

はじめに 一個人性を定義し直す

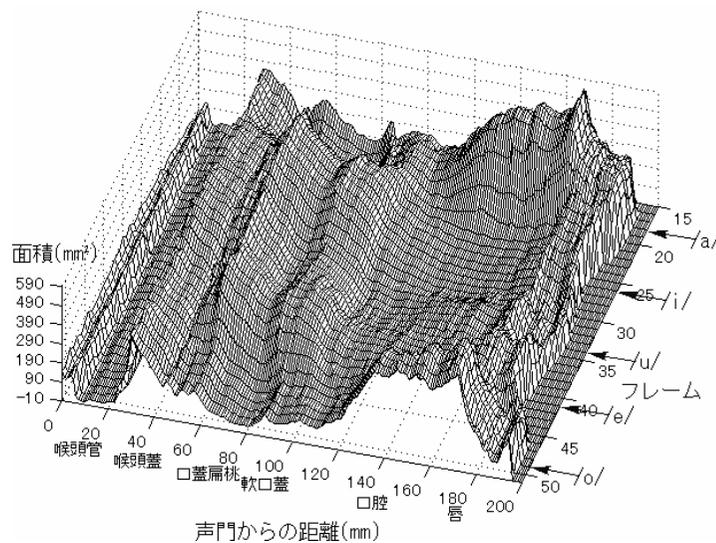
- 音声の個人性を表す特徴量：
 - 音韻に共通する成分
 - 話者ごとに異なる成分 } この2条件を満たすものと定義できる.
- このような成分を生み出す声道上の部位は？
 - (注)音源成分が大きく寄与している可能性もある.
- 次のような部位が存在すれば,
 - 発声する音韻が変わっても形状変化が小さい.
 - そのサイズや形状に個人差がある.

個人性生成要因になっている可能性がある.

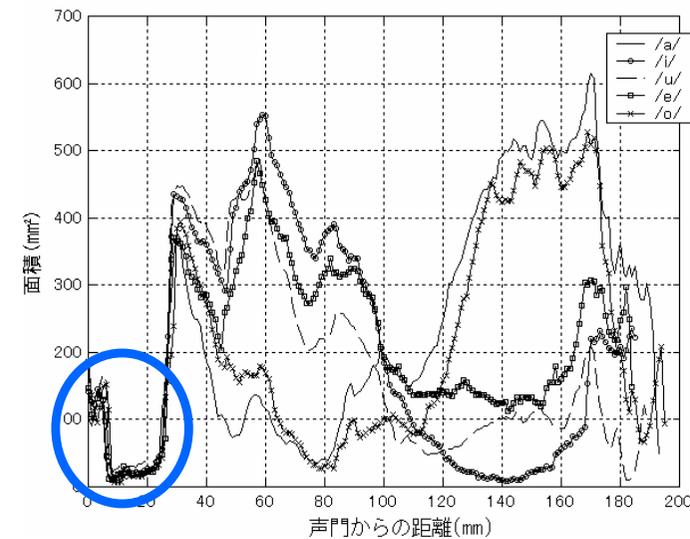
→ **不変部位**

MRI動画撮像法による分析(竹本ら2001)

- ・ 連続母音 /aiueo/ 発声時の運動記録.
- ・ 声道断面積関数の時間パターンに, 断面積がほとんど変化しない部位がみられる.
 - 喉頭室, 喉頭管



声道断面積関数の時間パターン(竹本ら2001).



5母音の声道断面積関数(竹本ら2001).

撮像方法

- ・ 撮像条件

- シーケンス: Fast Spin Echo法. TE=11 msec, TR = 3000 msec, FA = 90度.
- 撮像領域: 256 × 256 mm
- スライス: 矢状方向, 厚み2 mm, 間隔2 mm, 41もしくは51スライス.
- 加算回数: 1回.
- 撮像時間: 約3分.

- ・ タスク

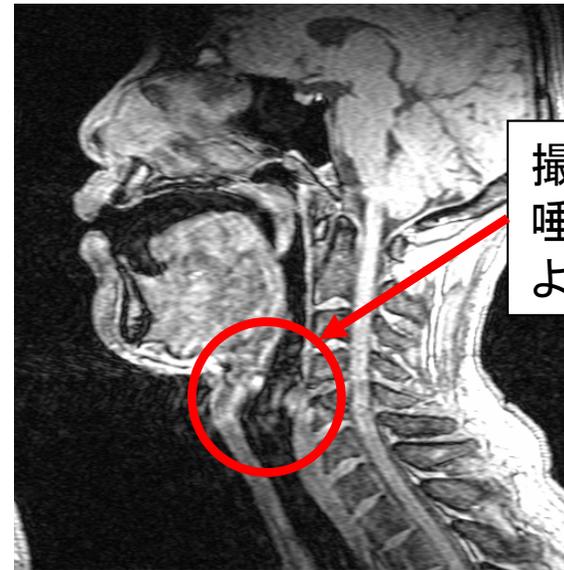
- 日本語5母音 /a/, /i/, /u/, /e/, /o/ の持続発声.
- 仰臥状態で発声.

