

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01369

研究課題名(和文)乱流/非乱流界面近傍での高ペクレ数乱流拡散・反応現象の解明とモデル化に関する研究

研究課題名(英文)Elucidation and modeling for the high Peclet number turbulent diffusion and reactive phenomena near the turbulent/non-turbulent interface

研究代表者

酒井 康彦 (Sakai, Yasuhiko)

名古屋大学・工学研究科・教授

研究者番号：20162274

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、液相中での乱流/非乱流界面近傍での物質混合および二次の化学反応について、実験と数値計算の両面から調査を行った。その結果、実験により、乱流と非乱流が共存する格子乱流の格子近傍領域におけるスカラー変動のスケール間輸送のスケール則が成立すること、乱流噴流中の濃度変動スペクトルにおいて-1乗則が成立すること、および乱流/非乱流界面近傍では分子レベルまで十分に混合が進まないことを明らかにした。一方、直接数値計算により、乱流/非乱流界面近傍で反応が活発に起こるのは、シュミット数によらず界面からテイラーマイクロスケール程度離れた位置であることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

工業装置内の化学反応を伴う液相乱流場を、モデルを用いずに直接数値計算により計算することはコストがかかりすぎるため現状では困難である。そのため、そのような計算には乱流による物質混合や化学反応を予測する混合モデルが用いられるが、そのモデルの精度は決して高くない。本研究により得られた高精度な実験結果は混合モデルの精度を高めることに資するものである。

研究成果の概要(英文)：In this study, scalar mixing and second-order chemical reactions near the turbulent/nonturbulent interface in the liquid phase were investigated both experimentally and numerically. As a result, it was found experimentally that the scaling law of inter-scale transport of scalar fluctuations in the near-grid region of grid turbulence where turbulent and non-turbulent flows coexist, the -1 power law in the concentration fluctuation spectrum in turbulent jets, and that mixing does not progress sufficiently to the molecular level near the turbulent/non-turbulent interface. On the other hand, the direct numerical simulation revealed that the active reaction near the turbulent/nonturbulent interface occurs at a distance of about Taylor microscale apart from the interface, regardless of the Schmidt number.

研究分野：流体工学

キーワード：乱流 乱流/非乱流界面 高ペクレ数 反応流 DNS

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

液相乱流中の物質拡散場は通常高乱流ペクレ数 (Pe) 拡散場として特徴づけられる。乱流ペクレ数 Pe とは $Pe = (L/D) \times Re$ で定義される無次元数である。ここで、 ν は動粘性係数、 D は物質拡散係数、 Re は乱流レイノルズ数 $Re = u' / \nu$ (u' : 速度変動 r.m.s. 値、 L : テイラーマイクロスケール) である。また、 L/D はシュミット数と呼ばれる無次元数であり、通常 Sc と表記される。なお、液相中での物質拡散の場合、この値は 1,000 のオーダーの非常に大きな値をとるのが普通である。流体力学分野では、このような高シュミット数乱流拡散場やそれに化学反応を伴う流動場の微細構造の統計的普遍性の検証が未だ成されておらず、物理的な未解決問題となっている。また、現象自体が、実際の工業プラント中での物質混合過程で頻繁に見られるのみならず、海洋中、河川や湖沼の汚染物質の拡散など、環境中にも数多く見られ、その研究は近年の環境問題への意識の向上とともに世界的に注目を浴びている。

一方、近年乱流と非乱流の界面のダイナミクスが注目されている。従来乱流/非乱流界面は粘性スーパーレイヤーと呼ばれるコルモゴロフスケール程度の非常に薄い層により構成され、それ自体の乱流の空間的発展への寄与は小さいとされてきた。しかし、実際には乱流/非乱流界面にはテイラースケール程度の厚みの渦度の集中層 (界面層: interfacial layer と呼ばれている) が存在し、それらの Nibbling 効果 (齧り効果) が乱流発展の支配的な役割を果たすことが明らかとなってきている。この結果より、この界面層は高ペクレ数 (あるいは高シュミット数) 乱流物質拡散場の空間発展を決定づけるものと考えられるが、その詳細は全く明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究は、液相中での乱流/非乱流界面における高シュミット数物質のラグランジュ的混合・化学反応機構を実験と数値シミュレーションにより解明し、その結果に基づき、乱流/非乱流の界面を含む間欠的複雑乱流場に対応できる簡易で汎用性のある確率密度関数法 (PDF 法: Probability Density Function Method) 用の数値モデルを発展させることを目的とする。具体的には、以下の 2 項目に絞り、集中的に研究を遂行する。

