

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 1 日現在

機関番号：13904

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23656067

研究課題名（和文） 賢い決め方の鉄人を育む最適化学の胎動

研究課題名（英文） Emergence of Optimization Engineering to faster the iron man regarding smart decision making

研究代表者

清水 良明 (SHIMIZU YOSHIAKI)

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：10109085

研究成果の概要（和文）：

本研究ではサービスイノベーションを指向する新しい領域における強力な手段の一つとして最適化学と呼ぶ分野を創生し、その展開を目指した。これは、現況にあつては数理計画分野における最適化の単純な適用だけでは不十分で、製品やプロセスのライフサイクルにわたって問題発見から問題解決そして実行支援への一連の手続きの中で包括的な適用の必要性を強調した。ここでの成果は、様々な領域の問題解決のためにそれぞれ自体が重要であつて、有効な（賢い決め方としての）利用が期待される。さらに本研究を通じて志向するフレームワークの中でこれらを利用することで真の有用性を発揮できるようにするための確かなステップを進めた。

研究成果の概要（英文）：

To cope with service innovation in modern manufacturing, this study has aimed at exploring a new paradigm with comprehensive scope. This approach attempts to cover every tasks concerned with the optimization, and we call such research area *optimization engineering*. Then, we tried to deploy its idea in manifold manners and apply them to various problems that are keen in recent years. Every outcome obtained here will be significant by itself, and available for solving various problems of the respective area. After they will be utilized on the proposed infrastructure in advance, its true usefulness will be enhanced. This study have progressed a certain step toward it.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎

キーワード：最適化学、多目的最適化、ロジスティクスネットワーク最適化、メタ解法、ハイブリッドアプローチ、意思決定者、主観的評価

1. 研究開始当初の背景

日本では近年、回復基調にあるとはいえ、我国の競争力ランキングが落ち込んできているという不都合な事実がある。産業コストの国際比較において、特に人件費や輸送通信コストで競争諸国と比べて極めて不利な状況にある我国において、意思決定のスピード化とその合理化が国際競争力回復の必須条件である。さらに多くの先進国において、第3次産業の占める割合は70%を越え、あるいは

は越えようとしており、ハードな有形の製品を生産する「ものづくり」から、無形の製品を生み出す「ソフトなものづくり」が主流となつてきていることにも十分に認識しておく必要がある。そこでは結果としての「ものづくり」の高度化に加えてサービスを含めた感性価値を含む付加価値を高めることを新しいビジネスモデルとする過程に関わる「ことづくり」を併せて考えることが大切になってくる。

このような現況の中で従来、最適化に対する研究は、最適化理論や最適化手法に関するものが中心であり、問題自身の定式化や結果の解釈や活用と関わるにはほとんど関心が払われてこなかった。最適化を真に有効な意思決定支援のツールの一つとするためには現実的問題解決のためのパラダイムの中で現実と仮想（モデル）が相互に強い連携の下で循環するものとして位置付けられる必要がある。

このため、はじめに問題ありきではなく、問題自体の定義から問題解決を始めることが求められる。この場合、問題の認識から始まり、価値システムの設定、問題の定式化、最適化結果の“みえる化”といった人としての意思決定者との主観的な対応や関わりが不可欠となる。こうしたアプローチの結果としての一連の手順には、従来の数理的範ちゅうからはずれた悪定義・悪設定となる要素が多く含まれる。従って人との直接的な関与の深い発想・認識・情報共有のための手法との連携も必須となる。こうした最適化と深く関わる周辺領域を含めた統合的問題解決手段を与える必要があった。

