

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 21 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23611008

研究課題名(和文) 操作感に着目した押しボタンスイッチ用フィーリングテストの開発

研究課題名(英文) Development of feeling tester for push-buttons from viewpoints of operation feeling

研究代表者

寺内 文雄(Terauchi, Fumio)

千葉大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30261887

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：押しボタンスイッチ操作時の操作感に着目し、スイッチ操作時の物理パラメータと操作感の対応関係を解明するためのフィーリングテストの開発を試みた。具体的には、ボタン操作時の荷重と時間の変化を測定する装置を開発し、荷重-時間曲線を測定した。同時に、従来の試験方法で得られる物理パラメータを収集し、得られたすべてのデータと操作感の対応関係を検討した。これにより、押しボタンスイッチの操作感には、荷重やストロークだけでなく、操作時間も大きな影響を及ぼしていることを明らかになり、開発したフィーリングテストの妥当性と有用性を確認することができた。

研究成果の概要(英文)：It was aimed to develop feeling tester for push-switch from viewpoints of operation feeling. The developed tester was able to measure the relationship between counter force from switch and operating time during switch operation. At the same time, the relationship between force and stroke was discussed using universal tester. Furthermore, it was collected the data by subjective evaluation of samples. Finally, it was investigated that the relationships among these parameters. As the result, it is confirmed that the operating time affects on push-switch operating feeling.

研究分野：人間情報学

科研費の分科・細目：感性情報学

キーワード：操作感 押しボタンスイッチ 操作時間 メタルドームスイッチ シリコンドームスイッチ メカニカルスイッチ

1. 研究開始当初の背景

タッチパネルを用いたグラフィックユーザインタフェース (GUI) の普及に伴って、操作に対する触覚的なフィードバックのないボタンが増えてきた。GUI には、情報量が多いという利点がある一方で、触覚的な操作感に乏しいという欠点がある。それに対して、押しボタンスイッチには押下感やクリック感があるため、触覚を通して操作を完了した実感や安心感が得られる。またスイッチに対応する機能やその操作の重要度や危険度は使用環境によって大きく異なっている。そのため理想的には、操作に対応する機能に対応した適切な操作感があることが望ましいのではないかと考えた。

押しボタンスイッチの操作感は、スイッチそれ自体の構造や形状、材質などに起因している。そのため、現状の押しボタンスイッチが必ずしも理想的な操作感となっているとはいえない。我々はこれまでにクリック感評価が試験機を用いた静的試験である点に着目し、動荷重計を用いてスイッチの反力と操作時間の関係を把握する予備実験を行っている。これにより、ボタンの反力や変位と同様に、操作時間も操作感に少なからず影響を及ぼしていることが示唆されている。

2. 研究の目的

予備実験では、押しボタン操作時のスイッチからの反力と操作時間の関係を解明するための簡易的なジグを制作し、これを用いて実験を行った。しかしながら、このジグでは、スイッチではなく、動荷重計を押すことを介して、ボタン操作を行っていた。そこで、本研究課題では、実際のスイッチ操作と同様に、押しボタンスイッチの操作しながら、その際の反力と操作時間を測定できるフィーリングテストを開発することを試みた。そして、そのテストの妥当性と有用性を確認するために、スイッチからの反力や変位、スイッチの操作時間が、その操作感にどのように影響しているのかを解明することとした。

3. 研究の方法

(1) フィーリングテストの制作

図1に制作したフィーリングテストを操作している様子を示す。スイッチ下のボックス内に動荷重計を配置することによって、実際のスイッチ操作と同じ状況でスイッチからの反力とその操作時間を測定することができるようにした。

(2) 押しボタンスイッチの物理特性測定

①実験サンプル

図2に測定対象とした押しボタンスイッチを示す。これらはいずれも既製品で、メカニカルスイッチ9種類、メタルドームスイッチ10種類、シリコンドームスイッチ10種類の計29種類である。

