



# 衣料繊維突出機構を用いたチクチク感制御機構の設計

## - 繊維固定手法の検討 -

河合秀樹<sup>1)</sup>, 池口淳弥<sup>2)</sup>, 柳田康幸<sup>2)</sup>

1) 名城大学大学院 理工学研究科 (〒468-0073 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1 丁目 501)

2) 名城大学 理工学部 (〒468-0073 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1 丁目 501)

**概要:** 近年では、オンラインショッピングが普及し、実際に商品を見ることなく商品を購入する機会が増えている。その際に実際の商品と消費者の想像していた商品との間に齟齬が発生し、衣類等の触り心地が重要視される商品ではその齟齬の発生は大きな問題となる。本研究では、衣類の触り心地の中でもチクチク感に注目し、チクチク感提示デバイスにおいて重要である繊維固定手法を開発することで、繊維突出長制御の精度向上を目的とする。

**キーワード:** チクチク感, 繊維, メッシュ

### 1. はじめに

近年では、オンラインショッピングが普及し、実際に商品を見ることなく商品を買う機会が増加している。オンラインショッピングには店舗に行くことなく商品を購入できるという利点がある。しかし、商品についての情報は文字や写真などの視覚情報に限られてしまう。そのため、実際の商品のイメージを伝えることが困難である。特に衣類等の商品では、触り心地や着心地といった触覚情報も商品を選ぶ際の重要な要因である。また、消費者の想像と実際の商品の間に齟齬が発生することによるクレームの発生も考えられる。我々は、マフラー等の触り心地の中でも気にする人の多いチクチク感に着目し、布の質感を伝送するシステムの構築を開発している。このシステムが構築されれば、前述のクレームの発生を防ぐことが可能となる。さらには、商品に対する購買意欲を向上させることが可能であると考えられる。この目的のため、我々は繊維を突出させることにより突出長の制御を構成した。しかし、単純に布地から繊維を突出させるだけでは、繊維の固定端を変化させることができていない。そのため、繊維を突出させる箇所の素材を変更することにより、繊維の固定端を制御することできるのではないかと考えた。

本研究では、繊維特性制御を用い、繊維を突出させるチクチク感提示デバイスにおける繊維突出箇所の素材選定と繊維固定手法の確立を目的とする。

---

Hideki KAWAI, Junya IKEGUCHI, and Yasuyuki YANAGIDA

### 2. 関連研究

#### 2.1 繊維特性解析

繊維によるチクチク感は、繊維の座屈荷重、繊維端直径等が要因である。Naylor らはチクチク感の要因として、繊維端直径 30~40  $\mu\text{m}$  以上の繊維が頸部にチクチク感を与えることを報告している[1]。秋山らは繊維の座屈荷重がチクチク感に影響することを報告している[2]。この研究は繊維と皮膚の間に起こっている現象を物理モデルを用いて表現し、刺激を与える繊維とはどのような特性を持つものなのかを定量的に導くことを目的としている。チクチク感を引き起こす現象を探るために、触感が明らかに異なる 2 種類のサンプルとして使用し、評価の内容として、皮膚に対する繊維の方向と動きの影響を調べるために、前腕内側に布を広げて乗せた場合と、筒状にした布の断面を皮膚に垂直に押し当てた場合を、それぞれについて静止時と移動時で評価を行った。官能評価の結果、繊維の断面が皮膚に接触した方が繊維の先端が垂直に押し付けられることからチクチク感じやすいことが確認された。これは繊維に対しての座屈荷重が最も大きくなるからである。また、綿より麻の方が、静止時より移動時の方がよりチクチク感を感じやすいという傾向が確認された。松平らは、繊維長が繊維のチクチク感に影響することを報告している[3]。この研究では、市場に流通している布の中で 6 種類の布が飼料として用いられ、低下重下における圧縮試験においてチクチク感の原因となる太い突出繊維との衝突により得られる信号を解析することによりチクチク感の客観評価を試みたものである。この

