

AIが照らす
乳腺
画像診断
の世界

Breast
Imaging
Vol.20

Ⅲ AIなどの最新技術が築く乳腺画像診断の世界

1. MRIにおけるAIなどの最新技術の動向

2) 乳腺MRIにおける SmartSpeed AI活用術

【技術編】「SmartSpeed AI」が切り開く乳腺MRI：
ultrafast DCE-MRIを中心にして

上田 優^{*1}/小原 真^{*1}/濱野 裕^{*2}
権 池勲^{*1}/米山 正己^{*1}/ヴァン カウテレン マルク^{*1}

*1 (株) フィリップス・ジャパン プレシジョンダイアグノシス事業部 MR クリニカルサイエンティスト

*2 (株) フィリップス・ジャパン プレシジョンダイアグノシス事業部 MR ビジネスマーケティングスペシャリスト

撮像の高速化と高画質化の両立は、MRIにおける重要な臨床ニーズであり長年の課題である。特に乳腺MRIにおいて近年注目されている ultrafast dynamic contrast-enhanced MRI (ultrafast DCE-MRI) では、血流動態を正確にとらえるための1ダイナミック7秒以下の高時間分解能と、病変の形態評価に対応可能な高い空間分解能が要求される¹⁾。こうしたニーズに応えるべく、parallel imaging, view sharing,あるいはcompressed sensing (CS)²⁾などの高速化技術が進歩し、その臨床導入は着実に進んでいる³⁾。フィリップスは、長年にわたり構築してきた一貫性のある高速化プラットフォームを基盤に、人工知能 (AI) を応用した次世代高速撮像技術「SmartSpeed AI」⁴⁾を開発した。SmartSpeed AIは、画像ドメインで高倍速を実現できる設計となっており、1ダイナミック5秒以下で高空間分解能撮像を、時相間での造影コントラストの混在なしに実施可能で、血流動態の定量評価において高い信頼性が期待される。

本稿では、SmartSpeed AIの技術的背景とともに、乳腺ultrafast DCE-MRIへの応用例を紹介し、さらに、高画質化を追究した「SmartSpeed Precise」についても概説する。

一貫した高速化プラットフォーム

フィリップスのMRI高速化技術は、1999年に登場したSensitivity Encoding (SENSE)⁵⁾を起点に、2017年にはSENSEとCSを融合したCompressed SENSE (C-SENSE)⁶⁾が発表されるなど、段階的な進化を遂げてきた。これらの技術は、いずれも撮像時間の短縮と画質の維持・向上の両立を目的に、一貫した高速化プラットフォームの下に設計されている。こうした技術の蓄積を基盤に開発されたのが、物理モデルとAIを融合させたSmartSpeed AIである。「物理モデル」にはフーリエ変換を用いるのが一般的であるが、ここにSENSEを用いているのがフィリップス高速化プラットフォームの特長である。

ONE-GO Physics-Driven：物理モデルとAIの融合

2023年に発表されたSmartSpeed AIは、従来の高速化技術の限界を克服すべく開発されたdeep learning reconstructionである。物理モデルとスパース性という異なる2つのアプローチを融合したPhysics-Driven型のAI画像再構

成技術である。SENSEとAIモデル (Adaptive-CS-Net)⁷⁾が一体となり処理する「ONE-GO Physics-Driven」として動作する点が特長である (図1)。本技術では、SENSEによる再構成処理が1回で完結するのではなく、繰り返し実行される。このように反復的に処理する方法をIterative SENSE⁸⁾と呼ぶ。

Iterative SENSEは、2001年にNon-Cartesian サンプリングへの応用を目的として開発された手法である。ノイズ特性、コイル感度、背景情報を考慮しながら、反復的に折り返しアーチファクトの展開・除去を行う。多様なサンプリングに対応できる柔軟性があり、ランダムアンダーサンプリングとの高い親和性を持つ。

加えて、SmartSpeed AIの性能を最大限に引き出すためには、入力となるk空間データのサンプリング設計も重要である。SENSEとCSでは、それぞれに適したサンプリングパターンがあるが、その両方を組み合わせることで、新たに最適化されたランダムアンダーサンプリングが導入されている。サンプリングパターンを最適化することで、g-factorノイズの局所的な増大を抑制しながら、SmartSpeed AIの再構成性能をいっそう高めることが可能となる。このように、Iterative SENSEとAI、そして最適化されたランダムアンダーサンプリ