(1) 広いダイナミックレンジを有する高分解能ラグランジュ的速度・濃度計測システムの開発と乱流/非乱流界面拡散場におけるラグランジュ的統計量特性の実験的解明

(2) 確率微分方程式や LES 法を利用した乱流/非乱流界面拡散・反応場のラグランジュ的 PDF 数値シミュレーションおよび DNS による物質分子混合モデルの検証。

3. 研究の方法

研究目的 (1) について

液相中で乱流/非乱流界面を含む高シュミット数物質拡散場のラグランジュ的統計量を明らかにするための速度・濃度同時計測システムの構築した。まず 2 次元 PIV・LIF 同時計測システムを開発し、無反応蛍光物質 (ローダミン B) を使用して、格子乱流について、2 次元平面内での速度 2 成分・濃度同時計測を行った。

ダイナミックレンジの拡大に特化した光ファイバ型 LIF プロブを開発し、軸対称乱流噴流場で、無反応蛍光物質 (ローダミン 6G) の計測を行った。

一方、反応濃度場については、熱膜プロブと吸光スペクトル法による吸光ファイバプロブにより、2 次元噴流について、2 次の化学反応場 (A+B → R: 物質 A を物質 B を含む主流中に放出して反応場を作成する) における速度と各物質濃度の瞬間同時計測を行った。

研究目的 (2) について

DNS による乱流/非乱流界面近傍の化学反応の計算対象は、上述の実験と同じ 2 次の化学反応を伴う 2 次元噴流とした。連続の式、Navier-Stokes 方程式および保存スカラーである混合分率の輸送方程式を解いた。また、化学反応項に対するモデル化は行わず反応項の直接計算を行った。ただし噴流レイノルズ数は 1000 とした。

4. 研究成果

「3. 研究の方法」 に関して

PIV と LIF の同時計測に関して図 1 に示すような水路に対して、2 台の高速度カメラを用いた計測システムを構築し、速度場と濃度場のどちらも精度良く計測できることを確認した。図 2 に、格子レイノルズ数 $Re_M = U_0 M / \nu = 9000$ におけるスカラー三次構造関数 $\langle \delta u \delta c^2 \rangle$ を示す。ここで、 δu は注目する 2 点間の速度差の縦方向成分、 δc^2 は 2 点の濃度変動の 2 乗の差である。スカラー三次構造関数 $\langle \delta u \delta c^2 \rangle$ は、速度場の非線形運動による異なるスケールを有する渦間のフラックスであると解釈できる。図の縦軸は三次構造関数の周方向に対する平均値、横軸は二点間距離 r であり、主流方向変動速度 RMS 値 u_{rms} または変動濃度 RMS 値 c_{rms} を用いて無次元化されている。また x は格子からの距離を示す。一様等方性乱流中では三次構造関数は濃度変動における慣性対流領域では、距離 r の 1 乗に比例することが次元解析により予測されているが、格子から離れた

十分に乱流化している位置のみでなく、乱流と非乱流が共存し、間欠性の強い格子近傍においても r が 4mm 以上の領域でも 1 乗に比例することが確認された。これはスカラ変動カスケードのロバスト性を示すものであり、乱流モデリングにおいて有用な知見である。

