

正中面内に配置した音源の方向定位能力に関する一考察*

○ 西村 明、 小泉 宣夫 (東京情報大)

1. はじめに

正中面内の音像定位には、スペクトル上の手がかりが有効であることが示されている [1]。飯田らは、正中面定位実験の音源として、音楽、慣れ親しんだ話者と初めて聞く話者の音声、これらと長時間スペクトルが等しい雑音を用い、これらの刺激音間で定位精度に違いがなかったことから、正中面内の定位方向は、音源信号のスペクトルによらず、耳入力信号のスペクトルで決定されていると主張している [2]。

正中面定位の実験は、このような刺激音や耳入力信号のスペクトルに着目し、反射音によるスペクトルの歪みをさけるため、無響室において行われる場合が多い。このため、反射音の存在する室内において、反射音を含んだ部屋の伝送特性がスペクトル上の手がかりを妨害するのか、その影響は無視できるのか、あるいは反射音が新たな正中面定位の手がかりとなりうるのか、については明らかでない。

また無響室では、音像方向の前後誤りや、正面の音源による音像が頭内定位するなどの現象 [3] が報告されているが、反射音のある室内では経験的にそのような現象は少ないようだ。これは、反射音が前後方向や正中面での音源方向知覚の手がかりとして用いられているためかも知れない。正中面定位への反射音の影響を定量的に測定することは困難であろうが、定性的な傾向を調べることは、室内における空間音響知覚を考える上で重要であろう。

2. 聴取実験

2.1 実験条件

被験者の真正面を 0 度とし、正中面上方から真後にかけて 45, 90, 135, 180 度方向に 5 つスピーカを配置した。スピーカと被験者の両耳間中央との距離は 1.1m とした。使用したスピーカの再生振幅特性は平坦ではなかったが、スピーカ間の偏差は ± 5 dB 程度であったので、特性の補正は行わなかった。

刺激音は 2 秒間のホワイトノイズ、あるいは女性アナウンサーによる 3.4 秒間のニュース音声である。呈示音圧は、被験者頭部位置での等価騒音レベル値にてそれぞれ 64dB および 59dB とした。同じ刺激音を 1 つのスピーカあたり 4 回、ランダムなスピーカ順序による合計 20 回の呈示を 1 回の実験とした。実験環境は無響室あるいはスタジオとし、2 種類の刺激音と組み合わせて 4 条件を実験条件とした。スタジオは、縦横 6.4m \times 7.6m 高さ 3.4m の、ほぼ直方体のビデオ撮影用である。被験者位置においたダミーヘッドで測定したインパルス応答より求めたこの部屋の残響時間は、0.27~0.39s であった。

2.2 被験者

実験環境と音像定位実験に経験のない 16~22 歳までの男女 43 名を被験者とした。一般的な聴取実験では、一人の被験者が複数の実験条件を経験するが、実験条件への慣れや学習が定位精度の向上につながるおそれがある。実験条件をランダムな順序で実施すると、そのような要因の釣合を取れるが、被験者にとって未知の環境下での定位能力を調べることにはならない。本研究ではそこに着目し、被験者を実験条件数と同じ 4 群に分け、各被験者は刺激音と部屋を固定した 1 条件 1 回のみ実験に参加した。

2.3 手順

被験者は開眼状態で着座し、頭部をバンドによって後頭部に設置した柱に固定した。被験者が事前に視認した 5 つのスピーカのうち 1 つから刺激音が再生され、再生されたと思うスピーカ番号を回答用紙に記入するようにと被験者に教示した。

2.4 結果

Fig.1 左側は刺激音が音声のとき、右側は刺激音がホワイトノイズのとき、スタジオにて得られた結果を示した。同様に、Fig.2 には、無響室にて得られた

* A study on localization ability of sound sources in the median plane

By Akira Nishimura, Nobuo Koizumi (Tokyo University of Information Sciences)

結果を示した。音声刺激に対しては、部屋が異なっても定位成績に大きな違いは無い。一方、ホワイトノイズ刺激については、スタジオに比べて無響室において、音源方向定位精度の悪いことが分かる。

