

氏 名	まつ だ しょう じ 松 田 庄 司
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 189 号
学位授与の日付	平 成 18 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	情 報 学 研 究 科 通 信 情 報 シ ス テ ム 専 攻
学位論文題目	マルチビームレーダーにおける目標搜索性能とビーム形成方式に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 深 尾 昌 一 郎	教 授 津 田 敏 隆	教 授 佐 藤 亨
--------	------------------------	-------------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、マルチビーム方式の搜索レーダーにおいて、その理論性能とレーダー諸元との関係からマルチビームレーダーの特性を明らかにし、新しい系統的な設計方法を提示するとともに、マルチビームレーダー技術により初めて実現可能となる新しい応用例に関して、そのビーム形成方法と理論性能を論じたもので、以下の8章からなっている。

第1章は序論であって、本論文の背景となるレーダーシステム設計技術、アンテナビーム形成技術、及び時空領域信号処理技術に関するこれまでの研究の概要と課題を概観し、マルチビームレーダーの特長と意義を論じている。

第2章では、本論文の前提として、マルチビームレーダーの実現手段であるフェーズドアレイアンテナ、デジタルビーム形成アンテナ及び目標検出処理のハードウェア構成と機能、並びにこれらの効果と課題について論じている。

第3章では、マルチビームレーダーの基礎研究として、レーダーパラメータと搜索レーダー性能の関係を数式モデルで記述し、非線形最適化の手法を用いて最適パラメータを求める新しい系統的な設計法を提案している。また、最適解の考察から、最適化の指標として有用な「DA (Detection-Accuracy) 点」及び「理想レーダーモデル」の概念を明らかにしている。この結果、マルチビームレーダーの特長として、他の性能に影響を及ぼすことなくドップラー分解能を向上できること、及びビーム数やビーム幅を環境に応じて制御できることを明らかにし、単一ビームに比べて総合的な目標搜索性能が改善することを定量的に示している。

第4章では、第3章で明らかにした理論モデルにおいて、マルチビーム間の相関処理による探知性能の向上について論じている。このとき、単一ビームより目標検出性能が向上するマルチビーム用の目標検出方式として、多重スレッショルド検出及びRMS (Root Mean Square) 検出を新たに提案し、これらを用いた最適ビーム配列法を明らかにしている。

第5章では、マルチビームレーダーの応用として、バイスタティックレーダーのビーム走査法を論じている。即ち、従来の単一ビームのパルスチェイス法における受信ビーム幅の制限や高速制御の必要性を回避する手段として、複数の受信ビームの束を用いるマルチビーム・パルスチェイス法を提案し、所要ビーム数と受信SNRの関係を明らかにしている。さらに、受信パルスの一部欠落を許容することによりビーム数を減らす改良方法を提案し、ビーム数を制限した場合でも受信SNRの低下領域を局限できることを数値計算により明らかにしている。

第6章では、もう一つの応用として分散アレイレーダーのビーム形成方法を論じている。これは、複数の小型サブアレイを用いて高い探知性能を達成できる画期的なレーダー方式であるが、従来のビーム合成法ではビーム幅の過剰な先鋭化やグレーティングローブの発生により実用化が困難であった。このため、まず搜索用のマルチビーム合成法として、サブアレイベースの入力相関行列の最大固有ベクトルを用いたMEV (Maximum Eigen Vector) 法を提案している。また、この方法の特性を定量的に考察し、MEV法によれば搜索モードでの搜索効率を大きく改善できることを明らかにしている。

第7章では、第6章と同様の分散アレイレーダーについて、捕捉・追尾用のビーム形成法を論じている。このため、ビーム幅の適切な先鋭化とグレーティングローブの抑圧を両立できる新しいビーム形成方法として、ノルム差制約と対角加重に

よりロバスト性を付与したノルム制約付対角荷重 Capon 法を提案している。さらに、この方法においてノルム差制約や対角加重のパラメータがグレーティングローブレベルやビーム幅に及ぼす影響について考察し、数値計算により搜索レーダーにおける最適パラメータと搜索性能の関係を明らかにしている。

第8章は結論であり、本論文で得られた成果と将来の展望をまとめている。

論文審査の結果の要旨

近年開発が進みつつあるマルチビーム方式の搜索レーダーには、優れた目標搜索性能が期待できるが、一方、現時点ではその特性の理論的解明及びそれに基づく最適設計法は明らかにされていない。また、レーダーの将来動向と考えられるマルチビーム技術を基礎としたネットワークセンサーに適したビーム形成法についての研究はほとんどなされていない。本論文は、マルチビームレーダーの目標搜索性能とレーダー諸元との関係の考察から新しい系統的な設計法を提案するとともに、新しい応用を提示しそれらのビーム形成法を論じている。得られた主な成果は次の通りである。

(1) マルチビームレーダーに関する従来の設計法に比べて効率がよく、かつ最適性を保証できる設計法として、非線形最適化法を用いた設計法が示された。このとき、最適性の考察により、設計指針として「DA (Detection-Accuracy) 点」及び「理想レーダーモデル」が提案され、その有効性が確認された。

(2) 一般的なマルチビーム用の目標検出方式として、ビーム間の多重スレッショルド検出及び RMS (Root Mean Square) 検出が新たに提案され、数値計算によりこれを用いたマルチビームレーダーの最適ビーム配列が明らかにされた。

(3) バイスタティックレーダーのビーム走査法として、マルチビーム・パルスチェイス法が提案され、従来に比べて受信 SNR が大幅に改善することが定量的に示された。さらに、受信パルスの一部欠落を許容することによりマルチビーム数を減らす改良方法が提示され、その効果が定量的に示された。

(4) 分散アレーレーダーのビーム形成法として、搜索用の MEV (Maximum Eigen Vector) 法と捕捉・追尾用のノルム制約付対角荷重 Capon 法が提案された。定量的考察により、前者は空間搜索効率の大幅な改善を、後者は高角度分解能とグレーティングローブ抑圧の両立を、それぞれ効果的に達成できる有効な方法であることが明らかにされた。

本論文により、マルチビームレーダーの基本的な目標搜索性能と新しい応用でのビーム形成方式の理論的基礎が明らかにされた。この結果は、今後ネットワーク化が進むと予想される将来のレーダーの実現へ寄与することが期待される。さらに本論文は、これまでほとんどなされてこなかったマルチビームレーダーに対する最適設計法や応用に関して初めて定量的考察を加え、系統的な設計指針と新しいビーム形成法を提示したものであり、学術上寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成17年11月11日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。