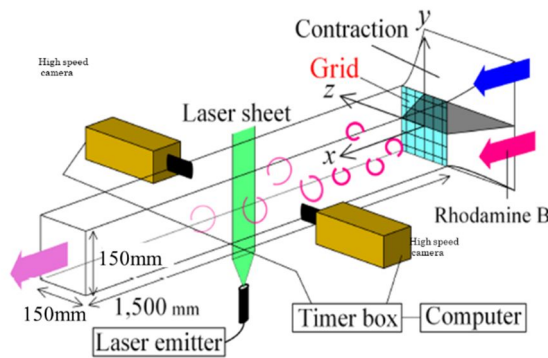


図 1. PIV-LIF 同時計測システムの概略図

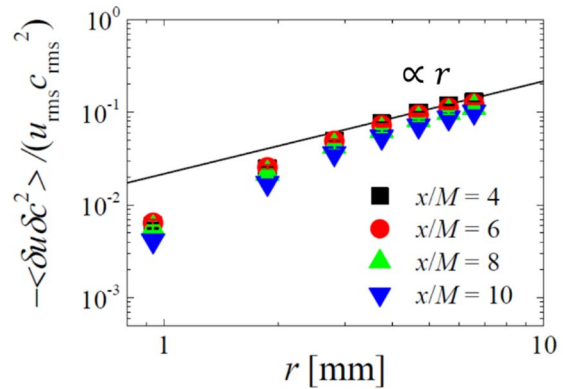


図 2. スカラ三次構造関数

「3. 研究の方法」 に関して

図 3 に開発した光ファイバ型 LIF 濃度計測プローブの概略を示す。このプローブはレンズ加工した光ファイバを用いることで非常に短い焦点距離を実現し、それにより $2.8 \mu\text{m}$ という世界最高の空間分解能とを達成している。図 4 に本計測プローブを用いて測定された軸対称乱流噴流中の蛍光染料の濃度変動スペクトル E_c と PIV 計測により得られた速度変動スペクトル E_u を示す。各スペクトルは噴流出口の初期濃度 C_0 と初期流速 U_0 で無次元化してある。また、周波数から波数の変換には Taylor の凍結乱流仮説を用いた。また、図中の k_K, k_r, k_B はそれぞれ、コロモゴロフスケール、プローブの空間分解能、パチェラスケールに対応する波数である。図より、速度変動スペクトルに $-5/3$ の傾きを持つ慣性領域が見られる。また、濃度変動スペクトルには、慣性領域と同じ波数域に同じく波数の $-5/3$ 乗に比例する慣性対流領域が確認できる。それよりも高い波数域に注目すると、速度変動スペクトルは $-5/3$ 乗よりも大きな勾配で減衰しているのに対し、濃度変動スペクトルは波数の -1 乗に比例して減衰する領域が見られる。これは高シュミット数乱流に対して、乱流理論で予想されていた粘性対流領域の存在を示すものである。噴流中で -1 乗の傾きが確認されたのは本研究が初めてであり、高シュミット数乱流のスペクトルが流れ場によらない普遍性を示すことを示唆する重要な結果である。

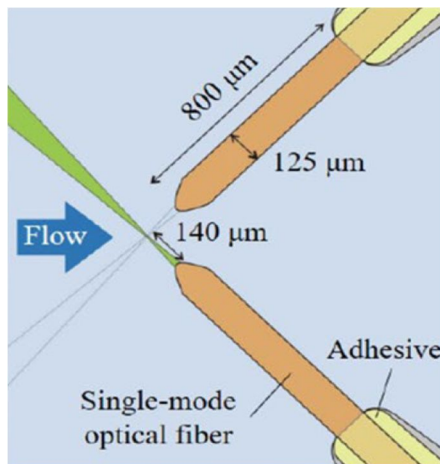


図 3. 光ファイバ型 LIF 濃度計測プローブ

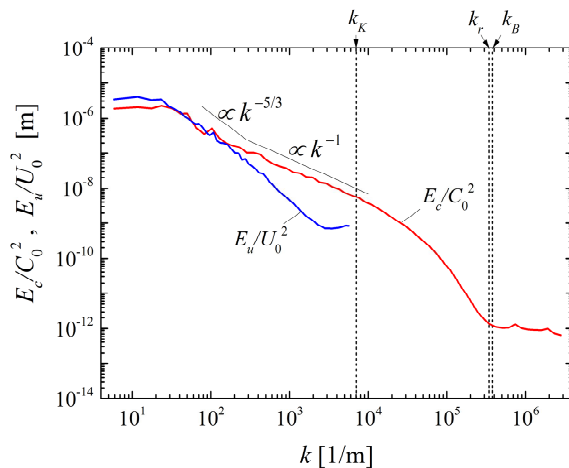


図 4. 速度変動と濃度変動のパワースペクトル

「3. 研究の方法」 に関して

実験には吸光ファイバプローブを用いた。本実験では図 5 に示すように噴流の進行方向と周囲流体との相対位置により乱流/非乱流界面を Leading edge と Trailing edge に分類し、それらの edge の抽出によって条件付した各種統計量を算出した。図 6 に、噴流出口幅の 40 倍下流の位置での Leading edge と Trailing edge 近傍における異なる条件付反応生成物濃度 $\langle \Gamma_R \rangle$ を示す。図中の $\langle \Gamma_R \rangle$ は $\Gamma_{R0} = \Gamma_{A0} \Gamma_{B0} / (\Gamma_{A0} + \Gamma_{B0})$ で無次元化してある。なお、 Γ_A, Γ_B は物質 A, B の瞬時濃度を示

