The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	第3セクター鉄道における効率性と要因分析
Author(s)	倉本, 宜史; 広田, 啓朗
Citation	大阪大学経済学. 2008, 57(4), p. 296-309
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/15275
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

第３セクター鉄道における効率性と要因分析*

倉 本 宜 史**・広 田 啓 朗

要　　旨

2005年度から2006年度にかけて，これまで以上に第３セクター鉄道の廃止が見られる。廃止は経営状態が悪化していることが原因であり，第３セクター鉄道の運営にはさらなる効率化が求められる。特に第３セクターであることから，地方公共団体が出資や役員・職員の派遣を行なうなど経営にかかわっており，政府の経営への関与と効率性の関係を考察する必要がある。

また，第３セクター鉄道には様々な類型がある。特に，JR（旧国鉄）の赤字ローカル線を中心として経営分離された路線がある。これらの路線は多くの事業者において赤字体質を改善することが困難であったために，これまで廃止される傾向にある。一方で近年，新交通システムなど新たに建設された路線が見受けられる。

本稿では旧来からの第３セクター鉄道と新たに建設された路線の特徴も考慮した上で第３セクター鉄道の効率性の要因について，確率的フロンティア分析法（SFA）を用いて分析する。また，類型の違いと効率値との関係を補完的に計測するため包絡線分析法（DEA）を用いた分析も行う。

１．はじめに

地方行財政改革が急速に進められている中で，行政のガバナンスに関する議論に注目が集まってきた。背景には全国自治体の供給する財の多様化により，財政が緊迫したことから支出削減に迫られている現状がある。そして，対策として財をより効率的に供給するため，PFI や指定管理者制度の導入など様々な手法が考案されている。これは今までの行政主導型で供給されてきた財やサービスに対し，民間の資本や経営ノウハウを用いてより効率的な供給を行う事を目的としており，今後の導入件数増加が見込まれている[1]。

一方，わが国においては官民が共同出資し，民間出身の役員や職員を活用する形で会社を運営している第３セクターという企業形態も存在する。第３セクターは，総務省資料によると2006年３月31日現在で商法法人・民法法人合わせて7,973法人存在する。特に地域・都市開発，農林水産，観光・レジャー等の業務分野に多く見られる[2]。また，第３セクターの出資状況は，2006年度末で商法法人が40.9％で１兆2,670億円，民法法人については，70.9％の8,881億円

* 本研究は，日本地方財政学会第15回大会（松山大学）における報告論文を改定したものである。討論者の鷲見英司先生（新潟大学）と座長の八巻節夫先生（東洋大学）から貴重なコメントを頂いた。また，赤井伸郎先生（大阪大学），齊藤愼先生（大阪大学）より熱心なご指導を賜った。桑原美香先生（福井県立大学）からも有益なご指摘を頂いた。深く御礼申し上げたい。なお，本文中の誤りは全て筆者の責任に帰するものである。

**倉本宜史　〒560-0043　大阪府豊中市待兼山町1-7（豊中キャンパス）　大阪大学大学院経済学研究科博士後期課程　e-mail:cg085kt@srv.econ.osaka-u.ac.jp
広田啓朗　大阪大学大学院経済学研究科博士後期課程　e-mail:ege008hh@mail2.econ.osaka-u.ac.jp

[1] PFI には，その評価方法に課題があることが指摘されている。例えば PFI 事業の仕組みや事例を用いての事業手順，その活用の有効性を紹介している野田（2003）においても，行政部門の課題として「(1)政策立案能力の向上」や「(2)評価・監視能力の獲得」を指摘している。

[2] 総務省（2006a）参照。

[3] 第３セクターの設立理由は出井（2005）を参照した。

となっている。このような第３セクターが設立された理由として，以下の４点が挙げられる[3]。

①公共性の担保や保持の観点，また行政補完的・行政支援的な業務など業務性格の観点より適する事業主体として検討されたこと
②事業の独立性や一定の収益性を確保し，経営の効率性を図る事業主体としての観点が重要視されたこと
③公共性と収益性の両面の特性を併せ持つ分野の事業を推進する自立的・独立的な組織（自治体の独立行政法人）として公共性と収益性のバランスを維持する事業体であると認識されたこと
④民間企業や民間団体，また都市・地域住民の協力・支援連携・協働を得ることが容易であるという視点から検討されたこと

上記の利点を押し出して第３セクターは設立されている。また経営状況は全体で見ると黒字団体も約６割あることから，先行するイメージほど数字の上では赤字団体ばかりでないことが報告されている。しかし現在では経営方法に対する疑問点も多く指摘されるようになっている。背景にはリゾート関連の経営破綻でよく知られるように，近年，経営赤字・経営破綻に陥る第３セクター数の増加傾向が挙げられる[4]。原因として第３セクターはその経営形態の性格ゆえ官と民の間で経営責任の所在の曖昧さが指摘される。特に赤井（2006）では地方公共団体からの財政的支援が第３セクターにおける官と民の間の経営責任の所在を曖昧にさせ，非効率な経営を行わせるという，ソフトな予算制約の問題を生み出していることを実証的に示している。

しかし，第３セクターの経営実態に対する正確な分析は少ない。したがって，地方行財政改革・地域政策の観点から個別の事業に対する詳細な実証分析が必要である。

以上のような第３セクター全体の現状を踏まえ，本稿で分析対象としたのは第３セクター鉄道である[5]。第３セクター鉄道事業の経営の効率性に関する先行研究には坂本（1996）や実積・中村（2005）が存在する。坂本（1996）ではクラスター分析により第３セクター鉄道事業者を６つの型（都市型，産業型，通勤型，生活型，生活・観光型，観光型）に分類し，包絡分析法（DEA）を用いて効率性を計測し，比較している。また，企業性――生産性マトリックスを用いて，鉄道廃止やバス転換を視野に入れた経営改善の必要性を主張している。実積・中村（2005）では，九州・近畿地方における地方中小鉄道[6]に対する補助金が合理的なインセンティブを阻害することを示し，包絡分析法を用いて得られた参照投入量[7]を用いて鉄道サービスを効率的に供給するための補助金額を算出している。しかし，これらの先行研究では第３セクターによって運営されている鉄道事業者の経営分析について，運営形態の違いを明示しているものは存在しない[8]。第３セクター鉄道は，

