

レーダ定数 (B, β) の空間的な同定について

九州大学大学院 学生員○古川 節
九州大学工学部 正 員 河村 明
九州大学工学部 正 員 神野 健二
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⁾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³⁾。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 $Z(\text{mm}^6/\text{m}^3)$)を用いて降雨強度(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 とレーダ降雨強度 R_r との関係を次式で表されるレーダ方程式を用いて降雨強度に変換する⁴⁾。

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

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強度を求めている。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、 $R_g(\text{mm}/\text{hour})$ とレーダ反射強度因子 Z との関係は次式で表される。

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

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(mm^6/m^3)

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、これを単純平均して時間雨量に変換し、以後式(2)第1項を平均レーダ降雨強度 $\bar{R}_r$ とする。

3. 適用結果と考察 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、地上雨量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時間総降雨量の空間分布、図-2に8月25日午後9時から10時の1時間雨量(降雨量のピーク時点)の空間分布を示す。なお、*印は地上雨量観測点を示

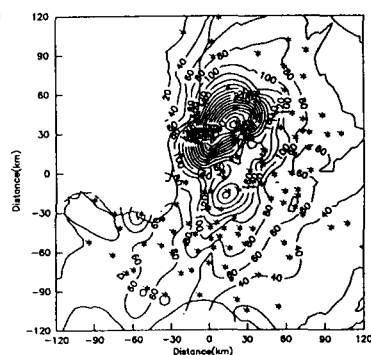


図-1 27時間総降雨量分布

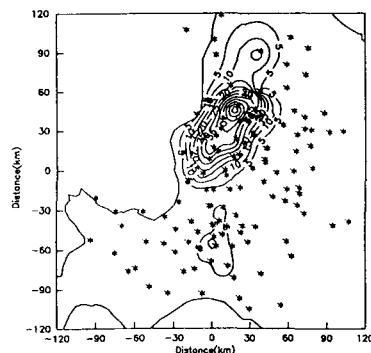


図-2 1時間降雨量分布(25日22:00)

している。両図から、北海道西部を中心に大雨が観測されていることがわかる。この地域は天塩山地の西側斜面にあたり、天気図によると、前線が北海道西部に停滞したため、このような大雨がもたらされたものと推測される。

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。

$$J_i = \frac{1}{27} \sum_{k=1}^{27} [\bar{R}_i(i,k) - R_g(i,k)]^2 - \text{minimum} (B, \beta) \quad (3)$$

即ち、各観測地点毎に R_g と R_i の残差二乗和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 $B=10 \sim 850$ (間隔は10)、 $\beta=0.8 \sim 4.5$ (同0.1)のように、メッシュ状に設定し $\bar{R}_i$ を求め、式(3)の J_i の平方根を最小にするようなレーダ定数を定めた。表-1に、ある観測点1つにおけるその計算結果を示している。同様に、全ての観測点に対してレーダ定数を求め、その空間分布を示したものが図-3(a),(b)である。図-3(a),(b)より、レーダ定数は B, β ともに大きく変動していると言えるが、表-1から、 J_i の変動には B よりも β の変化の方がより影響が大ききようである。次に、観測点毎に求めたレーダ定数を用いたときの $\bar{R}_i$ と R_g の二乗平均誤差の平方根($\sqrt{J_i}$)の空間分布を図-4に示す。図-4との比較のために、本レーダの校正レーダ定数を、 $[B, \beta] = [180.0, 1.6]$

B/BETA	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60
120.0	27.11212	6.53	5.294	2.371	3.423	4.916	6.057
130.0	24.20111	0.98	4.398	2.373	3.777	5.223	6.303
140.0	21.709	9.653	3.674	2.531	4.109	5.498	6.521
150.0	19.553	8.455	3.111	2.771	4.416	5.746	6.717
160.0	17.669	7.413	2.704	3.045	4.697	5.969	6.893
170.0	16.011	6.502	2.450	3.326	4.956	6.173	7.054
180.0	14.541	5.706	2.340	3.503	5.194	6.358	7.200
190.0	13.230	5.010	2.349	3.668	5.412	6.528	7.334
200.0	12.054	4.404	2.448	4.120	5.614	6.685	7.457
210.0	10.995	3.884	2.604	4.356	5.801	6.830	7.572
220.0	10.038	3.444	2.763	4.578	5.974	6.964	7.677
230.0	9.169	3.084	2.998	4.788	6.135	7.088	7.776

表-1 計算結果の1例

$[B, \beta] = [410.0, 1.2]$ ($Z \geq 5000.0$ の場合)のように固定して求めた $\sqrt{J_i}$ の空間分布を図-5に示す。図-4、図-5より、変換の精度は観測点によって様々であるが、総雨量の増加に伴い平均誤差 $\sqrt{J_i}$ も増加する傾向にある。しかしながら、観測地点毎にレーダ定数を設定することにより、誤差は平均で1.0(mm/hour)程度減少し、観測点によっては半分以下に減少した地点もあり、観測点毎にレーダ定数を設定すると、かなり精度が向上すると言える。

4. わすび 本報において、地上雨量観測地点毎に最適レーダ定数を設定することにより、レーダ定数の空間分布が明かとなり、またレーダ定数を空間的に変化させることにより、レーダ雨量から地上雨量への変換は精度よく行なえることを示した。今後は、本手法で得られた結果をもとに拡張カルマンフィルタ理論を用いてレーダ定数を時間的にも逐次推定し、地上雨量のオンライン予測に役立て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 節, 河村 明, 神野 健二：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 節, 河村 明, 神野 健二：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)(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)

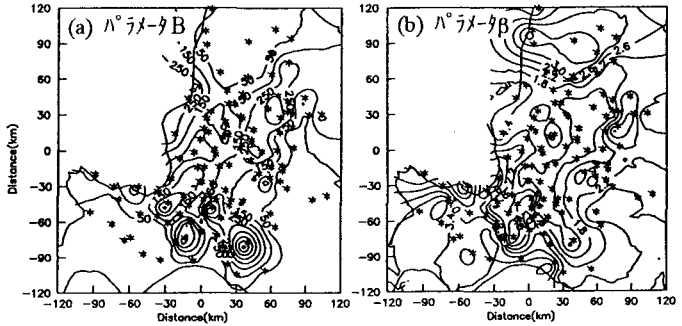


図-3 最適レーダ定数(B, β)の空間分布

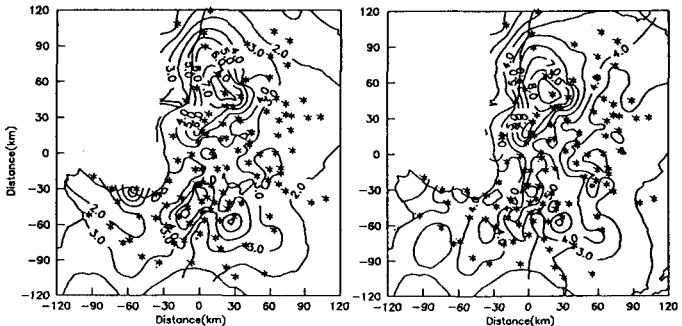


図-4 観測点毎のレーダ定数での計算による平均誤差空間分布

図-5 校正レーダ定数固定での計算による平均誤差空間分布