

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：35302

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K13455

研究課題名（和文）基本解近似解法による流体现象の高精度数値解析

研究課題名（英文）High-precision numerical analysis of fluid phenomena by the method of fundamental solutions

研究代表者

榊原 航也（Sakakibara, Koya）

岡山理科大学・理学部・講師

研究者番号：30807772

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目標は、偏微分方程式に対するメッシュフリー数値解法として知られる基本解近似解法を流体现象に応用することであった。結果として、Hele-Shaw問題に対して、その幾何学的変分構造を漸近的な意味で保存する空間離散化を世界で初めて提唱し、その有用性を数学解析ならびに豊富な数値実験により確認した。また、極小曲面（特にPlateau問題）の個数を判定する高速高精度なアルゴリズムを設計し、その極小曲面の収束解析を証明し、様々な具体例における有用性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

基本解近似解法は、そのスキームの簡便さ故に主に工学分野で多く応用されてきたが、流体现象を記述する問題に対する応用にはあまり成功していなかった。本研究では、Hele-Shaw問題に対する応用により移動境界問題に対する基本解近似解法の有用性を実証することに成功した。また、高精度であることを活かした極小曲面の数値計算アルゴリズムを提唱しその解析に成功したことで、極小曲面の滑らかな近似を、理論保証込みで初めて可能とした。

研究成果の概要（英文）：The goal of this research was to apply the method of fundamental solutions, known as mesh-free numerical method for partial differential equations, to fluid phenomena. As a result, for the first time in the world, we proposed a spatial discretization for the Hele-Shaw problem that preserves its geometric variational structure in an asymptotic sense, and confirmed its usefulness through mathematical analysis and extensive numerical experiments. We also designed a fast and accurate algorithm for determining the number of minimal surfaces (in particular, the Plateau problem), proved its convergence to minimal surfaces, and demonstrated its usefulness in various concrete examples.

Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)

研究分野：偏微分方程式の数値解析

キーワード：基本解近似解法 Hele-Shaw問題 極小曲面 Plateau問題

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

基本解近似解法 (Method of Fundamental Solutions, MFS) は, Laplace 方程式など線型同次偏微分方程式に対するメッシュフリー数値解法である. MFS はその名の通り, 近似解を対象となる微分作用素の基本解で, 特異点を問題領域の外部に持つものの線型結合で与える. 線型結合の係数は, 選点法や最小二乗法で決定する. つまり, MFS においては領域のメッシュ分割が不要であり, 実装は極めて容易である. さらに, MFS の理論面での大きな特徴として, 代表的な数値解法である有限要素法や差分法と比べて, 汎用性では劣るものの, “ある条件下では誤差が近似点の数について指数的に減衰する” ことが数学的に示されている. しかしながら, メッシュ分割が不要であることに起因して, MFS の数学解析は非常に困難である. その中で, 日本の研究グループが現在に至るまで理論研究において世界をリードする結果を出し続けている. その一方で, MFS の応用研究は世界的に盛んに研究されており, 様々な問題に対して良好な数値的結果が示されてきた. 従って, 数ある数値計算結果を支持する数学理論 (近似解の存在, 誤差評価) を整備することは非常に重要であり, 本研究代表者は, MFS の数学理論に関した結果を複数出してきた. また, 応用の観点から見れば, 数学理論を理解している研究者が, それに基づいて様々な問題に対して有用な MFS ベースの数値計算スキームを構築することも重要である.

Hele-Shaw 問題は, Henry Selby Hele-Shaw により提唱された, 完全流体に対する粘性流体による実験・数値モデルであり, また, 工学の世界で重要な問題となるフィンガリング現象のメカニズムを解明するための最もシンプルなモデルの 1 つである. そのために, 現在に至るまで, 数学・物理・工学など各方面において世界的に研究されてきている. 点渦力学系は, 乱流現象を理解し制御するための 1 つの切り口として欠かすことのできない視点を与え続けるものである. 流体現象自体も非常に豊富な研究対象であることから, その研究は熾烈であり続けている.

## 2. 研究の目的

本研究の目的は, 解の挙動の数学的な解明が未だに困難な問題に対して, MFS を用いた簡潔かつ高精度な数値計算スキームを構築することである. さらには, そこから数学的に質の良い推測を提示し, 数学解析にも貢献する. そのために, 研究期間内での具体的な研究到達目標を次のように設定した.

