

令和 4 年 6 月 24 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H02155

研究課題名(和文) 医用応用を目指した生体内の光の伝播の数理解析

研究課題名(英文) Mathematical Sciences aiming at medical application of light propagation in biomedical tissues and related topics

研究代表者

磯 祐介 (Iso, Yuusuke)

京都大学・情報学研究科・教授

研究者番号：70203065

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,600,000円

研究成果の概要(和文)：本課題研究では光断層撮影法を輸送方程式の逆問題として定式化し、この断層撮影技術の将来の医用応用を視野に入れた数理科学的研究を行い、幾つかの成果を得ている。特に、現象の数理解析として有界領域における定常輸送方程式の境界値問題を採用した場合に境界条件の不連続性を逆問題のデータとする新たな設定を行い、問題の特性曲線法に基づく不連続性伝播の数理解析と、不連続Galerkin法を用いたこの問題の大規模数値計算において新たな知見を得た。関連研究として光音響技術の基礎研究、生体ひかり技術の医用応用、最適化を利用した逆解析手法の確立、スペクトル法に基づく大規模高精度数値計算の研究を行い、成果を得ている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光断層撮影法(Diffused Optical Tomography=DOT)は近赤外光の生体特性を利用する未来の医用技術で、脳科学への寄与も期待できる。この未来技術の基礎理論を数理科学的に確立することが本課題研究の目的である。この問題を輸送方程式の逆問題として扱うことが斬新であり、本課題研究では定常輸送方程式の逆問題解析とその関連研究を展開した。本課題研究の成果のみでDOTが実用化されるわけではないが、方程式の不連続性に対応するデータを逆問題のデータとする問題設定を行い、数理解析と数値解析の両面で新たな知見を得ている。あわせて、近赤外光を利用した未来技術である光超音波技術でも成果を得た。

研究成果の概要(英文)： The present research program focuses on Diffused Optical Tomography (DOT), and the key idea of the research is dealing with the radiative transport equation (RTE) as the mathematical model of the aimed phenomena. DOT is considered an inverse problem of RTE, and we set the inverse problem to determine the scattering coefficient in the equation by observation of discontinuity of the solution of RTE. We show some mathematical results based on the method of characteristic lines and also numerical ones based on the discontinuous Galerkin method. We also show some new results the concerning photo-acoustic technology and, furthermore, obtain new knowledge on NIRS. We show some interesting numerical results aiming at numerical computation for inverse problems.

研究分野：数学基礎・応用数学

キーワード：応用数学 数値解析 応用解析 医用ひかりトモグラフィ 大規模数値計算 逆問題解析 光超音波

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

20世紀の後半には(可視光レベルの)“ひかり”や放射線を含む電波の生体透過性等の特性が詳しく研究され、波長が800nm程度の近赤外光(可視光の波長は約380-800nm)が生体の内部まで特徴的に伝播する事実が発見されており、この科学的な事実は1977年の科学誌SCIENCEに(波長に関する)“生体の窓”として報告されている。一方で(光の)波長によるヘモグロビンの吸光特性は1867年のHoppe-Seylerの研究で指摘され、第二次世界大戦と関連する軍需研究の要素もあるが、1940年代には光を用いて非侵襲的に血中酸素飽和度を測定する技術が確立している。この2つの特性(近赤外光の生体の窓の特性とヘモグロビンの吸光特性)を利用することで、生体内の血管(血流)だけが可視化される断層撮影技術が考えられる。なお、波長が1nm程度のX線を利用すれば、一般的な生体のX線画像として臓器と骨格が比較的鮮明に可視化されることは周知の通りであり、放射線科医師の読影技術によって脳の出血なども検査・観測される。

拡散光トモグラフィ(Diffused Optical Tomography = DOT)は上記の近赤外光の特性を考慮した次世代生体断層撮影法で、生体特性の高い波長の近赤外光を利用することで、骨などの骨格ではなく、血管を中心とする生体組織が可視化される。また時間依存のデータとしても可視化されることから、特に脳科学への利用が期待されている。いわゆるCTではX線を利用するため、検査時の放射線被曝のリスクは避けられず非侵襲検査とは言い難い。この検査は生命の危険が危惧される脳梗塞等の診断・治療においては合理的判断によって利用できるが、一般的な研究目的で人体に使用することは様々な理由から著しく憚られる。一方で、脳の情報処理の時間変化を観測しようとする場合、脳の特定領域の血流変化と情報処理が関連することを前提に、脳の血流のみに焦点を絞った観測で十分とも考えられ、しかも長時間観測が望まれるため、DOTが生体に安全な断層撮影技術と考えられる。すなわち、DOT技術の確立は脳科学の発展への大きな寄与が期待される。この事情とDOTに対する潜在ニーズは本課題研究申請時においても現在でも殆ど同様と考えている。

