

2024 年度年次報告書

リアル空間を強靱にするハードウェアの未来

2023 年度採択研究代表者

莊司 成熙

室蘭工業大学 もの創造系領域

助教

マルチエレメント超音波センサを用いた混相流モニタリングデバイス

研究成果の概要

本研究では混相流流動場の 3 次元時空間構造を可視化する超音波流動モニタリングデバイスの開発を目的とし、超音波センサシステムの構築、超音波送受信ハードウェアおよび超音波信号処理ソフトウェアの開発をそれぞれ行う。本年度においては、昨年度試作した可搬型超音波流体流速ベクトル分布計測デバイスを改良した。センサシステムとして、超音波ドップラー法を利用した流速ベクトル分布計測における計測不確かさを低減するため、エコー受信専用センサを設計／製造し、試験的に 1 つの送信専用超音波センサと 2 つの受信専用超音波センサを用いたセンサシステムを構築した。また、高電圧パルサ回路、超音波エコー信号増幅／フィルタリング回路、A/D 変換回路、およびこれらを同期的に制御する FPGA (Field Programmable Gate Array) ボードなどを一体としたハードウェアデバイスを改良し、上記センサシステムによるエコー信号マトリクス of 取得を可能とした。加えて、昨年度構築した計測ソフトウェアを改修し、エコー信号からドップラー周波数を推定する信号処理部分の高精度化、および流速ベクトル分布再構成のリアルタイム化を行った。これにより、瞬時流速ベクトル分布計測を実現し、流体の時空間構造の可視化が可能となった。さらに、本デバイスを混相流計測へと拡張するため、初期検討としてエネルギー分野や化学工学分野などでよく見られる気泡流(気液二相流)を対象に、液相および気相速度ベクトル分布の同時取得を試みた。そのため、信号処理部分において、反射率差に基づいた気相(気泡)エコー信号と液相(トレーサ粒子)エコー信号を識別する処理、および気液間の速度差に対応するための広速度ダイナミックレンジ信号処理部を新たに開発し、これらを実装した。本デバイスによる計測を気泡流に対して適用し、高速度カメラによる流動可視化と比較することで、計測結果の妥当性が得られた。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Shoji, N. Extension of measurable velocity limit of ultrasonic velocity profiling based on phase difference gradient analysis. *Measurement Science and Technology*, **36**(2), 025302 (2025).
- 2) Shoji, N., Oishi, Y., Osanai, S., Kusumoto, K., Kikura H., Kawai, H. Assessment of silica sand behavior around rotating square rod in cylindrical container via ultrasonic velocity profiling. *Journal of Visualization*, **28**, 279-290 (2025).
- 3) Shoji, N., Takahashi, H., Kikura, H., Teramoto, K., Kawai, H. Development of a gas flowrate measurement system in gas-liquid two-phase flow using pulsed ultrasound. *Progress in Nuclear Science and Technology*, **7**, 103-109 (2025).