

## 視覚障害者用スクリーンリーダ CounterVision/SR

岡田世志彦 山中克弘 上窪真一 井関 治  
okada@obp.cl.nec.co.jp  
NEC 関西 C & C 研究所

パーソナルコンピュータをはじめとする情報機器は視覚障害者にとって必要不可欠なツールとなりつつあるが、急速な GUI の普及により、情報アクセスの保証が問題となっている。我々は、GUI 環境に対応する視覚障害者用スクリーンリーダとして CounterVision/SR を開発している。CounterVision/SR は、論理構造探索および画面構造探索の 2 つの探索方式に対応している。ユーザは一般的な操作には主として論理構造探索を用い、補助的に画面構造探索を用いる。テンキー等による間接指示操作によって、対話部品の情報を音声または効果音で取得できる。特に論理構造探索では、ユーザにより重要な対話部品の選択と操作の流れに着目した探索テーブルを生成することで、一貫性のある規則に従い、効率的に探索および選択実行操作が可能である。

### CounterVision/SR: GUI Screen Reader for the Visually Impaired

Yoshihiko Okada Katsuhiko Yamanaka Shin'ichi Uwakubo Osamu Iseki  
Kansai C&C Research Laboratory,  
NEC Corporation  
1-4-24, Shiromi, Chuo-ku, Osaka 540, Japan

Computers have been beneficial tools for the visually impaired. However, rapidly spreading GUI becomes an obstacle for their information accessibility. The screen reader for GUI, CounterVision/SR, which we are developing can help them to operate GUI. This incorporated two methods for searching information, which are 1) logical structure search method and 2) layout structure search method. The former is supposed to be used mainly for the general purpose. Users with vision impairment can operate numeric keypad for controlling CounterVision/SR and get information about interaction objects through synthesized speech and/or sound effects. We proposed a special purpose search table which dynamically reflects the operational information structure and priorities of user's needs. Effective searching and selecting objects can be accomplished with this search table.

## 1. はじめに

パーソナルコンピュータに代表される情報機器は、視覚障害者の情報アクセスツールとして必要不可欠のものになりつつある。しかし、近年の GUI の普及は、視覚障害者の情報アクセスを困難にするものとして危惧されている。欧米ではすでに GUI 環境への対応のための多くの研究プロジェクトや製品が存在しているが、わが国における対応はまだ少ない。

本稿では、我々が現在開発している Windows 環境に対応する視覚障害者用スクリーンリーダー CounterVision/SR (以下 CV/SR と略す) の概要について述べる。

## 2. スクリーンリーダーの探索方式

視覚に障害を持つユーザが、音声合成や点字ディスプレイを用いて、テンキー操作などにより画面上の対話部品の情報を得るための「スクリーンリーダー」が数多く開発されている<sup>[1]</sup>。一般にスクリーンリーダーでは、OSM(Off Screen Model)と呼ばれる画面上の対話部品の構造情報を保持するデータベースに対し探索を行う。視覚障害を持つユーザはディスプレイ画面上を一覧して目的の対話部品を発見することが困難なため、スクリーンリーダーにおける対話では探索操作が大きな比重を占め、その方式がスクリーンリーダーを特徴づけている。探索方式は大きく分けて、画面に配置された対話部品のレイアウトをそのまま利用し探索する画面構造探索方式、対話部品の論理関係を利用し探索する論理構造探索方式の2つに分類できる。

またこれらの探索方式は、対話部品のポインティングの方法から、方向キーなどによってカーソルまたはポインタを移動してポインティングする間接指示型と、対話部品を直接ペンや手でポインティングする直接指示型の2つにそれぞれ分類できる。既存のスクリーンリーダーは主に間接指示型である。各方式の特徴とそれぞれを代表するスクリーンリーダーまたは GUI アクセスシステムを示す。

### (1)画面構造探索方式

画面構造探索方式は GUI 画面のレイアウトに基づいてメニューやアイコンなどの目的の対話部品を探索する方式である。画面上の対話部品の位置関係の把握が可能であるが、視覚が制限される場合には、探索や配置の規則を見出すことが困難であることから、認知的負荷が大きくなり操作の効率は期待できない。

#### (1-1)間接指示型画面構造探索

方式：画面を小領域の行と列とで区分し、テンキー操作などで行列に沿って移動することで対話部品の情報を探索する。従来の DOS 対応のスクリーンリーダーで利用された方式の影響が大きい。

