

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
2022 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

栗山 怜子

京都大学 大学院工学研究科
助教

流体応力場イメージングによる流体科学の基盤構築

研究成果の概要

流体応力場の計測は、流れ場の力学的特性を評価する上で欠かせない。壁面せん断応力は壁面乱流の構造や、動脈瘤などの循環器疾患のメカニズムと密接に関連しており、流体内の応力は高分子などを含む複雑流体の挙動を考える上で重要である。しかし、従来法(浮動片要素による直接計測、流速分布や圧力・熱流束からの間接的な推定)には、流れ場への侵襲性や時空間分解能、非ニュートンモデルの妥当性の問題や相似則の成立を前提とするなどの課題がそれぞれ挙げられる。そこで本研究提案は、力に応答して分子構造と蛍光波長が変化する蛍光分子を流体応力プローブとして応用し、流体応力分布を非接触かつ高時空間分解能で定量する新たなイメージング技術の開発を目指す。本年度はまず、蛍光分子 FLAP-PEG を作動流体中に均一に分散させるためのプロトコルの確立と、溶液特性に関する基礎データの収集に取り組んだ。分子濃度や攪拌・ろ過条件を調整して凝集塊のない溶液の作製に成功し、蛍光分子の添加による粘度への影響が無視できる程度であることをレオメーター測定により示した。次に、急縮小マイクロ流路内で蛍光イメージングを行い、伸長応力の増大に伴う縮小部入口付近の蛍光強度比の上昇を確認し、FLAP-PEG の流体応力への応答を示唆する結果を得た。また、測定された蛍光強度比分布と数値計算による流れ場の伸長応力分布を比較し、両者の相違点に基づいて FLAP-PEG の変形速度およびせん断応力の影響に関する更なる検討の必要性を示した。これらの成果をまとめ、国内学会(日本伝熱学会関西支部第 29 期第 3 回講演討論会)・国際会議(The 22nd Tsinghua - Seoul National-Kyoto University Thermal Engineering Conference, 2022)において講演を行った。さらに上記と並行して、壁面せん断応力の計測に向けた流路壁面への蛍光分子修飾プロトコルの検討、レオメーター装置を用いた一定せん断流れにおける蛍光測定システムの構築を行い、次年度に向けて一定の進展を得た。