

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03557

研究課題名(和文) 深層学習を用いた舌骨上・下筋群の協調パターン解析に基づく嚥下機能評価技術の確立

研究課題名(英文) Development of swallowing function evaluation method using multichannel surface EMG signals of suprahyoid and infrahyoid muscles

研究代表者

佐々木 誠 (Sasaki, Makoto)

岩手大学・理工学部・准教授

研究者番号：80404119

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、嚥下の主要筋である舌骨上筋群と舌骨下筋群の協調パターンに着目した、嚥下機能の非侵襲かつ簡便な評価手法の開発を目的とした。まず、2種類の嚥下方法(通常嚥下と努力嚥下)と2種類の一回嚥下量(冷水1,6ml)を組み合わせた4種類の条件でsEMG信号を計測し、画像情報へと変換した。次に、畳み込みニューラルネットワークとカーネル主成分分析を用いて、嚥下条件によってわずかに異なる画像の違いを数値化し、若年者群と高齢者群の嚥下機能を比較した。その結果、2群間に統計学的な有意差が認められ、舌骨上筋群と舌骨下筋群のsEMG信号から、加齢による嚥下機能低下を検出できる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

嚥下機能の精密検査には、X線透視下で食塊や口腔・咽頭の動きを観察する嚥下造影検査(VF)があるが、放射線被曝や造影剤誤嚥などのリスクを伴うため、検査対象者は嚥下障害が強く疑われる人もしくは既に重症化している人に限られる。これに対して、舌骨上筋群と舌骨下筋群の筋活動に基づく本提案手法は、嚥下方法や一回嚥下量などの異なる条件下で嚥下時sEMG信号を計測するだけで、嚥下機能の加齢変化を捉えることができる。そのため、自覚困難な機能低下の検出や、嚥下障害予備軍の早期発見に応用でき、健康寿命延伸への貢献が期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a novel method for evaluating swallowing function that focused on changes in the movement of swallowing-related organs, which slightly occur depending on swallowing conditions, using surface electromyography (sEMG) signals from the suprahyoid and infrahyoid muscles. First, we measured the sEMG signals during the following four swallowing conditions: combining two bolus volume (1 and 6 mL water) and two techniques (normal and effortful swallow). Then, we compared the differences in swallowing pattern changes between young and elderly individuals using a combination of deep convolutional neural networks and kernel principal component analysis. Accordingly, our results found that significant differences between young and elderly individuals. These significant differences indicate differences in their ability to change swallowing patterns depending on swallowing conditions, and they may reflect an age-related decline in swallowing function.

研究分野：生体医工学, リハビリテーション工学

キーワード：嚥下機能 舌骨上筋群 舌骨下筋群 多点表面筋電図 深層学習 機械学習 人工知能

1. 研究開始当初の背景

嚥下は、食物を口腔から胃に送り込む一連の動作であり、随意運動と不随意運動（嚥下反射）が共存する複雑な生理機構によって実現される。このうち、嚥下反射は、延髄にある中枢パターン生成器によってプログラムされた再現性の高い運動を引き起こすが、食物の物性値や一回嚥下量、嚥下強さなどの違いによって、舌骨挙上のタイミングや挙上速度、咽頭閉鎖のタイミングや閉鎖時間、食道入口部開大のタイミングや開大時間などがわずかに変化することが知られている。このように、嚥下条件に応じて嚥下諸器官の運動を微調整する能力は、窒息や誤嚥を防ぐための嚥下機能と考えられている。一方、加齢による筋力低下に加え、脳血管障害や神経筋疾患などの全身疾患が原因で嚥下機能が低下した場合には、その対応力が低下し、食塊の咽頭残留、喉頭侵入、誤嚥、窒息などのリスクが高まる。そのため、嚥下機能を正確に把握することは、高齢者の窒息・誤嚥の予防ならびに嚥下障害予備軍の早期発見において極めて重要である。

