

200500620B

厚生労働科学研究費補助金

感覚器障害研究事業

3Dサウンドを利用した視覚障害者のための
聴覚空間認知訓練システム

平成15年度～17年度 総合研究報告書

主任研究者 関 喜一

平成18（2006）年 4月

目 次

I. 総合研究報告

3Dサウンドを利用した視覚障害者のための聴覚空間認知訓練システム 関 喜一	-----	1
(資料) 平成15年度総括研究報告書	-----	5
(資料) 平成15年度分担研究報告書	-----	7
(資料) 平成16年度総括研究報告書	-----	8
(資料) 平成16年度分担研究報告書	-----	12
(資料) 平成17年度総括研究報告書	-----	23
(資料) 平成17年度分担研究報告書	-----	26

II. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	36
--------------------	-------	----

III. 研究成果の刊行物・別刷	-----	37
------------------	-------	----

3Dサウンドを利用した視覚障害者のための聴覚空間認知訓練システム

主任研究者 関 喜一 産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門主任研究員

研究要旨 3Dサウンド技術による視覚障害者の聴覚空間認知訓練システムを開発した。これにより聴覚空間認知訓練が仮想環境で安全に行うことができるようになった。特に従来のような音源定位の訓練だけではなく、障害物知覚の訓練も可能とした。また訓練環境やカリキュラムをXMLにより記述できるようにし、訓練士が簡単に訓練環境やカリキュラムを容易にシステムに組み込むことができるようになった。また訓練システムの有効性、特にストレス軽減効果を被験者実験により確認した。

A. 研究目的

本応募テーマでは、視覚障害教育・リハビリテーションにおける、聴覚空間認知、即ち、光ではなく音を手がかりに自動車や建造物などの物体の存在を知る技能を獲得させるための訓練システムを3Dサウンド技術を用いて開発することを目的とする。

B. 研究方法

研究分担として、主任研究者 関喜一 は音響システムの技術面の構築を担当する。研究分担者 佐藤哲司 は聴覚空間認知訓練のカリキュラムの作成を担当する。研究期間は3年とし、初年度は、音響システムのハードウェアの構築とカリキュラムの原案の作成、次年度はカリキュラムのソフトウェア化と被験者試験、最終年度は被験者試験結果に基づいた実用化のための改良を行う。

（倫理面への配慮）

申請者 関喜一の所属する独立行政法人産業技術総合研究所には、被験者実験に係る厳しい倫理規定があり、この研究においても本規定を遵守する。産業技術総合研究所人間工学実験委員会において実験計画書を提出し、倫理審査等を受ける。実験に参加する被験者に対しては実験開始前に、研究の目的、方法、実験時間、実験により生じる被験者への不利益及び危険性についての説明を十分に行い、また実験に参加しない自由の確保として、被験者はこの実験に参加しない自由をもち実験に参加していてもいつでもその同意を撤回することができる権利を持つことを説明する。またプライバシーへの配慮として、実験で得られたデータについては被験者の同意を得ることなく実名を公開することはなく、被験者の人権に配慮したデータの取り扱いをすることを説明する。説明後は被験者からサインと押印をした同意書を回収し、産業技術総合研究所に提出し保管する。

C. 研究結果

- 初年度は、空間認知訓練システムのハードウェアとして、3Dサウンド技術を実現するデジタル信号処理音響システムと、それらを制御するコンピュータより構成されるシステムを構築した。開発の過程で、訓練士及び訓練生がこのシステムを操作するためのインターフェースとして、訓練カリキュラムの実現の都合上、頭部や身体の向きを計測しシステムに伝える装置を追加する必要があると判断した。
- 第2年度は上記のことを踏まえ、3Dサウンドシステムに頭部・膝位置センサを装備した訓練システムの構築を行い、また仮想訓練環境や訓練カリキュラムのXML化を行った。
- 頭部位置センサは、磁気を用いた6自由度位置センサであり、被訓練者の頭部位置を計測することによって、頭部が動いた場合、仮想環境の音像の相対位置をその逆方向に移動する制御を行うことにより、あたかも絶対位置が固定された環境の中に自分がいるかのような没入感を作り出すことができる。これにより、被訓練者が自分の頭部の動きによる周囲の音の聞こえ方の変化を学習することができる。
- また、訓練生の膝に磁気位置センサをとりつけ、訓練生が”足踏み”することにより、膝の上下運動を検出して仮想空間内で歩行する方式を考案した。
- システム全体はパーソナルコンピュータによって制御される。当初は、NEC PC9821Ap3を用いていたが、老朽化が激しく、またメーカーがサービスを打ち切ったため、第2年度は新たにApple Macintosh G4でシステムを再構成した。制御プログラムはMac OS X上で動作する。開発環境はREALBasic 5.5 Professionalを用いた。この制御プログラムでは、仮想環境内の様子を画面に表示して、訓練士が訓練

の進行状態をモニタすることができる。また、プロジェクトで拡大投影することにより、ロービジョンの訓練生に視覚を通してフィードバックを与えることができる。

- 仮想訓練環境と訓練カリキュラムは、独自のXML型式を考案して記述する方法を採用した。記述できる内容は現在のところ、音源、道、壁、目印（ランドマーク）の4つである。これらの技術内容については現在特許出願中である。
- 障害物知覚の訓練に必要な「壁」の表現方法については、有限距離音源については音量制御による遮音を再現し、無限距離音源については鏡像法による反射、および音量制御による遮音を再現する方式を考案した。
- また第2年度は、カリキュラム作成、システム評価のための予備実験として、被験者実験3つと実態調査2つを実施した。調査の1つは視覚障害者の歩行技能及び単独歩行時の不安を評価する尺度作成をおこなった。それらの尺度の信頼性・妥当性の検討を行い、被験者の評価を行うにあたり信頼性・妥当性ともに高い尺度を作成することができた。実験は被験者試験の予備実験としてSPR (Stress Pulse Ratio) を用いた道路横断実験（実験1）、直線歩行実験（実験2）を行った。その結果それらの実験が有効に被験者のストレスの強さを評価できることと、2つの評価尺度とそれぞれ相関が強いことを検証した。また、実験においては技能評価尺度と入手情報量との相関を明らかにし、調査においては全国の視覚障害関連施設から歩行訓練における聴覚を利用した訓練状況の実体が明らかになり、プログラム作成にあたって貴重な資料を得ることができた。
- 最終年度は、SPRによるストレス評価実験によって、本訓練システムのストレス軽減効果を確認した。
- 上記の成果によりシステムVer 1.0が完成し、現在、複数移動音源に対する音源定位訓練環境や壁に対する障害物知覚訓練環境、及びこれらを組合せた総合的な訓練環境が再現可能である。

D. 考察

1) 達成度について

大筋では当初の計画を達成した。具体的に達成できた内容は以下の通り：

- 3Dサウンド技術による訓練システムを開発した。これにより仮想環境での聴覚空間認知訓練が可能となった。特に本システムでは頭部位置センサや膝センサの採用により、仮想環境での没入間の向上やウォーク

スルーを実現した。

- 従来のような音源定位の訓練だけではなく、障害物知覚の訓練も可能とした。これにより、従来の研究にはないような現実の歩行訓練に近い環境が再現可能となった。
- 訓練環境やカリキュラムをXMLにより記述できるようにした。これにより訓練士が簡単に訓練環境やカリキュラムを容易にシステムに組み込むことができるようになった。
- 訓練システムの有効性、特にストレス軽減効果を被験者実験により確認した。

ただし詳細はまだ不十分な点があり、本補助金の研究期間終了後も改良に取り組んでいきたい。今後の改良点は以下の通り：

- 障害物知覚の再現のうち、有限距離音源（足音や白杖の音など）の反射がまだ再現できていない。これは本システムの3Dサウンドの制御装置の台数に10台という制限があるため、台数を増やせば技術的には可能である。
- 壁による遮音の表現や無限距離音源（騒音）の反射の音圧レベルの再現が「定性的」であり、実際の物理現象に則していない。この問題は、制御用コンピュータのマシンパワーやデジタル信号処理の能力に依存するので、今後コンピュータ技術が向上するにつれて解決できると考える。
- 移動音源（自動車など）の動き方が現在のところ「等速直線運動」しか対応していない。実際の歩行環境では、自動車の「曲がる」「止まる」も再現せねばならず、今後多様な動きを記述できるようにXMLの改良が必要である。
- 上述したようなシステムの未成熟部分があるため、訓練カリキュラムがまだ流動的である。現在、一貫した訓練カリキュラムが作成できておらず、部分的な訓練の組み合わせにとどまっている。今後システムの改良とともにカリキュラムも体系化していきたい。
- 仮想訓練環境作成のためのオーサリングツールが完全なGUIではないため、歩行訓練士が自分で訓練環境を編集するにはやや使いにくい観がある。今後ユーザインタフェースの改良が望ましい。

2) 研究成果の学術的意義について

視覚障害者の聴覚空間認知訓練については、視覚障害教育・リハビリテーションに携わる訓練士が様々な訓練方法を工夫してきた歴史的背景があるが、音響技術や音響学の知識を持たない訓練士が創意工夫した経験的方法論はいずれ

