

(27) レーダ定数 (B, β) の空間分布と地上雨量のオンライン予測について

九州大学大学院○古川 節 九州大学工学部 河村 明
九州大学工学部 神野 健二 九州大学工学部 西山 浩司
九州大学農学部 脇水 健次

1. はじめに 水文統計の基礎情報としての地上降雨は、渇水や洪水、その他の災害を防止する上で重要な要素となる。レーダ雨量計による雨量観測は、短時間に高密度、広範囲にわたる雨量情報を観測することから、地上雨量の短時間予測を行う上で有力な手段であるが、実際の地上雨量への実時間変換は容易でないのが現状である。変換のための手法として、レーダ定数を空間的には一定とし逐次推定する方法¹⁾や、時空間的に変化させる方法^{2),3),4)}等が考えられている。しかしながら、パラメータは降雨特性や地形的要因によっても変動し、実時間での逐次推定では場所によっては精度が悪くなる場合も見られた²⁾。本報では、レーダ雨量と地上雨量の残差平方和が最小となるようなレーダ定数を地上雨量観測地点毎に求め、レーダ定数の空間分布についての基礎的な検討を行う。また拡張カルマンフィルタ理論を用いて、地上雨量のオンライン予測を行い、その精度の検討を行っている。

2. 地上雨量のモデル化 レーダ雨量計は、回転するアンテナから放射された電波が空中の雨滴群に当たって散乱し、同一アンテナに帰ってくる受信波の大きさ(レーダ反射強度因子 $Z(\text{mm}^6/\text{m}^3)$)を用いて降雨量 (mm/hour)を求めるものである。この場合全方向から受信電力が得られ、それを方向別・距離別に時空間的平均化(本報では時間的には5分間の平均値、空間的には半径120kmの円を半径方向に40、円周方向に128分割したメッシュの面積平均値を Z とする)を行った後、レーダ反射強度因子 Z とレーダ雨量 R_r との関係を表されるレーダ方程式を用いて降雨量に変換する⁵⁾。

$$R_r = \left(\frac{Z}{B}\right)^{1/\beta} \quad (1)$$

ここに、 B, β はレーダ定数と呼ばれ、降雨の種類や地形的要因等により変動すると考えられるが、従来はレーダ定数を固定して降雨量を求めている。本報では、地上雨量 R_g を1時間の総降雨量として観測しているので、 $R_g(\text{mm/hour})$ とレーダ反射強度因子 Z との関係は次式で表される。

$$R_g(i,k) = \sum_{n=1}^{12} \frac{1}{12} \left(\frac{Z_n(i,k)}{B(i)}\right)^{1/\beta(i)} + w(i,k) \quad (2)$$

ここに、 $R_g(i,k)$:観測点*i*において時点($k-1$)から時点*k*までの1時間に観測された地上雨量(mm/hour)
 $Z_n(i,k)$:直上レーダメッシュにおいて同時間内に5分おきに観測されたレーダ反射強度因子 (mm⁶/m³)
 n :1時間を5分おきに区切った場合の時間ステップ ($n=1\sim 12$)
 $w(i,k)$:誤差項(mm/hour)

すなわち、レーダ反射強度因子は5分おきに観測されるので、これを1時間積算し時間雨量に変換し、以後式(2)第1項を平均レーダ雨量 \bar{R}_r とする。

次に、地上雨量のオンライン予測を行う上で、予測手法のアルゴリズムを簡単にするため、新しく変数 A, c を用いて式(2)を単純化し、式(3)を得る。

$$R_g(i,k) = \sum_{n=1}^{12} \frac{1}{12} A(i) Z_n(i,k)^{c(i)} + w(i,k) \quad (3)$$

$$A(i) = \left(\frac{1}{B(i)}\right)^{c(i)} \quad c(i) = \frac{1}{\beta(i)}$$

3. 結果と考察 本報では、北海道開発局が設置した道央レーダ雨雪量計において、1988年8月25日午前10時から翌26日午後1時までの27時間に観測された、停滞前線による降雨のレーダ反射強度因子 Z 、および観測範囲内の133地点のうち、データに欠測のない116地点において観測された地上雨量 R_g に対して検討

を行った。図-1に27時間総雨量の空間分布を示す(*印は地上雨量観測点)。本報では、次式を評価指標として最適レーダ定数を求める。

$$J_i = \sqrt{\frac{1}{27} \sum_{k=1}^{27} [\bar{R}_r(i,k) - R_g(i,k)]^2} \rightarrow \min(B, \beta) \quad (4)$$

