

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 8 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26400194

研究課題名(和文) 集合値解析と凸解析に基づく集合値不等式の研究と最適化問題への応用

研究課題名(英文) Study on Set-Valued Inequalities based on Set-Valued Analysis and Convex Analysis and its Applications to Optimization Problems

研究代表者

田中 環 (TANAKA, Tamaki)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：10207110

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、基盤研究(C)21540121で取り扱った、集合に対する非線形スカラー化手法の応用研究と数値計算アルゴリズムの開発を行った。まず、スカラー化関数と集合値写像との合成写像が種々の凸性をどのように保存するかを体系的に解明した。その応用として、Ricceriの非線形不等式の集合値写像への拡張、二者択一の定理の集合値写像版への拡張、集合の二項関係に基づく6つのスカラー化関数の数値計算法の開発、2つのファジィ集合の差に対する評価関数の構成を行った。また、多規準二人ゼロ和行列ゲーム、集合の弱有効解の代数的な性質、不動点問題などを含む階層的均衡問題への関連研究を行った。

研究成果の概要(英文)：In this study, we give several applications by using nonlinear scalarization methods for sets and proposed computational scheme for the scalarizing functions. This approach has been proposed in the previous study (research 21540121 supported by Grant-in-Aid for Scientific Research (C)). First, we clarified the inherited properties of the composite function of a monotonic scalarizing function and a sort of convex set-valued map systematically. As the results, we had several applications on certain generalization of Ricceri's nonlinear inequality to set-valued maps, alternative theorem for set-valued maps, and also we developed computational methods to evaluate the scalarizing functions and some construction of difference evaluation functions for fuzzy sets. Besides, we studied multicriteria two-persons zero-sum matrix games, algebraic properties of weak efficient solutions for sets, and hierarchical equilibrium problems including fixed-point problems.

研究分野：非線形解析学や凸解析学に基づいたベクトル最適化と集合最適化の研究

キーワード：集合最適化 ベクトル最適化 非線形スカラー化 集合値写像 スカラー化関数 集合値写像 二者択一の定理 ファジィ集合

1. 研究開始当初の背景

(1)集合値写像の取り扱い、非線形解析学、凸解析学及び最適化理論の分野において従来から研究が進められてきた。特に、非線形関数解析や凸解析における角谷の不動点定理(1941)やそれを集合値写像に拡張した Fan の不動点定理(1952)などの研究は数学やゲーム理論などの数理科学の進歩に大いに貢献してきた。一方、非線形スカラー化関数については、フランスのアヴィニオン大学の D.T.Luc、モロッコのカディアヤド大学の H.Riahi、ドイツのマルティン・ルター大学の C.Tammer らが研究を行い、ベクトル最適化や集合値最適化の研究に応用したことでその研究が劇的に発展した。この手法は、関数解析で定番の従来の線形スカラー化手法とは全く異なり、凸性等の無理な仮定をしなくても実数値関数の場合とよく似た結果を得ることができた。しかも、それらは、抽象的な線形位相空間で与えることができ、様々な理論的な応用や実践的な応用が期待できた。

(2)このような視点から、本研究の先行研究(基盤研究(C)課題番号 17540108, 19540120)では、その非線形スカラー化手法を利用して、錐鞍点の存在定理やベクトル値関数に対する変分原理を導くと同時に、そのスカラー化関数値を計算するアルゴリズムを開発した。2008年には、集合に対するスカラー化手法(Hamel-Löhne(2006)など)を統一的に論じることの出来るスカラー化関数を世界で初めて提案してその有用性を説き、多くの関心を呼んだ。そこで、本研究の先行研究(基盤研究(C)課題番号 21540121)では、実数値の半連続性の概念に当たる性質を集合値写像に一般化し、その性質が統一的非線形スカラー化関数で保存される点を世界で初めて明らかにした。

2. 研究の目的

本研究の先行研究で取り扱ってきた統一的非線形スカラー化関数の継続研究として、集合値準凸関数族の研究を行い、集合値不等式の研究と様々な最適化問題への応用研究を行うことを目的とする。

(1)黒岩大史教授のグループと集合値準凸関数族に関する共同研究を行う。具体的には、サンドイッチ定理等、準凸実数値関数について得られている従来の結果を集合値写像への一般化を試みる。

