

ウェーブレット係数の重心値の差分推移に基づく黙声両唇音の特徴分析 An Analysis of Inaudible Bilabials Based on Transition of Differences in Center-of-Balance of Wavelet Coefficients

金井田早紀[†]
Saki Kanaida

永井秀利[†]
Hidetoshi Nagai

中村貞吾[†]
Teigo Nakamura

1. はじめに

我々は声を出さずに発声された内容を口唇周辺から頸部の表面筋電信号に基づいて認識する研究を行っている。我々はこれを黙声認識と呼ぶ。

我々の現在の課題として、子音の認識が挙げられる。両唇音の発声は上下両方の唇を使って行うため、子音の中でも信号に特徴が出やすいと考えられる。そこで従来の研究 [1] では、単音における両唇音の有無の判別において、計測対象筋の筋電信号強度が最初に閾値を超える時間の差を利用し、良好な結果を得ることができた。しかし連続音発声にこの手法を適用することは難しい。

強度以外で信号特徴を捉えるために我々が提案した手法としては、ウェーブレット係数の重心推移法がある。従来の研究 [2] では、重心値の差分の推移により筋活動の増減傾向を表現することも試みた。そこで本稿では、この差分推移を活用して連続発声中の両唇音の特徴分析を行なった結果について述べる。

2. 計測対象筋と計測方法

計測対象は従来の研究で用いた口輪筋、口角下制筋、下唇下制筋、顎二腹筋に加え、咬筋とオトガイ筋を追加した。電極装着位置の皮膚をアルコールで清拭した後、6チャンネルのアクティブ電極を用いて計測を行った。表面筋電は解像度 12bit, 周期 200 μ s (5,000Hz) でサンプリングした。発声に関しては、静かに口を閉じた状態から始め、連続する母音+両唇音を発声した後、急激過ぎない程度に元の状態に復帰するという方法で行った。このとき口唇形状を無理に強調することは避け、自然な発声となるよう心掛けた。

3. ウェーブレット係数の重心推移法

発声時の筋電信号をウェーブレット解析した結果においては、発声時の筋活動の増減に伴って信号が強い領域の推移を生じる。この特徴を捉えるために、我々はウェーブレット係数の重心推移法 (Center-of-Balance Transition) を提案した。ウェーブレット係数の重心とは、特定時点における各レベルのウェーブレット係数を重みとし、周波数 (レベル) 軸上の重心の位置を求めたものである。処理対象とする最も低い周波数帯域のレベルを $-L$ とし、時刻 t を含む領域のウェーブレット係数を $w_{-1}(t), \dots, w_{-L}(t)$ とすると、重心値 $CoB(t)$ は次式となる。

$$CoB(t) = \begin{cases} 0; & \text{if } \sum_{k=1}^L |w_{-k}(t)| = 0 \\ \frac{1}{\sum_{k=1}^L |w_{-k}(t)|} \sum_{k=1}^L |w_{-k}(t)| \cdot (L - k); & \text{else} \end{cases}$$

重心推移法はこの $CoB(t)$ の推移によって筋活動の変化を捉える手法である。

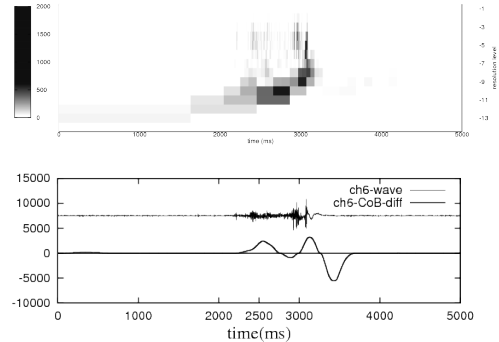


図 1: [ウバ] と発声したときのオトガイ筋の表面筋電信号のウェーブレット解析結果 (上図) と重心値の差分推移 (下図)

