

II-37

レーダ雨量計におけるオンライン補正

新日本気象海洋(株) 正員 阿部英志
建設省土木研究所 正員 吉野文雄
建設省土木研究所 正員 水野雅光

1 はじめに レーダ雨量計における降雨情報は、半径120kmの範囲を5分毎にリアルタイムで測定できるため、従来の地上雨量計ネットワークに比較して、面的および時間的に細かい監視ができ、河川および道路管理等にとって有効な情報となりうる。本研究は、レーダ雨量計のこのような定性的能力をより適切に活用するために、その定量的な能力がどの程度まで期待できるかについて、レーダ方程式における定数 $B \cdot \beta$ のうち比較的変動の小さな β を1.6に固定して、 B のみをオンラインで更正するときの精度とその方法について、赤城山レーダのデータを使用して検討したものである。

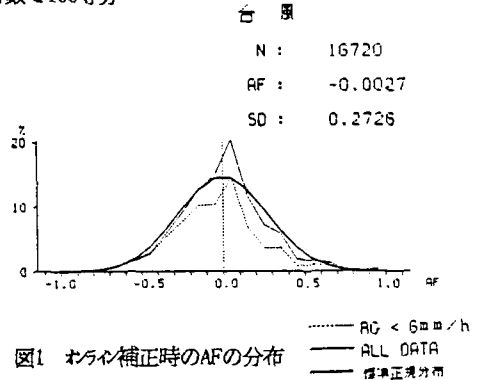
2 計算条件 検討地点 : テレメータ131地点のうち遮閉域を除いた地点。グラント・クラッカーは $B, \beta=200, 1.6$ で2.5mm/h以上の地点を削除（最小検出降雨強度0.5mm/hの確保）

比較単位 : テレメータ地点 VS 直上極座標1メッシュ ; 1時間雨量

降雨減衰項 : 今井式 ($kr=0.0013, \alpha=1.0$)

B の設定 : $1 < \log B < 3$ ($10 < B < 1000$) の範囲で対数で100等分

3 アセスメントファクター (AF) レーダ雨量計の受信電力値が対数アンプを通して平均化されているため、データサンプリング誤差は対数正規分布する。そこで $AF = \Sigma \log(Rg/Rr)$ を指標として感度分析によって毎時間定数 B を決定した。(Rg:地上雨量, Rr:レーダ雨量) この決定では、AFの分布域を概略算出して、Rgに対するRrの分布が偏らないように、最小検出降雨強度毎にRgの最小値を設定した。AFは図1のような分布を持っていて、標準偏差は約0.3 (3dB) である。ただし分布の中央が標準正規分布より大きくなることから、時空間的な誤差量、特に地上雨量計の誤差量を考慮すれば、 $\sigma=0.25$ 程度に落ち着くと推定された。



4 オンライン補正の精度 AFの分布がレーダサイトからの距離およびRgの大きさによって偏るため、算出用のデータを次の条件により抽出し、全地点に定数 B が適応するか検討した。

ケース1 特に条件を設定しない

ケース2 Rgが5mm/h以上のデータを使用

ケース3 距離60km以内のデータを使用

ケース4 距離60km以内のデータでRgが5mm/h以上のデータを使用

精度は個々のRg-Rrについて検討するため、次の3指標を用いた。

一致度 ; Rg-Rrの絶対値が5mm/h以下のデータ数が

総サンプル数に占める比率

最大値 ; Rg-Rrの最大値

最小値 ; Rg-Rrの最小値

精度検討結果は表1に示すとおりであり、現行定数より精度が向上する。ただし、計算時間の短縮のために、近距離のデータのみで定数 B を決定することは出来るが、雨量の大きいデータだけで算出した定数 B は、誤差を増大させることがある。

表1 補正方法による雨量精度の違い (台風)

補正方法	現行	ケース1		ケース2	
		AF	SE	AF	SE
サンプル数	16707	16720	16699	14891	14890
RM I Rr	一致度	83.88	89.34	90.21	84.56
	最大	60.1	58.7	58.3	54.6
	最小	-28.8	-27.9	-26.1	-43.6

ケース3		ケース4	
AF	SE	AF	SE
16716	16700	12853	12853
87.89	89.54	83.72	85.11
57.5	54.6	54.6	54.6
-46.1	-30.7	-81.5	-55.9

5 逐次検定 定数Bを毎時間補正するとき、その誤差量を把握した上で、大きな変動周期に合わせて補正しても、精度上大きな違いは出現しないと考えられる。ここでは逐次検定によって、定数Bを補正した。

(1) 理論 正規分布からの大きさnの標本が、正規母集団 $N(\mu, \sigma^2)$ のどちらから抽出されたかを検定する。標本における μ について、仮説 $H_0(\mu = \mu_0)$ と対立仮説 $H_1(\mu = \mu_0 + \Delta\mu)$ を採択する確率をそれぞれ P_0, P_1 とすると、この問題は、次のように検定される。

