

タブレット端末における視覚障がい者の手指動作に関する調査

永井 正太郎^{*1} 岡田 明^{*1}

Tablet Operation by Visually Impaired Individuals

Shotaro Nagai^{*1} and Akira Okada^{*1}

Abstract - The use of products with GUI finger-touch panels is becoming widespread. However, touch panel interfaces with few physical clues provide insufficient operational guidance. Visually impaired individuals have particular difficulty with touch-panel products. To enhance interface design development from a sensory perspective, we observed and conducted interviews with visually impaired individuals using touch-panel products. The results indicate that visually impaired individuals depend exclusively on physical display clues, such as the shape of the tablet or the position of buttons, and kinesthesia or how the tablet is held. Similar results were confirmed for visually healthy individuals. Thus, adding physical clues to the periphery or back of the interface can promote higher operability.

Keywords: Tablet Operation, Visually Impaired, Universal Design and Manipulation

1. はじめに

近年、Graphical User Interface (GUI) を利用した製品が幅広く使われている。画面上にて多彩な表現が可能であることに加えて、専門的な知識を必要とせず、いわゆる“直感的な操作”が可能とされているのが理由として挙げられる。生活家電や公共設備など身近でよく使われている GUI だが、フィードバック情報取得の多くを視覚に依存していることから、視覚への負担が増加していることが考えられる。さらに、急速に使用が広がっているタッチパネルでは、GUI を指で直接操作することから、視覚負担の増加に加えて、これまでの機械的操作で得ることのできた操作の手ごたえが減少した。また、インタフェース上の物理的手がかりが少ないことも視覚への負担を増加させる要因となっている。これらの体性感覚フィードバックの少なさから、疲労やヒューマンエラーの誘発、視覚に頼ることのできないユーザの使用の妨げとなるといった問題が発生している^[1]。

視覚を代行する手段として、聴覚を利用したもの、触覚をはじめとした体性感覚を利用したものが考えられる。聴覚を中心とした研究では、主なものとして水浪らの研究が挙げられる^{[2][3][4]}。これら一連の研究を通して、障がいや心身特性に応じた音声案内に対するニーズの違いを示し、その設計要件の確立に寄与した。触覚をはじめとした体性感覚を利用したものとして、視覚障がい者が GUI の操作の習得手段としてアイコンや画面配置を模した模型を利用した方法が知られている^{[5][6]}。また、赤津らの研究^[7]では、ATM の操作部である画面周辺に触覚による手掛かりを取り付けることで、視覚に頼れないユーザでも同じような操作が可能となった。天野らの研究^[8]

ではタッチパネル上に物理的手がかりが少ないことが、文字入力性能の低下の要因であると考え、タッチパネル上に取り付ける物理的手がかりを試作した。しかし、これらの研究や試作では、ATM 操作や文字入力など限られた操作に対して有効であることは考えられるが、タブレット端末での GUI 操作のように多様な操作に対応できるかについては、十分に検討されていない。

2013 年に行われた調査^{[9][10]}では、視覚障害のあるユーザにとって近年普及しつつあるスマートフォンやタブレット端末を使うことで、視覚情報を使うことができない不便さを補うことができる一方で、文字入力と操作方法の難しさが課題として挙げられた。

これまで、筆者らは前述の体性感覚フィードバックの少なさから生じる問題を視覚障がいの有無に関わらず、解決するための基礎的研究を行ってきた。テンキーを利用した実験^[11]、ペンタブレットを利用した実験^[12]を視覚における健常者に対して行った。本研究では、視覚に頼れないユーザに焦点を当てて、視覚への依存度の高いとされるタブレット端末やスマートフォン等の操作性向上、ユニバーサルデザインの検討のため、以下のような観察調査とインタビュー調査を行った。

2. 調査方法

2.1 参加者

「NPO 法人 弱視の子どもたちに絵本を」の協力を得て参加者の募集を行った。タブレット端末やスマートフォン等タッチパネルで操作を行う端末を普段より使っていることを条件とした。その結果、2 名が調査に参加した (表 1)。

*1: 大阪市立大学大学院 生活科学研究科

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

表 1 参加者の属性
Table 1 Participants' Attributes.

