

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K13675

研究課題名（和文）繊維状構造体の肌触り感向上のための手指における能動的および受動的摩擦特性の解明

研究課題名（英文）Investigation of active and passive frictional characteristics in fingers for improvement of textural sensations of fibrous structures

研究代表者

柴田 圭（Shibata, Kei）

東北大学・工学研究科・助教

研究者番号：60612398

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、3次元ネットワーク構造を有する繊維状構造体の肌触り感の向上を目指すため、能動的および受動的摩擦による官能評価間の関係を明らかにし、また、摩擦特性との関係を明らかにした。肌触り感の総合評価である好みは、すべりやすさ知覚と極めて強い相関を示し、肌触り感の向上には、すべりやすく感じる事が重要であることが明らかになった。能動的および受動的摩擦におけるすべりやすさ知覚は相関関係にあり、人間の無意識のフィードバック制御の介入は見られなかったが、被験者個人による差が大きく見られた。そこで、個人差を縮減する手法を提案し、その結果、摩擦係数とすべりやすさ知覚が相関することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、従来矛盾が生じる場合も多い、繊維状構造体における手指との摩擦特性と肌触り感との関係について、人間の能動的動作における無意識のフィードバック制御に着目して行ったものである。結果として、人間の無意識のフィードバック制御の介入は見られなかったが、摩擦係数によりすべりやすさ知覚を矛盾なく説明できることを明らかにしている。また、本研究の結果より、摩擦係数の低減が肌触り感の向上に寄与することが明らかとなり、肌に触れる繊維状構造体を有する様々な日用品や工業製品への応用が期待される。

研究成果の概要（英文）：To improve the textural sensations of the fibrous structure having a three-dimensional network, the relationship between sensory evaluations by active and passive friction in fingers was clarified, and the relationship with friction characteristics was clarified. Preference, which is a comprehensive evaluation of the feeling of touch, showed a strong correlation with the perception of slipperiness, and it was clarified that it is important to feel more slipperiness to improve the feeling of touch. The perception of slipperiness in active and passive friction was weakly correlated, and there was no intervention of human unconscious feedback control during the active friction. However, there was a large difference among individual subjects. Therefore, a novel method to reduce individual differences was proposed, and as a result, it was clarified that the friction coefficient and the perception of slipperiness correlate.

研究分野：トライボロジー

キーワード：繊維状構造体 ティッシュペーパー 肌触り感 すべりやすさ評価 能動的摩擦 受動的摩擦

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ティッシュペーパーやトイレトペーパーなどの日用品や、椅子や机などのファニチャー、電車のつり革などの手すり類、自動車のハンドルなどの機械的操作類、タッチパネルなどの電子的操作類など、身の周りで人の肌と触れるものは数多く存在する。これらは、肌と直接接触するため、肌触りが重視されることが多い。特に、ティッシュペーパーやトイレトペーパー、タオル、生理用品等に利用されている不織布などは、繊維による3次元的ネットワーク構造を有しており、空気を多く含み柔らかさに優れるため、刺激に弱い敏感な部分に使用され、特に肌触り感が重要となっている。このような製品の肌触り評価には、人間による官能試験がよく用いられており、言葉あるいは自然数を用いた定性的な評価が行われてきている。また、官能試験時において、指や手の甲で表面をこする、指で挟んでこする、手の中で揉むなど、手指との摩擦と関連する動作が多いことから、官能評価と手指の摩擦特性との相関について数多く調査されてきている。例えば、指を模擬した人工皮膚とティッシュペーパーとの摩擦係数の大小と、官能試験による肌触り感評価値が極めて高い相関を有することが過去に明らかにされている。しかしながら、実際の手指には皮脂や汗、指紋パターンなど個人差が多くあり、人工皮膚の摩擦特性とは相違が見られる場合も多い。さらに、実際の手指の摩擦特性を用いた場合においても、肌触り感評価値と相関が無いなど、矛盾が生じる場合も多い。本研究では、この理由について、人間の能動的動作における無意識のフィードバック制御ではないかと想定した。

