

B-1-231

ESPAR アンテナを用いた疑似 MIMO radar に関する基礎検討

Consideration on quasi MIMO radar using ESPAR antenna

森下 雅透¹

Masayuki Morishita

山田 寛喜²

Hiroyoshi Yamada

山口 芳雄²

Yoshio Yamaguchi

新潟大学大学院 自然科学研究科¹

Graduate School of Science & Technology, Niigata University

新潟大学 工学部²

Faculty of Engineering, Niigata University

まえがき MIMO radar システム [1] はターゲット検出精度の向上する強力な手法である。しかし、送受共にアレーアンテナを用いるため素子数の増加に応じて必要な受信機数や設置面積が増加しコスト的に大きな課題となる。そこで本稿では、ESPAR アンテナを送信アンテナに用いて繰り返し送信により MIMO 化した比較的簡易な MIMO radar システムについて検討する。送信側に ESPAR アンテナを用いることで送信ビーム形成によるターゲット反射波の受信利得の向上が可能であり、高分解能化と探知距離の増大が期待できる。

受信信号の定式化 ESPAR アンテナのビーム切り替えを用いた MIMO radar システム (図 1) は素子切り替え型アンテナを拡張したものと考えることができる。M 素子切り替え型アンテナにより第 m 番目の素子から信号 $s(t)$ を送信するとき、受信データベクトルは

$$\mathbf{r}_m(t) = \rho s(t) g_m(\theta_t) \mathbf{a}_{m,t}(\theta_t) \mathbf{a}_r(\theta_r) + \mathbf{n}_m(t) \quad (1)$$

で表すことができる。ここで、 ρ はターゲットの反射係数、 $g_m(\theta_t)$ 、 $\mathbf{a}_{m,t}(\theta_t)$ はそれぞれ放射方向 θ_t (DOD) の水平面内指向性利得、及び送信側モードベクトルを表す。 $\mathbf{a}_r(\theta_r)$ は到来方向 θ_r (DOA) の受信側モードベクトル、 $\mathbf{n}_m(t)$ は雑音ベクトルである。従って、M 個の受信データを結合したベクトルは $\mathbf{r}(t) = [\mathbf{r}_1^T(t), \mathbf{r}_2^T(t), \dots, \mathbf{r}_M^T(t)]^T$ で与えられる。各素子で直交した信号を送信すれば、受信側の各素子で分離して取り出せる。M 送信 N 受信であれば、MN 次元の送受信の最適ウェイトを受信側処理のみで算出可能となる。同様に、ESPAR アンテナにおいて M 個のリアクタンスセットを用いてビームを形成する時、第 m 番目のビームにより送信された信号の受信データベクトルは

$$\mathbf{r}_m = \rho s(t) g_m(\theta_t) \mathbf{a}_r(\theta_r) + \mathbf{n}_m(t) \quad (2)$$

で表すことが出来る。M 個のビームはお互いに独立であり、この受信データに対して受信処理することにより、素子切り替え型と同等の推定が可能となる。

計算機シミュレーション ここでは定式化に基づき、受信アンテナには 4 素子 ULA アンテナ、送信アンテナをそれぞれ 6 素子等間隔円アレー (UCA) (半径 $\lambda/2$) 及び 7 素子 ESPAR アンテナとした場合の MIMO radar の計算機シミュレーション結果を示す。アレー素子は半波長ダイポールとし、推定アルゴリズムには Capon 法を用いて DOD 及び DOA の同時推定を行う。今回は動作の基礎検討として、全ての到来波は無相関、反射係数を 1 としターゲット及びマルチパスから到来する各波の電力は SISO 換算で SNR が 25dB となるように設定した。図 2 には 2 次元空間スペクトラムの結果を示す。UCA アンテナ及び ESPAR アンテナともに 7 波到来している波

の推定が行えている。また、図 3 では ESPAR アンテナを用いた結果のスペクトラムが鋭く出ており、ESPAR アンテナのビーム利得の効果が現れていることが確認出来る。

まとめ 本稿では送信アンテナに ESPAR アンテナを用いた比較的簡易な MIMO radar を提案し、数値計算により素子切り替え型 UCA アンテナと同等に推定出来ることを確認した。実際のレーダでは一般に各到来波は高相関であるためコヒーレント環境における検討が今後の課題である。

参考文献

- [1] J.Li and P.Stoica, "MIMO RADAR SIGNAL PROCESSING," John Wiley & Sons, Inc., 2008.

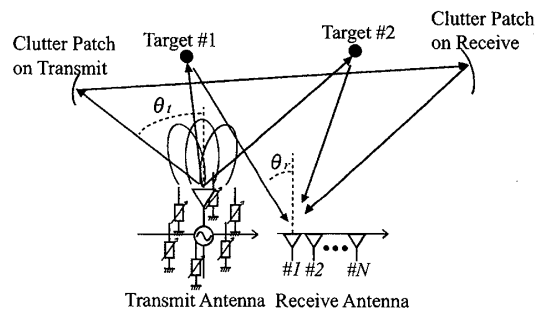
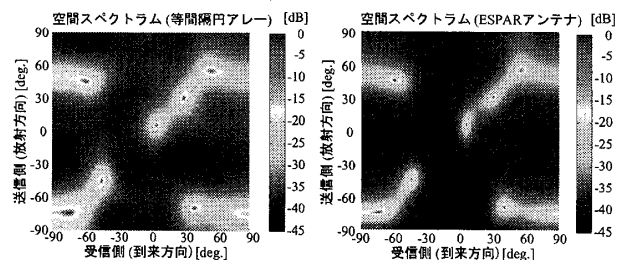


図 1 ターゲット、マルチパスモデル



(a) UCA アンテナ (b) ESPAR アンテナ

図 2 2次元空間スペクトラム

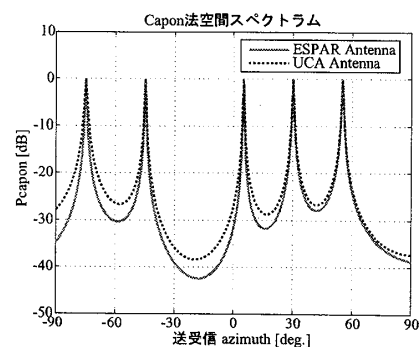


図 3 DOD 及び DOA 同一角のスペクトラム