

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K17817

研究課題名（和文）モジュライ理論から見たCalabi-Yau多様体とFano多様体のミラー対称性

研究課題名（英文）Mirror symmetry of Calabi-Yau and Fano manifolds from the viewpoint of moduli theory

研究代表者

金沢 篤 (KANAZAWA, Atsushi)

慶應義塾大学・総合政策学部（藤沢）・准教授

研究者番号：40784492

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：モジュライ理論の観点からCalabi-Yau多様体とFano多様体のミラー対称性の研究を行った。具体的には、Calabi-Yau多様体、Fano多様体、Landau-Ginzburg模型が複素構造とKähler構造の退化において互いにどのように関係するかという基本的な問題を考察した。またミラー対称性を指導原理として、Calabi-Yau多様体のKählerモジュライ空間の（主に微分幾何的）構造の基礎理論の整備を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ミラー対称性は異なる分野に潜む共通の本質を抽出し、様々な分野を有機的に結び付けることが期待される。本研究においても興味深い現象が発見され、今後の発展のための具体例の蓄積がなされた。より技術的な側面に関しては、(1)Calabi-Yau多様体の退化においてミラー対称性がどのように振る舞うかに関して理解が大きく進展した。(2)Calabi-Yau多様体の複素構造とKähler構造のモジュライ空間の構造の理解が深まった。

研究成果の概要（英文）：We study mirror symmetry of Calabi-Yau and Fano manifolds from the viewpoint of moduli theory. More concretely, we consider the problem that how Calabi-Yau manifolds, Fano manifolds and Landau-Ginzburg models are related under degenerations of complex and Kähler structures. Moreover, inspired by mirror symmetry, we also build some foundations of differential geometric structures of Kähler moduli spaces of Calabi-Yau manifolds.

研究分野：複素幾何、シンプレクティック幾何、数理物理

キーワード：Calabi-Yau多様体 ミラー対称性 モジュライ空間 Landau-Ginzburg模型 安定性条件 Weil-Petersson幾何 SYZミラー対称性 Fano多様体

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

本研究はモジュライ理論の観点から Calabi-Yau 多様体と Fano 多様体のミラー対称性の研究を行う。ミラー対称性とは超弦理論に由来する次の予想である:「Calabi-Yau 多様体 X に対してミラー-Calabi-Yau 多様体 Y が存在して、 X の複素幾何と Y のシンプレクティック幾何が同値になる」。この同値性は様々な形で定式化・確認され、豊富な予想群を数学にもたらし続けてきた。特に数学的定式化の過程において Gromov-Witten 理論、深谷圏、Bridgeland 安定性条件等の新分野を切り開く大きな推進力になった。

Calabi-Yau 多様体とミラー対称性に関する研究は比較的新しい分野であり、今後数年内に更なる急速な発展が見込まれる。一方で Calabi-Yau 多様体については研究の道具が少なく、解析が困難なことからその構造はまだあまり理解されていない。またミラー対称性についても物理における膨大な量の研究に比べ、その数学的定式化と理解はまだ初期段階である。

2. 研究の目的

本研究の目的は基礎理論の構築である。研究開始当初の背景でも述べたように、Calabi-Yau 多様体の構造は未解明な部分も多く、またミラー対称性の数学的理解もまだ初期段階である。このような状況を鑑みるに、研究手法の開発と基礎理論の整備はこの分野の発展に不可欠なものだと考えられる。また構築した基礎理論を用いて異分野間にある未知の関係を明らかにし、様々な分野を有機的に結び付けることも目的とする。

より技術的な目的は大きく次の2つに纏められる。

- (1) 小平次元の異なる複素多様体間のミラー対称性の関係を解明する。特に Calabi-Yau 多様体の退化においてミラー対称性がどのように振る舞うかを理解することが基本的問題である。Calabi-Yau 多様体, Fano 多様体, Landau-Ginzburg 模型が複素構造と Kähler 構造の退化において互いにどのように関係するか解明する。
- (2) Calabi-Yau 多様体の複素モジュライ空間と Kähler モジュライ空間の構造の解析。複素モジュライ空間は古典的な対象であるが、特に Calabi-Yau 多様体の場合は自然に Kähler 多様体になることが知られており(Weil-Petersson 幾何)、さらに深い構造が存在することが期待されている。ミラー対称性の観点から複素モジュライ空間と Kähler モジュライ空間の構造の理解を深める。

