

電力中央研究所 研究資料

NO. Y17506

託送料金のインセンティブ規制に用いられる
効率性評価手法 **DEA** の
わが国への適用可能性の検討

2018年3月

一般財団法人 電力中央研究所

IR

CRIEPI

**Central Research Institute of
Electric Power Industry**

託送料金のインセンティブ規制に用いられる
効率性評価手法 DEA の
わが国への適用可能性の検討

筒井 美樹^{*1}

^{*1} 社会経済研究所 事業制度・経済分析領域 上席研究員

背景

わが国において電力システム改革が進む中、送配電の託送料金については、現時点では従来の総括原価方式で設定されることになっている。しかし、電力自由化の先行する欧州では、多くの国で、事業者に効率化インセンティブを与える収入キャップなどの規制方式が採用されている（表 1）。また、収入キャップの設定に際し、需要家の負担に配慮した上で最適な水準に決まるよう、フロンティア手法などを用いた効率性分析（図 1）が行われている。例えばドイツでは、業界全体の生産性上昇率（X ファクター）に加え、個別事業者の効率性分析に基づいて、各社個別に収入キャップを設定している。今後、わが国でもこの様なインセンティブ規制の導入が議論される可能性があることに備え、これらの国で用いられる効率性手法の適用可能性について検討しておくことが望まれる。

目的

本報告ではドイツの事例に着目し、同国で用いられている効率性分析手法である包絡分析法（Data Envelopment Analysis: DEA）を中心に、わが国への適用可能性や、わが国の配電部門のデータを利用した場合の計測結果の特徴について考察する。

主な成果

1. ドイツの収入キャップ規制と個社別の効率性計測

ドイツには配電事業者が 800 社以上存在するが、このうちインセンティブ規制の個社別効率性計測の対象は、規模の比較的大きな 200 社程度である。規制当局は各事業者から 700 項目近いデータを収集し、各社毎に効率値や収入キャップの計算を行っている。

またドイツでは、効率性分析手法として DEA と SFA（Stochastic Frontier Analysis）を併用することが政令で定められている。収入キャップの設定には、両手法で計算された 4 パターンの効率値のうち最も高い値を利用するため、効率値は全般的に高くなりがちであり、効率値の全社平均値は約 95%となっている（図 2）。その結果、各社のキャップの水準は、需要家の負担に配慮した最適な水準には決まっていない可能性が指摘される。

2. DEA モデルのわが国への適用可能性

一般に効率性分析においては、分析対象のサンプル数は多い方が良いとされる。わが国の場合、分析対象は電力会社 10 社であり、必ずしも多くない。そこで本報告では、DEA を用いた場合、サンプル数の少ないことや変数の選択がどのように効率値に影響を与えるか検証した。その結果、DEA においては、サンプル数よりも、投入変数の数と産出変数の数の積の値が大きいことの方が、非効率の判別率の低下（効率的と判定されるサンプルの増加）に強く影響を与えることを確認した（図 3）。すなわち、変数を適切に選択すれば、事業者数が少なくても DEA を適用することは可能であるといえる。

3. わが国のデータの特徴

表 2 には、本報告の試験的計測用に収集した配電部門の 3 ヶ年分のデータ^{注)} について、相関係数を示している。データを概観すると、ドイツで問題になっているようなはずれ値は生じておらず、むしろ事業者間格差は小さい。DEA ははずれ値の影響を大きく受けるため、この点では、わが国のデータは DEA による分析には適している。また、投入変数と産出変数の相関が高いため、DEA の基本モデルであり、規模の収穫一定を仮定する CCR モデルの適用も可能と考えられる。このモデルは、ドイツが採用する小規模の事業者のみ規模の収穫逓増を仮定する NDRS モデルよりも判別力の高いモデルである。

4. 個別事業者の効率性分析の適用意義

データの事業者間格差が小さいということは、そもそもフロンティア手法を用いて効率性分析を行っても、相対指標であるがために事業者の効率値に大きな差が付きにくく、全般的に効率値が高くなる傾向にあると言える。実際に、図 4 に示すとおり、本報告の試験的な計測結果では、効率値の低いところでは 80%程度であるが、半分近くのサンプルが 98%以上であり、全社平均でも約 94%と高い値になっている。効率値が高い（非効率率が小さい）ということは、費用削減目標値が小さい状態でキャップ水準が決まっていることを意味する。この様に事業者間格差が小さい場合には、事業者毎の効率値よりも、業界全体の X ファクターなどの方が、キャップ水準を決めるにあたっては大きな影響を与えうる。また、ドイツと比較して事業者数が少ないため、DEA などの手法を用いずとも、個別に効率性を評価することが可能である点も指摘できる。

表 1 欧州における配電託送料金の規制方式と効率性計測手法

	規制方法	手法		規制方法	手法
オーストリア	収入キャップ	DEA, MOLS	アイスランド	収入キャップ	Ad hoc DEA*
ベルギー	収入キャップ	DEA*	ポルトガル	収入キャップ	SFA
デンマーク	収入キャップ	MOLS	スロベニア	プライスカップ	DEA
エストニア	収入キャップ	MOLS	ノルウェー	ヤードスティック	DEA
フィンランド	収入キャップ	StoNED	オランダ	ヤードスティック	MOLS
ドイツ	収入キャップ	DEA, SFA	スウェーデン	報酬率	Ad hoc DEA*
イギリス	収入キャップ	MOLS	スイス	コストプラス	Ad hoc DEA*

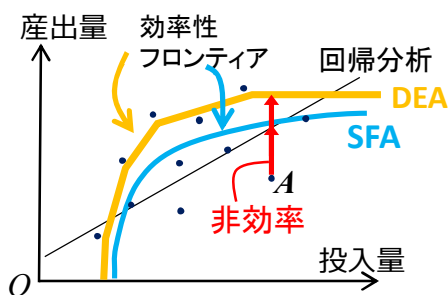
出典：Agrell and Niknazar (2014) を基に作成

※1 DEA: Data Envelopment Analysis, SFA: Stochastic Frontier Analysis, MOLS: Modified Ordinary Least Square, StoNED: Stochastic Nonparametric Envelopment of Data, Ad hoc は一時的な利用を指す。

※2 送電における DEA については、全て国際的なベンチマークにおいて用いられている。

※3 * が付いているものは、各国の規制として直接的に実施しているわけではないものを示す。

注) 費用データとして、各電力会社の直近の電気料金改定の原価算定に用いられた配電部門の 3 ヶ年のデータを利用しているが、各社の料金改定時期が異なるため、データの期間も異なる。しかし、本稿では、各社の効率性を計測するのが主目的ではなく、わが国のデータの特徴や DEA 手法との相性を確認することが目的であるため、試験的な計測として、あえて期ずれが生じた状況で利用している。なお、架空線延長などの物理的データについては、2013～2015 年の 3 ヶ年分を利用している。



- ✓ フロントニア手法では、少ない投入量で、多くの産出量を得られる事業者を「効率的」と評価する。
- ✓ より効率的な事業者の集合である「効率的フロントニア」を設定し、非効率な事業者は、そこからの乖離率を基に効率値が計測される。回帰分析で示されるような平均的な値を評価基準としない点の特徴といえる。
- ✓ フロントニア手法には、DEA、SFAをはじめとしてさまざまな手法がある。手法によって、効率的フロントニアの設定方法が異なるが、乖離率を基に非効率を計算する考え方は共通である。

図1 フロントニア手法の概要



出典：Swiss Economics and SUMICSID (2014)

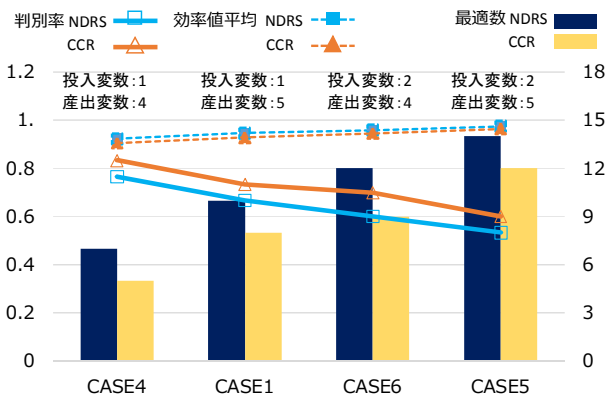
- ※1 4つのモデルの効率値の最も高い値。DEAだけの結果の場合は、事業者間格差はこれより大きい。
- ※2 「最適数」は、効率値が1となるサンプルの数。

図2 ドイツ配電事業者の効率性計測結果

表2 計測に用いたわが国の配電事業のデータの相関

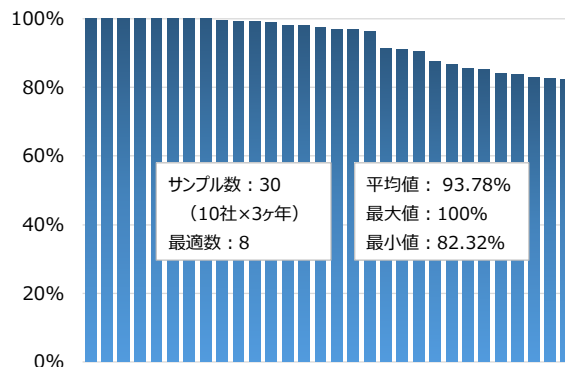
	投入変数	産出変数				
	総費用	架空線延長	地中線延長	変圧器容量	需要家数	再エネ容量
総費用	1					
架空線延長	0.9417	1				
地中線延長	0.9615	0.8478	1			
変圧器容量	0.9547	0.8883	0.8833	1		
需要家数	0.9873	0.9061	0.9791	0.9461	1	
再エネ容量	0.8238	0.8941	0.7148	0.8398	0.8043	1

※ 黄色いセルは0.9以上、赤いセルは0.98以上。




- ※1 「最適数」は、効率値が1となるサンプルの数。「判別率」は、 $1 - (\text{最適数} / \text{全サンプルの数})$ で非効率なサンプルを判別する割合を示す。一般に、変数の数が増えると、判別力が下がり、多くのサンプルが効率的と評価されてしまう。
- ※2 上記4つのケースで、投入変数と産出変数の数を変化させた場合の、平均効率値、最適数、判別率の変化を示している。投入変数の数×産出変数の数が大きいほど、判別率が低くなることわかる。
- ※3 NDRSは、小規模の事業者のみ規模の収穫逓増を仮定するDEAのモデルの一つであり、ドイツで採用されている。一方、CCRは規模の収穫一定を前提とする。DEAにおける最も基礎的なモデルであり、一般にNDRSよりも効率値が低めに出る。

図3 わが国の配電部門の判別率の変化



- ※1 あくまで、わが国のデータをDEAに適用した場合の特徴を把握することを目的に計算しており、試験的な計測結果である。
- ※2 表2のデータを全て利用したケースの計測結果を示している。
- ※3 電力会社10社の3ヶ年分のデータに対し、2つのモデル(NDRSとCCR)の結果の平均値を、高い順に並べている。

図4 わが国の配電部門の効率性計測結果の例



託送料金のインセンティブ規制に用いられる 効率性評価手法DEAの わが国への適用可能性の検討

電力中央研究所 社会経済研究所

上席研究員 筒井 美樹

研究資料 Y17506

2018年3月

 電力中央研究所

© CRIEPI



 電力中央研究所

アウトライン

1. 背景と目的
 2. 配電事業におけるインセンティブ規制
 3. 効率性計測手法の概要
 4. わが国のデータの検証
 5. 計測結果の検証
 6. 考察
- 参考文献
- 【参考】CCRモデル・NDRSモデル

背景と目的

- ◆ 電力システム改革が進む中、託送料金は引き続き従来の総括原価方式で設定されることになっているが、今後、事業者により強い効率化インセンティブを働かせる**インセンティブ規制の導入が議論される可能性**がある。
 - 欧州では、複数の国で収入キャップなどのインセンティブ規制が導入されているという実績がある。
 - わが国での導入議論に備え、欧州諸国のインセンティブ規制のしくみについて、より深く把握しておく必要がある。
- ◆ インセンティブ規制では、各事業者の費用削減目標を設定するため、**効率性の計測**を行うが、その際、データ包絡分析 (DEA) や確率的フロンティア分析 (SFA) などが用いられている。
 - とともに長所・短所があり、算出される効率値にも特徴がある。
- ◆ 本報告では、収入キャップ規制を採用している事例として、上記の2つの効率性計測手法を併用しているドイツに着目し、特に、**これらの手法にわが国のデータを当てはめた場合の特徴について考察**しつつ、適用可能性について探る。

2. 配電事業におけるインセンティブ規制

- 欧州の送配電事業における、託送料金規制の状況を確認する。
- その上で、ドイツの配電事業の収入キャップ規制を例に挙げ、その概要を示す。

欧州諸国における託送料金規制

◆電力自由化が行われている欧州諸国では、わが国と同様に、発電事業と小売事業には競争が導入される一方で、送配電事業に関しては、従来通り規制が残る。

◆欧州においては、規制事業である送配電事業に対しても、効率化を促すために、「**インセンティブ規制**」を採用している国が多い。

- ▶ プライスキャップ規制
- ▶ 収入キャップ規制

表2.1 欧州における送配電事業の託送料金規制

	規制方法		規制方法
オーストリア	収入キャップ	ハンガリー	プライスカップ
ベルギー	収入キャップ	アイルランド	プライスカップ
デンマーク	収入キャップ	リトアニア	プライスカップ
エストニア	収入キャップ	スロベニア	プライスカップ
フィンランド	収入キャップ	オランダ	ヤードスティック
ドイツ	収入キャップ	ノルウェー	ヤードスティック
イギリス	収入キャップ	スウェーデン	報酬率
アイスランド	収入キャップ	スイス	コストプラス
イタリア	収入キャップ	フランス	コストプラス
ポルトガル	収入キャップ	ギリシャ	コストプラス
スペイン	収入キャップ	ルクセンブルク	コストプラス

出典：Agrell and Niknazar [1] を基に作成

プライスカップ規制とは？

◆基本的なフォーミュラ

$$P_t = P_0 (1 + CPI - X)$$

- ▶ P_t : t 期の価格上限 (キャップ)
- ▶ P_0 : 基準期の価格
- ▶ CPI : 消費者物価指数
- ▶ X : 生産性上昇率 (Xファクター)

t 期の価格の**上限値**は、基準期の価格に対して、消費者物価の変化を加味し、その事業における生産性上昇率*を控除したもの

このほかに、**事業者毎の効率値**や、品質、設備投資などを考慮するようなモデルもある

◆このフォーミュラで定められた**価格を一定期間 (例えば5年) 保つこと**で、その間に効率化して達成した**費用削減分を、自社の利益として受け取ることができる。**

- ▶ 効率化の努力をして費用削減を実現すると、その報いとして努力した相応の利益が受け取れるので、**事業者に効率化のインセンティブを与えるしくみ**といえる。
 - 一方、総括原価の場合、例えばわが国の電気事業を例に挙げると、効率化努力によって費用削減ができたとしても、想定単価から5%以上乖離が生じた場合には、料金を値下げして、需要家に還元しなければならない。

【参考】わが国におけるプライスキャップの導入事例

- ◆わが国においても、電気通信事業 (NTT東西) において、2000年10月にプライスキャップ規制が導入されている。
 - ▶「競争が十分進展していないサービスについて市場メカニズムによる場合と同等の 実質的な料金の低廉化を図ることにより利用者の利益を確保しつつ」
 - ▶「東日本電信電話株式会社及び西日本電信電話株式会社 (以下「NTT東西」という。) が料金水準を上限以下に維持することができれば、**経営効率化努力によって利益が増加した分**を、基本的に**自己の取り分とすることが**できることとして**自主的な経営効率化努力のインセンティブを与える**」
(プライスキャップの運用に関する研究会報告書より抜粋^[2]、強調文字は筆者による)
- ◆プライスキャップ制度の対象となっているのは「特定電気通信役務」、すなわち、NTT東西が提供する**音声伝送役務 (加入電話及びISDN等)**の利用者向け料金である。
- ◆プライスキャップの下で行われる効率性分析においては、本報告で着目する**DEA**や**SFA**が使われている^[2,3]。
 - ▶第1期 (2000～2003年) はDEAのみであったが^[3]、その後の第2,3,4期はDEAとSFAの併用を行っている^[4]。

収入キャップ規制とは？

- ◆基本的な考え方は、**プライスキャップ規制と同様**。
 - ▶規制期間内は**収入の上限値 (キャップ)**が決まっており、費用削減によって生じた利益を、事業者が受け取ることができる。
- ◆ただし、プライスキャップ規制の場合は、販売量が増えると、それだけ事業者の収入が増える傾向がある。
 - ▶事業者は販売量を増やすインセンティブも働く。
 - 省エネと逆行する制度であるとも指摘されている。
- ◆収入キャップ規制の場合は、事業者の収入に上限値を決めるため、**利益は販売量と価格で調整されうる**。
 - ▶理論上は、需要家が省エネを進めて販売量が減っても、事業者は価格を調整することで利益への影響を減らすことが可能。
 - ▶事業者による**価格設定の自由度が増す**。

欧州諸国の配電事業の規制方式と効率性計測手法

- ◆ 効率化インセンティブは、収入キャップを設定することで付与されるが、**適切なキャップ水準の決め方には課題**が残る。
 - キャップが高すぎると、需要家が負担を負うことになる。
- ◆ 欧州の多くの国では、事業者の効率性の計測を行い、**最も効率的な事業者の費用水準を基準に、キャップの水準を決めている**。
 - 効率性計測手法としてDEAを公式に採用、もしくは参考として利用している国が比較的多い(表2.2参照)。
 - 送電事業については、国際的な効率性比較分析で用いられている^[5]。
 - 配電事業については、国内事業者を対象とした効率性分析で用いられている。
 - その他、SFAやStoNEDなどの手法を利用したり、複数の手法を併用する例もみられる。
 - これらの**代表的な手法については、3章で解説**を行う。
- ◆ 本報告では、収入キャップ規制の適用事例の一つとして、**ドイツの配電事業**に着目する。
 - 業界全体の生産性上昇率(Xファクター)に加えて、**事業者別の効率値**も利用してキャップを決めている。
 - 効率性分析には、**DEAとSFAを併用**している。

表2.2 各国の効率計測手法

	規制方法	効率性計測手法	
		配電	送電
オーストリア	収入キャップ	DEA, MOLS	DEA*
ベルギー	収入キャップ	DEA*	DEA
デンマーク	収入キャップ	MOLS	DEA
エストニア	収入キャップ	MOLS	DEA*
フィンランド	収入キャップ	StoNED	DEA
➡ ドイツ	収入キャップ	DEA, SFA	DEA
イギリス	収入キャップ	MOLS	DEA*
アイスランド	収入キャップ	Ad hoc DEA*	DEA
オランダ	ヤードスティック	MOLS	DEA
ノルウェー	ヤードスティック	DEA	DEA
ポルトガル	収入キャップ	SFA	DEA
スロベニア	プライスカップ	DEA	-
スウェーデン	報酬率	Ad hoc DEA*	DEA*
スイス	コストプラス	Ad hoc DEA*	-

注1：MOLS: Modified Ordinary Least Square, StoNED: Stochastic Nonparametric Envelopment of Data, Ad hocは一時的な利用を指す。
 注2：送電におけるDEAについては、全て国際的なベンチマークにおいて用いられている。
 注3：*が付いているものは、各国の規制として直接的に実施しているわけではないものを示す。

出典：Agrell and Niknazar^[1]を基に作成

ドイツの配電事業の収入キャップ規制の概要

- ◆ ドイツでは、**配電事業者に効率化を促すため**、2009年に総括原価規制から収入キャップ規制に変更。
 - 収入キャップを決定するに際し、業界全体の生産性の変化を示すXファクターのみならず、**各事業者の効率値を基に、費用削減目標値を個別に設定**している(p.12参照)。
 - ◆ 国内には、配電事業者が800社以上も存在するが、このうち効率値計測対象は、一定規模以上の200社程度。
 - ◆ 配電事業の収入キャップ規制の詳細は、**政令で定められている**。
 - 電力ネットワークのインセンティブ規制に関する政令 (Anreizregulierungsverordnung : AregV)^[6]。
 - ◆ 政令に記載されている内容の例。
 - 個別事業者の効率性分析手法として**DEAとSFAを用いる**。
 - 2種類のコストデータについて、DEA・SFAをそれぞれ用いて計算し、合計4つの効率値の中で、**最も高い値を採用する**。
 - 規制期間は5年間(収入キャップの据え置き期間)とする。
 - 第1規制期間：2009～2013年、第2規制期間：2014～2018年。
- ※ドイツのインセンティブ規制に関する詳細に関しては、三枝・服部^[7]参照。

