

I-039

## GPUを用いた多方向SMFの並列化について

On parallelization of multi-direction SMF using GPU

越山 翔太,\*1 山本 博章,\*1 横山 靖樹,\*2 宮崎 敬,\*2 白井 啓一郎 \*1

## 1 まえがき

インパルス性ノイズによる劣化画像からノイズを検出し除去する手法として、スイッチングメジアンフィルタ (SMF) やその発展型手法が提案されている。これらの手法は検出ウィンドウを大きくするなど、処理の複雑化により性能の向上を得る。横山らの論文<sup>1)</sup>では、 $2 \times 2$ の小さなノイズ検出オペレータを用いた多方向走査と、画素濃度の平均化処理による2ステップ方式のSMF手法を提案しており、従来法と比べ復元度を向上させている。また、これまでに横山らの手法をマルチコアCPUで並列処理することで高速化に成功している<sup>2)</sup>

本稿では、マルチコアCPUを用いて並列化した提案手法を述べた後、それを基にして提案するGPUを用いた手法の速度向上および復元度について述べる。

## 2 提案法

## 2.1 多方向SMFの並列化

Fig.1に横山らが提案した多方向SMFの流れを示す。第1ステップにて $2 \times 2$ のノイズ検出オペレータを用いた積和演算による高速なノイズ検出を行い、MFを適用する。検出オペレータは $2 \times 2$ 、ノイズ除去には $3 \times 3$ ウィンドウを用いる (Fig.2)。ノイズの検出・除去に除去済み画素を使用することで、各方向走査による出力画像が異なる。第2ステップでは、第1ステップで得た画像と同位置の画素濃度の平均を求め、より復元精度が高い画像を得る<sup>1)</sup>。

手法における処理の大部分は第1ステップの多方向走査である。この走査は、昨今普及しているマルチコアCPUを用いることで並列処理できるため、この実装を行い高速化を行った<sup>2)</sup>。復元画像の出力結果は多方向SMFと同じである。また、以下より並列処理により高速化を行った多方向SMFをCPU並列法と呼ぶ。

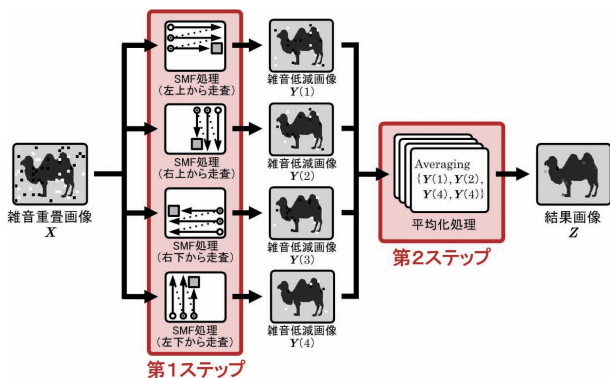


Fig. 1. 多方向SMFの処理概要

\*1 信州大学, 情報工学科

\*2 長野工業高等専門学校

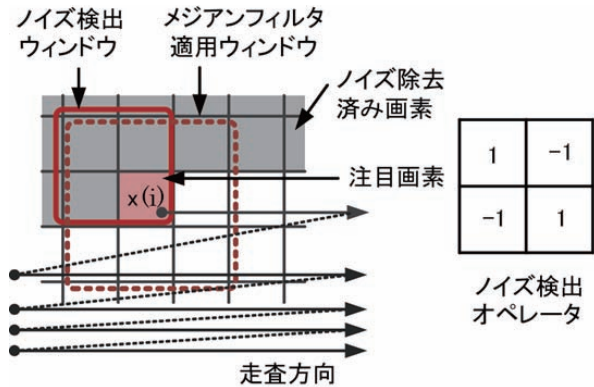


Fig. 2. 第一ステップ

## 2.2 GPUを用いた提案法

CPU並列法では方向ごとの並列処理により高速化した。GPUを用いた提案法では画素ごとのノイズ除去を並列に実行する。手順を以下に示す。

- (1) すべての画素にノイズ検出オペレータを適用
- (2) ノイズが検出された注目画素にMF適用

ノイズ検出・除去に用いる検出オペレータやMFのウィンドウはCPU並列法で用いたものと同じサイズである。しかし、GPUを用いて画素単位で並列に実行する場合、全画素を一斉に処理するため、CPU並列法で用いたノイズ除去済み画素の利用ができない。そこでGPUの速度を活かし、以上の手順に以下を追加して復元精度を向上させる。

- (3) 入力画像を4枚に複製し、各画像ごとに注目画素に対する検出オペレータをかける位置を変更
- (4) 十分にノイズが除去されるまで(1),(2)を繰り返す
- (5) 得られる4枚の出力画像を平均化して結果画像を得る

