

## 改良 MRP を用いた I-MAP 法における 3 次元再構成

鳥居 杜朗<sup>†</sup> 望月 晶文<sup>††</sup> 内村 圭一<sup>††</sup> 松島 宏典<sup>†</sup><sup>†</sup>久留米高専 制御情報工学科 <sup>††</sup>熊本大学大学院 自然科学研究科

## 1 まえがき

近年、大気中の粒子状物質 (PM) の健康へ及ぼす影響が注目されており、大気中に浮遊する PM のうち特に粒径が  $10[\mu\text{m}]$  以下のものは浮遊粒子状物質 (SPM) と呼ばれ、大気中に長期間滞留して気道または肺胞に沈着し、人の健康上有害な影響を与える恐れが指摘されている。そのため、国土交通省は新車のトラック・バス及び乗用車から排出される SPM 及び窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) の更なる低減を図るため、排出ガスの規制を強化している。

SPM や NO<sub>x</sub> のいずれも低減させるには、ディーゼルエンジンの持つ高効率面を維持した排ガス後処理装置の開発が必要である。排ガス後処理装置として、SiC フィルタが PM を低減する上で有効性が高く注目されている。SiC フィルタ内部や排気管内部に付着する PM を高精度に観測するため、少数投影方向数からなるリアルタイム中性子ラジオグラフィ (RTNR) 画像に対して、ML-EM 法と I-MAP 法に MRP (Median Root Prior) を適用した手法がある [1]。本研究では、この MRP を改良することで、更に高精度の画像再構成手法を構築することを目標とする。

## 2 MRP

MRP は、再構成式の中に条件式 (先験確率: Prior) を加えるベイズ画像再構成法のひとつである。条件式は、注目画素値と周辺画素の median 値の差が小さくなるように修正するエッジ保存型平滑化関数であり、式 (1) で表される。

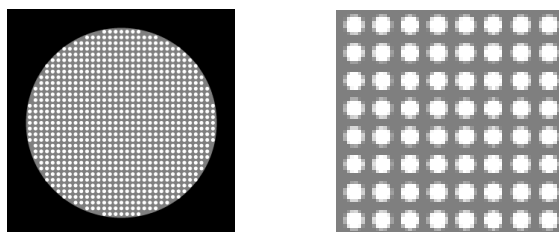
$$\lambda_{new}(i) = \frac{1}{1 + \beta \frac{\lambda_{MRP}(i) - Med(\lambda_{MRP}, i)}{Med(\lambda_{MRP}, i)}} \lambda_{ML-EM}(i) \quad (1)$$

ここで、 $\lambda_{new}(i)$  はある画素  $i$  の更新後出力画像、 $\lambda_{ML-EM}(i)$  は ML-EM 法による画素  $i$  の再構成画像、 $Med(\lambda_{MRP}, i)$  は  $\lambda_{MRP}$  の注目画素近傍  $3 \times 3$  の領域における median 値、 $\beta$  は画素値修正の強度を決定するパラメータ ( $0 < \beta < 1$ ) である。

図 1 に SiC フィルタを模倣したシミュレーション用のファントム画像を示す。この元画像から 36 投影のデータを作成し、従来の手法で再構成した画像を図 2 に示す (再構成回数: 300)。

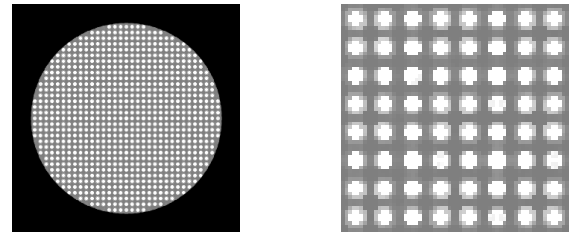
## 3 提案手法

図 2 は、ノイズもなくエッジも保存された再構成が実現できているように見えるが、拡大するとエッジのぼけている箇所があることが分かる。このエッジのぼけを修正するために、再構成回数 (1~300 回) における Prior 値の変化に着目する。シミュレーション画像 (図 1(a) 参照) と再構成画像 (図 2(a) 参照) の画素値の差がある一定値以上になる画素と、画素値の差がほぼ 0 の画素の Prior 値の変化



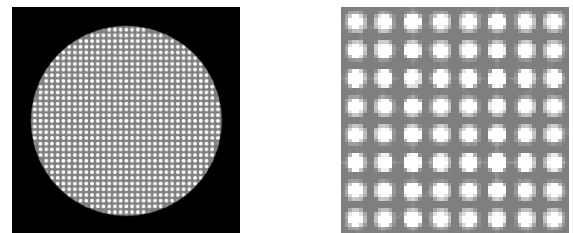
(a) ファントム画像 (b) 拡大画像

図 1 シミュレーション用ファントム



(a) 再構成画像 (b) 拡大画像

図 2 従来の手法による再構成画像



(a) 再構成画像 (b) 拡大画像

図 3 提案手法での再構成画像

をそれぞれ比較すると、後者のほとんどがある再構成回数以上で Prior 値が 0 になっているのに対し、差がある一定値以上の画素は、一定の再構成回数を超えても Prior 値が 0 にならず、ある値に収束する。そこで、式 (2) のように MRP を改良する。

$$\lambda_{new}(i) = \frac{1}{1 + \frac{\beta}{\alpha} \frac{\lambda_{MRP}(i) - Med(\lambda_{MRP}, i)}{Med(\lambda_{MRP}, i)}} \lambda_{ML-EM}(i) \quad (2)$$

ここで、 $\alpha$  は再構成回数が一定以上のときに Prior 値が 0 以外で一定値に収束した場合、Prior 値を 0 に近づけるためのパラメータである。この提案手法で再構成した画像を図 3 に示す。

## 4 結果及び考察

図 2 と図 3 を比べると、MRP の変更により再構成画像のエッジのぼけが少なくなった。MRP の変更前と変更後の再構成画像を PSNR と SSIM の指標を用いて定量的評価を行うと、変更前が PSNR = 64.25, SSIM = 0.99, 変更後が PSNR = 71.77, SSIM = 1.00 となり、変更後のほうが高い評価となった。一定の再構成回数以上で Prior 値を 0 に近づけるとエッジのぼけが少なくなるのは、その回数まで MRP の補正は十分であり、それ以上補正をかけても再構成画像のぼけた状態が続くためだと考えられる。

## 5 まとめ

本研究では、MRP に新たなパラメータ  $\alpha$  を導入することにより MRP の改良を行うことができた。今後は、再構成画像のさらなる画質向上に向けてパラメータの改良や新たな手法の開発を目指したい。

## 参考文献

- [1] 望月晶文, 川上拓朗, 松島宏典, 上瀧 剛, 内村圭一, Harvel Glenn, Chang Jen-Shih, "MRP を用いた I-MAP 法における中性子ラジオグラフィ画像の再構成," 第 58 回システム制御情報学会研究発表講演会, 335-2, 2014.