

令和 4 年 6 月 12 日現在

機関番号：22604

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2021

課題番号：16K17634

研究課題名(和文) 曲率流の三相境界問題とFast Diffusion 方程式の研究

研究課題名(英文) Research on free boundary problems for the curvature flow and analysis of fast diffusion equations

研究代表者

下條 昌彦 (Shimojo, Masahiko)

東京都立大学・理学研究科・准教授

研究者番号：40588779

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、(1) 外力項曲率流の自由境界問題、(2) 対数拡散方程式の解の漸近挙動、(3) 空間非一様な媒質上の曲率流の自由境界問題という申請時に掲げた3つのテーマに加えて (4) 特異・被食捕食系の反応拡散方程式の研究という新しいテーマにも加えてそれぞれ成果が得られた。(1)では、解の挙動を完全分類し各々の解の漸近挙動を解明した。また面積保存型の曲率流に対して進行波の局所指数安定性を証明した。(2)では遠方で指数的に減衰する対数拡散方程式の特異性解析を詳細に行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

物質の異なる二つの相が交わらずに共存するとき、それらを隔てる曲面や曲線を界面と呼ぶ。その運動はしばしば曲率流とよばれる偏微分方程式で記述され、自然界で見られる重要な時空パターンである。界面とその境界の双方が時々刻々と変形する「自由境界問題」は油滴の運動とも関係する。一方、対数拡散方程式は2次元リッチ流や1次元ボルツマン方程式の中心極限近似で得られる。平均曲率流とリッチ流に共通した構造を見つけることはR.Hamiltonらがボワンカレ予想を解決するプロジェクトで行ったことである。この観点から曲率流の自由境界問題と対数拡散方程式に対してを結び付ける数学理論を構築することには意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：This research project deals with such themes as (1) free boundary problem for the curvature flow with driving force, (2) asymptotic behavior of logarithmic diffusion equations, (3) free boundary problem of curvature flow on inhomogeneous media, (4) mathematical analysis singular predator prey model. The theme (4) was added after the program began. In theme 1), we studied a free boundary problem associated with the curvature dependent motion of planar curves in the upper half plane whose two endpoints slide along the horizontal axis with prescribed contact angles. Classification of behavior of each solution and its asymptotic behavior is revealed. In theme (2) we studied, the universal behavior of extinction is analyzed.

研究分野：非線形放物型方程式

キーワード：曲率流の自由境界値問題 対数拡散方程式 反応拡散方程式 特異性 伝播現象 単安定・双安定 パルス波・フロント波

1. 研究開始当初の背景

曲線短縮流とは平面内の曲線上の各点における法線速度がその点の曲率の大きさと与えられる運動である。曲線短縮流を高次元に一般化したのが平均曲率流やそれに類する曲面の発展方程式であり、非等方的平均曲率流や体積保存型平均曲率流と呼ばれるものである。非等方的平均曲率流は結晶成長のモデルである。体積保存型平均曲率流は油滴の落下運動のモデルや、シャボン玉の形状に見られる平均曲率一定曲面の問題や等周問題といった微分幾何学の変分問題とも関連があり、解析学・幾何学の双方向から国内外で活発に研究されていた。一方で、曲率運動をする界面が時間とともに変化する自由境界をもつトリプル・ジャンクション型の三相境界問題に対して、界面とその端点の運動に関する漸近挙動が次第に問題となりつつあった。

対数拡散方程式は拡散が特異性をもつ偏微分方程式であり、2次元リッチ流の Rosenau 解やボルツマン方程式のカーレマンモデルの中心極限近似で得られる方程式である。リッチ流と平均曲率流は、ポアンカレ予想とも関連しており、双方の研究は相互扶助的であることが知られている。そのため、我々がリッチ流の特殊解に現れる対数拡散方程式と曲率流の自由境界値問題にアナロジーを見出そうとするのは自然な問題意識であった。

