

圧縮センシングによる画像補修

片岡 駿, 安田 宗樹, 樺島祥介^A, 田中和之
東北大院情報科学, 東工大院総理工^A

画像補修 (Image Inpainting) とは画像の輝度値の情報が部分的に欠落した欠損画像を元の原画像へ修復する技術であり, 欠損画像の欠損していない画素の輝度値の情報から欠損した画素の輝度値を推定することで達成される. JPEG 圧縮等で利用されているように, コサイン変換により得られる画像の周波数表現からある程度小さい値をとる周波数成分を 0 として逆変換を施しても視覚的には元の画像とほとんど変わらない画像が得られる. そのため, コサイン変換による画像の周波数表現はスパースとすることができる. このコサイン変換によるスパース表現を利用することで, 画像補修の問題は圧縮センシングの枠組みで定式化することができる.

圧縮センシングは観測ベクトル y がスパースベクトル x からの線形観測 $y = Ax$ で与えられるとして, 観測ベクトル y と観測行列 A からスパースベクトル x を推定する問題である. 画像補修問題では, スパースベクトル $x = \{x_i\}, i \in V = \{0, 1, \dots, N^2 - 1\}$ は画像サイズ $N \times N$ の原画像のコサイン変換に対応し, 観測ベクトル $y = \{y_j\}, j \in V' \subset V$ は欠損画像の非欠損部の輝度値に対応する. x と y_j の間には位置 j に関するコサイン逆変換で与える線形関係

$$y_j = \sum_{i=0}^{N^2-1} A_{ji}x_i, \quad A_{ij} = \frac{2}{N} \alpha_p \alpha_q \cos \frac{(2k+1)\pi p}{2N} \cos \frac{(2l+1)\pi q}{2N} \quad (1)$$

が成立し, この関係式が線形観測 $y = Ax$ に対応する. ここで $(p, q), (k, l)$ はそれぞれ $i = k + Nl, j = p + Nq$ を満足する 0 から $N - 1$ の間の整数の組であり, α_s は $s = 0$ で $1/2$ をとり $s \neq 0$ で 1 をとる. 1-ノルム最適化による再構成法では x の推定値 \hat{x} は

$$\hat{x} = \arg \min_x \sum_{i=0}^{N^2-1} |x_i| \quad \text{subj. to } y_j = \sum_{i=0}^{N^2-1} A_{ji}x_i, j \in V' \quad (2)$$

で与えられ, 欠損部の輝度値は推定値 \hat{x} をコサイン逆変換することで得られる. 本講演ではこのような圧縮センシングを用いた画像補修法を提案し, 数値実験によりどの程度の補修が行えるかについて検討する.