

超音波人工知能診断システムの開発

「超音波画像のデータベース構築・人工知能診断開発推進委員会」

● 概要

社会機能の種々の場面で人工知能 (artificial intelligence: AI) の導入が開始されている。今後の少子高齢化社会における医療への負担を考えた場合、医療福祉分野においても、AI による支援システムの開発が期待される。現在、医療従事者の負担軽減や見逃し防止を目的として AI 診断の導入の試みが始まっており、内視鏡検査の AI 診断補助、胸部レントゲンの病変スクリーニング、病理検査の AI 遠隔診断など、既に実用化、あるいは実用化が近いものが出てきている。画像診断支援は AI に親和性の高い分野であり、日本超音波医学会でも、日本医療研究開発機構 (AMED) の支援を受け、臨床研究等 ICT 基盤構築・人工知能実装研究事業の枠組みでの大規模なデータベース構築と AI 開発が進んでいる。すなわち、2018 年 9 月より、肝腫瘍、乳腺腫瘍の超音波画像ビッグデータベースの構築が開始され、腫瘍の超音波 AI による検出・診断支援の開発に取り組んでいる。2019 年からは循環器領域が加わり、循環動態判定 AI の開発が始まっている。

超音波分野の AI 開発に関しては、画像データの取得に際して術者依存性が高いこと、機器ベンダーや機種が多く、さらに画質パラメータが複数あるなど、画像の多様性が高く、これらはデータベース構築や AI 開発に際してのハードルとなる。克服すべき多くの課題はあるが、肝腫瘍、乳腺腫瘍の検出・診断支援システムプロトタイプは構築されつつある。現在、AI を用いることにより、初学者や非専門領域の超音波検査をアシストすることを目的として、近未来の医療に展開すべく超音波 AI 支援システムの開発・展開に取り組んでいる(下図)。

超音波診断の課題と必要とされるAIの役割



リアルタイムの検査

非侵襲で簡便な検査、臓器横断的

広く普及

疾患スクリーニング



リアルタイムの検査であるため習熟が必要

非専門領域の検査は、精度が不十分になりがち。

専門の領域
超音波検査に習熟



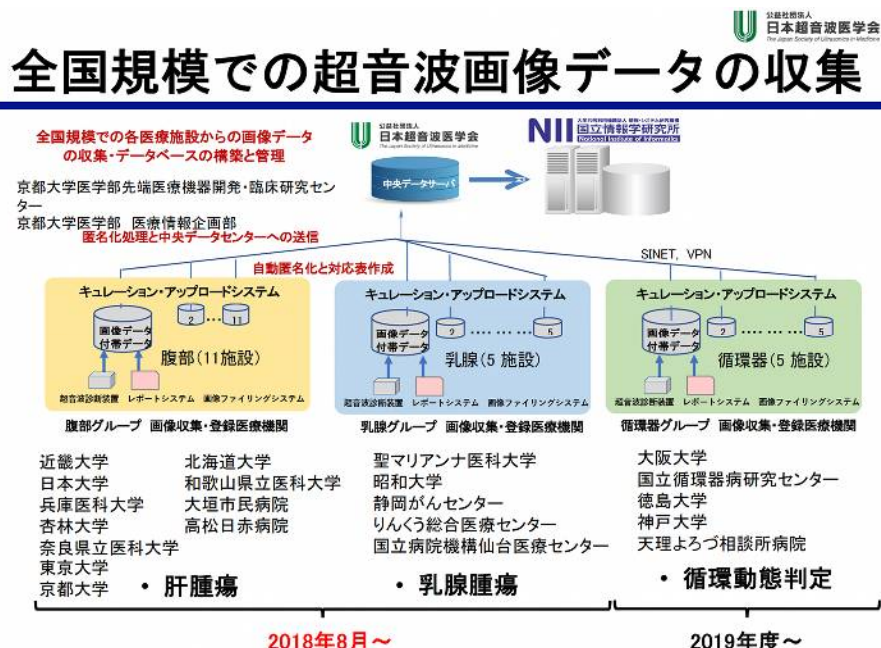
非専門領域
超音波検査に不慣れ
マンパワー不足



● 成果

1. 超音波画像データ収集システムの確立

AI 開発とその性能の検証には3種のデータセット(トレーニング用、チューニング用、テスト用)が用いられ、とくにトレーニング用には多数の超音波画像と診断名等の付帯情報の収集が必要となる。当事業では腹部グループ、乳腺グループ、循環器グループに別れ、各施設で収集した超音波静止画、動画とその付帯情報を SINET、VPN を介して京都大学内に設置した中央データベースに集積し、さらに国立情報学研究所のクラウド基盤に展開される。AI 開発者は中央データベース、国立情報学研究所のクラウド基盤の必要資材、データを利用し、AI 開発を行うことができる(下図)。