も科学的には意味が無く、効果が無いことから、実用には供していない。

一方、3Dサウンド技術を用いた聴覚空間認知訓練システムの開発の試みは国内外に数例存在するが、それらの試作システムでは、「音源定位（自動車のように音を発している物体を知覚すること）」の訓練のみが考慮されているだけで、「障害物知覚（壁や柱のように音を発していない物体を反射音などにより知覚すること）」の訓練は考慮されておらず全く不十分であり、実用に供した物はない。このような背景を踏まえ、本研究テーマは、「音源定位」と「障害物知覚」の両方の訓練に対応した実用的な聴覚空間認知訓練システムを開発した。両方を同時に再現する訓練システムは過去の研究では例がない。

また訓練環境を歩行訓練士が簡単に編集できるようにし、環境をXML化する概念も本研究が初めてであり、この技術は現在特許出願中である。

現在本研究成果は、4)で述べるように、東北大学の研究グループから共同実用化研究の申し出を受けており、発展の兆しを見せている。

3) 研究成果の行政的意義について

傷病等により失明した視覚障害児・者の社会復帰のための教育・リハビリテーションにおいて、視覚障害により廃された空間認知機能を代替するために、聴覚空間認知（光ではなく音を手がかりに自動車や建造物などの物体の存在を知る技能）を獲得する訓練を行うことは、視覚障害者の歩行能力・生活能力の獲得のために必要不可欠なものであり、視覚を失ったことによる機能障害の軽減・視覚障害者の社会参加の促進及びQOLの向上のために不可欠である。聴覚空間認知訓練の方法論は、障害の軽減・視覚障害者の社会参加の促進及びQOLの向上を目指す厚生労働省の政策に正に必要不可欠なものである。

4) その他特記すべき事項について

本テーマの2年目終了直前に、東北大学電気通信研究所の鈴木陽一教授の研究グループが、本テーマと極めて類似したプロジェクトを本テーマと同時期のH15年度から開始していたことが分かった（経済産業省プロジェクト）。お互いにお互いの研究の存在を知り、情報交換を行った結果、本テーマで開発した訓練カリキュラムや仮想訓練環境のノウハウと、東北大グループが開発した低価格な3Dサウンド技術を融合させることにより、視覚障害の現場にとって導入可能かつ実用的なシステムの構築が可能となることが分かった。実現すれば100万円台で訓練システムを現場に提供でき、その費用の大半はパソコ

ン代であることから、特にIT化が著しい盲学校への導入が現実のものとなる。本テーマ終了後に東北大グループと協力して実用化研究を進めていきたい。

E. 結論

3Dサウンド技術による視覚障害者の聴覚空間認知訓練システムを開発した。これにより聴覚空間認知訓練が仮想環境で安全に行うことができるようになった。特に従来のような音源定位の訓練だけではなく、障害物知覚の訓練も可能とした。また訓練環境やカリキュラムをXMLにより記述できるようにし、訓練士が簡単に訓練環境やカリキュラムを容易にシステムに組み込むことができるようになった。また訓練システムの有効性、特にストレス軽減効果を被験者実験により確認した。

F. 研究発表

1. 論文発表

- i) Yoshikazu SEKI, Kiyohide ITO, "Coloration perception depending on sound direction," IEEE Transactions on Speech and Audio Processing 11 (6), 817-825 (2003).
- ii) Yoshikazu SEKI, Kiyohide ITO, "Obstacle Perception Training System and CD for the Blind," RESNA 2004, CD-ROM (2004).
- iii) Yoshikazu SEKI, Kiyohide ITO, "Auditory Obstacle Perception Training System and CD for the Blind," CVHI 2004, CD-ROM (2004).
- iv) 佐藤哲司、関喜一、"視覚障害者のための3Dサウンドによる聴覚空間認知訓練システム及び訓練プログラムの開発"、国立身体障害者リハビリテーションセンター研究紀要（投稿中）。

2. 学会発表

- i) Yoshikazu SEKI, Kiyohide ITO, "Study on Acoustical Training System of Obstacle Perception for the Blind," Assistive Technology Research Series 11, Assistive Technology - Shaping the Future (Proceedings of AAATE Dublin 2003), 461-465, (Dublin, 2003-9).
- ii) 佐藤哲司、関喜一、"3Dサウンドを利用した視覚障害者のための聴覚空間認知システムを用いた訓練プログラムの作成"、第13回視覚障害リハビリテーション研究発表大会、論文集、38-39（幕張、2004-6）。
- iii) 関喜一、"障害物知覚訓練システムによる訓練効果の検証（第2報）"、第30回感覚代行シンポジウム、予稿集、1-4（東京、2004-12）。

- iv) 佐藤哲司、関喜一、” 3Dサウンドを用いた聴覚空間認知訓練システム（第1報）”、第30回感覚代行シンポジウム、予稿集、43-46（東京、2004-12）。
- v) 関喜一、佐藤哲司、” 3Dサウンドを利用した聴覚空間認知訓練システムの開発”、第14回視覚障害リハビリテーション研究発表大会、（神戸、2005-9）。
- vi) 佐藤哲司、” 主観的歩行技能評価尺度及び不安評価尺度作成の試み”、第14回視覚障害リハビリテーション研究発表大会、論文集、（神戸、2005-9）。
- vii) 関喜一、佐藤哲司、” 3Dサウンドを用いた聴覚空間認知訓練システム（第2報）”、第3

1回感覚代行シンポジウム、予稿集、1-4（東京、2005-12）。

G. 知的所有権の出願・登録状況

1. 特許出願

- i) 関喜一、佐藤哲司、視覚障害者のための歩行訓練環境生成システム、出願中、特願2004-357036（2004-12-09）。

2. 実用新案

なし

3. その他

なし

以上

資料

厚生労働科学研究費補助金（感覚器障害研究事業）
平成15年度 総括研究報告書

3Dサウンドを利用した視覚障害者のための聴覚空間認知訓練システム

主任研究者 関 喜一 産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門主任研究員

研究要旨 視覚障害教育・リハビリテーションにおける、聴覚空間認知訓練を行うためのシステムを3Dサウンド技術を用いて開発する。今年度は、システムのハードウェアの構築及び、訓練カリキュラムの作成を行った。

分担研究者 佐藤 哲司 国立身体障害者リハビリテーションセンター学院視覚障害学科教官

A. 研究目的

本応募テーマでは、視覚障害教育・リハビリテーションにおける、聴覚空間認知、即ち、光ではなく音を手がかりに自動車や建造物などの物体の存在を知る技能を獲得させるための訓練システムを3Dサウンド技術を用いて開発することを目的とする。

B. 研究方法

研究分担として、主任研究者 関喜一 は音響システムの技術面の構築を担当する。研究分担者 佐藤哲司 は聴覚空間認知訓練のカリキュラムの作成を担当する。研究期間は3年とし、2003年度は、音響システムのハードウェアの構築とカリキュラムの原案の作成、次年度はカリキュラムのソフトウェア化と被験者試験、最終年度は被験者試験結果に基づいた実用化のための改良を行う

C. 研究成果

空間認知訓練システムのハードウェアとして、3Dサウンド技術を実現するデジタル信号処理音響システムと、それらを制御するコンピュータより構成されるシステムを構築した。

具体的には、3Dサウンド処理を行うためのプロセッサRSS-10、音源となるレコーダAR-3000、ミキサーRFM-186により音響効果部が構成され、これらはコンピュータPC-98によりMIDIを通して制御される。また音源となる音信号はDATで録音したのち各種音響編集機器により編集され、レコーダへ録音される。このシステムにより、最大固定音源20チャンネル、移動音源10チャンネルを3次的にヘッドホン聴取で再現可能とした。空間認知訓練に必要な自動車等の移動音源や、壁などの反射音を実時間で再現できるものとした。また、遠方の環境騒音に関しては、RSS-10ではなく、ヘッドトルソシミュレータB&K 4159Cを用いて、3Dサウンド効果を伴ったバイノーラル録音により記録するものとした。（関担当）

また、空間認知訓練の訓練カリキュラムを作成し、これらの訓練のために最適にデザインされた仮想的な歩行・生活環境（以下「仮想訓練環境」）を作成した。カリキュラムは、初心者が学びやすいように、訓練の進行にあわせて難易度を徐々に増す（例えば最初は、走行している1台の自動車の位置を認知する簡単な課題から、最後は複雑な町並を理解する課題を課す）よう設計した。（佐藤担当）

D. 考察

訓練士及び訓練生がこのシステムを操作するためのインタフェースとして、訓練カリキュラムの実現の都合上、頭部や身体の向きを計測しシステムに伝える装置を来年度追加する必要があると判断した。（関担当）

E. 結論

計画通り、空間認知訓練の訓練カリキュラムを作成し、これらの訓練のために最適にデザインされた仮想的な歩行・生活環境を作成した。カリキュラムは、初心者が学びやすいように、訓練の進行にあわせて難易度を徐々に増す（例えば最初は、走行している1台の自動車の位置を認知する簡単な課題から、最後は複雑な町並を理解する課題を課す）よう設計した。（佐藤担当）

同時に、3Dサウンド技術を実現するデジタル信号処理音響システムと、それらを制御するコンピュータより構成される聴覚空間認知訓練システムのハードウェアを構築した。（関担当）

今後は、平成15年度作成した仮想訓練環境をソフトウェア化して、聴覚空間認知訓練システムに組み込み、実際に仮想訓練環境を再現できる聴覚空間認知訓練システムを構築する。（関担当）次に、構築された聴覚空間認知訓練システムの有効性を、被験者実験により実証する。具体的には、まったく訓練経験のない視覚障害者またはアイマスクをした晴眼者を被験者とし、本訓練システム使用者と非使用者の2グループに分け、両者間の歩行能力、空間把握の度合、障害物の回避能力、歩

