

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H03937

研究課題名(和文)平均曲率型フローに現れる特異点の幾何構造の解明

研究課題名(英文)Study on geometric structures of singularities of the mean curvature type flow

研究代表者

成 慶明 (Cheng, Qing-Ming)

福岡大学・理学部・教授

研究者番号：50274577

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では広義最大値原理を用いて、完備セルフシュリンカーの分類研究を行い、重要な研究成果を得た。 κ -超曲面の研究について、埋め込みコンパクト κ -超曲面を構成し、第2基本形式の長さが一定で完備 κ -曲面を完全に分類した。完備非コンパクトな κ -超曲面が多項式面積増大度をもつための必要十分条件はそれが正則であることを示した。閉波面に対するガウス・ボンネの定理を、「ガウス写像の写像度」の立場から高次元化した。有限体積かつ負断面曲率をもつ完備非コンパクトなリーマン多様体のエンドについて、重要な進展を与えた。種数2の閉曲面について、ラプラシアン第1固有値を最大化するという予想を肯定的に解決した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々は独自のアイデアで新しい研究方法を開発し、完備セルフシュリンカーの分類を研究した。 κ -超曲面はセルフシュリンカーの一般化として新しい研究課題で、我々は完備 κ -超曲面の面積増大度を研究し、完備 κ -超曲面の分類研究も行った。非正則点を許す曲面の幾何学は幾何学におけるとても有望な研究分野であり、ラプラシアン第1固有値の研究は幾何学及び解析学の分野で重要な研究課題である。従って、本研究は学術的に意義深いもので、幾何学の発展に大きく貢献することになると思われる。曲率フローは社会の様々な側面に現れるので、学術的意義のみならず、近い将来現実社会問題を解決に役に立つと思われる。

研究成果の概要(英文)：In this research project, by making use of the generalized maximum principle, we studied classification problems of complete self-shrinkers. Several important results are obtained. On study of κ -hypersurfaces, embedded compact κ -hypersurfaces are constructed concretely. We classified complete κ -surfaces with constant squared norm of the second fundamental form. We proved that a complete κ -hypersurface has polynomial area growth if and only if it is proper. We obtained that the lower bound growth of area of complete and non-compact κ -hypersurfaces is at least linear. Gauss-Bonnet theorem on wave front is generalized to higher dimensions in the sense of mapping degree of Gaussian map. Ends of complete and non-compact Riemannian manifolds with finite volume and negative sectional curvature are studied. Several important results are obtained. The conjecture on maximizing the first eigenvalue of Laplacian for closed surfaces with genus 2 is solved affirmatively.

研究分野：Differential Geometry

キーワード：平均曲率フロー 最大値原理 特異点 部分多様体 リーマン多様体

1. 研究開始当初の背景

幾何学的フローに現れる特異点の幾何構造に関する研究は幾何解析の中心的問題で、PerelmanはHamiltonの提案したRicciフローの特異点 (Ricciソリトン) を分析するプログラムを、Ricciフローの手術構成により完成し、数学難問：ポアンカレ予想を解決した。

(1) 平均曲率フローのセルフ-シュリンカーは、与えられた平均曲率フローに現れる特異点での全てのブロー・アップを表すのみならず、平均曲率フローの研究において重要な役割を果たしている。実際に、Huiskenの示した単調性公式とBrakkeのコンパクト性定理を用いて、平均曲率フローの解を適切にスケールリングすることにより、WhiteとIlmanenは特異点が漸近的に平均曲率フローのセルフ-シュリンカーに収束することを示した。

Angenentのコンパクト回転対称の埋め込みセルフ-シュリンカー、Druganの標準球面でない位相的な球面となるはめ込みセルフ-シュリンカー及び、Møller等の構成した高い種数を持つコンパクト埋め込みセルフ-シュリンカーの例は非常に重要で、セルフ-シュリンカーの研究に方向性を与えている。そして、Colding-Minicozziは非負平均曲率と多項式面積増大度をもつ完備セルフ-シュリンカーを完全に分類し、Huiskenの提案した長年の予想を解決した。これは画期的な研究成果であると言われている。完備セルフ-シュリンカーの研究に大いに貢献した。さらに、研究代表者とPengはOmori-Yauの最大値原理を拡張し、多項式面積増大度の条件を仮定せず、全く新しい視点から完備セルフ-シュリンカーを研究した。一方、変分法の観点から、平均曲率フローのセルフ-シュリンカーは重み付き面積汎関数の臨界点となっていて、セルフ-シュリンカーに関する研究は重み付き面積汎関数の臨界点の研究に帰着する。

