

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月13日現在

機関番号：15401
 研究種目：挑戦的萌芽研究
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22651060
 研究課題名（和文） ファジィランダム変数とランダムファジィ変数を含む対話型多目的多重レベル計画法
 研究課題名（英文） Interactive multi-level multiobjective programming with fuzzy random and random fuzzy variables
 研究代表者
 坂和 正敏（SAKAWA MASATOSHI）
 広島大学・工学研究院・特任教授
 研究者番号：70093507

研究成果の概要（和文）：

本研究課題では、確率論的不確実性とファジィ論的曖昧性を同時に取り入れた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意思決定手法の開発とその応用研究を遂行し、得られた数多くの研究成果は、内外の著名な学術雑誌に掲載された。

研究成果の概要（英文）：

In this research, multi-level multiobjective programming problems in fuzzy and stochastic environments have been formulated. Considering the necessity for cooperative fuzzy decision making in the formulated problems, several novel interactive fuzzy programming methods have been presented in fuzzy and stochastic environments. The obtained results have been published in domestic and international journals of the related fields.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	0	800,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,200,000	420,000	2,620,000

研究分野：複合領域

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：ファジィ変数・ランダム変数・多目的システム・多重レベルシステム・ファジィ計画法・確率計画法・多目的計画法・対話型意思決定

1. 研究開始当初の背景

申請者は、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いるが、1993年までの研究成果は、アメリカの Plenum Press より Masatoshi Sakawa, Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective

Optimization, Plenum Press, New York, X+308 (1993)と題する研究書として出版されるとともに、その後の大規模システムや進化的メタヒューリスティクスに関する研究成果も、ドイツの Physica-Verlag とアメリカの Kluwer Academic Publishers より、それぞれ、Masatoshi Sakawa, Large Scale Interactive Fuzzy Multiobjective

Programming, Physica-Verlag, X+217 (2000), および Masatoshi Sakawa, Genetic Algorithms and Fuzzy Multiobjective Optimization, Kluwer Academic Publishers, X+288 (2001) と題する研究書として出版され、世界的にも高く評価されている。特に、2002年2月にオーストリアで開催された16th MCDM World Conference(多評価意思決定国際会議)では、申請者のこれまでの多目的システムやファジィシステムの最適化とその応用に関する300件以上もの学術雑誌への研究論文や20件あまりの著書を含む研究活動は、多評価意思決定の理論、方法論、および実践に決定的に反映されている数多くの刷新的な着想と独創的なものであり、その偉業は顕著な経歴の研究者に対する最高位の栄誉をたたえるに値するものとして評価され、日本人としては初めてのゲオルグ・カントール賞を授賞している。

2. 研究の目的

本研究では、確率論的不確実性とファジィ論的曖昧性を同時に取り入れた、究極の意味での不確実性の下での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意思決定手法の開発に焦点が当てられ、(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究極の数理計画法として、ファジィ数の実現値が確率的に変動するファジィランダム数理計画法のみならず、平均や分散がファジィ数であるようなランダムファジィ数理計画法の定式化に関する研究と(2)上位レベルと下位レベルの意思決定者間の対話をも考慮した多重レベル計画法への統合と一般化を目指して、一般化不確実性状況下での対話型意思決定手法に関する研究の2種類の研究課題の遂行を目指す。

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助教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、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、ファジィランダム変数とランダムファジィ変数を含む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

う新たな対話型意思決定手法の開発と実システムへの応用を遂行する。平成22年度には、主として理論的研究としての、ファジィランダム変数とランダムファジィ変数を含む多重レベル最適化問題の定式化や、対話型意思決定手法の開発を実施し、平成23年度以降には現実の社会システムへの応用を目指して、対話型多目的多重レベル最適化システムの開発と社会システムへの応用研究を試みる。

