

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：12103

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26285210

研究課題名(和文) 視覚障害者の能動的タッチスクリーン機器活用のための開発-教育-評価サイクル確立

研究課題名(英文) Establishment of development, education and evaluation cycle for active utilization of touch screen equipment for visually impaired person

研究代表者

小野 束 (ONO, TSUKASA)

筑波技術大学・その他部局等・名誉教授

研究者番号：20091829

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：視覚障害者が能動的にタッチスクリーンを活用するための開発教育評価サイクルの確立のため、画面設計・操作方法・端末の持つ情報補償機能について一連の研究を行った。画面設計面では障害別対応設計が情報補償上効果的であること、さらに音のラベリングによる二次元空間の音場化技術の開発により動的アイコンにも対応可能な新たな情報補償方法を提案した。触覚フィードバック機能による情報補償においては疑似触覚機能を付加するのみではなく、微分効果を生み出すパターン設計によって識別能力の向上が図れることなどの新知見が開発評価サイクルにより得られた。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is to establish a method for visually impaired persons in order to actively utilize touch screen. We conducted a research through four items of information assistive technology, operation, usage evaluation, and improvement in order to study the guideline for technology and education that enables visually impaired people to utilize touch screen themselves with their purpose. In this study, evaluation was conducted by our developed test application software for survey which works on commercial touch screen terminal. As a result, we had three main findings. Firstly, the flexible assistive customization is required in the screen design. Secondary, in the operation of touch screen, it is possible for visually impaired to access dynamic movement icon objects by using dynamic assistive technology such as sound labeling method. Thirdly, it is the most important that pseudo haptic function should be designed special combination with several pseudo haptic feedbacks.

研究分野：情報補償、情報セキュリティ

キーワード：視覚障害 タッチスクリーン 情報補償 触覚フィードバック

1. 研究開始当初の背景

スマートフォンなど、急激にソフトウェアによるスイッチ制御を行うタッチスクリーン式のインタフェースが普及してきた。

研究代表者らは、視覚依存度の高いタッチスクリーンインタフェースによりもたらされる視覚障害者の新たなバリアを「タッチスクリーンショック」と呼ぶことにした。なぜなら、操作方法が、従来の触覚を中心としたものから、触覚のないものへ切り替えざるを得なくなったからである。

タッチスクリーン機器の視覚障害者へのアクセス補助機能は、主に画面読み上げ機能と特定の意味を持つジェスチャーの組み合わせで操作する方法がとられている。しかし、これらの操作方法是、端末独自の仕様で共通化されておらず、自学自習のための教材や資料も多くなかった。また教材があっても動作自体が理解できない場合も多い。一例をあげると「ピンチ」という操作は指を広げたり閉じたりすることにより画面拡大等が起きるがこの動作の理解自体が見えていないと難しい、そもそも、タッチスクリーンが直感操作を生み出した最大の理由は、操作自体がアナログ的であり、現実世界にきわめて近い状況を生み出したためである。一方、視覚障害者にとっては、映像や位置・あるいは点字などの情報は、極論で言えば、目的とする物があるかないかのビット単位の理解に近く、きわめてデジタル的な世界で情報を得ている。この考察に基づくと、現状の直感操作による端末との情報のやりとりと言うのは、視覚障害者にとって、操作を極めて困難にする結果を招いている。そのため、今後の視覚障害者のためのタッチスクリーン機器能動的活用には、情報補償技術開発のみでなくその教育や操作性を含めた開発がされ、また開発・教育方法の指針が示されねばならないとの着想に至った。

2. 研究の目的

視覚障害者がタッチスクリーンを活用する上で、以下のような課題がある。

1. 音声による情報補償の限界：教育がなければ自助努力で操作することがほとんどできず、能動的活用の応用が見込めない。(現状：タッチスクリーン機器の利用機能を自ら限定)
2. 触覚フィードバック方法の未確立：触覚によるフィードバックを求めているが、適切なフィードバック方法が確立されていないこと。
3. 直感操作が不明：視覚障害者にとっての直感操作が、未だ、不明である。
4. 階層性問題：タッチスクリーンに表示されるボタンスイッチは、階層性があるため、視覚障害者が音声ガイドで利用する場合、操作位置を見失うなどの問題がある。

