

ステレオカメラを用いたタッチパネル操作支援システムの構築

非会員 久野 素有* 正員 山下 淳**
非会員 金子 透**

Assisting System in Touch-Panel Operation Using Stereo Camera

So Kuno*, Non-member, Atsushi Yamashita**, Member, Toru Kaneko**, Non-member

In this paper, we propose a system that can be used to simplify touch-panel operation for people with visual disability. In the system, a user specifies the target button on the panel by a verbal input. The system detects the button and user's fingertip by analyzing images obtained through a stereo camera. The system helps in guiding a finger to the panel by indicating the direction of motion of the fingertip relative to the panel through sounds generated in a headphone. To devise an efficient navigation method, ways to indicate the direction of motion of the finger, different types of navigation sounds, and ways to indicate the distance between the finger and the panel were considered. The experiment showed the effectiveness of the proposed system and the average navigation time for the most efficient method was 9.7s.

キーワード：タッチパネル, 視覚障害, ステレオカメラ, 誘導

Keywords: touch panel, visually disabled, stereo camera, navigation

1. 序 論

視覚障害者は日常生活を送る上で、不便と思われる場面が多々ある。視覚障害者の生活の支援をするための研究として、超音波センサにより障害物を捕らえ、多数の振動モータを介して障害物の存在を利用者に伝える研究⁽¹⁾⁽²⁾や身に着けた小型カメラにより取得した周囲環境の様子を3次元音響を用いて伝える研究⁽³⁾等の行動支援を目的とした研究や、カメラを利用し文字情報を取得することで視覚障害者が周囲環境を把握するための研究⁽⁴⁾⁽⁵⁾等の情報獲得を目的とする研究がある。しかしながら、これらの研究だけでは視覚障害者の生活環境における事細かな要求に対応することが出来ないため、まだまだ多くの研究開発が必要である。

その一例としてタッチパネル機器の操作がある。現在では、銀行のATMや病院の受付端末等の機器でタッチパネルが利用されており、様々な機器でタッチパネル化が進んでいる。タッチパネル操作は日常生活を送る上で必要不可

欠なものとなりつつある。タッチパネルにはボタンのような凹凸が無く、触れて位置情報を読み取ることができない平面的な画面である。また、タッチパネル上に点字を併記することができないため、視覚障害者は触れてボタンを認識することもできず操作は困難となる。この問題を解決する方法として第三者の補助を受けるという方法もあるが、個人情報漏洩の観点から好ましくない場合が考えられる。

タッチパネル操作を支援する研究として、視覚障害者向けATMの研究⁽⁶⁾や視覚を使わない複写機の新しい設定操作方法の研究⁽⁷⁾等がある。これらの研究は、テンキーと音声案内による補助入力システムを機器に搭載するなど、機器を工夫することにより視覚障害者でも利用可能とするものである。このような視覚障害者向けタッチパネル機器は開発されているが、視覚障害者向けではないタッチパネル機器も数多くあり、まだ利用可能な環境は限定されている。

テンキー等は使わず、タッチパネル画面上方にカメラを設置して、聴覚フィードバックにより利用者の指を操作対象のボタンへ誘導する研究⁽⁸⁾もある。しかし、カメラの固定やタッチパネル領域や指を検出するためのマーカーを設置する等の準備が必要である。

本研究では、視覚障害者向けではないタッチパネル機器を視覚障害者が単独で操作を可能とする支援システムの構築を目的とする。システムは、利用者に装着してもらうステレオカメラ等の機器を用いて、マーカーを設置せず、得られた画像からタッチパネルのボタンと指を検出し、聴覚

* 静岡大学大学院工学研究科機械工学専攻
〒432-8561 静岡県浜松市中区城北 3-5-1
Department of Mechanical Engineering, Shizuoka University
3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8561

** 静岡大学工学部機械工学科
〒432-8561 静岡県浜松市中区城北 3-5-1
Department of Mechanical Engineering, Shizuoka University
3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8561



Fig. 1. System components.

情報を与えて誘導する。

2. システムの概要

機器の構成を Fig.1 に示す。利用者はマイクを介した音声入力によりシステムに指示を与える。システムはステレオカメラから画像を取得し、タッチパネル操作の誘導に必要な情報を取り出した後、この情報を信号音や音声でヘッドホンに出力する。利用者はこのヘッドホン出力から得られる情報を基にタッチパネル操作を行う。

前提条件として、ステレオカメラはタッチパネル画面に向けられ、その全景を映していることとする。

3. システムの処理手順

タッチパネル操作支援システムの処理手順を Fig.2 に示す。前処理として、ボタンがタッチパネル上どのように配置されているかを記録する平面マップの作成と、システムと利用者が認識している方向のずれを無くすための座標合わせ処理を行う。それから利用者はタッチパネル上の操作するボタン名を音声により入力する。システムはステレオカメラから画像を取得し、得られた画像からボタン及び指先の検出を行い、各々の3次元座標を算出する。求めた3次元座標から指先と操作するボタンの相対位置を計算し、相対位置情報に基づいた誘導音を生成してヘッドホンに出力する。以降、画像取得から誘導音出力までの処理を繰り返す。利用者は逐次更新される誘導音を頼りに、指先をボタンの位置まで移動させ、タッチパネル操作を行う。

