

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K05357

研究課題名(和文)再生核理論の応用と工学的・医学的問題への展開と実装

研究課題名(英文) Applications of reproducing kernel theory -development and implementation for engineering and medical problems-

研究代表者

松浦 勉 (Matsuura, Tsutomu)

群馬大学・数理データ科学教育研究センター・教授

研究者番号：80181692

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：我々の開発した再生核理論とチホノフの正則化理論の融合理論を工学的・医学的問題に於ける逆問題に展開して、具体的な解の計算アルゴリズムを構築し、計算プログラムを作成して数値実験によってその有用性を確認した。それらの結果を、工学的・医学的な分野では5件の学会発表を行い、2編の論文とした。数学的な分野では(再生核と確率論の関係、一般化された再生核理論、再生核理論とゼロ除算の立場からの数学各分野の見直しなど)35件の学会発表(その内、12件の国際会議で8件の招待講演)と18編の論文にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

物理や工学、医学などの広範囲の分野には、現実問題を扱う際に非常に重要ではあるが、(たとえ解の存在や一意性が証明されていたとしても)具体的に解くことは非現実的で困難だと考えられてきた幾多の逆問題群がある。我々の方法を用いて、これらの問題に対する実際的で有効なアルゴリズムを確立し、これらの逆問題群を高精度・高効率で解くプログラムを現場の計算機に実装できれば、斯界への学問的な貢献のみならず、医学、工学分野や更に産業界への波及効果は非常に大きいものとなる。

研究成果の概要(英文)：We developed a new type of Tikhonov regularization combined with the theory of reproducing kernels. Applying this method to some inverse problems in engineering and medical problems, we constructed calculation algorithms for those problems and confirmed its usefulness by numerical experiments.

These results in the engineering and medical field were presented at 5 academic conferences and published as 2 papers. At the Society of Mathematics, we made 35 presentations including 12 international conferences and 8 invited talks. And we published our mathematical results as 18 papers.

研究分野：再生核理論

キーワード：再生核理論 逆問題 画像解析 計算アルゴリズム 医用画像 ニューラルネットワーク 機械学習
ゼロ除算

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) この十数年、我々は再生核理論の展開と応用について研究を続けている。この研究は計算機全盛以前の抽象的なものではなく、具体的、構成的、さらに計算機を意識した実用的なものを目指している。特に逆問題の解構成の手法として再生核理論を適用し、逆問題の解の具体的表現を得ること、計算アルゴリズム・プログラムを確立することが目標である。本課題は我々のこれまでの(数学としては非常に具体的な)研究成果をさらに工学・医学における具体的な問題レベルにまで展開し、現場への実装をも視野に入れ、工学、医学、産業界等に寄与することを目的としており、我々の再生核理論・応用研究の集大成と位置づけている。

(2) 齋藤(研究分担者)は、スタンフォード大学流の具体的な再生核の理論をはじめとして一般論や応用に関する再生核の理論の広い分野を研究テーマとし、40年以上にわたり一貫して研究を行ってきた。その関連論文は150編を超え、英文研究著書も3冊出版し、Applicable Analysisなど7つを超える国際雑誌の編集委員も務めるなど、再生核理論の専門家として国際的に活躍している。しかしながら具体的な問題へのアプローチに関しては、計算アルゴリズム構築の困難などが障害となり、少数の単純な例を扱うのみであった。そのようなとき、15年ほど前より松浦(研究代表者)が共同研究に加わり、具体的な逆問題から理論の精密化を図るとともに、現実的な計算アルゴリズムの構築を目指すこととなった。その経過の中で、特異性を回避しながら漸近的に真の解に近づくチホノフの正則化法と再生核理論の統合を思い立った。

(3) 松浦(代表研究者)は学生時代より、数理工学を専攻し、甘利俊一教授(東大名誉教授、前理化学研究所脳科学統合研究センター長、現在は同センター特別顧問)のもとで、神経回路網の数理や統計的学習理論、パターン認識、サポートベクタマシン、独立成分分析などに関する研究を行ってきた。これらの分野ではチホノフの正則化法は(関数解析との関連は意識されていないが)強力な手法として認知されており、この経験を踏まえて両者(チホノフ正則化法と再生核理論)の統合を思い立った。それ以降、我々はこの立場から具体的な問題への精力的なアプローチを始めることとなった。

