

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K03937

研究課題名（和文）埋め込み境界法による気液二相熱流体解析のための界面捕獲法の高度化

研究課題名（英文）Accurate interface capturing for two-phase flow simulation with immersed boundary method

研究代表者

高橋 俊（Takahashi, Shun）

東海大学・工学部・准教授

研究者番号：60553930

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：いくつかの工学的な混相流の問題を例にあげて、相界面を表現する手法を複数用いて比較して、その応用性について検討した。また混相流が示す複雑な流動メカニズムについても調査を行い、これまで実験的に確認が困難であった流れの現象の解明等を行った。具体的にはエンジン内部におけるオイルの流動解析や、ショットピーニングの多数粒子と加工物の周囲の流れの解析、非ニュートン流体中に含まれる微粒子の解析や、上昇気泡と物体が干渉する流れ場などを対象として解析を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今後の混相流の数値解析手法の発展に寄与しうる、相界面を表現する複数の手法の得失について明らかにした。またそれらをいくつかの具体的な工学問題に適用して実験結果と比較することで、それらの妥当性の検討とメカニズムの調査を実施した。これらは今後の数値解析の産業応用の推進という観点で大きい。

研究成果の概要（英文）：The applicability of several techniques for expressing phase interfaces was compared and investigated for several engineering multiphase flows. We also investigated the complex flow mechanisms of multiphase flows, and clarified flow phenomena that had been difficult to confirm experimentally. Specifically, the analysis was conducted on the flow of oil inside an internal combustion engine, the flow around many particles and objects in shot peening, small particles in a non-Newtonian fluid, and the interaction between a rising bubble and an object in a liquid flow field.

研究分野：数値流体力学

キーワード：混相流 流体工学 数値流体力学

様式 C-19、F-19-1、Z-19(共通)

1. 研究開始当初の背景

直交格子と埋め込み境界(Immersed Boundary: IB)法を応用した任意形状周りの非圧縮性並びに圧縮性流体解析は世界的に広く応用されている。その中でも混相流はこれらの任意の界面形状の捕獲が重要とされる。従来から用いられてきた Volume Of Fluid (VOF)法、そして近年多用される界面をよりシャープに捉えるレベルセット(Level set: LS)法は界面を固定された格子で捉える Euler 型の混相流解析の代表的な解析手法である。LS 法はその符号付最小距離という単純な性質のため固気界面や気液界面などの表現に広い適用性を有する。そのため気液混相流中で物体が移動する解析等も LS 法を用いて世界的に行われつつある。一方で LS 法は界面をシャープに捉えるために界面付近での境界条件の計算が VOF 法に比べて煩雑化することや距離関数の本質から厳密には保存性を満足しないといった特徴がある。そこで VOF 法と LS 法の特徴を合わせた保存型レベルセット(Conservative Level Set: CLS)法の研究開発と応用が進められてきた。しかしながら拡散界面的な性質も有する CLS 法は体積力が影響する流れ場では擬似速度の影響がシャープ界面より顕在化しうる。気体、液体、固体が影響し合う実用的な混相流中では慣性力、粘性力、表面張力、重力などの多くの力が関係するため、今なおその物理現象と解析手法が検討されている。そこで我々は本申請において実用工学問題への展開を目的とした混相流の解析手法を開発すべく、移動境界を含む固気液混相流体解析のための埋め込み境界法と界面捕獲法の高度化について研究を実施した。

2. 研究の目的

本研究では実用工学問題への展開を目的として、より実用的な固気液混相流の解析手法を構築すべく、移動境界を含む混相流解析のための IB 法と界面捕獲法について研究を行った。具体的には種々の移動境界流れ解析や混相流解析を対象として、実験との比較検証とその流れのメカニズムの分析を行うべく、LS 法、CLS 法とゴーストセル法による IB 法に基づく解析手法を構築すべく研究を実施した。

3. 研究の方法

具体的な研究対象には以下のエンジン内部のオイル流動現象、多数の微粒子を含む気液混相流と固液混相流、そして物体と干渉する気泡流を対象として、LS 法、CLS 法、IB 法の適用性についてそれぞれ検討すると共に実験値の再現とそのメカニズム解明に取り組んだ。

4. 研究成果

4. 1. 自動車用ピストンリング周りのエンジンオイルの気液二相流解析

自動車用エンジンはさらなる燃費向上が望まれており、そのための一案として摺動部品の低摩擦化が検討されている。その要素技術の一つがエンジンオイルの低粘度化であるが、一方でそれはエンジンオイルが燃焼室に入り込む「オイル上がり」を誘発する懸念があるため、慎重に検討が進められている。本解析はそれらを包括的に調査、検討するために開発と応用がなされた。最終的にはエンジン全体の検討が必要であるが、それは計算規模の点から考えて現状のスーパーコンピュータを応用しても困難であり、かつ実際の設計開発に応用するためには多くのパラメータスタディが必要となるため現実的では無く非効率的である。そこで本研究ではオイル上がりの起点と考えられているオイルコントロールリングに着目して研究を実施した。図 1 は現在主流となっている自動車用エンジンの筒内の模式図で、ピストンに3本のピストンリングが装着された状況を示している。最も下部に装着されているリングが研究対象に該当するオイルコントロールリングで、本研究ではディーゼルエンジンで主に用いられている2つの部材から構成される2ピースオイルコントロールリングを対象とした結果を示す。

