



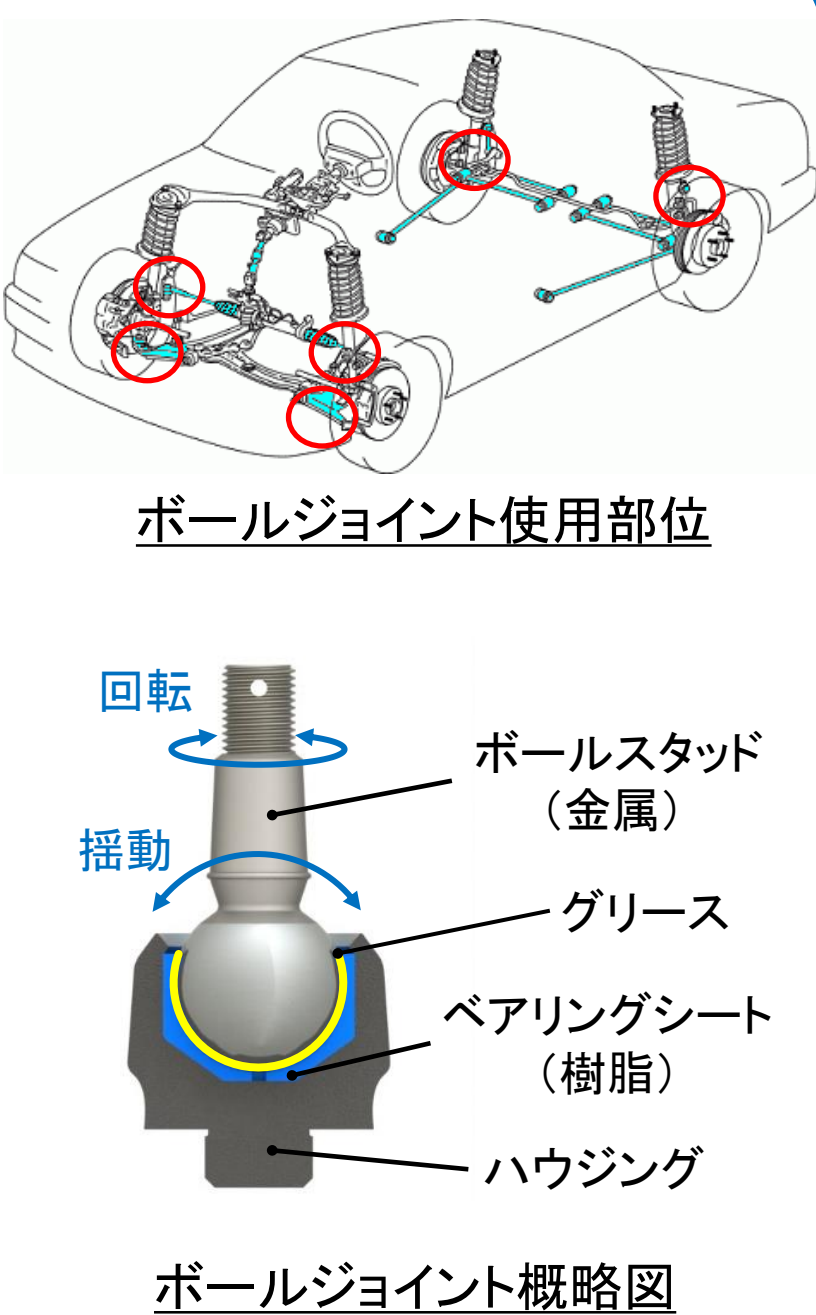
プロジェクトメンバー：機械工学系 准教授 竹市嘉紀、博士 鈴木学(株式会社ソミック石川)、
修士2年 羽場崎祥、 修士1年 岩月健斗、 学部4年 伊野波盛隆

