

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03946

研究課題名(和文)非標準的な不可逆過程を記述する発展方程式の研究

研究課題名(英文)Evolution equations describing non-standard irreversible processes

研究代表者

赤木 剛朗 (Akagi, Goro)

東北大学・理学研究科・教授

研究者番号：60360202

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,400,000円

研究成果の概要(和文)：拡散現象に代表される不可逆現象は、時間の一方方向性や老化現象、物体の破損など我々の生活と密接に関わる重要な現象の要因である。そのような不可逆現象の古典論は前世紀に確立したが、その後古典論の範疇から逸脱する重要な現象が数多く発見され、それらに対応すべく数理解析の研究が行われている。本研究課題では、様々な不可逆現象の記述に現れる新しい数理モデルに対応できる発展方程式論の新たな枠組みを構築した。特に破壊・損傷現象等に現れる強い不可逆性を伴うフェーズフィールド方程式、及び異常拡散等の記述に現れる分数冪ラプラス作用素を伴う非局所発展方程式に関しては基盤となる解析法が確立し、それぞれ系統的な研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

発展方程式論は吉田耕作による半群理論の誕生以来、我が国が世界をリードしてきた研究分野の1つである。本研究課題はそのような発展方程式の研究を不可逆過程という我々の生活と密接につながる現象の観点から発展させるものである。このことは古典論の枠組みを逸脱する重要な不可逆現象に対する数理解析を推進するばかりでなく、発展方程式論の研究に於いても理論を発展させる道標を与える。また、ここで得られた研究成果は破壊現象の理解にかかせない強い不可逆性(一方方向性)を数学的に扱うための基盤を確立する他、昨今、環境工学や生命科学をはじめ様々な分野で注目が集まっている異常拡散現象の記述に現れる非局所作用素の解析法を与える。

研究成果の概要(英文)：Irreversible phenomena represented by diffusion are major factors of important phenomena closely related to our life such as unidirectionality of time, aging of lives and fracture. Classical theories for irreversible phenomena have already been established in the last century. However, many important irreversible phenomena beyond the scope of the classical theories have been observed, and therefore, studies of mathematical analysis have been developed in order to analyze and understand those new phenomena. In this research project, we have developed a new framework on Evolution Equations for covering new mathematical models which describe various non-standard irreversible phenomena. In particular, principal methods of analysis have been established for phase-field equations with strong irreversibility arising from fracture and damage models as well as nonlocal evolution equations involving fractional Laplacians, and moreover, systematic research has been done for those equations.

研究分野：解析学

キーワード：函数方程式 非線形解析 不可逆過程 発展方程式 函数解析 偏微分方程式 変分法 無限次元力学系

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、研究者個人に帰属されます。

1. 研究開始当初の背景

拡散現象や相転移現象の分野では既に古典論が確立しており、偏微分方程式の研究に於いても、拡散方程式や Allen-Cahn 方程式などが盛んに研究されてきた。一方、古典論から逸脱する現象が知られており、様々な科学技術分野に於いて多くの興味を集めている。それに伴い、非標準的な不可逆過程を記述する偏微分方程式が導入され、数学的にも研究がなされてきた。砂岩中の天然ガスや土壌中の汚染物質の拡散は、媒質の不均質性が大きく影響し、拡散する物質の平均 2 乗変位が経過時間に比例する（つまり拡散係数はその比例定数である）ような古典的な拡散現象（正常拡散）から大きくずれることが知られており、それらは**異常拡散**として分類されている。細胞内の物質輸送、土壌中の汚染物質の拡散をはじめ、様々な現象で異常拡散が観測されており、非平衡系の統計力学、確率論、細胞生物学、環境工学などの工学諸分野に於いても、異常拡散現象の学術的重要性は高まっている。それらを記述する偏微分方程式として、拡散係数が拡散する物質の濃度に依存するような**非線形拡散方程式**が、1960 年代から盛んに研究されてきた。中でも、拡散係数に退化性/特異性が伴う**多孔質媒体方程式/Fast Diffusion 方程式**や非線形ラプラスアンを拡散項に持つ非線形拡散方程式が盛んに研究されている。また、非整数階微分や**分数冪ラプラスアン**を含む（線形の）拡散方程式を用いて、異常拡散現象を解明する試みもなされている。これらの方程式は、不均質媒質中のマルチスケール構造を反映した（一般化された）ランダムウォークを用いて定式化できるため、環境工学の分野では数値シミュレーションの観点からもその有用性が指摘されている（Hatano-Hatano 1998）。相転移の分野では、相変数を導入し、その時間発展則として Allen-Cahn 方程式や Cahn-Hilliard 方程式を用いる巨視的アプローチが標準的に用いられており、非線形偏微分方程式の分野でも盛んに研究がなされてきた。また拡散現象の研究と同様に、非標準的な相転移現象を表す様々な非線形発展方程式が研究されるようになったが、**媒質のマルチスケール構造を考慮した相転移モデル**や、材料の破壊現象のように一旦現象が起こると二度と元の状態に戻れないような**強い不可逆性（一方向性）を有する現象**を記述するモデルは、既存の数学的理論の枠組みに含まれず、研究もあまりなされていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、不均質媒質中の異常拡散や相転移現象、破壊現象のように強い不可逆性（一方向性）を有する現象など、非標準的な不可逆過程を記述する発展方程式を扱い、その適切性（初期値問題の解の存在、一意性、データ連続依存性）、解の正則性、対称性、周期性、比較原理などの定性的性質、保存量や減衰量などの定量的性質、解の漸近挙動などを調べ、それぞれの方程式の数学的構造を解明することである。

