

多重散乱波を用いたUWBレーダ影領域イメージング法の高加速化

Acceleration for shadow region imaging algorithm with multiple scattered waves for UWB radars

阿久根 憲
Ken Akune

木寺 正平
Shouhei Kidera

桐本 哲郎
Tetsuo Kirimoto

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 Wide Band) レーダは、ロボットやセキュリティシステム用のイメージングセンサへの応用が期待されている。UWB レーダを室内等で用いた場合、壁等の目標以外からの多重散乱波による虚像が問題となる。この問題を解決する手法として我々は、多重散乱波を積極的に画像化へ用いる多重散乱波合成開口処理を提案してきた[1]。しかし、[1]では画像化処理において三重積分を行うため計算量が多く、リアルタイム処理が困難である。本稿では、高速目標境界推定法であるRPM(Range Points Migration)法[2]を併用することによって、処理時間を飛躍的に軽減し、かつ従来の画像品質を改善する手法を提案する。本手法の有効性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。無指向性の送受信素子位置を x 軸上で走査する。送信電流を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。素子及び目標物体が存在する位置を $\mathbf{r} = (x, z)$ で表す。簡単のため $z > 0$ とする。素子位置を $(X, 0)$ とし、 $s'(X, Z)$ を受信電界とする。但し、 $Z = ct/2\lambda$, t は時間、 c は光速である。 $s(X, Z)$ を Wiener フィルタの出力波形とする。

3 従来法

従来の合成開口処理は、素子位置を中心、観測距離を半径とする同心円上に各受信信号を空間積分することで目標画像を得る。同画像を初期画像 $I_1(\mathbf{r})$ とし、二重散乱波を用いた合成開口処理を次式で定義する。

$$I_2^S(\mathbf{r}) = - \int_{\mathbf{r}' \in R} \int_{X \in \Gamma} I_1(\mathbf{r}) s(X, d_2(X, \mathbf{r}, \mathbf{r}')) dX d\mathbf{r}' dz' \quad (1)$$

但し、 Γ は素子走査領域であり、 R は探索領域である。 $d_2(X, \mathbf{r}, \mathbf{r}')$ は点 $\mathbf{r}, \mathbf{r}'$ 及び素子位置を頂点とする三角形周囲距離の半値である。 $I^S(\mathbf{r}) = \max(I_1(\mathbf{r})/\max(I_1(\mathbf{r})), I_2^S(\mathbf{r})/\max(I_2^S(\mathbf{r})))$ とする。図2の上図に $I^S(\mathbf{r})$ を示す。図1の目標を仮定する。同図から目標側面の一部が再現されることが確認できる。これは、二重散乱波が目標側面で合成されるためである。しかし、本手法では画像化に三重積分を必要とするため、多大な計算量を要する。

4 提案法と性能評価

上記問題を解決するため、到来角推定に基づくRPMを併用する手法を提案する。 $s(X, Z)$ の極大値で設定閾値を超えるものを距離点 (X_i, Z_i) とし、これに対応する

目標点 $\mathbf{r}_i = (x_i, z_i)$ をRPMで求める[2]。二重散乱波の合成開口画像を次式で求める。

$$I_2(\mathbf{r}) = - \int_{X \in \Gamma} \sum_{i=1}^N s(X_i, Z_i) s(X, d_2(X, \mathbf{r}, \mathbf{r}_i)) dX \quad (2)$$

但し、 N は距離点総数である。 $I(\mathbf{r})$ を $I^S(\mathbf{r})$ と同様に定義する。図2の下図に $I(\mathbf{r})$ を示す。図1の目標を仮定する。同図の通り、目標側面の再現領域が拡大していることがわかる。これは、従来法では初期画像 $I_1(\mathbf{r})$ にフィルタ応答等に起因する不要画像が含まれるのに対し、本手法ではその不要画像が抑圧されるためである。また、Xeon 2.40GHz プロセッサを用いた場合の従来法と本手法の各計算時間は、それぞれ約3300秒、約35秒であり、処理時間は約94倍に改善される。

参考文献

- [1] S. Kidera, T. Sakamoto, T. Sato, *Proc. of PIERS 2009* vol. 5, No. 4, pp. 393-396, Aug. 2009.
- [2] S. Kidera, T. Sakamoto, T. Sato, *Proc. of XXIX General Assembly of URSI*, BP17.2, July, 2008.

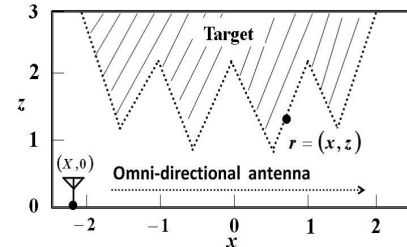


図1 システムモデル

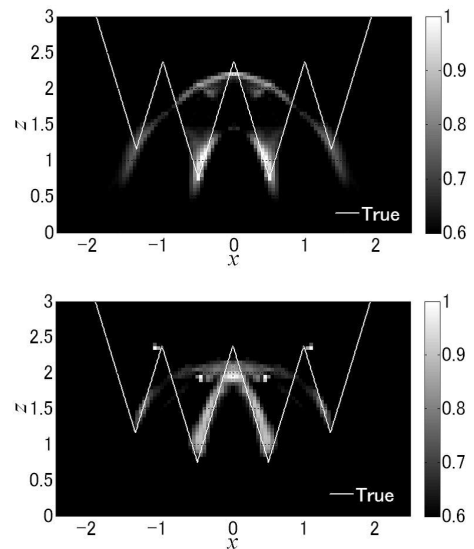


図2 推定画像の例(上:従来法 下:提案法)