

2023 年度年次報告書
信頼される AI の基盤技術
2021 年度採択研究代表者

小野 峻佑

東京工業大学 情報理工学院
准教授

センシングと知識発見の間に橋をかける数理的データ解析基盤

研究成果の概要

本研究は、計測対象/過程/環境に付随する様々な性質・条件(センシング知見)を数理的に取り入れることで、計測データに内在する劣化・不完全性を克服し、信頼可能な知識発見に足る質と量を備えた信号情報を解析するための基盤的技術の創出を目的としている。

本年度の主な研究成果を以下に列挙する。

1. 主-双対近接分離法のステップサイズ自動設定

計測データ解析の基盤となっている主-双対近接分離法(PDS)は、幅広いクラスの制約付き凸最適化問題を効率的に解くことができる。しかし、様々な計測データ解析問題へPDSを適用する際に、複数のステップサイズパラメータを対象の問題に応じて手動で適切に調整する必要があることが大きな障壁となっていた。そこで本成果では、問題構造から適切なステップサイズを自動的に決定する方法を提案している。また、このステップサイズがPDSの収束条件を満たすことを数学的に証明している。加えて、提案法を複数の計測データ解析問題へ応用し、有用性を確認している。

2. 衛星リモートセンシングデータのロバスト時空間合成

衛星リモートセンシングデータの時空間合成は、時間/空間分解能のトレードオフを解決する有力なアプローチである。しかし、計測機器や計測環境によるノイズの影響が避けられないにもかかわらず、既存の時空間合成手法のほとんどがノイズを明示的に考慮して設計されていなかった。そこで本成果では、計測画像のノイズ除去と所望の高解像度画像の推定を一つの最適化問題として扱うことでこの課題を解決する手法を提案している。具体的には、ランダムノイズ・外れ値・欠損値を含む計測モデルに基づいて、時空間合成問題を制約付き最適化問題として定式化し、PDSによる効率的な求解アルゴリズムを構築している。また、包括的な実験を通して、提案法が、最先端の手法と比較して大幅に頑健な合成を実現できることを確認している。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Kazuki Naganuma and Shunsuke Ono, "Variable-wise diagonal preconditioning for primal-dual splitting: Design and applications," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 71, pp. 3281-3295, Aug. 2023.
- 2) Kazuki Naganuma and Shunsuke Ono, "Towards robust hyperspectral unmixing: Mixed noise modeling and image-domain regularization," IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 17, no., pp. 8117-8138, Mar. 2024.
- 3) Ryosuke Isono, Kazuki Naganuma, and Shunsuke Ono, "Robust spatiotemporal fusion of satellite images: A constrained convex optimization approach," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 62, pp. 1-16, Apr. 2024, Art no. 5404516.
- 4) Hiroki Ogawa, Yuki Watanabe, Takashi Konishi, Shotaro Nishitsuji, Shunsuke Ono, Nobutaka Shimizu and Mikihiro Takenaka, "Distribution of Oriented Lamellar Structures in Injection-Molded High-Density Polyethylene Visualized via the Small Angle X-ray Scattering-Computed Tomography Method," Macromolecules, vol. 56, no. 15, pp. 5964-5973, Jul. 2023.