3. 研究の方法

- (1) **Fast Diffusion 方程式の解の漸近形に対する安定性解析**：プラズマの異常拡散モデル（Okuda-Dawson 1973）から導出される Fast Diffusion 方程式のディリクレ問題では、プラズマの濃度分布を表す解が有限時間で消滅することが知られている。また消滅解の漸近形は Emden-Fowler 方程式の無数に存在する非自明解として特徴づけられる。一方、漸近形の「安定性」は、同方程式の研究黎明期の問題意識の 1 つであったが、厳密な議論はなされていなかった。申請者と分担者の梶木屋龍治氏（佐賀大学）は、漸近形に対する安定性の概念の定義と（土台となる）関数空間上で孤立した漸近形の安定性判定法を提案した。一方、関数空間上で孤立しない、もしくは孤立性が明らかではない漸近形に対しては、安定性の判定が困難である。例えば厚みが（相対的に）薄い円環領域を考えると、Emden-Fowler 方程式は、その非線形構造が影響して、唯一の正值球対称解と非球対称な正值解がなす 1 変数族を持つ。ここでは、本質的に孤立していない非球対称な正值解の安定性解析、及び、一般次元に於ける正值球対称解の不安定性の証明を行う。
- (2) **新しい非線形拡散方程式の可解性と解の漸近挙動**：近年、拡散項の退化性・特異性が空間的に非一様な拡散方程式として、変動指数を含む拡散係数を持つ方程式が研究されるようになった。例えば、この種の拡散項を導入することで、第二種超伝導体と常伝導体が接続した装置を単一の系としてモデル化することが可能になり、印加磁場による磁束侵入問題とその近似問題の関係が議論されている。その背景には、変動指数にフィットした関数解析の理論が整備されたこと（L. Diening 他 2011 など）が挙げられるが、偏微分方程式の研究では、可解性などの基本的な問題に対してすら、既存の発展方程式の理論が適用できない、もしくは、変動指数の空間非一様性を反映した十分な精度を持つ結果が得られない場合が多い。ここでは、非線形発展方程式に対する古典論を改めて根本から見直し、変動指数を含む非線形発展方程式によりフィットした新しい理論の構築を目指す。
- (3) **一方向性を有する相転移モデル**：材料の破壊現象の解析は、破壊・損傷工学の重要なテーマである。多くのアプローチが知られているが、材料の損傷度を表す相変数を導入する巨視的モデルもその 1 つである。古典論では、相変数の時間発展則として Ginzburg-Landau 型の勾配系が用いられてきた。一方、破壊・損傷現象は一旦進行すると後戻りができない特別な相転移現象であるが、古典的な勾配系ではその一方向性が実現できない。そのため、Barenblatt-Prostokishin ('93) や高石・木村 ('09) によって、一方向性を伴うように修正された勾配系が導入された。しかし、それらは完全非線形方程式となるため、理論解析はこれからの問題となっている。ここでは、そのような一方向性を有する相転移モデルの可解性や解の漸近挙動を個別に解析し、最終的には一方向性を有する勾配流に対応した

新しい理論を構築する。

- (4) **分数冪 Cahn-Hilliard 系の解析**：近年、レヴィ過程の無限小生成作用素である分数冪ラプラシアンが、異常拡散の巨視的モデルとして様々な分野で注目されている。一方、偏微分方程式の分野では、Caffarelli-Silvestre ('07) によるブレークスルーに伴い、分数冪ラプラシアンに関連した発展方程式の研究が世界的に進展している。ここでは、これまで数学的にも研究されていない分数冪ラプラシアンを伴う Cahn-Hilliard 系の初期値境界値問題の適切性、解の挙動、分数冪ラプラシアンの冪に関するある極限問題を扱う。この分数冪 Cahn-Hilliard 系は、相変数が化学ポテンシャルの勾配に応じて異常拡散する相分離モデルと解釈されるほか、非線形拡散方程式、Allen-Cahn 方程式、古典的な Cahn-Hilliard 方程式をつなぐ補間的な方程式としても解釈することができる。一方、境界条件を伴う分数冪ラプラシアンに関しては、発展方程式の解析に必要な道具立ても未熟である。