②荷重-ストローク曲線の測定

スイッチからの反力と変位の関係を明ら

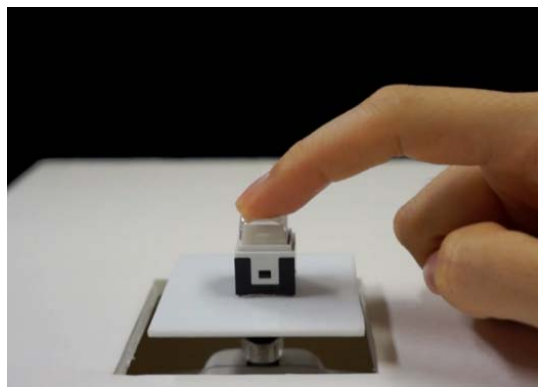
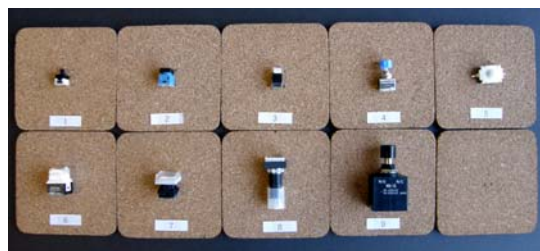
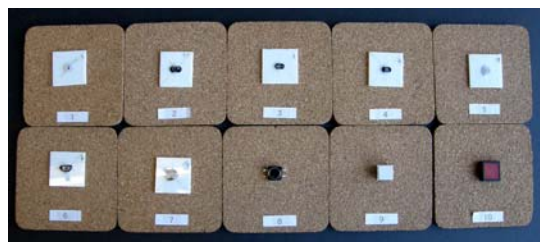


図1 制作したフィーリングテスト



(a) メカニカルスイッチ



(b) メタルドームスイッチ



(c) シリコンドームスイッチ

図2 押しボタンスイッチサンプル

かにする目的で、島津製作所卓上型試験機オートグラフ (EZ-50N) を用いて測定を行った (図3)。スイッチを一定速度で圧縮していき、スイッチサンプルごとに、スイッチが接点に達するまでの荷重-ストローク曲線を導き出した。

③荷重-時間曲線の測定

スイッチの反力と操作時間の関係を表す荷重-時間曲線は、被験者に実際にボタン操作を行ってもらった過程で測定を行った。具体的には、高性能型デジタルフォースゲージ (ZP-50N: イマダ製) を用いて、スイッチの押し始めるところから、接点に接し、再びスイッチを元の状態に戻すまでの荷重の変位

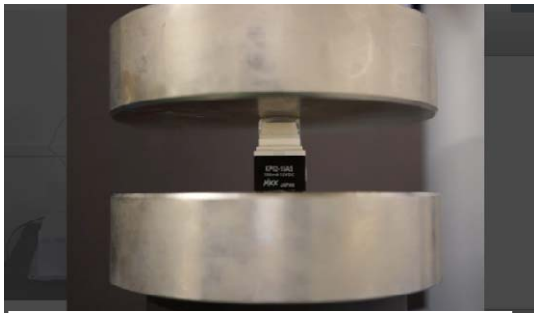


図3 万能試験機による測定の様子

を測定した。予備実験の段階で、同一被験者であっても、スイッチを押すたびに操作時間が大きく異なることが明らかになった。そこでメトロノームを用い、被験者にメトロノームに合わせて一定時間でボタン操作を行うように依頼した。被験者は15名で、ボタンに慣れるための練習を含めて、各スイッチに対して15回以上の操作してもらった。

(3) スイッチ操作感の印象評価実験

本実験に先立ち予備的な印象評価実験を行った。印象評価項目24対を用いて、スイッチサンプル12個の評価を行った。被験者数は32名である。評価結果に因子分析法を適用したところ、三つの因子が得られた。第1因子は「はっきりした」「安心感のある」「クリック感がある」で構成されることから操作の評価感を示す因子と考えられる。第2因子は押し込みの重さを、第3因子はストローク感を示すことが明らかになった。

そこで本実験では、ボタンの操作感を「操作感の満足度・押し込みの重さ・クリック感の有無・明確さ（はっきりーぼんやり）・ストローク感・安心感」の6つの印象評価項目を用いて、被験者にスイッチの操作感評価をしてもらった。

(4) 操作感に影響を及ぼすスイッチの物理特性の解明

得られたサンプルの荷重-ストローク曲線と荷重-時間曲線から、操作感に関係すると考えられる複数ポイントを数値化した後、重回帰分析法を用いて、印象評価実験の結果との対応関係を検討した。重回帰分析での変数選択にはステップワイズ法を用いた。

