

2023 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。第一年次である本年度はまず、不変解の探索手法の構築と検証、数値シミュレーションコードの開発と検証、実験系の構想設計と既存装置による予備実験に取り組んだ。

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)における非線形定常解および壁面せん断流(チャンネル流)における非線形定常進行波解の探索と解析を実施した。特に、壁面に透過性を有するチャンネル流について、2次元定常進行波解が層流解から亜臨界分岐により発生し、運動量輸送に比して熱輸送が促進される非相似的伝熱促進を示すことを確認した。

数値シミュレーションによる解析については、軸方向に一様な深い溝を有する円管内乱流熱伝達の直接数値シミュレーション(DNS)をスペクトル要素法により実施し、大規模対流構造の発生と非相似的伝熱促進を確認した。また、付加的な外力として水平方向の減衰力を導入した熱対流乱流のDNSを実施し、磁気力として実現可能な外力により対流熱伝達を促進し得ることを確認した。

実験については、液体金属等を作動流体とする熱対流および壁面せん断流の実験装置の構想設計を開始するとともに、次年度に導入を予定している超音波流速分布計の選定を行った。また、今年度新たに導入した微差圧計の性能評価を既存の円管内流実験装置を用いて実施した。

なお、本研究課題を開始した2023年10月1日から約2ヶ月半の期間は、英国のケンブリッジ大学応用数学理論物理学科(DAMTP)に滞在し、流体力学分野および他の数理・物理学分野の研究者らと交流を行った。また、英国滞在中の11月に、同国のシェフィールド大学工学部熱流体グループにて本研究課題に関連するセミナーを実施した。