

## 重み計算の削減に基づくバイラテラルフィルタの高速化

平岡 透<sup>1</sup>・和田 佳樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>情報工学科, <sup>2</sup>制御情報工学科

画像のエッジを保存してスムージングを行うバイラテラルフィルタが近年注目されているが、バイラテラルフィルタには計算に多くの時間を要するという欠点がある。そこで、バイラテラルフィルタの重みをあらかじめ計算しておくことで、誤差を生じずにバイラテラルフィルタの計算を高速化できる方法を提案する。レナの画像を用いた実験を通して、提案法はバイラテラルフィルタの計算を約7倍に高速化できることを示す。

キーワード：バイラテラルフィルタ, 高速化, 重み計算

### 1. はじめに

画像のエッジを保存してスムージングを行うバイラテラルフィルタ<sup>1)</sup>が近年注目されるようになり、画像処理や空間情報処理、コンピュータグラフィックスなどの多くの分野で利用されている<sup>2) 3)</sup>。しかし、バイラテラルフィルタは、計算に多くの時間を要するという欠点がある。このため、誤差を生じないバイラテラルフィルタの高速化として、バイラテラルフィルタの重みの対称性に基づいてバイラテラルフィルタの計算を約 2 倍に高速化できる方法(以下、従来法)<sup>4)</sup>が提案されている。

本稿では、バイラテラルフィルタの重みをあらかじめ計算しておくことで、誤差を生じずにバイラテラルフィルタの計算を2倍以上に高速化できる方法を提案する。提案法の有効性を検証するために、図-1に示すレナの画像を用いた実験を行う。



図-1 レナの画像

### 2. 方法

本章では、まずバイラテラルフィルタを概説し、その後提案法を説明する。

#### (1) バイラテラルフィルタ

256階調で $I \times J$ 画素で輝度値が $N$ 階調の画像における空間座標 $(i, j)$ での入力画素値を $d_{i,j}$ とし、座標 $(i, j)$ での出力画素値を $f_{i,j}$ とすると、バイラテラルフィルタでは $f_{i,j}$ を

$$f_{i,j} = \frac{\sum_{k=i-W}^{i+W} \sum_{l=j-W}^{j-W} e^{-\alpha((i-k)^2+(j-l)^2-\beta(d_{i,j}-d_{k,l})^2)} d_{k,l}}{\sum_{k=i-W}^{i+W} \sum_{l=j-W}^{j-W} e^{-\alpha((i-k)^2+(j-l)^2-\beta(d_{i,j}-d_{k,l})^2)}} \quad (1)$$

で計算する。ここで、 $\alpha$ と $\beta$ は正定数、 $W$ はウィンドウサイズである。 $\alpha$ は座標 $(i, j)$ からの距離の影響を調節するパラメータであり、 $\alpha$ の値が大きいくほど座標 $(i, j)$ から離れている画素の影響を受けにくくなる。 $\beta$ は座標 $(i, j)$ の画素値 $d_{i,j}$ との差の絶対値の影響を調整するパラメータであり、 $\beta$ の値が大きいくほど画素値 $d_{i,j}$ との差の絶対値の大きい画素の影響を受けにくくなる。 $W$ の値が大きいくほど、計算時間は大きくなる。以下の実験では、 $\alpha = 0.01$ 、 $\beta = 0.01$ とした。

#### (2) 提案法

提案法は、階調数 $N$ とウィンドウサイズ $W$ のすべての組合せにおいて、式(1)のexp関数部(以下、重み)をあらかじめ計算しておき、式(1)の計算における重みの計算を削減することでバイラテラルフィルタの高速化を実現する。

提案法の手順を以下に示す.

Step1:  $M \times M$  の大きさの  $N$  個の行列を作成し,  $n$  番目の行列の  $s$  行  $t$  列目の要素の値を  $g_{s,t,n}$  とする. ここで,  $M = W + 1$  であり,  $s$  と  $t$  は 0 から  $W$  までの整数である. この行列の要素の値  $g_{s,t,n}$  を

$$g_{s,t,n} = e^{-\alpha(s^2+t^2)-\beta n^2}$$

で計算する. このとき, この行列は対称行列となるので,  $s \neq t$  の場合に  $s$  行  $t$  列目の要素の値  $g_{s,t,n}$  を計算した際,  $t$  行  $s$  列目の要素の値  $g_{t,s,n}$  に  $g_{s,t,n}$  を代入することによって計算量を削減する.

