

## 視覚障害者に対する Web ページ理解支援に関する研究

学校法人早稲田大学 名誉教授 深澤 良彰

### 【研究背景】

ソフトウェアが広く世の中に広まり、従来のように健常者だけが多種多様なソフトウェアを利用できるということでは許されなくなっている。そこで、本研究では、さまざまな障害者の中でも視覚障害者に焦点を絞り、視覚障害者がさまざまなソフトウェアを使用する局面でどのような支援が必要なのかを分析し、その支援ソフトウェアを実際に実現し、視覚障害者によって評価を行っていった。このようなアプローチは視覚障害者にとって必要不可欠である。

### 【研究経過】

まず、視覚障害者が、インターネット環境、特に、Web ページを読み、理解をすすめていくかについて研究を行った。このためには、すでに、さまざまな読上げソフトウェアが開発されている。その結果、多くの読上げソフトウェアでは、文字を棒読みするだけであり、Web ページ開発者の意図／思いが視覚障害者には伝わらないことが判明した。Web ページ開発者の意図／思いは、Web ページにおける文字の大きさ、色、フォントなどで表されている。そこで、このような意図を解釈して読み上げるソフトウェアを開発した（参考文献 [2]）。

この研究において、文字で表現されている Web ページについては対応できることが判明した。しかし、その後、様々な Web ページでは、図、表、写真などが多用されるようになってきた。これらについては、キャプションを付け、そのキャプションを読み上げることしかできない。しかし、現実的には、キャプションが付けられていない図、表、写真なども多く、実際にはさほど有用ではない。そこで、弱視者に対しては、より目立つような図、表、写真を Web ページ開発者に作ってもらうようにすることを考えた（参考文献 [1]）。

上記が本研究の主たる成果であるが、この二つのソフトウェアだけでは、視覚障害者がさまざまなレベルの障害を持っているという意味では十分ではない。そこで、視力の代わりに他のデバイスを用いること、PC だけでなくスマートフォンを使用する場合も多いことなどを考慮した研究を行い、上記の二つの研究を補完しようと試みた。具体的には、さまざまな視覚障害者向けのソフトウェアを開発して、多くの場合は、社会福祉法人日本点字図書館（<https://www.nittento.or.jp/>）の利用者の方々に使っていただき、その評価を得て、それを分析した。

この結果を以下に示す。

### 【研究成果】

視覚障害者を支援するには、さまざまな視点からの支援が必要であり、1 種類のソフトウェアだけでは不十分であることが判明した。本研究で開発・評価したソフトウェアは、以下のように分類可能である。これらの各項目については、巻末に記載されているような発表を行ってきている。

（1）視覚障害者に対して、提供されているソフトウェアで、最も広く使われているのは、読み上げソフトウェアである。しかし、その読み上げ方は平たんであり、読み上げの対象となるテキストがフォントの色は大きさなどで表されているさまざまな情報を反映した読み上げが必要となる。また、最近では、Web ページの構造が複雑になり、一つのウィンドウの内容を読み上げるのでは不十分であり、Web ページの構造を活かした読み上げをする必要がある。発表文献 [2]、[5]、[6]

（2）視覚障害者にも、さまざまなレベルがあり、全盲でなければ、Web ページの作り方に工夫をすることによって対応可能にすることができる。具体的には、Web ページを開発する先に、開発者が重要と思える部分を目立つように作成することや使用する色に工夫をすることによって、ある程度までの対応ができることが判明した。発表文献 [1]、[8]

（3）従来は、PC の利用をする視覚障害者を対象にしてきたが、近年では、スマートフォンの利用者が増えてきている。スマートフォンの画面上のボタンの押し方には、個性があり、その個性に従って、ソフトウェアを提供することにより、視覚障害者にとっても使いやすいソフトウェアを提供することができる。発表文献 [4]

（4）視覚障害者に対しては、さまざまなハードウェアを提供することによりさまざまな情報の活用ができるようにすることができる。ただし、たとえば、音声出力装置は、騒音下では効果を発揮しにくい。そこで、いろいろなハードウェアをうまく組み合わせることにより、支援

効果を向上させることができる。発表文献[3]、[7]

