



京都大学数理解析研究所 共同研究（公開型）

数理最適化：理論，計算，社会実装の新たな展開

研究代表者：北原 知就（九州大学）

2026 年 9 月 3 日（木）、4 日（金）

ハイブリッド開催（RIMS420 号室での対面と Zoom）

プログラム 発表 1 件当たり 30 分または 35 分（質疑 5 分を含む）

9 月 3 日（木）

10:00～10:05 開会の挨拶

10:05～11:40 セッション 1：最適化アルゴリズム

10:05～10:35 An Adaptive Gradient Method for Multi-Objective Optimization

講演者：Yang Chen 氏（京都大学）

アブストラクト：We propose a line-search-free adaptive gradient method for smooth convex multiobjective optimization. The method dynamically estimates local curvature from gradient variations, eliminating the need for prior knowledge of a global Lipschitz constant. A relaxed constrained subproblem selects a balanced convex combination of objective gradients while preserving the key properties required for convergence. Since adaptive stepsizes may lead to non-monotone objective values, we introduce an enlarged level set and analyze a weighted ergodic sequence. We prove that the stepsizes remain uniformly bounded away from zero and, under a relaxed boundedness assumption, establish an optimal convergence rate of  $O(1/n)$  in terms of a standard merit function for weak Pareto optimality. These results provide a theoretically reliable and computationally attractive

alternative to conventional multiobjective gradient methods based on costly line searches.

10:35～11:05 線形計画問題に対する Row-Polar LP-Newton アルゴリズム

講演者：松野 悠希 氏（成蹊大学）

共著者：施 建明 氏（Shandong University／成蹊大学／東京理科大学）、Yanfei Li 氏（Shandong University）

アブストラクト：本講演では、不等式標準形で表される線形計画問題に対して、row-polar hull を利用する P-LPN 法を扱う。本手法では、与えられた内点を用いて制約行から row-polar hull を構成し、目的関数方向に定めた objective ray と row-polar hull との交点のうち、原点から最も遠い点を求めることにより、線形計画問題を解く新たな定式化を提案する。また、LP-Newton 法(Fujishige et al.2009) は射影の終端を追跡しているが、本研究は直前の射影計算で得られた corral を後続の射影計算に再利用し、必要に応じ修復する Corral-Repair P-LPN (CR-P-LPN) 法を導入する。仮定のもとで、CR-P-LPN が P-LPN と同等の解の保証および有限停止性を保持することを示す。さらに、corral の再利用による計算負荷の低減について検討する。数値実験では、特定の問題群において、両手法が既存の汎用ソルバーを上回る計算性能を示し、とくに corral の再利用と修復により、射影計算に要する処理が削減されることを確認した。

11:05～11:40 複素内点法の現状

講演者：小崎 敏寛 氏（ステラリンク）

アブストラクト：実数の線形計画問題の内点法は、理論上多項式オーダー、実際安定して求解できる。そこで、実数から複素数への拡張を試みる。これを複素内点法と呼ぶ。その現状を報告する。

まず、複素線形計画問題を導入する。

次に、実数と複素数の内点法で同じ点を説明する。

- ・ 双対問題
- ・ 弱双対定理
- ・ 双対定理
- ・ 最適条件
- ・ 解析的センター
- ・ センターパス
- ・ 探索方向のステップサイズ  $\alpha$  での最適性の改善

最後に、実数と複素数の内点法で異なる点を説明する。

- ・ 理論では、フィージブル内点法の解析で算術幾何平均が拡張できない。

・実際では、ステップサイズが小さくなる。

## 13:00～14:45 セッション 2：最適化理論

13:00～13:35 凸最適化問題に対する最急降下法の適応的ステップサイズ区間について

講演者：山下 信雄 氏（京都大学）

共著者：香川 実敦 氏（京都大学）

アブストラクト：Malitsky と Mishchenko が提案した適応的ステップ幅は目的関数の勾配情報だけで計算でき、理論的にもすぐれた性質を持っている。一方、このステップ幅は、リップシツ定数などの情報を用いた最適なステップ幅と比べると、小さくなるという欠点があった。本発表ではそのような欠点を克服するステップ幅の区間を提案する。

13:35～14:10 共正値行列を判別する凸関数の構築に向けて

講演者：山下 信雄 氏（京都大学）

アブストラクト：本発表では最適値関数  $f(A) = \max\{-x^T A x \mid x \geq 0, \sum x_i = 1\}$  を考えます。この関数は  $A$  が共正値行列であれば 0 以下、そうでなければ正の値をとる凸関数です。この関数が計算可能であれば、多くの難しい最適化問題を解くことができるようになります。そういう意味では関数  $f$  は数理最適化の”基盤モデル”と言えるかもしれません。残念ながら  $f$  を構成する最適化問題は標準 2 次最適化問題とよばれる NP 困難な問題です。しかし、最近の最適化や機械学習の技術を用いれば、 $f$  の近似関数を構築できるかもしれません。そのようなアプローチについて検討していることを報告します。