〈3・1〉 人とシステムの認識している座標系合わせ 利用者の認識している座標系とシステムが認識している座標系がずれている場合では、正しく誘導できないため、システムの座標系を修正する必要がある。修正するために、利用者には誘導前に利用者が認識している正面方向を指で指してもらい、その方向を抽出する (Fig.3)。そして抽出した正面方向をもとに利用者の認識している座標系とシステムが認識している座標系が一致するようにシステムの座標系を修正し、正しく誘導できるようにする。

〈3・2〉 操作するボタン名の指示 タッチパネル操作を支援するために、システムは利用者が操作しようとするタッチパネルのボタンを知る必要がある。まず、システムは利用者の音声入力により目的とするボタンの数字、或い

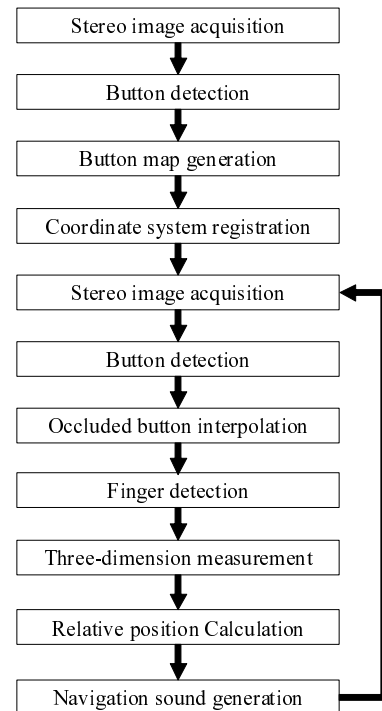


Fig. 2. Processing flow.

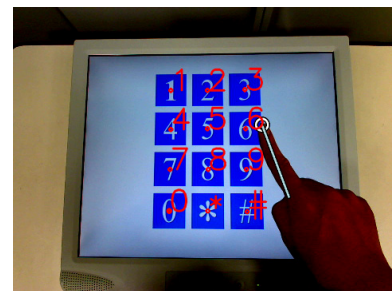


Fig. 3. Detection of finger direction.

は記号が伝えられる。これだけではシステムが正しく入力を認識したのかが確認できないため、システムは認識した数字を音声出力により復唱する。復唱した数字が誤ったものであるなら、利用者に再度数字を入力してもらう。尚、誤動作防止のため、音声入力の際、利用者に機械スイッチを一度クリックしてもらってから行う。システムはクリック後に発せられる利用者の一単語のみを認識するように設定されている。

〈3・3〉 タッチパネルボタンの検出 現状のタッチパネル機器のタッチパネル入力 (特に銀行のATM等) では1文字を入力するケースも多く、ボタン検出の基礎段階として、1文字のボタンの検出を行う。ステレオカメラにより得られた画像から、タッチパネル上の文字を認識することでボタンを検出する。画像から文字情報を抽出するにあたり文献⁽⁴⁾に基づく手法を用いた。文字が持つ一般的な特徴のアスペクト比、背景と黒字部のバランスなどで閾値をとって照合し、原画像から同様の特徴を持つ領域を抽出する。

抽出した領域は文字を内包する可能性が高く、この領域

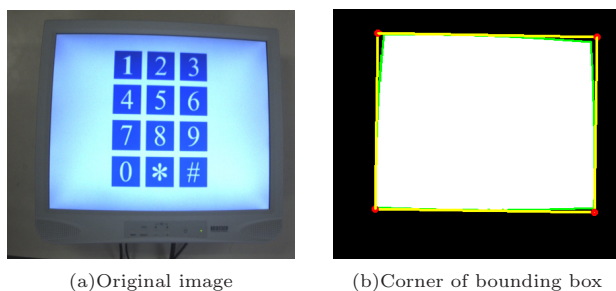


Fig. 4. Display detection.

に対して文字認識処理を行う。文字認識で得た文字情報と画像上での認識位置との対応を取ることで各文字の位置を特定し、この文字の位置を各々のボタン位置とみなす。

〈3・4〉 オクルージョン対策 利用者が指をボタンへ近づけるとボタンは手に隠れて認識できなくなるオクルージョンの問題が生じる場合がある。目標ボタンが隠れてしまうと誘導不能の状態に陥るため、ボタンが隠れて認識できない場合にはボタン位置を補完するような対策が必要となる。

タッチパネル上の文字の位置は狭い範囲に集約しており、すべてのボタンがカメラの死角に入ることもあり得る。よって本研究で提案するオクルージョン対策方法ではボタン以外に画面領域のコーナーの位置情報を得て、ボタン位置を補完する。まずステレオカメラにより取得した原画像 (Fig.4(a)) から色相、彩度、明度それぞれに対して閾値を設定して、タッチパネルの画面領域を抽出する。次に得た画面領域のエッジを取得し、エッジを内包する最小の矩形を求め、そのコーナーを得る (Fig.4(b))。

