

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350067

研究課題名(和文) 触覚センサの回転と直進なぞり動作組合せによる布構造のキャラクタリゼーション

研究課題名(英文) Characterization of fabric structure by means of tactile sensor combining rotationally dragging and linearly dragging

研究代表者

喜成 年泰 (KINARI, Toshiyasu)

金沢大学・機械工学系・教授

研究者番号：90195321

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：単純な構造で摩擦係数が測定可能な触覚センサを製作し、同センサを布地表面に押しあてて回転させながらなぞり、布の動摩擦係数を測定する手法を開発した。多様な布試料に対して直線なぞりによる表面特性と回転なぞりによる表面特性を比較し、回転なぞりによる手法は、直線なぞりと同等の表面特性を布の全ての方向に対して短時間で収集することが可能であることを示した。計測された動摩擦係数の変動や周波数解析結果から、布の異方性をも考慮に入れて摩擦特性、幾何学特性などを簡便に提示し、布の風合いを評価できることを示した。

研究成果の概要(英文)：We have developed a simple tactile sensor that has been able to measure the friction coefficients of fabric surfaces and have evaluated their surface and/or geometric characteristics. We have traced surfaces of many kinds of fabrics rotationally those differ in weave, yarn material and yarn density with our tactile sensor, and have measured variation of the friction coefficients with respect to the dragging angle. We have also compared these data obtained by rotationally dragging with the data obtained from the traditional linearly dragging method and confirmed that our rotationally dragging measurement system could quickly measure dynamic friction data for the whole direction and each friction datum had equivalent accuracy as traditional linearly dragging method. We have also found prospects for our measurement system to distinguish the subjective fabric hand even for samples those have never distinguished by objective hand obtained from traditional linearly dragging method.

研究分野：繊維集合体の力学

キーワード：触覚センサ 風合い 被服材料 感性評価 布地

1. 研究開始当初の背景

布の風合い評価システムとして著名な KES システムが提唱されてから 30 年以上経過し、この間、種々の計測システムやシミュレーション技法およびコンピュータ技術の発達により、「処理できるデータ」が大幅に増加した。布の 2 次元の特徴を抽出することは画像処理によっても可能であるが、安定的に画像を取込むためには遮光の設備や光源の波長統一など、照明設備が大型となり、接触式のセンサの方がよりコンパクトなシステムを実現可能である。

このような状況で、我々研究グループは構造が簡単で、布地の動摩擦係数を簡便に測定可能な触覚センサを開発し、そのセンサを用いて、織物や編物など、異方性の大きな布試料の表面を様々な方向からなぞり、布構造の動摩擦係数を測定し、その特徴を抽出して、布の判別が可能であることを示していた。

2. 研究の目的

(1) 摩擦係数を簡便に測定可能な触覚センサを開発し、布地の表面に対してセンサの接触子を直線動作させなぞる、または、ある曲率半径で回転動作させながらなぞることで、摩擦係数の変動を測定し、布地の表面特性を示す方法を検討する。

(2) 布地の方向に対する摩擦特性の変化、特徴的な方向の布地の幾何学特性、さらに、布地の圧縮特性を同時に測定可能な触覚装置を開発し、これまで行ってきた布地の摩擦特性に加え、幾何学的特性、周波数特性および圧縮特性を同時に短時間で測定可能なシステムを構築する。

(3) 得られた測定結果より、布地の分類が可能であることを示すとともに、これらの特性とヒトの感性による布の風合いとの関連づけを行い、提案するシステムによる布地の感性評価を可能とする。

3. 研究の方法

(1) 種々の幾何学特性・表面特性を有する織物・編物試料を多数収集する。

(2) 既開発した触覚センサを用いて、回転なぞり動作と直線なぞり動作を組合せた摩擦試験装置を開発し、種々の方向に対する布の動摩擦係数を求める計測システムを開発する。

(3) 収集した多数の布試料に対して摩擦試験を実施し、得られた動摩擦係数波形から、個々の布試料上で 2 次元的に分布する摩擦特性・幾何学特性の特徴(空間的分布に加え、周波数分布を含めて)を表現可能なパラメータを抽出する。

(4) 摩擦試験結果から得られた、布試料の構

造を表現するパラメータと、主観評価により得られた官能試験結果とを比較し、布地の動摩擦係数から得られるパラメータと感性による布の風合いとの関連づけを行い、提案するシステムによる布地の感性評価を可能とする。

(5) 織物および編物構造の表面特性評価に寄与する摩擦特性・幾何学特性値の程度を検討し、布の構造を特徴づけるパラメータを同定し、布のキャラクタリゼーションの尺度とする。

