

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おける 誘導方法の検討

A Study on Navigation in a Touch-Panel Operation Assisting System Using Stereo Camera

久野 素有, 山下 淳, 金子 透

So KUNO, Atsushi YAMASHITA, Toru KANEKO

静岡大学工学部機械工学科

Department of Mechanical Engineering, Shizuoka University

E-mail: tayamas@ipc.shizuoka.ac.jp

Abstract

近年,様々な機器でタッチパネル化が進んでいる。タッチパネルは,ボタンの凹凸がなく,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。そのため,視覚障害者は触れてボタンを認識することができず,機器の操作が困難となる。

そこでステレオカメラを用いて,視覚障害者が単独でのタッチパネル操作を可能とする支援システムが提案されている。このシステムを使用することにより一般的なタッチパネル機器の操作も可能になる。

しかし,この支援システムの誘導方法は効率的ではなく誘導に時間がかかる可能性がある。本研究では,この支援システムにおける効率的な誘導方法を構築することを目的とする。効率的な誘導方法を構築するために,操作対象の方向提示の方法,誘導音の種類,距離情報の提示方法を複数種類構築し,比較検討する。

本研究で構築した誘導方法の中で最も操作時間が短かった方法は,方向を8方向に限定してボタンのある方向を提示し,誘導音には音声を用いて,距離は音量を変えることにより提示する方法であった。この方法の平均操作時間は9.7秒となり,従来の誘導方法より7秒程短い時間で誘導可能になった。

また,被験者にどの誘導方法が最もわかりやすかったかアンケートをとったところ,この誘導方法が最もわかりやすいという結果が得られた。

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。その一例として機器の操作がある。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。よって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なく,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,文字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ことが考えられる。

タッチパネル操作を支援する従来研究として,テンキーと音声案内による補助入力システムを内蔵した視覚障害者向けATMの研究[1]や視覚を使わない複写機の新しい設定操作方法の研究[2]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。

視覚障害者向けATMは実際に普及しつつあるが,導入するには費用がかかる問題や全てのATMを視覚障害者向けATMに変えるまでには時間がかかる問題もある。その他にも視覚障害者に対応していないタッチパネル機器は多くあるため,視覚障害者がタッチパネル機器を操作可能となる環境は限定される。

視覚障害者が必要な機器を装着することにより,視覚障害者向けではないタッチパネル機器の利用を可能にする方法もある。視覚障害者向けではないタッチパネル機器の利用が可能となると,タッチパネル機器の操作可能となる環境が限定されず,行動範囲も広げることができる。

また,視覚障害者の操作を誘導する方法には聴覚情報を与え誘導する方法と触覚情報を与えて誘導する方法がある。聴覚情報を与え誘導する方法の従来研究には視覚障害者の歩行誘導を目的とした音声による距離提示に関する研究[3]があり,触覚情報を与え誘導する従来研究には指に回転摩擦を提示する小型触覚インタ

フェースデバイスの研究 [4] や視覚障害者のための物体追跡と視覚サーボの研究 [5] がある。触覚情報を与え誘導する研究では利用者の手に装置を装着し、振動や力を与えて誘導するものであるが、このような装置の装着により、利用者の手の自由度に制限が生じる等の問題がある。

これらの問題から本研究では触覚情報より聴覚情報を与えることにより誘導する方法について考える。

2 研究目的

従来研究に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の研究 [6] がある。この研究では、利用者がステレオカメラを装着することで3次元情報を取得し、その情報をもとに聴覚フィードバックで視覚障害者の指を操作対象のボタンへ誘導する(図1)。



図1 タッチパネル操作支援システム [6]

誘導する際の問題点として、利用者の手によりタッチパネル上のボタンが隠れ、位置を読み取ることができないオクルージョンという現象が生じることが挙げられる(図2)。



(a) オクルージョン発生前 (b) オクルージョン発生後

図2 オクルージョン問題

従来のシステム [6] でも一部のボタンが利用者の手により隠れた場合、認識できるボタンの位置情報から補完する対策方法がなされていたが、ボタンがすべて隠れてしまった場合には補完できないなどの問題もあり不十分であった。そこで本研究では、ボタンが認識で