システムの処理の最初に、このようにして得られる画面領域のコーナーと全てのボタンが認識できている時の位置情報を検出し、ボタンがタッチパネル上のどの位置にあるのか平面マップを記憶する。タッチパネル上のボタンの一部が隠れた画像を得た際、画像上で確認できるボタンの位置から平面が形成できる3点が得られた場合に、記憶した平面マップの位置関係の対応から隠れた部分のボタン位置を補完することで、オクルージョン問題を軽減する。

〈3・5〉 指の検出 はじめに原画像 (Fig.5(a)) の肌色領域を手の領域として抽出し、その輪郭線を取得する (Fig.5(b))。取得した輪郭線を多角形で近似し (Fig.5(c))、手の領域の重心から最も遠い位置にある輪郭線上の鋭角の頂点を指先として定める (Fig.5(d))。また、指先頂点を挟む2直線で成す鋭角を等分する直線方向を指さし方向とする (Fig.5(e))。

〈3・6〉 3次元計測 左右両画像に対してボタン、指を各々検出した後、検出結果を基に左右画像の対応をとり、3次元計測処理を行う。ここでは、目標ボタンを原点としてタッチパネル上にxy平面をとり、平面に垂直な方向にz軸をとる3次元座標系 (Fig.6) の下で、ステレオカメラを用いて目標ボタンに対する指先の3次元位置を算出する。

〈3・7〉 誘導音の出力 利用者が目標ボタンの位置を

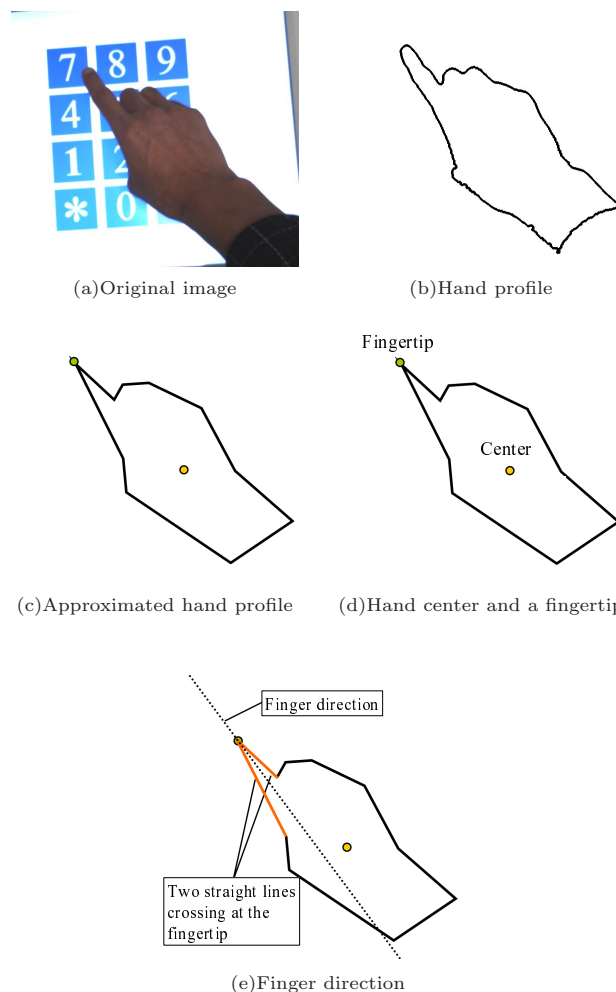


Fig. 5. Method to detect finger direction.

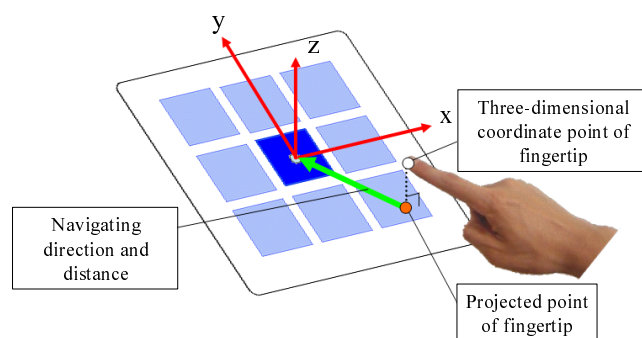


Fig. 6. Three-dimensional coordinate system.

