

# 超広帯域パルスレーダを用いた目標位置・散乱波形同時推定法

An estimation method of target location and the scattered waveforms for UWB 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科通信情報システム専攻  
Dept. of Communications and Computer Eng., Kyoto University

## 1 はじめに

室内ロボット等の立体状況測定手段の候補としてレーダの利用が有望である。また、近距離の無線利用に適するUWB(Ultra Wide Band)の基準が米国で定められ、広帯域パルスの利用が注目を集めている。ターゲット位置推定のためには雑音除去およびパルス受信時刻の正確な推定が必要である。このため受信波形を安定にデコンボリューションするWienerフィルタがしばしば用いられるが、そのためには波形推定が必要である。一方、波形推定のためにはターゲット位置の推定が必要となる。本稿では広帯域パルスを用いたアレイアンテナレーダ信号処理法について検討を行ない、ターゲット位置および散乱波形の同時推定法を提案し、その特性を明らかにする。

## 2 システムモデル

表1にシミュレーション緒元を示す。ここでは対象を2次元問題とし、受信波形は送信波形の1階微分とする。等間隔アレイの各素子を $A_i(i=1, 2, \dots, M)$ 、素子間の距離を $d$ とする。素子の配置と座標の取り方を図1に示す。 $A_i$ の受信信号を $s'_i(t)$ とする。波形画像 $s(x, y)$ を次式で定義する。

$$s((i - (M - 1)/2)d/\lambda, ct/\lambda) \equiv s'_i(t) \quad (1)$$

但し、 $c$ は光速、 $\lambda$ は信号の中心周波数に対応する波長である。単一の点ターゲットが上半平面に存在すると仮定し、ターゲット推定位置を $T_i = (x_i, y_i)$ とする。

## 3 提案信号処理法

次式の変換を双曲線同相変換(Hyperbolic Coherent Transform; HCTと略す。)と定義する。

$$H(\beta, T_i) \equiv \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} s(x, y) e^{j\beta[u(x, T_i) - y]} dx dy \quad (2)$$

但し $u(x, T_i) = 2|T_i| + 2\sqrt{(x - x_i)^2 + y_i^2}$ である。このとき、提案信号処理法(Iterative HCT; IHCTと略す。)は次式で表わされる。

$$\max_{T_{i+1} \in \varepsilon(T_i)} \left| \int_{-\infty}^{\infty} \frac{H(\beta, T_{i+1}) P_i^*(\beta)}{1 - \eta + \eta |P_i(\beta)|^2} d\beta \right| \quad (3)$$

但し $P_i(\beta) = H(\beta, T_i)$ とする。ここで $\varepsilon(T)$ は $T$ の近傍領域を表わし、反復毎に縮小する。

## 4 提案手法の特性

従来法としてFourier法及び波形推定を行なわない場合(IHCT without Waveform Estimation; IHCTWと略す。)と比較した提案手法の特性を図2に示す。但しIHCTWWEは式(3)において $P_i(\beta)$ を送信波形のフーリエ変換に固定することに相当する。Fourier法及びIHCTWWEは正確なWienerフィルタが利用できず、いずれも誤差が十分小さくなっていないことが分かる。約0.3波長の推定誤差に着目すると提案手法はFourier法に対し約13dBのゲインを持つ。また、 $S/N=5$ dBの場合、位置推定誤差は0.01波長以下となる。

## 5 結論および今後の課題

本稿では広帯域パルスを用いたアレイアンテナレーダのためのターゲット位置および散乱波形の同時推定法を提案した。その結果 $S/N=5$ dBの場合、位置推定誤差は0.01波長以下となり、Fourier法に対し13dBのゲインを持つことを明らかにした。今後、複数のターゲット推定を可能とする信号処理法へ拡張する必要がある。

表1 シミュレーション緒元

ターゲット位置	$(2\lambda, 2\lambda)$
アレイ素子数	11本
HCT反復回数	5回
パルス積分回数	20回

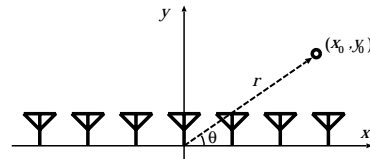


図1 アンテナ及びターゲットの配置

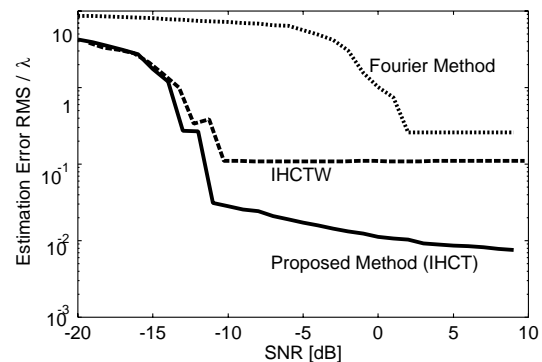


図2 ターゲット位置推定誤差