



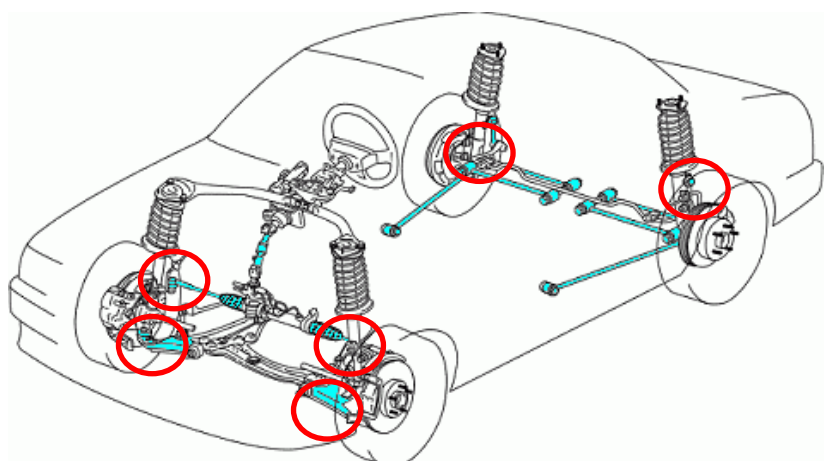
プロジェクトメンバー：機械工学系 准教授 竹市嘉紀、博士 鈴木学(株式会社ソミック石川)、
修士2年 安藤尊啓、 修士1年 羽場崎祥、 学部4年 Aiman Syamim Bin Zulkhairi

背景

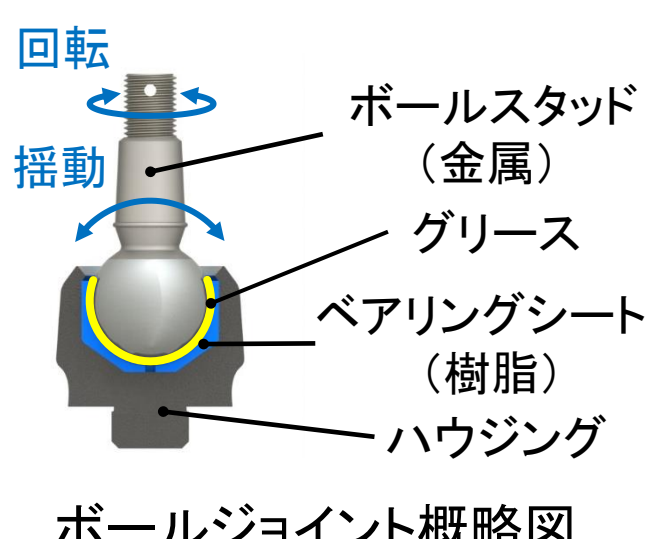
【ボールジョイントのトライボロジー】

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、その他リンク部品に使用される。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、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で構成され、それらがグリースによって潤滑されたすべり摩擦となっている。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られ、そ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^[1]。しかしながら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ているため、潤滑メカニズムが複雑であり不明確な部分が多い。そこで我々は蛍光法による摩擦部の増ちょう剤の挙動観察に取り組んでいる。これまでの研究では蛍光剤を添加したリチウム系グリースの増ちょう剤が明るく蛍光し摩擦面で動く様子を捉えた報告^[2]がされた。我々はこの観察をその場観察と呼称している。他の研究では芳香族ウレア系の増ちょう剤が自家蛍光を示すこと^[3]や転がり摩擦においてリチウム系増ちょう剤に比べ、厚い潤滑膜を形成し摩擦面を保護するといった報告^[4]がされている。

そこで本研究では、リチウム系グリースに加え、芳香族ウレア系の増ちょう剤のグリースを追加し、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リチウム系グリース2種類とウレア系グリース2種類である。リチウム系グリースの2種は、蛍光特性を持たないため、蛍光剤を添加している。ウレア系グリースの増ちょう剤である芳香族ジウレアは生成される際の材料の配合によって形状が異なることがわかっており、グリースC,Dの増ちょう剤は、事前のSEM観察でそれぞれ形状が異なることが確認されている。

グリース一覧

名称	リチウム系グリース		ウレア系グリース	
	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		芳香族ジウレア	
増ちょう剤濃度, mass%	3.9	17.4	4	不明
蛍光剤	クマリン6		-	
蛍光剤添加量, mass%	0.01		-	
ちょう度	440	280	360	315
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。