(2)木村泰紀教授のグループとスカラー化手法の理論的解析をさらに詳細に進め、非線形解析学や凸解析学に現れる、様々な不等式問題の集合値版を研究する。

(3)上記の成果を踏まえて、山田修司教授とともに様々な最適化問題への応用を研究する。

3. 研究の方法

平成26年度

- (1) 統一的非線形スカラー化関数の遺伝的性質をレベル集合の立場から調査を開始する。
- (2) 従来のミニマックス定理、不動点定理などの拡張を試みることにより、集合値不等式の研究を開始する。
- (3) 近年、黒岩研究室で精力的に取り組んでいる準凸関数族の研究を集合値写像に対してどのように成立するのか検討を始め、集合値準凸関数族の研究を行う。
- (4) 京都大学数理解析研究所で開催される共同研究会(RIMS)や学会などで成果を報告し研究討論を進める。

平成27年度

- (1) 集合値不等式の研究を続ける。
- (2) 集合値準凸関数族の研究に基づいて凸解析学への応用研究に取り組み、数理計画問題や集合値最適化問題に応用できないか検討する。
- (3) 木村泰紀研究室で取り組んでいる、非線形作用素論への応用について研究を進める。
- (4) 国際会議や国内の学会で成果の報告を行う。

平成28年度

- (1) 集合値不等式の応用として集合値写像に対する二者択一の一般化を試みる。
- (2) 集合の2項関係に基づいたスカラー化手法を用いて、ファジィ集合の特徴づけを行う。
- (3) 集合最適化に関する研究会を開催して、劣線形スカラー化に基づいたスカラー化手法の有効性を議論する。
- (4) 種々の国際会議や研究会・学会において、研究成果の発表を行うと同時に、周辺分野の研究者との情報交換を行う。

4. 研究成果

- (1) 山田教授と大学院生との共同研究によって、Ricceri の非線形不等式の集合値写像への拡張について新しい知見が得られた。その証明には、集合値写像に対する統一的非線形スカラー化関数の凸性と半連続性に関する遺伝的性質が効果的に利用されている。

- (2) 大学院生との共同研究によって、ベクトル空間の集合に対して実数を対応させるスカラー化関数が 集合間の前順序関係に対してある種の単調性を保存する場合に、集合値写像との合成写像が種々の凸性をどのように保存するかを体系的に解明することに成功した。
- (3) 韓国の研究者 Gue Myung Lee 氏と大学院生との共同研究によって、より一般的な集合値二者択一の定理を体系的に得ることに成功した。また、その応用として最適化問題のモデル化誤差と実行可能集合の安定性を評価することができることを発見した。
- (4) 多規準二人ゼロ和行列ゲームに対する行列の種類によって描かれる像の分類とベクトル成分を取る行列の場合の像について新たな結果を得ることができた。
- (5) 新潟大学に3ヶ月間滞在したスペインからの研究留学生 J. L. Rodenas-Pedregosa 氏と共同研究を行い、位相構造を仮定しない順序線形空間での集合の弱有効解の代数的な性質を明らかにし、抽象空間におけるベクトル均衡問題について新しい特徴づけに成功した。
- (6) 新潟大学に6ヶ月間滞在したタイの研究者 Thanyarat Jitpeera 氏と共同研究を行い、不動点問題などを含む階層的均衡問題に対する数学的性質とその応用について新しい知見を得た。
- (7) 山田教授、劉准教授及び大学院生との共同研究によって 集合の二項関係に基づく6つのスカラー化関数の数値計算法を開発した。 また、双対錐を利用することで、ユークリッド空間における順序錐が凸多面錐で与えられ、集合値が凸多面集合である場合に、6つのスカラー化関数の数値計算法を開発した。
- (8) 大学院生との共同研究によって、ベクトル空間の集合に対するスカラー化関数の性質とその手法をファジィ集合に対して適用することに成功した。 つまり、ベクトル空間のファジィ集合に対する評価関数を(7)の枠組みを利用して構成した。

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 11 件)

Yuto Ogata, Gue Myung Lee, Jae Hyung Lee, Yutaka Saito, Tamaki Tanaka, Generalized alternative theorems based

on set-relations and its application, 数理解析研究所講究録, 2017. 印刷中, 査読無し

Yuto Ogata, Yutaka Saito, Tamaki Tanaka, Syuuji Yamada, Sublinear scalarization methods for sets with respect to set-relations, Linear and Nonlinear Analysis, 3(1), 121-132 (2017). 査読有.

