

両耳間レベル差および位相差を用いた 3次元空間における音源方向の推定

佐藤 憲史 中西 崇 中島 栄俊* 菅木 禎史 宇佐川 毅 江端 正直*
(熊本大学 *熊本電波高専)

1 はじめに

両耳聴機能に基づく音源方向推定及び音源分離の研究として、先に両耳間位相差 (IPD) と両耳間レベル差 (ILD) を利用した周波数領域両耳聴モデル (FDBM : Frequency Domain Binaural Model)[2] を提案した。これまでの手法では音源方向を方位角のみで方向推定を行っていたが、本報告では方向推定範囲を3次元空間に拡張し音源位置推定の可能性を検討する。

2 アルゴリズム

2.1 IPD 及びILD の算出

左右耳の入力信号 $l(t), r(t)$ をフーリエ変換することで得られるスペクトル $L(f), R(f)$ を用い、クロススペクトル

$$C_{lr}(\omega) = L(\omega)R^*(\omega) \quad (1)$$

を求める。ただし、ここで*は複素共役を示す。両耳間レベル差 $\Lambda(\omega)$ はパワースペクトルを $C_{ll}(\omega)$ とすると

$$\xi(\omega) = 20 \log \left| \frac{C_{lr}(\omega)}{C_{ll}(\omega)} \right| \quad (2)$$

より求められる。また両耳間位相差 $\theta(f)$ は

$$\theta(\omega) = \tan^{-1} \left[\frac{\text{Im}(C_{lr}(\omega))}{\text{Re}(C_{lr}(\omega))} \right] \quad (3)$$

によって求められる。

2.2 IPD , ILD を用いた方向検出

MIT Media Lab. 提供の HRTF より方向毎に位相差及びレベル差のデータベースを作成する。作成したデータベース内のレベル差 ($\xi_2(\omega, \psi)$) 及び位相差 ($\theta_2(\omega, \psi)$) と周波数毎に求められたレベル差 ($\xi(\omega)$) 及び ($\theta(\omega)$) を比較しその差が閾値 (α 及び β) 以下であるとつきつまり式 (4) 及び (5) を満たすときに音源の到来方向を ψ と推定する。

$$D_L(\psi) = (\psi | \alpha > |\xi_2(\omega, \psi) - \xi(\omega)|) \quad (4)$$

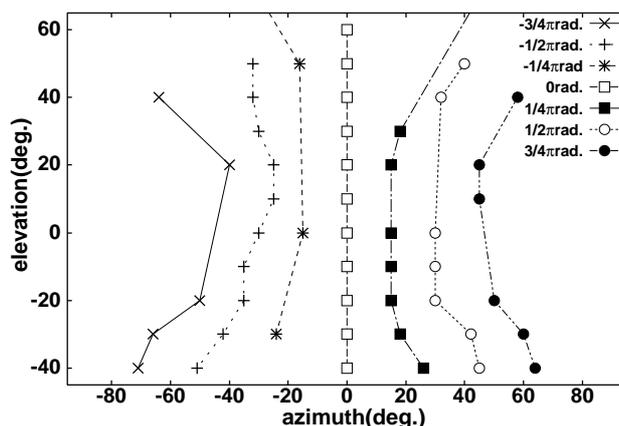


図 1: 両耳間位相差のマップ図 (750Hz)

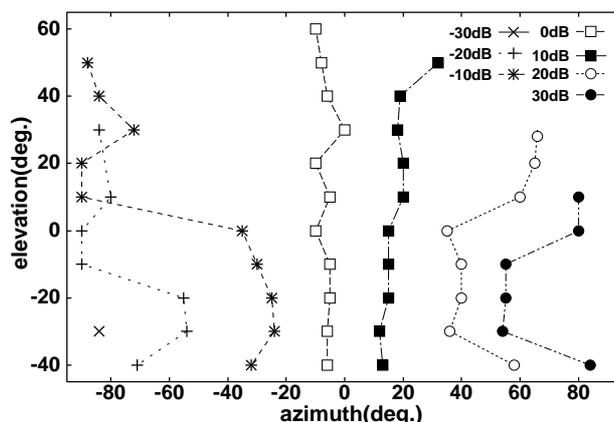


図 2: 両耳間レベル差のマップ図 (6kHz)

$$D_P(\psi) = (\psi | \beta > |\theta_2(\omega, \psi) - \theta(\omega)|) \quad (5)$$

次に HRTF より作成したデータベースより図 1 に 750Hz の場合の各位相差に対応する方向、図 2 に 6kHz の場合の各レベル差に対応する方向を示す。図 1, 2 より単一の周波数の場合には IPD, ILD 共に複数の方向をとってしまう。そのため方向推定には複数の周波数を用いることにする。仰角 20 度、方位角 30 度から男性の音声信号を与えた場合に各周波数の IPD, ILD より推測される方向を図 3, 4 に示す。単一の周波数では複数の方向をとっているが、IPD, ILD 共に仰角 20 度、方位角 30 度の位置で推定方向が一致し

