

機関番号：15401

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20310089

研究課題名（和文） ファジィランダム大規模多目的多重レベルシステムに対する対話型意思決定とその応用

研究課題名（英文） Interactive decision making for fuzzy random large-scale multiobjective multilevel systems with applications

研究代表者

坂和 正敏（SAKAWA MASATOSHI）

広島大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：70093507

研究成果の概要（和文）：本研究では、現実の意思決定状況における確率論的不確実性とファジィ論的曖昧性を考慮したファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化問題の定式化を進め、上位レベルと下位レベルの意思決定者の間の対話をも考慮した対話型ファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化手法の開発と対話型ソフトウェアを作成するとともに、本研究課題で得られる研究成果の有効性のみならず、実用性についての検討も試みた。

研究成果の概要（英文）：In this research, we dealt with large-scale multi-level multiobjective programming problems involving randomness and fuzziness and proposed computational methods for deriving mutual cooperative solutions to the problems. Considering the necessity for cooperative fuzzy decision making in multi-level multiobjective programming, interactive fuzzy programming methods for multilevel programming problems were presented. The feasibility and effectiveness of the proposed method were demonstrated through a lot of numerical examples.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
総計	4,500,000	1,350,000	5,850,000

研究分野：システム工学

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

キーワード：ファジィシステム，多目的システム，多重レベルシステム，確率計画法

1. 研究開始当初の背景

多目的最適化に関する研究は、アメリカ、ヨーロッパ、日本等で理論と応用の両面から着実に進歩してきている。また、アメリカ、ヨーロッパ、日本等が中心となり研究が進められてきたファジィシステムに関しては、理論面のみならず産業界における実用化も急速に進んできている。不確実性を含む意思決定問題に対して、これまで確率計画法とファジィ計画法が独自の立場から発展してきてい

る。近年、これらの2つの手法を融合する試みとして、確率変数の実現値がファジィ数となるようなファジィランダム変数係数を含む計画問題に対する考察や、多目的確率線形計画問題に対する対話型ファジィ計画法に関する研究が現れ始めた。研究代表者はこれまで、多目的システム、ファジィシステムの最適化とその応用に関する研究を長年に渡り遂行し数多くの研究成果を内外の著名な学術雑誌に発表してきており、2002年まで

の研究成果は外国の著名な出版社から3冊の研究書として出版され、世界的にも高く評価されてきている。このような研究代表者とこれまで申請者と共同研究を行ってきた分担者との研究経過を踏まえて、本研究では、確率論的不確実性のみならずファジィ論的曖昧性を同時に取り入れた広い意味での不確実性の下でのファジィランダム大規模多目的多重レベル計画問題の定式化とともに、上位レベルの意思決定者と下位レベルの意思決定者がお互いの立場をわきまえて、可能な限りレベル間の満足度をバランスよく達成させるようなそれぞれの意思決定者間の対話を考慮した新たな対話型ファジィランダム大規模多目的最適化手法の開発とその応用を目指す。

2. 研究の目的

本研究では、複雑に依存しあう社会システムにおける様々な意思決定は、確率論的ランダム性とファジィ論的曖昧性を同時に取り入れた広い意味での不確実性の下で、大規模多変数でしかも複数個の相競合する目的を有する複数人の意思決定者の意向を考慮して行わなければならないことに着目して、ランダム性とファジィ性を含む大規模多目的多重レベル最適化問題を定式化するとともに、対話型ファジィランダム最適化手法を提案する。ある一人の意思決定者の満足解の導出に主眼をおかれてきた従来の多目的最適化に対して、本研究で定式化されるファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化問題の最大の特徴は、一人の上位レベルの意思決定者と複数人のいくつかの下位レベルの意思決定者のそれぞれの複数個の目的関数を共通の制約条件と個別の制約条件のもとで、上位レベルの意思決定者と下位レベルの意思決定者のお互いの満足度を、それぞれの立場をわきまえて、可能な限りバランスよく達成させるというトータルな満足解を対話的に導出することである。このように本研究では、(1) 現実の意思決定状況のランダム性とファジィ性を同時に考慮した大規模多目的ファジィランダム多重レベル最適化問題の定式化を進め、(2) 上位レベルと下位レベルの意思決定者との対話をも考慮したファジィランダム対話型大規模多目的最適化手法を開発し、(3) 対話型ファジィランダム大規模多目的最適化システムを構築するとともに、産業界における実システムへの応用に関する研究を試みる。

