

令和 3 年 6 月 6 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K05320

研究課題名(和文) 特異極限における流体運動の数学解析

研究課題名(英文) Mathematical analysis of fluid dynamics in various singular limits

研究代表者

前川 泰則 (Maekawa, Yasunori)

京都大学・理学研究科・教授

研究者番号：70507954

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)：流体力学の基礎方程式であるNavier-Stokes方程式に関連したいくつかの特異極限問題について数学的研究を行った。特に、レイノルズ数が大きい流れにおいて固定壁近傍で生じる境界層の構造や安定性について数学解析を行った。主な研究成果として、平板近傍の流れにおいて、Prandtl境界層展開と呼ばれる流れの分解を数学的に正当化することに成功した。また、高速回転する円柱周りにおける2次元流れにおいて円柱近傍で生じる境界層の構造を特定するとともに、空間遠方での流れの減衰構造を明らかにした。さらに、2次元外部領域における小さな O_{seen} 定常流の漸近安定性を数学的に証明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

レイノルズ数と呼ばれる無次元量が大きな流れは、身近な流体運動においても頻繁に表れ、その特質を数学的に理解することは重要な課題である。これらの問題は、数学的にはNavier-Stokes方程式の特異極限問題として定式化されるが、Navier-Stokes方程式の非線形性と非局所性により、その厳密な解析には大きな困難を伴うことが知られている。本研究は、それらの困難を克服する解析手法の確立に大きな貢献を果たすものである。また、動く物体周りの流れとして最も基本的な2次元 O_{seen} 定常流の安定性を数学的に示した。この問題は半世紀近く未解決の問題であり、大きな学術的意義を持つ。

研究成果の概要(英文)：In this research some singular perturbation problems arising from the mathematical fluid mechanics are mathematically studied. In particular, the structure of the flow near the boundary, such as the boundary layer for the flow in the high Reynolds number, and its stability are rigorously analyzed. As the main results, this research has revealed the structure of the two-dimensional flow around the rapidly-rotating infinite cylinder, and has established the Prandtl boundary layer expansion around the monotone and concave boundary layer in a suitable functional setting. The asymptotic stability of the two-dimensional O_{seen} flow is also proved for the small Reynolds number.

研究分野：偏微分方程式

キーワード：偏微分方程式 流体力学 Navier-Stokes方程式 特異極限問題 Prandtl境界層展開 2次元外部領域 O_{seen} 流

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

非圧縮粘性流体の運動は Navier-Stokes 方程式と呼ばれる非線形偏微分方程式により記述され、理学・工学の各分野から盛んに研究されている。Navier-Stokes 方程式は粘性係数をはじめとして一般に種々の物理パラメータを含んでいるため、解挙動がこうしたパラメータに対してどのように依存するかという問題は応用・理論の両面から基本的かつ重要な問題である。流体の動粘性係数を、代表的な長さのスケールを L 、速度のスケールを U としたとき、無次元パラメータである Reynolds 数 $Re=LU$ が定義される。Reynolds 数は流体力学において最も基本的な無次元量であり、流体運動の複雑さや規模の指標を与えるものである。水などの身近な流体の動粘性係数は小さい場合が多く、そのため高 Reynolds 数の流体を解析することは現実の流体運動を理解する上で極めて重要である。この問題は、数学的には Navier-Stokes 方程式の粘性零極限あるいは Reynolds 数無限大の極限における解の漸近挙動の問題として定式化することができる。このような極限は、Navier-Stokes 方程式の最高階微分の項を形式的に消すこととなる特異極限であり、流体力学における特異極限問題の典型例である。特異極限においては、極限を取る前の解構造と形式的に極限を取って得られる方程式の解構造とが大きく異なる可能性があり、その構造の変化を理解することは重要である。特に、パラメータの極限に由来するスケール構造が現れることが多く、そのようなスケール構造に着目した解析を行う必要がある。しかしながら、Navier-Stokes 方程式が持つ複雑な非線形性や非局所性により、流体力学における特異極限問題は一般に数学的な取り扱いが非常に難しく、数学的な基礎研究は不足していた。