被験者

- ・ 日本人成人男性10名.
- ・ 喉頭部分も含めて画像の明瞭な4名のみを分析.



分析対象とした被験者の画像.

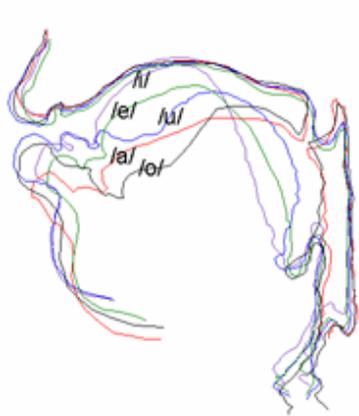


撮像中の呼吸や
唾液の嚥下によ
る画像の乱れ.

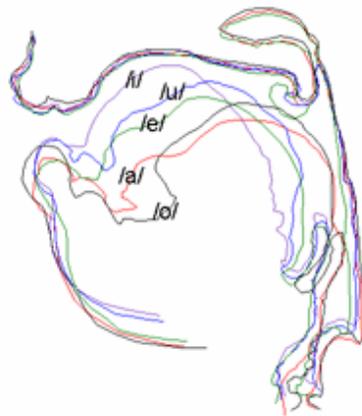
分析対象から外した被験者の画像.

正中矢状断面上での観察

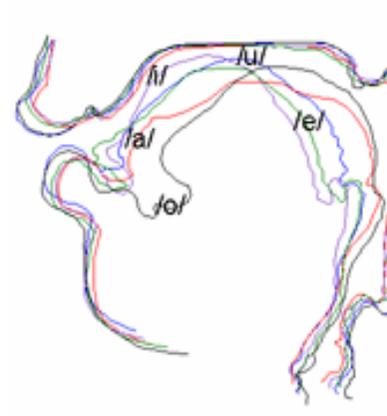
- MR画像から視察により声道をトレースして重ね合わせた。



