

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 12 日現在

機関番号：25301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22800056

研究課題名（和文） 事象関連電位を用いた視覚障害者の音源定位能の評価に関する研究

研究課題名（英文） Evaluation of sound localization on blind person using event-related potentials

研究代表者

澤田 陽一（SAWADA YOICHI）

岡山県立大学・保健福祉学部・助手

研究者番号：50584265

研究成果の概要（和文）：

本研究は、音源定位能の客観的な評価方法を検討すべく、6名の晴眼者に対し信号検出理論に基づいた2音源弁別課題を課した心理・行動実験および脳波実験を行い、各々から得られたデータの関連性を検討した。その結果、両者には線形的関係が認められ、音源定位能を2音源弁別の観点から精査できる可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

In this study I examined the relationship between behavioral data and auditory event related potentials on two sound sources discrimination task. The results from this study indicate that the peak-to-peak amplitude between N1 and P2 increased with angles between sound sources and this task could evaluate sound accuracy.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	550,000	165,000	715,000
2011年度	690,000	207,000	897,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,240,000	372,000	1,612,000

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：認知科学

キーワード：音源定位・音源弁別・事象関連電位・信号検出理論

## 1. 研究開始当初の背景

視覚障害者が環境に適応していくための最も重要な手掛かりの一つが聴覚から得られる音情報であり、特に音源定位は音源の方向と距離を把握するために使用される。視覚障害者の場合、音源定位能は晴眼者よりも高いことが報告されており、それは失われている視覚機能の代償として発達するためである。しかし、これまでの視覚障害者を対象とした音源定位能の評価・計測では、①視覚障害の履歴や経験の違い等の障害特性が統制されていないことや、②定位精度

を適切に評価する方法が定まっていないこと、また③聴空間表象の原点（聴覚的エゴセンター）が考慮されていない等の問題点が存在した。そこで、これらの問題点を考慮した上で、物理空間と聴空間表象の対応関係を、事象関連電位（ERP）を用いて明らかにし、特に水平面における音源定位能を評価しようと研究を開始した。

## 2. 研究の目的

本来の意味で音源定位能を評価する場合には、一つの音源の方向および距離を定位するこ

と、すなわち、物理的音源座標と自己座標との相対的な位置関係を把握し、音源座標を同定することが求められる。その際には音源方向を、身体部位を用いて指し示す必要があり、音源に対する指示方向の定位誤差が小さいほど、音源定位能(定位精度)は高いことになる。しかし、ERPを用いて一つの音源の定位能を評価しようとすると、方法論的・技術論的制約が生じる。それは、ERPが複数の事象に対する神経活動の差異を明らかにするツールであるため、1つの音源の位置を把握するというよりは、2つの音源が同じ方向・距離にあるかどうかを判定することとなる。そのため、このような制約下においては、定位能というよりはむしろ「分解能」を評価することになってしまう。しかし、これまでの音源定位能を評価する指標が、①音源からの聴覚的情報と②それを手指などの身体部位による体性感覚情報との連合の結果として測定されるものと考え、①と②の両者のどちらを評価しているのかが明確ではない。このことが従来の定位評価の方法論的問題の根底にあるものと推測され、このうち特に①は分解能を評価することができれば、定位精度が分解能(注意の焦点化)によるものか体性感覚機能によるものなのかを明らかにすることができる。

そこで、本研究は基準音源に対する比較音源の位置を同定する2音源弁別の手法を用い、心理・行動実験と脳波実験を通して、水平面における音源定位能を検討すること目的とした。心理・行動実験では従来の精神物理学的手法による閾値を求めるのではなく、定位精度に一定の連続性を仮定する信号検出理論による評価を試みた。他方、脳波実験では、先行研究で統制できていなかった聴取者と2音源間の距離を一定にした条件下で神経活動を評価し、さらに心理・行動実験結果と脳波実験結果との関連性について検討した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 被験者

