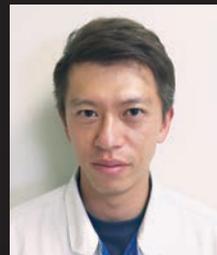


# しゅう動試験機を使用したフレッチング摩耗現象の評価

近年、輸送機分野において燃料高騰・環境配慮から低燃費化に向けた動きが加速している。低燃費化への対応として、動力源のハイブリッド化、エンジンのアイドルストップなどがある。ハイブリッドシステムは、エンジンまたはモーターが単独で稼働する際、非稼働側は静止状態となり、路面やエンジンからの入力によりしゅう動部や接触部においてフレッチング摩耗を受ける。アイドルストップシステムも同様にエンジン起動が繰り返され、起動時の入力によりフレッチング摩耗を受ける部品が存在し、クリアすべき重要な課題となっている。フレッチング摩耗は「接触する2固体間に微小な接線方向の振動が与えられたときに生じる表面損傷」と定義され、振動による微小振幅でのしゅう動であるがゆえに、汎用のしゅう動試験機では再現できない。今回、写真1に示す微小振幅が再現可能なしゅう動試験機を新規導入したので、試験・評価事例を以下に紹介する。



技術本部  
材料ソリューション事業部  
材料評価技術部  
みた しんのすけ  
味田 晋之介

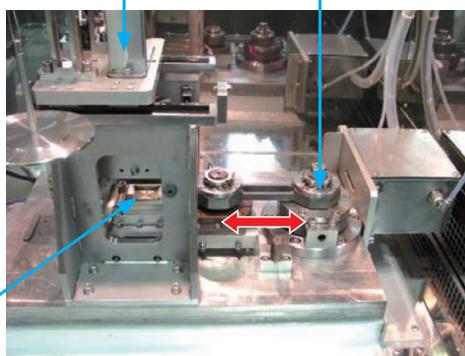


技術本部  
加古川事業所  
技術室  
さえき こういち  
佐伯 公一

写真1 フレッチング摩耗試験機(左:全体、右:試験部)



空圧または分銅による荷重負荷  
偏心部(回転運動→直線運動に変換)



試験片ホルダー

## E-1 フレッチング摩耗の特徴

### 1-1 しゅう動条件依存性について

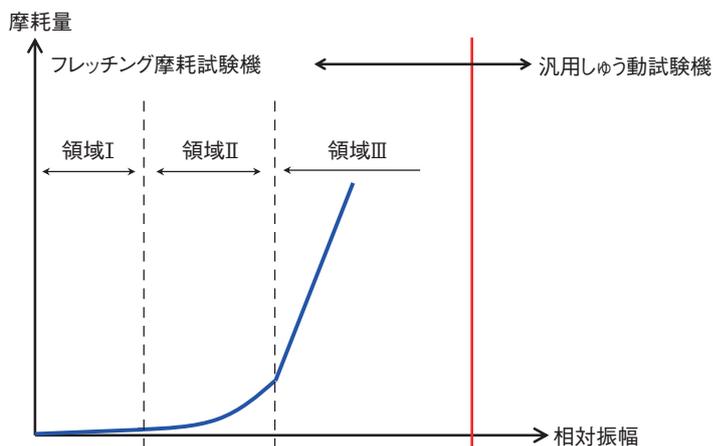
フレッチング摩耗はしゅう動条件の中でも振幅依存性がとくに大きく、摩耗量が急増する振幅の存在が認められている。第1図に、フレッチング摩耗量の振幅特性(イメージ図)を示す。領域Iは摩耗がほとんど生じ

ない領域であり、しゅう動面に後述の固着域が認められる場合がある。領域IIは酸化摩耗、アプレシブ摩耗、凝着摩耗などが混在するとされており、摩耗粉がしゅう動面に堆積しやすく摩耗粉の挙動が摩耗に影響を与える。領域IIIはアプレシブ摩耗、凝着摩耗が支配的となり、摩耗粉は比較的容易にしゅう動面外へ排除され摩

