

200627009A

厚生労働科学研究費補助金
感覚器障害研究事業

視覚障害者、盲ろう者向け音声・点字コンピュータ・オペレーティングシステムの開発

平成 18 年度 総括研究報告書

主任研究者：石川 准（静岡県立大学）

分担研究者：河村 宏（国立身体障害者リハビリテー
ションセンター研究所）

寺島 彰（浦和大学）

湯瀬裕昭（静岡県立大学）

平成 19 年（2007）年 4 月

目 次

I. 総括研究報告	
第1章 研究目的	3
第2章 研究方法	3
第3章 倫理面への配慮	4
第4章 平成18年度の研究成果	4
第5章 利用者をテスターとするシステム評価	6
第6章 Linuxの今後	8
第7章 結論	11
II. 研究発表(平成18年度)	11

I. 総括研究報告

第1章 研究目的

コンピュータは画面に情報を視覚的に提示し、人はポインティングデバイスで「選択」する。今日の人とコンピュータの相互作用は大部分がこの反復であり、それは GUI (Graphical User Interface) と呼ばれている。多くの視覚障害者や盲ろう者が利用している Windows 用スクリーンリーダは、じつはこの GUI を AUI (Auditory User Interface) や BUI (Braille User Interface) に変換するソフトウェアだといえる。だが、この GUI→AUI/BUI 変換は原理的に不完全なものにとどまる。そのため、GUI 搭載のコンピュータの操作は、視覚障害者、盲ろう者には大きな障壁、負担となっている。

一方、米国、ドイツ、ニュージーランド、韓国などの支援技術ベンダーにより点字表示機能と音声出力機能を有する専用多機能音声・点字携帯情報端末が開発され、広く利用されている。これらの製品の多くは独自のアプリケーションを搭載し、AUI と BUI の特性に合致したインターフェースを提供し、高い操作性を実現している。ただし、この種の専用機器の欠点として、一般社会で広く用いられているデータ形式、アプリケーション、ウェブサービスが利用できるとはかぎらないという問題がある。

本来ユーザインターフェースは、ユーザが自己の特性に応じて自由に選択できなければならない。我々は PC の汎用性と専用携帯情報端末の操作性を同時に実現すべく、Linux の CUI コンソール環境に注目し、それに音声合成、点字表示機能を組み込み、合わせて AUI/BUI 搭載の統合環境（エディタ、ブラウザ、メーラ等がシームレスに動作する）を開発する。それにより、視覚障害者、盲ろう者がコンピュータの専門的な知識がなくても就労や生活の場において自力で効率的に操作できるコンピュータ・オペレーティングシステムをオープンソースで実現する。

第2章 研究方法

本研究では、視覚障害者、盲ろう者向け音声・点字コンピュータ・オペレーティングシステムの設計、仕様策定、機能実装、試作への当事者参加と、当事者による評価を積極的かつ継続的に行った。

我々は既存の欧米の Linux 用スクリーンリーダの移植や改良といったアプローチの限界を確認したうえで、本格的な Linux 用スクリーンリーダをスクラッチから開発するという方法を選択した。Linux をターゲットとしたのはオープンソースであることと、コマンドの充実したソフトウェア資産があり、音声・点字コンピュータ・オペレーティングシステム開発のプラットフォームとして最適と判断したからである。

また我々は、インストール作業という障壁を除去するために、CD 起動が可能な Linux ディストリビューションの提供という方法を選択し、その開発のための研究を行った。

さらには、AUI/BUI 対応アプリケーションとスクリーンリーダの連携を実現する方法として GRIF というブリッジを開発した。このブリッジでスクリーンリーダと通信するという方式で、エディタ、インターネットブラウザ、電子メールソフトウェアからなる統合環境を開発し OS に標準装備した。

第3章 倫理面への配慮

利用者をテスターとするシステム評価を実施するにあたり、研究の趣旨、目的、個人情報の扱いを説明し、同意を得ることを徹底した。また学会等での研究成果報告も含め、テスターの個人情報守秘に万全を期した。

第4章 平成18年度の研究成果

4.1 研究成果要約

平成18年度は、一般の利用者にとっても使いやすい統合環境を開発する目的で、音声・点字統合環境（Sirius on Linux）を開発しシステムに組み込むことに成功した。

