

**金属と樹脂との摩擦に及ぼすリチウム石けんグリースの基油の影響  
-PAO とシリコーンオイルとの比較-**

Effects of the base oils for lithium soap grease on friction between metal and resin

- Comparison between PAO and silicone oil -

豊橋技科大・院(学) \*伊野波 盛隆 豊橋技科大(正) 竹市 嘉紀

ソミック石川(正) 鈴木 学 ソミック石川(非) 荒川 健

Moritaka Inoha\*, Yoshinori Takeichi\*, Manabu Suzuki\*,\*\*, Ken Arakawa\*\*

\*Toyohashi University of Technology, \*\*SOMIC ISHIKAWA INC.

## 1. はじめに

自動車用ボールジョイントは主に自動車の足回りに使用されている継手部品であり、回転や揺動、あるいはその組み合わせでのしゅう動が行われ、さらにその動作も連続であったり間欠であったりと、複雑なしゅう動状態で使用される<sup>1)</sup>。ボールジョイントは金属製のボールスタッドと樹脂製のベアリングシートから構成され、これらの二面間はグリースで潤滑されている。高い耐久性や性能安定性が求められるボールジョイントにおいて、さらなる性能向上を目指すにはボールジョイントにおけるグリース潤滑機構の解明が必要と考えられ、我々は往復動すべり摩擦試験や様々な観察手法を用いてグリースの潤滑状態の把握に取り組んできた<sup>2,3)</sup>。

自動車部品に対する軽量化要望は高く、一方で近年の電動化による重量増加やホイールのサイズアップなどの傾向も相まって、ボールジョイントへの負荷が厳しくなっている。ボールジョイントは寒冷環境で使用されることがある一方、ジョイント設置部周辺の温度上昇による熱の影響もあり、幅広い温度変化によるグリースの粘度変化が無視できない。粘度変化は潤滑特性に影響を及ぼし、その結果、性能や寿命にも影響を及ぼすことが考えられる。そのため広い温度域においてグリースの潤滑特性を維持できることが望ましく、このような観点からのグリースの見直しも検討項目として挙げられる。グリースは基油と増ちょう剤から構成されるが、我々は粘度の温度依存性が低い基油を成分としたグリースを用いることによる、広い温度域での性能維持を検討している。

本研究では、従前より用いている PAO(ポリαオレフィン)を基油としたリチウム石けんグリースに対し、PAO と比較して粘度の温度依存性が低いシリコーンオイルを基油としたリチウム石けんグリースを検証対象とし、往復動摩擦試験によって、これら 2 種類のグリースの潤滑特性に及ぼす基油と増ちょう剤の寄与を調べることとした。摩擦試験はまずは基油による潤滑への影響を把握すべく、それぞれの基油のみで潤滑した摩擦試験を行い、その後、各グリースの摩擦試験を行った。

## 2. 実験

試験に使用した潤滑剤を Table 1 に示す。基油潤滑では、現行のボールジョイントに使用されているグリースの基油である PAO と、それより粘度の温度依存性が低いジメチルシリコーンオイルを使用した。末尾の数字は動粘度が高いほど大きくなっている。グリース潤滑では、それぞれを基油としてリチウム石けんを増ちょう剤とした 2 種類のグリースを使用した。基油の種類を末尾に置き、Gr\_PAO, Gr\_Si と呼称する。

摩擦試験はピン・オン・ディスク式の往復動摩擦で行った。ピン試料には、ボールジョイント実機のベアリングシートに使用されるポリアセタールを曲率半径 17.5 mm に射出成型したものを使用し、ディスク試料には、実機のボールスタッドに用いられる素材と同じクロムモリブデン鋼を板材に加工し耐水研磨紙で表面粗さを 0.02 μm(Ra)以下にしたものを使用した。潤滑剤には前述の基油とグリースを使用した。また、比較として無潤滑条件での試験も行った。接触領域周辺が十分に潤滑剤で満たされるよう、基油潤滑試験では、金属製の枠をディスク試料に接着しオイルプールを形成、そこに各基油を供給した。グリース潤滑試験では、ディスク試料にグリースを厚さ 1 mm 程度塗布した。試験中は温度 30 °C、湿度 30 %RH 以下に制御した。垂直荷重は 500 N、往復動のストロークは 3mm、周波数は 1.3 Hz とした。往復回数は、摩擦初期のなじみ過程における摩擦係数変動がおおむね

