

3つの直方体の窪みで構成した耳介モデルの伝達関数

- I : 耳介モデルの伸縮が伝達関数に及ぼす影響 - *

☆岡松俊哉, 西岡伸介 (千葉工大・工), 石井要次 (千葉工大院・工学研),
竹本浩典 (NICT), 飯田一博 (千葉工大・工)

1 はじめに

精度の高い3次元音像制御をするためには受聴者に適合した頭部伝達関数を提供する必要があります[1]. 頭部伝達関数に含まれる情報のうち, 両耳間差および第1, 第2ノッチ(N1, N2)[2]が, それぞれ左右方向および前後・上下方向知覚の手がかりであると報告されている.

このうち, 両耳間差情報については, 両耳間距離から受聴者に適合する値を比較的容易に推定することができる. 一方, N1, N2情報の推定は容易ではなく, 著者らは写真で得た耳介寸法から, 耳介モデルを介して受聴者に適合した値を推定する方法を検討している.

耳介のモデル化に関しては, 耳介の窪みを3つの円柱で近似する方法[3]や, 3つの連続する直方体で構成する方法(Three-step model)[4]が提案されている. Three-step modelでは, その伝達関数のピーク・ノッチの方向依存性は, 定性的には実耳介と類似することが報告されている[4].

本研究では, 耳介形状と伝達関数の関係を明らかにするために, Three-step modelを用いて, 耳介モデルの伸縮がN1・N2周波数に及ぼす影響を検討した.

2 伝達関数の測定

2.1 耳介モデル

実耳介とそのモデルを Fig. 1 に示す. 111名の両耳について $x_1 \sim x_{12}$ の寸法を計測し, その平均値でモデル化したものを基準モデル(1.00倍)とした.

この基準モデルに対し, Table 1 に示すように, 幅・長さ・深さを4つのパターンで伸縮させた. パターン1では, 幅・長さ・深さの3つを相似形で伸縮, パターン2, 3, 4では幅・

長さ・深さのうち2つを同時に伸縮させた. 伸縮率は耳介の計測値より0.15間隔で0.70~1.45とし, 各パターンにつき6種類のモデルを作成した. パターン1の例を Fig. 2 に示す.

なお, $x_6 \sim x_8$ は x_9 を3等分する値とし, それぞれの深さは x_{10} を3等分した. 外耳道入口にあたるマイクの位置は最下段の窪みの左端から4mm, 下端から7mmとした.

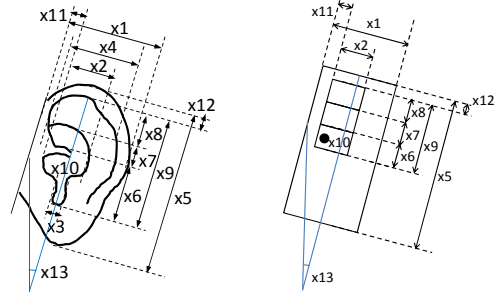


Fig. 1 実耳介とモデルの対応

Table 1 耳介モデルの伸縮パターン

	幅(x_1, x_2)	長さ(x_5, x_9)	深さ(x_{10})
パターン1	○	○	○
パターン2	○	○	
パターン3		○	○
パターン4	○		○

○:伸縮させる部分

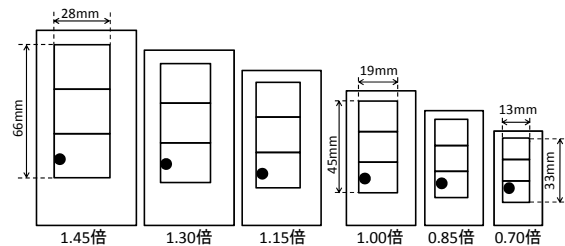


Fig. 2 伸縮させた耳介モデル(●:マイク位置)

2.2 伝達関数の測定方法

測定は無響室で行った. 測定音源には swept-sine 信号を用いた. 音源信号のサンプリング周波数は48000Hzである. 音源方向は外耳道入口を通る矢状面内の仰角7方向(0 - 180°, 30° 間隔)である. 音源から外耳道入

* Transfer functions of simple pinna models which are composed of a rectangular plate and three rectangular cavities - I : Effects of expansion of the pinna model on the transfer function -, by OKAMATSU, Toshiya, NISHIOKA, Shinsuke, ISHII, Yohji (Chiba Institute of Technology), TAKEMOTO, Hironori (NICT), and IIDA, Kazuhiro (Chiba Institute of Technology).

