

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：12103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K11295

研究課題名（和文）視覚障害者の心的負担の多角的評価とわかりやすいウェブサイトの構造解明に関する研究

研究課題名（英文）Multifaceted evaluation of the work-load of visually impaired people and research on the structure elucidation of websites

研究代表者

飯塚 潤一（Iizuka, Junichi）

筑波技術大学・障害者高等教育研究支援センター・教授

研究者番号：90436288

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,700,000円

研究成果の概要（和文）：インターネットは今や生活に必要な不可欠な道具となっている。しかし、見ることを前提で制作されているウェブサイトの内容を、視覚障害者が効率的に閲覧することは容易ではない。これまで、視覚障害者の閲覧時の心的負担をリアルタイムで測定する手法がなく、ページ内や階層移動のどこで迷い、何を難しく感じているが明らかでなかった。

本研究では、心的負担が心拍数変化と相関があることに着目した。腕時計型の心拍数測定装置を装着した被験者の検索行動を、独自開発した録画・録音装置で多角的に分析することによって、視覚障害者のウェブ検索時の心的負担の増減を反映していると考えられるデータを初めて計測することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究代表者による主観的評価NASA-TLXを用いた評価では、長時間の検索作業は視覚障害者も心的負担が大きいという結論が得られた。しかし、同手法は検索後の主観評価であり、検索中に苦労したとしても「終わり良ければすべてよし」の気持ちの反映とも考えられる。

本研究で検索時に時々刻々と変化する心的負担の変動をとらえられる可能性が示唆された点は大きな意義がある。ウェブ・アクセシビリティJISで推奨されている方策は、個々の効果は数値化されていない。今後、サイト内配置や階層構造など精細な分析と実験協力者を増やした評価を進めることにより、実効性あるアクセシブルなウェブサイトの構築できる社会的意義は非常に大きい。

研究成果の概要（英文）：The Internet has become an indispensable tool in our daily lives. However, it is not easy for visually impaired people to browse websites. Until now, there has been no method for measuring the mental work-load of browsing in real time for visually impaired people. Also, it was not clear what was difficult about pages and hierarchies.

In this study, we focused on the correlation between mental load and changes in heart rate. We analyzed the searching behavior of subjects wearing a heart-rate measuring device from various angles using a video recording device developed in-house. For the first time, we were able to measure the increase and decrease in the mental work-load of web searches for visually impaired people.

研究分野：福祉工学

キーワード：ウェブ・アクセシビリティ 視覚障害者 心的負担 ユーザビリティ

1. 研究開始当初の背景

インターネットは、研究活動のみならず、日々の多くの場面に深くかかわっており、情報検索・収集、書籍購入やコンサートチケットの応募、自治体への各種申請などだけでなく、科研申請もウェブ申請が前提である。国は、JIS X 8341-3:2016『高齢者・障害者等配慮設計指針 - 情報通信における機器、ソフトウェア及びサービス - 第3部：ウェブコンテンツ』を定め、高齢者や障害者がウェブコンテンツを利用できるようにすることをウェブサイト提供者に求めている。例えば、視覚障害者対応として「赤富士」の写真に“夕焼けに染まって赤くなった富士山”とAlt属性を付記すれば、画面読み上げソフトウェア(スクリーンリーダー)で写真の内容を理解できると推奨している。

しかし、ウェブページは見ることを前提で制作されているため、視覚に障害があると内容の理解は容易ではない。この理由は、ウェブページに2次元に広がるフレーム、メニュー、図表などの情報を、画面の文字を合成音声で読み上げる“スクリーンリーダー”や点字をリアルタイムで出力する“点字ディスプレイ”で1次元媒体に変換したことによって、情報が形態変化してしまうためである。

また、晴眼者はウェブサイトの情報をいつでも容易に見ることができるので(既読/未読の状態、階層の位置など)記憶しなければならないことは少ない。一方、スクリーンリーダーでは希望する場所だけを素早く聞き直することが難しく、視覚障害者は必要な情報を記憶しておくことが求められる。すなわちウェブサイト閲覧時に視覚障害者は、晴眼者に比べてより多くの記憶を強いられると考えられる。

そこで、研究代表者は、視覚障害者の記憶力、ウェブサイト利用における心的負担を調査した。その結果、視覚障害者と晴眼者の短期記憶力に差があるとは言えないという結果が得られた。これは“視覚障害者は晴眼者よりも記憶力が良い”という俗説を否定する興味深い結果である。また、視覚障害者・晴眼者とも、検索時間と心的負担(NASA-TLX [Hart, 1988]で評価)の間には強い相関があることが確認された。つまり検索に長時間かかるサイトは誰もが心的負担が大きい、という常識的な結論がデータからも裏付けられた。また、視覚障害者は晴眼者より検索時間がかかってもNASA評価値が同程度であったことから、視覚障害者は長時間の検索に対する耐性が晴眼者に比べて強く、いわば我慢強いと言えるかもしれない。

