

ウェーブレット縮退の多段化によるデノイズ画像処理とそのLSIアーキテクチャ: Part II

Multi-Scale Wavelet Shrinkage for Image Denoising and its LSI Architecture: Part II

真田 祐樹¹ 尹 征一¹ 浅井 哲也¹ 本村 真人¹ 竹中 崇²
 Yuki Sanada Yin Zhengyi Tetsuya Asai Masato Motomura Takashi Takenaka

北海道大学大学院情報科学研究科¹
 Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University¹
 日本電気株式会社システム IP コア研究所²
 System IP Core Research Laboratory, NEC Corporation²

前頁 (同題目: パート I) で提案した一次元ウェーブレット順変換器および逆変換器を用いて、少ない画像バッファ (=低電力) で二次元画像のデノイズ処理を行う LSI のアーキテクチャを提案する。

実装するデノイズ処理のアルゴリズムの概略を図 1 に示す (Donoho らにより提案されたウェーブレット縮退を多段化したもの)。入力画像にウェーブレット順変換を施し、得られた結果を LL (画像の行と列方向の低周波成分), HL (行方向の高周波成分と列方向の低周波成分; 以下同様), LH, HH の四つに分類する (図中の※1)。低周波成分 (LL) は次段の順変換器に与えられ (※2)、高周波を含む成分 (HL, LH, HH) は区分線形フィルタに与えられる (※3)。この処理を図のように三回繰り返す。初段の順変換における高周波数成分は隣接する 3 画素から得られるが、2 段目では入力画像の 6 画素、3 段目では 12 画素相当分から高周波数成分が得られるため、各段のフィルタ処理によって局所的~準局所的な高周波数成分 (雑音) が除去できる。各段のフィルタ処理後に逆変換を施すことで、デノイズ処理された画像が得られる。

図 2 に提案する二次元ウェーブレット変換方式を示す。二次元変換を行うために画素数分のバッファが利用できるとすれば、行方向の一次元変換結果をバッファに保存し、そのバッファに対して列方向の一次元変換を行う方法が最も簡単な二次元変換方法である (図 2 左)。提案手法 (図 2 右) は、画像バッファ量を削減するために、行方向の変換を行いながら同時に列方向の変換も行う。列方向の高周波成分の計算には縦に連続した 3 画素のデータ (例: 図中の★1) が必要となるため、二行分の一次元変換結果をラインバッファ (図 2 左の灰色部: 画像幅×画像深度ビットのメモリ) に蓄えた後で、三行目のデータを読みながら列方向の高周波成分の計算を行う。なお、列方向の低周波成分の計算には前行の高周波成分のデータが必要なので、一行分の高周波成分をラインバッファに蓄えておく。この処理を繰り返すことで二次元変換が完了する。逆変換の手順も上記と全く同様である。

図 3 に提案する二次元離散ウェーブレット変換方式を実装した回路のブロック図を示す。行方向の一次元変換は、パート I で紹介した回路が行う。三行のラインバッファを必要とし、うち二行は行方向の一次元変換結果の保存用、一行は列方向の高周波成分の保存用である。

提案回路の Verilog シミュレーションを行った (512 × 512 画素の 8 ビットグレイスケール画像, フィルタ関数: $\text{sgn}(x) \cdot f(|x| - \theta)$, ただし θ はしきい値, $f(x)$ は $x > 0$ のとき x , それ以外では 0 となる関数)。図 4 にデノイズ処理の結果の一例を示す (i 段目の θ を θ_i とし, $\theta_1 = 15$, $\theta_2 = 6$, $\theta_3 = 4$ とした結果)。図の全体像、および図中の点線部のエッジ部分の輝度分布から、局所的~準局所的なデノイズの効果が確認できた。

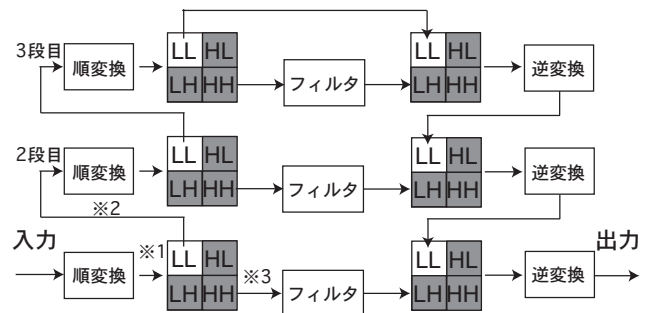


図 1 ウェーブレット縮退の多段化によるデノイズ処理

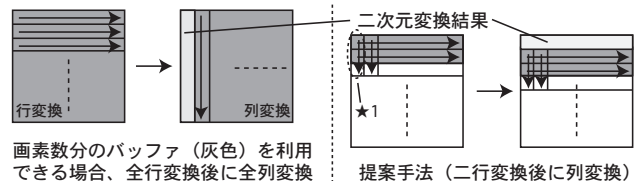


図 2 提案する二次元離散ウェーブレット変換方式

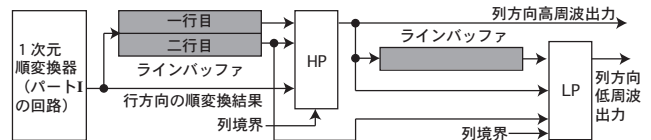


図 3 二次元離散ウェーブレット変換回路のブロック図

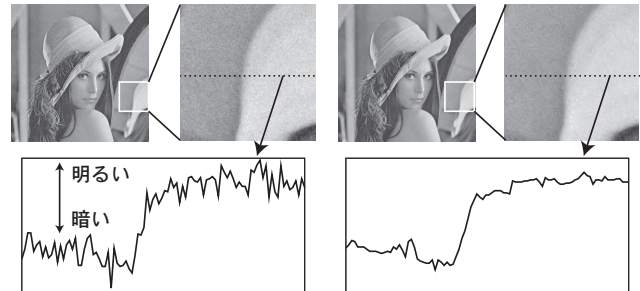


図 4 シミュレーション結果 (左: 入力, 右: 出力)