

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

手嶋 秀彰

九州大学 大学院工学研究院

助教

超空間分解能計測と界面特性マッピングで拓く「すべり」の新学理

研究成果の概要

固液界面で流体が速度を持つ「すべり」現象を理解するには、ナノスケールの界面特性とすべり長さの双方を把握する必要がある。本研究では、周波数変調型原子間力顕微鏡(FM-AFM)を駆使することですべり計測の空間分解能を現在の 10 μm から 100 nm オーダーへと一気に 2 桁進化させ、界面特性と同時にマッピングする新しいプラットフォームを構築することで、すべり現象の物理機構を解き明かす。本年度は AFM を用いたすべり長さ算出モデルの検討と最適化を試みた。これまで用いられてきた 2 通りの算出モデルでは、探針のばね定数や流体の粘性係数といったパラメータの計測誤差や、フォースカーブのフィッティング範囲の任意性によってすべり長さの値が大きく変動してしまう。そこで未定パラメータ群を一つの変数にまとめてすべり長さとの二変数フィッティングとし、かつ厳密に式を導出してフィッティング範囲の任意性を取り除くことで、すべり長さの計測誤差を従来の最大 1/8 にまで抑えることに成功した。次年度は FM-AFM でのすべり長さ計測モデルにもこの手法を展開する。また FM-AFM を用いた周波数シフトカーブ・エネルギー散逸カーブの同時計測に成功し、探針のたわみ量も同時に計測することですべり長さの算出に重要な探針-基板接触位置の同定にも成功した。得られたデータの熱ノイズを基に検討した結果、少なくとも半径 500 nm までは探針先端球を小型化できる目途が立った。次年度は実際に半径 500 nm の球が付いた探針でのすべり長さマッピングを実施する予定である。また、すべり計測と並行して、固液界面特性そのものの研究も進めている。ケルビンプローブフォース顕微鏡や水電解技術を用いることで、接触帯電現象や界面ナノバブルに関する新たな知見が得られつつあり、次年度も継続して研究を行う。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Ishida, H. Teshima, H. Li, Q.-Y. Takahashi, K. Optimizing the methodology for accurate and accessible slip length measurement with atomic force microscopy, *International Journal of Thermofluids*, **22**, 1-9, (2024)