4. 研究成果

- (1) **Fast Diffusion 方程式の解の漸近形に対する安定性解析**：Fast Diffusion 方程式の解の漸近形に対する安定性解析について以下の研究成果を得た。斉次ディリクレ境界条件を伴う場合、解が有限時間で消滅し（領域全体で零値になる）、その漸近形は Emden-Fowler 方程式の非自明解として特徴づけられる。一方、Emden-Fowler 方程式の非自明解は無数に存在し、領域の形状によっては関数空間上で連続体をなす。どのような漸近形が摂動に対して安定であるか（どのような漸近形が観測されやすいか）という問題が安定性解析の動機づけとなっている。ここでは以下の結果を得た（論文[Akagi,CMP,2016]参照）。
- (i) **Emden-Fowler 方程式の最小エネルギー解の安定性**：厚みが（相対的に）薄い円環領域やトーラス領域上では Emden-Fowler 方程式の最小エネルギー解が 1 変数族をなす。そのため、その安定性解析は一般に困難である。またエネルギー空間では非自明解がエネルギー汎関数の鞍点となるため、その上の力学系では安定になりえない。漸近形の安定性解析では相集合がエネルギー空間上の超曲面となり、それが鞍点の不安定次元を 1 つ減らす。ここでは Lojasiewicz-Simon 不等式と Fast Diffusion 方程式の解の有界性評価を改良することで、領域の形状によらず Emden-Fowler 方程式の最小エネルギー解全てが Fast Diffusion 方程式の漸近形として安定になることを証明した。
- (ii) **一般次元に於ける円環領域上の正值球対称漸近形の不安定性**：孤立性が確約されない円環領域上の正值球対称漸近形に対しては分担者である梶木屋氏との共同研究で空間 2 次元に限り、円環領域の厚みが（相対的に）十分に薄くなる条件の下で不安定性が証明されていたが、円環領域の厚みに関する仮定の定量的情報は与えられなかった。さらに 3 次元以上の（円環）領域に対しては完全に未解決となっていた。ここでは Lojasiewicz-Simon 不等式を (i) と異なる方法で用い、空間次元によらず正值球対称漸近形の不安定性を示した。また、円環の厚みに関する十分条件も定量的に与えた。
- (2) **新しい非線形拡散方程式の可解性と解の漸近挙動**：ここでは変動指数を含む非線形拡散方程式について考える。変動指数を含む偏微分方程式の研究は盛んになされているが、変動指数の上限または下限を可積分指数にとる標準的な Lebesgue 空間や Sobolev 空間に基づく解析がほとんどであった。そのためそこから得られる結果では常に何らかのロスが生じてしまい、変動指数に最適化された結果はあまり得られていなかった。報告者らは変動指数を含む Lebesgue 空間、及び Sobolev 空間に適応するように作用素論や発展方程式論をカスタマイズし、その結果、与えられた変動指数に関して最適な条件の下で、解の存在、正則性に関する結果を得ている。ここではさらにそれに基づき、変動指数よりもより一般的な Musielak-Orlicz 空間（Nakano 空間）をベースとした理論を構築し、変動指数よりもより不均質性の高い問題に最適化した発展方程式の理論を構築した。この結果は G. Schimperna 氏（伊・パヴィア大学）との共同研究であり、現在結果を取りまとめている。
- (3) **一方向性を有する相転移モデル**：破壊現象の記述に現れる「一方向性を有する相転移モデル」に焦点を当て、そこで用いる「単調成長を拘束条件に伴う発展方程式」を扱った。
- (i) **外力項を伴う拡散型の研究**：ここではそのような強い不可逆性を有する発展方程式の雛形として、非斉次項を伴う拡散方程式に拘束条件（強い不可逆性条件）を課した問題を考え、その適切性、（部分的な）平滑化効果、そして比較定理や定常解への収束性を証明した。特に非斉次項に微分可能性を課さない点がこの結果の特徴で、これは今後の摂動理論の展開に向けて重要である。またここでは強解を時間離散化法によって構成するために、障害物問題に対する楕円型評価の理論を基礎から構築している（実際、空間次元よりも大きな p に対する L_p 理論は Kinderlehrer-Stampacchia によって 80 年代に構築されていたが、 p が小さい場合は除外されていた）。さらに、この障害物問題に対する楕円型評価の枠組みは、比較定理や解の収束の証明に於いても重要な役割を果たす。一方、強い不可逆性（一方向性）によって拡散方程式が本来有する放物性が損なわれるため、解の平滑化効果は完全な形では実現しない。ここではそのような放物性の破れに着目し、如何に残存する放物性を抽出するかを考えることで、“部分的”な平滑化効果の証明に成功している。本研究は分担者である木村正人氏（金沢大学）との共同研究である（論文[Akagi-Kimura,JDE,2019]参照）。

- (ii) **Damage accumulation モデルの研究**：S. Melchionna 氏（喫・ウィーン大学）と共同で、Damage accumulation に関する Barenblatt-Prostokishin モデルに由来する多孔質媒体型の強い不可逆性を有する方程式を考え、解の時間局所解の存在と有限時間爆発（完全な破壊箇所の出現に相当）を証明した。この結果は Melchionna 氏の学位論文の一部となっている（論文[Akagi-Melchionna, NoDEA, 2019]参照）。
- (iii) **Allen-Cahn 型の研究**：ここでは Allen-Cahn 方程式に拘束条件を課した問題を考え、以下の成果を得た。この研究は M. Efendiev 氏（独・ヘルムホルツ研究所）との共同研究に基づく（論文[Akagi-Efendiev, EJAM, 2019]参照）。
- ① **解の部分的平滑化効果**：拘束条件を課した場合、拡散方程式や Allen-Cahn 方程式ではよく知られた解の平滑化効果は、完全な形では実現しない。ここではある関数空間上の非有界・非線形な集合を導入し、解の平滑化効果が「部分的に」起こることを示した。また、その過程でエネルギー不等式を導出し、エネルギー消散も「部分的に」起こることを示した。証明には、元の非発散型の完全非線形方程式と発散型の二重非線形発展方程式の同値変形、吉田近似を用いた近似、そして新たに開発した近似解に対する「部分的」エネルギー消散評価が重要な役割を果たす。
 - ② **大域的アトラクター**：拘束条件から通常のルベグ空間、ソボレフ空間では大域的アトラクターが存在しないことを証明した。一方、①で構築した集合を相集合とするような力学系を考え、その上で成り立つエネルギー消散評価を用いて、大域的アトラクターを構成した。
 - ③ **障害物問題への書き換えと応用**：単調性の拘束条件が解の時間発展に与える影響をより詳しく見るために、拘束条件付き Allen-Cahn 方程式が初期値を下からの障害物とするような障害物問題に書き換えられることを証明した。また、これを用いて解の選出原理、比較原理、力学系の定式化を行ったほか、解の長時間挙動（解の収束）を証明した。証明では①で導入した近似問題に対して、測度論に基づく議論によって問題の書き換えを証明し、その後、極限移行を通して元の方程式に対する問題の書き換えを正当化した。
- (4) **分数冪 Cahn-Hilliard 系の解析**：分数冪ラプラス作用素を含む Cahn-Hilliard 系に対するコーシー・ディリクレ問題について考察した。ただし分数冪ラプラシアンに対しては通常のディリクレ条件ではなく、領域の外部全体で対象となる関数（解）がゼロになるという solid 型のディリクレ条件を課す。これは分数冪ラプラシアンは冪が 0 に近いときにトレースが定義できないようなソボレフ空間を定義域に持つこと、また確率論的には分数冪ラプラシアンがジャンプ過程の生成作用素であるため、領域内から境界を一気に飛び越えて領域外へとジャンプしてしまう粒子を全て消す必要があることに由来する。分数冪ラプラシアンは（全空間で定義される）非局所作用素であるが、方程式は領域上でのみ成立するため、古典的な Cahn-Hilliard 系と異なり 1 本の方程式にはまとめられない。ここで得た結果の概要は以下のとおりである。この研究は G. Schimperna 氏、A. Segatti 氏（伊・パヴァリア大学）との共同研究である（論文[Akagi-Schimperna-Segatti, JDE, 2016]参照）。
- (i) **初期値境界値問題の適切性**：時間離散化法と変分法を用いた近似解の構成、さらにエネルギー評価による近似解の一意評価、そしてコンパクト埋め込み定理等を用いた近似解の収束と極大単調作用素論に基づく極限の特定を行うことで、解の構成を行った。CH 系に現れる 2 つの分数冪ラプラシアンの冪を別にした（これは関連する特異極限問題の研究からの要請である）ために適用できる連鎖律が知られておらず、特にエネルギー不等式の導出に於いて困難が生じた。
 - (ii) **2 つの分数冪ラプラシアンの指数の極限移行に伴う解の収束**：分数冪 Cahn-Hilliard 系は 2 つの分数冪ラプラシアンを含むが、それらを 0 または 1 へ極限移行することで、形式的には Allen-Cahn 方程式や多孔質媒体方程式が得られる。ここではそれを正当化するために、対応する分数冪 Cahn-Hilliard 系の解の収束を証明し、その極限が対応する極限方程式の解となることを証明した。証明の鍵となるのは、Solid 型ディリクレ境界条件を伴う分数冪ラプラシアンの固有値の漸近挙動である。また Fast Diffusion 方程式が極限方程式となる場合についても、ある追加の仮定の下で証明がなされている。
- またこれに派生して（分数冪 Cahn-Hilliard 系とは異なる対象だが）以下の結果も得ている。
- (iii) **Solid 型ディリクレ境界条件を伴う分数冪ラプラシアンの正則性理論**：分数冪ラプラシアンの研究は歴史が長いですが、Fourier 変換によって定義された分数冪ラプラシアンに対するポアソン方程式を有界領域上に制限して考え、その外側では恒等的に 0 となるような solid 型のディリクレ条件を課した問題の研究は発展途上にあり、また古典的なポアソン方程式とは異なる様相を呈することで知られている。特に、外力項や領域の正則性がどれほどよくても、解の境界正則性は分数冪ラプラシアンの指数から定まるヘルダークラスに留まる。これは解が境界上で分数冪型の特異性を持つことに由来する。同様の理由から、固有関数の正則性も領域の滑らかさに関わらず、ヘルダークラスを上限とすることが知られている（なおここで扱う分数冪ラプラシアンは、有

