

国鉄の分割・民営化とその企業効率変化：DEA 時系列分析による実証研究

末吉俊幸 町田 浩 杉山 学 新井 健 山田善靖
東京理科大学 日本電信電話 東京大学 東京理科大学

(受理 1995 年 7 月 21 日；再受理 1996 年 9 月 25 日)

和文概要 本研究では 3 種の DEA 時系列分析法を使い、国鉄の分割・民営化、特に民営化の是非を実証的に検証してみた。生産性、収益性、企業性において、その分割・民営化の成果がかなり見られたが、コスト性においては期待された様な成果が上がっていないことが分かった。今後は JR の経営努力によって他の民間企業なみのコスト削減が期待される。

1. はじめに

国鉄は 1987 年に分割・民営化され、JR という新しい企業体集合に変わった。本研究では国鉄と JR の企業効率を比較考察することで、国鉄の分割・民営化、特に民営化が本当に意味ある政策決定であったかどうかを DEA (Data Envelopment Analysis) の時系列分析によって実証的に調べてみる。

この実証研究を行なう上で重要なことは、国鉄の分割・民営化の背景には、国鉄の抱えた膨大な赤字の他に、民間企業は公的な企業より効率的に経営されるという経済学上のコンセプトに支えられていることにある。この考えは、制度経済学では“Property Right Theory”と呼ばれ、東ヨーロッパを中心に国営企業の民営化を行う上での理論上のベースになっている。[Property Right Theory の文献は [1, 6, 15] 等を、制度経済学の詳しい内容の記述は制度学派の経済学の文献 [21] 等を参照されたい。また、日本の企業を対象とし、DEA を使ったこの種の研究は [33] に見られるので参照されたい。] 確かに、公的企業の場合、民間企業が企業運営上必要な利益、企業効率、顧客のニーズといったものを経営目標とする必要がなく、国家の社会基盤の整備や社会福祉の向上という別の組織目標を求めることが常である。さらに、公的な産業には企業間の競争がなく、民間企業のような企業努力がなされないと考えられがちである。従って、Property Right Theory が正しいと考えるのも無理がないし、この認識において国鉄の分割・民営化に妥当性があると考えて良い。

さて、本研究ではこの Property Right Theory に関して 2 つの疑問を提示することから始める。はじめに、Property Right Theory は行政規制が欧米諸国よりはるかに強い日本において成り立つのであろうか？ 分割・民営化された後も運輸省の強い権限下にある JR が急激に企業体質を変化させ、企業効率を変化させるものであろうか？ 国鉄職員は JR 7 社に割り振られ、JR マネジメントも国鉄時代からのものを残していると思われ、国鉄の分割・民営化が本当に妥当な決断であるかどうか疑問が残る。二番目に、上述された疑問の妥当性は過去の研究を見てもわかる。例えば Boardman and Vining [6] の研究によると、1989 年以前において Property Right Theory に関して、55 の研究がなされて、そのうち Bruggink [8], Neuberg [18] を含む 6 つの研究では、公的企業の方が民間企業よりも効率的に運営されていることが実証的に確かめられている。又、Becker and Sloan [5], Caves and Christensen [9] を含む 16 の実証研究では、公的企業と民間企業との間に何んらの差が見られないことが確認されているが、逆に De Alessi [13] と Schlesinger and Dorwart [23] を含むその他の 33

の実証研究では Property Right Theory の正しさを認めている。

これらのことから Property Right Theory が常に正しいとは言えないことがわかる。この理論の妥当性は産業の種類、産業構造、行政規制の強さ、工業化のレベルによって影響されてくる。さらに、国鉄の民営化で言えば、JR 各社の株は大蔵省によって握られ、株主は日本国政府で、かつ民間企業という半官半民の特殊な企業形態をとっている。よって、JR の場合 Property Right Theory が成り立たなくなる可能性が強い。従って、本研究の目的は国鉄の分割・民営化を通して、行政規制の強い日本の鉄道産業で Property Right Theory が成立するか否かを検証することでもある。

本論文の構成は次の様にまとめることができる。まず、2 節では国鉄の分割・民営化の経緯を述べる。3 節では本研究で用いる 3 つの DEA の時系列分析法について示す。4 節ではこれらの方法から得た結果をもとに、国鉄の分割・民営化、特に民営化が本当に意味ある政策的決定であったかどうかを議論する。5 節では本研究をまとめ、将来の研究課題を検討してみる。

2. 国鉄の分割・民営化

日本国有鉄道（国鉄）は、1949 年に公共事業体として発足して以来、基幹的輸送機関として我が国経済の復興と高度成長に大きな役割を果たしてきた。しかし日本の産業構造の変化、各種交通機関の発達等により、国内の旅客輸送、貨物輸送に占める鉄道のシェアは、1955 年頃から減少をはじめた。この傾向は国鉄においても同様であり、旅客輸送量のシェアは 1965 年度に 46% あったものが逐次減少し、1985 年度には 23% に低下した。また貨物輸送量に関しても 1970 年度をピークに逐次現象を続け、そのシェアは 1965 年度に 40% であったものが 1985 年度にはわずか 5% にまで減少した。収支状況では、1964 年度に単年度赤字を生じて以来、輸送量の伸び悩みと運賃値上げの遅れ等から十分な収入の増加が得られず、一方でこれに対応する経費が縮減しなかったことから、各年度の欠損額は次第に増加した。1966 年度に利益積立金取崩後繰越欠損を生じ、1971 年度には償却前赤字を生じた。その後も、経費削減の努力にも関わらず、長期債務の利子の負担増、国鉄職員の年齢構成の歪みによる退職金、年金負担の増大等が経営を圧迫し、累積赤字を増やし続けた。[38]

国及び国鉄は、このような国鉄の経営状況の悪化に対処するために 1969 年以降 3 次にわたり、要員合理化、大都市通勤対策、運賃改定などからなる国鉄再建対策 [17] を講じたがいずれも目的を達せず、国鉄の経営状況は一向に好転しないまま 1979 年度末の長期債務高は 13 兆億円近くに達した。1980 年には日本国有鉄道経営再建促進特別措置法が交付・施行され、一応の収支目標を達成はするが、将来的な国民の負担や鉄道の果たしている使命の維持には抜本的な改革が必要であった。

このような背景のもとで、1982 年 7 月の臨時行政調査会の第 3 次答申を受け、翌 1983 年 5 月 “日本国有鉄道の経営する事業の再建推進に関する臨時措置法” が制定され、日本国有鉄道再建監理委員会が発足した。1985 年には再建監理委員会は国鉄改革に関する意見を内閣総理大臣に提出した。意見書中で再建監理委員会は、国鉄は年間 2 兆 3000 億円の赤字を出し、借金残高は 1985 年度末で 23 兆 6000 億円に達して破産状態にあること、また鉄道輸送は将来も必要で、再生の可能性を残す今、抜本改革を行なうことが国民の負担を軽くする最善の方法であるとの見解を示した [16]。そして国鉄が破綻した原因は、モータリゼーションの発達、航空機との競争の激化など交通体系の急速な変化に即応できなかったことであると、その理由は公社という制度のもとでの巨大組織による全国一元的な運営にあり、経営形態そのものに内在する構造的矛盾にあるとしている。

具体的な問題点として、経営側には裁量権がなく、運賃のづれ、事業範囲の制約、不採算路線の維持などが指摘され、それにともなった経営の自主性の喪失、生産性の低下、コスト意識の希薄さなどの問題が生じた。また 30 万人の職員を抱える大組織のため、全国画一的な経営になり地域特性を生かせない、また収支面で部門間の依存関係が生じるなどの弊害も表

れた。また仮に組織を分権化したとしても運賃決定権、労働条件決定権など、経営上重要な要素を本社に留保せざるおえず、分権化は無意味であり、公社形態、全国一元的な組織という制度の下での再建は不可能であるとの判断の下で、分割・民営化が国鉄改革案の中心となった。

以上のような見解に基づき、国鉄の現行経営形態を改め、分割・民営化することを基本とし、巨額の債務等についての適切な処理、過剰な要員体制の改善等、健全な事業体としての経営基盤を確立した上で国鉄事業を再出発させることを骨子とした“日本国有鉄道改善法”が成立した。そして1987年4月1日、国鉄の分割・民営化が施行され、ここに“JR”が誕生したのである。

さらに具体的な分割として、首都圏、東北、甲信越地方および東北・上越新幹線を中心とする東日本、東海道新幹線と中京圏を中心とする東海、近畿圏と山陽新幹線および北陸地方を一体とする西日本に本州を3分割、さらに北海道、四国、九州の3島を分離した全国6地域に分割した。ただ、貨物部門は旅客部門から分離し、全国一本で運営する独立事業とした。さらに経営形態としては、経営効率性の確保のため株式会社とし、速やかな移行措置を講ずるため国による強制設立の特殊会社とした。そして経営基盤の確立次第、株式を処分し、純民間企業に移行させる。国の監督規制は最小限度に留め、事業の拡大化をめざす。また労働問題は労働組合法、および労働関係調整法によると定めている [38]。

3. DEA における 3 つの時系列分析法

本研究の特徴として、DEA 法に基づいた 3 つの時系列分析法を用いて国鉄の分割・民営化、特に民営化の有効性に関する分析を行なう。ここで異なった分析手法を使う理由は、Charnes 他 [11] で示された様に、違った研究手法は異なった実証結果を生み出すことがよくあり、この手法による結果へのバイアスを避けるために必要な処置である。[政策決定のスケールが大きい程、この手法に関するバイアスに注意を払う必要があるという [11] の主張は実証研究を行なう上で重要である。] さらに、各 DEA モデルにはそれぞれ分析上の特徴があり、国鉄の分割・民営化といったスケールの大きな政策決定の妥当性に関する分析に対しては、いずれか一つだけの分析では不十分だからである。本節では、これら 3 つの DEA モデルを示し、その分析の特徴と問題点を示すこととする。また、いずれのモデルでも“変化”を境として、変化前と変化後の二つの期間の効率性の時系列的な比較、検討を目的として用いる。[本研究で取り扱われる 3 種の分析法の他にも DEA による時系列分析手法、例えば、Sueyoshi [30] があることは分かっているが、本研究に直接適応しにくいので、その他のアプローチは本論文の中では取り扱わない。]

