

流量情報を用いた最適レーダ定数の同定法

The Identification Method of Optimum Radar Constants
by Using Discharge Information

平山 大輔*・藤田 睦博**・中津川 誠***

by Daisuke HIRAYAMA, Mutsuhiro FUJITA, and Makoto NAKATSUGAWA

Rainfall measurements using weather radars have becoming very popular in these days. However, there are several problems in the procedure of transforming observed radar reflection factor into rainfall intensity. Especially, the identification of radar constants B and β , which represent the relationship between radar reflection factor and rainfall intensity (Z - R relation), is very important.

The radar constants B and β are generally determined using the correlation between radar reflection factor and observed surface rainfall. B and β are influenced by various factors such as weather condition, topographical effect, spatial scale of observation and so on.

In this paper, a new method to identify the optimum radar constants B and β based on the runoff analysis using discharge data, is proposed. The surface rainfall is measured at only one site. But the discharge is an integration of all the rainfall in a basin. Therefore it is convenient to identify the radar constants taking account of runoff data.

Keywords : Z - R Relation, Discharge Data, Runoff Analysis

1. はじめに

$$Z=BR^{\beta} \quad (1)$$

気象レーダ情報はレーダ反射因子(Z)として得られ、レーダ定数(B 、 β)を用いることで、(1)式により降雨強度(R)に変換される。一般に、(1)式に含まれるレーダ定数(B 、 β)は、統計的手法により決定されている。表-1は、建設省によって設置されている各地の気象レーダの B 、 β 値を示している。多くの場合、レーダ定数は、観測された地上地点雨量とその直上のレーダ反射因子との関係から層別平均値法を用いて決定されている。これまでに、レーダ反射因子より換算された降雨強度の精度を向上させるために、地点雨量の代わりに面積雨量を用いる手法¹⁾、²⁾や、レーダ定数の値を、地上雨量、流量情報を用いて逐次補正する手法³⁾などが提案されている。

本論文は、流出モデルとしてタンクモデルを用いることで、雨量情報を用いずに、流量情報から対象流域における最適レーダ定数(B 、 β)を同定する手法を提案するものである。流出量を用いることにより、

(1) 高周波成分を多く含む降雨が、流域というフィルターを通過することで、その成分がカットされている。

(2) 流域全体に降った雨の積分値として扱うことができる。

などの利点がある。

* 学生会員 北海道大学大学院 工学部土木工学科 (〒060 札幌市北区北13条西8丁目)

** 正会員 工博 北海道大学 教授 工学部土木工学科 (〒060 札幌市北区北13条西8丁目)

*** 正会員 工博 北海道開発局 開発土木研究所 (〒062 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

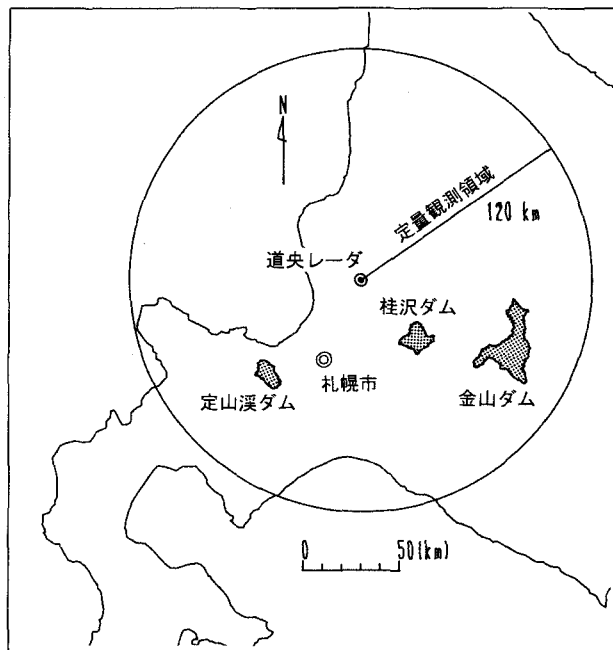


図-1 道央レーダ定量観測領域

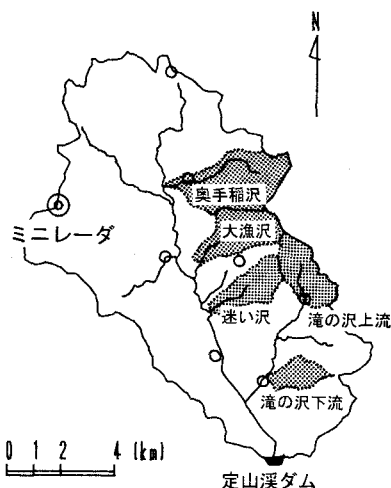


図-2 定山溪ダム流域

表-1 各地のレーダのレーダ定数 (平成元年3月現在)