界領域上の古典的なディリクレラプラシアンに対する冪作用素とは異なることに注意する)。ここでは分数冪ポアソン方程式の解が、方程式を考える領域上だけでなく、全空間上で定義された関数として獲得しうる正則性について考察した。実際、分数冪ラプラシアンを主要部に持つ発展方程式の解の漸近挙動を分析する際に、分数冪ラプラシアンの非局所性から、解の全空間に於ける正則性が重要な情報を与えるなど、応用上も興味深い。ここでのアプローチは所謂(楕円型評価の証明に用いられる)Nirenbergのtranslation argumentを基本とするが、分数冪ラプラシアンの非局所性に由来する困難が生じる。古典的なポアソン方程式では1の分解を用いて局所的に評価したものを組み合わせるが、それぞれの局所化された評価は独立している。一方、分数冪ラプラシアンの場合、局所化された評価が(分数冪ラプラシアンの非局所性により)独立しない。ここでは分数冪ラプラシアンに対する交換子評価やiteration argumentを用いて、解の平行移動に関する定量的な差分評価を導出している。それを応用することで、解に対する領域摂動評価、解のBesov空間に於ける正則性、領域摂動に対する固有値・固有関数の評価を導出している。本研究はG. Schimperna氏、A. Segatti氏(伊・パヴィア大学)、L. Spinolo氏(伊・IMATI-CNR)との共同研究である(論文[Akagi-Schimperna-Segatti-Spinolo,CMS,2018]参照)。

これ以外にも上で扱ったような発展方程式の解析の基盤となる手法の開発を行った。ここでは特に、発展方程式に対する変分法について述べる。

(5) 発展方程式に対する変分法：(ある自由エネルギーの最小点として特徴づけられる)平衡状態へ向かう過渡的な現象である非平衡系を記述するために、自由エネルギーの勾配系がしばしば用いられる。平衡状態が自由エネルギーの最小化問題という純粋な変分問題として定式化されるのに対し、非平衡系に対しては勾配系以上の変分的な特徴付けが十分に成されていない。しかし変分原理の立場に立てば、非平衡系に対して(純粋な)変分的定式化がどのような意味で成されるべきかは興味深い問題である。勾配系を最小化問題などの変分問題によって定式化する試みは、古くはDe GiorgiやBrezis-Ekelandによってなされてきたが、指定された汎関数のEuler-Lagrange方程式が対象となる発展方程式と一致するケースは知られていない。実際De GiorgiやBrezis-Ekelandの理論はnull-minimizationと呼ばれる、最小化問題にある種の追加条件を設けたものであり、純粋な変分問題とは差異が生じる。ここでは勾配構造を有する発展方程式を対象に、近年Mielke-Ortiz(2008)や報告者とU. Stefanelli(2011-)によって研究されているWED(Weighted Energy-Dissipation)汎関数を用いた変分的定式化を拡張した。

(i) 非 λ -凸エネルギーに対する勾配流の変分的定式化：研究開始当初は自由エネルギーの凸性に関しては λ -凸性で許される範囲の非凸性が限界であり、そこから逸脱するようなエネルギー汎関数の取り扱いは不可能であった。ここではそのような非凸汎関数の勾配系をあるWED汎関数の最小化問題として近似する手法を提案し、実際にその収束性について証明している(論文[Akagi-Stefanelli,JCA,2016]参照)。

