

未来社会創造事業 探索加速型
「共通基盤」領域
年次報告書（探索研究）

令和元年度 研究開発年次報告書

平成 30 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：坂上 貴之]

[京都大学大学院理学研究科・教授]

[研究開発課題名：包括的トポロジカルデータ解析数理共通基盤の実現]

実施期間：平成 31 年 4 月 1 日～令和 2 年 3 月 31 日

§ 1. 研究開発実施体制

(1) TFD 解析研究グループ (京都大学)

① 研究開発代表者：坂上 貴之 (京都大学大学院理学研究科、教授)

② 研究項目

- ・ 二次元有限型の流れ (Flow of finite type) の流線位相分類理論の研究
- ・ 気象再解析データへの TFD 解析の適用による気象ブロッキング状態判定の研究
- ・ 心血流エコーデータに対する流線位相分類の数学理論の完成と心血流状態の識別
- ・ 企業や周辺諸科学の研究者から提供されるデータへの TFD 解析の適用

(2) PH 解析研究グループ (京都大学)

① 主たる共同研究者：平岡 裕章 (京都大学高等研究院、教授)

② 研究項目

- ・ CubicalRisper の性能評価およびその改良版の研究開発
- ・ 近似ループ検出アルゴリズムを用いた逆問題解法の開発
- ・ 非負行列分解を用いたパーシステントホモロジー機械学習法の開発
- ・ 高次元画像データに対する HomCloud の環境整備

§ 2. 研究開発実施の概要

研究開発計画に基づき、トポロジカルデータ解析の開発とその様々な問題への適用を進めて、以下のような成果を得た。トポロジカルフローデータ解析 (TFDA) では、まず気象再解析データ (500hPa 等高度面) への応用をさらに進め、単なるブロッキング現象の同定だけにとどまらず従来の技術では難しいとされてきた形態学的分類にも利用できることが確認できた。次に、理論的には従来の二次元非圧縮流れの仮定を外し、二次元圧縮性流体の流れ似て着る位相分類理論として特許出願を完了した。また、企業が提供する三次元ベクトル場データの二次元スライスへの適用を通じて、三次元ベクトル場の分類にできることを確認し、幅広い適用可能性を持つ基盤技術の完成を見た。最後に心エコーVFM 画像や MRI 画像に対して適用できる Heart flow of finite type の流線トポロジー分類理論として整備することに成功し、TFDA で健常心血流と心不全血流の明確な分類が可能になることを確認した。この技術の特許出願を済ませている。これにより当初計画に掲げた POC はすべて完成を見た。パーシステントホモロジー (PH) 解析においては、ソフトウェア (CubicalRisper) の高速化、逆問題解析に必要なループ代表元検出の高速化、非負行列分解を用いた PH 機械学習手法の開発、高次元画像データに対する HomCloud の環境整備など、来年度の高次元の実データへの適用上必要な理論とソフトウェアの拡張が進んだ。トポロジカルデータ解析の適用範囲の拡大のために MathClinic などの仕組みを通して、企業や諸分野からの課題を受け付け、素材・ものづくり・交通・医学などの分野のデータへの適用を試み、一部の成果で共同研究や共同研究契約などを行うことができた。これによりトポロジカルデータ解析を用いた本格研究へ進む上での重要なノウハウを蓄積することができた。