一般口演

一般口演20
医療データ分析８（生体情報）

2018年11月25日(日) 09:00 〜 10:30 G会場 (5F 504+505)

[4-G-1-6] 機械学習を用いた器具使用順序に基づく歯科処置内容の推定

○岡 真太郎[1], 野崎 一徳[2], 林 美加子[1] （1.大阪大学大学院歯学研究科 口腔分子感染制御学講座(歯科保存学教室), 2.大阪大学歯学部附属病院 医療情報室）

歯科処置においては，一般的に処置内容に応じて適切な器具を用いる。さらに同じ器具を用いる場合でも、処置内容によって用いる順序が異なる。このことから，用いた器具とその順列からどのような処置が行われたのかを、歯科医師であれば推測することが可能である。そこで我々は歯科用器具の使用状況を撮影し、そこから用いられている器具を判別することで機械でも処置内容の推測が可能ではないかとの仮説を立てた。この仮説の実証を目的として、本研究では機械による処置内容推測の精度について評価を行った。試験的に3種の歯科用器具で歯科用器具の画像認識精度を評価したところ、平均して85.1%の精度で器具を機械が判別することがわかった。次に画像認識の対象とする歯科用器具を一般的な歯科処置に用いられるもの全てに増やし、その精度を評価した。この画像認識機械を、処置中に記録した歯科用器具の映像に対して用い、器具の検出を行った。その結果検出された器具の順列と、行われた処置内容とを組み合わせたものを時系列の教師データとして機械学習を行った。学習して得られた機械を用いて、新しい処置中の映像から推測される結果の精度について評価を行った。

©一般社団法人 日本医療情報学会

機械学習を用いた器具使用順序に基づく歯科処置内容の推定

岡真太郎[*1]、野﨑一徳[*2]、林美加子[*1]
*1 大阪大学大学院歯学研究科口腔分子感染制御学講座(歯科保存学教室)、
*2 大阪大学歯学部附属病院医療情報室

Probabilistic prediction of dental treatments based on pattern sequence of instruments used

Shintaro Oka[*1], Kazunori Nozaki[*2], Mikako Hayashi[*1]
*1 Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Osaka University Graduate School of Dentistry,
*2 Division for Medical Information, Osaka University Dental Hospital

In general dental clinic, dentists tend to treat many patients safely within a restricted time. However, the excessive efficiency of dental routine work may lead to occur medical incident. Thus, we need a realistic solution to keep safety and quality of dental routine work. In Society 5.0 age, general optimization in citizens centric by utilizing Bigdata, IoT and AI. Taking it into account for the trend found in general society, we try to develop a general dental AI which can be in charge of recognition of dental treatment and suggestion of optimal method based on statistical analyses. To achieve the development of the general dental AI (myDentalAI), at first, we need to gather as much as primary clinical sensing data such as video, sound and signal data. In our future dental treatment work, we aim at free from writing the medical records and incidents by myDentaAI. For the first step of developing myDentalAI, we developed the object detection using deep learning, (YOLOv3) with small IoT camera device, which stored very large data via wireless network. Stored very large data was analyzed by YOLOv3 which recognized several dental instruments at very high accuracy, which enables to record dental treatment contexts for each patient. The dental treatment context can be used to estimate the variety of treatment contents, which represented the possibility of learning the dental treatment sequences by a machine.

Keywords: Dentistry, Machine Learning, Medical Records

1. 緒論

一般歯科診療においては短時間で多くの患者の処置を安全に行うことが求められているが、診療後のカルテ入力に要する時間が問題の一つとなっている。外科手術時の術野への器具の取り残し防止の観点から、手術室内の器具管理自動化[1)]が注目されている。一方、一般歯科診療においては器具取り残しのリスクよりはむしろ、診療入力の自動化や医療安全上の異常検知が重要視されている。このような自動化技術の社会への導入は、自動車工業界等では活発化しており、技術的なハードルは下がりつつある。しかし、現在の医療情報システムでは診療中の1次情報（治療時のリアルタイムセンシングデータ等）の蓄積とその利用は行われておらず、さらに蓄積する大量のデータへの対応は困難を極める状況である。このような状況を打破するため、最小規模で臨床1次情報を収集し、その情報処理によって上記の自動化の実現可能性を明らかにする必要がある。

2. 目的

歯科治療は基本的に外科的処置であり、内科的処置は消炎などに限られ頻度は低い。すなわち治療に際しては様々な器具を処置の目的に応じて適切に使い分け治療を行う。以上のことから殆どの治療は用いる器具の種類やタイミングから処置内容を類推することが可能であると考えられる。すなわち、処置内容の推定が実現できれば、目標である、診療入力の自動化と異常検知が実現可能であると考えられる。

