

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24310113

研究課題名(和文) 不確実・曖昧情報下の大規模多目的メタヒューリスティクス最適化と産業界への応用

研究課題名(英文) Large scale multiobjective metaheuristics optimization under random and fuzzy information with applications to industry

研究代表者

坂和 正敏 (SAKAWA, MASATOSHI)

広島大学・工学(系)研究科(研究院)・特任教授

研究者番号：70093507

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：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大規模多目的非線形最適化問題の定式化を進め、確率計画法、ファジィ計画法、多目的計画法、大規模計画法の望ましい特徴を取り入れるとともに、遺伝的アルゴリズム、粒子群最適化、タブーサーチなどの様々なメタヒューリスティクスの概念に基づく効率的な最適化手法を確立し、意思決定者との対話による対話型意思決定手法を開発し、産業界における有効性のみならず、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 multiobjective nonlinear programming problems involving randomness and fuzziness and proposed optimization methods on the basis of metaheuristics such as genetic algorithms, particle swarm optimization, tabu search and so forth. Considering the imprecise nature inherent in human judgements, interactive decision making methods for the formulated problems were presented. The feasibility and effectiveness of the proposed method were demonstrated including industrial applications.

研究分野：システム工学

キーワード：確率計画法 ファジィ計画法 多目的計画法 大規模計画法 メタヒューリスティクス 最適化 対話型意思決定

### 1. 研究開始当初の背景

不確実性や曖昧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計画法や、多目的確率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。申請者はこれまで、多目的計画法、ファジィ計画法、確率計画法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。

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250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、日本人として初めてのゲオルグ・カントール賞を授賞した。

さらに、申請者のその後の階層構造における意思決定状況を定式化した多重レベル計画法やファジィ・確率・多目的計画法に関する研究成果も、近年、アメリカのSpringerから出版され、極めて独創的な研究書として広く注目されている。

### 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・曖昧情報の下で、大規模多変数で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同時に含む様々な大規模多目的最適化問題を定式化するとともに、新しいパラダイムとしての遺伝的アルゴリズム(GA: Genetic Algorithm)、粒子群最適化(PSO: Particle Swarm Optimization)、タブーサーチ(TS: Tabu Search)、シミュレーティッドアニーリング(SA: Simulated Annealing)などの様々なメタヒューリスティックスの概念に基づく効率的な並列・分散処理手法を確立し、意思決定者との対話を考慮した新たな対話型大規模多目的最適化手法を開発する。

このように本研究では、

(1) 不確実・曖昧情報の下での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ファジィランダム大規模多目的非線形最適化問題やランダムファジィ大規模多目的非線形最適化問題などの様々な最適化問題の定式化を進め、

(2) 確率計画法、ファジィ計画法、多目的計画法、大規模計画法の望ましい特徴を取り入

れるとともに、メタヒューリスティックスの概念に基づく効率的な最適化手法を確立することにより、意思決定者との対話を考慮した実用性に富む対話型意思決定手法を開発し、

(3) 不確実・曖昧情報の下における対話型大規模多目的メタヒューリスティックス最適化システムの構築と、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名の研究者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、不確実・曖昧情報の下での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意思決定者の複数個の相競合する目的を考慮して、ファジィランダムおよびランダムファジィ大規模多目的非線形最適化問題の定式化を遂行する。

さらに、可能性理論や様々な確率モデルに基づいて確定的な問題への変換を試みるとともに、遺伝的アルゴリズムや粒子群最適化などのメタヒューリスティックスの概念に基づく効率的な並列・分散処理手法を確立し、意思決定者との対話による大規模多目的非線形最適化手法を開発する。

