

力学機能のナノエンジニアリング  
2020 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書
------------------

伊藤 伸太郎

名古屋大学 大学院工学研究科  
准教授

界面相互作用計測による高分子境界膜の潤滑機構解明

## § 1. 研究成果の概要

ナノメートル厚さの高分子境界膜が発現する潤滑機能の解明を目指して、膜の力学物性の定量化に取り組んだ。今年度は、高分子境界膜として水和した MPC ポリマーブラシ膜を対象とし、そのずり粘弾性測定を実現した。これまでの研究で開発を進めてきたファイバーウォブリング法(FWM)の測定系を改良して、薄膜のずり粘弾性とナノメートルオーダーのせん断隙間の同時計測を可能とした。FWM は先端が球形状のプローブをしゅう動子として用い、正弦的に加振したプローブ先端で薄膜をせん断する。その時のプローブ先端の振幅変化と位相遅れを測定することにより、薄膜のずり粘弾性を定量化する。せん断隙間を測定するために、FWM の測定系を倒立顕微鏡上に構築し、プローブ先端と基板間の隙間分布によって形成される干渉縞を観測した。隙間の測定精度は 5 nm を達成した。

プローブ先端と基板間のせん断隙間を狭小化させる過程で、ずり粘弾性(減衰係数  $c$ 、ばね係数  $k$ )を測定し、同時に光干渉縞の観測によりせん断隙間も測定した。これにより水和 MPC ポリマーブラシ膜のずり粘弾性のせん断隙間依存性を明らかにした。弾性  $k$  は最小隙間まで単調増加した。一方、 $c$  はせん断隙間の減少に伴って単調増加し、50 nm 程度の隙間で最大となって、それ以下では減少した。すなわち隙間 50 nm 以下では弾性が支配的であった。また、隙間 50 nm から 150 nm では粘性と弾性が同程度であり、150 nm 以上では粘性が支配的となった。これらの結果から水和 MPC ポリマーブラシ膜は、隙間に依存して粘性、粘弾性、弾性の力学特性を有することが明らかになった。このようにせん断隙間に依存する特有の力学特性(ずり粘弾性)は、潤滑メカニズム解明のために基盤的な知見となると考えられる。