

表面微細構造による摩擦の制御

1. はじめに

工作機械の樹脂しゅう動面や人が触れるハンドル表面等の弾性体と剛体が接する表面の摩擦は、表面に微細構造を設けることで調整することができる。ただし、ハンドル部の構造は摩擦のみならず感触にも影響を及ぼすため、設計指針の検討は十分に行われていない。そこで、異なる大きさの構造を設けた表面の摩擦や感触を調べ、設計の指針を検討する。

2. 表面構造による摩擦の制御

流体が介在する摩擦は図1左上のような速度依存性を示す。流体の粘度と面圧が一定の場合、速度の増加に伴って動圧が増し、押し上げる力が作用する。この力が過大になると浮き上がって摩擦が小さくなり、転倒事故が発生し易くなる。しゅう動面に樹脂を貼った場合にもこの部分に変形が生じると動圧状態が変化し、摩擦係数が変化する可能性があるとともに、動圧による浮き上がりは精度に劣化にもつながる。動圧は表面に構造を設けることで大きくすることも小さくすることもできる(図1下)。

一方、ハンドル等にも凹凸構造を設けることで滑りを防止することができる。しかし手の皮膚には多くの受容器があるため、摩擦係数の変化に加え感触も大きく変化してしまい、例えば滑りにくいものの痛さが感じられる設計となってしまう可能性がある(図1右上)。

3. 実験方法

図2に示すような実験装置により、種々の条件における摩擦係数を測定した(表1)。弾性体と接する構造に矩形断面をもつ構造を設け、乾湿状態を含めた摩擦を測定した。通常の摩擦試験と異なり、これらを押し付ける縦運動と滑り動作となる横運動を同期して制御することで、濡れた床に踏み込むような動作や、手すりを握った時の動作を再現した(図3)。

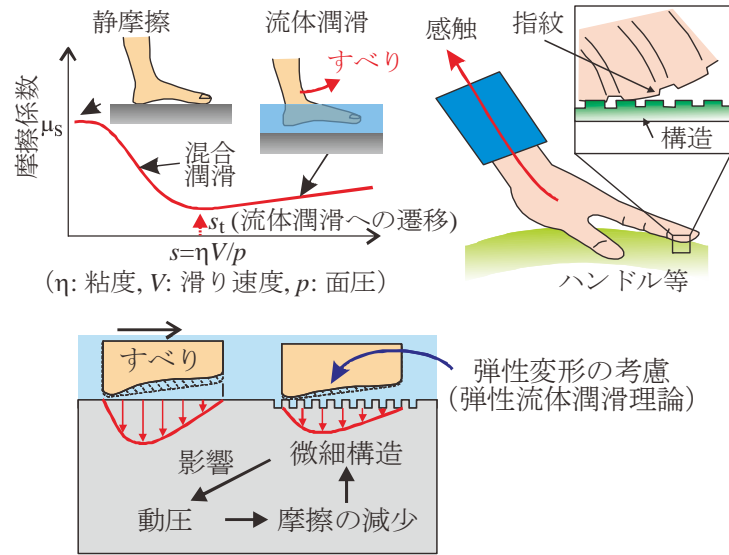


図1 流体が介在する場合の摩擦とハンドルの摩擦・感触

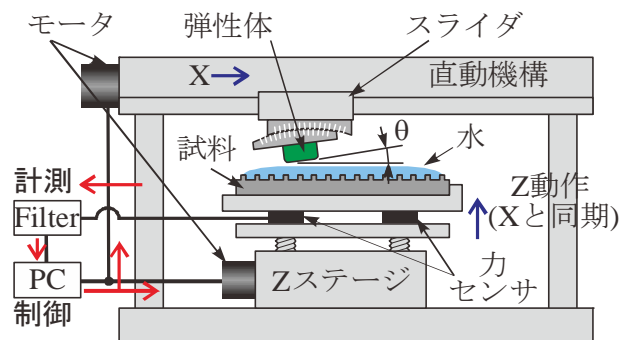


図2 自作の摩擦評価装置

表1 実験条件と構造寸法

粘度 η [mPa s]	1, 44, 53, 246
滑り速度 V [m/s]	0.01-1.8
面圧 p [Pa]	25
寸法 P, W_t, W_b, H [μm]	12, 4, 8, 4 150, 50, 100, 50 300, 100, 200, 50 300, 100, 200, 100 1500, 500, 1000, 500

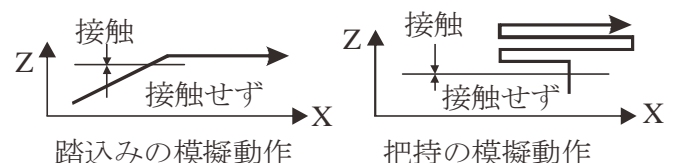
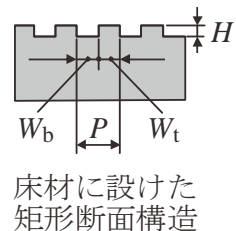


