

# 概要

喉頭腔共鳴は声道の下部に位置する喉頭腔にて局所的に生じる共鳴で、母音の音響特性にホルマントを1つ生じさせる。この喉頭腔共鳴は声門閉鎖区間で生じ、声門開口区間で消失することを新たに発見した。バンドパスフィルタを用いて喉頭腔共鳴の成分を抽出すると、声門閉鎖区間で振幅が大きく、声門開口区間で振幅が小さくなる。これを利用して声門開閉の情報を得ることができる。

# 研究の背景と目的

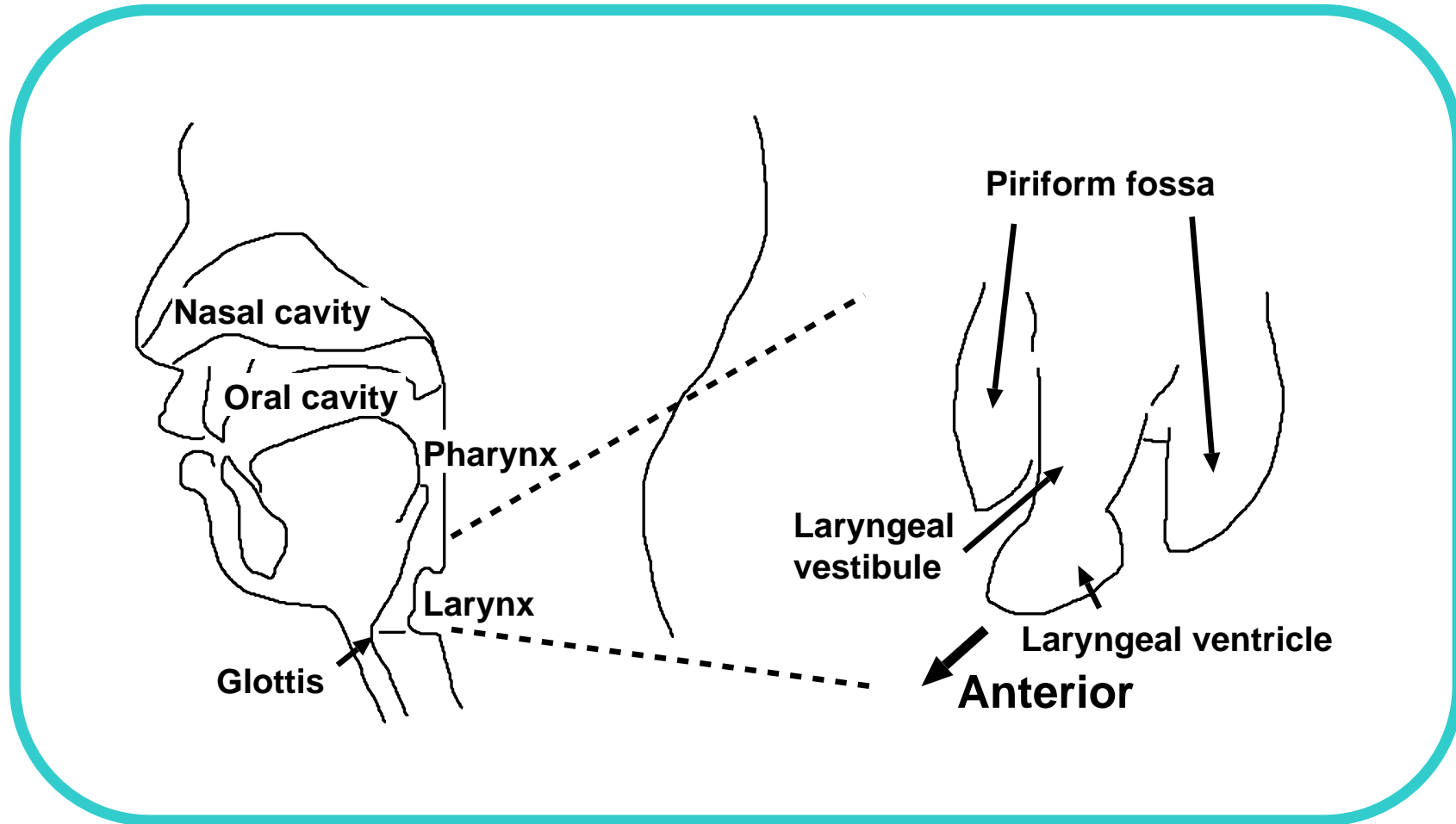
## ・ 喉頭腔共鳴

- 喉頭腔で局所的に生じる共鳴.
- 声道音響特性にホルマントを1つ生じさせる.

