

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：12103

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K21744

研究課題名(和文) 視覚障害者のためのマルチタスク処理を実現する支援技術の創出

研究課題名(英文) Creation of assistive technology for multitasking for the visually impaired

研究代表者

大西 淳児 (JUNJI, ONISHI)

筑波技術大学・保健科学部・教授

研究者番号：30396238

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：一般に視覚障害者のPCの操作については、画面が見えにくい場合には画面拡大ソフトを利用し、画面を見ることが難しい場合には画面情報を読み上げるスクリーンリーダーを用いていることで必要な情報を適時的確に獲得する方法といった、同時に使える機能が単一の環境による操作制約がある。本研究は、このような制約を取り除き、多重並行作業を可能とする情報獲得支援の方法を創出することを目的として、[1] キーボード操作とタスク切り替えによる特徴分析、[2] 複数の情報リソースを獲得するための操作環境モデルの構築を行った。その結果、複数の情報リソースを負担なく得ながら作業を行う環境を構築することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の意義は、視覚障害者が必要とする情報獲得の効率を視覚による情報獲得をする晴眼者と同等に近づけることにある。従来の視覚障害者への情報提示では、点字や音声などの一次元構造の情報を基本としているが故に、作業そのものが逐次処理になってしまい、同時に複数の情報を取り扱った多重並行作業を実現していなかった。一方で、本研究で得られる多重並行作業を実現するシステムは、従来の一次元情報の世界に主軸を置いている視覚障害者の情報獲得の課題を根底から解決することになり、視覚障害者の晴眼者なみにリアルタイムな情報処理を可能とするなど、これまでの支援技術で達し得なかった多重情報処理を可能にするものである。

研究成果の概要(英文)：Generally, low vision users who are difficulty seeing displays use screen magnifier software to operate the visually impaired personal computer. If the screen is difficult to see, use a screen reader that reads out the screen information to get the information you need. Features that can be used simultaneously, such as how to get them in a timely and accurate manner, have operational limitations due to a single environment. This research aims to remove such restrictions and create a method of information acquisition support that enables multiple parallel tasks. [1] Functional analysis by keyboard operation and task switching [2] We built an operation environment model to acquire mixed information resources. As a result, we can create an environment where we can work while developing multiple information resources without burden.

研究分野：福祉情報工学

キーワード：視覚障害 情報保障 支援技術 マルチタスク処理

### 1. 研究開始当初の背景

研究代表者らは、長年、視覚障害学生の教育を通じて、視覚障害者との情報キャッチボールにおいて、音声メディアに特化した情報手段しかないが故に、常に、瞬時に複数の情報を与えることができない制約に起因したリアルタイム性の欠如の問題に悩まされてきた。一方で、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。研究代表者らは、これまでの科学研究費補助金事業を通じて、例えば、タッチスクリーン画面をモデルとした場合、①画面設計②音による情報保障③触覚による情報保障という3つの観点で視覚障害者がタッチスクリーンを能動的に操作するためのガイドラインの策定のための研究を遂行してきた。その結果、画面設計においては、障害別対応設計に効果があること、音のラベリングによる二次元空間の音場化技術によって動的アイコンに対応できること、触覚フィードバックによる疑似触覚機能を付加するだけでなく、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を図れることが判明した。一方、従来の音声ガイドなどの仕組みによる情報保障では、常に逐次作業の形態となることから、作業効率が大きく低下するという問題が未だに解決されていない現状があった。

### 2. 研究の目的

一般に視覚障害者のPCの操作については、画面が見えにくい場合には画面拡大ソフトを利用し、画面を見ることが難しい場合には画面情報を読み上げるスクリーンリーダーを用いることで必要な情報を適時的確に獲得する方法がとられる。ところが、このような情報は一般に一次元の構造をしていることから、単位時間当たりに獲得できる情報量が極端に少なくなるため、何かをするにしてもある1作業のみしか処理できないという制約が生まれる。そのため、視覚障害学生への教育においては、常に学習に必要な情報を獲得するための時間的な配慮を求められるのが現状であった。その結果、統合教育環境においては、授業中に発生した事象において、教師と学生間、もしくは、学生間同士での情報のキャッチボールにおけるリアルタイム性が欠落するという問題が生じている。そこで、本研究では、図1のコンセプトに基づきリアルタイム性欠落原因の根本となっているこれまでの音声や点字といった一次元ベースの情報獲得支援方法の枠組みを超えて、多重並行作業を可能とする情報獲得支援の方法を創出を試みることにした。