[4] 2007年２月７日付けの日本経済新聞朝刊の記事によると，「全国の自治体が50％以上出資して運営する地方公社や第３セクターの債務が，2005年度末で合計15兆9000億円に上がる」ことが明らかになった。第３セクター以外に地方公社に対しても改革が迫られている。

[5] 第３セクター鉄道事業以外に，中山（2002）では水道事業による効率性評価を包絡分析法（DEA）と確率的フロンティア分析法（SFA）を併用して分析。技術的・配分的・経済効率性を計測している。また，宮良・福重（2002b）では，包絡分析法と非確率的フロンティアを用いて，都道府県別の警察サービスの効率性を計測し，非確率的フロンティアから，警察サービスの供給技術の相対的な変化を捉えることができ，検挙率の低さを，また，防犯活動によって検挙における効率性の低下の可能性を分析している。

[6] 第３セクター鉄道事業者と中小民間鉄道事業者，路面電車専業の公営交通事業者および，JR 整備新幹線並行在来線を指している。

[7] 所与の産出量を実現するための最適投入量。

[8] おそらく，新路線として建設された第３セクター鉄道事業者の数が少ないことから，分析対象とならなかったと考えられる。

建設当時に旧国鉄，もしくはJRが運営していた赤字路線を地元自治体や企業，住民の出資した第３セクターにより運営しているものと，新規路線として建設された第３セクターにより運営しているものの２種類に分類できる。これは，旧国鉄・JRからの転換路線と新規鉄道（特に新交通システム）では，設立時の収支状況が全く異なることを意味している。第３セクターの詳細な分析が求められる中で，運営の違いを考慮せずにまとめて分析を行うと，運営の効率化に向けた取り組みを把握することが難しくなると考えられる。

本稿では，この違いがもたらす第３セクター鉄道事業の技術的効率性の相違を考察し，また同時に，効率性に影響を与える要因を分析する。以降，第２節では第３セクター鉄道事業の現状把握，第３節では確率的フロンティア分析法を用いて第３セクター鉄道事業の経営効率性に関する分析をおこなう。特に，ガバナンス要因と鉄道の類型に焦点を当てる。また，これまで鉄道の類型が及ぼす効率性への影響を分析した先行研究が少ないため，包絡線分析法も用いて効率性を計測する。第４節では本稿の結論をまとめ，今後の第３セクター鉄道の経営分析に対しての提案を行う。

２．第３セクター鉄道の現状

第３セクター鉄道とは，官民が共同出資をした第３セクター方式の鉄道を運営する鉄道事業者（鉄道会社）のことを指す。主に日本国有鉄道経営再建促進特別措置法（通称・国鉄再建法）による特定地方交通線や建設が凍結された日本鉄道建設公団建設線，整備新幹線開業に伴うJRの並行在来線を転換した会社など建設当時に旧国鉄，もしくはJRが運営していたものと，新規路線として建設されたものがある。設立の趣旨による分類は以下のように示される。

①「国鉄再建法」により旧国鉄やJRの赤字ローカル線から転換された路線や建設中に工事が凍結された路線を引き受けるために設立されたもの
②日本鉄道建設公団の旧国鉄建設線とは別個の新規鉄道（多くは大都市圏周辺の開発に伴う新規鉄道（新交通システム，モノレールなども含む））を建設・運営するために設立されたもの
③整備新幹線の開業に伴い，JRから分離された並行在来線区間を引き受けるために設立されたもの
④赤字の私鉄路線を引き受けるために設立されたもの
⑤臨海工業地帯の貨物鉄道を運営する，日本貨物鉄道（JR貨物）と自治体の共同出資で設立された臨海鉄道

また，各鉄道事業者を表１から表３で示したように，旧国鉄・JR線からの転換路線と分類する。これらの分類のうち，本稿では①と②を用い，設立趣旨の違いが経営の技術的効率性に与える影響を考える。また，以降では分類①を旧鉄，分類②を新鉄と表記する。旧鉄，つまり転換路線における輸送実績は，他の地方鉄道と同じように少子高齢化のため通勤通学利用者の減少が，ここ数年の減少傾向に繋がっている。各事業者の営業成績は，経費削減の努力は行っているものの，経常損失は膨らんでおり一層厳しい状況にあることは間違いない[9]。黒字事業者の要因の一つは，JRとの乗り入れである。赤字事業者は，通勤通学利用者の減少，沿線地域の人口減少に加え道路整備等による旅客収入の減少が強く影響している。赤字事業者は，元々の赤字路線を住民の強い存続の意向によっ

[9] 2001年度にはのと鉄道，2002年度には新潟臨海鉄道が廃止されているが，2003年度，2004年度には廃止された路線はない。しかし，2005年度と2006年度には北海道ちほく鉄道，神岡鉄道，高千穂鉄道，桃花台新交通が廃止されている。

表１　分類①　旧国鉄・JR 線を転換

分析対象		対象外
北海道ちほく高原鉄道	愛知環状鉄道	神岡鉄道
三陸鉄道	北条鉄道	樽見鉄道
阿武隈急行	三木鉄道	北越急行
会津鉄道	北近畿タンゴ鉄道	平成筑豊鉄道
秋田内陸縦貫鉄道	信楽高原鉄道	真岡鉄道
由利高原鉄道	智頭急行	甘木鉄道
山形鉄道	若桜鉄道	
野岩鉄道	錦川鉄道	
いすみ鉄道	井原鉄道	
わたらせ渓谷鉄道	阿佐海岸鉄道	
天竜浜名湖鉄道	土佐くろしお鉄道	
明知鉄道	南阿蘇鉄道	
長良川鉄道	松浦鉄道	
伊勢鉄道	高千穂鉄道	
のと鉄道	くま川鉄道	