3.1 DEA モデル

DEA では、分析対象となる事業体を DMU (Decision Making Unit) と呼び、その DMU は全部で“ n ”個あるものと仮定する。さらに、各 DMU_j ($j = 1, \dots, n$) は、共通した入出力項目を持ち、“ m ”種の入力 $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T > 0$ を使い、“ s ”種の出力 $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T > 0$ を産出していると仮定する。ここで、添え字“ j ”は j 番目の事業体を表し、“ T ”はベクトルの転置を表している。分析対象とする各 DMU_z ($z = 1, \dots, n$) に対する、生産性に基づく DEA モデルの基本形は、

[入力指向モデル]

$$\begin{aligned} & \text{最小化} \quad \theta, \\ & \text{制約} \quad - \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + \theta X_z \geq 0, \\ & \quad \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq Y_z, \quad (1) \\ & \quad L \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j \leq U, \\ & \quad \lambda_j \geq 0 \text{ and } \theta \geq 0, \end{aligned}$$

[出力指向モデル]

$$\begin{aligned} & \text{最大化} \quad \phi, \\ & \text{制約} \quad \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq X_z, \\ & \quad - \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j + \phi Y_z \leq 0, \quad (2) \\ & \quad L \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j \leq U, \\ & \quad \lambda_j \geq 0 \text{ and } \phi \geq 0, \end{aligned}$$

で表現される。この生産性に基づく DEA モデルでは z 番目の効率を n 個の DMU 群の生産活動との相対比較を行うことで求めている。そして、 $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ は全てのデータを非負結合するために用いられ、さらに λ の総和に対して下限 (L) と上限 (U) で制限している。この入力指向のモデル (1) の最適解 (θ^*, λ^*) において、 $\theta^* = 1$ であり、かつ全ての最適な λ^* に対して、 $s^+ \equiv X_z - X\lambda^* = 0$, $s^- \equiv Y\lambda^* - Y_z = 0$ である場合、 z 番目の DMU は DEA 効率的と判断され、それ以外の場合は、DEA 非効率的と判断される。なお、 s^+ , s^- は DMU $_z$ の入力や出力の余剰や不足を表しており、それらが一つでも正であれば、非効率的であると考えられている。[(2) の場合、入力型のモデルと多少の違いがあるので注意されたい。DEA に関する詳しい記述は [29, 35] を参照.]

DEA の特徴の一つは、この λ の総和に対して下限 (L) と上限 (U) を種々設定することによって、DEA の生産可能集合 (Production Possibility Set) を変更できることにある。 $(L, U) = (0, \infty)$ と設定することで CCR モデルに、また $(L, U) = (1, 1)$ と設定することで BCC モデルに作り替えられる。この 2 つの制約の違いは規模の収穫 (Returns to Scale) に関する仮定にある。CCR モデルは規模に関して収穫一定 (Constant Returns to Scale) を仮定するモデルであり、BCC モデルはその仮定を課してはいない。ここで CCR モデルの入力指向の効率値 θ^* と出力指向の効率値 ϕ^* は、 $\theta^* = 1/\phi^*$ となる関係が存在するが、BCC モデルではそのような便利な関係は成立しない。[DEA は [10] によって提唱され、そのあと様々な形で発展されている。具体的な研究成果は [24] の中でまとめられて、[26, 27, 28, 31, 32] の中では様々な DEA の応用をみることができている.]

3.2 Cross Sectional Approach

Cross Sectional Approach は (1) 又は (2) を用いて、それぞれの年度の活動を、あたかも同時に活動する独立な DMU であるとして評価を行うものである。つまり、“ j ” は年次を表す添字となり、分析対象の年度の全ての集合 J との相対比較を行うことになる。

この Cross Sectional Approach ではこれらの効率値を変化の前後の 2 つのグループに分け、それらのグループに違いがあるかどうかを、[3, 7] で提案されている統計的検定法を用いて検証する。この方法は Banker [3] によって提唱され、その研究の中では、2 つの異なる DEA 効率値のグループの比較を行なう仮説検定を提案している。さらに [7] では実際の時系列データに対してこの統計的検定法が使われている。

この方法を説明するために、分析対象の期間 J を 2 つの期間に分ける。つまり $J = A \cup B$ であり、 A (After) は変化後の、 B (Before) は変化前の年度 j の集合である。本研究で言うと、 A は JR としての年次であり、 B は国鉄の年次を表している。この 2 つの異なる期間に含まれる効率値の間に、違いがあるかどうかを以下の検定量を用いて検定する。

$$\left[\sum_{j \in N_1} (\phi_j - 1)/n_1 \right] / \left[\sum_{j \in N_2} (\phi_j - 1)/n_2 \right]. \quad (3)$$

ここで、 n_1, n_2 はそれぞれ期間 N_1 , 期間 N_2 に含まれる年次の数を表している。重要なことは、2 つの異なる期間の DEA 効率値 ϕ_j^* (出力指向の目的関数値) が平均 $1 + \sigma_1, 1 + \sigma_2$ の指数分布に従うと仮定すると、検定量 (3) は自由度 $(2n_1, 2n_2)$ の F 分布に従う。ここで、 σ_1, σ_2 はそれぞれ期間 N_1, N_2 の DEA 効率値の標準偏差であるとする、帰無仮説 $H_0 : \sigma_1 = \sigma_2$ はこの 2 つの分布が等しいということを示し、対立仮説 $H_1 : \sigma_1 > \sigma_2$ は期間 N_1 の効率値の平均の方が、期間 N_2 の効率値の平均よりも悪いことを示すものである。従って、本研究では期間 N_1, N_2 を、国鉄の期間 B , JR の期間 A と対応付け、統計的検定を行う。また、統計的検定 (3) は、効率値 ϕ^* の分布の仮定を指数分布から半正規分布へと変えることにより、さらに拡張することができる。半正規分布を仮定する場合の検定量は、

$$\left[\sum_{j \in N_1} (\phi_j - 1)^2/n_1 \right] / \left[\sum_{j \in N_2} (\phi_j - 1)^2/n_2 \right], \quad (4)$$

となり、これも自由度 (n_1, n_2) の F 分布に従う。

この統計的検定を用いた Cross Sectional Approach の特徴と問題点を要約し、以下に示す。

[特徴]

- ϕ に関する 2 つの分布の仮定は重要である。なぜならば、DEA に基づく L_1, L_2 統計量の分析は、指数分布、正規分布のそれぞれのもとで最尤推定量を生み出す [3]。
- 2 つのグループの分布の違いに関して統計的に述べることができる。
- 既存の DEA ソフトウェアを利用して簡単に計算することができる。

[問題点]

- これらの理論的な分布は実際のデータセットからは観測されにくい。
- 生産技術、出力スケールの時間に伴った変化を十分に表現することができない。
- 出力指向の目的関数値を用いて分析するため、入力指向のモデルを用いる分析に対しては、 $\theta = 1/\phi$ となるように規模に関して収穫一定を仮定しなければ適用できない。
- 得られる統計量の経営的解釈を与えにくい。
- 統計量間の直感的な比較が困難である。

3.3 Index Approach

[14] で提唱された Index Approach でも Cross Sectional Approach と同様に、分析対象となる年次全ての集合 J を変化の前後で 2 つのグループに分ける ($J = A \cup B$)。そして、Index Approach では入力指向モデル (1) を変更し、以下に示すモデル (5) を用いて分析を行う。[また、出力指向モデル (2) についても同様に変更できる。]

$$\begin{aligned}
 & \text{最小化} && \theta, \\
 & \text{制約} && - \sum_{j \in B} X_j \lambda_j + \theta X_k \geq 0, \quad k \in A, \\
 & && \sum_{j \in B} Y_j \lambda_j \geq Y_k, \quad k \in A, \\
 & && L \leq \sum_{j \in B} \lambda_j \leq U, \\
 & && \lambda_j \geq 0, \quad j \in B \text{ and } \theta \geq 0.
 \end{aligned} \tag{5}$$

ここでこのモデル (5) の最適解を θ^* とする。このモデルは期間 A (After) に含まれる k 番目の年次の活動と、他の期間 B (Before) に含まれる活動全体との相対的な比較により、効率値 θ^* を算出している。この特徴によって、JR の k 期の企業成果が国鉄時代のそれらと比較し、 k 期の生産成長性を測定することが (5) によって可能となる。逆に、この (5) の問題点は、ある条件下では生産の成長を示す DEA 効率値 θ を算出できない場合が起こりうることにある。つまり、期間 A に含まれる k 番目の年度の入出力値の集合 (X_k, Y_k) は、以下の生産可能集合 T に属さない場合があるからである。

$$T = \{(X, Y) | X \geq \sum_{j \in B} X_j \lambda_j, Y \leq \sum_{j \in B} Y_j \lambda_j, L \leq \sum_{j \in B} \lambda_j \leq U, \text{ and } \lambda_j \geq 0\}. \tag{6}$$

このことを言い替えると、もし (X_k, Y_k) , $k \in A$ が T に属するならば、(5) は実行可能な DEA 解を算出することができる。この状況は、ある組織が B 期から A 期に移ったあとでも生産活動の増加が認められない場合に起こるものと考えられる。逆のケースは (X_k, Y_k) が T (生産可能集合) に属さない場合に起こり、(5) の DEA 解は計算不可能となる。この問題は期間 A にある組織の生産活動が成長した場合に起こる。この DEA (5) の問題を解くための最も良いアプローチは、 k 番目の組織の生産活動が規模に関して収穫一定であるという仮定、i.e., $(L, U) = (0, \infty)$ を設定することである。言い替えると、 $(L, U) = (1, 1)$ で設定されたモデル

(5) の DEA 解は実行不可能な場合を作りだすが、これは DMU の生産活動の成長の存在を示すものである。

さて、通常の DEA の入力指向モデルの効率値は常に 1 以下の値をとるが、モデル (5) の最適解 θ^* は 1 以上になる場合もある。従って、本研究では“効率”と言わず“指標 (Index)”と呼ぶ。もしこれらの値が 1 以上ならば、生産の成長が見られたことを示しており、逆に 1 以下ならば生産の成長がないことを表わすものである。

