

二段タンクモデルを用いた幌加地点の流出解析

Runoff analysis using double tank model at Horoka

北海道大学大学院 ○正員 中村健作 (Kensaku Nakamura)

北海道大学大学院 正員 長谷川和義 (Kazuyoshi Hasegawa)

1 はじめに

嵯峨らはこれまで損失機構を有する貯留関数法1) 2) 3) を直列二段型にした単独流域の流出解析モデルを行ってきた。しかし、未知パラメータの数が多く収束を必ずしも約束するものではなかった。そこで日野・長谷部のARフィルター理論4) を応用し、下段タンクの未知パラメータを確定値として扱う手法を検討した。さらに嵯峨らは下段タンクの一つの未知パラメータを数学的に最適化する手法を開発した5)。本論文ではこの手法を用いて、北海道德富川流域に発生する水量と土砂の流出量を計算し、観測値と比較検討するものである。

2 対象流域

原則的には北海道空知支庁の徳富川の幌加(流域面積

66.3 km²) を対象流域とするが、それらの計算を検証する形で徳富川流域全体(流域面積239.2km²) を対象流域とする(図-2-1 参照)。流域を分割するにあたっては国土数値情報の250 mメッシュのデータを用いた。流量の観測地点は上流側から幌加、南幌加橋、壮志、学総橋の各地点である(図-2-1 参照)。降雨の観測地点は幌加徳富、空知吉野、滝川の3地点である(図-2-2 参照)。

3 基礎方程式と計算方法

本論文では流域流出解析として嵯峨らによる二段タンク型貯留関数モデルを用いた。図-3-1にしたがって基礎方程式は以下の方程式である。

$$\begin{cases} \frac{dS_1}{dt} = r - q_1 - p_s \\ S_1 = k_1 q_1^{p_1} + k_2 \frac{d}{dt} (q_1^{p_1}) \\ p_s = \alpha_1 q_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{dS_2}{dt} = p_s - q_2 - z_2 \\ S_2 = k_4 q_2 + k_5 \frac{d}{dt} q_2 \\ z_2 = \alpha_2 q_2 \end{cases}$$

$$q = q_1 + q_2$$

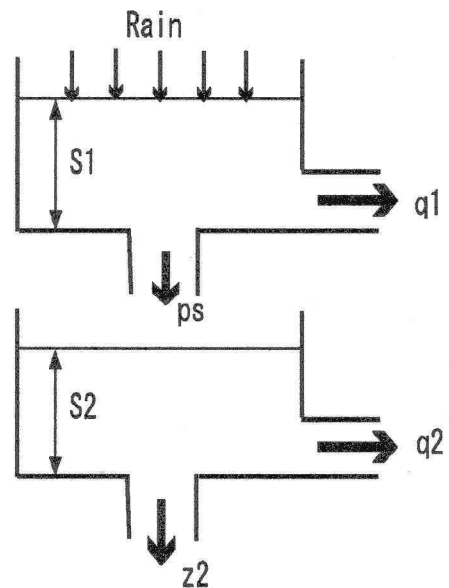


図-3-1 二段タンク型貯留関数モデル

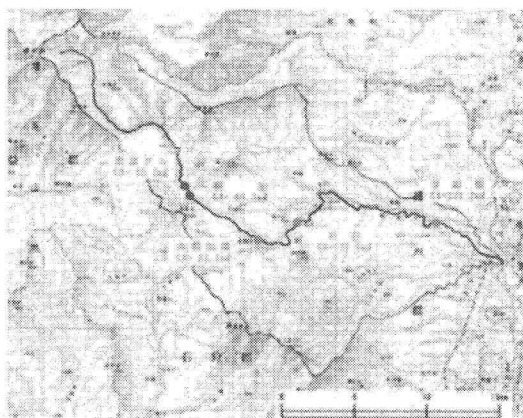


図-2-1

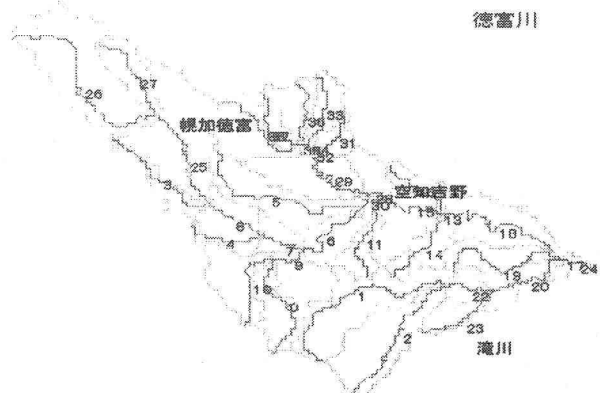


図-2-2

この計算方法は未知パラメータを推定する方法である。計算の収束条件としてモデル定数の最適化を行いその未知パラメータの補正値が十分小さくなったと判断されたとき収束とする。その比は0.01とする。