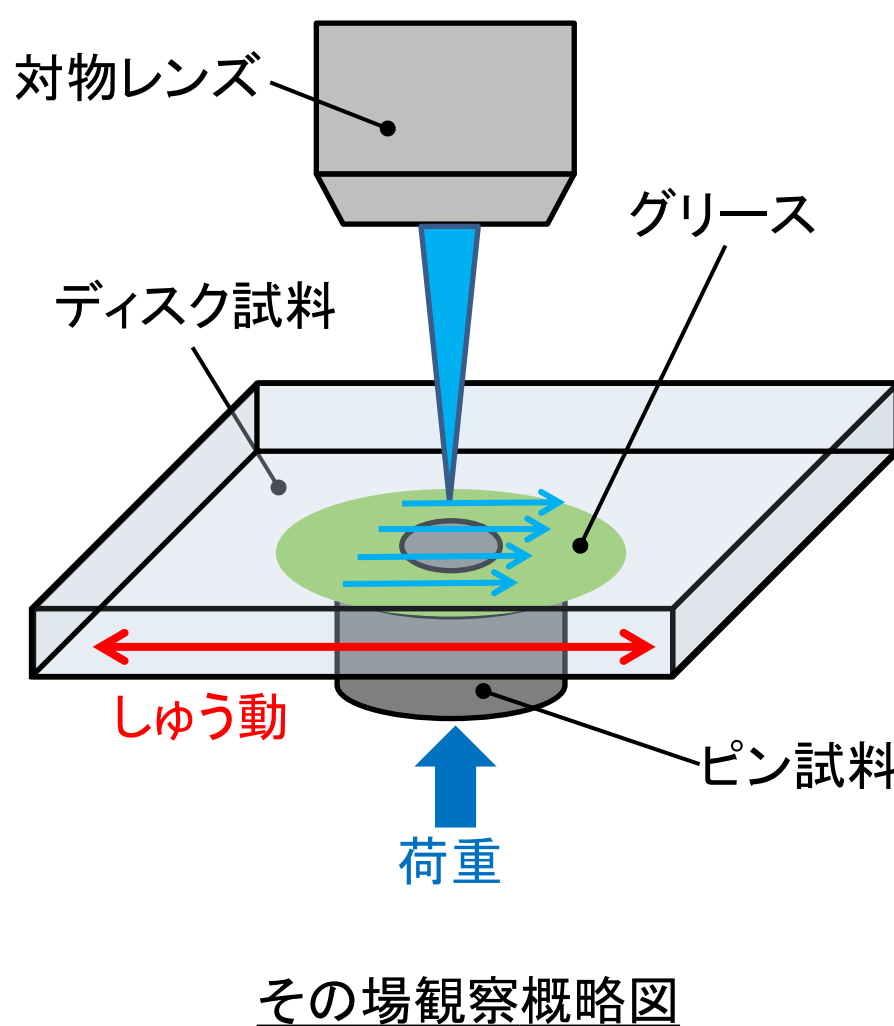
【静的観察】

スライドガラスにグリースを塗布し、増ちょう剤の蛍光観察をした。

【摩擦面のその場観察】

試験はピンオンディスク式往復動摩擦で行った。ピンとガラスディスクの間にグリースを塗布し、各ピン試料で設定した荷重が加わるまで押しつけ観察を行った。その後、樹脂ピン試料は荷重をかけ続けた上で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。

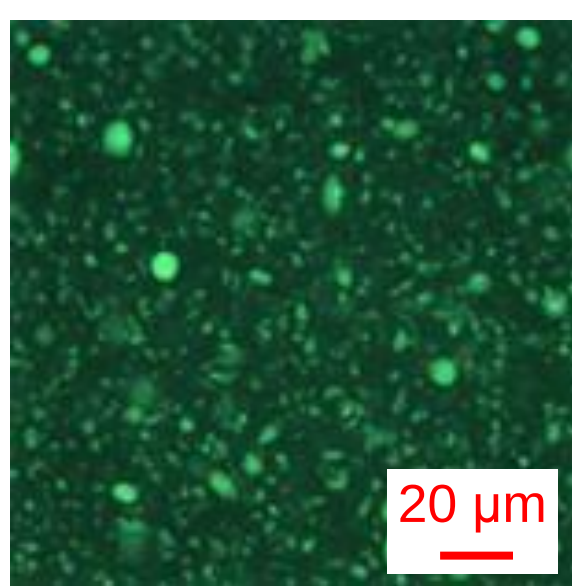
その場観察は入射光を透過させる必要があるため、ディスク試料はスライドガラスを用いた。ピン試料は実機のボールジョイントを想定して、実機に使用される樹脂と金属を使用した。押しつけ荷重はピンとディスクの接触面圧が100 MPaになるように設定した。



