G-007

音源定位能への視覚と平衡感覚の影響を解析できる音響実験装置の開発
Development of Acoustic Stimulator to Analyze Visual and Sense of Balance Effects on Sound Source Localization

脇田　賢吾†　二口　聡‡　高野　博史†　中村　清実†
Kengo Wakida　Satoshi Futakuchi　Hironobu Takano　Kiyomi Nakamura

1. はじめに

聴覚の音源識別における体位の影響は，統合的な空間認識の過程で生じると考えられる．Ruff らは音源方向認識においても内空間知覚と外空間知覚が影響することを示している[1]．しかし，これらの研究では被験者の姿勢の影響（体位効果）については明らかにされていない．そこで我々は従来研究において，正中面前方における音源定位能力とその体位依存性を調査する研究を行った[2]．体位条件を 90 度，67.5 度，45 度，22.5 度，0 度の 5 体位で音源を被験者の前方に垂直方向 1 列 4 箇所に配置し，被験者が実際のスピーカを見ながら音像の位置を回答するという方法で音源方向識別の解析を行った．その結果，従来研究では体位の変化によって音源方向識別の成績が変化した．この研究では，被験者が自分の体位を視覚による外部フレーム（部屋の枠など）の変化，平衡感覚による重力軸方向の変化の両方の情報を用いて認識していた．そのため，体位の変化による音源方向識別の変化が，視覚情報の影響と平衡感覚情報の影響のどちらに強く依存するのか不明であった．

本研究では，これらの問題点を解決するために視覚条件を任意に設定できる音響実験装置を開発した．開発装置では，ヘッドマウントディスプレイを用いて被験者に仮想映像を呈示し，呈示された仮想映像とは異なる体位で実験課題を行うことにより，視覚と平衡感覚を別々に設定することができる．

2. 実験装置

実験装置の概略を図 1 に示す．音源は，半径 70cm の円形フレームに固定している．この時，音源位置を被験者の頭部を中心とした周囲 360 度の任意の位置に配置をすることが可能となっている。

また，様々な体位条件で測定を行うために，フレームと被験者が座る椅子は，それぞれ体位軸と水平面の角度を 90 度（上半身が垂直な状態）から 0 度（仰向けの状態）の間で任意に調節することが可能となっている．被験者の座る椅子は電動リクライニングシートで，椅子の高さと背もたれの角度の調節が可能になっている．

被験者はヘッドマウントディスプレイを装着し，椅子の肘掛けに設置したトラックボールを操作する．ヘッドマウントディスプレイを用いることによって，実験者は被験者の外部の視界を遮り，実際のスピーカを見せること無く仮想的な映像のみを呈示することができる．

† 富山県立大学　Toyama Prefectural University
‡ 金沢星稜大学　Kanazawa Seiryo University

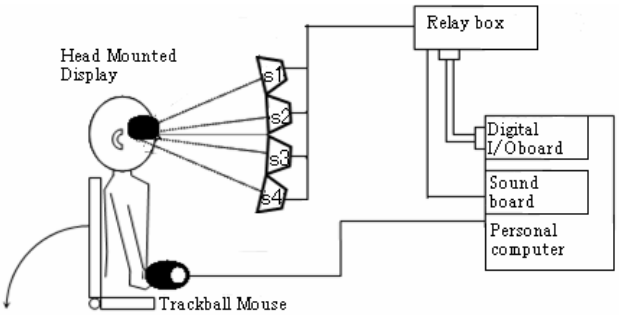

図1　実験装置の概略

3.実験装置の評価

本研究では，実験装置の有用性を検討するため，従来研究と同じ音源方向識別課題を行った．ただし，本測定を行う前の評価実験として被験者は一名のみとした．

3.1 音源方向識別課題

単純音源識別課題とは，被験者が刺激音を聞いた後，音源方向を回答する課題である．刺激音が任意方向から 0.3 秒間呈示され，その後被験者は音源が呈示されたと判断した方向を回答する．方向選択に時間制限はなく，決定まで入力の変更を行うことができる．「実験開始」ボタンを押すと，背景映像が表示される．3 秒後，いずれかのスピーカから刺激音が呈示される．刺激音の呈示終了後，被験者はディスプレイ上に現れる方向ボタンで刺激音の方向を選択し，「決定」ボタンを押す．「決定」ボタンを押すまでは「取消」ボタンを押すことにより，方向ボタンの入力が解除され，再び選択できる．以上のような段階的な操作により，被験者の誤った入力操作を減らすようにした．

3.2 実験条件

評価実験の実験条件を述べる．刺激音の種類は白色雑音(60Hz～10kHz)，刺激音の呈示時間は 0.3 秒間とした．

体位条件は水平面に対して 90 度，45 度，0 度の 3 体位とした．それぞれの体位条件における被験者とスピーカの位置関係を図 2 に示す．90 度は上半身が垂直な状態，0 度は仰向けの状態である．

視覚条件はヘッドマウントディスプレイに表示される 3 種類の映像とした．仮想的な背景映像を図 3 に示す．それぞれの映像は 90 度，45 度，0 度の時に被験者が見ている背景を仮想的に描いた映像である．

