複素対数変換を利用したレーダ画像の変化抽出法

Feature extraction method with complex logarithm transformation on SAR imagery

星野 赳寛　　木寺 正平　　桐本 哲郎
Takehiro HOSHINO　Shouhei KIDERA　Tetsuo KIRIMOTO

電気通信大学　電気通信学研究科
Graduate School of Electro-Communications, The University of Electro-Communications

1．はじめに

高分解能 SAR 画像を利用した特徴変化抽出技術が注目されている．SAR 画像は光学画像と比較して方位分解能が劣るが，複素画像であるため位相情報の利用が可能である．特徴抽出法の一つとして，同一領域の複数回観測に基づく CCD(Coherent Change Detection)法が提案されている[1]．しかし従来の CCD 法は，コヒーレンス関数の絶対値に基づいた対数変換を用いており，わずかな画像変化に対する検出性能が不十分である．本稿では，同評価値の位相情報を含めた複素対数変換を導入する手法を提案し，同手法の変化抽出性能を実験データにより評価する．

2．従来の変化抽出指標

同一領域に対する変化前および後の SAR 画像を s_1 と s_2 で表わす．このとき，二つの SAR 画像間のコヒーレンス関数 γ は次式で定義される．

$$\gamma(m,n)=\frac{\sum_{i=-L}^{L}\sum_{j=-L}^{L}s_1(m+i,n+j)\cdot s_2^*(m+i,n+j)}{\sqrt{\sum_{i=-L}^{L}\sum_{j=-L}^{L}|s_1(m+i,n+j)|^2}\sqrt{\sum_{i=-L}^{L}\sum_{j=-L}^{L}|s_2(m+i,n+j)|^2}} \quad (1)$$

ここに，*は複素共役であり，K はコヒーレンス推定のための窓関数の大きさであり，L=(K-1)/2 である．図 1 に窓関数の例を示す．$0\le|\gamma|\le1$ である．$|\gamma|\approx1$ のとき，窓関数内の s_1 と s_2 は相関が高く，特徴変化は小さい．一方 $|\gamma|\approx0$ のとき，同変化は大きい．従来の変化抽出指標として次式に示す Fisher の z 変換がある[2]．

$$\alpha(m,n)=\frac{1}{2}\ln\frac{1+|\gamma(m,n)|}{1-|\gamma(m,n)|} \quad (2)$$

この変換は $|\gamma|$ を正規分布へ近似する変換である．本指標は γ の絶対値のみを利用するため，僅かな画像変化に対する感度が不十分である．

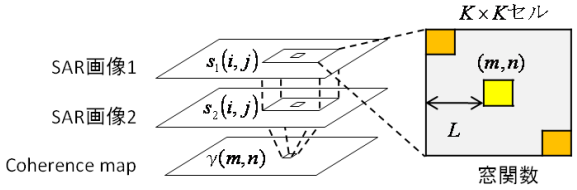


図 1　コヒーレンスによる変化情報の抽出過程

3．複素対数変換を用いた変化抽出指標

上記問題を解決するため，γ に対する新しい抽出指標を次式で導入する．

$$\beta(m,n)=\frac{1}{2}\ln\left|\frac{1+\gamma(m,n)}{1-\gamma(m,n)}\right| \quad (3)$$

$\gamma=\mathrm{A}\exp(j\,\theta)$ としたとき，式(3)は

$$\beta(m,n)=\frac{1}{2}\ln\frac{\sqrt{1-2\mathrm{A}^2\cos2\theta+\mathrm{A}^4}}{1-2\mathrm{A}\cos\theta+\mathrm{A}^2} \quad (4)$$

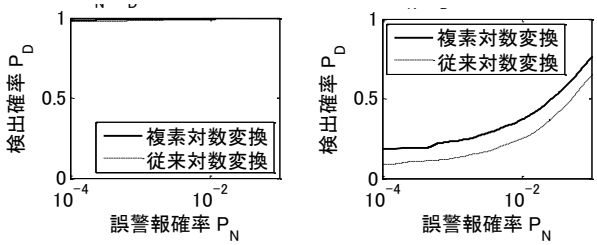
となり位相情報 θ を考慮した変化抽出が可能である．以下これを複素対数変換と呼ぶ．式(4)は $\theta=0$ で式(2)と等価となり，また $\theta\approx\pi$ で変化が増幅される．

4．実験データを用いた性能評価

図 2 の(a),(b)に右反面にタイヤ痕をつけた変化前および変化後の光学画像を示す．中心周波数 33GHz，分解能 1cm のミリ波帯レーダによる SAR 画像を用いる．K＝11 とする．図 3 に各抽出指標による検出確率 P_D と誤警報確率 P_N の結果を示す．観測領域は約 80cm×80cm である．誤警報確率 P_N の最小値が 10^{-4} であるのは画像サンプル数が 30000 ピクセルであることに起因する．提案指標 β は，従来指標 α と比べて特にクロス偏波での CCD において高い変化抽出性能を示す．これは提案手法が γ の位相情報も利用することによる．

(a)光学画像-変化前　　(b)光学画像-変化後

図 2　実験の画像比較



(a)VV 偏波　　(b) VH 偏波

図 3　検出性能比較(1 シーン 2 偏波)

参考文献

[1] Ridha Touzi , ”Coherence Estimation for SAR Imagery”, IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, VOL. 37, NO. 1, JANUARY 1999
[2]　Wright, P., Macklin,”Coherent Change Detection with SAR”, 2005 European Radar Conference Pages: 17-20 Published: 2006

謝辞

実験装置を提供して頂いた三菱電機情報総合研究所
中村聖平氏を始めとする方々に感謝致します．