(1) Hele-Shaw 問題に対する構造保存型数値解法

(2) 極小曲面上の点渦力学系

(1) について: Hele-Shaw 問題は, 定式化自体は至ってシンプルでありながら, 様々な流体現象を再現することが知られており, いろいろな立場から盛んに研究されてきた. 特に, 数値解析の立場からも多くの数値計算スキームが提案されてきたが, 構造保存の観点から研究しているものはほとんど存在しない. 方程式を離散化した後でも, 元の構造を離散的な意味で保存することを要請するのは自然であり, 現在に至るまで, 構造保存型数値解法の文脈で膨大な研究が存在する. しかしながら, それらは “固定領域上” の偏微分方程式を対象としており, 本課題のように “時間変化する領域” 上の偏微分方程式には, いずれの技法も適用できない. その意味で, 本研究により得られる MFS を応用した構造保存型数値計算法は, 単に MFS の応用先の大幅な拡張という面だけではなく, 構造保存型数値計算法の観点で見ても今までになかったアプローチとなり, 様々な方面への波及効果が大きく期待される.

(2) について: 点渦力学系は, 乱流のような複雑な流体現象を理解するための入り口となる研究テーマであり, その研究は熾烈を極めており, 数学的には, 流体内の点渦は Dirac のデルタ関数として捉えられ, その時間発展方程式は Hamilton 系となる. つまり, 点渦力学系の研究は多体問題にも関連してくるものであり, 力学系の観点から見ても非常に興味深い研究対象である. 先行研究では, 平面内, 球面, 回転対称な多様体など, 比較的扱いやすいトポロジーの下で研究がなされてきた. 従って, 石鹸膜のような極小曲面上の点渦力学系に対しては, 興味深くかつ重要な研究テーマでありながら, 今までに研究成果はほとんど出していない. 本研究により得られる, MFS を用いた高速・高精度な極小曲面上の点渦力学系の数値計算スキームは, 今までに捉えることのできなかった点渦の振る舞いを調べることを可能にする. さらに, 本研究成果は, 多体問題の非線型力学系による理論展開の足がかりとなることも期待される.

## 3. 研究の方法

(1) について: Hele-Shaw 問題は, 境界条件が曲率に比例する Laplace 方程式の Dirichlet 境界値問題の解として圧力が定まり, その法線方向微分に比例して境界が変形する移動境界問題である. 見た目はシンプルながらその数値計算は決して簡単ではなく, 具体的には以下の問題点

が生じる。

- 境界をどのように表現するか？
- 曲率をどのように近似するか？
- Laplace 方程式の Dirichlet 境界値問題をどのように解くか？

これらの問題に対し、以下のように取り組むのが有用であると考えた。境界を多角形曲線により表現すると、境界の時間発展は頂点の時間発展、つまり連立常微分方程式系に帰着される。この場合、曲率を通常の微分幾何の意味で定義するとほとんど至る所で 0 となってしまう、全く意味のないものになってしまう。そこで、移動境界問題における幾何学的変分構造に着目する。特に、曲率が周長の第一変分として捉えられることに着目し、この関係を適切に離散化することにより、多角形曲線に対する曲率の概念を自然に導入できると考えられる。これらの設定の下で、多角形領域における Dirichlet 境界値問題を定義でき、それは MFS により計算できる。この場合でもどのように点を配置するかという問題が生じるが、多角形領域に対しては辺上で法線方向を自然に定義できるため、その方向に特異点を配置すれば良いと考えられる。

(2)について：極小曲面上の点渦力学系を考える上で、そもそも極小曲面をどのように数値計算するかを考えなければならない。極小曲面は、調和かつ等角な曲面であり、調和曲面は MFS により数値計算することが可能である。そこで、調和曲面を MFS により与え、等角性の条件を記述する汎函数の最適化問題を解くことにより曲面を変形していくことにより、その極限として極小曲面の MFS による滑らかな近似が得られると考えられる。また、極小曲面は一般に一意ではなく、例えば Enneper wire を境界条件とした場合は 3 つの極小曲面が存在することが知られている。これら 3 つの曲面を全て数値計算により求めるために、初期値をランダムに与えて上述の最適化問題を計算すれば、初期値に応じて収束先が代わり、全ての極小曲面を得られるのではないかと考えられる。