これらの主たる要因は、従来の障害補償の

開発において、実用化されたものを前提に教育方法を考案する流れで解決してきたことにありと推察される。

そこで、本研究では、最新の情報技術を踏まえつつ、[1]情報補償技術開発、[2]使用方法(教育・活用)、[3]利用レベル評価、[4]改善点抽出の4つの項目のサイクルを通じた調査研究を実施することによって、視覚障害者が能動的にタッチスクリーン機器を活用・応用できるための技術的・教育的指針の策定を目的として、各種問題解決のための研究に取り組むこととした。

3. 研究の方法

本研究では、視覚障害者が急速に普及しているタッチスクリーン機器を活用・応用できる方法の確立を目的とし、その実現のための研究手法として、[1]情報補償技術開発、[2]使用方法(教育・活用)、[3]利用レベル評価、[4]改善点抽出の4項目サイクルを通じた調査研究を行った。

以下に、各年度における研究の方法の概要を示す。

(1) 2014 年度

アナログ的インタフェースであるタッチスクリーンの操作を視覚障害者が利用しやすいデジタル的操作環境として構築するため、情報補償技術開発として、視覚障害者に使いやすいボタン配置に関する検討を行った。特に、アクセシビリティ機能使用時のボタン検索時間、エラー率、主観的負担などの検討を実施した。

(2) 2015 年度

2014 年度の研究成果で得られた調査結果および実験結果に基づき、視覚障害者のタッチスクリーン機器の能動的活用に必要な技術・教育方法について検討を行った。また、タッチスクリーン操作における階層性の問題に対しては、まず、視覚障害者の空間情報の認知機能の解明が必要となるため、視覚障害者が活用できる地図エディタを開発し、空間情報把握に必要な基礎的要素について検討を行った。

(3) 2016 年度

最終年度はこれまでの成果に基づき次の3つの観点において研究を行った。第1にタッチスクリーンの画面設計において、アイコンサイズや配置等を多面的に見直し現状技術の可能性について検討を行った。第2に、音による情報補償技術の改善について検討を行った。第3に触覚による情報補償技術について、実用製品の動向を踏まえて、疑似触覚パターンによる識別能力に関して検討を行った。

4. 研究成果

本研究の目的は、視覚障害者がタッチスクリーンインタフェースを能動的に活用するためのガイドラインを示すことにある。本研究は、特に、現状の実用技術(市販製品)の

技術動向を十分に踏まえつつ、研究方法に示した内容に沿って、研究成果の概要を以下に示す。

(1) ボタンレイアウトに関する検討

ここでは、Apple 社の iPhone5S 端末を利用して、視覚障害者が特にキーボードで文字入力する際に最適なボタンのサイズ・配置等について評価実験を行った。

まず、視覚障害者にとってアクセスしやすいボタンの配置条件について調べた。その結果、一次元的なボタン配置は全盲者にとって迅速な操作が行えること、二次元的なボタン配置では、弱視者の操作の安定性を高められることが明らかになった。

次に、VoiceOver の利用環境下において規則的なボタン配置を行い、正確なボタン入力ができるボタンサイズの限界値について調査を行った。その結果、一辺 10pixel を下回ると極端に入力精度が悪くなることが明らかになった。

(2) 画面表示の階層性について

視覚障害者がタッチスクリーンを利用した場合、ページ変化などの状況が発生すると、画面の状態を確認できないことが原因となって、ページ位置を見失い、操作が適切にできない問題が生じる。この問題の解決には、階層状態を的確に提示できるデザイン設計が必要となる。この解決には、まず、視覚障害者が主として利用する音声による情報補償が二次元情報を一次元情報として補償するため、このような環境下における空間識別機能について明らかにすることが必要となる。そこで、ゲーム空間における視覚障害者の空間認知について検討し、その結果、音ピッチや発音パターンに意味づけラベルリングを行うことで二次元音場化して、動くアイコンなどにも対応可能な動的情報補償方法が確立できることが示唆された。