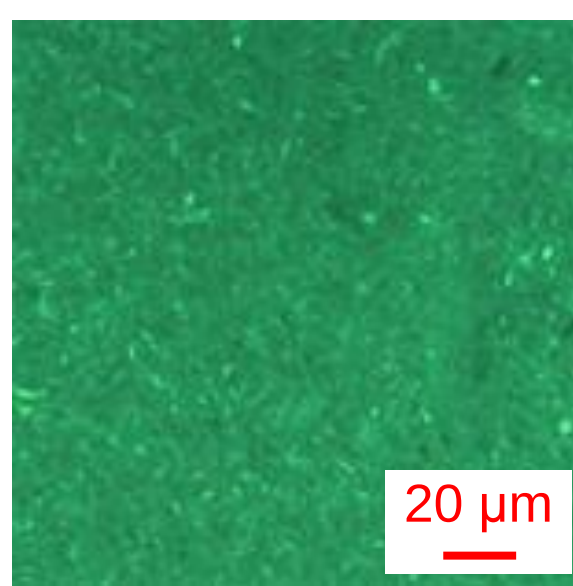
その場観察概略図

観察結果1 -【静的観察】-

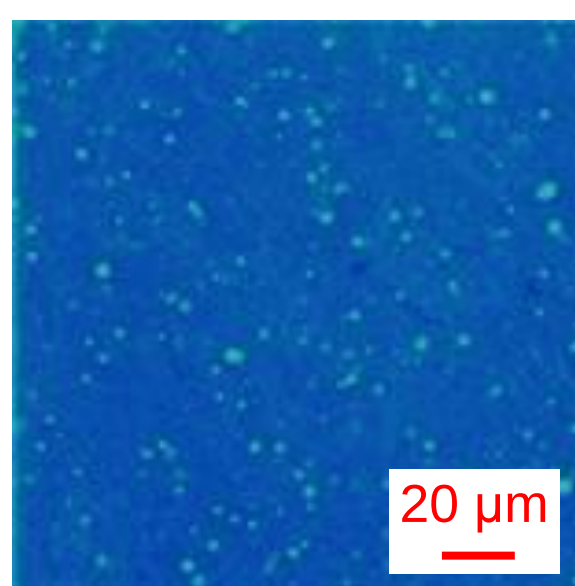
各グリースの観察結果を以下に示す。それぞれ蛍光特性が異なるため色合いが異なっている。グリースA,C,Dではグリース中に明るい粒状の物体が観察された。グリースB,Cでは、粒も見えるが全体的に繊維状の物体が広がっている様子が見られた。これまでにグリースA,Bの明部は増ちょう剤であることが示唆されている。そのため、グリースC,Dで見られた物体は増ちょう剤であると考えている。



