

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：16201

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：18K13406

研究課題名（和文）特殊リーマン計量と凸多面体論の融合によるモジュライ理論の深化

研究課題名（英文）A deeper understanding of moduli theory integrated by special Riemannian metrics and convex polytopes

研究代表者

四ッ谷 直仁 (Yotsutani, Naoto)

香川大学・教育学部・准教授

研究者番号：00806755

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：3次元カラビ-ヤウ多様体の微分同相性について明らかにした。さらに標準束が自明な正規交叉複素曲面に限っては、微分幾何的にも大域的スムージング理論を再現できることを共同研究により明らかにし、その具体的な適用例を発見した。

一方で、ある種の特異点をもつトーリック・ファノ多様体において漸近的チャウ半安定性がDing準安定性を導くことや、トーリック直積多様体における満測定数の加法性を組み合わせ論的手法により証明した。こうした研究成果や経験を足がかりとし、強カラビ夢構造をもつBott多様体の分類や、4次元以下のトーリック・ファノ多様体の相対GIT-安定性に関する分類を共同研究により完成させた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般に与えられた代数多様体がGIT-安定か否かを判定する事は、トーリックの場合でも非常に難しい。これは対応する凸多面体上の積分値を具体的に計算する必要性が生じるためであり、この困難を部分的ではあるが克服した点や、複素構造変形理論の重要性を再吟味しつつ、正規交叉カラビ-ヤウ多様体の代数幾何的スムージング理論を特殊な状況下で微分幾何的に再現・具体例を発見した点は意義深い。特に「凸多面体の幾何学的不変量を如何に効率的に測るか?」という問題は純粋数学のみならず、工学や確率論とも密接な関係がある。ゆえに、幾何学の枠組みに捉われず分野を超えた交流による相互のインプットが大きな社会的意義を与える筈である。

研究成果の概要（英文）：I clarified the diffeomorphism classes of the Calabi-Yau 3-folds we constructed in 2014. Furthermore, we proved that if a simple normal crossing complex surface with the trivial canonical bundle satisfies a certain condition, there exists a family of global smoothings in a differential geometrical sense. Through this collaborative work, we also constructed some concrete examples.

Meanwhile, I proved that asymptotic Chow semistability implies that Ding polystability for any Gorenstein toric fano varieties. Also, I proved that the additivity of the Mabuchi constant for the product of toric manifolds in terms of the associated moment polytopes. Building upon these research achievements and my experience in these calculations, we classified (a) all strong Calabi dream Bott manifolds, and (b) 3 or 4-dimensional toric Fano manifolds in terms of relative K/Ding stabilities.

