

UWB レーダのための距離点群を用いた高精度目標境界楕円外挿法

Accurate target boundary extrapolation algorithm based on ellipse fitting with range points for UWB radars

阿部頼明
Yoriaki Abe

木寺正平
Shouhei Kidera

桐本哲郎
Tetsuo Kirimoto

電気通信大学 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) レーダは高い距離分解能を有し、粉塵、高濃度ガス等の環境下でのセンシングに適するため、救助ロボット等の画像センサとして有用である。高精度画像化手法として、RPM (Range Point Migration) 法が提案されている [1]。観測領域を十分にとれない状況で、遠方の目標を観測した場合、同手法では同画像再現領域は著しく狭小化する問題があった。本稿では、これを解決する方法として、観測距離空間上での楕円補間法を適用し、目標境界を高精度に外挿する方法を提案する。数値計算により本手法の性能評価を示す。

2 システムモデル

図1にシステムモデルを示す。目標は明瞭な境界面を持つ完全導体とする。伝搬速度 c は既知かつ一定とする。送信信号をモノサイクルパルスとし、中心波長 λ で正規化した空間を (x, z) で表す。送受信素子の位置を (X, Z) で表し、 $s(X, Z, R')$ を受信信号の Wiener フィルタ出力とする。ただし $R' = ct/2\lambda$ 、 t は時間である。 $s(X, Z, R')$ の極大値のうち、設定閾値を超えるものをすべて抽出し、これらを距離点と呼び (X, Z, R) で表す。

3 距離点群を用いた楕円補間アルゴリズム

実空間上での楕円補間は各種提案されているが、一般に誤差感度が高い。本稿では、RPM 法で得られる目標境界点群から距離点群への写像は全射である事を利用し、距離空間上での楕円補間を提案する。まず、距離点群に対し RPM 法を適用し、目標境界点群を得る。目標境界点群をユークリッド距離を基準にクラスタ化する。ここで、 r 番目のクラスタの k 番目の目標境界点に対応する距離点を $R_{k,r}$ とする。楕円を長軸 a 、短軸 b 、焦点の中心 (X_c, Z_c) 、 x 軸となす角度 θ で表現し、 $P = (a, b, X_c, Z_c, \theta)$ を定義する。各クラスタに対する楕円パラメータ P_r を次式で推定する。

$$P_r = \arg \min_P \sum_{k=1}^{N_r} |R_{k,r} - R_k(P)|^2, (r = 1, \dots, C) \quad (1)$$

ここで、 $R_k(P)$ は (X_k, Z_k) における P の楕円体との直交条件を満たす距離点であり、 N_r は r 番目のクラスタに含まれる距離点の総数で、 C はクラスタ総数である。

4 性能評価

図2左に提案法による推定像を示す。雑音を考慮しない。最小化アルゴリズムとして Levenberg-Marquardt 法

および焼鈍し法を用いる。同図より、RPM 法の画像再現領域が著しく限定されている場合でも、楕円補間により目標境界の高精度外挿が可能であることがわかる。図2右に、雑音環境下での推定例を示す。但し、雑音は白色ガウス性であり、 S/N は 30dB である。RPM 法の画像再現領域が小さい場合に外挿精度が劣化することが確認できる。

5 むすび

本稿では、楕円補間を用いた目標境界外挿法を提案し、これにより影領域イメージングが実現できることを示した。雑音環境下での性能向上が今後の課題である。

参考文献

- [1] S. Kidera et al, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol.48, no. 4, pp. 1993–2004, Apr., 2010.

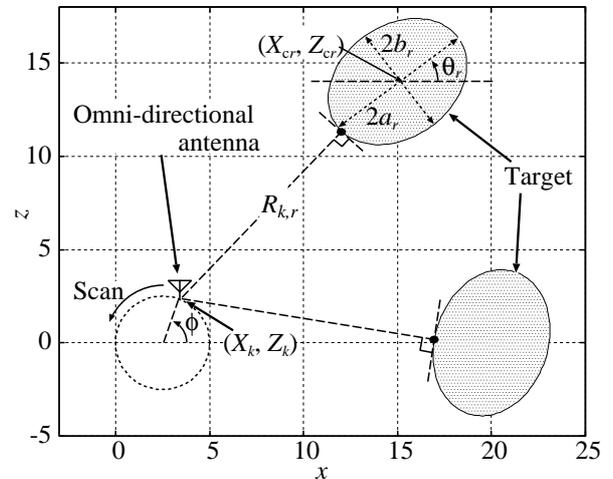


図1 システムモデル

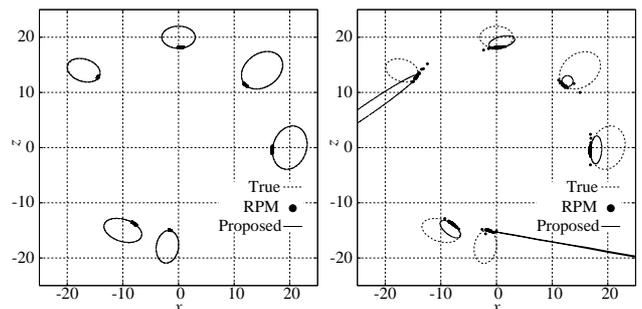


図2 提案法による推定例 (左:雑音なし 右:SN=30dB)