

研究種目： 基盤研究B
 研究期間： 2006 ～ 2009
 課題番号： 18300195
 研究課題名（和文） 視覚障害者の音源定位及び反響定位測定の定量的評価と定位スキル向上に関する研究
 研究課題名（英文） QUANTITATIVE MEASUREMENT AND THE SKILL OF SOUND LOCALIZATION AND ECHOLOCAION OF VISUALLY IMPAIRED

 研究代表者
 田内雅規（ TAUCHI MASAKI ）
 岡山県立大学・保健福祉学部・教授
 研究者番号：00075425

研究成果の概要（和文）：

本研究では、視覚障害者の音源定位能を計測する方法の開発、視覚障害者の音源定位能の晴眼者との比較、視覚障害の程度と音源定位能の関係を検討した。その結果、視覚障害者の音源定位能を正確に計測するには、よく用いられる顔向け法に比べて回転いす上で体幹を音源に向ける方法、また身体を中心にして水平に置いた分度器を用いて触覚的に示す方法が有効であった。これらの方法で晴眼者と視覚障害者の音源定位能を比較すると、視覚障害者が晴眼者を上回っていた。また2音源弁別法を用いて、障害の程度と音源定位能の関連をみると、全盲者が最も高く、晴眼者、弱視者の順で続いた。

研究成果の概要（英文）：

In this study, we tried to develop the pointing method that is suitable and precise to measure sound localizability of the visually impaired, to show difference in sound localizability between sighted and visually impaired persons, and to find the effect of the degree of visual impairment on sound localizability. For pointing methods, we have found that the method directing body trunk of subjects sitting on the rotating chair and touching a large tactile protractor in which subjects situate at the center were more accurate pointing methods than face directing method employed widely. By using these methods, we compared sound localizability of the sighted with that of the visually impaired and found the latter was significantly higher. The effect of degree of impairment on sound localizability was explored by using two sound sources discrimination test. It appeared that the totally blind subjects showed the highest score of all, and they were followed by the sighted subjects. Low vision subjects showed the lowest score to localize sound

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2007年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2008年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
総計	12,400,000	3,720,000	16,120,000

研究分野：生活支援科学

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：バリアフリー 視覚障害 音源定位

1. 研究開始当初の背景

本研究を開始した時点では、視覚障害者の音源定位能が晴眼者と比べてより優れているか、同等か、あるいは劣っているかという興味深い話題に関して、様々な結果が提出されていたため、統一的な結論が出ていない状態であった。従来の研究において一定の傾向が示されてこなかった理由として、以下の幾つかの点で問題が認められると考えられた。それは、計測方法が様々である、計測範囲(空間)が様々である、音源の提示方法が様々である、被験者の統制が取れていないなどであった。また、リハビリテーション分野において期待されている音源定位スキルの向上プログラム開発の検討においても、音源定位能の計測方法の不備があるため、取り組むことが難しい状況にあった。視覚障害者に特異に発達することが知られている反響定位の機構はきわめて興味深いものであるが、これについても音源定位能との関連が明らかになっていないため、先ず音源定位方法の正確な計測方法の開発と当該方法を用いたデータに基づいて検討する必要が考えられた。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、視覚障害者の音源定位能を計測するための適当な音源定位計測方法を開発することを一つ目の目的とする。視覚障害者では晴眼者が行う様な指差しや言語による方法が適用できない。そのため、視覚障害者が通常行っていると考えられる音源に対して向き合う方法、すなわち、音源に対して顔を向ける、体幹を向ける方法について検討する。従来から、装置を用いて指示する方法がその高い定量性の観点から多く用いられてきた。しかしながら、その問題点は自己の中心と装置の中心を視覚的座標変換によって行うため視覚障害者の場合には不都合である。そこで、本研究では視覚障害者が利用可能な装置の開発を行うこととした。その原理は、自己中心と装置中心の座標変換が必要ないようにそれぞれの中心を同一にする方法である。

