

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2015～2019

課題番号：15H02218

研究課題名（和文）雲マイクロ物理シミュレータによる雲乱流混合現象と雲粒子成長全過程の解明

研究課題名（英文）Analysis of whole evolution process of cloud droplets and turbulent mixing in cloud microphysics simulator

研究代表者

後藤 俊幸（Gotoh, Toshiyuki）

名古屋工業大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：70162154

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,500,000円

研究成果の概要（和文）：乱流により雲粒子成長が如何に促進されるか、水蒸気や温度揺らぎの統計的特性はどのようなものかを第1原理的視点からの雲マイクロ物理シミュレータ（CMS）により解析した。雲粒子が凝結により約30 μmまで成長し、その後衝突合体をへて雨粒子になるまでの全過程を世界で初めて一貫通のシミュレーションを行った。雲粒子数密度がいく増大するとともに平均雲粒子半径は小さくなり、粒径分布関数の広がり狭くなるのがCMSにより示され、ミシガン工科大の室内実験結果ともいっちすることが分かった。乱流スカラー揺らぎスペクトルは雲粒子により高波数側から低波数側に向けて変形を受けることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

雲粒から雨粒への成長過程を精度よく、実現象に近い結果を出すシミュレータを構築することができれば、実験や観測では測定困難な雲マイクロ物理過程の解析が進み、マクロスケールでの雲物理解明と気象予報のためのモデルの高精度化に重要な貢献を果たすことが期待される。また、非平衡非線形物理学上の最大難問である乱流の混合輸送における揺らぎの諸特性の解明にも大きな知見をもたらす。

研究成果の概要（英文）：Evolution of cloud droplets from cloud condensation nuclei to rain drops though the condensation and collision-coalescence processes has seamlessly been simulated in Cloud Microphysics Simulator (CMS). It is found that when the number density of the cloud droplets increases the mean radius becomes smaller and the width of the radius distribution function narrows, which is in agreement with the laboratory experiments at Michigan Tech. Univ. The spectrum of scalar fluctuations such as temperature and relative humidity is modulated at the high wavenumbers due to the interaction with the cloud droplets, and the modulation progressively propagates toward low wavenumber bands.

研究分野：流体工学、乱流理論

キーワード：雲乱流 乱流混合 雲マイクロ物理 雲粒子

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

雲は、半径約  $10\mu\text{m}$  程度の水滴の巨大集団であり、雲中の乱流（雲乱流）により周囲の乾燥・湿潤空気と混合・輸送され、適切な条件のもとで凝結（蒸発）、衝突・併合を経て雨粒に成長する。気象予報、気候予測において最大の未確定要因は雲と乱流であり、雲はパラメータとして取り扱われ、乱流は渦粘性モデルで表現されている。乱流中の雲粒子成長を物理法則に従って第1原理的に計算することができれば、雲の成長と降雨形成についてより詳細な多くの知見が得られる。このような視点からヨーロッパ・米国を中心に、乱流中のエアロゾル、微小水滴の輸送、これら粒子の空間分布（濃淡）に対する粒子慣性の効果、粒子間衝突への乱流揺らぎの効果などについて研究が行われてきていたが、その多くは個別要素的なものが多く、雲粒子から雨粒子形成に至る過程全体の視点からの研究は行われていなかった。これは、ぼう大な数の雲粒子集団と高レイノルズ数乱流の巨大な系の長時間積分が必要なこと、潜熱の出入りに伴う上昇・下降気流の発生、雲粒子の雲マイクロ物理過程（衝突・併合・分離過程）の計算など、数値計算上の困難と多大の計算機資源を要するためである。我々はこれまで乱流スカラー（物質や温度）輸送現象を世界最大の直接数値計算（Direct Numerical Simulation, DNS）により解析し、乱流混合輸送の統計法則や基礎理論の深化に大きく貢献してきた。この大規模 DNS 技術と乱流混合の知識が本研究に役立つと考えた。雲中に小さな立方

体領域（約  $1\text{m}^3$ ）を考え（図1）、この中で生起する温度と水蒸気の乱流混合、1億を超える微小水滴の凝結・蒸発過程を第1原理により丸ごとシミュレートする雲マイクロ物理シミュレータ（Cloud Microphysics Simulator, CMS）のプロトタイプを開発してきた。しかし、まだ CMS に組み込まれていない重要な衝突・併合過程があり、さらなる研究が必要とされていた。

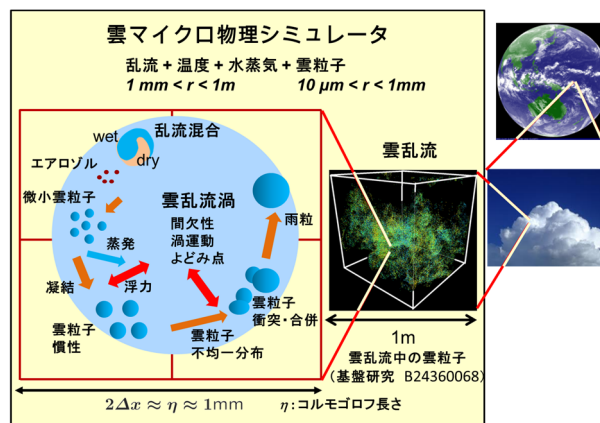


図1 雲マイクロ物理シミュレータの概念図

### 2. 研究の目的

雲粒子（半径約  $10\mu\text{m}$ ）が乱流により乾燥・湿潤空気と混合され、凝結・衝突・併合などの雲マイクロ物理過程を経て雨粒子（半径約  $1\text{mm}$ 以上）になるまでの全過程を、世界最大規模の DNS により解明することを目的とする。乱流混合の大規模 DNS コードに雲粒子の巨大集団を取り込み、雲乱流と雲マイクロ物理過程を第1原理から計算する雲マイクロ物理シミュレータとして構築する。これを駆使して雲粒子の粒径分布や空間分布（濃淡）、雲粒子間の衝突・併合確率、雲粒子と雲乱流中の温度や水蒸気揺らぎの空間構造との関連性、雲全体の成長などを解明する。これにより雨粒子形成過程の知見を飛躍的に増大させ、気象予報や気候予測の精度向上に貢献することを目指す。

