

データ包絡分析法による JR と大手私鉄の事業活動効率比較  
—— Inverted DEA/ウィンドー分析による JR 旅客各社の推移 ——

杉 山 学

経営管理研究室

The relative efficiency evaluation for  
the Japan Railway companies and Japan's major private  
railway companies by DEA and Inverted DEA :  
Trends of the relative inefficiencies of Japan Railway companies  
by the Inverted DEA/Window Analysis

Manabu SUGIYAMA

Management and Decision Science

**Abstract**

This study evaluates the relative efficiencies of Japan Railway companies and Japan's major private railway companies, using various types of DEA (Data Envelopment Analysis). The first step of the evaluation described the time series performance data analysis of the Japanese railway companies. The second step of the evaluation described the relative efficiencies of Japan Railway companies and Japan's major private railway companies by using the DEA/Window Analysis (Data Envelopment Analysis/Window Analysis). As the third step of this evaluation, this paper evaluates the relative *inefficiencies* of Japan Railway companies and Japan's major private railway companies by using the Inverted DEA/Window Analysis (Inverted Data Envelopment Analysis/Window Analysis) as a variation of Inverted DEA (Inverted Data Envelopment Analysis). In this paper, trends of the relative *inefficiency* of each Japan Railway company became clear by comparing with each Japan's major private railway company.

## 1 はじめに

“国鉄の分割・民営化”は1987年（昭和62）に行われ、今年で22年が経過した。その間 JR は、国鉄から JR という新しい企業体集合（以下「JR グループ」）にかわることで、大手私鉄並みの事業活動の効率改善が求められてきたといえる。本研究は、本当に JR は国鉄時代の事業活動から、大手私鉄並みの事業活動に改善されたかを、データ包絡分析法（DEA：Data Envelopment Analysis）<sup>[4]</sup>の諸手法を用いて実証的に検証し、評価することが目的である。なお本研究の評価対象は、JR グループ7社のうち JR 旅客6社を対象としており、JR 貨物（日本貨物輸送）については取り扱っていない。

本研究は非常に多くのデータを扱い、様々な DEA の諸手法を用いて実証的に様々検証するために、数本の論文に分けて研究成果を発表せざるをえない。そこで、本研究の第1報である論文<sup>[20]</sup>では DEA の諸手法を用いた本格的な分析に入る前段階として「各業績データに基づく JR 旅客各社の推移」と称して、まず JR グループの現在までの経緯を踏まえた上で、JR と大手私鉄を比較した既存研究<sup>[9,10,14]</sup>の研究結果を整理した。そして、鉄道事業者の事業活動に対する効率性評価の枠組みを改めて定義し、その中で使用される各種業績データに基づいて JR 旅客各社の推移についてまとめ、考察を行った。

この分析結果からは、各年度の運輸白書<sup>[24]</sup>や国土交通白書<sup>[7]</sup>で記述されているように、JR 東日本、JR 東海、JR 西日本の、本州3社については、三大都市圏の路線及び新幹線を有していることから、比較的良好な経営環境にあり、概ね順調な経営を続けていることが各種業績データの推移からも確認できた。一方、JR 北海道、JR 四国、JR 九州の、いわゆる3島会社については、特別の措置が講じられてきたものの、発足当初より厳しい経営状況が続いていることが各種業績データの推移からも改めて確認できた。

本研究の第2報である論文<sup>[21]</sup>では、第1報の論文<sup>[20]</sup>で示された鉄道事業者の事業活動に対する効率性評価の枠組みを用い、本格的に DEA/ウィンドー分析（DEA/Window Analysis）<sup>[3]</sup>を適用して、JR 旅客各社と大手私鉄の事業活動を時系列的に効率性評価を行い、実証的に検証し、考察を行った。すなわち、副題の「DEA/ウィンドー分析による JR 旅客各社の推移」を中心に報告した。

この分析結果からも、各年度の運輸白書<sup>[24]</sup>や国土交通白書<sup>[7]</sup>で記述されているように、JR 東日本、JR 東海、JR 西日本の、本州3社については、三大都市圏の路線及び新幹線を有していることから、大手私鉄と比較しても、コスト性以外は比較的良好な経営環境にあり、概ね順調な経営を続けていることが確認できた。しかし、コスト性が年々悪化傾向にあるという結果を得た。一方、JR 北海道、JR 四国、JR 九州の、いわゆる3島会社については、大手私鉄と比較しても、生産性と企業性において発足当初より非常に厳しい経営状況が続いていることが確認できた。しかし、発足当初より財務面での特別の措置が講じられてきたこともあり、コスト性と収益性に関しては、大手私鉄並であることが確認できた。そして、大手私鉄と比較して劣っている生産性と企業性については、程度の差はあれ、年々改善方向に向かいつつあることが、分析結果から確認できた。

