

補助事業番号 2022M-182

補助事業名 2022年度 潤滑領域を制御するソフト材料ナノエンジニアリング 補助事業

補助事業者名 公立小松大学

## 1 研究の概要

高分子を始めとするソフト材料は、金属や無機物等のハード材料と比べて、軽量、柔軟性が高い、生体適合性を付与しやすい、といった利点があるため、歯車やシール材、シリンジなどに機械部品の摺動部に利用されるようになってきた。一方、ソフト材料の潤滑は、ハード材料と比べて複雑で、学術的な理解は進んでいないのが現状である。

本研究では、ソフト材料とその潤滑剤のせん断に対する分子ダイナミクスが摩擦・潤滑性能にどう影響するか？という基礎的な課題に対して、申請者の分光・精密力学測定の双方を用いた研究経験を基に、分子配向・結合が3次的に観測できる多角分解赤外分光装置と摩擦試験機を組み合わせた動的分子構造の評価装置を開発する。開発手法は、ソフト潤滑の学理構築と系統的な材料・機械設計の指針への貢献が期待できる。

## 2 研究の目的と背景

ソフト材料は、柔らかい動作や感触の実現、生体親和性等の機能を示す一方、ハード材料と比べてその特性の分子論的理解が遅れており、学理に基づく系統だった材料・機械の設計が困難となっている。本申請では、申請者のナノ力学・分光計測の研究経験に基づいて、この状況を打破できる潤滑in-situ赤外分光法を開発する。さらに本手法を典型的なソフト潤滑系に適用し、ソフト材料の摩擦・潤滑の動的分子論に基づいた機構解明に利用可能であることを実証する。

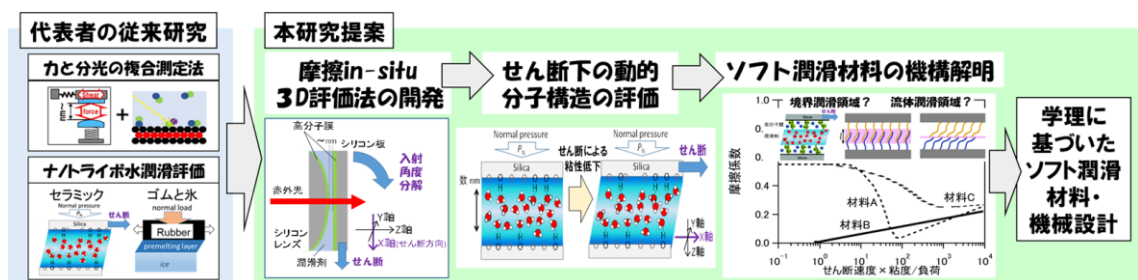
## 3 研究内容

潤滑In-situ赤外分光装置の開発の開発

(<http://seisan.komatsu-u.ac.jp/materials-and-processing-lab/pdf/JKAreportKasuya.pdf>)

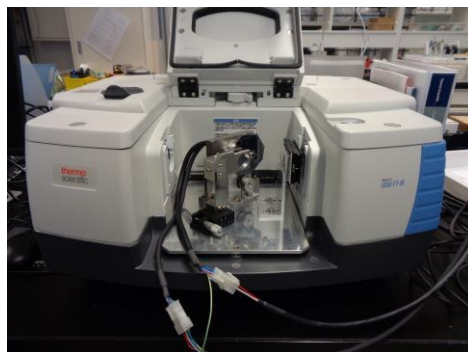
開発する装置に必要な感度をもつ赤外分光装置を選定、発注した。世界的な半導体不足の影響により納品が計画より遅くなり、その後の進行が2か月程度、遅れた。しかしながら、赤外分光装置に組み込む摩擦試験機の設計を年明けには終えて、装置の製作を開始し、2月に完成に至った。その後、完成した装置を用いて、潤滑油モデル物質であるヘキサデカンの潤滑in-situ多角分解赤外分光(MAIRS)測定を行い、潤滑剤のその場評価が可能であることを示せた。

また、スーパーエンジニアリングプラスチックであるフッ素樹脂について、MAIRS法の適用のため薄膜調整法を検討する必要があることが分かり、ポリフルオロアルキルアクリル酸およびテフロン<sup>®</sup>の2種について成膜方法を検討した。ポリフルオロアルキルアクリル酸についてはスピコート法、テフロンについてはスパッタリング法による薄膜を調整可能であることを確かめることができた。さらにこれらの膜についてMAIRS法による3D赤外スペクトル測定を実施し、摩擦に伴うソフト材料の化学状態変化を3次的にとらえられることを示した。



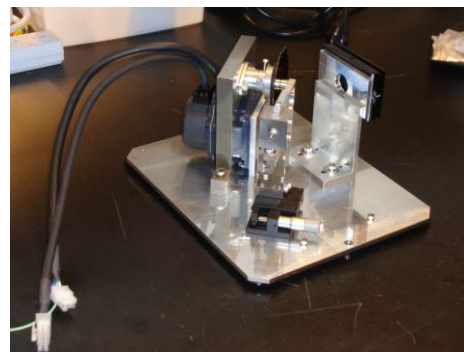
キャプション:

本研究計画のコンセプト



キャプション:

開発した装置の全体図



内部に取り付けた自作の摩擦試験機

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

新規に開発した3D潤滑In-situ赤外分光装置を、フッ素樹脂を代表例とするソフト材料潤滑系に適用することで、機構不明のソフト材料における各潤滑領域の分子レベルの機構解明を行い、これを制御する潤滑ナノエンジニアリング技術を構築することができると期待できる。

高分子を始めとするソフト材料は、金属や無機物等のハード材料と比べて、軽量、柔軟性が高い、生体適合性を付与しやすい、といった利点があるため、歯車やシール材、シリンジなどに機械部品の摺動部に利用される。本研究成果により、その基本性能である潤滑機能が改善され、省エネルギーや機械信頼性・寿命の向上が可能となれば、受益者は自動車やエアコンに代表される一般機械産業や、注射器やステント等の医療機械産業等の、非常に多くの分野にわたる。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本提案は申請者の分光研究+力学研究の両方の研究経験に基づいた独自装置開発により、潤滑界面における動的構造をin-situで3次的に捉え、真に材料・機械設計に貢献できる革新的アプローチと言える。本年度から独立研究室としての活動を開始し、また化学系から機械系に所属を変えた申請者にとって、今後のライフワークとなりうる重要な位置づけとなっている。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

以下2件の学会発表を行った。

1. 高分子電解質修飾したプラスチック表面の水潤滑挙動評価, **粕谷素洋**, William Lee, 火原彰秀, トライボロジー会議 2022 秋 福井, 福井大学 (2022.11.11).
2. フッ素樹脂薄膜における摩擦誘起分子配向変化のMAIRS法による定量的解析, **粕谷素洋**, 長田 透真, 松下 美幸, 塩谷 暢貴, 下赤 卓史, 火原 彰秀, 長谷川 健, 日本化学会 第 103 回春季年会, 東京理科大学, (2023.3.25).

#### 7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

なし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 公立小松大学 生産システム科学部  
(コウリツコマツダイガク セイサンシステムカガクブ)

住 所: 〒923-0971(半角)  
石川県小松市四丁町又1番地3

担 当 者: 准教授 粕谷 素洋 (カスヤモトヒロ)

担 当 部 署: 公立小松大学

E - m a i l: motohiro.kasuya@komatsu-u.ac.jp

U R L:

<http://seisan.komatsu-u.ac.jp/materials-and-processing-lab/index.html>