(3) 触覚フィードバックの活用

触覚フィードバックにおいては、未だ、実用端末としては発展途上であり、実験・評価できる内容が極めて限定的となった。まずは、Senseg 社の触覚フィードバック試験端末を入手し、実装されている評価アプリによる基礎実験を行った。触覚特性についての研究によると、表在感覚、内臓感覚においても視覚と同様に側抑制接続の機構があると言われている。試験端末にある触覚フィードバックを伴うゲームアプリやテキスト提示のアプリを使った基礎実験においても、これらの側抑制接続による知覚特性に似た結果を得ることが出来た。ただし、単純に触覚フィードバックを付加するだけでは、識別能力の改善は少ないため、今後は、触知角に適したインタフェースデザインと教育が必要になることが実験的に確かめられた。

一方、研究最終年度の半ばに発売された iPhone7 においては、疑似触覚フィードバックが実装され、ホームボタンが感圧式のボタンへ変更された。このボタンは、押下時にボ

タンが物理的に凹むことはないが、疑似触覚フィードバックによって凹みを感じるように設計されている。そこで、この疑似触覚の機能を使って、我々は図 1 に示すようなボタン入力評価のテストアプリを試作している。



図 1 ボタン入力評価アプリ

このアプリは、触覚フィードバックを行うパターンを 3 種類のケースとボタンサイズの変更設定機能を用意し、さまざまなケースの比較実験ができる機能を持たせてある。現在、プロトタイプによって試験的に操作評価を行ったが、触覚フィードバックをボタン単位で行うと、音声ガイドと触覚フィードバックの組み合わせによって、ボタンの存在がより先鋭化するなどの主観的意見を得ている。また、これらの機能を上手く組み合わせることによって、様々な人がタッチスクリーン上でブラインド入力を行える可能性がある。

現在、アプリの開発においては、バグフィックスなどを要するケースが発生している影響で、本格的な調査に着手するまでに至っていないが、今後は、プロトタイプ試験を終えた後、より多くの知見データ収集・分析し、従来の静的な情報補償に加えて触覚フィードバックなどの新技術を活用した動的変化を伴う情報補償のガイドラインを示す予定である。

(4) まとめ

本研究では、タッチスクリーンショックを回避すべく、視覚障害者が能動的にタッチスクリーン端末を活用するための方法について、画面デザイン・操作・情報保証のためのフィードバック機能の観点で検討を行った。その結果、画面設計においては、アイコンサイズや配置等について多面的に見直した結果、アイコンを小型集密化することで操作速度の改善があるなど、残存視力や経験等を考慮した障害者別対応設計によって一定の保証効果があることが期待できる。また、操作における階層性の問題については、解決方法の発案には、視覚障害者の空間認知特性の特徴を得る必要があることから、音に着目した情報補償の改善研究を中心に検討を行った。この結果、音ピッチや発音パターンに対してそれぞれの意味づけラベルリングを行うことで、二次元空間の動的把握が可能であるこ

とが実験により示唆された。

最後に、触覚によるフィードバックについての検討では、現状の実用端末の機能実装状況が発展途上の段階であるため実験手段に多くの制約があったものの、疑似触覚パターンを実装して識別能力の実験を通じて、単純に触覚フィードバックを行うだけでは効果が薄く、微分効果を意図的に生み出すパターン設計を行うことが重要であることが分かった。その際、触知感覚の側抑制接続の機構を巧みに活用する事で効果のある情報補償を行える可能性が示唆された。今後は、動的・静的情報補償を上手く組み合わせることで、タッチスクリーン端末をより利用者主体のニーズで活用することができると思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計18件)

