

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 11 月 30 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350674

研究課題名(和文) ジェスチャコントロール型視覚障害者用立体聴覚インタフェースの開発

研究課題名(英文) Development of gesture controlled 3D auditory interface for visually impaired person

研究代表者

高尾 秀伸 (Takao, Hidenobu)

神奈川工科大学・創造工学部・准教授

研究者番号：60329307

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：屋内店舗空間を歩行中の重度視覚障害者ユーザに対して、周囲のランドマークとなる設備、障害物ならびに陳列されている商品の実在する位置に立体音響を用いて仮想音源を生成し、完全開放型イヤスピーカーを介して設備名称や説明を「そのものの位置から」音声・音響提示するインタフェースを開発した。また、周囲に手をかざすなどのジェスチャ認識をトリガとして、あたかも手で音に触れるかのように立体仮想音源の入/切をユーザが自在に制御できる、選択的聴取が可能な聴覚インタフェースを開発した。

研究成果の概要(英文)：We developed an interface that presents the name and explanation of the equipment via the ear speakers from the "position itself". A virtual 3D sound source is presented from the actual positions of surrounding landmarks, obstacles, and displayed commodities. In addition, with the gesture recognition as holding the hand around enables the user to freely control on/off of the virtual 3D sound source as if to touch the sound by hand did.

研究分野：人間工学

キーワード：視覚障害 レイ 福祉工学 ジェスチャ入力 立体音響 拡張現実 人間工学 人間中心設計 聴覚ディスプレイ

1. 研究開始当初の背景

障害者自立支援法およびバリアフリー新法の施行により、視覚障害者による外出機会の増加が期待されている。しかし、従来の点字表示や触地図のみでは空間認知が不十分で道に迷いやすいと考えられる。また、最近では音声言語による案内機能を備えているものがあるが、言葉を記憶しておくことと距離や方角での指示を実空間と照合することにおいて認知負担が大きく、特に初心者は慣れるまでに訓練が必要と考えられる。そこで、記憶や空間認知においてより低負担な提示方法が必要となる。我々のこれまでの研究において、ユーザの目前に仮想のガイド音を立体音響として提示し続け(ナビゲーション音)、これを頼りに歩行させる機能および、ユーザの周囲にある柱などの障害物、ランドマークの名称をあたかも実体の位置から聞こえてくるような立体音響で完全開放型イヤスピーカから提示する(サウンドマーク音)機能により、他人の手を借りることなく、認知負担が低く、初心者でも周囲の環境を理解しながら効率的に目的地まで案内を行うユーザインタフェース(UI)を備えたシステムを開発している。

当該システムを実用化するためには様々な点について検討を重ねる必要があるが、特に、頻繁に行う生活行動に焦点を当てることで、実用性の高い機能を提供できると考えられる。そこで、視覚障害者のニーズの高いスーパーマーケットやショッピングモールなどの商業施設において的確かつ快適に目的の売り場および商品へと誘導するナビゲーションインタフェースの開発を行った。

本研究ではこれらの成果をベースにジェスチャ入力によるインタラクティブ操作性を新たに加えることで、さらに視覚障害者の空間認知性を高める立体聴覚インタフェースの実現を目指す。

2. 研究の目的

これまでに開発した視覚障害者用立体音響ナビゲーションシステムをベースに屋内店舗空間を歩行中の重度視覚障害ユーザに対して、周囲のランドマークとなる設備、障害物ならびに陳列されている商品の実在する位置に立体音響を用いて仮想音源を生成し、完全開放型イヤスピーカを介して設備名称や説明を「そのものの位置から」音声・音響提示するインタフェースを構築する。さらに、周囲に手をかざすなどのジェスチャ認識をトリガとして、あたかも手で音に触れるかのように立体仮想音源の表示 ON/OFF を視覚障害者ユーザが自在に制御できる、選択的聴取が可能な聴覚ユーザインタフェースを開発する。これにより、視覚障害があっても聴覚的に周囲を「見渡す」ことを可能とし、能動的に情報獲得できるようにすることで、これまで困難であったユーザの周囲環境の理解を大幅に促進させる機能開発を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、一般的なシステム開発プロセスに加え IS09241-210 人間中心設計の概念を導入して当初からユーザビリティを考慮した機能設計を行う。すなわち、ほぼ全ての設計・開発プロセスにおいて、視覚障害当事者による評価を行い、ラピッドプロトotyping等の手法も用いながらユーザニーズを満足するまで反復的に検討を続ける。初年度は立体音響システム試作・人間特性検討として、任意に音源を能動的に選択して吹鳴・停止可能な立体音響システムを開発する。2年目はジェスチャインタフェースプロトタイプ実装・評価を行う。実際の店舗を想定した設計値を導出し、詳細設計を行う。3年目にはシステムの統合実装を行い、総合的な提案インタフェースのユーザビリティ実証評価を行う。

