

H-025

マルチスライスCTによる腱組織描出のための画像処理手法の検討

Image Processing Technique for Depicting Tendon Tissues by Multislice CT

千葉 勇輝†
Yuki CHIBA市毛 弘一†
Koichi ICHIGE村松 俊樹‡
Toshiki MURAMATSU半谷 美夏§
Mika HANGAI佐山 光男¶
Mitsuo SAYAMA

1 はじめに

マルチスライスCT(MultiSlice CT; MSCT)の急速な普及に伴い、3次元画像診断の重要性が高まっている[1]. MSCTは、高い空間分解能を生かして実用的な3次元画像診断を可能とし、骨折・腱断裂の診断や複雑な関節の評価などで非常に有効である[2]. こうした診断や評価においては、腱および骨組織を同一画像で明瞭に描出するための画像処理技術が重要である.

本稿では、不明瞭になりがちな腱組織の描出精度改善を目的として、CT画像から3次元画像を構成する際のボリュームレンダリング[3],[4]の前処理としての画像処理手法について検討する. 骨周辺および腱が密集する箇所の鮮明化をノイズ除去と捉えて単純にローパスフィルタをかけた場合、画像全体がぼやけて不鮮明になることから、線形フィルタでは限界があると考えられる. 本稿では、不明瞭な箇所をインパルス性雑音に見立て、さらに適用する画素を限定して荷重メジアンフィルタ(Weighted Median Filter; WMF)[5]をかけることで、腱組織を明瞭に描出することを目指す.

2 荷重メジアンフィルタ(WMF)

メジアンフィルタとは、フィルタ長内のデータ列を昇順に並べ替え、その中央値(メジアン)を出力とする非線形フィルタであり、インパルス性雑音の除去などによく用いられる[5]. WMFはこれにウェイトを適用したものであり、1次元の簡単な例を用いて説明する.

長さ N の観測ベクトル $x = [x_1, x_2, \dots, x_N]$ に対して、ウェイトベクトルを $w = [w_1, w_2, \dots, w_N]$ として荷重メジアンフィルタの出力 y を計算することを考える. ここでは各ウェイト w_i は自然数値をとるものとする. 出力 y は以下の手順により計算される.

- 観測ベクトルの各要素を、対応するウェイト値の個数だけ並べたベクトル $x' = [w_1 \diamond x_1, w_2 \diamond x_2, \dots, w_N \diamond x_N]$ を作成する. ここで、 $w_i \diamond x_i$ は、要素 x_i が w_i 回繰り返すことを意味する. これにより、ベクトル x' の要素数は $(w_1 + w_2 + \dots + w_N)$ となる.
- ベクトル x' の要素を昇順に並べ替えたベクトル x'' を作成する.
- 出力 y はベクトル x'' の中央値として与えられる.

3次元の再構成画像を3次元データ配列と見なすこと、および上述のWMFの考え方を3次元に拡張し、対象画素を3次元ベクトルの中心に位置させることで、再構成画像にWMFを適用することが可能となる.

3 マルチスライスCT画像の前処理

ボリュームレンダリングの前処理として、WMFを適用する画素値の範囲、および適用する3次元WMFのサイズについて検討する.

3.1 適用画素の検討

WMFの適用範囲としては、以下のような選択肢が考えられる.

- 3次元画像全体に適用する.
- 骨に相当する画素値を持つ画素を除き、それ以外の画素に適用する.
- 骨および腱に相当する画素値を持つ画素にのみ適用する.

それぞれの手法の比較検討結果より、2番目のように骨の画素を除く場合が、最も明瞭な画像を得られることがわかる. このことは4章のシミュレーションにより確認する.

骨の画素にもメジアンフィルタを適用した場合、骨と他組織の画素値の差が大きいことから、特に骨と他組織の境界部分で画素値が大きく変動し、かえって不鮮明になる. 腱の画素についても同様の変動が危惧されるが、腱の連続性は保持されており、かつ骨を除いていることで画素値間に極端な差がないことから、骨以外の画素についてはメジアンフィルタの効果があるものと考えられる.

3.2 フィルタサイズの検討

フィルタサイズについては、長く設定すると計算量が膨大となること、および腱の境界部分が不鮮明になる場合があることから、一辺が3または5程度の短いフィルタが望ましい. 他方、腱の延伸方向には、フィルタサイズを大きく設定しても腱組織の連続性への影響は小さく、かつノイズ成分が除去されて画像がより鮮明になることから、フィルタ長を長くとることが可能と考えられる.

