学位論文題名

音声情報を活用した GUI 対応
スクリーンリーダーに関する研究

学位論文内容の要旨

視覚障害者は日常生活および社会活動において様々な問題に直面するが、そのうち単独歩行と並んでとりわけ深刻なのが文字の処理の問題である。視覚障害者が文字を書くためにはかつてタイプライタが利用されたが、漢字仮名混じり文が一般の文章である日本では仮名だけの文章は社会的に通用しづらいという問題があった。一方、文字を読むためには、小型カメラで取込んだ映像を指先サイズの触知盤に振動で提示するオプタコンという装置があるが、複雑な漢字の読み取りが難しかった。

このような視覚障害者の文字処理能力を画期的に向上させたのがコンピュータ関連技術であり、その技術により視覚障害者が独力で漢字仮名混じり文書を書くことが可能となった。文書作成のほかにも、データベース、CD-ROM 辞書、パソコン通信などの一般用アプリケーションが利用できることなど、コンピュータは教育・就労・日常生活の各場面で視覚障害者にとって不可欠な存在となっていく。

ところが 1990 年頃から、コンピュータのインタフェースとして GUI (Graphical User Interface) が急速に普及し始めた。GUI はウィンドウやアイコンなどの絵記号をマウスで指示するという視覚に頼った操作体系であり、視覚障害者にとって本質的に使いづらいという問題を抱えていた。このため GUI の普及は、一旦獲得した文字処理環境が失われてしまうという危機感を視覚障害者に与えた。

視覚障害者の GUI 問題に対する従来の諸研究のアプローチは、GUI 画面上の操作対象を非言語的な聴覚または触覚的パターンで表現し、これらを聴覚または触覚的な 2 次元ないし 3 次元空間に配置し、直接操作を視覚障害者に行わせようとするものであった。この GUI アクセス手法では操作自体は可能となるものの、パターン同定の精度、空間解像度、探索時間の各評価項目において良好な結果が得られなかった。これに対して、GUI 画面を音声で表現するスクリーンリーダーソフトによる GUI へのアクセスは、文字情報の処理に対する合目的性、視覚障害者による操作性、そして比較的廉価なシステム構成の各観点から合理的な手法と考えられた。米国では GUI 対応スクリーンリーダー製品が発売され始めたが、日本語環境で動作するものは存在しておらず、その開発が緊要の課題となっていた。

本研究の目的は、視覚障害者が GUI ベースのコンピュータへアクセスするための実用的な手段を提供することである。このために視覚障害者の GUI アクセス手法としてスクリーンリーダー方式に着目し、スクリーンリーダーの出力インタフェースとして音声情報を効率的に活用していくために必要な音声出力システムの要件について音声知覚実験、および、評価試験用プログラムを使ったユーザ評価を通じて検討した。その結果を生かして GUI 対応スクリーンリーダーを開発し、視覚障害者の間に広く普及させることができた。

本論文は 6 章で構成されており、各章の内容は以下の通りである。

第1章では、序論として研究の背景、特に視覚障害者の文字処理におけるコンピュータの役割と、GUIの普及が及ぼした影響について述べ、これより本研究の意義と目的を明確にした。

第2章では、視覚障害者のGUI問題を整理するとともに、この問題に対する従来の研究を概観した。GUI画面を聴覚あるいは触覚的に表現し、GUIの特徴である直接操作を視覚障害者に行わせようとするアクセス手法は、視覚障害者に適した操作方法と言えないことが評価結果から示された。一方、キー入力と音声出力の操作体系によるスクリーンリーダ方式でGUI問題を解決できるか考察したところ、妥当なGUIアクセス手法であると考えられ、これより日本語環境で動作するGUI対応スクリーンリーダの開発が目標として設定された。さらに、スクリーンリーダの音声に求められる要件が従来の報告では明確になっておらず、GUI対応スクリーンリーダの開発にあたってこれを調べる必要があることを述べた。

第3章では、音声知覚実験、および、評価試験用プログラムを使ったユーザ評価を通じてスクリーンリーダの音声出力システムの要件について検討した。

第1の実験では、目的単語と、目的単語の音韻を様々な位置で変化させて作成した非目的単語との弁別に要する反応時間を測定した。非目的単語弁別の平均反応時間は、目的単語とは異なる音韻が最初に現れたモーラ位置に依存しており、音韻変化位置が語頭に近いほど、被験者は素早く非目的単語を弁別できることがわかった。音韻変化位置が語頭に近い音声では、音声を最後まで聞き終える前に弁別ができていることから、音声による効率的な選択操作のためには、読み上げ途中の音声を即座に中断して、次の項目を読み上げ始められる機能をスクリーンリーダが備えるべきであることを示した。

第2の実験では、音声合成システムの声の高さを9段階に変化させて作成した音声刺激を2つずつ組み合わせて被験者に提示し、両者の高低変化を弁別できるか否かを調べた。実験結果より、100%の正答率で音声の高低変化を弁別できる刺激対の声の高さの設定値を示すことができた。この結果を用いて、スクリーンリーダは音声の高低変化を情報伝達手段として有効に活用できることが分かった。

本章の最後に、GUI対応スクリーンリーダに近い機能をもつ評価試験用プログラムを作成し、このプログラムを視覚障害者に試用してもらい、音声に関する主観評価を得た。評価結果から、応答時間の短縮、音声のスキップ機能、音声の話速の向上、句読点でのポーズの短縮、読み表現の簡潔化など、総じて情報伝達速度の向上を重視する要望があることが判った。