きない場合でもボタン位置を補完することができる方法を提案する。

また、従来研究 [6] ではこのシステムの誘導方法は1種類しか構成されておらず、誘導に時間がかかることがあるため、効率的な誘導方法であるといえるものではなかった。よって本研究ではこの支援システムにおける効率的な誘導方法を構築することを目的とする。誘導方法は利用者にとって誘導しやすく、操作時間も短くなるような方法を模索する。

3 タッチパネル操作支援システムの概要

3.1 装置の構成および前提条件

本研究では従来研究 [6] で構築されたタッチパネル操作支援システムを用いる。タッチパネル操作支援システムの装置の構成を図3に示す。利用者は画像取得用のステレオカメラと音声入力用のマイク、出力用のヘッドホンを着用する。



図3 装置の構成 [6]

3.2 処理手順

タッチパネル操作支援システムの処理手順 [6] を図4に示す。

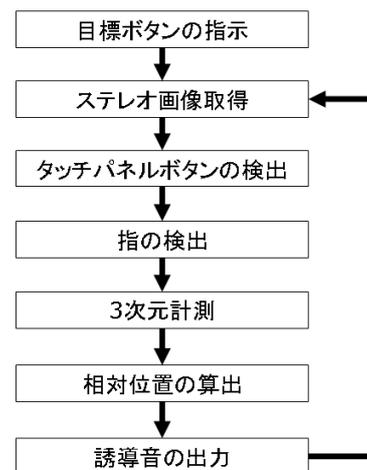


図4 支援システムの処理手順 [6]

まず、利用者はタッチパネル上の目標のボタンを音声で指示し、システムは音声認識をすることにより目

標のボタンを認識する．次にステレオカメラから画像を取得する．

取得した画像から文字が持つ一般的な特徴（アスペクト比，背景と黒字部のバランスなど）を照合し，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，この領域に対して文字認識処理を行い，タッチパネル上にある各々のボタン位置を求める．

また，取得した画像から肌色の閾値を設定して手の領域を抽出し，輪郭線を取得する（図5）．得られた輪郭線を簡略化し，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求める（図6）．また，指先頂点を挟む2直線の鋭角の2等分線を指さし方向とする．

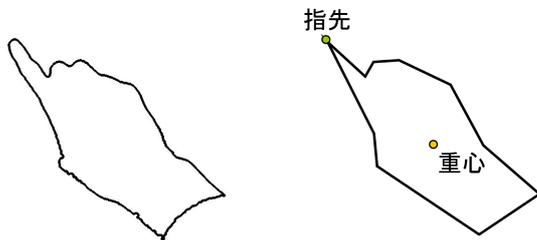


図5 手の輪郭線

図6 重心と指先

得られたボタンと指先の位置を左右画像で対応をとり，ステレオ法を用いてそれぞれの3次元座標を算出する．

求めた3次元座標から指先と目標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．

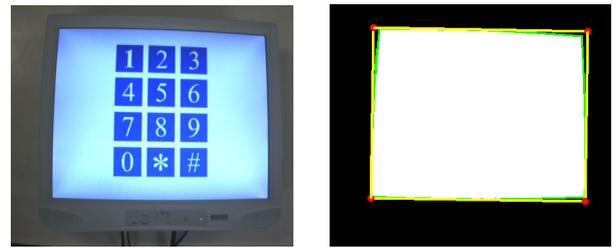
以降，画像取得から誘導音の出力までの処理を繰り返し行う．利用者は逐次更新される誘導音を頼りに指先をボタンの位置まで移動することにより，タッチパネル操作を行う．

4 誘導システムにおける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り，誘導システムは誘導不能の状態に陥るオクルージョンの問題が生じる．よって利用者の手によりボタンが隠れて認識できない場合でも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（図7(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，エッジを構成している点群を内包する最小の矩形を求め，そのコーナーを得る（図7(b)）．



