

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：17601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K14237

研究課題名（和文）燃焼モデルに現れるパターンの計算機支援解析

研究課題名（英文）Computer-aided analysis of pattern formation arising in a combustion model

研究代表者

出原 浩史 (Izuhara, Hirofumi)

宮崎大学・工学部・准教授

研究者番号：50515096

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）：狭い空間における燃焼では、空気の供給速度を変化させたとき、空気の供給方向によって燃焼の遷移過程が異なる。この点に着目し、数理モデルの解析を通して、その違いを生み出す数理的構造を明らかにすることを目的とした。研究成果の一つとして、空間2次元パターンの基礎となる空間1次元における解析が挙げられる。また、数値シミュレーションによって空間2次元問題の上流燃焼と下流燃焼のパターンダイナミクスの性質の詳細な調査と特徴付けを行い、燃焼跡パターンの変遷の起源となる解の不安定化とそれらに関連する固有値について明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究代表者らが提唱した数理モデルを解析することによって、狭い空間での燃焼パターンの変遷を解明することはこれまでにない新しい試みであり、本研究の学術的な特色である。また狭い空間での燃焼パターンと微小重力環境下であるスペースシャトル内での燃焼実験のパターンとは非常に類似している。このため本研究成果は微小重力環境での燃焼の解明にも寄与できる可能性がある。さらに火災や山火事などにおける燃え広がり方の科学的解明への第一歩となる研究である。

研究成果の概要（英文）：When the supply velocity of gas varies in a combustion experiment in a narrow channel, the transition of combustion differs according to the direction of air supply. Focusing on this point, our purpose of this research is as follows: why do the dynamics differ? what is the structure behind them? We answer these questions via analysis of a mathematical model. As a result of this research, we did the analysis of the model in one-space dimension which is a basis of the analysis in two-space dimension. In addition, we numerically computed the two-dimensional problem and investigated the properties of upstream combustion and downstream combustion. In order to investigate the onset of the complicated pattern dynamics, we numerically computed eigenvalues of the linearized problem around a planar traveling wave solution.

研究分野：応用数学

キーワード：数理モデル 燃焼 パターン形成 反応拡散系

1. 研究開始当初の背景

燃焼は可燃性物質が光や熱の発生を伴いながら酸素と反応する酸化反応であり、その過程において大きなエネルギーを生み出すため、車や航空機のエンジンや火力発電などに利用されてきた。一方で、火災は企業や工場だけでなく一般家庭でもリスクの高い災害の一つであり、しばしば死傷者もでることから、防災や減災の観点から燃焼の研究は古くから行われてきた。火災が生じた場合、最も重要なことはどのように燃え広がるのかという問題である。燃焼の3要素は可燃性物質、酸素と温度であり、炎の温度や状態は空気の流入量や方向、可燃性物質の状態に大きく影響を受ける。また燃焼により温められた空気は浮力を持ち、それによって駆動される空気の自然対流によって複雑な空気の流れが生じることから燃え広がり方の予想が非常に困難となっている。

この問題に対し、空気の流れや流入量をコントロールでき、かつ空気の自然対流を抑制した単純な実験系が考案され、燃焼実験が行われている(Zik & Moses, Physical Review E(1999))。この実験のキーポイントは、可燃性物質である紙を2つのプレートの間に固定し、一方向から空気を一様かつ一定速度で供給し、その逆側から紙を電熱線で一様に着火することである。さらに2つのプレートの間隔を十分小さくすることで、空気の自然対流を抑えることができる。このとき、燃焼は空気の流れに逆らって進む(以下、上流燃焼と呼ぶ)。Zikらは空気の供給速度を変えると燃焼の状態が変化することを報告している。空気の供給速度が速いときには、電熱線と平行かつ一様な燃焼波が形成され、紙を一様に燃やす。空気の供給速度を遅くすると、その一様な燃焼波が不安定化を起し、燃焼波面に凹凸が現れる。さらに遅くすると、燃焼波が燃焼スポットに分裂し、スポットは分裂や消滅を繰り返すことから、枝分かれを伴う指状の燃焼跡パターンが紙に残される。供給速度をさらに遅くすると、各燃焼スポットは分裂や消滅せず、枝分かれのない指状の燃焼跡パターンとなる。空気の供給速度が非常に遅い場合、酸素不足のため燃焼は持続せず消滅する。一方で、類似の実験装置を利用し、紙を空気の供給方向と同じ側から一様に着火する実験も行われている(Olson et al., Combustion Theory and Modelling (2006))。この場合、空気の流れと同じ向きに燃焼が進む(以下、下流燃焼と呼ぶ)が、その振る舞いは上流燃焼のときと全く異なる。つまり、空気の供給速度が速いときには燃焼は電熱線と平行かつ一様に進むが、遅くしていくと燃焼波が燃焼スポットに分裂し、各燃焼スポットは空気の流れに垂直な方向に移動しながらほとんど全ての紙を燃やし尽くし進む。さらに、供給速度を遅くしていくと燃焼が持続せず消滅する。このように空気の自然対流を抑制した単純な実験系であるにもかかわらず、空気の供給速度や供給方向によって燃焼の挙動がまったく異なることが実験により示されている。

