

帯域分割コヒーレンス関数の位相干渉を用いた 目標高度変化量推定法

Height Change Estimation Algorithm Using Phase Interferometry of Band-Divided Coherence Function

中俣 遼
Ryo Nakamata

木寺 正平
Shouhei Kidera

桐本 哲郎
Tetsuo Kirimoto

電気通信大学院 大学院情報理工学研究所
Graduate School of Informatics and Engineering, University of Electro-Communications

1 はじめに

合成開口レーダ (SAR: Synthetic Aperture Radar) は、全天候型地表面イメージング技術として有用である。SAR 画像は複素画像であり、位相情報を有する。同位相情報を利用し、同一領域の経時変化を検出する CCD (Coherent Change Detection) 法が注目されている。帯域分割されたコヒーレンス関数の位相差を用いた地表面高度変化量推定法 [1] が提案されているが、距離分解能と推定精度の間にトレードオフが存在する。同問題を軽減するため、本稿では帯域分割されたコヒーレンス関数の位相の回帰直線を求めることにより、距離分解能を保持しながら、雑音環境下でも高い高度推定精度を実現する手法を提案する。簡易な受信信号及び地表面モデルに基づく数値計算により、提案法の有効性を示す。

2 システムモデル

図 1 にシステムモデルを示す。観測目標は地表面を模した複数の点散乱体で構成される。伝搬速度は一定であり、真空中の光速 c とする。モノスタティックレーダを仮定する。 $z = z_0$ でアンテナを x 軸方向に直線走査する。1 回目の観測後、目標は z 軸方向に $z = \Delta z_{\text{true}}$ だけ一様に隆起すると仮定する。隆起後に 2 回目の観測を行う。

3 提案法

本手法では、観測信号を N 個の周波数帯域に分割し、SAR 画像を生成する。変化前後の SAR 画像を $I_1(x, y; f_{c,i})$, $I_2(x, y; f_{c,i})$, ($i = 1, 2, \dots, N$) で表す。ただし、 f_c は各帯域の中心周波数である。このとき、SAR 画像間のコヒーレンス関数 $\gamma(x, y; f_{c,i})$ を求め [1]、その位相 $\psi(x, y; f_{c,i})$ を以下で求める。

$$\psi(x, y; f_{c,i}) = \arg(\gamma(x, y; f_{c,i})) \quad (1)$$

一様隆起を仮定しているため、画像領域全体で ψ を平均する。このとき、SAR 画像強度の低い点での位相変化量を評価しないために、平均位相量 $\bar{\psi}$ を次式で定義する。

$$\bar{\psi}(f_{c,i}) \equiv \frac{\sum_{x,y} W(x, y; f_{c,i}) \psi(x, y; f_{c,i})}{\sum_{x,y} W(x, y; f_{c,i})} \quad (2)$$

ただし、 $W(x, y; f_{c,i}) = |I_1(x, y; f_{c,i})| |I_2(x, y; f_{c,i})|$ である。各周波数帯域の中心周波数に対する平均コヒーレンス位相量 $\bar{\psi}(f_{c,i})$ の回帰直線を最小二乗法により求める。近似直線の傾き G から、高度変化量 ΔZ を求める。

$$\Delta Z = G \frac{c}{4\pi \cos \theta} \quad (3)$$

ただし、 θ はオフナディア角である。

4 数値計算による性能評価

目標面の大きさを $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ とする。観測信号の帯域幅は 14GHz 、中心周波数は 33GHz 、合成開口長は 1.6m (176λ)、 $z_0 = 1.48\text{m}$ 、 $\theta = 50^\circ$ とする。帯域分割後の帯域幅を 13.5GHz とする。また従来法の帯域数を 2、隣接周波数差を 480MHz 、提案法の帯域数を 4、隣接周波数差を 160MHz とする。観測信号に白色性ガウス雑音を加える。図 2 に推定高度の真値に対する RMS 誤差を示す。提案法により低 SNR 環境下でも高度推定精度を保持することが確認できる。

5 むすび

本稿では、複数帯域に分割したコヒーレンス関数の位相干渉を用いた高度推定法を提案し、数値計算によりその有用性を示した。

参考文献

- [1] 星野, 木寺, 桐本, 電子情報通信学会総合大会, B-2-43, Mar., 2011

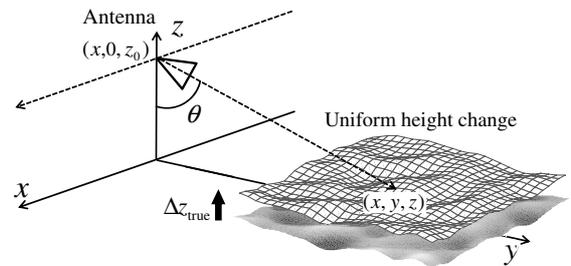


図 1 システムモデル

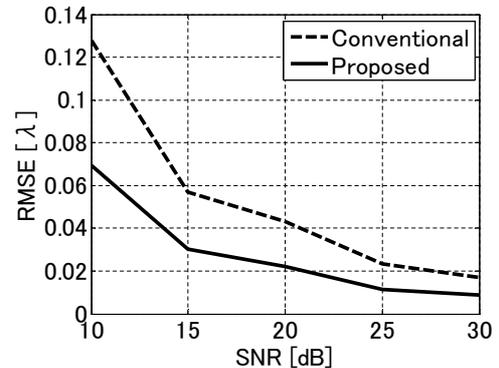


図 2 SNR に対する高度推定誤差 ($\Delta z_{\text{true}} = 0.11\lambda$)