

鼻周期や首の角度が鼻音の音響特性に与える影響*

☆伯田亜海, △加地優太, 竹本浩典 (千葉工大)

1 はじめに

鼻腔・副鼻腔の形状は個人差が大きいいため、鼻音は話者認識の有力な手がかりとなる[1]。しかし、鼻腔粘膜の状態が変化して、鼻の左右で通気状態が良い側と悪い側に数時間周期で入れ替わる鼻周期が、8割の人に存在するため[2, 3], 鼻音のスペクトルは時間変化する可能性がある。また、鼻腔・副鼻腔には可動部分が少ないが、首の角度の変化により咽頭腔の形状や長さが変化するため、鼻音のスペクトルはその影響を受ける可能性がある。しかし、これらは詳細に検討されていない。そこで本研究では、一定の時間間隔で記録した鼻の通気の変化と首の角度の変化を考慮した鼻音の音響特性の変化を分析した。また、首の角度の変化による咽頭腔の形状変化が鼻音の音響特性に与える影響についてシミュレーションしたので報告する。

2 材料と方法

2.1 材料・録音方法

実験参加者は鼻に異常を指摘されたことのない男女各4名(M001~004, F001~004)で、以下に示す録音課題を1日に数回、約1時間間隔で行って、2, 3日分のデータを収集した。

- I. 左右の鼻のどちらが通っているか確認後、仰臥して3通りの首の角度で鼻音を録音した。最も自然な首の角度を正面、発声を妨げない程度に顎を反らした状態を上向き、顎を引いた状態を下向きとした。
- II. 上向き→正面→下向きと連続的に首を動かしながら鼻音を録音した。

声の高さは男性で120 Hz, 女性で240 Hzとなるようにガイド音に合わせて発声し、自宅で静穏な時間帯に録音した。録音機材はiPadもしくはiPhoneで、サンプリング周波数44.1 kHzでPCM録音を行った。また、発声中は舌を口蓋につけることと、録音機材を顔の正面20 cm程度の距離を保つように指示した。

2.2 分析方法

12 kHzまでのスペクトルを音声分析合成ソフト STRAIGHT[4]により抽出した。Iの音声データは、音声波形の定常部分約1.36 sの平均スペクトルを計算した。また、異なる時間・首の角度の間で、平均スペクトルからスペクトル距離(SD: Spectral Distance)を計算して比較した。なお、SDとは周波数ビンごとにスペクトルの差の絶対値をとって平均したもの(単位: dB)である。IIの音声データは、首の角度によるスペクトル形状の変動を検討した。

2.3 咽頭の長さが鼻音に与える影響の検討

1名の男性実験参加者が首の角度を正面、上向き、下向きで鼻音を発声した際の咽頭長(咽頭扁桃~食道入り口)をMRIの正中矢状断面で計測した。その結果、咽頭長は正面に比べて上向きでは約2%短縮し、下向きでは約10%伸長した。これを踏まえて、健常な男性(NM001)の鼻音生成時のCT画像から抽出した声道形状(ORG), 声門から外鼻孔までの声道形状の咽頭の長さをそれぞれ2%短縮した形状(Short), 10%伸長した形状(Long)を作成した。各形状に対して、閉鎖した声門中央直上に置いた音源点から、正中面で外鼻孔から2 cmの位置に置いた観測点までの伝達関数をFDTD法[5]で計算した。なお、CT画像は東京慈恵医科大学付属病院から提供を受けた(受付番号: 30-471 (9492))。

3 結果と考察

Table 1は、実験参加者ごとに鼻周期による鼻の通気の変化(以下通気の変化)を考慮して以下の①~⑤の条件で計算したSDを、全ての実験参加者で平均した結果である。

- ① ある時刻の正面と1時間後の正面
- ② ある時刻の正面と1時間後の上向き
- ③ ある時刻の正面と1時間後の下向き
- ④ ある時刻の正面と同時刻の上向き
- ⑤ ある時刻の正面と同時刻の下向き

①については、通気の変化がある場合にSDが大きくなる傾向があった。また、①, ④,

* Effects of nasal cycle and neck angle on acoustic characteristics of nasals, by HAKUTA, Ami, KAJI, Yuta, TAKEMOTO, Hironori, (Chiba Institute of Technology)

