

MRIにおける Deep Learning Reconstruction が魅せる世界

弘前大学医学部附属病院 医療技術部 放射線部門 ○大湯 和彦(Oyu Kazuhiko)

【はじめに】

我々の業務にAIが導入されその有用性は多岐にわたる。頭部MRAにおける動脈瘤自動検出や異常信号検出等の診断支援や、Auto slice line等の検査支援などが挙げられる。中でもDeep Learningを用いた画像再構成(Deep Learning Reconstruction:DLR)により大幅な画質改善が行われその有用性は様々報告されている。今回はDLRを用いた高分解能撮像について紹介する。

【DLR】

MRIにおけるDLRは、通常のデータサンプリングを行い、画像再構成時にノイズ除去と高分解能化処理を併用するプロセスを含んでいる。メーカーによってはParallel Imaging(PI)の展開エラーが生じないものやCompressed Sensing(CS)のfactorを高値に設定してもアーチファクトが生じないものがあるため、各メーカーの特徴を抑えながらパラメータ設定が必要となる。

当院で用いているGE社製のAIR Recon DL(ARDL)は、ノイズ除去と尖鋭化処理のほかトランケーションアーチファクト除去が行われ非常に高画質な画像の取得が可能となっている¹⁾。ただし、PIの展開エラーやCSでfactorを高値にした際に生じるテクスチャーの変化は除去されないため注意が必要となる。

【どう使う?】

この技術をどのように有効活用するかを検討する必要がある。一つは、従来と同程度の分解能で時間短縮を行うことが挙げられる。トータルの検査時間が短縮されることで患者負担の軽減につながる。さらにスループットが向上でき検査数を増やすことで、経営

改善にも有用である。もう一つは、同程度の時間で高分解能化することが挙げられる。高分解能化することで、従来では描出が困難であった病態を検出することで、医学的に新たな知見が得られる可能性がある。当院では後者にスポットを当てパラメータ設定を行っている。

【DLRの手法】

GE社製のDLRはARDLのほか、Sonic DLがある。製品版の心臓用とは異なりwork in progressであるが、CSの画像再構成部分にDLRを用いることで、factorを高値にしても従来のテクスチャー変化は生じにくく時間短縮が可能となる。さらにARDLを併用でき、時間短縮と高画質化を兼ね備えた次世代型のDLR技術である。今回この2つを用いた症例を紹介する。

【症例:ARDL】

1.2D-SE T1WI(Fig.1)

下垂体造影の2D-SE T1WIにおいて1mmスライス厚で撮像し、従来と比較し描出能が改善できたと報告がある²⁾。3mmで撮像した画像では正常部と腫瘍部が明瞭に描出できていないが、1mmで撮像することで、その境界が明瞭に描出されている。また3mmと比較してSNRも問題ない。

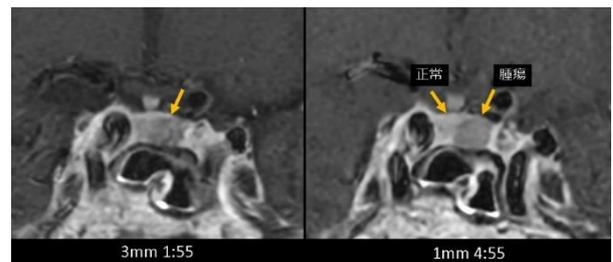


Fig.1 2D-SE T1WI

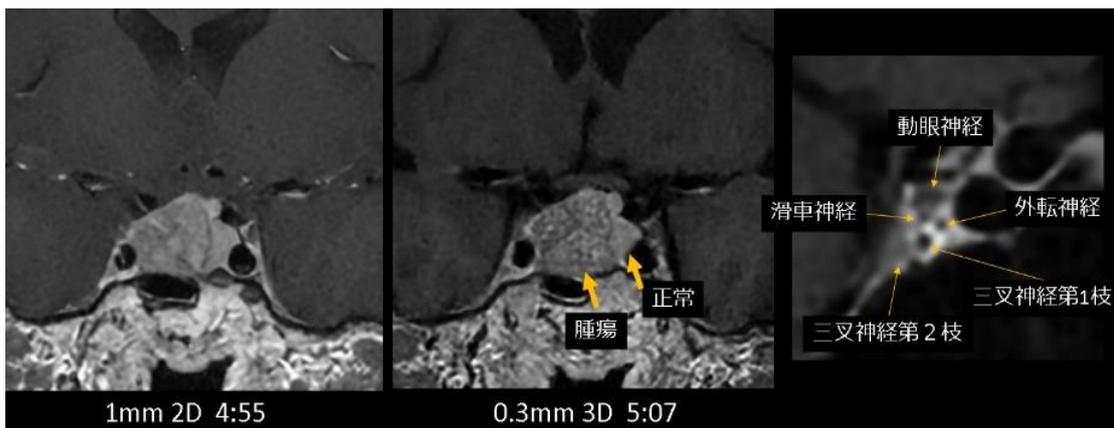


Fig.2 3D-FSE T1WI

2.3D-FSE T1WI(Fig.2)

