

AIを活用した放射線画像診断支援

Image Diagnosis Support Using Artificial Intelligence

白旗崇 Takashi Shirahata / 岩田吉広 Yoshihiro Iwata

高橋哲彦 Tetsuhiko Takahashi / 宮崎靖 Osamu Miyazaki

尾藤良孝 Yoshitaka Bito

株式会社 日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット

ABSTRACT

AI (Artificial Intelligence) 技術が、放射線画像診断支援向けに進歩している。放射線画像診断では、CTやMRIなどで大量の画像が取得される一方、画像診断医は不足していて、読影負担の増加や地域的な診断格差の増大が懸念される。このことから、AIによる検査効率や再現性の向上など画像診断支援への期待が高い。日立は、DI×AI (Diagnostic Imaging with Artificial Intelligence) というコンセプトに基づき、放射線科の検査ワークフロー全体を効率化および高品質化する開発を進めており、AIやビッグデータ、IoT (Internet of Things) などのデジタルテクノロジーを活用したソリューションを構築中である。本稿で、MRIの撮影位置設定支援、脳MRI画像・肺がんCT画像の読影支援などのアプリケーションについて具体例を示す。

The AI(Artificial Intelligence) technologies are in progress for diagnostic support in radiology. A large quantity of radiological images continues being acquired by CT or MRI and so on. On the other hand, the radiologists, who read diagnostic images, are in short. And burdens to read images increase. And it is expected that diagnostic quality difference increases regionally. From this, expectation to diagnostic support by using AI including inspection efficiency and the reproducible improvement is high. Hitachi pushes forward development to make the whole inspection workflow of the radiology efficiency and high quality based on a concept called the DI × AI (Diagnostic Imaging with Artificial Intelligence) and is building the solution that utilized digital technology such as AI, Big data and IoT(Internet of Things). In this report, imaging position setting support of MRI and the reading diagnostic support of the lung cancer CT and brain MRI are shown.

Key Word: AI, Radiology, Diagnostic Support, Cancer, Brain

はじめに

AI(Artificial Intelligence)技術は、深層学習(deep learning)の活用と、コンピュータ性能の向上とビッグデータの進歩が加わって、今大きく進化している。AI技術は、データ分析や画像認識、自動運転、医療分野など、さまざまな分野で本格活用が期待されている。医療分野では、例えば、再入院のリスク予測や、診断画像での病変検出やセグメンテーション、疾患の分類、計測などの開発が進んでいる。

放射線画像診断では、CTやMRIに代表される画像診断装置の性能と検査手法が近年特に向上しており、質の高い診断用画像が大量に取得されている。一方、画像診断医は、国内お

よび世界規模で不足していて、画像診断医の負担増加や地域的な診断格差が懸念されている。特に、日本では高齢化の進展、中国では画像診断機器の急速な普及により画像検査数の増大が予想され、将来的な画像読影の需要は拡大する。このことから、AIによる検査効率の向上や、再現性の向上などの期待が高い。

このような背景の下、日立ではAIを活用した放射線画像診断を支援するソリューションの開発を進めている。本稿ではその取り組みについて具体例を紹介する。

政策・市場・技術動向

1. 医療機器と規制

米国では、1998年にマンモグラフィ用CAD (Computer Aided Detection) が認可された後、胸部X線、肺CTほかのCADが認可されている。2001年にはマンモグラフィCADが保険償還の対象となった。最近、米国で深層学習を利用した心臓用システムが認可された。

国内では、厚生労働省が開催した「保健医療分野におけるAI活用推進懇談会」で議論が行われ、AI開発を進めるべき重点領域の一つとして画像診断支援が選定された。また、次世代医療機器・再生医療等製品評価指標作成事業および医療機器等に関する開発ガイドライン策定事業において、「人工知能技術を用いた画像診断機器」の検討が始まった。現在、未来投資会議で示された2020年度の診療報酬改定に向けた検討や、AIを活用したシステムの早期実用化に向けて評価指標や開発ガイドラインの整備が進められている。

