

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K03214

研究課題名(和文) 計算代数解析アルゴリズムの効率化と特異点変形への応用

研究課題名(英文) Efficient algorithms in computational algebraic analysis and deformations of singularities

研究代表者

鍋島 克輔 (Katsusuke, Naeshima)

東京理科大学・理学部第一部応用数学科・准教授

研究者番号：00572629

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：超曲面の孤立特異点を解析するための多くの計算アルゴリズムを得ることができた。当初の目的であった、半擬斉次孤立特異点の変形により、『どのように特異点の解析的不変量であるBernstein-佐藤多項式が変化するか』を自動的に計算するアルゴリズムの研究とプログラムの開発を、PBW代数上の包括的グレブナー基底系を用いて行った。この方法ではinner modality 2の特異点は計算できるが、更に複雑な特異点の計算はできなかったため、他の方法として矢野-加藤の計算法を現在の技術で現実化することができた。また、世界最速のネター作用素計算アルゴリズムの導出とプログラムの開発も行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

特異点は、数学の多くの分野で研究されている重要なテーマである。本研究では、この特異点の性質を解析するための計算法の研究を行い、多くの成果が得られた。自動的に特異点変形を計算するアルゴリズムの研究を主テーマとしたが、そのテーマに付随した数多くの性質の計算法も本研究では得られている。計算機代数学、特異点論、計算機科学を融合したユニークな研究であり、この研究により今まで計算できなかったものが数多く計算できるようになった。実際、計算により多くの特異点を解析することができるようになってきている。また、プログラムは公開されているので他の多くの研究者も容易に使うことができ、今後の研究に役立ち意義が大いにある。

研究成果の概要(英文)： We have published many new computational methods of analyzing hypersurface singularities and their implementations. Especially, we have obtained new algorithms implementations for computing Bernstein-Sato polynomials of semi-weighted polynomials with parameters, that are the main themes of this project. Actually, all Bernstein-Sato polynomials of inner modality-two singularities (with parameters) have been obtained by the implementations. Moreover, we have developed other algorithms, that are from ideas of Yano and Kato, for computing the Bernstein-Sato polynomials.

We have developed the fastest program to compute Noetherian operators in the world.

研究分野：計算機代数

キーワード：包括的グレブナー基底系 ネター作用素 代数的局所コホモロジー Bernstein-佐藤多項式 超曲面孤立特異点 半擬斉次特異点 パラメトリックシステム

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

(1) 特異点の性質を分析する際に特異点変形という手法があり、変形によりどのように特異点の性質が変化するかを解析し元の特異点の情報を得る。研究開始当初は、変形パラメータと持つ特異点変形をすべて計算する手法、プログラムは存在してない。しかしながら、パラメータ付数式処理の数多くの手法が研究代表者により既に提案されていたので、これを特異点変形に適用することが可能であった。パラメータの無い Bernstein-佐藤多項式の計算法は先行研究によりいくつか提案されており、これを拡張することで特異点変形による Bernstein-佐藤多項式を計算する方法が可能であると当初は予想された。

(2) 特異点の定義方程式がパラメータを持つとき、パラメータの値により特異点を持たない場合がある。そのため、孤立特異点の局所的な性質を解析する際、パラメータ付イデアルが局所環でゼロ次元かどうかを判定する必要があるが、局所環でのこの判定法が研究開始当初は存在しなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、近年発達した計算機代数の技法を用いて D 加群の計算アルゴリズムの効率化を図り、それを使い特異点を解析するための種々の計算法・理論を構築することである。特に、超曲面の特異点の解析的不変量である Bernstein-佐藤多項式が特異点変形により、どのように変化するかをすべて自動的に計算する方法を構成すると共に計算機にプログラムを実装する。基本的に以下の研究項目から構成される。

- () 多項式 f の s 乗のゼロ化イデアルの計算アルゴリズムの高速化
- () Bernstein-佐藤多項式の計算アルゴリズムの高速化
- () Bernstein-佐藤多項式の根に付随するホロノミー D 加群の代数的局所コホモロジー解の計算アルゴリズムの構成
- () パラメータ付き Bernstein-佐藤多項式の計算アルゴリズムの構成
- () 吉永・鈴木の作成した半擬斉次孤立特異点の分類表に基づき変形孤立特異点に対する Bernstein-佐藤多項式の計算

