

数物系科学コース在籍期間 2020 年 4 月～2024 年 3 月

博士学位受領大学	取得学位名	区分(課程・論文)	受領年月日
早稲田大学	博士 (工学)	課程	2024 年 3 月 15 日

2020 年 4 月進入 機械科学・航空宇宙専攻 牛奥 隆博

I. 論文 [1] <u>T. Ushioku</u> and H. Yoshimura, Particle image velocimetry measurement of velocity fields surrounding cloud cavitation induced by submerged water-jet. (受理, 査読付き) [2] <u>T. Ushioku</u> and H. Yoshimura, Numerical investigation of cloud cavitation and its induced shock wave, Proc. ASME 2021 Fluid Engineering Division Summer Meeting, No. 65731, 9 pages, 2021. (査読付き) [3] <u>T. Ushioku</u> and H. Yoshimura, Numerical study of unsteady behavior of cloud cavitation by smoothed particle hydrodynamics, Proc. ASME 2020 Fluids Engineering Division Summer Meeting, No. 20117, 7 pages, 2020. (査読付き) [4] <u>T. Ushioku</u> and H. Yoshimura, Numerical analysis of cloud cavitation and induced shock waves by two-dimensional SPH method. (査読中) II. 受賞歴 [5] ASME 2021 Fluids Engineering Division Summer Meeting, Best Presentation Award, 2021 年 11 月. III. 研究発表 [国際会議] [6] <u>T. Ushioku</u>, Unsteady behavior of cloud cavitation and its induced shock waves, International Workshop on Multiphase Flows: Analysis, Modeling and Numerics, Tokyo, Japan, December 2023. [7] <u>T. Ushioku</u>, Z. Liu and H. Yoshimura, PIV measurement of velocity field of laser-induced cloud cavitation, AJKFED 2023, 2-04-1-03, Osaka, Japan, July 2023. [8] <u>T. Ushioku</u> and H. Yoshimura, Multiphase flow analysis of unsteady behavior of cloud cavitation by the smoothed particle hydrodynamics method, International Workshop on Multiphase Flows: Analysis, Modeling and Numerics, Tokyo, Japan, December 2020. [9] <u>T. Ushioku</u>, M. Kunishima, T. Imamura and H. Yoshimura, Experimental observations of single bubble dynamics and induced shock waves, Fourth International Conference on Recent Advances in Nonlinear Mechanics, 256–259, Lodz, Poland, May 2019. (査読有) [国内会議] [10] 簡牛遼, ユモシヨ, 柏原弘稜, 龍崎悠也, 牛奥隆博, 吉村浩明, 確率的レイリー・プレセット方程式の変分的定式化と数値シミュレーション, 日本機械学会関東支部第 30 回総会・講演会, 14F17, 早稲田大学, 2024 年 3 月. [11] 牛奥隆博, 柏原弘稜, ユモシヨ, 吉村浩明, PIV 法によるレーザー誘起キャビテーションクラウドの二次元流速ベクトル場の観測と計測, 日本機械学会 2023 年度年次大会, J022-01, 東京都立大学, 2023 年 9 月. [12] 牛奥隆博, 吉村浩明, レーザー誘起キャビテーションクラウドのリバウンド挙動に関する実験及び数値解析, 日本機

械学会 2022 年度年次大会, J023-01, 富山大学, 2022 年 9 月.

