

[AI 画像診断が医療現場を変える]

## 5 歯科パノラマエックス線画像による AI 診断

基  
般

塩澤 繁 | メディホーム (株)

歯科業界は医療業界と比べると、新しい技術や機器の導入が遅れていると言われている。今回のテーマである、AIによる画像診断の技術もその1つである。本稿では、歯科業界を取り巻く環境や現状を含めて、技術動向やAI画像診断について述べる。

### 歯科業界を取り巻く状況

昨今、ニュースなどで報じられている通り、全国の歯科診療所（歯科クリニック）の数はコンビニエンスストアの店舗数を大きく上回っている<sup>☆1</sup>。クリニックの件数と歯科医師の数は現在も年々増加傾向にある。しかし、少子高齢化の影響で日本の人口は減少傾向で、昔と比べると子供の虫歯の数も減ってきている。患者数も限られ、近隣のクリニックとの競争などで、経営が厳しいクリニックが存在してい

るのも事実である。

また、クリニックの歯科医師や経営者が高齢化している点も見逃せない。2018年のデータでは、歯科診療所に従事する歯科医師の平均年齢は53.5歳であり、60歳以上の歯科医師数も3割を超えている（図-1参照）。

このような環境下において、新しい技術が用いられている高額機器への設備投資には大きな決断が求められる状況である。

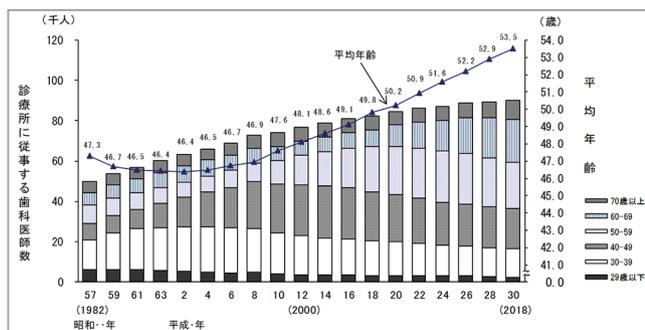
一方で、積極的に新しい技術を導入し、他クリニックと差別化を図るなど、集客を増やしているクリニックも存在する。

AIによる画像診断は、効率的な診察や品質の向上の観点でも注目される技術であり、歯科医療現場への導入が期待されている。

### 撮影設備について

初診で歯科クリニックに行くと、複数の撮影を行うケースが多い。その代表的なものが、比較的大型の機械で、頭部の周りを回転しながら撮影する、パノラマエックス線写真である。現在、ほぼ100%の歯科クリニックに設置されている設備であり、1回の撮影ですべての歯のレントゲン写真を撮ることができる。上下の歯や顎骨、上顎洞、鼻腔などの顎口腔領域の情報が1枚の画像に収められている（図-2参照）。

☆1 平成31年1月時点の厚生労働省発表歯科診療所数68,477件、日本フランチャイズチェーン協会発表の店舗数55,779件。



■ 図-1 厚生労働省「平成30（2018）年医師・歯科医師・多薬剤師統計の概況」より

## 特集 Special Feature

続いて、数本の歯だけを撮影するデンタルエックス線写真がある。2～3本の歯とその周囲組織の局所的な確認に用いられ、歪みの少ない高解像度な撮影が可能だ。

近年、歯科用CTの導入も増加傾向だ。歯科用CT撮影では、断層画像や3D画像を得ることができるため、歯の根の形状の確認や、通常のレントゲンでは写りづらい病変（病気の部位）なども発見できることもある。CT、パノラマ、デンタル、セファロ（矯正用顔の骨格写真）が1台で撮影可能な機器も存在する（図-3参照）。

続いては、3Dスキャナである。従来、粘土の様な材料で歯の型取りを行っていたのに代わり、デジタル的に光学的印象を採得する装置である。主に口に入るサイズのハンディ機器で撮影を行い、三次元画像を合成するタイプが多い。患者の負担を軽減しながら、デジタルデータ取得ができるため、被せ物の色や形、矯正治療のシミュレーションを行うこともできる。

