

タッチパネル操作における高齢者の操作特性に関する基礎的研究

永井 正太郎^{*1} 福本 梨乃^{*2} 山下 久仁子^{*3} 岡田 明^{*1}

Touch-Panel Operation by Elderly Users

Shotaro Nagai^{*1}, Rino Fukumoto^{*2} Kuniko Yamashita^{*3} and Akira Okada^{*1}

Abstract - Currently, touch-panel displays are used not only in private devices but also in public devices such as ATMs and automatic ticket vendors. In general, devices with touch-panel displays are easily operable. However, elderly users face difficulties while using these devices. Previous research on GUI focused on the visual feedback of touch-panel devices. In this research, we attempt to clarify the characteristics of finger movement and finger contact force when elderly people use devices with touch-panel displays. Results showed that the amount of hand movement and finger contact force of elderly users was larger than that of younger users. Tremors caused due to aging can be attributed to a large amount of hand movement in the elderly. Difficulty in moving difference in fine movement of the hand also restricts hand movement. A survey conducted with elderly users shows that touch-panel displays are not as responsive to their inputs as conventional input devices. This forces them to press the display strongly, thus increasing the finger contact force. For future research, emphasis is necessary on not only the visual feedback but also appropriate somatosensory based feedback.

Keywords: manipulation, touch-panel display, and elderly user

1. はじめに

タッチパネルを使用した機器が身の回りで幅広く使われている。携帯電話といった身に着けて持ち歩くようなものから、ATM や自動券売機といった公共空間に設置されているものなど種類も多様化しており、多くの人にとってそれらを操作することは日常的なこととなっている。これら GUI を直接触って操作するタッチパネルが広く使われるようになった要因としては、一見すると少ない心身の負担で操作を行うことが可能である、というイメージによるものや、ユーザ・使用場面に応じて比較的容易にカスタマイズが可能であることが考えられる。しかしながら、これらの機器では、操作時のフィードバックの多くを視覚へ依存していることから、視覚に頼ることの難しいユーザによる使用を妨げる要因となること[1]や、多くの場合、手で触れるだけで操作が行われるため、手の緻密性が要求されることが指摘されている[2]。そうした問題の解決策のひとつとして体性感覚の観点を取り入れた研究の重要性が叫ばれている[3]。

現在、日本をはじめ多くの国や地域で高齢化が進展しており、高齢者がタッチパネル端末を使う機会が増えている。これまでも、高齢者による ATM 使用を対象とした研究[4]なども行われてきたが、視覚的フィードバックや認知機能に関連するものが中心で、体性感覚やそれに伴う手指動作について着目されることは少なかった。加

齢に伴い視覚機能をはじめとする感覚器の機能低下が一般に知られており、高齢者においても、体性感覚フィードバックを取り入れた操作性の検討は有効であると筆者らは考える。

そこで本研究では、高齢者を主な対象として、タッチパネル操作を行う際の触る動作とその影響を受けていると考えられる手指の動きについて検討を行った。

2. 方法

2.1 実験参加者

高齢者 11 名（67 歳から 78 歳）と若齢者 13 名（20 歳から 25 歳）の合計 24 名が参加した。高齢者の参加者は公益社団法人大阪市シルバー人材センターから派遣された。若齢者の参加者の募集にあたっては、普段よりタッチパネルを使用した端末の操作を行っていると考えられる学生を対象とした。募集時の条件とはしなかったが、集まった参加者の利き手はすべて右手である。参加者に



図 1 実験環境

Fig. 1 Experiment Environment

*1: 大阪市立大学大学院 生活科学研究科

*2: 大阪市立大学 生活科学部

*3: 大阪市立大学 研究支援課

*1: Graduate School of Human Life Science, Osaka City University

*2: Faculty of Human Life Science, Osaka City University

*3: Research Support Department, Osaka City University

よっては、計測機器の適合状況により、対象とした計測項目が異なる。全参加者のうち後述する2種類の計測（手指動作、接触力）を行ったのは高齢者6名と若齢者6名で、接触力のみ計測を行ったのは高齢者5名と若齢者7名である。

なお、実験を行うにあたり、参加者に対して実験・研究の趣旨について説明を行い、同意を得たうえで実施した。本研究は生活科学部・生活科学研究科倫理審査委員会の承認を得て実施している(申請番号:17-06)。

