

Title	機械学習による乱流ビッグデータの特徴抽出手法の構築
Sub Title	Construction of feature extraction method for turbulence big data by machine learning
Author	深瀧, 康二(Fukagata, Kōji) 山本, 誠(Yamamoto, Makoto) 岩本, 薫(Iwamoto, Kaoru) 長谷川, 洋介(Hasegawa, Yōsuke) 塚原, 隆裕(Tsukahara, Takahiro) 福島, 直哉(Fukushima, Naoya) 守, 裕也(Mamori, Hiroya) 青木, 義満(Aoki, Yoshimitsu)
Publisher	
Publication year	2021
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2020.)
JaLC DOI	
Abstract	<p>本研究の目的は、機械学習技術を「乱流ビッグデータ」に適用することにより、線形理論だけでは抽出できない乱流の自己生成維持機構の本質である非線形モードを抽出し、その時間発展方程式を導出することにより、新たな非線形特徴抽出手法を構築することである。本研究では畳み込みニューラルネットワークに基づく自己符号器を用いて、高次元の流れ場情報を低次元の潜在変数に圧縮することにより特徴抽出を行い、その潜在変数の時間発展を支配する方程式をスパース回帰法を用いて導出した。この手法は円柱周りの非定常流などに対しては十分な精度での特徴抽出を行える一方、乱流に対してはさらなる低次元化の必要性が示唆された。</p> <p>The purpose of this study is to apply the machine learning technology to "turbulent big data" to extract the nonlinear mode, which is the essence of the self-generation maintenance mechanism of turbulence and cannot be extracted by the conventional linear theory, and to derive its time evolution equation to construct a new nonlinear feature extraction method. In this study, we use an autoencoder based on convolutional neural networks to extract the features of flow fields by compressing high-dimensional flow field information into low-dimensional latent variables, and by using a sparse regression method to derive the equations that govern the time evolution of the latent variables. While this method can extract features with sufficient accuracy for unsteady flows around a cylinder, it was suggested that further reduction in dimension is necessary for turbulent flows.</p>
Notes	研究種目：基盤研究 (A) (一般) 研究期間：2018～2020 課題番号：18H03758 研究分野：流体力学
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_18H03758seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03758

研究課題名（和文）機械学習による乱流ビッグデータの特徴抽出手法の構築

研究課題名（英文）Construction of feature extraction method for turbulence big data by machine learning

研究代表者

深淵 康二（Fukagata, Koji）

慶應義塾大学・理工学部（矢上）・教授

研究者番号：80361517

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、機械学習技術を「乱流ビッグデータ」に適用することにより、線形理論だけでは抽出できない乱流の自己生成維持機構の本質である非線形モードを抽出し、その時間発展方程式を導出することにより、新たな非線形特徴抽出手法を構築することである。本研究では畳み込みニューラルネットワークに基づく自己符号器を用いて、高次元の流れ場情報を低次元の潜在変数に圧縮することにより特徴抽出を行い、その潜在変数の時間発展を支配する方程式をスパース回帰法を用いて導出した。この手法は円柱周りの非定常流などに対しては十分な精度での特徴抽出を行える一方、乱流に対してはさらなる低次元化の必要性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、完全な流れ場データの低次元化による物理的理解にとどまらず、未知の物体周りの流れの予測や不十分なデータからの予測など、流体力学の諸問題への機械学習の応用が大きな可能性を有していることを示した。本研究の成果は、理論、実験、数値シミュレーションに続く「第4の流体力学」である「データ駆動流体力学」の基盤整備に貢献し、支配方程式・構成方程式が確立されていない流れ場データへの応用の可能性を示唆するものである。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to apply the machine learning technology to "turbulent big data" to extract the nonlinear mode, which is the essence of the self-generation maintenance mechanism of turbulence and cannot be extracted by the conventional linear theory, and to derive its time evolution equation to construct a new nonlinear feature extraction method. In this study, we use an autoencoder based on convolutional neural networks to extract the features of flow fields by compressing high-dimensional flow field information into low-dimensional latent variables, and by using a sparse regression method to derive the equations that govern the time evolution of the latent variables. While this method can extract features with sufficient accuracy for unsteady flows around a cylinder, it was suggested that further reduction in dimension is necessary for turbulent flows.

研究分野：流体力学

キーワード：流体力学 乱流 ビッグデータ 機械学習 低次元モデル

1. 研究開始当初の背景

(1) 近代的な乱流研究は既に 100 年以上の歴史を有する。20 世紀末から現在にかけて、実験室レベルでの乱流現象の数値予測は著しい発展を遂げたが、乱流現象の本質の理解や低次元モデリング、あるいはエネルギー機器や気象に現れる大規模スケールの乱流の予測と制御は、その強い非線形性とマルチスケール性のために、依然として困難な研究課題である。これまで、乱流の本質を理解するためにさまざまな数値シミュレーションや実験計測が行われてきたが、数値シミュレーションの大規模化や実験計測の高解像度化にともない、その規模は年々大きくなる一方である。例えば、現在最大規模の乱流の直接数値シミュレーション (DNS) で得られるデータ数は、ある瞬間の場のみを取り出しただけでも 400 億個であり、まさしく「乱流ビッグデータ」である。これまで乱流の組織構造の理解のために、線形理論に基づく乱流の特徴抽出が数多く試みられ、線形メカニズムの理解に対しては一定の成果を収めている。しかし、乱流の自己維持機構のうち最も本質的な部分である渦の生成・変形などの非線形な現象は、当然のことながら線形理論に基づく手法では抽出できず、非線形性を捉えられる特徴抽出手法の開発が待たれている。

(2) 一方、20 世紀後半に一度ブームが到来したニューラルネットワークは、近年ビッグデータへの注目にともない、深層学習 (ディープ・ラーニング) に代表される機械学習として再び注目され、様々な分野においてこの機械学習の活用が期待されている。乱流現象は本来、巨大自由度を持つ非線形ダイナミカルシステムであるため、乱流ビッグデータは機械学習を用いた解析に適しているはずである。また、古典的な 3 層パーセプトロン等のニューラルネットワークでは時系列の変化を予測することが困難であったが、近年では、時系列変化や記憶効果を学習するためのアルゴリズムに加え、先進的な機械学習ライブラリ群や、巨大自由度を扱うために機械学習に特化した計算機も開発されてきており、今まさに乱流ビッグデータを、機械学習を用いて扱うための準備ができつつある。

2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、機械学習技術を「乱流ビッグデータ」に適用することにより、線形理論だけでは抽出できない乱流の自己生成維持機構の本質である非線形モードを抽出し、その時間発展方程式を導出することにより、新たな非線形特徴抽出手法を構築することにある。

(2) 従来の線形理論に基づく特徴抽出法 (固有直交分解 (POD) など) を用いた場合には、比較的少数のモードの重ね合わせにより乱流中でエネルギーを保有する構造は表現できるが、乱流の自己生成・維持機構の本質である渦運動のダイナミクスは表現できない。したがって、従来の特徴抽出法のみを用いて乱流のダイナミクスを理解し、それに基づき乱流を効果的に制御するための法則を導き出すことは、現状では極めて困難である。これに対し、本研究では機械学習技術を用いた新たな特徴抽出手法を提案し、その有用性を検討する。

3. 研究の方法

(1) 本研究で主に用いる機械学習モデルとして、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いたオートエンコーダ (CNN-AE) を構築する。CNN はインターネット上の画像ビッグデータと相まってここ数年で画像認識の精度を飛躍的に向上させた立役者である。CNN の構造はもとも動物の視覚野をモデル化したものであり、局所の画像に複数枚のフィルタを畳み込むことでその特徴を抽出するものである。各フィルタを構成する重み係数は、予め定められた損失関数を最小化すべく数多くのデータを用いて「学習」を行うことによって最適化される。重み係数の更新にはいわゆる普通の深層ニューラルネットワークである全結合型の多層パーセプトロン (Multi-Layer Perceptrons: MLP) と同様、誤差関数の値をネットワーク内で逆伝播させる「バックプロパゲーション」によって行われるが、MLP と異なり、CNN では結合が局所 (フィルタ幅) に限定されていること、およびフィルタの重みが各層で共有されていることにより、同じ入力次

