

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K02332

研究課題名(和文) 筋骨格シミュレーションによるボタン掛け外し動作の解析

研究課題名(英文) Analysis of buttoning and unbuttoning motion by musculoskeletal simulation

研究代表者

堀場 洋輔 (Horiba, Yosuke)

信州大学・学術研究院繊維学系・准教授

研究者番号：00345761

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ボタンの留め外し動作について時間計測、感性評価、動作解析(筋骨格シミュレーション)を実施し、ボタンの大きさやボタンホール方向の影響について明らかにした。その結果、ボタンの留め外しのしやすさとボタンの留め外しに要する時間や、留め外しのしやすさと留め外し動作にともなう上肢の関節トルクの大きさには反比例の関係があること、また、ボタンの大きさは1.5～2.0cmで、縦穴もしくは左上がりのボタンホールでは、留め外しに要する時間が短く、動作にともなう関節トルクが少なく、留め外ししやすい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

本研究により、ボタンの留め・外しにおいて、ボタンホール方向は留め・外しのしやすさと動作に影響を及ぼすことが明らかになった。また、本研究は健康な若年者を対象として実施したものであるが、運動機能や感覚機能が低下した高齢者の場合には今回と同等あるいはそれ以上の影響が予想されることから、高齢者向け衣服を設計する際にはボタンホール方向についても留意すべきことが示唆された。そのため、本研究の成果は、ユニバーサルデザインを考慮した衣服の設計の基礎データとなることが期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, time measurement, sensory evaluation, and motion analysis (musculoskeletal simulation) were conducted for buttoning and unbuttoning to analyze the effects of button size and buttonhole direction. The results showed that there is an inversely proportional relationship between the ease of buttoning/unbuttoning and time required for buttoning/unbuttoning and between the ease of buttoning/unbuttoning and the magnitude of joint torque of the upper limb associated with the buttoning/unbuttoning movement. Additionally, we found that the time required for buttoning/unbuttoning was the shortest, the joint torque associated with the motion was the smallest, and buttoning/unbuttoning was the easiest when the button diameter was 1.5 - 2.0 cm and the buttonhole was vertical or leftward ascending.

研究分野：繊維工学、感性工学

キーワード：ボタン ボタンホール 筋骨格シミュレーション 衣服 バリアフリーデザイン 動作解析

1. 研究開始当初の背景

世界でも類を見ないスピードで高齢化が進行しているわが国においては、運動機能や感覚機能が低下する高齢者へ配慮した衣服のバリアフリーデザインが普及しつつある。たとえば、日本工業規格(JIS)では高齢者向け衣服の設計指針として「高齢者配慮設計指針—衣料品(JIS S 0023:2002)」が2002年に策定されており、体型の変化や運動機能の低下、安全性・衛生性に配慮することなどの指針が規定されている。また、老化に伴う手指の運動機能の低下によりボタンの留め・外しが困難になることから、2007年には高齢者向け衣服におけるボタンの使用に関する指針として「高齢者配慮設計指針—衣料品—ボタンの形状及び使用法(JIS S 0023-2:2007)」も策定されている。これによると、高齢者向けの衣服において望ましいボタンの条件として、円形状で標準外径寸法は15mmであること、ボタンの取り付け位置は脇面や背面を避け前面にすること、ボタンホールは意図しない方向にボタンが外れないように、あきの方向に直交する方向であることなどが示されている。

しかしながら、指針の策定にあたり実施された一連の実験では、主に留め・外しのしやすさに関するアンケート調査や、留め・外しに要する時間の計測に基づき望ましいボタンの条件が議論されており、動作や筋活動など運動学的な側面からは十分に検証が行われていない。また、ボタンの留め・外しに関する先行研究においては、ビデオカメラを用いた動作の撮影が行われており、留め・外し動作の特徴や分類などが明らかにされているものの、解析は定性的なものであり、留め・外しの諸条件において、動作にどの程度の変化が生じるのか定量的には明らかにされていない。

2. 研究の目的

以上の背景から、本研究ではボタンの留め・外しのしやすさに関する感性評価と留め・外しに要する時間計測に加え、モーションキャプチャによる留め・外し動作の計測、さらには留め・外し動作に関する筋骨格シミュレーションも行ない、留め・外しのしやすさと留め・外し動作の関係について定量的に検証を行なった。ボタンの留め・外しに関する先行研究を俯瞰すると、ボタンの大きさや色に着目した研究、あきの位置や量に着目した研究、袖丈に着目した研究、打合せに着目した研究などが報告されていることから、ボタンの留め・外しに影響を及ぼすと考えられるボタンやボタンホールの諸特性の中から、ボタンホールの方向に着目し、ボタンホールの方向の違いが、留め・外しのしやすさや動作へ及ぼす影響について検証した。