2. 研究の目的

研究代表者のこれまでの研究では、燃焼の3要素である紙の密度、酸素濃度と温度に着目し、それらのダイナミクスを記述する数理モデルとして3変数反応拡散-移流系を提唱し、その数値シミュレーションによって実験で観察される、空気の供給速度を変化させたときの燃焼波や下流燃焼の遷移過程を再現することに成功している。しかしながら、なぜ複雑な燃焼状態が出現するのかというメカニズムの解明には至っていない。本研究では、特に空気の供給速度を変化させたときの燃焼波と下流燃焼の遷移過程の違いに焦点を当て、研究代表者らが提唱した数理モデルを用いて、その遷移過程の違いを生み出す数理的構造を探索する。

本研究では具体的に以下の3つのステップを設定し、空気の供給速度を変えたときの燃焼波と下流燃焼の遷移過程の違いを生み出すメカニズムの解明を目指した。

- (A) 空気の供給速度が速いときには、燃焼波・下流燃焼ともに電熱線と平行かつ一様な燃焼波が生じる。この一様な燃焼波は空間1次元における燃焼とみなすことができるため、数理モデルの空間1次元問題を扱い、空気の供給速度に対応するパラメータを変化させたときの空間1次元での燃焼波と下流燃焼の違いや類似性を抽出する。
- (B) 実験では、空気の供給速度を変化させると燃焼状態が変化し、燃焼跡パターンに大きな変遷が見られる。そのため、数理モデルの空間2次元問題における燃焼波・下流燃焼の燃焼パターンが大きく変化するパラメータ近くでの解の詳細な性質を調べ、その特徴付けを行う。
- (C) (B)の考察に基づき、燃焼波・下流燃焼における燃焼パターンの変遷の起源を、解の不安定化とそれに伴う分岐として捉え、数理モデルにおいて空気の供給速度に対応するパラメータを変化させたときの燃焼波における解の分岐の型と下流燃焼におけるそれとを比較し、分岐理論の観点から燃焼波と下流燃焼の遷移過程に現れる違いを解明する。

3. 研究の方法

研究初年度の計画として、上記(A)の数理モデルの空間1次元における解析を行なった。ここで議論する1次元問題の解は、空気の供給速度が速いときに燃焼波・下流燃焼に現れる空間2次元における一様な燃焼波に対応する解である。研究代表者の1次元問題における数値シミュレーションにより、空気の供給速度に対応するパラメータを変化させると、燃焼波、下流燃焼ともに供給速度が大きいときには燃焼が伝播し、遅くしていくとある値を境に燃焼が持続しな

くなり消滅することが分かっている。さらに空間 1 次元における燃焼の伝播は一定波形・一定速度をもつ進行波解として特徴付けられることが示唆されている。そのため、初年度はこの進行波解の存在・非存在と上流燃焼、下流燃焼の伝播・消滅との関係を明らかにした。解析対象となる燃焼の数値モデルは 3 変数反応拡散-移流系のため、存在証明を理論的に行うことは難しい。そのため計算機支援による解析を手段とし、進行波解を数値的に捉えた。

続いて、研究目的欄の(B)(C)の研究を遂行した。実験では、空気の供給速度を遅くしていくと一様な燃焼波が不安定化する。不安定化の結果、上流燃焼では凹凸のある燃焼界面が形成され、下流燃焼では横方向に移動する燃焼スポットが形成される。これらはいずれも一様な燃焼波が不安定化した結果であるが、分岐の型が異なるため不安定化後に現れる燃焼状態が異なると予想した。この予想を確認するため、不安定化が起こるパラメータの周辺において数値シミュレーションで詳細に 2 次元パターンの性質やダイナミクスの特徴付けを行った。それとともに 2 次元一様な進行波解の安定性解析を計算機支援により行い、2 次元非一様な燃焼パターンの起源となる不安定化を引き起こす固有値の挙動を調べた。