4. ウェーブレット係数の重心値の差分推移

重心値 $CoB(t)$ に対し、直前の一定区間で平滑化した重心値を $CoB_{MA}(t)$ とする。今回 $CoB_{MA}(t)$ は 64ms と 32ms で 2 段階平滑化を施した。この $CoB_{MA}(t)$ に対して、重心値との差分 $CoB(t) - CoB_{MA}(t)$ を平滑化した波形 $DF_{MA}(t)$ は筋活動の増減のトレンドを表すものと捉えることができる。この $DF_{MA}(t)$ には、発声時の口唇形状維持のための筋活動の揺らぎもそのまま現れる。発声変化に伴う筋活動の変化をより明確に捉えるためには、こうした揺らぎによる影響はできるだけ抑制することが望ましい。そこで、 $DF_{MA}(t)$ に対して重み付けを行った次式

$$d-CoB(t) = DF_{MA}(t) \times \frac{|DF_{MA}(t)|}{\log_2(CoB_{MA}(t) + 2)}$$

を差分値とし、この差分値の推移をウェーブレット係数の差分推移 ($d-CoBT$) と呼ぶ。

$d-CoBT$ は、発声に伴って筋活動が活発化すれば正の値を示し、沈静化すれば負の値を示す。また、その際の変化が急激であるほど、値の絶対値は大きくなる。

$d-CoBT$ においてゼロ軸と交差している部分は筋活動が変化した位置だと言える。ただし、ゼロ交差は細かい筋活動の増減にともなって多数発生するため、閾値を設定し $\pm \epsilon$ の範囲をゼロ領域と定義し、領域内での変化は無視し全てゼロ軸上にあるものとして扱う。

図 1 に [ウバ] と発声した時のウェーブレット解析結果と差分推移とを示す。上図はウェーブレット解析結果であり、縦軸は周波数帯域に相当するレベルを、色の濃淡はウェーブレット係数の大小を表す。下図の上部に描かれている波形は表面筋電波形であり、下部に描かれた波形が差分推移である。図の横軸は時間、縦軸は差分推移の大きさを表す。

[†]九州工業大学, Kyushu Institute of Technology

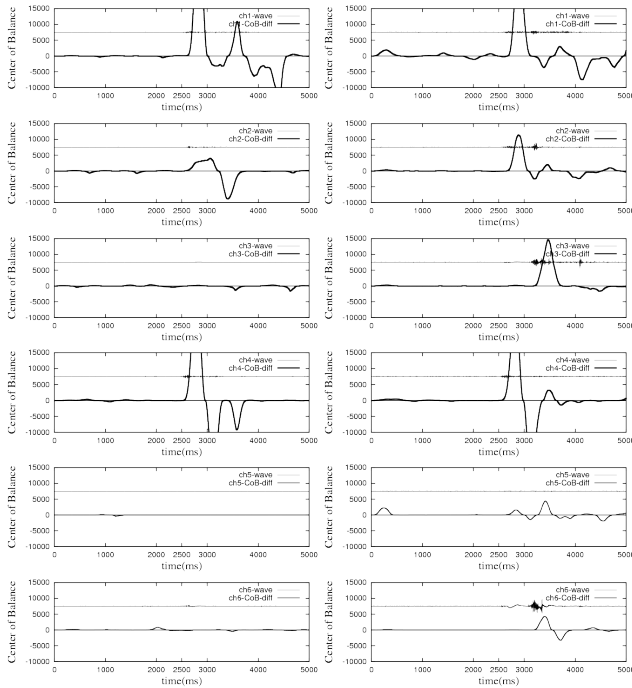


図2: [エア](左側)[エマ](右側)のウェーブレット係数の重心値の差分推移

5. 両唇音を含む連続音と含まない場合の差分推移

母音系列は同じだが、間に両唇音を含まない場合と含む場合の例として、図2に[エア]と[エマ]と発声したときの筋電波形と差分推移を示す。上から順に、ch1(口輪筋)、ch2(口角下制筋)、ch3(下唇下制筋)、ch4(顎二腹筋)、ch5(咬筋)、ch6(オトガイ筋)の波形である。

両者の表面筋電信号を比較すると、両唇音を含む連続音では局所的な強い信号がch1、ch2、ch3、ch6の波形に現れていることが分かる。これは両唇音発声時の動作の特徴の一つであると考えられる。しかしながら、このような短い時間での信号強度の変化をそのまま判別パラメータ化することは難しい。短時間の強い信号は、筋活動の一時的な変動やノイズによっても発生するため、それらとの区別がつけづらい。逆に、ノイズ等を避けるために時間幅を広げて平滑化すると子音の短時間特徴も均してしまう可能性が高い。

