

定山溪ダム流域におけるピンネシリレーダー雨量計を用いた 浮遊砂流出モデルの適用

RUN-OFF MODEL OF WASH LOAD IN JOZANKEI DAM BASIN USING PINNESIRI RADAR

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 徳田慎治 (Shinji Tokuda)
北海道大学大学院工学研究科 フェロー会員 黒木幹男 (Mikio Kuroki)
北海道大学大学院工学研究科 フェロー会員 板倉忠興 (Tadaoki Itakura)

1. はじめに

山地流域はさまざまな地形、地質、植生などの特性を有しているため雨水の挙動はきわめて複雑である。もし山地流域内の流出現象を精度よく再現することができるのであれば、災害の予測、土砂動態の予測などが可能になり、河道の維持または管理をおこなう上で非常に有効である。

著者らは「石狩川流域ランドスケープ情報」¹⁾収録の国土数値情報の第3次メッシュデータからなる河道網とその流域内情報の利用を前提に、山地流域内での雨水の流れを kinematic wave 法を用いて追跡し、土砂流出を評価できる流域内の任意の地点における流量及び浮遊砂量をセットで評価する流出モデル²⁾³⁾の開発を進めている。

以前までは観測地点のみの降雨量データのみを採用していたが、今回はピンネシリレーダー雨量計を用い、各地点で違う降雨量を採用できるものにした。そしてこのモデルを定山溪ダム流域に適用し、計算した雨水の流出量、または浮遊砂の時間的濃度変化について、観測値と比較、検討をおこなった。

2. ピンネシリレーダー雨量計について

ピンネシリレーダー雨量計は、昭和 63 年 10 月から運用を開始した。アンテナは 図-1 に示すように、北緯 43° 29' 22" , 141° 42' 36" , 標高 1,107m に設置されている。維持管理は北海道開発局石狩川建設部維持管理課がおこなっている。

レーダー観測は、レーダーから発射された電波が、雨滴などの反射目標に当り反射波（エコー）として返ってきたとき、このエコーの強度と降雨強度の関係式（レーダー方程式）が成立することを利用して、降雨の観測をおこなっている。レーダー観測は 5 分間隔でおこなわれ、その 5 分間観測値を降雨強度(mm/hr)に変換して表示している。

3. 定山溪ダム流域

ダムへの流入流量と土砂濃度の一連の測定値が得られた定山溪ダム流域において解析をおこなった。定山溪ダムは北海道札幌市に位置し、平成元年に治水、利水、発電などを目的とした重力式のコンクリートダムとして完成した。河道網図を図-2 に示す。流域面積は 104km² で、流域は小樽内川、滝ノ沢川、木挽沢川、天狗沢川で 4 分されている。メッシュ数は 111 個、外部リンク数は 43

個である。本研究では観測地点のある小樽内川流域についての解析をおこなっている。また流入流量、浮遊土砂濃度の実測値が観測された地点は図-2 中の黒丸のところである。小樽内川の流域面積は 68.9km² であり、解析対象メッシュは 75 個、外部リンク数は 30 個である。降雨、流量、浮遊砂濃度の観測データは平成 10 年 9 月 16 日の 0:00 から 9 月 17 日の 12:00 までの 36 時間のデータを用いた。