レーダ名	管理地建名	運用B, β 値	設定方法
ピンネシリ	北海道開発局	B=180, $\beta=1.6$ ($Z \leq 5000$) B=410, $\beta=1.2$ ($Z \geq 5000$)	標準値
物見山	東北地建	B=200, $\beta=1.6$	標準値
白鷹山	東北地建	B=200, $\beta=1.6$	標準値
赤城山	関東地建	B=400, $\beta=1.15$ (雨量強度により補正)	感度分析法
三ッ峠	関東地建	B=200, $\beta=1.6$	層別平均値法
蛇ヶ峠	中部地建	B=96, $\beta=1.92$	層別平均値法
御在所	中部地建	B=200, $\beta=1.6$	層別平均値法
宝達山	北陸地建	B=450, $\beta=1.6$	層別平均値法
薬師岳	北陸地建	B=3200, $\beta=1.5$	層別平均値法
深山	近畿地建	B=120, $\beta=1.4$	層別平均値法
大和山	中国地建	B=200, $\beta=1.6$ (降雨強度により補正)	メーカーの設定
羅漢山	中国地建	B=200, $\beta=1.6$ (降雨強度により補正)	メーカーの設定
明神山	四国地建	B=200, $\beta=1.6$	層別平均値法
釈迦岳	九州地建	B=224, $\beta=1.58$	層別平均値法
国見岳	九州地建	B=224, $\beta=1.58$	層別平均値法
八重岳	沖縄開発庁	B=900, $\beta=1.38$	層別平均値法

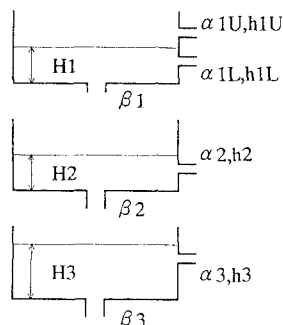


図-3 タンクモデル

2. 対象流域

図-1に道央レーダと各ダム流域を示す。図-2に示す定山溪ダム流域は、流域面積104.0km²で、流域内には8台の地上雨量計が設置されているほか、北海道開発局により、道央レーダ、ミニレーダの2台の気象レーダによる降雨観測が行われている。本研究では、ダム流域内で流量観測を行っている5つの小流域(滝の沢上流域、滝の沢下流域、迷い沢、大漁沢、奥手稲沢)を対象流域として取り上げ、レーダ情報として道央レーダとミニレーダの両方を用いた場合について、レーダ定数の同定を行った。さらに、道央レーダの定量観測領域内の3つのダム流域(定山溪ダム、桂沢ダム、金山ダム)を取り上げ、それらの流域についてもレーダ定数の同定を行った。流域面積は、桂沢ダムが151.2km²、金山ダムが470.0km²である。流出計算には、1992年から1994年にかけての比較的大きな出水データを用いた。

3. レーダ定数同定手法

図-3に示すような3段のタンクモデルを用いた。出水データを2つ取り上げ、1つのデータで、タンク定数を決定し、もう1つのデータでチェックを行った。以下に、レーダ定数(B、β)の同定手法を述べる。

- ① レーダ定数の初期推定値として B_0, β_0 を仮定する。
- ② レーダ反射因子Zが与えられたときの換算雨量強度 R_0 を、 $R_0=(Z/B_0)^{(1/\beta_0)}$ で求める。
- ③ ②で求めた雨量と、観測された流出量よりタンクモデルの各定数を決定する。
- ④ ③のタンクモデルを用いて、レーダ定数(B、β)を様々に変化させ、流出計算を行う。
- ⑤ ④の各B、βの場合について、計算流量と実測流量との計算誤差を最小にするようなB、βを見つける。この時のB、βを B_s, β_s とする。
- ⑥ B_0, β_0 と B_s, β_s が一致すればそれが最適なレーダ定数となる。
- ⑦ B_0, β_0 と B_s, β_s が一致しなければ、新たに、 B_s, β_s を B_0, β_0 と置き換えて、②から⑤の作業を⑥の条件を満たすまで行う。