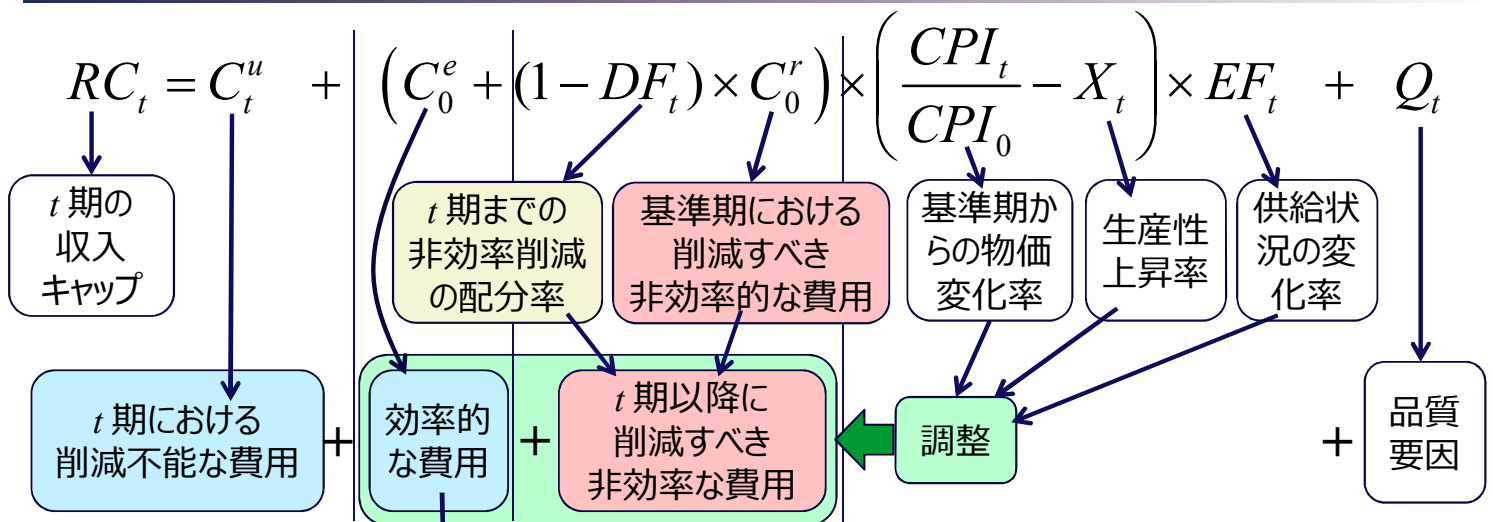
ドイツの収入キャップのフォーミュラ①

◆ドイツの送配電事業における収入キャップのフォーミュラは、p.12の通り。

◆ポイントとしては、

- ▶ 事業者にとって削減不能な費用 (C_t^u) は事前に仕分け、効率化すべき費用の対象からはずす。
 - 仕分けた削減可能な費用を、ここでは「効率化対象費用」と呼ぶ。
- ▶ 各事業者に対して効率値を計測し、効率化対象費用から非効率な費用 (C_0^r) を除いた、効率的な費用 (C_0^e) を計算する。
- ▶ 非効率な費用 (C_0^r) については、2規制期間の10年間で解消することを目指す。
 - この目標以上に効率化を図り、費用削減できれば、その分を利益として受け取ることができるため、**個別事業者にとって効率化インセンティブとなる**。
 - 同時に、この収入水準を基に設定される託送料金は、理論的には、**需要家にとっても適切な負担**となっている。
- ▶ 効率化対象費用については、物価指数や業界の生産性向上率 (Xファクター)、需要実態の変化に応じた調整を行う。
 - Xファクターは、最も効率的な事業者の効率性水準の変化を捉える要因であり、キャップの水準の経年的な補正項と考えればよい。
 - 需要実態の変化は、供給ポイント数の変化と、供給エリアの変化から計算される。
- ▶ 安定的に需要を満たすことができるように、配電グリッドの信頼度を維持するための費用を、品質要因として上記調整後に加算する (Qファクター)。

ドイツの収入キャップのフォーミュラ②



効率的な費用 = 効率化対象費用 × **各事業者の効率値**

- ▶ 非効率な費用 C_0^r を、10年で解消することを目指す。
- ▶ t 期までに削減すべき費用の割合を $DF_t \times 100\%$ とする。

$(1 - DF_t) \times C_0^r$: t 期の時点で残っている、今後削減すべき非効率な費用。

この計測にDEA・SFA
が使われる*

※ドイツの事例における効率性計測結果については、3章において述べる。

3. 効率性計測手法の概要

- インセンティブ規制において用いられる、効率性計測手法の概要を述べる。
- 事例として、ドイツにおける第2規制期間の効率値計測結果を確認する。

3. 効率性計測手法の概要

効率的とは？

◆より少ない投入量 (インプット, x) で、より多い産出量 (アウトプット, y) を得ることを**効率的**という。

効率値の計測対象の事業者を**DMU: Decision Making Unit**と呼ぶ

$$\Rightarrow \frac{\text{生産量 } y}{\text{投入量 } x}$$

この値が大きければ、**効率的**といえる

最も効率的な点を通るライン:
効率性フロンティア

複数のDMUの x と y をプロットした図

一般的な回帰分析 (OLS*) の線は平均的な効率性水準を示す

(x - y) は、横軸を x 、縦軸を y とした2次元図の意

この角度が大きければ、**効率的**

図3.1 効率値の概念図 (x - y)

平均的な水準ではなく、より効率的な水準を「**効率性フロンティア**」とし、ベンチマークにする手法 ⇒ **フロンティア手法** と呼ばれる

フロンティア手法における効率値の計測方法①

◆フロンティア手法

- 各事業者の投入量(x)と産出量(y)を基に、効率性フロンティアを設定し、そこからの**相対的な乖離率を各事業者の非効率と見なす***。

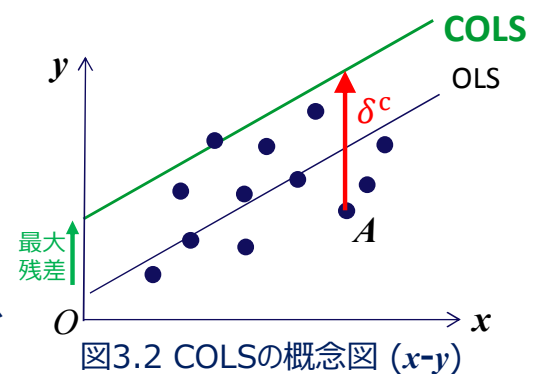
◆代表的な手法

- 修正最小二乗法 (Corrected Ordinary Least Squares: **COLS**)
- 包絡分析法 (Data Envelopment Analysis: **DEA**)
- 確率的フロンティア法 (Stochastic Frontier Analysis: **SFA**)
- 確率的ノンパラメトリック包絡法 (Stochastic Nonparametric Envelopment of Data: **StoNED**)

フロンティア手法における効率値の計測方法②

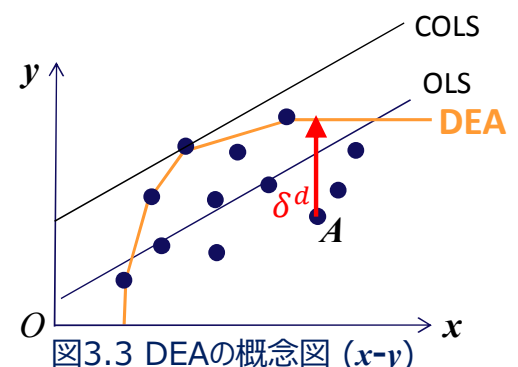
◆COLS

- 回帰分析 (OLS) で求めた直線を、サンプル中で最大の残差分だけ平行に上側に移動することで得られた直線をフロンティアとする。
- 事業者Aの非効率率は、点Aのフロンティアからの乖離 δ^c を基に計算される。
 - p.9に示される“MOLS”は、COLSの応用で、最大残差ではなく、ガンマ関数などで変換した残差の平均値 (>0) を使ってフロンティアを補正する方法である。一般には、COLSのフロンティアよりも下方に位置する^[8,9]。



◆DEA [10,11]

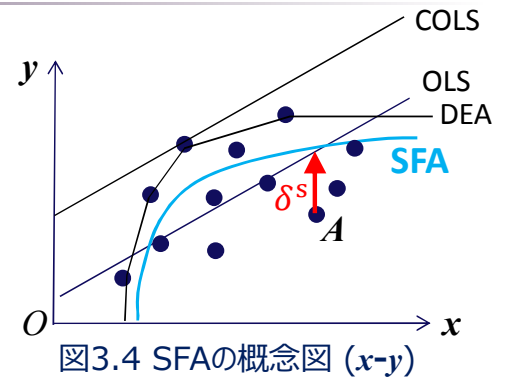
- プロットされた各点の包絡線をフロンティアとする。
- 事業者Aの非効率率は、点Aのフロンティアからの乖離 δ^d を基に計算される。
 - 詳細については、5章にて述べる。



フロンティア手法における効率値の計測方法③

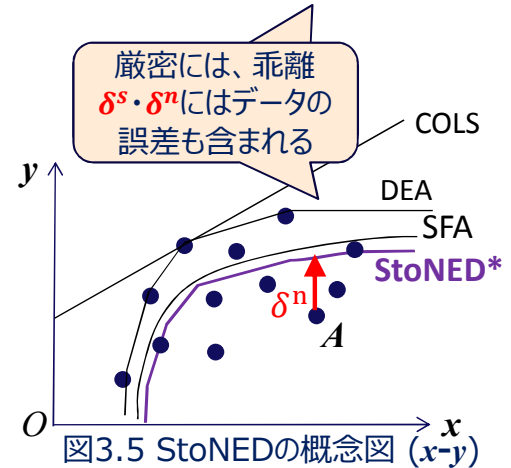
◆SFA [9]

- ▶ フロンティアについて特定の生産関数や費用関数を仮定する。誤差項部分に非効率値を組み込んだ特殊な分布形を仮定した上で、フロンティアの推定を行う。
- ▶ 事業者Aの非効率性は、点Aのフロンティアからの乖離 δ^s を基に、計算される。
 - 詳細については、5章にて述べる。



◆StoNED [12,13]

- ▶ Convex Nonparametric Least Squares (CNLS) 手法を用いて、関数型を先験的に仮定せずに、直線を組合せたようなフロンティアを計測。
- ▶ SFAと同様の特殊な誤差項を仮定し、効率値を推定。
 - SFAと似るが、フロンティアの形状が滑らかではないのが特徴。
- ▶ 事業者Aの非効率性は、点Aのフロンティアからの乖離 δ^n を基に計算される。



© CRIEPI 2018 * 図はあくまで概念を示したものであり、StoNEDのフロンティアが、SFAのフロンティアの内側になるとは限らない。

フロンティア手法における効率値の計測方法④

◆フロンティア手法の特徴

- ▶ 計測手法によって、効率性フロンティアの設定方法や、その形状が異なる。
- ▶ しかし、共通に、**効率性フロンティアからの乖離を非効率とみなす相対指標**。
 - ただし、SFAとStoNEDでは、誤差項を考慮するので、乖離部分は、非効率と誤差項で構成されている。
- ▶ それぞれの特徴に応じて、下記のように分類することができる。

表3.1 代表的な効率性計測手法の特徴

		データの誤差	
		考慮しない (決定論的手法)	考慮する (確率論的手法)
関数型	先験的に仮定する (パラメトリック手法)	COLS	SFA
	仮定しない (ノンパラメトリック手法)	DEA	StoNED

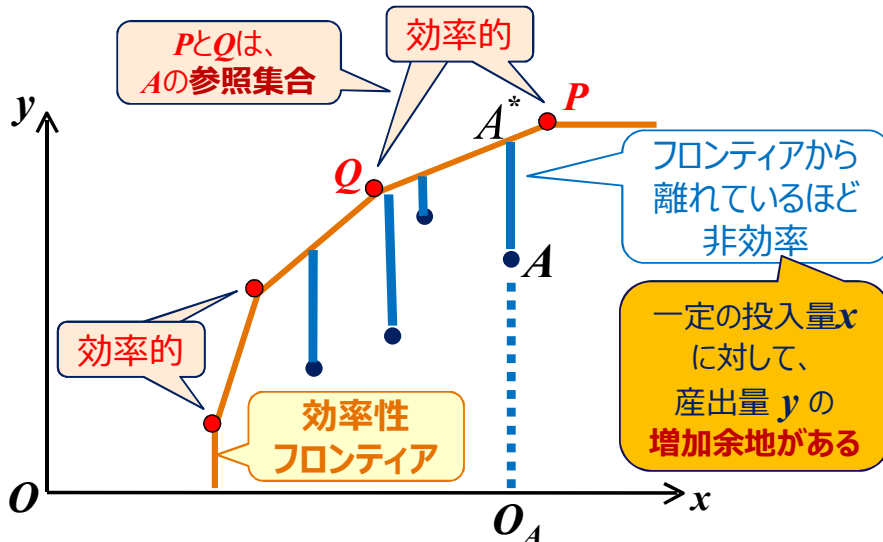
- ▶ 以降は、ドイツで採用している**DEA**と**SFA**について述べる。

DEAの考え方①フロンティアと効率値

- ◆ 効率的な事業者を線で結んで**効率性フロンティア**を設定。
- ◆ **フロンティアと相対比較**して、各事業者 (DMU) の効率値を決定。
 - フロンティアからの乖離率を計算。

$$A \text{ の効率値 } \theta = \frac{O_A A}{O_A A^*}$$

本来、**増加余地**は、 $\frac{O_A A^*}{O_A A}$ であり、効率値はその逆数
※次ページにて補足



- ◆ 効率的なDMUである**P**と**Q**の内分点 A^* を、事業者**A**が達成しうる効率的な点とみなし、**A**との乖離率を計算している。

➢ **P**と**Q**は、**A**の効率値の計算基準となり、「**参照集合**」と呼ぶ。

- ◆ **効率的な場合** ◆ **非効率的な場合**
- 効率値 $\theta = 1$ ➢ 効率値 $\theta < 1$

■ ex. 0.8, 0.4, ...

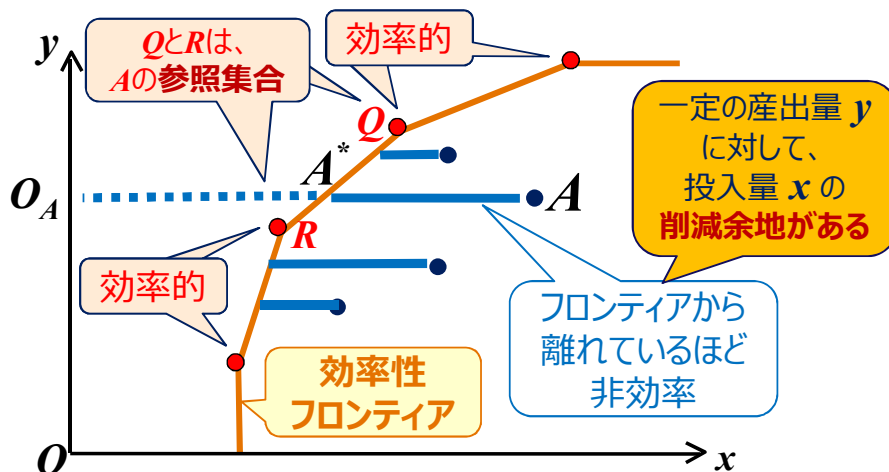
図3.6 DEAの概念図 (産出指向型 : x-y)

DEAの考え方②投入指向型と産出指向型

- ◆ 一定の投入量に対して、産出量の**増加余地**を計る場合 :
 - **産出指向型モデル** (前ページの例)
- ◆ 一定の産出量に対して、投入量の**削減余地**を計る場合 :
 - **投入指向型モデル** (下図の例)

どちらの余地を計るのは、目的に応じて使い分ける

✓ 例えば、産出量がコントロールできない場合 (ex. 電力需要量) は、投入物の削減余地を図る



$$A \text{ の効率値 } \theta = \frac{O_A A^*}{O_A A}$$

産出指向型モデルの場合と、分母と分子が逆転している

- ✓ 削減余地は、例えば、0.5倍など、1以下の値で計測されるが、増加余地は、1.5倍など、1以上の値で計算される
- ✓ 効率値を0~1の値を取るように、前ページの産出指向型モデルの場合は、「増加余地」の**逆数**を効率値としている

※具体的なDEAの数式については、巻末の参考資料を参照のこと。

図3.7 DEAの概念図 (投入指向型 : x-y)

DEAの考え方③複数の投入物・産出物の場合

◆ここまでの説明は、1投入物・1産出物の場合。

▶現実的には、事業者は複数の投入物・産出物を扱っている。

◆複数の投入物・産出物の効率値を計測する場合はどうすればよいか？

$$\frac{\text{生産量 1, 生産量 2, 生産量 3, ...}}{\text{投入量 1, 投入量 2, 投入量 3, ...}}$$

⇒**ウェイト**をつけて足し合わせればよい

$$\frac{u_1 y_1 + u_2 y_2 + u_3 y_3 + \dots}{v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3 + \dots} = \frac{u y}{v x}$$

◆この場合、要素間ウェイト (v_i, u_i) はどうやって決めれば良いか？

DEAの考え方④固定ウェイトと可変ウェイト

◆要素間ウェイトの決め方は、様々な方法が考えられる。

◆**固定ウェイト**：

▶個々の事業者の特色を反映しない一律ウェイト。

■例：要素1: $v_1=0.2$ 、要素2: $v_2=0.7$ 、要素3: $v_3=0.1$

◆**可変ウェイト**：

▶ウェイトを固定せず、その事業者に**最も都合の良いウェイト**を採用して
(全社そのウェイトを適用して) 効率値を計算。

■事業者A：要素1: $v_1=0.2$ 、**要素2: $v_2=0.7$** 、要素3: $v_3=0.1$

■事業者B：**要素1: $v_1=0.5$** 、要素2: $v_2=0.2$ 、要素3: $v_3=0.3$

▶可変ウェイトを使って自社にとって**最も条件の良いウェイト**で
他者と比較することになるので、不満が出にくい。

■結果的に、投入物・産出物の配分が同じような、似たもの同士のDMUを
比較していることになる (p.24参照)。

▶ **可変ウェイトはDEAの特徴であり、モデルの中で最適ウェイトが決定される。**

⇒**先験的に要素間ウェイト決定をしなくてもいい。**

- ▶ 主観的なウェイトを使う
- ▶ 経験則に基づいて設定する
- ▶ 市場価格などを使う
- ▶ 重回帰分析の係数を使う
- ▶ ...

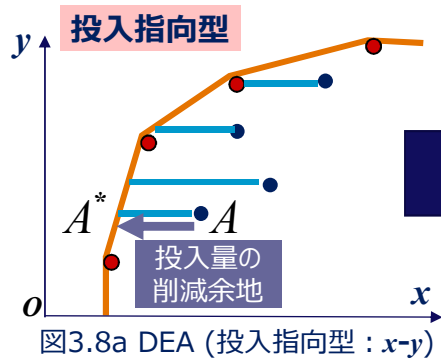
事業者Aは、要素2の効率が高いので、**要素2のウェイト**を高めたい

事業者Bは、要素1の効率が高いので、**要素1のウェイト**を高めたい

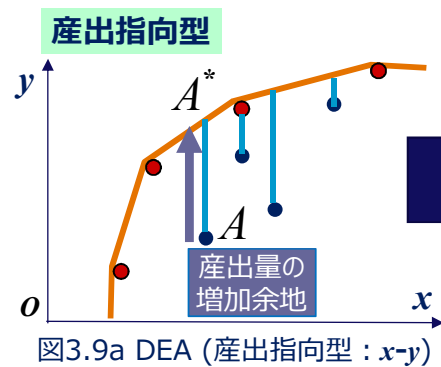
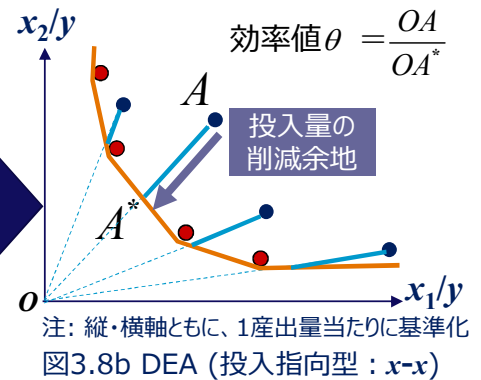
例えば、 x_1 は y_1 を、 x_2 は y_2 を、それぞれ産出するのにだけ用いられる投入物というように、 x と y に明確な対応がある場合に、それとは関係なく、 x_1 と y_2 に大きなウェイトが付けられる可能性もあることに注意

DEAの考え方⑤ 複数要素の場合の投入指向・産出指向

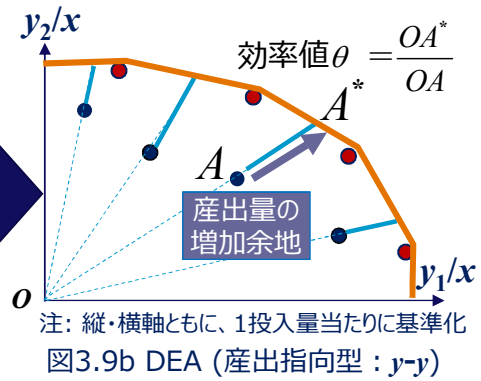
◆ ここでは、本来は**複数次元の図**を、2次元で表記している。軸に投入(x)・産出(y) のどちらを置くかで、フロンティアの見え方が異なるので注意が必要。



- 投入物が複数の場合
 - ✓ 産出物yを1単位産出するための投入量 x_1, x_2 を図解
 - ✓ 投入量が少ない方が効率的なので、フロンティアは原点に向かって凸型(凸関数)
 - ✓ 原点を通る放射線上*に**効率値(投入量の削減余地)を計測する**



- 産出物が複数の場合
 - ✓ 投入物xを1単位利用して産出できる y_1, y_2 を図解
 - ✓ 産出量が多い方が効率的なので、フロンティアは原点と反対側に向かって凸型(凹関数)
 - ✓ 原点を通る放射線上*に**効率値(産出量の増加余地)を計測する**