4. 研究成果

(1) 押しボタンスイッチの荷重-ストローク曲線

図4～6に、得られた押しボタンスイッチの荷重-ストローク曲線を示す。横軸がストローク（変位）、縦軸は荷重を表している。図では、ストロークが増加しながらも、荷重が減少している箇所が、ボタン操作時のクリック感を表現している。

図4はメカニカルスイッチの荷重-ストローク曲線である。荷重とストロークのいずれもがスイッチの種類によって大きく異なっている。またメタルドームスイッチやシリコンドームスイッチと比較すると、メカニ

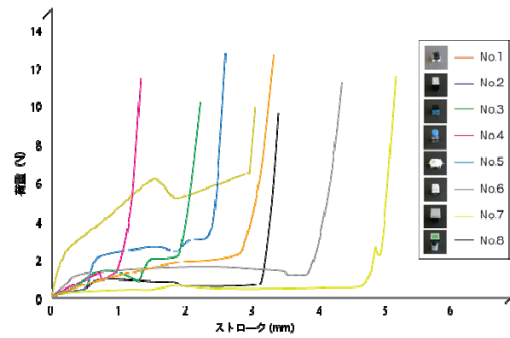


図4 メカニカルスイッチにおける荷重-ストローク曲線

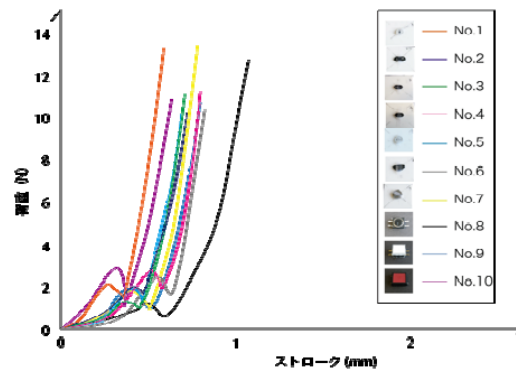


図5 メタルドームスイッチにおける荷重-ストローク曲線

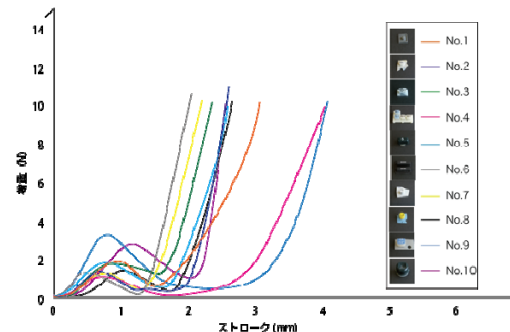


図6 シリコンドームスイッチにおける荷重-ストローク曲線

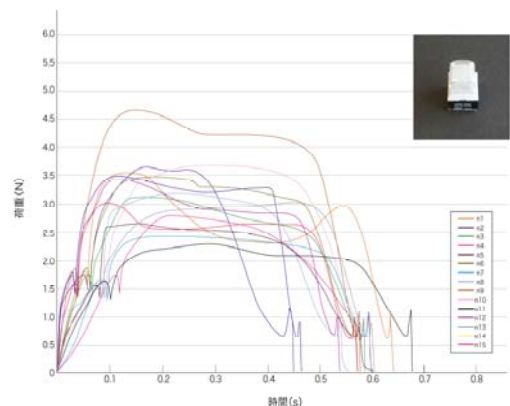


図7 メカニカルスイッチにおける荷重-時間曲線の一例

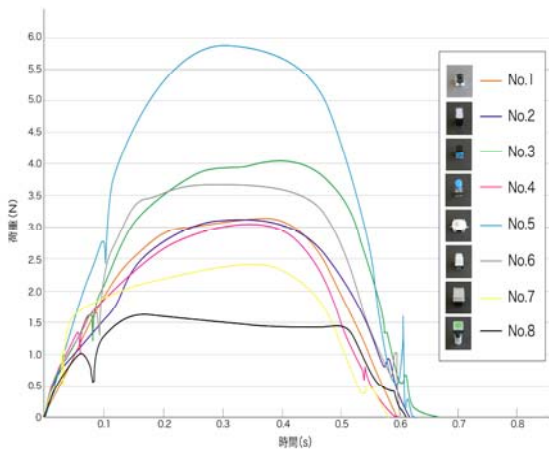


図8 メカニカルスイッチにおける荷重-時間曲線

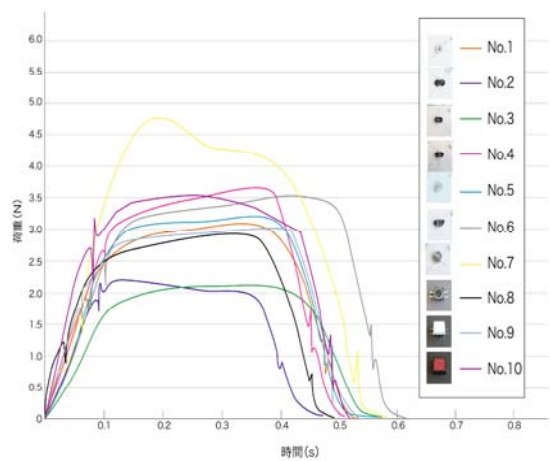


図9 メタルドームスイッチにおける荷重-時間曲線

カルスイッチのクリック感は分かりにくいものが多い。

図5は、メタルドームスイッチの荷重-ストローク曲線である。メカニカルスイッチやシリコンドームスイッチと比較すると、ストロークが小さいのが特徴である。

図6はシリコンドームスイッチのそれである。他の種類のスイッチと比較すると、荷重変化に対してストロークが長い傾向にある。また各スイッチ間には、荷重、ストロークともに大きな差がみられる。