ここで Index Approach の特徴、問題点を要約し、次のように示すこととする。

[特徴]

- Index Approach は、期間 A に含まれる k 年次の生産活動を、他の期間 B に含まれる生産活動全体との相対的な比較を通して θ^* の算定を行なっているため、年度間の生産成長度を時系列の形で求めることが可能である。
- これらの指標は B 期のフロンティア上の点との比較により得られ、 A 期に属する生産活動がフロンティア上のそれに比べ何倍の入力 (あるいは出力) を持っているかを示す尺度であり、直感的な比較が可能である。

[問題点]

- 活動が成長している場合に、その成長を表す尺度を必ず求められるとは限らない。この問題点に対しては、規模に関して収穫一定の仮定 [i.e., $(L, U) = (0, \infty)$] を設定することにより、常に実行可能な解を得る事ができる。
- 従来の DEA ソフトウェアでは解くことはできない。

3.4 FDH-based Approach

FDH (Free Disposal Hull) 法は、Tulken 他 [36] によって提案されたモデルである。この方法は、それぞれの活動間の支配、被支配 (Dominance / Nondominance) の関係から効率を導く評価方法であり、混合 0-1 整数計画問題として定式化される。この効率性は、当該 DMU を支配する活動の入力 (あるいは出力) との比率で表わされる。

FDH の入力指向モデルは (1) を変更し、以下に示す混合整数計画問題 (7) で表される。[また、出力指向モデル (2) についても同様に変更できる。]

$$\begin{aligned}
 & \text{最小化} && \theta, \\
 & \text{制約} && -\sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + \theta X_z \geq 0, \\
 & && \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq Y_z, \\
 & && \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\
 & && \lambda_j \in \{0, 1\} \text{ and } \theta \geq 0.
 \end{aligned} \tag{7}$$

このモデル (7) の最適解を θ^* とする。この効率値 θ^* は 1 以下の正数であり、1 ならば効率的であり、低いほど効率が悪いことを表わす。この効率値は自分を支配する DMU の活動の入力との比較により測定される。そのため DEA におけるフロンティアの概念とは、かなり異なる方法であるといえる。FDH では DEA で言うフロンティアのことを“Hull”と言う。

Tulken は論文 [37] の中で FDH に基づいた、活動の進歩と退歩を測定する手順を提案している。この手法は“ベンチマーク集合 (benchmark observation set)”と呼ばれる活動群との比較により進歩と退歩を評価する方法である。この活動の進歩・退歩を測定するには、ベンチマーク集合を分析の年度が進むに従って、順次更新して行が必要となる。しかし、本研究では前節と同様に、分析対象となる年度全ての集合 J を変化の前後で 2 つのグループに分け、その変化前の期間 B から変化後の期間 A に移行した結果、活動が進歩したか、退歩したかを測定する。よって、FDH-based Approach では、ベンチマーク集合は次の手順で更

新されていく。今、期間 B のベンチマーク集合を構成する活動の添字 (年度) の集合を B^{BOS} とする。期間 A のある効率的な活動が、期間 B のベンチマーク集合に対して、支配の関係も被支配の関係もない場合に、新たにその活動をベンチマーク集合に加える。ここで、年度の集合 B^{BOS} にその活動の年度を加えた集合を J^{BOS} とする。また、ある効率的な活動が B 期のベンチマーク集合と支配・被支配の関係がないとは、

$$D^B = \bigcap_{s \in B^{\text{BOS}}} \{(x, y) | x_s \geq x, y_s \geq y\} \cup \{(x, y) | x_s \leq x, y_s \leq y\}, \quad (8)$$

となる活動領域 D^B に含まれることである。

期間 A の各活動の進歩・退歩の指標は、 J^{BOS} によるベンチマーク集合に対して比較され、以下に示した2つのモデルによって測定される。領域 D^J の一部を支配する期間 A の活動の進歩を測定する場合は、以下のモデル (9) で求められる。

$$\begin{aligned} & \text{最大化} && \theta^P, \\ & \text{制約} && - \sum_{j \in J^{\text{BOS}}} X_j \lambda_j - X_k \lambda_k + \theta^P X_k \leq 0, \quad k \in A, \\ & && \sum_{j \in J^{\text{BOS}}} Y_j \lambda_j + Y_k \lambda_k \leq Y_k, \quad k \in A, \\ & && \sum_{j \in J^{\text{BOS}}} \lambda_j + \lambda_k = 1, \quad k \in A, \\ & && \lambda_j, \lambda_k \in \{0, 1\}, \quad k \in A \text{ and } \theta^P \geq 0. \end{aligned} \quad (9)$$

また、領域 D^J の一部に支配される期間 A の活動の退歩を測定する場合は、以下のモデル (10) で求められる。

$$\begin{aligned} & \text{最小化} && \theta^R, \\ & \text{制約} && - \sum_{j \in J^{\text{BOS}}} X_j \lambda_j - X_k \lambda_k + \theta^R X_k \geq 0, \quad k \in A, \\ & && \sum_{j \in J^{\text{BOS}}} Y_j \lambda_j + Y_k \lambda_k \geq Y_k, \quad k \in A, \\ & && \sum_{j \in J^{\text{BOS}}} \lambda_j + \lambda_k = 1, \quad k \in A, \\ & && \lambda_j, \lambda_k \in \{0, 1\}, \quad k \in A \text{ and } \theta^R \geq 0. \end{aligned} \quad (10)$$

このモデル (9) の最適解 θ^{P*} が $\theta^{P*} > 1$ であれば進歩を表しており、 $\theta^{P*} = 1$ であれば進歩はないと判断される。また、モデル (10) の最適解 θ^{R*} が $\theta^{R*} < 1$ であれば退歩を表しており、 $\theta^{R*} = 1$ であれば退歩はないと判断される。

以下に FDH モデルに基づくアプローチの特徴と問題点を示す。

[特徴]

- 従来の生産集合の概念とは異なる、支配・被支配の概念を用いて効率性を定義している。
- 解が必ず存在する。

[問題点]

- 従来の生産集合に基づく成長の意味とは異なった尺度である。
- FDH に基づく指標には 1 (100%) が非常に多くなり、分析を行う意味が無くなる場合がかなり起こりうる。
- フロントニア周辺の小さな変化は指標の差の形で出にくく、検出できない場合が多い。また現実の問題においてフロントニア上の活動を支配するような大きな変化はまれである。
- 前述の2手法 (Cross Sectional Approach, Index Approach) よりもモデルの計算回数が多い (期間 B の活動数を n_B 、期間 A の活動数を n_A とすると、2つの手法は n_A 回であるのに対し、 $5n_A + n_B$ 回)。

- 混合 0-1 整数計画問題であるため、従来の DEA ソフトウェアを用いることができない。

最後に、この Tulken らの FDH は非常に問題の多いアプローチである。Tulken らは、FDH の効率値を直接比率形式により求めているが、本来であるならばスラックの形式から求めるのが適切である。これらの詳しい説明は [4] の中でなされているので参照されたい。また、[4] の方法による時系列分析を提案するのも今後の研究課題である。

4. 実証分析

4.1 分析の枠組み及びデータ

鉄道産業の効率性分析を扱った研究として、Adolphson 他 [2] や坂元 [22] 等がある。本研究では、第 3 セクター鉄道の効率性を分析した坂元の文献 [22] の中で用いられている分析の枠組みを採用し、国鉄・JR の効率性分析を行う。なぜなら、第 3 セクター鉄道の多くは旧国鉄時代の路線そのものであり、JR と同様に以前は赤字であった体質を採算がとれる体質に移行することを目標としているからである。

坂元は [20] をもとに第 3 セクター鉄道の活動を、政策の“能率”の概念を援用し、費用、作業量、事業量、効果量の 4 つの局面に分けている。そしてそれぞれを入出力項目とし、以下の 4 つの効率性を定義している。

表 1: 4 つの効率性

効率性	入力項目	出力項目
コスト性	費用	作業量
生産性	作業量	事業量
収益性	事業量	効果量
企業性	費用	効果量

本研究では、この 4 つの効率性の考え方を採用するが、ここで分析の対象となる国鉄・JR は、第 3 セクターとは異なり貨物輸送もその業務範疇に入るため、以下の項目を [22] を参照にして、それぞれの局面を代表する項目として選択した。

表 2: 入出力項目

局面	代表する項目
費用	人件費、人件費外営業経費
作業量	職員数、車両数
事業量	車両キロ、輸送人員数、輸送トン数
効果量	営業収入

なお、全てのデータの出典は鉄道要覧、鉄道統計年報の当該年度版 [19, 39] からである。また、1986 年度のデータは存在しないが、それは分割・民営化による会計時期の変化による影響であると思われる。

4.2 分析結果

Cross Sectional Approach と Index Approach による 4 つの効率性 (コスト性、生産性、収益性、企業性) の分析結果を表 4~11 に示す。なお本研究では、3.3 節で述べた実行可能な DEA 解を常に得るために、CCR モデルに対する入力指向モデルから、効率値を算出することにする。そして、FDH による 4 つの効率性の分析結果を表 12 に示す。

[等分散性の検定には F 検定を、平均の差の検定には t 検定を用いており、表中の値はそれぞれ F 値、t 値である。また有意水準は 5% とし、“*” は差が認められないことを表す。]

これらの結果の中で、FDH による分析結果のかなり多くの年度が効率的となった。特に、生産性では実に 27 年度中 25 年度で効率的となり、これらの結果から時系列的な変化の情報

