

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04268

研究課題名（和文）徹底的な4次元解析による壁乱流の動力学と統計の解明

研究課題名（英文）Investigation of statistics and dynamics of near-wall turbulence on the basis of exhaustive four-dimensional analysis

研究代表者

後藤 晋 (Goto, Susumu)

大阪大学・基礎工学研究科・教授

研究者番号：40321616

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,000,000円

研究成果の概要（和文）：発達した乱流は大小様々な渦の階層からなる。本研究課題では、様々な種類の乱流の大規模数値シミュレーションを実行し、得られたデータの時系列解析（4次元解析）を徹底的に行うことで、乱流中の渦の階層の実態を明らかにするとともに、この階層構造の維持機構を解明した。具体的には、壁から離れた領域における小さな渦はより大きな渦による渦伸長により維持され、この過程を通じて、大きな渦から小さな渦へとエネルギーが伝達することを確かめた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

乱流は我々の身のまわりにありふれた流れである。したがって、乱流現象を予測あるいは制御することは、我々の生活に深く関わる種々のシステムで重要な課題である。ところが、乱流はその複雑さ故に、その維持機構といった基本的な性質でさえよく理解されていない。本研究課題では、スーパーコンピュータを用いた乱流の徹底的な解析を通じて、乱流の維持機構の詳細を「秩序構造の階層」に着目することで解明した。得られた描像は物理的にも明快であり、乱流の予測や制御に向けた今後の展開が期待できる。

研究成果の概要（英文）：Developed turbulence is composed of the hierarchy of various-scale vortices. In this study, we have conducted direct numerical simulations of turbulence under several boundary conditions and developed extensive post-processing (i.e. the four-dimensional analysis) of the obtained numerical data. Then we have revealed the concrete picture and sustaining mechanism of the hierarchy of vortices in turbulence. More precisely, small-scale vortices in the region apart from a solid wall are sustained by being stretched by larger-scale vortices. We have also shown that the energy is transferred from larger to smaller scales through this vortex-stretching process.

研究分野：流体工学

キーワード：乱流 秩序構造 渦 数値シミュレーション 4次元解析 エネルギーカスケード

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

壁面から十分に離れた領域における乱流の小スケールの統計は境界条件には依存せず、普遍的な性質をもつ。たとえば、エネルギー散逸率と流体の動粘性係数を用いて規格化したエネルギースペクトルは、高波数領域で普遍関数形に従うことが多くの実験や数値シミュレーションにより示されている。この乱流の小スケールの普遍性は、いわゆるエネルギーカスケード描像により説明される。つまり、乱流中の大きなスケールの流れ構造(以下では、流れ構造を渦と呼ぶ)に注入されたエネルギーは、順繰りに小さなスケールの渦へと伝達され、やがて最小スケールの渦を介して熱へと変換される。このエネルギーカスケードを通じて大きなスケールの渦の情報が失われるために、乱流中の小スケールの渦は乱流の種類に依らない普遍的な性質をもつとされる。このような説明は確かに理に適っている。しかし、種々の乱流中で、具体的に、どのような物理機構によりこのエネルギーカスケードが起こっているのかは、よく分かっていない。

一方で、近年の計算機環境の劇的な改善により、室内実験や屋外観測に匹敵するような十分に高いレイノルズ数の乱流の数値シミュレーションが可能となった。我々は、周期境界条件下で人工外力により駆動される高レイノルズ数の乱流の数値シミュレーションを実行し、この乱流中の渦の階層とその維持機構を解明してきた(参考文献[1-3])。その結果、高いレイノルズ数の乱流中には、互いに反平行に揃う傾向のある管状の渦が階層をなして存在し、これらの渦対の周囲の引き伸ばし場における渦伸長により、より小さなスケールの渦が生成されることが示唆された。しかし、この物理描像が他の乱流でも有効であるかは全く不明のままであった。

