

Title	有限要素法による3次元声道伝達特性の推定に関する研究
Author(s)	富山, 慶一
Citation	
Issue Date	2000-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1365
Rights	
Description	Supervisor: 赤木 正人, 情報科学研究科, 修士

有限要素法による 3 次元声道伝達特性の 推定に関する研究

富山 慶一

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2000 年 2 月 15 日

キーワード: Finite Element Method (FEM), 3-D Vocal Tract, Acoustic Tube, Formant Frequency, Misarticulation.

1 はじめに

本研究では種々の声道形状から有限要素法 (Finite Element Method, 以下 FEM) によりスペクトルをシミュレートすることで、声道形状と音声スペクトルとの関係性を導く手がかりをみつけることを目的とする。

同じ音声を発話する場合にも、発話者によってその音声スペクトルは異なる。このようなスペクトルの相違の一つの要因としては、それぞれの声道構造の違いによるものが考えられる。したがって声道形状と音声スペクトルとの関係性を導くことは重要である。

ここに声道形状が大きく異なる例として、健常者 (normal) と舌切除症例患者 (abnormal) の日本語母音 /i/ 発話時における声道形状を比較した図 1 がある。異常例は健常例と比較して複雑な形状をしており、この 3 次元的に複雑な形状によるスペクトルへの影響が存在する。有限要素法はそのような問題を扱ううえで、有効なシミュレーション手法である。

本研究では健常例 (normal) および異常例 (abnormal) での、日本語母音 /i/ 発話時における種々の声道データを用いて、有限要素法でのシミュレーションを行う。これにより声道の構造的特徴とスペクトルとの関係性を導き出す。

2 有限要素法の要素分割と計算精度

要素サイズの異なる一様音響管での有限要素法シミュレーションを行った。音響管の長さは 17[cm] で、音速は 340[cm] である。このときのホルマント周波数の理論値は 500, 1500, 2500[Hz]

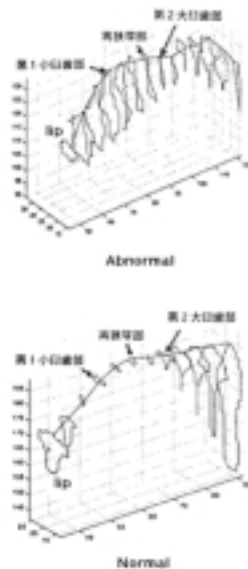


図 1: Vocal Tract Shape of Normal and Abnormal

である。理論値と比較した結果、要素サイズが $0.50[\text{cm}]$ と $0.25[\text{cm}]$ のモデルでは $5000[\text{Hz}]$ までの計算結果は理論値とほぼ一致していた。

3 声門付近の構造的特徴とスペクトルとの関係

健常例と異常例について日本語母音 /i/ の音響分析結果を比較した場合に、そのスペクトル構造は大きく異なる。この要因として、声道の構造的特徴が健常例と異常例を比べると、舌付近での断面積変化が大きく異なっていることが考えられる。そこで、健常例と異常例での声道長及び声門付近のデータを統一して、舌付近での構造的特徴の違いがスペクトルにどのように影響されているのかを明確にする。

4 舌付近の断面積変化とスペクトルとの関係

MRI 画像から得られた日本語母音 /i/ 発話時における健常例 (Normal-1) と異常例 (Abnormal-1,2,3,4) の舌付近だけの断面積データと、それぞれの音声分析結果 (表 1) がある。舌付近のデータだけでは声道近似モデルは作成できないが、声門付近のデータを推測し声道近似モデルを作成した。ここでは全て断面積変化のみを考慮した同軸で声道断面形状は円の 1 次元と同等のモデルである。

Normal-1 の声道では舌後方から舌前方まで十分にせばめが形成されており、音声分析

表 1: Speech Analysis during Japanese vowel /i/

	F1	F2	F3
Normal-1	312	2421	3398
Abnormal-1	312	1992	2343
Abnormal-2	351	2304	3281
Abnormal-3	312	1640	2734
Abnormal-4	312	1953	2578

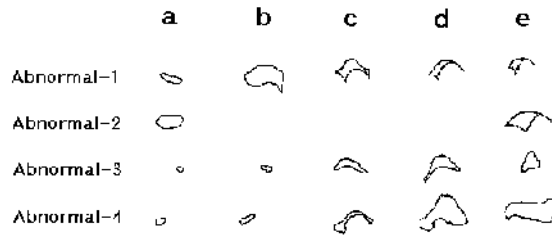


図 2: Vocal Tract Shape of Abnormal (a:front tongue - e:back tongue)

結果では F1 は低く、F2 は高く、F1 と F2 は離れている特徴がある。このモデルでの有限要素法シミュレーション結果でも、F1 と F2 が離れている傾向などよく近似できていた。

Abnormal-1 の声道では、舌後方にせばめがみられるが、舌前方ではせばめが形成されておらず、健常者と比べて断面積が広がっている。音声分析結果では F2,F3 が健常者に比べて低く、F2 と F3 が近づいており、シミュレーション結果でもこの傾向に近似していた。