背景

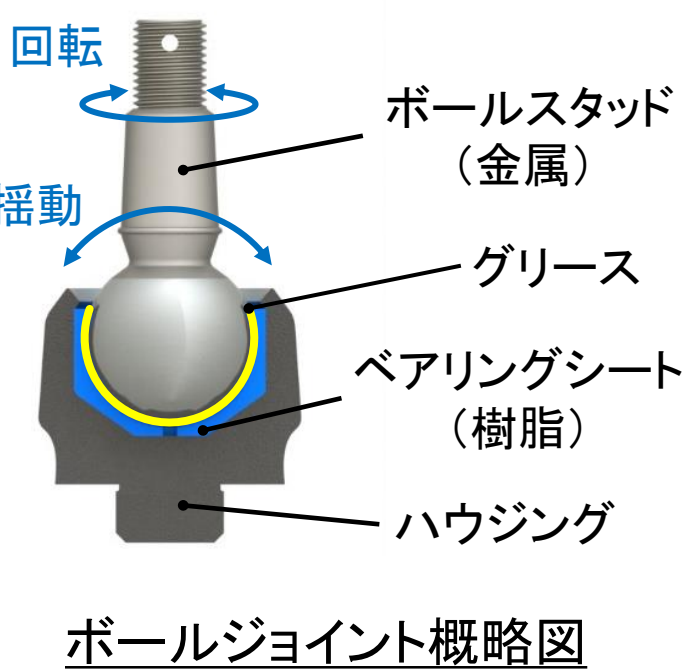
【ボールジョイントのトライボロジー】

ボールジョイントは関節の役割を担う部品である。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、その他リンク部品に使用される。ボールジョイントはボールスタッドとベアリングシートから構成され、摩擦部はグリースによって潤滑されている。グリースは固体の増ちょう剤と液体の基油から構成される潤滑剤である^[1]。ボールジョイントは回転・揺動運動が低速状態で使用されるため、基油には高粘度のPAO(ポリ α オレフィン)が用いられているが、低温動作時に課題がある^[2]。そこで、PAOより**粘度温度依存性が低いジメチルシリコンオイルを基油に用い、広い温度域で性能維持が可能なグリースの開発**が進められている。これまでに我々は、それぞれの基油の潤滑特性と、各基油をベースとしたグリースの潤滑特性を摩擦試験により評価した^[3]。基油潤滑ではPAOに比べシリコンオイルが試験中低い摩擦係数を維持した。グリース潤滑では基油の特徴が表れると予想されていたがPAO系グリースに比べシリコン系グリースが高い摩擦係数を示す場合があった。

使用したグリースはどちらもステアリン酸リチウムを増ちょう剤としているが、異なる摩擦試験結果が得られたことから、グリース中増ちょう剤状態が異なる可能性があると考えた。そこで本研究では、リチウム系グリースの蛍光法によるすべり摩擦面におけるグリース中の増ちょう剤の挙動のその場観察を行い、グリースの潤滑メカニズムを明らかにすることを目的とした。



ボールジョイント使用部位



ボールジョイント概略図

グリース

使用するグリースはステアリン酸リチウムを増ちょう剤としたグリースである。グリースA、Cは蛍光特性を有さないグリースB、Dに蛍光剤を添加した試料である。

グリース一覧

名称	グリースA	グリースB	グリースC	グリースD
増ちょう剤	ステアリン酸リチウム			
基油	PAO		ジメチルシリコンオイル	
増ちょう剤濃度, mass%	17.4		不明	
蛍光剤	クマリン6		クマリン6	
蛍光剤添加量, mass%	0.01		0.01	
ちょう度	280		290	
グリース外観				