しかも、対話型意思決定が容易となるような実用性に富むアプリケーションシステムを開発して、産業界における実システムへの幅広い活用を実施する。

本研究課題は、申請者である坂和が研究の総括を行い、研究代表者と着任以来共同研究を継続してきている2名の研究者に加えて、博士課程後期学生2名の研究協力者から構成される研究組織で、不確実・曖昧情報の下での大規模多目的非線形最適化問題の定式化とメタヒューリスティックス最適化手法の開発ならびに、アプリケーションシステムを構築する。

しかも、産業界における実システムへの応用研究として、本研究では、申請者のグループと共同研究を進め、申請者の主査のもとで、博士(工学)の学位を取得済みである民間の研究者3名の協力の下での研究を遂行する。平成24年度には、主として理論的研究としての、不確実・曖昧情報の下での定式化される大規模多目的非線形最適化問題の可能性理論と確率モデルに基づく確定問題への変換と、新しいパラダイムとしての遺伝的アルゴリズム、粒子群最適化、タブーサーチなどのメタヒューリスティックスに基づく効率的な最適化手法を確立し、対話型大規模多目的非線形最適化手法の開発を実施する。

平成25年度以降には産業界への応用を目指して、アプリケーションシステムの開発と実システムの一例として、地域冷暖房システムにおける様々な計画問題を取り上げて、社会システムへの応用研究を進める。

#### 4. 研究成果

(1) 不確実・曖昧情報の下での大規模多目的非線形最適化問題の定式化

ファジィモデリング手法やランダム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、ファジィ情報やランダム情報を考慮した様々な大規模多目的非線形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やファジィランダム変数係数を含むという新たな大規模多目的非線形最適化問題の定式化を遂行した。

しかも、決定変数が連続変数のみならず、0-1変数、整数変数および混合整数変数を含むという問題の定式化も試みた。このように定式化された問題に含まれるファジィランダム変数係数やファジィランダム変数係数に対処するため、可能性や必然性のみならず期待値最大化・分散最大化・確率最大化・満足基準最大化などの確率モデルによる確定的な問題への変換を試みた。

(2) メタヒューリスティックス最適化手法の開発

新しいパラダイムとしての遺伝的アルゴリズム、粒子群最適化、タブーサーチなどの様々なメタヒューリスティックスの概念に基づいて、一般の等式制約と不等式制約条件をもつ非線形最適化問題に対する効率的なメタヒューリスティックス最適化手法の提案を遂行した。さらに、多目的非線形計画問題への一般化も試みた。

(3) 対話型メタヒューリスティックス最適化手法の開発

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メタヒューリスティックス最適化手法の開発を試みた。

なお、開発した対話型メタヒューリスティックス最適化手法は、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を含むという一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試みた。

(4) 対話型大規模多目的メタヒューリスティックス最適化手法の開発

平成 24 年度に開発した対話型メタヒューリスティックス最適化手法に、大規模最適化、

非線形最適化、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ッ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のみならず、定式化されたファジィ性とランダム性を含む大規模多目的非線形最適化問題に対する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。

(5) 対話型大規模多目的メタヒューリスティックス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非線形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し、ランダム性とファジィ性を同時に考慮した対話型大規模多目的メタヒューリスティックス最適化システムの開発を試みた。

(6) 産業界への応用

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性とランダム性を含む大規模多目的非線形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性とランダム性を含む大規模多目的非線形最適化問題や組合せ最適化問題としての定式化を遂行することにより、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 41 件)

1. Masatoshi Sakawa, Hitoshi Yano, Ichiro Nishizaki, Interactive fuzzy stochastic multiobjective purchase and transportation planning for food retailing, International Journal of Operational Research, (accepted). 査読有
2. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Bilevel linear programming with fuzzy random variables through absolute deviation minimization, International Journal of Operational Research (in press). 査読有
3. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Heat load prediction in district heating and cooling systems through recurrent neural networks, International Journal of Operational Research (in press). 査読有
4. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Random fuzzy bilevel linear programming through possibility-based fractile model, International Journal of Machine Learning and Cybernetics (in press). 査読有, DOI:10.1007/s13042-012-0145-1