Abnormal-2 でのシミュレーション結果は、音声分析結果と比べて F2,F3 が低く、あまりうまく近似できていなかった。この原因として考えられるのは、(1) 声門付近での声道データ及び声道長の実測値がないために、それを推測して作成したモデルと実形状との差が大きい、(2) 舌付近での声道断面形状が複雑 (図 2) であり、その 3 次元の構造的特徴が影響している可能性がある。

Abnormal-3 の声道では、舌前方にせばめがみられるが、舌後方ではせばめが形成されておらず、健常者と比べて断面積が広がっている。音声分析結果では Abnormal-1 とは逆に、F2 と F3 が離れており、シミュレーション結果でもこの傾向に近似していた。

Abnormal-4 でのシミュレーション結果は、音声分析結果で F2 と F3 が近づいているのとは逆にそれらは離れており、あまりうまく近似することができなかった。この原因も Abnormal-2 と同じことが考えられるが、特に舌後方でのデータから推測すると、声門付近での実形状が推測したデータでは大きく差がある影響があるということも考えられる。

Abnormal-1 と Abnormal-3 での舌付近の構造的特徴の違いとして、せばめが形成され

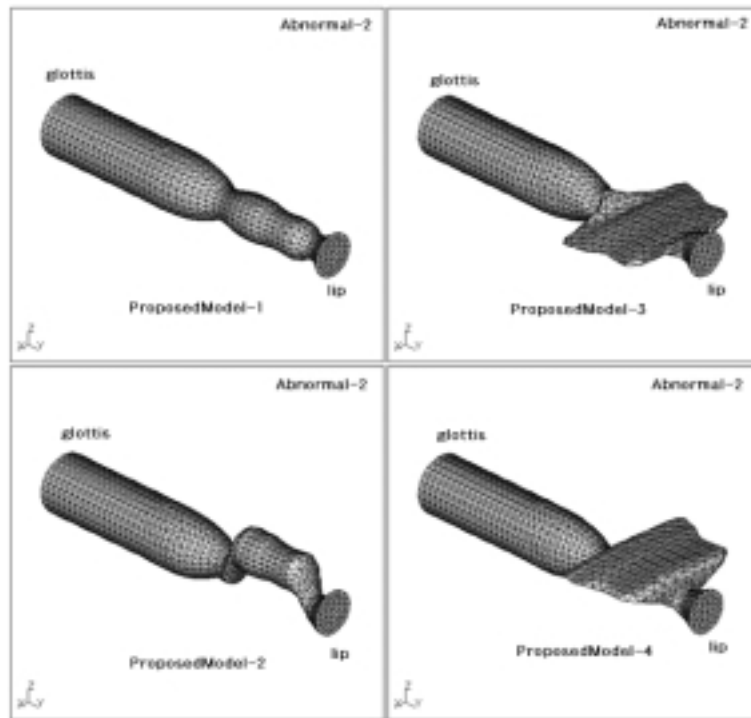


図 3: Proposed Model (Abnormal-2)

ている位置の違いがあげられる。音声分析結果では、Abnormal-1 では F2 と F3 が近づいており、Abnormal-3 では F2 と F3 が離れている、といった異なる特徴を示していた。有限要素法でのシミュレーション結果でも、音声分析結果同様のホルマント位置の傾向があらわれていたことから、この「せばめの位置」がスペクトルに強く影響していることが考えられる。

5 モデルの修正

Abnormal-2 と Abnormal-4 は、シミュレーション結果が音声分析結果に近似していなかった。特に Abnormal-2 に関しては、1 次元では表せない複雑な声道構造をもつことから、その 3 次元的影响が表れているのではないかと考える。そこで Abnormal-2 について、その形状が実際の断面形状に近付くようなモデルを作成した(図 3)

結果からは実音声分析結果に近付くようなものは得られなかった。しかし、3 次元的に複雑な声道モデルでのシミュレーションを行うことで、そのときのスペクトルへの影響が大きいことが示された。したがって、このように複雑なモデルをシミュレーションを行う場合には、断面積変化だけでなく、複雑な断面形状を考慮しなければならないことがわ

かる。

6 結論

本研究で得られた結果より以下のことがいえる。

- 日本語母音/i/に関しては声門付近での構造よりも、舌付近でのせばめによる構造的特徴の方がスペクトルに強く影響する
- 日本語母音/i/に関してはそのせばめの位置が重要である
- 舌付近の声道構造が複雑なものに関しては断面積変化だけでは表れない3次元的な形状によるスペクトルへの影響があらわれている

本研究により、日本語母音/i/発話時における声道近似モデルから、ホルマント周波数をシミュレートした結果を示した。これにより、断面積変化だけで音声分析結果に近似するモデルにおいて、その構造的特徴とスペクトルの関係を一部解明することができた。また、シミュレーション結果が音声分析結果に近似できなかったモデルに関しては、3次元的な構造の複雑さがスペクトルに影響していることが考えられる。