代表例：outSPOKEN for Windows, JAWS for Windows, GUIB<sup>[2]</sup> など

#### (1-2)直接指示型画面構造探索

方式：画面上に配置された対話部品に対して、直接指示デバイスを利用し自由に探索を行う。操作の効率はよくないが、対話部品を直接指示することにより、その絶対位置や形状の把握が間接指示型より容易で、レイアウト情報を把握するのに適している。

代表例：Touch Sound Display<sup>[3]</sup>

### (2)論理構造探索方式

論理構造探索方式は、ウィンドウ、タイトルバー、アイコンといった対話部品の階層構造などの論理構造に基づいて目的の対話部品を探索する方式である。対話部品やタスクの論理構造の把握が容易で、探索は規則的なため、確実な探索が可能である。しかし、階層構造が深くなるにつれ認知的負荷が大きくなり、また、常に論理構造に沿ったパスを通して探索しなければならないため、より効率を追求する場合には、コマンドやマクロ機能などが必要とされる。画面のレイアウト情報の把握は困難である。

### (2-1)間接指示型論理構造探索

方式：ウィンドウとタイトルのような親子関係、同グループにある複数のアイコンのような兄弟関係などからなる GUI 対話部品の階層ツリー構造内を、テンキーや方向キーを利用した間接指示操作で移動し探索する。

代表例：Mercator<sup>[4]</sup>、Virgo、Screen Power for Windows

### (2-2)直接指示型論理構造探索

方式：GUI 対話部品の階層構造を直接指示デバイスを利用し探索する。現在この方式を主とするシステムの例は見られない。点字ディスプレイのカーソルルーティングスイッチの利用はこの方式に一部該当すると考えられる。

代表例：なし

以上の各探索方式は、それぞれ有効な場面が異なるため、状況に応じて複数の方式を、それぞれの特徴を踏まえ適用することが有効であると考えられる。

## 3. 非視覚的アクセス方式

CV/SR では、以下の各節に述べる 3 点に着目し、非視覚情報（聴覚、触覚）による効率的かつ効果的な GUI アクセス方式を提供する。

### 3.1 複数のアクセス方式の提供

アプリケーションの起動やコマンド、メニュー操作といった通常の操作は、そのためのアイコンなどの対話部品の細かい位置などに気をつかわず効率よく行えることが望ましい。しかし、一方では、ウィンドウやアイコンの位置やサイズを知りたい場面もあり得る。また視覚情報を補うために、複数の方法で違った角度から情報を確認することで情報の把握がより確実になる場合も考えられる。

CV/SR では、主として論理構造探索により通常操作を行い、視覚障害を持つユーザには付加的と考えられる位置やサイズなどの情報を獲得する場合、画面構造探索を補助的に利用する。探索方式はユーザの意図に応じて切り換え可能である。

また、使用される入出力デバイスの種類に応じた段階的な探索インタフェースを用意する。標準的な入出力デバイスであるキーボード、スピーカが利用可能な場合には、間接指示型の探索方式のためのインタフェースを提供する。さらに直接指示のためのデバイスが利用可能な場合には、より認知的負荷を軽減し操作効率を追求した直接指示型の論理構造探索、画面構造探索インタフェースを提供する。点字ディスプレイなどの出力デバイスの併用も可能とする。

### 3.2 画面情報の分離抽出と再構成

視覚障害を持つユーザにとって、GUI 画面の情報は、多様な対話部品が混在しておりそのままでは扱いにくい。画面情報を分離抽出し、ユーザの目的にあわせて再構築することが有効であると考えられる。また、ユーザにとってより重要度の高い対話部品や操作項目、コマンドのみを提示したり、冗長な操作手順を短縮したり、あるいは逆に不足する情報を補うことで、初心ユーザにも操作の容易なインタフェースを実現する。

### 3.3 視覚情報の非視覚情報への変換

非視覚的な情報提示は、その情報の重要度や特徴を考慮する必要がある。CV/SR では、(1)対話部品などのオブジェクト情報、(2)操作実行の開始、動作中、終了を示すアクションフィードバック<sup>[5]</sup>、(3)システムやアプリケーションのステータスの 3 つに提示対象を分類し、各対象についてそれぞれ設定した効果音または音声の 2 種類の方法によって出力可能である。情報出力のタイミングは主に、(1)については探索時のユーザの指定により、(2)(3)はシステム状態の変化による。

