

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02071

研究課題名（和文）スライドファスナにおける触覚的しゅう動感の評価と設計方法に関する研究

研究課題名（英文）Quantification and Design Methods for Tactile Slide-Feeling in Slide Fasteners

研究代表者

若子 倫菜（Wakako, Lina）

金沢大学・機械工学系・准教授

研究者番号：30505748

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題は、触覚的しゅう動感に優れたファスナを設計、製造できる技術を確立することを目的としている。

ファスナの触覚的しゅう動感の主要な評価因子は“軽快感”であり、スライダ引張荷重エネルギー、ならびに平均スライダ引張荷重によって定量的に評価できる。また、スライダ引張荷重エネルギーおよび平均スライダ引張荷重について、テープ部における単位面積あたりの交錯回数を共通の説明変数とする当てはまりの良い推定式を明らかにした。すなわち、テープ部における単位面積当たりの交錯回数を少なく設計すること、つまり交錯度の低い織組織の選択と糸密度の調整によって、軽快感に優れたファスナを設計でき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

本研究成果は、（触覚的）しゅう動感という今まで主観的にしか判断されていないものを具体化して、定量的な評価と、主観的に好ましい性能（“軽快感”）の製品への実装を可能にするものであり、国内外において報告例の無い成果である。日本の製品開発力を引き上げ、国際競争力の向上に役立てられると共に、ヒトの触知覚特性、感覚・感性計測、繊維工学に関する知見の蓄積を通して、感性工学の発展に貢献できるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to clarify how to design and development slide fasteners with the excellent tactile slide-feeling. The main evaluation factor in the tactile slide-feeling of slide fasteners is “light-smooth feeling,” and can be quantitatively evaluated by the energy of the slider initial tensile load and the average of the slider tensile load. Significant regression equations were identified for the energy of the slider initial tensile load and the average of the slider tensile load, respectively. The explanatory variables for both equations were the same: the number of interlacing points per unit area at the tape. In other words, it was found that the fastener with the excellent “light-smooth feeling” can be designed by reducing the number of interlacing points per unit area in the tape, i.e., by selecting a weave pattern with a low degree of interlacing and adjusting the yarn density.

研究分野：感性工学，繊維工学

キーワード：感覚・感性 スライドファスナ 触覚 定量化 設計

## 1 . 研究開始当初の背景

ファスナは、テープの端に並べて植え込んだ務歯(エレメント)を正対させ、スライダによって噛ませて開閉する留め具であり、衣服、靴、寝具など幅広い繊維製品に用いられている。多くの人が日々触れ、我々の生活に浸透した製品であることから、強度や耐久性等の基本性能に加えて感覚的・感性的性能を向上させることは利用者の快適性や満足感を高めるために必要であり、ファスナの重要な設計指針になる。ファスナの感覚的・感性的性能として、視覚に関係するもの、触覚に関係するもの、聴覚に関係するものが挙げられる。これらの中で、しゅう動時にスライダの引手から使用者の手指に伝達される引張荷重の変動に対する感覚的、感性的印象は、ファスナを使用する際に必然的に知覚されるものであることから、触覚的しゅう動感に着目することとした。申請時に触覚的しゅう動感に関して報告されていた知見(学術的背景)は、テープ部の手触りについてであり、利用者の求める触覚的しゅう動感の定義や定量的な評価方法、ファスナ構成部品(テープ、エレメントおよびスライダ)の設計要素と触覚的しゅう動感との関係性は解明されていなかった。一方で、われわれの調査において、スライダ引張荷重の大きさはファスナの把持条件、すなわち、1軸把持か2軸把持か、各軸方向の初期張力の大きさ、ならびにテープにおける布との縫合位置の影響を受けるのはもちろんのこと、テープの設計要素(組織、密度、番手等)によっても影響を受けることがわかっていった。また、テープ設計条件が異なると官能評価値は有意に異なること、スライダ引張荷重の平均値と官能評価値との間に有意な相関関係(相関係数0.8、有意水準1%)があること、さらに、スライダ引張荷重平均値がほぼ同値であっても官能評価値の異なる試料が複数存在することがわかっていった。これらの調査結果は、スライダ引張荷重平均値によって触覚的しゅう動感の大まかな傾向は評価できるが、正確な評価には不十分であることを示すものであった。その原因として、スライダ引張荷重平均値には変動や変化率等が反映していないことが考えられた。このことから、触覚的しゅう動感と対応関係のある平均値以外のスライダ引張荷重の特徴量を明らかにできれば、触覚的しゅう動感の定量的な評価方法、設計方法を解明できる可能性が出てきた。これが本研究課題を申請した動機である。

