

月例会「レーダ気象」の報告

昭和54年度「レーダ気象」の月例会が、12月13日(木) 9時30分から16時まで、東京管区気象台会議室で開催された。今回の月例会は、レーダ協同調査に関連した研究報告を中心にして、午前と午後に分けて進められた。出席者は、地方レーダ官署からの20名を含めて約40名になり、最後まで活発な討論が行われた。各研究報告の要旨は次の通りである。

午前：降水調査関係

MTI 気象レーダにおける大地クラッタ変動の 要因と除去の改善策について

青柳二郎 (気象研究所)

気象庁では、国内気象監視体制の整備に関して、雨量の短時間予測に用いる目的で各気象レーダからのレーダデータを気象庁の大型電子計算機に送り込む計画を立てているが、これに必要なレーダ信号処理装置の開発を気象研究所が行なっている。

この装置の主要機能の一つは、大地クラッタを除去し降水エコーのみを有効情報として取り出すことである。本装置では、この目的のために移動目標物検出方式(Moving Target Indicator)を用いているが、実際の大地クラッタ振幅は、多少なりとも変動しており MTI 消去器(高域周波数逕波器)出力に消え残りを生ずるのでその原因と改善策について検討した。

変動の原因について装置側によるものは、まず最小受信強度を決めるレーダ雑音である。この雑音は受信機入力端でクラッタに重畳するが、消去器入出力電圧比で定義されるクラッタ消去比はその入力レベルの増加と共に改善される。

しかし、第2の要因としてレーダ送信管直流高圧電源に含まれるリップルの一定の含有率のため、クラッタレベルの増加と共に前記レーダ雑音による消去比の改善に限界を与える結果となり、装置による最大達成消去比は30 dB 程度である。

また、PPI 観測では、空中線走査によってクラッタはビームパターンによる振幅変動を受ける。標準気象レーダでは、レーダ雑音との兼ねあいもあり、遅延線を1ヶ用いたいわゆる単一消去器では、空中線走査による消去比の劣化が卓越するが多重消去器ではレーダ雑音による方が卓越する。したがって、実用上は二重消去器を用い

ることによって空中線走査から生ずる振幅変動の影響を除外することができる。

外部要因として、伝搬路上の媒質のゆらぎと大地目標物表面の樹木の風によるゆらぎとがある。この変動の一つは、約 30 Hz 以下の比較的低い周波数領域で卓越した成分で MTI 逕波器によって除去される。一方他の成分は、前記領域を越えて信号処理周波数範囲にわたって大略一様に分布しているものであって、これを取り去ることはできず最大 5 dB 程度消去比を劣化させる。

したがって、本来の MTI 方式では消去しきれないクラッタ残査を完全に消去するのに二つの方策を取り入れた。一つは、空間平均効果であって N km-mesh の距離分解能では N^2 データの平均化が行なわれ、低入力レベルのクラッタに対して有効である。第2の方法は、特定の消去比値以上の変動成分を強制的に除去するもので、強入力レベルに対して有効である。なお、実測によると 10 km-mesh のレーダエコー図では平均効果のみで大地クラッタを除去すると共にクラッタに重畳した降水エコーを取り出し得たが、今後さらにこの mesh 分解能をあげる見通しを得た。

デジタルレーダエコー図による降水域特性の 再現性

青柳二郎 (気象研究所)

デジタルエコー図の品質は、利用者の要求によって左右されるものであるが、実況監視の立場から対流雲の降水セルまでも再現しようとする、少なくとも 2 km-mesh の分解能は必要である。

もしその分解能を粗にすると、2倍ごとレベルで表わしたその降水エコー域の最大強度域はたちどころに消滅してしまう。一方、層状性の降雨の場合には、5~10 km-mesh で最大雨量強度 8 mm/hr レベルがそこなわれずに再現される。

一方、エコー図の更新間隔を相互相関係数 ρ で扱い、 $\rho=0.5$ を与えるエコー域変化時間長を更新レートの限界とすると、対流性雲の最盛期を含めた層状性雲の更新レートは30分以上にもとることができる。

現在用いられているスケッチ図とデジタルエコー図との対応についても調べた。

スケッチ図は、観測者がレーダスコープ上に透明紙をあててエコーのトレースを行なうが、その大きさは、ト

レース最小スポット 1 mm とすると 2 km 程度であつて降水セルの大きさに相当する。したがって、デジタルエコー図もこれに対応させるために 2 km-mesh で再現させる必要がある。