2.2 実験手順

タッチパネル(Flex Scan T2381W、EIZO 株式会社製)を水平面に設置し(図1)、タッチパネル内の仮想テンキーを用いて参加者に3桁の数字を入力させるタスクを課した。入力させる数字は仮想テンキーの上部に表示される(図2)。これらの仮想テンキー、課題提示及び参加者の入力した数字の記録には Visual Basic 6.0 を用いて開発したプログラムを使用した。

異なる3桁の数字を10回入力する操作を1セットとして、各計測内容ごとに左手・右手1セットずつ計測を行った。数字入力の際には、すべて計測対象となる手の第2指を使って入力を行うよう指示した。間違えて入力したり、入力ができなかった場合でも訂正や再入力を行わないよう伝えた。そのため、3桁の数字を入力し終わるごとに、計測対象とは異なる手を用いてボタンを押すことで次の数字入力へ移るようにした。実験参加者による差異を軽減するため、提示する3桁の数字の組み合わせは同一のものを使用した。実験参加者や計測対象ごとにラテン方格に配置した順序で提示することとした。操作特性の計測にあたっては次の項目を計測した。

①手指動作

モーションキャプチャ(VENUS3D、ノビテック製)を用いて、タスク遂行中の動作の計測を行った。計測を行った項目は加速度と積算移動距離で、マーカーの取り付け位置は第2指先端部の爪表面上と中手指節関節の表面部とし(図3)、フレームレートは100Hzとした。

②接触力

Haptic Skill Logger(カトーテック株式会社製)を操作面に直接触れない第2指の爪表面に取り付けることでタッチパネルとの接触力を測定し、参加者がどのような触れ方を行っているか計測した(図4)。フレームレート100Hzとした。

参加者によっては、2種類の計測対象を左右それぞれ1回ずつ行うため、4回のタスクを行うことになる。そのため、タスクを繰り返し行うことによる順序効果を避けるため、参加者により使用する機器の順序を交互に配置し、その機器を使用した計測内においても左右の順序を交互に配置した。

機器を取り付けた状態での入力操作に慣れるための試行回を計測前に1回ずつ設けた。その際に入力させた数



図2 実験に使用した画面

Fig. 22 Task for Experiment



図3 モーションキャプチャのマーカー位置

Fig. 3 Marker Attached Position



図4 接触力センサー HapLog

Fig. 4 Sensor of Finger Contact Force: HapLog

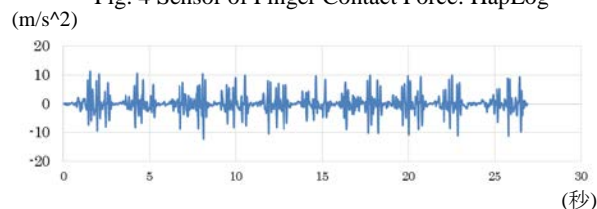


図5 加速度の例 (高齢参加者3 左手)

Fig. 5 Example of Finger Acceleration (Elderly Participants #3, Left Hand)

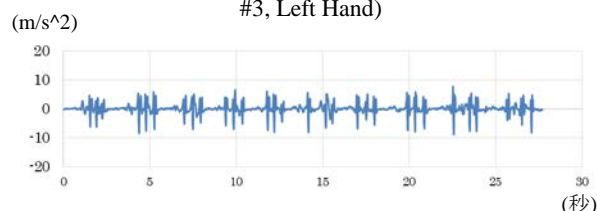


図6 加速度の例 (若齢参加者3 右手)

Fig. 6 Example of Finger Acceleration (Younger Participant #3, Right Hand)

字は計測時とは異なるパターンを使用した。

実験終了後には、参加者に対して実験を行ったうえでの感想等についてインタビューを行った。

3. 結果

3.1 手指動作

先述の通り、高齢者の参加者は6名、若齢者の参加者は6名の合計12名を対象に実験を行った。そのうち、若齢者の1名の右手において欠損値が多かったことから分析より除外した。

数字入力課題では、高齢者の左手において誤答率が高い傾向が見られた。右手での入力では世代による大きな違いは見られず正答率は高かった。

図5.6は高齢者、若齢者の標準的な指先端部の加速度を表したグラフである。参加者内加速度の振幅の大きさでは世代による違いは見られなかったが、振幅の頻度は少ない傾向が見られた。また、高齢者ではタッチパネルを操作するための動作に加え、振幅の小さい加速度の変化が多く含まれているように見える。

タスク中の移動距離では全方位の合計した積算移動量と前後・上下・左右成分毎の移動量を「世代」「使用した手」の二元配置分散分析を行った。その結果、指先端部と中手指節関節の表面部において、世代間で有意差が見られた($p<0.05$)(図7)。また、指先端部の左右・前後方向において有意傾向($p<0.10$)が、上下方向で有意差($p<0.05$)が見られ、中手指節関節の表面部では前後方向で有意傾向($p<0.10$)、左右・上下方向で有意差($p<0.05$)が見られた(図8)。

