

令和 4 年 6 月 5 日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K19091

研究課題名（和文）人工知能による機械学習を応用した咀嚼・嚥下運動の医療画像診断支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of diagnosis support system for mastication and swallowing function applying machine learning by artificial intelligence

研究代表者

逢坂 卓（Osaka, Suguru）

岡山大学・大学病院・医員

研究者番号：70823954

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、摂食時に撮影した動画から咀嚼・嚥下運動の評価を行うための撮影用アプリケーションの開発を行った。そして、撮影結果を用いて、運動評価の精度検証およびCNNを用いた学習を実施し、健常咀嚼と異常咀嚼を高い精度で識別できるプログラムを開発することに成功した。さらに、新型コロナウイルス感染症の影響で当初予定していた協力施設での対面の動画データ収集が難しかったため、介護職員や家族でも動画データ収集が可能なアプリケーションに改良し、現在、教師データの蓄積と人工知能学習を継続中である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

認知症や脳血管疾患等で生じる運動障害性咀嚼障害は、一般的な咀嚼・嚥下機能検査での診断が難しく、介護現場で広く使用できるスクリーニングツールもない。今回、我々が開発した咀嚼・嚥下運動評価プログラムを活用すれば、医師・歯科医師が常駐していない老人介護施設や病院、在宅環境でも、運動障害性咀嚼障害や摂食嚥下障害のスクリーニング診断が実装できる可能性がある。さらに、将来的に遠隔医療支援システム等を介してその結果の妥当性を常に専門医がチェックできる体制が構築できれば、国民の健康向上に資する新たな医療システムを創造できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This research developed the application program which evaluate patients' chewing and swallowing ability from the videos during their food intake. We performed machine learning using CNN and achieved to discriminate the healthy chewing and abnormal chewing. Further, the application program was modified to whose data collection could be performed even by patients' family or long-term care workers, because face-to-face video data collection was difficult due to the COVID-19 situation.

研究分野：高齢者の疫学研究

キーワード：咀嚼障害 人工知能 嚥下障害 咀嚼運動

## 1. 研究開始当初の背景

近年、咀嚼嚥下機能を、前歯部から臼歯部までの移送、食物の咀嚼及び唾液との混和、咀嚼した食物の咽頭への移送、咽頭での蓄積および嚥下の4ステージに分けるプロセスモデルが提唱されている(Matsuo K, 2009)。運動障害性咀嚼障害は、主としてこの およびのステージが障害される病態と捉えることができる。これまで咀嚼機能評価として、三次元的歯科用下顎運動記録測定やグミゼリー咀嚼時のグルコース溶出量測定法などが保険導入されてきた。しかし、これらの評価方法は専用の医療機器が必要なおよび、認知機能や摂食嚥下機能が低下している者では測定が困難な場合が多く、介護現場で簡便に咀嚼運動を測定できる方法はないのが現状である。また、運動障害性咀嚼障害の診断基準自体も十分確立されていないため、習熟した摂食嚥下リハビリテーション専門医でなければ診断が難しいことがある。

一方で、最近では情報通信技術と人工知能(AI)技術の活用により、画像処理や機械学習などの技術を用いて医師を助け、診断精度の向上に資することが可能となりつつある。2017年には、乳房超音波検査の動画像とAIを用いた診断支援技術により、専門医の診断と同レベルの乳がん診断が可能となり(Ehteshamu BB, 2017)、AIを用いた統合的な診断支援システムの開発も活発化している。そこで、これらの技術を応用し、咀嚼嚥下プロセスモデルの とに加えて、 やも含めて、専門医が外部評価を行うレベル(スクリーニング検査レベル)で、AIがプロセスモデルに沿って診断できれば、医師・歯科医師が常駐していない老人介護施設でも、運動障害性咀嚼障害や摂食嚥下障害のスクリーニング診断が実施でき、遠隔医療支援システムを介してその結果の妥当性を常に専門医がチェックできる体制が構築できることになる。しかし、現在のところ、AIを用いて咀嚼嚥下プロセスモデルに沿った妥当性高い診断が可能となったという報告はない。

そこで、咀嚼運動を撮影した動画から評価できる「運動障害性咀嚼機能評価プロトコール」の構築を試みるとともに、その診断結果が十分な信頼性・妥当性を有するかどうか、また、その診断プロトコールにAIによる画像診断技術を応用し、運動障害性咀嚼障害や嚥下障害の診断が可能かどうかを学術的な問いとした。

## 2. 研究の目的

本申請研究では、咀嚼運動を撮影した動画から評価できる「運動障害性咀嚼機能評価プロトコール」の構築を試みるとともに、その診断結果が十分な信頼性・妥当性を有するかどうかを、臼歯部移送試験や専門医の診断等と比較して評価する。また、その動画診断プロトコールにAIによる画像診断技術を応用し、AIによる運動障害性咀嚼障害や嚥下障害の診断が可能かどうかを確認することを目的とした。

## 3. 研究の方法

研究開始前に倫理審査委員会の承認を得た。研究参加に同意した両側臼歯部に咬合支持のある健常者4名を対象に、試験食摂取時の動画撮影を行い、画像から顔面の運動を測定するアプ

リケーションを開発した。初期アプリケーションでは撮影角度、髪型、メガネの有無などにより運動データに誤差が生じたため、画像からの顔面座標の読み取り方法、座標データの収集位置を調整し、アプリケーションの改良を行った。

