

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2014～2018

課題番号：26220702

研究課題名（和文）特異構造が支配する非線形現象の高度形態変動解析

研究課題名（英文）Advanced Analysis on Evolving Patterns in Nonlinear Phenomena Driven by Singular Structure

研究代表者

儀我 美一（GIGA, Yoshikazu）

東京大学・大学院数理科学研究科・教授

研究者番号：70144110

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 119,800,000円

研究成果の概要（和文）：結晶成長のような形態や形状の変動現象を記述する非線形拡散型方程式を中心に、時間発展型偏微分方程式に対して、さまざまな数学的手法を融合し、解の存在・一意性問題を示し、解の挙動を解明しました。特に、特異構造を持つ方程式や、特異点を許す形状を許容するような新たな解概念を確立し、実際の現象を記述するのに便利な数学解析の基礎を構築しました。これらの基盤的成果により、例えば今まで計算することが難しかった結晶表面の衝突する渦巻の計算を可能にしました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

偏微分方程式は、諸現象記述に便利ですが、現象に忠実であろうとすると、入力を倍にしても出力が倍にならない非線形であることが多くなります。本研究で扱う問題は主に時間発展型の方程式で、非平衡現象に対応しております。さらに、非局所的効果を持つものです。このような問題は従来の解析では扱えませんでした。本研究の成果は、分数階微分方程式、クリスタリン平均曲率流方程式、ナビエ・ストークス方程式を中心に、粘性解の理論や実解析の理論を発展させ、非線形解析学を発展させました。

また、結晶表面の成長メカニズムの一つである渦巻成長について、その新しい数値計算法を与え、結晶成長学の基礎の見直しにつながりました。

研究成果の概要（英文）：We prove the existence and the uniqueness of a solution and clarify its behavior for evolution equations mainly nonlinear diffusion equations describing evolution of patterns and shapes like crystal growth phenomena. We introduce new notions of a solution which allows shape with singularities for equations having singular structure. We thus establish foundation of mathematical analysis which easily describes real phenomena. Based on these fundamental results, we are able to numerically calculate phenomena which had been difficult to calculate, for example, phenomena of colliding spirals on surfaces of crystals.

研究分野：非線形解析学 非線形拡散型偏微分方程式の数学解析

キーワード：非線形非局所的拡散 粘性解 バリフォールド 薄膜極限

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

形状の変動を数学的に解明するには、いわゆる「特異構造」がどのようにして形成されていくかを把握することが重要な鍵になります。特異構造の例として、ちぎれる液滴や、結晶表面に現れる衝突する渦、また結晶の強い異方性を反映したファセットと呼ばれる平らな面などが挙げられます。

特異構造を含む場合、接線や曲率を古典的な意味で定義できないことが多いので、偏微分方程式の古典解だけを用いるのでは不十分です。解概念の拡張が必要になります。

2. 研究の目的

本研究では、特異構造が支配する非線形性の強い拡散型方程式に対して、微分可能とは限らない解「弱解」の概念を導入し、問題の数学的適切性や、解の特性を調べ、形態の変動を解析します。方程式自体に特異点があるような特異拡散方程式、例えばクリスタライン平均曲率流方程式を研究対象とします。諸モデル間の関係を明らかにするとともに、結晶成長分野、流体力学分野等への応用を目指します。このために、最先端の粘性解析、変分解析、関数解析、漸近解析、実解析をさらに深化させます。

3. 研究の方法

個人研究と、国内外共同研究者との共同研究を主体とします。国際ワークショップ、学際的国際会議およびチュートリアルセミナーを開催し、研究者ネットワークを強化して行いました。

国際会議開催例：

- (i) Summer School on Multiscale and Geometric Analysis (平成 27 年度)
- (ii) Mathematics for Nonlinear Phenomena: Analysis and Computation (平成 27 年度)
- (iii) Mathematical Aspects of Surface and Interface Dynamics , , 12, 14, 16 (平成 26 年度、27 年度、28 年度、29 年度、30 年度)
- (iv) Emerging Developments in Interfaces and Free Boundaries (平成 28 年度)
- (v) Geophysical Fluid Dynamics (平成 29 年度)
- (vi) Advanced Developments for Surface and Interface Dynamics - Analysis and Computation (平成 30 年度)
- (vii) The Role of Metrics in the Theory of Partial Differential Equations (平成 30 年度)

