

File No. 82

千葉大学医学部附属病院 放射線部

黒澤隆那

はじめに

千葉大学医学部附属病院は、千葉県千葉市に位置する特定機能病院で、高度医療の提供、地域医療の支援、医学研究・教育の推進を担っている。病床数は865床（ICU、HCU含む）を有し、千葉県内の医療の中核を担う大学病院である。

2021年1月、新中央診療棟が完成し、放射線部門ではMRリニアックシステムの導入をはじめ、レントゲン室以外の検査室が全面的に刷新された。MRI検査室には1.5Tおよび3T装置が合計5台稼働しており、そのうち4台にはPhilips社の「Ambient Experience」という環境照明システムが導入されている。これにより、患者は、ほとんどのMRI装置にて快適な検査環境を体験できるようになった。

さらに近年、Deep Learning Reconstruction (DLR) 技術が注目を集めている。当院でも2024年3月より、DLR技術を搭載したPhilips社の「SmartSpeed AI」の使用が可能となった。SmartSpeed AIは、AI技術を活用し、ノイズ除去効果を高めることで撮像の高速化と高分解能化を実現している。この技術はさまざまな領域で臨床応用されており、その有用性についても多くの報告

MRI検査の新時代： Ambient Experienceと SmartSpeed AIがもたらす変化

がある。私は、このSmartSpeed AIによってMRIの3D画像の品質が向上し、Volume Rendering (VR) による立体表示が可能になる点に注目している。従来のMRIでも3D画像の撮像は可能であったが、「撮像時間が長い」「ノイズが多い」といった課題があり、VR表示は主にMR Angiography（頭部血管）など特定の領域に限られていた。そのため、CTのような微細な構造の描出は困難であった。しかし、SmartSpeed AIはこれらの課題を克服し、MRIの3D画像に革新をもたらしている。

本稿では、最新技術である「Ambient Experience」と「3D画像」におけるSmartSpeed AIに焦点を当て、その使いやすさと有用性について解説する。なお、本稿において、「3D画像」とは、単に3D法で撮像した画像ではなく、等方性 (isotropic) 画像を指し、それをVR技術によって立体的に表示できるものとして定義し述べていく。また、本稿にて作成する3D画像は、ザイオソフトのZiostation2とFujifilm社のSYNAPSE VICENTを使用している。

Ambient Experienceの “使いやすさ”

Ambient Experience は検査室の天井と壁面を特殊な照明で彩り、部屋全体の色調を変化させることが可能である（図1）。さらに、森林などの風景やアニメーションが壁面に投影され、情景にあった音楽が流れており、リラックスしてMRI検査を受けることがで



図1 Ambient Experienceを導入したMRI検査室

きる。この技術は患者が感じるストレスや不安を軽減する効果があり、中断回数を最大70%削減するとされている。この中でも、Ambient Experienceの導入前後で私自身が特に「使いやすい」と感じたポイントについて紹介する。

1. 息止め指示の視覚化

Ambient Experienceには「In-boreモニタ」が設置されており、検査中でも特殊モニタと専用ミラーを通じて患者が映像を見ることができる。このモニタには息止め指示が表示される。そのため、検査終了後には患者から「息止めのタイミングがわかりやすい」「息止め時間が把握できて、止めやすい」といった意見が寄せられており、その利便性が評価されている。

特に衝撃的だったのが、この技術が聴覚障害者にとって非常に有用である点である。従来、聴覚障害者の息止め指示は、電気の明るさを変える方法や膝への触覚指示など、聴覚障害者への対応には手間と労力がかかっていた。In-boreモニタによる視覚化はこうした従来法に代わり、聴覚に頼らずとも息止めタイミングを正確に把握できる仕組みを提供している。この技術によって聴覚障害者も他の患者と同様にスムーズな検査を受けることが可能となり、医療現場における効率性と公平性の向上につながっている。

2. 不安軽減による副作用軽減

当院ではこれまでの診療経験から、患者がリラックスした状態で検査を受けた場合、ガドリニウム造影剤による副作用の訴えが少ないのではないかと感じるがあった。このような現場の気

