2度の正面衝突事故を発生させた後、運転再開までの約2年間、代行バスを運行していた。国土交通省『えちぜん鉄道の経験と再生後の取組み』によれば、代行期間中にはバスが満員のため利用者が乗車できないという事態やバスの遅延が発生した。このように、鉄道がなくなると沿線住民に悪影響を与えることもある。

3.2 地方鉄道の活性化

本節の内容も、引き続き堀内（2012）に基づいている。前節で述べたように、規制緩和により地方鉄道の置かれている状況が厳しさを増してきている。そこで、2007年5月25日に地域公共交通活性化再生法が制定され、同年10月1

日に施行された。この法律は地方鉄道をはじめとする地域公共交通の活性化・再生に関して、事業者や地域関係者などが連携して行う取り組みを国が支援するというものである。地方鉄道に関しては、地方自治体が公共交通事業者、利用者などで構成する地域協議会を設立し、地域公共交通活性化・総合事業計画を作成できるようになった。

国土交通省鉄道局財務課（2009）『地域公共交通活性化・再生総合事業ご利用案内 鉄道・LRT 篇』によれば、この計画の例の1つにICカード乗車券の導入がある。他には駅前駐車場・駐輪場の整備、沿線PR・観光イベントの開催などが挙げられ、計画を立ち上げる段階で国が支援することとなった。ICカード乗車券の導入に関しては、必要な経費の2分の1（政令市が設置する協議会が取り組む場合は3分の1）が補助される。

この地域公共交通活性化再生法は2011年3月末に廃止され、同年4月1日からは「地域公共交通確保維持改善事業—生活交通サバイバル戦略」に移行した。この事業においてもICカード乗車券導入に対する補助が引き続き行われている。ただし、補助率は主体に関係なく必要経費の3分の1と、政令市以外にとっては移行前に比べ減少している。

3.3 経済理論によるICカード乗車券導入効果の説明

本節では泉田・柳川（2008）に基づき、地方鉄道にICカード乗車券を導入すると消費者余剰が増加すると仮定した場合、どのようなメカニズムが働いて消費者余剰が増加するのかということを説明する。

図2には縦軸に地方鉄道の運賃、横軸に利用者数をとった平面上に地方鉄道市場の需要曲線が描かれている。ベンチマークとして、ICカード乗車券が導入されていない状況を考える。このときの地方鉄道市場の需要曲線を D^0 、需要曲線と縦軸との交点を A^0 とする。まず、需要曲線とはこの場合、運賃と利用者数の関係を表す曲線であり、利用者にとって鉄道を利用する際の支払許容額を表す曲線でもある。需要曲線が D^0 のとき、 F^* という運賃が設定されているならば利用者数は R^0 となる。このとき、 R^0 人目の利用者にとって、鉄道の利用に対して最大限支払っても良いと考える金額が F^* である。

【図 2：需要曲線のシフト】

次に、このモデルの消費者余剰とは、利用者が鉄道を利用することによりどれだけ便益を高めたかを表す指標である。これは、市場全体での利用者の支払許容額の合計（需要曲線の下での面積）と実際に支払った額の合計（設定されている運賃の下での面積）の差で表される。ICカード乗車券が導入されていないとき、つまり需要曲線が D^0 のとき、消費者余剰は図 3 の三角形 $A^0F^*B^0$ の面積で表される。ただし、点 B^0 は点 F^* から引いた水平線と需要曲線 D^0 との交点である。

ここで、ICカード乗車券が導入されたとしよう。この付加サービスが利用者にとって魅力的ならば、需要曲線が右上方にシフトして利用者が増加する。すると、利用者の支払許容額の合計も増加するので結果として消費者余剰が増加する。ただし、ICカード乗車券導入の前後で運賃は変化しないと仮定する。本稿で使用したデータに基づけば、導入した年度に運賃改定を行った事業者は存在しないので、この仮定は現実と整合的であろう。シフト後の需要曲線を D^1 とし、 D^1 と縦軸との交点を A^1 、点 F^* から引いた水平線と需要曲線 D^1 との交点を B^1 とする。導入後の利用者数は R^1 となる。そして、導入後の消費者余剰は三角形 $A^1F^*B^1$ の面積となる。導入前と比較して、四角形 $A^1A^0B^0B^1$ の面積の分、消費者余剰が増加している。このようなメカニズムが働くかどうかを、次章以降で検証する。

第4章 データと分析方法

4.1 データ

本稿では日本の地方鉄道市場の需要曲線を推定する。そのために使用するの
は、2011年4月1日現在「地域鉄道事業者」に指定されている事業者92社の
うち、2006年度から2009年度まで一貫して得ることができた90社のデー
タで、JRや大手民鉄の路線および鋼索線は分析対象から除外する。国土交通省『地
域鉄道対策』によれば、地域鉄道事業者とは「新幹線、在来幹線、都市鉄道以
外の鉄道路線のうち、運営主体が中小民鉄及び第三セクターである事業者」の
ことである。なお、データの出所は文末に記す。

このデータには、事業者単位ではなく路線単位で観測された事業者を1社含
む。この事業者は2路線を所有しており、本稿で注目しているICカード乗車券
は2路線のうち一方のみに導入されている。そのため、この事業者の2路線は
別々の事業者が運営しているものとして扱う。

以上より、事業者が91社、期間が4年間のデータとなり、欠損値を除くと
サンプル数は363となる。このデータは横断面と時系列の性質を併せ持つてい
るので、パネルデータの構造をしている。各事業者には説明変数と相関する個
別効果が存在する可能性があるため、この場合は固定効果モデルを仮定するの
が望ましい。しかし、このデータにおいて、価格変数である運賃は実質・名目
値ともにほとんど変動しない。(分析する期間中に運賃改定を行った事業者は
91社中9社と、ごく少数である。)つまり、このデータには事業者につき期間
を通じてほぼ一定となる変数が存在するので、固定効果モデルのための級内推
定(Within estimator)が使えない。したがって、本稿では4年間のデータをプ
ールして推定を行う。

