

# 局所適応的非線形フィルタを用いた X 線投影像平滑化

情報科学科 松本 大河

指導教員：戸田 尚宏

## 1 はじめに

医療診断において X 線撮影による画像診断を行うことが欠かせなくなっている中で、X 線の被曝を削減する研究が進められている。照射量を減らすことで被験者の被曝を減らすことができるが、光子数が減ることによる量子雑音が増加する。量子雑音は平滑化を行うことで減少させることができるが、元の画像の不先鋭化をまねく危険性がある。そうした X 線投影データに対して、杉浦は X 線 CT データのサイノグラムのポアソン性を利用した平滑化の方法が提案されている [1]。

杉浦の方法は X 線 CT の投影データに対しバイラテラルフィルタと呼ばれる非線形平滑化フィルタの空間平滑化スパンのパラメータを局所適応的に変化させる方法である。この方法では投影像中の到達光子数の多い部分、少ない部分で平滑化スパンを変化させることで量子雑音を平滑化する。近年 X 線診断においてもデジタル化が進み、フラットパネル検出器による一般撮影が普及しているため、画像データに対して雑音処理をソフトウェアで行う事がなされている。従って杉浦法は、X 線 CT の投影データだけでなく、通常の X 線撮影における投影データに対しても適用可能である。そこで本研究では杉浦によって提案された方法(以下 ABSP 法 (Adaptive Bilateral Smoothing on Projection image) と呼ぶ)を用いた通常 X 線投影像上の画質の向上を目的とする。

## 2 物理特性を用いたフィルタリングの構成

ここでは、平滑化のフィルタに対して次式で与えられるバイラテラルフィルタを用いる [2]。

$$g(i, j) = \frac{\sum_{m=-W}^W \sum_{n=-W}^W f(i+m, j+n) \cdot w(i, j, m, n)}{\sum_{m=-W}^W \sum_{n=-W}^W (i, j, m, n)} \quad (1)$$

$$w(i, j, m, n) = \exp\left(-\frac{m^2 + n^2}{2\sigma_1^2(i, j)}\right) \cdot \exp\left(-\frac{f(i, j) - f(i+m, j+n)}{2\sigma_2^2}\right)$$

ここでは  $(i, j)$  を画像の座標、 $f(i, j)$  は入力画像、 $g(i, j)$  は出力画像、 $W$  はカーネルサイズを表している。これを用いたアルゴリズムを以下に示す。

1. 従来方法より、投影データ  $I(r, \theta)$  を取得する。
2.  $\sigma_1(i, j)$  を  $\frac{k}{I(r, \theta)}$  ( $k$  は定数) により定める。
3. 式 (2) の  $\sigma_1(i, j)$  を求めたものとし、 $I(r, \theta)$  にバイラテラルフィルタをかけ、 $I'(r, \theta)$  を求める。
4. 新たに  $\sigma_1(i, j)$  を  $\frac{k}{I'(r, \theta)}$  により定める。
5. 3 に戻り処理を繰り返す。
6. 3 5 を  $N$  回繰り返す。

## 3 数値シミュレーション

ABSP 法を用いることで Shepp-Logan-Phantom(以下 SL フ

ァントム) 画像の画質が向上していることを確認する。ここでは、照射光子数の少ない SL ファントム画像と照射光子数の多い SL ファントム画像の相関係数を ABSP 法を適用したものとしてないもので比較することで画質向上の評価を行う。ABSP 法では、輝度方向の平滑化パラメータ  $\sigma_2$  と空間平滑化のパラメータ  $k$  を予め決定しておく必要がある。そこで本研究では種々の撮影条件を模擬した SL ファントム画像の集合に対して、ABSP 法を適用し、真の SL ファントムとの相関係数が最も高くなるようにこれら 2 つのパラメータを決定した。図 1 は ABSP 法の反復において、 $\sigma_1(i, j)$  の更新における変化のノルムを、反復回数を横軸として示した例である。10 回程度の反復で収束している事が分かる。図 2 は使用した SL ファントムの真の画像であり、図 3 は照射光子数の少ない場合を、ポアソン乱数を付加する事で模擬した画像である。図 3 の画像に対し、ABSP 法を適用した画像が図 4 である。この場合の真の画像に対する図 3 の画像の相関係数は 0.818 であり、図 4 の画像の相関係数は 0.969 となった。ABSP 法を適用する事で相関係数が向上している事が判る。

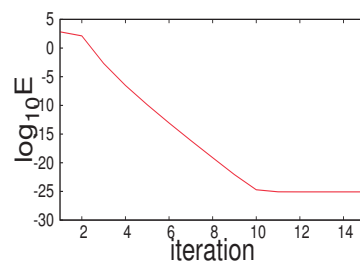


図 1 ABSP 法のフィルタ反復による  $\sigma_1(i, j)$  の収束過程

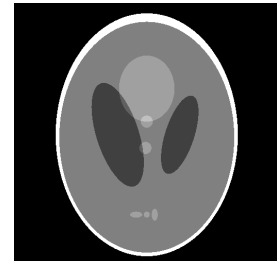


図 2 真の SL ファントム

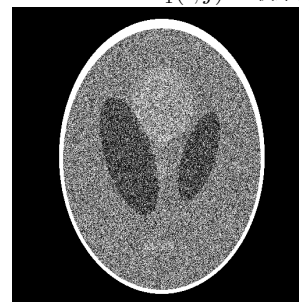


図 3 光子数の少ない画像



図 4 ABSP 法適用画像

## 4 おわりに

ABSP 法を用いることで相関係数が向上した。今回の指標では相関係数を用いたが、今後は別の指標でも同じように画質向上が言えるのか調べる必要がある。

## 参考文献

- [1] 杉浦早紀, 戸田尚宏: X 線 CT におけるサイノグラム上での局所的平滑化による再構成, 電子情報通信学会信学技報, IEICE-MBE2018-101, pp.77-82(2019/3).
- [2] Abdel-Razzak Al-H: mmawi et al.: "Assessment of Bilateral Filter on 1/2-Dose chest-Relvis CT Views", Radiol Phys Technol, pp.385-398(2013).