

スペckル低減フィルタのSIR-C画像への適用*

5 P-1

星 仰 山田 貴浩 福田 政美†

茨城大学‡

1 はじめに

合成開口レーダ (SAR) は位相のよく揃っているコヒーレントな電磁波を用いており、この電磁波がランダムな表面において散乱される際に濃度が揺らぐことにより、スペckルと呼ばれる特有のごま粒状の雑音が発生する。スペckルは、観測値の信号成分に対して乗法的にかかる雑音として知られている。スペckル低減法の一つとして、マルチルック処理がある。これは SAR データ取得時に合成開口長を N (通常は $N=3 \sim 4$) 分割し、単分解能ピクセルに対してそれぞれ独立に処理し、その独立サンプルを平均することにより揺らぎの振幅を減少させる方法である。このとき空間分解能は N 倍に広がってしまう。他の方法として、SAR 画像に対してフィルタリングする方法がある。この方法ではフィルタの選択によって、SAR 画像の目的に応じた利用が可能となる。

ここでは、SIR-C 画像に対して数種のフィルタを適用し、その効果を比較検討する。

2 スペckル低減フィルタ

スペckル低減フィルタの内容を以下に述べる。

2.1 平滑化フィルタ

ウィンドウ内のピクセルの平均値を求め、その値をウィンドウの中央のピクセルに対する出力とする。

2.2 改良平滑化フィルタ

近傍ピクセルに対し急激な値の変化をしているピクセルが、スペckルである可能性が高いと思われる。そこで、ウィンドウ内のピクセルのうち濃度値が最小のものと最大のものを取り除き、残りのピクセルの平均値を中央のピクセルの出力とする。

2.3 メディアンフィルタ

ウィンドウ内のピクセル値をソートし、中央値を求める。その値をウィンドウの中央のピクセルの値として出力する。

2.4 シグマフィルタ

観測値、スペckル成分をそれぞれ z および ν とし、ウィンドウ内のピクセルのうち、ピクセル値が $[z -$

$2\sigma_\nu z, z + 2\sigma_\nu z]$ の範囲内のものだけの平均値を求め、それをウィンドウの中央ピクセルの出力とする。ここで、 σ_ν はスペckル成分の標準偏差で、観測値の分散、平均値を $\text{var}(z)$ および $\bar{z}$ とし、

$$\hat{\sigma}_\nu^2 = \frac{\text{var}(z)}{\bar{z}} \quad (1)$$

により推定される $\hat{\sigma}_\nu$ を用いる。

2.5 Lee フィルタ

Lee フィルタは信号成分 x の最小 2 乗推定値 $\hat{x}$ を求める手法である。 $\hat{x}$ は、次式によって求められる。

$$\hat{x} = \bar{x} + k(z - \bar{x}) \quad (2)$$

$$k = \frac{\text{var}(x)}{\hat{x}^2 \sigma_\nu^2 + \text{var}(x)} \quad (3)$$

ここで、 $\text{var}(x)$ はウィンドウ内の信号成分の分散、 $\bar{x}$ は平均値で、スペckルの平均値を $\bar{\nu} = 1$ とし、

$$\text{var}(x) = \frac{\text{var}(z) + \bar{z}^2}{\sigma_\nu^2 + \bar{\nu}^2} - \bar{x}^2 \quad (4)$$

$$\bar{x} = \bar{z} / \bar{\nu} = \bar{z} \quad (5)$$

で与えられる。

2.6 Frost フィルタ

Frost フィルタは、以下の式における $\hat{x}$ をウィンドウの中央のピクセルの値とするフィルタである。

$$\hat{x} = \sum_{j=-N/2}^{N/2} \sum_{i=-M/2}^{M/2} h(t)x(m+i, n+j) \quad (6)$$

$$h(t) = K\alpha \exp[-\alpha|t|] \quad (K \text{ は定数}) \quad (7)$$

$$\alpha = C(\sigma_z / \bar{z}) \quad (C \text{ は定数}) \quad (8)$$

ここで、 $x(p, q)$ は座標 (p, q) のピクセル、 M および N はウィンドウサイズ (3×3 ならば $M=N=3$)、 $|t|$ はウィンドウ内における中央のピクセルとの距離である。