4.2 同時方程式モデル

(1) モデルの定式化と変数の定義

本稿の実証分析では、以下の同時方程式モデルを仮定する。

需要曲線：

$$\begin{aligned} \ln RID_{it} = & \alpha^d + \beta_1^d YEAR_t + \beta_2^d \ln FARE_{it} + \beta_3^d POP_{it} + \beta_4^d PI_{it} + \beta_5^d HWAY_{it} + \beta_6^d TKDSY_i + \\ & \beta_7^d TJN_i + \beta_8^d TH_i + \beta_9^d YG_i + \beta_{10}^d KS_i + \beta_{11}^d LTD_i + \beta_{12}^d OSTP_{it} + \beta_{13}^d LEAP_t + \beta_{14}^d IC_J_{it} + \\ & \beta_{15}^d IC_T_{it} + u_{it} \end{aligned} \quad (4-1)$$

供給曲線：

$$\begin{aligned} \ln FARE_{it} = & \alpha^s + \beta_1^s YEAR_t + \beta_2^s \ln RID_{it} + \beta_3^s OPR_{it} + \beta_4^s CMT_{it} + \beta_5^s EO_{it} + \beta_6^s O_FUEL_{it} + \\ & \beta_7^s WAGE_{it} + \beta_8^s CMT_{it}^2 + \beta_9^s EO_{it}^2 + \beta_{10}^s WAGE_{it}^2 + v_{it} \end{aligned} \quad (4-2)$$

$$i = 1, 2, \dots, 91, \quad t = 2006, 2007, \dots, 2009$$

ただし、 u_{it} と v_{it} は誤差項である。以下、モデルの変数名とその定義を述べる。

まず、需要曲線の被説明変数は RID で、年間合計利用者数（定期券での乗車を含む）を表す。複数の路線を運営する事業者の場合は当該事業者が運営する全路線の年間利用者数の合計を RID の値とする。

次に、需要曲線の説明変数について述べる。本稿で注目しているのは、IC カード乗車券導入の有無を表すダミー変数である。表 1 で見たように、IC カード乗車券には様々な種類が存在するが、本稿では簡単化のため、IC カード乗車券を「鉄道に関して自社路線でしか使用できないもの」と「他社路線でも使用できるもの」の 2 種類に分ける。ただし、前者の IC カード乗車券であってもバス路線などに関しては他社でも使用できる。変数名としては、前者の IC カード乗車券の導入有無を表すダミー変数を IC_J 、後者のダミー変数を IC_T とする。どちらも、IC カード乗車券を導入していれば 1、していなければ 0 をとる。

松浦・マッケンジー（2009）によれば、事業者側の判断による変数は内生変数となる可能性がある。IC カード乗車券の導入は明らかに事業者側の判断である。そこで、「 IC_J 、 IC_T がそれぞれ誤差項とは相関がない」という帰無仮説を立てて Wu=Hausman 検定を行ったところ、 IC_J に関しては $\chi^2(1) = 4.813$ となり、有意水準 5% で帰無仮説は棄却された。また IC_T に関しては $\chi^2(1) = 71.343$ となったので有意水準 1% で棄却された。したがって、両変数とも内生変数として扱う。

価格変数である *FARE* の定義は、事業者の実質初乗り運賃である。第 2 章で述べた Doi, Allen (1986) では、分析対象路線の運賃の最大値を変数として用い、時系列データでの分析をしている。しかし、本稿で使用するデータは事業者間の横断を含む。よって本稿では、事業者間での最小運賃の設定の違いをモデルに反映させるため、最大運賃ではなく初乗り運賃を用いる。

需要曲線の上記以外の説明変数は、次の通りである。*POP* は事業者の路線が通過する市区町村の人口の合計、*PI* は路線が所在する都道府県の 1 人当り実質県民所得の平均値である。*HWAY* は高速道路料金引下げを表すダミー変数で、2008 年度までは全て 0、2009 年度は事業者の路線が高速道路と並行しているなら 1、していないなら 0 をとる。*TKDSY*、*TJN*、*TH*、*YG*、*KS* はそれぞれ東海道・山陽、東北・上越・長野、東北、山形、九州新幹線との接続駅数である。*LTD* は事業者の路線に JR の特急が乗り入れているなら 1、いないなら 0 をとるダミー変数、*OSTP* は『鉄道統計年報』に「その他」の閉そく方式として分類されている区間の距離⁽¹⁾である。また、*YEAR* は会計年度を表し、*LEAP* は閏年を表すダミー変数で、本稿では 2007 年度に 1、それ以外の年度では 0 をとる。

最後に、需要曲線に対する操作変数として用いる、供給曲線の説明変数について述べる。これらの変数は Mizutani, Kozumi, Matsushima (2009) を参考にして決定した。*OPR* は利用者 1 人当りの年間運転費、*CMT* は事業者が所有する車両 1 両当り年間車両保存費、*EO* は 1kwh 当り年間電力料金⁽²⁾である。また、*O_FUEL* は電気・軽油以外の燃料を使用しているなら 1、していないなら 0 をとるダミー変数で、*WAGE* は職員 1 人当り年間平均賃金である。

なお、*FARE*、*PI*、*EO*、*WAGE* の各変数は 2010 年度基準の実質変数⁽³⁾である。

以上の変数の記述統計を表 2 に、そして分析に使用する 91 社のうち IC カード乗車券を導入している事業者の割合を図 3 に掲載する。図 3 を見ると、第 1 章で述べたように、IC カード乗車券を導入する事業者が年々増加していることがわかる。

【表 2：記述統計】

【図 3：IC カード乗車券を導入している地域鉄道事業者の割合】

RID 、 $FARE$ 、 IC_J 、 IC_T の 4 つが内生変数、それ以外は外生変数であることから、本稿で仮定するモデルは需要曲線、供給曲線、自社路線でしか使用できない IC カード乗車券導入関数、他社路線でも使用できる IC カード乗車券関数の 4 本の構造方程式からなる。ただし、需要曲線以外の推定は目的外であるため、需要曲線のみを推定する。

(2) 推定方法

(4-1) 式の需要曲線の説明変数には $\ln FARE$ 、 IC_J 、 IC_T という 3 つの内生変数が含まれている。この場合、これらの係数を通常最小 2 乗法（以下、OLS）で推定すると、推定値に漸近的なバイアスが生じる。内生性が存在する場合の OLS 推定の問題点とその対処法を、以下でやや詳しく検証する。 \mathbf{y} を需要曲線の被説明変数ベクトル、 \mathbf{X} を説明変数行列、 \mathbf{u} を誤差項ベクトルとすれば、回帰係数 $\boldsymbol{\beta}$ の OLS 推定量は

$$\mathbf{b}_{OLS} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{y} = \boldsymbol{\beta} + (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{u}$$

