

反射異常の自動検出による嚥下障害検査手法の提案

宇野 修司[‡] 生田 賢二[‡] 金田 重郎[‡] 芳賀 博英[‡]

同志社大学大学院工学研究科[‡] 同志社大学工学部[†]

1. はじめに

高齢化が引き起こす問題として、嚥下障害が挙げられる。嚥下障害が生じると、食欲がなくなったり、水分を取らなくなるため、栄養状態が悪化したり、誤嚥性肺炎を発病することがある。障害原因としては、疾病症による併発や後遺症、加齢による嚥下機能低下などが挙げられる。

現在、嚥下障害スクリーニングテストとして、手軽で安全に検査できる手法として反復唾液嚥下テスト(RSST)がある。しかし、RSSTは、認知症患者など、被験者が手法を理解しているかどうかの判断がつかない場合には利用できない。

そこで、本稿では 1) 食事中に咀嚼を検知し、2) 咀嚼検知されたのに、喉頭挙上が生じないことを判別して、嚥下障害を検出する手法を考える。これにより、嚥下障害テストの意味が十分には理解できない場合でも、食事中にスクリーニングが可能となる。本手法の実現には、咀嚼センサと、喉頭挙上量検出センサが必要である。本稿では、圧力センサを用いて実現した、喉頭挙上量を検出する手法について報告する。有効性を検証する為、嚥下検出精度及び嚥下反射異常の検出精度の評価実験を行った。

2. 提案方式

提案方式では、咀嚼と嚥下反射の双方を自動計測し、「咀嚼動作は行っているのに、その後、嚥下反射が発生していない状態」を検出することにより、認知症患者でも確実に嚥下障害の検査を行う。提案手法の概要を図1に示す。咀嚼の計測には、筋電位もしくは骨伝導マイクロフォンを用いて計測することが一つの実現法として考えられる。一方、嚥下反射の検出には、反射によって発生する喉頭挙上量が正常な挙上量以上であるかどうかを判別する必要がある。

本稿では、提案方式の中で、嚥下反射の検出、つまり喉頭挙上量の検出を行う部分を中心に説明する。具体的には、嚥下時の甲状軟骨の位置を、圧力センサを用いて検出することにより、喉頭が嚥下反射によってどの位置まで挙上したかを判定した。

A Dysphagia Screening Test by Detecting Abnormal Swallowing Reflex

[‡]Shuji Uno, Shigeo Kaneda, Hirohide Haga, Graduate School of Engineering, Doshisha University

[†]Kenji Ikuta, Faculty of Engineering, Doshisha University



図1. システム概要

2.1. 嚥下検出の原理

図2に示すように嚥下時には、喉頭部分である甲状軟骨の位置が上昇し、嚥下後に元の位置に復位するため、この移動に伴い圧力センサの出力が変化する。従って、甲状軟骨の移動を圧力センサの出力変化として検出することで喉頭挙上を検出できる。

また、嚥下反射によって引き起こされる喉頭挙上は、唾液を嚥下する際には、健常者で2~2.5cm程度であり、1cm以下であれば、異常とみなすことができる為、1cm以上挙上しているかを検出する。

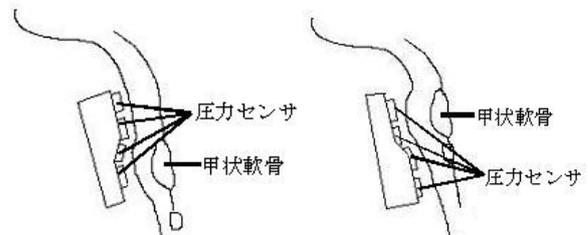


図2. 安静時(左)と嚥下時(右)の甲状軟骨とセンサ

2.2. 嚥下情報の取得手法

嚥下時の甲状軟骨の位置を取得するため、図3に示す圧力センサ(メーカー:ニッタ株式会社, 型番:A201-1)を使用し、サンプリング周波数は、128Hzで計測を行う。センサは図4に示すように四つ縦に並べてスポンジに配置し、マジックテープを用いて固定する。二つのセンサの感圧部間の距離は、約1.0cmであり、二つのセンサ間での喉頭挙上運動が発見されると、甲状軟骨が嚥下を行うのに最低限必要な高さまで上がっていることが示される。従って、センサ装着箇所は、下から二番目のセンサを安静時の甲状軟骨の位置となるように調節する。ただ、人によって装着しやすい位置は変わり、また、嚥下検出