し、添え字 0 は初期濃度を表す。また、図中 U は主流方向平均速度、 t は時間、 λ は Taylor のマイクロスケールを表しており、 λ は各 x 位置での中心軸上で評価されている。また、図(a),(b)はそれぞれ量論混合比 $\xi_S = \Gamma_{B0}/(\Gamma_{A0} + \Gamma_{B0})$ が 0.33 と 0.083 の場合である。図より Leading edge と Trailing edge に依らず、 $\langle \Gamma_R \rangle / \Gamma_{R0}$ はほぼ同じ形状を取ることがわかる。また、完全反応極限 (Equilibrium Limit) は両論混合比によって大きく変化するのに対し、実測値は両論混合比による違いが小さいことがわかる。これは、本実験条件では化学反応が乱流/非乱流界面近傍ではなく噴流内部で進行し、界面近傍では分子レベルまで混合が進行していないことを意味している。

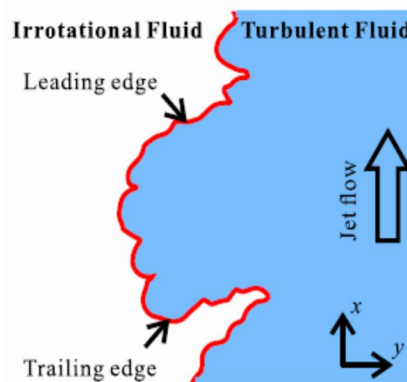


図 5. 乱流/非乱流界面の分類

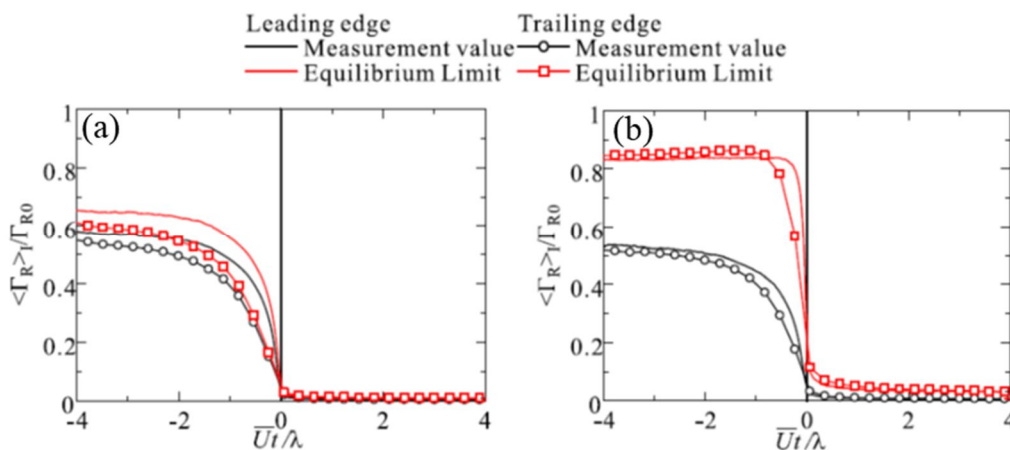


図 6. 条件付反応生成物濃度。(a) $\xi_S=0.33$, (b) $\xi_S=0.083$

「3. 研究の方法」 に関して

DNS により得られた、シュミット数 Sc が 0.5 と 8 の場合におけるおける瞬時の反応生成物の生成速度 \hat{S}_p を示す。ここで、 \hat{S}_p は $\hat{S}_p = Da\Gamma_A\Gamma_B/(\Gamma_{A0}\Gamma_{B0})$ (ただし Da はダムケラー数) のように無次元化されている。なお、乱流/非乱流界面は白色の実線で示してある。また、図中の d は噴流出口幅を示している。図より、化学反応は特に $x/d > 20$ においては、シュミット数に依らず噴流外縁領域で多く生じていることがわかる。また、シュミット数が大きい場合の方が、噴流中心付近においても生成速度が大きくなる領域が見られる。これはシュミット数が大きいと化学反応が起こりづらく、噴流外部から噴流内部へと反応性物質 B が取り込まれる過程において反応が起こりづらく、結果として高濃度の反応物質 B が噴流内部まで到達するためであると考えられる。図 8 に $x/d = 20$ の乱流/非乱流界面近傍での条件付き生成速度 $\langle \hat{S}_p \rangle$ を示す。図より、乱流/非乱流界面付近で最も反応が活発となるのは、シュミット数によらず界面から 0.5λ 程度離れた位置であり、その位置における反応層の厚さはシュミット数によらずバチェラスケールに比例することも明らかとなった。

