

II-48 デジタルマップとレーダー雨量情報を用いた流出解析(3)

— 河道特性の流出への影響 —

長岡技術科学大学 正 員 ○ 陸 旻皎
 長岡技術科学大学 正 員 小池俊雄
 長岡技術科学大学 正 員 早川典生

1 はじめに

流出の流域内での集中は流出の発生と並んで流出現象の最も重要な素過程であるが、流域斜面における集中だけが重要視されてきた。山地小流域において、河道集中が無視できると言われてきた。しかし、自然流域においては、かなり上流まで河道が存在し、河道流が流出の重要な集中形態であると推測できる[2, 3]。流出現象における河道の役割を十分考慮する必要がある。本研究は、著者らによって提案された分布型流出モデル[1]及び河道特性モデル[2]を結合し、河道特性の流出への影響を調べるものである。

2 流出モデルと河道特性モデルの概略

著者らの流出モデルでは、流域をメッシュに分割する。各メッシュにおいて、流出量が雨量から算出され、さらに、直接流出成分と基底流出成分とに分離される。後者は集中型である貯留関数法によって流出高に変換され、前者は擬河道網を介して、流域の出口までKinematic Wave法で追跡計算される。両者の和がハイドログラフとなる。ここで、擬河道網はメッシュ中心点を結ぶ擬河道から構成され、流域内の各メッシュにおける流出の流域出口への集中経路を示すもので、流域地形情報から算出できる。

直接流出成分の追跡を行う際に、擬河道を広幅矩形断面流路とし、運動方程式にManning則を用いているが、現実に即した河道特性を流出解析に取入れるために、著者らが山地小流域内に発達する河道網に関する現地調査及びデータ解析により、河道特性、つまり、河道幅とManningの粗度係数の流下方向での変化を調べ、次の河道特性モデルを得た。

$$\text{河道幅 } B = a A^b \quad (1) \quad \text{Manningの粗度係数 } n = c A^d \quad (2)$$

ただし、 a, b, c, d はパラメーターであり、 A は集水面積である。このモデルを用いて、各擬河道の集水面積からその河道幅及びManningの粗度係数を推定し、河道特性の空間分布を流出解析に取り入れることが可能となる。なお、著者らのデータから、 b と d がそれぞれ0.5, -0.314付近にあることが示された。

3 河道特性の流出への影響

本研究は魚野川流域(355km²)の250mメッシュモデルを用いて流出計算を行い、河道特性モデルのパラメーター a, b, c, d の変化による流出の変化を以下の4ケースの数値シミュレーションにより調べた。

1. a, c を5通り、 b, d を3通りずつ変化させる。
2. a, c を固定して、 b, d を15通りずつ変化させる。
3. 流域出口の河道幅 $B_0 = 30.0\text{m}$ とManningの粗度係数 $n_0 = 0.15$ と固定し、河道特性モデルを $B = B_0 (\frac{A}{A_0})^b$ と $n = n_0 (\frac{A}{A_0})^d$ に正規化し、 b, d を15通りずつ変化させる。
4. b, d を固定して、流域出口の河道幅 B_0 とManningの粗度係数 n_0 を15通りずつ変化させる。

ここで、 A_0 は流域の集水面積である。各パラメーターの変域がまだ十分把握出来ていないために、このシミュレーションはパラメーターの感度比較というよりも、各パラメーターがどのように流出に影響を与えるかを示すものである。

Fig. 1はケース1の結果で、各パラメーターの流出への影響が読み取れる。 a が大きくなるに連れ、洪水ピークが小さくなり、遅く現れる。これは河道幅の増大による洪水流の流速低下によるものと考えられる。 c が大きくなれば、河道網内の流れ抵抗が増し、洪水ピークが小さくなり、洪水時間遅れが大きくなる。 b, d は河道幅及びManningの粗度係数の分布に関わる定数で、集水面積1km²を境にその影響が異なってくる。本計算の対象流域の集水面積がかなり大きいために、 b の増加が河道幅の増加となり、洪水ピークを小さくする。一方、 d の減少(絶対値の増加)が擬河道網内のManningの粗度係数の低下を意味し、洪水ピークを大きくする。また、パラメーターの値があまり現実的なものではないが、洪水ピークを減少させる要因がいくつか重なった場合に、洪水波形が崩れ、複数個のピークをもつ波形となることもある。

