

天白川流域における短期流出モデルの構築

名古屋大学 杉本 南 名古屋大学大学院 正会員 大西 暁生
 名古屋大学大学院 井上 薫 名古屋大学大学院 村山 顕人
 名古屋大学大学院 清水 裕之

1. はじめに

近年の集中豪雨の増加による河川の氾濫などにより、都市における「治水」の考え方はより重要になっている。このような河川氾濫を引き起こす河川流出は、土地利用に大きく関わっている¹⁾。

現在、人口減少社会の到来と社会基盤施設の更新時期を迎え、都市の機能と役割が変わってきている。これからの都市計画における「治水」は、河川の拡幅や排水処理施設のみには頼るのではなく、都市全体の土地利用を考えなおすことで、より効果的になることが考えられる。

上記の観点から筆者らは、土地利用が河川流出量へ与える影響を分析し、これを都市計画に反映していくことを目指している。本研究ではこの前段階として、近年で最も甚大な被害を与えた東海豪雨時を対象に、その被害が最も激しかったとされる天白川流域における流出量を流域モデルによって再現することにより、土地利用面積を考慮した流出モデルの整合性の検討を行った。

2. 使用したデータと分析方法

降雨量データは、天白川流域近辺の雨量観測所⁽¹⁾の東海豪雨時である2000年9月11日0時00分から同年同月12日11時50分までの10分ごとのデータ⁽²⁾を用い、流量は天白川流量観測所のもの⁽³⁾を用いた。この際、各流域の平均降雨量を得るため、ティーセン分割⁽⁴⁾を行い降雨量に重み付けをした。また、対象流域の土地利用データは、国土数値情報(100mメッシュ)の1998年の土地利用細分メッシュデータ⁽⁵⁾を用いた。

さらに、流域モデルを作成するため、流域データをもとに天白川流域を14の小流域に分割²⁾した。図1に天白川流域区分を、表1に1998年の天白川流域全体の土地利用面積を示す。また、表2に各小流域面積を、図2にそれらの土地利用面積割合を示す。

流出モデルは流域モデルと河道モデルから構成される。流域モデルは土地利用の変化を考慮するため、準線形貯留型モデルを採用し、河道モデルは河道の斜面勾配や等価粗度を考慮できるKinematic Wave法(等価粗度法)を用いた。これらのモデルはDHI Japan / デンマーク水理環境研究所による流域管理統合ソフトCTI-MIKE11を使用した。

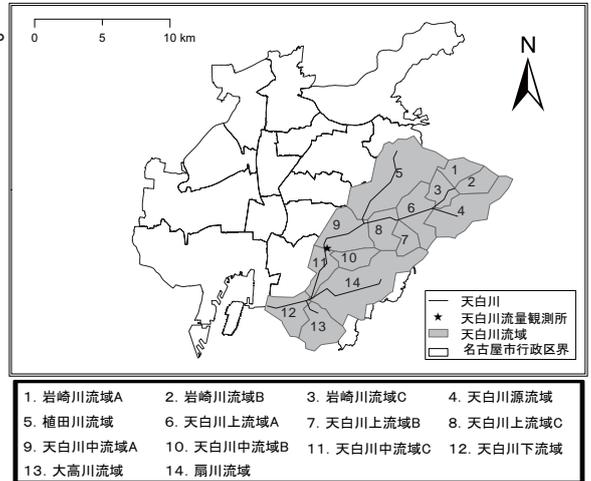


図1 天白川流域区分

表1 土地利用面積

土地利用項目	面積(km ²)
田	8.05
その他の農用地	5.09
森林	15.48
荒地	1.46
建物用地	52.96
幹線交通用地	2.94
その他の用地	27.38
河川地及び湖沼	4.54
海浜	0
海水域	0
計	117.9

表2 各小流域面積

流域名	面積(km ²)
岩崎川流域A	3.83
岩崎川流域B	3.95
岩崎川流域C	3.95
天白川源流域	12.03
植田川流域	22.84
天白川上流域A	8.33
天白川上流域B	3.2
天白川上流域C	5.79
天白川中流域A	9.37
天白川中流域B	3.83
天白川中流域C	4.87
天白川下流域	6.73
大高川流域	7.36
扇川流域	21.82
計	117.9