図 2 は実際の解析領域の模式図と計算格子で、オレンジ色の領域が CLS 法で表現されたオイルである。解析の初期条件としてリングとピストンに囲まれた領域にオイルを配置して、ピストンの上下の加減速運動は体積力として、さらに上下の流路に加わる圧力は実験で計測された値を付加する。リングはピストンの上下動と上下流路の圧力、また実際にはリングとピストンの間に生じる摩擦力のバランスでピストンに大して相対運動を行うが、本解析では実験で計測された移動量と移動速度を境界条件として付加した。これらの条件設定により、実際のオイルコントロールリング周りの解析を行った。

図 3 はその結果得られたオイルの流動の様子である。この現象は、ピストンの上下動に伴う慣性力と、気流がオイルに及ぼすせん断力、オイルの粘性力、液膜先端の表面張力等の相互作用から生じており、実験とも定量的に一致することが確認された^[1, 2, 3]。図 4 は膨張行程中に生じる空気の流入による強い循環の様子で、図 5 はさらに気液界面近傍の可視化図である。このような流れが影響してオイルの流動様式が決定されていることが本研究で明らかになった。より高い回転数や、粘度の影響なども^[1]では確認されている。また近年ではこれを元に複数のピストンリング周りの解析なども実施されている^[4]。