(2) 研究代表者とWeiは重み付き体積保存平均曲率フローを発見し、重み付き体積を保存する変分に対して、重み付き面積汎関数の臨界点を研究した。このような臨界点は重み付き体積保存平均曲率フローの λ -超曲面と呼ばれる (以後、 λ -超曲面と略す)。これは平均曲率フローのセルフ-シュリンカーを一般化したものである。実際、ユークリッド空間内のはめ込み超曲面 $X:M \rightarrow \mathbb{R}^{n+1}$ が、セルフ-シュリンカーであるための必要十分条件は、 $X:M \rightarrow \mathbb{R}^{n+1}$ が $H + \langle X, N \rangle = 0$ を満たすことである。一方、ユークリッド空間内のはめ込み超曲面 $X:M \rightarrow \mathbb{R}^{n+1}$ が λ -超曲面であるための必要十分条件は、ある実数 λ に対して、 $X:M \rightarrow \mathbb{R}^{n+1}$ が $H + \langle X, N \rangle = \lambda$ を満たすことである、ここで N と H は超曲面の単位法線ベクトルと平均曲率である。さらに、研究代表者とWeiはColding-Minicozziの完備セルフ-シュリンカーに関する定理を完備 λ -超曲面に拡張することにも成功した。

(3) 研究分担者である山田は梅原らと、曲面をより広い対象として扱う観点から、フロントの幾何学に関する研究を行い、目覚ましい研究成果をあげた。

(4) 研究分担者である塩谷は山口と3次元多様体の位相構造を研究し、ポアンカレ予想の解決に大いに貢献した。

2. 研究の目的

多様体の幾何構造の解明において、1980年代から急速に発展した幾何学的フローの研究により、数多くの顕著な研究成果が生まれている。本研究では下記の有機的に関連する4つの研究を目標とする。

- (a) 平均曲率フローに現れる特異点の幾何構造に関する研究。特に，平均曲率フローのセルフ-シュリンカーの分類と，セルフ-シュリンカーのエントロピーに関する研究を行う。
- (b) 重み付き体積保存平均曲率フローの λ -超曲面の構成とその分類に関する研究。
- (c) 非正則点を許すセルフ-シュリンカーの幾何学の研究。
- (d) 平均曲率フローによる 4 次元閉多様体の位相構造の研究。

3 . 研究の方法

本研究課題において，部分多様体の微分幾何学に関する研究手法，広義最大値原理とヤコビ作用素の固有値理論を研究する解析的手法を有機的に融合し，新しい評価方法を発案した。これを用いて，平均曲率フローの完備セルフ-シュリンカーの分類及び重み付き体積保存平均曲率フローの完備な λ -超曲面の分類を研究した。さらに，co-area公式及び積分公式を有効に利用し，重み付き体積保存平均曲率フローの完備な λ -超曲面が多項式面積増大度をもつための必要十分条件はこの完備な λ -超曲面が正則であることを証明した。対数関数のSobolev不等式を巧く利用し，重み付き体積保存平均曲率フローの完備非コンパクトな λ -超曲面が少なくとも線形面積増大度をもつことを示した。フロントの幾何学を研究する特異点論の手法及び幾何学的な手法を融合し，特異点を許すフロントの幾何学に関する研究を行った。リーマン幾何学を研究する比較定理の研究手法，変分法など様々な角度から有機的にとらえなおし，測度距離空間及び完備非コンパクトなリーマン多様体のこのエンドを研究する新しい研究方法を提案した。