### 3. 研究の方法

#### ① 上昇気流とともに上昇（下降）する系内での雲粒子成長のシミュレーション

本研究では熱帯の海洋性層積雲を念頭に置く。雲中の雲底近くにある1辺  $L$  の立方体（パーセル）を考える（図2）。水蒸気の凝結に伴う潜熱放出により空気は暖められパーセルは上昇し始め、温度低下によりパーセル内の過飽和状態が維持されて雲粒子は凝結成長する。半径がある程度大きくなると雲粒子は落下し始める。雲粒子は速度の違いにより衝突・併合を繰り返し、急速に

半径が大きくなり同時に粒径分布が広がる．やがて 1 mm 程度にまで成長し降雨となる．本研究のターゲット領域は時間にして約 20 分，粒径で 10  $\mu$  m から 1 mm 程度，時間ステップ数は 100 万を超える．雲粒子成長の全過程解明のために，移動するパーセル内部での乱流混合と雲粒子の運動とマイクロ物理過程を計算できるよう軽量化する．

② 高レイノルズ数の雲乱流混合輸送コードの高効率化と大規模 DNS

雲乱流のレイノルズ数  $R_\lambda$  は 4,000 以上であり，エネルギー散逸率，水蒸気や熱は強い揺らぎを示す．一方，雲粒子の凝結・蒸発，衝突・併合は乱流（最小渦は直径約 1 mm）の影響を強く受けるので，乱流の大きな渦から最小渦までを乱流モデルを導入することなく流体方程式に忠実に計算することが必須である． $R_\lambda$  が 800 以上の雲乱流場を再現できるようにする．速度場にはスペクトル法，スカラー場には結合コンパクト差分を用いたハイブリッドコードを開発しているが，さらに高並列計算での調整を行いつつ定常状態を実現する．

③ 雲粒子の衝突・併合・分離の数値解析と衝突ダイアグラムの構築

雲粒子の衝突・併合は，雨粒子形成に必須の過程であり，雲粒子の相対速度や大きさ，オフセット（中心線のずれ）の度合い，表面張力，帯電などによって併合・分離が変化する．空気中の 2 つの微小水滴の衝突を気液二相系の格子ボルツマン法を用いて解析を行う．液滴と空気の密度比が 30 程度の子備的計算では，衝突・併合・分離はおおむね実験と良い一致をみている．密度比を高くして実際の状況に応じた計算が可能になるよう計算手法を改良・深化させる．

4. 研究成果

本研究のシンボルともいべき雲粒径分布関数の雨粒子形成にいたるまでの時間発展の CMS を用いた第 1 原理計算に世界で初めて成功した．ハワイ沖 500m 上空に置かれた 1 辺が約 50 cm のパーセルが上昇気流により上空に運ばれる際の雲粒子と雲乱流の時間発展を，格子点数  $512^3$ ，粒子数 1,600 万個，乱流レイノルズ数  $R_\lambda=167$  で約 10 分弱（240 万ステップ）にわたる長大な大規模計算をスパコン「京」を用いて行った．図 3 は凝結・衝突・併合・乱流混合・重力沈降および雲粒子間流体力学的相互作用を取り込んで計算した雲粒子質量分布関数の時間発展を示したものである．横軸に半径，縦軸に質量を取ってある．初期に平均半径 10  $\mu$  m の雲粒子が凝結により成長し，6 分を超えるあたりから衝突・併合過程により急速に右側の裾野が伸び始める．やがて第 2 ピークが現れ成長し，9 分後には平均質量半径が約 100  $\mu$  m，最大質量半径約 500  $\mu$  m の雨粒子が現れる．レイノルズ数が大きくなると雲粒子の成長が促進され，雲粒子間の流体力学的相互作用は衝突頻度を減少させるため雲粒子成長は

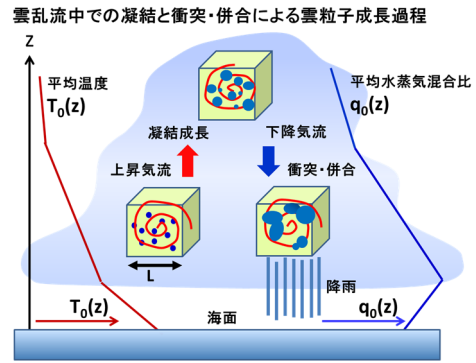


図 2 移動する計算領域と雲粒子成長

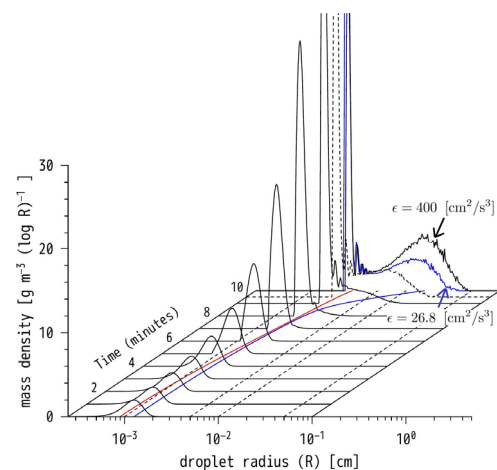


図 3 雲粒子の質量分布関数の時間発展．乱流運動エネルギー散逸率  $\epsilon=400$  [cm<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>]，乱流レイノルズ数  $R_\lambda=167$ ，水色の曲線は  $\epsilon=26.8$  [cm<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>]．赤：平均半径の時間変化，青：質量の重みづけをした平均半径の時間変化．