(i), (ii), (vii) は分担者と協力して北海道大学にて開催しました。また (iii) は東京大学で結晶成長学者らと毎年開催しました。また (iv), (v) はドイツのオーバーヴォルフアハにある数学研究所 MFO に申請して採択された研究集会で、(vi) はカナダのバンフにある研究所 BIRS に申請して採択された研究集会です。(vii) は日本数学会に申請して採択された国際研究集会です。

これらの国際会議を通じてさまざまな課題を研究してきました。特に薄膜問題に焦点を当て、分担者との議論のもと、研究協力者と動く薄膜上での拡散方程式についての薄さゼロの特異極限について研究しました。

4. 研究成果

典型的な成果は次のとおりです。拡散現象のような消散現象を記述する方程式はさまざまですが、本研究では特に、非局所的拡散に焦点を当てました。異常拡散ともいわれています。このような方程式の例として、汚染物質の地中への拡散を記述する分数階時間微分を持つ拡散方程式や、ファセットと呼ばれる平らな面を持つ結晶成長を記述するクリスタライン平均曲率流方程式があります。これらについて、解の存在、一意性といった基礎理論を、適切な解概念を導入することにより確立しました。また、粘性という消散効果がある流体力学の基礎方程式であるナビエ・ストークス方程式に対して、その線形化部分の平滑化効果に対して新しい知見を得ました。また、形態形成の問題で重要となる解の時間無限大での挙動という問題では、ハミルトン・ヤコビ方程式のような拡散効果がない方程式についての解の挙動は拡散型方程式よりしばしば難しいのですが、そのような方程式についても解の挙動を解明しました。これは結晶表面の成長メカニズムの説明にも役立っております。解析学ではいつも極限問題が重要ですが、薄膜上の方程式の解が厚さをゼロにした時の極限を求めるといった特異極限の問題に対しても成果をあげています。

5 つのテーマに分けてより詳しく述べます。

(1) **非線形非局所的拡散に特徴的な構造の解析**：時間発展現象を記述する偏微分方程式の中で、その解の時間変化率が局所的な量ではなく全体の場によって決まる非局所的効果があるものが、近年注目を集めています。結晶成長現象を記述する強い異方性を持った曲率流方程式、特にその定常形が凸多角形や凸多面体になるクリスタライン平均曲率流方程式が典型例です。また、地中の汚染水の拡散現象を表す分数階時間微分方程式や、流体力学のナビエ・ストークス方程式もその例です。駆動力付クリスタライン平均曲率流方程式は、結晶成長形を記述する方程式として重要ですが、駆動力が空間的に非一様な場合の解の形状は、曲線の運動の場合もよくわかっていませんでした。それに対して、平らな面(ファセット)が分裂する様子がわかる形状変化を提唱し、それが抽象論で見つけられている一意解に他ならないことを示しました。また分数階時間微

分方程式について新たに粘性解的考察を行うことにより、連続な一意解の構築もできるようになりました。これは1階線形方程式の場合でも新しい結果です。分数階時間微分方程式については、拡散型のほか、波動型も重要です。これについては変分法的解析により、一意存在定理のような基盤的な理論を整備しました。さらにナビエ・ストークス方程式の線形化部分に対応する解作用素であるストークス半群について、 L^p ヘルムホルツ分解できない領域について有界関数の空間での解析性を示しました。この論文は Editor's choice として表彰されました。さらに L^p での解析性も示し、従来の定説を覆しました。

(2) **特異構造を許す概念の定式化**：クリスタライン平均曲率流方程式は特異性が強く、その解の形状の時間変化は非局所的な量で決まります。特異2階曲率流方程式の典型例です。曲面の場合は、適切な解概念を構築することが大きな問題で、曲線の場合の研究代表者らの結果以来15年以上未解決問題でした。これに対して、関数解析の極大単調作用素論を粘性解析に取り入れることにより、曲面のクリスタライン平均曲率流方程式に対して等高面法を確立しました。これにより、どんな曲面から出発してもクリスタライン平均曲率流方程式によって動く広義解が時間大域的に一意的に構成できるようになりました。この研究はのちに曲面だけではなく一般の高次元の超曲面の場合に拡張されました。そこでは集合をよりクリスタライン曲率を測りやすい集合で近似することが鍵となっています。一方、平均曲率流方程式に対しては、相が多くある場合について、特異点を許す変分解析的に得られるバリフォールド解を構成しました。多相問題について一般的な結果として最初のものです。

