

誤嚥性肺炎を予防するための非侵襲・安全な嚥下機能計測評価手法に関する 調査研究事業

岡田 真* 平間 毅** 本村 美和*** 大高 理秀*

1. はじめに

人が物を飲み込む際に働く①～⑤に示す一連の身体機能を嚥下という。

- ① 脳で食物を認知し口腔内に取り込む。
- ② 咀嚼して飲み込みやすい形にする。
- ③ 舌で喉まで押し込む。
- ④ 嚥下反射をトリガーに関連する部位が短時間に動き、食道入口部まで導く。
- ⑤ 筋肉の収縮により胃に送り込む。

この嚥下機能が、高齢化による筋肉の衰えや、脳卒中の後遺症などの原因により、上手く働かなくなり、物を飲み込む際にむせたりすることが多くなる症状が嚥下機能障害である。嚥下機能障害は、重症化すると誤嚥性肺炎を招き、免疫力が低下している高齢者などは、これが原因となり死に至ることもある。このため、嚥下機能を評価し、誤嚥性肺炎にならないよう日常的に予防ケアを行う環境整備が必要である。しかし、現状では後述のとおり簡便且つ適切な嚥下機能評価手法が確立されていないため、必要な環境が整っていない。

嚥下機能評価の方法として、一般的なものとしては医療者による聴診がある。専用の機器を必要としないため、患者負担や在宅でのケアが可能な点でメリットがあるが、医療者の熟練度に結果が左右され、適切な診断結果が得られない可能性がある。また、X線を用いた嚥下造影検査(VF)は嚥下の様子を可視化して診断でき、評価がしやすいメリットがあるが、患者にとっては診療費が高額であることや、導入している病院が一部の専門病院に限られること、X線被ばくを受けることなど費用面、身体面での負担が大きいデメリットがある。こうした背景から在宅などで簡便に適切な嚥下機能評価ができる新たな嚥下機能評価手法の確立が求められている。茨城県立医療大学は、全国の県立医療大学で3つしかない「摂食嚥下障害看護教育課程」を有しており、同大学、付属病院には、嚥下障害に関する研究者、医師、摂食障害認定看護師、患者も集積していることから、当センターで有しているデータ取得技術や信号解析技術と医療大学の嚥下機能評価に関するノウハウを組み合わせることで、新たな嚥下機能評価手法の確立が期待できる。

2. 目的

本研究では、嚥下の際に生じる嚥下音に着目し、嚥下音を取得解析することで、嚥下評価に有用な特徴を見出し、新たな嚥下機能評価アルゴリズムを確立することを目的とする。

今年度は、開発した嚥下音取得システムを用いて嚥下音収集を行い、並行して嚥下機能の評価に有用な特徴量抽出アルゴリズムの検討を行った。

3. 本研究の流れ

本研究は、以下の流れで進めた。

- ① 嚥下音を取得するシステムの開発 (H27年度)
- ② 嚥下音の収集及び特徴解析 (H28年度)
- ③ 得られた特徴をもとにした嚥下機能評価アルゴリズムの開発

嚥下音の収集は、県立医療大学や本研究に協力いただいている筑波メディカルセンター病院(つくば市)と連携し、多数のサンプルデータの収集を行った。収集したデータを解析し、嚥下機能評価アルゴリズムの開発を行い、新たな嚥下機能評価手法の確立につなげる。

4. 嚥下音取得システムによる嚥下音収集

4.1 嚥下音取得システムについて

図1に開発した嚥下音取得システムを示す。また、図2に嚥下音取得システムの概要図を示す。



図1 嚥下音取得システム

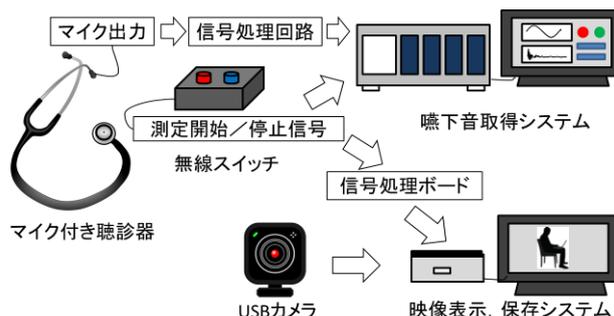


図2 嚥下音取得システム概要図

嚙下音取得システムは、嚙下音収録と収録状況の映像記録からなっている。本システムの仕様を表1に示す。

表1 デジタル信号解析システムの仕様

嚙下音収録部	
ハードウェア	National Instruments 社 PXI
開発環境	National Instruments 社 LabVIEW
映像記録部	
ハードウェア	Logicoool 社 C920r
開発環境	Microsoft 社 VisualStudio
無線通信部	
ハードウェア	Arduino 社 ArduinoUNO
開発環境	DIGI 社 XBee
聴診器部	
ハードウェア	3M 社 Littman クラシック II コンデンサマイク

