

令和 5 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03580

研究課題名(和文) 制御問題，力学系，界面運動に現れる漸近問題への粘性解的手法の研究

研究課題名(英文) Research on the asymptotic problem appearing in dynamical systems and surface evolution equations by the method of viscosity solutions

研究代表者

三竹 大寿 (Mitake, Hiroyoshi)

東京大学・大学院数理科学研究科・准教授

研究者番号：90631979

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)：補助事業期間(令和1年度～令和4年度)では、5つのテーマ(テーマ1)：ハミルトン・ヤコビ・ベルマン方程式の漸近解析(長時間挙動，均質化問題，定常問題の解構造)，(テーマ2)：結晶成長をモデルとした方程式に関する漸近解析(漸近速度，長時間挙動)，(テーマ3)：1階平均場ゲーム理論における割引問題の弱解の存在と割引消去問題の解析，(テーマ4)：時間分数冪非線形方程式の解析(離散スキームの導入，粘性解と超関数解の同値性)，(テーマ5)：外力付き平均曲率流方程式の解析(Dirichlet問題の解の勾配発散と長時間挙動，Neumann問題のリプシッツ評価)について，重要な結果を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

補助事業期間中に，制御問題，力学系に現れるハミルトン・ヤコビ・ベルマン方程式，平均場ゲーム連立系，界面運動に現れる結晶成長をモデルとした生成伝播モデル方程式，外力付き平均曲率流方程式，土壌中の汚染物質の拡散や，不均質な媒体での拡散現象を記述する時間分数冪非線形方程式に対して計画していた研究を進展することができた。これらの研究において，従来の研究では不十分であった粘性解的手法の開発に成功した。これらは，偏微分方程式論における粘性解理論，弱KAM理論において重要な学術的意義，社会的意義を持つと期待できる。

研究成果の概要(英文)：During the project period, I focused on problems related to various properties of viscosity solutions of Hamilton-Jacobi-Bellman (HJB) equations appearing in the context of classical mechanics and crystal growth. In particular, I have worked on the following topics: (a) Asymptotic analysis on HJB equations (the large time behavior, homogenization, uniqueness structure of static problems), (b) Analysis on the birth-and-spread model equation appearing in the crystal growth, (c) Analysis on the first-order mean field game (well-posedness for the discount problem, the vanishing discount problem), (d) Study on the time-fractional nonlinear parabolic equation, (e) Study on the forced mean curvature flow equation (the gradient grow-up, large-time behavior for Dirichlet problem, time global Lipschitz estimate on Neumann problem). I got several new and important results and published 12 (peer-reviewed) papers.

研究分野：偏微分方程式論

キーワード：ハミルトン・ヤコビ・ベルマン方程式 生成伝播モデル方程式 平均場ゲーム理論 時間分数冪非線形方程式 外力付き平均曲率流方程式

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

研究開始当初、私が研究対象として扱ってきたものは非線形偏微分方程式であり、特に Hamilton-Jacobi-Bellman (HJB) 方程式に重点を置いてきた。HJB 方程式は完全非線形偏微分方程式に分類されるもので、非線形性が強く、古典的な意味での滑らかな解に限定すると初期値問題や境界値問題の可解性は一般には成立しない。この困難を解決するために、M. G. Crandall と P.-L. Lions は一般化された解（以下、弱解とよぶ）としての粘性解を導入した。粘性解が導入された当初からその汎用性が注目され、粘性解の意味での解の適切性をより広いクラスの方程式に対して保証しようとする研究が1980年代から2000年代にかけて盛んに行われ、今日の粘性解理論の基礎が出来上がった。解の比較原理はその中核を占め、その応用として捉えることのできる漸近解析は十分な発展を遂げた。一方で、定常 Hamilton-Jacobi (HJ) 方程式の粘性解の構造は複雑で、一意性は成り立たない。この事実から、多くの数学的課題を生み出してきた。A. Fathi は力学系における Aubry-Mather 理論と粘性解理論との関係を整理することで、定常 HJ 方程式に対する理解を飛躍的に進展させた。これらの成果は、Kolmogorov, Arnold, Moser らによる理論を背景に、粘性解という弱解と力学系をつないだ理論ということで、弱 KAM 理論と命名された。研究代表者は、2014-2016 年にかけて、この弱 KAM 理論を偏微分方程式論の立場から発展させてきた。特に、最適確率制御問題に現れる退化粘性 HJ 方程式と呼ばれるクラスの方程式に適用できるよう、弱 KAM 理論の一般化に取り組んできた。従来の弱 KAM 理論は決定論的な力学系しか扱えないため、新しい道具立てを必要とした。この点を偏微分方程式論から見直すことで決定論及び確率論を統一する一つの新しい枠組みを作ること成功した。その応用として、定常粘性 HJ 方程式を極限として持つ、幾つかの漸近解析（長時間挙動、ディスカウント近似）の収束とその特徴づけについて解決した。この長時間挙動の研究では、時間が十分に経った時に定常問題の解に収束することについて解明したが、その解がどのように初期値に依存しているかについては解明されていないので、本研究課題の一つとして掲げた。