撮像時間を1と同程度としスライス厚を0.3mm、面内分解能を $0.63 \times 0.63\text{mm}$ と高分解能とすることで腫瘍の内部構造も詳細に描出できている。また海綿静脈洞内の脳神経構造が明瞭に描出することが可能であった³⁾。

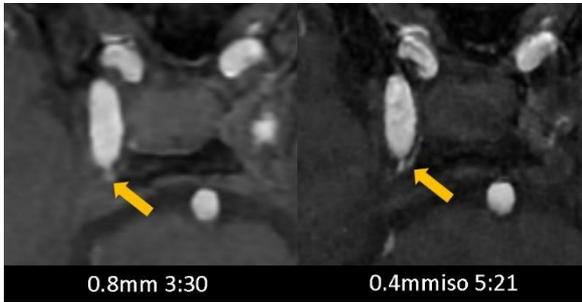


Fig.3 MRA

3.MRA (Fig.3)

内頸動脈では様々な分枝があり、頭部MRAではそれが動脈瘤様に描出されることがある。0.8mmで撮像した画像では、右ICAに後方に突出する高信号があり動脈瘤疑いであったが、0.4mm isotropic voxelで撮像したMRAでは正常血管の走行であることが確認でき動脈瘤が否定された症例である。

4.2D-FSE T2WI(Fig.4)

1mm isotropic voxelとすることで多発性硬化症の描出が改善できたと報告がある⁴⁾。5mmスライス厚で確認できる白質の異常信号が、1mmで撮像することで内部のプラークが明瞭に描出されている。また脳幹部の描出においてT2-FLAIRでは描出困難である病変が、小病変を含め明瞭に描出可能となった。

