

補助事業番号 2018M-129

補助事業名 平成30年度 極低速スクイズ閉じ込め現象に基づく

グリース増ちょう剤挙動の解明 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低速領域では厚膜を形成するなど、潤滑膜形成のメカニズムは未だ解明されていない。本研究は、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の光干渉法を利用した直接観察、補助により導入したレオメータによる流動特性調査、軸受トルク計測などを行い、グリースの挙動を支配する増ちょう剤の影響を調査した。極低速スクイズによって形成した閉じ込め厚膜の摩擦挙動から増ちょう剤特性が把握できることなどを明らかにした。

## 2 研究の目的と背景

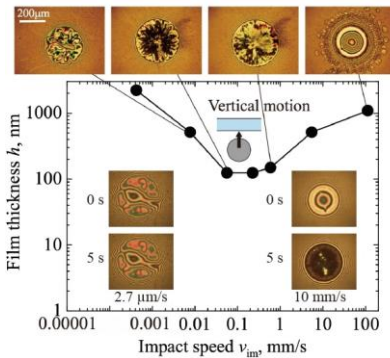
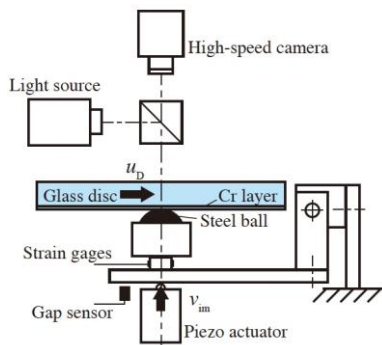
### 研究の目的と背景

世界に200億個以上存在する転がり軸受をはじめとした多くの機械要素の潤滑剤としてグリースは不可欠である。グリースは、その使用箇所に応じて必要な特性が異なる。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軸受では、nmレベルでの安定性が必要であり、電気自動車ではグリース膜の不均一さから生じる振動・騒音が問題となる。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、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が、その流動特性が特異で未だ挙動は十分解明されていない。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影響を解明し、最適な特性を持つグリース開発の指針を得ることが目的であり、これにより省エネルギー・省資源化による社会への貢献を目指すものである。



## 3 研究内容 (<https://nishikawah.wixsite.com/kit-nishikawa/grease-eh1>)

グリース膜の形成において、高速域では基油の性状が膜厚を決めるが知られている。一方、低速域では、グリース種により膜厚が大きく異なる。補助事業者は、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  $1 \mu\text{m/s}$  の極低速条件まで実験を行うことにより、多くのグリースが極低速転がり、および垂直運動下で厚い膜を形成する知見を得た。本研究では、この現象を利用して極低速垂直運動下で増ちょう剤比率の高い厚膜を形成したのち、低速滑り運動させることでウレア系増ちょう剤の摩擦特性を調査した。

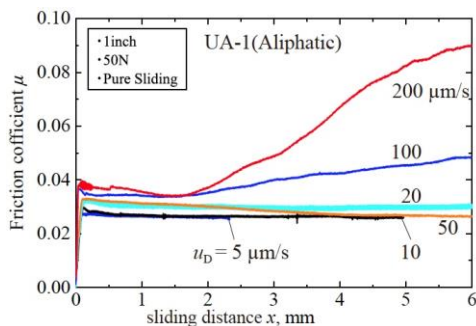


閉じ込め・滑り実験装置

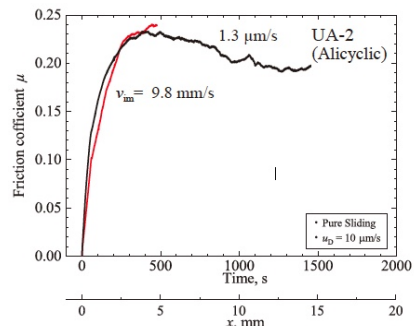
垂直運動下のグリース膜 (UA-1、芳香族)

滑り速度を変化させた場合の摩擦係数の移動距離について調査し、50  $\mu\text{m/s}$  以下の速度では速度によらず、滑りにより膜厚が減少しても一定の摩擦係数となり、固体潤滑剂的な挙動を示した。増ちょう剤種が脂環族系の場合には、芳香族に対して数倍の摩擦係数を示し、増ちょう剤相互作用の強さが摩擦係数に現れている。これを利用することで表面への付着性、グリース不足が起こったときの摩擦の低さなど用途に適した増ちょう剤を選定できる。

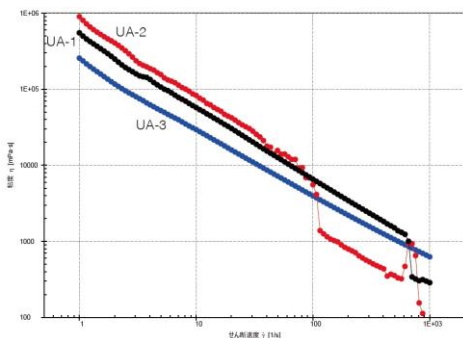
グリースの粘弾性特性を導入したレオメータにより測定した。せん断速度の増加に伴い、見かけ粘度は大きく低下したが、せん断速度が問題なく測定できた40 1/sまではUA-2が最も見かけ粘度が高かった。振動測定で得られたパラメータ  $\text{Tan } \delta$  は、1以上であれば液体的挙動をすると考えられ、UA-1が最も大きなせん断速度まで  $\text{Tan } \delta$  が1を超えず、早期に軸受ト



