

医用画像に対するバイラテラル・フィルタ処理の応用

北見工業大学 ○木村尚音, 上原陽介, 廣瀬明依, 孫氷玉, 早川吉彦

要 旨

ノイズの軽減とエッジの強調を同時に図るバイラテラル・フィルタは、様々な理由でノイズの大きい医用画像の処理に有用と考えられる。しかし、臨床画像への応用はほとんどない。そこで、バイラテラル・フィルタ処理の医用画像への応用を行った。

1. 緒 言

最近読んだ月刊技術雑誌に、バイラテラル・フィルタという画像処理に関する記事があり、「例えば、レントゲン画像など、輝度差が大きい場合には有効です。」と書いてあった[1]。しかし、X線画像に応用されているという論文はそれほど知られていない。ひとつだけシンチグラムの画像に応用した例[2]があったが、この撮影法には高精細な像は元々得られない性質があり、普通想定するX線画像とは異なる。画像処理の世界ではよく知られていても、医用画像での応用がない技術は枚挙に暇がないであろう。

最近上梓された教科書にもバイラテラル・フィルタに関する説明があった[3]。それ(第4章, 41ページ)によると、重み付き平均値フィルタやガウシアン・フィルタでは失われてしまう可能性のあるエッジなどの特徴を保存することができる非線形フィルタである。注目する画素と近傍画素の差に重みを付加するノイズ軽減処理である。処理対象の画像のノイズの程度等によってパラメータは変化させなくてはならない等の特徴がある。

当研究室(情報システム工学科, 医療情報・医用画像工学研究室)では、2009年に佐川らが、ガウシアン・フィルタでノイズを減らしたあとで、ラプラシアン・フィルタで鮮鋭化する方法を歯科用コーンビームCT画像に応用し、MPR(Multi-Planar Reconstruction)と呼ばれる3次元画像観察における像の鮮鋭化を報告した[4]。このフィルタは、Laplacian of Gaussian (LoG) filter と呼ばれ、ノイズの軽減とエッジの強調(あるいは保存)を同時に図る方法としては一般的と思われる。2014年、Dongはその3次元フィルタ処理に領域拡張法を組み合わせる画質改善を図った[5]。

そこで、今回は単純X線画像やコーンビームCT画像を対象にバイラテラル・フィルタによる処理を応用することを試みた。単純X線画像に対しては、アンシャープマスク(un-sharp masking)処理やマルチ周波数処理が広く用いられていると考えられるのでそれと比較した。コーンビームCT画像については、佐川やDongらのデータ[4, 5]と比較した。

2. 材料と方法

単純X線写真として歯科用の口内法X線写真の1枚を入手して、今回の画像処理の対象とした。この画像は教科書[3]の第15章193ページで使われている。教科書では、医用X線画像の処理で30年以上にわたって盛んに使われているアンシャープマスク処理を説明するために使われている。この画像は、Yamamoto K, Hayakawa Y, et al.(2003)で使用された画像である[6]。コーンビームCT画像は、佐川やDongらの論文[4, 5]で使わ

れたものを使用した。画像の特徴等の詳細は参考文献に記載されているので省略する。北見工業大学において人を対象とする研究倫理審査で承認(第1002号)を得た。

バイラテラル・フィルタは基本的には合成積によるフィルタの形をしている。

$$g = h_1f_1 + h_2f_2 + h_3f_3 + h_4f_4 + h_5f_5 + h_6f_6 + h_7f_7 + h_8f_8 + h_9f_9$$

(重み = $h_1 \dots h_9$, 画素値 = $f_1 \dots f_9$)

そこに、中心画素の「色」に近いほど重みを重く、遠ければ軽くする。このようにすることで、比較的颜色に近い画素で平均していることになる。また、バイラテラル・フィルタはこれにさらに中心画素との距離により重みを決める、ガウシアン加重も加える。

$$h_1 = \exp\left(-\frac{(f_1 - f_5)^2}{2\sigma^2}\right) \exp\left(-\frac{(1^2 + 1^2)}{2\sigma^2}\right)$$

加えて全体の輝度が上がらないように重みの総和を1にするようにスカラー倍する。以上がバイラテラル・フィルタの説明である。

最初に、口内法X線写真に対する処理を行い、平均値フィルタ、ガウシアン・フィルタ、アンシャープマスク・フィルタ等と比較した。

次に、コーンビームX線写真に対する処理を行った。平均値フィルタ、ガウシアン・フィルタ、ラプラシアンオブガウシアン・フィルタ等と比較した。

3. 結 果

3.1 口内法X線写真に対する処理の比較

結果を図1(上・下)に示す。原画像、平均値フィルタ、ガウシアンフィルタ、アンシャープマスク・フィルタとバイラテラル・フィルタの処理を1回ないし2回行ったものとの比較を示す。



図1(上): 左から、原画像、平均値フィルタおよびガウシアン・フィルタで処理した画像。

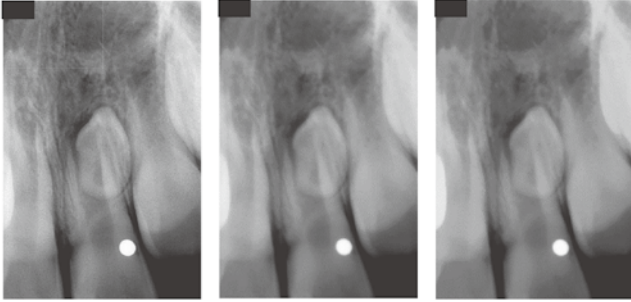


図1 (下) : アンシャープマスク・フィルタ, バイラテラル・フィルタ 1回およびバイラテラル・フィルタ 2回の処理を行った画像。

上段左の原画像に対して上段中央、右の画像はボケているが、下段左側の画像は処理後で大変鮮鋭化している。それに対してバイラテラル・フィルタは上段の画像に比べるとエッジが強調されているが、アンシャープマスク処理の方が骨梁は鮮明であり、エッジの強調もされているように感じられる。