© CRIEPI 2018 * 全ての要素を同じ割合で削減・増加させることを前提とした、原点を通る放射線上で効率値を計るモデルは、DEAの基本モデルであり、radialモデルと呼ぶ。一方、non-radialのDEAモデルも多く存在し、代表的なものとしては、SBMなどが挙げられる [11,14]。

DEAの考え方⑥ 要素間ウェイトの特徴

◆ 要素間のウェイトは、例えば要素が2つ(2次元)の場合、**直線の式の係数**にあたる。

- 直線の傾きは、2つの要素間ウェイトの比率。
 - つまり、直線の傾きを見ると、要素間ウェイトがわかる。

◆ 効率値が1未満の非効率なDMUの場合(A, B)、**最適ウェイトは一意に決定する***。

- 事業者Aは、フロンティア上の**線分PQ**の傾きが最適ウェイト。
 - Aは比較的 x_1 の利用が少なく、 x_1 の要素効率値が高め。
 - 類似の特徴をもつPが参照集合に入っており、**似たもの同士で比較**されている。
- 事業者Bは、フロンティア上の**線分QR**の傾きが最適ウェイト。
 - Bは比較的 x_2 の利用が少なく、 x_2 の要素効率値が高め。
 - 類似の特徴をもつRが参照集合に入っており、**似たもの同士で比較**されている。

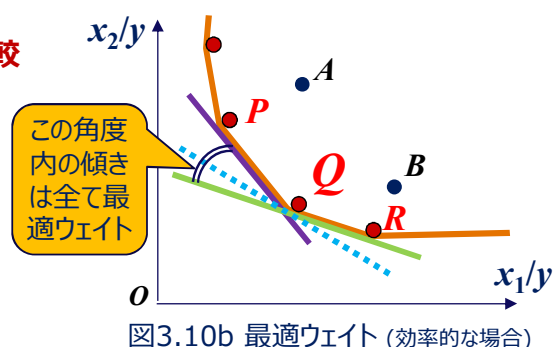
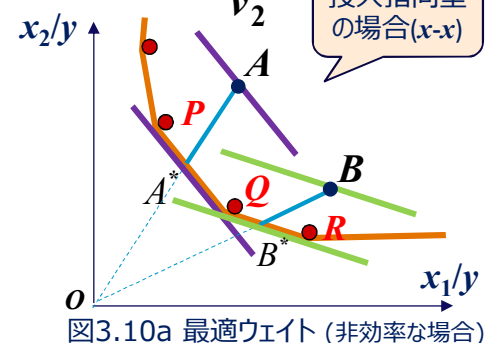
◆ 効率値が1の場合、**最適ウェイトは一意には決まらない**。

- つまり、複数のウェイトの組合せがありうる。
- 事業者Qの場合、**線分PQ**の傾きから、**線分QR**の傾きの間のどのウェイトでも、効率的になりうる。
- ただし、一意に決まる場合もある。

直線の式: $v_1 x_1 + v_2 x_2 = vX$

直線の傾き: $-\frac{v_1}{v_2}$

投入指向型の場合(x-x)



© CRIEPI 2018 *ウェイトが「一意に決まる」とは、統合効率値を計算するにあたり、最適ウェイトに複数解が存在せず、解が唯一であることを意味する。

DEAの考え方⑦-1 規模の収穫の設定

◆DEAの計測では、まず、効率性フロンティアについて、規模の収穫の一定・可変 (逓増・逓減) の設定をおく。

- ▶ 投入量が一定程度大きくなれば、産出量が比例的に大きくなる状況を、**規模の収穫一定 (Constant returns to scale: CRS)**という。
- ▶ 投入量の増加に対して、逓増的に産出量が増加していく状況を、**規模の収穫逓増 (Increasing returns to scale: IRS*)**という。
- ▶ 投入量の増加に対して、逓減的に産出量が減少していく状況を、**規模の収穫逓減 (Decreasing returns to scale: DRS)**という。

DEAの考え方⑦-2 規模の収穫の設定

◆DEAで最もよく使われるフロンティアの設定は下記の2つである。

- ▶ 規模の収穫一定を前提とする「**CRSフロンティア**」。
- ▶ 規模の小さい事業者についてはIRS*、規模の大きい事業者についてはDRSを想定した「**VRSフロンティア**」(VRS: Variable returns to scale)。

◆さらに、下記の2つのフロンティアも、状況に応じて使い分けられる。

- ▶ 規模の小さい事業者についてはIRSで、それ以外は規模の収穫一定を想定する「**NDRSフロンティア**」(NDRS: Non-decreasing returns to scale)。
- ▶ 規模の大きい事業者についてはDRSで、それ以外は規模の収穫一定を想定する「**NIRSフロンティア**」(NIRS: Non-increasing returns to scale)。

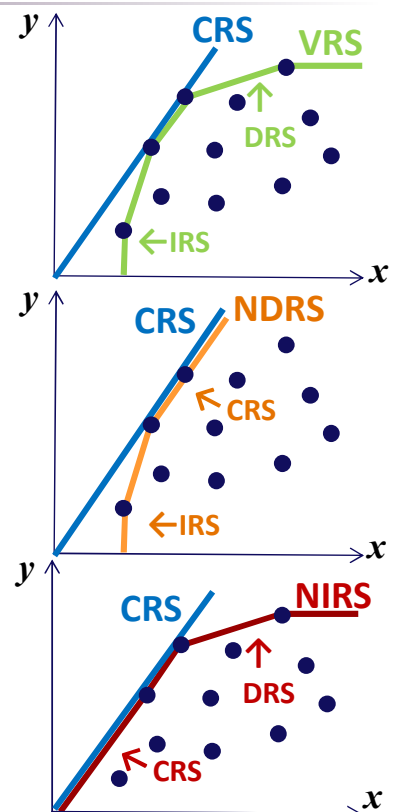


図3.11 規模の収穫概念図 (x-y)

SFAの考え方①関数型の仮定と非効率値の設定

◆生産関数もしくは費用関数を設定する。

生産関数 $y_i = \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \varepsilon_i$
 $i=1, \dots, n$ (事業者)

◆通常の重回帰分析では、誤差項 ε_i を仮定する。

➢データの統計的な誤差を許容している。

◆SFAでは、このデータ誤差に加えて、非効率も ε_i に含まれると仮定する。

➢ $\varepsilon_i = v_i - u_i$

- v_i : 統計的誤差
- u_i : 非効率

生産関数の場合は、非効率があると産出量(y)は減少するので、「 $-u_i$ 」

費用関数の場合は、非効率があるとコストが増加するので、「 $+u_i$ 」

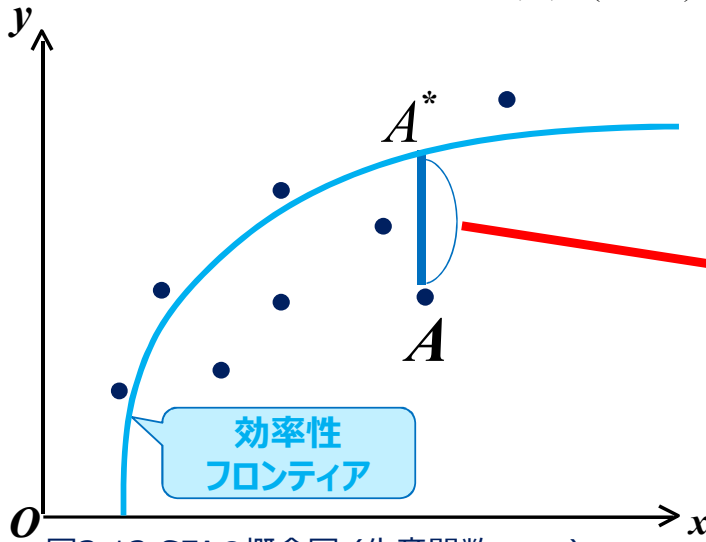


図3.12 SFAの概念図 (生産関数 : x-y)

SFAの考え方②分布形の仮定

◆統計的誤差 v には、正規分布を仮定する。

◆非効率 u には、半正規分布や切断正規分布を仮定する。

ε_i は、両者を足し合わせた特殊な分布

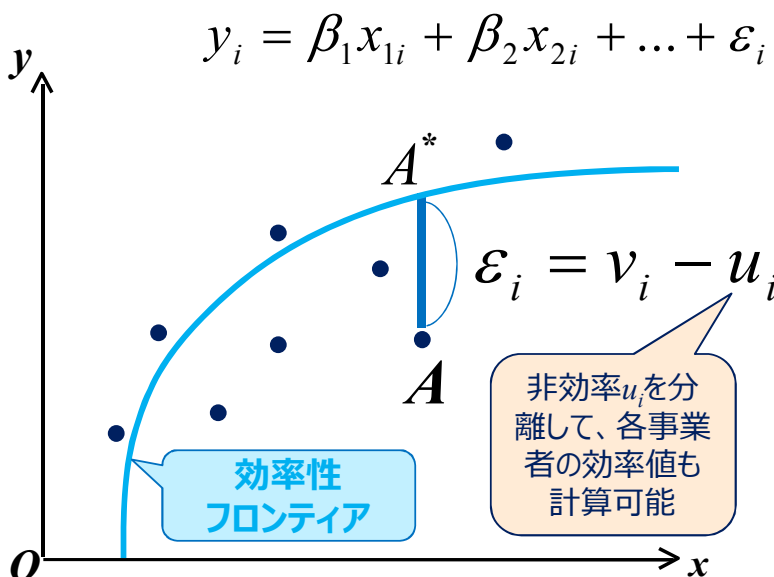


図3.13 SFAの概念図 (生産関数 : x-y)

3. 効率性計測手法の概要

ドイツの事例

- ▶ 事例として、ドイツにおける第2規制期間の効率値計測結果を確認する。

ドイツが採用するDEAモデルの詳細

- ◆ ドイツでは、NDRSフロンティアを前提としたNDRSモデルを採用。
 - ▶ 「NDRSモデル」を用いることが、政令に明記されている*。
- ◆ NDRSモデルの特徴
 - ▶ 小規模事業者については、収穫逦増を想定しているため、**規模が小さくなるほど、効率値が下がることを前提**としている。そのため、NDRSで計算すると、一般的には**小規模事業者の効率値が上昇**する。
 - ▶ 一方で、大規模事業者に対して、収穫逦減は想定していない、すなわち規模が大きくなりすぎると効率値が下がることは前提としていない。
 - ▶ ドイツにおいてNDRSが採用されているのは、一般に送配電部門では規模の経済が働くこと、またドイツでは小規模な配電事業者が多いことなどを配慮した結果と推察される。

ドイツが採用するSFAモデルの詳細

◆政令には、具体的な定式化は示されていないが、Swiss Economics and SUMICSID^[15], Bogetoft and Otto^[16] などの記述によると、下記のモデルが採用されている。

◆Normed linear モデル

$$\frac{x_i}{y_{1i}} = \beta_1 + \beta_2 \frac{y_{2i}}{y_{1i}} + \dots + \beta_m \frac{y_{mi}}{y_{1i}} + v_i + u_i \quad (i = 1, \dots, n)$$

- ▶ドイツの利用データについては、p.33で述べるが、投入要素である x_i は総費用となる。そのため、通常の生産関数とは異なる。
- ▶非効率に関する変数 u_i は、大きいほど費用増に繋がり、非効率になるので、符号は、費用関数と同様にプラスとなる。

DEAとSFA

DEAの特徴

- ◆オペレーションズリサーチの手法
- ◆データそのものに効率性フロンティアを構築させるため、関数型等の前提が不要。
- ◆データ誤差を考慮しないため、はずれ値に結果が影響を受けやすい。

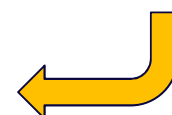
SFAの特徴

- ◆計量経済学的手法
- ◆効率性フロンティアの関数型や誤差項について、先験的な前提が必要。
- ◆誤差項を考慮するため、はずれ値もある程度対応可能。



ドイツでは、効率値の計測において両者を使っている。

✓ 互いの欠点を補完しうると考えられる。



ドイツの配電事業者の効率性計測に用いられるデータ①

◆少ない費用で、多くのサービスを生み出す事業者を「効率的」とする。

- **投入物**：総費用を利用。「簿価型 (TOTEX)」と「資本費調整型 (sTOTEX)」の2種類を計算。
- **産出物**：配電事業は、電気の「輸送サービス」「容量提供サービス」「顧客サービス」を提供する事業と捉える。

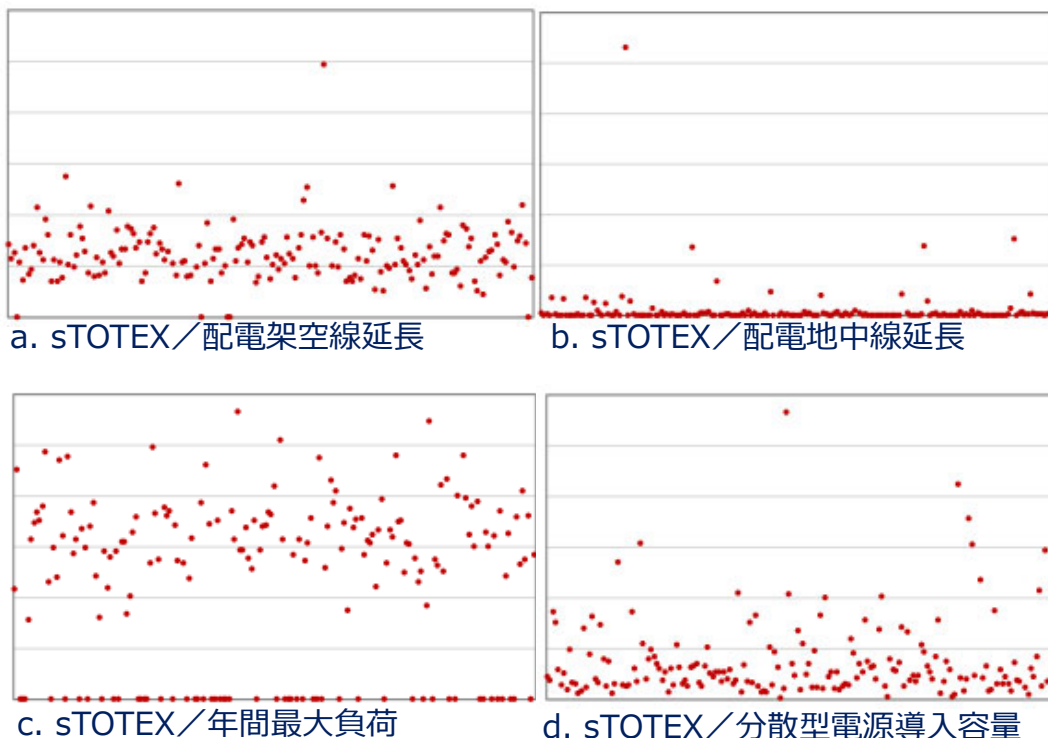
◆規制当局は、700項目程度のデータを、各配電事業者から収集。

- 約200社分のデータについて、整合性等を全て精査。

◆最終的に、配電事業者のサービスとして11項目のデータを選択^[15,16]。

- | | |
|------------------|----------------|
| ➢ 電圧毎の接続ポイント合計 | ➢ 高圧／中圧の年間最大負荷 |
| ➢ 高圧地中線延長 | ➢ 中圧／低圧の年間最大負荷 |
| ➢ 中圧地中線延長 | ➢ 分散型電源導入容量合計 |
| ➢ 高圧架空線延長 | ➢ 低圧供給エリア |
| ➢ 中圧架空線延長 | ➢ 合計メーター数 |
| ➢ 低圧ケーブル+架空線延長合計 | |

ドイツの配電事業者の効率性計測に用いられるデータ②



◆ 図3.14 a～d は、第2規制期間 (2014～2018年) のための効率値計測に用いられたデータである。

- 182事業者の各産出変数当たりの総費用 (資本費調整型: sTOTEX) を示している。
- 横軸には、事業者がランダムに並べられている。
- 縦軸の数値は、出典元にも記されていない。

■ 事業者が特定できないようにする配慮と推察される。

◆ 変数によって異なるものの、全般的に**ばらつきが大きい**ことが分かる。

出典：Swiss Economics and SUMICSID^[15]より抜粋

図3.14 ドイツの配電事業者の変数比較

ドイツの配電事業者の効率値①

表3.2 ドイツの配電事業者の効率値の概要

	4指標の 最大値	DEA		SFA	
		TOTEX	sTOTEX	TOTEX	sTOTEX
平均	94.72%	83.65%	85.37%	91.53%	92.72%
中央値	95.00%	83.25%	85.85%	92.70%	93.40%
最小値	77.80%	46.70%	53.50%	70.00%	76.70%
最大値	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
はずれ値	14	10	10	6	6
最適数	52	48	41	6	4

注：TOTEX：簿価ベースで計算した総費用、sTOTEX：資本費を調整した総費用

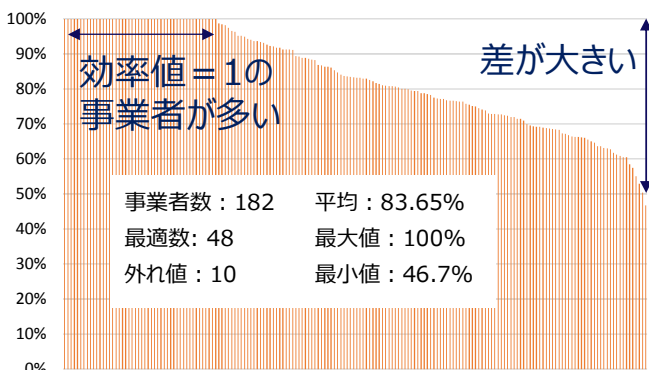
出典：Swiss Economics and SUMICSID^[15]のデータを利用。

- ◆表3.2は、効率性計測対象である182の事業者の効率値の計算結果を示したものである*。
- ◆一般的に、SFAと比較して、DEAの結果の方が効率値は低めであるが、効率値が1となる事業者の数(最適数)は多い。
- ◆はずれ値が5%前後の事業者で発生しており、多くの場合、100%の効率値が付されている。
 - つまり、効率値が高い方ははずれ値、ということになる。
- ◆最終的には、DEAとSFAの4指標の最大値を採用するが、結果的に、効率値が全般的に高くなっていることが確認できる。
 - 事業者の立場からは、**最も甘い評価**がなされていることになる。

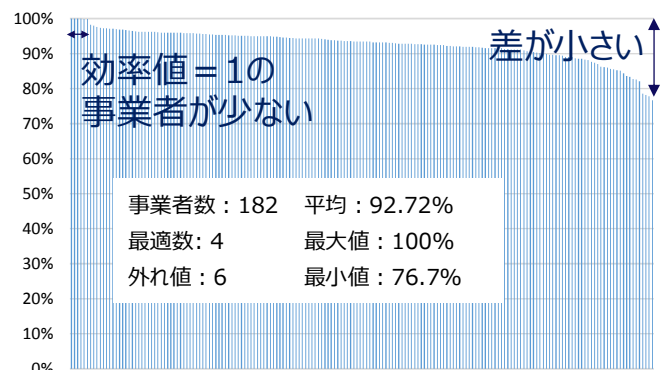
© CRIEPI 2018 * ドイツの配電事業者を対象としたDEAによる効率性分析は、北村^[17]などでも行われている。

35

ドイツの配電事業者の効率値②

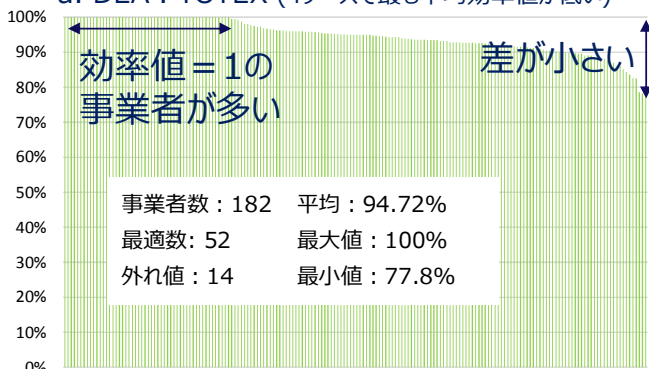


a. DEA：TOTEX (4ケースで最も平均効率値が低い)



b. SFA：sTOTEX (4ケースで最も平均効率値が高い)

出典：Swiss Economics and SUMICSID^[15]のデータを利用。



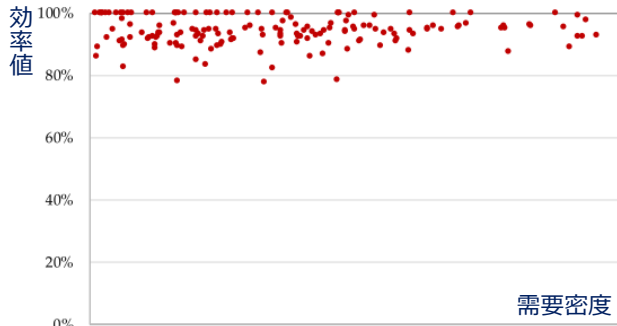
c. 4指標の最大値

図3.15 ドイツの配電事業者の効率値

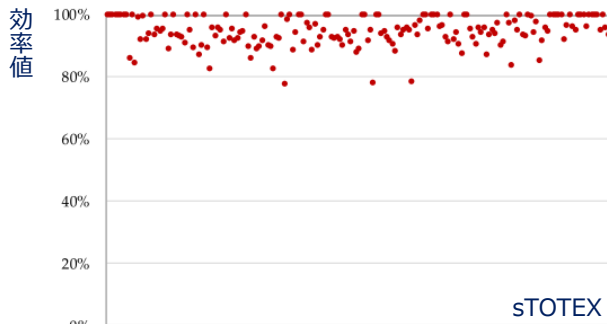
- ◆図3.15 a～cは、182事業者の効率値について、それぞれ、高い事業者順に並べている。