3. 研究の方法

研究代表者と着任以来共同研究を継続してきている2名の準教授から構成される研究組織で、3年計画で申請する本研究計画では、確率論的ランダム性とファジィ論的曖昧性

を同時に考慮するとともに、大規模多変数でしかも複数個の相競合する目的を有する複数人の意思決定者の意向をも考慮して、ファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化問題の定式化を試みる。さらに、上位レベルの意思決定者と下位レベルの意思決定者がお互いの立場をわきまえて、可能な限りレベル間の満足度をバランスよく達成させる満足解を対話的に導出するという対話型ファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化手法の提案と実システムへの応用を遂行する。平成20年度には、主として理論的研究としての、ファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化問題の定式化や、対話型ファジィランダム多目的最適化手法の開発を実施し、平成21年度以降には現実の社会システムへの応用を目指して、対話型ファジィランダム多目的多重レベル最適化システムの開発や産業界における実システムへの応用研究を遂行する。

4. 研究成果

(1) ファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化問題の定式化

ファジィ回帰分析やファジィモデリング手法による現実の意思決定状況のモデル化により、ファジィ情報を考慮した大規模多目的多重レベル最適化の観点から、さまざまな大規模多目的ファジィ多重レベル最適化問題の定式化を進めるとともに、ランダム変数係数を考慮した確率計画問題の定式化とファジィ情報を考慮したファジィ計画問題の定式化に基づいて、これまで個別に考察されてきた確率的ランダム性とファジィ論的曖昧性を同時に考慮したファジィランダム変数係数を含むという新たなファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化問題の定式化を試みた。ここで定式化するファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化問題は、ファジィランダム変数係数を目的関数のみ含む連続変数の線形の問題から非線形の問題へ拡張するとともに、ファジィランダム変数係数を目的関数のみならず制約条件式にも含むというより一般化された線形および非線形のファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化問題への拡張を行った。

(2) 対話型ファジィランダム多目的最適化手法の開発

多目的ファジィ最適化問題に対する申請者のこれまでの開発済みの対話型意思決定手法に、確率計画法、ファジィ計画法、多目的計画法、ゲーム理論などの意思決定手法の望ましい特徴を取り入れることにより、モデリング過程でのパラメータに含まれるファジィ性やランダム性のみならず、意思決定者の判断の曖昧性をも同時に考慮した、人間中心の新しい対話型意思決定手法の開発を試み

た。なお、開発した対話型ファジィランダム多目的最適化手法は、ファジィランダム変数係数を目的関数のみ含む連続変数の多目的線形および非線形最適化問題のみならず、ファジィランダム変数係数を目的関数と制約条件式にともに含むという般化されたファジィランダム多目的最適化問題と離散変数への拡張も行った。

(3) 対話型ファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化法の開発

(2)で開発した対話型ファジィランダム多目的最適化手法に、大規模最適化、多重レベル最適化、ソフトコンピューティング、遺伝的アルゴリズム、タブーサーチ、進化的メタヒューリスティクスなどの近年注目されてきている新しい手法の望ましい特徴を取り入れることにより、モデリング過程でのパラメータに含まれるファジィ性やランダム性、定式化されたファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化問題に対する上位レベルと下位レベルの意思決定者の判断の曖昧性を考慮した、人間性を尊重した新しい意思決定手法を開発した。

(4) 対話型ファジィランダム多目的多重レベル最適化システムの開発

確率論的ランダム性のみならずファジィ論的曖昧性をも同時に考慮した対話型ファジィランダム多目的多重レベル最適化手法の提案に基づいて、C言語によるソフトウェアを作成するとともに、ランダム性とファジィ性を同時に考慮した対話型ファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化システムの開発を試みた。

