

## 「放射線診療領域への AI 開発と実装の取り組み」

GE ヘルスケア・ジャパン株式会社  
ヘルスケア・デジタル本部マーケティング  
大森 孝憲

### はじめに

人工知能（以下 AI）を使った製品やサービスが急速に広まっており、放射線診療においても、様々な AI を使った機能が開発され、装置等に実装されている。本稿では、令和元年度日本赤十字社診療放射線技師会電子会誌に GE ヘルスケア（以下当社）より寄稿した内容をアップデートする形で、当社の製品例を紹介したい。

### 放射線診療における AI のカテゴリー分類

放射線診療領域周辺で用いられる AI を、令和元年度の寄稿内容を交えながら 5 つのカテゴリーに分類して説明する。（但し、放射線診療は撮影、診断に加え治療なども含むが、本稿では主に撮影と診断中心の内容となっていることをご了承いただきたい）

まず、最初の分類軸として、その AI が「検査中」すなわち撮影の場面で作用するものであるか、あるいは「検査後」すなわち画像処理～診断の場面で作用するものかで大別する。もうひとつの軸は、その AI が「画像」そのものに作用するものであるか、あるいは「ワークフロー」を改善することに作用するものであるかで分ける。

加えて、今回は検査そのものに直接属することはなく、検査以外のシーンで作用するカテゴリーを加える。これらを総合すると下図のようなカテゴリーに分類することが出来るのではないかと考える。

	「検査中」（撮影） に作用する	「検査後」（画像処理～診断） に作用する
「検査画像」に作用する	A	C
「検査ワークフロー」に作用する	B	D

検査以外で 作用する
E

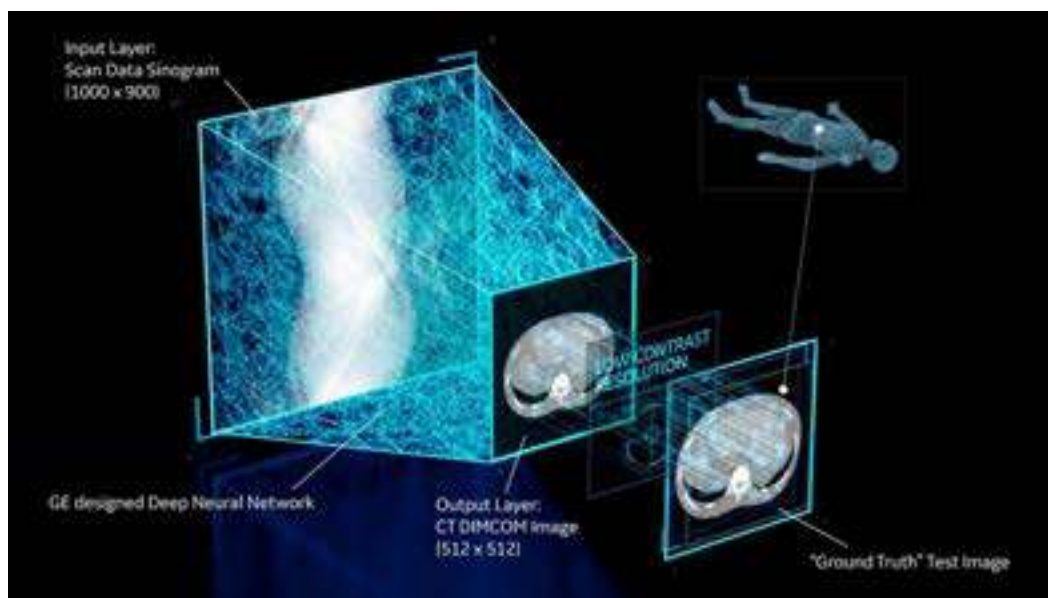
この分類に主なメリットや、主なユーザを加えると以下の表のように示すことも出来る。

	タイミング	作用する対象	主なメリット	主なユーザ
A	検査中	検査画像	画質の向上、リアルタイムな病変検出など	医師
B	検査中	検査ワークフロー	業務負担の軽減	診療放射線技師
C	検査後	検査画像	臓器セグメンテーション、抽出など 病変検出、悪性鑑別、解析等の自動化など	診療放射線技師 医師
D	検査後	検査ワークフロー	読影業務負担の軽減	医師