2. 研究の目的

(1) 高 Reynolds 数流体に対する Prandtl 境界層展開の数学的正当化

流体力学における特異極限問題は、上述の Navier-Stokes 方程式の粘性零極限問題に限っても、数学的に未解決の問題は多い。特に、固体壁との相対速度が零となる粘着境界条件を流体が満たす場合には、境界付近において高い Reynolds 数を反映したスケール構造(Prandtl 境界層)が典型的に現れるが、一般に境界層は流れの特異性を誘発しうる強い微分損失構造を有しており、数学的に厳密な取り扱いには大きな困難を伴うことが知られている。以上を鑑み、本研究の目的は、粘着境界条件の下、Navier-Stokes 方程式の解の粘性零極限における漸近挙動を明らかにすることである。特に、境界層の形成について Prandtl の提唱した境界層漸近展開を数学的に正当化することを目標とする。

(2) 2次元外部領域における Oseen 流の安定性の解明

流体力学における特異極限問題の一つに、2次元外部領域における Oseen 流の問題が挙げられる。Oseen 流は物体が一定速度で並進するときに生じる物体周りの流れを記述し、動く物体周りの流れのモデルとして最も基本的なものである。特に2次元の場合、物体の並進速度が0のときと0でないときでは線形化方程式の基本解の空間遠方減衰が大きく異なり、そのため小さいときの2次元 Oseen 流の解析は本質的に特異極限問題と見なされる。並進速度が小さい場合の2次元 Oseen 流の存在については、1967年に R. Finn-D. R. Smith によって Navier-Stokes 方程式の定常解として数学的な証明が与えられたものの、この定常解の安定性は半世紀にわたり未解決であった。本研究では、流体力学における特異極限問題の一つとして、2次元 Oseen 流のスケール構造に着目した安定性理論の構築を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 高 Reynolds 数流体に対する Prandtl 境界層展開の数学的正当化

一般に、境界層は粘性零極限において微分損失に起因する強い不安定性を呈するため Prandtl 境界層展開を正当化するには付与データに対して実解析的な微分可能性という強い条件が必要となることが知られている。しかしながら、近年の研究の進展により、不安定性の度合いは境界層を記述する profile 関数の形状に鋭敏に依存することが明らかになってきた。特に、境界層がある種の凸性条件を満たす場合には、不安定性は比較的穏やかであることが示唆され、実解析的な関数よりも広いクラスの付与データに対して Prandtl 境界層展開を正当化できる可能性が高い。そこで本研究では、境界層の凸性とその粘性零極限における安定性の関係に着目し、数学的に解析する上で本質を最も掴みやすい2次元半空間の設定下で研究を行った。特に、線形化渦度方程式で現れる非局所的伸長項において境界層の凸性が明示的に表れることを利用し、方程式に内在する微分損失構造も考慮した重み付きエネルギー法に基づく解析方法を考案した。

(2) 2次元外部領域における Oseen 流の安定性の解明

1967年に Finn と Smith により与えられた 2次元 Oseen 定常流の十分小さい擾乱に対する安定性について数学解析を行った。鍵となる手法は定常解周りにおいて得られる線形化作用素を適切な重み付き空間で解析することである。特に本研究では、この線形化作用素のレゾルベント問題を、Oseen 定常流の持つ異方的スケール臨界減衰構造を利用して解析する手法を構築した。

4. 研究成果

(1) 高 Reynolds 数流体に対する Prandtl 境界層展開の数学的正当化

非定常 Navier-Stokes 方程式における単調凸型境界層周りでの Prandtl 境界層展開

非自明な境界をもつ領域における Navier-Stokes 流の非粘性極限での挙動は流体力学における古典的な問題である一方、境界層の潜在的な不安定性により数学的には極めて難しい問題として知られている。非定常流においては Tollmien-Schlichting 不安定性による微分損失により、一般に Sobolev 空間の枠組みでの Prandtl 境界層展開は期待できないことが知られていたが、解析的な正則性より弱い枠組みにおいて Prandtl 境界層展開が正当化できるか否かは物理的に良い形の境界層の近傍でもよくわかっていなかった。本研究の重要な研究成果として、Gerard Varet 氏、Masmoudi 氏との共同研究により、shear 型と呼ばれる特別なクラスの境界層において Gevrey $3/2$ クラスの枠組みでの Prandtl 境界層展開を正当化することに成功した。この研究成果は共著論文としてまとめられ、査読付国際誌に掲載された。この研究では、shear 型でない境界層の場合、常微分方程式およびレゾルベント問題への帰着が困難なため未解決のまま残されていた。その後の研究において、最近、shear 型とは限らない一般の凸型境界層が、非粘性極限において、Gevrey $3/2$ クラスの枠組みで安定であり、この枠組みで Prandtl 境界層展開が成り立つことを示すことにも成功した。本研究成果は Gerard Varet 氏、Masmoudi 氏との共著論文としてまとめており、査読付国際誌に投稿中である。