14:10～14:45 クリーク分割問題の 0-1 整数計画定式化における冗長な推移性制約

講演者：鮎川 矩義 氏（法政大学）

アブストラクト：クリーク分割問題に対する 0-1 整数計画定式化では、推移性制約と呼ばれる多数の不等式制約が必要となり、計算効率の低下を招く。本研究では、最適解集合を変えることなく削除可能な推移性制約のクラスを明らかにする。この結果に基づき、従来よりもコンパクトな 0-1 整数計画定式化を提案する。相関クラスタリングや同値関係集約問題の入力例に対する数値実験を通じて、提案法が既存定式化より少ない制約数で高速に求解できることを示す。

## 15:00～16:45 セッション 3：データ解析と最適化

15:00～15:35 潜在的消費者ニーズの特定へ向けての試案

講演者：加藤 淳一 氏（久留米大学）

アブストラクト：本研究は、マルチモーダルデータフュージョンと、ビッグデータ分析と LLM を活用し、消費者が無自覚な「潜在的消費者ニーズ」を特定する手順の試案を提案しています。この手法の核は、①SNS から収集した言語・画像データを同一の多次元空間に統合（マルチモーダルデータフュージョン）し、②顕在的消費者ニーズが密集していない「空白地帯」かつ「不満が収束する領域」を最適座標として導き出す点にあります。具体的手順は以下の 5 ステップです。1. データ収集: SNS から言語データと画像データを収集します。2. 埋め込みと中心点: Japanese CLIP 等のエンコーダーと L2 正規化を用いて、データを同一空間の球面上に埋め込み、期間ごとの中心点を算出します。3. 乖離とシフトベクトルの検出: 言葉と行動の間の「意味的乖離」を数値化し、その方向をシフトベクトルとして求めます。4. 最適座標の特定: 「顕在的消費者ニーズの密度」と「不満の収束度」の比から、最適座標（潜在的消費者ニーズの所在）を特定します。5. 命名・解釈: LLM が、最適座標の近傍の言語・画像データを基に、領域を命名し、人間による解釈を可能にします。本研究は、データクリーニングや妥当性検証といった課題を残していますが、予測や適応とは異なる、潜在的消費者ニーズの特定の新しいアプローチの提案を目指しています。

15:35～16:10 Wasserstein 距離を用いた分布的ロバスト確率平滑化とエントロピー最大化との関係

講演者：栗原 昂汰 氏（九州大学）

共著者：山川 雄也 氏（東京都立大学）、伊豆永 洋一 氏（九州大学）

アブストラクト：本発表では、有限の観測データから真の分布を推定する際に、未観測事象の生起確率をゼロと誤推定してしまう現象（ゼロ頻度問題）に対し、Wasserstein 不確実性集合を用いた分布的ロバスト最適化（WS-DRO）に基づく平滑化手法を提案する。

発表者らはこれまでに、 $q$  ノルム不確実性集合を用いた DRO ( $q$ -DRO) を提案し、この手法により得られる確率分布が、従来のラプラス平滑化を特徴づける公理のうち、硬直性の原因であった順序保存性を満たさない一方で、平滑化の性能を保証する正值性、対称性、および順序保存性を満たすことを示した。さらに、双対性を用いた解析を通じて、 $q$ -DRO が正則化付き経験損失最小化に帰着されることを示し、平滑化として有効に機能するための不確実性半径の上界（退化しきい値）を与えた。

本発表では、 $q$ -DRO と同様の議論により、WS-DRO もリプシッツ型の罰則項を持つ経験損失最小化問題に帰着されること、退化しきい値を持つことを示す。さらに、一連の上界に関する議論が、不確実性集合上のエントロピー最大化問題として統一的に解釈できることを示す。

16:10～16:45 169 件の線形分離可能な発現データに関する最初の研究

講演者：新村 秀一 氏（成蹊大学名誉教授）

アブストラクト：n 件 p 変数の判別で最小誤分類数 MNM の最小変数の BGS をみつける組み合わせ最適化 LDF の RIP で、試験の合否判定等 5 つの標準データと 169 組の遺伝子の Array（最大 360 件 \* 4 万遺伝子）で、LSD の判別理論を 2024 年に完成した。

