

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K03468

研究課題名(和文) 導来代数幾何と双変理論、射空間のトポロジーとその周辺に関する位相幾何的総合研究

研究課題名(英文) Comprehensive studies on derived algebraic geometry, bivariate theory, topology of spaces of morphisms and related topics

研究代表者

與倉 昭治 (Yokura, Shoji)

鹿児島大学・理工学域理学系・名誉教授

研究者番号：60182680

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)：Toni Annala氏との共同研究で、Lee-Pandharipandeのベクトル束付 algebraic cobordism の双変理論版を構成した。双変理論 $B(X, Y)$ と双変 K 理論 $KK(X, Y)$ を融合したような algebraic cobordism の双変理論版 (X, Y) を構成した。poset-stratified space と分割空間の関係について成果を得た。stratified space の研究の中で知った Hilali 予想に関係した成果を得た。operational bivariate theory の双対版 co-operational bivariate theory を構成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

代表者の導入した universal bivariate theory (以下 UBT) を用いて Lee-Pandharipande の理論の双変理論版を構成できたことにより、UBT の有効性を示せた。operational bivariate theory の双対版として導入した co-operational bivariate theory が algebraic topology でよく知られたコホモロジー作用素を研究する新しい枠組みであると捉えることができることは興味深いと言える。射に対する Hilali 予想の導入により、有理ホモトピー論でよく知られた Hilali 予想の研究の幅を広げたと行って良い。

研究成果の概要(英文)：As a joint work with Toni Annala we constructed a bivariate theoretic version of Lee-Pandharipande's algebraic cobordism with bundles. We constructed a bivariate theory (X, Y) which is a mixture of bivariate theory $B(X, Y)$ and a bivariate theory $KK(X, Y)$. We obtained some results related to Hilali conjecture which we have learned while investigating on stratified spaces. We constructed co-operational bivariate theory which is a dual version of operational bivariate theory.

研究分野：トポロジー、代数幾何学

キーワード：derived schemes bivariate theory cobordism algebraic cobordism rational homotopy theory

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

M. Levine と F. Morel (2007 年)は(更に Levine と R. Pandharipande (2009 年) はより簡明な方法で) D. Quillen による可微分多様体の cobordism の代数幾何版である algebraic cobordism を構成した。これは oriented Borel-Moore functor of geometric type with product と呼ばれる、15 個の性質を満たす普遍関手である。Lowrey-Schürg (2016 年)は導来代数幾何の対象である導来スキームを用いて derived algebraic cobordism を構成した。更に、Toni Annala(2018 年)は Lowrey-Schürg の derived algebraic cobordism の構成方法と研究代表者(2009 年)が導入した universal bivariant theory $OB(X \rightarrow Y)$ の構成方法を用いて、Fulton-MacPherson の意味での bivariant derived algebraic cobordism $\Omega(X \rightarrow Y)$ を構成した。これは、研究代表者が、universal bivariant theory を導入し、その剰余群として algebraic cobordism の bivariant theory を構成することを目指していたものであるが、Annala 氏はその構成に成功したと言える。Lee と Pandharipande(2012 年)はベクトル束付きの algebraic cobordism を構成した。但し、ベクトル束のランクがゼロの時は Levine-Morel の algebraic cobordism と一致する。研究代表者(2018 年)は、Lee-Pandharipande のベクトル束付き algebraic cobordism の構成に示唆されて、ベクトル束の cobordism bicycle を導入して、特異多様体の特性類の理論に応用した。更に、研究代表者の universal bivariant theory $OB(X \rightarrow Y)$ と、作用素論でよく知られた双変 K 理論 $KK(X, Y)$ を融合したような、universal bivariant theory $OB(X, Y)$ の構成を模索していた。射空間のトポロジーとその周辺に関する位相幾何学的研究に関しては、研究代表者と山口俊博(2018 年)は射の集合 $\text{hom}(X, Y)$ に poset-stratified space の構造(Jacob Lurie による定義)が入ることを証明した