これらの非線形放物型方程式の解の振る舞いを理解するには、種々の漸近的手法を開発し、無限次元力学系の観点から精密に調べる必要があった。

2. 研究の目的

非線形放物型方程式の解が示す複雑な時空パターンの解明は、今日の非線形解析学の主要なテーマの一つである。物質の異なる二つの相が交わずに共存しているときそれらを隔てる曲面ないしは曲線を「界面」と呼ぶ。その運動は自然界で見られる重要な時空パターンである。界面とその境界の双方が時々刻々と変形する問題を、界面運動の自由境界問題という。1980年代より界面の時間発展のモデルとして曲率や他の幾何学的量に依存して運動する曲線や曲面の研究が進められてきた。たとえば界面上に発生する「特異性」の分類や、解の漸近挙動に関する研究が行われてきた。また特異性が生じた後の界面運動の追跡方法なども開発された。一方、ある種の反応拡散方程式のパラメータを限りなくゼロに近づけると解の不連続な「遷移層」が得られ、この遷移層は曲率流に沿って運動することが知られている。申請時の計画では、以下の問題に取り組む予定であった。

- (A) 外力項付き曲率流の自由境界問題
- (B) 対数拡散方程式の特異性解析
- (C) 空間非一様な媒質における曲率流の自由境界値問題と特異極限

さらに、反応拡散方程式の遷移層運動に関連する次の問題に取り組んだ。

- (D) 被食・捕食型などの反応拡散方程式における伝播現象

まずテーマ(A)について少し詳しく述べる。平面内の曲線がその曲率に依存し時間発展する種々の曲率流方程式の自由境界問題を研究した。これまでその研究のほとんどは閉曲線についてであり、曲線が動く端点をもちそれらが時間変化する自由境界問題については未解明な点が多かった。その難しさは境界の動きやその正則性が先見的に分らない点にあり、解析では方程式の個性に応じて新しいアイデアが必要となる。外力項付き曲率流の自由境界問題の研究を行い、さらにその成果と技法を発展させ面積保存型曲率流の自由境界問題の解の挙動を解明するのが目的である。具体的には相似拡大や平行移動の群作用で不変な解、すなわち自己相似解や進行波に任意の解が漸近することを示し、解の凸性に関する性質も明らかにする。本研究では、以下の問題に取り組んだ。

- (A1) 外力項付き曲率流の自由境界問題の解の漸近挙動
- (A2) 面積保存型曲率流の自由境界問題の進行波の安定性

次にテーマ(B)について説明を加える。曲率流の自由境界問題の研究を発展させ、対数拡散方程式のコーシー問題の解の挙動を解明する。申請当初は(B1)のみを予定していたが、研究は予想以上に順調に進み、当初は計画していなかった新しいプロジェクト(B2)へと発展した。

- (B1) 対数拡散方程式の解の特異性と漸近挙動
- (B2) 単安定の反応項をもつ対数拡散方程式の解の漸近挙動

対数拡散方程式の問題には幾何的偏微分方程式の特異性、および無限に早い拡散効果という2つの側面がある。これらの側面をより深く理解するため、以下の問題を考察した。

(B3) 多様体上の爆発問題と無限に早い拡散現象に関する爆発問題

テーマ (C) は、これに関連する遷移層の運動の問題 (D) に切り替えた。ここで、テーマ (D) の目的について簡単に述べる。様々な反応拡散方程式において、解の値が急激に変化する遷移層が空間内に出現する。そのような遷移層の運動の解明は、非線形放物型方程式の解が示す複雑な時空パターンを理解することに繋がる。報告者は手始めに、有限時間での種の絶滅現象を記述することで知られている特異性をもつ被食・捕食反応拡散方程式を考察した。さらにその成果を拡張し、被食捕食系や感染症モデルなど広範な反応拡散方程式系の伝播現象を統一的に理解する。問題 (D) で扱った研究テーマ数は多いので、研究成果の欄でその概要を述べる。

3. 研究の方法

(A) 外力頂付き曲率流の自由境界問題

非線形放物型方程式の爆発問題の解析手法、一階偏微分方程式の知識のみならず、等周比評価など微分幾何的な議論、線形作用素の固有値解析、解の交点数理論や力学系の理論など、解析と幾何の手法を縦横無尽に駆使して総括的に問題の解析を行った。

(A1) 外力頂付き曲率流の自由境界問題の解の漸近挙動

侯野博氏(明治大学)、Jong-Sheng Guo 氏(淡江大学:台湾)、Chang-Hong Wu 氏(交通大学:台湾)と共同研究を進めた。解析には自由境界問題の解析では境界条件に応じて新しい手法を開発することが不可欠である。本研究で開発した新たな手法や考え方は、他の非線形放物型方程式の問題へも適用が可能である。たとえば、新たに発見した「交点数理論」や、等周比評価の考え方は、後述の対数拡散方程式の研究でも応用されている。