(2) 本研究では、視覚障害者と晴眼者の音源定位能の比較を行いその差異を明らかにすることを二つ目の目的とする。視覚障害者は残存感覚である聴覚や触覚に外界からの情報獲得を依存している。そのため、視覚障害者においては晴眼者よりも聴覚や触覚の感覚が優れているということが推測されている。その一つの根拠として全盲者において認められる反響定位 (echolocation) がある。

これは自分あるいは他から発せられる音響の反射音を用いて環境の物体の存在や様相を把握する能力であり、健常者では認められないものである。しかしながら、音源定位能に関しては、従来の研究では必ずしも視覚障害者と晴眼者の間に明確な差が認められず、研究者によって結論も異なっているのが現状である。それらの研究を精査した結果、その原因として、計測方法の違い、計測範囲(空間)の違い、音源の提示方法の違い、被験者の統制の差異などが理由として考えられることが明らかになった。そこで、我々はそれらを(1)で示した3種類の方法を用い、可能な限り広い空間について、適切な難易度の課題設定、被験者統制を行った上でデータを取得し、視覚障害者と晴眼者の特性比較を行うこととした。

(3) 本研究では、視覚障害者の障害の程度と音源定位能間に関連があるか否かについて明らかにすることを三つ目の目的とする。障害の程度によって聴覚や触覚等の残存感覚に対する依存度が異なることが想像される。そこで、本研究では音源定位能について障害程度との関連で差異が生じるか否か、またあるとすればどの様な差異が見出されるかについて障害程度別に検討を行った。

3. 研究の方法

(1) 本研究で用いた指示方法は顔向け法、体幹向け法、触覚分度器法の3種類とした。

顔向け法は、固定椅子に着座した被験者が、胴体は動かさずに頸のみを回転して顔を音源の方向に正対させることで指示する方法である。顔を向けた角度の計測には、磁気式3次元位置計測システムを用いた。被験者はレーバを取り付けた帽子を被り、トランスミッタは被験者の背後に設置した。

体幹向け法は、回転椅子に着座した被験者が、頸や胴体は動かさず自身の足のみを動かして椅子を回転させ、体幹を音源の方向に正対させる指示方法である。床上に印刷された5度間隔の半円分度器を設置し、分度器の中心と回転椅子の回転軸(被験者頭頂)とが一致するよう固定した。椅子の背もたれ中心部分にレーザーポインタを取り付け、床の分度器を照射して指示角度を計測した。

触覚分度器法は、床上に固定された椅子に着座した被験者の前方に、180度の分度器を77cmの高さで水平に置き、5度間隔で指示できるように目盛りの上に細い丸棒(突起長25cm, 直径1.5mm)を接着し、触覚的に指示できるようにするものである。このとき分度

器の中心は、被験者の頭頂（矢状面と両肩を通る前額面との交点）と一致するよう設置した。分度器の半径は 65cm で、分度器の中心から半径 31cm の部分を切り取り、被験者の空間を確保した。被験者は正面を向いたまま音源方向に最も近い線状突起を指で触ることによって指示した。

この3種の方法を視覚障害者に適用して前方の音源定位性を測り、方法間の比較を行った。被験者は20名（男性15名、女性5名、平均 51.4 ± 12.4 歳）の視覚障害者であった。

試験音には、1.0kHzの純音を用いた。持続時間は200ms、音圧は69dB（A特性）とした。スピーカーは被験者の着座位置の前方2.0mの位置に、0度、±20度、±40度、±80度の合計7個を円弧状に設置した。

(2) 3種の音源定位計測方法、即ち、顔向け法、体幹向け法、触覚分度器法を用いて、視覚障害者と晴眼者の音源定位性の比較を行った。被験者は、晴眼者20名（男性9名、女性11名、平均 25.8 ± 10.6 歳）と視覚障害者20名（男性15名、女性5名、平均 51.4 ± 12.4 歳）とした。