直感的にわかるように誘導音を出力する。音量や出力の間隔、音の種類などを変えることにより様々な誘導音を表現できるが、どのような誘導音がよいかについては次章以降で述べる。

4. 誘導方法の構築

タッチパネルの操作に時間がかかるほど利用者の負担は大きくなる。よって本研究では、操作時間が短くなる誘導方法を提案する。また、実験終了後に被験者どの誘導方法

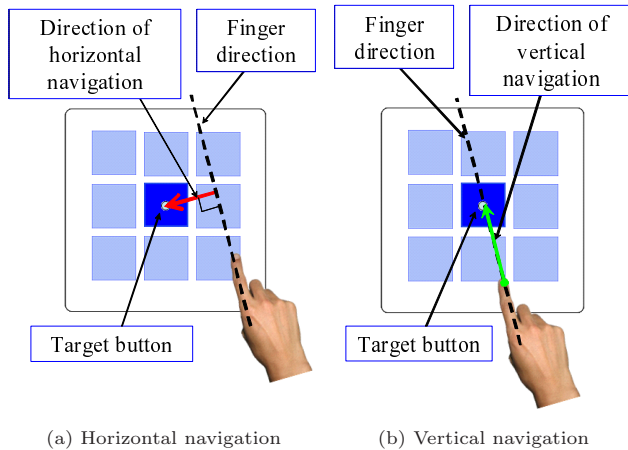


Fig. 7. Two stage navigation.

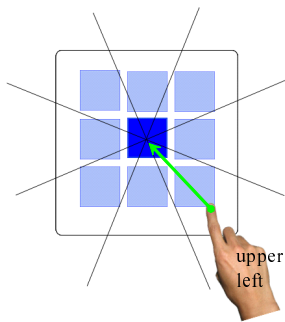


Fig. 8. Eight direction navigation.

がわかりやすいか聞き、誘導方法のわかりやすさについて検討する。

誘導方法は目標ボタンのある方向を提示する方向提示の方法、利用者にとってわかりやすい誘導音の種類、利用者の指先から目標ボタンの距離を提示する距離提示の方法に分けて考えて構築する。

〈4・1〉 方向提示 指先の3次元座標点をタッチパネル平面に投影し2次元的な誘導方向と距離を求めて、その情報を基に誘導する。

方向提示の方法として、次の2つの方法について検討する。

- 左右方向を先に誘導した後に上下方向に誘導して目標のボタンまで2段階で誘導する方法
- 誘導方向を8方向に限定し、目標ボタンのある方向を提示して誘導する方法

従来研究⁽⁹⁾で行われていた2段階誘導の概念図をFig.7に示す。2段階誘導では、まず指の指している方向に対して操作対象のボタンが左右どちらにあるかを求め、利用者に方向情報を与え、誘導する(Fig.7(a))。そして指している方向がボタンに一致した場合、方向一致音を提示してその後、距離情報により上下方向に誘導する(Fig.7(b))。

8方向誘導の概念図をFig.8に示す。8方向誘導では、タッチパネルボタンの配列情報からタッチパネル上に座標系を形成し、形成した座標系のもと、目標ボタンからみて指先はどの方向にあるかを求めて誘導を行う。

〈4・2〉 誘導音の種類 出力する誘導音として、信号音を用いる方法と音声を用いる方法の2つについて検討する。誘導音が信号音の場合では、左右の音量バランスを変えることにより左右方向の誘導を行い、音の高さが異なる信号音を提示することにより上下方向の誘導を行う。この2つの情報を組み合わせることにより8方向の誘導も可能となる。誘導音が音声の場合では、「上」、「左上」、「左」のように方向を読み上げることにより提示する。

〈4・3〉 距離提示 効率的な距離提示の方法を構築するため、次の3つの方法について、比較検討する。

[信号音の場合]

- 出力の間隔による提示方法
- 音量による提示方法

[音声の場合]

- 出力の間隔による提示方法
- 音量による提示方法
- 距離(センチ)の読み上げによる提示方法

出力の間隔による提示方法は出力する間隔が短いほどボタンまでの距離に近いことを示す。音声の場合では出力する間隔を短くすると読み上げ速度が速くなる。音量による提示方法はある距離より遠い場合では一定音量で提示し、ボタン付近では近づくにつれて音量を与えるパラメータの値を線形に変化させ、大きくすることで提示する。また、距離(センチ)による提示方法は、目標のボタンまで残り何センチであるかを提示する。

〈4・4〉 タッチパネル画面接触対策 誘導を行う際、利用者の指の3次元位置のzが小さい状態では誤ったボタン入力をしてしまうことが考えられる。目標ボタン付近以外で指の3次元位置のzが小さい状態では警告音を鳴らすことで誤ったボタンを入力する可能性を回避する。

5. 実験

〈5・1〉 実験環境・条件 Fig.9に示すタッチパネルを用いて、はFig.10のように、被験者(目隠しをした健常者)がステレオカメラとヘッドホンとマイクを装着して模擬実験を行った。

システムの有効性を調べるために金額入力などで必要な数字入力のタッチパネル操作の実験を行った。なお前提として、被験者にはあらかじめどのようなボタンがあるか知っていることとした。

実験に使用したカメラは、PointGreyResearch 社製 Bumblebee2 ステレオカメラで、解像度 1024 × 768、フレームレート 20fps で左右の同期したカラー画像を取得することが可能である。また、実験に用いたPCはIntel Core2Quad (2.83GHz)、メモリ 4GBを搭載し、OSにはWindowsXPを用いた。マイクとヘッドホンには両者が一對となった一般的なヘッドセットを利用した。音声認識にはNETFrameworkSDK2.0のSystem.Speech.Recognitionを、音声合成にはアクエスト社製のAquesTalkを使用した。今回の実験では登録した英数字を簡単なパターン認識



Fig. 9. Touch panel used in the experiment.

