

摩擦現象に着目した触感評価技術への取り組み 指モデル接触子を用いた摩擦現象と触感の関係

Development of Tactile Evaluation Techniques Based on Friction Phenomena Relationship Between Friction Phenomena and Tactile Sensation Using a Article Skin Block

都産技研（正）*齋藤 庸賀

Yasuyoshi Saito*

* Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute

1. はじめに

製品設計や開発の現場では、機能性や耐久性に加えて、触り心地の向上、すなわち高触感を追求する取り組みが始まっている。しかしながら、触り心地を評価するための明確な規格は確立されておらず、数値化には機械的特性や形状パラメータに基づく推定にとどまっているのが現状である。

このような背景のもと、著者らの研究チームでは、“ふれる・こする”という行為を、指と物体との間に生じる摩擦現象として捉え、摩擦から触感を定量的に評価できないか、という課題に取り組んでいる。本発表では、指先の摩擦現象に着目し、ヒトの知覚感と摩擦パラメータとの関連性を説明する。

2. ヒトの触感：知覚感

ヒトの触感表現には、感性に基づく「好き／嫌い」「心地よい」「きれい」などの主観的な表現に加え、「しっとり」「さらさら」「ざらざら」「つるつる」など感覚的な表現も存在する。これらの感性を含む触感は、触った本人特有の知覚機序によって成立するものである。また、オノマトペを含む擬態語、擬音語な表現については、それぞれの語彙が示す感覚的事象を正しく理解した上でなければ、評価に用いることは困難である。

上述の様々な触覚表現がある中で、本研究では知覚感と呼ばれる触感を対象にしている。知覚感とは、ヒトが物体に触れた際に指先の感覚受容器の働きによって想起される5つの感覚「硬軟感」「摩擦感」「マイクロ粗さ」「マクロ粗さ」「温冷感」である¹⁾。これらの感覚は、指先の感覚受容器の物理的な応答によって決定されるため、感性の影響を受けにくいと考えられている。

3. 指モデル接触子を用いた正弦駆動摩擦試験による取り組み

“ふれる・こする”という摩擦動作を行った際には、サンプルの物性に応じた摩擦現象が生じることは自明であり、その摩擦現象が物理的な刺激となって、感覚受容器が励起されると考えられる。したがって、指先で生じる摩擦現象（例えば凝着摩擦、振動、潤滑現象など）を正しく理解することが、知覚メカニズムを解明する鍵となる。

指先で生じる摩擦現象の理解を深めるために、Fig. 1 に示す「指モデル接触子」を用いた摩擦試験を実施している²⁾。この接触子は、ヒトの皮膚の硬さおよび指紋突起を模倣

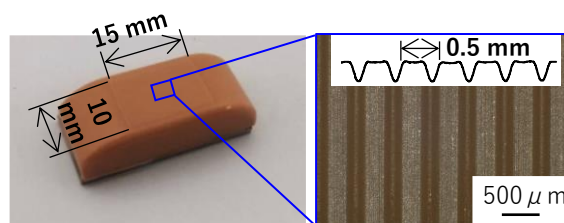


Fig. 1 Images of artificial skin block with pattern ²⁾

した構造を有している。また、ヒトが物体に触れる際の動作が正弦波的に徐加速・徐減速するという特徴³⁾に着目し、正弦波運動を実現する摩擦試験装置を用いることで、動的摩擦挙動も同様にとらえられるように取り組んでいる。特に、すべり速度が時間とともに連続的に変化するため、速度変化に伴う摩擦現象を捉えることが可能となる。

3. 1 摩擦パラメータとヒトの知覚感の関係

Figure 2 には本革と合皮の摩擦波形（駆動ステージ位置情報を横軸）を示している。同図に示す通り、すべり出し直後の静摩擦係数、すべり出し以降の各位地（速度）に対する動摩擦係数が観測できる。このような静摩擦係数、動摩擦係数は知覚感のうち「摩擦感：すべり感/粘着感」と良く相関することが分かっている（Fig. 3）。ただし、Fig. 2 にも表れている通り、すべり速度などの試験条件によって摩擦現象は大きく変化することから、使用環境を想定した試験条件の設定が必要となる点は気を付けなければならない。また、摩擦試験時の振動に着目し、位置情報に対するスペクトル解析を実施した結果を Fig. 4 に示す³⁾。同図に示す通り、摩擦振動中には空間周波数 2/mm の倍数のピークを持つ振動が生じていることが確認される。これは指紋突起間隔 0.5 mm に起因するピークと考えられ、指紋がどれだけ強く刺激を受けたのか、その強度を評価することができると考えられる。実際にこの振動強度のパラメータは知覚感のうち「マイクロ粗さ：なめらか感/粗さ感」と強い相関を示す（Fig. 5）。振動と触感に関しては、周波数帯域と刺激の強さの両方が影響因子となると考えられている。このため、摩擦振動は指と素材の摩擦刺激にフォーカスをした粗さ感を規定する評価パラメータとして期待されている。

