

【原著論文】

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
— 国鉄の分割・民営化後 19 年間の JR 旅客各社の推移に対する
グラフ化表現を用いた時系列評価 —

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 :
Illustrating trends of the relative efficiencies and inefficiencies of
each Japan Railway company for a total of 19 years
after privatization and separation of the Japan National Railways**

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). As the seventh step of the evaluation, this paper illustrates trends of the results of the relative efficiencies and inefficiencies of each Japan Railway company using the DEA/Window Analysis and the Inverted DEA/Window Analysis by a total of 19 years after privatization and separation of the Japan National Railways. In this paper, trends of the relative efficiencies and inefficiencies of each Japan Railway company became clear by various illustrations. In the past papers of the author, the first step of the evaluation focused on the time series performance data analysis of the Japan Railway companies. The second step of the evaluation focused on the relative efficiencies of Japan Railway companies using the DEA/Window Analysis. The third step of the evaluation focused on the relative inefficiencies of Japan Railway companies using the Inverted DEA/Window Analysis. The fourth and fifth steps of the evaluation focused on the relative efficiencies and inefficiencies of Japan's major private railway companies (in eastern and western Japan) using the DEA/Window Analysis and the Inverted DEA/Window Analysis. The sixth step of the evaluation was illustrated by using the Candlestick for trends of those results of the relative efficiencies and

inefficiencies of each railway company.

キーワード： JR(JR 旅客各社), 大手私鉄(大手民鉄), 相対的効率性評価, 時系列分析,
ローソク足, 事業体の分類法, DEA/ウィンドー分析, Inverted DEA/ウィンドー分析

1. はじめに

国内外における民営化と規制緩和の流れのなかで、1987年(昭和62)4月に「国鉄の分割・民営化」は行われ、国鉄からJRという企業体集合(以下「JRグループ」)にかわって2017年(平成29)4月で30年が経過する。この分割・民営化後JRグループは、地震などの自然災害やバブル経済の崩壊などの外的要因から影響を受けつつも、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だろう。本研究の目的は「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、改善効果が純粋に検証可能であろう20年間程度(正確には1987年度(昭和62)から2005年度(平成17)までの計19年間)のデータに基づき、データ包絡分析法(DEA: Data Envelopment Analysis)[2]の諸手法[3,4,11,18,29,30]を用いて実証的に検証、評価することである。これにより、国鉄の分割・民営化に対する当初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。

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段階的に研究成果を発表せざるをえない。本論文はその第7報である。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)は取り扱っていない。そして、JR旅客6社と比較するのは大手私鉄(大手民鉄)15社であり、事業規模は大きい地下鉄などの異なる性質の事業者は比較対象としていない。

本研究の一部成果は既に数本の論文[16,17,19,20,21,22]で段階的に公表されており、これらの内容を踏まえる目的で、論文[22]とほぼ同じ記載内容で以下に簡潔に示す。まず、本研究の第1報である論文[16]ではDEAによる本格的な分析に入る前段階として、JRグループの経緯を踏まえ、JRと大手私鉄を比較した既存研究[7,9,13]の研究結果を整理した。その上で、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、本研究で使用する各種業績データに関してJR旅客各社の推移を分析の前段階としてまとめ、考察を行った。

本研究の第2報である論文[17]では、第1報[16]で定義し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、企業の側面である「効率性の追求」の面から評価を行った。詳しくは、DEA/ウィンドー分析(DEA/Window Analysis)[1,3,29,30]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効率性評価し、JR旅客各社の推移に関して実証的に検証、考察を行った。

本研究の第3報である論文[19]では、第2報と同様に第1報[16]で定義し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、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。詳しくは、著者らが提案した日本オリジナルなDEAモデルであるInverted DEA (Inverted Data

Envelopment Analysis) [14,15,18,19,26,27,28,33,34]の時系列分析モデルの1つである Inverted DEA/ウィンドー分析(Inverted DEA/Window Analysis)[14,15,19,23,24]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し、JR 旅客各社の推移に関して実証的に検証、考察を行った。

本研究の第4報である論文[20]では、第2報[17]と第3報[19]での分析の際に、既に分析済みであったが、掲載できなかった大手私鉄の中でも東日本で事業活動している鉄道事業者8社について、そして、本研究の第5報である論文[21]では、大手私鉄の中でも西日本で事業活動している鉄道事業者7社について、それぞれ、企業的側面である「効率性の追求」の面から評価した DEA/ウィンドー分析の結果と、公共的側面である「非効率性の改善」の面から評価した Inverted DEA/ウィンドー分析の結果を報告し、考察を行った。

本研究の第6報である論文[22]では、JR 旅客各社と大手私鉄に関する分析結果の第2報[17]から第5報[21]に対し、総合的な分析・評価の第1段として、鉄道事業者の分析結果を全体的に整理し、考察を行った。そのために DEA と Inverted DEA に関するウィンドー分析の結果の数値表を、時系列で相対的な要素を取り入れた上で、直感的にわかり易く表現する方法として「ローソク足(Candlestick)」[8]という、株価などの相場の値動きを時系列の要素を組込んで表す手法を利用して表現することを新たに提案した。

以上を踏まえ第7報の本論文では、第6報と同様に JR 旅客各社と大手私鉄に関する分析結果の第2報[17]から第5報[21]に対し、総合的な分析・評価の第2段として、JR 旅客各社の分析結果に絞り、事業活動ごとの時系列的な推移に関して実証的な検証結果を整理し、考察を行う。DEA と Inverted DEA のウィンドー分析の数値結果を、直感的にわかり易く表現する方法として、第6報[22]においてローソク足を用いたグラフ化表現を提案し、分析結果を示したが、本研究では時系列的な推移を事業体ごとにさらに把握し易くするために、論文[23,24]において前記のローソク足の設定を変更し、提案したグラフ化表現を本論文では用いることとする。加えて、事業体の分類法[18,33]を利用して JR 旅客各社の推移のグラフ化表現[23,24]も行うこととする。すなわち、副題の「国鉄の分割・民営化後19年間の JR 旅客各社の推移に対するグラフ化表現を用いた時系列評価」を中心に報告する。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、次回以降の論文でも詳しく報告する予定である。

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用いる分析モデルと評価の枠組みについて改めて簡潔に示す。3節では鉄道事業の4つの効率性の分析結果に対してローソク足を用いたグラフ化の具体的な設定と事業体の分類法の具体的な設定について簡潔に示す。4節では JR 旅客各社に関して、第2報から第5報で掲載された分析結果の数値表を、本論文で示した2種類のグラフ化手法を利用して整理した図を示し、その考察を示す。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と評価の枠組み

鉄道事業者の事業活動に対する効率性評価に用いる分析モデルと評価の枠組みは、本研究の一連の論文[16,17,19,20,21,22]で用いられた枠組みを踏襲することとし、改めて以下に概要を示す。

2.1. 鉄道事業者の事業活動に対する効率性評価で用いる分析手法とデータ

本研究の第1報[16]において詳しく記述したように、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いる。この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と、公共的側面の追求とは「非効率性の改善」となり、企業的側面の追求とは「効率性の追求」であることがとらえることができる。これらに基づき第2報[17]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)の分析を行い、第3報[19]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)の分析を行った。すなわち、鉄道事業者を多入力多出力システムである事業体(DMU: Decision Making Unit)ととらえ、第2報では時系列的に効率測定ができるDEA/ウィンドー分析を用いて評価し、第3報では時系列的に非効率測定ができるInverted DEA/ウィンドー分析を用いて評価した。なお、本研究では第1報から第5報の論文[16,17,19,20,21]において記述したように、DEAとInverted DEAともに、規模に関する収穫一定(constant returns to scale)のCCRモデル(比率形式)を使用している。加えてDEAに関する記述は様々あるが、本論文では論文[17,18]での記述に従うものとし、Inverted DEAに関する記述は論文[18,19]での記述に従うものとする。

次に、第1報[16]において詳しく記述したように本研究では、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[10]で用いられている分析の枠組みを基本的に採用し、効率性分析を行っている。再度簡潔に述べるならば、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は表1の内容とした。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2で示された4つの効率性の定義を用い、分析を行うものである。

表1: 各活動局面を代表する項目

活動局面	代表する項目	データの種類の
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2: 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】

本研究の公表済み論文[16,17,19,20,21,22]にも記載したが、本研究の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)の計19年間である。なお、本研究で使用されたデータの出所は鉄道統計年報の当該年度版[6,32]からである。

2.2. 定性的な評価のための事業体の分類法

鉄道事業者の事業活動に対する効率性を定性的に評価するために、著者らが論文[33]で提案したDEAとInverted DEAの結果を組み合わせた事業体の分類法も活用する。この著者らが提案した事業体

の分類法は、DEA による各事業体の DEA 効率値 θ_o^* に対してしきい値 α を設定して良い悪いと 2 分割し、Inverted DEA による各事業体の IDEA 非効率値 ϕ_o^* に対してしきい値 β を設定して良い悪いと 2 分割し、これらを組み合わせることで事業体全体を「A：優秀な事業体」「B：並の事業体」「C：努力が必要な事業体」「D：特異な事業体」の計 4 つの集合に分割する分類法である。これにより事業体の活動結果の特性について、よりわかり易い定性的な把握が可能となる。加えてこの事業体の分類法を利用して各社の時系列的な推移のグラフ化表現も論文[23,24]と同様に行うこととする。

2.3. 時系列評価のためのウィンドー分析

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手法は、既に様々なモデル[1,3,11, 12, 13,29,30]が存在している。そこで本研究では、最も直感的に理解し易く、かつ、代表的なウィンドー分析(Window Analysis)[1]を用い、鉄道事業者の事業活動に対する効率性を時系列分析している。ウィンドー分析に関する記述は様々あるが数理的に記述した文献は数少ない。そこで、本論文では論文[22]と同じく、DEA/ウィンドー分析に関する数理的な記述は論文[17]に従い、Inverted DEA/ウィンドー分析に関する数理的な記述は論文[19]に従い、適宜これ以降の文中でこれらの記述を利用する。

また文献[30]など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の 1 つはウィンドー数 p の設定である。現時点で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、そのウィンドー数 p の設定目安が文献[3]で示されている。本研究が採用した分析の枠組みでは分析対象となる事業体(鉄道会社)、すなわち DMU の数は $n=21$ 、入出力データの期間は $k=19$ である。そこで、文献[3]で示された計算式を用いて、ウィンドー数 p を設定するならば、 $p=(19+1)/2=10$ となり、まずウィンドー数 p を 10 期($p=10$)と設定した。本研究ではさらに 5 期の場合($p=5$)と 1 期の場合($p=1$)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った。

しかし本論文では、文献[3]において示された目安に従いウィンドー数 p が 10 期($p=10$)と設定した、JR 旅客各社の分析結果に絞り、事業活動ごとの時系列的な推移に関して実証的な検証結果を整理し、考察を行うこととする。

3. 鉄道事業の効率性の評価結果に対するローソク足を用いたグラフ化の設定と事業体の分類法の設定

3.1. 鉄道事業者の事業活動に対するウィンドー分析の数値結果

本研究の第 2 報から第 5 報の論文[17,19,20,21]において記述した、4 つの効率性(コスト性、生産性、収益性、企業性)に関するウィンドー分析の結果と数値表の対応関係は次の通りである。

ウィンドー数 p が 10 期($p=10$)の DEA/ウィンドー分析による 4 つの効率性に関する JR 旅客 6 社の詳しい結果の数値表は第 2 報[17]の表 12~15、東日本の大手私鉄 8 社の詳しい結果の数値表は第 4 報[20]の表 7~10、西日本の大手私鉄 7 社の詳しい結果の数値表は第 5 報[21]の表 7~10 である。また、ウィンドー数 p が 10 期($p=10$)の Inverted DEA/ウィンドー分析による 4 つの効率性に関する JR 旅客 6 社の詳しい結果の数値表は第 3 報[19]の表 12~15、東日本の大手私鉄 8 社の詳しい結果の数値表は第

4報[20]の表15~18, 西日本の大手私鉄7社の詳しい結果の数値表は第5報[21]の表15~18である.