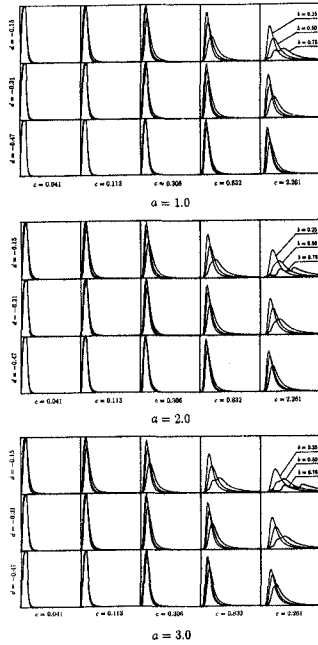
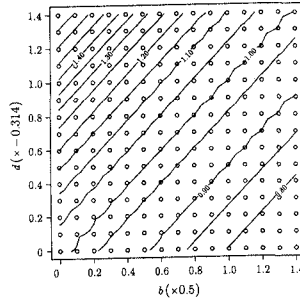
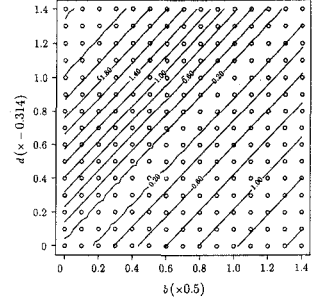


Figure 1: Hydrographs derived in numerical simulation(case 1: effects of a, b, c, d).

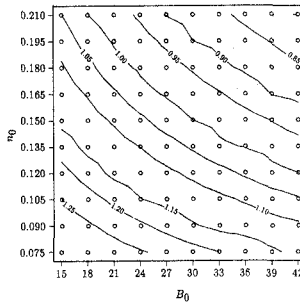


Contour map of CR_p

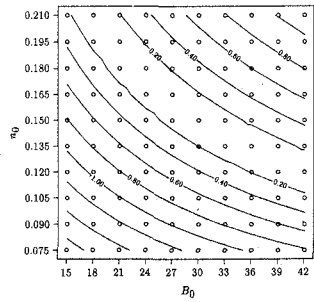


Contour map of CR_h

Figure 2: Effects of b, d on flood peaks and hydrographs with a, c fixed.



Contour map of CR_p



Contour map of CR_h

Figure 3: Effects of B, n at basin outlet on flood peaks and hydrographs with b, d fixed.

ケース2とケース3はともに b, d の流出への影響を知るために行ったものであるが、ケース3は前述の集水面積による b, d の影響の違いを避けるために行ったものである。ここで、洪水ピークと洪水波形に注目し、 $b = 0.5, d = -0.314$ の場合の結果を基準に、以下の指標

$$CR_p = \frac{Q_p}{Q_{0,p}}$$

$$CR_h = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum (Q_i - Q_{0,i})^2}}{\frac{1}{n} \sum Q_{0,i}}$$

を用いて、その影響を調べることにした。ただし、 Q_p はピーク流量、 Q_i は i 番目の流量値で、 n はデータ数であり、下付き添え字0は $b = 0.5, d = -0.314$ の場合の値を意味する。Fig. 2はケース3の等 CR_p 線図と等 CR_h 線図である。等値線が直線 $\frac{d}{-0.314} = \frac{b}{0.5}$ にはほぼ平行である。これらの等値線上のどの b, d の組合せも、ほぼ同様なモデル応答特性が得られると考えられ、 $b = 0.0, d = 0.0$ で得られた流域出口のハイドログラフが $b = 0.5, d = -0.314$ で得られたものとほぼ同じである。要するに、流域出口の流量だけを予測計算しようとする場合に、実際の河道網における河道幅 B とManningの粗度係数 n の分布を考慮せず、流域内一定としても、工学的に十分な精度が得られる。これは初期のモデル、つまり、河道幅 B とManningの粗度係数 n を流域内一定としたモデルでも、よい結果が得られた理由でもある。

ケース4は b, d をそれぞれ0.5, -0.314とし、流域出口の河道幅 B_0 とManningの粗度係数 n_0 を変え、その流出への影響を調べるものである。ここでも、 CR_p, CR_h を用いるが、この場合には、流域出口の河道幅 $B_0 = 30.0m$ とManningの粗度係数 $n_0 = 0.15$ を基準とする。なお、これらの値は魚野川の洪水解析で得られたものである。Fig. 3はケース4の等 CR_p 線図と等 CR_h 線図である。等 CR_p 線と等 CR_h 線が概ね平行であり、しかも $CR_p = 1.0$ の付近に CR_h がほぼ最小になる。また、パラメーター間に強い相関が認められた。

参考文献

- [1] Lu, M., Koike, T. and Hayakawa, N.: A rainfall-runoff model using distributed data of radar rain and altitude, Proceedings of JSCE, No.411/II-12, pp. 135-142, 1989.
- [2] Lu, M., Koike, T. and Hayakawa, N.: Consideration of channel characteristics in distributed rainfall-runoff model, Proceedings of Hydraulic Engineering, JSCE, vol. 35, pp. 161-166, 1991.
- [3] Newson, M.D. and Harrison, J.G.: Channel studies in the Plynilimon experimental catchments, Institute of hydrology, report No. 47, 1978.