

佐伯修 (SAEKI Osamu)

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。

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, B5] では、4次元多様体から球面や平面への安定写像の変形操作のうち、常に実現可能なものを特定し、それを用いて、与えられた複雑な写像を単純化するアルゴリズムを開発した。その結果、勝手な near-symplectic 構造に対して、それに付随する broken Lefschetz fibration で単純なものが存在するという Auroux–Donaldson–Katzarkov の結果に、トポロジカルな証明を新たに与えることに成功した。さらに、単純な Lefschetz fibration から trisection を得る手法を確立し、その結果、どんな向き付け可能な閉 4次元多様体も単純化された trisection を持つ、という意外な結果を得ることに成功した。

[B1] においては、3次元多様体から平面への安定写像に対して、その特異点集合と正則ファイバーの位置関係について調べ、それらが、ある場合には互いに絡み合うが、まったく絡み合わない場合もあることを初めて明らかにした。さらに [B2] では、それらが絡み合わないための条件を明らかにし、それを応用して、閉 3次元多様体から平面への沈め込みで、与えられた絡み目を正則ファイバーとして持つものについての既知の結果に、特異点論からの新しい証明を与えることに成功した。

[B3, B6] では、コンパクト多様体上の可微分関数であって、臨界値が有限個しかないものの Reeb 空間の構造について調べ、それが常に有限グラフの構造を持つことを初めて証明することに成功した。ここで Reeb 空間とは、値域の点の逆像 (level set) の連結成分全体のなす空間である。これまで、臨界値が有限個の場合にはそうした有限グラフ構造を持つことは知られていたが、臨界値が有限個でも同様のことが成り立つことを示せたことは大きい。実際、ある意味で病的な関数であっても、臨界値が有限個しかないものを具体的に構成することができ、本結果には十分な意義があることがわかる。さらに、与えられたグラフを臨界値が有限個である関数の Reeb 空間として実現する問題についても考察した。また、level set の弧状連結成分について同様のことを考えると、実は同じ結果が成り立たないことも示した。これは予想を覆すような結果として注目に値する。

[B8, B9] は、IMI 共同利用・共同研究集会の報告集である。

B. 研究業績

1. O. Saeki, Linking between singular locus and regular fibers, *Journal of Singularities* **21** (2020), 234–248.
2. O. Saeki, Unlinking singular loci from regular fibers and its application to submersions, the Proceedings of 15th International Workshop on Real and Complex Singularities (July 2018), *Journal of Singularities* **22** (2020), 92–103.
3. O. Saeki, Reeb graphs of smooth functions on manifolds, *数理解析研究所講究録*, 可微分写像の特異点論とその応用, Vol. 2156 (2020).
4. O. Saeki and I. Baykur, Simplifying indefinite fibrations on 4-manifolds, *Fiber Topology Meets Applications*, Editors : Daisuke Sakurai, Shigeo Takahashi, Naoki Hamada, Osamu Saeki, Hamish Carr, Takahiro Yamamoto, *マス・フォア・インダストリ研究*, No. 21, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所, 2021, pp. 84–98.
5. R.I. Baykur and O. Saeki, Simplifying indefinite fibrations on 4-manifolds, preprint, arXiv:1705.11169 [math-GT], to appear in *Trans. Amer. Math. Soc.*

6. O. Saeki, Reeb spaces of smooth functions on manifolds, to appear in International Mathematics Research Notices, <https://doi.org/10.1093/imrn/rnaa301>.
7. Proceedings of the international conference “Geometric and Algebraic Singularity Theory”, In honor of Goo Ishikawa on the occasion of his 60th Birthday, Editors: Osamu Saeki, Toru Ohmoto, and Wojciech Domitrz, Journal of Singularities, Volume 21, 2020, 300pages, Worldwide Center of Mathematics, ISSN: 1949-2006.
8. 材料科学における 幾何と代数 I, Editors : 松谷茂樹, 井上和俊, 加葉田雄太朗, 佐伯修, 垂水竜一, 内藤久資, 中川淳一, 濱田裕康, マス・フォア・インダストリ研究, No. 20, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所, 2020.
9. Fiber Topology Meets Applications, Editors : Daisuke Sakurai, Shigeo Takahashi, Naoki Hamada, Osamu Saeki, Hamish Carr, Takahiro Yamamoto, マス・フォア・インダストリ研究, No. 21, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所, 2021.

