

令和 3 年 4 月 22 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K05364

研究課題名(和文) 曲率によって動く曲線・曲面に対する数値計算アルゴリズムとその正則性・特異性

研究課題名(英文) Motion of curves and surfaces by curvature : numerical algorithm, regularity and singularity

研究代表者

石井 克幸 (Ishii, Katsuyuki)

神戸大学・海事科学研究科・教授

研究者番号：40232227

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：平均曲率流に対する閾値型近似アルゴリズムについて研究を行った。閾値型近似アルゴリズムに用いる近似方程式は元の曲率流方程式より自然な形で得られることが分かったとともに最良誤差評価を導くこともできた。これらの成果より、閾値型近似アルゴリズムは平均曲率流の近似として適切なものであることがわかった。更に Willmore 流に対する閾値型近似アルゴリズムについて取り組んだ。4 階熱方程式の解を時間変数に関する漸近展開を計算し、閾値を定義する式をうまく選ぶことによって、形式的には 4 階熱方程式の解は Willmore 流の近似を与えることがわかった。現在はその収束について検討中である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

平均曲率流は数学的興味だけでなく、物性物理、画像処理、ネットワーク上の現象への応用も盛んに研究されている。これらの応用では平均曲率流の数値計算は欠かせない道具である。本研究課題の成果は閾値型近似アルゴリズムが平均曲率流の数値計算法として自然で正当なものであること、近似方程式は元の曲率流方程式から比較的容易に構成できることを保証する。実際の数値計算に関しても理論上の最良な精度を保証している。Willmore 流への閾値型近似アルゴリズムについてはまだ研究途中であるが、高階偏微分方程式で記述される曲線・曲面の運動への応用として学術的に興味深い研究になるとと思われる。

研究成果の概要(英文)：The threshold-type algorithm to mean curvature flow has been studied during this project. We show that the approximate equation which is used to this algorithm can be naturally derived from the mean curvature flow equation and obtain the optimal error estimate. We understand by these results that the threshold-type algorithm is natural to approximate the mean curvature flow. We have worked on the threshold-type algorithm for Willmore flow. We develop the formal asymptotic expansion of solutions of the fourth-order heat equation with respect to the time variable and define a threshold in a suitable way. Then we formally show that our algorithm approximates Willmore flow. Now we are studying how to prove the convergence of our algorithm rigorously.

研究分野：非線形解析

キーワード：平均曲率流 閾値型近似アルゴリズム Willmore 流

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

平均曲率流や表面拡散流のような、曲率に依存して動く曲線・曲面に関しては数学的な研究だけでなく、材料科学・相転移理論に現れる相境界や渦糸の運動、静止画像における輪郭解析、および薄膜材料の開発・製造技術等への応用やそれらを目的とした数値計算法についても活発に研究されている。その平均曲率に依存して動く曲線・曲面（平均曲率流と言う）の数値計算法に関して、熱方程式や変分法を用いた閾値型アルゴリズムが知られている。このアルゴリズムはその構造が単純明快なだけでなく、動く曲線・曲面のトポロジーの変化にも追従できるため、国内外の多くの研究者に注目され、研究が進められた。

これまでの多くの成果により、平均曲率で動く超曲面に対する閾値型アルゴリズムに関する基本的な研究はほぼ完成したと言える。一方、2001年には3次元空間内の曲線に対する平均曲率流について閾値型アルゴリズムを応用した数値計算が行われた。2010年には金属の表面や薄膜、或いは生物の細胞膜の形態変化の数理モデルである、表面拡散による曲面の運動（表面拡散流と言う）や曲げエネルギーを最小にするような曲面の運動（Willmore 流と言う）への閾値型アルゴリズムの応用が研究された。後者に関しては、表面拡散流や Willmore 流は非線形4階偏微分方程式で記述されるが、それを熱方程式の基本解（或いはそれを修正した関数）を用いて近似するというもので非常に興味深い。これらの研究に対する数学的な正当性は未だに無く、上で述べた応用面からも重要な問題として新たに浮上してきた。

1991年に等高面の方法を用いて平均曲率流に対する弱解の概念が提案されたが、その性質は未だによくわかっていない。弱解の特徴的な性質はそれが厚みをもつ（肥満化と呼ばれる）場合があることで、このときは弱解が一意でないことが知られている。弱解の研究の1つとして、上で述べたアルゴリズムで構成される弱解の性質を調べることは重要かつ興味深い問題と考えられる。