## 4. CounterVision/SR

CV/SR のシステム構成を図 1 に示す。

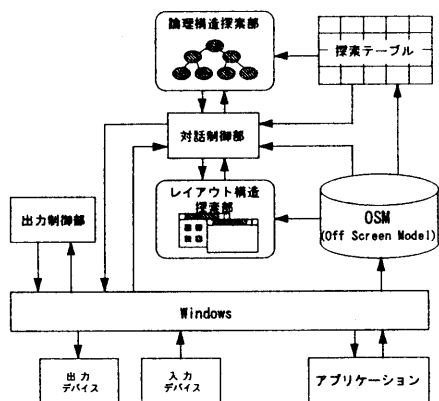


図 1 システム構成

CV/SR は、論理構造探索と画面構造探索の 2 方式を提供し、情報提示は音声 / 効果音で行う。探索は OSM 上に保持された情報を基に行われるが、特に論理構造探索では、探索のベースに OSM から生成される探索テーブルを用いる。探索方式切り換え時の整合性保持のため、画面構造探索時にも探索テーブルは更新される。

また、探索カーソル (マウスポインタ)、PC カーソル (通常方向キーなどで操作できるカーソル、メニュー選択時のハイライト表示や caret など) の 2 つを管理し、通常の探索では図 2 のようにテンキーを利用し

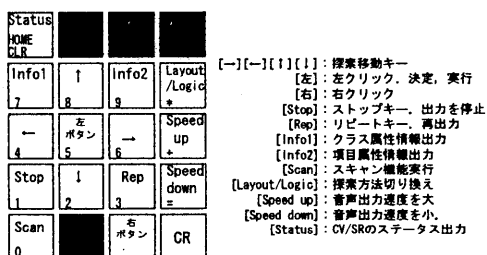


図 2 操作キー

探索カーソルを操作する。Windows のアクセスキーおよびショートカットキーによる実行も可能で、その場合、PC カーソル位置の情報を出力する。

### 4.1 OSM (Off Screen Model)

OSM はディスプレイ画面上に提示される対話部品の情報をその階層構造や配置情報も含め論理的に保持するデータベースである。CV/SR で使用される OSM は独自に開発したもので、画面上に提示される対話部品だけでなく、画面では隠れている対話部品の情報もあわせて保持する。例としては、ウィンドウのサイズの制限によってスクロールしなければ表示されないアイコンなどがあげられる。

### 4.2 探索テーブル

探索テーブルは、抽出された対話部品のツリー構造を基に、ユーザに適した対話部品および属性の選択と操作の流れを重視し、再構成したものである。探索テーブルにより、論理構造探索における操作のわかりやすさや効率が向上する。探索テーブルは、以下の 3 点に着目して構成され、ユーザの操作やシステム状態の変化に応じて随時更新される。

#### (1) 対話部品のクラスと優先度の管理

既存の論理構造探索方式は、ウィンドウ部品の構成に強く依存しており、視覚障害を持つユーザの操作にはあまり重要でない対話部品も同格に扱われていた。そこで、ユーザにとってより重要度の高い対話部品を優先的に提示する。OSM 上に保持されている全てのオブジェクトの情報から、各対話部品に対して定められた優先度に従い必要な対話部品を抽出し、探索テーブルを構成する。

表 1 に示すような対話部品のクラスを定義する。デフォルトでは、2 段階で優先度を設定した。優先度の低いハウスキーブクラスは探索テーブル上に現れない。これらのクラスの定義および優先度の設定は変更可能である。

表1 対話部品のクラス

クラス	内 容	優先度
アプリケーション	・アプリケーションウィンドウのタイトル ・最小化ウィンドウ(アイコン)のタイトル	高
子ウィンドウ	・カレントアプリケーション内の子ウィンドウのタイトル ・カレントアプリケーション内の最小化子ウィンドウ(アイコン)のタイトル	
アイコン	・カレントアプリケーション内のアイコンのタイトル ・カレント子ウィンドウ内のアイコンのタイトル	
メニュー	・カレントアプリケーション内のメニュー項目 ・コントロールメニュー中のハウスキーブクラス以外の項目 ・ツールバー、ツールボックスのアイコンなどの項目 ・CV/SR のマクロ機能により登録された項目	
リスト	・オープンしたメニューのリスト項目 ・オープンしたリストの下位のリスト項目	
ダイアログ	・ダイアログボックスの対話部品のキャプション	低
ボックス	・対話部品のうちリストボックス、コンボボックス中の項目 ・選択入力のためのエディット	
ハウスキーブ	・コントロールメニュー中の移動、サイズ変更などのウィンドウのハウスキーピングに関する項目 ・最大化、最小化ボタン ・ウィンドウ枠 ・スクロールバー	