(ii) 非コンパクト軌道に対するWED汎関数：また発展方程式を考える時間区間は常に有界にとっていたが、(非有界な)半区間上でWED汎関数を定義し、それによって発展方程式を変分的に特徴づける試みを行った。ここではSerra-Tilli(Ann. of Math., 2012)によって導入された半区間上の解軌道に対して定義されるWED汎関数に対する変分解析のアイデアを用いることで、これまで扱えなかった時間大域的な理論の構築を可能にしている。この結果はS. Melchionna氏(奥・ウィーン大学)の学位論文の一部となっている(論文[Akagi-Melchionna-Stefanelli,JEE,2018]参照)。

(iii) 発展方程式の摂動理論に対するWED汎関数の応用：偏微分方程式が完全な勾配構造を持たないが、その支配的な性質が(部分的な)勾配構造に由来するというケースは非常に多い。そのため、勾配流(=ある汎関数の勾配方向に解が発展するような発展方程式)に対する摂動理論は、偏微分方程式への応用の観点に立つと、非常に重要な問題である。一方、一般化された勾配流に対する摂動理論については、報告者による結果(2011, J. Evol. Eq.)があるが、それを除くと殆ど例がない。またその結果ではヒルベルト空間を中枢空間とするようなGelfandの三つ組を導入する必要があるため、偏微分方程式への応用上、関数空間の設定に制限があった。ここでは、そのような三つ組の導入を不要とし、関数空間に対する制限を取り去るための試みとして、近年U. Stefanelli氏(奥・ウィーン大学)らによって研究されるようになったWED汎関数に基づく変分法を用いることで、一般化された勾配流に対する摂動理論を展開した。WED汎関数は(摂動なしの完全な)勾配系に対する変分的定式化の1つで、解軌道ごとに値をとるような汎関数の最小化問題(の極限)として、発展方程式の解を再現する。このWED汎関数を用いることで、(近似)解を(変分的に)直接構成できるため、従来のようにヒルベルト空間を仲介して近似解を構成する必要がなくなり、その結果Gelfandの三つ組の導入が不要となる。またWED汎関数の最小限が満たす近似問題は、いわゆる楕円正則化問題と呼ばれるもので、数値解析や最適制御理論などでしばしば用いられる近似問題に対応している。この結果はS. Melchionna氏(奥・ウィーン大学)との共同研究に基づき、またMelchionna氏の学位論文の一部となっている(論文[Akagi-Melchionna,JCA,2018]参照)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30件（うち査読付論文 30件 / うち国際共著 13件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Akagi Goro, Schimperna Giulio, Segatti Antonio	4. 巻 276
2. 論文標題 Convergence of solutions for the fractional Cahn-Hilliard system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Functional Analysis	6. 最初と最後の頁 2663 ~ 2715
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jfa.2019.01.006	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 Akagi Goro	4. 巻 234
2. 論文標題 Fractional flows driven by subdifferentials in Hilbert spaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Israel Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 809 ~ 862
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11856-019-1936-9	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 AKAGI GORO, EFENDIEV MESSOUD	4. 巻 30
2. 論文標題 Allen-Cahn equation with strong irreversibility	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 707 ~ 755
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S0956792518000384	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 Koike Shigeaki, Tateyama Shota	4. 巻 -
2. 論文標題 On L_p -viscosity solutions of bilateral obstacle problems with unbounded ingredients	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mathematische Annalen	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00208-019-01854-z	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 Koike Shigeaki, Swiech Andrzej, Tateyama Shota	4. 巻 185
2. 論文標題 Weak Harnack inequality for fully nonlinear uniformly parabolic equations with unbounded ingredients and applications	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nonlinear Analysis	6. 最初と最後の頁 264 ~ 289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.na.2019.03.005	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 Ishige Kazuhiro, Miyake Nobuhito, Okabe Shinya	4. 巻 52
2. 論文標題 Blowup for a Fourth-Order Parabolic Equation with Gradient Nonlinearity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SIAM Journal on Mathematical Analysis	6. 最初と最後の頁 927 ~ 953
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1137/19M1253654	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 Ishige Kazuhiro, Okabe Shinya, Sato Tokushi	4. 巻 128
2. 論文標題 A supercritical scalar field equation with a forcing term	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal de Mathematiques Pures et Appliquees	6. 最初と最後の頁 183 ~ 212
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matpur.2019.04.003	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 Akagi Goro, Melchionna Stefano	4. 巻 26
2. 論文標題 Porous medium equation with a blow-up nonlinearity and a non-decreasing constraint	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nonlinear Differential Equations and Applications NoDEA	6. 最初と最後の頁 26:10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00030-019-0551-0	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 Goro Akagi, Stefano Melchionna	4. 巻 25
2. 論文標題 Elliptic-regularization of nonpotential perturbations of doubly-nonlinear flows of nonconvex energies: A variational approach	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Convex Analysis	6. 最初と最後の頁 861-898
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 Akagi Goro, Schimperna Giulio, Segatti Antonio, Spinolo Laura V.	4. 巻 16
2. 論文標題 Quantitative estimates on localized finite differences for the fractional Poisson problem, and applications to regularity and spectral stability	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Communications in Mathematical Sciences	6. 最初と最後の頁 913 ~ 961
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4310/CMS.2018.v16.n4.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 Akagi Goro, Kimura Masato	4. 巻 266
2. 論文標題 Unidirectional evolution equations of diffusion type	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Differential Equations	6. 最初と最後の頁 1 ~ 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jde.2018.05.022	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 Hiruko Kurumi, Okabe Shinya	4. 巻 28
2. 論文標題 Stability analysis on a hybrid PDE-ODE system describing intermittent hormonal therapy of prostate cancer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mathematical Models and Methods in Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 487 ~ 523
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0218202518500136	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 Hiruko Kurumi, Okabe Shinya	4. 巻 41
2. 論文標題 Controllability of hybrid PDE ODE systems with structural instability and applications to mathematical models on intermittent hormonal therapy for prostate cancer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mathematical Methods in the Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 8229 ~ 8247