そこで本実験では第1段階として、トレー上に置かれた器具の種類、数の変化を記録するモニタリング基盤構築を行い、さらに歯科用器具を置くトレーの映像データから歯科用器具の画像認識を行うことによる診療内容の推定が実現可能かを明らかにする。

3. 方法

前項で述べた目的を達成するため、以下の方法で実験を行った。

3.1 器具の画像認識

代表的な 3 種類の器具、デンタルミラー・ピンセット・エキスプローラーについて画像認識を試み、精度を確かめた。デンタルミラーは口腔内の視診や頬粘膜の圧排に、ピンセットは小さな材料の把持に、エキスプローラーは歯質の触診に用いられる。これらはどの処置においても必ず用いられる歯科用器具である。

器具をバット（紙トレー）上に1から3種類を置き、その様子を直上からカメラ（iPhone7、Apple）で撮影した。これらの画像（4032×3024、RGB8bit）上で、それぞれの器具の特徴的な部分、すなわちその部分が隠されるとどの器具か人でも判別できなくなる部分をバウンディングボックスで囲んだ。そして画像・バウンディングボックスの座標情報・器具ラベルを組み合わせた情報を訓練データセットとして用いた。（図 1）

訓練データの画像枚数については、1 種類の器具のみがバット上にある画像を各 30 枚、2 種類の器具がバット上で重なっている画像を各 20 枚、3 種類の器具がバット上で重なっている画像 60 枚とし、計 210 枚とした。

器具の画像認識には Single Shot 系の一般物体検出アルゴリズムである Single Shot MultiBox Detector (SSD)[2)]と YOLOv3[3)]とを用い、精度比較を行った。

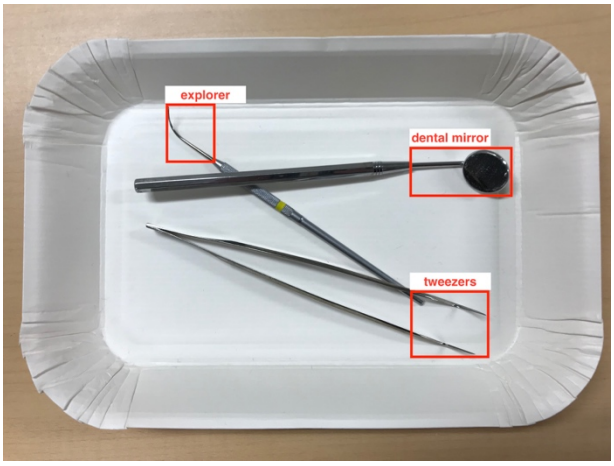

図 1　訓練データセットの例

3 種類の器具がバット上にあり、それぞれの器具の特徴的な部分をバウンディングボックスで囲んでいる。

3. 2 臨床における録画と器具の画像認識

実臨床において処置内容を推定するために、画像認識の対象とする器具を 22 種類に増やした。これは大阪大学歯学部附属病院保存科において行われる処置である、修復処置・根管処置・歯周処置で用いられる器具である。これらも同様に 3 種類もしくは 4 種類ごとに器具を撮影し、訓練データセットを作成し、機械学習を行った。

臨床におけるバット上の器具を撮影するにあたり、カメラを安定して診療台に固定する必要がある。そこでデジカメ撮影スタンド（ハクバ写真産業、東京）を用いた。このスタンドのサイズは一般的な歯科治療用チェアの診療台とほぼ同じ大きさであるため、診療台への安定した設置が可能である。フルハイビジョンかつ 30fps での撮影を行うため、このスタンド上に Raspberry Pi 3 Model B と専用のカメラモジュール（CSI Cable Camera Board、中国広東省）を固定し、診療台およびバットの様子を録画することとした。録画のために一般的なビデオカメラではなく、Raspberry Pi を用いた理由としては、将来的に各歯科診療チェアの映像データをスーパーコンピュータに転送し、リアルタイムでの処理を行うことを目指しているためである。そのため Raspberry Pi の操作はノートパソコンを用いてワイヤレスで行った。

