

## A. 研究概要

私は主に位相幾何学について種々の観点から研究を行っているが、最近では以下のような研究を行った。

### (1) 可微分写像の大域的特異点論と関連話題.

可微分写像の特異点はこれまでにかなり研究されてきているが、ほとんどは局所的振る舞いを調べるにとどまり、大域的性質の研究はあまりなかった。さらに、このような特異点論の観点から可微分多様体の構造を研究することは、意外なことに今までほとんどなされてこなかった。これまでの我々の研究により、多様体間の写像の特異点が、多様体の構造の本質的な部分を担っていることが明らかにされており、こうした研究が位相幾何学において重要であることが認識されるようになってきている。[B4]においては、これまでのそうした研究のうち、定値折り目特異点しか持たない特異写像の微分トポロジー、安定写像の特異ファイバーとそれに付随する同境不変量、3次元多様体上の安定写像と量子不変量との関連、そして重要な未解決問題、などについてのサーベイを行った。[B5, B1]では境界付きの3次元多様体上の安定写像の特異ファイバーを分類し、特異ファイバーの普遍複体のコホモロジー群を計算することで、境界付き曲面上のある種のモース関数の非自明な同境不変量を得た。こうした境界付き多様体上の写像のなす同境群の定義はこれまでになく、しかもその非自明性を初めて示した結果として注目に値するものである。そしてさらに[B6]では、Reeb graphのなす同境群を独自に定義して、それを利用した組合せ的議論により、上述のモース関数の同境群が位数2の巡回群となることを示した。また、[B2]においては、孤立特異点の近くでの実多項式写像芽のトポロジーに関するMilnorの問題について結び目理論の観点から考察し、6次元から3次元への多項式写像芽の場合に非自明な例が存在することを、ユークリッド空間の配置空間のホモトピー群を用いることで、初めて示すことに成功した。これにより約40年来未解決であったMilnorの問題に終止符を打つことができた。また[B9]においては、等質空間内の曲線と1パラメータ部分群による軌道との接触について研究を行い、それによってリー環に部分空間の列が定義でき、それを用いた幾何学的不変量の定式化が可能であることを明らかにした。なお[B10]は、2011年に主催した『第6回日仏特異点シンポジウム』のProceedingsである。

### (2) トポロジーの他分野への応用.

可微分写像の特異点論を、多値関数データのための視覚的データ解析（データの可視化）に応用することについて、高橋成雄氏らと共同研究を行い、可微分写像の特異ファイバーの理論[B5]を用いて、多値関数データ解析を行うためのユーザインターフェースを開発した[B3, C12]。また[B7]では、多値関数データ可視化のために必要となる微分トポロジー、特異点論の解説を、主にコンピュータサイエンスの研究者向けに執筆した。さらに[B8]では、Reeb spaceの理論を多値関数データの単純化に応用するための理論的根拠を明らかにした。

## B. 研究業績

1. O. Saeki and T. Yamamoto, Co-orientable singular fibers of stable maps of 3-manifolds with boundary into surfaces, RIMS Kôkyûroku **1948** (2015), 137–152.
2. R. Araújo dos Santos, M.A.B. Hohlenwerger, O. Saeki and T.O. Souza, New examples of Neuwirth–Stallings pairs and non-trivial real Milnor fibrations, Annales de l’Institut Fourier (Grenoble) **66** (2016), 83–104.
3. D. Sakurai, O. Saeki, H. Carr, Hsiang-Yun Wu, T. Yamamoto, D. Duke, and S. Takahashi, Interactive visualization for singular fibers of functions  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2$ , IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics, vol. 22, no. 1, pp. 945–954, Jan. 2016, doi:10.1109/TVCG.2015.2467433.
4. O. Saeki, Topology of manifolds and global theory of singularities, to appear in RIMS Kôkyûroku Bessatsu.

5. O. Saeki and T. Yamamoto, Singular fibers of stable maps of 3-manifolds with boundary into surfaces and their applications, to appear in *Algebr. Geom. Topol.*
6. O. Saeki and T. Yamamoto, Cobordism group of Morse functions on surfaces with boundary, to appear in *Proc. XIII International Workshop on Real and Complex Singularities, São Carlos, 2014.*
7. O. Saeki, Theory of singular fibers and Reeb spaces for visualization, to appear in *Proc. Topology-Based Methods in Visualization 2015.*
8. A. Chattopadhyay, H. Carr, D. Duke, Z. Geng, and O. Saeki, Multivariate topology simplification, to appear in *Computational Geometry: Theory and Applications.*
9. T. De Melo, V.M. do Nascimento, and O. Saeki, Contact as applied to the geometry of curves in homogeneous spaces, preprint.
10. *Singularities in Geometry and Topology 2011*, Edited by V. Blanloeil and O. Saeki, *Advanced Studies in Pure Mathematics*, Vol. 66, May 2015.

