

Behind Touch : 携帯電話のための背面・触覚操作インタフェースの開発

平岡, 茂夫

<https://doi.org/10.15017/458910>

出版情報 : Kyushu University, 2004, 博士 (芸術工学) , 課程博士
バージョン :
権利関係 :



第5章

Behind Touch 2：視覚障害者のための 触覚・音声による携帯電話インタフェースの開発

5.1 はじめに

Behind Touch は、タッチセンサを利用した入力デバイスおよび画面インタフェースから構成されるシステムである。第3・4章では、健常者を対象とした Behind Touch 携帯電話を開発して、その実用性を確認した。このインタフェースでは、背面に配置した凸ボタンの感触と、ディスプレイからの視覚情報によって操作を行う。ディスプレイには、触れているボタンの位置とその機能が表示されるので、ボタンを直接見なくても、直接操作に近い操作感が得られる。本章では、このディスプレイからの視覚情報を音声フィードバックに置き換えることで、全盲の視覚障害者がより快適に使用できる携帯電話インタフェースの開発を目的とする[8]。試作機を使用して、携帯電話入力方式による文字入力の実用性についての検討を行う。また、現在の携帯電話入力方式になじめないユーザ層に対しても、慣れや学習が少なく操作することのできるインタフェースを提案する。

平成16年9月末の携帯電話契約数約8400万[9] に対し、視覚障害者数は平成13年現在で30.1万人（内全盲59.5%、弱視40.2%、不明0.3%）[10]であり、決して大きな市場であるとはいえない。しかし、携帯電話は、いつでもどこでも利用できるコミュニケーションツールとして視覚障害者の生活必需品となっている。携帯電話が登場するまでは、視覚障害者が出先で電話をかけるのは困難であった。平成15年9月に発売された携帯電話NTT Docomo「らくらくホンIII (F672i)」は、大きな文字表示や読み上げ機能を搭載しており、初心者や高齢者だけでなく視覚障害者を意識した唯一の製品となっている。そのため、多くの視覚障害者が「らくらくホン」シリーズを使用している。平成16年9月発売の「FOMA らくらくホン」は、ビデオメールやボイスメール機能が追加され、文字以外でのコミュニケーション機能に期待を持たれている。しかし、

健常者どうしでのメールのやりとりと同様に、視覚障害者もメールを使いたいという要望は大きい。画面インタフェースの文字を見ることができない全盲の視覚障害者にとっては、操作のためのメニューや受信したメールの内容を知るには、音声機能が不可欠である。現在の「らくらくホン」の読み上げ機能による音声フィードバックは、全盲の視覚障害者にとって十分なレベルとはいえない。特にメール作成では、文字入力中に音声フィードバックはなく、文字を入力した後にしか文章を確認できない。カーソルの位置を確認できない視覚障害者は、後から文中の一部を修正できない。ボタンを押した時点で画面に入力された文字を発声させる機能を搭載したとしても、キー入力は従来通りボタンのホームポジションの触覚とキー配列の記憶を頼りに操作を行うこととなる。タッチセンサを活用した Behind Touch では、キーを押す前のキーに触れた時点で、音声によりそのキーの機能を知ることができる。

また、スピーカからの読み上げ音声は、静かな室内でなければ聞こえない。街中や乗物の中で、音声を聞くことは困難である。音量を上げることができたとしても、周囲に内容を聞かれたり、目立つなどの問題がある。柳川リハビリテーション病院眼科の協力により視覚障害者の携帯電話使用状況についての調査を行った結果、周囲の音が聞こえにくくなるイヤホンの使用は、出先では好まれないことが分かった。Behind Touch は、背面操作であるため、通話中の姿勢で受話器のスピーカから音声を聞きながら人差し指で操作が可能である(図5.1)。