4. 研究成果

本研究課題では、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究極の数理計画法として、ファジィ数の実現値が確率的に変動するファジィランダム数理計画法のみならず、平均や分散がファジィ数であるようなランダムファジィ数理計画法の定式化と、上位レベルと下位レベルの意思決定者間の対話をも考慮した多重レベル計画法への統合と一般化を目指して、一般化不確実性状況下での対話型意思決定手法の開発とその実システムへの応用研究を遂行した。研究成果として、ファジィランダム多重レベル計画問題のみならず、ランダムファジィ多重レベル計画問題の定式化をも遂行し、レベル集合や可能性に基づく確率最大化や満足基準最大化に基づいて、下位レベルの意思決定者の満足度とのバランスを考慮しつつ対話的に上位レベルの意思決定者の満足解を導出するという実用性に富む様々な対話型意思決定手法を提案して、数多くの数値実験により、有効性を検証した。しかも、現実のデータを用いた実システムへの応用研究として、食品スーパーの生鮮食料品の購買問題・輸送計画問題を取り上げ、数理計画問題として定式化した後、食品スーパーと委託先の業者がそれぞれ独立した企業であるという現実状況への拡張として多重レベル線計画問題の定式化を試み、本研究課題で得られる研究成果の有効性のみならず、実用性についての実証検証を行った。得られた数多くの研究成果は、内外の著名な学術雑誌に掲載された。

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38件)

- ① Masatoshi Sakawa, Ichiro Nishizaki, Takeshi Matsui, Tomohiro Hayashida, Multi-store food retailing problem with outsourcing purchase operation: a case study in Japan, International Journal of Operational Research (accepted), 査読有, 2013

- ② Masatoshi Sakawa, Ichiro Nishizaki, Takeshi Matsui, Fuzzy and multiobjective purchase and transportation planning for food retailing: case study in Japan, International Journal of Multicriteria Decision Making (accepted), 査読有, 2013
- ③ Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy multiobjective stochastic programming with simple recourse, International Journal of Multicriteria Decision Making (accepted), 査読有, 2013
- ④ Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy programming for stochastic two-level linear programming problems through probability maximization, Artificial Intelligence Research (accepted), 査読有, 2013
- ⑤ Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Random fuzzy bilevel linear programming through possibility-based fractile model, International Journal of Machine Learning and Cybernetics (accepted), 査読有, 2013, 10.1007/s13042-012-0145-1
- ⑥ Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Fuzzy random noncooperative two-level linear programming through fractile models with possibility and necessity, Engineering Optimization (accepted), 査読有, 2013, DOI:10.1080/0305215X.2012.709512
- ⑦ Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy programming for fuzzy random two-level linear programming problems through probability maximization with possibility, Expert Systems with Applications, 査読有, Vol. 40, No. 7, 2013, pp. 2487-2492, DOI:10.1016/j.eswa.2012.10.052
- ⑧ Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy random cooperative two-level linear programming through level sets based probability maximization, Expert Systems with Applications, 査読有, Vol. 40, No. 4, 2013, pp. 1400-1406, DOI:10.1016/j.eswa.2012.08.048
- ⑨ Masatoshi Sakawa, Ichiro Nishizaki, Takeshi Matsui, Tomohiro Hayashida, Purchase and transportation planning for food retailing in Japan, Asia Pacific Management Review, 査読有, Vol. 18, No. 1, 2013, pp. 79-92
- ⑩ Masatoshi Sakawa, Ichiro Nishizaki, Takeshi Matsui, Tomohiro Hayashida, A Two-Level Purchase Problem for Food Retailing in Japan, American Journal of Operations Research, 査読有, Vol. 2012, No. 2, 2012, pp. 482-494, DOI:10.4236/ajor.2012.24057
- ⑪ Masatoshi Sakawa, Ichiro Nishizaki, Interactive fuzzy programming for multi-level programming problems: a review, International Journal of Multicriteria Decision Making, 査読有, Vol. 2012, No. 2, 2012, pp. 241-266, DOI:10.1504/IJMCDM.2012.047846
- ⑫ Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, An Interactive Fuzzy Satisficing Method for Multiobjective Stochastic Integer Programming with Simple Recourse, Applied Mathematics, 査読有, Vol. 2012, No. 3, 2012, pp. 1245-1251, DOI:10.4236/am.2012.330180
- ⑬ Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Stackelberg solutions for fuzzy random two-level linear programming through level sets and fractile criterion optimization, Central European Journal of Operations Research, 査読有, Vol. 20, No. 1, 2012, pp. 101-117, DOI:10.1007/s10100-010-0156-5
- ⑭ Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Fuzzy random bilevel linear programming through expectation optimization using possibility and necessity, International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 査読有, Vol. 3, No. 3, 2012, pp. 183-192, DOI:10.1007/s13042-011-0055-7
- ⑮ Hitoshi Yano, Masatoshi Sakawa, Interactive Multiobjective Fuzzy Random Linear Programming through Fractile Criteria, Advanced in Fuzzy Systems, 査読有, Vol. 2012, pp. 1-9, 2012, DOI:10.1155/2012/521080
- ⑯ Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy programming for random fuzzy two-level programming problems through possibility-based fractile model, Expert Systems with Applications, 査読有, Vol. 39, No. 16, 2012, pp. 12599-12604, DOI:10.1016/j.eswa.2012.05.024
- ⑰ Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Stackelberg solutions for random fuzzy two-level linear programming through possibility-based probability model, Expert Systems with Applications, 査読有, Vol. 39, No. 12, 2012, pp. 10898-10903, DOI:10.1016/j.eswa.2012.03.001