180 の自然分娩と 60 の帝王切開妊婦の CPD 診断は、240 組みの線形超平面  $H_i$  の判別得点が正と負を表す  $y_i=1/-1$  と判別/誤判別を表す  $e_i=1/0$  の 2 組の二値整数で、2 組の  $2^{240}$  の組み合わせからデータに特異的な  $MNM=2$  の最適凸体を見つける。この 2 例の妊婦がなぜ誤判別されたかが検討でき、省いた 238 例は LSD になる。山中 4 因子を見つけた FS で、1 変数から 19 変数の  $2^{19}$  の全モデルから 14 変数の多重共線性のない 10 重 CV の検証標本の平均 ER の  $M_2$  が最小のオッカムの剃刀をみたす Best なモデルが簡単に見つかる。169 の癌と正常の Array が LSD である事、大腸癌 5 で  $M_2=0$  で遺伝子数が 5 個以下の従来の一変量の発癌遺伝子と異なる多変量の癌遺伝子の候補を 1700 組見つけた。また 100 件以上で無く 50 件程度の Array の方が成績が良い新しい事実も見つけた。

9 月 4 日（金）

10:00~11:45 セッション 4：ゲーム理論とメカニズムデザイン

10:00~10:35 逆最適化アプローチによる議席配分の公平性評価

講演者：川根 大輝 氏（九州大学）

共著者：長野 北斗 氏（九州大学）、伊豆永 洋一 氏（九州大学）

アブストラクト：議員定数配分問題は、総議席数を各選挙区の人口に応じて配分する問題である。配分結果がどの程度公平であるかを定量的に説明することは、意思決定の透明性を担保する上で重要である。本研究では、既知の配分結果からその背後にある評価基準を推定する逆最適化アプローチを提案する。具体的には、資源配分問題の目的関数に非負の重みを付与した重み付き資源配分問題を順問題とする。与えられた配分解を最適解として実現する重みのうち、全選挙区を均等に扱う基準ベクトル（すべての成分が 1）からの  $\ell_1$  距離が最小となるものを求める逆最適化問題を、線形計画問題として定式化する。また、逆最適化問題の最適性条件を KKT 条件を用いて解析することで、最適解が閉形式で一意的に構築されることを示すと同時に、効率的な求解アルゴリズムを設計した。さらに、日本の衆議院小選挙区における実際の定数配分データに本手法を適用し、定数配分の公平性を評価した。

10:35~11:10 The equivalence of egalitarian welfare orderings under Leontief preferences

講演者：Zhang Ping 氏（江戸川大学）

アブストラクト：We present the equivalence among social welfare orderings based on Leontief preferences addressed by Brandt et al. (2025). Leontief preferences aim to

maximize the minimum across the charities without ignoring the preferences of individual donors. They defined the leximin egalitarianism for charities and donors when the weights are binary. First, we show explicitly that the leximin on the donor's side is equivalent to the leximin on the charity's side. This is done by showing the submodularity being satisfied, and then using Lovas extension and related results. A relation of the weighted social welfare maximization is simultaneously obtained. Additionally, we extend the leximin to the minimization of the egalitarian-in-deviation based on known results. Finally, we pointed out that both leximin orderings can be simultaneously solved by famous Meggido's algorithm.

#### 11:10～11:45 超過需要競り上げオークションと L 凸関数最小化

講演者：塩浦 昭義 氏（東京科学大学）

アブストラクト：複数需要オークションモデルでは、複数種類の不可分財が売りに出されており、各入札者は複数の財を購入することが許されている。本研究では、このモデルにおける極小均衡価格を計算する問題を扱う。単一需要モデルに対し、超過需要競り上げオークションが Andersson et al. (2013)によって提案されている。本研究の目的は、このオークションアルゴリズムを、離散凸解析における L 凸関数最小化の観点から理解するとともに、より一般的なモデルである複数需要モデルへ拡張することである。

#### 11:45～12:20 多対一および一対多の Gale-Shapley アルゴリズムに対する戦略的操作

講演者：杉田 龍星 氏（法政大学）

共著者：鮎川 矩義 氏（法政大学）

アブストラクト：Gale-Shapley アルゴリズムは、安定マッチングを求める代表的なアルゴリズムである。一方、プロポーズされる側は選好を偽って申告することで、真の選好の下ではより好ましい相手とのマッチングを得られる場合がある。Kobayashi と Matsui は、プロポーズする側の選好と目標となるマッチングが与えられたとき、Gale-Shapley アルゴリズムの出力がその目標となるようなプロポーズされる側の選好リストが存在するかを判定し、存在する場合にはその選好リストを構成する多項式時間アルゴリズムを示した。本研究では、この結果を、両側の要素数が異なり一部の要素が未マッチとなる一対一マッチング、多対一・一対多マッチング、およびそれらを統一的に扱う多対多マッチングへ拡張する。