2. 研究の目的

本研究課題の目的は以下のとおりである。

(1) 余次元の高い平均曲率流に対する閾値型アルゴリズムの収束

3次元空間における曲線のような余次元の高い曲線・曲面に対する平均曲率流に対して閾値型アルゴリズムを構成し、その数学的な収束の証明を与える。従来の閾値型アルゴリズムは単独の熱方程式や変分法で定式化されるが、この課題では連立系の熱方程式（或いは放物型偏微分方程式）を用いて定式化される。連立系の偏微分方程式は単独のそれとは取り扱いが異なるため、その収束の証明には連立系の偏微分方程式に対する解析方法を導入する。また実際に3次元空間内の曲線に対する曲率流の場合に数値計算を行い、曲線の挙動を視覚的に調べる。

(2) 表面拡散流や Willmore 流に対する閾値型アルゴリズムの収束

表面拡散流や Willmore 流に対する閾値型アルゴリズムに熱方程式の基本解（或いはそれを修正したもの）を用いる。表面拡散流や Willmore 流は非線形4階偏微分方程式で表されるが、このアルゴリズムに用いられる熱方程式（線形2階偏微分方程式）とは性質が全く異なる。例えば、熱方程式に対して成り立つ最大値原理は4階偏微分方程式では成り立たない。よって収束の証明には最大値原理に基づいた方法が使えないため、体積保存等の問題特有の性質、関数解析的方法や変分法等を導入する。数値計算も行い、曲線や曲面の挙動を視覚的に調べる。

(3) 平均曲率流の弱解に対する正則性・特異性

閾値型アルゴリズムで構成される平均曲率流の弱解が肥満化しないための条件を調べる。そして、弱解の曲面としての滑らかさについて考察する。平均曲率流は初期曲面が滑らかでも、時間が経つと平均曲率が発散するといった特異性を生じる場合がある。特異点の周りの曲面の形状を調べることを念頭に置いて平均曲率流の特異性について調べる。

3. 研究の方法

本研究課題に取り組むための方法は以下のとおりである。

(1) 余次元の高い平均曲率流に対する閾値型アルゴリズムの収束

平均曲率流は曲面上の偏微分方程式系で表される。よって閾値型アルゴリズムも偏微分方程式系を用いて構成する。3次元空間内の曲線に対する閾値型アルゴリズムの場合に、この偏微分方程式系に対する解の挙動を形式的に計算し、曲率流の近似になっていること、拡散に対して曲率がどのように関与しているかがわかった。この結果や閾値型アルゴリズムと類似の構造を持つ偏微分方程式系の解析手法や粘性解理論等を用いて、収束について研究する。

(2) 表面拡散流や Willmore 流に対する閾値型アルゴリズムの収束

この課題で扱う閾値型アルゴリズムでは熱方程式の基本解（或いはそれを修正したもの）を用いる。しかし、表面拡散流や Willmore 流は4階偏微分方程式で表されるので最大値原理を用いた議論ができない。これらの方程式は曲面で囲まれる領域の体積は一定という制限条件の下で曲面の面積を最小化するという変分問題から導かれているので、変分構造や体積保存性等の性質がある。こ

のような性質を活かした収束について研究する。

(3) 平均曲率流の弱解に対する正則性・特異性

熱方程式を用いた閾値型アルゴリズムにおいて、Gauss の誤差関数を用いて熱方程式を変換するとある非線形偏微分方程式が現れる。これは熱方程式を用いた閾値型アルゴリズム特有の

ものであるが、その非線形項は従来の方法では扱いにくい形をしている。従来の正則性理論にどのような工夫を加えて上述の方程式の解に対する正則性評価を求める。

解の特異性の解析については非線形偏微分方程式に対する爆発解析等を応用して、その特異性の程度を調べ、特異点の周りでの曲面の形状を調べる。これらの評価と粘性解の安定性理論を使って、閾値型アルゴリズムで構成される平均曲率流の弱解に対する非肥満性や正則性・特異性を調べる。