3. 研究の方法

数学の研究の基本は、個々の研究者(グループ)が各自の問題意識のもとで自ら研究を進めることである。定期的なセミナーや勉強会に加えて、分野横断的な研究会を組織して周辺分野の研究者と相互理解を深めることで、研究課題の効率的かつ斬新な解決方法を模索する。

技術的な側面に関しては、ミラー対称性の示唆する物理的直感を指導原理として、複素幾何とシンプレクティック幾何の類似を追求することが主要な研究方法である。例えば、標準因子と Landau-Ginzburg ポテンシャル(開 Gromov-Witten 不変量の母関数)や、複素モジュライ空間と Kähler モジュライ空間の対応・類似がどの程度成立するのか考察する。基本的な具体例の徹底的理解を出発点として、より一般の場合の理論構築を目指す。またミラー対称性とモジュライ理論という共通の主題を通して互いに関連するように研究課題を選定することで、研究進展の相乗効果を促進することも試みた。

4. 研究成果

主な研究成果は以下で説明する7編の論文を執筆・校正したこと、及びそれらの結果に関して複数の研究会・セミナーで講演を行なったことである。研究期間全体として、当初の計画を超えた多くの結果が得られた。

- (1) Attractor mechanisms of moduli spaces of Calabi-Yau threefolds
超弦理論のブラックホールの研究において Ferrara-Kallosh-Strominger, Moore らによって解析されてきたアトラクター機構を厳密に定式化し、種々の性質を調べた。数学的には、これは3次元 Calabi-Yau 多様体の正規化された中心電荷(の絶対値)の極小問題を複素モジュライ空間上で解くことに対応する。極小値を与えるモジュライ空間の点(アトラクター)に対応する Calabi-Yau 多様体はアトラクター多様体と呼ばれ、複素剛的 Calabi-Yau 多様体の一般化とも考えられる。さらにミラー対称性を指導原理として、Kähler アトラクター機構、および Kähler アトラクター多様体を定義し、それらの性質を調べた。この過程で Fan-Yau との共同研究で導入した A-模型 Weil-Petersson 幾何が重要な役割を果たした。アトラクター多様体は Hodge 理論的に特徴付けられるが、モジュライ空間のアトラクター流の解析も興味深い問題として残っている。
- (2) Doran-Harder-Thompson conjecture via SYZ mirror symmetry

ミラー対称性において、複素構造の退化は Kähler 構造の退化に対応すると考えられる。特に、Calabi-Yau 多様体が 2 つの概 Fano 多様体の交差和に退化する Tyurin 退化は、Calabi-Yau 多様体の P^1 へのファイブレーション(因子収縮射)に対応すると予想されている。この予想を精密化したものが Doran-Harder-Thompson(DHT) 予想であり、「2 つの概 Fano 多様体のミラー Landau-Ginzburg 模型を適切に貼り合わせることで、ミラー多様体と P^1 への Calabi-Yau ファイブレーションが得られる」ことを主張する。DHT 予想に関する様々な状況証拠が得られていた中で、楕円曲線の場合に複素構造とシンプレクティック構造の対応まで込めた完全な形で予想を解決した。主な手法は Auroux による SYZ ミラー構成法を応用したものであり、Landau-Ginzburg ポテンシャルの無限積からテータ関数を復元するところが鍵である。