2. 研究の目的

研究の目的は大きく 2 つである。(1) 代数的側面としては、Lee-Pandharipande のベクトル束付きの algebraic cobordism の Fulton-MacPherson の意味での双変理論版を構成する。更に、研究代表者が導入したベクトル束の cobordism bicycle を用いて、Fulton-MacPherson の意味での双変理論 $B(X \rightarrow Y)$ と作用素論でよく知られた双変 K 理論 $KK(X, Y)$ を融合したような、algebraic cobordism の双変理論版 $\Omega^{**}(X, Y)$ を構成する。但し、 Y が一点の場合は $\Omega^{**}(X, \text{pt})$ は Lee-Pandharipande のベクトル束付きの algebraic cobordism $\Omega^{**}(X)$ と同型となるようにする。(2) 位相的側面としては、poset-stratified space の構造をもつ射空間 $\text{hom}(X, Y)$ あるいは、その部分空間や関連する空間や話題について位相幾何学的研究をする。

3. 研究の方法

(1) に関しては、Annala 氏が derived algebraic cobordism の構成方法と研究代表者が導入した universal bivariant theory の構成方法を用いて bivariant derived algebraic cobordism を構成したように、Lee-Pandharipande のベクトル束付きの algebraic cobordism の双変理論版を構成する。これは、Annala 氏との共同研究で行う。更に、研究代表者が導入したベクトル束の cobordism bicycle を導来スキームを用いて定義し、双変 K 理論と Annala 氏の bivariant derived algebraic cobordism を融合したような双変理論を構成する。こちらの研究は研究代表者が単独で行う。

(2) に関しては、代数幾何学、特に特異点論ではよく知られている stratification と poset-stratified space との関係などについて、山口俊博氏(高知大学)とも研究連絡をとりながら、それらに関連する話題について研究を行う。

いずれの研究に関しても、本研究に関連する話題についての国内外の研究集会などに積極的に参加し、関連する話題などについて情報収集及び参加者達との情報交換などを行う。

4. 研究成果

(研究代表者の分について記載する。尚、本研究の研究期間は元々2019~2021 の 3 年間であったが、コロナ感染拡大の影響により 2 年期間延長となり、研究期間は 2019~2023 の 5 年間となったことを申し添える。)

(1) に関しては、以下の研究成果を得ることができた。

(1) ベクトル束の cobordism bicycle を導入して、特異多様体の特性類の理論に応用した論文は国際雑誌に掲載された(2019 年)。

(2) 研究代表者の universal bivariant theory $OB(X \rightarrow Y)$ の剰余群として algebraic cobordism の bivariant theory を構成することを模索する中で、target scheme を固定した algebraic

cobordism について幾つかの成果を纏めた論文は国際雑誌に掲載された(2019年)。

(3) 研究代表者の universal bivariant theory $OB(X \rightarrow Y)$ と、作用素論でよく知られた双変 K 理論 $KK(X, Y)$ を融合したような、 $OB(X, Y)$ を構成した論文は国際雑誌に掲載された。(2020年)。

(4) 上記(2)の結果を、本来の目的である、Annala 氏の bivariant derived algebraic cobordism $\Omega(X \rightarrow Y)$ に対する $\Omega^{**}(X, Y)$ に拡張することができて、それらを纏めた論文は国際雑誌に掲載された(2024年)。

(5) Annala 氏との共同研究で行った、Lee-Pandharipande のベクトル束付 algebraic cobordism の双変理論の研究成果は当初約 80 ページにもなる長い論文であったが、30 ページ以内に短く纏めた論文は国際雑誌に掲載された(2023年)。

(6) Fulton-MacPherson の双変理論には重要な Riemann-Roch formula という公式がある。本研究をする中で、研究代表者の universal bivariant theory $OB(X \rightarrow Y)$ に関して同様な Riemann-Roch formulas を得ることができることに気づき、それらを纏めた論文は国際雑誌に掲載された(2023年)。

(7) Fulton-MacPherson の双変理論には、共変関手を用いて構成される operational bivariant theory というものがあることは、よく知られている。本研究を進めていく中で、大本亨氏(早稲田大学)から出された、Thom 多項式に関連する、ある種の双変理論に関する問題、を考察する中で、反変関手を用いて構成される operational bivariant theory を定義できることに気づき、それらを纏めた論文は国際雑誌に掲載されることになった(2024年)。この双変理論は operational bivariant theory の双対版という意味で、co-operational bivariant theory と命名した。co-operational bivariant theory を構成しているものは、algebraic topology ではよく知られている cohomology operation 及びそれらを一般化した cohomology 間の写像であることが分かった。その意味では、cohomology operation を研究する新しい枠組みが得られたと言って良い。

(8) Handbook of Geometry and Topology of Singularities (Springer 社)の編集委員から執筆依頼を受けて纏めた、本研究と深く関連する論説(104頁)は Volume IV に掲載された(2023年)。