研究分野：ケーラー幾何学, 複素幾何学

キーワード：球形多様体 複素構造変形理論 トーリック多様体 凸多面体の三角形分割 ケーラー計量 Bott多様体 凸多面体上のBernstein測度 GKZ-理論

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。

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本基盤研究(若手研究)開始当初は、一様 K-安定性に関する研究が盛んになり始めた頃であり、とくにトーリック多様体を含んだ球形多様体の範疇で「定スカラー曲率ケーラー (cscK) 計量の存在と一様 K-安定性の同値性」(いわゆる Yau-Tian-Donaldson 予想) が示唆され始めていた時期であった。当時の状況からして、トーリックの場合に一様 K-安定性と cscK 計量の存在の同値性が証明されるのは時間の問題であろうと判断した申請者は、「一様 K-安定性が cscK 計量を導くと仮定」し、漸近的チャウ半安定性のための障害が消滅しているならば、一様 K-安定な偏極トーリック多様体は漸近的チャウ準安定となる事を予想し、証明の概略を数理解析講究録(2018年12月) 2098 [Y18] に纏めた。程なくして DTY 予想については、Chen-Cheng, 久本の結果を踏まえて Delcroix により 2023 年に球形多様体の場合において解決されたが、期せずして Delcroix のポストドク研究員である Dr.Lee (Montpellier 大学) が私の論文草案 [Y18] に興味を持ち、共同研究の経緯を経て [LY24] で λ -安定性という概念を導入することで、より一般的な主張の定理として問題を解決するに至った。これはすなわち、「漸近的チャウ半安定性のための障害が消滅している K-半安定な偏極トーリック多様体は漸近的チャウ準安定となる」ことを導いたもので、[Y24] でも使われた凸多面体の三角形分割の議論が有効に働いている。とくに研究開始当初の 2018 年あたりは Non-Archimedean 幾何学をケーラー幾何学に応用するといった Berman-Boucksom-Jonsson の研究の流れが主流になりつつあったが、その一方で Paul によるチャウ形式(終結式)と超判別式(Hyper discriminant form)の組みにより K-energy の挙動をコントロールする [P12] といった研究はほとんどの関係研究者が注目をしていなかったのが実情と言える。しかしながら、Sturmfels によって、トーリック多様体においては超判別式と Hurwitz 形式が一致する事が判明し [St17], 自体は一変する事となる。事実、私の論文 [Y24] でも Hurwitz 形式の計算技法は、二木-Paul 不変量を計算する際に重要な役割を果たす。この Paul が導入した「数値的安定性(および Pair of stability)」はトーリックの場合を含めても、K-安定性と比べて圧倒的に既存の研究結果が少なく、まだまだやるべき課題が沢山ある。現況はまず、トーリックを含めた対称性の高い代数多様体に対して、如何にして数値的安定性に関する判定法を combinatorial な情報で記述するか? といった部分を調べる段階にある。これらは研究開始当初と比べて徐々に明らかになりつつあり、今後もより一層の質の高い研究結果が期待されている。

[LY24] K. Lee and N. Yotsutani, Chow stability of λ -stable toric varieties, arXiv:2405.06883. (Submitted).

[P12] S. Paul, Hyperdiscriminant polytopes, Chow polytopes, and Mabuchi energy asymptotics. *Ann. of Math.* **175** (2012), 255–296.

[St17] B. Sturmfels, The Hurwitz form of a projective variety. *J. Symbolic Comput.* **79** (2017), 186–196.

[Y18] N. Yotsutani, On the relation between uniform K-stability and Chow stability of toric varieties, *RIMS Kôkyûroku* (Dec. 2018). **2098**. ISSN:1880-2818.

[Y24] N. Yotsutani, Numerical semistability of projective toric varieties, arXiv:2401.02010v2. (Submitted).

2. 研究の目的

コンパクト・ケーラー多様体における標準計量の存在問題と、リッチ平坦なアインシュタイン多様体の微分幾何的な構成を「複素構造の変形理論」という立場から統一的に理解し、トーリック多様体を包括するような豊富な具体例を含んだ新たな理論を展開する。またこの理論の礎となる高次元多様体の具体例を構成するにあたり、多面体に関する計算アルゴリズムやソフトウェアを有効に活用し、応用数学や確率論への接点や応用を模索している。とくに Sage Math のような多面体の三角形分割アルゴリズムよ Gelfand-Kapranov-Zelevinsky 理論を組み合わせることで、今までにはない斬新な切り口からのケーラー幾何学(とくに射影多様体)の理論へと昇華させることが目的である。こうした着眼点を裏付ける証拠として,[Y24] や [LY24] では 2 次凸多面体と呼ばれる射影トーリック多様体に付随するモーメント多面体の三角形分割 (GKZ- vector) から得られる高次元多面体を駆使することで、射影トーリック多様体上のチャウ安定性や一様 K -安定性の情報を巧みに抽出することができた。今後は [Y24] でも議論されているように、「チャウ形式と Hurwitz 形式の組み」が、 K -energy と呼ばれる cscK 計量の存在を取り扱う際に重要なエネルギー汎函数の情報を巧妙に捉えているという数学的現象を表現論からの視点も含めて研究したい。2 次凸多面体の幾何学は射影トーリック多様体のモジュライ理論を記述しているものと考えられ、2 次凸多面体の幾何と (Paul-Tian の意味での) CM -直線束との関係などを調べるのが今後の研究目的の一つと言える。

