

令和 3 年 5 月 13 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H04821

研究課題名（和文）特異エルミート幾何学に基づく消滅定理および正則切断の拡張問題の研究

研究課題名（英文）Studies on Vanishing Theorems and Extension Problems of Holomorphic Sections based on Singular Hermitian Metrics

研究代表者

松村 慎一（Matsumura, Shin-ichi）

東北大学・理学研究科・准教授

研究者番号：90647041

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,800,000円

研究成果の概要（和文）：複素幾何/解析の視点から代数幾何的な半正値性/特異点を研究し、正則切断の部分多様体からの拡張定理および“非負曲率”を持つ多様体の構造定理を与えた。具体的には、部分多様体に可約性や特異点を許す形の拡張定理を証明した。また、擬有効な接ベクトル束を持つ非特異な射影代数多様体、非負の正則断面曲率を持つ非特異な射影代数多様体、semi-Fano型の境界因子を許す非特異な射影代数多様体をそれぞれ研究し、付随するMRC射の構造定理を確立した。その過程でベクトル束の特異計量/順像層の正値性/葉層構造/連接層の安定性/Hermite-Einstein計量の理論を応用し発展させた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、双有理幾何の半正値性と特異点を複素幾何/解析の立場から研究し、拡張定理/消滅定理を与えた。拡張定理/消滅定理は汎用性が高く半正値性は近年重要性が増しつつあり、本研究の理論/技術はさらなる応用が見込める。“非負曲率”の構造定理は幾何学の究極の目標のひとつである分類理論に寄与する。特に、非負の正則断面曲率の構造定理は決定的な成果であり、微分幾何的な曲率と代数幾何的な有理連結性を結びつける点で価値がある。本研究のいくつかの成果は純粋な代数幾何の問題だが超越的な証明しか知られておらず、本研究は代数的手法の不足部分を補い両分野の調和を促す点でも意義があると思われる。

研究成果の概要（英文）：I have studied semi-positivity/singularities in algebraic geometry from the viewpoint of complex geometry/analysis. As results, I gave an extension theorem of holomorphic sections from subvarieties and structure theorems for projective manifolds with “non-negative curvature”. Specifically, I proved an extension theorem formulated for non-reduced and singular subvarieties, and also established structure theorems for maximal rationally connected fibrations associated with projective manifolds with pseudo-effective tangent bundle, non-negative holomorphic sectional curvature, or nef anti-canonical divisor. In the process, I had applied and developed the theory of singular metrics of vector bundles, positivity of direct image sheaves, holomorphic foliations, stability of coherent sheaves, and Hermite-Einstein metrics.

研究分野：複素幾何学，多変数複素解析学

キーワード：特異エルミート計量 正則切断の拡張問題 極小モデル理論 構造定理 葉層構造 接ベクトル束 正則断面曲率 反標準束

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

直線束の正則切断は正則関数の一般化であり、複素解析幾何学の基本的な研究対象である。切断の拡張問題は、素朴であるが故に汎用性が高く、さまざまな定式化で現れ歴史的にも重要な役割を果たしてきた。ここで、拡張問題とは、(特異点を持ち得る)複素部分多様体上の切断を(正則切断として)全体に拡張できるか、を問う問題である。適切な設定の下では、拡張問題の障害は高次コホモロジー群で記述できる。そのため、拡張問題は高次コホモロジー群の消滅定理とも関連が深い。特に、小平型の消滅定理が代数幾何への応用の上では極めて重要であり、現在でもさまざまな一般化や応用が研究され続けている。

DLT 拡張予想は代数幾何の最も重要な拡張問題である。この予想と非消滅予想からアバダンス予想が解決される。アバダンス予想から極小モデル理論が従うことが知られており、非消滅予想とならび双有理幾何学で最も大切な問題のひとつである。DLT 拡張予想の難しさとして、半正値性を扱う必要があり従来のコホモロジー消滅定理が機能しない点および双有理幾何の要請から DLT 特異点を扱う必要がある点が挙げられる。

