

建設省利根川ダム統管理事務所 正 員 稲 葉 誠 一

建設省土木研究所 正 員 石 崎 勝 義

建設省土木研究所 正 員 〇 中 尾 宏 臣

1. ま え が き

流出解析にとって降雨、特に面積平均雨量は重要な要素である。限られた地上雨量計からいかに真値に近い面積雨量を求めるかが流出解析の精度を左右するといっても過言ではない。しかし現実に全ての降雨パターンに十分な代表性を持たせる地上雨量計の配置にはおのずと限界がある。このような観点から注目し、又今後大きな期待が持てるものとしてレーダによる降雨の観測がある。

本研究は建設省赤城レーダ雨量計の観測精度向上を目的として行なった地上雨量観測ネットワークより得られた結果をもとにして行なったレーダ定数の検討及びレーダ雨量計における面積雨量の評価を行なった。

2. レーダ定数の検討

レーダ雨量計において観測される雨量強度の基礎となるものはレーダ方程式である。今、距離 r 地点の雨量強度 R によって反射されたエコー受信電力の平均値を $\bar{Pr}$ とすれば両者の関係は(1)式で表わされる。

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

ここで、減衰項(10の指数部)を除いた不確定な定数は B, β 、及び F である。レーダ雨量計の測定精度を向上させることは、いいかえればこの B, β 及び F の取扱い方によるといってもよい。

今、レーダ電波を後方に散乱する単位体積中にある雨滴の総面積を $\Sigma \sigma$ とする。 σ は雨滴の直径 D 、電波の波長及び誘電率によるものであり、その総和 $\Sigma \sigma$ は $R \propto \Sigma D^6$ より通常、 $Z-R$ 関係とよばれ、

$$\Sigma D^6 = Z = BR^\beta \dots \dots \dots (2)$$

で表わされる。

(1)、(2)式よりわかるように、 B, β は直接雨量 R に関係し、 F も同様な影響を R に与える。

一般的な B, β の値はMarshall が持続性降雨の平均値として、 $B = 200, \beta = 1.6$ を提唱しており、赤城レーダ雨量計でもこの値を基本としている。しかし実際には図-1で示されるとおり降雨の種類により B, β の値は非常にワイドレンジで変化することがわかる。

本研究においては赤城レーダの観測域内の栗橋地点において、精度の高い雨量観測ネットワークを設けてこの観測雨量を真値としてレーダ観測雨量の検討を行なった。

(観測ネットワーク諸元：雨量計 24 台／15 km²、平均
変動係数 0.2、観測相対誤差 0.04)

このネットワークで得た地上雨量をもとに B と雨量強

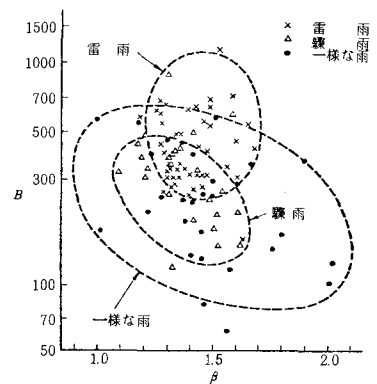


図-1 B, β の分布 (藤原による)

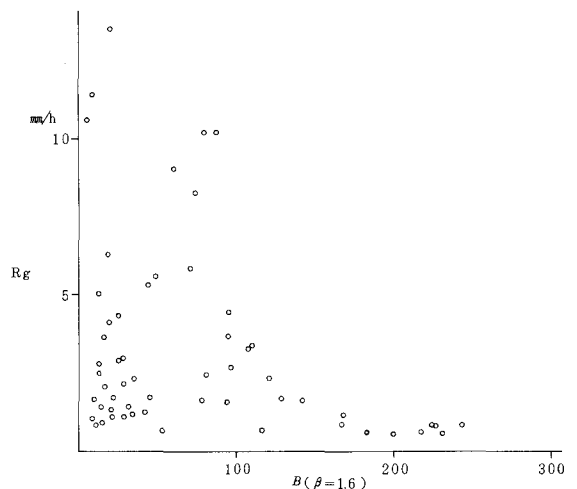


図-2 雨量強度 Rg (地上) に対する B 値の分布

度の関係を調べたものを図-2に示す。この結果からも雨量強度の違い、即ち降雨の種類によりBが大きく変動し、特に雨量強度の小さいものについて変動幅が大きく、小雨におけるレーダ雨量計の観測精度を上げる事が困難であると推測される。

次に、実際B,βの降雨に対する最適な組み合わせとはいかなる値なのか、同じネットワークの降雨により試算した結果を図-3に示す。この計算は昭和52年8月の4降雨、計100時間（N=100）を用い、レーダによる時間雨量（Ri）と地上雨量ネットワークによる時間雨量（Gi：24台平均雨量）の観測偏差及びその標準偏差を求めることによりB,βの最適値を見つけようとするものである。この2つの結果ではBは70～200、βは1.4～1.5の範囲で地上雨量計と良い関係にあることがわかる。