遅くなる。この成果は 2018 年 2 月に New J. Phys. に発表され、翌 3 月には Nature Physics の Research Highlights (A. H. Trabesinger, “Turbulent rain”, Nature Phys., 14, 206, 2018) において紹介され、現在までに合計 3050 ダウンロードを達成するなど大きな注目を集めている。

第 1 原理計算は雲粒子による乱流へのフィードバックについても新たな発見をもたらした。温度と水蒸気揺らぎのスペクトルがオブコフ・コアシン理論による  $k^{-5/3}$  スペクトルから大きく変形し、これが水蒸気の雲粒子への凝結作用によるものであることを初めて明らかにした (図 4)。この変形されたスペクトルはヨーロッパアルプスの山頂で観測された雲水揺らぎのスペクトルと酷似していることが指摘された。

雲マイクロ物理シミュレータ (CMS) の検証を理論・室内実験との比較により行った。理論との比較においては、質量 (粒径) 分布関数がスモルコフスキー方程式に従うとし、雲粒子の慣性が無視できかつ 2 粒子の衝突・併合は 2 粒子の体積比が 1/2 以上 2 倍以下の時のみに起こるという単純モデルを導入し、波動乱流や乱流統計理論にヒントを得たやり方でこの定常解を求めた。その結果、粒子スペクトルは  $n(\sigma) \propto \sigma^{-2}$  ( $\sigma$  は体積) というべき法則に従うことが分かった。このモデル系を CMS でも解析したところ、分布関数は  $n(\sigma) \propto \sigma^{-2}$  に比例した裾野を時間とともに広げてゆくことが分かった (図 5)

雲物理で世界的に著名なミシガン工科大学 (MTU) の R. Shaw 教授は、「パイチャンバー」(底面  $3.14\text{m}^2$ , 高さ  $1\text{m}$ , 体積が  $\pi$ ) とよばれる熱対流中の雲粒子成長の室内実験を行ってきており、本研究開始直前から交流を深めてきた。相互訪問を通じて共同研究が 2018 年 9 月より始まり、雲粒径分布とエアロゾル数密度との関係を実験と CMS とで比較解析した。パイチャンバーと同程度の領域 (一辺約  $1\text{m}$  の立方体領域) で CMS により大規模計算を行った結果、両者の結果はよく一致することが分かった。エアロゾル数密度の減少とともに平均雲粒子半径は増大しかる分布は広がるのが図 6 より見て取れ、室内実験と CMS の計算結果は定量的に良く一致することが確認できたと同時に、CMS の計算の信頼性がより確かなものとなった。

改良二相系 LBM により雲粒子の衝突計算を行った。気相と液相の密度比 800, 粘度比 55 の場合につ

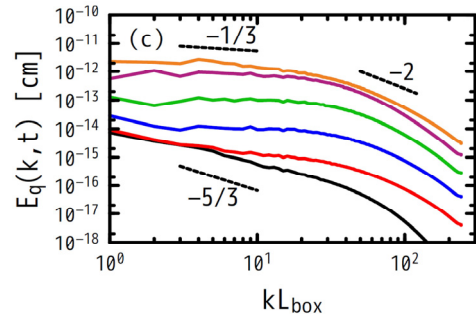


図 4 水蒸気混合比のスペクトル。  $R_\lambda = 167$ , 初期には低波数側で  $k^{-5/3}$  であったものが、水蒸気の凝結によりやがて  $k^{-1/3}$  と  $k^{-2}$  に変化する。時刻は下から  $t=10, 120, 240, 300, 380, 600\text{s}$ 。

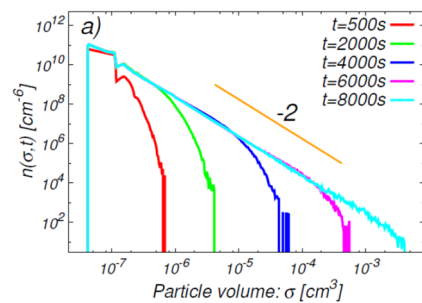
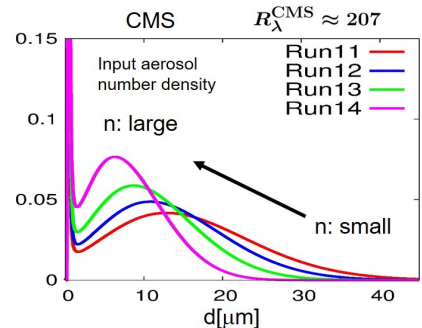
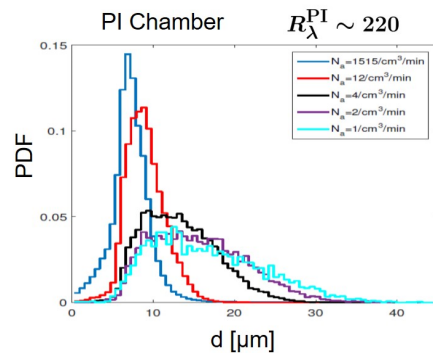


図 5 非慣性粒子の衝突・併合による粒子スペクトル。時間とともに分布関数は  $n(\sigma) \propto \sigma^{-2}$  に比例した裾野を広げてゆくことがわかる。



$L_{\text{box}} = 1\text{m}$ ,  $N = 512^3$ ,  $T_e \approx 2.7\text{s}$ ,  $T_{\text{res}} = 580\text{s}$

図 6 雲粒径分布のエアロゾル数密度依存性。MTU の Pi Chamber 室内実験 (上図) と CMS (下図) の乱流レイノルズ数はほぼ等しい。CMS の左端のピークはエアロゾル注入の影響。

いて、レイノルズ数  $Re$ 、ウェーバー数  $We$  および雲粒子の半径比  $\Delta = R_s/R_l$ 、衝突パラメータ  $B = X/(R_s + R_l)$  ( $X$ : オフセット量) が衝突・併合挙動に与える影響を調べた 1 例を図 7 に示す。衝突・併合挙動が複雑に変化するため、パラメータの高次元空間内での挙動を解析する必要がある。