(2) に関しては、以下の研究成果を得ることができた。

(1) 射の集合 $\text{hom}(X, Y)$ に poset-stratified space の構造が入ることは山口俊博氏との共同研究で得られたわけであるが、これは rational homotopy theory におけるある種の問題について共同研究をする中で得られた成果であった。山口俊博氏との議論の中で、rational homotopy theory ではよく知られた「Hilali 予想」を知ることになった。これは、「有理ホモトピー群の次元は有理ホモロジー群の次元を超えないであろう」という M. R. Hilali による予想(Ph.D Thesis, Université catholique de Louvain, 1990年)である。これは 34年経った今も未解決のままである。トポロジーや現代幾何学の分野では、ホモロジー群、ホモトピー群は基本的かつ重要な理論である。更に、予想は単純な次元の比較であるので、ホモロジー群、ホモトピー群について知られている多くの基本的なことをうまく具合に駆使すれば、簡単に解けそうな気がするが、逆に単純な故に未解決のままである。この Hilali 予想を証明しようと色々と模索する中で、微分積分学のある極限值に関する命題を見て、「空間の積を考えれば、Hilali 予想は常に成り立つ」ことに気づいた。それを纏めた論文は国際雑誌に掲載された(2019年)。これは思いがけない成果であった。有理ホモトピー群の次元は「加法的」で、有理ホモロジー群の次元は「乗法的」である。従って、Hilali 予想は「加法的不変量と乗法的不変量の比較に関する予想」ということになる。

(2) よく知られているように、空間のオイラー標数は有理ホモロジー群の各次元を係数として得られる Poincaré 多項式 $P(t)$ の特殊値 $P(-1)$ である。同様に、有理ホモロジー群の次元はこの Poincaré 多項式 $P(t)$ の特殊値 $P(1)$ である。よって、極自然に、有理ホモトピー群の各次元を係数として得られるホモトピー Poincaré 多項式 $Q(t)$ を導入することが考えられて、有理ホモトピー群の次元は $Q(1)$ に他ならない。よって、Hilali 予想は「 $Q(1) \leq P(1)$ 」である。本研究の基本的テーマは「射に対する研究」であるとも言えるので、研究代表者は「空間に対する Hilali 予想」を、「射に対する Hilali 予想」に拡張することを提案した。その研究成果は山口俊博氏との共著論文として纏め、それは国際雑誌に掲載された(2020年)。

(3) 上記(2)の「射に対する Hilali 予想(相対 Hilali 予想)」は射に対するホモロジー群の写像、ホモトピー群の写像の kernel を用いて定義されるが、更に cokernel を用いた「射に対する Hilali 予想(相対 Hilali 予想)」を導入し、これら二つの相対 Hilali 予想の関係及び関連する結果を纏めた論文は国際雑誌に掲載されることになった(2024年)。

(4) ファイブレーション(ファイバー束のような空間)の有理ホモトピー群の次元と有理ホモロジー群の次元の商(比)について、山口氏と共同研究して得られた成果は国際雑誌に掲載された(2021年)。

(5) Poincaré 多項式は代数幾何学でよく知られた混合ホッジ構造を用いて得られる混合ホッジ多項式 $MHP(t, u, v)$ の特殊値 $MHP(t, 1, 1)$ であることはよく知られている。実は、ホモトピー群にも混合ホッジ構造が入ることはよく知られている(R. Hain, 1987)ので、

同様に、ホモトピー混合ホッジ多項式 $MHQ(t,u,v)$ を考えることができる。これらについて、比較を行った研究成果は国際雑誌に掲載された(2020年)。

(6) 混合ホッジ多項式 $MHP(t,u,v)$ とホモトピー混合ホッジ多項式 $MHQ(t,u,v)$ についての比較についての更なる研究は、上記(3)の研究に興味を示された Anatoly Libgober 氏 (イリノイ大学) と共同研究を行い、2編の論文に纏めた。いずれも国際雑誌に掲載された(2022年)。

(7) poset-stratified space を、topology ではよく知られている、空間の分割空間、分割写像 (decomposition space, decomposition map) という視点から考察をした。それらについて纏めた論文は国際雑誌に掲載された(2020年)。