最後は、スチールカメラによる、口腔内写真である。主に一眼レフなどのカメラにライトを取り付けた機器で撮影される。病変部を撮影し説明に用いたり、記録として規格化した撮影を行ったりする。

このように歯科クリニックでも多くの画像データを扱っており、AI等の活用機会も、今後増えてくると予想する。

病変を検知するAI診断技術が研究され始めている。

パノラマエックス線写真をターゲットとした理由は、前述したとおり、ほぼ100%のクリニックで撮影されており、顎口腔周囲のあらゆる構造が1枚の写真に収められている利点の一方で、情報量が多いため読影難易度が高めであるという現場の声によるものである。現在「虫歯」、「根尖病巣」、「嚢胞」、「根分岐部病変」、「治療痕」、「インプラント」の各症状の患部を検出することが可能で今後口腔がんなどへの適用も検討している。また医療機器の承認を取得し実用化への検討も行っている。図-4に診断AIによるパノラマエックス線写真を用いた解析の結果例を示す。病変の位置と確率が表示される。

エックス線写真の原理を考えると、エックス線の透過度が高い組織（皮膚や歯肉など）は黒く写り、透過度が低い（歯や骨）は白く写る。たとえば、虫歯の患部は黒く写り込むが、エックス線写真は白と黒の濃淡でしかないため、識別しづらい部位も存在する。また、撮影時に頭部の周りから撮影する特殊な撮影のため、部分的に焦点が合いにくかったり反対側に映り込んだりして生じる障害陰影のために鮮明でない箇所が発生するケースもある。このような視認性の低いパノラマエックス線写真の読影には経験が要求され、読影に時間を要することもある。

将来、AI診断が導入され、パノラマエックス線写真上で病変が検知された場合でも、患部のより正

## 歯科 AI 診断

2018年前後より、歯科領域においても、国内外の大学病院やスタートアップ企業において、口腔内の



■ 図-2 パノラマエックス線写真（左）とデンタルエックス線写真（右）



■ 図-3 歯科用X線CT装置の一例

特集  
Special Feature

確な診断を行うためのデンタルエックス線や歯科CT撮影はこれまで通り行われる可能性は高い。AI診断は、あくまでも読影の補助としての役割を担うことを想定した機能である。

図-4は、メディホーム（株）が開発した診断AIの利用時の画面（開発中）である。画面左の画像リストより対象のパノラマ写真を選択し、「AI診断」ボタンにより瞬時にAI診断が実施され、病変と病変の確率がともにマーキングされる。マーカの表示／非表示は容易に切り替えることができ、病変の確率（AIの認識精度）によるフィルタリングも可能で、この画面見ながら患者に説明をしたり、カルテシステムなどほかのシステムとも連携するシステムを目指している。

### 歯科 AI 診断に期待される役割

AIによるパノラマエックス線写真の読影支援には、次のようなメリットがあると考えている。

#### 読影時間の短縮

歯科医師によるパノラマエックス線写真の読影は

数分を要する場合もあるが、AIが診断すれば数秒で病名、患部の位置、深刻度などが表示される。歯科医師はAIが診断した結果の妥当性やほかに見落としがないかの最終確認を行うだけで済むようになる。読影時間短縮により、治療に避ける時間を増やすことが可能となる。

