

氏名	かわののりゆき 河野宜幸
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	情博第39号
学位授与の日付	平成13年3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	Study of Spatial Domain Interferometry Technique with Atmospheric Radars (大気レーダーを用いた空間領域干渉計技術に関する研究)
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

本研究では大気レーダーを用いた空間領域干渉計法観測に関してコンピューターシミュレーションとMUレーダーを用いた観測結果に基づき、風速推定精度と大気の詳細構造がレーダー観測に及ぼす影響について研究を行った。

大気レーダーを用いた大気観測技術としては、現在、ドップラー法が主流である。一方、空間的に離れた複数の受信アンテナを用いる空間領域干渉計法観測は主として Spaced Antenna (SA) 法と Spatial Interferometry (SI) 法に大別され、前者は水平風速推定に、後者は受信電波到来角の推定に用いられる。

本研究では、まず SA 法についてコンピューターシミュレーションを用いて水平風速推定に関するランダム誤差の比較を行った。この SA 法を用いた風速推定法では、信号の相関関数全体を計算に用いる Full Correlation Analysis (FCA) 法が実用化されている。それに対して相関関数の一部を用いる手法が示され、本研究ではこれを Partial Correlation Analysis (PCA) 法と呼び、この二つの手法について風速推定精度に関する研究を行った。

第三章では、信号に雑音成分が含まれていない場合についてシミュレーションを行った。その結果、全体として FCA 法と PCA 法はほぼ同程度の推定精度を示した。個別の変化としては、風速が早くなる、観測時間が長くなる、あるいは相関距離が短くなる条件下で推定精度が良くなる傾向を示した。また、アンテナ間距離が長すぎる、または短すぎる場合には FCA 法では推定精度が悪くなるが、PCA 法ではアンテナ間距離が短い場合でも安定した推定精度を保っている。

第四章では、信号に白色雑音を加えた場合について同様にシミュレーションを行った。雑音成分は自己相関関数の零ラグにスパイク状に現れるが、その成分を除去しても雑音無しの場合に比べ、風速推定誤差が大きくなることが分かった。また、風速が大きくなる、アンテナ間隔が狭くなる、という条件のもとでは雑音の影響が大きくなることが明らかになった。これは、雑音の影響で相関関数の形そのものが崩れ、その結果、推定誤差が大きくなったものと考えられる。相関関数の一部しか用いない PCA 法よりも相関関数全体を用いる FCA 法の方がその影響を強く受け、FCA 法に比べ、全体的に PCA 法が僅かながら良い結果を示している。

次にアスペクト比の強い乱流層の周辺について、そのシステム誤差を観測的に明らかにするために MU レーダーを用いた観測を行った。このような乱流層の周辺ではレーダーのビーム照射中心方向とは異なる方向からの散乱が主体となりうるということが報告されていて、ドップラー法による風速推定に誤差を生じる要因となり得ることが報告されている。

第五章では、水平風速推定について解析を行った。乱流層が平面状である場合、受信電波到来方向はより天頂側にずれ、この特性を用いて水平風を補正できることが報告されている。しかし、切離低気圧の通過後に現れた乱流層の観測結果は受信電波到来方向は一樣に天頂側に偏移せずに、大きく揺さぶられており、乱流層が平面構造を持たないことを示している。この場合の水平風速推定には、SI 法を用いた補正や SA 法がより有効である。

第六章では、乱流層による鉛直流推定への影響を検証するため、大気重力波のパラメータと共に調べた。この乱流層は平面状の構造をしており、水平面に対しておよそ0.7度傾いている。これにより、鉛直ビームの受信電波到来方向が天頂から

ずれるため、鉛直流は水平風速の影響を受ける。これを補正した結果、高度方向に上昇流下降流を交互に繰り返していた鉛直流の分布が、高度方向に上昇流か下降流かの一様な分布となった。また、この乱流層の周辺で一時的に確認された大気重力波のパラメータをこの補正した鉛直流を用いて導出したところ、大気重力波の波面はこの乱流層に並行で、その鉛直方向の移動速度もほぼ等しいことが分かった。これより、この乱流層は大気重力波の破碎によって生じたものと考えられる。

第七章は結論であり、本論文で得られた成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、大気レーダーを用いた空間領域干渉計技術について、コンピュータシミュレーションと京都大学 MU レーダーを用いた観測結果を解析し、大気レーダーの標準観測手法であるドップラー法の風速推定に誤差を含むことを示し、空間領域干渉計技術を用いる意義を論じたものである。従来から Spaced Antenna (SA) 法の解析に用いられてきた FCA 法と、近年示された手法 (PCA 法) について、コンピュータシミュレーションで推定されたランダム誤差を比較すると、ノイズが無い場合ではほぼ同程度の推定精度を示し、ノイズが含まれる場合では、この PCA 法が FCA 法の推定精度を上回る場合が多いことが示された。また、MF, VHF, L-band の三波長帯のレーダーを用いてランダム誤差をドップラー法と比較した場合、波長が長い MF レーダーが最も SA 法に優位であることが示された。しかし、風速変動が激しい場合に長時間の時間積分を行うと、SA 法の風速推定は過小評価となることが指摘された。また、MU レーダーを用いた観測との比較でも、シミュレーション結果とよく一致する結果が得られた。さらに、アスペクト比の強い乱流層に起因するレーダー観測のシステム誤差について MU レーダーを用いた観測結果を解析し、乱流層周辺ではドップラー法の観測は鉛直流の推定に大きな誤差を生じることが示された。空間領域干渉計技術を用いて鉛直流を補正すると、乱流層と大気重力波の波面が平行になることから、乱流層が碎波によって生じたことが指摘された。また、天頂角 10° のビームを用いた水平風速推定においても、ドップラー法ではこの乱流層の影響は避けられず、水平風速推定に誤差を含み、システム誤差の観点から空間領域干渉計技術の優位性が示された。

上記の成果は、大気レーダーに空間領域干渉計技術を用いることの意義を十分に記述したものであり、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13年2月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。