

## 3つの直方体の窪みで構成した耳介モデルの伝達関数

## - II : 耳介モデルと実耳介の伝達関数の比較 - \*

☆土屋宏樹, 坂口慎治 (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

頭部伝達関数には個人差が存在する。したがって、精度の高い3次元音像再生を実現するためには、受聴者に適合する頭部伝達関数を提供する必要があり、写真などから得たシンプルな耳介寸法データより受聴者に適合する頭部伝達関数を提供する方法[1]の確立が望まれている。

著者らは、単純化した耳介モデルを用いて、前後・上下方向知覚の手がかりである頭部伝達関数の第1, 第2ノッチ(N1, N2)[2]の推定方法について検討を進めている(Fig. 1)。

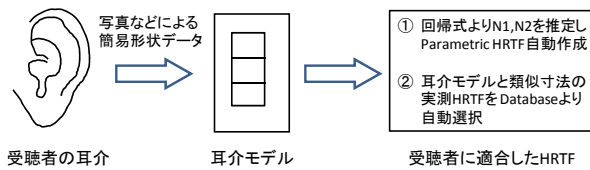


Fig. 1 耳介モデルを用いた頭部伝達関数の個人化方法

前報[3]では、頭部伝達関数と同様の伝達関数が得られる耳介モデル化方法について検討した。Takemoto *et al.*[4]が提案した Three-step model を基に被験者の実耳の寸法に対応させた種々の耳介モデルを作成し、その伝達関数を頭部伝達関数と比較した。その結果、モデルや音源方向によっては、頭部伝達関数と類似した伝達関数が得られることを示した。

本報では、耳介モデルの種類と被験者を増やし、上半球正中面において頭部伝達関数と類似した伝達関数が得られるモデル化方法について、さらに詳細な検討を行った。

## 2 複数の被験者による検討

前報では、被験者 A の実耳に対応させた耳介モデルを作成し、その伝達関数が頭部伝達

関数と類似することを示した。本研究では、新たに4名の被験者(B~E)を追加して検討を進めた。

耳介モデルについては、前報のモデルの中で最も多くの方向(7方向中5方向)でNFD(Notch Frequency Distance)[5]が、その弁別閾である0.2 oct.以内[6]となったモデル A-3に加えて、3つの窪みの長さ(x6~x8)を実耳介の寸法に合わせたモデル A-6の計2種類を作成した(Table 1)。ただし、被験者3名(B, C, D)においては、下から1段目と2段目の窪みの深さが同じであったため、その耳介モデルは、実質的にtwo-step modelとなった(Fig. 2)。

Table 1 耳介モデル

モデル	窪みの各段の縦の長さ	窪みの各段の深さ	外耳道入口の位置
A-3	均等	実耳	最下段の窪みの左から4mm下から7mm
A-6	実耳	実耳	最下段の窪みの左から4mm下から7mm

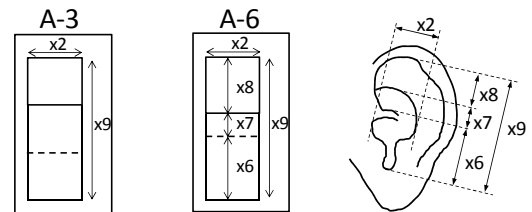


Fig. 2 実耳と耳介モデルの対応

## 2.1 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48000 Hz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被験者に合わせて22 - 39°傾けて配置した。

\*Transfer functions of simple pinna models which are composed of a rectangular plate and three rectangular cavities - II : Comparison of transfer functions between the simple pinna models and the actual pinnae -, by TSUCHIYA, Hiroki, SAKAGUCHI, Shinji, ISHII, Yohji (Chiba Institute of Technology), TAKEMOTO, Hironori (NICT), and IIDA, Kazuhiro (Chiba Institute of Technology).

