

乞田川流域におけるGISを活用した洪水流出解析

明星大学理工学部
 (株)光彩
 東京都立大学大学院工学研究科

正会員 ○藤村 和正
 平良 康貴
 フェロー 安藤 義久

1. はじめに

GIS(地理情報システム)ではメッシュ交点の標高や土地利用などのデータを容易に把握し操作できることから、流出解析で利用する場合、グリッドサイズを基本とした流出計算をする場合が多く、自然流域ではその有効性は高い。しかし、土地利用が多様で雨水の流出経路が複雑な都市流域においては、グリッドサイズを基本とした流出が実際と同じであるとは限らない。このような場合、GISの特徴を生かした流出解析を行う一つの手段として、解析に必要な流域データを得るためにGISを活用することが考えられる。本研究では、このことを念頭に置き、丘陵地の都市流域である乞田川流域において Kinematic wave 法を用いて洪水流出解析を行い、その適合性について検討することを目的とする。

2. 洪水流出モデル

洪水流出解析は、有効降雨計算と雨水流計算を組み合わせる。有効降雨の算定には Diskin-Nazimov モデルを用いる。このモデルの特徴は、パラメータ数が初期浸透能 f_0 、終期浸透能 f_c 、表層水分保留量の最大値 S_m の3つと少ないながら降雨強度の変化に対して浸透能の変化を計算できることにある。雨水流計算は、流域を幾つかのブロックに分割し、矩形斜面と河道にモデル化し、以下に示す Kinematic wave 式の運動方程式および連続式を用いて斜面流計算と河道流計算を行う。数値解析には陽的差分法を用いる。Diskin-Nazimov モデルと Kinematic wave 法を組み合わせた洪水流出解析は藤村・安藤¹⁾により東川流域において試みられている。



図1 乞田川流域の IKONOS 衛星画像写真

斜面流計算

$$\begin{cases} q = \frac{1}{N} h^{\frac{5}{3}} s^{\frac{1}{2}} \\ \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r \end{cases}$$

河道流計算

$$\begin{cases} A = KQ^P (\text{管渠水路}) \\ Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} (\text{矩形断面水路}) \\ \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial X} = q \end{cases}$$

ここに A:河道流水断面積、X:河道距離、x:斜面距離、h:雨水流水深、r:有効降雨、t:時間、Q:河道流量、q:斜面単位幅流量、n:マンングの粗度係数、N:等価粗度、K,P:河道定数

3. 対象流域の概要とGISの利用

対象とする乞田川は多摩川支川の中規模都市河川で、その流域面積は 13.31km²である。本流域は多摩ニュータウンとして 1965 年頃より開発が進められ、現在ではほぼ完了している。流域には完全な分流式下水道が整備されている。以前の研究²⁾で乞田川流域に Kinematic wave 法を適用するため、河道や雨水下水道の集水域を基に、流域は 19 の小流域に分割しモデル化されている。図1には乞田川流域および分割された小流

表 1 土地利用別の面積率と浸透能特性値

土地利用	不浸透域		浸透域			
	道路	屋根	運動場	造成地	芝地等	林地
面積率(%)	27.0	27.3	4.0	3.0	26.5	12.2
	54.3		45.7			
終期浸透能 f_c (mm/h)	0.1	0.1	7.1	5.3	22.2	50.0
表層水分保留量最大値 S_m (mm)	1.0	1.0	5.0	10.0	20.0	50.0

キーワード: GIS、Kinematic wave 法、Diskin-Nazimov モデル、平均斜面勾配

連絡先: 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 TEL&FAX:042-591-9792

域を IKONOS 衛星画像写真の上に示す。

解析に必要な流域データを得るため GIS を次のように活用した。まず、IKONOS 衛星画像写真上に GIS ソフトにより 50m メッシュを引き、交点法で土地利用別面積率を道路、屋根、運動場、裸地、造成地等、草地・芝地、林地の6種類として求めた(表1)。不浸透域は 54.3%であり浸透域は 45.7%であり、都市流域であることが分かる。従来は 1/2500 の白地図を用いて交点法により土地利用を判読していたが、今回は、写真画像から地物、土地状態を直接目視して判断できた。次に、小流域の平均斜面勾配を算定するため、数値地図 50m メッシュ(標高)を用いた。標高画像上に同様に 50m メッシュを引き、小流域内の標高を全て抽出し、昇順に並べ替えて最小二乗法により直線近似し、その傾きを平均斜面勾配とした。例として図2に小流域1の左ブロックのメッシュ交点標高を昇順にプロットしたものと、平均勾配の直線を示す。GIS 上の標高と実際の地物を含めた標高には誤差があるが、GISは対象区域内の平均勾配、平均標高などの代表値を得る手段として有効であると言える。