多項式を f とし、 f の s 乗をゼロにする偏微分作用素からなるゼロ化イデアルは超曲面 f の性質を表す重要なイデアルである。Bernstein-佐藤多項式を求めるにはこのゼロ化イデアルを求める必要がある。しかしながら、このゼロ化イデアルを計算するアルゴリズムは非可換グレブナー基底を用いた方法であるので、多項式 f が複雑になると計算結果が現実的な時間 (2~3 日) では得ることができない。そこで、本研究では原点に孤立特異点を持つものに特化したものを考え計算の高速化を図る。また、包括的グレブナー基底系を用いることにより、特異点変形にともない Bernstein-佐藤多項式がどのように変化するかを自動的に計算するアルゴリズムの開発を行う。

3. 研究の方法

矢野環 加藤満生の多項式 f の s 乗を計算するアイデアを現在の計算機代数の技法を結び付け新たなアルゴリズムを構成する。この方法の場合、必要となるのは収束冪級数環での『イデアル所属判定』『拡張イデアル所属問題』『イデアル商の計算』『標準基底の計算』『integral dependence relation の計算』であることが研究代表者の研究により知られており、『integral dependence relation の計算』以外は研究代表者の論文で構成されているので、integral dependence relation の計算法の開発と、それに付随する数学的対象を研究する。グレブナー基底や標準基底を用いることにより可能である。

特異点の定義方程式に変形パラメータのある場合は、研究代表者が長年研究してきた包括的グレブナー基底系やパラメータ付代数的局所コホモロジーを利用する。必要に応じて、パラメータ付標準基底計算アルゴリズムの開発を行う。

基本的には、孤立特異点の Bernstein-佐藤多項式の計算を行うが、特異点には様々な不変量が存在し、得られた計算法で他の不変量が計算できる場合は臨機応変に関係性を研究する。

4. 研究成果

(1) 非可換な包括的グレブナー基底系計算アルゴリズムを開発し、特異点変形に伴う Bernstein-佐藤多項式を自動的に計算する方法を構成した。これにより、inner Modality 2 の半擬斉次孤立特異点に付随するすべての Bernstein-佐藤多項式を計算することができた。

(2) 特異点の変形を計算により解析するには、局所環での包括的スタンダード基底系が必要となる。混合加群に対応して包括的スタンダード基底系を計算するアルゴリズムを構成し、計算機代数システム Singular に実装した。また、可換な包括的スタンダード基底系も構成すると共

に、有理関数体上の元をパラメータの要素として持つ包括的スタンダード基底系も構成し、カッパ-不変量、オイラー-障害、 μ スター例のパラメータ依存性を計算する CSSg 法を提案した。

(3) 半擬斉次孤立特異点に沿った対数的ベクトル場の計算法と、Bruce-Robert-Milnor 数の計算法を確立すると共に、計算実験から特別な場合の Bruce-Robert-Milnor 数の値について数学的な定理を得ることができた。また、双対性を利用して完全交叉特異点に沿った対数的ベクトル場の計算法も確立した。

(4) 局所環でのパラメータ付イデアルのゼロ次元性を判定する方法を確立した。これを用いてパラメータ付代数的局所コホモロジー計算を再構築した。

(5) 古典的な方法をアルゴリズム化し、1 点でのグロタンデューク留数を計算する方法を確立すると共に、1 階の偏微分作用素を用いた効率的なグロタンデューク留数の計算法も提案した。今まで計算できなかったものが計算できるようになった。

(6) 完全交叉特異点のミルナー数を決定する手法を確立し計算機に実装した。

(7) ゼロ次元準素イデアルのネター作用素を計算する方法を確立した。この計算法は現在知られているどの計算法よりも速く、世界で一番速いプログラムが完成した。また、ネター作用素を用いたイデアルの分解、ネター作用素を用いた新たな多項式のイデアルの計算法を提案した。

(8) Integral dependence relation と Integral number を計算する方法を構成した。また、矢野-加藤の局所 Bernstein-佐藤多項式の計算法に必要な Generalized integral dependence relation の計算アルゴリズムを構成すると共にプログラムを実装した。

(9) 矢野-加藤の多項式 f の s 乗のゼロ化イデアル計算法のアイデアを現在の計算機代数の技術と融合し、局所 Bernstein-佐藤多項式を計算する手法を確立した。今まで計算量の観点から計算できなかったものが計算できるようになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計31件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 9件）