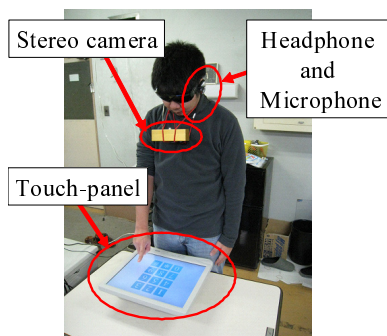


Fig. 10. Outlook of the experiment.

で認識している。

処理時間は提案したオクルージョン対策を施す前では 10fps, 施した後では 5fps であった。

〈5・2〉 オクルージョン対策の検証 提案したオクルージョン対策を行ったことにより、ボタンが利用者の手により隠れてしまった場合においてもボタン位置を補完できるか検証するための実験を行った。Fig.11 は「1」のボタンへ誘導し手いる際のボタン位置の補完の様子を示したもので、Fig.11(a)~(d) は時系列順に並んでいる。図中の赤色の数字と点はそれぞれのボタン名と位置を示している。まず Fig.11(a) の画像でそれぞれのボタンがタッチパネル上のどの位置にあるのか記憶し、Fig.11(b) や (c) のように一部のボタンが隠れてしまった場合でも、ボタンの対応をとり位置を補完することが出来ている。また Fig.11(d) のように「0」と「3」のボタンしか認識できない場合であっても画面領域のコーナーも認識しているため、平面を形成することができ、正しいボタン位置の補完が可能であることがわかった。

〈5・3〉 タッチパネル画面接触対策の検証実験 目標ボタン付近以外で利用者の指の 3 次元位置の z が小さい状態の時に警告音を鳴らさない場合と鳴らした場合で、誘導中に誤って指先がタッチパネル画面に触れるかどうか調べるための実験を行った。警告音は利用者の指の 3 次元位置の z が 1.5 センチより小さい状態で鳴るように設定した。誘導は「7」→「1」→「9」→「3」のボタンの順に誘導するパターン 1 と「9」→「3」→「7」→「1」のボタンの順に誘導するパターン 2 の 2 回を 10 名の被験者を対象に実験した。

実験を行った結果、警告音を鳴らさない場合では 20 回中

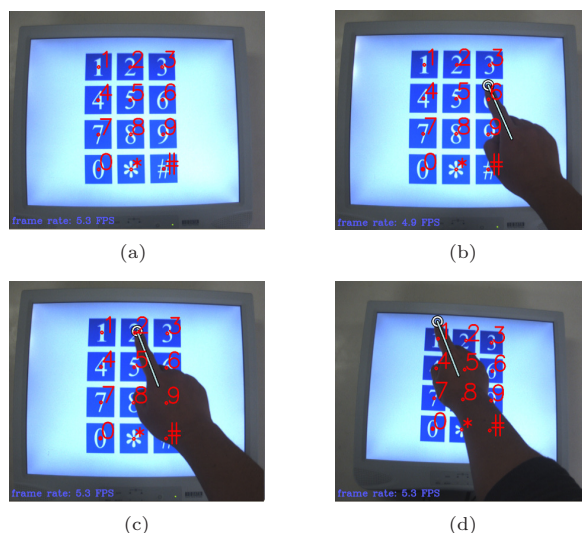


Fig. 11. Result for occluded buttons.

2 回触れてしまったが、警告音を鳴らした場合では 20 回中一度も触れることはなかった。よって、目標ボタン付近以外で利用者の指の 3 次元位置の z が小さい状態の時に警告音を鳴らすことで、誤ってタッチパネルに触れることなく操作可能であることを確認した。

〈5・4〉 誘導方法の比較実験 構築した誘導方法の評価を行うため、10 名の被験者に対して、それぞれの誘導方法を 5 回ずつ実験した。実験を始める前に、被験者がそれぞれの誘導方法に慣れるまで練習を行ってから測定を始めた。操作対象のボタンの音声入力から押すまでの操作時間を測定することにより評価を行った。また、実験終了後、被験者にどの誘導方法が最も誘導しやすかったか、意見を聴取した。

〈5・4・1〉 方向提示の比較 まず方向提示の比較をするため実験を行った。方向提示は 2 段階誘導と 8 方向誘導を用意し、誘導音は信号音とし、距離提示は出力の間隔で行った。実験結果として、平均操作時間と被験者が最も誘導しやすいと思った方法を Table 1 に、操作時間のヒストグラムを Fig.12 に示す。