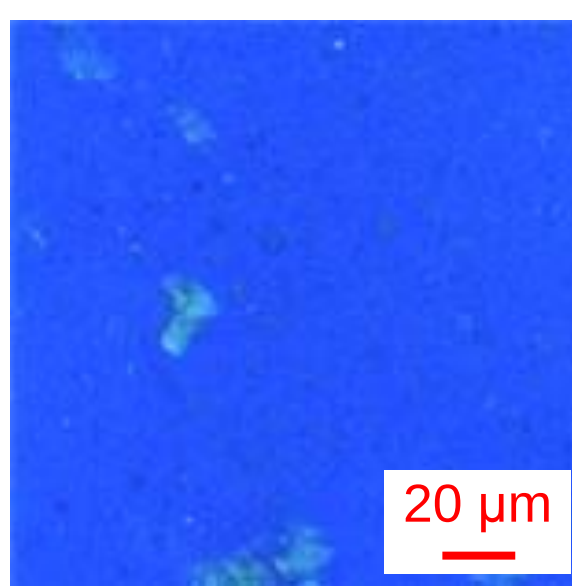
グリースA



グリースB



グリースC



グリースD

まとめ

共焦点レーザー顕微鏡を使用し、その場観察によって以下の結果を得た。

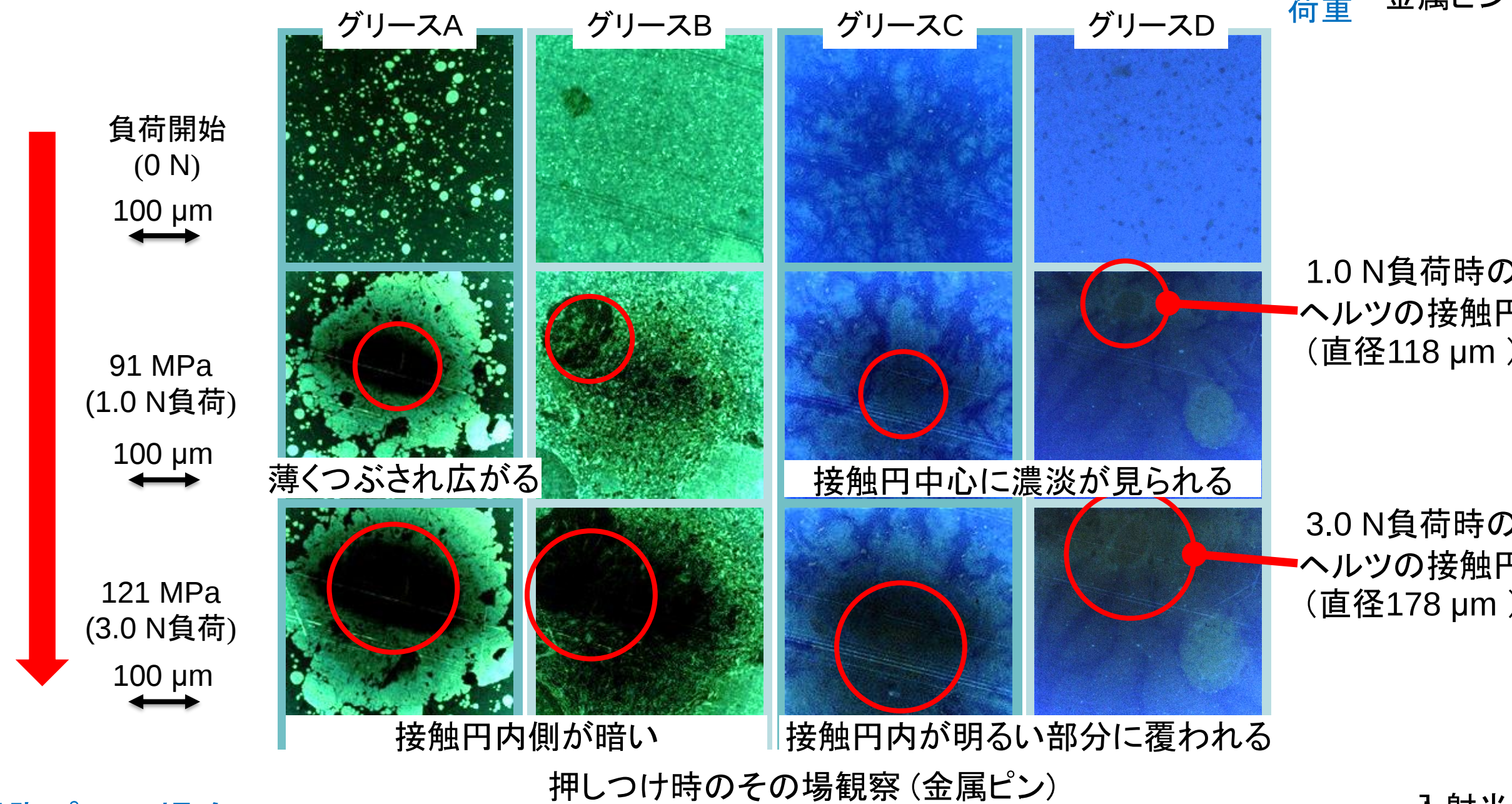
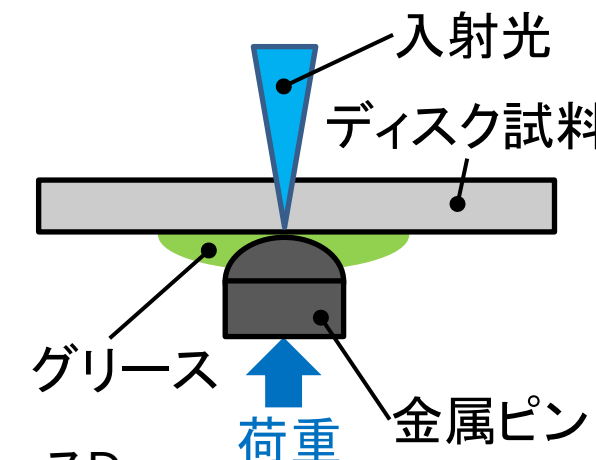
- 押しつけ観察時の増ちょう剤は、どちらのグリースも荷重の負荷によって増ちょう剤が変形、結合する様子が見られた。
- 往復しゅう動時の増ちょう剤の挙動は、リチウム系グリースが接触円内にとどまるような様子であったのに対し、ウレア系グリースは接触円内外を移動する様子を示した。またウレア系グリースの2種では、増ちょう剤が接触円内に戻る際、その量に違いが見られた。