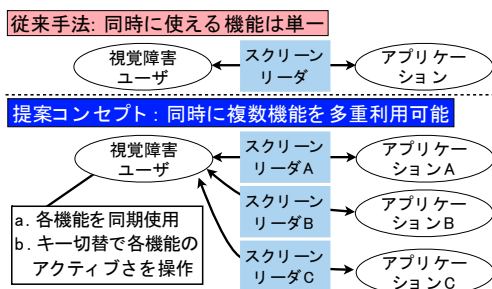


図1 提案手法の考え方

### 3. 研究の方法

本研究では、まず、視覚障害者が音声ガイドを利用してコンピュータ上で多重並行作業を実現するシステムには、次の3つの機能が必要と考えた。

- 1) 複数のスクリーンリーダーを同時に利用できるシステム
- 2) キー操作等で物理的な作業領域の切り替え機能
- 3) 知覚・認知的負荷軽減のためのアプローチに関する検討

まず、1)については、デスクトップ上に存在する複数の情報ウィンドウを複数のスクリーンリーダーによって異なる音声で呈示させることによって、たとえば、文書の作成作業とそれに必要な情報を同時に獲得する方法の確立を試みるものである。そのため、デスクトップ環境に複数のスクリーンリーダーを機能させる具体的実装方法について検討を行った。

2)については、作業領域の切り替え時の作業負担を軽減するための機能について検討を行う。現状では、キー操作により作業領域の切り替えを行うが、どのアプリケーションか確認しながら切り替えを行うが故に、作業に必要な情報の記憶維持が困難になるなどの作業効率を低下させる問題が起きる。このような問題を解消するため、目的とするアプリケーションへの切り替え操作を直感的に行うことができる仕組みについて検討を行った。

3)については、多重並行作業を実現するための、多重音声環境において知覚・認知的負荷を軽減するための方法を探る。たとえば、合成音声の音像定位位置を左右に割り振ったり、3次元立

体音響を用いて合成音声を任意の位置に定位させたりすることにより同時に複数のスクリーンリーダーが読み上げをおこなっても、その内容を分離して知覚・認知可能な具体的な方法を検討した。

#### 4. 研究成果

前節にて設定した研究課題について、以下の2点の成果を得た。

##### (1) スクリーンリーダー利用者におけるコンピュータ操作の負荷と軽減に関する検討

スクリーンリーダーを利用したコンピュータ操作における負担を軽減するには、その原因を明らかにすることが必要となる。スクリーンリーダーを通じたコンピュータ操作においては、作業開始から終了までの操作が時間軸に沿ってシーケンシャルな手続で流れていき、同時、複数の操作を同一時間に行うことができない。請願者であれば、目で情報を得ながら手でキーボード入力して作文をするなど、同一時間に独立したタスクを処理できるが、スクリーンリーダー操作になると、情報を得るために音声を聞き、その後、入力するといった一次元の時系列での操作制約が発生する。その際、タスクを切り替えるなどの操作はキーボードを使って行われ、キー操作に起因する負担が発生している。つまり、晴眼者であれば目の動き一つで済むことが、スクリーンリーダー利用者にとってはキー操作による切り替え操作を必要とされる。このように情報得るために操作を余儀なくされるキー操作が多くなるうえに、音声フィードバックと画面のカーソル位置など様々な情報を記憶するなど大きな負担が発生している。その結果、コンピュータ上で処理すべき作業内容に必要な情報を整理する余裕がなくなり、結果的に作業効率が著しく低下する問題を抱えている。この問題の要因をこの検討で分析することとした。

この検討では、まず、コンピュータの操作のうち、複数のアプリケーションウィンドウの中から目的の一つをアクティブ化する操作に着目し、ウィンドウの切り替え操作従来の、ALT+TABおよびTABキー押下に代わって、単純なアクションに簡略したショートカットを実装して、従来法と比較する実験を行った。

