

富士フィルムの画像診断支援 AI 技術「REiLI」

富士フィルム株式会社
メディカルシステム事業部 成行書史

■ はじめに

当社は、1935 年よりレントゲンフィルムの提供を開始し、その後 CR・DR そして内視鏡・超音波といった新しい画像診断機器を提供するとともに、一貫して画像処理技術の向上に取り組み続けている。また 1999 年より SYNAPSE PACS、2008 年より SYNAPSE VINCENT を提供し、デジタル医用画像の可視化・解析技術を提供している。また、民生用から医用画像にわたる広い領域にわたり、AI 技術を活用した画像認識技術の開発に早くから取り組んできた (図1)。

本稿では、AI 技術を搭載した画像診断システム開発の最前線から、今後の取り組みを紹介する。

■ 富士フィルムの AI 技術を用いた開発の方向性

当社は「REiLI (レイリ)」という新しい技術ブランドのもと、様々な医療機器に向けた AI 技術の開発を進めている。以下、特に当社が開発を推進している CT/MR などの 3D 医用画像の診断支援技術の3つのアプローチを説明する。

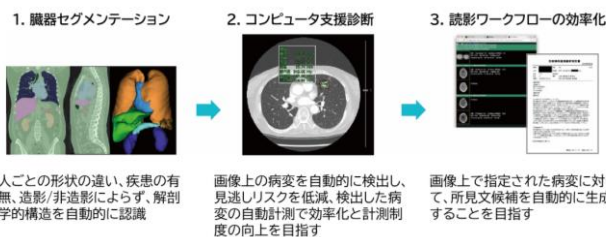


図 2. 医用画像診断における3つの技術アプローチ

a. 臓器セグメンテーション・ラベリング

セグメンテーション技術については、これまで VINCENT 上で各臓器の抽出機能を提供してきたが、深層学習技術を取り入れ、抽出精度・安定性の向上が期待される。セグメンテーション技術は、読影ワークフローにおいても、椎体のラベリング、臓器の定量的データの提供など直接的な効能から、臓器との相対的な位置関係を考慮したスライス位置合わせ、腫瘍のトラッキング、また今後開発していく病変検出機能の精度向上などの間接的な効能など、基礎となる技術である。

b. コンピュータ支援診断

前記セグメンテーション技術により把握された臓器ごとに、様々な疾患を対象とした AI 技術の開発を順次進めている。例えば、がん病変の検出(肺がん)、脳卒中(脳内出血、クモ膜下出血、脳梗塞)などの検出・計測を行う AI 技術が挙げられる。さらには検出さ