4 シミュレーション

4.1 仕様

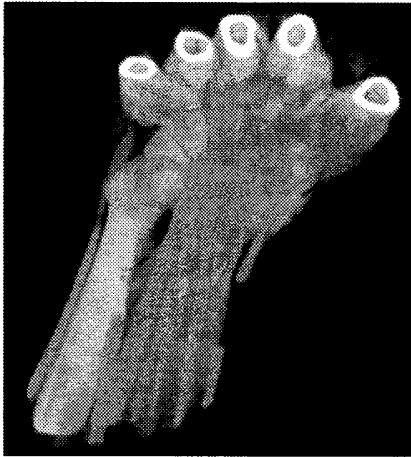
MSCTにより得られたスライス画像データから、WMFによる前処理を経て、ボリュームレンダリングによって3次元画像を構成することを考える. スライス

†横浜国立大学大学院 工学府/工学研究院

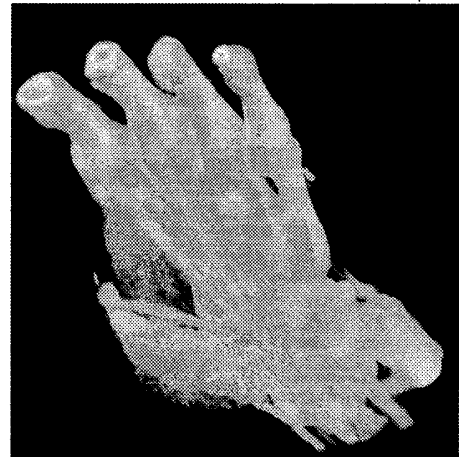
‡公立昭和病院 整形外科

§筑波大学大学院 人間総合科学研究科

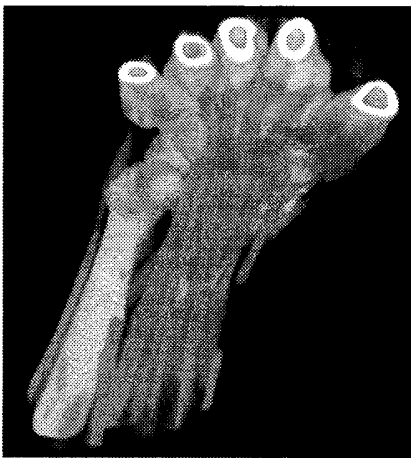
¶茨城西南医療センター病院 放射線部



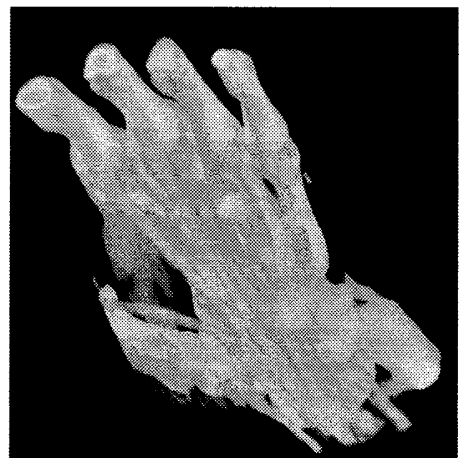
(a) ボリュームレンダリングのみの場合



(a) ボリュームレンダリングのみの場合



(b) WMF(3×3×7)による前処理を施した場合



(b) WMF(5×5×7)による前処理を施した場合

図1 3次元画像の構成例: 1

図2 3次元画像の例: 2

の方向を z 軸方向と見なし、前節での考察に基づき z 軸方向にフィルタ長が長くなるよう WMF のサイズを決定する。また、WMF のウェイトはガウス分布に従うように決定する。

4.2 結果と考察

スライス画像に対して WMF を一部の画素に適用し、ボリュームレンダリングにより 3 次元画像を構成した結果を図 1,2 にそれぞれ示す。これらの図より、WMF を前処理として適用することで、腱組織の連続性/不連続性を保持したまま、より鮮明な画像を描出していること、およびノイズ成分が低減されていることがわかる。特に、骨周辺におけるノイズ成分が大きく低減されており、適用画素を骨以外に限定して WMF を適用することが有効に機能していることが確認できる。

5 まとめ

本稿では、MSCT によって得られたスライス画像に対して、WMF を骨以外の画素に限定して適用した後でボリュームレンダリングにより 3 次元画像を構成し、その画質を評価した。腱組織の連続性を保持しながら鮮明な

画像を描出することが可能となり、特に骨周辺におけるノイズ成分が大きく低減されていることを確認した。

今後の課題としては、WMF におけるフィルタ長およびウェイト値の検討、WMF 以外の手法によるノイズ除去や腱組織描出のための補間など、より効果的に腱組織を描出する手法の検討が挙げられる。

参考文献

- [1] 辰野 聡, 福田 国彦, “マルチスライス CT”, 整形・災害外科, vol.46, No.13, pp.1595-1599, 2003.
- [2] 半谷 美夏, 村松 俊樹, 佐山 光男, 落合 直之, “マルチスライス CT による腱組織の抽出”, 整形・災害外科, vol.47, no.12, pp.1491-1497, 2004.
- [3] 鳥脇 純一郎, 3次元デジタル画像処理, 昭晃堂, 2003.
- [4] 村木 茂, 喜多 泰代, “3次元画像解析とグラフィックス技術の医学応用に関するサーベイ”, 信学論 (D-II), vol.J87-D-II, no.10, pp. 1887-1920, Oct. 2004.
- [5] G.R. Arce, Nonlinear Signal Processing: A Statistical Approach, Wiley, NJ, USA, 2004.