

# 頭頸部MRIにおける深層学習再構成を併用した PROPELLER撮像法による画質改善

高野 雄大<sup>1,2,3</sup>、藤間 憲幸<sup>1,4</sup>、金谷 本真<sup>1,2,3</sup>、清水 幸衣<sup>1,4</sup>、池辺 洋平<sup>1,4,5</sup>、原田 太以佑<sup>1,2,4</sup>、亀田 浩之<sup>1,3</sup>、工藤 與亮<sup>1,2,4</sup>

1. 北海道大学病院 放射線診断科

2. 北海道大学 大学院医学研究院 放射線科学分野 画像診断学教室

3. 北海道大学 大学院歯学研究院 放射線学教室

4. 北海道大学 大学院医学研究院 医理工学グローバルセンター

5. 北海道大学病院 死因究明教育研究センター

## BACKGROUND / PURPOSE

- 頭頸部領域は微細な構造を含む複雑な解剖学的構造のため、MRIでの画像診断には高い空間分解能が必要であるが、信号対雑音比 (signal-to-noise ratio: SNR) が低下するため、画質に制限がある。また、嚥下、呼吸などによる体動アーチファクトや、空気や歯科金属などによる磁化率アーチファクトが画質低下を引き起こす[1-4]。
- Periodically Rotated Overlapping Parallel Lines with Enhanced Reconstruction (PROPELLER) 法は体動アーチファクトに強く、SNRの高い撮像法であるが、撮像時間が長い欠点がある。Echo-Planar Imaging (EPI) 法を用いた拡散強調像 (diffusion-weighted imaging: DWI) との比較では、磁化率アーチファクトが出にくい利点があるが、相対的にSNRが低下することがある[5-8]。
- Deep Learning Reconstruction (DLR) は従来の画質再構成法と比較して効果的にノイズを低減し、SNRを維持または向上させ、撮像時間の短縮を可能にする技術である[9,10]。
- 本研究の目的は頭頸部MRIにおける脂肪抑制 (fat-suppressed: Fs) T2強調像 (T2-weighted image: T2WI) およびDWIに対して、PROPELLER法とDLRを組み合わせたことの有用性を評価することである。

## METHODS

- 対象患者: 65例 (2024年1月~12月)
- 装置: 3.0T MRI 画像再構成: 2D DL algorithm (AIR Recon DL) [11]
- 組み入れ基準:

- PROPELLER法でのFs-T2WIまたはDWIが利用可能である
- PROPELLER法および従来法の両方の画像が存在する
- 特定の脂肪抑制法が使用されていること

Fs-T2WI: spectral attenuated inversion recovery

PROPELLER DWI: chemical-shift-selective fat suppression

EPI DWI: inversion-recovery-based fat suppression

最終的な対象患者は34例 (Fs-T2WI: 30例、DWI: 21例)

### (1)放射線科診断専門医による視覚的な定性評価

評価者: 専門医資格を有し、頭頸部領域の読影に8年、16年の経験をもつ2人

評価項目: i. 全体の画質 ii. 病変の描出 iii. 正常解剖の視認性 iv. アーチファクト

評価方法: 5点評価法(リッカート法)

### (2)定量評価

評価者: 頭頸部領域の読影に4年の経験をもつ放射線科専門医

評価項目: SNR(病変、筋、耳下腺、顎下腺)、CNR(Contrast-to-noise ratio)

評価方法: 正方形の関心領域(region of interest: ROI)を設定し、信号強度を測定  
各患者について、各評価項目ごとに3スライスを選択

計算式:  $SNR = \text{ROIの信号強度} / \text{ROIの信号強度の標準偏差}$

$CNR = (\text{病変の信号強度} - \text{隣接する筋の信号強度}) / \text{隣接する筋の標準偏差}$

表1. MRI パラメータ

	従来法		PROPELLER法	
	Fs-T2WI	DWI	Fs-T2WI	DWI
TR (ms)	4735	4000	9109	4000
TE (ms)	85.0	80.0	85.0	80.0
b-value	-	1000	-	1000
Echo train lengths	21	1	24	20
Flip angle (°)	142	90	130	110
Field of view (mm)	220	220	220	220
Section thickness/gap (mm)	3.0/0.9	3.0/0.9	3.0/0.9	3.0/0.9
Acquisition matrix	512 × 512	128 × 128	512 × 512	128 × 128
Reconstructed matrix	512 × 512	256 × 256	1024 × 1024	256 × 256
Number of Excitation	1.0	9.0	1.5	2.0
Number of slices	27	27	27	27
Noise reduction factor (%)	75	75	75	75
Acquisition time (min:s)	3:19	4:06	3:48	4:16

TE: echo time; TR: repetition time.