調査の結果、オーディオビックアップを使用することにより得られた 1 信号当たりの積分値と主観評価における評価値と相関が極めて高くなったと報告している。また、筆者らの行った実験より、チクチク感は繊維密度により感じ方が変化するということが観測されている。実験内容は、セリアより発売されている多用途ナイロン刷毛より切りだした繊維を使用し、25 cm<sup>2</sup>あたり 16, 49, 81, 121, 225, 289 本の繊維密度に設定した実験試料を用いた右頸部での感応評価実験である。チクチク感を感じるかの二択で回答を行った。その結果、ある一定の密度までチクチク感を感じると回答した割合が増加し、その密度より高密度になるとチクチク感を感じると回答した割合が減少した。ホルムの検定手法により実験結果の検定を行ったところ、繊維本数 16 本と 49 本、16 本と 81 本、16 本と 121 本の組み合わせで有意差が確認された。これにより繊維密度によって、チクチク感の感じ方は変化するのではないかと考えた。また、瀬古らが行った研究では、頸部及び指先での質感比較を行うとともに、感じ方の違いから機械需要期との関連性についての考察を行っている[4]。実験内容としては、異なる 3 種類の素材を用いた質感判別である。結果としては繊維の太いものがちくちくすると回答した割合が高く、約 30 μm 以上の太い繊維が自由神経終末を刺激し、チクチク感が生じることが示唆された。

## 2.2 布の質感再現

昆陽らは、高分子ゲルアクチュエータを用いて布の質感再現を行うことを目的とした、触覚ディスプレイの開発を行った。この研究では ICPF アクチュエータを使用している。触覚ディスプレイでは微細な感覚を表現するために、微小な力の制御が必要だが、従来のアクチュエータでは等価質量や機械インピーダンス、動剛性が大きいため制御が難しい。触覚ディスプレイでは微細な感覚を表現するために、微小な力の制御が必要だが、従来のアクチュエータでは等価質量や機械インピーダンス、動剛性が大きいため制御することが難しく、過度の刺激を与える可能性がある。ICPF アクチュエータの場合、それ自身が柔らかいため、複雑な制御を行うことなく受動的な柔軟性を持たせることが可能である。そのため、布の表面のような微小で分布的な刺激を与えることに適している。

実験内容は、上記のアクチュエータを用いて皮膚に与えた刺激がどのような素材の触感と類似しているかを評価するというものである。人口触感と実素材を同時に両手で触り、最も近いと感じられる素材を選ぶというものである。本物の素材を利用することによって記憶に依存せず触感の曖昧性を排除しようとするものである。

実験の結果、17 人中 4 人以上の被験者がサンプルと触感が似ているとしたものは、絨毯、デニム、麻、スポンジ、タオル、木綿の 6 種類であった。特にデニム、タオルでは約半数の被験者が近い触感を感じた。これらの素材はいずれも表面がほかのサンプルと比較して荒いこと

が特徴であり、このことから分布刺激の密度が重要な要素であると考えられる[5]。

これまでの研究においては、アクチュエータを使用している質感再現手法であったため、アクチュエータは繊維と比較し太さが明らかに大きいので、繊維の繊細な触り心地が失われていると考えた。そこで本研究では繊維の特性制御を行うことで、繊維の繊細な触り心地を失うことなく伝達する触覚ディスプレイの開発を目的とする。

## 3. 実験 1 (突出部素材の検討)

チクチク感提示において重要である繊維突出長を制御するための、繊維固定に使用する素材の検討を行う。これまでのシステムにおいては、布地から繊維を突出させていたため、繊維が固定されておらず、突出長を変化させることによるチクチク感の変化を提示できていなかった。そのため、突出部の素材を布地と比較し硬い素材を使用することにより、繊維を固定しチクチク感の制御を行うことができると考えた。本実験では、突出部の素材を変更した際に、どれだけ突出繊維長を制御可能であるかを調査する。