実験参加者	年齢	見え方
A	10	光覚弁、手動弁
B	14	全盲



図 1 参加者 A の使用している iPad とキーボード
Fig 11 iPad and Keyboard Use by Participant A.

参加者 A は iPad mini を約 3 か月前から使用している。文字入力を行うために iPad 購入後、Griffin Technology 製 iPad mini 用 Slim Keyboard Folio ブラック GB37996 を取り付けた (図 1)。このほかに約一年前から学校のパソコンの授業で週に一回程度キーボードを使った文字入力などを行っている。

参加者 B は iPhone6 を約 6 か月、iPod Touch を約 1 年半、併せて Windows7 を搭載した PC を使用している。これらの機器を使う以前にも、かんたんケータイ (au K012)、Windows XP 搭載の PC の使用歴がある。

2.2 調査内容

参加者にはタブレット端末やスマートフォンを普段と同じ使い方をしてもらって観察調査を行った。その操作方はウェブカメラ (Logicool 製 c920t) を用いて記録した。併せて情報機器の利用歴、普段タッチパネル端末を利用する場面、使っていて困る点についてインタビュー調査を実施した。なお、実験の実施にあたっては本人ならびに保護者に調査の趣旨及び内容について説明の上、同意を得た。

2.3 調査環境

普段の使用状況を再現できる場所で行うため、各調査の参加者の保護者と相談した結果、いずれも参加者の自宅で行うこととなった。

3. 結果

3.1 インタビュー調査

普段使用する場合として参加者 A は YouTube での動画視聴を挙げた。参加者 B は通話、メール、LINE、Skype、Twitter、音楽・楽器関連、読み上げソフト、ゲームを挙げた。指先操作に関係する、使っていて困る点について参加者 A からタッチパネルでのキーボード入力の難しさ

が挙げられたが、キーボードを取り付けることで解消した。そのほかでは Multimedia Daisy の検索機能の難しさから使用を断念した、と回答を得た。参加者 B からは指先操作に関する指摘はなかったが、音声インタフェースに関する不便さがいくつか挙げられた。

上述のタッチパネルでの文字入力の難しさは既往研究^{[9][10]}でも述べられている。

3.2 観察調査

各実験参加者の操作部位 (画面左側、中央、右側) や操作内容 (画面の操作、文字入力) 毎の指の動作を模式的に表したのが図 2 から図 16 である。

ここでは、使用している指を左手第 1 指から第 5 指を L1 から L5 で、右手第 1 指から第 5 指を R1 から R5 で表した。

3.2.1 参加者 A

参加者 A は普段、iPad を使用するときは床座の状態で使用し、iPad も床において使用しているが、キーボード入力時にキーボード部分を把持することがある。

A①:画面中央へのタップ操作

まずキーボードと画面のつなぎ目の部分に L1 または R1 を置き、それを軸として、L2 または R2 を操作対象まで伸ばした (図 2)。左右で位置が異なる場合、L1 と L2 を左右に動かし操作対象まで移動させるが、操作は R1で行った。なお、R1 は R2 を画面の端から伸ばした状態で、L2 に触れている (図 3)。

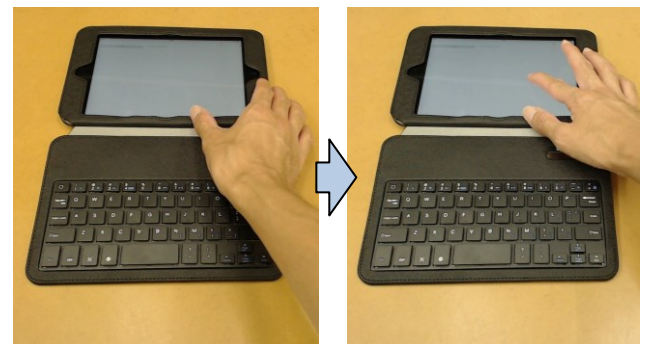


図 2 画面中央へのタップ操作の手順(1)
Fig.2 Tapping Process: Middle of Screen (1)