づきを基に、Ambient Experienceが副作用低減に寄与している可能性を検証するための研究を実施した。当院におけるMRI検査時にAmbient Experienceを使用した後ろ向き研究では、ガドリニウム造影剤による副作用発生率が有意に低下することが確認された。頭頸部造影MRIを受けた外来患者4832名を対象とし、システム使用群の副作用発生率が0.7%であったのに対し、非使用群では1.6%と高い結果となった ($P=0.0274$)¹⁾。この結果からも不安軽減技術がガドリニウム造影剤による副作用発生抑制に寄与する可能性が示されている。

3. 小児患者の鎮静率低下

小児患者にもAmbient Experienceは大きな効果を発揮している。通常、小児検査では鎮静剤を使用することが一般的であるが、本技術導入後、低年齢層でも鎮静なしで検査を完遂できるケースが増加した。例えば、2歳児でも鎮静なしで検査完了した実績がある（図2左）。鎮静率についても改善が見られ、2～8歳以下では導入前81%から60%へと低下し、9～12歳以下では30%から16%へと半減している（図2右）。小児への鎮静剤使用は副作用リスクが高いため、この改善は安全性向上につながっている。また、鎮静なしで検査を行うことで検査後すぐに日常生活へ戻れるため、小児患者とその家族にとって心理的ストレスも軽減されている。

以上より、本技術によって息止め指示の視覚化、不安軽減による副作用抑制、小児患者への鎮静剤使用率低下など、多方面で“使いやすさ”と安全性向上に寄与している。今後もさらなる応用可能性について期待される技術である。