3.2 コーンビーム X 線写真に対する処理の比較。

結果を図2に示す。原画像、平均値フィルタ、ガウシアン・フィルタ、ラプラシアンオブガウシアン・フィルタ等とバイラテラル・フィルタ、バイラテラル・フィルタの処理を2回行った画像との比較した結果を示す。

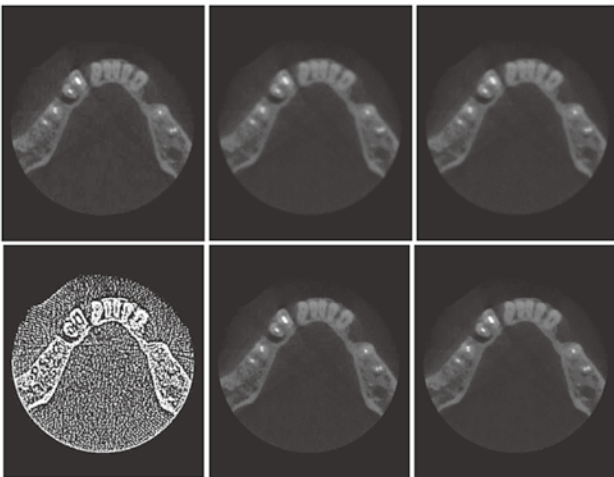


図2 : 左上から右下へ順に。原画像, 平均値フィルタ, ガウシアン・フィルタ, ラプラシアンオブガウシアン・フィルタ, バイラテラル・フィルタ 1回, およびバイラテラル・フィルタ 2回の処理を行った画像である。

上段左の原画像に対して上段中央、右の画像はボケているが、下段左の画像はエッジがはっきりとしているのがわかる。それに比べて下段中央および右側の画像は原画像に近いまエッジを強調している。

4. 考 察

本研究の結果から、次のように考察できる。

- ・バイラテラル・フィルタは、非線形フィルタであり、処理のパラメータの最適化は、処理対象の原画像のどの部分にどの程度のノイズが付加されているかに依存すると思われる。したがって、穏やかな変化をもたらすようなパラメータの設定

で、バイラテラル・フィルタを繰り返して適用させることがよい可能性がある。

- ・単純 X 線写真の一例として歯科用の口内法 X 線写真を取り上げたが、この画像は通常の単純 X 線写真 (たとえば、胸部 X 線写真) より細かい骨や歯の構造を描出することを求められており、高周波数成分をより多く含むことになる。それゆえに、画素 (ピクセル) ひとつひとつも小さいが、バイラテラル・フィルタは適応的にパラメータを設定してこれに対応できるようだ。
- ・コーンビーム CT 画像は一般的な CT 画像 (MDCT - Multi-detectors Low Computed Tomography - 画像という) より、画素が小さく、ノイズが高い。それでも、画素が小さいこと、一度に広範囲を撮影できることなどが支持されて臨床で使われている。バイラテラル・フィルタの働きは、私たちの以前の研究である Laplacian of Gaussian フィルタと比較することができるが、パラメータ設定のフレキシブルさ、ノイズへの強さから、十分臨床の実用性があると思われた。

5. 結 論

本研究では、単純 X 線写真として歯科用の口内法 X 線写真とコーンビーム CT 画像にバイラテラル・フィルタによる処理を適用した。その結果、パラメータの最適化を必要とするが、これまでの画像処理方法と比べて画像のエッジを強調させることができたと思われる。

参考文献

1. 西村鉄矢, ノイズ除去とエッジ強調を両立, バイラテラル・フィルタ, *Interface*, 2015年6月号, 111-114, CG出版.
2. 片山豊, 上田 健太郎, 日浦慎作, 他8名, 骨シンチグラフィへのバイラテラルフィルタの適用. *日本放射線技術学会雑誌*, Vol.69, No.12:1363-1371, 2013.
3. 白鳥則郎監修・大町真一郎・陳謙・大町方子・宮田高道・長谷川為春・早川吉彦・加瀬澤正・塩入論著, 画像処理 (未来へつなぐデジタルシリーズ28), 第4章 領域処理, 第7章 特徴抽出, 第15章 画像処理の応用, 共立出版, 2014年10月. <http://www.kyoritsu-pub.co.jp/bookdetail/9784320123489>
4. Sagawa M, Miyoseta Y, Hayakawa Y, Honda A. Comparison of two- and three-dimensional filtering methods to improve image quality in multiplanar reconstruction of cone-beam computed tomography. *Oral Radiology* (日本歯科放射線学会誌), Vol.25, No2:154-158, 2009-12
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11282-009-0026-9>
5. Dong, J. Three-dimensional image processing for artifact reduction and quality improvement in medical X-ray computed tomography (doctoral thesis), Kitami Institute of Technology Repository, Sep. 2014. Available at <http://hdl.handle.net/10213/2154> and <https://kitir.lib.kitami-it.ac.jp/dspace/handle/10213/2154>
6. Yamamoto K, Hayakawa Y, Kousuge Y, Wakoh M, Sekiguchi H, Yakushiji M, Farman AG. Diagnostic value of tuned-aperture computed tomography versus conventional dentoalveolar imaging in assessment of impacted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* Vol.95, No.1:109-118, 2003-Jan.