それぞれのカテゴリーについて、具体的な製品や開発中の事例を取り上げて以下にご紹介したい。

## A 「検査中」かつ「画像」そのものに作用するAI の例

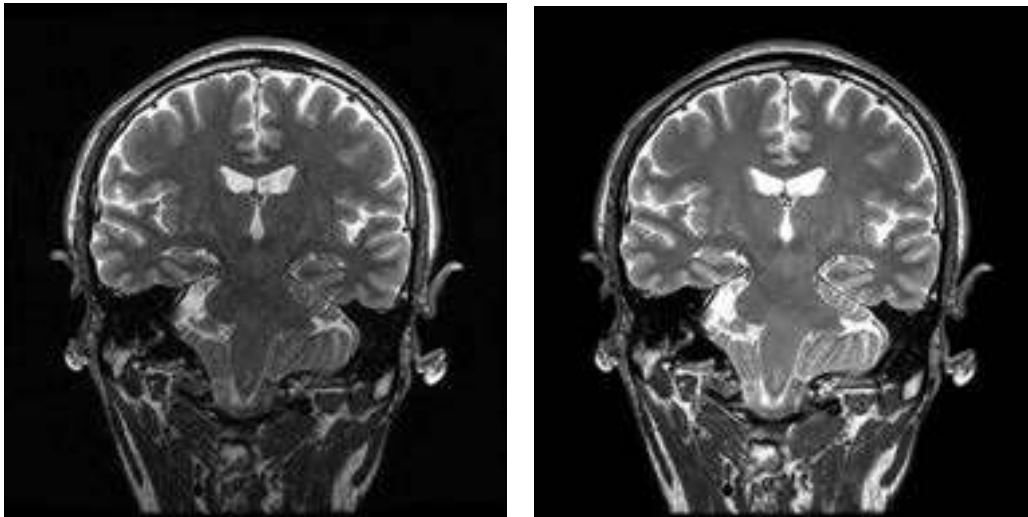
「True Fidelity Image」(以下TFI) は、深層学習アルゴリズムを用いて開発された、CT の画像再構成用ソフトウェアであり、Deep Learning Image Reconstruction (DLIR) と呼ばれる技術である。(図1)



(図1 True Fidelity Image)

TFI の開発には、高線量の Filtered Back Projection (以下FBP) 画像を教師データとすることで、低線量でも高線量時のFBP のような質感と鮮鋭度の高い画像を再構成することが可能となっている。被ばく線量の低減・最適化が注目されてきた直近の10年ほどは、逐次近似法(以下IR)を用いた低線量撮影が多く採用されてきた。もちろんIRは現時点でも線量低減に有効な画像再構成法であるが、一般論として線量を低減しながらIRの強度を強く適用すると鮮鋭度が落ち、境界が不明瞭なのっぺりとした画像になる傾向があるため、線量低減やIRの強度は限定的であった。TFIでは分解能の劣化や画質の違和感なく被ばく低減を実現しながら鮮鋭度の高い画像が得られるようになった。また部位による制限が無く、全身領域で使用可能な為、CT検査を受診される全ての患者にメリットを提供することが出来る。

また、MRI検査においても、「AIR™ Recon DL (エアーリコン ディーエル)」と呼ぶAI技術を使った新たな画像再構成技術がある。AIR™ Recon DLは従来のk空間フィルタを使用せず、収集したraw data全体に対してアルゴリズムを適用するフィルタレス型のディープラーニングであり、高周波成分のraw dataを損なわない。この技術は、画質の大幅な向上、アーチファクト低減、画像の尖鋭度向上の3つの効果を同時に実現する(図2)。これにより、高画質を維持しつつ、撮影時間の短縮も期待できる。AIR™ Recon DLは、現行販売している3.0Tと1.5Tの当社の全MRI機種、及び過去に販売したMRI装置からバージョンアップまたはアップグレードをすることにより搭載が可能である。



(図2 従来の画像再構成画像(左)、AIR™ Recon DLによる画像再構成画像(右))

