

連載

トライボロジーにとりつかれた男の遊油ぶらぶらトーク⑩

流体潤滑条件でゲージブロックが 斜面をすべり上る常識外れの現象

(株)クリーンテック工業 佐々木 徹

今まで何回か表面張力について書いたが、今回は表面張力を利用すると、何の外力も加えないのにゲージブロックが流体潤滑面の坂を登っていくという不思議な現象について書くことにする。

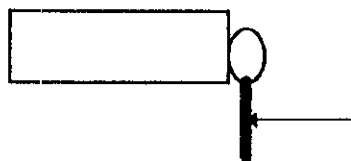
流体潤滑という、すべり面間に十分な厚さをもった油膜があり、金属面間で接触のない理想的な潤滑状態である。このような流体潤滑条件が維持されていると摩擦は非常に小さく、すべり面が受ける摩擦は主として油の粘度の抵抗だけと考えて大きな間違いはない。

「全く外力の加えられていないゲージブロックが、このような流体潤滑面を重力に逆らって坂を登る」と書くと、こいつの頭は変になったのではないかと疑われたとしても不思議ではない。ところが、実験をしていると全く想像もしなかった不思議な現象に出会うので、実験は面白い。

1. 不思議な現象を見つけた経緯

当時、筆者は油圧作動油の新油や酸化油を塗布したゲージブロックのすべり出し時の静摩擦係数を測定していた。この測定では、もし定盤が傾斜していると、坂を押し上げる力と坂を押し下げる力には差が出るから、すべり出し時の静摩擦係数を正確に測定するには、実験装置およびそれを取り付ける定盤の水平度が重要である。そのため定盤の水平度を出すだけに数週間もかかった。実験装置の水平度を調整しているときに、たつぷりと油を塗布したゲージブロックが坂を上った。不思議に思って傾斜度を変えながら何度も試みたが、やはりゲージブロックは坂を登った。

この万有引力の法則に反する現象が、何故繰り返し



第1図 ゲージブロック

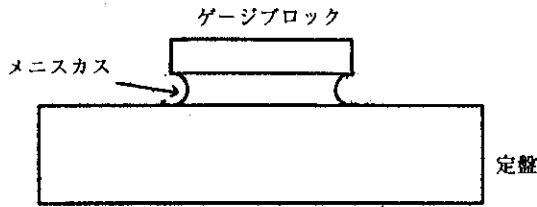
起こったのか？ どこかにトリックがあるはずだから、謎解きをしなければならない。そこで2つの実験をした。

(イ) 定盤上での実験

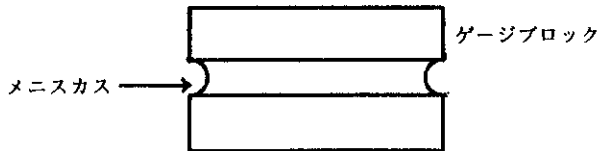
定盤上に油圧作動油をたつぷり塗布して厚い油膜をつくり、その上にゲージブロックの鏡面がくるように置くと、定盤に傾斜があるとゲージブロックは傾斜をすべった。何度やっても同じで、軸の柔らかい綿棒を第1図(上から見た平面図)のようにゲージブロックに当て、ゲージブロックの長さ方向に綿棒の軸を平行移動させるような感覚で坂を押し上げようとしても、ゲージブロックを押し上げることはできなかったが、坂を押し下げることは簡単にできた。この実験を最大傾斜度1度で行った。

(ロ) ゲージブロック2枚を重ね合わせたときの実験

潤滑油で潤滑した2枚のゲージブロックの鏡面同士を重ね合わせ、綿棒でゲージブロックを押しして傾斜を下させたところ、綿棒を離れたらゲージブロックが傾斜を登ってきた。逆に綿棒でゲージブロックを押し上げたところ、ゲージブロックは傾斜を下った。全く「天の邪鬼」なゲージブロックの動きだった。この現象は何回やっても再現性があった。



第2図 定盤とゲージブロックがつくるメニスカス



第3図 2枚のゲージブロックがつくるメニスカス

2. 不思議な現象の観察

どのように不思議な現象であっても、よく観察することによって隠れている種(タネ)を見つけることができる。

(イ) 観察その1

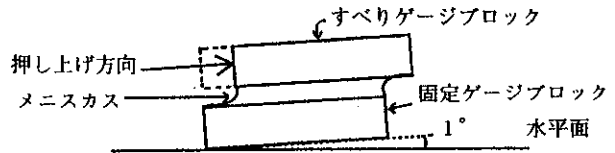
定盤とゲージブロックとの界面の油膜がつくるメニスカスの形状は、ゲージブロックが定盤上でどの位置にあっても、第2図のように同じ形をしていた。何故なら、常盤の表面積はゲージブロックの表面積と比べて、かなり大きい。そのため、ゲージブロックはどの位置にあってもゲージブロックと定盤がつくるメニスカスの形は一定である。

(ロ) 観察その2

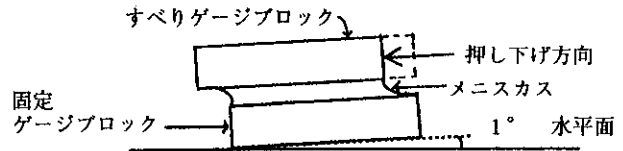
同じサイズのゲージブロックを2枚重ね合わせたときのメニスカスは、上のゲージブロックの位置によって、ゲージブロック間の油膜がつくるメニスカスの形状は違っていた。第3図は2枚のゲージブロックが正確に重ね合ったときのメニスカスの形であり、第4図はゲージブロックを傾斜に添って押し上げたとき、第5図は逆にゲージブロックを傾斜に添って押し下げたときのメニスカスの形状であった。

3. 種明かし

自然界の物体には、最も安定した状態になろうとする力が働き、2面によって挟まれた液体がつくるメニスカスは、油の自由表面が最も小さいときに最も安定している。第2図～第5図のメニスカスを比べると、第2図と第3図のメニスカスは左右が対称で安定した



第4図 ゲージブロックを1度傾けて上のゲージブロックを押し上げたときのメニスカス(不安定)



第5図 ゲージブロックを1度傾けて上のゲージブロックを押し下げたときのメニスカス(不安定)

形をしているが、第4図と第5図のメニスカスは左右で逆対称の不安定な形をしている。第2図のメニスカスは、ゲージブロックがどの位置にあっても、ゲージブロックと定盤との接触面積は一定であり、常に油の自由表面が小さい一定の形状をしているので、自由表面を最小にしようとする力は働かない。従って、ゲージブロックは坂を登ることができない。しかし、同じサイズのゲージブロックを重ね合わせた場合、油膜はゲージブロックの表面から離れられない。すなわち、油膜がつくるメニスカスは、上下のゲージブロックの一定の表面間で形成される。上下のゲージブロックの重ね合わされた部分の面積が最大のときに油の自由表面は最小であるが、そこから外れるに連れて重ね合わさった部分の面積は減少し、逆に油の自由表面の面積は増大する。第4図と第5図のメニスカスの自由表面は大きいので、自由表面の小さい、安定した第3図の形のメニスカスになろうとする力が働く。このときの表面張力の方は、流体潤滑条件という摩擦係数の小さい状態では重力に反して、ゲージブロックに坂を登らせることもできる。

表面張力の典型的な毛細管現象によって、水は1気圧で約10メートルも登ることができるし、左甚五郎のカンナをかけた板を引き離す話のように、平面接触している物体を引き離すには非常に大きな力が働くことも述べた。このように観察してみると、表面張力とは不思議な力であることに改めて驚くのである。