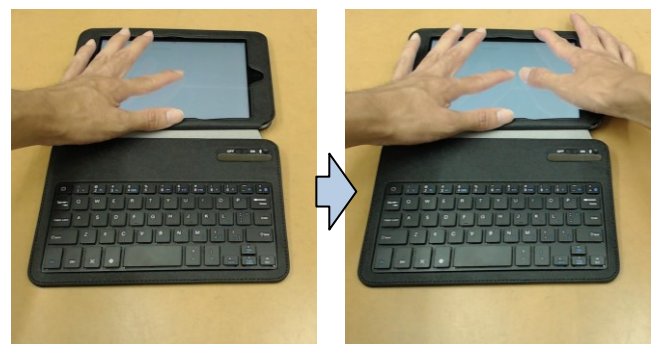


図 3 画面中央へのタップ操作の手順(2)
Fig.3 Tapping Process: Middle of Screen (2)

A②:画面右側へのタップ操作

画面の外側の角、カバーと画面の境目の角のどちらかを L1、R1～3 のいずれかで触れ、L1 の場合は L2 で、R1～3 の場合は R2 で操作を行った (図 4、5)。角に触れるまではほとんど他の場所に触れることなく、一度で指が角へ到達した。

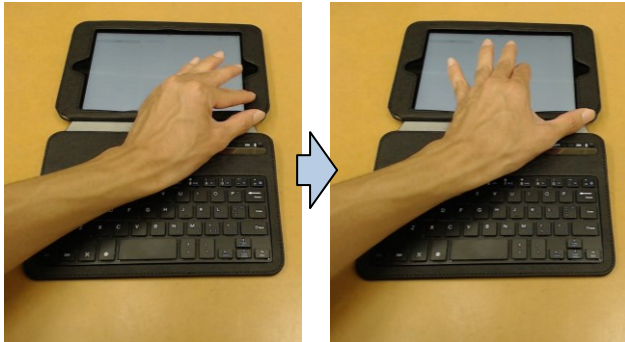


図 4 画面右側へのタップ操作の手順(1)
Fig.4 Tapping Process: Right of Screen (1)

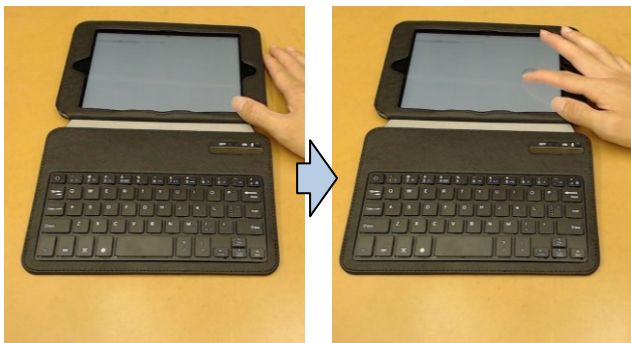


図 5 画面右側へのタップ操作の手順(2)
Fig.5 Tapping Process: Right of Screen (2)

A③:キーボードでの入力 (全般)

最初に L1、R1 でキーボードの裏面を触り、その次に L2 を F ボタンの上に、R2 を J ボタンの上に置いた (図 6)。文字入力は L2～4 と R2～4 で行い、その間も L1、R1 はキーボードの裏面を触れている。ボタンの縦の位置に応じて、キーボードと指間膜の触れさせ方を変化させていた。



図 6 キーボードでの入力手順
Fig.6 Keyboard Operation Process

A④:キーボードでの入力 (上段)