2. 研究の目的

背景で示した問題を解決し、繊維状構造体の肌触り感向上のための設計指針を提案しようとするのが本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究で取り上げるティッシュペーパーや不織布などの繊維状構造体では、繊維が3次元的にネットワークを構成しているため、連続的な表面性状を有さず、また、空隙が多数存在し、繊維自体が極めて変形しやすく、さらには低弾性体と接触するなど、従来の固体の接触理論をそのまま適用することは難しいと考えられる。このような繊維状の柔軟構造体の接触特性ならびに摩擦特性に関する研究は、関連研究分野の中では全く見られないため、本研究では、実際の測定を通して明らかにする。

また、これまでの研究では、官能試験時における動作はほぼ全て能動的なものであり、動作の繰返しによりフィードバック制御された、言わば先入観の入った官能評価であるといえる(図1)。このような評価が妥当であるとは一般的に言い難い。このことは、能動的動作から得られる摩擦特性も同様である。摩擦係数は、荷重(あるいは接触圧力)により変化するものであるが、すべり速度を一定にしようとする場合、フィードバック制御により摩擦力を一定にしてしまい、摩擦特性に違いが生じない可能性がある。これを回避するために、本研究では、手指の動きを固定し対象物を動かすという“受動的”動作による摩擦試験を行う(図2)。能動的動作と受動的動作を比較し、動作の違いにより官能評価値および摩擦特性に影響を及ぼすかどうかを明らかにする。

能動的動作では、ティッシュペーパー上を被験者自身の意思で指を動かす触れ方(動かす方向は指定)における肌触り感の官能評価試験と摩擦試験を同時に行う。摩擦係数の測定は、フォースゲージと指の接触力を測定できるセンサーを用いて行う。次に、受動的動作(繊維状構造体が機械的運動を行い、指が受動的に摩擦を受ける動作)における肌触り感の官能評価試験と摩擦試験を同時に行う。これらの結果に基づき、肌触り感に影響を与えるパラメータ(機械的性質、摩擦特性)を明らかにし、肌触り感の向上のための繊維状構造体の設計指針を提案する。

4. 研究成果

まず初めに、能動的動作における、肌触り感の総合評価である好みの官能評価値とすべりやすさ官能評価値の関係を、図3に示す。丸点はティッシュサンプル毎の平均値、エラーバーは被験者による標準偏差である。好みは、すべりやすさ知覚と極めて強い相関を示すことから、肌触り感の向上には、すべりやすく感じる事が重要であることが分かる。

次に、能動的動作および受動的動作における、すべりやすさ知覚の比較を行う。図4に示すように、能動的および受動的摩擦におけるすべりやすさ知覚は相関関係にあり、背景で述べたよう