このような、CT, MRI 検査装置における画像再構成に使われる AI 技術は、「検査中」かつ「画像」そのものに作用する代表的な AI 機能と考えられる。

このカテゴリーのもうひとつの例は、一般撮影におけるリアルタイムな気胸の検出である。移動型デジタル X 線撮影装置に搭載された AI アプリケーションが、撮影と同時にリアルタイムに気胸の有無を検出する。検出すると撮影装置のコンソールモニタ上にアラートを表示し、撮影する診療放射線技師に対して注意を喚起し、医師に連絡することで迅速な対処が可能となる。撮影した画像は PACS に送信されるが、病変を検出したことをメッセージとして伝えることで、PACS の検査リスト上に注意を要することをフラグとして表示することも可能となる。ビューワで画像を表示した際にも検出した気胸をアノテーションとして示すことも可能である。この例は、「検査中」に作用するものであると共に、「検査後」のワークフロー改善に寄与するものでもある。なお、この装置は AI を搭載したモダリティとして初めて FDA (アメリカ食品医薬品局) の 510K 承認を得ている。(国内販売未定) (図3 参考イメージ)



(図3)

## B 「検査中」かつ「ワークフロー」に作用する AI

このカテゴリーで挙げる事例は当社の CT 装置「Revolution Maxima」である。この Maxima は、付属の「DL カメラ」を天井に据付けて用いることが出来るのが特長となっている。(図4)



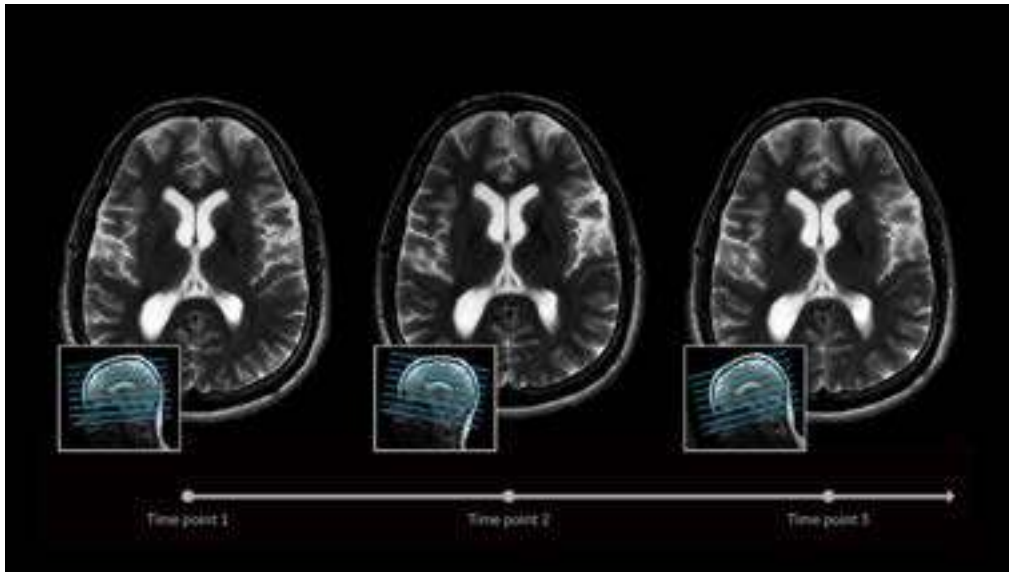
(図4 Revolution Maxima と DL カメラ)

上図の通り、Maxima にはガントリーの左右にタッチパネル操作が可能なモニタが組み込まれており、操作者はここで検査を行う患者の選択や、プロトコルの選択などを行う。すると次に DL カメラが寝台に寝ている患者を認識し、体形などを計測して自動的に最適なポジショニングを行うことが可能である(図 5)。アイソセンターからズレることで被ばくの増加や、逆にズレることで画質が劣化してしまうため、アイソセンターでのポジショニングは安定した画質と不要な被ばくをさせないために重要である。このような技術により、被ばく線量の最適化に寄与することができる。



(図5)

次に、MRI 検査においては、AI 設計された自動位置決め機能 AIR<sup>TM</sup> X(エアーエックス)がある。36,000 枚の画像データを用いたディープラーニングアルゴリズムを採用。頭部、膝関節の検査において正確な自動スライス設定を行うことで、設定のためのクリック数を減らし、より早いスキャン開始を実現する。また、患者の寝ている位置・角度や操作者に依存しない断面設定が可能となり、特に経過観察での比較診断において再現性の高い検査が可能となる。(図6)



(図 6)