Matsuo M, Miura T, Sakajiri M, Onishi J, Ono T., Experience report of blind gamer to develop the accessible action RPG, Journal on Technology and Persons with Disabilities, CSUN Assistive Technology Conference, 2017, pp.171-181, 査読有

Onishi J, Sakai T, Sakajiri M, Ogata A, Miura T, Handa T, Hiruma N, Shimizu T, Ono T., Auto-Assisting figure presentation system for inclusion education, 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2016, pp.176-181, doi: 10.1109/SMC.2016.7844238, 査読有

Matsuo M, Miura T, Sakajiri M, Onishi J, Ono T., ShadowRine: Accessible game for blind users, and accessible action RPG for visually impaired gamers, 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2016, pp.2826-2827, doi:10.1109/SMC.2016.7844667, 査読有

Onishi J, Sakai T, Sakajiri M, Ogata A, Miura T, Handa T, Hiruma N, Shimizu T, Ono T., Experimenting with tactile sense and kinesthetic sense assisting system for blind education, Computers Helping People with Special Needs Lecture Notes in Computer Science, 2016:9759, 2016, pp.92-99, doi:10.1007/978-3-319-41267-2_86, 査読有

Matsuo M, Miura T, Sakajiri M, Onishi J, Ono T., Audible mapper & ShadowRine: Development of map editor using only sound in accessible game for blind users, and accessible action RPG for

visually impaired gamers, Computers Helping People with Special Needs Lecture Notes in Computer Science, 2016:9759, 2016, pp.537-544, doi:10.1007/978-3-319-41264-1_73, 査読有

Ohashi T, Miura T, Sakajiri M, Onishi J, Ono T., Can visually impaired smartphone users correctly manipulate tiny screen keyboards under a screen reader condition?, Computers Helping People with Special Needs Lecture Notes in Computer Science, 2016:9759, 2016, pp.157-164, doi: 10.1007/978-3-319-41264-1_21, 査読有

松尾 政輝, 坂尻 正次, 三浦 貴大, 大西 淳児, 小野 束, 視覚障害者のアクセシビリティに配慮したアクションRPG - 全盲者向け開発環境とゲーム本体の開発, 日本バーチャルリアリティー学会論文誌, Vol.21(2), 2016, pp.303-310, doi:10.18974/tvrsj.21.2_303, 査読有

Miura T, Ohashi T, Sakajiri M, Onishi J, Ono T., Accessible Button Arrangements of Touchscreen Interfaces for Visually Impaired Users, Journal on Technology & Persons with Disabilities, 2016, pp.55-68, doi:10.2111.3/180130, 査読有

J. Onishi, M. Sakajiri, T. Miura and T. Ono, "Terminal Operation Learning Application for the Screen Reader Users," Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2015 IEEE International Conference on, Kowloon, 2015, pp. 2343-2348. doi: 10.1109/SMC.2015.410

Sakajiri M, Miyoshi S, Onishi J, Ono T, Ifukube T, Singing Accuracy of Hearing Persons Using a Tactile Voice Pitch feedback System, NTUT Education of Disabilities, Vol.14, pp.13-16, 2015.

大西淳児, 坂尻正次. 触覚フィードバック機能を持つタッチスクリーン端末を活用した視覚障害者のためのアクセス方法に関する基礎的研究. 筑波技術大学テクノレポート. 2015;22(2):58-59, 査読無

大西淳児, 坂尻正次. 視覚障害者のための次世代インタフェースに関する基礎研究. 筑波技術大学テクノレポート. 2015;23(1):124-127., 査読無

J. Onishi, M. Sakajiri, T. Miura and T. Ono, "Terminal Operation Learning Application for the Screen Reader Users," Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2015 IEEE International Conference on, Kowloon, 2015, pp. 2343-2348. doi: 10.1109/SMC.2015.410

Onishi J, Sakajiri M, Miura T, Ono T. Prototyping software for presenting programming lecture materials for screen reader users. Proceedings of the International Conference Universal Learning Design. 2014: 95-101.