4. 研究成果

4.1 システム構成

インタフェース構成を以下の図1に示す。

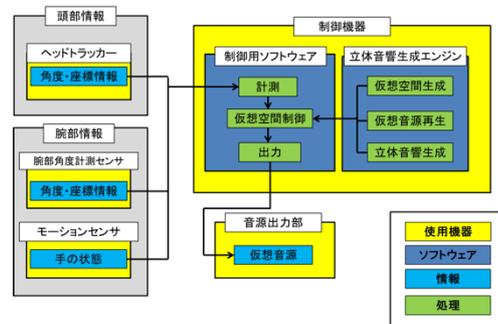


図1 インタフェース構成図

各構成機器について以下の①～⑤に示す。

①開放型ヘッドホン

本デバイスはシステム構成図のヘッドトラッカーと音源出力機器にあたるデバイスである。本インタフェースでは開放型ヘッドホン(SONY : PFR-V1)に9軸ワイヤレスモーションセンサ(LOGICAL PRODUCT)を組み合わせて使用した(図2)。本ハードウェアは、磁気方位センサでユーザの頭部角度情報を取得し、音源をヘッドホンによるバイノーラル方式で出力することである。密閉型ヘッドホンとは違い、周囲の環境音を聴取可能なため、視覚障害者向けインタフェースとして適していると考えられる。



図2 開放型ヘッドホン

②手腕部センサ

本デバイスはシステム構成図のモーションセンサと腕部角度計測センサにあたるデバイ

スである。

手腕部センサには 5DT 社: 5DTDataGloveUltra と、磁気方位センサ(アイチ・マイクロ・インテリジェント株式会社: AMI603-EVK)を使用した(図3)。

5DTDataGloveUltra は各指の拳部から第一関節までの範囲に設置された、光ファイバー製のひずみセンサを用い、指の屈折状態を検出している。本研究ではジェスチャを定義するための指の情報を取得する為に、DataGlove を使用し、磁気方位センサを腕の角度情報の取得に使用した。

当初のジェスチャ入力インタフェースでは腕に磁気方位センサを装着し、白杖に装着された LeapMotion を用いてジェスチャ認識させていたが、その後、右腕に DataGlove、および磁気方位センサを装着することとした。これにより、ユーザの行動を制限しにくく、白杖による情報取得も阻害しない為、視覚障害者向けシステムの入力インタフェースとして適していると考えられる。なお腕部センサの重量は 155 g である。

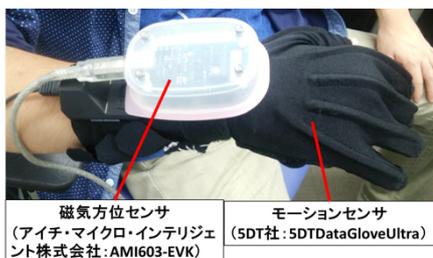


図3 DataGlove+AMI603-EVK

③立体音響生成エンジン

立体音響生成エンジンとして CATT 社製の CATT-Acoustic v9TM + TUCT を使用した。このソフトは、空間のモデリングを行い、モデリングした空間の情報をもとに、ERTF (Environmental Related Transfer Function) を算出し、立体音響の生成を行う。

④制御用ソフトウェア

制御用ソフトウェアとは、取得した情報を計測し、仮想空間を制御するソフトウェアである。システムの制御には、Macromedia 社製の Director MX を使用した。