(5) 社会システムへの応用

複雑に依存しあう社会システムでの意思決定状況における現実の具体的な問題を、連続変数のファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化問題として定式化するのみならず、0-1変数、整数変数および混合整数変数を含む広範囲のファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化問題や組合せ最適化問題としての定式化を行い、対話型ファジィランダム大規模多目的多重レベル最適化手法に基づいて、産業界における実システムへの応用に関する研究を試みた。

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 22 件)

1. Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Keiichi Ishimaru, Satoshi Ushiro, Long-term operation planning of district heating and cooling plants considering contract violation penalties, *Scientiae Mathematicae Japonicae*, vol. 72,

査読有, 2010, pp185-194

2. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Keiichi Ishimaru, Satoshi Ushiro, An interactive fuzzy satisficing method for multiobjective operation planning of district heating and cooling plants considering contract violation penalties, *IAENG International Journal of Applied Mathematics*, vol. 40, 査読有, 2010, pp1-9

3. Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Keiichi Ishimaru, Satoshi Ushiro, Heat load prediction in district heating and cooling systems through a recurrent neural network with data characteristics, *Scinetiae Mathematicae Japonicae*, vol. e-2010, 査読有, 2010, pp 449-464

4. Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa, Kosuke Kato, Koichi Matsumoto, Non-linear integer programming based on particle swarm optimisation combining diversification and intensification, *International Journal of Knowledge Engineering and Soft Data Paradigms*, vol. 2, 査読有, 2010, pp251-262

5. Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Interactive fuzzy programming based on fractile criterion optimization model for two-level stochastic linear programming problems, *Cybernetics and Systems*, vol. 41, 査読有, 2010, pp 508-521

6. Keiichi Niwa, Tomohiro Hayashida, Masatoshi Sakawa, Computational methods for two-level 0-1 programming problems through distributed genetic algorithms, *Journal of telecommunications and Information Technology*, no. 2010/2, 査読有, 2010, pp. 78-87

7. 羽森 寛, 坂和 正敏, 片桐 英樹, 松井 猛, フラットパネル製造工程におけるデュアルチャネルシステムに基づく高速非接触検査手法, *エレクトロニクス実装学会誌*, vol. 13, 査読有, 2010, pp562-568

8. 坂和正敏, 西崎一郎, 多重レベル計画問題に対する対話型ファジィ計画法, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), Vol. 21, 査読有, 2009, pp1035-1043

9. 矢野均, 坂和正敏, 大規模多重レベル多目的計画問題に対するファジーアプローチと環境管理計画問題への適用, *電子情報通信学会論文誌 A*, Vol. J92-A, 査読有, 2009, pp407-418

10. Kosuke Kato, Masatoshi Sakawa, Keiichi Ishimaru, Satoshi Ushiro, Operation Planning of District Heating and Cooling Plants Considering, Contract Violation Penalties, *Journal of Advanced*

Computational Intelligence and Intelligent, Informatics, Vol.13, 査読有, 2009, pp185-192

11. Masatoshi Sakawa, Kosuke Kato, Interactive Fuzzy Programming for Stochastic Two-level Linear Programming Problems through Probability Maximization, IIASA Interim Report, IR-09-013, 査読有, 2009, pp1-17

12. Masatoshi Sakawa, Kosuke Kato, An Interactive Fuzzy Satisficing Method for Multiobjective Nonlinear Integer Programming Problems with Block-angular Structures through Genetic Algorithms with Decomposition Procedures, IIASA Interim Report, IR-09-014, 査読有, 2009, pp1-16

13. Masatoshi Sakawa, Kosuke Kato, Interactive Fuzzy Random Two-level Linear Programming through Fractile Criterion Optimization, IIASA Interim Report, IR-09-020, 査読有, 2009, pp1-18