2. 研究の目的

上述のように最適化に関する従来の研究は、もっぱら最適化理論や最適化手法に関して行われており、問題自身の定式化や適切な手法の選択支援および計算結果の解釈と事後解析を通じたその活用支援に関わるものは国内外においてほとんどみあたらない。換言すれば、「いかに問題を解くか」については数多くの研究がなされているが、「いかに問題を定式化するか」や「いかに求解手法の選択や結果の解釈を支援するか」について体系化された考察は行われていない。従って最適化研究が工学と関わる現実の問題解決の単に概念や後付けの解釈だけにとどまらず、実際の意思決定に役立つためには、問題解決に向けた時間軸を網羅した総合的取り組みが不可欠である。本研究では、最適化技術の実現基盤上で最新の最適化研究の成果を適時取り入れながら、ものづくり現場で実際の意思決定（もの・ことづくり）に真に役立つ最適化研究（最適化工学）の横断的展開とその積極的な産業応用や、こうした視点の啓蒙を目的とした。

3. 研究の方法

(1) 意思決定者の価値観を表現する価値モデルの作成は、最適化において極めて重要であるにも拘らず画一的に有効な手法は存在しない。このため、特に悪環境下での実用化・機能化を図り、現実を使い勝手の良い手法を与える。そして多元的な評価項目を視覚的に表現し、主観的作業となる多目的評価を

より直感的に支援できる技術を組み込んだ多目的最適化手法を開発する。

(2) 所与の問題解決を適切に（多目的）最適化問題として定式化するための一般的手順を与える。このため必要となる知識工学やシステムズアプローチの要素技術を援用して最適化手法と有機的に連携させた最適化問題自体の定式化法の開発と最適化オントロジーの構築を通じた最適化問題の意味論的な解析法を与え、これらの有用性を検証する。

(3) 上述の成果を集積し、またエンジニアリングオントロジーとの連携を図り、現場で誰でもが容易に活用できる最適化を通じた総合的な意思決定支援システムのプロトタイプを構築しその評価を行う。

4. 研究成果

(1) 最適化工学の要件の関連付け

意思決定において最適化は極めて重要な要素技術であるにも拘らず画一的に有効となる手法は存在しないため、様々な適用場面での実用化・機能化を目指した。そして、現実を使い勝手の良い最適化手法を与え、種々の応用を行った。また所与の問題解決を適切に（多目的）最適化問題として定式化するための一般的手順を与えるために、必要となる知識工学やシステムズアプローチの要素技術を援用して最適化手法と有機的に連携させた最適化問題自体の定式化法を開発し、この有用性の検証も行った。

(2) 暗黙知を形式知に牽引する取り組み

我国のものづくりが将来にわたって競争力を維持、強化していくためには、研究開発や製造環境のイノベーションを進めながら製品の差別化を図っていくことが不可欠である。このためには、理性に基づく価格、機能性、信頼性といった数量的、論理的価値だけにとどまらず、理屈抜きで好き嫌いといった判断に基づく感性価値にも重きをおいた製品企画・開発および設計手順の確立が重要となる。こうした意思決定環境下において、感覚的な評価を含む多様な価値観に従う製品開発・設計支援システムの開発のための要素技術を与え、その実装化・性能評価の手順に関する検討を行った。

(3) 形式知を暗黙知に還元する取り組み

数理的に得られた最適化結果をいかにわかりやすく示し、その有用性を共有することは、現実の意思決定にとって極めて重要である。それにも拘らず、従来最適化分野の周辺領域については関心が払われてこなかった。特に多目的最適化においては、意思決定者の価値観と関わる選好情報の収集のため、最終結果だけでなく探索中においても途中結果をわかりやすく提示することは重要であり、この視点を組み入れた多目的最適化手法の開発の要件について検討を行った。

最適化適用事例を体系的に蓄積して効率的に再利用するためには、単に手法と結果だけの関係ではなく、適用過程の経緯や適用体験の記録も必要となる。こうした目的のため最適化オントロジーの構築が求められる。しかしこうした考察は現状では限られた研究に留まっている。本課題でも一つの重要な対象としたが最終的な成果物を得るまでには至っておらず、今後の研究の進展が求められる。

(課題の全体的達成度)