耗量は直線的に急増する\*1)。

第2図に、フレッチング摩耗試験機を使用して求めた摩耗量の振幅特性を示す。接触形態は球状試験片と平板試験片による点接触であり、試験片の材質はSUJ2である。環境は摩耗を加速させるためドライとしたが、試験はボールベアリングの内輪または外輪と転動体間に発生するフレッチング摩耗を想定した。第2図から振幅30~50μm間で摩耗体積が急増しており、この間に領域II~領域IIIの境界があると考えられる。写真2に、各振幅の平板試験片側しゅう動痕写真を示す。振幅30μmにおいて摩耗粉がしゅう

第1図 フレッチング摩耗量の振幅特性(イメージ図)



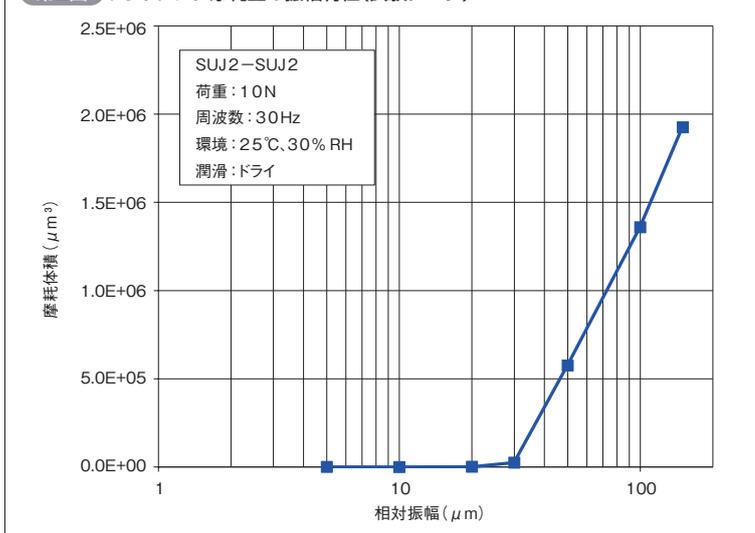
### 参考文献

- \* 1)  
木村好次ほか:普及版トライボロジーの解析と対策,  
(2003), pp.319-320, テクノシステム社

\* 2)  
後藤穂積:トライボロジスト,第33巻第3号,(1988),  
pp.174-180

動面外へ排除された様相が確認でき、領域Ⅲに遷移する振幅に近いことがわかる。各領域の境界となる臨界振幅は、材質、条件により異なるが、領域Ⅱ～Ⅲの境界は10～100 $\mu\text{m}$ の範囲にあるとされていることと一致する結果が得られた\*1)。また、フレッチング摩耗は大気中でのしゅう動時に相対湿度の影響を受けるとされており、多湿の場合は接触面に形成された水膜の影響で摩擦・摩耗はマイルドな状態になるといわれている\*2)。そのため、試験時の雰囲気制御が重要であり、当該試験機は恒温恒湿槽を併設している。

第2図 フレッチング摩耗量の振幅特性(試験データ)