行時におけるストレスの度合の差などを計測する。
 (佐藤担当)

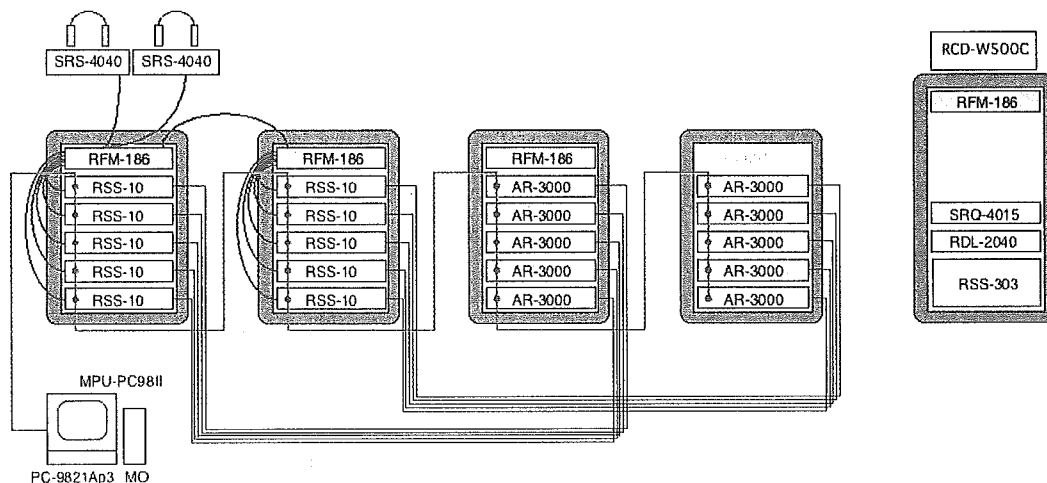


図1 構築した空間認知訓練システムのハードウェアのブロック図 (関担当)
 3Dサウンド処理を行うためのプロセッサRSS-10、音源となるレコーダAR-3000、ミキサーRFM-186、コンピュータPC-98、及び各種音響編集機器より構成される。

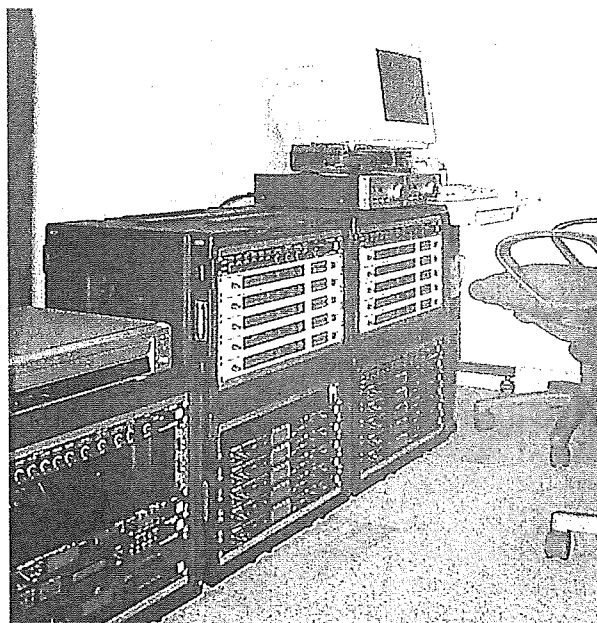


図2 構築した空間認知訓練システムのハードウェア外観 (関担当)

F. 健康危険情報
 特になし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Yoshikazu SEKI, Kiyohide ITO, "Coloration perception depending on sound direction," IEEE Transactions on Speech and Audio Processing 11 (6), 817-825 (2003).

2. 学会発表

- 1) Yoshikazu SEKI, Kiyohide ITO, "Study on Acoustical Training System of Obstacle Perception for the Blind," Assistive Technology Research Series 11, Assistive Technology - Shaping the Future (Proceedings of AAATE Dublin 2003), 461-465, (Dublin, 2003-9).

H. 知的財産権の出願・登録状況
 特になし

資料

厚生労働科学研究費補助金（感覚器障害研究事業）
平成15年度 分担研究報告書

3Dサウンドを利用した視覚障害者のための聴覚空間認知システム - 訓練カリキュラムの作成 -

分担研究者 佐藤 哲司 国立身体障害者リハビリテーションセンター学院

研究要旨

視覚障害教育・リハビリテーションにおける、聴覚空間認知訓練を行うためのシステムを3Dサウンド技術を用いて開発する。今年度は、構築されたシステムを利用する訓練カリキュラムの作成を行った。カリキュラムはスクリーニング、基礎プログラム、応用プログラムの3つのモジュールに分かれている。音源の数・動作の有無、判断の複雑さ、判断後の行動の有無などにより系統的に配列し、統制された仮想空間において順序立てて、繰り返し訓練を行うことが可能となる。

A 研究目的

本応募テーマでは、視覚障害教育・リハビリテーションにおいて、3Dサウンド技術を用いて聴覚空間認知、即ち、光ではなく音を手がかりに自動車や建造物などの物体の存在を知る技能を獲得するための訓練プログラムの開発することを目的とする。

B 研究方法

研究分担として、分担研究者佐藤哲司は、訓練カリキュラム原案の作成を担当する。研究期間は3年とし、2003年度は、主任研究者関喜一により構築された、3D音響システムの利用を前提とした訓練カリキュラムの原案を作成した。次年度はカリキュラムの妥当性の検討及びそのソフトウェア化と被験者試験を実施、最終年度はそれらの試験結果に基づき、実用化に向けて、さらにカリキュラムの改良を行う。

C 研究成果

訓練カリキュラムは、スクリーニング、基礎プログラム、応用プログラムに分かれるモジュール制を採用。スクリーニングにおいては視覚障害者の基礎的聴覚能力・方向定位能力の評価を行い、基礎プログラムにおいては自動車などの音源定位、移動方向の定位などの基礎的な訓練を行う。応用プログラムにおいては基礎プログラムより複雑なパタンの判断が必要な応用的な訓練を行う。

基礎プログラム、応用プログラムの中も、自習セッションと訓練セッションという下位モジュールに分かれる。実習セッションにおいては自習可能な形で繰り返し練習を行うことができ、かつ、自己判断ができるものである。訓練セッションは、モデルとなるデータを聞かせた後、評価を行えるよう設計した。

この訓練カリキュラムを実施することにより視覚障害者が個別に自分のレベルに合わせてモジュールを選択し、個人のレベルに合った訓練を効率的に行うことができる。

D 考察

訓練カリキュラムの妥当性の検討のために被験者試験が行われることが必要であると考えられる。これについては、次年度において実施予定である。

E 結論

実施計画に基づき、3Dサウンド技術を用いた音響システムの利用を前提とした、空間認知訓練の訓練カリキュラムを作成した。このカリキュラムを用いることで、段階的、系統的に不安感の少ない状態で、統制された環境を再現し、訓練を行うことができる。また、モジュール制を採用することにより、視覚障害者のレベルに応じた訓練システムを提供することも可能となると考えられる。

F 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

G 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

資料

厚生労働科学研究費補助金（感覚器障害研究事業）
平成16年度 総括研究報告書

3Dサウンドを利用した視覚障害者のための聴覚空間認知訓練システム

主任研究者 関 喜一 産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門主任研究員

研究要旨 研究目的は、視覚障害教育・リハビリテーションにおける、聴覚空間認知訓練を行うためのシステムを3Dサウンド技術を用いて開発することにある。今年度は、カリキュラムのソフトウェア化と被験者実験・実態調査を行った。訓練環境やカリキュラムは独自のXML形式を考案して記述し、また3Dサウンドシステムを改良して頭部位置と歩行動作の入力を行うための位置センサを導入した。また被験者実験により、訓練時の被験者のストレスの強さの評価方法を検証した。また実態調査として、全国の視覚障害関連施設から歩行訓練における聴覚を利用した訓練状況の実体を把握した。

分担研究者 佐藤 哲司 国立身体障害者リハビリテーションセンター学院視覚障害学科教官

A. 研究目的

本応募テーマでは、視覚障害教育・リハビリテーションにおける、聴覚空間認知、即ち、光ではなく音を手がかりに自動車や建造物などの物体の存在を知る技能を獲得させるための訓練システムを3Dサウンド技術を用いて開発することを目的とする。

B. 研究方法

研究分担として、主任研究者 関喜一 は音響システムの技術面の構築を担当する。研究分担者 佐藤哲司 は聴覚空間認知訓練のカリキュラムの作成を担当する。研究期間は3年とし、2004年度は、音響システムのハードウェアの構築とカリキュラムの原案の作成、次年度はカリキュラムのソフトウェア化と被験者試験、最終年度は被験者試験結果に基づいた実用化のための改良を行う

C. 研究成果

前年度は、空間認知訓練システムのハードウェアとして、3Dサウンド技術を実現するデジタル信号処理音響システムと、それらを制御するコンピュータより構成されるシステムを構築した。しかし、訓練士及び訓練生がこのシステムを操作するためのインタフェースとして、訓練カリキュラムの実現の都合上、頭部や身体の向きを計測しシステムに伝える装置を追加する必要があると判断した。

今年度は、3Dサウンドシステム（H15年度成果）に頭部・膝位置センサを装備した訓練システムの構築（図1）を行い、また仮想訓練環境や訓練カリキュラム（H15年度成果）のXML化を行った（図3）。

