

# 参照波形最適化に基づく拡張 Capon 法を用いた 高解像度 UWB レーダイメージング法

High Resolution UWB Radar Imaging Algorithm Based on Extended Capon with Reference Signal Optimization

木寺 正平<sup>1</sup>  
Shouhei Kidera

阪本 卓也<sup>2</sup>  
Takuya Sakamoto

佐藤 亨<sup>2</sup>  
Toru Sato

電気通信大学 電子工学科<sup>1</sup>  
Department of Electronic Engineering, University of Electro-Communications  
京都大学 情報学研究科<sup>2</sup>  
Graduate School of Informatics, Kyoto University

## 1 まえがき

UWB(Ultra Wideband) レーダは数 mm 程度の距離分解能を有し、非接触精密計測等に有望である。我々は以前に複雑目標形状に適するレーダ画像化手法を提案している [1]。同手法は観測距離点群から目標境界点群への直接写像に基づき、波長規模の凹凸目標境界においても高精度画像化が可能である。しかし同手法では、散乱波形歪みに起因する距離誤差により、特にエッジ領域で画像が劣化する。散乱波形歪みに対応する距離補正法(SOC)を提案しているが、複数散乱波が干渉する場合には補正精度が著しく劣化する [2]。本稿では、参照波形最適化に基づく拡張 Capon 法を用いた高精度距離抽出法を提案する。本手法の導入により、凹凸エッジを有する複雑目標に対しても、 $1/100$  波長級の精度が保持されることを数値計算により示す。

## 2 システムモデル

図 1 にシステムモデルを示す。目標境界は明瞭な任意境界を有する。伝搬速度  $c$  は既知定数とする。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、同中心波長  $\lambda$  で空間を正規化する。素子位置を  $(X, 0)$  とする。 $s'(X, Z)$  を受信信号とする。但し  $Z = ct/2\lambda$ ,  $t$  は時間である。

## 3 従来手法

複雑目標に適する画像化手法を提案している [1]。同手法では  $s(X, Z)$  に Wiener フィルタを適用し、出力の設定閾値を越える極大値から距離点群  $(X, Z)$  を抽出する。本手法は同距離点群の連結操作を経ずに到来角度推定を行うため、複雑な点群分布に対しても目標画像化が可能である。しかし図 1 に示す目標では、同手法の推定画像は劣化する。これは、複数散乱波の干渉または散乱波形歪みに起因する距離抽出精度の劣化のためである。散乱波形の中心周期推定に基づく高精度距離補正法(SOC)を提案しているが [2]、散乱波の時間分離を要するため、複数散乱波が干渉する場合に適用困難である。

## 4 提案手法と特性評価

上記問題を解決するため、参照波形最適化に基づく拡張 Capon 法による距離点抽出法を提案する。Capon 法の参照波形を  $(j\omega)^\alpha S_{tr}(\omega)$  とする。但し、 $S_{tr}(\omega)$  は送信

波形、 $|\alpha| \leq 1$  である。各参照波形に対する周波数相関行列を  $R(X, \omega, \alpha)$  とし、 $s_{cp}(X, Z, \alpha)$  を次式で定義する。

$$s_{cp}(X, Z, \alpha) = \{a^H(Z)R^{-1}(X, \omega, \alpha)a(Z)\}^{-1} \quad (1)$$

$a(Z)$  はステアリングベクトルである。参照波形が散乱波形と整合する場合、 $s_{cp}(X, Z, \alpha)$  は  $Z$  及び  $\alpha$  に関して極大値を有する。本手法では、以下の条件を満たす距離点群  $(X, Z)$  を抽出する。

$$\partial s_{cp}(X, Z, \alpha)/\partial Z = 0, \quad \partial s_{cp}(X, Z, \alpha)/\partial \alpha = 0 \quad (2)$$

本手法は散乱波形歪み補正と干渉波分離を実現し、距離抽出において高い精度及び分解能を有する。抽出される距離点群に対して画像化法 [1] を適用する。図 2 に提案法の画像化例を示す。目標点群位置精度の平均は約  $1.2 \times 10^{-2} \lambda$  であり、凹凸エッジ領域の再現が可能である。

## 参考文献

- [1] S. Kidera, T. Sakamoto and T. Sato, *Proc. of XXIX General Assembly of URSI BP17.2* Jul, 2008
- [2] S. Kidera et al., *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 46, no. 11, pp. 3503–3513, Nov., 2008

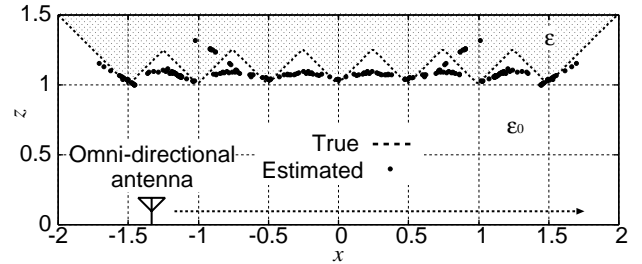


図 1 従来法による推定画像

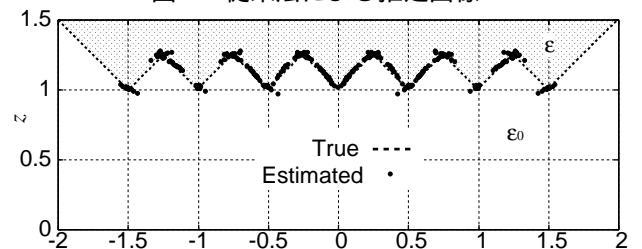


図 2 提案法による推定画像