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Tajima Shinichi、Nabeshima Katsusuke | 4. 巻 593 |
| 2. 論文標題 An effective method for computing Grothendieck point residue mappings | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Algebra | 6. 最初と最後の頁 568 ~ 588 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jalgebra.2021.11.013 | 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 Tajima Shinichi、Nabeshima Katsusuke | 4. 巻 12865 |
| 2. 論文標題 A New Deterministic Method for Computing Milnor Number of an ICIS | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 391 ~ 408 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-85165-1_22 | 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 Tajima Shinichi、Nabeshima Katsusuke | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Computing Grothendieck Point Residues via Solving Holonomic Systems of First Order Partial Differential Equations | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Proc. International Symposium on Symbolic and Algebraic Computation | 6. 最初と最後の頁 361 ~ 368 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3452143.3465526 | 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 Nabeshima Katsusuke、Tajima Shinichi | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 Testing Zero-Dimensionality of Varieties at a Point | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Mathematics in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 317 ~ 331 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11786-020-00484-y | 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 Tajima Shinichi、Nabeshima Katsusuke | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 An Algorithm for Computing Torsion Differential Forms Associated with an Isolated Hypersurface Singularity | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Mathematics in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 353 ~ 367 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11786-020-00486-w | 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 鍋島克輔、 田島慎一 | 4. 巻 2185 |
| 2. 論文標題 零次元準素イデアルのネター作用素の計算と応用 --- 新たな数式処理をめざして --- | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 1 ~ 15 |
| 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 Tajima Shinichi、Nabeshima Katsusuke | 4. 巻 17 |
| 2. 論文標題 Computing Regular Meromorphic Differential Forms via Saito's Logarithmic Residues | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 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.2021.019 | 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 Katsusuke Nabeshima、Shinichi Tajima | 4. 巻 75 |
| 2. 論文標題 Methods for computing b-functions associated with μ -constant deformations -- Case of inner modality two -- | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Kyushu Journal of Mathematics | 6. 最初と最後の頁 55 ~ 76 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2206/kyushujm.75.55 | 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 Nabeshima Katsusuke, Tajima Shinichi | 4. 巻 107 |
| 2. 論文標題 A new algorithm for computing logarithmic vector fields along an isolated singularity and Bruce-Roberts Milnor ideals | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Symbolic Computation | 6. 最初と最後の頁 190 ~ 208 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jsc.2021.03.003 | 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 Nabeshima Katsusuke | 4. 巻 12291 |
| 2. 論文標題 Computing Parametric Standard Bases for Semi-weighted Homogeneous Isolated Hypersurface Singularities | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 447 ~ 460 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-60026-6_26 | 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 Tajima Shinichi, Shibuta Takafumi, Nabeshima Katsusuke | 4. 巻 12291 |
| 2. 論文標題 Computing Logarithmic Vector Fields Along an ICIS Germ via Matlis Duality | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 543 ~ 562 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-60026-6_32 | 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 Teramoto Hiroshi, Nabeshima Katsusuke | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Parametric standard system for mixed module and its application to singularity theory | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Proc. International Symposium on Symbolic and Algebraic Computation | 6. 最初と最後の頁 426 ~ 433 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3373207.3404027 | 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 Nabeshima Katsusuke, Tajima Shinichi | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Testing Zero-Dimensionality of Varieties at a Point | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Mathematics in Computer Science | 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/s11786-020-00484-y | 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 Tajima Shinichi, Nabeshima Katsusuke | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 An Algorithm for Computing Torsion Differential Forms Associated with an Isolated Hypersurface Singularity | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Mathematics in Computer Science | 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/s11786-020-00486-w | 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 Hiroshi Taramoto, Katsusuke Nabeshima | 4. 巻 2156 |