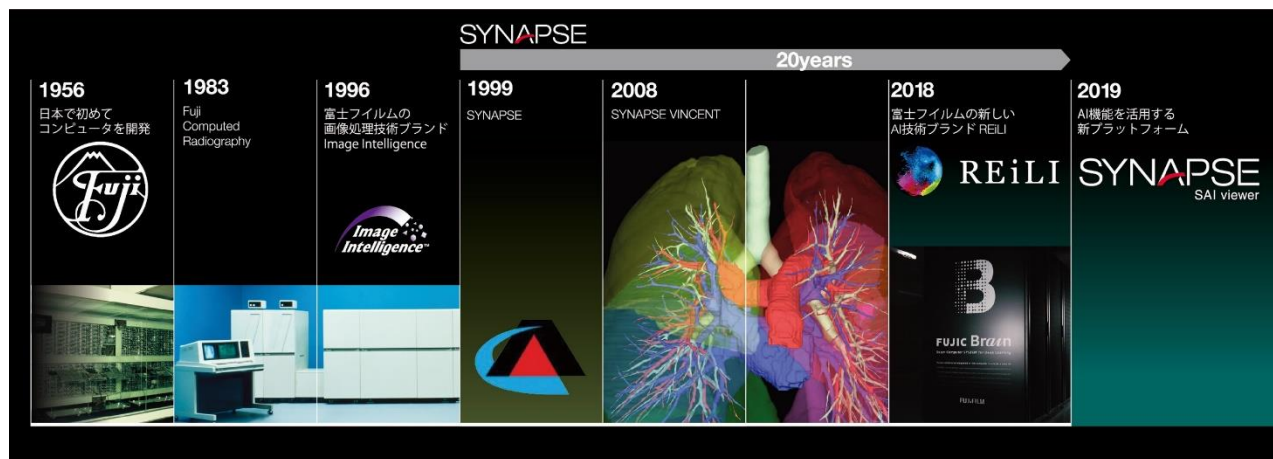


図 1. 富士フィルムの画像処理・画像認識・AI 技術への取り組み

れた病変の定量化、性状分析、および自動での経時比較などの技術開発も進めている。

c. 読影ワークフローの効率化

個別の AI を組み合わせた AI 技術の開発も進めている。分かりやすい例として、検出された病変候補の読影レポートを半自動で生成する AI 技術、特定の疾患の鑑別する際に、過去の患者から類似した症例を検索する AI 技術などがある。

■ 開発の最前線

上記技術アプローチのもと開発された AI 技術は、実臨床現場で快適に使われなければ意味が無い。我々は、AI 技術を使って開発した製品を、利用する医師が使いやすい GUI と共に、医療機器として認可された製品として市場に展開している。以下に、実際にすでに臨床で利用されている製品や、今後製品化予定の臨床応用を考慮した AI 技術を紹介する。

■ 新読影ビューワ「SYNAPSE SAI viewer」

今後、放射線科向けに実用化していく様々な AI 技術を搭載するプラットフォームとして新しい読影ビューワ「SYNAPSE SAI viewer (シナプス サイビューワ) (以下 SAI viewer)」¹を開発した。検査リスト改良・レイアウト操作性向上・ユーザ設定の拡充といった基本的な読影操作機能を強化している他、腫瘍のフォローアップ時にサイズ等の計測結果を保存し、自動で過去の計測結果と対応づける機能(腫瘍トラッキング機能)を実装しており、比較読影を強力に支援する。

SYNAPSE
SAI viewer

・臓器抽出およびラベリング機能

CT 画像から、肺・肝臓・腎臓・脾臓などの臓器を自動抽出。また頸椎・胸椎・腰椎・肋骨を抽出し骨番号を自動的に付与する。骨が見分けにくい画像での番号の振り間違いを抑制、読影時の医師の負担を軽減する(図 3)。

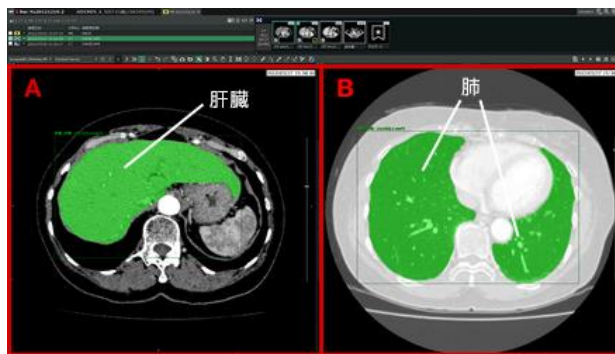


図 3. 臓器抽出およびラベリング機能の例: 図 A および B の緑色の領域は、CT 画像から肝臓(左)と肺(右)を抽出したものの。

・骨経時サブトラクション機能

過去画像と現在画像について、抽出した脊椎を一つ一つの椎骨に分けて位置合わせを行った上で過去画像と現在画像の差分処理を行い、CT 値の経時変化を算出して骨濃度の差分画像を提供し、経時的な変化の観察を支援する(図 4)。

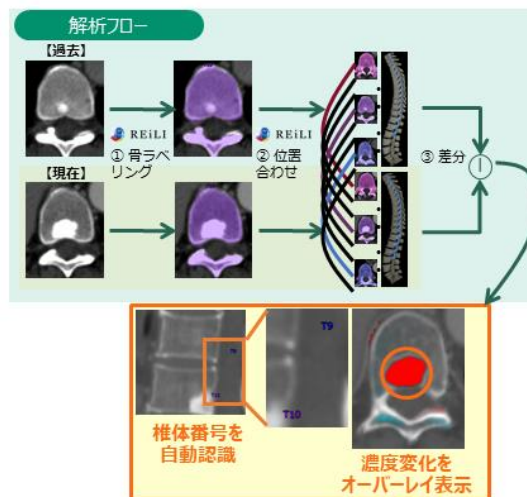


図 4. 骨経時サブトラクションの解析フロー(上)と解析結果の例(下)