4. 研究成果

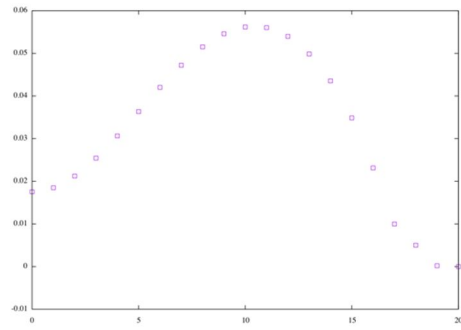
本研究に関していくつかの研究成果が得られた。

(1) 1 次元進行波解の存在と燃焼状態

上記の研究目的(A)の上流燃焼、下流燃焼の 1 次元進行波解の存在については、計算機支援解析によって示すことができた。さらには、1 次元燃焼において、燃焼が持続するか否かは 1 次元進行波解の存在・非存在が大きく関わっていることが示唆された。この結果については、研究論文としてまとめ国際誌 SIAM Journal on Applied Mathematics に掲載されている。

(2) 一様な燃焼波の不安定化

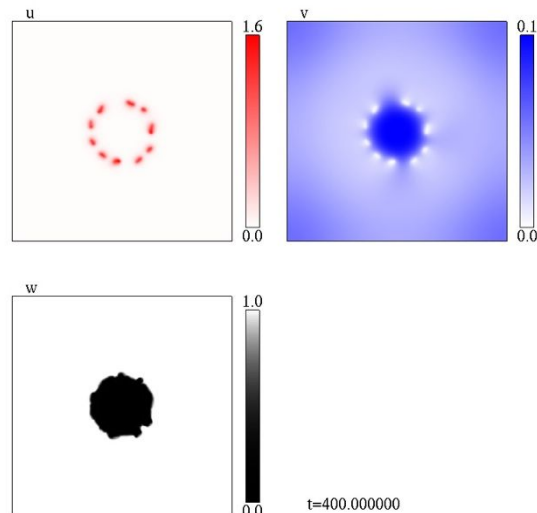
上流燃焼や下流燃焼において燃焼界面の不安定化が複雑な燃焼跡パターンの起源となっていることは明らかであった。燃焼界面の不安定化を捉えるために、2 次元の平面進行波解周りでの線形化方程式の固有値を調べる研究を行なった。つまり、各フーリエモードにおいて実部が最大の固有値をプロットすることによって、どのモードが不安定化し易いかを調べた。上流燃焼の場合の一例を右図に示している。横軸はフーリエモードとし、縦軸は実部最大固有値の実部をとっている。



この図から、最も不安定化し易いフーリエモードは 10 もしくは 11 モードであることがわかる。実際、同じパラメータで 3 成分反応拡散-移流系の数値計算を行ってみるとおおよそ 11 山の波数を持つ燃焼跡パターンが見られた。一方、図の 0 モードの実部最大固有値を見てみると、0.018 程度の値が得られている。本来なら 0 モードの実部最大固有値は 0 でなければならないが、空間差分が十分でないや、線形化の基礎となっている 2 次元平面進行波解の精度、さらには全領域で考えるべき進行波解の両端を切り捨てて有限領域で考えているなどからくるさまざまな誤差が影響していると考えられる。この数値的な誤差についても考慮しつつ、現在計算精度を上げている状況である。このような研究方向はこれまでになく、燃焼研究において新たな成果であると言える。

