

# 波形情報最適化を用いた高精度UWBレーダ画像化アルゴリズム

Super-solution UWB radar imaging algorithm with waveform optimization

松本浩志  
Hiroshi Matsumoto

阪本卓也  
Takuya Sakamoto

佐藤亨  
Toru Sato

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

## 1 はじめに

UWB (超広帯域) レーダは高い分解能を有し, SEABED 法 [1] 等のリアルタイム用途を想定したイメージング手法等への応用が期待される. 同手法は擬似波面と呼ばれる受信信号の等位相面を抽出することで高速な画像化を実現する. 信号が干渉する場合においても, 最適化により擬似波面を正確に抽出する手法が提案されている [2]. さらに実環境下のイメージングにおいては, アンテナ指向性の周波数特性に依存した波形情報を最適化の評価関数に盛り込むことが有効である [3]. 本稿では [3] における最適化のアルゴリズムの効率化を図る.

## 2 波形情報最適化による擬似波面抽出法

図 1 に示すシステムモデルの通り, モノスタティック UWB アンテナを走査する. アンテナ位置  $(x, y, z) = (X, Y, 0)$  で観測される受信信号を  $s(X, Y, Z)$  ( $Z$  は遅延時間に対応する距離) とすると, その等位相面  $Z(X, Y)$  を擬似波面と呼ぶ [1]. 擬似波面が  $N$  個存在する場合, 第  $k$  擬似波面を  $Z_k(X, Y)$  と表す. 擬似波面が複数存在することで受信信号が干渉する場合においても, 次式の評価関数  $e(V)$  を最小化する最適化により抽出を行う手法が開発された [2].

$$e(V) = \int |s(X, Y, Z) - s_{\text{gen}}(X, Y, Z; V)|^2 dX dY dZ \quad (1)$$

$V$  は目標形状及び位置を表現するパラメータ行列であり, 第  $k$  行の  $M$  個の要素により  $Z_k(X, Y)$  を定める. つまり本最適化の次元数は  $NM$  である.  $s_{\text{gen}}(X, Y, Z; V)$  は  $V$  により計算される生成信号で,  $Z_k(X, Y)$  を滑らかな関数で近似することにより得られる. これは凸形状目標を仮定したとき, 擬似波面が滑らかになることに起因する.

実際の UWB アンテナを使用する場合, その指向性が

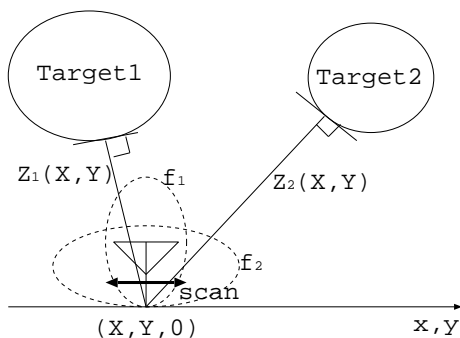


図 1 システムモデル

周波数特性を持つ. 例として図 1 に, ある周波数  $f_1, f_2$  におけるアンテナの指向性を破線で示す. 同図のアンテナ位置において, 目標 1 からのエコーは  $f_2$  よりも  $f_1$  の周波数成分が強く受信され, 目標 2 からのエコーはその逆である. 図 2 に, 直径 10cm の金属球を中心周波数 3.42GHz の UWB パルスレーダを走査して観測した際の, 各測定位置でのパワースペクトルを示す. 同図の通りスペクトル形状が測定位置により異なる. 従って各位置において用いる信号の波形と振幅を, 各位置での擬似波面の勾配に対応した参照スペクトルの比をとることで補正する [3].

## 3 提案する擬似波面抽出アルゴリズム

上記手法により従来 [2] に比べ最適化の精度が大幅に改善することが確認された [3]. しかし現状の大域探索のアルゴリズムは,  $V$  の要素値を最適解近傍の一樣乱数で置き換えるという単純なものであるため, 本稿ではより効率的なアルゴリズムを提案する. なお最適化の次元数は [3] と同様 8 次元 ( $N = 2, M = 4$ ) とする.

本稿では  $V$  の要素を一樣乱数で置き換える際, その乱数の範囲を限定することで効率化を図る.  $V$  の要素値をある定めた格子上の候補位置とし, その  $V$  を初期値としたマルカート法により  $e(V)$  を収束させ, その評価値から有意な格子を選択する. この処理を反復し, 徐々に格子間隔を細分化していくことで, [3] よりも広い解空間から最適解を得る. これにより実質的な高速化を図ることが可能である.

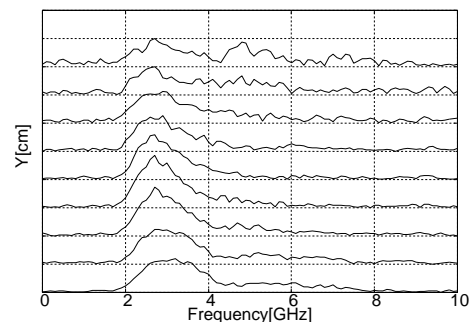


図 2 各観測点における受信周波数スペクトル

## 参考文献

- [1] T. Sakamoto and T. Sato, IEICE Commun., vol E87-B, pp.1357-1365, 2004.
- [2] T. Sakamoto *et al.* Workshop for Space, Aeronautical and Navigational Electronics, 2008.
- [3] 松本浩志, 他, 信学技法, EMT, 2010年1月.