#### 13:30～15:15 セッション 5：最適化モデルと評価指標

#### 13:30～14:05 DEA における効率値の精緻化に向けた Maximum-Margin DEA モデルの提案

講演者：赤星 輝季 氏（九州大学）

共著者：上田 大輝 氏（九州大学大学院修了）、北原 知就 氏（九州大学）

アブストラクト：データ包絡分析法（DEA）は意思決定主体（DMU）の相対的効率性を評価する代表的なノンパラメトリック手法であるが、標準的な CCR モデルは入出力変数の数が DMU 数に比べて多い場合に判別力を失い、多数の DMU が効率値 1 と評価される「飽和」問題を抱える。本研究では、サポートベクターマシンにおける構造的リスク最小化の考え方にに基づき、効率性フロンティアからの「マージン」を最大化する新たなモデル Maximum-Margin DEA（MM-DEA）を提案する。MM-DEA は、超効率性（SE）モデルと同様に評価対象 DMU を参照集合から除外する一方、SE モデルとは異なり対象 DMU 自身のスコアに明示的な上限を課すことで、全てのスコアが標準的な  $[0,1]$  の範囲に収まることを保証する。分数計画問題として定式化される MM-DEA が線形計画問題へ厳密に変換できることを示し、トレードオフパラメータ  $\alpha = 0$  のとき CCR モデルへ帰着することを証明する。さらに双対問題を導出し、CCR モデルの双対問題との対比を通じて各制約の意味を考察する。人工データを用いた数値実験により、CCR モデルが判別力を失う高次元設定においても、MM-DEA が DMU 間の完全なランキングを与えることを確認した。

14:05～14:40 2D-TASEP における退出過程の変動解析と経路優先度の最適化

講演者：星山 孝子 氏（IE Tech - Research Institute）

共著者：西成 活裕 氏（東京大学）

アブストラクト：二次元 Totally Asymmetric Simple Exclusion Process（2D-TASEP）は、有限の作業空間における作業員、仕掛品、搬送物または配給資材の移動と滞留を、排除体積効果を伴う離散流れとして表現できる確率モデルである。本研究では、ペア作業を含む平行工程や、作業場所、仕掛品の待機位置、配給資材の一時置場などをセルとして一般化した、 $2 \times 2$  セル・16 状態の 2D-TASEP を対象とする。従来の発表者らの研究では、定常分布、セル稼働率、生産性および Shannon エントロピーを中心に評価してきたが、本研究では更に工程からの退出過程に着目する。状態遷移行列をジョブの退出個数に応じて分解し、退出間隔の平均、分散および変動係数を行列解析により導出し、ジョブが同時に退出するバッチ退出の発生確率を評価する。進行セルへの分岐後の作業場所と待機場所への移動優先度を制御変数とし、生産性を一定水準以上に維持しながら退出間隔の変動を最小化する最適化問題を定式化する。数値解析により、到着確率、退出確率および経路優先度が退出過程の安定性と変動性に及ぼす影響を明らかにし、最適経路優先度、同時退出確率および生産性の関係を可視化する。本研究モデルは、今後、排除体積効果を考慮した一般分布待ち行列研究との整合を図る手がかりとなり、また、ペア作業体制や資材供給を伴う生産工程の配置・運用設計に資する解析枠組みも提示する。

14:40～15:15 ランク付け能力指標の公理的性質とグラフ理論に基づく指標の提案

講演者：蒲田 健人 氏（法政大学）

共著者：鮎川 矩義 氏（法政大学）

アブストラクト：ランク付け能力はランキング生成におけるデータの信頼性を定量化する概念である。生成されるランキングの候補が多数ある場合や、それらの候補が多様である（例：候補によってランキングにおける上位層が入れ替わる）場合には、実際に生成される一つひとつのランキングの信頼性は低い、という考え方に基づくもので、これまでに具体的な指標が二つ提案された。本研究では、多項式時間で計算できることなど、ランク付け能力に対する指標が満たすべき性質を提案し、既存研究で示された二つの指標がそれらの性質を満たすか調査する。一つ目は線形順序付け問題と呼ばれる NP 困難な最適化問題に基づくもので、二つ目はデータを行列形式で表現した場合の固有値構造に基づくものである。現時点ではランク付け能力の指標は確立されておらず、既存指標にも計算量などの課題が存在する。本研究では、後者の既存指標の修正案と、データを有向グラフで表現した場合の強連結成分分解に基づく新たな指標を提案する。これらに対しても定性的な分析を行い、既存指標との比較を行う。

15:15～15:20 閉会の挨拶