DLT 拡張予想は、DLT よりもマイルドな PLT 特異点に対しては、既に Demai lly-Hacon-Paun により解決されていた。DLT 拡張予想自体は純粋に代数幾何的に定式化されるが、彼らの手法は L2-拡張定理を用いた複素解析独特の手法に基づいており、代数的な証明は知られていない。一方で、研究代表者は L2-拡張定理とは異なる視点、即ち消滅定理の一般化である単射性定理の視点、から DLT 拡張定理にアプローチしてきた。この際にも複素解析の手法が重要な役割を担う。このような状況下で、代数幾何的に現れる半正値性と特異点を複素幾何/解析の立場から扱う枠組みを構築し、DLT 予想を大目標に消滅定理や拡張問題を研究することは、非常に困難ながら魅力的な問題だと思われた。

Birkar-Cascini-Hacon-McKernan の大結果により、適切な意味で真の正値性を持つ多様体に対する極小モデル理論が完成し、これ以降、半正値性の研究の重要性が増しつつある。この点からも代数幾何に応用できる形で半正値性に対する複素解析の理論を構築することは価値のある問題だと考えられた。

2. 研究の目的

本研究の大目標は DLT 拡張予想の解決である。この大目標を向けて、その難しさの根源である代数幾何的な半正値性や特異点を複素幾何/解析の立場から扱う枠組みの構築を目指す。半正値性や特異点を許容する拡張定理/消滅定理を確立し、逆に拡張定理/消滅定理を応用し適切な半正値性を持つ多様体の幾何学的構造を明らかにする。部分多様体の特異点を扱える形の Ohsawa-Takegoshi の L2-拡張定理を確立すること、小平型の消滅定理およびその一般化(単射性定理)を定性的な主張から定量的な主張へ深化させることも目指す。

3. 研究の方法

本研究では代数幾何学、複素幾何学、多変数複素解析学などの幅広い分野の視点を必要とする。そのため、関連分野の研究集会やセミナーに参加し、情報収集や研究討論を行うことで研究を推し進めた。本研究の関連分野はフランスやドイツで活発に研究されているため、2017 年度のフランスでの長期滞在の機会を利用し、国外での情報収集や研究討論も積極的に行った。また、講演の機会を与えて頂いた場合は可能な限りお引き受けし、講演での質疑応答や講演後の議論の際に助言やコメントを頂き、研究に還元した。さらに、以下の研究集会の開催に協力し、国際的な研究交流を促した。

- (a) 2019 年度 多変数関数論冬セミナー
東北大学, 2019 年 12 月 21 日--23 日.
- (b) Young Mathematicians Workshop on Several Complex Variables 2019
大阪市立大学, 2019 年 9 月 7 日--9 日.
- (c) HAYAMA Symposium on Complex Analysis in Several Variables XXI
湘南国際村, 2019 年 7 月 13 日-16 日

4. 研究成果

本研究の成果は(1)消滅定理/拡張問題に対する成果と(2)半正值性を持つ多様体の幾何学に対する成果に大別できる。

(1)まず、消滅定理/拡張問題に対する成果について説明する。Junyan Cao, Jean-Pierre Demailly とともに、正則切断やコホモロジー類の部分多様体からの拡張問題を研究し、被約とは限らない部分多様体からの拡張定理を与えた。できる限り一般的な状況での定式化を目指し、コンパクト多様体だけでなく正則凸多様体をも扱った。正則凸多様体は代数幾何的には固有な多様体の変形族に対応しており、本研究は代数幾何的な設定における高次順像に対しても応用できる。また、拡張定理を保障する最良と思われる曲率条件を扱っており、これまでの消滅定理やその一般化を含む、極めて汎用性の高い定理を与えている。例えば、この成果は Kollar, Enoki, Fujino, Ohsawa, Takegoshi のいくつかの成果を一般化する。

証明では、部分多様体のスキーム構造を考慮した適切なノルムや Bochner-Kodaira-Nakao の等式の捻れ版を用いて、 \bar{d} -方程式の近似解を得て、その近似解をコホモロジーの分離性を用いて適切な解に収束させる技術を与えた。単射性定理(消滅定理)と L^2 拡張定理は同じ哲学を持った主張でありながら、その証明はそれぞれ調和積分と L^2 \bar{d} -理論に基づいていた。この研究で単射性定理に対して L^2 \bar{d} -理論のみを使った証明を与えることができた。この証明は、単射性定理(消滅定理)と L^2 拡張定理の統一やお互いの長所/短所の補完への第一歩だと思われる。