4.2 嚙下音取得システムで得られるデータについて

嚙下音取得システムを用いて収録した嚙下音データを図3に示す。また、嚙下音収録時に記録した映像を図4に示す。筑波メディカルセンター病院にて、多数の患者データを収集していただいている状況である。

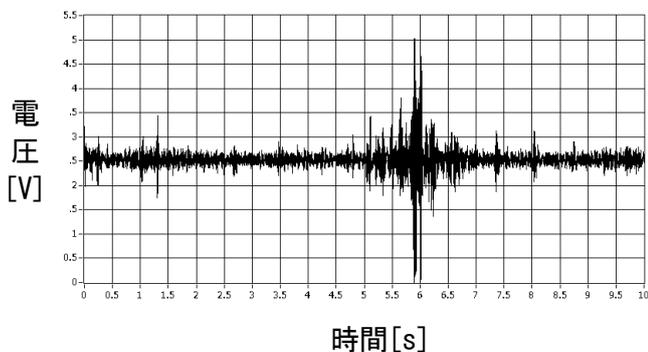


図3 嚙下音データ



図4 嚙下音データ取得時の映像

5. 嚙下音サンプルデータからの特徴抽出について

5.1 嚙下音サンプルデータについて

図5のように予めラベル付けされたサンプルデータを解析対象とした。図6(a)から(g)にそれぞれの嚙下音データを示す。

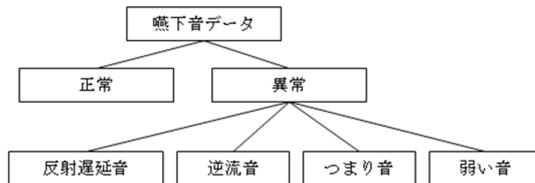
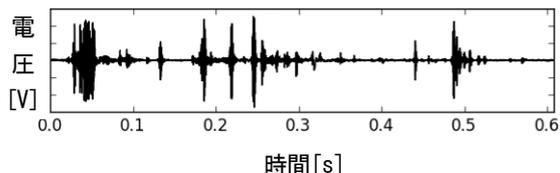
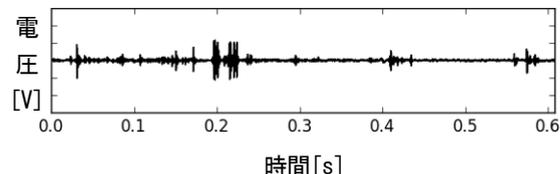


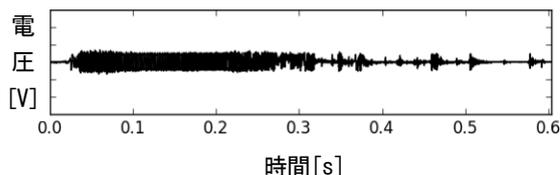
図5 嚙下音のラベル付け



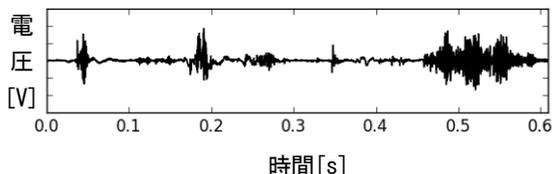
(a) 正常な音 (液体)



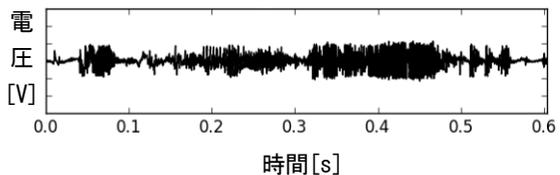
(b) 正常な音 (ゼリー)