もう一つ、血管撮影装置における例として、ニューラルネットワーク技術を用いて開発した AutoRight を紹介する。この AutoRight 機構は、カテーテルインターベンションの領域で、術者が手技の進捗の各時点で必要とする画質要求に対し、血管撮影装置のイメージングチェーンを自動最適化し、術者視点での一貫した画質を提供することを可能とする (図 7)。AutoRight はガントリやディテクタ、テーブルの動きによる術中の被写体厚の変化にリアルタイムに追従する。また、従来の線量レベル設定に基づくアウトプット画質の最適化機構と異なり、術者の画質レベル要求に基づき X 線条件の最適化を行うため、術者が臨床的に意図しない過剰線量を削減することも可能である。このように、AutoRight は画質と線量の最適化、すなわち刻一刻と変化するカテーテルインターベンションの術中において臨床必要とされる画質を最小の線量で提供するというオペレーション上の課題を、AI 技術によりサポートする。これにより、治療手技とワークフローに加え、被ばくの低減に作用し、患者・術者・スタッフにメリットを提供することが出来る。



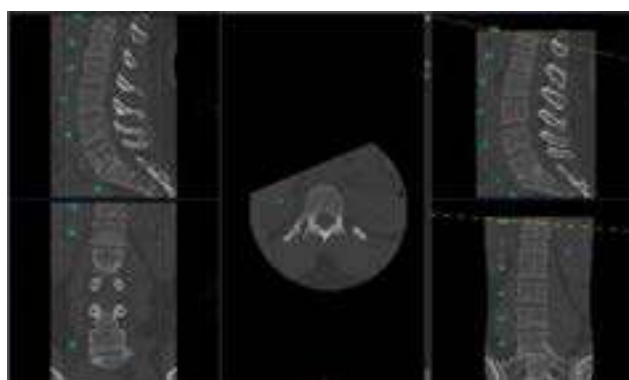
(図 7)

ここで紹介した CT, MR, 血管撮影装置の AI は、ワークフローの向上を実現し、診療放射線技師の負担を軽減することで、より患者のサポートに意識を向けることが可能となる。また、個々の診療放射線技師のスキルギャップによって生じるバラツキなどを減らす効果も期待される。

## C 「検査後」かつ「画像」そのものに作用するAI

このカテゴリーは大きく2つに分けられる。まず、CT装置等で撮影した画像から、検査対象の臓器を抽出し、読影時の計測や診断に適した画像を作成するセグメンテーション機能である。主に診療放射線技師が担うことが多い業務で、3D画像解析ワークステーションやサーバーで行うことが一般的である。従来より、臓器セグメンテーション機能自体は存在しており、ワークフローとしては、セグメンテーションを自動で行った後、微調整をマニュアルで行うことが一般的であるが、この自動セグメンテーションの精度を向上させるため、AIを活用して改良がされている。当社の Advantage Workstation、およびAWサーバーでは、頭部解析(CT)、肝臓解析(CT)、椎体ラベリング(CT)等で、AI技術を使ったセグメンテーション機能を提供している。(図7、8)

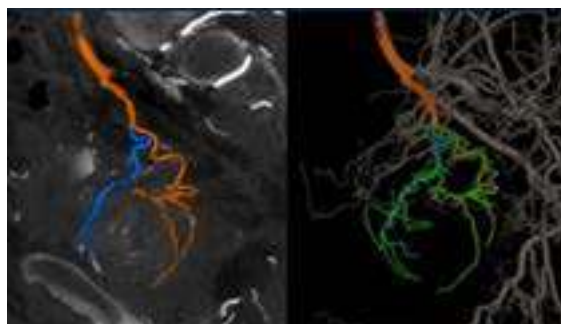
また、血管内治療のシーンでは、3D血管撮影画像から脳血管をはじめとする全身血管の自動セグメンテーションや、CBCT画像からの肝実質自動セグメンテーションと血管支配領域の解析等により、治療計画から術中ナビゲーションまでをワンストップで支援する(図10)。



(図8 AI設計された椎体の自動ラベリングと直行断面表示)