(2) 対話部品の属性と優先度の管理

対話部品のキャプションや選択の状態、位置やサイズなど、属性の種類ごとに重要度は異なる。そこでこれらの属性種類に対しても優先度を管理する。また、各属性の出力方法(音声/効果音)を同時に管理する。デフォルト設定では各属性に対する情報提示の優先度を表2のように2段階で設定している。①～④は優先度が高く、必ず提示される。⑤～⑦は詳細情報提示操作によって提示される。さらに出力方法については、音声は男声/女声の設定、あるいは効果音セットの設定も可能である。

表2 属性の優先度の管理

属性種類	内 容	優先度
① 項目名称	・アプリケーションやウィンドウの名称。 ・メニューやリストの項目名称。 ・各部品のキャプション、ラベル。 ・ドライブ名、ディレクトリ名、ファイル名。	高
② 選択履歴	・現在の状態に到達するまで選択実行されてきたオブジェクトに付加される属性。(CV/SR 固有) ・ウィンドウについてはカレント属性を利用。 ・メニュー、リストについては選択の経緯の履歴属性。(コマンドの実行が終わるとクリアされる)	
③ 実行不可	・実行不可能となっているオブジェクトの属性。	
④ 選択中	・現在、実行対象となっているオブジェクトに付加される属性。 ・Windows 上でハイライトやフォーカスが当たっているもの。	
⑤ 固有属性	・そのオブジェクト部品について固有の属性。 ・ウィンドウのオープン、最大化、最小化やリストのチェックマーク、ボタンのデフォルトなど。	低
⑥ 部品名	・メニューバー、ボタン、リストボックスなどの部品名。	
⑦ 物理属性	・位置、サイズ、色、フォントなどの属性。	

(3) 操作構造を反映したテーブル構成

画面上の対話部品をそのまま操作する場合、メニュー項目選択などの一連の操作において、部品の形状や配置に対応した縦横方向の動きが伴う。視覚情報が得られない場合には、対話部品ごとの選択時に必要な動作の差異は認知的な負担となる。縦横の軸に一貫した論理的な意味を持たせることで、わかりやすい操作が実現できる。ここでは、直列的な操作構造、手順を縦軸(親子の階層方向)、並列的な操作の構造、手順や選択可能な操作項目およびそのクラス属性を横軸(兄弟の階層方向)として探索を可能とする。

以上の3点に着目してに構成される探索テーブルの例を示す。図3は、メモ帳→ファイル→開く→ドライブ名 という順序で選択操作を行った場合の構成例である。各列(階層)は、クラス名-項目名...項目名-項目数 という順序で構成されており、これまで選択した対話部品には選択履歴属性が付加される。

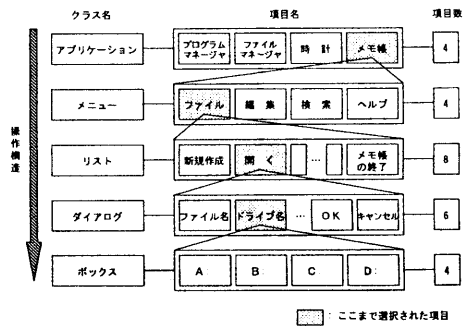


図3 探索テーブルの例

### 4.3 論理構造探索

論理構造探索では、ユーザは探索テーブルの構造に従って自由に移動し、現時点の選択履歴や他の対話部品を容易に探索し、選択操作等の実行ができる。論理構造探索では、主に以下に示す機能を提供する。また、図4に論理構造探索時の探索カーソルの移動例を示す。図中の各項目の網掛け表示はその項目ごとの最優先提示属性の違いを示している。

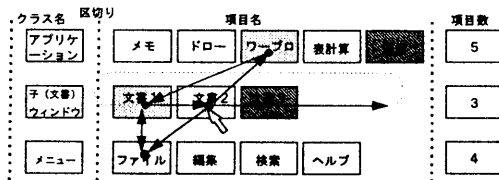


図4 探索カーソルの移動例

#### (1) 情報の提示

対話部品の情報は、探索カーソルの移動ごとに提示され、デフォルト設定では、各項目について、最優先属性→項目名の順にそれぞれ効果音および音声で出力される。探索カーソル位置の項目の他の属性情報は、ユーザが属性情報出力操作を行った場合に出力される。音による情報出力は1次元的であるため、多くの項目についてその属性と項目名の両方を音声出力すると探索効率の低下を招く。属性を簡潔な効果音で表現することで効率的な探索が可能となる。

