

京都大学大学院 学生員 児島利治
 京都大学大学院 学生員 ○千歳知礼

京都大学防災研究所 正会員 宝 馨
 京都大学工学部 学生員 西海宏則

1. はじめに

筆者らはこれまで、DEMのグリッドポイントの周囲の矩形の領域を1つの部分流域(セル)とみなす、セル分布型洪水流出モデルを提案し、都市、耕地、森林等の土地被覆が混在する地域に対して適用してきた¹⁾²⁾。本研究では、日本全国で利用可能となった国土地理院発行の分解能50mのDEMを用いて、セル分布型流出モデルを山地森林流域へ適用し、山地森林域の等価粗度の同定、モデルの妥当性の検討を行う。対象流域は、高時川の上流域(101 km²)とする。

2. セル分布型流出モデル

本研究では、次のような分布型の流出モデルを用いる。

【1】 DEMの標高値(グリッド交点)の周囲 $d \times d$ mのDEMの分解能に合わせた正方形の領域を1つの部分流域(セル)と考え、流域全体がセルの多数の集合体であるとする。

【2】 DEMから流域の落水線図(次章参照)を作成し、一つのセルからの流出は、落水線の流下方向のもう一つのセルへのみ起こるとする。

【3】 各セルでは、セル内で一様な有効降雨を入力とし、上流側セルからの流出を合計して上流端流入量とし、kinematic wave法によって流出量を計算する。

【4】 8つの流下方向のうち、上下左右方向へ流出するセルでは、斜面長、斜面幅はともに分解能と同じ d mとし、対角線方向へ流出するセルでは、斜面長は $\sqrt{2}d$ mとし、斜面幅は $d/\sqrt{2}$ mとする。

kinematic wave法の基礎式は次式で表される。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r_e \quad (1)$$

$$q = \frac{\sqrt{I}}{N} h^m \quad (2)$$

ここで、 q ：単位幅流量、 h ：水深、 r_e ：有効雨量、 I ：斜面勾配、 N ：等価粗度、 m ：定数(=5/3)である。

このような、正方形の部分流域(セル)によって流域を構成する流出モデルをセル分布型流出モデルと呼ぶこととする。

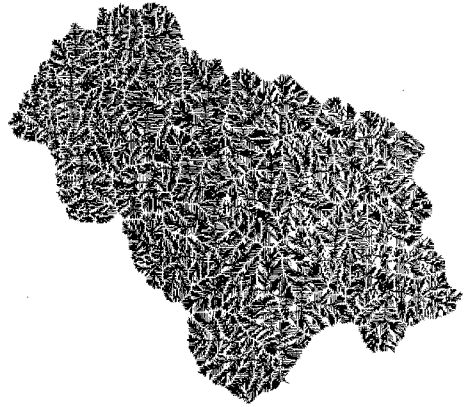


図 1: 落水線図

3. 適用

3.1 落水線と河道データ

落水線図はDEMから作成される。しかし、DEMの分解能と地形の起伏条件によっては、実際とは異なった河道網が形成される事も少なくない。比較的良好な落水線図が得られる山地流域においても、落水線が渦を巻く箇所が現れることがある。そのため、落水線図を作成する際の事前情報として、実河道の位置データを入力することが必要である。

実河道の位置データは、地形図のブルーラインをディジタイザを用いて入力することで得られる。しかし、流域内の全てのブルーラインを入力することは多大な労力を要するため、一旦DEMのみから作成した落水線図において、明らかにおかしい箇所の周囲のブルーラインのみをディジタイザを用いて入力することとする。

以上の手順で、DEMと実河道の位置データから作成された落水線図を図1に示す。

3.2 物理定数の設定

セル分布型洪水流出モデル²⁾では、各セルの等価粗度 N をそのセルの土地被覆、土地利用クラスから決定する。落水線図から、閾値を200として擬河道網図(図2)を作成する。擬河道網とされたセルは河道というクラスにする。高時川上流域では、その土地