(a) 原画像

(b) エッジ点群を内包する最小矩形コーナー

図7 オクルージョン対策

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，平面マップを作成する．そしてオクルージョンの問題が生じた際，平面が形成できる3点が認識することができた場合に，記憶した平面マップの位置関係から補完する．この方法をとることにより，利用者の手で画面領域が一部隠れてしまった場合でも画面領域のコーナーを求め，ボタン位置を補完することが可能となる．

5 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などの誘導方法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．

5.1 方向提示

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

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．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．この誘導方法は左右方向を優先して誘導するものである．2段階誘導の概念図を図8に示す．

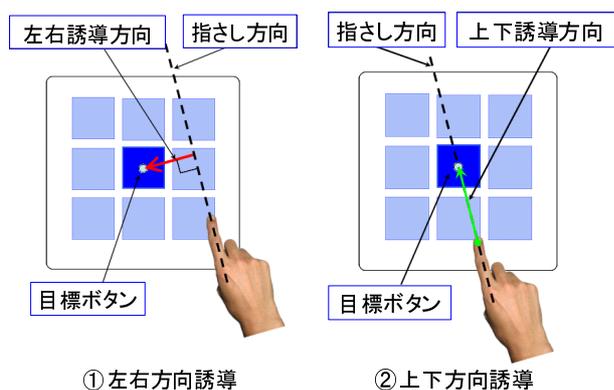


図 8 2段階誘導

一方、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、目標ボタンはどの方向にあるかを求め誘導を行う。8方向誘導の概念図を図9に示す。

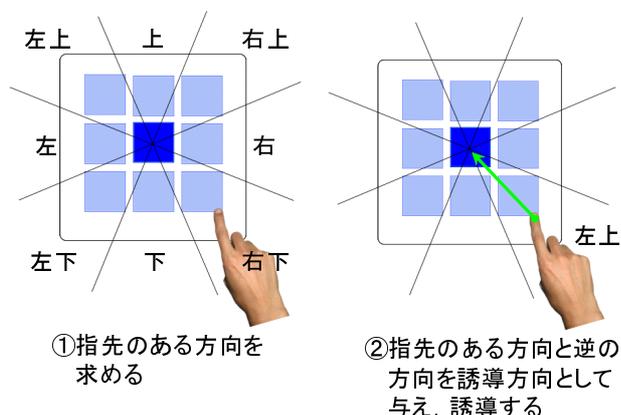


図 9 8方向誘導

しかし、タッチパネルボタンの配列情報から座標系を形成してボタンの方向を提示する8方向誘導では、被験者がタッチパネルに対して正面方向に位置しているという前提条件が必要になる。もし、利用者が正面方向を向いていない場合、座標系における上方向と利用者が認識している正面方向にずれが生じる。このような問題を解決するため、利用者には誘導前に正面方向を指で指してもらい、その方向を抽出する。そして得られた正面方向をもとに座標系を修正し、利用者が正面方向を向いていない場合においても正しく誘導できるようにする。

座標系修正前と修正後の方向の定義をそれぞれ図10に示す。

5.2 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

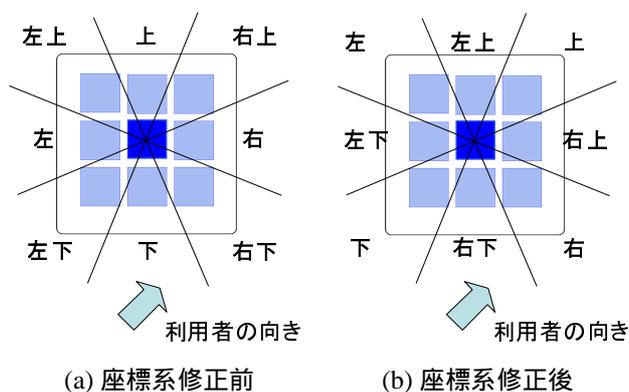


図 10 誘導方向の再定義

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で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。

5.3 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が近いことを示す。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音量が大きいほど距離が近いことを示す。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ことを提示する。

6 実験

6.1 実験環境・条件

図11に示すタッチパネルを用いて、被験者（目隠しをした健常者）は図12のように、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。

