

2—Q—14 鼻腔・副鼻腔をともなう声道模型とその生成音に関する検討*

◎前田絵理, 荒井隆行, 雑賀紀子, 村原雄二(上智大・理工)

1.はじめに

Chiba and Kajiyama [1]は声道形状を計測し、その測定結果を基に声道形状の近似データから作られた声道の物理模型を用いて日本語5母音を機械的に生成し、形状が母音の韻質を支配していることを実証している。

Arai [2]は、そのChiba and Kajiyamaによる日本語5母音に対する声道模型を透明なアクリルの筒で復元した筒型声道模型と、声道形状を音響管の長さ方向に10mm間隔で0次近似したデータを基に、プレート型の声道模型も製作している。声帯振動の代わりとなる音源に関しては明瞭性や、手軽さなどの面から笛式人工喉頭や電気式人工喉頭が用いられているほか[2]、任意の波形が入られるという利点でホーンスピーカのドライバユニットも広く駆動源として用いられている[3]。

これらの声道模型のほとんどは、口腔部分のみからなっていたが、一部の声道模型[4]に関しては、鼻腔をともなっていた。人間の構音動作においては口腔と同様に鼻腔が大きな役割を果たしている。発話動作中に軟口蓋を動かし、鼻咽腔の開放・閉鎖をし、鼻腔への呼気の流入の調整を行っている。また、鼻腔付近には副鼻腔が細い孔で鼻腔に結合して共鳴器として働く。鼻咽腔結合が生成音に及ぼす影響を見ながら、鼻咽腔閉鎖の結合面積に関してはこれまでも様々な実験が行われている(例えば[5])。本研究では、鼻腔及び副鼻腔を伴う声道模型を製作し、その特性について検討する。特に口蓋裂患者をも想定し、健常者よりも鼻咽腔の開放面積が大きくなるケースについても取り扱う。

2.声道模型について

我々は以前、Chiba and Kajiyamaによる測定結果を0次近似した形状を持つ筒型の声道模型を製作し、その特性を評価した[4]。本研究ではその口腔のみのモデルに鼻腔を結合させた模型を製作した。口腔部分は全長が160mmの母音/a/と/i/とし、10mm幅で0次近似した形状であった。鼻腔部分に関してはChen[6]による値を用いた。また、副鼻腔部分に関しては上顎洞と蝶形骨洞を持ち合わせる模型にし、Dangら[7]の値を用いた。口唇から85mmの位置に鼻咽腔結合部を設けた。鼻咽腔の結合面積は0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.14, 6.0cm²の6段階を用意した。全体の形状を図1に示す。

3.測定

測定は、上智大学荒井研究室内の防音室において行った。声帯振動に対する擬似音源として基本周波数が100Hzのインパルス列を用い、PC上から再生、アンプで増幅した後、ホーンスピーカのドライバユニット(TOA, TU-750)に入力した。ドライバユニットのネック部分に声道模型を接続し、マイクロフォン(Sony, ECM-23F5)を声道模型から約20cm離し、デジタルオーディオテープ(DAT)に生成音を録音した。

鼻咽腔結合面積を0-6.0cm²の間で6段階に変化させ、それぞれの段階ごとに2つの副鼻腔(上顎洞、蝶形骨洞)を接続させた。2つの副鼻腔の接続の仕方に4通りあるので、計21通りの組み合わせを各母音に対して測定した。

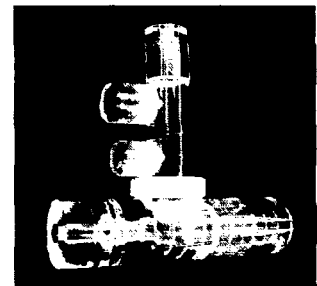


図1 鼻腔をともなう声道模型 /a/

* The effects of nasal cavity and paranasal sinuses on sounds using mechanical vocal tract models
By Eri Maeda, Takayuki Arai, Noriko Saika and Yuji Murahara (Sophia Univ.)

