

令和 4 年 6 月 18 日現在

機関番号：35408

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12828

研究課題名（和文）咬合に伴う外耳道の形状変化に基づく次世代イヤホン型咬合力計測装置

研究課題名（英文）Earphone-Type Occlusal Force Estimation Device Development

研究代表者

谷口 和弘（Taniguchi, Kazuhiro）

安田女子大学・家政学部・教授

研究者番号：30448047

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：我々は、光学式空間計測技術により外耳道の形状変化を計測可能なイヤホン型センサを開発した。このイヤホン型センサを使用し、咬合力を計測するための技術開発を行っている。本研究では「外耳道の動き（イヤホン型センサの計測値）」と「咬合力」の同時計測を行うことができる装置を開発した。その装置を用いて5名の被験者の「外耳道の動き」と「咬合力」を同時計測した結果、すべての被験者において「外耳道の動き」と「咬合力」の間に、相関係数0.94以上の強い相関関係が確認された。この結果は、イヤホン型センサを用いて咬合力計測が行えることを示唆するものである。この研究成果をイヤホン型咬合力計測装置の開発につなげていきたい。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の咬合力計測装置は、口の中に圧力センサを入れて行うものや顎や頬に電極を張り付け筋電位を計測しその値から咬合力を推定するものであった。前者は口の中にセンサを入れるため食事時の計測が不可能であり、後者は機器の取り扱いに専門知識が必要であり、さらに咀嚼筋や頬の動きを電極が拘束している。我々の研究成果は、従来研究とは異なり特別な専門知識を持たない一般のユーザ自身が簡便な装置を用いて食事時の咬合・咀嚼のモニタリングができる装置の開発につながる。

研究成果の概要（英文）：We intend to develop earphone-type wearable devices to measure occlusal force by measuring ear canal movement using an ear sensor that we developed. The proposed device can measure occlusal force during eating. In this work, we simultaneously measured the ear canal movement (ear sensor value), the surface electromyography (EMG) of the masseter muscle and the occlusal force six times from five subjects as a basic study toward occlusal force meter development. Using the results, we investigated the correlation coefficient between the ear sensor value and the occlusal force, and the partial correlation coefficient between ear sensor values. Additionally, we investigated the average of the partial correlation coefficient and the absolute value of the average for each subject. The absolute value results indicated strong correlation, with correlation coefficients exceeding 0.94 for all subjects.

研究分野：ウェアラブル機器

キーワード：咬合力計測 イヤホン型センサ 外耳道 光学式計測

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

年々、高齢者層が増加するなか、咬合力・咀嚼回数のモニタリング技術の開発の重要性が増している。高齢者の咀嚼能力が健康余命の延長に深く関与することが報告されており、また高齢者の咀嚼能力が身体のみならず精神活動、さらには生活機能にまで広く関わることで疫学調査において報告されている。近年は、咀嚼能力を高めることが認知症予防やダイエットにつながることで研究により明らかになりつつある。

咀嚼能力は、咀嚼回数や咬合力で評価されている。ロッセ・リズムカム¹など咀嚼回数を計測する装置の研究開発は年々進んでいる。一方、咬合力計測装置には、ここ20年程度ブレークスルーがない。従来の咬合力計測装置は、口の中に圧力センサを入れて行うものや顎や頬に電極を張り付け筋電位を計測しその値から咬合力を推定するものであった。前者は口の中にセンサを入れるため食事中の計測が不可能であり、後者は機器の取り扱いに専門知識が必要であり、さらに咀嚼筋や頬の動きを電極が拘束している。

2. 研究の目的

本研究は、咬合力と外耳道の形状変化との関係を科学的に解明し、耳にイヤホン型センサを着けるだけで、口の中にセンサを入れたり、顎にセンサを付けたりしなくても、咬合力が衛生的かつ簡便に計測できるイヤホン型咬合力計測装置の開発を目指すものである。

3. 研究の方法

- (1) 「咬合力」と「外耳道の動き」を同時計測できる実験装置の開発とその実験結果を用いて外耳道の動きから咬合力を推定する手法の開発を行う。
- (2) 咬合力の推定精度の向上を目指し推定手法の改良を繰り返し行う。改良手法には、例えば、イヤホン型センサを左右に装着し、その左右の測定値をカルマンフィルタにより統合し、推定精度を向上させる方法などがある。
- (3) 上記3(1)と(2)の研究で得られた知見を用いて、外耳道の動きの計測結果のみで咬合力の推定が可能な「イヤホン型咬合力計測装置」の試作を行う。