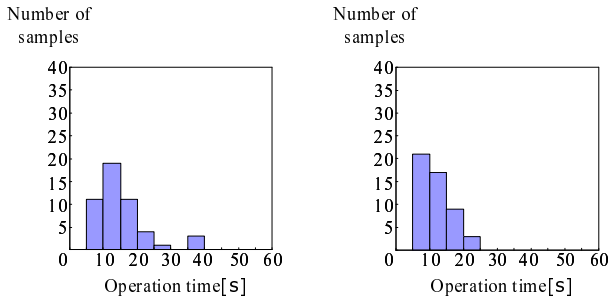
平均操作時間は 2 段階誘導では 16.8 秒、8 方向誘導では 12.4 秒となり、8 方向誘導は 2 段階誘導よりも短い操作時間で誘導できた。Fig.12 のヒストグラムを見てもわかるように、2 段階誘導では 30 秒以上かかった場合もあるが、8 方向誘導ではほぼ 20 秒以内に誘導できた。このことから 8 方向誘導は安定して短い時間で操作を可能にしたことがわかる。また、被験者全員が 8 方向誘導の方がわかりやすいという結果が得られた。8 方向誘導では斜め方向の誘導もでき、2 段階誘導に比べて位置関係を直感的に把握しやすくなったためと考えられる。

この実験では、被験者から次のような意見が得られた。
[2 段階誘導]

- 誘導音の種類が少なく慣れやすかった。
- 左右方向が一致し、方向一致音が付加された時、2 種類の誘導音が鳴って、聞き取りにくかった。

Table 1. Comparison on direction indication.

Navigation	Average operation time	Easiness to navigate
Two stage	16.8 seconds	0 votes
Eight direction	12.4 seconds	10 votes



(a) Two stage navigation (b) Eight direction navigation
Fig. 12. Histogram of operation time of direction indication.

[8 方向誘導]

- 2 段階誘導よりボタンの位置がイメージしやすかった。
- 誘導音の種類が多く、慣れるのが少し大変だった。

被験者の感想から、複数の誘導音を鳴らすと聞き取りにくくなることや斜め方向の誘導は有効であるということがわかった。

以上の実験結果から、方向提示は 8 方向誘導の方がわかりやすく、効率的な誘導方法であることがわかった。

〈5・4・2〉 誘導音の比較 次に誘導音の種類について比較をするための実験を行った。誘導音の種類には信号音と音声を用意した。方向提示は 8 方向誘導、距離提示は出力の間隔で行った。実験結果として、平均操作時間と被験者が最も誘導しやすいと思った方法を Table 2 に、操作時間のヒストグラムを Fig.13 に示す。誘導音が信号音の場合では 12.4 秒、音声の場合では 10.5 秒という結果となり、音声の場合は信号音の場合よりも短い操作時間で誘導できた。Fig.13 のヒストグラムからも音声の場合の方が信号音の場合より 10 秒以内に押すことが出来た回数が多いことがわかる。また、被験者全員が音声の方がわかりやすいという結果が得られた。信号音による誘導ではどの信号音がどのような誘導を意味しているのか覚える必要があり、わかりにくかったが、音声による誘導では誘導方向も直感的に理解できるためわかりやすくなったと考えられる。

この実験では、被験者から次のような意見が得られた。

[誘導音が信号音]

- 出力の間隔が短い場合でも聞き取りやすかった。
- 慣れるのが難しかった。

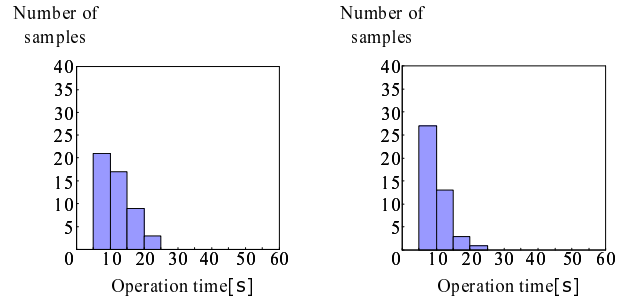
[誘導音が音声]

- 慣れるのが簡単であった。
- 出力の間隔が短い場合だと、聞き取りにくかった。

被験者の感想から音声は日常において聞き慣れているため、慣れるまでの時間も短いことがわかった。

Table 2. Comparison on navigation sound.

Navigation sound	Average operation time	Easiness to navigate
Signal sound	12.4 seconds	0 votes
Synthesized voice	10.5 seconds	10 votes



(a) Signal sound (b) Synthesized voice
Fig. 13. Histogram of operation time of navigation sound.

以上のことから誘導音には音声の方が適していることがわかった。

〈5・4・3〉 距離提示の比較

最後に距離提示について比較するための実験を行った。距離提示には、出力の間隔による提示方法、音量による提示方法、距離（センチ）による提示方法を用いた。方向提示は 8 方向誘導、誘導音は音声で行った。実験結果として、平均操作時間と被験者が最も誘導しやすいと思った方法を Table 3 に、操作時間のヒストグラムを Fig.14 に示す。平均誘導時間は出力の間隔による提示方法では 10.5 秒、音量による提示方法では 9.7 秒、距離（センチ）による提示方法は 10.7 秒となり、音量による提示方法が最も短い操作時間で誘導できた。Fig.14 のヒストグラムの音量による提示の場合では全て 20 秒以内で押すことが出来ている。このことから安定して短い時間で操作が可能となっていることがわかる。被験者に最もわかりやすい誘導方法を聞いたところ、10 人中 6 人の被験者が音量による距離提示がわかりやすいという結果が得られた。