図-1 レーダーとダムの位置

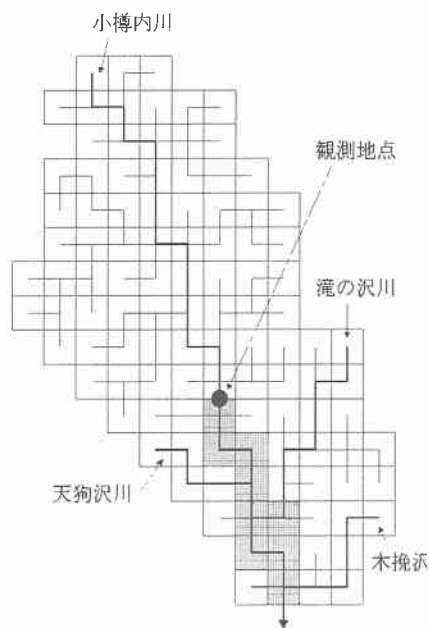


図-2 定山溪ダム流域河道網図

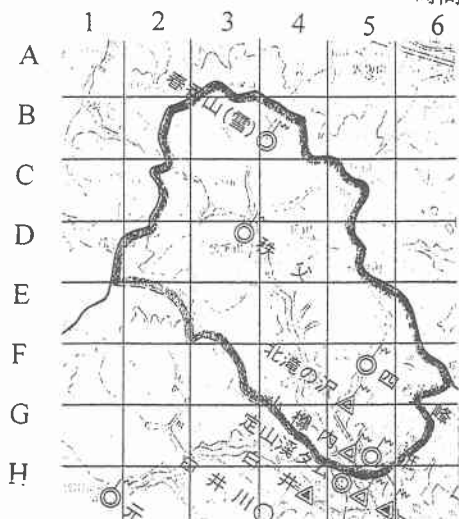
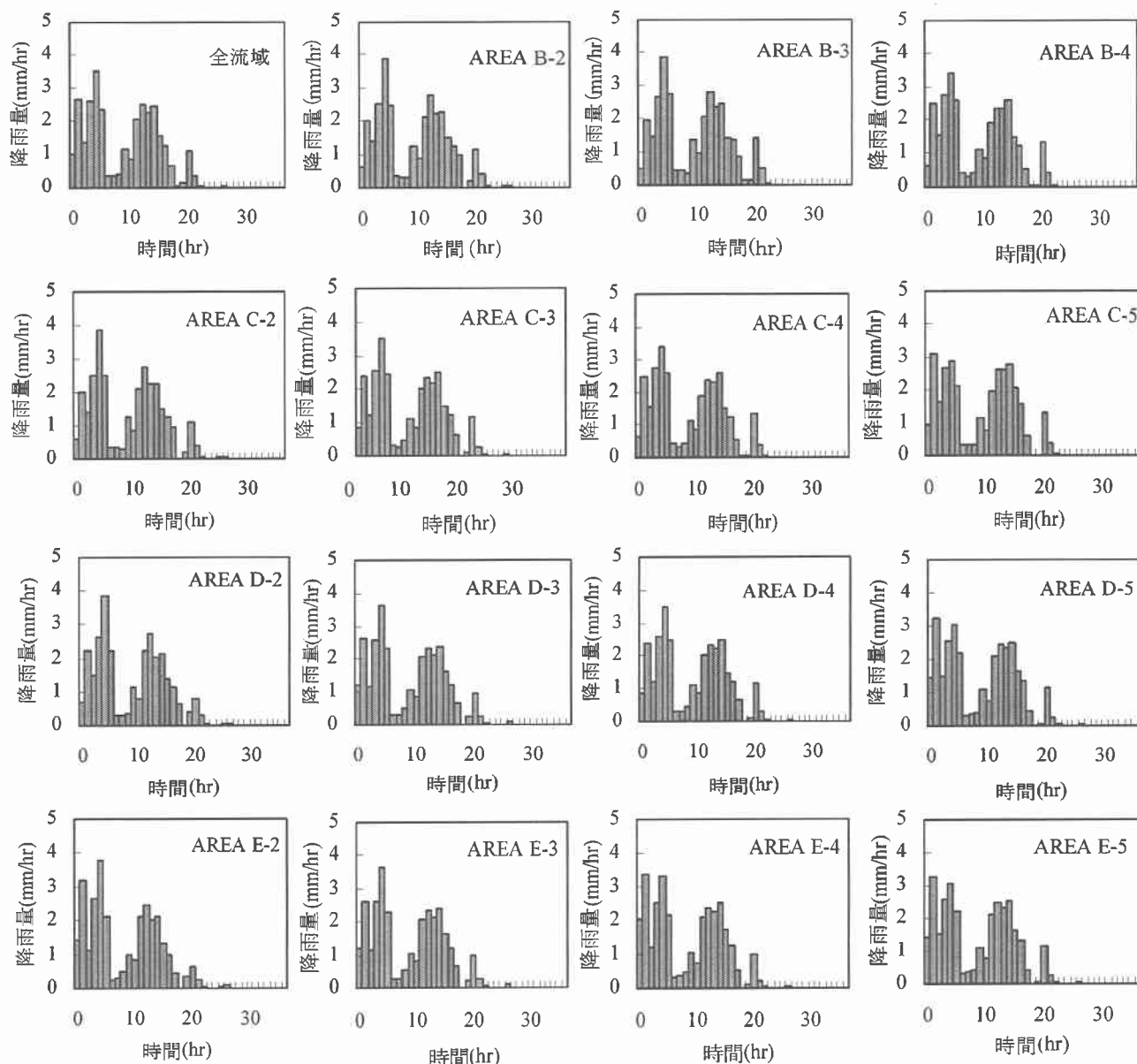