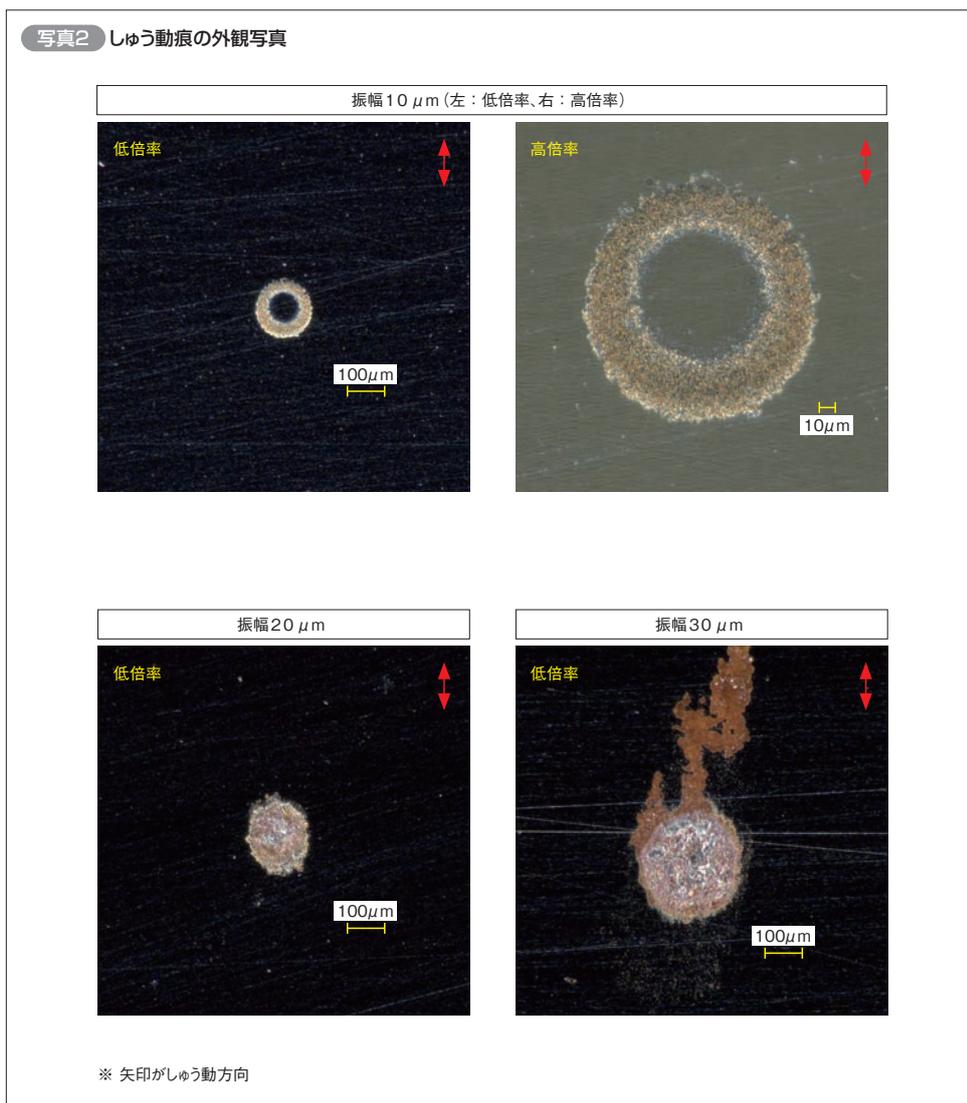


## 1-2 固着域の存在について

フレッチング摩耗は前述の領域Ⅰにおいて、一般的に摩擦面は互いに固着している部分とすべりを生じる部分が混在した状態となっており、往復摩擦に対して接触の機構が異なる。写真2の振幅10 $\mu\text{m}$ のしゅう動痕のように、中央に摩耗の様相が見られない固着域が

あり、その外側にすべりを生じる環状領域が共存する。これは第3図のように接触圧力とせん断応力の分布差によるもので、フレッチング摩耗特有の現象である。ただし、すべりを生じる環状領域は写真3の拡大観察結果のように酸化膜の剥離による微小ピットのような表面の劣化が主であることもわかった。