4. 研究成果

代表者の石井は平均曲率流に対する閾値型アルゴリズムについて研究を行った。閾値型近アルゴリズムに用いる近似方程式は元の曲率流方程式より自然な形で得られることが分かり、閾値型アルゴリズムは平均曲率流の近似として妥当なものであることがわかった。滑らかな平均曲率流に対する閾値型アルゴリズムの最良誤差評価を導いた。空間曲線に対する曲率流への閾値型アルゴリズムの応用に取り組んだ。これに関しては熱方程式に対する解の漸近挙動を調べた結果、熱方程式の解から空間曲線に対する曲率流方程式が取り出せることがわかった。また収束を証明する上でいくつかの先験評価を得た。これらの結果を基に閾値型アルゴリズムの収束について研究を進めている。Willmore 流への閾値型アルゴリズムの応用にも取り組んだ。この研究では 2 階熱方程式を使って進める予定であったが、Willmore 流が非線形 4 階偏微分方程式で記述されることから 4 階熱方程式を用いて研究を行った。分担者の高坂、三宅（東北大学）との討論等を基に、4 階熱方程式の解を時間変数に関する漸近展開を計算し、少なくとも形式的には 4 階熱方程式の解は Willmore 流の近似を与えること、閾値を定義する式がわかった。現在はその収束について研究を進めている。

分担者の高坂は平面曲線に対する表面拡散流に対する進行波解について研究した。xy 平面において、x 軸上ではその両端は自由に動くが接触角が一定の曲線の場合、表面拡散方程式に対する進行波解の存在を示した。また、接触角の条件に応じて、一意性や凸性の成立・不成立を示した。更に接触角境界条件をもつ表面拡散方程式に対する進行波解の安定性について研究を行った。安定性を調べるため、非線形4階放物型偏微分方程式の境界値問題として表される接触角境界条件つき表面拡散方程式を進行波解のまわりで線形化し、対応する固有値問題の解析を行った。その結果、変数係数 3 階線形非斉次常微分方程式を解析することが本質的であることがわかった。分担者の上田は熱力学的温度と伝導性温度が関わる熱弾性プレートの運動方程式について、その初期値問題の時間大域解が多項式オーダーで減衰することを示した。また、履歴を伴う板の運動方程式について、その初期値問題に対する時間大域解が多項式オーダーで減衰することと実際の解の漸近的な形状を求めた。気体力学や弾性体力学に起因する対称双曲型方程式系や双曲-放物型方程式系に関する安定性を研究した。特に方程式の持つ消散構造や各項が複雑に影響を及ぼしあうことによって生じる「可微分性の損失」について解析を行っており、平衡点周りの線形安定性解析に関して研究を進めている。方程式系の係数行列にある条件を仮定することで安定性と解の詳細な減衰評価を導くことに成功した。

