

補助事業番号 28-117

補助事業名 平成28年度 接触域内その場観察に基づく

高性能グリース開発指針の確立 補助事業

補助事業者名 九州工業大学 大学院工学研究院 機械知能工学研究系 西川宏志

## 1 研究の概要

転がり軸受など、多くの機械要素の潤滑に欠かせないグリースは、微細な固体である増ちょう剤を含むために流動特性が複雑であり、低速領域で厚膜を形成するなどグリース膜形成のメカニズムは未だ解明されていない。本研究は、高性能グリース開発の指針確立を目的とし、鋼球とガラス円板からなる点接触部のグリース膜形成状態を、光干渉法を利用してナノメートル分解能で直接観察し、グリースの挙動を支配する増ちょう剤の挙動を調査した。

## 2 研究の目的と背景 (<https://nishikawah.wixsite.com/kit-nishikawa/grease-ehl>)

世界に200億個以上存在し、その外径が1.5mmから10数mにわたる様々な転がり軸受をはじめ、多くの機械要素の潤滑剤としてグリースはなくてはならないものである。グリースは、その使用箇所に応じて必要とされる特性が異なり、多様なグリースが開発されている。例えば、ハードディスクのヘッドを位置決めするアクチエータのピボットでは、nmレベルでの安定性が必要であり、電気自動車やハイブリッド車の静粛化はグリース膜の不均一さから生じる振動・騒音が問題となっている。自動車用発電機軸受は、100℃を超える条件下で数10万km走行する長期間にわたる寿命が要求される。これらに対応するためのグリースの高性能化は、摩擦低減による省エネルギー化をはじめ、グリース寿命延長、機械要素の寿命延長による省資源化にも大きく寄与している。しかしながら、その流動特性が特異であり、未だ挙動は十分解明されておらず、開発には多くのトライアンドエラーが必要である。

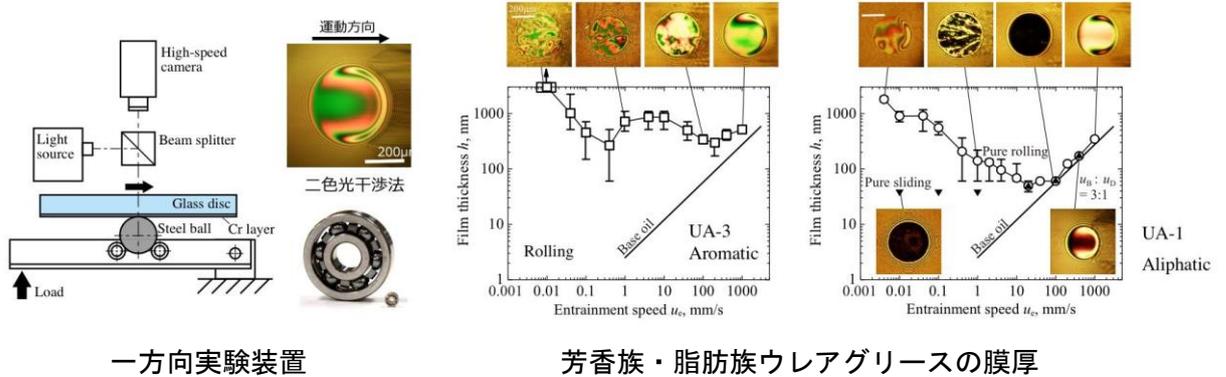
本研究は、グリースを高性能化するために不可欠な増ちょう剤の挙動を解明し、最適な特性を持つグリース開発の指針を得ることを目的としており、高性能グリースによる省エネルギー・省資源化を通じた社会への貢献が最終目的である。

## 3 研究内容

### (1) 一方向運動 (<https://nishikawah.wixsite.com/kit-nishikawa/grease-rolling-sliding>)

グリース膜の形成において、高速域ではグリースの基油の性状が膜厚を決めることが知られている。一方、低速域では、グリース種により膜厚が大きく異なり、膜厚の変動状況も様々である。本研究では、低速域での膜厚上昇について、従来は測定されていなかった1μm/s

