

2024年度 随時応募枠共同利用研究報告書

2025年02月05日

所属・職名 福知山公立大学 情報学部・助教

田中 彰一郎

| | | 整理番号 | 2024c005 | |
|----------|--|--------------|----------|----|
| 1.研究計画題目 | 離散および連続多目的最適化ベンチマーク問題の統合 | | | |
| 2.新規・継続 | 新規 | | | |
| 3.種別 | 随時募集枠 | | | |
| 4.種目 | 短期共同研究 | | | |
| 5.開催方法 | ハイブリッド開催 | | | |
| 6.研究代表者 | 氏名 | 田中 彰一郎 | | |
| | 所属 部局名 | 福知山公立大学 情報学部 | 職名 | 助教 |
| 7.研究実施期間 | 2025年01月20日(月曜日)～2025年01月22日(水曜日) | | | |
| 8.キーワード | 多目的最適化, ベンチマーク, トポロジカルデータ解析, ランドスケープ分析 | | | |
| 9.参加者人数 | 10人 | | | |

10.本研究で得られた成果の概要

産業界に見られる問題はしばしば、コストを最小化しつつ性能を最大化するといった複数の相反する目的を持ち、さらに候補解を実験やシミュレーションで評価する。このようなブラックボックス多目的最適化問題に対するアルゴリズムが、約40年にわたり、盛んに研究されてきた一方で、アルゴリズムを評価するベンチマーク問題は20年以上、同じ問題セットが使用されている。本共同研究は、離散/連続最適化の両分野の知見を共有し、新たなベンチマーク問題を構築することを目的としてスタートした。

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所で、3日間にわたって招待講演1件、チュートリアル講演1件、一般公演4件の発表がなされた。発表内容は、ブラックボックス最適化問題の構造を分析する手法の紹介や、微分トポロジーにおけるモース理論と最適化の融合、トポロジカルな構造をデザイン可能なベンチマーク問題の提案など本共同研究の遂行に不可欠なものであった。会場には離散・連続双方の最適化の専門家やアルゴリズムの開発者、産業現場において最適化に取り組んでいる実務家、位相幾何学の研究者が集まり、ディスカッションがなされた。本集会は、離散/連続最適化と位相幾何学という異分野間で知識・情報を共有する場を提供し、共同研究の方向性を定めた。本集会を始点として共同研究を継続し、今後も研究を発展させていく。

2024 年度九州大学 IMI 共同利用（短期共同研究）

離散および連続多目的最適化ベンチマーク問題の統合

成果報告書

本報告書では、申請期間 2025 年 1 月 20 日（月）～ 2025 年 1 月 22 日（水）に開催した集会の成果、および、採択前後における準備と活動と今後の方針について述べる。

1. スケジュール

期間中のスケジュールは以下の通りであった。会場では3日間にわたって招待講演1件、チュートリアル講演1件、一般講演4件の発表がなされた。

1月20日（月）

13:00-14:30 チュートリアル講演

講演者：田中 彰一郎（福知山公立大学）

タイトル：Tutorial on Fitness Landscape Analysis

14:40-17:00 招待講演

講演者：濱田 直希（KLab 株式会社）

タイトル：Simpliciality in Integer Programming

1月21日（火）

10:30-11:40 講演

講演者：田川 雄大（信州大学）

タイトル：Investigation of Weight-Guided Hill Climbing Algorithm for Binary Epistatic and Many-Objective Problems

11:50-12:30 講演

講演者：Liu Likun（九州大学）

タイトル：Empirical Benchmarking of MOEAs for Exploration-Exploitation

14:00-14:40 講演

講演者：藤井 彬人（九州大学）

タイトル：Reeb Complements for Exploring Inclusions between Isosurfaces from Two Scalar Fields

