

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 21 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22310094

研究課題名(和文) 効率性分析の工学への応用のためのツールの開発

研究課題名(英文) Efficiency Analysis for Engineering Applications

研究代表者

森田 浩 (MORITA, HIROSHI)

大阪大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：60210176

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,200,000円、(間接経費) 1,860,000円

研究成果の概要(和文)：データ包絡分析法による非効率性の考え方を工学分野へ展開することを目的として、いくつかの手法やモデルの開発を行った。不確実性のもとでの効率性評価のための遺伝的アルゴリズムを用いた確率的評価手法、および複数の評価視点を有する場合におけるゲーム交渉解の概念を用いた統一的で合理的な評価モデル、ネットワーク型DEAモデルにおける部分効率性と全体効率性の評価結果に対する不合理性を改善するモデルを提案した。さらに、実験計画法などの統計手法に非効率性の概念を取り入れ、非効率性を排除した本質的なシステムの能力を評価するモデルや非効率性の概念から工程異常を発見するための統計的手法の提案を行った。

研究成果の概要(英文)：We considered the several models and approaches of efficiency evaluation by data envelopment analysis (DEA) to explore the concept of inefficiency into engineering fields. We have proposed the stochastic evaluation approach using genetic algorithm under uncertain environment, game theoretical analysis for reasonable evaluation under multiple perspectives, and the analysis of overall and divisional efficiencies for network or two-stage DEA model. Also, the statistical method such as design of experiment analysis incorporating the concept of inefficiency has been proposed to evaluate the essential power and to detect the process abnormality.

研究分野：オペレーションズ・リサーチ

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学、社会システム工学・安全システムA

キーワード：効率性分析 DEA

1. 研究開始当初の背景

今日、業務の効率化や省エネルギー化は重要な問題となり、無駄の排除は取り組まなければならない課題となっている。本来あるべき能力を出し切れていない状態を非効率性という。ある活動を、投入を産出に変換する過程とみてその変換効率性を評価する効率性分析は、経営主体の効率性を測定するための有効な考え方で、主に社会科学分野で展開され応用されている。これを生産工程や品質改善、設備運用などの固有技術によるところの大きい問題に適用し、品質や生産性の向上ができないかと考えた。

効率性分析の代表的な手法である包絡分析法(DEA; Data Envelopment Analysis)は、企業体の効率性を計測するための手法として 1978 年に提案されて以来、全世界で用いられるに至り、DEA に対する関心は益々高まっている。DEA は多入力多出力をもったユニットの活動の効率性をデータに基づいて相対的に測定するとともに、ベンチマークの選出や、効率化のための改善目標を具体的に提案する手法である。DEA 以前はこの分野は主として計量経済学派により統計的手法を用いて研究されていたが、数理計画法に基づいた DEA の出現によって研究の様態と応用範囲が一変した。

平成 20 年度までに受けた基盤研究(A)「包絡分析法 DEA の理論と応用に関する総合的研究」では、幅広い分野の研究者らと共同で研究を行い、新たな理論展開や有効な応用研究がなされた。そこでは、「評価」という視点からの手法開発とともに新たな応用分野の開拓を目指し、金融、電力、通信、スポーツ、政策決定などの様々な分野への適用が行われた。特に、社会科学における活動は人的な、経営的な要素が強く、効率性評価手法が有効に用いられる分野となっている。

一方で、現在の多種多様なデータや情報が自由に飛び交っている情報化社会では、あらゆる場面において的確で適切な評価や判断を行うことが必要となってくる。合理的で客観的な評価を下すには、オペレーションズリサーチや統計学に代表される数理科学における様々な手法が重要な役割を果たしており、実務においても多くの応用分野で活用されるに至っている。しかし、企業におけるデータ解析の現場では、効率性という概念があまり見受けられない。自然法則や固有技術による部分が大きく、生産現場での標準化を推進することで非効率性を排除できると考えているからかもしれない。また、実験計画などに基づく統計解析では、モデルから外れるデータは異常値などとして取り扱われることが多く、統計的手法の弱点となっていることも多い。異常値のある場合は平均的なもの見方に意味がなくなるように、活動に非効率性がある場合もまずそれを排除しない限り平均的なもの見方には意味がなくなる。