### 統計解析

- 定性評価のスコア、SNR、CNRの比較: Wilcoxonの符号順位検定
- 定性評価の評価者間の一致度: 重み付きkappa係数
- 統計的有意差:  $p < 0.05$
- 統計解析ソフト: R version 4.2.2.

## RESULTS / DISCUSSION

図1. 50歳台女性、傍神経節腫 Aでは画像全体に体動アーチファクトが認められ(矢頭)、病変の輪郭や内部性状の描出も不良(矢印)。Bでは体動アーチファクトが大幅に低減され、病変も明瞭に描出されている。

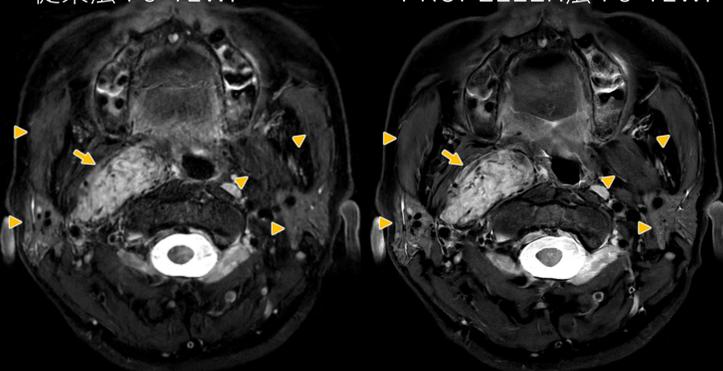


図2. 60歳台男性、鼻腔内貯留嚢胞 Aでは重度の構造的歪みが認められ、さらに磁化率アーチファクトが生じており、病変の同定が困難である(矢印)。Bでは歪みやアーチファクトが低減し、病変が明瞭に描出されている。