3.2. ウィンドー分析の数値結果に対するローソク足をを用いたグラフ化の設定

DEAとInverted DEAに関するウィンドー分析の数値結果を, 時系列で相対的な要素を考慮した上で, 直感的にわかり易く一目で表現するグラフ化手法として, 既に著者は論文[22]と論文[23]において, 株価などの相場の値動きを時系列の要素を組込んでとして表す手法「ローソク足」[8]を利用したグラフ化表現を新たに2種類提案した. ローソク足をグラフとして表現するためには, 単位期間を定め, 単位期間中に初めに付いた値を始値, 最後に付いた値を終値, 最も高い値を高値, 最も低い値を低値とした情報を設定する必要がある. そして, この4種の値をローソク足と呼ばれる一本の棒状の図形に作図し, 時系列に沿って並べて値の変動をグラフとして表現するのがローソク足チャート(Candlestick chats)である. したがって, ウィンドー分析の数値結果の表に関して, ローソク足を利用したグラフ化は, その目的によって様々設定が可能である.

著者は論文[22,23]において, 時系列の評価期間全体の推移を示すグラフ化表現[22]と, 評価対象ごとに詳しく時系列的な推移を示すグラフ化表現[23]の2種類をそれぞれ提案している. 本論文では論文[23,24]と同様に, ある評価対象の鉄道会社の分析結果に関して, その傾向を詳しく時系列的な推移を把握することを目的とするので, 論文[23]で提案したグラフ化表現を用い, DEA/ウィンドー分析とInverted DEA/ウィンドー分析それぞれに対し, 論文[20,21]の表記に従い, 本研究の分析の枠組みから次のように具体的に設定することとする. なおここでは, DMUの数は $n=21$, 入出力データの期間は $k=19$, ウィンドー分析の回数 w は $w=k-p+1$ と記述できるので, 今回の分析では $w=10$ である.

DEA/ウィンドー分析では第 o 番目の鉄道会社(DMU $_o$)に対する効率値 $\theta_{o_d}^*$ ($o=1, \dots, 21; d=1, \dots, 10; t=1, \dots, 19$)が, 同じ t 期($t=1, \dots, 19$)においてウィンドー分析の番号 d が異なる効率値 $\theta_{o_d}^*$ が複数存在するので, そのウィンドー分析の番号 d の集合を W_t とする. ここで, 単位期間を t 期とし, 4種の値については, 単位期間中の始値を $\theta_{o_b}^*$ ($b=\min\{d|d \in W_t\}$), 終値を $\theta_{o_e}^*$ ($e=\max\{d|d \in W_t\}$), 高値を $\max\{\theta_{o_d}^*|d \in W_t\}$, 低値を $\min\{\theta_{o_d}^*|d \in W_t\}$ として, t 期についてのローソク足を作図する. そして, 評価対象のDMU $_o$ ごとに, その傾向を時系列に沿って詳細に把握出来るように, 19個のローソク足を時系列に沿って1から19まで並べてグラフ化する.

これに対し, Inverted DEA/ウィンドー分析ではDEAと同様に, 第 o 番目の鉄道会社(DMU $_o$)に対する非効率値 $\phi_{o_d}^*$ ($o=1, \dots, 21; d=1, \dots, 10; t=1, \dots, 19$)が, 同じ t 期($t=1, \dots, 19$)においてウィンドー分析の番号 d が異なる非効率値 $\phi_{o_d}^*$ が複数存在するので, そのウィンドー分析の番号 d の集合を W_t とする. ここで, 単位期間を t 期とし, 4種の値については, 単位期間中の始値を $\phi_{o_b}^*$ ($b=\min\{d|d \in W_t\}$), 終値を $\phi_{o_e}^*$ ($e=\max\{d|d \in W_t\}$), 高値を $\max\{\phi_{o_d}^*|d \in W_t\}$, 低値を $\min\{\phi_{o_d}^*|d \in W_t\}$ として, t 期についてのローソク足を作図する. そして, 評価対象のDMU $_o$ ごとに, その傾向を時系列に沿って詳細に把握出来るように, 19個のローソク足を時系列に沿って1から19まで並べてグラフ化する.

ここで, 上記で示した t 期において効率値が存在するウィンドー分析の番号 d の集合 W_t を具体的に示すと次の通りである.

$$W_1 = \{1\}, W_2 = \{1,2\}, W_3 = \{1,2,3\}, \dots, W_8 = \{1,2,\dots,7,8\}, W_9 = \{1,2,\dots,8,9\}, W_{10} = \{1,2,\dots,9,10\},$$

$$W_{11} = \{2,3,\dots,9,10\}, W_{12} = \{3,4,\dots,9,10\}, \dots, W_{17} = \{8,9,10\}, W_{18} = \{9,10\}, W_{19} = \{10\}.$$

なお、これらローソク足の図において、DEA 効率値が記述された図中では、ローソク足の本体、ローソクの色が黒色である場合には、参照集合となる事業体の効率性(企業的側面)の活動が近年、改善している状況であり、白色である場合には、参照集合となる事業体の効率性(企業的側面)の活動が近年、悪化している状況を示している。これらとは逆に、IDEA 非効率値が記述された図中では、ローソク足の本体、ローソクの色が黒色である場合には、参照集合となる事業体の非効率性(公共的側面)の活動が近年、悪化している状況であり、白色である場合には、参照集合となる事業体の非効率性(公共的側面)の活動が近年、改善している状況を示している。

3.3. ウィンドー分析の数値結果に対する事業体の分類法の設定

鉄道事業者の事業活動に対する効率性に対して、企業的側面である「効率性の追求」の面を時系列分析した DEA/ウィンドー分析の結果と、公共的側面である「非効率性の改善」の面を時系列分析した Inverted DEA/ウィンドー分析の結果を組み合わせた分析として、著者らが提案した事業体の分類 [18,33] を活用し、JR 旅客各社の 4 つの効率性に関する分類上の推移をグラフ化表現 [23,24] する。

ここでの分類に用いる具体的な結果の数値は、DEA/ウィンドー分析では各社の効率値 $\theta_{o_d}^*$ ($o=1,\dots,21; d=1,\dots,10$) の値、すなわち各表中の各社に関する Average の値であり、Inverted DEA/ウィンドー分析では各社の非効率値 $\phi_{o_d}^*$ ($o=1,\dots,21; d=1,\dots,10$) の値、すなわち各表中の各社に関する Average の値である。これらの値は、それぞれ計 210 (= 21×10) 個となる。

まず、事業体の分類に際して、DEA 効率値 $\theta_{o_d}^*$ に関するしきい値は、 $\theta_{o_d}^*$ が計 210 個となるので、半数ずつ良い悪いと 2 分割できる値を 4 つの効率性それぞれに、コスト性は $\alpha = 0.82837$ 、生産性は $\alpha = 0.82123$ 、収益性は $\alpha = 0.51147$ 、企業性は $\alpha = 0.84554$ と設定した。そして、IDEA 非効率値 $\phi_{o_d}^*$ に関するしきい値は、 $\phi_{o_d}^*$ も計 210 個となるので、半数ずつ良い悪いと 2 分割できる値を 4 つの効率性それぞれに、コスト性は $\beta = 0.82066$ 、生産性は $\beta = 0.75167$ 、収益性は $\beta = 0.79022$ 、企業性は $\beta = 0.62162$ と設定した。

4. 分析結果に対するグラフ化による整理と考察

JR 旅客 6 社と大手私鉄 15 社の計 21 社に対して、企業的側面である「効率性の追求」の面を時系列評価した DEA/ウィンドー分析の結果と、公共的側面である「非効率性の改善」の面を時系列評価した Inverted DEA/ウィンドー分析の結果について、前述した 4 つの効率性(コスト性、生産性、収益性、企業性)、それぞれの分析結果を本論文で示した 2 種類のグラフ化手法を利用して JR 旅客 6 社に対する整理した図を示し、その考察を示す。

4.1. コスト性

JR 旅客 6 社に対して、10期 ($p=10$) を分析対象とした DEA/ウィンドー分析による評価結果と Inverted DEA/ウィンドー分析による評価結果を整理したのが、それぞれ図 1~12 である。そして、JR 旅客 6

社の効率性に関する分類上の推移を示したのが、それぞれ図 13~18 である。

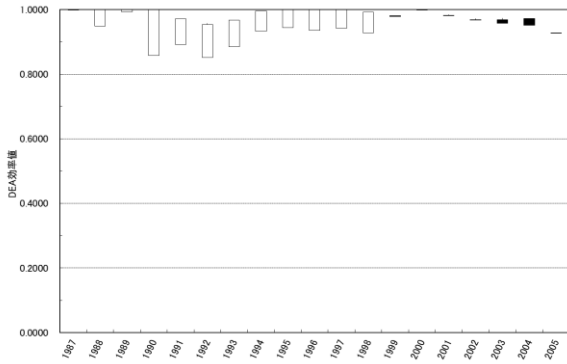


図 1 : JR 北海道のコスト性推移(DEA 効率値)

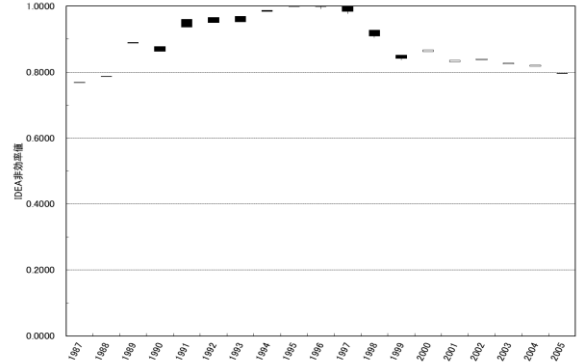


図 2 : JR 北海道のコスト性推移(IDEA 非効率値)

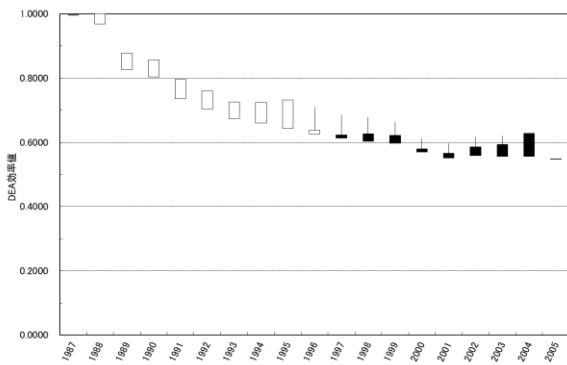


図 3 : JR 東日本のコスト性推移(DEA 効率値)