頭部位置センサは、磁気を用いた6自由度位置センサであり、被訓練者の頭部位置を計測することによって、頭部が動いた場合、仮想環境の音像の相対位置をその逆方向に移動する制御を行うことにより、あたかも絶対位置が固定された環境の中に自分がいるかのような没入感を作り出すことができる。これにより、被訓練者が自分の頭部の動きによる周囲の音の聞こえ方の変化を学習することができる。（図1）

また、計画当初より、仮想空間内で歩行によって移動していることをどのように入力するかが課題となっていた。本システムでは、訓練生の膝に磁気位置センサをとりつけ、訓練生が”足踏み”することにより、膝の上下運動を検出して仮想空間内で歩行する方式を考案した。

（図1）

システム全体はパーソナルコンピュータによって制御される。当初は、NEC PC9821Ap3を用いていたが、老朽化が激しく、またメーカーがサービスを打ち切ったため、今年度は新たにApple Macintosh G4でシステムを再構成した。制御プログラムはMac OS X上で動作する。開発環境はREALBasic 5.5 Professionalを用いた。この制御プログラムでは、仮想環境内の様子を画面に表示して、訓練士が訓練の進行状態をモニタすることができる。また、プロジェクトで拡大投影することにより、ロービジョンの訓練生に視覚を通してフィードバックを与えることができる。

（図2）

仮想訓練環境と訓練カリキュラムは、独自のXML型式を考案して記述する方法を採用した（図3）。記述できる内容は現在のところ、音源、道、壁、目印（ランドマーク）の4つである（図4）。これらの技術内容については現在特許出願中である。

障害物知覚の訓練に必要な「壁」の表現方法については、有限距離音源については音量制御

による遮音を再現（図5左）し、無限距離音源については鏡像法による反射、および音量制御による遮音を再現（図5右）する方式を考案した。

（以上関担当）

また今年度は、被験者実験3つと実態調査2つを実施した。調査の1つは視覚障害者の歩行技能及び単独歩行時の不安を評価する尺度作成をおこなった。それらの尺度の信頼性・妥当性の検討を行い、被験者の評価を行うにあたり信頼性・妥当性ともに高い尺度を作成することができた。実験は被験者試験の予備実験としてSPR（Stress Pulse Ratio）を用いた道路横断実験（実験1）、直線歩行実験（実験2）を行った。その結果それらの実験が有効に被験者のストレスの強さを評価できることと、2つの評価尺度とそれぞれ相関が強いことを検証した。また、実験3においては技能評価尺度と入手情報量との相関を明らかにし、調査3においては全国の視覚障害関連施設から歩行訓練における聴覚を利用した訓練状況の実体が明らかになり、プログラム作成にあたって貴重な資料を得ることができた。

（以上佐藤担当。詳細は分担研究報告参照）

D. 考察

主任研究者の主観として、予想以上に自動車などの音源がリアルに再現されているという印象を受けた。来年度、被験者実験の結果を踏まえ、改良を施したい。（関担当）

また、今年度の実験結果によって、SPRがストレス評価に有効であることが分かったので、今後本訓練システムのストレス軽減効果の評価に用いたい。また、実態調査結果を踏まえ、訓練プログラムの改良を行いたい。（佐藤担当）

E. 結論

計画通り、3Dサウンドシステム（H15年度成果）に頭部・膝位置センサを装備した訓練システムの構築を行い、また仮想訓練環境や訓練カリキュラム（H15年度成果）のXML化を行った。また視覚障害教育・リハ関係の現場に対して音響訓練に関する実態調査を実施し、訓練プログラムの改良のために有用な知見を得た。