#### 4. 研究成果

(1)について：

上述の方法に則った研究により、MFS を用いた Hele-Shaw 問題の数値計算スキームを構築することに成功した。特に、多角形曲線に対する曲率を周長の第一変分として見て定義し、また接線方向速度を一様配置法により与えることで各頂点間の辺の長さを一定にすることで、面積に対する幾何学的変分構造は厳密に満たし、周長と重心に対する幾何学的変分構造は 1 次の誤差付きの意味で漸近的に満たすことを証明することができた。これは、矢崎成俊氏（明治大学）との共同研究の成果である。

MFS における点配置の問題に、等角写像の数値計算アルゴリズムの提案を兼ねて取り組み、実用的に有用である天野の方法が、理論的な枠組みで用いられている等角写像による配置の近似であることを証明した。これにより、天野の方法の利用が正当化され、点配置の問題における進捗を産むことができた。

の数値計算スキームを、磁場の影響がある Hele-Shaw 問題に拡張し、体積保存型の数値計算スキームを構築することに成功した。これは、下地優作氏（明治大学）、矢崎成俊氏（明治大学）との共同研究の成果である。

(2)について：上述の方法に則った研究により、MFS を用いた極小曲面の数値計算アルゴリズムを提唱した。特に、頂点数を無限大にする極限で MFS による近似曲面が極小曲面のいずれかに収束することを証明することに成功し、実際に、豊富な数値実験により複数の極小曲面を数値計算することに成功した。これは、清水雄貴氏（東京大学）との共同研究の成果である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Matano Hiroshi, Mori Yoichiro, Nara Mitsunori, Sakakibara Koya	4. 巻 21
2. 論文標題 Asymptotic Behavior of Fronts and Pulses of the Bidomain Model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SIAM Journal on Applied Dynamical Systems	6. 最初と最後の頁 616 ~ 649
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1137/21M1416904	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, Sakakibara Koya, Taguchi Kazutoshi, Uesaka Masaaki	4. 巻 146
2. 論文標題 A new numerical scheme for discrete constrained total variation flows and its convergence	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Numerische Mathematik	6. 最初と最後の頁 181 ~ 217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00211-020-01134-y	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 Sakakibara Koya, Miyatake Yuto	4. 巻 424
2. 論文標題 A fully discrete curve-shortening polygonal evolution law for moving boundary problems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Computational Physics	6. 最初と最後の頁 109857 ~ 109857
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcp.2020.109857	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 Sakakibara Koya	4. 巻 85
2. 論文標題 Numerical analysis of constrained total variation flows	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Studies in Pure Mathematics	6. 最初と最後の頁 349&#12316;358
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 Sakakibara, Koya and Yazaki, Shigetoshi	4. 巻 1
2. 論文標題 Structure preserving numerical scheme for the one phase Hele Shaw problems by the method of fundamental solutions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Computational and Mathematical Methods	6. 最初と最後の頁 e1063 (25 pp.)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cmm4.1063	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 Sakakibara Koya	4. 巻 114
2. 論文標題 Bidirectional numerical conformal mapping based on the dipole simulation method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Engineering Analysis with Boundary Elements	6. 最初と最後の頁 45 ~ 57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.enganabound.2020.01.009	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 Nakamura, Ken-Ichi; Sakakibara, Koya; Yazaki Shigetoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Numerical approach to three-dimensional model of cellular electrophysiology by the method of fundamental solutions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JSIAM Letters	6. 最初と最後の頁 17 ~ 20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14495/jsiaml.11.17	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 Sakakibara Koya, Shimoji Yusaku, Yazaki Shigetoshi	4. 巻 39
2. 論文標題 A simple numerical method for Hele-Shaw type problems by the method of fundamental solutions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 869 ~ 887
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13160-022-00530-1	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 -