嚥下機能の精密検査には、X線透視下で食塊や口腔・咽頭の動きを観察する嚥下造影検査（videofluoroscopic examination of swallowing, VF）がある。しかし、VFは、装置が大型のため、ベッドサイドでの検査には利用できない。また、放射線被曝や造影剤誤嚥などのリスクを伴うため、検査対象者は嚥下障害が強く疑われる人もしくは既に重症化している人に限られる。そのため、近年では、より簡便で安全な嚥下機能評価法の開発が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、嚥下の主要筋である舌骨上筋群と舌骨下筋群の筋活動を44チャンネル表面電極で捉え、その協調パターンを深層学習により解析することで、非侵襲かつ簡便に嚥下機能を評価しうる新しい手法の開発を目的とした。

3. 研究の方法

(1) 嚥下条件の識別

本研究では、嚥下条件に応じて嚥下諸器官の運動を微調整する嚥下機能に着目し、その主要筋である舌骨上筋群と舌骨下筋群の筋活動変化から、嚥下条件を識別できるか検討した。

対象は、嚥下機能が正常な健康成人男性8名（ 22.4 ± 1.2 歳， 171.4 ± 6.0 cm， 62.3 ± 7.4 kg）とした。嚥下は、随意性嚥下に関わる大脳皮質等の上位からの中枢性入力と、反射性入力に関わる咽頭・喉頭からの末梢性入力によって誘発されるため、それらの変化を期待して、2種類の嚥下方法（通常嚥下と努力嚥下）と2種類の一回嚥下量（冷水3, 15 ml）を組み合わせ合わせた合計4動作を嚥下条件に設定した。実験では、4動作を1セットとし、合計20セットの計測を行った。

舌骨上筋群は、舌骨上部に位置する顎二腹筋、茎突舌骨筋、顎舌骨筋、オトガイ舌骨筋、舌骨下筋群は、舌骨下部に位置する胸骨舌骨筋、胸骨甲状筋、甲状舌骨筋、肩甲舌骨筋で構成される。本研究では、これらの筋群を覆うような電極形状を設計し、舌骨上筋群と舌骨下筋群の表面筋電位信号（以降、sEMG信号）の計測に用いた（図1）。電極部は、先端を半球状に加工した $\phi 2$ mm \times 3.5 mmの純銀棒を用い、ポリイミドを基材とするフレキシブル基板全体をシリコンでコーティングすることで、基板保護と人体との絶縁を行った。sEMG信号は、多チャンネル電極の各電極と耳朶に装着した不関電極から導出される電位差を、もう片方の耳朶に装着したGND電極を基準電位として、差動増幅することで計測した。また、不関電極から導出される同相ノイズ成分を反転増幅し、第7頸椎上に設置したRLD（right leg drive）電極にフィードバックすることで、計測中に混入したAC電源ノイズを除去した。舌骨上筋群と舌骨下筋群のsEMG信号は、16 bit AD変換により同時サンプリングされ、信号増幅率125倍、サンプリング周波数2,000 Hzにて、計測用パソコンに取り込んだ。

嚥下条件の識別は、①sEMG信号の前処理、②sEMG信号の画像変換、③畳み込みニューラルネットワーク（convolutional neural network, CNN）による特徴抽出、④サポートベクターマシン（support vector machine, SVM）による分類の手順で行った。

前処理では、計測した合計44チャンネルのsEMG信号から、時間領域の特徴であるRMS（root mean square）成分と、周波数領域の特徴であるCC（Cepstrum coefficient）成分をチャンネルごとに計算した。CCの低次係数には、パワースペクトルの包絡形状、高次係数にはパワースペクトルの微細構造に関する情報が含まれる。ここでは包絡形状に着目し、低次係数（CC1~3）を採用した。次に、横軸を時間、縦軸をCC1, CC2, CC3, RMSの順に並べることで、嚥下開始から終了までの一連の筋活動の成分をカラーマップにより画像化した。画像化する区間は、嚥下前後の安静を含む合計3秒間とした。また、画像化は、舌骨上筋群と舌骨下筋群のsEMG信号に対してそれぞれ行った。その後、100万枚以上の自然画像で事前学習したCNN（AlexNet）を用い、全結合層であるfc6層から4,096次元の特徴ベクトルを抽出した。この処理は、舌骨上筋群と舌骨下筋群の各画像に対してそれぞれ行い、得られた特徴ベクトルを結合することで、嚥下1試行あたり合計8,192次元の特徴ベクトルを得た。最後に、SVMにより嚥下条件の識別を行った。計測した20セットのデータのうち、10セットを学習、残り10セットを精度検証に用いた。