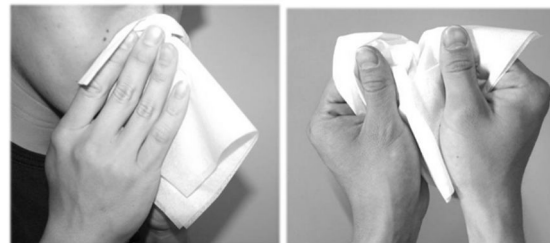


図1 従来の能動的動作による官能試験の様子

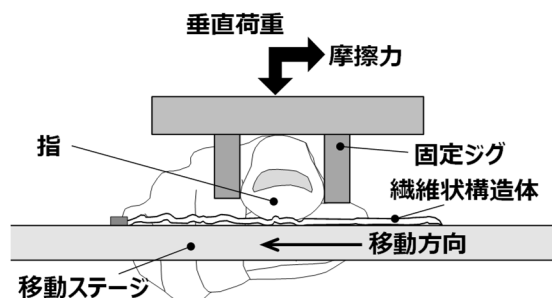


図2 受動的動作による試験方法の簡易概略図

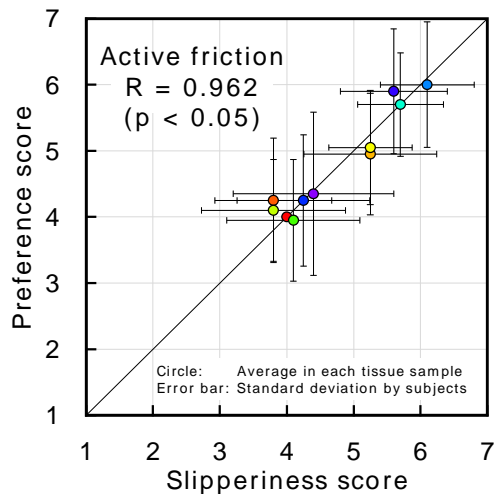


図3 能動的動作における好みの官能評価値とすべりやすさ官能評価値の関係

な人間の無意識のフィードバック制御の介入はないものといえる。ただし、図3では平均値が概ね3群に分類され、標準偏差を考慮しても群同士の違いは認識できるといえるが、図4では群分類は難しく、標準偏差を考慮すると違いを認識できるものは少ない。この標準偏差の大きさは、被験者によるばらつきであり、つまり、個人差が大きいといえる。このような個人差は、これまで多くの官能試験（特に繊維状構造体であるティシューペーパーなど）においても見られるものであった。ここにおいて、新たな疑問が想起されるのはたやすく、つまり、そもそも個人差がある中で人間の指は繊維状構造体の摩擦を正しく認識できるのか、と問わざるを得ない。実際に、各被験者における受動的動作での摩擦係数とすべりやすさ知覚の関係を見ると、統計的に有意な相関がない被験者は20名中16名である（図5、ある被験者での一例）。

そこで、新たな疑問を解決すべく、個人差を縮減する手法を提案することを試みた。ここで一度、これまで行ってきた繊維状構造体に対する官能試験方法について簡便に整理すると、(1) 1点から7点までの整数尺度によるセマンティック・ディファレンシャル法（SD法）を用いる、(2) 基準サンプルを定め、中央点（4点）を付与する、(3) 目的対象を毎回、基準サンプルと比較する、である。これは、従来慣例的に行われてきた手法であり、蓄積された結果を直接的には難しいが相対的に比較しやすいといえる。しかし、この手法では、7段階評価のため精度が低く、上限値・下限値の想定が個人により異なり、個人差が出やすいと考えられる。加えて、人間の指の表面状態は逐次変化しており、同じサンプルに対しても異なる摩擦係数が測定されやすいため、基準サンプルといえど摩擦係数が一定とならない。この問題を解決するため、(1) 連続的な数値による間隔尺度の導入、(2) 評価上下限値の導入、(3) 連続的な比較評価法の導入を試みた。具体的には、(1) 直線上の位置を指す（長さの測定精度が評価値の精度になる）、(2) ティシューペーパーの摩擦係数範囲外の低摩擦・高摩擦を示す粉体を指に付与して試験を行い、それぞれ評価値100%、0%とする（比較サンプル測定の際には粉体は使用しない）、(3) 基準となる粉体の測定は初めに行い、その後は一つ前のトライアルのサンプルとの比較で評価を行う、である。

このようにして得られた結果を、図6に示す。同図より、どの被験者においても、摩擦係数とすべり評価値の間には統計的に有意な負の相関が見られた。よって、提案した手法により、ティシューペーパーと指の摩擦において、すべりやすさを知覚することができるといえる。また、この結果より、摩擦係数を低減することによりすべりやすく知覚されることが分かり、延いては総合的な肌触り感が向上されるといえる。従来の手法では、個人によるばらつきが大きく、肌触り感向上のために明確な設計指針を提案することが難しかったが、本研究により、明確に摩擦係数の低減が肌触り感の向上に寄与することが明らかとなり、肌に触れる繊維状構造体を有する様々な日用品や工業製品への応用が期待される。