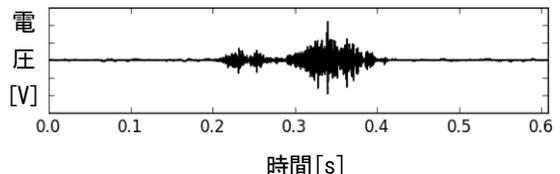
(c) 反射遅延音 (ペースト)



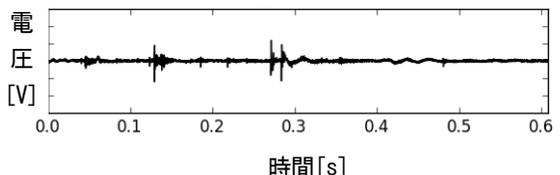
(d) 反射遅延音 (液体)



(e) 逆流音



(f) つまり音



(g) 弱い音

図6 嚙下音のサンプル

5.2 嚙下聴診の現場で聴診者が見ているポイント

嚙下聴診の現場では聴診者は表2のポイントを見て嚙下機能の評価をしている。

表2 聴診者の評価項目

聴診音	種類
嚙下音	長さ
	大きさ
	立ち上がりの早さ
残留音	濁り

本研究では、嚙下音に対してウェーブレット変換を、残留音に対しては高速フーリエ変換をそれぞれ適用することにより、実際の現場で聴診者がチェックしているポイントに近い特徴量を抽出することを検討した。

5.3 ウェーブレット変換

ウェーブレット変換は、フーリエ変換では特徴を捉えられなかった信号の時系列変化の情報を残したまま、周波数解析を行うことが出来る利点を有する。本研究では、Pythonを開発言語とし、PyWaveletsライブラリを使用して解析を行った。例として、図7にドップラー波形をウェーブレット変換した結果を示す。

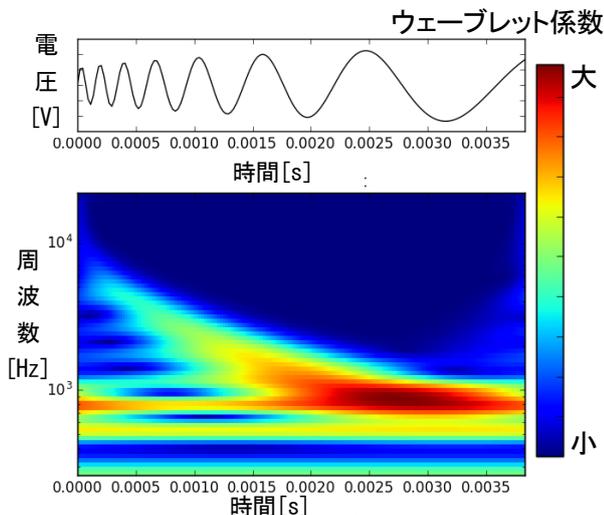
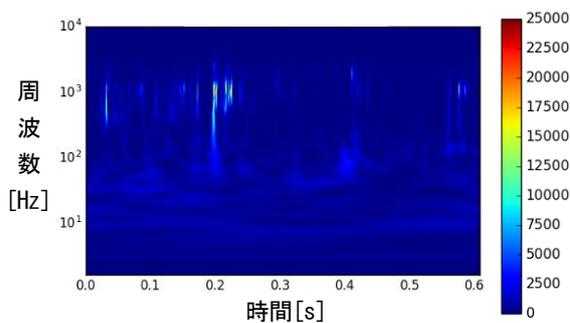