キーボードの上段について、その直前のキーボード入力の有無で操作方法が異なった。

直前に文字入力がある場合では、A③と同様に L1、R1 をキーボード裏面に配置し、指間膜を強く触れさせている。選択するボタンの探索には、L2 を左から右へ、R2 を右から左へボタンの上で触れながら動かした (図 7)。

直前に文字入力がない場合では L1、R1 はどこにも触れていない状態で上段ボタンの横の画面とカバーの境目を触れた後、上段のボタンの上部に触れながら L2 を左から右へ、R2 を右から左へ動かした (図 8)。



図 7 キーボードの上段の入力手順(1)
Fig.7 Operation of the Top Part of the Keyboard (1)

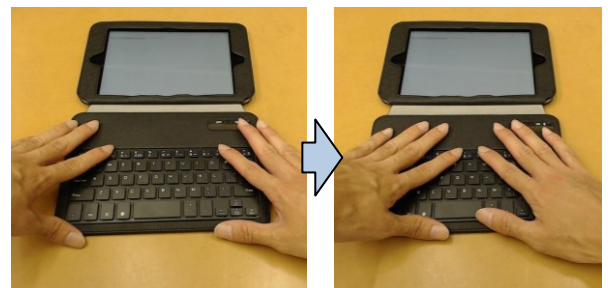


図 8 キーボード上段の入力手順(2)
Fig.8 Operation of the Top Part of the Keyboard (2)

A⑤:キーボードでの入力 (矢印)

最初に矢印ボタンの下部を R1 で触れ、その次に操作対象の矢印のボタンに R2 で触れた。それとほぼ同時に R1 は矢印ボタンの裏側へ移動した (図 9)。



図 9 キーボードの矢印ボタン操作手順
Fig.9 Cursor Key Operation

3.2.2 参加者 B

参加者 B が iPhone を使用するのには、主に椅子と机がある場所で行うことが多い、とインタビューで回答を得た。普段は画面カーテンを使用していることが多く、操作時の端末の向きや持ち方も、随時変更している。

B①:画面操作

操作内容に応じて、端末を机の上において操作を行う場合と左手で把持して操作を行う場合があったが、いずれの方法でも、図 10 のように最初 R1 と R3 で画面の両端をつかみ、その後 R2 で画面操作を行った。画面上部に触れる指は R3 ではなく R4 の場合もあった。

また、端末を机に置いた時の操作方法として、図 11 のように R4 または R5 で端末の右側に触れ、R2 で操作を行う場合もあった。

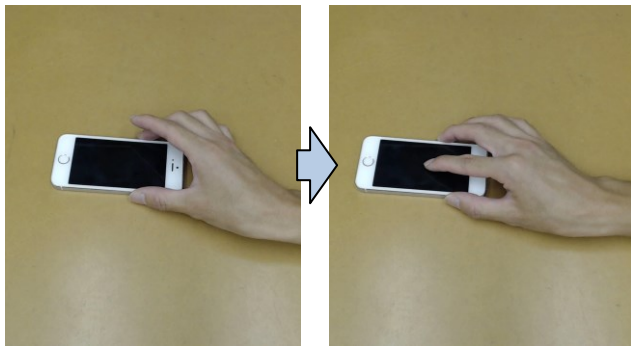


図 10 タップ操作の手順(1)
Fig.10 Tapping Process (1)

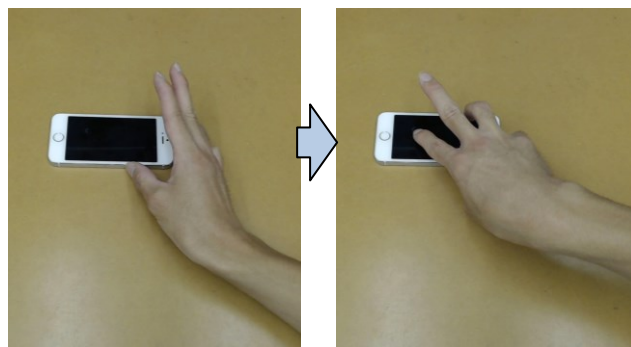


図 11 タップ操作の手順(2)
Fig.11 Tapping Process (2)

