

スポーツ用テキスタイルと皮膚間の付着力低減によるべたつき防止に関する研究

Study on prevention of stickiness by reduction of adhesion between textile and skin

東北大・院（学）*松村 篤 アシックス（正）西 駿明 東北大（正）山口 健

Atsushi Matsumura*, Toshiaki Nishi**, Takeshi Yamaguchi**

*Tohoku University, **ASICS Corporation

1. 緒言

連続して運動する時間が長くなるにつれて、運動者はスポーツウェアと肌との間に汗による付着（べたつき）を感じることがあり、その不快感からパフォーマンスが低下してしまう可能性がある。そのため、汗によるべたつき度合いを評価し、べたつきを抑制できるスポーツウェアの設計に役立てることは重要である。しかし、現在、汗によるスポーツウェアのべたつき度合いの評価は主に官能的手法によって行われており、付着力などの物理的パラメータを用いた評価方法は確立されていないのが現状である。

そこで、本研究では、以下の2点を目的とする。

- (1) 人肌-生地（テキスタイル）間の付着力を測定し、実際の人間のべたつきの感覚との関係を明らかにする。
- (2) 人工皮膚片-テキスタイル間の付着力を測定し、人肌-テキスタイル間の付着力との関係を明らかにする。さらに、テキスタイル間の付着力の差について表面性状の違いから考察を行う。

2. 実験方法

2.1 官能評価試験

Table 1 に、本研究で使用した3種類のスポーツウェア用テキスタイルの目付け（単位面積当たりの重さ）、肌と接触する面の光学顕微鏡像、および表面高さ分布（キーエンス社製、ワンショット3D形状測定機 VR-5200により測定）を示す。同表より、テキスタイルにより表面の凹凸部の割合が異なることが分かる。テキスタイルを25 mm × 120 mm の長方形に切り取り、試験片として実験に供した。なお、生地には Table 1 に示す様に縦糸方向（Warp）と横糸方向（Weft）の2方向があるが、長方形の長辺が縦糸方向と平行となるよう切り出した。

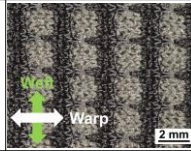
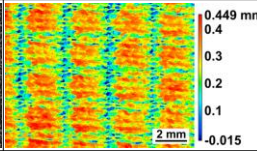
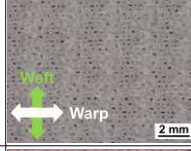
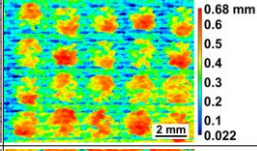
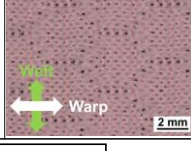
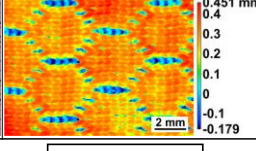
Figure 1 に、実験装置の外観を示す。摩擦試験装置（トリニティーラボ社製、i-Tester TL201Tt）をジグによって直立させて使用した。テキスタイル中央をクリップで固定し、クリップとロードセルを、滑車を介して糸でつないだ。ロードセル自体を鉛直下向きに定速で移動させることにより、試験片を引き上げる際の力を測定すると同時に、被験者にべたつき度合いを評価するよう指示した。

引き上げ距離を 60 mm、引き上げ速度を 100 mm/s、同一条件による試行回数を 3 回、ロードセルのサンプリング周波数を 1 kHz とした。また、テキスタイル試験片の表面状態は、乾燥、部分濡れ（700 μ L の精製水を試験片表面に塗布）、完全濡れ（試験片を精製水に 10 秒間完全に浸漬）の3条件とした。

ロードセルによって測定された力の時系列変化において、ロードセルの自重に起因するオフセット荷重、および慣性力を差し引き、また、ローパスフィルタを施したのち、測定時間中におけるピーク値からクリップと試験片の重量を差し引いた値を付着力と定義し、解析に用いた。