本来、図7の箱ひげ図に示すように、本研究における各サンプルにおける摩擦係数の差は、硬質な材料を相手とした場合での人間の指が摩擦差を知覚できるといわれる閾値を超えておらず、なぜ知覚可能であるかは不明である。今後の展望としては、このような疑問を解決し、すべりやすさ知覚の閾値を低減することが可能となれば、さらに幅広い分野に応用・展開されるものと期待される。

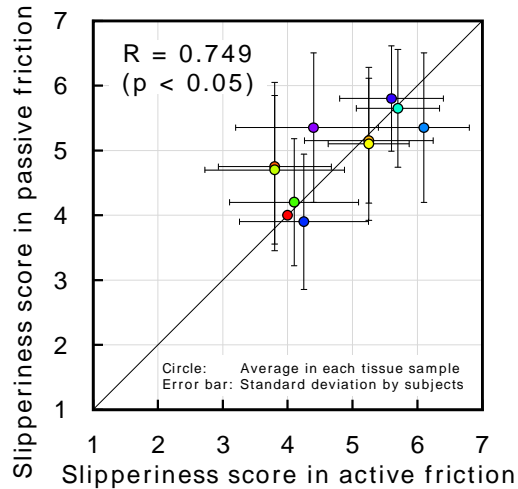


図4 能動的および受動的動作におけるすべりやすさ知覚の比較

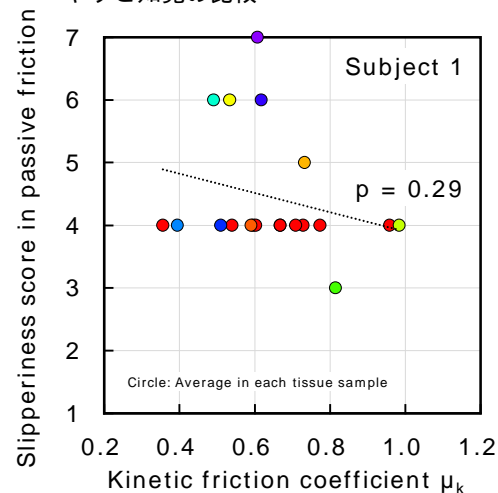


図5 受動的動作での摩擦係数とすべりやすさ知覚の関係の一例

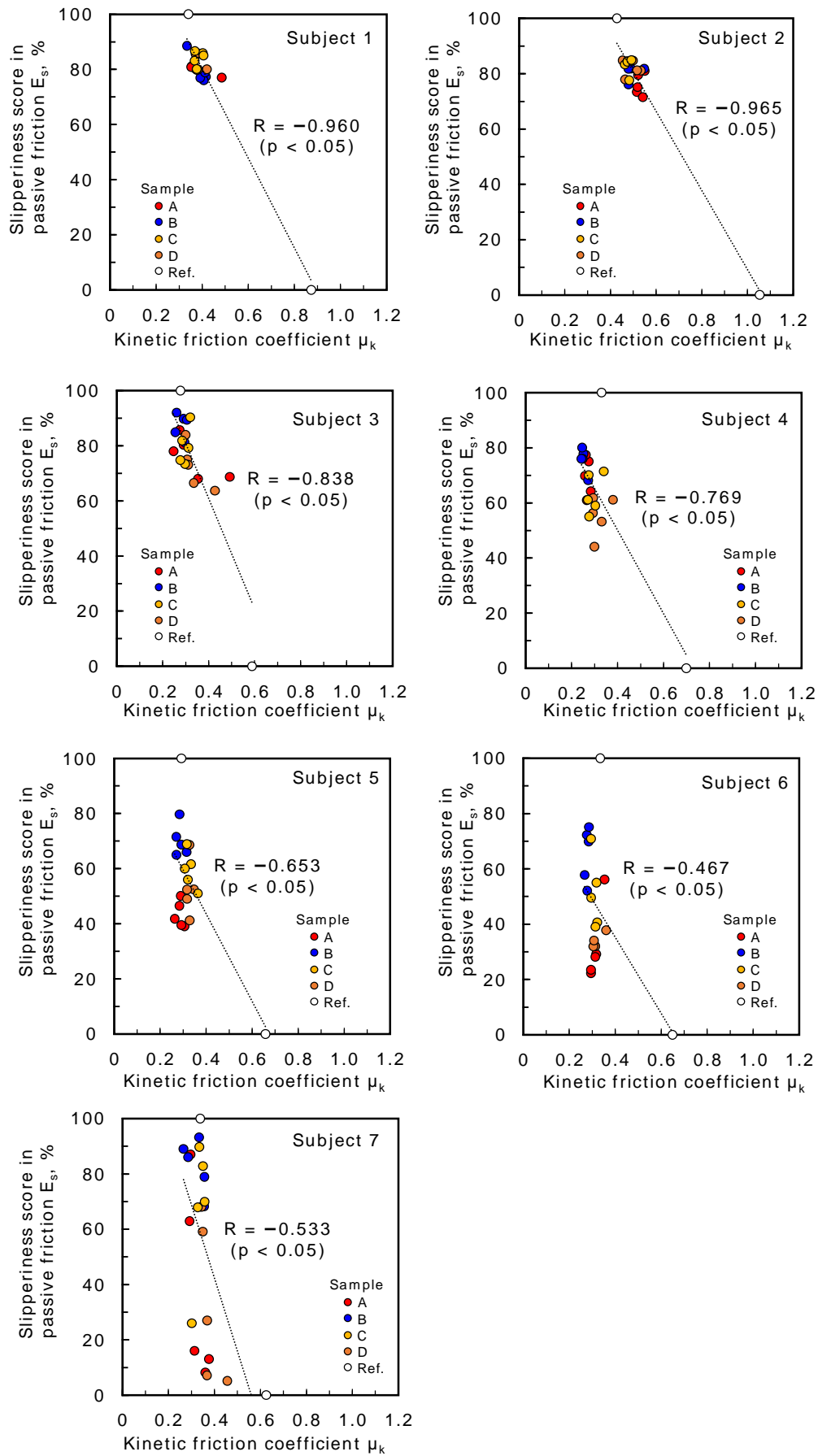


図6 個人差を縮減する手法における摩擦係数とすべりやすさ知覚の関係