(4) そして十数年前、我々は歴史的に難問とされてきた熱伝導における逆問題について、この方法を適用し、新しい陽表現公式を確立した。さらに我々は、得られた逆公式を用いて、任意時刻に任意温度分布を実現する初期温度分布を算定するアルゴリズムを開発し、コンピュータによる数値実験を行い、この方法とアルゴリズムの妥当性を確認することに成功した。そしてその成果をISAAC (International Society for Analysis, its Applications and Computation)の第4回国際会議(2003年8月、トロント)にて報告した。その後、我々は上記の研究を通して得られた方法論を拡張・適用することによって、それまで逆問題として具体的に解くことは困難とされてきた、(a)過剰な境界条件下での常微分方程式の最適近似解の構成問題 (Journal of Analysis and Applications, Vol.3,1-17(2005)), (b)波動方程式の逆問題 (The Australian Journal of Mathematical Analysis and Applications, Vol.1(7),1-18(2004)), (c)任意外力を満足するポアソン方程式の数値解の構成方法 (Applicable Analysis, Vol.83(10),1037-1051(2004)), (d)部分的に与えられた境界条件を満たす調和関数の数値的構成方法 (Applicable Analysis, Vol.85(8), 901-915(2006)), (e)ラプラス変換の実逆変換問題 (Journal of Analysis and Applications, Vol.5,123-136(2007)) 等に応用し有用で適切な解法を見出してきた。その後もいくつかの逆問題に対して、この方法の拡張・適用を試みてきた。ここ数年においては、医学方面の逆問題の解法にも着手し、医用画像の再構成問題にも我々の方法が適用できるのではないかと、研究を続けていた。更に、再生核理論とゼロ除算との関係にも注目して、様々な角度から両者の関係を明らかにして、数学のいくつかの分野の基礎を見直している。

2. 研究の目的

(1) コンピュータビジョン、信号処理工学、ロボットアーム解析、大規模・複雑な医用データの解析などの分野において、重要であるが解くことが困難とされ放置されている逆問題、実的な精度の解を得られない逆問題を、我々の理論の立場から再整理し定式化することによって、その困難性の原因を究明する。

(2) 上記で定式化された問題に対して我々の方法を用いて解の構成アルゴリズムを開発・構築する。さらに「アペイロ離散化法」(齋藤がポルトガル・アペイロ大学滞在中に発案し、命名した。)を具体例に適用することによって、この離散化法の利点を実証する。

(3) この研究で得られた我々の方法による種々の逆問題の解構成法と、我々の過去の研究による方法、従来の差分法、有限要素法、境界要素法、画像処理法などによる解法とを比較し、高精度計算(今回の研究分担者ではないが、日頃我々と共同研究を行っている京都大学の藤原宏志氏

が開発した方法、ライブラリ)においても我々の(新しい)方法が様々な点で優位であることを実証する。

(4)上記(2)で得られた逆問題の解構成アルゴリズムを現場の標準的な計算機でも簡単に実装・使用できるように(パラメータ調整法なども含めて)ユニット化して、工業、産業、医療等の現場に提案する。可能ならば特許出願して特許取得を目指す。

3. 研究の方法

(1)主要な理論的手法はチホノフ正則化法と再生核理論の融合により、具体的に計算可能な逆問題の解の陽的表現を導くことである。

(2)いくつかの逆問題に適する解の構成アルゴリズムを構築する。我々の方法論は逆問題に対してある種の汎用性を持つものであるが、具体的な問題を解く際にはその問題特有の困難さが伴うため、それらのノウハウがそのまま通用するとは限らない。この場合には新しいアルゴリズムを見出すことに努める。現場のデータは一般的に測定誤差等の誤差を伴うものであるから、構築したアルゴリズムの誤差解析も並行して行う。さらに計算機を用いて詳細な数値実験を行ない、アルゴリズムの有用性を検証する。

(3)画像やデータの解析には従来の学習方法(従来型ニューラルネットワーク、サポートベクタマシン、ランダムフォレスト等)の他に深層学習などを取り入れて異常検出などの判定に用いる。

4. 研究成果

(1)平成29年度(2017年度)

平成29年度から、首都大学東京・人間健康科学研究科の白川崇子教授とCT画像からの肺気管支分岐角度の自動推定手法の開発、高次脳活動中の高濃度酸素吸入による脳血流変化を捉えるためのNIRS+fMRI同時データ解析方法の研究を始めた。これらの共同研究では既に幾つかの成果が上がっており、作成した解析プログラムは群馬大学医学部でのデータ解析や学生教育に使用していただき、今後の改良のために意見を聞いた。

