

# アナログスマートアンテナを用いた 適応空間信号処理に関する研究

森 下 雅 透\*

## Research on Spatial Adaptive Signal Processing Using an Analog Smart Antenna

by Masayuki MORISHITA

本論文は、「アナログスマートアンテナを用いた適応空間信号処理に関する研究」と題して、スマートアンテナの一種である複数給電型パラサイトアレー (MuPAR) アンテナ及びエスパアンテナを用いた適応空間信号処理について、理論および詳細なシミュレーションを通して、その具体的な実現手法を明らかにしている。要旨は以下の通りである。

MuPAR アンテナを用いた適応空間信号処理では、複数のアンテナを利用して適応制御を行うデジタルビームフォーミング (DBF) アレーは制御回路をその素子と同数系統備えるため、回路規模および消費電力が増大するという問題がある。この問題を解決するため素子の一部をハードウェア構成の容易な素子とした MuPAR アンテナが提案されている。MuPAR アンテナは複数の給電素子とその近傍に可変リアクタを装荷した寄生素子から構成されるアンテナである。従って同型の DBF アレーと比べて RF 回路や A/D 変換器の少ない構造のため小型化・低消費電力化が期待できる。一般の DBF アレーは給電素子のウェイト制御のみで適応制御可能であるが、MuPAR アンテナでは寄生素子によるアナログ制御も必要のため、適応制御にはデジタル制御およびアナログ制御の組み合わせとなる。本研究では、給電素子のデジタル制御には従来の適応アンテナで最も標準的に用いられている最小二乗誤差法を規

範とする RLS アルゴリズムを適用し、寄生素子のアナログ制御には収束特性が安定している最急勾配法を適用することで到来方向及び到来波数が未知の環境において適応指向性制御能力について検討を行っている。統計的評価を行ったことで MuPAR アンテナの特徴である寄生素子の効果が現れていることが確認できた。消費電力等において制約が存在する場合、代替の手法となる可能性を有しているものとする。

MIMO レーダシステムはターゲット検出精度が向上する強力な手法として提案されている。エスパアンテナを用いた信号処理においては、簡易的に形成できる指向性を用いて擬似的に MIMO 化しレーダ等のシステムに応用することでターゲット検出性能を向上させる疑似 MIMO レーダを提案し、検出能力についての検討を行っている。本論では送信側アンテナにおいて形成する指向性の切り換えを行いターゲットからの反射信号を受信側で信号処理することで擬似的にマルチパス環境とする MIMO レーダシステムの提案を行っている。提案する送信側指向性切り替え型の疑似 MIMO レーダシステムの定式化及びシミュレーションによりその有効性を示す。形成された指向性によりターゲット方向の利得効果が向上しターゲット検出精度が向上していることを示すと共に送信側指向性切り替え型の疑似 MIMO

---

\*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 日本無線株式会社

〔新潟大学博士 (工学) 平成22年3月23日授与〕

レーダシステムの有効性を示すものである。

本論文の構成は以下の通りである。まず、第2章において本研究で使用した MuPAR アンテナ及びエスパアンテナの両アンテナの指向性を形成する動作原理と数学モデルを明らかにしている。第3章では MuPAR アンテナに適用した最適化手法の説明及び定式化を示し、続く第4章では適応制御可能な角度範囲及び統計的評価により一般的な DBF アレーと比較し、その性能評価を行っている。第5章では適応制御に有するサンプル数の削減法を提案し、その有効性を示した。第6章において、MuPAR アンテナを用いた信号処理に関するまとめを示した。第7章以降は疑似 MIMO レーダシステムに関する検討

部分である。まず第7章で、エスパアンテナを用いた送信側指向性切換による疑似 MIMO レーダシステムの信号モデルの定式化を行い、続く第8章では等価ウェイトベクトルを用いた指向性利得の導出とターゲット検出に用いる推定手法への適用について示した。第9章においてエスパアンテナと同型のアンテナ切り替え型の DBF アレーと比較し、ターゲット検出精度の向上が可能となることを明らかにした。最後の第10章が本論文の結論である。

謝辞：主指導教官の山田寛喜教授に御指導を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。