・Virtual Thin Slice 機能

一般的な読影に使われるスライス厚 5mm 程度の CT 画像(Thick スライス)からスライス厚 1mm 程度の

¹ SYNAPSE SAI viewer 用画像処理プログラム / 販売名: 画像処理プログラム FS-AI683 型 / 認証番号: 231ABBZX00029000
SYNAPSE SAI viewer / 販売名: 画像診断ワークステーション用プログラム FS-V686 型 / 認証番号: 231ABBZX00028000

Thin スライス画像を仮想的に生成する機能。この機能により、過去に撮影された画像が **Thick** スライスであっても、**Thin** スライスと近い条件で比較読影を行うことができ、サジタル像やコロナル像において、骨の構造や血管走行の視認性を向上させる(図 5)。

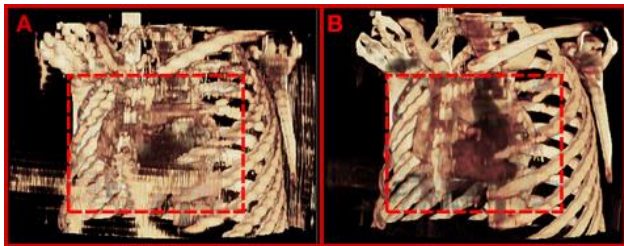


図 5. Virtual Thin Slice 機能:スライス厚 5mm の CT 画像から 3D 画像を再構成すると不鮮明になることがあるが (画像 A の破線部)、本機能によりスライス厚 1mm の画像を仮想的に生成し、骨の視認性を高めることができる (画像 B の破線部)。

・読影ワークフローを支援するビューワ機能

AI 技術による解析結果をスムーズに活用・出力するための、ビューワ機能も大幅に強化している。

腫瘍トラッキング機能:病変に対する定量的な数値を経時記録し、表やグラフ、3次元で比較する機能を搭載。経時的な比較観察を行う際の活用を想定している (図 6)。

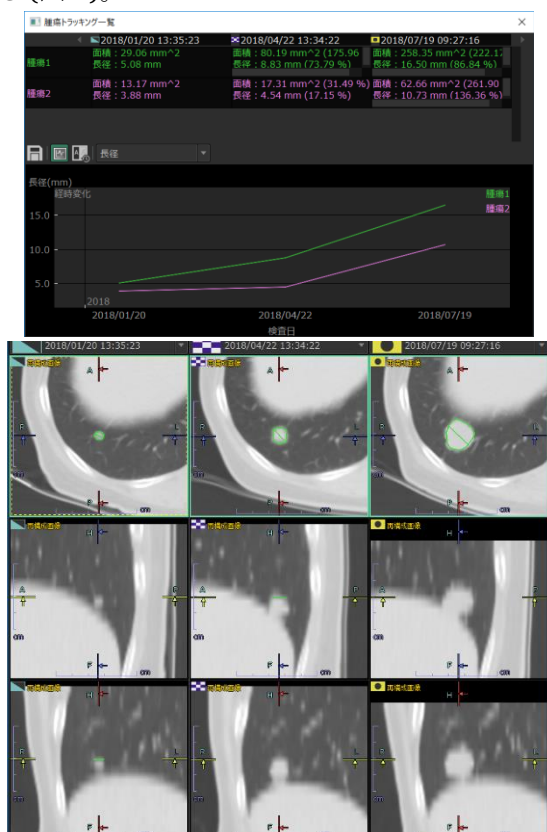


図 6. 腫瘍トラッキング機能:自動スライス位置合わせ

機能により、検査間で対応する腫瘍を推定し、経時集計する(上)、また三断面での経時比較も容易に行えるような表示機能を提供する(下)。

・ユーザ操作性向上:クイックレイアウト画面にて、マウスの動線を少なく画像をレイアウト可能。複数の画像を選択して同時に素早くレイアウトすることも可能。また、ワンクリックで絞り込み条件を変更可能な検査リストや、テキストオーバーレイ表示・マウス操作など、ユーザ毎にカスタマイズ出来る項目を多数用意している(図 7)。



