



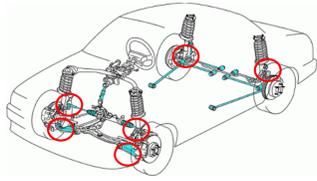
プロジェクトメンバー：機械工学系 准教授 竹市嘉紀、博士 鈴木学(株式会社ソミック石川)、
修士2年 丸山晃征、修士1年 安藤尊啓、学部4年 宮田要

背景

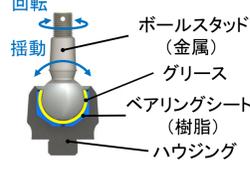
【ボールジョイントのトライボロジー^[1]】

ボールジョイントは関節の役割をする部品である。自動車用としては車両の方向を変える操舵装置、車体を支える懸架装置、その他リンク部品として使用される。ボールジョイントは回転や揺動といった動きで使用され、一般的なベアリングのような一方の動きの製品とは異なる。摩擦部はボールスタッドとベアリングシートのグリース潤滑で構成される。グリースは製品の寿命やトルク特性に大きく影響すると考える。グリースの油膜を維持する条件や潤滑メカニズムを明らかにすることにより、耐久性の高いボールジョイントの設計が可能となる。しかしながらグリースによる潤滑は固体である増ちょう剤と液体の基油から構成され複雑で不明確な部分が多い。また樹脂を対象とした往復すべりの研究はあまり報告されていない。

本研究では、ボールジョイントの潤滑メカニズムを理解するためピンとディスクの往復動すべりでモデル化し、グリースの挙動を明らかにすることを目的とし、蛍光法を利用し摩擦部でのグリースの挙動を共焦点レーザー顕微鏡で観察する。



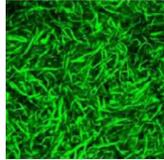
ボールジョイント使用部位



ボールジョイント模式図

試料

蛍光法による観察の先行研究として増ちょう剤に蛍光性のある官能基を持つジウレアグリースで報告がされている。^[2] 本研究でも同様の蛍光観察を計画する。しかしながら対象グリースは蛍光特性を持たないため、少量の蛍光剤(クマリン6)を添加(0.01mass%)した。



先行研究観察例^[2]

ボールジョイント用グリース



蛍光剤



グリースA



増ちょう剤濃度 : 3.9 mass%
せん断粘度 : 3.43Pa·s (100[1/s])

実験

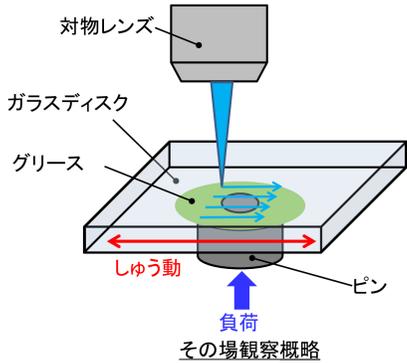
蛍光観察には共焦点レーザー顕微鏡(Nikon A1)を用いた次の2種類の観察を実施

【基礎観察】

スライドガラス上に作成したグリースを塗布し蛍光観察を実施、蛍光スペクトルを取得した。

【摩擦面のその場観察】

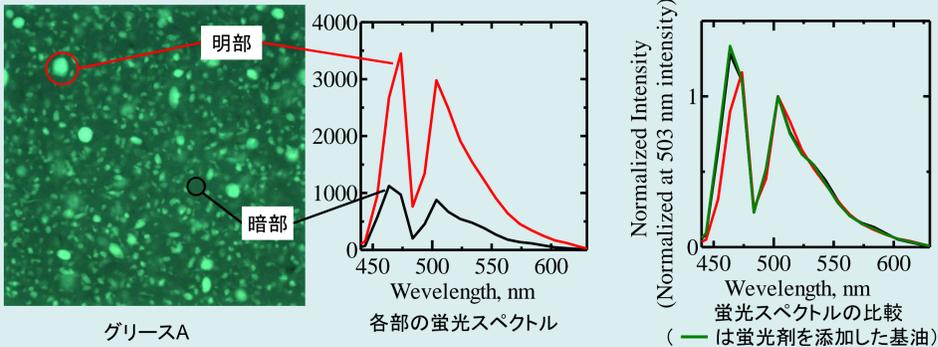
右図に示すような試験装置を作成し観察部に組み込み、その場観察を行った。
試験はピンオンディスク式往復動摩擦を行い、ピンとガラスディスクの間にグリースを塗布し、一定荷重が加わるまでの押しつぶし観察とその後一定荷重のもとガラスディスクをしゅう動させ、増ちょう剤の挙動の観察を行った。