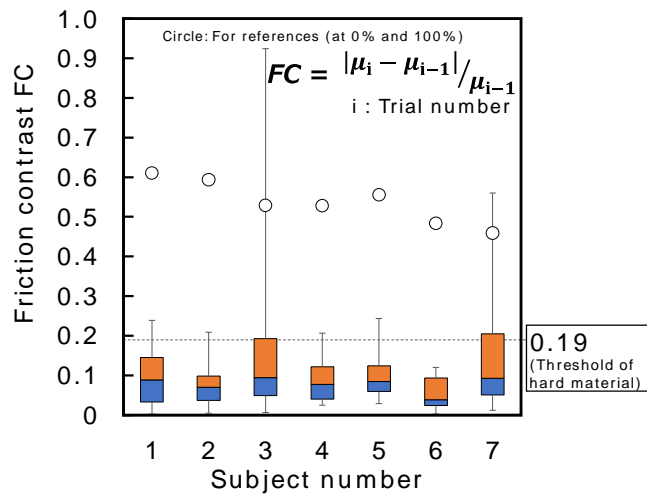


図7 各トライアル間の摩擦係数差比の箱ひげ図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Risa Nakane, Hiroaki Honda, Kei Shibata, Takeshi Yamaguchi, Sachiko Takahashi, Hidenori Yorozu, Kazuo Hokkirigawa
2. 発表標題 Effect of Friction between Facial Tissue Papers and Fingers on Textural Characteristics
3. 学会等名 International Tribology Conference Sendai 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------