- ⑱ Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Stackelberg solutions for fuzzy random two-level linear programming through probability maximization with possibility, Fuzzy Sets and Systems, 査読有, Vol. 188, No. 1, 2012, pp. 45-57, DOI:10.1016/j.fss.2011.07.006
- ⑲ Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Stackelberg solutions for fuzzy random bilevel linear programming through level sets and probability maximization, Operational Research, 査読有, Vol. 12, No. 3, 2012, pp. 271-286, DOI:10.1007/s12351-010-0090-2
- ⑳ Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy stochastic two-level integer programming through fractile criterion optimization, Operational Research, 査読有, Vol. 12, no. 2, 2012, pp. 209-227, DOI:10.1007/s12351-010-0085-z
- ㉑ Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Stackelberg solutions for fuzzy random two-level linear programming through level sets and fractile criterion optimization, Central European Journal of Operations Research, 査読有, Vol. 20, No. 1, pp. 101-117, 2012, DOI:10.1007/s10100-010-0156-5
- ㉒ Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Stackelberg solutions for fuzzy random two-level linear programming through probability maximization with possibility, Fuzzy Sets and Systems, 査読有, Vol. 188, No. 1, pp. 45-57, 2012, DOI:10.1016/j.fss.2011.07.006
- ㉓ 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欠陥位置特定手法, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, Vol. J94-C, No. 10, pp. 323-333, 2011
- ㉔ Ebrahim Rezaee Nik, Seyed Hessameddin Zegordi, Ahad Nazari, Masatoshi Sakawa, Fereydoon Honari Choobar, A Combined Fuzzy Analytic Network Process and Fuzzy-TOPSIS Model for Project Risk Assessment, International Journal of Modeling and Optimization, 査読有, Vol. 1, No. 4, pp. 275-284, 2011
- ㉕ Kosuke Kato, Masatoshi Sakawa, An interactive fuzzy satisficing method based on variance minimization under expectation constraints for multiobjective stochastic linear programming problems, Soft Computing, Vol. 15, 査読有, No. 1, pp. 131-138, 2011, doi:10.1007/s00500-010-0540-z
- ㉖ Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy random two-level linear programming through fractile criterion optimization, Mathematical and Computer Modelling, 査読有, Vol. 54, No. 11-12, pp. 3153-3163, 2011, DOI:10.1016/j.mcm.2011.08.006
- ㉗ Hideki Katagiri, Masatoshi Sakawa, Interactive multiobjective fuzzy random programming through the level set-based probability model, Information Sciences, 査読有, Vol. 181, No. 9, pp. 1641-1650, 2011, DOI:10.1016/j.ins.2011.01.003
- ㉘ 松井猛, 坂和正敏, 石丸恵一, 2レベル非線形計画問題に対する Particle Swarm Optimizationに基づく Stackelberg 解の計算方法, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), 査読有, Vol. 23, No. 3, pp. 350-362, 2011
- ㉙ 坂和正敏, 松井猛, 石丸恵一, 取引形態を考慮した地域冷暖房プラントの多目的運転計画に対する対話型ファジィ満足化手法, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), 査読有, Vol. 23, No. 3, pp. 339-349, 2011
- ㉚ 片桐英樹, 坂和正敏, ファジィ確率環境下における多目的最適化, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), 査読有, Vol. 23, No. 3, pp. 294-300, 2011
- ㉛ Keiichi Ishimaru, Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Operation planning of urban DHC plants considering the continuousness of load and driving, Scientiae Mathematicae Japonicae, 査読有, Vol. 73, No. 1, pp. 59-74, 2011
- ㉜ 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, 査読有, Vol. 2010/2, pp. 78-87, 2010
- ㉝ Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Interactive fuzzy programming based on fractile criterion optimization model for two-level stochastic linear programming problems, Cybernetics and Systems, 査読有, Vol. 41, No. 7, pp. 508-521, 2010
- ㉞ 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, 査読有, Vol. 2, No. 3, pp. 251-262, 2010

