

喉頭腔共鳴の周期内変動を利用した声門閉鎖区間の検出*

北村 達也, 竹本 浩典, 足立 整治, パーハム・モクタリ, 本多 清志 (ATR 人間情報科学研究所)

1 はじめに

我々は、声道下部構造である下咽頭腔に着目し、その形状の個人差が音声の個人性の生成要因の1つであることを示した [1]。下咽頭腔に含まれる喉頭腔は「喉頭腔共鳴」と呼ばれる局所的な共鳴を生じさせ、声道の音響特性に対してホルマントを1つ生じさせる [2]。Lewis [3] は男性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ことを示し、Chiba & Kajiyama [2] は喉頭腔の長さからこのホルマントは喉頭腔の $\frac{1}{4}$ 波長共鳴であると推測した。最近、我々も母音のホルマントのうち1つが喉頭腔において生じることを示し [5][6]、竹本ら [6] は喉頭腔の音響特性を理論的に明らかにした。

しかし、従来の研究では喉頭腔共鳴における声門開放の影響は検討されてこなかった。喉頭腔は声門の直上に位置することから、喉頭腔における局所的共鳴に対する声門開放の影響は少なくないと推測できる。ここで、等価回路モデルで求めた声道伝達特性における声門開口面積 A_g の影響を結果を図1に示す。 A_g を 0.0 cm^2 (声門閉鎖), 0.1 cm^2 , 0.2 cm^2 の3段階に変化させている。この図から声門の開放により 3.1 kHz のホルマントが消失することがわかる。このホルマントは竹本ら [6] が喉頭腔により生じるとしたホルマント (喉頭腔共鳴) と一致する。従って、喉頭腔共鳴は声門の閉鎖区間で出現し、開放区間で消失することが予測される。さらに、この喉頭腔共鳴の周期内変動を検出することによって音声から声門閉鎖区間を抽出できる可能性がある。そこで、本研究では

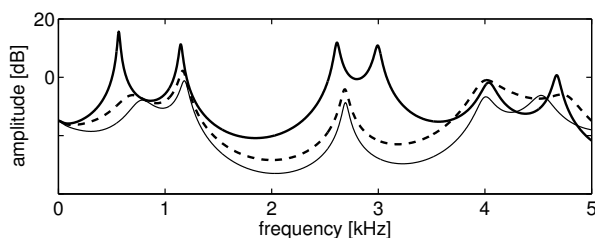


Fig. 1 Acoustic effects of glottal area A_g on transfer functions in the vowel /a/ of a male speaker. The thick, dashed, and thin lines show those with $A_g = 0.0 \text{ cm}^2$, 0.1 cm^2 , and 0.2 cm^2 , respectively.

音声からバンドパスフィルタを用いて喉頭腔共鳴の成分を抽出してこの共鳴のピッチ周期内変動を示し、声門閉鎖区間検出への応用を試みる。

2 データ

男女各1名が座位で持続発声した日本語5母音を無響室にて収録した。マイクロホンはB&K 4182, アンプはB&K 5936を使用した。音声と同時に electroglottograph (EGG) 信号も収録した。EGG 信号はカットオフ 1.6 Hz のハイパスフィルタ (NF 3611) により直流成分を除去した。これらの信号は標本化周波数 48 kHz, 量子化 16 bit にてオーディオレコーダ (Marantz PMD-670) に収録した。音声と EGG 信号の間には声門からマイクロホンまでの距離に対応する時間差が存在するため、EGG 信号をこの時間差分シフトさせた。

3 方法

理想的なフィルタ特性のフーリエ級数に窓関数をかける方法 [4] で FIR 型のバンドパスフィルタを作成した。窓関数として 101 点のハミング窓を用いた。

本研究では、竹本ら [6] にもとづき喉頭腔共鳴が第4ホルマント (F4) に対応すると仮定した。そして、音声データのスペクトログラムから男性話者のバンドパスフィルタの通過帯域は 2.8 kHz から 3.8 kHz, 女性話者の通過帯域は 3.8 kHz から 4.8 kHz と決定した。音声データにこのバンドパスフィルタをかけ、その出力と EGG 信号とを比較した。

4 結果と考察

話者2名の日本語5母音の 30 msec の音声波形, 対応する EGG 信号, およびバンドパスフィルタの出力を図2に示す。各図中の上から音声波形, EGG 信号, フィルタ出力の順にプロットしてある。これらの信号の振幅は正規化されている。EGG 信号は声帯の接触面積に比例するため、その値の大きい区間が声門閉鎖区間となる。

この図から母音/u/を除き、声門閉鎖区間においてフィルタ出力の振幅が相対的に大きくなるのがわかる。この結果は、図1に示したシミュレーション結果と同様に、実音声でもピッチ周期のうち声門閉鎖区間

*Detection of glottal closure period using laryngeal-cavity resonance pattern during a pitch period. by KI-TAMURA Tatsuya, TAKEMOTO Hironori, ADACHI Seiji, MOKHTARI Parham, and HONDA Kiyoshi (ATR Human Information Science Laboratories)