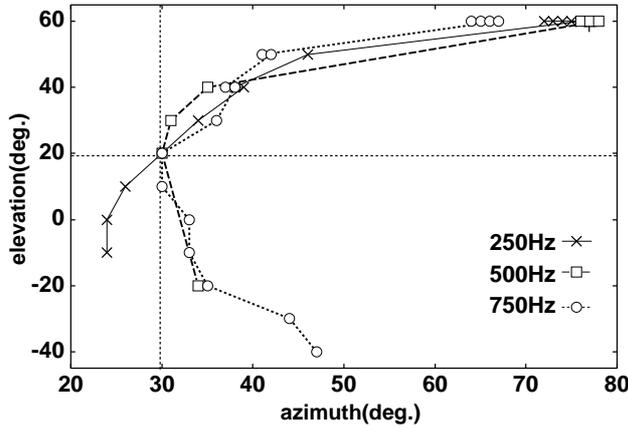


図 3: 両耳間位相差による方向推定

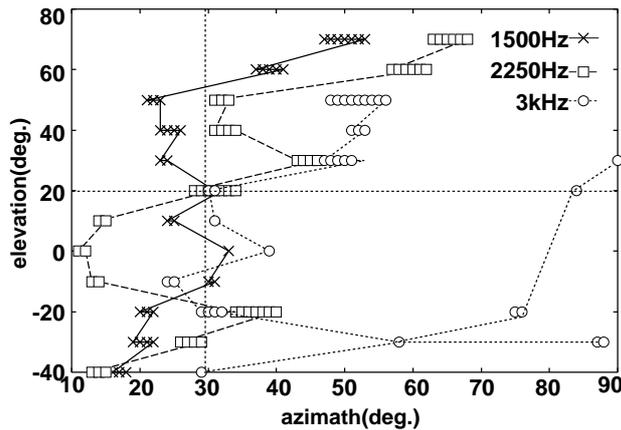


図 4: 両耳間レベル差による方向推定

ているのがわかる。このことより複数の周波数を利用することによって 3次元空間における音源方向の推定は可能であると考えられる。今回は周波数毎に方向推定を行い、全周波数における推定方向の総和を求め、その極大値をもって音源方向とする。即ち、式 (5) を満たす方向 ψ を音源方向とする。

$$D(\psi) = (\psi | \max\{D_L(\psi) + D_P(\psi)\}) \quad (6)$$

3 実験

方向推定のアルゴリズムを検討するためシミュレーション実験を行う。入力信号はサンプリング周波数 16kHz とし、HRTF を畳み込んで生成する。音声信号は男性を使用し仰角 30 度、方位角 30 度の方向にあるものとする。

方向推定用のデータベース内の方位角の IPD, ILD は線形補間により左 90 度から右 90 度の区間で 1 度毎に算出する。仰角は -40 度から上方 90 度まで 10 度おきのデータを使用する。つまり、合計 2534 ポイントの方位より音源の到来方向を推定する。図 5 に、方向推定の結果を示す。上段の図より、(a) 音声の波形、(b) 仰角の推定位置、(c) 方位角の推定位置を表している。図 5(b) 及び (c) より音源の到来方向の推

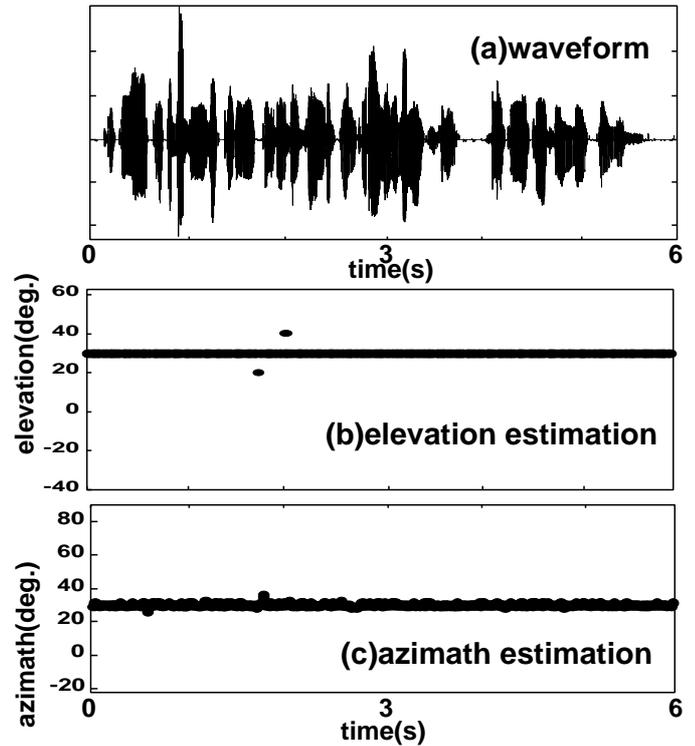


図 5: 音源方向の推定

定は良好な結果を得られたといえる。

4 まとめ

本報告では 3次元空間における音源方向推定の可能性を検討した。シミュレーション実験より、音源数が 1 つの場合についての方向推定は可能であることを示した。今後の課題として、複数音源に対する方向推定が挙げられる。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 (基盤 C No.14550422) および東北大学電気通信研究所プロジェクト研究 (H13/A02) の支援を受け行ったものである。

参考文献

- [1] M. Bodden, "Modeling human sound-source localization and the cocktail-party-effect," Acta Acustica, pp.43-55 (1993)
- [2] 中島 栄俊, 菅木 禎史, 宇佐川 毅, 江端 正直, "周波数領域両耳聴モデルを用いた音源方向推定と音源分離", 信学技報 pp.13-18 (2002, 8)

問い合わせ先

熊本大学 菅木 禎史, 宇佐川 毅

Tel. :096-342-3621

E-mail :{chisaki,tuie} @ cs.kumamoto-u.ac.jp