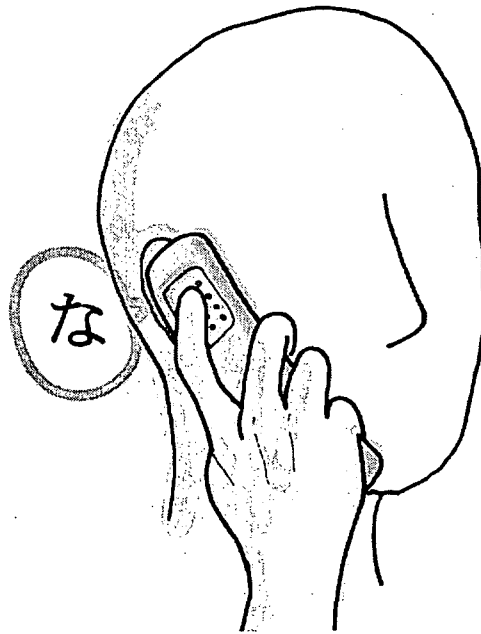


図 5.1 通話スタイルでの操作

5.2 Behind Touch 試作機

通常の折りたたみ型携帯電話の横幅が約5cmであるのに対して、内部に使用しているタッチパネル部品の制約から、試作機の幅は6.5cmである。よって、第2章で制作した試作機から角をさらに丸めることで手に持った感じを改善した（図5.2）。操作ボタンは、背面に配置し、人差指で操作を行う。触れたボタンを音声で確認した後に、そのボタンを押して実行操作を行う。12キーの間隔は、第2章での快適な人差指の可動範囲の研究から横5.5mm・縦5mmとした。12キーの配列は、画面表示と整合性を取るために表のディスプレイ側から見て携帯電話と同じである。また、12キーの左上に「クリア」ボタン、右上に「読上げ」ボタンを配置した（図5.3）。

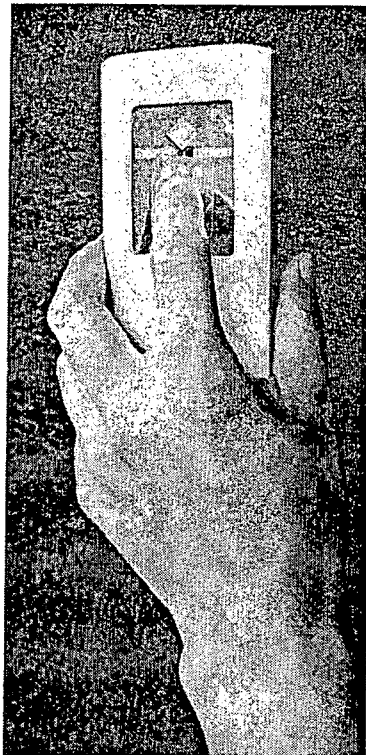


図 5.2 試作入力デバイス

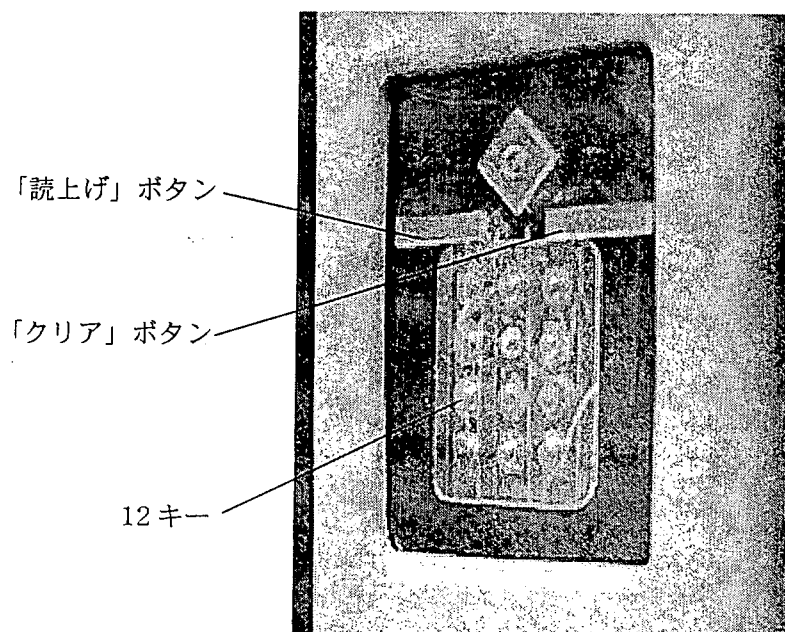


図 5.3 試作入力デバイスの操作面

5.3 音声インタフェースの開発

ボタンに触れた時点で音声による確認が可能となる機能を Touch & Voice (図 5.4) と名付けた。操作に必要な音声フィードバックには、以下の3つの役割が考えられる。

- 1) ボタンに触れることによって、必要なボタンを探し、その機能の確認を行う。
- 2) 必要なボタンを押して実行したことの確認。
- 3) ボタンを押した後に行われた処理の確認。