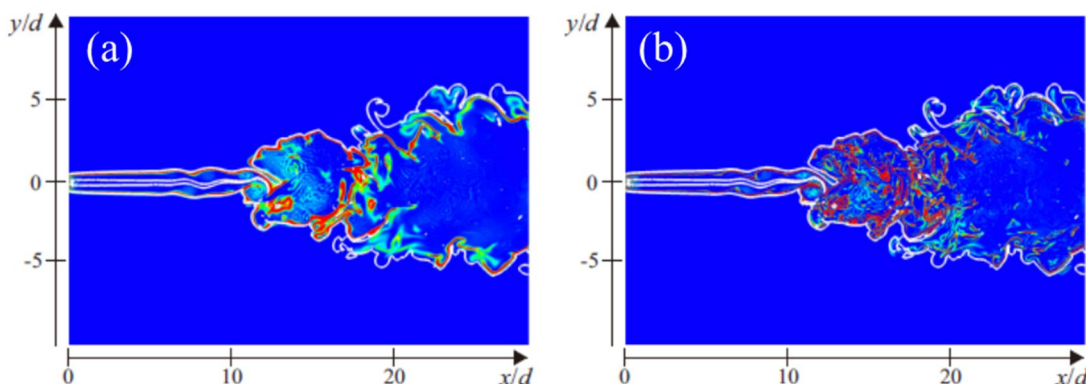


図 7. 反応生成物の生成速度の瞬時場。(a) $Sc=0.5$, (b) $Sc=8$.