4 . 研究成果

- (1). 平均曲率型フローに現れる特異点に関する幾何構造を究明することは平均曲率フローに関する研究で最重要な研究課題である。Huisken と Colding-Minicozzi は非負平均曲率と多項式面積増大度をもつ完備セルフ-シュリンカーを完全に分類し，Huisken の提案した長年の予想を解決した。これは画期的な研究成果であると言われている。多項式面積増大度を持たない完備セルフ-シュリンカーが存在するため，多項式面積増大度の条件を仮定せず，完備セルフ-シュリンカーに関する研究は極めて重要である。研究代表者と研究協力者華南師範大学の Wei Guoxin 教授等と共同で広義最大値原理を駆使して，Euclid 空間内の第 2 基本形式の長さが一定で n 次元完備セルフ-シュリンカーの分類に関する予想を研究し，重要な進展を与えた。特に 4 次元 Euclid 空間内の第 2 基本形式の長さが一定となる完備セルフ-シュリンカーに対して，主曲率 4 乗の和が一定となる 4 次元 Euclid 空間内の第 2 基本形式の長さが一定で完備セルフ-シュリンカーを完全に分類した。研究代表者と研究協力者 Wei Guoxin 教授及び矢野氏と共同で Euclid 空間内の n 次元完備セルフ-シュリンカーの第 2 基本形式の長さの第 2 ギャップに関する研究を行い，収束する数列を導入し，大きな進展を与えた。さらに，研究代表者と研究協力者 Wei Guoxin 教授及び堀氏と共同で第 2 基本形式の共変微分の長さの 2 乗のラプラシアンを計算し，精密な評価を行って，4 次元 Euclid 空間内の第 2 基本形式の長さが一定で 2 次元完備ラグランジュセルフ-シュリンカーを完全に分類した。
- (2). 重み付き体積保存平均曲率フローの埋め込みコンパクト λ -超曲面の構成とその分類に関する研究について，研究代表者と研究協力者 Wei Guoxin 教授は埋め込みコンパクト

-超曲面を具体的に構成することを成功した。標準球面ではない球面と微分同相の埋め込みコンパクト n -超曲面が構成した。よって、埋め込みコンパクト n -超曲面に対して、Alexandrov 型の定理が成り立たないことが分かった。研究代表者と研究協力者 Wei Guoxin 教授は広義最大値原理を用いて、第 2 基本形式の長さが一定で重み付き体積保存平均曲率フローの完備 n -曲面を完全に分類した。研究代表者と研究協力者 Wei Guoxin 教授は共同で co-area 公式及び積分公式を有効に利用し、重み付き体積保存平均曲率フローの完備な n -超曲面が多項式面積増大度をもつための必要十分条件はこの完備な n -超曲面が正則であることを証明した。さらに、対数関数の Sobolev 不等式を巧く利用し、重み付き体積保存平均曲率フローの完備非コンパクトな n -超曲面が少なくとも線形面積増大度をもつことを示した。コンパクト n -超曲面の安定性について、安定な n -球面と安定でない n -球面を完全に分類した。

(3). 研究分担者山田らは特異点をもつ曲面の等長変形の研究の一環として、3次元ユークリッド空間の与えられた正則曲線をカスプ辺にもつような曲面の等長変形を調べ、その個数を評価した。また、類似の対象として、与えられた曲線を折り目にもつ「折り紙」の個数を調べた。3次元ローレンツ・ミンコフスキー空間の空間的極大曲面で、時間的極小曲面への解析的接続をもつクラスを定義し、これらの曲面が正則はめ込み曲面になること、ある仮定のもと自己交叉を持たず、平面上の entire graph となることを示した。3次元ユークリッド空間の閉波面に対するガウス・ボンネの定理を、高次元の閉波面に対して、「ガウス写像の写像度」の立場から高次元化した。研究分担者山田はユークリッド空間の極小曲面である Jorge-Meeks 曲面と同じワイエルストラス・データをもちローレンツ・ミンコフスキー時空の極大曲面は、折り目特異点をもつが、それを越えて時間的極小曲面に解析的に延長される。この延長（の極大なもの）はローレンツ・ミンコフスキー時空に固有に埋め込まれた曲面になることを示した。研究分担者山田は3次元ユークリッド空間の楕円面は双等温構造をもつことが知られており、クリストッフェル双対が存在する。とくに楕円面の三軸が等しくなるような極限をとるとクリストッフェル双対はシャークタワーと呼ばれる極小曲面になる。この問題のミンコフスキー版を考察し、二次曲面の双対として得られる極大曲面を表示した。ローレンツ多様体のある種の超曲面のクラス（零平均曲率超曲面を含む）が光的点、すなわち誘導計量が退化する点を含むならば、適切な仮定のもと、その点の近傍で超曲面の像における退化点集合は光的測地線を含むことを示し、応用も与えた。ローレンツ空間型のある種の曲面は「解析的延長」をもつ。とくに3次元ミンコフスキー空間の極大曲面、ド・ジッター空間の平均曲率 1 の曲面についてそのような延長を具体的に与えた。