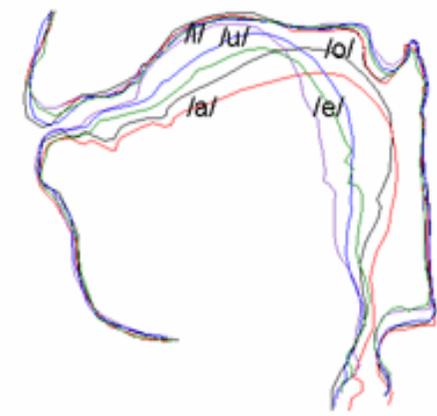
被験者KI



被験者MO



被験者HN

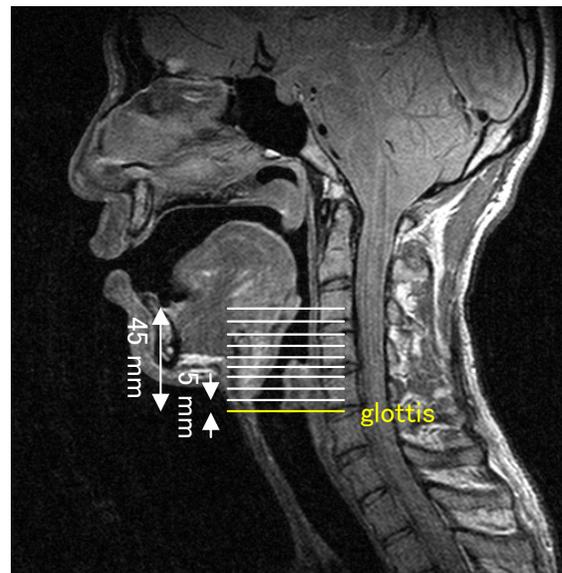


被験者KH

声門の位置が上下するものの、喉頭室と喉頭管の形状変化が小さい。

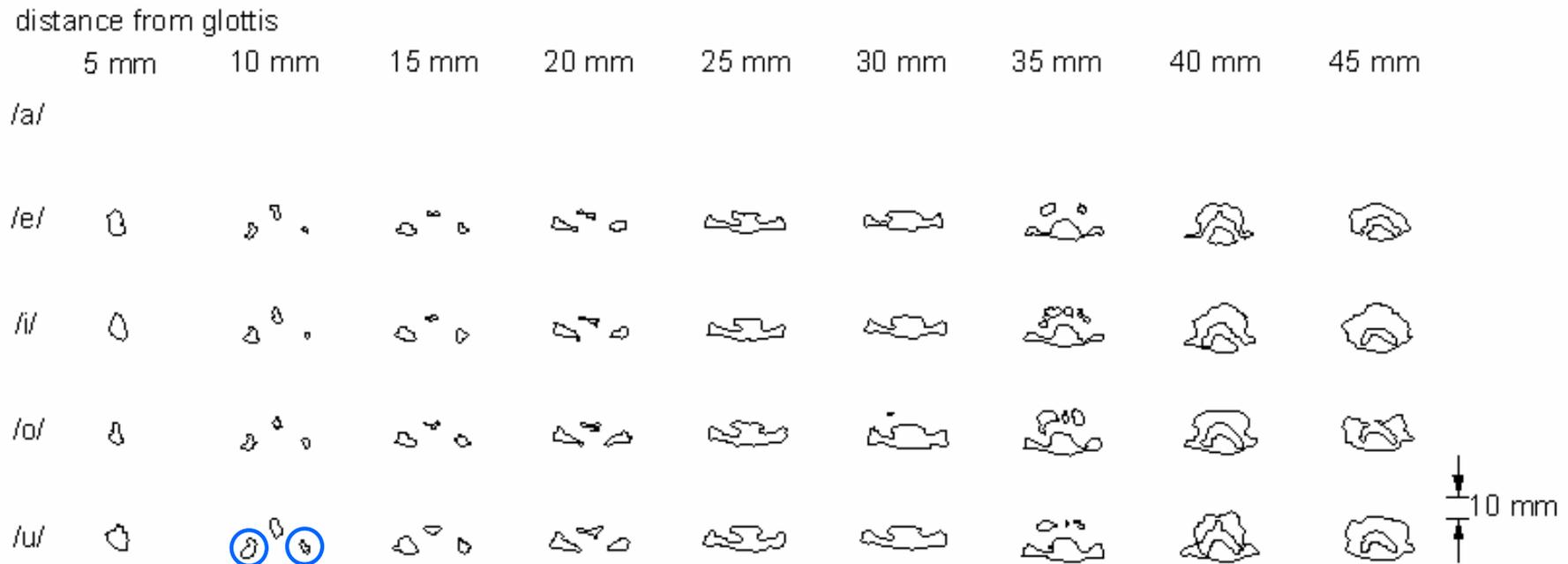
横断面上での喉頭の観察

- ・ 正中矢状断面上で声門の位置を決定.
 - 母音ごとに決定.
- ・ 声門から頭頂方向45 mmの面まで5 mmごとに横断面を抽出.



抽出した横断面の位置.