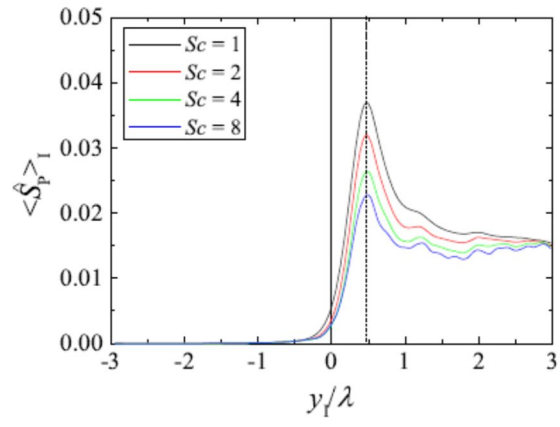


図 8. $x/d = 20$ の乱流/非乱流界面近傍での条件付き生成速度

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 岩野耕治, 鈴木航司, 酒井 康彦, 伊藤 靖仁	4. 巻 39
2. 論文標題 光ファイバLIF法による高空間分解能・高SN比濃度計測	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 可視化情報学会論文集	6. 最初と最後の頁 28 ~ 34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3154/tvsj.39.28	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 Takamure Kotaro, Sakai Yasuhiko, Ito Yasumasa, Iwano Koji	4. 巻 AJKFluids2019-4722
2. 論文標題 Effect of the Large-Scale Structure on Turbulent Prandtl Number in a Turbulent Shear Layer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the ASME-JSME-KSME 2019	6. 最初と最後の頁 V001T01A06
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1115/AJKFluids2019-4722	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 Kadu Pravin Ananta, Sakai Yasuhiko, Ito Yasumasa, Iwano Koji, Sugino Masatoshi, Katagiri Takahiro, Nagata Koji	4. 巻 142
2. 論文標題 Numerical investigation of passive scalar transport and mixing in a turbulent unconfined coaxial swirling jet	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Heat and Mass Transfer	6. 最初と最後の頁 118461 ~ 118461
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.118461	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 岩野耕治, 中川公太, 酒井康彦, 伊藤 靖仁	4. 巻 85
2. 論文標題 反応を伴う液相二次元噴流における乱流・非乱流界面近傍での物質混合に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 19-00198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.19-00198	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 Kadu Pravin Ananta, Sakai Yasuhiko, Ito Yasumasa, Iwano Koji, Sugino Masatoshi, Katagiri Takahiro, Hayase Toshiyuki, Nagata Koji	4. 巻 32
2. 論文標題 Application of spectral proper orthogonal decomposition to velocity and passive scalar fields in a swirling coaxial jet	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics of Fluids	6. 最初と最後の頁 015106 ~ 015106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5131627	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 Suzuki Hiroki, Shikata Yoshiaki, Mochizuki Shinsuke, Hasegawa Yutaka	4. 巻 1324
2. 論文標題 Simple mean-error estimation of a recalibration scheme for constant-temperature anemometry measurements	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012062 ~ 012062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1324/1/012062	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki Hiroki, Mochizuki Shinsuke, Hasegawa Yutaka	4. 巻 1324
2. 論文標題 Simple analytical solutions of one-equation modelling for steady/decaying homogeneous turbulence sensitized to small strain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012063 ~ 012063
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1324/1/012063	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 Fujita Kenji, Suzuki Hiroki, Mochizuki Shinsuke	4. 巻 1324
2. 論文標題 Monte-Carlo simulation study for uncertainty evaluation in turbulent statistics obtained by constant-temperature anemometry	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012068 ~ 012068
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1324/1/012068	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki Hiroki, Mochizuki Shinsuke, Hasegawa Yutaka	4. 巻 12
2. 論文標題 Quasi-analytical solutions of a turbulence-modeling equation on the robustness of decaying homogeneous turbulence	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advances in Mechanical Engineering	6. 最初と最後の頁 1.68781E+14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/1687814020907828	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 KITAYAMA Jumpei, KUBO Takashi	4. 巻 14
2. 論文標題 Study on heat transportation of an impinging jet interfering with a Couette flow (comparison with Poiseuille flow)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Science and Technology	6. 最初と最後の頁 JFST0006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jfst.2019jfst0006	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 Zhou Yi, Nagata Koji, Sakai Yasuhiko, Watanabe Tomoaki	4. 巻 3
2. 論文標題 Dual-plane turbulent jets and their non-Gaussian velocity fluctuations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 124604
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevFluids.3.124604	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 Takamure K., Sakai Y., Ito Y., Iwano K., Hayase T.	4. 巻 75
2. 論文標題 Dissipation scaling in the transition region of turbulent mixing layer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Heat and Fluid Flow	6. 最初と最後の頁 77-85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijheatfluidflow.2018.11.012	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 Takahashi Mamoru, Iwano Koji, Sakai Yasuhiko, Ito Yasumasa	4. 巻 60
