

パルスレーダのための境界散乱変換による高速立体形状推定法

A fast algorithm of 3-dimensional imaging based on Boundary scattering transform for pulse radar systems

阪本 卓也
Takuya Sakamoto

佐藤 亨
Toru Sato

京都大学大学院情報学研究所通信情報システム専攻
Dept. of Communications and Computer Eng., Kyoto University

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機能しうる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利である。本稿では2次元でのパルスレーダに対し有効性が確認されている境界散乱変換 [1] を用いた形状推定法を3次元へと拡張し、その特性を確認する。

2 システムモデル

媒質の誘電率は既知であるとし、目標は滑らかな境界により囲まれた単一の誘電率を有する物体とする。単一の無指向性アンテナを平面走査し、直線偏波の超広帯域モノサイクルパルスを送受信する。受信された信号はA/D変換され、メモリ内に保存される。受信信号へは送信波形により生成した整合フィルタ処理の後、本稿で提案する信号処理を適用する。

xyz 座標系内の $z=0$ 上でアンテナを走査するとして一般性を失わない。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 のいずれも中心波数で正規化する。

3 境界散乱変換

本節では従来知られている2次元での境界散乱変換と逆境界散乱変換の関係を3次元へと拡張した場合について述べる。目標境界上を動く点 (x, y, z) と $s(X, Y, Z)$ の等位相面上を動く点 (X, Y, Z) の間には次式の関係が成り立つことが容易に導かれる。

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

式(1)の変換を境界散乱変換と呼ぶ。 (X, Y, Z) の動く等位相面を疑似波面と呼ぶ。境界散乱変換の逆変換を逆境界散乱変換と呼び、次式で表わされる。

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

4 提案手法とその特性

提案手法では最初に $s(X, Y, Z)$ から疑似波面を抽出する。疑似波面は $\partial s(X, Y, Z)/\partial Z = 0$ 及び式(2)が実数

となる条件を満たす必要がある。条件を満たす (X, Y, Z) の集合を逐次的に抽出し、振幅の大きなものを選択する。得られた疑似波面に対し式(2)を適用し、目標形状を推定する。

次に、図1に示される完全導体目標に対し、提案手法の適用結果を示す。同図内でアンテナ走査は $z=3$ 上に対応し、パルス送信間隔は0.25波長毎とし、 51×51 箇所でのパルス送受信を仮定する。疑似受信信号を数値計算により作成し、提案手法を適用する。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約0.1秒と高速である。

5 結論

本稿ではパルスレーダのための立体形状推定手法を提案した。従来2次元で提案されていた境界散乱変換を3次元へと拡張し、立体目標形状手法を提案した。提案手法の適用例を示し、高速に十分な精度の目標形状推定が可能であることを示した。今後は雑音の影響等を考慮して特性を調べる必要がある。

参考文献

- [1] 阪本卓也, 佐藤亨, 信学技報, AP2003-36.

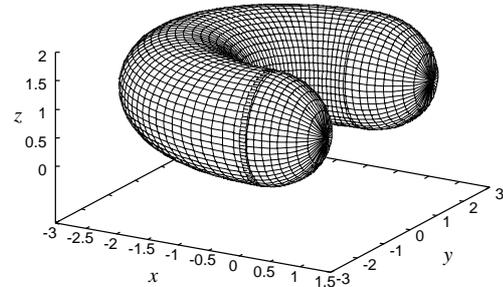


図1 真の目標形状

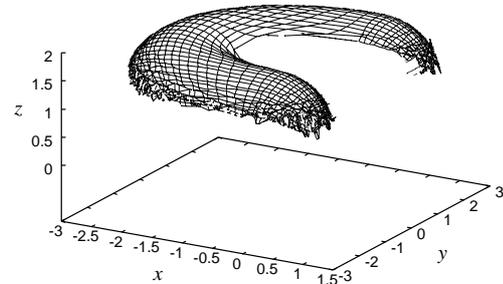


図2 推定された目標形状