被験者は聴覚機能に問題のない晴眼者6名であった(平均年齢22.67±1.21歳、男性3名、女性3名)。

#### (2)

実験は半無響の暗室で行った。両耳の位置が地面から125cmになるように着座させた被験者から、約200cm離れた水平面同心円上に6個の小型スピーカ(SP)を配置した(使用した小型SPは、200cm離すと1個が1度ずつ配置される)。配置個所は、被験者の真正面0度と、それから右へ1度、2度、4度、8度、16度の位置とした。

実験に使用した音刺激は64dBの白色雑音で、持続時間60msで提示された。

#### (3) 心理・行動実験：信号検出理論を用いた2音源弁別課題

本課題は、1試行につき刺激音が500msの

間隔を挟んで2度提示される。被験者には、最初の基準音源0度から吹鳴される刺激音に対し、次の比較音源(0、1、2、4、8度)から吹鳴される刺激音が、同じ音源位置から提示されたか否かの弁別判断を課した(一致あるいは不一致)。基準音源0度に対する比較音源の提示は、0-1度、0-2度、0-4度、0-8度の4ブロックに分け、それらを被験者間でランダムに実施した。比較音源のそれぞれの提示回数は各25回とし、1ブロックにつき50回とした。さらに一致・不一致の判断の際、確信度評定も合わせて要求し、1：全く自信がない(信号とノイズを弁別できない)、2：やや自信がある、3：自信がある(信号とノイズを弁別できる)、の3件法で回答させた。

#### (4) 事象関連電位を用いた2音源オドボール課題

本課題では、真正面0度からの音刺激を非標的刺激とし、4度、8度、16度からの音刺激を標的刺激とする2音源オドボール課題を実施した。標的・非標的刺激の出現比率は1：4とし、刺激間隔は0.8~1.2秒の間で0.1秒刻みのランダムとした。また、標的刺激は各被験者間でランダムとした。

脳波は国際10/20法に基づくFz、Cz、Pzの3部位にAg-AgCl電極を装着し、鼻尖を基準電極として単極導出した。バンドパスは0.05-30Hz、サンプリング周波数は2kHzとした。ERPは刺激開始前100msから後500ms間について加算平均した。基線は刺激提示前の100msの平均とした。EEGまたはEOGが±100μVを超えた試行は分析から除外した。その結果、電極間抵抗は概ね10kΩ以下に保った。

刺激提示後80-160msに生じる最大陰性電位をN1、160-240msに生じる最大陽性電位をP2とした。

## 4. 研究成果

### (1) 信号検出理論による解析

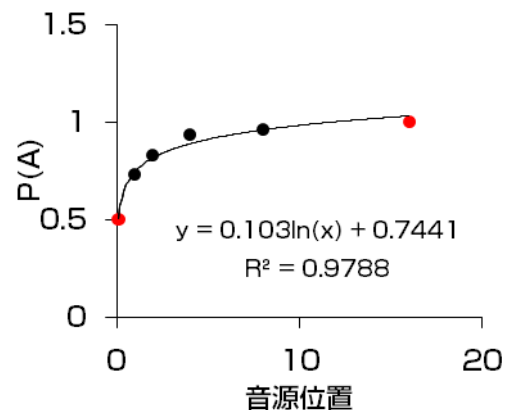


図1. 各音源角度におけるP(A)

