



京都大学数理解析研究所 共同研究（公開型）

数理最適化の最前線

研究代表者：北原 知就（九州大学）

2025年9月1日（月）、2日（火）

ハイブリッド開催（RIMS420号室での対面とZoom）

プログラム（発表25分または35分）+質疑5分

9月1日（月）

10:00～10:05 開会の挨拶

10:05～11:15 セッション1（数理最適化による現実問題の解決）

10:05～10:45 Structure-Aware Accessibility Planning for EV Charging Deployment via Enhanced Benders Decomposition

講演者：LI YU 氏（筑波大学）

アブストラクト：The deployment of electric vehicle (EV) charging infrastructure is closely tied to the spatial distribution of travel demand. While conventional accessibility-based station location models typically optimize over a single, fixed origin–destination (OD) pattern, real-world urban systems often exhibit structured and diverse OD flows—such as radial commuting, corridor movements, and polycentric formations—that significantly influence the effectiveness of infrastructure.

This study investigates how OD spatial structure affects charging station deployment and proposes two structure-aware enhancements to improve both solution quality and computational performance: (i) a spatially informed cover inequality that eliminates

provably redundant siting configurations, and (ii) a warm-start strategy based on OD clustering that provides high-quality initial solutions. These components are integrated into a stabilized Benders decomposition framework for scalable optimization.

Comprehensive experiments on both synthetic and real-world networks demonstrate that the proposed approach consistently accelerates convergence, reduces computational overhead, and yields more spatially diverse and robust infrastructure layouts. The findings underscore the value of incorporating urban spatial semantics into accessibility-oriented planning and algorithm design for EV infrastructure deployment.

10:45~11:15 ネットワーク設計業務に対する 連結巡回路による頂点被覆問題の数理モデルの提案

講演者：高須賀 将秀 氏 (NTT 西日本株式会社)

共著者：清水 仁 氏 (NTT 西日本株式会社)

アブストラクト：本論文では、通信ネットワーク設備設計業務における県内リング設計に対する数理モデルを提案する。本問題は、全ての拠点を通る複数の巡回路を設計し、各巡回路が互いに頂点を共有するという連結制約を満たしつつ、総距離コストを最小化することを目的としている。実データを模擬したダミーデータを用いて数値実験の結果、従来の手作業による設計と比較し、提案手法が効率的かつ信頼性の高い解を得られることを確認した。

13:30~16:20 セッション 2 (連続最適化)

13:30~14:10 最大距離規則の単体法が生成する実行可能基底解の上界について

講演者：北原 知就 氏 (九州大学)

アブストラクト：本研究では、最大距離規則を用いた単体法によって生成される異なる基底解の数に対する上界を示す。このピボット規則は近年提案されたものであり、場合によっては著名な最急降下辺規則よりも効率的であると報告されている。問題が非退化であれば、これらの結果は反復回数の上界を与える。知りうる限り、これは最大距離規則に関する最初の理論的な上界である。

14:10~14:50 ODE アプローチによる ADMM 型アルゴリズムの収束挙動の解析

講演者：石井 千星 氏 (慶應義塾大学・三菱UFJフィナンシャル・グループ)

共著者：成島 康史 氏 (慶應義塾大学)

アブストラクト：本研究では、等式制約付きの凸最適化問題に対し、拘束条件付き常微分方程式 (ODE) に基づく新たなアルゴリズムを提案する。本手法では、ADMM (Alternating Direction Method of Multipliers) 型アルゴリズムの連続極限として導

かれる力学系に着目し、Lyapunov 関数を用いた定量的な収束解析を行う。ADMM は分散型最適化に適した手法として機械学習などで広く利用されている。また本手法は、Nesterov 加速法に対する連続極限の研究を契機とした ODE アプローチを拡張し、非平滑かつ強凸ではない目的関数にも適用可能である。近年、スパース性や低ランク性をもつモデルの普及により微分不可能な関数を含む問題が増加しており、特に大規模・非平滑な問題において本手法の有用性が高い。目的関数が Kurdyka-Łojasiewicz (KL) 性に類似する幾何学的な性質を満たす場合に KL 指数に依存した収束率を導出し、従来知られている局所的な収束率 $O(1/t^2)$ を保証する。

15:00~15:40 微分不可能な正則化項を含む無制約最小化問題に対する forward-backward 残差を用いた PRP 型非線形共役勾配法について (オンライン講演)

講演者：成島 康史 氏 (慶應義塾大学)

共著者：浜名 翔大 氏 (慶應義塾大学)

アブストラクト：本発表では微分不可能な正則化項を含む無制約最小化問題に対する数値解法を考える。このような問題は、機械学習や画像処理・信号処理などで現れる問題として近年注目を集めている。このような問題に対しては、近接勾配法とその加速法、ニュートン型近接勾配法などが有効な方法として知られている。これらは、(微分不可能な項を含まない) 通常は無制約最適化問題に対する最急降下法や (準) ニュートン法の拡張として考えることができる。一方で、通常は無制約最適化問題に対して有効な方法として知られている非線形共役勾配法を今回対象とする問題に拡張する研究はまだほとんど進んでいない。理由としては、拡張に際して非線形共役勾配法における目的関数の勾配をどのように規定するか、という点が挙げられる。そこで本発表では、目的関数の勾配の代わりに forward-backward 残差を用いた PRP 型の非線形共役勾配法を提案する。さらに、その収束性などを議論するとともに、数値実験により、その有効性を検証する。

15:40~16:20 複素輸送問題に対する内点法

講演者：小崎 敏寛 氏 (ステラリンク株式会社)