(2) 押しボタンスイッチの荷重-時間曲線
①被験者間個人差

図7は、あるメカニカルスイッチの荷重-時間曲線を被験者ごとに示した結果である。被験者によって、最大荷重と、座屈までの被験者間の時間には差がみられる。しかしながら、座屈時の荷重には大きな差は認められない。これ以外のスイッチにおいても、同じような被験者間個人差が見られた。

②スイッチ間の相違

図8~10は、一人の被験者がスイッチを操作した場合の荷重-時間曲線である。図の横軸が時間を、図の縦軸が荷重を表している。図8はメカニカルスイッチの場合のそれである。荷重-ストローク曲線と見比べると(図4参照)、クリック感がより明確に表れている。また荷重-ストローク曲線では(図4参照)、実際のスイッチ操作に、どの程度の力が使われているのかは把握できないが、荷重-時間曲線では、スイッチの違いに応じた反力の大きな差が視覚的に把握できる。例えば、サンプル No. 5のスイッチでは、操作に大きな力が必要であることがよく理解できる(図8)。

図9はメタルドームスイッチの荷重-時間曲線である。メカニカルスイッチやシリコンドームスイッチと比較すると、スイッチの反力には比較的大きな差がない。図10はシリコンドームスイッチの場合であるが、荷重-ストローク曲線でみた場合と比較すると、明確なクリック感が現れる。

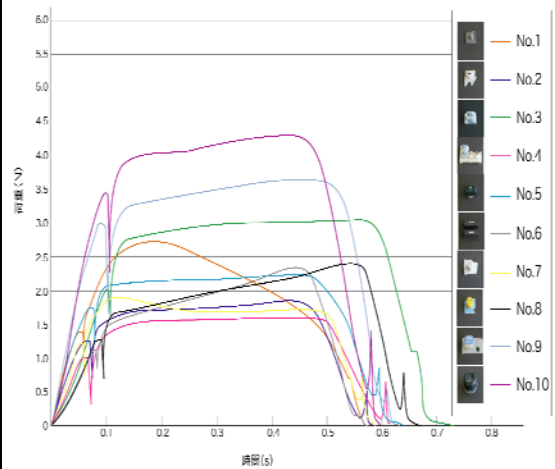


図10 シリコンドームスイッチにおける荷重-時間曲線

表1 クリック感に影響を及ぼすスイッチの物理特性

	$f1-t2$	$(f1-t2)/f1$	$t2-t1$	$(t2-t1)/t2$	$s2-s1$
メカニカルスイッチ		○	○		
メタルドームスイッチ	○				○
シリコンドームスイッチ	○			○	○