大きな雲粒子の場合、その形状を直接解像する必要がある。粒子群による乱流変調を質点近似計算と粒子形状解像計算とを比較検証した。図 8 に見るように質点近似 (P0-P6) と粒子解像計算 (R0-R6) によるエネルギースペクトルは一致する。

スカラー場のシュミット数  $Sc$  (熱の場合にはプラントル数) 依存性もまた重要な課題である。鉛直方向に一樣なスカラー勾配を印加してスカラー揺らぎを励起し、スペクトルや空間構造、非等方性を解析した。最も大きな発見は、 $Sc$  数が小さくなるに従い、一樣なスカラー勾配方向に乱流の積分長よりもはるかに大きなスケールを持ったスカラー場の構造が生成されることである。図 9 は  $R_\lambda = 106, Sc = 1/1024$  の時のスカラー等値面である。手前隅の赤の立方体は乱流の積分長である。 $Sc$  が小さい場合、スカラー場は領域全体にまで広がっている。これは、スカラー勾配方向の速度により運ばれたスカラーが大きな分子拡散により連結することで生じることが分かった。

過飽和度ゆらぎは雲粒子凝結成長と雲粒子粒径分布の広がりによって決定的な役割を果たす乱流スカラーであり、そのスペクトルや確率密度関数、空間内分布の知見は重要である。特に、乱流速度場と比べてスカラーのゆらぎは激しく間欠性のある問題として乱流研究においても中心的な問題である。スカラー場の強い揺らぎ生成の物理的機構を探るため、非圧縮パッシブベクトル場  $\mathbf{w}$  を導入し、パッシブスカラー  $\theta$  および速度場  $\mathbf{u}$  のゆらぎと比較して調べた。ゆらぎの 2, 3 次モーメントは 3 者ではほぼ同様の振る舞いをするが、高次モーメント (強い揺らぎ) では違いが現れた。 $\mathbf{w}$  の高次モーメントのスケール指数  $\zeta_p$  は速度とスカラーの中間にあることが分かった。さらに可視化により  $(\text{rot } \mathbf{w})^2$  の大きいところはスカラー勾配  $(\nabla\theta)^2$  と同様にシート状であり、良く知られている渦度場の管状構造とは大きく異なるという意外な結果が得られた。これは、 $\mathbf{w}$  の方程式がスカラー場  $\theta$  と同じく線形であることに起因していることが分かった。

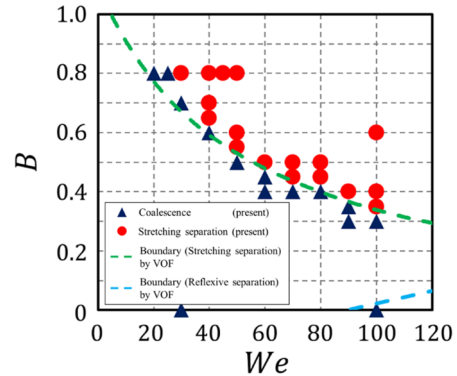


図 7 各ウェーバー数および衝突パラメータに対する液滴の衝突挙動

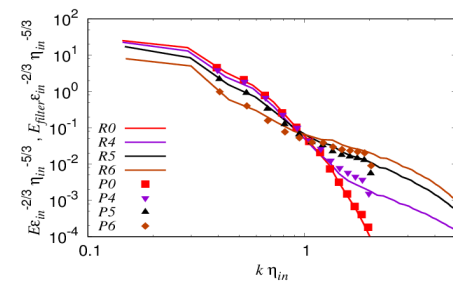


図 8 粒子群による乱流のエネルギースペクトルの変化の様子。比重 ( $\beta$ ) の増加とともに、全波数領域でのスペクトルの振る舞いが大きく異なる。また質点近似した粒子群による乱流変調との結果は極めてよく一致している。