図 7. クイックレイアウト機能(左)、検査リストの絞り込み機能(右)

3D 画像表示機能の強化: 今後開発される AI 技術による解析結果を視覚的に表示できるよう、GPU 搭載のレンダリングサーバを活用し 3D 画像表示を強化している。MIP (Maximum Intensity Projection; 最大値投影処理)・MPR (Multi Planar reconstruction; 多断面再構成法)画像だけでなく、VR (Volume Rendering)画像も滑らかな表示操作を実現している。臓器認識技術を応用した骨抜き機能では、血管走行の確認が可能。直交 3 断面と連動したビューイングも滑らかに行うことが出来る(図 8)。



図 8. 3D 画像表示機能:
三断面と VR 画像の連動表示(右)。

■ SYNAPSE VINCENT「膝関節解析」機能

SYNAPSE VINCENT²(以下 VINCENT)は、簡単な操作で画像から臓器や血管など自動抽出する画像認識機能を提供し、放射線科、循環器科、消化器科等で有効性が評価されている 3D 画像解析システムである。Ver5.4 では、整形外科の診断ワークフローを支援する「膝関節解析」機能を新たに搭載した。

変形性膝関節症等の膝軟骨病変は、レントゲンによる骨同士の幅や骨の形態等から軟骨の損傷状態を類推する間接的な診断が一般的であったが、近年では、MRI により膝軟骨や半月板の損傷の程度を直接的に確認できるようになった。しかし、MRI の連続的な 2 次元画像をもとに、医師が患部の状態を立体的に想像し診断することから、患者への膝の病態の

説明が難しく、また、膝軟骨や半月板の病態を 3 次的に可視化するためには、市販の画像処理ツールを利用して医師が手動で作成する必要があり、多くの時間と労力を要していた。

「膝関節解析」機能は、深層学習技術を用いて設計した画像認識機能により、従来は困難であった膝軟骨・半月板の自動抽出が可能となっている(図 9)。これにより、3 次元画像の作成作業を簡略化できるため、変形性膝関節症や半月板損傷等の膝関節領域での診断ワークフローの改善が期待できる。また、膝軟骨の 3D 画像からの軟骨の厚み・面積の計測、過去画像との比較ができるため、変形性膝関節症や半月板損傷部位の治療効果の定量的な判定への利用が期待できる。

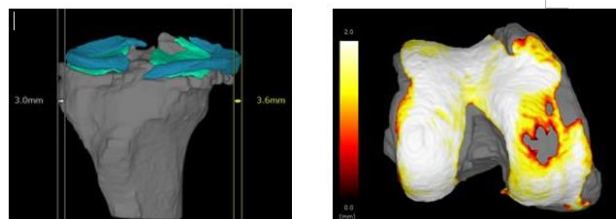


図 9. 「膝関節解析」機能: 半月板の逸脱計測結果の例(左)、大腿骨軟骨の厚み表示の例(右)。軟骨が最も厚い箇所は白～黄色、最も薄い箇所は赤～黒色に表示される。

■ 間質性肺炎の病態解析・定量化技術(開発中)

実用化途中の技術の 1 例として、間質性肺炎の診断支援技術について紹介する。間質性肺炎は、肺胞に炎症や損傷がおこり肺胞壁が厚く硬くなり、呼吸機能が低下する疾患であり、特発性肺線維症(IPF)など指定難病になっている病型も含まれる。