その結果、スクリーンリーダー利用者は晴眼者よりもキー押下数や作業所要時間が大きくなった。特に、ALT+TABと矢印キーの使用回数が顕著に多い結果を得た。これらのキー操作は、複数のアプリケーションウィンドウの中から目的のアプリケーションウィンドウを探してアクティブ化する操作であり、矢印キーは、アプリケーションウィンドウの中で読み上げ位置を上下左右に動かす操作に該当する。つまり、晴眼者が視線を動かすことに相当する操作となる。そこで、ALT+TABおよびTABキーによる操作をショートカットボタンで代替したところ、キー押下数は減少し、負担軽減につながる結果を得ることができた。さらに、この代替機能による効果は、一部の条件において、聞き直しなどの回数を減少させることにつながり、作業に必要な記憶の保持を阻害する要因を軽減することにつながった。

ショートカットボタンを利用した時の主観的な負担感は、NASA-TLXによる定量測定および個別インタビューを通じた定性的評価のいずれにおいても、従来の操作方法よりも小さくなることが分かった。また、従来の操作ではTabを押すごとに音声を聞いていなければならないのが負担であることを、インタビューの内容からも確認できた。さらに、ショートカットボタンの利用によって、作業中の記憶保持が容易になったとの意見も得られた。

以上の検討の結果から、スクリーンリーダーの音声を頼りにコンピュータを操作する者にとっての負担は、スクリーンリーダーの読み上げ位置を移動させる操作と、コンピュータ操作の一つ一つを、注意深く聞いて確かめることであり、マルチタスク操作をスムーズに実行するにはこれらの要因を軽減する操作モデルが必要になることが明らかになった。

##### (2) マルチタスク処理のための操作モデルの提案

スクリーンリーダー利用者のコンピュータ操作負担の主たる原因は、研究代表者らが実施した負担要因の検討分析した結果から、キーボード操作とそれに伴う作業に必要な記憶への影響であることが分かった。そこで、効率よく作業をするための環境には、コンピュータ操作における悪影響を払しょくすることがキーポイントとなる。これまでの分析結果を踏まえ、以下のような操作モデルを構築した。図2に実際の操作環境モデルの外観を示しておく。

このモデルにおいては、使用するパソコンに2組のステレオスピーカを接続してある。これらのスピーカーにはそれぞれの役割がある。

1つは、スクリーンリーダーの読み上げ専用のスピーカーであり、もう一方は、コンピュータの操作に関連しない画面上にあるオブジェクトの情報を読み上げるために使用される。これらのスピーカーは使用者の耳に向けて設置をする。また、読み上げに利用する合成音声についても、以下のような設定とした。

##### ・コンピュータ操作にかかわる音声読み上げ

声の質を自然な合成音声ではなく、敢えて、機械式で人間の話す声とは明らかに異なる単調な機械風の合成音声とし、読み上げ速度は使用者の好みに依存するがきわめて速い速度とする。スピーカーデバイスは、Creative社のPebble V3を使用した。このスピーカーは低音と高音のバランスがよく、人間の声の音の質と近く、長時間の聞き取りに対して疲れが少なくて済み、かつ、残響音が少なく聞きやすいため利用することとした。

・情報の読み上げ

合成音声の質は、自然な人間の発話と同等のものとし、読み上げ速度については好みで設定するが、基本的に速度のパラメーターは速くする必要はない。あくまでも、読み上げた情報を正しく理解するのにちょうどよい速度を個々に設定するものとした。スピーカーデバイスは、Bose社のBose Companion 2 Seriesを利用した。このスピーカーの特徴は低音域が強調される点であり、これは逆に情報の読み上げなどのコンピュータを操作する際のフィードバック以外の情報を聞き取るには都合がよいためである。

次に、マルチタスク操作のためのデスクトップ環境のモデルについて説明しよう。負担感の分析結果から、そもそも、情報を読み上げる場所を特定しておくこと、また、その場所を都度確認する操作が必要になることが課題であった。そこで、このモデルでは、この課題を解決するために、仮想デスクトップ環境を活用して、完全に独立したデスクトップをアプリケーションごとに用意することにした。つまり、仮想的に複数台のコンピュータを使ってコンピュータ単位で切り替えを行うモデルを用意し、仮想コンピュータ上でNVDAリモートモジュールを使って、メインコンピュータのスクリーンリーダーから個々の仮想コンピュータをリモート操作することができるようにしておく。次に、それぞれの仮想コンピュータ上でシングルタスクとして必要なアプリケーションを立ち上げ、必要に応じてリモートスクリーンリーダーの機能で操作する。仮想コンピュータの切り替えは、F11のファンクションキーで切り替えができるため、シュートカットで気軽に切り替えができる状態になっている。そうすることで、ここのアプリケーションを独立して操作することになり、従来のタスク切り替えによって発生する様々な負担要因を一度に払しょくすることができた。このモデルによって、複数情報リソースを混乱することなく得ることができるとともに、それらの情報を統合して活用しながら作業することも容易にできるようになり、疑似的にマルチタスクの操作をしていることと同様の環境になる。このモデル