(A2) 面積保存型曲率流の自由境界問題の進行波の安定性

可香谷隆氏(室蘭工業大学)と共同研究を進めた。問題の解決のためには、進行波における線形化作用素のスペクトルを詳細に調べる必要があり、その作用素の定義域には面積保存条件に付随する付帯条件が課されており、しかも自己共役作用素ではない。この技術的難しさの克服に精力を注いだ。そして群作用のある中心多様体理論を駆使し、進行波の局所指数安定性を示した。

(B) 対数拡散方程式の特異性解析

対数拡散方程式は微分幾何学の2次元リッチ流に現れる。平均曲率流とリッチ流に共通した構造を見つけることは R.Hamilton が幾何化予想を解決するためのプロジェクトで行ったことである。我々は、テーマ (A) で考察した曲率流の自由境界値問題と対数拡散方程式のコーシー問題に潜むアナロジーを追求しながら解析を行った。

(B1) 対数拡散方程式の解の特異性と漸近挙動

対数拡散方程式は曲率流方程式に比べて、拡散項が強い特異性をもつ。このため、証明の際にさまざまな技術的な困難が現れ、必要なアプリアリ評価を得ることが容易ではない。この点の解決に最も長い時間を費やした。我々は、まず曲率流の自由境界問題の問題を幾何的な視点からリッチ流の問題として対数拡散方程式の文脈に読み替えることで、解析の鍵となる種々のアプリアリ評価を得た。さらにスツルムの交点数非増大理論を対数拡散方程式に対して拡張し、曲率流の自由境界問題に用いていた解析スキームを適用することが可能になった。これにより1次元対数拡散方程式の解の特異性が詳細に記述することに成功した。本研究は、Peter Takac 氏(ロストック大学)、柳田英二氏(東京工業大学)と共同で行った。

この研究で編み出した数学的な手法は、テーマ (B1) を発展させた問題 (B2) の研究を行う上でも役に立った。また特異性の解析という観点から非線形熱方程式の爆発問題の研究 (B3) も並行して進めた。これらの問題の詳細と研究方法は、「研究成果」の欄で概略を説明する。テーマ (C) は新たに開始して研究がめざましく進展した別の問題 (B2) および (B3)、(D) の研究を優先したため、保留扱いとなった。

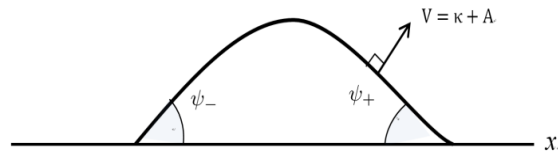
4. 研究成果

(A) 外力頂付き曲率流の自由境界問題

(A1) 外力頂付き曲率流の自由境界問題の解の漸近挙動

法線速度が曲率と外力頂の和で時間発展する曲線の、界面の端点の動きが直線に拘束された、その接触角が一定の角度に固定された自由境界値問題を考察した。任意の解の挙動を完全分類し、それらの解の漸近挙動も解明した(Guo-Matano-Shimojo-Wu, ARMA 2016)。

このモデルは右の図のように表される。ここで、 V は曲線の法線速度、 κ は曲率、 A は正定数。また界面の端点の動きが直線に拘束されており、左右の接触角が左側は ψ_- 、右側は ψ_+ という一定の角度に固定された自由境界問題である。



論文ではまず解の挙動を完全分類した。すなわち以下の挙動ですべての場合が尽くされる。

(S) 曲率の影響が大きい場合、有限時間で曲線が一点に縮み、曲率が爆発する。

(E) 外力項が曲率の影響を打ち消していき、解が無限に広がっていく。

(T) (S),(E)の効果が釣り合って解が上下から有界な面積と長さを保ち続ける。

我々は解の漸近凸性を証明し、解の漸近挙動の記述に成功した。特にケース(T)では横方向に一定スピードで移動する進行波に収束することを発見した。さらに上の3つの各ケースを実現する非自明な解も構成した。

(A2) 面積保存型曲率流の自由境界問題の進行波の安定性

現在も研究は継続中である。その最初の成果と位置づけられる、進行波に十分近い凸な初期値に対する解の進行波解への指数漸近を論じた論文が学術誌に掲載された(Kagaya-Shimojo, *Asymp. Anal.* 2016).

