

可逆変換によるUWBパルスレーダのための高速イメージング技術の開発

情報学研究科通信情報システム専攻 阪本 卓也

1 はじめに

近い将来、災害現場等での救助用ロボットの活躍が期待されている。カメラ等の光学手法が使用不可能な状況下でも機能するUWB(超広帯域)パルスレーダをロボットの立体状況測定に使用することは有望である。これまでに多くのレーダ画像化手法が提案されてきているが、いずれも膨大な計算時間のために実時間で使用できず、高速な手法が望まれていた。本研究では測定対象が明瞭な境界を有する物体であるという条件のもとで成り立つ可逆変換を利用した高速なレーダ画像化手法を開発する。

2 システムモデル

背景媒質の伝搬速度は既知であるとし、目標は明瞭な境界を有するとする。単一の無指向性アンテナを平面走査し、UWBパルスを送受信する。

xyz 座標系内の $z=0$ 上でアンテナを走査する。アンテナ位置 $(x, y, z) = (X, Y, 0)$ で受信された信号を $s(X, Y, Z)$ とする。ここで $Z = ft/2$ である。但し、 t は受信時刻、 f は中心周波数である。 x, y, z, X, Y のいずれも中心波数で正規化する。

3 可逆変換とSEABED法

我々は目標と受信信号の間に可逆な変換関係が存在することを明らかにした。この変換関係を用いることで反復によらず直接に形状を推定することが可能となる。目標境界上を動く点 (x, y, z) と $s(X, Y, Z)$ の等位相面(疑似波面)の上を動く点 (X, Y, Z) の間には次式の逆境界散乱変換が成り立つ。

$$\begin{cases} x = X - Z\partial Z/\partial X \\ y = Y - Z\partial Z/\partial Y \\ z = Z\sqrt{1 - (\partial Z/\partial X)^2 - (\partial Z/\partial Y)^2} \end{cases} \quad (1)$$

提案手法であるSEABED法では最初に $s(X, Y, Z)$ から疑似波面を抽出する[1, 2]。この抽出処理では $\partial s(X, Y, Z)/\partial Z = 0$ 及び式(1)が実数となる条件を利用する。得られた疑似波面に対し式(1)の逆変換を適用し、目標形状を推定する。ただし、式(1)は微分演算を多く含み、信号の不規則成分を強調するために推定像が劣化する問題がある。そのためにSEABED法を安定化させる手法の開発を行ってきた[3]。

4 SEABED法の実験データに対する特性

我々はこれまでに同手法を実証するための実験システムを整備してきた[4]。実験データに提案手法を適用する場合の結果を示す。測定対象は図1に示される円錐形状の導体目標物体とする。送信パルスは中心波長9.1cm、

比帯域61%であり、円錐の底面の半径は1.6波長、高さ1.1波長である。アンテナ走査は円錐頂点から0.93波長(8.3cm)の平面上とし、パルス送信間隔は0.125波長とし、 41×41 箇所での受信信号を利用する。提案手法による推定目標形状を図2に示す。直接散乱波が受信される範囲において形状が正しく推定されることが確認される。計算時間はXeon2.8GHzプロセッサを用いて0.1秒程度であり、同程度の像を得るのに10分以上の時間を要する合成開口処理と比べて高速である。

参考文献

- [1] T. Sakamoto and T. Sato, IEICE Trans. on Commun. vol. E87-B, no. 5, pp. 1357-1365, May, 2004.
- [2] T. Sakamoto and T. Sato, Proc. 2004 IEEE AP-S International Symposium, vol. 2, pp. 2099-2102, June, 2004.
- [3] T. Sakamoto and T. Sato, Proc. 2006 IEEE AP-S International Symposium, pp.1399-1402, July, 2005.
- [4] T. Sakamoto, et al. Proc. 2005 IEEE AP-S International Symposium, P24.5, July, 2005.

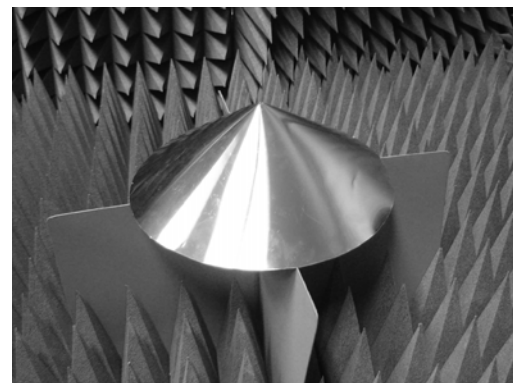


図1 真の目標形状

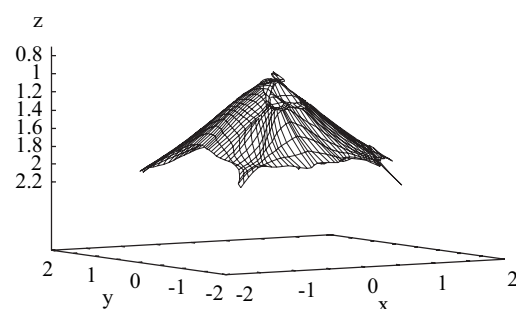


図2 推定された目標形状