分担者の内藤は半線形放物型方程式について研究した。その初期値問題において、非線形項の指数が優ソボレフ臨界より大きく、かつ Joseph--Lundgren 指数より小さい場合に特異定常解より大きな 1 点爆発解が複数個存在することを示した。その中に最小解があることも示した。また、初期条件が有界連続、かつ無限遠方で多項式的に減衰する場合、半線形放物型方程式の解は方程式を自己相似変換して得られる定常問題の解を用いた自己相似解に漸近することを示した。更に非線形放物型偏微分方程式および、非線形楕円型偏微分方程式に対して解の特異性と解構造について考察を行った。その中で自己相似解を巧妙に用いることによって peaking 解、不完全爆発解、特異解等の様々な挙動を示す解を構成した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 21件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Takashi Kagaya, Yoshihito Kohsaka	4. 巻 235
2. 論文標題 Existence of non-convex traveling Waves for surface diffusion of curves with constant contact angles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Archive for Rational Mechanics and Analysis	6. 最初と最後の頁 417 -- 516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00205-019-01426-0	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 Reinhard Racke, Yoshihiro Ueda	4. 巻 39
2. 論文標題 The Cauchy problem for thermoelastic plates with two temperatures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Zeitschrift für Analysis und ihre Anwendungen	6. 最初と最後の頁 103 -- 129
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4171/ZAA/1653	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 Yongqin Liu, Yoshihiro Ueda	4. 巻 268
2. 論文標題 Decay estimate and asymptotic profile for a plate equation with memory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Differential Equations	6. 最初と最後の頁 2435 -- 2463
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jde.2019.09.007	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 Yuki Naito and Takasi Senba	4. 巻 181
2. 論文標題 Existence of peaking solutions for semilinear heat equations with blow-up profile above the singular steady state	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nonlinear Analysis	6. 最初と最後の頁 265 -- 293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.na.2018.12.001	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 Yuki Naito	4. 巻 150
2. 論文標題 Asymptotically self-similar behaviour of global solutions for semilinear heat equations with algebraically decaying initial data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Royal Society of Edinburgh	6. 最初と最後の頁 789 -- 811
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/prm.2018.97	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 Ishii Katsuyuki, Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University, Higashinada, Kobe 658-0022, Japan, Izumi Takahiro, Yasuna Machine Designing, Hojo-Umehara, Himeji 670-0945, Japan	4. 巻 38
2. 論文標題 Remarks on the convergence of an algorithm for curvature-dependent motions of hypersurfaces	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Discrete & Continuous Dynamical Systems - A	6. 最初と最後の頁 1103 ~ 1125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcds.2018046	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 Naito Yuki, Pasic Mervan, Tanaka Satoshi	4. 巻 68
2. 論文標題 Rectifiable and nonrectifiable solution curves of half-linear differential systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mathematica Slovaca	6. 最初と最後の頁 575 ~ 590
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/ms-2017-0126	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 Bae Soohyun, Department of Mathematical Sciences, Hanbat National University, Daejeon 34158, Republic of Korea, Naito Yuki, Department of Mathematics, Ehime University, Matsuyama 790-8577, Japan	4. 巻 38
2. 論文標題 Separation structure of radial solutions for semilinear elliptic equations with exponential nonlinearity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Discrete & Continuous Dynamical Systems - A	6. 最初と最後の頁 4537 ~ 4554
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcds.2018198	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 Miyamoto Yasuhito, Naito Yuki	4. 巻 265
2. 論文標題 Singular extremal solutions for supercritical elliptic equations in a ball	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Differential Equations	6. 最初と最後の頁 2842 ~ 2885
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jde.2018.04.055	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 Naito Yuki, Senba Takasi	4. 巻 181
2. 論文標題 Existence of peaking solutions for semilinear heat equations with blow-up profile above the singular steady state	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nonlinear Analysis	6. 最初と最後の頁 265 ~ 293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.na.2018.12.001	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 Kohsaka Yoshihito	4. 巻 1141
2. 論文標題 Stability of axisymmetric CMC surfaces as steady states for the evolution by surface diffusion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012003 ~ 012003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1141/1/012003	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 Ueda Yoshihiro	4. 巻 10
2. 論文標題 New Stability Criterion for the Dissipative Linear System and Analysis of Bresse System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Symmetry	6. 最初と最後の頁 542 ~ 542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/sym10110542	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 Achleitner Franz, Ueda Yoshihiro	4. 巻 18
2. 論文標題 Asymptotic stability of traveling wave solutions for nonlocal viscous conservation laws with explicit decay rates	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Evolution Equations	6. 最初と最後の頁 923 ~ 946
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00028-018-0426-6	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 該当する

1. 著者名 Ueda Yoshihiro, Duan Renjun, Kawashima Shuichi	4. 巻 15
2. 論文標題 New structural conditions on decay property with regularity-loss for symmetric hyperbolic systems with non-symmetric relaxation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Hyperbolic Differential Equations	6. 最初と最後の頁 149 ~ 174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0219891618500066	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 該当する