上述の成果から適切な高次順像の torsion-free 性が導かれる。この性質と Cao の消滅定理を応用し、高次順像に対する Kawamata-Viehweg 型の消滅定理を与えた。この証明のために、特異計量付きの直線束の変形族に対する数値的小平次元の変動を研究した、結果として、ほとんど至るところでの数値的小平次元の不変性を示し、証明を完成させた。

(2)次に、半正值性を持つ多様体の幾何学に対する成果を説明する。本研究では、

- (a) 擬有効な接ベクトル束を持つ非特異な射影代数多様体、
- (b) 非負の正則断面曲率を持つ非特異な射影代数多様体、
- (c) semi-Fano 型の境界因子を許す非特異な射影代数多様体

を研究し、(a), (b), (c)の多様体に付随する MRC 射(maximal rationally connected fibration)や Albanese 射の構造定理を確立した。

研究(a)では、Hosono, Iwai とともに、擬有効な(pseudo-effective)接ベクトル束を持つ射影代数多様体の MRC 射の構造定理を与えた。この成果は、1990 年代に確立された Demailly-Peternell-Schneider, Campana による数値的有效な(numerically effective)接ベクトル束に対する成果の擬有効な接ベクトル束への一般化とみなせる。雑に言えば、擬有効性は数値的な有効性の特異エルミート計量を用いた類似概念である。この視点から、本研究の過程で、ベクトル束の特異計量の理論を発展させた。また、Bando-Siu による(捻れない)接続層に対する Hermite-Einstein 計量の理論を応用し、非負に曲がる特異計量を許容する接続層の平坦性や局所自由性を調べた。

構造定理の応用として擬有効な接ベクトル束を持つ極小曲面を完全に分類した。この分類は Campana-Peternell による分類の擬有効版とみなせる。極小でない場合にもいくつかの興味深い擬有効な接ベクトル束の具体例を構成した。この構成はベクトル場や接ベクトル束の高次の対称積に注目したもので、Horing-Liu-Shao による VMRT(variety of minimal rational tangents)を用いた方法とは異なる構成と与えている。

研究(b)の第一の成果は断面曲率の正值性と有理連結性に関する Yau 予想の解決およびその一般化である。Shing-Tung Yau により「正值な断面曲率を持つ射影多様体は有理連結である(即ち、任意の2点を結ぶ有理曲線が存在する)」ことが予想されていた。近年、Yau 予想自体は Xiaokui Yang により肯定的に解決されたが、準正值な場合は未解決であった。本研究では、Heier-Wong のアイデアを用いて、準正值な断面曲率を持つ射影多様体は有理連結になることを証明し、Yau 予想を準正值な場合に一般化し解決した。

第二の成果は非負断面曲率を持つ射影多様体の構造定理である。具体的には、非負断面曲率を持つ射影多様体は平坦なケーラー多様体への局所自明な射を持つこと、および、その射のファイバーが有理連結になることを証明した。また、その普遍被覆面が flat なユークリッド空間と非負断面曲率を持つ有理連結多様体の直積への双正則かつ等長な同型射を許すことを示した。さらに、元の多様体がベースの基本群のファイバーの自己同型群への表現から復元されることも示した。この成果は Howard-Smyth-Wu, Mok の双断面曲率に対する構造定理の一般化を与える。Shing-Tung Yau の予想の準正值性への一般化を自然に含む決定的な成果である。証明の鍵は RC-正值性と呼ばれる概念とそこから導かれる最大値の原理を積分で評価する点にある。有理連結射を正則射に選び直す段階で正則葉相構造を使う点も鍵となる。

研究(c)では、Campana, Cao とともに、数値的に有効な反標準束を研究した。第一の成果は小平次元に対する Hacon-Mckernan 問題とその Ejiri-Gongyo による解決の数値的小平次元への一般化である。Hacon-Mckernan 問題とは「(弱)Fano 多様体は有理連結である」という Kollar-Miyaoka-Mori, Campana の成果の一般化を問う問題である。この成果により反標準束の正值性