(B) 対数拡散方程式の特異性解析

(B1) 対数拡散方程式の解の特異性と漸近挙動の研究

遠方で指数的に減衰する1次元対数拡散方程式の解の特異性を完全に記述することに成功した。方程式の対称性に応じた時空スケール変換を施し、変換後の方程式の時間大域解の問題に帰着させて、無限次元力学系の観点からそれを解析した。具体的には任意の解は、自己相似スケール変換を施すと進行波に収束することが証明した(Shimojo-Takac-Yanagida, *Math. Anal.* 2018)。我々は、平均曲率流とリッチ流に共通した構造を見つけるというR.Hamiltonが幾何化予想を解決するためのプロジェクトを、曲率流の自由境界問題と対数拡散方程式のコースー問題に対して遂行した。

(B2) 単安定の反応項をもつ対数拡散方程式の解の漸近挙動

研究申請当初の計画より大幅に研究が進展し、物部治徳(大阪公立大学)と松澤寛氏(横浜国立大学)も新たに加え、反応項のある空間1次元の対数拡散方程式の解の漸近挙動の研究へと発展した。これは、実数直線上の双安定反応項をもつ対数拡散方程式の解の漸近挙動に関するものがある。我々は左無限遠方ではゼロから離れていて、右無限遠方では指数的に減衰する非負の初期値から出発した解が時間がたつと必ずフロント型進行波解に収束することを証明した。本研究では、半線形放物型方程式で確立されていたDu-Matano(2010)の交点数非増大則に相平面図を組み合わせた方法を、特異的な拡散をもつ対数拡散方程式に対して拡張し、それを収束証明に用いた。なお同論文では、単安定型の方程式についても同様の結果を得ている(Matsuzawa-Monobe-Shimojo-Yanagida, *IUMJ* 2022).

(B3) 多様体上の爆発問題と無限に早い拡散現象に関する爆発問題

研究開始後に新たに加わった新しい問題として、曲率流やリッチ流を含む幾何的偏微分方程式の特異性解析という観点から、双曲多様体上の爆発問題を研究した(Poh-Shimojo 2019)。また対数拡散方程式の消滅解の拡散スピードが無限に速くなるという非線形拡散特有の現象をより広い立場から理解するため、準線形方程式の無限遠方で拡散スピードが無限に早くなって爆発する解を解析した(Poh-Shimojo 2019)。

また申請当初に計画していた(A)-(C)に含まれない新しいテーマとして、特異点の解析という観点から、Jong-Sheng Guo氏(淡江大学)、Yu-Shuo Chen氏(淡江大学)、Arnaud Ducrot氏(Le Havre Normandie大学)、Thomas-Giletti氏(Élie Cartan de Lorraine研究所)と以下で述べる研究を開始した。

(D) 被食・捕食型などの反応拡散方程式における伝播現象

「特異性をもつ被食・捕食モデル」に対する反応拡散方程式は数理生態学で生物の有限時間での絶滅現象を記述する方程式として、近年注目を浴び始めていたが解析が困難なため、特に拡散係数が異なる場合、数学的な結果は何も得られていなかった。この非線形放物型方程式系の研究は数学的な観点からは以下の特徴がある。第一に生物種がある場所で絶滅する際に特異点が生じるので爆発現象としての側面がある。第二に被食者が捕食者の領域に侵入していく観点からは伝播現象の問題となる。この方程式に関しては、当初ほとんど何も証明されてなかった。本研究ではまず有界領域の場合を調べ、さらに全空間の伝播現象を解析した。

(D1) 特異性をもつ被食・捕食モデルの初期境界値問題

有界領域の場合に解の漸近挙動を考察し、種々のリアプノフ関数を構成し、これまで未解決であった解の絶滅現象や空間均質化現象を証明した(Ducrot-Guo-Shimojo, JDDE 2018)。また同方程式に対して周期解への収束も論じた(Guo-Shimojo, JMAA 2018)。さらに、より一般の2成分反応拡散方程式系の周期解への収束に関して、非線形項の可積分性の構造に注目した一般論を構築した (Poh-Shimojo JMAA 2018)。

(D2) 特異性をもつ被食・捕食モデルの初期値問題

特異性をもつ被食・捕食反応拡散系に対して、全空間の初期値問題を研究した。まず進行波や周期進行波を構成した。次に被食者(鳥)が一様に空間分布初期値を与えたときに、捕食者(猫)が侵入していく際のフロントの位置や解の漸近挙動を詳しく調べた(Chen-Guo-Shimojo, DCDS-B 2021)。