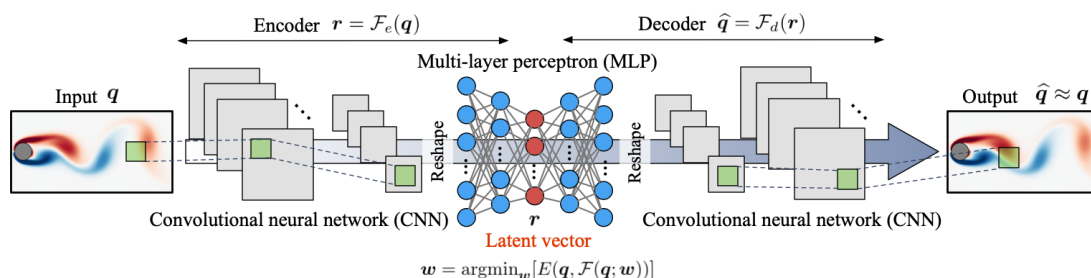


図 1 畳み込みニューラルネットワークを用いたオートエンコーダ (CNN-AE) の概念図 (K. Fukami, T. Murata, and K. Fukagata, arXiv:2011.10277 (2020).)

元（データサイズ）の MLP と比べて非常に少ない計算量で学習が行えることが利点であり、高次元データが頻繁に表れる流体場データにも適したネットワーク構造である。また、上流側の層から下流側の層にかけて次元を削減していくことにより、入力データの特徴を抽象化でき、ノイズ等に対してもロバストになることも CNN を用いたネットワークの長所である。図 1 に本研究で主に用いている CNN-AE の基本構造①を示す。入力データ q は流れ場のデータ（速度場、圧力場、渦度場など）であり、我々の扱っている問題では 10 万～1000 万程度の次元を持つベクトルである。入力データ q は CNN-AE のうち入力側の半分であるエンコーダ部によって次元圧縮され、中間部の MLP（目的によって設置）を通り、CNN デコーダ部で次元拡大され、出力ベクトルが得られる。オートエンコーダではこの出力ベクトルが入力ベクトルと一致するよう重み係数の最適化、即ち学習が行われるが、学習済みのネットワークではその一番圧縮された部分（ボトルネック部）の潜在変数ベクトル r が入力ベクトルの情報を抽象化した形で十分に含んでいることになる。なお、この潜在変数ベクトル r の次元は扱う問題に大きく依存する。

(2) まず最初に機械学習を用いた平行平板間の乱流（チャネル乱流）の断面流速分布の時系列変化の予測（詳細は 4-(1)節に記述）に取り組んだが、その研究の過程において、入力データの自由度が巨大なために、ハードウェア上の制約等から非線形モードが抽出できない可能性や、抽出された非線形モードの時間発展方程式が容易に導出できない可能性が示された。そこで、まず円柱後流や乱流の準秩序構造を一つだけ含む「ミニマルチャネル」といった低自由度でかつ特徴の強い流れに、学習対象を絞り込み、メモリ使用量を削減するとともに、結果の解釈を容易にすることを検討することを通じて研究を進めた。

4. 研究成果

(1) 乱流への機械学習の適用可能性の調査として上述の CNN-AE と同様の構造を用いて一番最初に取り組んだ研究が、流入・流出境界を持つチャネル乱流の直接数値シミュレーション (Direct Numerical Simulation: DNS、乱流モデル等を用いず、流体の支配方程式である Navier-Stokes 方程式をそのまま離散化して計算するシミュレーション) に用いることのできる入口乱流生成器 (Machine-Learned Turbulence Generator: MLTG) の提案②である。ここでは平行平板間の乱流（チャネル乱流）の DNS で得られた、ある 1 断面における二次元断面速度場データ q^n_{DNS} を入力とし、次の離散時刻における断面速度場 q^{n+1} が得られるよう、ネットワークを学習させている。なお、この場合の入力ベクトルの次元は約 10 万、潜在変数ベクトルの次元は約 3000 であるが、これよりも潜在変数ベクトルの次元を圧縮した場合には、この種の乱流での運動量輸送に大きな役割を果たす壁面近傍の細かな渦構造が捉えられなくなってしまうことも、数値実験により明らかになっている。学習済みの MLTG に対しては、まず MLTG 単体で乱流構造の時間発展が定性的・定量的に再現できるかを調査した。この場合、初期値 q_0 には DNS データを用いる必要があるが、その後は MLTG から出力 q^{n+1}_{ML} を次の時刻における入力 q^n として再帰的に用いることにより、様々な空間スケールの構造をもった断面乱流場の時間発展が再現できる。また、MLTG を用いて計算された乱流統計量を用いた定量的な評価によっても DNS の乱流統計量（即ち、正解）と良い一致が得られることが確認できた。なお、MLTG の学習プロセスでは DNS データの時系列を学習させている訳ではなく、二つの連続する離散時刻間の断面速度場の関係を学習させている。即ち、学習済みの MLTG は、離散化した Navier-Stokes 方程式の低次元代理モデルとなっている。このことから、周期境界条件を持つ DNS で得られた時間二点相関関数に見られる人工的な相関のピーク（周期境界条件を介して上流に戻ってくる流れに起因するピーク）が MLTG では見られず、生成する乱流の性質としても従来の流入・流出境界 DNS で良く用いられるドライバ DNS（入口上流に設けられた周期境界条件の DNS）よりも優れていることが分かった。さらに、学習済みの MLTG を実際に流入・流出境界 DNS の流入境界条件として計算を行ったところ、下流の“Main Simulation”の領域での乱流統計量はドライバ DNS を用いた場合と見分けがつかない程度に一致し、また時間発展する流入速度場の計算に要する時間も、我々の計算環境ではドライバ DNS を用いる場合の約 580 分の 1 であった。

(2) 上記(1)の例では乱流の低次元化は行えるものの、中間層の MLP の情報を用いて 3000 もある潜在変数の支配方程式を導出することは困難である。そこで、簡単な非定常流の問題に立ち返り、次元の圧縮と、時間発展方程式の導出を分けて考えることにした。ここではまず CNN-AE を用いて 2 つまでに圧縮された流れの特徴（潜在変数 $r = (r_1, r_2)$ ）を抽出し、その時間変化 dr/dt を数値微分によって算出し、これら両者の関係を記述する非線形の最尤関係 $dr/dt = \Theta(r)\xi$ を Sparse Identification of Nonlinear Dynamics (SINDy)③という非線形回帰手法を用いて求める。ここに $\Theta(r)$ はライブラリ関数と呼ばれるもので、 r に関して考え得る非線形項が含まれており、 ξ は回帰によって求めるべき係数行列である。なお、非線形項の数が膨大にならないよう、 L_1 正則化と呼ばれる手法を用いて回帰を行っている。その結果、潜在変数を支配する非線形な常微分方程式が得られ、さらにこれらを数値的に時間積分したものの挙動も、元の DNS の挙動（実線）と多少の位相差はあれど、その挙動をよく再現できることが分かり、流れ場の非線形低次元化とその支配方程式の導出が行えることが示された ②。

(3) 乱流の場合には後述するように流れ場の低次元化に関して一層の改善が必要であるため、既に別の手法で低次元化された乱流のモデルである 9 方程式せん断流モデル④を用いて SINDy を用いた常微分方程式の導出の可能性を調査した。その結果、乱流においても 9 つの変数 ($a_1 \sim a_9$) に対するモデル方程式を数値積分することによって得られる計算データから SINDy を用いて元のモデル方程式とほぼ同等の支配方程式が復元できることが分かり、またそれらのカオス的な挙動も良く再現されていることが分かった ①。