また、工学的な問題への展開としては、太陽誘電株式会社と電波強度からの室内位置推定の問題、DOWAエレクトロニクスとソーラーパネル性能の電極銀粉形状依存性の問題(画像処理と統計解析)、IHIと実験パラメータ変化によるエンジン内流れ場変動の解析など、企業との共同研究もこの年から始まった。これらの研究課題に関しては、卒業研究課題、修士研究課題、博士論文の課題として学生と共に取り組み、具体的な成果が出始めた。また、開発した解析プログラムを現場で試用していただき、モニターしてその結果をフィードバックしていただいた。

数学的な研究としては、再生核の拡張理論とそれから派生した「ゼロ除算」の研究を継続して、その成果を国際学会発表3件、国内学会(主に日本数学会)6件、投稿論文3篇として公表した。

(2)平成30年度(2018年度)

この課題の医学関連の問題として、糸球体細胞の変性をパターン認識・パターン学習によって捉える研究、蝸牛有毛細胞の組織化過程の定量化に関する研究(以上は群馬大学医学部との共同研究)、CT画像からの肺気管支分岐角度の自動推定手法の開発、高次脳活動中の脳血流変化を捉えるためのデータ解析方法の研究(これらは東京都立大との共同研究)を継続している。これらの共同研究に関連して、今年度は1本の論文出版、2件の国際会議での発表をおこなった。一方、工学的課題としては、ソーラーパネル性能の電極銀粉形状依存性の問題(DOWAエレクトロニクスと共同)、エンジン内流れ場変動の解析(IHIと共同)など企業との共同研究も継続しており、本年度より採取可能シイタケの判別方法の研究(深層学習を用いたパターン判別、森産業と共同)を開始した。

これらの医学・工学研究課題に関しては、一部は研究室学生と共に取り組み、具体的な成果を内外に発表している。また、開発した解析プログラムを医学部や企業の現場で試用していただき、使い勝手などをフィードバックしていただいてより使いやすいものに改良した。

数学的な研究としては、再生核の拡張理論と「ゼロ除算」の関係の研究を継続しており、幾何学との関連、関数論におけるゼロ除算の役割、特異積分との関係などを明らかにした。内外の学会においてもそれらの成果を発表しており(論文5篇、国内学会7件、国際学会2件、書籍1冊中の2章分)、数学における基本的な問題として学会においてもその重要性が認知されてきた。

(3)令和元年度(2019年度)

医学関連の問題として2018年度に実施した課題を継続した。また工学的問題に関しても2018年度と同じ課題を継続した。

これらの医学・工学研究課題に関しては、研究室学生と共に取り組み、開発した解析プログラムを医学部や企業の現場で試用していただき、更に使いやすいものに改良した。

数学的研究としては、再生核の応用とそれから派生した「ゼロ除算」の研究を継続しており、幾何学との関連（特に和算問題）、関数論におけるゼロ除算の役割、特異積分との関係、微分方程式におけるゼロ除算の役割などを明確にした。

この年は、論文 6 本、国内学会で 5 篇、国際学会で 2 件（2 件とも招待講演）の発表などで、上記の成果を公表した。

（4）令和 2 年度（2020 年度）

本研究課題の目的は我々のこれまでの（数学としての）再生核理論の研究成果を工学・医学における具体的な問題レベルで展開して、さらに工学、医学、産業界等に寄与すべく実装の段階まで進めることであった。

この課題の医学関連の問題として、糸球体細胞の変性をパターン認識・パターン学習によって捉える研究、蝸牛有毛細胞の組織化過程の定量化に関する研究（以上は群馬大学医学部との共同研究）、CT 画像からの肺気管支分岐角度の自動推定手法の開発、高次脳活動中の脳血流変化を捉えるためのデータ解析方法の研究（これらは東京都立大との共同研究）を継続した。しかし、コロナ禍のため（学生を被験者とした）データを取得することができず、具体的なデータに関しての検証が十分なされたとはいえない。

一方、工学的課題としては、前年度までの具体的課題の一部（ソーラーパネル性能の電極銀粉形状依存性の問題、採取可能シイタケの判別方法の開発）を継続した。

数学的な研究としては、再生核理論と「ゼロ除算」の関係の研究を継続した。そこでは、幾何学との関連、関数論におけるゼロ除算の役割、特異積分との関係、微分方程式におけるゼロ除算の役割などをより一層明らかにした。