アブストラクト：複素変数、複素係数の複素輸送問題を考える。この問題を扱える複素線形計画問題を導入する。この問題を安定に解ける内点法のアルゴリズムを提案する。複素線形計画問題と複素輸送問題で数値実験を行う。

9月2日 (火)

10:00~12:00 セッション 1 (離散最適化)

10:00~10:40 最小 2 辺連結全域部分グラフ問題に対する三角形フリー 2 マッチングを用

いた近似アルゴリズム

講演者：野口 貴志 氏（京都大学）

アブストラクト：任意の1辺が除かれても連結性を保つグラフを2辺連結グラフという。与えられた無向グラフから、できるだけ少ない辺を選択して2辺連結グラフを構成する問題（最小2辺連結全域部分グラフ問題, 2-ECSS）は、ネットワーク設計の分野における最も基本的な問題の1つであり、そのNP困難性から近似アルゴリズムの研究が盛んである。本発表の前半では、2023年に Garg, Grandoni, Ameli が発表した2-ECSSに対する1.326近似アルゴリズムを改善した $(1.3 + \epsilon)$ -近似アルゴリズムを紹介する。このアルゴリズムで鍵となるアイデアは、長さ3の閉路のみで構成される連結成分を持たない（三角形フリーな）2辺被覆の導入である。既存のアルゴリズムで初期解として用いられていた最小2辺被覆に代わって最小三角形フリー2辺被覆を用いることで、実行可能解である2辺連結グラフとのギャップを縮めることができる。最小三角形フリー2辺被覆の計算には最大辺数の三角形フリー2マッチングを用いる。最大三角形フリー2マッチングの計算については、1984年に Hartvigsen が多項式時間アルゴリズムを報告して以降、様々な研究成果が発表されている。本発表の後半では、この最大三角形フリー2マッチング問題に関する最近の成果を紹介する。

10:40~11:20 時間制約付き集合分割問題に対するZDDを用いた厳密解法

講演者：高橋 里司 氏（電気通信大学）

アブストラクト：本研究は、所要時間制約の下で集合全体を部分集合に分割する時間制約付き集合分割問題を対象とし、ZDDと最小費用流を組合せた厳密解法を提案する。各要素に与えられた所要時間の合計が上限を超過しない部分集合族を、動的状態列挙によってZDD上に圧縮表現し、得られたZDDを有向グラフとみなして定式化した最小費用流問題を解くことで、分割数の最小化を実現する。従来の重み付き集合分割問題とは異なり、提案手法では制約充足と候補集合の構成を一体化するため、明示的な部分集合族の列挙を必要とせず、ZDDの構造を通じた効率的な探索と枝刈りが可能である。発表では、計算機実験の比較結果と応用について紹介する。

11:20:~12:00 M凸関数最小化の最急降下法における長いステップ幅の利用

講演者：塩浦 昭義 氏（東京科学大学）

アブストラクト：M凸関数は整数格子点上で定義された、離散的な凸関数の概念である。M凸関数の最小化問題に対する最急降下法は、各反復で最急降下方向を求め、その方向に1ステップ進む、というアルゴリズムである。本発表では、各反復で長いステップ幅を使うことにより、アルゴリズムの理論的な高速化が可能であることを示す。また、最小費用流問題に対するアルゴリズムとの関係についても述べる。

13:30~14:50 セッション2 (ロバスト最適化)

13:30~14:10 ゼロ頻度問題に対するロバスト最適化法の公理論的分析

講演者：長野 北斗 氏 (九州大学)

共著者：内田 大貴 氏 (九州大学)、栗原 昂汰 氏 (九州大学)、伊豆永 洋一 氏 (九州大学)

アブストラクト： ゼロ頻度問題とは、観測データにない事象の確率をゼロと誤って推定し、モデルの信頼性を損なう問題である。本研究では、ゼロ頻度問題に対し、データの不確実性を考慮した分布的ロバスト最適化モデル (DRO) に基づく確率平滑化手法を提案し、その理論的正当性について議論する。

具体的には、ある不確実性集合上で定義される DRO が扱いやすい凸最適化問題に帰着されることを示し、その最適解における性質を分析する。結果として、本モデルは、自然な仮定のもとで対称性や順序保存性などの望ましい性質を有することを示す。

14:10~14:50 ハイブリッド型フードデリバリーにおける配達員離脱リスクを組み込んだ混合整数計画型注文割当て

講演者：高澤 陽太郎 氏 (明治大学)

アブストラクト：近年、フードデリバリープラットフォームでは、時給制の in-house (自社) 配達員と出来高制の crowdsourced (個人) 配達員を組み合わせたハイブリッド運営が広がっている。自社配達員への割当てを増やし過ぎると個人配達員の稼働機会が減少して離脱が起こりやすくなり、逆に個人配達員を優先し過ぎると自社配達員が遊休して固定費が無駄になる。本研究では、個人配達員が一定時間仕事を得られないと離脱し、注文を受託すると待機タイマーがリセットされるというメカニズムを組み込んだオンライン注文割当て問題を定式化する。目的は、遅延注文件数と個人配達員への割当て件数を同時に最小化することである。

本研究ではシナリオベースのローリングホライズン手法を提案する。限られた先読みウィンドウ内で現在の注文・配達員状況から複数の短期シナリオを生成し、各シナリオを混合整数計画として解き、得られた解を統合してリアルタイムに配達員を割り当てる。東京都内の実データを用いた数値実験の結果、本手法は自社配達員優先ポリシー並みの低遅延を維持しつつ、個人配達員優先ポリシーに近い低コストを実現し、単純なベンチマーク手法を上回る性能を示した。

14:50~14:55 閉会の挨拶