図-3 ピンネシリレーダーのメッシュ図

4. 雨量

図-3 は定山溪ダム流域のピンネシリレーダー雨量計の観測区域に対応したメッシュ図である。

全流域、または各 AREA の 5 分間に観測された雨量強度(mm/hr)を 1 時間当たりのものに変換した雨量を上図

に示す。各 AREA で特徴をもった値になっていることがわかる。これらのデータを用い、河道網のメッシュに対応させ、「雨水」または「土砂」の流出計算をおこなうことにする。

5. 基礎式

「雨水」の流出の計算には Kinematic Wave Model を採用する。

斜面上の流れに対する運動方程式、連続方程式、河道内の流れに対する運動方程式、連続方程式はそれぞれ(1)式、(2)式、(3)式、(4)式である。

$$h = Kq^p \quad \cdots(1) \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r \quad \cdots(2)$$

K, p : 定数, h : 水深, q : 斜面単位幅流量, t : 時間, x : 斜面上流端からの斜面に沿った距離, r : 有効降雨強度である。ここで、マニング型の抵抗則を適用すると、 i を斜面勾配, n を斜面の粗度係数としたとき、

$$K = \left(\frac{n}{\sqrt{i}}\right)^{\frac{3}{5}} \text{で } p=0.6 \text{ となる.}$$

$$A = K' Q^{p'} \quad \cdots (3) \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x'} = q_{side}(t) \quad \cdots (4)$$

A :河道の流水断面積, Q :河道内流量, q_{side} :斜面単位幅当たりの河道への横流入量, K', p' :定数, t :時間, x' :河道上流端からの河道に沿った距離である. ここで, マニング型の抵抗則を適用して, i' を河床勾配, n' を河床の粗度係数, B を川幅とし, 河道断面を広幅矩形断面としたとき

$$K' = B \left(\frac{n'}{\sqrt{i'}}\right)^{\frac{3}{5}} \text{で } p'=0.6 \text{ となる.}$$

いまここでは, 発生する土砂は斜面からのみ生産され, 河道内では発生せず, かつ堆積しないとする. いわゆるウォッシュロードとして挙動する.

ここでは, 斜面からの浮遊砂の生産量を次のように 2 つの方法で評価する. 第 1 は斜面での浮遊砂の濃度は斜面の単位幅当たりの横流入流量に比例するもの, すなわちどの場所からでも斜面より土砂が発生する場合. 第 2 に濃度は崩壊地面積量に比例するもの, つまり崩壊地面積量が 0 であるとき土砂は発生しないというものである. ここで各メッシュの崩壊地面積データは「石狩川流域ランドスケープ情報」に収録されているデータを用いた. 2 式はそれぞれ

$$Ca = \alpha q_{side} \quad \cdots (5) \quad Ca = \beta q_{side} A_c / A' \quad \cdots (6)$$

で与える. ここで, Ca :斜面における単位幅当たりの浮遊砂濃度, α :定数, β :定数, A_c :各メッシュの崩壊地面積, A' :各メッシュの流域面積である.

定数 α, β については, 1 洪水期間中に観測された浮遊砂濃度の測定値のピーク値と計算結果のピーク値が適合するように定め, 流域内では一定とする.

また河道における浮遊砂濃度は (7) 式を仮定し, 算出した. この式から各メッシュの河道下流端から流出する浮遊砂濃度 C_d が求まる.

$$C_u Q_u + Ca q_{side} L = C_d Q_d \quad \cdots (7)$$

ここで, C_u :各メッシュの河道上流端における浮遊砂濃度, Q_u :各メッシュの河道上流端における流量, L :河道長, C_d :各メッシュの河道下流端における浮遊砂濃度, Q_d :各メッシュの河道下流端における流量である.

6. 流出計算結果

流出計算をおこなうとき, 降雨量データには以下の TYPE1~TYPE3 の 3 つを用いる.

