

マルチスタティック RPM 法を用いた移動目標レーダイメージング

Radar imaging algorithm for moving target based on multi-static RPM approach

山口 亮
Ryo Yamaguchi

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

救助ロボット等の視覚センサとして、UWB(Ultra Wideband) レーダを用いた画像化技術が注目されている。同レーダを用いた移動目標画像化手法として、目標形状の円近似に基づく手法が報告されているが [1], 目標境界が円形状とは異なる場合に精度が劣化する。本稿では、高精度画像化手法である RPM(Range Points Migration) 法 [2] をマルチスタティックレーダに拡張し、同推定点追跡を用いた回転・並進運動推定に基づく任意形状目標イメージング法を提案する。数値計算によりその有用性を例証する。

2 システムモデル

図 1 にシステムモデルを示す。無指向性送受信素子を等間隔に配置し、マルチスタティックレーダを構成する。送信電流はモノサイクルパルスとし、その中心波長 λ で空間を正規化する。目標の運動は回転と並進を伴い、その軌道は未知とする。但し、観測データは瞬時に取得されるとし、データ取得中の目標の運動は無視できると仮定する。サンプル時間間隔を Δt とし、サンプル時刻を $t_n = (n-1)\Delta t$ とする。各時刻の受信データの Wiener フィルタ出力の極大値より距離点群を得る。同距離点群にマルチスタティック型に拡張された RPM 法を適用し、目標境界点群を得る。但し、マルチスタティック型 RPM の詳細については別途報告する。図 1 に同推定像を示す。

3 提案移動目標イメージング法

本手法では、目標の回転・並進移動を推定するために RPM 法による目標境界点群と同単位法線ベクトルを利用する。ここで時刻 t_n の回転行列、並進移動ベクトルを $R(t_n), T(t_n)$ とし、RPM 推定点群座標を $p_j(t_n)$ ($1 \leq j \leq M_n$) とする。 $R(t_n), T(t_n)$ を次式で求める。

$$(R(t_n), T(t_n)) = \arg \min_{(R, T)} \sum_{i=1}^{M_{n-1}} \min_j \{ \|p_j(t_n) - \tilde{p}_i(t_n)\|^2 + \alpha \|e_j(t_n) - \tilde{e}_i(t_n)\|^2 \} \quad (1)$$

但し、 $\tilde{p}_i(t_n) = R\{p_i(t_{n-1}) - C(t_{n-1})\} + C(t_{n-1}) + T$, $\tilde{e}_i(t_n) = R e_i(t_{n-1})$, $C(t_{n-1})$ は点群 $p_i(t_{n-1})$ の重心座標、 e_i は p_i 上の単位法線ベクトル、 α は正則化係数である。

4 数値計算による性能評価

図 2 に推定運動パラメータを用いた目標再構成像を示す。但し、素子数は 21, 目標中心軌道は $(x(t_n), y(t_n)) = (x_0 + v_x t_n, y_0 + v_f \sin(\omega t_n))$ であり、各時刻の回転角は $\theta(t_n) = v_\theta(\cos(\omega t_n) - 1)$ とする。 $(x_0, y_0) = (4.0, 2.5)$,

$v_x = -0.15, v_f = -0.5, v_\theta = 0.81, \omega = 2\pi/\{(N-1)\Delta t\}$, $N = 20$ とする。受信データ生成には FDTD 法を用い、雑音は考慮しない。最適化アルゴリズムとして、Levenberg-Marquardt 法及び焼鈍し法を用いる。推定形状の RMS 誤差は約 $8.2 \times 10^{-3} \lambda$ である。同図より、目標の回転・並進運動及び境界形状を同時かつ高精度に推定可能であることがわかる。

5 むすび

本稿では、任意形状移動目標イメージング手法を提案し、数値計算によりその有用性を示した。

参考文献

- [1] Y. Matsuki et al., *IEICE Trans. Commun.*, vol. E94-B, no. 03, pp.742-749, Mar., 2011.
- [2] S. Kidera et al., *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 48, no. 4, pp. 1993-2004, April, 2010.

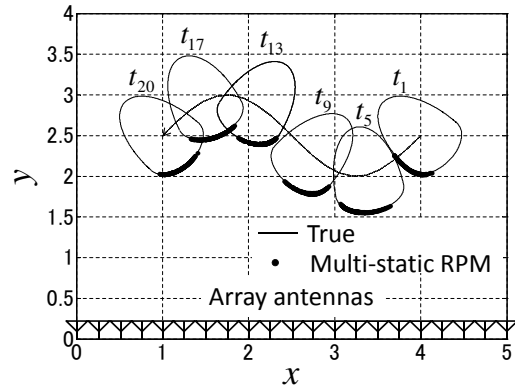


図 1 システムモデルと RPM 法適用例

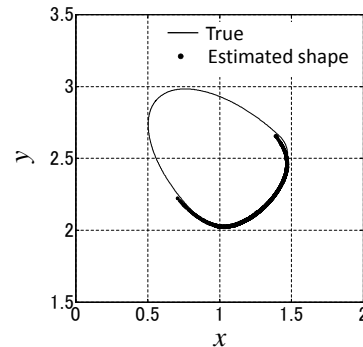


図 2 推定運動パラメータにより合成された目標再構成像