(3) 8つのスピーカーを被験者前方3.0mの距離で、1.2mの高さで配置した。スピーカーの被験者正中に対する角度は -9° 、 -7° 、 -5° 、 -3° 、 $+3^\circ$ 、 $+5^\circ$ 、 $+7^\circ$ 、 $+9^\circ$ とした。

被験者は13名の視覚障害者（ 47.0 ± 13.6 歳、全盲7名、弱視6名）であった。晴眼者（ 24.3 ± 8.6 歳）は15名であった。音源定位測定のための刺激音は純音とし、‘2音源弁別法’を行った。純音は0.5kHz、1.0kHz、2.0kHz、4.0kHzを用いた。刺激の持続時間は200ms、2音の間隔は800ms、音圧は60dBとした。

4. 研究成果

(1) 被験者の前方0-80度に30度間隔で置いたスピーカーをランダムに鳴らし、それに対して3種類の方法で定位した場合の定位状況を見たのが図1である。同図は上から、顔向け法、体幹向け法、触覚分度器法の結果を示している。直線は定位誤差が0度の時の定位位置を示している。図で明らかなように顔向け法では正中付近はほぼ正確に定位しているが、周辺部になると誤差が大きくなり、定位位置の過小評価傾向が表れる。他の二つの方法においても同様な傾向がみられるが、顔向け法に比べるとかなり小さくなっている。これは顔向け法においては、正中から外れて大きく回転するほど頸の回転角度の制限がおき、実際の音源位置と定位位置の関係が歪んだ形で関係づけられている可能性が考えられる。一方、体幹向け法と触覚分度器法はその様な制限がないため、顔向け法に比

べて誤差は小さくなると考えられる。体幹向け法、触覚分度器とも、周辺部での定位精度は前方正中部より落ちているが、体幹向け法では音源位置判定後に体幹を向ける際の移動距離が大きくなることの誤差が挙げられる。しかし、その様な移動の制約がない触覚分度器法においても誤差は認められるので、この周辺部の誤差は空間定位精度特性の反映である可能性も考えられる。

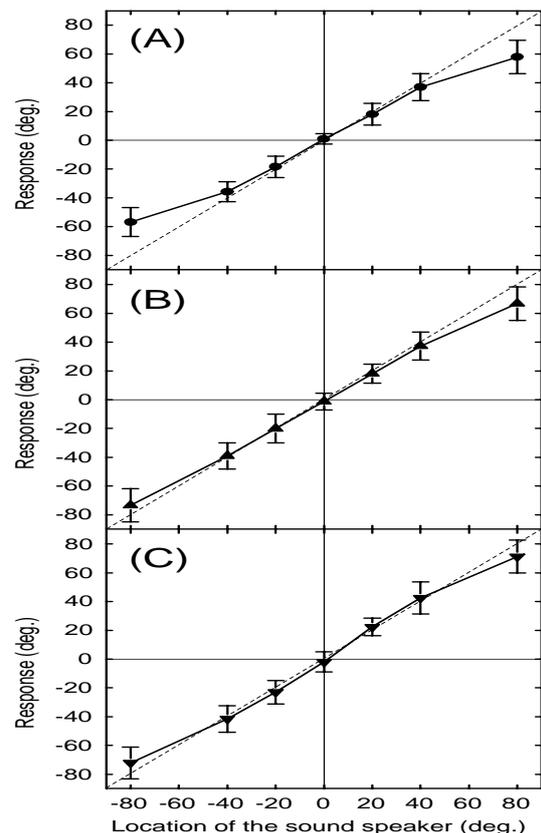


図2 視覚障害者の各指示方法における定位特性の比較 (A:顔向け法, B:体幹向け法, C:触覚分度器法)