図3 プログラムによる模擬動作

表面微細構造による摩擦の制御

なお、実験に用いた弾性体構造は靴のかかとに相当する硬さを持つゴムとし、以降の実験では摩擦を下げるだけでなく上げるための指針を検討した。

4. 実験結果

図4は水を介在させて風呂床を模擬した実験結果を示す。凹凸がない床の場合は軸受定数が 10^{-6} 以下で流体潤滑状態に遷移してしまい、「つるん」と滑る状況が再現できている。構造を設けることで摩擦特性を大きくすることができ、図の右上に特性をシフトすることができる。これは、流体潤滑に遷移する軸受定数を高くするとともに摩擦係数そのものも大きくできることを意味する。この結果より、風呂床の場合には100マイクロ程度のピッチの構造を設けると滑りにくくすることができることになる。

工作機械しゅう動面は一般的に摩擦係数を下げることが重要視されるが、一方で送り方向の減衰が小さくなりがちとなる。摩擦係数をある程度高めることで減衰を高めるような設計も可能であり、これらの結果を適用することができると思われる。

ハンドル設計に関わる実験結果を図5に示す。前述のように接触後に往復運動を与えたときの摩擦係数を調べるとともに、指をこすり付ける官能試験を行った(図6)。実験条件の P は円柱構造のピッチ、 W は直径を示し、数値はマイクロン単位での寸法を示す。

この結果より、摩擦係数を大きくすると滑りにくくなるものの、構造に引っかかることで痛みが増すことがわかる。ただし、ピッチが最も小さい場合は痛みを感じずに摩擦係数が上昇した。このピッチは指の間隔受容器(図6)の平均値とも近く、圧力が広く分散されたことでこのような結果になったと考えられる。

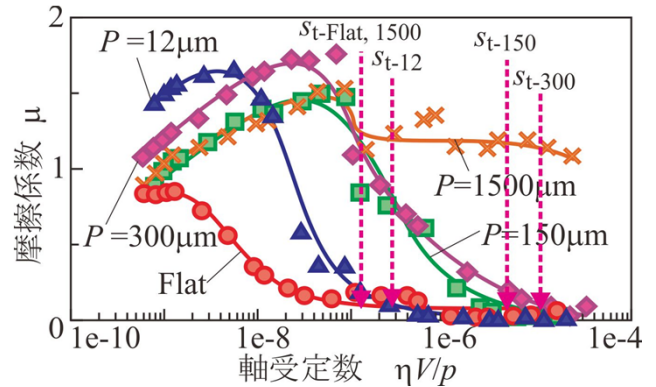


図4 床に設けた構造が動摩擦に及ぼす影響

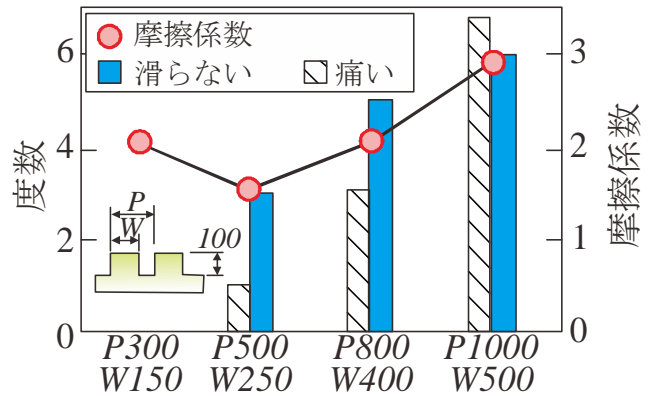


図5 摩擦試験と官能検査の結果

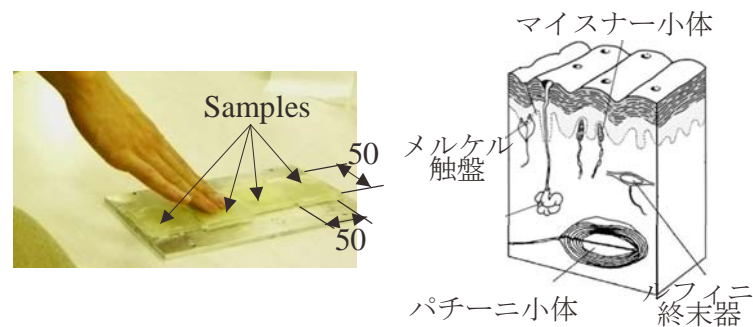


図6 官能評価の様子と皮膚の感覚受容器

5. おわりに

表面構造によって摩擦を大きく、あるいは小さくするための考え方を実験に基づいて検討した。工作機械構造各部への適用(精度の評価を含む)は今後の課題の一つである。