表3 定数の定義

土地利用項目	定数C
田	1000
河川地及び湖沼	290
森林	250
その他の農用地	145
荒地	200
建物用地	
幹線交通用地	
その他の用地	

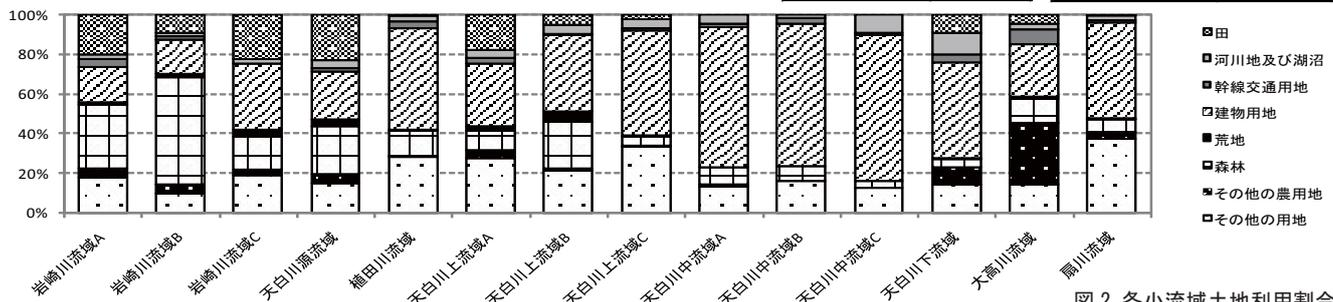


図2 各小流域土地利用割合図

以下に準線形貯留型モデルの基本式を示す。

$$\frac{dS}{dt} = r_e - q \quad S = kq \quad k = t_\lambda \quad (1)$$

$$t_\lambda = CA^{0.22} r_e^{-0.35} \quad (2)$$

S: 貯留量, t: 時間, r_e: 降雨量, q: 流出量, t_λ: 遅れ時間, C: 土地利用定数, A: 各小流域の面積

定数 C は流出の遅れ時間などを決める土地利用ごとの定数であり、水理公式集³⁾を参考している。本研究で用いた定数 C の値を表 3 に示す。

次に Kinematic Wave 法 (等価粗度法) の基本式を以下に示す。

$$Q = \alpha(A)^m \quad \alpha = \frac{\sin\theta}{2n} \quad (3)$$

Q: 流出量, A: 河道断面積, α: モデル定数, m: Manning 定数, θ 斜面勾配, n: 粗度

流域斜面からの流出現象を Manning 型の平均流速公式で表す。本研究では、斜面勾配を GIS の標高情報から算出し、粗度は 0.03 を Manning 定数は 0.75 を使用した。

整合性の検討には、水文分野で一般的に用いられる誤差評価関数 (RMSE: Root Mean Square Error) を用いて仮想流量の評価を行った。以下に、誤差評価関数を示す。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (q_{0i} - q_{ci})^2} \quad (4)$$

q₀: 河川流出量 (観測値) (m³/min), q_c: 河川流出量 (計算値) (m³/min), N: 観測データ数

3. 結果

図 3 に実測流量と流出モデルによる計算値の結果を、また、その散布図を図 4 に示す。R² (重決定係数) は、0.99 と高く、全体として良好な結果が得られた。次に、式 (4) より、RMSE=110(m³/min) の誤差が生じていることがわかった。また天白川最下流における流出量結果を図 5 に示す。この結果の降雨量と流出量のピーク時間の差から、流出の遅れ時間が生じていることが読み取れる。

4. まとめ

本研究では東海豪雨を対象に、実測値と流出モデルを比較することにより、土地利用面積を考慮した流出モデルの整合性を検討した。今後は、人口データなどをもとに将来の土地利用をシナリオとして与え、その場合における流出量の変化を評価していくことを展望としている。

< 注釈 >

- (1) 日進観測所, 植田川観測所, 泉田観測所, 東海観測所, 名古屋観測所
 - (2) 愛知県建設部河川課: 降雨量データ 2000/09/11 ~ 2000/09/12
 - (3) 愛知県建設部河川課: 天白川流量観測所, 流量データ, 2000/09/11 ~ 2000/09/12
 - (4) ボロノイ分割と同意。観測所同士の垂直二等分線をつないだもの。
 - (5) 国土交通省: 国土数値情報の土地利用細分メッシュデータ 1998
- < 参考文献 >
- 1) 栗津清蔵 國澤正和, 福山和夫, 西田秀行: 絵とき水理学 (改訂 2 版) オーム社 1998/05 p6
 - 2) Yuji Masutomi, Inui Yusuke, Kiyoshi Takahashi, and Yuzuru Matsuoka Development of highly accurate global polygonal drainage basin data. Accepted to Hydrological Processes.2007
 - 3) 水理公式集 [平成 11 年度版] 土木学会 1999 p37