と表せる。 \mathbf{X} と \mathbf{u} の内生性により、 $\text{plim } \mathbf{X}'\mathbf{u} \neq \mathbf{0}$ なので、上式の確率極限は

$$\text{plim } \mathbf{b}_{OLS} = \boldsymbol{\beta} + \text{plim}[(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}] \cdot \text{plim}(\mathbf{X}'\mathbf{u}) \neq \boldsymbol{\beta}$$

となる。したがって \mathbf{b}_{OLS} は $\boldsymbol{\beta}$ の一致推定量ではない。これは、利用者数を内生変数である運賃に回帰した Doi, Allen (1986) の実証分析にも当てはまる問題である。

そこで本稿では、過剰識別下の操作変数法である 2 段階最小 2 乗法（以下、2SLS）を用いて需要曲線の推定を行う。前項で見た同時方程式モデルには、需要曲線に対する操作変数（供給曲線のシフト要因）が 8 つあり、過剰識別の状態にある。これらの操作変数をすべて利用して精度の高い推定を行うのが、2SLS である。市場均衡モデルの 2SLS 推定に関して、詳しくは浅野・中村(2009)を参照されたい。

モデルに含まれる全ての外生変数からなる行列を \mathbf{Z} とすれば、2SLS の手順は次のとおりである。まず、 \mathbf{X} を \mathbf{Z} に回帰して \mathbf{X} の予測値 $\hat{\mathbf{X}}$ をつくる。 $\hat{\mathbf{X}}$ は

$$\hat{\mathbf{X}} = \mathbf{Z}(\mathbf{Z}'\mathbf{Z})^{-1}\mathbf{Z}'\mathbf{X}$$

となる。次に、 \mathbf{y} を $\hat{\mathbf{X}}$ に回帰して 2SLS 推定量

$$\mathbf{b}_{2SLS} = (\hat{\mathbf{X}}'\hat{\mathbf{X}})^{-1}\hat{\mathbf{X}}'\mathbf{y} = \boldsymbol{\beta} + (\hat{\mathbf{X}}'\hat{\mathbf{X}})^{-1}\hat{\mathbf{X}}'\mathbf{u}$$

を得る。ここで $\hat{\mathbf{X}}$ は操作変数 \mathbf{Z} の定義上 \mathbf{u} と独立であるため $\text{plim } \hat{\mathbf{X}}'\mathbf{u} = \mathbf{0}$ となる。

よって、 $\hat{X}'\hat{X}$ が有限な正定符号行列 Q に確率収束すると仮定すれば、

$$\text{plim } b_{2SLS} = \beta + Q^{-1} \cdot 0 = \beta$$

となるので、 b_{2SLS} は β の一致推定量である。

なお、 $\text{plim}(\hat{X}'\hat{X})^{-1} = Q^{-1}$ は、このデータが識別の次数条件
 $\text{rank}(Z) - \text{rank}(X) = 5 > 0$ を満たすことにより保証される。

(1) 需要曲線の説明変数に *OSTP* を用いるのは、「その他」の閉そく区間には『軌道運転規則』により先行列車への追従運転が可能な区間が含まれており、それが利用者数に与える影響をコントロールするためである。このような区間では列車の運転本数を増加させることができ、そうすると利用者数も増加すると考えられる。

(2) 事業者の中には軽油を動力とする気動車を使用している事業者もある。その場合は、Mizutani, Kozumi, Matsushima (2009) に従い、軽油消費量 (kl) を次のように電気消費量 (kwh) に変換する。

$$(\text{電気消費量}) = 10526.9 \times (\text{軽油消費量})$$

そして、変換後の電気消費量で軽油の年間費用を割ったものを変数の値とする。また、電車と気動車両方を運行している事業者の場合は上記のように軽油消費量を電気消費量に変換し、それで費用を割ったものと、電気費用を電気消費量で割ったものの合計を *EO* の値とする。

(3) *FARE*、*WAGE* の実質化には総務省統計局 (2010) 『統計ヘッドライン-統計局月次レポート-No.2』を参考にし、路線が所在する都道府県庁所在地別の消費者物価指数 (持家の帰属家賃を除く総合) の幾何平均を用いた。また、*PI* の実質化には都道府県庁所在地別の消費者物価指数 (総合) の幾何平均を、*EO* の実質化には国内企業物価指数を用いる。

第5章 分析結果

5.1 需要曲線の推定結果

本節では第1段階と第2段階の推定結果を述べる。なお、事業者単位のクラスターリングを考慮し、どちらの推定にも Allerano の標準誤差を用いている。

【表3：第1段階推定結果】

表3は第1段階の推定結果である。①は $\ln FARE$ を、②は IC_J を、③は IC_T を、それぞれ全ての外生変数に回帰したものである。①では有意な回帰係数が約半数あるが、②では①に比べ少なく、③に至っては定数項を含め3つしかないという結果となった。ここで、需要曲線に対する操作変数は8個ある。これらが操作変数として適切かどうかを確認するため、「操作変数8個の回帰係数は全て0である(線形制約)」という帰無仮説を立てて線形制約検定を行った。なお、線形制約検定についての詳細は例えば鹿野(2012)を参照されたい。サンプル数が363と大きいので、検定統計量は次のカイ2乗統計量

$$\chi^2 = \left(\frac{R_U^2 - R_R^2}{1 - R_U^2} \right) \cdot 342$$

とした。ここで、 R_U^2 は線形制約を課せずに、 R_R^2 は線形制約を課してそれぞれ第1段階の推定を行った場合の決定係数で、342はサンプル数と説明変数の数(定数項を含み制約を課さない場合)との差である。この統計量は自由度8のカイ2乗分布に従う。結果は表3の最下段に示した。①、②、③ともに帰無仮説は有意水準1%で棄却されたので、8個の変数は需要曲線に対する操作変数として適切であるといえる。

【表4：第2段階推定結果】

表4には第2段階、つまり目的の需要曲線を推定した結果を示している。モデル(1)は $\beta_{14}^d = \beta_{15}^d = 0$ として、つまりICカード乗車券導入ダミー変数を両種類とも用いずに推定したものである。モデル(2)は $\beta_{15}^d = 0$ 、モデル(3)は $\beta_{14}^d = 0$ と

してそれぞれ推定した。つまりモデル (2) の説明変数には IC_J を、モデル (3) には IC_T を含めた。3 モデルとも $\ln FARE$ の係数は負で統計的に有意なので、横軸に利用者数 (対数)、縦軸に実質初乗り運賃 (対数) をとった平面上において、需要曲線は右下がりとなる。また、3 モデルとも半数以上の係数が有意となった。