1月22日（水）

10:30-11:00 講演

講演者：田中 彰一郎（福知山公立大学）

タイトル：Approximating Pareto Local Optimal Solution Networks

11:00-12:00 招待講演

講演者：濱田 直希（KLab 株式会社）

タイトル：Simpliciality in Integer Programming（初日の続き）

2. 本共同研究の目的・背景

産業界に見られる問題ではしばしば、コストを最小化しつつ性能を最大化するといった複数の相反する目的が存在し、その候補解は実験やシミュレーションで評価される。このような問題をブラックボックス多目的最適化問題と呼ぶ。ブラックボックス多目的最適化問題を解くアルゴリズムとして、評価値の良い候補解からより良い候補解を生み出す進化型多目的最適化アルゴリズムが約40年前から研究されてきた。この進化型多目的最適化アルゴリズムを利用すると、解とその評価値さえわかれば、どのような問題にも適用できる反面、問題に応じて適切なアルゴリズムを選択しなければ性能が発揮できない。そのため、アルゴリズムの性能を測るベンチマーク問題の確立が重要である。このベンチマーク問題は、解の探索に影響を及ぼす問題の構造を考慮することが望ましい。離散多目的最適化では解空間・目的関数値空間双方の構造の性質を調整可能なベンチマーク問題が提案されてきた。一方で、連続多目的最適化では、目的関数値空間の構造のみが重視されてきた。これにより、離散多目的最適化分野でわかってきた解空間の構造とアルゴリズムの性能の関係は連続多目的最適化では注目されておらず、研究の余地が残っている。また、離散多目的最適化においても、既存ベンチマーク問題の構造を理解する、受動的な研究が支配的であり、逆に能動的に、目的に合わせて構造を設計してしまうようなベンチマーク問題は提案されてこなかった。

本共同研究は、離散/連続最適化双方の知見を共有し、統合的なベンチマーク問題を構築することを目的とする。本研究計画では、先行する研究成果を離散多目的最適化へと拡張することや、逆に離散多目的最適化における知見を新たに導入することを検討した。

3. 採択前後における準備と活動

本共同研究は、これまで濱田 直希博士 (KLab 株式会社) が代表者を務めた下記の IMI 短期共同研究・研究集会の流れを汲んでいる。

- ・2017年 ベクトル値滑層分割 Morse 理論の構築による多数目的最適化問題の解集合の可視化
- ・2018年 多目的最適化と特異論：パレート点の特異型の分類
- ・2019年 実践と数理に根ざした多目的最適化ベンチマークの開発
- ・2020年 進化計算の数理

これらは主に連続多目的最適化を対象とした研究であるが、今回はこれらの内容と離散最適化の共同開始を図った。また、会場での議論を効率的に進めるため、濱田の過去の IMI 短期共同研究・研究集会に付随する研究成果について講演内で情報共有が行われた。採択後は、2024年12月20日(金)～2024年12月22日(日)に開催された国内学会「進化計算シンポジウム」に参加し、その中のイベントである「オープンスペースディス

カッション」にて、濱田とともに本共同研究に関するトピックを提示し、進化計算分野の専門家や実務家へのヒアリングを実施した。

4. 本共同研究の成果

本共同研究と会期中の集会は、主として最適化問題の構造について集中的に議論する場を提供し、共同研究の始点として効果的に機能した。研究代表者である田中は、離散最適化問題の構造の分析に取り組んできた。濱田と、組織員の櫻井大督は、2017年以降、連続最適化問題の構造の分析と構造を設計可能なベンチマーク問題の開発に取り組んできた。田中の研究は、適応度景観分析と呼ばれる、集団遺伝学に端を発する手法に基づき、一方で櫻井と濱田の研究は位相幾何学に基づく。集会では、両分野の知識と成果を整理することで、多くの重要な共通点を見出し、共同研究の方向性を定めることができた。

