

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究

研究期間：2022～2023

課題番号：22K18211

研究課題名（和文）診療中の映像に基づく歯科診療の手技アルゴリズムの推定

研究課題名（英文）Estimation of dental procedure algorithms based on video during treatment

研究代表者

岡 真太郎（OKA, Shintaro）

大阪大学・歯学部附属病院・特任助教（常勤）

研究者番号：30912232

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：歯科診療行為を自動的に映像で記録するシステムを作成し、約200症例のデータを蓄積した。このシステムで得られた診療映像のうち、歯科治療用器具を置くトレーを撮影した映像に対して、器具の物体検出を行い、用いた器具の時系列データを作成した。得られた時系列データをもとに診療内容[歯周処置・う蝕処置・根管治療・根管充填]の分類およびレセプト算定項目[歯周処置・歯周検査・う蝕処置・根管への処置・根管充填]の推定を行った。診療内容については畳み込みニューラルネットワークを用いることで精度が約75%、レセプト算定項目についてはサポートベクターマシンを用いることで根管充填以外のF1値が70%以上となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、歯科医学知識を有する歯科医師が表現する診療行為を映像で記録するシステムを構築した。得られた映像の一部を用いることで、診療内容やレセプト算定項目の推定ができる可能性が示された。すなわち本システムで記録した映像から様々な目的に応じて情報を取り出すことが可能であることから、事後評価や医療安全を目的としたフィードバックが可能な環境を構築したと言える。将来的に本システムによるデータが更に蓄積されれば、自動レセプトによる歯科医師の働き方改革だけでなく、医療安全の実現や従来の診療録ではできなかった医療情報の二次利用へとつなげることも可能であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：We developed a system that automatically records dental procedures on video and accumulated data for approximately 200 cases. For the videos obtained with this system, we performed object detection on the dental instruments placed on the tray used for dental treatment and created a time-series dataset of the used instruments. Based on the obtained time-series data, we classified the treatment content (periodontal treatment, caries treatment, root canal treatment, root canal filling) and estimated the dental insurance claim items (periodontal treatment, periodontal examination, caries treatment, root canal treatment, root canal filling). For treatment content, we achieved an accuracy of about 75% by using a convolutional neural network, and for the dental insurance claim items, we achieved F1 scores of over 70% for all items except root canal filling by using a support vector machine.

研究分野：歯学

キーワード：歯科治療 機械学習

1. 研究開始当初の背景

歯科診療は外科的な手技が多く、グローブを装着して処置を行うため、歯科診療録を作成するには衛生の観点からグローブを外す必要があり、処置中にリアルタイムで診療入力を行うことは難しい。そのためグローブを外した処置後に診療録をまとめて入力することが多いことから、記載漏れがしばしば発生している。診療録に欠落があると、その確認作業が必要となるだけでなく、医療事故の一因ともなる。このような危険性を減らすためには、何らかの方法で診療行為を自動で記録し、これらの記載漏れ等を補完する必要がある。また、医療における診療行為の解析は、おもに診療録に記載された内容が用いられるが、術者が自らの診療内容を要約した内容しか記載されていない診療録からは、得られる医学的成果にも制限があることが明らかになっている¹⁾。これらのことから、診療録が自動入力されれば、質的にも量的にも十分な診療録の構築ができ、臨床研究の際に求められる医療情報の二次利用の質の向上にもつながるであろう。このような診療録を構築するには、まず手技を自動的に系列情報として記録するシステムが必要と考えられた。

診療行為を系列情報として記録する方法として、映像で記録することが考えられる。しかし、単に映像で診療行為を記録するだけでは情報は豊富であるが、そのままでは再利用することが困難である。そのため、さまざまな目的に利用するためには映像を何らかの形式に情報変換する必要がある。そのために診療映像から必要な情報を取り出す方法を確立する必要があると考えられた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、歯科診療行為を自動的に映像で記録するシステムを構築し、得られた映像を元に診療に関する情報を出力する手法を確立することである。

3. 研究の方法

本研究においてはまず歯科診療中の映像を自動で記録するシステムの構築を行った。大阪大学大学院歯学研究科・歯学部及び歯学部附属病院倫理審査委員会承認(R3-E29)に基づき、大阪大学歯学部附属病院特別診療室に設置した歯科診療チェアユニットに、歯科治療用器具を置くトレーを撮影するカメラを設置した。同意の得られた患者の診療中に、チェアユニットを操作して診療ポジションへ移行すると撮影を開始し、診療終了ポジションへ移行すると撮影が終了するシステムを作成した。

