

ATR 母音発話 MRI データから作製した声道模型の音響特性*

北村達也 (甲南大), 竹本浩典 (ATR),

本多清志 (ATR/LPP, UMR-7018-CNRS & Univ. of Paris III)

1 はじめに

近年, 磁気共鳴画像法 (MRI) によって発話時の精密な声道形状が観測できるようになった [1]. 2005 年には ATR 人間情報科学研究所から「ATR 母音発話 MRI データ」[2] が公開され, 音声研究の共通基盤として利用できるようになった. このデータベースには, 成人男性 1 名の日本語 5 母音発話時の 3 次元 MRI データおよび音声データが収録されている.

精密な声道形状が得られるようになったのに伴い, その音響特性を様々な数値計算手法で求める研究が行われている. これらの研究では, 計算精度の評価が 1 つの課題である. そこで, 本研究では, 数値計算の精度評価の 1 つの基準値を示すために, ATR 母音発話 MRI データから抽出した声道の音響特性を示す [3].

2 声道模型の作製

まず, MRI 画像を補間して $0.5 \times 0.5 \times 0.5$ mm/voxel のボリュームデータに変換し, Takemoto ら [4] の方法で歯列のボリュームデータを補填した. 次に, 閾値処理に目視による修正を加えて, 声門上部の声道領域を抽出した. この被験者は母音 /a/ 発話時に主声道と鼻咽腔が連結するが, この鼻咽腔開口部をふさいで鼻腔を除く声道領域を抽出した. 抽出した声道領域に CAD ソフトウェアにより 3 mm 厚の壁をつけた. さらに, 上下約 30 mm の口唇部分を残して顔部分を除去した. そして, 光造形によりエポキシ系樹脂の一種で声道模型を作成した. 造形精度は 0.2 mm 程度である.

3 音響測定方法

音響測定系の構成を図 1 に示す. 声道模型はその口唇部がホーンドライバーユニットの出力部に正対するよう設置した. 声道模型の声門部を直径 1.2mm の穴の開いたプラスチック板 (B&K UA0929) でふさぎ, その穴にプローブマイク

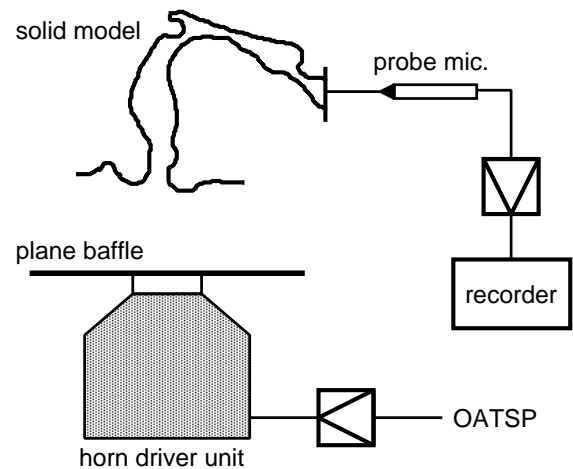


Fig. 1 measurement setup.

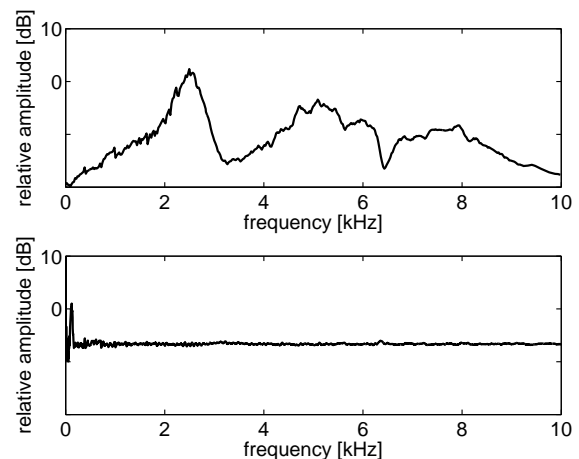


Fig. 2 (upper) frequency response of the measurement setup, (lower) that of acoustically-compensated measurement setup.

(B&K UA0929) のプローブを挿入した. これは, 声門部の音響インピーダンスを高くすることにより, 声門開放が声道音響特性に与える影響 [5] を抑えるためである.