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1002/maa.5284	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 Koike Shigeaki, Kosugi Takahiro, Naito Makoto	4. 巻 457
2. 論文標題 On the rate of convergence of solutions in free boundary problems via penalization	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Analysis and Applications	6. 最初と最後の頁 436 ~ 460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmaa.2017.07.074	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 Kimura Masato, Notsu Hirofumi, Tanaka Yoshimi, Yamamoto Hiroki	4. 巻 78
2. 論文標題 The Gradient Flow Structure of an Extended Maxwell Viscoelastic Model and a Structure-Preserving Finite Element Scheme	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Scientific Computing	6. 最初と最後の頁 1111 ~ 1131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1007/s10915-018-0799-2	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 Kajikiya Ryuji	4. 巻 264
2. 論文標題 Stability and instability of stationary solutions for sublinear parabolic equations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Differential Equations	6. 最初と最後の頁 786 ~ 834
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1016/j.jde.2017.09.023	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 Kajikiya Ryuji	4. 巻 38
2. 論文標題 Nonradial least energy solutions of the p-Laplace elliptic equations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Discrete & Continuous Dynamical Systems - A	6. 最初と最後の頁 547 ~ 561
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcds.2018024	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 Kajikiya Ryuji, Sim Inbo, Tanaka Satoshi	4. 巻 462
2. 論文標題 A complete classification of bifurcation diagrams for a class of (p,q)-Laplace equations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Analysis and Applications	6. 最初と最後の頁 1178 ~ 1194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.jmaa.2018.02.049	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 Kajikiya Ryuji	4. 巻 18
2. 論文標題 Symmetric and Asymmetric Solutions of p-Laplace Elliptic Equations in Hollow Domains	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advanced Nonlinear Studies	6. 最初と最後の頁 303 ~ 321
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1515/ans-2017-6023	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 Kajikiya Ryuji, Sim Inbo, Tanaka Satoshi	4. 巻 25
2. 論文標題 Symmetry-breaking bifurcation for the Moore-Nehari differential equation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nonlinear Differential Equations and Applications NoDEA	6. 最初と最後の頁 1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s00030-018-0545-3	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 Akagi Goro, Stefanelli Ulisse	4. 巻 22
2. 論文標題 Nondecreasing Solutions to Doubly Nonlinear Equations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Springer INdAM Ser. ``Solvability, regularity, and optimal control of boundary value problems for PDEs''	6. 最初と最後の頁 31 ~ 53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/978-3-319-64489-9_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 Akagi Goro, Melchionna Stefano, Stefanelli Ulisse	4. 巻 18
2. 論文標題 Weighted Energy-Dissipation approach to doubly nonlinear problems on the half line	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Evolution Equations	6. 最初と最後の頁 49 ~ 74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s00028-017-0390-6	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 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, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics	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) https://doi.org/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 Koike Shigeaki, Kosugi Takahiro	4. 巻 160
2. 論文標題 Maximum principle for Pucci equations with sublinear growth in \mathbb{R}^n and its applications	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nonlinear Analysis	6. 最初と最後の頁 1 ~ 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.na.2017.03.018	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 Novaga Matteo, Okabe Shinya	4. 巻 2017
2. 論文標題 Convergence to equilibrium of gradient flows defined on planar curves	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal fuer die reine und angewandte Mathematik (Crelles Journal)	6. 最初と最後の頁 87-119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1515/crelle-2015-0001	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 Okabe Shinya, Suzuki Takashi, Yoshikawa Shuji	4. 巻 -
2. 論文標題 Shape Memory Wires in R3	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Shape Memory Alloys-Fundamentals and Applications, INTECH	6. 最初と最後の頁 Chapter 2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5772/intechopen.69175	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 Ryuji Kajikiya, Mieko Tanaka, Satoshi Tanaka	4. 巻 2017
2. 論文標題 Bifurcation of positive solutions for the one-dimensional (p,q)-Laplace equation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Electron. J. Differential Equations	6. 最初と最後の頁 1-37
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 Goro Akagi, Ulisse Stefanelli	4. 巻 23
2. 論文標題 A variational principle for gradient flows of nonconvex energies	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Convex Analysis	6. 最初と最後の頁 053 ~ 075
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 Akagi Goro	4. 巻 345
2. 論文標題 Stability of non-isolated asymptotic profiles for fast diffusion	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Communications in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 77 ~ 100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s00220-016-2649-0	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 Akagi Goro, Schimperna Giulio, Segatti Antonio	4. 巻 261
2. 論文標題 Fractional Cahn-Hilliard, Allen-Cahn and porous medium equations	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Differential Equations	6. 最初と最後の頁 2935 ~ 2985
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.jde.2016.05.016	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 該当する