⑤制御機器

制御機器とは上記のシステムを動作させるための PC である。本研究ではノート PC (Panasonic Let's note CF-SX4) を使用した。システム制御の流れとしては、頭部、腕部、手部の各データを制御用プログラムが取得し、仮想空間上のリスナーの位置、腕の角度情報並びに手の状態を判断する。仮想空間上のリスナーの位置に応じて、立体音響生成エンジンが立体音響を生成し、開放型ヘッドホンからバイノーラル再生で聴覚情報が呈示される。

4.2 入力デバイスのユーザビリティ評価実験

4.2.1 方法

開発・改良したジェスチャ入力インタフェースのユーザビリティ評価実験を行った。本評価実験では、DataGlove を使用したジェスチャ入力インタフェースのユーザビリティ評価を行った。

1) 実験タスク

実験協力者の耳の高さの仮想平面上 1メートル先から呈示音を呈示する。実験協力者は呈示されている呈示音を選択していただく。データグローブを使用した改良インタフェース、および LeapMotion を使用した改良前インタフェースの 2 条件を行った。

2) 実験場所

神奈川工科大学 認知行動科学研究

3) 実験協力者

実験協力者の視覚障害者のプロフィールを表 1 に示す。

表1 実験協力者プロフィール

実験協力者	性別	年齢	原因疾患	受障期間	視野	視力
C1	女性	70代	網膜色素変性症	16年	全盲	全盲
C2	男性	40代	糖尿病性網膜症、緑内障	14年	6度	両眼 0.01
C3	男性	40代	先天性		全盲	全盲

4) 評価項目

本研究では、インタフェースの快適性、および満足度を評価する。快適性の評価は(1)実用性・満足度・使いやすさ調査、および(2)内省報告による主観評価を行う。実用性・満足度・使いやすさ調査票 (USE) とは、30 項目の質問が実用性、満足度、使いやすさ、学習のしやすさという 4 つのカテゴリに分かれており、文章はどれも肯定的な内容で、これに対しユーザはどれだけ同意できるかを 1~7 の 7 段階のリッカート尺度で評価する。

5) 実験条件

実験条件は、データグローブを使用した(1)改良インタフェース条件、および LeapMotion を使用した(2)改良前インタフェース条件の 2 条件とした。(1)の実験風景を図 4 に示す。



図4 実験風景

4.2.2 結果

USE による、開発インタフェースのユーザビリティ評価結果を図 5 に示す。大きな差はなかったものの実用性の項目は改良後インタフェースの得点が高かった。以上より、入力デバイスはグローブ型モーションセンサと磁

気方位センサを組み合わせた改良型入力デバイスを採用することとした。

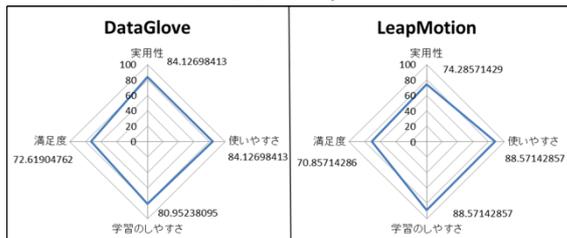


図5 実用性・満足度・使いやすさ調査票

4.3. 実証評価実験

4.3.1 目的

視覚障害者がAR音響空間に対してジェスチャを用いて能動的かつ直接的に介入し、立体聴覚情報の選択的聴取が可能となるARインタフェースの設計・実装・ユーザビリティ評価を行い、その有用性を明らかにすることを目的とした。

4.3.2 設計

視覚的に周囲を見渡すということは行動生物学における「探索行動」に該当する。探索行動とは新たな環境に遭遇した際に、情報や資源を得るために状況調査を行うことにあたる。また、情報までの距離および距離の変化による情報獲得の詳細度によって「レンジング」と「ローカルサーチ」の2つのモードに分類される。本研究では、この探索行動を聴覚的に行うことを目指した。

方法として、視覚的な探索行動における視線を向ける動作を聴覚的に行うために、手の平を向けるというジェスチャを用いた。こうすることで、ユーザは、能動的かつ任意に周囲環境情報を獲得可能となる。具体的には、屋内フロアにおいて、周囲の部屋等の施設に対し、ユーザが手の平を向けると、手を向けた先に存在する施設の音声情報が呈示される。手を向けていない状態では、周囲施設の聴覚情報は情報量の少ないサイン音が逐次的に呈示される(図6)。これらは探索行動におけるレンジングに相当すると考えられる。