### 3.1 実験器具

#### 3.1.1 刷毛

本研究ではセリアより販売されている多用途用 ナイロン刷毛 30 mm を使用する。今回の実験で使用される刷毛の繊維は繊維直径が約 50 μm である。この刷毛をそのまま使用するのではなく後述のように木材に繊維のみを植え使用する。

#### 3.1.2 繊維突出長制御機構

先述の通り、繊維の座屈荷重は繊維が固定されている箇所から先端までの長さに影響される。今回、突出繊維長を可変とするために、台座に植えられた繊維束をメッシュに通して突出させ、台座を上下させることで突出繊維長を制御する機構を考案した(図 1)。

台座に植えた繊維は 225 (本/25cm<sup>2</sup>) の密度である。植えた繊維の長さは 20 mm に切りそろえられている。モーターが回転することで繊維を植えた台座が上下し、四方の柱に固定されたメッシュに繊維が通過することで突出する繊維の長さが変化する。繊維長を制御する際に、繊維がメッシュの穴で繊維に垂直な方向に動かないよう固定することが望ましい。メッシュのサイズが適切でない場合、メッシュの穴の中で繊維が動いてしまい、繊維が

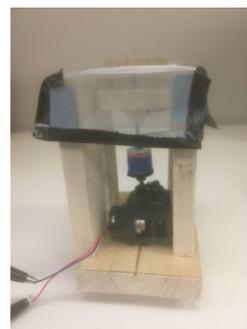


図 1 繊維突出長制御機構

メッシュにより固定されていない状態と等価になってしまうことが考えられるためである。そこで本研究では、最適なメッシュのサイズを検討する。

### 3.1.3 メッシュ素材

今回の実験で用意したメッシュはステンレス製の 60, 100 メッシュ(メッシュ数は1インチ中の網目の数を表す)、布の3種類である(図2)。

### 3.2 実験内容

実験で試行する繊維長は、メッシュを通した突出長が 2mm, 4mm, 6mm, 8mm, 10mm, およびメッシュを通さない 20mm の6段階である。3.1.2章において紹介した実験装置を用いてチクチク感の変化を評価する。10人の被験者(20代男性10人)に後頸部に提示して、チクチク感を7段階のリッカート尺度で評価させる。一試行あたり5秒間繊維を後頸部に当て、試行ごとにチクチク感の評価させる。初めにメッシュを通さない繊維長 20mm の状態を提示し、それを7段階評価の4として基準とし、基準よりチクチクしたと感じた場合はその度合に応じて7へ近い数字で回答をさせ、基準よりチクチクしないと感じた場合は1に近い数字での回答をさせた。被験者には、実験装置の提示の際に、繊維長を見ることによる先入観でチクチク感の有無に影響を与えないために目隠しを装着させた。更に繊維長変更の際のモーター音の長さによって次に提示する繊維長が予想されてしまう可能性があるため、イヤホンを装着してもらいホワイトノイズを聞かせた。実験装置を連続して被験者に使用することにより、それ以前の試行と比較してチクチク感を感じてしまうことが考えられるため、一回の試行ごとに実験試料を作成する際に使用した刷毛を首に当てる。また、繊維長を長短の順に提示した場合、順序効果による影響を受けず、実験結果が有効な結果とならないことが考えられるため、長短に関わらずランダムな順で被験者に提示し実験を行った。

### 3.3 実験結果

今回用意した布は繊維を突出させる際に通過しきらなかった繊維によって押し上げられてしまい、突出繊維の長さを均等に制御することができなかつたため、実験はステンレス製のメッシュ2種を用いて行った。図3に100メッシュ、60メッシュそれぞれの各繊維長でのチクチク感の評価を平均したグラフを示す。また、この結果に対し、ウィルコクソンの符号順位検定にて各要素間について結果の解析を行った。棄却域の確率は $\alpha = 0.05$ である。その結果 4mm, 6mm, 8mm, 10mm にて  $P > \alpha$  となり、有意差が確認された。