これらの研究成果の中から、発表文献[2]および[1]について、以下に詳細に述べる。

## 視覚障害者に対する読み上げ音声の変化によるデザイン意図の伝達支援 [2]

本研究では、HTMLとCSSを用いることでWebページの装飾を行うことができる太字化、斜体化、下線の付与、テキストサイズの変更、テキスト色の変更、テキストの背景色の変更の6種類を強調表現として扱う。これらの強調表現に対して、強調表現と強調度合いに関するアンケートを行い、強調度合いを計算するために用いる重みを決定した。強調箇所に対して、重みを加算していった合計値がその強調箇所の強調度合いを示すスコアとなる。

ここではSpeechAPI5(以後、SAPI5)に対応している音声エンジンを用いて読み上げを行っている。SAPI5に渡すXML形式のテキスト内で音声変換の調整が可能であり、かつ強調と関連するパラメータとして音程、音量、読み上げ速度、無音時間の挿入の4種類が存在する。これらに対し、強調箇所を読み上げる際にどのような読み上げを行うかに関するアンケートを行った。アンケートの結果、読み上げ速度の低下が最も強調を表現できることがわかり、続いて音量の上昇、無音時間の挿入、最後に音程の上昇となった。加えて、音程の上昇はユーザにとって認識されづらく、また、効果音の付与による強調表現が有効であったことがわかった。すなわち、効果音の付与を最も強調度合いを伝達できる方法とし、続いて、読み上げ速度の低下、音量の増大、最後に無音時間の挿入とした。

以上のことから、読み上げ音声は、強調度合いの低い項目から順に付与していき、付与されている項目が多いほど強調度合いが高い音声であることとする。具体的には、最も強調度合いの高い箇所は効果音の付与・読み上げ速度の低下・音量の増大・無音時間の挿入が、2番目に高い箇所は読み上げ速度の低下・音量の増大・無音時間の挿入が、3番目に高い箇所は音量の増大・無音時間の挿入が、最も低い箇所は無音時間の挿入のみが付与された読み上げが行われる。

全体のアルゴリズムとしては、まず、前述した強調表現のスコアをもとにHTMLタグによって区切られた範囲毎に強調度合いの合計スコアを計算する。その後、最も高いスコアを最大スコアRS1として、最も低いスコアを最小スコアRS4として決定する。次に、以下の式を用いてRS2とRS3を決定する。

$$RS2=RS1-(RS1-RS4)/3$$

$$RS3=RS4+(RS1-RS4)/3$$

各強調箇所を、RM1~RM4の4グループに分類する。RM1が最もスコアの高いグループ、RM4が最もスコアの低いグループである。その後、決定したスコアRS1~RS4と各箇所のスコアを比較し、スコアがRS1と一致した場合はグループRM1に分類する。そうでなかった場合は、RS1未満RS2以上であればRM2に分類する。同様にRM3とRM4も分類する。読み上げ方法はRM1が最も強調度合いが高い箇所に用いられ、RM4が最も強調度合いが低い箇所に用いられる。

評価として、晴眼者を対象とした一つの実験と、視覚障害者を対象とした二つの実験とアンケートを行った。

晴眼者実験では日常的にスクリーンリーダを用いることのない10人の学生に対して行った。この実験では、提案手法による実験用Webページの読み上げを聞いた後に、記憶に残った単語および内容について質問をした。また、質問後、その単語および内容に対して強調だと感じた順に順位をつけてもらった。その後、実際にWebページを見てもらい、強調だと感じた箇所を順に読み上げてもらった。最後に、読み上げで感じた強調箇所と視覚的な強調箇所とどのような差があったかについて説明をしてもらった。

視覚障害者実験では6人の点字図書館利用者に対して行った。被験者は日常的にスクリーンリーダを用いており、使用歴は10~30年であった。視覚障害者実験では、2つの実験とアンケートを行った。1つ目の実験は晴眼者実験と同様に、提案手法による実験用Webページの読み上げを聞いた後に、記憶に残った単語および内容について質問をし、質問後にその単語および内容に順位付けを行ってもらった。2つ目の実験では、2つの実験用Webページを用いて行った。まず、1つ目のWebページに対して提案手法を用いた読み上げを行い、読み上げ後にWebページの内容に関する質問を行った。続いて、2つ目のWebページに対して、文字の装飾情報を読み上げる手法(以後、既存手法)を用いた読み上げを行い、読み上げ後にWebページの内容に関する質問を行った。2つの実験の終了後、最後にアンケートを行った。

アンケートの結果、効果音の付与は全ての被験者に認識されたことがわかった。しかし、読み上げ速度の変化は全ての被験者に認識されず、音量の変化は半分の被験者に認識されず、無音時間の挿入に関しても3割の被験者に認識されなかった。また、多くの被験者が文脈から重要な箇所を判断していることや被験者が強調箇所に対する読み上げ音声の音程を変化させることで強調であることが伝達できるのではないかと考えていたことがわかった。

