

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 28 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究（S）

研究期間：2007～2011

課題番号：19104002

研究課題名（和文） 代数幾何と可積分系の融合と新しい展開

研究課題名（英文） New developments and interaction between Algebraic Geometry and Integrable Systems

研究代表者

齋藤 政彦（SAITO MASA-HIKO）

神戸大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：80183044

研究成果の概要（和文）：確定特異点および不分岐な不確定特異点を許す代数曲線上の安定放物接続のモジュライ空間を構成し，対応するリーマン・ヒルベルト対応の基本性質を示した．これにより線形微分方程式のモノドロミー保存変形によって得られる非線形微分方程式の幾何学的パンルヴェ性を厳密に示し，モノドロミー保存変形の幾何学を確立し，高階パンルヴェ型方程式の岡本初期値空間の理論が可能になった．高次元双有理幾何学，ミラー対称性に関わる幾何学の研究の進展と合わせて，代数幾何と可積分系の深い関係が明らかになりつつある．

研究成果の概要（英文）：We gave an algebro-geometric construction of the moduli spaces of stable parabolic connections over curves with unramified singularities, and showed the fundamental property of the Riemann-Hilbert correspondences. These results showed the geometric Painleve property of the nonlinear isomonodromic differential equations and established the geometry of isomonodromic deformations of connections, which enables us to investigate the phase space of differential equations deeply such as Okamoto's space of initial conditions for classical Painleve equations. Together with the progress in the field of higher dimensional birational geometry and the geometry related to mirror symmetry, these results reveal deep relations between algebraic geometry and integrable systems.

交付決定額

（金額単位：円）

|        | 直接経費       | 間接経費       | 合計         |
|--------|------------|------------|------------|
| 2007年度 | 19,500,000 | 5,850,000  | 25,350,000 |
| 2008年度 | 13,600,000 | 4,080,000  | 17,680,000 |
| 2009年度 | 14,800,000 | 4,440,000  | 19,240,000 |
| 2010年度 | 14,400,000 | 4,320,000  | 18,720,000 |
| 2011年度 | 14,000,000 | 4,200,000  | 18,200,000 |
| 総計     | 76,300,000 | 22,890,000 | 99,190,000 |

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：数学・代数学

キーワード：可積分系，パンルヴェ方程式，相空間，モジュライ空間，量子コホモロジーとミラー対称性

## 1. 研究開始当初の背景

代表者等のパンルヴェ方程式の研究を通じて，可積分系の相空間の代数幾何学的方法の有効性が明らかになった．特に線形接続のモノドロミー保存変形を代数幾何学的なモジュライ理論で精密に取らえる事の有効性が認識された．一方，高次元代数幾何

の森理論や極小モデル理論の進展，新しい可積分系の発見等があり両分野の深い関係も明らかになりつつあった．加えて数理物理に源をもつ，ミラー対称性や量子コホモロジーにおける様々な予想に関して，代数幾何と可積分系の関連を強く示唆する結果が報告されていた．

## 2. 研究の目的

可積分系の相空間の幾何学をモジュライ理論や高次元双有理幾何学を用いて、明解かつ精密に扱える基礎理論を構築し、代数幾何および可積分系、そして関連分野のさらなる発展を図る事である。併せて、量子コホモロジーやミラー対称性予想の明解な数学的理解が可能となる基礎理論を構築する事も目的とした。具体的には、次の3つの研究目的を掲げた。