集会中のチュートリアル講演では、田中が適応度景観分析を紹介した。適応度景観分析の歴史と主な手法を総覧した後、近年注目されている、離散最適化問題をネットワークに変換して解析する手法群について説明した。招待講演では、濱田がこれまでのIMI共同研究の成果である微分幾何にもとづく連続最適化問題の大域解析について発表した。モース理論と単一目的最適化問題の関係、特異点論と多目的最適化問題の関係について説明した。田川 雄大（信州大学）は目的関数の数が4以上の多数目的最適化問題を解く新たなアルゴリズムについて発表した。Likun Liu や藤井 彬人（九州大学）はReeb空間の情報を活用したベンチマーク問題や高次元データの可視化についての研究成果を紹介した。特にLiu氏の紹介するトポロジカルな構造を設計可能なベンチマーク問題は、適応度景観分析、ひいては進化計算分野での発展が期待できることがわかった。

本集会では、離散・連続双方の最適化問題の分析やアルゴリズムの開発に従事している専門家、および産業現場において多目的最適化に取り組んでいる実務家にくわえて、九州大学の数学者も参加した。これにより、数理的な基盤から応用まで一貫した計画を議論することができた。

5. 今後について

今回の集会で、位相幾何学に基づく位相的データ解析と進化計算における適応度景観分析には多くの共通項があり、親和性が高いことが明らかになった。今後も協働・議論を続け、離散/連続最適化において構造を設計可能な統合的なベンチマーク問題の構築を目指す。また、議論の中で、進化計算の新たなパラダイムである発散的進化計算を用いて多様な構造を生み出すという新たな共同研究も始まった。これらの研究も併せて論文としてまとめられるよう進めていく。



開催日:2025/01/20~2025/01/22

離散および連続多目的最適化ベンチマーク問題の統合 | 2024c005

カテゴリ: イベント

タグ:

随時募集

短期共同研究

開催概要

- 開催方法: 対面開催
- 開催場所: 九州大学 伊都キャンパス ウェスト1号館 D棟 4階カンファレンスルーム(W1-D-414)
- 主要言語: 日本語
- 主催: 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
- 種別・種目: 随時募集枠-短期共同研究
- 研究計画題目: 離散および連続多目的最適化ベンチマーク問題の統合
- 研究代表者: 田中 彰一郎 (福知山公立大学情報学部・助教)
- 研究実施期間: 2025年1月20日(月)~2025年1月22日(水)
- 公開期間: 2025年1月20日(月)~2025年1月22日(水)
- 研究計画詳細: https://joint2.imi.kyushu-u.ac.jp/research_chooses/view/2024c005

プログラム

1月20日(月) 13:00-16:00

13:00-13:40

田中 彰一郎 (福知山公立大学)

Tutorial on Fitness landscape analysis

13:50-14:30

濱田 直希 (KLab 株式会社)

Simpliciality in integer programming

14:40-16:00

ディスカッション I 「トポロジーとランドスケープ」

1月21日(火) 10:30-16:00

10:30-11:00

田川 雄大 (信州大学)

Investigation of Weight-Guided Hill Climbing Algorithm for Binary Epistatic and Many-Objective Problems

11:10-11:40

Likun Liu (九州大学)

Empirical benchmarking of MOEAs for exploration-exploitation.

13:00-16:00

ディスカッションII「離散および連続多目的最適化ベンチマーク問題の統合」

1月22日(水) 10:30-12:00

10:30-12:00

ディスカッションIII「今後について」

申込方法

事前申込制(組織委員, 講演者のかたも登録が必要です)

参加無料

定員になり次第, 参加登録を締め切らせていただく場合がございます。

＼下記URLより参加登録をお願いいたします／

[参加登録フォーム](#)

問合せ先

<九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 共同利用・共同研究拠点事務室>

imikyoten(at)jimu.kyushu-u.ac.jp

(at)を@に変更してください

| 概要 | 運営 | 2025年度公募 | アクセス・お問 |
|------|--------------|------------|---------|
| 概要 | 運営委員会 | 採択研究・報告書一覧 | 学内専用(トッ |
| 活動報告 | 共同利用・共同研究委員会 | イベント情報 | 委員専用 |
| | 国際プロジェクト委員会 | 会場設備 | 研究代表者専 |
| | | Q&A | メールマガジ |