

広帯域レーダの製作

Development of the Broad-band Radar

牛尾 知雄 [1]; 妻鹿 友昭 [2]; 森本 健志 [3]; 河崎 善一郎 [4]

Tomoo Ushio[1]; Tomoaki Mega[2]; Takeshi Morimoto[3]; Zen Kawasaki[4]

[1] 大阪大・工・情報通信; [2] 大阪府大・工・航空; [3] 阪大・工・電情; [4] 阪大・工・通信

[1] Osaka Univ.; [2] Dept. Aerospace Eng., Osaka Pref. Univ.; [3] Osaka Univ.; [4] Dept. of EEI. Eng. Osaka Univ.

近年の日本社会の高度化に伴い、集中豪雨などの災害気象に対する警報、正確な情報伝達の必要性は、年々広く認識されるようになってきている。こうした短時間に甚大な被害を及ぼす気象現象は、その生成が、極めて短時間、局所的に為されることから、どの時間にどの場所とといったピンポイントでの観測、ひいては予報や警報が必要となる。

通常の気象レーダでは、時間分解能が数分、空間分解能が数百メートルであるため、雷雨やそれに伴う集中豪雨のような、より分解能の高いスケールでの気象現象の解明は遅れている。例えば、雷雲内の鉛直上昇速度は、時に秒速数十メートルにも達する。こうした時間スケールの早い現象が、雷雲の構造を数十秒毎に変えているため、従来の気象レーダの分解能である数分スケールでは、各スキャン間で、雷雲セルの像が変わってしまうことが多く、これ以上のスケールの現象を問題にすることはできなかった。さらに、雷雲セルの中の挙動、即ちマイクロセルスケールの現象が存在しこれが竜巻の生成に先立つことが米国での観測から指摘されており、集中豪雨や竜巻などの現象、その予兆現象の抽出にはこうしたより高分解能の時間空間スケールの観測システムの製作と観測が必要である。そのため、本研究では、送信信号に広帯域信号を用いることにより、高速高分解能レーダの技術開発を行うことを目的としている。

本研究では、高速高分解能レーダの開発を行うことが、目的である。そのため、研究計画において、まず、送受信機システムの製作と小電力での降雨観測とアルゴリズムの開発を行い、降雨観測に対する有効性を検証した後、製作したレーダシステムの大電力化とアンテナ回転機構を付与し、開発を行った。

本レーダは主に、任意信号発生器 (AWG)、送受信機、A/D 変換ボード、GPS、送受信アンテナで構成されている。任意信号発生器では、任意の送信信号を作成することができ、今回の降雨観測では帯域 80MHz のチャープ信号を作成し出力している。送受信機の送信部では、二つの PLO で任意信号発生器からの信号を中心周波数 15.75GHz までアップコンバートし、また受信信号も、同様に 2 段の PLO によってダウンコンバートし、IF 信号を直接記録している。送受信アンテナは、ともに垂直方向に向けて設置しており、送受信力セグレンアンテナは直径 60cm でビーム幅約 2 度、利得が約 33dB となっている。本レーダのシステムでは、GPS から出力されている高精度 10MHz 基準信号を用いて、A/D 変換ボードと任意信号発生器の内部クロックを同期させており、また、データ取得用の PC Disdrometer、さらに比較に用いる Micro Rain Radar との 3 台の PC 間での時刻同期も行っている。

降雨を対象として、小電力による鉛直上向き観測を行った結果、降雨のプロファイルが高分解能で詳細に得られていることができた。また、近接して設置されているマイクロレインレーダによって観測された同時刻の鉛直プロファイルも、極めて類似した傾向を示しており、本システムが、高い分解能と信頼性を有していることがわかっている。また、高度 40m の地点におけるレーダ反射因子の時系列変化は、併設しているディスドロメータ算出されるレーダ反射因子の時系列変化と極めて類似した傾向を示し、相関係数 0.98 であった。このことから開発したレーダが高精度で降雨を計測していることがわかる。

さらに、送信に広帯域信号を用いて降雨エコーに伴う受信信号変動を低減し、高速スキャンニングを可能にする原理を、定量的に検証するため、広帯域信号と単一周波数の両方の送信信号を用いて降雨観測実験を行った。本実験では、送信に 80MHz の帯域幅の FM チャープ信号と単一周波数の 2 種の送信信号について、パルス幅 1 マイクロ秒、パルス繰り返し周期 300 マイクロ秒、パルス数 64 で、送受信アンテナを鉛直上向きに固定した観測を行った。サンプリング周波数は 400MHz、12 ビットで、中間周波数信号を A/D 変換した後、2 乗し、1 マイクロ秒間、平均化処理を行った。その結果、単一周波数での標準偏差は、受信電力値と同じ程度であり、広帯域信号を用いた場合は、0.1 倍程度であることが実験的に示された。即ち、広帯域信号を送信に用いることによるレーダ受信信号の強度の変動が、改善されたことになる。これは、理論的に予測される $1/\sqrt{BT}$ (B:帯域幅 T:パルス幅) の 0.11 に比べて同等程度となっており、多数のパルスを照射することによる変動成分の低減効果が、一回の広帯域信号を使用することによっても、等価的に得られていることが示されている。即ち、広帯域方式が、アンテナの高速回転に、原理的に資することがわかる。以上のようにして、高速高分解能レーダが開発された。