表 3: 分析に用いた入出力データ

年次	費用		作業量		事業量			効果量			
	人件費 (十億円)	経費 (十億円)	職員数 (千人)	車両数 (千台)	車両キロ (百万 km)	輸送人員 (百万人)	輸送トン (百万 t)	営業収入 (十億円)	営業収入 増加 (%)	値上げ 幅 (%)	値上げ 月
1965	308.98	456.53	462.44	167.73	8364.30	6721.83	200.01	634.10		32.3	3
1966	346.75	509.39	469.69	164.63	8427.05	6841.98	195.78	793.94	25.2		
1967	384.93	567.06	467.79	171.15	8745.17	7047.89	202.57	856.09	7.8	5.4	4
1968	432.80	621.44	466.35	173.39	8696.26	6868.50	198.81	916.49	7.1	15.9	5
1969	496.99	682.61	466.87	176.09	8944.88	6540.95	197.17	1044.04	13.9		
1970	572.84	730.38	459.68	178.47	9324.91	6534.48	198.50	1145.70	9.7		
1971	645.16	779.16	450.34	174.14	9176.94	6658.93	183.30	1178.17	2.8		
1972	721.55	877.85	441.05	167.53	8909.14	6723.79	182.45	1244.26	5.6		
1973	861.77	985.84	432.89	161.19	8902.43	6870.89	175.68	1379.06	10.8	23.2	10
1974	1033.52	1204.41	430.27	155.61	8610.54	7112.69	157.70	1571.42	13.9	11.0	11
1975	1266.30	1481.61	430.05	153.31	8392.87	7048.00	141.69	1820.93	15.9	50.4	11
1976	1396.81	1522.46	429.22	148.05	8483.51	7180.00	140.91	1993.11	9.5		
1977	1530.18	1688.37	428.93	143.07	8357.24	7068.00	132.04	2369.00	18.9	16.4	7~10
1978	1656.66	1818.88	426.70	134.23	8015.62	6996.00	133.34	2570.16	8.5	8.8	5
1979	1730.33	2017.46	420.82	133.13	7947.07	6930.00	136.39	2902.10	12.9	5.0	4
1980	1858.72	2149.28	413.59	132.44	7503.64	6824.00	121.62	2963.68	2.1	9.7	4~7
1981	2007.17	2324.83	401.36	131.00	7453.73	6793.00	110.57	3173.02	7.1	6.1	4~9
1982	2057.37	2726.53	386.68	117.13	7246.82	6742.00	97.76	3313.02	4.4		
1983	2114.07	3036.55	358.05	94.84	6659.10	6796.00	86.09	3298.91	-0.4	8.2	4
1984	2093.92	3125.09	326.03	78.73	5841.42	6884.00	74.93	3389.79	2.8	4.4	4~9
1985	2302.40	3280.03	276.77	68.81	5597.43	6941.00	68.55	3552.75	4.8	4.8	9
1987	1031.15	2192.61	219.02	59.08	5394.07	7356.27	55.29	3540.84	-0.3		
1988	1049.69	2364.45	209.74	59.50	5665.59	7714.57	55.70	3800.93	7.3		
1989	1168.85	2385.53	203.79	59.17	6056.66	7979.87	55.78	3926.99	3.3	2.9	4
1990	1175.20	2601.63	198.52	59.86	6285.38	8356.11	58.40	4213.84	7.3		
1991	1260.05	2462.50	199.57	59.99	6365.51	8675.92	57.39	4375.08	3.8		
1992	1313.96	2214.61	200.14	58.57	6429.74	8817.77	55.63	4390.76	0.4		

を得ることは難しいと考えられる。これは FDH の問題点である効率値が 1 になりやすく、小さな変化は検出されにくいという性質が確認されたものであり、現実の問題への適応の困難さを端的に表わすものであると考えられる。つまり、本研究のテーマである国鉄の分割・民営化において言えば、分割・民営化前後において効率値に劇的な大変化は起きていないことと解釈される。本研究ではこれ以降、FDH-based Approach を除く最初の 2 つの時系列分析法、Cross Sectional Approach と Index Approach を用いて分析を進めて行くことにする。

またここで、表 4~11 中左側の表を見ると、それぞれの入出力項目の乗数 (multiplier) の値が 0 の項目が多いことがわかる。このことは入出力として選択した項目を、まったく使わずに効率性を評価していることを示すものである。この問題点に対して、乗数 (ウェイト) の取り得る範囲を制限することにより乗数が 0 になることを無くすいくつかの方法が提案されている。領域限定法 [34]、コーンレシオ法 [12]、乗数制約アプローチ [25] が、それらの代表的な方法である。本実証研究では、入出力として選択した項目についての重要度を、数名の JR の管理者に電話でインタビューしたところ、大方の意見として「重要度は同じである」という意見を得た。そこで本研究では、Sueyoshi 他の論文 [25] で提案されている乗数制約アプローチを用いる。この乗数制約アプローチは、以下の入力指向モデル (1) の双対問題 (10) を用いて分析を行う。

$$\begin{aligned}
 & \text{最大化} && WY_z + d_1L - d_2U, \\
 & \text{制約} && -VX_j + WY_j + d_1 - d_2 \leq 0, \quad j = 1, \dots, n, \\
 & && VX_z \leq 1, \\
 & && V \geq 0, \quad W \geq 0, \quad d_1 \geq 0, \quad \text{and} \quad k_2 \geq 0.
 \end{aligned} \tag{10}$$

この $V = (v_1, \dots, v_m)$, $W = (w_1, \dots, w_s)$, d_1, d_2 は、モデル (1) の各制約式に対する双対変数である。

表 4: Cross Sectional Approach の分析結果 (コスト性)

年次	乗数制約なし					乗数制約あり				
	効率値 θ^*	出力		入力		効率値 θ^*	出力		入力	
		職員数 u_1	車両数 u_2	人件費 v_1	経費 v_2		職員数 u_1	車両数 u_2	人件費 v_1	経費 v_2
1965	1.0000	0	0.005962	0	0.002190	1.0000	0.001081	0.002981	0.001618	0.001095
1966	0.9103	0.001938	0	0	0.001963	0.8922	0.000950	0.002710	0.001442	0.000982
1967	0.8215	0	0.004800	0	0.001763	0.8167	0.000873	0.002386	0.001299	0.000882
1968	0.7594	0	0.004380	0	0.001609	0.7394	0.000793	0.002132	0.001155	0.000805
1969	0.7021	0	0.003987	0	0.001465	0.6642	0.000711	0.001886	0.001006	0.000732
1970	0.6651	0	0.003727	0	0.001369	0.5984	0.000651	0.001677	0.000873	0.000685
1971	0.6083	0	0.003493	0	0.001283	0.5351	0.000594	0.001536	0.000775	0.000642
1972	0.5194	0	0.003101	0	0.001139	0.4626	0.000524	0.001381	0.000693	0.000570
1973	0.4450	0	0.002761	0	0.001014	0.3896	0.000450	0.001209	0.000580	0.000507
1974	0.3527	0.000820	0	0	0.000830	0.3150	0.000366	0.001012	0.000484	0.000415
1975	0.2866	0.000666	0	0	0.000675	0.2545	0.000296	0.000830	0.000395	0.000337
1976	0.2783	0.000648	0	0	0.000657	0.2357	0.000275	0.000796	0.000358	0.000328
1977	0.2508	0.000585	0	0	0.000592	0.2099	0.000245	0.000733	0.000327	0.000296
1978	0.2316	0.000543	0	0	0.000550	0.1875	0.000220	0.000698	0.000302	0.000275
1979	0.2059	0.000489	0	0	0.000496	0.1716	0.000204	0.000645	0.000289	0.000248
1980	0.1900	0.000459	0	0	0.000465	0.1588	0.000192	0.000599	0.000269	0.000233
1981	0.1704	0.000425	0	0	0.000430	0.1440	0.000179	0.000550	0.000249	0.000215
1982	0.1400	0.000362	0	0	0.000367	0.1209	0.000156	0.000516	0.000243	0.000183
1983	0.1164	0.000325	0	0	0.000329	0.0969	0.000135	0.000511	0.000237	0.000165
1984	0.1040	0.000319	0	0.000478	0	0.0827	0.000127	0.000525	0.000239	0.000160
1985	0.0833	0.000301	0	0	0.000305	0.0665	0.000120	0.000484	0.000217	0.000152
1987	0.1243	0.000648	0	0.000970	0	0.1026	0.000234	0.000868	0.000485	0.000228
1988	0.1153	0.000637	0	0.000953	0	0.0970	0.000231	0.000815	0.000476	0.000211
1989	0.0998	0.000572	0	0.000856	0	0.0893	0.000219	0.000755	0.000428	0.000210
1990	0.0963	0.000569	0	0.000851	0	0.0854	0.000215	0.000714	0.000425	0.000192
1991	0.0896	0.000530	0	0.000794	0	0.0842	0.000211	0.000702	0.000397	0.000203
1992	0.0855	0.000509	0	0.000761	0	0.0853	0.000213	0.000728	0.000381	0.000226
検定	国鉄とJR の比較		等分散性		1516.4255		平均の差		4.6459	
	分割・民営化 前後6年の比較		等分散性		22.8063		平均の差		1.4027 *	
検定量	国鉄とJR の比較		指数分布の仮定		2.6597		正規分布の仮定		3.5384	
	分割・民営化 前後6年の比較		指数分布の仮定		1.1437 *		正規分布の仮定		1.1763 *	

表 5: Index Approach の分析結果 (コスト性)

年次	乗数制約なし					乗数制約あり						
	指標 θ^*	出力		入力		指標 θ^*	前年度 差	前年度 比	出力		入力	
		職員数 u_1	車両数 u_2	人件費 v_1	経費 v_2				職員数 u_1	車両数 u_2	人件費 v_1	経費 v_2
1987	0.1419	0.000648	0	0.000970	0	0.1026			0.000234	0.000868	0.000485	0.000228
1988	0.1335	0.000637	0	0.000953	0	0.0970	-0.0056	0.9458	0.000231	0.000815	0.000476	0.000211
1989	0.1165	0.000572	0	0.000856	0	0.0893	-0.0077	0.9203	0.000219	0.000755	0.000428	0.000210
1990	0.1129	0.000569	0	0.000851	0	0.0854	-0.0039	0.9568	0.000215	0.000714	0.000425	0.000192
1991	0.1058	0.000530	0	0.000794	0	0.0842	-0.0012	0.9858	0.000211	0.000702	0.000397	0.000203
1992	0.1018	0.000509	0	0.000761	0	0.0853	0.0011	1.0127	0.000213	0.000728	0.000381	0.000226

ここで、入出力項目の重要度は同じということから、乗数制約アプローチは双対問題 (10) に以下のような制約式、

$$\begin{aligned}
 & \text{[乗数制約アプローチ]} \\
 & v_1 x_{1z} / V X_z = \dots = v_m x_{mz} / V X_z, \quad (11) \\
 & w_1 y_{1z} / W Y_z = \dots = w_s y_{sz} / W Y_z,
 \end{aligned}$$