第2報の分析では、鉄道事業者の事業活動の企業的側面である“効率性の追求”の面から評価を行ったが、鉄道事業者の事業活動が持ち合わせている、もう一つの公共的側面である“非効率性の改善”の面から評価を行う必要がある。そこで第3報である本論文では、第1報の論文<sup>[20]</sup>で示された鉄道事業者の事業活動に対する効率性評価の枠組みを用い、Inverted DEA (Inverted Data Envelopment Analysis)<sup>[15, 16, 17, 19, 26, 27]</sup>のヴァリエーションの中の Inverted DEA/ウィンドー分析 (Inverted DEA/Window Analysis)<sup>[15, 19]</sup>を適用して、本格的に JR 旅客各社と大手私鉄の事業活動を時系列的に非効率性評価を行い、実証的に検証した内容を報告する。すなわち、副題の「Inverted DEA/ウィンドー分析による JR 旅客各社の推移」を中心に報告する。

また、今後も本研究をさらに進めることで、JR 発足後から現時点まで、JR が大手私鉄並みの事業活動に改善されたか否かに対する結論が導けると考える。これにより、国鉄の分割・民営化に対する本来の目的が達成されたかを議論でき、一連の政策決定が妥当なものであったかを議論する上で、重要な資料を提示できると考える。

ここで本論文の構成は次のようにまとめることができる。まず、2節では鉄道事業者の事業活動に対する効率性評価に、今回用いる分析モデルについて示す。3節では鉄道事業者の事業活動に対する効率性評価の枠組みについて改めて示す。4節では分析結果をまとめ、その考察について示す。5節では本論文をまとめ、次の研究課題を示す。

## 2 鉄道事業に対する効率性評価に用いる分析モデル

本研究の第1報<sup>[20]</sup>において詳しく述べたように、鉄道事業者の事業活動は、公共的側面と企業的側面の両面を持ち合わせており、その評価も複雑であるといえる。そして、鉄道事業者の事業活動を公共的側面と企業的側面という観点から効率性評価に当てはめるならば、公共的側面の追求とは“非効率性の改善”をとらえることができ、企業的側面の追求とは“効率性の追求”であるととらえることができる。

第2報<sup>[21]</sup>では、鉄道事業者の事業活動に対する“効率性の追求”の面（企業的側面）に絞った分析を行った。第3報である本論文では、鉄道事業者の事業活動に対する“非効率性の改善”の面（公共的側面）に絞った分析を行う。そこで、鉄道事業者を多入力多出力システムととらえ、非効率測定ができる Inverted DEA を用い、さらに時系列的に効率性を評価することができる Inverted DEA/ウィンドー分析を用いる。なお、鉄道事業者の事業活動に対する総合的な分析・評価は、次回以降の論文にて報告を行う予定である。

### 2.1 Inverted DEA モデル

DEAモデルに関する記述は様々<sup>[2, 5, 6, 13, 15, 16, 17, 18, 22, 23]</sup>あり、モデル自体は様々なヴァリエーション<sup>[12, 23]</sup>が存在する。その中でも日本オリジナルなDEAモデルであるInverted DEAは著者らの論

文<sup>[26]</sup>で提案され、論文<sup>[27]</sup>の中で日本の公共事業投資の効率に適用された。その後、Inverted DEA に関する記述は論文<sup>[15, 16, 19, 20]</sup>などにもある。

本研究の第1報<sup>[20]</sup>で示した Inverted DEA モデルは、分数計画問題として示された比率形式の Inverted DEA モデルであった。実際にはこの分数計画問題（比率形式）の Inverted DEA モデルを解くのではなく、DEA と同様、線形計画問題に変形して解くことが通常である。そこで、本論文では線形計画問題へと変形された Inverted DEA モデルを示し、本研究の第2報<sup>[21]</sup>と同様に、DEA の基本モデルである CCR モデルに対する Inverted DEA モデルを次のように記述する。

Inverted DEA においても評価対象である DMU (Decision Making Unit) や入出力項目に関する仮定は DEA と同様である。すなわち、評価対象となる事業体(多入力多出力システム)を DMU 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、 $m$  種類の入力  $x_{ij} > 0$  ( $i=1, \dots, m$ ) を使い、 $s$  種類の出力  $y_{rj} > 0$  ( $r=1, \dots, s$ ) を産出していると仮定する。

ここで一般形の生産可能集合 (production possibility set) を用いた、各  $DMU_o$  ( $o=1, \dots, n$ ) の投入指向型の DEA モデルに対する Inverted DEA モデルは、

$$\begin{aligned}
 \text{最大化} \quad & \theta'_o + \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s'_{io}{}^- + \sum_{r=1}^s s'_{ro}{}^+ \right), \\
 \text{制約条件} \quad & \theta'_o x_{io} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda'_{jo} + s'_{io}{}^- = 0 & (i=1, \dots, m), \\
 & \sum_{i=1}^n y_{rj} \lambda'_{jo} + s'_{ro}{}^+ = y_{ro} & (r=1, \dots, s), \\
 & L \leq \sum_{j=1}^n \lambda'_{jo} \leq U & (j=1, \dots, n), \\
 & s'_{ro}{}^+ \geq 0 & (r=1, \dots, s), \\
 & s'_{io}{}^- \geq 0 & (i=1, \dots, m),
 \end{aligned} \tag{1}$$