口までの距離は 1.2m である。耳介モデルは真上から見て窪みが前方に向くように 5° 傾け[4], 真横から見て上端が後方に向くように 25° 傾けて配置した。

2.3 測定結果

測定結果の一例として, パターン 1 の正面方向の伝達関数を Fig. 3 に示す。伝達関数のピーク, ノッチの周波数は, 伸縮率が小さくなるに従って高くなる傾向にある。

また, 各伸縮パターンにおける N1・N2 周波数を Fig. 4 に示す。パターン 1((a),(b))では, N1・N2 周波数は, いずれの仰角においても正面方向と同様に变化した。ただし, 0.85, 0.70 倍のモデルでは上方では N1, N2 が生じない場合があった。

パターン 2((c),(d))では, パターン 1 と同様に N1・N2 周波数はモデルの伸縮率が小さくなるに従って高くなる傾向にある。

パターン 3((e),(f))では, パターン 1, 2 と比較すると伸縮率による周波数の変化は小さい。

パターン 4((g),(h))では, 伸縮率が変化しても, 120° 付近の N1・N2 周波数はほとんど変化しなかった。耳介モデルは 25° 後方に傾けて配置しており, 120° はモデルの長さ方向のほぼ延長線上である。この方向では, モデルの幅, 深さを伸縮させても N1・N2 周波数は変化せず, それらの周波数は長さで決定していると考えられる。他の音源方向では, パターン 1 と同じ傾向であった。

次に, パターン間の比較をする。パターン 1 と 2 の結果が類似していることから, 深さが N1・N2 周波数に与える影響は少ないと考えられる。パターン 1 と 3 の結果は, 傾向は類似しているが, パターン 3 では伸縮による変化の度合いは小さい。したがって, 耳介モデルの幅は N1・N2 周波数に少なからず影響すると考えられる。パターン 1 と 4 の結果は, 120° 付近を除いて類似し, パターン 4 では 120° 付近では伸縮の影響を受けない。ここで, 前述したように深さの影響が少ないことを考え合わせると, 120° 付近以外ではモデルの幅が支配的で, 120° 付近ではモデルの長さが支配的であるとされる。

謝辞

本研究の一部は科研費(基盤研究(A) 22241040)により実施した。

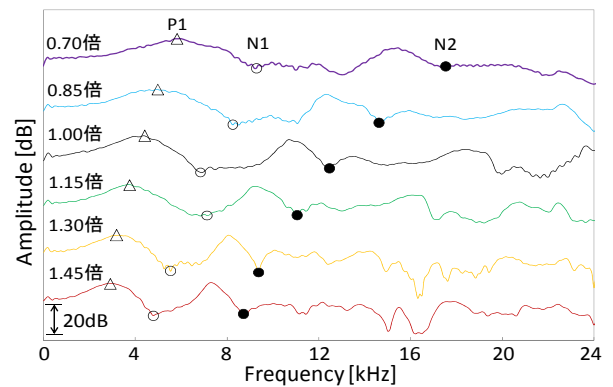


Fig. 3 パターン 1 の正面方向の伝達関数

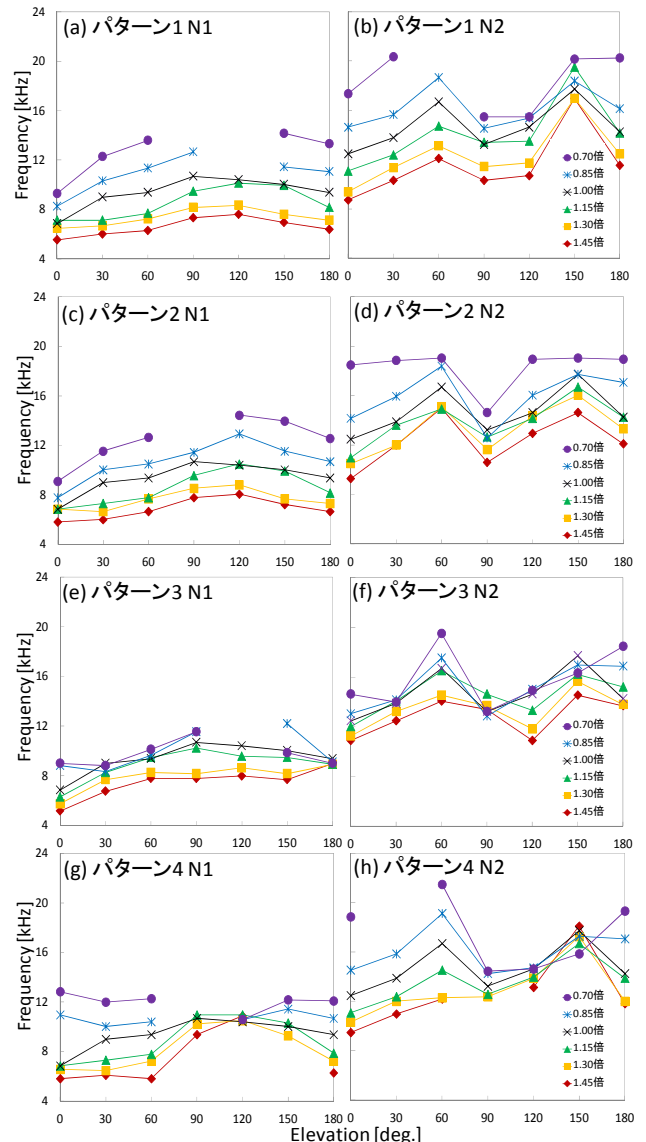


Fig. 4 各パターンにおける N1・N2 周波数

参考文献

- [1] M. Morimoto and Y. Ando, J. Acoust. Soc. Jpn (E), 1, pp.167-174, 1980
- [2] K. Iida *et al.*, Applied Acoustics 68, pp. 835-850, 2007
- [3] K. Genuit, 11th ICA, pp.9-12, 1983 (Paris)
- [4] H. Takemoto *et al.*, Proc. 20th ICA, 2010