<http://www.ybook.co.jp/online-p/LNA/Open/1/Ina/v3n1p121-0a/FLASH/index.html>

César Gutiérrez, Vicente Novo, Juan Luis Rodenas-Pedregosa, Tamaki Tanaka, Nonconvex separation functional in linear spaces with applications to vector equilibria, SIAM Journal on Optimization, 26(4), 2677-2695 (2016). 査読有.

DOI: 10.1137/16M1063575

Shogo Kobayashi, Yutaka Saito, Tamaki Tanaka, Convexity for compositions of set-valued map and monotone scalarizing function, Pacific Journal of Optimization, 12(1), 43-54 (2016). 査読有.

<http://www.ybook.co.jp/online-p/PJO/0pen/vol12/pjov12n1p43-0a/FLASH/index.html>

Yutaka Saito, Tamaki Tanaka, A set-valued generalization of Ricceri's theorem related to Fan-Takahashi minimax inequality, Nihonkai Mathematical Journal, 26(2), 135-144 (2015). 査読有.

<https://projecteuclid.org/euclid.nihmj/1468334494>

Yutaka Saito, Tamaki Tanaka, Syuuji Yamada, On generalization of Ricceri's theorem for Fan-Takahashi minimax inequality into set-valued maps via scalarization, J.Nonlinear Convex Anal., 16(1), 9-19 (2015) 査読有.

<http://www.ybook.co.jp/online-p/JNCA/Open/16/jncav16n1p9-0a/FLASH/index.html>

小林尚吾, 齋藤 裕, 田中 環, 集合値写像と順序単調性を持つスカラー化関数との合成関数の凸性について, 数理解析研究所講究録, 第 1963 巻, 59-64 (2015), 査読無し.

<http://www.kurims.kyoto-u.ac.jp/~kyodo/kokyuroku/contents/pdf/1963-09.pdf>

齋藤 裕, 田中 環, 山田修司, スカラー化を用いた Ricceri の定理の集合値写像への一般化, 数理解析研究所講究録, 第 1963 巻, 130-137 (2015), 査読無し.

<http://www.kurims.kyoto-u.ac.jp/~kyodo/kokyuroku/contents/pdf/1963-18.pdf>

Kenji Kimura, Masakazu Higuchi, Tamaki Tanaka, On a Multi-valued Two-person Game, 数理解析研究所講究録, 第 1963 巻, 138-142 (2015), 査読無し.

<http://www.kurims.kyoto-u.ac.jp/~kyodo/kokyuroku/contents/pdf/1963-19.pdf>

樋口政和, 木村健志, 田中 環, 二規準非
正方形行列ゲームに対する利得関数の像形
形状による分類, 数理解析研究所講義録,
第 1963 巻, 192-203 (2015), 査読無し.
<http://www.kurims.kyoto-u.ac.jp/~kyodo/kokyuroku/contents/pdf/1963-26.pdf>
Toshikazu Watanabe, Tamaki Tanaka, On
Lusin's theorem for non-additive
measures that take values in an ordered
topological vector space, *Fuzzy Sets
and Systems* 244, 41-50 (2014). 査読有
<https://doi.org/10.1016/j.fss.2013.07.021>

[学会発表](計 38 件)

久須美裕*, 田中 環, 山田修司, 集合最
適化における劣線形スカラー化手法につ
いて, 日本オペレーションズ・リサーチ学
会春季研究発表会, 2017 年 3 月 17 日, 沖
縄県市町村自治会館(沖縄県那覇市).

于慧*, 池浩一郎, 小形優人, 齋藤裕, 劉
雪峰, 田中 環, 山田修司, 集合の二項関
係に基づくスカラー化関数の数値計算法,
日本オペレーションズ・リサーチ学会春季
研究発表会, 2017 年 3 月 17 日, 沖縄県市
町村自治会館(沖縄県那覇市).

池浩一郎*, 田中 環, ファジィ集合の 2
項関係に基づくスカラー化と二者択一の
定理, 日本オペレーションズ・リサーチ学
会春季研究発表会, 2017 年 3 月 17 日, 沖
縄県市町村自治会館(沖縄県那覇市).

小形優人*, 田中 環, 劣線形スカラー化
関数を用いた集合最適化における ϵ -最適
性条件, 日本オペレーションズ・リサーチ
学会春季研究発表会, 2017 年 3 月 17 日,
沖縄県市町村自治会館(沖縄県那覇市).
Tamaki Tanaka, Sublinear scalarization
methods for sets with respect to
set-relations, International Workshop
on Nonlinear Analysis, Optimization and
Applications(非線形解析学と最適化理論
及びそれらの応用国際研究集会, 招待講
演), 2017 年 2 月 11 日, Pukyong National
University, Busan, Korea(国立釜慶大学校,
釜山, 韓国).

