上條正義・斉藤 純・菅原 徹・Jeong Won Young・清水義雄
西松豊典・佐渡山亜兵・高寺政行・橋本 稔・乾 滋・細谷聡
堀場洋輔・金井博幸

目的別テーマ：繊維製品の快適性評価技術の確立

研究テーマ

15-7-13：感性計測による着心地評価手法の開発

—服地の手触り・接触特定評価システムの開発—

ABSTRACT

We aim to develop the touch evaluation device that reflects the feature of human's sense of touch. The device that arranged four sensors was experimentally made, and the friction characteristic and the compression characteristic were measured. The sensor used by the experiment is an electrostatic capacity type force sensor that can measure power in the direction of three axes. In the friction examination the coefficient of friction of sandpaper was measured and the mean deviation of the average friction coefficient and the coefficient of friction was able to be requested. In the compression test, the load when the sensor was held to the silicone rubber was measured. And, linear of the compression characteristic and the compression energy and compression recovery rate were able to be obtained. Moreover, we found that mean deviation of the coefficient of friction and "Details of eyes of sandpaper" have a deep relation in the result of the senses evaluation. Similarly, we found that compression energy and "Elasticity of rubber" have a deep relation. Compressive properties, which can be related to the soft feeling of the mouton, were measured. For the measurement of compressive properties, a columnar indenter (30mm in diameter) was used. Three kinds of the mouton with different thickness of the fiber (35mm in length) were used as a sample. Linear of the compression characteristic and the compression energy and compression resilience were obtained by the experiment and the results were compared each other. The mouton of three compression characteristic values with a fat diameter of the fiber is larger and it can explain this by the bend rigidity of the fiber. We confirmed that this measurement system was able to measure the compression characteristic of the mouton.

研究目的

着心地を評価する際、布の手触り・肌触り感覚を主とした風合いは重要な要素である。風合いを計測する装置として KES 試験機などが開発され、実用化されているが、風合い評価時、ヒトは布から感覚器を介して様々な情報を脳内に受容し、複数の情報の統合処理によって風合いは判断されている。例えば、粗さといっても、圧縮や曲げ、冷温特性を検知しながら粗さに対して評価をしている。しかしながら、人間の風合いの知覚のような総合的な風合い計測評価装置はない。本研究の目的は、ヒトの触感覚を反映させた手触り・肌触り評価システムを開発することである。評価システム開発のためには、人間の風合い評価のための手指の能動的触運動のメカニズムを明らかにする必要がある、触診動作を分析する。圧力分布測定センサと3軸加速度センサを用いたグローブ型触動作センサを作成し、触診動作の特徴を計測し、触診動作のメカニズムを明らかにする。次に、触診動作を実現するロボットとその触診子に対応するセンサは3軸方向の力が測定できる静電容量型力覚センサを使用し、手触り・肌触り評価システムを構築する。この装置の有用性を検証するために、現在評価装置が存在しないムートンを題材にして、ムートンの物理特性を測定する装置の開発を行う。ムートンのような毛皮の風合いを評価する測定装置はなく、本計測システムが毛皮の風合い評価に有用であることを検証する。

5年間の研究内容と成果

触診動作の分析における研究内容は、次の2点である。(1) 接触条件の違いによる触診動作の差、(2) 触診目的の違いによる触診動作の違い。これらの項目について2つの視点：(1) 男女の差、(2) 弁別能力別の触診動作の違いから解析した。具体的な評価指標として、布地に対する押荷重値とその変動量、手指の移動速度、触診範囲、触診時間や移動距離などを求めて、触診動作の特徴解析を行った。男女各

5名ずつ測定した結果として下記の知見が得られた。(1) 圧力分布センサと加速度センサから個々の指の触診動作特徴が把握できた。加速度センサから得られた親指の3次元触診動作を示す。(2) 机に置かれた布の片面を指で撫でる条件と布を親指と人差指で摘んで触診する条件では、布の片面を撫でる条件の方が弁別力が高かった。(3) 男女では、女性の弁別力が男性より高かった。(4) 弁別能力が高い人ほど、軽い押加重で、速く指を動かしている。(5) 弁別能力が高い人ほど、人差指を使い、低い人ほど親指を触診に使う。(6) 4つの評価項目：弾力性、表面粗さ、曲げやすさ、柔らかさを知覚するために特有な動作をしている。(7) 布の評価項目に対応した指毎の動作の特定と指間の協調動作の把握を可能とするデータ処理方法が必要となること。得られる多くの触診動作情報から特定の動作を同定するアルゴリズムの作成が必要であることが課題として明らかになった。