2. 医用画像診断支援の技術動向

コンピュータによる診断支援のうち特にCADと称されるものは、画像診断の分野で病変候補陰影の検出を目的としたCADe (Computer Aided Detection) と、腫瘍の良悪性分類など鑑別まで踏み込んだCADx (Computer Aided Diagnosis) に分類されている。

画像診断における読影支援 (CADe/CADx) は、自動診断まで踏み込んだものではなく、CADが示した情報を参考に医師が最終診断を下す。これらのCADは、AI技術を活用することで精度が向上し、実用性が高まると期待されている。

具体的には、大量の読影数があるがん検診や、脳MRI向きの、診断支援技術が実用化直前である。

医用画像診断支援のコンセプト

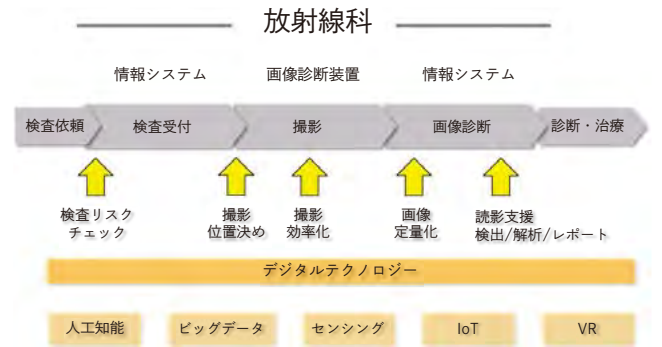
日立では、DI × AI (Diagnostic Imaging with Artificial Intelligence) というコンセプトに基づき、撮影や画像化、読影など放射線科の検査ワークフロー全体を効率化、高品質化するソリューションの開発を進めている。この開発では、AIやビッグデータ、IoT (Internet of Things) などのデジタルテクノロジーを活用する (図1)。

AIの技術の一つとしてディープラーニングなどの機械学習があるが、これを診断支援に援用する場合、一般に、組織や病変の認識率が向上し偽陽性が減るなどの効果がある一方で、学習に膨大なデータが必要、中身がブラックボックスで結果が出るまでのロジックやどのような特徴を捉えて結果を出したかを説明するのが困難であるなどの新たな問題が出ている。日立では、これらの問題を解決するため、医用画像診断装置メーカーとして培った従来の知識・技術とディープラーニングなどの機械学習を融合した“ハイブリッドラーニング”をコンセプトとして開発を進めている。