## 2. 研究の目的

上で述べた背景のもと、以下の点を本研究課題の主たる目的とした。(A) 種々の境界条件下の、十分に発達した高いレイノルズ数の乱流中における渦の階層の実態を明らかにする。(B) 渦の階層の維持機構を明らかにする。(C) 渦の階層の維持機構とエネルギーカスケード描像との関係を明確にし、乱流の小スケールの統計の普遍性の起源を明らかにする。

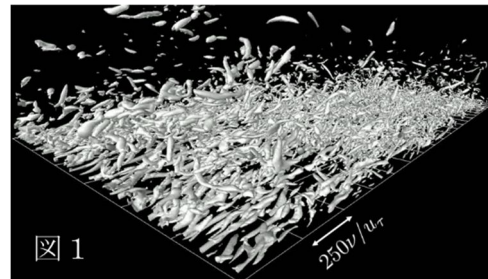
## 3. 研究の方法

これらの目的を達成するため、種々の乱流の大規模数値シミュレーションを実行した。具体的には、周期境界条件下の乱流に加えて、平板上の乱流境界層、平行平板間乱流、回転する球体や回転楕円体内の乱流、二枚の逆回転する円盤に駆動される容器内乱流(フォン・カルマン乱流)、一様流が当たる格子の背後に維持される乱流(格子乱流)等の数値シミュレーションを行った。数値シミュレーションはいずれも非圧縮流体のナビエ・ストークス方程式を数値的に時間積分して行った。空間微分の評価に関しては、主に有限差分法を用いたが、周期境界条件下の乱流に対してはフーリエ・スペクトル法、フォン・カルマン乱流に対してはスペクトル要素法を用いた。いずれのシミュレーションプログラムも大規模並列計算機向けに開発を行い、十分に発達した高いレイノルズ数の乱流を数値的に実現した。

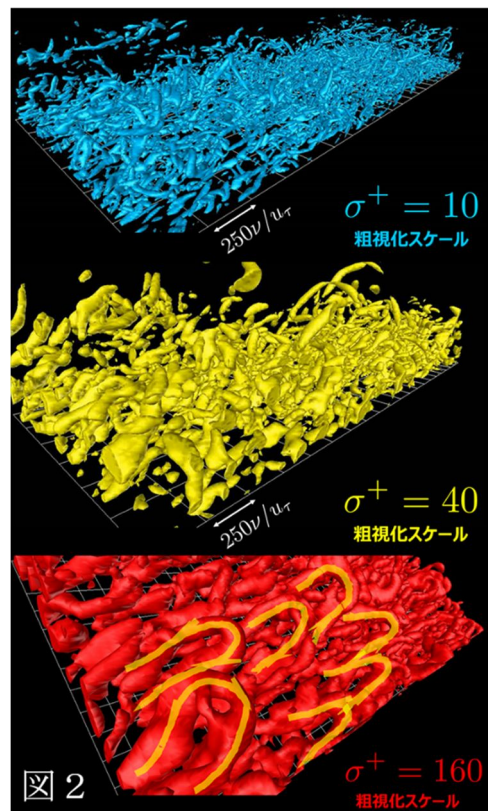
本研究課題の目的は、これらの乱流の小スケールの統計の普遍性の起源を探ることである。とくに、上述のエネルギーカスケードの実態に迫るために、得られたデータの詳細な時空間解析、つまり4次元解析を徹底的に行った。なお、平行平板間乱流の解析に際しては、マドリード工科大学のグループに提供を受けた数値シミュレーションのデータベースを用いた解析も行った。

#### 4. 研究成果

(1) 本研究課題の特徴のひとつは、乱流中の秩序構造に着目してその動力学を理解することである。発達した乱流は大小さまざまな渦からなることは直感的には明らかだが、この性質を的確に捉えるためには、工夫が必要である。つまり、速度勾配は乱流中の最小スケールの渦の性質を強く反映する。したがって、従来までの研究でよくされたように、速度勾配テンソルに基づいて渦を同定しようとしても、乱流中の渦の階層を捉えることはできない。例を図1に示す。この図は、高いレイノルズ数の乱流境界層中の速度勾配テンソルの第2不変量の等値面を描いたものであるが、最小スケールの渦のみが可視化されてしまうことが分かる。



