

ウェーブレット変換を利用した医用画像の画質向上手法

3 A B - 7

SENRUWの開発

宇都宮 眞一

島津製作所ソフトウェア開発センター

1 はじめに

医用画像には、画質を損なう様々なノイズが存在し、また、観察対象部のコントラストが必ずしも高くない場合も多い。このため一般に、医用画像に対する画質向上要求は、高度で複雑なものとなる。

メディアンフィルタ[1]、アンシャープマスクキング[2]などの簡易的な空間フィルタ手法では、単調なノイズ低減やエッジ強調のみとなり、要求水準に遠く及ばない。エッジ保存平滑化フィルタ[3]のように、領域特徴量を計測して効果を適応制御する手法も各種提案されているが、医用画像に対しては満足な画質向上効果が得られない。これは、要求の複雑さに対処するには、手法の持つ画像解析能力が不十分であるためと考えられる。

今回、ウェーブレット変換[4]の多重解像度解析を利用した画質向上手法 SENRUW(Signal Enhancement and Noise Reduction method Using Wavelet Transform)を開発した。複雑な画質向上要求に応じて、ノイズ低減とエッジ強調を両立させることができ、効果の調節も可能である。これについて報告する。

2 手法

SENRUWでは、

①ウェーブレット変換により、画像を多重解像度成分に分解

②多重解像度成分のうち、エッジ成分を増幅、ノイズ成分を減衰

③多重解像度成分から画像を再構成

という行程で画像のエッジ強調・ノイズ低減を行う (Fig. 1) 。

Fig. 1 に示すように、①で画像は詳細成分 LH^j , HL^j , HH^j ($j=1, 2 \dots j_{min}$) および近似成分 $LL^{j_{min}}$ より成る多重解像度成分に分解される (Fig. 1 は $j_{min}=2$ の事例)。詳細成分は空間周波数 $2^j \pi$ で変化する画像の輝度変化量、すなわち空間周波数ごとのエッジやノイズの大きさを表し、近似成分は画像の大域的な輝度分布を表す。

②では、近似成分 $LL^{j_{min}}$ は保存し、下記手順にて詳細成分の増幅・減衰を行う。

1) 各詳細成分 D に対して、信号か雑音かを示す指標値 b (S/N index) を、 D のレベル、大きさ、隣接成分の大きさを考慮して算出する。

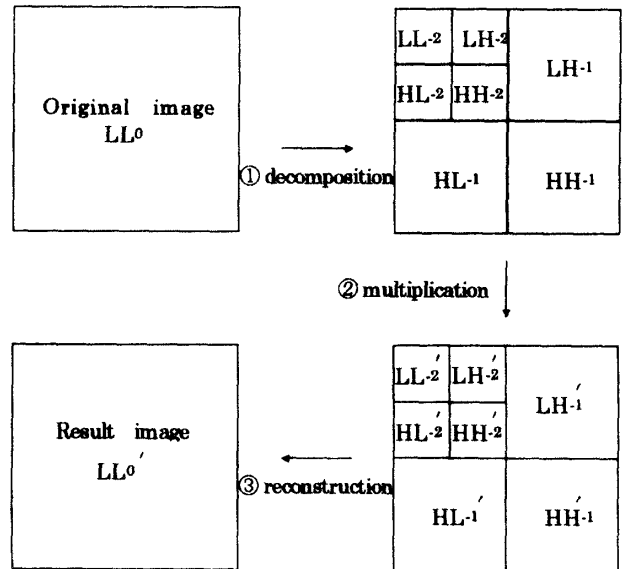


Fig.1 Image quality improvement process

2) 倍率曲線 f から倍率 $f(b)$ を求めて D に乗じ、増幅・減衰結果 D' を得る。

$$D' = D \times f(b)$$

ここで、倍率曲線は Fig. 2 に示すように S/N index と倍率の関係の規定するものであり、画質向上要求に合わせてあらかじめ定める。Fig. 2 横軸 b_1, b_2, b_3, b_4 は S/N index の境界値、縦軸 a_1, a_2, a_3 は倍率値を表しており、以下の定義を持つものである。

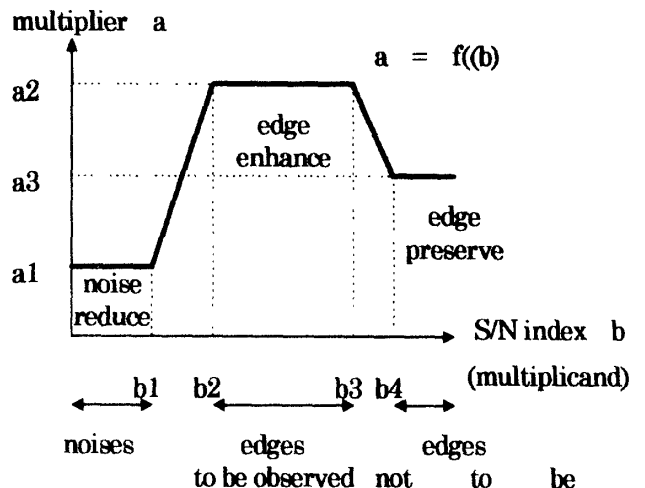


Fig.2 Multiplier curve against S/N index

- b1 : ノイズ成分の最大値。
 - b2 : 観察対象エッジ成分の最小値
 - b3 : 観察対象エッジ成分の最大値
 - b4 : 観察対象外エッジ成分の最小値
 - a1 : b1 以下のノイズ成分の減衰率
 - a2 : b2~ b3 の観察対象エッジ成分の増幅率
 - a3 : b4 以上の観察対象外エッジ成分の増幅率
- b1、b2、b3、b4 の値を対象画像のノイズ成分・エッジ成分に合わせて設定することで、画質の異なる画像に対しても、低減すべきノイズ情報と強調すべきエッジ情報を適切に指定できる。また、a1、a2、a3 の設定により、ノイズ低減度・エッジ強調度を必要に応じて調節することができる。