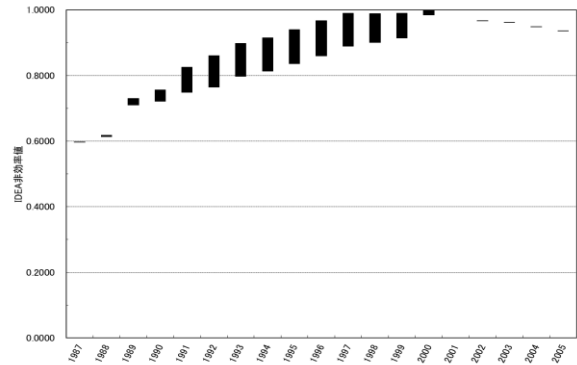


図 4 : JR 東日本のコスト性推移(IDEA 非効率値)

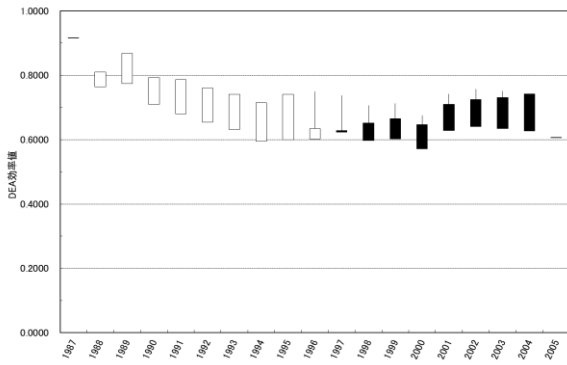


図 5 : JR 東海のコスト性推移(DEA 効率値)

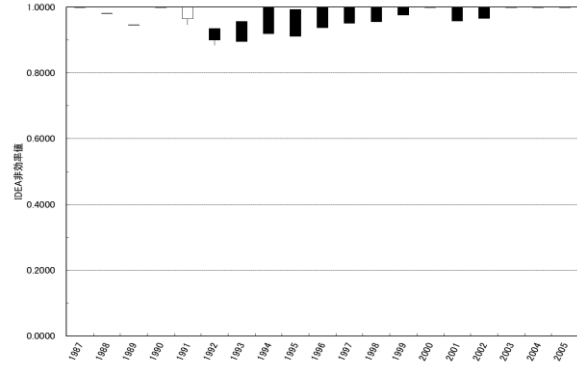


図 6 : JR 東海のコスト性推移(IDEA 非効率値)

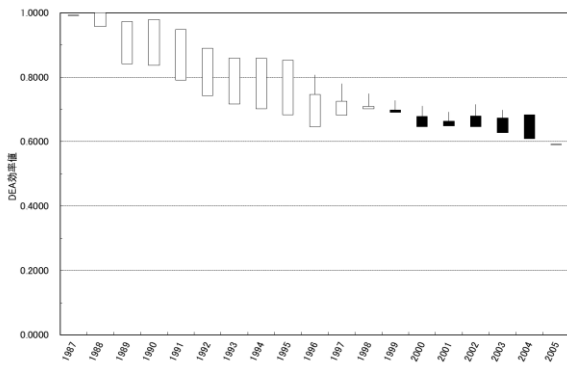


図 7 : JR 西日本のコスト性推移(DEA 効率値)

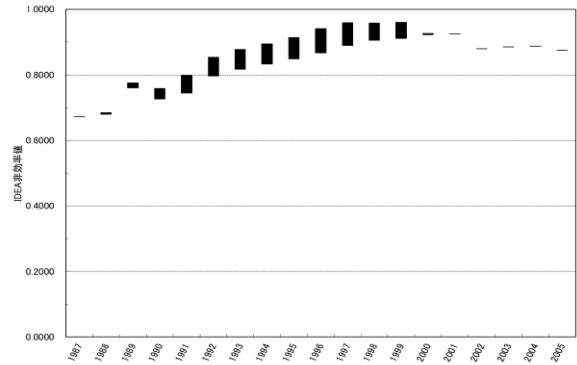


図 8 : JR 西日本のコスト性推移(IDEA 非効率値)

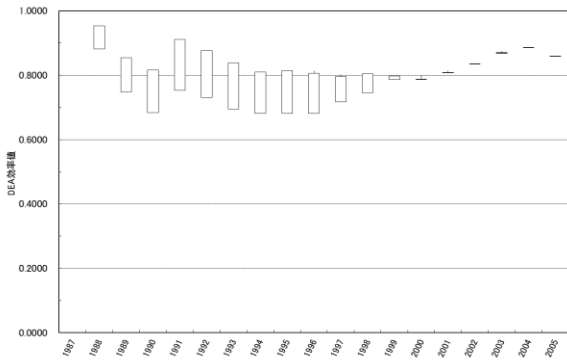


図 9 : JR 四国のコスト性推移(DEA 効率値)

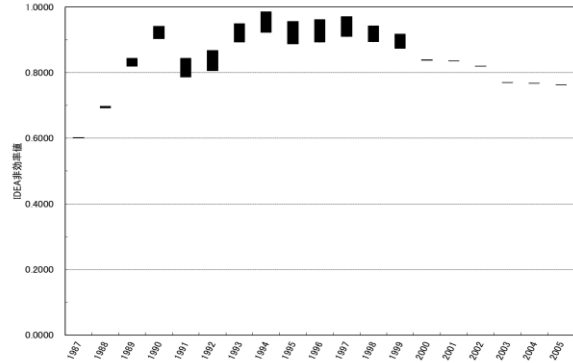


図 10 : JR 四国のコスト性推移(IDEA 非効率値)

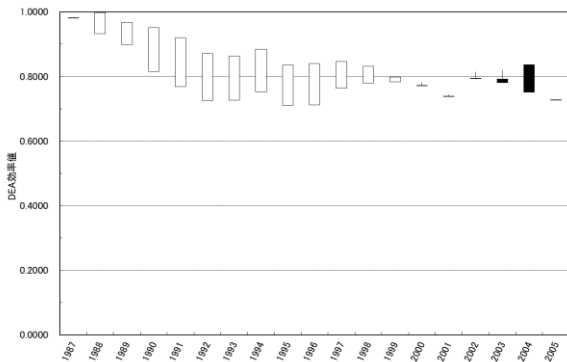


図 11 : JR 九州のコスト性推移(DEA 効率値)

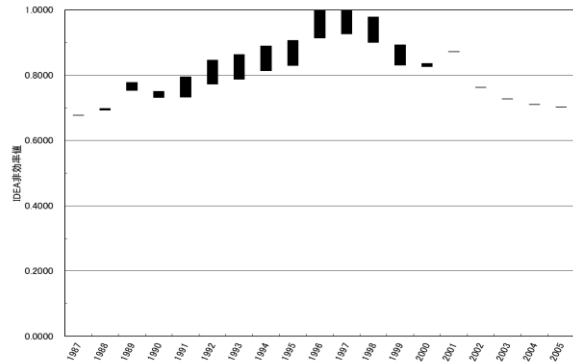


図 12 : JR 九州のコスト性推移(IDEA 非効率値)

コスト性に関する JR 旅客 6 社の考察を次に示す。まず、企業の側面の「効率性の追求」を評価した DEA/ウィンドー分析による各社の推移図から、大手私鉄 15 社と比較して JR 北海道だけが非常に優れており、他の 5 社は並もしくは劣っている。また傾向としては、本州 3 社の JR 東日本、JR 東海、JR 西日本が悪化傾向にあり、いわゆる 3 島会社の JR 北海道、JR 四国、JR 九州は概ね横ばい傾向である。そして、公共的側面の「非効率性の改善」を評価した Inverted DEA/ウィンドー分析による各社の推移図から、大手私鉄 15 社と比較して JR 東海が非常に劣っており、他の 5 社も総じて劣っている。また傾向としては、JR 東日本と JR 西日本が大幅な悪化傾向にあり、JR 北海道、JR 東海、JR 四国、JR 九州は概ね悪化後改善傾向である。

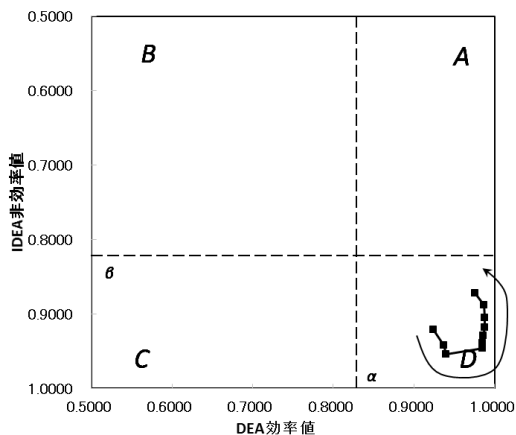


図 13 : JR 北海道のコスト性の分類

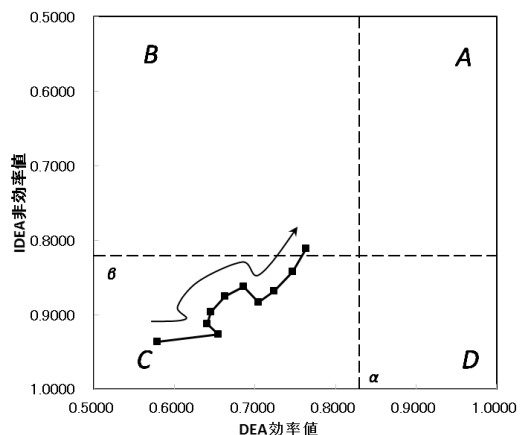


図 14 : JR 東日本のコスト性の分類

次に、効率性に関する分類上の推移を示した各社の図 13~18 から、以下のように考察できる。JR 北海道は「D：特異な事業体」で推移し、非効率性の面において改善傾向である。JR 東日本は「C：努力が必要な事業体」から「B：並の事業体」へ推移している。JR 東海は「C：努力が必要な事業体」で推移し、効率性の面において悪化傾向である。JR 西日本はおおむね「C：努力が必要な事業体」で推移し、効率性の面において悪化傾向である。JR 四国は「C：努力が必要な事業体」から「B：並の事業体」もしくは「A：優秀な事業体」へ推移する一歩手前である。JR 九州は「C：努力が必要な事業体」から「D：特異な事業体」の間で推移している。

