

深層学習を用いた脳 MR 画像における超解像手法の検討

工藤央聖[†] 亀田昌志[†]岩手県立大学ソフトウェア情報学部[†]

1. はじめに

MR 画像検査は医療において必須といっても過言ではない。同様な検査として CT 装置があるが、放射線被曝を伴うとともにコントラスト分解能が低い。そのため、精査には MR 画像検査が使われることが多い。しかし、MRI を用いて画質の良い画像を得るためには長時間の撮像を要し、患者の負担が大きくなるという問題がある。逆に、患者の負担をかけないために撮影時間を短くすると信号雑音比が下がるので、画質が悪くなり、アーチファクトも起こりやすくなる。画質の劣化は、臨床的には問題ないレベルでも、抽出や ROI 計測などの解析作業の結果が異なってくるという原因になる。

近年、医用画像の画質改善に機械学習を利用する例が増えている。CNN をはじめとする深層学習を用いた超解像技術として、SRCNN (Super-Resolution Convolution Neural Network) [1] や SRGAN (Super-Resolution Generative Adversarial Network) [2] などがあつた。これらの文献では、深層学習を用いた超解像は画質改善の性能が高いことが示されている。上記の手法は、自然画像を対象にしたものだが、医用画像にも適用可能であり、さらに医学の分野は教師信号が多く存在しているので機械学習を利用するのに適している。そこで本研究では 3 種類の MRI 装置 (Philips, GE, SIMENS) で撮影された脳 MR 画像に、SRCNN を適用し機器ごとに画質を評価する。

2. データセットと前処理

本研究で使用したデータセットは ADNI [3] で公開されているものである。このデータセットは Philips, SIMENS, GE の三つの MRI 装置で撮影された MR 画像があり、AD (アルツハイマー), CN (健常者), EMCI (軽度認知症), LMCI (重度認知症),

SMC (記憶障害) の 5 症例が含まれている。

このデータセットでは一人につき二種類の MR 画像があり、一つ目は、短い時間で撮影された MR 画像 (約 5 分) であり、二つ目は、長い時間で撮影された MR 画像 (約 10 分) である。例えば、GE の MR 画像は各データの解像度 256×196 の 256 スライスで構成されており、他の装置についてもほぼ同様のパラメータが使用されている。本研究では各機器で撮影された 10 人分の症例データを使用する。これらのデータに対して同じ人物の短い時間で撮影された MR 画像と長い時間で撮影された MR 画像との間での位置合わせ処理を行った後、異なる対象者で MR 画像を比較する必要があるため、標準脳に正規化作業を行った。これらの前処理には、PET, fMRI といった脳機能画像の解析や形態画像の解析手法の一つである VBM (Voxel Based Morphometry) を行うことができる SPM を利用した。

3. 実験方法

本研究では、SRCNN を用いて MR 画像に超解像を適用する。SRCNN は、畳み込みニューラルネットワークを用いた超解像手法であり、Bicubic 法によって縮小した後に再び拡大した低解像度画像を入力とし、3 層の畳み込み層を通して高周波成分を推定する。このときに前章で述べた前処理を行った後の長い時間で撮影された MR 画像を教師データに用いることで、パラメータ (重み・バイアス) のトレーニングを行う。ネットワークの損失関数には、短い時間で撮影された画像を超解像した画像と長い時間で撮影された画像の間の平均二乗誤差 (MSE) を使用する。予備実験として、撮影時間の違う 2 種類の画像から差分画像を作成したところ、MRI 装置によって差の見え方や大きさが違うことが確認されたため、CNN の学習は MRI 装置別に行うこととした。なお、機器によって撮影原理が異なることが文献 [4] にも述べられている。

A study of super-resolution technique in brain MRI images using deep learning

[†]Hirosato Kudo [†]Masashi Kameda

[†]Iwate Prefectural University of Software and Information Science

4. 実験結果とその評価

評価には主観評価と画像の劣化を評価する PSNR の二つを採用する. 本研究では, 長い時間で撮影された MR 画像と短い時間で撮影された MR 画像, SRCNN を実行した MR 画像, 従来の線形補間法 (nearest neighbor, bilinear, bicubic) を対象と比較した. Philips と GE と SIMENS 三種類とも長い時間で撮影された MR 画像と SRCNN を実行した MR 画像は同等の主観評価の結果が得られているものの, 長い時間で撮影された MR 画像の方が脳溝などの細かい部分がはっきり描出されていた. 二つ目の評価方法の評価方法で比較した結果, Philips, GE, SIMENS の装置において, 従来の線形補間法より SRCNN の方が高い数値を示した. 結果を表 1 に示す.

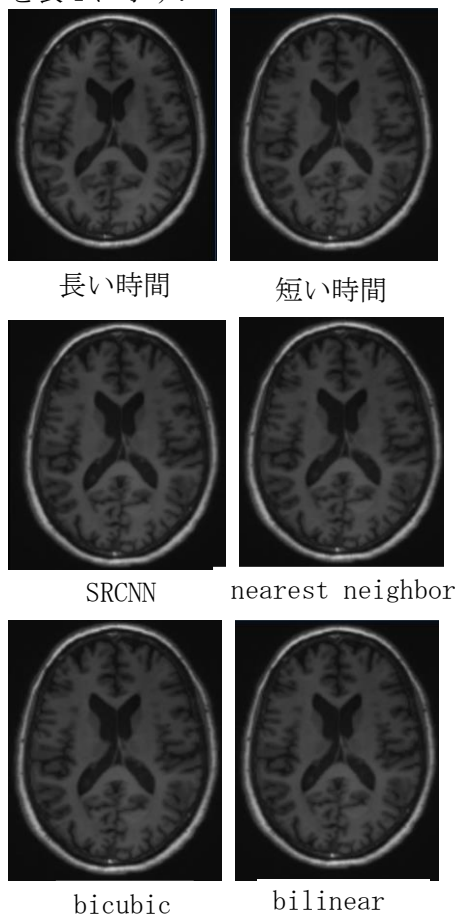


図 1 実験結果 (GE)

5. まとめ

本研究では, 短い時間で撮影された MR 画像に SRCNN を用いて超解像を行うことで,

SRCNN は従来の線形補間法より高い画質の再生画像が作られることを実証した. しかし, 長い時間をかけて撮影した MR 画像の画質を再現することには十分ではなかった. 今回使用した SRCNN は 3 層の畳み込みで超解像行っており, 表現力をあげるようにモデルを工夫することで更なる画質の向上が期待できる.

表 1 PSNR[dB]による再生画像の評価

	bicubic	Nearst	bilinear	SRCNN
Philips	21.3	21.3	21.6	22.6
GE	20.4	20.2	20.6	22.2
SIMENS	19.7	19.5	19.9	20.4

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり, 終始適切な助言を賜り, また丁寧に指導して下さいました岩手医科大学医歯薬総合研究所超高磁場 MRI 診断・病態研究部門の山下典生様, 上野育子様に心から感謝いたします.

7. 参考文献

- [1]Chao Dong, et al., "Image Super-Resolution Using Deep Convolutional Networks," European Conference on Computer Vision, 2014.
- [2] Ledig, Christian, et al. "Photo-RealisticSingleImageSuper-ResolutionUsingaGenerative Adversarial Network," Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2017.
- [3] Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative: ADNI, <http://adni.loni.usc.edu/data-samples/access-data/>
- [4]Kevin K, et al., "Effects of changing from non-accelerated to accelerated MRI for follow-up in brain atrophy measurement," Neuroimage, 2015.