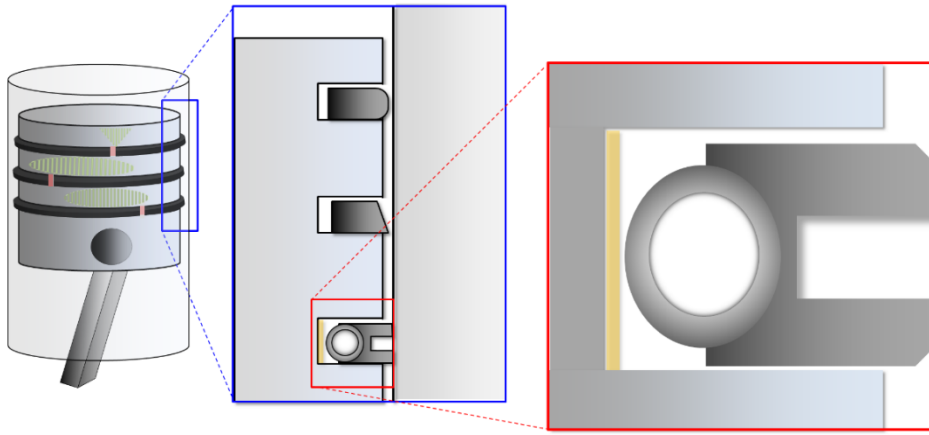


図1 自動車用エンジンのピストン周りとおイルコントロールリング周りの模式図

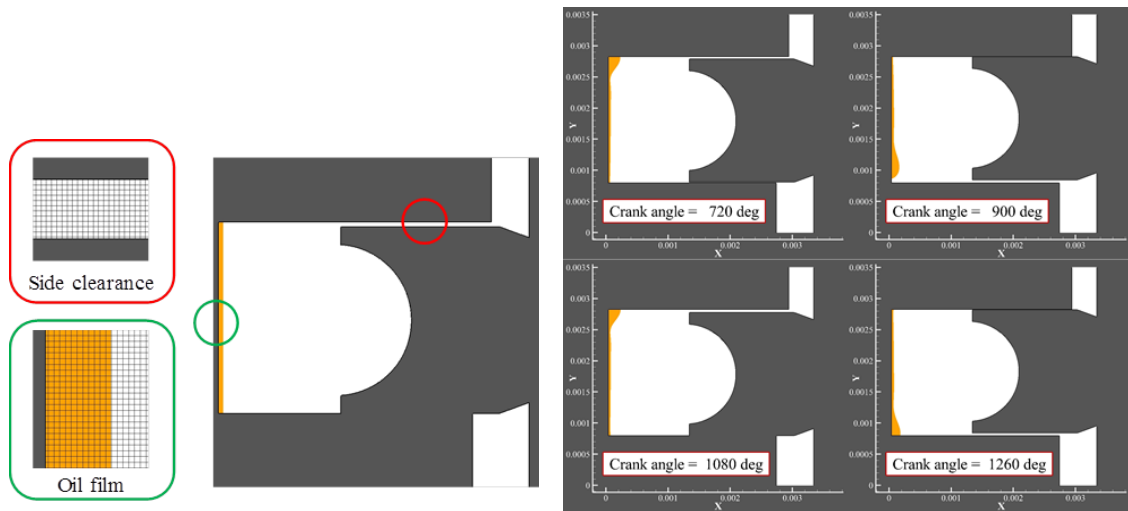


図2 計算の初期状態

図3 解析で得られたオイルの流動形態

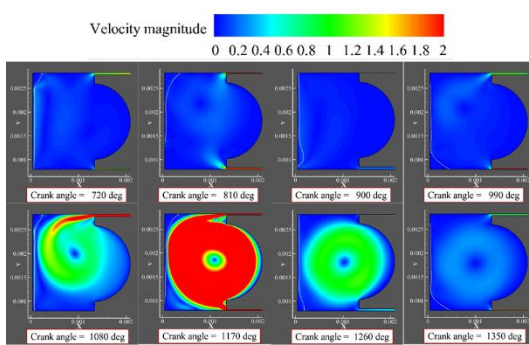


図4 高速の空気による循環流

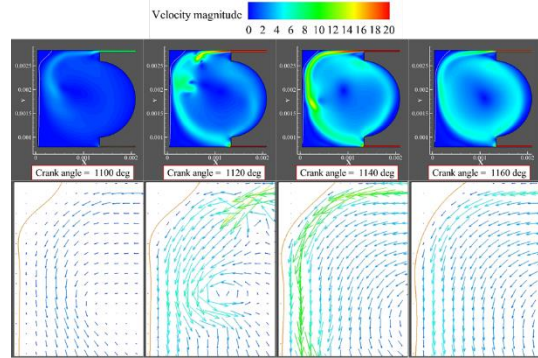


図5 高速の空気による循環流

4. 2. 多数の微粒子を含む気液混相流

多数の微粒子が流れ中で相互作用する混相流の応用として本研究では金属微粒子が加工物と相互作用するショットピーニング現象を対象として解析を実施した. この結果の詳細は^[5, 6]で具体的に報告しており, 従来行われてきた Euler-Lagrange 型の解法で得られた結果との比較について報告した. IB 法に基づく Euler 型解法を用いると, Lagrange 法では見ることができない粒子後流の剥離再循環流れが解像され, その結果生じる違い等について明らかにした. 図6は加工物, 金属微粒子をそれぞれLS法で表現して干渉する流れ場を解析し, 渦度の第二不変量であるQ値の等値面と速度を可視化した図である. 粒子の飛散によって生じた渦が後流の粒子と相互作用して複雑な流れ場を構成している様子が確認できる.

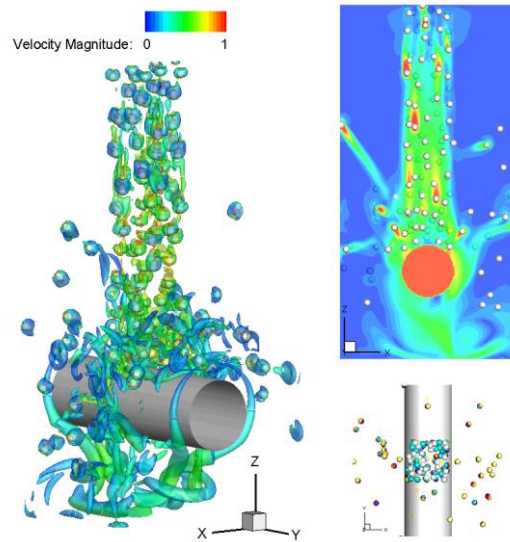


図 6 ショットピーニングを模擬した多数の微粒子と物体が相互作用する流れ場の解析

4. 3. 管内の固液混相流解析

管内を流れる液体内部に多数の粒子が含まれる現象は様々な例が挙げられ、本研究ではニュートン流体、非ニュートン流体、それぞれを対象として研究を行った。ニュートン流体の管内流や多数の粒子同士の相互影響に関しては^[7, 8]で報告した。また非ニュートン流体の管内流の分析については、非ニュートン性をべき乗則モデルで再現して、まずは単一球体に作用する抗力係数の精度検証を行い、図 7 のように先行研究^[9, 10]と良好な一致を確認した。また図 8 はそれぞれ球周りの一般化 Re 数が 5 と 100 の場合の速度分布であり、安定した流れ場の解析が実現出来ていることを確認した。この開発した手法を応用して、非ニュートン流体が流れる円管内に多数の球を配置して、一定圧力差の流れの中で流動する現象を解析した。こちらは気液混相流解析の場合と同様に運動方程式と Navier-Stokes 方程式の連成解析である。その結果、図 9 のように、条件によっては流れの非ニュートン性の影響で球同士の位置関係が膠着される傾向や、球が粗状態になった領域には渦輪が存在していることなどが確認された。これらの結果は現在論文投稿に向けてさらなる分析を進めている。