B②:文字入力

当観察中では、文字入力のほとんどがホームボタンを手前にして、左手で端末を把持した状態で行われた。R1 で常に画面裏側、第 1 指指関節から指間膜にかけてのいずれか一点を端末の下部に触れた状態で R2 を使用して入力が行われた (図 12)。A③と同様に触れさせ方が操作対象の位置によって異なるように見えた。R2 は文字入力中、数文字毎に画面上のスペースキーの上を触れていた。R5 が画面右端に触れていることもあった (図 13)。

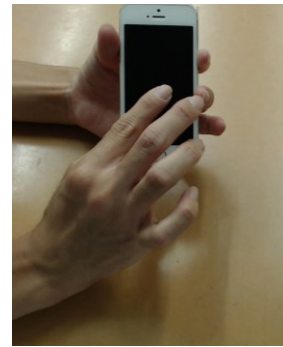


図 12 文字入力手順(1)
Fig.12 Text Entry Process (1)

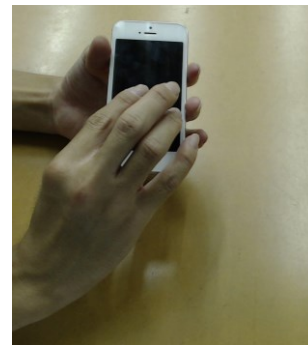


図 13 文字入力手順(2)
Fig.13 Text Entry Process (2)

B③アプリ選択

左手で把持した状態で行われた。R1 は裏面または側面を、第 1 指指関節から指間膜にかけてのいずれか一点を端末の上部に触れた状態で、R2 で操作を行った。その間 R5 が常に画面下部に触れていた (図 14)。

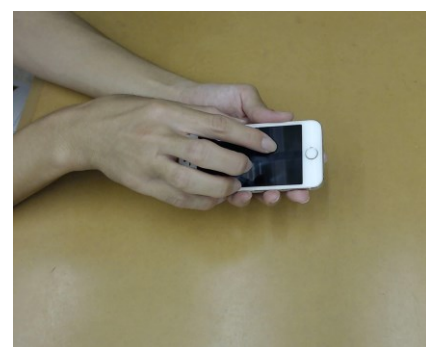


図 14 アプリ選択手順
Fig.14 Application Selection Process

B④メール画面での操作

宛先、件名のタップは図 15 のように R1 を画面下部に触れ、R2 で選択を行っている。R3 が右上の角に触れている場合もあった (図 16)。なお、文字入力は B②の通りである。

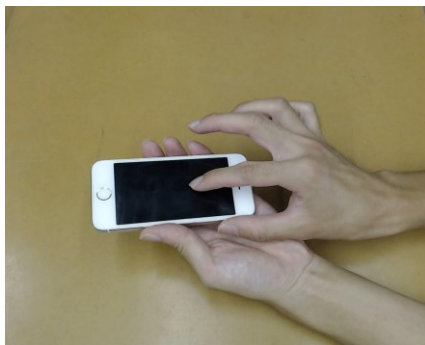


図 15 メール画面での操作(1)
Fig.15 New Mail Generation Process (1)



図 16 メール画面での操作(2)
Fig.16 New Mail Generation Process (2)

4. 考察

上記の調査より、視覚障がい者の手指動作において、端末形状を利用しポインティング操作を行っていることがわかった。そして、その端末形状の触覚情報とともに深部感覚を利用してポインティング操作に利用していることが考えられる。

端末の角や参加者 A の使用しているキーボード付きカバーの画面部分とキーボードのつなぎ目やカバーと画面の境目、といった形状に特徴のある部分を軸のようにして他の指を使い画面やキーボードの操作を行っている。また、参加者 B が触れている画面の周辺も音量ボタン等のボタンが配置されている部位である。赤津らの研究^[7]でも挙げられた画面周辺への物理的手掛かりの付与は GUI 操作でも有効である可能性が考えられる。調査中、画面の裏面に触れていることが多いことや入力の際に最初に L1・R1 を画面の裏面に触れるといったことが観察されたことから、周辺だけでなく裏面に対しても、手掛かりの付与が有効であることが考えられる。