Step2: 式(1)のバイラテラルフィルタを

$$f_{i,j} = \frac{\sum_{k=i-W}^{i+W} \sum_{l=j-W}^{j-W} g_{|i-k|,|i-l|,|d_{i,j}-d_{k,l}|} d_{k,l}}{\sum_{k=i-W}^{i+W} \sum_{l=j-W}^{j-W} g_{|i-k|,|i-l|,|d_{i,j}-d_{k,l}|}}$$

で計算する.

式(1)による重みの計算回数は,  $IJ(2W+1)^2$  回である. 提案法による重みの計算回数は, 式(2)において  $N(M+(M-1)/2) = N(W^2/2+W+1)$  回である. つまり, 提案法の高速度化は, 画像サイズ  $I \times J$  が大きい場合, ウィンドウサイズ  $W$  が小さい場合, また階調数  $N$  が小さい場合において, より効果を発揮すると考えられる.

### 3. 実験

256階調のレナの画像にバイラテラルフィルタと提案法を適用した. 画像サイズ  $I \times J$  を 256×256, 512×512, 768×768, 1,024×1,024 の4通り, ウィンドウサイズ  $W$  を 5, 10, 15, 20 の4通り, 合計 16 通りで実験を行った. バイラテラルフィルタによる計算時間[s]を表-1, 提案法による計算時間[s]を表-2 に示す. 表-1 と表-2 の計算時間は, 10 回試行した平均値である. 表-1 と表-2 の横方向が画像サイズ  $I \times J$ , 縦方向がウィンドウサイズ  $W$  である. また, バイラテラルフィルタによる計算時間を提案法による計算時間で割った値(以下, 計算時間の向上率)を表-3 に示す. 表-3 より, バイラテラルフィルタの計算を約 7 倍に高速化できることがわかった. つまり, バイラテラルフィルタの計算を約 2 倍に高速化できる従来法よりも提案法は有効な方法である. また, 画像サイズ  $I \times J$  が大きいほど, ウィンドウサイズ  $W$  が小さいほど, 提案法による高速化の効果が大きくなることもわかった.

計算環境は, OSがWindows 7 Enterprise, メモリが4.0GB, CPUが2.90GHz, 使用言語はC言語である.

表-1 バイラテラルフィルタの計算時間 [s]

		$I \times J$			
		256×256	512×512	768×768	1,024×1,024
W	5	0.579	2.246	5.037	8.909
	10	2.006	8.160	18.397	32.729
	15	4.292	17.645	40.002	71.339
	20	7.343	30.511	69.406	124.028

表-2 提案法による計算時間 [s]

		$I \times J$			
		256×256	512×512	768×768	1,024×1,024
W	5	0.081	0.295	0.629	1.076
	10	0.281	1.083	2.368	3.997
	15	0.613	2.371	5.170	9.057
	20	1.050	4.133	9.131	16.077

表-3 提案法による計算時間の向上率

		$I \times J$			
		256×256	512×512	768×768	1,024×1,024
W	5	7.148	7.614	8.008	8.280
	10	7.139	7.535	7.769	8.188
	15	7.002	7.442	7.737	7.877
	20	6.993	7.382	7.601	7.715

### 4. まとめ

バイラテラルフィルタの重みをあらかじめ計算しておくことで, 誤差を生じずにバイラテラルフィルタの計算を高速化できる方法を提案した. レナの画像を用いた実験を通して, 提案法はバイラテラルフィルタの計算を約 7 倍に高速化できることを示した.

#### 参考文献

- 1) C. Tomasi and R. Manduchi: Bilateral Filtering for Gray and Color Images, *Proc. ICCV*, pp. 839-846, 1998.
- 2) 浦浜喜一: 画像の本質を引き出すバイラテラルフィルタによるノイズ除去とイラスト風画像の生成, 映像情報メディア学会誌, Vol.62, No.8, pp. 1268-1273, 2008.
- 3) 平岡透, 碓正敬: バイラテラルフィルタを用いたレーザプロファイラデータからの樹木抽出, 写真測量とリモートセンシング, Vol.49, No.2, pp.103-108, 2010.
- 4) 井上光平, 浦浜喜一: 重みの対称性に基づくバイラテラルフィルタの高速化, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J93-D, No.2, pp.148-150, 2010.

(2014.9.30受付)