この実験では、被験者から次のような意見が得られた。

[出力の間隔による提示方法]

- 出力の間隔の変化は判別しやすかった。
- 出力の間隔が短い場合、聞き取りにくかった。

[音量による提示方法]

- 目標ボタンに近づくにつれて聞き取りやすくなり、誘導しやすかった。
- 音量が小さい場合では、聞き取りにくいことがあった。

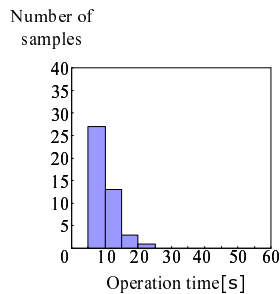
[距離（センチ）の読み上げによる提示方法]

- 自分の指の移動速度が把握でき、目標ボタンまでの距離がイメージしやすかった。
- メッセージが長くなり、聞き取りにくかった。

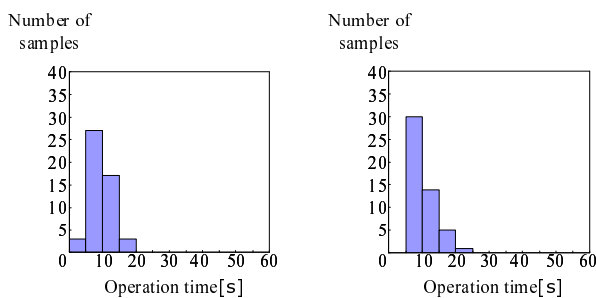
被験者の意見から、出力の間隔や数値、距離による提示方法は聞き取りにくいという意見が得られた。出力の間隔

Table 3. Comparison on distance indication.

Navigation	Average operation time	Easiness to navigate
Interval of output	10.5 seconds	1 vote
Volume	9.7 seconds	6 votes
Distance	10.7 seconds	3 votes



(a) Interval of output



(b) Volume

(c) Distance (centimeter)

Fig. 14. Histogram of operation time of distance presentation.

による提示方法は目標ボタン付近では読み上げ速度が速すぎて聞きとりにくいという問題があり、距離（センチ）による提示方法では方向を読み上げた後に数値を読み上げることから、メッセージが長くなり、細かい誘導をしにくいという問題がある。音量による提示方法では目標ボタンに近づくにつれて聞きとりやすくなるため、最も誘導しやすいと考えられる。

これらの実験から、音声を用いて8方向誘導で方向を提示し、音量によって距離を提示する誘導方法では、利用者が操作したいボタンを音声入力してから平均9.7秒で押すことができ誘導しやすいため、このシステムに最も有効と思われる。

〈5・5〉 人とシステムの認識している座標系合わせの検証実験 人とシステムの認識している座標系が大きくずれている場合でも、正しく誘導し、操作可能であることを確認するための実験を行った。人とシステムの認識している座標系が大きくずれるように、正面方向に対して30度ずらしてタッチパネルを設置した環境（Fig.15）で実験し、操作時間を測定した。誘導方法には方向提示は8方向誘導、誘導音は音声、距離提示は音量による提示方法で行った。10名の被験者に対して5回ずつ実験を行った。

実験した結果、平均操作時間10.1秒となり、認識している座標系が大きくずれている場合でも操作可能であること

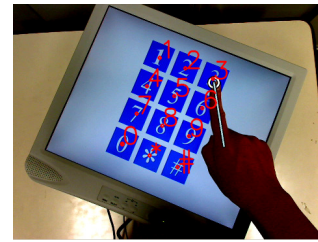


Fig. 15. Experiment with a rotated touch panel.

を確認した。

6. 結 言

本研究では、ステレオカメラによりボタンと指先を3次元計測し、誘導音により誘導することで、人の視覚に頼ることなくタッチパネルの操作が可能であることを確認した。暗証番号の入力も、あらかじめシステムに暗証番号を登録しておき、「暗証番号」などとシステムに指示することで、情報漏洩の問題もなく、誘導可能である。

タッチパネルの入力の誘導方法は、方向提示の方法は8方向誘導、誘導音は音声、距離提示の方法には音量で提示する方法が利用者にわかりやすく短い操作時間で誘導できる効率的な誘導方法であることが示された。また、被験者がタッチパネルに対して正面を向いていない場合でも効率的な誘導を可能にするシステムを構築した。利用者の手によってボタンが隠れてしまった場合、画面のコーナーを検出することにより、ボタン位置を補完し、誘導可能にするオクルージョン対策もシステムに組み込んだ。

しかし、実験した多くの被験者から、ボタンまで距離が長い時の誘導はしやすかったが、ボタン付近では誘導方向が変わりやすく、誘導しにくいという意見が得られた。今後の課題として、ボタン付近では細かい誘導ができる方法に切り替えるなどの改善が必要があると考えられる。また、2文字以上の文字列のボタンなどの認識も行い、システムが利用者にタッチパネル上に表示されている内容をどのように伝えるかについても検討する必要がある。タッチパネル画面の切り替わりを認識する機能や入力ミスを訂正する機能などの構築も行い、様々なタッチパネル機器に対応できる汎用的なシステムしていくことが重要である。

謝 辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(C)21500164の補助を受けた。

（平成22年6月7日受付，平成22年10月29日再受付）

文 献

- (1) Sylvain Cardin, Daniel Thalmann and Frédéric Vexo : "Wearable System for Mobility Improvement of Visually Impaired People", Visual Computer Journal, Vol.23, pp.109-118, 2006.
- (2) Nicholas Molton, Stephen Se, David Lee, Penny Probert and

Michael Brady: "Robotic Sensing for the Guidance of the Visually Impaired", Proceedings of the International Conference on Field and Service Robotics, pp.236-243, 1997.

