

fMRI 画像を対象とした超解像技術に関する研究

1150366 宮崎 玲奈 【松崎研究室】

1 はじめに

近年では、4K テレビの市場進出などにより、高解像画像への需要が高まっている。このような現状に伴って、より高画質な画像を既存の画像から再構成する「超解像」と呼ばれる技術が注目されている。

本研究では、fMRI 画像に対する超解像処理を対象とする。ここで、超解像処理には、複数枚の画像から 1 枚の高解像画像を再構成する手法の一つである MAP (maximum a posteriori) 推定を用いる。より高解像度の画像を生成することによって、低解像度の fMRI 画像では失われている細かな脳の活動領域の情報を復元することが可能であるかを検証する。また、fMRI 画像に含まれるノイズが超解像後の画像に与える影響など、超解像によって得られた画像の正確さについて評価を行う。

2 超解像処理

本研究における超解像技術 MAP 推定は、複数枚の低解像度の画像をもとに、より高画質の高解像画像を再構成する技術である。MAP 推定では、ベイズ推定に基づく自然画像の事後確率を最大化することで高解像画像が再構成される [1]。高解像画像を \mathbf{x} , i 番目の観測画像を \mathbf{y}_i , \mathbf{A}_i を高解像画像 \mathbf{x} から観測画像 \mathbf{y}_i を生成する行列、ハイパスフィルタを \mathbf{H} とする。このとき、MAP 推定による評価関数は、パラメータ α を用いて

$$E(\mathbf{x}) = \left[\sum_i \|\mathbf{y}_i - \mathbf{A}_i \mathbf{x}\|^2 \right] + \alpha \|\mathbf{H} \mathbf{x}\|^2 \quad (1)$$

となる。この評価関数を最小化することによって、高解像度の画像が再構成される。パラメータ α は、超解像後の画像の滑らかさを制御する。

3 fMRI 画像

fMRI 画像は、脳機能の計測法としては空間解像度は高い方に属するが、それでも解像度は非常に低い。一般的には、ある箇所の脳断面図を表す脳画像は 64×64 の画素数で構成され、その画素サイズはおよそ 3mm 角となる。また、被撮影者の呼吸や体動によるノイズや、装置の電磁気や熱に起因するノイズなどが含まれている。

本研究では、fMRI 画像から高解像画像を再構成した場合に得られる画像の正確さを評価するため、fMRI 画像の特徴をもつ画像を評価用の疑似高解像画像として生成する。

疑似高解像画像を生成する際に用いるパラメータを定めるため、何も行わないレスト状態と右手のタッピング運動とを 30 秒ごとに交互に行った fMRI 画像を解析した。撮像した fMRI 画像から、各画素におけるノイズの

表 1 各画像の SNR 値

	低解像	高解像	超解像
レスト	6.80	6.82	7.13
タッピング	6.82	6.83	7.13

表 2 各画像間の 1 画素あたりの二乗誤差 (12bit/画素)

	低解像/高解像	高解像/超解像
レスト	9.22×10^2	2.60×10^2
タッピング	9.24×10^2	2.57×10^2

分散を求め、低解像画像の生成時に使用している。fMRI 画像に含まれる画素値は 12bit で表されるが、多くの画素値は値 0 から 800 の間に分布するという特徴をもつ。このため、疑似高解像画像の生成には、複数枚の fMRI 画像を平均化し、対象の解像度に拡大することで実装した。

本研究において生成した画像は以下の 3 種類である。

高解像画像 fMRI 画像の特徴に近似させた評価画像

低解像画像 高解像画像を平行移動・ダウンサンプリングし、ノイズを付加した画像

超解像画像 低解像画像に超解像を行った画像

それぞれの解像度の画像に対して、ノイズに対する信号強度を示す SNR 値を算出した結果を表 1 に示す。また、超解像処理の精度評価として、低解像画像 4 枚を平均化し拡大して得られる画像と高解像画像、超解像画像と高解像画像との画素値の二乗誤差を表 2 に示す。

4 評価

超解像処理の結果、低解像画像に含まれていたノイズが小さくなっていることがわかる。また、低解像画像と比べて、高解像画像との誤差が約 72% 小さくなっていることから、超解像処理の効果が高いことがわかる。レスト状態とタッピング状態の差分に現れると考えられる脳活動領域の推定では、低解像画像よりも活動領域が正確に得られた。以上の結果より、本研究で提案した超解像手法は、実際の fMRI 画像に対して適用することができ、また、超解像画像を用いることで、より正確に脳活動の領域推定を行えると考える。

参考文献

- [1] 田中正行, 奥富正敏, “画素数の壁を打ち破る 複数画像からの超解像技術”, 映像情報メディア学会誌, Vol. 62, No. 3, pp. 337–342, 2008.