(4) 潜在変数の時間発展挙動の記述に関しては、上述の常微分方程式の導出に加え、時間発展データを扱うことのできる機械学習ネットワークである Long Short Term Memory (LSTM) の使用も検討した。様々なレイノルズ数の円柱周りの流れ⑤、および様々な形状の物体周りの流れ⑥に対して、CNN-AE と LSTM を用いた低次元モデル (Machine Learned Reduced Order Model: ML-ROM) を開発し、流れの時間変化のみならず、物体にはたらく抵抗係数や揚力係数といったマクロな量の定量的な予測も可能であることを示した。また、学習に用いていないレイノルズ数や物体形状に対しても、良好な予測が行えることが分かった。一方で、レイノルズ数 $Re=40$ の円柱周り流れなど、流れの形態が学習に用いた場と大きく変わるような場合の予測が難しいことも分かった。さらに同様の手法を 3 次元 CNN を用いたネットワークに発展させ、チャンネル乱流に対する ML-ROM の構築を行った⑦。ML-ROM では、まず DNS データを用いて 3 次元 CNN-AE の学習を行い、得られた潜在変数ベクトルの時間発展に対して、LSTM と呼ばれる再帰型ニューラルネットワークを用いてその時間発展挙動を学習させる。学習済みの 3 次元 CNN-AE と LSTM を用いることにより 3 次元速度場の時間発展を再現した。再現された場の統計量は DNS の統計量と比較し、定量的に良好な一致を得た。また、ダイナミクスの観点からも DNS と定性的には良好な一致を確認している。ただし、ダイナミクスの詳細に関しては改善の余地が大きく残されており、今後の課題である。

(5) CNN-AE を用いて抽出された非線形低次元モードの物理的解釈は元の流れ場の理解にとっても重要である。そこでまず、円柱周りの 2 次元非定常流に対し、CNN-AE を用いて抽出された非線形低次元モードをモード毎に復元するネットワーク構造 (Mode Decomposed CNN-AE: MD-ANN-AE) を提案し、各非線形モードから復元された場にとどのような流れの構造が含まれているかを調査した⑧。まず、MD-CNN-AE に含まれる活性化関数を全て線形なものとした機械学習モデルの結果からは、CNN オートエンコーダは基本的には POD と同様の分解を行っていることが示された。さらに、非線形の活性化関数を含む MD-CNN-AE は POD よりも低い再構成誤差を示し、活性化関数に含まれる非線形性がモデル性能を向上させていることが分かった。その上で、非線形の MD-CNN-AE によって得られる非線形モードから復元した場のそれぞれに POD を適用したところ、一つの非線形 MD-CNN-AE モードには複数の POD モードが順序良く内包されていることが分かった。この結果は、従来の POD モードとの解釈可能な関係を維持しながら、非線形 MD-CNN-AE が POD よりも低次元の流れ場の特徴抽出に使用できる可能性を示唆しているが、一方で、そのままでは乱流のような主要モードの数が膨大となるような流れに対してこの手法を適用するにはさらなる工夫が必要であることも示唆された。

(6) 機械学習を用いて乱流を低次元化し、その支配方程式を導出するために残されている一番の大きな課題は低次元化手法の大幅な改善であり、その一つとして行ったのが階層型 (Hierarchical) CNN-AE の提案である⑨。階層型 CNN-AE では、まず 1 番目の CNN-AE で場の低次元化を行い、そこで得られた潜在変数を固定し、2 番目の CNN-AE にスタックして 2 番目の CNN-AE の学習を行う。これにより、1 番目の CNN-AE では捉えきれなかった特徴が 2 番目の CNN-AE で捉えられることになる。これを複数段繰り返して学習を行うことにより、効率的な低次元化を目指した。この階層型 CNN-AE を用いてチャンネル乱流の断面流速分布を低次元化し、既存の手法との比較を行った。再構築誤差 (ϵ) として約 40% を許す場合には、既存の手法である POD や従来型の CNN-AE では約 800 個の潜在変数 (n_T) が必要となるのに対し、階層型 CNN-AE では約 300 個で済むことが示唆されており、効率的な低次元化が行われていることが確認できる。しかし、低次元ダイナミクスの常微分方程式を導出するにあたって許容できる誤差はせいぜい 10% 程度であり、その程度の誤差に収めようとすると、階層型 CNN-AE でも既存の手法と同様、約 3000 個の潜在変数が必要となることが示唆されている。乱流に対するさらなる低次元化手法の改良は今後の課題である。

(7) 本報告書に詳述した成果以外にも、機械学習の流体力学への応用に関する研究として、様々な機械学習モデルの比較検討⑩、乱流の超解像⑪⑫、2次元面データから3次元データの推定⑬、実験データへの応用⑭、CNN-AEにおけるハイパーパラメータの影響の調査⑮、CNN-AEによる学習の可視化⑯、非構造格子に対するCNNの応用⑰、機械学習による予測の不確かさの推定⑱、ノイズロバスト性に関する線形回帰とCNN-AEの比較⑲、実験データを用いた円管内脈動乱流の抵抗低減効果予測モデルの構築⑳などの研究を行った。詳細に関してはこれら文献を参照されたい。