3. 研究の方法

本研究では、ボタンの留め・外し動作においてボタンホールの方向が及ぼす影響を明らかにするために、ボタンホールの方向が異なる試料を用い、動作計測、時間計測、感性評価を行なった。以下に、それらの概要を述べる。

(1) 実験試料

本研究では試料として、薄手のブロード生地で作製された前開きのボタン留め半袖シャツ3種類を用いた(図1)。試料には4つのボタン(右前)が付けられており、ボタンホールは試料①では縦穴、試料②では斜穴(右斜め45°)、試料③では横穴となっている。なお、各試料においては、ボタンやボタンホールの大きさ(ボタン:直径20mm 厚さ4mm, ボタンホール:24mm)、型紙、生地など、ボタンホールの方向以外の特性についてはすべて同一とした。被験者に試料を提示する際には、順序効果を避けるため、3つの試料を提示する順序は被験者ごとに無作為とした。

(2) 実験試技

実験では、被験者に(1)で述べた試料を着用させ、立位で第1ボタンから第4ボタンまで順番に、ボタン留めとボタン外しを交互に10回行わせた。また、被験者には両手を使って出来るだけ速く掛け外し動作を行なうように指示した。

さらに本研究では、他者の着衣のボタンの留め・外しに関する研究がほとんど報告されていないことから、自分の着衣におけるボタンの留め・外しだけでなく、介護などで他者の着脱衣を補助する場合なども想定し、他者の着衣におけるボタンの留め・外しについても実験を行なった。実験では、他者に見立てたトルソーに着用した試料に対して、自分の着衣の場合と同様に、立位で第1ボタンから第4ボタンまで順番に、ボタン留めとボタン外しを交互に10回行わせた。な



図1 実験試料の外観
(左から、縦穴、斜穴、横穴)

お、被験者間での身長の違いを考慮し、トルソーの肩の高さを被験者の肩の高さに合わせて実験を行なった。また、被験者とトルソーの距離については特に統制をせず、各被験者がボタンの留め・外しをしやすいと感じる距離とした。

(3) 動作計測

本研究では、ボタンの留め・外し動作の計測を行なうために、慣性センサ式モーションキャプチャシステム (Xsens Technologies 社製 MVN Link13) を使用した。実験では、慣性センサが組み込まれた計測用スーツを被験者に着用させ、その上から(1)で述べた試料に袖を通した状態で、ボタンの留め・外し動作を行なわせた。一方、トルソーに着用した衣服のボタンについては、計測用スーツを着用した状態で留め・外しを行なわせた。以上の条件で動作計測を行ない、留め・外し動作における各関節の位置、速度、加速度を記録した。

(4) 感性評価

ボタンホール方向による留め・外しのしやすさの違いを明らかにするために、順位法による感性評価を行なった。被験者には、全ての試料のボタンの留め・外しが終了した時点で、各ボタンホールに対して留め・外しがしやすい順序 (1~3 位) を回答させた。そして、全被験者の評価結果を集計し、正規化順位法により解析を行なった。

(5) 時間計測

本研究では、留め・外し動作に要した時間を出来るだけ正確に計測するために、動作計測により得られた加速度データを利用した。実験では(2)で述べた試技の前後において被験者に静止するように指示しており、そのため動作計測により得られた加速度波形においては動作の前後で加速度が 0 になる時間帯が存在する。そこで、本研究では動作計測により取得した右手の上下方向における加速度を利用し、留め・外し動作に要した時間を算出した。

(6) 筋骨格シミュレーション

筋骨格シミュレーションでは、運動に関する情報をもとに、運動を生成するために必要な関節トルクや筋活動が推定される。本研究では AnyBody Technology 社製筋骨格シミュレーションソフト AnyBody を用い、(3)で述べたボタンの留め外し動作の計測データを入力することで、関節トルクや筋活動度の推定を行なった(図2)。

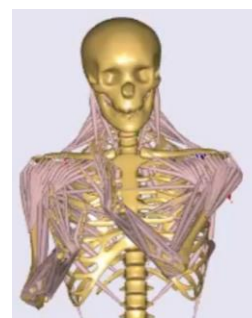


図2 留め外し動作を入力した筋骨格モデルの例

(7) 被験者

本実験の試料は、(2)で述べたように右前(男性用)のシャツであることから、自分の着衣の留め・外しについては、健康な20代の男性10名を被験者として採用した。一方、トルソーに着用した試料の留め・外しについては、上述の男性被験者10名に、健康な20代女性10名を加えた合計20名とした。被験者の身長は、男性: 168.2 ± 4.5 cm, 女性: 161.4 ± 4.0 cmであり、全員が右利きである。