(3) **形態の安定性と漸近挙動の解析**：平らな結晶表面の成長機構の一つである2次元核生成の数値モデルは、駆動力付の等高面曲率流方程式に核生成による外力項がつけられた方程式と解釈できます。水平方向への伝播と垂直方向に一定の量の結晶の種が供給されるという法則ですが、このときの結晶表面の成長速度は、方程式の解の漸近速度と捉えられます。この成長速度はハミルトン・ヤコビ方程式の場合と大きく異なることを示しました。これまで注目されてこなかった新しい現象の発見です。ハミルトン・ヤコビ方程式については、その長時間挙動を考える場合、いわゆる加法的固有値問題あるいはセル問題の解を求めることにより、解の漸近的速度とその形状が決まります。このセル問題の解は一意ではありませんが、エルゴード問題を考えることにより解の存在が示せます。しかし、エルゴード問題の極限を取る場合、その解の収束は従来は部分列収束に留まっていた。極限問題の解の一意性がない場合は、部分列を取らずに収束するかどうかは、この研究計画を開始する時点では不明でしたが、それが力学系の理論を通していえるようになってきました。そこで周期境界条件の場合にわかっていた結果をノイマン境界条件の場合に拡張しました。それによりノイマン境界条件の場合にも部分列を取らずに収束することがわかりました。実質的な境界条件のある場合の最初の結果でした。

(4) **モデル相互の関係と近似法との確立**：クリスタライン平均曲率流方程式の解の一意存在問題は項で述べましたが、その解は実は滑らかな異方的平均曲率流の解で近似できることを示しました。この近似法により解が構成されています。物理的には極めて自然な結果ですが、これを数学的に厳密に示すことは自明ではありませんでした。次に、薄膜で例えば熱方程式を考えます。細胞膜のようなところで熱拡散が起こっているような状況を考えてわかりやすいです。表面では熱流の出入りはないとします。このとき曲面の厚さをゼロにしたら、元の問題の解は何に収束するのでしょうか。そもそも収束するのでしょうか。これについて、収束極限を特徴づける方程式を導出しました。もちろん膜が動かないときはよく知られていましたが、動くときは自明ではありません。これについて形式的にですが、極限方程式を導きました。熱方程式の導出のエネルギー原理と薄膜極限を取るという操作が可換であることを示しました。なお、熱方程式の場合は、研究協力者により厳密な導出もなされています。薄膜の厚さをゼロにしたときに方程式の解がどうなるかという問題は、特異極限の問題として典型的です。ラプラス作用素の固有値がどうなるかといった問題も、境界条件によっては易しくありません。これについても成果をあげています。ただ、固有値ではなく解がどう収束するかという問題のほうが、より難しい問題であります。