4.2 Sirius の設計概要

Sirius は次世代型の音声・点字インターネットブラウザを実現する目的でスタートした研究である。ソフトウェアの構造として XML 情報をメモリ上に木構造に展開された DOM という標準形式でデータを保持するのが大きな特徴である。

Sirius では指定した URL の情報をインターネットからダウンロードした後、エンコーディングを自動判定し、DOM 上にデータを読み込む。HTML 情報を DOM 形式で読み込むには、niggles という SGML パーサを利用している。また、XHTML や RSS などの XML 情報は JIS X4159 の日本工業規格に準拠した独自の XML パーサを通じて DOM 形式に変換している。DOM 部分は独自に開発したモジュールを使用しており、W3C の WD-DOM-Level-2-Core-20001113 の勧告で定義されている機能を備えている。

さらに、Sirius の内部には REC-xpath-19991116 の勧告に基づく XPath のモジュールや、REC-xslt-19991616 の勧告に基づく XSLT のモジュールがある。これらのモジュールは、ダウンロードしたコンテンツのレビューやトランスコーディングに利用している。

Sirius には JavaScript のエンジンが組み込まれている。KDE というオープンソースプロジェクトで開発された KJS という JavaScript のエンジンを組み込んでいる。コンテンツのダウンロード時や、onClick などのイベントに応じて JavaScript が動作する。

Sirius によるコンテンツのレビュー操作は、以上のような内部構造を利用して実現している。たとえば、コンテンツの閲覧は、メモリ上に展開された DOM の枝を渡り歩きながらテキスト情報や、属性情報を利用者に対して情報提示する。フォームの入力は、DOM 形式の各エレメントの属性を動的に書き換える形で実現している。この構造により、フォームの入力中に、いったん別の場所にレビュー位置を移動しても、元のフォーム入力位置に戻ると、以前に入力中だった内容が残っているので入力を再開できる。RSS を閲覧する場合には、DOM に読み込まれた RSS 情報を、XSLT を使って不要な情報をそぎ落とし、レビューに必要な情報のみに絞ることができる。

4.3 移植性

当初、Sirius は平成16-17年度にテクノエイド協会の福祉用具研究開発助成（研究課題名：「次世

代音声・点字インターネットブラウザの開発)を受け、Windows 環境を対象として開発を行ったが、開発初期より移植性を重視して設計を行った。OS の環境に極力依存しないように、画面やキーボードの入出力を View というクラスにパッケージ化している。音声合成、点字ディスプレイ部分については新規に開発した ACC Driver というアクセシビリティ関連のドライバを通じて実装を行った。Sirius の多くの機能は CCC という C++ のクラスライブラリを用いて実現しているが、このライブラリは Windows, UNIX, Mac の 3 つのプラットフォームをサポートしている。

Sirius の本音声・点字オペレーティングシステムへの主たる移植作業は、Windows の API で構成されていた View 部分を、UNIX の端末用として新たに実装する作業であった。また、音声合成、点字ディスプレイの機能を実現するために ACC Driver を呼び出していた部分については、音声・点字オペレーティングシステムのスクリーンリーダーインターフェースである GRIF を呼ぶ形式に変更した。

4.4 現段階で実装している機能、今後の目標

Sirius では、一般的な WEB ページの閲覧はもちろん検索操作などのフォーム入力が可能である。通常のテキストと、リンク、フォーム入力箇所、ボタンなどは音声合成の話者の違いで区別される。フォームの入力部品の区別については種別が音声合成で情報提示される。レビュー位置は、上下カーソルや TAB キーで移動できる他、Page Up, Page Down のキーで見出しへのジャンプ、Home, End のキーによるコンテンツの先頭や末尾への移動が可能である。F2, F3 のキーにより「戻る」「進む」操作が可能である。

フレームについては、通常のブラウザでは 1 画面中に表示される複数フレームを、一度に別々の DOM として読み込む機能を実装している。各フレームはスロットと呼ぶ単位にロードされ、利用者はスロットを切り替えながらそれぞれのフレームの内容を閲覧できる。