4. 研究成果

(1) 自分の着衣の留め・外し

① 動作計測

自分の着衣のボタンの留め・外しを行なった際の上肢の各関節(肩・肘・手首)における関節角度の最大値と最小値の差、すなわち各関節の変位をボタンホール方向ごとに比較した結果、左肩の外旋・内旋と右肘の伸展・屈曲を除くほとんどの関節において、ボタンホール方向による有意差が確認された(図3)。関節やボタンの位置により様相は若干異なるが、全体的な傾向として、横穴の留め・外しにおいては関節の変位が大きく、一方、縦穴については関節の変位が小さい傾向が見られた。斜穴については、肩関節の伸展・屈曲など縦穴と同様の部位と、手関節の伸展・屈曲など横穴と同様の部位が見られた。

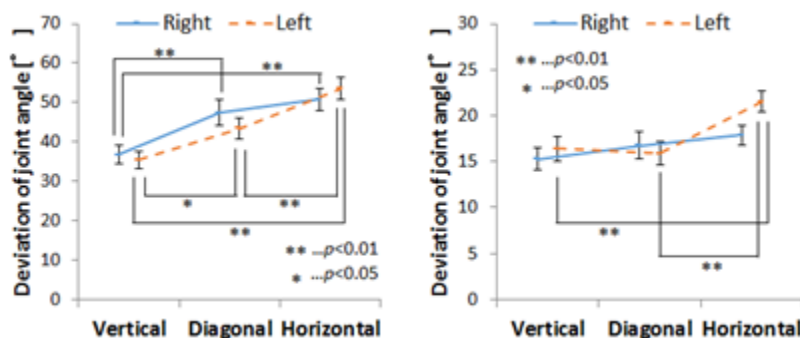


図3 肘関節角度とボタンホールの関係

② 感性評価

自分の着衣のボタンの留め・外しのしやすさに関する感性評価の結果、第1~第4のすべてのボタンにおいて、ボタンホール方向により留め・外しのしやすさが異なることが確認された。全体的な傾向として、縦穴・斜穴に比べ、横穴の方が低評価であった。一方、縦穴と斜穴については、一部のボタンで違いは見られたが、全体的には評価に大きな差異は見られなかった。また、ボタンの位置に着目すると、第1ボタンではボタンホール方向による留め・外しのしやすさの

違いが最も顕著であったのに対し、ボタンの位置が低いほどその差は小さくなり、一番下の第4ボタンでは留め・外しのしやすさの差異が最も小さい傾向が見られた。

③ 時間計測

各ボタンホールにおける留め・外しに要した時間をボタンの位置ごとに比較した結果、縦穴・斜穴に比べ、横穴で時間が増加する傾向が見られた(図4)。縦穴と斜穴については、留め・外しに要する時間に殆ど違いは見られなかった。また、横穴においては留め・外しともに第4ボタンで時間が増加する傾向が見られた。一方、縦穴や斜穴においては、留め・外しに要する時間はボタンの位置に関係なく、ほぼ一定であった。なお、留め具の違いによる留め・外し時間を調査した先行研究によると、若年者と比較した場合、高齢者は留め動作で約1.7倍、外し動作で約1.5倍の時間を要することが報告されている。このことを踏まえると、本研究で確認されたボタンホールの違いによる留め・外し動作時間の差異は、高齢者においてはさらに明確に表れることが予想される。

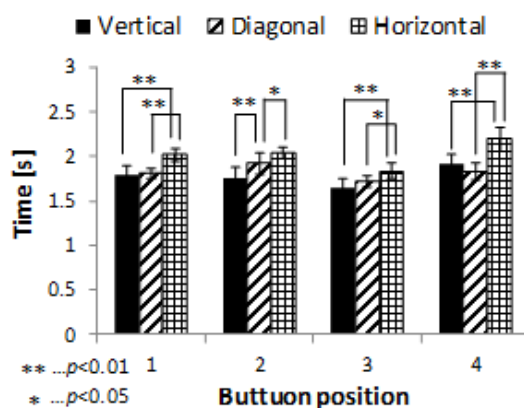


図4 ボタンの留め動作に要した時間とボタンホールの関係

(2) トルソーの着衣の留め・外し

① 動作計測

トルソーの着衣のボタンを留め・外した際の上肢の各関節の変位をボタンホールの方向ごとに比較した結果、自分の着衣の場合と同様に、横穴の留め・外しにおいては関節の変位が大きく、一方、縦穴については関節の変位が小さい傾向が見られた。また、自分の着衣ではいくつかの関節において、斜穴の留め・外しの際の変位が縦穴より大きい(横穴と同程度の変位)場合も見られたのに対し、トルソーの着衣の場合は、すべての関節において斜穴は縦穴と同様の傾向であった。