そこで、スケール分解や粗視化を導入する。フーリエ分解を用いた場合、前者はバンドパスフィルタ、後者はローパスフィルタに相当する。上述の性質からどちらの手法を用いても渦の階層を捉えることは可能であるが、前者の方が物理的な意味は分かりやすい(参考文献[4])。また、フーリエ変換が使えない場合には、前者は、ふたつのフィルタ幅をもつガウスフィルタを組み合わせることで実現できる。このようなフィルタを用いてスケール分解をした結果を図2に示す。高いレイノルズ数の乱流中には確かに、渦の階層が存在することが確かめられる(参考文献[5])。なお、このとき、最大規模の渦にはヘアピン状のものが多く観察できることも確かめられる(参考文献[6])。



(2) 乱流境界層のように固体壁面が存在する場合には、渦の階層の維持機構を正確に理解するためには注意が必要である。このとき、壁面からの距離に応じて渦の大きさを考えると理解しやすい。つまり、壁面からの距離の程度の渦を、その位置における最大スケールの渦とみなす。つまり、バッファ層では最大スケールの渦しか存在しない一方で、対数層では渦の階層が存在する。そして、渦の生成機構を渦伸長の性質に基づいて解析すると明確な描像が得られる。つまり、最大スケールの渦は(壁面からの距離に依らず)平均流からの伸長による寄与が支配的である一方で、より小さなスケールの渦は、より大きな渦による引き伸ばしにより維持される。つまり、(摩擦レイノルズ数がおおよそ 1000 以上の)十分に発達した乱流では、対数層が現れ、そこでは(周期境界条件下の乱流で見られたような)エネルギーカスケードが確かに起こり、小スケールの渦が維持される(参考文献[5,6])。

(3) 平行平板間乱流でも同様の解析を行った。このとき、マドリード工科大学の研究グルー

プに提供されたデータベースを用いて、より高いレイノルズ数における解析を行った。その結果、対数層における渦の階層はさらに明確となり、乱流境界層に対して (2) で示した渦伸長による維持機構を確かめた。さらに、渦伸長過程とエネルギーカスケード描像との関係をより明確にするために、スケール依存するエネルギーを定義し、スケール間のエネルギー授受の大きさを評価した。その結果、渦伸長による渦生成機構が確かに、大きなスケールから小さなスケールへのエネルギーの伝達に寄与していることを確かめた (参考文献[7])。

(4) 強制外力により駆動される周期箱乱流では、乱流エネルギーやその散逸率の空間平均値はゆっくりと時間変動をし、系は準周期的にふるまう (参考文献[3])。この準周期的な挙動は、乱流のエネルギーカスケードが準周期的に起こることに起因する。ところで、現実の系でもこの準周期的な挙動が知られる (参考文献[8])。この興味深い挙動の物理的な起源を明らかにするために、フォン・カルマン乱流の数値シミュレーションを実行した。その結果、この乱流中でも、確かに大規模渦による渦伸長により小規模渦が生成されることを確かめた。つまり、エネルギーカスケード過程が系の準周期的なふるまいの原因であることが強く示唆される。

(5) その他の乱流、たとえば、格子乱流 (参考文献[9])、円柱の背後にできる乱流、歳差運動をする容器内の乱流など) についても数値シミュレーションを実行し、それらの4次元解析により、それぞれの乱流中の階層の詳細やその維持機構の解析を進めた。期間内には明確な結論までは至らなかったが、本研究課題を通じて発展させた研究手法を用いて、今後も研究を継続する計画である。