近赤外光を利用する生体観測技術の開発研究では、DOTの道程はまだ遠いが、日立製作所は大脳表面の血流を可視化する“Topography”(商品名)と呼ばれる機器を発明した。この機器を利用した脳活動の可視化はテレビ等でもよく紹介されている通りである。この装置はすでにある程度は確立した検査技術としても認知されており、平成26年度からは健康保険が適用される検査としても用いられている。しかし本課題研究の研究協力者でもある福山秀直名誉教授(京都大学医学研究科)は、高次脳機能研究の立場から、大脳の深さ方向の情報をとることのできないTopography画像の脳科学研究における信頼性に問題を提起している。脳の表面近傍での血流の相対比を簡便に観測できるTopographyの画像が脳科学研究の根拠データとして本当に寄与するか。その信頼性評価等もDOTによる脳血流の断層撮影との比較によってなされるべきものである。この意味でもDOTの実現は求められる。

DOTにかかる理論研究では、現状では現象を記述する数値モデルとして拡散方程式を利用するものが殆どであり、結果として、DOTの基礎研究はDOTの実現に何ら寄与していないといっても過言でない。この事情は、本課題研究開始時も現在も同様である。福山名誉教授と研究代表者は現象の数値モデルを輸送方程式(Radiative Transport Equation = RTE)とするパラダイムチェンジを提唱し、脳の生体機能信頼性を持って可視化する未来技術としての断層撮影法としてDOTをRTEの逆問題解析と位置づけた共同研究を2008年頃から開始したが、これが本課

題研究に至る端緒である。先行研究では2次元簡略モデルの数値実験ではDOTの実現に向けての一定の成果を挙げている。

なお、物性物理学視点では、RTEを生体内の光伝播現象の数理解析モデルとすること自体は実は新たな視点ではない。また、1999年のArridgeによるサーベイ論文においてもDOTの原理としてRTE逆問題が紹介されている。しかしRTEの数理解析と数値解析には高度な数学が必要のため、多くの数理解析研究者にとってはその扱いが極めて困難であるため、RTEの解が拡散方程式の解で近似される事実を用いて、扱いやすい拡散方程式の逆問題としてDOTを定式化することがそのこのサーベイ論文の趣旨である。実際、この研究方向が広く受け入れられてきた。しかし、逆問題がHadamardの意味で非適切であることから、ある意味では数理解析として当然であるが、拡散方程式による問題設定ではDOTの実現という点では顕著な成果は全く得られていない。むしろ、2次元簡略モデルではあるが、RTEに立脚する申請者の先行研究のほうがDOTの実現に近づいているとも考えられる。このような背景の下で本課題研究は立案された。

2. 研究の目的

”光トモグラフィ”(Diffused Optical Tomography = DOT)は可視光レベルの近赤外光の生体特性を利用し、生体組織の持つ情報を非侵襲的(non-invasive)に取り出す未来の断層撮影技術である。本課題研究では生体内の光伝播の数理解析モデルを”輸送方程式”(Radiative Transport Equation = RTE)と考える立場に立ち、研究代表者とその研究グループの行なってきた過去のプロジェクト研究の成果を踏まえて、その成果を着実に進展させることが第一目的である。特に新領域の”生体ひかり”分野の数理解析を進める観点から、DOTのほか脚光を浴びている”光超音波”(photo-acoustics)も研究課題の中に含め、医用応用指向の新しい数理解析の展開を図ることも意図している。

研究代表者はモデル化誤差の観点からRTEの解を拡散方程式の解で近似することを避け、数学的には困難であってもRTEの逆問題を直接的に扱うことを提唱して問題設定を行なっている。この点が同様の他の研究とは根本的に異なる大きな特徴となっている。ただ、3次元のRTEに関してはDOT以前の問題たる「順問題解析」の数値計算自体が極めて困難であり、例えば研究分担者の一人はその先行研究で数理解析モデルは10億元程度の連立方程式の数値解法に帰着させ、散乱項(積分項)の効率的な計算や連立方程式の高速解法を様々に工夫し、さらには計算の並列化の研究も行ない、漸く大規模数値計算の結果を得るに至った実績がある。DOTの実現に向けた数値解析の研究では、その関連事項として種々の数値解析上の課題を多面的に解決することも必要である。さらには、DOTは逆問題解析であり、Hadamardの意味で不適切(ill-posed)な問題である。従って、いわゆる非適切問題解析の理論展開も不可欠である。本課題研究ではこれらの数学的な基礎事項も関連テーマとして重要視し、医用応用を視野に入れた数理解析科学として位置づけている。

なお、さらに本課題研究では、DOTと同様に近赤外光の特性を利用する”光超音波”(photo-acoustics)にも着目している点が斬新である。この技術は近年脚光を浴びているもので、幾つかの事例では顕著な成果が示されているが、数理解析という点では数理解析モデルの確立も不十分である。数理解析科学面ではDOTの基礎研究との共通点も多いが、基礎となる数理解析モデルは異なるものと考えべきである。しかしこれらの問題を統括して”生体ひかり”の数理解析を今展開することは、時宜を得たもの判断した。これらを通して我が国の”生体ひかり”