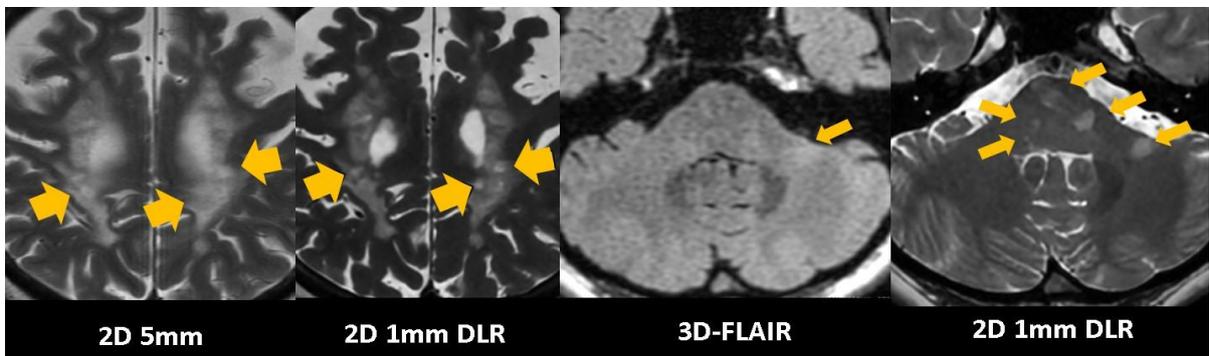


Fig.4 2D-FSE T2WI

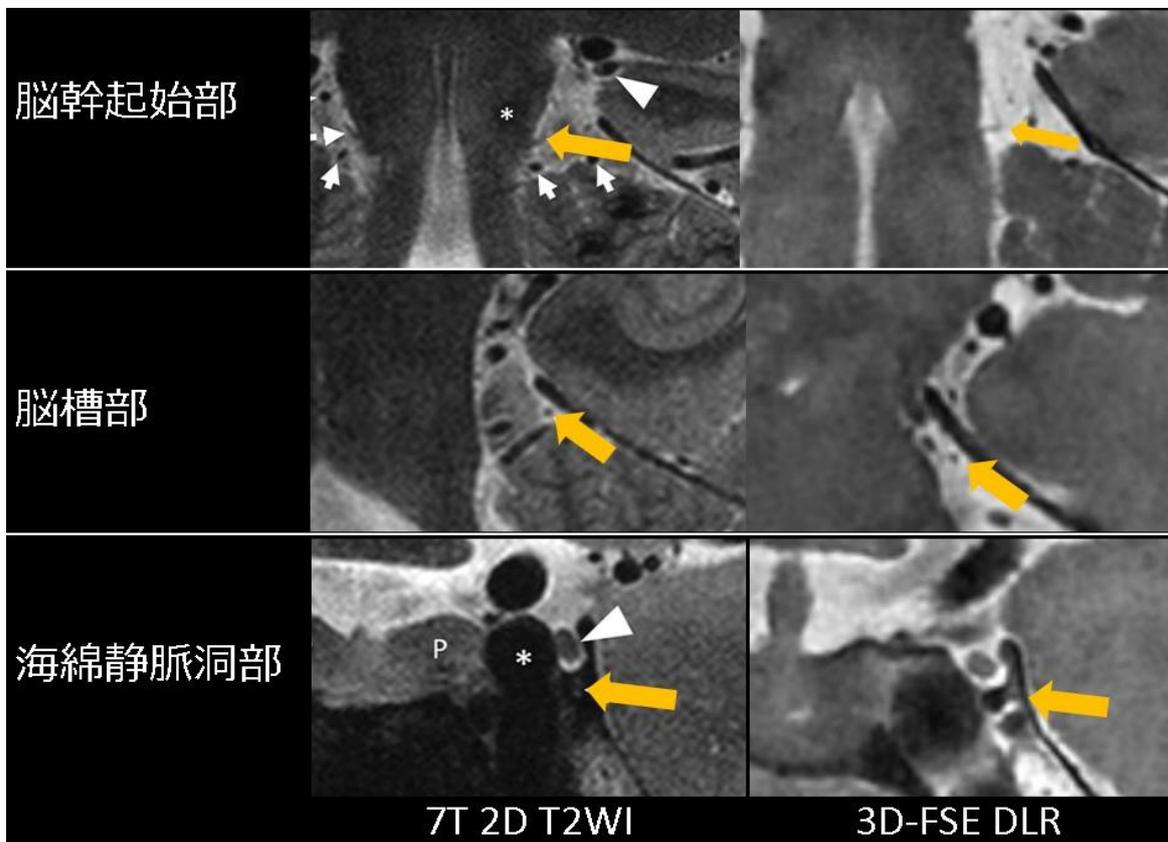


Fig.5 Trochlear nerve

ただし、2Dであるため多段面での診断は困難であり、脳幹部に関してはアーチファクトが問題となる

5.3D-FSE T2WI

4.と同程度の撮像時間でさらに分解能を向上させた3D-FSEは多発性硬化症に有用だけでなく、血管周囲腔(PVS)の描出にも有用である。2Dと比較し特に皮質下のPVSが明瞭であり、詳細な評価が可能となることで 様々な疾患の病態解明に寄与する可能性がある。

6.7T画像との比較(Fig.5)

滑車神経は脳神経の中で一番径が細く描出が困難とされている。7Tの2D-FSE T2WIで明瞭に描出されている報告がある⁵⁾。3Tの3D-FSEにDLRを併用することで起始部から脳槽部、海綿静脈洞内まで7Tと同程度に描出可能であった。

【症例:Sonic DL】

1.Dynacmic (Fig.6)

下垂体Dynamicは2Dでスライス厚2-3mm、15-30sec/phaseで撮像されているが、本手法を3Dに用いることで分解能を1mmisovoxel、10sec/phaseで撮

像が可能となった。またMPRでの観察が可能であり、下垂体後葉の評価に有用であった。

2.Double Inversion Recovery (Fig.7)

T2WIやFLAIRと比較し病変の検出能が高いことが報告されている⁶⁾。ただし撮像時間が長くSNRも低い撮像方法であるため高分解能撮像が困難であった。本手法を用いることで0.7mm iso voxelの高分解能画像の取得が通常の撮像時間で可能となった。FLAIRで検出できない病変が、臨床で使用している分解能でも検出されているが、本手法を用いることで、さらに多くの病変の検出が可能となった⁷⁾。

【まとめ】

DLRを併用した高分解能撮像について報告した。メーカーにより特徴が異なるため、その特徴をよく理解しパラメータ調整を行うことが必須であり、本講演が一助になれば幸いである。

【参考文献】

1) Lebel, R.M. Performance characterization of a novel deep learning-based MR image reconstruction pipeline. August 2020.

<http://arxiv.org/abs/2008.06559>.