被験者KI

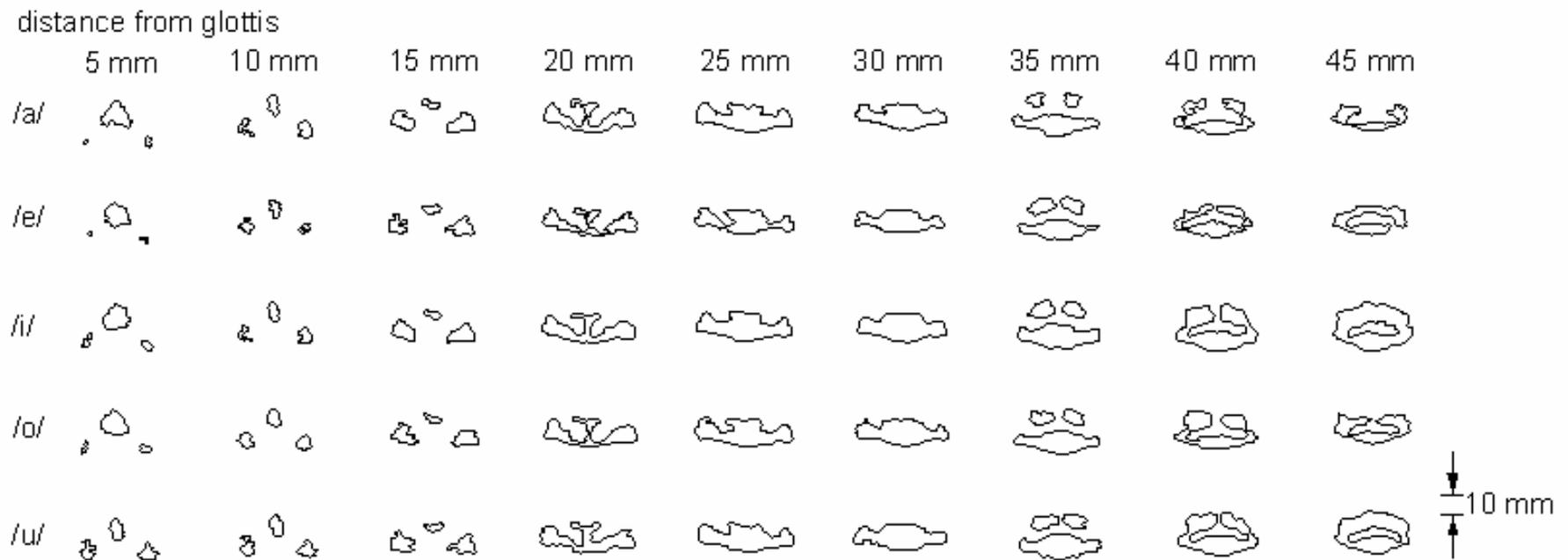


※ /a/は喉頭室の画像が不鮮明なため除外.

梨状窩 (piriform fossa)

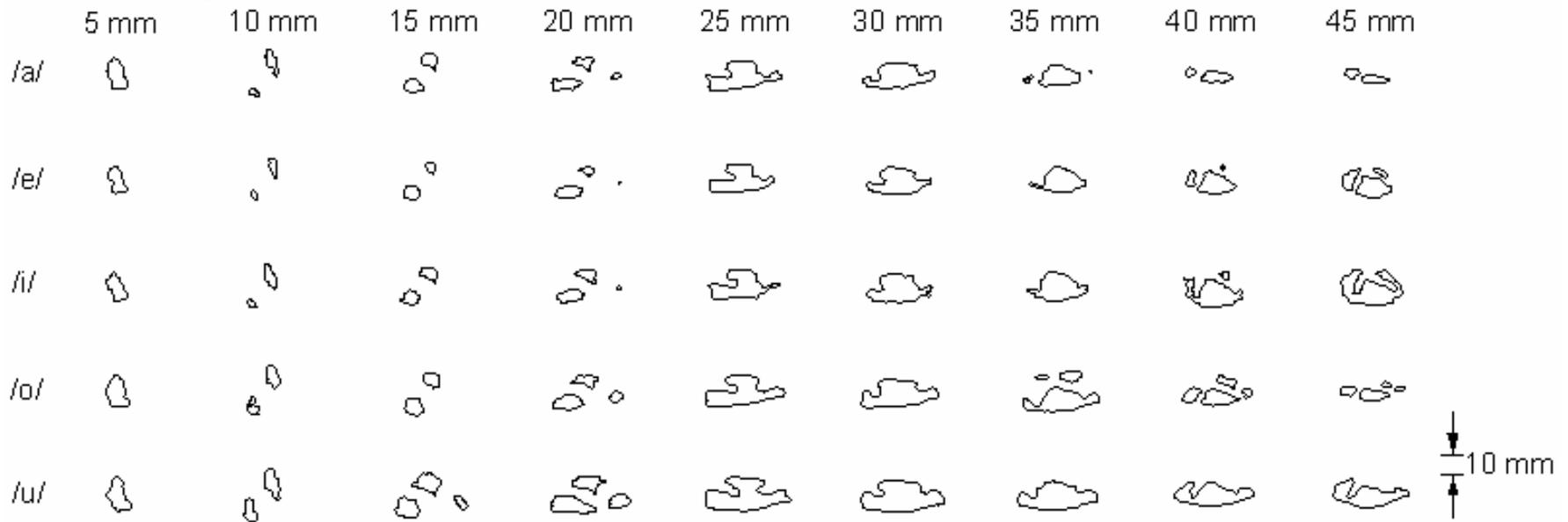
反共鳴により音声の4 kHz~5 kHz付近に零点を生じさせ、その周波数は発生中もほとんど変化しないことから、個人性への寄与が示唆されている。(Dang and Honda 1997)