その場観察概略

蛍光グリースの基礎観察

スライドガラスに塗布したグリースAの観察結果、各部の蛍光スペクトルを取得した。



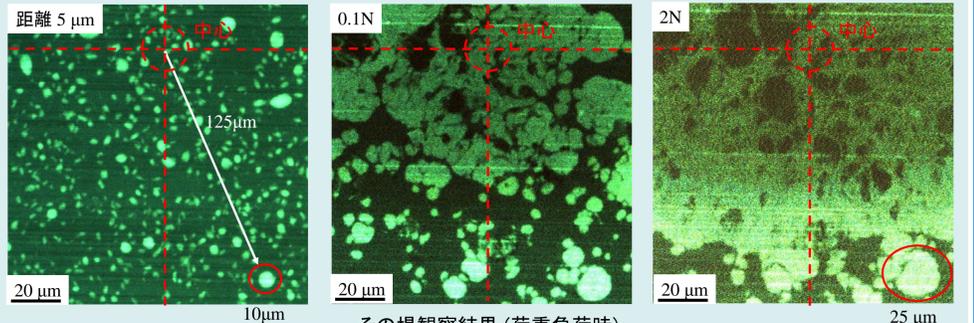
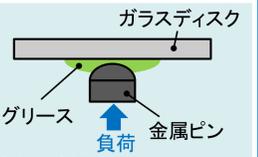
・グリース中には増ちょう剤の繊維塊と思われる明部と基油と思われる暗部が存在することが確認された。
・各部の蛍光スペクトルは、スペクトルの形状が異なる。
・追加で観察された蛍光剤を添加した基油の蛍光スペクトルと合わせて比較したところ、暗部と基油の形状が一致。
・観察されたグリースの明部は増ちょう剤の繊維塊、暗部は基油であることが示唆された。

摩擦面のその場観察結果

【摩擦面のその場観察】 観察は『負荷』⇒『往復しゅう動』の順で実施

『負荷時の挙動』

隙間の十分広い状態からピンがディスクに接近させ最大荷重2Nを『負荷』する。隙間の十分に広い状態からピンがディスクに接近させ最大荷重2Nを『負荷』する。静的観察と同様にグリース中に繊維塊が複数確認された。荷重を加えていくと徐々に繊維塊が押しつぶされ変形し、また隣接する繊維塊の結合を確認した。



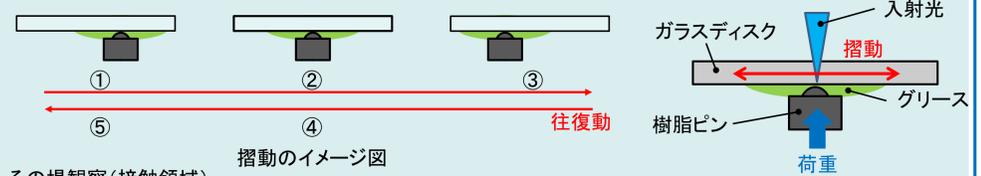
その場観察結果(荷重負荷時)



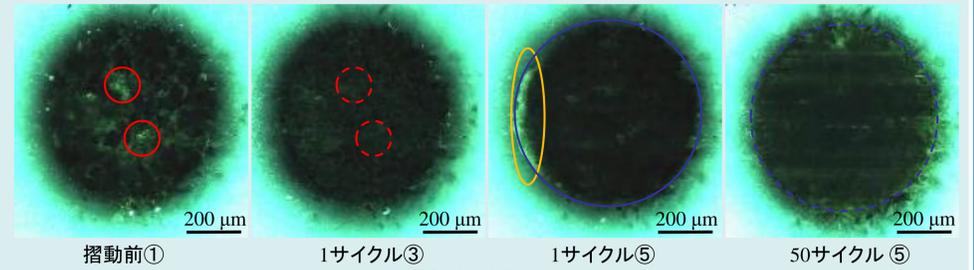
・ディスクとピンの間に捕らえられた繊維塊や捕らえられずに中心から離れてゆく繊維塊が観察された。
・荷重が負荷されると繊維塊がつぶされ、互いに付着し合い膜を形成する様子が観察された。
・負荷荷重が2Nに達すると、ピン先端とディスクの間の距離は1µm以下になる。