図6 インタフェースイメージ

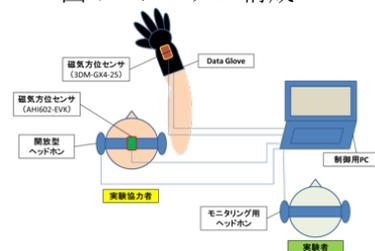
手の平を向けるというジェスチャは、聴覚オブジェクトとして呈示されるターゲットに対し触れる・手に取るといった感覚を想起させる可能性が考えられる。そこで、手がターゲットに向けられたタイミングで専用のサイン音を呈示することで触れる感覚をより想起させやすくした。さらに、手を握るというジェスチャをトリガにしてターゲットの詳細な情報を呈示することで、ターゲットを掴み選択するという感覚を想起させること狙いとし

た。

4.3.3 システム構成

ユーザに呈示される聴覚情報は制御PC (Panasonic: Let's Note CF-SX4)に保持された仮想音響空間3Dマップ、ユーザ現在位置情報、並びに頭部回転角を元に立体音響生成エンジン(CATT:CATT-Acoustic v9TM + TUCT)により生成される。生成エンジンは立体音響制御用ソフトウェア(ACOUSTIC FIELD INC.)で制御される。頭部回転角は、ヘッドホンに装着された9軸ワイヤレスモーションセンサ(LOGICAL PRODUCT)で計測される。生成された立体音響は外部の音を遮断しない完全開放型ヘッドホン(SONY:PFR-V1)より出力される。ユーザの右手にはデータグローブ(5DT:5DTDataGloveUltra)および9軸ワイヤレスモーションセンサが装着され、手が向けられた方角および手指の屈曲状態が計測される。これによりユーザのジェスチャ動作が認識される(図7)。

図7 システム構成



4.3.4 評価実験

本実験では実用場面として大型商業施設を想定し、実験環境として、複数の施設が存在するフロアおよび、擬似的な商品棚を用意した(図8)。



図8 実験環境

フロアでは、周辺施設の記憶タスク、商品棚では指定された商品の探索タスクを行っていただいた。記憶タスクでは、システムを操作してAR空間内で周辺の4つの施設名とその位置を記憶してもらい、その後触地図を指し示しながら施設名を回答していただいた(図9)。

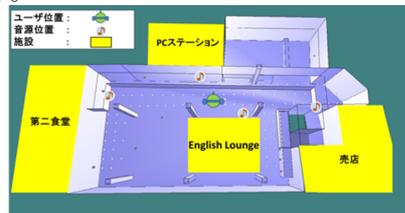


図9 周辺施設の配置

実験協力者は、後天性全盲の視覚障害当事者3名(年齢:40~70代、性別:男性2名 女性1名)とした(表2)。

表2 協力者プロフィール

	性別	年齢	視力	受障歴	原因疾患
S1	男性	50代	両眼0.01	14年	糖尿病性網膜症、現在は緑内障
S2	女性	70代	全盲	16年	網膜色素変性症
S3	男性	40代	全盲		

評価には以下の3手法を用いた。

- ・記憶タスクの正答率
- ・評価グリッド法による実験中および実験後のプロトコルデータを用いた評価構造モデルの抽出
- ・実用性・満足度・使いやすさ・学習のしやすさの4項目についてリッカート尺度により7段階評価を行う質問紙調査法 (Usefulness, Satisfaction, and Ease of Use: USE)

4.3.5 結果・考察

施設名およびその空間的位置の記憶タスク成績は、全員正答率100%であった。

USEの結果では、全ての実験協力者において、満足度および使いやすさは他に比べやや低くなったのに対し、実用性および学習性の高さが高い結果となった(図10)。これに対し評価グリッドの、「手の平を向けるだけなので煩わしくない」「音の方向に手の平を向けるだけなので簡単で解りやすい」等の意見から、直接的な操作を行えたことが、実用性および学習性の高さにつながったことが伺える(図11)。

一方、満足度および使いやすさの低さに関して、「手を向けていない状態で遠方に聞こえる聴覚オブジェクトが、手を向けたときはやや近傍から聞こえ、聴覚オブジェクトが移動しているような違和感を覚える。」という評価が得られた。これは感覚間相互作用が影響した可能性が考えられる。手を伸ばしたときの体勢感覚による距離感および、聴覚オブジェクトへの聴覚的距離感のギャップに対し、体勢感覚による距離感が優位に影響したと考えられる。これによる錯覚が違和感になったと考えられる。