晴眼者実験および視覚障害者のどちらに関しても効果音の付与は強調箇所の認識および強調度合いの伝達において効果的であると考えられる。しかし、その他の読上げ方法の変化に関しては、晴眼者に比べ視覚障害者の認識率が下がっていることがわかった。また、晴眼者に対するアンケートでは音程の変化は強調度合いが最も低いものであったが、視覚障害者に対するアンケートでは有効であるという回答が得られた。以上のことから、晴眼者にとっての音声の強調表現の強調度合いと視覚障害者にとっての音声の強調表現の強調度合いが異なる可能性が考えられる。また、読上げ速度の差が音程が与える強調度合いの差と関係している可能性も考えられる。

本研究では、Web ページ作成者が重要として伝達したい箇所の内容が視覚障害を持つユーザに正しく伝達されていない可能性が生じる問題に対し、Web ページのテキスト情報を読み上げる際に、読み上げるテキストに付与されている強調表現の情報をもとに読上げ方法を変化させる手法を提案した。実験の結果から、効果音の付与により強調箇所の認識率を上昇させ、強調度合いを伝達できることがわかった。しかし、その他の読上げ方法の変化に関しては晴眼者に比べ、視覚障害者への効果が少なかった。

以上のことから、

- ・読み上げ音声の速度によって音声の強調表現が変化するかを検証
- ・読み上げ音声の音程を変化させることで、視覚障害者に対する強調箇所の伝達の効果が上がるかの検証
- ・提案手法を適用する強調表現の拡張と重みの最適化

が今後の課題として挙げられる。

## Web ページの構造と顕著性マップの組み合わせによる重要領域の視覚化手法 [1]

ウェブサイトを開発する時にデザイナーはユーザに興味を持ってもらえるようなデザインかつ目的の要素に簡単に到達可能となるようにレイアウトを設計する。しかし実際にはデザインが良くても使いづらいと感じるユーザビリティが低い Web ページは数多くある。ユーザはユーザビリティが低い Web ページから離れやすい傾向があり、結果的にサービスの質や売上げの低下に繋がってしまう。このことは、視力が極端に悪い人に対しても、同じことが言える。すなわち、視力が極端に悪い人に対しても、到達しやすい Web ページを作成することが重要である。

そこで本研究では、開発段階で Web ページ固有のレイアウトと顕著性マップを組み合わせることで要素単位の顕著度を計算することによる Web ページの重要領域の視覚化手法を提案する。オリジナル視線データセットを用いて要素単位で顕著度を計算し、各要素の顕著度を可視化できる新たな顕著性マップとしてオリジナルの顕著領域マップを提案する。さらに、要素単位で顕著度のランキングを計算して特に顕著度が高い重要領域を一つの画像に集約した Web ページの集約図を提示することによるページ内容理解支援手法を提案した。

Web ページには画像やテキストなどの特有の要素が多数存在しており、正確な顕著性を予測するためにユーザの視線データが必要である。しかしながら、近年のモダンデザインに対応している視線データセットは一般に公開されていないためオリジナルデータセットを作成した。Web ページリンク集のイケサイ(IKESAI.COM)の 27 カテゴリから 10 個ずつ取得した合計 270 個の Web ページの視線データを 35 名の被験者からアイトラッカーを使用して収集した。データセットの内 216 個の Web ページをデータ分析用に使用し、残りの 54 個を評価実験に使用する。

本手法のモデルアーキテクチャを[図 1]に示す。

入力された URL 情報を元にウェブスクレイピング技術を用いてスクリーンショットと HTML を取得する。また、取得したスクリーンショットを用いて顕著性マップを生成する。顕著性マップ生成モデルには人間の眼の仕組みを模倣した最もベーシックな顕著性マップ生成モデル(Itti&Koch,2000)を使用した。

ここで取得した HTML の解析を行いスクリーンショット領域内部に表示されている各要素のサイズと位置情報を取得する。

次に取得した各要素の顕著度を計算するためにすでに生成した顕著性マップの該当領域の顕著度の積分值を要素面積の平均顕著度で除算することで密度顕著度を計算する。



[図 1] 本手法のモデルアーキテクチャ

計算した各要素の顕著度を元に顕著度のランキングを作成する。ランキング作成において同一要素を内包している他の要素も顕著度が高く評価されてしまうなどの問題が生じないように工夫している。