## 2 . 研究の目的

ファスナの触覚的しゅう動感に関する学術的取組みの状況、また、ファスナの開発、製造において触覚的しゅう動感の設計指針が定まっていない状況から、本研究課題の目的を触覚的しゅう動感に優れたファスナを設計、製造できる技術確立することとした。すなわち、ファスナの感覚的・感性的しゅう動性能(触覚的しゅう動感)とスライダ引張荷重とはどのように結びつけられ、主観的な要求を満たす製造技術(ファスナ設計要素とスライダ引張荷重との対応関係)はどのように確立できるか?の解明を目指した。

## 3 . 研究の方法

本研究課題の目的を達成するためには、次に示す3つの課題を明らかにする必要がある。1つ目は「触覚的しゅう動感の判断に参与している評価因子は何か?」、2つ目は「触覚的しゅう動感の評価因子に影響をおよぼすスライダ引張荷重の特徴量は何か?」、そして3つ目は「テープ部設計要素をパラメータとするスライダ引張荷重(相対値)を推定する計算モデルは?」である。

### (1) 実験方法

#### 実験試料

実験試料は、テープ部の織組織と糸密度だけが異なる10種類のファスナとした。図1にファスナ試料の外観を示す。織組織は綾織(Tと表記)と平織(Pと表記)の2種類である。サンプルT1とP1を基準の糸密度として、緯糸密度の高いものがT2、P2、緯糸密度の低いものがT3、P3、エレメント付近の経糸密度の高いものがT4、P4、エレメント付近の経

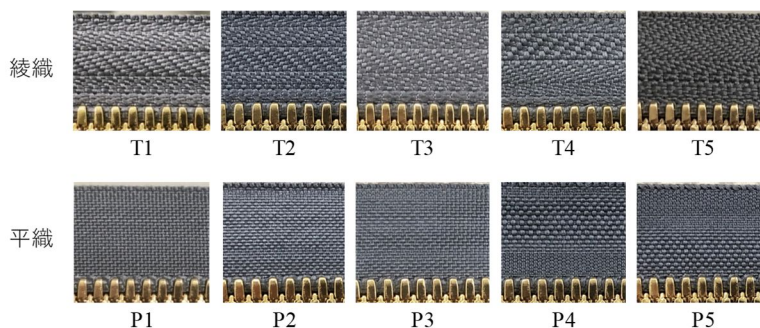


図1 ファスナ試料

糸密度の低いものが T5, P5 である。これらのファスナは、それぞれ把持用の厚布（帆布、厚さ 0.9[mm]）をエレメントから 0.4[cm]の位置に縫付けた状態で使用した。

### 官能評価

触覚的しゅう動感の評価に関係のある 10 の評価用語について官能評価を実施した。評価用語は、滑らか、引っかからない、軽い、平らな、ゆるい、さりとした、しなやかな、高級な、洗練された、快適なである。評価方法は正規化順位法（Best-Worst 法）とした。実験試料は弛まないう最低限の荷重で 2 軸把持して使用した。視覚情報と聴覚情報の影響を抑制するために、テープ部を厚紙で覆い隠し、評価者にはイヤーマフ（X5A, 3M ジャパン株）を装着してもらった。また、評価者のしゅう動方法を統一するために、評価者の正面に配置した実験試料に対して、0.5[s]の間に 10[cm]のしゅう動距離を、スライダの引き手を鉛直方向を維持するように把持して、ファスナが閉じた状態から開いた状態へ、評価者の左から右方向にしゅう動することとした。

### スライダ引張荷重

スライダ引張荷重は、図 2 に示す試作のスライダ引張荷重測定装置を用いて測定した。本測定装置は、スライダしゅう動時の引張荷重を検出するスライダ引張荷重測定部と実験試料を 2 軸把持するための試料把持部とから構成されている。スライダ引張荷重測定部の電動スライダ（以下、駆動子と呼ぶ）がしゅう動すると、2 軸把持部に設置された試料のスライダがワイヤを介して引張られ、駆動子と同様にしゅう動する仕組みである。駆動子のしゅう動速度パターンは、官能評価での評価者のしゅう動速度パターンと類似したものとした。