4. 研究成果

- (1) 「咬合力」と「外耳道の動き」を同時計測できる専用の実験装置を開発した(図1)。この実験装置は、咬合センサとイヤホン型センサのそれぞれで計測したアナログ信号をサンプリング周波数10Hz、分解能12bitsのAnalog Digital(AD)変換器でデジタル信号に変換し、それらデジタル信号と計測時刻とを対応付けて記憶装置に記録することができる。ここで咬合センサには、GM-10(長野計器)を用いた。イヤホン型センサは、インナー型イヤホンの形状をしており、内部に光センサ QRE1113 (Fairchild Semiconductor International) を取り付け付けた。光センサには赤外線 Light Emitting Diode(LED)とフォトトランジスタが内蔵されており、外耳道内にLEDで赤外光を照射し、外耳道内での反射光をフォトトランジスタで受けることで、噛みしめ時の外耳道の動きを計測した。

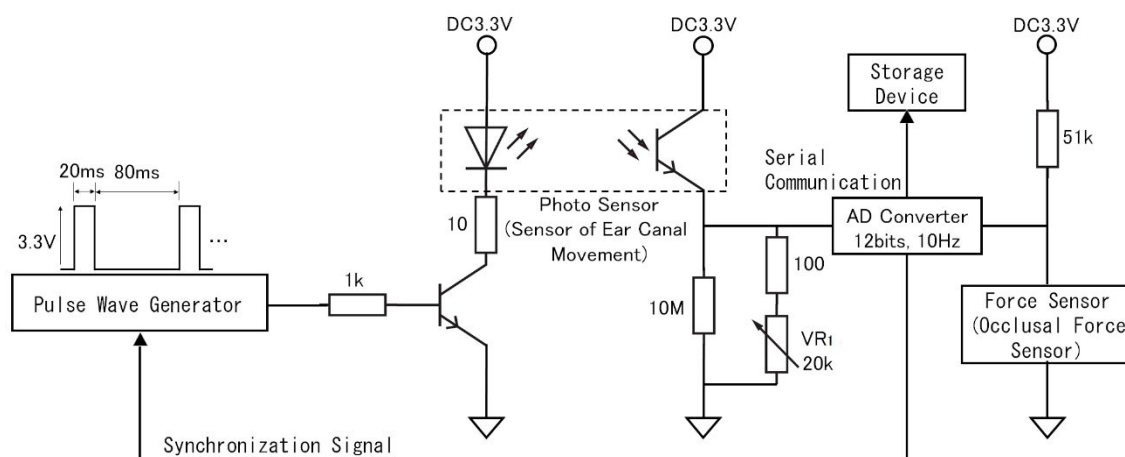


図1: 「咬合力」と「外耳道の動き」を同時計測できる実験装置

(2) 上記4(1)で開発した実験装置を用いて、5名の被験者から「外耳道の動き(独自に開発したイヤホン型センサを用いて計測した値)」と「咬筋の表面筋電位」、そして「咬合力(GM-10、長野計器)」の同時計測を1被験者あたり6回行った。その結果からイヤホン型センサ値と咬合力のピアソンの積率相関係数と、EMGの影響を取り除いたイヤホン型センサ値と咬合力の偏相関係数を求めた。また被験者ごとに相関係数および偏相関係数の6回分の平均値を求め、さらにそれらの平均値の絶対値を求めた。絶対値の結果からすべての被験者において相関係数は0.94以上であり強い相関関係が確認された。また、偏相関係数が一番低かった被験者は0.46であり、一番大きかった被験者は0.83であった。こちらでも相関関係が確認された。次に被験者ごとに計測した6回分のデータを用いて単回帰分析することで咬合力の推定を行った。この推定手法(提案手法)を交差検証法により評価した結果、5名の被験者の推定値と実測値を比較した二乗平均平方根誤差は0.034から0.097の値となった。これらの結果は、イヤホン型センサを用いて咬合力計測ができることを示唆するものである。

