

平成 21 年 6 月 23 日現在

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19700476  
 研究課題名（和文） 視覚障害者用ナビゲーションシステムの3次元音響対話型インタフェースに関する研究  
 研究課題名（英文） Development of the 3D Sounds-Navigation System for the 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

研究成果の概要：視覚障害者がナビゲーションシステムとの対話操作や操作設定をストレスなく行うことが可能なユーザインタフェース（UI）の開発を行った。具体的には、これまで基礎研究を蓄積して効果が明らかになった3次元音響インタフェースを応用したUIを構築した。その結果、実空間における視覚障害者を対象とした被験者実験を行うことで、提案方式の有効性が示され、ユーザフレンドリなUIの設計指針の一端を導出することに成功した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,300,000	0	1,300,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,000,000	210,000	2,210,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：ユーザインタフェース、バーチャルリアリティ、認知科学、福祉工学

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 平成12年、交通バリアフリー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、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。そこで視覚障害者に的確なナビゲーション情報を提供すると共に、使いやすいユーザフレンドリなナビゲーションシステムが望まれている。

(2) 視覚障害者向けナビゲーションシステムはすでに研究実施例があり、RFID（Radio Frequency Identification）と呼ばれる無線チップにより人やモノを識別・管理する仕組みやGPS（Global Positioning System）を用いて自分の位置を測位し、小型

情報端末から経路案内情報を音声提示する手法がいくつか提案されている。また、より直感的に経路案内する方向を把握できるように、進むべき方向を3次元音響を用いた方向定位音によって示す方法も提案されている。

## 2. 研究の目的

視覚障害者がナビゲーションシステムとの対話操作や操作設定をストレスなく行うことが可能なユーザインタフェース（UI）の開発を目指す。具体的には、これまで基礎研究を蓄積して効果が明らかになった3次元音響インタフェースを応用したUIを構築する。そして、実空間における被験者実験を行うこ

とで、方式の有効性を検討するとともに、ユーザフレンドリな UI の設計指針を導出することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) テストベッドの開発と評価

##### テストベッドの開発

開発システムは、実験場の床面に 40cm 間隔で敷設された RF タグを用いた RFID システムによりユーザの現在位置を計測し、ワークステーション内に保有する地図情報と照合することによりナビゲーション情報を生成する。この情報を基に提示音を生成し、ヘッドホンを通してユーザに提示される(図 1)。

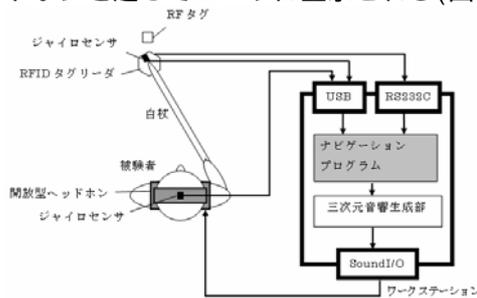


図 1 システムブロック図

このとき 3D 聴覚インタフェースに用いられる提示音は「ナビゲーション音」と「サウンドマーク音」の二つがある。ナビゲーション音とは、歩行中進むべき方向から立体音響として常に提示される音であり、直感的なナビゲーションを行うことにより正確に歩行させることを目指した。次にサウンドマーク音とは、屋内の設備や障害物を立体音響に変換しユーザに提示される音であり、視覚障害者に周囲の空間情報を把握させることを目指した。

##### 実験条件

実験条件は開発システム条件と、比較条件として従来手法を用いた 2 条件を設定した。(a)開発システム条件(開発条件)とは、開発システムで歩行してもらう。

(b)事前音声言語提示条件(事前条件)とは、歩行前に規定ルートを被験者に伝え記憶してもらう。スタートするまで聞きなおす事ができる。

(c)随時音声言語条件(随時条件)とは、歩行前に中継地点ごとのルートを教示し目的地まで歩行してもらう。途中でルートがわからなくなった場合は、被験者は、実験者に現在位置を確認できる。