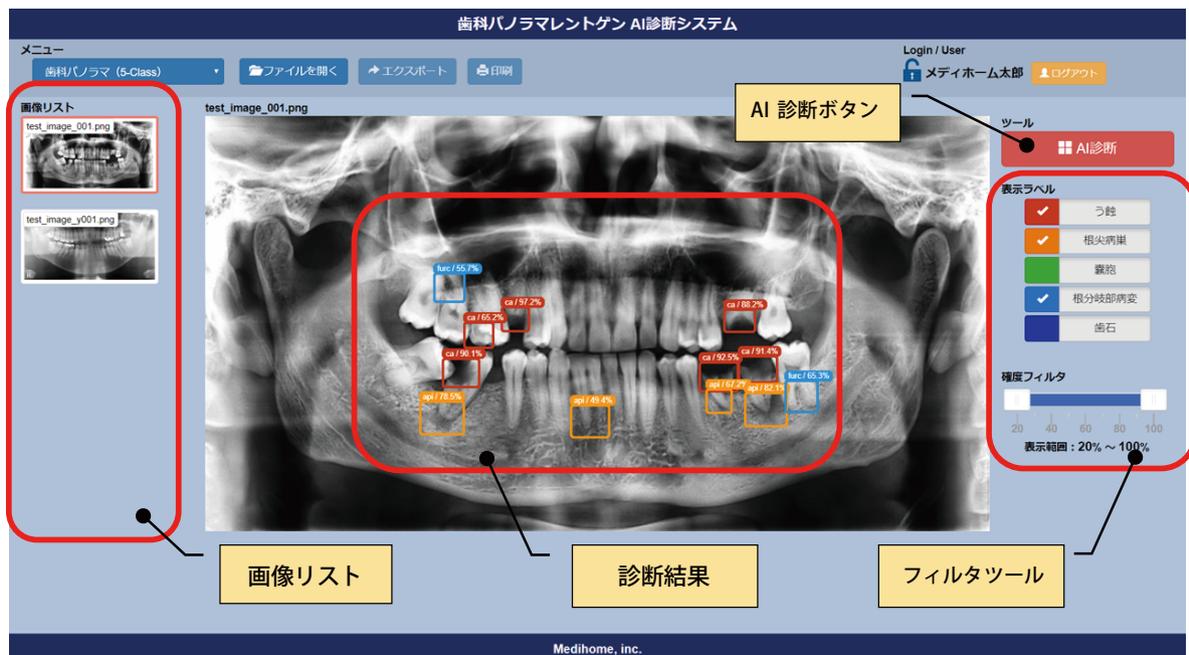
#### 病気の見落とし防止、早期発見

前述の写真特性から病変を見落とすリスクが考えられる。また、軽度病変ではない口腔癌や結石などがパノラマエックス線写真に写り込むことが稀にある。

さらに、症例が少ない病変の場合、歯科医師でも見落とししてしまうリスクが少なからず存在する。視認性が低いイメージや発生率が低い病変イメージもAIに学習させることで、AIの精度は高まり、病気の見落としリスク軽減や早期発見に繋がる。患者にとって身近な歯科クリニックで、大きな病気に繋がるリスクを早期発見できるメリットは大きい。

#### 読影精度の均一化

読影は経験やスキルによっても差が出てしまう。



■ 図-4 歯科 AI 診断イメージ

## 特集 Special Feature

歯科医師も人間であるが故、その日の体調や忙しさ等でも、影響が出る可能性もある。そのような個人差や環境の違いにより精度に差が出てしまう場面こそ、AIは強みを発揮する。経験が不足しがちな若手歯科医を、AI診断でサポートしたいという相談も受けている。

### 歯科 AI 診断の活用場所

歯科 AI 診断に求める機能は、利用する場所により異なると考えており、それぞれに見合う機能の研究が行われている。

#### 歯科診療所、クリニック

虫歯や歯根の治療、虫歯予防、メンテナンスなどを主な診療とし、矯正やインプラントも行う。AI診断に求める機能としては、虫歯や歯根の病気、歯周病などの比較的、軽症な病変の検知だけでなく、パノラマエックス線写真に写り込む重度な病気の検知も必要とされる。

かかりつけのクリニックでも重病に繋がる異変を早期発見できることが理想である。

#### 口腔外科、大学病院

かかりつけのクリニックでは治療が難しい病変、重篤な病気などの診療が主に行われるため、軽微な虫歯などよりも、腫瘍や口腔癌などの口腔外科手術が必要とされるような病変検知について、高い精度が必要とされる。これらの病変の場合、CT、MRIでの撮影や病理検査も行われるため、パノラマエックス線、デンタルエックス線写真の診断にとどまらない AI 診断技術も研究開発が行われている。