の新展開が些かでも生れば、今後の医用の数理解析(医数連携)の礎ともなり、未来志向の新たな学術展望となることを期待している。

3. 研究の方法

本課題研究は数理科学に関する理論および数値計算を主体とするものであり、また研究組織内では平素から研究方向に関する個別の研究連絡と意思疎通が行なわれていることから、代表者と分担者がそれぞれ独立して自律並行的に研究を進める方式を採用した。研究課題を輸送方程式の逆問題の数理解析、光超音波の解析、生体光技術の医用応用、逆問題解析手法の解析と開発、高精度数値計算の実現という複数のサブテーマにわけ、研究代表者から示される研究ミッションを明示した形で自律並行的研究態勢と方法で研究を展開した。また、サブテーマの一部では海外の研究協力者との連携も図り、特に中華民国の国立台湾大学、大韓民国のソウル国立大学の研究グループとの間では恒常的な研究連絡も行うこととした。得られた成果は研究集会で発表し、相互理解を深める形式を図った。しかし残念ながら、COVID-19 感染症の世界的な拡大のために対面形式での研究集会をたびたび延期せざるを得ず、COVID-19 感染症が容易には終息しなかったことから2回の経費繰越を余儀なくされた。このような研究方法の変更は初めての経験であったが、当初外国旅費として想定していた経費を利用してオンライン研究会の環境を対面に近い形に整備し、当初計画に準じた研究方法・研究計画により課題研究を遂行した。残念なことは、研究成果自体は当初見込みを上回ったものの、研究成果の総括が遅れたため、本課題研究の成果を次の科学研究費の課題研究への申請に結びつけることができず、発展的な基盤研究(S)あるいは継続的な基盤研究(A)の申請に本課題研究の成果を繋げることは断念した。

4. 研究成果

生体内の光伝播の数理解析モデルとして輸送方程式(RTE)を採用した場合の数理解析に関して本課題研究における最も顕著な成果は、特性曲線を利用した数学解析によるものである。ここでは代表者の先行研究とは異なる問題設定を行い、十分に時間が経過した現象を想定した定常輸送方程式の境界値問題を設定し、適当な整合条件下で境界条件として不連続強度の入射光に相当する境界条件を与えた場合の解析を行なった。この不連続性は解の不連続性として特性曲線に沿って伝播し、最終的には「出射光として観測」されることを数学的に証明した。また、入射光と出射光における不連続性のジャンプ量を逆問題設定における観測情報とする新たな逆問題設定を提案し、そこに既存のX線CTの逆問題解析手法とを結びつけることによって新たな断層撮影手法の提案を行なった。ただ、残念ながら、この提案のみでDOT技術が実現するものではない。

またRTEの解の特異性を数値的に捉えるための不連続 Galerkin 法を提案し、空間2次元および3次元の大規模問題の数値計算手法を提案して実現した。またRTEの逆問題解析においては新たな手法を提案してその数値計算上の特性を調べた。これによって伝統的な積分幾何的に基づく手法では解析が不可能であった部分観測データから方程式の非斉次項の再構成を可能とする解析の糸口を開いた。なおこの成果はA. Tamasan氏(University of Central Florida, 米国)およびK. Sadiq氏(University of Vienna, オーストリア)との共同研究による成果である。

生体光技術の医用実用の観点では、生体内の光の伝播を原理とする計測技術の医用応用事例として、Positron Emission Tomography (PET) の新規トレーサー開発、および一部に他のプロジェクト研究とも関る共同研究を含むが、そのヒトへの応用、近赤外帯域の Hyperspectral

Imaging を用いた非接触血管内ブランク検出技術の開発、赤外光による Thermal Imaging および近赤外光による Laser Speckle Imaging を用いたラット脳機能同時計測技術の開発、近赤外光による Optical Coherence Tomography (OCT) を用いたメダカ脳血管の描出など多岐にわたる研究成果あげた。これらは本課題研究の「出口戦略」たる DOT の活用の観点では先駆的な知見を含むものと判断している。

ひかり超音波を含む「光音響イメージング」は近赤外領域などの波長の光を生体や生体組織に照射し、生体組織中のヘモグロビンや造影剤などの光吸収体が吸収した光エネルギーが熱エネルギーに変換された際に生じる熱膨張の結果伝播する応力波（光音響波）を検出して、発生源である光吸収体の分布を画像化する未来技術である。超音波を用いることから光のみを用いた画像化技術と比較して高い空間分解能を発揮するが、光照射位置や超音波検出位置によって画像輝度が変化することから、ヘモグロビン等の光吸収体濃度の定量測定には幾つかの課題があった。そこで、定量性を改善させるためには媒体中の光と光音響波の伝播を解析し、画像再構成する技術を提案してその研究を行った。モンテカルロ法による光伝播シミュレーションと光音響波動方程式による焦点型の超音波センサによる測定モデリングを用いて逆問題計算を行い、光吸収体の濃度分布を定量的な画像再構成を行う方法を提案して構築し、数値実験や生体を模擬したファントムによる実験を行ってその有効性を示した。また、造影剤として金ナノ粒子した場合の、粒子の形状や周囲の光の散乱特性による光音響波の変化について、数値計算や実測実験によって検証して新たな知見を得るに至った。