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。



図 11 実験に使用するタッチパネル



図 12 装置の構成

提案したオクルージョン対策を施す前では 10fps，施した後は 5fps で処理可能となった。

6.2 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ているか，検証するための実験を行った．隠れる前のボタンの位置結果，少しのボタンが隠れてしまった場合のボタンの位置結果，多くのボタンが隠れてしまった場合のボタン位置の補完結果を図 13 に示す．

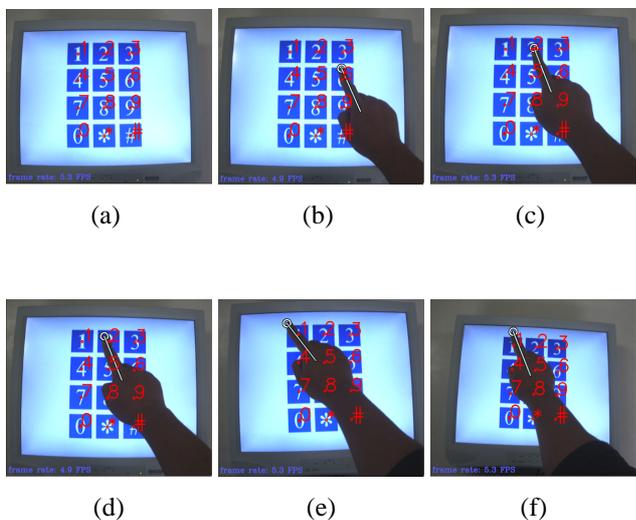


図 13 オクルージョン対策結果

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．(a)～(f) は時系列順に並んでいる．

提案したオクルージョン対策ではボタンが隠れてしまった場合でも，画面領域のコーナーを検出し，最低 3 点の位置情報を得ることができれば，正しいボタン位置の補完が可能となることがわかった．

6.3 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 名の健常者を被験者として，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．

6.3.1 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表 1 に，操作時間のヒストグラムを図 14 に示す．

表 1 方向提示の比較実験結果

方向提示	平均操作時間	誘導しやすさ
2 段階誘導	16.8 秒	0 人
8 方向誘導	12.4 秒	10 人

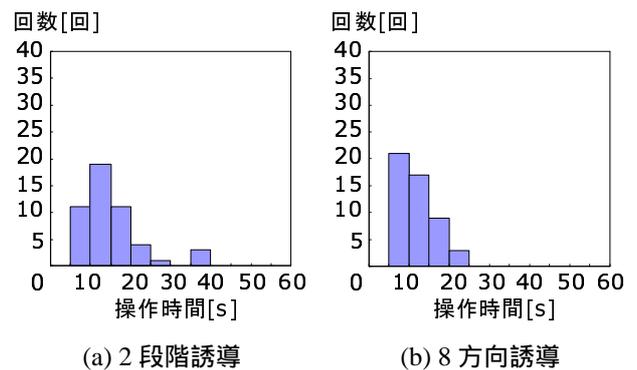


図 14 方向提示の操作時間ヒストグラム

また，この実験で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．

[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。

平均操作時間は8方向誘導では12.4秒となり2段階誘導よりも短い操作時間で誘導できた。理由として8方向誘導では斜めの方向へ誘導することができ、操作時間が短くなったと考えられる。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あり、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。

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。

6.3.2 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する。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表2に、操作時間のヒストグラムを図15に示す。

表2 誘導音の比較実験結果

誘導音	平均操作時間	誘導しやすさ
信号音	12.4 秒	0 人
音声	10.5 秒	10 人

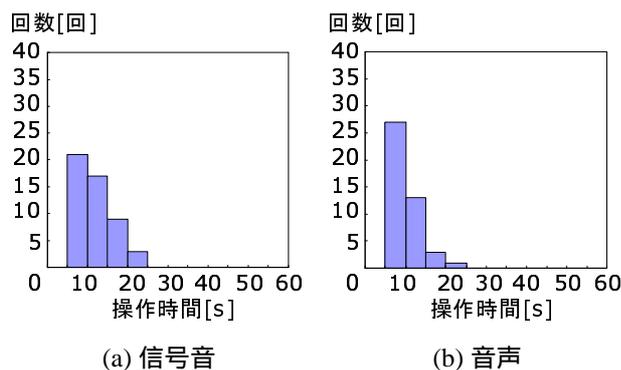


図15 誘導音の操作時間ヒストグラム

また、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。

誘導音が音声の場合では10.5秒という結果となり信号音の場合よりも短い操作時間で誘導できた。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が覚える必要があり、わかりにくかったが、音声による誘導では日常において聞き慣れているため、慣れる時間も短くなり、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。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。