(3) 咬合力の推定精度の向上を目指して下記の と の研究に取り組んだ。

推定手法の改良

イヤホン型センサの改良

上記4(3) および を行った結果、耳道の動きの計測結果のみで咬合力の推定が可能となるほどの精度の向上には至らなかった(外耳道の動きの計測結果のみで咬合力の推定が可能な「イヤホン型咬合力計測装置」の開発には至らなかった)。しかし、まだ改良の余地があるため、今後も継続して研究を行い推定精度の向上を目指す。

(4) 研究計画を超えた発展的な研究として下記の から の成果が得られた。

上記4(1)で開発した実験装置を用いて、噛みしめを計測し、それをトリガ信号として、把持動作を再現させる機能的電気刺激(Functional Electrical Stimulation、FES)システムの開発に成功した。このFESシステムを用いて、「中指の中手指節(metacarpal phalangeal、MP)関節における最大随意収縮時の筋活動と噛みしめ動作の間に何らかの関係性がある」という仮説を立て検証実験を行った。その結果、噛みしめ有りの場合の筋活動と指先力が噛みしめ無しの場合と比較すると有意に差があることが示された。このことから把持動作と噛みしめ動作の間に生体的な関係性が示唆された。

上記4(3)の「イヤホン型センサの改良」の研究を進めるなかで「嚙下計測」の可能性についても検討を行うことができた。今後はイヤホン型センサを用いた嚙下計測についても研究を進めていく。

イヤホン型センサの研究成果を生かすことで、新たにマスク型のセンサを開発した。このセンサは、不織布マスクに導電糸が配線されたものである。マスクを装着した人の表情変化に合わせて、導電糸の抵抗値が変化する。その抵抗値の変化と表情変化の対応を機械学習することで表情推定を行うものである。この研究成果は、下記、2件の報道に取り上げられた。

<報道発表>

- ・"マスクの伸縮から識別した表情をスイッチ代わりに外部機器を操作." NONWOVENS REVIEW, 2022 Mar; 32(4):16-20.
- ・"阪大、マスクの伸縮から表情推定 手使わず機器操作." 日刊工業新聞, 2021年9月29日朝刊35面.

<引用文献>

1. ロッテリズムカム(2022年6月13日アクセス):
<https://kamukoto.jp/rhythmi-kamu/>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Mami Kurosawa, Kazuhiro Taniguchi, Hideya Momose, Masao Sakaguchi, Masayoshi Kamijo, Atsushi Nishikawa	4. 巻 19(15)
2. 論文標題 Simultaneous Measurement of Ear Canal Movement, Electromyography of the Masseter Muscle and Occlusal Force for Earphone-Type Occlusal Force Estimation Device Development	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 3441-3457
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s19153441	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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 黒澤真美, 谷口和弘, 百瀬英哉, 坂口正雄, 上條正義, 西川敦
2. 発表標題 イヤホン型咬合力推定装置開発のための外耳道の動きと咬筋電位ならびに咬合力の同時計測とその分析
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大野正太郎, 松居和寛, 谷口和弘, 厚海慶太, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 機能的電気刺激における噛み締め動作を利用した制御入力機器の提案
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大野正太郎, 松居和寛, 谷口和弘, 厚海慶太, 永井美和, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 噛みしめ動作をインタフェースに用いた機能的電気刺激によるヒト手指関節制御の検討
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口慶太郎, 奥山和輝, 松居和寛, 厚海慶太, 平井宏明, 西川敦, 谷口和弘
2. 発表標題 マスクの伸縮を利用した表情識別システムの開発 - マスクに装着するひずみセンサの比較実験 -
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 奥山和輝, 山口慶太郎, 厚海慶太, 松居和寛, 平井宏明, 西川敦, 谷口和弘
2. 発表標題 マスクの伸縮と導電糸を用いた表情識別システムの開発
3. 学会等名 第39回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口慶太郎, 奥山和輝, 松居和寛, 厚海慶太, 平井宏明, 西川敦, 谷口和弘
2. 発表標題 マスクの伸縮を利用した表情識別システムの開発
3. 学会等名 第60回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p><報道発表> "マスクの伸縮から識別した表情をスイッチ代わりに外部機器を操作." NONWOVENS REVIEW, 2022 Mar; 32(4):16-20. "阪大、マスクの伸縮から表情推定 手使わず機器操作." 日刊工業新聞, 2021年9月29日朝刊35面.</p>

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	西川 敦 (Nishikawa Atsushi) (20283731)	大阪大学・基礎工学研究科・教授 (14401)	

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