主たる研究の目的は幌加地点に流入する流量と流砂量を推定するものであるが、今回は徳富川全流域の解析を行った。流量の観測地点として上流より、幌加（流域面積66.3 km²）、南幌加橋（同82.1km²）、壮志（同125.6 km²）、学総橋（同239.2 km²）の4地点である。計算に使用した降雨は、1990年9月3日～5日、1992年9月2日～4日、1998年9月16日～18日に観測されたものであり、これらの降雨はいずれも秋雨前線によるものと思われる。これらの降雨データと実測流量を用いて観測値と計算値の比較を行った。

4 計算結果と考察

本論文では12ケースの計算を行った。全12ケースの中で6ケースが収束条件の1%をクリアした。ここでは計算の収束状態も良く比較的事実値に適合した1998年の4ケースに注目した。図-4-1はその中の幌加でのS-Q曲線である。他の3ケースも同様に右回りのカーブを描いた。

図-4-2は4ケースのそれぞれの計算結果である。いずれもピークの位置は実測値と適合しているが、計算値のピーク流量は実測値を下回っている。今回のようにピーク時の立ち上がりが鋭い時に、計算値が実測値に追いつかないという事がわかる。これは未知パラメータを減衰部情報によって規定値として扱っているためである。さらに実測値に適合するためにはタンクモデルや貯留関数法などを用いることを検討する必要がある。

1990年については降雨のピークが2山あり、実態をうまく表現できなかった。1992年のケースについては降雨のピークが鋭すぎるため、こちらも実態をうまく表現できなかった。

全体的には本モデルは上流側での解析でうまく適合するが、下流も含めた大規模な条件下の解析で適合しなかった。これは上流では石灰岩、下流側では泥岩の地質であることが影響しているためである。

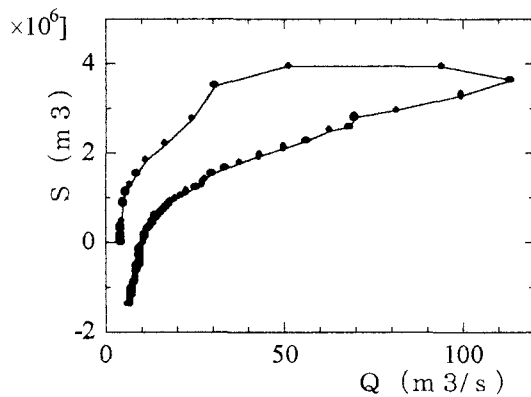


図-4-1

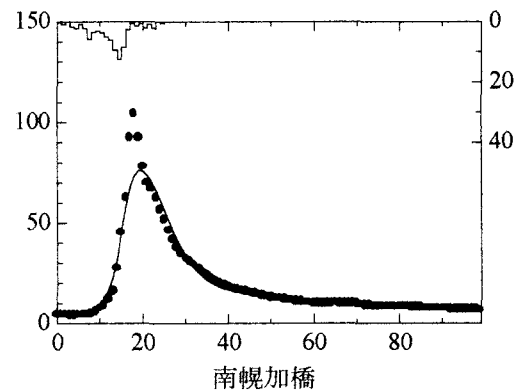
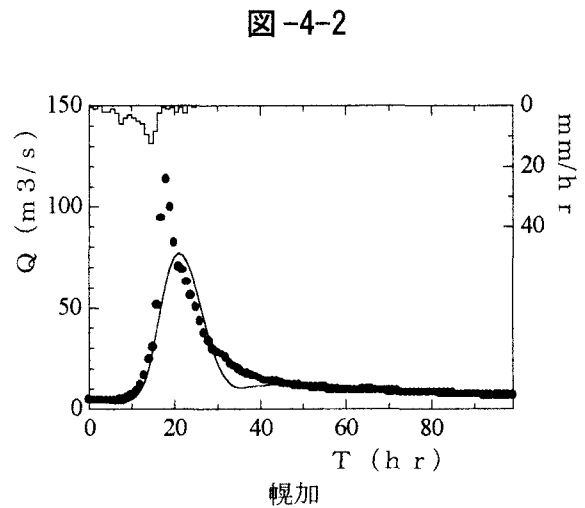
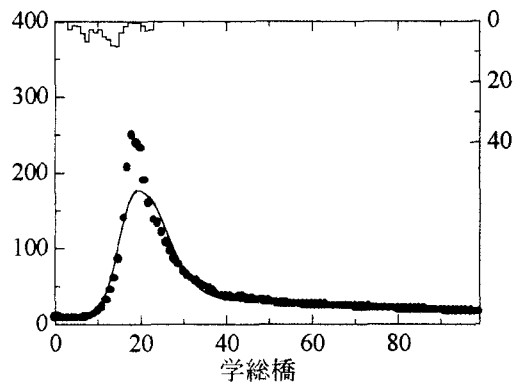
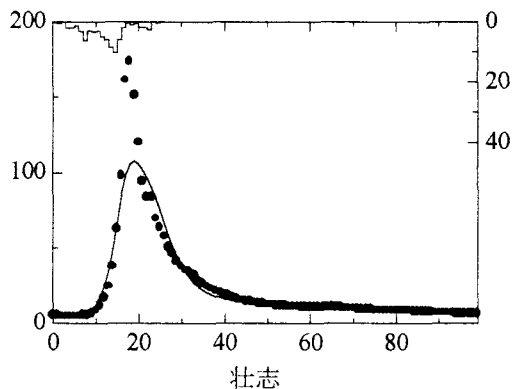