て第３セクターに転換されたものが大半である。転換路線は，転換交付金，様々な補助制度，地元の支援などの特別な措置によって第３セクターとして設立された。しかし，今では基金の取り崩しを行ってもなお経常損失が膨らんでいる[10]。

新鉄は新規鉄道，主に新交通が多い。1980年代以降，関東や関西，中部地方など大都市圏での旅客需要増加を見込んでモノレールや新交通システムを次々と建設したが，巨額の費用を投じた割には利用客があまり伸びず苦しい経営を強いられている事業者が多い。1998年には，千葉急行電鉄が経営破綻に追い込まれている。大都市圏であれ，破綻を懸念する第３セクター鉄道も少なくない。したがって，これから開通する新規鉄道が存在する上で既存の会社の経営状況を分析することが求められる。

[10] 『朝日新聞』（2007年１月15日朝刊）によると，平成18年度から平成21年度までの間に５事業者のが基金が底をつく予定であり，その路線の存廃議論が起きている。

３．確率的フロンティア分析法と包絡線分析法を用いた効率性分析

3.1　確率的フロンティア分析法（SFA）を用いた効率性分析

本節では，旧鉄と新鉄の費用構造の違いを考慮し効率性を計測する。効率性の計測は，多くの先行研究で行われている。ノンパラメトリックな計測手法の代表が包絡線分析法（DEA; Date Envelopment Analysis）である。包絡線分析法は最も効率的なフロンティアを効率性の基準として描いているため，観測できないショックが推定結果に影響を与える可能性がある。確率的フロンティア分析法（SFA; Stochastic Frontier Analysis）は，効率性フロンティアと実現値の乖離を非効率性の指標とするパラメトリックな計測手法である。近年，わが国でも確率的フロンティア分析法を用いた先行研究が多く見られ，交付税制度の費用最小化インセンティブを明らかにする分析を赤井（2006）が行っており，地方公営企業における非効率性分析を山下（2003）が行っている。また，後藤（2003）では米

国電気事業者の送・配電ネットワーク部門に関してパネルデータを用い，確率的フロンティア費用関数を推定している。そして技術非効率，配分非効率の計測およびその非効率性が要素需要，費用全体に与える影響を分析している。

まず，本節で用いる確率的フロンティア分析法での確率的フロンティア費用関数の推計モデルを紹介する。生産には労働と燃料，資本の３生産要素を用いることを想定し，各生産要素の価格と生産量で第３セクター鉄道事業のフロンティア費用関数である(1)式を推計する。

$$C_{it} = C\left(y_{it}, w_{it}; \beta\right) \exp(v_{it} + u_{it})$$
$$u_{it} \geq 0 \qquad (1)$$

C_{it}：費用　　y_{it}：産出量
w_{it}：生産要素価格　　β：パラメータ
v_{it}：誤差項　　$N\left(0, \sigma_v^2\right)$　　u_{it}：非効率項

(1)式は，u_{it} で示された技術非効率効果が時間的に可変するモデルである。確率的フロンティア分析法のモデルをパネルデータに拡張した推計式は以下(2)式のようになる。

$$\ln C_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln Q_{it} + \beta_2 \ln w_{it} + \beta_3 \ln r_{it} + \beta_4 \ln e_{it} + v_{it} + u_{it}$$
$$u_{it} = X\beta + s \qquad (2)$$

C_{it}：費用（諸税・減価償却費を除く）
Q_{it}：旅客人キロ（千人キロ）
w_{it}：資本価格＝減価償却費／固定資産

表２　分類②　旧国鉄建設線以外の新線の建設・運営のため設立

分析対象	対象外	
埼玉新都市交通	仙台空港鉄道	京都高速鉄道
埼玉高速鉄道	東京臨海高速鉄道	大阪外環状鉄道
千葉都市モノレール	東京都地下鉄建設	西大阪高速鉄道
横浜新都市交通	北総開発鉄道	中之島高速鉄道
東京臨海高速鉄道	千葉急行電鉄	奈良生駒高速鉄道
東葉高速鉄道	芝山鉄道	大阪港トランスポートシステム
多摩都市モノレール	成田空港高速鉄道	神戸高速鉄道
桃花台新交通	成田高速鉄道アクセ	沖縄都市モノレール
名古屋ガイドウェイバス	ゆりかもめ	富山ライトレール
北大阪急行電鉄	首都圏新都市鉄道	
大阪府都市開発	横浜高速鉄道	
神戸新交通	愛知高速交通	
大阪交通鉄道	名古屋臨海高速鉄道	
広島高速交通	中部国際空港連絡鉄	
北九州高速鉄道	上飯田連絡線	

表３　分類③　整備新幹線の並行在来線区間を転換　④　私鉄路線を転換　⑤　JR 貨物系の臨海鉄道会社

③	④	⑤	
青い森鉄道	釧路開発埠頭	八戸臨海鉄道	神奈川臨海鉄道
IGR いわて銀河鉄道	くりはら田園鉄道	仙台臨海鉄道	新潟臨海鉄道（02年廃止）
しなの鉄道	万葉線	福島臨海鉄道	名古屋臨海鉄道
肥薩おれんじ鉄道	えちぜん鉄道	秋田臨海鉄道	衣浦臨海鉄道
		鹿島臨海鉄道	水島臨海鉄道（旅客あり）
		京葉臨海鉄道	

r_{it}：労働価格＝給与費/職員数
e_{it}：燃料価格＝動力費/旅客車キロ（千人キロ）
$v_{it} \sim N\left(0, \sigma_v^2\right)$
〈非効率要因〉
p_{it}：民間出資割合＝民間出資／出資総額
nd：新鉄ダミー