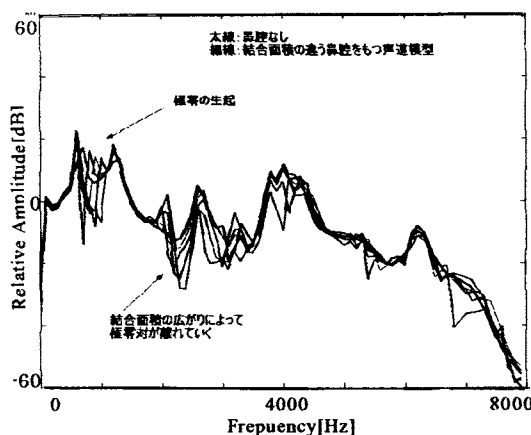


図2 鼻腔を接続した声道模型の結合面積の変化にともなうスペクトルの変化 /a/

4. 結果と考察

測定した生成音に関し、ピッチ周期に同期したスペクトル分析を行った。副鼻腔をともなわない場合に、結合面積を0から6.0 cm²に変化させたときのスペクトルを図2(/a/)に示す。

聴感上では/a/, /i/のどちらの母音に関しても、鼻咽腔結合面積が広がっていくにつれて開鼻声の程度が進んだ。その差は副鼻腔の有無以上に大きかった。しかし、/i/に関しては6.0cm²になると、/u/にも聞こえるような音になった。これは、第1フォルマントと第2フォルマントの間に出現した極が、/u/の第2フォルマントのように働いたためと考えられる。臨床経験が長い言語聴覚士1名に開鼻声を5段階評価していただいた。その結果、/i/に関して結合面積が2.0cm²で副鼻腔が無い場合など「開鼻声が顕著にあり」と判断されたものもあった。

次に鼻咽腔結合面積の違いが生成音に及ぼす影響について考察する。鼻咽腔結合面積と鼻音性の関係については、音声合成を用いてさまざまな研究がなされている。

House & Stevens[8]やMaeda[9]、菰口による模型を用いた研究[5]において、そのスペクトルから考察がされている。菰口を例にすると、模型の結合面積を変化させて鼻音化の影響をみたところ、/a/に関しては鼻音化による零の生起が800-1200Hzに見られ、鼻咽腔結合面積の増加につれて第1フォルマント近辺に極の生起がみら

れたとしている。/i/に関しては鼻咽腔結合面積が0.5cm²の時点で0-1300Hzに共鳴が生じられ、結合面積の増加につれて1500-2000Hzの付近で零が生じたとしている。

本研究では、以上の先行研究よりも広い鼻咽腔結合面積を有する模型を製作した。結合面積は0から6.0 cm²であるが、面積が広がるにつれて700-1000Hz付近および2000-2400Hz付近に極零対の生起がはっきりと観測されるようになった。また/a/に関しては、副鼻腔をともなう場合に、F1の振幅低下ならびに帯域幅の増加が見られた。

5. 結論

本研究では、鼻腔および副鼻腔をともなう声道模型を/a/と/i/について製作し、その特性について述べた。副鼻腔は上顎洞と蝶形骨洞に対応するものを用意し、孔を介して鼻腔部分と接続させた。鼻腔と口腔の結合部である鼻咽腔結合の面積を、口蓋裂患者を視野に入れ、通常よりも広い面積まで網羅するように0から6.0 cm²まで6段階用意し、その違いを考察した。その結果、鼻咽腔結合面積の増加にともない、生成音は聴感上、開鼻声が徐々に強まり、またスペクトル上では極・零点を観測した。

今後はより詳細を調べるとともに、音源との相互作用について観察する予定である。

参考文献

- [1] T. Chiba and M. Kajiyama, *The Vowel: Its Nature and Structure*, Tokyo-Kaiseikan Pub. Co., Ltd., Tokyo, 1941.
- [2] T. Arai, "The replication of Chiba and Kajiyama's mechanical models of the human vocal cavity," *J. Phonetic Soc. Japan*, Vol. 5, No.2, pp. 31-38 Aug. 2001.
- [3] 前田絵理, 荒井隆行, 雑賀紀子, 村原雄二, "声道模型の音源に関する検討: ホーンスピーカのドライバユニットの応用," 音論集, Vol. 1, pp. 417-418, 2003.
- [4] N. Saika, E. Maeda, N. Usuki, T. Arai, and Y. Murahara, "Developing mechanical models of the human vocal tract for education in speech science," *Proc. of the Forum Acusticum Sevilla*, 2002.
- [5] 菰口英夫, "母音の鼻音化に関する実験的研究," 日本耳鼻咽喉科学会会報, Vol.75, pp.809-819, 1972.
- [6] M. Y. Chen, "Acoustic correlates of English and French nasalized vowels," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 102, No. 4, pp.2360-2370, 1997.
- [7] J. Dang, and K. Honda, "Morphological and acoustical analysis of the nasal and the paranasal cavities," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 96, No. 4, pp. 2088-2100, 1994.
- [8] A. House and K. Stevens, "Analog studies of the nasalization of vowels," *J. Speech Hearing Disorders*, Vol. 21, pp. 218-232, 1956.
- [9] S. Maeda, "The role of the sinus cavities in the production of nasal vowels," *Proc. of IEEE ICASSP*, Vol. 2, pp. 911-914, 1982.