#### <参考文献>

- [1] S. Goto, A physical mechanism of the energy cascade in homogeneous isotropic turbulence, *J. Fluid Mech.* 605 (2008) 355-366.
- [2] S. Goto, Coherent structures and energy cascade in homogeneous turbulence, *Prog. Theo. Phys. Suppl.* 195 (2012) 139-156.
- [3] S. Goto, Y. Saito, G. Kawahara, Hierarchy of antiparallel vortex tubes in spatially periodic turbulence at high Reynolds numbers, *Phys. Rev. Fluids* 2 (2017) 064603.
- [4] Y. Motoori, S. Goto, Scale-dependent enstrophy production rates in a turbulent boundary layer, *J. Fluid Sci. Tech.* 14 (2019) JFST0016.
- [5] Y. Motoori, S. Goto, Generation mechanism of a hierarchy of vortices in a turbulent boundary layer, *J. Fluid Mech.* 865 (2019) 1085-1109.
- [6] Y. Motoori, S. Goto, Hairpin vortices in the largest scale of turbulent boundary layers (submitted).
- [7] Y. Motoori, S. Goto, Hierarchy of coherent structures and real-space energy transfer in turbulent channel flow (submitted).
- [8] J. F. Pinton, P. C. Holdsworth, R. Labbe, Power fluctuations in a closed turbulent shearflow, *Phys. Rev. E* 60 (1999) R2452-R2455.
- [9] T. Yasuda, S. Goto, J. C. Vassilicos, Formation of power-law scalings of spectra and multi-scale coherent structures in the near-field of grid-generated turbulence, *Phys. Rev. Fluids* 5 (2020) 014601.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 T. Yasuda, S. Goto, J. C. Vassilicos	4. 巻 5
2. 論文標題 Formation of power-law scalings of spectra and multiscale coherent structures in the near-field of grid-generated turbulence	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 14601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.5.014601">https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.5.014601</a>	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. Motoori, S. Goto	4. 巻 14
2. 論文標題 Scale-dependent enstrophy production rates in a turbulent boundary layer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Science and Technology	6. 最初と最後の頁 JFST0016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1299/jfst.2019jfst0016">https://doi.org/10.1299/jfst.2019jfst0016</a>	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 M. Inubushi, S. Goto	4. 巻 11731
2. 論文標題 Transferring Reservoir Computing: Formulation and Application to Fluid Physics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 193-199
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-30493-5_22">https://doi.org/10.1007/978-3-030-30493-5_22</a>	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 後藤晋	4. 巻 139
2. 論文標題 反射性鱗片状粒子による乱流の可視化	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 可視化情報学会誌	6. 最初と最後の頁 158-163
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 K. Komoda, S. Goto	4. 巻 4
2. 論文標題 Three-dimensional flow structures of turbulence in precessing spheroids	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 14603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevFluids.4.014603	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. Motoori, S. Goto	4. 巻 865
2. 論文標題 Generation mechanism of a hierarchy of vortices in a turbulent boundary layer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 1085-1109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2019.76	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 後藤晋	4. 巻 73
2. 論文標題 発達した乱流 エネルギーカスケードをめぐって	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本物理学会誌	6. 最初と最後の頁 457-462
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 本告遊太郎、後藤晋	4. 巻 37
2. 論文標題 壁乱流中の渦の階層	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ながれ	6. 最初と最後の頁 540-543
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 堀本康文、後藤晋	4. 巻 2097
2. 論文標題 添加剤による乱流抑制現象を利用した乱流維持機構の解明	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 30-39
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 S. Goto, Y. Saito, G. Kawahara	4. 巻 2