意思決定のスピード化とその合理化は我が国の産業の競争力の必須条件であり、加えてハードな有形の製品を生産する「ものづくり」から、無形の製品を生み出す「ソフトなものづくり」が主流となってきている状況がある。最適化をこのような状況の中で真に有効な意思決定支援のツールの一つとするためには、はじめに問題ありきではなく、問題の認識から始まり、価値システムの設定、問題の定式化、最適化結果の“みえる化”やこの考察から新たに生じる事後解析といった意思決定者との主観的な対応や関わりを不可欠とするアプローチが求められる。そして「ものづくり」の高度化に加えてサービスを含めた付加価値を高めることが新しいビジネスモデルとなることを認識し、この流れを一つの慣習として習得した場合、所与の問題解決において対象システムの特性に則した現実を柔軟かつ十分に反映させることが自

然と行なわれ、活用が試みられるようになる。さらにこうした成果の蓄積が、「問題として定式化できれば、改善につながるにも拘らず、どうして定式化すればよいかわからず放置されたままにされ一向に改善されない問題が非常に多い」という生産現場での現状を打破できるようになる。

こうした一連の手順には、従来の数理的範ちゅうからはずれた悪定義・悪設定となる要素が多く含まれる。従って人との直接的な関与の深い発想・認識・情報共有のための手法との連携も必須となる。こうした最適化の周辺領域を含めた統合的問題解決手段を与えようとするところに、従来の数理工学的なアプローチとは全く異なる本研究の斬新なアイデアやチャレンジ性を有している。こうした理念をかかげて幾つかの要素技術の開発と応用を精力的に進めてきたが、個別的事例研究に努力が傾注された感があり、全般的な最終目標の下での達成度は 60%程度である。

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 16 件) <全て査読あり>
 [1] 清水良明, “経済性評価を主旨とするセービング法とその改善法,” システム制御情報学会論文誌, Vol.24, No.2, pp.39-41 (2011)

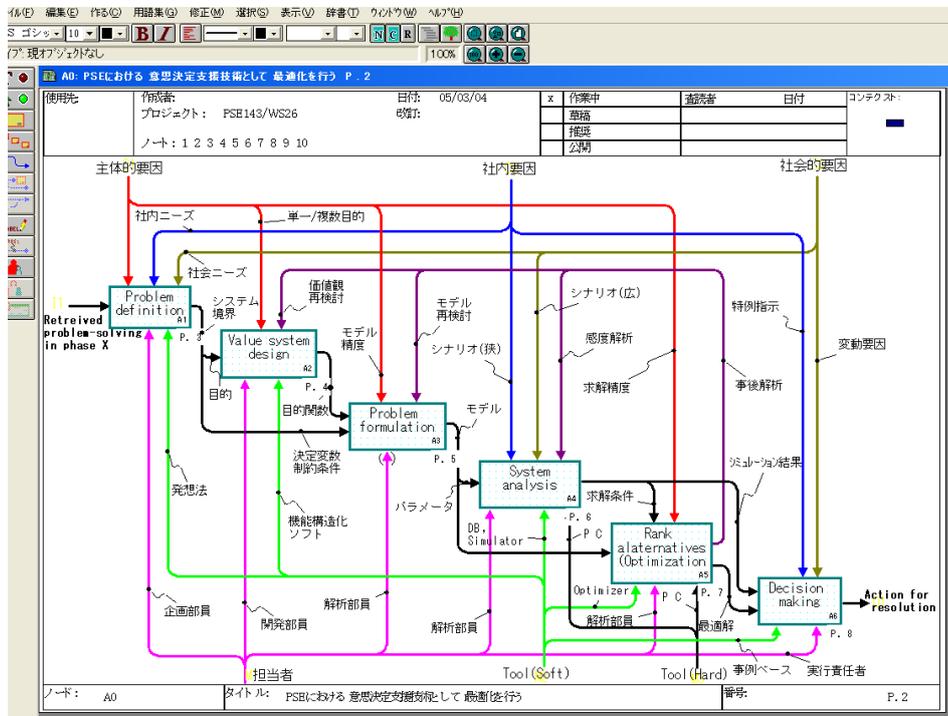


図 2 最適化工学適用のための IDEF0 モデル (AO レベル)

