

嚥下音に基づく嚥下機能評価に関する研究 A Study on Swallowing Function Assessment Based on Swallowing Sounds

横江隼[†] 米谷綾[†] 西田昌史[†] 西村雅史^{†,‡}
Hayato Yokoe Ryo Yoneya Masafumi Nishida Masafumi Nishimura

1. はじめに

誤嚥症状の最終診断には嚥下造影検査(VF)や嚥下内視鏡検査(VE)の結果が用いられることが多い。ただし、これらの検査方法は侵襲性が高く、気軽に用いることは出来ない。一方、簡便な診断方法として、咽頭部で生じる嚥下音を医師が聴取し判断する頸部聴診法[1]が用いられることもある。この方法は手軽に行うことができるが、専門家でないで判別できない点や主観評価に頼らざるを得ない点が問題である。

本研究では嚥下機能低下のスクリーニングを目的とし、健常な若年者と高齢者、嚥下障がい疑われる患者の嚥下音を対象に分析をする。対象となる嚥下音に対し、ウェーブレット変換と主成分分析を行い、特徴量を可視化する。さらに、機械学習手法により健常な若年者か健常な高齢者か嚥下障がい患者かの自動識別を試みる。

2. 提案手法

嚥下における第二音から第三音に着目した手法を提案する。嚥下は、嚥下が一通り始まってから終わるまでに三つの音が鳴る事が確認されている。図 1, 図 2 の赤い丸で囲まれている部分が第一音, 第二音, 第三音を示している。第一音は咽頭が開いた時に鳴る音, 第二音は食道が開いた時に鳴る音, 第三音は咽頭が閉まった時に鳴る音の三つである。図 1 の健常者嚥下と図 2 の嚥下障がい患者の嚥下を比較して、嚥下障がい者の第二音と第三音における時間が健常者よりも長いという事、第二音と第三音に泡立ち音が見られることが嚥下障がい患者の大きな違いであると考えた。この第二音と第三音にかけての成分に着目し分析を行う。

嚥下障害は高齢者に多い。そのため、健常な若年者と嚥下障がい患者だけでなく、健常な高齢者データも分析対象とする。ここで、健常な若年者と高齢者は口腔機能検査により、健常であると判断された者とした。したがって、対象とするデータは健常な若年者と高齢者、嚥下障がい患者の 3 種類である。また、嚥下物について、ゼリーの嚥下音は音圧レベルにおいて変動係数が小さいことが確認されている[2]。このことから、ゼリー嚥下を分析の対象とする。また、嚥下音は咽喉マイクロフォンによりサンプリングレートに関しては 22050Hz で統一し、収録したデータを利用する。

分析方法としてはウェーブレット変換を用いた嚥下音と呼吸音の解析[3]が報告されていることから、ウェーブレット変換を使用する。また、比較対象としてフーリエ変換も実施する。また、第二音から第三音にかけての成分との比較として全嚥下区間の嚥下音も利用して主成分分析を行う。患者の嚥下は詰まり音、泡立ち音など様々な種類があること、第二音から第三音における時間が長いことなどの影響により、ばらつきが大きくなると考えられる。健常者の嚥

下は嚥下持続時間や音圧レベルのばらつきが小さい[4]とされている。したがって主成分平面上で患者データは広く分散し、健常者データは 1 点に集約することが予想される。

また、機械学習を用いた分類も試みる。識別手法は SVM を用いた。カーネルは rbf カーネルを利用した。データは健常な若年者と高齢者、患者のデータで主成分分析を行い、特徴量を次元削減した。

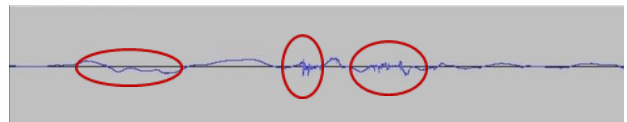


図 1: 健常者の嚥下波形

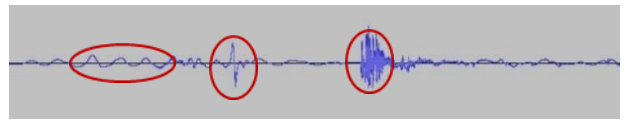


図 2: 嚥下障がい者の嚥下波形

嚥下音、ウェーブレット変換とフーリエ変換による分析方法について以下に示す。

本研究では第二音・第三音区間と全区間の嚥下音を用いた。嚥下の第二音・第三音区間は 0.3 秒以内に収まることほとんどであることから、第二音から第三音を含む 0.3 秒を分析する。比較対象として用意した全嚥下区間は嚥下の第一音から第三音までを含む 1.0 秒区間とする。また、100Hz を下限周波数としてハイパスフィルタをかける。これは、100Hz 以下の周波数成分には脈拍などの生態雑音が含まれるため、フィルター処理する必要があると考えられるためである。

ウェーブレット変換のマザーウェーブレットは音響分析で使用されること多い Morlet ウェーブレットを使用する。

フーリエ変換ではハン窓を使用する。窓関数の長さは 128 とした。また、窓関数による減衰を防ぐため、隣接するセグメント間でウィンドウの長さの 75 パーセントをオーバーラップするようにする。

3. 評価実験

評価実験で用いたデータは、主成分分析では健常な若年者データ 24 個、嚥下障がい患者データ 31 個、健常な高齢者データ 37 個、SVM の識別では健常な若年者と高齢者、嚥下障がい患者のデータ各 24 個の計 72 個を用いた。60 個を学習データ、12 個をテストデータとして 6 回交差検証しその平均を取った結果を表 1 に示した。図 3 から図 6 に主成分分析の結果を記載する。全ての図で赤が嚥下障がい患者、