(4). 研究分担者塩谷は高津と共同でスティーフェル多様体と旗多様体の列の極限空間について研究した。次元が無限大へ発散するようなスティーフェル多様体の列が無限次元ガウス空間へ収束すること、および旗多様体が無限次元ガウス空間の商へ収束することを示した。これらの応用として、オブザーバブル直径の漸近的な評価を得た。さらに研究分担者塩谷は中島と共同で測度距離空間の isoperimetric profile が与えられた関数以上ならば、オブザーバブル分散がその関数から決まるある定数以下であることを示し、等号成立のとき空間が最短測地線で層化されることを証明した。この結果は Cheng の最大直径定理と Cheeger-Gromoll の分割定理の一種の一般化となっている。完備非コンパクトなリーマン多様体の体積が有限かつ断面曲率が負で -1 以上となっているとき、そのエンドについ

て、塩谷は藤原と共同である種の例を構成した。そのようなエンドがどのような位相型をもつかは大きな問題であるが、本研究では、任意のフリップ・グラフ多様体がそのようなエンドに現れることを証明した。

(5). ラプラシアン第1固有値の評価研究について、研究分担者納谷は庄田敏宏氏と共同で面積一定という条件下でラプラシアンの第1固有値を最大化する閉曲面上の計量を決定する問題について研究を行った。とくに、閉曲面の種数が2の場合に、ある退化計量が最大化計量であろうという Jakobson-Levitin-Nadirashvili-Nigam-Polterovich の予想を肯定的に解決することができた。さらに、研究分担者納谷は多様体の埋め込みとラプラシアン第1固有値に関する最適化問題について研究した。与えられたリーマン多様体からユークリッド空間への1リプシッツ写像全体にわたって分散を最大化する問題を考える。もし分散最大の写像が存在するならば、多くの場合に等長埋め込みを与えると期待されるので、この問題は Nash 等長埋め込みと関係する。この問題の双対問題を定式化することができ、ある一つの制約条件をみたますすべてのリーマン計量にわたって重み付きリーマン多様体の Bakry-Emery ラプラシアンの第1固有値を最大化する問題となる(ここで、体積要素は初期リーマン計量のそれであり、また、制約条件にも初期リーマン計量が関係する)。いくつか最適化問題が解ける例を与えるとともに、Nadirashvili 型定理を証明した。この定理は、第1固有値最大化問題が解けたならば、埋め込み最適化問題も解けて、分散最大の等長はめ込みが得られることを主張する。研究分担者納谷は明工氏と共同で長さ付き有限グラフのラプラシアン第1固有値の最大化問題について研究を行った。最大化する(あるいはより一般に extremal な)長さ関数が存在するとき、対応するラプラシアンの第1固有関数を使って、ユークリッド空間へのよい双リプシッツ写像が構成できることを示した。実際、この写像とユークリッド距離によって、長さ関数を明示的に表示することができる。この結果は曲面の場合の Nadirashvili の定理の離散類似とみなされる。単位球面内の平均曲率が一定でコンパクトな超曲面上の Jacobi 作用素の第1固有値の評価研究について、研究代表者と研究協力者 Chen Daguang 准教授は共同で新しい試験函数を見つけて、第1固有値の最適な評価を与えた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計32件（うち査読付論文 32件 / うち国際共著 13件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Qing-Ming Cheng and G. Wei	4. 巻 30
2. 論文標題 Stability and area growth of ϵ -hypersurfaces	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Comm. Anal. Geom.	6. 最初と最後の頁 1059-1091
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4310/CAG.2022.v30.n5.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 Qing-Ming Cheng, H. Hori and G. Wei	4. 巻 301
2. 論文標題 Complete Lagrangian self-shrinkers in R^4	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Math. Z.	6. 最初と最後の頁 3417-3468
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00209-022-03027-2	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 Qing-Ming Cheng and G. Wei	4. 巻 43
2. 論文標題 Complete ϵ -hypersurfaces in Euclidean spaces	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chin. Ann. Math. Ser. B	6. 最初と最後の頁 877-892
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11401-022-0365-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 該当する