観察

蛍光観察には共焦点レーザー顕微鏡(Nikon A1)を用いた。

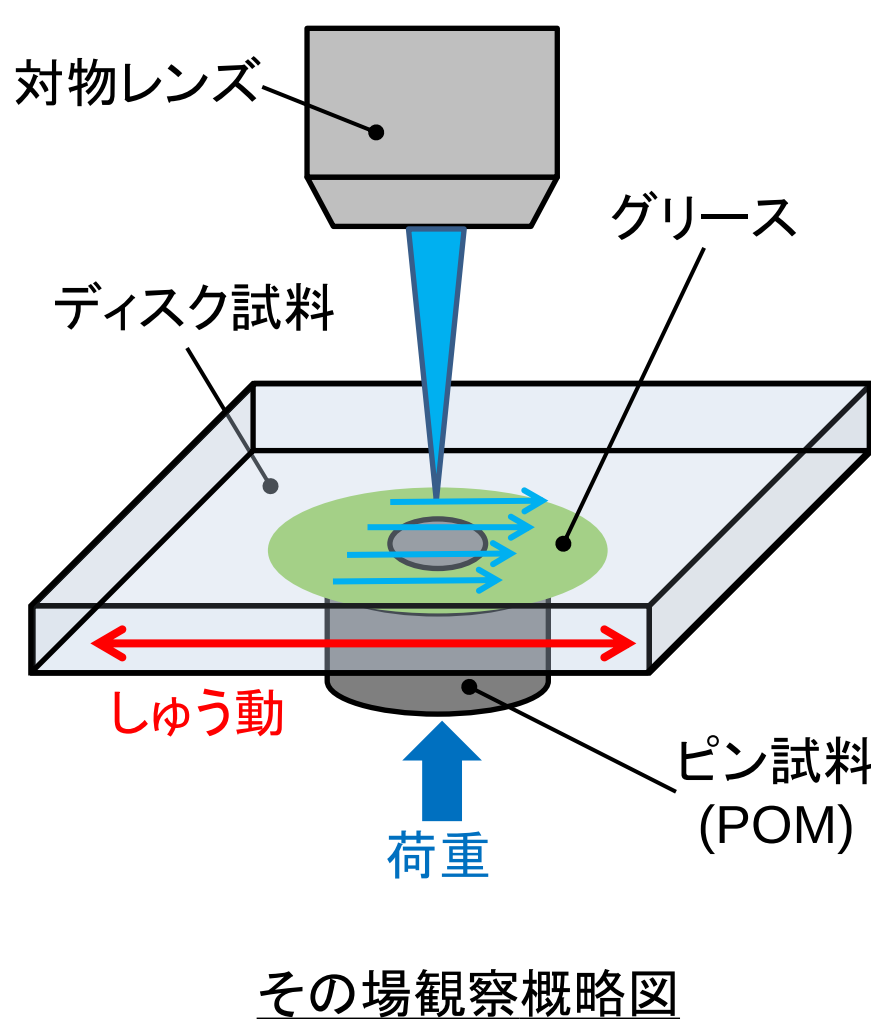
【静的観察】

スライドガラスにグリースを極少量塗布し、上からカバーガラスで押さえつけ、増ちょう剤の蛍光観察と透過光観察を実施した。

【摩擦面のその場観察】

樹脂ピン試料とガラスディスクの間にグリースを塗布し、設定した荷重までピンをガラスディスクに押し付け、観察を行った。その後、ピンを押し付けたまま一定の振幅及び速度でガラスディスクを往復動させ、増ちょう剤の挙動の観察を行った。右図にその場観察の概略図を示す。

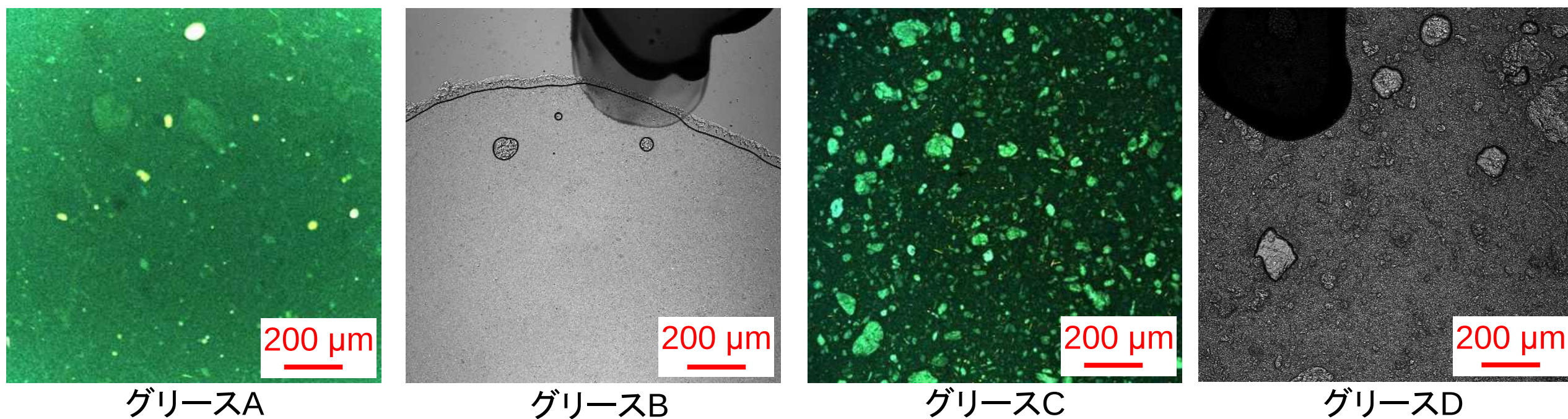
その場観察は入射光を透過させる必要があるため、ディスク試料にはスライドガラスを用いた。ピン試料は実機のボールジョイントを想定して、実機に使用されるポリアセタール(POM)を使用した。押し付け荷重はピンとディスクの接触面圧が100 MPaになるように設定した。