3.2 接触力

高齢者の参加者11名、若齢者の参加者13名を対象に実験を行った。ただし、高齢者のうち1名はキャリブレーションに不具合が生じていたことが実験終了後に判明したため、また、若齢者のうち1名は指の形状等の理由によりキャリブレーションが行えなかったため、いずれも右手のみを分析対象としている。このほかに左右ともキャリブレーションを行うことができなかったため、計測を行わなかった若齢者の参加者が5名いた。そのため、分析の対象となったのは高齢者の参加者は11名、若齢者の参加者は8名である。

数字入力課題の誤答率において高齢者の方が若齢者より高い傾向が見られた。また、高齢者においては、左手での誤答率が低い傾向が見られた。

一人の参加者が接触力を計測するタスクを行う1セッ

ト内で使用した最大の接触力をここでは最大接触力と定義した。そして、高齢者/若齢者の左手/右手毎に最大接触力の最小値、平均値、及び最大値を掲載したのが表1である。この最大接触力を「世代」「使用した手」の二元配置分散分析を行ったところ、世代間で有意差が見られた($p<0.01$)。さらに、高齢者の参加者においては左手と右手の間で有意差が見られた($p<0.01$)(図9)。

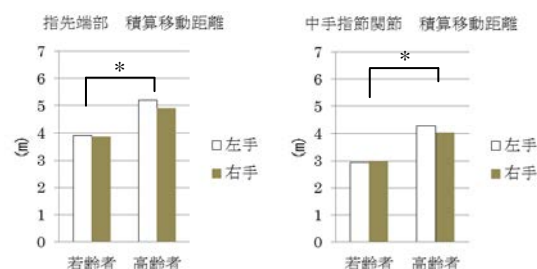


図7 積算移動距離

Fig. 7 Integrated Finger Moving Distance

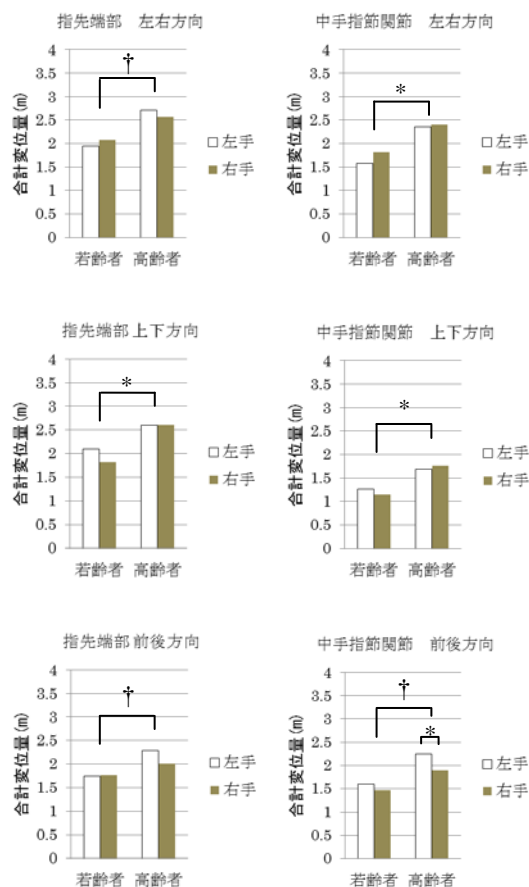


図8 方向毎の移動量

Fig. 8 Finger Movement Amount per Direction

表1 タスク遂行時に実験参加者が使用した最大接触力の比較
Table 1 Compare of Maximum Finger Contact Force in the task.

	最小値	左手 平均値	最大値	最小値	右手 平均値	最大値
高齢者	0.53N	4.90N	13.04N	0.49N	3.63N	10.79N
若齢者	0.12N	0.53N	0.66N	0.03N	0.57N	1.20N