3 画像への適用と比較

以上のフィルタを SIR-C 画像 (L バンド、HV 偏波) に適用した。用いた画像は北海道サロベツ原野 (512×512 ピクセル)、ウィンドウサイズはいずれも 3×3 ピクセルとした。原画像および各フィルタ適用後の画像を図 1 に示す。それぞれの画像を比較すると平滑化フィルタ、改良平滑化フィルタは平滑効果が大きく、その性質上、信号成分も平均化するため画像全体にはけが生

* "Application of Speckle Reduction Filter to SIR-C Image"

† Takashi Hoshi, Takahiro Yamada and Masami Fukuda

‡ Ibaraki University

4-12-1 Naka-narusawa, Hitachi, Ibaraki 316, Japan

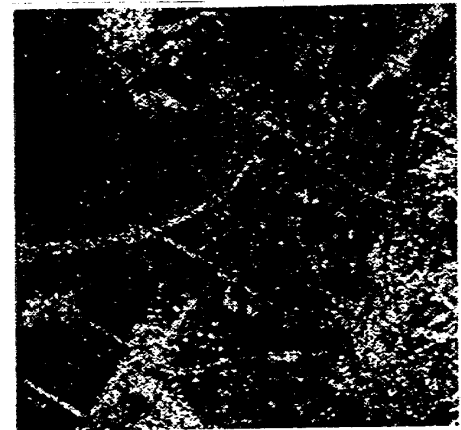
じた。改良平滑化フィルタはスペックルに対して有効かと思われたが、用いた画像では平滑化フィルタと同様の効果であった。メディアンフィルタは平滑性では他に比べ劣る反面、画像全体のぼけは少なかった。平滑化フィルタと性質が似ているシグマフィルタも、平滑化フィルタとはほぼ同様の効果が得られた。Lee フィルタ、Fröst フィルタについても他のフィルタ同様、スペックル低減の効果がみられるが、Frost フィルタは2.6で示した式中の定数 K および C の値（本研究では、 $K = 0.13, C = 1.0 \times 10^{-4}$ とした。）を変化させることで、まだその効果が向上する余地がある。

4 おわりに

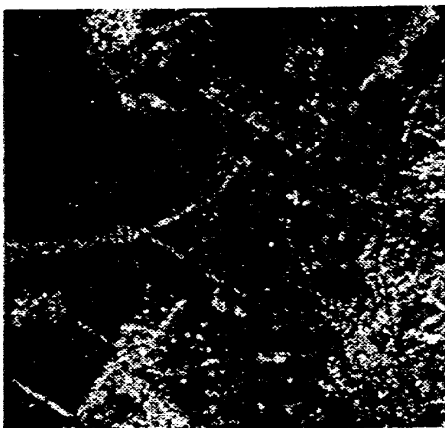
SIR-C 画像に対するフィルタリングとして、今回はLバンド、HV 偏波画像を用いて、いずれのフィルタもスペックルの低減を視覚的に確認できた。今後は、これらを数値的に比較検討し、また他のバンド、偏波の画像についてもこれらのフィルタを適用し、その効果を検討する必要があると思われる。なお、本研究のフィルタリング処理の文献収集に際して、NASDA の桜井氏の協力を得ましたことを、ここに記して御礼を申し上げます。