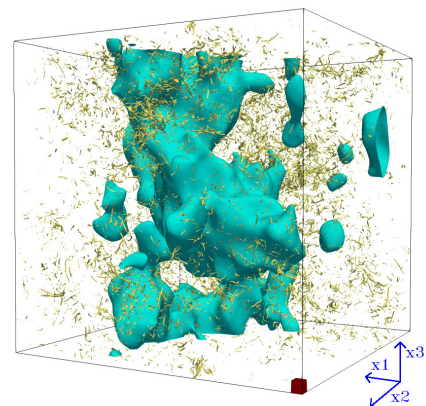


図 9  $x_3$  方向に一樣なスカラー勾配がある場合のスカラー揺らぎの等値面 (水色) と高渦度領域 (黄色) .  $R_\lambda = 106, Sc = 1/1024$  . 右下隅の赤色の小立方体は速度の積分長を示す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 21件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Saito Izumi, Gotoh Toshiyuki, Watanabe Takeshi	4. 巻 97
2. 論文標題 Size distribution spectrum of noninertial particles in turbulence	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 053108 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.97.053108	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 T.Kozawa, K.Sugitani, D.Z.Oehler, C. H. House, I. Saito, T.Watanabe, T.Gotoh	4. 巻 17
2. 論文標題 Early Archean planktonic mode of life: Implications from fluid dynamics of lenticular microfossils	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geobiology	6. 最初と最後の頁 113-126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1111/gbi.12319">https://doi.org/10.1111/gbi.12319</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 渡邊 友貴, 渡邊 威, 齋藤 泉, 後藤 俊幸	4. 巻 37
2. 論文標題 乱流と固体粒子群の相互作用に関する大規模シミュレーション	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ながれ:日本流体力学会誌	6. 最初と最後の頁 123-128
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 渡邊 威, 後藤 俊幸	4. 巻 2997
2. 論文標題 ランダム速度場下での弾性乱流の発生とその統計性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 40-49
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 H. Miura	4. 巻 4
2. 論文標題 Extended Magnetohydrodynamic Simulations of Decaying, Homogeneous, Approximately-Isotropic and Incompressible Turbulence	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fluids	6. 最初と最後の頁 46.1-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.3390/fluids4010046">https://doi.org/10.3390/fluids4010046</a>	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 澤田純平, 吉野正人, 鈴木康祐	4. 巻 84
2. 論文標題 改良二相系格子ボルツマンシミュレーションによる雲内における2つの微小水滴が接近する際の挙動解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 18-00023.1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.18-00023	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 Masato Yoshino, Jumpei Sawada, Kosuke Suzuki	4. 巻 168
2. 論文標題 Numerical simulation of head-on collision dynamics of binary droplets with various diameter ratios by the two-phase lattice kinetic scheme	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Computers and Fluids	6. 最初と最後の頁 304-317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.compfluid.2018.03.060	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 I. saito and T. Gotoh	4. 巻 20
2. 論文標題 Turbulence and cloud droplets in cumulus clouds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 New J. Phys.	6. 最初と最後の頁 023001-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cpc.2017.06.009	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. Yoshino, J. Sawada, K. Suzuki	4. 巻 0
2. 論文標題 Numerical simulation of head-on collision dynamics of binary droplets with various diameter ratios by the two-phase lattice kinetic scheme	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Computers & Fluids	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.compfluid.2018.03.060	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.P. Clay, D. Buaria, P.K. Yeung, and T. Gotoh	4. 巻 0
2. 論文標題 GPU acceleration of a petascale application for turbulent mixing at high Schmidt number using OpenMP 4.5	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Compu. Phys. Comm.	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cpc.2018.02.020	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.P. Clay, D. Buaria, T. Gotoh, and P.K. Yeung	4. 巻 219
2. 論文標題 A dual communicator and dual grid-resolution algorithm for petascale simulations of turbulent mixing at high Schmidt number	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Compu. Phys. Comm.	6. 最初と最後の頁 313-328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cpc.2017.06.009	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 J. Wang T. Gotoh, and T. Watanabe	4. 巻 2
2. 論文標題 Spectra and statistics in compressible isotropic turbulence	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 013403 1-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevFluids.2.013403	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 J.Wang T. Gotoh, and T. Watanabe	4. 巻 2
2. 論文標題 Shocklet statistics in compressible isotropic turbulence	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 023401 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevFluids.2.023401	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 T. Gotoh and T. Watanabe	4. 巻 115
2. 論文標題 Power and non-power laws of passive scalar moments convected by isotropic turbulence	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 114502 (5pages)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.115.114502	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 T.Gotoh, T. Suehiro and I. Saito	4. 巻 18
2. 論文標題 Continuous growth of cloud droplets in cumulus cloud	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 New Journal of Physics	6. 最初と最後の頁 043042(19pages)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1088/1367-2630/18/4/043042	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 I. Saito, T. Gotohi, and T.Watanabe	4. 巻 97
2. 論文標題 Broadening of Cloud Droplet Size Distributions by Condensation in Turbulence	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 867 ~ 891
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2151/jmsj.2019-049	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 Chandrakar Kamal Kant, Saito Izumi, Yang Fan, Cantrell Will, Gotoh Toshiyuki, Shaw Raymond A.	4. 巻 146
2. 論文標題 Droplet size distributions in turbulent clouds: experimental evaluation of theoretical distributions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society	6. 最初と最後の頁 483 ~ 504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/qj.3692	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 Yang Jingyuan, Gotoh Toshiyuki, Miura Hideaki, Watanabe Takeshi	4. 巻 4
2. 論文標題 Statistical properties of an incompressible passive vector convected by isotropic turbulence	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 064601-1-24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevFluids.4.064601	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 Yang Jingyuan, Gotoh Toshiyuki, Miura Hideaki, Watanabe Takeshi	4. 巻 4
2. 論文標題 Intermittency of an incompressible passive vector convected by isotropic turbulence	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Fluids	6. 最初と最後の頁 114602-1-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevFluids.4.114602	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 Miura Hideaki, Yang Jiguan, Gotoh Toshiyuki	4. 巻 100
2. 論文標題 Hall magnetohydrodynamic turbulence with a magnetic Prandtl number larger than unity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 063207-1-6
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 Saito Izumi, Watanabe Takeshi, Gotoh Toshiyuki	4. 巻 880
2. 論文標題 A new time scale for turbulence modulation by particles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 R6-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jfm.2019.775	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 仁科 柊, 鈴木康祐, 吉野正人	4. 巻 19
2. 論文標題 等熱流束条件に対する温度場拡張型め込み境界 - 格子ボルツマン法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 計算数理工学論文集	6. 最初と最後の頁 25-30
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90件 (うち招待講演 32件 / うち国際学会 42件)