この値の信頼性について、B=145、β=1.4（偏差極小）を用い他の降雨に適要した。結果は図-4に示すように量的に合致度が高く、又降雨パターンもよく似ておりこの値の妥当性がある程度認められる。

レーダ方程式にはB,βの他にもうひとつ不確定な定数Fが存在する。従来Fの扱いは総合的な補正項として経験的な値、0.1～0.5の範囲で運用されていた。しかし実際のFはハードウェアに起因する損失Fhと降雨観測との残差をソフトウェア的に行なう損失Fsの積で表わされる。Fhは装置の設計規格から簡単に求まりFsのみが不確定な値として残る。最後に残ったFsについても正確な降雨があればその推定も可能である。

(1),(2)式から減衰項を除いたもので両対数をとって10倍すると、

$$10\log Z = 10\log Pr + 20\log r - 10\log(C\cdot F) \cdots \cdots (3)$$

上述と同様にネットワークの雨量をZに変換して(3)式の右辺と比較し、その回帰式の $\log Z = \log(BR^\beta) + A$ を求めることによりFs=10^Aが求められる。図-5にB=200,β=1.6で計算した例を示す。この例ではFsは(a)0.114(b)0.308であり平均的にはFs≒0.21を得た。この結果はあくまで試算であり将来データの蓄積を待ち平均的なFsを求める必要がある。

3. 面積雨量における評価

地上雨量計に比べて圧倒的な数で観測出来るレーダ雨量は地上雨量計では代表しきれない局地的な降雨の場合有益な武器といえる。図-6はそのよい例で、ダム流域内の地上雨量計（3ヶ所）ではふた山ピークの降雨、又レーダ雨量計の18個のMesh平均ではひと山ピークであった。流出ハイドロパターンから予測される降雨はレーダによるひと山のものに近いと考えられる。

4. あとがき

ここでは観測結果の若干の検討とレーダ雨量計観測精度の向上のための手法について考察し、決定的な結論はない。今後、この成果をもとにデータの蓄積を待ち不確定要素の定量化を行ない、レーダ雨量計の総合的な精度を向上させたい。

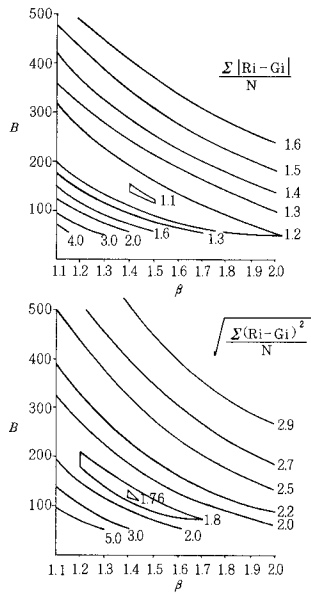


図-3 B,βによる測定偏差量の分布

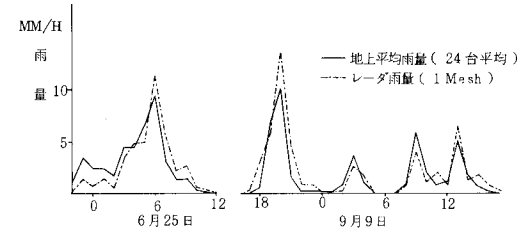


図-4 地上雨量～レーダ雨量（52年）

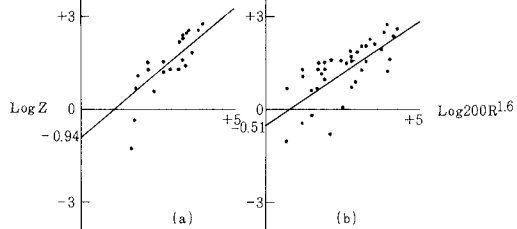


図-5 Log(Z) - Log(B・R^β)

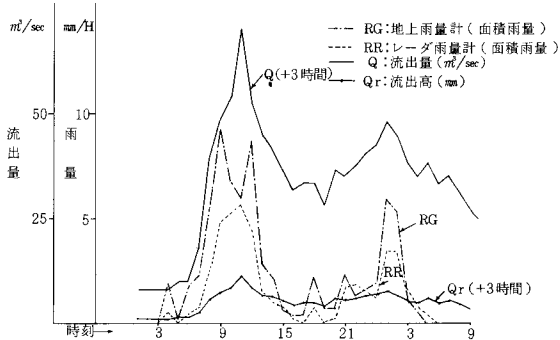


図-6 面積平均雨量～流出量（相俣ダム・昭和52年9月8日～9日）