関連事項の数値解析、数理解析の基礎研究としては次のような種々の成果をあげている。形状逆問題・自由境界問題の数値解析・数学解析に関しては、曲率によって運動する多次元空間内の曲線と曲面に関する比較定理を証明した。曲率流方程式に対し、符号付距離関数を用いた離散化手法を提案しその収束証明を与えた。形状決定逆問題に対し、形状最適化手法による定式化を行い新たな数値解法を提案したが、この成果は逆問題解析一般に通底する手法である。このほか弾性体・粘弾性体に関する数理モデリングとその解析や、非圧縮流体に関する数理モデリングとその解析においても種々の成果をあげている。

最後に高精度数値計算手法に関しては、DOT 画像の高速数値計算を視野に入れた研究を行い成果をあげた。ここでは RTE 等を含む微分積分方程式の高精度高速数値計算法の開発を近年のデータサイエンス的手法とも関連させ、別途の先行研究である非整数階微分方程式の数値計算法の開発とも関連させて研究を遂行した。ここではスペクトル選点法を用いた積分項の高精度数値計算法を提案し、予め予備計算を行うデータベースを利用した高速数値計算法の有効性を検討した。非整数階微分方程式としては近赤外光を観測データとして想定する血糖値観測を設定し、血糖値の制御問題に現れる非整数階微分方程式への高精度数値計算法をスペクトル選点法の適用を行い、信頼性を持ってこの非整数階微分の数値計算を実現した。さらにその周辺研究として、種々のタイプの微分方程式に現れる爆発解現象に対する数値解析手法の開発も併せて行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計53件（うち査読付論文 46件 / うち国際共著 18件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 藤原 宏志	4. 巻 16
2. 論文標題 定常輻射輸送方程式の速度方向区分定数近似の数値解析	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 計算数理工学論文集	6. 最初と最後の頁 91 ~ 96
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Shioda Shogen, Maharani Ahsani Ummi, Kimura Masato, Azegami Hideyuki, Ohtsuka Kohji	4. 巻 26
2. 論文標題 Shape Optimization Approach by Traction Method to Inverse Free Boundary Problems	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Mathematical Analysis of Continuum Mechanics and Industrial Applications	6. 最初と最後の頁 111 ~ 123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-10-2633-1_8	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 Katsuyuki, Kimura Masato	4. 巻 18
2. 論文標題 Convergence of a threshold-type algorithm using the signed distance function	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Interfaces and Free Boundaries	6. 最初と最後の頁 479 ~ 522
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4171/IFB/371	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 Chihara Hideo, Oishi Naoya, Ishii Akira, Munemitsu Toshihiro, Arai Daisuke, Ikeda Hiroyuki, Miyamoto Susumu	4. 巻 250
2. 論文標題 In vivo detection of atherosclerotic plaque using non-contact and label-free near-infrared hyperspectral imaging	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Atherosclerosis	6. 最初と最後の頁 106 ~ 113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atherosclerosis.2016.04.029	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 Okawa Shinpei, Nara Takaaki	4. 巻 52
2. 論文標題 Localization of current dipole by minimizing entropy of dipole distribution for magnetoencephalography	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics	6. 最初と最後の頁 73 ~ 78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/JAE-162192	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 Okawa, S.	4. 巻 -
2. 論文標題 Spatial filtered reconstruction for changes in the absorption coefficient for diffuse optical tomography	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of SICE Annual Conference 2016	6. 最初と最後の頁 1160 ~ 1163
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 Higashimori Nobuyuki, Fujiwara Hiroshi, Iso Yuusuke	4. 巻 -
2. 論文標題 Convergence of Finite Difference Schemes Applied to the Cauchy Problems of Quasi-linear Partial Differential Equations of the Normal Form	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Advances in Difference Equations and Discrete Dynamical Systems	6. 最初と最後の頁 113 ~ 124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-10-6409-8_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 -