1. 著者名 Qing-Ming Cheng, Z. Li and G. Wei	4. 巻 300
2. 論文標題 Complete self-shrinkers with constant norm of the second fundamental form	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Math. Z.	6. 最初と最後の頁 995-1018
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00209-021-02831-6	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 該当する

1. 著者名 A. Honda, K. Naokawa, K. Saji, M. Umehara and Kotaro Yamada	4. 巻 25
2. 論文標題 A generalization of Zakalyukin's lemma, and symmetries of surface singularities	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. Singul.	6. 最初と最後の頁 299-324
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5427/jsing.2022.25m	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 Qing-Ming Cheng, G. Wei and Y. Zheng	4. 巻 25
2. 論文標題 Area of minimal hypersurfaces in the unit sphere	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Asian J. Math.	6. 最初と最後の頁 183-194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4310/AJM.2021.v25.n2.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 該当する

1. 著者名 Qing-Ming Cheng and G. Wei	4. 巻 60
2. 論文標題 Complete \mathbb{R}^3 -surfaces in \mathbb{R}^3	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Calc. Var. PDEs	6. 最初と最後の頁 Art 46:1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00526-021-01920-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 該当する

1. 著者名 Qing-Ming Cheng and G. Wei	4. 巻 48
2. 論文標題 Examples of compact \mathbb{R}^n -hypersurfaces in Euclidean spaces	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sci. Sin. Math.	6. 最初と最後の頁 155-166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1360/N012017-00205	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 S. Akamine, A. Honda, M. Umehara, and K. Yamada	4. 巻 52
2. 論文標題 Bernstein-type theorem for zero mean curvature hypersurfaces without time-like points in Lorentz-Minkowski space	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bull. Brazilian Math. Soc.	6. 最初と最後の頁 175-181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00574-020-00196-8	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 Qing-Ming Cheng and G. Wei,	4. 巻 1
2. 論文標題 Complete self-shrinkers of mean curvature flow	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of ICCM 2018, Second Annual Meeting	6. 最初と最後の頁 179-196
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 K. Fujiwara and Takashi Shioya	4. 巻 24
2. 論文標題 Graph manifolds as ends of negatively curved Riemannian manifolds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geom. Topol.	6. 最初と最後の頁 2035-2074
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2140/gt.2020.24.2035	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 S. Akamine, M. Umehara and Kotaro Yamada	4. 巻 7
2. 論文標題 Improvement of the Bernstein-type theorem for space-like zero mean curvature graphs in Lorentz-Minkowski space using fluid mechanical duality	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. Amer. Math. Soc. Ser. B	6. 最初と最後の頁 17-27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1090/bproc/44	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 S. Fujimori, Y. Kawakami, M. Kokubu, W. Rossman, M. Umehara and K. Yamada	4. 巻 62
2. 論文標題 Analytic extension of exceptional constant mean curvature one catenoids in de Sitter 3-space	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Math. J. Okayama Univ.	6. 最初と最後の頁 179-195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18926/mjou/57814	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 Nayatani and T. Shoda	4. 巻 357
2. 論文標題 Metrics on a closed surface of genus two which maximize the first eigenvalue of the Laplacian	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 C.R.Math.Acad.Sci.Paris	6. 最初と最後の頁 84-98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.crma.2018.11.008	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 H. Nakajima and Takashi Shioya	4. 巻 349
2. 論文標題 Isoperimetric rigidity and distributions of 1-Lipschitz functions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advances in Mathematics	6. 最初と最後の頁 1198-1233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aim.2019.04.043	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 M. Umehara and K. Yamada	4. 巻 20
2. 論文標題 Hypersurfaces with Light-Like points in a Lorentzian Manifold	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Geom. Analy.	6. 最初と最後の頁 3405-3437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12220-018-00118-7	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 30.S. Akamine, A. Honda, M. Umehara and Kotaro Yamada	4. 巻 95
2. 論文標題 Space-like maximal surfaces containing entire null lines in Lorentz-Minkowski 3-space	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. Japan Acad. Ser. A. Math. Sci.	6. 最初と最後の頁 97-102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3792/pjaa.95.97	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 Qing-Ming Cheng, X. Qi, Q. Wang and C. Xia	4. 巻 197
2. 論文標題 Inequalities for eigenvalues of the buckling problem of arbitrary order	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Annali di Matematica Pura ed Applicata	6. 最初と最後の頁 211-232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10231-017-0676-x	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 Qing-Ming Cheng and G. Wei	4. 巻 57
2. 論文標題 Complete λ -hypersurfaces of weighted volume-preserving mean curvature flow	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Calc. Var. PDEs	6. 最初と最後の頁 32:1-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00526-018-1303-4	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 該当する