時間的に可変する技術的非効率効果は次の式で表される。

$$u_{it} = \left\{\exp\left[-\eta(t-T)\right]\right\}u_i$$
$$u_i \sim N^+\left(\mu, \sigma_\mu^2\right) \qquad (3)$$

(3)式は，Coelli and Battese（1998）が提示した時間的可変モデル（time–varying decay model）で，技術的非効率性の時間的変化を表す。u_i は切断正規分布と仮定して，η は推定すべき未知のパラメータであり(3)式において $\eta = 0$ ならば，時間的不変モデル（time–invariant model）となる。よって時間的可変モデルのもとで，帰無仮説 $H: \eta = 0$ を検定すれば，技術非効率の時間的変化がわかる。X は非効率を表す変数である。

そして，フロンティアモデルにおける推計すべきパラメータは，最尤法により求められる。その最尤推定量から，(4)式を用いて技術効率性の計測を行う。

$$TE = E\left[\exp(u_{it}) \mid u_{it} + v_{it}\right] \qquad (4)$$

説明変数は，直接観測することが困難である産出量について，旅客人キロを代理変数として用いる。また生産要素価格について，労働価格は給与費を職員数で割ったもの，資本価格は減価償却費を固定資産で割ったもの，燃料価格は動力費を自線車両走行キロで割ったものを用いる。これらの変数に非効率要因を加える。

（１）民間出資割合
：民の経営責任の割合が高いほど，効率化へのインセンティブが働いているかを考える。

（２）新鉄ダミー
：旧鉄と新鉄とでは費用行動の効率性に違いがあるかを検証する。

被説明変数は，鉄軌道業営業費から人件費・経費の和を用いた。

第３セクター鉄道事業者の費用関数を推定するため，本稿では平成12年度から平成15年度までのパネルデータ分析を行う。データの欠損がある事業者を除いたため旧鉄30事業者，新鉄15事業者の計45事業者を対象としている。事業者の費用や説明変数に用いたデータの出所は，平成12年度から平成15年度までの『鉄道統計年報』と総務省（2006b）「第三セクター等の状況に関する調査結果」より用いた。データの記述統計は，表４で示される。

推計結果は，表５のとおりである。

帰無仮説 $H_0: \eta = 0$ のもとで，非効率効果の時間的変化を検定した結果，５％の片側カイ二乗検定値2.71より，棄却することが出来なかった。よって，本稿では時間的不変モデルの結果を採用する。

確率的フロンティア費用関数のパラメータは，係数がプラスの場合は，その説明変数が非効率性を増加させる。非効率要因である民間出資割合の係数を確認すると，マイナスの符号を持っている。これは民間の影響力が強いことによって，経営の効率性を高めるインセンティブが働きやすくなることを表している。

また新鉄ダミーを見ると，プラスに有意であり，新規鉄道事業者の経営に非効率性の存在を確認できる。しかし，旧鉄と新鉄の違いという鉄道の類型を考慮した効率性の分析は少なく，次節ではこの結果の頑健性を確認するため，包絡分析法を用いて効率性の計測を行なう。

推計された確率的フロンティア関数を用いて計測した技術的効率性の値は，以下の表６のようになる。

3.2　包絡線分析法（DEA）を用いた効率性分析

公営企業をはじめ民間企業や産業全体の生産活動に対する評価をする際には生産性や効率性

表４　データの記述統計
対象　全45事業者（平成12～15年度）

変　数　名	サンプル数	平　均	標準偏差	最小値	最大値
鉄軌道業営業費（千円）	225	1214022.00	1292339.00	55489.00	5507722.00
旅客人キロ（千人キロ）	225	64588.25	101630.10	276.00	491371.00
労働価格（給与費／職員数）	225	4465.70	1267.39	2128.87	8936.02
資本価格（減価償却／固定資産）	225	0.11	0.07	0.00	0.60
燃料価格（動力費／旅客車キロ）	225	34.62	26.41	10.91	173.71
新鉄ダミー	225	0.33	0.47	0.00	1.00
民間出資割合（民間出資額／出資総額）	225	0.32	0.17	0.00	0.75
職員数（人）	225	97.56	78.14	11.00	329.00
動力費（千円）	225	81354.51	102974.30	533.00	513472.00
減価償却費（有形＋無形）（千円）	225	742483.20	1481501.00	172.00	8076889.00
給与総額（千円）	225	499592.50	519189.10	37975.00	2401395.00
旅客車キロ（千キロ）	225	1815.14	2140.49	18.00	10168.00

表５　確率的フロンティア費用関数の推計結果

変数名	係数	係数
定数項	5.6458***	2.2684***
	(0.9394)	(1.0501)
旅客人キロ	0.5307***	0.6821***
	(0.0273)	(0.0285)
労働価格	0.2212**	0.3960***
	(0.1048)	(0.1295)
燃料価格	−0.1016*	−0.0459
	(0.0718)	(0.0884)
資本価格	0.1065***	−0.0365
	(0.0295)	(0.0338)
新鉄ダミー	0.1709*	
	(0.1421)	
民間出資割合	−0.6523***	
	(0.1742)	
職員数	0.0054***	
	(0.0005)	
μ	0.7633***	0.9965***
	(0.1591)	(0.2512)
lnsigma 2	−2.0360***	−1.8307***
	(0.2332)	(0.1999)
ilgtgamma	1.8810***	1.4693***
	(0.2946)	(0.2743)
対数尤度	59.95	5.58
サンプル数	225	225

