

## 252 FEMによる声道形状近似モデルに関する一考察

松崎 博季 元木 邦俊  
北海学園大学工学部

## 1 はじめに

声道断面形状を、同じ大きさの正形状の要素で、断面積が声道断面積と極力等しくなるように分割して近似し、これらの断面形状を縦続接続することで声道の近似モデルを作成し、有限要素法 (FEM) を用いて近似モデル内の音響解析を行った結果を報告する。

## 2 解析手法について

音響問題の波動方程式に適応された FEM[1] を用いて、音場内の音圧と粒子速度分布の 3次元シミュレーションを行った。

## 3 声道近似形状モデルの概要

成人男性が日本語母音/a/を発声したときの MRI を使用して得られた正門側から口唇部側までの、36個の声道断面の数値データをもとに、声道近似モデルを作成した。声道長は 14.9cm である。

図 1(a) に示すように、2mm 四方の正形状をした有限要素で、声道断面を分割した。このような要素分割を行うのはモデル作成が容易であるからである。この近似断面形状の断面積が元の声道断面積と極力等しくなるように努めた。

これら近似断面を縦続接続することによって得られた声道近似モデルを図 1(b) に示す。図の右端断面が口唇部側断面 (放射面) である。駆動面は粒子速度  $\exp(j\omega t)$  で駆動されているとする。放射面には、球形パツフルから自由空間へ音波が放射される際の駆動点放射インピーダンスを用いた [2]。壁面には剛壁を仮定した。

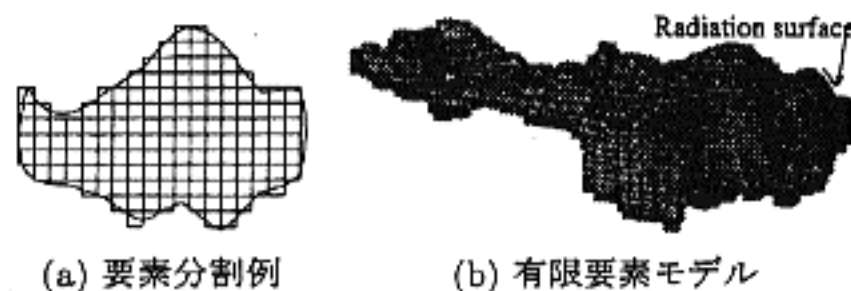


Fig. 1 要素分割例および有限要素モデル

## 4 近似モデルのシミュレーション結果

図 2 に、駆動面と放射面の体積速度の比より計算した声道伝達特性 (FEM(3-D)), ならびに比較のため MRI データおよび近似モデルの一次元等価回路モデルを用いて計算した声道伝達特性 [3] (それぞれ MRI original(1-D) および Approx.(1-D)) を示す。MRI データおよび

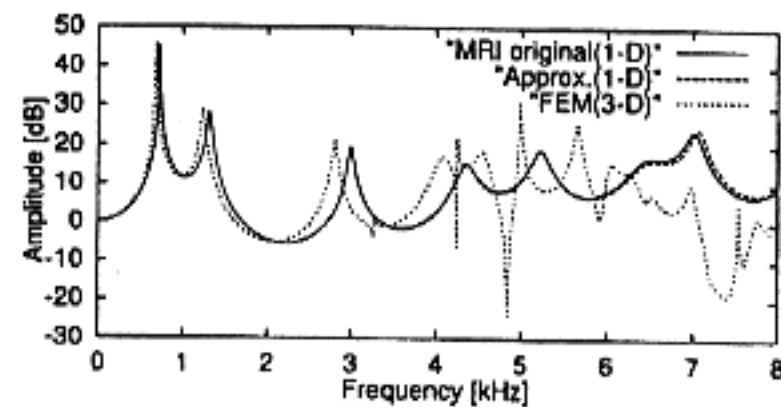


Fig. 2 声道伝達特性

近似モデルの断面積関数を用いて計算した声道伝達特性の間には、6kHz 以上で若干の差があるのみで、ほぼ一致している。一方、FEM の声道伝達特性をそれらと比較するとホルマント周波数 (第 3 ホルマントまで) が低域側に移動している。これは、非対称形状のため、音波の伝搬経路が複雑になり長くなったためであると考えられる。また、急峻なピークが存在している部分があるが、非対称形状の効果なのか、近似の方法に問題があるのか、現在のところはっきりしていない。今後、どのような理由によるものなのか見出す必要がある。

## 5 まとめ

従来の一次元近似のデータと比較して、声道の非対称形状が音波の伝搬経路長を長くする効果を見ることができた。

本近似モデルは、実際の声道形状と比較すると、鋭角的で不連続な形状のため、実際にはありえない影響を音響特性に及ぼしている可能性がある。そのため、より実態形状に即した近似モデルを作成し、実験を行う予定である。

## 謝辞

本研究は、平成 9 年度文部省科学研究補助金奨励研究 (A)(課題番号 09750522) により行われたものである。

## 参考文献

- [1] 松崎他, 信学論 (A), Vol.J77-A No.3, 1996.
- [2] Morse *et al*, Theoretical acoustics, 332-356, 1968
- [3] Flanagan, Speech analysis synthesis and perception, 25-35, 1975