機能やフィードバックの内容によっては、2) と 3) は共通で一つにまとめることができる。これらの点に留意して、携帯電話入力方式のひらがな文字入力のソフトウェアを制作した。

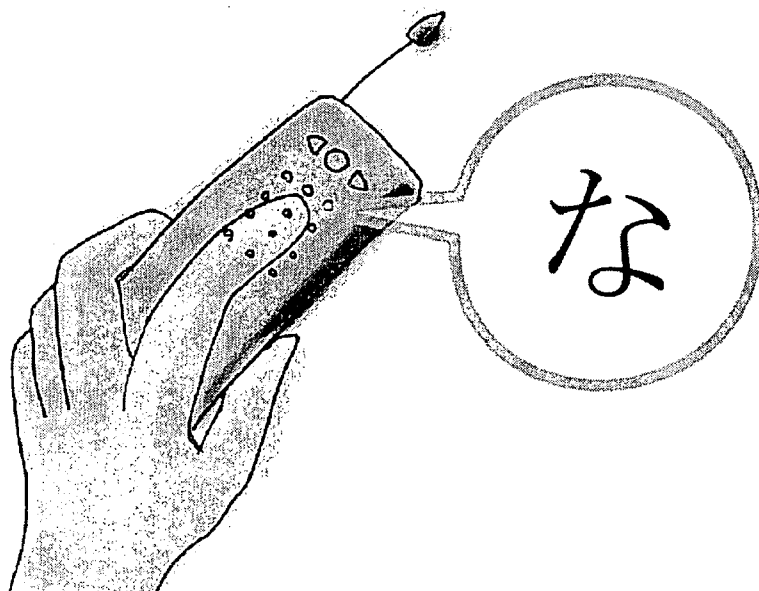


図 5.4 Touch & Voice

5.3.1 携帯電話入力方式

12キーの何れかに触れると、そのボタンに対応した行「あ、か、さ、た、な、、、」を発音する。試作機では、女性の声をパソコンに録音したデータにより、ボタンに触れた時点とボタンを押した時に、フィードバックの発音を行う。操作に対する音声フィードバックの内容を図 5.5 に示す。

「な」のボタンに触れた後、複数回ボタンを押すことによって「な、に、ぬ、ね、の」と段選択の音声フィードバックが行われる。この時、行と段の選択操作の違いをより明確にするために、行選択の場合は2声（3度）による和音、段

ボタン	ボタンに触れた時の発音内容	ボタンを押した時の発声内容
12キー	各ボタンに対応した行の「あ」段の文字（和音）。 「あ、か、さ、た、な、は、、、」	選択された段の文字（小文字は高い音）。「た」行の場合、「た、ち、つ、て、と、っ」
濁音・半濁音	「だくおん」	濁音・半濁音に変換された文字。 「は」の場合、「ば、ぱ、は」
記号	「きごう」	「てん、まる、ちょうおん、クエスチョンマーク、、、」
クリアボタン	「クリア」	・短押し「※を消去しました」 ・長押し「全文消去しました」
読上げボタン	「読上げ」	・短押し「句読点から読み上げ」および入力文の読上げ ・長押し「全文読み上げ」および入力文の読上げ

図 5.5 ボタン操作と発声内容

選択時は単音で発声を行うこととした。また、「っ」などの小文字は、少し高い音（4度）にすることによって大文字との違いをつけた。これまで、全盲者にとって知ることのできなかつた記号文字も「てん、まる、ちょうおん、クエスチョンマーク、、、」と読み上げる。

クリアボタンを押すと、文章の最後の1文字を消去し、「※を消去しました。」を発声する。クリアボタン長押しで、全文消去の機能とした。この場合、「全文消去しました。」を発声する。

読上げボタンの機能は、短押しで「句読点から読み上げ」、長押しで「全文読み上げ」の機能とした。入力エラーをした場合、修正するために消去する文字を音声で知る必要がある。修正を行いたい箇所は主に文章の最後であるため、文章の終わり辺りにある句読点から後を読み上げる「句読点から読み上げ」の機能を付加した。