➢DEAとSFAでは、必ずしも効率値の相関は高くない(0.52)。

ドイツの配電事業者の効率値の結果検証



a. 効率値と需要密度



b. 効率値と規模

出典：Swiss Economics and Sumicsid^[15]より抜粋

図3.16 ドイツの配電事業者の効率値

◆ 効率値の結果について、特定の要素にバイアスがかかっていないか検証するため、効率値とその他の環境変数との比較が行われている。

➢ 図3.16a では横軸に需要密度*が低い順に並べられている。

■ 需要密度が高いほど、効率値が高くなっていないかの検証。

➢ 図3.16bは会社規模 (sTOTEX) の小さい順に並べられている。

■ 規模が大きいほど、効率値が高くなっていないかの検証。

➢ このほかに、地域別の賃金水準と効率値の関係も検証されている。

◆ ともに、**効率値との間に一定の関係性は見られない**と結論づけている。

➢ 別途、回帰分析を用いて検証も行われている。

問題点

◆ 収入キャップ規制を導入して9年程度が経過し、知見も積み重なっている。

◆ 以下は、規制当局BNetzAにインタビュー*した際に指摘された、効率性分析に関する問題点。

➢ データの収集・精査などに手間が掛かる。

■ 規制当局の担当者10～15人程度で、約200社分の約700項目のデータについて、数ヶ月かけて整合性等を全て精査。

□ 一方、事業者の側は、収入キャップ規制以前から収集する必要のあるデータがほとんどなので、大きな負担にはなっていないという。

➢ DEAとSFAで計測された4つの効率値の中で、最も高い値を利用するため、**効率値が高くなりがち**で、制度として、**十分に効率化を促せていない**。

■ 効率値の平均値は、第1規制期間で92%、第2規制期間で95%。

➢ 政令に、4項目のデータを使わなければならないとされているが、これらの4項目には**相関がある**。

■ DEAにおいても、SFAにおいても、問題になりうる。

■ 政令を改めない限り、変更はできない。

➢ 結果を不服とする事業者からの**訴訟が頻発**している。

4項目は、接続ポイント数、供給面積、配電線延長、年間最大負荷

4. わが国のデータの検証

- ▶ ドイツの事例を参考にしつつ、わが国の配電事業者の効率性分析に用いるデータを選定し、その特徴を検証する。

わが国への適用に際して①

【事業者のサンプル数問題】

- ◆ わが国で配電事業を営む者は電力会社10社であり、ドイツと比較して圧倒的に少ない。

- ▶ DEAもSFAも、**サンプル数が多い方が望ましいといわれており**、この点に鑑みると、わが国での適用に際しては注意が必要。

- DEAの場合、経験則として、下記の式を満たしていることが推奨されている^[10]。

- サンプル数 $\geq \max \{ \text{投入数} \times \text{産出数}, 3 \times (\text{投入数} + \text{産出数}) \}$

- SFAの場合、サンプル数が多い方が、解が安定する。

【本報告での対応策*】

- ◆ そもそも、サンプル数が少ないことが、どのように効率値に影響を与えるかを検証する。

- ◆ また、サンプル数が少ないと、計測結果の検証にあたり、バリエーションが限られてしまうため、基本ケースにおいては、原価算定期間3ヶ年分の合計値ではなく、3ヶ年のデータを別々のサンプルとして扱う(30サンプル)。

- ▶ 30サンプルについて、各年の投入物と生産物のデータを使えるので、**合計値よりもより実態に即した結果が得られやすい**。

わが国への適用に際して②

【はずれ値問題】

◆ドイツをはじめ、欧州におけるインセンティブ規制において、DEAやSFAを用いて効率計測を行う際、計算の前段階として、データの精査を特に慎重に行っている。

- ▶特に、データのはずれ値は、DEAの計測結果に大きな影響を与えうる。
 - 効率値が高い方にはずれ値があると、そのはずれ値がフロンティアを構築してしまうため、それ以外のDMUの効率値を下げてしまうことになる。
- ▶はずれ値の処理については、ドイツの政令の中でも、最新手法を用いて処理するように要求している。
 - 実際に、ドイツの事例 (表3.2) においても、はずれ値の処理を行った上で、効率値の計算を行っている。

【本報告での対応策】

- ◆わが国の場合、分析対象の事業者が10社であり、この後に検証するが、データ自体には**はずれ値は含まれていない**。
- ◆そのため、本分析においては、はずれ値を除く分析等は省略する。

分析対象 (DMU)

- ◆わが国の10電力会社について、3ヶ年分のデータを利用することで、分析対象となるDMU (Decision Making Unit) は30個。
- ◆後に示す**CASE1**のデータで、**NDRSとCCRの2つのモデル**で計測した3期分の効率値を、それぞれの会社について平均し、**高い順にA~J社**とする。
 - ▶ともに、投入指向型モデルを採用*。

※CCRモデル

- ▶DEAを提案した論文の著者である Charnes, Cooper and Rhodes の頭文字を取ったモデルであり、DEAの最も基本型である^[20]。
- ▶「**CRSフロンティア**」を基準として、各DMUの効率値を計測する。
 - 以降、CCRモデルを利用する際は、「CCRフロンティア」と呼ぶ。

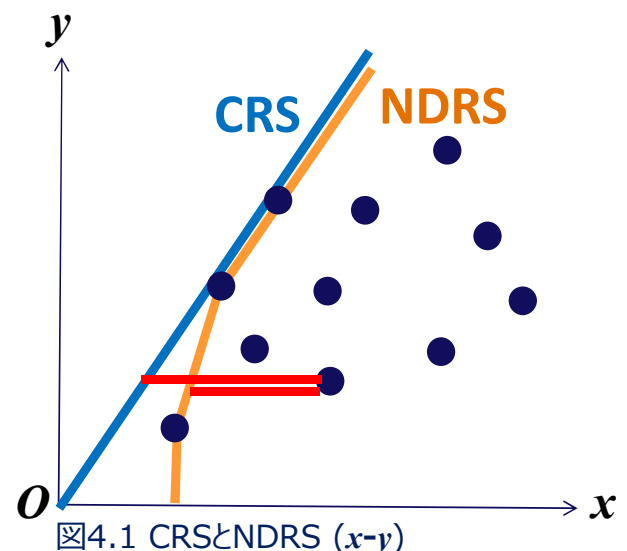


図4.1 CRSとNDRS (x-y)

投入変数①

【総費用：TOTEX】

- ◆ドイツでは、下記の**合計値**が投入要素として利用されており、本報告でもこれを用いる。
 - 資本費：CAPEX (Capital Expenses)
 - 運転費：OPEX (Operation and Maintenance Expenses)

【資本費：CAPEX】

- ◆ドイツでは、簿価ベースと調整済資本費の2つのパターンを利用している。
 - 保有設備の経年の差や、減価償却の計上方法の事業者間の違いがあるため、データの比較可能性を高めるように調整を行っている。
 - 本報告では、細かい資本費の調整は行わず、後述の原価算定に用いられたデータから、**減価償却費と固定資産除却費、固定資産税**を取りだして、資本費として利用する。

投入変数②

【運転費：OPEX】

- ◆ドイツのインセンティブ規制では、規制期間開始の2年前のデータを利用するが、本報告では、電力会社10社の**直近の料金改定時の原価算定に用いられた費用データ***を利用する。
 - ただし、会社によって料金改定の時期が異なっているため、得られるデータの期間がそれぞれ異なる。
 - 本報告では、各社の効率性を計測するのが主目的ではなく、あくまでも、わが国のデータを用いた場合の**効率性計測手法との相性や特徴について考察すること**なので、ここでは、期ずれのまま利用する。
- ◆ドイツの例にならい、**削減可能な費用と、削減不能費用に仕分け**した上で、前者を効率値の計測データとして利用する。
 - 原価算定費用をTOTEXとみなし、このうちCAPEXに相当する費用を差し引いたものをOPEXとする。
 - OPEXに対し、さらに削減不能費用を除いたものを**OPEX2**とする。
 - CAPEXと削減不能費用を除いたOPEX2の合計を**TOTEX2**とする。
- ◆なお、料金改定が直近の会社の場合、原価算定期間が2016年～2018年度であり、これに対応する産出量データ(各種物量データ)は現時点では入手不能である。そこで、後述の産出量データについては、投入量(費用)データの期ずれにかかわらず、入手可能な範囲で直近の2013～2015年度のデータを一律に利用する。

削減不能費用の仕分け

◆ 営業費用費目は、表4.1のように削減可能費用と、削減不能費用に分類する。

- ▶ ドイツでは、給与など、労使間の取り決めに基づく費用は削減不能扱いであるなど、独自の仕分けが行われている。
- ▶ 本報告では、わが国の状況に鑑みて分類を行った。

◆ なお、本報告では、料金算定に用いられる7部門整理表を基に、一般管理費の配分後の費用を用いている。

表4.1 削減不能費用の仕分け

費目	削減可能	削減不能	費目	削減可能	削減不能
役員給与	○		養成費	○	
給料手当	○		研究費	○	
給料手当振替額	○		諸費	○	
退職給与金	○		貸倒損		○
厚生費	○		固定資産税	○	
委託検針費	○		雑税		○
委託集金費	○		減価償却費	○	
雑給	○		固定資産除却費	○	
燃料費		○	共有設備費等分担額	○	
廃棄物処理費		○	共有設備費等分担額(貸方)	○	
消耗品費	○		建設分担保連費振替額(貸方)	○	
修繕費	○		附帯事業営業費用分担保連費振替額(貸方)	○	
水利使用料		○	開発費	○	
補償費	○		開発費償却	○	
賃借料	○		株式交付費		○
託送料	○		株式交付費償却		○
事業者間精算費		○	社債発行費		○
委託費	○		社債発行費償却		○
損害保険料	○		法人税等		○
普及開発関係費	○				

注：上記は託送料金に含まれない費目も含む。

産出変数

【各種物量データ】

◆ 効率値計測にあつては、利用する変数が多すぎると問題が生じる。

- ▶ 特にDEAの場合、DMUの数に対して、投入・産出変数を増やすと、非効率の判別力が落ちてしまう(多くのDMUが効率的と評価される)ので、必要以上に変数を増やすことは避けることが望ましい。

◆ わが国の場合、10社(30DMU)なので、ドイツと同様に11種類もの産出物を設定すると、上記の様な問題が生じかねない。

◆ そこで本報告では、データの入手可能性も考慮して、下記の産出物データ*を利用し、複数の組合せで計算を試みる。

- ▶ 架空線延長(配電線の架空線延長)
- ▶ 地中線延長(配電線の地中線延長)
- ▶ 変圧器容量(架空と地中の変圧器総容量の合計)
- ▶ 需要家数(家庭用需要家軒数)
- ▶ 再エネ容量(FIT電源の導入容量)

データの確認①相関係数

◆各変数の相関計数を確認する (表4.2)。

➤投入物の費用については、TOTEXのみならず、CAPEXとOPEXについても相関を計算している。

◆表4.2 から、下記の点が指摘できる。

➤費用に関連する5つの変数間の相関は高い。

■CAPEXとOPEX2の2つの投入変数を使う方法も考えられるが、両者の相関が高いことに鑑み、**別々に扱う必要はない**と判断し、投入変数はTOTEX2のみを採用する。

■削減不能な費用を控除する作業を省いたとしても (OPEXを利用したとしても)、効率性計測自体には大きな影響を与えないことが推察される。

□ただし、収入キャップの設定にあたり、効率化による費用削減目標を計算する際には、削減不能費用については控除する必要がある。

➤費用と各産出変数についても、相関が高い傾向が見られる。

■再エネ容量以外は、0.9以上となっている。

■特に、費用と需要家数の相関が高め。

■相関が高い変数を同時に利用することは、効率値計測においては望ましくないため、変数を選びながら計測を行う必要がある。

データの確認①相関係数

表4.2 相関係数

	CAPEX	OPEX	OPEX2	TOTEX	TOTEX2	架空線 延長	地中線 延長	変圧器 容量	需要家数	再エネ 容量
CAPEX	1									
OPEX	0.9762	1								
OPEX2	0.9744	0.9998	1							
TOTEX	0.9881	0.9979	0.9973	1						
TOTEX2	0.988	0.9979	0.9974	0.9999	1					
架空線延長	0.93	0.9407	0.9395	0.9422	0.9417	1				
地中線延長	0.9774	0.9485	0.9463	0.9617	0.9615	0.8478	1			
変圧器容量	0.9072	0.967	0.9689	0.9542	0.9547	0.8883	0.8833	1		
需要家数	0.9774	0.9853	0.9839	0.9879	0.9873	0.9061	0.9791	0.9461	1	
再エネ容量	0.7844	0.8314	0.8353	0.8217	0.8238	0.8941	0.7148	0.8398	0.8043	1

注: 黄色いセルは0.9以上、赤いセルは0.98以上

データの確認②散布図

- ◆ 図4.2は、各2変数に関する、30DMUの散布図を示している。
 - ▶ 水準を合わせるため、それぞれの変数について平均値で除して基準化し、その上で対数化した値を利用している。
 - 0が平均値となる。
 - ▶ 表4.2で確認した相関係数が高いほど、散らばりが小さく、原点から右上に伸びる直線上に近くに散在することになる。
- ◆ 再エネ容量以外、概ね相関が高いことが、これらの図からも確認できる。

データの確認②散布図 (平均値で基準化し対数化)

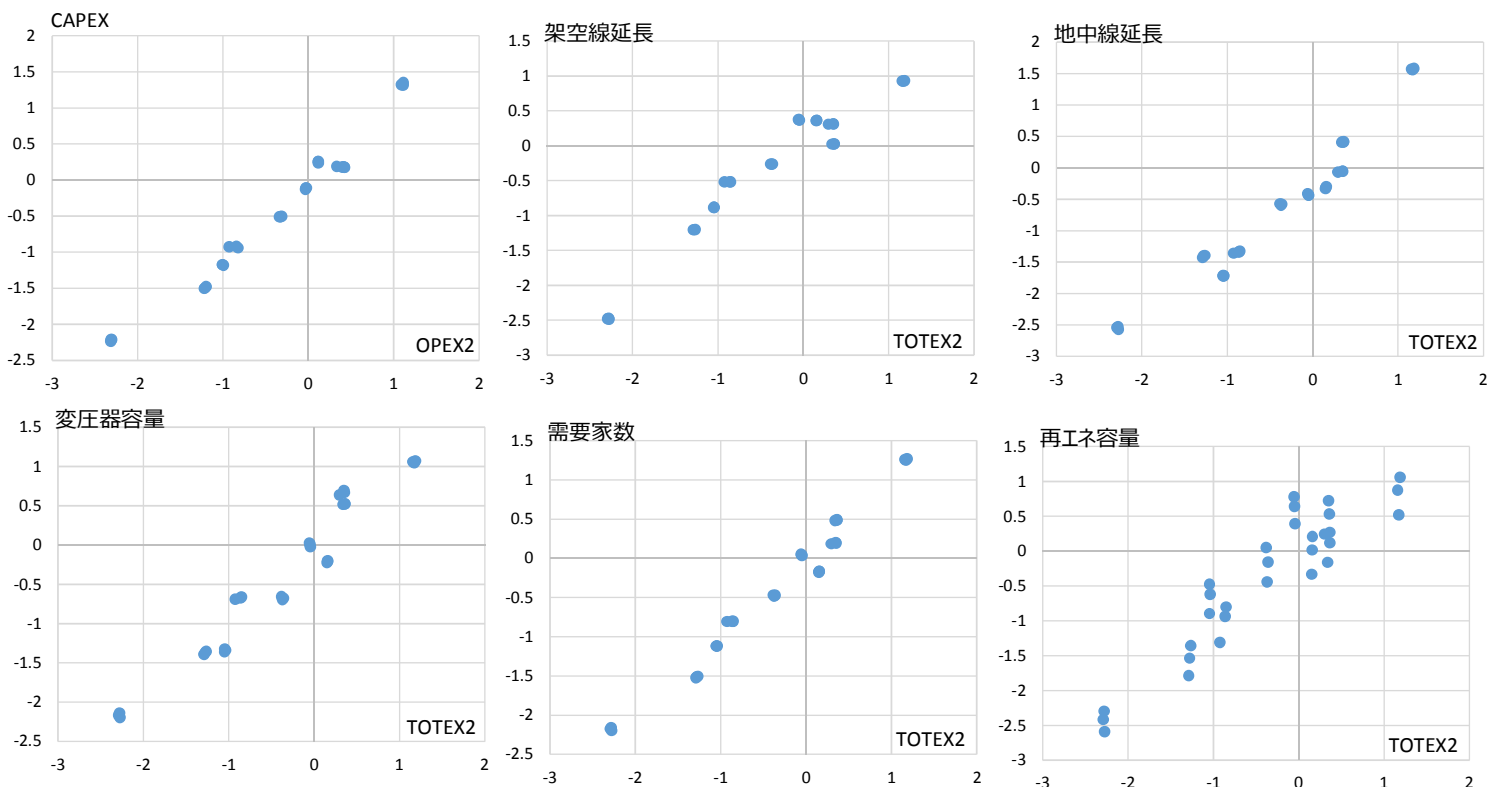


図4.2 2変数の散布図

データの確認③要素効率値

◆表4.3は、各産出変数を、投入変数 (TOTEX2) で除したものである。

- ▶ともに、平均値で基準化した値を示している。
- ▶**1単位のコストに対する、配電サービス量を示す値**であり、他と比較して、**この値が大きいほど、そのサービスの提供単体では、効率が良い**と評価される。
 - 本報告では、これを「**要素効率値**」と呼ぶ。
 - 一方で、DEAで計測される、複数の要素を考慮した全体的な効率値については単に「**効率値**」もしくは「**統合効率値***」とする。
- ▶要素効率値は、DEAで求める**統合効率値**を検証する際に有用となる。
 - 要素効率値の傾向は、DEAの**統合効率値**の傾向と、必ずしも一致しない場合もあるが、**全要素的な統合効率値への各要素の寄与を評価する上で参考**になる指標である。

表4.3 要素効率値

	架空線延長	地中線延長	変圧器容量	需要家数	再生容量
A1	0.732	1.072	1.199	1.157	0.608
A2	0.717	1.055	1.176	1.134	0.787
A3	0.717	1.061	1.180	1.139	0.913
B1	0.786	1.486	0.887	1.087	0.523
B2	0.798	1.518	0.910	1.111	0.756
B3	0.779	1.491	0.894	1.090	0.883
C1	1.515	0.676	1.024	1.085	1.554
C2	1.530	0.683	1.061	1.100	2.000
C3	1.545	0.702	1.090	1.114	2.308
D1	1.016	0.697	1.411	0.894	0.950
D2	0.960	0.664	1.369	0.852	1.197
D3	0.970	0.673	1.419	0.867	1.460
E1	0.813	0.743	1.084	1.083	0.729
E2	0.831	0.778	1.133	1.124	0.884
E3	0.828	0.781	1.157	1.133	0.985
F1	1.506	0.649	1.265	1.128	0.682
F2	1.417	0.621	1.212	1.063	0.931
F3	1.400	0.623	1.212	1.052	1.057
G1	1.090	0.872	0.905	0.792	0.608
G2	1.082	0.884	0.915	0.792	0.777
G3	1.068	0.880	0.915	0.787	0.913
H1	1.117	0.802	0.726	0.898	0.933
H2	1.104	0.804	0.730	0.894	1.226
H3	1.131	0.828	0.762	0.920	1.545
I1	1.181	0.511	0.732	0.930	1.165
I2	1.173	0.508	0.742	0.926	1.523
I3	1.184	0.515	0.760	0.936	1.775
J1	1.235	0.618	0.688	0.722	0.619
J2	1.234	0.627	0.694	0.724	0.871
J3	1.234	0.635	0.701	0.725	1.051

注:赤いセルは1.2以上、黄色いセルは1以上

5. 計測結果の検証

- ▶ 実際に、わが国のデータを用いて効率値を計測した場合の特徴を考察する。
- ▶ ここでは、効率値が計算された背景がより詳細に検証できる、**DEAの結果**にのみ着目する。
 - ✓ SFAについては、わが国のデータを用いて推定を試みたが、良好な結果が得られなかったため※。

※主に、非効率が無意に存在しない (非効率の分散が0) であったり、推定に用いられる尤度関数が、理論上満たされるべき形状 (凹性) を満たしていないという結果が出る。

検証ポイント①

◆わが国のデータを適用した場合、DMUの数が少ないことが問題であると指摘されるが、実際にデータを当てはめたとき、DEAの計測にどのような影響があるかを中心に検証する。