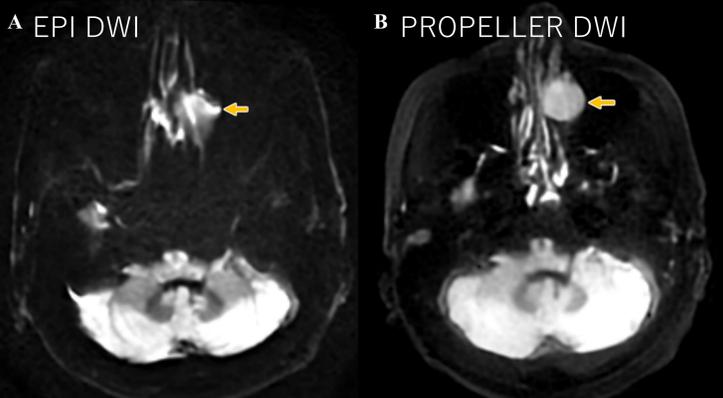


表2. 放射線科診断専門医による定性評価の結果

		読影者1			読影者2			Kappa係数
		従来法	PROPELLER	p値	従来法	PROPELLER	p値	
Fs-T2WI	全体の画質	4.03 ± 0.81	4.80 ± 0.48	<0.001	2.73 ± 0.78	4.40 ± 0.56	<0.001	0.502
	病変の描出	4.00 ± 0.89	4.72 ± 0.59	<0.001	2.97 ± 0.78	4.52 ± 0.57	<0.001	0.528
	正常解剖の視認性	4.07 ± 0.78	4.80 ± 0.48	<0.001	2.77 ± 0.77	4.40 ± 0.56	<0.001	0.474
	アーチファクト	3.73 ± 0.83	4.40 ± 0.67	<0.001	2.63 ± 0.76	4.10 ± 0.48	<0.001	0.488
DWI	全体の画質	2.05 ± 0.80	3.95 ± 0.80	<0.001	1.81 ± 0.68	3.90 ± 0.77	<0.001	0.833
	病変の描出	2.40 ± 1.10	3.75 ± 0.71	<0.001	2.45 ± 0.76	4.05 ± 0.94	<0.001	0.801
	正常解剖の視認性	1.62 ± 0.92	3.52 ± 0.68	<0.001	1.62 ± 0.67	3.71 ± 0.78	<0.001	0.758
	アーチファクト	1.90 ± 0.77	3.48 ± 0.75	<0.001	1.57 ± 0.68	3.81 ± 0.75	<0.001	0.770

平均 ± 標準偏差. DWI: Diffusion-weighted imaging; Fs-T2WI: fat-suppressed T2-weighted image; PROPELLER: periodically rotated overlapping parallel lines with enhanced reconstruction.

表3. 定量評価の結果

		従来法		PROPELLER	p値
		SNR	CNR		
Fs-T2WI	病変	25.90 ± 21.18	40.37 ± 39.20	<0.001	
	筋	8.05 ± 2.50	11.53 ± 4.16	<0.001	
	耳下腺	9.16 ± 2.65	11.91 ± 3.70	<0.001	
	顎下腺	14.42 ± 4.11	18.87 ± 4.48	<0.001	
DWI	病変 対 筋	37.28 ± 22.57	49.81 ± 31.69	<0.001	
	SNR	9.95 ± 7.48	19.13 ± 13.35	<0.001	
	筋	5.35 ± 1.08	6.69 ± 2.33	<0.001	
	耳下腺	7.73 ± 3.04	9.40 ± 4.78	<0.001	
CNR	顎下腺	7.69 ± 2.47	9.76 ± 3.75	<0.001	
	病変 対 筋	21.87 ± 26.14	38.83 ± 35.04	<0.001	

平均 ± 標準偏差. CNR: contrast-to-noise ratio; DWI: Diffusion-weighted imaging; Fs-T2WI: fat-suppressed T2-weighted image; PROPELLER: periodically rotated overlapping parallel lines with enhanced reconstruction; SNR: signal to noise ratio.

- DLRとPROPELLER法の併用は、定量評価および定性評価の両方において画質の向上を示した。
- Fs-T2WIではPROPELLER法と併用することで、モーションアーチファクトを抑制しつつ、SNR向上し、画像を鮮明にすることができた[5-8,11]。
- PROPELLER法の画像取得はFast Spin Echo法がベースであり、EPI法と比較し、画像の歪みや磁化率アーチファクトが起こりにくい[6,7]。DWIにおいてもDLRを併用することで、SNRを向上し、磁化率アーチファクトを抑制することができ、高品質かつ高解像度の再構成が可能となった。

## CONCLUSION

DLRをPROPELLER法に併用することで、従来法と比較して、頭頸部の脂肪抑制T2強調像 (Fs-T2WI) および拡散強調像 (DWI) の両方において画質が有意に向上した。したがって、この手法は頭頸部病変の臨床評価において信頼性の高い画像診断法となり得る。

## REFERENCES

1. Touska P, et al. Br J Radiol. 2019;92(1104):20190513.  
2. Bhatnagar P, et al. Radiographics. 2013;33(7):1909-29.  
3. Payabvash S. Quant Imaging Med Surg. 2018;8(10):1052-1065.  
4. Boucher F, et al. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2021;29(2):205-232.

5. Pipe JG. Magn Reson Med. 1999;42(5):963-9.  
6. Liu YJ, et al. NMR Biomed. 2020;33(5):e4282.  
7. Mavroidis P, et al. Curr Probl Diagn Radiol. 2024;53(1):73-80.  
8. Yamauchi H, et al. Curr Radiol Rep 2014;2:49.

9. Fujima N, et al. MAGMA. 2024;37(3):439-447.  
10. Ikeda H, et al. Cancers (Basel). 2024;16(9):1714.  
11. Lebel RM. (2020) arXiv:2008.06559.