『往復しゅう動時の挙動』

荷重負荷後、一定の振幅及び速度でガラスディスクを揺動させグリースの挙動を観察。



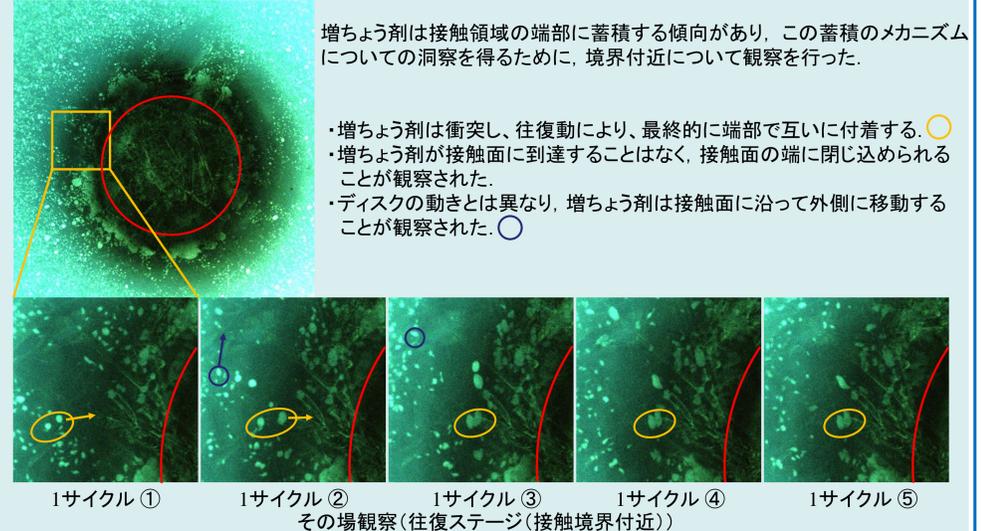
その場観察(接触領域)



その場観察(往復ステージ)

・揺動後接触部に増ちょう剤は観察されず、増ちょう剤が接触領域の端部に蓄積するのが観察された。
・揺動回数(50サイクル)の後、増ちょう剤が接触領域に滑らかな膜を形成するのが観察された。

その場観察(境界付近)



増ちょう剤は接触領域の端部に蓄積する傾向があり、この蓄積のメカニズムについての洞察を得るために、境界付近について観察を行った。

・増ちょう剤は衝突し、往復動により、最終的に端部で互いに付着することが観察された。
・増ちょう剤が接触面に到達することではなく、接触面の端に閉じ込められることが観察された。
・ディスクの動きとは異なり、増ちょう剤は接触面に沿って外側に移動することが観察された。

まとめ

共焦点レーザー顕微鏡を使用して、増ちょう剤繊維塊と思われる粒子しゅう動面での挙動をその場観察ができた。その場観察によって以下の結果を得た。

- ・繊維塊が荷重をくわえることによって押しつぶされたり、他の粒子と結合している様子が観察された
- ・繊維塊がしゅう動を行うことで接触面周辺に堆積する様子が観察された
- ・しゅう動回数が増えるに連れて、増ちょう剤の膜と思われるものが観察された

今後の展望

- ・しゅう動条件と増ちょう剤の挙動の関係をまとめる。
- ・揺動後のピンに残った増ちょう剤の分布を調べその場観察の結果との関係を調べる。
- ・蛍光剤の添加を必要としないウレアグリースによる観察の実施

参考文献

- [1] 鈴木学, 白井忠義 : ボールジョイントの技術動向とトライボロジー, トライボロジスト, 54, 9(2009) 604-609
- [2] 吉原, 森内 : グリース中の増ちょう剤の直接観察, トライボロジー会議予稿集 東京(2016)D16