

## 鼻中隔切除が鼻音スペクトルに与える影響\*

☆福島侑希, 竹本浩典 (千葉工大), 北村達也 (甲南大),  
△鴻信義, △武田鉄平, △今川記恵, △小黒亮史, △大村和弘 (慈恵医大)

### 1 はじめに

鼻副鼻腔の形状は非常に複雑であり, 音声の個人性の生成要因の一つである[1]。そのため, 副鼻腔炎や悪性腫瘍の手術によって形状が変化すると, 音声の個人性が変化する。この音声変化は, 形状変化の規模に関わらず, 鼻副鼻腔の CT 画像を用いた模擬手術や音響シミュレーションによって, ある程度の精度で予測することが可能である[2,3]。

鼻副鼻腔の悪性腫瘍切除手術では, 鼻中隔切除と同時に周囲の副鼻腔の開放が行われる。鼻中隔切除では左右の鼻道が結合し, 副鼻腔の開放では単洞化した篩骨洞と上顎洞および前頭洞が接続する。しかし, これらの形態変化がそれぞれ鼻音スペクトルにどのような影響を与えるのか, 明らかでない。

そこで本研究では, 健常者2名の CT 画像から鼻副鼻腔形状を抽出し, 模擬手術と音響シミュレーションを行うことで, 鼻中隔切除と篩骨洞開放による鼻副鼻腔の形状変化が鼻音スペクトルに及ぼす影響を検討したので報告する。

### 2 材料・方法

#### 2.1 被験者と CT 画像

被験者は成人の健常者女性2名 (NF1, NF2) で, 鼻音/m/発声時の声道形状を CT で撮像した。空間解像度は  $0.507 \times 0.507 \times 0.5 \text{ mm}$  であった。また, CT 撮像前に, 別室で仰臥位における鼻音/m/の発声を外鼻孔から 2 cm の位置で録音した。なお, 本研究は東京慈恵会医科大学附属病院の倫理委員会の承認を受けた。(受付番号: 30-471(9492))。

#### 2.2 鼻腔形状の抽出と模擬手術

Fig. 1 に NF1, NF2 の CT 画像を示す。先行研究[2]に従って, 声門から外鼻孔までの声道形状を抽出した。その後, 医療用 CAD ソフト Mimics を使用し, 実際の手術で切除される鼻中隔と篩骨を空気に置換することで模擬手術

を行った。なお, 実際の手術で切除する部位であっても, 再建によって完全に塞がれる部位には空気に置換しなかった。

その後, 作成したモデルの周囲に厚さ 5 mm の壁を付与し, 0.5 mm の間隔で等方向に離散化して声道形状データを作成した。

#### 2.3 分析モデル

2.2 節の方法で鼻副鼻腔形状の抽出のみを行った ORG モデル, 鼻中隔を切除した SP モデル, 篩骨洞を開放した ES モデルの3種類, 被験者2名の計6データを分析モデルとした。

#### 2.4 伝達関数の計算とスペクトル距離

声道形状データの声門直上に置いた音源点から, 正中面の外鼻孔より下前方 2 cm の観測点までの 20 ms のガウシアンパルス応答を時間領域差分法で計算した[4]。なお, シミュレーション周波数は 2 MHz とした。

また, 計算した伝達関数を 4 kHz までの周波数ビンごとのスペクトル差の絶対値の平均を取ることでスペクトル距離を求めた。

#### 2.5 振幅分布

伝達関数のピークやディップの周波数を特定し, その周波数を持つ正弦波を音原点に入力して励振した。そして, 定常状態における各ボクセルでの振幅の最大値から振幅の分布を可視化した。

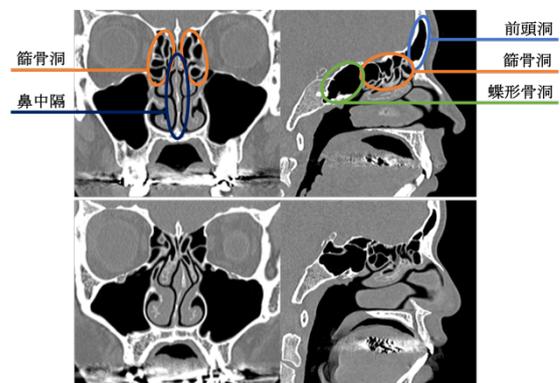


Fig. 1 NF1 (上段) と NF2 (下段) の CT 画像 (左: 冠状面, 右: 矢状面)

\* Effects of nasal septum resection on spectrum of nasals, by FUKUSHIMA, Yuki, TAKEMOTO, HIRONORI (Chiba Institute of Technology), KITAMURA, Tatsuya (Konan Univ.), OTORI, Nobuyoshi, TAKEDA, Teppei, IMAGAWA, Norie, OGURO, Ryoji and OMURA, Kazuhiro (The Jikei Univ.).