Sirius の JavaScript 機能は、基本的な演算や操作は一通りサポートしているが、まだ未実装の JavaScript 機能があることや、ブラウザにより実行結果が異なる部分があるため動作できるスクリプトが限られている。特にブラウザによって実装の異なる機能などは今後の大きな課題である。たとえば、実際のスクリプトでは実行環境がどのブラウザかを判定し動作を切り替えていることが多い。現在の Sirius では、Internet Explorer として判定されることが多いが、Windows の Internet Explorer でしか動作し得ない ActiveX のコンポーネントを動作させようとして Sirius の JavaScript エンジンがエラーになることが多い。このような対応については今後の大きな課題である。現在、Sirius では Ajax 機能は利用できないが、Ajax が動作するレベルまで JavaScript 機能を充実させることが次なる大きな目標である。

現在、Sirius は UNIX の端末ソフトウェアの内部で動作している。このため、インサートキーの押下のような特殊キーを機能に割り当てることができない。特殊キーを利用するには、UNIX の端末ソフトウェアではなく、X Window System の下で動作する端末ソフトウェアで Sirius を動作させる等の改良が必要である。

現状の Sirius には点字ディスプレイからの操作ができないという問題がある。Sirius は GRIF とい

うスクリーンリーダへのインターフェースを通じて点字ディスプレイに情報提示している。ところが GRIF では、アプリケーション側が点字ディスプレイからのボタン押下などのイベント情報を補足できない。この部分については、GRIF のインターフェースの拡張が必要と考えられる。

その他 Sirius は、機能面やユーザビリティの点で荒削りの面は否めない。利用者からのフィードバックを生かし、さらなる操作性の向上をめざす予定である。

第 5 章 利用者をテスターとするシステム評価

5.1 概要

利用者によるシステム評価を実施した。

テスターは 3 名、いずれも UNIX の使用経験のある視覚障害者で、技術職ないしは技術系の仕事に従事している。

以下にテスターのコメントを要約する。問題点を指摘するものには※を前置する。

5.2 全般的所見

音声、点字ともに必要なレスポンスを達成している。

UNIX 環境の日本語スクリーンリーダで初めて実用的な水準に到達したという点で画期的である。

また、端末の画面サイズの制約にとらわれず、スクロールアウトした画面領域までさかのぼって画面出力を確認でき、晴眼者用に設計された環境の制約を乗り越えた視覚障害者等の利用にフォーカスしたコンピュータ環境として有望である。

音声は Windows 上の SAPI を用いた音声合成ライブラリと遜色のない品質である。音切れは実用的な水準である。

点字出力については EXTRA 点訳ライブラリを用いて高度な正確さの日本語点字出力が得られている。

点字ディスプレイ上のボタンを用いたスクリーンレビューのサポートも確認できた。ステータスセルを設けて画面情報を通知する仕組みを準備しており、スクリーンレビューの効率を高めている。

※点字ディスプレイのボタンをもっと活用すべき。画面の上端/下端/左端/右端移動、カーソル位置に移動、任意のボタン+タッチカーソルでその位置の文字の詳細読み、任意のボタン+タッチカーソルクリップボードにコピー/アペンド、クリップボードの内容をペースト。

また CD-ROM 起動の Linux 環境でしばしば見られる反応の遅さ、とくにファイルシステム読み書きの遅さは感じることはなかった。現在の CD-ROM ベースの環境で一般ユーザが日常的に利用できるシステムとなる。

ブートアップ時に端末 1 から 3 にそれぞれ自動で grtty, Sirius, BEP が起動するように工夫されている。この配慮によって UNIX 初心者であっても GR for UNIX の一通りの機能を試せる。

※ステータスセルで行内のどのあたりを点字ディスプレイに表示しているかを通知すべき。

※KNOPPIX なのでマルチユーザでの利用がサポートできない。全ての操作が root 権限という今の状況はよくない。

※CD-ROM のサイズ制限で利用できるコマンドが限られている (Ex: zsh がない)。

※pdf/doc/xls などのデータを取り出すコマンドを収録してほしい。

※どの仮想端末に切り替えたか通知する機能が必要。

5.3 grtty

UNIX の端末環境が一通り利用できる水準に到達している。

UNIX の端末環境では terminfo や termcap を用いたエスケープシーケンスによる画面描画の制御が多用される。こうした画面制御では画面上で 1 文字書き換えられた場合に、当該行あるいは画面全体の書き換えを行うことが少なくない。このように画面の書き換えが行われると、音声環境では 1 行全体あるいは画面全体を全て読み上げることになり、ユーザビリティを大きく損なう。