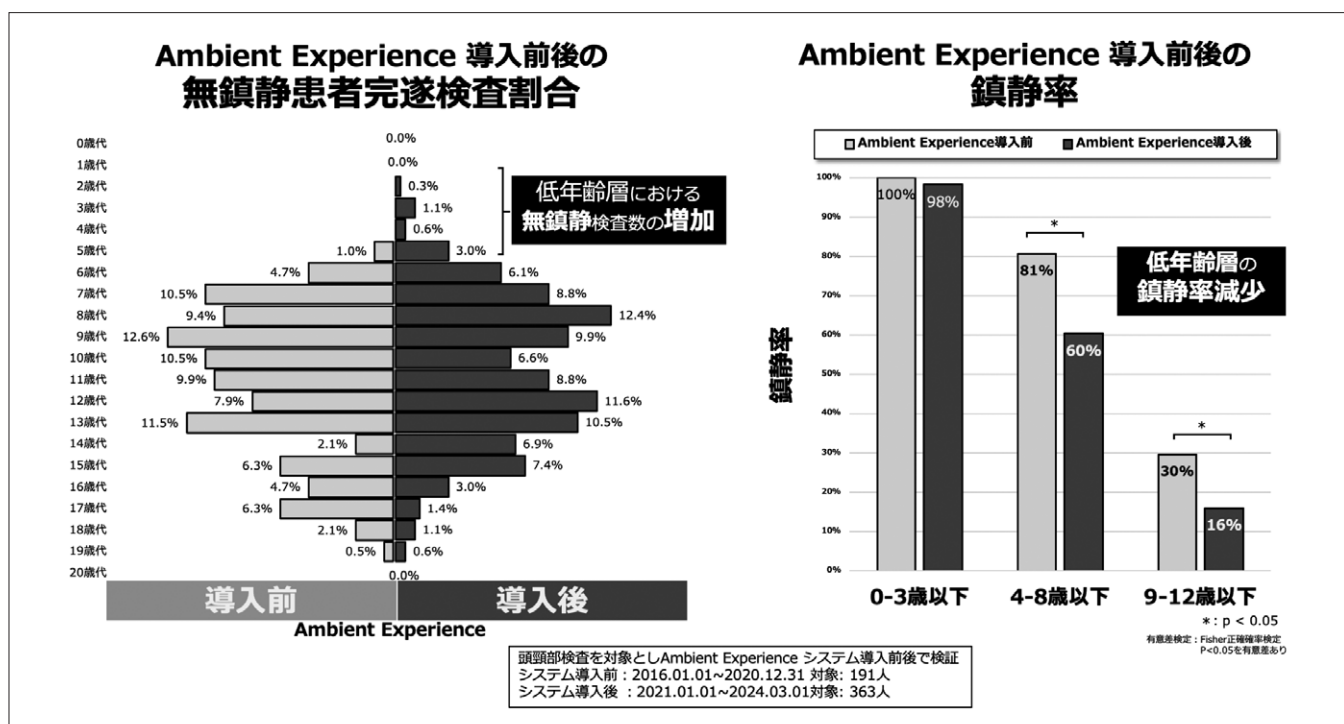


図2 Ambient Experience導入前後の、無鎮静患者完遂検査割合と鎮静率



3D画像における SmartSpeed AIの“使いやすさ”

MRIによる3D画像撮像法は近年著しい進化を遂げている。特に注目されている技術として、SmartSpeed AIに加え、CT同様に骨形態を鮮明に描出可能な「Bone Like Imaging」が挙げられる。これら2つの技術について簡単に紹介した後、特に3D画像におけるSmartSpeed AIの“使いやすさ”について詳しく述べていく。

1. SmartSpeed AIによる革新的なノイズ除去技術

SmartSpeed AIは、Compressed SENSEの「One-Go」プラットフォームにAdaptive-CS-Net（深層学習を用いたノイズ除去アルゴリズム）を融合させた発展形である。この技術では、ノイズ除去前後でデータ整合性を段階的かつ繰り返し確認することで、ノイズと実データを正確に区別し、高精度かつ効率的なノイズ除去を実現している。この革新的なノイズ除去技術は、Bone Like Imagingとの相乗効果も期待される。

2. MRIによる骨描出技術「Bone Like Imaging」

Bone Like Imagingは、従来CTでしか明瞭に描出できなかった骨組織をMRI画像で鮮明に描出する新しい手法である。Philips社が開発したBone Like Imaging技術の一つとして、FRACTURE（Fast field echo resembling a CT using restricted echo spacing）がある²⁾。FRACTUREは3Dマルチエコー法を使用し、MRIで骨形態の詳細な描出を可能とした。この技術は骨折評価など臨床的有用性が高く^{3, 4)}、外科手術計画などの3D画像⁵⁾にも応用可能で、安全かつ効率的な治療計画立案に役立つ。また、このMRIによる骨画像技術はCTとは異なり、多様なコントラスト画像との融合表示も可能という利点がある。

3. 短時間で高品質な3D画像

従来のFRACTUREの撮像時間は少なくとも約3分30秒程度必要であり、高精細かつ十分な信号対雑音比（SNR）を確保するためには約5分間の撮像が必要となる場合もあった。しかし、SmartSpeed AIの高いノイズ除去効果によって、術前支援目的の頭部FRACTURE画像ではわずか30秒程度という極めて短い時間で高精細な3D画像取得が可能となった。特に術前支援画像として重要な骨縫合線も、この短時間撮像で明瞭に描出できる（図3）。

また、本稿で提示する症例では、脳動脈評価用のTOF-MRA（Time of Flight MR Angiography）、脳静脈評価用のMR Venography、脳表評価用の3D-FLAIRをそれぞれ撮像し、それら複数の画像を融合して表示している。これら全ての撮像もSmartSpeed AI併用によって5分以内という極めて短い時間で完了できるため、術前支援画像取得への心理的・物理的ハードルが下がり、患者負担も大幅に軽減される。

4. Volume Rendering作成労力の低減

SmartSpeed AIを活用することで、3D画像作成時の精度と効率が大幅に向上すると期待される。高品質な3D画像を作成するためには十分なSNRが不可欠であり、不足すると良好な画像の取得は困難になる。例えば手部の骨形態や腱の3D画像を作成する場合、空間分解能を高めつつ撮像時間を短縮すると、十分なSNRを確保することが難しい症例もある。しかしSmartSpeed AIの高いノイズ除去効果を利用すれば、骨形態や腱をノイズから明確に分離することが容易になる（図4）。