次に、IC カード乗車券導入ダミーの係数を確認する。モデル (2) の推定結果を見ると、 IC_J の係数は統計的に有意ではないので、自社路線でしか使用できない IC カード乗車券を導入しても利用者数は増加しない、つまり需要曲線がシフトせず、消費者余剰も増加しないことになる。他方、モデル (3) では、 IC_T の係数は統計的に有意であり、他社路線でも使用できるものを導入すると、利用者数が 6.273% 増加することになる。同時に、需要曲線が右上方にシフトし、消費者余剰も増加する。

以上より、自社路線でしか使用できない IC カード乗車券は導入しても利用者数を増加させる効果はないが、他社路線でも使用できるものは導入すると利用者数を増加させる効果があり、それに伴って消費者余剰も増加するということが示された。

5.2 消費者余剰の分析結果

では、他社路線でも使用できる IC カード乗車券を導入すると、どの程度消費者余剰が増加するのだろうか。本節ではモデル (3) として推定した需要曲線を用いて、消費者余剰効果を分析する。本稿では各年度における消費者余剰の平均値を計算するが、そのためには各年度の需要曲線の縦軸切片、実質初乗り運賃 (対数) の平均値、利用者数予測値 (対数) の平均値の情報が必要であるので、以下でこれらを求める。

モデル (3) に基づく需要曲線を

$$\ln \widehat{RID}_{it} = -3.493 \ln FARE_{it} + 6.273 IC_T_{it} + EX_{it}$$

と書く。ここで、 $\ln \widehat{RID}_{it}$ は $\ln RID_{it}$ の予測値、 EX_{it} は $\ln FARE_{it}$ と IC_T_{it} 以外の全ての項 (定数項を含み、誤差項は除く) である。これを年度ごとに事業者間の平均をとり、それを

$$\overline{\ln \widehat{RID}_t} = -3.493 \overline{\ln FARE_t} + 6.273 IC_T_t + \overline{EX_t}$$

とする。以下でそれぞれの変数に代入する値について述べる。説明変数 \overline{EX}_t には t 年度の平均値をそのまま代入し、 IC_T_t には「0」、「 t 年度の平均値」、「1」という3通りの値を代入する。これら3通りの状況を、次のように定義する。

状況 0 : $IC_T_t = 0$ 、つまり他社路線でも使用できる IC カード乗車券をどの事業者も導入していないという仮想的な状況

状況 M : $IC_T_t = \frac{1}{91} \sum_{i=1}^{91} IC_T_{it}$ 、つまり現実の状況

状況 1 : $IC_T_t = 1$ 、つまり他社路線でも使用できる IC カード乗車券を全ての事業者が導入しているという仮想的な状況

上記の設定により、2006 年度について 3 通りの状況を表す需要曲線を計 3 本得ることができ、2007 年度、2008 年度、2009 年度についても同様にそれぞれ 3 通りの状況の需要曲線を得ることができる。また、各状況における需要曲線の縦軸切片も求まる。

次に、 t 年度の $\ln FARE_{it}$ の事業者間平均値を計算する。それを各年度、各状況について得られた需要曲線の $\overline{\ln FARE}_t$ に代入すれば、利用者数予測値（対数）の平均値 $\overline{\ln RID}_t$ が求まる。すると、各年度につき 3 通り（計 12 通り）の状況における消費者余剰を計算することができる。

【図 4 : t 年度における 3 通りの需要曲線】

図 4 は余剰分析に用いる需要曲線を描いたものである。各年度において状況 0、状況 M、状況 1 の需要曲線をそれぞれ D^0 、 D^M 、 D^1 とする。また、 $\ln FARE$ の各年度での平均値を F^* とおく。すでに見たように、他社路線でも使用できる IC カード乗車券を導入すると利用者数が増加する、つまり需要曲線が右上方にシフトするので、 D^0 よりも D^M のほうが右上方に位置し、 D^1 はさらに右上方に位置する。「 $D^0 \cdot F^*$ から引いた水平線・縦軸で囲まれた三角形」を A、「 $D^M \cdot F^*$ から引いた水平線・ D^0 ・縦軸で囲まれた四角形」を B、「 $D^1 \cdot F^*$ から引いた水平線・ D^M ・縦軸で囲まれた四角形」を C とすれば、状況 0、状況 M、状況 1 の消費者余剰はそれぞれ A、 $A+B$ 、 $A+B+C$ の面積で表される。

【表 5：消費者余剰】

続いて、消費者余剰の計算結果と IC カード乗車券導入による消費者余剰増加効果を示す。表 5 に 3 通りの状況の消費者余剰を年度ごとに計算した結果と、状況 0 から状況 M・状況 M から状況 1・状況 0 から状況 1 に移行した際の消費者余剰増加率をまとめた。この表によれば、現実の消費者余剰の推定値に関しては 4 年間でそれほど大きな変化はない。ところが、状況 0 から状況 M に移行した際の消費者余剰増加率は年々大きくなっている。例えば、2006 年度平均では 3.633% 増加するのに対し、2009 年度平均では 13.096% 増加することになる。図 3 で見たように、他社路線でも使用できる IC カード乗車券を導入する事業者が年々増加しているため、それに伴い状況 0 と状況 M との消費者余剰の差が年々大きくなっていると考えられる。

さらに、表 5 を見ると、状況 M から状況 1、状況 0 から状況 1 に移行した際には消費者余剰が 200% 以上増加するということがわかる。ただし、このような結果が出たのは、実際に導入している事業者が少数だからであり、1 事業者当たりの効果が大きいためではない。また、IC カード乗車券を導入するにはかなりの費用が発生すると考えられるので、全ての地方鉄道の事業者が導入することは現実的でないかもしれない。しかし、他社路線でも使用できる IC カード乗車券を導入すると、未導入の場合に比べ消費者余剰が平均的に大きくなることが示された。

以上の結果より、次のようなことがいえる。まず、他社路線でも使用できる IC カード乗車券を導入していない事業者は、活性化の取り組みの 1 つとして導入を検討しても良いかもしれない。そして、IC カード乗車券導入に対する補助金の交付は、他社路線でも使用できるものに限定すべきである。