基準音源 0 度に対する比較音源 0 度（ノイズ分布）と、比較音源 1 度、2 度、4 度、8 度（信号+ノイズ分布）から Hit、Miss、False alarm、Correct rejection を算出し、それらと確信度をもとに ROC 曲線を描いた。被験者が 6 名と正規分布が仮定できないため、本研究では ROC 曲線内の面積  $P(A)$  を用いた。 $P(A)$  が大きいほど、基準音源と比較音源の弁別ができていくことになる。その結果、算出された  $P(A)$  は比較音源 1 度で 0.72、2 度で 0.83、4 度で 0.93、8 度で 0.95 となり、基準音源に対する比較音源の距離が増加するほど弁別は容易となり、対数的に近似することが示された（図 1）。なお図 1 中の 2 つの赤丸は、実際に比較音源で検討していない角度における推測値である。比較音源 0 度（実際には指数近似は 0 では近似させることができないために 0.1 度としてある）で  $P(A)$  はチャンスレベルの 0.5 になると見込まれ、一方、脳波実験で検討した Target 音源 16 度においては  $P(A)$  が 1.00 に近似すると推測されることから、図中に暫定的に追加し対数近似曲線を当てはめた。

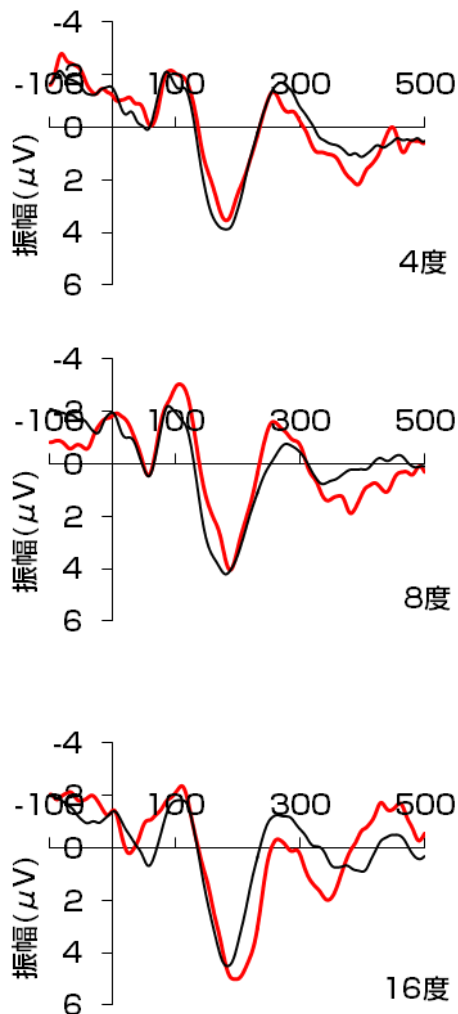


図 2. SP 角度ごとの Cz の ERP 波形

## (2) ERP の解析

導出した 3 部位の中で N1 および P2 成分の振幅は Cz で最も大きかった。図 2 に SP 角度ごとの Cz における ERP 波形を示した。先行研究（中村ら、2002 年、岡山県立大学保健福祉学部紀要；9：69-72）と同様、標的刺激に対する N1 と P2 成分の Peak-to-Peak 振幅は 4 度で  $7.05 \mu V$ 、8 度で  $8.38 \mu V$ 、16 度で  $8.99 \mu V$  と SP 角度が増すごとに増大した。さらに、非標的刺激に対する標的刺激の Peak-to-Peak 振幅の増大値は 4 度で  $0.04 \mu V$ 、8 度で  $1.30 \mu V$ 、16 度で  $1.73 \mu V$  と増大していた（図 3）。図 3 中の赤丸は標的および非標的刺激がどちらも 0 度から提示され、両者の振幅の差が  $0 \mu V$  だと仮定した場合の点である。この点と他の 3 点とを眺めると S 字曲線の当てはまりがよさそうであることが分かった。