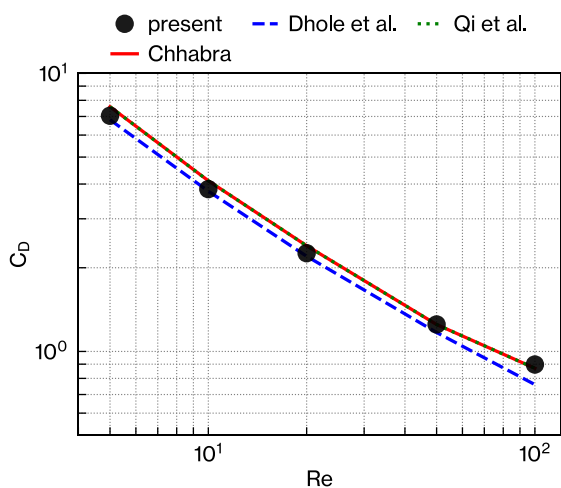


図 7 単一球周りの抗力係数の解析結果の比較

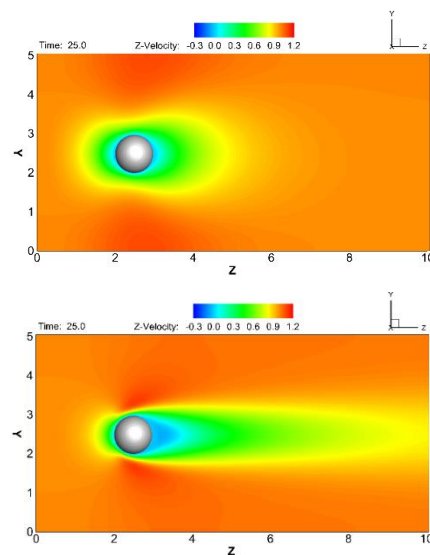


図 8 一般化 Re 数 5(上)と 100(右)の速度分布図

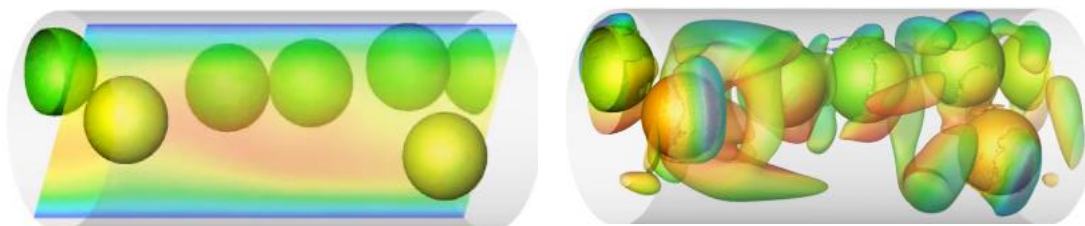


図 9 多数の粒子周りの速度分布図(左)と Q 値の等値面(右)

4. 4. 上昇気泡が物体と干渉する流れ場の解析

上昇気泡問題は気液界面の基礎的な検証問題として用いられるが、本研究ではそれを発展させて LS 法を用いて上昇気泡が物体と干渉する流体解析を行った。このような気泡を含む気液二相流が管内にある物体と干渉する例は工学的にもしばしば見られる。本研究では最終的には相変化する気泡流が物体と干渉する流れ場のメカニズム調査を行うべく、気泡を一定の成長速度で成長させて解析を実施した。図 10 と図 11 はそれぞれ初期の気泡が小さい場合と大きい場合の解析結果である。どちらの気泡も液体により移流されて、この条件では表面張力が小さな気液二相を扱っているため気泡は大きく変形して後流で合一する様子が見られた。この合一が流れの複雑化と圧力変化を発生させ、その結果、相変化と温度変化に大きく作用することが考えられる。相変化の安定な解析方法は現在も引き続き構築中であり、今後さらなるメカニズム解明が進んだ段階で論文化を進める予定である。