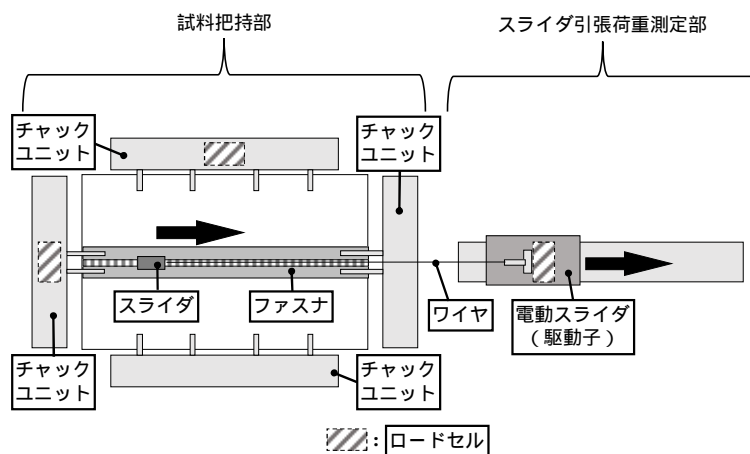


図 2 スライダ引張荷重測定装置（平面図）

### テープ部設計要素

テープ部設計要素は経糸密度、緯糸密度、厚さ、交錯回数、交錯度とした。糸密度は、エレメント付近の 4[mm]幅における糸本数をそれぞれ異なる 10 か所について計測した平均値とした。交錯度は、エレメント付近の 6[mm]×4[mm]の領域における、隣接する構成糸間の境界線の総数に対する、経糸と緯糸が交錯する境界線数の割合を表す値とした。また、交錯回数は、6[mm]×4[mm]の領域における経糸と緯糸が交錯する境界線数であり、これらは測定回数 3 回の平均値とした。厚さは、KES 圧縮試験機(KES-G5, カトーテック)を用いて、エレメント付近の 3[mm]×30[mm]の面積について 50[gf/cm<sup>2</sup>]の圧力を負荷するものとし、測定回数 10 回の平均値とした。

## (2) 結果および考察

### 触覚的しゅう動感の評価因子

10 の評価用語に対する官能評価結果についてケンドールの一致性係数を調べた結果、全ての評価用語において 1%水準で有意であったことから、試料間には評価者がなんらかの一致性をもって判定できるような特性の差があることがわかった。各評価用語における試料間の評価差の有意性を調べたところ（ウェルチ検定）、全ての評価用語において 1%水準で有意であった。そこで、触覚的しゅう動感の潜在的な評価因子を把握するために因子分析を行った。寄与率が 92.1%の因子が抽出されたことから、触覚的しゅう動感の評価には 1 つの因子が関係していることがわかった。第 1 因子に関する 10 の評価用語の因子負荷量から、この評価因子を“軽快感”と呼ぶこととした。

### 評価因子“軽快感”とスライダ引張荷重の特徴量との関係

スライダ引張荷重の測定例を図 3 に示す。スライダ引張荷重は、スライダが静止している状態から動き初めに関係する帯域 I と、スライダの動き初めから引き終わりに関係する帯域 II に分割した。そして、スライダ引張荷重エネルギー（帯域 I における駆動子の移動距離に対するスライダ引張荷重の積分値、図 3 における A）、平均スライダ引張荷重（帯域 II におけるスライダ引張荷重の変動の平均値、図 3 における B）、スライダ引張荷重の変化の傾向（帯域 II におけるスライダ引張荷重の変動に関する単回帰式の傾き、図 3 における C）を算出した。目的変数  $y$  を、軽快感を代表する評価用語「ゆるい」の官能評価値とし、説明変数をスライダ引張荷重エネルギー  $x_1$ 、平