- [13]牛奥隆博, 吉村浩明, 二次元 SPH 法によるキャビテーションクラウドの集団的圧壊に伴う衝撃波現象に関する数値解析, 日本応用数理学会 2022 年度年次大会, C1-5-1, 北海道大学 (オンライン), 2022 年 9 月.
- [14]牛奥隆博, 吉村浩明, 粒子法によるクラウドキャビテーションの 2 次元非定常挙動と衝撃波の発生・伝播の数値解析, 日本機械学会 2021 年度年次大会, J022-09, 千葉大学 (オンライン), 2021 年 9 月.
- [15]牛奥隆博, 吉村浩明, 二相混合体理論に基づくキャビテーションクラウドの非定常挙動に関する数値解析, 日本応用数理学会 2021 年度年会, G-2-1-4, 芝浦工業大沢 (オンライン), 2021 年 9 月.
- [16]牛奥隆博, 吉村浩明, 単一気泡のリバウンド挙動と衝撃波の伝播に関するモデリングと数値シミュレーション, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2021, No. 142, 東京大学 (オンライン), 2021 年 9 月.
- [17]牛奥隆博, 吉村浩明, 気液混合体モデルによるクラウドキャビテーションの非定常挙動と渦流れ構造, 日本応用数理学会 2020 年度年会, G-2-1-3, 愛媛大学 (オンライン), 2020 年 9 月.
- [18]牛奥隆博, 吉村浩明, 2 次元 SPH 法によるクラウドキャビテーションの非定常挙動の数値解析, 日本機械学会 2020 年度年次大会, J024-09, 名古屋大学 (オンライン), 2020 年 9 月.
- [19]牛奥隆博, 吉村浩明, SPH 法によるクラウドキャビテーションの 2 次元流れに関する数値解析, 日本機械学会関東支部第 26 回総会・講演会, 17G14, 早稲田大学, 2020 年 3 月.
- [20]牛奥隆博, 吉村浩明, 確率的レイリー・プレセット方程式の変分的定式化と分岐現象の解析, 日本応用数理学会 2018 年度年会, 175-176, 名古屋大学, 2018 年 9 月.

IV. 2023 年度の研究概要

2022 年度までに実施してきた二次元 SPH 法による混相流解析では, 観測実験で観察されたようなクラウドの非定常挙動と衝撃波の発生・伝播を再現できていることが確認されたほか, クラウドの非定常挙動に伴って運動する双子渦の流れ場, およびクラウドの圧壊の前に弱い圧力波が発生することを示唆する結果が得られている. そこで, 2023 年度では, Particle Image Velocimetry (PIV) 法によるクラウド周囲の流速ベクトル場の観測と計測, および超高速度撮影によるクラウド圧壊時の衝撃波現象の観測の 2 つの実験を実施し, 数値解析で観察された双子渦の運動と弱い圧力波の発生について調査した. PIV 法によるクラウド周囲の流速ベクトル場の観測と計測では, 撮影速度 30 万 fps の高速度ビデオカメラを用いて撮影した粒子画像に対して PIV 解析を行うことにより, 1 ms 以下の周期で高速に成長と圧壊を繰り返すクラウドの非定常挙動に伴う流速ベクトル場の様子を観察した. そして, クラウドの成長過程において双子渦の流れ場が形成され, クラウドの界面に沿って運動する様子が観察された. その後, 双子渦はクラウドの圧壊前に互いに衝突して消滅するが, クラウドのリバウンドと共に再発生することが確認された. また, 超高速度撮影によるクラウド圧壊時の衝撃波現象の観測では, 撮影速度 170 万 fps の高速度ビデオカメラを用いて, クラウドの圧壊に伴う衝撃波の発生の様子を詳細に観察した. 結果として, クラウドの圧壊の前に 1 気圧程度の弱い圧力波が複数発生すること, さらに, クラウドの圧壊に伴って 10 気圧以上の強力な衝撃波が複数発生することが明らかになった.

V. 総括 (2020 年 4 月～2024 年 3 月)

本コースに在籍した 4 年間では, 私はクラウドキャビテーションの非定常挙動と衝撃波の発生・伝播に関する研究を行って参りました. コロナ禍の影響により海外で研究活動を行うことは叶いませんでしたが, 本コースが主催してくださった特別講義や国際ワークショップ, 報告会では, 大変貴重な経験を積むことができました. 特に, 対面で行われた国際ワークショップや報告会では, 私の研究発表に対して様々な分野の研究者の方から素晴らしいご意見・ご指摘をいただいたり, 時には熱く議論をさせていただいたり, 有意義な時間を過ごすことができました. 私のこれまでの研究では, 主に数値解析と実験による現象論的な調査が中心でしたが, 今後は数学・応用数学的なアプローチによるモデリングへと展開していきたいと考えておりますので, 本コースで得られた知見が大いに役に立つのではないかと考えております. 本コースのご支援により, 私の 4 年間の博士後期課程の研究活動をより充実させることができました. 最後に, 本コースの先生, スタッフ, 学生の皆様に心より感謝と敬意を表し, 総括とさせていただきます.