に必要なのは二つのセンサ間での移動なので、適宜安静時の甲状軟骨の位置に当てるセンサ箇所を変更しても構わない。圧力変化から嚥下時に甲状軟骨がどの位置にまで上昇したのかを判別し、正しく嚥下が行えているかを評価する。



図3. 使用するセンサ



図4. センサ配置(左)と装着箇所(右)

2.3. 嚥下検出手法

予備実験の結果、嚥下をした際に発生する圧力変化値は、安静時よりおよそ 0.1V 以上の変化があることが分かった(図5)。そこで、取得した生データから、連続した2つのデータ間で 0.1V 以上変化があった際に嚥下の圧力がかかったと判断する。そして、圧力がかかったと判断してから 0.5 秒以内に上部の圧力センサが同じく 0.1V 以上の変化を示した時点をも、嚥下した時点として嚥下を検出する。同一嚥下内で、複数検出することを防ぐため、嚥下が検出されたら 3 秒間は検出を行わない。

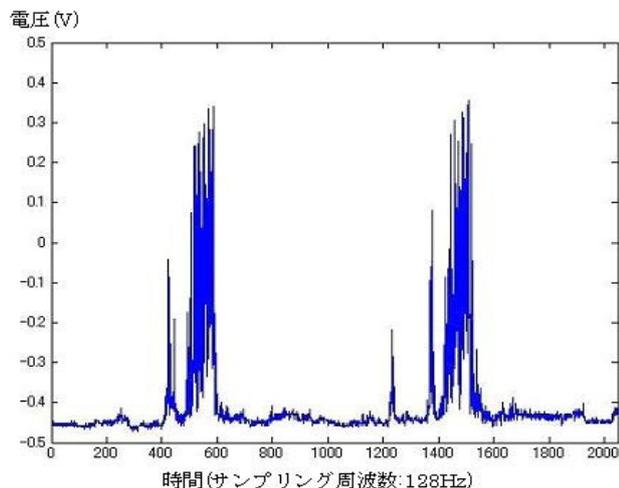


図5. 2回嚥下をした時の観測データ

3. 評価実験

嚥下検出の実験を行った。センサを装着し、普段どおりに嚥下を2回、嚥下を行おうとして、少し我慢した後、嚥下をしてもらおう行為を2回、それぞれについて5回計測を行った。被験者は5名(健常な男子学生:5名)で行った。

4. 実験結果

4.1. 嚥下検出の精度結果

実際の嚥下回数と、本システムがカウントした嚥下回数との平均誤差を表1に示す。

表1. 嚥下判定誤差回数

被験者	A	B	C	D	E	合計
通常	1	2	4	4	2	13
我慢時	4	3	5	4	3	19
合計	5	5	9	8	5	32

[回]

5. 考察

嚥下検出精度は、68%と一定の精度を得たが、個人差が大きい。個人差の原因としては、今回は唾液を嚥下してもらったのだが、嚥下前に口腔内の唾液を潤滑させる行為を行っている際に、喉や顎が動き、圧力が生じてしまったため、誤検出となったと考えられる。更に、我慢してから飲み込んだ際の検出精度が下がる原因も同様に喉や顎の動きを検出したと考えられる。

また、今回使用したセンサの回路では雑音が大きかった。圧力がない、安静時に雑音が入りやすくなっており、雑音の大きさによって誤認識に繋がった可能性がある。

6. まとめ

本稿では喉頭挙上検出手法の提案を行った。提案手法を用いて健常者男性5名に喉頭挙上の計測を行い、67%の嚥下検出が行えることが示された。

今後の大きな課題として、女性や高齢者、実際の嚥下障害患者の測定を行う必要がある。そのためには、甲状軟骨が小さい場合や、喉を圧迫された状態で嚥下が出来ない可能性にも配慮した手法を考案する必要がある。

また、本稿では提案システムの嚥下検出の精度検証を行っているだけのため、本来の「咀嚼をしているのに、飲み込む予備動作に至っていないケースの自動計測」とのシステム全体の検証が未了である。引き続きシステム全体の検証を行ってゆきたい。

参考文献

[1] 聖隷三方原病院 嚥下チーム, 「嚥下障害ポケットマニュアル」, 医歯薬出版株式会社, 2001
 [2] 道 健一ほか, 「摂食機能療法マニュアル」, 医歯薬出版株式会社, 2002
 [3] 金子裕史 他, 「嚥下機能評価を目的とした喉頭の上運動の計測法」, 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, MEとバイオサイバネティクス, 100(98), 71-78, 2000-05-19