

聴覚の仰角知覚メカニズムに基づいた音源方向推定*

- 環境騒音下における目的音源の仰角推定 -

○飯田 一博 横山 栄 (千葉工大)

1 はじめに

著者の1人は、正中面内の音像定位実験により、HRTFを構成するスペクトラルピーク、ノッチのうち、第1 Notch (N1)、第2 Notch (N2)だけを用いた Parametric HRTF が実測 HRTF と同等の定位精度が得られることを明らかにした。また、これら2つの Notch の周波数が音源の仰角に強く依存し、かつそれらが仰角の増加に対して単調に変化するのではなく、上に凸の関数となっていることから (Fig.1), N1, N2 の対が仰角知覚のスペクトラルキューであると結論付けた[1]。

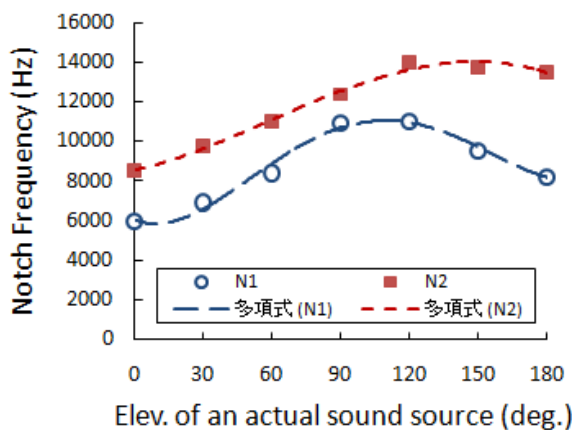


Fig.1 Relation between elevation of a sound source and frequencies of N1 and N2.

この知見を利用して、ダミーヘッドやリアルヘッドの両耳で収録した音響信号から N1, N2 の周波数を抽出することによって音源の仰角を推定する方法が考えられる。前報[2]では、暗騒音がない自由音場に単一音源が存在する条件下、仰角推定のシミュレーションを行い、音源の種類(ホワイトノイズ、ピンクノイズ、男声アナウンス、女声アナウンス、音楽)に関わらず、概ね正しく仰角を推定できることを示した。

本研究では、自由音場に目的音と妨害音(環境騒音)が存在する条件下で目的音の仰角を推定することを試みた。

2 仰角推定方法

2.1 基本的な方針

聴覚メカニズムとして既知の処理だけを用いる。これは、機械的操作を加えて推定精度を向上させることよりも、聴覚処理としての妥当性と応用展開の汎用性を重視するためである。具体的には以下の聴覚処理の知見を用いた。

- 仰角知覚は N1, N2 の周波数を手掛かりとしている[1]。
- 仰角知覚は単耳スペクトル情報に基づいており、左右の耳で個別に処理されている[3]。
- 仰角知覚は音源信号の種類に関する *a priori* な知識を必要としない[4]。

2.2 アルゴリズム

上記の方針にしたがって以下の手順で信号処理を行った。1) 両耳入力信号を周波数領域へ変換し単耳振幅スペクトルを算出, 2) 移動平均によりスペクトル包絡線を抽出, 3) N1, N2 周波数を検出, 4) データベース(Fig.1)との照合により最も確からしい仰角を算出。

3 仰角推定シミュレーション

上記仰角推定方法において妨害音が推定精度に及ぼす影響を検証するためにシミュレーションを行った。目的音は無響室録音の音源に HRTF を畳込んだものである。音源はホワイトノイズ、男声アナウンス、女声アナウンスの3種類で、継続時間は1sである。HRTFは著者の1人の実測値で、正中面内の7方向(0-180°, 30°間隔)を用いた。妨害音は、単一指向性マイクロホン6本を直交軸上に組み合わせた6chマイクロホン[5]で収録した環境騒音(京都駅構内)を無響室内に設置した6ch再生

* A study on estimation of sound source elevation based on the vertical sound localization mechanism - elevation estimation under environmental noise conditions - by IIDA, Kazuhiro and YOKOYAMA, Sakae (Chiba Institute of Technology)

システムで提示し、音場の中心（受聴）位置において著者の 1 人の両耳に装着した ear-microphone[1]で収録したものをを用いた。これらの目的音と妨害音を時間軸上で加算して耳入力信号とした。加算する際に、S/N を 0, 10, 20, 30, ∞ dB と変化させた。サンプリング周波数は 48kHz である。

Fig.2 にシミュレーション結果を示す。目的音信号がホワイトノイズの場合は、 $10\text{dB} \leq \text{S/N}$ であれば騒音がない場合と同等の仰角推定ができる。S/N が 0dB になると、仰角 0 および 150° において推定精度が劣化する。