- (1) モノドロミー保存変形の幾何学の確立
- (2) 高次元双有理幾何学の研究と可積分系への応用
- (3) 量子コホモロジー、ミラー対称性の数学的理解

## 3. 研究の方法

上記の研究目的の達成の為に、研究代表者、研究分担者、連携研究者を3つの具体的な研究目的に沿った大まかなグループ分けをし、各研究者がそれぞれの分野の研究を追求するとともに、得られた結果や成果を、セミナーや研究集会の機会に発表し、情報共有や討論により問題点の解決方法を探った。研究の遂行上、いくつもの異なる分野に深い知識と経験が必要となり、当該分野の専門家が研究チームにいない場合は、国内外の第一人者を招聘したり逆に訪問して、討論し専門的知識の供与を受け、場合によっては共同研究に発展させるという方法も取った。各研究者の相互交流を円滑にするため、研究代表者の齋藤は、研究組織のHPを立ち上げ、代数幾何や可積分系、周辺分野の研究会のニュースを知らせたり、研究会の情報を時系列で並べた **Math Calendar** を設置した。また研究者や一般の研究者・学生向けに、主催した講演のビデオアーカイブをそのHPに設置した。関連する国際研究集会やワークショップを神戸、京都、東京等で開催し研究の最先端の動向を探り研究交流を行なった。神戸大学学長より、本科研費に対して、期限付き助教のポストの供与があり、吉永、原下、山川を順次採用した。

## 4. 研究成果

上記3つの研究目的について、それぞれ次の成果を得た。

- (1) モノドロミー保存変形の幾何学の確立

2006年までに、稲場・岩崎・齋藤および稲場は、代数曲線上の確定特異点のみを持ちその局所指数を固定した安定放物接続のモジュライ空間を非特異準射影多様体として構成することに成功した。さらにこの多様体が正則シンプレクティック構造を自然に持つことを示した。その接続のモジュライ空間から対応する穴開きリーマン面の基本群のモノドロミー表現のモジュライ空間（表現多様体）へのいわゆるリーマン・ヒルベルト対応が全射固有双有理解析写像であることを示

した。この結果により、確定特異点のみをもつ安定放物接続のモノドロミー保存変形の微分方程式、例えばパンルヴェ VI 型方程式やガルニエ系といった方程式の幾何学的なパンルヴェ性が厳密に示された。また、リーマン・ヒルベルト対応が表現多様体の解析的特異点解消を与える事等、モノドロミー保存変形から得られる可積分系の相空間とパンルヴェ型方程式の幾何学が新しく構築された。この方法は精密な代数幾何のモジュライ理論、特にラングトン型の極限を制御する定理が微分方程式のパンルヴェ性の様な可積分性の証明にも有効であることを示した極めて重要な結果であった。しかし、古典的パンルヴェ方程式は、不確定特異点を許す線形接続に対し、そのモノドロミーとストークスデータを保存する変形を記述する方程式として現れる。この意味で、理論を不確定特異点の場合に拡張する必要があった。この点に関しては、代表者齋藤は連携研究者稲場とともに、不分岐かつ一般の不確定特異点のみを許した場合に、上記と同様の結果を示し現在、論文投稿し改訂中である。これらの結果から、従来の理論を精密化し、真の意味でのパンルヴェ型微分方程式を多く得ることができ、さらに相空間はモジュライ空間と同一視され、古典的な岡本初期値空間を一般化された枠ぐみとして捉えられる事を可能にし、可積分系の幾何学理論に確固たる基礎を与えた。

さらに、齋藤と稲場は、確定特異点のみで局所指数を特殊にしたときの接続のモジュライ空間と対応する表現多様体に対して、リーマン・ヒルベルト対応を考えて、4階の坂井達の方程式を含む方程式系のパンルヴェ性を示した。論文を準備中である。野海・山田系等は分岐のある不確定特異点をもつ接続の保存変形として得られるので、さらに理論を分岐のある場合に拡張する必要がある。高次元の多様体上の不確定特異点の良いモデルの存在 (Sabbah 予想) は、望月拓郎と Kedlaya により示された。接続のモジュライ空間上で見かけの特異点とその双対座標による標準座標系の導入について、S. Szabo と共同研究を行い、成果を得、論文を準備中である。また、齋藤は、C. Simpson と F. Loray と接続のモジュライ空間上に自然な二つのラグランジュアンファイブレーションが入ること、そして、それらがパンルヴェ VI 型の場合には互いに横断的であることを示した。これは、幾何学的ラングランズ対応と関係があると期待される。また齋藤は、M. v. d. Put とパンルヴェ方程式に関わる10種類の一般化された表現多様体の定義式を求めた。原岡、山川は線形接続の中間畳込の理論を考察した。小池は、WKB解析の分野で基本的な成果を多く得た。山川は、接続のモジュラ