1. 著者名 Higashimori Nobuyuki, Fujiwara Hiroshi	4. 巻 93
2. 論文標題 Semi-discrete finite difference schemes for the nonlinear Cauchy problems of the normal form	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the Japan Academy, Series A, Mathematical Sciences	6. 最初と最後の頁 99 ~ 104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3792/pjaa.93.99	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 Fujiwara Hiroshi, Oishi Naoya	4. 巻 -
2. 論文標題 Direct Numerical Computation of the Stationary Radiative Transport Equation on Modern Parallel Architectures	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2017 16th International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science	6. 最初と最後の頁 29 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/DCABES.2017.62	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. Sasaki, H. Soutome, H. Imai, N. Ishimura	4. 巻 26
2. 論文標題 Numerical limit and its application to a blow-up problem related to default risk	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Advances in Mathematical Sciences and Applications	6. 最初と最後の頁 29 ~ 38
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 Kawagoe Daisuke, Chen I.-Kun	4. 巻 170
2. 論文標題 Propagation of Boundary-Induced Discontinuity in Stationary Radiative Transfer	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Physics	6. 最初と最後の頁 127 ~ 140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10955-017-1922-8	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 Okawa Shinpei, Hirasawa Takeshi, Kushibiki Toshihiro, Ishihara Miya	4. 巻 24
2. 論文標題 Effects of the approximations of light propagation on quantitative photoacoustic tomography using two-dimensional photon diffusion equation and linearization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Optical Review	6. 最初と最後の頁 705 ~ 726
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10043-017-0369-0	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 大川 晋平、石原 美弥、西村 吾朗、星 詳子	4. 巻 56
2. 論文標題 近赤外光を用いた次世代生体イメージング：拡散光・蛍光・光音響トモグラフィ	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 863～868
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11499/sicejl.56.863	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 大川晋平, 平沢 壮, 佐藤良太, 榎引俊宏, 石原美弥, 寺西利治	4. 巻 36
2. 論文標題 光音響シミュレーションと定量的トモグラフィ画像再構成 - 光音響を用いたより高度な診断を目指して -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Optronics	6. 最初と最後の頁 66～71
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 Okawa Shinpei, Sei Kiguna, Hirasawa Takeshi, Irisawa Kaku, Hirota Kazuhiro, Wada Takatsugu, Kushibiki Toshihiro, Furuya Kenichi, Ishihara Miya	4. 巻 10064
2. 論文標題 In vivo photoacoustic imaging of uterine cervical lesion and its image processing based on light propagation in biological medium	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE	6. 最初と最後の頁 100642S
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2253716	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 N. Higashimori, H. Fujiwara, and Y. Iso	4. 巻 212
2. 論文標題 Convergence of finite difference schemes applied to quasi-linear partial differential equation of the normal form	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Difference Equations and Discrete Dynamical Systems. (Springer Proceedings in Mathematics and Statistics)	6. 最初と最後の頁 113～124
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. Fujiwara, N. Higashimori, and H. Imai	4. 巻 27
2. 論文標題 Numerical experiments on analyticity of solutions to fractional differential equations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Mathematical Sciences and Applications	6. 最初と最後の頁 169 ~ 180
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 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) 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 Hiroshi Fujiwara	4. 巻 8
2. 論文標題 Multiple-Precision Multiple-Precision Arithmetic Environment in MATLAB and Its Application to Reliable Computation of Fractional Order Derivatives	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 マス・フォア・インダストリ研究	6. 最初と最後の頁 83 ~ 120
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 Higashi Tatsuya, Nishii Ryuichi, Kagawa Shinya, Kishibe Yoshihiko, Takahashi Masaaki, Okina Tomoko, Suzuki Norio, Hasegawa Hiroshi, Nagahama Yasuhiro, Ishizu Koichi, Oishi Naoya, Kimura Hiroyuki, Watanabe Hiroyuki, Ono Masahiro, Saji Hideo, Yamauchi Hiroshi	4. 巻 32
2. 論文標題 18F-FPYBF-2, a new F-18-labelled amyloid imaging PET tracer: first experience in 61 volunteers and 55 patients with dementia	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Annals of Nuclear Medicine	6. 最初と最後の頁 206 ~ 216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12149-018-1236-1	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 Nishii Ryuichi, Higashi Tatsuya, Kagawa Shinya, Okuyama Chio, Kishibe Yoshihiko, Takahashi Masaaki, Okina Tomoko, Suzuki Norio, Hasegawa Hiroshi, Nagahama Yasuhiro, Ishizu Koichi, Oishi Naoya, Kimura Hiroyuki, Watanabe Hiroyuki, Ono Masahiro, Saji Hideo, Yamauchi Hiroshi	4. 巻 32
2. 論文標題 18F-FPYBF-2, a new F-18 labelled amyloid imaging PET tracer: biodistribution and radiation dosimetry assessment of first-in-man 18F-FPYBF-2 PET imaging	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Annals of Nuclear Medicine	6. 最初と最後の頁 256 ~ 263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12149-018-1240-5	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 Suzuki Takashi, Oishi Naoya, Fukuyama Hidenao	4. 巻 24
2. 論文標題 Simultaneous infrared thermal imaging and laser speckle imaging of brain temperature and cerebral blood flow in rats	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Optics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JBO.24.3.031014	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 Okawa Shinpei, Hirasawa Takeshi, Sato Ryota, Kushibiki Toshihiro, Ishihara Miya, Teranishi Toshiharu	4. 巻 25
2. 論文標題 Numerical and experimental investigations of dependence of photoacoustic signals from gold nanoparticles on the optical properties	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optical Review	6. 最初と最後の頁 365 ~ 374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10043-018-0435-2	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 Okawa Shinpei, Hirasawa Takeshi, Tsujita Kazuhiro, Kushibiki Toshihiro, Ishihara Miya	4. 巻 10494
2. 論文標題 3D quantitative photoacoustic image reconstruction using Monte Carlo method and linearization	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE	6. 最初と最後の頁 104944Y
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2293229	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 J. Minarcik, M. Kimura, and M. Benes	4. 巻 24
2. 論文標題 Comparing motion of curves and hypersurfaces in R^m	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series B	6. 最初と最後の頁 4815 ~ 4826
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcdsb.2019032	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 Fujiwara Hiroshi, Sadiq Kamran, Tamasan Alexandru	4. 巻 36
2. 論文標題 A Fourier approach to the inverse source problem in an absorbing and anisotropic scattering medium	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inverse Problems	6. 最初と最後の頁 015005 ~ 015005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6420/ab4d98	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 H. Fujiwara and A. Tamasan	4. 巻 28
2. 論文標題 Numerical realization of a new generation tomography algorithm based on the Cauchy-type integral formula	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advances in Mathematical Sciences and Applications	6. 最初と最後の頁 413 ~ 424
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 Fujiwara Hiroshi	4. 巻 36
2. 論文標題 Design and implementation of multiple-precision arithmetic environment in MATLAB for reliable numerical computations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 1089 ~ 1100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13160-019-00385-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 Kimura Masato, Matsui Kazunori, Muntean Adrian, Notsu Hirofumi	4. 巻 36
2. 論文標題 Analysis of a projection method for the Stokes problem using an ϵ -Stokes approach	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 959 ~ 985
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13160-019-00373-3	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, 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 藤原 宏志, A. Tamasan	4. 巻 19
2. 論文標題 Cauchy 型積分によるメッシュレス X 線計算機断層撮影法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 計算数理工学論文集	6. 最初と最後の頁 1 ~ 6
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 Kimura Masato, van Meurs Patrick, Yang Zhenxing	4. 巻 51
2. 論文標題 Particle Dynamics Subject to Impenetrable Boundaries: Existence and Uniqueness of Mild Solutions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SIAM Journal on Mathematical Analysis	6. 最初と最後の頁 5049 ~ 5076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1137/18M1235922	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 Wijaya Imam, Kimura Masato, Notsu Hirofumi	4. 巻 1245
2. 論文標題 A new Lagrange-Galerkin scheme for solving fluid flow in porous media	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012007 ~ 012007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1245/1/012007	査読の有無 無
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 Chen I-Kun, Kawagoe Daisuke	4. 巻 13
2. 論文標題 Propagation of boundary-induced discontinuity in stationary radiative transfer and its application to the optical tomography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inverse Problems and Imaging	6. 最初と最後の頁 337 ~ 351
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/ipi.2019017	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 Okawa Shinpei, Mimura Tetsuya, Fujii Hiroyuki, Kawaguchi Hiroshi, Tanikawa Yukari, Machida Manabu, Okada Eiji, Hoshi Yoko	4. 巻 11074
2. 論文標題 Time-domain diffuse optical tomography with l_p sparsity regularization for thyroid cancer imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE	6. 最初と最後の頁 1107407
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2526886	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 Okawa Shinpei, Hirasawa Takeshi, Tsujita Kazuhiro, Kushbiki Toshihiro, Fujita Masanori, Ishihara Miya	4. 巻 10878
2. 論文標題 Validation study of a quantitative photoacoustic image reconstruction using Monte Carlo method and linearization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE	6. 最初と最後の頁 1087855
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2511836	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 Fujiwara Hiroshi, Sadiq Kamran, Tamasan Alexandru	4. 巻 13
2. 論文標題 Numerical Reconstruction of Radiative Sources in an Absorbing and Nondiffusing Scattering Medium in Two Dimensions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SIAM Journal on Imaging Sciences	6. 最初と最後の頁 535 ~ 555
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1137/19M1282921	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. Soutome, H. Imai	4. 巻 29
2. 論文標題 Numerical Regularity Map for Blow-Up Solutions of Nonlinear Ordinary Differential Equations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advances in Mathematical Sciences and Applications	6. 最初と最後の頁 393 ~ 402
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 Kimura Masato, Suzuki Atsushi	4. 巻 34
2. 論文標題 Deformation Problem for Glued Elastic Bodies and an Alternative Iteration Method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 CoMFoS 2018: Mathematical Analysis of Continuum Mechanics and Industrial Applications III, Mathematics for Industry	6. 最初と最後の頁 81 ~ 94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-6062-0_6	査読の有無 無
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 Fujiwara Hiroshi	4. 巻 33
2. 論文標題 Piecewise Constant Upwind Approximations to the Stationary Radiative Transport Equation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mathematics for Industry	6. 最初と最後の頁 35 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-6062-0_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 -