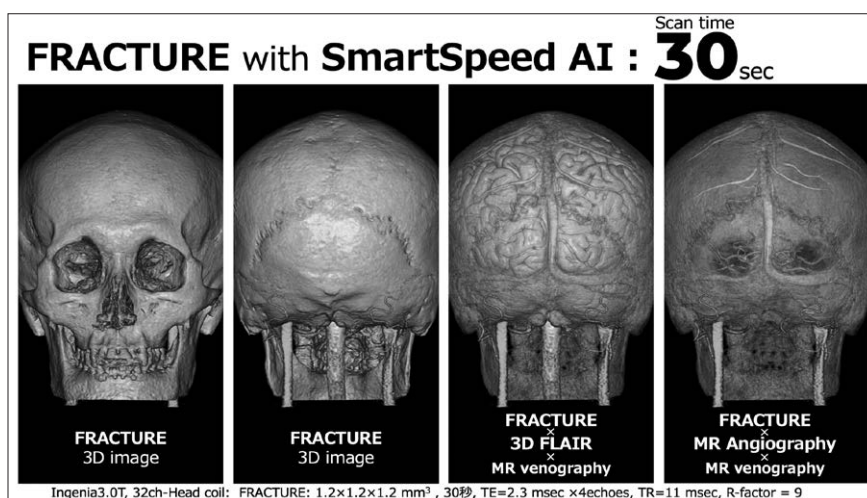


図3 SmartSpeed AI併用FRACTUREの3D画像および融合画像

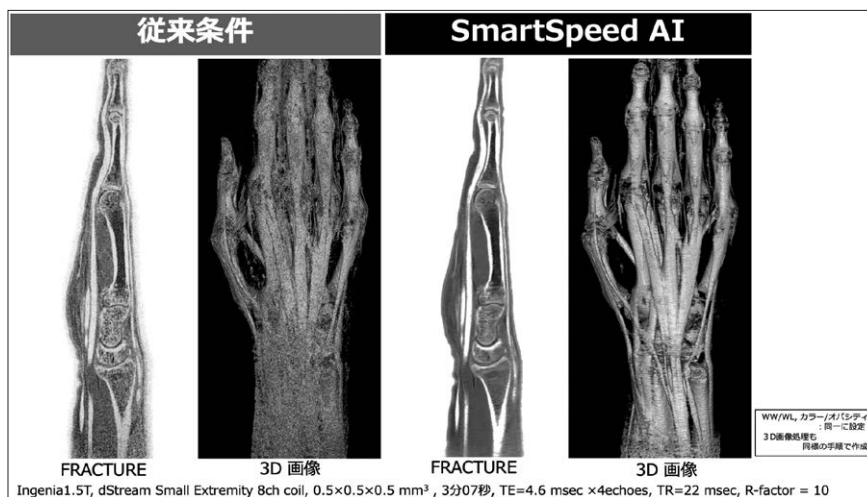


図4 従来条件とSmartSpeed AI：ノイズ除去効果による3D画像の精度向上

これにより3D画像作成にかかる作業時間が短縮され、医療従事者の負担軽減につながると考えられる。

5. SmartSpeed AIによる 3D画像活用領域拡大への期待

さらにSmartSpeed AIは従来困難だった領域にも新たな可能性をもたらしている。その具体例として胎児検査が挙げられる。胎児検査は、超音波検査だけでは詳細な診断が難しい胎児の状態を確認するために用いられる。母体腹部の呼吸性の動きに加え、胎児自身の動きは予測不能であり、従来はシングルショットなどの2D撮像法が主流だった。SmartSpeed AI併用による高速3D balanced GRE法を活用することで、わずか12秒間の短い呼吸停止下で腹部全体を撮像でき、1.5mm等方性ボクセルの高精細撮像を実現した(図5)。この方法により多断面から胎児情報を評価できるだけでなく、高精細3D画像取得も実現し、体幹や頭部のみならず手足指まで詳細に観察できるようになった。このような高精細3D画像は顔の輪郭や、体幹と頭部のバランスを客観的に評価することを可能にする。それにより、顔面奇形や成長発達異常、多指症や合指症など先天性異常の早期発見につながり、臍帯巻絡リスク把握など多様な利点もある。また家族への説明にも有用と考えられる。今回は胎児検査を例示したが、このようにSmartSpeed AIによって、MRIによる3D画像技術は今後さらに幅広い領域へ応用され、新たな客観的評価法として活用されていくことが期待される。