3. 研究の方法

申請者の研究方法を一言でいえば、射影トーリック多様体上でのケーラー計量や GIT-安定性といった幾何学的現象を (1) 付随するモーメント多面体の言葉で記述し、(2) 代数幾何や凸多面体の幾何の技術を利用しながら問題解決を図ることが多い。またその一方で [Y23] では、代数トポロジーの分類理論を上手く使いながら、以前 [DY14] で微分幾何学的に構成したカラビ-ヤウ多様体を微分同相性に関して分類するといったトポロジカルな技法に持ち込むこともある。さらに [DY23] では元々代数幾何的に構成されていた正規交叉カラビ-ヤウ多様体に関するスムージング理論を、標準束が自明な正規交叉複素曲面へと微分幾何的アプローチにより復元し、さらにその具体例を明確に構成するといった方法で研究を行った。これは今の所、複素 2 次元に限定的なアプローチという点で、高次元も取り扱える代数幾何的なスムージング理論と比べて短所もあるが、その適用範囲が広いという点で長所も併せ持つ。とくに

1. $K3$ 曲面以外の標準束が自明な正規交叉複素曲面へのスムージングを取り扱える点や
2. 正規交叉複素曲面の各規約成分がケーラーでない場合も取り扱える といった点

は意義深いものと考えられる。

さらに最近になり少しずつ分かり始めた事として、上述のトーリック多様体上の GIT-安定性の研究や、トーリック多様体の変形理論は、多面体の三角形アルゴリズムといった工学や応用数学とも密接に関係しているという点が挙げられる。実際 [Y24] で幾何学的不変量を、ケーラー幾何の要請に従い多面体上の積分地として計算したものは、最終的に確率論にも登場する 2 項定理 (Vandermonde の恒等式) に関する等式へと帰着された。このように GKZ-理論や複素構造変形理論といった純粋数学の問題を皮切りにしながらも、多様体のもつ性質の良い対称性から「ある種の組み合わせ論的 (combinatorial) な情報」へと翻訳し、全く異なる分野からのインプットを応用しながら問題解決を図る点は、申請者の掲げる研究方法の独自性と創造性が卓越した部分と言える。

- [DY14] M. Doi and N. Yotsutani, Doubling construction of Calabi-Yau threefolds, *New York J. Math.* **20**. 3 (2014), 1203–1235.
- [DY23] M. Doi and N. Yotsutani, Differentialgeometric global smoothings of simple normal crossing complex surfaces with trivial canonical bundle, *J. Complex manifolds.* **10**. 1 (2023).
- [Y23a] N. Yotsutani, Diffeomorphism classes of the doubling Calabi-Yau threefolds with Picard number two, *Rend. Circ. Mat. Palermo (2)* **72.6** (2023), 3255–3275.

4. 研究成果

[NSY23]において、4次元以下のトーリック・ファノ多様体における相対 Ding 安定性と相対 K-安定性に関する分類を完成させた。とくに共同研究とは全く別に、自身の全くのオリジナルな観点から **Bott** 多様体構造とカラビ夢構造を巧く用いることで、「相対 K-安定性と相対 Ding 安定性との違い」を如実に示せる事を証明した。これは自身の単著論文として纏めるのが妥当でもあったが、関連研究者にとって分かりやすい方が長期的な観点から考えても大切であると判断し、[NSY23]の1章と3.5節にその内容を書き上げることにした。特に [Y23b]では、トーリックの直積多様体における満測定数の加法性を示し、その応用として可算無限この相対 K-安定なトーリック・ファノ多様体で相対 Ding 不安定となるものを構成した。

さらにこの **Bott** 多様体の持つケーラー構造に魅了され、その後オリジナルな発展を遂げ完成に至ったのが [FY24], [OSY23]である。この2つの論文では、**Bott** 多様体と呼ばれるトーリック多様体の中でもさらに特殊なグループを形成するものに注目し、それらが強カラビ構造(すなわち、任意のケーラー類に cscK 計量を許容する幾何構造)を持つならば、必ず射影直線の直積として表されることを示している。とくに [FY24]では、**Bott** 多様体上の幾何学的不変量の計算を対応する交点数の計算に持ち込む一方で、[OSY23]ではトーリック構造の特殊性を用いて、対応する凸多面体上の積分計算に帰着させ Brunn-Minkowski 不等式を有効に利用している。