② 感性評価

トルソーの着衣のボタンの留め・外しを行なった際の感性評価結果、自分の着衣の場合と同様に、縦穴・斜穴に比べ、横穴が留めにくく、外しづらいという結果であった。一方、縦穴と斜穴については留め動作では第1ボタンで縦穴、外し動作では第3・第4ボタンで斜穴の方が高評価の傾向が見られたが、それ以外では留め・外しのしやすさに大差はなかった。斜め穴の場合、ボタンをつまむ手とは反対側の手で、ボタンホールが縦向きになるように調整しながら、留め動作を行なっている様子が多く見られた。そのため、斜め穴であっても縦穴とほぼ同様の状態となり、結果的に縦穴と斜め穴で大差が見られなかったと推測される。また、ボタンの各位置における留め・外しのしやすさに注目すると、トルソーの着衣の場合は自分の着衣とは異なり、ボタンやボタンホールをしっかりと確認しながら留め・外しを行なえるため、ボタンの位置による傾向の違いはさほど見られなかった。

③ 時間計測

トルソーの着衣のボタンの留め・外しを行なった際に要した時間を条件ごとに比較した結果、自分の着衣のボタンと同様に、縦穴・斜穴に比べ、横穴の掛け・外しに要する時間は増加する傾向が見られた。縦穴と斜穴については、一部のボタンでは縦穴に比べて斜穴で時間が掛かる場合も見られたが、全体的な傾向としては大きな違いは確認されなかった。また、すべてのボタンホールにおいて、自分の着衣と同様に、最も低い位置にある第4ボタンにおいて、留め・外しに要する時間が増加する傾向が見られた。

④ 筋骨格シミュレーション

他者に見立てたトルソーの着衣のボタンを留め外した際の筋活動(関節トルクによる仕事)を計算した結果、ボタンの留め動作の際の主要な関節運動の1つである左肩の外・内転運動をはじめとする多くの関節動作において、ボタン留め動作に要する仕事は縦穴・斜穴に比べ、横穴のボタンホールの方が大きい結果となった(図5)。このことは横穴の方が多くの筋活動を要することを示唆するものであり、ボタンホールの方向により筋負担の程度が異なることが考えられる。また、留め動作と外し動作を比較すると、ボタンホールの方向に依らず、留め動作における仕事の方が大きい傾向が見られ、筋負担は留め動作の方が大きいことが示唆された。

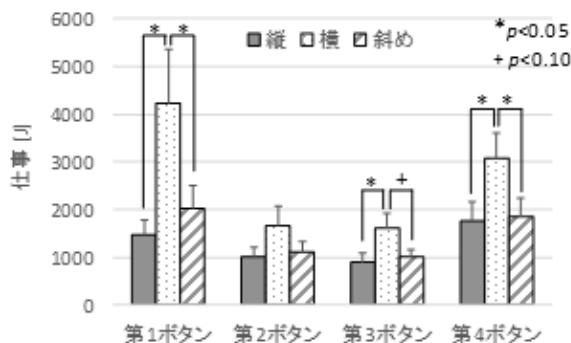


図5 留め動作における左肩の外・内転運動の仕事

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1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 1件）

1. 著者名 堀場洋輔、町屋まゆの、乾滋	4. 巻 61
2. 論文標題 ボタンの留め・外し動作におけるボタンホルルの方向の影響 感性評価と動作解析を用いて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 繊維製品消費科学	6. 最初と最後の頁 786-796
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11419/senshoshi.61.11_786	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 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 堀場洋輔、安西克樹、乾滋
2. 発表標題 筋骨格シミュレーションによるボタンの留め外し動作の解析
3. 学会等名 日本繊維消費科学会2021年度年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 HORIBA Yosuke, NISHIYAMA Mari, INUI Shigeru
2. 発表標題 Estimation of muscle activity when wearing elbow support using musculoskeletal simulation
3. 学会等名 Comfort and Smart Textile International Symposium 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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