被験者MO

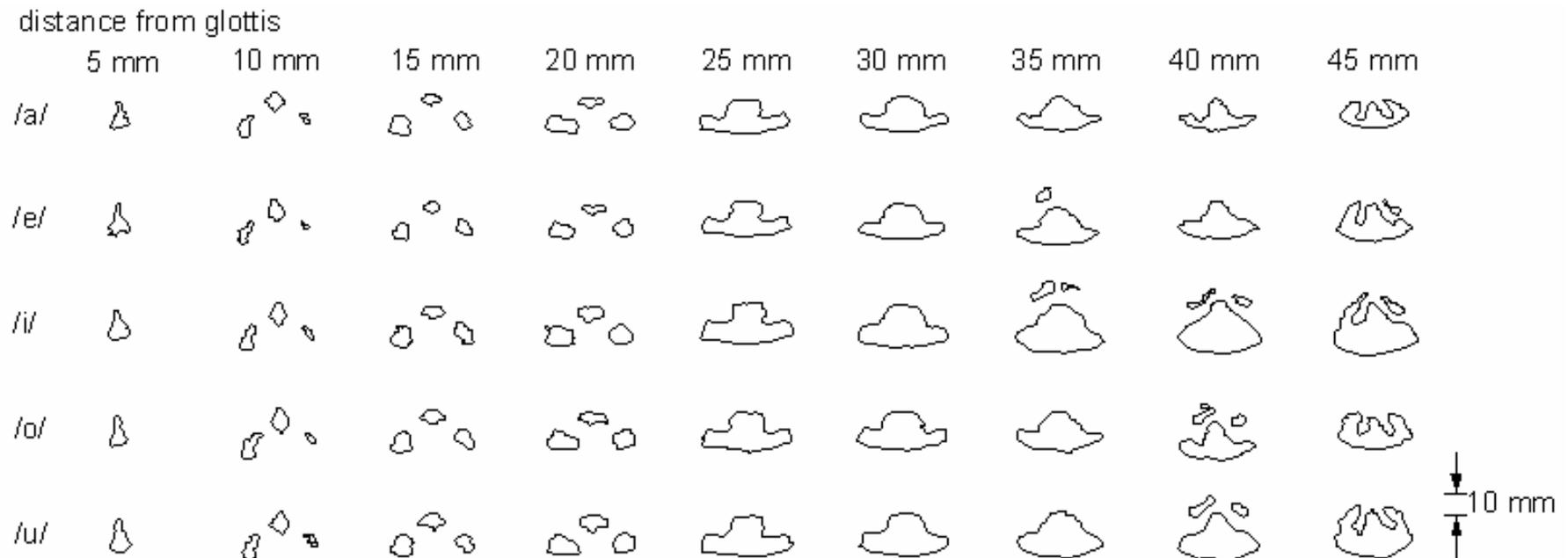


被験者HN

distance from glottis



被験者KH



声門から30 mm前後の区間での声道断面形状がよく似ている。

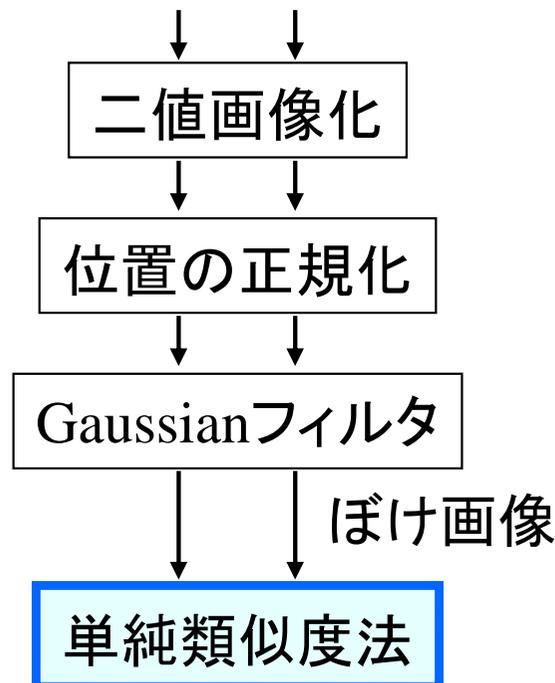
声道形状の類似度評価

- 単純類似度法 (飯島1989) による客観的評価.

$$S_s = \frac{(\mathbf{g}_1, \mathbf{g}_2)}{\|\mathbf{g}_1\|^2 \|\mathbf{g}_2\|^2}$$