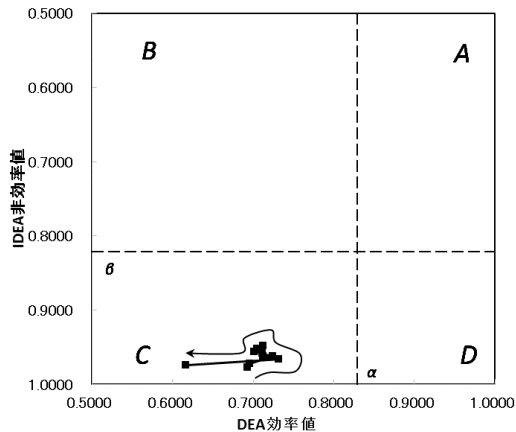


図 15：JR 東海のコスト性の分類

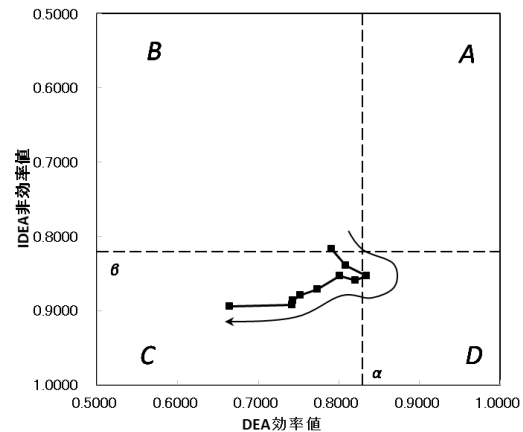


図 16：JR 西日本のコスト性の分類

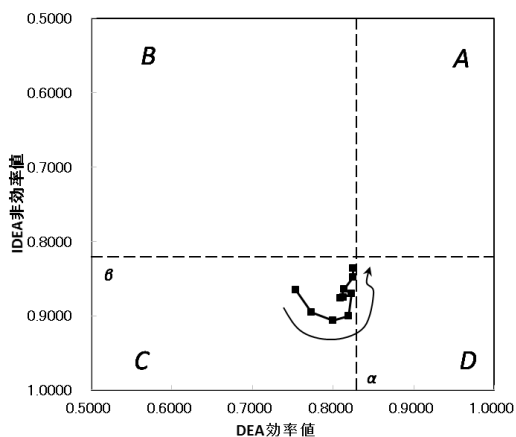


図 17：JR 四国のコスト性の分類

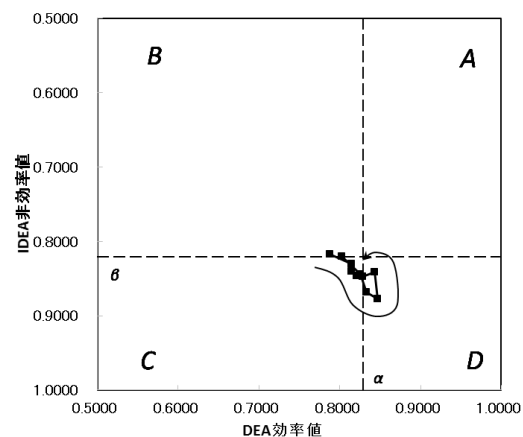


図 18：JR 九州のコスト性の分類

4.2. 生産性

JR 旅客 6 社に対して、10期($p = 10$)を分析対象とした DEA/ウィンドー分析による評価結果と Inverted DEA/ウィンドー分析による評価結果を整理したのが、それぞれ図 19~30 である。そして、JR 旅客 6 社の効率性に関する分類上の推移を示したのが、それぞれ図 31~36 である。

生産性に関する JR 旅客 6 社の考察を次に示す。まず、企業の側面の「効率性の追求」を評価した DEA/ウィンドー分析による各社の推移図から、大手私鉄 15 社と比較して本州 3 社で JR 東海は非常に優れ、JR 東日本と JR 西日本は並であり、いわゆる 3 島会社の JR 北海道、JR 四国、JR 九州は劣っている。また傾向としては、JR 旅客 6 社ともに概ね若干の改善もしくは横ばい傾向である。そして、公

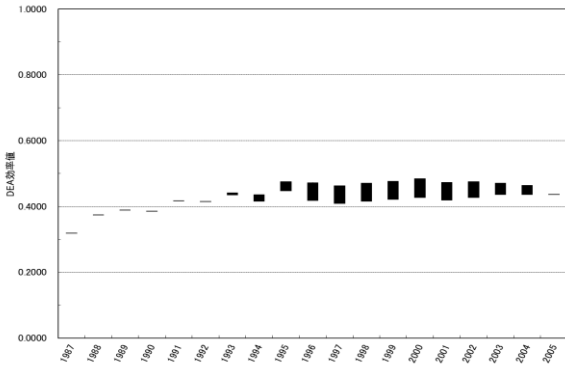


図 19 : JR 北海道の生産性推移(DEA 効率値)

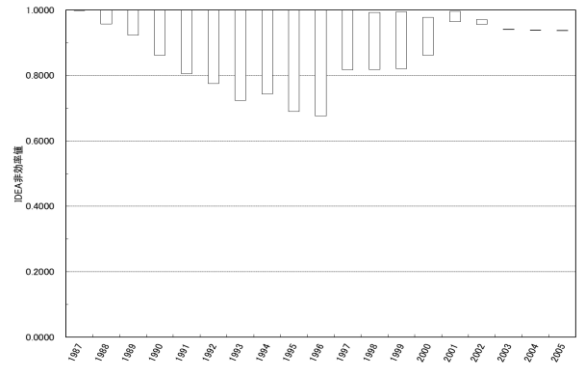


図 20 : JR 北海道の生産性推移(IDEA 非効率値)

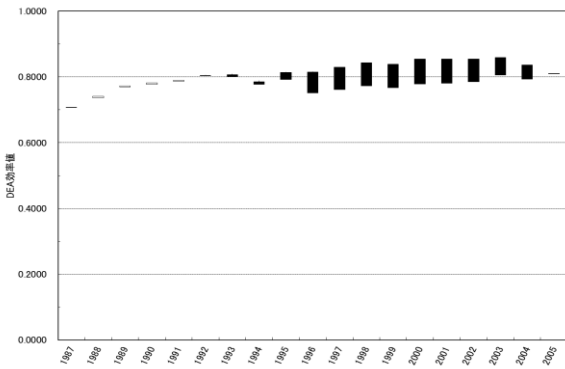


図 21 : JR 東日本の生産性推移(DEA 効率値)

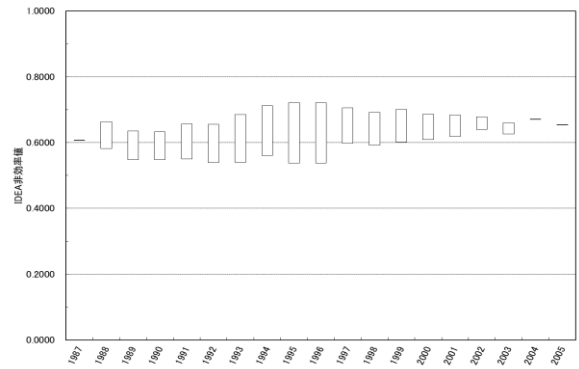


図 22 : JR 東日本の生産性推移(IDEA 非効率値)

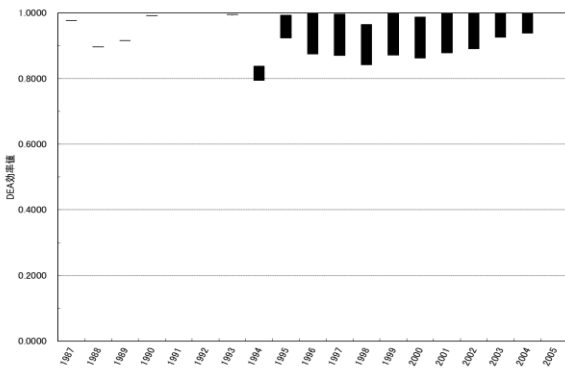


図 23 : JR 東海の本生産性推移(DEA 効率値)

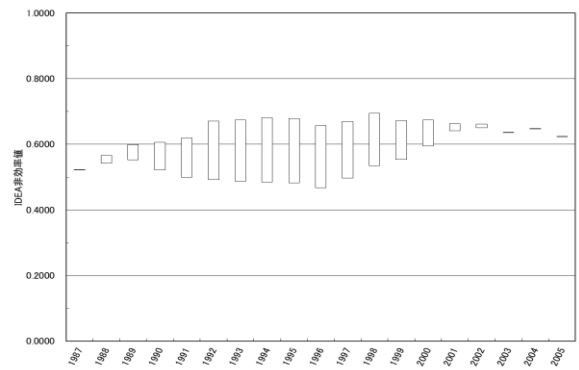


図 24 : JR 東海の本生産性推移(IDEA 非効率値)

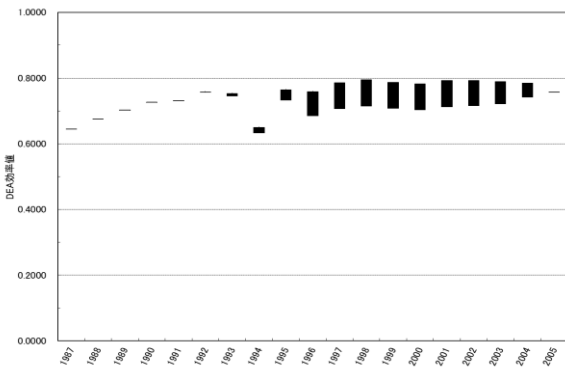


図 25 : JR 西日本の生産性推移(DEA 効率値)

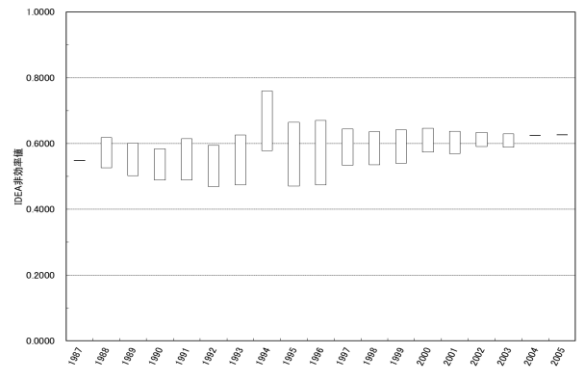


図 26 : JR 西日本の生産性推移(IDEA 非効率値)

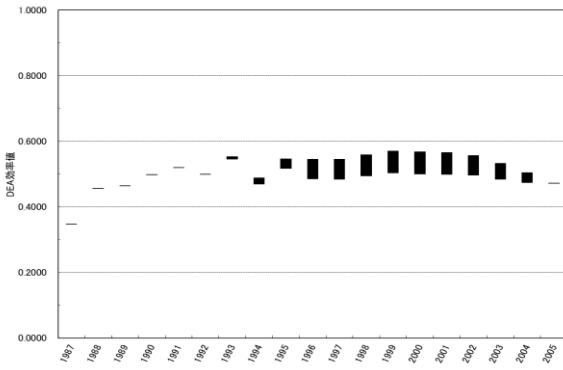


図 27 : JR 四国の生産性推移(DEA 効率値)

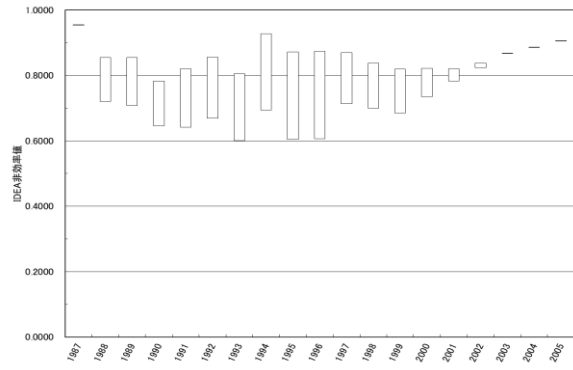


図 28 : JR 四国の生産性推移(IDEA 非効率値)

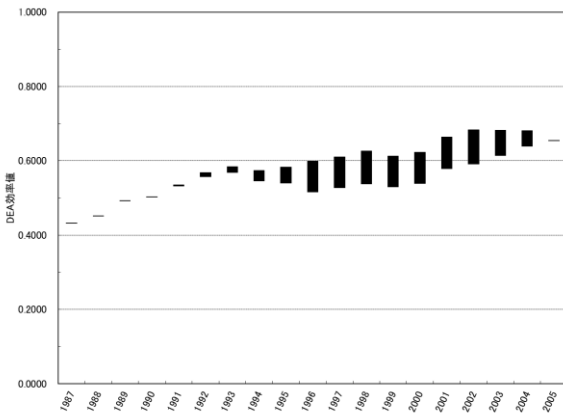


図 29 : JR 九州の生産性推移(DEA 効率値)