1. 著者名 Ueda Yoshihiro	4. 巻 264
2. 論文標題 Optimal decay estimates of a regularity-loss type system with constraint condition	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Differential Equations	6. 最初と最後の頁 679 ~ 701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jde.2017.09.020	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 Ishii K., Kamata H., Koike S.	4. 巻 215
2. 論文標題 Remarks on Viscosity Solutions for Mean Curvature Flow with Obstacles	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Mathematics for Nonlinear Phenomena: Analysis and Computation	6. 最初と最後の頁 83 ~ 103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-66764-5_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 Ishii Katsuyuki and Izumi Takahiro	4. 巻 38
2. 論文標題 Remarks on the convergence of an algorithm for curvature-dependent motions of hypersurfaces	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Discrete and Continuous Dynamical Systems, Series A	6. 最初と最後の頁 1103 ~ 1125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcds.2018046	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 Naito Yuki, Suzuki Takashi and Toyota Yohei	4. 巻 151
2. 論文標題 A priori bounds for superlinear elliptic equations with semidefinite nonlinearity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nonlinear Analysis	6. 最初と最後の頁 18 ~ 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.na.2016.11.016	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 Yoshihito Kohsaka	4. 巻 B63
2. 論文標題 On the criteria for the stability of unduloids	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所 講究録 別冊	6. 最初と最後の頁 169 ~ 194
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 Racke Reinhard and Ueda Yoshihiro	4. 巻 263
2. 論文標題 Nonlinear thermoelastic plate equations ? Global existence and decay rates for the Cauchy problem	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Differential Equations	6. 最初と最後の頁 8138 ~ 8177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jde.2017.08.036	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 Kato Masakazu and Ueda Yoshihiro	4. 巻 40
2. 論文標題 Asymptotic profile of solutions for the damped wave equation with a nonlinear convection term	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Mathematical Methods in the Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 7760 ~ 7779
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mma.4561	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 Ueda Yoshihiro	4. 巻 264
2. 論文標題 Optimal decay estimates of a regularity-loss type system with constraint condition	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Differential Equations	6. 最初と最後の頁 679 ~ 701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jde.2017.09.020	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63件 (うち招待講演 48件 / うち国際学会 28件)

