2023 年度年次報告書
力学機能のナノエンジニアリング
2021 年度採択研究代表者

大塚 雄市

長岡技術科学大学 技学研究院
准教授

疲労摩耗のスケールアップ過程のマルチモーダル計測

研究成果の概要

本研究の目標は、摩擦力顕微鏡とラマン分光によるマルチモーダル計測により、摩耗における塑性変形の効果を解明することおよび分子動力学法および粗視化モデルによる摩耗のスケールアップモデルを構築し、マクロ摩耗との対応を解明することである。

カンチレバーの接触時の損傷波形を計測することが可能であるかを集中して分析し、AE 波の周波数解析とカンチレバーの振動波形を同期測定することで、カンチレバーの接触時の接触変位の動的変化を測定する手法を構築した。そして、運動方程式の逆解析により、得られる変位波形から、接触力の動的変化を計測する手法を構築した。これにより、繰返し負荷時の接触力の動的変化を求めることが可能となった。

また、LAMMPS の初期格子モデルへの変位境界条件として付与し、弾塑性変形下での摩耗解析を、ReaXFF ポテンシャルを活用した反応分子動力学解析を実施した。初期凝着時およびその後の引きはがし過程の摩耗量を接触面内の接触応力分布別に整理し、熱活性化過程による塑性流動モデルと電荷変動によるエレクトロマイグレーションモデルを組み合わせて表現した。その結果、接触速度、接触面圧によらず摩耗量を良好に推定できることを示した。特に、初期接触過程で電荷変動による流動の影響を無視し得ないことを明らかにした。

さらに、赤外線を透過しやすい透明な水酸アパタイト焼結体を用いたフレッティング疲労試験を実施し、一定の接触面圧のもとで繰返し負荷試験を実施して摩耗粉の排出過程を直接観察した。その結果、接触面内での温度変化を捉えることに成功した。