と有理連結性の間のより精密な関係が明らかになった。

第二の成果は semi-Fano 型の非特異な射影多様体の構造定理である。これは Demailly-Peternell-Schneider 予想の Cao-Horing による解決の KLT 対への一般化である。KLT 対への一般化は極小モデル理論の視点からは自然であり、対数的 Calabi-Yau 多様体にも応用できる定理を与える。また、semi-Fano 型の非特異な射影多様体の普遍被覆面も決定しており、Beauville-Bogomolov 分解の一般化ともみなせる。これらの証明の核は近年発達が目覚ましい順像層の解析的な正值性の理論であり、本研究はこの理論の発展と応用を与える。これらの成果は純粋な代数幾何の問題でありながら超越的な証明しか知られていない。複素解析の代数幾何への応用の力強さを示す成果であり、超越的手法の重要性を示すものである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Shin-ichi Matsumura	4. 巻 19
2. 論文標題 A transcendental approach to injectivity theorem for log canonical pairs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa, Classe di Scienze	6. 最初と最後の頁 311--334
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 Shin-ichi Matsumura	4. 巻 27
2. 論文標題 An injectivity theorem with multiplier ideal sheaves of singular metrics with transcendental singularities	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Algebraic Geometry	6. 最初と最後の頁 305--337
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 Junyan Cao, Jean-Pierre Demailly, Shin-ichi Matsumura	4. 巻 60
2. 論文標題 A general extension theorem for cohomology classes on non reduced analytic subspaces	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Science China. Mathematics	6. 最初と最後の頁 949--962
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11425-017-9066-0	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 Shin-ichi Matsumura	4. 巻 16
2. 論文標題 On the image of MRC fibrations of projective manifolds with semi-positive holomorphic sectional curvature	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Pure and Applied Mathematics Quarterly	6. 最初と最後の頁 1443--1463
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 Shin-ichi Matsumura	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 On projective manifolds with semi-positive holomorphic sectional curvature	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 American Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 Hosono Genki, Masataka Iwai, Shin-ichi Matsumura	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 On projective manifolds with pseudo-effective tangent bundle	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Institute of Mathematics of Jussieu	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 Frederic Campana, Junyan Cao, Shin-ichi Matsumura	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Projective klt pairs with nef anti-canonical divisor	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Algebraic Geometry	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 Shin-ichi Matsumura	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Open problems on structure of positively curved projective varieties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annales de la Faculte des Sciences de Toulouse	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 Yoshinori Gongyo, Shin-ichi Matsumura	4. 巻 50
2. 論文標題 Versions of injectivity and extension theorems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Annales Scientifiques de l'Ecole Normale Supérieure	6. 最初と最後の頁 479--502
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 Shin-ichi Matsumura	4. 巻 246
2. 論文標題 Variation of numerical dimension of singular hermitian line bundles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Springer Proceedings in Mathematics & Statistics	6. 最初と最後の頁 247--255
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34件 (うち招待講演 34件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On projective manifolds with semi-positive holomorphic sectional curvature
3. 学会等名 International conference on Complex Analysis and Geometry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On projective manifolds with semi-positive holomorphic sectional curvature
3. 学会等名 HAYAMA Symposium on Complex Analysis in Several Variables (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 RC positivity and the geometry of rational curves
3. 学会等名 Young Mathematicians Workshop on Several Complex Variables 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On projective manifolds with semi-positive holomorphic sectional curvature
3. 学会等名 Geometric Complex Analysis on Foliations and Dynamics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 Holomorphic sectional curvature and foliations of truly flat tangent vectors
3. 学会等名 Geometry of foliations and its applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On projective manifolds with semi-positive holomorphic sectional curvature
3. 学会等名 2019 Taipei Conference on Complex Geometry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On compact Kaehler manifolds with certain positively curved curvature
3. 学会等名 鹿児島大学 数理情報科学談話会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 多様体の曲率の正值性と有理曲線の存在問題