以上の研究に関して、論文を 5 篇（うち査読付き 11 篇）、国内学会発表 7 件、国際会議 2 件（2 件ともに招待講演）、著書 1 冊の刊行を行った。特に著書「INTRODUCTION TO THE DIVISION BY ZERO CALCULUS」は、この方面の今後の研究発展の起爆剤となると考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Sabrou Saitoh	4. 巻 viXra
2. 論文標題 Inverse Problems and Theory of Reproducing Kernels Theory	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 viXra.org	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） 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 Tutomu Matsuura, Hiroshi Okumura, Saburou Saitoh	4. 巻 viXra
2. 論文標題 Probability and Stochastic Analysis in Reproducing Kernels and Division by Zero Calculus	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 viXra.org	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） 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 Hiroshi Okumura, Saburou Saitoh	4. 巻 viXra
2. 論文標題 Some New Type Laurent Expansions and Division by Zero Calculus; Spectral Theory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 viXra.org	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） 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 Hiroshi Okumura, Saburou Saitoh	4. 巻 viXra
2. 論文標題 Division by Zero Calculus and Euclidean Geometry - Revolution in Euclidean Geometry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 viXra.org	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） 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 Yusuke Ono, Tsutomu Matsuura, Toshiyuki Matsuzaki, Keiju Hiromura, Takeo Aoki	4. 巻 38
2. 論文標題 A Study on Generating Fake Images of Podocyte Cells Based on Acgans with Restriction of Learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Engineering Forum	6. 最初と最後の頁 76-82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/AEF.38.76	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 T. Matsuura, H. Okumura and S. Saitoh	4. 巻 3
2. 論文標題 Division by Zero Calculus and Pompe's Theorem	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sangaku Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 36-40
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 W. W. Daumler, H. Okumura, V. V. Puha and S. Saitoh	4. 巻 -
2. 論文標題 Horn Torus Models for the Riemann Sphere and Division by Zero	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 viXra:1902.0223	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) 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 H. Okumura and S. Saitoh	4. 巻 -
2. 論文標題 Values of the Riemann Zeta Function by Means of Division by Zero Calculus	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 viXra:1907.0437	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) 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 S. Saitoh	4. 巻 -
2. 論文標題 We Can Divide the Numbers and Analytic Functions by Zero with a Natural Sense	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 viXra:1902.0058	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) 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 S. Saitoh	4. 巻 -
2. 論文標題 A Meaning and Interpretation of Minus Areas of Figures by Means of Division by Zero	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 viXra:1902.0204	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) 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 S. Saitoh	4. 巻 -
2. 論文標題 Zero and Infinity; Their Interrelation by Means of Division by Zero	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 viXra:1902.0240	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) 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 H. Akca, S. Pinelas and S. Saitoh	4. 巻 57(4)
2. 論文標題 The division by zero $z/0=0$ and differential equations (materials)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Int. J. Appl. Math. Stat.	6. 最初と最後の頁 125-145
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. Okumura and S. Saitoh	4. 巻 18
2. 論文標題 Remarks for The Twin Circles of Archimedes in a Skewed Arbelos by H. Okumura and M. Watanabe	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Forum Geometricorum	6. 最初と最後の頁 97-100
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 H. Okumura and S. Saitoh	4. 巻 7(2)
2. 論文標題 Applications of the division by zero calculus to Wasan geometry	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Global Journal of Advanced Research on Classical and Modern Geometries	6. 最初と最後の頁 44-49
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 H. Okumura and S. Saitoh	4. 巻 18
2. 論文標題 Harmonic mean and division by zero	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Forum Geometricorum	6. 最初と最後の頁 155-159
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 H. Okumura and S. Saitoh	4. 巻 2
2. 論文標題 Wasan Geometry and Division by Zero Calculus	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sangaku Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 57-73
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 Y. Ono, T. Matsuura, T. Matsuzaki, K. Hiromura and T. Aoki	4. 巻 1(1)
2. 論文標題 Developing and applying 2-step learning for analysis of glomerular epithelial cell images	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Mechanical and Electrical Intelligent System	6. 最初と最後の頁 7-15
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 H. Okumura, S. Saitoh and T. Matsuura	4. 巻 1
2. 論文標題 Relations of 0 and	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Technology and Social Science	6. 最初と最後の頁 70-77
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 H. Michiwaki, H. Okumura and S. Saitoh	4. 巻 1
2. 論文標題 Division by Zero $z/0 = 0$ in Euclidean Spaces	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Mathematics and Computation	6. 最初と最後の頁 1-16
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 T. Matsuura and S. Saitoh	4. 巻 1
2. 論文標題 General Inverse Transforms by The Concept of Generalized Reproducing Kernels	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 New Trends in Analysis and Interdisciplinary Applications	6. 最初と最後の頁 379-386
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 -