| 2. 論文標題 Standard Basis for Mixed Module, Computational Algorithm and Application to Classification Problems in Singularity Theory | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 16~32 |
| 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 田島慎一、渋谷敬史、鍋島克輔 | 4. 巻 2156 |
| 2. 論文標題 孤立特異点を持つcomplete intersection に沿う対数的ベクトル場の計算法について | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 1~15 |
| 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 田島慎一、鍋島克輔 | 4. 巻 2159 |
| 2. 論文標題 Moving curve ideal, Rees algebra and local cohomology | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 179 ~ 187 |
| 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 鍋島克輔、田島慎一 | 4. 巻 2159 |
| 2. 論文標題 半擬斉次特異点の性質を利用した $\text{Ann}(f^s)$ と b -関数の計算 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 188 ~ 199 |
| 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 Shinichi Tajima, Katsusuke Nabeshima | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 An implementation of the Le-Teissier method for computing local Euler obstructions | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Mathematics in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 273-280 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11786-018-0366-0 | 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 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Katsusuke Nabeshima, Shinichi Tajima | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Solving parametric ideal membership problems and computing integral numbers in a ring of convergent power series via comprehensive Groebner systems | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Mathematics in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 185-194 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11786-018-0354-4 | 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 Katsusuke Nabeshima, Shinichi Tajima | 4. 巻 18 |
| 2. 論文標題 Alternative algorithms for computing generic μ^* -sequences and local Euler obstructions of isolated hypersurface singularities | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of algebra and its 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) 10.1142/S0219498819501561 | 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 Katsusuke Nabeshima, Shinichi Tajima | 4. 巻 64 |
| 2. 論文標題 Computing logarithmic vector fields and Bruce-Roberts Milnor numbers via local cohomology classes | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Revue Roumaine Mathematiques Pures et Appliquees | 6. 最初と最後の頁 521-538 |
| 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 Yosuke Sato, Hiroshi Sekigawa, Ryoya Fukasaku, Katsusuke Nabeshima | 4. 巻 11989 |
| 2. 論文標題 On parametric border bases | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 10-15 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-43120-4_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 - |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 Katsusuke Nabeshima, Shinichi Tajima | 4. 巻 11989 |
| 2. 論文標題 Generalized integral dependence relations | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 48-63 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-43120-4_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 鍋島克輔, 田島慎一 | 4. 巻 2104 |
| 2. 論文標題 収束冪級数環における generalized integral dependence relation の計算について | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 78-85 |
| 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 Katsusuke Nabeshima, Shinichi Tajima | 4. 巻 33 |
| 2. 論文標題 Effective algorithm for computing Noetherian operators of zero-dimensional Ideals | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Applicable Algebra in Engineering, Communication and Computing | 6. 最初と最後の頁 867-899 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00200-022-00570-7 | 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 Katsusuke Nabeshima, Shinichi Tajima | 4. 巻 40 |
| 2. 論文標題 CSSg method for several genericities of parametric systems | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics | 6. 最初と最後の頁 315-337 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13160-022-00520-3 | 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 Shinichi Tajima, Katsusuke Nabeshima, Katsuyoshi Ohara and Yoko Umeta | 4. 巻 17 |
| 2. 論文標題 Computing holonomic D-modules associated to a family of non-isolated hypersurface singularities via comprehensive Groebner systems of PBW algebra | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Mathematics in Computer Science | 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/s11786-022-00553-4 | 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 鍋島克輔 | 4. 巻 2224 |
| 2. 論文標題 グレブナ 基底の安定条件を求める新たな戦略 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 59-69 |
| 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 鍋島克輔, 田島慎一 | 4. 巻 2226 |
| 2. 論文標題 CSSg method for several genericities of deformations of hypersurface singularities | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 1-15 |