1. 発表者名 Izumi Saito, Toshiyuki Gotoh, Takeshi Watanabe
2. 発表標題 雲乱流実験において形成される粒径分布に関する統計理論について
3. 学会等名 日本気象学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Izumi Saito, Toshiyuki Gotoh, Takeshi Watanabe
2. 発表標題 Turbulence-cloud droplet interaction in cloud micro-physics simulator
3. 学会等名 AMS 15th Conference on Cloud Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 楊 静遠、後藤 俊幸、渡邊 威
2. 発表標題 パッシブベクトルの統計的な性質
3. 学会等名 京大 数理解析研究所研究集会 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 T. Gotoh, I. Saito, T. Watanabe, and T. Yasuda
2. 発表標題 Cloud Turbulence
3. 学会等名 Perspectives on Turbulence Workshop Texas A&M (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Gotoh, I. Saito, T. Watanabe, and T. Yasuda
2. 発表標題 Cloud Turbulence
3. 学会等名 Michigan Tech. Univ. Lecture (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 楊 静遠、後藤俊幸、三浦英昭
2. 発表標題 乱流による移流される受動ベクトルのシミュレーション
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 楊 静遠、後藤俊幸、渡邊威、三浦英昭
2. 発表標題 パッシブベクター乱流の大規模シミュレーションと統計解析
3. 学会等名 プラズマシミュレータシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Izumi Saito, Toshiyuki Gotoh, Takeshi Watanabe, and and Tatsuya Yasuda
2. 発表標題 Growth of cloud droplets in turbulence in cloud microphysics simulator
3. 学会等名 Physics Colloquium at Michigan Technological University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤俊幸, 齋藤泉, 渡邊威, 安田達哉
2. 発表標題 雲乱流と雲微物理
3. 学会等名 気象学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤泉、後藤俊幸、渡邊威、安田達哉
2. 発表標題 乱流-雲粒相互作用に関する統計理論のDNS による検証
3. 学会等名 気象学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Gotoh, I. Saito, T. Watanabe, and T. Yasuda
2 . 発表標題 Interaction between cloud droplets and turbulence
3 . 学会等名 APS DFD Meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 J. Yang, T. Gotoh, T. Watanabe, and H. Miura
2 . 発表標題 Fluctuations of incompressible passive vectors convected by homogeneous turbulence
3 . 学会等名 The 27th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Izumi Saito, Toshiyuki Gotoh, Takeshi Watanabe, and Tatsuya Yasuda
2 . 発表標題 Broadening of droplet size distribution in turbulence in cloud microphysics simulator
3 . 学会等名 Workshop on particle-based modeling of cloud microphysics 2018 ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Gotoh, I. Saito, T. Watanabe, and T. Yasuda
2 . 発表標題 Droplets and Turbulence in Cloud
3 . 学会等名 Lecture at Southern University of Science and Technology ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤泉, 後藤俊幸, 渡邊威, 安田達哉
2. 発表標題 雲乱流実験チャンパー「パイチャンパー」と関連研究について
3. 学会等名 エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤俊幸, 齋藤泉, 渡邊威, 安田達哉
2. 発表標題 雲乱流の計算科学
3. 学会等名 日本物理学会 年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 楊 静遠, 後藤俊幸, 渡邊威, 三浦英昭
2. 発表標題 乱流により移流されるパッシヴベクトルの間欠性についての数値研究
3. 学会等名 日本物理学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T.Gotoh, I. Saito, T. Yasuda, T. Watanabe
2. 発表標題 Cloud Turbulence and Droplets in Cloud Microphysics Simulator
3. 学会等名 Lecture at Ecole Centrale de Lyon (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Gotoh
2. 発表標題 Passive scalar spectrum and intermittency effects at very high Schmidt number
3. 学会等名 Workshop on scalar mixing at Ecole NormaleSupreme de Lyon (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小澤 朋樹, 渡邊 威, 齋藤 泉, 後藤 俊幸
2. 発表標題 小さな固体粒子群による乱流変調の大規模シミュレーション
3. 学会等名 日本流体力学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊 威, 小澤 朋樹, 齋藤 泉, 後藤 俊幸
2. 発表標題 等方乱流中の固体粒子群の振る舞いと乱流変調
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masato Yoshino, Jumpei Sawada, Kosuke Suzuki
2. 発表標題 Lattice Boltzmann simulation of behavior of binary water droplets approaching each other in cloud
3. 学会等名 27th International Conference on Discrete Simulation of Fluid Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年