（　）内は標準誤差である。***は１％，**は５％，*は10％水準で有意であることを示す。

という指標が用いられる。企業の生産活動における効率性を計測する方法としては，前項で分析したある生産関数または費用関数について，確率的に不確定であるという仮定をおき，関数からのデータの乖離を誤差と非効率項に分解することで技術的効率性を計測する確率的フロンティア分析法（SFA）が存在する。しかし，確率的フロンティア分析法では複数のアウトプットを扱うことが困難である。この生産性や効率性を，効率的な生産活動を行っている事業者の集合で構成される効率生産性フロンティアからの乖離として測る方法が Charnes et al.（1978）によって提唱された包絡線分析法である。包絡線分析法では効率性の分布や生産フロンティア関数を特定化する必要がないことが特徴として挙げられる。本稿では，アウトプットを生産量の代理変数として旅客人キロを用いる[11]。

また，包絡線分析法における効率性の計測方

[11] 包絡線分析法では複数のアウトプットからなる生産活動も取り扱うことが出来る。多入出力を扱えるので，複数の目的を持つ公的機関が行う事業の分析に適している。しかし，このモデルでは誤差項を考慮していないため，データのサンプルによって効率値が変動してしまう可能性があり，計測結果に対して仮説検定を行えないことにも注意が必要である。

表６　確率的フロンティア費用関数の事業者別効率値と順位

順位	事業者名	効率値	順位	事業者名	効率値
1	大阪府都市開発	1.09	25	埼玉新都市交通	2.31
2	錦川鉄道	1.15	26	井原鉄道	2.40
3	東葉高速鉄道	1.15	27	横浜新都市交通	2.41
4	南阿蘇鉄道	1.17	28	埼玉高速鉄道	2.43
5	若桜急行	1.30	29	土佐くろしお鉄道	2.44
6	信楽高原鉄道	1.45	30	北九州高速鉄道	2.48
7	くま川鉄道	1.50	31	北海道ちほく高原鉄道	2.55
8	明知鉄道	1.51	32	のと鉄道	2.57
9	北条鉄道	1.56	33	松浦鉄道	2.59
10	由利高原鉄道	1.66	34	千葉都市モノレール	2.62
11	大阪高速鉄道	1.78	35	北大阪急行電鉄	2.62
12	愛知環状鉄道	1.85	36	秋田内陸縦貫鉄道	2.65
13	多摩都市モノレール	1.93	37	山形鉄道	2.75
14	阿武隈急行	2.00	38	わたらせ渓谷鉄道	2.79
15	広島高速交通	2.06	39	三木鉄道	2.81
16	天竜浜名湖鉄道	2.07	40	会津鉄道	3.08
17	東京臨海高速鉄道	2.11	41	北近畿タンゴ鉄道	3.17
18	神戸新交通	2.12	42	智頭急行	3.49
19	阿佐海岸鉄道	2.15	43	野岩鉄道	3.70
20	三陸鉄道	2.20	44	名古屋ガイドウェイバス	3.73
21	長良川鉄道	2.23	45	桃花台新交通	4.19
22	伊勢鉄道	2.24		平均	2.28
23	いすみ鉄道	2.24		旧平均	2.25
24	高千穂鉄道	2.30		新平均	2.34

網掛け部分は新鉄を表す。

法には現在のアウトプットの量を一定とした上でインプットをいかに小さくするかという基準の入力指向型（Input–Orientated Measures）と，現在のインプットの量を一定とした上でアウトプットをいかに大きくするかという基準の出力指向型（Output–Orientated Measures）が存在する。本稿では，インプットである費用について企業の最小化行動に着目するため，入力指向型を採用する。

さらに，包絡線分析法では効率性の値を，規模の経済性に対して収穫一定（CRS: Constant Return to Scale）を仮定する CRS モデル[12]と，規模の経済性に対して収穫可変（VRS: Variable Return to Scale）を仮定する VRS モデル[13]という２つのモデルで計測することが出来る[14]。本稿では，前項の確率的フロンティア分析と同様に規模の経済性に対して収穫可変（VRS）のモデルを解くことにする。

入力指向型で規模の経済性に対して収穫可変を仮定したモデルの効率性を求める。その際，J 個の事業者 (NMU) に関して，N 個のイン

[12] CRS モデルは刀根（1993）において CCR モデルと記述されている。これはこのモデルを提唱した Charnes, et al.（1978）の著者の頭文字を取って名づけられている。しかし，本稿では収穫一定のモデルを扱うという意味で混乱のないよう CRS モデルと記述する。

[13] VRS モデルは刀根（1993）において BBC モデルと記述されている。これは開発者である Banker, et al.（1984）著者の頭文字を取って名づけられている。

[14] 包絡線分析法（DEA）における収穫可変のモデルの技術的効率性と入力指向型，出力指向型の関係については末吉（2001）第２章で説明がされている。

プットデータと M 個のアウトプットデータがあることを仮定する。1から J までの事業者 $(j = 1, 2, ..., J)$ のうち，i 番目の事業者[15] (DMU_i) についての効率値は以下の分数計画問題を解くことで求まる。

$$
\begin{aligned}
&\underset{u_m, v_n}{Max}\ \phi_i = \frac{\sum_{m=1}^{M} u_m \cdot y_{im}}{\sum_{n=1}^{N} v_m \cdot x_{in}} \\
&\text{s.t.}\ \frac{\sum_{m=1}^{M} u_m \cdot y_{jm}}{\sum_{n=1}^{N} v_m \cdot x_{jn}} \leq 1 \\
&\quad \sum_{j=1}^{J} \lambda_j = 1 \\
&\quad (j = 1, 2, ..., J) \\
&\quad u_m \geq 0, \\
&\quad v_n \geq 0, \qquad (5)
\end{aligned}
$$