4. 解析結果と考察

対象洪水は 2001 年 1 洪水と 2002 年 7 洪水の合計 8 洪水とした。土地利用別の終期浸透能 f_c および表層水分保留量の最大値 S_m は以前の散水浸透実験で得られた値を参考に表1に示した値を用いた。初期浸透能 f_0 は終期浸透能より小さい値とならない範囲で試算により与えた。その他のパラメータとして、斜面の等価粗度は $N=0.008$ 、本川河道の粗度係数は $n=0.026$ を用いた。計算の時間ステップは $\Delta t=10$ 秒、斜面の距離ステップは $\Delta x=10m$ 、河道の距離ステップは $\Delta X=100m$ として CPU2.20GHz のパーソナルコンピュータで解析を行い、洪水時間約 40 時間の解析時間は 1 秒程度であった。

解析ハイドログラフの一例を図3に示す。この例は比較的規模の大きい孤立降雨による流出であるが良好に再現できている。しかし、多峰性の降雨ではピーク流出に差異が生じてしまう結果となった。図4にはピーク流出量と総流出量について、実測値と計算値の相関図を示す。総流出量についてはほぼ適合しているが、ピーク流出量については計算値と実測値にズレが見られる。この原因として実際には中間流出が存在していることが考えられ、今後この点についてモデルの改良が必要であると考えている。

図3に示す。この例は比較的規模の大きい孤立降雨による流出であるが良好に再現できている。しかし、多峰性の降雨ではピーク流出に差異が生じてしまう結果となった。図4にはピーク流出量と総流出量について、実測値と計算値の相関図を示す。総流出量についてはほぼ適合しているが、ピーク流出量については計算値と実測値にズレが見られる。この原因として実際には中間流出が存在していることが考えられ、今後この点についてモデルの改良が必要であると考えている。

5. おわりに

本研究では Kinematic wave 法による洪水流出解析にGISを活用する方法として、従来の解析手法はほとんどそのまま踏襲し、流域の特性値を得るためにGISを活用した。ある区域内の平均値を算出する方法としてGISは有効であり、洪水流出解析に活用できると考えた。モデルの精度向上については今後課題としたい。本研究を進めるにあたり水位データ、雨量データを提供して頂いた東京都建設局土木技術研究所および多摩市役所の関係各位、また、データ整理に協力して頂いた当時卒論生の鹿嶋佑也氏に記して感謝に意を表します。

参考文献

- 1) 安藤義久・藤村和正: 東川流域における表層浸透能の変化を考慮した洪水流出解析(その2)、土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集第 2 部、CD-ROM、2002.
- 2) 安藤義久・藤村和正・棗田次郎: 多摩丘陵の都市流域の洪水流出解析、土木学会第 50 回年次学術講演会講演概要集第 2 部(A)、pp.294-295、1995.

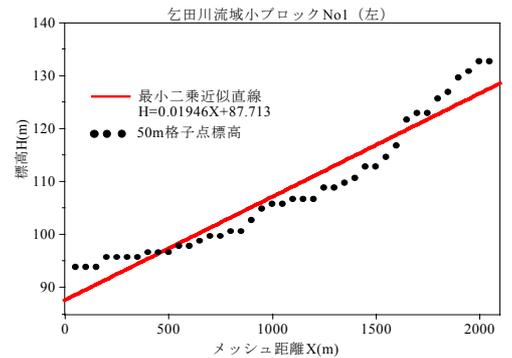


図2 平均斜面勾配の算定の例

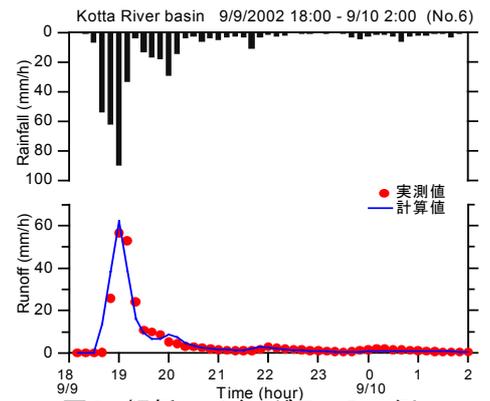


図3 解析ハイドログラフの一例

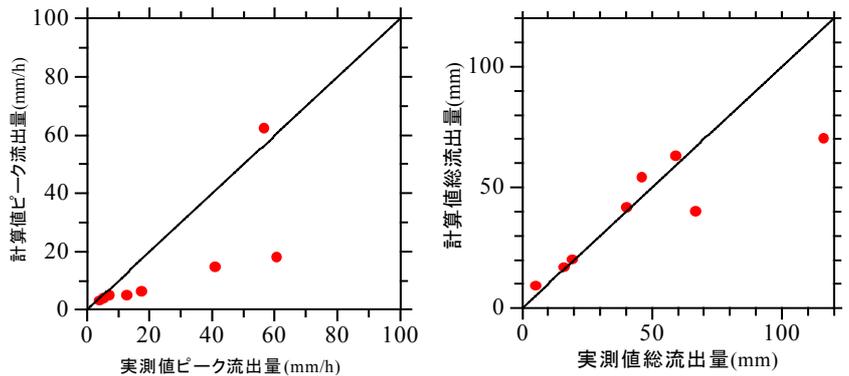


図4 ピーク流出量および総流出量の実測値と計算値の相関図