- (3) Yoshihiro Kawai, Makoto Kobayashi, Hiroki Minagawa, Masahiro Miyakawa and Fumiaki Tomita: "A Support System for Visually Impaired Persons using Three-Dimensional Virtual Sound", IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol.120, No.5, pp.648-655, 2000. (in Japanese)
河井良浩, 小林真, 皆川洋喜, 宮川正弘, 富田文明: "3次元仮想音響による視覚障害者支援システム", 電気学会論文誌 C, Vol.120, No.5, pp.648-655, 2000.
- (4) Yuji Suzuki, Yoshinori Takeuchi, Tetsuya Matsumoto, Hiroaki Kudo, Tsuyoshi Yamamura and Noboru Ohnishi: "A System for Extracting Character Information in the Environment for Visually Impaired People", IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol.124, No.6, pp.1280-1287, 2004.ctp
(in Japanese)
鈴木悠司, 平岩裕康, 竹内義則, 松本哲也, 工藤博章, 山村毅, 大西昇: "視覚障害者のための環境内の文字情報抽出システム", 電気学会論文誌 C, Vol.124, No.6, pp.1280-1287, 2004.
- (5) Makoto Tanaka and Hideki Goto: "Wearable Reading Assistant Device for the Blind", IPSJ SIG Technical Reports, Vol.2008, No.115, pp.125-130, 2008. (in Japanese)
田中誠, 後藤英昭: "視覚障害者用のウェアラブルな文字認識デバイス", 情報処理学会研究報告 コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol.2008, No.115, pp.125-130, 2008.
- (6) Takao Asawa, Akinori Ohta and Taku Ando: "Promoting Universal Design of Automated Teller Machines", FUJITSU Scientific & Technical Journal, Vol.41, No.1, pp.86-96, 2005.
- (7) Tetsuya Sakayori, Tetsuya Muroi and Junichi Takami: "New Setting Method for Copy Machines for Visually Impaired", IEICE Technical Report, Vol.102, No.739, pp.1-5, 2003. (in Japanese)
酒寄哲也, 室井哲也, 鷹見淳一: "視覚を使わない複写機の新しい設定操作方法", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.102, No.739, pp.1-5, 2003.
- (8) Masamitsu Watanabe, Yoshinori Takeuchi, Tetsuya Masamoto, Hiroaki Kudo and Noboru Ohnishi: "A Finger Navigation Method for the Visually Impaired in Operating a Touch Panel", IEICE Technical Report, Vol.108, No.435, pp.53-58, 2009. (in Japanese)
渡辺将充, 竹内義則, 松本哲也, 工藤博章, 大西昇: "タッチパネル操作における障害者の指の誘導法", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.108, No.435, pp.53-58, 2009.
- (9) 大西由純, 山下淳, 金子透: "ステレオカメラによる3次元計測と信号音による誘導を用いたタッチパネル操作支援システム", 動的画像処理実用化ワークショップ 2009 講演論文集, pp.26-31, 2009.

久野 素 有 (非会員) 1987年生. 2010年3月静岡大学工学部機械工学科卒業. 現在, 同大学院工学研究科修士課程在学中. ステレオカメラを用いたタッチパネル操作支援システムに関する研究に従事.



山 下 淳 (正員) 1996年3月東京大学工学部卒業, 1998年3月東京大学大学院工学系研究科修士課程修了, 2001年3月同博士課程修了. 2001年4月静岡大学工学部機械工学科助手, 2006年11月~2007年12月カリフォルニア工科大学客員研究員, 2008年4月静岡大学工学部機械工学科准教授, 現在に至る. 1996年日本機械学会島山賞, 2001年総合研究奨励会石井学術奨励賞, 2004年映像情報メディア学会研究奨励賞, 2005年日本機械学会ロボメカ部門ベストプレゼンテーション表彰, 2006年電気学会優秀論文発表賞, 日本ロボット学会研究奨励賞. 2010年第15回ロボティクスシンポジウム優秀論文賞など受賞. 画像処理, コンピュータビジョン, ロボットの知能化などの研究に従事. 博士(工学).



金 子 透 (非会員) 1974年3月東京大学大学院工学系研究科修士課程修了. 1974年4月日本電信電話公社(現NTT)入社. 1997年4月静岡大学工学部機械工学科教授, 現在に至る. 画像処理, ロボットビジョンの研究に従事. 工学博士.

