未計測方向からの頭部伝達関数推定

1140291　浅尾将司　【 福本研究室 】

1　はじめに

日常生活のなかで我々は特別意識をすることもなく音の到来方向を知覚することができる. この知覚には頭部伝達関数 (HRTF:Head-Related Transfer Function) が関わっており, 頭部伝達関数を利用することで 3 次元音場の再現をすることが可能となる. 頭部伝達関数とは音源から聴取者の耳に届くまでの伝達関数のことを指すが, 個人差が大きく, また測定に多くの時間がかかり [1]、被計測者の負担も大きい. そこで本研究では、ダミーヘッドの頭部伝達関数を輻輳角モデルを用いて, 少ない計測点から推定を行うことができるか検証を行う.

2　輻輳角モデルを用いた頭部伝達関数推定

輻輳角モデル [2] とは音像の距離定位に関して, 音源距離が変化する際に左右の耳の位置から見た音源に対する角度輻輳角が変化することに着目した距離定位モデルの事である.

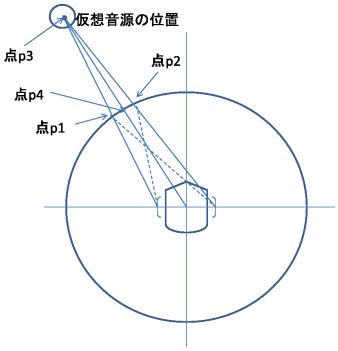

図 1　輻輳角モデルの概念図

図 1 において、同心円上の点 $p1$,$p2$ における左右の耳に対する頭部伝達関数が測定されていれば, 点 $p1$ と右耳をむすんだ線上における右耳に対する頭部伝達関数は, 点 $p1$ を音源とした際の右耳に対する頭部伝達関数に対して, 右耳からの距離に応じて遅延, 減衰または早着, 増幅処理を施した値となる. 左耳と点 $p2$ についても同様に考えることができる. 右耳, 左耳とそれぞれ対応させる点が変わった場合も同じである. このとき左右それぞれから点に対する線が図のように一点でまじわる点を見つけることで点 $p1$,$p2$ とは違う方向の頭部伝達関数を推定することができる. 図 1 の場合左耳に点 $p1$ が音源の際の左耳の HRTF, 右耳に点 $p2$ が音源の際の右耳の頭部伝達関数をあてはめて、対応した耳からの距離に応じた処理を行うことで $p3$ からの頭部伝達関数が推定できる. この値を利用することで $p4$ を結ぶ直線上の点を音源とした両耳の頭部伝達関数を推定することができる.

3　シミュレーション

輻輳角モデルを用いた頭部伝達関数の推定の有効性を確かめるために実際にダミーヘッドの頭部伝達関数データを測定してシュミレーションを行った. ダミーヘッドの頭部伝達関数測定には適応フィルタを用いた. 輻輳角モデルで仮想音源点における音の大きさの変化については, 物理量の定量的な値は発生源からの距離の 2 乗に反比例するという逆 2 乗の法則を用いて, 仮想音源から頭部の中心までの距離を r_1, 推定する点からの距離を r_2 とおいて式 (1) より得られる K を係数として用いた.

$$K = \frac{1}{\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2} \tag{1}$$

推定する点と仮想音源への距離 r_1,r_2 については, 頭部の中心点を座標 $(0,0)$ としたときに計測した 2 点とそれぞれに対応する耳について直線をひき y 軸から推定点の傾きを θ, 交点の座標 (x,y) を算出し式 (2),(3) を用いて算出した.

$$r_1 = \sin\theta \tag{2}$$

$$r_2 = \sqrt{x^2 + y^2} \tag{3}$$

左右の耳までの到達時間差については音の速さの公式を得られたそれぞれの距離について用いて左右の耳の到達時間差を算出した.
それぞれの計算から得られた値を用いて頭部伝達関数の推定を行った.

4　まとめ

本研究では、輻輳角モデルを用いて、頭部伝達関数を少ない計測点から推定することができる可能性を示した. 今後の課題としては, 計測に用いる音源の位置の選別を行い, なるべく少ない計測点からできるだけ多くの頭部伝達関数を推定する方法を検討し, ダミーヘッドではなく個人の伝達関数推定を行えるようにする.

参考文献

[1] 平原達也, 太谷真, 戸嶋巌, “ 頭部伝達関数の計測とバイノーラル再生にかかわる諸問題 ”
Fundamentals Review 2(4) 68-85 2009 年 4 月

[2] 金海永, 鈴木陽一, 高根昭一, “ 曽根敏夫 拡張輻輳角モデルを用いた音像距離定位の制御 ”