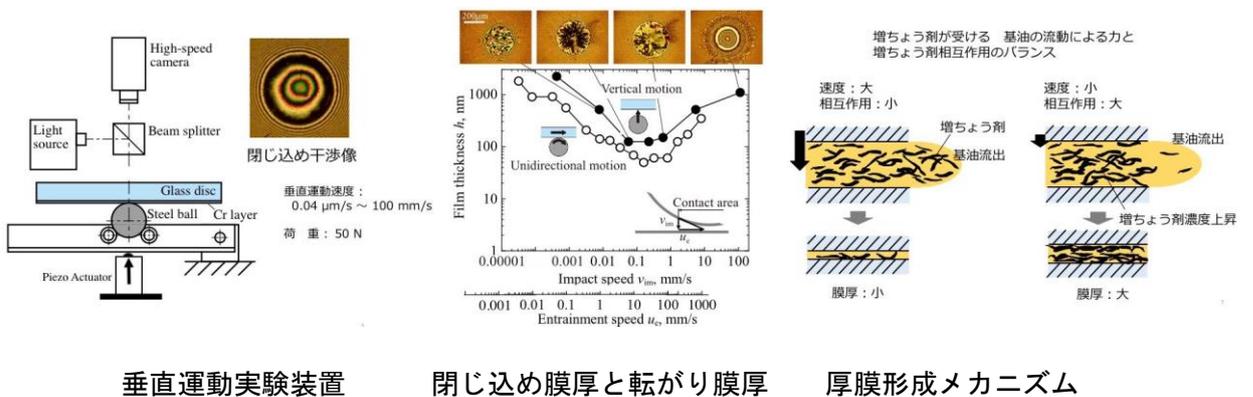
の極低速条件まで拡張して実験を行うことにより、増ちょう剤挙動に関する新たな知見を得ることができた。



実験は、二色光干渉法を用い、直径25.4mmの鋼球とガラス円板で形成される接触部の干渉像より油膜厚さ分布を直接観察した。3種のウレアグリースを使用し、芳香族および脂環式グリースでは、100 mm/s 以下では油膜変動が大きく、機械に使用すると振動・ノイズ発生につながる可能性が高いことがわかった。一方、脂肪族グリースでは、10 mm/s まで膜厚分布が平滑であり、振動に対して有利である。さらに速度が低下すると最低膜厚となったのち、速度低下とともに膜厚が厚くなり1  $\mu\text{m}$  を超えた。これは、グリースが増ちょう剤の影響により接触部近傍でのせん断速度低下に伴い見かけの粘度が上昇することと対応しており、微小な増ちょう剤間の相互作用が支配的になることが原因である。滑りが生じた場合の膜厚が、極低速域と高速域で異なる現象もこれを裏付けている。また、増ちょう剤間の相互作用が大きい芳香族および脂環式ウレアグリースにおいては、この影響が本実験速度範囲全域で影響し厚膜を形成したことがわかる。

(2) 垂直運動 (<https://nishikawah.wixsite.com/kit-nishikawa/grease-impact>)

