

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19809

研究課題名（和文）仮説のオントロジーに基づく可視化

研究課題名（英文）Visualization Based on Hypothesis Ontology

研究代表者

櫻井 大督（Daisuke, Sakurai）

九州大学・情報基盤研究開発センター・准教授

研究者番号：50772547

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：令和2年度から4年度にかけて、オントロジー可視化のためのトポロジカルデータ解析の研究を進め、成果を挙げた。2年度には、等値面交差のReeb space計算に注目し、特異ファイバーの特異点論の研究を論文化。3年度では、福島原発事故の線量解析や特異点論の簡素化を行い、アルゴリズムの精度を証明。4年度には、等値面の相対位置解析やオントロジーへの落とし込み手法を開発。さらに、Elastic Netのチューニング、最適化問題の設計と可視化、空間線量マップの視覚解析などを行った。また、リズムアクションゲームの譜面生成研究について応用の調査を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
可視化対象であるデータに含まれる等値面の様子を、様々な場の相関関係を通して分析することは未だ可視化研究の重要なテーマとなっている。今回は、その様子を幾何と特異点論を用いて解析する手法を研究した。また、その発展として応用をいくつか行い、また、調査した。

研究成果の概要（英文）：Research on topological data analysis for ontology visualisation was carried out; in Reiwa 2, research on singular fiber theories was published, focusing on Reeb space calculations for isosurface intersections; in Reiwa 3, analysis of doses from the Fukushima nuclear accident and simplification of the singularity theory were carried out, and the accuracy of the algorithms was proved; in Reiwa 4, relative position analysis of isosurfaces and methods for incorporating them into ontologies were developed. In Reiwa 4, he developed a method for analysing the relative positions of isosurfaces and incorporating them into an ontology. Further work included tuning of Elastic Net, design and visualisation of optimization problems and visual analysis of spatial dose maps. In addition, a research on music score generation for rhythm-action games was investigated for applications.

研究分野：可視化

キーワード：トポロジー解析 可視化 特異点論

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

研究開始当初は、複数の変量の間から抽出できるトポロジカルな情報として、逆像やその連続性を表す Reeb 空間に注目できるということはわかっていた。しかしながら、その情報をどのように、有用な情報に役立てるかということはまだ具体化していなかった。また、他方、コンタの相関関係をトポロジーを通してどのように解析するかということも、明確でなかった。

### 2. 研究の目的

今回の研究では、可視化ユーザの仮説検証を支援することを目指して、特にコンタの相関関係を分析することを狙った。特に、コンタの相対位置が Reeb 空間を通してトポロジカルに理解することに着目し、その理論背景を探究することにした。また、それを基礎として、相対位置を抽出するアルゴリズムを研究し、この過程で一連のアプローチを様々な問題に応用し、また、潜在的な応用を調査した。

### 3. 研究の方法

理論的背景の探究：一般的なデータ解析の状況として、定義域に境界のある場合の Reeb 空間のトポロジーを研究した。特に、境界付き多様体上の写像の同値関係を研究した。また、違う場のコンタ同士の関係を Reeb 空間周辺の数理論理構造を通して探究した。さらに、PL 写像の特異点を Reeb 空間計算の立場から定式化した。

アルゴリズムの開発：上記で得た数理的な結果に基づいてデータ解析のアルゴリズムを研究した。特に、PL 写像の特異点論はアルゴリズムの導出を簡潔に行うのに貢献した。PL に退化した幾何は中でも理論的に扱いにくかったものであり、計算幾何の分野ではなめらかな写像を持ち出して収束性を議論していたものである。このようなアプローチは情報学の研究者にとっては特に難解になってしまい、議論が混乱して進展しなかったものであった。これを元に、ファイバー曲面の抽出を効率化したり、ヤコビ集合や Reeb 空間の計算アルゴリズムを開発したり、また PL のファイバーのベッチ数の計算アルゴリズムを開発した。さらに、等値面の相対位置関係を抽出する計算手法を開発している。

応用とその調査：これらのアルゴリズム群について、応用分野のニーズとマッチしているものを適用していった。これには福島原発事故の線量解析や ElasticNet のハイパーパラメータチューニングが含まれる。また、リズムアクションゲームの譜面生成への応用の可能性を調査した。

### 4. 研究成果

境界付き多様体上の写像の同値関係について、純粋数学の立場から特に意義のある部分は、出版物に含めた。ファイバー曲面の抽出手法の効率化についても同様。一連のアルゴリズムについては出版準備中である。応用分野については、福島原発事故の線量解析について論文化を行い、また ElasticNet のハイパーパラメータチューニングについては国際誌への論文化を準備中である。リズムアクションゲームへの応用については、応用調査の過程で、共同研究社の手法の評価などを行い、これは論文化された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Takahashi, S., Sakurai, D., Sasaki, M., Miyamura, H. N., Sanada, Y.	4. 巻 37(12)
2. 論文標題 Visual analysis of geospatial multivariate data for investigating radioactive deposition processes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Visual Computer	6. 最初と最後の頁 3039-3050
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00371-021-02248-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Daisuke Sakurai and Takahiro Yamamoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Visually Evaluating Topological Equivalence of Bounded Bivariate Fields	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Topological Methods in Visualization - Applications and Software	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Talha Bin Masood, Joseph Budin, Martin Falk et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 An Overview of the Topology ToolKit	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Topological Methods in Visualization - Applications and Software	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Shigeo Takahashi, Daisuke Sakurai, Miyuki Sasaki, Hiroko M. Miyamura, Yukihisa Sanada
2. 発表標題 Visual Analysis of Geospatial Multivariate Data for Investigating Radioactive Deposition Processes.
3. 学会等名 the 38th Computer Graphics International Conference (CGI 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Reiya Hagiwara, Ryosuke Ota, Naoki Hamada, Takahiro Yamamoto, Daisuke Sakurai
2. 発表標題 Explicitly Multimodal Benchmarks for Multi-Objective Optimizations
3. 学会等名 Fiber Topology Meets Applications 2 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akito Fujii, Daisuke Sakurai and Kenji Ono
2. 発表標題 The Centroids of Isosurface Components for All Isovalues
3. 学会等名 Fiber Topology Meets Applications 2 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Likun Liu, Daisuke Sakurai and Kenji Ono
2. 発表標題 Thinking about multi-objective optimization problems topologically
3. 学会等名 Fiber Topology Meets Applications 2 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 萩原黎弥, 濱田直希, 山本卓宏, 櫻井大督
2. 発表標題 多目的最適化のためのレーブ空間論に基づくベンチマーク問題設計
3. 学会等名 進化計算の数理
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daisuke Sakurai
2. 発表標題 Fiber Topology Meets Applications - Where We are Heading
3. 学会等名 Fiber Topology Meets Applications (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Takada, D. Yamazaki, Y. Yoshida, N. Ganbat, T. Shimo- tomai, N. Hamada, L. Liu, T. Yamamoto, and D. Sakurai
2. 発表標題 Gen&#233;Live! Generating Rhythm Actions in Love Live!
3. 学会等名 Proceedings of AAAI 23 (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
英国	University of Leeds		