

デジタル受信機アレイを用いた赤道大気レーダーマルチスタティック観測

A multistatic observation with Equatorial Atmospheric Radar extended by digital receiver arrays

西村 耕司[1]; 後藤 英公[1]; 佐藤 亨[1]
Koji Nishimura[1]; Eikoh Gotoh[1]; Toru Sato[1]

[1] 京大・情報学
[1] Informatics, Kyoto Univ.

通常大気レーダでは送受信に同一のアンテナを用いるモノスタティック方式が用いられており、ビームを走査することより得られる複数の視線方向速度から風速場の空間一様性を仮定することによりベクトルの 3 成分を推定する。エコーを同時に複数の地点で観測するマルチスタティック方式では空間一様性を仮定することなく風速ベクトルを推定するため、空間分解能を向上させることができる。またアダプティブな信号処理によりクラッタ抑圧を行うことで空間分解能、感度および風速推定精度を向上させることが可能となる。

本研究では PC 搭載型の AD 変換ボードを用いたデジタル受信機システムを開発することにより、大気レーダでは初めてアダプティブなマルチスタティックシステムによる観測を行った。

通常大気レーダでは大型のアンテナアレイもしくは開口面アンテナを用いることにより高い指向性を得る。しかしマルチスタティックシステムにおいて少数のアンテナにより構成される受信サイトではそのような高い指向性を得ることは難しく、クラッタによる干渉の問題はより厳しいものとなる。このためマルチスタティック観測においてアダプティブにクラッタを抑圧することが重要になる。クラッタ抑圧のための適応制御アルゴリズムとしては方向拘束電力最小化法(DCMP, MVDR)が知られるが、相関行列の特異性に起因するサイドローブの上昇およびメインローブの変形が発生する場合がある。大気レーダの観測方向はメインローブ形状により決定されるため、メインローブの変形は観測誤差となる。よって上記のアルゴリズムに対しメインローブ方向および形状の保存を考慮した、ノルム拘束付き方向拘束電力最小化法(DCMP-CN)を用いるものとする。

クラッタの抑圧を行うことによりドップラーシフトの小さいエコーに対する速度推定精度が向上するため、特に速度の小さい鉛直風速の推定などに有効である。

観測は 2004 年 9 月 25 日から 29 日にかけて赤道大気レーダ(EAR, インドネシア)において行われ、100 時間程度の観測データが得られた。

エコーをコヒーレントに合成することにより得られたドップラースペクトルでは山岳および大地からのクラッタが

ドップラー速度 0 付近で強く観測されているが、アダプティブクラッタ抑圧を行ったドップラースペクトルではクラッタ抑圧しないスペクトルに比べて干渉が除去されドップラーシフトが小さい大気エコーも読み取ることができる。また通常のコヒーレント合成スペクトルにおいて高度で 6km 以上の高々度からのエコーがほとんど確認できないのに比較して、クラッタ抑圧したスペクトルでは連続的にエコーが受信されていることが分かった。

これは信号処理過程で広がったクラッタスペクトルのすそが除去されたことによりノイズフロアが本来のノイズレベル付近まで下がったことによる。さらに通常の大気レーダでは観測の困難な 1km 程度以下の低高度からのエコーも観測することができ、境界層の解析において新たな情報を提供する可能性もある。

EAR におけるデジタル受信機アレイを用いたマルチスタティック観測システムにおいてアダプティブクラッタ抑圧が可能である。これにより鉛直風など非常にドップラーシフトが小さい場合も速度の推定が可能になるだけでなく、高々度からの弱いエコーも識別できるようになる。