

所属：名古屋大学

氏名：東 直輝



2020年度助成 研究 終了 報告書

※ゴシック文字で記入下さい。

研究テーマ	ナノすきま摺動におけるすきま形状と潤滑油流れの同時計測法の提案
研究の結果	<p>持続可能社会の実現のために機械システムのエネルギー効率の向上が求められている。自動車産業では、エンジンなどの各摺動部の潤滑油の低粘度化によって粘性損失を低減させることで、さらなる燃費向上を試みている。一方で、潤滑油の低粘度化によって摺動すきまはマイクロスケールからナノスケールにまで狭小化している。しかし、ナノすきまの流体の流れは、マクロすきまの流体理論と異なる可能性があるため、ナノすきま内の潤滑現象の解明には、流れ場の計測が必要である。一般に、流れ分布計測には、多数の蛍光分子を塗布した粒子を流体に混合し、顕微鏡によって蛍光像を追跡することで流速を測定する方法が用いられてきた。しかし、これまでは、粒子の直径が数十～数百 nm と大きく、数百 nm よりも小さなすきまの流れ分布の計測は実現できていなかった。そこで本研究では、一分子の直径が 10 nm の蛍光ナノ粒子を用いた流速測定を実現し、ナノすきま内の潤滑油の流れ分布計測を実現することを目的とした。</p> <p>試料として、シリコンオイルに蛍光ナノ粒子(直径 10 nm)を混合した。球面レンズとガラス基板の間に蛍光粒子を混合したシリコンオイルを滴下し、すきまを一定速度で狭小化することで流れを発生させた。光源を用いて下から励起光を照射し、蛍光ナノ粒子の蛍光像を高感度カメラで撮像した。本研究では、ナノすきまの流れ分布の定量計測のために二つの課題を実施した。一つ目の課題は、蛍光ナノ粒子の混合条件の検討である。蛍光ナノ粒子を試料に混合する際に蛍光ナノ粒子が凝集する問題が生じた。そこで、超音波攪拌や多孔質フィルタ処理、混合時間・温度の検討を行い、蛍光ナノ粒子一粒子の混合に成功した。二つ目の課題は、流れ分布とすきま分布の同時計測である。ナノすきまの流れ分布を定量的に評価するには、すきま分布の計測が必須であった。そこで、蛍光ナノ粒子の蛍光像と固体表面の反射光から形成される光干渉像を二台のカメラで同時に撮像する光学系を構築した。これにより、蛍光追跡による流れ分布と光干渉法によるすきま分布の同時計測を実現した。</p> <p>蛍光追跡の結果は、ナノすきまにおける流れの計測に成功したことを示した。また、それと同時にすきま分布も数 nm の精度で計測に成功した。流れ分布の計測結果は、レイノルズ式から算出された理論結果との比較によってその妥当性を評価した。その結果、本研究で開発した装置を用いて、数百 nm のすきまでの流速分布の定量計測に成功した。これは、先行研究で流れ分布の定量計測が実現された際のすきまと比較して小さく、本手法の有効性を示した。</p> <p>本研究で提案する定量的な流速計測は、ナノすきまを有する機械システムの理論設計や動作原理の検証だけでなく、ナノすきまにおける弾性流体潤滑や流体潤滑といったユニークで興味深い現象をその場測定で解明するために利用できることが期待される。</p>
研究発表 (実績)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 美木 克貴, 東 直輝, 福澤 健二, 伊藤 伸太郎, 張 賀東, 量子ドットを用いた蛍光一分子追跡によるマイクロすきまのスクイズ流れ計測, 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門 (IIP 部門) 講演会 (IIP2021), IIP1B1-3 (2021). 2. 美木 克貴, 東 直輝, 福澤 健二, 伊藤 伸太郎, 張 賀東, 蛍光一分子追跡を用いた固体二面間のすきま狭小時のスクイズ流れ計測, 日本機械学会 2021 年度 年次大会, J111-13 (2021). 3. 美木 克貴, 東 直輝, 福澤 健二, 伊藤 伸太郎, 張 賀東, 量子ドットを用いた粒子画像流速計測法による潤滑油のスクイズ流れ分布計測 日本機械学会 第 12 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, MN1-09P3-2 (2021).

提出期限：研究期間終了後、すみやかに助成金の「必要経費使途明細書」「領収書」と合わせて提出下さい。
年度をまたぐ場合は毎年3月末日までに、途中経過をご記入の上、報告願います。