【DMUの数が少ないことで、非効率の判別率が低くなり、効率的と評価される事業者が多くなるのではないか】

- 一般に、DEAで統合効率値が1になるケースは、いくつかのパターンがある。
 - ある1つの要素効率値が、全てのDMUの中で最も高い場合。
 - 複数の要素効率値が、バランスよく高い場合。
 - CCRモデルのような規模の収穫一定モデル (CSR) 以外*で、同程度の規模のDMUと比較して、要素効率値が高い場合 (特に投入変数の規模が最も小さいDMU)。
- ➡ **効率値が1となるDMU、及びそれ以外のDMUについて、上記の特徴を確認する。 ⇒ CASE1**
- 上記をふまえると、投入変数と産出変数が増え、**要素効率値が計算できる組合せの数**が増えることで、結果的に、統合効率値が1になるDMUが増加し、非効率の判別力が低下しやすい。
- ➡ **投入変数と産出変数と数を変化させて、効率値や判別率の変化を確認する。**
⇒ CASE2~4 (産出変数の削減), 及び5,6 (投入変数の増加)
- DMUの数を少なくすることで、効率値が1となるDMUが、必ずしも増えるわけではない。
- ➡ **DMUの数が、30の場合と、10の場合を比較する。 ⇒ CASE7**

検証ポイント②

【判別率を高めるためには、投入変数1に対して、産出変数を減らすことが望ましいが、どの変数を減らせば良いのか】

- 効率値に大きな影響のある変数を除くことは、望ましくない。
- ➡ **産出変数を1つずつ減らして効率値を計算し、得られた要素間ウェイトの変化から、効率値への影響の高い変数と低い変数がわかることを確認する。**
⇒ CASE1, および 2~4

【より判別率の高いモデルは採用できないか】

- 一般に、DEAの基本モデルとなるCCRモデルの方が、NDRSモデルよりも、非効率の判別力が高い。
- ➡ **ドイツで採用されているNDRSモデルと、DEAの基本モデルであるCCRモデルについて、結果を比較しつつ、CCRモデルの適用可能性について検討する。**
⇒ CASE1

◆以降は、それぞれのCASEの計測結果を示しつつ、その都度検証ポイントを確認する。

データを変えてDEAの結果を検証

表5.1 検証ケース一覧

	投入要素			産出物					検証内容
	TOTEX2	OPEX2	CAPEX	架空線 延長	地中線 延長	変圧器 容量	需要家 数	再エネ 容量	
CASE1	◎			◎	◎	◎	◎	◎	基本ケースとして、DEAの効率値の特徴を確認する。 > NDRSとCCRの結果の違いを確認する。 > 効率的と評価されるDMUの3パターンを確認する。 > 非効率と評価されるDMUの特徴を確認する。 > 要素間ウェイトと要素効率値を参照し、変数の統合効率値への影響度を確認する。
CASE2	◎			◎	◎	◎	◎		産出物変数を1つずつ抜いた場合の、それぞれの変数の効率値への影響度を確認する。 > 要素効率値や、要素間ウェイトなどを基に検証する。 > 影響度の小さい変数は、減らさう変数の候補となる。
CASE3	◎			◎	◎	◎		◎	
CASE4	◎			◎	◎		◎	◎	
CASE5		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	投入要素を2つに分け、投入変数が増えることの効率値への影響を確認する。 > 投入変数×産出変数の組合せ数が多くなることで、DEAの非効率の判別率が下がることを示す。
CASE6		◎	◎	◎	◎		◎	◎	
CASE7	◎			◎	◎	◎	◎	◎	CASE1と同様の変数を用い、DMUの数を変更したときの影響を確認する。 > DMUの数が、30の場合と、10の場合を比較する。

5. 計測結果の検証

CASE1

- 基本ケースとして、DEAの効率値の特徴を確認する。
 - ✓ NDRSとCCRの結果の違いを確認する。
 - ✓ 効率的と評価されるDMUの3パターンを確認する。
 - ✓ 非効率と評価されるDMUの特徴を確認する。
 - ✓ 要素間ウェイトと要素効率値を参照し、変数の統合効率値への影響度を確認する。

TOTEX2

架空線延長
地中線延長
変圧器容量
需要家数
再エネ容量

CASE1の結果：統合効率値

◆CASE1は、**ベースケース**として、下記のデータを用いて計測を行った。

- 投入：TOTEX2
- 産出：架空線延長、地中線延長、変圧器容量、需要家数、再エネ容量

◆ドイツで採用されているNDRSモデルと、DEAの基本モデルであるCCRモデルについて、結果を比較している。

表5.2 CASE1の統合効率値

	NDRS-1		CCR-1			NDRS-1		CCR-1	
A	1	1.	1.	1.	F	1	1.	1.	1.
	2	0.9906	0.9906			2	0.9719	0.9663	
	3	1.	1.			3	0.9774	0.9691	
B	1	0.9812	0.9812		G	1	0.9533	0.8677	
	2	1.	1.			2	0.9541	0.871	
	3	1.	1.			3	0.9452	0.8646	
C	1	0.9803	0.9801		H	1	0.8671	0.8462	
	2	0.9899	0.9898			2	0.863	0.841	
	3	1.	1.			3	0.887	0.8634	
D	1	1.	1.		I	1	0.8487	0.8262	
	2	0.9687	0.9687			2	0.8546	0.8255	
	3	1.	1.			3	0.8942	0.8365	
E	1	0.9842	0.9415		J	1	0.8235	0.8228	
	2	1.	0.9783			2	0.8272	0.8266	
	3	1.	0.988			3	0.8305	0.8299	
平均値		0.9464	0.9292		最適数		10	8	
					判別率		67%	73%	

注：表の下の「最適数」は、それぞれのモデルの効率値が1のDMUの数、判別率は、1- (最適数/全DMUの数)。

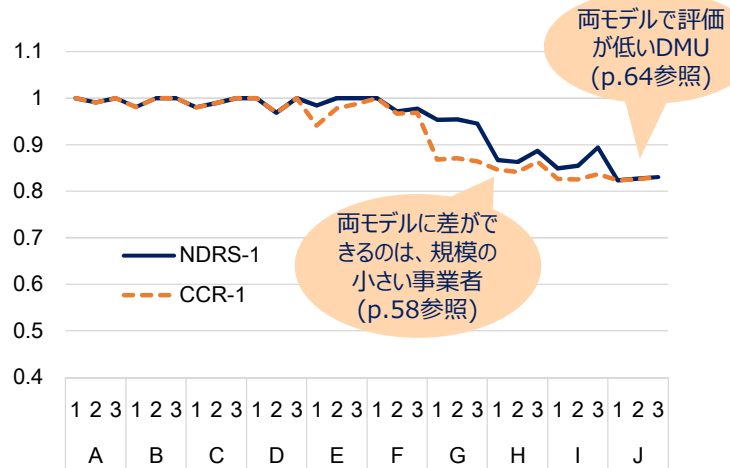


図5.1 CASE1の統合効率値

DEAの結果の特徴確認①：モデル間比較

- ◆理論的には、NDRSの方が、統合効率値が1となるDMUが多い。
 - 統合効率値は、 $NDRS \geq CCR$ であり、一般にはNDRSの方が1が多くなりがちで、非効率の判別力が低い。
 - CASE1で統合効率値が1となっているのは、30DMUのうち、NDRSは10個、CCRは8個で、差があまり無い。

◆両モデルの結果に違いが生じているのは、主に**規模の小さいDMU**。

- NDRSモデルは、産出量(y)が小規模のDMUに対してのみ規模の収穫逓増を仮定しており、大規模のDMUは規模の収穫一定で、CCRの前提と同様であることが、両者の結果の違いの要因。
- yが複数の場合、1つでも小規模のものがあれば影響を受ける。

◆特に、NDRSモデルでは、モデルの構造上、**投入量(x)が最も小さいDMU** (複数ある場合は、その中で最もyが大きいDMU) については、**必ず効率値が1**になってしまう。

- この点は、NDRSモデルの限界といえる。

◆一方で、CCRモデルでは、データによっては、極端に効率値が悪くなる場合もある*。

◆一般に、**投入変数と産出変数の相関が高ければ**、CCR frontierに近い形状となり、CCRモデルで極端な結果が出ることは避けられることをふまえ、本報告で利用するわが国のデータについては、**CCRモデルが適用可能**と考えられる。

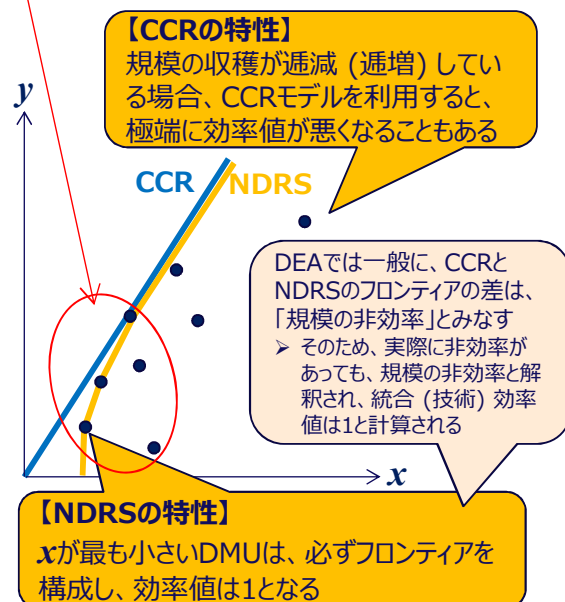


図5.2 CCRとNDRSの特徴

TOTEX2

架空線延長
地中線延長
変圧器容量
需要家数
再エネ容量

CASE1の結果：ウェイトの確認 (CCR)

- ◆表5.3は、CCRモデルの**要素間ウェイト**を示している。
 - DEAでは、評価対象の統合効率値が最も高くなるように、都合のよい要素に高いウェイトが設定される (可変ウェイト, p.22)。
 - なお、表5.3のウェイトは、各DMUについて、ウェイトの合計値が1になるように**補正した値**となっている。
 - ウェイトは各要素の規模を調整する役割もあるため、計算されるウェイトのままでは、DMU間比較が困難。
 - 各変数について、**統合効率値が1未満のDMUの補正済みウェイトの平均値と、ウェイトを付けているDMUの数**を、表の下段に示している。
 - DMU数欄の()内の数値は、効率値が1で、**ウェイトが一意に決まっていない可能性のあるDMUの数**も含む。
 - 平均ウェイトには、これらのDMUのウェイトが考慮されていないため、実際にはウェイトの平均値はこれ以上の値となりうる。
- ◆ **要素間ウェイトを見ることで、非効率なDMUを中心に、統合効率値への貢献度を把握**することができる。
 - 平均ウェイトをみると、架空線延長、地中線延長、需要家数に対するウェイトが高いことが分かる。
 - 再エネ容量については、10個のDMUが一意にウェイトを付けているが、全般的に平均ウェイトは小さい。
 - 一意ではないが高いウェイトを付けている**C3**については、p.61で詳述。

表5.3 要素間ウェイト (CCRモデル)

	統合効率値	要素間ウェイト (補正済み)				
		架空線延長	地中線延長	変圧器容量	需要家数	再エネ容量
A1	1.	0%	0%	0%	100.00%	0%
A2	0.9906	8.16%	26.61%	42.75%	17.41%	5.07%
A3	1.	0%	29.96%	42.76%	16.53%	10.76%
B1	0.9812	52.22%	47.78%	0%	0%	0%
B2	1.	2.26%	39.10%	44.30%	0%	14.34%
B3	1.	0%	64.36%	0%	0%	35.64%
C1	0.9801	100.00%	0%	0%	0%	0%
C2	0.9898	100.00%	0%	0%	0%	0%
C3	1.	0%	0%	0%	0%	100.00%
D1	1.	18.30%	33.39%	45.84%	0%	2.47%
D2	0.9687	18.30%	33.39%	45.84%	0%	2.47%
D3	1.	0%	39.72%	44.39%	0%	15.89%
E1	0.9415	3.52%	0%	0%	95.79%	0.69%
E2	0.9783	0%	0%	0%	97.58%	2.42%
E3	0.988	0%	0%	0%	97.58%	2.42%
F1	1.	81.50%	0%	18.50%	0%	0%
F2	0.9663	28.10%	0%	65.54%	0%	6.36%
F3	0.9691	28.10%	0%	65.54%	0%	6.36%
G1	0.8677	38.85%	40.17%	20.98%	0%	0%
G2	0.871	38.85%	40.17%	20.98%	0%	0%
G3	0.8646	38.85%	40.17%	20.98%	0%	0%
H1	0.8462	52.22%	47.78%	0%	0%	0%
H2	0.841	52.22%	47.78%	0%	0%	0%
H3	0.8634	52.22%	47.78%	0%	0%	0%
I1	0.8262	3.52%	0%	0%	95.79%	0.69%
I2	0.8255	3.52%	0%	0%	95.79%	0.69%
I3	0.8365	0%	0%	0%	97.58%	2.42%
J1	0.8228	52.22%	47.78%	0%	0%	0%
J2	0.8266	52.22%	47.78%	0%	0%	0%
J3	0.8299	52.22%	47.78%	0%	0%	0%
平均ウェイト		35.24%	23.41%	12.85%	27.16%	1.35%
DMU数		19 (22)	12 (17)	7 (12)	7 (9)	10 (16)

TOTEX2

架空線延長
地中線延長
変圧器容量
需要家数
再エネ容量

CASE1の結果：ウェイトの確認 (NDRS)

- ◆ウェイトの付き方は、モデルによって異なっている。
 - CCRの結果と比較して、NDRSの方が、再エネ容量の平均ウェイトが大きく、ウェイトを付けているDMUの数も多い。
 - 一方で、需要家数については、CCRの結果と比較し、平均ウェイトが小さく、ウェイトを付けているDMUの数も減っている。
- ◆すなわち、どのモデルを採用するかで、選択する変数も変える必要がある。
 - **モデルにあった変数の採用**がのぞましい。
- ◆なお、**E1**について、全ての変数にウェイトが付いていないのは、NDRSモデルにおける特殊な状況による。
 - x の最も小さいDMU1点のみを参照集合としているDMUがある場合、このような結果になることがある。
 - この場合の統合効率値は、参照集合との「規模の乖離」に基づいて計算されている。

表5.4 要素間ウェイト (NDRSモデル)

	統合効率値	要素間ウェイト (補正済み)				
		架空線延長	地中線延長	変圧器容量	需要家数	再エネ容量
A1	1.	0%	39.33%	60.67%	0%	0%
A2	0.9906	8.08%	27.38%	42.94%	16.50%	5.10%
A3	1.	0%	34.40%	52.85%	7.67%	5.08%
B1	0.9812	52.22%	47.78%	0%	0%	0%
B2	1.	0%	7.79%	0%	88.32%	3.89%
B3	1.	0%	64.36%	0%	0%	35.64%
C1	0.9803	100.00%	0%	0%	0%	0%
C2	0.9899	100.00%	0%	0%	0%	0%
C3	1.	0%	64.36%	0%	0%	35.64%
D1	1.	0%	6.25%	55.12%	37.27%	1.36%
D2	0.9687	18.30%	33.39%	45.84%	0%	2.47%
D3	1.	23.32%	0%	67.48%	0%	9.20%
E1	0.9842	-	-	-	-	-
E2	1.	0%	85.37%	14.63%	0%	0%
E3	1.	0%	0%	0%	0%	100.00%
F1	1.	94.64%	0%	0%	0%	5.36%
F2	0.9719	23.32%	0%	67.48%	0%	9.20%
F3	0.9774	23.32%	0%	67.48%	0%	9.20%
G1	0.9533	49.96%	50.04%	0%	0%	0%
G2	0.9541	49.76%	49.77%	0%	0%	0.47%
G3	0.9452	49.76%	49.77%	0%	0%	0.47%
H1	0.8671	49.76%	49.77%	0%	0%	0.47%
H2	0.863	49.76%	49.77%	0%	0%	0.47%
H3	0.887	49.76%	49.77%	0%	0%	0.47%
I1	0.8487	94.64%	0%	0%	0%	5.36%
I2	0.8546	94.64%	0%	0%	0%	5.36%
I3	0.8942	0%	0%	0%	0%	100.00%
J1	0.8235	50.72%	49.28%	0%	0%	0%
J2	0.8272	50.72%	49.28%	0%	0%	0%
J3	0.8305	50.72%	49.28%	0%	0%	0%
平均ウェイト		50.81%	29.23%	11.78%	0.87%	7.32%
DMU数		18 (20)	12 (19)	4 (9)	1 (4)	12 (20)

注：表の下段は、統合効率値が1未満のDMUの補正済みウェイトの平均値とウェイトを付けているDMUの数、()内は効率値が1で、ウェイトが一意に決まっていない可能性のあるDMUの数も含む。

DEAの結果の特徴確認②-1：統合効率値が1の場合

【ある1つの要素効率値が、全てのDMUの中で最も高い場合】

◆C3のCCRの結果に着目する (p.59)。

➤要素間ウェイトが、再エネ容量のみに100%計上されている。

■ただし、統合効率値が1であるので、ウェイトが一意に決まっていない可能性もある。

➤対応する要素効率値 (p.51) をみると、他のDMUと比較して極めて高いことが確認できる。

➤この様に、他のDMUと比較して要素効率値が最も高い要素を**ただ1つでも**持っていれば、例えば、**その要素のウェイトを1にし、他を0にすることで、統合効率値が1になる。**

◆D3も、変圧器容量で最も要素効率値が高い。

➤同様の理由で、**D3**の統合効率値は1になる。

➤しかし、ウェイトを見ると (p.59)、地中線延長や再エネ容量にもウェイトが付されている。
■ウェイトが一意に決まっておらず、他のウェイトの組合せでも、統合効率値が1になり得ることを示している。

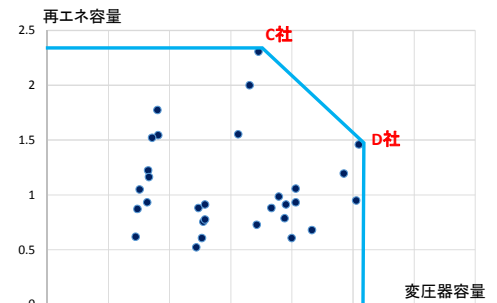


図5.3 要素効率値の分布
(変圧器容量と再エネ容量)

DEAの結果の特徴確認②-2：統合効率値が1の場合

【複数の要素効率値が、バランスよく高い場合】

◆複数の要素効率値が、他のDMUと比較して最も高いわけではなくとも、**バランスよく高ければ、統合効率値が1となりうる。**

➤**F1**は、要素効率値に着目すると、架空線延長と変圧器容量で、他社よりも高い値にある。

➤しかし、架空線延長では**C社**に劣っており、変圧器容量では**D社**に劣っている。

➤それでも、**C社**よりは変圧器容量で上回り、**D社**よりは架空線延長で上回り、要素効率値が「**バランス良く高い**」ため、フロンティアを構成し、統合効率値が1となっている。

➤また、需要家数で最も要素効率値の高い**A社**と、変圧器容量で最も要素効率値の高い**D社**の間でも、**F社**は「**バランス良く高く**」なっている。

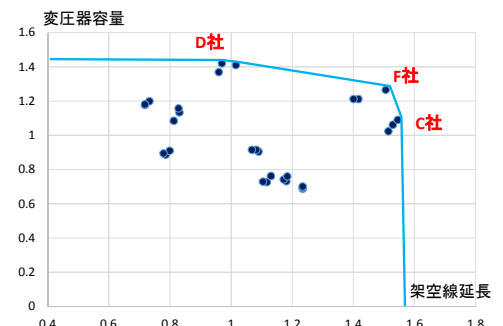


図5.4 要素効率値の分布
(架空線延長と変圧器容量)

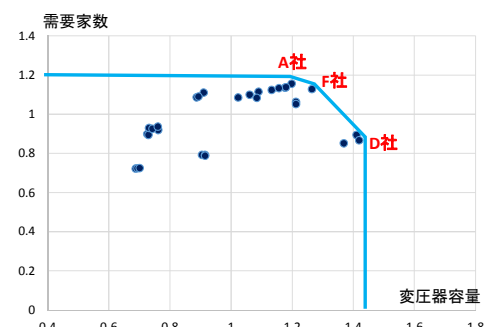


図5.5 要素効率値の分布
(需要家数と変圧器容量)

DEAの結果の特徴確認②-3：統合効率値が1の場合

【CSRモデル以外で、同程度の規模のDMUと比較して、要素効率値が高い場合】

◆規模の収穫が可変の場合 (VRS, NDRS, NIRS)、規模に応じて要素効率値の高いDMUが、フロンティアを構成する。

➢図5.6において、**左上のエリア**に他のDMUがいなければ*、そのDMUが、同程度の規模水準で最も効率値の高い主体となる。

➢CCRでは1ではなく、NDRSの計算結果で1となっているのは、このようなDMUが該当する。

■本報告のデータでは、このような事例は多く見られなかったが、一般には、この状況は**頻繁に発生**する。

◆また、p.58で述べたように、 x が最も小さいDMUも、フロンティアを構成し、統合効率値は1となる。

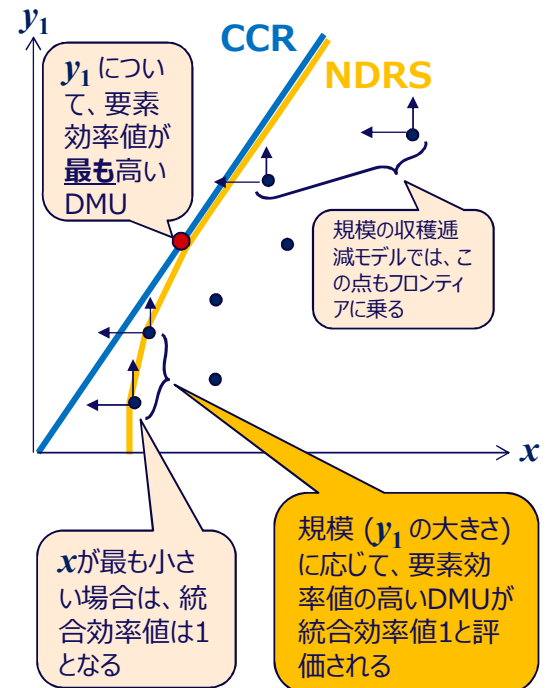


図5.6 NDRSで効率的なDMUの特徴

DEAの結果の特徴確認③：統合効率値が低い場合

◆「統合効率値が1になるケース」に当てはまらないDMUは、効率値が1未満になる。
 ◆例えば、**J社**は、NDRSモデルでもCCRモデルでも、効率値が最も低くなっているため、この要因について確認してみる。