<引用文献>

- ① K. Fukami, T. Murata, and K. Fukagata, Sparse identification of nonlinear dynamics with low-dimensionalized flow representations, arXiv preprint (2020), arXiv:2010.12177 [physics.flu-dyn].
- ② K. Fukami, Y. Nabae, K. Kawai, and K. Fukagata, Synthetic turbulent inflow generator using machine learning, Physical Review Fluids, Vol. 4, No. 6 (2019), 064603.
- ③ S. L. Brunton, J. L. Proctor, and J. N. Kutz, Discovering governing equations from data by sparse identification of nonlinear dynamical systems, Proceedings of the National Academy of Sciences Vol. 113, No. 15 (2016), 3932–3937.
- ④ J. Moehlis, H. Faisst, and B. Eckhardt, A low-dimensional model for turbulent shear flows. New Journal of Physics, Vol. 6, No. 56 (2004), 1–17.
- ⑤ K. Hasegawa, K. Fukami, T. Murata, and K. Fukagata, CNN-LSTM based reduced order modeling of two-dimensional unsteady flows around a circular cylinder at different Reynolds numbers, Fluid Dynamics Research, Vol. 52, No. 6 (2020) 065501.
- ⑥ K. Hasegawa, K. Fukami, T. Murata, and K. Fukagata, Machine-learning-based reduced order modeling for unsteady flows around bluff bodies of various shapes, Theoretical and Computational Fluid Dynamics, Vol. 34 (2020), 367-383.
- ⑦ T. Nakamura, K. Fukami, K. Hasegawa, Y. Nabae, and K. Fukagata, Convolutional neural network and long short-term memory based reduced order surrogate for minimal turbulent channel flow," Physics of Fluids, Vol. 33, No. 2 (2021), 025116.
- ⑧ T. Murata, K. Fukami, and K. Fukagata, Nonlinear mode decomposition with convolutional neural networks for fluid dynamics, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 882 (2020), A13.
- ⑨ K. Fukami, T. Nakamura, and K. Fukagata, Convolutional neural network based hierarchical autoencoder for nonlinear mode decomposition of fluid field data, Physics of Fluids, Vol. 32 (2020), 095110.
- ⑩ K. Fukami, K. Fukagata, and K. Taira, Assessment of supervised machine learning methods for fluid flows, Theoretical and Computational Fluid Dynamics, Vol. 34 (2020), 497–519.
- ⑪ K. Fukami, K. Fukagata, and K. Taira, Super-resolution reconstruction of turbulent flows with machine learning, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 870 (2019), 106-120.
- ⑫ K. Fukami, K. Fukagata, and K. Taira, Machine-learning-based spatio-temporal super resolution reconstruction of turbulent flows, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 909 (2021), A9.
- ⑬ M. Matsuo, T. Nakamura, M. Morimoto, K. Fukami, and K. Fukagata, Supervised convolutional network for three-dimensional fluid data reconstruction from sectional flow fields with adaptive super-resolution assistance, arXiv preprint (2021), arXiv:2103.09020 [physics.flu-dyn].
- ⑭ M. Morimoto, K. Fukami, and K. Fukagata, Experimental velocity data estimation for imperfect particle images using machine learning, arXiv preprint (2020), arXiv:2005.00756 [physics.flu-dyn].
- ⑮ K. Fukami, K. Hasegawa, T. Nakamura, M. Morimoto, and K. Fukagata, Model order reduction with neural networks: Application to laminar and turbulent flows, arXiv preprint (2020), arXiv:2011.10277 [physics.flu-dyn].
- ⑯ M. Morimoto, K. Fukami, K. Zhang, and K. Fukagata, Generalization techniques of neural networks for fluid flow estimation, arXiv preprint (2020), arXiv:2011.11911 [physics.flu-dyn].
- ⑰ K. Fukami, R. Maulik, N. Ramachandra, K. Fukagata, and K. Taira, Global field reconstruction from sparse sensors with Voronoi tessellation-assisted deep learning, arXiv preprint, arXiv:2101.00554 [physics.flu-dyn].
- ⑱ R. Maulik, K. Fukami, N. Ramachandra, K. Fukagata, and K. Taira, Probabilistic neural networks for fluid flow surrogate modeling and data recovery, Physical Review Fluids, Vol. 5, No. 10 (2020), 104401.
- ⑲ T. Nakamura, K. Fukami, and K. Fukagata, Comparison of linear regressions and neural networks for fluid flow problems assisted with error-curve analysis, arXiv preprint (2021), arXiv:2105.00913 [physics.flu-dyn].
- ⑳ W. Kobayashi, T. Shimura, A. Mitsuishi, K. Iwamoto and A. Murata, Prediction of the Drag Reduction Effect of Pulsating Pipe Flow Based on Machine Learning, International Journal of Heat and Fluid Flow, Vol. 88 (2021), 108783.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計34件（うち査読付論文 27件 / うち国際共著 13件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Taichi Nakamura, Kai Fukami, Kazuto Hasegawa, Yusuke Nabaе, Koji Fukagata	4. 巻 33
2. 論文標題 Convolutional neural network and long short-term memory based reduced order surrogate for minimal turbulent channel flow	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics of Fluids	6. 最初と最後の頁 25116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0039845	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 Kai Fukami, Koji Fukagata, Kunihiko Taira	4. 巻 909
2. 論文標題 Machine-learning-based spatio-temporal super resolution reconstruction of turbulent flows	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 A9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2020.948	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 Wataru Kobayashi, Takaaki Shimura, Akihiko Mitsuishi, Kaoru Iwamoto, Akira Murata	4. 巻 88
2. 論文標題 Prediction of the drag reduction effect of pulsating pipe flow based on machine learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Heat and Fluid Flow	6. 最初と最後の頁 108783
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijheatfluidflow.2021.108783	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 Arjun J. Kaithakkal, Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa	4. 巻 164
2. 論文標題 Dissimilar heat transfer enhancement in a fully developed laminar channel flow subjected to a traveling wave-like wall blowing and suction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Heat and Mass Transfer	6. 最初と最後の頁 120485
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.120485	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 志村 敬彬, 光石 暁彦, 岩本 薫	4. 巻 63
2. 論文標題 機械学習による円管内脈動乱流の予測	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本燃焼学会誌	6. 最初と最後の頁 52-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20619/jcombsj.63.203_52	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 Kazuto Hasegawa, Kai Fukami, Takaaki Murata, Koji Fukagata	4. 巻 34
2. 論文標題 Machine-learning-based reduced-order modeling for unsteady flows around bluff bodies of various shapes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Theoretical and Computational Fluid Dynamics	6. 最初と最後の頁 367-383
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00162-020-00528-w	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 Kai Fukami, Koji Fukagata, Kunihiko Taira	4. 巻 34
2. 論文標題 Assessment of supervised machine learning methods for fluid flows	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Theoretical and Computational Fluid Dynamics	6. 最初と最後の頁 497-519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00162-020-00518-y	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 Riko Uekusa, Aika Kawagoe, Yusuke Nabae, Koji Fukagata	4. 巻 15
2. 論文標題 Resolvent analysis of turbulent channel flow with manipulated mean velocity profile	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Science and Technology	6. 最初と最後の頁 JFST0014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jfst.2020jfst0014	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 Kai Fukami, Taichi Nakamura, Koji Fukagata	4. 巻 32
2. 論文標題 Convolutional neural network based hierarchical autoencoder for nonlinear mode decomposition of fluid field data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics of Fluids	6. 最初と最後の頁 95110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0020721	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 Romit Maulik, Kai Fukami, Nesar Ramachandra, KojiFukagata, Kunihiko Taira	4. 巻 5
2. 論文標題 Probabilistic neural networks for fluid flow surrogate modeling and data recovery	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 104001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevFluids.5.104401	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 Kazuto Hasegawa, Kai Fukami, Takaaki Murata, Koji Fukagata	4. 巻 52
2. 論文標題 CNN-LSTM based reduced order modeling of two-dimensional unsteady flows around a circular cylinder at different Reynolds numbers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fluid Dynamics Research	6. 最初と最後の頁 65501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1873-7005/abb91d	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 Arjun J. Kaitakkal, Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa	4. 巻 164
2. 論文標題 Dissimilar heat transfer enhancement in a fully developed laminar channel flow subjected to a traveling wave-like wall blowing and suction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Heat and Mass Transfer	6. 最初と最後の頁 120485
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.120485	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 Sho Uranai, Koji Fukudome, Hiroya Mamori, Naoya Fukushima, Makoto Yamamoto	4. 巻 7
2. 論文標題 Numerical Simulation of the Anti-Icing Performance of Electric Heaters for Icing on the NACA 0012 Airfoil	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Aerospace	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/aerospace7090123	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 Kai Fukami, Koji Fukagata, Kunihiko Taira	4. 巻 870
2. 論文標題 Super-resolution reconstruction of turbulent flows with machine learning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 106-120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2019.238	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 Qi Wang, Yosuke Hasegawa, Tamer Zaki	4. 巻 870
2. 論文標題 Spatial Reconstruction of steady scalar sources from remote measurements in turbulent flow	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 316-352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2019.241	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 Takaaki Murata, Kai Fukami, Koji Fukagata	4. 巻 882
2. 論文標題 Nonlinear mode decomposition with convolutional neural networks for fluid dynamics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 A13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2019.822	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 Arjun J. Kaitakkal, Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa	4. 巻 886
2. 論文標題 Dissimilarity between turbulent heat and momentum transfer induced by a streamwise travelling wave of wall blowing and suction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 A29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2019.1045	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 Kai Fukami, Yusuke Nabae, Ken Kawai, Koji Fukagata	4. 巻 4
2. 論文標題 Synthetic turbulent inflow generator using machine learning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 64603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevFluids.4.064603	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 Junya Onishi, Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa, Naoki Shikazono	4. 巻 166
2. 論文標題 Topology optimization of electrolyte-electrode interfaces of solid oxide fuel cells using the adjoint method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 F876-F888
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0031913jes	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 長谷川 一登, 村田 高彬, 深見 開, 深湯 康二	4. 巻 38
2. 論文標題 機械学習を用いた円柱周り流れのレイノルズ数依存性の予測	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ながれ	6. 最初と最後の頁 81-84
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 光石 暁彦, 志村 敬彬, 岩本 薫	4. 巻 38
2. 論文標題 壁乱流制御の効率的最適化に向けた機械学習の応用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ながれ	6. 最初と最後の頁 329-336
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 深見 開, 深淵 康二, 平 邦彦	4. 巻 38
2. 論文標題 2次元流れ場への機械学習超解像の応用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ながれ	6. 最初と最後の頁 395-398
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 該当する