5.3.2 音声スクロール入力方式

視覚障害者に限らず、パソコンでのキーボード操作に慣れたビジネスマンや情報機器に不慣れな中高年齢層にとって、現在の携帯電話の複数回同じボタンを押さなければならない文字入力方法には、抵抗があるのではないだろうか考えた。そこで、クリック数が少なく簡単で分かりやすい文字入力方法として、スクロール入力方式を提案する。行の選択は、これまでの試作機と同じく12キーに割り当てられた行「あ、か、さ、た、な、、、」のボタンに触れる方法である。次に、選択した「な」行のボタンを押し続けると「なにぬねの、、」と音声流れる（図5.6）。ボタンを押すのを止めた時点で確定となる。ボタンには、触れたままである。読み上げの間隔は、0.5秒を標準とした。慣れに合わせて早い入力ができるように、1/30秒単位で読み上げ間隔の時間調節が可能である。スクロール入力方式のもう一つの特徴として、携帯電話入力方式と併用できる



図 5.6 スクロール入力方式

ことが挙げられる。入力方式の設定を切替えることなしに、複数回ボタンを押した場合には携帯電話入力方式に、ボタンを押し続けるとスクロール入力方式となるようにした。

ボタンを押す回数が少ない入力方法として、第2章で述べた行・段入力方式がある。「か」行を選択してボタンを押すと、12キーの機能が「か、き、く、け、こ、、、」に変化する方式である。この方式の音声インタフェースでは、12キー全ての機能が頻繁に変化するため、音声フィードバックだけでは操作が困難であった。音声インタフェースは、ボタンに割り当てられる機能が頻繁に変化する操作方法には適さない。

5.4 試作機によるフィールドテストと改善

柳川リハビリテーション病院眼科および患者さんの協力により、診察の待ち時間や、平成15年11月に開催された北九州視覚障害者研究会シンポジウムの展示会場で、視覚障害者によるフィールドテストを行なった(図5.7)。調査は、障害の状況や携帯電話・パソコンの使用状況の質問を行ないながら、試作機の使用方法の説明、試作機でひらがな文字入力を行ない、その操作性についての意見・感想を得る方法で行なった。被験者は、24名(全盲者8名、弱視者16名)である。

5.4.1 Touch & Voice の問題点とその改善策

Behind Touch は、操作面に触れたまま操作を行なうため、次のボタンを探

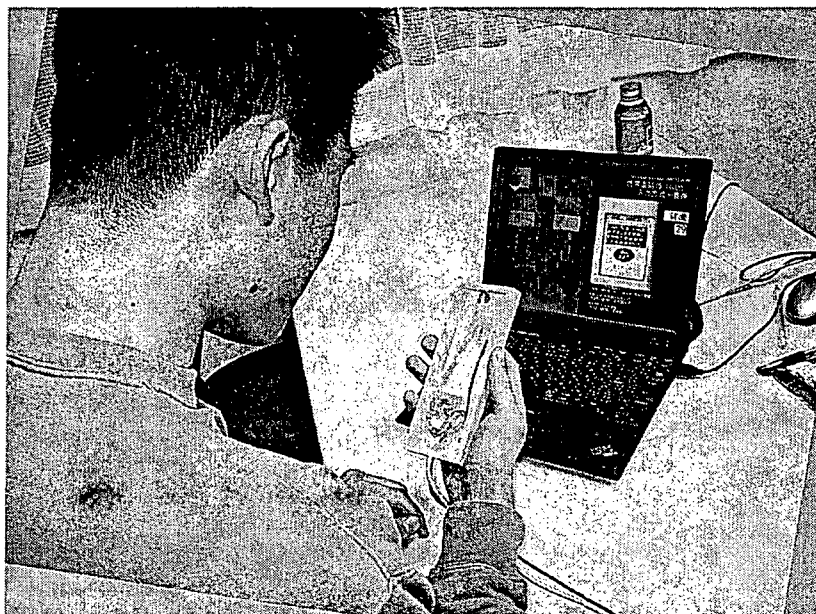


図 5.7 柳川リハビリテーション病院眼科でのフィールドテストの様子

して指を移動させる時に他の多くのボタンに触れる。よって早い操作を行なった場合、触れた全てのボタンに対する音声フィードバックが短時間に行われてしまい、音声による認識が困難となる場合がある（図 5.8）。

この問題を解決するためには、確実な操作のみに音声フィードバックが発せられる機能が必要なので、一定時間以上ボタンに触れた時のみ発声を行なう方法を試みた。この方法では、ボタンに触れてから少し遅れて音声フィードバックが聞こえてくる。速い操作では、この遅れが操作に影響を与える可能性がある。予備実験から、0.25 秒以上ボタンに触れている場合にフィードバックの発声を行なうこととした。また、音声フィードバックの遅れを感覚的に解消するために、ボタンに触れた瞬間に「ピ」と小さな音が出る機能を付けるアイデアを加えた（図 5.9）。