第6章 おわりに

本稿では地域鉄道事業者 90 社に関する、2006 年度から 2009 年度までのデータを用いて、2 段階最小 2 乗法による日本の地方鉄道市場の需要曲線の推定を行った。そして、IC カード乗車券導入による利用者数および消費者余剰の増加効果を調べた。IC カード乗車券を、鉄道に関して自社路線でしか使用できないものと他社路線でも使用できるものの 2 種類に分け、それぞれの効果を検証したところ、前者は導入しても利用者数は増加しないが、後者を導入すると利用者数および消費者余剰が増加することが明らかになった。具体的には、未導入の場合に比べ、利用者数は平均 6.273% 増加し、消費者余剰は 2006 年度の時点で平均 3.633%、2007 年度では 5.5%、2008 年度には 7.459%、2009 年度では 13.096% 増加する。したがって、相互利用可である IC カード乗車券は補助の対象として適切であるが、相互利用不可のものに対しては補助をするべきではないといえる。

本稿での分析手法にはいくつか改善の余地のある点がある。まず、本稿で求めた消費者余剰の増加率は事業者間の平均である。そのため、他社路線でも使用できる IC カード乗車券を導入すると消費者余剰が大きく増加する事業者もあれば、あまり増加しない事業者もあるかもしれない。次に、前章でも述べたが、全事業者が相互利用可の IC カード乗車券を導入すると消費者余剰が 200% 以上増加するという結果が出たのは、分析対象の期間で導入している事業者は数% だからである。よって、導入する事業者がある程度増加した後、事業者ごとに消費者余剰の増加率を計算して高い順に順位づけをすれば、どの事業者に優先的に IC カード乗車券を導入すべきかが分かるであろう。また、本稿では IC カード乗車券導入費用について言及していない。消費者余剰に加え導入費用、事業者の利潤、補助金額を算出して市場全体の総余剰を導出すれば、IC カード乗車券導入による市場全体への効果が確認できるかもしれない。以上を今後の課題としたい。

データ出所

1. *RID, OSTP, OPR, CMT, EO, O_FUEL, WAGE*

国土交通省鉄道局（各年）『鉄道統計年報』より入手した。

2. *FARE*

国土交通省鉄道局（各年）『数字で見る鉄道』、運輸政策機構と『JTB時刻表』（各号）、JTBパブリッシングより入手した。

3. *POP*

総務省統計局（各年）『住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査』

（http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020102.do?toGL08020102_&tclassID=000001028704&cycleCode=7&requestSender=estat）より入手した。

事業者の路線がどの市区町村を通過しているのかについては国土交通省国土地理院『地図閲覧サービス（ウォッチず）』（<http://watchizu.gsi.go.jp/>）を参照して確認した。

4. *PI*

内閣府『県民経済計算（平成8年度 - 平成21年度）（93SNA、平成12年基準計数）』

（http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/kenmin/files/contents/main_h21.html）より入手した。事業者の路線がどの都道府県を通過しているのかについては『JTB時刻表』（各号）、JTBパブリッシングにて確認した。

5. *HWAY*

国土交通省道路局『高速道路料金の引下げの実施について』

（<http://www.jehdra.go.jp/pdf/507.pdf>）を参照して高速道路料金引下げが実施された時期を確認の上、どの事業者の路線が高速道路と並行しているのかについては国土交通省国土地理院『地図閲覧サービス（ウォッチず）』（<http://watchizu.gsi.go.jp/>）にて確認し、筆者が変数を作成した。

6. *TKDSY, TJN, TH, YG, KS, LTD*

『JTB時刻表』（各号）、JTBパブリッシングを参照して筆者が変数を作成した。

7. IC_J, IC_T

伊予鉄道株式会社『IC い～カード』

(<http://www.iyotetsu.co.jp/e-card/ecard/>)

遠州鉄道株式会社『ナイスパスご利用ガイド』

(<http://www.entetsu.co.jp/tetsudou/guide/index.html>)

岡山電気軌道株式会社『Hareca』(<http://www.okayama-kido.co.jp/hareca/>)

国土交通省『伊豆箱根鉄道株式会社に対する業務監査の実施結果』

(http://www.tb.mlit.go.jp/kanto/tetudou/tetudou_kansa/date/h20/20_izu_hakone.pdf)

国土交通省『神戸電鉄株式会社に対する業務監査の実施結果』

(http://www.tb.mlit.go.jp/kinki/koutsu/tetsudo/21_2kansa.sinntetu.pdf)

国土交通省『鉄道系 IC カード乗車券の導入状況』

(<http://www.mlit.go.jp/common/000234607.pdf>)

静岡鉄道株式会社『しずてつカード LuLuCa』

(<http://www.shizutetsu.co.jp/luluca/>)

高松琴平電気鉄道『ことでの IC カード Iruca のページ』

(<http://www.kotoden.co.jp/publichtm/iruca/index.html>)

ですかホームページ (<http://www.desuca.co.jp/>)

富山地方鉄道株式会社『ecomyca ご利用案内』

(http://www.chitetsu.co.jp/?page_id=618)

富山ライトレール『passca』(<http://www.t-lr.co.jp/passca/index.html>)

長崎電気軌道株式会社『長崎スマートカードのご案内』

(<http://www.naga-den.com/kikaku/ic/info.htm>)

北陸鉄道株式会社『Ica』(<http://www.hokutetsu.co.jp/ica/0gaiyo/index.html>)

FUJITSU『24 時間 PC 導入事例－遠州鉄道株式会社様』

(http://www.fmworld.net/biz/fmv/solution/pc_workstyle/case03.html)

JR 東日本『Suica』(<http://www.jreast.co.jp/suica/index.html>)

PASMO ホームページ (<http://www.pasmo.co.jp/>)

PASPY ホームページ (<http://www.paspy.jp/>)

PiTaPa ホームページ (<http://www.pitapa.com/>)