### C. 講演

1. O. Saeki, Topology of singular fibers for visualization, *Topology-Based Methods in Visualization 2015*, Kurhaus Trifels, Annweiler, Germany, May 20, 2015.
2. O. Saeki, New examples of non-trivial real Milnor fibrations, *Singularities in Generic Geometry and applications*, 神戸大学百年記念館六甲ホール, 神戸大学, 2015年6月4日.
3. O. Saeki, Cobordism group of Morse functions on surfaces with boundary, *Brazil-Mexico 2nd Meeting on Singularities – 2015*, Federal University of Bahia, Brazil, July 13, 2015.
4. 佐伯修, 組織構造の斬新な数学的解析手法 ~ トポロジーとその考え方, 鉄鋼インフォマティクス研究会第6回研究会, 九州大学, 2015年9月1日.
5. O. Saeki, Singularity theory and data visualization, *Geometric Singularity Theory, Polish-Japanese Singularity Theory Working Days*, Banach Center, Warsaw, Poland, September 8, 2015.
6. 佐伯修, 安定写像と多様体のトポロジー, 日本数学会 2015年度秋季総合分科会, 京都産業大学, 2015年9月14日.
7. O. Saeki, Non-trivial real Milnor fibrations, *Mini-Symposium “Topology and singularities”*, 学習院大学, 2015年10月14日.
8. O. Saeki, Singularity Theory and Data Visualization, 第9回 La Trobe-Kyushu Joint Seminar on Mathematics for Industry, 九州大学, 2015年11月10日.
9. 佐伯修, 組織構造の斬新な数学的解析手法~トポロジーとその考え方, 第67回白石記念講座「新しい世紀の形態計量学—数学と鉄鋼研究のコラボレーション—」, 早稲田大学, 2015年11月13日.
10. O. Saeki, Singularity theory and data visualization (Poster Presentation), *The 3rd Franco-Japanese-Vietnamese Symposium on Singularities*, Institute of Mathematics, Vietnam Academy of Science and Technology, Ha Noi, Vietnam, December 2, 2015.
11. 佐伯修, 写像の特異点論とデータ可視化, 共共拠点研究会 RIMS1963-IMI2013, 九州大学, 2015年12月8日.
12. 佐伯修, Visualizing Singular Fibers – UI & Impacts – (Poster Presentation and Software Demonstration), Joint work with Daisuke Sakurai (RIKEN), Hamish Carr (University of Leeds), Hsiang-Yun Wu (Keio University), Takahiro Yamamoto (Kyushu Sangyo University), David Duke (University of Leeds), Kenji Ono (RIKEN), and Shigeo Takahashi (University of Aizu), *Software in Mathematics Demonstration Track in Hakata Workshop 2016, IMI 百道オフィス*, 2016年2月23日.

### D. その他の研究活動

1. 九州大学共進化社会システム創成拠点, 産業数学ユニット ユニット長.

2. 日本数学会学術委員会運営委員.
3. トポロジー連絡会議構成員.
4. Pacific Journal of Mathematics for Industry 編集委員.
5. Mathematics for Industry Series, Springer, Scientific Board Member.
6. 2015年度幾何学賞受賞, 日本数学会, 2015年9月14日, 研究業績:「安定写像と多様体のトポロジーの研究」.
7. 研究集会等の開催
  - (1) Singularities in Generic Geometry and applications – Kobe-Kyoto 2015 (Valencia IV) –, 神戸大学, 2015年6月3日～6日;京都大学, 2015年6月8日～10日 (As a member of the scientific committee).
  - (2) スタディグループ・ワークショップ 2015, 九州大学伊都キャンパス (2015年7月29日～31日), 東京大学駒場キャンパス (2015年8月3日～4日), 課題 “Mathematical description of disordered structures in crystal” のモデレータの1人として.
  - (3) Geometric Singularity Theory, Warsaw, Poland, September 06 - 11, 2015 (As a member of the scientific committee).
  - (4) Forum “Math-for-Industry” 2015 – The Role and Importance of Mathematics in Innovation –, 九州大学伊都キャンパス, 2015年10月26日～30日 (As a member of the organizing committee).
  - (5) The 3rd Franco - Japanese - Vietnamese Symposium on Singularities, Hanoi, Vietnam, November 30 – December 4, 2015 (As a member of the scientific committee).
8. 他分野・産業界との連携活動
  - (1) 多値関数データの可視化  
高橋成雄氏 (会津大学 コンピュータ理工学部 コンピュータ理工学科情報システム学部門 コンピュータグラフィックス講座, IMI 客員教員), Hamish Carr 氏 (University of Leeds, School of Computing) との共同研究
  - (2) 結晶のらせん転移についての数学的研究  
松谷茂樹氏 (佐世保工業高等専門学校), 中川淳一氏 (新日鐵住金 (株)), 上坂正晃氏 (東京大学), 濱田裕康氏 (佐世保工業高等専門学校) との共同研究