この問題をカバーするには、適切な terminfo エントリの設定と個別アプリケーションの対応という二つの作業が必要である。grtty ではどちらも手がけており、基本的な端末での作業において、上に述べたような無意味な読み上げが発生することはなかった。

日本語表示は問題ない。Canna を利用した日本語変換も利用できる。また、詳細読みも分かり易い適切な表現が用いられている。

※GR for DOS のような読み上げ対象のアトリビュートの細かい設定機能や、画面スキャンによる表示内容の逐次検出がほしい。

※テンキーによるレビューがほしい。

5.4 Sirius

JavaScript インタープリタを内蔵したテキストブラウザとして必要な機能が整備されている。

JavaScript で逐次書き換えられるページを書き換えに従って随時読み上げできることを確認した。

JavaScript の別ウィンドウで URL を開く機能をサポートしている。

この機能を用いて開かれたページは別スロットとして分岐し、別システムのヒストリが形成されるようになっている。

そのため分岐する複数のヒストリをブラウザ内に保持することが可能となっている。

ヒストリは履歴として自由に移動でき、異なるシステムのヒストリにも移動ができるようになっている。

この機能をサポートするテキストブラウザは初で、テキストブラウザによる本格的な広域ウェブサーフィンが期待できる。

grtty 同様日本語入力が可能で、エディットボックスに日本語文字列を入力しキーワード検索が実行できることを確認した。

レンダリングは XML のノード単位で改行が行われており、見通しを持ってページ内を移動することができる。また URL リクエストを送信してからレンダリングが完了するまでの待ち時間が極めて短く、待たされるストレスは殆ど皆無である。これは IE や Firefox など最新の高機能ブラウザと比較しても大きなアドバンテージと感じた。

※JAWS の IE 読み上げレベルの機能がほしい。

※リダイレクト関連の処理が不十分。

※各ページをサマリ表示してヒストリツリーを移動する機能がほしい。

※かならずしもノードごとに改行する必要はない。どのノードで改行するか、どのノードの場合改行しないか取捨選択する必要がある。

※ページ内の相対的位置 (何%の位置にいるか) や現在のノードについての情報をステータスセルに表示してほしい。

5.5 BEP

BEP (Bilingual Emacspeak Platform) の互換スピーチサーバが実装されており、BEP が利用できる。

これによりプログラムの作成やメールの読み書きなど Emacs の機能を一通り使うことができる。

完全な互換スピーチサーバの実現にはいたっていないが、概して従来の BEP と同じ操作感で利用することができた。

GR for UNIX に含まれるコンポーネント群の中でも特に即戦力としての利用が期待できる。

※BEP のインテキストコマンドを正しく処理できていない。

5.6 総合評価

初心者からパワーユーザまで多様な視覚障害者の利用に供することのできるコンピュータ環境としての基礎的な要素が整っていると感じた。

システムの設計に関するような根本的な問題点はおおむね解決されている。

既にプログラミングのような単純なテキスト編集とコマンド実行で完結する作業を行うには十分な環境が整備されている。

今後はユーザの具体的なニーズを反映しつつ個別的な問題点を一つ一つ解決して行くことが望まれる。

こうした個別的な問題としては

1. 点字ディスプレイによるステータス表示の一層の工夫
 2. PC キーボードと点字ディスプレイのボタンをフルに活用したスクリーンレビュー機能の充実
 3. 高機能音声ブラウザが有するコンテンツナビゲーション機能の Sirius への実装
- を特に指摘しておく。

UNIX はテキストベースの環境であり、完成度を高められれば Windows よりも視覚障害者の利用特性にマッチした環境を構築できる。上述のようにこうした環境構築のための基礎は出来上がっていると判断した。