以上を参照して筆者が変数を作成した。

8. 消費者物価指数

総務省統計局『消費者物価指数（CPI）都道府県庁所在地別』

（<http://www.stat.go.jp/data/cpi/>）より入手した。

9. 企業物価指数

日本銀行『国内企業物価指数総平均』（<http://www.boj.or.jp/index.html/>）

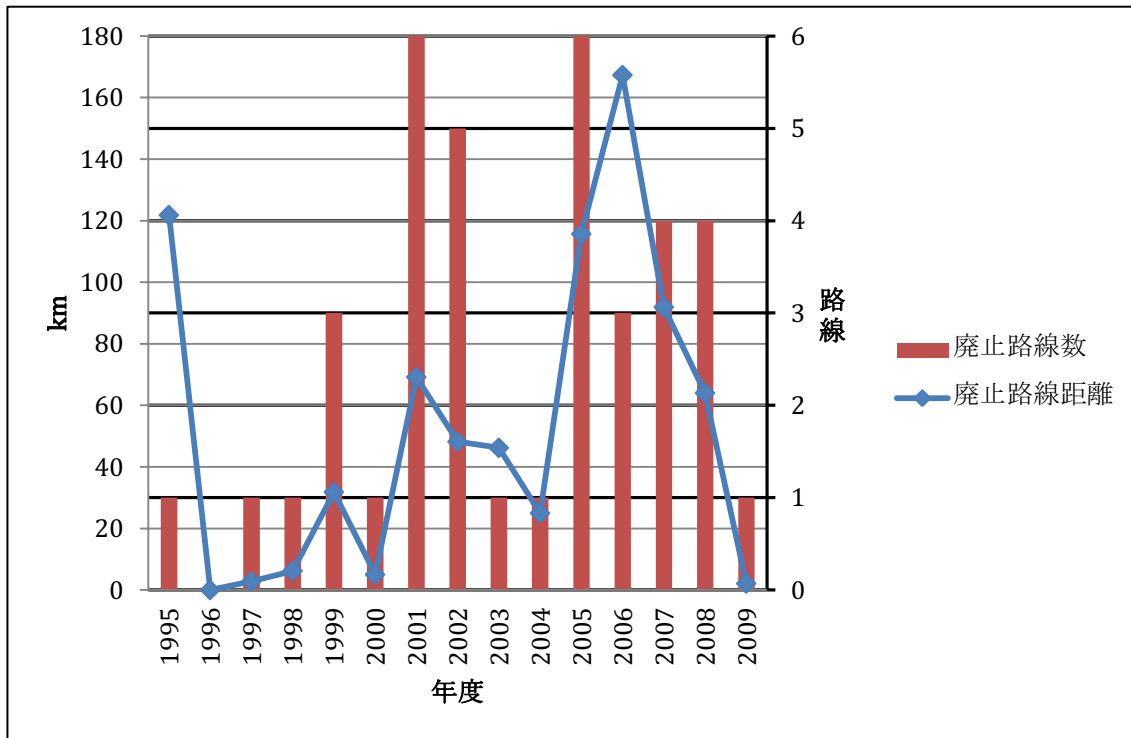
より入手した。

参考文献

- 浅野哲・中村二郎（2009）『計量経済学（第2版）』、有斐閣
- 泉田成美・柳川隆（2008）『プラクティカル産業組織論』、有斐閣
- 鹿野繁樹（2012）「統計的仮説検定と回帰分析」『経済セミナー』No. 668、日本評論社、pp53-59
- 国土交通省『えちぜん鉄道の経験と再生後の取組み』（<http://www.mlit.go.jp/common/000056278.pdf>, 2012.12.06）
- 国土交通省『近年廃止された鉄軌道路線』（<http://www.mlit.go.jp/common/000160552.pdf>, 2012.12.06）
- 国土交通省『地域鉄道対策』（http://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk5_000002.html, 2012.11.17）
- 国土交通省鉄道局財務課（2009）『地域公共交通活性化・再生総合事業ご利用案内 鉄道・LRT 篇』（<http://www.mlit.go.jp/common/000041451.pdf>, 2012.12.06）
- 総務省『軌道運転規則』（<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S29/S29F03901000022.html>, 2012.11.19）
- 総務省統計局（2010）『統計ヘッドラインー統計局月次レポートーNo.2』（<http://www.stat.go.jp/data/headline/pdf/201004.pdf>, 2012.11.19）
- 堀内重人（2012）『地域で守ろう！鉄道・バス』、学芸出版社
- 松浦克己・コリン＝マッケンジー（2009）『ミクロ計量経済学』、東洋経済新報社
- Fumitoshi Mizutani, Hideo Kozumi, Noriaki Matsushima（2009）, “Does yardstick regulation really work? Empirical evidence from Japan’s rail industry”, *J Regul Econ* 36, 308-323
- Masayuki Doi, W. Bruce Allen（1986）, “A time series analysis of monthly ridership for an urban rail rapid transit line”, *Transportation* 13, 257-269

図表一覧

図 1：全国廃止路線数・距離の推移



(出所) 国土交通省『近年廃止された鉄軌道路線』

(<http://www.mlit.go.jp/common/000160552.pdf>)、社団法人北陸建設弘済会『図1 鉄道・軌道の廃止一覧』(<http://www2.hokurikutei.or.jp/lib/shiza/shiza08/vol21/topic1/data/>)を基に筆者作成