(D3) ある種の反応拡散方程式に対する全域解の分類と伝播現象

テーマ(D)は特殊な方程式の研究からスタートしたが、数理生物学に現れる様々な方程式の伝播現象に関わる研究も推進することで、その理論的基礎について正しい判断を得ることが目標である。たとえば Ducrot-Giletti-Guo-Shimojo (Nonlinearity 2021) は3種系の被食・捕食系の解の伝播現象を解析した。また、Guo-Poh-Shimojo (Asymp. Anal. 2020) は、空間非局所的な拡散効果を含む、SIR型反応拡散モデルに対して、感染の伝播現象の研究を行った。さらに、Guo-Shimojo (NARWA 2021)では、連立系の反応拡散方程式に対して、定数定常解に関わる Liouville型定理を確立した。得られた Liouville型定理を応用することで、広範なクラスの反応拡散方程式系の伝播解の漸近挙動を解析することが可能になった。

反応項がついた対数拡散方程式のより発展的な研究と、反応拡散方程式の伝播現象の研究は、当該研究若手研究(B)から継続する基盤研究(C)20K03708にも引き継がれている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Hiroshi Matsuzawa, Harunori Monobe, Masahiko Shimojo and Eiji Yanagida	4. 巻 71
2. 論文標題 Convergence to a traveling wave in the logarithmic diffusion equation with a bistable nonlinearity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Indiana University Mathematics Journal	6. 最初と最後の頁 125-151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1512/iumj.2022.71.8850	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 Arnaud Ducrot, Thomas Giletti, Jong-Sheng Guo and Masahiko Shimojo	4. 巻 34
2. 論文標題 Asymptotic spreading speeds for a predator prey system with two predators and one prey	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nonlinearity	6. 最初と最後の頁 669-704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6544/abd289	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 Jong-Sheng Guo and Masahiko Shimojo	4. 巻 62(103378)
2. 論文標題 Stabilization to a positive equilibrium for some reaction diffusion systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nonlinear Analysis: Real World Applications	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nonrwa.2021.103378	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 Yu-Shuo Chen, Jong-Sheng Guo and Masahiko Shimojo	4. 巻 26-4
2. 論文標題 Recent developments on a singular predator-prey model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Discrete Contin. Dyn. Syst. Ser. B	6. 最初と最後の頁 1797-1809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcdsb.2020040	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 Jong-Shenq Guo, Amy Ai Ling Poh and Masahiko Shimojo	4. 巻 120
2. 論文標題 The spreading speed of an SIR epidemic model with nonlocal dispersal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asymptotic Analysis	6. 最初と最後の頁 163-174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/ASY-191584	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 Amy Ai Ling Poh and Masahiko Shimojo	4. 巻 32
2. 論文標題 Blow-up of radially symmetric solutions for a semilinear heat equation on Hyperbolic space	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Revista Matematica Complutense	6. 最初と最後の頁 655-680
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13163-019-00302-5	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 Amy Ai Ling Poh and Masahiko Shimojo	4. 巻 144
2. 論文標題 Total blow-up of a quasilinear heat equation with slow-diffusion for non-decaying initial data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mathematica Bohemica	6. 最初と最後の頁 287-297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21136/MB.2018.0026-18	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 Arnaud Ducrot, Jong-Shenq Guo and Masahiko Shimojo	4. 巻 30
2. 論文標題 Behaviors of solutions for a singular prey-predator model and its shadow system	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Dynamics and Differential Equations	6. 最初と最後の頁 1063-1079
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10884-017-9587-1	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 Masahiko Shimojo, Peter Takac and Eiji Yanagida	4. 巻 372
2. 論文標題 Asymptotic behavior of solutions to the logarithmic diffusion equation with a linear source	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mathematische Annalen	6. 最初と最後の頁 429-449
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00208-017-1604-5	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 該当する