次に、2015-2017 年頃に、結晶成長を表現することを動機に生成伝播型偏微分方程式を導出し解析を始めた。この生成伝播型方程式の解の振る舞いは、水平方向への伝播と垂直方向への生成を促す外力の影響で、複雑な非線形現象を見せる。この方程式は退化放物型方程式に分類され、特にその長時間挙動に関する研究はほとんどない。2016 年に掲載した論文 (SIAM J. Math. Anal. 48 (2016)) では、結晶成長面が水平方向には外力付き平均曲率流に従って動き、垂直方向には不連続な外力を持つ場合について考え、解の漸近的速度の存在とその定性的性質について解析した。より広い範疇の生成伝播型方程式に対してその解の漸近的速度の存在や、2016 年の論文の設定において解の長時間挙動（形式的漸近展開の第 2 項目の正当化）については未解決であり、本研究課題の一つとして掲げた。

さらに、平均場ゲーム理論に現れる 1 階の HJ 方程式と Fokker-Planck 方程式の連立系に現れる割引消去問題、非整数階時間微分を持つ非線形偏微分方程式の離散スキームの収束、外力付き平均曲率流方程式の Dirichlet 問題、Neumann 問題の解の長時間挙動に関する研究課題を掲げた。これらは新しく始める研究課題であり、問題の設定から考える必要があった。

## 2. 研究の目的

補助事業期間（令和 1 年度～令和 4 年度）では、5 つのテーマ、(テーマ 1) HJB 方程式の漸近解析（長時間挙動、均質化問題、定常問題の解構造）、(テーマ 2) 結晶成長をモデルとした方程式に関する漸近解析（漸近速度、長時間挙動）、(テーマ 3) 1 階平均場ゲーム理論における割引問題の弱解の存在と割引消去問題の解析、(テーマ 4) 時間分数非線形方程式の解析（離散スキームの導入、粘性解と超関数解の同値性）、(テーマ 5) 外力付き平均曲率流方程式の解析（Dirichlet 問題の解の勾配発散と長時間挙動、Neumann 問題のリプシッツ評価）について「研究開始当初の背景」で説明した未解決部分の解決、進展させることを目的とする。新規開拓する研究課題については、問題設定を適切に与えてその解決を目指す。

## 3. 研究の方法

「研究の目的」において記述したテーマを解決するための研究方法について説明を加える。テーマ 1 について、本研究以前の研究において、退化粘性項を含んだ HJB 方程式の解について弱 KAM 理論を偏微分方程式論の立場から解析を深め、対応する定常問題の一意性集合について解明した。この集合上で、長時間後に解がどのように初期値に依存するかについて、一般化された Mather 測度と双対原理を用いて解明する。HJ 方程式の均質化問題の解の収束率に関する研究では、最適制御を利用した解の表現公式と、その背景にあるハミルトン系の解の挙動を利用する。テーマ 2 について、生成伝播型偏微分方程式の解の長時間挙動を形式的漸近展開すると、ある定常問題に収束するように推察できる。ここで得られる定常問題の解は一意的でない。このような場合に、リアプノフ関数を利用した安定解析が一つの可能性として考えられるが、方程式の構造から、この方法は単純には適用できない。このため、単調性のある部分集合を見つけ、それが一意性集合であることを示すという方法が考えられる。この方法は、特別な場合の HJ 方程式の長