(2) (1)で示したのと同様な装置と実験方法を用いて晴眼者音源定位特性と視覚障害者の音源特性を比較した。図2と3にその結果を示す。図2は、視覚障害者と晴眼者の音源定位実験結果を、各スピーカー角度で、定位方法に関係なく加算平均した結果を示したものである。これを見ると、視覚障害者は0度を除き全てのスピーカー位置で晴眼者より正確に定位していることが認められる。特にスピーカー角度が80度の場合には5%水準で有意差が認められた。

図3は各音源定位方法別に、スピーカー角度に関係なくデータを纏めた結果を視覚障害者と晴眼者と比較したものである。これを見ると全ての定位法条件で視覚障害者が晴

眼者を上回っていることが分かる。また、顔向け法で両者に有意な差がみられ、また方法全体を纏めた結果を視覚障害者と晴眼者で比較した場合でも有意差が存在していた。これらの結果から、視覚障害者の音源定位能は晴眼者を上回っていることが明らかになった。

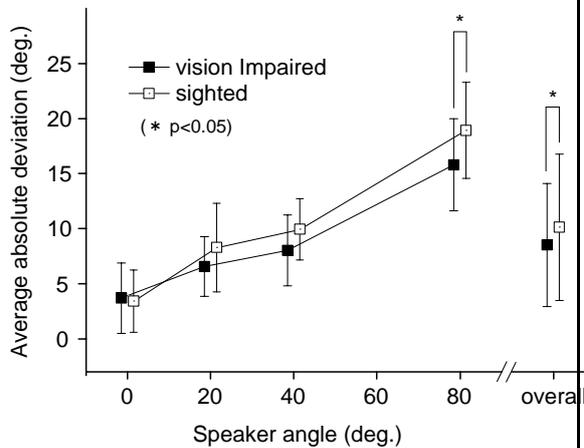


図 2 各スピーカー角度における視覚障害者と晴眼者の定位特性の比較。全ての定位方法のデータは角度ごとにまとめた。

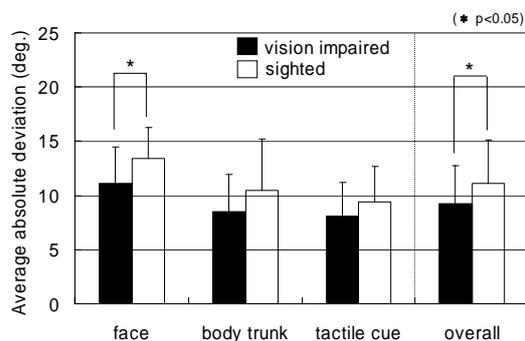


図 3 各指示方法における視覚障害者と晴眼者の定位特性の比較

(3) 2音源弁別法を用いて、視覚障害者の視力の程度(全盲、弱視)との関係を、晴眼者も交えて比較検討した。その結果を図4と図5に示す。

図4は視覚障害者について周波数の異なる純音に対する2音源弁別実験を行った結果を示したものである。二つのスピーカー間の角度(距離)が増すほど弁別は良好になる傾向を示した。その音源の周波数依存性をみると、低音の0.5kHzが最も定位性が高く、次いで1kHz、4kHzの順であった。2kHzは最も弁別が低かったが、これは他者の研究結果と一致するものであった。各音間の差を、角度に関係なくまとめて比較すると0.5kHzと他の周