以下では、DI × AIの開発事例として、MR撮影位置設定支援、MR画像の定量化、CT画像の読影支援、脳MRIなど診断

図1 診断支援システムによる放射線科の検査フロー効率化

撮影や画像化、画像診断などさまざまなシーンでデジタルテクノロジーを用いた診断支援ツールを提供する



の効率化と高品質化に関連するアプリケーションを紹介する。

撮影の効率化と画像診断の定量化

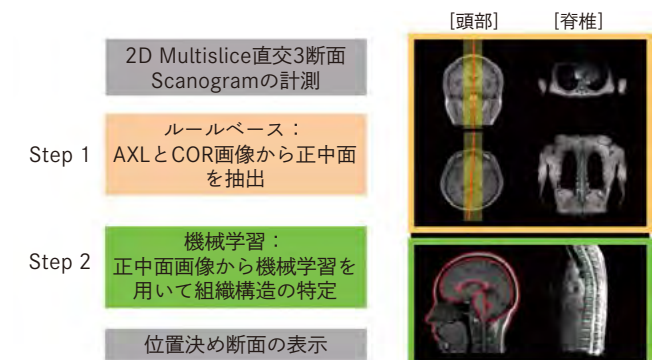
1. 撮影位置設定支援による撮影の効率化

MRIにおける撮影位置の設定支援は、検査の効率化と再現性の向上という二つの実用的な効果がある。

MRIでは、撮影断面を3次元で自由に設定できるので、その分、適切な断面設定には操作者の熟練が必要である。クリニックや病院において、MRIは複数の操作者がローテーションを組んで担当している。また時間外の検査の場合、MRIに不慣れな方が操作を担当することもありうる。このような背景の中、読影側のニーズとしては、操作者が異なっても常に断面が一定の再現性をもつことが期待される。このニーズに応えるのが撮影位置設定支援である。日立は、ハイブリッドラーニングの開発コンセプトに基づき、ルールベースの画像処理と機械学習を融合することで撮影位置を自動設定する技術を開発した (図2)^{1, 2)}。本技術は、スキャングラムを撮影するだけで自動的に撮影位置を設定できるため、これまでの検査フローを変えることなく、手動操作の撮影位置設定と比較し検査時間短縮が見込める。さらには、経過観察中の患者で、過去画像との撮影位置の再現性が高くなるメリットも考えられる。本技術は、頭部・脊椎の撮影に適用できる。

図2 MRIの撮影位置設定支援 (頭部、脊椎)

ステップ1でルールベース、ステップ2で機械学習を用いて位置決め断面を決定する



2. 画像診断の定量化

画像診断を定量化することは、診断支援のめざすことの一つである。その意味で、従来の画像情報を使って、定量化した画像を提供することは価値があるといえる。

MRIで、微小出血や鉄沈着の診断などに使われる画像種として、T2*W画像や磁化率強調画像(Susceptibility Weighted Imaging: SWI、Blood Sensitive Imaging: BSI等)があるが、日立では、これらのT2*コントラストの物理的な根拠の一つである“磁化率差”を定量的に反映したQSM(Quantitative Susceptibility Mapping)の実用化を進めている。

QSMでは、T2*W画像やSWI、BSIで区別できなかった出血と石灰化を画像コントラストで明瞭に識別できるメリットがある。また、QSMでは、T2*W画像や磁化率強調画像において磁化率差により原理的に生じる局所画像歪が除去でき、構造が明瞭である(図3)。

さらに、QSMは、神経変性疾患の早期診断に寄与すると期待されている。すなわち、アルツハイマー病(AD)やパーキンソン病(PD)などの神経変性疾患では、生体組織への鉄沈着や神経細胞を取り巻く髄鞘の脱落などの変化が生じるが、これら変化により生じた磁化率をQSMで定量的に知ることができるとの期待である³⁾⁴⁾。

将来的には、QSMによって、血中酸素濃度によって変化した磁化率から、脳の局所酸素摂取率を非侵襲的に測定する期待もある。

読影支援

1. 肺がんCT検診

肺がんは世界的に見て死亡率第一位のがんであり、早期発見と早期診断が重要である。2011年、米国で行われたNLST(National Lung Screening Trial)が、胸部低線量CT検診(以下、肺がんCT検診)が重喫煙者の肺がん死亡率低減に有効と示した⁵⁾。それを受け、USPSTF(U.S. Preventive Services Task Force)が肺がんCT検診を推奨し⁶⁾、ACR*(American College of Radiology)が肺がんCT検診のレポートングやマネジメントに関する品質管理システムLung-RADSを作成している⁷⁾。

日本においては、対策型検診が胸部単純X線により実施され、任意型検診は胸部単純X線検査と肺がんCT検診が実施

されている。茨城県日立地区では、肺がんCT検診を継続的に実施しており、日立市住民を対象とした時系列の研究は有意な死亡低減効果を認めている⁸⁾。

CT画像による検査では、医師が1受診者あたり100枚を超える画像を読影する必要があり、医師にとって心理的にも身体的にも負担が大きい。さらに、読影の質を担保するため、2人の医師による二重読影をすると、医師の負担に加え読影のコストも増加する。

日立では1990年代後半から、診断支援システムの研究を進めてきた⁹⁾。現在は、ハイブリッドラーニング開発コンセプトに基づき、これまでの経験・知識とディープラーニングを融合し、新たな診断支援技術を開発している。(図4)。

本技術では、CNN(Convolution Neural Network)を使用し、病変を自動的に検出する学習モデルに、医師の知見に基づく病変の特徴量を取り込み、病変検出に関する学習の効率向上を図っている。