Table 1 Samples

| Lubricant | Composition | Base oil kinematic viscosity at 40 °C, mm <sup>2</sup> /s | Penetration |
|-----------|-------------|---|-------------|
| Base oil  | P1          | PAO   | 1,240       |
|           | P2          | PAO   | 3,358       |
|           | S1          | Dimethyl silicone oil                                     | 760         |
|           | S2          | Dimethyl silicone oil                                     | 2,270       |
|           | S3          | Dimethyl silicone oil                                     | 7,570       |
| Grease    | Gr_PAO      | Lithium stearate, PAO                                     | 1,240       |
|           | Gr_Si       | Lithium stearate, Dimethyl silicone oil                   | 6,050       |
|           |             | 280   | 290         |

定常となり、かつ、潤滑剤の枯渇が起こる前の状態となるよう考慮し2500回とした。

### 3. 結果と考察

Figure 1 に基油潤滑による試験結果を、Fig. 2 にグリース潤滑による試験結果を示す。いずれのグラフも横軸は往復回数を、縦軸は平均摩擦係数(以下、摩擦係数)を示している。摩擦係数は1ストローク中の平均値から算出した値を使用した。なお、無潤滑条件での試験では、摩擦係数は約0.2であった。

Figure 1(a)より、PAOによる潤滑ではP1、P2のいずれも試験開始から終了まで摩擦係数は約0.015とほぼ一定の値を示している。P2に関してはN3のみP1より高い値を示しているが、N1、N2の摩擦係数は低い。両オイルは動粘度が3倍弱ほど異なっているが、この実験条件下では摩擦係数に明確な差は見られなかった。Figure 1(b)より、ジメチルシリコーンオイル潤滑では動粘度が高くなるにつれ、摩擦係数が低くなっている。S1では約0.015、S2では約0.01、S3は0.01を下回る結果となった。

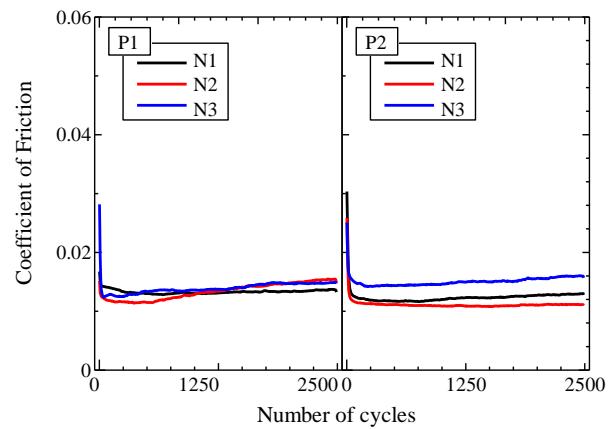
Figure 2より、Gr\_PAOによる潤滑では試験開始から終了まで摩擦係数はほぼ一定値を示すか徐々に上がるかのどちらかを取り、0.1を超えることはなかった。最終的な摩擦係数は約0.03から0.08で、試験ごとのばらつきは小さい。対してGr\_Si潤滑では、試験初期の摩擦係数は再現よくGr\_PAOよりも低い値を示し、Gr\_PAOでは0.04程度に対し、Gr\_Siでは0.02程度となっている。しかし、その後の挙動がGr\_PAOとは大きく異なり、低い摩擦係数を試験終了まで維持するパターンと、急激に摩擦係数が上昇するパターンに分かれ、試験ごとのばらつきが大きい結果となった。最終的な摩擦係数は約0.03から0.18で、高い場合には無潤滑時に近い摩擦係数を示すこともあった。基油潤滑試験ではジメチルシリコーンオイルがPAOより低い摩擦係数を示しており、それに関連して試験初期の摩擦係数はGr\_PAOよりもGr\_Siが低い。Gr\_PAOとGr\_Siのちう度は同等であるが基油動粘度はGr\_PAOの方が低いため、同等のちう度とするために、グリース中の増ちう剤濃度はGr\_PAOが高いと考えられる。従前のGr\_PAOを用いた研究<sup>4)</sup>では、増ちう剤濃度が高いほど離油度が低い傾向があることが示されており、この傾向がシリコーンオイル基油でも成り立つとすると、Gr\_PAOよりGr\_Siは離油度が高く、増ちう剤が接触面へ基油を供給しやすいと考えられる。したがって試験初期の低い摩擦は、Gr\_Siの基油供給能力の高さとジメチルシリコーンオイルの良好な潤滑特性によるものと考えられる。その後、ピンの往復動によって接触面周辺のグリースがしう動面外へと押しのけられ、接触面への基油の供給が困難となる場合には、適切な潤滑膜の厚さを保てず、樹脂ピンと金属ディスクが直接接触する機会が増加し、高い摩擦係数を示すことがあると考えられる。

