

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K03637

研究課題名(和文) 集合値計画法における解集合と選好解に関する研究

研究課題名(英文) Study of the entire solution set and preference solutions in set-valued programming

研究代表者

黒岩 大史 (Kuroiwa, Daishi)

島根大学・学術研究院理工学系・教授

研究者番号：40284020

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)：集合値計画問題とは、集合から最適なものを見つける問題である。本研究では、意思決定者が「望ましい」と感じる解、すなわち選好解についての研究を行った。特に重み付け法、大域的評価法についての成果を得た。この手法を用いることで、これまでには見つけることが出来ないような解についても対応できることも確認した。これらの成果は、通常の多目的最適化の理論を含むだけでなく、ゲーム理論、数理経済学などをはじめとする関連分野への新しいアプローチを持つものとして国際的に注目されている。

研究成果の学術的意義や社会的意義
多目的最適化の拡張であり、実社会において頻繁に現れる問題の解を、意思決定者の好みで解を用意に見つけることができる。

研究成果の概要(英文)：Set-valued programming problem is a problem to find a set from a family of sets. In this study, we research about preferred solutions for the decision maker. We obtained results about kinds of the weighting method and the global criterion method for set optimization. By using these methods, "hidden" solutions can be found from the previous scalarization methods. These results are not only generalizations of multi-objective optimization problems, but also as a new approach to related fields of various optimization theories such as game theory and mathematical economics.

研究分野：集合値最適化

キーワード：集合値最適化 重み付け法 大域的評価法

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

「数理計画問題」とは、与えられた制約条件の下でより良い目的を達成するための数理モデルであり、理学、経済学、工学の分野にとどまらず、経営、政策なども含む非常に有用性の高い問題である。この問題を、目的が複数であっても対応できるようにモデル化したのが「多目的計画問題」であり、概ね半世紀程の研究が行われている。例えば何か欲しいものを購入する場合、出来るだけ良い品を買いたい(目的1)、出来るだけ安く買いたい(目的2)などという複数の目的を同時に達成させたいと考えるのは自然なことであり、この問題は非常に広い適用範囲を持っている。しかし、チームやクラス、部署や会社等のグループ同士を比較する際には、それぞれの構成員が複数の要素で表現されていたとしても、多目的計画問題の枠組みには収まらない。優秀なグループを選ぶには、個人の能力のみで比較するのではなく、構成員全体の能力によって判断されるべきである。このような考えに基づいて、研究代表者によって1996年に導入されたのが『集合値計画問題』である。このモデルにおいてはグループ間の比較が可能となり、かつ実社会における多様な価値観を集合値写像によって自然に表現することが可能となるため、複雑かつ多彩な社会現象を紐解くことが可能となる。『集合値計画問題』の研究は、ゲーム理論、数理経済学などを始めとする種々の最適化理論の関連分野への新しいアプローチを持つものとして国際的に評価・注目されており、予想以上の早さで拡散・発展してきている。多目的最適化の世界的権威であるJ. Jahn氏に注目され、彼の書籍「Vector optimization. Theory, applications, and extensions. Springer-Verlag, Berlin, 2004」にも取り上げられ、多くの研究者に注目され、盛んに研究が進められている。2012年8月には集合値計画法の中でも本研究に関連した集合順序に基づいた集合最適化を主題として取り扱い、ファイナンスとの連携について考察する国際会議「Set optimization meets finance」がA. Hamel氏等によって開催され、概ね2年に一度、これまでに6回開催されるなど、集合値計画法に関する研究は、研究代表者の予想よりも早いペースで進められている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、集合値計画問題の最適解に関して、(1)解全体の書き上げに関する研究、すなわち解集合の特徴付けについての研究、および(2)意思決定者が「望ましい」と感じる解、すなわち選好解についての研究を行うことである。これらは、インタラクティブ(対話的)に解を求める際に必要な理論であり、多目的計画問題においては研究がなされているが、集合値計画問題においては数学的な土壌の欠如のため、十分な研究がなされていなかった。また、従来の多目的最適化の手法に基づいたスカラー化で見つけることのできない解が知られており、このような問題の解決方法が知られていなかった。このような状況を踏まえ、集合値計画問題の選好解を扱うための数学的な土壌作りと、多目的計画問題における過去の研究に基づいて、三種類の選好解(weighted sum method, α -constraint method, global criterion method)の定義を行い、またこれらと解集合に関する特徴付けを行う。