を加えて分析を行うものである。この乗数制約アプローチを用いて、再度計算した結果が表 4~11 の右側の表である。この結果から乗数の値が 0 となる問題点は解消されたことが

表 6: Cross Sectional Approach の分析結果 (生産性)

年次	乗数制約なし						乗数制約あり							
	効率値 θ^*	出力			入力			効率値 θ^*	出力			入力		
		車両キロ u_1	輸送人員 u_2	輸送トン数 u_3	職員数 v_1	車両数 v_2	車両キロ u_1		輸送人員 u_2	輸送トン数 u_3	職員数 v_1	車両数 v_2		
1965	1.0000	0	0	0.005000	0.001862	0.000828	0.4973	0.000020	0.000025	0.000829	0.001081	0.002981		
1966	1.0000	0.000001	0.000010	0.004733	0	0.006074	0.5021	0.000020	0.000024	0.000855	0.001065	0.003037		
1967	1.0000	0	0.000015	0.004416	0.000951	0.003244	0.5109	0.000019	0.000024	0.000841	0.001069	0.002921		
1968	0.9850	0.000011	0.000015	0.004013	0.002177	0	0.4995	0.000019	0.000024	0.000838	0.001072	0.002884		
1969	0.9782	0.000030	0	0.003707	0.001458	0.001939	0.4861	0.000018	0.000025	0.000822	0.001071	0.002839		
1970	1.0000	0.000011	0.000015	0.004011	0.002175	0	0.4939	0.000018	0.000025	0.000083	0.001088	0.002802		
1971	0.9650	0.000041	0	0.003397	0.002301	0	0.5030	0.000018	0.000025	0.000915	0.001110	0.002871		
1972	0.9756	0.000032	0	0.003926	0.001544	0.002053	0.5154	0.000019	0.000026	0.000942	0.001134	0.002984		
1973	0.9738	0.000033	0	0.004034	0.001587	0.002110	0.5333	0.000020	0.000026	0.001012	0.001155	0.003102		
1974	0.9079	0.000036	0	0.004394	0.001729	0.002298	0.5396	0.000021	0.000025	0.001141	0.001162	0.003213		
1975	0.8413	0.000039	0	0.004767	0.001817	0.002493	0.5275	0.000021	0.000025	0.001241	0.001163	0.003261		
1976	0.8790	0.000037	0	0.004620	0.001817	0.002416	0.5589	0.000020	0.000026	0.001322	0.001165	0.003377		
1977	0.8435	0.000028	0	0.005631	0.000627	0.006406	0.5514	0.000020	0.000026	0.001392	0.001166	0.003495		
1978	0.8837	0.000024	0	0.006056	0	0.008431	0.5477	0.000023	0.000026	0.001369	0.001172	0.003725		
1979	0.9060	0.000024	0	0.005955	0	0.008291	0.5517	0.000023	0.000027	0.001348	0.001188	0.003756		
1980	0.8210	0.000026	0	0.006606	0	0.009197	0.5350	0.000024	0.000026	0.001461	0.001209	0.003775		
1981	0.7684	0.000028	0	0.007136	0	0.009935	0.5326	0.000024	0.000026	0.001605	0.001246	0.003817		
1982	0.7758	0.000031	0	0.007905	0	0.011005	0.5522	0.000025	0.000027	0.001883	0.001293	0.004269		
1983	0.8520	0.000035	0	0.008889	0	0.012375	0.6066	0.000030	0.000030	0.002349	0.001396	0.005272		
1984	0.8950	0.000040	0	0.010194	0	0.014192	0.6519	0.000037	0.000032	0.002900	0.001534	0.006351		
1985	0.9502	0	0.000026	0.011952	0	0.015295	0.7310	0.000044	0.000035	0.003554	0.001807	0.007267		
1987	0.9433	0	0.000031	0.014022	0	0.017945	0.8413	0.000052	0.000038	0.005072	0.002283	0.008463		
1988	0.9521	0	0.000030	0.013794	0	0.017652	0.8874	0.000052	0.000038	0.005311	0.002384	0.008403		
1989	0.9694	0.000061	0	0.011283	0	0.017434	0.9349	0.000051	0.000039	0.005587	0.002454	0.008450		
1990	1.0000	0.000118	0	0.004460	0.004439	0.001983	0.9832	0.000052	0.000039	0.005612	0.002519	0.008354		
1991	1.0000	0.000011	0.000044	0.009572	0.005011	0	0.9910	0.000052	0.000038	0.005756	0.002505	0.008335		
1992	1.0000	0	0.000113	0	0.004997	0	1.0000	0.000052	0.000038	0.005992	0.002498	0.008537		
							検定	国鉄と JR の比較	等分散性 平均の差		1.2309 *			
								分割・民営化 前後 7 年の比較	等分散性 平均の差		1.5022 *			
							検定量	国鉄と JR の比較	指数分布の仮定 正規分布の仮定		12.4682 79.8596			
								分割・民営化 前後 7 年の比較	指数分布の仮定 正規分布の仮定		9.9899 53.1619			

表 7: Index Approach の分析結果 (生産性)

年次	乗数制約なし						乗数制約あり									
	指標 θ^*	出力			入力			指標 θ^*	前年度 差	前年度 比	出力			入力		
		車両キロ u_1	輸送人員 u_2	輸送トン u_3	職員数 v_1	車両数 v_2	車両キロ u_1				輸送人員 u_2	輸送トン u_3	職員数 v_1	車両数 v_2		
1987	1.3393	0	0.000182	0	0.004566	0	1.1308				0.000070	0.000051	0.006817	0.002283	0.008463	
1988	1.4667	0	0.000190	0	0.004768	0	1.1909	0.0601	1.0531		0.000070	0.000051	0.007128	0.002384	0.008403	
1989	1.5614	0	0.000196	0	0.004907	0	1.2509	0.0600	1.0504		0.000069	0.000052	0.007475	0.002454	0.008450	
1990	1.6784	0	0.000201	0	0.005037	0	1.3180	0.0671	1.0536		0.000070	0.000053	0.007523	0.002519	0.008354	
1991	1.7335	0	0.000200	0	0.005011	0	1.3225	0.0046	1.0035		0.000069	0.000051	0.007682	0.002505	0.008335	
1992	1.7568	0	0.000199	0	0.004997	0	1.3275	0.0050	1.0038		0.000069	0.000050	0.007954	0.002498	0.008537	

わかり、全ての項目を考慮に入れた DEA 分析を行なうことができている。その結果、全体的に効率値は低下し、効率的と評価された年度も減少している。

4.3 分析評価

本節では、Cross Sectional Approach と Index Approach による 4 つの効率性 (コスト性、生産性、収益性、企業性) の分析結果それぞれについて、まずはじめに Cross Sectional Approach で国鉄の分割・民営化の前後で効率値に変化が起こったかを検証し、次いで Index Approach によって、その変化の度合いを測定する。そして、それらの分析結果に基づいて評価を行う。

表 8: Cross Sectional Approach の分析結果 (収益性)

年次	乗数制約なし					乗数制約あり					
	効率値 θ^*	出力		入力			効率値 θ^*	出力		入力	
		営業収入 u_1	車両キロ v_1	輸送人員 v_2	輸送トン数 v_3	営業収入 u_1		車両キロ v_1	輸送人員 v_2	輸送トン数 v_3	
1965	0.1843	0.002910	0	0.000149	0	0.1130	0.000178	0.000040	0.000050	0.001667	
1966	0.2267	0.002860	0	0.000146	0	0.1401	0.000176	0.000040	0.000049	0.001703	
1967	0.2373	0.000277	0	0.000142	0	0.1462	0.000171	0.000038	0.000047	0.001646	
1968	0.2607	0.000284	0	0.000146	0	0.1595	0.000174	0.000038	0.000049	0.001677	
1969	0.3118	0.000299	0	0.000153	0	0.1853	0.000177	0.000037	0.000051	0.001691	
1970	0.3425	0.000299	0	0.000153	0	0.2007	0.000175	0.000036	0.000051	0.001679	
1971	0.3457	0.000293	0	0.000150	0	0.2073	0.000176	0.000036	0.000050	0.001819	
1972	0.3615	0.000291	0	0.000149	0	0.2199	0.000177	0.000037	0.000050	0.001827	
1973	0.3921	0.000284	0	0.000146	0	0.2421	0.000176	0.000037	0.000049	0.001897	
1974	0.4316	0.000275	0	0.000141	0	0.2781	0.000177	0.000039	0.000047	0.002114	
1975	0.5048	0.000277	0	0.000142	0	0.3322	0.000182	0.000040	0.000047	0.002353	
1976	0.5423	0.000272	0	0.000139	0	0.3610	0.000181	0.000040	0.000046	0.002366	
1977	0.6548	0.000276	0	0.000141	0	0.4433	0.000187	0.000042	0.000047	0.002525	
1978	0.7177	0.000279	0	0.000143	0	0.4826	0.000188	0.000042	0.000048	0.002500	
1979	0.8182	0.000282	0	0.000144	0	0.5470	0.000188	0.000042	0.000048	0.002444	
1980	0.8485	0.000286	0	0.000147	0	0.5852	0.000197	0.000044	0.000049	0.002741	
1981	0.9126	0.000288	0	0.000147	0	0.6407	0.000202	0.000045	0.000049	0.003015	
1982	0.9600	0.000290	0	0.000148	0	0.6947	0.000210	0.000046	0.000049	0.003410	
1983	0.9484	0.000287	0	0.000147	0	0.7286	0.000221	0.000050	0.000049	0.003872	
1984	0.9620	0.000284	0	0.000145	0	0.8040	0.000237	0.000057	0.000048	0.004449	
1985	1.0000	0.000281	0	0.000144	0	0.8713	0.000245	0.000060	0.000048	0.004862	
1987	0.9551	0.000270	0.000185	0	0	0.9131	0.000258	0.000062	0.000045	0.006028	
1988	0.9769	0.000257	0.000027	0.000110	0	0.9455	0.000249	0.000059	0.000043	0.005985	
1989	0.9742	0.000248	0	0.000121	0.000576	0.9432	0.000240	0.000055	0.000042	0.005976	
1990	0.9983	0.000237	0	0.000116	0.000550	0.9696	0.000230	0.000053	0.000040	0.005708	
1991	1.0000	0.000229	0.000024	0.000098	0	0.9950	0.000227	0.000052	0.000038	0.005808	
1992	1.0000	0.000228	0	0.000084	0.004720	1.0000	0.000228	0.000052	0.000038	0.005992	
検定	国鉄と JR		の比較		等分散性	52.4834					
	分割・民営化		前後 7 年の比較		平均の差	-10.2809					
	国鉄と JR		の比較		等分散性	9.8409					
	分割・民営化		前後 7 年の比較		平均の差	-5.3413					
検定量	国鉄と JR		の比較		指数分布の仮定	64.1572					
	分割・民営化		前後 7 年の比較		正規分布の仮定	4232.2000					
	国鉄と JR		の比較		指数分布の仮定	9.9199					
	分割・民営化		前後 7 年の比較		正規分布の仮定	72.3356					