2. 論文標題 Hierarchy of antiparallel vortex tubes in spatially periodic turbulence at high Reynolds numbers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 064603(1)-(25)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.2.064603">https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.2.064603</a>	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. Horimoto, S. Goto	4. 巻 2
2. 論文標題 Sustaining mechanism of small-scale turbulent eddies in a precessing sphere	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 114603(1)-(20)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.2.114603">https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.2.114603</a>	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. Yasufumi, G. Simonet-Davin, A. Katayama, S. Goto	4. 巻 3
2. 論文標題 Impact of a small ellipticity on the sustainability condition of developed turbulence in a precessing spheroid	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 044603(1)-(14)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.3.044603">https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.3.044603</a>	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 S. Goto, J. C. Vassilicos	4. 巻 94
2. 論文標題 Unsteady turbulence cascades	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Phys. Rev. E	6. 最初と最後の頁 53108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevE.94.053108">https://doi.org/10.1103/PhysRevE.94.053108</a>	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 L. van Veen, S. Goto	4. 巻 48
2. 論文標題 Subcritical transition to turbulence in three-dimensional Kolmogorov flow	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Fluid Dynamics Research	6. 最初と最後の頁 61425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1088/0169-5983/48/6/061425">https://doi.org/10.1088/0169-5983/48/6/061425</a>	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67件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 荒木亮、後藤晋
2. 発表標題 von Karman乱流中の大規模時空間変動とエネルギーカスケードの動力学
3. 学会等名 日本機械学会 関西支部第95期定時総会講演
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 後藤晋
2. 発表標題 乱流中のエネルギーカスケードと局所平衡仮説の破れ
3. 学会等名 RIMS共同研究 (公開型) 研究集会 『乱流の基礎的相似則の再検討 (招待講演)』
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Susumu Goto, Ken Komoda, Jun Kanki
2. 発表標題 Turbulence in Precessing Containers
3. 学会等名 Eleventh International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutaro Motoori, Susumu Goto
2. 発表標題 Generation mechanism of the hierarchy of vortices in wall-bounded turbulence
3. 学会等名 Eleventh International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤晋
2. 発表標題 乱流中の渦の階層構造
3. 学会等名 第2回先進的ながれ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 犬伏正信、後藤晋
2. 発表標題 乱流の普遍性に基づく転移学習
3. 学会等名 第2回先進的ながれ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Susumu Goto, Yutaro Motoori
2. 発表標題 Hierarchy of vortices in a developed turbulent boundary layer
3. 学会等名 17th European Turbulence Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sunao Oka, Susumu Goto
2. 発表標題 Cluster of inertial particles and fluid acceleration in turbulence
3. 学会等名 17th European Turbulence Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤晋、岡温、本告遊太郎
2. 発表標題 乱流中の渦の階層が輸送現象に果たす役割
3. 学会等名 日本機械学会 2019 年度年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 犬伏正信、後藤晋
2. 発表標題 乱流の普遍性に基づく転移学習：乱流モデリングのためのエネルギー散逸率推定
3. 学会等名 日本機械学会 2019 年度年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masanobu Inubushi, Susumu Goto
2. 発表標題 Transferring Reservoir Computing: Formulation and Application to Fluid Physics
3. 学会等名 The 28th International Conference on Artificial Neural Networks (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤晋、本告遊太郎
2. 発表標題 乱流中の秩序渦の階層とその維持機構
3. 学会等名 プラズマシミュレーションポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masanobu Inubushi, Susumu Goto