| 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 Hiroshi Teramoto, Katsusuke Nabeshima | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Comprehensive standard system for generalized mixed module and its application to singularity theory | 5. 発行年 2024年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Algebra and its 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) 10.1142/S0219498824502219 | 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47件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 15件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 鍋島克輔 |
| 2. 発表標題 グレブナー基底の安定条件を求める新たな戦 |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所共同研究, 「Computer Algebra -- Theory and its Applications」 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鍋島克輔 |
| 2. 発表標題 代数的局所コホモロジーを用いた準素イデアル分解について |
| 3. 学会等名 Risa/Asir Conference 2022 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鍋島克輔, 田島慎一 |
| 2. 発表標題 CSSg method for several genericities of deformation of hypersurface singularities |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所共同研究, 「可微分写像の特異点論とその応用」 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鍋島克輔, 田島慎一 |
| 2. 発表標題 孤立特異点を持つcomplete intersectionのMilnor数のdeterministicな計算法について---auxiliary indeterminatesの利用--- |
| 3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会(函数論) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tajima Shinichi, Nabeshima Katsusuke |
| 2. 発表標題 Noetherian representations for zero-dimensional ideals |
| 3. 学会等名 International Conference on Applications of Computer Algebra (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tajima Shinichi、Ohara Katsuyoshi、Nabeshima Katsusuke |
| 2. 発表標題 Computing holonomic D-modules associated to a family of non-isolated hypersurface singularities via comprehensive Groebner systems of PBW algebra |
| 3. 学会等名 International Conference on Applications of Computer Algebra (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鍋島克輔、田島慎一 |
| 2. 発表標題 ネター作用素を用いた零次元イデアルの準素イデアル分解と復元 |
| 3. 学会等名 日本数式処理学会大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鍋島克輔、田島慎一 |
| 2. 発表標題 Versal unfoldings of singular holomorphic foliations --諏訪アルゴリズムの実装-- |
| 3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会(函数論) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鍋島克輔、田島慎一 |
| 2. 発表標題 D. Barlet のregular meromorphic differential forms とK. Saito のlogarithmic residues |
| 3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会(函数論) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Katsusuke Nabeshima, Shinichi Tajima |
| 2. 発表標題 Computation of δ -invariants associated to deformations of isolated hypersurface singularities |
| 3. 学会等名 The 22nd International Workshop on Computer Algebra in Scientific Computing (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鍋島克輔、田島慎一 |
| 2. 発表標題 有理関数体上の包括的スタンダード基底系を用いた特異点変形による不変量の計算について |
| 3. 学会等名 日本数式処理学会第29回大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鍋島克輔、田島慎一 |
| 2. 発表標題 ネター作用素を用いた零次元準素イデアル成分の表現法と計算 |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所共同研究, 「Computer Algebra -- Theory and its Applications」 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鍋島克輔、田島慎一 |
| 2. 発表標題 特異平面代数曲線に沿う対数的ベクトル場とCamacho-Sad-Suwa 指数について |
| 3. 学会等名 日本数学会年会(函数論), |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|-------------------------------|
| 1. 発表者名 鍋島克輔, 田島慎一 |
| 2. 発表標題 特異点変形に付随したk-不変量の計算 |
| 3. 学会等名 日本数学会年会(函数論), |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 田島慎一, 渋谷敬史, 鍋島克輔 |
| 2. 発表標題 立特異点を持つ complete intersection に沿う対数的ベクトル場の構成法 |
| 3. 学会等名 日本数学会年会(函数論) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鍋島克輔, 田島慎一 |
| 2. 発表標題 半擬斉次特異点の性質を利用したAnn(f^s)とb-関数の計算について |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所共同研究, 「Computer Algebra -- Theory and its Applications」 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田島慎一, 鍋島克輔 |
| 2. 発表標題 Moving curve ideal, Rees algebra and local cohomology |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所共同研究, 「Computer Algebra -- Theory and its Applications」 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田島慎一, 渋谷敬史, 鍋島克輔 |
| 2. 発表標題 Computing logarithmic vector fields along an ICIS via Matlis duality |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所共同研究, 「可微分写像の特異点論とその応用」 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 寺本央, 鍋島克輔 |
| 2. 発表標題 Standard Basis for Mixed Module, Computational Algorithm and Application to Classification Problems in Singularity Theory |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所共同研究, 「可微分写像の特異点論とその応用」 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Katsusuke Nabeshima |
| 2. 発表標題 Computation methods of $\text{Ann}(f^\wedge)$ and local b-functions using properties of semi-quasi-homogeneous singularities |
| 3. 学会等名 Workshop on Differential systems: from theory to computer mathematics (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shinichi Tajima, Katsusuke Nabeshima |
| 2. 発表標題 An implementation of the Suwa method for computing versal unfoldings of holomorphic foliations |
| 3. 学会等名 Hyperplane Arrangements and Japanese-Australian Workshop on Real and Complex Singularities (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 佐藤洋祐, 関川浩, 深作亮也, 鍋島克輔 |
| 2. 発表標題 パラメトリックな連立代数方程式の根の連続性とBorderBasisとの関係II |
| 3. 学会等名 日本数式処理学会 理論分科会 & システム分科会合同研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鍋島克輔, 田島慎一 |