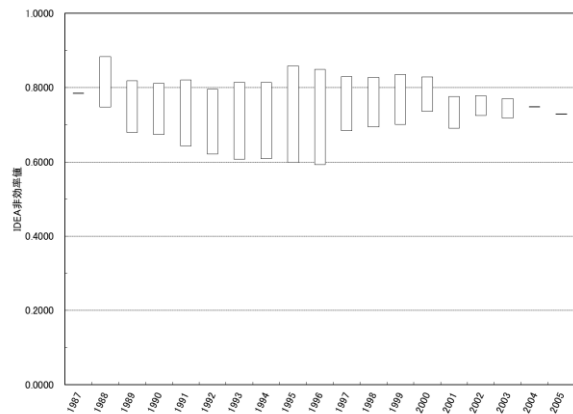


図 30 : JR 九州の生産性推移(IDEA 非効率値)

共的側面の「非効率性の改善」を評価した Inverted DEA/ウィンドー分析による各社の推移図から、大手私鉄 15 社と比較して本州 3 社の JR 東日本、JR 東海、JR 西日本は優れており、これに対し JR 北海道は非常に劣っており、JR 四国と JR 九州は並である。また傾向としては、参照集合となる鉄道事業者は悪化傾向にあり、JR 旅客 6 社ともに若干の悪化傾向である。

次に、効率性に関する分類上の推移を示した各社の図 31~36 から、以下のように考察できる。JR 北海道は「C: 努力が必要な事業体」で推移し、非効率性の面において悪化傾向である。JR 東日本は「A: 優秀な事業体」で推移し、非効率性の面において悪化傾向である。JR 東海は「A: 優秀な事業体」で

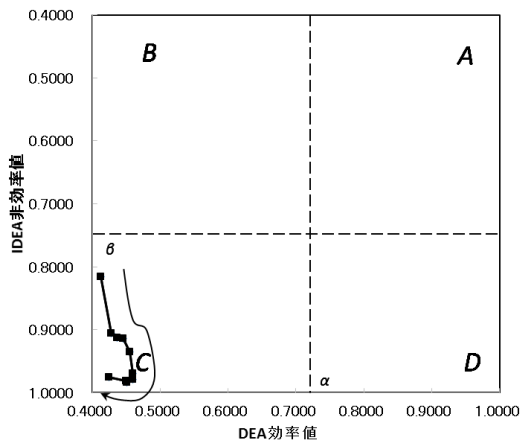


図 31 : JR 北海道の生産性の分類

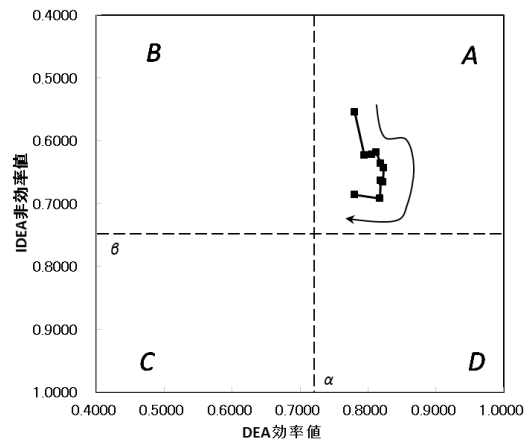


図 32 : JR 東日本の生産性の分類

推移し、悪化傾向である。JR 西日本はおおむね「A：優秀な事業体」で推移し、非効率性の面において悪化傾向である。JR 四国と JR 九州はともに「B：並の事業体」から「C：努力必要な事業体」へ移行し、非効率性の面において悪化傾向である。

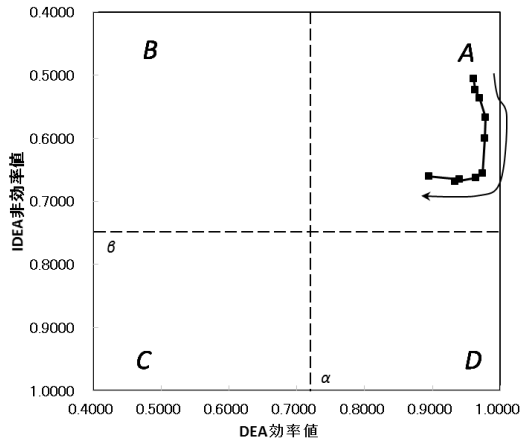


図 33：JR 東海の生産性の分類

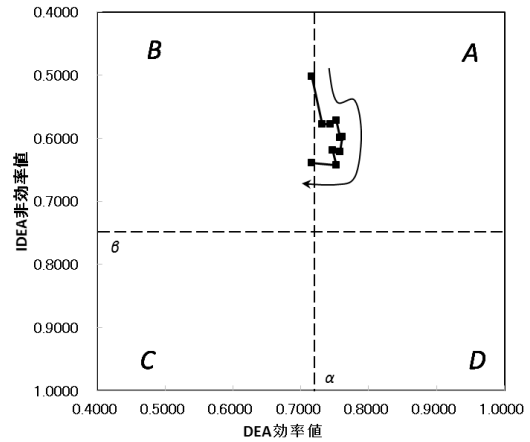


図 34：JR 西日本の生産性の分類

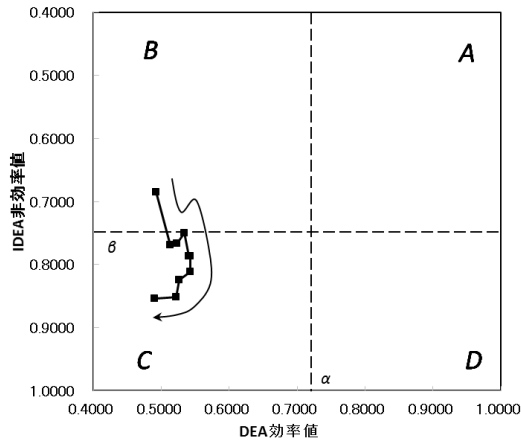


図 35：JR 四国の生産性の分類

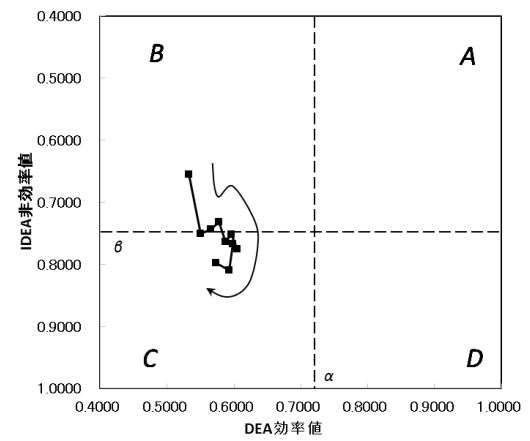


図 36：JR 九州の生産性の分類

4.3. 収益性

JR 旅客 6 社に対して、10 期($p = 10$)を分析対象とした DEA/ウィンドー分析による評価結果と Inverted DEA/ウィンドー分析による評価結果を整理したのが、それぞれ図 37~48 である。そして、JR 旅客 6 社の効率性に関する分類上の推移を示したのが、それぞれ図 49~54 である。

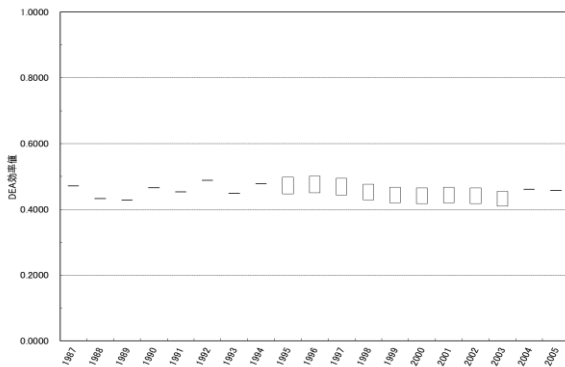


図 37：JR 北海道の収益性推移(DEA 効率値)

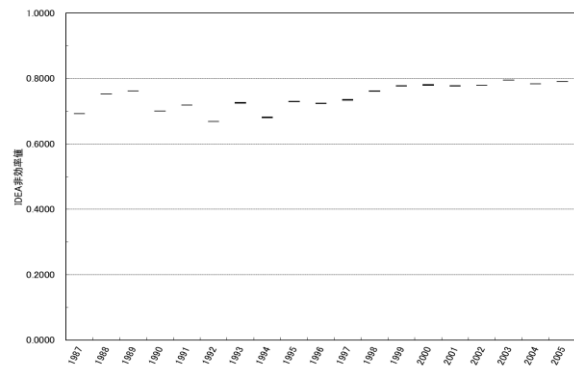


図 38：JR 北海道の収益性推移(IDEA 非効率値)

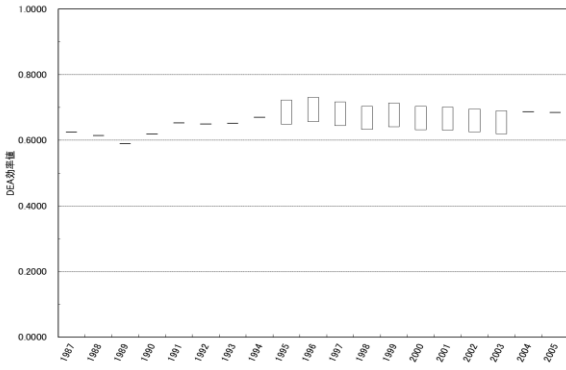


図 39 : JR 東日本の収益性推移(DEA 効率値)

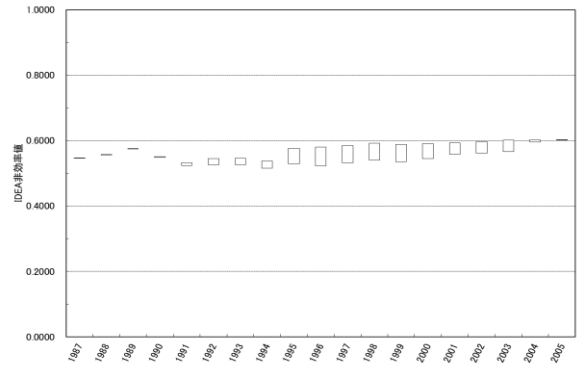


図 40 : JR 東日本の収益性推移(IDEA 非効率値)

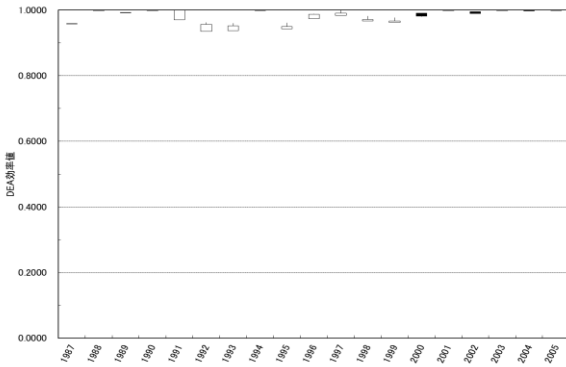


図 41 : JR 東海の収益性推移(DEA 効率値)