しかし、スケッチ図でのトレースは、人為的に行なうための荒さと個人差のため、デジタルエコー図でもエコー域全体を直接 2 km-mesh で表示する必要はない。したがって、本実験ではデジタルエコー図を 5 km ほどの格子点でエコー強度を表示するが、その際の代表値として 5 km-mesh 内 (25ヶのデータ) で得られる 2 km-mesh 域 (4ヶのデータ) 降水エコー強度の最大値を用いて両者の良い対応を得ることができた。

また、スケッチ図では仰角を変えていわゆる中空の強レベルエコーのトレースを行なうが、たとえば近距離の上空エコーあるいは山岳でしゃへいされた背後の降水エコーを山越しに観測するため仰角をあげる場合を除いて、0.5~1度の仰角で固定して差し支えないこともわかった。

気象レーダの3次元的表示について

松浦和夫 (名古屋地方気象台)

気象研究所が名古屋地方気象台において実用化試験を行なった MTI 気象レーダに結合された計算機には情報処理機能をもたせることができた。その例として、アンテナの傾きを変えたデータを組み合わせて得られる3次元的情報の表示法について述べた。名古屋地方気象台において新たに作成したプログラムにより得られた、一定高度強度分布 (CAPPI)、エコー頂高度分布、鉛直積分強度分布のリアルタイムカラー表示について紹介した。観測としては数多い機会を得なかったが、1979年9月30日から10月1日にかけての台風16号などのカラーズライドを例示した。

レーダ雨量係数のパラツキについて

入田 央 (名古屋地方気象台)

DIREP (Digital Radar Echo Processor) によって得られた 10 km メッシュのデジタルエコーを30分毎に積分して求めた1時間レーダ雨量 (R_r) と、アメダス雨量 (R_a) の比 $f_r = R_a/R_r$ を52例使って、その水平分布の特徴を見ると、一般的に、700 mb の風による山岳風上端と山岳部で f_r は大きな値をとる。

しかし、これらの f_r はいつも一定の値をとるとは限らず、とくに Cu 系の降雨パターンの場合、 f_r のバラ

ツキは大きい。

アメダス地点で 700 mb 風向別に f_r の平均値を求めておき、実況での f_r との偏差の特徴値を見ると、1978. 9. 16日の場合のように 50 mm/hr 以上の雨をもたらす強雨核で f_r は大きく偏差も大きい。さらに、その偏差は 2~3 時間の周期的な変化をしていたようである。

これは一例にすぎないが、 f_r のバラツキがエコーの発達・衰弱に関係していることを示しているのではないだろうか。

レーダ雨量とアメダス雨量の比較

小野木茂 (東京管区気象台)

昨年6月から9月の間、東京レーダに日本無線(株)開発の地形エコー除去装置 (MTI 方式) が取り付けられ、試験運用が行なわれた。これに際し、8月の1カ月に観測された降水エコーについて、レーダ雨量とアメダス雨量との比較を行なった。

この装置は、地形エコーを除去し抽出した降水信号を積分平均化したのち、6段階のグレースケールで PPI に表示する機能を持っている。また、レーダの距離補正は 140 km までの ATC を使用し、グレースケールの段階はレーダ雨量にして 4 mm/h 以下、4~8 mm/h、8~16 mm/h、16~32 mm/h、32~64 mm/h、64 mm/h 以上に調整した。そして、アンテナ仰角 +0.5° で撮影したエコー写真から1時間当たり6枚を使い、アメダス地点上でのレーダ時間雨量を算出した。このとき、グレースケールの各段階の代表値は中央値とし、4 mm/h 以下の段階では 3 mm/h とした。また、観測したエコーの特性は、季節がら殆んど対流性であった。

このようにして得られた各地点、時刻のレーダ雨量で、同一地点、同時刻のアメダス時間雨量を除いた値 f_r の平均は、等ビーム高度 1 km 以下の地点では 1.8、相関係数 r は 0.71、また、アメダス雨量 10 mm/h 以上のデータのみで算出した f_r 値 (f_{R10}) は 3.3、等ビーム高度 1~2 km の地点では $f_r = 1.8$ 、 $r = 0.62$ 、 $f_{R10} = 3.7$ 、同じく 2~3 km の地点ではそれぞれ 2.6、0.46、4.7 という値を得た。このことから、等ビーム高度 2 km 以下の地域では、レーダ雨量とアメダス雨量の相関は比較的良好いことがわかった。また、1地点での雨量の時間的变化でも、両者は似かよった変化を示した。