その場観察概略図

観察結果1 -【静的観察】-

各グリースの観察結果を以下に示す。グリースA、Cは蛍光像で、グリースB、Dは透過光像である。グリースA、Cでは、グリース中に明るい粒状の物体が観察された。この粒状の物体の大きさや分散状態がそれぞれで異なっているため、同じ増ちょう剤でもグリース中での存在状態が異なる可能性が示唆された。また、蛍光剤を添加していないグリースB、Dについてもそれぞれで像の見え方が異なった。グリースBでは、細かい粒状の物体がグリース全体に分散しているのに対し、グリースDでは塊状の“ダマ”になった物体が散在している様子が見られた。

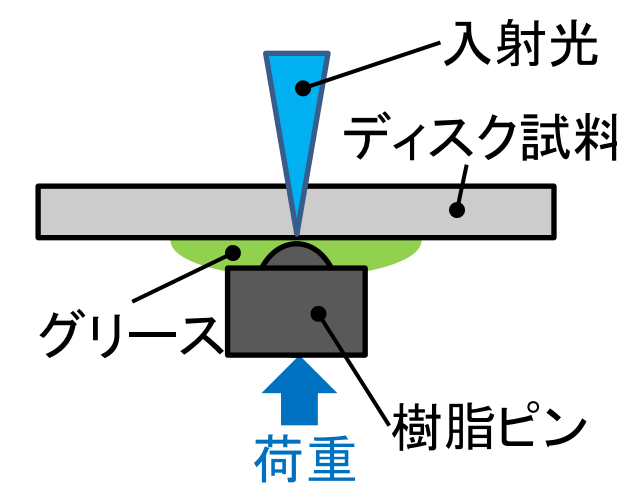


観察結果2 -【摩擦面のその場観察】-

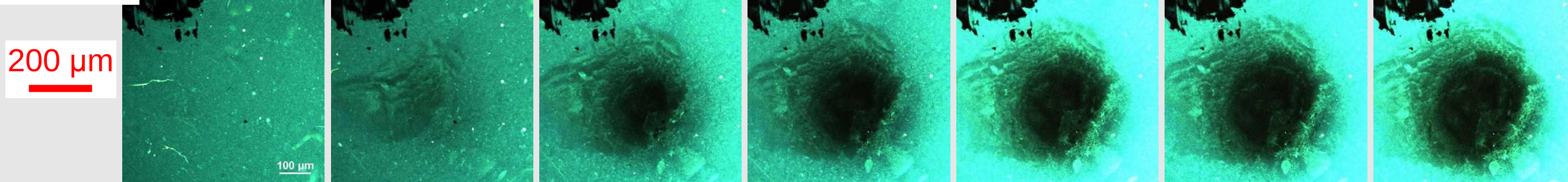
『押し付け観察』

樹脂ピンをガラスディスクに押し付け、その際の観察を行った。

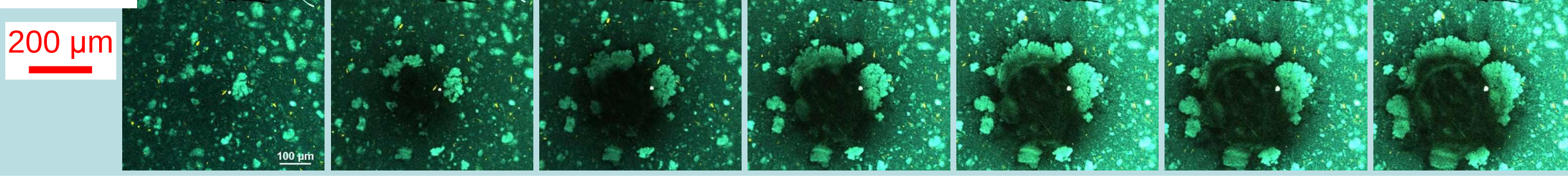
- グリースA
荷重が負荷されると、グリース中増ちょう剤が押しつぶされ広がっていく様子が見られた。接触域の周辺には細かい粒状の増ちょう剤が存在していた。
- グリースC
グリースAと同様に、荷重が負荷されると増ちょう剤が押しつぶされていく様子が見られたが、接触域周辺の様子は異なり、増ちょう剤の塊が存在していた。