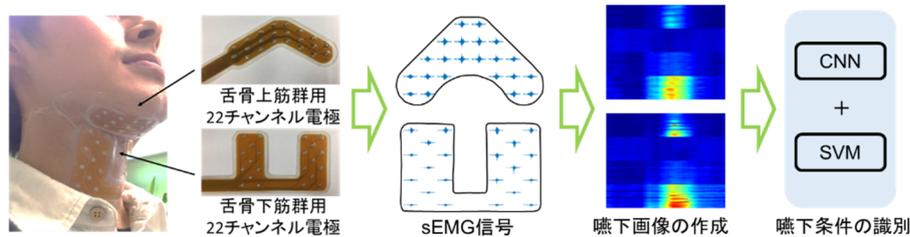


図1 舌骨上筋群と舌骨下筋群のsEMG信号を用いた嚥下条件の識別手順

(2) 嚥下機能の評価

(1)の検討は、舌骨上筋群と舌骨下筋群のsEMG信号を人工知能の得意な画像情報に変換することで、嚥下条件による嚥下諸器官のわずかな運動変化を捉えられるか検証するものである。得られる識別精度は、嚥下条件によって舌骨上筋群と舌骨下筋群の筋活動が異なるほど高くなるため、嚥下機能が低下した高齢者ほど、識別精度が低くなると予想される。一方、このアプローチでは、人工知能の学習・識別に多くの嚥下データを要するため、試行回数と実験時間をいかに減らすかがポイントとなる。ここでは、画像を識別するのではなく、各嚥下条件における画像の類似度を数値化することで、嚥下機能の評価を試みた。

対象は、嚥下障害の既往のない、20~24歳の若年者15名（男性13名、女性2名、 22.0 ± 1.3 歳、 169.5 ± 6.5 cm、 62.5 ± 8.5 kg）と、64~83歳の高齢者15名（男性9名、女性6名、 70.1 ± 4.5 歳、 162.3 ± 7.7 cm、 61.0 ± 10.5 kg）とした。試料には冷水を用い、2種類の嚥下方法（通常嚥下と努力嚥下）と2種類の一回嚥下量（冷水1,6ml）を組み合わせ合わせた合計4動作を嚥下条件に設定した。6mlは、高齢者群がむせることなく一度に嚥下できる安全な量として、事前検討の結果をもとに設定した。実験では、4動作を1セットとし、合計7セットの計測を行った。

嚥下機能の評価は、①sEMG信号の前処理、②sEMG信号の画像変換、③畳み込みニューラルネットワーク(CNN)による特徴抽出、④カーネル主成分分析(kernel principal component analysis, K-PCA)による特徴ベクトルの低次元化、⑤ユークリッド距離の計算、⑥若年者群と高齢者群の比較の手順で行った。なお、①から③までは、(1)嚥下条件の分類で説明した通りである。

④では、画像変換したsEMG信号から8,192次元の特徴ベクトルを抽出した後、RBF(Radial basis function)カーネルにより、特徴ベクトルを線形分離可能な高次元空間へと写像する。ただし、この特徴空間でベクトル間のユークリッド距離を求めることは困難であるため、非線形データに対する次元圧縮手法であるK-PCAを適用した。これにより、8,192次元の特徴ベクトルを、嚥下条件を識別可能な高次元特徴空間に写像した後、取り扱いが容易な3次元まで特徴ベクトルを低次元化した。その後、各嚥下条件における3次元特徴ベクトルのユークリッド距離を計算し、群間比較を行うことで、加齢変化の特徴を考察した。