C. 講演

1. O. Saeki, Data visualization using differential topology, 2019 National Taiwan Normal University (NTNU)-Kyushu University Joint Forum, National Taiwan Normal University, Taiwan, May 28, 2019.
2. O. Saeki, Unlinking singular loci from regular fibers and its application to submersions, Lefschetz Pencils and Low Dimensional Topology, Hokkaido University, Japan, June 1, 2019.
3. O. Saeki, PhD Program in Mathematics for Key Technologies — Attempt of Kyushu University, Mathematics for Industry in the Asia Pacific Area - Part 2 of 2, ICIAM2019 Minisymposium, Valencia, Spain, July 16, 2019.
4. 佐伯修, Manifolds admitting fold-cusp maps of certain restricted indices, 特異点論とトポロジー, 九州大学伊都キャンパス, 2019年7月31日.
5. 佐伯修, IMIにおける諸科学・産業界との協働に向けた取組およびその成果について, 数学連携ワークショップ, Society 5.0 と数学4—AI やビッグデータが注目される現代における数学への期待から—, 日本数学会秋季総合分科会, 金沢大学, 2019年9月19日.
6. O. Saeki, Data visualization using differential topology, 2019 International Joint Conference on AI & Data Science: Mathematics and Applications, Suwon Convention Center, Suwon, Korea, November 4, 2019.
7. O. Saeki, Reeb graphs of smooth functions on manifolds, 研究集会「可微分写像の特異点論とその応用」, 京都大学数理解析研究所, 2019年12月17日.
8. O. Saeki, Simplifying broken Lefschetz fibrations and trisections of 4-manifolds, Topology Seminar, Kansas State University, October 23, 2020.
9. 佐伯修, 数学への期待とそれに応える人材育成への取組, デジタル・ニッポンの実現に向けたデータ格付け数理基盤に関するシンポジウム, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所, 2020年12月14日.
10. O. Saeki, Simplifying indefinite fibrations on 4-manifolds, Fiber Topology Meets Applications, 2021年1月8日.

D. その他の研究活動

1. 九州大学持続的共進化地域創成拠点, 産業数学部会メンバー.
2. 文部科学省委託事業「数学アドバンスイノベーションプラットフォーム (AIMaP)」代表.
3. 国立大学附置研究所・センター会議常置委員.
4. 日本数学会, Journal of the Mathematical Society of Japan, 編集委員.
5. トポロジー連絡会議議長.
6. ICIAM2023 組織委員.

7. 京都大学数理解析研究所運営委員, 専門委員.
8. 明治大学共同利用・共同研究拠点「現象数理学研究拠点」運営委員会委員.
9. 明治大学「私立大学研究ブランディング事業」外部評価委員.
10. International Journal of Mathematics for Industry 編集委員.
11. Mathematics for Industry Series, Springer, Scientific Board Member.
12. 近代科学社「IMI シリーズ: 進化する産業数学」編集委員.
13. 日本応用数学会会員, オーストラリア数学会会員.
14. Asia Pacific Consortium of Mathematics for Industry (APCMII) メンバー.
15. JST CREST「数学・数理科学と情報科学の連携・融合による情報活用基盤の創出と社会課題解決に向けた展開」領域アドバイザー
16. 研究集会等の開催
 - (1) 材料科学における幾何と代数 I, マス・フォア・インダストリ研究所 一般研究 研究集会 (II), 九州大学, 2020 年 9 月 7 日~9 月 8 日. (組織委員の一人として.)
 - (2) 数学・数理科学 5 研究拠点合同市民講演会「みえるものとみえないもの」, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所, 2020 年 11 月 14 日.
 - (3) Study Group Workshop 2020, 九州大学, 2020 年 11 月 16 日~23 日. (主催組織の代表として.)
 - (4) 16th International Workshop on Real and Complex Singularities – celebrating 30 years, On-line edition, November 23–30, 2020. (As a member of the Scientific Committee.)
 - (5) Fiber Topology Meets Applications, マス・フォア・インダストリ研究所 一般研究 研究集会 (II), 九州大学, 2021 年 1 月 6 日~1 月 8 日. (組織委員の一人として.)
 - (6) Artificial Intelligence for Operation and Management of Energy Grids, I²CNER-IMI INTERNATIONAL WORKSHOP, Kyushu University, January 25, 2021. (組織委員の一人として.)
 - (7) Mathematics Without Borders – Applied and Applicable, Kyushu-Illinois Strategic Partnership Colloquia Series #2, Kyushu University, University of Illinois at Urbana-Champaign, March 10–11, 2021.
 - (8) RIMS-IMI 合同談話会, 京都大学数理解析研究所, 2021 年 3 月 12 日.
 - (9) 九州大学マス・フォア・イノベーション卓越大学院キックオフシンポジウム, 九州大学, 2021 年 3 月 30 日.
17. 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), 櫻井大督氏 (九州大学汎オミクス計測・計算科学センター) らとの共同研究.
 - (2) 結晶のらせん転位についての数学的研究
松谷茂樹氏 (金沢大学理工研究域電子情報通信学系), 中川淳一氏 (東京大学大学院数理科学研究科), 上坂正晃氏 (Arithmer 株式会社), 濱田裕康氏 (佐世保工業高等専門学校) との共同研究.
 - (3) 多目的最適化理論と特異点論についての研究
濱田直希氏 (KLab 株式会社) らとの共同研究.
18. その他
Invited Talk at the Opening Session of the 16th International Workshop on Real and Complex Singularities – celebrating 30 years, On-line edition, November 23, 2020,
http://www.worksing.icmc.usp.br/main_site/2020/Programme.php.