イ空間の微分幾何的構成を行った。

(2) 高次元双有理幾何学の研究と可積分系への応用

この研究分野においては、連携研究者である森、向井、藤野、並河、松下が新たな結果を得た。森は Prokhorov と、端末的 3 次元射影多様体の端収縮射のタイプである Q コニック束やデルペゾ束を特異ファイバーの近傍で研究し、精密かつ決定的な結果を得た。藤野は極小モデル理論の基本定理を簡易化する方法を提示し、この分野の理論を理解しやすい物とした。並河は複素シンプレクティック多様体のポアソン変形、双有理幾何について研究したが、古典的な結果に新しい極小モデル理論を適用し、極小モデル理論に新たな可能性を示した。松下は正則ラグランジュ束の幾何学を研究し、その良い極小モデルの理論を提示している。これらの研究はいずれも代数幾何の分野でインパクトのある結果であるが、可積分系の幾何学との関係は興味深い。特に、接続のモジュライ空間や表現多様体の双有理幾何学は多くの興味深い研究対象となった。向井は、K 3 曲面の幾何学を Torelli 型定理およびその上のベクトル束を用いてモジュライ空間の幾何学を発展させた。可積分系への応用であるが、分担者の山田や野海は、パデ近似およびパデ補間問題から導かれる微分方程式や差分方程式を調べることで、連続および離散パルヴェ方程式のラックス形式および特殊解を導かれることを示した。さらに坂井等による発見以降 10 年来の懸案であった E8 型楕円差分パルヴェ方程式のラックス形式が構成できた。パデ近似は、射影曲線およびその積の幾何学と深く結びついており、新たな知見が得られる事が期待される。岩崎のパルヴェ VI 型方程式の離散双有理自己同型を代数曲面の力学系として解析するという結果も非常にインパクトのある結果である。研究分担者の太田は、種々の可積分系を可積分系の直接法という方法で解析し多くの成果を得た。

(3) 量子コホモロジー、ミラー対称性の数学的理解

連携研究者である深谷は、シンプレクティック幾何学の観点からホモロジー的ミラー対称性の基礎づけを目指し、太田、小野、Oh と大部の著書を出版し、そのほかにも多くの興味ある結果を得た。分担者の吉岡は Donaldson 不変量の壁越え公式を一般の代数曲面の場合に示し、K-理論的 Donaldson 不変量の壁越え公式を Chern-Simon 項を入れた形で定式化し、Nekrasov 分配関数を利用して書き下した。また、Gottsche、中島と吉岡は、Donaldson 不変量と Seiberg-Witten 不変量との一致についての Witten 予想を証明した。連携研究者の細野は、カラビ・ヤウ

多様体の高次種数の Gromov-Witten 不変量を BCOV 正則アノマリー方程式の観点から研究し、BCOV 微分環という概念を定義し、いくつかの例について考察した。

連携研究者の入谷は、複素射影多様体の A-モデル量子コホモロジー環の整構造について、その K 群とチャーン類による予想を与えた。さらにミラー対称性予想の B モデル側の整構造と、トーリックファノ多様体の場合に両立する事を示した。また、クレパント特異点解消とグロモフ・ウイッテン理論との関係を考察した。連携研究者の戸田は、代数幾何学に導来圏を応用する分野において近年新しい理論を構築しつつある。特に、Bridgeland が導入した導来圏における安定性条件について考察し、それらと弦理論との関係について考察した。また、Donaldson-Thomas 不変量が、安定対の数え上げで得られるという Pandharipande-Thomas 予想のオイラー標数版を証明した。望月の高次元の調和束に関する画期的な結果を、ミラー対称性の分野に応用することは今後の課題である。導来圏の代数幾何学への応用については、稲場による三角圏における安定対象のモジュライ理論に関する研究がある。石井はダイマー模型と付随するトーリック多様体の関係について研究した。また金子は、保型形式の数論的性質、多重ゼータ値や多重ベルヌイ数について研究して独自の成果を得た。高崎は溶解結晶模型の可積分系的構造を調べ多くの成果を得た。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 40 件) (総計 164 件)