1. 著者名 Amy Poh AiLing and Masahiko Shimojo	4. 巻 462
2. 論文標題 Asymptotic behaviors of solutions to a reaction diffusion equation with isochronous nonlinearity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Analysis and Applications	6. 最初と最後の頁 1099-1108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmaa.2018.01.058	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 Jong Shenq Guo and Masahiko Shimojo	4. 巻 459
2. 論文標題 Spatio-temporal oscillation for a singular predator-prey model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Analysis and Applications	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmaa.2017.10.080	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 Jong-Shenq Guo, Hiroshi Matano, Masahiko Shimojo and Chang-Hong Wu	4. 巻 219
2. 論文標題 On a free boundary problem for the curvature flow with driving force	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Archive for Rational Mechanics and Analysis	6. 最初と最後の頁 1207-1272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s 00205-015-0920-8	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 Takashi Kagaya and Masahiko Shimojo	4. 巻 96
2. 論文標題 Exponential stability of a traveling wave for an area preserving curvature motion with two endpoints moving freely on a line	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Asymptotic Analysis	6. 最初と最後の頁 109-134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/ASY-151335	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 下條昌彦	4. 巻 2146
2. 論文標題 ダルブーの代数的可積分系とリーの理論-非線形中心問題と反応拡散方程式への応用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RIMS kokyuroku	6. 最初と最後の頁 117-146
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 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 下條昌彦	4. 巻 2066
2. 論文標題 対数拡散方程式の解の漸近挙動	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 RIMS kokyuroku	6. 最初と最後の頁 11-34
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 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 -

〔学会発表〕 計52件(うち招待講演 30件/うち国際学会 16件)

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 反応拡散方程式の伝播現象とLiouville型定理
3. 学会等名 非線形問題の精密解析
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 分数冪ラブラシアンを加えた捕食者・被食者系の伝播現象
3. 学会等名 非線形偏微分方程式と変分問題
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Spreading and extinction of solutions to the logarithmic diffusion equation with a logistic reaction
3. 学会等名 常微分方程式の定性的理論とその応用
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Spreading and extinction of solutions to the logarithmic diffusion equation with a logistic reaction
3. 学会等名 熊本大学応用解析セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Liouville type theorem of reaction diffusion systems in mathematical biology
3. 学会等名 Modeling and Mathematical Analysis of Dynamics of Pattern（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Spreading and extinction of solutions to the logarithmic diffusion equation with a logistic reaction
3. 学会等名 日本数学会2021年度秋季総合分科会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Spreading and extinction of solutions to the logarithmic diffusion equation with a logistic reaction
3. 学会等名 南大阪応用数学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Spreading and extinction of solutions to the logarithmic diffusion equation with a logistic reaction
3. 学会等名 北大偏微分方程式セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 単安定な反応項をもつ対数拡散方程式の解の挙動について
3. 学会等名 九州関数方程式セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Liouville type theorem of reaction diffusion systems in mathematical biology
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 2021年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Liouville type theorem of reaction diffusion systems in mathematical biology
3. 学会等名 非線形偏微分方程式と変分問題
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Convergence to traveling wave for the logarithmic diffusion equation with reaction term
3. 学会等名 Interfacial Phenomenon in Reaction Diffusion System (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 被食捕食系と感染症における伝播現象
3. 学会等名 第二回楕円型・放物型方程式の集いの会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Blow-up of radially symmetric solutions for a semilinear heat equation on hyperbolic space
3. 学会等名 Qualitative properties for nonlinear diffusion equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Center problem of reaction diffusion systems
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 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Convergence to traveling wave for the logarithmic diffusion equation with bistable nonlinearity on a line
3. 学会等名 Workshop on Nonlinear parabolic PDEs and related fields-in honor of the 60th birthday of Marek Fila and Peter Polacik (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 特異性をもつ数理生態学のあるモデルについて
3. 学会等名 語ろう数理解析 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Convergence to traveling wave for the logarithmic diffusion equation with reaction term
3. 学会等名 4th Swiss Japanese PDE seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 双曲空間上の半線形熱方程式の爆発問題-劣臨界-
3. 学会等名 日本数学会(関数方程式分科会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Total blow-up behavior of a quasi-linear heat equation for non-decaying initial data
3. 学会等名 日本数学会(関数方程式分科会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Convergence to traveling wave for the logarithmic diffusion equation with reaction term
3. 学会等名 International Conference on Biomathematics and Biostatistics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shimojo Masahiko
2. 発表標題 Center problem of reaction diffusion systems
3. 学会等名 日本数学会年会(関数方程式分科会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 対数拡散方程式の解の進行波への収束について
3. 学会等名 日本数学会年会(関数方程式分科会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Blow-up behavior of ODE type solutions to a nonlinear diffusion equation
3. 学会等名 常微分方程式の手法による非線形問題の探究
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Global stability of traveling wave for logarithmic diffusion equations with monostable and bistable reaction terms
3. 学会等名 第36回 九州における偏微分方程式研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 The center problem of reaction diffusion systems by the Darboux method and the Lie symmetries
3. 学会等名 偏微分方程式の解の形状
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Behavior of solutions to a logarithmic diffusion equation with a linear source
3. 学会等名 8th Euro-Japan Workshop on blow-up (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Asymptotic behavior of solutions to a logarithmic diffusion equation
3. 学会等名 12th AIMS conferences of dynamical systems and differential equations (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 対数拡散方程式の解の進行波への収束について
3. 学会等名 第14回非線形の諸問題
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 特異性をもつ被食-捕食モデルの解の漸近挙動-オリジナルシステム
3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会(関数方程式分科会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 特異性をもつ被食-捕食モデルの解の漸近挙動-シャドーシステム
3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会(関数方程式分科会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 The center problem of reaction diffusion systems
3. 学会等名 名古屋偏微分方程式研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Introduction of Method of Darboux and its Application to the center problem of the singular prey-predator system
3. 学会等名 草津セミナー 応用解析冬の学会(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Curvature flow motion with two endpoints moving freely on a line
3. 学会等名 Workshop on free boundary problem (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Introduction of Method of Darboux and its Application to the center problem of the singular prey-predator system
3. 学会等名 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 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Introduction of Method of Darboux and its Application to the center problem of the singular prey-predator system
3. 学会等名 International Conference on Nonlinear Analysis and its Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 曲率流の自由境界値問題と対数拡散方程式のリッチフロー的アプローチ
3. 学会等名 明治非線形数理セミナー (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 特異性をもつ捕食-被食モデルの漸近挙動について
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 2017年