5. H. A. Abeyesundara, Hiroshi Hamori, Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa, Path Optimization for Line Scanning on Flat Panel Displays Using Self Organizing Map, Computational Research, Vol. 2, No. 4, 査読有, 2014, pp. 63-68, DOI:10.13189/cr.2014.020401
6. H. A. Abeyesundara, Hiroshi Hamori, Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa, Defects Detection TFT Lines of Flat Panel Displays Using an Evolutionary Optimized Recurrent Neural Network, American Journal of Operations Research, Vol. 4, No. 3, 査読有, 2014, pp. 113-123, DOI:10.4236/ajor.2014.43011
7. 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, Vol. 21, No. 3, 査読有, 2014, pp. 293-321, DOI:10.1504/IJOR.2014.065410
8. Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy stochastic two-level linear programming with simple recourse, Information Sciences, Vol. 278, 査読有, 2014, pp. 67-75, DOI:10.1016/j.ins.2014.03.020
9. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy multiobjective stochastic programming with simple recourse, International Journal of Multicriteria Decision Making, Vol. 4, No. 1, 査読有, 2014, pp. 31-46, DOI:10.1504/IJMCDM.2014.059962
10. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy stochastic multi-level 0-1 programming using tabu search and probability maximization, Expert Systems with Applications, Vol. 41, No. 6, 査読有, 2014, pp. 2957-2963, DOI:10.1016/j.eswa.2013.10.027
11. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Hideki Katagiri, An Interactive Fuzzy Satisficing Method for Multiobjective Linear Programming Problems with Random Fuzzy Variables Using Possibility-based Probability Model, Computational Research, Vol. 2, No. 2, 査読有, 2014, pp. 5-11, DOI:10.13189/cr.2014.020102
12. Hitoshi Yano, Masatoshi Sakawa, Interactive fuzzy programming for multiobjective fuzzy random linear programming problems through possibility-based probability maximization, Operational Research: An International Journal, Vol. 14, No. 1, 査読有, 2014, pp. 51-69, DOI:10.1007/s12351-013-0135-4
13. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy stochastic multi-level 0-1 programming using tabu search and probability maximization, Expert Systems with Applications, Vol. 41, No. 6, 査読有, 2014, pp. 2957-2963, DOI:10.1016/j.eswa.2013.10.027
14. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Hideki Katagiri, An Interactive Fuzzy Satisficing Method for Multiobjective Linear Programming Problems with Random Fuzzy Variables Using Possibility-based Probability Model, Computational Research, Vol. 2, No. 2, 査読有, 2014, pp. 5-11, DOI:10.13189/cr.2014.020102
15. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Hideki Katagiri, An interactive fuzzy satisficing method for random fuzzy multiobjective integer programming problems through probability maximization with possibility, Fuzzy Information and Engineering, Vol. 5, No. 3, 査読有, 2013, pp. 335-350, DOI:10.1007/s12543-013-0146-0
16. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Hideki Katagiri, An interactive fuzzy satisficing method for random fuzzy multiobjective linear programming problems through fractile criteria optimization with possibility, Artificial Intelligence Research, Vol. 2, No. 4, 査読有, 2013, pp. 75-86, DOI:10.5430/air.v2n4p75
17. H. A. Abeyesundara, Hiroshi Hamori, Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa, Defects detection on TFT lines of flat panels using a feed forward neural network, Artificial Intelligence Research, Vol. 2, No. 2, 査読有, 2013, pp. 1-12, DOI:10.5430/air.v2n4p1
18. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Tabu Search-Based Interactive Fuzzy Stochastic Multi-Level 0-1 Programming, Computational Research, Vol. 1, No. 1, 査読有, 2013, pp. 10-17, DOI:10.13189/cr.2013.010102
19. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Fuzzy multiobjective nonlinear operation planning in district heating and cooling plants, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 231, 査読有, 2013, pp. 58-69, DOI:10.1016/j.fss.2011.10.020
20. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Fuzzy random noncooperative two-level linear programming through fractile models with possibility and necessity, Engineering Optimization, Vol. 45, No. 7, 査読有, 2013, pp. 811-833, DOI:10.1080/0305215X.2012.709512