参考文献

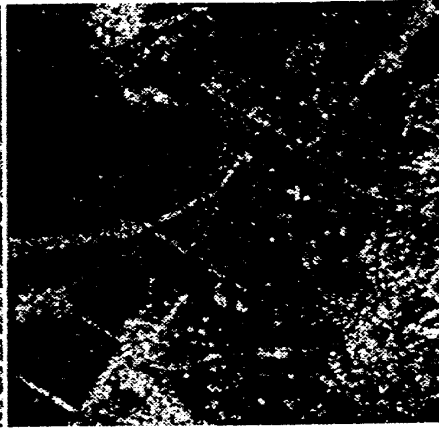
- [1] 木村宏ほか：“合成開口レーダ (SAR), ” (財) 資源観測解析センター, 1992.
- [2] J.S.Lee ほか：“Speckle Filtering Of Synthetic Aparture Radar Images:A Review,” Remote Sensing Reviews, vol.8, pp.313~340, 1994.
- [3] Takako Sakurai-Amano ほか：“Speckle Reduction for Small Feture Detection,” Proc. of the 17th Asian Conference on Remote Sensing, pp.F-7-1~6, 1996.



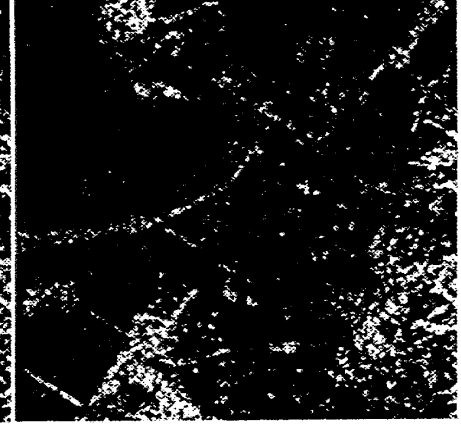
(a) 原画像



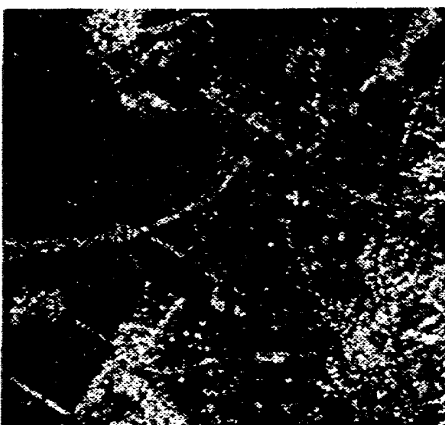
(b) 平滑化フィルタ



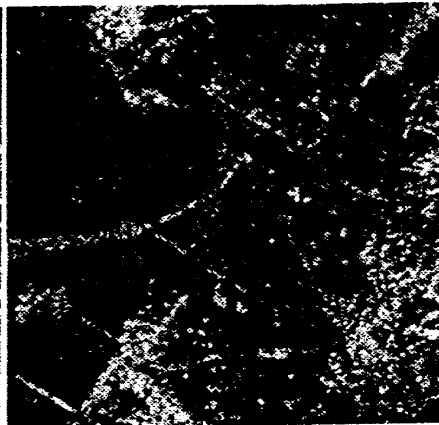
(c) 改良平滑化フィルタ



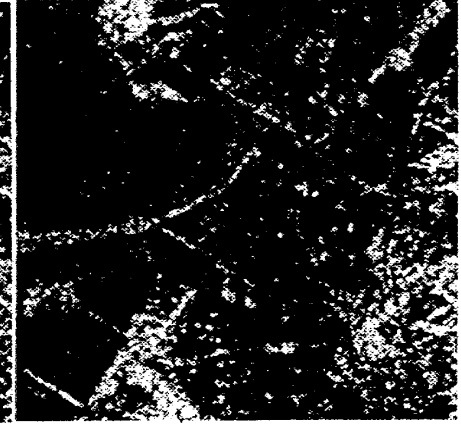
(d) メディアンフィルタ



(e) シグマフィルタ



(f) Lee フィルタ



(g) Frost フィルタ

図1 原画像およびフィルタ適用後の画像