

革新的力学機能材料の創出に向けたナノスケール動的挙動と力学特性機構
の解明

2020年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

水上 雅史

東北大学 未来科学技術共同研究センター
准教授

氷-ゴム界面摩擦機構のマルチスケール解明

主たる共同研究者:

泰岡 顕治 (慶應義塾大学 理工学部 教授)

研究成果の概要

ナノ計測、マクロ計測、シミュレーションにより、氷-ゴム界面の摩擦機構を解明し、摩擦の最適化と省エネルギーを両立する革新的なゴム材料の分子設計のガイドラインの確立を目的としている。2022年度は、ナノ・マクロ計測法の高度化、シミュレーション及び解析モデル構築を進めるとともに、氷プレメルト層の評価、氷-ゴムの接着・摩擦評価を進めた。

水上グループ

(1) 第二世代低温表面力装置/共振ずり測定法(LowT-SFA/RSM)により、最低温度 $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$ での測定を達成した(当初目標 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

(2) 氷と接する表面の化学特性による氷融解挙動の違いを評価した。ポリエチレンオキサイド(PEO)、ポリビニルアルコール(PVA)膜と氷の界面で、約 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上で界面に流動性を示す液体層形成を見いだした。これは、PEO および PVA と氷表面の水分子が相互作用し、氷表面の水分子の水和による融解が起こるといふ新しい知見と考えられる。

泰岡グループ

(1) 氷界面における氷擬似液体層を解析するため、3種類の氷の結晶面について大規模・全原子MDシミュレーションを行い、氷擬似液体層における分子運動を確認した。教師なし深層学習モデルを用いた機械学習により、氷擬似液体層での特異的な水分子運動の温度依存性を確認した。

(2) 氷-高分子界面(PS, PEO)のMDシミュレーションを行い、氷界面と同様に氷擬似液体層を確認した。

Mazuyerグループ

(1) 第二世代 KORI 摩擦試験機の開発として、光学系アライメントの最適化、氷表面の平滑化プロセスを確立し、接触界面のより高精細な可視化が可能となった。

(2) 第二世代 KORI 摩擦試験機を用いて、氷-ゴムの接着エネルギー評価、摩擦力の滑り速度依存性を評価した。摩擦熱による界面温度の変化を表す式で摩擦力を整理すると、単一のカーブに重なり、摩擦熱の効果を取り入れるモデルを提示することができた。

【代表的な原著論文情報】

- 1) M. Mizukami, T. Yanagimachi, N. Ohta, Y. Shibuya, N. Yagi, K. Kurihara, “Structures of Nanoconfined Liquids Determined by Synchrotron X-ray Diffraction”, *Langmuir*, 38, 5248-5256 (2022).
- 2) K. Asada, J. Cayer-Barrioz, D. Mazuyer, “Elastohydrodynamic Film Formation and Sol/Gel Transition of Aqueous Fluids”, *Tribol. Lett.*, 70, 97 (2022).
- 3) M. Mizukami, “Structural characterization of nano-confined liquids by synchrotron X-ray diffraction measurement”, *SPRING-8/SACLA Research Frontiers 2021*, 46-47 (2022).