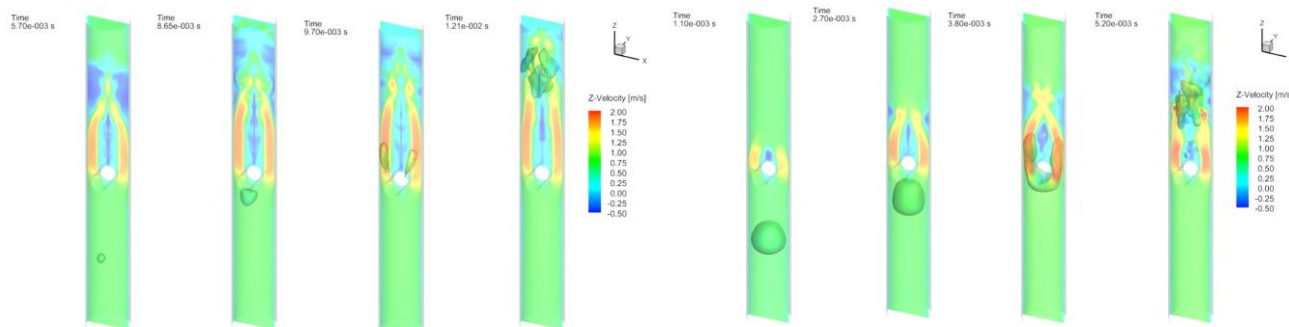


図 10 小気泡が物体と干渉した際の断面速度

図 11 大気泡が物体と干渉した際の断面速度

このように種々の混相流に対して CLS 法や LS 法に基づいた数値解析を実施して、効率的な界面、壁面の取り扱いとそれらと流れの相互作用を分析した。結果として液膜や液滴など界面が比較的に安定な場合には、LS 法、CLS 法、VOF 法のいずれを用いても大差無く解析が可能であったが、界面を解像する格子点数の観点からは LS 法が最も少なく済む傾向を見せた。多数の粒子を含む流れ場である固気混相流、固液混相流の解析では LS 法を応用して解析を行い、実験値との良好な一致を確認した。気液界面と固体が存在する場合には複数の LS 法を用いて解析を実施し、安定な解析は確認できたものの相変化を含む熱流体解析は未だに開発を続けており、今後さらに界面における熱流束や界面速度の正確な算出と安定な付加方法について検討する必要がある。

<引用文献>

- [1] Yuki Kawamoto, Shun Takahashi, Masayuki Ochiai, Akihiko Azetsu, Kenji Yamamoto, “Prediction of oil behavior in piston ring groove based on gas-liquid two-phase flow analysis”, Journal of Advanced Mechanical Design Systems and Manufacturing 14(6) (2020)
- [2] 川本 裕樹, 高橋 俊, 蔵本 結樹, 落合 成行, 畔津 昭彦, 山本 憲司, “ピストンリング周辺のオイル消費機構に対する level set 法に基づく混相流解析の応用”, 自動車技術会論文集, 51 巻, 6 号, pp. 968-973, (2020)
- [3] 高橋 俊, “混相流解析の機械設計への応用”, 日本設計工学会誌 56 (3), pp. 111-119, (2021)
- [4] 佐々木 竜一, 望月 和矢, 飯島 直樹, 臼井 美幸樹, “CAE によるオイルリング周辺のエンジンオイル挙動予測手法の開発と実験による検証”, 自動車技術会論文集 Vol. 53, No.2, (2022)
- [5] Yusuke Mizuno, Shun Takahashi, Kota Fukuda, Shigeru Obayashi, “Direct Numerical Simulation of Gas-Particle Flows with Particle-Wall Collisions Using the Immersed Boundary Method”, Applied Sciences, Vol. 8, 12, (2018)
- [6] Yusuke Mizuno, Takuya Inoue, Shun Takahashi, Kota Fukuda, “Investigation of a gas-particle flow with particle-particle and particle-wall collisions by immersed boundary method”, International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements, Vol. 6, Issue 1, pp. 132-138, (2018)
- [7] Mamoru Hosaka, Takayuki Nagata, Shun Takahashi, Kota Fukuda, “Numerical simulation on solid-liquid multiphase flow including complex-shaped objects with collision and adhesion effects using immersed boundary method”, International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements, Vol. 6, Issue 1, pp. 162-175, (2018)
- [8] Takayuki Nagata, Mamoru Hosaka, Shun Takahashi, Ken Shimizu, Kota Fukuda, Shigeru Obayashi, “A simple collision algorithm for arbitrarily-shaped objects in particle-resolved flow simulation using an immersed boundary method”, International Journal for Numerical Methods in Fluids 92(1) (2020)
- [9] Dhole, Sunil D., Raj P. Chhabra, and Vinayak Eswaran. “Flow of power-law fluids past a sphere at intermediate Reynolds numbers.” Industrial & engineering chemistry research 45.13 (2006): 4773-4781.
- [10] Qi Zheng, Kuang Shibo, Rong Liangwan, Yu Aibing, “Lattice Boltzmann investigation of the wake effect on the interaction between particle and power-law fluid flow.” Powder technology 326 (2018): 208-221.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 高橋俊	4. 巻 56
2. 論文標題 混相流解析の機械設計への応用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 学会誌『設計工学』	6. 最初と最後の頁 111-119
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 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 川本 裕樹、高橋 俊、蔵本 結樹、落合 成行、畔津 昭彦、山本 憲司	4. 巻 51
2. 論文標題 ピストンリング周辺のオイル消費機構に対するlevel set 法に基づく混相流解析の応用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 自動車技術会論文集	6. 最初と最後の頁 968～973
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11351/jsaeronbun.51.968	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 KAWAMOTO Yuki、TAKAHASHI Shun、OCHIAI Masayuki、AZETSU Akihiko、YAMAMOTO Kenji	4. 巻 14
2. 論文標題 Prediction of oil behavior in piston ring groove based on gas-liquid two-phase flow analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing	6. 最初と最後の頁 JAMDSM0081
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/jamdsm.2020jamdsm0081	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 Takayoshi Kubota, Yusuke Mizuno, Shun Takahashi, Ryota Asa, Reina Sagara, Yuji Kodama, Shigeru Obayashi	4. 巻 75
2. 論文標題 Prediction of Rubber Friction on Wet and Dry Rough Surfaces Using Flow Structure Coupling Simulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mechanisms and Machine Science	6. 最初と最後の頁 449-463
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-27053-7_40	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 Yusuke Mizuno, Shun Takahashi, Kota Fukuda, Shigeru Obayashi	4. 巻 8
2. 論文標題 Direct Numerical Simulation of Gas-Particle Flows with Particle-Wall Collisions Using the Immersed Boundary Method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1, 21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app8122387	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 Nagata Takayuki, Hosaka Mamoru, Takahashi Shun, Shimizu Ken, Fukuda Kota, Obayashi Shigeru	4. 巻 92
2. 論文標題 A simple collision algorithm for arbitrarily shaped objects in particle resolved flow simulation using an immersed boundary method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal for Numerical Methods in Fluids	6. 最初と最後の頁 1256 ~ 1273
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/flid.4826	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 Mitsuru Komeya, Shotaro Nara, Takayuki Nagata, Shun Takahashi, Hizuru Uchida, Hiroshi Kimura, Kota Fukuda, Junichi Matsuzaki	4. 巻 9
2. 論文標題 Computational Fluid Dynamic Modelling of Renal Stones in the Renal Calyx	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 EMJ Urology	6. 最初と最後の頁 47-48
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 -