定常 Navier-Stokes 方程式における shear 型境界層周りでの Prandtl 境界層展開

非定常流においては Tollmien-Schlichting 不安定性による微分損失により、一般に Sobolev 空間の枠組みでの Prandtl 境界層展開は期待できないことが近年明らかにされたが、Tollmien-Schlichting 不安定性は時間変数の周波数に依存する非定常問題特有の不安定性であり、定常問題において Prandtl 境界層展開が正当化できるか否かは大きな未解決問題であった。本研究では、自然なソボレフ空間の枠組みのもと、逆流の無い shear flow 周りにおいて定常流に対する Prandtl 境界層漸近展開を数学的に正当化した。これは Prandtl により 1904 年に提示された定常流に対する境界層展開を非自明な問題設定のもとで初めて数学的に正当化した結果である。証明の鍵は Orr-Sommerfeld 方程式と呼ばれる 4 階の常微分方程式の境界値問題の可解性を示すことである。非定常問題の際に用いられた splitting method である Rayleigh-Airy iteration と呼ばれる手法を、定常問題に適用できるように独自の改良を加え、さらに境界層解析の技法を組み合わせることで、粘性係数によらない可解性と解の評価を示すことに成功した。本研究成果は Gerard Varet 氏との共著論文としてまとめられ、査読付国際誌に掲載された。

高速回転する円柱周りの 2次元流れの研究

Isabelle Gallagher 氏及び檜垣充朗氏との共同研究により、高速回転する円柱周りの 2次元流れに現れる境界層構造と空間減衰構造を数学的に明らかにした。特に、Airy 関数が境界層の構造として自然に現れることを示した。本研究成果は共著論文としてまとめられ、査読付国際誌に掲載された。

(2) 2次元外部領域における Oseen 流の安定性の解明

1967年に Finn と Smith により構成された 2次元外部領域における Oseen 定常流の安定性について研究を行い、空間遠方で十分速く減衰しかつ十分小さな摂動に対してはこの定常流が漸近安定であることを示した。これは数学的には半世紀近く未解決であった 2次元外部の流れの安定性問題に対して初めて肯定的な結果を与えるものである。本研究成果は単著論文としてまとめられ、査読付国際誌に掲載された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Maekawa, Y., Miura, H., and Prange, C.	4. 巻 21
2. 論文標題 On Stability of Blow-Up Solutions of the Burgers Vortex Type for the Navier-Stokes Equations with a Linear Strain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Math. Fluid Mech.	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) 10.1007/s00021-019-0450-5	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 Ibrahim, S., Maekawa, Y., and Masmoudi, N.	4. 巻 5
2. 論文標題 On pseudospectral bound for non-selfadjoint operators and its application to stability of Kolmogorov flows	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Annals of PDE	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) 10.1007/s40818-019-0070-7	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 Maekawa, Y.	4. 巻 71
2. 論文標題 Recent progress on mathematical analysis of the Prandtl boundary layer expansion. (Japanese)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sugaku	6. 最初と最後の頁 337-354
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 Gerard-Varet, D., Maekawa, Y.	4. 巻 233
2. 論文標題 Sobolev stability of Prandtl expansions for the steady Navier-Stokes equations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Archive for Rational Mechanics and Analysis	6. 最初と最後の頁 1319,1382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00205-019-01380-x	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 Maekawa, Y., Miura, H., and Prange, C.	4. 巻 367
2. 論文標題 Local energy weak solutions for the Navier-Stokes equations in the half-space	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Commun. Math. Phys.	6. 最初と最後の頁 517, 580
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00220-019-03344-4	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 Gallagher, I., Higaki, M., and Maekawa, Y.	4. 巻 292
2. 論文標題 On stationary two-dimensional flows around a fast rotating disk	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Math. Nachr.	6. 最初と最後の頁 273, 308
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mana.201700400	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 Gerard-Varet, D., Maekawa, Y., and Masmoudi, N.	4. 巻 167
2. 論文標題 Gevrey stability of Prandtl expansions for 2D Navier-Stokes flows	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Duke Math. J.	6. 最初と最後の頁 2531, 1631
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1215/00127094-2018-0020	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 Higaki, M., Maekawa, Y., and Nakahara, Y.	4. 巻 228
2. 論文標題 On stationary Navier-Stokes flows around a rotating obstacle in two-dimensions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Archive for Rational Mechanics and Analysis	6. 最初と最後の頁 603, 651
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00205-017-1201-5	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 Maekawa, Y. and Miura, H.	4. 巻 50
2. 論文標題 On isomorphism for the space of solenoidal vector fields and its application to the Stokes problem	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SIAM Journal on Mathematical Analysis	6. 最初と最後の頁 339,353
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1137/16M1093537	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 Gerard-Varet, D. and Maekawa, Y.	4. 巻 2058
2. 論文標題 Note on the analysis of Orr-Sommerfeld equations and application to boundary layer stability	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 RIMS Kokyuroku	6. 最初と最後の頁 108,119
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 該当する