1. 発表者名 高坂良史
2. 発表標題 On the traveling waves for surface diffusion of curves with constant contact angles
3. 学会等名 楕円型・放物型微分方程式研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高坂良史
2. 発表標題 接触角境界条件をもつ表面拡散方程式に対する進行波解について
3. 学会等名 第 31 回さいたま数理解析セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高坂良史
2. 発表標題 Stability of the steady states for evolving surfaces by surface diffusion
3. 学会等名 Mini-symposium Nonlinear Geometric Partial Differential Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 Characterization of the decay structure for a dissipative linear system and application to the Cauchy problem in thermoelasticity
3. 学会等名 Workshop on Partial Differential Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 Stability analysis for the system of linear differential equations
3. 学会等名 The 44th Sapporo Symposium on Partial Differential Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 Characterization of the decay structure for the symmetric hyperbolic system with relaxation
3. 学会等名 Laboratorio Nacional de Computacao Cientca (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田好寛
2. 発表標題 消散構造を持つ微分方程式系の安定性解析
3. 学会等名 三重偏微分方程式研究集会～西原健二先生の古希を記念して～（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 Dissipative structure for the symmetric hyperbolic system with relaxation in whole space
3. 学会等名 The 7th China-Japan Workshop on Mathematical Topics from Fluid Mechanics（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保隆徹，上田好寛
2. 発表標題 時間遅れを考慮に入れたBurgers 方程式の時間大域解について
3. 学会等名 日本数学会 2020 年度年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内藤 雄基
2. 発表標題 Incomplete blow-up of solutions for semilinear heat equations with supercritical nonlinearity
3. 学会等名 信州大学偏微分方程式研究集会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Naito
2. 発表標題 Threshold solutions for semilinear heat equations with polynomial decay initial data
3. 学会等名 Equadiff 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内藤 雄基、仙葉 隆
2. 発表標題 特異定常解より大きい爆発形状を持つ不完全爆発解の存在について
3. 学会等名 日本数学会 函数方程式分科会一般講演
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Naito
2. 発表標題 Threshold solutions for semilinear heat equations with slowly decaying initial data
3. 学会等名 2019 International Workshop on Nonlinear PDEs and Its Application (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Naito
2. 発表標題 Blow-up criteria for the simplest Keller-Segel model of chemotaxis in higher dimensions
3. 学会等名 Chemotaxis and Nonlinear Parabolic Equations, -In honor of Professor Takasi Senba on his 60th birthday- (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内藤 雄基
2. 発表標題 Blow-up criteria for the parabolic-elliptic Keller-Segel system in higher dimensions
3. 学会等名 研究集会「数学と現象：Mathematics and Phenomena in Miyazaki 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井 克幸
2. 発表標題 平均曲率流の近似問題について
3. 学会等名 九州関数方程式セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Katsuyuki Ishii
2. 発表標題 Convergence of a threshold-type algorithm for mean curvature flow
3. 学会等名 12th AIMS on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Katsuyuki Ishii
2. 発表標題 Convergence of a threshold-type algorithm for mean curvature flow
3. 学会等名 The 11th Mathematical Society of Japan (MSJ) Seasonal Institute (SI) The Role of Metrics in the Theory of Partial Differential Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Katsuyuki Ishii
2. 発表標題 Convergence of a threshold-type algorithm to curvature-dependent motions
3. 学会等名 Viscosity solutions and Related Topics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井 克幸
2. 発表標題 平均曲率流に対する閾値型近似アルゴリズムの収束について
3. 学会等名 楕円型・放物型微分方程式研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井 克幸
2. 発表標題 平均曲率流に対する閾値型近似問題について
3. 学会等名 応用 数学勉強会 2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井 克幸
2. 発表標題 空間曲線に対する曲率流の近似問題について
3. 学会等名 第 8 回北海道・東北コンソーシアムセミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内藤 雄基
2. 発表標題 Asymptotic behavior of global solutions for semilinear heat equations with slowly decaying initial data
3. 学会等名 RIMS共同研究(公開型) 「保存則をもつ偏微分方程式の解の正則性, 特異性および漸近挙動の研究」(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 内藤 雄基
2. 発表標題 非線形熱方程式の不完全爆発解の存在について
3. 学会等名 九州関数方程式セミナー(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Naito
2. 発表標題 An ODE approach to backward self-similar solutions for semilinear heat equations
3. 学会等名 NTHU Department of Mathematics Visiting Scholar Colloquium(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Naito
2. 発表標題 Positive singular solutions for semilinear elliptic equations with supercritical nonlinearity
3. 学会等名 The 12Th AIMS conference(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Naito
2. 発表標題 Incomplete blow-up solutions for semilinear heat equations with supercritical nonlinearity
3. 学会等名 The 12Th AIMS conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮本 安人、内藤 雄基
2. 発表標題 Singular sextremal solutions for supercritical elliptic equations in a ball
3. 学会等名 日本数学会秋期総合分科会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 内藤 雄基
2. 発表標題 Incomplete blow-up of solutions for semilinear heat equations with supercritical nonlinearity
3. 学会等名 名古屋微分方程式セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 内藤 雄基
2. 発表標題 Existence and uniqueness of singular solutions for supercritical semilinear elliptic equations
3. 学会等名 RIMS 共同研究 (グループ型) 「常微分方程式の手法による非線形問題の探究」 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高坂 良史
2. 発表標題 体積保存型幾何学発展方程式の解の挙動について
3. 学会等名 東京工業大学談話会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高坂 良史
2. 発表標題 On the dynamics for the volume-preserving geometric flows
3. 学会等名 The 11th MSJ-SI: The Role of Metrics in the Theory of Partial Differential Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高坂 良史
2. 発表標題 Stability of axisymmetric CMC surfaces as the steady states for the surface diffusion equation