〔学会発表〕 計56件（うち招待講演 30件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 バイドメインモデルにおけるフロント解・パルス解の漸近挙動
3. 学会等名 第92回京都駅前セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 幾何学流の数学・数値解析：構造保存型数値解法とSobolev勾配流
3. 学会等名 日本応用数理学会「若手の会」第2回若手研究交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榊原 航也，奈良 光紀，俣野 博，森 洋一朗
2. 発表標題 バイドメインモデルにおける解の漸近挙動
3. 学会等名 日本数学会2021年度秋季総合分科会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榊原 航也，下地 優作，矢崎 成俊
2. 発表標題 基本解近似解法を用いた磁性流体のHele-Shaw問題に対する数値計算
3. 学会等名 日本数学会2021年度秋季総合分科会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koya Sakakibara
2. 発表標題 Numerical study on front and pulse solutions in the bidomain model
3. 学会等名 RIMS International conference "Modeling and Mathematical Analysis of Dynamics of Patterns" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榊原 航也, 下地 優作, 矢崎 成俊
2. 発表標題 基本解近似解法を用いた磁性流体のHele-Shaw問題に対する数値計算
3. 学会等名 2021年度応用数学合同研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榊原 航也, 奈良 光紀, 俣野 博, 森 洋一朗
2. 発表標題 バイドメインモデルにおけるフロント解・パルス解の漸近挙動の数値解析
3. 学会等名 日本応用数理学会環瀬戸内応用数理研究部会第25回シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 バイドメインモデルのフロント解・パルス解の漸近挙動の数値的考察
3. 学会等名 第35回さいたま数理解析セミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 バイドメインモデルのフロント解とパルス解の漸近挙動
3. 学会等名 第124回北大MMCセミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊原 航也，奈良 光紀，俣野 博，森 洋一朗
2. 発表標題 バイドメインモデルにおける解の漸近挙動の数値解析
3. 学会等名 日本応用数理学会第18回研究部会連合発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 悪条件性を緩和した基本解近似解法の円板領域での数学解析
3. 学会等名 北陸応用数理研究会2022（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊原 航也，長山 雅晴，物部 治徳
2. 発表標題 変形する自己駆動系に対する界面モデルの数値計算
3. 学会等名 日本数学会2022年度年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 界面現象の構造保存型数値解析
3. 学会等名 数値解析セミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 榊原 航也、宮武 勇登
2. 発表標題 移動境界問題に対するエネルギー散逸型数値解法
3. 学会等名 日本応用数理学会環瀬戸内応用数理研究部会第24回シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 Numerical analysis of constrained total variation flows and its application to the Kobayashi-Warren-Carter model
3. 学会等名 RIMS共同研究（公開型）「偏微分方程式における逆問題とその応用のさらなる展開」（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 Asymptotic behavior of fronts and pulses of the bidomain equations
3. 学会等名 令和2年度第1回岡山解析セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 材料科学および電気生理学に現れる界面現象の数値解析
3. 学会等名 数学と諸分野の連携に向けた若手数学者交流会2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 Numerical analysis of constrained total variation flow
3. 学会等名 第73回金沢解析セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 多様体値全変動流の数値解析~Kobayashi-Warren-Carter モデルの解析に向けて~
3. 学会等名 不連続 Galerkin 有限要素法の数学理論とその周辺: これからの展開 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakakibara, Koya
2. 発表標題 Bidirectional numerical conformal mapping based on the dipole simulation method
3. 学会等名 A3 Workshop on fluid dynamics and related topics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 第11回福島応用数学研究集会
3. 学会等名 Hele-Shaw 問題に対する構造保存型数値計算 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上坂 正晃, 儀我 美一, 榊原 航也, 田口 和稔
2. 発表標題 束縛付き全変動流の数値計算スキームについて
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 Green, Christopher, 榊原 航也, 坂上 貴之
2. 発表標題 閉曲面上の調和測度の数値計算
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 Sakakibara, Koya
2. 発表標題 Mathematical analysis of the method of fundamental solutions applied to Helmholtz-type equations
3. 学会等名 EASIAM 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakakibara, Koya
2. 発表標題 Numerical analysis of the method of fundamental solutions applied to Helmholtz-type equations
3. 学会等名 ICIAM 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 流体方程式に対する "安定な" 数値解法
3. 学会等名 RIMS 共同研究 (公開型) 「宇宙惑星ジェットの数理解」 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakakibara, Koya
2. 発表標題 Numerical analysis of the method of fundamental solutions applied to Helmholtz-type equations
3. 学会等名 Mini-symposium on Verified Computing and Computer-Assisted Proof (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 メッシュフリー数値解法に基づく移動境界問題の数理解析
3. 学会等名 日本応用数理学会若手の会横断型研究交流会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 移動境界問題に対するエネルギー散逸型全離散数値計算スキーム
3. 学会等名 数学と現象 in 山中湖
