

咽喉マイクを用いた嚥下機能検査システムの 性能改善に関する検討

山下 大貴[†] 綱川 隆司[†] 西田 昌史[†] 西村 雅史[†]
古川 大輔[‡] 村西 幸代[‡] 森野 智子[§] 黒岩 眞吾[⊥]

[†]静岡大学 情報学部 [‡]君津中央病院 リハビリテーション科

[§]静岡県立大学短期大学部 歯科衛生学科 [⊥]千葉大学 大学院融合科学研究科

1. はじめに

嚥下障害を持つ人は、誤嚥性肺炎に罹るリスクが高まる。高齢者を中心に肺炎を患う人が増加しており[1][2]、地域や病院などで定期的な実施されている嚥下機能検査はその重要性を増している。

嚥下機能の検査方法としては、オーラルディアドコネシス(OD)や最大発声持続時間(MPT)、反復唾液嚥下テスト(RSST)など、様々な方法が提案されているが[3]、その測定は必ずしも容易なものではなかった[4]。

そこで、我々は咽喉マイクロフォンとスマートフォンからなる簡単な装置で、OD、MPT及びRSSTの自動測定が可能なシステムを開発した[5]。

本稿では、開発した嚥下機能検査システムの概要及びその改良点について述べるとともに、実際に2回の嚥下検査で収録されたデータを用いて性能評価を行ったので、その結果について報告する。

2. 提案手法とシステム構成

OD、MPT、RSSTの3つの測定を自動化する嚥下機能検査システムをスマートフォン上に開発した。ODは「/pa/」「/ta/」「/ka/」の単音節をそれぞれ10秒間にできるだけ早く繰り返し発声させて、1秒あたりの発声回数を測定する検査方法である。また、MPTでは最大吸気後、できるだけ長く「/a/」の発声を持続させ、発声長を測定する。そして、RSSTは30秒間にできるだけ多く唾液を飲み込み、飲み込んだ回数を測定する

A Study on Performance Improvement of Swallowing Inspection System Using Throat Microphone

Daiki Yamashita[†], Takashi Tsunakawa[†], Masafumi Nishida[†], Masafumi Nishimura[†], Daisuke Furukawa[‡], Sachiyo Muranishi[‡], Tomoko Morino[§], Shingo Kuroiwa[⊥]

[†]Faculty of Informatics, Shizuoka University

[‡]Department of Rehabilitation, Kimitsu Chuo Hospital

[§]Department of Dental Hygiene, Shizuoka Prefecture University Junior College

[⊥]Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University

検査方法である。ここでは従来問題となっていた、騒音の影響を低減し、また、唾液嚥下回数の自動測定のため、咽喉マイクを利用する。咽喉マイクとは、首元に装着し、喉仏付近の振動を拾う特殊マイクである。利点として、環境騒音をほとんど拾わないため、騒音環境下でも装着者の音声や嚥下音のみを収録できる。一方、欠点としては被験者によって収録される音の大きさやSNRが大きく異なる点があげられる。図1にシステムの外観と測定時の提示画面の例を示す。

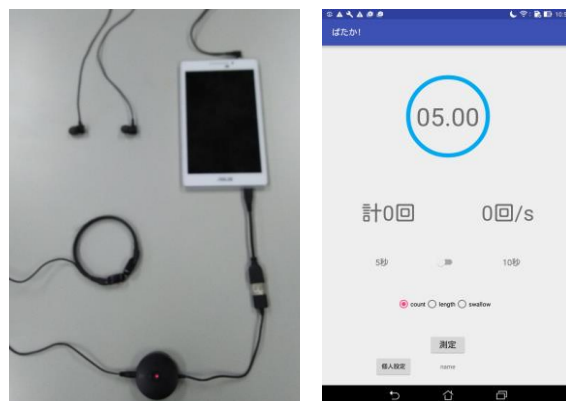


図1 システム外観とシステム画面

3. 検出手法

音声や嚥下の区間はパワーベースのVAD(Voice Activity Detection)手法を用いて検出する。OD及びMPTは音声を検出対象とするため、観測音声データのスペクトル特性がフラットになるよう、高域強調用のプリエンファシスを行う。次に、RSSTを含む全ての音データをバンドパスフィルタに通す。この処理は、低周波域や高周波域に含まれるノイズの除去を目的としている。本システムでは、250Hz以下と5000Hz以上の信号をカットした。次に、フレーム幅10ms、シフト幅5msの窓をかけてフレーム内の対数パワー値を測定し、パワーベースのVAD手法を用いて音声区間検出を行う。先行研究[5]からの改善点として、被験者や対象ごとに大きく異なる録音レ