第6章 Linux の今後

6.1 Linux の普及状況と今後の可能性

この数年で Linux はサーバ用途と組み込み用途を中心に普及が進んだ。薄型テレビ、携帯電話、プ

リント、カーナビ、HDDレコーダ、飛行機客席のコンソール、ルータなどにLinuxが組み込み用OSとして使われている。組み込み用途に関しては利用者が気がつかないでLinuxを使っているケースが多い。サーバ用途についても、数年前よりWindowsサーバの強力なライバルというポジションが定着している。

国内でのLinuxに関するデスクトップ用途の普及はいまだ限定的である。しかし、近年、Linuxで動作するMicrosoft Officeとの互換性の高いOpenOfficeや、Internet Explorerと比べて遜色のないインターネットブラウザであるFirefoxが登場したことで(いずれもフリーソフトウェア)、国内での一般利用者へのデスクトップ環境としての普及条件は揃いつつある。

デスクトップ用途の普及には、アプリケーションの充実だけでなく、プリンタ、サウンドなどの周辺装置類のドライバの充実も不可欠である。近年、ハードウェアベンダーはWindowsのドライバの開発に併せて、Linux用ドライバを開発する傾向が強まっており、Linuxにとっては追い風の状態である。

Windows Vistaの登場により、PCに必要とされるメモリ、ハードディスク容量などのハードウェアリソースは非常に大きくなった。一方Linuxも、それなりにハードウェアリソースが必要とされるように進化してはいるが、数年前のPCであっても十分に利用できるというメリットがある。サポートの打ち切られたWindowsの代わりにLinuxを使うという用途も広がり始めている。

しかし、このような追い風の要素は存在するとはいえ、まだ一般のユーザを引きつけるだけの導入メリットが少ないため、Linuxのデスクトップ環境がこの数年で爆発的に普及することは無いと予想できる。近年のIT環境は、大きくインターネットに舵を切った形で進化が続いている。これまではデスクトップのパソコン上で全ての作業を行うという利用形態が多かったが、徐々にブラウザ経由で作業を行う形態に移りつつある。ブラウザが主たる作業環境になれば、必然的にOSはどのようなものでも構わなくなる。このような局面において、Linuxは軽量で費用がかからないという面を生かし、デスクトップOSとは別の方向性であるインターネット端末用OSとして徐々に普及が進む可能性が高い。

6.2 Linuxのアクセシビリティ

近年Linuxのアクセシビリティを実現する取り組みが複数のベンダーにより試みられている。

たとえば米国SUNマイクロシステムズ社はORCAというスクリーンリーダを開発しており、また米国IBM社もLSRというスクリーンリーダを開発している。前者はLinux、後者はSolarisとLinux上で動作するGnome等のGUIデスクトップ用スクリーンリーダであり、いわば「もう一つのGUIスクリーンリーダ」を開発しようとするプロジェクトである。

より注目されるのはIcon Mobile ManagerというLinuxをOSとする音声携帯情報端末である。これはLevel Starというベンチャー企業により開発されているPDAで、まもなく製品化される見通しである。Level Starのアプローチは我々のそれと共通する点が少なくない。

6.3 Linuxの問題点

Linuxには多くのディストリビューションが存在する。ディストリビューションによってカーネル

以外の実装状況は異なっている。開発方針や、開発目的もまったく異なるし、クオリティーも異なる。

Linux のディストリビューションの多さは不要な混乱を利用者にもたらしている。たとえば、ディストリビューションによってインストール方法、ネットワークの設定、画面の解像度のコントロール方法などは異なる。商用のバイナリプログラムは、あるバージョンのライブラリを前提とする関係で、特定のディストリビューションでなければ動作しないことがある。このような混乱は、すべて利用者側のデメリットとなっているのが現状である。

また、数多くの利用者がおり、将来的にも開発が継続されると思われていたディストリビューションであっても急に開発が打ち切りになることがある。Linux のディストリビューションがビジネスとして成り立ちにくいのが主たる理由である。ディストリビューションの開発が終了すると、その後のセキュリティアップデートなどが行えなくなるため、利用者は別のディストリビューションに移行することになる。その際に、ディストリビューションによる使い方の違いは大きなハードルとなる。

現在の Linux のディストリビューションの乱立は進化論の実験場ともいえる状況になっている。進化論の立場からすると、ディストリビューションの多さはプラスであるが、運悪く衰退してしまうディストリビューションを使っていた利用者は大きなデメリットを被ることになる。利用者の混乱の他にも、貴重な開発リソースが分散してしまう問題もある。現在、一部で Linux のソフトウェア構成等を標準化しようという動きがあるが、このような動きに期待したい。