#### 震災現場

震災現場（法医学、法歯学分野）での歯科 AI 診断の活用研究が徳島大学病院口腔管理センターを中心に進んでいる。甚大な被害をもたらした東日本大震災では、犠牲者の身元確認において、約 2,600 人の歯科医師が約 8,750 体のご遺体の歯科所見を採取、1,250 人の身元が歯科所見から判明した。しかし、その作

業には多大な時間と労力を要した。近い将来、南海トラフ大地震の発生が予測されているが、犠牲者数は東日本大震災の約 20 倍になるとの試算もあり、身元確認作業の大幅な効率化・迅速化が必要となる。

身元確認作業は、生前の歯科カルテとご遺体の歯科カルテの照合により行われる。ご遺体の口腔内情報の取得には、口腔内可視画像や 3D データの自動分析技術、パノラマエックス線写真の AI 診断を用いて、歯科カルテを効率的かつ迅速に作成し、生前の歯科カルテも同じレベルの精度で作成する必要もあることから、AI 診断技術導入の研究が始まっている。

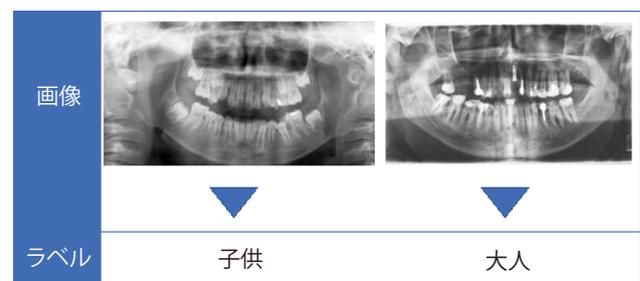
### 画像認識 AI の概要

ここからは、メディホーム（株）が過去に取り組んだ事例を用い、歯科領域で活用される CNN (Convolutional Neural Network) と R-CNN (Region proposal CNN) について解説をする。

収集したパノラマエックス線写真を、「子供」と「大人」の画像に分類するための AI モデルを CNN で実現した場合の例として解説する。

まずは「子供のエックス線写真」と「大人のエックス線写真」とに目視と手作業で分類した「正解」データのセット（教師データ）を用意する。図-5は、永久歯の生え揃っていない写真を「子供」、永久歯が生え揃っている写真を「大人」として、写真データに対してラベルを付与したイメージである。このような教師データを多数作成し、機械学習を実施する。

学習した AI モデルを用いることで、大人と子供



■ 図-5 画像とラベリング

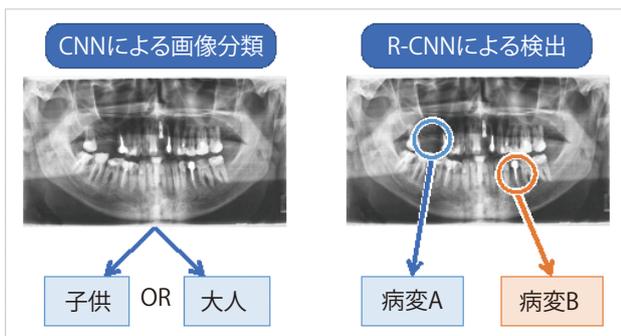
特集  
Special Feature

の未学習画像の分類が実現できるようになる。しかしながら、AIでも100%正しい答えを得ることは困難であり、学習に使用した教師データやネットワーク構造、学習時のパラメータなどが、認識率や認識精度に影響を及ぼしてしまう場合もある。

その原因の中でも、教師データの精度は大きな要素となる。たとえば与えた教師データ自体に誤りがあった場合は、AIとしての精度が下がることもある。写真を見てラベルを付与するのは、人が行う場合がほとんどで、子供のエックス線写真なのに「大人」、またはその逆など、教師データそのものが間違ってしまうケースも存在するだろう。教師データの質は、医療向けAIを開発する上で、特に重要となる。