均スライダ引張荷重  $x_2$  ,ならびにスライダ引張荷重の変化の傾向  $x_3$  とする重回帰分析をした。その結果,  $y = -3.09x_1 - 2.24x_2 + 3.22x_3$  (変数選択法: 増減法, 決定係数 0.9, \*,  $p < 0.05$ , \*\*,  $p < 0.01$ ) の関係式で表されることがわかった。したがって, スライダ引張荷重エネルギーと平均スライダ引張荷重が, 触覚的しゅう動感(軽快感)の定量的な評価指標として有効であることがわかった。

テープ部設計要素を変数に用いたスライダ引張荷重特徴量の推定

テープ部設計要素とスライダ引張荷重特徴量との関係性を調べるために, ステレオ法を用いてファスナしゅう動時のテープの変形量を計測した。その結果, スライダ引張荷重エネルギーおよび平均スライダ引張荷重とテープの変形量とが強い相関関係にあることがわかった。この結果から, スライダ引張荷重エネルギーおよび平均スライダ引張荷重の大きさは, テープの変形し難さに比例していると単純化して考えることができる。そこで, 目的変数  $y$  をスライダ引張荷重エネルギーとし, 説明変数を 5 種類のテープ部設計要素とする重回帰分析を行ったところ,  $y = 0.002 \times \text{交錯回数} - 0.084$  (変数選択法: 増減法, 決定係数 0.7, \*\*,  $p < 0.01$ ) の関係式で表されることがわかった。平均スライダ引張荷重についても同様に重回帰分析した結果,  $y = 0.003 \times \text{交錯回数} + 0.188$  (変数選択法: 増減法, 決定係数 0.9, \*\*,  $p < 0.01$ ) の関係式で表されることがわかった。

ここで, 交錯回数とスライダ引張荷重特徴量との関係式を, 触覚的しゅう動感(軽快感)とスライダ引張荷重特徴量との関係式にまとめると, テープ部設計要素を変数とする触覚的しゅう動感(軽快感)の推定式が得られる。図4は, 評価用語「ゆるい」の官能評価値と推定値との散布図を表す。両者の間の相関係数は 0.8 ( $p < 0.01$ ) であったことから, 当てはまりの良い推定式を得ることができたといえる。

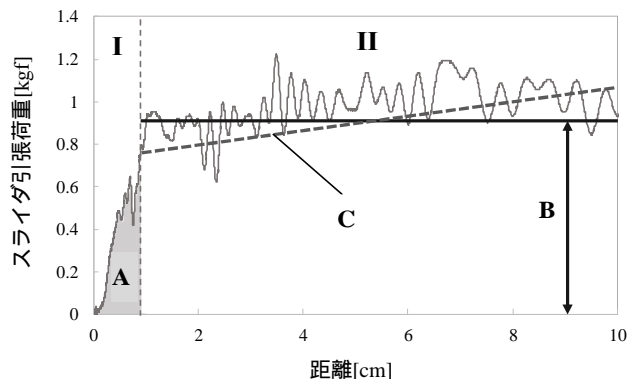
#### 4. 研究成果

触覚的しゅう動感に優れたファスナを設計, 製造できる技術の確立を目指して, 3つの課題について検討した。その結果, 得られた成果は次の通りである。

- (1) スライドファスナの触覚的しゅう動感の主要な評価因子は“軽快感”である。
- (2) “軽快感”は, スライダが静止している状態から動き初めにおけるスライダ引張荷重のエネルギー, ならびに, スライダの動き初めから引き終わりにおけるスライダ引張荷重の平均値によって定量的に評価できる。
- (3) ファスナ設計要素であるテープ部における単位面積当たりの交錯回数をパラメータとするスライダ引張荷重エネルギーおよび平均スライダ引張荷重の推定式を明らかにした。
- (4) 加えて, 交錯回数をパラメータとする“軽快感”の推定式を得た。

すなわち, テープ部における単位面積当たりの交錯回数を小さく設計すること, つまり交錯度の低い織組織の選択と糸密度の調整によって, 軽快感に優れたファスナを設計できることがわかった。一方で, テープ部は, 交錯回数を過剰に小さくすると糸密度の減少による強度の低下や, 糸間の拘束力の低下による機械的特性の低下が危惧される。そのため, JIS等の強度規格を満たす範囲で, 使用糸の強度特性と組み合わせ交錯回数を小さく設計することが重要と考える。