と、(1)の双対問題

$$\begin{aligned}
 \text{最小化} \quad & \xi'_o = \sum_{r=1}^s u'_{ro} y_{ro} - \sigma'_{1o} L + \sigma'_{2o} U, \\
 \text{制約条件} \quad & \sum_{i=1}^m v'_{io} x_{io} = 1, \\
 & - \sum_{i=1}^m v'_{io} x_{ij} + \sum_{r=1}^s u'_{ro} y_{rj} - \sigma'_{1o} + \sigma'_{2o} \leq 0 & (j=1, \dots, n), \\
 & u'_{ro} \geq \varepsilon & (r=1, \dots, s), \\
 & v'_{io} \geq \varepsilon & (i=1, \dots, m) \\
 & \sigma'_{1o} \geq 0, \quad \sigma'_{2o} \geq 0,
 \end{aligned} \tag{2}$$

となる。また、一般形の生産可能集合を用いた産出指向型の DEA モデルに対する Inverted DEA モデルは、

$$\begin{aligned}
 \text{最小化} \quad & \phi'_o - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s''_{io}{}^- + \sum_{r=1}^s s''_{ro}{}^+ \right), \\
 \text{制約条件} \quad & \phi'_o y_{ro} - \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda''_{jo} - s''_{ro}{}^+ = 0 & (r=1, \dots, s), \\
 & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda''_{jo} - s''_{io}{}^- = x_{io} & (i=1, \dots, m), \\
 & L \leq \sum_{j=1}^n \lambda''_{jo} \leq U & (j=1, \dots, n), \\
 & s''_{ro}{}^+ \geq 0 & (r=1, \dots, s), \\
 & s''_{io}{}^- \geq 0 & (i=1, \dots, m),
 \end{aligned} \tag{3}$$

と、(3)の双対問題

$$\begin{aligned}
 \text{最大化} \quad & h'_o = \sum_{i=1}^m v''_{io} x_{io} + \sigma''_{1o} L - \sigma''_{2o} U, \\
 \text{制約条件} \quad & \sum_{r=1}^s u''_{ro} y_{ro} = 1, \\
 & - \sum_{r=1}^s u''_{ro} y_{rj} + \sum_{i=1}^m v''_{io} x_{ij} + \sigma''_{1o} - \sigma''_{2o} \geq 0 & (j=1, \dots, n), \\
 & u''_{ro} \geq \varepsilon & (r=1, \dots, s), \\
 & v''_{io} \geq \varepsilon & (i=1, \dots, m), \\
 & \sigma''_{1o} \geq 0, \sigma''_{2o} \geq 0,
 \end{aligned} \tag{4}$$

で表現される。これらの Inverted DEA モデル(1)と(3)は、一般形の生産可能集合を用いた DEA モデルと同様に、 $\lambda'$  の総和に対する下限 ( $L$ ) と上限 ( $U$ ) を種々設定することによって、DEA モデルに対応した生産可能集合を変更できる。なお、この生産可能集合について何らかの先験的な情報が得られる場合、上下限 ( $L, U$ ) はそれに従って設定されるべきであり、先験的な情報が得られない場合は、分析目的別に設定される必要がある。

Inverted DEA モデルでは(3)の  $\phi'_o$  の最適解  $\phi'^*$  を IDEA 非効率値 (IDEA-inefficiency score) と呼び、DMU の相対的な非効率の度合いを表す値である。この IDEA 非効率値が  $\phi'^* = 1$  かつ、入出力の余剰や不足を表すスラック変数全ての値が最適解においてゼロである場合 ( $\phi'^* = 1$  かつ、 $s''_{ro}{}^+ = 0$ ,  $s''_{io}{}^- = 0$  の場合)、DMU<sub>o</sub> は IDEA 非効率的 (IDEA-inefficient) と判定される。また、それ以外の場合 ( $\phi'^* = 1$  かつ、少なくとも 1 つ以上のスラックが  $s''_{ro}{}^+ > 0$ ,  $s''_{io}{}^- > 0$  である場合と、 $\phi'^* < 1$  の場合)、IDEA 効率的 (IDEA-efficient) と判定される。なお DEA と同様に、値  $\varepsilon$  は無限小正数で、特定の値を与えて解がなくとも、最適化を 2 段階にわけて行えば解くことができる<sup>[16]</sup>。

ここで Inverted DEA を記述的に表現するならば、Inverted DEA は、DEA で入力  $x_{ij}$  として扱っていたものを「出力」とし、出力  $y_{rj}$  として扱っていたものを「入力」と逆転することで表現できる。すなわち Inverted DEA は、DEA におけるほとんど全てのヴァリエーションに対応して拡張することが可能である。DEA が最も効率的な活動からの差を表しているとする、Inverted DEA は最も非効率的な活動（最低の活動）からの差を表していると考えて良い。これは DEA における効率の概念と全く逆転している。Inverted DEA が DEA とは逆の関係であることを、わかりやすく説明するために、上下限を  $(L, U) = (0, \infty)$  または  $(L, U) = (1, 1)$  と設定し、図1に1入力2出力の場合を示す。

