

II - 20

3次元レーダ雨量計による雨雲と雨量の観測

(株)水 文 環 境 正 員 木下 武雄
元建設省利根川ダム統管 田中 長光
日本大学理工学部 伊藤 彰義

はじめに：レーダはよく知られているように、アンテナから電波を発射して、空中に存在する雨滴で電波が後方散乱されて帰ってきて、アンテナにて受信され、受信電力から、雨滴の濃度を求めて、雨量に換算しようというものである。アンテナの方位角・仰角及び電波の往復に要した時間で雨滴の位置（座標）が決まる。通常（PPI）はアンテナの仰角は2通りぐらいしか変化させないが、CAPPIという機能においては、アンテナ仰角を多数（例えば20通り）変化させる。方位角としては360°をまわすので、雨滴の分布が3次元（立体的）に観測されるので、適切な情報処理をすれば、雨雲（雨滴の集合）の3次元構造がわかるから、降雨の実態把握には大いに役立つ。降雨の実態把握とは、まず雨滴分布を目視しやすい形に表現すること、現在の降雨強度観測のみならず、短期の降雨の予測、できればダウンバースト等の激しい局地現象等についての予測も含む。しかし、現在の降雨強度といってもレーダでは空中の雨滴を測っているので、地上の雨量とは違うものであるとか、その他多くの問題がある。3次元レーダの運用開始に当たって、3次元レーダの長所を生かした実運用を模索中であるが、これまでの成果のうちの2、3の項目について、次に述べたい。

1. レーダ雨量計による受信電力 P_r は

$$P_r = C F K Z / r^2$$

と書ける。Cはレーダの金物によって決められる数値。下はソフト定数。K：大気、雨などによる減衰。rは距離で、Zがレーダ反射因子と呼ばれる。このZは雨量Rと

$$Z = B R^\beta$$

という形で書かれると言われている。適正なB、 β が既知ならZから雨量がわかる筈であるが、雨の種類等によって、この係数は変わる。役に立つB、 β を求めるために、地上雨量と相関のよい高度面のレーダ反射因子Zを選ぶ。これまではPPIとして、特定高度面におけるZの値が測られた。もし、そこが雨雲と無関係の高度面でも、そのデータを使わざるをえなかった。しかし、CAPPI機能によっては、3次元的な雨雲の分布がわかるので、地上雨量との関係が濃い高度面を選ぶことができる。この時、当該地点上の雨滴の鉛直分布上の重心の位置が高いもの（雨雲の平均位置の高いもの）と低いものでは、Z-R関係に相違がある。例えば図1では縦軸が $n = \log Z$ で横軸が雨量Rで、2000mの高度面よりの後方散乱波によるZ-R関係で、重心の位置の高さは色で分けてある。このような図は0mの高度面から順に描くと、次の傾向をもつ。0mでは1000mに重心があるものが割に相関がよい。2000mの高度面では、右下のグループを除くと、よく相関している。3000m、4000mまでは適当な大きさのnがあらわれているが、5000mになるとnの全体が減ってしまう。これは、5000mの高度面ではZ-R関係がとりにくいことを示している。2000mの高度面をとった図1において、重心が2000mのもののみを抜き出すと、図2のようになって、相関の高いZ-Rがえられる。これはこの高度面のレーダ反射因子を使えば地上雨量をよく再現できることを示している。

2. 鳥瞰図によって雨雲を観察できる。雲を観察すると同様に、雨滴群（雨雲）の形状を見ることができる。但し、雲粒は大変小さく、レーダの電波は後方散乱しないことになっているので、ここで現れる画像は雲粒を除去した大粒径の雨だけによる雲であるが、雲底高度・雲頂高度・横への拡がり、さらにそれらの時間変化を鳥瞰図で観察でき、雨雲の移動及び発達、減衰を予測でき、従って降雨の予測ができるのは大変有効である。鉛直に発達する雨雲の立体的性質の指標として、あたかもタマネギをむいて芯を出すように、画像処理によって、一つの高度面から次の高度面へ、隣接メッシュの範囲内において、最大値を結んで行くとどうなるかを試みた。雨雲の芯を探し出すことになり、その傾きとか長さによって、雲の特徴を定量的に明らかにしようとするものである。

