

3-7-3 声道形状の近似法の違いが音響特性に与える影響について*

◎ 松崎 博季 元木 邦俊 榊原 照善 三木 信弘
 (北海道大学 工学部) (北海道大学 工学部)

1 はじめに

本稿では声道形状のモデル化において、留意すべき事は何であるか、単純な形状による近似は妥当であるのかという点に着目し、磁気共鳴画像 (MRI) より得られた声道形状のデータを基に、(1) 単純化を行わず、できるだけ声道形状をそのまま近似、(2) 断面を楕円で単純化して近似、(3) 断面を矩形で単純化して近似した3次元の声道音響管モデルを作成して、有限要素法 (FEM) による音響数値解析を行い、各々の解析結果を比較、検討した結果を報告する。

2 実験概要

声道音響管モデル内の音圧分布を求めるために、定常状態の波動方程式に適用された3次元のFEMを用いる。

声道形状近似モデル作成には、成人男性の日本語/a/を発声時のMRIより得られた声道形状のデータより抽出された36面の声道断面数値データを用いる。声道形状近似モデルは下記の三種類を用意する。

1. 他の単純化されたモデルとの比較のための基準となる、できるだけ声道断面数値データをそのまま使用して近似したモデル (reference model)。
2. 断面を楕円で近似したモデル (elliptic model)。
3. 断面を矩形で近似したモデル (rectangle model)。

なお、本来はreference modelには梨状窩などの分岐が付いているが、ここでは、楕円や矩形近似モデル作成を容易にするため省略

*Influence of different approximation method of vocal tract shape on acoustic characteristics. By Hiroki MATSUZAKI, Kunitoshi MOTOKI, (Faculty of Engineering, Hokkai-Gakuen University) Akiyoshi SAKAKIBARA and Nobuhiro MIKI (Faculty of Engineering, Hokkaido University)

した。

elliptic modelとrectangle modelの各断面形状は、reference modelの各断面形状と、断面積および周長が等しくなるように近似している。各区間長は、reference modelより目視により3次元的に求めた。reference modelの曲がりについては考慮せず、楕円管あるいは矩形管の断面の中心を管軸として、直線状に継続接続している。

各モデルの口唇端側には、3次元の放射を模擬するための、半径が4cmの半球状の放射空間が付いている⁽¹⁾。駆動面は、正弦波駆動されているとする。各FEMモデルを図1、2、3に示す。なおこれらの図では、放射空間を省略して表示している。

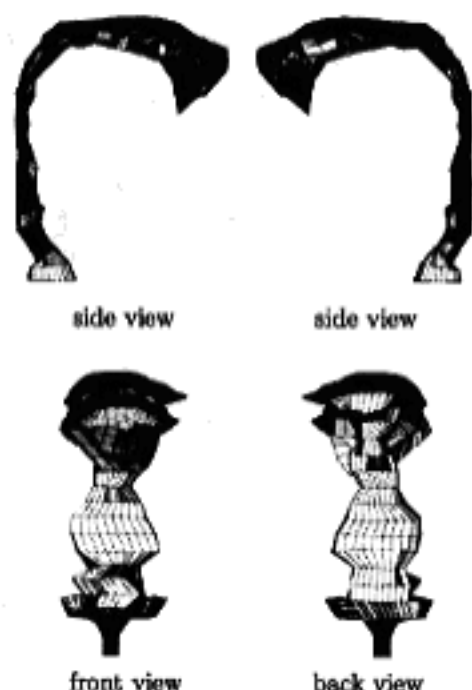


図1: Reference model for Japanese vowel /a/



図 2: Elliptic model



図 3: Rectangle model

3. 実験結果

次式で定義される声道伝達関数⁽²⁾ $H(\omega)$ より、声道伝達特性を計算した。

$$H(\omega) = K \left| \frac{\sqrt{W_{rad}}}{u_g} \right| \quad (1)$$

ω は角周波数、 u_g は音源部の体積速度、 W_{rad} は放射空間上の半球表面上での音響インテンシティの総和から計算された放射パワーである。また、 K は $H(\omega)$ を無次元量にするための定数である。

各モデルの結果を図4に示す。reference modelの共振周波数と比較して、elliptic modelとrectangle modelの共振周波数はより低周波数側に存在する。これはreference modelから求めた各区間長を長く見積りすぎたためであると思われる。各区間長を適切に求めることができるならば、共振周波数は比較的良好に一致するのではないかとと思われる。6kHz以上では、reference modelと他のモデルの伝達特性に類似性がみられなくなり、特にreference modelの伝達特性には約6.4kHzに小さなピークが、また約7.8kHzには鋭いピークが生じている。elliptic modelとrectangle modelを比較すると、rectangle modelの伝達特性が周波数が高くなるにしたがって、より低周波数側に共振周波数が存在

している。矩形形状は音波の伝搬経路長を長くする効果があると考えられる。

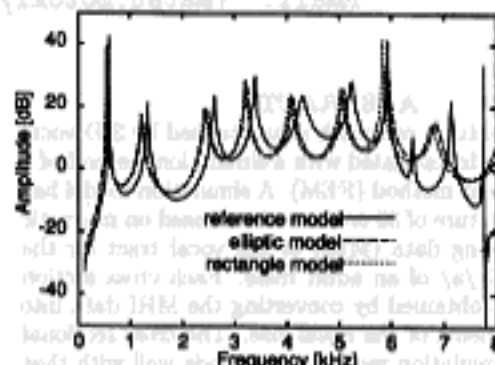


図 4: Transfer functions

4. おわりに

単純化されたモデルと声道形状をできるだけ忠実に近似したモデルの伝達特性により一致はみられなかったが、これは各区間長の求め方に問題があったためであると考えられる。このことは、各区間長を適切に求めることの重要性を伺わせる。また、楕円や矩形管による単純な形状の連続接続による近似で十分であるという可能性を残した。しかし、5kHz以上では声道の非対称な形状の効果が顕著に現れているようで、単純な形状による近似には無理があると思われる。

謝辞

MR I データ処理に協力して頂いた ATR 人間情報通信研究所の正木 信夫氏に深謝致します。本研究の一部は、北海学園大学ハイテク・リサーチ・センター・プロジェクト「言語情報処理研究」、及びCREST/JSTからの支援により行われたものである。

参考文献

- (1) Matsuzaki, H., Miki, N., and Ogawa, Y.: "FEM analysis of sound wave propagation in the vocal tract with 3-D radiational model," J. Acoust. Soc. Jpn. (E) 17, 3, pp.163-166 (1996).
- (2) 元木邦俊: "高次モードを考慮した声道音響モデルの構築法," 音響学会誌 54, 12, pp.850-856 (1998).