

ピッチを変えて発声した無声母音の声道形状*

本多清志、竹本浩典、中島淑貴、足立整治、平原達也（ATR 人間情報科学研究所）

1 はじめに

ささやき声は声帯振動を伴わない音声であるにも関わらず、単語アクセントやイントネーションなどの韻律情報を保有する。この現象には多くの研究者が興味をもち、生成面と知覚面の研究が行われている。生成面についてはささやき声のピッチ変化と低次フォルマントの移動との関係が検討されたが、一致した見解は得られておらず、高次フォルマントとの関係も考慮する価値がある。一方、最近の研究では 2.5 kHz 以上のスペクトル包絡は声道下端近くにある下咽頭腔における共鳴（下咽頭腔共鳴）に大きく左右されることが知られているため[1, 2]、高次フォルマントの変動は声道長変化のみによっては説明できない。そこで、本研究では、ピッチを変えて発声した無声（ささやき）母音と通常母音において下咽頭腔の形状を MRI により記録し、高次フォルマント変化の要因を明らかにする。

2 方法

2.1 MRI 実験

男性被験者 1 名が 120 Hz を基本音とする複合正弦波を聞きながら、高いピッチ（120 Hz）と低いピッチ（約 90 Hz）の母音を発声したときの喉頭領域を冠状方向において喉頭コイルを用いて撮像した。母音には /i/ と /a/ を使い、2 つのピッチについて有声発声、無声発声の順に実験を行った。無声母音の発声においては直前の有声母音の声の高さにピッチを合わせた。

撮像には ATR 脳活動イメージングセンタの MRI 装置（島津 Marconi MAGNEX ECLIPS 1.5T）を用い、骨導スピーカを用いた発声同期撮像法[3, 4]により発声時のみに冠状断面を記録した。撮像条件は、スライス枚数 = 17 枚、スライス厚 = 2 mm、スライス間隔 = 2 mm、TE/TR = 12/2900 msec の FAST-SE 法とした。

2.2 分析方法

それぞれの冠状断面像面において下咽頭腔の輪郭をトレースした。この輪郭画像を 2 値化した画像にスライス間補間を施した上、三次元再構築を行った。

3 結果

図 1 および図 2 に /a/ の通常母音と無声母音の三次元構築の例をそれぞれ示す。各図の上段は正面図、下段は側面図を示し、高低のピッチにおける下咽頭腔の状態を表している。通常母音では、気道は声門下腔、膜様部声門、喉頭室、喉頭前庭に至る一般的な形状を示すが、無声母音では喉頭室が消失し喉頭腔は一樣に狭小化して、気道は声門下腔、軟骨部声門、狭小化した喉頭前庭からなる屈曲した形状を示す。梨状窩は無声母音で短縮し、咽頭腔下部とともに狭小化する。

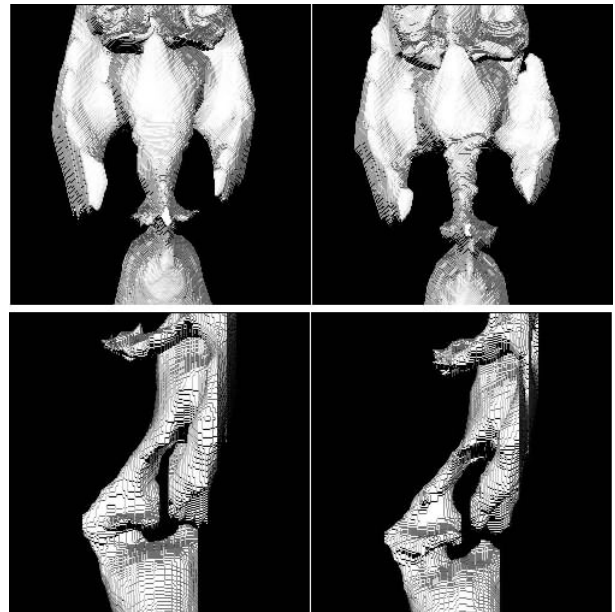


Fig. 1 Front (top) and lateral (bottom) views of the hypopharyngeal cavity in “modal” vowel /a/ in high (left) and low (right) pitches.