21. 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*, Vol. 3, No. 2-3, 査読有, 2013, pp. 277-300, DOI:10.1504/IJMCDM.2013.053732
22. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy programming for stochastic two-level linear programming problems through probability maximization, *Artificial Intelligence Research*, Vol. 2, No. 2, 査読有, 2013, pp. 109-124, DOI:10.5430/air.v2n2p109
23. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive random fuzzy two-level programming through possibility-based probability model, *Information Sciences*, Vol. 239, No. 1, 査読有, 2013, pp. 191-200, DOI:10.1016/j.ins.2013.03.024
24. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy random two-level linear programming based on level sets and fractile criterion optimization, *Information Sciences*, Vol. 238, No. 20, 査読有, 2013, pp. 163-175, DOI:10.1016/j.ins.2013.03.003
25. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy programming for fuzzy random two-level linear programming problems through probability maximization with possibility, *Expert Systems with Applications*, Vol. 40, No. 7, 査読有, 2013, pp. 2487-2492, DOI:10.1016/j.eswa.2012.10.052
26. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy random cooperative two-level linear programming through level sets based probability maximization, *Expert Systems with Applications*, Vol. 40, No. 4, 査読有, 2013, pp. 1400-1406, DOI:10.1016/j.eswa.2012.08.048
27. Masatoshi Sakawa, Ichiro Nishizaki, Takeshi Matsui, Tomohiro Hayashida, Purchase and transportation planning for food retailing in Japan, *Asia Pacific Management Review*, Vol. 18, No. 1, 査読有, 2013, pp. 79-92, DOI:10.6126/APMR.2013.18.1.05
28. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy programming for fuzzy random two-level linear programming problems through probability maximization with possibility, *Expert Systems with Applications*, Vol. 40, No. 7, 査読有, 2013, pp. 2487-2492
29. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy random cooperative two-level linear programming through level sets based probability maximization, *Expert Systems with Applications*, Vol. 40, No. 4, 査読有, 2013, pp. 1400-1406
30. Masatoshi Sakawa, Ichiro Nishizaki, Takeshi Matsui, Tomohiro Hayashida, Purchase and transportation planning for food retailing in Japan, *Asia Pacific Management Review*, Vol. 18, No. 1, 査読有, 2013, pp. 79-92
31. Masatoshi Sakawa, Ichiro Nishizaki, Takeshi Matsui, Tomohiro Hayashida, A Two-Level Purchase Problem for Food Retailing in Japan, *American Journal of Operations Research*, Vol. 2012, No. 2, 査読有, 2012, pp. 482-494
32. Masatoshi Sakawa, Ichiro Nishizaki, Interactive fuzzy programming for multi-level programming problems: a review, *International Journal of Multicriteria Decision Making*, Vol. 2012, No. 2, 査読有, 2012, pp. 241-266
33. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, An Interactive Fuzzy Satisficing Method for Multiobjective Stochastic Integer Programming with Simple Recourse, *Applied Mathematics*, Vol. 2012, No. 3, 査読有, 2012, pp. 1245-1251
34. 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*, Vol. 20, No. 1, 査読有, 2012, pp. 101-117
35. 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*, Vol. 3, No. 3, 査読有, 2012, pp. 183-192
36. Hitoshi Yano, Masatoshi Sakawa, Interactive Multiobjective Fuzzy Random Linear Programming through Fractile Criteria, *Advanced in Fuzzy Systems*, Vol. 2012, 査読有, 2012, pp. 1-9
37. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy programming for random fuzzy two-level programming problems through possibility-based fractile model, *Expert Systems with Applications*, Vol. 39, No. 16, 査読有, 2012, pp. 12599-12604
38. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Stackelberg solutions for random fuzzy two-level linear programming through possibility-based probability model, *Expert Systems with Applications*, Vol. 39, No. 12, 査読有, 2012, pp. 10898-10903
39. Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Stackelberg solutions for fuzzy random two-level linear programming

