

力覚提示タッチパッドの操作の容易性の比較評価

Comparative Evaluation of Force Display Touch Pad Relating to Easiness of Operation

○ 山本悠人（富山県立大） 小柳健一（富山県立大） 澤井圭（富山県立大）
本吉達郎（富山県立大） 増田寛之（富山県立大） 大島徹（富山県立大）

Yuto YAMAMOTO, Toyama Prefectural University
Ken'ichi KOYANAGI, Toyama Prefectural University
Kei SAWAI, Toyama Prefectural University
Tatsuo MOTOYOSHI, Toyama Prefectural University
Hiroyuki MASUTA, Toyama Prefectural University
Toru OSHIMA, Toyama Prefectural University

Abstract: Force Display Touch Pad has been developed, which supports operating a personal computer (PC). Subjects using this device are expected for visually impaired people and elderly people that don't really get used to operating PC. This device gives the user various forces from operation part. For example, there is the force that guides a cursor to a button and a window frame on the screen. The user is supported by forces and voice information when they operate PC. This report is about effect by difference of height of force display touch pad to operability.

Key Words: Force Display, Pointing Device, Life Support Technology

1. 緒論

はじめに力覚提示タッチパッドとは、視覚障害者や高齢者のパーソナルコンピュータ (PC) 操作を支援する、マウスのように画面上のカーソルを操作可能なポインティングデバイスである。支援内容は、PC 画面上のカーソル付近にウィンドウ枠やボタンがあることを力覚提示により伝えるというものである。この装置の開発に至ったのは、主に次の3点による。

第1に情報通信技術が発展および普及したことで、インターネットを介して時や場所を問わず、容易かつ迅速に様々な情報を獲得可能になった。また、インターネット経由で買い物や教育、行政の住民向け各種手続きといったサービス⁽¹⁾を行えるようになった。これらより、インターネット技術は利便性が非常に高く、インターネットおよびPCは生活上必要なものであることがわかる。

第2に現在のPCでは、グラフィカルユーザインターフェース (GUI) が主流であり、文字や画像による情報が多く、視覚依存の傾向にあるということである。このような方法には、情報の一覧性があるため、健常者にとって情報を容易に獲得できる利点がある⁽²⁾。一方、視覚障害者はスクリーンリーダーやキーボード操作により、PCのアプリケーションの操作を行う必要がある。しかし、プログラミングやCADの利用といった複雑な情報理解が必要な使用目的には、対策はほとんどとられておらず、これらを用いる教育や就労の妨げになっている。

第3に視覚障害者がPCを容易に利用できるように、PC操作支援を目的とするデバイスの研究や商品化がされているが、マウスのようなポインティングデバイスでは、普及しているものはないということである。

以上のことから、日常生活に組み込まれたインターネットやPCを、視覚依存の影響を減らし、視覚障害者でもそれらを扱いやすくするためのポインティングデバイスとして力覚提示タッチパッドの開発が行われた。先行研究⁽³⁾⁽⁴⁾においてこの力覚提示タッチパッドの試作機が完成したものの、「試作機では操作面の机面からの高さが使用者の腕への負担となる可能性がある」という点が懸念された。そこで、本研究で試作機の操作面の机面からの高さよりも低くした改良機を製作した⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

本報告では、この薄型化が操作時の腕への負担の軽減に影響があるかを実験的に評価し、検証する。

2. 力覚提示タッチパッドの概要および薄型化について

緒論の通り、力覚提示タッチパッドはPC操作支援用のポインティングデバイスである。本体部外観を図1に、本体部の内部を図2に示す。また、本体部とは別に制御部があり、本体部のモータの制御を行うといった役割がある。