1. 著者名 Qing-Ming Cheng and G. Wei	4. 巻 48
2. 論文標題 Geometry of complete λ -hypersurfaces	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sci. Sin. Math.	6. 最初と最後の頁 699-710
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1360/N012017-00205	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 Takashi Shioya and A. Takatsu	4. 巻 290
2. 論文標題 High-dimensional metric-measure limit of Stiefel and flag manifolds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Math. Z.	6. 最初と最後の頁 873-907
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00209-018-2044-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 Fujimori, S.; Hertrich-Jeromin, U.; Kokubu, M.; Umehara, M. & Yamada, K.	4. 巻 186
2. 論文標題 Quadrics and Scherk towers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monatsch. Math.	6. 最初と最後の頁 249-279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00605-017-1075-5	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 D. Chen and Qing-Ming Cheng	4. 巻 56
2. 論文標題 Estimates for the first eigenvalue of Jacobi operator on hypersurfaces with constant mean curvature in spheres	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Calc. Var. PDEs	6. 最初と最後の頁 50:1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00526-017-1132-x	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 Qing-Ming Cheng	4. 巻 ALM 37
2. 論文標題 Universal estimates for eigenvalues and applications	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 6th International Congress of Chinese Mathematicians	6. 最初と最後の頁 37-52
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 S. Fujimori, Y. Kawakami, M. Kokubu, W. Rossman, M. Umehara and K. Yamada	4. 巻 54
2. 論文標題 Analytic Extension of Jorge-Meeks type maximal surfaces in Lorentz-Minkowski 3-space	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Osaka J. Math.	6. 最初と最後の頁 249-272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18910/61905	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 K. Saji, M. Umehara and K. Yamada	4. 巻 69
2. 論文標題 An index formula for a bundle homomorphism of the tangent bundle into a vector bundle of the same rank and its applications	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Math. Soc. Japan	6. 最初と最後の頁 417-457
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2969/jmsj/06910417	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 A. Honda, M. Koiso, M. Kokubu, M. Umehara and K. Yamada	4. 巻 52
2. 論文標題 Mixed type surfaces with bounded mean curvature in 3-dimensional space-times	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Diff. Geom. Appl.	6. 最初と最後の頁 64-77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.difgeo.2017.03.0	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 Shin Nayatani	4. 巻 B66
2. 論文標題 Fixed-point property for affine actions on a Hilbert space	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 RIMS Kokyuroku Bessatsu: Geometry and Analysis of Discrete Groups and Hyperbolic Spaces	6. 最初と最後の頁 115-131
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 Qing-Ming Cheng and S. Ogata	4. 巻 284
2. 論文標題 2-dimensional complete self-shrinkers in R^3	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Math. Z.	6. 最初と最後の頁 537-542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00209-016-1665-2,	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 Qing-Ming Cheng, S. Ogata and G. Wei	4. 巻 24
2. 論文標題 Rigidity theorems of \mathbb{S}^2 -hypersurfaces	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Comm. Anal. Geom.	6. 最初と最後の頁 45-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4310/CAG.2016.v24.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 該当する

1. 著者名 Qing-Ming Cheng	4. 巻 154
2. 論文標題 Critical Points of the Weighted Area Functional	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Geometry and Topology of Manifolds, Springer Proceedings in Math. & Stat.	6. 最初と最後の頁 81-96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-4-431-56021-0-4	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 T. Shioya	4. 巻 154
2. 論文標題 Concentration, convergence, and dissipation of spaces	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Geometry and Topology of Manifolds, Springer Proceedings in Math. & Stat.	6. 最初と最後の頁 299-314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-4-431-56021-0-16	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56件(うち招待講演 54件/うち国際学会 43件)