1. 著者名 亀谷 幸憲, Fatemeh Mirzapourshafiyi, 中山 雅敬, 長谷川 洋介	4. 巻 38
2. 論文標題 毛細血管網の分岐形態が微小循環の輸送特性に与える影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ながれ	6. 最初と最後の頁 411-414
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 該当する

1. 著者名 劉 竺辰, 長谷川 洋介	4. 巻 72 (1)
2. 論文標題 時系列壁面計測情報に基づくチャンネル乱流場の状態推定	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 生産研究	6. 最初と最後の頁 5-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11188/seisankenkyu.72.5	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 伊藤 宗嵩, 長谷川 洋介	4. 巻 72 (1)
2. 論文標題 大スケール最適制御入力によるチャネル乱流の抵抗低減	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 生産研究	6. 最初と最後の頁 9-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11188/seisankenkyu.72.9	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 深淵 康二, 山本 誠, 岩本 薫, 長谷川 洋介, 塚原 隆裕, 福島 直哉, 守 裕也, 青木 義満	4. 巻 37
2. 論文標題 機械学習を用いた乱流の特徴抽出手法の構築に向けて	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ながれ	6. 最初と最後の頁 524-527
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 Satoshi Nakashima, Mitul Luhar, and Koji Fukagata	4. 巻 861
2. 論文標題 Reconsideration of spanwise rotating turbulent channel flows via resolvent analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 200-222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2018.894	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 Aika Kawagoe, Satoshi Nakashima, Mitul Luhar, and Koji Fukagata	4. 巻 866
2. 論文標題 Proposal of control laws for turbulent skin-friction reduction based on resolvent analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 810-840
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2019.157	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 原 潤一郎, 岩崎 充, 松平 範光, 三宅 啓史, 山本 誠, 福島 直哉, 守 裕也	4. 巻 49
2. 論文標題 Euler-Lagrange Coupling法によるEGRクーラのすす堆積シミュレーションの開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 1032-1037
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.49.1032	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 Shinichiro Kondo, Hiroya Mamori, Naoya Fukushima, Koji Fukudome, and Makoto Yamamoto	4. 巻 13
2. 論文標題 Numerical simulation of solidification phenomena of single molten droplet on flat plate using E-MPS method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Science and Technology	6. 最初と最後の頁 JFST0013
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jfst.2018jfst0013	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 Yuta Ozawa, Taku Nonomura, Masayuki Anyoji, Hiroya Mamori, Naoya Fukushima, Akira Oyama, Kozo Fujii, and Makoto Yamamoto	4. 巻 61
2. 論文標題 Identification of acoustic wave propagation pattern of a supersonic jet using frequency-domain POD	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences	6. 最初と最後の頁 281-284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tjsass.61.281	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 Davide Gatti, Alexander Stroh, Bettina Frohnappel, and Yosuke Hasegawa	4. 巻 100
2. 論文標題 Predicting turbulent spectra in drag-reduced flows	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Flow Turbulence and Combustion	6. 最初と最後の頁 1081-1099
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10494-018-9920-8	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 Davide Gatti, Andrea Cimarelli, Yosuke Hasegawa, Bettina Frohnafel, and Maurizio Quadrio	4. 巻 857
2. 論文標題 Global energy fluxes in fully-developed turbulent channels with flow control	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 345-373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2018.749	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 Kanji Kaneko, Takayuki Osawa, Yukinori Kametani, Ken Hayakawa, Yosuke Hasegawa, and Hiroaki Suzuki	4. 巻 9
2. 論文標題 Numerical and experimental analyses of three-dimensional unsteady flow around a micro-pillar subjected to rotational vibration	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Micromachine	6. 最初と最後の頁 E668
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi9120668	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 -

[学会発表] 計119件(うち招待講演 33件/うち国際学会 50件)

