

学びはじめ 歯科医療AIの世界

藤田 広志
勝又 明敏 編著

ディープラーニングがひらく
デジタルデンティストリーの近未来

はじめに

AIの進化，医療への進入スピードは 予想以上に速く，AI導入に乗り遅れると， 致命的になる可能性さえも否めない

藤田 広志 Hiroshi Fujita
岐阜大学 特任教授／名誉教授

通信を使ってデジタル化された情報をやりとりする技術である「ICT」（Information and Communication Technology；情報通信技術），さまざまなセンサー類とインターネットを繋げる「IoT」（Internet of Things；モノのインターネット），ユーザーがインフラやソフトウェアを持たなくても，インターネットを通じてサービスを必要なときに必要な分だけ利用するという「クラウド」「ビッグデータ」「機械学習や人工知能」（次項以降で解説），さらにはこれらを含めた各種 IT（Information Technology；情報技術）の浸透が人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させるという意味の「デジタルトランスフォーメーション」（Digital Transformation；DX）と，次から次へと新しい概念や新技術が出現して，まずは時代に取り残されないように勉強するのも大変な昨今である。

第5期科学技術基本計画において我が国が目指すべき未来社会の姿として初めて提唱された「Society 5.0」は，狩猟社会（Society 1.0）→農耕社会（Society 2.0）→工業社会（Society 3.0）→情報社会（Society 4.0）に続く新たな社会を指すもので，ここでの主要技術の一つが AI である [図1]。そして，新たな価値で経済発展と社会的課題の解決の両立を目指すという [図2]。

そこで本増刊号では，主に画像診断領域に話題を限定

して AI 応用について説明されるが，画像読影支援に AI 応用は限定されるものではなく，“絵作り”としての患者ポジショニングの最適化，CT や MRI の画像再構成，画像形成に関わる撮像時間短縮，画質（ノイズ低減，金属アーチファクト低減など）改善，被曝線量低減，画像処理，自動線量推定，撮像機器のメンテナンスなどの領域にも，AI はさらに進出し，すでに商用化に成功している事例もある。さらには画像診断レポートの作成支援システムへの期待も

本誌56巻1号(冬号)および3号(春号)で関連誌面を掲載

歯科医師が教える **誰でもわかる** やさしいディープラーニングの 使い方

(前後編)

執筆：清野雄多
(日本学術振興会 特別研究員
PD／岐阜大学
工学部 特別協
力研究員)



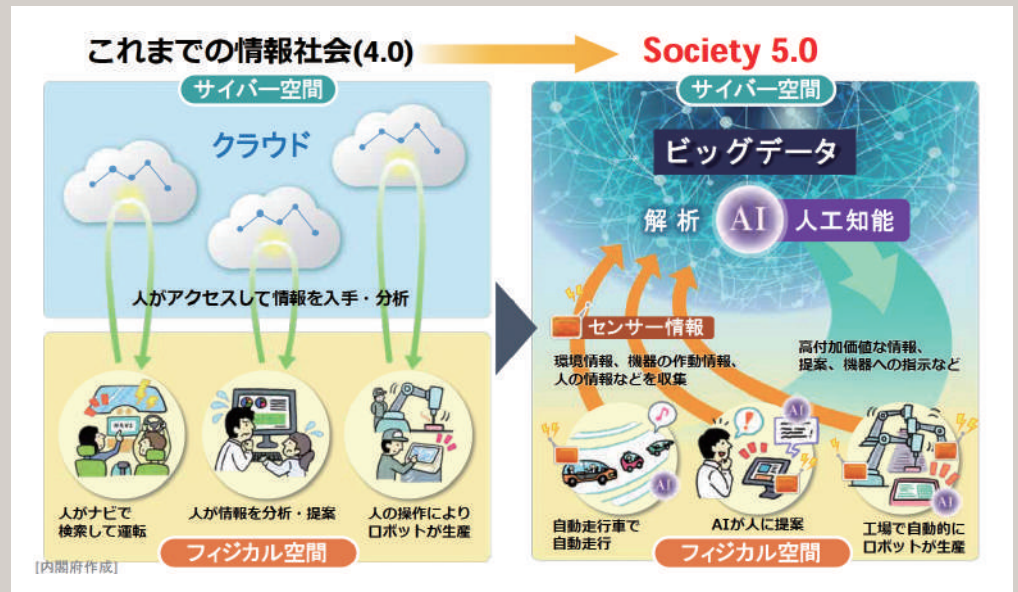


図1 新しい社会として提唱される Society 5.0の仕組み。サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムである（内閣府ホームページ https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/ より抜粋）。