今回開発に成功した技術は、深層学習技術を活用したソフトウェアが、CT 画像から肺野領域、気管支および血管を、正常な肺とは構造特徴が異なる間質性肺炎に罹患した肺でも高精度に自動抽出し(図 11)、肺野内の気管支、血管、正常肺および、網状影やすりガラス影、蜂巣肺など肺の 7 種類の病変性状を識別、自動で分類・測定することで、間質性肺炎の病変を定量化するものである。さらに、病変の分布と進行状態が詳細に確認できるよう、肺野を 12 の領域に分割し、その領域ごとに、病変の容積および割合を表示する機能を有している(図 12)。

本技術は多くの臨床応用の可能性が期待されており、2020 年度中の実用化を目指して開発を進めている。

² ボリュームアナライザー SYNAPSE VINCENT / 販売名: 富士画像診断ワークステーション FN-7941 型 / 認証番号: 22000BZX00238000

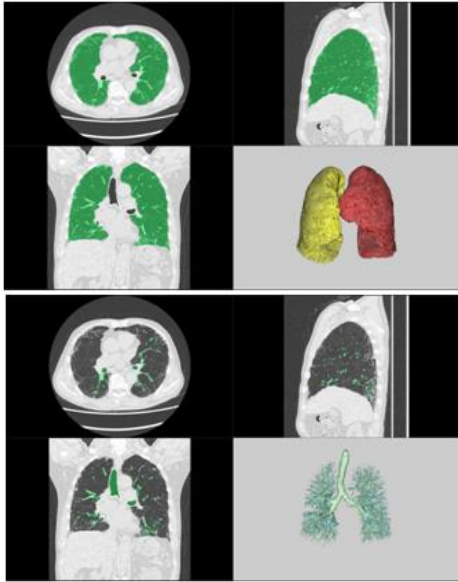


図 10.間質性肺炎解析技術: (左)緑色の部分が肺野。(右)気管支・血管を高精度に自動抽出。

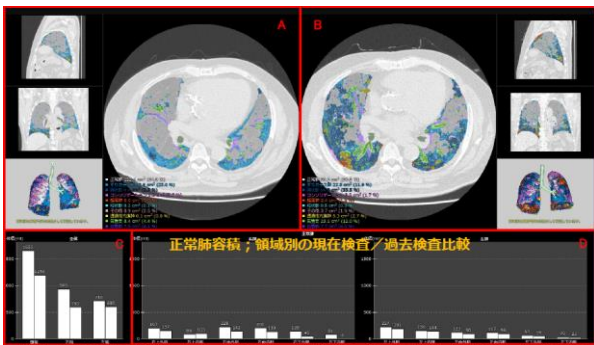


図 11.間質性肺炎の解析結果の表示例: A)過去の検査画像、B)現在の検査画像、C)過去と現在の検査画像における正常肺(全肺、右肺、左肺)の容積の比較グラフ、D)過去と現在の検査画像における領域別の容積の比較グラフ

■ 今後の取組み

上記以外にも、胸部 X 線撮影画像に関する CAD 機能をはじめ、様々な診断支援技術の開発を進めている(図 12)。



図 12. 読影ワークフロー全体を通して、診断を支援する AI 技術およびそれを活用するためのプラットフォームの開発を進めている (開発中技術含む)

オープンな AI プラットフォーム: 複数の AI 技術が、PACS や 3D WS 上で統合的に機能することが、診断支援 AI 技術の価値の最大化につながる。SAI Viewer も、自社開発および他社の AI 技術をシームレスに使えるプラットフォームとしてのインターフェース (API) を実装しており、国内外の優れた AI ベンダーとの共同開発も進めている。

3D ワークステーションとの融合: SAI Vviewer は、VINCENT との融合性を考慮したアーキテクチャを採用している。今後 SAI Vviewer と VINCENT 上で抽出された結果や、付与されたアノテーション情報など、画像に対する診療情報が放射線科～診療科間で相互に共有できるよう連携強化を進めていく。

■ おわりに

画像診断デバイスの高性能化に伴い、診断すべき医療用画像は年々増加している。画像診断システムは、診断支援 AI 技術との親和性を深め、より質の高い読影を効率的に行うための画像診断のプラットフォームとしての進化の余地がまだまだある。当社もより良い医療の実現を目指して、引き続き技術開発に取り組んでいく。