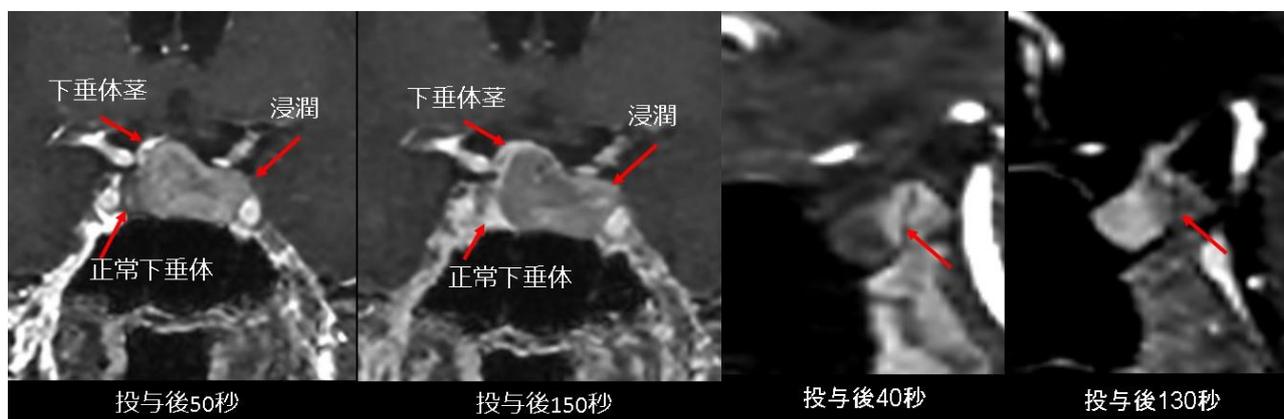


Fig.6 Pituitary Dynamic & MPR

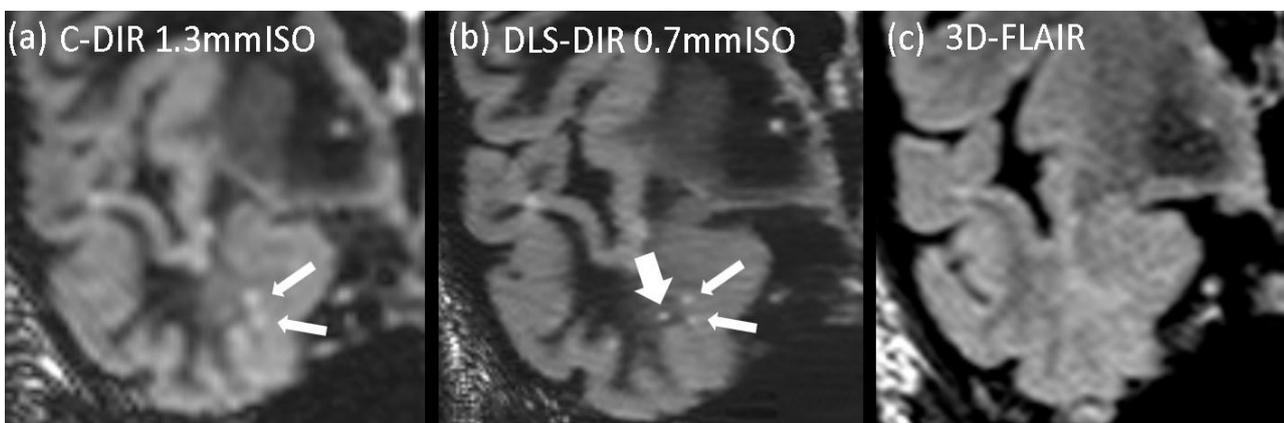


Fig.7 Double Inversion Recovery

- 2) Kim M, Kim HS, Kim HJ, et al: Thin-Slice Pituitary MRI with Deep Learning-based Reconstruction: Diagnostic Performance in a Postoperative Setting. *Radiology*. 2021 Jan; 298(1): 114-122.
- 3) Ishimoto Y, Ide S, Watanabe K, et al. Usefulness of pituitary high-resolution 3D MRI with deep-learning-based reconstruction for perioperative evaluation of pituitary adenomas. *Neuroradiology*. 2024 Jun; 66(6): 937-945.
- 4) Iwamura M, Ide S, Sato K, et al. Thin-slice Two-dimensional T2-weighted Imaging with Deep Learning-based Reconstruction: Improved Lesion Detection in the Brain of Patients with Multiple Sclerosis. *Magn Reson Med Sci*. 2024 Apr 1; 23(2): 184-192.
- 5) Kumar T, Virador GM, Brahmabhatt P, et al. High-Resolution 7T MR Imaging of the Trochlear Nerve. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2023 Feb; 44(2): 186-191.
- 6) Wattjes MP, Lutterbey GG, Gieseke J, et al. Double inversion recovery brain imaging at 3T: diagnostic value in the detection of multiple sclerosis lesions. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2007 Jan; 28(1): 54-9.
- 7) Shintaku T, Ide S, Nagaya H, et al. Improved Assessment of Juxtacortical Lesions in Multiple Sclerosis Using Highly-accelerated High-resolution Double Inversion Recovery MR Imaging with Deep Learning-based Reconstruction. *Magn Reson Med Sci*. 2025 Feb 20. doi: 10.2463/mrms.mp.2024-0126.