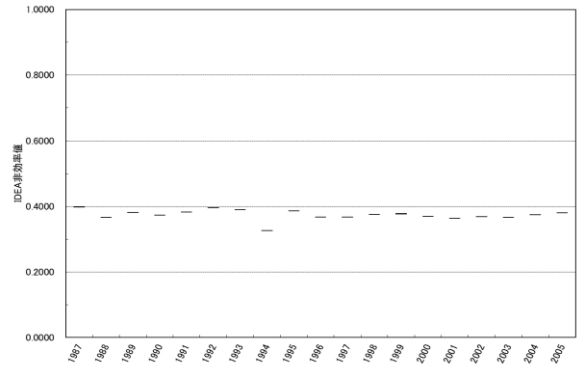


図 42 : JR 東海の収益性推移(IDEA 非効率値)

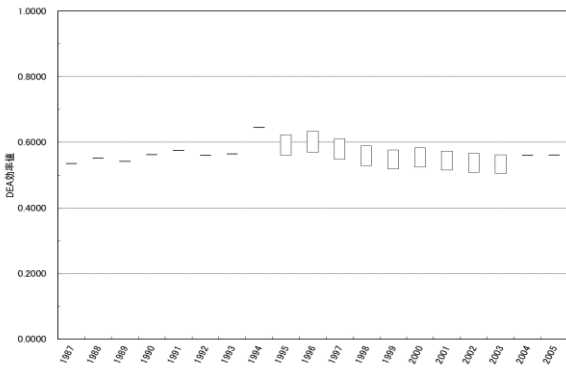


図 43 : JR 西日本の収益性推移(DEA 効率値)

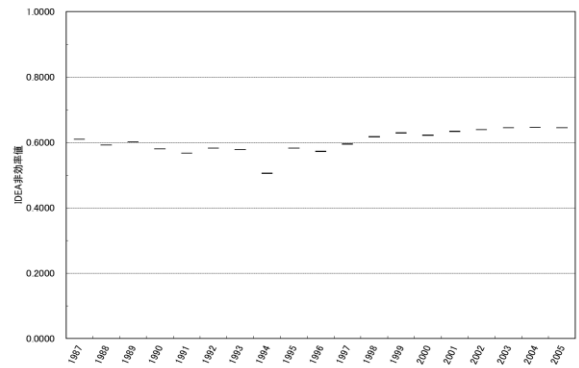


図 44 : JR 西日本の収益性推移(IDEA 非効率値)

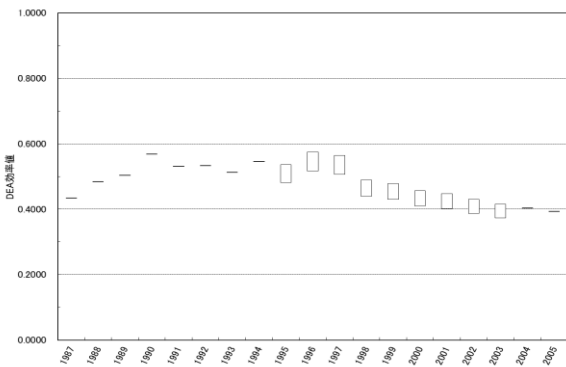


図 45 : JR 四国の収益性推移(DEA 効率値)

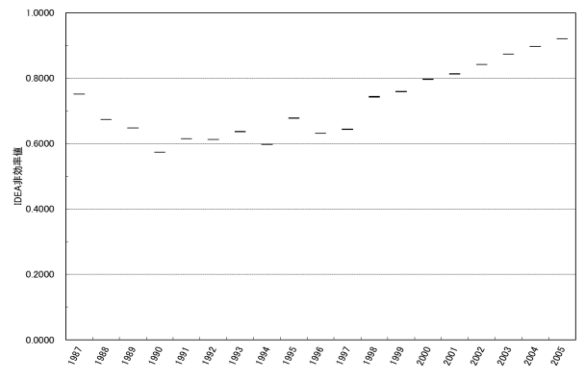


図 46 : JR 四国の収益性推移(IDEA 非効率値)

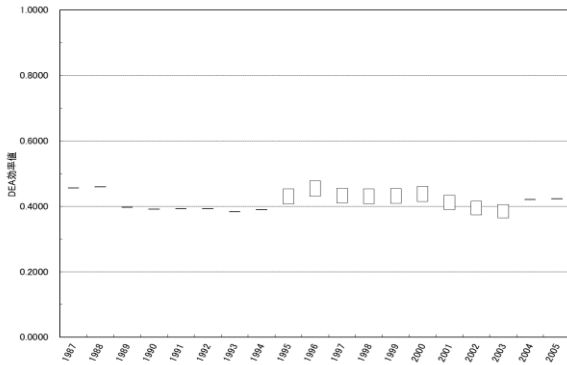


図 47 : JR 九州の収益性推移(DEA 効率値)

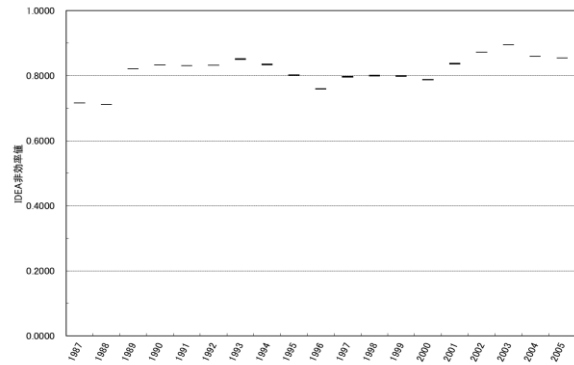


図 48 : JR 九州の収益性推移(IDEA 非効率値)

収益性に関する JR 旅客 6 社の考察を次に示す。まず、企業の側面の「効率性の追求」を評価した DEA/ウィンドー分析による各社の推移図から、大手私鉄 15 社と比較して JR 東海が非常に優れ、JR 東日本も優れており、JR 西日本を含め他の 4 社は並である。また傾向としては、JR 四国が悪化傾向であるが、他の 5 社は概ね横ばい傾向である。そして、公共的側面の「非効率性の改善」を評価した Inverted DEA/ウィンドー分析による各社の推移図から、大手私鉄 15 社と比較して JR 九州を除く JR 旅客 5 社は優れており、特に本州 3 社の JR 東日本、JR 東海、JR 西日本が非常に優れている。また傾向としては、JR 東海が横ばい傾向で、JR 四国は悪化傾向であり、他の 4 社は若干の悪化傾向である。

次に、効率性に関する分類上の推移を示した各社の図 49～54 から、以下のように考察できる。JR 北海道は「C：努力必要な事業体」で推移し、効率性の面において改善傾向である。JR 東日本は「A：優秀な事業体」で推移し、効率性の面において改善傾向である。JR 東海は「A：優秀な事業体」で推移している。JR 西日本は「A：優秀な事業体」で推移し、効率性の面において改善傾向である。JR 四国は「A：優秀な事業体」から「B：並の事業体」、「C：努力必要な事業体」へと推移し、悪化傾向である。JR 九州は「C：努力必要な事業体」で推移し、効率性の面において若干の改善傾向である。

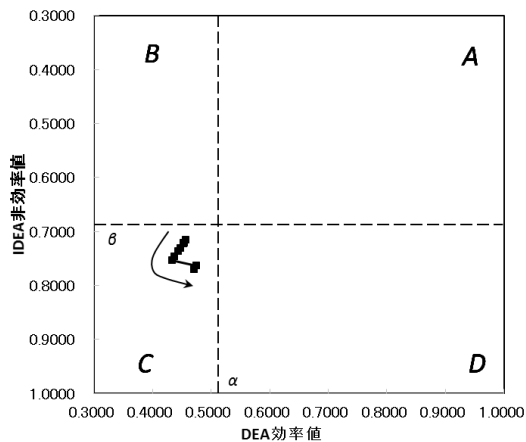


図 49 : JR 北海道の収益性の分類

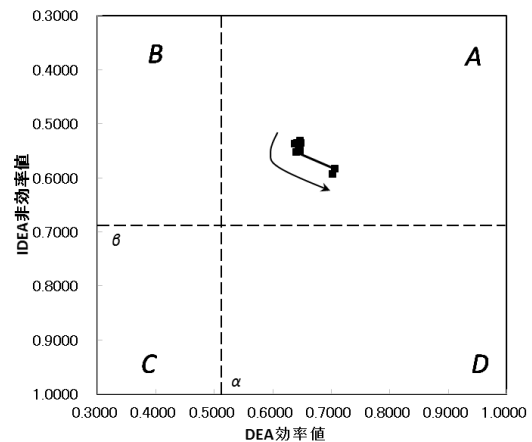


図 50 : JR 東日本の収益性の分類

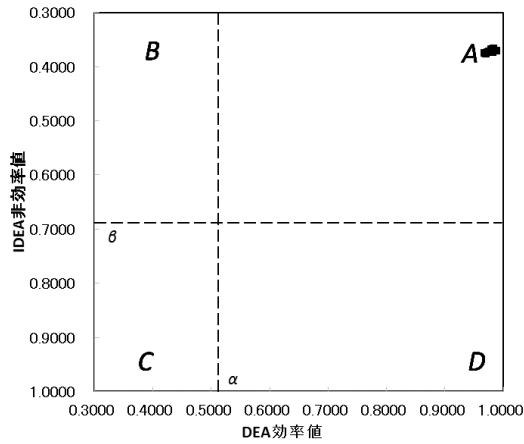


図 51 : JR 東海の収益性の分類

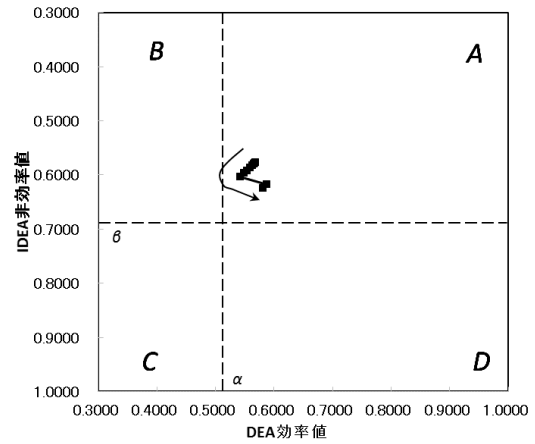


図 52 : JR 西日本の収益性の分類

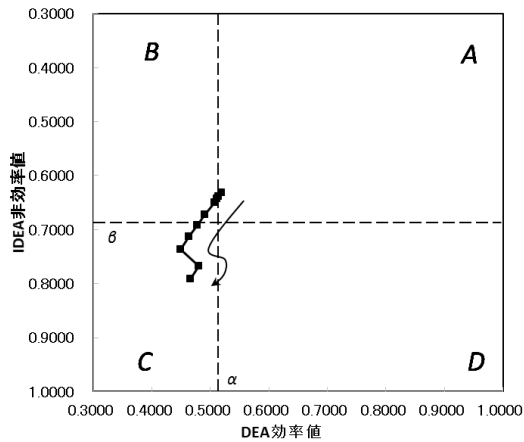


図 53 : JR 四国の収益性の分類

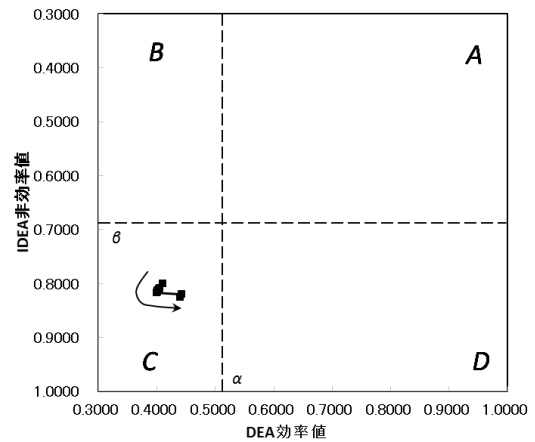


図 54 : JR 九州の収益性の分類

4.4. 企業性

JR 旅客 6 社に対して、10 期($p = 10$)を分析対象とした DEA/ウィンドー分析による評価結果と Inverted DEA/ウィンドー分析による評価結果を整理したのが、それぞれ図 55~56 である。そして、JR 旅客 6 社の効率性に関する分類上の推移を示したのが、それぞれ図 67~72 である。