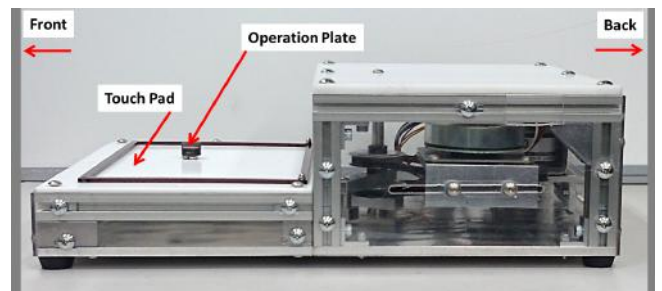


Fig.1 External Appearance of Force Display Touch Pad

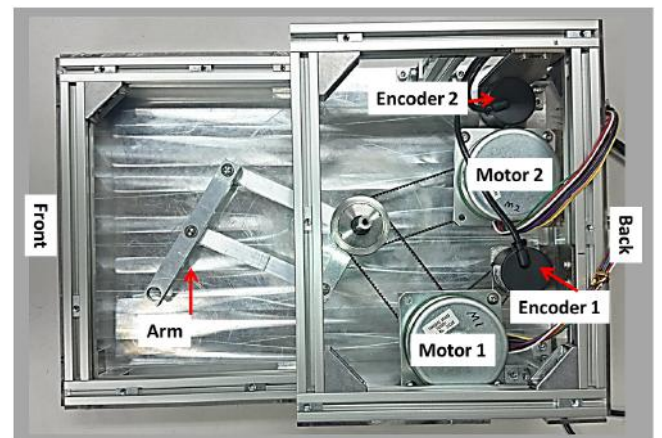


Fig.2 Internal Structure of Force Display Touch Pad

操作の際には、装置の操作面上の操作プレートを指でつまんで操作する。操作プレート（磁力結合された操作面下のアームの先

端）を動かすと，PC 画面上のカーソルがその動きに追従する．また，力覚提示タッチパッドの操作面に指定された枠内の操作プレートの位置（磁力結合された操作面下のアームの先端）と PC 画面のカーソルの位置はほぼ一致する．例えば，操作プレートが同枠内左上にあればカーソルは PC 画面の左上にあり，同様に操作プレートが右下にあればカーソルは右下にある．

また，この装置は PC 画面上のカーソルおよびウィンドウ枠やボタンの位置関係により力覚を操作者に提示する．例えば図 3 に示すように，カーソルがボタンに近づけばそれに引き込むような力を提示し，ウィンドウ内からカーソルが出ようとしたらウィンドウ枠に差し掛かった際にウィンドウ枠であることを示すような反力を提示する．これらの力覚は，装置内のモータの動作によるものである．また，操作プレートを一定量回転させることで，タップとして扱われる．

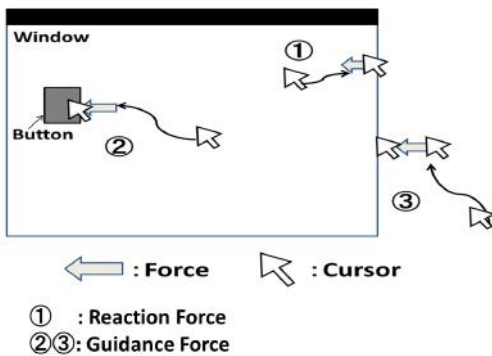


Fig.3 Example of Forces

改良機において装置の薄型化を図った箇所は，図 1 に示すタッチパッド部がある箇所である．試作機では，この箇所の机面からの高さは，161[mm]であった．ゆえに，装置の操作時に使用者の腕への負担が懸念された．そこで，全体的に再設計を行い，図 1 の装置での高さは旧来の 3 分の 1 程度である 57[mm]となった．

3. 薄型化による操作プレート操作時の疲労度の違いの検証

試作機および改良機で操作プレート操作時の疲労度の違いを検証する．

本検証では，力覚を提示せず，かつ PC に繋げない（マウスとしての動作は行わせない）状態で行う．装置の本体部を机上に，図 1 に示す前面が手前になるように配置する．今回は床面から机面までの高さが約 667[mm]の机を使用した．装置最前面が机の端と一致するように配置する．また，机の左端から約 475[mm]の位置に装置左側面が位置するように設置する．この値は，ディスプレイの左端が机の左端とほぼ一致するように配置され，そのディスプレイ前にテンキー付キーボードを机の左端と一致するように配置した際のレイアウトに依拠する．被験者の座る椅子も，その前面および左面が机の前面および左端にほぼ一致するように配置する．これらのおおよその配置と被験者の位置は図 4 のようになる．

操作時の課題は，「タッチパッド面上の枠をなぞるように操作プレートを動かす」である．図 5 のように始点は枠の左上からで，赤矢印で示すように反時計回りの順で動かす．この時被験者には，タッチパッド面に対して腕を平行に保ってもらおう．これを 100 周させる．改良機，試作機，改良機の順に行い，その間には十分な休憩（10 分程度）をとる．

この検証における評価法は，検証の前後にデジタル握力計で握力を計測し，計測された値の前後の差分をとり，試作機および改良機の場合とで差分の比較評価をするという方法である．

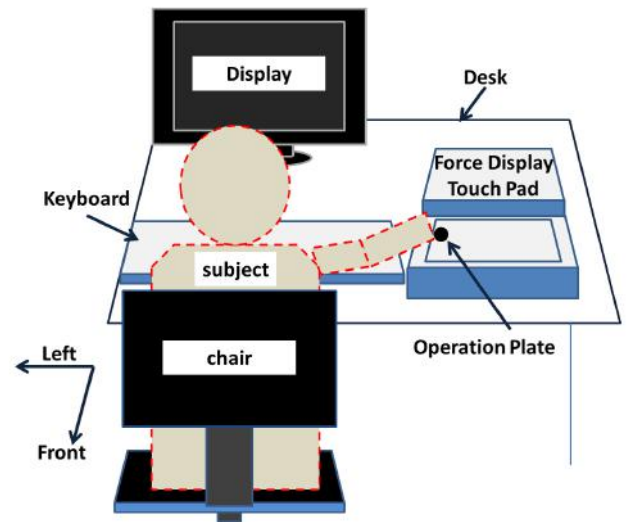


Fig.4 Experiment Conditions

単調な運動を腕に対して繰り返した際，疲労によって運動前より運動後に計測される値の大きさは小さくなり，差分が生じると考えられる．そして，差分を比較していずれかが小さければ，小さい方が疲労度が小さく，大きい方が疲労度が大きいと判断できるのではないかと考えた．