これまでに企業との共同研究を通じて知

ることのできた状況においても、システム工学や品質管理の分野においても非効率性の考え方が必要となることが多く見受けられた。また、2008 年 6 月にニューヨークで開かれた North America Productivity Workshop において効率性分析の工学応用に関するセッションが設けられ、工学分野での応用の可能性と意義についての意見交換がなされた。

研究代表者を務めた基盤研究(A)「包絡分析法 DEA の理論と応用に関する総合的研究」(平成 18 年度～20 年度)で得られた効率性評価手法に対する成果と海外研究者らとの人的ネットワークは有効に活用できる。

一方、現実の問題解決法の中では統計的手法や最適化手法は重要な役割を果たしている。研究代表者や連携研究者の行ってきた共同研究などから、不確実性と不確定性を合わせたデータの表現方法の必要性、大規模問題に対する高速な最適化アルゴリズム、多様なばらつきをもつデータによる最適化手法などの成果が見られる。これらをさらに発展させ、より有効に活用するためにも、効率性という新たな概念を含んだ解析手法の開発が望まれる。

2. 研究の目的

効率性理論を、生産工程や品質改善、設備運用などの固有技術によるところの大きい問題に適用できる評価ツールを開発し、品質や生産性の向上へも貢献することが本研究の目的である。現状では、大量のデータを抱えていてもそこから有用な情報を取り出せていない。また、システムの複雑化などのため、本来あるべき能力を十分に出し切れていないこともある。この状態を非効率的といい、それを発見し排除するための方策を考える。

包絡分析法などに代表される効率性理論は、主に社会科学分野で展開されてきていたが、この理論を工学分野をはじめとする産業界の諸問題に展開するために、統計的手法や最適化手法などに効率性の概念を取り入れた新たな評価ツールを開発することを目的とする。

まず、実験計画法などの統計的手法に「効率性」という概念を融合した評価手法を開発し、既存の統計手法に対して優位性の現れる状況を明らかにする。人的な要素によること多い非効率性を見出して、それを排除することで、よりの確な統計的判断が可能となることが期待できる。そのために、統計的手法と効率性評価法との融合を図る。これまでも回帰分析や主成分分析、因子分析、相関分析、判別分析などの多変量解析法と効率性評価法を結びつけた解析法が見られるが、その多くは多変量解析の結果から効率性を評価したり、効率性評価の結果に対して多変量解析を行ったりするもので、統計手法の中で効率性の概念を取り入れた解析にはなっていない。

本研究ではシステム最適化やデータ解析をする際に、非効率性を排除することでシステムの本質的な能力を高めることを目的とした解析手法を開発する試みである。たとえば、ある機器の操作には作業者の操作法の優劣が影響している可能性があるとき、作業者の操作法の優劣によるものを排除することができれば、真に最適な操作パラメータを見つけることが可能になる。

さらに、相反する価値基準が存在するときの総合的な評価法およびその改善案の提示についての方策も検討する。活動の効率化や最適化を目指すときの価値基準は一樣ではなく、利害関係が一致しないときの妥協点を見出す必要がある。効率性評価においてゲーム理論や均衡点の考え方を取り入れた枠組みを提示することも目的とする。

このように、システム最適化や統計的データ解析に、効率性の概念を組み入れた手法を開発することで、錯綜した問題の本質を明らかにする方策の一つとなることが期待される。

3. 研究の方法

まず、先行研究の整理と分析の枠組みの検討するため、経営工学における作業効率性、統計学における異常値の取り扱い、計量経済学における生産関数理論などの知見を整理し、効率性のとらえ方や適用対象の妥当性について考察を行う。包絡分析法では、スラック型評価尺度、確率的ノンパラメトリック包絡法、ネットワーク型構造モデルなどの最新の理論についても検討する。