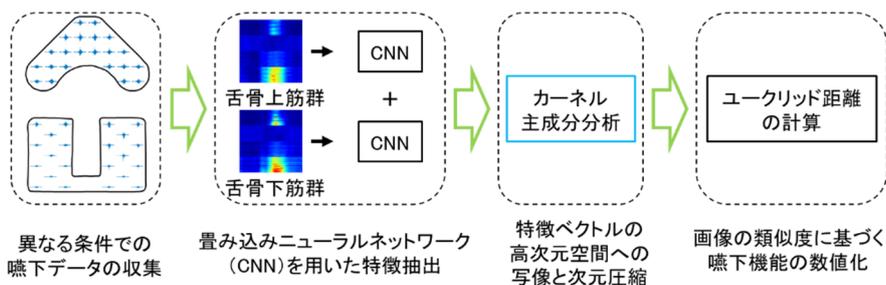


図2 舌骨上筋群と舌骨下筋群のsEMG信号を用いた嚥下機能の評価手順

4. 研究成果

(1) 嚥下条件の識別

各被験者の嚥下条件の識別率、ならびに全被験者の平均識別率と平均特異度を表1に示した。各被験者の識別率は91.7~99.2%に分布し、全ての被験者において90%以上の識別精度が得られた。また、各嚥下条件に着目すると、3ml通常嚥下は91.7%~100%、3ml努力嚥下は90.0%~100%、15ml通常嚥下は90.0%~100%、15ml努力嚥下は91.7%~100%に分布し、全被験者の平均識別率と平均特異度においても、それぞれ95.7%と98.6%という高い値を示した。これにより、舌骨上筋群と舌骨下筋群のsEMG信号を画像に変換し、機械学習を用いて嚥下条件を分類することで、嚥下方法や一回嚥下量によってわずかに変化する筋活動の違いを高精度に識別できることが示された。画像の中には、嚥下条件によって異なる筋活動の変化（すなわち、嚥下諸器官の運動変化）を反映した情報が含まれており、この画像を詳細分析することで、従来の筋電図学的分析とは異なる視点で、自覚困難な嚥下機能低下や嚥下障害の有無などを非侵襲的に検出できる可能性がある。

表 1 嚥下条件の識別精度

Subject	NS3	ES3	NS15	ES15	Total
	(3 ml 通常嚥下)	(3 ml 努力嚥下)	(15 ml 通常嚥下)	(15 ml 努力嚥下)	
A	91.7	96.7	93.3	95.0	94.2
B	95.0	95.0	100.0	100.0	97.5
C	95.0	95.0	100.0	100.0	97.5
D	95.0	100.0	96.7	91.7	95.8
E	91.7	90.0	91.7	93.3	91.7
F	100.0	96.7	100.0	95.0	97.9
G	100.0	100.0	96.7	100.0	99.2
H	93.3	90.0	90.0	95.0	92.1
Mean ±SD	95.2±3.1	95.4±3.6	96.0±3.7	96.3±3.1	95.7±2.6
Specificity	99.4±0.9	98.2±1.7	98.6±1.2	98.1±1.5	98.6±0.9

(2) 嚥下機能の評価

各嚥下条件におけるユークリッド距離の結果を図 3 に示した。若年者群と高齢者群の両群において、嚥下方法を変化させた条件の方が、一回嚥下量を変化させた条件よりも、ユークリッド距離が大きくなること示された。一回嚥下量の違いは、反射性の不随意運動の変化を、嚥下方法の違いは随意運動の変化をそれぞれ期待したものであり、ユークリッド距離の違いは妥当な結果といえる。一方、どの嚥下条件においても、若年者群と高齢者群の間に有意差は認められず、加齢の特徴の検出には至らなかった。この主な理由としては、全被験者に対して同一サイズの多チャンネル電極を使用したことや、個人ごとにカラーマップのスケールリングが異なったことが考えられる。そこで、個人差を吸収できるよう、6 ml の通常嚥下を基準として、被験者ごとにユークリッド距離の標準化を行った。その結果、両群の間に統計学的な有意差が現れ、各嚥下条件への対応力の加齢変化を検出できる可能性が示唆された (図 4)。