| 2. 発表標題 孤立特異点を持つ超曲面のTorsion微分形式について |
| 3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会(函数論) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Katsusuke Nabeshima, Shinichi Tajima |
| 2. 発表標題 Testing zero-dimensionality of an variety at a point |
| 3. 学会等名 The 21st International Workshop on Computer Algebra in Scientific Computing (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shinichi Tajima, Katsusuke Nabeshima |
| 2. 発表標題 An algorithm for computing torsion differential forms associated with an isolated hypersurface singularity |
| 3. 学会等名 The 21st International Workshop on Computer Algebra in Scientific Computing (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐藤洋祐, 関川浩, 深作亮也, 鍋島克輔 |
| 2. 発表標題 パラメトリックな代数方程式の根の連続性とBorder Basisとの関係 |
| 3. 学会等名 日本数式処理学会大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 鍋島克輔, 田島慎一 |
| 2. 発表標題 超曲面の孤立特異点に沿った対数的ベクトル場と応用 |
| 3. 学会等名 第27回日本数式処理学会大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鍋島克輔 |
| 2. 発表標題 ボーター基底とスタンダード基底の関係性について |
| 3. 学会等名 日本数式処理学会 理論分科会&システム分科会合同研究会, |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鍋島克輔 |
| 2. 発表標題 包括的グレブナー基底系と μ -constant deformation に付随したb-関数の計算 |
| 3. 学会等名 北海道大学応用特異点ラボセミナー (招待講演) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鍋島克輔, 田島慎一 |
| 2. 発表標題 Testing zero-dimensionality at a point of varieties defined by a parametric ideal |
| 3. 学会等名 数理解析研究所共同研究「Computer Algebra - Theory and its Applications」, |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鍋島克輔 |
| 2. 発表標題 Computing parametric systems |
| 3. 学会等名 Quantum Math |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鍋島 克輔, 田島 慎一 |
| 2. 発表標題 Chern-Schwartz-MacPherson class の計算法について |
| 3. 学会等名 日本数学会(函数論) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鍋島 克輔, 田島 慎一 |
| 2. 発表標題 ジェネリックな一次関数のブルース・ロバート・ミルナー数について |
| 3. 学会等名 日本数学会(函数論) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 鍋島 克輔, 田島 慎一 |
| 2. 発表標題 イデアル商を用いた点での多様体の次元判定 |
| 3. 学会等名 Risa/Asir conference 2019 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Katsusuke Nabeshima, Shinichi Tajima |
| 2. 発表標題 Computation methods of b-functions associated with -constant deformations -- Case of inner modality 2 -- |
| 3. 学会等名 24th Conference on Applications of Computer Algebra (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shinichi Tajima, Katsusuke Nabeshima |
| 2. 発表標題 An effective method for computing Grothendieck point residues |
| 3. 学会等名 24th Conference on Applications of Computer Algebra (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yosuke Sato, Ryoya Fukasaku, Katsusuke Nabeshima |
| 2. 発表標題 On applications of technology to understanding hierarchies of elementary geometry |
| 3. 学会等名 The 23rd Asian Technology Conference in Mathematics (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Katsusuke Nabeshima |
| 2. 発表標題 Computer algebra techniques for analyzing parametric polynomial systems 2 |
| 3. 学会等名 RISM-Sing 4 Workshop, Classification problems in singularity theory and their applications (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Katsusuke Nabeshima |
| 2. 発表標題 Computer algebra techniques for analyzing parametric polynomial systems 1 |
| 3. 学会等名 RISM-Sing 4 Workshop, Classification problems in singularity theory and their applications (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Katsusuke Nabeshima |
| 2. 発表標題 Effective computational method of Noetherian operators and its application to several invariants of singularities |
| 3. 学会等名 the 15th Mathematical Society of Japan-Seasonal Institute, Deepening and evolution of applied singularity theory (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Katsusuke Nabeshima |
| 2. 発表標題 Generic Groebner basis of a parametric ideal and its application to a comprehensive Groebner system |
| 3. 学会等名 International Conference on Applications of Computer Algebra 2022 (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Katsusuke Nabeshima, Shinichi Tajima |
| 2. 発表標題 A deterministic method for computing Bertini type invariants of parametric ideals |
| 3. 学会等名 International Confrence on Applications of Computer Algebra 2022 (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鍋島克輔, 田島慎一 |
| 2. 発表標題 Yano-Kato method for computing s-parametric annihilators using modern computer algebra techniques |
| 3. 学会等名 Risa/Asir conference 2023 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鍋島克輔, 田島慎一 |
| 2. 発表標題 Noetherian operators of positive dimensional ideals and hypersurface singularities |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所共同研究 (公開型) 「Computer Algebra -Foundations and Applications」 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田島慎一, 鍋島克輔 |
| 2. 発表標題 多変数函数のbifurcation set の計算法 I |
| 3. 学会等名 京都大学数理解析研究所共同研究 (公開型) 「Computer Algebra -Foundations and Applications」 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名 鍋島克輔, 田島慎一 |
| 2. 発表標題 ゼロ次元イデアルのネター作用素について |
| 3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会(代数学) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 鍋島克輔 |
| 2. 発表標題 イデアル商を用いた包括的グレブナー基底系計算について |
| 3. 学会等名 第31回日本数式処理学会大会 |
| 4. 発表年 2022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 |
|---------|---------|
|---------|---------|