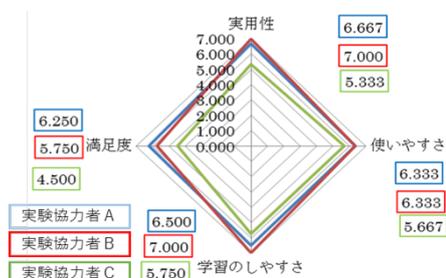


図10 USE結果

以上より本研究では、視覚障害者がAR音響空間に対してジェスチャを用いて介入し、立体聴覚情報の選択的聴取が可能となるARインタフェースの試作に成功した。さらにユーザビリティ評価を行った結果、AR音響空

間に対するジェスチャによる直接的介入操作により、かなり直観的に音像に対する認識・操作が可能となり、容易に周囲環境の空間把握ができる可能性が示された。

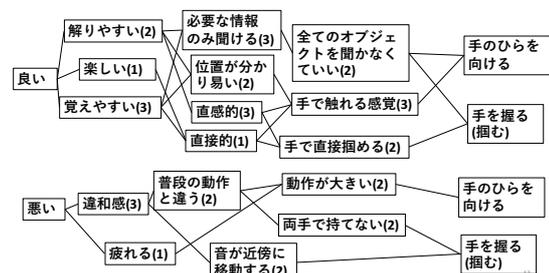


図11 得られた評価構造モデル

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計8件)

- 1) ジェスチャコントロール型視覚障害者立体聴覚ARインタフェースの開発, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 19, No. 7, SIG-DeMO-4, pp. 69-70 (北見工業大学), 2017. 10. 20, 片山遼介, 石田大顕, 高尾秀伸.
- 2) 視覚障害者向け立体聴覚ナビゲーションインタフェース-空間認知能力を補助する機能の提案-, 日本人間工学会第25回システム大会 (早稲田大学), AE17-01, 2017. 3. 15, 石田大顕, 藤本健作, 藤原大陸, 片山遼介, 高尾秀伸.
- 3) 視覚障害者向け情報提示インタフェースの開発-買い物行動に関するフィールド調査-, ヒューマンインタフェースシンポジウム2016 (東京農工大), 3D4-5, 2016. 9. 9, 高尾秀伸, 片山亮介, 藤原大陸, 石田大顕, 藤本健作.
- 4) データグローブを用いたAR音響空間における視覚障害者向けジェスチャインタフェース, ヒューマンインタフェースシンポジウム2016 (東京農工大), D-03, 2016. 9. 8, 藤原大陸, 石田大顕, 片山遼介, 高尾秀伸.
- 5) 仮想音源の選択的聴取を可能とする視覚障害者向けジェスチャ入力インタフェースの研究, ヒューマンインタフェースシンポジウム2015 (はこだて未来大学), 2534D, 2015. 9. 3, 藤原大陸, 片山遼介, 高尾秀伸.
- 6) 視覚障害者向け店舗内情報提示インタフェースにおけるサイン音の音楽的表現の提案, 日本人間工学会第23回システム大会 (早稲田大学), AE15-01, 2015.3.14, 片山遼介, 藤原大陸, 高尾秀伸.
- 7) 仮想音源の選択的聴取を可能とする視覚障害者向けジェスチャ入力インタフェースの開発, 日本人間工学会第23回システム大会 (早稲田大学), AE15-02, 2015.3.13, 藤原大陸, 片山遼介, 高尾秀伸.
- 8) 視覚障害者向け買い物行動支援システム

の開発, 日本人間工学会第 55 回大会 (神戸国際会議場), Vol.50, supplement, 2D3-2, pp304-305, 2014.5.6, 片山遼介, 高尾秀伸.

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

視覚障害者向け総合イベントサイトワールド
2016 出展 (2016. 11. 1-3, すみだ産業会館サンライズホール)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高尾 秀伸 (TAKAO Hidenobu)

神奈川工科大学・創造工学部・准教授

研究者番号: 6 0 3 2 9 3 0 7

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

()