(5) **科学技術諸分野への応用と新たな問題探索**：結晶成長の一つのメカニズムである渦巻成長の成長速度について、結晶成長学における定説を改める必要があることを、変形等高面法の数値計算により示しました。従来の計算法では、複数の渦巻が共存し、衝突する場合の扱いは困難でしたが、この変形等高面法により容易になりました。その結果、従来の基礎理論の見直しが必要であることを明らかにしました。一方、常微分方程式の理論を応用する形で、ショウジョウバエの角膜の微細な形状がどうしてできるかを解明しました。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計54件（うち査読付論文 54件 / うち国際共著 43件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 T.-H. Miura, Y. Giga and C. Liu	4. 巻 27
2. 論文標題 An energetic variational approach for nonlinear diffusion equations in moving thin domains	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Adv. Math. Sci. Appl.	6. 最初と最後の頁 115-141
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 M. Bolkart, Y. Giga, T.-H. Miura, T. Suzuki and Y. Tsutsui	4. 巻 290
2. 論文標題 On analyticity of the L^p -Stokes semigroup for some non-Helmholtz domains	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Math. Nachr.	6. 最初と最後の頁 2524-2546
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mana.201600016	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 Y. Giga and T. Namba	4. 巻 42
2. 論文標題 Well-posedness of Hamilton-Jacobi equations with Caputo's time-fractional derivative	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Comm. in Partial Differential Equations	6. 最初と最後の頁 1088-1120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03605302.2017.1324880	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 L. Kim and Y. Tonegawa	4. 巻 67
2. 論文標題 On the mean curvature flow of grain boundaries	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Annales de l'Institut Fourier (Grenoble)	6. 最初と最後の頁 43-142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5802/aif.3077	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 Y. Kian and M. Yamamoto	4. 巻 20
2. 論文標題 On existence and uniqueness of solutions for semilinear fractional wave equations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Fract. Calc. Appl. Anal.	6. 最初と最後の頁 117-138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/fca-2017-0006	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 Y. Giga, H. Mitake and H. V. Tran	4. 巻 48
2. 論文標題 On asymptotic speed of solutions to level-set mean curvature flow equations with driving and source terms	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 SIAM J. Math. Anal.	6. 最初と最後の頁 3515-3546
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1137/15M1052755	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 Y. Giga and N. Pozar	4. 巻 21
2. 論文標題 A level set crystalline mean curvature flow of surfaces	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Adv. Differential Equations	6. 最初と最後の頁 631-698
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 E. S. Al-Aidarous, E. O. Alzahrani, H. Ishii and A. M. M. Younas	4. 巻 146
2. 論文標題 A convergence result for the ergodic problem for Hamilton-Jacobi equations with Neumann-type boundary conditions	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. Roy. Soc. Edinburgh Sect. A	6. 最初と最後の頁 225-242
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S0308210515000517	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. Jimbo and K. Kurata	4. 巻 65
2. 論文標題 Asymptotic behavior of eigenvalues of the Laplacian on a thin domain under the mixed boundary condition	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Indiana. Univ. Math. J.	6. 最初と最後の頁 867-898
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1512/iumj.2016.65.5831	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 R. Minami, C. Sato, Y. Yamahama, H. Kubo, T. Hariyama and K. I. Kimura	4. 巻 33
2. 論文標題 An RNAi screen for genes involved in nanoscale protrusion formation on corneal lens in <i>Drosophila melanogaster</i>	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Zoological Science	6. 最初と最後の頁 583-591
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2108/zs160105	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. Abe, Y. Giga, K. Schade and T. Suzuki	4. 巻 104
2. 論文標題 On the Stokes semigroup in some non-Helmholtz domains	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Arch. Math. (Basel)	6. 最初と最後の頁 177-187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00013-015-0729-6	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 Y. Giga and N. Pozar	4. 巻 71
2. 論文標題 Approximation of General Facets by Regular Facets with Respect to Anisotropic Total Variation Energies and Its Application to Crystalline Mean Curvature Flow	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Communications on Pure and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 1461-1491
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cpa.21752	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 T. Ohtsuka, Y.-H. R. Tsai and Y. Giga	4. 巻 18
2. 論文標題 Growth Rate of Crystal Surfaces with Several Dislocation Centers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 1917-1929
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.7b00833	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 Y. Giga, P. Gorka and P. Rybka	4. 巻 125
2. 論文標題 Bent rectangles as viscosity solutions over a circle	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Nonlinear Analysis	6. 最初と最後の頁 518-549
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.na.2015.05.033	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

[学会発表] 計66件 (うち招待講演 66件 / うち国際学会 52件)