図2 新たな価値で経済発展と社会的課題の解決を両立（内閣府ホームページ https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/ より抜粋）。

大きい。下記の文献¹⁾の論文では、AI・機械学習が放射線医学にどのように影響するかを論じており、11の臨床応用例を示している [図3]。

AIの進化、医療への進入のスピードは予想以上に極めて速く、AI導入に乗り遅れると（意識変革に遅れると）、

致命的になる可能性さえも否めない。

さらなる詳細な内容に興味のある読者におかれては、AIあるいは医療AIに関する専門書籍・解説などを参照されたい。関連学会・研究会の情報とともに、これはと思われる参考図書を一覧アップしておこう。

口腔内写真における補綴装置と修復物のディープラーニングによる自動検出

高橋 利士 Toshihito Takahashi

豆野 智昭 Tomoaki Mameno

池邊 一典 Kazunori Ikebe

大阪大学大学院歯学研究科顎口腔機能再建学講座 有床義歯補綴学・高齢者歯科学分野

Keywords

口腔内写真 畳み込みニューラルネットワーク 補綴装置の自動検出

背景と目的

患者に対して歯科治療計画を立てる際には、まずは口腔内の情報を把握することが必要である。そのために歯科医師は、患者の口腔内を印象採得し、口腔内ならびにエックス線写真等を撮影し、それらから得られた情報により患者の状況を把握している。しかし、それらに費やす時間は限られ、歯科医師の知識や経験によって把握できる情報に差が生じてしまうのが現状である。そこで、患者に提供する医療の質を一定にするためには、歯科医師の経験に影響されず、なおかつ短時間で口腔内の情報を把握できるシステムが必要であると思われる。

近年、AI (Artificial Intelligence) 技術が歯科医療にも応用され、さまざまなツールとして利用されている。これらのツールでは、ディープラーニングにより画像からさまざまな物体を検出する手法が用いられており、う蝕や歯内療法既往、口腔がんの検出などにおいて、人間と遜色ない精度が報告されている¹⁾。そこで、この技術を応用すれば口腔内の状況を短時間で把握することが可能ではないかという着想に至った。

我々は、ディープラーニングの中で主に画像認識に用いら

れる畳み込みニューラルネットワークを用いて、口腔内画像から歯科補綴装置や修復物（以後、両者を合わせて補綴装置とする）を検出することを試み、その結果を報告した²⁾。今回はその内容について、システムの評価方法も含め解説する。

方法

1. 画像データ

大阪大学歯学部附属病院咀嚼補綴科に通院している患者の計 1904 枚（上顎 1084 枚、下顎 820 枚）の歯列の咬合面観画像を使用した。なお、この研究は大阪大学大学院歯学研究科・歯学部および歯学部附属病院倫理審査委員会の承認を得て行った (H30-E26)。

2. 補綴装置のアノテーション

11 種類の歯科補綴装置〔全部金属冠 (FMC)、金合金製全部金属冠 (GFMC)、レジン前装冠 (HRFC)、陶材焼付冠 (MB)、オールセラミッククラウン (CC)、全部金属冠ブリッジ (Br)、レジン前装冠ブリッジ (HRBr)、陶材焼付冠ブリッジ (MBBr)、メタルインレー修復 (In)、

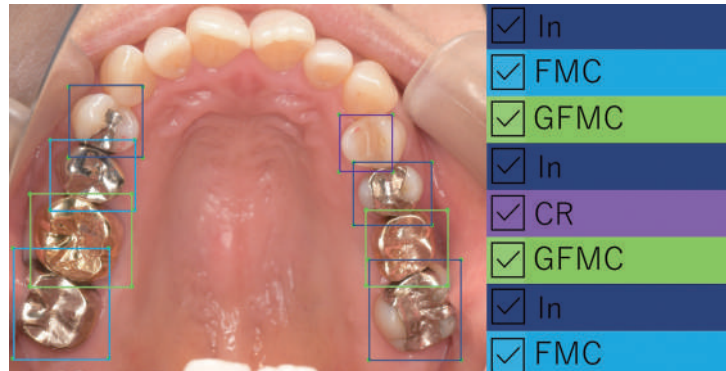


図1 アノテーション時の画像の一例（文字を拡大して表示）。

表1 混同行列の一例（全部金属冠の場合）

		予測（検出）	
		全部金属冠	全部金属冠以外
実際	全部金属冠	真陽性 (TP) 2058 個	偽陰性 (FN) 89 個
	全部金属冠以外	偽陽性 (FP) 214 個	真陰性 (TN) 6713 個

