

嚥下機能低下の早期発見に向けた食事中の咳嗽自動検出

藤田 祥太[†] 古川 大輔[‡] 村西 幸代[‡] 黒岩 眞吾[§] 西田 昌史[†] 西村 雅史[†]

静岡大学 大学院総合科学技術研究科[†] 君津中央病院 リハビリテーション科[‡]

千葉大学 大学院融合科学研究科[§]

1. はじめに

嚥下障害は、食べ物を誤嚥することで命が脅かされる重篤な肺炎に繋がることが多い。特にALS[1]といった進行性の疾患では、在宅生活において嚥下機能が急激に悪化する恐れがあるため、遠隔でも継続的に観察・評価を行えるシステムが必要とされている。

一方、患者やその家族が使用可能な簡便な装置で嚥下機能を直接評価する方法はいまだ開発されていない。我々は昨今臨床的にも注目されている嚥下障害と咳嗽の関係[2]に着目し、食事中の咳嗽頻度を遠隔モニタリングすることで嚥下機能低下の早期発見を可能にするシステムを提案した[3]。今回、本システムの咳嗽音自動検出部を実装するとともに、実際の嚥下障害のある方から収集した音データに対する性能評価を行ったのでその結果について報告する。

2. 咳嗽モニタリングシステム

咳嗽モニタリングシステムの概要を図 1 に示す。咳嗽に加えて嚥下自体の観察も可能にするデバイスとして、頸部に装着する咽喉マイクを使用する。このマイクは周囲雑音の影響を受けにくく、また、家族の声などが入らないことから、プライバシー配慮の観点においても優れている。嚥下検出精度を高めるために縦方向のステレオマイクを使用している[4]が、本報告では1チャンネルのデータのみを利用した。食事中に当該マイクを装着し、タブレット端末で録音したデータを、サーバーへと転送した上で、咳嗽等の自動検出を行う。

3. 提案手法

本研究における咳嗽検出の流れを図 2 に示す。はじめに、食事音データに対してパワーに基づき Automatic cough detection during mealtime for early detection of swallowing function decline
Shota Fujita[†], Daisuke Furukawa[‡], Sachiyo Muranishi[‡], Shingo Kuroiwa[§], Masafumi Nishida[†], Masafumi Nishimura[†]
[†]Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University
[‡]Department of Rehabilitation, Kimitsu Chuo Hospital
[§]Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University

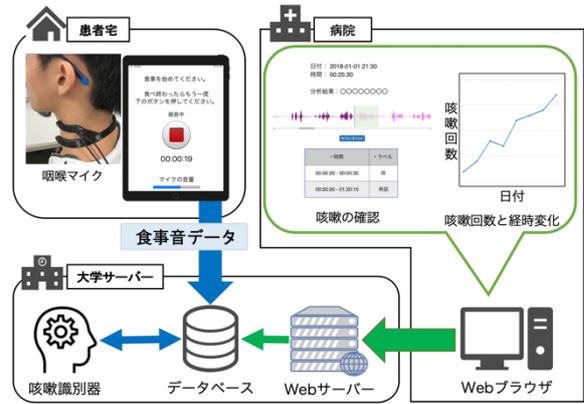


図 1 システム概要図

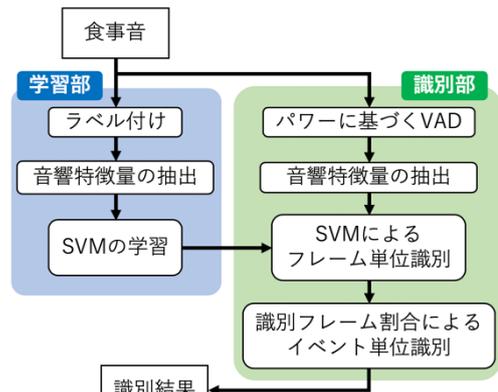


図 2 咳嗽検出の流れ

くVAD(Voice Activity Detection)を実施し、有音区間を検出する。これをイベント区間と呼ぶ。この際、咳嗽イベントをなるべく落とさないようにパワー閾値を設定した。

次に取り出されたイベント区間に対し、咳嗽音か咳嗽音以外かの2クラスの識別をフレーム単位で行う。識別器には、少ない学習データでも動作可能なSupport Vector Machine(SVM)を用いた。カーネルにはRBFカーネルを利用し、パラメータチューニングは行っていない。

音響特徴量にはメルフィルタバンク出力 32次元をフレーム長 30ms、フレームシフト幅 15msで抽出し、時間変化を捉えるため、7フレーム分を結合した上でPCAにて32次元に圧縮した。これは咳嗽音が最初に破裂音があり、後半は呼気のような音となる時間変化があるイベントであるためである。