## ・ 先行研究

- Lewis (1936) : 男性 1 話者の母音の音響特性のうち 3.2 kHz 付近のホルマントが母音によらず生じる.
- Chiba & Kajiyama (1942) : 上記ホルマントは喉頭腔の  $1/4$  波長共鳴であると推測.
- 北村ら (2004) : 母音のホルマントの 1 つが喉頭腔で生じる.
- 竹本ら (2005) : 喉頭腔の音響特性の理論的解明.
- 声門閉鎖時についての検討のみ.

# 声道下部構造



# 声道伝達特性における声門開口面積の影響

- ・ MRIデータから抽出した声道断面積関数
  - 成人男性, 母音/a/
- ・ 電気回路モデルによるシミュレーション
  - 声門開口面積 $A_g=0.0 \text{ cm}^2$  (閉鎖),  $0.1 \text{ cm}^2$ ,  $0.2 \text{ cm}^2$
  - 声門インピーダンス $Z_g$  (Ishizaka & Flanagan 1972, Flanagan 1972)

$$Z_g = R_g + j\omega L_g$$
$$= \left( \frac{12\mu d_g l_g^2}{A_g^3} + \frac{0.875}{A_g} \sqrt{2p_0\rho} \right) + j\omega \frac{\rho d_g}{A_g}$$

- $\mu$ : 粘性係数 (  $1.88 \times 10^{-5} \text{ kg}/(\text{sec} \cdot \text{m})$  ),  $p_0$ : 声門下圧 (  $10 \text{ cmH}_2\text{O}$  ),
- $d_g$ : 声門開口部の深さ (  $3 \text{ mm}$  ),  $l_g$ : 声門開口部の長さ (  $18 \text{ mm}$  )
- $\rho$ : 空気密度 (  $1.12 \text{ kg}/\text{m}^3$  )