来年度は最終年度でもあり、被験者による客観的評価によってシステムに改良を施し、実用化を検討したい。

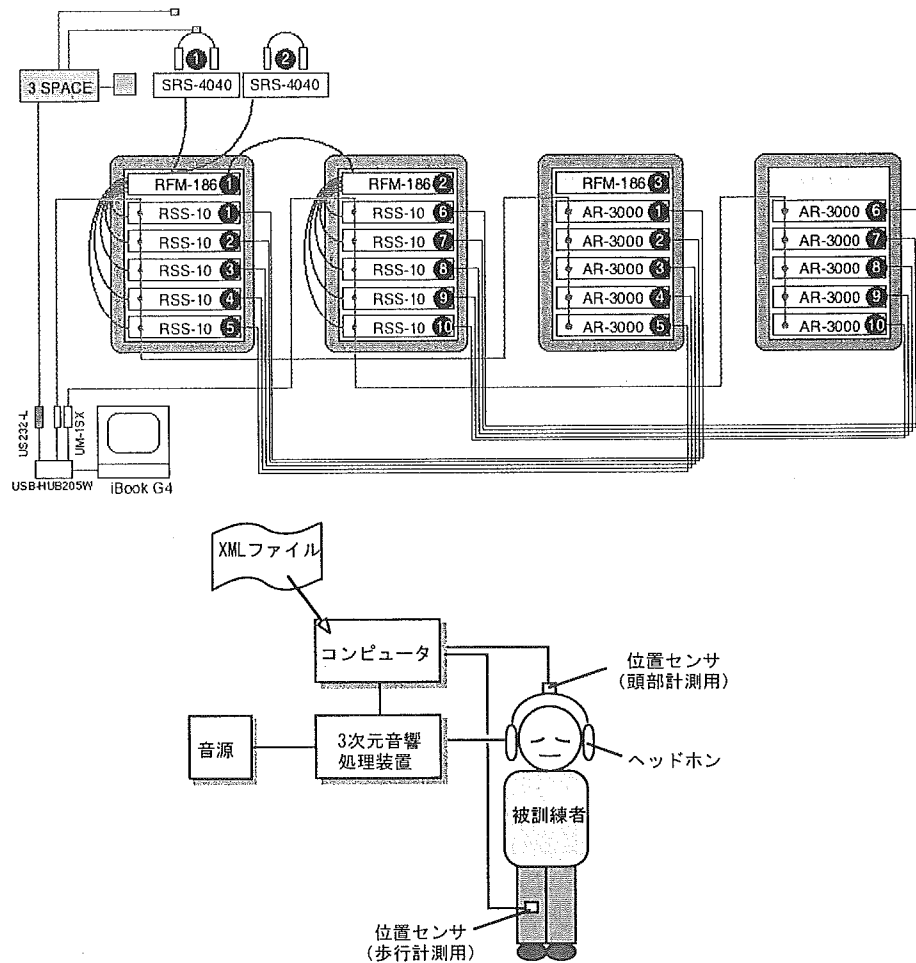


図1 システム概略図。H15年度のシステムに、頭部位置・歩行動作などを計測するセンサを増設。

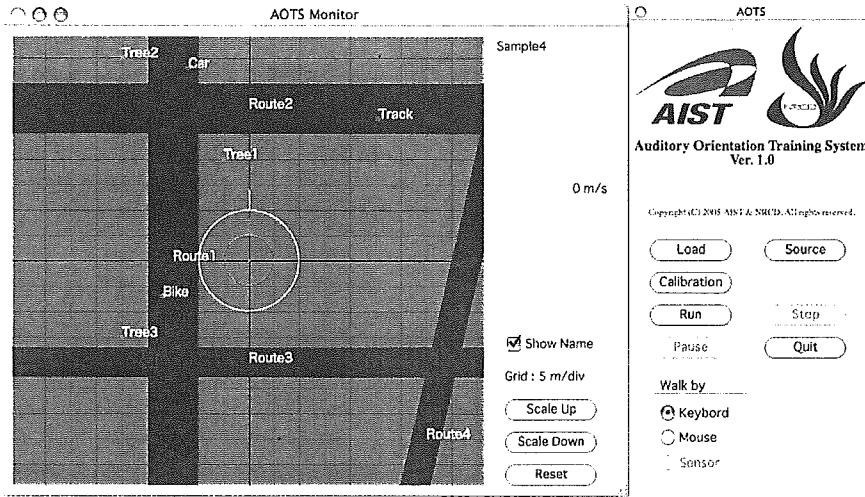


図2 システム動作画面。制御プログラムは現在、Mac OS X上のアプリケーションとして動作する。

```

<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?>
<!--
Auditory Orientation Training System
Training Field Descriptor in XML Ver 1.0
2004-05-15 ver 0.0
2004-05-19 ver 0.4
Copyright (C) 2004 Yoshikazu Seki (AIST) & Tetsuji Sato (NRCD). All right reserved.
-->
<!--
<!DOCTYPE aots SYSTEM "http://staff.aist.go.jp/yoshikazu-seki/AOTS/aots.dtd">
-->
<!DOCTYPE aots [
<ELEMENT aots (title, field+) -->
<ELEMENT title (#PCDATA) -->
<ELEMENT field (name, (sound | wall | road | mark)) -->
<ELEMENT name (#PCDATA) -->
<ELEMENT sound (device, phrase, intloc, velvec?, start?, stop?, repeat) -->
<ELEMENT device (#PCDATA) -->
<ELEMENT phrase (#PCDATA) -->
<ELEMENT intloc (intx?, inty?, intz?) -->
<ELEMENT intx (#PCDATA) -->
<ELEMENT inty (#PCDATA) -->
<ELEMENT intz (#PCDATA) -->
<ELEMENT velvec (velx?, vely?, velz?) -->
<ELEMENT vely (#PCDATA) -->
<ELEMENT vely2 (#PCDATA) -->
<ELEMENT start (#PCDATA) -->
<ELEMENT stop (#PCDATA) -->
<ELEMENT repeat (#PCDATA) -->
<ELEMENT wall (wx, wy, ww, wd) -->
<ELEMENT wx (#PCDATA) -->
<ELEMENT wy (#PCDATA) -->
<ELEMENT ww (#PCDATA) -->
<ELEMENT wd (#PCDATA) -->
<ELEMENT road (point, width) -->
<ELEMENT point (px1, py1, px2, py2) -->
<ELEMENT px1 (#PCDATA) -->
<ELEMENT px2 (#PCDATA) -->
<ELEMENT py1 (#PCDATA) -->
<ELEMENT py2 (#PCDATA) -->
<ELEMENT width (#PCDATA) -->
<ELEMENT mark (mx, my) -->
<ELEMENT mx (#PCDATA) -->
<ELEMENT my (#PCDATA) -->
]
-->
<!-- Sample -->
<aots xmlns="http://staff.aist.go.jp/yoshikazu-seki/AOTS/" xml:lang="ja">
<title>Sample</title>
<field>
<name>car</name>
<sound>
<device>l</device>
<phrase>A001</phrase>
<intloc>
<intx>100</intx>
<inty>500</inty>
</intloc>
<velvec>
<vely>-1000</vely>
</velvec>
<start>10</start>
<stop>100</stop>
<repeat>on</repeat>
</sound>
</field>
<field>
<name>fence</name>
<wall>
<wx>1500</wx>
<wy>0</wy>
<ww>1000</ww>
<wd>0</wd>
</wall>
</field>
<field>
<name>route</name>
<road>
<point>
<px1>1000</px1>
<py1>1000</py1>
<px2>1000</px2>
<py2>1000</py2>
</point>
<width>000</width>
</road>
</field>
<field>
<name>house</name>
<mark>
<mx>1500</mx>
<my>0</my>
</mark>
</field>
</aots>

```

図3 訓練環境を記述するXMLファイルの形式。

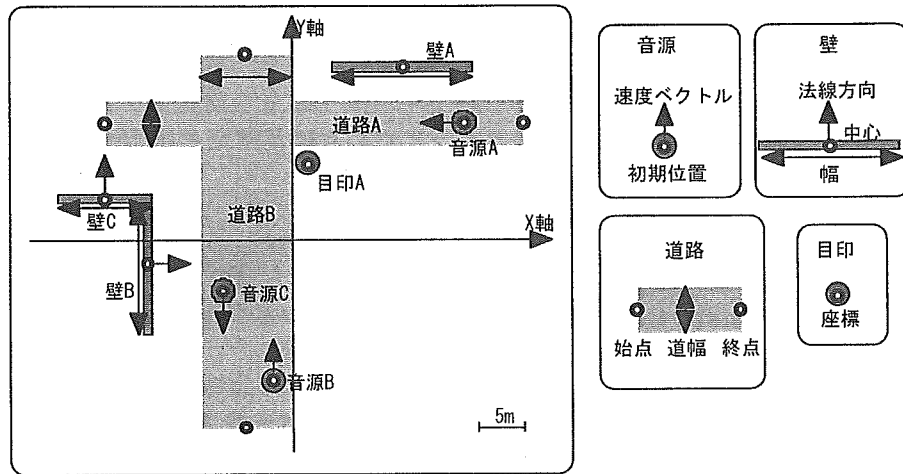


図4 仮想空間の構成要素。音源、道、壁、目印（ランドマーク）の4つで構成する。

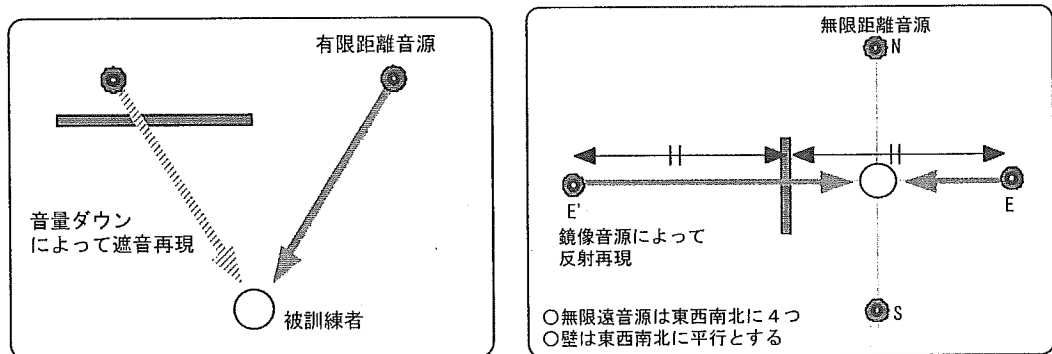


図5 障害物知覚に必要な「壁」の表現。

F. 健康危険情報
特になし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Yoshikazu SEKI, Kiyohide ITO, "Obstacle Perception Training System and CD for the Blind," RESNA 2004, Proc. CD-ROM (Orlando, 2004-6).
- 2) Yoshikazu SEKI, Kiyohide ITO, "Auditory Obstacle Perception Training System and CD for the Blind," CVHI 2004, CD-ROM (Granada, 2004-6,7).

2. 学会発表

- 1) 佐藤哲司、関喜一、"3Dサウンドを利用した視覚障害者のための聴覚空間認知システムを用いた訓練プログラムの作成"、第13

回視覚障害リハビリテーション研究発表大会、論文集、38-39（幕張、2004-6）。

- 2) 関喜一、"障害物知覚訓練システムによる訓練効果の検証（第2報）"、第30回感覚代行シンポジウム、予稿集、1-4（東京、2004-12）。
- 3) 佐藤哲司、関喜一、"3Dサウンドを用いた聴覚空間認知訓練システム（第1報）"、第30回感覚代行シンポジウム、予稿集、43-46（東京、2004-12）。

H. 知的財産権の出願・登録状況

関喜一、佐藤哲司、視覚障害者のための歩行訓練環境生成システム、出願中、特願2004-357036（2004-12-09）

資料

厚生労働科学研究費補助金（感覚器障害研究事業）
平成16年度 分担研究報告書

3Dサウンドを利用した視覚障害者のための聴覚空間認知システム —訓練カリキュラム作成のための基礎実験及び調査—

分担研究者 佐藤 哲司 国立身体障害者リハビリテーションセンター学院

研究要旨

今年度は実験3つと調査2つを実施した。調査の1つは視覚障害者の歩行技能及び単独歩行時の不安を評価する尺度作成をおこなった。それらの尺度の信頼性・妥当性の検討を行い、被検者の評価を行うにあたり信頼性・妥当性ともに高い尺度を作成することができた。実験は被検者試験の予備実験としてSPR (Stress Pulse Ratio) を用いた道路横断実験（実験1）、直線歩行実験（実験2）を行った。その結果それらの実験が有効に被検者のストレスの強さを評価できることと、2つの評価尺度とそれぞれ相関が強いことを検証した。また、実験3においては技能評価尺度と入手情報量との相関を明らかにし、調査3においては全国の視覚障害関連施設から歩行訓練における聴覚を利用した訓練状況の実体が明らかになり、プログラム作成にあたって貴重な資料を得ることができた。

A 研究目的

本応募テーマでは、視覚障害教育・リハビリテーションにおいて、3Dサウンド技術を用いて聴覚空間認知、即ち、光ではなく音を手がかりに自動車や建造物などの物体の存在を知る技能を獲得するための訓練プログラムの開発することを目的とする。

B 研究方法

研究分担として、分担研究者佐藤哲司は、訓練カリキュラム原案の作成を担当する。研究期間は3年とし、2003年度は、主任研究者関喜一により構築された、3D音響システムの利用を前提とした訓練カリキュラムの原案を作成した。次年度はカリキュラムの妥当性の検討及びそのソフトウェア化と被検者試験を実施、最終年度はそれらの試験結果に基づき、実用化に向けて、さらにカリキュラムの改良を行う。

C 研究成果

1 技能評価及び不安評価測定用紙の作成

主観的な視覚障害者の歩行技能の評価及び歩行時における不安場面の評価について、評価用紙を作成し、それぞれの評価の信頼性・妥当性を検討することを目的として行った。それぞれの評価尺度は2件法（○又は×）で行った。歩行技能評価においては、「各問の状況に「はい」と感じる人は○、「いいえ」と感じる人は×」を記入してもらった。不安評価については「各問の状況に不安を感じる人は○、感じない、あまり感じない人は×」を記入してもらった。どちらの評価についても、評価項目数は50項目。被評価者は45名（視覚障害学科学学生及び卒業生（在学中に評価実施）31

名（約6ヶ月間（週2回）の歩行経験）、視覚障害者（全盲者）6名（歩行歴25年～43年、平均：32.2年±6.2年、週5日以上単独歩行）、歩行未経験の晴眼者8名）。晴眼者についてはアイマスクによる遮眼時という設定で評価を行ったもらった。

技能評価についてみていくと、主因子法、バリ

因子No.	二乗和	寄与率 (%)	累積寄与率 (%)
1	6.09	12.19	12.19
2	5.07	10.14	22.33
3	3.90	7.79	30.12
4	3.02	6.04	36.16
5	2.98	5.96	42.12

表1-1 技能評価因子分析結果（主因子法、バリマックス回転、寄与率5%以上抽出

基準)

ックス回転による因子分析を行った。その結果、5因子（抽出基準は寄与率5%以上とした）が抽出された（表1-1）。

信頼性係数を見ていくと、クローンバックの α 係数が0.924（n=45）、ガットマンの折半法信頼係数が0.884（n=45）、スピアマン-ブラウンの係数が0.884（n=45）とそれぞれ高い数値が出た。これにより、技能評価尺度は十分に信頼性が高い、すなわち、内的一貫性の高い尺度であるといえることができる。