このように、晴眼者と視覚障害者のウェブサイトの閲覧時の類似点や差異などが少しずつ明らかになってきた。しかし、上述の測定・評価は、検索がすべて終わってからの評価であり、検索時のリアルタイムでの値ではない。言ってみれば検索途中で散々苦労したとしても「終わり良ければすべてよし」ということもありうる。現状では、検索時に時々刻々と変化する心的負担の変動は明らかでなく、どのような構造で迷い悩んでいるかは未解明である。つまり、真の意味でウェブサイトをどう改善すれば良いか、アクセシビリティやユーザビリティの評価ができていない、といえる。

2. 研究の目的

本研究では、多くのウェブサイトで用いられており、JIS規格でもその改善方法が提案されている、ページ間リンクなどウェブサイトの階層構造のあり方に加えて、ボタン配置やメニュー表示などページ内の個々のコンテンツのアクセシビリティやユーザビリティも評価することを目的とする。

視覚障害者はスクリーンリーダーが読み上げる音声を聞き漏らさないよう集中して聞いているので、操作中の発話がほとんどない。そのため、検索時に感じていることを会話内容から分析する“プロトコル解析法”が使えない。また、パソコン操作時に眼球が動いたとしても、その部分を見ているわけではない。つまり注視箇所を知るための視線の動きを分析する“アイ・トラッキング法”も使えない。すなわち視覚障害者には晴眼者向けのリアルタイムの評価手法が使えない。そこで、一つの試みとして生理指標である心拍変動に着目し、実験協力者の胸に高精度の心拍計を装着し、ウェブサイト検索中の心拍変動を試行的に測定した。その結果、迷ったり考え込んだりした場面では心拍数が変動する、ことが明らかになった。しかし、従来の心拍計は、密着性をよくするために装着時に胸を清浄する手間が必要で、ウェブ検索時に胸の心拍計からケーブルを服の外にぶら下げながら検索したためか、実験協力者からは「装着の違和感がある」との意見があり、心拍変動にノイズが入り込んでいる可能性があった。

そこで、本研究では、ここ数年で開発・販売された小型・非接触型の心拍計測装置を違和感なく気軽に装着してもらい、加えて、実験協力者層をこれまでの計測手法に抵抗感があった女性にも広げ、より広範囲な人からの実験データを取得する。

また、検索時の滞留や迷いを、Lostness(損失率)として定義・立式することも試みる。ウェブ検索においては、最短ルートではない誤ったルートに進んでしまったり、あるところで長時間滞留してしまったりする、いわゆる“迷い”が発生することがある。迷いは、操作者の知識、ウェブサイトの構造、リンク名・項目名や文章の適切さなど、いろいろな要因によって発生すると思われる。この迷いを観察データから数式化できると、アクセシビリティ・ユーザビリティ

ティの配慮を定量化でき、ウェブサイトを作成する上で極めて有益と思われる。

これまでは JIS 規格などで提言されてきた視覚障害者のための改善項目をウェブサイト制作者が実現したとしても検索時間程度しか評価手法がなかった。そこで、本研究では主観的評価（NASA-TLX を視覚障害者に適用したのは研究代表者らが初めて）、生理的指標および行動的指標を複合的に判断し、“ストレスを感じずに”情報を入手できたかを定量化する、これは本研究独自の発想である。

3. 研究の方法

本研究の申請当初の予定をまず説明する。疑似ウェブサイト、新聞社のウェブサイトおよび自治体のウェブサイト（例：福祉助成制度のページ他）などを使って情報検索してもらう。実験協力者には心拍計測装置を装着し、かつ後述する『映像/音声合成デジタル収録装置』で操作画面遷移、スクリーンリーダーの読み上げ音声、実験協力者の動作など3つの指標を同時に測定する。

検索中に、心拍数データ（生理的指標）を連続的に収集

検索後に、NASA-TLX（主観的指標）の測定

撮影した画面遷移の動画から検索開始と検索完了までの時間を計測し、検索時間（行動的指標）を算出

撮影した画面遷移の動画と、録音したスクリーンリーダーによる読み上げ音声とを分析することで滞留場所や迷い度（Lostness）を数式化する。

視覚障害者の検索特性には未解明なことが多く、例えば、

- ・画面遷移の動画と心拍数データから、どの部分で滞留・迷い、そこでは心拍数が変動するか（＝瞬間的に心的負担がかかるか）
- ・心拍数データと NASA-TLX の比較から、検索課題をこなすに当たり、心的負担は検索の最初から最後までどの部分の影響が一番大きいのか、すなわち「最初が肝心」か「終わりよければすべてよし」か。
- ・画面遷移の動画、読み上げ音声、NASA-TLX の比較から、検索課題をこなすに当たり、迷い度が心的負担の大きさを正しく表しているか。
- ・検索時間と心拍数データとの比較から、時間の長短と心拍数には相関があるか。