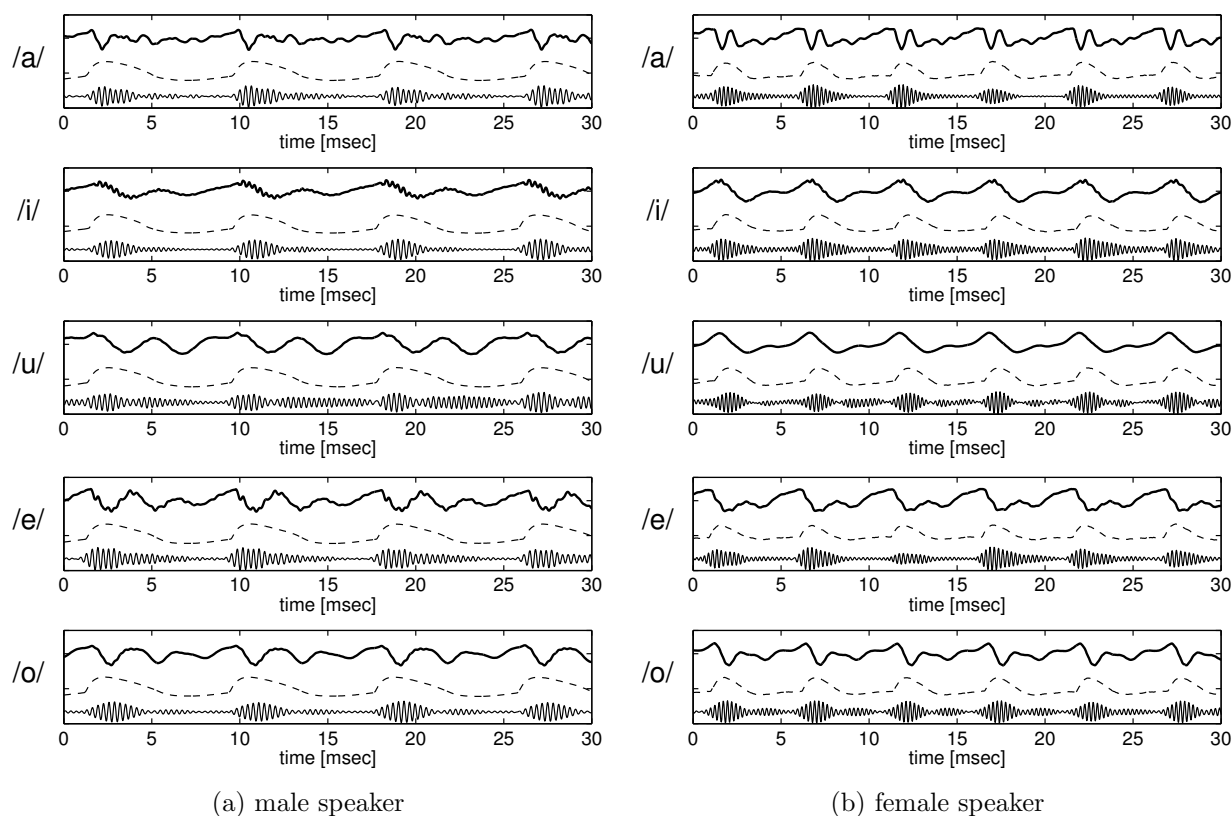


Fig. 2 Bandpass filtering of five Japanese vowels recorded from a male and female speakers. Filter passbands were adjusted to include the fourth formant. The thick, dashed, and thin lines indicate speech wave, electroglottograph signal, and filter output, respectively.

で喉頭腔共鳴 (F4) が出現し、声門閉鎖区間においてこの共鳴が消失することを示している。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。フィルタ出力もこれに対応し、声門閉鎖の開始時点で振幅が急激に増加し、その後ゆるやかに振幅が減衰する。従って、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と考えられる。

母音/u/の声門閉鎖および開放区間におけるフィルタ出力の振幅に差が小さいのは、これらの話者の第4ホルマント周波数が第5ホルマント周波数に近接しているためである。

5 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て、声門閉鎖区間を検出することを試みた。本研究で提案した手法は photoglottography (PGG)、高速度撮影などの直接法と比較して確実性に欠けるが、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閉鎖をおおまかに記録することが可能である。また、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、利用方法も簡便である。さらに、喉頭腔共鳴は他のホルマントと異なり

母音によらずほぼ一定した周波数帯域に現れるため、バンドパスフィルタの通過帯域を一旦決めればどの母音でも利用することができる。

謝辞 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。ご助言いただいた和歌山大学システム工学部 河原英紀先生に感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Kitamura *et al.*, "Individual variation of the hypopharyngeal cavities and its acoustic effects," *Acoust. Sci. & Tech.* 26(1), 16–26, 2005.
- [2] Chiba & Kajiyama, "The Vowel," Tokyo: Tokyo-Kaiseikan, 1942.
- [3] Lewis, "Vocal resonance," *J. Acoust. Soc. Am.*, 8, 91–99, 1936.
- [4] 中村, "ビギナーズ デジタルフィルタ," 東京電機大学出版局, 1989.
- [5] 北村ら, "声道伝達特性における喉頭腔の影響," *音講論 (春)*, 275–276, 2005.
- [6] 竹本ら, "喉頭腔の音響特性," *信学技法 SP2005-8*, 2005.