14. Masatoshi Sakawa, Kosuke Kato, Fuzzy Random Noncooperative Two-level Linear Programming through Absolute Deviation Minimization Using Possibility and Necessity, IIASA Interim Report, IR-09-021, 査読有, 2009, pp1-21

15. Amir Azaron, Cahit Perkoç, Hideki Katagiri, Kosuke Kato, Masatoshi Sakawa, Multi-objective reliability optimization for dissimilar-unit cold-standby systems using a genetic algorithm, Computer & Operations Research, Vol. 36, 査読有, 2009, pp1562-1571

16. Md. Abul Kalam Azad, Kosuke Kato, Hideki Katagiri, Takeshi Uno, Masatoshi Sakawa, Interactive fuzzy programming for multiobjective two-level nonlinear integer programming problems through genetic algorithms, Scientiae Mathematicae Japonicae, Vo. e-2009, 査読有, 2009, pp521-538

17. El Bekkaye Mermri, Hideki Katagiri, Masatoshi Sakawa, Hiroaki Ishii, A variance minimization model for fuzzy random minimum spanning tree problems Scientiae Mathematicae Japonicae, Vo. e-2009, 査読有, 2009, pp539-550

18. 加藤 浩介, 松井 猛, 坂和 正敏, 森原憲治, 非線形計画問題に対する Particle Swarm Optimization に基づく近似解法, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), vol. 20, 査読有, 2008, pp399-409

19. Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa, Kosuke Kato, Takeshi Uno, Koichi Tamada, Particle swarm optimization for

interactive fuzzy multiobjective nonlinear programming, Scientiae Mathematicae Japonicae, vol. 68, 査読有, 2008, pp103-115

20. 矢野均, 坂和正敏, 一般化 Λ 極点を用いた多重レベル多目的計画問題に対する対話型ファジィ意思決定と環境問題への適用, 日本経営工学会論文誌, vol. 59, 査読有, 2008, pp231-242

21. 加藤浩介, 坂和正敏, 片桐英樹, 2レベル確率線形計画問題に対する単純リコースモデルに基づく対話型ファジィ計画法, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), vol. 20, 査読有, 2008, pp944-951

22. Hideki Katagiri, Masatoshi Sakawa, Kosuke Kato, Ichiro Nishizaki, Interactive multiobjective fuzzy random linear programming: maximization of possibility and probability, European Journal of Operational Research, vol. 188, 査読有, 2008, pp530-539

[学会発表] (計 18 件)

1. Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Stackelberg solutions for fuzzy random two-level linear programming through level sets and expectation optimization, Joint 5th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 11th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, 12 Dec 2010, Okayama

2. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Hideki Katagiri, Keiichi Ishimaru, Satoshi Ushiro, "Heat load prediction through recurrent neural network using particle swarm optimization in district heating and cooling systems", Joint 5th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 11th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, 12 Dec 2010, Okayama

3. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Keiichi Ishimaru, Satoshi Ushiro, An Interactive Fuzzy Satisficing Method for Multiobjective Operation Planning of District Heating and Cooling Plants Considering Various Penalties for Violation of Contract, the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010, Mar 17-19 2010, Hong Kong Cina

4. Keiichi Niwa, Tomohiro Hayashida, Masatoshi Sakawa, Yishen Yang, Decentralized two-level 0-1 programming

through distributed genetic algorithms, the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010, Mar 17–19 2010, Hong Kong Cina

5. Masatoshi Sakawa, Takehisa Hontani, Kosuke Kato, Takeshi Matsui, An Interactive Fuzzy Satisficing Method for Fuzzy Random Multiobjective 0-1 Programming Problems through Probability Maximization Using Possibility, 5th International Workshop on COMPUTATIONAL INTELLIGENCE & APPLICATIONS 2009, 10–12 Nov 2009, Hiroshima

6. Masatoshi Sakawa, Atsushi Karino, Kosuke Kato, Takeshi Matsui, An Interactive Fuzzy Satisficing Method for Multiobjective Stochastic Integer Programming Problems through Simple Recourse Model, 5th International Workshop on COMPUTATIONAL INTELLIGENCE & APPLICATIONS 2009, 10–12 Nov 2009, Hiroshima