表 9: Index Approach の分析結果 (収益性)

年次	乗数制約なし					乗数制約あり						
	指標 θ^*	出力		入力			指標 θ^*	出力		入力		
		営業収入 u_1	車両キロ v_1	輸送人員 v_2	輸送トン数 v_3	営業収入 u_1		車両キロ v_1	輸送人員 v_2	輸送トン数 v_3		
1987	1.2356	0.000349	0	0	0.018085	1.0701			0.000302	0.000062	0.000045	0.006028
1988	1.3168	0.000346	0	0	0.017955	1.1121	0.0421	1.0393	0.000293	0.000059	0.000043	0.005985
1989	1.3584	0.000346	0	0	0.017927	1.1138	0.0017	1.0015	0.000284	0.000055	0.000042	0.005976
1990	1.3923	0.000330	0	0	0.017123	1.1446	0.0308	1.0276	0.000272	0.000053	0.000040	0.005708
1991	1.4710	0.000336	0	0	0.017425	1.1797	0.0351	1.0307	0.000270	0.000052	0.000038	0.005808
1992	1.5229	0.000347	0	0	0.017975	1.1905	0.0108	1.0092	0.000271	0.000052	0.000038	0.005992

4.3.1 コスト性

表 4 の結果からコスト性の効率は、物価の上昇と相俟って年々悪化していることがわかる。この状況は、2 節で述べた国鉄の分割・民営化の経緯と一致している。

まずはじめに、Cross Sectional Approach から国鉄の時代 (期間 B) の効率値と、JR に変わった後 (期間 A) の効率値の間に違いがあるかどうかを、表 4 の結果に基づいて検証する。求められた効率値 θ^* が指数分布に従うと仮定し、検定量 (3) を用いると国鉄の時代の効率値と JR に変わった後の効率値の間には差が認められた。また、対象とする年度を分割・民営化前後 6 年と同数にし、検定量 (3) を用いると、両方の効率値の間には差が認められなかつ

表 10: Cross Sectional Approach の分析結果 (企業性)

年次	乗数制約なし				乗数制約あり					
	効率値 θ^*	出力		入力		効率値 θ^*	出力		入力	
		営業収入 u_1	人件費 v_1	経費 v_2	営業収入 u_1		人件費 v_1	経費 v_2		
1965	0.7006	0.001105	0	0.002190	0.6574	0.001037	0.001618	0.001095		
1966	0.7861	0.000990	0	0.001963	0.7357	0.000927	0.001442	0.000982		
1967	0.7615	0.000889	0	0.001763	0.7135	0.000833	0.001299	0.000882		
1968	0.7439	0.000812	0	0.001609	0.6888	0.000752	0.001155	0.000805		
1969	0.7714	0.000739	0	0.001465	0.7001	0.000671	0.001006	0.000732		
1970	0.7912	0.0006910	0	0.001369	0.6949	0.000606	0.000873	0.000685		
1971	0.7627	0.000647	0	0.001283	0.6546	0.000556	0.000775	0.000642		
1972	0.7149	0.000575	0	0.001139	0.6155	0.000495	0.000693	0.000570		
1973	0.7056	0.000512	0	0.001014	0.5922	0.000429	0.000580	0.000507		
1974	0.6581	0.000419	0	0.000830	0.5565	0.000354	0.000484	0.000415		
1975	0.6199	0.000340	0	0.000675	0.5251	0.000288	0.000395	0.000337		
1976	0.6603	0.000331	0	0.000657	0.5437	0.000273	0.000358	0.000328		
1977	0.7077	0.000299	0	0.000592	0.5855	0.000247	0.000327	0.000296		
1978	0.7127	0.000277	0	0.000550	0.5885	0.000229	0.000302	0.000275		
1979	0.7255	0.000250	0	0.000496	0.6137	0.000211	0.000289	0.000248		
1980	0.6955	0.000235	0	0.000465	0.5863	0.000198	0.000269	0.000233		
1981	0.6884	0.000217	0	0.000430	0.5807	0.000183	0.000249	0.000215		
1982	0.6129	0.000185	0	0.000367	0.5474	0.000165	0.000243	0.000183		
1983	0.5480	0.000166	0	0.000329	0.5075	0.000154	0.000237	0.000165		
1984	0.5471	0.000161	0	0.000320	0.5158	0.000152	0.000239	0.000160		
1985	0.5463	0.000154	0	0.000305	0.5040	0.000142	0.000217	0.000152		
1987	0.9649	0.000273	0.000684	0.000134	0.9211	0.000260	0.000485	0.000228		
1988	1.0000	0.000263	0.000661	0.000130	0.9472	0.000249	0.000476	0.000211		
1989	0.9553	0.000243	0.000611	0.000120	0.9179	0.000234	0.000428	0.000210		
1990	0.9955	0.000236	0.000593	0.000116	0.9450	0.000224	0.000425	0.000192		
1991	0.9994	0.000228	0.000574	0.000113	0.9676	0.000221	0.000397	0.000203		
1992	1.0000	0.000228	0	0.000452	1.0000	0.000228	0.000381	0.000226		
検定	国鉄と JR の比較		等分散性		5.4954 *		平均の差		-17.1541	
	分割・民営化前後 7 年の比較		等分散性		1.4425 *		平均の差		-20.9057	
検定量	分割・民営化前後 7 年の比較		指数分布の仮定		12.5458		正規分布の仮定		128.3999	
	分割・民営化前後 7 年の比較		指数分布の仮定		15.9548		正規分布の仮定		195.6443	
	分割・民営化前後 7 年の比較		指数分布の仮定		15.9548		正規分布の仮定		195.6443	
	分割・民営化前後 7 年の比較		正規分布の仮定		195.6443		正規分布の仮定		195.6443	

表 11: Index Approach の分析結果 (企業性)

年次	乗数制約なし				乗数制約あり							
	指標 θ^*	出力		入力		指標 θ^*	前年度 差	前年度 比	出力		入力	
		営業収入 u_1	人件費 v_1	経費 v_2	営業収入 u_1				人件費 v_1	経費 v_2		
1987	1.4998	0.000424	0.000970	0	1.2679			0.000358	0.000485	0.000228		
1988	1.5815	0.000416	0.000953	0	1.3064	0.0385	1.0304	0.000344	0.000476	0.000211		
1989	1.4674	0.000374	0.000856	0	1.2618	-0.0447	0.9658	0.000321	0.000428	0.000210		
1990	1.5660	0.000372	0.000851	0	1.3026	0.0408	1.0324	0.000309	0.000425	0.000192		
1991	1.5165	0.000347	0.000794	0	1.3282	0.0256	1.0196	0.000304	0.000397	0.000203		
1992	1.4595	0.000332	0.000761	0	1.3658	0.0376	1.0283	0.000311	0.000381	0.000226		

た。そして今度は、求められた効率値 ϕ^* が正規分布に従うと仮定し直して、検定量 (4) を用いると国鉄の時代の効率値と JR に変わった後の効率値の間には差が認められた。また同様に、分割・民営化前後 6 年に対して検定量 (4) を用いると、両方の効率値の間には差が認められなかった。

そしてこれとは別に、国鉄の時代の効率値 θ^* の分布と JR に変わった後の効率値 θ^* の分布の間に対して、分散と平均値の検定を行った結果が、同じ表 4 に示してある。この結果によれば、両方の効率値の分布は、分散と平均値の両方に差があることが認められた。また同様に、分割・民営化前後 6 年に対する両方の効率値の分布間の比較を行うと、分散には差が認められたが、平均値には差が認められなかったため、効率値の分布に差がないと判断できる。

表 12: FDH 分析法による分析結果

年次	効率値 (出力指向モデル)				効率値 (入力指向モデル)			
	コスト性	生産性	収益性	企業性	コスト性	生産性	収益性	企業性
1965	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1966	1.0000	1.0000	0.9854	1.0000	1.0000	1.0000	0.2396	1.0000
1967	1.0000	1.0000	0.9566	1.0000	1.0000	1.0000	0.2410	1.0000
1968	1.0000	1.0000	0.9816	1.0000	1.0000	1.0000	0.2766	1.0000
1969	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1970	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1971	0.8761	1.0000	1.0000	1.0000	0.9797	1.0000	1.0000	1.0000
1972	0.5200	1.0000	1.0000	1.0000	0.9514	1.0000	1.0000	1.0000
1973	0.4631	1.0000	0.9812	1.0000	0.9272	1.0000	0.4163	1.0000
1974	0.3790	1.0000	0.9479	1.0000	0.9198	1.0000	0.4423	1.0000
1975	0.3081	1.0000	0.9566	1.0000	0.9193	1.0000	0.5125	1.0000
1976	0.2999	1.0000	0.9390	1.0000	0.9138	1.0000	0.5602	1.0000
1977	0.2704	1.0000	0.9539	1.0000	0.9132	1.0000	0.6668	1.0000
1978	0.2510	1.0000	0.9637	1.0000	0.9085	1.0000	0.7234	1.0000
1979	0.2263	1.0000	0.9729	1.0000	0.8959	1.0000	0.8561	1.0000
1980	0.2124	1.0000	0.9880	1.0000	0.8806	1.0000	0.8946	1.0000
1981	0.1964	1.0000	0.9925	0.9431	0.8545	1.0000	0.9577	0.7227
1982	0.1674	1.0000	1.0000	0.8042	0.8233	1.0000	1.0000	0.7545
1983	0.1503	1.0000	1.0000	0.7221	0.7623	1.0000	1.0000	0.7513
1984	0.1476	1.0000	1.0000	0.7016	0.6941	1.0000	1.0000	0.7720
1985	0.1392	1.0000	1.0000	0.6752	0.5893	1.0000	1.0000	0.8091
1987	0.2996	0.9914	1.0000	1.0000	0.4663	0.9939	1.0000	1.0000
1988	0.2944	0.9944	1.0000	1.0000	0.4465	0.9984	1.0000	1.0000
1989	0.2643	1.0000	1.0000	1.0000	0.4339	1.0000	1.0000	1.0000
1990	0.2629	1.0000	1.0000	1.0000	0.4227	1.0000	1.0000	1.0000
1991	0.2452	1.0000	1.0000	1.0000	0.4249	1.0000	1.0000	1.0000
1992	0.2352	1.0000	1.0000	1.0000	0.4261	1.0000	1.0000	1.0000