2. 論文標題 Experimental investigation on destruction of Reynolds stress in a plane jet	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Experiments in Fluids	6. 最初と最後の頁 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00348-019-2691-8	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 Hiroki Suzuki, Yoshiaki Shikata, Shinsuke Mochi	4. 巻 -
2. 論文標題 Simple Mean-Error Estimation of a Recalibration Scheme for Constant-Temperature Anemometry Measurements	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	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) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yoshiaki Shikata, Hiroki Suzuki, Shinsuke Mochizuki	4. 巻 3
2. 論文標題 Numerical Investigation on the Sensitivity of Turbulence Statistics to Small Velocity Variations in Grid-Generated Turbulence based on k- Model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advanced Experimental Mechanics	6. 最初と最後の頁 78-85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11395/aem.3.0_78	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 Hiroki Suzuki, Kenji Fujita, Shinsuke Mochizuki, Yutaka Hasegawa	4. 巻 1 0 5 3
2. 論文標題 Numerical-Based Theoretical Analysis on the Decay of Homogeneous Turbulence affected by Small Strain based on Constant and Linear Strain Variations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 12039
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1053/1/012039	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44件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 岩野耕治, 細井淳平, 酒井康彦, 伊藤靖仁
2. 発表標題 液相乱流噴流中の高シュミット数物質混合
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 細井淳平, 岩野耕治, 酒井康彦, 伊藤靖仁
2. 発表標題 液相軸対称噴流における高シュミット数物質混合のレイノルズ数依存性
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 細井淳平, 岩野耕治, 酒井康彦, 伊藤靖仁
2. 発表標題 液相噴流中の高シュミット数スカラー混合におけるレイノルズ数依存性に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会東海支部 第69期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木博貴
2. 発表標題 Fundamental and Application of Grid-Generated Turbulence
3. 学会等名 Water Seminar Series of Loughborough University (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 板村成, 鈴木博貴, 望月信介
2. 発表標題 格子乱流の閉塞効果検証及び減衰乱流に関する研究
3. 学会等名 第23回日本流体力学会中四国・九州支部講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 城村正太郎, 鈴木博貴, 望月信介
2. 発表標題 等方/非等方性外力による定常乱流のレイノルズ数依存性に関する数値的研究
3. 学会等名 第23回日本流体力学会中四国・九州支部講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 兄山英幸, 鈴木博貴, 長谷川豊, 牛島達夫
2. 発表標題 減衰乱流における減衰係数の乱流格子棒依存性に関する風洞実験
3. 学会等名 第97期日本機械学会流体工学部門講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畑川慶太, 望月信介, 鈴木博貴
2. 発表標題 壁面に設けた微小ジェットを用いた壁面噴流の制御
3. 学会等名 第97期日本機械学会流体工学部門講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水上須弥子, 鈴木博貴, 望月信介
2. 発表標題 順圧力勾配下に発達する乱流境界層の外層における構造
3. 学会等名 第97期日本機械学会流体工学部門講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木博貴, 篤淵麻由花, 望月信介
2. 発表標題 等方/非等方性外力による低Re数定常乱流のRe数依存性とLES解析
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 望月信介, 鈴木博貴
2. 発表標題 乱流境界層のエントレインメント機構に関する考察
3. 学会等名 第24回日本流体力学会中四国・九州支部講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本田隆真, 鈴木博貴, 望月信介
2. 発表標題 等方/非等方フォーシング定常乱流を用いた自乗量誤差の影響に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会中国四国学生会第50回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 引田優大, 鈴木博貴, 望月信介
2. 発表標題 順圧力勾配下におけるエントレインメント機構の解明
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第58期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木尚也, 鈴木博貴, 望月信介
2. 発表標題 板上に置かれたフェンス下流の流れにおけるPIV計測
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第58期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村俊貴, 鈴木博貴, 望月信介
2. 発表標題 リングにより攪乱を受けた円管乱流の非平衡挙動に関する実験的研究
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第58期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小池隼人, 鈴木博貴, 望月信介
2. 発表標題 壁面に置かれた物体に近づく境界層の構造
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第58期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金岡凌毅, 鈴木博貴, 望月信介
2. 発表標題 二次元チャネル乱流に対するLEBUの影響に関する実験的研究
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第58期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北山 隼平, 久保 貴
2. 発表標題 Couette流れと干渉する傾斜衝突噴流の渦構造と熱輸送機構の関係
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 岩田 和也, 角田 博之
2. 発表標題 一様流に対向する二次元噴流の揺動特性について
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 埋橋 英夫, 和智 健壽, 角田 博之, 烏養 映子, 一宮 浩一
2. 発表標題 ねじりテープを挿入した水平管内沸騰熱伝達と圧力降下の実験的研究
3. 学会等名 日本機械学会熱工学コンファレンス2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丸川 拓, 角田 博之
2. 発表標題 空力音発生時におけるルーバー状角柱列周りの流れ
