

建設省利根川ダム統合管理事務所

児 玉 文 雄

建設省土木研究所 正員 石 崎 勝 義

建設省土木研究所 正員○中 尾 宏 臣

1. まえがき

従来、一般的に用いられている面積雨量は、流域内のいくつかの地点に設けた雨量計によって、地点雨量を測定し、これにより流域平均雨量を求める方法である。

しゅう雨はもちろん梅雨性の降雨についても地域で異なることが知られており、地形の複雑なわが国においては特にその傾向が著しい。このため従来の方法によって面積雨量を正確に知り、時々刻々それらの情報を収集するためには、雨量計を稠密に配置するとともに、個々に通信回線を備える必要がある。しかし施設費の問題、あるいは維持管理等を考えると極めて困難なことである。

これに対して、近年、レーダーを利用して降雨を定量的に観測する方法の研究が進歩し、地点雨量、面積雨量を瞬間的に、かつ定量的に観測することが可能となった。問題とするレーダ雨量計の測定精度は種々の要因で作用される。現段階で明らかにされたもので、特に建設省赤城レーダについて報告する。

2. レーダ方程式

レーダ方程式は原理的には電磁波の雨からの反射波を利用して、その受信電力の強弱から雨量を導きだすものである。受信電力から雨量強度への変換過程にレーダ方程式が存在する。

今、レーダ装置によってきまる諸定数をCとし、距離r地点からの受信電力を $\bar{P}_r$ とすれば、

$$\bar{P}_r = \frac{C \cdot B \cdot R^\beta}{r^2} \cdot 10^{0.2 \int_0^r (K_R^\alpha + K_a) dr} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここでRは、r地点の雨量強度、 K_R^α は途中降雨による減衰、 K_a は大気ガスによる減衰を示す、又B、 β は雨滴の形状、落下速度で定まる定数であり、一般にこれをZで表わし、レーダ反射因子とよんでいるものである。従って(1)式から受信電力 $\bar{P}_r$ がわかれば、r点の雨量強度Rが求まる。

3. 測定誤差の要因

降雨観測時のレーダ受信電力は、その全ての受信電力が雨滴の反射によるものではなく、大部分は大地及び地上の構造物等によるものである。従い、いかに全受信電力から雨滴による反射電力を分離できるかが、レーダ雨量計精度を決定する。以下その精度を決定するもののいくつかについて、その概要を述べる。

(1) Pro - R 関係

(1)式について、減衰項を考慮しないでRについて解くと、

$$R = \left[\frac{r^2 \cdot \bar{P}_r}{C \cdot B} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

実際、目標雨域から反射された受信電力は1mW~ 1×10^8 mWの広範囲のものである。従ってこの $\bar{P}_r$ はデータ処理のために電力値をdB換算したもので256段階で表わしている。よってこれを電力真値 P_0 で表示すると、

$$R = \left[\frac{r^2 \cdot 10^{f(P_0)}}{C \cdot B} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

従って(3)式から、 P_0 -R関係は、図-1に示すように指数関係である。このことは直線的な処理が不可能であることを示している。

(2) Z - R 関係

Marshall は持続性降雨の平均値として $Z = 200 R^{1.6}$ としている。利根川上

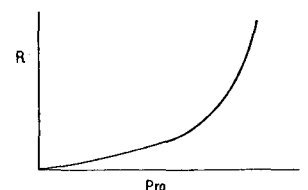


図-1 R-Pro関係図

流域のB、 β の分布について、S43,44年の気象庁での研究報告で β は1.6を中心に1.2~2.0、Bは160を中心に50~400と、それぞれ幅をもって分布していることが報告された。従い、雨の始まりから終りまで同一の定数を使うことは精度の上で問題である。赤城レーダの実験では $R = 25 \text{ mm/h}$ で変更点が見られ、ここでは図-2のように、 25 mm/h を境としてB、 β の値を変えるカット方式でよい成果をあげている。

