

氏 名	はま づ きょう すけ 濱 津 享 助
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 49 号
学位授与の日付	平成 14 年 3 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	Development of Doppler Radars for Studying Aviation Weather in Terminal Area (ターミナルエリアの航空気象研究のためのドップラーレーダーに関する開発的研究)
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、ドップラー機能を生かして、航空機離着陸域(＝ターミナルエリア; 空港から概ね半径 50～60 km)を中心とする低空域で発生するウィンドシャーや雲霧の発生を検出・観測するレーダーを開発し、その評価を行った結果を論じたもので、以下の 9 章から成っている。

第 1 章は序論であって、対象とする空域と大気現象を論じた後、適合するレーダー周波数について述べている。

第 2 章では、第 4 章以降で実際に開発されたレーダーに適用されている機能を中心に、レーダーの基本的な知識を整理し、大気現象に対するレーダー波の散乱の特性、強度信号、ドップラー情報の時間領域と周波数領域での扱い、及びレーダー計測に伴う誤差等を論じている。

第 3 章では、世界で稼働している気象関連レーダーとそのネットワークを概観し、併せてアメリカの TDWR (Terminal Doppler Weather Radar) と本論文の開発対象である低層ウィンドシャー検出用レーダーの比較、及び各種の既存ミリ波レーダー等と本論文で述べる雲霧観測レーダーとの比較を行っている。

第 4 章から第 6 章においては、低層ウィンドシャー検出用ドップラーレーダーの開発を論じている。第 4 章では、新たに開発した低層ウィンドシャー検出用の 5.3-GHz ドップラーレーダーのシステム及びハードウェアを詳述している。我が国及び一部の東南アジア地域では、主要空港の多くが山や海岸近くに位置することから、地理的及び気象的条件には米国に比べて格段に厳しいものがある。従って、レーダー受信信号から不要信号を排除し、正確なドップラー計測を行うために、時間領域だけでなく、時間領域及び周波数領域の各々の特徴を生かして交互に変換しながら受信信号の処理を行うことが適切であることを示している。次いで、リアルタイムで上述の処理を行うシステムを実現し、そのハードウェア性能をフィールド観測により確認したことが論じられている。

第 5 章では、上記の低層ウィンドシャー検出用ドップラーレーダーの送信管用として、S バンド及び X バンドで実績を持つシミュレーション技術を適用して、新たに開発した 5.3-GHz クライストロンについて論じている。即ち、200 kW 以上の出力を持ち、小型軽量で位相の安定化を図ったクライストロンの開発プロセスと、その評価結果が示されている。

第 6 章では、低層ウィンドシャー検出用ドップラーレーダーの検出アルゴリズム、及びこれを組み込んだ実用レーダーのフィールドでの検出結果を述べている。まず空港敷地内での設置を前提に、新たに開発されたレーダー設置点の近傍でもウィンドシャーの検出が可能なアルゴリズム、予兆抽出機能、及び検出パラメータの設定等を述べ、次いでフィールド評価結果を示している。また、本機能を組み込んだレーダーは、既に国内 4 カ所の主要空港で実運用に入っており、低層ウィンドシャーの検出率が 95% に達することが明らかにされている。

第 7 章及び第 8 章においては、雲霧観測用の 35-GHz ドップラーレーダーの開発とフィールド評価を論じている。第 7 章では、まず雲霧観測に適するレーダー周波数、雲霧の立体構造及び平面分布を把握するために必要な空中線の三次元走査とそれに付随して求められるミリ波帯コヒーレントレーダーの高出力化への対応について述べている。次いで、ナイキスト

速度を拡大する手法と必要なハードウェア機能について論じ、さらに雲霧モデルを用いた検出感度の推定と誤差評価について詳述している。

第8章では、上記レーダーのフィールド評価結果を論じている。まず他レーダーとの同時観測等によってドップラー計測結果の妥当性を検証し、次いで雲霧の初期観測評価を行った結果を述べている。即ち層状雲及び積乱雲、次いで海霧の観測を行い、ほぼ雲霧モデルでの評価結果どおりの探知性能が得られることを確認している。また、積乱雲の連続的な観測結果のほか、初めて海霧の立体的な構造、平面分布とその時間変化等が示されている。

第9章は結論であり、本論文で得られた成果と将来の展望を纏めている。

論文審査の結果の要旨

航空機の安全な運航には、気象状況を的確に把握することが必須であり、雷雲、乱気流、機体への着氷等の現象を把握するために様々なセンサーの開発が進められている。一方、航空機が離着陸する低層域で発生するウィンドシヤー（風の急変）や視程の悪化の原因となる雲霧に関しては、センシングシステムが十分ではなく、その開発が待たれていた。これに対して本論文は、低層ウィンドシヤー検出用の5.3-GHzドップラーレーダー、及び雲霧観測用の35-GHzドップラーレーダーを開発し、併せてフィールド観測評価を行った結果を論じている。得られた主な成果は次の通りである。

(1)低層ウィンドシヤー検出においては、米国で運用されている同種レーダーにはない、我が国の地理的、気象的条件に対応した処理手法を開発し、次いでウィンドシヤー検出のための細部パラメータを決定した。レーダーのリアルタイム処理によるドップラー速度計測は、従来は時間領域のみで実施されるのが一般的であった。一方、本レーダーでは低空域のレーダー観測に伴う不要信号の混入にも十分に対処できるように、レーダー受信信号を時間領域と周波数領域で交互に変換しながら不要信号をリアルタイムで除去する手法を考案し、実用化した。フィールド検証の結果、低層ウィンドシヤーの検出性能は95%に達している。

(2)雲霧観測においては、ミリ波帯では困難と見られていた高送信出力コヒーレントレーダーを、送信位相参照手法を用いたペアパルス方式のマグネトロンドップラーレーダーで実現した。これにより、ナイキスト速度の拡大を図ること、及び送信管のデューティ比の制約を回避すること、の2つの課題が同時に解決された。また、ミリ波ドップラーレーダーでは殆ど例がなかった空中線の全天走査を実現し、雲霧の立体構造や平面分布の把握を可能にした。層状雲及び霧のモデルを用いて実施した探知性能シミュレーション結果とフィールド初期観測結果がほぼ合致することも確認されている。

低層ウィンドシヤー検出用ドップラーレーダーは、既に我が国の主要4空港で実運用され、良好な検出・運用実績を示している。また、雲霧観測用ドップラーレーダーは、航空気象研究のみならず、雲物理研究にも有力な手段を提供するものと評価される。本論文は、これらのレーダーのシステム開発とフィールド評価に関する研究を纏めたもので、学術上實際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13年12月21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。