through probability maximization with possibility, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 188, No. 1 査読有, 2012, pp. 45-57  
40. Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Stackelberg solutions for fuzzy random bilevel linear programming through level sets and probability maximization, Operational Research, Vol. 12, No. 3, 査読有, 2012, pp. 271-286  
41. Masatoshi Sakawa, Hideki Katagiri, Takeshi Matsui, Interactive fuzzy stochastic two-level integer programming through fractile criterion optimization, Operational Research, Vol. 12, No. 2 査読有, 2012, pp. 209-227

〔学会発表〕(計 5 件)

1. H. A. Abeyesundara, Hiroshi Hamori, Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa, A Multiobjective Evolutionary Optimized Recurrent Neural Network for Defects Detection on Flat Panel Displays, Modeling Decisions for Artificial Intelligence 2014, 29-31 Oct 2014, Tokyo, Japan  
2. H. A. Abeyesundara, Hiroshi Hamori, Takeshi Matsui, Masatoshi Sakawa, A Neural Network Approach for Non-contact Defect Inspection of Flat Panel Displays, 17th International Conference in Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering System (KES 2013), 9-11[9] Sep 2013, Kitakyushu, Japan  
3. Hitoshi Yano, Masatoshi Sakawa, Interactive Fuzzy Decision Making for Multiobjective Fuzzy Random Linear Programming Problems, International Conference on Fuzzy Computation Theory and Applications, 6 Oct 2012, Barcelona, Spain  
4. Masatoshi Sakawa, Takeshi Matsui, Interactive Fuzzy Stochastic Multilevel 0-1 Programming through Probability Maximization, International Conference on Fuzzy Computation Theory and Applications, 7 Oct 2012, Barcelona, Spain  
5. 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), 23 Nov 2012, Kobe, Japan

〔図書〕(計 7 件)

1. 坂和 正敏, 森北出版, 応用解析学の基礎 新装版 - 複素解析, フーリエ解析・ラプラス変換-, 2014, iv+144  
2. Masatoshi Sakawa, Hitoshi Yano, Ichiro

Nishizaki, Nova Science Publishers, Mathematical equivalence of simple recourse and chance constraints in linear stochastic programming, Linear Programming: Theory, Algorithms and Applications (Ed. Truma, Y.), 2014, , pp. 101-116  
3. 坂和 正敏, 西崎 一郎, 森北出版, 数理計画法入門, 2014, iv+176  
4. Masatoshi Sakawa, Hitoshi Yano, Ichiro Nishizaki, Springer, Linear and Multiobjective Programming with Fuzzy Stochastic Extensions, 2013, ix+339.  
5. Masatoshi Sakawa, Fuzzy multiobjective optimization, John Wiley & Sons, New York, Multicriteria Decision Aid and Artificial Intelligence: Links, Theory, and Applications (Eds. Doumpos, M. and Grigoroudis, E.), 2013, pp. 235-271  
6. 坂和正敏, 朝倉書店, 線形計画法の基礎と応用, 2012, vi+172  
7. 坂和正敏, 坂和秀晃, Marc Bremer, 朝倉書店, 自然・社会科学者のための英文 Eメールの書き方, 2012, xvii+176

6 . 研究組織

(1)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

(2)研究分担者

西崎 一郎 (NISHIZAKI ICHIRO)  
広島大学・工学研究院・教授  
研究者番号 : 80231504

松井 猛 (MATSUI TAKTSHI)  
広島大学・工学研究院・助教  
研究者番号 : 50512505