第4章では、第3章における音声情報の活用法に関する検討を踏まえて開発したGUI対応スクリーンリーダソフトについて述べた。ここでは、日本語に特有な漢字の情報を音声のみで伝える手法についても詳述した。開発したソフトにより、視覚障害者が従来よりパソコンで行ってきた作業がGUI環境でも可能となることを確認した。さらに本ソフトは、視覚障害者からの強い要望に応じて実用化され、広く普及させることができた。

第5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。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 伊 福 部 達
副 査 教 授 栗 城 眞 也
副 査 教 授 清 水 孝 一
副 査 講 師 井 野 秀 一

学 位 論 文 題 名

音声情報を活用した GUI 対応

スクリーンリーダに関する研究

視覚障害者が抱える問題のうちとりわけ深刻なのが文字の処理であるが、この問題の改善にはコンピュータ関連技術が大きな役割を果たしてきた。これにより視覚障害者が漢字仮名混じり文書を書けるようになったほか、データベース、CD-ROM 辞書、パソコン通信等が利用できるなど、コンピュータは教育・就労・日常生活の各場面で不可欠な存在となった。

ところが 1990 年頃から、コンピュータのインタフェースとして GUI (Graphical User Interface) が急速に普及し始めた。GUI はウィンドウやアイコンなどの絵記号をマウスで指示するという視覚に偏重した操作体系であり、視覚障害者にとって本質的に使いづらいインタフェースとなった。このため GUI の普及は、一旦獲得した文字処理環境を失うという危機感を視覚障害者に与えた。

この視覚障害者の GUI 問題に対する先行研究のアプローチは、GUI 画面上のオブジェクトを非言語的な聴覚または触覚的パターンで表現し、聴覚または触覚と手の協調動作を行わせようとするものであった。これらの手法では操作自体は可能となるものの、その操作効率は実用的とは言い難かった。一方、GUI 画面を音声で表現するスクリーンリーダソフトによる GUI へのアクセスは、視覚障害者による操作性、文字情報の処理に対する合目的性などの観点から合理的な手法と考えられた。しかし、日本語環境で利用可能なスクリーンリーダは存在しておらず、その開発が緊要の課題となっていた。

そこで本研究では、音声情報を視覚障害ユーザが効率的に活用していくために必要な音声出力システムの要件について検討し、その検討結果を生かして GUI 対応スクリーンリーダを開発することを目的とした。

本論文は全 5 章で構成されており、各章の内容は以下の通りである。

第 1 章では、序論として研究の背景、特に視覚障害者の文字処理におけるコンピュータの役割と、GUI の普及が及ぼした影響について述べ、これより本研究の意義と目的を明確にしている。

第2章では、視覚障害者の GUI 問題と、この問題に対する先行研究を整理している。その結果、キー入力と音声出力の操作体系によるスクリーンリーダは視覚障害者にとって妥当な GUI アクセス手法であると考えられ、これより日本語環境で動作する GUI 対応スクリーンリーダの開発を目的として定めている。さらに、スクリーンリーダの音声に求められる要件が従来の報告では明確になっておらず、GUI 対応スクリーンリーダの開発にあたってこれを調べる必要があることを述べている。

第3章では、音声知覚実験およびユーザ評価を通じてスクリーンリーダの音声の要件について検討している。

第1の実験では、目的単語と、目的単語の音韻を様々な位置で変化させて作成した非目的単語との弁別に要する反応時間を測定している。非目的単語弁別の平均反応時間は、目的単語とは異なる音韻が最初に現れたモーラ位置に依存しており、音韻変化位置が語頭に近いほど、被験者は素早く非目的単語を弁別できることがわかった。音韻変化位置が語頭に近い音声では、音声を最後まで聞き終える前に弁別ができていることから、音声による効率的な選択操作のためには、読み上げ音声のスキップ機能がスクリーンリーダに求められることを確認している。

第2の実験では、音声合成システムの声の高さを9段階に変化させて作成した音声刺激を2つずつ組み合わせて被験者に提示し、両者の高低変化を弁別できるかを調べている。実験結果より、100%の正答率で音声の高低変化を弁別できる刺激対の声の高さの設定値を明らかにしている。

3番目には、GUI 対応スクリーンリーダに近い機能をもつ評価試験用プログラムを作成し、このプログラムを視覚障害者に試用してもらい、音声に関する主観評価を得ている。評価結果から、応答時間の短縮、音声のスキップ機能、話速の向上、ポーズの短縮、読み表現の簡潔化など、総じて情報伝達速度の向上を重視する要望があることを明確にしている。

第4章では、第3章における音声情報の活用法に関する検討を踏まえて開発した GUI 対応スクリーンリーダソフトについて述べている。開発したソフトにより、視覚障害者パソコン利用の目的である各種文字処理作業が GUI 環境でも可能となることを確認している。さらに本ソフトは、視覚障害者からの強い要望に応じて実用化されている。

以上のように、本研究はコンピュータにおける GUI を視覚障害者が効率的に使いこなすための音声情報の活用法について音声知覚実験等を通じて明らかにし、その結果に基づき、マウスを使用せずキー操作と音声出力で GUI を利用可能とするスクリーンリーダを実用化し、広く普及させたことから、生体工学や人間工学に寄与するところが大きい。よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。