[†]静岡大学 Shizuoka University

[‡]愛知産業大学 Aichi Sangyo University

青が健常な若年者、緑が健常な高齢者を表している。図 3、図 4 から第二音、第三音区間を分析すると、図 5、図 6 の全嚙下区間を分析したものよりも健常な若年者は 1 点に集まり、嚙下障がい患者、健常な高齢者が広く分布していることが分かる。第二音から第三音区間におけるウェーブレット変換結果にばらつきが見られるのは第一主成分軸と第二主成分軸までの累積寄与度が 60% 程度で累積寄与度が低い事が理由として考えられる。また、表 1 から SVM による識別は第二音から第三音区間におけるウェーブレット変換の特徴量を用いたものが最も識別ができた。この結果が得られた理由としてフーリエ変換を用いるよりも第二音から第三音区間のウェーブレット変換の方が累積寄与度が 90% を超えるまでに有する主成分軸の総数が多かったため、他の分析方法よりも多い特徴量の次元数を確保できた事が要因だと考えられる。第二音から第三音区間におけるウェーブレット変換の主成分分析結果を利用した SVM の識別結果から健常な若年者と高齢者、嚙下障がい患者を分類できる可能性がある事が推測できる。

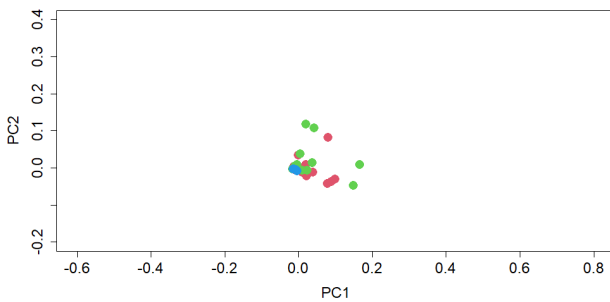


図 3: 第二音・第三音区間にフーリエ変換を用いた主成分分析結果

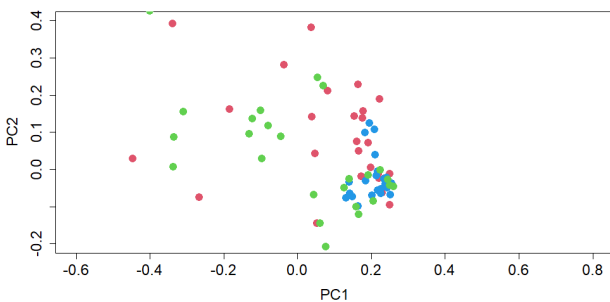


図 4: 第二音・第三音区間にウェーブレット変換を用いた主成分分析結果

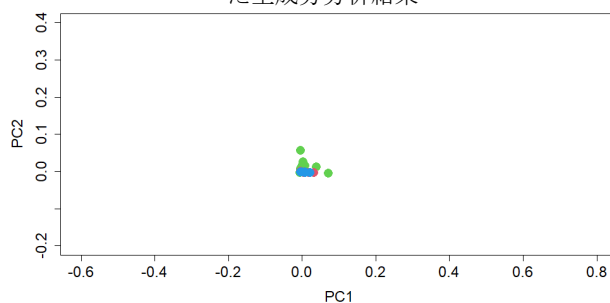


図 5: 全嚙下区間にフーリエ変換を用いた主成分分析結果

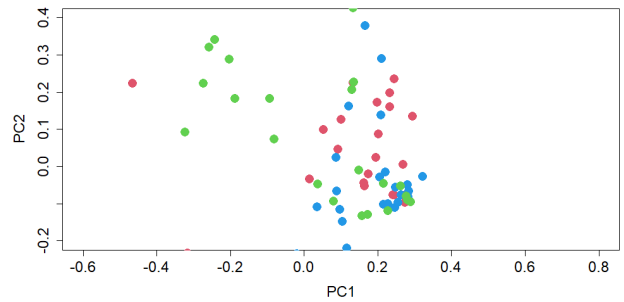


図 6: 全嚙下区間にウェーブレット変換を用いた主成分分析結果

表 1: SVM による識別結果

	認識率	適合率	再現率	F 値
ウェーブレット変換 (第二, 第三音区間)	0.625	0.594	0.631	0.581
ウェーブレット変換 (全嚙下区間)	0.472	0.499	0.428	0.405
短時間フーリエ変換 (第二, 第三音区間)	0.472	0.357	0.544	0.388
短時間フーリエ変換 (全嚙下区間)	0.388	0.360	0.419	0.317

4. おわりに

本研究では第二音から第三音に対してウェーブレット変換、フーリエ変換を行い、主成分分析による特徴量抽出、SVM で健常な若年者と高齢者、嚙下障がい患者の識別を行った。評価実験からそれぞれの嚙下に特徴があり、特に第二音から第三音区間に対するウェーブレット変換が有効であった。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 18H03260, 21K18305 の助成を受けました。

参考文献

- [1] 大宿 茂, "頸部聴診法", 老年歯科医学会誌, Vol.28, No.4 (2013).
- [2] 浦上祐司, 後藤義朗, 生駒一憲 "嚙下音の画像化の試みー嚙下障害患者への臨床応用の可能性ー", 日本摂食嚙下リハビリテーション学会誌, Vol.12 No.3 pp.187-196, (2008).
- [3] 久保高明, 内藤正美, 湯ノ口万友, 王鋼, 木村隆, "嚙下音・呼吸音の wavelet 解析の試みー頸部聴診法の応用ー", 日接触嚙下リハ会誌 8(1), (2004).
- [4] 久保高明, 湯ノ口万友, 内藤正美, 王鋼, 下川より子, 木村隆, "嚙下音の判別分析の試み", 日接触嚙下リハ会誌 8(2), (2004).