続いて、病変の位置特定を行うためのR-CNNについて概説する。CNNは1枚の画像に対するクラス判別（前述の大人と子供のレントゲン写真の例）はできるが、画像のどの位置に病変がいくつ存在するのかまでは分からない。そこで、検出した病変クラスと座標を同時に示す手法（その1つがR-CNN）を用いることで、1枚の画像から複数の病変検出が可能となる（図-6参照）。

R-CNNはこのように非常に有用な手法であるが、CNNと比較すると教師データの作成に手間がかかる。CNNではその画像自体を分けたいクラス名を付与するだけであったが、R-CNNは病変とその位置も示す必要があるため、この部分が病変であるという位置のデータも作成する必要がある（=アノテーション作業）。



■図-6 CNNとR-CNNの比較イメージ

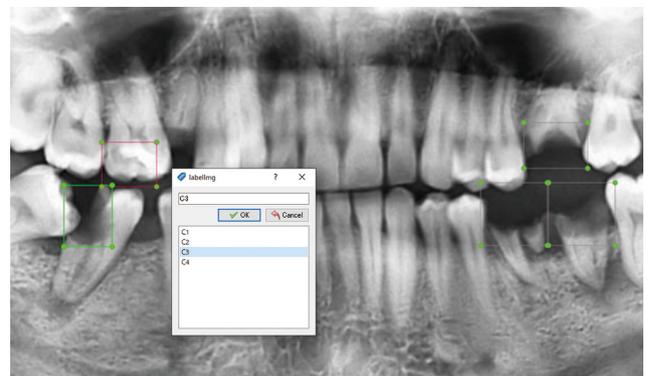
図-7は、アノテーション用のツールを使って、画像内の、複数の病変（虫歯など）を囲み、教師データを作成しているイメージである。CNNの1枚の画像に対する1つのラベル付与と比較すると、作業量が大きく増える。しかし、これにより1枚の写真の医療画像から疾患の位置を指し示すことができるAIのベースが完成する。

## 歯科 AI 診断の開発、運用の流れ

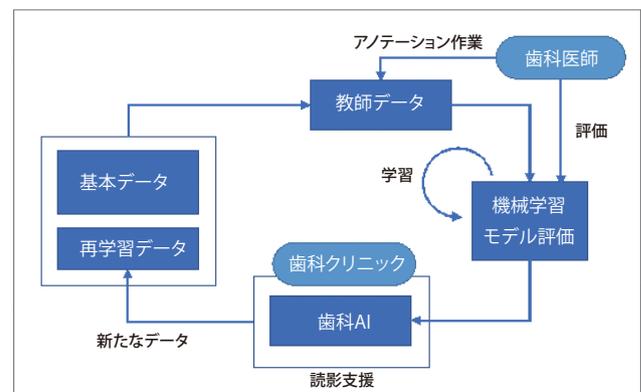
パノラマエックス線の歯科AI診断機能を開発する際には、次のような流れで開発から運用までを想定している（図-8）。

### データセットの準備

教師データの元となるオリジナルのパノラマエックス線写真を病院やクリニック、患者の協力を得て



■図-7 アノテーションの様子



■図-8 AI開発の流れと再学習

取得する。その際、可能な限り情報量が多い高画質な画像データが望ましい。

## アノテーション作業

パノラマエックス線写真の中に含まれる病変の名称、位置情報、形状のマーキングを行う。1枚の写真内に、病変が含まれていない場合もあるが、10カ所以上の病変が含まれている場合もある。読影とアノテーション作業は、歯科医師が担当する。1人の歯科医師だけで本作業を行った場合、その歯科医師の癖や判断基準がAIに学習されてしまう点や、病変の見落としリスクもあるため、複数の歯科医師による作業が必要となる。