➢要素効率値を見ると (p.51)、架空線延長が1.2以上であり、それ以外は全般的に低め。

➢この場合、架空線延長のウェイトを高くすれば、**J社**の効率値は上昇すると考えられる。

■実際に架空線延長のウェイトは比較的高め。

➢しかし、**他のDMU (C社とF社) よりも要素効率値は劣っている**。

➢図5.7を見ると、**J社**は、確かに架空線延長の要素効率値は高めではあるが、それを上回る**C社**が存在し、かつ**地中線延長の要素効率値が同水準**となっている。

■**J社**は、**複数の要素効率値が「バランス良く高くない」**。

■仮に**C社**の地中線延長の要素効率値がもう少し低ければ、**J社**の統合効率値は上昇する。

➢また、**J社**は**規模が比較的大きい**ので、NDRSでも統合効率値は高くない。

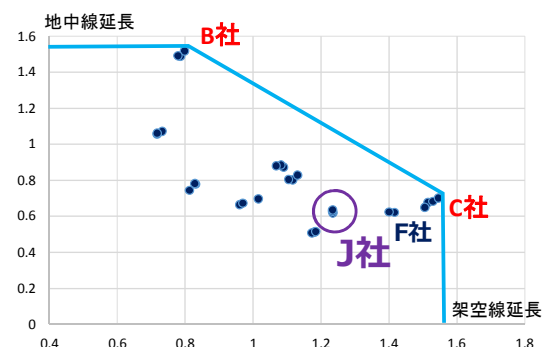


図5.7 要素効率値の分布 (架空線延長と地中線延長)

DEAの結果の特徴確認④：要素間ウェイトの活用

- ◆要素間ウェイトを確認すると、CCRでは再エネ容量、NDRSでは需要家数に与えているウェイトが、全般的に小さい傾向にあった。
 - ▶これは、多くのDMUにおいて、再エネ容量や需要家数よりも、**自社の統合効率値をより有利にすることができる要素が別にある**ことに起因する。
- ◆変数の数を減らすことを検討する際、この様な影響力の小さい変数は、モデルから外す候補となりうる。
- ◆DEAの場合、この様に要素効率値と要素間ウェイトを確認することで、**統合効率値への寄与度がわかる**ので、**変数の選択の一助**とすることができる。
 - ▶ただし、変数の組合せによっては、再エネ変数や需要家数のウェイトが高くなることもあるので、その都度検証する必要がある。
 - 例えば、自社の統合効率値をより有利にすることができる要因が他にない場合。

5. 計測結果の検証

CASE2, 3, 4

- ▶ **CASE1**から産出物変数を1つずつ抜きつつ、要素効率値や、要素間ウェイトの変化などを基に、それぞれの変数の効率値への影響度を確認する。
- ▶ 影響度の小さい変数は、効率値計測から減らしうる変数の候補となる。

CASE2の結果：統合効率値

◆CASE2は、CASE1から再エネ容量を除いた計測結果である。

- 投入：TOTEX2
- 産出：架空線延長、地中線延長、変圧器容量、需要家数

◆CASE1の結果と比較すると、統合効率値が1であるDMUの数(最適数)はCCR、NDRSともに減り、効率値の平均値もわずかに低下。

- ほとんどのDMUで0.02(2ポイント*)未満であるが、6ポイントほど低下しているDMUもある。

表5.5 CASE2の統合効率値

		NDRS-2	CCR-2			NDRS-2	CCR-2
A	1	1.	1.	F	1	1.	1.
	2	0.9821	0.9821		2	0.9545	0.954
	3	0.9861	0.9861		3	0.9529	0.9521
B	1	0.9812	0.9812	G	1	0.9533	0.8677
	2	1.	1.		2	0.9539	0.871
	3	0.9821	0.9821		3	0.9444	0.8646
C	1	0.9803	0.9801	H	1	0.8664	0.8462
	2	0.9899	0.9898		2	0.861	0.841
	3	1.	1.		3	0.8838	0.8634
D	1	1.	1.	I	1	0.8303	0.8225
	2	0.9681	0.9681		2	0.8245	0.8196
	3	1.	1.		3	0.832	0.828
E	1	0.9842	0.9407	J	1	0.8235	0.8228
	2	1.	0.9759		2	0.8272	0.8266
	3	1.	0.9832		3	0.8305	0.8299
平均値		0.9397	0.9260	最適数	8	6	
差分平均		-0.0067	-0.0032	判別率	73%	80%	

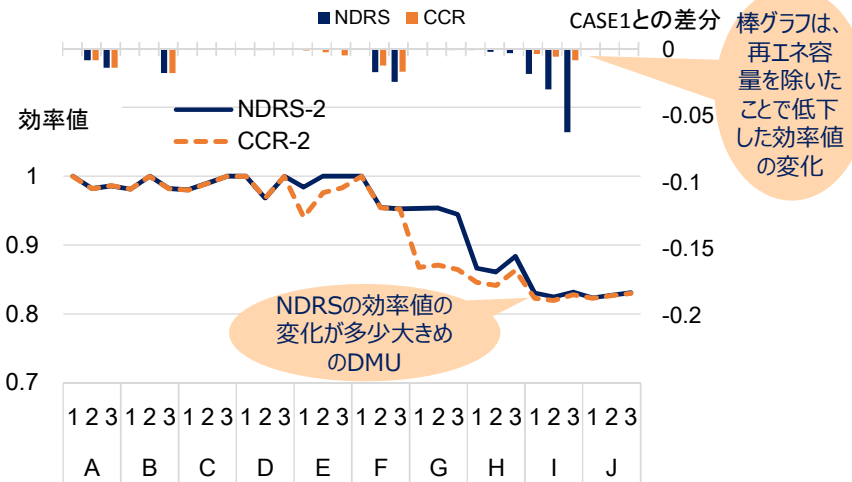


図5.8 CASE2の統合効率値

注：表の下段の「差分平均」は、CASE1との差分の平均値を示す。

CASE2の結果：ウェイトの確認 (CCR)

◆「CASE1との差分」欄の数値は、一意か否かにかかわらず、CASE1で再エネ容量にウェイトを付けていたDMU(16個)についての、CASE1の統合効率値からの低下分を指す。

- 再エネ容量を抜くことで、統合効率値が低下したDMUは12個あり、他の要素にウェイトを付け替えた結果、効率値が下がっている。
 - ただし、その差分は全般的に小さく、最大で1.8ポイント程度(B3)にとどまる。
- 統合効率値が変化しなかった4個のDMUは、効率的なDMUであり、ウェイトは一意に決まっていない。
 - 他のウェイトでも、統合効率値1を実現できるDMUであり、ウェイトの変化に大きな意味は無い。

◆CASE1で再エネ容量にウェイトを付けているDMUの数は多かったが、その値は小さかったことを反映し、再エネ容量を計測から除いても、統合効率値の変化は、平均では0.3ポイント程度の差であり、全体的には、再エネ容量の効率値への影響は大きくない。

- しかし、1.8ポイント程度とはいえ個別のDMUには影響が出ていたので、変数の選択に際しては、他のケースも試しつつ、慎重に判断する必要がある。

表5.6 要素間ウェイト (CCRモデル)

	統合効率値	要素間ウェイト (補正済み)				CASE1との差分
		架空線延長	地中線延長	変圧器容量	需要家数	
A1	1.	0%	0%	0%	100.00%	
A2	0.9821	0%	39.33%	60.67%	0%	0.008
A3	0.9861	0%	39.33%	60.67%	0%	0.014
B1	0.9812	52.22%	47.78%	0%	0%	
B2	1.	52.22%	47.78%	0%	0%	0
B3	0.9821	0%	39.33%	60.67%	0%	0.018
C1	0.9801	100.00%	0%	0%	0%	
C2	0.9898	100.00%	0%	0%	0%	
C3	1.	11.45%	10.83%	0%	77.72%	0
D1	1.	0%	0%	61.57%	38.43%	0
D2	0.9681	0%	26.02%	73.98%	0%	0.001
D3	1.	0%	0%	75.97%	24.03%	0
E1	0.9407	3.61%	0%	0%	96.39%	0.001
E2	0.9759	3.61%	0%	0%	96.39%	0.002
E3	0.9832	3.61%	0%	0%	96.39%	0.005
F1	1.	24.99%	0%	0%	75.01%	
F2	0.954	17.71%	34.09%	48.20%	0%	0.012
F3	0.9521	17.71%	34.09%	48.20%	0%	0.017
G1	0.8677	38.85%	40.17%	20.98%	0%	
G2	0.871	38.85%	40.17%	20.98%	0%	
G3	0.8646	38.85%	40.17%	20.98%	0%	
H1	0.8462	52.22%	47.78%	0%	0%	
H2	0.841	52.22%	47.78%	0%	0%	
H3	0.8634	52.22%	47.78%	0%	0%	
I1	0.8225	3.61%	0%	0%	96.39%	0.004
I2	0.8196	3.61%	0%	0%	96.39%	0.006
I3	0.828	3.61%	0%	0%	96.39%	0.008
J1	0.8228	52.22%	47.78%	0%	0%	
J2	0.8266	52.22%	47.78%	0%	0%	
J3	0.8299	52.22%	47.78%	0%	0%	
平均ウェイト		30.80%	27.80%	17.31%	24.10%	
DMU数		20 (23)	16 (18)	9 (11)	6 (11)	

注：表の下段は、統合効率値が1未満のDMUの補正済みウェイトの平均値とウェイトを付けているDMUの数、()内は効率値が1で、ウェイトが一意に決まっていない可能性のあるDMUの数も含む。

TOTEX2

架空線延長
地中線延長
変圧器容量
需要家数
再エネ容量

CASE2の結果：ウェイトの確認 (NDRS)

- ◆ 再エネ容量を除いたことで、一意か否かにかかわらず、CASE1で再エネ容量にウェイトを付けていた20個のDMUのうち13個で、統合効率値が低下している。
 - CASE1との差分をみると、CCRと同様に、大半が2ポイント以下の変化となっている。
 - 2ポイント以上低下しているのは、F3とI3のみである。
 - 低下が最も大きいI3 (6.2ポイント) は、CASE1で、一意に再エネ容量に100%ウェイトを与えていたDMUである。
- ◆ 再エネ容量の統合効率値への影響は、個別のDMUで見ると、NDRSモデルの方が、CCRモデルよりも大きい。
 - この様に、要素の統合効率値への影響が、CCRとNDRSで異なるが生じる。
 - ある変数を抜くことで、小規模なエリアにおけるフロンティアの形状のみに変化があると、この様なことが生じる。
 - 一般に、費用に大きな影響を与えておらず、単に他社よりも要素効率値が高いために、という要素は除いた方がよいが、費用に有意に影響を与えているような重要な要素で、統合効率値にも影響がある場合は、その変数を除くのは望ましくない。

表5.7 要素間ウェイト (NDRSモデル)

	統合効率値	要素間ウェイト (補正済み)				CASE1との差分
		架空線延長	地中線延長	変圧器容量	需要家数	
A1	1.	0%	6.31%	56.88%	36.81%	
A2	0.9821	0%	39.33%	60.67%	0%	0.008
A3	0.9861	0%	39.33%	60.67%	0%	0.014
B1	0.9812	52.22%	47.78%	0%	0%	
B2	1.	12.75%	30.08%	47.82%	9.35%	0
B3	0.9821	0%	39.33%	60.67%	0%	0.018
C1	0.9803	100.00%	0%	0%	0%	
C2	0.9899	100.00%	0%	0%	0%	
C3	1.	11.45%	10.83%	0%	77.72%	0
D1	1.	0%	0%	61.57%	38.43%	0
D2	0.9681	0%	26.02%	73.98%	0%	0.001
D3	1.	0%	0%	100.00%	0%	0
E1	0.9842	-	-	-	-	
E2	1.	-	-	-	-	
E3	1.	0%	0%	100.00%	0%	0
F1	1.	22.92%	0%	77.08%	0%	0
F2	0.9545	15.38%	0%	84.62%	0%	0.017
F3	0.9529	13.64%	35.41%	50.95%	0%	0.025
G1	0.9533	49.96%	50.04%	0%	0%	
G2	0.9539	49.96%	50.04%	0%	0%	0
G3	0.9444	49.96%	50.04%	0%	0%	0.001
H1	0.8664	50.72%	49.28%	0%	0%	0.001
H2	0.861	50.72%	49.28%	0%	0%	0.002
H3	0.8838	50.72%	49.28%	0%	0%	0.003
I1	0.8303	100.00%	0%	0%	0%	0.018
I2	0.8245	100.00%	0%	0%	0%	0.03
I3	0.832	100.00%	0%	0%	0%	0.062
J1	0.8235	50.72%	49.28%	0%	0%	
J2	0.8272	50.72%	49.28%	0%	0%	
J3	0.8305	50.72%	49.28%	0%	0%	
平均ウェイト		49.31%	32.05%	18.65%	0%	
DMU数		17 (20)	15 (18)	6 (12)	0 (4)	

注：表の下段は、統合効率値が1未満のDMUの補正済みウェイトの平均値とウェイトを付けているDMUの数、()内は効率値が1で、ウェイトが一意に決まっていない可能性のあるDMUの数を含む。

TOTEX2

架空線延長
地中線延長
変圧器容量
需要家数
再エネ容量

CASE3の結果：統合効率値

- ◆ CASE3は、CASE1から**需要家数を除いた**計測結果である。
 - 投入：TOTEX2
 - 産出：架空線延長、地中線延長、変圧器容量、再エネ容量
- ◆ CASE1と3を比較すると、E、I社のCCRの効率値のみ大きく低下している。

表5.8 CASE3の統合効率値

	NDRS-3		CCR-3			NDRS-3		CCR-3	
A 1	1.	1.	F 1	1.	1.	F 1	1.	1.	
2	0.9868	0.986	2	0.9719	0.9663	2	0.9719	0.9663	
3	0.9938	0.9926	3	0.9774	0.9691	3	0.9774	0.9691	
B 1	0.9812	0.9812	G 1	0.9533	0.8677	G 1	0.9533	0.8677	
2	1.	1.	2	0.9541	0.871	2	0.9541	0.871	
3	1.	1.	3	0.9452	0.8646	3	0.9452	0.8646	
C 1	0.9803	0.9801	H 1	0.8671	0.8462	H 1	0.8671	0.8462	
2	0.9899	0.9898	2	0.863	0.841	2	0.863	0.841	
3	1.	1.	3	0.887	0.8634	3	0.887	0.8634	
D 1	1.	1.	I 1	0.8487	0.764	I 1	0.8487	0.764	
2	0.9687	0.9687	2	0.8546	0.759	2	0.8546	0.759	
3	1.	1.	3	0.8942	0.7692	3	0.8942	0.7692	
E 1	0.9842	0.8384	J 1	0.8235	0.8228	J 1	0.8235	0.8228	
2	1.	0.876	2	0.8272	0.8266	2	0.8272	0.8266	
3	1.	0.8903	3	0.8305	0.8299	3	0.8305	0.8299	
平均値	0.9461	0.9121	最適数	9	7	最適数	9	7	
差分平均	-0.0003	-0.0170	判別率	70%	77%	判別率	70%	77%	

注：表の下段の「差分平均」は、CASE1との差分の平均値を示す。

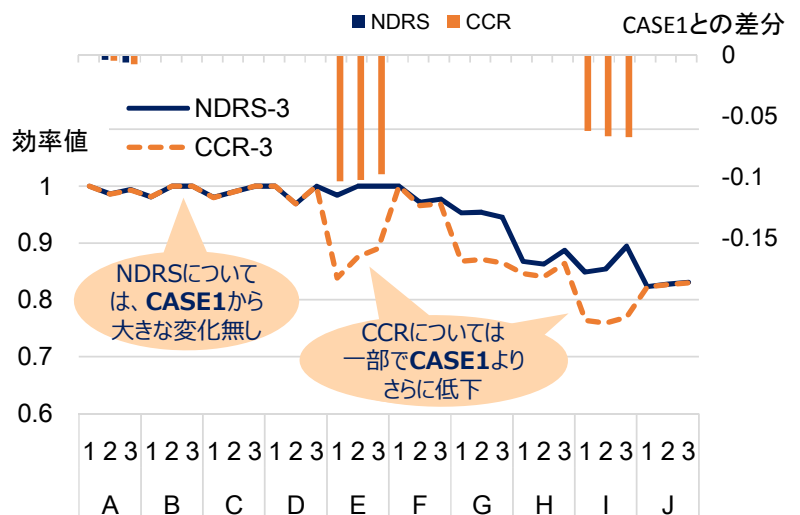


図5.9 CASE3の統合効率値

TOTEX2

架空線延長
地中線延長
変圧器容量
需要家数
再エネ容量

CASE3の結果：ウェイトの確認 (CCR)

◆CASE1で、一意か否かにかかわらず需要家数にウェイトを付けていたDMUは9個ある。

➢A社は1ポイント未満の小さな低下であるが、E社は10ポイント前後、I社は6.5ポイント前後と、比較的大きく効率値が下がっており、需要家数を除いたことの影響が出ている。

■E社、I社ともにCASE1、2において、需要家数に**高いウェイト**が付けられていた。

■非効率な場合のウェイトなので、一意に決まっておらず、すなわち、これらの事業者にとって、統合効率値を最も高めるために、**需要家数はとても重要な要素**であったと言える。

□特に、I社については、需要家数の**要素効率値は高くはない**が(1以下)、重要度は高い。

□要素効率値はあくまでも目安であり、たとえ低くても、統合効率値に大きな影響を与える要素であることは起こりうる。

表5.9 要素間ウェイト (CCRモデル)

	統合効率値	要素間ウェイト (補正済み)				CASE1との差分
		架空線延長	地中線延長	変圧器容量	再エネ容量	
A1	1.	0%	36.08%	63.92%	0%	0
A2	0.986	0%	37.93%	59.72%	2.34%	0.005
A3	0.9926	0%	37.93%	59.72%	2.34%	0.007
B1	0.9812	52.22%	47.78%	0%	0%	
B2	1.	2.26%	39.10%	44.30%	14.34%	
B3	1.	0%	64.36%	0%	35.64%	
C1	0.9801	100.00%	0%	0%	0%	
C2	0.9898	100.00%	0%	0%	0%	
C3	1.	0%	0%	0%	100.00%	
D1	1.	22.92%	0%	77.08%	0%	
D2	0.9687	18.30%	33.39%	45.84%	2.47%	
D3	1.	0%	39.72%	44.39%	15.89%	
E1	0.8384	17.71%	34.09%	48.20%	0%	0.103
E2	0.876	3.84%	36.80%	58.23%	1.13%	0.102
E3	0.8903	3.84%	36.80%	58.23%	1.13%	0.098
F1	1.	22.92%	0%	77.08%	0%	
F2	0.9663	28.10%	0%	65.54%	6.36%	
F3	0.9691	28.10%	0%	65.54%	6.36%	
G1	0.8677	38.85%	40.17%	20.98%	0%	
G2	0.871	38.85%	40.17%	20.98%	0%	
G3	0.8646	38.85%	40.17%	20.98%	0%	
H1	0.8462	52.22%	47.78%	0%	0%	
H2	0.841	52.22%	47.78%	0%	0%	
H3	0.8634	52.22%	47.78%	0%	0%	
I1	0.764	100.00%	0%	0%	0%	0.062
I2	0.759	100.00%	0%	0%	0%	0.067
I3	0.7692	0%	0%	0%	100.00%	0.067
J1	0.8228	52.22%	47.78%	0%	0%	
J2	0.8266	52.22%	47.78%	0%	0%	
J3	0.8299	52.22%	47.78%	0%	0%	
平均ウェイト		42.70%	29.21%	22.78%	5.31%	
DMU数		20 (23)	16 (20)	11 (16)	8 (12)	

注：表の下段は、統合効率値が1未満のDMUの補正済みウェイトの平均値とウェイトを付けているDMUの数、()内は効率値が1で、ウェイトが一意に決まっていない可能性のあるDMUの数も含む。

TOTEX2

架空線延長
地中線延長
変圧器容量
需要家数
再エネ容量

CASE3の結果：ウェイトの確認 (NDRS)