Miura T, Sakajiri M, Murtada E, Matsuzaka H, Onishi J, Ono T. Accessible single button characteristics of touchscreen interfaces under screen readers in people with visual impairments; Computers Helping People with Special Needs Lecture Notes in Computer Science. 2014;8547:369-376.

Miura T, Sakajiri M, Matsuzaka H, Murtada E, Kudo K, Kitamura N, Onishi J, Ono T., Usage situation changes of touchscreen computers in Japanese visually impaired people: Questionnaire surveys in 2011-2013, Computers Helping People with Special Needs Lecture Notes in Computer Science, 2014;8547, pp.360-368., DOI: 10.1007/978-3-319-08596-8_56, 査読有

Onishi J, Sakajiri M, Miura T, Ono T. Real-time image sharing software for the blind. Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2014, pp.1095-1100. DOI:10.1109/SMC.2014.6974057, 査読有

Sakajiri M, Miyoshi S, Onishi J, Ono T, Ifukube T., Tactile pitch feedback system for deafblind or hearing impaired persons -Singing accuracy of hearing persons under conditions of added noise-. Proceedings of the 2014 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Robotic Rehabilitation and Assistive Technologies. 2014: 31-35. DOI: 10.1109/CIRAT.2014.7009738 査読有

[学会発表](計18件)

曾我 晋平, 松尾 政輝, 三浦 貴大, 坂尻 正次, 大西 淳児, 小野 束, GoalBaural: ゴールボールにおける音感覚の訓練アプリケーションの開発, 第26回ライフサポート学会フロンティア講演会, 2016年3月7日, 芝浦工業大学豊洲キャンパス(東京都江東区)

三浦 貴大, 大橋 隆, 松尾 政輝, 坂尻 正次, 大西 淳児, 小野 束, 視覚障害者のスマートフォン利用におけるアクセシブルなボタン配置に関する検討, 感覚代行シンポジウム2016, 2016年12月12日, 産業技術総合研究所 臨海副都心セ

ンター(東京都江東区)

松尾政輝, 三浦貴大, 坂尻正次, 大西淳児, 小野束, 視覚障害者のアクセシビリティに配慮した音だけで作図可能な地図エディタとサイドスクロールアクションゲームの開発, 情報処理学会アクセシビリティ研究会第2研究会, 2016年12月2日, 国立情報学研究所(東京都千代田区)

市場大亮, 三浦貴大, 坂尻正次, 大西淳児, 小野束, 弱視者のゲームアクセシビリティにおける問題点, 情報処理学会アクセシビリティ研究会第2研究会, 2016年12月2日, 国立情報学研究所(東京都千代田区)

松尾政輝, 三浦貴大, 坂尻正次, 大西淳児, 小野束, 視覚障害者のアクセシビリティに配慮したアクションRPGのユーザーニーズに基づく改善, FIT2016第15回情報科学技術フォーラム, 2016年9月8日, 富山大学五福キャンパス(富山県・富山市)

大西 淳児, 松尾政輝, 大橋隆, 三浦貴大, 坂尻正次, 小野束, 視覚障害者のための遠隔教育支援システムの試作, FIT2016第15回情報科学技術フォーラム, 2016年9月8日, 富山大学五福キャンパス(富山県富山市)

松尾政輝, 三浦貴大, 坂尻正次, 大西淳児, 小野束, 全盲者のアクセシビリティに配慮した音だけで作図する地図エディタの評価, LIFE2016, 2016年9月4日, 東北大学青葉キャンパス(宮城県仙台市)

大西淳児, 大橋隆, 松尾政輝, 坂尻正次, 三浦貴大, 小野束, 視覚障害者のための遠隔個別教育支援システムの試作, LIFE2016, 2016年9月4日, 東北大学青葉キャンパス(宮城県仙台市)