次に、不安評価についてみていくと、主因子法、バリマックス回転による因子分析を行った。その結果、7因子（抽出基準は寄与率5%以上とした）が抽出された（表1-2）。

表1-2 不安評価因子分析結果（主因子法、バリマックス回転、寄与率5%以上抽出基準）

因子No.	二乗和	寄与率 (%)	累積寄与率 (%)
1	5.52	11.04	11.04
2	4.81	9.63	20.67
3	4.51	9.03	29.70
4	4.45	8.91	38.60
5	2.97	5.94	44.55
6	2.68	5.35	49.90
7	2.64	5.27	55.17

信頼性係数を見ていくと、クローンバックの α 係数が0.939（n=45）、ガットマンの折半法信頼係数が0.867（n=45）、スピアマン-ブラウンの係数が0.867（n=45）とそれぞれ高い数値が出た。これにより、不安評価尺度は十分に信頼性が高い、すなわち、内的一貫性が高い尺度であるといえることができる。

次に、それぞれの尺度の相関関係について調べた。その結果、相関係数は-0.82であり、有意であった（ $F(1, 43) = 88.42, p < 0.0001$ ）。説明率は、67.24%であり、両変数には強い負の相関があるといえる。技能を予測変数、不安を目的変数として、予測式を算出すると、

$y = -0.892214x + 49.263834$ という式が成り立つ。予測の標準誤差は、8.88であった。

一般に、不安が高い人は技能が低いということが考えられる。そのため、予測式は技能を予測変数、不安を目的変数として算出してみた。技能があがることによって、不安が低下することは、予測することができる。したがって、今後はどの技能が不安と相関が強いのか分析し、3Dサウンドを用いた聴覚訓練プログラムに導入することが可能

であると考えられる。

この分析結果では、一般に予測できる技能と不安の関係について、負の強い相関があることがわかった。この結果は妥当な結果であるといえる。したがって、信頼性の高い尺度で、かつ、負の強い相関を持つことで、お互いの尺度の妥当性を高めているものと考えられることができる。

今回の尺度については、さらに項目数・項目内容の統計的な検討が必要であると考えている。項目数が多いことが被検者の負担につながるものが予想されるからである。また、項目内容について、同種の質問が多いことなどから、因子分析の結果などを用いて、さらに項目の検討を行っていく予定である。

問題点としては、歩行経験のない者にとっては遮眼時の歩行がイメージしにくいのではないかといい。したがって、それらの者の評価においてこれらの評価尺度が妥当であるかどうかということがあげられる。2点目として、被検者の中に視覚障害者が少ないこともあり、今後当事者、未経験者の被検者をさらに集めて、評価の信頼性・妥当性を高めていきたい。3点目に視覚障害者の中にロービジョン者が含まれていないため、今後はロービジョン者を対象に調査を行う必要がある。そのほか、当尺度を用いた、利用者自身の評価と訓練士による評価の一致度なども調べる予定である。

2 道路横断時のストレス測定

3Dサウンドシステムを利用し、その効果を実証するための実験方法の予備実験として本実験を行った。本実験での変数としては、ストレス指標の客観的指標として、道路横断時の心拍数の増加（SPR, Stress Pulse Ratio、※1）を指標とすることとした。また、歩行時のストレスは本人の持っている技能レベル、不安レベルに大きく影響を受けるものと考え、主観的スキル評価、不安評価との相関関係についても調査し、それらの評価の妥当性の検討を行うとともに、評価点からSPR値の予測を行うこと、また、逆にSPR値から本人の主観的なスキル評価、不安評価の予測を行うことも目的とした。

実験環境は幅約10mの2車線の道路である。この道路を計4回横断し、横断開始の合図後～横断時～横断後10s後の間の最高心拍数をそれぞれ測定し、SPR値を指標として算出した。また、晴眼者については実験場所まではアイマスクをした状態で車で移動し（約20分）、未知の環境ということで実験を実施した。なお、自動車等の通過台数12.06台/分であった。

結果としては、不安評価-SPR間の相関係数が0.67であり、有意であった（ $F(1, 10) = 8.31, p = 0.0163$ ）。説明率は44.8%であり、両者間には中程度の正の相関があるといえる。予測式については、不安評価を予測変数、SPRを目的変数として、算出すると、 $Y = 0.008264X - 0.087192$ となった。予測の標準誤差は0.10であった。SPRを予測変数、不安評価

を目的変数として、予測式を算出すると、 $Y=54.962184X+21.393708$ となった。予測の標準誤差は8.81であった。

技能評価-SPR間の相関係数が-0.54であり、有意傾向であった ($F(1, 10)=4.14, p=0.0727$)。説明率は29.1%であり、中程度の負の相関があるといえる。予測式については技能評価を予測変数、SPRを目的変数として、算出すると、 $Y=-0.006488X+0.310156$ となった。予測の標準誤差は0.12であった。SPRを予測変数、技能評価を目的変数として、予測式を算出すると、 $Y=-44.206938X+29.757306$ となった。予測の標準誤差は10.13であった。

技能-不安間の相関係数が-0.83であり、有意傾向であった ($F(1, 10)=22.26, p=0.0008$)。説明率は68.9%であり、両者間には強い負の相関があるといえる。

本実験の結果により、客観的ストレス指標としてのSPRと本人の主観的な評価である不安評価、技能評価の相関が明らかになり、それぞれの評価の妥当性が高まったといえる。

また、予測式を二つの方向から算出したが、不安があるから交感神経系が働き、心拍数が増加するのだと考え、尺度側を予測変数として、SPR値を目的変数とする方が実際的であると考えられる。

また、認知的側面よりストレスをとらえると、ある事態に対し、対応可能なスキルがないことにより不安が喚起させられるのだと考えることができる。そう、考えると、事態についての本人の対処可能かどうかの判断、主観的な技能評価と不安評価、SPR値間のパス解析的な把握が必要になることも考えられる。今後はその分析も行う予定である。

3Dサウンドを用いた聴覚空間認知システムを用いた訓練プログラムを実施することにより、不安・技能評価が変化し、SPRに反映されていくことが実験を通して観察できれば、そのプログラムの有効性を検証できることになると予想される。

また、不安評価尺度とSPR値の相関が強いことから、被検者12名のうち不安評価尺度の得点の上位群1/3（不安が高いもの5名）と下位群1/3（不安が低いもの5名）とのSPR値を従属変数として分散分析をかけた結果、有意傾向 ($F(1, 8)=4.69, .05 < p < .10$) であり、上位群のSPR値が下位群に比して大きくなる傾向にあった。つまり、不安評価が高いものほど、道路横断に関してストレスを受けていることが伺える。同様に技能評価で分散分析をかけた結果有意ではなかった ($F(1, 8)=0.67, p > .10$)。

(※1) SPR値

SPR値の算出は下記の式で行った。

SPR値 = ((単独歩行時心拍数) - (誘導歩行時心拍数)) / 誘導歩行時心拍数 × 100 (%)

□

実験1、2においてそれぞれ誘導歩行時心拍数、単独歩行時心拍数に違いがある。

実験1における誘導歩行時心拍数は10m（道路横断実験箇所幅と同じ）の距離の平均心拍数をとった。実験2における誘導歩行時心拍数は120m（直線歩行実験箇所の距離とほぼ同じ距離）における全行程での平均心拍数をとった。なお、誘導歩行時の歩行速度は被検者の快適と感じる速度で行った。また、心拍数は5sごとの心拍数として記録された。

3 直線歩行時のストレス測定

本実験においては、実験1同様歩行時のSPR値を測定し、ストレス指標とし、道路横断時或いは何もない状態においても、不安評価尺度と技能評価尺度との相関を検証するために、予備的に行った実験である。

実験環境は長さ約136mの直線道路沿いにある歩道（幅約2m）で行った。区間を3区間に区切って、それぞれの間の最高心拍数を取り、SPR値を算出した。それぞれの区間のおおよその長さは、1区間約30m、2区間約80m、3区間約30mとなる。また、区間1に道路横断（幅約5m）1回、3区間にも信号機のある道路横断1回（幅約5m）がある。区間2は道路横断はない。また、道路側は腰位の高さの植え込みがあり、ところどころ木がうえてある。また、実験1同様、晴眼者については、実験場所まではアイマスクをした状態で車で移動し（約20分）、未知の環境ということで実験を行った。なお、自動車等の通行台数は10.13台/分であった。

被検者は19名（そのうち、6名は心拍値が途切れるなどの理由により無効）中13名のデータを有効とした。結果は次のとおりである。

不安-区間1 SPR値相関が0.83 ($F(1, 11)=24.64, p < .01$)、不安-区間2 SPR値相関が0.83 ($F(1, 11)=24.64, p < .01$)、不安-区間3 SPR値相関が0.74 ($F(1, 11)=13.75, p < .01$) となった。この結果から、道路横断を含む、含まずに関わらず不安とSPR値との強い正の相関があることが明らかになった。

技能評価とSPR値の相関については、技能-区間1 SPR値の相関が-0.57 ($F(1, 11)=5.16, .01 < p < .05$)、技能-区間2 SPR値の相関が-0.59 ($F(1, 11)=5.93, .01 < p < .05$)、技能-区間3 SPR値相関が-0.61 ($F(1, 11)=6.49, .01 < p < .05$) となった。この結果から、不安評価同様、道路横断を含む、含まずに関わらず技能評価とSPR値との中程度の負の相関があることが明らかになった。

