

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。

[B1, B2] 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。

[B3] 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、臨界点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。

[B4, B5] では、 n 次元閉多様体から $(n-1)$ 次元ユークリッド空間への折り目写像であって、その特異値集合が同心球面状になっているもの (round fold map と呼ばれる) を詳しく調べ、そうした写像を許容する n 次元多様体を完全に特徴づけることに成功した。さらに、そうした写像の分類定理も得た。

[B6] は、複素超曲面の孤立特異点に付随した Milnor 束やファイバー結び目のトポロジーに関するサーベイ論文である。

[B7, B8, B9, B11] は、IMI 共同利用・共同研究集会の報告集であり、[B10, B12] は、Forum “Math-for-Industry” の Proceedings である。

B. 研究業績

1. O. Saeki and I. Baykur, Simplifying indefinite fibrations on 4-manifolds, Fiber Topology Meets Applications, Eds. : 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.
2. 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.
3. O. Saeki, Reeb spaces of smooth functions on manifolds, to appear in International Mathematics Research Notices, <https://doi.org/10.1093/imrn/rnaa301>.
4. N. Kitazawa and O. Saeki, Round fold maps on 3-manifolds, preprint, arXiv:2105.00974 [math-GT].
5. N. Kitazawa and O. Saeki, Round fold maps of n -dimensional manifolds into \mathbf{R}^{n-1} , preprint, arXiv:2111.13510 [math.GT].

6. R. Araújo dos Santos, O. Saeki, T.O. Souza, Algebraic knots associated with Milnor fibrations, preprint, February 2022.
7. Fiber Topology Meets Applications, Eds.: 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.
8. 材料科学における 幾何と代数 II, 松谷茂樹, 井上和俊, 落合啓之, 佐伯 修, 垂水竜一, 内藤久資, 中川淳一, 濱田裕康, 松江 要, マス・フォア・インダストリ研究, No. 23, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所, 2021.
9. 2020 年度採択分 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 共同利用研究集会 進化計算の数理, 濱田直希, 穴井宏和, 梅田裕平, 千葉一永, 佐藤寛之, 能島裕介, 加葉田雄太朗, 一木俊助, 早野健太, 佐伯修, MI レクチャーノート, Vol. 86, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所, 2022.
10. Big Data Analysis, AI, Fintech, Math in Finances and Economics, Proceedings of the Forum “Math-for-Industry” 2018, Eds.: Jin Cheng, Xu Dinghua, Osamu Saeki and Tomoyuki Shirai, Vol. 35, Springer, 2022.
11. Fiber Topology Meets Applications 2, Mathematics for Industry Research, Eds.: Daisuke Sakurai, Osamu Saeki, Shigeo Takahashi, Hamish Carr, Takahiro Yamamoto and Naoki Hamada, No. 24, Institute of Mathematics for Industry, 2022.
12. Proceedings of the Forum “Math-for-Industry” 2021 –Mathematics for Digital Economy–, Eds.: Osamu Saeki, Ho Tu Bao, Shizuo Kaji, Kenji Kajiwara, Nguyen Ha Nam, Ta Hai Tung, Melanie Roberts, Masato Wakayama, Le Minh Ha and Philip Broadbridge, MI Lecture Notes, Vol. 87, Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University, 2022.

C. 講演

1. O. Saeki, Data Visualization using Differential Topology, The 25th Annual Meeting in Mathematics (AMM 2021), Faculty of Science, KMITL, Thailand, May 27–29, 2021, Online (講演日は5月28日).
2. O. Saeki, Round fold maps on 3-manifolds, 特異点論の未来, オンライン, 2021年6月24日(木)–2021年6月26日(土) (講演日は6月24日).
3. O. Saeki, Quick Survey of Reeb Spaces in Topology and Visualization, 高次元多様体の世界の幾何的構成的な理解と高次元データへの応用, オンライン, 2021年7月12日(月)–7月15日(木) (講演日は7月12日).
4. O. Saeki, Collaborative Activities in Research and Education at the Institute of Mathematics for Industry, MYHIMS-C SPECIAL SESSION “Industrial Mathematics in Asia Pacific and European Region”, MYHIMS-C 2021, Malaysia (Online), 17 to 19 August 2021 (講演日は8月17日).
5. 佐伯 修, 安定写像の非特異ファイバーのなす絡み目と特異点集合の位置, 研究集会「結び目理論」, ウェブ会議システム「Zoom」によるオンライン開催, 2021年9月4日(土), 5日(日) (講演日は9月5日).
6. O. Saeki, Institute of Mathematics for Industry – driving force of mathematics for the future, 5th ZIB-RIKEN-IMI-ISM MODAL Workshop on Optimization, Data Analysis and HPC in AI, Zuse Institute Berlin (Online), September 27–30, 2021 (講演日は9月27日).
7. 佐伯 修, 九大 IMI における産業界・諸科学分野との連携と人材育成の取組, 社会課題は数理学で解決できる!? —試みと課題—, オンライン (名古屋大学オンサイトとのハイブリッド), 2021年10月26日.
8. Osamu Saeki, Reeb diagram and visualization of monodromy, Fiber Topology Meets Applications 2, 九州大学 伊都キャンパスと Zoom ミーティングによるハイブリッド開催, 2021年12月1日–3日 (講演日は12月3日).
9. Osamu Saeki, Round fold maps of n -dimensional manifolds into $(n - 1)$ -dimensional Euclidean space,