(*) 本研究のテーマとは無関係であるが、研究期間中に、循環数列の周期に関するある質問をきっかけに、循環数列の周期に関してある規則を証明し、更に、その副産物として、フィボナッチ数列についてよく知られたある定理 (Lucas の定理) を一般化した公式を得た。これらの成果を纏めた論文は国際雑誌に掲載された(2020年)。この研究では、もちろん組み合わせ論の計算を要領よく行う必要があるが、上記(6)の研究において、ある命題の証明については、組み合わせ論的計算を色々行っていたので、ある意味でそのことが功を奏した、とも言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Shoji Yokura	4. 巻 5
2. 論文標題 Co-operational bivariant theory	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Mathematics Research Reports	6. 最初と最後の頁 21-55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5802/mrr.20	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 Shoji Yokura	4. 巻 51
2. 論文標題 A remark on relative Hilali conjectures	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Italian Journal of Pure and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 560-582
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shoji Yokura	4. 巻 20
2. 論文標題 A bi-variant algebraic cobordism via correspondences	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Pure and Applied Mathematics Quarterly	6. 最初と最後の頁 955-1004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4310/PAMQ.2024.v20.n2.a8	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 Shoji Yokura	4. 巻 IV
2. 論文標題 Motivic Hirzebruch classes and related topics	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Handbook of Geometry and Topology of Singularities, Vol. IV, Springer-Verlag	6. 最初と最後の頁 307-410
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-31925-9_6	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 Toni Annala and Shoji Yokura	4. 巻 10
2. 論文標題 Bivariant algebraic cobordism with bundles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Algebraic Geometry (Foundation Compositio Mathematica)	6. 最初と最後の頁 461-488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14231/AG-2023-015	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 該当する

1. 著者名 Shoji Yokura	4. 巻 9
2. 論文標題 Riemann-Roch formulas for universal bivariant theories	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 European Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 41ページ
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40879-023-00605-4	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 Hiroaki Ishida	4. 巻 76
2. 論文標題 Strong cohomological rigidity of Hirzebruch surface bundles in Bott towers	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of the Mathematical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 125-145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2969/jmsj/88718871	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 Anatoly Libgober and Shoji Yokura	4. 巻 313
2. 論文標題 Self-products of rationally elliptic spaces and inequalities between the ranks of homotopy and homology groups	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Topology and its Applications	6. 最初と最後の頁 23ページ
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.topol.2021.107986	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 該当する

1. 著者名 Anatoly Libgober and Shoji Yokura	4. 巻 24
2. 論文標題 Ranks of homotopy and cohomology groups for rationally elliptic spaces and algebraic varieties	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Homology, Homotopy and Applications	6. 最初と最後の頁 93-113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4310/HHA.2022.v24.n2.a5	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 該当する

1. 著者名 Hiroaki Ishida and Hisashi Kasuya	4. 巻 34
2. 論文標題 Non-invariant deformations of left-invariant complex structures on compact Lie groups	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Forum Mathematicum	6. 最初と最後の頁 907-918
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/forum-2021-0133	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 Hiroaki Ishida, Roman Krutowski and Taras Panov	4. 巻 2022
2. 論文標題 Basic Cohomology of Canonical Holomorphic Foliations on Complex Moment-Angle Manifolds	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Mathematics Research Notices	6. 最初と最後の頁 5541-5563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/imrn/rnaa252	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 該当する