図 2：需要曲線のシフト

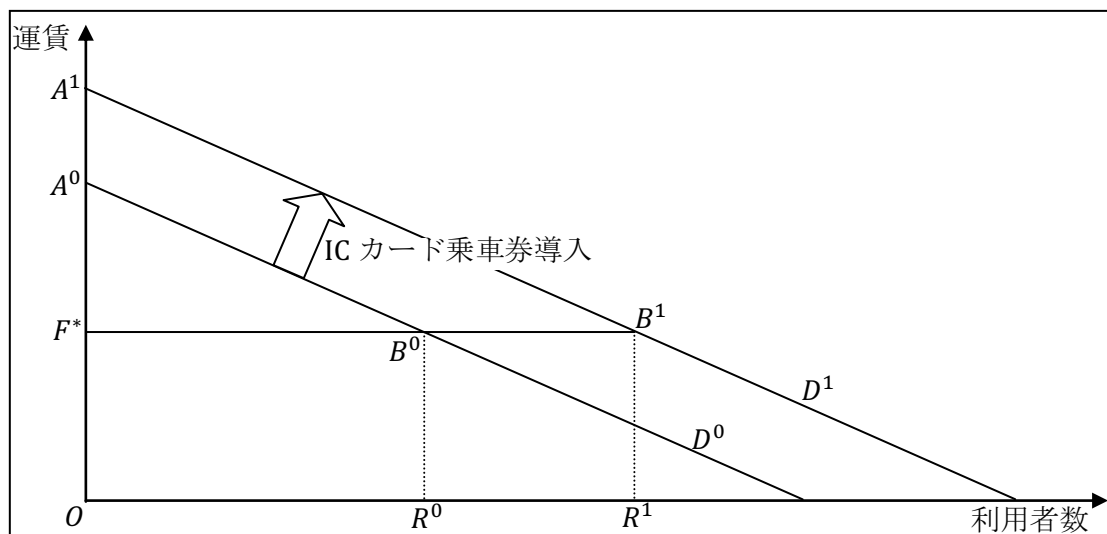
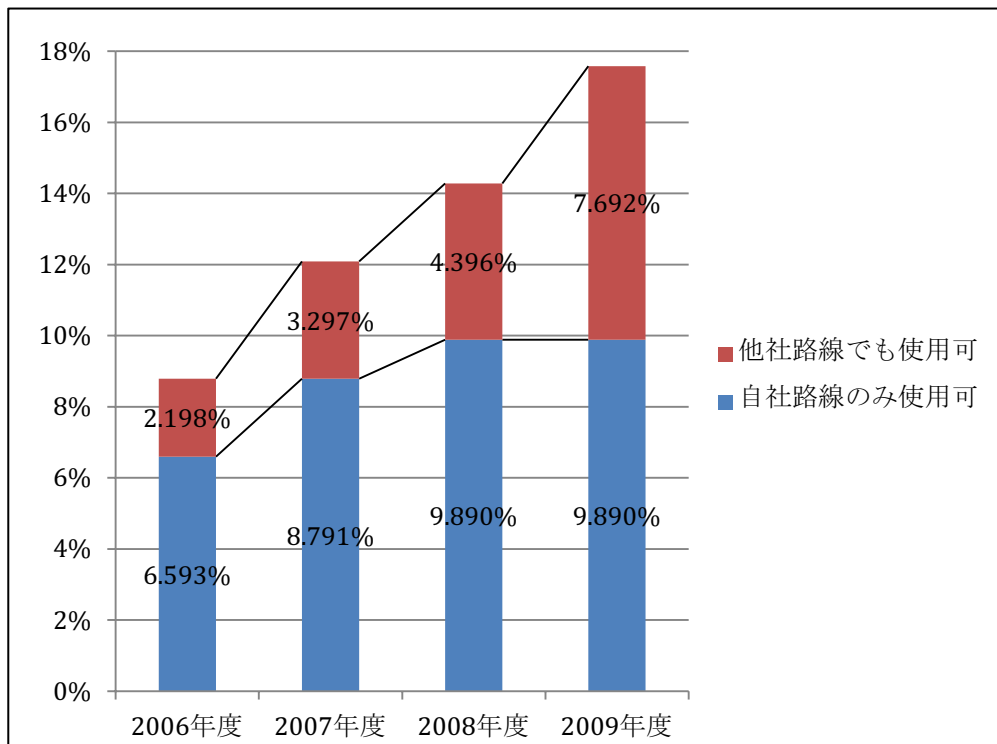


図 3 : IC カード乗車券を導入している地域鉄道事業者の割合



(出所) 本稿で使用したデータを基に筆者作成

図 4 : t 年度における 3 通りの需要曲線

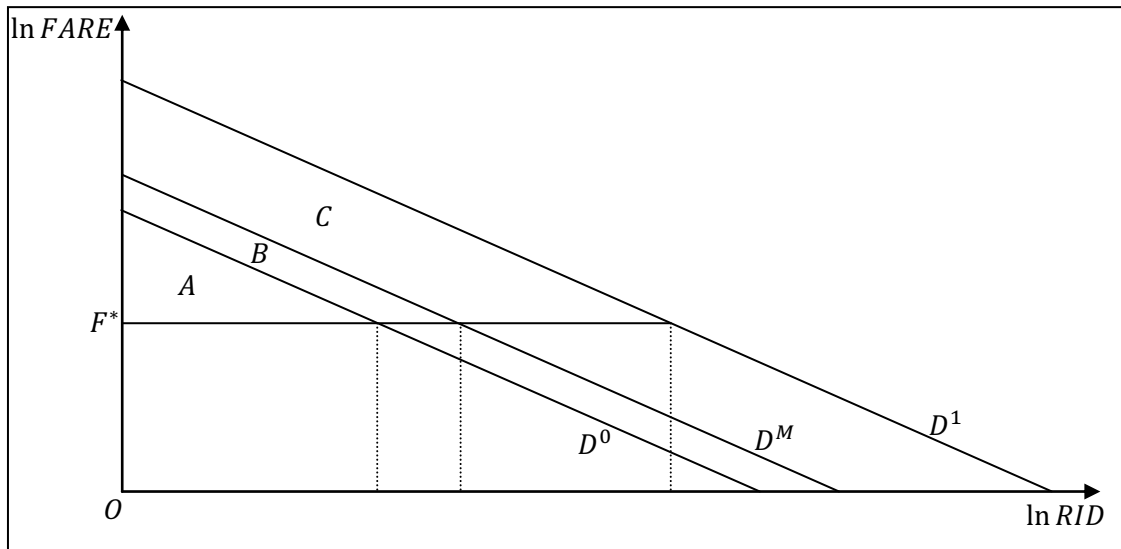


表 1 : IC カード乗車券を導入している地方鉄道

事業者名	IC カードの種類	導入年月
遠州鉄道	ナイスパス	2004 年 08 月
高松琴平電気鉄道	IruCa	2005 年 02 月
北陸鉄道	Ica	2005 年 03 月
伊予鉄道	IC い〜カード	2005 年 08 月
静岡鉄道	LuLuCa	2006 年 03 月
富山ライトレール	passca	2006 年 04 月
岡山電気軌道	Hareca	2006 年 10 月
伊豆箱根鉄道	PASMO	2007 年 03 月
神戸電鉄	PiTaPa	2007 年 04 月
広島電鉄	PASPY	2008 年 01 月
関東鉄道	PASMO	2008 年 03 月
長崎電気軌道	長崎スマートカード	2008 年 03 月
土佐電気鉄道	ですか	2009 年 01 月
水間鉄道	PiTaPa	2009 年 06 月
伊豆急行	Suica	2010 年 03 月
富山地方鉄道	ecomyca	2010 年 03 月