写真2 しゅう動痕の外観写真



第3図 点接触時の接触圧力とせん断応力の分布

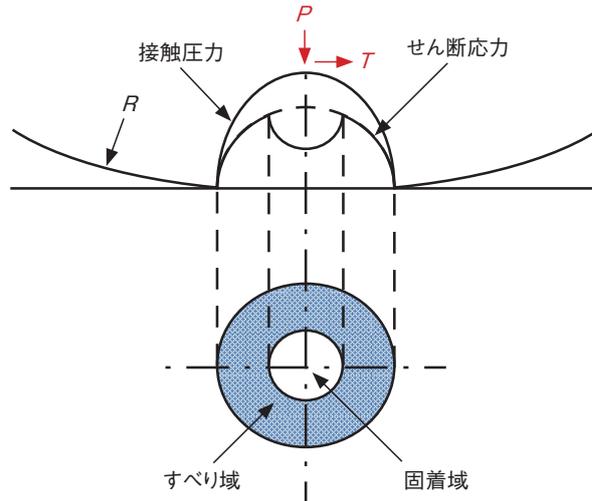
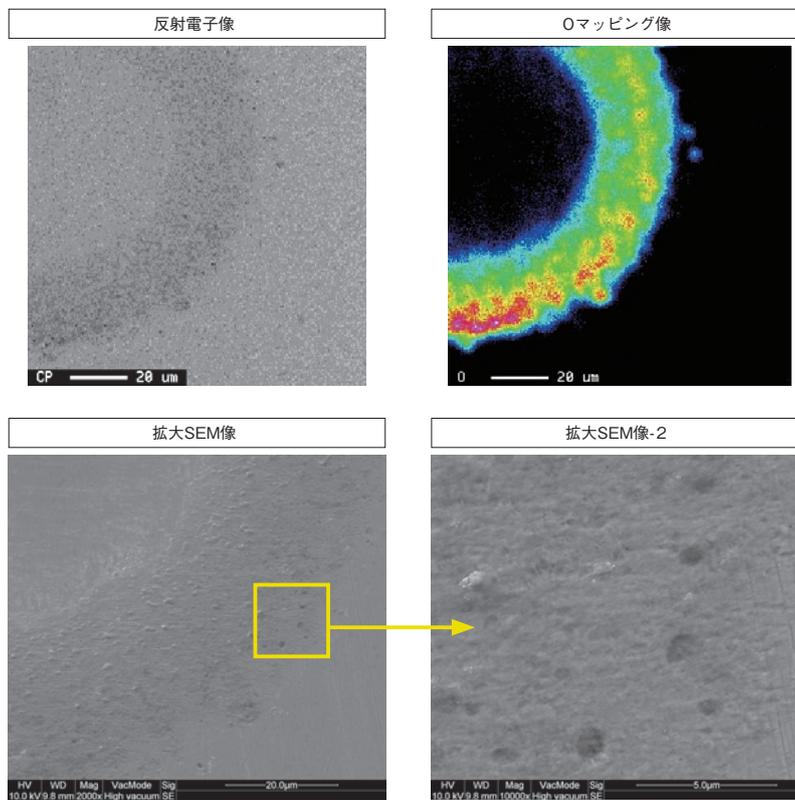


写真3 環状しゅう動痕の拡大観察結果



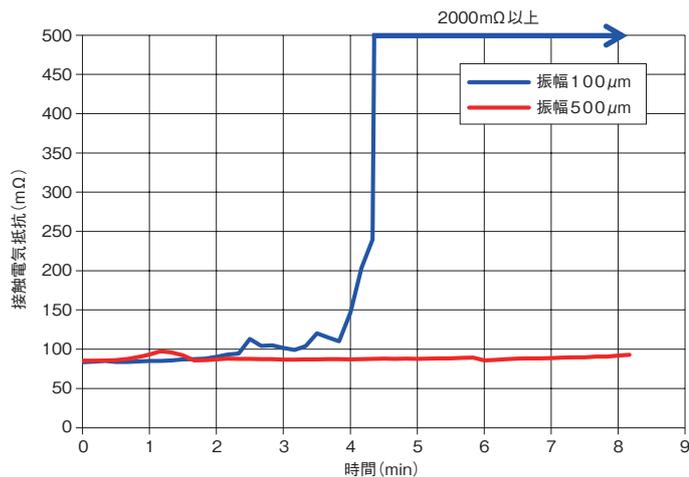
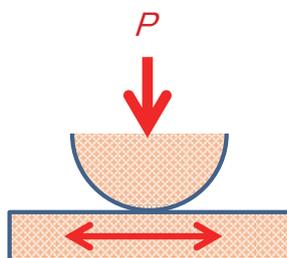
## E-2 コネクタのフレッチング摩耗評価事例