Yuto Ogata, Gue Myung Lee, Jae Hyoung
Lee, Yutaka Saito, Tamaki Tanaka*,
Generalized alternative theorems based
on set-relations and its application,
「非線形解析学と凸解析学の研究」研究集
会, 2016 年 9 月 2 日, 京都大学数理解析
研究所(京都府京都市).

Yutaka Saito*, Tamaki Tanaka, Syuuji Yamada, On
generalization of a fixed point theorem for
set-valued maps, The Fifth International
Conference on Continuous Optimization of the
Mathematical Optimization Society (ICCOPT2016)
(数理最適化学会主催第 5 回連続最適化国際会議),
2016 年 8 月 10 日, 政策研究大学院大学(東京都).

Yuto Ogata*, Gue Myung Lee, Jae Hyoung Lee, Yutaka
Saito, Tamaki Tanaka, Generalized alternative
theorems based on set-relations and an
application to semidefinite programming problems,
The Fifth International Conference on Continuous
Optimization of the Mathematical Optimization
Society (ICCOPT2016) (数理最適化学会主催第 5 回
連続最適化国際会議), 2016 年 8 月 10 日, 政策研究
大学院大学(東京都).

Thanyarat Jitpeera*, Tamaki Tanaka, Poom Kumam,
Convergence analysis of fixed point optimization
algorithm for the triple-hierarchical
constrained optimization problem, The Fifth
International Conference on Continuous
Optimization of the Mathematical Optimization
Society (ICCOPT2016) (数理最適化学会主催第 5 回
連続最適化国際会議), 2016 年 8 月 10 日, 政策研究
大学院大学(東京都).

Yuto Ogata, Yutaka Saito, Tamaki Tanaka*, Study
on set-valued inequality based on set-valued
analysis and convex analysis, The 5th Asian
Conference on Nonlinear Analysis and
Optimization (NAO-Asia2016) (非線形解析学と最適
化に関する第 5 回アジア会議招待講演), 2016 年 8
月 5 日, 朱鷺メッセ(新潟県新潟市).

Syuuji Yamada*, Tamaki Tanaka, Tetsuzo Tanino,
Optimality conditions and a branch-and-bound
procedure for a cone-dc vector optimization
problem, The 5th Asian Conference on Nonlinear
Analysis and Optimization (NAO-Asia2016) (非線
形解析学と最適化に関する第 5 回アジア会議), 2016
年 8 月 5 日, 朱鷺メッセ(新潟県新潟市).

Thanyarat Jitpeera*, Paphawadee Netsuwan, Tamaki
Tanaka, Poom Kumam, Hierarchical convergence
for equilibrium problems and variational
inequalities problems, The 5th Asian Conference
on Nonlinear Analysis and Optimization
(NAO-Asia2016) (非線形解析学と最適化に関する第
5 回アジア会議), 2016 年 8 月 5 日, 朱鷺メッセ(新
潟県新潟市).

Shogo Kobayashi, Yutaka Saito*, Tamaki Tanaka,
Convexity for compositions of set-valued map and
monotone scalarizing function, The 5th Asian
Conference on Nonlinear Analysis and
Optimization (NAO-Asia2016) (非線形解析学と最適
化に関する第 5 回アジア会議), 2016 年 8 月 5 日, 朱
鷺メッセ(新潟県新潟市).

Gue Myung Lee, Jae Hyoung Lee, Yuto Ogata*, Yutaka
Saito, Tamaki Tanaka, Alternative theorems via
set-valued analysis, The 5th Asian Conference on
Nonlinear Analysis and Optimization
(NAO-Asia2016) (非線形解析学と最適化に関する第
5 回アジア会議), 2016 年 8 月 5 日, 朱鷺メッセ(新
潟県新潟市).