3. 学会等名 日本機械学会関東支部第26期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北山隼平, 久保貴
2. 発表標題 Couette流れと干渉する衝突噴流の渦構造と熱輸送機構の関係
3. 学会等名 日本機械学会東海支部第68期総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北山隼平, 久保貴
2. 発表標題 Couette流れと干渉する衝突噴流の熱伝達に関する研究 (heat flux についての考察)
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 小川尚馬, 久保貴, 豊田祐希
2. 発表標題 同軸円形噴流拡散場の混合・拡散に関する研究
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 福澤誠葵, 角田博之
2. 発表標題 一様流に対向する二次元噴流の研究
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 高橋 護, 岩野 耕治, 酒井 康彦, 伊藤 靖仁
2. 発表標題 二次元噴流における組織的渦構造周辺のレイノルズ応 力破壊
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 岩野 耕治, 鈴木 航司, 酒井 康彦, 伊藤 靖仁
2. 発表標題 光ファイバLIF法による液相乱流噴流中の高分解能濃度変動計測
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 杉野 雅俊, 伊藤 靖仁, 酒井 康彦, 岩野 耕治
2. 発表標題 軸対称噴流と旋回噴流が共存する流れ場の構造解明
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 檜垣 秀一, 伊藤 靖仁, 酒井 康彦, 岩野 耕治
2. 発表標題 格子乱流中の渦スケール間スカラー輸送機構の解明
3. 学会等名 第16回日本流体力学会中部支部講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kadu Pravin Ananta, Sakai Yasuhiko, Ito Yasumasa, Iwano Koji, Sugino Masatoshi, Katagiri Takahiro
2. 発表標題 同軸旋回噴流におけるパッシブスカラー輸送
3. 学会等名 第32回数値流体シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jihong Yu, Yasuhiko Sakai, Yasumasa Ito, Koji Iwano, Toshiyuki Hayase
2. 発表標題 Numerical Study on Scalar Transport in Single-Square-Grid-generated Turbulence
3. 学会等名 日本機械学会東海支部第68期総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉野 雅俊, 伊藤 靖仁, 酒井 康彦, 岩野 耕治
2. 発表標題 旋回流を伴う軸対称噴の PIV・PLIF計測と流れ場の構造解析
3. 学会等名 日本機械学会東海支部第68期総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長屋 宗馬, 岩野 耕治, 酒井 康彦, 伊藤 靖
2. 発表標題 化学反応を伴う液相壁面噴流拡散場に関する実験的研究
3. 学会等名 日本機械学会東海支部第68期総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 檜垣 秀一, 伊藤 靖仁, 酒井 康彦, 岩野 耕治
2. 発表標題 格子乱流場におけるエネルギーおよびスカラーのスケ-ル間輸送機構に関する実験的研究
3. 学会等名 日本機械学会東海支部第68期総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩野 耕治, 鈴木 航司, 酒井 康彦, 伊藤 靖仁
2. 発表標題 液相噴流中の高シュミット数乱流拡散
3. 学会等名 第4回 海洋地球科学計算ワークショップ ~成層と物質拡散~ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahashi Mamoru, Iwano Koji, Sakai Yasuhiko, Ito Yasumasa
2. 発表標題 Numerical Visualization of Reynolds Stress Destruction in a Plane Jet
3. 学会等名 15th International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 P. Kadu , Yasuhiko Sakai , Yasumasa Ito, Koji Iwano, Masatoshi. Sugino, T. Katagiri, Toshiyuki Hayase
2. 発表標題 Influence of Swirl on Coaxial Jets
3. 学会等名 15th International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasumasa Ito, Kosuke Naganawa Yasuhiko Sakai, Koji Iwano
2. 発表標題 Entrainment and Diffusion Mechanism in a Round Jet Modified by Vortex Generators
3. 学会等名 15th International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazunobu Nomura, Hiroki Suzuki, Shinsuke Mochizuki
2. 発表標題 Numerical Simulation Study on the Incompressible Decaying Turbulent Flows affected by the Divergence of the Viscous Terms
3. 学会等名 7th Joint Conference on Renewable Energy and Nanotechnology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shotaro Jomura, Hiroki Suzuki, Shinsuke Mochizuki
2. 発表標題 Numerical Study on the Low Reynolds Number Steady Incompressible Turbulence due to Isotropic/Anisotropic Forcing
3. 学会等名 7th Joint Conference on Renewable Energy and Nanotechnology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naru Itamura, Hiroki Suzuki, Shinsuke Mochizuki
2. 発表標題 Turbulence-Model Validation of Wind-Tunnel-Blockage Effects on the Grid-Generated Turbulence
3. 学会等名 7th Joint Conference on Renewable Energy and Nanotechnology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木博貴、望月信介、長谷川豊
2. 発表標題 緩慢に変形する減衰一様乱流の乱流モデル式近似解
3. 学会等名 第16回日本流体力学会中部支部講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 城村正太郎、鈴木博貴、望月信介
2. 発表標題 等方/非等方外力フォーシングによる低レイノルズ数定常乱流の基本特性
3. 学会等名 第16回日本流体力学会中部支部講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroki Suzuki, Shinsuke Mochizuki
2. 発表標題 Enforcement of the Conservation of Kinetic Energy in Incompressible Turbulence Simulations
3. 学会等名 Annual Joint Seminar between KNU and YU (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 熱線センサ	発明者 酒井康彦, 岩野耕 治, 秦誠一 他3名	権利者 国立大学法人名 古屋大学 他1 名
産業財産権の種類、番号 特許、2020-008756	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究分担者	角田 博之 (Tsunoda Hiroyuki) (10207433)	山梨大学・大学院総合研究部・准教授 (13501)	
研究分担者	鈴木 博貴 (Suzuki Hiroki) (10626873)	山口大学・大学院創成科学研究科・助教 (15501)	
研究分担者	久保 貴 (Kubo Takashi) (20372534)	名城大学・理工学部・教授 (33919)	
研究分担者	岩野 耕治 (Iwano Koji) (20750285)	名古屋大学・工学研究科・助教 (13901)	
研究分担者	伊藤 靖仁 (Ito Yasumasa) (40346078)	名古屋大学・工学研究科・准教授 (13901)	

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