〔学会発表〕 計55件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 川本裕樹, 蔵本結樹, 高橋俊, 落合成行, 畔津昭彦, 山本憲司
2. 発表標題 ピストンリング周辺のオイル消費機構に対するLevel Set法に基づく混相流解析の応用
3. 学会等名 自動車技術会 2020年春季大会
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 安達拓矢, 藤田昂志, 永井大樹, 高橋俊
2. 発表標題 ループヒートパイプにおける凝縮を伴う二相流の非定常解析
3. 学会等名 日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 高橋俊, 奈良祥太郎, 長島弘明, 竹村薫, 安達拓矢, 永井大樹, 岡崎峻, 福家英之
2. 発表標題 ヒートパイプの流動予測に向けた気泡モデルの開発
3. 学会等名 日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 安達拓矢, 藤田昂志, 永井大樹, 高橋俊
2. 発表標題 ループヒートパイプにおける温度振動の発生条件解明に向けた数値解析
3. 学会等名 混相流シンポジウム
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Shotaro Nara, Yuki Kawamoto, Shun Takahashi, Shigeru Obayashi
2. 発表標題 Non-Newtonian Multiphase Flow Using Immersed Boundary Method
3. 学会等名 Seventeenth International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Kaoru Takemura, Shotaro Nara, Shun Takahashi, Hiroki Nagai, Takuya Adachi
2. 発表標題 Development of Prediction Model for Heat Pipe Performance Using One Dimensional Discrete Bubble Model
3. 学会等名 Seventeenth International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Takuya Adachi, Koji Fujita, Hiroki Nagai, Shun Takahashi
2. 発表標題 A Parametric Study for Avoiding Temperature Oscillation of a Loop Heat Pipe
3. 学会等名 Seventeenth International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 蔵本結樹, 川本裕樹, 松田拓哉, 高橋俊, 落合成行, 畔津昭彦, 山本憲司
2. 発表標題 気液液三相流解析によるトップリング周りのオイル希積に関連する燃料輸送経路予測
3. 学会等名 第31回内燃機関シンポジウム2020
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 川本裕樹, 小谷晋平, アプサラー セイタン, 高橋俊, 落合成行
2. 発表標題 ジャーナル軸受の摩擦特性に及ぼす潤滑油中のマイクロバブルの影響 第2報 二相流CFD解析と摩擦低減メカニズムの考察
3. 学会等名 トライボロジー会議2020秋
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 川俣稔介, 川本裕樹, 奈良祥太郎, 野原徹雄, 高橋俊
2. 発表標題 多数の固体粒子を含む非ニュートン流体の混相流解析
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～2021年

1. 発表者名 奈良祥太郎, 本木誠人, 川本裕樹, 竹村薫, 高橋俊, 河内明子, 岡崎峻, 福家英之
2. 発表標題 埋め込み境界法を用いたヒートパイプ管内における気液流動メカニズムの調査
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～2021年

1. 発表者名 Yusuke Mizuno, Shun Takahashi, Gouji Yamada
2. 発表標題 Investigation of Hypersonic Flow around a Half Circular Cylinder using Coupled Flow-thermal Analysis
3. 学会等名 AIAA SciTech Forum and Exposition (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 人見優成, 山崎渉, 高橋俊
2. 発表標題 境界埋め込み法を用いた数値流体解析による羽ばたき翼運動の影響調査
3. 学会等名 日本機械学会北陸信越支部第58期総会・講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 月村雄太, 小林幹, 水野裕介, 川本裕樹, 高橋俊, 児玉勇司
2. 発表標題 ゴム-路面間における摩擦係数予測に向けたヒステリシス摩擦の影響
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 第57期総会・講演会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 蔵本結樹, 川本裕樹, 高橋俊, 落合成行, 畔津昭彦, 山本憲司
2. 発表標題 気液混相流解析によるピストンリング周りの希釈燃料輸送経路予測
3. 学会等名 第30回内燃機関シンポジウム
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 内田日出, 戸本幸志郎, 永田貴之, 高橋俊, 福田紘大, 木村啓志, 古目谷暢, 松崎純一
2. 発表標題 下腎杯内流れと腎結石の挙動の数値シミュレーション
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～2020年