- (1) F. Loray, M.-H. Saito, C.T. Simpson, *Foliations on the moduli space of rank two connections on the projective line minus four points*, *Seminaire et Congres, SMF*, 27, 2012, 115-168 (査読有)
- (2) L. Gottsche, H. Nakajima, K. Yoshioka, *Donaldson = Seiberg-Witten from Mochizuki's formula and instanton counting*. *Publ. Res. Inst. Math. Sci.* 47 (2011), no. 1, 307--359. (査読有)
- (3) Y. Yamada, *Lax formalism for q-Painlevé equations with affine Weyl group symmetry of type E(1)n*. *Int. Math. Res. Not. IMRN* 2011, no. 17, 3823--3838. (査読有)
- (4) O. Fujino, *Non-vanishing theorem for log canonical pairs*. *J. Algebraic Geom.* 20, (2011), no. 4, 771-783. (査読有)

- (5) Y. Namikawa, Poisson deformations of affine symplectic varieties. *Duke Math. J.* 156(2011), no. 1, 51-85. (査読有)
- (6) S. Mori, Prokhorov, Yuri, Threefold extremal contractions of type (IA), *Kyoto J. Math.* 51 (2011), no. 2, 393-438. (査読有)
- (7) T. Kawai, T. Koike, Y. Takei, On the exact WKB analysis of higher order simple-pole type operators. *Adv. Math.* 228 (2011), no. 1, 63-96. (査読有).
- (8) H. Nakajima, K. Yoshioka, Perverse coherent sheaves on blow-up. II. Wall-crossing and Betti numbers formula. *J. Algebraic Geom.* 20 (2011), no. 1, 47--100. (査読有)
- (9) Y. Yamada, A quantum isomonodromy equation and its application to  $N=2$   $SU(N)$  gauge theories. *J. Phys. A* 44 (2011), no. 5, 055403. (査読有)
- (10) 原岡喜重, 大域解析可能な Fuchs 型方程式, 『数学』 第 63 卷 第 3 号, 257-280, 2011 年. (査読有)
- (11) K. Fukaya, Counting pseudo-holomorphic discs in Calabi-Yau 3-folds. *Tohoku Math. J. (2)* 63 (2011), no. 4, 697-727. (査読有)
- (12) 齋藤 政彦, パンルヴェ方程式と代数幾何, 『数学』 第 62 卷 第 4 号, 524-544, 2010 年. (査読有)
- (13) M. Inaba, Moduli of stable objects in a triangulated category. *J. Math. Soc. Japan* 62 (2010), no. 2, 395-429. (査読有)
- (14) H. Iritani, Ruan's conjecture and integral structures in quantum cohomology. 111--166, *Adv. Stud. Pure Math.*, 59, Math. Soc. Japan, Tokyo, 2010. (査読有)
- (15) A. Ishii, K. Ueda, H. Uehara, Stability conditions on An-singularities. *J. Diff. Geom.* 84 (2010), no. 1, 87--126. (査読有)
- (16) S. Hosono, BCOV ring and holomorphic anomaly equation. 79-110, *Adv. Stud. Pure Math.*, 59, Math. Soc. Japan, Tokyo, 2010. (査読有)
- (17) Y. Ohta, Dark soliton solution of Sasa-Satsuma equation. *Nonlinear and modern mathematical physics*, 114-121, *AIP Conf. Proc.*, 1212, Amer. Inst. Phys., Melville, NY, 2010. (査読有)
- (18) K. Fukaya, Y. -G. Oh, Hiroshi Ohta and Kaoru Ono, Lagrangian Floer theory on compact toric manifolds I, *Duke Math. J.* 151, pp 23 - 174, 2010. (査読有)
- (19) M. Kaneko, Ohno, Yasuo, On a kind of duality of multiple zeta-star values, *Int. J. Number Theory* 6 (2010), no. 8, 1927--1932. (査読有)
- (20) T. Koike, T. Sasaki, M. Yoshida, Asymptotic behavior of the hyperbolic Schwarz map at irregular singular points. *Funkcial. Ekvac.* 53 (2010), no. 1, 99--132. (査読有)