6.3.3 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表3に、操作時間のヒストグラムを図16に示す。

表3 距離提示の比較実験結果

距離提示	平均操作時間	誘導しやすさ
出力の間隔	10.5 秒	1 人
音量	9.7 秒	6 人
距離(センチ)	10.7 秒	3 人

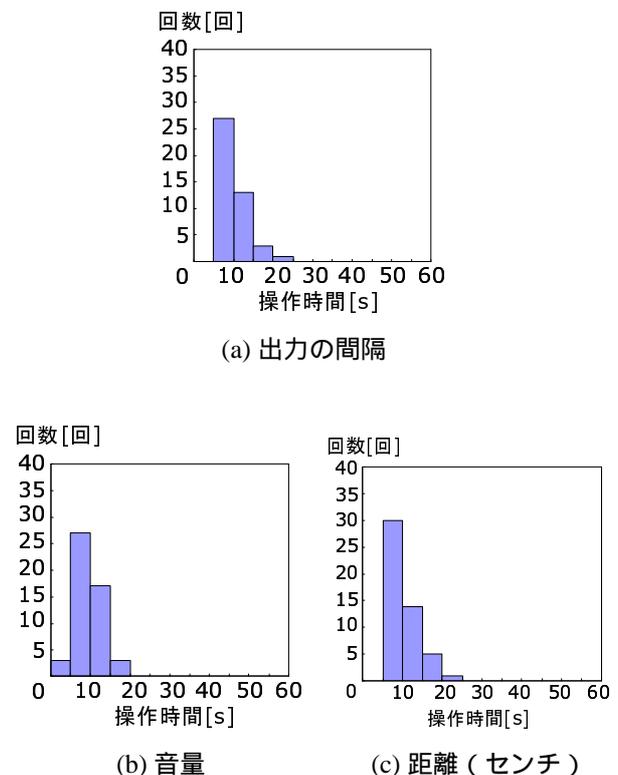


図16 距離提示の操作時間ヒストグラム

また、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。

平均誘導時間は音量による提示方法では 9.7 秒となり最も短い操作時間で誘導できた。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。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取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。よって、距離提示方法には音量による提示方法がわかりやすいという結果が得られた。

これらの実験から本研究では次の誘導方法（表 4）がこのシステムに最も有効と思われる。

表 4 最も有効な誘導方法

方向提示	誘導音	距離提示
8 方向誘導	音声	音量

しかし多くの被験者から、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。このことから、ボタン付近では別の誘導方法に切り替えて誘導する必要があると考えられる。

7 結言

タッチパネルの入力において、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。

今後の課題として、小さいボタンを入力する場合や連続入力をする場合ではどのような誘導方法が良いか検討する必要がある。また、タッチパネル操作の誘導だけではなく、視覚障害者が日常生活をおくる上で不便と思われる歩行や作業などの様々な動作を誘導する共通の誘導方法が必要と思われる。

8 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。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 和田親宗, 永島裕二: “視覚障害者の歩行誘導を目的とした音声による距離呈示に関する研究”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.107, No.555, pp.1-4, 2008.
- [4] 吉田尚仁, 坂口正道, 荒田純平, 藤本英雄: “回転摩擦を用いた小型触覚インタフェースの開発およびナビゲーション実験”, 日本機械学会口ボティクス・メカトロニクス講演会’07 講演論文集, pp.2P1-N07, 2007.
- [5] Duane J. Jacques, Ranga Rodrigo, Kenneth A. McIsaac and Jagath Samarabandu: “An Object Tracking and Visual Servoing System for the Visually Impaired”, Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.3510-3515, 2005.
- [6] 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”, 動的画像処理実利用化ワークショップ 2009 講演論文集, pp.26-31, 2009.