3 実験結果

Fig. 3 に頭部 CT 画像の例を示す。これに対する画質向上要求は下記の通りである。

- ・ざらつき感を与える細かく小さなノイズは画像全体に渡って低減する。
- ・脳内部の白質・灰白質部は低コントラストだが、主要な観察対象部であるため、エッジ強調する。
- ・脳周囲を取り巻く頭蓋骨部は高コントラスト

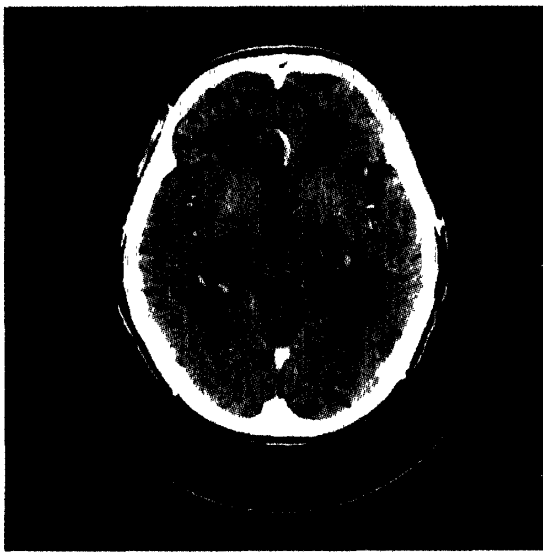


Fig.3 頭部 CT 原画像

だが、観察対象部ではないので、エッジの過度強調が生じないようにする。

これに対して応えるべく Fig. 3 原画像の各部 S/N index を計測し、以下のように設定した。

- b1 = ざらつきノイズ成分の S/N index 最大値
- b2 = 白質・灰白質部の S/N index 最小値
- b3 = 白質・灰白質部の S/N index 最大値
- b4 = 頭蓋骨部の S/N index 最小値

さらに、a1 = 0.6 a2 = 1.5 a3 = 1.0 と設定

して、Fig. 3 原画像に対する適用実験を行った。なお、基底関数には N=5 Symlet を使用し、多重解像度分解・再構成レベルは-4 とした。結果を Fig. 4 に示す。

Fig. 4 では、ざらつきノイズが低減されると同時に、頭蓋骨部に不自然な過度強調を生じることなく、観察対象部の白質・灰白質部コントラストが強調され、非常に良い結果が得られている。

4 まとめ

ウェーブレット変換を利用した画質向上手法 SENRUW を開発し、頭部 CT 画像に対する適用実験で好結果を得た。SENRUW は複雑な画質向上要求に対応でき、効果の調節も可能であるので、医用画像の画質向上手法として有望である。

また、空間フィルタを駆使する[3]等の手法より演算量も少なく、実用上も有利と考えられるが、各種画像に対するパラメータの決定・統一方法が今後の課題である。

最後に、東京大学生産技術研究所の高木幹雄先生（現東京理科大）には、画像処理に関して貴重なご助言を賜った。ここに深く感謝の意を表する。

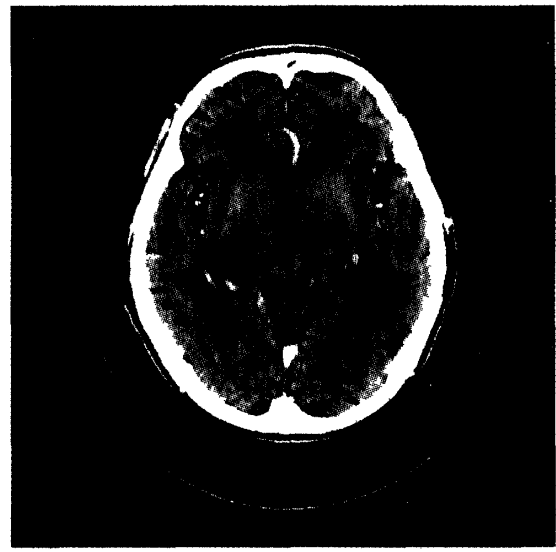


Fig.4 頭部 CT SENRUW 適用結果

参考文献

- [1] T. S. Huan et al, Proc. IEEE Comput. soc. Conf. PRIP, 1978, pp128-131
- [2] 高木幹雄・下田陽久, 「画像解析ハンドブック」 東京大学出版会 pp549-550
- [3] M. Nagao, T. Matsuyama, CGIP, vol. 9, pp394-407, 1978
- [4] I. Daubechies, Ten Lectures on Wavelets, SIAM, Philadelphia, 1992