◆CASE1で、一意か否かにかかわらず需要家数にウェイトを付けていたDMUは4個である。

➢このうち2つはA社で、非効率であるため、ウェイトは一意に決まっている。

➢需要家数を除くことで、ウェイトの付け替えが行われているが、統合効率値のCASE1からの変化は小さく、1ポイント未満である。

■需要家数が抜けても、他の要素のウェイトを大きくすることで、統合効率値の低下を1ポイント未満に抑えることができている。

■つまり、他の要素である程度はカバーできている、ということ。

➢NDRSモデルについては、**需要家数の統合効率値に与える影響としては、大きくない**といえる。

■2対の標本の差の平均についての検定を行った結果、両者が等しいという帰無仮説は、5%では棄却できなかった。

◆CCRでは大きく低下しても、NDRSでは変化しないこともある。

➢ある変数を抜いても、小規模なエリアにおけるフロントティアの形状に変化がなかった場合、この様なことが生じうる。

表5.10 要素間ウェイト (NDRSモデル)

	統合効率値	要素間ウェイト (補正済み)				CASE1との差分
		架空線延長	地中線延長	変圧器容量	再エネ容量	
A1	1.	0%	39.33%	60.67%	0%	
A2	0.9868	0%	38.40%	58.78%	2.82%	0.004
A3	0.9938	0%	38.40%	58.78%	2.82%	0.006
B1	0.9812	52.22%	47.78%	0%	0%	
B2	1.	0%	39.66%	46.01%	14.33%	0
B3	1.	0%	64.36%	0%	35.64%	
C1	0.9803	100.00%	0%	0%	0%	
C2	0.9899	100.00%	0%	0%	0%	
C3	1.	100.00%	0%	0%	0%	
D1	1.	15.38%	0%	84.62%	0%	0
D2	0.9687	18.30%	33.39%	45.84%	2.47%	
D3	1.	23.32%	0%	67.48%	9.20%	
E1	0.9842	-	-	-	-	
E2	1.	0%	85.37%	14.63%	0%	
E3	1.	0%	0%	0%	100.00%	
F1	1.	100.00%	0%	0%	0%	
F2	0.9719	23.32%	0%	67.48%	9.20%	
F3	0.9774	23.32%	0%	67.48%	9.20%	
G1	0.9533	49.96%	50.04%	0%	0%	
G2	0.9541	49.76%	49.77%	0%	0.47%	
G3	0.9452	49.76%	49.77%	0%	0.47%	
H1	0.8671	49.76%	49.77%	0%	0.47%	
H2	0.863	49.76%	49.77%	0%	0.47%	
H3	0.887	49.76%	49.77%	0%	0.47%	
I1	0.8487	94.64%	0%	0%	5.36%	
I2	0.8546	94.64%	0%	0%	5.36%	
I3	0.8942	0%	0%	0%	100.00%	
J1	0.8235	50.72%	49.28%	0%	0%	
J2	0.8272	50.72%	49.28%	0%	0%	
J3	0.8305	50.72%	49.28%	0%	0%	
平均ウェイト		41.24%	28.74%	19.72%	10.30%	
DMU数		17 (21)	13 (17)	5 (10)	13 (17)	

注：表の下段は、統合効率値が1未満のDMUの補正済みウェイトの平均値とウェイトを付けているDMUの数、()内は効率値が1で、ウェイトが一意に決まっていない可能性のあるDMUの数も含む。

TOTEX2

架空線延長
地中線延長
変圧器容量
需要家数
再エネ容量

CASE4の結果：統合効率値

◆CASE4は、CASE1から**変圧器容量を除いた**計測結果である。

- 投入：TOTEX2
- 産出：架空線延長、地中線延長、需要家数

◆CCR・NDRSの双方で、D社の効率値が大きく変化している。

表5.11 CASE4の統合効率値

		NDRS-4		CCR-4				NDRS-4		CCR-4	
A	1	1.	1.	F	1	1.	1.				
	2	0.9878	0.9878		2	0.9501	0.9444				
	3	0.9957	0.9957		3	0.9436	0.9351				
B	1	0.9812	0.9812	G	1	0.9533	0.8634				
	2	1.	1.		2	0.9541	0.8647				
	3	1.	1.		3	0.9452	0.8564				
C	1	0.9803	0.9801	H	1	0.8671	0.8462				
	2	0.9899	0.9898		2	0.863	0.841				
	3	1.	1.		3	0.887	0.8634				
D	1	0.7947	0.7947	I	1	0.8487	0.8262				
	2	0.7576	0.7576		2	0.8546	0.8255				
	3	0.7752	0.7752		3	0.8942	0.8365				
E	1	0.9842	0.9415	J	1	0.8235	0.8228				
	2	1.	0.9783		2	0.8272	0.8266				
	3	1.	0.988		3	0.8305	0.8299				
平均値		0.9229	0.9051	最適数		7	5				
差分平均		-0.0235	-0.0241	判別率		77%	83%				

注：表の下段の「差分平均」は、CASE1との差分の平均値を示す。

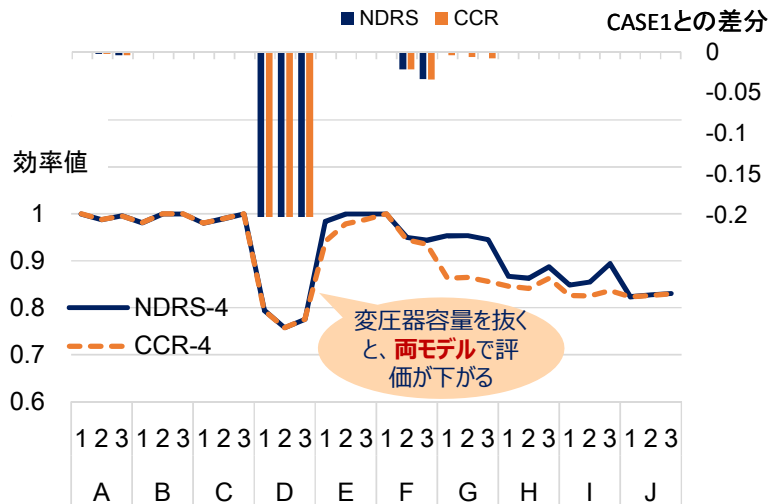


図5.10 CASE4の統合効率値

TOTEX2

架空線延長
地中線延長
変圧器容量
需要家数
再エネ容量

CASE4の結果：ウェイトの確認 (CCR)

◆CASE1で、一意か否かにかかわらず変圧器容量にウェイトを付けていたDMUは 12個ある。

- 特に、D社は統合効率値の低下幅が20ポイントを超えており、変圧器容量を除くことの影響の大きさがうかがえる。
- D社の変圧器容量の要素効率値をみると(p.51)、他社と比較して最も高い。

■CASE1において述べた、再エネ容量の要素効率値が高いC3と同様であり (p.61)、ある1つの要素効率値が、全てのDMUの中で最も高ければ、統合効率値は1となりうるパターンである。

■他のCASEにおけるウェイトを見ると、実際には、変圧器容量にはさほど大きなウェイトが掛かっていない場合もあるが (掛けなくても、統合効率値を1にできる)、D社にとっては、**欠かせない要素であった**ことがわかる。

- これは、明らかに、ウェイトが一意に決まっていなかったケースと考えられる。
- 統合効率値が1の場合のウェイトについては、慎重に解釈する必要がある。

表5.12 要素間ウェイト (CCRモデル)

	統合効率値	要素間ウェイト (補正済み)				CASE1との差分
		架空線延長	地中線延長	需要家数	再エネ容量	
A1	1.	0%	0%	100.00%	0%	
A2	0.9878	0%	7.79%	88.32%	3.89%	0.003
A3	0.9957	0%	7.79%	88.32%	3.89%	0.004
B1	0.9812	52.22%	47.78%	0%	0%	
B2	1.	0%	82.34%	0%	17.66%	0
B3	1.	0%	82.34%	0%	17.66%	
C1	0.9801	100.00%	0%	0%	0%	
C2	0.9898	100.00%	0%	0%	0%	
C3	1.	0%	0%	0%	100.00%	
D1	0.7947	7.29%	7.57%	84.88%	0.27%	0.205
D2	0.7576	7.29%	7.57%	84.88%	0.27%	0.211
D3	0.7752	0%	7.79%	88.32%	3.89%	0.225
E1	0.9415	3.52%	0%	95.79%	0.69%	
E2	0.9783	0%	0%	97.58%	2.42%	
E3	0.988	0%	0%	97.58%	2.42%	
F1	1.	3.61%	0%	96.39%	0%	0
F2	0.9444	3.52%	0%	95.79%	0.69%	0.022
F3	0.9351	3.52%	0%	95.79%	0.69%	0.034
G1	0.8634	52.22%	47.78%	0%	0%	0.004
G2	0.8647	52.22%	47.78%	0%	0%	0.006
G3	0.8564	52.22%	47.78%	0%	0%	0.008
H1	0.8462	52.22%	47.78%	0%	0%	
H2	0.841	52.22%	47.78%	0%	0%	
H3	0.8634	52.22%	47.78%	0%	0%	
I1	0.8262	3.52%	0%	95.79%	0.69%	
I2	0.8255	3.52%	0%	95.79%	0.69%	
I3	0.8365	0%	0%	97.58%	2.42%	
J1	0.8228	52.22%	47.78%	0%	0%	
J2	0.8266	52.22%	47.78%	0%	0%	
J3	0.8299	52.22%	47.78%	0%	0%	
平均ウェイト		30.17%	20.65%	48.26%	0.92%	
DMU数		19 (20)	15 (17)	13 (15)	13 (16)	

注：表の下段は、統合効率値が1未満のDMUの補正済みウェイトの平均値とウェイトを付けているDMUの数、()内は効率値が1で、ウェイトが一意に決まっていない可能性のあるDMUの数も含む。

CASE4の結果：ウェイトの確認 (NDRS)

◆NDRSにおいても、**D社**は、CCRの場合と同程度、統合効率値が低下している。

➢これは、**D社**が大規模な事業者に分類されており、CCRとNDRSで、大きな違いがないことに起因していると考えられる。

◆この様に、DEAでは、変数を1つ除くだけで、効率値が大きく変化する場合がありますので、**変数の選択は慎重に行う必要がある**。

表5.13 要素間ウェイト (NDRSモデル)

	統合効率値	要素間ウェイト (補正済み)				CASE1との差分
		架空線延長	地中線延長	需要家数	再エネ容量	
A1	1.	3.61%	0%	96.39%	0%	0
A2	0.9878	0%	7.79%	88.32%	3.89%	0.003
A3	0.9957	0%	7.79%	88.32%	3.89%	0.004
B1	0.9812	52.22%	47.78%	0%	0%	
B2	1.	0%	82.34%	0%	17.66%	
B3	1.	0%	82.34%	0%	17.66%	
C1	0.9803	100.00%	0%	0%	0%	
C2	0.9899	100.00%	0%	0%	0%	
C3	1.	100.00%	0%	0%	0%	
D1	0.7947	7.29%	7.57%	84.88%	0.27%	0.205
D2	0.7576	7.29%	7.57%	84.88%	0.27%	0.211
D3	0.7752	0%	8.06%	88.06%	3.87%	0.225
E1	0.9842	-	-	-	-	
E2	1.	0%	95.82%	0%	4.18%	0
E3	1.	0%	0%	0%	100.00%	
F1	1.	50.72%	49.28%	0%	0%	
F2	0.9501	94.64%	0%	0%	5.36%	0.022
F3	0.9436	94.64%	0%	0%	5.36%	0.034
G1	0.9533	49.96%	50.04%	0%	0%	
G2	0.9541	49.76%	49.77%	0%	0.47%	
G3	0.9452	49.76%	49.77%	0%	0.47%	
H1	0.8671	49.76%	49.77%	0%	0.47%	
H2	0.863	49.76%	49.77%	0%	0.47%	
H3	0.887	49.76%	49.77%	0%	0.47%	
I1	0.8487	94.64%	0%	0%	5.36%	
I2	0.8546	94.64%	0%	0%	5.36%	
I3	0.8942	0%	0%	0%	100.00%	
J1	0.8235	50.72%	49.28%	0%	0%	
J2	0.8272	50.72%	49.28%	0%	0%	
J3	0.8305	50.72%	49.28%	0%	0%	
平均ウェイト		43.12%	29.07%	18.30%	9.50%	
DMU数		18 (21)	15 (19)	5 (6)	15 (19)	

注：表の下段は、統合効率値が1未満のDMUの補正済みウェイトの平均値とウェイトを付けているDMUの数、()内は効率値が1で、ウェイトが一意に決まっていない可能性のあるDMUの数も含む。

DEAの結果の特徴確認⑤：変数の効率値への影響

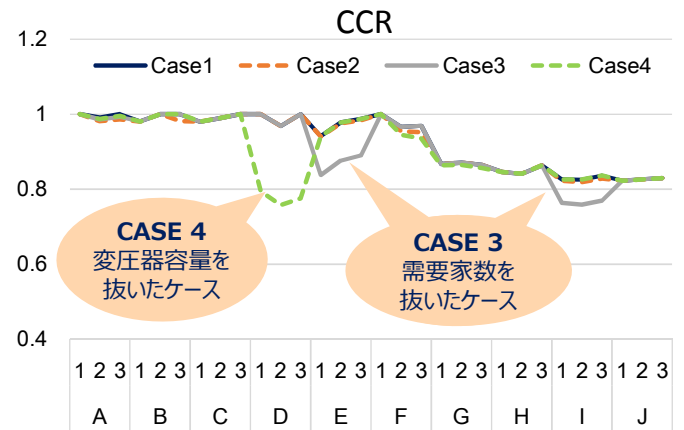
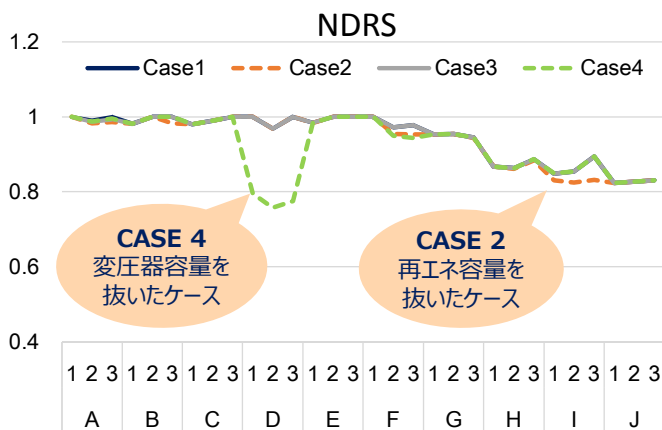


図5.11 統合効率値まとめ

◆各DMUのウェイトの小さい特定の変数を除くと、**全体的な統合効率値に影響が出るわけではなく、特定の事業者の効率値に影響を与えている** (図5.11)。

➢ただし、ウェイトの大きい変数を除くと、多くのDMUに影響を与え、異なる傾向の結果となる場合もある (図5.12)。

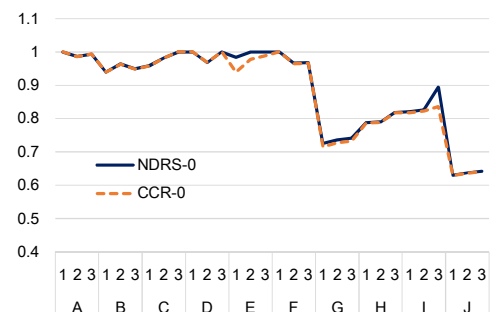


図5.12 CASE1から架空線延長・地中線延長を除いた場合

5. 計測結果の検証

CASE5, 6

- ▶ **CASE2~4**は産出変数の数を減らしたケースであったが、**CASE5,6**は投入変数の数を2つに増やす。
 - ✓ TOTEX2を、CAPEXとOPEX2に分割して利用する。
- ▶ これらのケースの結果を例に、投入変数×産出変数の組合せが多くなることで、DEAの非効率の判別率が下がることを確認する。

5. 計測結果の検証 CASE5: 要素数の効率値への影響を検証

CASE5の結果：統合効率値

CAPEX
OPEX2

架空線延長
地中線延長
変圧器容量
需要家数
再エネ容量

◆ **CASE5**は、**CASE1**のインプットを、2つに分けた場合の計測結果である。

- ▶ 投入：CAPEX, OPEX2
- ▶ 産出：架空線延長、地中線延長、変圧器容量、需要家数、再エネ容量

◆ CCR・NDRSの双方で、**CASE1**で非効率であったDMUの効率値が上昇。

表5.14 CASE5の統合効率値

		NDRS-5	CCR-5			NDRS-5	CCR-5
A	1	1.	1.	F	1	1.	1.
	2	0.9965	0.9965		2	0.9871	0.9866
	3	1.	1.		3	1.	1.
B	1	0.9981	0.9981	G	1	1.	0.998
	2	1.	1.		2	1.	1.
	3	1.	1.		3	1.	1.
C	1	0.9826	0.9826	H	1	0.9278	0.9278
	2	0.993	0.993		2	0.9295	0.9295
	3	1.	1.		3	0.9732	0.9633
D	1	1.	1.	I	1	0.9362	0.8635
	2	0.9813	0.9813		2	0.9509	0.8756
	3	1.	1.		3	0.981	0.8727
E	1	0.9875	0.9557	J	1	0.8685	0.8683
	2	1.	0.991		2	0.8766	0.8763
	3	1.	1.		3	0.8804	0.8802
平均値	0.9750	0.9647	最適数	14	12		
差分平均	0.0286	0.0355	判別率	53%	60%		

注：表の下段の「差分平均」は、CASE1との差分の平均値を示す。

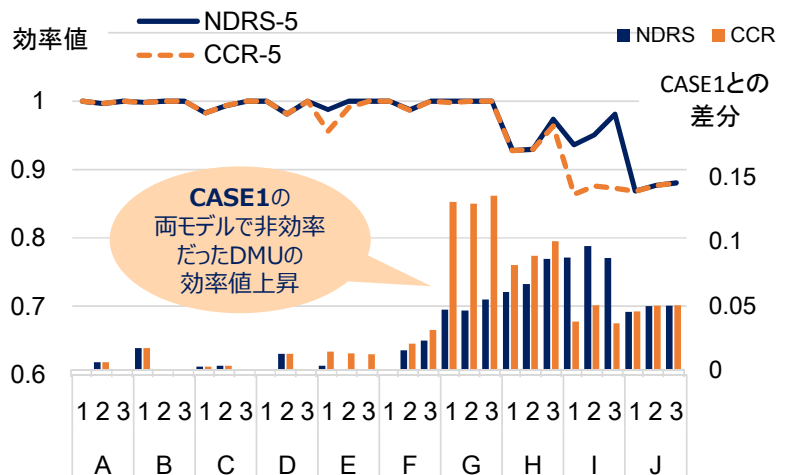


図5.13 CASE5の統合効率値

CASE6の結果：統合効率値

CAPEX
OPEX2

架空線延長
地中線延長
変圧器容量
需要家数
再エネ容量

◆CASE6は、CASE5から、変圧器容量を抜いた場合の計測結果である。

- 投入：CAPEX, OPEX2
- 産出：架空線延長、地中線延長、需要家数、再エネ容量

CASE4の投入変数の数を増やしたケースでもある

◆CCR・NDRSの双方で、CASE1で非効率であったDMUの効率値が上昇。

表5.15 CASE6の統合効率値

		NDRS-6	CCR-6			NDRS-6	CCR-6
A	1	1.	1.	F	1	1.	1.
	2	0.9963	0.9962		2	0.9871	0.9493
	3	1.	1.		3	1.	0.9509
B	1	0.9981	0.9981	G	1	1.	0.998
	2	1.	1.		2	1.	1.
	3	1.	1.		3	1.	1.
C	1	0.9826	0.9826	H	1	0.9278	0.9278
	2	0.993	0.993		2	0.9295	0.9295
	3	1.	1.		3	0.9732	0.9633
D	1	0.8209	0.8209	I	1	0.9362	0.8635
	2	0.826	0.826		2	0.9509	0.8756
	3	0.8572	0.8572		3	0.981	0.8727
E	1	0.9875	0.9557	J	1	0.8685	0.8683
	2	1.	0.991		2	0.8766	0.8763
	3	1.	1.		3	0.8804	0.8802
平均値		0.9591	0.9459	最適数	12	9	
差分平均		0.0127	0.0167	判別率	60%	70%	

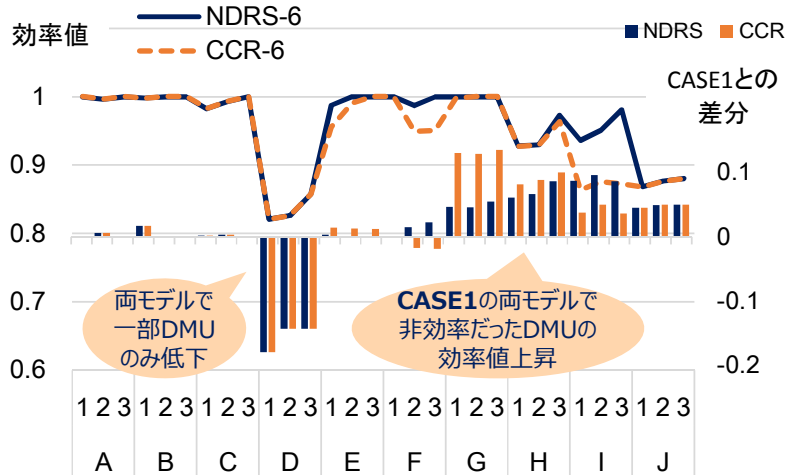


図5.14 CASE6の統合効率値

注：表の下段の「差分平均」は、CASE1との差分の平均値を示す。

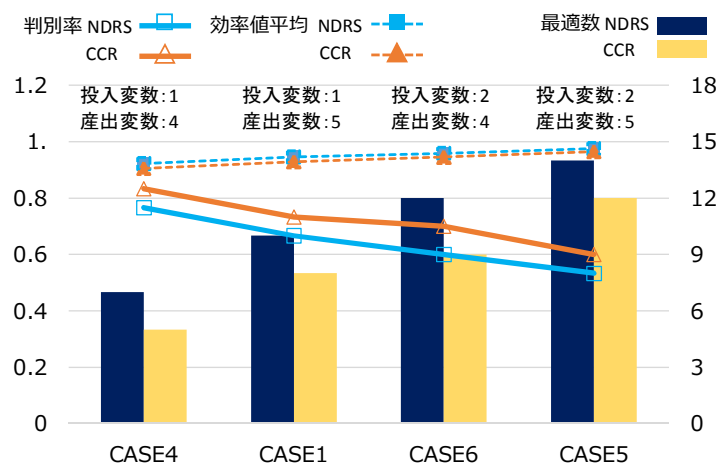
DEAの結果の特徴確認⑥：変数の数と判別率

◆要素効率値を計算できる投入変数と産出変数の組合せの数 (投入変数の数×産出変数の数) が増えるほど、統合効率値が1になるDMU (最適数) が増え、非効率の判別率が低下しやすい。

