

レイオーバを用いた3次元レーダ画像再生のための 目標点追跡アルゴリズム

Target point tracking algorithm for 3-dimensional radar imaging with layover

山田 浩之
Hiroyuki Yamada

木寺 正平
Shouhei Kidera

桐本 哲郎
Tetsuo Kirimoto

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

1 はじめに

InSAR(Interferometric Synthetic Aperture Radar)[1]による高度推定は、山岳等の自然地形で高い精度を確保する。しかし、ビル等の人工構造物の場合では、急激な高度変化に対する位相不確定性のために精度が劣化する。これを解決する手段として、レーダ画像固有の幾何学的な歪みであるレイオーバを利用した3次元形状推定法が提案されている[2]。しかし同手法では、複数レーダ画像間の目標散乱位置の対応関係を既知としている。本稿では、目標位置の対応関係を高精度に推定するアルゴリズムを提案する。数値計算及び実験により、同対応関係が未知の場合でも、高精度立体目標再構成が可能であることを示す。

2 目標点追跡アルゴリズム

目標及びアンテナの空間配置を図1に示す。直方体の頂点8点に金属球を設置する。送信周波数帯域は22GHzから40GHzとする。目標中心を原点とし、 z 軸を回転軸として目標を回転させる。アンテナを $(x, y, z) = (0.00\text{m}, -3.04\text{m}, 1.59\text{m})$ に配置する。

回転角 $k (k = 1, \dots, K)$ に対応する SAR 画像を $I_k(x, y)$ とする。 I_k は PFA(Polar Format Algorithm) により取得する[3]。 $I_k(x, y)$ の極大値を線形内挿により求め、目標点を抽出する。 m 個目の位置座標を $(x_{k,m}, y_{k,m})$ と定義する。 $(x_{k+1,m}, y_{k+1,m})$ を次式で求める。

$$(x_{k+1,m}, y_{k+1,m}) = \underset{(x_{k+1,m'}, y_{k+1,m'})}{\operatorname{argmin}} \sqrt{(x_{k+1,m'} - x'_{k,m'})^2 + (y_{k+1,m'} - y'_{k,m'})^2} \quad (1)$$

但し、式(1)右辺の評価値が設定閾値を超える場合、同目標点をクラッタ等の雑音に起因する点として除去する。本稿では閾値を距離分解能とする。

式(1)より $\mathbf{b}_m = [x_{1,m}, \dots, x_{K,m}, y_{1,m}, \dots, y_{K,m}]^T$ とし、 m 番目の目標位置座標 \mathbf{s}_m を次式で求める[2]。

$$\mathbf{s}_m = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{b}_m + \mathbf{s}_c \quad (2)$$

但し、 $\mathbf{A} = [e_x(1), \dots, e_x(K), e_y(1), \dots, e_y(K)]^T$ である。ここで、 $e_x(K)$ $e_y(K)$ は画像 $I_k(x, y)$ での x, y 方向単位ベクトルである。

3 数値計算及び実験による性能評価

数値計算による結果を図2に示す。但し、各周波数において、金属球とアンテナ間距離に対応する位相量を計算し、受信信号を作成する。このとき、散乱における周波数特性を持たないと仮定し、多重散乱は考慮しない。 $0^\circ \leq k \leq 360^\circ$ であり、 $K = 36$ とする。図2より目標の対応関係が未知の場合でも、高精度な3次元目標

位置が再現可能であることがわかる。推定誤差の平均は0.14cmである。精度は画像のサンプル数、PFAでの補間倍数に依存する。

図3に実験による目標再現例を示す。 k は同様の値である。数値計算と同様に3次元目標位置が再現されていることがわかる。推定誤差の平均は0.83cmである。この誤差は、回転台の角度制御誤差等が考えられる。

今後は、船舶、航空機のような複雑な形状をもつ目標についての検討を進める。

謝辞

実験に協力して頂いた三菱電機情報技術総合研究所の画像レーダチームの皆様にお礼を申し上げます。

参考文献

- [1] H. A. Zebker and R. M. Goldstein, Proc. of 1996 IEEE Radar Conference, pp.309-314, 1996.
- [2] 山本和彦, 岩本雅史, 信学技報, SANE2005-97, pp.7-11, Feb.2006.
- [3] W. G. Carrara, R. S. Goodman, and R. M. Majewski, "Spotlight Synthetic Aperture Radar Signal Processing Algorithms", Artech House, pp.157-201, 1995

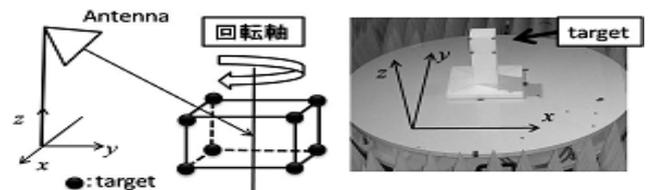


図1 目標, アンテナ配置図(右:実験環境)

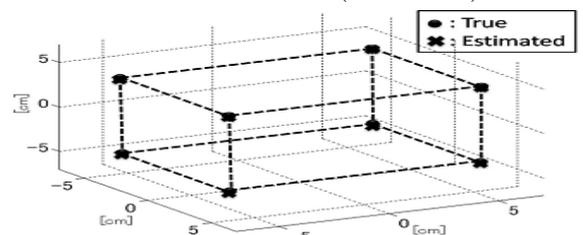


図2 数値計算による目標再構成例

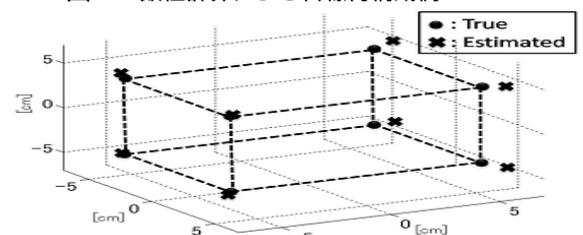


図3 実験による目標再構成例