## (3) 行動データと脳波データとの関係

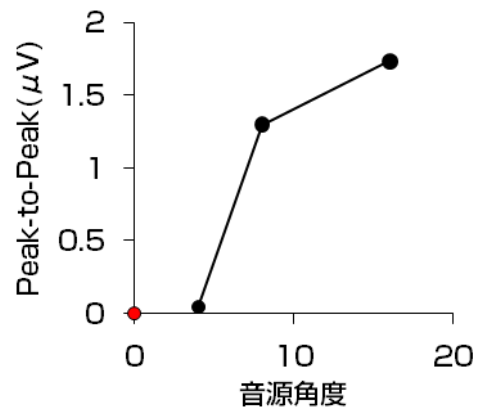


図 3. 各音源角度における非標的刺激に対する標的刺激の Peak-to-Peak の増大値

図 4 に各角度における  $P(A)$  と標的刺激の Peak-to-Peak 振幅の増大値をプロットした。図 4 中の赤丸は前述の通り、課題に依拠した推測値である（心理・行動実験では比較音源 16 度がなかったため、1.00 と仮定した）。その結果、上図行動データと脳波データは線形の関係にあることが分かった。しかし、 $P(A)$  の推測値を加えた下図では、指数的に近似していることが分かった。

## (4) まとめ

以上の結果より、真正面 0 度の基準音源に対する比較音源の分解能は 4 度付近であることが示された。また、N1 と P2 による Peak-to-Peak 振幅値が  $P(A)$  と線形的あるいは指数的な関連性が認められたことから、ERP を用いて音源定位能、中でも 2 音源弁別能を評価できる可能性が示唆された。

本研究は視覚障害者の音源定位能の客観的評価を目指して進めてきたが、実際には評価方法の検討に留まった。今後は、前方だけ

ではなく、側方や後方の分解能を精査し、方向ごとに差異を確認する必要がある。その後、実際に障害者を対象に、今回の評価方法で音源定位能を検討する予定である。

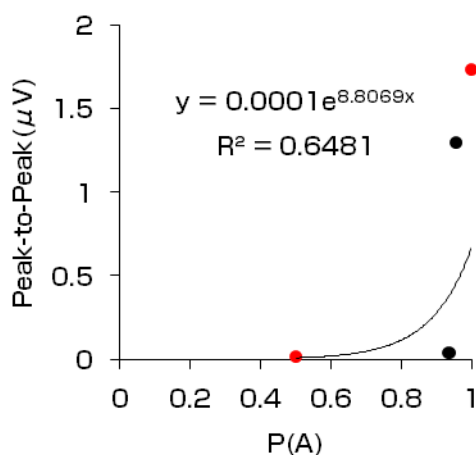
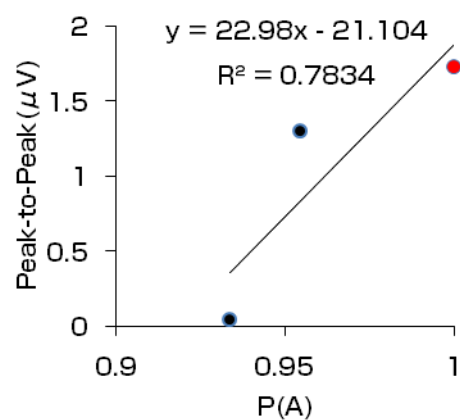


図 4. P(A)と Peak-to-Peak 増大値との関係

#### 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 1 件)

① 澤田陽一、小川慶子、中村孝文、田内雅規. 断続音聴取時の能動的頭部運動による聴取点増加が音源定位精度向上に及ぼす影響. 日本ロービジョン学会誌, 査読有, 2012 年, 印刷中.

[学会発表] (計 3 件)

① Tauchi M, Ogawa K, Sawada Y, Nakamura T. Effect of listening of intermittent sound at different head positions on the accuracy of sound localization. International Orientation and Mobility Conference 2012, New Zealand.

② 延原あゆみ、田内雅規、中村孝文、澤田陽一. 音源定位スキル向上におけるフィードバック学習効果の検討. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2011、2011 年、仙台.

③ 澤田陽一、小川慶子、延原あゆみ、中村孝文、田内雅規. 音源聴取時の頭部回転と音源定位精度の関係. 日本ロービジョン学会第 11 回大会発表論文集、2010 年、岡山.

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

澤田 陽一 (SAWADA YOICHI)

岡山県立大学・保健福祉学部・助手

研究者番号：50584265