

UWBレーダを用いた 回転を伴う運動目標の二次元イメージング

A 2-dimensional imaging method of a moving target with rotation for UWB radar systems

松木 優治
Yuji Matsuki

阪本 卓也
Takuya Sakamoto

佐藤 亨
Toru Sato

京都大学情報学研究所
Graduate School of Informatics, Kyoto University

1 はじめに

近年犯罪の多発や治安の悪化から高精度な監視システムの構築が急がれており、監視カメラの代替又は補完技術としてUWBレーダが注目されている。目標が回転を伴わずに未知の任意軌道を運動をする場合、固定された3アンテナを用いて目標形状を画像化する手法が報告されている [1]。本稿では、目標運動として人間の運動を想定し、目標が進行方向の変化に応じて回転しながら運動する場合の二次元イメージング手法を開発する。

2 システムモデル

システムモデルを図1に示す。固定された3アンテナの前を目標が運動する場合を想定する。目標は任意軌道を運動しながら進行方向に対して同一の姿勢を保つと仮定する。本稿では目標を楕円形状と仮定し、楕円主軸は進行方向と垂直になるように回転するものとする。 t_n をサンプル点、 Δt をパルス送受信間隔とし、 $t_n = n\Delta t$ とする。各時刻における目標の中心位置を $(X(t_n), Y(t_n))$ とする。アンテナ間距離は x_0 、アンテナ#1、#2、#3の座標はそれぞれ $(-x_0, 0)$ 、 $(0, 0)$ 、 $(x_0, 0)$ とする。なお各アンテナは送受兼用の無指向性を仮定する。

3 回転を伴わない運動目標の従来画像化法 [1]

アンテナ#1、#2、#3から目標物体の散乱点までの距離をそれぞれ $R_1(t_n)$ 、 $R_2(t_n)$ 、 $R_3(t_n)$ とする。これらのデータを用いて、目標の曲率半径 $a(t_n)$ および曲率中心 $(c_x(t_n), c_y(t_n))$ を以下の連立方程式を解いて求める。

$$\begin{cases} \sqrt{(c_x(t_n) + x_0)^2 + (c_y(t_n))^2} = R_1(t_n) + a(t_n) \\ \sqrt{(c_x(t_n))^2 + (c_y(t_n))^2} = R_2(t_n) + a(t_n) \\ \sqrt{(c_x(t_n) - x_0)^2 + (c_y(t_n))^2} = R_3(t_n) + a(t_n) \end{cases} \quad (1)$$

次に曲率円周上の散乱点の近似値の座標を求める。散乱点の近似値の座標を、 $a(t_n)$ 、 $(c_x(t_n), c_y(t_n))$ の情報から推定した軌道により補償して目標形状を画像化する。しかし、従来法は目標の運動が回転を伴うと正しく軌道推定できず形状推定を誤る。

4 回転を伴う運動目標の提案画像化法

目標の中心位置を $(X(t_n), Y(t_n)) = (v_x t_n, y_0 + y_f \sin \omega t_n)$ とし、 $v_x = -1.0 \text{ m/sec}$ 、 $y_0 = 2.0 \text{ m}$ 、 $y_f = 0.25 \text{ m}$ 、 $\omega = 1.0 \text{ rad/sec}$ とする。また $x_0 = 0.5 \text{ m}$ とする。提案法は、従来法を適用して誤った推定形状を曲率円情報を用いて修正して正しい推定形状を得る。従来法を適用して求めた各時刻の推定点を $(b_x(t_n), b_y(t_n))$ としたと

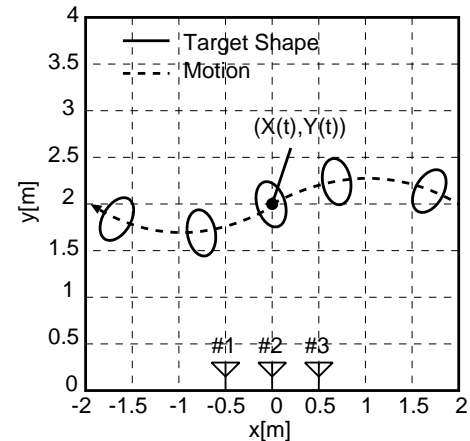


図1 システムモデル

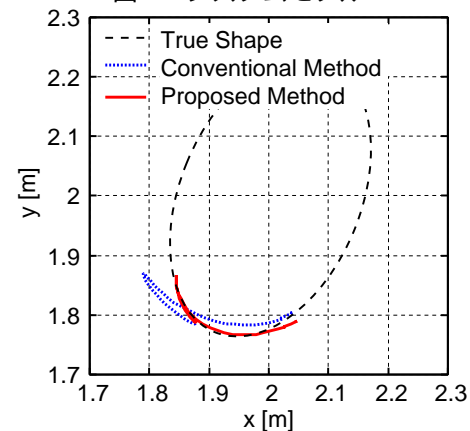


図2 従来法と提案法による推定形状の比較

き、提案法は、 $t = t_{n+1}$ の推定点 $(b_x(t_{n+1}), b_y(t_{n+1}))$ が $(b_x(t_n), b_y(t_n))$ 、 $(b_x(t_{n-1}), b_y(t_{n-1}))$ を通る半径 $a(t_n)$ の円上にあると近似する。すなわち、円上の点を (x, y) としたとき、 $\sqrt{(b_x(t_{n+1}) - x)^2 + (b_y(t_{n+1}) - y)^2}$ を最小化する (x', y') を求め、 $(b_x(t_{n+1}), b_y(t_{n+1})) = (x', y')$ と修正する。従来法と提案法による推定形状例をそれぞれ図2に青点線と赤実線で示す。提案法は目標の下部が正しく推定され、従来法では真形状とのRMS誤差28mmであるのに対し、提案法では4mmである。

参考文献

- [1] T. Sakamoto, Y. Matsuki, and T. Sato, 2009 IEEE International Conference on Ultra-WideBand (ICUWB2009), Sep. 2009.