# 喉頭腔共鳴が消失

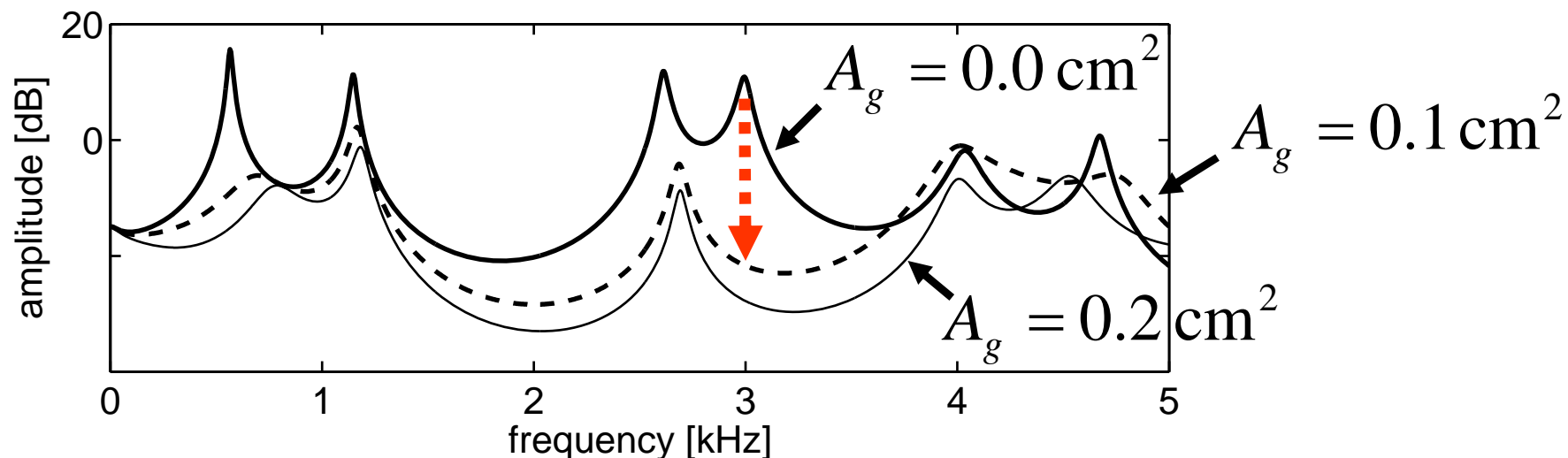


Fig. 1 Acoustic effects of glottal area  $A_g$  on transfer functions of the vowel /a/ of a male speaker. The thick, the dashed, and the thin lines show those with  $A_g = 0.0 \text{ cm}^2$ ,  $0.1 \text{ cm}^2$ , and  $0.2 \text{ cm}^2$ , respectively.

