

FMCW 型 Ka-band レーダの開発

*大東 雄二(三菱電機特機システム株式会社) 田尻 拓也、中里 真久(気象研究所)

1. はじめに

安定的水資源確保あるいは渇水対策のための人工降雨・降雪技術の中で、シーディングに適した雲の出現頻度のモニタリング技術開発は、最適シーディング法開発・シーディング効果の評価法開発と並んで重要な要素である。シーディングに適した雲を検出するためには、多波長レーダ、多波長マイクロ波放射計、暖候期には2波長ライダーなどを組み合わせたシナジー観測のデータを用いて、雲の微物理構造を推定するアルゴリズムを開発する必要がある。モニタリング観測で使用するために、長時間(シーズンを通して)安定に且つ低ランニングコストで動作するFMCW型のKa-bandレーダを開発したのでその概要を報告する。

2. レーダの概要

現在、日本国内で運用されているKa-bandレーダはマグネトロンによる送信を行っている。送信尖頭出力100kWであるが寿命が千時間程度であり、長時間の連続観測においては膨大なコストを必要とする。天頂方向の長時間観測において、安価に長時間観測を可能とするため送信管に寿命数万時間以上の実績がある進行波管(TWT)を用いてKa-bandレーダを開発した。ミリ波帯の進行波管はマグネトロンに比較して尖頭出力電力が低いため、変調方式にFMCW変調を採用した。

レーダ散乱断面積はレーリ散乱領域では波長 λ^{-4} に比例する。本レーダは微細な雲および降雪の観測を主目的とするため、これらの微細な粒子の感度を向上させる目的で周波数を35GHz(Ka-band)に設定した。

屋外に設置する空中線装置は送信と受信を同時に行うFMCW方式であるために送信用と受信用の2系統の空中線を設けている。送信系から受信系への回り込みを防止するために、送信用空中線と受信用空中線の間を電波吸収体で遮蔽した。遮蔽部の頂部にレドームを設けて降雨・降雪の侵入を防止している。送信部および受信部は給電損失を低減のため、それぞれの空中線装置の下部に設置している。信号処理装置は信号処理部とパーソナルコンピュータで構成し、屋外に設置した空中線装置とケーブルで接続している。

信号処理装置でVHF帯のスweep信号を作成し、空中線装置の送信部に送出し、35.25GHzのKa-bandに変換して電力増幅を行い、送信用空中線から鉛直方向に送信する。新規に開発した進行波管増幅器(TWTA)を用いて、送信電力は100Wと従来のFMCW型レーダと比較して大出力を実現した。受信用空中線で受信した信号は受信部で増幅した後、VHF帯に周波数変換して信号処理部に送り、送信波と混合した後、AD変換を行い、その後FFTを行っている。

FMCW型Ka-bandレーダの回路構成を図1に示す。

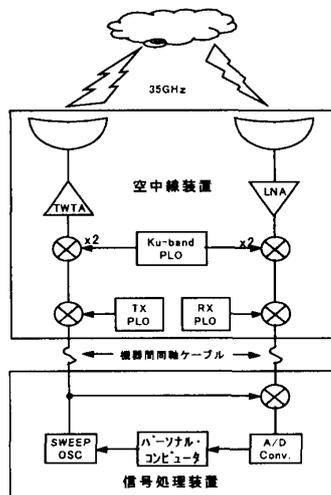


図1 FMCW型Ka-bandレーダの回路構成

3. 装置の主要諸元ほか

開発したFMCW型Ka-bandレーダの外観を図3, 4に、主要な諸元を表1に示す。



(3500W x 1500D x 2300H)

図3 空中線装置

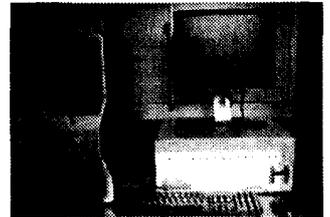


図4 信号処理装置

表1 主要諸元

・ 周波数	35.25GHz
・ 空中線	直径 1.2mφ 利得 46dBi nom.
・ 送信電力	100W
・ 観測高度	15km max
・ 距離分解能	50m
・ プロダクト	信号強度およびドップラー速度

4. 初期観測

本レーダを用いた降雪雲観測を天頂Xバンドレーダ、マイクロレインレーダ、多波長マイクロ波放射計と同期観測を行ってきた。これらの観測データと相互評価を行い、性能評価を継続して行く予定である。観測画面の一例を図2に示す。

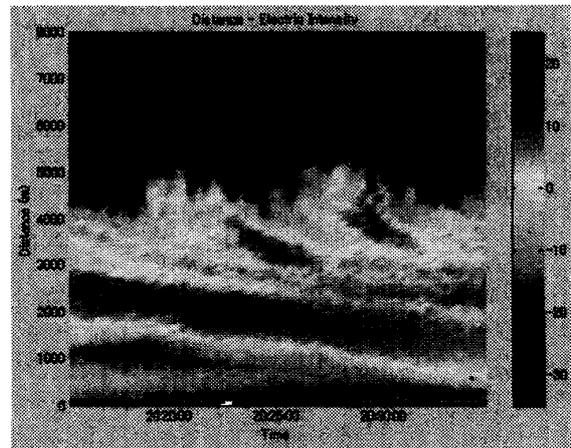


図2 観測画面例(RTI表示)

5. 今後の展開

2007年12月から降雪雲を対象に観測を開始したが、今後は雨雲・降雨観測を行う予定である。また、Ka-bandのパルス方式のドップラーレーダと同時観測を行い、性能評価を実施していく予定である。

6. 謝辞

本レーダは文部科学省 科学技術振興調整費による気象庁 気象研究所を中核機関とした「渇水対策のための人工降雨・降雪のための総合的研究」のリモートセンシング装置として開発しました。本開発にあたりご助言いただいた気象庁 気象研究所 物理気象研究部村上先生ほか研究参画者各位殿に御礼申し上げます。