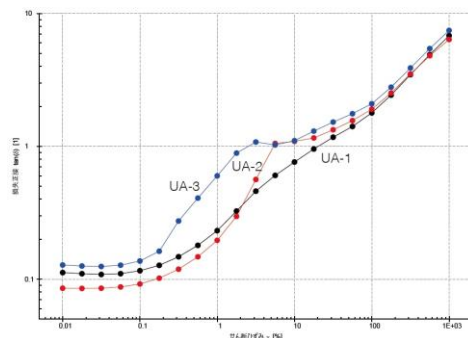
摩擦に及ぼす滑り速度の影響



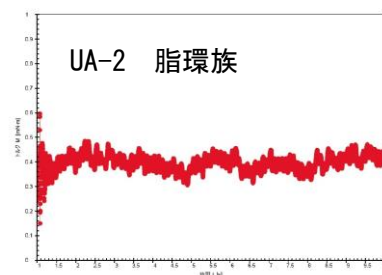
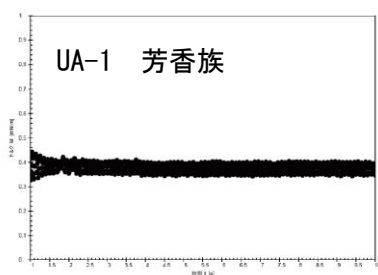
グリース UA-2 (脂環族) の摩擦



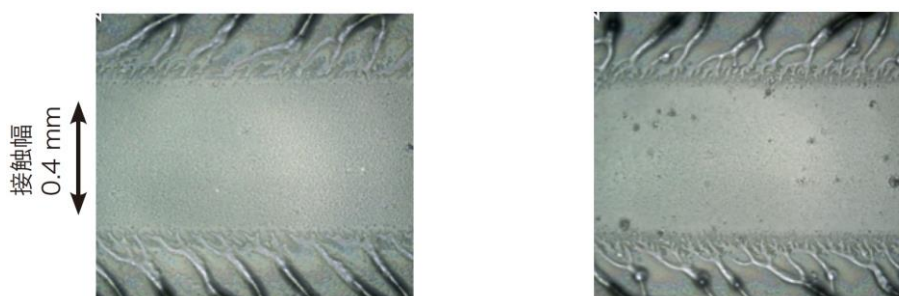
見かけ粘度に及ぼすせん断速度の影響



グリースの流動特性 ( $\text{Tan } \delta$ )



軸受トルクの変化 (600 rpm)



グリーストラック (鋼球転動痕)

トルクが安定するチャネリング型特性と対応する。

導入したレオメータは、極低速  $10^{-9}$  rad/s ~ 314 rad/s で広範囲に軸回転速度を可変できるため、軸受トルク試験に使用できるよう単列深溝玉軸受を利用した試験部を製作しトルクを測定した。グリース UA-1 は 安定したトルクを示したが、UA-2 は変動が大きく、高いトルクが必要であった。これは、閉じ込め滑り試験結果、見かけ粘度測定結果と対応している。

グリースを塗布したガラス円板に鋼球を接触させ 10 mm/s で純転がり運動した後の転動痕を観察した。グリース UA-1 は、平滑な厚さを示したが、UA-2 は島状の不均一部分があり、トルク変動との関係が考えられる。極低速条件では軸受保持器と鋼球の滑り速度が低くせん断速度が低下するためグリースの見かけ粘度が高いものはトルクが大きく、また閉じ込め試験、低速転がり試験において大きな膜厚不均一が観察されたグリースはトルク試験において変動が大きかった。すなわち、軸受試験と本研究で行った閉じ込め滑り試験を始めとする試験結果が対応しており、本研究で行った試験によって増ちょうの影響を把握することで、新たなグリース開発の指標とすることができる。

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか一展望

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開発の指針となる。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、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、本研究で導入したレオメータによって、従来は設定できなかった広範囲な条件での粘弾性計測を実施できるようになった。その結果、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。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

### 学会発表

西川宏志, 仲摩綾香、グリース閉じ込め膜の摩擦挙動、トライボロジー会議2018春 東京、2018. 5. 21~5. 23

H. Nishikawa, Friction behavior of squeezed grease film、45th LEEDS-LYON SYMPOSIUM on TRIBOLOGY, Leeds, UK 2018. 9. 4~7

H. Nishikawa, T. Komoto K. Sunahara, Behaviour of Grease Film under Impact and Sliding Motion, 46th LEEDS-LYON SYMPOSIUM on TRIBOLOGY, Lyon, France, 2019. 9. 2~4 (発表確定)

H. Nishikawa, Effect of Thickener on Sliding Behaviour of Squeezed Grease Film, International Tribology Conference (ITC) Sendai 2019, Sendai, Japan, 2019. 9. 17~21, (発表確定)

## 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

上記講演論文、および発表用ポスター

### (2)(1)以外で当事業において作成したもの

研究紹介ホームページ(<https://nishikawah.wixsite.com/kit-nishikawa/grease-ehl>)

## 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 : [nishikawa.hiroshi908@mail.kyutech.jp](mailto:nishikawa.hiroshi908@mail.kyutech.jp)

U R L : <https://nishikawah.wixsite.com/kit-nishikawa>