以上の結果と元データから、民営化の前後で大幅な人員削減、車両の整理を行なった結果、一人あたり、一台あたりにかかる経費の効率(コスト性)については、国鉄の時代と JR に変わった後の間では差があるが、分割・民営化前後 6 年の間には、差がなかったことになる。これは労働組合の権限の強さ、給与体系の引き継ぎ、解雇者への対応などがこの原因として考えられる。

次いで、Index Approach から分割・民営化されて以後、コスト性の効率がどのようにに変化されたかが、表 5 に示されている。この表 5 の結果から、コスト性の効率は最初の 1987 年次では 0.1026 で 1992 年次では 0.0853 と年々悪化していることがわかる。これは、元データから人件費の高騰と経費の増加が原因であると推測される。このことからコスト性については構造的な改革がなされ、その効果が表れているとは考えにくい。

4.3.2 生産性

表 6 の結果から生産性の効率は、輸送技術の進歩に伴い徐々に好転していることがわかる。まずはじめに、Cross Sectional Approach から国鉄の時代(期間 B)の効率値と、JR に変わった後(期間 A)の効率値の間に違いがあるかどうかを、表 6 の結果に基づいて検証する。求められた効率値 ϕ^* が指数分布に従うと仮定し、検定量 (3) を用いると国鉄の時代の効率値と JR に変わった後の効率値の間には差が認められた。また、対象とする年度を分割・民営化前後 6 年と同数にし、検定量 (3) を用いても両方の効率値の間には差が認められた。そして今度は、求められた効率値 ϕ^* が正規分布に従うと仮定し直して、検定量 (4) を用いると国鉄の時代の効率値と JR に変わった後の効率値の間には差が認められた。また同様に、分割・民営化前後 6 年に対して検定量 (4) を用いても、両方の効率値の間には差が認められた。

そしてこれとは別に、国鉄の時代の効率値 θ^* の分布と JR に変わった後の効率値 θ^* の分布の間に対して、分散と平均値の検定を行った結果が、同じ表 6 に示してある。この結果によれば、両方の効率値の分布は、分散には差が認められなかったが、平均値には差が認められたので、効率値の分布に差があると判断できる。

また同様に、分割・民営化前後 6 年に対する両方の効率値の分布間の比較を行っても同

様の結果が得られた。以上の結果から、生産性の効率については、国鉄の時代と JR に変わった後の間には、差があることになる。

次いで、Index Approach から分割・民営化されて以後、生産性の効率がどのように変化されたかが、表 7 に示されている。この表 7 の結果から、生産性の効率は最初の 1987 年次では 1.1308 で 1992 年次では 1.3275 と年々高くなっていることがわかる。分割・民営化以前と比べれば、30% 以上も効率が良くなっている。元データより生産性の上昇は、入力である職員数、車両数が減少し、出力である輸送人員数が増加していることから、提供サービスの絶対量の増加を示していると考えられる。このことは分割・民営化により、地域特性をマネジメントに反映させられるようになったことの影響の 1 つであると考えられるが、一方では輸送人員数の増加は国内景気の好調さを背景としたものであるとも考えられる。

4.3.3 収益性

表 8 の結果から収益性の効率も生産性と同様に、好転していることがわかる。収益性の効率は、入力に業務量、出力に収入をとっているため、運賃設定と深い関わりのある効率性であると考えられる。各年度の効率値の変化の推移より、年度が進むに従って効率がなだらかな増加を示していることが分かる。また分割・民営化のなされた 1987 年の前後においても極端な変化は認められない。このことは国鉄時代の運賃設定システムをそのまま JR が受け継いだためであると考えられる。さらに分割・民営化後、国鉄時代に比べて効率の伸びがゆるやかになっているのは、民営化後運賃の据え置きがなされていたことが原因であると考えられる。またコスト性と同様に、効率の上昇の背景には物価の影響があると思われる。

まずはじめに、Cross Sectional Approach から国鉄の時代(期間 B)の効率値と、JR に変わった後(期間 A)の効率値の間に違いがあるかどうかを、表 8 の結果に基づいて検証する。求められた効率値 ϕ^* が指数分布に従うと仮定し、検定量 (3) を用いると国鉄の時代の効率値と JR に変わった後の効率値の間には差が認められた。また、対象とする年度を分割・民営化前後 6 年と同数にし、検定量 (3) を用いても両方の効率値の間には差が認められた。そして今度は、求められた効率値 ϕ^* が正規分布に従うと仮定し直して、検定量 (4) を用いると国鉄の時代の効率値と JR に変わった後の効率値の間には差が認められた。また同様に、分割・民営化前後 6 年に対して検定量 (4) を用いても、両方の効率値の間には差が認められた。

そしてこれとは別に、国鉄の時代の効率値 θ^* の分布と JR に変わった後の効率値 θ^* の分布の間に対して、分散と平均値の検定を行った結果が、同じ表 8 に示してある。この結果によれば、両方の効率値の分布は、分散と平均値の両方に差があることが認められた。また同様に、分割・民営化前後 6 年に対する両方の効率値の分布間の比較を行っても同様の結果が得られた。以上の結果から、収益性の効率については、国鉄の時代と JR に変わった後の間には、差があることになる。

次いで、Index Approach から分割・民営化されて以後、収益性の効率がどのように変化されたかが、表 9 に示されている。この表 9 の結果から、収益性の効率は最初の 1987 年次では 1.0701 で 1992 年次では 1.1905 と年々高くなっていることがわかる。分割・民営化以前と比べても、20% 近くも効率が良くなっている。これは、元データから営業収入の大幅な増加が原因であると推測される。

4.3.4 企業性

表 10 の結果から企業性の効率は、分割・民営化を境にして大幅に好転していることがわかる。まずはじめに、Cross Sectional Approach から国鉄の時代(期間 B)の効率値と、JR に変わった後(期間 A)の効率値の間に違いがあるかどうかを、表 10 の結果に基づいて検証する。求められた効率値 ϕ^* が指数分布に従うと仮定し、検定量 (3) を用いると国鉄の時代の効率値と JR に変わった後の効率値の間には差が認められた。また、対象とする年度を分割・民営化前後 6 年と同数にし、検定量 (3) を用いても両方の効率値の間には差が認められた。そして今度は、求められた効率値 ϕ^* が正規分布に従うと仮定し直して、検定量 (4) を用いると国鉄の時代の効率値と JR に変わった後の効率値の間には差が認められた。また同様に、分

割・民営化前後6年に対して検定量(4)を用いても、両方の効率値の間には差が認められた。

そしてこれとは別に、国鉄の時代の効率値 θ^* の分布と JR に変わった後の効率値 θ^* の分布の間に対して、分散と平均値の検定を行った結果が、同じ表 10 に示してある。この結果によれば、両方の効率値の分布は、分散には差が認められなかったが、平均値には差が認められたので、効率値の分布に差があると判断できる。また同様に、分割・民営化前後6年に対する両方の効率値の分布間の比較を行っても同様の結果が得られた。

以上の結果から、企業性の効率については、国鉄の時代と JR に変わった後の間には、差があることになる。先に述べた通り、コスト性、収益性の2つの効率は数量項目と金額項目を入出力項目として用いているため、物価の影響を受けている可能性がある。一方、企業性の分析結果は、入出力ともに金額的なデータを使用しているため、それら2つの効率ほど物価の影響を受けていないと考えられる。企業性の効率については、あきらかに分割・民営化後良くなっていることが示されており、物価の影響を(取り除くまではいかなくても)弱めても効率の上昇が認められたことを示すものであると考えられる。

次いで、Index Approach から分割・民営化されて以後、企業性の効率がどのように変化されたかが、表 11 に示されている。この表 11 の結果から、分割・民営化直後から企業性の効率は高くなり、最初の 1987 年次では 1.2679 で 1992 年次では 1.3658 と大幅に高くなっていることがわかる。分割・民営化以前と比べると、実に 35% 以上も効率が良くなっている。これも収益性と同様に、元データから営業収入の大幅な増加が原因であると推測される。

4.3.5 運賃の値上げが効率値に及ぼす影響

本研究では、収益性と企業性の効率を測定する際に、出力項目に効果量、すなわち営業収入をデータとして用いている。この営業収入の増加は、運賃の値上げと密接に関わり合っていることが予想される。従って、営業収入を出力項目として用いている収益性と企業性の効率値に及ぼす影響を調べる必要がある。運賃の値上げに関するデータ(値上げ幅と月)は、表 3 の右側に示されている。

まずはじめに、営業収入の増加と運賃の値上げ幅の相関関係を調べたところ、相関係数は $r = 0.471$ となった。そして、相関に関する検定を行った結果、有意水準 5% で相関関係があると言えた。従って、運賃の値上げを行った分、営業収入も増加していることになる。この現象は、日本の鉄道産業の現状からも予想できる。それは、運賃が基本的にコストに利益を上乗せして設定がなされている点にある。より詳しく述べるならば、一般的に鉄道産業は地域独占のため経営努力を強いられないので、コストは各社異なっても構わなく、コストが増加すれば運賃の値上げを運輸省に申請し、認可してもらうのが現状である。これらは、各私鉄の運賃の価格差として顕著に現れている。

