# パルスレーダのための近似伝搬モデル及び波形辞書を併用した高精度物体形状推定法

A high-resolution algorithm of target shape estimation with waveform library and approximate propagation model for pulse radar systems

木寺 正平 Shouhei Kidera　阪本 卓也 Takuya Sakamoto　佐藤 亨 Toru Sato

京都大学情報学研究科 通信情報システム専攻
Department of Communications and Computer Engineering, Kyoto University

## 1　はじめに

室内ロボット等の空間状況測定手段としてパルスレーダが有効と期待されている。我々は以前に有限長物体を対象とする波形辞書を用いた適応フィルタリングによる物体形状推定法を提案している [1]。この手法は高精度な位置推定が可能である一方、辞書サイズが大きいという問題がある。そこで本稿では近似伝搬モデルを波形辞書と併用する形状位置推定法を提案し、数値実験によりその特性を明らかにする。

## 2　システムモデル

本稿では TE 波、2 次元問題及び四角形状物体を仮定し、送受信アンテナを直線走査するモノスタティックレーダシステムを用いる。また伝搬空間は非分散等方性媒質を仮定し、ターゲットは完全導体とする。一般に、境界面からの反射波は送信波の逆相波形となり、エッジからの散乱波は送信波形の積分波形となる。一般の四角形状物体からの散乱波はこの 2 つの波形が互いに干渉したものとなり、目標形状推定において波形に応じた適切なフィルタリングを行う必要がある。

## 3　目標形状推定アルゴリズム

波形辞書作成のために図 1 に示す通りエッジとの距離 $d$、角度 $\theta$ 及び $\phi$ の 3 つのパラメタを定める。各位置における受信波形 $R(\omega)$ は、鏡面反射波とエッジ回折波の中間的な波形となり

$$R(\omega) = \beta(\phi,\theta,d)S_{\mathrm{S}}(\omega,d_0) + (1-\beta(\phi,\theta,d))S_{\mathrm{E}}(\omega,d_0) \tag{1}$$

で示す $\beta(\phi,\theta,d)$ を最小 2 乗法を用いて求め波形辞書として用意する。但し $d_0$ を基準距離とし、$S_{\mathrm{S}}(\omega,d_0)$、$S_{\mathrm{E}}(\omega,d_0)$ はそれぞれ距離 $d_0$ での鏡面反射波とエッジ回折波である。合成波形 $R(\omega)$ を用いたフィルタリングによる方法を我々は提案してきた。一般にパラメタ数を増やすと推定精度は高くなる一方でパラメタ数とともに辞書サイズは増大する。そこで本手法では距離 $d$ を辞書パラメタから除くため以下に示す近似伝搬式を用いる。

$$\begin{aligned} R(\omega) &= \sqrt{\frac{d_0}{d}}\beta'(\phi,\theta)S_{\mathrm{S}}(\omega,d_0)e^{-\mathrm{j}\omega\frac{2(d-d_0)}{\mathrm{c}}} \\ &\quad + \frac{d_0}{d}(1-\beta'(\phi,\theta))S_{\mathrm{E}}(\omega,d_0)e^{-\mathrm{j}\omega\frac{2(d-d_0)}{\mathrm{c}}} \end{aligned} \tag{2}$$

ここで $d$ はアンテナとエッジの距離であり、c は光速である。$\beta'(\phi,\theta) = \beta(\phi,\theta,d_0)$ とする。以上に示す近似伝搬モデル (以下 APM と略す。) と波形辞書を併用し、初期形状推定より得られた形状とアンテナ位置から受信波形を推定する。推定波形による適応フィルタリングから信号到来時間を推定する。到来時間から物体エッジ位置と境界面を推定し形状パラメタを更新する。以上の手順を繰り返し、物体形状及び受信波形推定を行う。

## 4　提案法の特性評価

図 2 にエッジ位置の推定精度を示す。縦軸は波長で正規化した真値に対する推定誤差を、横軸は更新回数を示す。図 2 の実線は辞書サイズを $(\phi\times\theta\times\mathrm{d}) = (20\times10\times15)$ とした時、波線は $(\phi\times\theta) = (60\times50)$ と APM を併用した時の推定精度である。いずれも辞書サイズは 3000 となる。図 2 より APM を併用した手法により約 10 倍の推定精度改善が得られる。

## 参考文献

[1] 木寺 正平, 阪本 卓也, 佐藤 亨, 信学会総合大会, Sep. 2003.

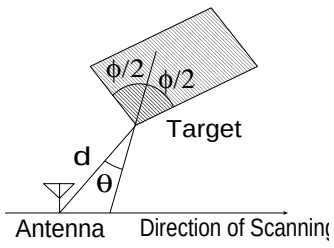


図 1　目標とアンテナの位置

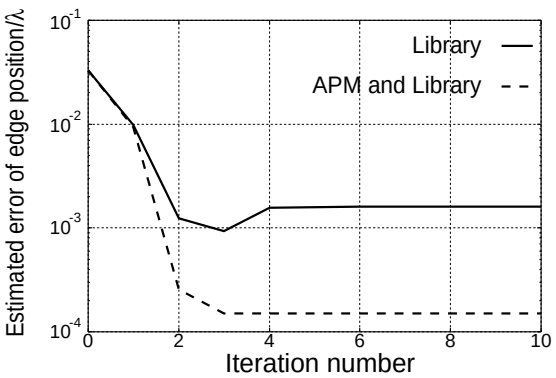


図 2　物体エッジ位置推定精度