1 . 発表者名 T. Gotoh, I. Saito
2 . 発表標題 Passive Scalar Spectrum and Intermittency Effects at Very High Schmidt Number
3 . 学会等名 Turbulence Colloquium at Mauna Kea, 98th Annual Meeting of AAAS Pacific Division (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Gotoh, I.Saito
2 . 発表標題 Intermittency effects on passive scalar spectrum at very high Schmidt number
3 . 学会等名 Sixth International Conference on Turbulent Mixing and Beyond, ICTP (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 I. Saito, T. Gotoh, T. Watanabe, T. Abe
2 . 発表標題 Turbulence spectra and rain initiation in cumulus cloud
3 . 学会等名 European Turbulence Conference 2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Gotoh, T. Watanabe
2 . 発表標題 On the universality of passive scalar statistics in homogeneous turbulence
3 . 学会等名 Frontiers in Turbulence, KRS70 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Gotoh, I. Saito, T.Watanabe
2 . 発表標題 Spectra of turbulent flow in cumulus cloud
3 . 学会等名 APS DFD Meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 I. Saito, T. Gotoh, T.Watanabe
2 . 発表標題 Growth of cloud droplets from aerosol in turbulence
3 . 学会等名 APS DFD Meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Gotoh, I. Saito, T.Watanabe
2 . 発表標題 Cloud turbulence and droplets
3 . 学会等名 Euromech/Ercofac Colloquium 589 “Turbulent Cascades II” ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 I. Saito, T. Gotoh, T.Watanabe
2 . 発表標題 Turbulence and cloud droplets in cloud micro-physics simulator
3 . 学会等名 NITEch Lecture on Turbulence and Cloud ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Watanabe, T. Watanabe, I. Saito, and T. Gotoh, T.Watanabe
2. 発表標題 Large-scale simulation of monodispersed small solid particles in isotropic turbulence
3. 学会等名 NITech Lecture on Turbulence and Cloud (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Gotoh, I. Saito, T.Watanabe
2. 発表標題 Evolution of droplets and turbulence in cloud microphysics simulator
3. 学会等名 Fundamental Aspects of Geophysical Turbulence III (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤俊幸
2. 発表標題 高シュミット数スカラーのスペクトル理論と大規模計算
3. 学会等名 非平衡乱流ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤泉, 後藤俊幸, 渡邊威
2. 発表標題 乱流中の非慣性粒子の粒径分布のスペクトル
3. 学会等名 京大数理解析研究所 RIMS共同研究
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡邊威, 後藤俊幸
2. 発表標題 ランダム速度場下での弾性乱流の発生とその統計性
3. 学会等名 京大数理解析研究所 RIMS共同研究
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤泉, 後藤俊幸, 渡邊威
2. 発表標題 雲マイクロ物理シミュレータによる雲乱流現象の解明
3. 学会等名 GFD セミナー
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 澤田純平, 吉野正人, 鈴木康祐
2. 発表標題 改良二相系格子ボルツマン法による雲内における微小水滴の挙動解析
3. 学会等名 日本混相流学会混相流シンポジウム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤泉, 後藤俊幸, 渡邊威
2. 発表標題 乱流中におけるエアロゾルからの雲粒子生成
3. 学会等名 日本流体力学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡邊威, 後藤俊幸
2. 発表標題 弾性乱流のエネルギースペクトルの振る舞い
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤泉, 後藤俊幸, 渡邊威
2. 発表標題 乱流中の非慣性粒子の粒径分布のスペクトル
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤泉, 後藤俊幸
2. 発表標題 乱流中におけるエアロゾルからの雲粒子生成
3. 学会等名 日本気象学会2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 後藤俊幸
2. 発表標題 雲乱流の研究から
3. 学会等名 日本流体力学会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 澤田純平, 吉野正人, 鈴木康祐
2. 発表標題 改良二相系格子ボルツマン法による雲内における微小水滴が接近する際の挙動解析
3. 学会等名 日本流体力学会 中部支部講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 澤田純平, 吉野正人, 鈴木康祐
2. 発表標題 改良二相系格子ボルツマン法による雲内における異径微小水滴の挙動解析
3. 学会等名 第31回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤泉, 後藤俊幸, 渡邊威
2. 発表標題 雲マイクロ物理シミュレータによる雲乱流混合現象と雲粒子成長過程の解明
3. 学会等名 エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊友貴, 渡邊威, 齋藤泉, 後藤俊幸
2. 発表標題 乱流と固体粒子群の相互作用に関する大規模シミュレーション
3. 学会等名 第31回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Gotoh and T. Watanabe
2. 発表標題 Scaling exponents of passive scalars in homogeneous turbulence
3. 学会等名 International Workshop on Theoretical Aspects of Near-Wall Turbulence Studies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Gotoh and T. Watanabe
2. 発表標題 Inertial and inertial convective ranges and crossover length
3. 学会等名 24th ICTAM (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 I. Saito and T. Gotoh
2. 発表標題 Evolution from cloud droplets to rain drops inside cumulus cloud
3. 学会等名 11th European Fluid Mechanics Conference (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Gotoh, I. Saito, T. Watanabe, and K. Nagai
2. 発表標題 Seamless computation of continuous growth of cloud droplets
3. 学会等名 2nd International Workshop on Numerical Simulations of Particle/ Droplet/Bubble-laden Multiphase Flows (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 齋藤泉, 後藤俊幸, 永井一輝
2. 発表標題 積雲内における雲粒から雨粒への成長
3. 学会等名 日本流体力学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 野村優介, 渡邊威, 後藤俊幸
2. 発表標題 2次元格子乱流における高分子の影響
3. 学会等名 日本流体力学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 齋藤 泉
2. 発表標題 積雲内における雲粒子の成長
3. 学会等名 日本気象学会 2016 年度秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 後藤俊幸
2. 発表標題 スカラー乱流の大規模計算による異常スケーリングの解析
3. 学会等名 プラズマシミュレーションシンポジウム
4. 発表年 2016年



1. 発表者名 T. Gotoh, I.Saito, and T. Watanabe
2. 発表標題 Continuous evolution of cloud droplet spectrum in cumulus cloud
3. 学会等名 APS DFD (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 後藤俊幸
2. 発表標題 雲粒子と雲乱流
3. 学会等名 伝熱学会東海支部講演会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Gotoh, I. .Saito, and T. Watanabe
2. 発表標題 Development of cloud microphysics simulator
3. 学会等名 Workshop on cloud microphysics-turbulence interactions (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Gotoh, I.Saito, and T. Watanabe
2. 発表標題 Droplets and Turbulence in Cloud Microphysics Simulator
3. 学会等名 2nd International Workshop on Cloud Turbulence (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Gotoh, I. Saito, and T. Watanabe
2. 発表標題 Droplet evolution in cloud turbulence
3. 学会等名 Workshop on Nonequilibrium Thermodynamics and Statistical Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 後藤俊幸, 永井一輝, 杉浦究, 渡邊威
2. 発表標題 上昇気流を伴った雲乱流における雲粒子の連続的成長過程
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 石川直樹, 渡邊威, 後藤俊幸
2. 発表標題 等方乱流中の有限サイズ粒子の挙動とその統計性
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 永井一輝, 渡邊威, 後藤俊幸
2. 発表標題 積雲中の雲粒子の成長
3. 学会等名 日本流体力学会中部支部講演会
4. 発表年 2015年～2016年

1. 発表者名 杉浦究, 渡邊威, 後藤俊幸
2. 発表標題 雲マイクロ物理シミュレータによる雲粒子衝突計算
3. 学会等名 日本流体力学会中部支部講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 松田 和幸, Yang Jingyuan, 後藤 俊幸
2. 発表標題 積雲乱流中のラグランジュ統計
3. 学会等名 日本流体力学会中部支部講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 後藤俊幸
2. 発表標題 雲マイクロ物理シミュレータによる雲・乱流混合現象の解明
3. 学会等名 第2回「京」を中核とするHPCIシステム利用研究課題 成果報告会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 後藤俊幸、渡邊威
2. 発表標題 雲乱流中における温度と水蒸気揺らぎの異常スケーリング
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2015年

