

力学機能のナノエンジニアリング
2021 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

石田 忠

東京工業大学 工学院
准教授

ハイドロゲル摩擦のナノ潤滑機構の流体力学的解析

§ 1. 研究成果の概要

2021年度は、ハイドロゲル摩擦のナノレベル観察用の摩擦試験機の要素技術開発を行った。具体的には、①ハイドロゲル内部のナノ粒子の挙動観察、②ゲル半球付き SU-8 カンチレバーの要素技術開発を行った。

① ハイドロゲル内部のナノ粒子の挙動観察

寒天内の金ナノ粒子の挙動を SEM 観察において、寒天内の金ナノ粒子(直径 200 nm)は流れることなくその場でサブ μm レベルの振動をする様子を確認した。しかし、金ナノ粒子への電子線照射による寒天繊維や粘性に影響し、本来の寒天中での水の流れを可視化できていない可能性があった。そこで、寒天内の金ナノ粒子と同サイズの蛍光シリカビーズ(直径 200 nm)を寒天に懸濁し、寒天内の蛍光ビーズの挙動を観察した。寒天内蛍光ビーズを観察したところ、その場でサブ μm レベルの振動を確認した。これにより、寒天内ナノ粒子の挙動に対して電子線が与える影響は小さいことが確認できた。

② ゲル半球付き SU-8 カンチレバーの要素技術開発

流路を有する SU-8 カンチレバーを作製した。関節で生じる摩擦力を計測するには、カンチレバーのばね定数は 10 N/m オーダーが求められ、SU-8(ヤング率 2 GPa)を使って作製する。長さ 2500 μm 、幅 400 μm 、高さ 70 μm の流路を、長さ 2500 μm 、幅 700 μm 、厚さ 300 μm のカンチレバーに実装したものを設計した。SEM 観察の分解能を上げるために電子線透過膜と摩擦界面を近づけることが望ましく、流路上面を開放した。開放した流路部が親水性、それ以外が疎水性とし、毛細管力で液体導入する。流路断面が小さいと水が導入されず、流路幅 400 μm 、流路高さ 60 μm 以上で寒天溶液が導入できることを確認した。また、親水化処理だけではカンチレバー先端に寒天半球を形成することはできなかつたため、カンチレバー上部に PDMS 板を押し付け、カンチレバー先端に余剰の寒天溶液を押し出し冷却することで、半径 300 μm の寒天半球を形成した。ただし、寒天半球は 130 秒で乾燥したため、蒸発防止技術が必要であることが分かった。