この手法においては、①の初期値 B_0, β_0 の設定が重要である。本研究では、まず、地上観測雨量を用いてタンク定数を決定し、このタンクについて上記の手法を行い、それにより得られた最適B、βを初期値として用いた。

4. 同定結果

4.1 定山溪ダム小流域における同定結果

定山溪ダム流域内の小流域における同定結果と、道央レーダ、ミニレーダの既設のレーダ定数を表-2に示す。滝の沢下流と、奥手稲沢については、データ不足のため、道央レーダのレーダ定数の同定を行うことができなかった。

小流域直上のレーダメッシュについて、レーダ反射因子の平均値をその流域のレーダ反射因子として用いた。道央レーダの場合、レーダメッシュの大きさは3km×3kmであり、ミニレーダにおいては、205m×250mである。

図-4、図-5に、最適レーダ定数を用いた場合の滝の沢上流の流出計算の結果を示す。

表-2 同定結果(定山溪ダム小流域)

流域名(流域面積)	レーダ定数 (道央レーダ)	レーダ定数 (ミニレーダ)
既 設 値	B=180、β=1.6 B=410、β=1.2 (Z≧5000の場合)	B=200、β=1.6
滝の沢上流 (3.50km ²)	B=160、β=2.4	B=30、β=1.5
滝の沢下流 (1.74km ²)	(データ不足)	B=30、β=1.2
迷 い 沢 (3.01km ²)	B=160、β=2.6	B=30、β=1.3
大 漁 沢 (3.97km ²)	B=160、β=2.5	B=30、β=1.4
奥 手 稲 沢 (6.80km ²)	(データ不足)	B=30、β=1.4

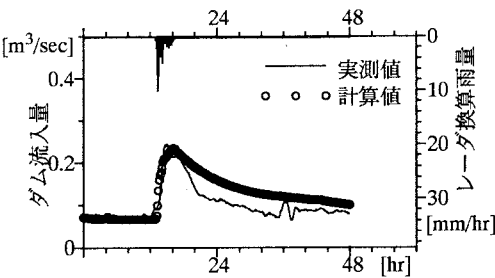


図-4 道央レーダによる流出計算結果

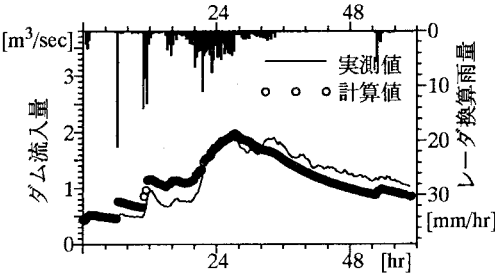


図-5 ミニレーダによる流出計算結果

図-6、図-7は、レーダ定数を様々に変化させた場合の流出計算二乗平均誤差を示している。最適値の同定に際しては、誤差が小さく、ハイドログラフの波形が最も実測値に近いものを選んだ。図-8、図-9は、地上観測降雨量と、本手法により同定されたレーダ定数を用いた場合のレーダ換算雨量、既設のレーダ定数を用いた場合のレーダ換算雨量を示したものである。一例として、滝の沢上流域を取り上げたが、他の流域においても同様の結果が得られた。

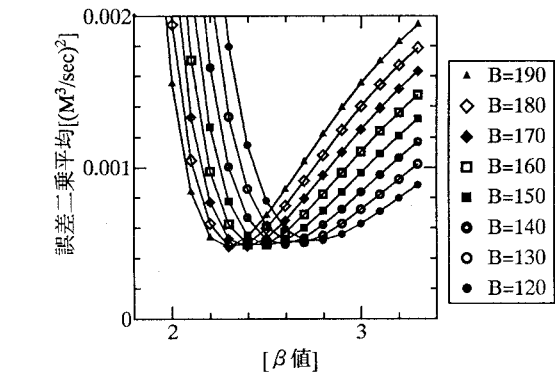


図-6 滝の沢上流の流出計算誤差
(道央レーダを用いた場合)

