

川内川流域への山地降雨流出解析モデルの適用

鹿児島大学大学院 学生会員 ○黒岩陽地

鹿児島大学大学院 正会員 安達貴浩 齋田倫範

1. はじめに

近年、我が国では記録的な集中豪雨が多発しており、各地で水害が発生している。このような問題に対して、ハードとソフトの両面から適切な対策を講じていく必要があるが、そのためには、観測データの充実化と同時に、解析的アプローチによって降雨流出過程を適切に把握する必要がある。ところで、我が国の国土の約7割は山地であり、多くの河川流域においても、山地で生じる現象が少なからず降雨の流出過程に影響を及ぼしている。また、降雨の空間分布や土地利用の変化の影響を適切に評価することを想定して、本研究では、分布型の山地降雨流出解析モデルを構築し、水位、流量、河道データが比較的充実している川内川上流域を対象に検証を行った。

2. 解析モデルの概要

まず、落水線に基づいて、集水域を抽出するモデルを作成した。本研究では、標高5次メッシュデータと河道データ¹⁾を用い、落水線を作成し、集水域を抽出した。なお、落水線作成時に、所定の長さスケール以下の窪地が存在する場合、斜面勾配には閾値を与え、下流側に必ず水が流れるように落水線を補正した。

Fig.1に、荒田水文観測所を下流端とした場合の、集水域の抽出結果を示す。集水域中央の空白の部分には陸上自衛隊・霧島演習場があり、比較的広範囲に周辺より

も標高の低い地形が存在していた。このため、解析対象領域から除外した。

以上のような集水域と落水線に基づいて、次に流出解析モデルを作成した。抽出した流域はすべて山地メッシュと見なし、山地モデルを適用した。また、河道については、河道が存在する山地メッシュからの横流入を考慮し、別途解析を行った（河道モデル）。

解析モデルには、立川ら²⁾が開発した落水線に沿った1次元 kinematic wave モデルを採用し、基礎式として、以下の連続式と流量流積関係式を用いた。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial s} = r$$
$$q = \begin{cases} k_m i d_m (h/d_m)^\beta, & 0 \leq h \leq d_m \\ k_m i d_m + k_a i (h - d_m), & d_m < h \leq d_a \\ k_m i d_m + k_a i (h - d_m) + \alpha (h - d_a)^{5/3}, & d_a < h \end{cases} \quad (\text{山地})$$
$$q = \alpha_r h^{5/3}, \quad 0 \leq h \quad (\text{河道})$$

ここで、

$$\beta = k_a / k_m, \quad \alpha = \sqrt{i} / n, \quad \alpha_r = \sqrt{i_r} / n_r$$

ここで、 h : 水深、 t : 時間、 q : 線流量、 s : 流水線の方
向の座標、 r : 有効雨量、 k_m : マトリックス部の透水係数、
 d_m : マトリックス部の最大水分量、 k_a : 重力水が卓越する
大空隙部の透水係数、 d_a : 土壌内に存在し得る最大水分
量、 i : 斜面勾配、 n : 山地表面の粗度係数、 i_r : 河床勾
配、 n_r : 河道の粗度係数 である。

上記のモデルにおいて、山地における流出形態はメッシュ状に存在する水分量に応じ変化し、マトリックス流れ、大空隙中の流れ、表面流出といった3段階の流出形態が出現することになる。

3. シミュレーション結果

Fig.1に示した川内川流域に対して、小規模の出水のあった、2000年6月2日から4日までの3日間を対象に解析を行った。入力降雨として、集水域周辺の雨量観測点（7地点）における平均10分雨量の時系列データを用いた。モデル・パラメータについては、立川ら²⁾の値を基準として、値を調整し、最適値を決定した。その結果、



