

UWB パルスレーダのための高速立体形状推定法の実験的検討

An experimental study on a fast algorithm of 3-dimensional imaging for UWB pulse radars

阪本 卓也† Takuya Sakamoto 木寺 正平† Shouhei Kidera 佐藤 亨† Toru Sato 三谷 友彦‡ Tomohiko Mitani 杉野 聡†† Satoshi Sugino

† 京都大学大学院情報学研究科 Graduate School of Informatics, Kyoto Univ. ‡ 京大大学生存圏研究所 Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto Univ.
†† 松下電工株式会社高度 MEMS 開発センター Advanced MEMS Development Center, Matsushita Electric Works, Ltd.

1 はじめに

レーダによる形状推定はロボットを含む多くの応用を持つものの計算時間の問題があった。我々は超広帯域 (UWB) パルスレーダのための高速立体形状推定法である SEABED 法を提案した [1]。同手法により高速に立体形状が推定されることを数値シミュレーションにより明らかにした [2]。本稿では SEABED 法を実験データに適用し、その際に必要な平滑化法を提案する。

2 システムモデル及び SEABED 法

空气中に明瞭な境界に囲まれた目標物体を設置し、その形状を推定する。広いビーム幅を有する送受信アンテナを近接させて近似的にモノスタティックシステムを構成し、このアンテナを平面走査しながら UWB パルスの送受信を行なう。

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 $s(X, Y, Z)$ と定義する。ここで $Z = ft/2$ とする。但し、 t は受信時刻、 f は中心周波数である。 x, y, z, X, Y のいずれも中心周波数で正規化する。 $s(X, Y, Z)$ の等位面を疑似波面と呼ぶ。目標境界 (x, y, z) と疑似波面 $s(X, Y, Z)$ の間には次式の逆境界散乱変換 (IBST) が成り立つ。SEABED 法は同式の右辺を計算することにより目標形状推定を実現する。

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

3 実験データへの SEABED 法適用と平滑化

実験では中心周波数 3.7GHz 及び帯域幅 1GHz の UWB パルスを送信する。本稿では目標物体は x 方向に長い直径 92mm (1.2 波長) の金属パイプの形状推定を行なう。IBST は疑似波面の 1 階導関数を必要とするため、SEABED 法を直接適用すると疑似波面に含まれる雑音やジッタによる不規則成分の影響により像が著しく劣化する問題がある。この影響を抑えるために疑似波面の平滑化を行なうことが有効である。SEABED 法では目標物体のエッジ位置を推定可能であり、複数の滑らかな面に対応する疑似波面をそれぞれ独立に平滑化することでエッジを保存したまま安定化が可能である。疑似波面の 2 階導関数が小さい場合は平面と見なせるため、長い相関長を利用した平滑化が可能である。ここでは適応

的に相関長を変化させる平滑化手法を考える。簡単のため、物体形状が x 方向に変化しない凸形状であることを前提とする。まず疑似波面から 2 階導関数を直接求め、それに対応する相関長の平滑化を行なう方法を考える。この場合の SEABED 法による推定像を図 1 に示す。同図のように 2 階導関数は不規則成分の影響を強く受けるために像の劣化は改善しない。続いて提案法を説明する。疑似波面の 2 階導関数に対し次の不等式が成り立つ。

$$\partial^2 Z/\partial Y^2 < \{1 - (\partial Z/\partial Y)^2\}/Z \quad (2)$$

同式により 2 階導関数が 1 階導関数によって評価可能となる。2 階導関数を直接求める代わりに同式の右辺を用いて平滑化を行なう。提案法による推定形状を図 2 に示す。提案法によりパイプの形状が正しく推定されており、約 5dB のゲインが得られる。今後は提案平滑化法を拡張し、一般の形状に適用可能とする必要がある。

参考文献

- [1] T. Sakamoto et al., IEICE Commun., 2004.
- [2] T. Sakamoto et al., IEEE AP-S Symposium, 2004.

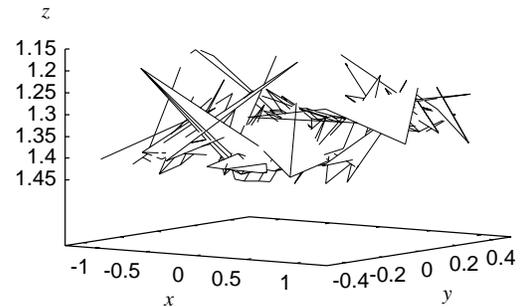


図 1 2 階導関数に基づく平滑化による推定像

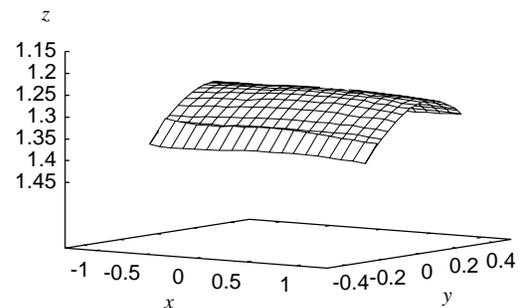


図 2 提案平滑化法による推定像