〔学会発表〕 計72件 (うち招待講演 61件 / うち国際学会 47件)

1. 発表者名 小池 茂昭
2. 発表標題 ABP最大値原理 再訪
3. 学会等名 九州関数方程式セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Kajikiya, E. Ko
2. 発表標題 Existence of positive radial solutions for a semipositone elliptic equation
3. 学会等名 日本数学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryuji Kajikiya
2. 発表標題 Existence of positive radial solutions for a semipositone elliptic equation
3. 学会等名 International Workshop on PDEs and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryuji Kajikiya
2. 発表標題 A priori estimate for the first eigenvalue of the p-Laplacian
3. 学会等名 Equadiff2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 真也
2. 発表標題 Relaxation to equilibrium in a Cahn-Hilliard system
3. 学会等名 反応拡散方程式と非線形分散型方程式の解の挙動 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡部 真也
2. 発表標題 Global existence of the surface diffusion flow for multiply winding curves with rotationally symmetry
3. 学会等名 Nonlinear Geometric Partial Differential Equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡部 真也
2. 発表標題 Variational approaches to higher order parabolic problems
3. 学会等名 発展方程式における系統的形状解析及び漸近解析
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 真也
2. 発表標題 Stability analysis on a hybrid PDE-ODE system describing intermittent hormonal therapy of prostate cancer
3. 学会等名 Mathematical Biology and Computational Biology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 真也
2. 発表標題 The p-elastic flow of curves in the plane
3. 学会等名 6th Italian-Japanese Workshop ``Geometric properties for parabolic and elliptic PDEs" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤木 剛朗
2. 発表標題 Traveling wave dynamics for the Allen-Cahn equation with non-decreasing constraint
3. 学会等名 九州函数方程式セミナー, 福岡大学セミナーハウス (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤木 剛朗
2. 発表標題 Traveling wave dynamics for the Allen-Cahn equation with strong irreversibility
3. 学会等名 信州大学偏微分方程式研究集会, 信州大学理学部 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Traveling wave dynamics for the Allen-Cahn equation with non-decreasing constraint
3. 学会等名 Oberseminar Analysis, Fakultät fuer Mathematik, Technische Universität Dresden (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤木 剛朗
2. 発表標題 Fractional Cahn-Hilliard system and Lojasiewicz-Simon gradient inequality
3. 学会等名 偏微分方程式セミナー, 北海道大学大学院理学研究院数学部門 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Traveling wave dynamics for the Allen-Cahn equation with the positive-part function
3. 学会等名 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, 京都大学数理解析研究所 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Traveling wave dynamics for the Allen-Cahn equation with non-decreasing constraint
3. 学会等名 Kanazawa workshop: Gradient flows and related topics: analysis and applications, 金沢大学 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Traveling wave dynamics for the Allen-Cahn equation with non-decreasing constraint
3. 学会等名 Mathematics I Aspects of Surface and Interface Dynamics 18, 東京大学大学院数理科学研究科 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤木 剛朗
2. 発表標題 単調成長を拘束条件に持つ勾配系について
3. 学会等名 Musashino Center of Mathematical Engineering Seminar 28, 武蔵野大学 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤木 剛朗
2. 発表標題 Fractional gradient flows in Hilbert spaces
3. 学会等名 第 701 回『応用解析』研究会, 早稲田大学 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Traveling wave dynamics for Allen-Cahn equations with non-decreasing constraints
3. 学会等名 chemotaxis and Nonlinear Parabolic Equations, Kitakyushu International Conference Center (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Exponential stability of traveling waves for a constrained Allen-Cahn equation
3. 学会等名 Qualitative properties for nonlinear diffusion equations, 東京大学大学院数理科学研究科 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Partial energy-dissipation and smoothing effect for constrained Allen-Cahn equations
3. 学会等名 Phase-Field Models of Fracture, Banff International Research Station for Mathematical Innovation and Discovery (BIRS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Asymptotic behavior of solutions to an Allen-Cahn type equation with a non-decreasing constraint
3. 学会等名 International Workshop on Nonlinear PDEs 2018 in Okayama (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Convergence of solutions for fractional Cahn-Hilliard systems
3. 学会等名 The 10th International Conference on Dynamical Systems and Differential Equations (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Partial energy-dissipation and smoothing effect for constrained Allen-Cahn equations
3. 学会等名 The 10th International Conference on Dynamical Systems and Differential Equations (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Stability analysis of asymptotic profiles for fast diffusion
3. 学会等名 Workshop on Nonlinear Parabolic PDEs, Institut Mittag-Leffler (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Convergence of solutions for fractional Cahn-Hilliard systems
3. 学会等名 8th Euro-Japanese Workshop on Blow-Up (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Allen-Cahn equation with a non-decreasing constraint
3. 学会等名 Workshop ``UK-Japan Workshop on Analysis of Nonlinear Partial Differential Equations'' (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小池 茂昭
2. 発表標題 Obstacle problems for PDE of non-divergence type
3. 学会等名 研究集会「第14回 非線型の諸問題」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shigeaki Koike
2. 発表標題 Lp viscosity solution theory -revisited-
3. 学会等名 The 20th Northeastern Symposium on Mathematical Analysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masato Kimura
2. 発表標題 A delamination-vibration model and its finite element analysis
3. 学会等名 CoMFoS18: Mathematical Analysis of Continuum Mechanics II (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masato Kimura
2. 発表標題 Gradient flow structure of the Maxwell-Zener model for viscoelasticity
3. 学会等名 The 10th International Conference on Dynamical Systems and Differential Equations (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masato Kimura
2. 発表標題 Snow crystal growth model with supersaturation of vapor
3. 学会等名 Czech-Japanese Seminar in Applied Mathematics 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masato Kimura
2. 発表標題 Phase field modeling for crack propagation with irreversibility
3. 学会等名 China-Japan Symposium on Defects and Cracks in 2018 CSIAM Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masato Kimura
2. 発表標題 A structure preserving finite element method for Maxwell type viscoelasticity problem
3. 学会等名 Japan-Taiwan Joint Workshop on Scientific Computation and Related Topics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村 正人
2. 発表標題 蒸気過飽和度を考慮した2次元雪結晶成長モデル
3. 学会等名 日本数学会2019年度年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masato Kimura
2. 発表標題 Snow crystal growth model using generalized crystalline method
3. 学会等名 Taiwan-Japan Joint Workshop on Inverse Problems in Kyoto 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部真也