つぎに、前述の特徴を踏まえ電装部品などのコネクタを対象にフレッチング摩耗が導電性に及ぼす影響を評価したので紹介する。コネクタの接点は電気信号の伝達が主たる機能であり、常時導電性の確保が要求される。しかし、組み付け時の作業性などから接点に掛かる荷重は大きくなく、路面などからの入力によるフレッチング摩耗が問題となる。フレッチング摩耗により生成された酸化膜や酸化摩耗粉は導電性に劣り電気信号の伝達を阻害する。そのため、コネクタのフレッチング摩

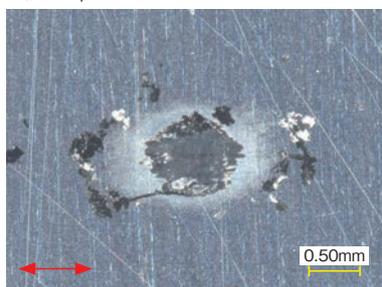
耗は摩耗量のほかに接触電気抵抗測定による導電性の評価も要求される。コネクタ接点部を模擬したフレッチング摩耗試験結果を第4図に示す。試験片は銅基材にSnめっきを施しており、接触電気抵抗は4端子法により測定した。試験はしゅう動部への酸化膜や酸化摩耗粉の堆積・排除の影響をより明確にするため、振幅は実機で発生するレベルより大きい100、500 $\mu\text{m}$ の2条件とした。試験後のしゅう動痕写真からわかるように振幅100 $\mu\text{m}$ はしゅう動痕が黒色であり酸化膜や酸

第4図 コネクタを模擬したフレッチング摩耗試験結果

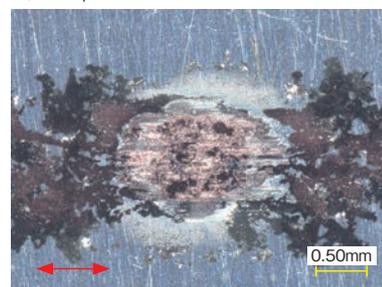
荷重 : 5N  
 周波数 : 30Hz  
 環境 : 25°C、30% RH  
 潤滑 : ドライ



振幅 100 μ m



振幅 500 μ m

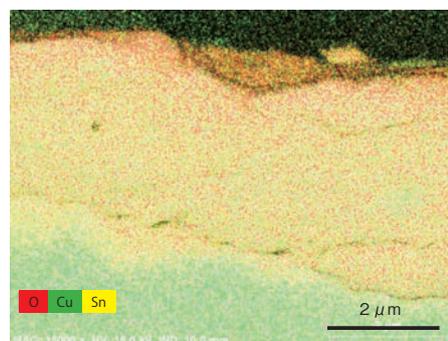


※ 矢印がしゅう動方向

化摩耗粉が堆積した様相であるのに対して、振幅500 μmはしゅう動痕表面に銅基材の露出が見られ、摩耗粉はしゅう動面外へ排除されている。また、試験時の接触電気抵抗について、振幅100 μmは試験開始から4min以降に電気抵抗値が急増し、高抵抗値のまま指定時間に達したが、振幅500 μmは電気抵抗値の変動がないまま指定時間のしゅう動を終えた。振幅100 μm試験片のしゅう動痕断面観察結果を写真4に示す。

しゅう動痕は、Snめっき表面側が酸化されており、Snめっき由来の摩耗粉も確認できる。これにより、接触電気抵抗はしゅう動痕に堆積する酸化膜や酸化摩耗粉が影響することが確認できた。

写真4 振幅100 μmしゅう動痕の断面観察結果 (EPMAマッピング像)



今回ご紹介したフレッチング摩耗をはじめ、トライボロジーは身の周りの様々な事象に関与しイメージしやすい反面、環境など係わる因子により挙動が大きく変わる難しさを持つため、いかにして実現象を再現するかが

重要である。このことを常に念頭におき、これから先トレンドとなる様々なフレッチング摩耗試験・評価技術確立にチャレンジしていきたい。