位置情報を取得した画面上に表示されている全ての要素を各要素の顕著度を明度とした長方形で塗り潰すことで本手法の顕著領域マップを生成する。また、顕著度のランキングをもとに顕著度が特に高い要素をタイル状に並べて一つの画像で表すことで本手法の集約図を生成する。

被験者の実際の視線から作成した基準顕著領域マップと本手法の顕著領域マップと ML-NET を組み合わせたモデルならびに二つの顕著性マップ生成モデルを CC と AUC と KL の 3 種類のメトリクスで評価を行った。また、評価用の合計 54 個全ての Web ページの比較検証を行い各メトリクスの平均を計算した結果を表 1 に示す。調査の結果より顕著性マップ生成モデルの評価指標として最もよく使われる AUC と KL の 2 つのメトリクスではオリジナルモデルが最も良いスコアを獲得した。また CC についてもオリジナルモデルに ML-NET を組み合わせたモデルが最も良いスコアを獲得した。全体的にオリジナルモデルは要素の顕著度推定精度が高く Web ページの顕著領域マップを生成するモデルとして最適であると言える。

19-25 歳の大学生・大学院生 10 名の被験者全員が特定の要素の重要度調査において提案手法が既存の顕著性マップと比較して優れていると解答した。以上の事から重要領域の認識のしやすさについて既存の顕著性マップと比較して改善されたと言える。

顕著度が高い要素をタイル状に並べてまとめた集約図の効果について評価した。評価実験の結果、提案した集約図を見る事でページ内容の大枠は判断できるものの詳細内容の理解は難しく、Web ページの内容理解支援ツールとしては改善が必要であると言える。

本研究では、Web ページのレイアウトに着目して要素単位での顕著度を計測することで Web ページに特化した重要領域の視覚化手法を提案した。顕著領域マップの顕著度推定精度は他のモデルと比較して高い。また重要領域の認識のしやすさについても良い評価を得ており、Web ページに最適な顕著度可視化マップであると言える。一方で集約図については Web ページの内容理解面で課題が残り、顕著度推定後の可視化の改善の必要があると考える。

## 【発表文献】

[1] Yuya Inagaki, Hajime Iwata, Junko Shirogane and Yoshiaki Fukazawa, "Webpage Validation by Visualizing Importance Area", IEEE ACCESS, DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3327743

[2] Junko Shirogane, Daisuke Sayama, Hajime Iwata and Yoshiaki Fukazawa, "Changes in Reading Voice to Convey Design Intention for Users with Visual Impairment" IEICE Transactions on Information and Systems", Online, Dec. 27, 2023. DOI: 10.1587/transinf.2023KBP0002

[3] Marina Sakai, Junko Shirogane, Hajime Iwata and Yoshiaki Fukazawa, "User-Adaptive Notification Sound Assignment for Notification Messages", 14th IADIS International Conference Information Systems 2021, Online, Mar. 3-5, 2021.

[4] Zule Ruan, Yoshiaki Fukazawa and Junko Shirogane, "Automatic Generation of User-sensitive and Application-sensitive Self-adapted UI system for Smartphone Applications", International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications(HORA), Online, Jun. 9-11, 2022. DOI:10.1109/HORA55278.2022.9800000

[5] Daisuke Sayama, Junko Shirogane, Hajime Iwata and Yoshiaki Fukazawa, "Supporting Conveyance of Webpages by Highlighting Text for Visually Impaired Persons", 14th International Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering (JCKBSE 2022), Online, Aug. 22-24, 2022.

[6] Koki Tsumura, Junko Shirogane, Hajime Iwata and Yoshiaki Fukazawa, "Research on Determination of Webpage Reading Order", The IADIS Information Systems Conference, Online, Mar. 12-14, 2022.

[7] 池上潤, 白銀純子, 岩田一, 深澤良彰, "Placeona に基づいたモバイルデバイス向け適応型ユーザインタフェースの構築支援", 日本ソフトウェア科学会 ソフトウェア工学の基礎研究会 第 29 回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ in 松江しんじ湖温泉, 松江ニューアーバンホテル, 島根県, 2022 年 11 月 10 日~12 日.

[8] 赤星律, 深澤良彰, "対比原則に基づいた視認性の高い Web ページ作成支援手法", 情報処理学会 第 84 回全国大会, オンライン, 2022 年 3 月 3~5 日.