ハイブリッドラーニングでは、通常のディープラーニングを利用して病変部位を検出する場合と比べ、収束性の高い学習が可能である。また、既知の特徴量に基づく処理が含まれるため、症例数の少ない病変にも対応でき、かつ検出された領域の特徴を示すことも可能となる。

医師が読影を始める前にあらかじめ病変検出の処理を実施し、読影時に病変候補として提示するConcurrent Reader方式(同時読影方式)を採用することで、読影時間の延長なしに病変の見落とし低減による読影精度向上が期待できる。さらにわれわれは、病変サイズの計測や過去データとの比較の自動化、レポート自動作成などにより、読影を効率化するシステムを構築中である(図4参照)。レポートには、病変のサイズ等の情報に基づき、再検査や確定診断など次にとるべきアクションを提示するコメントを自動で出力できるようにする。読影精度や読影効率に関する有効性を定量的に評価するため、臨床評価を準備中である。

2. 脳MRI

脳MRIについては、動脈瘤と白質病変の診断支援ソフトを開発中である(図5)。

図3 QSM(Quantitative Susceptibility Mapping)

生体組織の磁化率を定量的に画像化することにより、出血と石灰化の分別や、神経変性疾患の早期診断が可能になると期待される

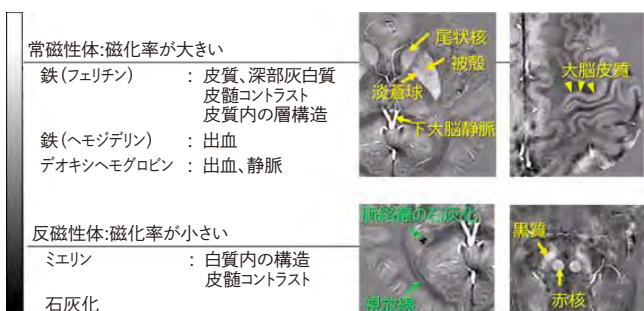


図4 肺がんCADの概要

ルールベースのアルゴリズムとディープラーニングを融合したハイブリッドラーニングにより、医師の知見を含んだ学習結果に基づく病変検出を実現する

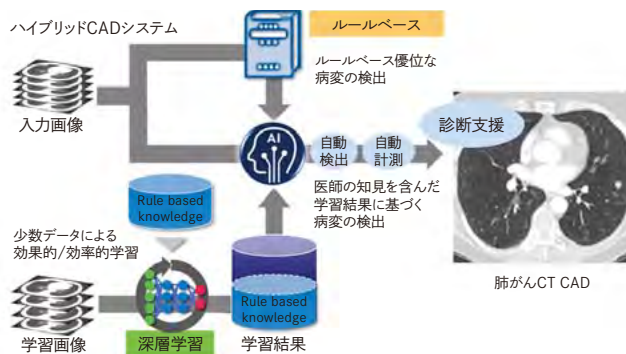
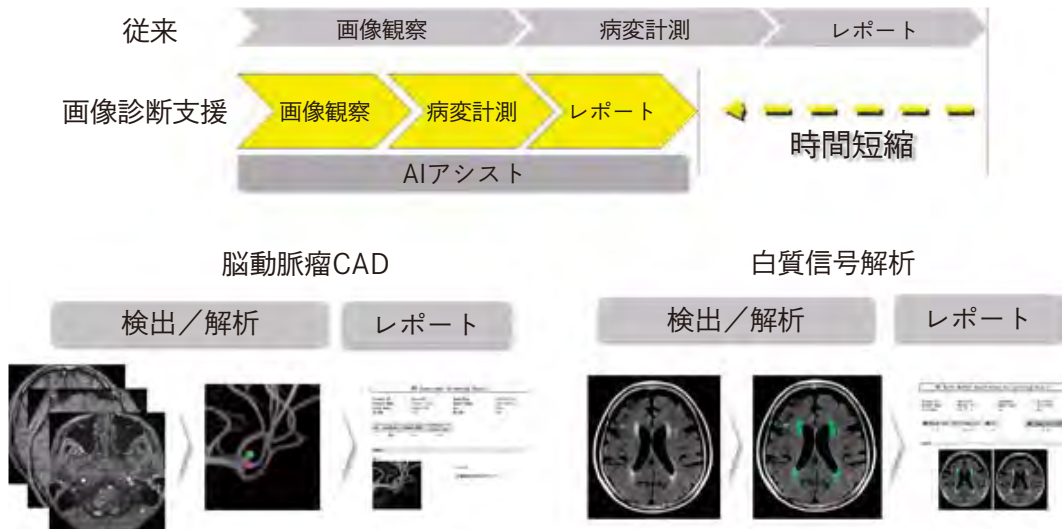