本システムを用いて、約 200 症例の映像を記録した。トレー上の映像に対して、24 種類の歯科治療用器具等を検出する画像認識システム²⁾を用いて、検出物体とその個数からなる時系列データへと変換した。また、全症例のレセプト入力データの精査を行った。集計した算定項目から頻度の高いものを表 1 に示す分類方法で、[歯周処置(76 件)・歯周検査(74 件)・う蝕処置(55 件)・根管への処置(36 件)・根管充填(10 件)]の 5 項目に集約し、これらの項目を含まない症例(抜歯や経過観察など)を除外したところ 158 症例となった。またこれらの症例を診療内容に応じて[歯周処置(73 例)・う蝕処置(38 例)・根管治療(36 例)・根管充填(11 例)]の 4 つに分類した。

表 1: 推定対象としたレセプト項目

歯周処置	歯周検査	う蝕処置	根管への処置	根管充填
スケーリング	歯周基本検査	う蝕歯即時充填形成	麻酔抜髄	根管充填
機械的歯面清掃処置		KP	感染根管処置	
歯周病重症化予防治療		う蝕処置	根管貼薬処置	
歯周病安定期治療		間接覆髄処置		

(1) 診療内容の推定

トレー上の器具検出個数の時系列データを入力として、診療内容を出力とする分類器を、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いて作成した。これは縦軸が 24 種類の物体の種類、横軸が時間、内部の値がその時点におけるその器具の検出個数となる時系列データを一定間隔で区切り、区切ったデータ(セグメント)を画像に見立てて CNN で分類を行うものである。一つの診療のデータから複数のセグメントが抽出されるため、複数セグメントの分類結果から最多のものをその診療の診療内容と判定した。

また、トレー上の器具検出個数の時系列データの時間軸方向への総和を取ることで時間軸をなくし、各器具の総検出個数に基づく分類器も作成した。本分類器にはサポートベクターマシン(SVM)を用いた。

それぞれの分類器について、分類精度で評価した。

(2) レセプト項目の推定

トレー上の器具検出個数の時系列データを入力として、レセプト項目を出力とする分類器の作成を行った。診療内容の推定と異なり、この分類器は項目ごとに 0 もしくは 1 を出力する必

要があるため、項目ごとの分類器をそれぞれ作成した。診療内容の推定と同様に、時系列データをそのまま用いた場合と、時間軸をなくした場合とでそれぞれ推定を行った。時系列データを入力とする分類器を前述の CNN および ROCKET³ を用いて作成した。各器具の総検出数を入力とする分類器を SVM を用いて作成した。

診療内容推定と異なり、レセプト項目は疎なデータ(不均衡データ)であるため、単純な精度での評価は不適切である。そのためマシューズ相関係数および F1 値を用いて、その分類器の出力結果の妥当性について評価した。

4. 研究成果

(1) 診療内容の推定

CNN および SVM を用いた診療内容の推定精度はそれぞれ、74.1%と 70.3%となった。時間軸を持たないデータと比較して時系列データはバリエーションが多く、分類の難易度は上がると考えられるが、本結果においては時系列データを用いることで推定精度が向上することが明らかとなった。これは、一つの診療時系列データから複数のセグメントを作成したことにより、学習用データを増加させることができたためと考えられる。また診療中の器具を置くトレーの状況は、診療開始直後から終了にかけて変化はあるものの各診療内容ごとに特徴があるため、その特徴抽出に CNN がもつ汎用性を活用できたためと考えられる。

(2) レセプト項目の推定

CNN を用いたレセプト項目の推定を行ったところ、すべての項目を 0 と推定し、適切な学習が行えないことが判明した。これはレセプト項目が 1 のデータ数に対して 0 のデータが非常に多いという不均衡性によるものと考えられる。また、診療内容の推定では時系列データ全体にその診療内容の特徴があったのに対して、レセプト項目の推定においては時系列データの一部分にしかその特徴がないことも、複数セグメントから予測を行う CNN を用いた手法に合致しなかったと考えられる。