#### (2) 階層内の移動

左右方向キーで階層内の項目間を順次移動する。図4のように左右端の項目まで移動すると反対の端へ飛ぶ。循環していることにより、操作に慣れると目的の項目に近い移動方向を利用することができる。「区切り」を越えるときには効果音が出力される。また、「クラス名」や「項目数」も同階層情報と同列に扱う設定も可能である。

#### (3) 階層間の移動

上下方向キーで階層間を順次移動する。上下端の項目まで移動するとそこで停止し、設定された効果音が出力される。上端と下端の項目は操作の流れから直接連結するものではないため循環はしない。図4の設定では、上下の移動を行うと、これまで選択された項目(選択履歴属性を持つ項目)があればそこへ移動し、なければ第1項目へ移動する。常に第一項目に移動する設定も可能である。

#### (4) スキャン機能

スキャン機能により、その時点までの選択履歴の確認と同一クラス項目の連続提示が可能である。上下方向のスキャンでこれまでの選択履歴が出力され、階層構造が深くなった場合でも容易に現在位置を把握できる。左右方向ではそのクラス(階層)の項目が全て連続的に知らされる。

#### (5) フィルタ機能

ユーザが普段あまり必要としないアイコンやメニュー項目を探索テーブル上に提示すると、操作効率を低下させる要因となる。ユーザが不要と考える項目にフィルタ属性を付加し、フィルタ機能使用時には提示されないよう設定できる。

### 4.4 画面構造探索

画面構造探索では、画面上の対話部品の配置に従い、探索カーソルが対話部品単位で移動する。主に以下の機能を提供する。また、図5に画面構造探索時の探索カーソルの移動例を示す。探索テーブルには提示されないハウスキープクラス(表1)も探索対象に設定できる。

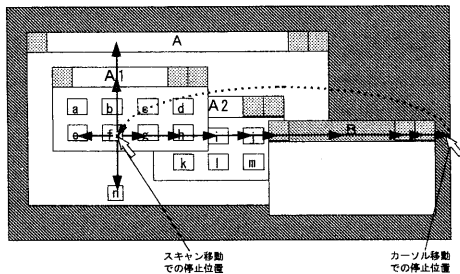


図5 探索カーソルの移動例

(1) 探索カーソルの移動と情報の提示

対話部品の情報は、探索カーソルの移動ごとに提示され、移動した対話部品の項目名または部品名が音声出力される。上下左右方向キーでその方向にある対話部品に部品単位でジャンプ移動し、その方向に対話部品がない場合は探索カーソルは画面端で停止し、画面端ごとに設定された効果音が発音される。図5の例では、アイコンfの位置で右方向への移動を続けると、アイコンg, h, i, j, コントロールメニューボタン, タイトルバー, 最小化ボタン, 最大化ボタン, 画面右端の順にジャンプする。これにより、対話部品同士の縦, 横の配置の関係を把握できる。また、対話部品単位で探索するため、ピクセル(画素)単位での探索より効率的である。

対話部品の属性情報については、その対話部品上でユーザが属性情報出力操作を実行することで設定された方法で出力される。

(2) ピクセル単位移動機能

対話部品の位置の微妙なずれなどによって、対話部品単位では移動ができない場合があるため、ピクセル単位での移動機能が必要となる。新たな対話部品の領域に入るとその対話部品の項目名または部品名を音声出力する。ある対話部品の領域から出たときに背景, ウィンドウ背景領域に入った場合は、それぞれ「背景」, 「ウィンドウ背景」と音声出力する。探索カーソルの移動速度を等速に設定すれば、対話部品間の位置関係だけでなく、距離を把握する補助手段ともなる。

(3) スキャン機能

スキャン機能では、方向キーで指定した方向にある対話部品を画面端まで順に音声出力する。出力後、探索カーソルは元の位置に戻る。図5の例ではアイコンfの位置から右方向へ各対話部品の項目名を出力していき、最後にアイコンfへ再び探索カーソルが戻ることになる。対話部品の位置が微妙にずれているような場合に、ピクセル機能と併用して対話部品を探索するために有効な機能である。