- (3) Degenerations and Lagrangian fibrations of Calabi-Yau manifolds
Calabi-Yau 多様体の退化と Lagrangian ファイブレーションを概説した。数学的に新しい結果は、楕円曲線の場合の DHT 予想の証明を Abel 曲面の場合に拡張したことである。DHT 予想の観点から見た、del Pezzo 曲面と有理曲面のミラー対称性の解釈や、幾何学的量子化、Bohr-Sommerfeld Lagrangian 多様体、テータ関数など関連する話題にも触れた。
- (4) Local Calabi-Yau manifolds of affine type A via SYZ mirror symmetry
I 型退化のみを持つ複数の(局所)楕円曲面のファイバー積のクレパント特異点解消を A 型 Calabi-Yau 多様体と呼ぶ。3 次元の場合には、これは Schoen の 3 次元 Calabi-Yau 多様体の局所模型を与えており、一番簡単な場合はバナナ多様体とも呼ばれている。本論文では、A 型 Calabi-Yau 多様体が無限型トーリック多様体の適当な商多様体として記述されることを示し、無限型トーリック多様体に対して同変 SYZ と同変 GKZ 超幾何系の理論を構築することで、A 型 Calabi-Yau 多様体のミラー対称性を論じた。商多様体として表示から Abel 多様体との関係が明らかになり、開 Gromov-Witten 不変量の母関数が Riemann テータ関数と関係付けられる。特別な場合として、バナナ多様体と主偏極 Abel 曲面のテータ因子が与える 2 次曲面ファイブレーションがミラー対称的であるという Hori-Iqbal-Vafa の結果が従う。
- (5) Geometric transitions and SYZ mirror symmetry
Calabi-Yau 多様体の幾何学的転移に関する Morrison 予想「特異点の円滑化と解消はミラー対称的」が一般化コニフォールドと軌道体コニフォールドに関して正しいことを SYZ ミラー対称性の観点から証明した。(a)コニフォールドに関する古典的な結果を拡張していること、(b)特異点の円滑化と解消が SYZ ミラー対称性の観点から理解出来ることを明らかにしたこと、(c)構成が具体的であり、開 Gromov-Witten 不変量の壁越え現象から特異点の多項式が明示的に復元できること、の 3 点から有意義な結果だと考えられる。一般化コニフォールドと軌道体コニフォールドの双対性は Aganagic-Karch-Lust-Miemiec らのゲージ理論とブレーン配置の研究によって知られており、我々の結果はその数学的な証明にもなっている。
- (6) Weil-Petersson geometry on the space of Bridgeland stability conditions
Calabi-Yau 多様体の複素モジュライ空間上には Weil-Petersson 計量と呼ばれる自然な Kähler 計量が存在するため、ミラー対称性の観点から Kähler モジュライ空間上にも自然な Kähler 計量が存在することが予想される。本論文では Bridgeland 安定性条件の空間上には、Kähler モジュライ空間に制限したとき Kähler ポテンシャルとなるべき自然な関数を構成した。Kähler モジュライ空間の安定性条件の空間への埋め込みは一般に複雑であるが、埋め込みが同型になる場合には自然な Kähler 計量が得られることを確かめた。例えば楕円曲線の直積の場合には、Siegel モジュラー多様体上の Bergman 計量が現れ、これはミラー対称性とも整合的である(ミラー多様体は主偏極 Abel 曲面)。Weil-Petersson 計量のミラー対応物は Trenner-Wilson[TW]によっても提起されているが、彼らの仕事は大体積極限近傍での漸近的 Kähler 計量の研究に留まっている。我々の計量は大域的であり、また Kähler モジュライ空間の安定性条件の空間への埋め込みに関して新しい条件を与えている。
- (7) Degenerating Hodge structure of one-parameter family of Calabi-Yau threefolds
複素モジュライ空間が 1 次元である 3 次元 Calabi-Yau 多様体の族に対して、加藤-白井の対数 Hodge 理論において拡張周期写像を考えることができる。雑に言えば、Hodge 構造の分類空間のコンパクト化が境界に冪零軌道を加えることで構成される。本論文では特に最大冪単モノドロミー点の像を調べることで、一般 Torelli 型定理を適当な条件のもとで示した。この条件は弱いもので、例えば最大冪単モノドロミー点が 1 つしかない場合には自明に成立している。さらにミラー対称性を仮定すれば、この条件はミラー多様体の位相不変量で記述できる。主結果は白井先生の P^4 内の 5 次超曲面のミラー多様体に関する仕事の一般化である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yu-Wei Fan, Atsushi Kanazawa	4. 巻 185
2. 論文標題 Attractor mechanisms of moduli spaces of Calabi-Yau 3-folds	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geometry and Physics	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） 10.1016/j.geomphys.2022.104724	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 Tatsuki Hayama, Atsushi Kanazawa	4. 巻 25
2. 論文標題 Degenerating Hodge structure of one-parameter family of Calabi-Yau threefolds	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Aisan Journal of Mathamtics	6. 最初と最後の頁 31-42
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4310/AJM.2021.v25.n1.a2	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 Yu-Wei Fan, Atsushi Kanazawa, Shing-Tung Yau	4. 巻 29
2. 論文標題 Weil-Petersson geometry on the space of Bridgeland stability conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communication in Analysis and Geometry	6. 最初と最後の頁 681-706
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4310/CAG.2021.v29.n3.a4	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 Atsushi Kanazawa, Siu-Cheong Lau	4. 巻 301-2
2. 論文標題 Geometric transitions and SYZ mirror symmetry	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Pacific Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 489-517
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2140/pjm.2019.301.489	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 Atsushi Kanazawa, Siu-Cheong Lau	4. 巻 139
2. 論文標題 Local Calabi-Yau manifolds of affine type A via SYZ mirror symmetry	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geometry and Physics	6. 最初と最後の頁 103-138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geomphys.2018.12.015	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 Atsushi Kanazawa	4. 巻 47
2. 論文標題 Degenerations and Lagrangian fibrations of Calabi-Yau manifolds	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Handbook for Mirror Symmetries of Calabi-Yau and Fano Manifolds, Advanced Lectures in Mathematics	6. 最初と最後の頁 149-204
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 Atsushi Kanazawa	4. 巻 13
2. 論文標題 Doran-Harder-Thompson conjecture via SYZ mirror symmetry: elliptic curves	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SIGMA Symmetry, Integrability and Geometry: Methods and Applications	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) 10.3842/SIGMA.2017.024	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 Kenji Hashimoto, Atsushi Kanazawa	4. 巻 21
2. 論文標題 Calabi-Yau threefolds of type K (I):	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Mathematics Research Notices	6. 最初と最後の頁 6654-6693
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/imrn/rnw197	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33件（うち招待講演 31件 / うち国際学会 17件）