6.4 音声・点字オペレーティングシステムの基盤としての Linux

前述のディストリビューションによるソフトウェア構成の差異は、音声・点字オペレーティングシステムの研究段階に大きな影響があった。

音声合成出力を行うにはサウンドカードやサウンドドライバのサポートが不可欠である。特定のバージョンのディストリビューションでは音声合成が動作するが、アップデートを行うと音声合成がうまくいかないという問題に頻繁に遭遇した。また、日本語の扱いが、EUC コードであったり、Unicode であったりと多様であり、curses (テキスト画面の制御ライブラリ) の日本語サポート状況がディストリビューションにより扱いが異なるという問題もあった。

開発当初は RedHat Linux というディストリビューションを元に開発を行っていたが、RedHat Linux のデスクトップ版が今後リリースされないことになったため、開発の元となるディストリビューションを FedoraCore に変更した。

ディストリビューションの変更や、ディストリビューションのバージョンを変更する度に、上記のような問題に度々遭遇した。音声・点字オペレーティングシステムの開発後期は、オペレーティングシステムの出発点として使用するディストリビューションを CD-ROM 起動が可能な KNOPPIX に固定することで、ディストリビューションの差異による混乱を防ぐこととした。

ディストリビューションの多様性に翻弄された一方で、突然変異のような CD-ROM 起動が可能な KNOPPIX というディストリビューションが現れたことで、インストールをせずとも音声・点字オペレーティングシステムが利用できるという大きなメリットを享受できることになった。

昨今の KNOPPIX はさらに進化を遂げ、USB メモリからの起動も可能になっている。音声・点字オペレーティングシステムについても、USB メモリから起動できるような機能拡張を行い、さらなる利便性の向上をめざしたい。

第7章 結論

GUI が一望可能性という視覚情報の特性を利用し、画像とテキストを適切に配合して場面とフォーカスを提示するのに対し、AUI や BUI は聴覚情報や触覚情報の特性である揮発性、シーケンシャルな情報の提示に配慮するとともに、音声情報や触覚情報の言語処理可能性を生かして情報を構造化し、言語的に提示しなければならない。したがって、通常の GUI-AUI 変換、GUI-BUI 変換では優れた操作環境を提供することはできない。

三年間の研究により、高機能日本語 Linux スクリーンリーダ、エディタ、電子メールソフト、インターネットブラウザにより構成される統合環境、CD-ROM ドライブから起動できるディストリビューション・パッケージを完成させることができた。その結果、技術者はもとより、一般の視覚障害者、盲ろう者が効率的に使える音声・点字コンピュータ・オペレーティングシステムが実現した。

これによりサーバ・ネットワーク技術者、システム管理者等への視覚障害者等の一般就労を強力に支援する新しい支援技術が実現した。

一般就労等で求められる職業能力を視覚障害者、盲ろう者が余すところなく発揮しうるには優れた IT 支援技術機器が必要である。AUI と BUI を標準とするコンピュータ・オペレーティングシステムは、理解しやすく使いやすいユーザインターフェースを提供することで、視覚障害者等の就労を強力に支援することができる。本研究の成果は早急に公開して必要とする人が無償もしくは安価な費用で入手し利用できるようにする。さらには視覚障害学生に専門的な情報科学教育を提供している大学等と連携し、本システムの情報教育、職業訓練への導入支援、システムの改良を継続的に行う。視覚障害者等を雇用する企業等からの支援要請には、NPO 等を通じて継続的なサポート、トレーニングを提供できる仕組みを構築する。

また今後本研究の成果は、音声・点字携帯情報端末、ユビキタス・コミュニケータ、次世代携帯電話の開発へと発展させていく予定である。

II. 研究発表(平成 18 年度)

石川 准

「視覚障害者、盲ろう者向け音声・点字コンピュータ・オペレーティングシステムの開発」

平成 19 年 2 月 7 日 財団法人長寿科学振興財団研究成果等普及啓発事業 厚生労働科学研究費感覚器障害研究事業研究成果発表会(研究者向け)