⑤のいずれより、②、③のSDは大きくなる傾向にあった。すなわち、首の角度の変化、通気の変化なし、通気の変化あり、通気と首の角度の変化の順でSDは大きくなる傾向があった。また、実験参加者ごとに①、④、⑤のSDを検討したところ、個人差はあるが、上向き、下向き、通気の変化なし、通気の変化ありの順で大きくなる傾向にあった。しかし、通気の変化の有無、上向きと下向きのいずれも統計的に有意差はなかった。なお、F003、F004には通気の変化が見られなかった。

Table 1 全被験者のSDの平均(標準偏差)

	通気の変化	
	あり	なし
①	5.56(2.24)	4.60(1.49)
②	5.81(2.11)	5.61(1.63)
③	5.91(1.95)	5.44(1.72)
④	4.39(1.60)	
⑤	4.50(1.38)	

次に、時間経過によるスペクトル形状の変化を検討した。通気の変化の有無によらず、実験参加者間でも個人内でも、スペクトルの山や谷のパタンの変化に共通した特徴は見られなかった。これは、左右の鼻腔・副鼻腔の形状の非対称性や、鼻の粘膜の肥厚パタンの不規則性のためだと考えられる。

一方、首の角度の変化によるスペクトル変動には、実験参加者の間に共通した特徴が見られた。スペクトログラムでは、上向き、正面、下向きへと変化するにつれて、ピーク周波数が下降した。その一例として、Fig 1(上)に正面、上向き、下向きのスペクトルを示す。正面と比較して、上向きではスペクトルのピークが全体的に高周波数領域にシフトし、下向きでは低周波数領域にシフトした。これは、咽頭長の変化が要因であると考えられる。そこで、Fig 1(下)にORG(正面に対応)、Short(上向きに対応)、Long(下向きに対応)の伝達関数を示す。その結果、Fig 1(上)と同様の傾向が見られた。また、SDはORGとShortで5.13 dB、ORGとLongで7.09 dBであり、下向きの方が大きかった。これは、④、⑤の傾向と一致した。すなわち、首の角度の変化によるスペクトルの変動は、咽頭の長さの変化が要因の1つで、下向きで変動量が大きい

傾向があると考えられる。

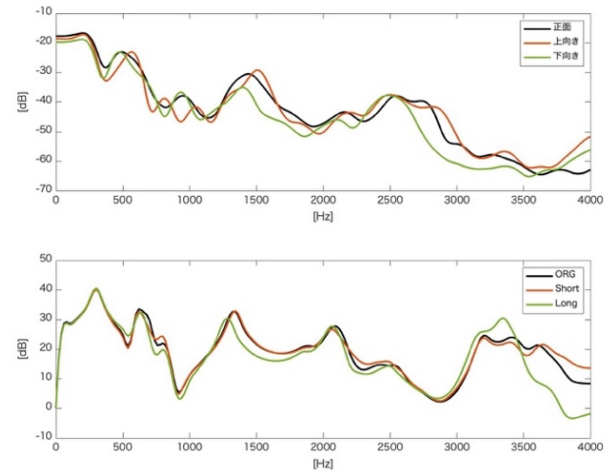


Fig 1 首の角度の変化とスペクトル変動(上)、咽頭長の変化と伝達関数の変動(下)

4 まとめ

本稿では、鼻周期および首の角度の変化が鼻音の音響特性に与える影響を分析し、咽頭腔の形状変化が鼻音の音響特性に与える影響をシミュレーションによって検討した。その結果、鼻周期による音響特性の変化は個人差が大きく、スペクトル変動などに一定の傾向が見られないことがわかった。これは、鼻の粘膜の肥厚パタンが不規則であることや左右の鼻腔が非対称であるためだと考えられる。一方、首の角度の変化は、上を向くとスペクトルのピークが高周波数領域へ、下を向くと低周波数領域へシフトする傾向があった。その要因の一つは、シミュレーションにより、咽頭長の変化であることが明らかになった。

謝辞

本研究では、JSPS 科研費 19K12048、19K12031 の助成を受けた。

参考文献

- [1] K. Amino et al., Acoust. Sci. Tech. 27, 233-235, 2006.
- [2] KAYSER. R, Arch. Laryngol 3, 101-120, 1895.
- [3] 星野聖, 映像情報メディア学会誌 vol.56, 1841-1844, 2002.
- [4] H. Kawahara, Speech Communication 27, 187-207, 1999.
- [5] Takemoto et al., JASA, 3724-3738, 2010.