Gr\_PAOとGr\_Siは同じ種類の増ちう剤で基油が異なるグリースであるが、Gr\_Siの潤滑切れの発生のしやすさは基油の違いのみでは説明できない。グリースにすることによる、樹脂ピンや金属ディスクへの付着性の違いについて調査を進めていく必要がある。

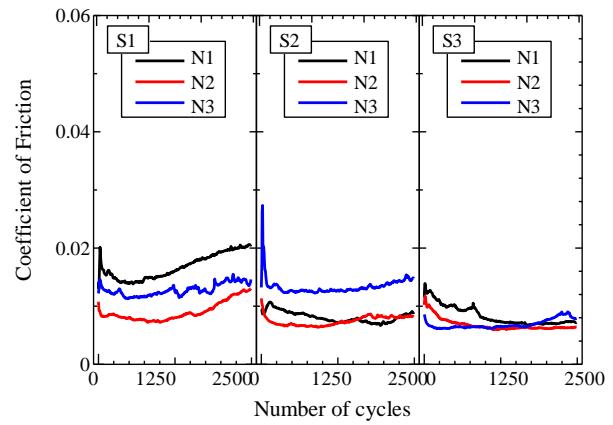
### 4.まとめ

グリース基油の違いが金属と樹脂との摩擦に及ぼす影響を調べるために、ピン・オン・ディスク式往復動摩擦試験を実施した。以下に本研究の総括を示す。

- ・基油潤滑では、PAOよりもジメチルシリコーンオイルが試験中低い摩擦係数を維持した。
- ・PAOを基油とするGr\_PAOでは、試験中低い摩擦係数を維持し、試験ごとのばらつきは小さい結果となった。
- ・ジメチルシリコーンオイルを基油とするGr\_Siでは、低い摩擦係数を示すパターンと急激に上昇し高い値を示すパターンに分かれ、試験ごとのばらつきが大きい結果となった。
- ・基油の違いのみではグリース潤滑の異なる傾向の説明ができず、基油と増ちう剤の兼ね合いが潤滑特性に影響を及ぼすことが示唆された。



(a) PAO



(b) Dimethyl silicone oil

Fig. 1 Coefficient of friction (Base oil)

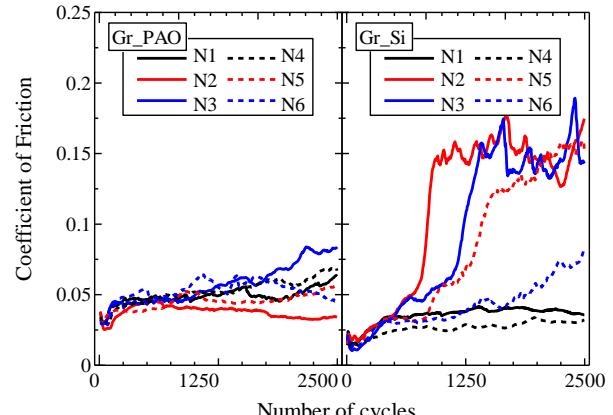


Fig. 2 Coefficient of friction (Grease)

## 文献

- 1) 鈴木・白井： 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) 繩田・佐々木・竹市・鈴木・森田・荒川：グリース潤滑中のしゅう動面における増ちよう剤の挙動の蛍光観察, トライボロジー会議予稿集 (2018-5) E22
- 3) K. Maruyama, T. Nawata, T. Ando, Y. Takeichi, M. Suzuki, R. Morita, K. Arakawa : Observation of behavior of thickener at grease lubricated friction interface by fluorescence method, International Tribology Conference 2019
- 4) 佐々木・高橋・伊藤・繩田・丸山・竹市・鈴木・森田・荒川： 低振幅往復動摩擦においてグリースの離油特性が潤滑状態に及ぼす影響, トライボロジー会議予稿集 (2017-11) F28