次に、アプリケーションの精度を検証するため、試験食摂取時の動画撮影（新規動画）と臼歯部移送試験・グミゼリー咀嚼時のグルコース溶出量測定法を実施した。さらに、咀嚼・嚥下機能の専門家が実際に被験者の摂食に立会い、運動障害性咀嚼障害か否か、また運動障害性咀嚼障害の場合は、どの運動に問題があるかを診断し、動画から測定した運動機能評価と、専門家が評価した結果の一致度を確認した。

そして、高齢患者に対して、試験食品を一定回数咀嚼させ、同時に動画撮影を行い、運動障害性咀嚼障害の機能評価を行った。また、診療録から全身疾患、身体機能、認知機能、日常生活動作、栄養状態、食形態、摂取食品、摂取カロリー、歯式、義歯の使用状況、咬合支持等の口腔データを抽出した。また、口腔機能検査として、臼歯部移送試験、舌圧測定、オーラルディアドコキネシスを実施した。収集した教師データは、随時積み込みニューラルネットワークを用いた学習にかけ、撮影データは随時学習させた。

#### 4. 研究成果

本研究では、摂食時に撮影した動画から咀嚼・嚥下運動の評価を行うための撮影用アプリケーションの開発を行った。そして、運動評価の精度検証および人工知能学習を実施した。

撮影した動画から、開発したアプリケーションにおける運動データの収集方法および解析方法の検証を行い、最適な撮影角度や嚥下運動を評価するための座標およびマーカーの設定位置の修正を行った。そして、それらの情報を撮影用アプリケーションに反映させた結果、本アプリケーションが正常咀嚼と模擬異常咀嚼を精度高く識別できることを確認した（AUC0.77）。

次に、教師データの収集を開始するべく、データ収集用サーバーを構築し、アプリケーションで収集した座標データを送信した場合のサーバー負荷検証および通信速度検証を行った。その結果、全座標を収集するとサーバー負荷が過剰となったため、動画撮影時に即時収集する座標を絞ることとした。そして、両側第二小臼歯部まで連続した咬合支持を有する健常者を対象とし、摂食時の動画データを収集し、収集データの欠測や異常不可などが発生せず、データ収集動作に問題がないことを確認した。

そこで、アプリケーションを用いた教師データ収集を実行しようとしたが、新型コロナウイルス感染症の影響で当初予定していた共同施設等での対面の動画データの収集が困難であった。そのため、介護職員や家族でも動画データ収集が可能なアプリケーションに改良し、動作検証で問題ないことを確認した。また、高齢者82名（平均年齢77.6歳、男/女：31/51名）から同意を取得し、アプリケーションを用いた撮影を行い、随時学習を継続している。

新型コロナウイルス感染症の影響で当初予定していたスピードで教師データを集めることは難しかったが、評価に必要なアプリケーションの開発、多量のデータを遠隔で収集するサーバー環境の構築を行うことができ、人工知能学習を開始することができた。今後も継続して教師データを蓄積し、AIによる運動障害性咀嚼障害や嚥下障害の診断が可能かどうかを確認する予定である。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Tokumoto Kana, Kimura-Ono Aya, Mino Takuya, Osaka Suguru, Numoto Ken, Koyama Eri, Kurosaki Yoko, Nakagawa Shinsuke, Amano Yuki, Nguyen Ha Thi Thu, Higuchi Takaharu, Nawachi Kumiko, Ono Mitsuaki, Kobayashi Yoshitomo, Yamamoto Michiyo, Maekawa Kenji, Kuboki Takuo	4. 巻 66
2. 論文標題 Risk factors for root caries annual incidence and progression among older people requiring nursing care: A one-year prospective cohort study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Prosthodontic Research	6. 最初と最後の頁 250 ~ 257
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2186/jpr.JPR_D_20_00272	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3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 沼本 賢, 大野 彩, 三野卓哉, 逢坂 卓, 黒崎陽子, 小山絵理, 中川晋助, 徳本佳奈, 樋口隆晴, 前川賢治, 窪木拓男
2. 発表標題 要介護高齢者の口腔形態要素を評価する歯列崩壊指数の考案と信頼性・妥当性の検討
3. 学会等名 公益社団法人日本補綴歯科学会第128回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徳本佳奈, 大野 彩, 三野卓哉, 逢坂 卓, 沼本 賢, 小山絵理, 黒崎陽子, 中川晋助, 天野友貴, 樋口隆晴, 小林芳友, 山本道代, 前川賢治, 窪木拓男
2. 発表標題 要介護高齢者の根面う蝕年間新規発生率および重症化リスクの検討
3. 学会等名 第30回一般社団法人日本老年歯科医学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徳本佳奈, 大野 彩, 三野卓哉, 逢坂 卓, 沼本 賢, 小山絵理, 黒崎陽子, 中川晋助, 天野友貴, 樋口隆晴, 縄稚久美子, 大野充昭, 山本道代, 前川賢治, 窪木拓男
2. 発表標題 要介護高齢者の根面う蝕発生および重症化リスク因子に関する前向きコホート研究
3. 学会等名 公益社団法人日本補綴歯科学会第129回学術大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
研究協力者	窪木 拓男 (Kuboki Takuo)		
研究協力者	大野 彩 (Ono Aya)		
研究協力者	大野 充昭 (Ono Mitsuaki)		
研究協力者	三野 卓哉 (Mino Takuya)		
研究協力者	小山 絵理 (Koyama Eri)		
研究協力者	徳本 佳奈 (Tokumoto Kana)		

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
---------	---------