## AIの学習

学習を行うときは、どのアルゴリズムやネットワークを採用するか、クラス構成の定義、前処理の実施など、多くの検討と検証要素がある。

教師データにも影響するが、1回の学習の完了までに数日間を要する場合もある。完了後の評価で精度が出ない場合は、パラメータの変更や教師データの確認などを行い、何度も評価と学習を繰り返し実施するケースが多い。このように、1つのAIモデルを完成させるためには、多くの検証や作業が必要となる。

## AIモデル評価

学習が完了したAIモデルの評価は、やはり歯科医師の目視による確認が必要だ。この場合も、歯科医師の個人的な偏りや見落としリスクを防ぐため、複数人での評価検証が理想である。

## リリース

完成したAIの提供形態はAIの開発前設計に盛り込む必要があるが、クラウドベースでのWebサービスとしての提供、汎用的なPCやサーバでの提供、特定の機器に組み込んだ状態での提供など、多くの形態が想定される。

## 追加学習

実際の歯科医療現場でAIシステムを運用しながら、新たに集まった教師データで追加学習を行い、AIモデルの精度向上や検出機能の追加に取り組むことも想定している。

## 歯科AI診断の課題

### 大量の医療情報、データセットの取得

精度の高いAI開発のためには、大量の質の高い教師データが必要であり、収集方法も重要である。また、現行の個人情報保護法においては、エックス線写真であっても、患者本人の同意を得る必要があり利用用途や管理方法などを明示した上で取得しなければならない。

### アノテーション作業の負荷

日々の診療業務で多忙な医師に対し、作業負荷の高いアノテーション作業を依頼することもあるため、いかにアノテーション作業を効率的に行える環境を整備できるかが重要となる。

### 学習が難しい画像データへの対応

人が見ても判断が難しい、または、判断を迷うような画像は、曖昧な教師データとなる可能性もあり、データの質の観点で、認識精度を下げることがある。

また、取り扱う画像が、高圧縮されている場合や、デジタルノイズの多い画像、検出対象のサイズが非常に小さい場合などの教師データを用いると、正しく学習が行えなかったり、精度が下がったりするケースもある。

### AIモデルの更新

現行の法制度では、医療機器承認（後述）を受けた際のAIモデルから、追加学習などでモデルを更新する度に再認証を受ける必要がある。そのため、

## 特集 Special Feature

頻繁な AI モデルの更新が難しい。医療機器としての安全性と精度を担保しながら、更新したモデルを適用可能な仕組みを目指す必要がある。

### 歯科 AI 診断の今後の展望

歯科 AI 診断を国内の歯科医療現場で利用するためには、PMDA（(独)医薬品医療機器総合機構）への申請、承認が必須となる。該当医療機器の安全性、有効性などの検査項目に対するエビデンスを提出し証明することで、承認後、初めて医療現場での利用が可能となる。

技術面においても、精度向上に加え、より付加価値の高い機能を実現させるため、今回とは異なる新たな AI 技術や画像処理技術を活用し、研究を進めている。

また、歯科業界では、歯科と医科の病気の関連性

についての研究も開始され始めている（歯周病と糖尿病、認知症や複数の癌などとのリスクファクタに関する論文発表）。歯科の病変を早期検知、治療は、身体全体の健康を保つためにも大変有益であり、歯科医療情報が多い日本は、他国よりも有利に研究を進めることが可能だと推測する。AI 診断やおよび新しい技術を歯科医療現場に導入することで、患者の健康や医師の負荷軽減、さらには社会保障費の肥大化で苦しむ日本の医療財政のためにも大きく役立つことを願う。

(2020年9月3日受付)

■塩澤 繁 s.shiozawa@medihome.jp

BNP Paribas Japan, みずほ証券（株）にて金融ビジネスの開発に従事。（株）リクルートの R&D 部門で新技術開発を担当しながら、2018 年メディホーム（株）を創業し、医療向け AI 技術開発などに取り組む。AI, ロボットを活用しスウェーデンのヴィクトリア皇太子を支援。

