

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

2021 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

## § 1. 研究成果の概要

2021 年度は 1 年目に引き続き、氷-ゴムの摩擦に最も重要な装置である第二世代低温表面力・共振ずり測定装置(LowT-SFA/RSM) (東北大)、第二世代 KORI 摩擦試験機 (リヨン大) の開発を進め、これらの装置を用いた氷表面の摩擦のナノレベル評価、マクロ摩擦評価を進めた。また、氷-蒸気界面のシミュレーションで氷プレメルト層の評価、ゴム表面のモデリングを開始した。

### 水上グループ

- (1) 第二世代 LowT-SFA/RSM の開発: ペルチェ素子の検討、ペルチェの廃熱の効率化のための装置設計、改良部品の導入などを行い、氷表面温度 $-27^{\circ}\text{C}$ での測定を達成した。
- (2) 氷プレメルト層の形成と特性解明: LowT-SFA/RSM を用いて、ポリスチレン(PS)、ポリエチレンオキサ이드(PEO)、ポリビニルアルコール(PVA)のスピんキャスト膜と氷の界面の特性を評価した。PEO 膜と PVA 膜を氷表面に接触させると、 $-20^{\circ}\text{C}$ 程度の低温においても、流動性を示す液体水が形成され、摩擦が低下することを見いだした。

### 泰岡グループ

- (1) 氷-蒸気界面の分子シミュレーション: 氷 Ih 相(氷の相の一つ。通常の温度、圧力で形成される最も普通の氷の相)構造を用いて大規模な計算を行い、分子の動きの違いを自動的に判定する機械学習の手法を適用して、水分子の短い時間の運動から氷擬似液体層での特異的な水分子運動の存在を確認した。
- (2) 氷-ゴム界面の分子シミュレーションでは、スチレン・ブタジエンゴムの分子動力学シミュレーションを実施し、所望の密度およびガラス転移点を実現するモデルを獲得した。

### Mazuyer グループ

第二世代 KORI 摩擦試験機として、氷-ゴム界面の顕微鏡観察用に高感度・高精細カメラを導入、光学系アライメントの最適化を行った。開発した装置を用いて、 $-18^{\circ}\text{C}$ において氷-ゴム界面の接着力測定と JKR 解析による接着エネルギーと弾性の評価、摩擦の速度依存性を評価した。

## § 2. 研究実施体制

### (1) 水上グループ

- ① 研究代表者: 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)
- ② 研究項目
  - (1) 第二世代低温表面力・共振ずり測定装置 (LowT-SFA/RSM)の開発
  - (2) 氷プレメルト層の形成と特性解明
  - (3) ゴム表面の粘弾性特性評価
  - (4) 氷-ゴム摩擦の評価
  - (5) SBR 材料の調製・提供とタイヤレベルテスト
  - (6) 氷-ゴム摩擦機構の解明とゴム材料設計指針の提案

### (2) 泰岡グループ

- ① 主たる共同研究者: 泰岡 顕治 (慶應義塾大学工学研究科 教授)
- ② 研究項目
  - (1) 氷-蒸気界面の分子シミュレーション
  - (2) 氷-ゴム界面の分子シミュレーション
  - (3) 氷-ゴム界面摩擦の解明と摩擦予測モデルの提案

### (3) Mazuyer グループ

- ① 研究代表者: Denis Mazuyer (Ecole Centrale de Lyon, Laboratory of Tribology and Systems Dynamics, 教授)
- ② 研究項目
  - (1) 第二世代低温表面力・共振ずり測定装置 (LowT-SFA/RSM) の開発
  - (2) 氷プレメルト層の形成と特性解明
  - (3) ゴム表面の粘弾性特性評価
  - (4) 氷-ゴム摩擦の評価
  - (5) SBR 材料の調製・提供とタイヤレベルテスト
  - (6) 氷-ゴム摩擦機構の解明とゴム材料設計指針の提案

### 【代表的な原著論文情報】

- (1) S. Hemette, J. Cayer-Barrioz, D. Mazuyer, “Thermal Effects versus Viscoelasticity in Ice-Rubber Friction Mechanisms”, *Tribol. Int.*, 162, 107129 (2021).