TYPE1: 観測地点における地上観測データ

TYPE2: レーダー雨量計を用いたもので, 5 分間に観測された降雨強度(mm/hr)を全流域における 1 時間当たりの平均降雨量に変換したデータ

TYPE3: レーダー雨量計を用いたもので, 5 分間に観測された降雨強度(mm/hr)を用いたデータ

TYPE1 に関して, 流出係数を観測地点における計算した総流量と降雨量があうように 0.64 として計算をおこなった. TYPE2,3 は流出係数は 1 とした. 結果は図-4 から図-6 までに示す. このときすべての TYPE の計算において斜面の粗度係数を $n=1.0$, 河床の粗度係数を $n'=0.05$ で与えた. 今回用いたレーダー雨量データは地上観測地と違う値を示しているためか, 実測値とずれている. 今後検討が必要である.

7. 土砂流出について

図-7 は観測地点における浮遊土砂濃度の時間的変化の計算値と観測地とを比較したものである. 上段は(5)式, 下段は(6)式にそれぞれ対応している.

TYPE1 については観測地点における観測値のピーク値にあうように $\alpha=0.19$ とし, $\beta=9.3$ として計算をおこなった. TYPE2,3 は TYPE1 と比べて違いが大きいのので, 観測地から α, β の同定は難しい. そこで, TYPE1 の