Tamaki Tanaka, Generalized alternative theorems
based on set-relations, The 9th Asian Conference
on Fixed point theory and Optimization
(ACFPTO2016) (第 9 回不動点定理と最適化に関する
アジア会議, 招待講演), 2016 年 5 月 19 日, King
Mongkut's University of Technology Thonburi

- (KMUTT), Bangkok, Thailand (モックット王工科大学トンプリ校, バンコク, タイ).
- Taraki Tanaka, Unified scalarization for sets and its applications to set-valued inequality (招待講演), 2016年5月16日, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand (ナレスワン大学, ピッサヌローク, タイ).
- Yuto Ogata, Yutaka Saito, Taraki Tanaka*, Gue Myung Lee, Jae Hyoung Lee, Generalized alternative theorems based on set-relations and its application, International Workshop on Nonlinear Optimization and Applications (非線形最適化とその応用に関する国際研究集会 招待講演), 2016年4月15日, Pukyong National University, Busan, Korea (国立釜慶大学校, 釜山, 韓国).
- Yuto Ogata, Yutaka Saito, Taraki Tanaka*, Generalized alternative theorems for set-valued maps (招待講演), 2015年12月24日, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung, Taiwan (国立高雄師範大学, 高雄, 台湾).
- Yuto Ogata, Yutaka Saito, Taraki Tanaka*, Generalized alternative theorems for set-valued maps (招待講演), 2015年12月23日, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan (国立成功大学, 台南, 台湾).
- Yuto Ogata, Yutaka Saito, Taraki Tanaka*, Generalized alternative theorems for set-valued maps (招待講演), 2015年10月16日, Pukyong National University, Busan, Korea (国立釜慶大学校, 釜山, 韓国).
- 21 齋藤裕*, 田中環, 山田修司, A generalization of some minimax inequality theorem into set-valued maps via scalarization, 2015年9月16日, 日本数学会2015年度秋季総合分科会, 京都産業大学 (京都府京都市).
- 22 Shogo Kobayashi, Yuto Ogata, Yutaka Saito, Taraki Tanaka*, Syuuji Yamada, Fundamental ideas on scalarization for set-valued maps based on set-relations, The 4th International Congress on Natural Sciences (ICNS2015) (国際交流財団による自然科学に関する第4回国際会議 招待講演), 2015年9月11日, National Cheng Kung University, Changhua, Taiwan (国立彰化師範大学, 彰化, 台湾).
- 23 Yuto Ogata*, Taraki Tanaka, Syuuji Yamada, Alternative theorems via set-valued analysis, The 4th International Congress on Natural Sciences (ICNS2015) (国際交流財団による自然科学に関する第4回国際会議), 2015年9月10日, National Cheng Kung University, Changhua, Taiwan (国立彰化師範大学, 彰化, 台湾).
- 24 Yutaka Saito*, Taraki Tanaka, Syuuji Yamada, On set-valued Ricceri's theorem via scalarization, The 4th International Congress on Natural Sciences (ICNS2015) (国際交流財団による自然科学に関する第4回国際会議), 2015年9月10日, National Cheng Kung University, Changhua, Taiwan (国立彰化師範大学, 彰化, 台湾).
- 25 Shogo Kobayashi, Yutaka Saito, Taraki Tanaka*, Study on set-valued inequality based on set-valued analysis and convex analysis, The Fifth International Symposium on BANACH and FUNCTION SPACES 2015 (ISBFS2015) (バナハ空間と関数空間に関する第5回国際会議), 2015年9月5日, 九州工業大学 (福岡県北九州市).
- 26 Shogo Kobayashi, Yutaka Saito, Taraki Tanaka*, Syuuji Yamada, Convexity and quasiconvexity properties for compositions of set-valued map and monotone scalarizing function, The first Pacific Optimization Conference (POC2014) (第1回太平洋最適化会議), 2014年10月31日, Jiangnan University, Wuxi, China (江南大学, 无锡, 中国).
- 27 Masakazu Higuchi*, Kenji Kimura, Taraki Tanaka, Classification of graphical images of payoff functions for bicriteria non-square matrix games, 「非線形解析学と凸解析学の研究」研究集会, 2014年8月21日, 京都大学数理解析研究所 (京都府京都市).
- 28 Kenji Kimura*, Taraki Tanaka, Masakazu Higuchi, On a Multi-valued Two-person Game, 「非線形解析学と凸解析学の研究」研究集会, 2014年8月20日, 京都大学数理解析研究所 (京都府京都市).
- 29 Yutaka Saito*, Taraki Tanaka, Syuuji Yamada, On Generalization of Ricceri's Theorem into Set-valued Maps via Scalarization, 「非線形解析学と凸解析学の研究」研究集会, 2014年8月20日, 京都大学数理解析研究所 (京都府京都市).
- 30 Shogo Kobayashi*, Yutaka Saito, Taraki Tanaka, Convexity properties for compositions of set-valued map and monotone scalarizing function, 「非線形解析学と凸解析学の研究」研究集会, 2014年8月19日, 京都大学数理解析研究所 (京都府京都市).
- 31 Shogo Kobayashi*, Yutaka Saito, Taraki Tanaka*, Convexity properties for compositions of set-valued map and monotone scalarizing function, ICM2014 Satellite Conference: The Fourth Asian Conference on Nonlinear Analysis and Optimization (NAO2014) (非線形解析学と最適化に関する第4回アジア会議), 2014年8月7日, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan (国立台湾師範大学, 台北, 台湾).
- 32 Yutaka Saito*, Taraki Tanaka, Syuuji Yamada, On generalization of Ricceri's theorem into set-valued maps via scalarization, ICM2014 Satellite Conference: The Fourth Asian Conference on Nonlinear Analysis and Optimization (NAO2014) (非線形解析学と最適化に関する第4回アジア会議), 2014年8月7日, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan (国立台湾師範大学, 台北, 台湾).
- 33 Syuuji Yamada*, Taraki Tanaka, Tetsuzo Tanino, Optimality conditions and an algorithm for a cone-dc vector optimization problem, ICM2014 Satellite Conference: The Fourth Asian Conference on Nonlinear Analysis and Optimization (NAO2014) (非線形解析学と最適化に関する第4回アジア会議), 2014年8月8日, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan (国立台湾師範大学, 台北, 台湾).