本提案手法は、嚥下開始から終了までの舌骨上筋群と舌骨下筋群の筋活動を画像情報に変換し、各嚥下条件における違いを“標準化したユークリッド距離 (normalized euclidean distance, NED)”として数値化することで、機械学習による教師データを必要とすることなく、若年者と高齢者の違いを検出できる優れた特徴がある。そのため、若年者群と高齢者群の中間の年代や嚥下障害者の NED をデータベース化し、判定基準を明確にすることで、嚥下機能低下の自覚症状のない高齢者の中から、嚥下障害予備軍を早期発見できる可能性がある。さらに、嚥下反射の破綻や口腔運動の問題の有無など、問題個所が明確な嚥下障害者を対象に本提案手法を適用できれば、一回嚥下量を変化させた場合の NED や、嚥下強さを変化させた場合の NED から、嚥下機能低下の問題箇所を特定できる可能性もある。今後は、幅広い年代や嚥下障害者を対象としたデータ収集を行い、これらの可能性について詳細な検証が必要である。

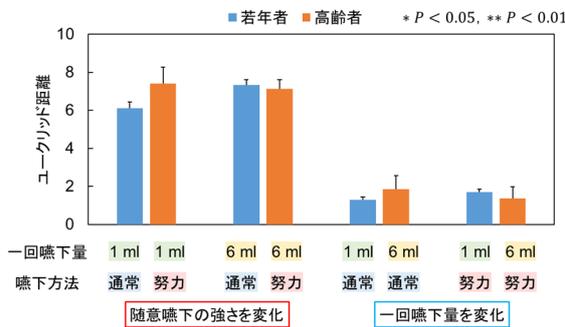


図 3 各嚥下条件におけるユークリッド距離

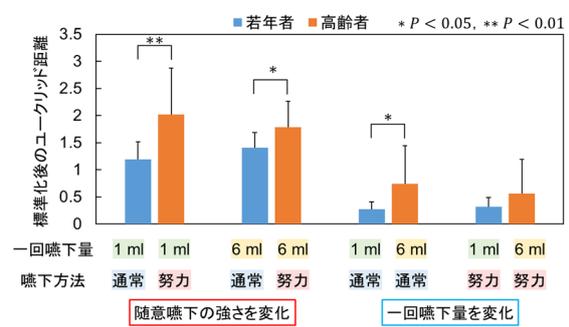


図 4 標準化したユークリッド距離

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 SASAKI Makoto, ITO Shunpei, NAKAYAMA Atsushi	4. 巻 41
2. 論文標題 Estimation of tongue tip force from surface EMG signals using deep learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Clinical Biomechanics (in Japanese)	6. 最初と最後の頁 313-319
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 NAKAI Yukiya, SASAKI Makoto, KAMATA Katsuhiko, NAKAYAMA Atsushi	4. 巻 6
2. 論文標題 Development of sEMG-based robust oral motion classification method and its application to electric wheelchair operation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mechanical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 19-00076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/mej.19-00144	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 SUZUKI Masahiro, SASAKI Makoto, KAMATA Katsuhiko, NAKAYAMA Atsushi, SHIBAMOTO Isamu, TAMADA Yasushi	4. 巻 9
2. 論文標題 Swallowing Pattern Classification Method Using Multichannel Surface EMG Signals of Suprahyoid and Infrahyoid Muscles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 10~20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14326/abe.9.10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 SASAKI Makoto, ITO Shunpei, KAMATA Katsuhiko, YOSHIKAWA Masahiro, SHIBAMOTO Isamu, NAKAYAMA Atsushi	4. 巻 7
2. 論文標題 Oral motion classification of the elderly for prevention and rehabilitation of dysphagia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mechanical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 19-00076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/mej.19-00076	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 KAMATA Katsuhiko, SASAKI Makoto, SUZUKI Masahiro, YOKOHAMA Yuta, TAMADA Yasushi	4. 巻 87
2. 論文標題 Fundamental study on a method for evaluating swallowing function using swallowing pattern images	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Transactions of the JSME (in Japanese)	6. 最初と最後の頁 21-00166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.21-00166	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 SASAKI Makoto	4. 巻 11
2. 論文標題 A novel method for evaluating swallowing function using multichannel surface electromyography signals	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 "Deglutition" The official journal of The Society of Swallowing and Dysphagia of Japan (in Japanese)	6. 最初と最後の頁 8-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計49件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 鎌田勝裕, 佐々木誠, 鈴木雅大, 横浜裕太, 玉田泰嗣
2. 発表標題 嚥下パターン画像を用いた嚥下機能評価に関する基礎的検討
3. 学会等名 日本生体医工学会生体医工学シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿部貢己, 佐々木誠, 阿部信之, 佐藤義朝
2. 発表標題 舌機能の3次元評価に関する基礎的検討
3. 学会等名 日本生体医工学会生体医工学シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大村由莉香, 佐々木誠, 玉田泰嗣
2. 発表標題 前頭部生体信号を用いた嚥下機能評価に関する基礎検討
3. 学会等名 日本生体医工学会生体医工学シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 劉宇曦, 佐々木誠, 玉田泰嗣