ここでは，事業者にとって最も有利となるように各アウトプット項目につけるウェイト $(u_m(m = 1, ..., M))$ と各インプットの項目につけるウェイト $(v_n(n = 1, ..., N))$ を決めることになる。しかし，本稿では(5)式の分数計画問題ではなく線形計画問題である(6)式に書き換える[16]。

$$
\begin{aligned}
&\underset{u_m, v_n}{Max}\ \varphi_i = \sum_{m=1}^{M} u_m \cdot y_{im} \\
&\text{s.t.} - \sum_{n=1}^{N} v_n \cdot x_{jn} + \sum_{m=1}^{M} u_m \cdot y_{jm} \leq 0 \\
&\quad (j = 1, 2, ..., J) \\
&\quad \sum_{n=1}^{N} v_n \cdot x_{in} = 1 \\
&\quad \sum_{j=1}^{J} \lambda_j = 1 \\
&\quad v_n \geq 0 \\
&\quad u_m \geq 0 \\
&\quad m = 1, 2, ..., M \\
&\quad n = 1, 2, ..., N \\
&\quad j = 1, 2, ..., J \qquad (6)
\end{aligned}
$$

さらに，(6)式の双対形として線形計画問題を(7)式に書き換え解く。

$$
\begin{aligned}
&\min_{\lambda_j} \theta_i \\
&\text{s.t.} - \sum_{j=1}^{J} x_{jn} \lambda_j + \theta_i x_{in} \geq 0 \\
&\quad \sum_{j=1}^{J} y_{jm} \lambda_j \geq y_{im} \\
&\quad \sum_{j=1}^{J} \lambda_j = 1 \\
&\quad \lambda_j \geq 0 \\
&\quad m = 1, 2, ..., M \\
&\quad n = 1, 2, ..., N \\
&\quad j = 1, 2, ..., J \\
&\quad \theta：\text{制約なし} \qquad (7)
\end{aligned}
$$

このとき，$m = 1, 2, ..., M$ はアウトプットの種類を，$n = 1, 2, ..., N$ はインプットの種類を，$j = 1, 2, ..., J$ は各事業者を表している。つまり，制約式では生産可能性集合を各事業者のアウトプット及びインプットの線形結合をもとに構成し，i 番目の事業体のアウトプットの水準を維持しながら各インプットを一様に θ 倍に縮小したものが生産可能性集合内にとどまるようにしている。そして，目的関数においてこのインプットを θ 倍に縮小するときの最小縮小率を求めることになる。

また，(7)式の最適解を (λ^*) とし，そのときの目的関数の値を (θ^*) とする。このとき，θ^* は0から1の範囲の値で示され，1に近づくほど効率的であるという。つまり $\theta^* < 1$ ならば，DMU_i は非効率であると考え，$\theta^* = 1$ な

[15] 包絡線分析法における分析対象となる事業体はDMU（Decision Making Unit：意思決定単位）と呼ばれる。本稿では第 i 番目の事業体を DMU_i と記入する。

[16] 分数計画問題(5)式と線形計画問題(6)式は同値である。分数計画法と線形計画法の同値については刀根（1993）に解説がある。

らば DMU_i は効率的であるといえる。

この技術的効率性を図で示したものが図１になる。ここでは説明を簡潔に行うためにインプット１つ，アウトプット１つの場合，そして図の縦軸をアウトプットの量，横軸をインプットの量として考える。ある企業ではＢ点において生産活動が示されているとする。そしてこのときの生産フロンティアを $0F$ 線[17]とする。この場合，同じアウトプットの量である高さ $0y$ を基準としてみると，企業はフロンティア上の点で示されるインプットの量である幅 $0x_A$ と比較し，多い量のインプット（横幅 $0x_B$）を用いていることが分かる。このような状態を技術非効率な生産を行っていると言う。

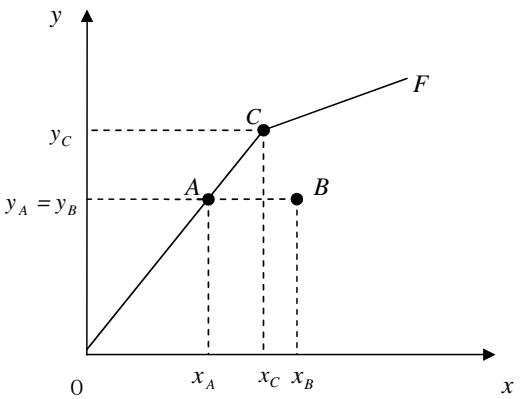

図１　包絡線分析法による技術的効率性の計測の図による説明

包絡選分析法に用いた変数は，平成12年度から平成16年度までの５年間のデータである。分析の対象とした事業者は45の第３セクター鉄道事業者である。ただし，分析対象のうち，真岡鉄道，樽見鉄道，甘木鉄道，北総開発鉄道，成田空港高速鉄道，ゆりかもめ，横浜高速鉄道，神戸高速鉄道，関西高速鉄道，大阪港トランスポートシステムの10その他の事業者は，用いるデータの欠損があるため，サンプルから除外し45事業者での計測を行っていたる[18,19]。

本項では包絡選分析法により第３セクター鉄道事業者の技術的効率性を計測するが，その際，定量的に把握できる次の変数を用いる。用いる変数は１つのアウトプット（生産物）と３つのインプット（生産要素）である。まず，アウトプット指標としては旅客人キロを用いる。これは，前項の確率的フロンティア分析法での分析と同様，生産物の代理変数である。この数値が大きいほど市民の鉄道利用距離が長いことを示しており，実際に第３セクター鉄道事業者が市民の足として利用されているかどうかを表す指標となる。次に，インプット指標としては，第一に職員給与の年間総額を用いる。これは，費用を構成する項目のうち労働に対して支払われるものである。第二に固定資産[20]の減価償却費を用いる。これは，資本量に対する費用を意味している。さらに，第三に動力費を用いる。これは，原材料費に対応している。事業者のインプットとアウトプットに用いたデータの出所は，平成12年度から平成16年度までの『鉄道統計年報』である。包絡線分析法で用いた変数の記述統計は表４に示している。