- (21) S. Mukai, Curves and symmetric spaces, II. *Ann. of Math. (2)* 172, (2010), no. 3, 1539--1558. (査読有)
- (22) Y. Namikawa, Poisson deformations of affine symplectic varieties, II. *Kyoto J. Math.* 50 (2010), no. 4, 727--752. (査読有)
- (23) T. Mochizuki, Note on the Stokes structure of Fourier transform. *Acta Math. Vietnam.* 35 (2010), no. 1, 107--158. (査読有)
- (24) Y. Toda, Curve counting theories via stable objects I. DT/PT correspondence. *J. Amer. Math. Soc.* 23 (2010), no. 4, 1119--1157. (査読有)
- (25) Y. Toda, Derived categories of coherent sheaves on algebraic varieties. *Triangulated categories*, 408--451, *London Math. Soc. Lecture Note Ser.*, 375, Cambridge, 2010. (査読有)
- (26) M. v. d. Put, M.-H. Saito, Moduli spaces for linear differential equations and the Painleve equations, *Annales de l'institut Fourier*, 59, no. 7, p. 2611-2667, 2009. (査読有)
- (27) Y. Komori, M. Noumi, J. Shiraishi, Kernel functions for difference operators of Ruijsenaars type and their applications, *SIGMA*, 5(2009), Paper 054. 40pp. (査読有)
- (28) Y. Ohta, Discretization of Coupled Nonlinear Schrodinger Equations, *Stud. Appl. Math.*, 122, 427--447, 2009. (査読有)
- (29) Y. Yamada, A Lax formalism for the elliptic difference Painlevé equation. *SIGMA Symmetry Integrability, Geom. Methods Appl.* 5 (2009), Paper 042, 15 pp. (査読有)
- (30) S. Hosono and Y. Konishi, Higer genus Gromov-Witten invariants of the Grassmannian, and the Pfaffian Calabi-Yau 3-folds, *Adv. Theor. Math. Phys.* 13, (2009), 1--33. (査読有)
- (31) S. Mori, Y. Prokhorov, Multiple fibers of del Pezzo fibrations, *Proc.*

- Steklov Inst. Math., 264, 131--145, 2009. (査読有)
- (32) H. Iritani, An integral structure in quantum cohomology and mirror symmetry for toric orbifolds. Adv. Math. 222 (2009), no. 3, 1016--1079. (査読有)
- (33) K. Fukaya, P. Seidel, I. Smith, Exact Lagrangian submanifolds insimply-connected cotangent bundles, Invent Math., 172 (1), 1-27, 2008. (査読有)
- (34) Y. Haraoka and Y. Ueno, Rigidity for Appell's hypergeometric series  $F_4$ , Funkcial. Ekvac., 51 (2008), 149-164. (査読有)
- (35) D. Matsushita, On nef reductions of projective irreducible symplectic manifolds, Math. Z., 258, (2008), 267--270. (査読有)
- (36) K. Iwasaki, Finite branch solutions to Painlevé VI around a fixed singular point, Adv. Math. 217 (2008), no. 5, 1889-1934. (査読有)
- (37) S. Mori, Y. Prokhorov, On  $\mathbb{Q}$ -conic bundles, Publ. RIMS Kyoto Univ., 44, 315--369, 2008. (査読有)
- (38) 並河良典, 双有理代数幾何とべき零軌道, 「数学」, 60 巻, 295-318, 2008. (査読有)
- (39) M. Noumi, Special functions arising from discrete Painlevé equations: A survey, J. Comput. Appl. Math. 202, (2007), 48--55. (査読有)
- (40) C. Doran, S. Hosono, On Stokes matrices of Calabi-Yau hypersurfaces, Adv. Theor. Math. Phys. 11 (2007), 147--174. (査読有)