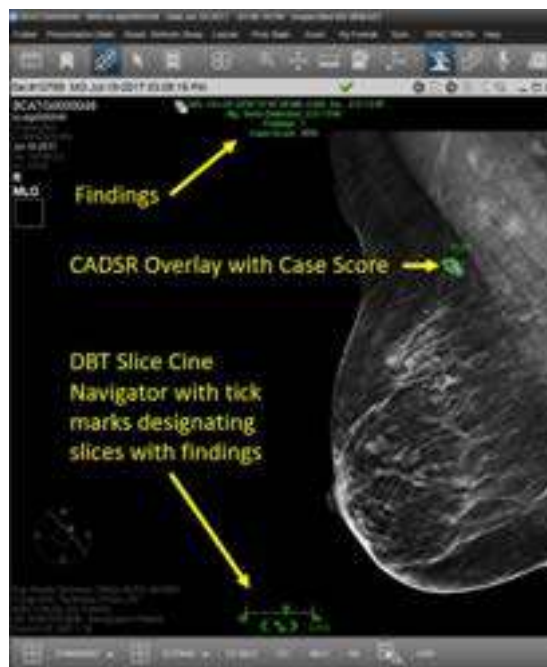


(図9 AI設計された臓器セグメンテーション。肝臓解析の例)



(図10 3D血管撮影画像による、血管セグメンテーション)

二つ目に、このカテゴリーの実例として挙げるのは診断支援の AI アプリケーションである。例えば、後述する当社 Apps Orchestrator のアプリケーションのひとつであり、iCAD 社が開発したマンモ画像の診断支援ソフトウェアである。マンモグラフィ装置で撮影された画像データは医師がビューワで参照する前に、バックグラウンドで AI アルゴリズムが作用する。医師がビューワで参照する時には、図 11 のように、検出された Findings などがアノテーションと共に表示される。

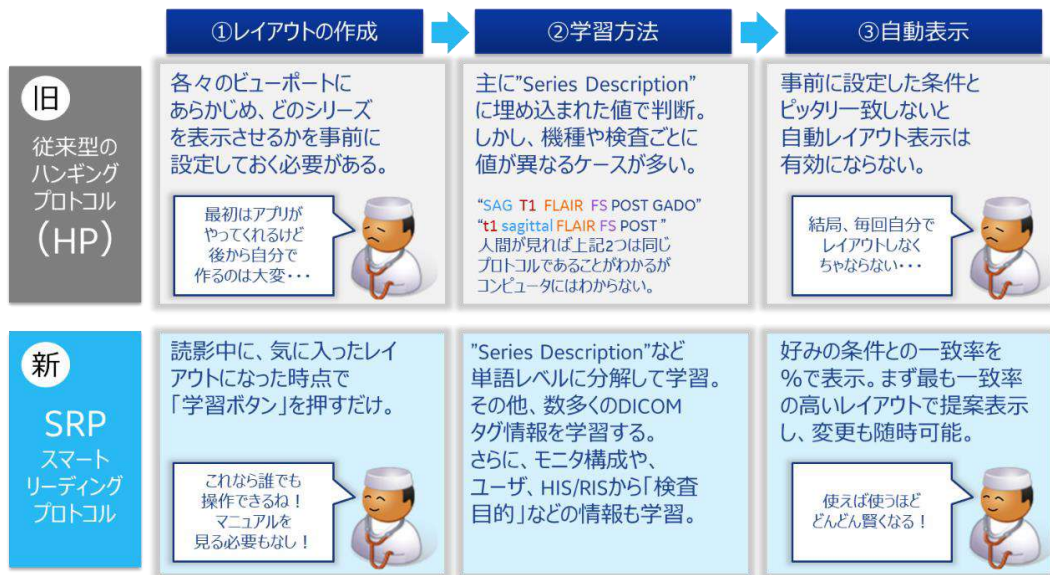


(図 11)

図中に書き込まれた CADSR とは、コンピュータ診断支援 (CAD) の結果を DICOM の SR (Structured Reporting) 形式でやり取りしたものであることを示している。DICOM という標準規格に則ることで、ビューワの提供ベンダーに依存せず、様々なビューワと連携して利用することが可能である。(図 11 は当社 PACS Viewer との連携例。日本未販売。)