声道音響特性の計測にあたっては, アンブ (Accuphase E-305) を介してホーンドライバーユニット (エール音響研究所 7550DE) から音響測定系の音響特性を補正した Optimized Aoshima's time-stretched pulse (OATSP) 信号 [6] を出力した. そ

* Acoustic characteristics of solid vocal tract models constructed from ATR MRI database of Japanese vowel production. by KITAMURA, Tatsuya (Konan Univ.), TAKEMOTO, Hironori (ATR), and HONDA Kiyoshi (ATR/LPP, UMR-7018-CNRS & Univ. of Paris III)

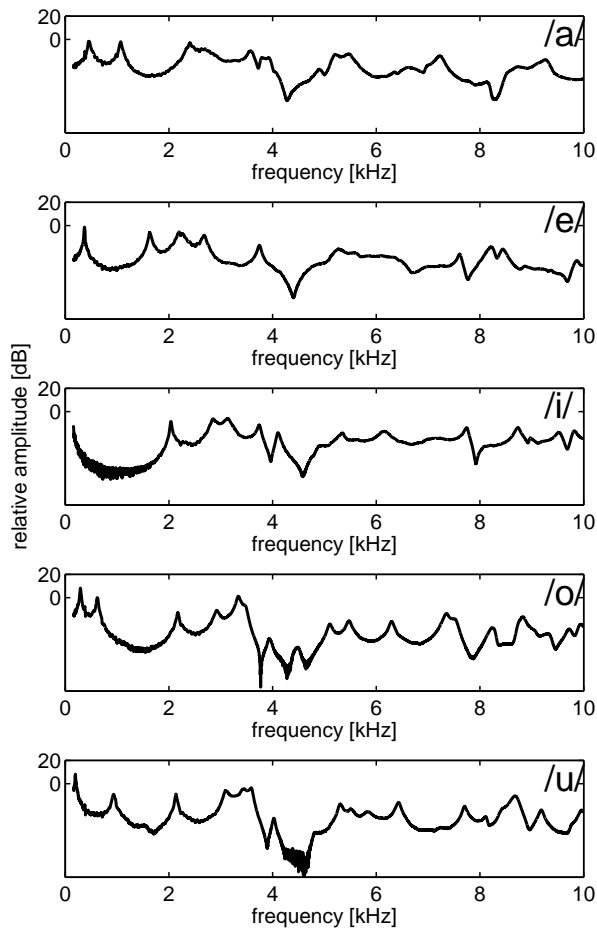


Fig. 3 Acoustic characteristics of solid vocal tract models of five Japanese vowels.

して、声門部における音圧をアンブ (B&K 5935) を介してソリッドステートレコーダ (Marantz PMD-670) に標準化周波数 48 kHz, 量子化 16 bit にて保存した。つまり、声道模型の口唇部から入った信号が声道模型内を通り声門部で収録されることになる。補正済み OATSP 信号に対する応答を 10 回加算平均し、声道模型の音響特性を求めた。なお、測定は気温 25 °C の無響室にて行った。

声道模型の音響特性の測定に先立ち、音響測定系の音響特性を補正した。まず、声道模型がない状態で OATSP 信号を収録した。音響測定系の音響特性を図 2(上) に示す。音響測定系の音響特性の逆フィルタを OATSP 信号にかけ、音響特性を補正した OATSP 信号を得た。この信号を用いることによって図 2(下) の音響特性が得られた。この図に見られるように、補正済みの OATSP 信号を用いても 160 Hz 以下にピークが見られるため、本研究では音響測定系の音響特性がほぼ平坦な 160 Hz 以上の測定結果を示す。

Table 1 The first, second, third, and fourth resonance frequencies [Hz] of the acoustic characteristics of the solid vocal tract models.

vowel	R1	R2	R3	R4
/a/	450	1070	2407	2696
/e/	370	1629	2193	2684
/i/	—	2038	2853	3134
/o/	293	616	2175	2924
/u/	196	934	2136	3091

4 結果

得られた声道模型の音響特性を図 3 に示す。共鳴によるピークのみならず、梨状窩などに由来する反共鳴による谷も現れている。声道模型の音響特性の第 1, 第 2, 第 3, 第 4 共鳴の周波数を表 1 に示す。母音 /i/ の第 1 共鳴周波数は、音響測定系の音響特性が平坦でない周波数帯域 (160 Hz 以下) に含まれるため測定できなかった。

5 おわりに

本研究では、ATR 母音発話 MRI データに収録された MRI データから日本語 5 母音の声道模型を作成し、その音響特性を測定した。本研究の測定結果は各種の声道音響解析手法の精度検証に用いることができる。ただし、今回対象にした声道模型は、声道壁が剛壁である、声道模型の口唇部は上下約 30 mm しかなく人間の放射特性とは異なるなど、実際の声道音響特性と異なる点があることを認識する必要がある。

謝辞 本研究の一部は 2007 年度総務省 SCOPE-R (071705001) の援助を受けた。本研究で利用した MRI データは、ATR 人間情報科学研究所が NICT からの研究委託に基づいて収録し、公表した「ATR 母音発話 MRI データ」の一部である。

参考文献

- [1] 正木ら, 音講論 (秋), 453-456, 2007.
- [2] ATR-Promotions, “ATR 母音発話 MRI データ CD-ROM 説明書 第 4 版,” 2007.
- [3] 北村ら, 信学技報 (EA), 107(370), 19-24, 2007.
- [4] Takemoto *et al.*, AST, 26(4), 353-357, 2004.
- [5] Kitamura *et al.*, JASA, 120(4), 2239-2249, 2006.
- [6] Suzuki *et al.*, JASA, 97(2), 1119-1123, 1995.