## ・ 喉頭腔共鳴

- 声門閉鎖区間：出現
  - 声門開口区間：消失
- } と予想される。

→ **バンドパスフィルタで喉頭腔共鳴の成分の時間変化を抽出。**

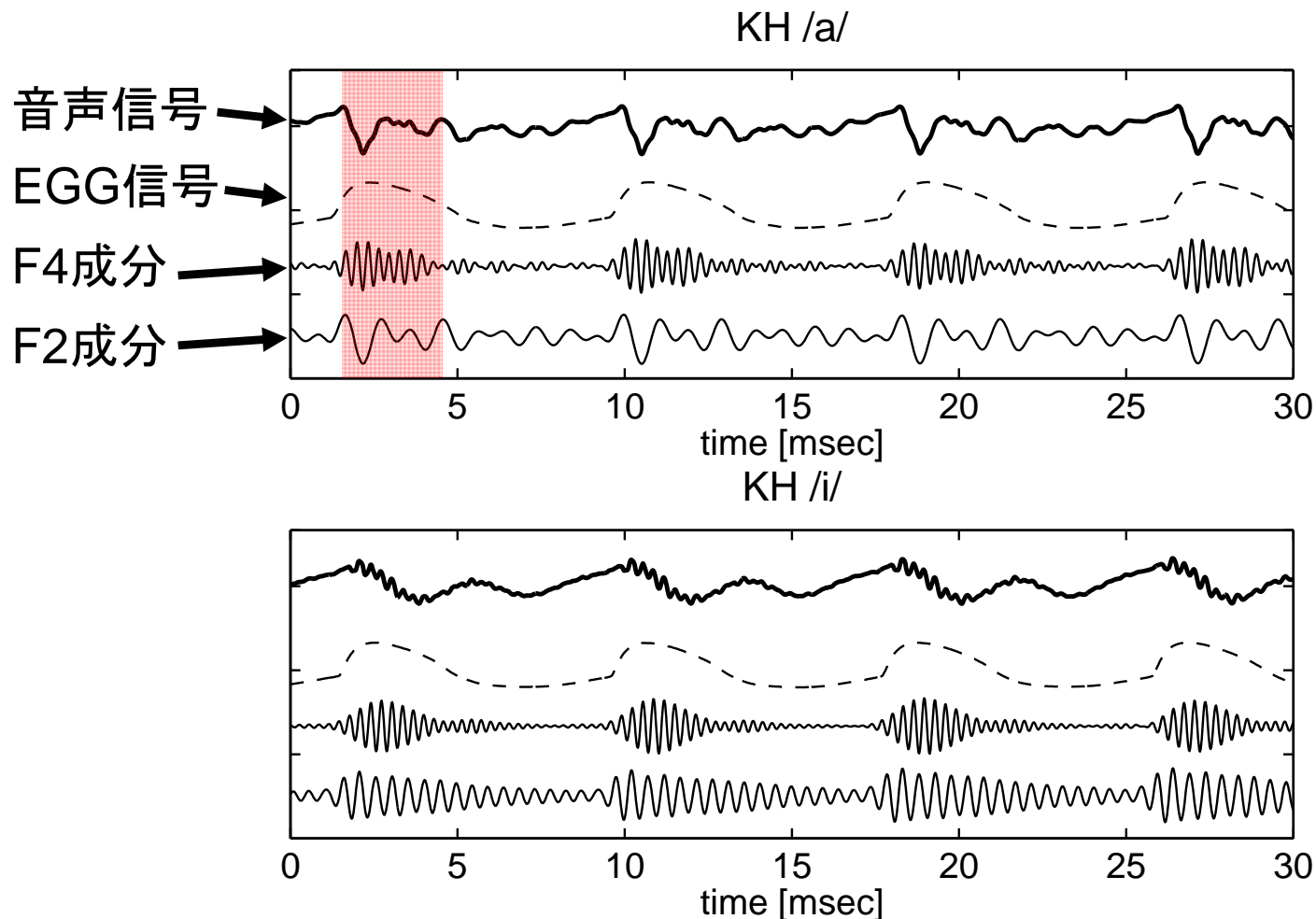
# データ

- ・ 成人男女各 1 名が発声した日本語 5 母音.
- ・ 同時にelectroglottograph (EGG) 信号を収録.
- ・ 無響室にて収録.
- ・ 座位で発声.
- ・ 標本化周波数48 kHz, 量子化16 bit.
- ・ 音声とEGG信号の間の時間差を補正.
  - (声道長) + (口唇マイク間距離) に対応する時間差

# 方法

- ・ バンドパスフィルタ (FIR型, 101点)
  - 喉頭腔共鳴は第4ホルマント (F4) であると仮定して, F4を含む帯域のバンドパスフィルタを作成. (F4フィルタ)
  - 比較対象として, 第2ホルマント (F2) を含む帯域のバンドパスフィルタ. (F2フィルタ)
- ・ 男性話者のバンドパスフィルタの通過帯域
  - F4: 2.8 kHz - 3.3 kHz (/a/), 3.1 kHz - 3.5 kHz (/i/)
  - F2: 0.9 kHz - 1.4 kHz (/a/), 1.8 kHz - 2.4 kHz (/i/)
- ・ 女性話者のバンドパスフィルタの通過帯域
  - F4: 4.0 kHz - 4.6 kHz (/a/), 3.8 kHz - 4.5 kHz (/i/)
  - F2: 1.1 kHz - 1.7 kHz (/a/), 2.3 kHz - 2.8 kHz (/i/)

# 結果: 男性話者



EGG信号は声帯の  
接触面積に対応.



値の大きい区間が  
声門閉鎖区間に対応.

Fig. 2 Output of a bandpass filter for Japanese vowels /a/ and /i/ of a male speaker. The passbands of the filter were selected to include the second and fourth formant.