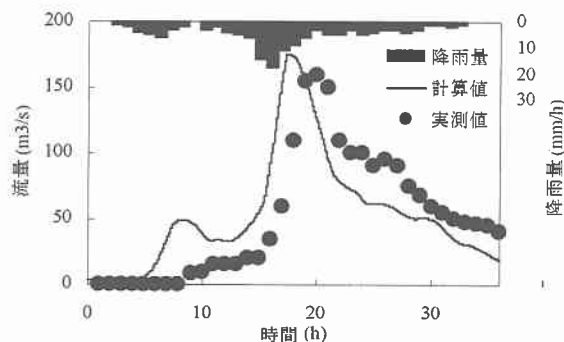


図-4 TYPE1 の計算結果と実測値

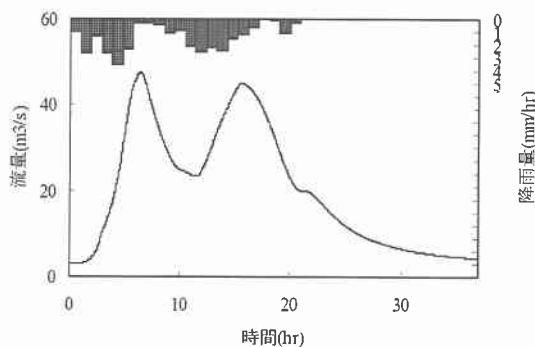


図-5 TYPE2 の計算結果

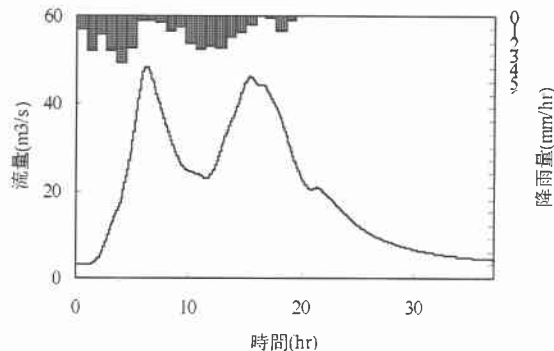


図-6 TYPE3 の計算結果

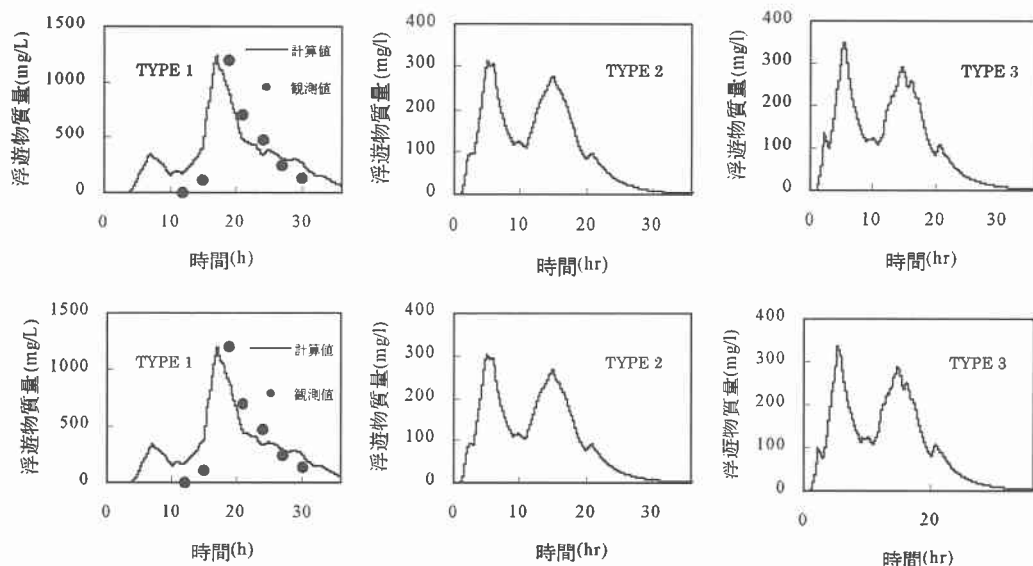


図-7 浮遊砂濃度の計算結果

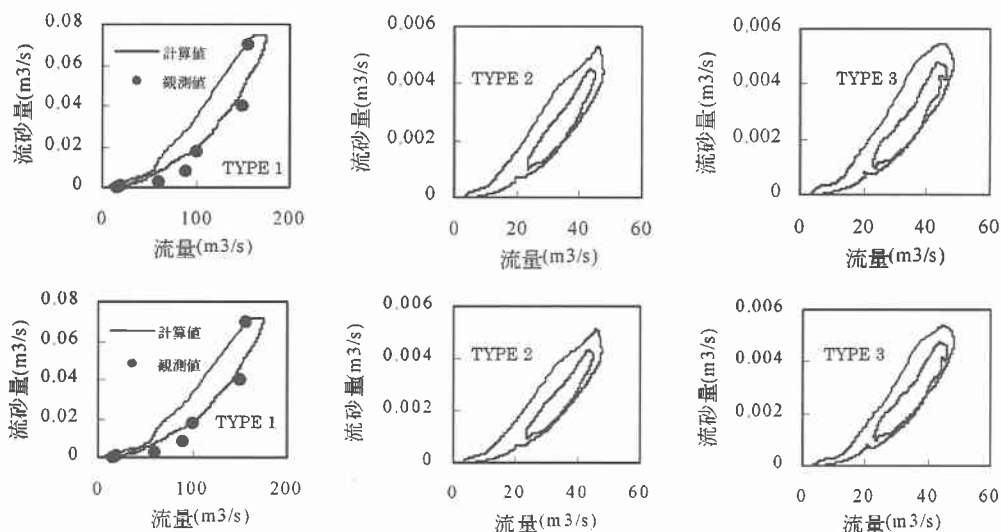


図-8 流量と流砂量

α , β を与えた. 土砂濃度算定方法の違いによらず, 観測地点での計算結果には大きな違いが見られなかった.

図-8 は流量と流砂量との関係を示したものである. 上段は(5)式, 下段は(6)式にそれぞれ対応している.

何れの場合も時計回りの顕著なループを描いている. 出水の増水期に土砂濃度が高濃度になり, 減水期には濃度が低濃度になるということはいろいろな機会に観測されている. 計算のなかでもこのような結果があらわれた. 尚, レーダーを用いたものに関しては地上観測データとはすこし違っているため, TYPE 1と同様の α , β を用いた流出土砂量も少なくなっている.

8. おわりに

本研究では今までのモデルにピンネシリレーダー雨量計の雨量データを組み込み, 各地点において違う雨量データを採用できるようにした.

降雨データについて, 地上観測データとレーダーデータとは少し違いが見られた. そのためか, 「雨水」の再現

性は良好とはいえない. 土砂に関しても同様である. しかしながら, TYPE2 と TYPE3 とを比較すると, 5 分間ごとの雨量を与える TYPE3 の方が, 1 時間当たりの平均雨量を与えた TYPE2 より細かなものになっている. 再現性については TYPE3 の方がより再現できているように思われる. 今後, さらに計算例を増やし, 流域特性などを考慮して検討を重ねていく予定である.

参考文献

- 1) 財団法人北海道河川防災研究センター: 石狩川流域ランドスケープ情報, 1997
- 2) 徳田慎治・黒木幹男・板倉忠興: 河道網を考慮した定山溪ダム流域における浮遊砂の推定, 土木学会北海道支部論文報告集第 56 号(B), pp128-131, 2000
- 3) 広田隆司, 徳田慎治, 黒木幹男, 板倉忠興: 河道網を用いた流出モデル, 土木学会北海道支部論文報告集第 56 号(B), pp216-219, 2000