1. 著者名 Kimura M., van Meurs P.	4. 巻 26
2. 論文標題 Regularity of the minimiser of one-dimensional interaction energies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ESAIM: Control, Optimisation and Calculus of Variations	6. 最初と最後の頁 27 ~ 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/cocv/2019043	査読の有無 無
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 Ubukata Shiho, Oishi Naoya, Higashi Tatsuya, Kagawa Shinya, Yamauchi Hiroshi, Okuyama Chio, Watanabe Hiroyuki, Ono Masahiro, Saji Hideo, Aso Toshihiko, Murai Toshiya, Ueda Keita	4. 巻 Volume 16
2. 論文標題 Spatial Patterns of Amyloid Deposition in Patients with Chronic Focal or Diffuse Traumatic Brain Injury Using ^{18}F -FPYBF-2 PET	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuropsychiatric Disease and Treatment	6. 最初と最後の頁 2719 ~ 2732
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2147/NDT.S268504	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 Suzuki Takashi, Ueno Tomohiro, Oishi Naoya, Fukuyama Hidenao	4. 巻 10
2. 論文標題 Intact in vivo visualization of telencephalic microvasculature in medaka using optical coherence tomography	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 19831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-76468-6	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 Okawa Shinpei, Hirasawa Takeshi, Tsujita Kazuhiro, Kushibiki Toshihiro, Ishihara Miya	4. 巻 40
2. 論文標題 Numerical Simulation of Photoacoustic Effect and Its Possibility of Applications to Diagnostic Imaging and Treatment Support	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nippon Laser Igakkaishi	6. 最初と最後の頁 348 ~ 358
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2530/jslsm.jslsm-40_0033	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 Okawa Shinpei, Hirasawa Takeshi, Kushibiki Toshihiro, Fujita Masanori, Ishihara Miya	4. 巻 11240
2. 論文標題 Photoacoustic tomography reconstructing absorption coefficient and effect of regularization minimizing p-norm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE	6. 最初と最後の頁 112403N
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2551478	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 Mana Kato, Hiroshi Fujiwara, Hitoshi Imai	4. 巻 30
2. 論文標題 NUMERICAL REGULARITY MAP FOR FUNDAMENTAL ONE-DIMENSIONAL FRACTIONAL DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH HOELDER CONTINUOUS SOLUTIONS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Mathematical Sciences and Applications	6. 最初と最後の頁 499 ~ 506
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 今井 仁司、坂口 秀雄	4. 巻 62
2. 論文標題 チェビシェフ選点法の微分行列を用いた1変数関数の正則性に関する数値実験	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 同志社大学ハリス理化学研究報告 = The Harris science review of Doshisha University	6. 最初と最後の頁 87 ~ 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14988/00028381	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. Ito, H. Imai, T. Ooura	4. 巻 30
2. 論文標題 Development of a high-precision numerical method for integration over one period of periodic functions with a sharp peak	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Mathematical Sciences and Applications	6. 最初と最後の頁 175 ~ 189
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 Md. M. Murshed, K. Futai, M. Kimura, and H. Notsu	4. 巻 14
2. 論文標題 Theoretical and numerical studies for energy estimates of the shallow water equations with a transmission boundary condition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Discrete and Continuous Dynamical Systems - S	6. 最初と最後の頁 1063 ~ 1078
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcdss.2020230	査読の有無 無
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 Kimura Masato, van Meurs Patrick	4. 巻 53
2. 論文標題 Quantitative Estimate of the Continuum Approximations of Interacting Particle Systems in One Dimension	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SIAM Journal on Mathematical Analysis	6. 最初と最後の頁 681 ~ 709
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1137/20M1322054	査読の有無 無
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 藤原宏志, 大石直也, K. SADIQ, A. TAMASAN	4. 巻 21
2. 論文標題 部分観測による X 線計算機断層撮影法の数値的実現	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 計算数理工学論文集	6. 最初と最後の頁 37 ~ 43
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 Fujiwara Hiroshi, Sadiq Kamran, Tamasan Alexandru	4. 巻 37
2. 論文標題 A source reconstruction method in two dimensional radiative transport using boundary data measured on an arc	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inverse Problems	6. 最初と最後の頁 115005 ~ 115005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6420/ac2d75	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 Fujiwara Hiroshi, Sadiq Kamran, Tamasan Alexandru	4. 巻 16
2. 論文標題 Partial inversion of the 2D attenuated X-ray transform with data on an arc	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Inverse Problems and Imaging	6. 最初と最後の頁 215 ~ 215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/ipi.2021047	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30件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 25件)

