

論文の内容の要旨

論文題目

Combined Information Presentation For The Blind Using Speech And Touch

(音声と触覚を活用した視覚障害者のための情報提示インタフェース)

氏名 浅川 智恵子

従来から視覚障害者にとって、印刷された文字情報は、常に点訳ボランティアや朗読ボランティアの手を借りて点字あるいは録音音声に変換しなければ読むことができなかった。そのため必要な情報が必要なときに入手できず、視覚障害者が社会参加をする上で大きな障壁があった。1990年代に発展したパーソナルコンピュータと視覚障害者支援技術は、視覚障害者の情報アクセス環境を飛躍的に向上させて来た。スクリーンリーダ(画面読み上げソフトウェア)により、インターネット上のWEBページ、電子メール、CD-ROMを始めとした電子化文書へのアクセスが可能となり、視覚障害者の独力での情報アクセスが実現してきた。

しかし、1990年代後半からの Graphical User Interfaces (GUI)の普及とともに情報の視覚化が急速に進み、音声によるアクセスが困難な情報が増加している。例えば、印刷文書で広く用いられてきたタイポグラフィが電子文書に適用された結果生じた「視覚効果の問題」が挙げられる。近年の電子文書やWEBページは、文の論理構造を文字のサイズ、行間、背景色等を用いて表現し、著者が強調する部分に文字色、太字、イタリックなどの表現を用いることで、視覚的かつ直感的に伝達できるように工夫されている。このような視覚効果を生かした情報提示は、視線移動により高速に情報探索を行う晴眼者に対してはきわめて有効であり、今後、さらに情報の視覚化が進んでいくものと予測される。

一方で視覚障害者にとっては、これらの視覚効果を活用することは困難である。これまでに視覚効果を言語情報に置き換え音声で提示する方式や、対応する非言語音を定義して提示する方式が提案されてきた。しかしこれらの手法では文章の理解を促進せず、逆に理解を妨げる可能性すらあることが知られている。さらに、視覚障害者は主にキーボードを用いて情報探索を行い、出力は音声または点字である。視線に基づく情報探索、視覚による情報獲得を行う晴眼者と比較して単位時間当たりを取得可能な情報量は著しく少ない。このような視覚情報の欠如と情報探索の効率の悪さがあいまって、視覚障害者の情報アクセスのもっとも大きな問題となっている。情報の視覚化がこのまま進展した場合、視覚障害者が一度手にした電子化情報という貴重な情報源を失う可能性もでてきている。

本研究の目的は視覚表現を含んだ情報を、聴覚だけでなく触覚情報を用いて提示し、非視覚的な情報の量と質を向上させることである。これまで聴覚だけに依存した提示手法が開発されてきたが、本研究では視覚障害者が用いることのできる別の感覚器である触覚に提示することにより、情報効率の向上を目指した。まず、触覚と聴覚に関する基礎実験を行

い、その結果に基づいて TActile-JOg DiAl interface(TAJODA)を提案し、実験システムを構築した。TAJODA の特長は、聴覚には言語情報(テキスト情報)を音声提示し、触覚には触覚パターンとして非言語情報(視覚効果)を提示することで、情報の質の向上を実現した点である。さらに情報探索インタフェースとしてダイヤル型デバイスと話速変換技術を適用したことにより、単位時間当たりの情報量の向上を実現した。

非言語情報の提示には、Piezo 振動子が格子状(2列 x16行)に並んだ触知盤を持つ触覚デバイスを用いた。ユーザは人差し指の指先で振動パターンを触知することができる。それぞれの振動子は振幅と周波数を制御可能である。非言語情報として、文字サイズ、太字などのリッチテキスト情報と、段落間の空白、箇条書きなどのレイアウト情報を計 7 種類選択し、振動パターンとして提示した。これにより聴覚へ付加的負担をかけることなく、非言語情報の提示を実現した。

また、情報探索インタフェースにはダイヤル型インタフェース(Jog-Shuttle Dial)を用いた。ダイヤル型インタフェースには、逐次的な一次元情報に対して「回転」という自然な前後移動操作を提供できるという特長がある。本研究ではこのデバイスを音声による情報探索に適用した。さらに、話速変換技術を用いてダイヤルの回転速度に応じて読み上げ速度を変化させることで、直感的かつ柔軟な音声速度変更が可能になった。ダイヤルと話速変換の組み合わせにより単位時間当たりの情報量を大幅に向上できた。