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Singularities of mean curvature flow
3. 学会等名 The 13th MSJ-SI "Differential Geometry and Integrable Systems", Osaka City University, Osaka (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Complete self-shrinkers of mean curvature flow
3. 学会等名 Perspectives in Geometric Analysis, Taiwan University, Taipei (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 A classification of complete self-shrinkers
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Tsinghua University, Beijing, China (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Complete self-shrinkers in R^{n+1}
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Xiamen University, Xiamen, China (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 A classification of complete self-shrinkers
3. 学会等名 Workshop on differential geometry and non-linear pdes, orhwestern Polytechnic University, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 成 慶明
2. 発表標題 曲小超曲面に関するChernの問題について
3. 学会等名 第68回 幾何学シンポジウム, 北海道大学 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Complete self-shrinkers of mean curvature flow
3. 学会等名 The 23rd International Differential Geometry Workshop on Submanifolds in Homogeneous Spaces & Related Topics, Japan and Korea (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Chern problems on compact minimal hypersurfaces
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Nankai University, Tianjin, China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Complete self-shrinkers with constant squared norm of second fundamental form
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Jiangxi Normal University, Nanchang, China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Complete self-shrinkers in R^4
3. 学会等名 International conference on canonical metrics and nonlinear PDEs in geometry, Wuhan University, Wuhan, China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Compact minimal hypersurfaces in $S^5(1)$
3. 学会等名 International Workshop on Geometric Evolution Equations, Osaka City University, Osaka (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Minimal hypersurfaces with constant scalar curvature
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Henan Normal University, Xinxiang, China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田 光太郎
2. 発表標題 Lorentz 多様体の直線定理とその周辺
3. 学会等名 福岡大学微分幾何研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shin Nayatani
2. 発表標題 First-eigenvalue maximization and embedding optimization
3. 学会等名 The 3rd Japan-Taiwan Joint Conference on Differential Geometry, Taiwan University and Osaka City University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shin Nayatani
2. 発表標題 First-eigenvalue maximization and embedding optimization
3. 学会等名 The 6th China-Japan Geometry Conference, Chongqing University of Technology and Osaka City University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Chern problems on minimal hypersurfaces
3. 学会等名 The conference on spectral geometry, Fudan University, Shanghai, China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 A conjecture on self-shrinkers
3. 学会等名 Seminar on Differential Geometry in Henan Normal University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 納谷 信
2. 発表標題 有限グラフの埋め込み不変量の最小化と第1固有値の最大化
3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takashi Shioya
2. 発表標題 Ellipsoids converge to Gaussian spaces
3. 学会等名 Geometric Measure Theory and Geometric Analysis in Moscow (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塩谷 隆
2. 発表標題 Graph manifolds as ends of negatively curved Riemannian manifolds
3. 学会等名 第66回幾何学シンポジウム, オンライン (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田 光太郎
2. 発表標題 特異点および時空内の零平均曲率曲面の幾何学
3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会・総合講演（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Minimal hypersurfaces in the unit sphere
3. 学会等名 The 8th conference on geometry and topology of submanifolds（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成 慶明
2. 発表標題 単位球面内の定スカラー曲率を持つ極小超曲面について
3. 学会等名 福岡大学微分幾何研究集会2019（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 A conjecture on complete self-shrinkers
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Tsinghua University（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Complete -hypersurfaces
3. 学会等名 Workshop on Global Differential Geometry, National Taiwan University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Complete hypersurfaces in spheres
3. 学会等名 Workshop on Differential Geometry, Shanghai University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Chern problems on minimal hypersurfaces
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Tsinghua University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Chern problems on minimal hypersurfaces
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Beijing Normal University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成 慶明
2. 発表標題 Complete self-shrinkers of mean curvature flow
3. 学会等名 東北大学「幾何と解析セミナー」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Chern problems on minimal hypersurfaces
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Fudan University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成 慶明
2. 発表標題 2次元ラグランジュセルフ-シュリンカーについて