1. 発表者名 磯 祐介
2. 発表標題 Finite difference method on a scale of Banach spaces
3. 学会等名 2016 Japan-Taiwan Joint Workshop on Numerical Analysis and Scientific Computation (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 藤原 宏志
2. 発表標題 Semi-discrete upwind finite volume methods for the 2D stationary radiative transport equation by GPGPU
3. 学会等名 2016 Japan-Taiwan Joint Workshop on Numerical Analysis and Scientific Computation (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 藤原 宏志
2. 発表標題 Multiple-precision arithmetic on 64-bit MATLAB based on exflib
3. 学会等名 Taiwan-Japan Joint Workshop on Inverse Problems 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 藤原 宏志
2. 発表標題 Numerical Computation of the 2D Radiative Transport Equation by Upwind Finite Volume Method
3. 学会等名 SIAM: East Asian Section Conference 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 藤原 宏志、大石 直也
2. 発表標題 Direct computation of the radiative transport equation for near-infrared light propagation in biological tissue
3. 学会等名 The 11th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 今井 仁司
2. 発表標題 Numerical limit and its application to a blow-up problem
3. 学会等名 2016 Japan-Taiwan Joint Workshop on Numerical Analysis and Scientific Computation (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 木村 正人
2. 発表標題 Unidirectional gradient flow and its application to a crack propagation model
3. 学会等名 Variational Models of Fracture (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 M. Kimura
2. 発表標題 Applications of a phasefield model for crack propagation
3. 学会等名 WCCM XII&APCOM VI (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 M. Kimura
2. 発表標題 Shape optimization approach to free boundary problems by traction method
3. 学会等名 ICCOPT2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 藤原宏志
2. 発表標題 生体内の光伝播の数値計算のための定常輻射輸送方程式の上流差分スキームの数値計算
3. 学会等名 日本計算数理工学会 (第33回 計算数理工学フォーラム) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Fujiwara
2. 発表標題 Quantitative simulation of light emitting by optical fibers in the radiative transport equation
3. 学会等名 A3 Workshop on Applied Inverse Problems and Related Topics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Fujiwara, N. Oishi
2. 発表標題 Direct Numerical Computation of the Stationary Radiative Transport Equation on Modern Parallel Architectures
3. 学会等名 The 16th International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 磯 祐介
2. 発表標題 Diffused Optical Tomography as an Inverse Problem for the Transport Equation
3. 学会等名 Korea-Japan Joint Workshop on Numerical Analysis and Scientific Computation (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤原 宏志
2. 発表標題 Semi-discrete numerical scheme of the 2D stationary radiative transport equation on highly-parallel architectures
3. 学会等名 Korea-Japan Joint Workshop on Numerical Analysis and Scientific Computation (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤原 宏志
2. 発表標題 光散乱積分の局所化による生体内の光伝播の数値モデルの高速直接計算法
3. 学会等名 第19回ヒト脳機能マッピング学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 今井 仁司
2. 発表標題 Numerical limit and its application to a blow-up problem governed by an ODE system
3. 学会等名 Korea-Japan Joint Workshop on Numerical Analysis and Scientific Computation (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村 正人
2. 発表標題 Generalized hexagonal crystalline motion with facet collision and breaking and application to a snow flake model
3. 学会等名 Emerging Developments in Interfaces and Free Boundaries (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 磯 祐介
2. 発表標題 A proposal of a new numerical algorithm to solve fractional differential equations
3. 学会等名 Japan-Taiwan Joint Workshop on Scientific Computing and Related Topics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤原 宏志
2. 発表標題 Numerical Computation of the 2D Stationary Radiative Transport Equation on Graded Meshes
3. 学会等名 Japan-Taiwan Joint Workshop on Scientific Computing and Related Topics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今井 仁司
2. 発表標題 Accurate numerical computation for one-dimensional fractional differential equations by using spectral collocation methods
3. 学会等名 Japan-Taiwan Joint Workshop on Scientific Computing and Related Topics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤原 宏志
2. 発表標題 多倍長計算環境exflibの最新計算環境への対応と普及
3. 学会等名 日本応用数理学会年会2018年度 年会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村 正人
2. 発表標題 Gradient flow structure of the Maxwell-Zener model for viscoelasticity
3. 学会等名 The 12th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村 正人
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 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. 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 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Fujiwara
2. 発表標題 Numerical challenges to the radiative transport equation for near-infrared light propagation in tissue
3. 学会等名 Numerical Analysis: Applications to Biomedical Problems and Foundations (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoya Oishi
2. 発表標題 Near-infrared hyperspectral imaging in biomedicine
3. 学会等名 International Conference on Complex Medical Engineering 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. 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 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 D. Kawagoe
2. 発表標題 Propagation of boundary-induced discontinuity in stationary radiative transfer and its application to the optical tomography
3. 学会等名 Applied Inverse Problems Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Fujiwara
2. 発表標題 Theoretical numerical analysis and computation of light propagation in biomedical tissue
3. 学会等名 公開シンポジウム「第6回理論応用力学シンポジウム」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Fujiwara
2. 発表標題 An Efficient Numerical Scheme for Near-Infrared Light Propagation in Turbid Media
3. 学会等名 IUTAM symposium computational methods for large-scale and complex wave problems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