図 2 モデルの外観

については、実は、様々なスクリーンリーダー利用者による評価が必要であるが、残念ながら、COVID-19の影響により十分な評価は今後の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Idesawa Yuri, Miura Takahiro, Sakajiri Masatsugu, Onishi Junji	4. 巻 1
2. 論文標題 Effective Scheme to Control Multiple Application Windows for Screen Reader Users with Blindness	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)	6. 最初と最後の頁 2674-2679
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/SMC42975.2020.9283045	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Junji Onishi, Takahiro Miura, Takeshi Okamoto, Masaki Matsuo, Masatsugu Sakajiri	4. 巻 1
2. 論文標題 Online Communication Assistant System for Deafblind Person	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Future Perspectives of AT, eAccessibility and eInclusion	6. 最初と最後の頁 171-176
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takahiro Miura, Yuya Otsuka, Masaki Matsuo, Masatsugu Sakajiri, Takeshi Okamoto, Junji Onishi	4. 巻 1
2. 論文標題 Improving Web Browsing Experience Using a Screen Reader for Visually Impaired Persons	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Future Perspectives of AT, eAccessibility and eInclusion	6. 最初と最後の頁 23-27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Delgerbayar Erdenesambuu, Miura Takahiro, Matsuo Masaki, Sakajiri Masatsugu, Onishi Junji	4. 巻 49
2. 論文標題 Survey on guidance navigation and control requirements for blind persons	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The papers of Technical Meeting on "Perception Information", IEE Japan	6. 最初と最後の頁 13-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miura, Takahiro, Izumi, Toshiki, Matsuo, Masaki, Sakajiri, Masatsugu, Okamoto, Takeshi, Onishi, Junji	4. 巻 8
2. 論文標題 Reality Varied by Visions: Requirements of Immersive Virtual Reality Content for Users with Low-Vision	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal on Technology and Persons with Disabilities	6. 最初と最後の頁 170-195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takahiro Miura, Toshiki Izumi, Junji Onishi, Masaki Matsuo, Masatsugu Sakajiri	4. 巻 8
2. 論文標題 Reality varied by visions: Requirements of immersive VR contents for people with low vision	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Technology and Person with Disabilities	6. 最初と最後の頁 168--193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Takahiro Miura, Sho Aita, Tadahiro Sakai, Toshihiro Shimizu, Takuya Handa, Masatsugu Sakajiri, Junji Onishi
2. 発表標題 Hold-through: Run-through of the holds on the bouldering wall through haptic/tactile guides for blind climbers
3. 学会等名 Hold-through: Run-through of the holds on the bouldering wall through haptic/tactile guides for blind climbers (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾 政輝, 三浦 貴大, 藪 謙一郎, 片桐 淳, 坂尻 正次, 大西 淳児, 蔵田 武志, 伊福部 達
2. 発表標題 リアルタイム多感覚提示を行うインクルーシブアクションゲーム: 触覚提示付きゲームコントローラ (TactCon) を導入したゲームの開発と利用時の評価
3. 学会等名 情報処理学会 アクセシビリティ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 出澤 由利, 三浦 貴大, 坂尻 正次, 大西 淳児
2. 発表標題 スクリーンリーダー使用者の作業効率阻害要因の実験的分析
3. 学会等名 電気学会研究会 知覚情報研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大塚勇哉, 三浦貴大, 松尾政輝, 坂尻正次, 岡本健, 大西淳児
2. 発表標題 スクリーンリーダーでの Web サイト閲覧体験の向上に関する研究
3. 学会等名 第29回ライフサポート学会 フロンティア講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富川 尚樹, 三浦 貴大, 福永 克己, 大西 淳児, 坂尻 正次
2. 発表標題 双方向コミュニケーションを目指した盲ろう者支援の改善策とその提案
3. 学会等名 第29回ライフサポート学会 フロンティア講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	坂尻 正次  (Sakajiri Masatsugu)  (70412963)	筑波技術大学・保健科学部・教授    (12103)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	三浦 貴大  (Miura Takahiro)  (80637075)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領 域・主任研究員    (82626)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関