

UWB レーダイメージングのための部分境界散乱変換を用いた LMS フィルタによる疑似波面抽出

Estimation method of quasi-wavefronts for UWB radar imaging with LMS filter and fractional boundary scattering transform

阪本 卓也 手島 邦彦 佐藤 亨
Takuya Sakamoto Kunihiko Teshima 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) レーダによる画像化は生産現場での検査や防犯システムなどの多くの応用を有する。SEABED 法は UWB レーダのための高速レーダ画像化手法であり、実空間とデータ空間の間の可逆変換により高速処理を実現する [1]。SEABED 法の雑音環境下での特性改善のためには実空間とデータ空間の間の部分変換空間における疑似波面 (データの等位相面) の滑らかさを利用した平滑化処理が有効である [2]。この部分変換空間での滑らかさは疑似波面の抽出自体にも有効であると考えられるが、その検討はこれまでにない。本稿では部分変換空間における LMS フィルタの特性を調べ、疑似波面抽出への応用可能性を検討する。

2 SEABED 法と部分変換空間

本稿では無指向性 UWB アンテナを走査するモノスタティックレーダシステムを扱う。本稿では 2 次元問題を扱い、電波の伝播は TE 波とする。アンテナの位置 $(x, y) = (X, 0)$ での受信電界を $s(X, Y)$ とする。ここで変数はそれぞれ中心波長 λ で正規化されている。但し、 Y は遅延時間 t 及び波の速度 c を用いて $Y = ct/(2\lambda)$ とする。SEABED 法は $s(X, Y)$ の等位相面である疑似波面 (X, Y) を推定し、逆境界散乱変換 [1] を適用することで目標形状 (x, y) を得る。

実空間 (x, y) とデータ空間 (X, Y) の間の空間は部分変換空間 (x_α, y_α) と呼ばれ、境界散乱変換を拡張した次式の変換で表される。

$$x_\alpha = X - \alpha Y dY/dX \quad (1)$$

$$y_\alpha = Y \sqrt{1 - \alpha(dY/dX)^2} \quad (2)$$

適切な $0 < \alpha < 1$ を選択された部分変換空間では目標形状に依存せずに滑らかな曲線が得られる [2]。本稿では $\alpha = 0.75$ を選択した。

3 各空間における LMS フィルタの追跡特性

LMS フィルタは追跡フィルタの一種であり、次式で表される。

$$Y_n = \sum_{i=1}^L w_i Y_{n-i} \quad (3)$$

既知の疑似波面 $Y_{n-L} \cdots Y_{n-1}$ と重み w_i の線形結合により次の疑似波面上の点 Y_n を予測することができる。

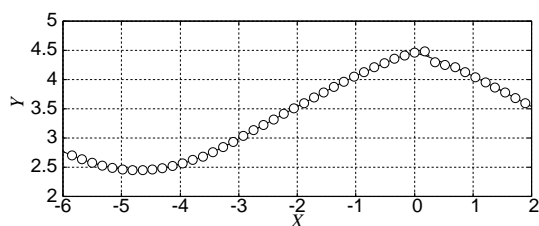


図 1 データ空間での LMS フィルタ追跡

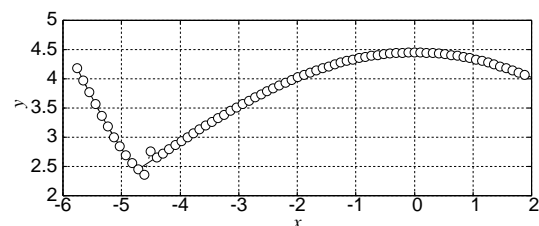


図 2 実空間での LMS フィルタ追跡

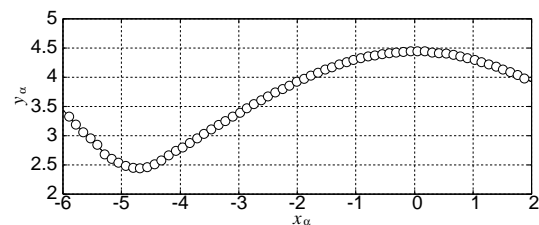


図 3 部分変換空間での LMS フィルタ追跡 (提案法)

図 1, 2, 3 はそれぞれデータ空間, 実空間, 部分変換空間における LMS フィルタの適用結果を示す。仮定する目標形状を図 2 に実線で示す。ただし $L = 5$, 重みは最小二乗法により決定し、雑音は考慮しない。データ空間および実空間ではそれぞれ別の場所に大きな誤差が生じる。LMS フィルタは対象の滑らかさを前提とするが、仮定する目標形状のエッジや凹面はそれぞれ実空間およびデータ空間において滑らかさの条件を満たさないためである。一方、部分変換空間においては誤差が小さく抑えられていることがわかる。

参考文献

- [1] T. Sakamoto and T. Sato, IEICE Trans. on Commun. vol. E87-B, no. 5, pp. 1357-1365, 2004.
- [2] T. Sakamoto, IEICE Trans. on Commun. vol. E90-B, no.1, pp.131-139, 2007.