2. 発表標題 表面筋電位信号を用いたLSTMによる舌骨の運動予測
3. 学会等名 日本生体医工学会生体医工学シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木誠
2. 発表標題 嚥下時の生体信号計測とAIによる信号処理
3. 学会等名 日本レオロジー学会第68回レオロジー討論会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木誠
2. 発表標題 AIの基礎と医療応用の可能性
3. 学会等名 第10回日本リハビリテーション栄養学会学術集会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 劉宇曦, 佐々木誠, 玉田泰嗣
2. 発表標題 前顎部表面筋電位信号を用いた舌骨の運動推定
3. 学会等名 日本顎口腔機能学会第64回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木誠
2. 発表標題 嚙下機能解析における多チャンネル表面筋電図の新たな可能性
3. 学会等名 第44回日本嚙下医学会総会ならびに学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木誠
2. 発表標題 機械学習を応用した咀嚼・嚙下運動のEMG評価法の開発とその臨床応用 工学サイドから
3. 学会等名 第25回日本摂食嚙下リハビリテーション学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大村由莉香, 佐々木誠, 中居志紀也, 鈴木雅大, 平間計徹, 玉田泰嗣, 蒔田梨奈
2. 発表標題 多チャンネル咽喉マイクを用いた嚙下パターン分類
3. 学会等名 第25回日本摂食嚙下リハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿部貢己, 佐々木誠, 阿部信之, 佐藤義朝
2. 発表標題 3次元舌力測定装置を用いた舌機能の評価
3. 学会等名 第25回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鎌田勝裕, 佐々木誠
2. 発表標題 嚥下機能評価のための多チャンネル表面筋電位計測システムの開発
3. 学会等名 日本機械学会2019年度年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Suzuki, Makoto Sasaki, Katsuhiko Kamata, Atsushi Nakayama, Isamu Shibamoto, Yasushi Tamada
2. 発表標題 Swallowing pattern classification method using multichannel surface EMG signals of suprahyoid and infrahyoid muscles
3. 学会等名 日本生体医工学会生体医工学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大村由莉香, 佐々木誠, 中居志紀也, 鈴木雅大, 平間計徹, 中山淳, 玉田泰嗣, 蒔田梨奈
2. 発表標題 舌骨上筋群のsEMG信号と嚥下音の多点同時計測による嚥下パターン分類
3. 学会等名 LIFE2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木誠, 伊藤駿平, 中山淳
2. 発表標題 深層学習を用いた前頸部表面筋電位信号に基づく舌尖カベクトルの推定
3. 学会等名 第46回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Isamu Shibamoto, Makoto Sasaki, Atsushi Nakayama, Katuhiro Kamata, Atsunobu Sato
2. 発表標題 Suprahyoid Muscle Activation Pattern During Solid & Liquid Bolus Swallow Using Multi-channel Submental Surface EMG
3. 学会等名 American Speech-Language-Hearing Association Convention 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木誠, 佐々木将瑛, 鎌田勝裕, 中山淳, 柴本勇, 阿部信之, 佐藤義朝, 大井清文
2. 発表標題 新しい舌機能評価・訓練を目的とした3次元舌力測定器の開発
3. 学会等名 第19回日本言語聴覚学会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿部信之, 外下育美, 後藤理佳子, 渡部小麦, 高橋志帆, 佐藤義朝, 大井清文, 佐々木将瑛, 佐々木誠
2. 発表標題 3次元舌力測定器を用いたバイオフィードバック訓練のための基礎検討
3. 学会等名 第19回日本言語聴覚学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤義朝, 大井清文, 阿部信之, 佐々木将瑛, 鎌田勝裕, 佐々木誠, 中山淳
2. 発表標題 3次元舌力測定器を利用した、視神経脊髄炎の嚥下障害に対する舌運動機能評価
3. 学会等名 第9回日本ニューロリハビリテーション学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平間計徹, 佐々木誠, 中山淳, 大日方五郎
2. 発表標題 顎口腔機能評価を目的としたICAによる舌骨上筋群のsEMG信号の分離
3. 学会等名 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森隆志, 大内健史, 石河ゆかり, 影山康太, 佐藤晴香, 佐々木誠
2. 発表標題 多チャンネル表面筋電位同時計測システムを用いた前顎部のEMG信号の測定及び嚥下条件の違いによる差異
3. 学会等名 第24回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木雅大, 佐々木誠, 玉田泰嗣, 中山淳
2. 発表標題 多チャンネル表面筋電図の画像認識による嚥下パターン解析
3. 学会等名 日本顎口腔機能学会第61回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木誠
2. 発表標題 飲み込みを科学する ～嚥下機能計の開発～
3. 学会等名 ヘルステック・デバイス・フォーラム2021（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横浜裕太, 佐々木誠, 村上千晃, 劉宇曦, 高橋陽助, 玉田泰嗣
2. 発表標題 量み込みニューラルネットワークとカーネル主成分分析を用いた嚥下機能評価法の開発
3. 学会等名 LIFE2020-2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木誠
2. 発表標題 多チャンネル表面筋電図を用いたAIベースの嚥下機能解析
3. 学会等名 第26・27回合同学術大会日本摂食嚥下リハビリテーション学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木誠
2. 発表標題 表面筋電と工学技術との融合～基礎から先端技術まで～
3. 学会等名 第1回表面筋電リハビリテーション研究会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計7件