この芯の真下に雨量計があった場合（1994年7月12日鹿沼）には大きな時間雨量を観測している。図3

3. 地上風の収束と雨雲の発達との因果関係は、地上風が収束するため上昇気流で雨雲が発達するか、雨雲が発達するために地上で風の収束があるかの関係である。収束は風のベクトルをVとして $\text{div} V$ で定義される。a, b, cの3点（座標 (x_a, y_a) 、・・・）で測られた風のベクトル（成分 (U_a, V_a) 、・・・）での上昇風は $(-V_c(X_b-X_a)-V_b(X_a-X_c)-V_a(X_c-X_b)+U_c(Y_b-Y_a)+U_b(Y_a-Y_c)+U_a(Y_c-Y_b))/(Y_c(X_b-X_a)+Y_b(X_a-X_c)+Y_a(X_c-X_b))$ と書けるので、AMeDAS観測所の風のデータを用いると、1994年7月12日八王子付近の風向風速等とレーダによる雨雲との関係は図4のようになる。雨雲が局在しているときには上昇気流域は雨雲移動の前面にあられる。雨雲が広がってしまうとその下は下降気流域になるという傾向がみられる。

まとめ：CAPPIという3次元レーダ機能により、雨雲の重心を考慮して相関のいい高度面での地上雨量を算出し、雨雲の特徴の一つとしての芯を描き出す手法や、地上風の収束と雨雲の発達との関係を利用して今後の雨の予測の手がかりなどをえた。さらに、3次元レーダの特徴を生かした量的考察を続けて雨量観測と予測の向上を測りたいと願っている。

キーワード：雨量、雨雲、レーダ

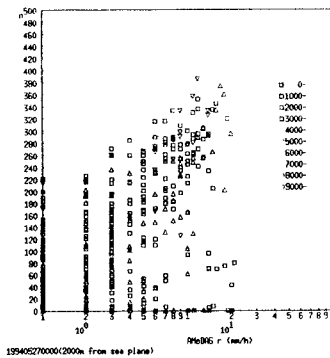


図1

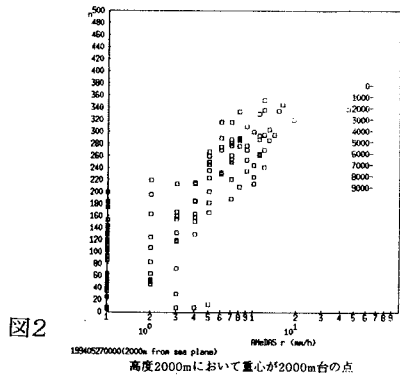
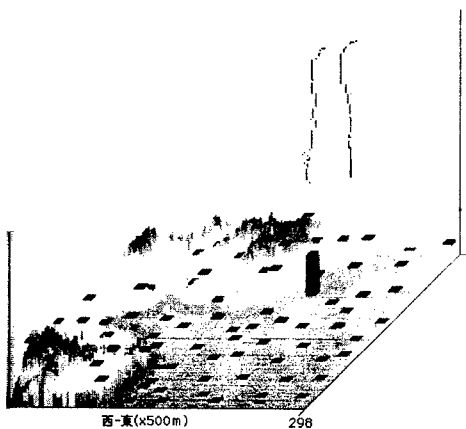


図2



方法1による抽出結果
(ただし高度はx50m+地図(100))

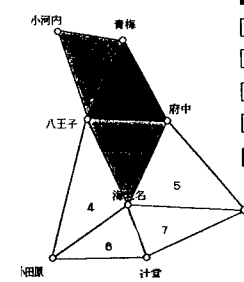
図3



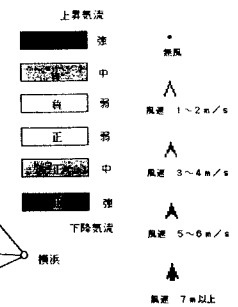
空3000mのセル断面図

アメダス風データ

7月12日16時



気流成分分布図



アメダス風データ
風速分類表

図4