

未来社会創造事業 探索加速型  
「共通基盤」領域  
年次報告書(探索研究期間)

令和2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共通数理基盤の実現]

実施期間：令和2年4月1日～令和3年3月31日

## §1. 研究開発実施体制

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) の位相分類理論のアルゴリズム開発
- ・ 気象再解析データへの適用による気象ブロッキング現象の形態判定
- ・ 心血流エコーVFM データに対する流線位相分類理論の検証
- ・ TFD 解析で抽出する文字列時系列データからのデータ駆動モデルの構築
- ・ 企業や周辺諸科学のデータへの TFD 解析の適用による適用範囲の拡大

(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

- ・ CubicalRipser 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

研究計画に基づき、トポロジカルデータ解析の手法の開発とその様々な問題への適用を通じた有効性の検証を行い、以下のような成果を得た。トポロジカルフローデータ(TFD)解析では、気象再解析データ(500hPa 等高度面)への応用により大気ブロッキング現象の発生時期とその形態学的分類が可能であることが実証された。本手法は従来のブロッキング同定手法のような気象学的パラメータにほとんど依拠せず同定できること、従来手法では難しいとされるブロッキング現象の形態判定ができるという点に優位性がある。今後はこの成果にもとづくブロッキング現象の予測などの社会実装を進め異常気象予報に基づく社会実装を検討する。もう一つの応用先である、心エコーVFM データへの適用研究では、「位相的前処理」の技法や、TFD 解析による「位相的渦領域」の抽出により心不全と健常例の識別が効果的に実現可能であることがわかった。本手法を SaMD(Software as a Medical Device)として実装する体制を構築することにより、本成果の社会実装を目指す。加えて、TFD 解析の基本ソフトである *psiclone* の機能充実と、三次元データへの拡張のために必要な有限型の流れ(Flow of finite type)の TFD 解析ソフトウェアの開発を進めた。パーシステントホモロジー(PH)解析では、金属ガラスの構造解析に応用で成果があり、PH 解析、逆問題、機械学習を融合させたマテリアルズ・インフォマティクス、特に学習結果を幾何的に解釈可能 (interpretable AI) という点で従来手法より優位性があることが確認された。PH 解析のソフトウェアである HomCloud の汎用化も進めた。最後に MathClinic を通じた能動的連携探索を通じて、海洋学、医療画像、生命科学のデータ、企業データなどに TFDA が適用できることを実証した。これらのデータへの適用を積極的に推進中である。