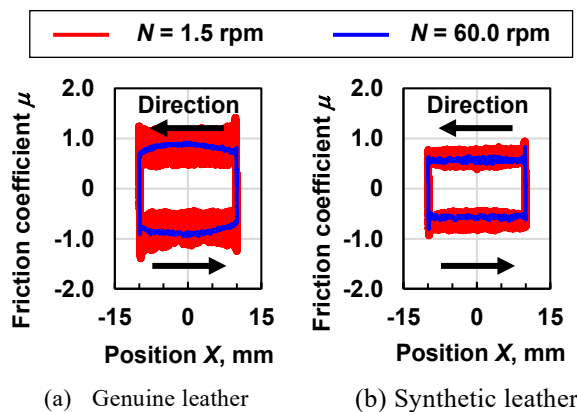


Fig. 2 Dynamic friction patterns ²⁾

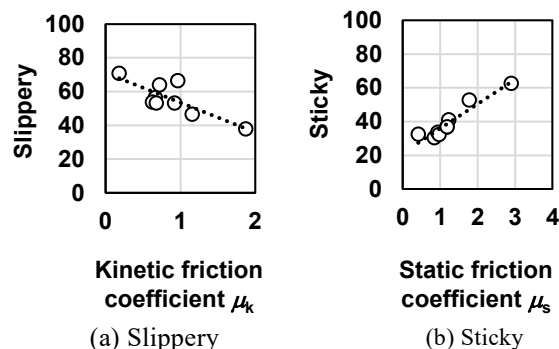


Fig. 3 Relationship between friction coefficient and feel ⁴⁾

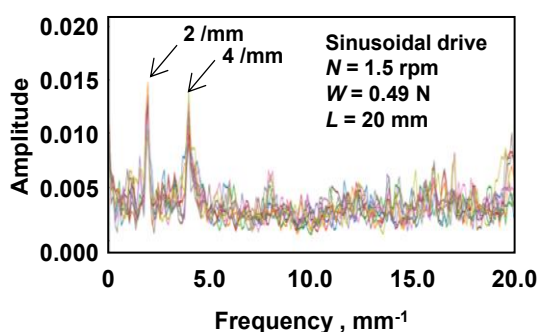


Fig. 4 Spectrum analysis for genuine leather ²⁾

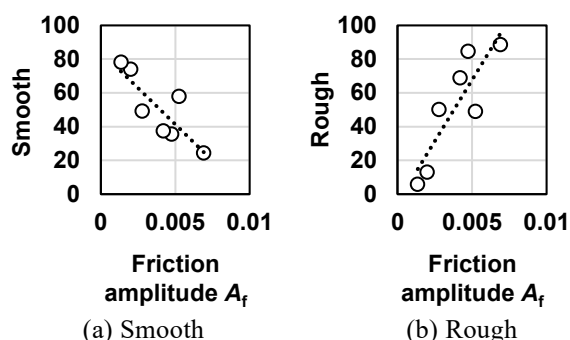


Fig. 5 Relationship between friction coefficient and feel ⁴⁾

3. 2 液体介在下における評価

速度変化に着目し、1 ストローク中の摩擦変化から得られた摩擦係数と速度の関係を Fig. 6 に示す。これは、粘度の異なる化粧水、乳液、クリームを人工皮膚上で摩擦試験した際の、滑り速度に対する摩擦係数の変化を示したものである。粘度の低い化粧水や乳液では、低速域での動き出し時に明確な摩擦係数のピークが確認される。一方、粘度の高いクリームでは、低速域から緩やかに動き始め、速度の増加に伴って摩擦係数も徐々に増加する傾向が見られる。このような指先での潤滑状態は指紋（形状）や塗広げ方（速度）の影響を強く受けると考えられる。このように、塗広げ時にどのような潤滑状態にあるのかを正しく理解することで、その「摩擦感」を明らかにし、最終的には「水っぽさ」や「オイリー感」といった塗広げ時特有の触感の解明につながるものと考えられる。

5. おわりに

触感の評価技術は様々な製品分野で渴望されている技術である。本研究では摩擦の観点からヒトの触感評価を目指すものであり、今まで見落とされてきた動的な摩擦挙動を積極的にパラメータとして抽出し、製品の特長をつかめる評価技術として確立を目指したいと考えている。

文献

- 岡本：粗さ・摩擦・硬軟・温冷の触知覚機序：触感・テクスチャはこうして感じられている。
(https://hci.fpark.tmu.ac.jp/shogo_okamoto/papers/PerceptualMechanism.pdf)
- 齋藤，吉次，村井，野村，野々村：指モデル接触子を用いた動的摩擦特性に及ぼす正弦波駆動の影響，トライボロジー会議 2023 春予稿集，B11.
- K. Kikegawa, R. Kuhara, J. Kwon, M. Sakamoto, R. Tsuchiya, N. Nagatani & Y. Nonomura: Physical origin of a complicated tactile sensation: 'shittori feel', R. Soc. Open Sci., 6, 190039 (2019).
- 齋藤，野村，野々村，吉次，山田，唐木，佐々木，村井，成田：正弦波駆動機構を有する摩擦試験装置による触り心地評価，材料試験技術，68，3（2023）107.
- 齋藤，吉次，成田，野村，野々村：化粧品塗布動作中の潤滑挙動に及ぼす加重・速度の影響，第 62 回日本油化学会年会予稿集，OP36.

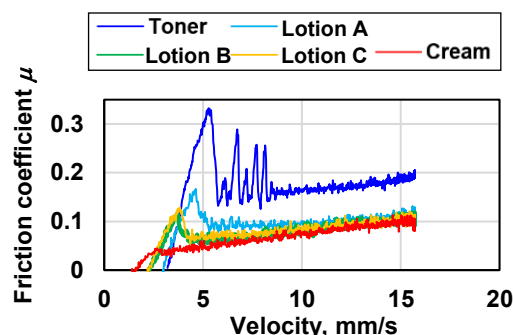


Fig. 6 Relationship between velocity and friction coefficient ⁵⁾