本研究の被験者は、男性 5 名（年齢：22.6 \pm 0.5 歳、以降、Subject A, B, C, D, E と表記する）、女性 5 名（年齢：22.2

Table 1 Weight per area, surface image, height distribution of textile specimens

No.	Weight per area, g/m ²	Surface image	Height distribution
A	136.9		
B	132		
C	115		

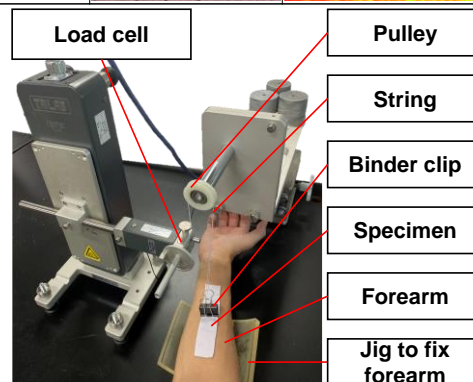


Fig. 1 Experimental apparatus (against human skin)

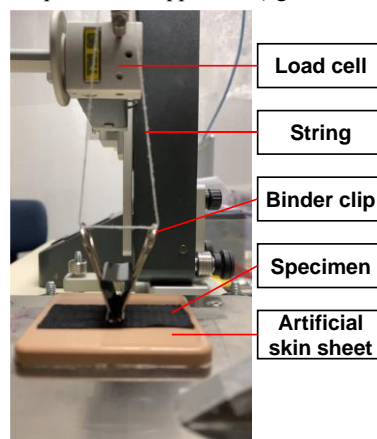


Fig. 2 Experimental apparatus (against artificial skin sheet)

±1.8 歳，以降，Subject F, G, H, I, J と表記する）の計 10 名である．全 27 回の付着力測定に対してべたつき度合いを 1 から 5 の数字で評価するよう指示した．なお，被験者によって最大評価値が異なるため，解析の際は最大評価値を 100 % として評価値の規格化を行った．

2.2 人工皮膚片とテキスタイルの付着力測定試験

Figure 2 に示すように，各テキスタイルを 25 mm × 60 mm の長方形に切り取り，ウレタン製の人工皮膚片（トリニティーラボ社製，スキンテクスチャーモデル）に対する付着力を測定した．部分濡れにおける精製水の量は 300 μL，引き上げ距離は 40 mm，引き上げ速度は 20 mm/s，試行回数は 5 回とした．その他の実験条件は 2.1 節と同様である．

3. 実験結果

3.1 官能評価値と付着力の関係

Figure 3 に，被験者 D における付着力と規格化した官能評価値の関係を示す．両者の間には正の相関 ($r = 0.920$, $p < 0.05$) が見られることが分かる．Table 2 に全被験者の相関係数を示す．同表より，いずれの被験者も付着力と規格化した官能評価値の間には正の相関が見られ ($r > 0.45$, $p < 0.05$)，付着力の大小によりべたつきの感覚を評価できることが分かる．

3.2 人工皮膚片及び肌に対する付着力の関係

Figure 4 に，官能評価試験における人肌（Subject D）-テキスタイル間の付着力と人工皮膚片-テキスタイル間の付着力の関係を示す．同図より，両者の間には強い正の相関が見られた ($r = 0.947$, $p < 0.05$)．他の被験者でも同様の傾向 ($r > 0.71$, $p < 0.05$) が確認され，よって人工皮膚片を用いた付着力測定により，べたつきの評価が可能であることが示唆された．

4. 考察

Figure 3, Figure 4 に示されるように，部分濡れ及び完全濡れ条件において，付着力が乾燥条件に比べ増加した要因としては，生地が水を取り込んだことで真実接触面近傍において繊維-皮膚間あるいは繊維-人工皮膚片間へのメニスカスの形成が考えられる¹⁾．