グリースA



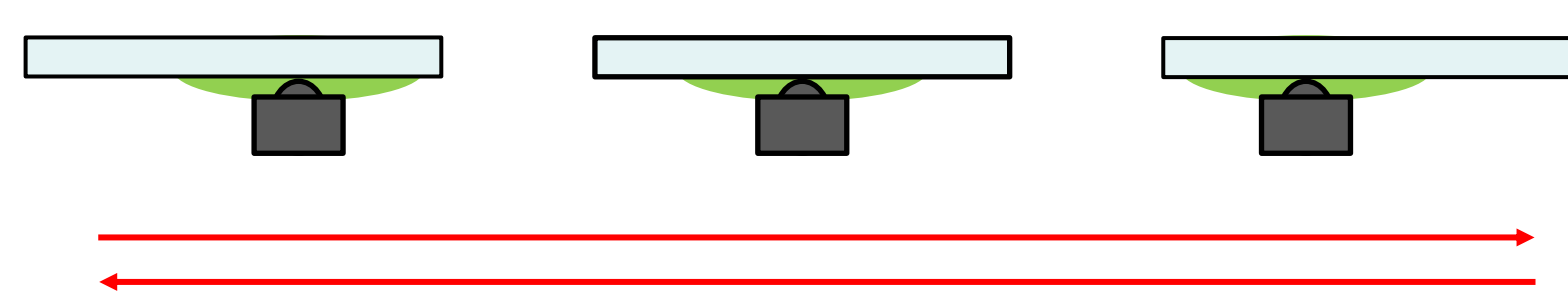
グリースC



樹脂ピンをガラスディスクに押し付けた結果

『往復しゅう動観察』

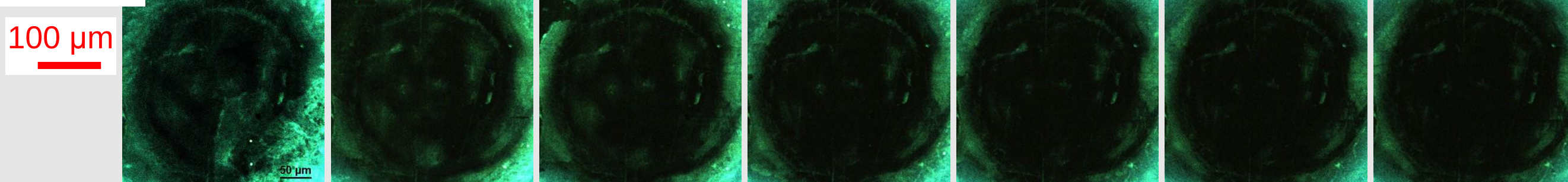
荷重負荷後、一定の振幅及び速度でガラスディスクをしゅう動させグリース中増ちょう剤の挙動を観察した。



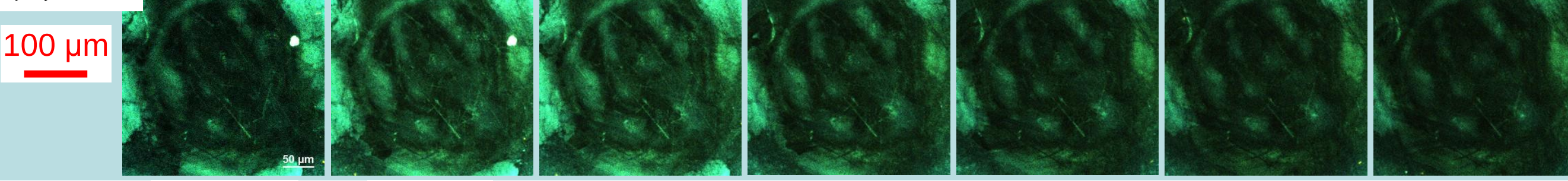
しゅう動のイメージ図

- グリースA
しゅう動開始直後、接触面に存在していた増ちょう剤が接触面外へ移動する様子が見られた。移動した増ちょう剤が再び接触面へ侵入することではなく、周辺に溜まるような挙動を示した。
- グリースC
しゅう動開始から終了まで、接触面に増ちょう剤が留まり続ける様子が見られた。40往復後の接触面の増ちょう剤量はグリースAより多いように見受けられ、増ちょう剤の樹脂ピンへの付着性の違いも示唆された。