1. 発表者名 K. Fukami, T. Murata, K. Fukagata
2. 発表標題 Low-dimensionalized flow representation with customized autoencoders
3. 学会等名 14th World Congress on Computational Mechanics (WCCM 2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Morimoto, K. Fukami, H. Murakami, K. Fukagata
2. 発表標題 The use of convolutional neural networks for PIV data augmentation
3. 学会等名 14th World Congress on Computational Mechanics (WCCM 2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 K. Fukagata
2 . 発表標題 Applications of convolutional neural networks to fluid mechanics problems
3 . 学会等名 International Workshop on Machine Learning for Soft Matter 2021 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 M. Morimoto, K. Fukami, K. Hasegawa, T. Nakamura, K. Fukagata
2 . 発表標題 Autoencoder based extraction of low-dimensional manifolds in fluid flows
3 . 学会等名 2021 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 K. Fukami, K. Taira, M. Morimoto, K. Fukagata
2 . 発表標題 Convolutional neural network based fluid data enrichment for numerical and experimental studies
3 . 学会等名 2021 SIAM Conference on Computational Science and Engineering (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 K. Fukami, R. Maulik, N. Ramachandra, K. Fukagata, K. Taira
2 . 発表標題 Toward practical global field reconstruction from sparse sensors with deep learning
3 . 学会等名 DataLearning Working Group Seminar, Imperial College London (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Nakamura, K. Fukami, K. Hasegawa, Y. Nabee, K. Fukagata
2. 発表標題 Utilization of autoencoder-based nonlinear manifolds for fluid flow forecasts driven with long short-term memory
3. 学会等名 DataLearning Working Group Seminar, Imperial College London (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 深淵 康二
2. 発表標題 流体力学への機械学習の応用
3. 学会等名 日本機械学会流体工学部門講習会「流体とインフォマティクス」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村 太一, 深見 開, 深淵 康二
2. 発表標題 機械学習を用いた乱流の状態推定: 入力ノイズに対するロバスト性
3. 学会等名 日本機械学会関東支部第27期総会・講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森本 将生, 深見 開, 中村 太一, 深淵 康二
2. 発表標題 非線形ダイナミカルシステムに対するニューラルネットワークを用いた異常検知
3. 学会等名 日本機械学会関東支部第27期総会・講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松尾 光昭, 森本 将生, 中村 太一, 深見 開, 深瀧 康二
2. 発表標題 適応サンプリングと組み合わせた畳み込みニューラルネットワークに基づく二次元データからの三次元データの再構築
3. 学会等名 日本機械学会関東学生会第60回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 守矢 直樹, 深見 開, 難波江 佑介, 中村 太一, 森本 将生, 深瀧 康二
2. 発表標題 チャネル乱流LES に対する教師あり機械学習ベースのデータ駆動型壁モデリング
3. 学会等名 日本機械学会関東学生会第60回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 兼平 昇英, 深見 開, 長谷川 一登, 中村 太一, 森本 将生, 深瀧 康二
2. 発表標題 オートエンコーダとSINDy を用いた非定常流れにおけるフィードバック制御
3. 学会等名 日本機械学会関東学生会第60回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Fukudome, S. Uranai, H. Mamori, M. Yamamoto
2. 発表標題 Anti-icing Simulation with Electric Heater for NACA 0012 Airfoil
3. 学会等名 AEROTECH Digital Summit (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Y, Shimoda, T. Matsumori, K. Sato, T. Hirano, N. Fukushima
2 . 発表標題 Estimation of Turbulent Flow from Wall Information via Machine Learning
3 . 学会等名 The International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences 2020/2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 K. Fukami, R. Maulik, N. Ramachandra, K. Taira, K. Fukagata
2 . 発表標題 Unstructured fluid flow data recovery using machine learning and Voronoi diagrams
3 . 学会等名 73rd Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics (APS DFD 2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 M. Morimoto, K. Fukami, K. Fukagata
2 . 発表標題 Visualization of internal procedure in neural networks for fluid flows
3 . 学会等名 73rd Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics (APS DFD 2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 N. Moriya, K. Fukami, Y. Nabae, M. Morimoto, T. Nakamura, K. Fukagata
2 . 発表標題 Convolutional neural network based wall modeling for large eddy simulation in a turbulent channel flow
3 . 学会等名 73rd Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics (APS DFD 2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Nakamura, K. Fukami, K. Hasegawa, Y. Nabee, K. Fukagata
2. 発表標題 CNN-AE/LSTM based turbulent flow forecast on low-dimensional latent space
3. 学会等名 Thirty-fourth Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Fukami, R. Maulik, N. Ramachandra, K. Fukagata, K. Taira
2. 発表標題 Probabilistic neural network-based reduced order surrogate for fluid flows
3. 学会等名 Thirty-fourth Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 深淵 康二
2. 発表標題 機械学習技術の流体力学への応用と課題
3. 学会等名 JST-CRDS「複雑な流れ現象の解明と統合的制御」セミナー 第3回(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 植草 理子, Mitul Luhar, 深淵 康二
2. 発表標題 大規模構造に対するOpposition control のレゾルベント解析
3. 学会等名 日本機械学会2020年度年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森本 将生, 深見 開, 長谷川 一登, 中村 太一, 深淵 康二
2. 発表標題 様々な流れ場に対するオートエンコーダを用いた低次元化の調査
3. 学会等名 日本流体力学会年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村 太一, 深見 開, 深淵 康二
2. 発表標題 階層型CNNオートエンコーダを用いた流れ場の非線形モードの抽出
3. 学会等名 日本流体力学会年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 深淵 康二
2. 発表標題 乱流 × 機械学習
3. 学会等名 日本機械学会熱工学部門・流体工学部門・計算力学部門合同講習会「機械学習 × 熱・流体工学の最先端」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 深淵 康二
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークの流体解析への応用
3. 学会等名 アドバンスソフト「機械学習と流体シミュレーションセミナー」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 深潟 康二
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークの流体力学への応用
3. 学会等名 日本機械学会東海支部講習会「基礎科目に立脚し最新の工学技術を学ぶ講習会」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森本 将生, 深見 開, 張 凱, 深潟 康二
2. 発表標題 解釈・汎化可能性の観点から見る流体問題への実用的な機械学習に向けて
3. 学会等名 第34回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松尾 光昭, 森本 将生, 中村 太一, 深見 開, 深潟 康二
2. 発表標題 機械学習を用いた2次元データから3次元流れ場の再構築
3. 学会等名 第34回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村 太一, 深見 開, 深潟 康二
2. 発表標題 機械学習を用いたチャンネル乱流における状態推定とそのセンサ情報ロバスト性
3. 学会等名 第34回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 守矢 直樹, 深見 開, 難波江 佑介, 森本 将生, 中村 太一, 深淵 康二
2. 発表標題 チャンネル乱流LESの壁モデル構築のための教師付き機械学習
3. 学会等名 第34回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 A. J. Kithakkal, Y. Kametani, Y. Hasegawa
2. 発表標題 Mechanism of dissimilar heat transfer enhancement in a laminar channel flow subjected to wall blowing and suction induced by traveling wave-like wall blowing suction
3. 学会等名 8th International and 47th National Conference On Fluid Mechanics and Fluid Power (FMFP) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Hasegawa
2. 発表標題 Optimal control of wall turbulence for dissimilar heat and momentum transport
3. 学会等名 8th International and 47th National Conference On Fluid Mechanics and Fluid Power (FMFP) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 A. J. Kaitakkal, 亀谷幸憲, 長谷川洋介
2. 発表標題 チャンネル乱流における非相似伝熱促進のための壁吹き出し・吸い込みの最適進行波モード
3. 学会等名 日本流体力学学会年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Z. Liu, 鈴木崇夫, 長谷川洋介
2. 発表標題 複数の面計測情報を用いたチャンネル乱流場の状態推定
3. 学会等名 日本流体力学会年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤宗嵩, 長谷川洋介
2. 発表標題 大きな空間スケールを有する壁面吹出し・吸込みによる壁乱流の最適制御
3. 学会等名 日本流体力学会年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宇治孝節, 伊藤宗嵩, 長谷川洋介
2. 発表標題 壁乱流フィードバック制御則のための最適制御入力 of 学習
3. 学会等名 日本流体力学会年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 D. Henzel, Z. Liu, G. E. Karniadakis, Y. Hasegawa
2. 発表標題 物理法則を考慮した深層学習を用いた限られた計測データに基づくスカラー源、および それに起因するスカラー濃度場の推定
3. 学会等名 日本流体力学会年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 細矢 太一, 亀谷 幸憲, 大澤 崇行, 塚原 隆裕, 長谷川 洋介
2. 発表標題 4次元変分法を用いた面計測データに基づくダクト内円柱周りの流れ場推定
3. 学会等名 第34回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koji Fukagata
2. 発表標題 Turbulent friction drag reduction: From feedback to predetermined, and feedback again
3. 学会等名 5th Symposium on Fluid-Structure-Sound Interactions and Control (FSSIC2019) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Fukagata
2. 発表標題 Flow control and machine learning studies at Keio Fukagata Lab
3. 学会等名 Mechanical and Aerospace Engineering Department Seminars, Thermo Fluids Series, UCLA (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深淵 康二
2. 発表標題 乱流シミュレーションの基礎 (+ 乱流制御, 機械学習)
3. 学会等名 COMSOL Days 流体セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深瀧 康二
2. 発表標題 乱流および非定常層流の機械学習