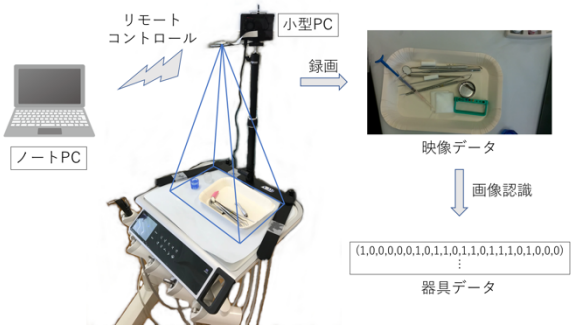

図 2　臨床での録画システム

歯科用チェアの診察台に小型 PC(Raspberry Pi とカメラユニット)を固定し、それらの操作はリモートで行う。得られた映像に対して画像認識を行い、存在する器具データを取り出す。器具データは 22 種類の器具それぞれの有無を 0 1 で表す。

また記録されるデータに患者の個人情報は含まれないが、実患者に対する処置中に録画を行うため、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（H29-E23-1）の承認を受け、患者への説明と同意を得た上で上記の録画システムで録画を行った。

3. 3 歯科治療内容の画像化

歯科治療中のバット上の歯科用器具の経時的な画像認識結果は、各フレームごとに検出された器具の種類と位置がテキストファイルとして出力される。そのテキストファイルの画像化を行い、縦軸を器具の種類、横軸を時間経過とするモノクロ画像を作成した。

4. 結果

結果はそれぞれ以下のようになった。

4. 1 器具の画像認識

3 種類の器具の検出結果については以下のようになった。

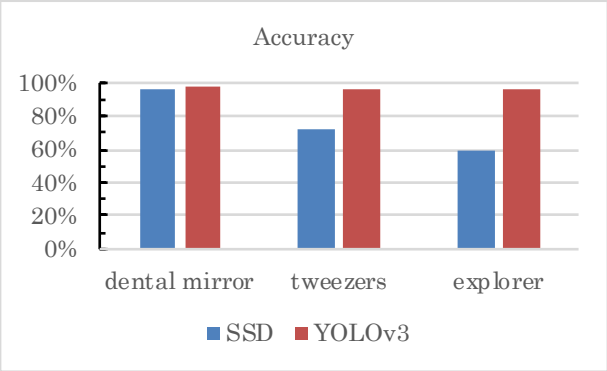

図 3　SSD と YOLOv3との検出精度の比較

SSD では特に細く小さな器具(エキスプローラ)の検出精度が YOLOv3 と比較し大幅に下がることが判明した。

SSD においては小さい器具ほど検出精度が下がり、最も小さい器具であるエキスプローラの検出精度は 60.0%となった。一方 YOLOv3はいずれの器具でもほぼ偏りなく高い検出精度であり、エキスプローラでも検出精度は 98.1%となった。

4. 2 臨床における録画と器具の画像認識

実臨床において前述のシステムにより確実な録画を行うことができた。また、そのときに設置した録画システムにより診療中もしくはその前後に術者の動きや患者の自由度が規制されるなどの障害は発生しなかった。

4. 3 歯科治療内容の画像化

録画システムにより得られた映像の画像認識結果(器具データ)を画像化することにより、1 回の治療中のバット上の映像は縦 22 ピクセル、横約 7 万ピクセルの画像として表現された。その画像の凡例を示す(図 4)。

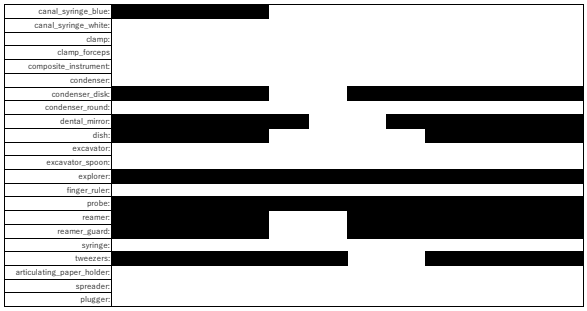

図 4 画像化された器具データの凡例

縦軸は器具の種類、横軸は時間経過を表す。検出される器具は黒色で表現される。

縦軸は上から順に 1:青色キャナルシリンジ、2:白色キャナルシリンジ、3:クランプ、4:クランプフォーセップス、5:レジン充填器、6:練成充填器(平)、7:練成充填器(角)、8:錬成充填器(丸)、9:デンタルミラー、10:ディッシュ、11:エキスカベーター、12:スプーンエキスカベーター、13:エキスプローラー、14:フィンガールーラー、15:プローベ、16:ファイル、17:ファイルガード、18:注射筒、19:ピンセット、20:咬合紙ホルダー、21:スプレッダー、22:プラガー、となっている。

