

少数アンテナを用いた任意形状運動目標の3次元UWBレーダイメージング

A 3-D imaging algorithm of an arbitrary-shaped target using a UWB radar with a small number of antennas

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

犯罪の多発から高精度な監視システムの構築が急がれており、UWBレーダ目標画像化技術が注目されている。この画像化法として我々はすでに、固定された5アンテナを用いた運動目標画像化手法を提案している [1]。文献 [1] では想定する運動目標の形状を楕円体形状に限定していたため、本稿では任意凸形状目標を想定して提案法を適用し特性評価を行う。

2 システムモデル及び提案画像化法

図1にシステムモデルを示す。各アンテナは通路の壁に相当する xz 平面上に原点を中心として等間隔 Δx で十字型に配置される。送信信号はパルス信号とし、中心周波数、帯域幅は共に 6.0 GHz とする。各アンテナは広いビーム幅を有するモノスタティックレーダを構成し、信号は互いに干渉しないことを仮定する。目標は凸形状とし、金属製で明瞭な境界を有するとする。目標運動は未知の任意軌道を仮定し、回転は伴わないとする。サンプル点ごとに各アンテナから散乱点までの距離を測定し、それぞれ $R_i(t) (i = 1, 2, \dots, 5)$ とする。

画像化手法 [1] はまず目標表面上の散乱点の軌道及び目標運動を推定する。そのために測定データを用いて目標を見かけの曲率に基づいて回転楕円体で近似する。この近似によって散乱点の軌道が計算可能になるが、目標運動は得ることができない。これは回転楕円体中心の運動は目標運動及び目標表面上の散乱点の移動の双方の影響を受けることに起因する。提案法は目標の見かけの曲率が短時間でほぼ一定であることを利用してこれらを分離することで目標運動を推定する。最後に事前に計算した散乱点を推定運動で補償することで目標形状を画像化する。

3 提案手法の数値実験検討

想定したアンテナ間隔と目標形状及び運動を図1に示す。アンテナ間隔は $\Delta x = 0.5$ m とする。目標形状は $(x, y, z) = (a(1 + \delta \cos \theta) \cos \theta \sin \phi, b(1 + \delta \cos(\theta + \pi/4)) \sin \theta \sin \phi, c \cos \phi)$ を仮定する。ただし、 $a = 0.15$ m, $b = 0.25$ m, $c = 0.75$ m, $\delta = 0.5$, $0 \leq \theta \leq 2\pi$, $0 \leq \phi \leq \pi$ とする。このときの目標の断面形状を図1右上に示す。これらのパラメータはほぼ人体の大きさを想定して決定した。目標運動は $(X_m(t), Y_m(t), Z_m(t)) = (x_0 + v_x t, y_0, z_0 \sin(\omega t + \chi_0))$ を仮定する。ただし、 $x_0 = 2.0$ m, $v_x = -1.0$ m/sec, $y_0 = 1.0$ m, $z_0 = 0.25$ m,

$\omega = \pi/4$ rad/sec, $\chi_0 = \pi/2$ rad とする。サンプル点間隔は $\Delta t = 4$ msec とし、測定時間は $-2 \text{ sec} \leq t \leq 2 \text{ sec}$ を仮定する。

測定データを用いて提案法により推定した運動を図2に示す。目標位置の推定精度は最大誤差約 6.2 cm である。次に提案法による推定形状を図3に示す。推定形状と真形状の RMS 誤差は約 1.3 cm であり、提案法は目標形状が非対称の場合も十分な精度で画像化可能である。この提案法は少数アンテナで任意形状運動目標を画像化可能な点で、監視システムへの応用に有効なアプローチといえる。

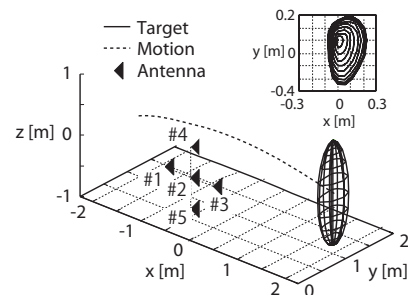


図1 システムモデル

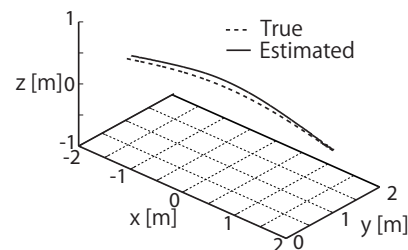


図2 提案法を用いた運動推定

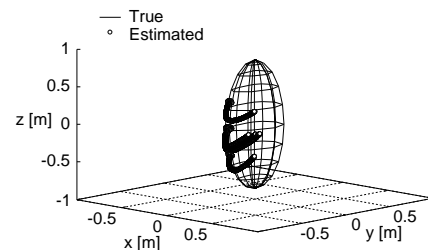


図3 提案法を用いた形状推定

参考文献

- [1] 松木優治, 阪本卓也, 佐藤亨, 信学技報, vol. 110, no. 348, pp. 43-48, Dec. 2010.