本実験の結果から、不安評価と技能評価とルート歩行の間には不安-SPR値間には強い正の相関、技能-SPR値間には中程度の負の相関があることがわかった。これは実験1とほぼ同様の結果を示しており、評価自体の妥当性を高めるものであるといえる。また、道路横断以外の場面においても、例えば、道路横断がない区間2においても、不安

評価・技能評価とSPR値との相関は高いことから、道路横断時以外の要因（自動車・バイクの音、自転車や通行人の存在、看板や電柱、植え込みなどへの接触・衝突、ペーリング、距離の長さ、信号などの判断、その他）もSPR値の上昇に影響を与えていることが考えられる。以上により、3Dサウンドを用いた聴覚認知訓練プログラムの中に道路横断以外にも直線歩行での様々なシーンを盛り込んでいく必要があることが考えられる。それには、撮影したビデオ画像と心拍数の変動とのより精密な分析が必要であると考えられる。今後はその分析を行っていく予定である。

4 手引き歩行時の情報入手量

本実験においては、実験者が被検者を約500mの間手引きし、その間、どんなことでもよいので、気づいたことを、できるだけ途切れないように、ICレコーダーに録音してもらい、後で複数の評価者（歩行訓練士）により、内容分析を実施し、入手した情報の量的分析及び質的分析を行ったものである。また、この量的・質的分析に加えて、技能評価尺度との相関関係を仮定し、その関係について検討を加えた実験である。これにより、技能評価の高いものと低いものの入手情報に違いがあるかどうかを検証することができる。また、3Dサウンドを用いた聴覚認知訓練プログラムの作成において、どのような情報を量的・質的にどのような形で、ある技能をもっている人に提供していけばよいのか示唆を与えることができると考えられる。また、実験1、2同様、実験場所まではアイマスクをした状態で車で移動し（約20分）、未知の環境ということで実験を行った。なお、自動車等の通過台数は14.72台/分であった。手引き時の歩行速度は被検者が快適と感じる速度で行った。

被検者は晴眼者10名（視覚障害学科学生7名、歩行未経験者3名）である。分析結果は以下のようになった（表4-1）。

表4-1 手引き歩行時の入手情報の内容分析（N=10）

氏名	技能 得点	情報量 (N)	聴覚 (%)	触覚 (%)	筋運 動 (%)	精度 (%)	聴覚 精度 (%)
sub1	12	63.00	100.00	1.64	0.00	78.69	78.69
sub2	22	98.00	87.78	8.89	5.56	91.11	92.41
sub3	24	111.00	85.85	10.38	5.66	91.51	91.21
sub4	24	79.00	79.17	16.67	2.78	88.89	87.72
sub5	30	123.00	94.83	3.45	1.72	76.72	75.45

sub6	31	64.00	89.09	9.09	7.27	98.18	97.96
sub7	37	68.00	81.25	14.06	3.13	98.44	98.08
sub8	40	28	84	16	4	92	90.48
sub9	41	75	72.31	23.08	4.62	90.77	87.23
sub10	42	57	91.07	8.93	0	83.93	82.35

カテゴリーについては、聴覚情報、触覚情報、筋運動情報に分けた。情報量は発言した数（※2）。また、各カテゴリー精度については各カテゴリーにおける情報とビデオ撮影した映像にて、一致した情報であれば1、一致していない情報やビデオ映像では確認できなかったもの不明なものは0とカウントしたものである。したがって、数値が高いほど環境情報を正確にとらえているということを表している。なお各カテゴリーを足した%の値が100を越えるのは、重複したひとつの発言内容に、複数のカテゴリーにまたがるものがあるからである。

（※2）口述内容を分ける基準

- 同一情報を繰り返し口述している場合は、ひとつの内容としてまとめる
Ex. 前から人が来ます。前から人が来ます。
（同一人物について述べている。）
- ひとつの情報内、あるいは他情報を挟まずにその前後に理由付けとなる情報を述べている場合はひとつの情報としてまとめる。
Ex. 車が止まっているので、路地だと思いません。
- 理由付けにおいて、別情報を含む場合には異なる情報として捕らえる。
Ex. ①車が止まっている、/②音声信号も聞こえるので、交差点だと思いません。
- 口述中に区切れが無くても、2つ以上の情報を含む場合はその情報を分けて捉える。
Ex. ①車が速いスピードで/②通過していきます。
- 個人の主観に基づく情報はその他とする。
Ex. 車が近い気がして不安です。
- 他情報からの推測・判断と思われるものは、総合判断のセルにチェックを入れる。
Ex. 車が止まっているので、路地だと思いません。
- 車種について口述している場合、大型車か普通車、バイクと大きく分けて精度の判定を行う。
Ex. 今バスが通りました。（実際にはトラッ

クであっても判定は○)

まず入手した情報量の全体量と技能との相関であるが、技能評価が低くなると、入手する情報量が少なくなり、技能評価が中間位（20前後）で入手する情報量が最も多くなり、技能評価が高くなると、入手する情報量が再び減ってくるという傾向が読み取れる。つまり上に凸のグラフになることが予測される（図4-1）。

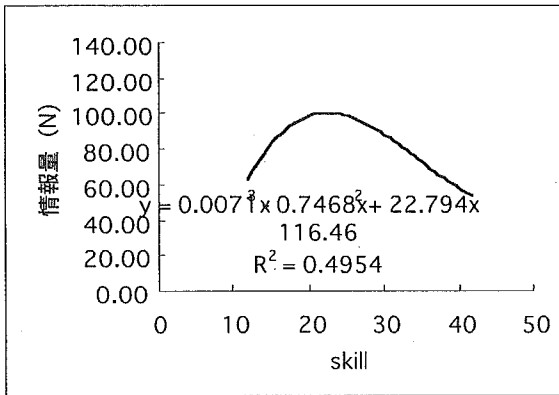


図4-1 入手情報量全体と技能評価の関係（多項式近似（3次式））
 $(Y=0.0071X^3-0.7468X^2+22.794X-116.46, R^2=0.4954)$

次に聴覚より入手した情報量と技能評価の関係であるが、技能評価が低いほど、聴覚より入手した情報量の割合は多く、滑らかな曲線を描きながら、技能評価が高くなるほど、聴覚より入手した情報量の割合が減っていくことが予測される（図4-2）

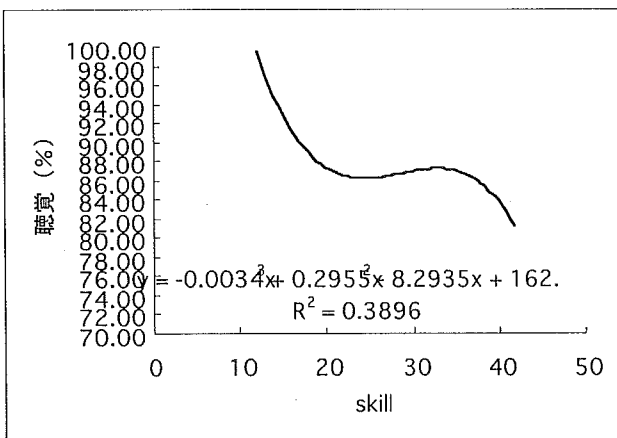


図4-2 聴覚から入手した情報の割合と技能評価の関係（多項式近似（3次式））
 $(Y=-0.0034X^3+0.2955X^2-8.2935X+162.37, R^2=0.3896)$

次に、触覚により入手した情報量の割合と技能評価の関係であるが、技能評価が低いほど、触覚より入手する情報の割合は低く、滑らかな曲線を加えながら、技能評価が高くなるほど、触覚から入手する情報の割合が高くなることが予測される（図4-3）。

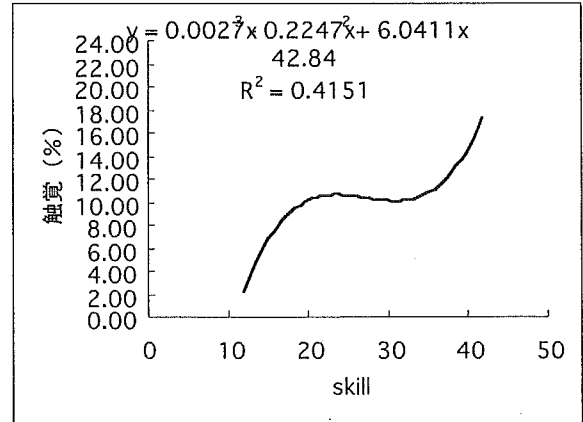


図4-3 触覚から入手した情報の割合と技能評価の関係（多項式近似（3次式））
 $(Y=0.0027X^3-0.2247X^2+6.0411X-42.84, R^2=0.4151)$

筋肉運動知覚から入手した情報の割合と技能評価の関係であるが、技能評価が低いほど筋肉運動知覚から入手した情報の割合は少なく、中間（30前後）で高くなり、技能評価が高くなると、再びその割合が低くなることが予測される（図4-4）。