3. 学会等名 中央大学「幾何・トポロジーセミナー」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田 光太郎
2. 発表標題 Curved paper foldings along given space curves
3. 学会等名 福岡大学微分幾何研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成 慶明
2. 発表標題 ラグランジュセルフ-シュリンカーの分類について
3. 学会等名 北海道大学「幾何学コロキウム」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 2-dimensional complete self-shrinkers
3. 学会等名 Seminar on Differential Geometry in Tsinghua University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 2-dimensional complete self-shrinkers
3. 学会等名 The 7th conference on geometry and topology of submanifolds, Zhejiang University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Singularities of mean curvature flow
3. 学会等名 Colloquium on Chern Institute of Mathematics, Nankai University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成 慶明
2. 発表標題 完備ラグランジュセルフ-シュリンカー
3. 学会等名 福岡大学微分幾何研究集会2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Complete self-shrinkers of mean curvature flow
3. 学会等名 The second annual meeting of ICCM, National Taiwan University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Complete Lagrangian self-shrinkers in R^4
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Beijing Normal University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 A classification of complete Lagrangian self-shrinkers
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Tsinghua University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Complete Lagrangian self-shrinkers of mean curvature flow
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Fudan University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 納谷 信
2. 発表標題 ラプリアンの第1固有値を最大化する種数2閉曲面上の計量
3. 学会等名 日本数学会2018年度年会, 東京大学
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Estimates for eigenvalues of the clamped plate problem
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Fudan University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Estimates for eigenvalues of Laplacian and an obstruction of minimal immersions
3. 学会等名 Conference on Differential geometry, SCMS, Fudan University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 A characterization of 2-dimensional self-shrinkers
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Sichuan University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Complete Lagrangian self-shrinkers
3. 学会等名 Seminar on differential geometry in Henan Normal University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Lagrangian self-shrinkers of mean curvature flow
3. 学会等名 The 6th workshop on geometry of submanifolds, Wuhan University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shin Nayatani
2. 発表標題 Metrics on a closed surface of genus two which maximize the first eigenvalue of the Laplacian
3. 学会等名 The 3rd Japan-China Geometry Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Embedded \mathbb{R}^2 -tori and area growth of complete \mathbb{R}^2 -hypersurfaces
3. 学会等名 The workshop on differential geometry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 An embedded \mathbb{R}^2 -tori
3. 学会等名 Seminar on differential geometry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 成 慶明
2. 発表標題 -トーラスの構成について
3. 学会等名 福岡大学幾何学セミナー (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 2-dimensional complete self-shrinkers
3. 学会等名 the workshop on differential geometry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Geometry of complete κ -hypersurfaces
3. 学会等名 Geometric Analysis on Riemannian and Metric Spaces (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Estimates for the first eigenvalue of Jacobi operator on κ -hypersurfaces
3. 学会等名 The 5th workshop on geometry of submanifolds (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 Complete self-shrinkers
3. 学会等名 Workshop on geometry in Shanghai Center of Mathematical Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Qing-Ming Cheng
2. 発表標題 The first eigenvalue of Jacobi operator
3. 学会等名 Seminar in Southwest University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 桑江一洋, 塩谷隆, 太田慎一, 高津飛鳥, 桑田和正	4. 発行年 2017年
2. 出版社 日本数学会	5. 総ページ数 141
3. 書名 最適輸送理論とリッチ曲率, 数学メモアール	

〔産業財産権〕

〔その他〕

Cheng Qing-Ming Home Page http://www.cis.fukuoka-u.ac.jp/~cheng/
--

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
研究分担者	山田 光太郎 (Yamada Kotaro) (10221657)	東京工業大学・理学院・教授 (12608)	
研究分担者	納谷 信 (Nayatani Shin) (70222180)	名古屋大学・多元数理科学研究科・教授 (13901)	
研究分担者	塩谷 隆 (Shioya Takashi) (90235507)	東北大学・理学研究科・教授 (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	魏 国新 (Wei Guoxin)	華南師範大学・教授	
研究協力者	李 海中 (Li Haizhong)	清華大学・教授	
研究協力者	陳 大広 (Chen Daguang)	清華大学・准教授	

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7件

国際研究集会 The 6th China-Japan Geometry Conference	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 The 5th Japan-China Geometry Conference	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 The 4th China-Japan Geometry Conference	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 The 3rd Japan-China Geometry Conference	開催年 2017年～2017年
国際研究集会 The second China-Japan Geometry Conference	開催年 2016年～2016年
国際研究集会 Seminar on Differential Geometry	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 The 7th international workshop on differential geometry	開催年 2017年～2017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

中国	華南師範大学			
----	--------	--	--	--