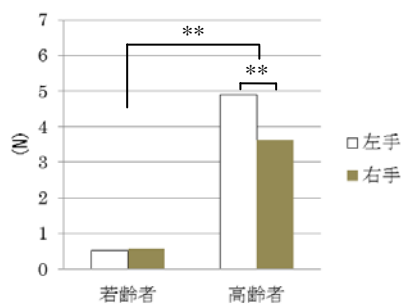


図9 タスク内最大接触力

Fig. 311 Maximum Finger Contact Force in the Task

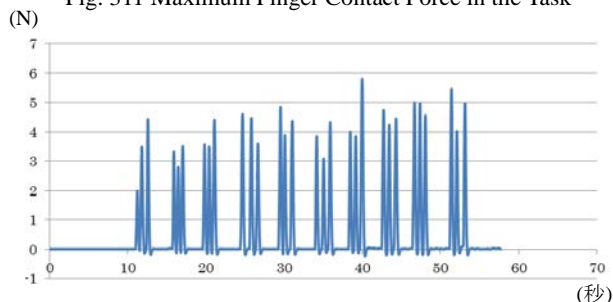


図10 接触力の例 (高齢参加者2 左手)

Fig. 10 Example of Finger Contact Force (Elderly Participants #2, Left Hand)

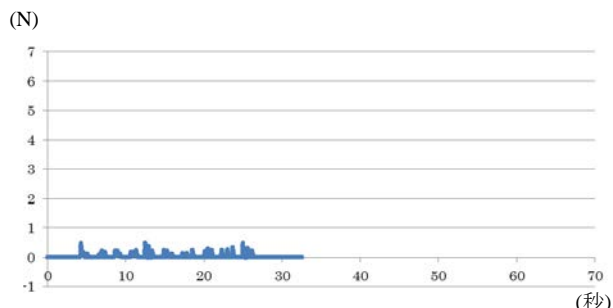


図11 接触力の例 (高齢参加者3 右手)

Fig. 11 Example of Finger Contact Force (Elderly Participants #3, Right Hand)

接触力の例を表したのが次の図10-11である。図10は高齢者における標準的な接触力の例で、図11は高齢者におけるタスク内最大接触力が最小だった参加者の例である。若齢者においては少ない接触力しか使わずに入力しており、顕著な例では、最大でも0.03Nの接触力しか使わずに操作を行っている。一方、高齢者においては使用する接触力に幅があり、図11のように若齢者に近いパターンも確認された。

4. 考察

積算移動距離を高齢者と若齢者を比較すると有意差が見られた。加速度の推移をもとに分析すると、高齢者では小さい振幅の変化がみられる。加速度の大きな振幅は高齢者・若齢者で確認されており、これはタッチ操作に

伴うものと考えられるが、高齢者に多くみられる小さい振幅の加速度変化は、加齢による震えと考えられる。また、これらに加えて上下方向において有意差が出ていることから、高齢者ではタッチ操作後に画面から手を離す際に画面より大きく手を離している可能性が高い。

タスク内の最大接触力においても高齢者・若齢者間で有意差が見られ($p<0.01$)、さらに高齢者の左手・右手においても有意差が見られた。インタビューからは、タッチパネルの持つフィードバックの少なさに関する指摘があった。フィードバックを得ることができるようにタッチパネルを強く接触させて操作していることも十分に考えられるが、加齢に伴う細かな制御の難しさを補うために手に負荷をかけて操作していることが、強い接触力となって表れたものとも考えられる。高齢者における左右の有意差も同様の理由で、高齢者による制御の難しさと非利き手での制御の難しさが重なったためと考えられる。なお、インタビューにおいても左手でのタスク遂行の難しさはいくつかの高齢参加者より感想として挙げられた。

これらをまとめると加齢による緻密な操作の難しさが、積算移動距離、加速度ならびに接触力に対して影響を与えており、それらが更に数字入力タスクでの正答率へ影響を与えていることが考えられる。

5. 今後の計画

加齢に伴う動作特性の変化に対応した操作対象のサイズを検討する予定である。また、加齢による影響は動作特性だけでなく触れ方にも影響を与えていることから適切なフィードバックのあり方を検討する必要がある。

これらを通して、高齢者をはじめ多くのユーザにとって操作性の高い機器の要素を手指の特性の観点よりさぐっていく。

参考文献

- [1] 矢入:視覚障がい者のタッチパネル利用補助に関する技術動向; 情報処理, **Vol. 56**, No. 6, pp.538-540 (2015).
- [2] 王: 高齢者のタッチデバイス使用を支援するデザイン要素; 日本デザイン学会研究発表大会概要集, **62(0)**, pp.87-88(2015).
- [3] 岡田: 操作機器における体性感覚フィードバックの有効性; 人間工学, **Vol. 48**, 特別号, pp.110-111 (2012).
- [4] 赤津,三樹:ATM におけるユニバーサルデザインの取り組み; 人間生活工学, **Vol. 13**, No. 2, pp.21-26 (2012).