[2] 清水良明, “大局最適化問題に対する進化型シンプレックス法の提案,” システム制御情報学会論文誌, Vol.24, No.5, pp.119-126 (2011)

[3] Yoshiaki Shimizu, Hideaki Fushimi and Takeshi Wada, “Robust Logistics Network Modeling and Design against Uncertainties,” Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.5, No.2, pp.103-114 (2011)

[10.1299/jamdsm.5.103]

[4] 清水良明, “多様な条件に対応可能なセービング法に基づく巡回配送計画のメタ最適化,” システム制御情報学会論文誌, Vol.24, No.12, pp.287-295 (2011)

[5] Yoshiaki Shimizu, Toshiya Waki and Jae-Kyu.Yoo, “Multi-Objective Optimization on a Sequencing Planning of Mixed-Model Assembly Line,” Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.5, No.4, pp.274-283 (2011)

[10.1299/jamdsm.5.274]

[6] Yoshiaki Shimizu, Yasumasa Kato and Takeshi Kariyehara, “An Integrated Approach for Decision Support through Multi-objective Optimization with Application to an Ill-posed Design Problem,” Computer Technology and Application, Vol.2, pp.912-925 (2011)

[7] Yoshiaki Shimizu, “Operating Procedure Synthesis Subject to Restricted State Transition Using Differential Evolution,” J. Chem. Eng. Japan, Vol.45, No.1, pp.51-57 (2012)

[10.1252/jcej.11we119]

[8] Dicky Fatrias, Yoshiaki Shimizu, “An Enhanced Two-Phase Fuzzy Programming Model for Multi-Objective Supplier Selection Problem,” Industrial Engineering & Management Systems, Vol.11, No.1, pp.1-10 (2012)

[10.7232/iems.2012.11.1.001]

[9] Yoshiaki Shimizu, Tatsuhiko Sakaguchi and Theerayoth Pralomkarn, “Multi-Objective Analysis Applied to Mixed-Model Assembly Line Sequencing Problem through Elite Induced Evolutionary Method,” Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.6, No.5, pp.647-660 (2012)

[10.1299/jamdsm.6.647]

[10] Yoshiaki Shimizu and Muhammad Rusman, “A Hybrid Approach for Huge Multi-stage Logistics Network Optimization under Disruption Risk,” J. Chem. Eng. Japan, Vol.45, No.8, pp.597-603 (2012)

[10.1252/jcej.12we045]

[11] 清水良明, 高山将来, 大石裕章, “エリート牽引型進化法による多目的解析 - PSA法を例として,” 進化計算学会論文誌, Vol.3, No.2, pp.22-30 (2012)

[12] Yoshiaki Shimizu, Toshiya Waki and Tatsuhiko Sakaguchi, “Multi-objective Sequencing Optimization for Mixed-model Assembly Line Considering Due-date Satisfaction,” Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.6, No.7, pp.1057-1070 (2012)

[10.1299/jamdsm1057]

[13] Yoshiaki Shimizu, Tatsuhiko Sakaguchi and Min Kyoung Gu, “Vehicle Routing Problem Targeting CO2 Reduction under Cost Minimization Strategy,” International Journal of Logistics and SCM Systems, Vol.6, No.1, pp.1-10 (2012)

[14] Muhammad Rusman and Yoshiaki Shimizu, “Morphological Analysis for Multistage Logistic Network Optimization under Disruption Risk,” Journal of Japan Industrial Management Association, Vol.63, No.4E, pp.289-297 (2013)