### 3.4 考察

前章の結果のグラフより実験によるチクチク感の評価値は、全体的に基準点である評価値4を上回っているため、メッシュでの固定によって繊維の長さを制御しチクチク感を変化させることができていると考えられる。そして、前章で示したグラフから、全体的に60メッシュに



図2 使用したメッシュ素材(左:布, 中:60メッシュ, 右:100メッシュ)

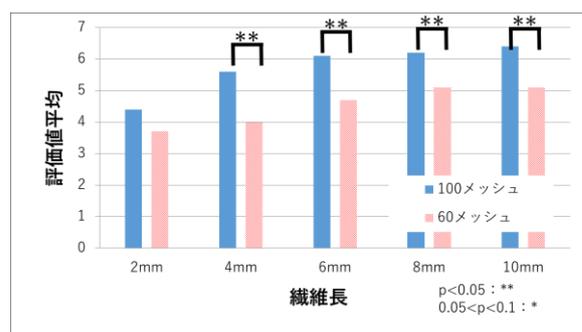


図3 実験結果

比べて100メッシュでのチクチク感が大きい結果となった。このことより、穴がより小さいメッシュを使用した場合に繊維がより固定されていると考えられる。また、検定結果より、繊維長が2mmの時に2種類のメッシュ間に有意差が見られなかった。これは、繊維長が短いと座屈荷重が高くなるため、皮膚へ繊維を押し当てた時に、固定している部分に力がかかってしまうことが原因だと考える。突出長が2mmの時、固定部分より下の台座までの繊維長は、相対的に長くなり、その結果座屈荷重も低くなる。その結果繊維が下へ押し戻されてしまい固定部分より下の繊維がクッションとなってしまっていると考えられる。そして、繊維長が長くなるほど座屈荷重は低くなるはずだが、結果は10mmまでチクチク感は増加している。これも上述の通り突出部分を押し付ける時の座屈荷重より、固定部分より下の繊維の座屈荷重が低い限り、少なからずクッションとなってしまいチクチク感が弱まってしまっているのだと考えられる。

## 4. 実験2(メッシュの多層化)

実験1において、メッシュが1枚であったため、繊維が押し戻されることにより、皮膚に対し十分な刺激を与えることができていなかったと考えた。そのため、繊維を通すメッシュにて繊維を挟み込むことによって、繊維を固定することで繊維が押し戻されることなく皮膚を刺激することが可能になると考えた。そのため、本実験ではメッシュを多層構成とし繊維を挟み込むことで、突出長制御がどの程度向上するかを調査した。

### 4.1 実験器具

本実験では、実験1において使用していたものと同様の刷毛の繊維を使用し、繊維突出長制御機構にのみ変更

を加えた。

#### 4.1.1 繊維突出長制御機構

実験 1 において使用した繊維突出長制御機構の繊維を通すメッシュを 3 枚に増やし、2 層目のみ可動とした。繊維を突出させた後に 2 層目を斜め方向に移動させる。これにより、最下層のメッシュと 2 層目のメッシュにより繊維を挟み込むことが可能である。また、2 層目のみのメッシュ構成とした場合に、繊維を挟み込んだ際に繊維が挟み込む力により垂直に突出しないことが考えられる。そのため、3 層の構成とし、繊維が垂直に突出するよう構成した。可動となっている 2 層目は、ゴム紐を用いて固定を行い、2 層目に対し常に横方向の力が加わるように調整を行った。使用するメッシュは実験 1 において、皮膚に対し刺激をより与えることができていた 100 メッシュを使用した。

#### 4.2 実験内容

実験 1 と同様にメッシュを通した突出長が 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, およびメッシュを通さない 20 mm の 6 段階を用い、実験を行った。前述の繊維突出長制御機構を用い、チクチク感の変化を評価した。被験者は 20 代男性 11 名にて行い、頸部に実験器具を当て 7 段階のリッカート尺度にて回答させた。その他の実験条件は実験 1 と同様の条件である。