観察結果2 -【摩擦面のその場観察】-

『押しつけ観察』

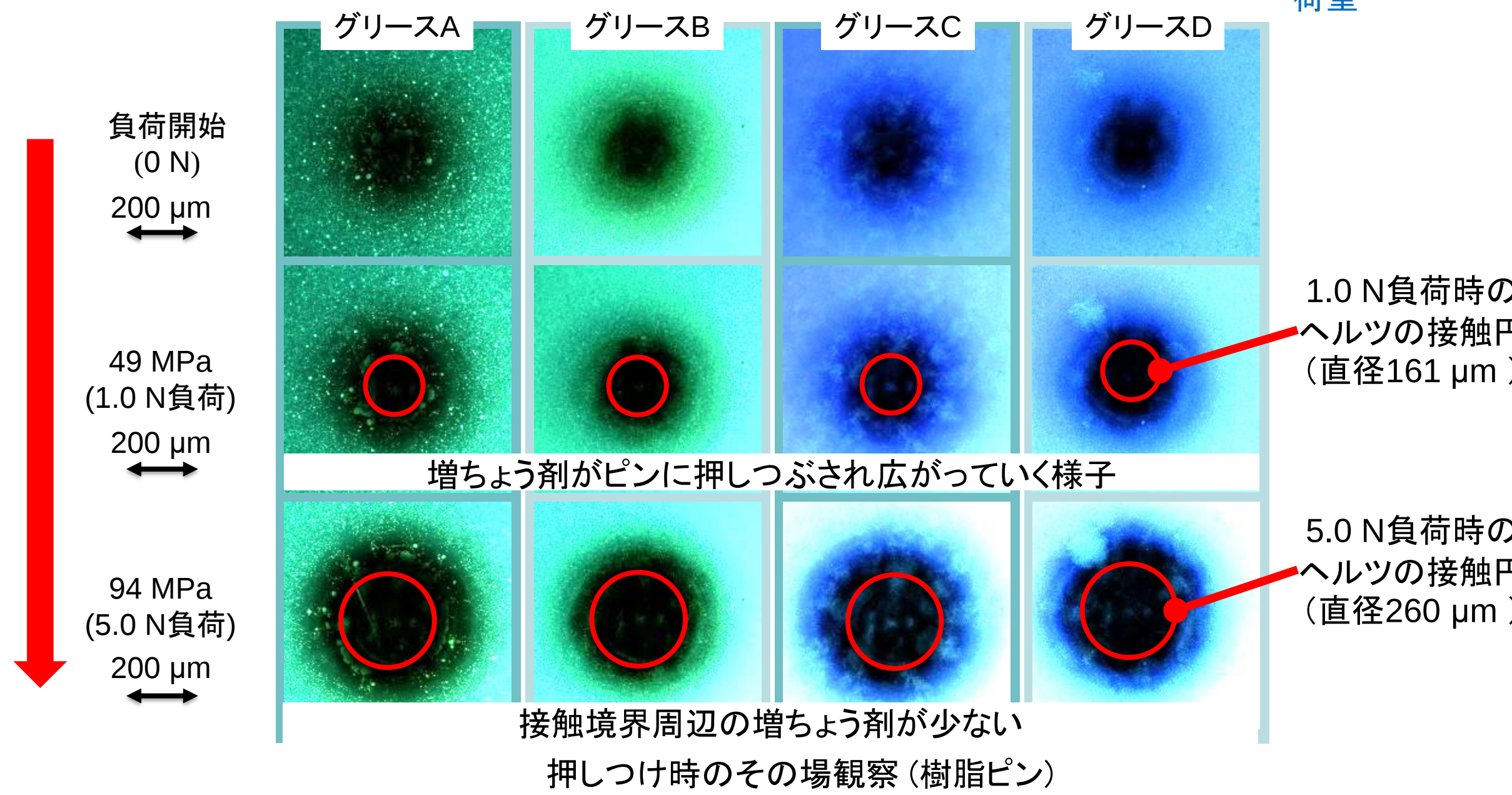
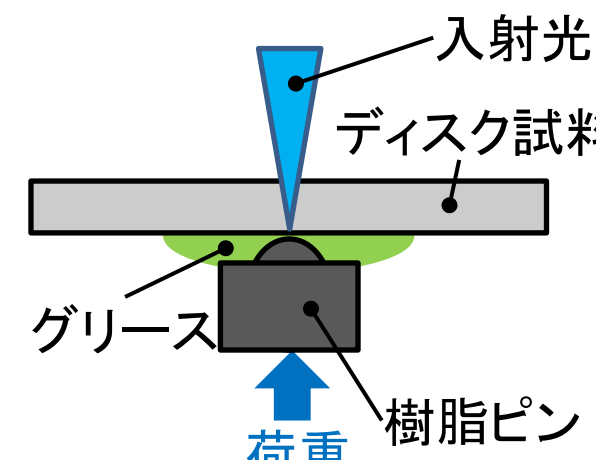
「金属ピンの場合」