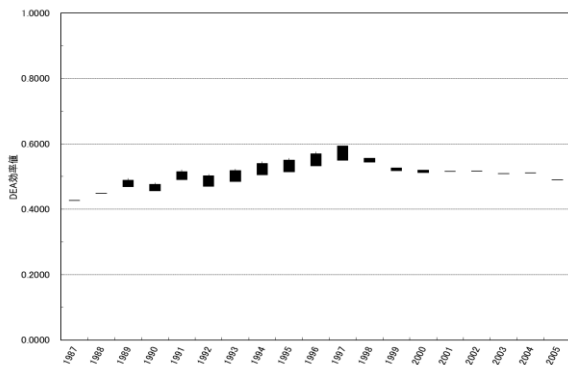


図 55 : JR 北海道の企業性推移(DEA 効率値)

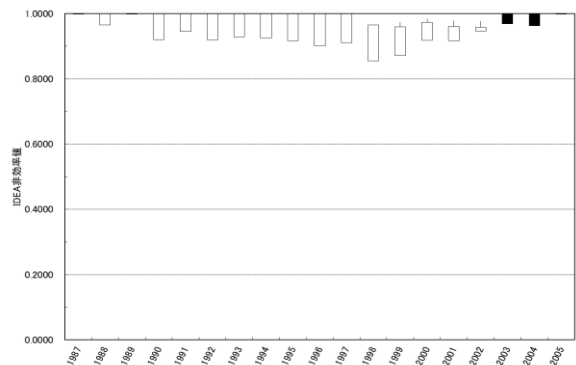


図 56 : JR 北海道の企業性推移(IDEA 非効率値)

企業性に関する JR 旅客 6 社の考察を次に示す。まず、企業的側面の「効率性の追求」を評価した DEA/ウィンドー分析による各社の推移図から、大手私鉄 15 社と比較して本州 3 社の JR 東日本、JR 東海、JR 西日本が優れており、いわゆる 3 島会社の JR 北海道、JR 四国、JR 九州が劣っている。また

傾向としては、JR 旅客 6 社は概ね若干の悪化もしくは横ばい傾向である。そして、公共的側面の「非効率性の改善」を評価した Inverted DEA/ウィンドー分析による各社の推移図から、大手私鉄 15 社と

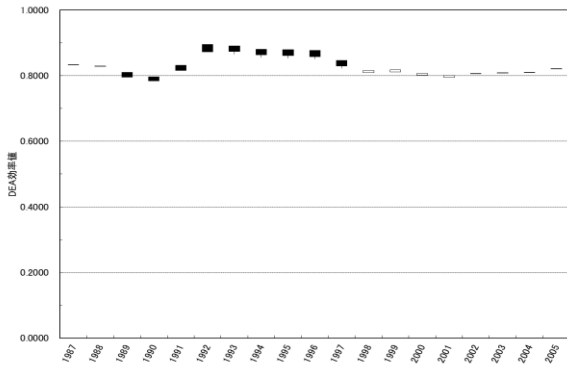


図 57：JR 東日本の企業性推移(DEA 効率値)

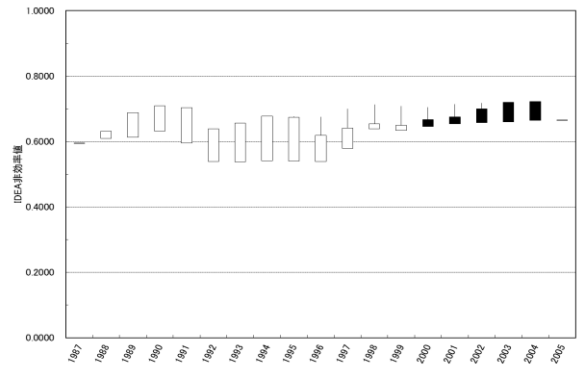


図 58：JR 東日本の企業性推移(IDEA 非効率値)

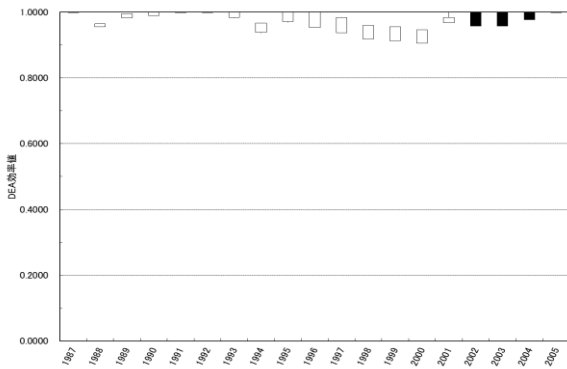


図 59：JR 東海の企業性推移(DEA 効率値)

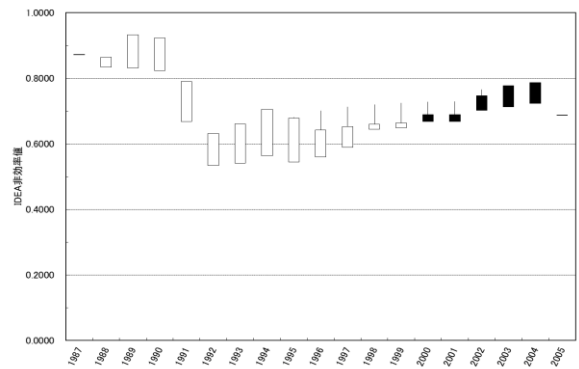


図 60：JR 東海の企業性推移(IDEA 非効率値)

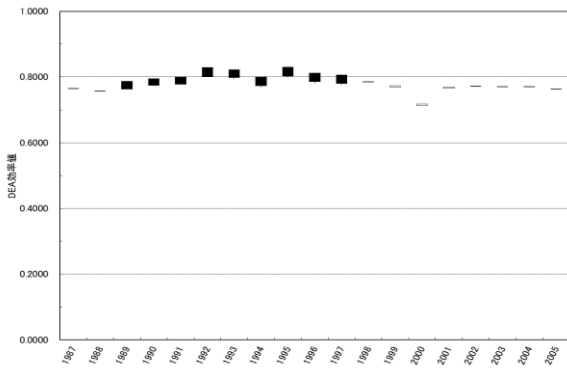


図 61：JR 西日本の企業性推移(DEA 効率値)

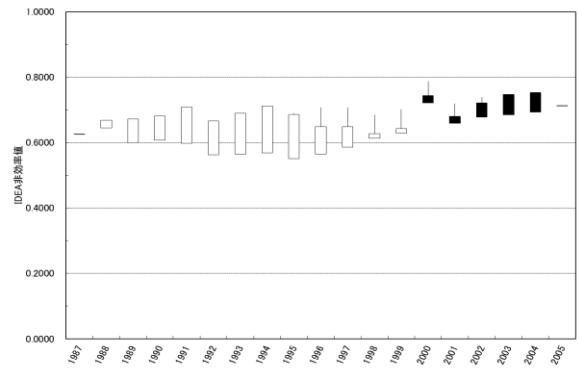


図 61：JR 西日本の企業性推移(IDEA 非効率値)

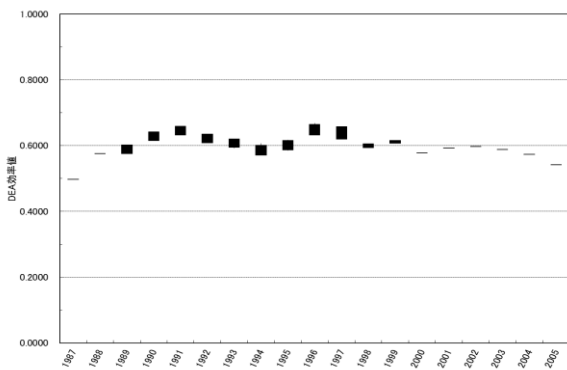


図 63：JR 四国の企業性推移(DEA 効率値)

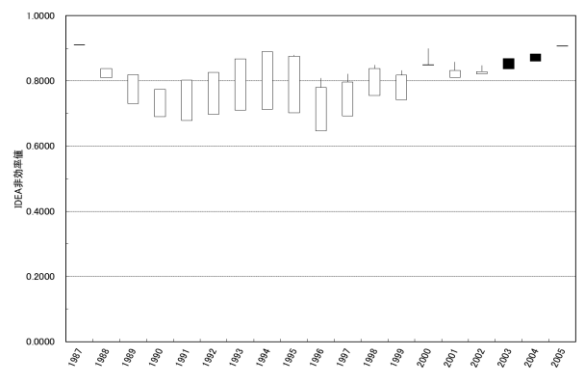


図 64：JR 四国の企業性推移(IDEA 非効率値)

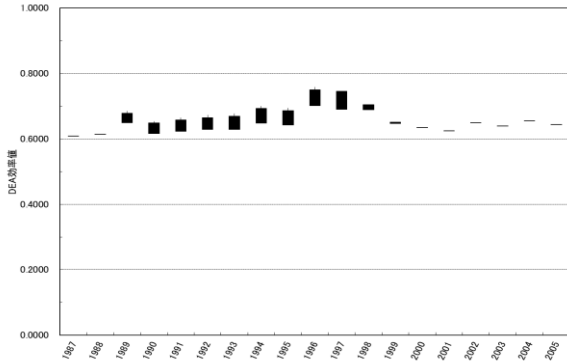


図 65 : JR 九州の企業性推移(DEA 効率値)

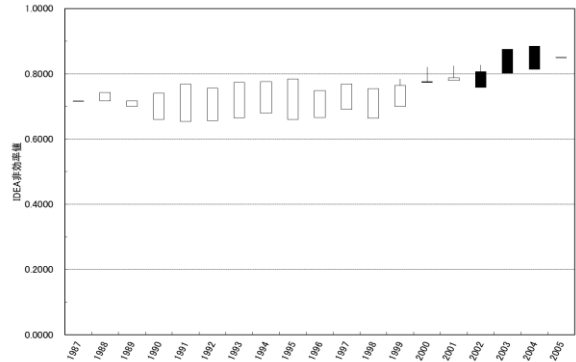


図 66 : JR 九州の企業性推移(IDEA 非効率値)

比較して JR 旅客 6 社は全体的に劣っており,特に JR 北海道が非常に劣っている.また傾向としては, JR 東海は一旦改善しその後横ばい傾向にあり,他の 5 社は概ね悪化傾向である.