## 2.2 測定結果

モデル A-3 と A-6 ではほぼ同様の結果が得られたので、ここではモデル A-6 の伝達関数の一例（正面および真後ろ）と頭部伝達関数を Fig. 3 に示す。なお、頭部伝達関数と耳介モデルの伝達関数は、比較しやすいように 15 dB ずつずらしてプロットした。

正面方向では(Fig. 3(a))、このモデルのスペクトル形状は、いずれの被験者においても、総じて頭部伝達関数の実測値と類似している。P1 については（そもそも個人差は少ないが）、頭部伝達関数のそれと近い周波数に生じている。N1 は、いずれの被験者においても、頭部伝達関数と比べてやや低い周波数に生じている。その理由としては、実耳介の窪みに外接する直方体でモデル化したため、実際よりもやや大きな窪みとなっていることが考えられる。N2 については、概ね頭部伝達関数に近いが、やや低い周波数に生じる被験者(B, D)とやや高い周波数に生じる被験者(C)がいた。

真後ろの場合も(Fig. 3(b))、このモデルのスペクトル形状は、いずれの被験者においても、総じて頭部伝達関数と類似している。P1 については、被験者 A, B, C は頭部伝達関数の周波数に近いが、D, E では、やや高くなっている。N1 については、被験者 C ではやや高いが、他の 4 名の被験者では、頭部伝達関数に近い周波数に生じている。N2 については、被験者 A, C, E では、頭部伝達関数に近い周波数に生じている。しかし、被験者 B では、頭部伝達関数と比べ高く、被験者 D では低い周波数に生じている。

## 3 おわりに

本研究では、5 名の被験者の実耳に対応した耳介モデルを作成し、その伝達関数を測定した。頭部伝達関数と比較したところ、N1・N2 周波数推定の可能性を示す結果が得られた。この耳介モデルの妥当性を検証するために、今後、モデルの伝達関数を用いた音像定位実験を行う予定である。

## 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。

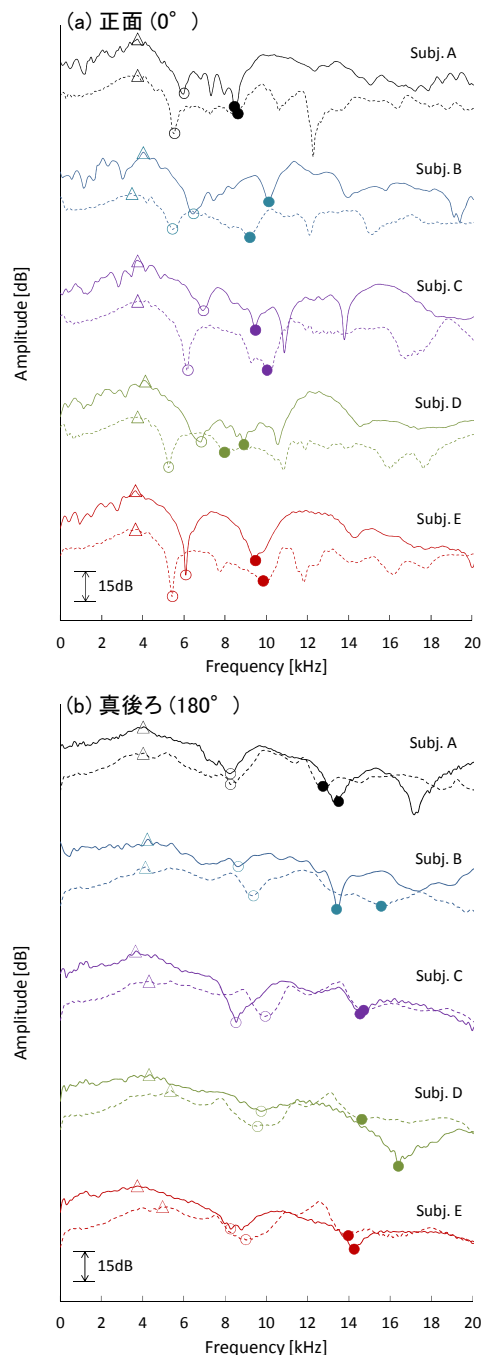


Fig. 3 頭部伝達関数(実線)とモデル A-6 の伝達関数(破線)  
(△: P1 ○: N1 ●: N2)

## 参考文献

- [1] R. Sottek and K. Genuit, Proc. DAGA, 1999
- [2] K. Iida *et al.*, Applied Acoustics 68, pp. 835-850, 2007
- [3] 石井他, 音講論(秋), pp.467-470, 2011
- [4] H. Takemoto *et al.*, Proc. 20th ICA, 2010
- [5] 飯田, 森本, 音講論(春), pp.1473-1476, 2009
- [6] K. Iida and Y. Ishii, Proc. internoise 2011 (2011).