

セルラ進化型神経回路網を用いる医用画像の超解像処理

徐 欣欣†

長尾智晴†

† 横浜国立大学大学院環境情報学府

1 はじめに

医用画像は、撮影条件などの影響を受けやすく、医療診断を行う上で十分な解像度の画像を得られるとは限らない。一般的に用いられる医用画像は細かい病巣を検出するための解像度を満たしていないと言える。さらに、病巣のエッジも明確でなく、形状の観察に影響を与える。そこで、高精度かつ正確な高解像度画像を得るために、CT 画像の超解像処理が求められている。

シングルフレーム超解像処理手法は、主に補間ベース、再構成ベース [1]、事例ベース [2] の手法が挙げられる。補間ベースの手法は近傍画素の加重平均によって注目画素の階調値を補間する手法である。再構成ベースの手法は画像のエッジの勾配特性など事前知識に依存して、画像を再構成する手法である。事例ベースの手法は低解像度画像と高解像度画像の事例を用いて解像度の関係の学習を行って、低解像度画像から高解像度画像を推定する手法である。本研究は事例ベースの超解像処理手法を検討し、セルラ進化型神経回路網を用いた医用画像の超解像処理システムを提案する。

2 提案手法

セルラ進化型回路網 (Cellular Real Valued Flexibly Connected Neural Network; CRFCN) [3] は我々の研究グループで提案されている画像処理の回路を自動的に構築するモデルである。

CRFCN の構造を図 1 に示す。同じ構造をもつ RFCN ユニットの格子状に整列し、各近傍の RFCN と相互結合する。画像処理において CRFCN は一つの画素に対して一つの RFCN ユニットの配置される。

RFCN の入力は RFCN の位置に対応する注目画素の階調値を用いる外部入力と、その近傍の RFCN ユニットの Feedback として出力される値を用いる内部入力をもつ。また、RFCN の出力は、近傍 RFCN への出力と注目画素の階調値を変更するための出力である。

遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm; GA) によってニューラルネットワークの構造を最適化することで、

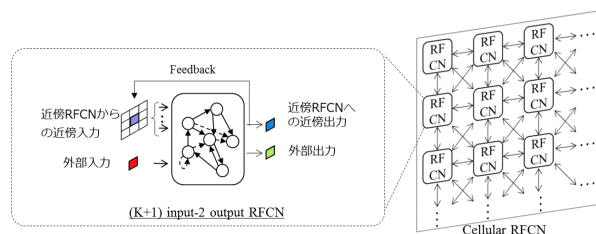


図 1: CRFCN の構造

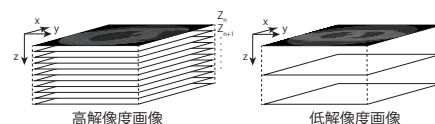


図 2: 低解像度と高解像度画像データ

RFCN の内部構造を構築する。

全ての RFCN ユニットの内部構造が同一なので設計コストが低く、画像全体に対して処理を行う回路を構築しやすいメリットがある。

本研究では、CRFCN を用いた医用画像の超解像処理の検討を行う。使用する画像データは肺から腹腔の横断面の CT 画像である。図 2 に示すように、画像データは高解像度画像と低解像度画像に分けられる。高解像度画像と低解像度画像は平面位置では対応していないため、CRFCN による超解像処理を構築する前に、低解像度画像に対応する高解像度画像を生成する必要がある。全体の処理の流れを以下に示す。

1. 高解像度画像 Z_n から特徴点を検出し、画素の階調値、エッジ方向、距離情報を用いて、高解像度画像 Z_{n+1} において特徴点を追跡する。
2. 追跡した特徴点を用い、モーフィングによって複数の中間画像を生成する。
3. 生成した中間画像を含む高解像度画像データにおいて、低解像度画像 I_{low} に対応する高解像度画像 I_{high} を検出し、教師データを獲得する。
4. 低解像度画像 I_{low} から高解像度画像 I_{high} に超解像を行う処理回路を CRFCN を用いて構築する。
5. 学習によって獲得した超解像の処理回路を未知の低解像度画像に適用する。生成された高解像度画像 I_{SR} を正解画像 I_{high} と比較して評価する。