(3) グランドエコーの分離

レーダ受信電力に含まれる雨滴エコーをグランドエコーから分離する方法として、赤城レーダはグランドクラッタ減算方式である。これは降雨観測時エコーから晴天時エコーを差し引くことにより降雨を分離するものである。図-3はある方向のグランドエコーを示したものである。

この図から、30km附近において、アンテナの特性であるサイドローブの影響を受けて障害物がないにもかかわらず高いエコーを示している。このようなエコーが常に大きい所では、降雨エコーのグランドエコーに対する相対値が小さく、雨量強度の小さい場合の分離に限界があり、この方式の大きな欠点となっている。

4. 測定精度

レーダ雨量計の測定精度の検証法として、地上雨量計との比較によるものがどれほどの意味を持つものかは明かでない。即ち、レーダでとらえるものはある高度をもった面的な降雨強度分布であり、地上の点雨量との比較にはおのずと限界があるのは当然である。

図-4は利根川上流域、蕨原地点の雨量計との比較例を示す。図-5~6に台風性降雨と雷雨性降雨において地上雨量~レーダ雨量の相関図を示す。両者の比較として、台風性降雨は雷雨性降雨に比べてばらつきが大きい。このことは地上雨量との比較精度は風速、風向の影響を無視できないことを示唆している。又これら台風性降雨について、総雨量での比較はおおむね地上雨量、レーダ雨量とも近い値を示していたことが報告されている。

5. おわりに

レーダ雨量計の精度を決定する種々の定数は、降雨パターン、地域特性及び機器の特性によるものであり、それらの最適値をみつけることは非常に困難な作業である。しかし永年にわたる多大な試算経験から実用に供し得る精度が期待できるようになった。

今後の課題として、この面的降雨を利用した新流出モデルによって、レーダ雨量~河川流出量について検証を深めるとともに、レーダ雨量計の最大の長所である雨域の移動及び雨域の盛衰等の把握から流域の短期降雨の予測についての研究を行ない、流出予測精度の向上に貢献を期待するものである。

参考文献 利根川におけるレーダ雨量計について
建設省利根川ダム統合管理事務所

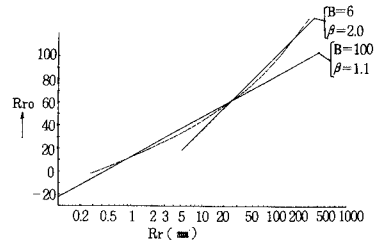


図-2 Pro-R 関係図

晴天時×1973年6月16日 11時 プランド
・1973年6月22日 3時 エコー
—— 地盤高(標高)

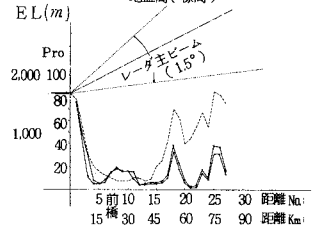


図-3 標高-GE 関係図

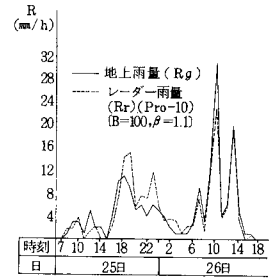


図-4 蕨原(4-64)地点、レーダ雨量(Rr)、地上雨量(Rg)対比図

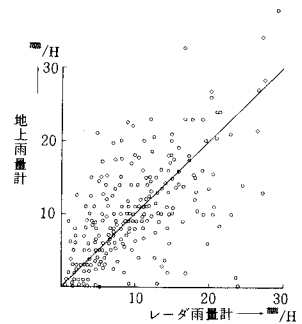


図-5 49.8.25~26 台風14号

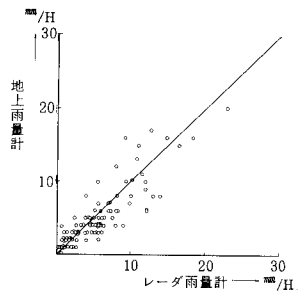


図-6 50.7.12~13 雷雨性降雨