2. 発表標題 Transferring reservoir computing: formulation and application to fluid physics
3. 学会等名 Deep Learning and Physics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Araki, Susumu Goto
2. 発表標題 Large spatial-temporal fluctuation and energy cascade dynamics in von Karman turbulence
3. 学会等名 Sixteenth International Conference on Flow (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sunao Oka, Susumu Goto
2. 発表標題 Cluster of inertial particles and fluid acceleration in turbulence at high Reynolds numbers
3. 学会等名 Sixteenth International Conference on Flow (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本吉遊太郎、後藤晋
2. 発表標題 乱流境界層中の最大スケール渦はヘアピン状である
3. 学会等名 日本機械学会 第97期 流体工学部門 講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田将人、後藤晋
2. 発表標題 円柱状剛体粒子の添加による流れの抑制現象
3. 学会等名 日本機械学会 第97期 流体工学部門 講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutaro Motoori, Susumu Goto
2. 発表標題 Energy cascade in turbulent channel flow
3. 学会等名 The 65th Workshop on "Investigation and Control of Transition to Turbulence"
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤晋、犬伏正信
2. 発表標題 リザーバコンピューティングを用いた乱流エネルギー散逸率の予測
3. 学会等名 第33回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤晋
2. 発表標題 攪拌翼のない攪拌機は作れるか？
3. 学会等名 日本機械学会関西支部第94期第1回支部専門部会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤晋、犬伏正信
2. 発表標題 機械学習を用いた乱流のエネルギー散逸率の予測
3. 学会等名 日本物理学会 2018年 秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤晋、本告遊太郎
2. 発表標題 乱流境界層中の渦の階層
3. 学会等名 プラズマシミュレーションシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Susumu Goto
2. 発表標題 Coherent structures in turbulence and their universality
3. 学会等名 International Conference on APEF 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤晋、犬伏正信
2. 発表標題 機械学習による乱流のエネルギー散逸率の空間分布の予測
3. 学会等名 第32回 数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Susumu Goto
2. 発表標題 Energy cascade in turbulence
3. 学会等名 The Workshop on Fluid turbulence and Singularities of the Euler/Navier Stokes equations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本告遊太郎、後藤晋
2. 発表標題 乱流境界層中の渦の階層
3. 学会等名 RIMS共同研究集会「乱流と遷移：構造、多重スケール、モデル」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本告遊太郎、後藤晋
2. 発表標題 壁乱流中の渦の階層
3. 学会等名 大阪大学 豊中キャンパス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神吉遵、薦田拳、後藤晋
2. 発表標題 歳差運動をする容器内に維持される乱流中の大規模構造の容器形状依存性
3. 学会等名 日本流体力学会年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本告遊太郎、後藤晋
2. 発表標題 乱流境界層中の渦の生成機構
3. 学会等名 日本機械学会 2018年度年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡温、後藤晋
2. 発表標題 高レイノルズ数の乱流中における慣性粒子群の空間分布の流体加速度場による記述
3. 学会等名 日本機械学会 2018年度年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栗田朋幸、後藤晋
2. 発表標題 反射性フレークを用いた乱流の可視化の物理機構
3. 学会等名 第46回 可視化情報シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yutaro Motoori, Susumu Goto
2. 発表標題 Hierarchy of vortices in wall-bounded turbulence
3. 学会等名 The 15th International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡温、後藤晋
2. 発表標題 乱流中における固体粒子群のクラスタ形成
3. 学会等名 鳥取非線形研究会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栗田朋幸、後藤晋
2. 発表標題 反射性フレークによる可視化から得られる乱流場の情報
3. 学会等名 第32回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 岡温、後藤晋
2. 発表標題 一様乱流中における固体粒子群の空間分布に粒子径の有限性が与える影響
3. 学会等名 日本機械学会 第96期 流体工学部門 講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒木亮、杉谷優治、後藤晋
2. 発表標題 von Karman乱流中の大規模時空間変動
3. 学会等名 日本機械学会 第96期 流体工学部門 講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Susumu Goto, Lennaert van Veen
2. 発表標題 Statistics of spatially-periodic turbulence driven by steady forces
3. 学会等名 SIAM Conference on Applications of Dynamical Systems (DS17) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 後藤晋、栗田朋幸
2. 発表標題 乱流中における反射性フレークの挙動
3. 学会等名 第45回可視化情報シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 後藤晋、Lennaert van Veen
2. 発表標題 定常外力に駆動される乱流の統計性質
3. 学会等名 RIMS共同研究集会「非一様乱流の数理」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 後藤晋、堀本康文、片山惇