次に、収益性の効率値の変化と運賃の値上げ幅の相関関係を調べた結果、相関係数は $r = 0.450$ となった。そして、相関に関する検定を行った結果、有意水準 5% で相関関係があると言えた。つまり、運賃の値上げを行った分、効率値も増加していることになる。これは、収益性のところで「収益性の効率は、入力に業務量、出力に収入をとっているため、運賃設定と深い関わりのある効率性であると考えられる。」と記述したことを裏付けるものであり、国鉄時代の運賃設定システムをそのまま JR が受け継いでいるためであると考えられる。

最後に、企業性の効率値の変化と運賃の値上げ幅の相関関係を調べた結果、相関係数は $r = 0.046$ となった。そして、相関に関する検定を行った結果、有意水準 5% で相関関係がないと言えた。つまり、運賃の値上げを行うか否かは、企業性の効率に変化を及ぼさない。これは、先ほども述べた日本の鉄道産業の体質によるものであると考えられる。

5. 結論と分割・民営化の是非

本研究では3つの DEA 時系列分析手法を使い、国鉄の民営化の是非を実証的に検証してみた。この実証研究のコスト性、生産性、収益性、企業性に対する評価から、コスト性を除く他の生産性、収益性、企業性の効率は、分割・民営化後 JR に移行してから、かなりのペー

スで向上してきていることが分析結果から実証された。従って、当初、国鉄を分割・民営化することで期待される効果、それに伴う目標は、ほぼ達成されていると考えられる。このことから、Property Right Theory が行政規制の強い日本の鉄道産業においても、ほぼ成り立つと言えると考えられる。しかし、物価上昇があるにせよコスト性の効率が悪化している点に、注意を払わなければならない。本実証研究でわかったように、分割・民営化されたあとのJRでは、他の民間企業のようなコスト削減の努力がみられていない。その結果として分割・民営化後に国民は高いコストを支払わされ、JRの再建を手伝っていることがわかった。今後は、JR自身も経営努力によってコスト削減を行なう努力をする必要があると考えられる。

最後に本研究の問題点は、国鉄時代と相対比較研究するために、JR7社を1つの組織と考え分析を進めたが、JR7社として捉え直してDEA分析をする必要がある。これは将来の重要な研究テーマと考えて良い。

謝辞

本論文をまとめるにあたり、JRの方々には貴重なコメントをいただきました。特に、西日本旅客鉄道(株)の近藤幹雄氏からは大変貴重なコメントをいただきました。また、本論文の査読者の方々からも有益なコメントをいただきました。ここに心から感謝の意を表します。

参考文献

- [1] Alchian, A.A. : Some Economics of Property Rights, *Il Politico*, Vol.30 (1965), 816-829.
- [2] Adolphson, D.L., Cornia, G.C. and Walters, L.C. : Railroad Property Valuation Using Data Envelopment Analysis, *Interfaces*, Vol.19 (1989), 18-26.
- [3] Banker, R.D. : Econometric estimation and data envelopment analysis, J.L.Chan and J.M.Patton (ed.), *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, JAI Press Inc., Greenwich, Connecticut, 1989, 231-243.
- [4] Bardhan, I., Bowlin, W.F., Cooper, W.W. and Sueyoshi, T. : Models and measures for efficiency dominance in DEA, part II : Free disposal hull (FDH) and Russell measure (RM) approaches, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol.39 (1996), 333-344.
- [5] Becker, E.R. and Sloan, F.A. : Hospital ownership and performance, *Economic Inquiry*, Vol.23 (1985), 21-36.
- [6] Boardman, A.E. and Vining, A.R. : Ownership and performance in competitive environments : A comparison of the performance of private, mixed, and state-owned enterprises, *Journal of Law and Economics*, Vol.32 (1989), 1-33.
- [7] Bowlin, W.F. : An intertemporal assessment of the efficiency of air force accounting finance offices, J.L.Chan and J.M.Patton (ed.), *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, JAI Press Inc., Greenwich, Connecticut, (1989), 293-309.
- [8] Bruggink, T.H. : Public versus regulated private enterprise in the municipal water industry : A comparison of operating costs, *Quarterly Review of Economics and Business*, Vol.22 (1982), 111-125.
- [9] Caves, D. and Christensen, L. : The relative efficiency of public and private firms in a competitive environment : the case of Canadian railroads, *Journal of Political Economy*, Vol.88 (1980), 958-976.
- [10] Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. : Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, Vol.2 (1978), 429-444.
- [11] Charnes, A., Cooper, W.W., and Sueyoshi, T. : A goal programming / constrained regression review of the Bell system breakup, *Management Science*, Vol.34 (1988), 1-26.

- [12] Charnes,A., Cooper,W.W., Wei,Q.L., and Huang,Z.M. : Cone ratio data envelopment analysis and multiobjective programming, *International Journal of Systems Science*, Vol.20 (1989), 1099–1118.
- [13] De Alessi,L. : An economic analysis of government ownership and regulation : Theory and the evidence from the electric power industry, *Public Choice*, Vol.19 (1974), 1–42.
- [14] Färe,R., Grosskopf,S. and Norris,M. : Productivity growth,technical progress and efficiency change in industrialized counties, *American Economic Review*, Vol.84 (1994), 66–83.
- [15] Ferrier,G.D. : Ownership Type, Property Rights, and Relative Efficiency, Charnes,A., Cooper,W.W., Lewin,A.Y. and Seiford,L.M. (ed.), *Data Envelopment Analysis : Theory, Methodology, and Application*, Kluwer Academic Publishers, 1994, 273–283.
- [16] 藤井彌太郎 : 鉄道業界, 教育社, 1991.
- [17] 草野厚 : 国鉄改革, 中央公論社, 1989.
- [18] Neuberg,L.G. : Two issues in the municipal ownership of electrical power distribution systems, *Bell Journal of Economics*, Vol.8 (1977), 303–323.
- [19] 日本国有鉄道情報システム部 : 鉄道要覧 国鉄統計ダイジェスト, 交通統計研究所, 1975,1986 .
- [20] 西尾勝 : 行政学の基礎概念, 東京大学出版会, 1990.
- [21] 酒井邦雄, 寺本博美, 吉田良生, 中野守 編著 : 制度の経済学, 中央大学出版部, 1995.
- [22] 坂元純一 : 第三セクター鉄道の効率性に関する研究, 第 34 回シンポジウム「経営効率性評価—DEA 法のフロンティアと応用事例—」論文集, 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 1995, 40–44.
- [23] Schlesinger,M. and Dorwart,R. : Ownership and mental-health services, *New England Journal of Medicine*, Vol.311 (1984), 959–965.
- [24] Seiford,L.M. : A Bibliography of Data Envelopment Analysis(1978–1994), Working paper, *Department of Industrial Engineering and Operations Research*, University of Massachusetts, 1994.
- [25] Shang,J. and Sueyoshi,T. : A unified framework for the selection of a flexible manufacturing system, *European Journal of Operational Research*, Vol.85 (1995), 297–315.
- [26] Sueyoshi,T. : Estimation of stochastic frontier cost function using data envelopment analysis : an application to the AT&T divestiture, *Journal of the Operational Research Society*, Vol.42 (1991), 463–477.
- [27] Sueyoshi,T. : Measuring technical, allocative, overall efficiencies using DEA, *Journal of the Operational Research Society*, Vol.43 (1992), 141–155.
- [28] Sueyoshi,T. : Stochastic frontier production analysis : Measuring performance of public telecommunications in 24 OECD countries, *European Journal of Operational Research*, Vol.74 (1994), 466–478.
- [29] Sueyoshi,T. : Data envelopment analysis : formulations and economic interpretation, *Mathematica Japonica*, Vol.42 (1995), 1–13.
- [30] Sueyoshi,T. : Production analysis in different time periods : An application of data envelopment analysis, *European Journal of Operational Research*, Vol.86 (1995), 216–230.
- [31] Sueyoshi,T. : Measuring scale efficiencies and returns to scale of Nippon Telegraph and Telephone in production and cost analyses, *Management Science*, 1996, printing.
- [32] Sueyoshi,T. : Divestiture of Nippon Telegraph and Telephone, *Management Science*, 1996, printing.
- [33] Sueyoshi,T. : Privatization of Nippon Telegraph & Telephone : Was it a good policy

- decision?, *European Journal of Operational Research*, 1997, printing.
- [34] Thompson,R.G., Langemeier,L.N., Lee,C.T. and Thrall,R.M. : The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming, *Journal of Econometrics*, Vol.46 (1990), 93-108.
- [35] 刀根薫 : 経営効率性の測定と改善 —包絡分析法 DEA による—, 日科技連, 1993.
- [36] Tulkens,H. and Vanden Eeckaut,P. : Non-parametric efficiency measures for panel data : Methodologies and an FDH application to retail banking, *CORE Discussion Paper*, No.91/8 (1991).
- [37] Tulkens,H. and Vanden Eeckaut,P. : Non-parametric efficiency, progress regress measures for panel data : Methodological aspects, *European Journal of Operational Research*, Vol.80 (1995), 474-499.
- [38] 運輸省 : 運輸白書, 大蔵省印刷局, 1986~1989.
- [39] 運輸省交通局 : 鉄道統計年報, 政府資料等普及調査会, 1987~1992.

末吉俊幸

〒 278 千葉県野田市山崎 2641

東京理科大学 理工学部 経営工学科

E-mail : sueyoshi@iaws-20.ia.noda.sut.ac.jp

杉山 学

〒 113 東京都文京区本郷 7-3-1

東京大学 社会科学研究所

E-mail : sugi@iss.u-tokyo.ac.jp

ABSTRACT

**PRIVATIZATION OF JAPAN NATIONAL RAILWAYS :
DEA TIME SERIES APPROACHES**

Toshiyuki Sueyoshi Hiroshi Machida Manabu Sugiyama Takeshi Arai Yoshiyasu Yamada
Science University NTT Corp. University Science University
of Tokyo of Tokyo of Tokyo

This research examines the privatization effects of Japan National Railways, using three different types of DEA time series approaches. This empirical study can identify that its privatization attains considerable improvement in productivity, profitability and managerial efficiency, but failing cost efficiency. This empirical result can serve as a basis of corporate policy for cost reduction.