完全濡れ条件では，試験片表面に十分に液体が存在し，上述のように人肌ないしは人工皮膚片がテキスタイル表面の凸部とメニスカスを含め接触しているものと考えられる．そこで，Table 1 における各試験片の高さ分布から負荷曲線を作成し，高さの上位 30 % が占める面積割合を負荷面積率として算出した．この負荷面積率と人工皮膚片-テキスタイル間の付着力との関係を Fig. 5 に示す．同図より，負荷面積率の小さい Sample B は付着力が最も小さく，一方，プラトー部が多く，負荷面積率の小さい Sample C は，メニスカスが形成される面積が大きいため付着力が一番大きい値を示したと考えられる．

5. 結言

- (1) 人肌とテキスタイル間のべたつきの度合いを付着力の大小により評価できることが分かった．
- (2) ウレタン製の人工皮膚試験片を用いて，べたつきの度合いを評価できることが分かった．
- (3) テキスタイル高さの上位 30 % が占める負荷面積率の低減が，べたつきを抑制する効果があることが示唆された．

文献

- 1) S.E. Tomlinson, R. Lewis, X. Liu, et al.: Tribol Lett 41, 283–294 (2011).

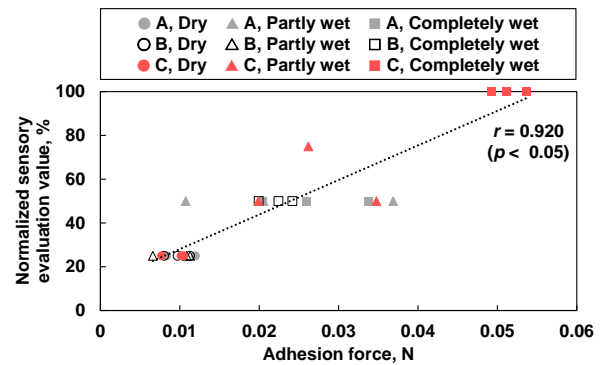


Fig. 3 Relationship between adhesion force and normalized sensory evaluation value (Subject D)

Table 2 Correlation coefficient between adhesion force and normalized sensory evaluation value for each subject

Subject	Sex	Correlation coefficient
A	Male	0.882
B		0.829
C		0.542
D		0.920
E		0.729
F	Female	0.837
G		0.729
H		0.455
I		0.710
J		0.622

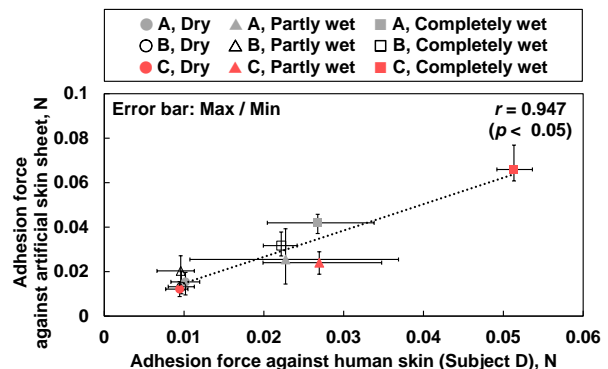


Fig. 4 Relationship between adhesion force against human skin and that against artificial skin sheet

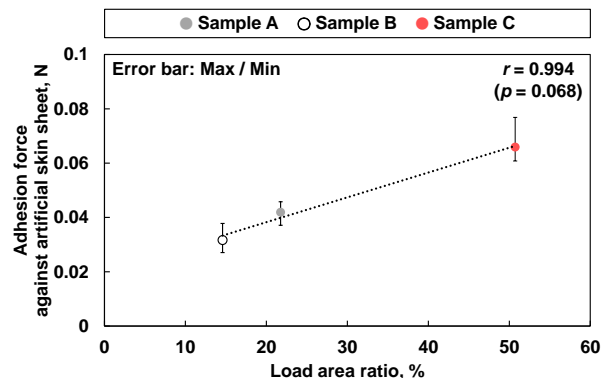


Fig. 5 Relationship between load area ratio and adhesion force against artificial skin sheet