

二重散乱波 RPM を用いた影領域 UWB レーダイメージング

Shadow Region Imaging Algorithm Based on Double Scattered Wave RPM for UWB Radars

木寺 正平
Shouhei Kidera

桐本 哲郎
Tetsuo Kirimoto

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

1 はじめに

UWB(Ultra Wideband) レーダは距離分解能に優れ、かつ暗闇・粉塵環境下で適用可能であり、救助・資源探査ロボット等の環境計測に適する。同レーダのための高速影領域画像化手法として、二重散乱波の距離微分に基づく手法を提案している [1]。しかし、上記距離微分は誤差感度が高く、複雑形状または雑音環境下では画像化精度が劣化する問題がある。本稿では同問題を解決するため、二重散乱波距離点群の大域的性質を利用した高精度かつ安定な影領域画像化法を提案する。数値計算により提案手法の有効性を示す。

2 システムモデル

図 1 にシステムモデルを示す。目標は任意形状かつ明瞭な境界を有する。伝搬速度 c を既知定数とする。無指向性送受信素子を x 軸上で走査する。素子及び目標が存在する空間を (x, z) で表わす。送信電流はモノサイクルパルスとし、中心波長 λ で空間を正規化する。送受信素子位置を $(X, 0)$ とする。受信信号の $s(X, Z)$ を Wiener フィルタ出力とする。但し $Z = ct/2\lambda$, t は時間である。 $s(X, Z)$ の設定閾値を越える極大及び極小値を抽出し、同距離点群を (X, Z_S) , (X, Z_D) とする。

3 提案手法

高速影領域画像化法 [1] は、二重散乱波の距離点群の微分を用いて高速に目標再現域を拡大するが、同微分は干渉及び不規則雑音に対する誤差感度が高く、複雑形状または雑音環境下では画像化精度が劣化する。本稿では同問題を解決するため、同距離点群の大域的性質を利用した影領域画像化法を提案する。まず、RPM(Range Points Migration) 法 [2] を $(X_j, Z_{S,j})$ に適用し、同目標推定点 p_j を一回散乱位置の候補点とする。 $q_i \equiv (X_i, Z_{D,i})$, $(i = 1, \dots, N_D)$ に対応する一回散乱位置 $\hat{p}_1(q_i)$ を次式で推定する。

$$\hat{p}_1(q_i) \equiv \arg \max_{p_j \in \mathcal{T}_{rpm}} \sum_{k=1}^{N_D} s(q_k) \exp \left(-\frac{|X_i - X_k|^2}{2\sigma_X^2} \right) \times \exp \left(-\frac{|(p_2(q_i, p_j) - p_2(q_k, \tilde{p})) e_{n,2}(q_i, p_j)|^2}{2\sigma_p^2} \right) \quad (1)$$

但し $\tilde{p} \equiv \arg \min_{p_l \in \mathcal{T}_{rpm}} \|p_2(q_i, p_j) - p_2(q_k, p_l)\|$, $\mathcal{T}_{rpm}$ は p_j の集合である。 $p_2(q_i, p_j)$, $e_{n,2}(q_i, p_j)$ は、二重散乱点位置及び同法線ベクトルであり、 p_j 上の法線ベクトル及び反射の法則で決定される。式 (1) の評

価値が設定閾値を越える $p_1(q_i)$ を抽出し、 $\hat{p}_2(q_i) \equiv p_2(q_i, \hat{p}_1(q_i))$ により二重散乱点群を決定する。

4 特性評価

図 1 及び 2 に従来法及び提案法の推定目標点群を示す。但し、灰色点は RPM 法による推定点である。 $-3.5 \leq x \leq 3.5$ の領域を 141 点で観測する。受信信号に白色性ガウス雑音を加える。 $S/N=20$ dB とする。図 1 より従来法では、複数干渉波及び不規則雑音により微分誤差が増大し、同画像化精度が劣化する。一方提案法では、複雑目標及び雑音環境下でも画像化精度が保持されることがわかる。従来法及び提案法の推定精度の平均は、それぞれ $4.8 \times 10^{-1}\lambda$ 及び $2.3 \times 10^{-2}\lambda$ である。

参考文献

- [1] S. Kidera, T. Kirimoto, *Proc. of URSI GASS 2011*, Aug, 2011.
- [2] S. Kidera *et al.*, *IEEE Trans. Geosci. & Remote Sens.*, vol. 48, no.4, pp. 1993–2004, Apr, 2010.

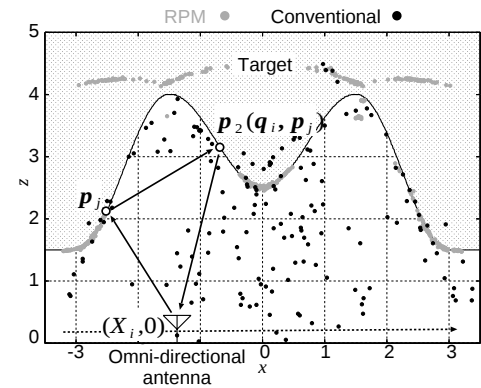


図 1 システムモデルと従来法での推定像 ($S/N=20$ dB)

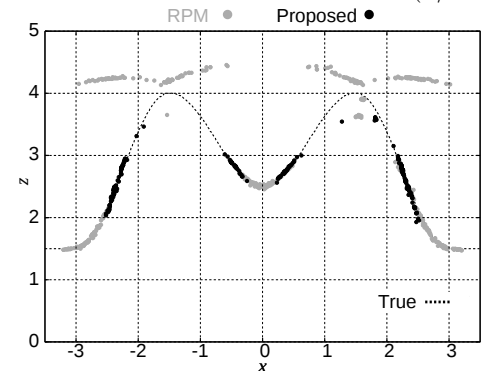


図 2 提案法での推定像 ($S/N=20$ dB)