金合金製メタルインレー修復（GIn）、コンポジットレジン修復（CR）の計 11 種類を検出対象とした。前述の全画像中の上記の補綴装置を、物体検出アノテーションツール（labellmg）を用いてアノテーションを行った。アノテーション時の画像の一例を図 1 に示す。

3. アルゴリズム

全画像をランダムに 2 つのデータセットに分類し、1 つを訓練用（1524 枚：上顎 867 枚，下顎 657 枚），もう 1 つをテスト用（380 枚：上顎 217 枚，下顎 163 枚）として使用した。物体検出アルゴリズムの実装には、Python 3 と Keras ライブラリを使用し、バックエンドには TensorFlow を使用した。また、物体検出アプリケーションとして、You Only Look Once version 3 (YOLOv3)³⁾ を用い、補綴装置を検出するためにファインチューニング（各パラメータの微調整）を行った。

4. 学習結果の評価

学習結果の評価については、各補綴装置での混同行列

（下記の①～④）と、混同行列の値から算出される⑤～⑧の指標を用いて行った。実際の混同行列の一例（全部金属冠の場合）を表 1 に示す。

① 真陽性（True Positive：TP）

ある補綴装置として検出され、実際にその補綴装置であった数。

② 偽陽性（False Positive：FP）

ある補綴装置として検出されたが、実際には別の補綴装置であった数。

③ 偽陰性（False Negative：FN）

実際はある補綴装置であるにもかかわらず、別の補綴装置として検出された数。

④ 真陰性（True Negative：TN）

別の補綴装置として検出され、実際に別の補綴装置であった数。



図1 歯周病発見AIを搭載したアプリケーションの例。

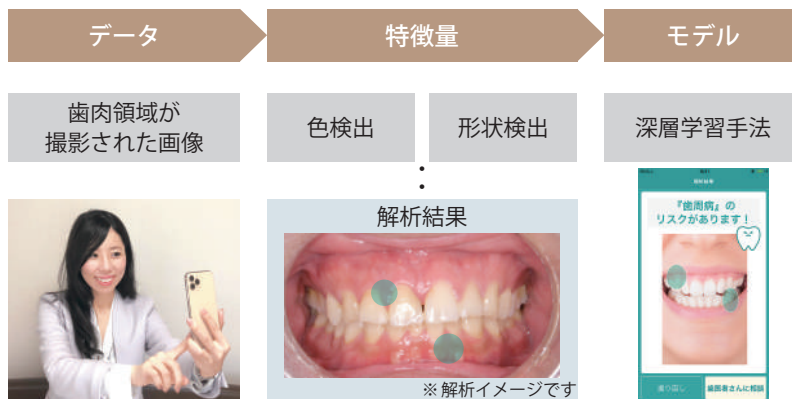


図2 歯周病発見AIの概要。

歯周病発見AIについて

歯周病発見AIは、深層学習手法を用いて学習用の画像データから健全な歯肉の領域と歯周病に罹患している歯肉の領域との特徴の違いを学習することで、図2に示すように歯肉が撮影された画像から歯周病の特徴が現れている領域を検出する。学習用のデータは、歯単位で歯肉領域の位置をアノテーションした画像データと、プロービングチャートの情報を用いて判定した対応するクラスの情報を使用する。

学習および評価用のデータは、20歳以上を対象として複数の医療機関から収集された合計1,148症例、4,020枚の画像を使用した(2022年3月現在)。各症例は、6点法で計測されたプロービングチャートの情報に紐づけられている。本AIは、唇・頬側から撮影した画像を用いて判定するため、唇・頬側の情報のみを使用した。

唇・頬側の歯肉を対象とした場合、一歯に対し、3点の歯周ポケットの深さ及び出血の有無に関する情報が記録されている。この情報を元に、図3に示す判定フローに基づいてクラスを判定し、3点のうち最も進行度の高いクラスを対象とする当該歯のクラスとして採用した。例えば、3点がそれぞれ軽度歯周炎、中等度歯周炎、重度歯周炎であった場合、当該歯のクラスは重度歯周炎とする。

本アプリケーションでは、主に図3に示す健全・歯肉炎を健全、歯周炎を歯周病として扱い、罹患している可能性を表示しているが、これらの表示方法を使用する用途によって変更することも可能である。例えば、健全、歯肉炎、歯周炎をそれぞれ表示する、歯肉炎・歯周炎の場合のみ受診を促す表示を出す等、表示を出し分けることができる。