1. 発表者名 Rirai Yamashita, Yusuke Mizuno, Hiromu Fujiwara, Naoto Sato, Shun Takahashi, Gouji Yamada
2. 発表標題 Comparison of Boundary Fitted Coordinate Method and Cartesian Grids Method in Hypersonic Flow around Cylinder
3. 学会等名 16th International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Yuiki Kuramoto, Yuki Kawamoto, Shun Takahashi, Masayuki Ochiai, Akihiko Azetsu, Kenji Yamamoto
2. 発表標題 Investigation of oil transport around a piston ring based on multiphase flow simulation
3. 学会等名 16th International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Kaoru Takemura, Hiroaki Nagashima, Yuki Kawamoto, Shun Takahashi, Manami Kondo, Akiko Kawachi, Shun Okazaki, Hideyuki Fuke
2. 発表標題 Temperature prediction of a heat pipe using gas-liquid two-phase simulation
3. 学会等名 16th International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 当麻曙音, 川本裕樹, 高橋俊
2. 発表標題 埋め込み境界法に基づく非ニュートン性固気液混相流解析
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～2020年

1. 発表者名 川本裕樹, 蔵本結樹, 高橋俊, 落合成行, 畔津昭彦, 山本憲司
2. 発表標題 気液二相流解析を応用したピストンリング周りのオイル輸送に関する研究
3. 学会等名 第30回内燃機関シンポジウム
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 川本裕樹, 蔵本結樹, 高橋俊, 落合成行
2. 発表標題 Sharp interface法に基づく混相流解析のエンジンオイル挙動予測への応用
3. 学会等名 第32回計算力学講演会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 竹村薫, 川本裕樹, 長島弘明, 高橋俊, 近藤愛実, 河内明子, 岡崎俊, 福家英之
2. 発表標題 気液二相流体解析を応用したヒートパイプ内部の流動予測
3. 学会等名 第32回計算力学講演会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Yusuke Mizuno, Takayoshi Kubota, Shun Takahashi, Kota Fukuda, Shigeru Obayashi
2. 発表標題 Flow-Structure Coupled Simulation of Particle-Structure collision using Immersed Boundary Method and Finite Element Method
3. 学会等名 The International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takayoshi Kubota, Yusuke Mizuno, Shun Takahashi, Ryota Asa, Reina Sagara, Yuji Kodama, Shigeru Obayashi
2. 発表標題 Prediction of Rubber Friction on Wet and Dry Rough Surfaces Using Flow Structure Coupling Simulation
3. 学会等名 The International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大栗 拓実, 蔵本 結樹, 川本 裕樹, 高橋 俊, 落合 成行, 畔津 昭彦, 山本 憲司
2. 発表標題 ピストンリング周りの気液二相流解析によるオイル上がり量の推定に関する研究
3. 学会等名 公益社団法人自動車技術会 関東支部 2018年度学術研究講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 蔵本 結樹, 川本 裕樹, 大栗 拓実, 高橋 俊, 落合 成行, 畔津 昭彦, 山本 憲司
2. 発表標題 エンジンオイル希釈予測のための気液混相流解析手法の開発
3. 学会等名 公益社団法人自動車技術会 関東支部 2018年度学術研究講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 水野 裕介, 高橋 俊, 野々村 拓, 永田 貴之, 福田 紘大, 大林 茂
2. 発表標題 埋め込み境界法を用いた圧縮性・非圧縮性気混相流解析の並列性能比較
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 久保田 崇由, 水野 裕介, 麻 亮太, 相良 玲那, 高橋 俊, 児玉 勇司, 大林 茂
2. 発表標題 流体の影響を考慮したゴムと路面間の摩擦の数値解析
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 川本 裕樹, 蔵本結樹, 大栗 拓実, 高橋 俊, 落合 成行, 畔津 昭彦, 山本 憲司
2. 発表標題 気液二相流解析によるピストンリング周りのエンジンオイル輸送の研究
3. 学会等名 日本機械学会 第29回内燃機関シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kaoru Takemura, Shun Takahashi, Kaori Sato, Hiroki Nagai, Takuya Adachi
2. 発表標題 Application of Two-phase Thermo-fluid Simulation for Accurate Design of Oscillating Heat Pipe
3. 学会等名 Fifteenth International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusuke Mizuno, Shun Takahashi, Kota Fukuda, Shigeru Obayashi
2. 発表標題 Numerical Prediction of Flow Characteristics around Moving Objects in Multiphase Flow
3. 学会等名 Fifteenth International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeshi Imai, Takayuki Nagata, Shun Takahashi, Kota Fukuda
2. 発表標題 Investigation of Effect of Surface Shape of Inflatable Wing using 3D Immersed Boundary Method
3. 学会等名 Fifteenth International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuya Ichige, Wataru Yamazaki, Shun Takahashi