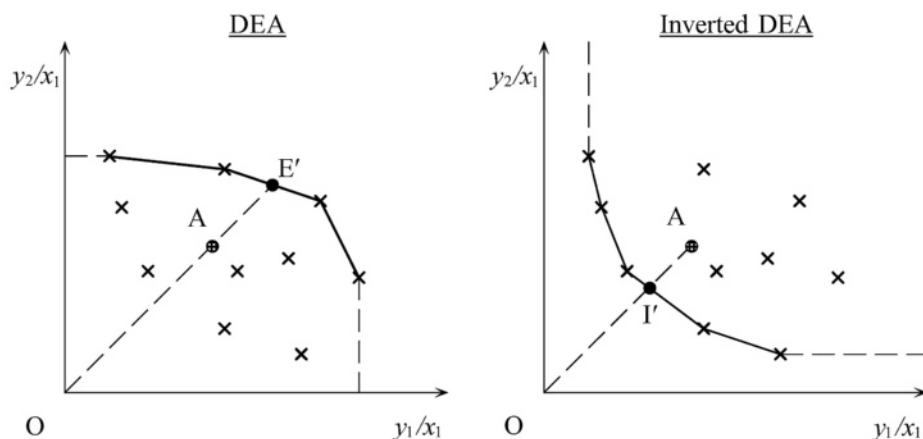


図1：DEA と Inverted DEA の図解

図1から理解できるように、DEAでは効率的なDMUで構成される効率的フロンティア (efficiency frontier) によって各DMUの活動を包絡するのに対し、Inverted DEAでは非効率的なDMUで構成される非効率的フロンティア (inefficiency frontier) によって各DMUの活動を包絡するかたちとなる。そして、点Aに対応するDMU<sub>A</sub>の効率値は、DEAの場合では効率的フロンティア (太線) 上のDEA効率的な点E'を基準として  $\theta_A^* = \overline{OA} / \overline{OE'}$  となり、Inverted DEAの場合では非効率的フロンティア (太線) 上のIDEA非効率的な点I'を基準として  $\theta_A'^* = \overline{OA} / \overline{OI'}$  であり、 $\phi_A'^* = 1 / \theta_A'^* = \overline{OI'} / \overline{OA}$  となる。[なお、 $\overline{OA}$ ,  $\overline{OE'}$ ,  $\overline{OI'}$  は、線分OA, 線分OE', 線分OI'の長さを表している。]

## 2.2 Inverted DEA/ウィンドー分析

Inverted DEAにおいて時系列的に効率性の変化を測定するための分析法は、DEAにおいて様々な存在<sup>[3,5,13,14,15,16,19,22,23]</sup>する分析法をそのまま流用することが可能である。そこで本研究の第2報<sup>[21]</sup>と同様に、最も直感的に理解し易く、かつ、代表的なウィンドー分析<sup>[3]</sup>を本論文では用いることとする。このウィンドー分析を数理的に記述した数少ない文献として論文<sup>[19,21]</sup>があり、それに従い本論文では次のように記述する。

分析対象となる期をウィンドーとし、各DMU<sub>j</sub> ( $j=1, \dots, n$ ) の入出力データが  $k$  期間あるとする。

DMU<sub>*j*</sub> の *t* 期 ( $t=1, \dots, k$ ) の入力を  $x_{ijt}$  ( $i=1, \dots, m$ ), 出力を  $y_{rjt}$  ( $r=1, \dots, s$ ) と記述し, 分析対象となる連続したウィンドー数を  $p$  個とすると,  $n \times p$  個の DMU を対象にした DEA, すなわち, ウィンドー分析を行う. ウィンドー分析の番号を  $d$  ( $d=1, \dots, w$ ) とし,  $d$  番目の分析内において対象となる連続したウィンドーの番号を  $q$  ( $q=1, \dots, p$ ) とすると,  $d$  番目のウィンドー分析における  $t$  期の DMU<sub>*o*</sub> ( $o=1, \dots, n$ ) に対する Inverted DEA/ウィンドー分析は,

$$\begin{aligned}
 \text{最小化} \quad & \phi'_{o_{dt}} - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s''_{io_{dt}}{}^- + \sum_{r=1}^s s''_{ro_{dt}}{}^+ \right), \\
 \text{制約条件} \quad & \phi'_{o_{dt}} y_{ro_{dt}} - \sum_{t=d}^{d+p-1} \sum_{j=1}^n y_{rjt} \lambda''_{jo_{dt}} - s''_{ro_{dt}}{}^+ = 0 \quad (r=1, \dots, s), \\
 & \sum_{t=d}^{d+p-1} \sum_{j=1}^n x_{ijt} \lambda''_{jo_{dt}} - s''_{io_{dt}}{}^- = x_{io_{dt}} \quad (i=1, \dots, m), \\
 & L \leq \sum_{j=1}^n \lambda''_{jo_{dt}} \leq U \quad (j=1, \dots, n), \\
 & s''_{ro_{dt}}{}^+ \geq 0 \quad (r=1, \dots, s), \\
 & s''_{io_{dt}}{}^- \geq 0 \quad (r=1, \dots, m),
 \end{aligned} \tag{5}$$

と表現できる. なお, (5)式は一般形の生産可能集合を用いた産出指向型の DEA モデルに対する Inverted DEA モデルであり,  $d$  番目のウィンドー分析における  $t$  の値は  $d \leq t \leq d+p-1$  の範囲を取るという関係が成り立つ.