最後に

「MY BOOK MARK 〜本当に使いやすい製品がこの中に〜」をテーマに、Ambient ExperienceとSmartSpeed AIという二つの最新技術を紹介した。これらの製品は、患者の快適性や安全性を高め、医療現場の負担を軽減し、さらには診断精度や効率性を飛躍的に向上させる。まさに“本当に使いやすい”と実感できる製品であり、今後もこれらの技術を積極的に活用し、患者に寄り添った質の高い医療を提供していきたい。

<文献>

- 1) Nitta K et al: Relationship Between Patient-Friendly Audiovisual Systems and MRI Contrast Agent to Adverse Reactions. J Magn Reson Imaging 2024,59(6):2013-2020
- 2) Johnson B et al: Fast field echo resembling a CT us-ing restricted echo spacing (FRACTURE) : a novel MRI technique with superior bone contrast. Skeletal Radiol 2020, 50 (8) :1705-1713
- 3) Deininger-Czermak E et al: Added value of ul-tra-short echo time and fast field echo using restrict-ed echo-spacing MR imaging in the assessment of the osseous cervical spine. La radiologia medica 2023,128 (2) : 234-241
- 4) Deininger-Czermak E et al:Evaluation of ultrashort echo-time (UTE) and fast-field-echo (FRACTURE) sequences for skull bone visualization and fracture detection-A postmortem study. J Neuroradiol 2022, 49 (3) : 237-243
- 5) Inoue T et al: A Novel Evaluation for Vertebral Artery Course Using 3D Magnetic Resonance Imaging with Computed Tomography -like Bone Contrast and Magnetic Resonance Angiography: A Proof of Concept Study. World Neurosurg 2024, 187:e166-e173.

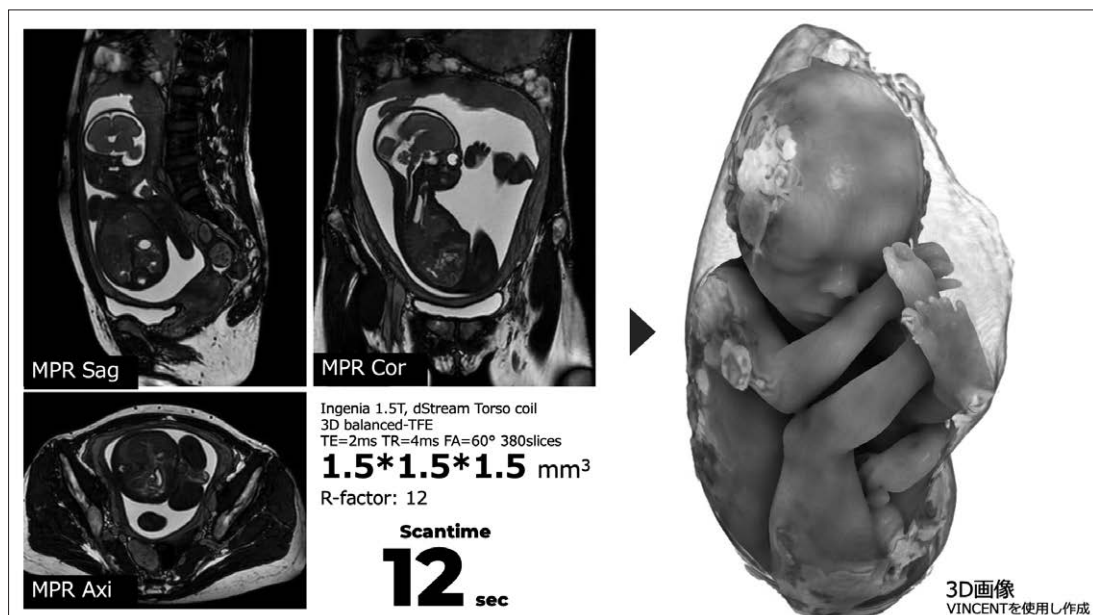


図5 SmartSpeed AIによる高速息止め撮像技術を用いた胎児3D画像