以上 3 条件で同じ被験者に目的地まで 1 回ずつ歩行してもらった。歩行の様子はビデオカメラで撮影し、割り出した歩行軌跡をもとに各評価項目の計測を行った(図 2)。



図 2 実験風景

##### 評価項目

評価項目は、達成率、達成時間、歩行距離、メンタルワークロード評価(NASA-TLX)並びに、心理的評価構造モデルの検討(評価グリッド法)である。

#### (2) 入力ユーザインタフェースの設計指針の検討

##### 方法

本実験では被験者の正中面上に提示される 2 音の弁別閾を測定することにより音声に音階が付加された際の影響を検証した。

被験者の前方 1 m の垂直線上に 2 音声を断続的に交互に提示した。2 音声のうち 1 音声は音源位置が固定されていた(標準刺激)。残りの 1 音声は、被験者が音源位置を上下に移動させることができた(比較刺激)。被験者には 2 音声の音源位置が上下に分離したと知覚できる最も接近する音源位置まで比較刺激を移動および決定してもらった。次の試行では、先の試行で決定された比較刺激の音源位置を標準刺激の音源位置として、同様のタスクを繰り返してもらった。なお音源の移動には、十字キーが搭載された入力デバイスを用いた。十字キーの 1 入力で、音源位置の仰角が  $5^\circ$  移動した。

被験者の耳の高さの音源位置を基準点( $0^\circ$ )とし、比較刺激を基準点より上方向へ音源を移動させていくタスクと下方向へ移動させていくタスクをそれぞれ 3 回ずつ行った(図 3)。これらを 1 試行とし、15 分間の休憩を挟み 2 試行を行った。

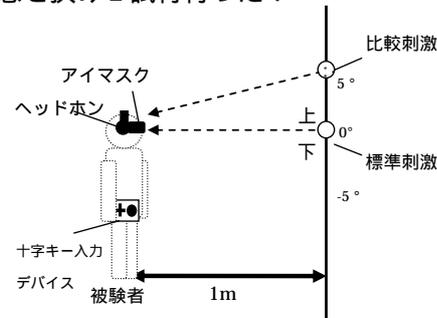


図 3 実験概念図

**実験条件・被験者**

実験条件は以下の通りとした。

a) 音声条件

呈示音源に音声のみを用いた条件。

b) 音声 + 音階条件

音声の直前に音階を付加した条件。

被験者は、健常な聴力および視力を有する大学生で男性7名、女性2名で行った。また、実験の際は実験開始 10 分前からアイマスクを装着してもらい、疑似的に視覚障がい者と同じ状況で実験を行った。

**4. 研究成果**

(1) テストベッドの開発と評価結果

開発条件は、概ね規定ルートに沿った歩行を行えた(図4)。達成率は100%と高い値を示した。総歩行距離は、他の条件に比べ中央値で28%減少した。達成時間は、中央値で40%減少した。なお、事前条件は、達成率が低かったため、他の測度では評価項目から除外した(表1)。

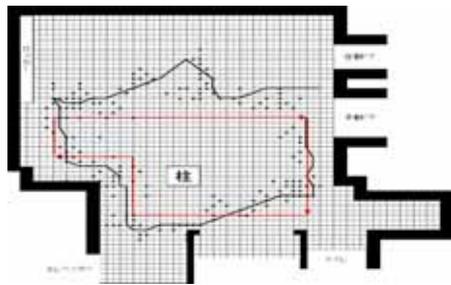


図4 開発システム条件における歩行軌跡

表1 各条件の結果

測度	条件	開発システム	事前音声言語	随時音声言語
	条件	条件	呈示条件	呈示条件
達成率		100%	25%	100%
達成時間		2分34秒		4分05秒
総歩行距離		23.9m		33.5m