隙間を設けた状態から、接触面に対して垂直方向に運動して接触させ、それを維持した場合の膜厚を調査した。高速域では、接近速度が速いほど膜厚が厚いが、閉じ込め直後の膜

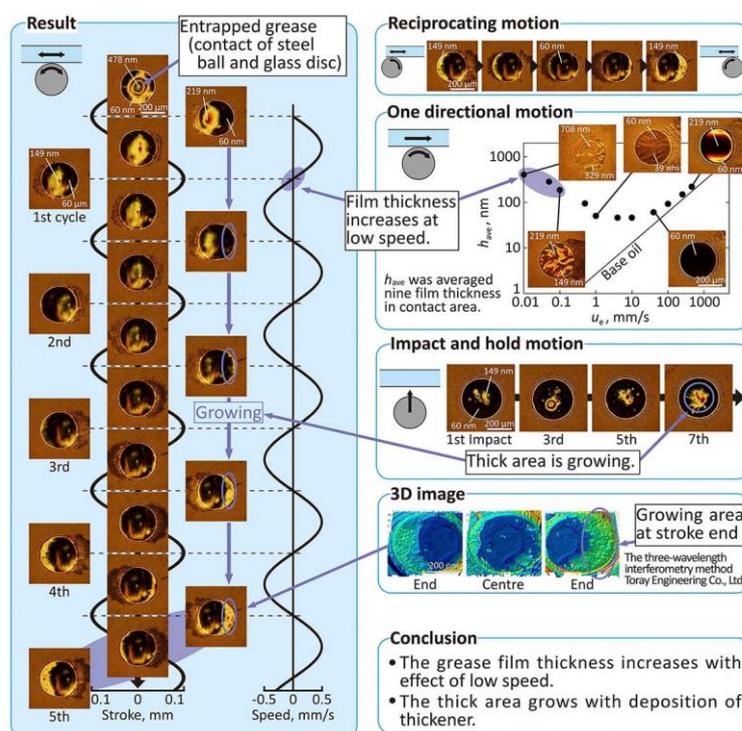


厚が時間経過とともに薄くなるが、ある程度薄くなると維持された。これは、基油成分が流出し、増ちょう剤が残るためである。

0.04 μm/s などの低速条件では、速度低下とともに閉じ込め膜厚が 2 μm 以上に厚くなり、また、時間経過とともに膜厚が減少することはなく一定値を保った。すなわち、初期濃度よりも濃縮された増ちょう剤が存在し、厚膜を形成した。

### (3) 往復運動 (<https://nishikawah.wixsite.com/kit-nishikawa/grease-reciprocating>)

往復運動条件下でのグリース膜形成を調査し、往復ストロークが十分長い場合の油膜挙動は、一方向運動下と同様であること、接触域直径以下のストロークで運動する条件下では、ストロークエンドでの接触域端部の膜厚が時間とともに厚くなることを示した。これは増ちょう剤の堆積が時間とともに進行していくためであり、繰り返し閉じ込めを行った場合の膜厚の増加と同じ現象である。



微小ストローク往復運動でのグリース膜の成長

## 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

グリース開発において、本研究で明らかにした増ちょう剤の種類によって異なる膜形成挙動を利用することで、目的とする機械要素が使用される速度域や許される膜厚変動の大きさ、接触表面の粗さなどに適した膜を形成するグリースの方向性が予測できる。特に、低騒音化が要求される電気モータ用や精密機械用グリースの開発に応用できる。また、グリースが極く少量で試験可能な、垂直運動閉じ込め試験により、増ちょう剤分散状況や一方向運動での膜厚がわかるので、増ちょう剤の特性把握やロール処理状態の把握に有用である。

## 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまで弾性流体潤滑下での潤滑油・グリースの挙動について研究を行ってきたが、本研究で導入した広範囲な速度設定が可能なアクチュエータシステムによって、従来は設定でき

なかった条件での試験を実施できるようになった。その結果、多くの新たな知見を得て研究が大きく前進し、今後もさらなる発展が可能になった。また、研究担当学生を海外を含む学会発表に参加させることができ、大きな教育上の効果を得ることができた。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

### 【学会発表】

- ・往復運動下におけるグリースEHL油膜の挙動, 池田直哉, 西川宏志, トライボロジー会議2016春東京, 2016. 5. 23-25
- ・極低速域におけるグリースEHL膜の観察, 池田直哉, 三田雄真, 西川宏志, トライボロジー会議2016秋新潟, 2016. 10. 12-14
- ・Observation of Grease EHL Films in Reciprocating and Impact Motions, Ikeda, N., Nishikawa, H., 43rd LEEDS-LYON SYMPOSIUM on TRIBOLOGY, Leeds, United Kingdom, 2016. 9. 6-9
- ・極低速一方向運動および垂直運動下の グリースEHL膜挙動, 西川宏志, 池田直哉, 三田雄真, 米原匡亮, 村上 雄一, トライボロジー会議2017春東京, 2017. 5. 15-17
- ・Behaviour of Grease EHL Films in very low velocity, Nishikawa, H., Ikeda, N., 6th World Tribology Congress, Beijing, China, 2017. 9. 17-9. 22 (発表決定)

## 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

上記【学会発表】講演論文、およびポスター発表用ポスター

### (2) (1) 以外で当事業において作成したもの

該当なし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名：九州工業大学 大学院工学研究院

(キューシュウコウギョウダイガク ダイガクインコウガクケンキュウイン)

住 所：〒804-8550

福岡県北九州市戸畑区仙水1番1号

申 請 者：助教 西川 宏志 (ニシカワヒロシ)

担 当 部 署：機械知能工学系 トライボロジー研究室

(キカイチノウコウガクケイ トライボロジーケンキュウシツ)

E - m a i l : nisikawa@mech.kyutech.ac.jp

U R L : <https://nishikawah.wixsite.com/kit-nishikawa> (西川研究紹介)

<http://www.kyutech.ac.jp> (大学)