画像化した器具データ上に、処置内容に合わせて着色した例を図に示す(図 5)。図においては便宜的に横軸方向を1000 ピクセルに圧縮した上で分割して 5 段に分けている。

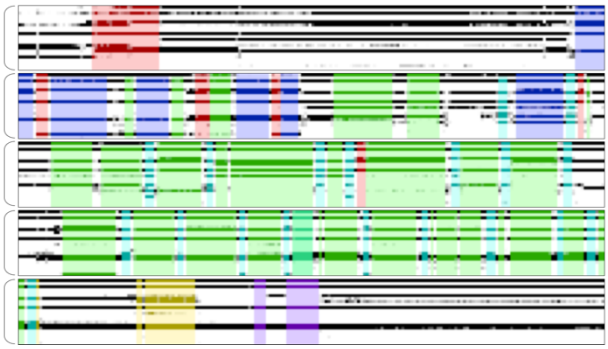

図 5 治療内容の画像化の例

縦軸は 22 種類の器具、横軸は時間経過を表す。

着色は、赤色:診査、青色:切削、緑色:ファイリング、水色:根管洗浄、黄色:乾燥、紫色:仮封、とした。

5. 考察

今回の実験により器具の画像認識においては SSD よりも YOLOv３のほうが優れていることが明らかとなった。これは Single Shot 系の画像認識アルゴリズムでは一般的に小さな物体の認識精度が下がるという弱点があり、SSD ではその弱点が明確に現れたためと考えられる。SSD は 2015 年に発表された一般物体検出アルゴリズムで、VGG16[4]という 16 層の畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network: CNN)をベースにしている。一方 YOLOv3は 2015 年に発表された YOLO[5]を進化させた一般物体検出アルゴリズムで、53 層の CNN 構造となっている。この洗練された構造により YOLOv3 では器具の検出精度が SSD と比較して上昇しているものと考えられる。

実臨床における録画システムを構築し、診療中の1次情報を収集するプロシージャを実現することができた。しかし、歯科用器具を置く診療台の直上からの撮影のみでは、医療事故防止に関して十分な情報を得ることは困難であることは容易に想像できる。そのため、今後同部に術者の動きを感知するセンサー等を追加設置し、幸い、診療台の直上付近は術者や患者が遮らない視野であることから、より広角での録画を試みる予定である。

歯科治療内容を画像化し、画像から治療用器具を時系列にそれぞれ認識、タグ付けすることにより、得られた膨大な臨床1次情報に対して、器具の種類の組み合わせとその時間変化という任意の意味をもたせることができた。処置と処置との間に器具をバットから取る際には手がバット上に来るため検出される器具数が減少する一定の期間（谷）ができることから、この谷を利用すれば次の処置への変化が視覚的に確認できることが分かった。

まず同じ器具を手にとっていたとしても直前の処置内容によって目的が変わるため、このような状態遷移をモデル化できる隠れマルコフモデルなどを用い、処置と処置との連続性を評価することで次の処置の予測を実現する必要がある。また歯科治療においては一度器具を手に取るとそのまま継続して処置を行うことが多く、この間はバット上の器具の変化は生じない。そのため、その期間の処置内容について情報を得るためには、器具の種類だけでは不十分となり、新たに術者の動きなどを録画する必要が生じてくる。これらの課題を解決することで治療内容の画像化から処置内容の推定を実現させ、将来的に、診療入力の自動化や医療安全上の異常検知機構の実現につなげたいと考えている。

6. まとめ

歯科治療の診療台から器具を画像認識し、その結果を画像化することで歯科治療中の臨床 1 次情報に意味をもたせ、処置の変化を捉えることができた。

謝辞

本研究の一部は日本電気株式会社共同研究費「スマートデンタルホスピタルに関する研究」の助成による。

参考文献

1) Bernhard Glaser, Stefan Dänzer, Thomas Neumuth. Intra-operative surgical instrument usage detection on a multi-sensor table. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery. 2015 Volume 10, Issue 3, pp 351-362

2) Wei Liu, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, et al. SSD: Single Shot MultiBox Detector. European Conference on Computer Vision. 2016

3) Joseph Redmon, Ali Farhadi. YOLOv3: An Incremental Improvement. University of Washington. [https://pjreddie.com/media/files/papers/YOLOv3.pdf (cited 2018-Aug-30)]

4) Karen Simonyan, Andrew Zisserman. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. International Conference on Learning Representations. 2015

5) Joseph Redmon, Santosh Divvala, Rosso Girshick, Ali Farhadi. Tou Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016