メンタルワークロード解析を行った結果、開発システムは他条件に比べ、「努力」および「知的知覚的要求」において軽減が見られた。

評価グリッド法では、開発条件に、他の2条件に比べ「常に行くべき場所が分かる」「理解する手間が減り楽」「自分の位置が把握でき楽」「歩行以外に気を配れて余裕ができる」等の評価構造が抽出された。

以上をまとめると、以下に示す通り、提案インタフェースの有用性の一端が示された。  
・サウンドマーク音によって視覚障がい者に

よる周辺構造の把握が可能となった

・ナビゲーション音によって直感的なナビゲーションを可能とした。

・ナビゲーション音および、サウンドマーク音によって、ユーザへの精神的作業負担の少ないナビゲーションを可能とした。

(2) 入力ユーザインタフェースの設計指針検討結果

弁別閾について、音源呈示方式と実験試行数の2要因で2×2の被験者内分散分析を行った(図5)。その結果、要因間で交互作用が認められた。さらに単純主効果検定を行ったところ、1試行目および2試行目において呈示方式間で有意差が認められた  $F(1,8)=13.54, p<.01$ (1試行目),  $F(1,8)=4.79, p<.10$ (2試行目)。また、呈示方式における両条件とも試行回数間で有意差が認められた  $F(1,8)=8.74, p<.05$ (音声条件),  $F(1,8)=6.06, p<.10$ (音声+音階条件)。

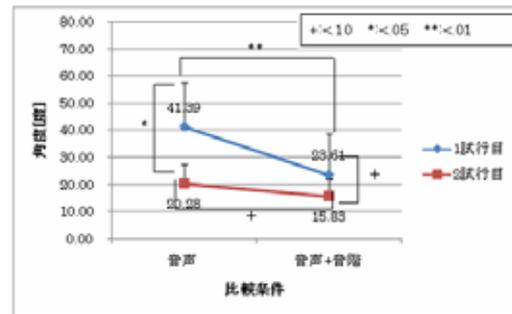


図5 各条件における弁別角度の平均

その結果以下の知見が得られた。

- ・立体音響と音階を複合的に呈示することで、15.8度の精度で音源定位させることが可能
- ・音声の直前に楽音を付加すると2音声の弁別閾が減少する。

本研究により、従来の視覚障害者誘導の手法に比べて、顕著にユーザビリティの高い手法の可能性を示すことができた。このような成果は国内外を問わず、未だ公表されておらず、極めて新規性が高いといえる。また、科学的にその有効性を示すことができたことから、設計指針の一部導出ができたことから、今後、引き続き検討を進めて行くことにより、これまでにない、画期的なシステムの実用化が期待できるといってよいだろう。

**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)

〔学会発表〕(計4件)

片山遼介, 高尾秀伸, 石井博章, “立体音響空間における空間定位に与える音階と

呈示方法の影響”，第 50 回日本人間学会抄録集，pp. 188-189，2009 年 6 月 13 日，産業技術総合研究所（つくば）。

片山遼介，高尾秀伸，石井博章，“立体音響空間における空間定位に与える音階の影響”，第 17 回日本人間学会システム連合大会抄録集，pp.5-6，2009 年 3 月 14 日，東海大学。

Ryosuke KATAYAMA, Hidenobu TAKAO, Tokuyuki MAESHIMA and Hiroaki ISHII, "Development of the Navigation System for Blind People Using 3D Sound User Interface- Constructing a Testbed -", Japan-China Conference on Mechatronics 2008(Kanagawa Institute of Technology, Kanagawa, Japan), poster, 2008 年 8 月 23 日，神奈川工科大学。

片山遼介，高尾秀伸，石井博章，“視覚障害者ナビゲーションシステム 3D聴覚インタフェースの開発 テストベッドの構築”，第 16 回日本人間学会システム連合大会抄録集，視覚／聴覚-3，2008 年 3 月 15 日，八王子セミナーハウス。

## 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：60329307

### (2)研究分担者

( )

研究者番号：

### (3)連携研究者

( )

研究者番号：