なぞる途中で磁石結合がはずれた場合に，タッチパッドを挟んで磁石結合が再度できたならばそのままなぞりを継続させる．磁石結合が再度できず，なぞることを継続できなくなった場合には，試験を中止する．磁石を結合し直し，十分な休憩（10 分程度）をとってから握力を計測し直す．そして，1 から数え直して 100 周のなぞりを行わせる．

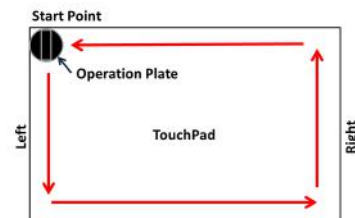


Fig.5 Example of Task

4. 結果

今回の検証では，満 23 歳男性の 1 人で行い，装置の使用は右腕で行った．試作機および改良機における検証前後の握力の値および差分は表 1 のようになった．いずれも，計測の前後の差分はプラスの値となった．

また，改良機においては，磁石を再結合させることが高頻度であった．そのため，なぞりを再開する際に，なぞりの軌道が微量ではあるが，弓なりになることがあった．試作機においては，滑らかななぞることができた．

主観的なものであるが，改良機の操作中では，首の付け根から肩の間あたりが凝る感覚が特に強かった．また，改良機および試作機の操作中に運動による熱さが程度の差はあれ上腕に感じられた．

5. 考察

予想と異なり，いずれも握力の値は，検証前よりも検証後の方が大きくなった．単調な運動による負担が適度な準備運動を行っ

Table 1 Result

	New Type (1)	Old Type	New Type (2)
Before[kg]	34.6	33.3	33.3
After[kg]	35.8	33.5	34.5
Difference[kg]	+1.2	+0.2	+1.2

たような状態となり，手に力を込めやすくなったものとする。また，試作機においては，高頻度で磁石の再結合を行っていた。その分だけ時間がかかり，準備運動のようなことを行う時間が長くなったものとする。そのため，より力を込めやすいような状態になり，改良機では検証後の握力の上り幅が試作機に比べて大きいものとする。以上から，疲労度の違いを見い出せない。

6. 結論

力覚を提示せず，かつマウスとしての動作は行わせない状態で操作プレートを操作させる課題を被験者に行わせた。その前後で握力を計測し，その差分により試作機と改良機とでタッチパッド部の高さの違いによる疲労度を検証した。結果，いずれも検証後の握力が大きく，疲労度の違いを検証できなかった。そのため，疲労度の検証の仕方を再考する必要がある。

また，今後マウスとしての機能を付与した状態で課題を行わせ，薄型化による疲労度の違いといった項目の評価試験を行う。

参考文献

- (1) 町田芳明, 障害者向けキー入力装置の開発-ユニバーサルデザインによるキー入力装置の開発-, 電子情報通信学会技術研究報告. WIT, 福祉情報工学, vol. 105, no. 186, pp. 89-93, 2005.
- (2) 黒柳智弘, 田野俊一, 橋山智訓, 岩田満, 視覚に依存しない音声主体思考支援システムの提案と試作, 電子情報通信学会技術研究報告. MVE, マルチメディア・仮想環境基礎, vol. 103, no.745, pp. 13-18, 2004.
- (3) 小柳健一, 金原正典, 力覚提示タッチパッドの開発 第1報: 基礎概念と試作, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2009, 1P1-M05, 2009.
- (4) Makoto Aoki, Ken' ichi Koyanagi, Toru Oshima, Tatsuo Motoyoshi, Evaluation of Force Display Touch Pad for the Visually Impaired, Proc. of 2013 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2013), CD-ROM/TA1-K.2(2013).
- (5) 山本悠人, 小柳健一, 大島徹, 本吉達郎, 増田寛之, 力覚提示タッチパッドの薄型化および能力評価, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 講演論文集 No. 15-2, 2A2-I08, 2015.
- (6) 山本悠人, 小柳健一, 大島徹, 本吉達郎, 増田寛之, PC 操作支援用力覚提示タッチパッドの使用者への負担軽減のための薄型化およびその機能評価, LIFE2015 講演予稿集, 2g1-04, 2015.
- (7) 山本悠人, 小柳健一, 大島徹, 本吉達郎, 増田寛之, 薄型化した力覚提示タッチパッドの操作性の評価, 日本機械学会 [No.167-1] 北陸信越支部 第 53 期総会・講演会講演論文集, GS020103, 2016.