このほか、形状に特徴のある部位を軸とするだけでなく、矢印ボタンのようにボタンの形や配置に特徴のある場合には、その特徴を利用しており、調査後のインタビューからも確認された。また、図 8 では端からの順番をもとにボタンを探しているが、タッチパネルでも同じような方法でポインティングをしているとの回答を参加者に対するインタビューより得た。これらは、筆者らが視

覚における健常者に対して、テンキーを用いて行った実験^[11]でも同じような結果がインタビューより確認されている。

第 1 指と第 2 指の間の指間膜や第 1 指指節間関節への触れさせる強さで位置を推測する動作が確認されたが、場合によっては、前述の周辺への物理的手掛かりの付与と組み合わせることで、より正確な操作が可能になることが考えられる。

5. 今後の課題

今回の調査では参加者が 2 名であり、観察を行った対象となっている操作内容も参加者が普段利用している機能等としたため、観察した操作内容は統一されていない。今後は例数を増やすと同時に、どのような機能がよく使われているのか検討したうえで、調査対象とする操作内容を決定し、調査を行っていく予定である。

これまでの一連の実験や今後の調査を通して、ユーザが視覚に頼ることができるかどうかに関らず、体性感覚フィードバックを利用し、より使いやすいインタフェースデザインの開発につなげていく。

謝辞

調査を実施するにあたり、参加者募集に協力して下さった「NPO 法人 弱視の子どもたちに絵本を」、調査に参加していただいた皆様、ならびに協力してくださいました保護者の方に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 岡田：機器操作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).
- [2] 水浪,片倉：アクセシビリティを考慮した消費生活製品等の音声ガイドの設計；人間工学，Vol. 45，No. 6，pp.323-328 (2009).
- [3] 水浪,片倉：家電製品の音声案内に関するインタビュー調査-その 1:加齢及び視覚障害による音声案内に対するニーズの違い-；人間生活工学，Vol. 15，No. 1，pp.65-74 (2014).
- [4] 水浪,片倉：家電製品の音声案内に関するインタビュー調査-その 2:加齢及び視覚障害を考慮した音響使用等の設計要件-；人間生活工学，Vol. 15，No. 1，pp.75-83 (2014).
- [5] 井尾：バリアフリーIT マニュアル 視覚障害者のための音声パソコン入門，インデックス出版,(2004).
- [6] 青森県：視覚障害者向け iPad 講習会 教習マニュアル，<https://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/kikaku/system/files/2014-0422-1039.pdf> (cited 2015-07-14).
- [7] 赤津,三樹：ATM におけるユニバーサルデザインの取組み；人間生活工学，Vol. 13，No. 2，pp.21-26

(2012).

- [8] 天野,郷 ; タッチスクリーン用ソフトウェアキーボードへの物理的手がかりの付与; 情報処理学会全国大会講演論文集, **2011**, No. 2, pp.313-314 (2011).
- [9] 渡辺,山口,南谷 : 視覚障害者の携帯・スマートフォン等利用状況調査 2013; 信学技報, **Vol. 113**, No.481, pp.25-30 (2014).
- [10] 渡辺,山口,南谷 : 視覚障害者にとってのスマートフォン・タブレットの利点と問題点-ICT 機器利用状況調査の分析-; 信学技報, **Vol. 114**, No.91, pp.83-88 (2014).
- [11] 永井,岡田,山下 : ポインティング操作における体性感覚情報の利用に関する基礎的研究; 生活科学研究誌 (印刷中) .
- [12] 永井,岡田,山下 ペン型入力システムを用いたポインティング操作における体性感覚情報の効果; シンポジウム モバイル 15, pp.41-44 (2015)