この(5)式を用いて, まず1回目のウィンドー分析として,  $d=1$  とし,  $t$  を1から  $1+p-1$  まで計算する. 次に2回目のウィンドー分析として,  $d=2$  とし,  $t$  を2から  $2+p-1$  まで計算する. 同様の手順を繰り返し,  $d$  を1ずつ順にずらしていき, 計  $w$  回 ( $w=k-p+1$ ) のウィンドー分析を行なって終了する. そして, 得られた結果に対して移動平均のように,

$$\phi'_{o_d}{}^* = \frac{1}{p} \sum_{t=d}^{d+p-1} \phi'_{o_{dt}}{}^* \quad (o=1, \dots, n; d=1, \dots, w), \tag{6}$$

と,

$$\bar{\phi}'_{o}{}^* = \frac{1}{w} \sum_{d=1}^w \phi'_{o_d}{}^* \quad (o=1, \dots, n), \tag{7}$$

とする. さらに効率値  $\phi'_{o_d}{}^*$  の要約統計量 (記述統計量) をもって相対的な効率性評価を行うものが Inverted DEA/ウィンドー分析である. これらを表にまとめると, 表1のようになる.

今一度, 分かり易く言葉で表現するならば, Inverted DEA/ウィンドー分析とは, DEA/ウィンドー分析と同様に, ある期の当該 DMU の活動を評価する際に, その期の他の DMU の活動ばかりでなく, 当該 DMU の他の期の活動も異なる DMU として取り扱うものとする. その上で, まず最初の期から連続する数期分を分析対象として Inverted DEA を適用する. そして, 順に分析対象の期を1期づつ

ずらす毎に Inverted DEA を適用し，移動平均のような形で相対的な効率性評価を行う時系列分析である。

表 1 : Inverted DEA/ウィンドー分析 (3 期間 (p = 3) の場合)

	1期	2期	3期	...	t期	t+1期	t+2期	...	k-2期	k-1期	k期	Average	Mean	Summary Var	Column Range	Measures Total Range	
DMU <sub>1</sub>	$\phi_{111}^{j*}$	$\phi_{112}^{j*}$ $\phi_{122}^{j*}$	$\phi_{113}^{j*}$ $\phi_{123}^{j*}$	...	$\phi_{1d,t}^{j*}$	$\phi_{1d,t+1}^{j*}$	$\phi_{1d,t+2}^{j*}$	...	$\phi_{1w-1,k-3}^{j*}$	$\phi_{1w-1,k-2}^{j*}$	$\phi_{1w-1,k-1}^{j*}$	$\phi_{1w}^{j*}$	$\phi_{11}^{j*}$ $\phi_{12}^{j*}$ ...	$\phi_{11}^{j*}$	0.xxx	0.xxx	0.xxx
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
DMU <sub>o</sub>	$\phi_{o11}^{j*}$	$\phi_{o12}^{j*}$ $\phi_{o22}^{j*}$	$\phi_{o13}^{j*}$ $\phi_{o23}^{j*}$	...	$\phi_{od,t}^{j*}$	$\phi_{od,t+1}^{j*}$	$\phi_{od,t+2}^{j*}$	...	$\phi_{ow-1,k-3}^{j*}$	$\phi_{ow-1,k-2}^{j*}$	$\phi_{ow-1,k-1}^{j*}$	$\phi_{ow}^{j*}$	$\phi_{o1}^{j*}$ $\phi_{o2}^{j*}$ ...	$\phi_{o1}^{j*}$	0.xxx	0.xxx	0.xxx
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
DMU <sub>n</sub>	$\phi_{n11}^{j*}$	$\phi_{n12}^{j*}$ $\phi_{n22}^{j*}$	$\phi_{n13}^{j*}$ $\phi_{n23}^{j*}$	...	$\phi_{nd,t}^{j*}$	$\phi_{nd,t+1}^{j*}$	$\phi_{nd,t+2}^{j*}$	...	$\phi_{nw-1,k-3}^{j*}$	$\phi_{nw-1,k-2}^{j*}$	$\phi_{nw-1,k-1}^{j*}$	$\phi_{nw}^{j*}$	$\phi_{n1}^{j*}$ $\phi_{n2}^{j*}$ ...	$\phi_{n1}^{j*}$	0.xxx	0.xxx	0.xxx

文献<sup>[23]</sup>でも示されているように，ウィンドー分析を行う上での課題はウィンドー数  $p$  の設定である。今のところ決定的な設定方法は無く，試行錯誤の上で決定されている。しかし，その目安として文献<sup>[5]</sup>では，

$$p = \begin{cases} \frac{k+1}{2} & \text{期間 } k \text{ が奇数のとき} \\ \frac{k+1}{2} \pm \frac{1}{2} & \text{期間 } k \text{ が偶数のとき,} \end{cases} \quad (8)$$