Medical image Super-resolution Using Cellular Evolutionary Neural Networks

†Xinxin Xu †Tomoharu Nagao

†Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

3 CRFCN による超解像処理の実験

提案手法による超解像処理の実験を行った。CRFCN による超解像処理は、入力画像と出力画像の大きさが同一である制約があるため、手順4において、 I_{low} を Nearest Neighbor を用いて、拡大処理を行った画像を入力した。正解画像 I_{high} を目標画像とし、PSNR と SSIM という画質評価関数を用いて、 I_{SR} の画質を評価した。

比較手法として、補間ベースの手法から Lanczos、再構成ベースの手法から Sun[1] ら、学習ベースの手法から Glasner[2] ら、また深層畳み込みニューラルネットワークによる超解像処理手法（Image Super-Resolution Using Deep Convolutional Networks ; SRCNN）[4] を使用した。ここで、SRCNN においては、学習に用いる医用画像データの枚数が限られるため、SRCNN に基づいて開発された超解像処理システム waifu2x を用いて実験を行った。

3.1 実験設定

NN の構造の最適化に用いる適応度は式 (1) で計算される。出力された画像が目標画像と近似するほど適応度は 1.0 に近い値になる。

$$fitness = 1 - \frac{\sum_{y=1}^M \sum_{x=1}^N |o_{xy} - t_{xy}|}{V_{max}MN} \quad (1)$$

ここで、 o_{xy} は出力画像の画素値、 t_{xy} は目標画像の画素値、 N 、 M はそれぞれ画像の幅・高さを表す。 V_{max} を最大階調値とする。

3.2 結果と考察

提案手法、比較手法の結果画像と入力画像のそれぞれの一部分の拡大画像を図3に示す。1行目の画像で、左から順に入力低解像度画像、Lanczos、Sun、Glasnerであり、2行目の画像では左から順に SRCNN、CRFCN、目標画像である。また、評価の結果を表1に示す。

表1に示すように、比較手法に対して、提案手法が優れていることがわかる。図3では、提案手法による超解像処理の結果、ノイズの影響を抑え、エッジが滑らかになったことがわかる。これは、近傍画素の情報を反映させた処理を行ったためであると考えられる。Lanczos による結果では全体的に少しボケた結果となり、ノイズが残っている。Glasner による結果ではエッジはシャープになるが、ノイズも明確になっている。SRCNN による結果では画像全体が滑らかになり、エッジも明確になるが、膨張と似た処理が行われ、医用画像に適用する上で信頼性が低いと考えられる。以上より、提案手法は他の手法と比較し、医用画像において良好な結果が得られた。

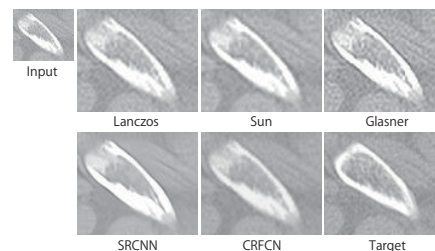


図3: 入力と結果画像の部分拡大画像

表1: 結果の定量評価

	Lanczos	Sun	Glasner	SRCNN	CRFCN
PSNR	25.21	24.61	24.32	25.22	27.34
SSIM	0.75	0.68	0.68	0.77	0.79

4 まとめ

本稿では、CRFCN による CT 画像の超解像処理システムを提案し、低解像度画像 I_{low} から高解像度画像 I_{high} に超解像を行う処理回路を構築した。

比較手法として、補間ベース、再構成ベース、学習ベースの従来手法を医用画像に適用し、本手法の有効性を示した。本稿では肺から腹腔の CT 画像の超解像処理を行った、今後の課題として、特定領域の CT 画像に限らず、異なる組織・断面の医用画像への適用を行い、医用画像に対する汎用性の高い超解像処理回路を検討することが挙げられる。

参考文献

- [1] Sun, Jian, Zongben Xu, Heung-Yeung Shum. “Image super-resolution using gradient profile prior”. in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR), pp. 1-8, 2008.
- [2] Glasner, Daniel, Shai Bagon, and Michal Irani. “Super-resolution from a single image”. in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR), pp. 349-356, 2009.
- [3] 大塚純二, 矢田紀子, 長尾智晴. “進化型ニューラルネットワークのセル結合モデルによる画像変換”. 電気学会論文誌 C, Vol.3, pp. 430-438, 2012.
- [4] Chao Dong, Chen Change Loy. “Image super-resolution using deep convolutional networks”. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 38(2): pp. 295-307, 2016.