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 Helmholtz 型方程式に対する基本解近似解法の数学解析
3. 学会等名 日本数学会2019年度秋季総合分科会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Giga, Yoshikazu; Sakakibara, Koya; Taguchi, Kazutoshi and Uesaka, Masaaki
2. 発表標題 Numerical analysis of constrained total variation flows
3. 学会等名 常微分方程式の数値解法とその周辺 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakakibara, Koya
2. 発表標題 Numerical analysis of constrained total variation flows
3. 学会等名 Mathematical Aspects of Surface and Interface Dynamics 18 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakakibara, Koya
2. 発表標題 Numerical analysis of discrete total variation flow with manifold constraint
3. 学会等名 Geometric Analysis and General Relativity (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榊原 航也, 宮武 勇登
2. 発表標題 移動境界問題に対する全離散エネルギー散逸型数値解法
3. 学会等名 2019年度応用数学合同研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 Numerical analysis of interface problem
3. 学会等名 立命館大学数理ファイナンスセミナー (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sakakibara, Koya
2. 発表標題 Structure-preserving numerical scheme for polygonal moving boundary problems
3. 学会等名 ANZIAM 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 バイドメイン Allen-Cahn/FitzHugh-Nagumo 方程式の数値計算
3. 学会等名 第25回張研コロキウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 基本解近似解法による点渦力学系の数値解析
3. 学会等名 京都大学応用数学セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakakibara, Koya; Yazaki, Shigetoshi
2. 発表標題 Unified numerical scheme for several types of Hele-Shaw problems by the method of fundamental solutions
3. 学会等名 The 5th Joint Workshop of A3 Foresight Program "Mathematics of Biology, Fluid Dynamics and Material Sciences" (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 様々な Hele-Shaw 型問題に対する基本解近似解法による構造保存型数値解法
3. 学会等名 数学と現象 : Mathematics and Phenomena in Miyazaki (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 極小曲面上の点渦力学系：数値解析
3. 学会等名 環瀬戸内ワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakakibara, Koya; Yazaki, Shigetoshi
2. 発表標題 Numerical scheme for solving Hele-Shaw problems based on the method of fundamental solutions
3. 学会等名 ANZIAM2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakakibara, Koya
2. 発表標題 Analysis of the well-conditioned method of fundamental solutions for the Laplace equation
3. 学会等名 Workshop on scientific computing 2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 悪条件性を緩和した基本解近似解法の数学解析
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 榊原 航也
2. 発表標題 悪条件性を緩和した代用電荷法の数学解析
3. 学会等名 日本応用数理学会2022年度年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上坂 正晃, 岡本 潤, 榊原 航也, 儀我 美一
2. 発表標題 Kobayashi-Warren-Carter汎関数の精密特異極限とその勾配流の挙動について
3. 学会等名 日本応用数理学会2022年度年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 基本解近似解法の数理
3. 学会等名 第3回若手研究交流会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長山 雅晴, 物部 治徳, 榊原 航也, 中村 健一, 小林 康明, 北畑 裕之
2. 発表標題 自己駆動体運動に対する反応拡散系モデルについて
3. 学会等名 日本数学会2022年度秋季総合分科会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 基本解近似解法による極小曲面の数値計算
3. 学会等名 愛媛大学解析セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 悪条件性を緩和した基本解近似解法の数学解析
3. 学会等名 2022年度応用数学合同研究集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 代用電荷法によるPlateau問題の数値解析
3. 学会等名 日本応用数理学会環瀬戸内応用数理研究部会第26回シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sakakibara, Koya
2. 発表標題 Numerical analysis of the minimal surface by the method of fundamental solutions
3. 学会等名 Workshop on Applied Mathematics and Scientific Computing（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 Bスプライン曲線を用いた移動境界問題の構造保存型離散化
3. 学会等名 数学と現象 in 長瀬 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 保國 恵一, 榊原 航也, 高津 飛鳥
2. 発表標題 有限集合上の最適輸送問題に対する Bregman ダイバージェンス正則化の誤差評価
3. 学会等名 日本応用数理学会第19回研究部会連合発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 界面現象の構造保存型数値解析
3. 学会等名 日本数学会2023年度年会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 榊原 航也
2. 発表標題 基本解近似解法による極小曲面の数値解析
3. 学会等名 北陸応用数理研究会2023 (招待講演)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

榑原航也の個人Webページ  
<https://sites.google.com/site/koyasakakibara/home/>

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