グリースA



グリースC



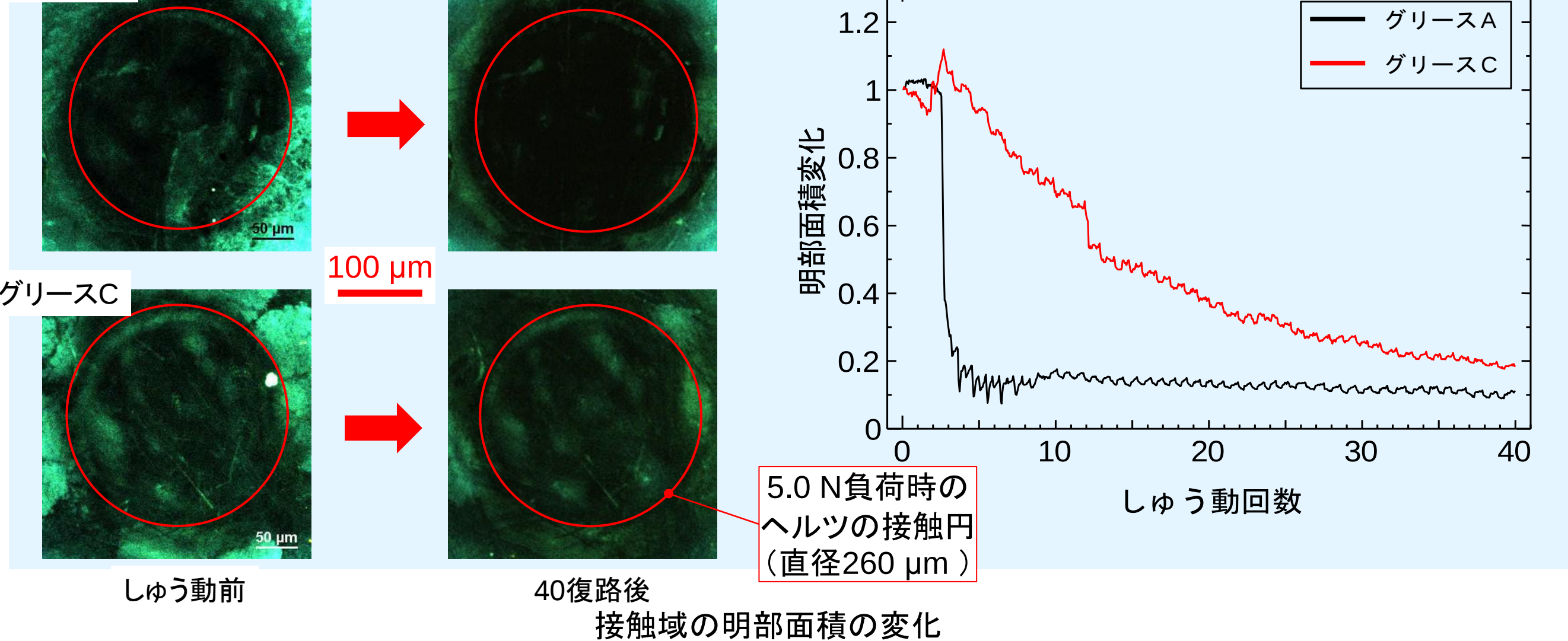
往復しゅう動によるその場観察の結果

【接触面増ちょう剤量の定量評価】

撮影した往復しゅう動動画に対して1コマずつ画像処理を行った。接触面の明部面積を算出することで接触面に存在する増ちょう剤量の定量評価を試みた。しゅう動開始時の明部面積を1とし、明部面積の変化を整理した。

- グリースA
しゅう動の初めて明部面積が大幅に減少し、以降一定の値を示す様子が見られた。接触面外に増ちょう剤が移動したことにより明部が減少したと考えられる。
- グリースC
しゅう動回数の増加に伴い一定量で明部面積が減少した。しゅう動により面内に増ちょう剤が広がり油膜が厚さが減少したことが原因だと考えられる。

グリースA



今後の展望

- しゅう動条件と増ちょう剤の挙動の関係を調べる。
- 増ちょう剤の樹脂ピンへの付着性の定量化を行う。
- グリース中増ちょう剤の分散状態の定量評価を行う。

参考文献

- 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
- 鈴木 他 : 往復すべりに関するグリース用基油の粘度の潤滑への影響, トライボロジー会議予稿集 高松(2017)F27
- 安藤尊啓 : 往復動摩擦における樹脂のグリース潤滑特性ならびに蛍光観察による潤滑挙動解明の基礎的研究, 豊橋技術科学大学 機械工学専攻 2020年度修士論文