図-4-2



5峴加地点における流砂量

ここでは峴加地点に流入する流砂量の計算をおこなう。峴加地点の対象流域はステッププールが発達しているため、本論文では神田ら⁶⁾による護床工下流部の洗掘に関する研究成果を用いることにする。神田らによれば最大洗掘深 Z_m を有する洗掘穴における底面の平均せん断力は、流れ方向の運動方程式を適用することによって次式で表すことができる。

$$\bar{\tau} = \frac{\rho g h_c h_0 \left\{ -z_m(1-\beta) + \frac{h_c}{2} \left(3 - \beta^2 - \frac{2}{\beta} \right) \right\}}{\alpha S \left(\frac{z_m}{h_0} \right)^\gamma - h_0 \lambda}$$

$$\beta = \frac{h_0}{h_c}$$

1998年9月16日から100時間の降雨による流量の実測値より計算した流砂量は3070.1m³、流量の計算値より計算した流砂量は2314.8m³である。対象河川が山地河川であるため、実際はどの程度の値になっているかは計測を行い調査する必要がある。

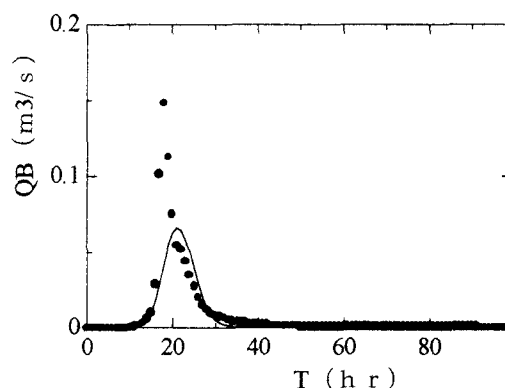


図 5-1

上式より底面せん断力を算出し、芦田・道上の流砂量式を使い流砂量の計算をおこなった。

今回は1998年の峴加地点の流砂量を計算した。(図5-1)

おおむね同様な流砂量の傾向を示しているが、流砂量が流量に敏感に反応し、ピーク時における流砂量の計算値が実測値を下回っているのがわかる。

6まとめと今後の課題

①嵯峨らの二段タンクモデルを徳富川で適用しある程度流量を計算で再現できたが、未知パラメータを減衰部情報によって規定値と扱っているため、また流域の地質状態により、流出流量のピーク位置はほぼ一致しているが、ピーク流量の絶対値が実測値よりも計算値のほうが小さくなる傾向にある。

②対象流域が山地河川のため神田らによる護床工下流部の洗掘理論を用いて流砂量を計算したが、実河川でどのくらいの値になっているか調査をおこなう必要がある。

7参考文献

- 1) 田中、藤田、清水：損失機構を含む貯留関数法に関する研究、北海道支部論文報告集、第53号（B）、pp54-59、1997
- 2) 八田、藤田、山梨：損失を考慮した不飽和浸透理論の集中化、土木学会論文集、Vol. 600, No. I I -44, pp11-21、1998
- 3) 八田：山地流域における流出過程のモデル化とその応用に関する研究、北海道大学博士論文、1998
- 4) 日野、長谷部：水文流出解析、森北出版
- 5) 嵯峨浩：北海道における流出予測モデルの構築と総合化
- 6) 神田佳一、森本龍助：護床工下流部における局所洗掘穴のせん断力と洗掘の軽減に関する研究、水工学論文集、第43巻、pp617-622、1999