ゲーム理論、最適化理論、不確実性科学などのオペレーションズリサーチ、実験計画法や多変量解析法などの統計的手法、データマイニング手法などの機械学習などの関連を踏まえ、多様な意思決定者のもとでの包括的な改善目標の提示を可能とする包絡分析法の新たな解析手法を検討する。競合する価値基準のもとでの統一的な評価法への理論拡張を継続するとともに、確率的ノンパラメトリック包絡分析法、多段階構造をもつ包絡分析法などの最新の理論にも関連して、部分効率性と全体効率性に関する合理性についても検討する。

さらに、効率性のとらえ方や適用対象の妥当性について考察し、非効率性を排除することでシステムの本質的な能力を高めることを目的とした解析手法の開発を行う。実験計画法における要因効果の把握や異常値検知などへの適用を検討する。

事例調査と現状の把握ならびに研究動向の調査のため、企業の実際の現場における品質管理や工程管理などに関するヒヤリングや問題提起を受ける。連携研究者や企業の実務担当者との会合、海外の研究協力者との電子メールなどによる情報交換を行うとともに、国内外の研究発表会での研究発表や学術誌への論文発表も行う。

4. 研究成果

効率性理論は社会科学の分野では広く応用されてきている。工学分野では、生産計画や品質管理、設備運用などの固有技術によるところが大きく、不確実性や評価項目の多面性などの考慮しなければならない要因がある。本研究課題では、工学分野へ展開することを目的として、効率性分析手法である包絡分析法の拡張と開発を行った。効率性に相当する概念に対する関連研究として、経営工学における作業効率性、統計解析における異常値の取り扱い、計量経済学における生産関数理論、オペレーションズリサーチにおけるゲーム理論などを取り上げた。包絡分析法の拡張や融合によってさまざまな手法の提案や解析を行い、以下の研究成果を得た。

- ・実験計画法や多変量解析などの統計手法に非効率性の概念を取り入れることにより、非効率性を排除した本質的なシステムの能力を評価することが可能となる。本研究課題では、一元配置法において非効率性を入れたモデルの拡張を行い、非効率性が存在するかどうかを判定し、存在する場合にはその大きさを推定するモデルを提案した。

- ・不確実性のもとでの効率性を評価するときには多様な評価指標を示すための手法として、遺伝的アルゴリズムを用いた確率的な評価手法を提案した。FDH(Free Disposal Hull)モデルにおける評価結果のロバスト性の解析を行い、より一般的な CRS(Constant Returns to Scale)モデルなどへの拡張性についても示した。

- ・複数の評価視点を有する場合の評価では、評価基準が相反することが多く、評価結果のみならず改善目標も明確にはならない。このような状況において、ゲーム理論における交渉解の概念を用いて統一的で合理的な評価基準を示すための評価モデルを考察し、評価ランキング法とその有効性を示した。さらに、複数の評価視点によって引き起こされるジレンマのもとで、パフォーマンスの改善目標を同定するためのゲーム交渉解モデルの定式化を行い、評価と改善を行うための枠組みを構築した。これまでは単一指標に対する改善目標を与えるものであったが、これをより一般的に複数の指標に対する改善目標を与えることのできる評価モデルを構築した。これらの手法は、中国や日本の銀行の業績評価を事例に取り上げて実証研究を行った。

- ・評価単位の入出力関係のネットワーク構造に基づいて効率性を評価するネットワーク型の DEA モデルにおいて、構造内部における部分効率性とシステム全体の効率性の評価結果が、状況によっては、必ずしも望ましい性質を持っているとは限らないことを示した。

- ・評価単位に複数の並列サブシステムを有するとき、全体システムの効率性および各サブ

システムの効率性を評価するための手法を考察した。これまでにサブシステムの効率性を与えるいくつかのDEAモデルが提案されているが、サブシステム間の入力配分を変更したときに対応した評価とならないことを明らかにし、この問題点を改善した評価モデルを提案した。これによって、各サブシステムが最も効率よく活動するための資源の再配分方策を示すことが可能となる。また、部分効率性から全体効率性を評価するモデルと、全体効率性から部分効率性に分解するモデル方法についての比較考察も行った。

・非効率性の概念から工程異常を発見するための統計的手法の提案を行った。非効率性が存在するときみられる分布の歪に着目し、工程データからそれを検知することで工程異常を早期に発見し、工程計画に反映するための方策を開発した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

Necmi K. Avkiran and Hiroshi Morita, Benchmarking firm performance from a multiple stakeholder perspective with an application to Chinese banking, Omega, Vol. 38, pp. 501-508 (2010).