- ③⑤ 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, *Scintiae Mathematicae Japonicae*, 査読有, Vol. e-2010, pp. 449-464, 2010
- ③⑥ 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*, 査読有, Vol. 40, No. 3-11, pp. 1-9, 2010
- ③⑦ 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*, 査読有, Vol. 72, No. 2, pp. 185-194, 2010
- ③⑧ 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*, 査読有, Vol. 13, No. 7, pp. 562-568, 2010

[学会発表] (計 9 件)

- ① Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa, Particle swarm optimization combining diversification and intensification through complex networks for nonlinear programming problems, Joint 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 13th International Symposium on advanced Intelligent Systems (SCIS & ISIS 2012), 2012. 11. 23, Kobe, Japan
- ② Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive Fuzzy Stochastic Multilevel 0-1 Programming through Probability Maximization, International Conference on Fuzzy Computation Theory and Applications, 2012. 10. 7, Barcelona, Spain
- ③ Hitoshi Yano, Masatoshi Sakawa, Interactive Fuzzy Decision Making for

Multiobjective Fuzzy Random Linear Programming Problems, International Conference on Fuzzy Computation Theory and Applications, 2012. 10. 6, Barcelona, Spain

- ④ Hideki Katagiri, Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive multiobjective random fuzzy programming problems through the possibility-based fractile model, The 2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE SMC2011), 2011. 10. 10, Anchorage, AK, USA
- ⑤ Hiroshi Hamori, Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, A Dual Channel Defect Position Identification Method for Touch Panel Manufacturing Process, International Conference on Electronics Packaging (ICEP2011), 2011. 4. 15, Nara, Japan
- ⑥ Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy programming through possibility measures and probability maximization for two-level linear programming problems involving fuzzy random variable coefficients, 2011 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE 2011), 2011. 6. 29, Taipei, Taiwan
- ⑦ Hideki Katagiri, Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, An interactive satisficing method for multiobjective random fuzzy programming problems through the possibility-based probability model, 2011 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE 2011), 2011. 6. 29, Taipei, Taiwan
- ⑧ 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, 2010. 12. 12, Okayama, Japan
- ⑨ 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,
2010.12.12, Okayama, Japan

[図書] (計4件)

- ① Masatoshi Sakawa, Fuzzy Multiobjective Optimization, Doumpos, M. and Grigoroudis, E. (Eds), Multicriteria Decision Aid and Artificial Intelligence: Links, Theory, and Applications, John Wiley & Sons, 2013, pp. 235-271
- ② 坂和正敏, 坂和秀晃, Marc Bremer, 自然・社会科学者のための英文 Eメールの書き方, 朝倉書店, 2012, 176
- ③ 坂和正敏, 線形計画法の基礎と応用, 朝倉書店, 2012, 172
- ④ Masatoshi Sakawa, Ichiro Nishizaki, Hideki Katagiri, Fuzzy Stochastic Multiobjective Programming, Springer, 2011, 264

[その他]

ホームページ等

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

松井 猛 (MATUI TAKESHI)
広島大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号：50512505

(3) 連携研究者

片桐 秀樹 (KATAGIRI HIDEKI)
広島大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：40325147
(H22→H23)