

2024 年度年次報告書

複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた新しい流体科学

2023 年度採択研究代表者

本木 慎吾

大阪大学 大学院基礎工学研究科
講師

対流熱伝達の上限への挑戦

研究成果の概要

本研究では、対流熱伝達の上限を達成するナビエ・ストークス方程式の不変解を見出し、その伝熱促進メカニズムを解明するとともに、新たな熱流体制御技術のシーズを創出することを目的とし、理論解析・数値解析・実験を進めている。第二年次である本年度は昨年度に引き続き、不変解の探索と解析、数値シミュレーションコードの開発と乱流場の解析、既存装置を用いた実験および新規実験装置の設計・製作に取り組んだ。

不変解による理論解析については、熱対流(レイリー・ベナール対流)および壁面せん断流(チャンネル流、円管内流)における定常解および定常進行波解の探索と解析を実施した。特に熱対流系について、鉛直方向に一樣な磁場に起因する磁気力(付加的減衰力)および壁面形状を最適化することで、顕著に高い対流熱伝達を示す定常解が実現し得ることを見出した。

数値シミュレーションによる解析については、流れ方向に一樣な深い溝を有するチャンネル流および円管内流における乱流熱伝達に対して、スペクトル要素法を用いた直接数値シミュレーションを実施した。この数値解析により、壁面形状の単純な改変による壁面透過性の導入が、スパン方向／周方向に顕著な秩序を有する大スケールの渦構造を乱流中に発生させ、乱流熱伝達を効率的に促進し得ることを見出した。また、レイリー・ベナール対流に対して、磁気力を適切に導入することで、乱流熱伝達を促進し得ることを明らかにした。

実験については、水を作動流体とする円筒容器内熱対流、矩形ダクト流および円管内流に対する既存の実験装置を用い、多孔質壁面および流れ方向溝を有する壁面による大規模対流運動の発生と対流熱伝達の促進を明らかにした。一方で、液体金属(ガリウム)を作動流体とする円筒容器内熱対流に対する実験装置の新規設計・製作を行うとともに、不透明な液体金属の速度場計測のために超音波流速分布計を導入し、その性能評価を実施した。