[学会発表] (計 14 件) (総計 272 件)

- (1) 望月拓郎, ホッジからツイスターへ - 調和バンドルとその周辺の話題について, 日本数学会年会企画特別講演, 東京理科大学 2012 年 3 月 26 日
- (2) K. Yoshioka, Wall crossing formula in Donaldson theory, Seminar on Pure Mathematics, HONG KONG, 2012 年 1 月 13 日
- (3) M-H. Saito, Lagrangian fibrations on the moduli spaces of singular connections of curves, 2011 年度代数幾何学城崎シンポジウム, 兵庫県城崎大会議館, 2011 年 10 月 25 日
- (4) Y. Yamada, "An interpolation problem related with  $q$ -E(1)8 Painlevé equation", Infinite

- Analysis 11, 東大数理, 2011 年 7 月 28 日
- (5) M. Noumi, Elliptic Schur functions, Integrable Systems Seminar, Univ. of Sydney, 2011 年 8 月 24 日
- (6) M-H. Saito, Ten families of linear connections, Painlevé equations and monodromy data, Workshop on Isomonodromy Theory, TIMS, National Taiwan University, 2011 年 6 月 3 日
- (7) M.-H. Saito, Lagrangian fibrations on the moduli space of parabolic connections, (February 8, 2011), Around twistor structures and nonabelian Hodge theory, SEDIGA Workshop, ENS Paris, 2011 年 2 月 8 日
- (8) K. Yoshioka, Bridgeland stability conditions and Fourier-Mukai transforms, Moduli spaces closing conference, Isaac Newton Institute for Mathematical Science, 2011 年 6 月 27 日
- (9) 野海正俊, 「可換差分作用素と核函数」日本数学会 2010 年度年会, 特別講演, 慶應義塾大学, 2010 年 3 月 26 日
- (10) Y. Ohta, Determinant identities arising from soliton theory, China-Japan Joint Workshop on Integrable Systems, Shaoxing, China, 2010 年 1 月 9 日
- (11) 高崎金久, 溶解結晶模型の可積分構造, 日本数学会 2010 年年会, 無限可積分系セッション特別講演, 慶應義塾大学, 2010 年 3 月 27 日.
- (12) 森重文, Three dimensional  $\mathbb{Q}$ -conic bundles and related topics, (joint work with Yuri Prokhorov), 複素幾何 2010 (Mabuchi 60), 大阪大学理学部, 2010 年 3 月 20 日.
- (13) S. Mukai, Polarized K3 surfaces of genus 16, "Moduli spaces in Algebraic Geometry", Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, Germany, January 12, 2010.
- (14) 岩崎克則, パンルヴェ方程式の代数解析と力学系, 日本数学会年会総合講演, 慶應義塾大学, 2010 年 3 月 25 日.

[図書] (計 5 件) (総計 11 件)

- (1) K. Hasegawa, T. Hayashi, S. Hosono, Y. Yamada (eds). Exploring new structures and natural constructions in mathematical physics. Adv. Stud. in Pure Math., 61. Math. Soc. of Japan, 2011. xv+441pp. ISBN:978-4-931469-64-8
- (2) M.-H. Saito, S. Hosono, K. Yoshioka,

(Eds), New Developments in Algebraic Geometry, Integrable Systems and Mirror Symmetry, (RIMS, Kyoto, 2008), Adv. Stud. Pure Math. Vol. 59, 2010. p. 437.

