

摩擦・摩耗・潤滑制御技術 (トライボロジー)

元産業技術総合研究所(産総研)

梅田一徳

◆経歴◆

- 昭和38年: 通産省機械試験所(現産総研)入所
- 昭和43年: 中央大学理工学部精密機械工学科卒業
- 昭和46年: 第13次南極地域観測隊機械担当
- 平成10年: 工学博士(豊橋技科大)
- 平成12年: 中央大学理工学部精密機械工学科非常勤講師

1. はじめに

私の専門は、一言で述べると「トライボロジー(Tribology)」です。と言っても、読者をはじめ専門外のほとんどの人は何のことかわからないでしょう。「Tribology」は「Toribos(ギリシャ語で「擦る」意味)」と「logy(学問)」の造語です。

本稿では、「摩擦」について紹介していきます。

2. 摩擦について

皆さんは氷の上で歩くのが難しいことを経験上知っていますが、それが何故か分かりますか? 答えは、摩擦が非常に小さいからです。普通の道路で歩く場合、靴底と地面との摩擦係数(数字が小さい程すべりやすい)は、1.0程度であると思われます。しかし、氷の上では、条件にもよりますが、その1/100、0.01以下と考えられます。そのため歩きにくいのです。

摩擦のない世界があるとしたら、そこでは我々は歩くことは勿論、立つことさえ出来ないのです。摩擦があるからこそ、我々は普通の生活ができるのです。石器時代の人々は木を擦ったり、火打石を叩いたりして火を熾していたことはご存知の通りです。

このように、摩擦は人類の生活に欠かせないものである一方、大昔から摩擦との戦いがあったのです。例えば、メソポタミア文明とエジプト文明におけるピラミッドと宮殿の建設では、巨大な石材と石像の運搬に大変苦勞した様子が窺えます¹⁾。

現代ではどうでしょうか。相変わらず摩擦への挑戦は続いているのです。ここで、現代社会において便利に利用されている自動車を見てみましょう(図1²⁾)。摩擦に関係があるものがいっぱいあります。まず動力として必要なエンジンや電気自動車にはモーターがあります。

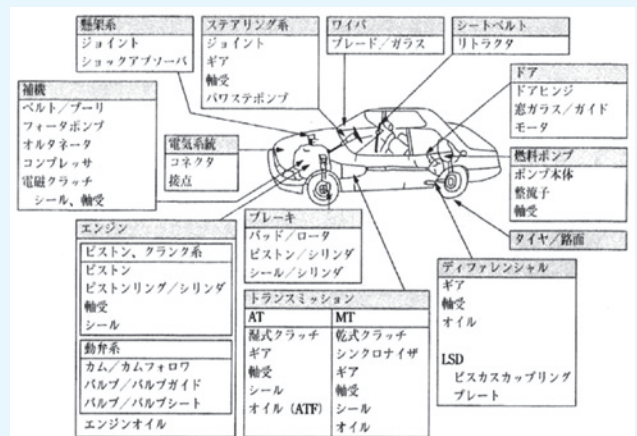


図1 自動車のトライボロジー関連部品²⁾

その力をタイヤに伝えるまでの間にはトランスミッションやディファレンシャルがありますが、それらにいかにも摩擦を小さく伝えるかが問題なのです。軸受はそのための部品であり、潤滑剤が重要な役割を果たします。

また、動いている自動車を止めるためにはブレーキが必要です。ブレーキは摩擦を利用して減速するための装置です。自動車を安全に運転するためには、ブレーキの摩擦係数の安定性が必要です。タイヤと路面の摩擦も様々な条件に左右されにくいような工夫がタイヤに施されています。

さらに、雨や雪の時の運転に欠かせないのがワイパーですが、ゴム製のブレードとガラスとの摩擦をなるべく小さくするようにブレード表面に摩擦係数を下げるための処理やコーティングがされています。そのブレードが劣化するといやな音や振動が発生する経験をした方も多いと思います。

しゅう動面の摩擦はどうして起こるのでしょうか? しゅう動面は実際に接触している面積は見かけの接触面積に比べ非常に小さく、接触部は粗い突起の一部が接触しているにすぎません。