$\mathbf{g}_1, \mathbf{g}_2$: 画像ベクトル

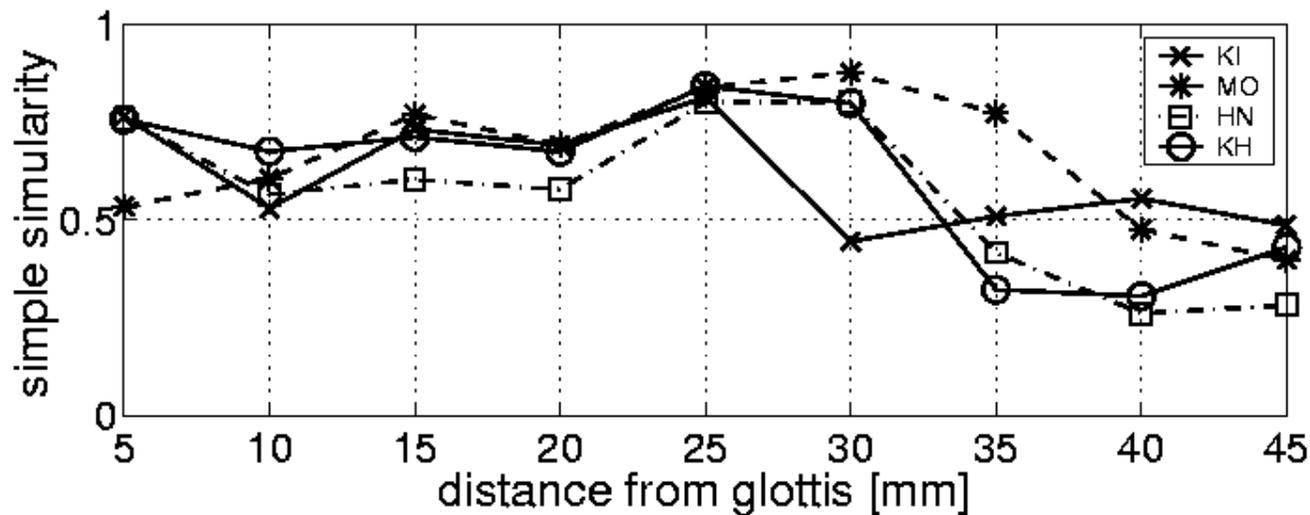
2つの横断面のトレース画像



二値画像の例.

声門からの距離ごとに母音全ての
組合せで計算.

結果

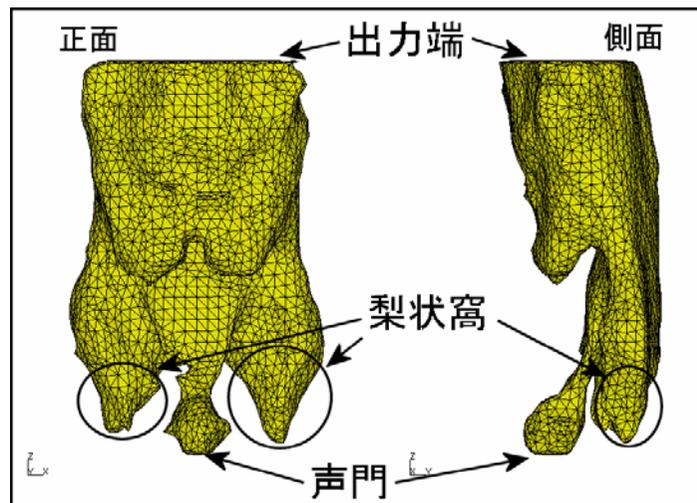


声門からの距離と母音間の単純類似度との関係.

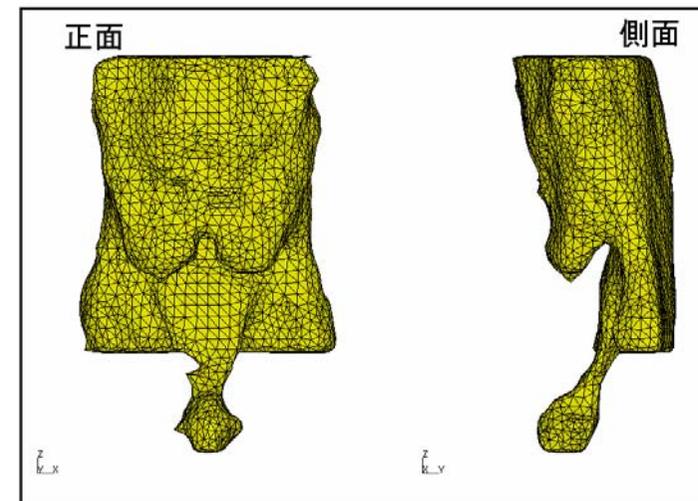
発声による声道断面形状の変化が少ない部位
(**不変部位**)は, 声門から25 mm~35 mmの区間.