#### D 「検査後」かつ「ワークフロー」に作用する AI

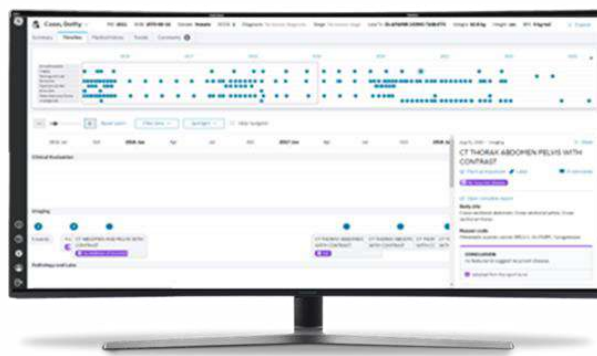
このカテゴリーの例は読影ビューワであるユニバーサル・ビューワをご紹介します。従来の画像診断では今から読影する検査をビューワで開き、次にそれぞれの医師が自分の読影しやすいレイアウトにシリーズの配置を並べ替えていた。1回に要する時間はわずかでも、1日に数十件の読影をすれば合計では大きな時間的負担となる。しかも、この並べ替えるという行為自体は医師にとって極めて非生産的な作業である。この問題を解決するために開発され、当社の読影用ビューワに実装されているのが「Smart Reading Protocol」(以下 SRP)である。SRP は、前述の NLP 技術を使い、DICOM ヘッダの様々なタグ情報に加え、HIS/RIS から取得した検査目的、更にはモニタ構成がどうなっているかといったことも含めて、ユーザの好みに最も適していると推論したレイアウトで自動的に表示する。画像診断を行う医師ひとりひとりの好みを学習し、使えば使うほど学習を重ねるので、徐々に最適なレイアウトを提示できるようになり、医師の業務負担を軽減する。(図 12)



(図 12)

## E. 検査そのものの以外で作用する AI

ここでは Oncocare の例を紹介する (図 13)。がん治療のケアは複雑で、情報が多く、データが分散していることも多い。そこで、診断、ステージ、治療履歴、検査画像などの必要な情報を 1 画面に集約し、効率的かつ確信度の高いケアを提供するために、同時期に起こったイベントを同期させて表示したり、長文の検査や読影報告書から、生成 AI を用いてサマリー文章の作成を支援する。主治医だけでなく、がん治療に関わる多職種のスタッフが同じ情報に効率的にアクセスすることで、より準備時間を短縮し、的確な意思決定を支援する。(2023 年 11 月の米国 RSNA にて技術紹介。日本未販売)



(図 13)

## その他 AI 開発や、複数 AI アプリケーションの活用を支えるソリューション

AI が医療現場で普及するためには、AI 機能を自社で開発し、自社の装置やソフトウェアに実装するだけではないと考える。より多くの開発ベンダーが医療分野において AI 機能を開発しやすい環境、また医療機関においては様々な AI を活用しやすい仕組みも重要と考える。そこで、当社では以下のサービス、ソリューションに取り組んでいる。



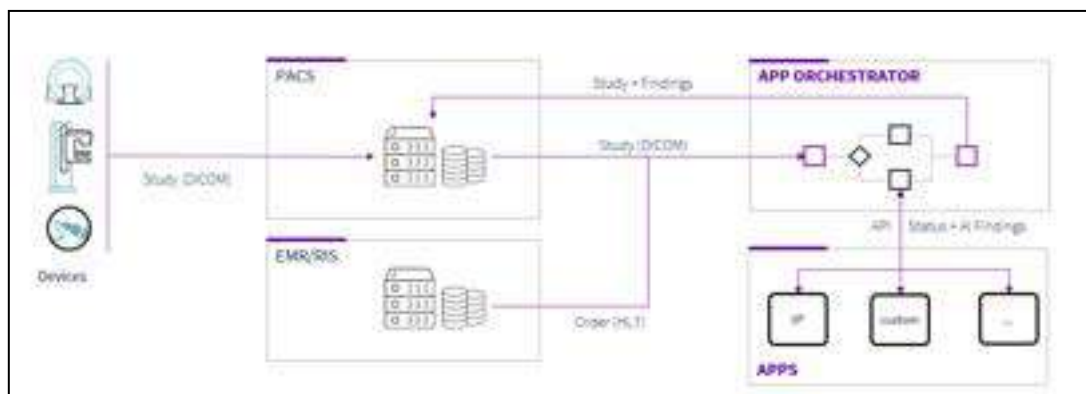
1. Edison Developer Program (AI を開発するプラットフォーム)
2. Apps Orchestrator (複数の AI を効率的に管理、運用するプラットフォーム)