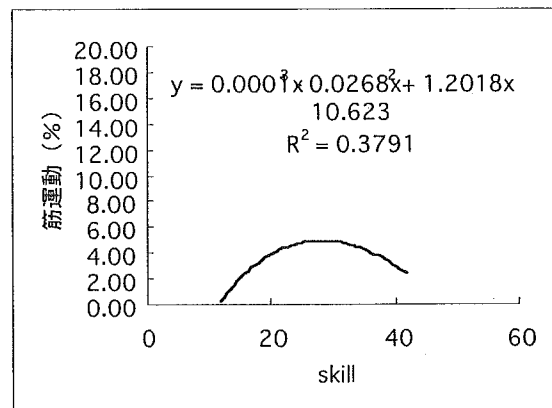


図4-4 筋肉運動知覚から入手した情報の割合と技能評価の関係（多項式近似（3次式））
 $(Y=0.0001X^3-0.0268X^2+1.2018X-10.623, R^2=0.3791)$

全情報の精度と技能評価との関係であるが、技能評価が高くなるほどその精度が上がっていくことが予測される（図4-5）。

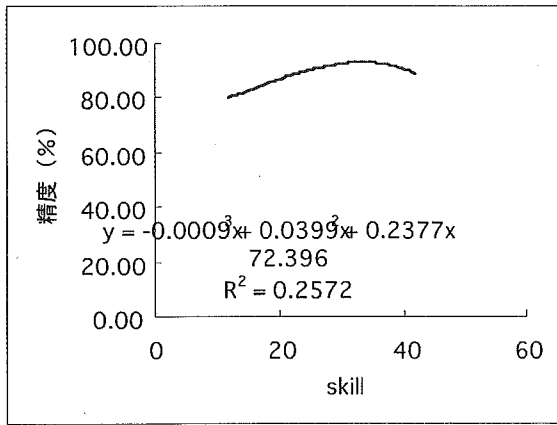


図4-5 入手した情報の精度と技能評価の関係
(多項式近似(3次式))
($Y = -0.0009X^3 + 0.0399X^2 + 0.2377X + 72.396$, $R^2 = 0.2572$)

聴覚より入手した情報の精度と技能評価との関係であるが、これも全情報の精度と同様、技能評価が高いほど精度が高くなることが予測される(図4-6)。

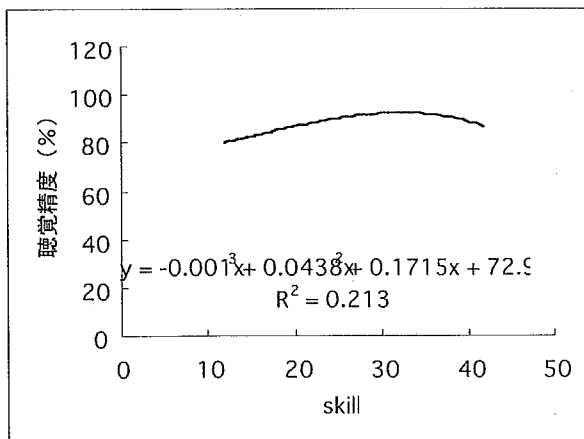


図4-6 聴覚より入手した情報の精度と技能評価の関係
(多項式近似(3次式))
($Y = -0.0013X^3 + 0.0438X^2 + 0.1715X + 72.904$, $R^2 = 0.213$)

本実験の結果をまとめると、次のようになる。入手した情報量は技能評価と関連があることが予測される。それは技能評価が低い者は入手する情報量が少なく、中間(20前後)で入手量が最も多くなり、技能評価が高くなると(40以上)入手する情報量が減ってくるということである。このことは、おそらく技能評価が低い者は何を情報としてとらえてよいかのスキル、つまり、「情報獲得スキル」が低く、技能評価を中間として評価する者は入手する情報量が最も多いことから、「情報

獲得スキル」は高くなっていくと考えられる。しかしながら、技能評価の高いものが逆に入手情報量が減っていることから、「情報獲得スキル」の技能がレベルアップし、違ったスキル、つまり、自分が歩行するにあたり、無駄な情報ははぶき、必要最小限の情報を弁別するスキル、「情報弁別スキル」のようなスキルが身につけていくことが考えられる。

それは、全情報の精度と技能評価の関係からみても裏づけられると考えられる。つまり技能評価の高い者は情報の精度が高まっていくことからみても、無駄な情報を入手するのではなく、確実性の高い情報に意識を集中していくことが予想されるからである。

また、聴覚より入手した情報の割合は、技能評価が高くなるにつれて、低くなり、触覚から入手した情報の割合は、技能評価が高くなるにつれて、その割合が高くなるということがわかった。つまり、聴覚情報と触覚情報の全情報に占める割合は評価技能との関係性で見えていくと、全く逆の傾向を示すことがわかった。このことは、技能評価の低い者は、主に聴覚情報に意識を集中し、触覚情報には意識が向かない。一方で、技能評価の高いものは、聴覚情報は必要最低限のものだけに意識を集中し、触覚的な情報について意識を集中させるということの意味している。

ここから考えられることは、技能評価の高いものは、未知の地域においては、聴覚情報を予測等にもちい、それを足裏或いは白杖などの触覚情報で確認していくという、仮説をたてた歩行パターンを示すのに対し、技能評価の低いものはその逆で、聴覚より入る情報を無目的に入手しており、もちろん他の感覚にはそれほど意識が向いていない歩行パターンを示すと考えられる。それは、歩行パターの違いではあるが、情報入手のスキルの違いであると言い換えることができると思われる。

この技能評価の高い者とそうでない者との情報入手パターンを綿密に分析することで、ある技能の者に対する適切な情報量と質について示唆を与えることができると考えられる。これにより、3Dサウンドを用いた聴覚認知訓練プログラムの系統的・段階的なプログラムを組むことが可能となり、その人の技能に応じた適切な訓練プログラムが提供できると考えられる。

本実験においては、被検者は晴眼者のみであること。被検者数10名と少ないこと、単独歩行ではなく手引きで実施したこと、内容分析の基準等をより明確にする必要があること、ロービジョン者においても視覚と他の感覚との競合を調べる必要があることなど、一般化するためには様々な課題があると思われる。今後はこの課題を一つずつクリアし、より一般的な解釈ができるよう実験を継続する予定である。

5 歩行訓練プログラムにおける聴覚を利用した訓練プログラムの実施内容及び実施状況に関する調査分析

1. 調査方法

(1) 調査実施期間

平成17年2月から平成17年3月

(2) 調査方法・調査対象

本調査では、調査票を130施設に郵送し、アンケートによる調査を実施した。調査対象は各施設単位ではなく、その施設に勤務する訓練士、教員等を対象に調査を行った。

(3) 回収率

全施設中52%の施設から返送があり、有効回答数は127名であった。

2. 調査結果

調査結果の概要については以下の通りである。

(1) 聴覚評価の実施について

初期評価において訓練生の聴覚評価を実施している施設の割合は、48%であった。施設実数ではなく、回答した訓練士、教員等ののべ人数であるため、全国的な傾向として一義的に結論づけることは難しいが、調査対象に属する訓練士の約半数が訓練生の初期評価の際に聴覚評価を行っていることがわかった。

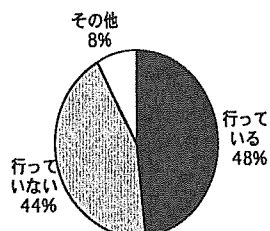


図5-1 聴覚評価実施施設の割合 (N=124)

聴覚評価を実施している施設においてどのような評価方法を用いているか尋ねたところ、環境中の音源を用いて評価しているという回答が59%、人為的な音源を用いて評価しているという回答が20%、オーディオグラムで評価しているという回答が14%、時計を用いて評価しているという回答が1%という結果となった。ここから、聴覚評価の際の音源として、環境中であれ、人為的であれ、何らかの音源を用いて評価していることがわかった。

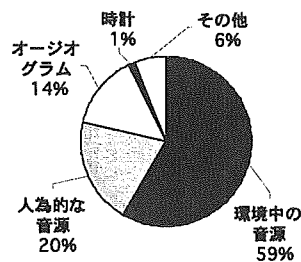


図2-1 聴覚評価の具体的方法 (N=84)

環境中の音源としては、車やバイク、自転車等の交通音が54%と半数以上を占め、次いで店の音等の生活音が15%、歩行者の流れや足音が14%、人の声や会話が11%という結果になった。ここからがわかった。

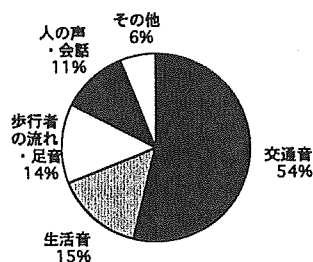


図5-3 環境中の音源 (N=80)

環境中の音源を用いた評価方法については、方向、距離等を判断する音源定位が37%、音源を活用し実際に歩けるかを評価するのが20%、音源への反応を見るというのが13%、音源を特定できるかを見るのが7%、音源を定位し、その音源に向かって歩く等の音源定位+移動が7%、反響音の変化を用いた環境の認知が1%という結果になった。ここからがわかった。

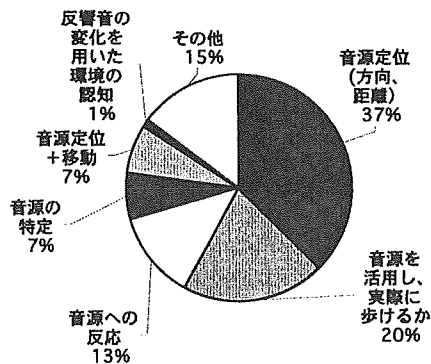


図5-4 環境中の音源を用いた評価方法 (N=35)

人為的な音源としては、太鼓、鈴等の楽器を用いた音が40%、カセットテープやラジオが14%、手をたたくというのが11%、メトロノームが11%、