4. 研究成果

(1) 布地を回転させながら図 1 に示す触覚センサを押し当て、動摩擦係数の変化を測定する装置(図 2)を製作し、同装置が 1 回の回転なぞりにより、布地を様々な方向に直線的になぞって得られる特性を含む、異方性を考慮した測定が可能であることを示した。図 3 に動摩擦係数の測定値の一例を示す。

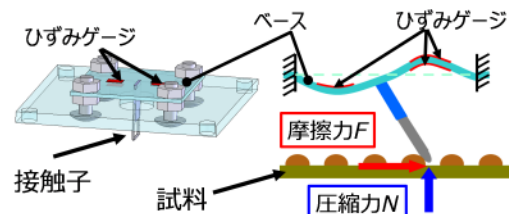


図 1 布の風合いを求めるための触覚センサ

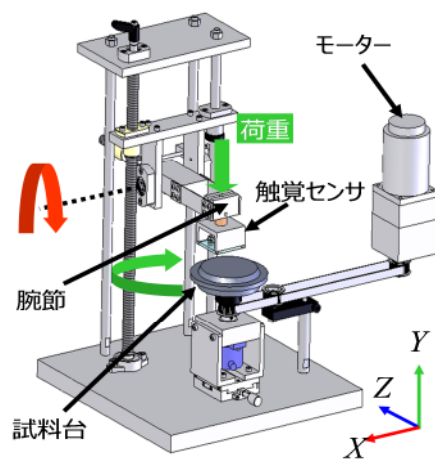


図 2 回転なぞりによる動摩擦係数測定装置

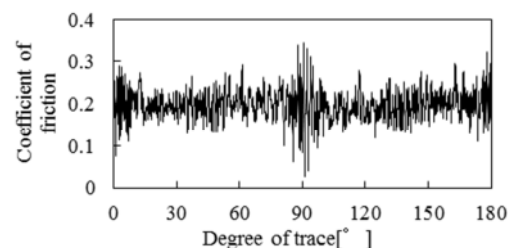


図 3 回転なぞりによる動摩擦係数の測定例

(2) 製作した測定装置により、布地の風合いを定量的に評価するために、収集、分類した広範囲にわたる布試料に対して動摩擦係数の測定を行った。得られた動摩擦係数のなぞり回転角に対する変化に関して、全体的な平均値、ある区間ごとに注目した平均値、それらの標準偏差、変動係数等を求め、相関関係を検討したところ、布地の表面特性は、以下の5つの特性値で表すことができることを見いだした。

- 動摩擦係数 μ の平均値 [AVM]
- 動摩擦係数 μ の標準偏差 [SDM]
- 動摩擦係数 μ の変動係数 [CVM]
- 平均動摩擦係数 $\bar{\mu}$ の標準偏差 [SDB]
- 平均動摩擦係数振幅 μ_A の [SDA]

(3) 収集、分類した広範囲にわたる布試料に対して、直線なぞりによる動摩擦係数と図3に示した連続的な動摩擦係数の、ある区間における平均値、標準偏差、変動係数等を比較したところ、極めてよく一致していたため、研究開始当初に計画していた、回転なぞりに加えて直線なぞりによる動摩擦係数を測定する必要性は低く、回転なぞりによる動摩擦係数の測定のみで、布地すべての方向に対する直線なぞりと同等の表面特性を短時間で収集することが可能であることがわかった。

(4) 30種類の布地の摩擦特性を測定した結果、日常的に使用されている布地製品が示する摩擦特性値の範囲を求めることができた。これらの範囲を基準として、各特性を図4に示すようなレーダチャートで表せば、布どうしの特性を定量的に比較可能となることを確認した。

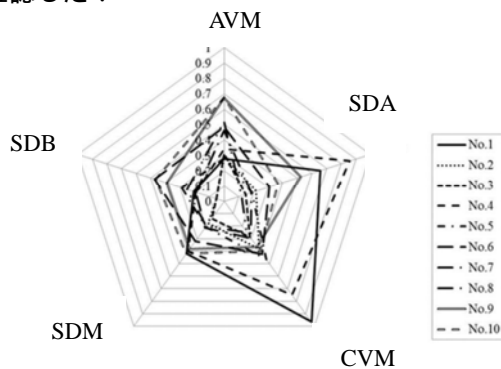


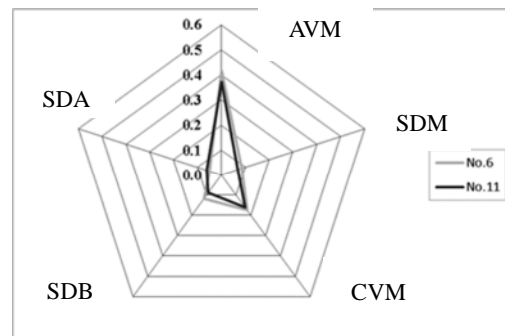
図4 布の表面特性を表すレーダチャート

さらに、動摩擦係数のなぞり回転角に対する波形を周波数解析することで、その周波数特性を求めた。その結果、代表的な布地の周波数スペクトルは、0~2.0Hzの間で顕著に現れることを見いだした。また、その結果を0.5Hzごとに区切り、各区間でスペクトル合計値を求めて、レーダチャートとして表せば、布地の表面の凹凸、すなわち、幾何学特性を容易に評価・比較可能となることを確認した。