5.4.2 12 キー配列における左右逆の問題

Behind Touch は、表のディスプレイ側から見たボタン配列を基準としているため、ボタンのある裏から見ると左右逆の 12 キー配列である。キー配列の説明を理解しているにもかかわらず、全盲者および視覚をあまり頼りにしていないと思われる弱視者は、ボタン配列が左右逆であることに違和感を持っていた。詳細な視覚情報を得られない障害者の場合、日常生活において透けて見えている状態を想像することが少なく、このような健常者との感覚の違いがあるのではないかと考えられる。一部の健常者にも、この左右逆の問題が存在する。また、通話スタイルでの操作（図 5.1）では、健常者でもボタン配列が左右逆になる場合がある。この問題に対しては、ソフトウェアの設定で左右逆のモードを選択できる機能を追加した。



図 5.8 多すぎる音声フィードバック

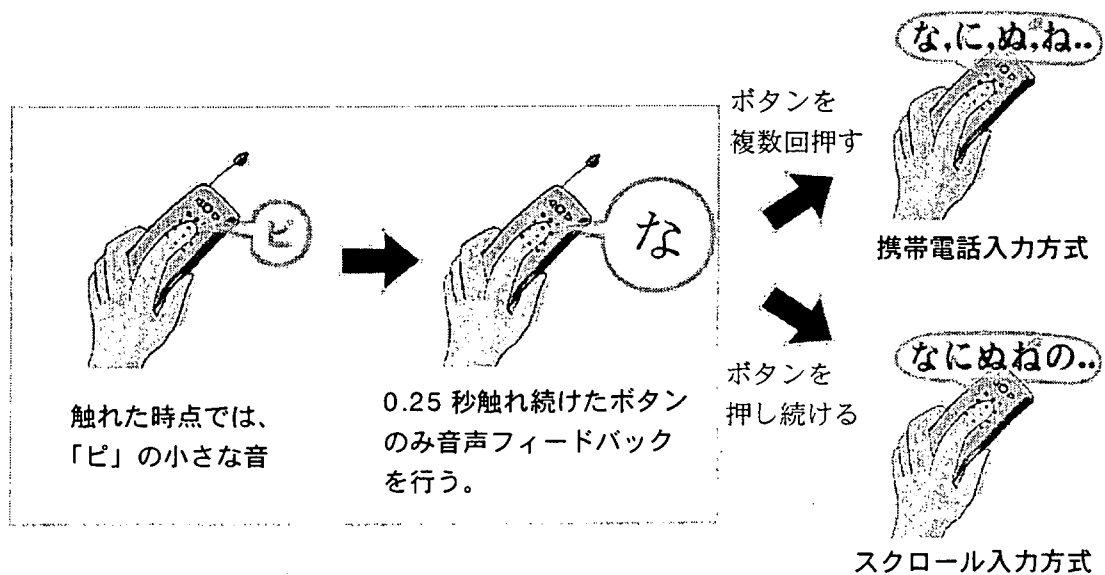


図 5.9 改善後の携帯電話入力方式とスクロール入力方式の操作の流れ

5.5 試作機の評価

試作機を用いて、以下の評価を行う。

- 1) 従来の携帯電話と Behind Touch + 音声インタフェースの比較
- 2) Touch & Voice 改善前・後の比較
- 3) スクロール入力方式の評価

5.5.1 実験方法

以下の条件でひらがな文字入力の比較を行った。

- a) 携帯電話入力方式・音声インタフェースなし。被験者が所有する携帯電話または「らくらくホン III」を使用し、携帯電話を見ないで文字入力を行う。全盲者による携帯電話文字入力と同様の条件とする。漢字変換や入力の自動化機能を避けるため、カタカナモードを使用する。
- b) Behind Touch・携帯電話入力方式・音声インタフェースあり。ボタンに触れた瞬間にそのボタンに対応した行「あ、か、さ、た、な、、、」を発声する。Touch & Voice 改善前のインタフェース。
- c) Behind Touch・携帯電話入力方式・音声インタフェースあり。ボタンに触れた瞬間に「ピ」と小さな確認音を発した後、0.25 秒以上そのボタンに触れた時のみ、行「あ、か、さ、た、な、、、」の発声を行う改善を行ったインタフェース。
- d) Behind Touch・スクロール入力方式・音声インタフェースあり。Touch & Voice 機能は、c) と同じ。被験者の入力速度に合わせて、「か、き、く、け、、、」（「か」行の場合）を読み上げるスピードは、0.25 秒間隔とした。ノートパソコンのスピーカからの音声フィードバックを頼りに、ボタンや画面を見ないで入力を行う。これらのインタフェースを用いて、「きんきゅうの