(出所) 国土交通省『鉄道系 IC カード乗車券の導入状況』

(<http://www.mlit.go.jp/common/000234607.pdf>)、

堀内重人 (2012)『地域で守ろう！鉄道・バス』などを基に筆者作成

表 2 : 記述統計

変数	単位	平均値	最小値	最大値	標準偏差
<i>RID</i>	千人	4,725.60	42.00	58,362.00	8,322.80
<i>FARE</i>	円	162.49	59.58	479.52	40.44
<i>YEAR</i>	年度	2,007.50	2,006.00	2,009.00	1.12
<i>POP</i>	千人	359.90	14.38	1,204.90	258.05
<i>PI</i>	千円/人	2,742.00	2,009.40	3,604.10	341.15
<i>HWAY</i>	(ダミー)	0.11	0.00	1.00	0.31
<i>TKDSY</i>	駅	0.11	0.00	1.00	0.31
<i>TJN</i>	駅	0.13	0.00	3.00	0.45
<i>TH</i>	駅	0.07	0.00	3.00	0.36
<i>YG</i>	駅	0.02	0.00	1.00	0.15
<i>KS</i>	駅	0.03	0.00	3.00	0.31
<i>LTD</i>	(ダミー)	0.08	0.00	1.00	0.27
<i>OSTP</i>	km	0.66	0.00	19.00	3.08
<i>LEAP</i>	(ダミー)	0.25	0.00	1.00	0.43
<i>OPR</i>	円/人	100.54	7.26	527.00	78.15
<i>CMT</i>	円/両	4,308.50	676.18	26,558.00	3,247.90
<i>EO</i>	円/kwh	733.76	1.48	16,863.00	3,273.40
<i>O_FUEL</i>	(ダミー)	0.05	0.00	1.00	0.22
<i>WAGE</i>	円/人	3,882,900.00	1,306,800.00	6,589,300.00	968,580.00
<i>IC_J</i>	(ダミー)	0.09	0.00	1.00	0.28
<i>IC_T</i>	(ダミー)	0.04	0.00	1.00	0.21

表 3：第 1 段階推定結果

	①ln FARE		②IC _J		③IC _T	
	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
定数項	-31.478	-1.648	8.164	0.485	-54.943	-2.261 **
YEAR	0.018	1.900 *	-0.004	-0.432	0.027	2.273 **
POP	-2.64E-05	-0.414	3.12E-04	2.449 **	7.55E-06	0.079
PI	2.38E-04	3.159 ***	-1.93E-04	-2.011 **	-1.87E-05	-0.456
HWAY	0.017	0.606	-0.016	-0.398	-0.043	-1.334
TKDSY	-0.350	-6.979 ***	0.184	1.571	0.153	1.382
TJN	0.043	2.016 **	-0.074	-1.494	-0.017	-1.042
TH	-0.067	-1.913 *	0.023	0.365	0.014	0.769
YG	-0.010	-0.108	0.022	0.449	0.001	0.039
KS	0.042	3.587 ***	-0.058	-2.948 ***	0.008	1.035
LTD	-0.059	-0.782	0.039	0.807	-0.014	-0.244
OSTP	3.69E-04	0.077	0.006	0.812	-0.005	-1.154
LEAP	-0.029	-2.518 **	0.029	1.697 *	4.61E-04	0.032
OPR	0.001	2.626 ***	-3.73E-04	-1.345	-3.53E-04	-2.055 **
CMT	3.55E-06	-0.183	-2.85E-05	-2.119 **	4.43E-06	0.506
EO	5.43E-05	2.118 **	-9.36E-05	-2.389 **	4.42E-05	0.694
O_FUEL	-0.160	-1.984 **	0.128	1.134	-0.020	-0.560
WAGE	-1.02E-07	-1.173	-1.29E-07	-0.434	-1.07E-07	-1.104
CMT ²	5.16E-11	0.155	1.24E-09	3.703 ***	-1.68E-10	-0.429
EO ²	-4.09E-09	-2.371 **	5.76E-09	8.135 ***	-2.27E-09	-0.615
WAGE ²	0.000	0.578	0.000	0.276	0.000	0.000
サンプル数	363		363		363	
決定係数	0.334		0.167		0.151	
線形制約検定	69.126	***	20.428	***	33.469	***

表中の「***」、「**」、「*」は、それぞれ有意水準 1%、5%、10%で統計的に有意であることを示している。

表 4：第 2 段階推定結果

	モデル (1)		モデル (2)		モデル (3)	
	係数	z 値	係数	z 値	係数	z 値
定数項	-168.014	-1.666 *	-174.670	-1.700 *	190.165	0.961
<i>YEAR</i>	0.098	1.953 *	0.102	1.976 **	-0.083	-0.839
<i>ln FARE</i>	-4.929	-2.562 **	-5.200	-2.066 **	-3.493	-1.933 *
<i>POP</i>	0.002	3.382 ***	0.002	2.414 **	0.002	2.977 ***
<i>PI</i>	0.001	2.513 **	0.001	2.047 **	0.001	1.282
<i>HWAY</i>	0.047	0.250	0.021	0.111	0.192	0.744
<i>TKDSY</i>	-1.170	-1.643	-1.142	-1.586	-1.772	-2.354 **
<i>TJN</i>	0.793	3.721 ***	0.749	3.044 ***	0.917	5.088 ***
<i>TH</i>	-0.491	-2.389 **	-0.488	-2.274 **	-0.600	-3.525 ***
<i>YG</i>	0.233	0.707	0.221	0.668	0.209	0.944
<i>KS</i>	0.332	2.574 **	0.307	2.332 **	0.261	2.143 **
<i>LTD</i>	0.168	0.466	0.123	0.332	0.130	0.344
<i>OSTP</i>	0.058	1.982 **	0.061	1.845 *	0.073	2.654 ***
<i>LEAP</i>	-0.132	-2.182 **	-0.116	-1.448	-0.032	-0.334
<i>IC_J</i>	—	—	-0.706	-0.324	—	—
<i>IC_T</i>	—	—	—	—	6.273	2.167 **
サンプル数	363		363		363	
決定係数	0.236		0.201		0.250	

表中の「***」、「**」、「*」は、それぞれ有意水準 1%、5%、10%で統計的に有意であることを示している。

表 5 : 消費者余剰

状況	消費者余剰			消費者余剰の増加率		
	状況 0 (全て 未導入)	状況 M (現実)	状況 1 (全て 導入)	状況 0 ↓ 状況 M	状況 M ↓ 状況 1	状況 0 ↓ 状況 1
図 4 での面積	A	A + B	A + B + C	B	C	B + C
2006 年度平均	8.100	8.399	27.244	3.633%	224.356%	236.356%
2007 年度平均	7.875	8.320	26.831	5.500%	222.467%	240.701%
2008 年度平均	7.539	8.123	26.207	7.459%	222.637%	247.622%
2009 年度平均	7.280	8.298	25.722	13.096%	209.961%	253.331%