- 34 Shogo Kobayashi, Yutaka Saito, Tanaki Tanaka^{*}, Syuuji Yamada, Scalarization technique for set-valued maps, ICM2014 Satellite Conference : The Fourth Asian Conference on Nonlinear Analysis and Optimization (NAO2014) (非線形解析学と最適化に関する第4回アジア会議), 2014年8月8日, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan (国立台湾师范大学, 台北, 台湾).
- 35 Tanaki Tanaka, Scalarization methods for sets and its applications to set-valued Fan-Takahashi inequality, The 9th Asian Conference on Fixed point theory and Optimization (ACFPTO2014) (第8回不動点定理と最適化に関するアジア会議, 招待講演), 2014年7月29日, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand (ナレースワン大学, ピッサヌローク, タイ).
- 36 Shogo Kobayashi, Yutaka Saito, Tanaki Tanaka^{*}, Syuuji Yamada, Unified scalarization for sets and its applications to set-valued inequality (招待講演), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Bangkok, Thailand (モックツト王工科大学トンブリ校, バンコク, タイ).
- 37 Tanaki Tanaka^{*}, Syuuji Yamada, Observation on quasiconvexity for set-valued maps via scalarization, 20th Conference of the International Federation of Operational Research Societies (IFORS2014) (第20回国際OR学会), 2014年7月17日, Centre de Convencions Internacional de Barcelona - CCIB, Barcelona, Spain (バルセロナ国際会議場, バルセロナ, スペイン).
- 38 Syuuji Yamada^{*}, Tanaki Tanaka, Tetsuzo Tanino, Optimization over the efficient set of a multiple objective linear programming problem with reverse convex constraint, 20th Conference of the International Federation of Operational Research Societies (IFORS2014) (第20回国際OR学会), 2014年7月14日, Centre de Convencions Internacional de Barcelona - CCIB, Barcelona, Spain (バルセロナ国際会議場, バルセロナ, スペイン).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 環 (TANAKA, Tamaki)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号: 10207110

(2) 研究分担者

木村 泰紀 (KIMURA, Yasunori)
東邦大学・理学部・教授
研究者番号: 20313447

黒岩 大史 (KUROIWA, Daishi)
島根大学・総合理工学研究科・教授
研究者番号: 40284020

山田 修司 (YAMADA, Syuuji)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号: 80331544

劉 雪峰 (LIU, Xuefeng)
新潟大学・自然科学系・准教授
研究者番号: 50571220
(平成27年度より研究分担者)

(3) 連携研究者

谷野 哲三 (TANINO, Tetsuzo)
大阪大学名誉教授
研究者番号: 50125605

松下 慎也 (MATSUSHITA, Shinya)
秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授
研究者番号: 20435449

(4) 研究協力者

鈴木 聡 (SUZUKI, Satoshi)
島根大学・総合理工学研究院・助教
研究者番号: 70580489

木村 健志 (KIMURA, Kenji)
芝浦工業大学・工学部・非常勤講師

樋口 政和 (HIGUCHI, Masakazu)
埼玉大学・大学院理工学研究科・産学官連携研究員