と設定することが示されており，これは Inverted DEA/ウィンドー分析においてもそのまま流用できる。

### 3 鉄道事業に対する効率性評価の枠組み

本研究の第 1 報<sup>[20]</sup>において詳しく記述したように，鉄道産業に対する効率性評価に DEA を適用した研究として，Adolphson ら<sup>[1]</sup>，坂元<sup>[11]</sup>や著者ら<sup>[14]</sup>などがある。本研究では論文<sup>[14]</sup>と同様に，日本の第 3 セクター鉄道の効率性を分析した坂元の論文<sup>[11]</sup>の中で用いられている分析の枠組みを基本的に採用し，効率性分析を行う。したがって本研究の第 2 報<sup>[21]</sup>と同様の効率性評価の枠組みを用いる。



改めて詳しく述べるならば、鉄道産業の活動を、費用、作業、事業、効果という4つの活動局面に区分し、それぞれが代表する項目を表2とする。そして、これらの4つの活動局面をそれぞれ入出力項目とし、表3で示された4つの効率性の定義を用い、分析を行う。

表2：各活動局面を代表する項目

活動局面	代表する項目	データの種類
費用	人件費, 人件費外営業経費	金銭的データ
作業量	職員数, 車両数	数量的データ
事業量	旅客車両キロ, 輸送人員数	数量的データ
効果量	営業収入	金銭的データ

表3：4つの効率性の定義とその入出力項目

効率性	入力項目	出力項目
コスト性	費用【人件費, 人件費外営業経費】	作業量【職員数, 車両数】
生産性	作業量【職員数, 車両数】	事業量【旅客車両キロ, 輸送人員数】
収益性	事業量【旅客車両キロ, 輸送人員数】	効果量【営業収入】
企業性	費用【人件費, 人件費外営業経費】	効果量【営業収入】

本研究の第2報と同様に、評価対象となる事業体は、JR貨物を除くJR旅客6社と大手私鉄(大手民鉄)15社の計21社とし、各鉄道会社の入出力のデータは、1987年度(昭和62)から2005年度(平成17)の19年間である。なお、本研究で使用されたデータの出典は鉄道統計年報の当該年度版<sup>[8, 25]</sup>からである。

#### 4 評価結果とその考察

本論文では、鉄道事業者の事業活動に対する“非効率性の改善”の面を評価するために、Inverted DEAを用いて分析を行った。Inverted DEAモデルの中でも、最も基本的なCCRモデルに対するモデルで評価した。すなわち、規模に関する収穫一定のモデルであり、3節で示したモデルの上下限( $L, U$ ) =  $(0, \infty)$ と設定して適用した。

本研究の第2報<sup>[21]</sup>と同様、DMUの数は $n=21$ 、入出力データの期間は $k=19$ となり、さらに、文献<sup>[5]</sup>で示された(8)式を用いて、ウィンドー数 $p$ を設定するならば、

$$p = \frac{19+1}{2} = 10, \quad (9)$$

となるので、本論文でもまずウィンドー数を10期( $p=10$ )と設定する。さらに、この10期の場合( $p=10$ )に加えて、1期の場合( $p=1$ )と5期の場合( $p=5$ )を加え、合計3パターンを設定してウィンドー分析を行い、詳しく時系列分析を行なうこととする。























るのが特徴的である。さらに、JR 東日本と JR 西日本の IDEA 非効率値の平均は0.6前後、JR 北海道と JR 四国の IDEA 非効率値の平均は0.7後半であり、JR 九州の IDEA 非効率値の平均でも0.8半ばである。したがって、大手私鉄15社と非効率の面から相対的に比較して、JR 東海は群を抜いて好ましく、JR 東日本と JR 西日本でも非常に好ましく、JR 北海道と JR 四国は好ましく、JR 九州は大手私鉄並みであると判断できる。

また、隣接する5期のウィンドー分析の評価結果である表10と、隣接する10期のウィンドー分析の評価評価である表14から、コスト性の効率値の推移が、JR 旅客6社毎に詳しく次のように読み取れる。

JR 北海道の IDEA 非効率値は0.7半ば前後で推移する傾向にある。JR 東日本の IDEA 非効率値は0.5前半から0.5後半へと変化し、若干悪化する傾向にある。JR 東海の IDEA 非効率値は0.3後半で常に推移する傾向にある。JR 西日本の IDEA 非効率値は0.5後半から0.6前半へと変化し、若干悪化する傾向にある。JR 四国の IDEA 非効率値は0.6前半から0.8程度へと変化し、一貫して悪化する傾向にある。JR 九州の IDEA 非効率値は0.8前半から0.8半ばで常に推移する傾向にある。

本研究の第1報<sup>[20]</sup>と第2報<sup>[21]</sup>の結果と合わせて考えると、JR 旅客6社の収益性に関しては、大手私鉄15社と非効率の面から相対的に比較して良い評価となり、概ね好ましい経営状況であるといえるが、若干悪化傾向にある。特に JR の本州3社収益性に関しては、三大都市圏の路線及び新幹線を有していることから、大手私鉄15社と比較しても、非常に好ましい経営状況であるといえ、その中でも JR 東海の収益性が群を抜いて良いが、これは東海道新幹線の収益性が特別であることに他ならない。