#### 4.3 実験結果

図 4 に各突出繊維長における回答値の平均を示す。この結果に対し、各群が正規分布に従うかを確認するために、各群に対しシャピロ・ウィスク検定を行った。棄却域の確率は  $\alpha=0.05$  である。すべての群において  $p$  値が  $p<0.05$  となり、正規分布に従わないことが明らかになった。そのため、フリードマン検定において各群の代表値について有意差の有無を確認した。その結果、 $p$  値が 0.001 となり、有意差が確認された。そのため、Holm の手法で調整を行ったウィルコクソンの符号順位和検定にて各群の比較を行った。棄却域の確率は  $\alpha=0.05$  である。その結果、すべての組み合わせにおいて  $p>0.05$  となり、有意差は確認できなかったものの、突出繊維長が 2 mm と 4 mm, 2 mm と 6 mm, 2 mm と 10 mm の組み合わせにおいて  $0.05<p<0.01$  となり有意傾向が確認された。

#### 4.4 考察

実験 1 の結果と比較し、突出長が短くなるほどチクチク感の評価値の平均が上昇しているため、繊維を挟み込む構成とすることにより突出長制御の精度が向上していると考えられる。また、8 mm の評価値の平均が 4 mm と 6 mm より大きくなっている。これは、8 mm 突出させた場合の方が皮膚に多くの繊維が接触したためであると考えられ

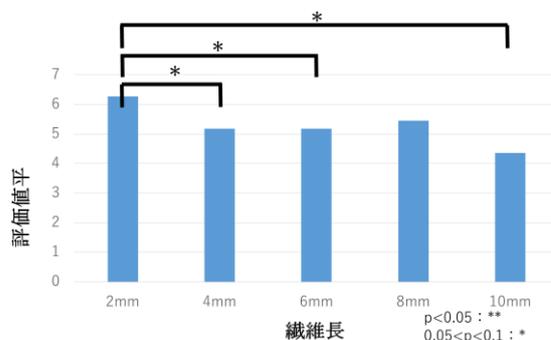


図 4 実験結果 2

る。繊維突出長制御機構は突出する繊維の周りに柱がある。そのため、繊維突出長が短いと柱が邪魔をすることで繊維により刺激できていない可能性がある。そのため、繊維により皮膚を刺激できていなかったことが考えられる。

#### 5. まとめ

布のチクチク度合いを制御するための繊維突出長制御機構の繊維固定手法の検討を行った。繊維を通すメッシュ素材についての検討を行い、穴の小さいメッシュを用いることで繊維をより固定することが可能であることが明らかになった。また、100 メッシュを使用し繊維を挟み込む構成に変更し実験を行った結果、繊維突出長の制御の精度向上が確認できた。今後は、挟み込みの際に 2 層目にかかる適切な力の調査と突出させる繊維の密度においても制御を行う必要があると考えられる。

#### 参考文献

- [1] R. Garnsworthy, R. Mayfield, R. Gully, R. Westerman and P. Kenins : Proc. 7th Wool Conf.Tokyo, Vol. 3, pp190, 1985.
- [2] 秋山庸子, 西島茂宏 : 衣類の「ちくちく感」を引き起こす物理現象とは, 日本機械学会誌, Vol.115, No. 1129, pp. 810–811, 2012.
- [3] 松平光男, Watt Jack D., Camaby Garth A.: 布表面の“ちくちく性”に関する客観的評価法, 金沢大学教育学部紀要自然科学編, vol. 44, No.7, pp. 311–318, 1991.
- [4] 瀬古雅洋, 三浦竜哉, 柳田康之 : 指先と頸部における布地質感判別特性に対する痛覚関与に関する考察, 第 17 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 308–311, 2012.
- [5] 昆陽雅司, 田所諭, 高森年, 小黒啓介, 徳田猷一 : 高分子ゲルアクチュエータを用いた布手触り感覚を提示する触覚ディスプレイ, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.6, No.4, pp. 323–328, 2001.