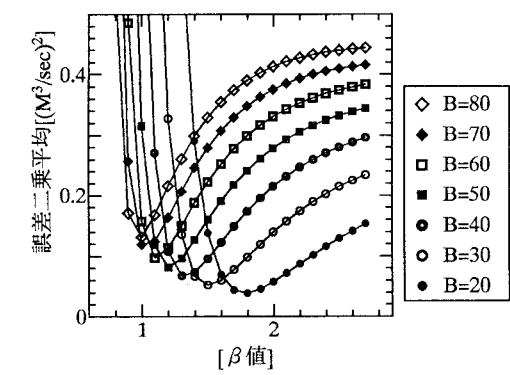


図-7 滝の沢上流の流出計算誤差
(ミニレーダを用いた場合)

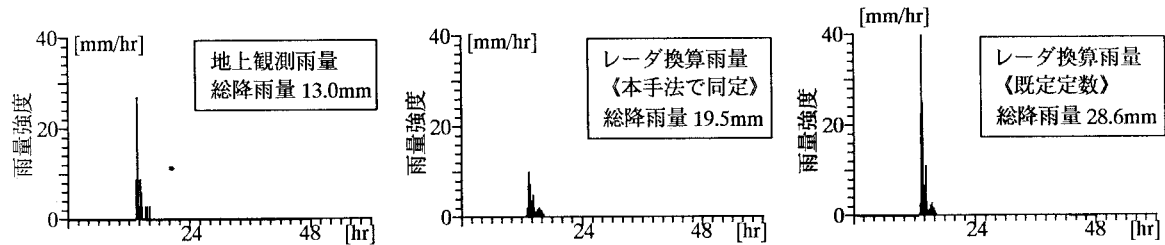


図-8 滝の沢上流域における雨量比較(道央レーダの場合)

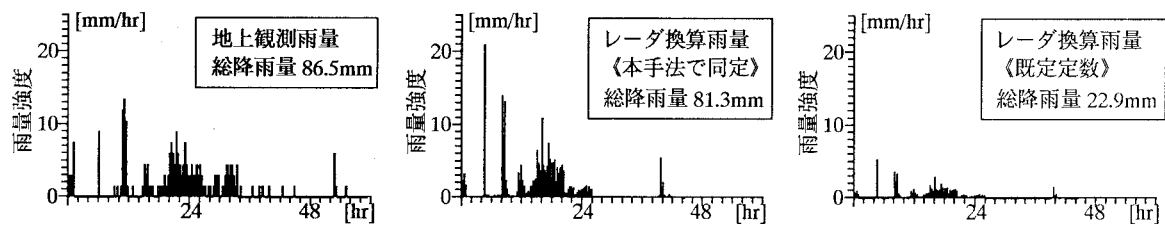


図-9 滝の沢上流域における雨量比較(ミニレーダの場合)

4.2 定山溪ダム、桂沢ダム、金山ダム流域における同定結果

道央レーダの定量観測領域内の3つのダム流域について最適レーダ定数を同定した結果が、表-3である。各ダム流域の直上のレーダ反射因子を平均してその流域の平均レーダ反射因子として用いた。図-10、11、12は、最適レーダ定数を用いた場合の流出計算結果である。また、地上観測降雨量と、本手法で同定されたレーダ定数を用いた場合のレーダ換算雨量、既設のレーダ定数を用いた場合のレーダ換算雨量を、図-13、14、15に示す。