しょうひんかいはつかいぎをおこないます。」を入力する時間と入力エラーを測定した。基本的な文字入力の比較を行うことが目的であるため、複雑な操作を避けて同じ行の文字が連続しない例文とした。

被験者は、8名の健常者である。健常者と視覚障害者とは、現状の携帯電話の文字入力における習熟に違いがあるかもしれない。視覚情報のない条件下では、携帯電話に慣れた視覚障害者の方が健常者よりも習熟度が高い可能性がある。よって被験者は、日常的に携帯電話メールを使用している者とし、視覚障害者との条件が近くなるように、十分に入力練習を行った後に実験を行った。また、実験を繰り返すことによって操作の習熟度が上がり入力時間が短縮される傾向があったため、各条件でのタスクを10～20回程度行い、安定した終盤5回の入力時間をサンプルとして用いた。

5.5.2 実験結果

各条件での文字入力時間平均を図5.10に示す。インタフェースの違いによる入力時間では、分散性が等しくなく、Welchの分散分析 ($p < 0.05$) では有意差が認められなかった。

エラー率を図5.11に示す。全盲の障害者は、後から文中を修正できないので、修正したい場合には全文を入力し直さなければならない。よってエラー率は、例文入力回数を100%として、1文字のエラーでも例文1回のエラーとして計算した。エラー率では等分散性が確認されたので、Tukey-KramerのHSD検定 ($p < 0.05$) による多重比較を行った。a)視覚・音声情報なしでの携帯電話とc) Behind Touch + 改善を行った音声インタフェースにおける入力エラー率は、50%から13%に軽減した。a)の条件下では、被験者は入力エラーがあっても知ることができず、見えている時と同等の速度で闇雲に入力しようとして多くの入力エラーをしている。視覚障害者は修正が難しいので、入力エラーを避ける