三浦貴大, 國安雄貴, 坂尻正次, 大西淳児, 小野束, 2010年代における視覚障害者のタッチスクリーン端末の利用・ニーズ動向, LIFE2016, 2016/9/4-2016/9/6, 東北大学青葉キャンパス(宮城県仙台市)

松尾政輝・三浦貴大・坂尻正次・大西淳児・小野束, 全盲者のアクセシビリティに配慮した音だけで作図する地図エディタとアクションRPGの開発, ライフサポート学会・第25回フロンティア講演会, 1A6-2, 奨励賞研究, 2016年3月8日, 東京工科大学蒲田キャンパス(東京都大田区)

大橋隆, 三浦貴大, 坂尻正次, 大西淳児, 小野束, 視覚障害ユーザのためのタッチスクリーン端末用音声フィードバック入出力インタフェース, ライフサポート学会「視聴覚障害者バリアフリー技術研究会 研究発表会」, サイトワールド2015, 2015年11月3日(東京都江東区)

坂尻正次, 三好茂樹, 大西淳児, 小野束,
伊福部達, 盲ろう者の歌唱支援のための
触覚フィードバックによる音声ピッチ
制御システムの歌唱の正確性,
LIFE2015・第15回日本生活支援工学会
大会・福祉工学シンポジウム2015・第
31回ライフサポート学会大会, 3C2-05,
2015年9月9日, 九州産業大学(福岡県
福岡市)
松尾政輝, 坂尻正次, 三浦貴大, 大西淳
児, 小野束, 全盲者のためのバリアフリ
ーゲームにおける音だけで作図する地
図エディタ, LIFE2015・第15回日本生
活支援工学会大会・福祉工学シンポジウ
ム2015・第31回ライフサポート学会大
会, 3C2-03, 2015年9月9日, 九州産業
大学(福岡県福岡市)
三浦貴大, 坂尻正次, 大西淳児, 小野束,
視覚障害者におけるタッチスクリーン
端末の使用動向, LIFE2015・第15回日
本生活支援工学会大会・福祉工学シンポ
ジウム2015・第31回ライフサポート学
会大会, 3C2-02, 2015年9月9日, 九州
産業大学(福岡県福岡市)
大橋隆, 三浦貴大, 坂尻正次, 大西淳児,
小野束, 視覚障害ユーザのためのタッチ
スクリーンインタフェースのアクセシ
ビルなボタン配置, LIFE2015・第15回
日本生活支援工学会大会・福祉工学シン
ポジウム2015・第31回ライフサポート
学会大会, 3C2-04, 2015年9月9日, 九
州産業大学(福岡県福岡市)
中嶋 謙, 佐藤 久人, 松尾政輝, 坂尻
正次, 大西 淳児, 小野 束, スマートフ
ォンの視覚障害者向けインタフェース
~最新のiOSとiPhone6の操作状況~,
ライフサポート学会視聴覚障害者バリ
アフリー技術研究会 2014年11月3日,
すみだ産業会館サンライズホール(東京
墨田区)
三浦貴大, 工藤輝希, 坂尻正次, 大西淳
児, 小野束, 視覚障害者におけるタッチ
スクリーン端末の習熟状況と利用方法
に関するアンケート調査. 第40回感覚
代行シンポジウム, 2014年11月3日,
すみだ産業会館サンライズホール(東京
墨田区)
北村 直也, 三浦 貴大, 坂尻 正次, 大
西 淳児, 小野 束, タッチスクリーン機
器における視覚障害者に使いやすいボ
タン配置に関する検討, FIT2014(第13
回情報科学技術フォーラム), 2014年9
月4日(茨城県つくば市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小野 束 (Ono, Tsukasa)
筑波技術大学・名誉教授
研究者番号: 20091829

(2) 研究分担者

大西 淳児 (Onishi, Junji)
筑波技術大学・保健科学部・教授
研究者番号: 30396238

坂尻 正次 (Sakajiri, Masatsugu)
筑波技術大学・保健科学部・教授
研究者番号: 70412963