3. 学会等名 熊本阿蘇研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 小平の消滅定理とその一般化について--L2- 理論と調和積分論--
3. 学会等名 Kodaira 's Theory on Complex Manifolds and its Development (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 半正值な曲率を持つ射影多様体の有理連結射について
3. 学会等名 日本数学会 秋季総合分科会 函数論分科会 特別講演 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 反相対標準束の正值性とその順像層の平坦性
3. 学会等名 複素代数多様体上の直線束と多重劣調和関数 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On projective manifolds with semi-positive holomorphic sectional curvature
3. 学会等名 静岡大学 静岡複素解析 幾何セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On projective manifolds with semi-positive holomorphic sectional curvature
3. 学会等名 東北大学 幾何セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 Positivity of tangent bundles and rational curves
3. 学会等名 東京工業大学 幾何セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 Projective klt pairs with nef anti-canonical divisor
3. 学会等名 京都大学 代数幾何セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On the geometry of holomorphic sectional curvature and rational curves
3. 学会等名 Nesin Mathematical Village (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On the image of MRC fibrations of projective manifolds with semi- positive holomorphic sectional curvature
3. 学会等名 Seminar of Algebraic Geometry, Chinese Academy of Sciences. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 Projective klt pairs with nef anti-canonical divisor and rationally connected fibrations
3. 学会等名 Seminar of Differential Geometry, Chinese Academy of Sciences. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 Projective klt pairs with nef anti-canonical divisor and rationally connected fibrations
3. 学会等名 Workshop on stabilities in Kaehler geometry and related topics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On projective manifolds with semi-positive holomorphic sectional curvature
3. 学会等名 The 14th Algebraic-Analytic-Geometry seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 Projective klt pairs with nef anti-canonical divisor and rationally connected fibrations
3. 学会等名 東北大学 代数幾何セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On morphisms of compact Kaehler manifolds with semi-positive holomorphic sectional curvature
3. 学会等名 東京大学 複素解析幾何セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On projective manifolds with semi-positive holomorphic sectional curvature
3. 学会等名 大阪市立大学 微分幾何セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 Versions of injectivity and extension theorems
3. 学会等名 Seminar of Complex Analysis and Geometry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 Foundation of analytic methods in algebraic geometry
3. 学会等名 SEAMS School 2017 Complex Analysis and Geometry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 A transcendental approach to injectivity theorem for log canonical pairs
3. 学会等名 Symposium in geometry and differential equation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 Projective klt pairs with nef anti-canonical divisor and rational curves
3. 学会等名 Complex Algebraic Geometry and Complex Analysis (Bochum-Essen-KoIn-Wuppertal) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On projective manifolds with pseudo-effective tangent bundle
3. 学会等名 Complex Geometry Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On asymptotic base loci of relative anti-canonical divisors of algebraic fiber spaces
3. 学会等名 Grauert theory and recent complex geometry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 非負の曲率を持つ射影多様体の構造定理について
3. 学会等名 京都大学 談話会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 Hacon-McKernan's problem on rational connectedness
3. 学会等名 第26回複素幾何シンポジウム（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On projective manifolds with pseudo-effective tangent bundle
3. 学会等名 東京大学 複素解析幾何セミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 On the image of MRC fibrations of projective manifolds with semi- positive holomorphic sectional curvature
3. 学会等名 鹿児島大学 数理情報科学科 談話会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin-ichi Matsumura
2. 発表標題 多項式と正則関数
3. 学会等名 鹿児島大学 先端科学講演会（招待講演）
4. 発表年 2019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
研究協力者	(Cao Junyan)		
研究協力者	(Demailly Jean-Pierre)		
研究協力者	(Campana Frederic)		
研究協力者	(Touzet Frederic)		
研究協力者	細野 元気 (Hosono Genki)		
研究協力者	岩井 雅崇 (Iwai Masataka)		
研究協力者	江尻 祥 (Ejiri Sho)		

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1件

国際研究集会 Young Mathematicians Workshop on Several Complex Variables 2019	開催年 2019年～2019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			
フランス	Institut de Mathematiques Elie Cartan			
フランス	Institut de Mathematiques de Jussieu			
フランス	Institut Fourier			
フランス	Universite Cote d'Azur			
フランス	Universite Rennes			