時間挙動の解析に有効であった。しかし、水平方向への伝播が平均曲率によって変化するような問題では、この方法は単純には適用できない。そのため、垂直方向の成長を促す外力に対して、幾何的な条件を付加することで、長時間後に定常問題のある解に収束することを示す。テーマ3については、Cardaliaguet-Graber が 2015 年に導入した弱解の枠組みで、同問題について取り組む。まずはコンパクト性が得られるためのアプリオリ評価を求めて、HJ 方程式に対する割引消去問題の知見を活かし、収束について示す。テーマ4については、Caputo 型時間分数冪偏微分方程式に対して導入された粘性解理論を用いて、特に粘性解のノルムに対する安定性を利用して収束を示す。最後に、テーマ5については、解の大域的リプシッツ正則性について考察することが重要である。Bernstein 法を利用して十分条件を与える。

#### 4. 研究成果

「研究目的」に記述した各テーマについて得られた結果を詳述する。

(テーマ1) ハミルトン・ヤコビ・ベルマン方程式の漸近解析(長時間挙動, 均質化問題, 定常問題の解構造)

最適確率制御問題に現れる退化粘性 HJ 方程式と呼ばれるクラスの方程式の粘性解の長時間挙動において、時間が十分に経った時に収束する定常解がどのように初期値に依存するかについて解明した。特に、研究開始当初から一貫して取り組んでいた偏微分方程式論から見直した弱 KAM 理論の一般化により、自然な Mather 測度, Aubry 集合や Mane 臨界ポテンシャルの拡張を与え、これらを利用して収束先の関数の表現定理を与えることに成功した。退化 2 階放物型方程式を取り扱うため一般に解の滑らかさが期待できない。また 2 階の場合、その近似や双対性に関する取り扱いは大変難しく、技術的に克服すべき点が多く現れた。ここでの技術の進展は、同課題の解決だけに留まらず、粘性解理論において重要な進展であると考えている。次に、1 階 HJ 方程式の均質化問題の粘性解の収束率では Capuzzo-Dolcetta, Ishii (2001) 以来、本質的な進展がなかった。実際、PDE 的手法だけではより良い収束率について得ることは難しかった。本研究では、Aubry-Mather 理論の観点から問題を見直すことで一部の場合に最適な収束率に関する結果を得ることができた。この結果は国際的に影響力があり、他の研究者にこの研究結果やその解析方法を利用され、この均質化問題の収束率については国際的に大きく進展した。次に、凝結・分裂モデル方程式は一般には積分方程式として知られる。ある臨界状態に当たる特別な場合に、Bernstein 変換を通じて HJ 方程式として記述される。本研究では、この変換された HJ 方程式に対して、対応する定常問題の全ての劣線形粘性解について解明した。さらに、そのことを利用して、解の長時間挙動について解析した。特異性のある HJ 方程式のため、通常には現れない長時間挙動の性質が発見できた。また定常 HJ 方程式に関する研究では、未知関数依存する HJ 方程式の粘性解の一意性構造について非線形随伴法を利用して解明することに成功した。

(テーマ2) 生成伝播型偏微分方程式に関する漸近解析(漸近速度, 長時間挙動)

広範囲の生成伝播型偏微分方程式に対して漸近速度の存在を示すことができる抽象的枠組みを解明した。さらに、具体的な生成伝播型偏微分方程式に対して、その漸近速度に関して数値解析を利用し解析的に期待される定性的性質について予想立てた。その一部について厳密に証明することに成功した。さらに、結晶成長面に見られるような、水平方向には外力付き平均曲率流に従って動き、垂直方向には非負値外力を持つ場合について、形式的漸近展開の第 2 項について解析した。外力について幾何的な条件を付加することで、一意性集合を解明し、その上で解が単調であることを示し、長時間後に定常問題のある解に収束することを証明した。より一般の外力項を考えた場合については未解決であり、今後の課題の一つである。