Xiaopeng Yang and Hiroshi Morita, A DEA model with identical weight assignment based on multiple perspectives, International Journal of Applied Management Science, Vol. 4, pp. 18-35 (2012).

Xiaopeng Yang and Hiroshi Morita, Efficiency improvement from multiple perspectives: An application to Japanese banking industry, Omega, Vol. 41, pp. 501-509 (2013).

[学会発表](計14件)

Hiroshi Morita, Chance-constrained FDH model by genetic algorithm in uncertain environment, The 24th European Conference on Operational Research, 2010年7月13日, リスボン, ポルトガル

中辻一浩, 森田浩, 非効率性を導入した一元配置モデル, 日本品質管理学会第94回研究発表会, 2010年9月10日, 大阪, 日本

Hiroshi Morita, Improvement targets under uncertain environments by FDH model, International DEA Symposium, 2010年9月28日, プリスベン, オーストラリア

Shunsuke Yamada and Hiroshi Morita, Stochastic DEA by genetic algorithm in uncertain environment, INFORMS annual

meeting 2010, 2010年11月8日, オースチン, アメリカ合衆国

山田俊輔, 森田浩, 不確定環境型遺伝的アルゴリズムを用いた確率的DEA法, 第55回システム制御情報学会研究発表講演会, 2011年5月19日, 大阪, 日本

Xiaopeng Yang and Hiroshi Morita, Efficiency improvement in the case of multiple perspectives, The 9th International Conference on Data Envelopment Analysis, 2011年8月26日, テッサロニキ, ギリシャ

Xiaopeng Yang and Hiroshi Morita, Integration of DEA and NBG: An application in Japanese banking industry, INFORMS annual meeting 2011, 2011年11月13日, シャーロット, アメリカ合衆国

Shunsuke Yamada and Hiroshi Morita, Divisional efficiency of network structures, DEA Symposium 2012, 2012年2月21日, 東京, 日本

Xiaopeng Yang and Hiroshi Morita, Improving DEA efficiency from multiple perspectives with an application to banking systems, DEA Symposium 2012, 2012年2月21日, 東京, 日本

森博章, 森田浩, 作業時間分布を用いた工程異常の探索と最適設備利用の推定, 日本品質管理学会第100回研究発表会, 2012年9月14日, 大阪, 日本

Xiaopeng Yang, Hiroshi Morita and Joseph C. Paradi, Improving DEA efficiency under multiple perspectives by game theory, INFORMS annual meeting 2012, 2012年10月16日, フェニックス, アメリカ合衆国

Hiroaki Mori and Hiroshi Morita, Process abnormality detection by process time distribution for optimal planning, INFORMS annual meeting 2012, 2012年10月16日, フェニックス, アメリカ合衆国

Hiroshi Morita, Optimal resource allocation to parallel subsystems by rang adjusted measure, The 13th European Workshop on Efficiency and Productivity Analysis, 2013年6月1日, ヘルシンキ, フィンランド

Xiaopeng Yang, Hiroshi Morita and Joseph C. Paradi, Nonlinear Problems in Efficiency Analysis under Multiple Perspectives, INFORMS annual meeting 2013, 2013年10月7日, ミネアポリス, アメリカ合衆国

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森田 浩 (MORITA HIROSHI)

大阪大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：60210176

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

梅谷 俊治 (UMETANI SHUNJI)

大阪大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：80367820

蓮池 隆 (HASUIKE TAKASHI)

大阪大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：50557949