(4)は各画素の情報を伝搬させる目的に行い、これにより復元画像の精度は向上する。復元度が収束するまで反復を行うが、その回数は実験的に6-10回で十分である。

## 3 実験

実験では今回提案するGPUを用いた提案法に対し、CPU並列法、および他論文で提案されるSMF (PSM法<sup>3)</sup>, ANID法<sup>4)</sup>)を用いて、速度評価およびPSNR (Peak signal-to-noise ratio)を用いた復元度の評価を行う。GPU提案法の手順(4)の反復回数は今回の実験では6回とし、また、他手法はCPUを用いた実装である。

### 実験環境

CPU・GPU それぞれの実験環境を以下に示す。

#### CPU

CPU: Intel(R) Core i7 CPU 950 (12M Cache, 3.20GHz, 6Core, 12Thread)

言語: C(Red Hat 4.1.2-46)

メモリ: 6GB

#### GPU

GPU: Nvidia(R) Tesla C2050(1.15GHz, 448Core)

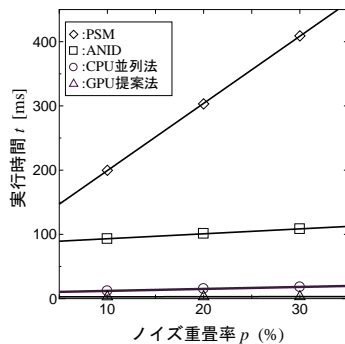
言語: CUDA C(release 4.2)

メモリ: 3GB

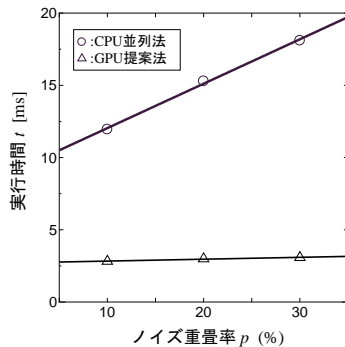
実験画像には標準画像データベース SIDBA(Standard Image Database) より, Airplane(size:256×256) 他 5 画像を用いる。

### 3.1 速度比較

Fig.3 に各手法のノイズ重畳率に対する実行時間を示す。Fig.3(b) は Fig.3(a) を GPU 提案法に注目した拡大図である。CPU 並列法は, PSM 法および ANID 法より高速であるが, GPU を用いた提案法はさらに高速で, ノイズ重畳率にかかわらずおよそ 3[ms] の実行時間で復元画像を得られる。



(a) 各手法の実行時間



(b) CPU・GPU 提案法拡大図

Fig. 3. 他手法との比較

### 3.2 復元度比較

横山らの論文で, CPU での提案法と従来提案されてきた他手法との比較を行った。その中でも CPU を用いた提案法の復元結果は良好であった<sup>1)</sup>。そのため本実験では CPU を用いた提案法と GPU を用いた提案法の比較を行う。実験画像に対し濃度値がランダムなインパルスノイズを 30% 重畳し, ノイズ画像に対して各手法を適用した復元画像と原画像を比べることで各手法ごとの復元度を比べる。Fig.4 には復元度を PSNR で表した結果を示す。

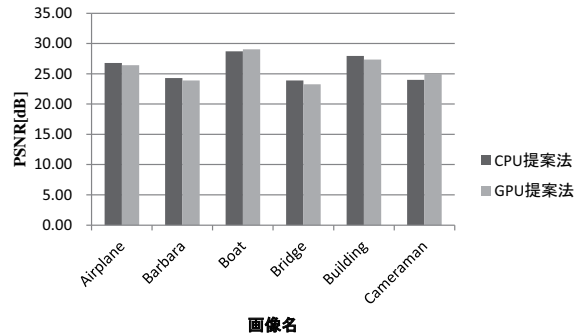


Fig. 4. 各画像からのノイズ除去結果

結果より, 画像にもよるが GPU を用いた提案法は CPU を用いた提案法よりわずかに劣る。しかし, 従来法に比べ良い結果が得られており, 速度面を考慮したノイズ除去が必要な場合, 十分な結果であると言える。

### 4 むすび

横山らが提案した多方向 SMF から, GPU を用いた新たな手法を提案した。多方向 SMF をマルチコア CPU 上で並列化した CPU 並列法よりも速度面では大幅な改良が得られたが, 復元度では従来の提案法の方がわずかなではあるが, よい結果である場合が多い。

今後の課題としては, ノイズを検出する際の閾値決定の自動化および GPU 提案法の処理結果の向上があげられる。

### References

- 1) 横山靖樹, 宮崎敬, 曾根光男 and 山本博章: “多方向走査平均処理と  $2 \times 2$  雑音検出器を組み合わせたスイッチングメジアンフィルタ”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J95-A No.10, pp.737-750, 2012
- 2) “ $2 \times 2$  ノイズ検出オペレータを用いた SMF の並列化”, 電子情報通信学会信越支部大会, 6C-1, p.93, 2013
- 3) Z.Wang and D.Zhang: “Progressive switching median filter for the removal of impulse noise from highly corrupted images”, IEEE Trans. Circuits Syst. II CAS II Vol.46, No1, pp.78-80 (1999)
- 4) S.Zhang and M.A.Karim: “A new impulse detector for switching median filters”, IEEE Signal Process. Lett., vol.9, no.11, pp.360-363 (2002)