さらに触覚提示とダイヤル型インタフェースの組み合わせにより、高速な視覚効果に対する探索が実現されている。目的とする視覚効果、例えば「太字」が出現するまで高速度でダイヤルを回転し、「太字」を示す触覚情報が提示されたところで回転速度を落として通常速度もしくはそれ以下で音声情報を確認するという探索が可能になった。これは晴眼者がリッチテキスト情報の付加された箇所を、視線を使って高速に探索した後に、詳細な情報を獲得する方法に類似しているといえる。このように TAJODA は音声、触覚提示、ダイヤル型インタフェース、そして話速変換技術を組み合わせることで、従来は困難であった視覚効果へのアクセスを実現するとともに高速かつ効率のよい非視覚的情報探索を可能にした点に大きな特長がある。

本論文は 7 章で構成されており、各章の内容は以下のとおりである。

第 1 章では序論として研究の背景を述べた。コンピュータが視覚障害者の情報アクセス環境改善に果たした役割の大きさ、そして視覚化情報の急増により再び失われつつある視覚障害者の情報アクセスの問題を通して本研究の意義と目的を述べた。

第 2 章では関連研究を 4 つの分野に分類して概観した。Assistive Technology Software の項では既存の視覚障害者支援技術の情報探索インタフェースおよび視覚情報提示インタフェースの概要と問題点について述べた。Auditory Interface の項では非言語音を用いて情報の質やインタフェースの向上を目指した研究を概観した。Speech Interface の項では視覚障害者用のみならず、録音音声の探索インタフェースや話速変換技術を概観した。最後に Tactile Interface の項では触覚を用いた視覚障害者支援技術を紹介した。

第 3 章では視覚障害者被験者を対象として実施した、聴覚認知の基礎実験結果を報告した。異なる速度で提示された音声情報の聞き取り能力を、主観的・客観的評価手法を用いて測定し、それぞれの被験者の聞き取りの最適・最高音声速度を定量的に求めた。実験の結果、コンピュータに熟練した被験者はおよそ 1400 モーラ毎分(morae/min)という速度で提示された情報の 50%を理解できることが明らかとなった。また、100%の情報理解が可能な速度と定義した最適速度についても、平均 1100 morae/min という結果が得られた。これはいずれも現在日本で広く用いられている音声合成システムが提供する最高速度よりも高速であった。この結果から視覚障害者の認知可能音声速度が既存システム的前提を超えていること、さらに柔軟に速度を変更可能なインタフェースの必要性が明らかになった。

第 4 章では視覚効果に対応する触覚パターンを設計し基礎実験を行った。その結果に基づいて、容易に学習・認識が可能な 7 つの触覚パターンを再設計した。本研究で提案する TAJODA システムではこれらのパターンを用いた。

第 5 章では TAJODA インタフェースを提案した。TAJODA はダイヤル型デバイスにより読み上げ音声の話速と読み上げ箇所を制御を可能にし、触覚ディスプレイを用いて視覚効果を提示するインタフェースである。ダイヤルを時計周り方向に回転させることで前方向への高速な読み上げ箇所移動、反時計周りで逆方向への移動を行う。ダイヤルデバイスの動きが音声情報と常に同期し、回転速度に応じて音声速度も変化するため、直感的な操作が可能である。さらに触覚提示される情報もダイヤルの動きと同期するため、視覚効果の探索も容易となる。

第 6 章では実験システムを構築し、TAJODA インタフェースの有効性を確認するための評価実験を行った。実験では視覚効果が含まれたテストデータを準備し、それらの視覚効果と対応するテキスト情報を被験者に探索させるタスクを与えた。探索方式として 4 方式、(1)従来のキーボードインタフェースと音声による視覚効果提示の組み合わせ(スクリーンリーダー方式)、(2)キーボードと触覚の組み合わせ、(3)ダイヤルと音声の組み合わせ、(4)ダイヤルと触覚の組み合わせ(TAJODA)を用いた。実験の結果 TAJODA 方式(4)は他の方式(1、2、3)と比較し 1/2~1/3 の時間でタスクを遂行可能であるという結果が得られた。また、被験者からもストレスを感じない快適なインタフェースであるというコメントが得られ、TAJODA インタフェースが非視覚的情報探索の効率を向上するために非常に有効であることが明らかになった。

第 7 章では、本研究の結論と今後の研究課題および展望を述べた。