JSPS-VAST Bilateral Joint Research Project Workshop “Singularities, arrangements, and low-dim. topology”, online (JSPS-VAST Joint Research Program), December 6–10, 2021 (Talk on Dec. 6).

10. Osamu Saeki, Graduate Program of Mathematics for Innovation – Nurturing Mathematical Modeling Talents with Mathematics Five Forces, The 3rd International Symposium on AI Electronics, online (AIE - WISE Program for AI Electronics, Tohoku University), February 14–15, 2022 (Talk on Feb. 14).

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構成員. トポロジー分科会選挙管理委員.
6. ICIAM2023 組織委員.
7. 京都大学数理解析研究所専門委員.
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. International Journal of Mathematics for Industry 編集委員.
10. Mathematics for Industry Series, Springer, Scientific Board Member.
11. 近代科学社「IMI シリーズ: 進化する産業数学」編集委員.
12. 日本数学会会員, 日本応用数理学会会員, オーストラリア数学会会員.
13. Asia Pacific Consortium of Mathematics for Industry (APCMFI) メンバー.
14. 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.
15. 研究集会等の開催
 - (1) The 2nd Ajou-Kyushu joint workshop on Industrial Mathematics: “Biomedical Mathematics” (The 2nd Edition of Asia Pacific Online Seminars on Mathematics for Industry), Online, May 7, 2021. (As an organizer.)
 - (2) 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 設立 10 周年記念式典, オンライン開催, 2021 年 5 月 14 日. (主催組織の代表として.)
 - (3) Study Group Workshop 2021, 九州大学, 2021 年 7 月 28 日–8 月 3 日. (主催組織の代表として.)
 - (4) 材料科学における幾何と代数 II, 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 8 月 30 日–8 月 31 日. (組織委員の一人として.)
 - (5) 進化計算の数理, マス・フォア・インダストリ研究所 一般研究 研究集会 (I), 九州大学, 2021 年 9 月 7 日–9 月 8 日. (組織委員の一人として.)
 - (6) 第 66 回 国立大学附置研究所・センター会議 第 1 部会シンポジウム「数学のチカラ」, オンライン開催, 2021 年 9 月 25 日. (主催組織の代表として.)
 - (7) 社会課題は数理科学で解決できる!? –試みと課題–, 名古屋大学 野依記念学術交流館オンサイトとのハイブリッド開催, 2021 年 10 月 26 日. (組織委員の一人として.)
 - (8) 数学・数理科学 5 研究拠点合同市民講演会「故きを温ねて新しきを知る」, 京都大学数理解析研究所オンサイトとのハイブリッド開催, 2021 年 11 月 6 日. (1 主催組織の代表として.)
 - (9) アジア・太平洋における数理融合イノベーションの場の形成, 数学・数理科学専攻若手研究者のための異分野・異業種研究交流会 2021, AIMaP 特別企画, オンライン, 2021 年 11 月 13 日. (主催組織の代表として.)
 - (10) Fiber Topology Meets Applications 2, 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 12 月 1 日–12 月 3 日. (組織委員の一人として.)

(11) Forum “Math-for-Industry” 2021, Mathematics for Digital Economy, Vietnam Institute for Advanced Study, Online, December 13–16, 2021. (As a member of the organizing committee.)

(12) WIRELESS POWER TRANSFER: TECHNOLOGIES FOR SMART SOCIETIES, I²CNER–IMI Joint International Workshop, Kyushu University, Online, January 26, 2022. (組織委員の1人として.)

(13) Branched Coverings, Degenerations, and Related Topics 2022, Kyushu University, Online, March 7–8, 2022. (組織委員の1人として.)

(14) AIMaP 公開シンポジウム「数学イノベーションは社会を変革できるか? ~AIMaP 成果と今後の戦略的展開~」, 九州大学, オンライン, 2021年3月10日. (主催組織の代表として.)

16. 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.