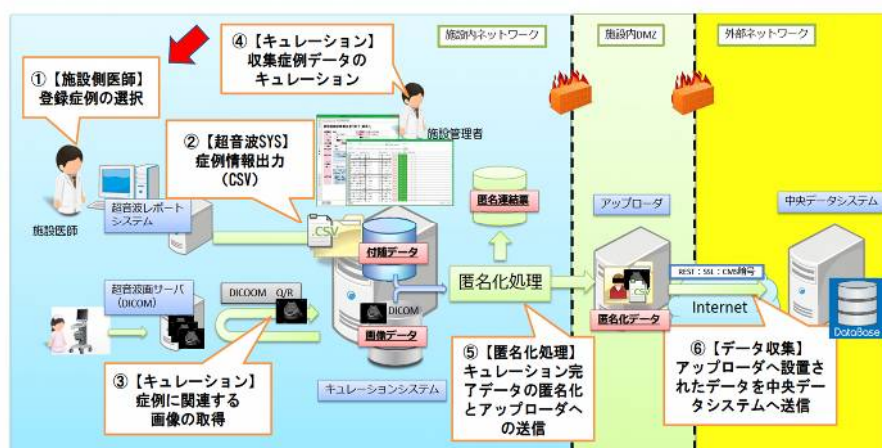


2. 超音波デジタル画像データキュレーションシステムの開発

超音波医学会では AMED の支援を受け、独自の超音波デジタル画像データのキュレーションと自動匿名化システムを開発した。構築したデータ収集システムは日本医療情報学会のガイドラインに沿った情報収集システムであり、次世代医療基盤法を見据え、他のモダリティのデータベースとの連携も進めやすい工夫がなされている。キュレーションでは、画像情報と共に、画質に影響するベンダーや機種名、プローブ情報等を可能な限り DICOM のタグ情報から得るようにしている。また、確定診断に用いたモダリティを登録することにより、登録画像がどのようなモダリティに基づいて診断名が付与されたかを追える仕組みにしている。一方、選択画像に ROI を設定し、病変を含む ROI を切り出すことにより、腫瘍の中心座標が保存され、登録画像に紐付けされる工夫がなされている。これにより、腫瘍の位置情報が自動で付与され、さらに切り出された画像を学習データとして使用することができる。

画像データ登録プロセスを下図に示す。超音波検査時に登録予定画像がある症例にフラグを立てることにより、サーバへの負荷が少ない時間帯に、目的とする症例の DICOM 画像とタグ情報が回収され、独自に開発されたキュレーション画面に表示される。自動入力されない付帯情報は、担当者がチェックもしくはプルダウンメニューで選択する。回収された画像データから登録すべき画像を選択し、腫瘍の ROI を設定・切り出しを行う。画像は DICOM タグ情報から検査に用いられた機種名が判別され、患者の個人名や診療記録番号など、個人を特定し得る情報が写り込んでいる領域は自動的マスクされる。「個人を特定し得る情報」は回収されない。登録者が個人情報マスキングを確認後にデータ登録は完了し、「個人を特定し得る情報」は新たに付与される識別記号に変換される。識別記号とカルテ ID の連結表は自動作成され、院内ネットワーク内にのみ保持される。匿名化情報はファイアウォールに囲まれた緩衝地帯に置かれた送信用サーバを経て（あるいは院内ネットワークとは物理的に遮断された送信用サーバに移動後）中央データサーバに送られ、国立情報学研究所のクラウド基盤に展開される。

(半) 自動データ収集・送信システム基盤概略図



- ① 症例選択 → ② ③ 症例の情報と画像の回収
→ ④ キュレーションシステムで付帯情報入力とアノテーション
→ ⑤ 匿名化処理とアップローダに送信 → ⑥ 中央データサーバに送信

3. 腫瘍検出・鑑別支援 AI の開発

肝腫瘍静止画から 4 疾患の腫瘍鑑別を行う AI プロトタイプを開発した。現時点で収集された 60,000 枚の肝腫瘍画像の一部を用い 10 倍にデータ拡張し、10 層からなる CNN の学習データとして用い、正診率、感度、特異度を求めた。4 疾患鑑別の正診率は 83.6%、良悪性の 2 疾患分類では正診率 88.9%、感度 78.6%、特異度 92.5%であった。

肝腫瘍動画からリアルタイムに腫瘍を検出するため、嚢胞、非嚢胞別に診断を表示する腫瘍検出アルゴリズムを開発した。画像を YOLO v3 ベースのアルゴリズムに学習させ、テストデータにて嚢胞、非嚢胞別に腫瘍推定領域を抽出させた。また、腫瘍部と非腫瘍部を教

師データとして 10,017 画像を CNN ベースのアルゴリズムに学習させ、YOLO v3 での腫瘍推定領域決定後に偽陰性を排除するプロセスを追加した。再現率 0.816、適合率 0.792、F 値 0.805、および再現率 0.770、適合率 0.807、F 値 0.788 のモデルを構築した。

乳腺腫瘍の超音波画像の画像収集を継続し、静止画から 4 疾患鑑別を行う AI を開発した。現時点で収集された 20,000 枚の肝腫瘍画像の一部を CNN の学習データとして用い、正診率、感度、特異度を求めた。4 疾患鑑別の正診率は 87.1%、良悪性の 2 疾患分類では正診率 91.6%、感度 93.6%、特異度 89.2%であった。

乳腺腫瘍の動画からリアルタイムに腫瘍を検出するため、腫瘍検出アルゴリズムを構築した。4691 画像を 2 倍にデータ拡張し YOLO v3 に学習、587 画像を検証データとして用い、テストデータで再現率 0.986、適合率 0.876、F 値 0.926 のモデルを構築した。

心臓超音波の動画保存・収集のためのシステム開発と動画収集のための準備を完了し、動画に対するアノテーション方法を決定した。動画収集システムを 5 施設に展開し、収集を開始した。これらのデータは超音波医学会のデータベースから NII クラウド基盤への展開が行われている。また、超音波医学会で開発した AI エンジンの超音波機器への実装のため、超音波ベンダー 3 社と、学術研究としての共同研究の契約締結を行った。

学習済みCNNを用いた肝腫瘍判別AIプロトタイプ