表-3 各ダム流域の同定結果

流 域 名	最適レーダ定数
定山溪ダム	B=160、 β =2.2
桂沢ダム	B=220、 β =2.2
金山ダム	B=80、 β =2.8

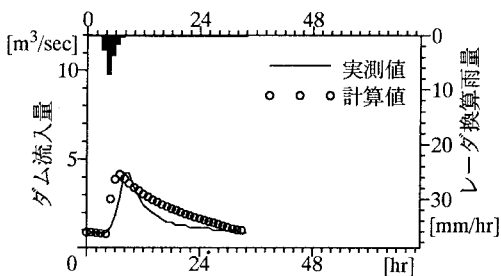


図-10 定山溪ダムにおける流出計算結果

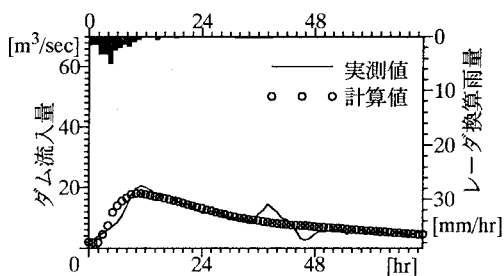


図-11 桂沢ダムにおける流出計算結果

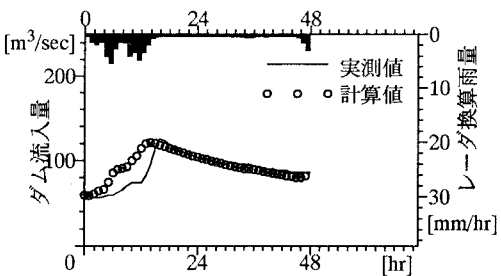


図-12 金山ダム流域における流出計算結果

表-4 道央レーダサイトから
各ダム流域までの距離

流域名	道央レーダからの距離
定山溪ダム	70 km
桂沢ダム	42 km
金山ダム	84 km

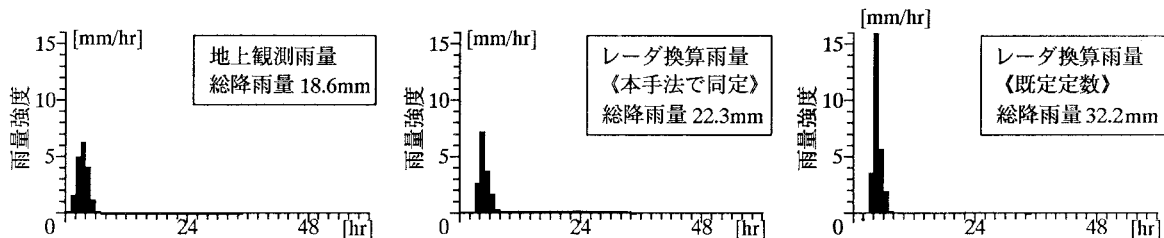


図-13 定山溪ダム流域における降雨比較

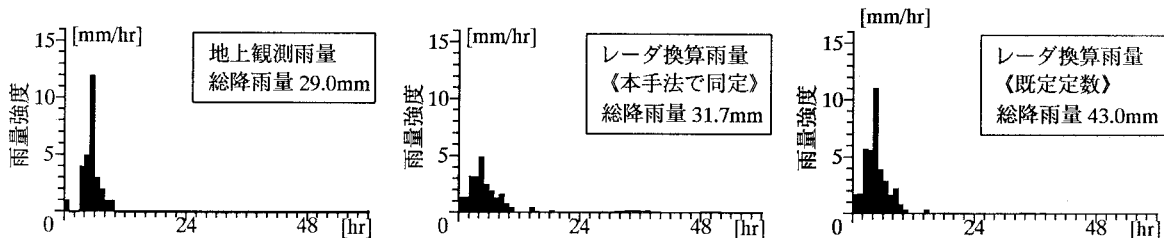


図-14 桂沢ダム流域における降雨比較

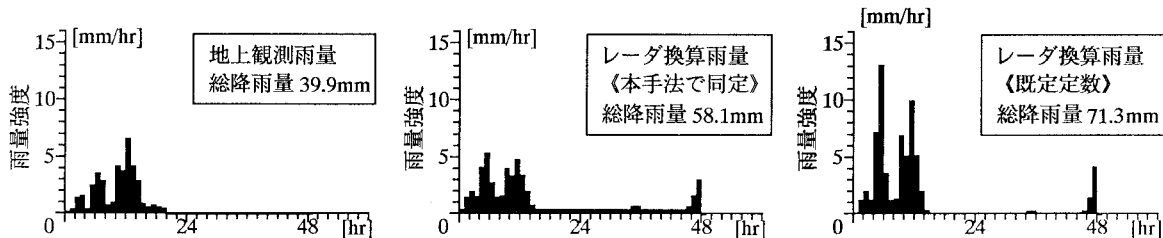


図-15 金山ダム流域における降雨比較

5. 考察・まとめ

道央レーダ、ミニレーダを用いた場合とも、本手法により同定されたレーダ定数によるレーダ換算雨量は、地上観測雨量と良く適合している。既設レーダ定数を用いた場合、道央レーダでは換算雨量が大きくなり、ミニレーダでは小さくなっている。定山溪ダム流域において、小流域ごとにレーダ定数を同定した場合と、ダム流域全体で同定した場合では、同様の B 値が得られた。各小流域ごとに β 値が若干異なるのは、ダム流域全体で同定した場合に、レーダ反射因子を流域全体で平均したためと考えられる。ミニレーダサイトから最も遠い、滝の沢下流域のレーダ定数の β 値が最も小さくなっているのは、レーダ反射因子が小さかったためと考えられる。