COVID-19の影響により対面形式での討論および国内外研究会が行なえず、代替措置としてオンラインを活用した行なった。これにより、対面形式での討論と研究会がこれほど重要であり、またオンラインでデジタル化された「場」の情報がいかに希薄であるかを改めて実感させられた。

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	藤原 宏志 (Fujiwara Hiroshi) (00362583)	京都大学・情報学研究科・准教授 (14301)	
研究分担者	大川 晋平 (Okawa Shinpei) (20432049)	防衛医科大学校(医学教育部医学科進学課程及び専門課程、動物実験施設、共同利用研究施設、病院並びに防衛・医用工学・助教 (82406)	2022年1月より浜松医科大学教授に昇任
研究分担者	川越 大輔 (Kawagoe Daisuke) (30848073)	京都大学・情報学研究科・助教 (14301)	
研究分担者	大石 直也 (Oishi Naoya) (40526878)	京都大学・医学研究科・特定准教授 (14301)	
研究分担者	木村 正人 (Kimura Masato) (70263358)	金沢大学・数物科学系・教授 (13301)	
研究分担者	今井 仁司 (Imai Hitoshi) (80203298)	同志社大学・理工学部・教授 (34310)	

	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
研究協力者	申 東雨 (Sheen Dongwoo)	ソウル国立大学・Deaprtment of Mathematics・Professor	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	王 振男 (Wang Jenn Nan)	国立台湾大学・Department of Mathematics・Professor	
研究協力者	西田 孝明 (Nishida Takaaki)	京都大学・情報学研究科・研究員	
研究協力者	友枝 謙二 (Tomoeda Kenji)	京都大学・情報学研究科・研究員	

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2件

国際研究集会 2021 Japan-Taiwan Joint Online Workshop on Numerical Analysis and Inverse Problems	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 Taiwan-Japan Joint Workshop on Inverse Problems in Kanazawa 2017	開催年 2017年～2017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			
中華民国	台湾大学			
大韓民国	ソウル大学			