第３セクター鉄道事業者における技術的効率性の計測結果は，表７で示される。第３セクター鉄道事業者おいて技術的効率性の平成15年度と平成16年度の値，ならびに平均値を見ると，旧鉄の方が新鉄よりも高い傾向にあること

[17] 本稿で仮定している収穫可変の下での入力指向型の生産フロンティアは，同量のアウトプットを達成するのに最も小さいインプットで達成できている事業者のインプットとアウトプットの組み合わせを示す点をつないだものである。したがって，点 A と点 C を通る線として描かれる。

[18] 以降，技術的効率性の計測結果を示す際に各事業者に付けている番号は，45事業者を旧鉄，新鉄の順に分け，それぞれ北に位置する鉄道から並べた順番である。

[19] 第三セクター鉄道事業者のうち，分析対象としたものは，表１，表２で示されている。分析対象から除外した事業者は，データの欠損を理由に分析出来なを行なえなかった。

[20] 有形固定資産と無形固定資産の合計額を使用。

表７　包絡線分析法における事業者別技術的効率値と順位
平成12年度～平成16年度の平均値

順位	事業者名	効率値	順位	事業者名	効率値
1	伊勢鉄道	1.00	25	多摩都市モノレール	0.72
1	北条鉄道	1.00	26	山形鉄道	0.72
1	三木鉄道	1.00	27	大阪高速鉄道	0.72
1	若桜急行	1.00	28	智頭急行	0.70
1	阿佐海岸鉄道	1.00	29	高千穂鉄道	0.69
1	くま川鉄道	1.00	30	広島高速交通	0.62
1	東葉高速鉄道	1.00	31	会津鉄道	0.58
1	大阪府都市開発	1.00	32	横浜新都市交通	0.58
9	埼玉新都市交通	1.00	33	長良川鉄道	0.56
10	阿武隈急行	0.98	34	名古屋ガイドウェイバス	0.56
11	松浦鉄道	0.98	35	井原鉄道	0.52
12	北大阪急行電鉄	0.98	36	埼玉高速鉄道	0.52
13	天竜浜名湖鉄道	0.97	37	北九州高速鉄道	0.48
14	南阿蘇鉄道	0.96	38	北近畿タンゴ鉄道	0.48
15	錦川鉄道	0.94	39	秋田内陸縦貫鉄道	0.44
16	由利高原鉄道	0.94	40	北海道ちほく高原鉄道	0.43
17	明知鉄道	0.92	41	東京臨海高速鉄道	0.42
18	愛知環状鉄道	0.85	42	神戸新交通	0.39
19	のと鉄道	0.84	43	野岩鉄道	0.38
20	信楽高原鉄道	0.83	44	千葉都市モノレール	0.35
21	わたらせ渓谷鉄道	0.79	45	桃花台新交通	0.25
22	三陸鉄道	0.77		平均	0.74
23	いすみ鉄道	0.74		旧平均	0.79
24	土佐くろしお鉄道	0.73		新平均	0.64

網掛け部分は新鉄を表す。

が分かる。これは，前節の確率フロンティア法で得られたと同様のものである。

また，確率的フロンティア分析法と包絡線分析法によって計測された効率値[21]の相関係数は表８で示される。本稿で主なは論点としている旧鉄と新鉄という事業規模の違いを考慮した上での効率値の違いを計測し，モデルに組み込んでいる確率的フロンティア分析法のケース１の結果と包絡線分析法の各年度の結果，ならびに平均値との相関を確認したする。相関係数の有意性を検定した結果，有意水準１％で棄却できた。平成12年度の効率値で見た相関係数は－0.69，平成13年度では－0.74，平成14年度では－0.78，平成15年度では－0.77，平成16年度では－0.71，そして５年間の平均値は－0.76と，いずれも高い値を示している。また，順位

表８　確率的フロンティア分析法と包絡線分析法で計測された効率値の相関係数

効率値の相関	順位の相関
－0.606074025	0.518445323

右端の列の***は１％水準で有意であることを示す

[21] 確率的フロンティア分析法で計測する効率性は１以上の値をとり，１より大きな値ほど非効率であると判断される。一方，包絡線分析法では効率値は１以下の値をとり，１より小さな値ほど非効率であると判断される。したがって，効率値の相関係数はマイナスの値で示される場合，正の相関を持つことになる。

においても同様の結果であり，平均値も0.85と高い値である。

二つの手法を用いて計測された効率値や順位の相関が高いことで，本稿の分析が頑健性を得ている。

４．まとめと提案

本稿では確率的フロンティア分析法と包絡線分析法という二つの方法を用いて第３セクター鉄道事業者の技術的効率性を計測した。

まず，フロンティア関数の推計に用いた他の変数を確認すると，第３セクター鉄道事業者への民間出資割合が大きいほど，効率的な経営が行われていることが確認できた。これは民間の影響力が強いことで経営の効率性を高めるインセンティブが働きやすくなることを表している。

次に，確率的フロンティア分析法から旧鉄事業者は新鉄事業者と比べ相対的に効率的な経営をしていることが確認できた。同様の結果は包絡線分析法によって計測した効率値からも示すことが出来た。これら二つの手法の結果には強い相関を確認できたことで，モデルの頑健性も示せたことになる。