摩擦の要因については3つの考え方があります。1つ目は表面の粗さで発生した突起を越えることによる抵抗力の「凹凸説」、2つ目は粗さの突起同士が接触する際、その高面圧と擦ることで高温になり凝着する「凝着説」、3つ目は接触する材料の硬さに差がある場合、固い方の材料の突起が柔らかい材料にめり込んで溝を掘るように進むため抵抗が生じる「掘り起こし説」です。実際には主にこれら3つの現象が組み合わさって摩擦が起こると考えられます。

3. 摩耗について

摩擦があるところには、必ず摩耗が生じます。川の流れで固い岩が長年の水の流れで削られることはご存知の通りです。そのため、いかに小さな摩擦係数でも動く機械や部品は摩耗し、必ず寿命が来ます。自動車で例えると、エンジンのピストンリングとシリンダー、駆動系の部品、ブレーキパッド、タイヤ等の摩耗の程度がそれぞれの部品の寿命を決めるのです。

摩耗の種類には以下のものがあります。1つ目は摩擦の項で述べた凝着に起因する「凝着摩耗」、2つ目は摩擦の掘り起こしに起因する「アブレッション摩耗」、3つ目は軽荷重であっても繰り返し同じ部分を擦ることにより表面近傍にクラックが発生・成長し、遂にはクラックが表面につながり剥離する摩耗現象が「疲れ摩耗」、4つ目は流体そのものや流体中に含まれる固体粒子が材料表面を削り取る「エロージョン」や流体中の気体が破裂することにより材料表面にダメージを与える「キャビテーションエロージョン」があります。

その他、負荷が大きい場合は材料表面に塑性変形が起こることがあり、それを「塑性流れ」と呼び摩耗の1つとして位置づけることがあります。また、はめ合い面での微小振動に伴う材料表面の酸化による化学的摩耗が主となる「フレッティング」もあります。

新品の機械のしゅう動部品で気を付けなければならないのが、なじみ運転が必要なことです。摩耗には摩擦初期に発生する「初期摩耗(摩耗量が大きい)」と一定期間摩擦後に摩耗が安定する「定常摩耗(摩耗量が小さい)」があるからです。

皆さんは新しい自動車を購入した際、なじみ運

転で一定期間は急発進、急加速、スピードを抑える等無理な運転を控えるようディーラーから言われると思います。それはエンジン内やその他のしゅう動部品の初期摩耗を極力抑えるためです。

なじみ運転に失敗すると、そのまま激しい摩耗となる「シビア摩耗」といわれる状態になり、部品の寿命が短くなります。一方、なじみ運転がうまく経過した後は「マイルド摩耗」といわれる摩耗の安定状態に入るため、部品の寿命が前者に比べて伸びることになります。シビア摩耗の状態が無理な運転をすると、そのしゅう動部品は焼き付きを起こして動かなくなるので、くれぐれも気を付けましょう。

4. 潤滑について

人々が和やかに接触、交流するために、お酒を振る舞うことがあります。そのお酒のことを「潤滑剤」と呼ぶことがありますね。それ以上に、機械等のしゅう動部品の接触部には、潤滑剤が不可欠です。

潤滑とは摩擦や摩耗を低減させることですが、具体的にはどのようなことでしょうか。それは、擦れ合う表面同士が直接接触しないように、気体(空気等)、液体(油等)、固体(黒鉛等)の膜で隔離することです。潤滑剤というとほとんどの人が油等の液体だと想像しますが、グリースのような半固体のものや黒鉛や二硫化モリブデン(MoS₂)、PTFEのような固体潤滑剤もあります。

5. おわりに

摩擦・磨耗・潤滑制御技術は、地味で目立たない技術です。しかし、稼働部品がある全ての物にとって重要であり、「メンテナンストライボロジー」という言葉もあります。

また、巨大地震発生のメカニズムは、地球のプレートが移動し、別のプレートとの摩擦により発生することから「ジオトライボロジー」と呼ばれ、地震予知につながるトライボロジーの研究を行っている研究者もいます。

参考文献

- 1) 「トライボロジーの歴史」編集委員会訳：
「トライボロジーの歴史」、工業調査会(1997)
- 2) 日本トライボロジー学会編：
「摩擦への挑戦」、コロナ社(2005)