ベルにも適応的に対処できるよう、次の処理を追加した。まず、前処理として、録音データの全区間に対して事後的に対数パワー値のヒストグラムを求める。そして、ヒストグラムから無音区間のパワーレベル及び音区間のパワーレベルを推定し、それに基づいて録音データの入力レベルを正規化した。この処理によって被験者や対象データによらない安定した VAD が可能になった。また、先行研究ではパワーに対して 1 段階の閾値設定だったのに対して、本研究ではパワーに対して 2 段階の閾値設定を行った。

4. 性能評価

実際に病院などで行われた 2 回の健康イベント(共に環境騒音(62~81db 程度の比較的騒がしい会場))において本システムを複数の言語聴覚士に利用してもらい、OD, MPT, RSST の自動測定と、音の収録を行った。

検診に訪れたのは 45 歳~86 歳の男女それぞれ 25, 44 名である。正解値としては、OD と MPT については録音された波形データから視察によって推定した値、RSST については嚙下運動時に起こる喉頭挙上→下降運動を言語聴覚士が検診時に触診で確認した値を用いた。それぞれの自動測定値と正解値との二乗平均平方根(RMS)誤差、適合率、再現率、F 値(MPT は誤差のみ)を算出した。また、OD の回数の測定では「/pa/」、「/ta/」、「/ka/」のそれぞれについて性能評価を行った。結果を表 1 に示す。

まず OD の回数の測定については、「/pa/」、「/ta/」、「/ka/」いずれの場合も RMS が 5.0 以下であり、F 値も 0.99 前後と、騒音環境下にもかかわらず、期待通りの性能が得られていることが分かる。また、MPT の測定は、RMS が 7.6 と OD よりも若干精度が劣るが、測定性能的には特に問題はないと言える。先行研究との比較においても F 値がどの項目でも同等か向上しており、MPT の RMS も若干改善した。

一方、RSST については RMS が 64.4 もあり、F 値も 0.74 と、まだ十分な性能が得られていない。

5. 考察

本システムの性能評価を行なった結果、OD 回数の測定は F 値が 1.0 に近く、検診会場といった騒音環境下でも実用に耐える測定性能を達成できることを確認した。実際、これまで検診で実施されてきた OD の測定方法は誤差が大きい事が分かっており、本システムの有用性は大変高いと考えている。なお、MPT の測定は、OD と比べると若干検出精度が下がった。理由としては、

表 1 性能評価結果

| 測定項目 | | RMS 誤差 | 適合率 | 再現率 | F 値 |
|------|------|--------|-------|-------|-------|
| OD | /pa/ | 3.9 | 99.5% | 98.6% | 0.991 |
| | /ta/ | 2.1 | 99.6% | 99.3% | 0.994 |
| | /ka/ | 4.8 | 99.4% | 98.3% | 0.988 |
| MPT | | 7.6 | | | |
| RSST | | 64.4 | 67.9% | 82.4% | 0.744 |

測定中に測定とは関係のない発話をする被験者が数名おり、その発話も測定値に含まれてしまった事が挙げられる。一方、RSST の測定は、他の項目より大幅に検出性能が下がり、特に、適合率が 67.9%と低い値となった。理由としては、MPT の測定と同じように測定中に測定とは関係ない発話をする人や、嚙下がうまくできず咳をする被験者に加え、特に高齢の被験者において、空嚙下がスムーズに行えず、唾液を溜めようと口の中を動かしている行為の際に生じる音などが誤計測の大きな原因となっていた。

6. おわりに

咽喉マイクとスマートフォンからなる簡単な装置を用いた嚙下機能検査システムの開発を行い、OD 回数、MPT の測定を高い精度で自動化できることを示した。また、従来問題となっていた、騒音の大きい環境下でも頑健な嚙下機能検査が可能であることを示した。

今後、RSST の測定を中心に測定精度の改善を図りたい。

謝 辞

本研究の一部は JSPS 科研費(16K13028)の助成を受けた。また、電気通信普及財団の研究調査助成を受けた。

参考文献

- [1] 平成 27 年人口動態統計月報年計(概数)の概況:<<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai15/d1/gaikyou27.pdf>>(2016 年 1 月 11 日取得)。
- [2] 兵頭政光:加齢による嚙下機能の変化様式, 耳鼻咽喉科展望 Vol. 52, No. 5, pp282-288 (2009)。
- [3] ー 嚙下障害支援サイト スワロー ー:<<http://www.swallow-web.com/rehabilitation/evaluation.html>>(2016 年 1 月 11 日取得)。
- [4] 小島成実・他:オーラルディアドコネシスのペン打ち法検査の限界, 応用老年学 6, pp16-20, (2012)。
- [5] 山下大貴・他:“咽喉マイクを用いた嚙下機能検査システムの開発”, 第 14 回情報学ワークショップ, B-37X(2016)。