〔学会発表〕 計40件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 Sabrou Saitoh
2. 発表標題 Probability and Stochastic Analysis in Reproducing Kernels and Division by Zero
3. 学会等名 The 6th Int'l Conference on Probability and Stochastic Analysis (ICPSA 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sabrou Saitoh
2. 発表標題 Applications of reproducing kernels to numerical analysis
3. 学会等名 INTERNATIONAL WEBINAR ON MATHEMATICAL ANALYSIS AND ITS APPLICATIONS (IWMAA2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤三郎
2. 発表標題 History of division by zero
3. 学会等名 RIMS共同研究「数学史の研究」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松浦勉, 齋藤三郎
2. 発表標題 Inverse problems and theory of reproducing kernels ---theory and numerical experiments ---
3. 学会等名 RIMS研究集会「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」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤三郎, 松浦勉, 奥村博
2. 発表標題 Probability and stochastic analysis in reproducing kernels and division by zero calculus
3. 学会等名 日本数学会 (慶応大学)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤三郎, 奥村博
2. 発表標題 Some new type Laurent expansions and division by zero calculus; Spectral theory
3. 学会等名 日本数学会 (慶応大学)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤三郎, 奥村博
2. 発表標題 Division by zero calculus and Euclidean geometry, Revolution in Euclidean geometry
3. 学会等名 日本数学会 (慶応大学)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤三郎
2. 発表標題 Okumura's disc series can beyond the crucial point of D auhler{Puha's horn torus models for the Riemann sphere
3. 学会等名 日本数学会 (熊本大学)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 齋藤三郎, 松浦勉, 奥村博
2. 発表標題 Values of the Riemann zeta function at positive integers by means of the division by zero calculus
3. 学会等名 日本数学会 (熊本大学)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tsutomu Matsuura
2. 発表標題 Reproducing kernel theory and its applications for some inverse problems
3. 学会等名 INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN MATHEMATICS AND ITS APPLICATIONS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Saburo Saitoh
2. 発表標題 What was division by zero? - Division by zero calculus and new world
3. 学会等名 INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN MATHEMATICS AND ITS APPLICATIONS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤三郎
2. 発表標題 Okumura 's disc series can beyond the crucial point of Daumler-Puha 's horn torus models for the Riemann sphere
3. 学会等名 日本数学会 (日本大学)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 齋藤三郎, 松浦勉, 奥村博
2. 発表標題 Values of the Riemann zeta function at positive integers by means of the division by zero calculus
3. 学会等名 日本数学会 (日本大学)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 齋藤三郎
2. 発表標題 Remarks for the Quan 's identity on the analytic conjugate H2 norm and the Bergman norm; Isoperimetric inequalities for Dirichlet integrals
3. 学会等名 日本数学会 (金沢大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤三郎
2. 発表標題 Division by zero calculus in multiply dimensions and open problems
3. 学会等名 日本数学会 (金沢大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤三郎
2. 発表標題 Meanings of zero and infinity; Relations of zero and infinity
3. 学会等名 日本数学会 (金沢大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Saburo Saitoh, Hiroshi Okumura
2. 発表標題 Division by zero calculus in figures -Our new space since Euclid- (Draft)
3. 学会等名 日本数学会 (岡山大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Saburo Saitoh, Hiroshi Okumura
2. 発表標題 Applications of the division by zero calculus to Wasan geometry
3. 学会等名 日本数学会 (岡山大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Saburo Saitoh
2. 発表標題 Division by zero calculus
3. 学会等名 日本数学会 (岡山大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Saburo Saitoh, Hiroshi Okumura
2. 発表標題 The Descartes circles theorem and division by zero calculus
3. 学会等名 日本数学会 (岡山大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Saburo Saitoh, W. W. Däumler
2. 発表標題 Horn torus models for the Riemann sphere from the viewpoint of division by zero (draft)
3. 学会等名 日本数学会 (東工大)
4. 発表年 2018年 ~ 2019年