2. 発表標題 歳差運動をする回転楕円体容器内に乱流が維持される条件
3. 学会等名 2017年度 日本機械学会 年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 後藤晋
2. 発表標題 攪拌翼を使わない攪拌技術とその応用
3. 学会等名 日本機械学会関西支部 第18回秋季技術交流フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Susumu Goto
2. 発表標題 Hierarchy of vortices in turbulence at high Reynolds numbers
3. 学会等名 OIST seminar
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 後藤晋
2. 発表標題 壁なし乱流の動力学と統計
3. 学会等名 第1回先進的ながれ研究会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 後藤晋、犬伏正信
2. 発表標題 乱流の中の秩序と人工知能
3. 学会等名 物理インフォマティクス シンポジウム 2018(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤晋、堀本康文、片山惇、薦田拳
2. 発表標題 歳差運動をする回転楕円体容器内における層流乱流遷移
3. 学会等名 日本物理学会 第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasufumi Horimoto, Susumu Goto
2. 発表標題 Energy cascade sustaining turbulence in a precessing sphere
3. 学会等名 Tenth International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena (TSFP10)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀本康文、後藤晋
2. 発表標題 添加剤による乱流抑制現象を利用した乱流維持機構の解明
3. 学会等名 RIMS共同研究集会「非一様乱流の数理」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 片山惇、堀本康文、Simonet Gabriel、後藤晋
2. 発表標題 歳差運動をする容器内の定常流の安定性と乱流遷移
3. 学会等名 日本流体力学会 年会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀本康文、後藤晋
2. 発表標題 粘弾性流体を利用した Newton 流体の乱流維持機構の解明
3. 学会等名 2017年度 日本機械学会 年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 薦田拳、後藤晋
2. 発表標題 歳差運動をする回転楕円体容器内に維持される乱流の直接数値シミュレーション
3. 学会等名 日本機械学会 関西支部第93期定時総会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 花島啓太、後藤晋
2. 発表標題 平行平板間乱流中の渦の階層
3. 学会等名 日本機械学会 関西支部第93期定時総会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片山惇、堀本康文、後藤晋
2. 発表標題 歳差運動をする容器内流れの安定性の容器形状依存性
3. 学会等名 日本機械学会 関西支部第93期定時総会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本告遊太郎、後藤晋
2. 発表標題 乱流境界層中の小スケール渦の生成機構
3. 学会等名 日本機械学会 関西支部第93期定時総会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀本康文、後藤晋
2. 発表標題 容器の歳差運動により駆動される乱流の維持機構
3. 学会等名 日本機械学会 関西支部第93期定時総会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡温、後藤晋
2. 発表標題 乱流中の固体粒子群の非一様分布
3. 学会等名 日本機械学会 関西支部第93期定時総会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 黄智權、本告遊太郎、後藤晋
2. 発表標題 平行平板間乱流中の粒子のクラスタリング
3. 学会等名 日本機械学会 関西支部第93期定時総会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本告遊太郎、後藤晋
2. 発表標題 乱流境界層中の小スケール渦の生成機構
3. 学会等名 第62回「乱流遷移の解明と制御」研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Susumu Goto, Yasufumi Horimoto
2. 発表標題 The sustaining mechanism of turbulence in a precessing sphere
3. 学会等名 International Workshop on Theoretical Aspects of Near-Wall Turbulence Studies (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 後藤晋、武石恵介、甲藤雄大、河原源太
2. 発表標題 矩形管内の過渡的乱流の粒子画像流速測定
3. 学会等名 第44回可視化情報シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 堀本康文、後藤晋
2. 発表標題 希薄な界面活性剤水溶液の乱流のフレークによる可視化
3. 学会等名 第44回可視化情報シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 後藤晋
2. 発表標題 乱流輸送現象の物理 ~ 数値シミュレーションと室内実験
3. 学会等名 プラズマ科学のフロンティア 2016 研究会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yasufumi Horimoto, Susumu Goto
2. 発表標題 Experimental study on the energy cascade in turbulence in a precessing sphere
3. 学会等名 RIMS Camp-Style Seminar: Dynamics of wall-bounded shear flows (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 後藤晋、堀本康文
2. 発表標題 歳差運動をする容器内の乱流の維持機構
3. 学会等名 第59回「乱流遷移の解明と制御」研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 後藤晋
2. 発表標題 種々の輸送現象に関する大規模数値シミュレーション
3. 学会等名 プラズマシミュレータシンポジウム 2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 堀本康文、後藤晋
2. 発表標題 歳差運動をする球体内の乱流における小スケール渦の生成機構
3. 学会等名 日本流体力学会 年会2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 後藤晋、J. C. Vassilicos
2. 発表標題 減衰乱流のエネルギー散逸則
3. 学会等名 日本物理学会 2016年 秋季大会
4. 発表年 2016年



1. 発表者名 後藤晋、Lennaert van Veen
2. 発表標題 周期境界条件下の過渡的乱流
3. 学会等名 日本物理学会 第72回年次大会
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
--	---------------------------	-----------------------	----