(3) 新たな研究への展開

当初の研究は紙を一方向から燃焼する際に生じる燃焼パターンについてであった。豊橋技術科学大学の松岡常吉准教授らの実験では、狭い空間における燃焼実験ではあるが、紙の中心に着火し、さらに紙の中心から酸素を供給するというこれまでと異なる実験系を考案した。松岡准教授と共同研究を行い、この実験系での数値モデルの構築を行なった。実験系の酸素の流れ等を考慮することによって、これまでの 3 成分反応拡散-移流系を元にモデリングした。その数値モデルの数値シミュレーションの結果は実験結果と類似することが示唆されている。右図はその数値シミュレーションの一例である。本研究で得られた知見は他の燃焼実験系へと展開しつつある。この研究については 2021 年度採択の基盤研究(C)「狭い空間における燃焼の数値モデルと理論解析」において引き続き研究を実施する。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Izuhara Hirofumi, Kobayashi Shunsuke	4. 巻 14
2. 論文標題 Spatio-temporal coexistence in the cross-diffusion competition system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Discrete & Continuous Dynamical Systems - S	6. 最初と最後の頁 919 ~ 933
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcdss.2020228	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 Bertsch Michiel, Hilhorst Danielle, Izuhara Hirofumi, Mimura Masayasu, Wakasa Tohru	4. 巻 40
2. 論文標題 A nonlinear parabolic-hyperbolic system for contact inhibition and a degenerate parabolic fisher kpp equation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Discrete & Continuous Dynamical Systems - A	6. 最初と最後の頁 3117 ~ 3142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcds.2019226	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 Zhang Hao, Izuhara Hirofumi, Wu Yaping	4. 巻 26
2. 論文標題 Asymptotic stability of two types of traveling waves for some predator-prey models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Discrete & Continuous Dynamical Systems - B	6. 最初と最後の頁 2323 ~ 2323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcdsb.2021046	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 Izuhara Hirofumi, Monobe Harunori, Wu Chang-Hong	4. 巻 82
2. 論文標題 The formation of spreading front: the singular limit of three-component reaction-diffusion models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Biology	6. 最初と最後の頁 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00285-021-01591-5	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 Bertsch Michiel, Izuhara Hirofumi, Mimura Masayasu, Wakasa Tohru	4. 巻 39
2. 論文標題 Standing and travelling waves in a parabolic-hyperbolic system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Discrete & Continuous Dynamical Systems - A	6. 最初と最後の頁 5603 ~ 5635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcds.2019246	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 Bertsch Michiel, Hilhorst Danielle, Izuhara Hirofumi, Mimura Masayasu, Wakasa Tohru	4. 巻 40
2. 論文標題 A nonlinear parabolic-hyperbolic system for contact inhibition and a degenerate parabolic fisher kpp equation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Discrete & Continuous Dynamical Systems - A	6. 最初と最後の頁 3117 ~ 3142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/dcds.2019226	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 Izuhara Hirofumi, Kobayashi Shunsuke	4. 巻 -
2. 論文標題 Spatio-temporal coexistence in the cross-diffusion competition system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Discrete & Continuous Dynamical Systems - S	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) 10.3934/dcdss.2020228	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 Izuhara Hirofumi, Kuto Kousuke, Tsujikawa Tohru	4. 巻 35
2. 論文標題 Bifurcation structure of stationary solutions for a chemotaxis system with bistable growth	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 441 ~ 475
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13160-017-0298-0	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 Alfaro Matthieu、Izuhara Hirofumi、Mimura Masayasu	4. 巻 77
2. 論文標題 On a nonlocal system for vegetation in drylands	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Biology	6. 最初と最後の頁 1761 ~ 1793
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00285-018-1215-0	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 Bertsch Michiel、Hilhorst Danielle、Izuhara Hirofumi、Mimura Masayasu、Wakasa Tohru	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 A nonlinear parabolic-hyperbolic system for contact inhibition and a degenerate parabolic Fisher KPP equation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Discrete and Continuous Dynamical Systems Series A	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 Bertsch Michiel、Izuhara Hirofumi、Mimura Masayasu、Wakasa Tohru	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Standing and traveling waves in a parabolic-hyperbolic system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Discrete and Continuous Dynamical Systems Series A	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 Ijioma Ekeoma Rowland、Izuhara Hirofumi、Mimura Masayasu	4. 巻 77
2. 論文標題 Traveling Waves in a Reaction-Diffusion System Describing Smoldering Combustion	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SIAM Journal on Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 614 ~ 637
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1137/16M1089915	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 Izuhara Hirofumi、Kuto Kousuke、TsujiKawa Tohru	4. 巻 accepted
2. 論文標題 Bifurcation structure of stationary solutions for a chemotaxis system with bistable growth	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 accepted
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13160-017-0298-0	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 Alfaro Matthieu、Izuhara Hirofumi、Mimura Masayasu	4. 巻 accepted
2. 論文標題 On a nonlocal system for vegetation in drylands	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Biology	6. 最初と最後の頁 accepted
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00285-018-1215-0	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 -