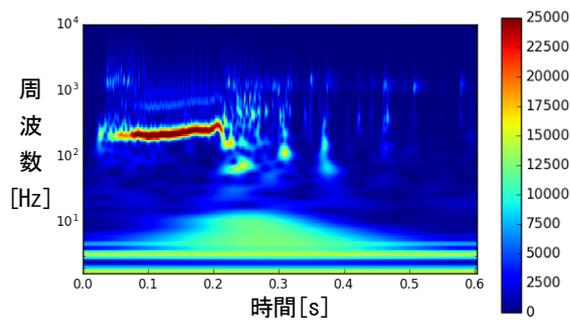
図7 ウェーブレット変換の例

5.4 サンプルデータのウェーブレット変換結果

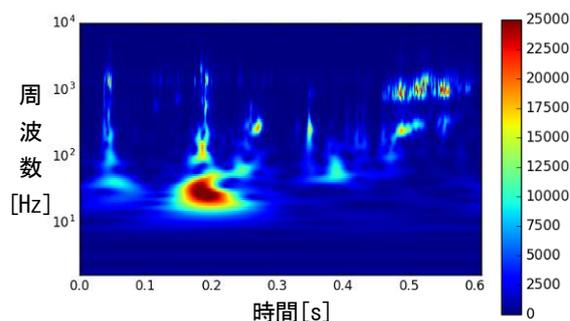
図8(a)から(g)にサンプルデータをウェーブレット変換した結果を示す。



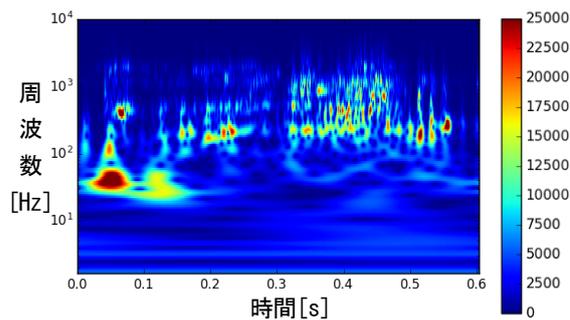
(b) 正常な音 (ゼリー)



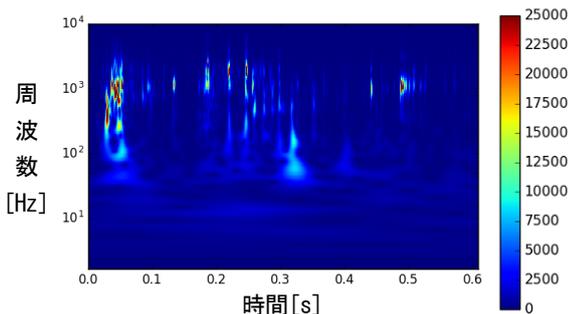
(c) 反射遅延音 (ペースト)



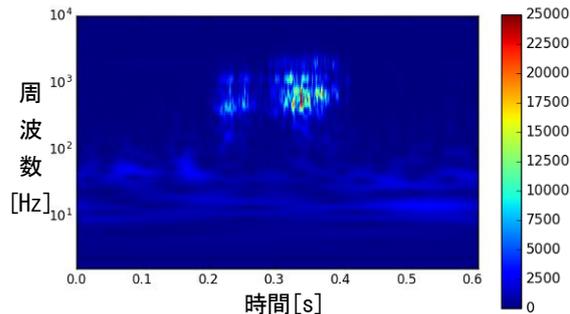
(d) 反射遅延音 (液体)



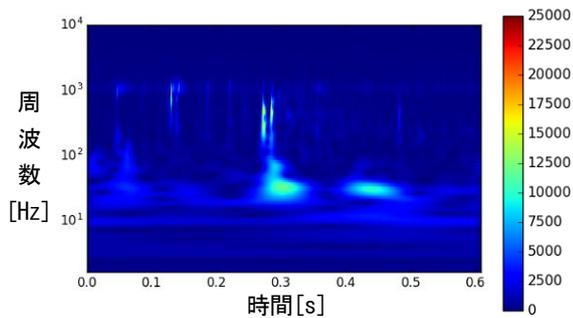
(e) 逆流音



(a) 正常な音 (液体)