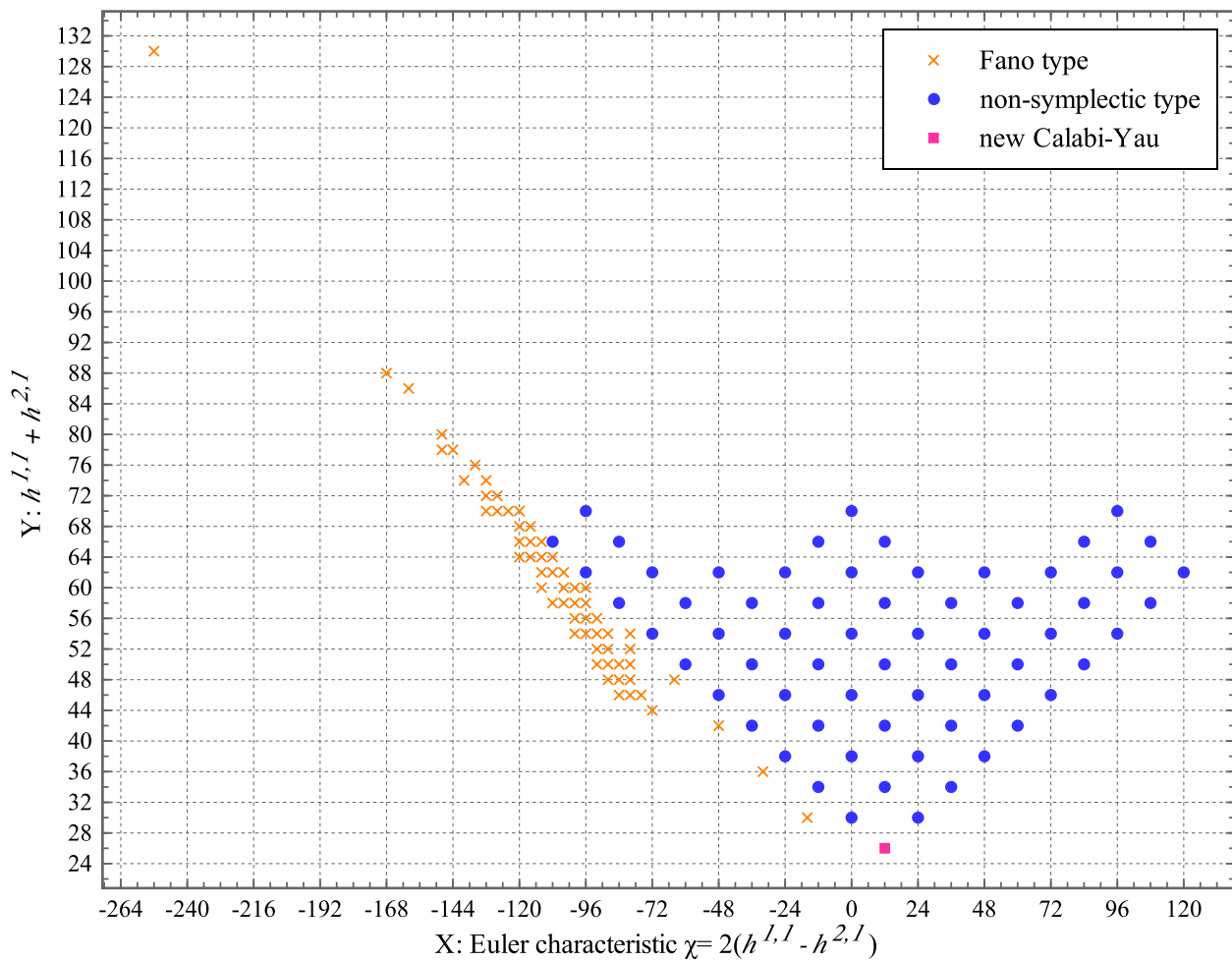
また [Y23a]では共同論文

- Mamoru Doi and Naoto Yotsutani, **Doubling construction of Calabi-Yau threefolds**, *New York Journal of Mathematics*, **20** (2014), pp. 1203-1235.