最後に、イベント単位の評価を行う。フレーム単位の識別結果を用いて、イベント区間内の3割以上のフレームが咳嗽と識別された場合、そのイベントは咳嗽と識別する。

4. 評価実験

4.1. 健常者に対する評価実験

食事中に発生する嚥下、咳嗽に関して、健康な20代に対してデータ収集をし、評価を行った。データに含まれるイベントは咳嗽412回、嚥下1709回である。咳嗽はクエン酸をネブライザーによって吸引させて咳嗽反射を誘発させて収録を行い、嚥下は飲み込むものとして唾液、水、ゼリー、リッツの4種類の嚥下音を収録した。学習データとテストデータは対象者20人を5分割し交差検証を行った。

4.2. 嚥下障害のある方に対する評価実験

実環境での有用性の評価のため、実際に嚥下障害があり食事中にむせ込みがある80代男性の脳血管障害患者に本システムを利用してもらい、26日分の朝食時(20~30分)の食事音の収録を行った。収集された食事音からVADにより検出されたイベントの総数は4736であり、その内訳は咳嗽303回、嚥下1843回、咳払い235回、発話122回、衣擦れ194回、その他2039回であった。咳嗽と咳払いのラベル付けに関しては、主観により反射によるものを咳嗽、自発的に行ったものを咳払いとした。その他のイベントは強い吐息やゲップといった頻繁におきないイベントやVADによって有音と検出された判断できない音を含む。評価は健常者全てのデータで学習した識別器を用いて嚥下障害のある方の食事音のイベントに関して、咳嗽か咳嗽以外の分類を行った。

5. 実験結果

健常者に対する咳嗽の自動検出結果を表1、嚥下障害のある方に対する咳嗽(咳払いを含まない)の自動検出結果を表2に示す。健常者に関してはF値0.90と高い結果となったが、嚥下障害のある方の実際の食事音に適用すると結果は著しく低下し、特に適合率は大幅に低下した。誤検出されたイベント数は1349であり、その中で最も多く現れたイベントは嚥下523回であった。理由としては20代の健常者と80代の嚥下障害のある方という対象者のミスマッチがあるためと思われる。若年者と高齢者、嚥下障害のある方と健常者には嚥下音に違いがあることが知られており、嚥下聴診法などその特徴を聞き分けるといふ嚥下障害の検査方法も存在する。そのよ

表1 健常者の咳嗽検出結果
(5分割交差検証)

適合率	再現率	F値
0.88	0.93	0.90

表2 嚥下障害のある方の咳嗽検出結果

適合率	再現率	F値
0.12	0.70	0.21

うな嚥下音の音響的特徴の違いにより嚥下音を正しく識別することが出来なかったと考えられる。他の誤検出として多かったのは咳払い162回、衣擦れ128回であり、これらのイベントは学習データに含まれていないため、正しく分類することが出来なかった。

再現率に関しても嚥下障害のある方の食事音では低下していた。中でも破裂音が弱く殆どが呼気のような咳嗽の検出率が低く、連続して咳嗽した際に、勢い良く咳嗽できなかった場合に多く見られた。健常者の咳嗽ではそのようなことは生じなかったため、特徴に差が生じてしまったため検出できなかったと考えられる。

今回は1チャンネルのみを利用したが、上下2チャンネルを用いた特徴量[4]が嚥下検出に有効であることが分かっており、併用することで精度改善が期待できる。

6. おわりに

我々が開発した咳嗽モニタリングシステムにおいて、咳嗽の自動検出を試みた。健常者での精度は高かったが、実際の嚥下障害のある方に対しては期待した性能はまだ得られておらず、今後も精度改善を図りたい。

謝辞

本研究の一部はJSPS科研費(18H03260)の助成を受けたものです。

参考文献

- [1]. 日本神経学会「筋萎縮性側索硬化症診療ガイドライン」作成委員会, “筋萎縮性側索硬化症診療ガイドライン 2013”, https://www.neurology-jp.org/guidelinem/als2013_index.html (参照2019.1.5)
- [2]. HAMMOND, Carol A. Smith; GOLDSTEIN, Larry B. Cough and aspiration of food and liquids due to oral-pharyngeal dysphagia: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. Chest, 2006, 129.1: 154S-168S.
- [3]. 藤田祥太ほか, “ALS患者を対象とした咳嗽モニタリングシステム”, 電子情報通信学会総合大会, 2019
- [4]. 坂本優太, 黒岩真吾, 西村雅史, “2チャンネル咽喉マイクを用いた嚥下音の認識”, 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2018