3. 学会等名 大阪大学 数理・データ科学セミナー 数理モデルセミナーシリーズ 第21回（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深瀧 康二
2. 発表標題 乱流解析への機械学習の応用
3. 学会等名 第65回理論応用力学講演会・第22回土木学会応用力学シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深瀧 康二
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークを用いた流れ場の回帰
3. 学会等名 第47回可視化情報シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深瀧 康二
2. 発表標題 乱流の制御と機械学習
3. 学会等名 流体若手夏の学校2019（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深瀧 康二
2. 発表標題 乱流の機械学習における最近の動向
3. 学会等名 日本流体力学会年会2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深瀧 康二
2. 発表標題 乱流の機械学習と制御
3. 学会等名 第3回CAEワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深瀧 康二
2. 発表標題 機械学習技術の流体解析への応用
3. 学会等名 自動車技術会第20回流体技術部門委員会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深瀧 康二
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークの流体解析への応用
3. 学会等名 アドバンスソフト「機械学習と流体シミュレーションセミナー」 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yosuke Hasegawa
2. 発表標題 Adjoint-based olfactory search algorithm in turbulent environments
3. 学会等名 International Workshop on Data-driven Modeling and Optimization in Fluid Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塚原 隆裕
2. 発表標題 乱流現象 vs 機械学習
3. 学会等名 Promotech Simulation Conference (PSC2019) & GPU Computing Workshop for Advanced Manufacturing (GPU2019) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塚原 隆裕
2. 発表標題 乱流を機械学習：粘弾性流体乱流の代理モデルと乱流物質輸送の拡散源推定
3. 学会等名 ポスト「京」重点課題8・重点課題6 第3回HPCものづくり統合ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kai Fukami, Koji Fukagata, Kunihiko Taira
2. 発表標題 Image-based super-resolution analysis with machine learning for two-dimensional turbulence
3. 学会等名 The 13th Southern California Flow Physics Symposium (SoCal Fluids XIII)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuto Hasegawa, Kai Fukami, Takaaki Murata, Koji Fukagata,
2. 発表標題 Data-driven reduced order modeling of flows around two-dimensional bluff bodies of various shapes
3. 学会等名 The ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takaaki Murata, Kai Fukami, Koji Fukagata
2. 発表標題 CNN-SINdy based reduced order modeling of unsteady flow fields
3. 学会等名 The ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Riko Uekusa, Aika Kawagoe, Yusuke Nabee, Koji Fukagata
2. 発表標題 Resolvent analysis of turbulent friction drag reduction by manipulation of mean velocity profile
3. 学会等名 The ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wataru Kobayashi, Takaaki Shimura, Akihiko Mitsuishi, Kaoru Iwamoto, Akira Murata
2. 発表標題 Prediction of Drag Reduction Effect of Pulsating Control in Turbulent Pipe Flow by Machine Learning
3. 学会等名 The ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Nagamachi, Takahiro Tsukahara
2. 発表標題 Predictability study of viscoelastic turbulent channel flow using deep learning
3. 学会等名 The ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kai Fukami, Koji Fukagata, Kunihiko Taira
2. 発表標題 Super-resolution analysis with machine learning for low-resolution flow data
3. 学会等名 11th International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena (TSFP11) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shota Hara, Hiroya Mamori, Takeshi Miyazaki
2. 発表標題 Influence of curvature on drag reduction by opposition control in turbulent flow along a thin cylinder
3. 学会等名 11th International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena (TSFP11) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa
2. 発表標題 Adjoint-based shape optimization of heat transfer surfaces in turbulent flows with DNS-RANS hybrid approach
3. 学会等名 The 7th Asian Symposium on Computational Heat Transfer and Fluid Flow 2019 (ASCHT2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Minglang Yin, Xiaoning Zheng, Ansel Blumers, Mitsuho Nakakura, Hiroyuki Nakajima, Yosuke Hasegawa, Geroge Karniadakis
2. 発表標題 Numerical study on Hemodynamics of brain vasculature in early zebrafish life
3. 学会等名 Biomedical Engineering Society 2019 (BMES2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kai Fukami, Koji Fukagata, Kunihiko Taira
2. 発表標題 Space-time recovery of high-resolution turbulent flow fields with machine learning based super resolution
3. 学会等名 72nd Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Minglang Yin, Xiaoning Zheng, Ansel Blumers, Mitsuho Nakakura, Hiroyuki Nakajima, Yosuke Hasegawa, Geroge Karniadakis
2. 発表標題 Comparison of Multi-scale Models for Blood Flow in Zebrafish Brain
3. 学会等名 72nd Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoya Fukushima
2. 発表標題 Quantitative contribution of laminar, turbulence and secondary flow to velocity and temperature in rhombic ducts
3. 学会等名 72nd Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Nabaе, Yosuke Fujita, Koji Fukagata
2. 発表標題 Suppression of vortex shedding in flow around a square cylinder by suboptimal control
3. 学会等名 The 2nd Pacific Rim Thermal Engineering Conference (PRTEC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Riko Uekusa, Aika Kawagoe, Yusuke Nabaе, Koji Fukagata
2. 発表標題 Resolvent analysis for dissimilar control in turbulent channel flow
3. 学会等名 The 2nd Pacific Rim Thermal Engineering Conference (PRTEC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kai Fukami, Yusuke Nabaе, Ken Kawai, Koji Fukagata
2. 発表標題 A machine-learned turbulence generator for the channel flow
3. 学会等名 The 2nd Pacific Rim Thermal Engineering Conference (PRTEC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukinori Kametani, Takumi Yuasa, Kei Matsumoto, Takahiro Shoda, Makoto Ishii, Yusuke Hasegawa
2. 発表標題 Adjoint-based optimization of heat transfer surface in latent heat thermal storage system
3. 学会等名 The 2nd Pacific Rim Thermal Engineering Conference (PRTEC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shun Tamura, Hanzhi Wang, Takahiro Tsukahara, Takayuki Osawa, Yosuke Hasegawa
2. 発表標題 Experimental study on evaporation process and particle sedimentation in pendant droplets
3. 学会等名 The 2nd Pacific Rim Thermal Engineering Conference (PRTEC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshitaka Itoh, Yosuke Hasegawa
2. 発表標題 Optimal large-scale control input for drag reduction in turbulent channel flow
3. 学会等名 The 2nd Pacific Rim Thermal Engineering Conference (PRTEC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhuchen Liu, Yosuke Hasegawa
2. 発表標題 Turbulent flow estimation based on wall measurements by using machine learning techniques
3. 学会等名 The 2nd Pacific Rim Thermal Engineering Conference (PRTEC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryohei Yamaguchi, Akihiko Mitsuishi, Takaaki Shimura, Kaoru Iwamoto, Akira Murata
2. 発表標題 Decomposition of Friction Drag and Heat Transfer in Pulsating Turbulent Pipe Flow
3. 学会等名 The 2nd Pacific Rim Thermal Engineering Conference (PRTEC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomonari Harada, Koji Fukudome, Hiroya Mamori, Makoto Yamamoto
2. 発表標題 Influence of phase difference of spanwise wall oscillation for turbulent channel flow
3. 学会等名 Asian Pacific Congress on Computational Mechanics 2019 (APCOM2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kohei Ando, Tatsuro Hirano, Yoshihiko Yamashita, Sota Nishio, Naoya Fukushima
2. 発表標題 Prediction of turbulent flows from wall information with deep learning
3. 学会等名 The Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塚原 隆裕, 長町 厚志
2. 発表標題 多層パーセプトロンによる粘弾性流体乱流計算に向けた代理モデルの構築
3. 学会等名 第65回理論応用力学講演会・第22回土木学会応用力学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深見 開, 深淵 康二, 平 邦彦
2. 発表標題 2次元流れへの機械学習超解像の応用
3. 学会等名 日本流体力学会年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林 涉, 志村 敬彬, 光石 暁彦, 岩本 薫, 村田 章
2. 発表標題 円管内脈動乱流の実験データを用いた機械学習による抵抗低減効果の予測
3. 学会等名 流体力学会年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深見 開, 深瀧 康二, 平 邦彦
2. 発表標題 3次元チャネル乱流における機械学習超解像解析
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 山口 僚平, 光石 暁彦, 志村 敬彬, 岩本 薫, 村田 章
2. 発表標題 深層学習による円管内脈動乱流の摩擦抵抗予測
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 原 将太, 守 裕也, 宮寄 武
2. 発表標題 円筒に沿った乱流における対抗制御を用いた抵抗低減の直接数値計算
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 森本 将生, 深見 開, 長谷川 一登, 村田 高彬, 村上 光, 深淵 康二
2. 発表標題 機械学習に基づくデータ拡張によるPIVの精度向上
3. 学会等名 第33回数值流体力学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村 太一, 深見 開, 長谷川 一登, 村田 高彬, 難波江 佑介, 深淵 康二