1. 発表者名 金沢篤
2. 発表標題 一般化K3曲面のミラー対称性
3. 学会等名 第69回幾何学シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Mirror symmetry for generalized K3 surfaces;
3. 学会等名 Calabi-Yau Manifolds and Mirror Symmetry -Past, Present, and Future-（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Attractor mechanisms of moduli spaces of Calabi-Yau 3-folds
3. 学会等名 Boston-Keio-Tsinghua Workshop 2022（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Mirror symmetry and rigid structures of generalized K3 surfaces
3. 学会等名 The 3rd Japan-Taiwan Joint Conference on Differential Geometry（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Mirror symmetry and rigid structures of generalized K3 surfaces
3. 学会等名 Online Workshop on Calabi-Yau Varieties and Related Topics 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金沢篤
2. 発表標題 Calabi-Yau多様体のアトラクター機構とその周辺
3. 学会等名 日本数学会2021年度秋季総合分科会 特別講演 (代数学分科会) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金沢篤
2. 発表標題 一般化K3曲面の剛構造とミラー対称性
3. 学会等名 Aspects of Mirror Symmetry 2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金沢篤
2. 発表標題 Kählerモジュライ空間と三角圏の安定性条件
3. 学会等名 日本数学会2020年度秋季総合分科会, 総合講演 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金沢篤
2. 発表標題 Kählerモジュライ空間と三角圏の安定性条件
3. 学会等名 日本数学会2020年度年会 特別講演(幾何学分科会)(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金沢篤
2. 発表標題 三角圏の安定性条件とWeil-Petersson幾何
3. 学会等名 日本数学会2019年度秋季総合分科会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Tyurin degenerations and Lagrangian torus fibrations of Calabi-Yau manifolds
3. 学会等名 Geometry and Quantization 2019, Jinshan Youth Activity Center (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Stability spaces with a view toward period maps and attractor geometry;
3. 学会等名 Workshop on Calabi-Yau Varieties and Related Topics (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Weil-Petersson geometry on stability spaces
3. 学会等名 Interaction between Algebraic Geometry and QFT, Moscow Institute of Physics and Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金沢篤
2. 発表標題 Calabi-Yau多様体の退化とLagrangeファイブレーション(II)
3. 学会等名 東北代数セミナー, 東北大学 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金沢篤
2. 発表標題 Calabi-Yau多様体の退化とLagrangeファイブレーション(I)
3. 学会等名 東北代数セミナー, 東北大学 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Toward canonical metrics on Kahler moduli spaces
3. 学会等名 Mini-Workshop on Symplectic Geometry and Mirror Symmetry, Seoul National University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Tyurin degenerations and Landau--Ginzburg models
3. 学会等名 Mini-Workshop on Symplectic Geometry and Mirror Symmetry, Seoul National University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金沢篤
2. 発表標題 Calabi-Yau多様体の退化とミラー対称性
3. 学会等名 日本数学会2019年度年会, 東京工業大学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Moduli of Calabi-Yau manifolds and mirror symmetry
3. 学会等名 The 2nd Meeting for Global Math Network (Universitat Bonn, Ecole Normale Supérieure, Kyoto RIMS, Courant Institute, BICMR) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Gluing Landau-Ginzburg models via Tyurin degenerations (II)
3. 学会等名 Matrix Factorizations and Mirror Symmetry, KIAS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Gluing Landau-Ginzburg models via Tyurin degenerations (I)