1. 著者名 Yokura Shoji	4. 巻 253
2. 論文標題 Enriched categories of correspondences and characteristic classes of singular varieties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fundamenta Mathematicae	6. 最初と最後の頁 17~60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4064/fm761-1-2020	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 Toshihiro Yamaguchi and Shoji Yokura	4. 巻 58
2. 論文標題 On ratios of homotopy and homology ranks of fibrations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Topology Proceedings	6. 最初と最後の頁 85-92
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 Shoji Yokura	4. 巻 26
2. 論文標題 Cobordism bicylces of vector bundles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 New York Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 950-1001
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shoji Yokura	4. 巻 33
2. 論文標題 Topics of motivic characteristic classes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sugaku Expositions, American Mathematical Society	6. 最初と最後の頁 57-84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1090/suga/448	査読の有無 無
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 Shoji Yokura	4. 巻 96
2. 論文標題 Local comparisons of homological and homotopical mixed Hodge polynomials	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of The Japan Academy	6. 最初と最後の頁 28-31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3792/pjaa.96.006	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 Shoji okura	4. 巻 13
2. 論文標題 Decomposition spaces and poset-stratified spaces	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Tbilisi Mathematical Journal	6. 最初と最後の頁 101-127
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 Toshihiro Yamaguchi and Shoji Yokura	4. 巻 13
2. 論文標題 Poincare polynomials of a map and a relative Hilali conjecture	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Tbilisi Mathematical Journal	6. 最初と最後の頁 33-47
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 Shoji Yokura	4. 巻 #A49
2. 論文標題 A remark on periods of periodic sequences modulo m	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 INTEGERS: Electronic Journal of Combinatorial Number Theory	6. 最初と最後の頁 15 pages
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shoji Yokura	4. 巻 36
2. 論文標題 Oriented bivariant theory II- algebraic cobordisms for S-schemes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 1 - 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0129167X19500319	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 Shoji Yokura	4. 巻 12
2. 論文標題 The Hilali conjecture on product of spaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tbilisi Mathematical Journal	6. 最初と最後の頁 123-129
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17件 (うち招待講演 17件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Shoji Yokura
2. 発表標題 On stratified spaces
3. 学会等名 Building-up Differential Homotopy Theory in Osaka (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Shoji Yokura
2. 発表標題 Ranks of homotopy and homology groups of rationally elliptic spaces and algebraic varieties
3. 学会等名 Mini workshop "Various aspects of singularities" (The University of Tokyo) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 與倉昭治
2. 発表標題 Hilali conjecture and related topics
3. 学会等名 高知ホモトピー論談話会 (online) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroaki Ishida
2. 発表標題 Double sided torus actions and complex geometry on $SU(3)$
3. 学会等名 ColMar seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石田 裕昭
2. 発表標題 Central foliations of complex manifolds
3. 学会等名 葉層構造の幾何学とその応用 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroaki Ishida
2. 発表標題 Strong cohomological rigidity of Hirzebruch surface bundles in Bott towers
3. 学会等名 International Polyhedral Products Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石田 裕昭
2. 発表標題 Double sided torus actions and complex geometry on $SU(3)$
3. 学会等名 第3回ヘッセンバーグ勉強会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石田 裕昭
2. 発表標題 Bott多様体とHirzebruch曲面束
3. 学会等名 京都・九州・信州合同トポロジーセミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石田 裕昭
2. 発表標題 Bott多様体のコホモロジー剛性問題
3. 学会等名 第68回トポロジーシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroaki Ishida
2. 発表標題 Strong cohomological rigidity problem of a Hirzebruch surface bundle
3. 学会等名 Toric topology 2021 in Osaka（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 與倉昭治
2. 発表標題 Bivariant Theory 入門 I, II, III
3. 学会等名 第9回(非)可換代数とトポロジー（信州大学理学部）（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 與倉昭治
2. 発表標題 A quick review of Bivariant Theory
3. 学会等名 空間の代数的・幾何的モデルとその周辺 (online) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 與倉昭治
2. 発表標題 A universal bivariant theory and Riemann-Roch formulas
3. 学会等名 空間の代数的・幾何的モデルとその周辺 (online) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroaki Ishida
2. 発表標題 Complex manifolds with maximal torus actions
3. 学会等名 Workshop on torus action in topology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroaki Ishida
2. 発表標題 Maximal torus actions, equivariant principal bundles and transverse equivalence
3. 学会等名 Irrational fans in physics and mathematics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroaki Ishida
2. 発表標題 Holomorphic foliations and transversal real submanifolds in Kaehler manifolds
3. 学会等名 Toric Topology online workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroaki Ishida
2. 発表標題 Quotients of toric varieties
3. 学会等名 Toric Topology 2019 in Okayama (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Masaharu Ishikawa and Shoji Yokura	4. 発行年 2020年
2. 出版社 World Scientific Pub. Co. Inc. (2020/9/14)	5. 総ページ数 294
3. 書名 Singularities - Kagoshima 2017	

〔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
研究 分担者	中岡 宏行 (Nakaoka Hiroyuki) (90568677)	鹿児島大学・理工学域理学系・准教授 (17701)	2019年10月1日付けで名古屋大学多元数理科学研究科に異動のため、分担者から削除

6. 研究組織（つづき）

	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
研究 分担者	石田 裕昭 (Ishida Hiroaki) (00722422)	鹿児島大学・理工学域理学系・助教 (17701)	2023年4月1日付けで大阪公立大学大学院理学研究科に異動のため、分担者から削除

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			
米国	University of Illinois at Chicago			
カナダ	University of British Columbia			
ロシア連邦	Higher School of Economics	Lomonosov Moscow State University		