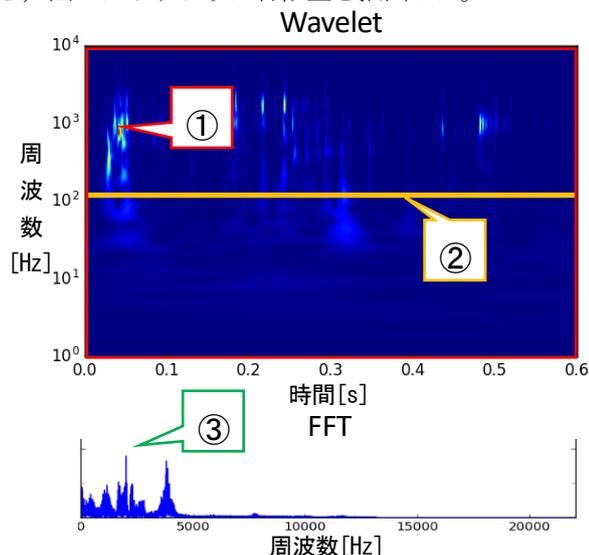
(f) つまり音



(g) 弱い音
図 8 ウェーブレット変換結果

5.5 変換結果から特徴量を抽出

ウェーブレット変換と高速フーリエ変換の結果から、図 9 に示すように特徴量を抽出した。



特徴量①：データ中の最大値と平均値の比を抽出。
特徴量②：時間方向に 2 階微分し、立ち上がりを抽出。
特徴量③：スペクトルのピーク周波数を抽出。

図 9 変換結果からの特徴量抽出

6. 研究結果と考察

各サンプルデータから上記 3 つの特徴量を抽出し、3 次元グラフにプロットした結果を図 10 に示す。

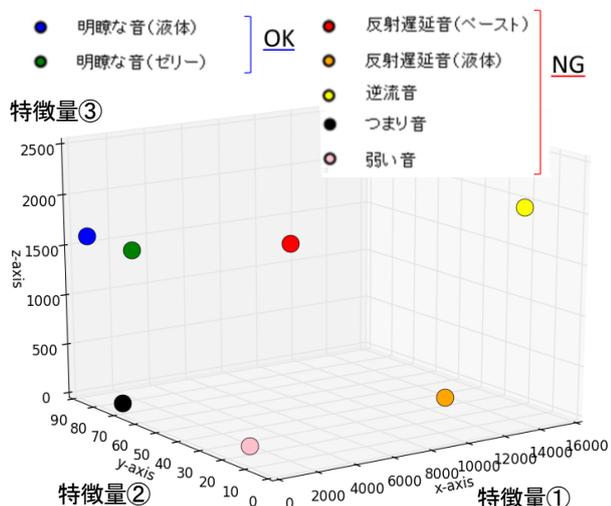


図 10 特徴量を 3 次元グラフにプロットした結果

また、図 11 にフィッシャーの線形判別手法を用いて、正常異常クラスを分ける識別境界を求めた結果を示す。本研究では、Python を開発言語とし、scikit-learn ライブラリにより線形判別手法を適用した。

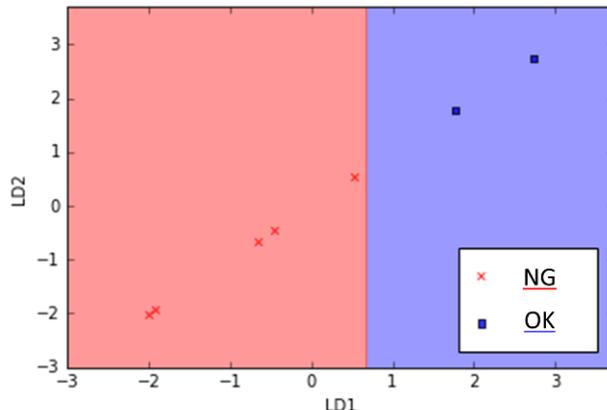


図 11 フィッシャーの線形判別手法による識別境界

7. まとめ

- ・嚙下音取得システムを開発し、協力機関（筑波メディカルセンター）にて嚙下音の収集をした。
- ・音響解析手法を用い、嚙下音のサンプルデータから嚙下機能評価に有用な特徴量を抽出した。
- ・フィッシャー線形判別手法を用いて、正常異常判別の識別境界が得られた。

8. 今後の課題

多数の嚙下音データを取得し、今回得られた識別境界の汎化能力の評価を行う。また、引き続き特徴抽出や識別アルゴリズムの高度化を図り、新たな嚙下機能評価手法の確立につなげる。

9. 謝辞

本研究を行うにあたり、通常の業務を行いながら、嚙下音の収集にご協力いただいた、筑波メディカルセンター病院 看護部 師長の外塚恵理子様をはじめ言語聴覚士の中条朋子様、日下部みどり様、山田悟志様、皆様に深く感謝いたします。

10. 参考文献等

- 1) 大野木宏彰：頸部聴診法を使った嚙下に見えるの評価マニュアル，2014，メディカ出版，DVD 音源他
- 2) 大野木宏彰，高橋浩二：嚙下に見えるの評価をしよう！頸部聴診法トレーニング，2011，メディカ出版，DVD 音源他
- 3) Sebastian Raschka，株式会社クイープ，福島真太郎：Python 機械学習プログラミング，2016，(株)インプレス，134-145