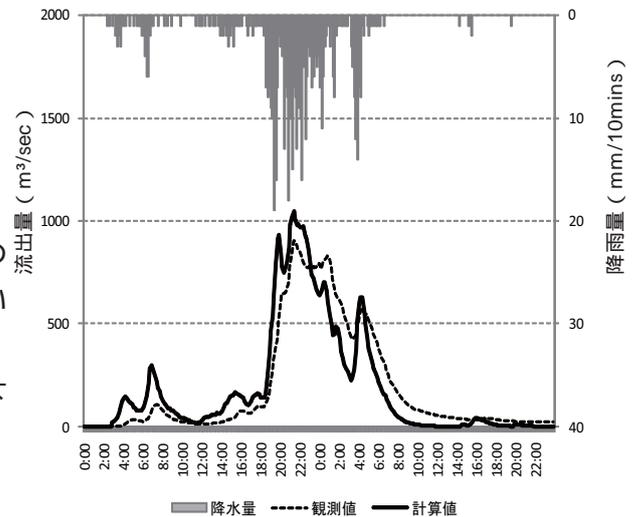


図 3 天白川流量観測所の実測値と計算値の比較

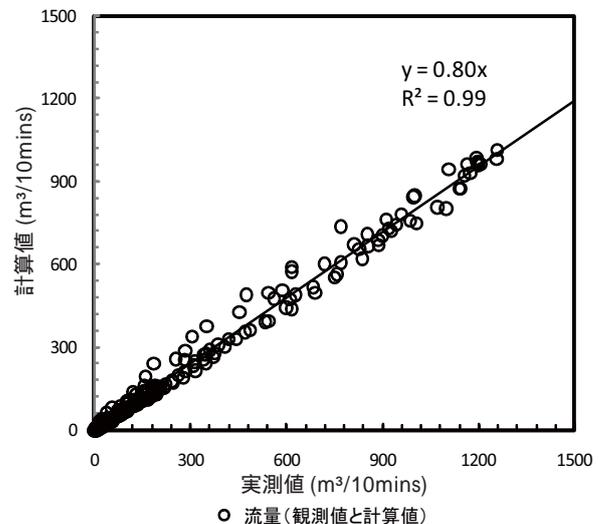


図 4 モデルの散布図

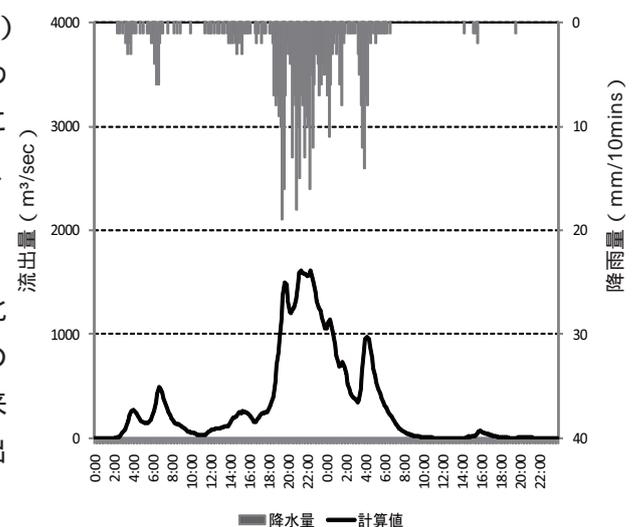


図 5 天白川最下流における流出量

< 謝辞 >

本研究は、文部科学省・日本学術振興会 科学研究費補助金 (萌芽研究) 「土地利用と『水みち』に着目した田園型都市空間の分析・計画・デザイン手法の創出」(代表: 清水裕之) と環境省の地球環境研究総合推進費 (研究課題番号 Hc-086) 「低炭素型都市づくり施策の効果とその評価に関する研究」(代表: 井村秀文) の一環として行われたものである。記して深謝する。また、本研究を実施するにあたり、DHI Japan / デンマーク水理環境研究所のサレス・フランソワ氏と風間隆宏氏には MIKE11 の使用などに当たり多大なるご助力を頂いた。さらに、愛知県建設部河川課には流量・雨量、河川情報など、流域モデル作成に必要な諸データをご提供頂いた。これらの関係者に、謝意を表す。