梨状窩に起因する反共鳴の個人差

- ・ 有限要素法 (FEM) を用いて, 梨状窩に起因する反共鳴の個人差を調査.
- ・ 梨状窩の有るモデルと削除したモデルの比較 (河西ら1996).



梨状窩有り有限要素モデル.



梨状窩無し有限要素モデル.

シミュレーション条件

- ・ 入力端: 正弦波振幅 1.0 m/sec
- ・ 出力端: 無限平面上の半径aの円形ピストンとみなした放射インピーダンス.

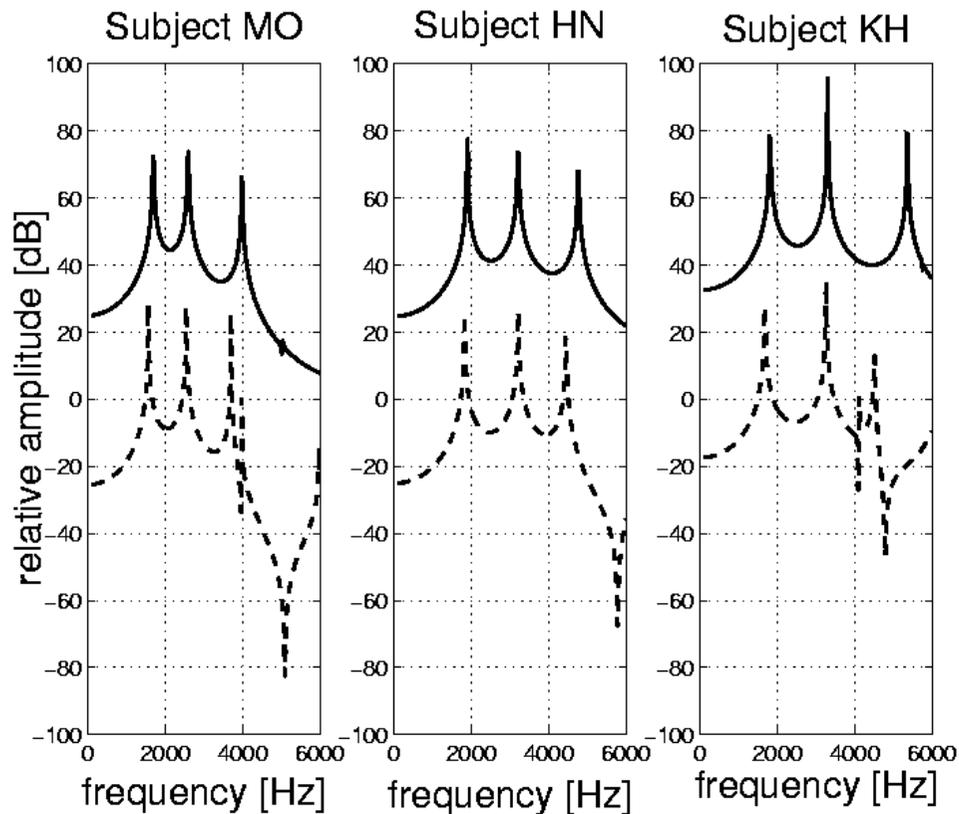
$$Z_r(\omega) = \frac{j\omega L_r R_r}{R_r + j\omega L_r}$$

$$R_r = \frac{128}{9\pi^2} \quad L_r = \frac{8a}{3\pi c}$$

a : 円形ピストンの半径
 c : 音速 (346.37 m / s)

- ・ 入力端と出力端以外は剛壁.
- ・ 音圧に関する波動方程式を解く.
- ・ 100 Hz ~ 5 kHzまで20 Hzきざみ.
- ・ 音速 $c = 346.37$ m/sec, 空気密度 $\rho = 1.1733$ Kg/m³

シミュレーション結果



FEMにより求めた伝達関数. 実線: 梨状窩無し,
破線: 梨状窩有り.

- ・ 梨状窩有りモデルでは,
4 kHz~6 kHzの範囲に零
点が生じる.
- ・ 各被験者の反共振周波数
 - MO: 3900 Hz, 5100 Hz
 - HN: 5800 Hz
 - KH: 4100 Hz, 4780 Hz
- ・ 梨状窩有り・無しモデル双
方の伝達関数に個人差が
みられる.