これらの研究成果は, (触覚的)しゅう動感という今まで主観的にしか判断されていないものを具体化して, 定量的な評価と, 主観的に好ましい性能(“軽快感”)を設計的手段で再現することを可能にしたものであり, 国内外において報告例の無い成果である。本研究課題では, 設計の自由度が比較的高いことからテープ部の織組織と糸密度だけが異なるファスナを検討対象としたが, 使用糸の素材や, エレメントの素材, 形状には様々な種類が考えられる。これらの設計要



A: スライダ引張荷重エネルギー  
B: 平均スライダ引張荷重  
C: スライダ引張荷重の変化の傾向

図3 スライダ引張荷重測定例

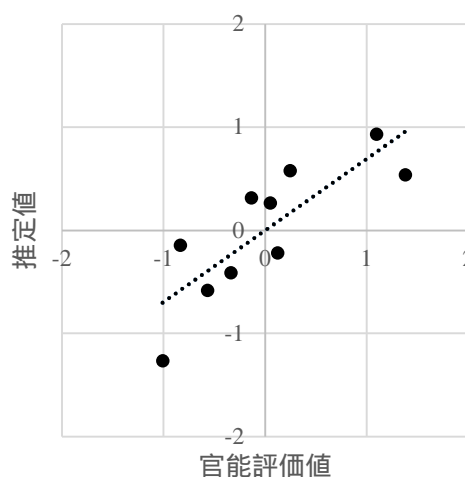


図4 官能評価値と推定値との散布図

素と（触覚的）しゅう動感との関係を明らかにすれば、ファスナの（触覚的）しゅう動感をより多彩に設計、実装できる技術に発展できる。

また、本研究課題の実施期間中には、当初予期していない問題が生じた。スライダは本体と引手とから構成されており、しゅう動時は、スライダ本体が水平に把持されたテープ部および把持用布に対して傾いた状態になる。この角度は引張荷重の大きさに影響をおよぼし、さらに、しゅう動感の官能評価にも影響をおよぼすことが予想される。一方で、スライダ引張荷重の計測では、測定装置の構造上の制約によりスライダ引手を水平に維持してしゅう動していたが、官能評価では、引手を水平に維持してしゅう動することを評価者間で統一することが困難であるという、スライダ引手の角度が統一されていない状況が生じた。そこで、スライダ引手の角度がスライダ引張荷重および官能評価におよぼす影響について調査したところ、スライダ引手の角度が垂直と水平との比較において、平均スライダ引張荷重に関する試料間の順序関係はほぼ一致することがわかった。したがって、スライダ引張荷重の測定と官能評価とでスライダ引手の角度が異なっても試料間の違いは把握できることが、感覚・感性の計測に関する新たな知見として得られた。ただし、本研究課題で明らかにしたスライダ引張荷重の推定式は、スライダ引張荷重の絶対的な大きさ（実測に近似する値）を推定するものではなく、試料間の相対的な大きさを推定するものであることに注意が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 INOUE Haruto, WAKAKO Lina, KINARI Toshiyasu	4. 巻 68
2. 論文標題 Sliding Characteristics of Slide Fastener on Tactile Perception	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Textile Engineering	6. 最初と最後の頁 109 ~ 114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4188/jte.68.109	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 若子倫菜	4. 巻 79
2. 論文標題 理想的な衣服の具現	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 繊維学会誌	6. 最初と最後の頁 3-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 井上遥斗, 若子倫菜, 喜成年泰
2. 発表標題 スライドファスナの触知覚に関するしゅう動特性について
3. 学会等名 繊維機械学会 第75回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若子倫菜
2. 発表標題 最新の繊維工学に関する取り組み - 金沢大学における取り組み -
3. 学会等名 石川県次世代産業育成講座・新技術セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上遥斗, 若子倫菜, 喜成年泰
2. 発表標題 スライドファスナしゅう動時の触知覚に関する高級感について
3. 学会等名 日本繊維機械学会・繊維学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Lina Wakako, Haruto Inoue, Toshiyasu Kinari
2. 発表標題 Basic Research on Tactile Slide-Feeling in Slide Fastener
3. 学会等名 50th Textile Research Symposium (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

金沢大学理工研究域機械工学系 機構設計研究室ホームページ <a href="http://mechs.ms.t.kanazawa-u.ac.jp/index.html">http://mechs.ms.t.kanazawa-u.ac.jp/index.html</a>
---

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
---------	---------