

スーパーレゾリューション法による 高分解能ポーラリメトリックイメージング

High-resolution polarimetric imaging using a superresolution technique

山田 寛喜

大西 和則

山口 芳雄

Hiroyoshi YAMADA

Kazunori Onishi

Yoshio YAMAGUCHI

新潟大学 工学部

Faculty of Engineering, Niigata University

1. まえがき 電磁波を用いたレーダターゲットのイメージングにおける解像度は一般的に使用する周波数帯域幅に依存する。そのような狭帯域なレーダシステムにおける高分解能イメージング手法として、MUSIC法などに代表されるスーパーレゾリューション法の適用が数多く試みられている^[1]。特に電磁波を用いたイメージングでは、ポーラリメトリックなシステムを利用することによりターゲットからより多くの有用な情報が得られることが知られている。スーパーレゾリューション法においても偏波成分を利用することにより分解能の向上が可能である^[2]。本稿では偏波情報を利用したMUSIC法による2次元イメージングに関する実験的考察を行う。

2. 高分解能偏波イメージング レーダシステムとして、ここではネットワークアナライザによるステップ周波数レーダを用いる。また、測定は送信を1偏波(ここではH-pol)、受信を2偏波(H-pol & V-pol)とし、ターゲットを見込む角度を変化させquasi-monostaticな測定を行う。フーリエ変換法によるイメージは、各角度において得られた周波数データを逆フーリエ変換して得られたターゲットエコーを2次元平面内にマッピングすることにより得られる。

スーパーレゾリューション法(ここではMUSIC法)によるイメージングでは、H-polおよびV-pol受信アンテナから得られる掃引周波数データから作られる測定データベクトルを用いる。これらをそれぞれ r_H^θ 、 r_V^θ とし、以下の相関行列を用いてターゲットの散乱点を推定する。

$$R_p^\theta = R_H^\theta + R_V^\theta \quad (1)$$

ここで R_H^θ 、 R_V^θ は、それぞれターゲットを見込む角度 θ における r_H^θ 、 r_V^θ の相関行列である。その相関行列に対し、相関抑制処理(SSP)を施しMUSIC法を適用することになる。また、ここでこの2次元画像のイメージは、各 θ において得られた応答波形を2次元平面内にマッピングし平均化したものである。

3. 実験結果 実験は飛行機の模型を用い、図1に示すように送受信アンテナとターゲットの角度を $360^\circ(4.5^\circ)$ 毎に回転させ、各受信偏波チャンネルでのデータを取得した。使用周波数帯域は9~12GHz、アンテナはすべてホーンアンテナであり、本実験では送信の偏波はH-polとした。図2はFFTによるH-pol、V-polの受信データイメージを合成した電力イメージング結果(9~12GHz使用)である。飛行機の胴体、尾翼、主翼の取り付け部分などの様子が僅かながら確認できる。図3は式(1)に基づくMUSIC法によるイメージング結果である。キャプション中のパラメータの詳細については文献[2]を参考されたい。使用周波数は9~11.58GHzである。本手法は、離散的な散乱中心を検出するように動作するため、胴体のような分布した部分のイメージは明瞭には検出されていないが、主翼の先、尾翼の形状などを明瞭に検出していることが分かる。また、検出された散乱中心において反射された電波の偏波状態を計算することにより、散乱中心の形状に関する情報を得ることも可能となる。

4. むすび 偏波情報を用いたスーパーレゾリューション法によるイメージング結果を示し、その有効性を確認した。本手法のフルポーラリメトリックなデータへの拡張も容易である。

文献 [1] E.Walton, et al., 1991 IEEE AP-S Digest, pp.1020-1024, 1991. [2] 山倉ほか, 信学技報, AP96-104, pp.45-52, 1996-12.

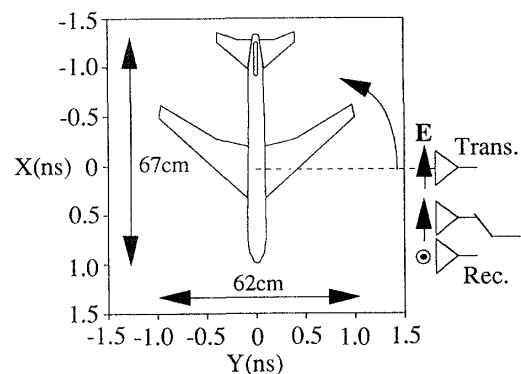


図1. ターゲット配置図.

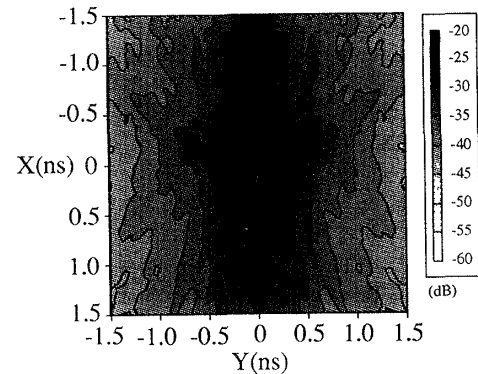


図2. FFT法によるイメージング結果. 使用周波数帯域 9~12GHz.

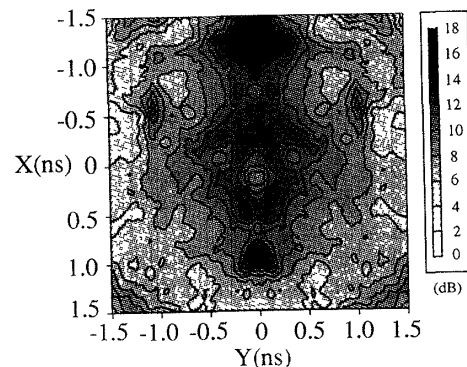


図3. MUSIC法によるイメージング結果. 使用周波数帯域 9~11.58GHz. $f_1=9\text{GHz}$, $\Delta f=60\text{MHz}$, $N=40$, $M=5$.