体位条件と視覚条件について以上の条件とし，3 体位条件×3 視覚条件の 9 通りの課題を，24 試行を 1 セッションとして 5 セッションずつ行った．

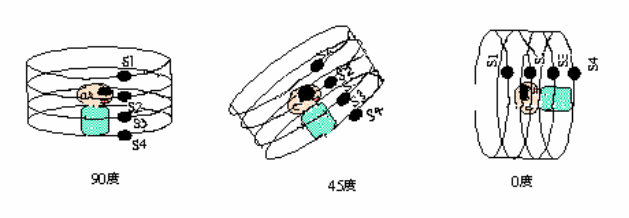

図 2　体位とスピーカの位置関係

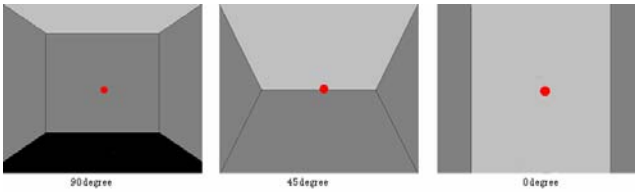

図 3　視覚条件

3.3 音源方向識別率

音源方向識別率とは，1 セッションの間に音が呈示された音源と被験者が回答した音源が一致した割合である．各被験者の体位条件の変化と背景の変化に伴う音源方向識別率の違いについて解析を行う．

3.4 評価結果

従来研究と本研究の音源方向識別率の解析結果を図 4 に示す．比較のため，本研究の結果については，視覚条件の姿勢が一致する場合とした．縦軸は音源方向識別率，横軸は体位条件である．白色が従来研究，黒色が本研究の結果である．従来研究では体位 90 度と 0 度で音源方向識別率が高くなり，体位 45 度で低くなった．本研究で開発した実験装置を用いて実験を行った結果，体位 90 度と 0 度で高く，45 度で低くなるという従来研究と同様な傾向が見られた．実背景を見ながら回答するという従来研究の方法に対して，仮想映像を見ながら回答するという本研究の方法でも同様の音源識別能力の解析が可能であると考えられる．

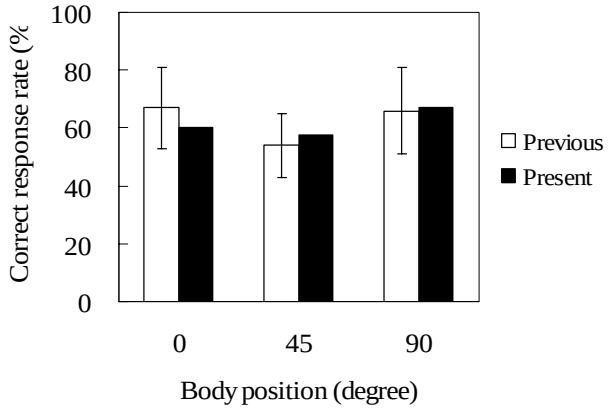

図 4　従来研究と開発した実験装置を用いて得られた音源方向識別率の比較

また，本実験装置では実際の体位とは異なる仮想的な映像を呈示して回答する課題を行うことが可能になった．図 5 に 3 体位×3 視覚の条件で行った課題の音源方向識別率の解析結果例を示す．縦軸は音源方向識別率，横軸は体位条件で，それぞれの体位で異なる視覚条件を模様別に表した．評価実験を行った結果，背景映像の違いについて体位 90 度，0 度の時に音源方向識別率の違いはほとんど無かった．一方，体位 45 度の時は背景映像が 45 度で，他の 2 種類の映像よりも音源方向識別率が高いという傾向があった．

この評価実験の結果だけでは明確ではないが，体位条件と視覚条件が一致しない場合には，音源識別成績が低下することが考えられる．

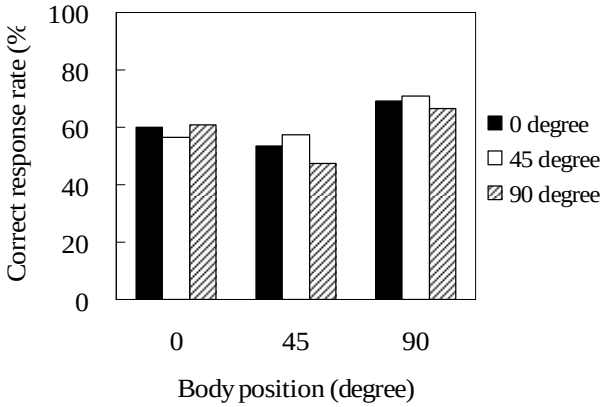

図 5　視覚条件を変えた場合の各体位条件における音源方向識別率

4. まとめと今後の課題

本研究では，体位の変化による音源定位の変化が視覚と平衡感覚のどちらに強く影響するのか解析するための実験装置を開発した．本研究で開発した実験装置はヘッドマウントディスプレイを用いて仮想映像を呈示するという工夫を加えることにより，被験者の実際の体位とは異なる体位における背景を呈示できるようになった．これにより，視覚と平衡感覚の条件を個別に解析できるようになり，どちらの条件に強く影響を受けるか解析できるようになった．さらに，任意の位置に方向ボタンを配置することができ，より詳細な音源方向識別能力の解析ができるようになった．

今後の課題は，本研究で開発した実験装置を用いて複数の被験者で実験を行うことである．同一の体位条件で異なる視覚条件で行った実験において音源方向識別率を比較した結果と，異なる体位条件で同一の視覚条件で行った実験において音源方向識別率を比較した結果で，前者のばらつきが大きければ，視覚が大きく影響すると判断でき，後者のばらつきが大きければ平衡感覚が大きく影響すると判断できる．

参考文献

[1]R.M.Ruff, N.A.Hersh and K.H.Probram, “Auditory spatial deficits in the personal and extrapersonal frames of reference due to cortical lesions”, Neuropsychology, Vol.19, No3, pp435-443(1981).

[2]二口聡, 高野博史, 橋本憲明, 中村清実, “三次元音響実験装置による正中面前方の音源定位能とその体位依存性解析”, 計測自動制御学会 論文集, Vol.41, No.7,pp596-602 (2005).