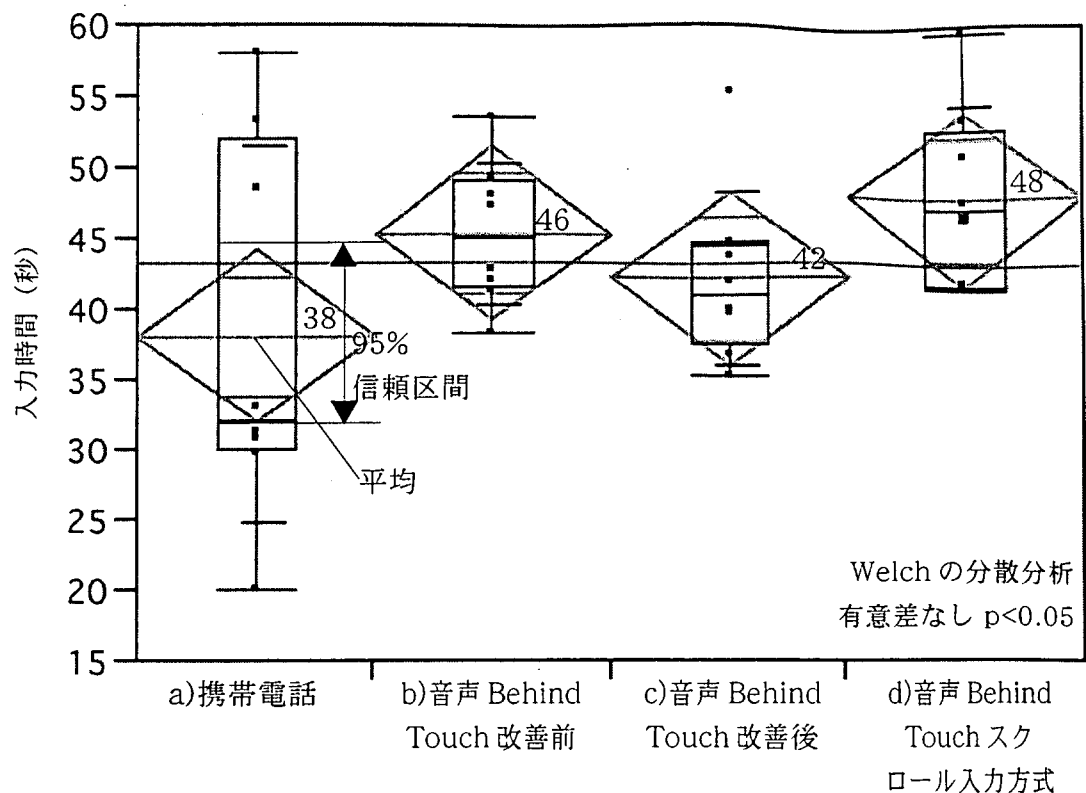


図 5.10 音声フィードバック・入力方法の違いによる文字入力時間 (秒)

ために、より慎重に時間をかけて文字入力を行っているのが現状である。

5.5.3 考察

入力時間の比較では、a)携帯電話での入力時間のばらつきに比べて、b) c) d) 音声 Behind Touch による入力時間は、ばらつきが小さい。これは、各被験者の携帯電話文字入力の習熟度に差があったのに対して、音声 Behind Touch で の練習量および習熟度の差が少なかったことが原因であると考えられる。

Touch & Voice の b)改善前・c)改善後の比較では、入力エラー軽減の効果が得られた。被験者からは、改善によって音声によるボタン認識が容易になり

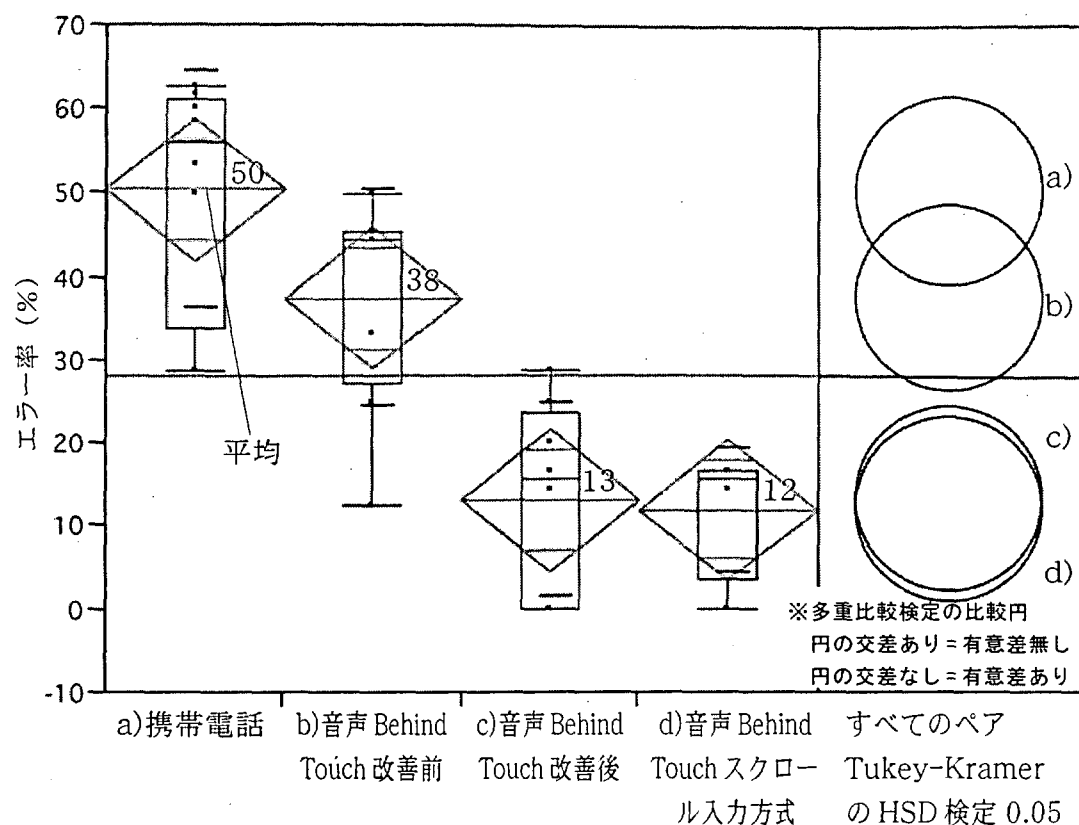


図 5.11 音声フィードバック・入力方法の違いによる文字入力エラー率 (%)