- (3) Kenji Fukaya, Y.-G. Oh, Hiroshi Ohta, and Kaoru Ono, Lagrangian intersection Floer theory, Anomaly and obstruction, International Press/Amer. Math. Soc., AMS/IP studies in advanced Math. 46, 2009. (2 volumes 800 pages)
- (4) M. Noumi, E. M. Rains, H. Rosengren V. P. Spiridonov(eds.): Proceedings of the Workshop ``Elliptic Integrable Systems, Isomonodromy Problems, and Hypergeometric Functions'', SIGMA 5(2009).
- (5) 向井 茂, 岩波書店, モジュライ理論I, II, 2008年, 458頁.

[その他]

ホームページ等

<http://www2.kobe-u.ac.jp/~mhsaito/ftop.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

齋藤 政彦 (SAITO MASA-HIKO)  
神戸大学・大学院理学研究科・教授  
研究者番号: 80183044

### (2) 研究分担者

野海 正俊 (NOUMI MASATOSHI)  
神戸大学・自然科学系先端融合研究環重点研究部・教授  
研究者番号: 80164672

吉岡 康太 (YOSHIOKA KOTA)  
神戸大学・大学院理学研究科・教授  
研究者番号: 40274047

山田 泰彦 (YAMADA YASUHIKO)  
神戸大学・大学院理学研究科・教授  
研究者番号: 00202383

太田 泰広 (OHTA YASUHIRO)  
神戸大学・大学院理学研究科・准教授  
研究者番号: 10213745

山川 大亮 (YAMAKAWA DAISUKE)  
神戸大学・大学院理学研究科・助教  
研究者番号: 20595847

### (3) 連携研究者

深谷 賢治 (FUKAYA KENJI)  
京都大学・大学院理学研究科・教授  
研究者番号: 30165261

稲場 道明 (INABA MICHIAKI)  
京都大学・大学院理学研究科・准教授  
研究者番号: 80359934

高崎 金久 (TAKASAKI KANEHISA)

京都大学・大学院人間・環境学研究科・教授

研究者番号: 40171433

森 重文 (MORI SHIGEFUMI)

京都大学・数理解析研究所・教授

研究者番号: 00093328

向井 茂 (MUKAI SHIGERU)

京都大学・数理解析研究所・教授

研究者番号: 80115641

岩崎 克則 (IWASAKI KATSUNORI)

北海道大学・大学院理学研究院・教授

研究者番号: 00176538

金子 昌信 (KANEKO MASANOBU)

九州大学・大学院数理学研究院・教授

研究者番号: 70202017

原岡 喜重 (HARAOKA YOSHISHIGE)

熊本大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号: 30208665

並河 良典 (NAMIKAWA YOSHINORI)

京都大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号: 80228080

石井 亮 (ISHII AKIRA)

広島大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号: 10252420

藤野 修 (FUJINO OSAMU)

京都大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号: 60324711

細野 忍 (HOSONO SHINOBU)

東京大学・大学院数理科学研究科・准教授

研究者番号: 60212198

松下 大介 (MATSUSHITA DAISUKE)

北海道大学・大学院理学研究院・准教授

研究者番号: 90333591

吉永 正彦 (YOSHINAGA MASAHIKO)

京都大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号: 90467647

小池 達也 (KOIKE TATSUYA)

神戸大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号: 08324590

望月 拓郎 (MOCHIZUKI TAKURO)

京都大学・数理解析研究所・准教授

研究者番号: 10315971

入谷 寛 (IRITANI HIROSHI)

京都大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号: 20448400

原下 秀士 (HARASHITA SHUSHI)

横浜国立大学・環境情報研究院・准教授

研究者番号: 70396852

戸田 幸伸 (TODA YUKINOBU)

東京大学・数物連携宇宙研究機構・特任准教授

研究者番号: 20503882