以上の結果から，民間の影響力を高めることで効率的な運営を行うインセンティブを働きやすくする仕組みを作ることを提案したい。また，旧鉄と新鉄では異なる経営を行っていることを理解したうえで今後の分析を行う必要性が分かる。特に旧鉄の廃止路線を目にすることが多く，旧鉄の経営状況の悪化に注目しがちだが[22]，本稿で計測した効率値から明らかなように，新鉄の方が非効率な経営を行っている。その意味において，これから第３セクター鉄道事業者のさらなる経営改革が求められる中で，両者を区別して分析することの必要性を提案したい。しかし，本稿に残された課題として，扱ったデータに欠損値が多く，分析対象外とした事業者の存在があった。また，分析手法については確率的フロンティア分析法と包絡線分析法において詳細な要因分析が行えなかった。特に，旧鉄事業者に関しては，設立当初から赤字路線であった状況が効率的経営を促す結果をもたらしたと推測される一方，新鉄事業者では旅客需要の増加を過大に見積もったことが効率的な経営を阻害する原因となったと推測される。言い換えると，新鉄は旅客需要の増加を見込んで新たに建設されたものの，巨額の費用を投じた割には利用客が増えていないことを示している。これら設立時の政治的な要因を考慮した分析も今後，説明変数やモデルの設定を含め検討する必要がある。

（大阪大学大学院経済学研究科博士後期課程）
（大阪大学大学院経済学研究科博士後期課程）

[22] 例えば，先述の『朝日新聞』（2007年１月15日朝刊）においても，旧鉄事業者の経営状況のみを紹介している。しかし，新鉄にも経営状況が悪く1998年に千葉急行電鉄，2006年に桃花台交通が廃止されている。

参考文献

赤井伸郎（2006）『行政組織とガバナンスの経済学』有斐閣

赤井伸郎・倉本宜史（2006）「公共都市交通の民営化ガバナンスの国内事例
－主要都市の公共交通効率化に向けた取り組みを中心に－」
兵庫県立大学経済経営研究所　研究資料 No.207

金坂成通・倉本宜史・赤井伸郎（2007）「公営交通事業の効率化効果と要因の実証分析」『財政研究』第３巻　pp.160−183

後藤美香（2003）「確率的フロンティアモデルによる生産効率性のパネルデータ分析：わが国電気事業送・配信ネットワーク部門の計測」『國民經濟雜誌』Vol.187，No.5　pp.1−

17
坂元純一（1996）「第三セクター鉄道の効率性－包絡分析法DEAによる－」『公益事業研究』No.47　pp147-171
実積寿也・中村彰宏（2005）「鉄道事業者に対する効率的補助金の検討－包絡分析法アプローチ－」『公益事業研究』第57巻　第4号　pp21-29.
末吉俊幸（2001）『DEA－経営効率分析法－』朝倉書店
出井信夫（2005）「第3セクター論」『新潟産業大学人文学部紀要』第17号
富田輝博（2002）「企業の経営効率」『九州大学経済学会経済学研究』第68巻第4・5号，27-45.
中山徳良（2002）「水道事業の経済効率性の計測」『日本経済研究』No.45，6，pp23-40
野田由美子（2003）『PFIの知識』日本経済新聞社
宮良いずみ・福重元嗣（2002a）「公営バス事業の効率性評価」『会計検査研究』第26号　pp25-43.
宮良いずみ・福重元嗣（2002b）「わが国における警察サービスの効率性評価－フロンティア関数とDEAによる比較－」『國民經濟雜誌』Vol.186，No.5　pp63-80
山下耕治（2003）「地方公共サービスの非効率性と財源補填－地方公営企業に対するソフトな予算制約問題の検証」『日本経済研究』No.47，3，pp118-133
Banker R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984) “Some Modela for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Date Envelopment Analysis,” Management Science, Vol.30, pp.1078–1092.
Coelli, T. J., D. S. P. Rao and G. E. Battese (1998). An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, Kluwer Academic Publishers: USA.
Cave, D. W., Cristensen Christensen, L. R. and Diwert, W. E. (1982) “Multilateral Comparisons of Output, Input and Productivity Using Superlative Index Numbers,” The Economic Journal, Vol. 92, pp.73–86.
Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. L. (1978) “Measuring the Efficiency of Decision Making Units,” European Journal of Operational Reserch, Vol.2, pp.429–444.
Fare, R. and Grosskopf, S.(1994)Cost and Revenue Constrained Production, Springer–Verlag, Berlin: Springer–Verlag.
Fare, R., S. Grosskpf., M. Norris and Z. Zhang (1994), “Productivity Growth, Thechnical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries”, American Economic Revier, Vol.84, No.1, pp.66–83.

参考資料

『朝日新聞』2007年1月15日朝刊「3セク鉄道，赤字が重荷」
国土交通省（2002年）『鉄道統計年報』（平成12年度版）平成14年3月。
国土交通省（2003年）『鉄道統計年報』（平成13年度版）平成15年3月。
国土交通省（2004年）『鉄道統計年報』（平成14年度版）平成16年3月。
国土交通省（2005年）『鉄道統計年報』（平成15年度版）平成17年3月。
国土交通省（2006年）『鉄道統計年報』（平成16年度版）平成18年3月。
総務省（2003）「第三セクターに関する指針の改定」平成15年12月12日
http://www.soumu.go.jp/s–news/2003/031212_1.html
総務省（2006a）「第三セクター等の状況に関する調査結果の概要」平成18年12月27日
http://www.soumu.go.jp/s–news/2006/061227_3.html

総務省（2006b）「第三セクター等の状況に関する調査結果」平成18年12月27日

Efficiency Analysis of Third Sector Railway

Takashi Kuramoto and Haruaki Hirota

The Japanese third sector railway companies face serious problems. We can make sure the closing business of some railway companies of this type. These companies are funded by local government (public sector) and private sector. In this paper, we analyze the technical efficiency of the Japanese third sector railway companies by using Stochastic Frontier Analysis (SFA) and Date Envelopment Analysis (DEA). The following results are obtained: first, private investment ratio has a negative efficient influence on operating cost by using SFA. Second, result of DEA supports SFA. In addition, the point to observe is the companies' type.

JEL Classification: D24, R42
Keyword: Cost function, Stochastic Frontier Analysis, Data Envelopment Analysis, Technical efficiency