

UWB パルスレーダのための球群の包絡面を利用した高速立体像推定法の安定化

A fast and robust 3-D imaging algorithm with an envelope of spheres for UWB pulse 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

アンテナ鏡面等の空間精密計測技術として UWB パルスレーダが有望である。我々は以前に高速立体像推定手法として、SEABED 法を提案している [1]。SEABED 法は到来波面と物体境界面との間に成立する可逆変換を利用して直接的に物体像を得る。SEABED 法は高速な推定を実現する一方、雑音環境下での微分による推定像の劣化が報告されている。これに対し、我々は 2 次元問題において微分を用いない物体像推定手法を提案し、雑音耐性を大幅に改善してきた [2]。本稿ではこの手法を 3 次元問題へ拡張する。

2 システムモデル

目標は明瞭な境界面を持ち、任意の曲面とする。無指向性送受信アンテナを $z = 0$ 平面上で走査する。送信波形はモノサイクルパルスとし、空間及び時間はその中心波長で正規化する。素子座標を $(X, Y, 0)$ とし、整合フィルタ出力波形より抽出される曲面 (以後、擬似波面と呼ぶ) を (X, Y, Z) とする。また物体境界面を (x, y, z) とする。

3 提案手法

SEABED 法では抽出される擬似波面から、逆境界散乱変換 $x = X - Z\partial Z/\partial X, y = Y - Z\partial Z/\partial Y, z = Z\sqrt{1 - (\partial Z/\partial X)^2 - (\partial Z/\partial Y)^2}$ により直接的に目標形状を推定する。しかし擬似波面の偏微分を用いるために雑音に対し不安定である。本稿では物体境界面が擬似波面に基づく球群の包絡面上に存在するという原理を利用する。擬似波面 (X, Y, Z) より物体境界上の領域 (x, y, z) を次式で求める。

$$\begin{cases} \max_{s_X(X'-X)<0} x_p(X') \leq x \leq \min_{s_X(X'-X)>0} x_p(X') \\ \max_{s_Y(Y'-Y)<0} y_p(Y') \leq y \leq \min_{s_Y(Y'-Y)>0} y_p(Y') \\ z = \sqrt{Z^2 - (x - X)^2 - (y - Y)^2} \end{cases} \quad (1)$$

ここで $s_X = \text{sgn}(\partial x/\partial X)$, $s_Y = \text{sgn}(\partial y/\partial Y)$, $x_p(X')$, $y_p(Y')$ は推定区分領域の端点である。また $\partial x/\partial X, \partial y/\partial Y$ の符号は、擬似波面の区分毎に判定するために微分による不安定性が抑えられる。式 (1) は球群の包絡面抽出を表す。本手法は擬似波面の偏微分を用いないため、目標境界推定において高い安定性を保有する。

4 特性評価

図 1, 2 は SEABED 法及び提案手法における推定点を示す。擬似波面は既知とし、標準偏差 $7.0 \times 10^{-3}\lambda$ の白色雑音を与える。SEABED 法による推定点では、凹面付近において擬似波面の微分に起因する点のばらつきが顕著である。これに対し提案手法による推定像は安定であることが確認できる。これは、球群の包絡面が微分を用いないことに起因する。また計算時間は擬似波面取得後、Xeon 3.2 GHz プロセッサで約 0.2 秒であり、高速である。

参考文献

- [1] T. Sakamoto and T. Sato, *IEICE Trans. Commun.*, vol. E87-B, no. 5, pp. 1357-1365, 2004.
[2] S. Kidera, T. Sakamoto, and T. Sato, *EuCAP 2006*, paper no.314368, Nov. 2006.

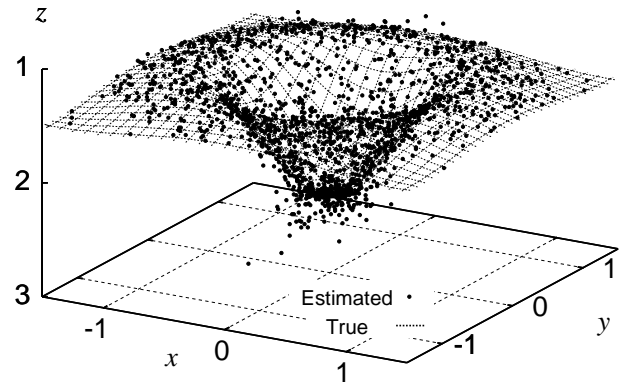


図 1 SEABED 法による推定像

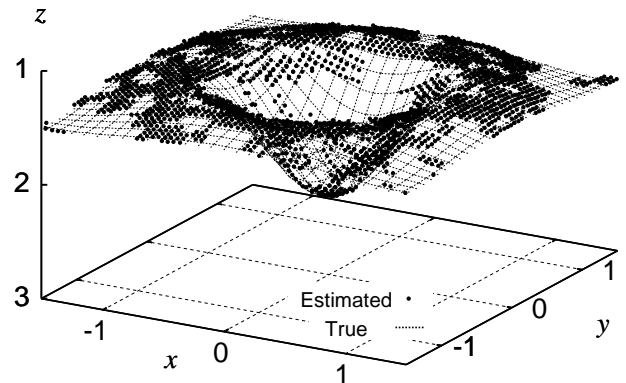


図 2 提案手法による推定像