定山溪ダム、桂沢ダム、金山ダム流域についてレーダ定数を比較した場合では、金山ダム流域の B 値が小さくなっている。これは、道央レーダサイトからの距離が遠いため、レーダビームの高度が高くなったためと考えられる。表-4は、道央レーダサイトから各ダム流域までの距離を示したものである。同定結果と照合すると、レーダサイトからの距離が大きいほど、レーダ定数の B 値が小さいことがわかる。

本手法では、対象流域全体でレーダ反射因子を平均して用いたが、空間的に変化しているレーダ情報を、一様に平均したことになる。金山ダム流域のレーダ反射因子が小さかった原因として、レーダからの距離が遠いことのほかに、流域面積が大きいことも考えられる。3つのダム流域について、各時刻ごとに流域直上のレーダメッシュのレーダ反射因子の変動係数を求めたものが図-16である。流域面積の大きい金山ダム流域が、最も変動係数の値が大きいことがわかる。

本手法では、各レーダメッシュのレーダ反射因子を一様に平均して用いたが、今後、これらの分布特性を考慮したモデルの構築が必要である。

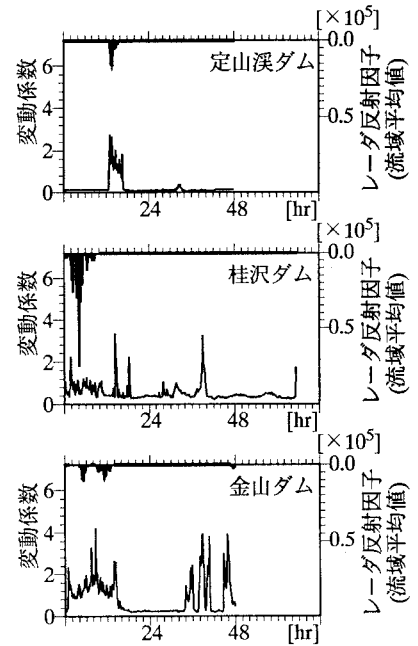


図-16 レーダ反射因子の変動係数の時間変化

《参考文献》

- 1) 吉野文雄・水野雅光・玉本昌司；クリージング法を用いたレーダ雨量の比較について、水文・水資源学会1989年研究発表会要旨集 pp194～197、1989
- 2) 橋本識秀・堀田哲夫・佐藤康晴・星清；Kriging法を用いたレーダ雨量の補正；水文・水資源学会誌第7巻5号 pp411～419、1994
- 3) 高樫琢馬・宝馨・三谷裕次郎・笹田俊治；レーダ雨量の逐次補正としての洪水予測への適応、京都大学防災研究所年報31号B-2 pp241～254、1988
- 4) 嵯峨浩・西村哲治・坂本客・藤田睦博；分布型流出モデルによる山地流出解析、北海道支部論文報告集第49号 pp511～514、1993
- 5) 平山大輔・藤田睦博・中津川誠；定山溪ダム流域における流量情報を用いた最適 B 、 β の同定法、北海道支部論文報告集第51号(投稿中)
- 6) 北海道開発局；各種レーダの性能比較について
- 7) 北海道開発局；ピンネシリレーダ運用マニュアル、1989