$f1-t2$: ピーク点とボトム点での荷重差

$(f1-t2)/f1$: クリック率

$t2-t1$: ピーク点からボトム点までの時間

$(t2-t1)/t2$: ピーク点からボトム点までの時間/ボトム点までの時間

$s2-s1$: ピーク点からボトム点までのストローク

(3) 押しボタンスイッチの物理特性と操作感の関係

表1に、重回帰分析を用いて、クリック感に影響を及ぼす物理的要因を抽出した結果を示す。図中丸印は有意な回帰式が得られていることを示している。メカニカルスイッチ

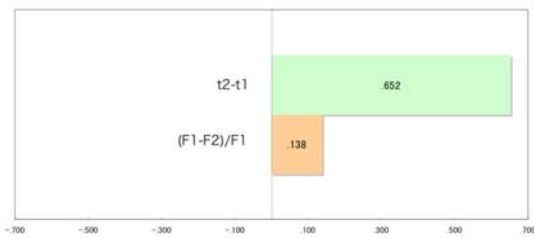


図 11 メカニカルスイッチのクリック感に及ぼすスイッチの物理的要因

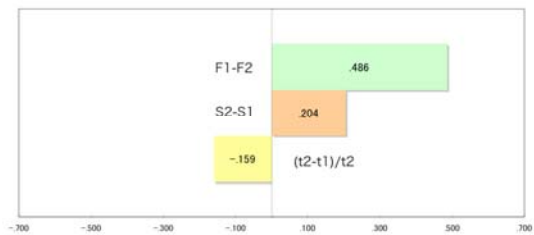


図 12 シリコンドームスイッチのクリック感に及ぼすスイッチの物理的要因

とシリコンドームスイッチでは、時間に関連する説明変数が選択されている。これに対して、メタルドームスイッチでは、時間に関連する説明変数は選択されなかった。これはメタルドームスイッチがその構造上、座屈が極めて短時間に起こるためと考えられる。

① メカニカルスイッチにおいてクリック感に及ぼす物理特性

図 11 は、メカニカルスイッチのクリック感に影響を及ぼすスイッチの物理的特性の影響を、定量的に示した結果である。このスイッチでは、クリック感が「ピーク点からボトム点までの時間」と「クリック率」の影響によって変化することが理解できる。そして「クリック率」を大きくするよりも、ピーク荷重からボトム荷重までの「時間」を増やした方が、クリック感に大きな変化が現れることを意味している。また操作感に対しても、有意な重回帰式が得られ、この場合も「ピーク点からボトム点までの時間」と「クリック率」が説明変数をして選択された。

従来の押しボタンスイッチの設計では、クリック感評価を「クリック率」のみで行ってきた。これに対し、この結果は操作「時間」をスイッチの操作感を設計する際に重視すべき要因と考える必要があることを示唆している。

② シリコンドームスイッチにおいてクリック感に及ぼす物理特性

図 12 は、シリコンドームスイッチの操作感に及ぼすスイッチの物理的要因を示している。このスイッチの「クリック感」には、ピーク点からボトム点までの荷重変化量 ($F_2 - F_1$) とストローク、クリック時の操作時間の三つが影響を及ぼしていることが示唆された。ピーク点からボトム点までの時間

とストロークを大きくし、その時間の割合を相対的に短くすることで、より明確なクリックを得ることができると考えられる。

(4) 結論

本研究課題では、押しボタンスイッチを操作する際の時間に注目し、動荷重計を用いた用のフォーリングテストを制作した。そして、これを用いてスイッチの操作感に及ぼすスイッチの物理特性を明らかにすることを試みた。その結果、メカニカルスイッチとシリコンドームスイッチでは、その操作感を荷重とストローク、操作時間の三つの物理特性で説明するほうが、より実際の操作感を説明できることが明らかとなった。このことは、押しボタンスイッチの設計においては、従来のように荷重とストロークのみに注目するのではなく、操作時間を考慮する必要性を示唆している。

以上のような検討によって、開発したフォーリングテストの妥当性と有用性を確認することができた。押しボタンスイッチには、そのフィードバックによって、確実に操作できたか否かが直感的に把握できるという利点がある。そして、理想的にはスイッチの操作感がスイッチ操作の目的と対応していることが望ましい。今後は、操作の目的とした押しボタンスイッチを開発すること試みる予定である。

5. 主な発表論文等

[その他]

イム ソンジュ：押しボタンスイッチの物性と印象評価の関係解明，千葉大学大学院工学研究科デザイン科学専攻修士論文，2013
http://design-cu.jp/?page_id=114

6. 研究組織

(1) 研究代表者

寺内 文雄 (TERAUCHI Fumio)
 千葉大学・大学院工学研究科・教授
 研究者番号：30261887

(2) 研究分担者

久保 光徳 (KUBO Mitsunori)
 千葉大学・大学院工学研究科・教授
 研究者番号：60214996