- すべてのグリースで増ちょう剤が徐々に押しつぶされ変形する様子が観察された。
- グリースAでは1.0 N負荷時、増ちょう剤が薄くつぶされ広がる様子が見られた。
- グリースC,Dでは3.0 N負荷時、接触円内が明るい部分に覆われる様子であった。



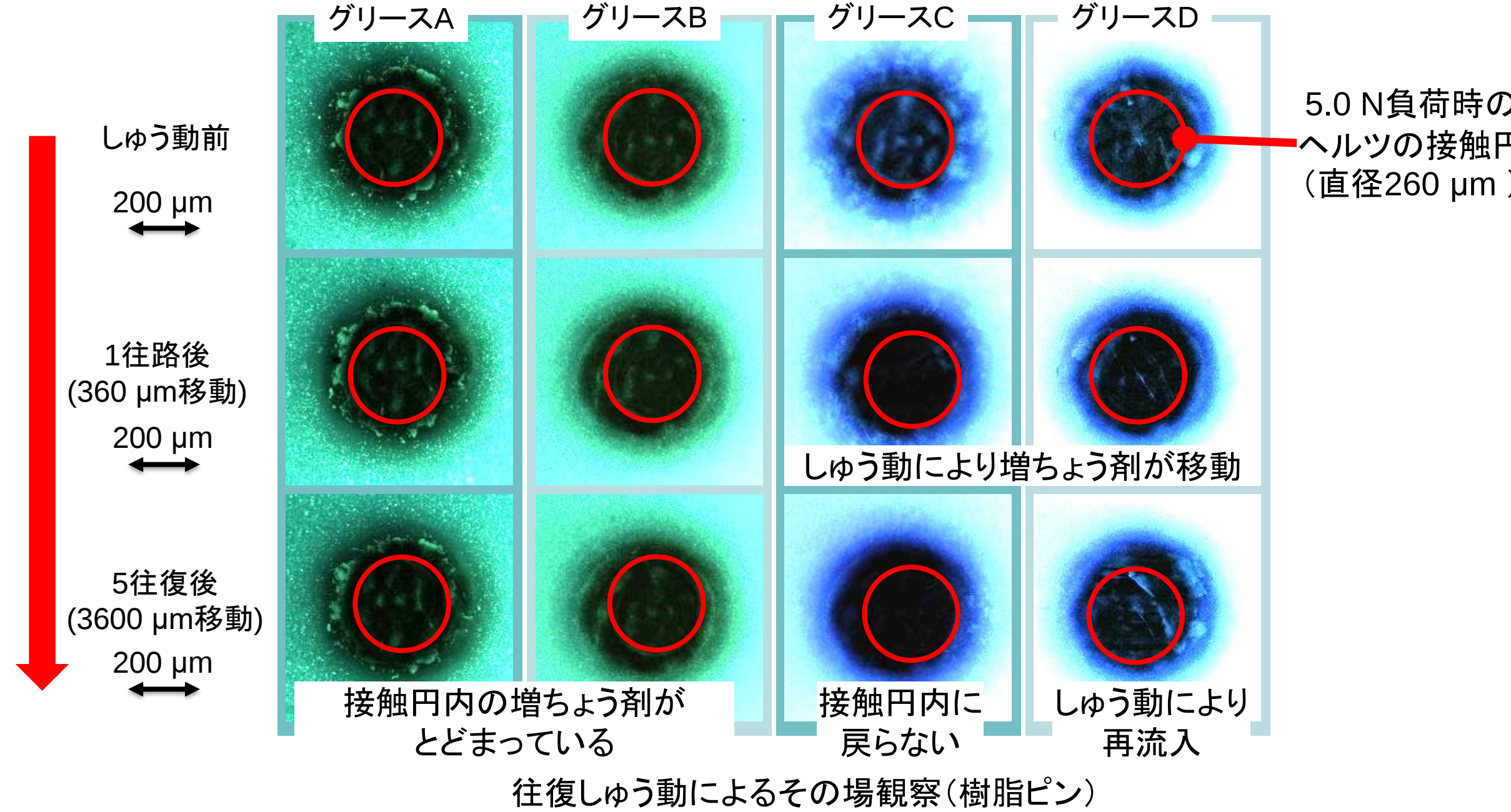
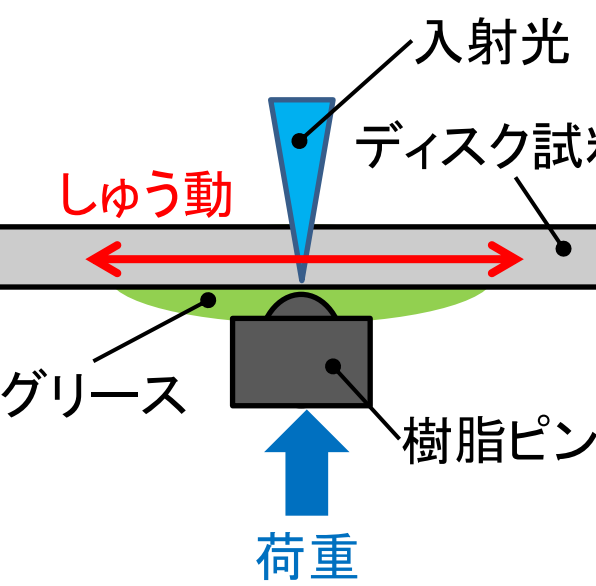
「樹脂ピンの場合」

- 樹脂ピンにおいても、明るい部分が押しつぶされ広がっていく様子が見られた。
- 5.0 N負荷時、すべてのグリースで接触円内に明暗があることが観察された。これは増ちょう剤の膜が不均一な膜厚になっているためであると考えている。試験前の観察では樹脂ピンの表面には凹凸が見られた。この凹部と明るい箇所との位置関係が一致していることから凹部に増ちょう剤が集まっていると考えている。



『樹脂ピンを用いた往復しゅう動時の挙動』

- グリースA,B : 接触円内の増ちょう剤はほとんど移動せず、とどまる様子が見られた。
グリースC : 接触円内の増ちょう剤はディスク試料の動きに伴い移動するが、復路の時には接触円周囲でかき取られ、戻る量はあまり減少していなかった。
グリースD : 接触円内の増ちょう剤はグリースC同様、移動する。しかし復路でかき取られるような様子は見られず、減少していないように見えた。



今後の展望

- しゅう動条件と増ちょう剤の挙動の関係を調べる。
- さらに高倍率の観察を行い、より詳細な増ちょう剤の挙動を調べる。
- 各基油と増ちょう剤の蛍光スペクトルを比較し、増ちょう剤の定量化を試みる。

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
- 縄田 他 : グリース潤滑中のしゅう動面における増ちょう剤の挙動の蛍光観察, トライボロジー会議予稿集 東京(2018)E22
- 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
- 星 他 : 顕微赤外分光法によるグリースEHL膜のその場観察, トライボロジスト, 60, 2(2015) 153-159