

アレイアンテナを用いた多重散乱波 SAR に基づく UWB レーダイメージング法

Shadow Imaging Algorithm using Array Antenna Based on
Aperture Synthesis of Multiple Scattered Waves for UWB Radars

木寺 正平
Shouhei Kidera

電気通信大学 電子工学科
Department of Electronic 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、暗闇、粉塵環境下で適用可能なため、救助ロボットやセキュリティ等の各種センサに適する。上記用途に適する画像化法として、多重散乱波 SAR(Synthetic Aperture Radar) を提案している [1]。本手法は虚像の要因となる多重散乱波を積極的に利用し、従来の画像再現域を拡大させる。しかし同手法は素子走査に基づくため、瞬間開口面積が小さくなり、形状同定に必要な画像領域を確保できない状況が頻発する。これに対し、本稿ではアレイを用いた多重散乱波 SAR を提案する。数値計算により、提案手法が同一観測空間域で、従来の画像化領域を飛躍的に上回ることを示す。

2 システムモデル

図 1 にシステムモデルを示す。目標は導体とし、明瞭な任意境界を有する。伝搬速度 c は既知定数とする。素子及び目標が存在する空間を $\mathbf{r} = (x, z)$ 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 $(X_T, 0)$, $(X_R, 0)$ とする。 $s(X_T, X_R, Z)$ を Wiener フィルタ出力とする。但し $Z = ct/2\lambda$, t は時間である。

3 提案法及び数値計算による特性評価

二重散乱波 SAR に基づく画像化法を提案している [1]。同手法では素子を x 軸方向に直線走査する。 $X_T = X_R = X$ とする。二重散乱波合成画像 $I_2^S(\mathbf{r})$ は、

$$I_2^S(\mathbf{r}) = - \int_{\mathbf{r}' \in R} I_1(\mathbf{r}') \int_{X \in \Gamma} s(X, X, d(\mathbf{r}, \mathbf{r}', X, X)) dX dr' \quad (1)$$

で与えられる。但し $I_1(\mathbf{r}')$ は単散乱波合成画像、 Γ は観測領域、 $d(\mathbf{r}, \mathbf{r}', X, X') = (\sqrt{(x-X)^2 + z^2} + \sqrt{(x'-X')^2 + z'^2} + \sqrt{(x-x')^2 + (z-z')^2})/2$ である。 $I^S(\mathbf{r}) = \max\{I_1(\mathbf{r})/\max I_1(\mathbf{r}), I_2^S(\mathbf{r})/\max I_2^S(\mathbf{r})\}$ とする。図 2 に同手法の推定像 $I^S(\mathbf{r})$ を示す。但し、図 1 の目標を仮定し、雑音を考慮しない。 $-2.5 \leq x \leq 2.5$ の領域を 26 点で観測する。同図では、中央目標エッジ域のみが画像化される。これは、素子走査では瞬間開口面積が小さいため、目標側面から単散乱及び二重散乱波が観測されないことに起因する。

上記問題を解決するため、本稿ではアレイ素子を利用した多重散乱波 SAR を提案する。アレイ素子により瞬

時間開口面積が増大するため、図 1 に示す通り、目標側面域からの二重散乱波の受信が可能である。二重散乱波合成画像 $I_2^A(\mathbf{r})$ を次式で定義する。

$$I_2^A(\mathbf{r}) = - \int_{\mathbf{r}' \in R} I_1(\mathbf{r}') \int_{X \in \Gamma^2} s(X, d(\mathbf{r}, \mathbf{r}', X)) dX dr' \quad (2)$$

但し、 $X = (X_T, X_R)$ とする。 $I^A(\mathbf{r})$ は $I^S(\mathbf{r})$ と同様に定義する。図 2 にアレイ観測での推定像 $I^A(\mathbf{r})$ を示す。但し、素子数は 26 とし、全ての送受信の組合せのデータを用いる。アレイにより瞬間開口面積が増大するため、同図の通り、目標側面の画像化が可能である。本手法は SN 比約 20dB 以上で同性能を保持する。

参考文献

- [1] S. Kidera, T. Sakamoto and T. Sato, *Proc. of PIERS 2009*, Aug, 2009.

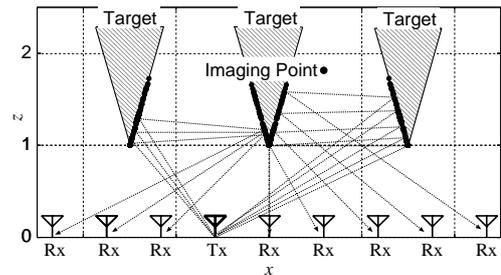


図 1 システムモデル及びアレイでの画像化点群

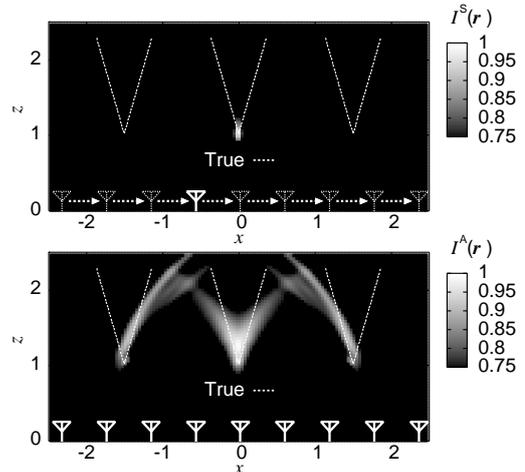


図 2 走査(上), アレイ(下)による二重散乱波 SAR 画像