3. 研究の方法

- 先行研究の weighted sum method, α -constraint method, global criterion method について調査し、集合値計画法におけるこれらの拡張について考察する。集合順序として I 型および u 型を対象として考察し、引き続き s 型およびこれらの集合順序の概念を統合した型の集合順序を用いて考察する。
- 提案した選好解についての理論的な結果、すなわちスカラー化問題の解が元の問題の解となることを数学的に示す。その際、埋め込み空間の研究が必要となり、特に埋め込まれた順序錐の埋め込み空間における非負極錐の内部の研究を行う。
- 実社会における具体例を用いて考察する。本研究で導入したこれらの手法が有効であることを確認する。問題点があれば、必要に応じて再定義や定理の見直しを行う。

4. 研究成果

- 集合値計画法における weighting method, global criterion method, α -constraint method を、I 型の集合順序において定義した。これらの定義には、意思決定者の選好が含まれたものとなっており、簡潔に好みを表現できる形となっている。
- これらの手法で求めた解が、集合値最適化問題の弱解となることを証明した。意思決定者が α および解に対する先行を与え、スカラー化問題を解くことで集合値最適化問題の解を得ることができる。特に weighting method においては従来には気が付きにくかった手法を用いており、関連分野の研究者からの高い評価が得られている。

- 従来のスカラー化では見つけることができなかった例において、本研究で提案した手法によってこれらの解が求められることを確認した。
- 実社会における具体例でこれらの手法を試し、有効であることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 BORIWAN PORNPIMON, KUROIWA DAISHI, PETROT NARIN	4. 巻 38
2. 論文標題 On the properties of lexicographic tolerable robust solution sets for uncertain multi-objective optimization problems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Carpathian Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 57 ~ 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.37193/CJM.2022.01.06	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Anh Lam Quoc, Duy Tran Quoc, Hien Dinh Vinh, Kuroiwa Daishi, Petrot Narin	4. 巻 185
2. 論文標題 Convergence of Solutions to Set Optimization Problems with the Set Less Order Relation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Optimization Theory and Applications	6. 最初と最後の頁 416 ~ 432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10957-020-01657-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Crespi Giovanni P., Kuroiwa Daishi, Rocca Matteo	4. 巻 289
2. 論文標題 Robust Nash equilibria in vector-valued games with uncertainty	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Annals of Operations Research	6. 最初と最後の頁 185 ~ 193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10479-020-03563-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Boriwan Pornpimon, Ehrgott Matthias, Kuroiwa Daishi, Petrot Narin	4. 巻 12
2. 論文標題 The Lexicographic Tolerable Robustness Concept for Uncertain Multi-Objective Optimization Problems: A Study on Water Resources Management	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 7582 ~ 7582
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su12187582	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Crespi Giovanni P., Kuroiwa Daishi, Rocca Matteo	4. 巻 289
2. 論文標題 Robust Nash equilibria in vector-valued games with uncertainty	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Annals of Operations Research	6. 最初と最後の頁 185 ~ 193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10479-020-03563-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Anh Lam Quoc, Duy Tran Quoc, Hien Dinh Vinh, Kuroiwa Daishi, Petrot Narin	4. 巻 185
2. 論文標題 Convergence of Solutions to Set Optimization Problems with the Set Less Order Relation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Optimization Theory and Applications	6. 最初と最後の頁 416 ~ 432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10957-020-01657-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kuroiwa, Daishi; Lee, Gue Myung; Suzuki, Satoshi	4. 巻 5
2. 論文標題 Surrogate duality for optimization problems involving set functions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Linear Nonlinear Anal.	6. 最初と最後の頁 269 ~ 277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Daishi Kuroiwa
2. 発表標題 Set Optimization
3. 学会等名 ACFPTO 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 黒岩大史
2. 発表標題 集合最適化問題の選好解について
3. 学会等名 RIMS 共同研究 (公開型) 非線形解析学と凸解析学の研究
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daishi Kuroiwa
2. 発表標題 A linear scalarization and preferred solutions for set optimization
3. 学会等名 naca-icota2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daishi Kuroiwa
2. 発表標題 Set optimization and its preferred solutions
3. 学会等名 Nonlinear Analysis and Convex Analysis, RIMS Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daishi Kuroiwa
2. 発表標題 Duality for set optimization and preferred solutions
3. 学会等名 IWANA 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
タイ	Naresuan Univ			
英国	Univ Lancaster			
イタリア	Insubria University	Liuc University		
ベトナム	Nam Can Tho University	Vietnam National University	Ton Duc Thang University	