2. 発表標題 Remarks on the asymptotic behavior of planar closed curves governed by the curve diffusion flow
3. 学会等名 「応用解析」研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Okabe
2. 発表標題 Gradient blow up of the solutions for a fourth order parabolic equation modeling epitaxial growth of thin film
3. 学会等名 Joint Firenze-Tohoku Workshop on Nonlinear PDEs (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Okabe
2. 発表標題 A gradient flow for the p-elastic energy defined on inextensible closed curves in the plane
3. 学会等名 AMS Spring Central and Western Joint Sectional Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryuji Kajikiya
2. 発表標題 Infinitely many solutions for the (p,q)-Laplace equation
3. 学会等名 The 10th International Conference on Dynamical Systems and Differential Equations (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryuji Kajikiya
2. 発表標題 Symmetric mountain pass theorem and sublinear elliptic equations
3. 学会等名 International Workshop on Nonlinear PDEs 2018 in Okayama (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梶木屋 龍治
2. 発表標題 Group invariant positive solutions of a semilinear elliptic equation
3. 学会等名 研究集会「Mini workshop on variational problems」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Fractional flows driven by subdifferentials
3. 学会等名 Seminaro di Matematica Applicata, IMATI-CNR e Dipartimento di Matematica, Universitat; degli studi di Pavia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Fractional flows driven by subdifferentials
3. 学会等名 Dipartimento di Matematica, Universitat; degli studi di Trento (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Evolution equations with nondecreasing constraint
3. 学会等名 Workshop ``Trends in variational evolution'' (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Evolution equations arising from non-standard irreversible models
3. 学会等名 Dresdner Mathematisches Seminar, Fakultät fuer Mathematik, Technische Universität Dresden (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Stability analysis of asymptotic profiles for fast diffusion
3. 学会等名 Oberseminar Analysis, Fakultät fuer Mathematik, Technische Universität Dresden (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shigeaki Koike
2. 発表標題 On the rate of convergence in free boundary problems
3. 学会等名 The 5th Italian-Japanese Workshop on Geometric Properties for Parabolic and Elliptic PDE's (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shigeaki Koike
2. 発表標題 Recent development on L_p viscosity solutions for fully nonlinear parabolic PDE
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)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Okabe
2. 発表標題 Weak solutions to p -elastic flow defined on planar closed curves
3. 学会等名 Workshop on the geometric PDE and related topics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryuji Kajikiya
2. 発表標題 Symmetric solutions of p-Laplace elliptic equations in hollow domain
3. 学会等名 Equadiff (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryuji Kajikiya
2. 発表標題 Symmetric solutions of p-Laplace equations in hollow domains
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 梶木屋 龍治
2. 発表標題 非有界なオメガ極限集合について
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 梶木屋 龍治
2. 発表標題 半線形楕円型方程式の群不変解 (サーベイ講演)
3. 学会等名 微分方程式の総合的研究 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 梶木屋 龍治
2. 発表標題 A complete classification of bifurcation diagrams for a class of (p,q) -Laplace equation
3. 学会等名 数理解析研究所, 研究集会「非線形問題への常微分方程式の手法によるアプローチ」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Strongly irreversible gradient flows
3. 学会等名 OIST Mini Symposium: Viscoelasticity and Dissipative Dynamics of Rods and Membranes (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Fast diffusion 方程式の漸近形と gradient inequality
3. 学会等名 第六回北海道-東北コンソーシアムセミナー (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Asymptotic profiles of solutions to fast diffusion equations and their stability
3. 学会等名 松山解析セミナー2017 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Strongly irreversible Allen-Cahn equation
3. 学会等名 九州函数方程式セミナー（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Stability of asymptotic profiles for fast diffusion
3. 学会等名 談話会，東北大学大学院理学研究科数学専攻（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Allen-Cahn equation with strong irreversibility
3. 学会等名 RIMS研究会「偏微分方程式の解の形状解析」（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Stability analysis of accumulating profiles for fast diffusion
3. 学会等名 京都大学NLPDEセミナー（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 On some fully nonlinear Allen-Cahn type equation
3. 学会等名 東北大学応用数学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Fractional Cahn-Hilliard equations
3. 学会等名 RIMS研究集会「発展方程式論とその非線形解析への応用」（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Stability and instability of asymptotic profiles for fast diffusion
3. 学会等名 7th Euro-Japanese Workshop on Blow-up（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Allen-Cahn type equation with strong irreversibility
3. 学会等名 Dipartimento di Matematica, Universita degli studi di Trento（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Recent developments in doubly nonlinear evolution equations
3. 学会等名 The 5th International conference ``Nonlinear Analysis and Extremal Problems'' (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Allen-Cahn type equation with strong irreversibility
3. 学会等名 ``Entropy methods, dissipative systems, and applications'' during Thematic Program ``Nonlinear Flows'' (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Stability analysis of non-isolated asymptotic profiles for fast diffusion
3. 学会等名 Seminar on Partial Differential Equations, Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Gradient flows with strong irreversibility
3. 学会等名 Seminario di Matematica Applicata, IMATI-CNR e Dipartimento di Matematica, Universita degli studi di Pavia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Stability and instability of asymptotic profiles for the fast diffusion equation
3. 学会等名 Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Goro Akagi
2. 発表標題 Stability and instability of asymptotic profiles for fast diffusion
3. 学会等名 Oberseminar Analysis / Joint Analysis Seminar Augsburg-Muenchen, Technische Universitaet Muenchen (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 中村健一; 岡大将, 桐原一哲, 佐藤龍一, 三宅庸仁; 赤木剛朗	4. 発行年 2020年
2. 出版社 東北大学大学院レクチャーシリーズ	5. 総ページ数 50
3. 書名 反応拡散方程式の進行波について	

〔産業財産権〕

〔その他〕

Webpage of Goro Akagi http://www.math.tohoku.ac.jp/~akagi/index.html

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	梶木屋 龍治 (Kajikiya Ryuji) (10183261)	佐賀大学・理工学部・教授 (17201)	楕円型方程式の変分解析
研究分担者	木村 正人 (Kimura Masato) (70263358)	金沢大学・数物科学系・教授 (13301)	一方向性を有する相転移モデルの解析
研究分担者	岡部 真也 (Okabe Shinya) (70435973)	東北大学・理学研究科・准教授 (11301)	障害物問題に由来する発展方程式の解析
研究分担者	小池 茂昭 (Koike Shigeaki) (90205295)	早稲田大学・理工学術院・教授 (32689)	完全非線形放物型方程式に対する粘性解理論の適用