今回の調査では、多雨量のデータはアメダス雨量として 60 mm/h 前後で、このときのレーダ雨量は 10 mm/h 前後である。このように強い降雨の場合にレーダ雨量

が少なく出るのは、強いエコーは面積の小さい場合が多く、エコー写真からデータを読み取る時に、PPI画面や写真、アメダス地点地図などに歪みやずれがあり読取り誤差を生じること、MTI装置で信号が積分されるためにエコーの強い部分がつぶれてしまうことなどに起因すると考えられる。

午後：風および気温調査関係

アメダスの風とレーダエコーの発達・衰弱について

入田 央 (名古屋地方気象台)

東海地方にもアメダス4要素の観測網が展開された。そこで特に風を利用して得られたうず度と発散とレーダエコーの発達・衰弱の関係を調べてみた。

風の解析は、竹村(気象庁)の示した地形と距離によって重みを付けて10kmメッシュに推定値を得る方法を取り、レーダエコーも10kmメッシュでデジタル化されたデータを使う。

これまでの調査でレーダエコーの移動客観化には相関法かミニマムディファレンス法が有効であることがわかったので、30分間隔で移動を求め、両者を比較して発達・衰弱域を求める。

この結果、正のうず度および収束域とレーダエコーの発達は比較的良好だが、負のうず度および発散域とエコーの衰弱とは対応が良くなかった。

次に、エコーの発達・衰弱の見積りが30分間隔で観測されたレーダエコーから得られていることから、とくにうず度について、1時間の偏差をとってその対応を調べてみると、正偏差のところではエコーの発達、負偏差のところではエコーの衰弱する傾向が60%以上の対応していることが見いだされた。

この特性を使って、レーダエコーの予測に利用できないかというのが主目的であるが、それには定量化することが必要であり、今回の報告では、単純に正偏差で+1、負偏差で-1(5dB毎のデジタル表示)として予測を試みたにすぎないが、1時間で相関は0.84、2時間で0.68が得られた。

電算機処理による GMS, レーダおよびアメダスの

雷雨観測

里見 穂 (気象衛星センター)

田沢秀隆 (東京管区気象台)

昭和54年7月24, 25日, 関東付近で発生した雷雨につ

いて、静止気象衛星(GMS)、レーダおよびアメダスの各資料を電算機処理によって、それぞれの対応を行なった。レーダ資料は、東京レーダを2.5kmメッシュ、強度6レベル、グランドエコー除去済に変換したデジタルレーダMTを使用した。

アメダスとレーダとの対応では、アメダス雨量を10kmの格子点(28×32点)にデータを補間し、各格子点におけるレーダ雨量(レーダ雨量強度, 時間積分)との関係を調べた。その結果、各格子点ごとの時間雨量との対応(アメダス雨量/レーダ雨量の比)は0.5~10.0となり、あまりよい対応がとれなかったが、降雨域パターン、降雨総量ではよい対応がとれた。各格子点の比較では、雷雨のような局地降雨を10kmメッシュに補間したことと、レーダ雨量の時間積分(約10分間かく)において、エコーパターンが移動、変化がないものと仮定したためと思われる。

次に、レーダとGMS(IRデータを使用)との対応では、両観測時間が一致した7例についてみると、平均的にはレーダ雨量強度1(雨量強度0.5~1.0mm/hrに相当)と観測されるGMSによる雲頂温度は約-30~-40°C、強度2(1.0~4.0mm/hr)では-40~-50°C、強度3(4.0~16.0mm/hr)では-50~-60°C、強度4(16.0~32.0mm/hr)では-60°C以下に対応していた。また、GMSでみた雲域では、レーダで観測されるエコー域は雲域の風上側で多く観測されており、レーダ雨量強度1以上となる雲頂温度以下(この例では約-30°C以下)の雲域の60~70%がエコー域として観測されている。すなわち、GMSでみた雲域のうち、-30°C以下の領域では6~7割の範囲内で降水現象があるものと予想される。

降水の短時間予測へのレーダ・アメダスの利用について

柳沢善次 (気象研究所)

レーダ観測などから数時間後の降水を予測する場合、エコーの発生や発達・衰弱を適確に予測することが重要となる。今回の解析では、レーダ観測で得られたエコーパターン、エコーの移動など時間変化を調べ、これらの資料が降水の短時間予測に利用できるかどうかについて検討を行なった。