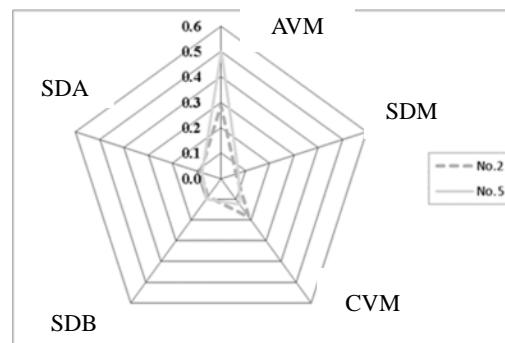
(5) 以上の結果を用い、広範囲にわたる布試

料、すなわち各種布製品に対して人の手による官能試験（人に手で a, b の2種類の布の表面をなぞってもらい、どちらが「基準の布」と近い手触りか、指示してもらい）を行い、評価・比較を行ったところ、官能試験で「似た手触り」と評価された布試料は図4に例示したレーダチャートの形状が似ていることがわかった。さらに図4に加え、周波数解析によるレーダチャートも加えると、より一層、布地の表面の風合いを評価する上で有用な情報が得られることがわかった。

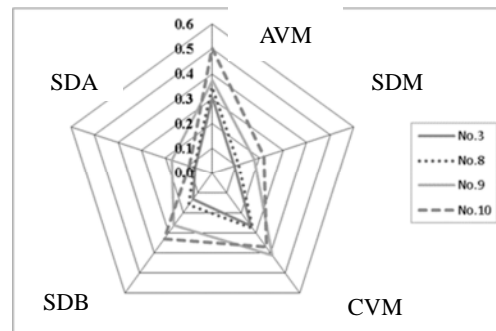
(6) シルクに類似させて製作された8種類の織物に関して、製作した測定装置により、布地表面方向に対する動摩擦係数の変化を測定した。得られた測定結果から、動摩擦係数の平均値、標準偏差、変動係数、さらに、回転角5度毎の動摩擦係数の平均値および平均振幅を求め、それらの標準偏差を算出した。



(a) とてもなめらかな試料



(b) かなりなめらかな試料



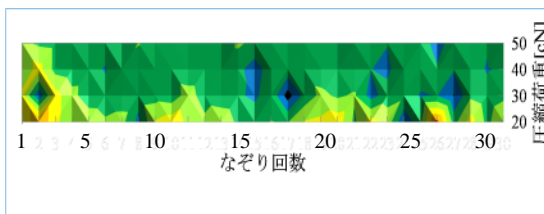
(c) なめらかな試料

図5 絹に似せた手触り感を持つ織物試料に対する表面特性値のレーダチャート

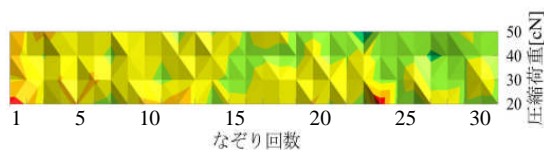
また、同様に、得られた動摩擦係数の変化波形を周波数解析して、特徴的なスペクトルを算出した。

以上の測定結果を基に、8種類の試料に対して統計的手法を用いて分類することを試みた。その結果、試料は動摩擦係数の観点から図5に示すように3群に分類することができ、周波数解析の結果からも3群に分類された。また、滑らかさの風合いからは3段階に分けられた。この結果を、人が布を実際になぞり、その滑らかさを比較した結果と比べたところ、おおよそ一致し、また、従来用いられてきた評価法であるKESよりも高い相関が確認され、提案する装置の有用性が明らかとなった。

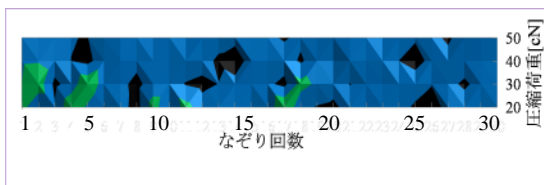
(7) 布の圧縮特性に着目し、表面を多数回、圧縮荷重を変えながら連続的になぞり、図6に示すように、種々の圧縮荷重およびなぞり回数に対して表面特性の変化を等高線図で表す評価法を提案した。多くの試料に対して繰り返しなぞり動作を加えることによる試料表面の平滑化の程度を把握することができ、荷重やなぞりの繰り返しによる表面圧縮特性の評価を容易に行うことができ、本システムの有用性が確認された。