- ① $P_1/P_0 > A$ のとき H_0 を棄却し、 H_1 を採択する
- ② $P_1/P_0 < A$ のとき H_0 を採択する。
- ③ $B < P_1/P_0 < A$ のとき次の検定を行う。

$$\text{ここで } P_1/P_0 = e^{-m\delta^2/2} \cosh\left\{\delta/\sigma \sum_{i=1}^m (L_i - \mu_0)\right\}$$

L_i : 個々の平均値, δ : $\Delta\mu/\sigma$

③において両辺の自然対数をとると

$$\therefore \ln B + m\delta^2/2 < Y_m < \ln A + m\delta^2/2$$

仮説 H_0 を「 $\log(Rg/Rr)$ は $\mu=0$ について正規分布する」とすると、

$$Y_m = \ln \cosh(\delta/\sigma \sum_{i=1}^m \log Afi)$$

$$\text{ここで } A = (1-\beta)/\alpha, \quad B = \beta/(1-\alpha)$$

α : 第1種の誤り (Type I error)

H_0 が正しいのに H_0 を棄却し、 H_1 を採択する誤り

β : 第2種の誤り (Type II error)

H_0 が正しいのに H_0 を採択する誤り

(2) 各定数の設定 定数 α, β, δ は、次の設定を行った。

- ① $\alpha=0.01, \beta=0.01, \delta=0.4$ ② $\alpha=0.01, \beta=0.01, \delta=0.8$
- ③ $\alpha=0.1, \beta=0.1, \delta=0.4$ ④ $\alpha=0.1, \beta=0.1, \delta=0.8$

(3) Bの算出 定数Bのバイアス量 ΔB の算出次の3通り

- ① $\text{Bias} = 1/m \sum_{i=1}^m Afi$ ② $\text{Bias} = AFm$ ③ 感度分析

(4) 精度 逐次検定による定数Bのオンライン補正では、定数 α, β, δ が大きい程検定が頻繁に行われ、最適値への追従性は向上する。定数Bは感度分析によって決定する方がこの3種類の方法では平均雨量が一番良く合う。

6 結論

- ① レーダ雨量と地上雨量とを比較すると、その比が対数正規分布することがわかった。
 - ② オンライン補正によって、定数Bを最適値に更正することで、雨量精度が向上することがわかった。
 - ③ 感度分析に使用するデータは、比較的観測精度の良いレーダサイトから近距離のもののみでも、平均的な定数Bが算出できる。
 - ④ 逐次検定によって誤差の大きい時のみ定数Bを補正して、ある程度の雨量精度を確保することができる。
 - ⑤ 定数Bの時間変動は、長周期のものを取り出しても周期が2~5時間程度のものもあり、変動量も大きい。
- オンライン補正の役割は、定数Bの動向を監視することに重点を置くべきである。そのためにも、レーダ雨量計における観測精度の着眼点を明確にすること、および気象学的なZ-R関係の早期解明が期待される。

【参考文献】 (Radar Meteor. Conf.)

- ① D. E. CAIN & P. L. SMITH, Jr. ; "OPERATIONAL ADJUSTMENT OF RADAR ESTIMATED RAINFALL WITH RAIN GAGE DATA : A STATISTICAL EVALUATION", 17TH Radar Meteor. Conf. 1976.
- ② C. G. COLLIER P. R. LARKE & B. R. MAY ; "A WEATHER RADAR CORRECTION PROCEDURE FOR REAL-TIME ESTIMATION OF SURFACE RAINFALL", 21TH Radar Meteor. Conf. 1983.

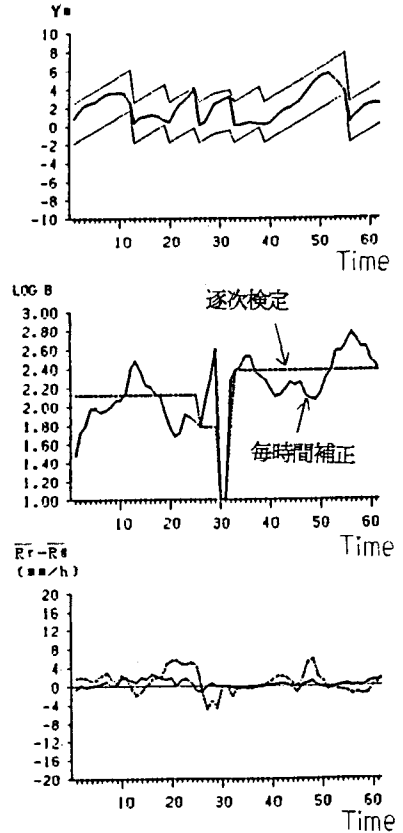


図2 逐次検定による定数Bの補正