など、瞬間的な変動と総合的な評価などを明らかにできるのではないかと考えていた。

4. 研究成果

申請直後に、筑波技術大学でもコロナ感染者が続出し、実験協力者として予定していた視覚障害学生に加え、近隣の大学の晴眼学生もすべて在宅学習となり、対面形式での実験やインタビューなどはすべて中止を余儀なくされた。また、視覚障害者対象の訓練施設なども同様で、本来の施設業務が縮小され、部外者からの依頼はとも受け入れられない状況が続いた。

令和4年度後半にコロナが完全に終息したとは言えないものの、少人数でのいわば試行的な実験が再開できそうな状況になったため、研究代表者自らも晴眼者の一人として実験協力者となり、知人の視覚障害者の協力を得て、テキスト表示が主体で情報が検索しやすいと思われるウェブサイトや、メニュー表示や画面レイアウトが新聞社系ウェブサイトにおいて、目的とする情報までの検索を計測した。なお、評価装置としては最新の心拍数計測機能付きスマートウォッチを採用した。検索時に迷ったりした場面で RR 間隔が短くなる、すなわち心拍数が増加すれば、何らかの心的負担が増えると考えた。

その結果、長時間試行錯誤中の画面では、晴眼者・視覚障害者とも心拍数は上がり続け、検索過程がスムーズに行えている場面や検索終了後は心拍数が下がる傾向がみられた。先行研究では、RR 間隔の計測からのフーリエ変換結果からは短時間の心拍変化は検出が難しいとされてきたが、心的負担の増減がある程度の制度で検出できたと考える。一方、検索終了後の NASA-TLX による評価には、検索中の迷いや熟慮などの過程については反映されたとはいえなかった。

なお、短時間での検索操作では RR 間隔の計測数も少ないため、瞬間的な変動がノイズになりかねないため、分単位での検出が必要であることも示唆された。さらに、同じ場面でも迷わずに選択した人もいれば、迷ってしまい前の画面に戻ってしまった人もいたなど検索スキルに違いがあることと、迷いをどの程度心的負担として感じるのかは個人差があり、小規模評価での課題が再認識された。今後、視覚障害関連施設などの協力を得て、IT スキルの異なる視覚障害者で実験を継続する予定である。

本研究で検索時に時々刻々と変化する心的負担の変動をとらえられる可能性が示唆された点は大きな意義があると考えている。ウェブ・アクセシビリティ JIS で推奨されている方策は、個々の効果は数値化されていない。そのため、サイト内配置や階層構造を改善すると、どの程度検索しやすくなるか、その改善効果は明らかでない。

今回の評価方法のさらなる改良、得られたデータの精細な分析および実験協力者を増やした評価を進めることにより、実効性あるアクセシブルなウェブサイトが構築できる可能性があり、社会的意義は非常に大きいと考えている。

今後も、引き続き本研究を推進していく予定である。

成果の概要 300 文字 2 回

インターネットは今や生活に必要不可欠な道具となっている。しかし、見ることを前提で制作されているウェブサイトの内容を、視覚障害者が効率的に閲覧することは容易ではない。これまで、視覚障害者の閲覧時の心的負担をリアルタイムで測定する手法がなく、ページ内や階層移動のどこで迷い、何を難しく感じているか明らかでなかった。

本研究では、心的負担が心拍数変化と相関があることに着目した。腕時計型の心拍数測定装置を装着した被験者の検索行動を、独自開発した録画・録音装置で多角的に分析することによって、視覚障害者のウェブ検索時の心的負担の増減を反映していると考えられるデータを初めて計測することができた。

学術的意義や社会的意義 300 文字 2 回

研究代表者による主観的評価 NASA-TLX を用いての評価では、長時間の検索作業は視覚障害者も心的負担が大きいという結論が得られた。しかし、同手法は、検索後の主観評価であり、検索中に苦労したとしても「終わり良ければすべてよし」の気持ちの反映とも考えられる。

本研究で検索時に時々刻々と変化する心的負担の変動をとらえられる可能性が示唆された点は大きな意義があると考ええる。ウェブ・アクセシビリティ JIS で推奨されている方策は、個々の効果は数値化されていない。今後、サイト内配置や階層構造など精細な分析と実験協力者を増やした評価を進めることにより、実効性あるアクセシブルなウェブサイトが構築できる社会的意義は非常に大きい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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	岡本 明 (Okamoto Akira) (10341752)	筑波技術大学・その他部局等・名誉教授 (12103)	

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