使いやすくなったという感想が聞かれた。視覚障害者によるフィールドテストでは、改善策のデメリットである音声フィードバックの0.25秒の遅れを問題として指摘する者はなく、音声フィードバックが多すぎる問題は解消された。

スクロール入力では、読み上げる速度によって、入力に一定の時間がかかる。また、読み上げ速度を上げすぎると、ボタンを押すのを止めるタイミングが合わず次の文字が誤入力されてしまう問題があり、入力効率は高くない。しかし、入力エラーは少ない。被験者からは、入力が簡単でわかりやすいという感想と、速く入力を行いたいため携帯電話入力方式を使いたいという感想が聞かれた。

携帯電話のメールをこれから始めるユーザのための簡単入力としての役割が期待できる。

5.6 今後の展望

音声インタフェースは、全盲者にとっては不可欠な機能である。また、全盲者が見ることのできない画面表示は、介助者が内容を読んだり機能設定を行う場合に、必要となる。表示を視覚で確認可能な弱視者には、音声インタフェースは必要ない。しかし、視覚障害者の視力の状況や変化の程度は様々であり、柳川リハビリテーション病院で行なわれているパソコン教室では、参加した弱視者に対して画面の拡大機能と併用して読み上げ機能を利用することを勧めている。本章での試作機は、弱視者に対応するために画面インタフェースの改善も行なっている。表示文字は大きく、弱視者に最も良く見えるとされている黒地に白文字とした（図5.12-5.14）。選択された行の表示は、次のボタンが探せる程度に大きく（図5.13）、指の移動のない段選択時にはさらに大きく表示を行なう（図5.14）。段選択の拡大表示は、このままでは次に選択したいボタンが確認できないため、ユーザの操作が0.5秒程度無い場合や、別のボタンを選択した場合には図5.13の表示に戻る機能とした。この機能は、弱視の障害者に好評であった。障害の程度によって、読むことのできる文字の大きさは異なる。障害の状況に合わせて、インタフェースのカスタマイズを行なう機能が必要であろう。

拡大表示機能や読み上げ機能を持たせたパソコンは、視覚障害者にとって今後点字に取って代わるかもしれないほどの重要なツールである。しかし、文字入力を行なうためにはパソコンキーボードによるブラインドタッチを学習する

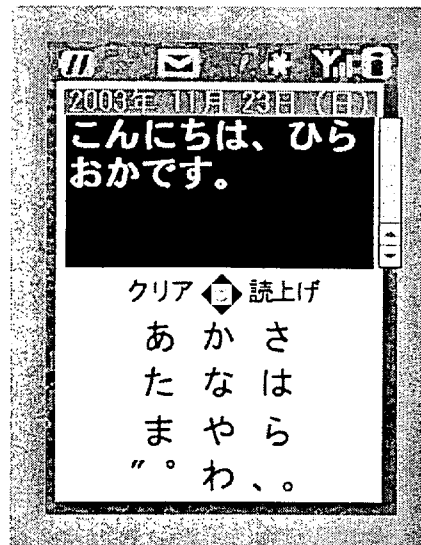


図 5.12 文字入力画面

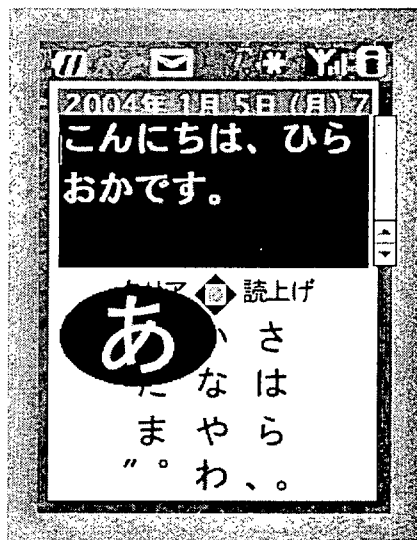


図 5.13 行選択の拡大表示



図 5.14 段選択の拡大表示

必要がある。パソコンキーボードのキー配列を学習するよりも、本研究での12キーによる入力方法の方が簡単に習得できる。また、入力デバイスが小型であるため、出先にデバイスを持って行けば職場やインターネットカフェなどのパソコンに接続して使用することも可能になるであろう。