の続きの研究結果として、NYJMの論文では取り扱うことのできなかつたカラビ-ヤウ多様体の微分同相性を考察している。論文の題名にもある3次元カラビ-ヤウ多様体はミラー対称性などとの関連で、数学サイドと物理サイドの双方の側面から1990年頃より盛んに研究されているコンパクトケーラー多様体である。NYJMの論文では貼り合わせという微分幾何学的手法により、3次元カラビ-ヤウ多様体の構成法(ダブリング構成)及びその新しい例を与えた。とくにダブリング構成の材料としてファノ多様体と呼ばれる代数多様体を用いるとグラフの \times 印で表されるカラビ-ヤウ多様体が出現し、異なるファノ多様体から出発しても、ダブリング構成を施すと同じトポロジカルな情報を持つカラビ-ヤウ多様体が多発するという謎の現象が起こった。

そこで6次元リーマン多様体としての特殊性に注目し、トポロジカルな性質よりもさらに精密な「微分同相性」という立場から構成された3次元カラビ-ヤウ多様体の一部を調べたところ、これらは互いに微分同相ではない事を本論文により明らかにした。

一方で、我々の構成したその他のカラビ-ヤウ多様体についても同様の性質を持つものがまだ多数存在すると予想しているが、それらについては



1. 対応する幾何学的不変量の計算が困難になる
2. そもそも微分同相性を判別するための幾何学的不変量が存在しないため、それらをまず定義する必要がある

など、やるべき課題もまだまだ残されている。

[FY24] K. Fujita and N. Yotsutani, Strong Calabi dream Bott manifolds, *Annali dell' Università Ferrara* (2024).

[OSY23] H. Ono, Y. Sano, and N. Yotsutani, Bott manifolds with vanishing Futaki invariants for all Kähler classes, arXiv:2305.05924. (Submitted).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yotsutani Naoto	4. 巻 856
2. 論文標題 Diffeomorphism classes of the doubling Calabi-Yau threefolds with Picard number two	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo Series 2	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) 10.1007/212215-022-00856-2	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 Doi Mamoru, Yotsutani Naoto	4. 巻 10
2. 論文標題 Differential geometric global smoothings of simple normal crossing complex surfaces with trivial canonical bundle	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Complex Manifolds	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) 10.1515/coma-2022-0143	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 Nitta Yasufumi, Saito Shunsuke, Yotsutani Naoto	4. 巻 9
2. 論文標題 Relative Ding and K-stability of toric Fano manifolds in low dimensions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 European Journal of Mathematics	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) 10.1007/s40879-023-00617-0	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 Yotsutani Naoto, Zhou Bin	4. 巻 75
2. 論文標題 Corrigenda: Relative algebro-geometric stabilities of toric manifolds (TOHOKU MATH. J. 71 (2019), 495-524)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Tohoku Math Journal	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2748/tmj.20230227	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 Doi Mamoru, Yotsutani Naoto	4. 巻 27
2. 論文標題 Corrigenda to "Doubling construction of Caleb-Yau threefolds"	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New York Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 475-476
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 Yotsutani Naoto	4. 巻 2020
2. 論文標題 A summary of global smoothings of normal crossing complex surfaces	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 代数幾何学シンポジウム記録2020	6. 最初と最後の頁 11-23
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 無
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 Yotsutani Naoto	4. 巻 2140
2. 論文標題 On uniform K-stability of pairs for algebraic curves	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RIMS Kokyuroku	6. 最初と最後の頁 80-93
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 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 Yotsutani Naoto, Zhou Bin	4. 巻 71
2. 論文標題 Relative Algebra-Geometric stabilities of toric manifolds	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tohoku Mathematical Journal	6. 最初と最後の頁 495-524
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 該当する

1. 著者名 Doi Mamoru, Yotsutani Naoto	4. 巻 71
2. 論文標題 Gluing construction of compact Spin(7)-manifolds	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 349-382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2969/jmsj/77007700	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 Yotsutani Naoto	4. 巻 2098
2. 論文標題 On the relation between uniform K-stability and Chow stability of toric varieties	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 なし	6. 最初と最後の頁 60-67
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 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 Fujita Kento, Yotsutani Naoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Strong Calabi dream Bott manifolds	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ANNALI DELL'UNIVERSITA' DI FERRARA	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) 10.1007/s11565-023-00484-3	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 Yotsutani Naoto	4. 巻 11
2. 論文標題 Asymptotic Chow Semistability Implies Ding Polystability for Gorenstein Toric Fano Varieties	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Mathematics	6. 最初と最後の頁 4114 ~ 4114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/math11194114	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 -