1. 発表者名 Y. Giga
2. 発表標題 Analyticity of semigroups in end point spaces
3. 学会等名 Operator semigroups in Analysis: modern developments (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Giga
2. 発表標題 Approximation by Cahn-Hoffman facets and the crystalline mean curvature flow
3. 学会等名 Analysis seminar (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Giga
2. 発表標題 On L^∞ theory for the Navier-Stokes equations and its applications to regularity criteria via vorticity direction
3. 学会等名 Incompressible Navier-Stokes Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 儀我美一
2. 発表標題 有界平均振動関数空間における熱半群、ストークス半群の解析性
3. 学会等名 第660回応用解析研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Giga
2. 発表標題 On L^∞ theory for the Navier-Stokes equations with applications to geometric regularity criteria
3. 学会等名 The 25th Annual Workshop on Differential Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Giga
2. 発表標題 On L^∞ and BMO theory of the Stokes semigroup and related topics
3. 学会等名 Towards Regularity (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Giga
2. 発表標題 On growth speed of a birth-spread model for two-dimensional nucleation on a crystal surface
3. 学会等名 Hamilton-Jacobi Equations: new trends and applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Ishii
2. 発表標題 The vanishing discount problem and generalized Mather measures
3. 学会等名 HJ2016: Hamilton-Jacobi Equations: new trends and applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Tonegawa
2. 発表標題 Existence and regularity of Brakke's mean curvature flow
3. 学会等名 Nonlinear and geometric partial differential equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 M. Yamamoto
2. 発表標題 Inverse problems related to free boundaries
3. 学会等名 Emerging Developments in Interfaces and Free Boundaries (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Jimbo
2. 発表標題 Y-shaped graph and time entire solutions of a semilinear parabolic equation
3. 学会等名 Geometry of solutions of PDE's and its related inverse problem (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Kubo
2. 発表標題 Overview of pattern-filtering model
3. 学会等名 Towards Mathematical Model for Self- organization with Constraints (拘束条件付き自己組織化の数理モデルの探求) (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Giga
2. 発表標題 On large time behavior of solutions to a level set eikonal mean curvature flow equation with source terms for nucleation
3. 学会等名 The Hamilton-Jacobi Equation: At the crossroads of PDE, dynamical systems & geometry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Y. Giga,
2. 発表標題 On convergence of approximation for the Navier-Stokes equations with anisotropic viscosity by the primitive equations in L_p
3. 学会等名 Research Institute for Mathematical Sciences (Ja (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 儀我 美一
2. 発表標題 全变動流型方程式
3. 学会等名 日本数学会2019年度年会 実函数論分科会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Giga
2. 発表標題 On large time behavior of solutions to birth and spread type equations
3. 学会等名 Surface, Bulk, and Geometric Partial Differential Equations: Interfacial, stochastic, non-local and discrete structures (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Giga
2. 発表標題 On large time behavior of growth by birth and spread
3. 学会等名 International Congress of Mathematicians 2018 (ICM 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Giga
2. 発表標題 On large time behavior of growth by birth and spread
3. 学会等名 Advanced Developments for Surface and Interface Dynamics - Analysis and Computation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Giga
2. 発表標題 Geometric regularity criteria for the Navier-Stokes equations as an application of L^∞ -theory
3. 学会等名 Workshop on Mathematical Fluid Dynamics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Ishii
2. 発表標題 A convergence result for viscous Hamilton-Jacobi equations with Neumann BC
3. 学会等名 Hamilton-Jacobi equations: at the crossroads of PDE (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Y. Tonegawa
2. 発表標題 Existence of Brakke's mean curvature flow starting from general codimension one sets
3. 学会等名 Topics in Geometric Analysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 H. Kubo
2. 発表標題 Overview for mechanism of pattern formation
3. 学会等名 RIMS共同研究「Toward a New Paradigm for Self-Organization」(招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Y. Giga and A. Novotny; eds	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer, Cham	5. 総ページ数 xxviii+3045
3. 書名 Handbook of mathematical analysis in mechanics of viscous fluids I, II, III	

1. 著者名 Y. Maekawa and S. Jimbo eds	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Springer, Cham	5. 総ページ数 xxxvii+303
3. 書名 Mathematics for Nonlinear Phenomena - Analysis and Computation	

1. 著者名 H. Amann, Y. Giga, H. Kozono, H. Okamoto and M. Yamazaki eds	4. 発行年 2016年
2. 出版社 Birkhauser Basel	5. 総ページ数 ix+482
3. 書名 Recent Developments of Mathematical Fluid Mechanics	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>雑誌掲載</p> <p>「科研費NEWS」2015年度VOL.4, 文部科学省・日本学術振興会, 7ページ</p> <p>「開発こうほう」2016年6月号 (635巻), (一財)北海道開発協会, 28ページ</p> <p>アウトリーチ活動</p> <p>儀我 美一・大田 佳宏 対談, AIと現代数学, 日経サイエンス2019年5月号, 日本経済新聞出版, 1-2ページ</p> <p>河野 裕昭・富永 星, 輝数遇数 - 数学教室訪問 / 儀我美一 (東京大学大学院数理科学研究科), 現代数学2019年5月号, 現代数学社, 4-7ページ</p> <p>ホームページ</p> <p>https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/~labgiga/</p>
--

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	石井 仁司 (ISHII Hitoshi) (70102887)	津田塾大学・数学・計算機科学研究所・研究員 (32642)	
研究分担者	利根川 吉廣 (TONEGAWA Yoshihiro) (80296748)	東京工業大学・理学院・教授 (12608)	
研究分担者	山本 昌宏 (YAMAMOTO Masahiro) (50182647)	東京大学・大学院数理科学研究科・教授 (12601)	
研究分担者	神保 秀一 (JIMBO Shuichi) (80201565)	北海道大学・理学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	久保 英夫 (KUBO Hideo) (50283346)	北海道大学・理学研究院・教授 (10101)	
研究協力者	三浦 達彦 (MIURA Tatsu-Hiko)		