以降、呈示した音源方向に対して回答した音源方向が一致している率を正答率として分析を行う。ホワイトノイズについて、音源方向毎の正答率を部屋間で比較するため、フィッシャーの直接法による比率の差の検定を行ったところ、0度および180度以外では無響室よりスタジオの方が正答率の高いことが危険率2%未満で有意であった。またスタジオにおいて、刺激音毎に得られた正答率を全ての音源方向で平均した値を比較すると、ホワイトノイズ刺激より音声刺激の方が正答率の高いことが、危険率2%未満にて有意であった。

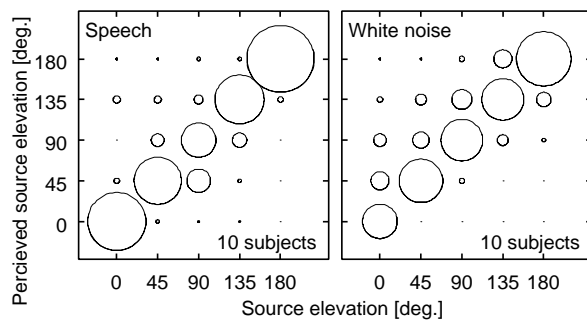


Fig. 1. Perceived source elevation in the studio.

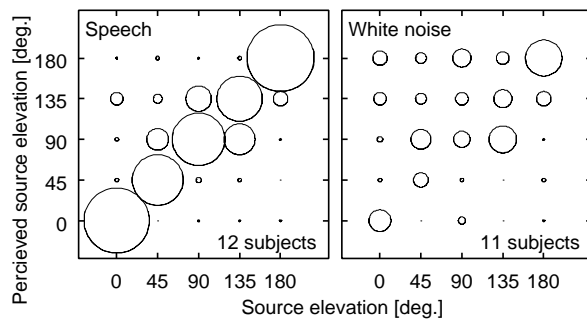


Fig. 2. Perceived source elevation in the anechoic chamber.

3. 考察

本実験では、正中面定位に重要であるスペクトル上の手がかりを十分含んでいるはずのホワイトノイズでも、無響室における音源定位精度は悪かった。この原因は、被験者が音源方向判断実験、音源、室環境などに不慣れであり、有効な手がかりを十分に活用できなかったためと考えられる。しかしスタジオ

では、それらについて不慣れであるという条件は同じあるにもかかわらず、ある程度正確な定位結果が得られた。この定位精度の違いは主に部屋の反射音の存在による違いではないかと推測される。つまり、一般的な聴取者が初めての環境で正中面内の音源方向を判断するにあたり、従来無響室で経験豊富な被験者に対して有効であるとされているスペクトルの手がかりを十分に利用できず、部屋の空間情報を把握するのに適切な反射音が存在すればそれも手がかりとして付加的に利用できる、という考えである。

音声刺激の場合はスタジオと無響室で有意な定位成績の差は無かった。このことは、音声刺激がホワイトノイズに比べて有効な正中面定位の手がかりを含むことを示唆している。音声信号はスペクトル上のピーク(フォルマント)周波数が時間に伴って変化し、この周波数と頭部伝達関数振幅特性のディップ周波数が一致する際に音声信号に動的な音色の変化が生じる。このような変化が耳入力信号のスペクトル上の手がかりを強調する役割を持つのではないかと考える。

4. まとめ

未経験な被験者群に対し、刺激および実験室を固定して、正中面音源定位実験を行った。その結果、音声刺激では実験室によらずほぼ正確な方向定位が可能だったが、ホワイトノイズに対しては無響室で有意に定位精度が悪かった。また音声刺激の方がホワイトノイズより定位精度が良かった。よって、正中面音源定位の手がかりが十分でないときには、部屋の反射音や刺激音の動的なスペクトル変化なども、手がかりとして利用されている可能性が示唆された。

謝辞

本研究の一部には平成13年度東京情報大学共同研究4および東京情報大学学術フロンティアプロジェクト研究の補助を受けた。梅澤桂、神山宣彦両氏による実験への協力に感謝する。

参考文献

- [1] M. Morimoto and H. Aokata, "Localization cues of sound sources in the upper hemisphere," *J. Acoust. Soc. Jpn.(E)*, **5**, 165-173 (1984).
- [2] 飯田一博, 林英吾, 森本政之, "正中面定位における音源信号スペクトルの a priori な知識について," *日本音響学会講演論文集*, 秋 1-5-8, 597-598 (1999).
- [3] F. E. Toole, "In-Head Localization of Acoustic Image," *J. Acoust. Soc. Am.*, **48**, 943-949 (1969).