Fig.1 川内川荒田水文観測所の集水域

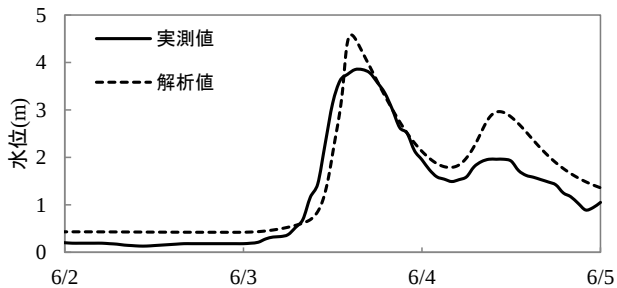


Fig.2-1 水位の実測値と解析値の比較

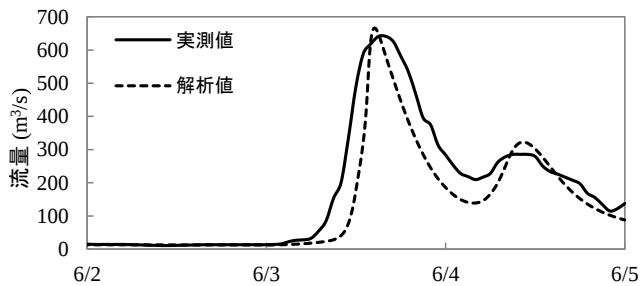


Fig.2-2 流量の実測値と解析値の比較

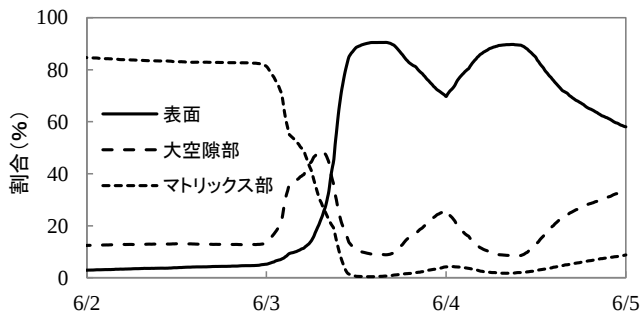


Fig.2-3 流出が発生している各土層の全山地メッシュにおける割合

$k_m=0.0025\text{m/s}$, $d_m=0.18\text{m}$, $k_a=0.01\text{m/s}$, $d_a=0.2\text{m}$, $n=0.4\text{m}^{-1/3}\text{s}$, $n_r=0.03\text{m}^{-1/3}\text{s}$ の時に, 比較的良好なシミュレーション結果が得られることが確認できた。

結果として, Fig.2 に, 荒田水文観測所における水位と流量の経時変化を示す. 若干のずれは見られるものの, 水位, 流量いずれについても, シミュレーションは実測結果を概ね再現していることが確認できる。

4. モデル定数が結果に及ぼす影響

本研究で設定したモデル・パラメータは, 直接観測することが現状では難しいため, 試行錯誤的に最適値を決定する必要があった. このような状況において, モデル・パラメータが解析結果に及ぼす影響を適切に把握することが重要になってくる. そこで次に, モデル・パラメータを種々変化させる感度解析を行った. 結果の一例として, Fig.3, 4 に, 河道と山地表面の粗度係数をそれぞれ変化させた時の結果を示す. 河道の粗度係数は解析結果にそれほど影響を及ぼさないのに対し, 山地表面の粗度係数は解析結果, 特にピーク流量に対して大きな影響を有することが分かった。

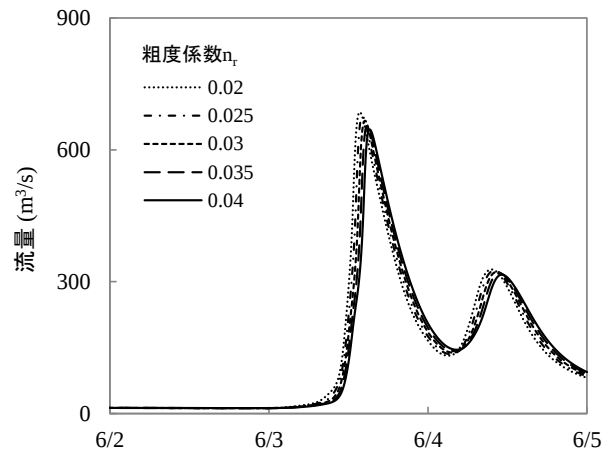


Fig.3 河道の粗度係数が流量の解析値に及ぼす影響

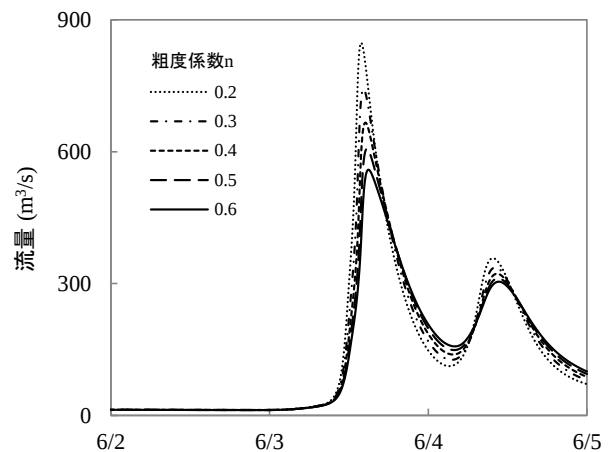


Fig.4 山地斜面の粗度係数が流量の解析値に及ぼす影響

ところで, 一般に山地土壌の保水能力は大きいので, 比較的大きな豪雨でしか表面流出は発生しないと考えられている. しかしながら, 今回対象とした降雨の規模はそれほど大きくないにも拘わらず, 本解析では, Fig.2-3 に示すようにピーク流量出現時における集水域の約 9 割の山地部で表面流が発生しているという結果が得られている. ただし, 表面流出が発生しない条件を設定すると, 流量と水位の再現性は不十分であった。

5. まとめ

本研究では, 川内川の上流域を対象に, 流域抽出プログラムと流出予測プログラムを構築した. 今後, モデルの精緻化が必要であることは言うまでもないが, 以上の点を考慮すると, 適切な降雨流出モデルを構築するためには, 降雨の流出形態の実態を把握することが重要だと考えられる。

参考文献

- 1) <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 2) 立川隼人, 永谷言, 寶馨; 不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発, 水工学論文集, 第 48 巻, (2004), pp. 7-12.