手触り・肌触り評価システム作成については、圧縮反力とせん断力を同時に計測できるセンサを複数配列した構造とした。センサとしては、一つのセンサで三軸方向の力が測定できる静電容量型力覚センサを使用した。本センサの出力と荷重の特性を調べる予備実験を行い、センサの動作確認をした。このセンサの特徴を活かし、摩擦特性と圧縮特性の測定実験を行った。摩擦試験では、粗さの異なる三種類のヤスリを試料として用いて測定を行い、摩擦を評価する特性値として平均摩擦係数と摩擦係数の平均偏差を導出し、表面粗さの識別が可能であることが分かった。圧縮試験では、センサが上下に駆動する装置を作り、やわらかさを変えた三種類のシリコーンゴムを試料として、センサを押し当てたときの圧縮反力を測定した。測定実験から圧縮特性の線形性、圧縮エネルギー、圧縮のレジリエンスを求めることで、やわらかさが異なる試料の圧縮特性を比較することができた。また、摩擦、圧縮試験で用いた試料の官能評価を行った結果、摩擦係数の平均偏差と「ヤスリの目の細かさ」、圧縮エネルギーと「ゴムの弾力性」対して、深い関連を持っていることが分かった。これらの実験から、摩擦と圧縮の力学的特性と人間の手触り感覚の関係を調べることができた。布を測定対象として測定できるまで感度を向上させ、曲げ特性や冷温特性などの測定項目を増やすことや、センサの配列構造を工夫することで、よりヒトの触感覚を反映させた装置を作製できる可能性が示唆された。

具体的な手触り・肌触りを評価する具体的な試料としてムートンを用い、その合いを評価する実験を行った。センサを直交軸マニピュレータに搭載し、触診動作をさせたときのセンサに加わる力を測定した。試料は毛の長さが35mm、毛の太さが異なるムートン3種類を用いて、毛の太さの違いが圧縮特性に及ぼす影響を調べた。センサの先端に直径3cmのアクリル円柱の接触子を取り付け、圧縮速度0.1mm/sで加圧し、厚さが25mmに達してから除圧を行い、その時の反発力を測定した。

圧縮試験によって得られた圧力曲線から圧縮特性を表す指標として圧縮の線形性(L/R)、圧縮エネルギー(W)、圧縮レジリエンス(RO)を求めた。圧縮の線形性は毛の太いムートンの方が高く、加える荷重に対して線形に反力が測定されている。圧縮エネルギーについても毛の太いムートンの方が大きく、これは毛の曲げ剛性が影響され、曲げ剛い毛にはそれだけ大きな反発力のエネルギーが蓄えられた。圧縮レジリエンスに関しても同様に毛の太いムートンが高く、圧縮回復性が良いといえる。以上のことから毛皮の圧縮の性質を表す特性値として有効であることが分かった。

3軸力覚センサを用いて毛皮の圧縮試験を行い、毛の太さの違いによる圧縮特性を比較することができた。今回は一定の押込み深さまで圧縮する実験を行ったが、今後は圧力制御によってセンサを動かすようなプログラムを作成する。また、センサの端に取り付ける接触子を工夫し、毛皮の密度や粗さといった表面特性を測定できるようにする。また、人の手触り感の主観評価と本センサで測定した各特性値との相関を調べ、人の触感覚、触診動作を反映させた手触り評価装置の開発を目指す。

センサを直交軸マニピュレータに搭載し、触診動作をさせたときのセンサに加わる力を測定する。試料は毛の長さが35mmのムートン5種類に関して一対比較を行い、弾力感、毛込みといった感覚量を求め、その試料について圧縮試験と表面摩擦試験を行った。移動速度や押込み荷重値といった測定パラメータについてはグローブ式接触センサによる触診動作解析により決定した。測定で得られた圧縮曲線や摩擦係数の波形からムートンの圧縮特性や表面特性を導出した。弾力感のあるムートンは圧力の増加率が高く、最大圧力までの変位量が小さいという傾向が見られた。圧縮特性を表す圧縮線形性に関しては、弾力感と相関係数0.97と高い相関が得られた。指を押込む深さに対して、圧力の増加がより線形であるほど人は弾力があると感じ、反対に増加率が低いと弾力がないと感じている。圧縮線形性が弾力感に及ぼす影響が大きいことが分かった。また、表面特性については毛が密なムートンほど摩擦係数は低い傾向がみられた。これは密であると接触子を30gfで圧着するとき、毛皮の表面で接している状態になり、水平方向の荷重(摩擦力)が小さくなるためと考えられる。平均摩擦係数と毛込みの間には相関係数-0.98と負の相関が得られた。

以上のことから本測定システムが毛皮の圧縮、表面の性質を表す計測・評価する手法として有効であることが分かった。