7. Masatoshi Sakawa, Shimpei Matsuoka, Kosuke Kato, Keiichi Ishimaru, Satoshi Ushiro, Long-term Operation Planning of District Heating and Cooling Plants Considering Contract Violation Penalties, 5th International Workshop on COMPUTATIONAL INTELLIGENCE & APPLICATIONS 2009, 10–12 Nov 2009, Hiroshima

8. Kosuke Kato, Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Hidenori Ohtsuka, A Computational Method for Obtaining Stackelberg Solutions to Noncooperative Two-Level Programming Problems through Evolutionary Multi-Agent Systems, the Third KES International Symposium on Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications, 3–5 Jun 2009, Uppsala Sweden

9. Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa, Kosuke Kato, Particle Swarm Optimization Using the Decoding Algorithm for Nonlinear 0-1 Programming Problems, the Third KES International Symposium on Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications, 3–5 June 2009, Uppsala Sweden

10. Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa, Ichiro Nishizaki, Kosuke Kato, Stackelberg Solution to Two-Level Linear Programming Models of Food Retailers and Brokerages Problems, International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2009, 18–20 Mar 2009, Hong Kong China

11. Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa, Kosuke Kato, Koichi Matsumoto, Particle

swarm optimization combining diversification and intensification for nonlinear integer programming problems, 4th International Workshop on

Computational Intelligence & Applications (IWCIA2008), Dec 12 2008, Hiroshima

12. Kosuke Kato, Masatoshi Sakawa, Keiichi Ishimaru, Satoshi Ushiro, Toshihiro Shibano, "Heat load prediction through recurrent neural network in district heating and cooling systems", 2008 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC 2008), Oct. 13 2008, Suntec Singapore

13. Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa, Kosuke Kato, Takeshi Uno, "Particle swarm optimization for nonlinear 0-1 programming problems", 2008 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC 2008), Oct. 13 2008, Suntec Singapore

14. Yoshiki Uemura, Kosuke Kato, Masatoshi Sakawa, "A fuzzy DEA model and its application to bank efficiency evaluation", Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems, Sep. 19 2008, Nagoya

15. Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa, Kosuke Kato, Takeshi Uno, Koichi Tamada, "An interactive fuzzy satisficing method through multiobjective particle swarm optimization with external archives", Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems, Sep. 19 2008, Nagoya

16. Kosuke Kato, Masatoshi Sakawa, Interactive fuzzy programming based on variance minimization using genetic algorithm for two-level integer programming problems involving random variable coefficients, Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems, Sep. 19 2008, Nagoya

17. Kosuke Kato, Masatoshi Sakawa, Keiichi Ishimaru, Satoshi Ushiro, "Operation planning of district heating and cooling plants considering various penalties for violation of contract", Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 9th International Symposium on advanced

Intelligent Systems, Sep. 19 2008, Nagoya
18. Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa,
Kosuke Kato, Particle swarm optimization
using memory structures for nonlinear 0-1
programming problems, the 11th Czech-
Japan Seminar on Data Analysis and
Decision Making under Uncertainty, Sep. 16
2008, Sendai

[図書] (計 2 件)

1. Masatoshi Sakawa, Ichiro Nishizaki,
Hideki Katagiri, Springer, “Fuzzy
Stochastic Multiobjective Programming,
2011, 264
2. Masatoshi Sakawa, Ichiro Nishizaki,
Springer, Cooperative and Noncooperative
Multi-Level Programming, 2009, 250

6. 研究組織

(1) 研究代表者

坂和 正敏 (Sakawa Masatoshi)
広島大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号：70093507

(2) 研究分担者

加藤 浩介 (KATO KOUSUKE)
広島工業大学・情報学部・准教授
研究者番号：00263731
(H20→H21)

片桐 英樹 (KATAGIRI HIDEKI)
広島大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：40325147

(3) 連携研究者

なし