まとめ

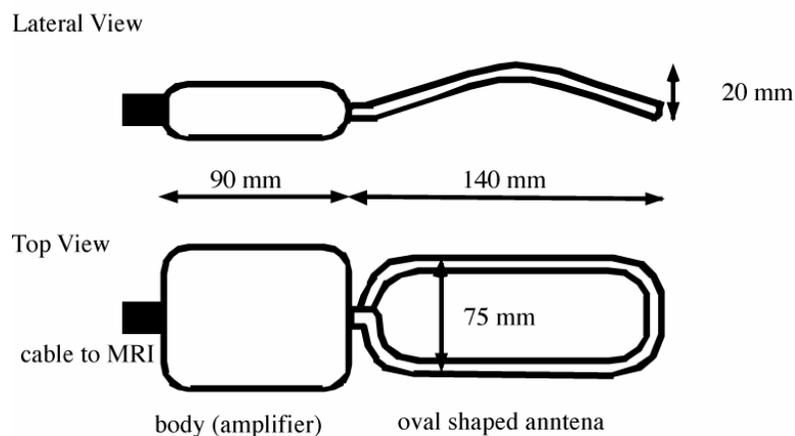
- ・ 声道における母音発声時の不変部位を調査.
- ・ 声門から頭頂方向へ25mm～35mmの区間の断面形状が発声中にも変動が少ない.
- ・ 不変部位に含まれる梨状窩による反共鳴周波数には個人差がみられる.
- ・ 今後, 個人性生成との関連を詳細に調査.
- 不変部位として鼻腔に関する調査も必要.

- ・ 喉頭室・喉頭管の音響的影響に関しては, 明日19日の竹本らの発表もお聞きください.
 - 竹本ら, “3次元MRI動画データに基づく声道下部構造のモデル化”

※本研究は通信・放送機構の研究委託により実施したものである.

外部トリガ同期撮像法による喉頭の観察

- ・ 高野ら, “MRIコイルと外部トリガ同期撮像法による発声動作の高分解能撮像”, 音講論(2003春)
 - 小型アンテナを用いた高感度喉頭用コイル.
 - 外部トリガ同期撮像法(Masaki et. al 1999)
- ・ 解像度: 0.25 mm × 0.25 mm, スライス厚: 2 mm



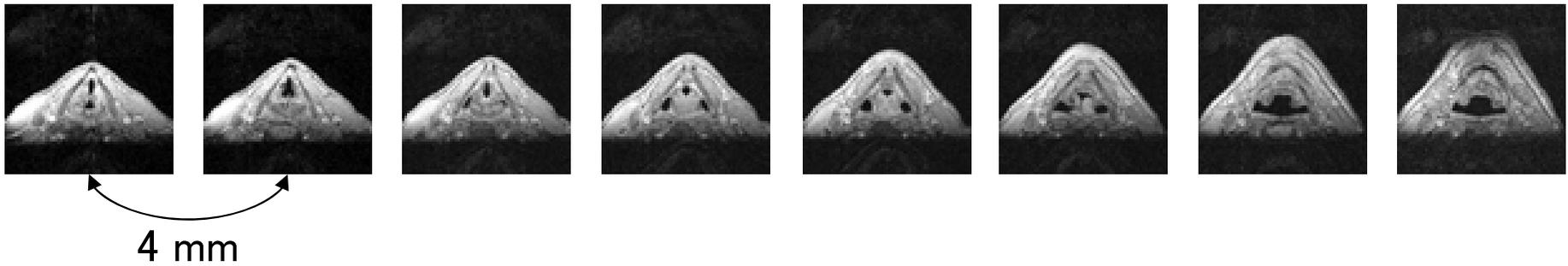
高感度喉頭用コイル(高野ら 2003).



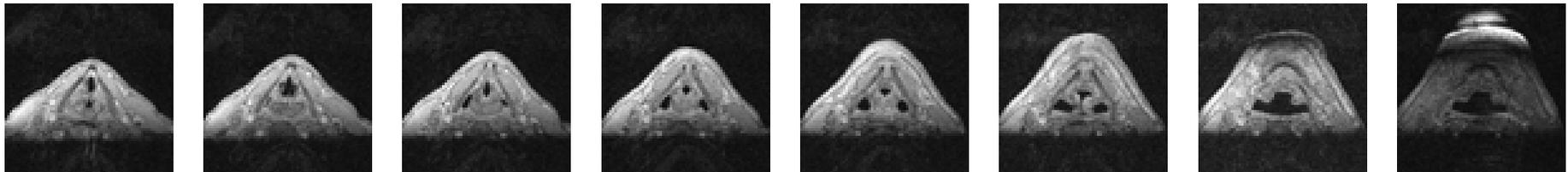
撮像の様子.

被験者KH

/a/



/i/



声門 →
頭頂方向