#### 4.4 企業性

1期のウィンドー分析、すなわち、単年度毎に Inverted DEA を用いた評価結果である表7から企業性の IDEA 非効率値は、大手私鉄15社が概ね平均0.7前半から0.6前後の値となり、12社が0.6台である。これに対して、JR 旅客6社の中で JR 北海道だけが IDEA 非効率値の平均が1.0と常に IDEA 非効率であり、JR 四国の IDEA 非効率値の平均は0.8後半、JR 東日本、JR 東海、JR 西日本と JR 九州の IDEA 非効率値の平均は0.7台である。したがって、大手私鉄15社と非効率の面から相対的に比較して、JR 北海道は特に効果量である営業収入に対して人件費等の費用が多く掛かり過ぎる傾向があり非常に好ましくなく、その他の JR 旅客各社もかなり好ましくないと判断できる。

また、隣接する5期のウィンドー分析の評価結果である表11と、隣接する10期のウィンドー分析の評価評価である表15から、コスト性の効率値の推移が、JR 旅客6社毎に詳しく次のように読み取れる。

JR 北海道の IDEA 非効率値は0.9半ばから0.9後半へと変化し、若干悪化する傾向にある。JR 東日本の IDEA 非効率値は0.6前半から0.7程度へと変化し、ほぼ一貫して悪化する傾向にある。JR 東海の IDEA 非効率値は0.6後半から0.7前半へと変化し、ほぼ一貫して悪化する傾向にある。JR 西日本の IDEA 非効率値は0.6前半から0.7前半へと変化し、いったん悪化したのが、近年は0.7前半で推移する傾向にある。JR 四国の IDEA 非効率値は0.7半ばから0.8半ばへと変化し、いったん悪化したのが、近年は0.8半ばで推移する傾向にある。JR 九州の IDEA 非効率値は0.7前後から0.8前半へと変化し、一貫し

て悪化する傾向にある。

本研究の第1報<sup>[20]</sup>と第2報<sup>[21]</sup>の結果と合わせて考えると、JR 旅客6社の企業性に関しては、大手私鉄15社と非効率の面から相対的に比較して、職員数は減少してはいるが、効果量に対してはまだ人件費等の費用が多く掛かり過ぎる傾向があるために悪い評価となり、厳しい経営状況であるといえる。特に、JR 北海道の企業性に関しては、大手私鉄15社と非効率の面から相対的に比較して、非常に悪い評価となり、厳しい状況であるといえる。さらに、JR 旅客6社いずれも年々悪化する傾向にあることは注意する必要がある。

#### 4.5 4つの効率性に対する結果のまとめ

前述した4つの効率性である、コスト性、生産性、収益性と企業性に対する非効率の面からの分析結果について、要約して表現するならば、次の表16の通りである。

表16：4つの効率性に対する結果のまとめ（大手私鉄15社との比較）

	コスト性		生産性		収益性		企業性	
	効率性	傾向	効率性	傾向	効率性	傾向	効率性	傾向
JR 北海道	劣っている	悪化後改善	非常に劣っている	悪化	優れている	横ばい	非常に劣っている	若干悪化
JR 東日本	劣っている	悪化	非常に優れている	若干悪化	非常に優れている	若干悪化	劣っている	悪化
JR 東海	非常に劣っている	横ばい	非常に優れている	悪化後横ばい	極めて優れている	横ばい	劣っている	悪化
JR 西日本	劣っている	悪化後横ばい	非常に優れている	悪化	非常に優れている	若干悪化	劣っている	悪化後横ばい
JR 四国	劣っている	悪化後改善	並である	悪化後横ばい	優れている	悪化	劣っている	悪化後横ばい
JR 九州	劣っている	悪化後改善	並である	悪化	並である	横ばい	劣っている	悪化

## 5 まとめ

本研究は、国鉄の分割・民営化から今年で22年が経過し、本当に JR は国鉄時代の事業活動から、大手私鉄並みの事業活動に改善されたかを、DEA の諸手法を用いて実証的に検証、評価することが目的である。そこで第3報である本論文では、第1報の論文<sup>[20]</sup>で示された鉄道事業者の事業活動に対する効率性評価の枠組みを用い、第2報の論文<sup>[21]</sup>に対応して、Inverted DEA のヴァリエーションの中の Inverted DEA/ウィンドー分析を適用して、本格的に JR 旅客各社と大手私鉄の事業活動を時系列的に非効率性評価を行い、実証的に検証し、考察を行った。すなわち、副題の「Inverted DEA/ウィンドー分析による JR 旅客各社の推移」を中心に報告した。

本論文における分析結果からも、各年度の運輸白書<sup>[24]</sup>や国土交通白書<sup>[7]</sup>で記述されているように、本州3社の JR 東日本、JR 東海、JR 西日本については、三大都市圏の路線及び新幹線を有していることから、大手私鉄と非効率の面から相対的に比較して、生産性と収益性は良好な経営環境にあり、概ね順調な経営を続けていることが確認できた。しかし、JR 旅客6社に共通して言えることとして、大手私鉄と比較して職員数は減少してはいるが、いまだ人件費等の費用が多く掛かり過ぎる傾向があるために、費用が入出力項目に含まれるコスト性と企業性は悪い評価となり、厳しい状況であるといえる。さらに、JR 旅客6社いずれも悪化する傾向にあることは注意する必要がある。一方、いわゆる3

島会社は発足当初より非常に厳しい経営状況が続いているとされるが、JR 四国と JR 九州の生産性と収益性は、大手私鉄と非効率の面から相対的に比較して、概ね健闘している結果が得られた。