(4) フィルタ機能

フィルタ機能使用時は、あらかじめフィルタ属性が設定された対話部品に対しては探索カーソルが移動しない。また、カレントウィンドウ内の対話部品以外の対話部品には探索カーソルが移動しないため、探索範囲が限定され効率的に探索可能である。

## 5. 直接指示型への拡張

標準的な入出力デバイス構成のCV/SRにタッチスクリーンを加え、これを利用することで直接指示による論理構造探索方式を可能にする。

### 5.1 直接指示型論理構造探索

GUIにおいて視覚障害のユーザによる直接ポインティングを困難にしている要因は、多様な対話部品が様々な位置に配置されているため、個々の位置を予測できないこと、部品のサイズが大変小さいこと、マウス等のデバイスでは絶対位置が把握できないことなどがあげられる。

一方、間接指示型の論理構造探索は、画面構造探索と比較すれば規則的で確実な探索が可能であるが、階層が深くなると認知的な負担が大きくなることや、決まったパスを通過してしか探索できないという問題点がある。

直接指示型への拡張では、探索テーブルの論理構造をタッチスクリーンの2次元平面上に展開することで、直接ポインティング操作を可能にする。

一貫性のある論理的な意味を付加して探索テーブルを空間上に展開することで、その規則に従い確実な探索を可能とする。また、項目数（タッチスクリーン上のキー数）をフィルタ機能を利用して制限することで、十分な大きさのキーを確保し、容易に目的の項目を直接ポインティングすることを可能とする。

これにより、ポインティング位置の情報を補助的に利用し、探索中の階層の把握や、タスクの構理解が容易になるなど、認知的な負担が軽減されることが期待される。また、決まったパスを通らなければならない間接指示型探索と比較し、目的となる対話部品に直接アクセスできるため操作効率が向上すると考えられる。

視覚障害のユーザのタッチスクリーン上のキーに対するポインティング能力と、有効な情報の空間展開の方法については今後、実験等によって引き続き調査検討を必要とする。

## 5.2 探索テーブルの展開と探索

図3の探索テーブルの展開例を図6に示す。クラス名、項目名、項目数を示すキーからなる反応域と、触れても反応しない無反応域からなる。

タッチパネル上のキーに触れると、間接指示型論理構造探索に準じた出力が得られる。対話部品の選択実行は、その項目キー上で手を離すことで行われる。実行したくない場合には、無反応域で手を離す。

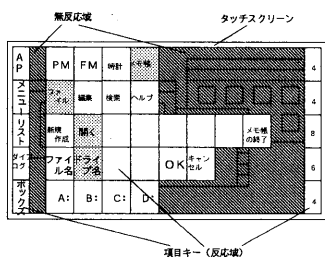


図6 探索テーブルの展開

## 6. おわりに

CounterVision/SRの概要について述べた。現在、視覚障害を持つユーザグループの協力を得て、開発を進めている。今後は、実装した間接指示型探索機能に視覚障害者用かな漢字入力機能、文書領域の情報獲得機能、点字ディスプレイ出力機能を加え、総合的な評価を実施する。

さらに、直接指示型論理構造探索機能の有効性を確認し、並行して開発を行っている直接指示型画面構造探索方式の Touch Sound Displayとの融合により、統合視覚障害者用 GUI アクセスシステムである CounterVision を構築する。

なお、本研究開発は、通産省工業技術院の産業科学技術研究開発制度に基づき、「医療福祉機器技術研究開発」の一環として、新エネルギー・産業開発機構（NEDO）からの委託により実施したものである〔6〕

## 参考文献

- [1] 石川：GUI用スクリーンリーダーの現状と課題—北米と欧州の取り組みを中心に、情報処理（掲載予定）。
- [2] E.D.Mynatt,G.Weber:Nonvisual Presentation of Graphical User Interfaces: Contrasting Two Approaches, CHI'94 Conference Proceedings, pp.166-172, 1994.
- [3] 山中 他：視覚障害者用 GUI 端末、情報処理学会第50回全国大会講演論文集、5T-4, 1995.3.
- [4] W.K.Edwards,E.D.Mynatt:An Architecture for Transforming Graphical Interfaces, UIST'94, pp.39-47, 1994.11.
- [5] 和気 他：GUIのための音響ディスプレイ装置“Touch Sound Display”の試作、情報処理学会第49回全国大会講演論文集、3N-02, 1994.9.
- [6] 井関 他：障害者対応マルチメディアシステムの開発、Pin 第16号, pp.68-71, 1995.7.