# 結果：女性話者

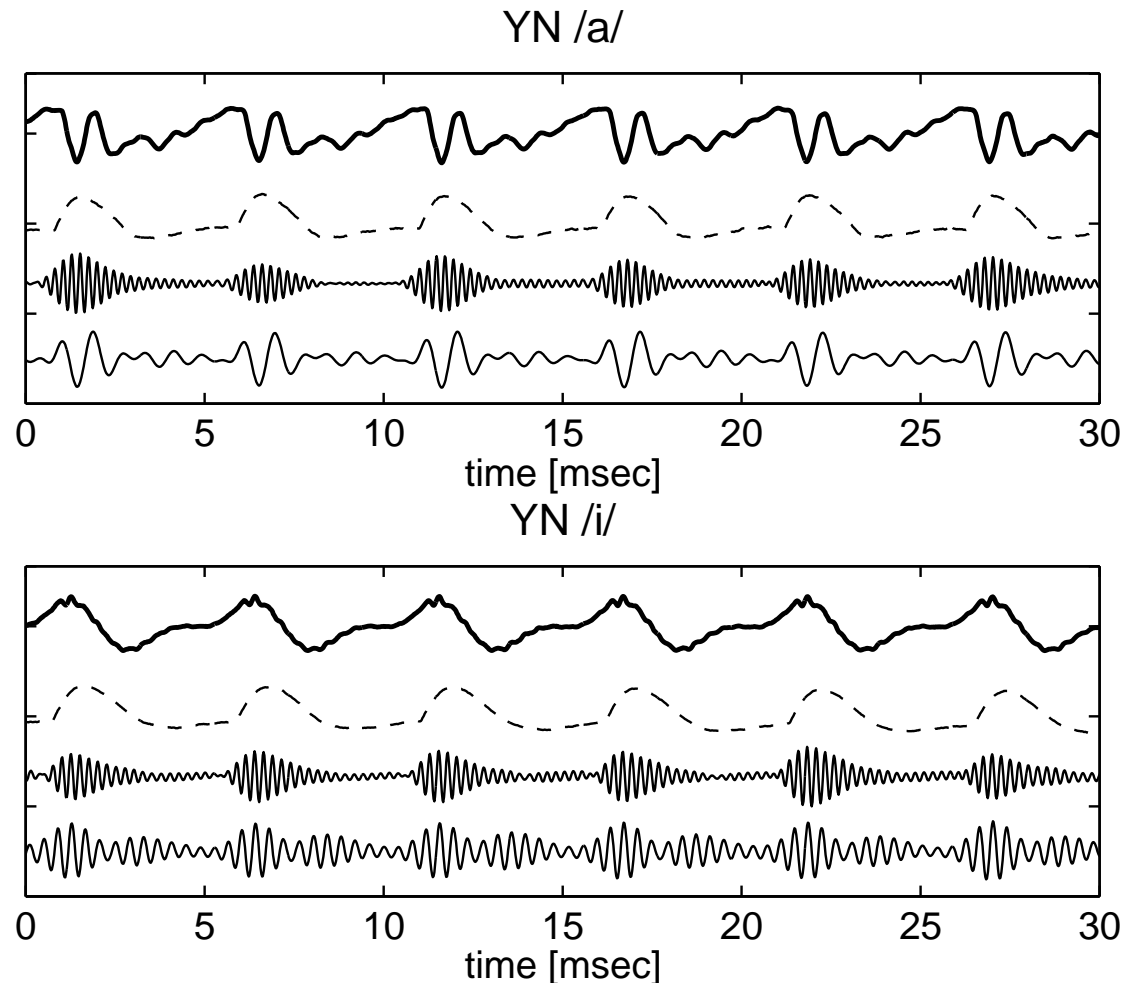


Fig. 3 Output of a bandpass filter for Japanese vowels /a/ and /i/ of a female speaker. The passbands of the filter were selected to include the second and fourth formant.

# 結果

- ・ F4は声門閉鎖区間で生じ声門開口区間で消失.
  - シミュレーション結果と対応.
  - F2は1周期内で徐々に減衰する.
- ・ F4フィルタの出力は，声門閉鎖の開始時点で急激に増加し，その後ゆるやかに減少する.
  - 声帯振動の1周期内で声門は急激に閉鎖し緩徐に開放することに対応.
- ・ F4フィルタ出力の包絡線から閾値処理により声門閉鎖区間をおおまかに推定できる.

# おわりに

- ・ 母音の喉頭腔共鳴パターンが1ピッチ周期内で変動することを利用した声門閉鎖区間の検出法.
- ・ 提案法はphotoglography (PGG), 高速度撮影などの直接法と比較して確実性に欠ける.
- ・ しかし, 後舌母音にも適用でき, より自然な発声状態における声門開閉をおおまかな記録が可能.
- ・ この方法はマイクロホンとバンドパスフィルタのみで実現でき, 利用方法も簡便.
- ・ 言語聴覚療法やボイストレーニングの分野への応用の可能性.

本研究は情報通信研究機構の研究委託「人間情報コミュニケーションの研究開発」により実施したものである.