1. 発表者名 Saburo Saitoh
2. 発表標題 We can divide the numbers and analytic functions by zero with a natural sense
3. 学会等名 日本数学会 (東工大)
4. 発表年 2018年 ~ 2019年

1. 発表者名 齋藤三郎
2. 発表標題 和算とゼロ除算
3. 学会等名 RIMS共同研究 (公開型) 「数学史の研究」 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Ono, T. Matsuura, T. Matsuzaki, K. Hiromura and T. Aoki
2. 発表標題 Investigation of generalization ability by applying 2-Step Learning for Glomerular Epithelial cell images
3. 学会等名 International Conference on Technology and Social Science 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Ono, T. Matsuura, T. Matsuzaki, K. Hiromura and T. Aoki
2. 発表標題 Making fake images of podocyte for estimating the stages of kidney disease with machine learning
3. 学会等名 5th International Symposium of Gunma University Medical Innovation and 9th International Conference on Advanced Micro-Device Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Matsuura
2. 発表標題 Division by Zero Calculus and singular integrals
3. 学会等名 International Conference on Applied Physics and Mathematics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Saitoh
2. 発表標題 Division by Zero calculus and applications
3. 学会等名 International Conference on Applied Physics and Mathematics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Matsuura
2. 発表標題 $\log_0 = \log_{=0}$ and Applications (Invited lecture)
3. 学会等名 International Conference on Differential & Difference Equations and Applications 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Saburo Saitoh
2. 発表標題 DIVISION BY ZERO CALCULUS AND DIFFERENTIAL EQUATIONS(Invited lecture)
3. 学会等名 International Conference on Differential & Difference Equations and Applications 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tsutomu Matsuura and Saburo Saitoh
2. 発表標題 Division by Zero Calculus and Singular Integrals
3. 学会等名 International Conference on Mechanical, Electrical and Medical Intelligent System 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 粕川 知晃, 松浦 勉
2. 発表標題 電波強度を用いた位置推定
3. 学会等名 JSME関東支部群馬ブロック研究交流会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長野史弥, 松浦勉, 向後晶子
2. 発表標題 疑似細胞画像を学習に用いたCNNによる二値化
3. 学会等名 JSME関東支部群馬ブロック研究交流会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大野 侑亮, 松浦 勉, 松崎 利行, 廣村 桂樹, 青木 武生
2. 発表標題 輝度勾配情報に基づいた系球体上皮細胞画像の分類
3. 学会等名 JSME関東支部群馬ブロック研究交流会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Ono, T. Matsuura, T. Matsuzaki, K. Hiromura and T. Aoki
2. 発表標題 Development and Application of 2-Step Learning for Glomerular Epithelial cell images
3. 学会等名 International Conference on Advanced Engineering and Its Education in 2017 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤三郎, 奥村博, 松浦勉
2. 発表標題 Relations of 0 and
3. 学会等名 日本数学会 (山形大学)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤三郎
2. 発表標題 History, logic, results and impacts of the division by zero $1/0=0$
3. 学会等名 日本数学会 (山形大学)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤三郎, H. Akca, S. Pinelas
2. 発表標題 Incompleteness of the theory of differential equations and open problems
3. 学会等名 日本数学会 (東京大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤三郎, 松浦勉
2. 発表標題 Division by zero calculus and singular integrals
3. 学会等名 日本数学会 (東京大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤三郎, 松浦勉, 澤野嘉宏
2. 発表標題 What are reproducing kernels?
3. 学会等名 日本数学会 (東京大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤三郎, 松浦勉, 澤野嘉宏
2. 発表標題 General integral transforms by the concept of generalized reproducing kernels
3. 学会等名 日本数学会 (東京大学)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 SABROU SAITOH	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Scientific Research Publishing, Inc.	5. 総ページ数 200
3. 書名 INTRODUCTION TO THE DIVISION BY ZERO CALCULUS	

1. 著者名 T. Matsuura, H. Michiwaki and S. Saitoh	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 662
3. 書名 Differential and Difference Equations with Applications. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics	

1. 著者名 S. Pinelas and S. Saitoh	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 662
3. 書名 Differential and Difference Equations with Applications. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics	

1. 著者名 Editors Sandra Pinelas, TomasCaraballo, Peter Kloeden and John R. Graef	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer International Publishing	5. 総ページ数 673
3. 書名 Differential and Difference Equations with Applications	

〔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
研究 分 担 者	齋藤 三郎 (Saitoh Saburou) (10110397)	群馬大学・その他部局等・名誉教授 (12301)	

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