

氏 名	にしむらこうじ 西村耕司
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 233 号
学位授与の日付	平 成 18 年 9 月 25 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	Functional Extension of Atmospheric Radar with Digital Receiver Array (デジタル受信機アレイを用いた大気レーダーの機能拡張)
論文調査委員	(主 査) 教 授 佐 藤 亨 教 授 深 尾 昌 一 郎 教 授 津 田 敏 隆

論 文 内 容 の 要 旨

大気レーダーを用いて3次元風速を求めるためには少なくとも3つの風速射影成分を得る必要がある。従来のモノスタティックシステムでは大気からの後方散乱エコーのみが得られるため異なる散乱点での視線方向速度を用い、空間的に風速場が一様であるとの仮定のもとに3次元風速ベクトルの推定を行う。一方レーダー本体から離れた複数の地点においてレーダーと同時に大気エコーの側方散乱受信を行うシステムをマルチスタティックシステムと言う。この技術により同一散乱体から得られる複数の速度射影成分を用い3次元風速ベクトルが得られるため、空間一様性を排除した高分解能な3次元大気風速場の観測が可能となる。

本研究ではアダプティブ信号処理を可能にし、簡易なハードウェア構成、パラメータ設定の自由度などにおいて様々な利点を持つデジタル受信機を導入し受信アレイを構成することによりマルチスタティックシステムを実現するための技術開発および理論検討を行った。論文の構成は以下の通りである。

第1章は序論であり、大気レーダーにおける風速測定技術および本論文において用いるアダプティブアンテナ技術の概要をまとめている。

第2章ではマルチスタティック方式を大気レーダーに適用し3次元風速ベクトルを推定する際の最適なアンテナ配置や風速精度について検討している。その結果、対流圏下部の測定には1km程度以上の送受信アンテナ間ベースラインを持つように受信アンテナを設置する必要があることを明らかにしている。

第3章ではアダプティブ信号処理技術を大気レーダーに適用して山などからの強い不要反射（クラッタ）を除去する手法について述べている。大気エコーのマルチスタティック受信において散乱体の位置は光速で移動するため、アレイによる同位相加算のためには最大利得方向を追従させる必要が生じる。また小規模なアンテナアレイを用いることにより大開口を持つ高利得大気レーダーに比べサイドロープレベルが上昇するため、クラッタの抑圧比が低下する。このためアレイのメインローブを散乱体方向へ高速に走査しながら、クラッタ方向の利得を抑圧することにより大気エコーを抽出する方向拘束電力最小化法を導入した。

第4章ではマルチスタティックアンテナ構成における受信アンテナアレイの最適配置法の検討を行っている。メインローブを広範囲に走査する受信アレイにおいてアダプティブクラッタ抑圧を行うためには、グレーティングローブを持たないアンテナ配置により受信アレイを構成する必要がある。このためのアンテナ配置最適化手法としてビームパターンに対する評価関数を導入し、優れた特性を持つアンテナ配列の生成を行った。また評価関数のアンテナ空間における等価な表現としてポテンシャル関数を導き、これを用いた非常に高速な最適化アルゴリズムを開発した。

第5章では、以上の技術開発に基づき、赤道大気レーダー（EAR）において行ったマルチスタティックシステムを用いた対流圏観測の結果について述べている。観測ではEAR本体より南および西へ約1300m離れた2地点にデジタル受信機による受信専用アレイを設置し、大気の側方散乱信号の受信を行った。2004年9月の観測では約100時間の観測を実施し、

得られたデータについて解析を行った。3次元風速の解析とシステムの観測誤差の検討より、従来一様性が仮定されていた空間内で有意な風速の摂動が存在することを明らかにした。

第6章は結論であり、本論文で得られた主要な成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、デジタル受信機アレイ技術を大気レーダーに適用し、風速場の高分解能観測を可能とする技術を開発している。得られた主要な研究成果は以下の通りである。

(1) マルチスタティック方式を大気レーダーに適用し3次元風速ベクトルを推定する際の最適なアンテナ配置を求める手法を開発し、得られる風速精度を明らかにした。

(2) アダプティブ信号処理技術を大気レーダーに適用して山などからの強い不要反射（クラッタ）を除去する場合、従来の手法をそのまま利用すると主ビームのパターンが乱れ、観測精度に著しい悪影響を生じる。この問題を解決し、主ビーム形状を保持したままクラッタのみを除去することが可能な新しいアルゴリズムを開発し、実際のデータに適用してその性能を実証した。

(3) マルチスタティックアンテナ構成における受信アンテナアレイの最適配置法の検討を行った。メインローブを広範囲に走査する受信アレイにおいてアダプティブクラッタ抑圧を行うためには、グレーティングローブを持たないアンテナ配置により受信アレイを構成する必要がある。このためのアンテナ配置最適化手法としてビームパターンに対する評価関数を導入し、優れた特性を持つアンテナ配列の生成を行う手法を開発して、数値実験によりその性能を検証した。

(4) 上記の各手法を赤道大気レーダー（EAR）に適用し、受信専用アレイを2箇所を設置して対流圏下部のマルチスタティック観測を行った。その結果、従来一様性が仮定されていた空間内で有意な風速の摂動が存在することを明らかにした。

以上要するに本論文は、大気レーダー観測に新しい技術を導入することにより、小規模な設備の追加で観測能力を著しく向上させることを可能としたものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

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18年7月26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。