1. 発表者名 Shimojo Masahiko
2. 発表標題 特異性をもつ捕食-被食モデルの漸近挙動について
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（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 特異性をもつ捕食-被食モデルの漸近挙動について
3. 学会等名 東京大学応用解析セミナー（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Behavior of solutions to a logarithmic diffusion equation with a linear source
3. 学会等名 Workshop on the geometric PDE and related topics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Behavior of solutions to a singular diffusion equation with a nonlinear source
3. 学会等名 非線型偏微分方程式の定性的理論 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 特異被食・捕食型モデルの解の挙動
3. 学会等名 非線形現象と反応拡散方程式 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 特異性をもつ被食-捕食モデルの解の漸近挙動について
3. 学会等名 熊本大学応用解析セミナー (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Behavior of solutions to a logarithmic diffusion equation with a linear source
3. 学会等名 2017 NCTS Workshop on Applied Mathematics at Tainan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Exponential stability of a traveling wave for an area preserving curvature motion with two endpoints
3. 学会等名 The 11th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Curvature flow motion with two endpoints moving freely on a line
3. 学会等名 7th Euro-Japan Workshop on Blow-up (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 特異性をもつ被食-捕食モデルの解の漸近挙動について
3. 学会等名 彦根偏微分方程式研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Behavior of solutions to a logarithmic diffusion equation with a linear source
3. 学会等名 発展方程式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 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 曲率流の自由境界問題と対数拡散方程式のリッチフロー的アプローチ
3. 学会等名 明治大学非線形数理セミナー（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Behavior of solutions to a logarithmic diffusion equation with a linear source
3. 学会等名 広島数理解析セミナー（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masahiko Shimojo
2. 発表標題 Behavior of solutions to a logarithmic diffusion equation with a linear source
3. 学会等名 微分方程式の総合的研究（招待講演）
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>リサーチマップ https://researchmap.jp/mshimojo 東京都立大学数理科学科-教員紹介 https://www.tmu.ac.jp/stafflist/data/sa/30335.html 個人URL https://www.masahiko-shimojo.com/</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
--	---------------------------	-----------------------	----

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 Handayama Differential equation Seminar	開催年 2016年～2016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			
フランス	Universite Le Havre Normandie	Department of Mathematics		
フランス	Institut Elie Cartan de Lorraine			
台湾	Tamkang University	Department of Mathematics	Taipei	
ドイツ	Rostock University	Department of Mathematics	Rostock	
台湾	National Yang Ming Chiao Tung University	Department of Applied Analysis	Taipei	