* Vocal tract shapes for whispered vowels with varying pitches, by HONDA Kiyoshi, TAKEMOTO Hironori, NAKAJIMA Yoshitaka, ADACHI Seiji, and HIRAHARA Tatsuya (ATR Human Information Science Labs.).



Fig. 2 Front (top) and lateral (bottom) views of the hypopharyngeal cavity in “whispered” vowel /a/ in high (left) and low (right) pitches.

また、いずれの発声においても、ピッチ変化によって喉頭の位置が変動し、高いピッチで高く低いピッチで低い。その落差は無声母音でより顕著に認められる。

4 考察

ささやき声を通常発声と比べた場合の音響的特徴としてはF1とF2の上昇[5]が、喉頭調節については、声門の開放と仮声帯の下降による声帯振動の停止[6]などが知られている。

ささやき声で使われる無声母音は喉頭腔の出口付近に音源をもつ主声道共鳴であり、上述の観測に基づけば、喉頭腔共鳴(F4)が欠落し、梨状窩の反共鳴が高い周波数に移動する。従って、無声母音の音響特徴は、5 kHzまでの帯域で下咽頭腔をもたない主声道の共鳴と等価となり、主声道共鳴が高次フォルマントを決定する。通常発声では高い声の喉頭腔が下降し梨状窩反共鳴が上昇する[2]が、無声母音では喉頭腔共鳴を欠くため、ピッチ変化における主声道の伸縮により高次フォルマントが意図したピッチに並行して変化する。図3に通常母音と無声母音の声道共鳴の概略を示す。おそらく3 kHz前後の聴覚感度の高い帯域にあるフォルマントの移動がピッチ変化として知覚される。

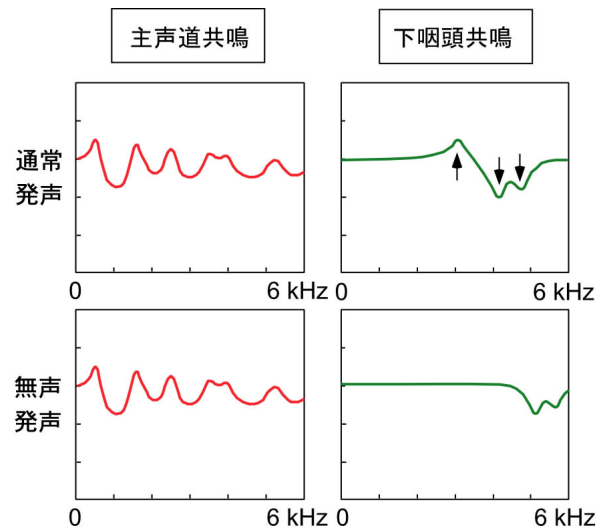


Fig. 3 Conceptual model of vocal tract resonance in modal and whispered vowels.

なお、ささやき声のピッチ調節における今後の検討項目としては、調音状態の変化により高次フォルマントの移動をもたらす機構、呼気流の増減により喉頭腔雑音が変調される可能性などが考えられる。

本研究成果は、外部音源と体表型マイクロホン[8]を用いた無声発話に音源情報を付与する技術に利用できる。

5 おわりに

無声母音では下咽頭腔共鳴の効果が減弱する結果、声道長変化と高次スペクトル変化とが強く相関してささやき声のピッチの要因になると考えられた。

謝辞

本研究は総務省 SCOPE-S および情報通信研究の研究委託により実施したものである。

参考文献

- [1] 本多, 他, 音講論(秋), 313-314, 2005.
- [2] 竹本, 他, 音講論(春), 2006.
- [3] 北村, 他, 信学技報, SP2004-78, 2004.
- [4] 高野, 本多, 音声言語医学, 46, 174-178, 2005.
- [5] Higashikawa & Minifie, JSLHR, 42, 583-591, 1999.
- [6] Tsunoda, et al, Ann. Otol. Rhinol. Laryngol., 106, 41-43, 1997.
- [7] 中島, 他, 音講論(秋), 433-434, 2005.