2. 発表標題 オートエンコーダを用いたチャンネル乱流の機械学習
3. 学会等名 第33回数值流体力学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田 友成, 福留 功二, 守 裕也, 山本 誠
2. 発表標題 平行平板間乱流におけるスパン方向壁面振動制御の壁間位相差が抵抗低減効果に与える影響
3. 学会等名 第33回数值流体力学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長町 厚志, 塚原 隆裕
2. 発表標題 深層学習による粘弾性流体チャンネル乱流の代理モデル構築
3. 学会等名 第33回数值流体力学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深瀧 康二, 山本 誠, 岩本 薫, 長谷川 洋介, 塚原 隆裕, 福島 直哉, 守 裕也, 青木 義満
2. 発表標題 機械学習を用いた乱流の特徴抽出手法の構築に向けて
3. 学会等名 日本流体力学会年会2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深瀧 康二
2. 発表標題 乱流 × 機械学習 = ?
3. 学会等名 Prometech Simulation Conference 2018 (PSC 2018) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深瀧 康二
2. 発表標題 CNN-LSTMを用いた非定常流れの機械学習
3. 学会等名 日本機械学会2018年度第4回RC277分科会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深瀧 康二
2. 発表標題 機械学習の流体力学への応用
3. 学会等名 日本学術会議 公開シンポジウム「第4回理論応用力学シンポジウム」- 力学と新学術の融合 - (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深淵 康二
2. 発表標題 非定常層流および乱流への機械学習の応用
3. 学会等名 第22回若手科学者によるプラズマ研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩本 薫
2. 発表標題 壁乱流の摩擦抵抗低減・伝熱増進を目的とした生物規範型制御
3. 学会等名 日本機械学会関西支部 第19回秋季技術交流フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口 僚平, 光石 暁彦, 志村 敬彬, 岩本 薫, 村田 章
2. 発表標題 深層学習による円管内乱流の脈動制御のための渦構造予測モデル
3. 学会等名 日本機械学会 第96期 流体工学部門講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩本 薫
2. 発表標題 壁乱流の摩擦抵抗低減・伝熱増進を目的とした生物規範型制御に関する直接数値シミュレーション
3. 学会等名 日本伝熱学会 関東支部セミナー「分野外の技術者にもわかる伝熱工学 - 最新の数値解析と実験計測の研究事例 -」（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塚原 隆裕, 平石 智裕, 川口 靖夫
2. 発表標題 CNNの画像認識を用いた乱流物質拡散源推定
3. 学会等名 日本流体力学会年会2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Yamamoto
2. 発表標題 Multi-physics CFD simulation with a hybrid grid- and particle-based method
3. 学会等名 Advances in Computational Flow-Structure Interaction and Flow Simulation (AFSI2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Yamamoto
2. 発表標題 Advanced multi-physics CFD simulations for engineering problems
3. 学会等名 13th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XIII) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長谷川 一登, 深見 開, 村田 高彬, 深淵 康二
2. 発表標題 機械学習を用いた円柱周り流れのレイノルズ数依存性の予測
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 村田 高彬, 深見 開, 深淵 康二
2. 発表標題 機械学習を用いた円柱周り流れにおける低次元モードの抽出と時間発展予測
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 川越 愛夏, 中島 聡, 深淵 康二, Mitul Luhar
2. 発表標題 レゾルベント解析の示唆に基づく乱流摩擦抵抗低減手法の提案
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 長谷川 一登, 深見 開, 村田 高彬, 深淵 康二
2. 発表標題 機械学習に基づく縮約モデルを用いた非定常流れの予測
3. 学会等名 日本機械学会関東学生会第58回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 植草 理子, 川越 愛夏, 深淵 康二
2. 発表標題 平均流速分布の操作による乱流摩擦抵抗低減のレゾルベント解析
3. 学会等名 日本機械学会関東学生会第58回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小澤 雄太, 野々村 拓, 安養寺 正之, 大山 聖, 藤井 孝藏, 山本 誠
2. 発表標題 超音速噴流騒音の周波数領域固有直交分解解析
3. 学会等名 日本機械学会第38回流力騒音シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林 渉, 志村 敬彬, 光石 暁彦, 岩本 薫, 村田 章
2. 発表標題 深層学習を用いた円管内乱流の脈動波形と抵抗低減効果の相関に関する検証
3. 学会等名 流体力学会年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長町 厚志, 塚原 隆裕
2. 発表標題 深層学習による粘弾性流体乱流の予測可能性に関する調査
3. 学会等名 日本機械学会第31回計算力学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Aika Kawagoe, Satoshi Nakashima, Mitul Luhar, and Koji Fukagata
2. 発表標題 Spectral analysis of turbulent kinetic energy transport in controlled channel flow
3. 学会等名 12th European Fluid Mechanics Conference (EFMC12) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusuke Nabae, Ken Kawai, and Koji Fukagata
2. 発表標題 Reynolds number effect of drag reduction by traveling wave-like wall deformation in turbulent channel flow
3. 学会等名 12th International ERCOFTAC Symposium on Engineering Turbulence Modelling and Measurements (ETMM12) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Koji Fukudome, TakahiroTsukahara, Yoshifumi Ogami, and Makoto Yamamoto
2. 発表標題 Relaminarization of turbulent channel flow under stable density stratification
3. 学会等名 12th Asian Computational Fluid Dynamics Conference (ACFD2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa
2. 発表標題 Adjoint-based shape optimization for turbulent convective heat transfer with a hybrid RANS-DNS approach
3. 学会等名 16th International Heat Transfer Conference (IHTC16) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Arjun J. Kaithakkal, Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa
2. 発表標題 Optimal control of heat and fluid flow in a channel at low Reynolds numbers
3. 学会等名 16th International Heat Transfer Conference (IHTC16) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukinori Kametani, Yutaka Fukuda, Takayuki Osawa, Yosuke Hasegawa
2. 発表標題 Experimental assesment of heat transfer and pressure loss characteristics of optimzal heat transfer surfaces
3. 学会等名 12th European Fluid Mechanics Conference (EFMC12) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Akechi, Yuya Yamada, Takayuki Osawa, Takahiro Tsukahara, Yosuke Hasegawa
2. 発表標題 Flow estimation behind a cylinder using data assimilation
3. 学会等名 12th European Fluid Mechanics Conference (EFMC12) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kanji Kaneko, Takayuki Osawa, Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa, and Hiroaki Suzuki
2. 発表標題 A numerical model for three-dimensional analysis of vibration-induced flow
3. 学会等名 The 22nd International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (MicroTAS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Bettina Frohnappel, Andrea Cimarelli, Yosuke Hasegawa, Maurizio Quadrio, Davide Gatti
2. 発表標題 Turbulent dissipation in drag reduced flows
3. 学会等名 90th Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics (GAMM2019) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kanji Kaneko, Taiji Okano, Takeshi Hayakawa, Yosuke Hasegawa, and Hiroaki Suzuki
2. 発表標題 A pumpless mixer for efficient captureing of samll particles utlizing vibration-induced flow
3. 学会等名 The 32nd International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa
2. 発表標題 Adjoint-based shape optimization for complex heat transfer surfaces in turbulent flows
3. 学会等名 European Drag Reduction and Flow Control Meeting (EDRFCM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Arjun J. Kaithakkal, Yukinori Kametani, Yosuke Hasegawa
2. 発表標題 Dissimilar response of the streamwise velocity and temperature field under traveling wave-like wall blowing and suction
3. 学会等名 European Drag Reduction and Flow Control Meeting (EDRFCM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wataru Kobayashi, Takaaki Shimura, Akihiko Mitsuishi, Kaoru Iwamoto, and Akira Murata
2. 発表標題 Influence of input parameters in deep learning on drag reduction by pulsating control in turbulent pipe Flow
3. 学会等名 The 29th International Symposium on Transport Phenomena, Honolulu, Hawaii, USA (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryohei Yamaguchi, Akihiko Mitsuishi, Takaaki Shimura, Kaoru Iwamoto, and Akira Murata
2. 発表標題 Prediction of time evolution of vortex structure in pulsating turbulent pipe flow by deep learning
3. 学会等名 The 29th International Symposium on Transport Phenomena, Honolulu, Hawaii, USA (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>機械学習による乱流ビッグデータの特徴抽出手法の構築 http://kflab.jp/ja/index.php?18H03758 Feature extraction for turbulence big data by ML http://kflab.jp/en/index.php?18H03758</p>
--

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	山本 誠 (Yamamoto Makoto) (20230584)	東京理科大学・工学部機械工学科・教授 (32660)	
研究分担者	岩本 薫 (Iwamoto Kaoru) (50408712)	東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (12605)	
研究分担者	長谷川 洋介 (Hasegawa Yosuke) (30396783)	東京大学・生産技術研究所・准教授 (12601)	

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
研究分担者	塚原 隆裕 (Tsukahara Takahiro) (60516186)	東京理科大学・理工学部機械工学科・准教授 (32660)	
研究分担者	福島 直哉 (Fukushima Naoya) (80585240)	東海大学・工学部・特任講師 (32644)	
研究分担者	守 裕也 (Mamori Hiroya) (80706383)	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授 (12612)	

	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
連携研究者	青木 義満 (Aoki Yoshimitsu) (00318792)	慶應義塾大学・理工学部・教授 (32612)	

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			
	UCLA	Johns Hopkins University	Brown University	他3機関
米国				
ドイツ	Max Planck Institute HLR	カールスルーエ工科大学		