ROCKET および SVM を用いたレセプト項目の推定結果を表 2 に示す。マシューズ相関係数および F1 値いずれにおいても、算定頻度の高い項目(歯周処置・歯周検査)においては SVM と比較して ROCKET が高い値を示した一方で、それ以外の頻度の低い項目については SVM がよりよい結果となった。根管充填の項目の推定は ROCKET ではできず、SVM でも非常に低い結果となった。これは算定頻度が非常に少なく適切な学習ができなかったことが一因と考えられる。

表 2:ROCKET および SVM によるレセプト項目推定結果(マシューズ相関係数・F1 値)

マシューズ相関係数	歯周処置	歯周検査	う蝕処置	根管への処置	根管充填
ROCKET	0.784	0.746	0.555	0.532	0.000
SVM	0.697	0.685	0.582	0.662	0.220
F1値	歯周処置	歯周検査	う蝕処置	根管への処置	根管充填
ROCKET	0.887	0.867	0.583	0.639	0.000
SVM	0.846	0.837	0.727	0.740	0.250

本研究では医療安全や医療情報の二次利用の質の向上を実現するために、診療録の情報欠落の防止を目的として、診療を映像で記録するシステムの構築を行った。得られた映像から診療に関する情報を抽出可能か判断するために、診療内容およびレセプト項目の推定を行った結果、項目ごとに性能の差異はあるものの、推定可能であることが示された。本研究での結果はあくまで診療終了後におこなう診療内容やレセプト項目の記録という診療業務への適応であるため、真の意味での医療情報の二次利用は行えていない。しかし映像中には術者の手技のペースや、用いた器具の組み合わせという、診療録には記載されない情報が含まれていることから、レセプト以外のデータを組み合わせることで従来の診療録からでは行えない分析が将来的に可能であると考えられる。

歯科治療に関する人工知能を用いた多くの研究は、すでに蓄積されている 2 次元データ(レントゲン画像や口腔内写真)および 3 次元データ(コーンビーム CT や口腔内スキャナによるデータ)を対象としている。本研究では診療中の手技そのものを記録するという新しい取り組みであり、それによって得られたデータから診療内容などの有益な情報が出力できることを明らかにした点において意義があると考えている。またすでに蓄積されている 2 次元および 3 次元データにはリアルタイム性がないため、手技中の医療事故防止などに応用することは困難であるが、本研究で用いたシステムを用いて術者の動きも捉てリアルタイムでの処理を行えば、将来的に手技中の偶発的な医療事故も防止できる可能性があると考えている。

<引用文献>

- Martin-Sanchez, F. J., Aguiar-Pulido, V., Lopez-Campos, G. H., Peek, N., & Sacchi, L. (2017). Secondary Use and Analysis of Big Data Collected for Patient Care. Yearbook of Medical Informatics, 26(1), 28-37. <https://doi.org/10.15265/IY-2017-008>
- Oka, S., Nozaki, K., & Hayashi, M. (2023). An efficient annotation method for image

recognition of dental instruments. *Scientific Reports*, 13(1), 1-10.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-26372-y>

Dempster, A., Petitjean, F., & Webb, G. I. (2020). ROCKET: exceptionally fast and accurate time series classification using random convolutional kernels. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 34(5), 1454-1495. <https://doi.org/10.1007/s10618-020-00701-z>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Oka Shintaro, Nozaki Kazunori, Hayashi Mikako	4. 巻 13
2. 論文標題 An efficient annotation method for image recognition of dental instruments	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-022-26372-y	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 Nishimoto Shintaro, Oka Shintaro, Nozaki Kazunori	4. 巻 310
2. 論文標題 Accuracy Evaluation of an Estimation System for Dental Treatment Sites by Using Image Recognition	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Studies in Health Technology and Informatics	6. 最初と最後の頁 1418-1419
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3233/shti231223	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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 西本真太郎、岡真太郎、野崎一徳、北村温美、中島和江、林美加子
2. 発表標題 画像認識を用いた歯科治療部位の推定システムの構築
3. 学会等名 第42回医療情報学連合大会・第23回日本医療情報学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西本真太郎、岡真太郎、野崎一徳、北村温美、中島和江、林美加子
2. 発表標題 リアルタイム歯科治療部位自動判定システムの構築
3. 学会等名 第27回日本医療情報学会春季学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡真太郎
2. 発表標題 歯科診療一次データの蓄積と個人情報保護
3. 学会等名 第7回 ソーシャル・スマートデンタルホスピタル・シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2023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

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