解析は台風7617号の資料を用いて行ない、岐阜県北西部に起きた豪雨は、名古屋レーダによると、伊勢湾内で発達したエコーが移動したものであり、この湾内でのエ

コーの発達特徴的な配列をした線状エコーの通過後に起きている。また、湾周辺の地上風、気温の急変によって、エコー発達域は強い収束場となった。

室戸岬レーダの観測では、室戸岬に豪雨(200mm/4 hr)の起きる数時間前から、円形のエコーがあらわれ、このエコーが室戸岬を通過後に豪雨が発生した。

次に、エコーの移動から求めた SPA wind の時間変化をみると、エコーの発達域付近ではエコーの発達し始める数時間前から強い収束場となっており、エコーの発達の弱まる時間には、SPA wind も発散の場に変化している。

現在進められているレーダ協同調査の「風および気温調査」で指摘している、エコーの発生や発達・衰弱の事前に予測することの可能性については、レーダ・アメダスのデータを併用することによってある程度可能である結果が得られた。しかし、このような現象は地域によって異なるので、多くの地域で事例解析を行なうことが必要であり、量的に予測するためには最大降雨強度、降雨の持続時間などの予測が重要となる。

レーダエコーの発達・衰弱について

中井公太(福井地方気象台)

東尋坊レーダサイトの、1976、1977年暖候期の観測スケッチ図を用いて、エコーの発達・衰弱分布を求め、その時間的変化と地域特性について調べた結果、次のことがわかった。

(1) エコーの発達・衰弱分布には、次の三つの特徴がみられる。(a) 発達域、衰弱域が停滞して移動しない場合(1976年9月13日)。(b) 発達域、衰弱域がバンド状に配列し、そのバンドが規則的に移動する場合(1976年4月23日)。(c) 帯状エコーパターンでは、その風上側に発達域が、風下側に衰弱域が分布し、立平の帯状エコー生成機構とよく一致する(1977年8月5日)。

(2) エコーの発達・衰弱には、地形の影響がみられる。エコーは山の風上斜面で発達する 경우가多く、風に対する山の勾配が大きいところでは、特に発達のパーセンテージが高い。

(3) エコー面積の増減を指標にして、発達・衰弱を調べた結果、エコーの上陸前1~2時間に最も発達するものと、上陸後2~3時間に発達するものとに分けられる。後者は、山の風上斜面に対応していると考えられ、(2)の特徴と一致する。

(P, 202より続く)

J.L. McGregor (Aust) は、6層プリミティブモデルを用い、各予報時間毎に熱低の周回データを修正しながら進路予報を試みたが、良い結果は得られていない。一方、力学的モデルにみられる系統的な誤差を統計的に修正する方法を、R.L. Elsberry・D.R. Frill (USA) が試みた。72時間内の異なった時間におけるデータを用いて、熱低の移動を含む予測子を決め、72時間までの12時間間隔の予報に対する回帰式を求めた。独立なデータに適用した結果、エラーベクトルで約20%改良された。熱低の移動は大規模場に支配されることおよび予報する時点で最適な回帰式を適用するという概念で、T.D. Keenan・F. Woodcock (Aust) は、熱低の移動予測を行なった。熱低の移動方向別に層別化を行ない、それぞれの範ちゅうの大規模場から回帰式を求める方法である。回帰式を用いる他の方法と比較した結果、約25%改良された。

熱低の強度予測について、L.J. Shapiro (USA) は、じょう乱が発達すると非線形項が卓越することから導いたパラメータにより、偏東風波動(アフリカン・ウェーブ)に適用した。1975から1979のデータを用いた結果によれば、発達する波については0~4日前に予測できたが、発達しない顕著な波に対しては予測が困難である。気象衛星データによる熱低の強度予測も、R.C. Gentry *et al.*, (USA) により試みられた。熱低近傍の相当黒体温度分布から回帰式を求め、24時間後の熱低に伴う最大風速を推定するもので、現時点で一応満足のゆく結果が得られたとしている。

これらの他に、フロリダのNHC (National Hurricane Center) やグアムのJIWC (Joint Typhoon Warning Center) における予報法のレビュー(N.L. Frank・J.W. Diercks; USA) や、気象衛星データ(赤外)を用いた熱低の強度推定法(V.F. Dvorak, USA) や、中心位置の決定法(島田, 日本)なども発表された。