産業財産権の名称 舌機能評価装置，舌機能訓練装置，舌機能評価方法及び舌機能訓練方法	発明者 佐々木誠	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-123571	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 時系列データ予測を用いた嚙下機能評価・訓練方法及びそのシステム	発明者 佐々木誠，劉宇曦	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-131221	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 嚙下パターン画像の類似度を用いた嚙下機能評価方法及びそのシステム	発明者 佐々木誠，鈴木雅大	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-146438	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 耳周辺装着具	発明者 佐々木誠，米田直輝	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-154659	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 摂食嚙下機能評価方法及び摂食嚙下機能評価システム	発明者 佐々木誠，村上千晃	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-042502	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 嚙下機能評価法及び嚙下機能評価装置	発明者 佐々木誠，鈴木雅大，中居志紀也	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-105082	出願年 2018年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 舌接触器具	発明者 佐々木誠，佐々木将瑛	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-156980	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	玉田 泰嗣 (Tamada Yasushi) (50633145)	長崎大学・病院(歯学系)・助教 (17301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	柴本 勇 (Shibamoto Isamu) (30458418)	聖隷クリストファー大学・リハビリテーション学部・教授 (33804)	
研究分担者	中山 淳 (Atsushi Nakayama) (70270212)	一関工業高等専門学校・その他部局等・教授 (51201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関