一方、目的音が男声アナウンス、および女声アナウンスの場合は、仰角 0° を除き $15\text{dB} \leq \text{S/N}$ であれば騒音がない場合と同等の仰角推定ができる。仰角 0° で騒音がない場合と同等の推定を得るには、S/N が 30dB 必要となる。

上記の結果の妥当性については、妨害音が存在する条件でのヒトの仰角知覚精度との比較により検証する必要があるが、このような条件での仰角知覚の研究は多くはない。Good and Gilkey[6]は、妨害音（正面方向から提示される広帯域ノイズ）が目的音（方位角： $0 \sim 360^\circ$ ，仰角： $-45 \sim +90^\circ$ から提示されるパルス列）の方向定位に及ぼす影響を検討し、左右方向の定位は頑健であるのに対し、前後判定は妨害音の影響を強く受けることを示した（目的音の SL が 8dB 以下になると前後誤判定が顕著に増加）。彼らの結果は、定性的な傾向としては本研究の結果と一致するが、妨害音の提示条件が本研究とは異なること、および彼らの実験の SL と本研究の S/N の対応関係が不明であることから、定量的な比較はできない。今後、音像定位実験を行って本推定方法の妥当性を検証する必要がある。

参考文献

- [1] K. Iida *et al.*, Applied Acoustics, 68 (8), 835-850, 2007.
- [2] 飯田, 音講論 (秋), 637-638, 2007.
- [3] 飯田他, 音講論 (秋), 295-296, 2000.
- [4] K. Iida and M. Morimoto, J. Acoust. Soc. Am., 105(2) Pt.2, 1391 (1999).
- [5] S. Yokoyama *et al.*, Acoust. Sci. & Tech., 23 (2), 97-103, 2002.
- [6] Good and Gilkey., J. Acoust. Soc. Am. Vol.99 (2), 1108-1116, 1996.

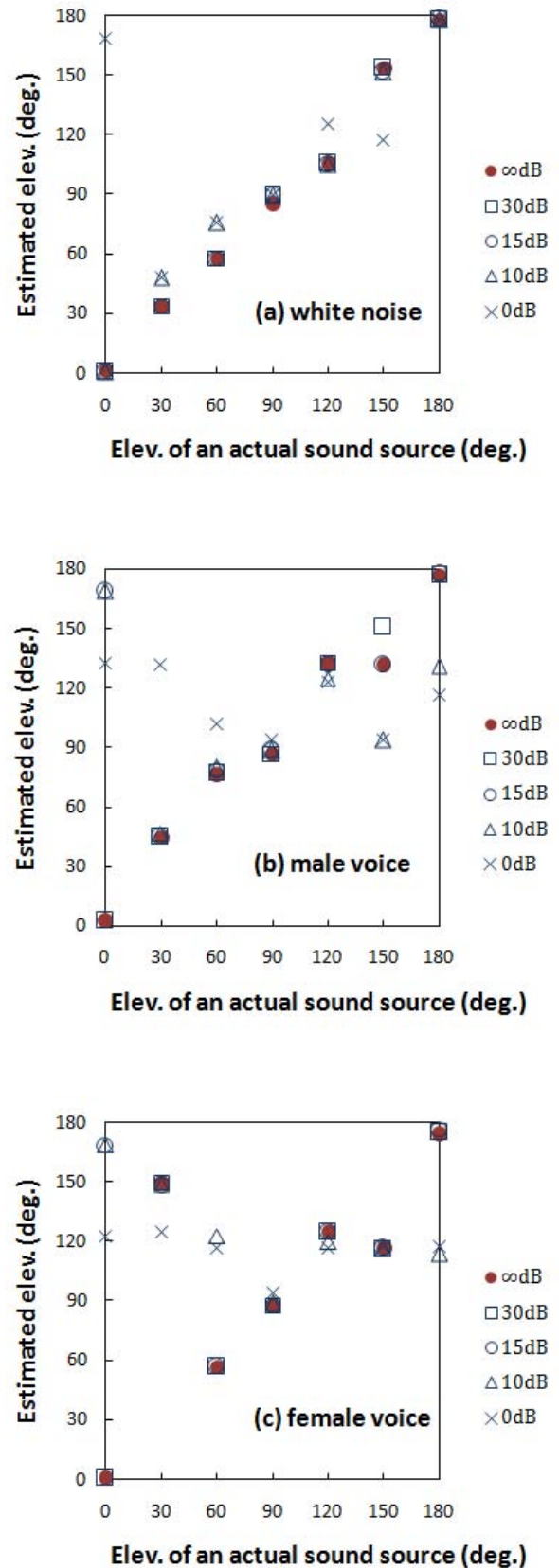


Fig.2 Estimated elevation for the sound source located in the upper median plane under environmental noise conditions. (a): white noise, (b): male voice, (c): female voice.