1 . 発表者名 T. Gotoh and T. Watanabe
2 . 発表標題 On the power law of passive scalars in turbulence
3 . 学会等名 Meeting of American Physical Society (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 T. Gotoh and T. Watanabe
2 . 発表標題 Power and non-power laws of passive scalar moments in isotropic turbulence at very high Reynolds numbers
3 . 学会等名 Japan-Russia Workshop (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 I. Saito, T. Gotoh, T. Watanabe, and T. Yasuda
2 . 発表標題 DNS on stochastic condensation and broadening of droplet size distributions
3 . 学会等名 Pi-Chamber Simulation Workshop (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 I. Saito, T. Gotoh, T. Watanabe, and T. Yasuda
2 . 発表標題 A counter part of the phase relaxation time in particle-turbulence interaction through Stokes drag
3 . 学会等名 Pi-Chamber Simulation Workshop (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Gotoh., I. Saito, T. Watanabe, and T. Yasuda
2 . 発表標題 Cloud droplet growth and turbulent mixing
3 . 学会等名 EB60 International Symposium 2019, From Pattern Formation to Turbulence (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 I. Saito, T. Gotoh, T. Watanabe, and T. Yasuda
2 . 発表標題 Broadening of cloud droplet size distributions and liquid water content spectrum in turbulence
3 . 学会等名 Europeaan Turbulence Conference 17 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Yasuda, T. Gotoh, T. Watanabe, and I. Saito
2 . 発表標題 Anisotropic passive scalar fluctuations with uniform mean gradient in statistically homogeneous isotropic turbulence
3 . 学会等名 Europeaan Turbulence Conference 17 ( (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Gotoh, I. Saito, T. Yasuda, and T. Watanabe
2 . 発表標題 Numerical simulation of cloud turbulence
3 . 学会等名 Seminar at Cemef, Nice (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Gotoh, J. Yang, H. Miura, and T. Watanabe
2 . 発表標題 Passive vector in turbulence
3 . 学会等名 Seminar at Nice University (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Gotoh, J. Yang, H. Miura, and T. Watanabe
2 . 発表標題 Numerical simulation of incompressible passive vector convected by homogeneous turbulence
3 . 学会等名 The 28th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Gotoh, J. Yang, Watanabe, and H. Miura
2 . 発表標題 Intermittency of incompressible passive vector convected by homogeneous turbulence
3 . 学会等名 American Physical Society, Division of Fluid Dynamics (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Yasuda, T. Gotoh, T. Watanabe, and I. Saito
2 . 発表標題 Large-scale anisotropic structure of a passive scalar in turbulence under a uniform mean gradient at low Schmidt numbers
3 . 学会等名 American Physical Society, Division of Fluid Dynamics (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 I. Saito, T. Watanabe, and T. Gotoh
2. 発表標題 A new timescale for turbulence modulation by particles
3. 学会等名 American Physical Society, Division of Fluid Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Gotoh, J. Yang, T. Watanabe, and H. Miura
2. 発表標題 Fluctuations of incompressible passive vector in isotropic turbulence
3. 学会等名 French-Japanese Workshop on Wavelet and Large Eddy Representations to Study Turbulent Flows RIMS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤泉, 後藤俊幸, 渡邊威, 安田達哉
2. 発表標題 乱流と粒子群の相互作用を特徴付ける新しい時間スケール
3. 学会等名 京大数理研RIMS共同研究(公開型)「乱流基礎相似則の再検討」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田達哉, 後藤俊幸, 渡邊威, 齋藤泉
2. 発表標題 一様平均スカラー勾配下の乱流におけるパッシブスカラー変動の非等方性
3. 学会等名 京大数理研RIMS共同研究(公開型)「乱流基礎相似則の再検討」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤俊幸, 渡邊威, 楊静遠
2. 発表標題 乱流とスカラー混合現象
3. 学会等名 京大数理研RIMS共同研究(公開型)「乱流基礎相似則の再検討」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊威
2. 発表標題 固体粒子群による乱流変調の大規模数値解析
3. 学会等名 プラズマシミュレーションポジウム2019 核融合科学研究所
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉野 正人, 佐々木康平, 鈴木康祐
2. 発表標題 粘性項を修正した改良二相系格子ボルツマン法の雲粒子衝突問題への適用
3. 学会等名 混相流シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Miura, J. Yang, and T. Gotoh
2. 発表標題 High Magnetic Prandtl Number Magneto hydro-dynamic Turbulence under Hall Effect
3. 学会等名 European Turbulence Conference 17 (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 三浦英昭, 大野暢亮, 大谷寛明
2. 発表標題 In-situ可視化ライブラリvismoを用いた一様等方性乱流の構造解析
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 三浦英昭, 大野暢亮, 大谷寛明
2. 発表標題 In-situ可視化ライブラリvismoによる乱流管状渦構造形成可視化解析
3. 学会等名 日本物理学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉野正人, 佐々木康平, 鈴木康祐
2. 発表標題 粘性項を修正した改良二相系格子ボルツマン法の雲粒子衝突問題への適用
3. 学会等名 混相流シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮津尚希, 吉野正人, 鈴木康祐
2. 発表標題 保存型Allen-Cahn方程式を導入した改良二相系格子ボルツマン法の液滴二体衝突問題への適用
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

〔図書〕 計1件

1. 著者名 稲室 隆二、吉野 正人、鈴木 康祐	4. 発行年 2020年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 176
3. 書名 格子ボルツマン法入門	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>NI Tech Lectures on Turbulence and Cloud  <a href="http://comphys.web.nitech.ac.jp/cloudlec.html">http://comphys.web.nitech.ac.jp/cloudlec.html</a>                  2nd International Workshop on Cloud Turbulence  <a href="http://comphys.web.nitech.ac.jp/cloud2.html">http://comphys.web.nitech.ac.jp/cloud2.html</a>                  3rd International Workshop on Cloud Turbulence  <a href="http://comphys.web.nitech.ac.jp/cloud3.html">http://comphys.web.nitech.ac.jp/cloud3.html</a></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	渡邊 威  (Watanabe Takeshi)  (30345946)	名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授    (13903)	
研究分担者	吉野 正人  (Yoshino Masato)  (00324228)	信州大学・学術研究院工学系・教授    (13601)	
研究分担者	三浦 英昭  (Miura Hideaki)  (40280599)	核融合科学研究所・ヘリカル研究部・教授    (63902)	

