

ISTA-Net を応用した MR 圧縮センシングの深層学習再構成

D-16 Deep Learning based Image Reconstruction using ISTA-Net for MR Compressed Sensing

宮本 裕大[†] 伊藤 聡志[†]

Yuta MIYAMOTO[†] Satoshi ITO[†]

[†] 宇都宮大学 工学部 情報工学科

[†] Department of Information Science, Faculty of Engineering, Utsunomiya University

1. はじめに

MRI(Magnetic Resonance Imaging)の撮像時間を短縮化するために圧縮センシング(Compressed Sensing : CS)の利用が進んでいる. CS を応用する場合に, 再構成に多くの計算コストを要すること, およびスパース近似による画質低下が課題となる. 近年, 深層学習を利用した画像再構成が注目されている^[1].

本研究では, 深層学習(Deep Learning : DL)を使用した再構成法の一つである ISTA-Net^{[2][3]}を MRI の再構成問題に応用し, MR 画像の再構成の高速化と再構成像の高画質化について検討を行った.

2. ISTA-Net-MR による MR 画像再構成法

本研究では, Zhang らが画像の画素を間引く CS に使用した ISTA-Net を参考に MRI の再構成問題に応用した(ISTA-Net-MR と称する. (図 1)).

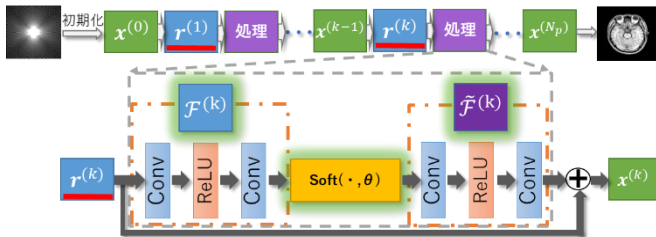


図 1: ISTA-Net-MR の構成(赤太実線部を式(1)へと改編)

信号の間引きは MR 信号, すなわち画像のフーリエ変換空間に行い, ネットワークは MR 用にフーリエ変換 F および逆変換 F^T を組み込んだ(式(1)), y は間引き信号, $x^{(k)}$ は再構成結果. \mathcal{F} はスパース化変換(Conv(畳み込み処理)と, ReLU(Rectified Linear Unit)にて学習), $\tilde{\mathcal{F}}$ はその逆変換, Soft はソフトしきい値処理である.

$$r^{(k)} = x^{(k-1)} - FT(PFx^{(k-1)} - y) \quad (1)$$

3. 画像再構成実験と評価

許諾を得たボランティアのプロトン密度強調像 91 枚 (256×256 画素)より MR 信号を数値合成し, 信号の間引きを行った. 間引きを行わないフルデータ再生像との対を学習データセットとして使用し, 学習を行った. 学習は約 19 時間を要した.

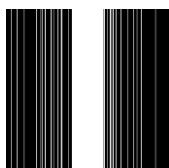


表 1: 収集軌道分布詳細

信号収集法	1D ランダム
収集信号量	30%
連続収集行	50

図 2: 収集点分布(白い点を収集)

学習には GPU(NVIDIA GeForce GTX980 Ti)を使用した. モデルの画像は 30 枚とする.

学習した ISTA-Net-MR により再構成を行い, ゼロフィル再構成像, 従来型の反復再構成法(ISTA, ADMM)による再構成像と比較を行った. 図 3 に再構成結果を, 表 2 に評価値として使用した SSIM^[4]と再構成時間を示す. 図 3(d)が提案法である. 図 3, 表 2 より, 従来型の反復再構成像では, ISTA 反復再構成において細部の構造が過度に平滑化, ADMM 反復再構成において全体的にアーチファクトが現れているが, 提案法である ISTA-Net-MR による再構成は極めて高速で, 再構成像に偽像が少なく, ISTA や ADMM の品質を大きく上回っていることが確認できる.

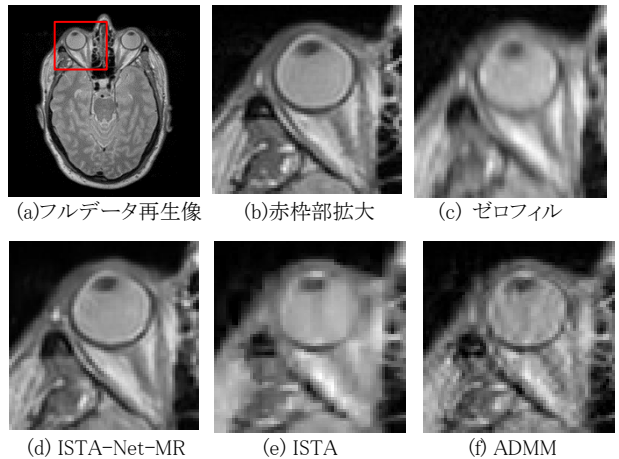


図 3: 再構成像の比較(信号収集: 30%)

表 2: 評価値と再構成時間(モデル 30 枚の平均)

	ISTA-Net-MR	ISTA	ADMM
SSIM	0.902	0.824	0.882
Rec.time[s]	0.97	8.10	17.75

4. まとめ

ISTA-Net を MRI の圧縮センシング再構成に応用した. 従来型の反復再構成と比較した結果, 短時間でより高画質化を達成できる見込みが示された. 今後は, ネットワークをさらに改良し, 再構成性能を向上させる方針である.

参考文献

- [1] Y. Yang et al., NIPS, pp.10-18, 2016.
- [2] J.Zhang et al., IEEE CVPR, 1828-1837, 2018.
- [3] A.Beck et al., SIAM Journal on Imaging Sciences, 2(1):183-202, 2009.
- [4] Z. Wang et al., IEEE Tran Image Proc, Vol.13, 600-612, 2004.