〔学会発表〕 計30件 (うち招待講演 30件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 出原浩史
2. 発表標題 数理モデリング学の形成-数理モデルのこれからを考える-
3. 学会等名 明治大学MIMS研究会 現象と数理モデル-数理モデリング学の形成に向けて- (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 出原浩史
2. 発表標題 狭い空間におけるくん焼実験とシミュレーション解析
3. 学会等名 京都駅前セミナー (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hirofumi Izuhara
2. 発表標題 Mathematical aspect of go-or-grow model
3. 学会等名 MIMS Workshop, Meiji University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hirofumi Izuhara
2. 発表標題 On prey-predator systems with some functional responses
3. 学会等名 2019 NCTS Workshop on Mathematical Modeling and Analysis, National Tsing Hua University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirofumi Izuhara
2. 発表標題 Traveling waves in a nonlinear diffusion model of farmers and hunter-gatherers in the Neolithic transition
3. 学会等名 MIMS Workshop: Modeling and Analysis of Reaction-Diffusion Systems with Applications to Ecology and Archaeology, Meiji University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 出原 浩史
2. 発表標題 燃焼の数理モデルの新たな実験への応用
3. 学会等名 数学と現象 in 清里 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 出原 浩史
2. 発表標題 狭い流路における燃焼の数理解析
3. 学会等名 松山解析セミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 出原 浩史
2. 発表標題 狭い流路における燃焼-2つの実験と数理モデル-
3. 学会等名 現象数理学の形成と発展 in 函館（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 出原 浩史
2. 発表標題 燃焼現象とGray-Scott型モデル
3. 学会等名 数学と現象 in 山中湖（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 出原 浩史
2. 発表標題 Holling II型機能応答をもつ捕食者-被食者モデルについて
3. 学会等名 第2回松江数理生物学・現象数理学ワークショップ@隠岐の島（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirofumi Izuhara
2. 発表標題 Traveling waves in a nonlinear parabolic-hyperbolic system for contact inhibition
3. 学会等名 Transition from hunter-gatherers to farmers in the Neolithic age (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirofumi Izuhara
2. 発表標題 On a reaction-diffusion system describing smoldering combustion
3. 学会等名 Seminar at National University of Tainan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirofumi Izuhara
2. 発表標題 Spatiotemporal coexistence in the cross-diffusion competition system
3. 学会等名 2018 China-Japan Workshop on Nonlinear Diffusion Problems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirofumi Izuhara
2. 発表標題 Time periodic coexistence in the cross-diffusion competition system
3. 学会等名 ReaDiNet 2018 Recent Progresses in Mathematical Theories for Biological Phenomena (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirofumi Izuhara
2. 発表標題 Computational study of flame spread in a narrow channel
3. 学会等名 Journée d'Analyse Non Lineaire (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirofumi Izuhara
2. 発表標題 On a nonlocal system for vegetation in drylands
3. 学会等名 The 12th AIMS International Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 出原浩史
2. 発表標題 Spatio-temporal coexistence in the cross-diffusion competition system
3. 学会等名 反応拡散系のパターン形成とその応用 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 出原浩史
2. 発表標題 Computational study on combustion wave in a narrow channel
3. 学会等名 数学と現象 in 那須塩原 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 出原浩史
2. 発表標題 交差拡散 - 競争方程式における周期解
3. 学会等名 反応拡散系の理論と応用 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 出原浩史
2. 発表標題 非局所項をもつ微分方程式について
3. 学会等名 数学と現象 in 長瀬 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 出原浩史
2. 発表標題 反応拡散系に現れる弛緩振動
3. 学会等名 松江セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 出原浩史
2. 発表標題 パターンを遷移する弛緩振動について
3. 学会等名 研究集会：パターン形成の数理とその周辺 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirofumi Izuhara
2. 発表標題 Mathematical analysis on a nonlinear system for contact inhibition of cell growth
3. 学会等名 MIMS workshop on Modeling and Numerical Analysis of Nonlinear Phenomena: Fluid Dynamics, Motion of Interfaces, and Cell Biology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hirofumi Izuhara
2. 発表標題 Smoldering combustion in a narrow channel
3. 学会等名 ReaDiNet 2017 International Conference on Mathematical Biology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 出原浩史
2. 発表標題 燃焼モデルの数値シミュレーション解析
3. 学会等名 数学と現象 in 清里 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 出原浩史
2. 発表標題 増殖項をもつ走化性方程式のパターン形成
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所共同研究(公開型) 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 出原浩史
2. 発表標題 半乾燥地域に現れる植生パターンと砂漠化
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 出原浩史
2. 発表標題 反応拡散系における周期解について
3. 学会等名 数学と現象 in 奥多摩（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 出原浩史
2. 発表標題 接触抑制と正常細胞と異常細胞のダイナミクス
3. 学会等名 北海道大学社会創造数学セミナーシリーズHMMCセミナー（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 出原浩史
2. 発表標題 走化性と増殖の効果がつくりだす時空間パターン
3. 学会等名 明治大学MIMS研究集会 時空間ダイナミクス～生命現象における時間変化を伴う空間秩序（招待講演）
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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