次に, 効率性に関する分類上の推移を示した各社の図 67~72 から, 以下のように考察できる. JR 北海道は「C: 努力が必要な事業体」で推移し, 非効率性の面において若干の悪化傾向である. JR 東日本は「A: 優秀な事業体」から「C: 努力が必要な事業体」へ推移し, 近年, 非効率性の面において改善傾向である. JR 東海は「D: 特異な事業体」で推移している. JR 西日本は「B: 並の事業体」から「C: 努力が必要な事業体」へ推移し, 近年, 非効率性の面において改善傾向である. JR 四国は「C: 努力必

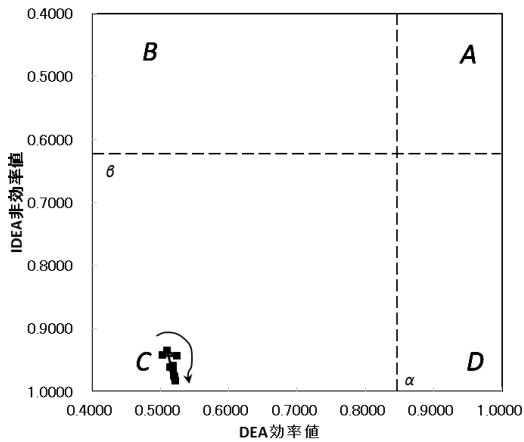


図 67 : JR 北海道の企業性の分類

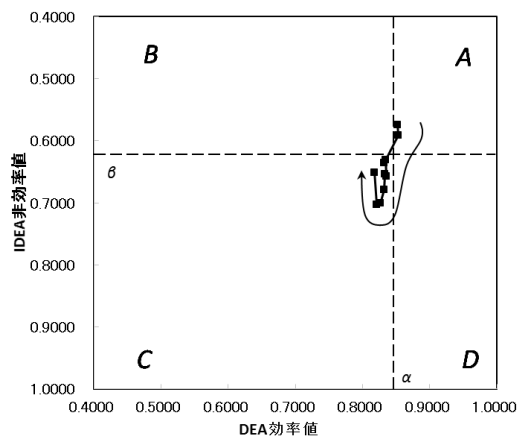


図 68 : JR 東日本の企業性の分類

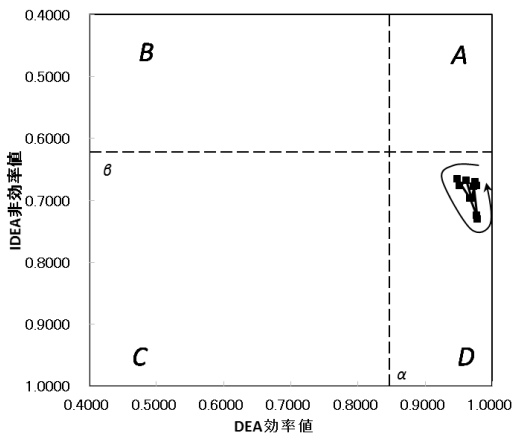


図 69 : JR 東海の企業性の分類

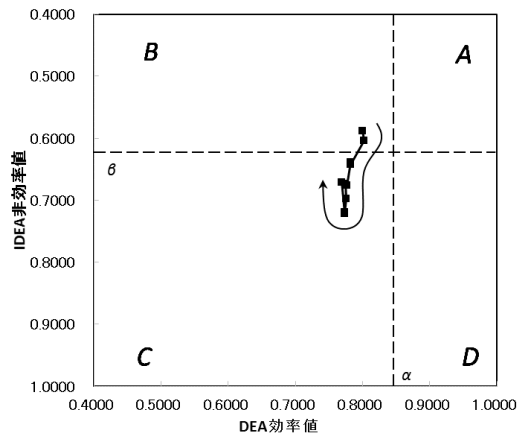


図 70 : JR 西日本の企業性の分類

要な事業体」で推移している。JR 九州は「C：努力が必要な事業体」で推移し、非効率性の面において悪化傾向である。

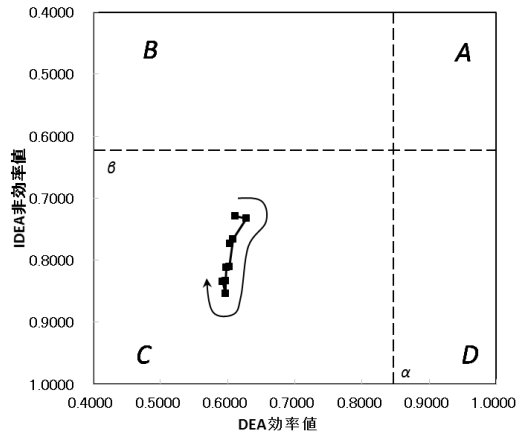


図 71：JR 四国の企業性の分類

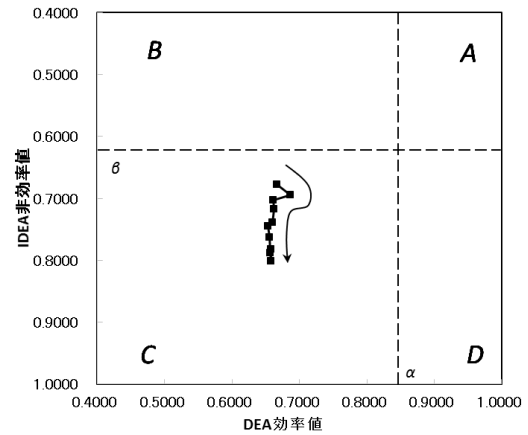


図 72：JR 九州の企業性の分類

5. おわりに

本研究の目的は、「国鉄の分割・民営化」から約 30 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、改善効果が純粋に検証可能であろう 20 年間程度（正確には計 19 年間）のデータに基づき、DEA の諸手法を用いて実証的に検証、評価することである。第 7 報である本論文では、JR 旅客各社と大手私鉄に関する分析結果の第 2 報[17]から第 5 報[21]に対して、総合的な分析・評価の第 2 段として、JR 旅客各社の分析結果を整理し、考察を行った。

そのために本論文では DEA と Inverted DEA のウィンドー分析の数値結果を、直感的にわかり易く表現する方法として、第 6 報[22]において提案したローソク足を用いたグラフ化表現とは異なり、論文[23,24]においてローソク足の設定を変更し提案されたグラフ化表現を用いて、JR 旅客各社の推移をグラフ化した。加えてもう 1 種類、事業体の分類法を利用して JR 旅客各社の推移のグラフ化[23,24]も行った。すなわち、副題の「国鉄の分割・民営化後 19 年間の JR 旅客各社の推移に対するグラフ化表現を用いた時系列評価」を中心に報告した。

本研究の一連の分析結果[16,17,19,20,21,22]、さらに、各年度の運輸白書[31]や国土交通白書[5]にも記述があるように、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、大手私鉄と相対的に比較しても、概ね順調な経営を続けていることが本論文で示した 2 種類のグラフ化表現でより明確に示された。ただコスト性と生産性において若干、近年悪化傾向が見受けられる状況が確認できた。また、いわゆる 3 島会社の JR 北海道、JR 四国、JR 九州については、発足当初より厳しい経営状況が続いていることが本論文で示した 2 種類のグラフ化表現でより明確に示された。ただ、JR 九州は九州新幹線鹿児島ルートが 2011 年(平成 23)3 月 12 日に全線開業し、経営状況が抜本的に改善され、2017 年(平成 29)3 月期には鉄道部門の黒字転換が見込まれる状況にある。加えて JR 九州は、3 島会社で初めて 2016 年(平成 28)10 月 25 日に東証 1 部に株式を上場した。そして、JR 北海道は北海道新幹線の新青森—新函館北斗間が 2016 年(平成 28)3 月 26 日開業

し、将来は札幌までの延伸が計画されていることから、厳しい経営状況からの改善が期待される。今後これらの影響や効果に関する検証も行う必要があり、加えて、比較的近年、整備新幹線が部分開業した2路線、JR 東日本の東北新幹線の八戸—新青森間 2010年(平成22)12月4日延伸開業や、JR 東日本とJR 西日本の北陸新幹線の長野—金沢間 2015年(平成27)3月14日延伸開業などの効果検証も必要であり、JR 旅客各社の再建と整備新幹線の進め方を議論する上で重要な研究課題として挙げられる。

そもそも JR 旅客各社は発足の当初から、地元地域の公共交通を維持するため採算性の悪いローカル線を多く抱え、すぐには廃止できない状況であるから、大手私鉄のようなレベルの効率的な事業活動は無理である、という指摘もある。しかし、本州3社は発足時から、大手私鉄が持っていない採算性の非常に良い新幹線を保有している。したがって、前述したように新幹線の新規開業区間を含めた保有状況の変化を踏まえた分析を行うことで、JR が大手私鉄並みの事業活動に改善されたか否かに対して従来とは異なる視点からの結論が導けると考える。この様な分析から、国鉄の分割・民営化のような大型の案件に対する当初の目的は達成できるのか、そして、達成されるならば、どの程度の期間を要するのか、何が重要な解決策となり得るのか、についての議論ができると思う。なお次回以降の論文でも、鉄道事業者の事業活動に対する総合的な分析・評価に関する報告を行う予定である。

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] Charnes,A., Clark,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 Operations Research*, Vol.2 (1985), 95-112.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 国土交通省 : 国土交通白書 各年度, 財務省印刷局, 2002~2007.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 野坂晃一, 増田克実 : 移動平均線の新しい読み方, かんき出版, 2010.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 末吉俊幸 : DEA — 経営効率分析法 —, 朝倉書店, 2001.
- [12] Sueyoshi,T., Goto,M. and Sugiyama,M. : DEA window analysis for environmental assessment in a dynamic time shift: Performance assessment of U.S. coal-fired power plants, *Energy Economics*, Vol.40 (2013), 845-857.

- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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), 131-153.
- [16] 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), 53-70.
- [17] 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), 61-82.
- [18] 杉山学 : 経営効率分析のための DEA と Inverted DEA — 基本概念と方法論から, 主観的な判断を加味できる応用モデルまで —, 静岡学術出版, 2010.
- [19] 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 — Inverted 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.17 (2010), 47-69.
- [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 — DEA と Inverted DEA のウィンドー分析による大手私鉄各社(在東日本)の推移 —, *Journal of Social and Information Studies*, Vol.18 (2011), 67-96.
- [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 と Inverted DEA のウィンドー分析による大手私鉄各社(在西日本)の推移 —, *Journal of Social and Information Studies*, Vol.19 (2012), 17-45.
- [22] 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 — ウィンドー分析の結果に対するローソク足を用いたグラフ化の提案と鉄道各社の比較結果 —, *Journal of Social and Information Studies*, Vol.20 (2013), 33-48.
- [23] 杉山学 : わが国の電力各社の生産性に対する DEA と Inverted DEA を用いた時系列評価 — 電力自由化前後の計 21 年間の推移 —, *Journal of Social and Information Studies*, Vol.22 (2015), 39-55.
- [24] 杉山学 : 電力自由化後の電力各社の生産性に対する DEA と Inverted DEA を用いた時系列評価, *Journal of Social and Information Studies*, Vol.23 (2016), 33-54.
- [25] Sugiyama,M. and Sueyoshi,T. : Finding a Common Weight Vector of Data Envelopment Analysis Based upon Bargaining Game, *Studies in Engineering and Technology*, Vol.1 (2014), 13-21.
- [26] 杉山学, 山田善靖 : 事業体間の相互評価情報を用いた調和的な効率性評価法, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol.39 (1996), 159-175.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 運輸省 : 運輸白書 各年度, 大蔵省印刷局, 1986~2001.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] 山田善靖, 末吉俊幸, 杉山学, 貫名忠好, 牧野智謙 : 日本の経営の為の 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.