即ち、各観測地点毎に R_g と R_r の残差二乗和の平方根を最小にするような最適レーダ定数を1組定めた。この場合、 B, β の値をそれぞれ $B=10 \sim 1000$ (間隔10)、 $\beta=0.8 \sim 4.5$ (同0.1)のように、メッシュ状に設定し R_r を求め、式(4)の J_i を最小にするような最適レーダ定数を全ての観測点毎に対して定めた。図-2は116地点の最適レーダ定数の分布を1時間平均雨量(各地点の総降雨量/27)のランク別にプロットしたものである。図-2より、レーダ定数は広範囲にばらついており、1時間平均雨量が増加するにつれて相関性をもつ傾向にある。次に、レーダ定数を式(3)により定数 A, c に変換し、同様に分布にしたものが図-3である。図-3より、 A, c に変換すると、バンド状に分布しさらに相関性をもつ傾向にあった。これらの結果をもとに A, c を未知パラメータとし、拡張カルマンフィルタ理論を用いて地上雨量のオンライン予測を行う。詳細は講演時に述べる。

4. むすび 今回は、レーダ定数を空間的に求め、その分布がかなり広範囲にばらつくことを示した。また、定数 A, c に変換すると、相関性をもつ傾向にあることも示した。今後は、本手法を他の降雨にも適用し、レーダ定数の時空間分布の特性と地上雨量の精度良いオンライン予測を行っていくつもりである。

参考文献 1)建設省近畿地方建設局：最適 B, β のオンライン逐次設定方法の検討業務報告書,(1992.2) 2)古川,河村,神野：レーダ雨量計を用いた地上雨量予測のためのレーダ定数同定手法の検討,土木学会西部支部研究発表会講演概要集,pp316~317,(1993.3) 3)古川,河村,神野：レーダ定数の時空間的変動特性について,土木学会第48回年次学術講演会講演概要集,pp168~169,(1993.9) 4)古川,河村,神野,脇水：レーダ定数の空間的な同定について,土木学会西部支部研究発表会講演概要集,pp428~429,(1994.3) 5)(財)河川情報センター：レーダ雨量情報を利用した洪水流出予測に関する研究,河川情報研究所報告,別冊-1,pp.22,(1990.10)

キーワード : レーダ定数、レーダ反射強度因子、レーダ雨量、地上雨量、オンライン予測

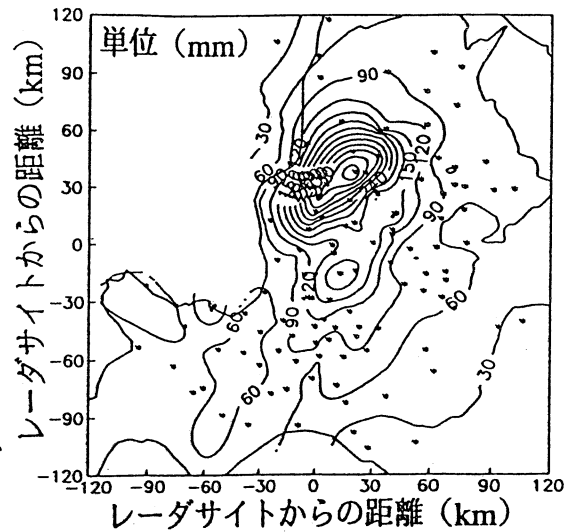


図-1 27時間総雨量(地上)

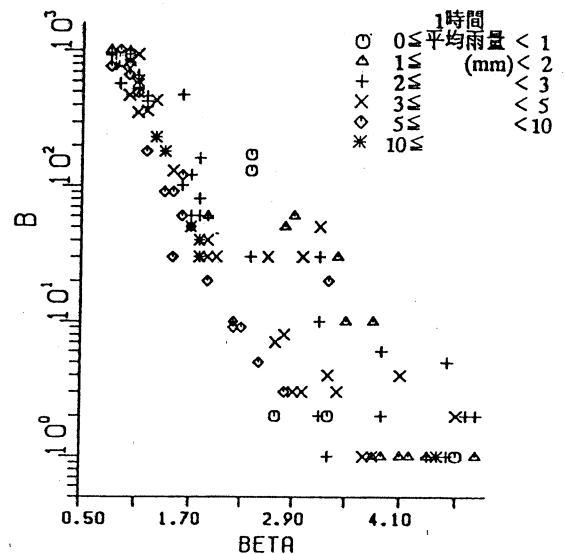


図-2 最適レーダ定数(B,β)の分布

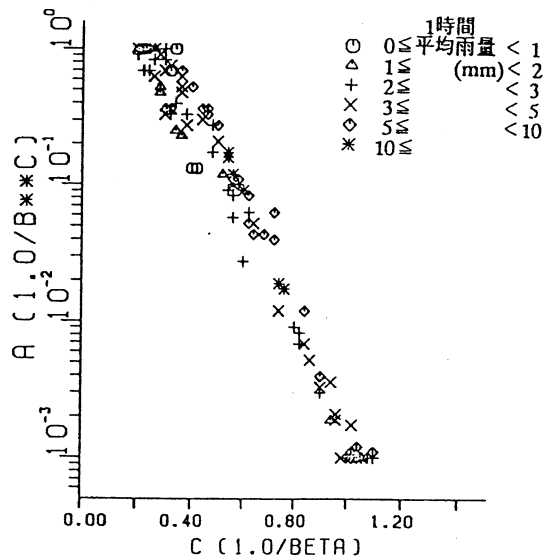


図-3 定数A,cの分布