上記1. Edison Developer Programは、Amazon Web Service (AWS) というクラウド上に構築された環境で、AI 開発のためのツールやライブラリ、教師データセットなどが豊富に用意されている。当社のエンジニアが利用するのはもちろんのこと、アカデミックなお客様や、パートナー企業にも開かれた利用環境になっている。このようなオープンなパートナーシップを更に拡大するため、「Edison Developer Program」という仕組みを作っており、既に200社以上の参画パートナー候補との審査や契約を進めている。この「Edison Developer Program」に参画すると、当社モダリティの技術情報の開示を受けることも可能で、特定の機種向けのAIを開発することも出来る。当社モダリティは、世界160か国以上で、400万台以上が使われており、そうしたお客様に対して新たなAI機能を提供することでパートナーのビジネス機会も増加し、当社もお客様に対して新たな付加価値を提供できることでシナジーが生まれる。

上記2. App Orchestratorは、マルチベンダーのAIを効率的に管理、活用するプラットフォームである。現在、最も注目を集めているのが、前述のカテゴリーCで紹介したような病変検出型のAIアプリケーションであると考えられるが、AIはモダリティ、疾患、目的により用途や適用が決まっているため、こうした目的別に複数のAIアプリケーションを使いこなすことになる。その際、複数のアプリケーションを適切に使いわけるワークフローや正確性が課題になる。技術的に最も簡単なワークフローは読影を開始し、ビューワで開いている検査に対して、必要なAIアプリケーションを呼び出して処理をさせる連携起動方式である。この技術は現在でも既に読影ビューワから3Dアプリケーションを起動したり、循環器心解析アプリケーションを起動したりといった実装が可能になっているため、それと同じ方法を用いれば実装は容易である。AIアプリケーションが2つ、3つであればこの方式でも構わないが、10、20と増えればどうであろうか。そもそものAIアプリケーションがどんな検査に適しているかを把握しておかなければならず、その上でバラつきなく選んで起動しなければならない。現状でも読影医の業務負担の大きさは世界的な課題であり、AIの導入により負担を増やしてしまっは本末転倒である。

こうした問題解決を支援するのが「Apps Orchestrator」(以下AO)である。AOは、PACSやVNAが受信した検査データに対し、どのような際にどのAIアプリケーションに解析させるかを事前に設定しておくことが出来る。

例えば、最もシンプルな例を挙げると、頭部CT画像であれば脳出血を検出するA社のAIアプリケーションに処理させ、胸部CT画像であれば肺がんを検出するB社のAIアプリケーションに処理させ、それぞれの結果をDICOM SR形式でPACSに通知する、といったフローを予め設定しておくのである。これにより、画像診断を行う医師は、従来のワークフローとなら変わることなく、オリジナルの画像と共に、AIが推論を行った結果が表示されるので、追加となる手間もなく、ツールに対して学習する負担も少なく、使い方のバラつきもおさえられ、診断ワークフローへのAIの自然な組み込みが可能となる。このようなオーケストレーションツールの存在は、多数のAIアプリケーションを使い分ける将来において必要不可欠な要素になる可能性があると考えられる。



(図 14)

## おわりに

本稿では、令和元年度日本赤十字社診療放射線技師会電子会誌に当社より寄稿した内容をアップデートするかたちで、前回同様に利用されるタイミングや作用する対象ごとのカテゴリーごとに、当社の放射線診療領域のAI機能と実装された装置実例を紹介した。国内でも薬機法の承認を受けたAIアプリケーションや、AIを搭載したモダリティが増えてきている。各施設で求められるソリューションを検討いただく際の一助となれば幸いである。また、AIを役立ててもらうには、自社のAIを提供するだけでなく、異なる特長を持ったベンダーとの製品開発やサービス共創、医療機関がAIを使いやすい環境を提供することも重要であると考えます。今後も製品開発、パートナー企業との共創に努めていきたい。

薬事認証名称： マルチスライスCT スキャナ Revolution

医療機器認証番号： 226ACBZX00011000

薬事認証名称 Revolution Maxima (レボリューションマキシマ)

医療機器認証番号 301ACBZX00013000

薬事認証名称： ディスカバリーMR750w 類型：シグナ Architect

医療機器認証番号： 223ACBZX00061000

薬事認証名称 アドバンテージ ワークステーション

医療機器認証番号： 20600BZY00483000

薬事認証名称 AW サーバー

医療機器認証番号： 22200BZX00295000

薬事認証名称： 多目的X線撮影システム Discovery

医療機器認証番号： 認証：225ACBZX00006000

引用：

日本赤十字社診療放射線技師会 電子会誌 11号 「放射線診療へのAIの自然な組み込みに向けて」

JB09590JA