### 3 結果と考察

Fig. 2 は NF1, NF2 の各モデルの 4 kHz までの伝達関数である。SP モデルの伝達関数 (SP) では、両被験者とも第 1, 2 ピーク (P1, P2) で音圧レベルが上昇した。ES モデルの伝達関数 (ES) では、NF1, NF2 共に P1 と P2 の間に大きなディップを生じた。Table 1 に ORG モデルの伝達関数 (ORG) と SP, ES それぞれとの 4 kHz までのスペクトル距離を示す。篩骨洞開放は NF1, NF2 のいずれにも伝達関数に大きな変化をもたらした。しかし、鼻中隔切除は NF1 の伝達関数には大きな変化をもたらさなかったが、NF2 には大きな変化をもたらした。また、鼻中隔切除は伝達関数の全体的なレベルを上昇させ、篩骨洞の開放は下降させた。

Fig. 3 は NF1 の ORG と SP における P1 の周波数を持つ正弦波でそれぞれのモデルを励振したときの振幅の分布を示す。P1 は声門に音圧の腹、外鼻孔に音圧の節がそれぞれ 1 つずつ発生する第 1 モード (1/4 波長共鳴) である。しかし、同じ振幅は ORG モデルより SP モデルの方が外鼻孔側に分布する。つまり、全体として SP モデルでは鼻道が拡張したことにより、共鳴が強くなったと考えられる。同様の現象が NF2 でも観測された。

Fig. 4 は ES モデルによって生成されたディップにおける振幅分布を示す。NF1 では左前頭洞と右上顎洞、NF2 では前頭洞と左上顎洞、蝶形骨洞に大きな振幅が観測されたことから、篩骨洞の開放により、これらの副鼻腔で強い共鳴が生じて P1 と P2 の間に深いディップを生成したと考えられる。

### 4 終わりに

本研究では、健常者 2 名の CT 画像データを模擬手術し、鼻中隔切除と篩骨洞開放による形態変化が鼻音スペクトルに与える影響を検討した。その結果、鼻中隔切除では鼻道の拡大により共鳴が強まって伝達関数の全体的なレベルを上昇させた。篩骨洞開放では主に上顎洞や前頭洞の共鳴が強まり、P1 と P2 の間にディップを生成して伝達関数のレベルを下降させた。実際の手術患者の音声スペクトルでも P1 と P2 に大きなディップが観測されることから[3]、これらのディップは篩骨洞の開放によって生成されたと考えられる。

Table 1 ORG とのスペクトル距離 (dB)

	SP	ES
NF1	1.64	4.14
NF2	4.81	3.63

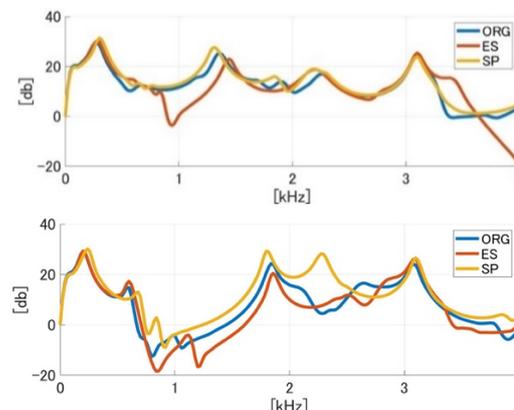


Fig 2 伝達関数の比較 (上段: NF1, 下段: NF2)

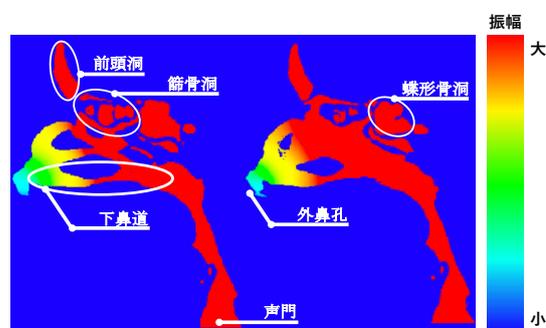


Fig. 3 NF1 の P1 の振幅分布 (矢状面, 左: ORG モデル, 右: SP モデル)

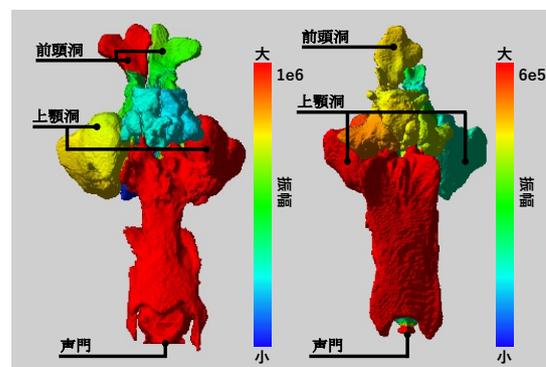


Fig. 4 ES モデルのディップにおける振幅分布 (背面観, 左: NF1, 940 Hz, 右: NF2, 840 Hz)

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 23K11172 の助成を受けた。

### 参考文献

- [1] Dang *et al.*, JASA, 2088-2100, 1994.
- [2] 杉浦他, 音講論 (秋), 799-800, 2021.
- [3] 福島他, 音講論 (秋), 947-948, 2023.
- [4] Takemoto *et al.*, JASA. 128(6), 3724-3738, 2010.