〔学会発表〕 計28件（うち招待講演 12件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 四ッ谷直仁
2. 発表標題 Diffeomorphism classes of the doubling Calabi-Yau threefolds
3. 学会等名 2022年度日本数学会秋季総合分科会(北海道大学)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四ッ谷直仁
2. 発表標題 自明な標準束をもつ単純正規交叉複素曲面の微分幾何学的大域スムージングの応用について
3. 学会等名 2022年度日本数学会秋季総合分科会(北海道大学)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四ッ谷直仁
2. 発表標題 Strong Calabi dream structure of Bott manifolds
3. 学会等名 Toric Topology 2023 in Osaka (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 四ッ谷直仁
2. 発表標題 自明な標準束をもつ単純正規交叉複素曲面の微分幾何学的大域スムージングについて
3. 学会等名 専門家向け勉強会「ケーラー多様体上の標準計量とその周辺3」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四ッ谷直仁
2. 発表標題 Diffeomorphism classes of the doubling Calabi-Yau threefolds
3. 学会等名 可微分写像の特異点論及びその応用
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 四ッ谷直仁
2. 発表標題 Diffeomorphism classes of the doubling Calabi-Yau threefolds
3. 学会等名 2022年度日本数学会年会(埼玉大学)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Global smoothings of degenerate K3 surfaces with triple points
3. 学会等名 The 26th Symposium on Complex geometry (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Global smoothings of degenerate K3 surfaces with triple points
3. 学会等名 城崎代数幾何シンポジウム2020(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 The Delta invariant and the various GIT-stability notions of toric Fano varieties
3. 学会等名 ファノ多様体及び関連する代数幾何学（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Bott-Chern Classes and GIT-stability
3. 学会等名 ケーラー多様体上の標準軽量とその周辺（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 On Uniform K-stability of pairs for algebraic curves
3. 学会等名 Geometric Analysis seminar at Peking University
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Diffeomorphic classes of the doubling Caleb-Yau threefolds
3. 学会等名 Geometry Seminar at Tongji University
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Diffeomorphic classes of the doubling Caleb-Yau threefolds
3. 学会等名 Topology seminar at Fudan University
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Diffeomorphic classes of the doubling Caleb-Yau threefolds
3. 学会等名 Geometry Seminar at Shanghai Tech University
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 The Loewy filtration and automorphism groups of toric varieties
3. 学会等名 RIMS Conference:Geometry, Algebra and Combinatorics in Transformation group theory (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Geometric Invariants and singularities from the viewpoint of cscK metrics
3. 学会等名 RIMS Workshop:Research on topology and differential geometry using singularity theory of differentiable maps (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 A New notion GIT-stability: Uniform K-stability of pairs
3. 学会等名 Journal Club in Kahler Geometry @ Fukuoka I
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 On uniform K-stability of pairs for algebraic curves
3. 学会等名 Journal Club in Kahler Geometry @ Fukuoka II
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 On uniform K-stability of pairs for complex vector bundles
3. 学会等名 北九州幾何学研究集会 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Numerical semistability of projective toric varieties
3. 学会等名 Workshop on Fano spherical varieties - 2024 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Semistable pairs of projective toric varieties
3. 学会等名 The 8-th China-Japan geometry conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Semistable pairs of projective toric varieties
3. 学会等名 Advances in Special Kahler metrics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Strong Calabi dream structure of Bott manifolds
3. 学会等名 Toric Topology 2023 in Osaka (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Chow stability of μ -stable toric varieties
3. 学会等名 Mathematical Physics seminar at Fukui University
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Bott Manifolds with the Strong Calabi Dream Structure
3. 学会等名 Topology seminar at Kanazawa University
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Chow Stability and Non-symmetric Kahler-Einstein Toric Fano Manifolds
3. 学会等名 Complex Geometry seminar at IBS-CCG (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Semistable pairs of projective toric varieties
3. 学会等名 Geometric Analysis Seminar at Peking University (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoto Yotsutani
2. 発表標題 Differential geometric global smoothings of simple normal crossing complex surfaces with trivial canonical bundle
3. 学会等名 Geometry Seminar at Tohoku University (招待講演)
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
---------	---------