

多重散乱開口合成に基づく UWB レーダ影領域立体イメージング手法

3-D Shadow Region Imaging Algorithm with Aperture Synthesis of Multiple Scattered Waves for UWB Radars

木寺 正平
Shouhei Kidera

阪本 卓也
Takuya Sakamoto

佐藤 亨
Toru Sato

京都大学大学院 情報学研究科
Graduate School of Informatics, Kyoto University

1 はじめに

UWB レーダは高い距離分解能を有するため、室内ロボット・セキュリティ等の空間精密計測として有望である。地表面計測等で有用である合成開口レーダは、近距離画像化においても安定性・精度に優れる。しかし複数、複雑境界目標に対しては、影領域の増大に起因する画像再現領域の狭小化が問題となる。一般に多重散乱波は単散乱波と異なる伝搬経路を通過し、それぞれ目標形状について異なる情報を含む。多重散乱環境を利用した目標検出及び位置推定法が複数提案されているが [1, 2], 何れも目標のモデル化及び周囲環境に関する先見情報を必要とする。これに対し、本稿では開口合成を二重散乱まで拡張し、直接的な影領域画像化法を提案する。数値計算により本手法の特性評価を示す。

2 システムモデル

図 1 にシステムモデルを示す。目標境界は明瞭な任意立体境界を有する。伝搬速度 c は既知定数とする。無指向性送受信素子を $z = 0$ 平面で走査する。素子及び目標が存在する空間を $\mathbf{r} = (x, y, z)$ 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 λ で空間を正規化する。素子位置を $(X, Y, 0)$ とする。 $s(X, Y, Z')$ 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 提案手法及びその特性評価

合成開口レーダによる近距離画像 $I_1(\mathbf{r})$ は、

$$I_1(\mathbf{r}) = \int_{\mathbf{q} \in \Gamma} s(\mathbf{q}, d_1(\mathbf{r}, \mathbf{q})) dX dY \quad (1)$$

で与えられる。但し $\mathbf{q} = (X, Y)$ であり、 Γ は素子走査領域を示す。 $d_1(\mathbf{r}, \mathbf{q})$ は \mathbf{r} と素子間の距離である。図 2 上に同手法による推定像 $I_1(\mathbf{r})$ の $x = 0$ 断面を示す。但し、図 1 の複数目標を仮定する。同図では各目標の境界下部領域のみが画像化され、影領域に相当する直方体側面の再現が困難であることがわかる。

目標再現領域を拡大するため、本稿では二重散乱データ開口合成に基づく影領域画像化法を提案する。二重散乱波は、単散乱波とは異なる伝搬経路を通過し、影領域画像化に有用である。本手法は、初期画像 $I_1(\mathbf{r})$ を用いて、二重散乱波合成画像 $I_2(\mathbf{r})$ を次式で定義する。

$$I_2(\mathbf{r}) = - \int_{\mathbf{r}' \in R} \int_{\mathbf{q} \in \Gamma} I_1(\mathbf{r}') s(\mathbf{q}, d_2(\mathbf{r}, \mathbf{r}', \mathbf{q})) dX dY dx' dy' dz' \quad (2)$$

但し $\mathbf{r}' = (x', y', z')$, R は実空間領域, $d_2(\mathbf{r}, \mathbf{r}', \mathbf{q})$ 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。 $I_1(\mathbf{r})$ と $I_2(\mathbf{r})$ の正領域の加算を $I(\mathbf{r})$ とする。

図 2 下に提案法による推定像 $I(\mathbf{r})$ の $x = 0$ 断面を示す。同図より、本手法は直方体側面の一部を画像化し、目標再現範囲を拡大させることがわかる。これは、直方体側面を通過する多数の二重散乱波が、式 (2) により開口合成されるためである。本手法は SN 比約 20dB 以上で同性能を保持する。但し、処理時間は各断面像当り約 100 分程度であり、計算量の軽減が今後の課題となる。

参考文献

- [1] J. M. F. Moura and Y. Jin, *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 55, no. 1, pp. 187–201, Jan., 2007.
- [2] 北村亮之, 阪本卓也, 佐藤亨, 電子情報通信学会 総合大会, C-1-9, Mar., 2008.

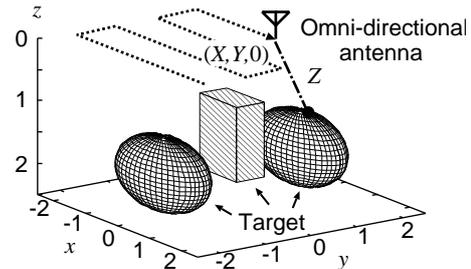


図 1 システムモデル及び複数目標

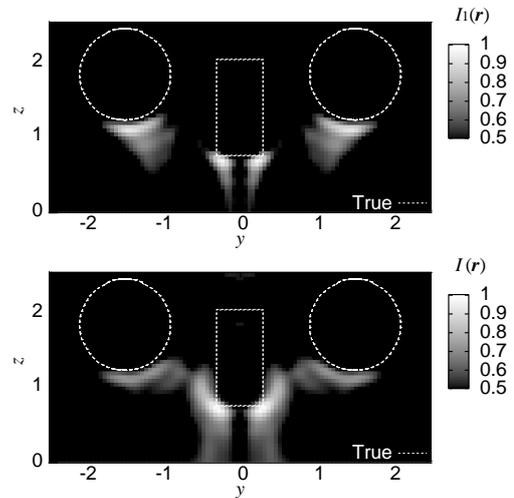


図 2 従来法 (上), 提案法 (下) による推定像 $x = 0$ 断面