2. 発表標題 Numerical Flow Analysis around a Flapping Wing Object using an Immersed Boundary Method
3. 学会等名 Fifteenth International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久保田 崇由, 水野 裕介, 高橋 俊, 福田 紘大
2. 発表標題 ショットピーニング加工の流体構造連成解析に向けた衝突モデルの構築
3. 学会等名 第56回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeshi Imai, Takayuki Nagata, Shun Takahashi, Kota Fukuda
2. 発表標題 Investigation on Effect of Surface Shape of Inflatable Wing using 2D Immersed Boundary Method
3. 学会等名 8th International Conference on Vortex Flow Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mamoru Hosaka, Takayuki Nagata, Shun Takahashi, Kota Fukuda
2. 発表標題 Solid-liquid Multiphase Flow Analysis around a Body in Channel including Moving Particles
3. 学会等名 8th International Conference on Vortex Flow Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 蔵本 結樹, 川本 裕樹, 大栗 拓実, 高橋 俊, 落合 成行, 畔津 昭彦, 山本 憲司
2. 発表標題 三相流解析によるピストンリング周りのオイル輸送経路の調査
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 柴田 裕矢, 高橋 俊
2. 発表標題 液膜流れの温度場予測に向けた気液二相流解析法の開発
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 保坂 衛, 永田 貴之, 高橋 俊, 福田 紘大
2. 発表標題 埋め込み境界法を用いた複数粒子の付着・衝突を伴う障害物周りの混相流解析
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 Yuki Kawamoto, Shun Takahashi, Masayuki Ochiai
2. 発表標題 Numerical Simulation of Two-phase Flow around Piston Ring using Sharp Interface Method
3. 学会等名 International Conference on Computational Fluid Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusuke Mizuno, Takayoshi Kubota, Shun Takahashi, Kota Fukuda
2. 発表標題 Coupled Simulation of Flow-particle-structure Interaction of Shot Peening Process by Immersed Boundary Method and Finite Element Method
3. 学会等名 International Conference on Computational Fluid Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川本裕樹, 佐々木竜一, 赤間勇太, 高橋 俊, 落合 成行
2. 発表標題 自動車エンジン内部におけるピストンリングまわりの混相流数値解析
3. 学会等名 第50回流体力学講演会 / 第36回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋 俊
2. 発表標題 混相流解析への局所格子細分化法の応用
3. 学会等名 第23回計算工学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋 俊, 川本裕樹, 佐々木 竜一, 赤間勇太, 落合 成行
2. 発表標題 気液二相流解析によるピストンリング周りのエンジンオイル潤滑の解析
3. 学会等名 トライボロジー会議2018春 東京
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川本裕樹, 高橋俊, 蔵本結樹, 松田拓哉, 落合成行, 畔津昭彦
2. 発表標題 Sharp Interface Modelに基づく混相流解析によるオイルリング周辺の潤滑油挙動予測および諸条件に関する検討
3. 学会等名 2021年自動車技術会春季大会学術講演会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 高橋 潮磨, 川本 裕樹, 高橋 俊, 落合 成行, 梶木 碩介, 大谷 哲平, 畔津 昭彦
2. 発表標題 潤滑油のマイクロバブルがジャーナル軸受の振動・摩擦特性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本混相流学会 混相流シンポジウム2021
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 川俣 柊介, 川本 裕樹, 奈良 祥太郎, 野原 徹雄, 高橋 俊, 大林 茂
2. 発表標題 非ニュートン流体の数値解析における圧力-流量特性を再現するモデルの開発と応用
3. 学会等名 日本混相流学会 混相流シンポジウム2021
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Shuusuke Kawamata, Yuki Kawamoto, Shotaro Nara, Tetsuo Nohara, Shun Takahashi, Shigeru Obayashi
2. 発表標題 Multiphase Flow Simulation of Non Newtonian Fluids including Many Solid Particles through Corrugated Tube
3. 学会等名 International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 高橋俊, 永田貴之, 水野裕介, 野々村拓, 大林茂
2. 発表標題 衝撃波負荷により移動する2球体に生じる非定常抵抗低減効果
3. 学会等名 第35回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 高橋 潮磨, 川本 裕樹, 奈良 祥太郎, 高橋 俊, 大谷 哲平, 梶木 碩介, 畔津 昭彦, 落合 成行
2. 発表標題 マイクロバブルによるジャーナル軸受の摩擦低減メカニズムに関する数値シミュレーション
3. 学会等名 第35回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2021年～2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	福田 紘大 (Fukuda Kota) (60401684)	東海大学・工学部・准教授 (32644)	

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