(a) 糸密度の小さい織物試料

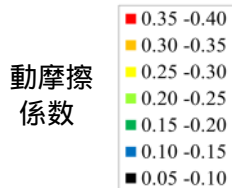


(b) 伸縮性の高い編物試料



(c) 密度が大きく凹凸の少ない織物試料

図6 圧縮荷重と
なぞり回数
による動摩擦
係数の変化



(8) 厚さや布を構成する繊維の材質、表面形態等の異なる不織布試料を収集し、その表面特性に及ぼす圧縮荷重の影響を検討し、回転なぞりにより、織物、編物と同様の表面特性

を調査することによって、本システムによる不織布試料の表面特性把握の有用性を示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3件)

Nyi Nyi Htoo, Soga A., Wakako L., Ohta K., Kinari T., 3-Dimension Simulation for Loop Structure of Weft Knitted Fabric Considering Mechanical Properties of Yarn, 2017, 査読有, Journal of Fiber Science and Technology, 73(5): 105 - 113

DOI:10.2115/fiberst.2017-0015

T.Kinari, H.Tachiya, L.Wakako, H.Komiya, S.Yoneda, Distinguishing Fabric Hand by Rotationally Dragging of Tactile Sensor, Proceeding of the 44th Textile Research Symposium at Deli, India, 2016, 査読無, CD6 頁

T.Kinari, H.Tachiya, L.Wakako, H.Komiya, Representation of Hand for Fabrics Using Friction Characteristics Measured by Tactile Sensor, Proceeding of the 43rd Textile Research Symposium at Christchurch, New Zealand, 2015, 査読無, CD6 頁

[学会発表](計 8件)

① Thinzar Phyo Wyint, S.Yoneda, T.Kinari, H.Tachiya, L.Wakako, M.Inoue, Analysis of Frictional Behavior by Whisker Type Tactile Sensor - Influence of Material Properties on Friction of Spanbond Nonwoven -, the 45th Textile Research Symposium in Kyoto, 京都工芸繊維大学(京都府京都市) (2017.9.14)

S.Yoneda, T.Kinari, H.Tachiya, L.Wakako, Friction properties for fabrics by linear/rotational dragging with tactile sensor, the 45th Textile Research Symposium in Kyoto, 京都工芸繊維大学(京都府京都市) (2017.9.14)

③ Thinzar Phyo Wyint, T.Kinari, H.Tachiya, L.Wakako, Friction Properties of Non-Woven Fabrics Using Whisker Type Tactile Sensor, 繊維学会年次大会研究発表会, タワーホール船堀(東京都江戸川区) (2016.6.8)

米田慎之介, 小宮勇人, 立矢宏, 喜成年泰, 触覚センサによる布の表面特性評価, 日本繊維機械学会年次大会研究発表会, 大阪科学技術センター(大阪府大阪市) (2016.6.4)

喜成年泰, 立矢宏, 若子倫菜, 小宮勇人, 触覚センサの回転なぞり動作による布の表面特性の認識, 繊維学会年次大会研究発表会, タワーホール船堀(東京都江戸川区) (2015.6.10)

小宮勇人, 喜成年泰, 立矢宏, 若子倫菜, 触覚センサを用いた回転なぞりによる布の表面特性の評価, 日本繊維機械学会年次大会研究発表会, 大阪科学技術センター(大

阪府大阪市) (2015.6.5)

T.Kinari, H.Tachiya, L.Wakako, H.Komiya,
Hand Value using Friction Coefficients
Measured by Rotationally Dragging Tactile
Sensor, the International Symposium on Fiber
Science and Technology ,ビッグサイト東京フ
ァッションタウンビル(東京都江東区)
(2014.9.29)

喜成年泰,立矢宏,若子倫菜,高桑匡平,
小宮勇人, 触覚センサのなぞり動作による
織物構造異方性の抽出, 繊維学会年次大会
研究発表会, タワーホール船堀 (東京都江
戸川区) (2014.6.11)

〔その他〕

ホームページ等

[http://mechs.ms.t.kanazawa-u.ac.jp/~
textile/study.html](http://mechs.ms.t.kanazawa-u.ac.jp/~textile/study.html)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

喜成 年泰 (KINARI Toshiyasu)

金沢大学・機械工学系・教授

研究者番号 : 9 0 1 9 5 3 2 1

(2)研究分担者

立矢 宏 (TACHIYA Hiroshi)

金沢大学・機械工学系・教授

研究者番号 : 1 0 2 1 6 9 8 9