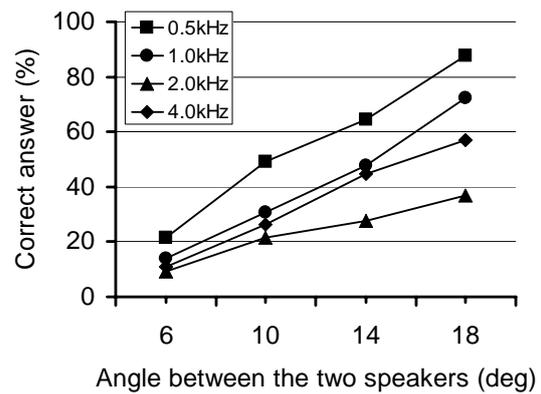


図 4 各スピーカー角度における視覚障害者の定位特性の比較。全ての定位方法のデータは角度ごとにまとめた。

波数の間には有意差が認められた(0.1~1%水準)。また1kHzと2kHzの間及び4kHzと2kHzの間にもそれぞれ0.1%と1%水準で有意差を認めた。

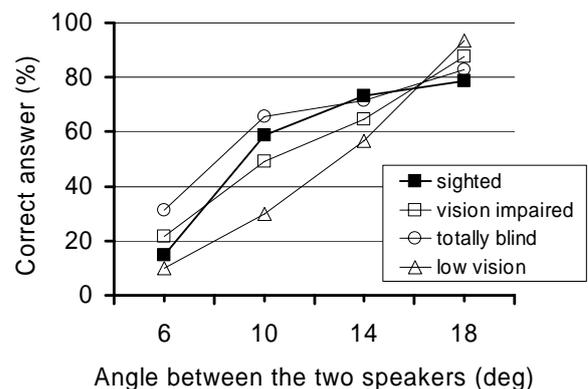


図 5 視覚障害の程度別にみた0.5kHzにおける音源定位能の比較(□は全盲と弱視を合わせた値)

図5は各スピーカー間角度毎に0.5kHzの信号音に対する音源弁別を障害程度別にみたものである。これを見ると、スピーカー間角度が大きくなる18度では障害程度による差異は認められないが、それ以下(6-18度)では全盲者が最も高い定位能を示し、次いで晴眼者、また弱視者は全盲者よりも、晴眼者よりもかなり低い値になることが認められた。全盲者と弱視者の間、及び晴眼者と弱視者の間にはそれぞれ0.1%水準と1%水準で有意な差が認められた。これらの結果は、視覚障害でも障害の程度が音源定位能に関連していることを示唆している。弱視者が晴眼者に比してより低い値を示したことは興味深く、その機構を追求する必要がある。この様な視覚障害特性を考慮した支援方式の

開発が望まれる。

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)

1. 藤井厚紀, 大杉雄大, 山本有紀, 中村孝文, 杉浦敏文, 田内雅規, 視覚障害者の音源定位状態を正確に反映する指示方法の検討. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006 論文集, 713-716. (2006)
2. Atsunori Fujii, Yudai Ohsugi, Yuki Yamamoto, Takabun Nakamura, Toshifumi Sugiura, Masaki Tauchi, Comparison of Different Pointing Methods for Sound Localizability Measurement in the Vision Impaired Subjects, J. Anthropol., 26: 381-385 (2007)
3. Atsunori Fujii, Takabun Nakamura, Yudai Ohsugi, Masaki Tauchi, Audible signals from beacons and their localization by vision impaired persons, Proceedings of TRANSED2007, pdf.1-8 (2007)
4. 藤井厚紀, 中村孝文, 大杉雄大, 杉浦敏文, 田内雅規, 視覚障害者と晴眼者の音源定位特性比較に用いる指示方法の検討, 第33回感覚代行シンポジウム講演論文集, 35-38 (2007)
5. 藤井厚紀, 大杉雄大, 中村孝文, 杉浦敏文, 田内雅規 3種の指示インタフェースを用いて計測した視覚障害者と晴眼者の音源定位特性の差異について. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 10(3), 79-90(2008)

[雑誌論文] (計 5件)

[学会発表] (計 5件)

[その他]

ホームページ等

<http://tanfu.fhw.oka-pu.ac.jp/index.htm>

<http://tanfu.fhw.oka-pu.ac.jp/e/index.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田内雅規 (TAUCHI MASAKI)

岡山県立大学・保健福祉学部・教授

研究者番号：00075425

(2) 研究分担者

中村孝文 (NAKAMURA TAKABUN)

岡山県立大学・保健福祉学部・准教授
研究者番号：70144061

(3) 連携研究者

藤井厚紀 (FUJII ATSUNORI)

岡山県立大学・保健福祉学部・助教

研究者番号：10364100