(テーマ3) 1 階平均場ゲーム理論における割引問題の弱解の存在と割引消去問題の解析

平均場ゲーム理論において、HJ 方程式が一階の連立系を考えると、半線形型である粘性 HJ 方程式に比べ完全非線形となり解析が難しい。そのため、未開拓領域が多い研究領域である。本研究では、変分法と Fenchel-Rockafellar 双対性を利用して解の存在について示し、対応する Sobolev 空間におけるコンパクト性について示した。このことで、割引問題の弱解の存在とその部分列での収束があるノルムに対して分かる。さらに、任意の収束部分列の極限が満たす条件を解明した。そしてこの条件を用いて、非自明な場合(つまり極限問題が多重的弱解を持っている場合)に、解の(全列での)収束を示した。これらの結果は、1 階平均場ゲームの割引消去問題の選択問題について国際的にも初めて取り組んだもので、今後の進展の起点となりうることを期待される。一般の 1 階平均場ゲーム連立系についての割引消去問題は未解決であり、今後の課題の一つである。

(テーマ4) 時間分数冪非線形方程式の解析(離散スキームの導入, 粘性解と超関数解の同値性)

Caputo 型時間分数冪微分方程式は、近年活発に研究されており、粘性解理論においても、その解の存在、一意性について確立された。本研究では、そのオペレーターから自然なレゾルベント型近似を与えて、その収束に関する結果を与えた。さらに、この近似を利用して Caputo 型時間分数冪熱方程式の粘性解と超関数解の同値性について証明することに成功した。

(テーマ5) 外力付き平均曲率流方程式の解析 (Dirichlet 問題の解の勾配発散と長時間挙動, Neumann 問題のリプシッツ評価)