図5 脳診断支援ソフトのコンセプト

脳動脈瘤CADと白質信号解析ソフト



未破裂動脈瘤のスクリーニングにはMRA (MR Angiography) が使われる。診断医は、MRAのMIP (Maximum Intensity Projection: 最大値投影) 画像や元画像を見て動脈瘤の有無を確認し、有る場合にはその位置や形、大きさを把握する。脳動脈瘤CADは、MRAの元画像から、動脈瘤の候補を抽出して提示する処理を行う。このソフトは、医師の読影を支援し、MRA検査の効率を上げる期待がある。

大脳白質病変は、MRI検査で発見される無症候性もしくは潜在性の病変である。この病変は、脳小血管症を基盤とし、脳卒中や認知機能低下の危険因子である。危険因子の白質病変を、早期より管理することで将来の脳卒中や認知症の発症予防につながるといわれている。

白質信号解析ソフトは、FLAIR画像の白質部分の信号値を分析し、信号値が一定の範囲にある部位の体積を算出する。このソフトは、白質病変の診断の定量性や再現性を向上することにより、診断を支援する期待がある。

結語

DI × AI (Diagnostic Imaging with Artificial Intelligence) のコンセプトに基づき進めている開発事例を紹介した。

放射線科の検査を支援し、効率化や高品質化を実現するための取り組みは、単に放射線画像診断の負担を低減するだけでなく、将来的には、病気の早期発見や早期診断による死亡率の低下や要介護者数の低減、健康寿命の延伸にも寄与する

ものとする。

今後も日立では、放射線画像診断を支援するソリューションの提供を進めていく。

※ ACRは、ジアメリカン カレッジ オブ ラジオロジーの略称であり、登録商標です。

参考文献

- 1) Yokosawa S, et al.: Automated Scan Plane Planning for Brain MRI using 2D Scout Images. Proceedings of ISMRM, 3136, 2010.
- 2) Yokosawa S, et al.: Combining Rule-based and Machine Learning Approaches for Automated Scan Plane Planning of Spine MRI. JSRT, CyPos 10347, 2018.
- 3) 伊藤賢司、ほか: 拡散尖度画像と定量的磁化率画像を用いたパーキンソン症候群の早期鑑別診断. 第42回日本磁気共鳴医学会大会 (京都)、P-1-068, 2014.
- 4) Cabronero, J. A, et al.: In Vivo Quantitative Susceptibility Mapping (QSM) in Alzheimer's Disease. PLOS ONE, 8(11), e81093, 2013.
- 5) The National Lung Screening Trial Research Team: Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. N. Eng. J. Med., 365, 395-409, 2011.
- 6) U.S. Preventive Services Task Force home page, <https://www.uspreventiveservicestaskforce.org/Page/Document/UpdateSummaryFinal/lung-cancer-screening>
- 7) American College of Radiology home page, <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Reporting-and-Data-Systems/Lung-Rads>
- 8) Nawa, T. et al.: A decrease in lung cancer mortality following the introduction of low-dose chest CT screening in Hitachi, Japan. Lung Cancer, 78 (3), 225-228, 2012.
- 9) Kusano, S. et al.: Efficacy of computer-aided diagnosis in lung cancer screening with low-dose spiral computed tomography: receiver operating characteristic analysis of radiologists' performance. Jpn. J. Radiol, 28 (9), 649-655, 2011.