1. 著者名 Maekawa, Y.	4. 巻 225
2. 論文標題 On stability of steady circular flows in a two-dimensional exterior disk	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Archive for Rational Mechanics and Analysis	6. 最初と最後の頁 287,374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00205-017-1105-4	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 Maekawa, Y. and Sauer, J.	4. 巻 69
2. 論文標題 Maximal regularity of the time-periodic Stokes operator on unbounded and bounded domains	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the Mathematical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1403,1429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2969/jmsj/06941403	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 Maekawa, Y.	4. 巻 215
2. 論文標題 Remark on stability of scale-critical stationary flows in a two-dimensional exterior disk	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Mathematics for Nonlinear Phenomena: Analysis and Computation - In Honor of Yoshikazu Giga's 60th Birthday, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics	6. 最初と最後の頁 105,130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-66764-5_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 Maekawa, Y. and Miura, H.	4. 巻 152
2. 論文標題 On domain of Poisson operators and factorization for divergence form elliptic operators	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Manuscripta Mathematica	6. 最初と最後の頁 459,512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00229-016-0858-7	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 Higaki, M., Maekawa, Y., and Nakahara, Y.	4. 巻 B67
2. 論文標題 On the two-dimensional steady Navier-Stokes equations related to flows around a rotating obstacle	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 "Workshop on the Boltzmann Equation, Microlocal Analysis and Related Topics" RIMS Kokyuroku Bessatsu	6. 最初と最後の頁 107,122
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25件 (うち招待講演 25件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Y. Maekawa
2. 発表標題 On stability of physically reasonable solutions to the two-dimensional Navier-Stokes equations
3. 学会等名 International Workshop on PDEs (香港中文大学) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前川泰則
2. 発表標題 On attainability of physically reasonable solutions to the two-dimensional Navier-Stokes equations
3. 学会等名 応用解析研究会（早稲田大学）（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Maekawa
2. 発表標題 On pseudospectral bound for non-selfadjoint operators and its applications
3. 学会等名 The 7th China-Japan workshop on mathematical topics from fluid mechanics（厦門大学）（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前川泰則
2. 発表標題 On pseudospectral bound for non-selfadjoint operators and its applications
3. 学会等名 非線形解析セミナー（東京工業大学大岡山キャンパス）（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前川泰則
2. 発表標題 On asymptotic stability of physically reasonable flows in a two-dimensional exterior domain
3. 学会等名 偏微分方程式セミナー（北海道大学）（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前川泰則
2. 発表標題 Gevrey stability of shear boundary layer for two dimensional Navier-Stokes flow
3. 学会等名 非線形解析セミナー（慶應義塾大学）（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maekawa, Y.
2. 発表標題 On inviscid limit around shear boundary layers for the steady Navier-Stokes equations
3. 学会等名 RIMS workshop: Mathematical Analysis in Fluid and Gas Dynamics（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前川泰則
2. 発表標題 On stability of physically reasonable solutions to the two-dimensional Navier-Stokes equations in an exterior domain
3. 学会等名 大阪大学微分方程式セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Maekawa, Y.
2. 発表標題 On two-dimensional exterior flow around a fast rotating disk