外力付グラフ型平均曲率流方程式の一般化コーシー・ディリクレ問題は, 一般に, 古典的に境界条件を満たす解が存在しないことが知られる. そこで, 境界条件の意味を粘性解の意味で拡張して解釈して, 大域的解の挙動について解析した. 境界付近で解の正則性が悪くなるため注意が必要であった. その点を強比較原理を利用して克服した. 外力付等高面平均曲率流方程式のコーシー・ノイマン問題について, 解の大域的リプシッツ正則性を与えるための十分条件を, Bernstein 法に基づき与えた. さらにその条件が最適であることを非自明な例を構成して証明した.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Y. Giga, H. Mitake, T. Ohtsuka, H. V. Tran,	4. 巻 70
2. 論文標題 Existence of asymptotic speed of solutions to birth and spread type nonlinear partial differential equations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Indiana Univ. Math. J.	6. 最初と最後の頁 121, 156
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 H. Mitake, H. V. Tran, T. S. Van	4. 巻 19
2. 論文標題 Large time behavior for a Hamilton-Jacobi equation in a critical Coagulation-Fragmentation model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Commun. Math. Sci.	6. 最初と最後の頁 495, 512
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 H. Mitake, L. Zhang	4. 巻 2
2. 論文標題 Remarks on the generalized Cauchy-Dirichlet problem for graph mean curvature flow with driving force	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Partial Differ. Equ. Appl.	6. 最初と最後の頁 1,24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42985-020-00066-4	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 Y. Giga, H. Mitake, H. V. Tran	4. 巻 25
2. 論文標題 Remarks on large time behavior of level-set mean curvature flow equations with driving and source terms	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Discrete & Continuous Dynamical Systems - B	6. 最初と最後の頁 3983 ~ 3999
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcdsb.2019228	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 W. Jing, H. Mitake, H. V. Tran,	4. 巻 268
2. 論文標題 Generalized ergodic problems: Existence and uniqueness structures of solutions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Differential Equations	6. 最初と最後の頁 2886 ~ 2909
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jde.2019.09.046	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 Giga Yoshikazu, Liu Qing, Mitake Hiroyoshi	4. 巻 120
2. 論文標題 On a discrete scheme for time fractional fully nonlinear evolution equations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asymptotic Analysis	6. 最初と最後の頁 151 ~ 162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/ASY-191583	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 D. A. Gomes, H. Mitake, K. Terai,	4. 巻 15
2. 論文標題 The selection problem for some first-order stationary Mean-field games	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Networks & Heterogeneous Media	6. 最初と最後の頁 681 ~ 710
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/nhm.2020019	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 Mitake Hiroyoshi, Ninomiya Hirokazu, Todoroki Kenta	4. 巻 22
2. 論文標題 A level set approach for multi-layered interface systems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Interfaces and Free Boundaries	6. 最初と最後の頁 383 ~ 400
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4171/IFB/444	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. Mitake, H. V. Tran, Y. Yu	4. 巻 233
2. 論文標題 Rate of convergence in periodic homogenization of Hamilton-Jacobi equations: the convex setting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Arch. Ration. Mech. Anal.	6. 最初と最後の頁 901, 934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00205-019-01371-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 Y. Giga, H. Mitake, H. V. Tran	4. 巻 accepted
2. 論文標題 Remarks on large time behavior of level-set mean curvature flow equations with driving and source terms	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Discrete Contin. Dyn. Syst. Ser. B.	6. 最初と最後の頁 accepted
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcdsb.2019228	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 W. Jing, H. Mitake, H. V. Tran	4. 巻 268
2. 論文標題 Generalized ergodic problems: existence and uniqueness structures of solutions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Differential Equations	6. 最初と最後の頁 2886, 2909
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jde.2019.09.046	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, Q. Liu, H. Mitake	4. 巻 accepted
2. 論文標題 Discrete schemes for time-fractional fully nonlinear evolution equations and their convergence	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asymptot. Anal.	6. 最初と最後の頁 accepted
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/ASY-191583	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16件（うち招待講演 15件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 H. Mitake
2. 発表標題 On the equivalence of viscosity solutions and distributional solutions for the time-fractional diffusion equation
3. 学会等名 The Hong Kong University of Science and Technology, PDE seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Mitake
2. 発表標題 On weak solutions to first-order discount mean field games
3. 学会等名 OIST Analysis Seminar (online) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Mitake
2. 発表標題 時間分数冪拡散方程式に対する粘性解と超関数解の同値性
3. 学会等名 京都大学NLPDEセミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三竹大寿, 寺井健悟
2. 発表標題 On weak solutions to first-order discount mean field games
3. 学会等名 日本数学会年会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 H. Mitake
2. 発表標題 Large time behavior for a Hamilton-Jacobi equation in a critical Coagulation-Fragmentation model
3. 学会等名 2020 Seoul-Tokyo Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Mitake
2. 発表標題 退化粘性Hamilton--Jacobi方程式の長時間挙動
3. 学会等名 2020年度「微分方程式の総合的研究」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Mitake
2. 発表標題 凝結・分裂モデルに現れるハミルトン・ヤコビ方程式
3. 学会等名 第38回九州における偏微分方程式研究集会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三竹 大寿
2. 発表標題 粘性ハミルトン・ヤコビ方程式に対する弱KAM理論とその応用
3. 学会等名 第688回早稲田大学 応用解析研究会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三竹 大寿
2. 発表標題 退化粘性ハミルトン・ヤコビ方程式とその解の漸近形について
3. 学会等名 金沢解析セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三竹 大寿
2. 発表標題 On approximation of time-fractional fully nonlinear equations
3. 学会等名 Recent Progress in Nonlinear Partial Differential Equations（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三竹 大寿
2. 発表標題 The large-time profile for Hamilton--Jacobi--Bellman equations
3. 学会等名 New trends in Hamilton-Jacobi: PDE, Control, Dynamical Systems and Geometry（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三竹 大寿
2. 発表標題 On the generalized Dirichlet problem for graph mean curvature flow with driving force
3. 学会等名 RIMS共同研究(公開型)「非線形偏微分方程式における定性的理論」(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三竹 大寿
2. 発表標題 On birth and spread type nonlinear partial differential equations
3. 学会等名 Geometric and Analysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三竹 大寿
2. 発表標題 退化粘性ハミルトン・ヤコビ方程式の弱KAM理論
3. 学会等名 第7回ハミルトン系とその周辺 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三竹 大寿
2. 発表標題 退化粘性ハミルトン・ヤコビ方程式の解の長時間挙動
3. 学会等名 京都大学NLPDEセミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三竹 大寿
2. 発表標題 外力付き平均曲率流方程式の一般化ディリクレ問題について
3. 学会等名 九州関数方程式セミナー (招待講演)
4. 発表年 2020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1件

国際研究集会 界面運動，力学系に現れる漸近問題への粘性解的手法とその周辺	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			
米国	University of Wisconsin-Madison			
サウジアラビア	キング・アブドゥッラー科学技術大学			
中国	精華大学			