筋電信号が強く現れた筋のうち、特に下唇下制筋の差分推移に注目すると、両唇音を含む発声の方が大きな変化を示していることがわかる。これは、下唇下制筋が下唇を引き下げる時に作用する筋であり、両唇音発声のために口を閉じた後に素早く開く際の急激な筋活動変化に対応していると言える。しかし、後続音が[ウ]、[オ]と[ム]、[モ]のように下唇下制筋が活発に動く発声においては、両唇音を含まない[ウ]、[オ]の発声の方がより大きな差分推移の変化を生じていた。これは、母音のみの場合は口をすぼめる際に少し口唇が開いた状態を維持するために、口輪筋と下唇下制筋とがバランスを取って強く働くのに対し、両唇音を含む場合は口をすぼめつつ一旦口唇を閉じるために下唇下制筋の活動変化が緩やかになるためと考えることができる。

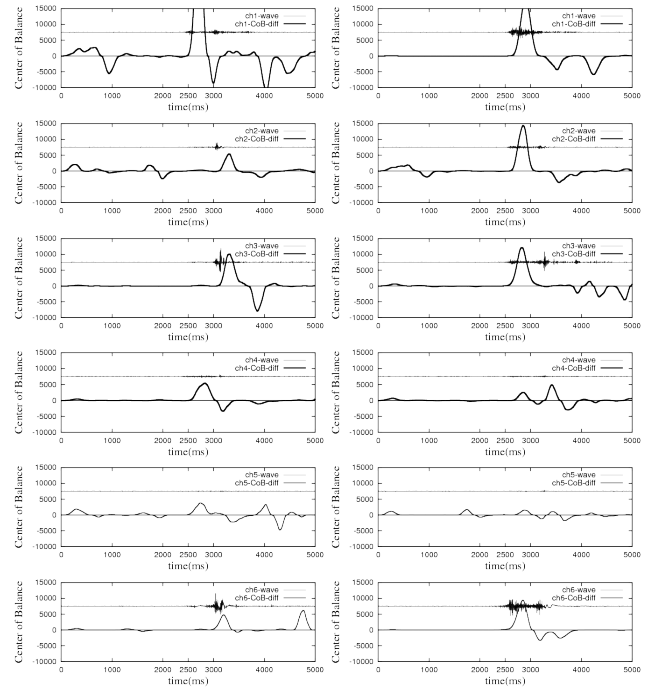


図3: [イマ](左側)[オマ](右側)のウェーブレット係数の重心値の差分推移

6. 先行音が異なる両唇音の差分推移の特徴

両唇音と後続音とは同じだが、先行する母音が異なる場合の例を図3に示す。

図3の各発声の下唇下制筋に注目すると、左側の発声で[イ]と発声した時の差分推移はほぼ0であり、その後の[マ]の発声で正領域への推移による山が現れる。しかし右側の発声では、逆に[オ]と発声した時の差分推移の方に山が現れており、[マ]の発声ではほぼ0になっていることがわかる。これは、[オ]と発声する際に口輪筋と拮抗して活動していた下唇下制筋が脱力することで、両唇音発声に向けて口唇を閉じる動作が行われているため、顕著な変化として現れていないものと考えられる。このことから両唇音発声時には前の発声の影響を受けることがわかる。

7. まとめ

分析の結果、両唇音を含む連続音発声の特徴が差分推移に現れることがわかった。特に両唇音の発声における差分推移の特徴は下唇下制筋に現れやすい。また、先行音や後続音の口唇形状の影響を受けることが確認できたことで、子音の判別には前後の音まで含めた特徴を捉える必要があることを示せた。

今回の分析結果を活用して、連続音中の両唇音の判別を行うことが今後の課題である。

参考文献

- [1] 岩崎 亘:「黙声認識における筋の初動時間差に基づくマ・ワ・バ・パ行群の判定」, 九州工業大学卒業論文 (2010)
- [2] 永井 他:「黙声認識における重心推移法に基づく差分推移を活用した発声時筋活動変化の抽出手法」, 第65回電気関係学会九州支部連合大会講演論文集 06-1A-16, (2012)