3. 学会等名 Workshop on Partial Differential Equations（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前川泰則
2. 発表標題 Navier-Stokes 方程式における非粘性極限と境界層
3. 学会等名 Mini symposium on mathematical problems for fluid dynamics - in honor of Professor Shin'ya Matsui for his 60th birthday - (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Maekawa, Y.
2. 発表標題 Asymptotic stability of physically reasonable solutions in a two-dimensional exterior domain
3. 学会等名 International Conference on PDEs from Fluids (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前川泰則
2. 発表標題 Navier-Stokes方程式における非粘性極限と境界層の安定性について
3. 学会等名 第159回神楽坂解析セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Maekawa, Y.
2. 発表標題 Stability of the shear boundary layer in the inviscid limit for the Navier-Stokes flow
3. 学会等名 Workshop on Theory of Boundary Layers and Related Topics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前川泰則
2. 発表標題 Navier-Stokes方程式における非粘性極限問題とPrandtl 境界層展開
3. 学会等名 2019年度日本数学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maekawa, Y.
2. 発表標題 On Finn's starting problem for the two-dimensional Navier-Stokes flow
3. 学会等名 Maximal regularity and nonlinear PDE (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Maekawa
2. 発表標題 On stability of physically reasonable solutions to the Navier-Stokes equations in a two-dimensional exterior domain
3. 学会等名 Analysis Seminar, Cergy University, France (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Maekawa
2. 発表標題 On Prandtl expansion for the Navier-Stokes flows in the half plane
3. 学会等名 MFO Workshop: Geophysical Fluid Dynamics, Oberwolfach, Germany (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Maekawa
2. 発表標題 On stability of physically reasonable solutions to the Navier-Stokes equations in a two-dimensional exterior domain
3. 学会等名 Analysis Seminar. Max Planck Institute, Leipzig, Germany (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Maekawa
2. 発表標題 On the stability of the physically reasonable solution to the two-dimensional Navier-Stokes equations
3. 学会等名 Seminaire du Laboratoire Jacques-Louis Lions. Paris 6, France (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Maekawa
2. 発表標題 On stationary two-dimensional flows around a fast rotating disk
3. 学会等名 International Workshop on the Multi-phase Flow; Analysis, Modeling and Numerics. Waseda University, 東京 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 前川泰則
2. 発表標題 On axisymmetrization and boundary layer in the two-dimensional exterior flow around a fast rotating obstacle
3. 学会等名 HMAセミナー・冬の研究会2018, 広島大学, 広島 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前川泰則
2. 発表標題 軸対称な線形歪み流を伴う3次元Navier-Stokes方程式の爆発解の安定性について
3. 学会等名 大阪駅前セミナー，龍谷大学大阪梅田キャンパス，大阪（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Maekawa
2. 発表標題 On stability of some nearly inviscid flows
3. 学会等名 The 35th Kyushu Symposium on PDEs. 九州大学西新プラザ，福岡（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前川泰則
2. 発表標題 On stability of shear flows with high Reynolds number
3. 学会等名 奈良女子大学PDEセミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Maekawa
2. 発表標題 Axisymmetrization and boundary layer of the two-dimensional exterior flow around a fast rotating disk
3. 学会等名 Workshop on Hyperbolic and Dispersive PDEs in Fukuoka, Kyushu University, Fukuoka（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Y. Maekawa and S. Jimbo	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 303
3. 書名 Mathematics for Nonlinear Phenomena - Analysis and Computation	

〔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1件

国際研究集会 Mathematical Analysis of Viscous Incompressible Fluid	開催年 2018年～2018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		
米国	ニューヨーク大学クーラン研究所		
フランス	パリ第7大学	ENSP	