[学会発表] (計 30 件) <以下全て査読あり>

[1] Yoshiaki Shimizu, Hideaki Fushimi and Takeshi Wada, “Robust Logistics Network Modeling and Design against Uncertainties,” 21st European Symposium on Computer Aided Process Engineering, Chalkidiki, Greece, (May 29-June 1, 2011)

[2] Yoshiaki Shimizu, “Operating Procedure Synthesis Subject to Restricted State Transition Using Differential Evolution,” 21st European Symposium on Computer Aided Process Engineering, Chalkidiki, Greece, (May 29-June 1, 2011)

[3] Yoshiaki Shimizu, Tatsuhiko Sakaguchi, and Theerayoth Pralomkarn, “Multi-Objective Analysis Applied to Mixed-Model Assembly Line Sequencing Problem through Elite Induced Evolutionary Method,” Proc. 5th Int. Symp. on Scheduling, pp.29-34, Osaka (2011/7)

[4] Yoshiaki Shimizu and Toshiya Waki, “Multi-objective Sequencing Optimization for Mixed-model Assembly Line Considering Due-date Satisfaction,” Proc. 12th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference, Beijing, China (2011/10)

[5] Dicky Fatrias and Yoshiaki Shimizu, “An Enhanced Two-phase Approach for Fuzzy Multi-objective Linear Programming in Supplier Selection Problem,” Proc. 12th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference, Beijing, China (2011/10)

[6] Yoshiaki Shimizu and Muhammad Rusman, “Morphological Analysis for Multistage Logistic Network Optimization under Disruption Risk,” Proc. International Symposium on Semiconductor Manufacturing Intelligence, Hsinchu, Taiwan (Jan.6-8, 2012)

- [7] Yoshiaki Shimizu and Min Kyoung Gu, "Vehicle Routing Problem Targeting CO2 Reduction under Cost Minimization Strategy," 7th International Congress on Logistics and SCM Systems, Souel, Korea, (June 7-9, 2012)
- [8] Yoshiaki Shimizu, Takatobu Miura, "Effect of Topology on Parallel Computing for Optimizing Large Scale Logistics through Binary PSO," 22nd European Symposium on Computer Aided Process Engineering, London, UK, (June 17-20, 2012)
- [9] Tatsuhiko Sakaguchi, Tatsuro Murakami, Shohei Fujita, Yoshiaki Shimizu, "A Scheduling Method with Considering Nesting for Sheet Metal Processing," Proc. ASME 2012 International Symposium on Flexible Automation, St. Louis, MO, USA (June 18-20, 2012)
- [10] Yoshiaki Shimizu and Muhammad Rusman, "Hybrid Approach for Multi-stage Logistics Network Optimization under Disruption Risk," Proc. 11th International Symposium on Process Systems Engineering, Singapore (July 15-19, 2012)
- [11] Yoshiaki Shimizu and Syota Tsuchiya, "A Hybrid Meta-heuristic Method for Optimizing Logistic Networks Subject to Operational Conditions in Practice," Proc. 11th International Symposium on Process Systems Engineering, Singapore (July 15-19, 2012)
- [12] Yoshiaki Shimizu, "Generalized Vehicle

Routing Problem for Reverse Logistics Aiming at Low Carbon Transportation," Proc. 13th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference, Phuket, Thailand (2012/12)

[13] Muhammad Rusman and Yoshiaki Shimizu, "Effect of Continuity Rate for Multistage Logistic Network Optimization under Disruption Risk," Proc. 13th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference, Phuket, Thailand (2012/12)

〔図書〕 (計 1 件)

[1] 社団法人電気学会・進化技術応用調査専門委員会編：進化技術ハンドブック—第Ⅲ巻 応用編—生産・物流システム, 27.3 節 (pp.580-585), 29.4 節 (pp.649-655), 31.2 節 (pp.696-702), 近代科学社, 東京 (2012.6)

〔その他〕

ホームページ等

<http://ise.me.tut.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

清水 良明 (SHIMIZU YOSHIAKI)

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：10109085