第3報である本論文の分析では、鉄道事業者の事業活動の公共的側面である「非効率性の改善」の面から評価を行った。第2報の論文<sup>[21]</sup>において企業の側面である「効率性の追求」の面から評価を行ったので、次回以降の論文にて、鉄道事業者の事業活動に対する総合的な分析・評価を報告する予定である。

また、政府の景気対策として2009年(平成21)3月から実施されている高速道路の「休日1000円乗り放題」や、今後政策として実施されるであろう高速道路の原則無料化に対して JR グループ各社が苦戦を強いられるのは必至である。今後これらの影響に関する検証も行う必要があり、JR グループ各社の再建を議論する上で重要な研究課題である。

〔原稿提出日 平成21年9月14日〕  
〔修正原稿提出日 平成21年11月17日〕

## 謝 辞

本論文の査読者の方々からは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] Adolphson,D.L., Cornia,G.C. and Walters,L.C.: Railroad Property Valuation Using Data Envelopment Analysis, *Interfaces*, Vol.19 (1989), 18-26.
- [2] Banker,R.D., Charnes,A. and Cooper,W.W.: Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, Vol.30 (1984), 1078-1092.
- [3] Charnes,A., Clark,C.T., Cooper,W.W. and Golany,B.: A Developmental Study of Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Maintenance Units in the U.S. Air Force, Thompson,R.G. and Thrall,R.M. (eds.), *Annals of Operation Research*, Vol.2 (1985), 95-112.
- [4] 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.
- [5] Cooper,W.W., Seiford,L.M. and Tone,K., *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [6] Cooper,W.W., 刀根薫, 高森寛, 末吉俊幸: DEA の解釈と展望 その1-3, *オペレーションズ・リサーチ*, Vol. 39 (1994), 419-425, 480-485 and 547-555.
- [7] 国土交通省: 国土交通白書 各年度, 財務省印刷局, 2002~2007.
- [8] 国土交通省鉄道局: 鉄道統計年報 各年度, 政府資料等普及調査会, 2002~2007.
- [9] 中島隆信, 福井義高: 日本の鉄道事業の全要素生産性, 運輸と経済, Vol.56 (1996), 32-40.
- [10] 織田恭司, 大坪嘉章: 国鉄民営化以降の鉄道事業の全要素生産性, 運輸と経済, Vol.60 (2000), 52-60.
- [11] 坂元純一: DEA を用いた第三セクター鉄道の効率性, *オペレーションズ・リサーチ*, Vol.42 (1997), 488-492.
- [12] Seiford,L.M.: Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978-1995), *The Journal of Productivity Analysis*, Vol.7 (1996), 99-137.
- [13] 末吉俊幸: DEA —経営効率分析法—, 朝倉書店, 2001.

- [14] 末吉俊幸, 町田浩, 杉山学, 新井健, 山田善靖: 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, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol.40 (1997), 186-205.
- [15] 杉山学: 事業体の総合評価手法 —電力事業体の効率性評価の事例—, *経営システム*, Vol.15 (2005), 239-244.
- [16] Sugiyama, M. and Yamada, Y.: Data Envelopment Analysis Using Virtual DMU as Intermediates: An Application to Business Analysis of Japan's Automobile Manufactures, *Journal of Japan Industrial Management Association*, Vol.50 (2000), 341-354.
- [17] 杉山学, 山田善靖: DEA と合意形成, *オペレーションズ・リサーチ*, Vol.46 (2001), 284-289.
- [18] 杉山学: DEA に基づく入出力項目が連鎖した DMU の効率評価, *Journal of Social and Information Studies*, Vol.10 (2003), pp.171-186.
- [19] 杉山学: 電力自由化後の電力各社の生産性推移, *Journal of Social and Information Studies*, Vol.14 (2007), pp.131-153.
- [20] 杉山学: データ包絡分析法による JR と大手私鉄の事業活動効率比較のための時系列業績データ基礎分析 —各種業績データに基づく JR 旅客各社の推移—, *Journal of Social and Information Studies*, Vol.15 (2008), pp.53-70.
- [21] 杉山学: データ包絡分析法による JR と大手私鉄の事業活動効率比較 —DEA/ウィンドー分析による JR 旅客各社の推移—, *Journal of Social and Information Studies*, Vol.16 (2009), pp.61-82.
- [22] 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.
- [23] 刀根薫, 上田徹 監訳: 経営効率評価ハンドブック —包絡分析法の理論と応用—, 朝倉書店, 2000.
- [24] 運輸省: 運輸白書 各年度, 大蔵省印刷局, 1986~2001.
- [25] 運輸省交通局: 鉄道統計年報 各年度, 政府資料等普及調査会, 1987~2001.
- [26] 山田善靖, 松井知己, 杉山学: DEA モデルに基づく新たな経営効率性分析法の提案, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol.37 (1994), 158-168.
- [27] 山田善靖, 末吉俊幸, 杉山学, 貫名忠好, 牧野智謙: 日本的経営の為の DEA 法: 日本経済に果たす公共事業投資の役割, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol.38 (1995), 381-397.