3. 学会等名 Matrix Factorizations and Mirror Symmetry, KIAS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金沢篤
2. 発表標題 Calabi-Yau多様体の退化とLagrangeファイブレーション
3. 学会等名 第65回幾何学シンポジウム(基調講演), 東北大学(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Toward Weil-Petersson geometry of Kahler moduli space
3. 学会等名 The 3rd Japanese-European Symposium on Symplectic Varieties and Moduli Spaces, Tokyo University of Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Degenerations and Lagrangian fibrations of Calabi-Yau manifolds
3. 学会等名 Working Workshop on Calabi-Yau Varieties and Related Topics, Gakushuin University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金沢篤
2. 発表標題 Kähler構造のモジュライ空間の幾何学
3. 学会等名 幾何セミナー, 名古屋大学 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金沢篤
2. 発表標題 DHT予想とLagrangeファイブレーション
3. 学会等名 幾何セミナー, 明治大学 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Calabi-Yau fibrations and Landau-Ginzburg models
3. 学会等名 The 3rd KTGU Mathematics Workshop for Young Researchers, Kyoto University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Weil-Petersson geometry on the space of Bridgeland stability conditions
3. 学会等名 微分トポロジーセミナー, 京都大学 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Weil-Petersson geometry on the space of Bridgeland stability conditions
3. 学会等名 Kinosaki Algebraic Geometry Symposium 2017, Kinosaki International Art Center (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Weil-Petersson geometry on the space of Bridgeland stability conditions
3. 学会等名 Workshop on Calabi-Yau Varieties: Arithmetic, Geometry and Physics, Gakushuin University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 Calabi-Yau多様体の退化とミラー対称性
3. 学会等名 代数学セミナー, 広島大学 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 ミラー対称性とテータ関数
3. 学会等名 ミラー対称性の諸相 2017, 京都大学 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Atsushi Kanazawa
2. 発表標題 ミラー対称性とテータ関数
3. 学会等名 数学教室談話会, 京都大学 (招待講演)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 金沢篤	4. 発行年 2018年
2. 出版社 日本評論社	5. 総ページ数 4
3. 書名 数学セミナー2018年12月号, 京都大学ガロア祭2018/問題と解説, p.42-44	

1. 著者名 金沢篤	4. 発行年 2018年
2. 出版社 サイエンス社	5. 総ページ数 7
3. 書名 数理科学数理科学2018年10月号, 代数幾何とカラビ・ヤウ多様体, p.22-28	

〔産業財産権〕

〔その他〕

Atsushi Kanazawa 金沢篤 https://sites.google.com/view/akanazawa

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11件

国際研究集会 Aspects of Mirror Symmetry 2021	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 ミラー対称性の諸相 2020	開催年 2020年～2020年
国際研究集会 Online workshop on mirror symmetry and related topics	開催年 2020年～2020年
国際研究集会 Mirror Symmetry and Related Topics 2019,	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 Aspects of Mirror Symmetry 2019	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 Kinosaki Algebraic Geometry Symposium 2018	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 Aspects of Mirror Symmetry 2018	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 Algebraic Geometry & Symplectic Geometry at Crossroads	開催年 2017年～2017年
国際研究集会 ミラー対称性の諸相 2017	開催年 2017年～2017年
国際研究集会 Calabi-Yau Manifolds and Mirror Symmetry - Past, Present, and Future -	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 Aspects of Mirror Symmetry 2022	開催年 2022年～2022年

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
---------	---------