3. 学会等名 The 7th International Conference on Mathematical Modeling in Physical Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高坂 良史
2. 発表標題 On traveling waves for area-preserving geometric flows
3. 学会等名 第 16 回浜松偏微分方程式研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 Characterization of the dissipative structure for the symmetric hyperbolic system with non-symmetric relaxation
3. 学会等名 Ito Workshop on Partial Differential Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 好寛
2. 発表標題 Stability analysis for a general system of linear differential equations with discrete delays
3. 学会等名 日本数学会 2018 年度秋季総合分科会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 好寛
2. 発表標題 Dissipative structures for thermoelastic plate equations with Cattaneo's law
3. 学会等名 日本数学会 2018 年度秋季総合分科会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 好寛
2. 発表標題 Optimal decay estimates of a regularity-loss type system with constraint
3. 学会等名 日本数学会 2018 年度秋季総合分科会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 好寛
2. 発表標題 New structural condition on decay property for symmetric hyperbolic system with relaxation
3. 学会等名 日本数学会 2018 年度秋季総合分科会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 好寛
2. 発表標題 New stability criterion for the dissipative linear system
3. 学会等名 日本数学会 2018 年度秋季総合分科会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 好寛
2. 発表標題 時間遅れを考慮した微分方程式系の安定性解析
3. 学会等名 2018 軽井沢グラフと解析研究集会 II (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 好寛
2. 発表標題 Stability criterion for a system of delay-differential equations
3. 学会等名 常微分方程式の定性的理論および数理モデル研究への応用 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 Analysis of the dissipative structure for the symmetric hyperbolic system with non-symmetric relaxation
3. 学会等名 Waseda Workshop on Partial Differential Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 Characterization of the dissipative structure for the symmetric hyperbolic system with non-symmetric relaxation
3. 学会等名 微分方程式の総合的研究 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 好寛
2. 発表標題 消散構造を持つ微分方程式系の安定性解析
3. 学会等名 若手による流体力学の基礎方程式研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 Characterization of the decay structure for a dissipative linear system
3. 学会等名 Himeji Conference on Partial Differential Equations (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井 克幸
2. 発表標題 空間曲線に対する曲率流の近似問題について
3. 学会等名 第 7 回北海道・東北コンソーシアムセミナー
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石井 克幸
2. 発表標題 空間曲線に対する曲率流の近似問題について
3. 学会等名 第 8 回北海道・東北コンソーシアムセミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Naito
2. 発表標題 Singular sextremal solutions for supercritical elliptic equations in a ball
3. 学会等名 Equadiff2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 内藤 雄基
2. 発表標題 Asymptotic behavior of global solutions for semilinear heat equations with slowly decaying initial data
3. 学会等名 愛媛大学における微分方程式セミナー
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuki Naito
2. 発表標題 Asymptotically self-similar behavior of global solutions to semilinear heat equations
3. 学会等名 非線形偏微分方程式の定性的理論 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuki Naito
2. 発表標題 Asymptotically self-similar behavior of global solutions to semilinear heat equations
3. 学会等名 Nonlinear Analysis, PDEs, and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 内藤雄基
2. 発表標題 ingular extremal solutions for supercritical elliptic equations in a ball
3. 学会等名 HMAセミナー・冬の研究会 2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 内藤雄基
2. 発表標題 A shooting approach to backward self-similar solutions for semilinear heat equations
3. 学会等名 RIMS共同研究 (グループ型) 「非線形問題への常微分方程式の手法によるアプローチ」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 内藤雄基
2. 発表標題 Asymptotic behavior of global solutions for semilinear heat equations with slowly decaying initial data
3. 学会等名 日本数学会2018年度年会 関数方程式分科会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihito Kohsaka
2. 発表標題 Stability and bifurcation diagram of the steady states for the surface diffusion equation
3. 学会等名 Viscosity solution approach to asymptotic problems in front propagation, dynamical system and related topics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高坂良史
2. 発表標題 体積保存性型幾何学的発展方程式の解の挙動について
3. 学会等名 明治非線型数理セミナー—one day workshop (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 Classification of the dissipative structure for the hyperbolic system with relaxation
3. 学会等名 Ito Workshop on Partial Differential Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 Recent progress of the dissipative structure for hyperbolic balance laws
3. 学会等名 2017 NCTS PDE Workshop on Fluid Dynamics and Related Problems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 New stability criterion for the Regularity-loss structure of the dissipative linear system
3. 学会等名 XVI Workshop on Partial Differential Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 New stability criterion for the dissipative linear system in whole space
3. 学会等名 Workshop on Hyperbolic and Parabolic Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 New stability criterion for the general linear system with regularity-loss structure
3. 学会等名 2017 Taiwan-Japan Workshop on Dispersion, Navier Stokes, Kinetic, and Inverse Problems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihiro Ueda
2. 発表標題 Recent progress in the stability analysis for the hyperbolic system with relaxation
3. 学会等名 第35回九州における偏微分方程式研究集会（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018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
研究分担者	高坂 良史 (Kohsaka Yoshihito) (00360967)	神戸大学・海事科学研究科・准教授 (14501)	
研究分担者	内藤 雄基 (Naito Yuki) (10231458)	愛媛大学・理工学研究科（理学系）・教授 (16301)	
研究分担者	上田 好寛 (Ueda Yoshihiro) (50534856)	神戸大学・海事科学研究科・准教授 (14501)	

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