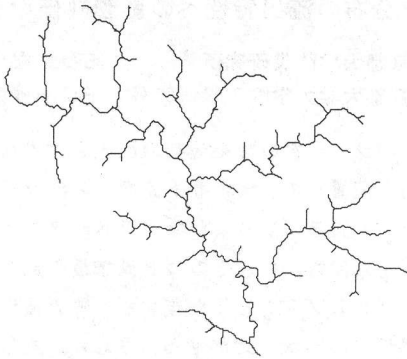


図 2: 擬河道網 (閾値 200)

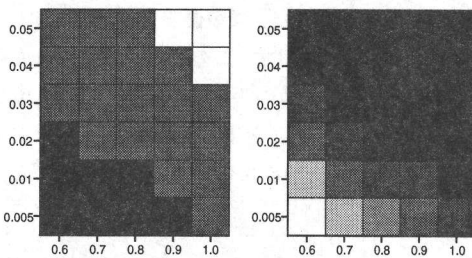


図 3: ピーク時刻の誤差 (左; 黒:0 時間, グレー:1 時間, 白:2 時間), RMS 相対誤差 (右; 白:0.12, 黒:0.27)

被覆はほとんど森林であるため、河道以外のセルは全て森林クラスとする。

kinematic wave の定数 m は、河道以外、森林とされたセルでは $5/3$ とし、河道セルでは、河幅を一律 10 m、矩形断面を仮定し、各セル毎に求めた m を用いた³⁾。

4. 計算結果と考察

1990 年 9 月 19 日から 21 日にかけての出水 (Flood 3) に対して、セル分布型流出モデルを用いて計算を行った。山地森林域のセルの等価粗度を 0.6~1.0、河道のセルの等価粗度を 0.005~0.05 と変化させたときのピーク時刻の誤差とハイドログラフ 1 時間毎の RMS 相対誤差を図 3 に示す。なお、図 3 では、計算ハイドログラフの精度の良い画素を黒で示し、精度が悪い画素を白で示している。ピークの時刻の誤差は最小値は 0、最大値は 2 時間であった。一方、RMS 相対誤差は最小値は 0.12、最大値は 0.27 であった。

図 3 から、一般に Kinematic Wave で用いられている等価粗度の値 (山地森林域 0.7、河道 0.05)⁴⁾ と比

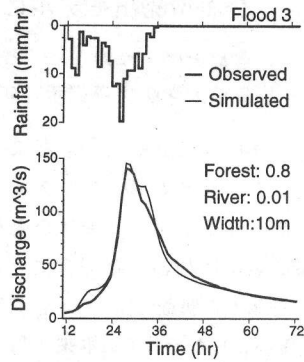


図 4: 計算結果

較して、この出水に対しては、河道のセルの等価粗度は少し小さな値、山地森林域の等価粗度は少し大きな値がよいことが分かった。

河道及び森林域のセルに対して、ここで検討した範囲の等価粗度を与えると、ピーク時刻の誤差はほぼ 1 時間以内に、RMS 相対誤差は 0.2 程度以下に収まる。他の出水例についても、2, 3 試算してみたところ、同様のことが言えるようである。

本研究の解析結果の一例として、ピーク時刻の誤差が無く、RMS 相対誤差が最小の計算結果を図 4 に示す。ピーク流量が若干大きく評価され直接流出が少し早めに終了しているものの、精度の良い計算ハイドログラフが得られている。

5. おわりに

本研究では、河道と森林域の 2 つの等価粗度の値の組み合わせとハイドログラフ誤差の関係を図 3 のように提示した。このような解析を他の出水例にもくり返し行うことにより、高時川流域における適切な等価粗度を同定することができよう。セル分布型流出モデルは、観測ハイドログラフを極めてよく再現することが確認できたので、山地森林流域における分布型の流出解析の有効な手法になりうると言える。

参考文献

- 1) 児島利治・宝 馨・岡太郎・千歳知礼: ラスター型空間情報の分解能が洪水流出解析結果に及ぼす影響, 水工学論文集, 土木学会水理委員会, 第 42 巻, 1998.
- 2) 児島利治: リモートセンシング画像と GIS の水文解析への応用, 京都大学学位論文, 1997.
- 3) 角屋睦: 流出解析手法 (その 6), 農業土木学会誌, Vol. 48, No. 6, pp.37-43, 1980.
- 4) 建設省河川局 (監): 建設省河川砂防技術基準 (案) 調査編, 山海堂, p. 144, 1977.