- 要素効率値が「最も高い」DMUは、必ず効率値が1になりうるため。
- また、「バランスよく高い」DMUも増えれば、判別率はさらに低下する。

◆CASE5, 6では、投入変数の数を2つにしたことで、要素効率値の組合せが2倍になっている。

- その結果、統合効率値が1となるDMUの数が増え、非効率の判別率が低下。
- 変数の総数が同じCASE1とCASE6を比較しても、投入変数を増やしたCASE6の判別率の方が低い。



注：CASE4, 6はともに変圧器容量を抜いたケースで、産出変数の数が4の場合で、最も判別率が高くなる組合せである。

図5.15 判別力の変化

5. 計測結果の検証

CASE7

- **CASE1**と同様の変数を用い、DMUの数を減らして効率値を計算する。
 - ✓ 1期と2期のデータを抜き、3期の10事業者 (10DMU) について効率値を計算。

5. 計測結果の検証 CASE7: DMUの数を減らした場合の結果を検証

DEAの結果の特徴確認⑦：DMUの数と判別率

- ◆ 1期と2期のデータを抜き、DMUの数を30から10に減らすと、
 - NDRSの場合は、
 - **CASE1**で効率的であった10のDMUのうち、5つのDMUが抜けることになる。
 - その代わりに、**CASE7**では、**F社**が効率的になっている。
 - その結果、最適数が10から6に減っている。
 - CCRの場合は、
 - **CASE1**で効率的であった8のDMUのうち、4つのDMUが抜けることになる。
 - その代わりに、**CASE7**では、**F社**が、効率的になっている。
 - その結果、最適数が8から5に減っている。
- ◆ 効率的なDMUを計測から外すと、その分の最適数は減り、その代わりにフロンティアに乗るDMUが出てくる場合がある。
 - もしも、計測から外す対象が、非効率なDMUだけであれば、フロンティアに変化はなく、最適数に変化は生じない。
 - つまり、**DMUが減ることで、必ずしも効率的なDMUが増えるわけではない。**
- ◆ 一方で、DMUの数を減らすと、判別率の第2項*の分母が小さくなるため、**判別率の値は低くなる。**
 - つまり、サンプル全体の中で、効率値 = 1のDMUの割合が多く見えるようになるだけ。

表5.16 CASE1とCASE7の比較

NDRS	CASE7 (10DMU)	CASE1 (30DMU)		
		1	2	3
A	1.	1.	0.9906	1.
B	1.	0.9812	1.	1.
C	1.	0.9803	0.9899	1.
D	1.	1.	0.9687	1.
E	1.	0.9842	1.	1.
F	1.	1.	0.9719	0.9774
G	0.9528	0.9533	0.9541	0.9452
H	0.8923	0.8671	0.863	0.887
I	0.8942	0.8487	0.8546	0.8942
J	0.832	0.8235	0.8272	0.8305
平均値	0.9571	0.9464		
最適数	6	10		
判別率	40.0%	66.7%		

CCR	CASE7 (10DMU)	CASE1 (30DMU)		
		1	2	3
A	1.	1.	0.9906	1.
B	1.	0.9812	1.	1.
C	1.	0.9801	0.9898	1.
D	1.	1.	0.9687	1.
E	0.9981	0.9415	0.9783	0.988
F	1.	1.	0.9663	0.9691
G	0.8807	0.8677	0.871	0.8646
H	0.869	0.8462	0.841	0.8634
I	0.8375	0.8262	0.8255	0.8365
J	0.8313	0.8228	0.8266	0.8299
平均値	0.9417	0.9292		
最適数	5	8		
判別率	50.0%	73.3%		

事業者毎の効率値

◆表5.17は、**CASE1**の結果に基づいて、事業者毎の効率値を示したものである。

- ▶各事業者の3ヶ年分の平均値を計算し、さらにNDRSとCCRの平均値 (DEA平均) を計算している。
- ▶今回利用したデータでは、**NDRSとCCRの結果に大きな差が無いのが特徴**。
 - NDRSを用いることで、小規模事業者の効率値が軒並み上昇するということが、珍しくはない。
- ▶DEA平均値をみると、上位6位までが効率値98%以上で、全社平均も約94%と、比較的高めの値。
 - 効率値が高いことは、効率化によって削減すべき費用の「目標値」が小さくなることを意味する。
 - この結果が、真の効率性フロンティアを基準とした、真の効率値であれば問題は無いが、もしも、**手法の限界で効率値が高くなっているだけ**であると、**最適な水準にキャップが決められていない可能性**が残る。
 - CCRよりも、さらに判別力の高いDEAモデル*は開発されており、場合によっては、それらの活用も検討に値する。

表5.17 CASE1に基づく事業者別効率値

	NDRS	CCR	DEA平均
A	0.9969	0.9969	0.9969
B	0.9937	0.9937	0.9937
C	0.9900	0.9900	0.9900
D	0.9896	0.9896	0.9896
E	0.9947	0.9693	0.9820
F	0.9831	0.9785	0.9808
G	0.9509	0.8678	0.9093
H	0.8724	0.8502	0.8613
I	0.8658	0.8294	0.8476
J	0.8271	0.8264	0.8268
平均	0.9464	0.9292	0.9378

注：黄色いセルは0.9以上、赤いセルは0.98以上

検証結果のまとめ

【DMUの数が少ないことで、非効率の判別率が低くなり、効率的と評価される事業者が多くなるのではないか】

- ▶DMUの数を減らすことで、効率的と計測されるDMUの数が増えるわけではない。
- ▶判別率の低さは、DMUの数よりも、投入変数の数×産出変数の数 の値が増えることの方が影響が大きい。

【判別率を高めるためには、投入変数1に対して、産出変数を減らすことが望ましいが、どの変数を減らせば良いのか】

- ▶要素間ウェイトを確認の上、効率値への影響度の小さい変数は、除く変数の候補となる。
 - この様な変数を抜くと、全体的な統合効率値に影響が出るわけではなく、特定の事業者の効率値にのみ影響がでてる傾向がある。
 - ただし、その変数が、総費用に大きく影響を与える要素か否かも含め、変数の選択は慎重に判断する必要がある。

【より判別率の高いモデルは採用できないか】

- ▶わが国のデータを確認すると、投入変数と産出変数の相関が高いため、規模の経済一定を前提とする、より判別率の高いCCRモデルも採用可能と考えられる。

6. 考察

- ▶ 計測結果の特徴を踏まえ、DEAの効率性評価に基づくインセンティブ規制の、わが国への適用可能性やその意義についてまとめる。
- ▶ さらに、本報告で十分に検証できなかった点や、本報告の目的の範囲の外で、検証すべき点についてまとめる。

考察①

【前提の確認】

- ◆ インセンティブ規制における効率値計測の目的は、最適なキャップ水準を定めること。
 - ▶ 効率化インセンティブ自体は、収入キャップが一定期間固定されていることで付与される。
 - ▶ ただし、キャップを決める際に、各社の総括原価ベースで決める場合、必ずしも最適な水準になっているとは言えず、かつ、相対比較による競争的要素も加味されない。
 - ▶ 事業者別の効率性分析を行うことで、最も効率的な事業者の費用水準を基準にキャップを定め、かつ、事業者に相対比較による競争を促すことができる。
- ◆ ただし、DEAやSFAモデルには特徴や限界があり、計測される効率値が「真の効率値」ではない可能性がある。
 - ▶ 最適なキャップ水準ではなく、需要家に過度の負担が掛けられている可能性もある。
 - ▶ **モデルの限界に起因して、不用意に効率値が高くなってしまふことは、避ける必要**がある。
 - 変数の組合せが多すぎる、複数モデルの最高値を利用する、など。
- ◆ 一方で、必要以上に、非効率を計測する必要も無い。
 - ▶ 非効率の判別力を高める目的のためだけに、**必要な費用を除くことは避けなければならない**。
 - ▶ 必要な費用については、モデルに組み込んで評価すべき。
 - ▶ 利用する変数の精査が重要。

考察②

【DEAのわが国への適用可能性】

- ◆ 事業者数の少ないものの、**扱う変数の数**さえ気をつければ、DEAによる効率性分析の適用は可能と考えられる。
 - ▶ ただし、必要な要素を精査して変数を選択した結果、複数要素が残った場合は、判別力が下がってしまう可能性は否めない。
 - ▶ 事業者の数よりも、**投入変数の数×産出変数の数**が増えることが、統合効率値に影響するため、ドイツと同様に**投入要素数を1つとする**のは、判別力を高める上では良策。
 - ▶ わが国のデータの場合、全般的にデータの相関が高いので、一般に判別率の高い**CCRも適用可能**と考えられる。
- ◆ 3ヶ年分のデータをそれぞれ利用し、30サンプル (DMU) で計算することは、**効率値が1の事業者には有効**。
 - ▶ 非効率な事業者については、3ヶ年分の平均を取らなくても、さほど影響はない。
 - 3ヶ年で大きな数値の変化がない場合に限る。再エネ容量のように、変化が大きい変数は注意が必要。
 - ▶ 要素効率値が最も高いDMUは、必ず効率値が1になるが、3ヶ年分の平均を取れば、その3ヶ年における事業者の平均的な非効率を計測可能。
 - 3年間で効率値も変化しており、その変化分の平均を、今後の効率化向上の目標値と考えれば、これらの値をインセンティブ規制に用いることも説明がつきやすいと考えられる。

考察③

【データの特徴と効率性計測手法の適用意義】

- ◆ 全般的に事業者間格差が小さく、相対比較では**非効率性が計測されにくい**。
 - ▶ ドイツでは、上位と下位の間には大きな格差が計測されているが、わが国の場合、**データ自体の格差が全般的に小さい**。
 - 個別要素については事業者間の格差は認められるが、極端なものは少なく、はずれ値の処理が必要な状況ではない。
 - 相対評価に基づき、効率的な事業者との格差を非効率と定義するのであれば、そもそも、**データの特徴から判断すると、大きな非効率は計測されにくい**と考えられる。
 - また、DEAの場合、格差がある (要素効率値の低い) 要素があっても、要素効率値のより高い要素に高いウェイトが置かれるため、**効率化余地のある要素は評価対象とならず**、非効率が小さくなりやすい。
 - ▶ 結果的に、事業者毎に設定される費用削減目標値は小さくなる。
 - ▶ この場合、事業者毎の効率値よりも、Xファクターの方がキャップの水準に影響を与える。
- ◆ 事業者の数が少ないため、**個別対応が可能**。
 - ▶ ドイツの場合は、事業者数が多いため、個別に評価することが困難*。
 - ▶ これに比べ、わが国の場合は、現状で10社なので、DEAなどを用いなくとも、効率値について**個別に十分な評価することが可能**。

課題①

◆DEAでは、フロンティアからの乖離を「非効率」と定義するが、実際には、事業者がコントロール可能な非効率と、**コントロール不能な事業環境の差異**が内在している。

- ▶ これらを分解するためには、DEAにおける環境変数の利用や二段階モデルの活用^[24]などが考えられるが、これらの手法の適用可能性についても検討が必要。
- ▶ ただし、例えば需要密度については、配電線長と需要家数を産出物に入れることで、ある程度考慮済みといえる。

- DEAでは、似たもの同士を比較するという特性があるため、需要密度の高いDMU同士、低いDMU同士を比較して、効率値が計算されている。
- ドイツでも、同様の結果となっている (p.37参照)。

◆今回、SFAについては良好な推定結果が得られなかったため、その他の手法 (StoNEDなど) も含めて、改めて適用可能性の検討が必要。

- ▶ ただし、SFAについては、わが国のデータの特性から、下記の可能性を指摘できる。

- そもそも利用データの格差も小さいため、非効率が計測されにくい。
- 相関が高い変数が多いことにより、多重共線性などの問題が生じやすい。
- 関数型を推計するため、サンプル数が少ないことは、DEAよりも大きな問題となる可能性がある。

課題②

◆本報告では、インセンティブ規制における**効率性評価にのみ**着目している。

◆それ以外の構成要素については、改めて検討する必要がある。

- ▶ 業界の生産性向上率 (Xファクター)

- もしも、個別事業者の効率性分析で計測される非効率が小さければ、最適なキャップ水準を決める上では、業界全体で共通の割合の費用削減目標を設定するXファクターの役割が、より重要となると考えられる。
- わが国の通信事業におけるプライスカップでは、Xファクターの計測にDEAやSFAが利用されている。

- ▶ 品質調整項目 (Qファクター)

- 事業環境の違いなどをどの様に反映するかは大きな課題となる。

- ▶ 設備投資

- 効率化を進める中で、設備投資をどの様に促すかも課題となる^[25]。

◆インセンティブ規制に組み込みうる様々な要素を全て含めて、従来の総括原価規制との違いや、メリット・デメリットを総合的に整理した上で、さらに詳細に、わが国への適用可能性を検証する必要がある。

参考文献①

- [1] Agrell P.J. and Niknazar P. (2014) "Structural and behavioral robustness in applied best-practice regulation" *Socio-Economic Planning Sciences* 48, 89-103.
- [2] 「プライスカップの運用に関する研究会報告書」2015年3月。
http://www.soumu.go.jp/main_content/000350306.pdf (2018年2月1日閲覧)
- [3] 刀根薫 (2001) 「NTT上限価格算定に用いられたDEA」 *オペレーションズ・リサーチ：経営の科学* 46(6), 275 - 278.
- [4] 刀根薫 (2006) 「効率性分析のためのDEAとSFAの併用について」 *総務省・プライスカップの運用に関する研究会 (第2回) 資料1*.
- [5] Agrell P.J. and Bogetoft P. (2014) "International Benchmarking of Electricity Transmission System Operators" *European Energy Market (EEM), 2014 11th International Conference*.
- [6] "Verordnung über die Anreizregulierung der Energieversorgungsnetze (Anreizregulierungsverordnung - ARegV)" 2007.10.29.
- [7] 三枝まどか、服部徹 (2011) 「ドイツの送配電事業におけるインセンティブ規制の課題 - 低炭素社会に向けた設備投資への影響を中心に - 」 *電力中央研究所 調査報告Y10032*.

参考文献②

- [8] Richmond J. (1974) "Estimating the Efficiency of Production" *International Economic Review* 15(2), 515-521.
- [9] Kumbhakar S.C. and Lovell C.A.K. (2000) *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press.
- [10] 刀根薫 (1993) 「経営効率性の測定と改善：包絡分析法DEAによる」 *日科技連*.
- [11] Tone K. (2017) *Advances in DEA Theory and Applications with Extensions to Forecasting Models*, Wiley.
- [12] Kuosmanen T. and Kortelainen M. (2012) "Stochastic non-smooth envelopment of data: semi-parametric frontier estimation subject to shape constraints" *Journal of Production Analysis*, 38, 11-28.
- [13] Kuosmanen T., Johnson A. and Saastamoinen A. (2015) "Stochastic Nonparametric Approach to Efficiency Analysis: A Unified Framework" In Zhu J. (ed.) *Data Envelopment Analysis: A Handbook of Models and Methods*, Springer, Chapter 7, 191-244.

参考文献③

- [14] Tone K. (2001) "A slack-based measure of efficiency in data envelopment analysis" *European Journal of Operational Research* 130, 498-509.
- [15] Swiss Economics and SUMICSID (2014) "Effizienzvergleich für Verteilernetzbetreiber Strom 2013" 2014.2.
- [16] Bogetoft P. and Otto L. (2011) *Benchmarking with DEA, SFA, and R*, Springer.
- [17] 北村美香 (1996)「D E Aによるドイツ配電会社の生産効率性比較」電力中央研究所 研究報告Y95015.
- [18] 後藤美香 (2000)「DEAによる効率性分析へのBootstrap手法の適用 –わが国電気事業データによる計測–」電力中央研究所 研究報告Y99010.
- [19] Tone K. and Ouenniche J. (2016) "DEA Scores' Confidence Intervals with Past-Present and Past-Present-Future" *American Journal of Operations Research*, 6, 121-135.
- [20] Charnes A., Cooper W.W. and Rhodes E. (1978) "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operations Research*, 2, 429-444.

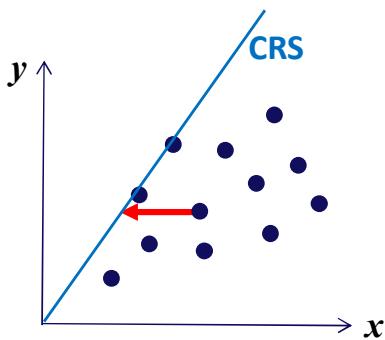
参考文献④

- [21]「託送供給等約款認可申請補正書」電力会社10社, 経済産業省ウェブサイト, <http://www.meti.go.jp/press/2016/03/20170301006/20170301006.html> (2018年2月1日閲覧)
- [22]「都道府県別認定・導入量」固定価格買取制度情報公表用ウェブサイト, http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/statistics/index.html (2018年2月1日閲覧)
- [23]「電力統計情報」電気事業連合会ウェブサイト, <http://www.fepc.or.jp/library/data/tokei/index.html> (2018年2月1日閲覧)
- [24] 筒井美樹、刀根薫 (2008)「環境要因を補正した日米電気事業者の効率性比較」社会経済研究 (56), 113-130.
- [25] 服部徹、三枝まどか (2012)「長期的視点に基づく送配電料金収入の規制方式のあり方と課題 –英国の新たな規制方式RIIOからの示唆–」電力中央研究所 調査報告 Y11012.

【参考】CCRモデル (CRS, 投入指向型)

◆CCRモデルは、DEAの最も基本的なモデル。

➢右記の2つの式は双対問題であり、同じ解が得られる。



Primal モデル

$$\begin{aligned} \max \quad & u y_o \\ \text{s.t.} \quad & -vX + uY \leq 0, \\ & vx_o = 1, \\ & u \geq 0, \text{ and } v \geq 0. \end{aligned}$$

x_o : DMU_o の投入量ベクトル
 y_o : DMU_o 産出量ベクトル
 X : 投入量行列
 Y : 産出量行列
 v, u : ウェイトベクトル

Dual モデル

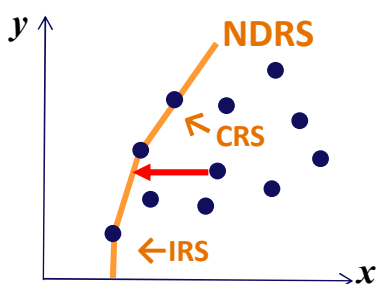
$$\begin{aligned} \min \quad & \theta \\ \text{s.t.} \quad & \theta x_o - X\lambda \geq 0, \\ & -y_o + Y\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0. \end{aligned}$$

θ : 効率値を示す変数
 (投入物の削減余地率)
 λ : DMU間のウェイトベクトル

【参考】NDRSモデル (投入指向型)

◆小規模のDMUに対してはIRS、それ以外はCRSを仮定する。

➢CCRと比較すると、Dualモデルで、 $e\lambda \geq 1$ という制約が加わっている。



Primal モデル

$$\begin{aligned} \max \quad & u y_o + u_0 \\ \text{s.t.} \quad & -vX + uY + e u_0 \leq 0, \\ & vx_o = 1, \\ & u \geq 0, v \geq 0 \text{ and } u_0 \geq 0. \end{aligned}$$

x_o : DMU_o の投入量ベクトル
 y_o : DMU_o 産出量ベクトル
 X : 投入量行列
 Y : 産出量行列
 v, u : ウェイトベクトル
 u_0 : 規模に関する制約の双対変数

Dual モデル

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta \\ \text{s.t.} \quad & \theta x_o - X\lambda \geq 0, \\ & -y_o + Y\lambda \geq 0, \\ & e\lambda \geq 1, \\ & \lambda \geq 0. \end{aligned}$$

θ : 効率値を示す変数
 (投入物の削減余地率)
 λ : DMU間のウェイトベクトル

[不許複製]

編集・発行人 一般財団法人 電力中央研究所
社会経済研究所長
東京都千代田区大手町1-6-1
電話 03 (3201) 6601 (代)

e-mail src-rr-ml@criepi.denken.or.jp

著作 一般財団法人 電力中央研究所
東京都千代田区大手町1-6-1
電話 03 (3201) 6601 (代)
