

## 都市中小河川における洪水流出特性の解析手法

東京都土木技術研究所 正会員 ○高崎 忠勝  
 前橋工科大学教授 正会員 土屋 十園  
 東京都土木技術研究所 正会員 増田 信也

## 1. はじめに

都市中小河川の治水安全度の評価や洪水予報においては、台風や局地的豪雨のように異なる降雨特性の洪水に対して洪水波形を良好に再現でき、かつ取り扱いが容易な流出解析手法が必要とされている。

降水が地表面に生じてから観測点まで到達するのに要する時間である到達時間に着目した流出解析手法について、考え方及び平成16年洪水の計算結果からこの手法の特徴を示す。

## 2. 解析手法の考え方と計算方法

都市中小河川の流量と平均流速の関係を示した図-1にあるように、流量の増加に伴い平均流速は大きくなるが、流量が大きくなると平均流速は特定値となり、河道内の流下時間は固有の値となる。一定の断面を有する下水道内においても計画洪水規模以下の降雨に対して同様の特性があると考え、下水道及び河川の流下時間が到達時間を支配する都市中小河川の洪水流出において、各地表面が有する到達時間は流出量の増加と共に短くなり特定の値に収束する。地表面が有する到達時間の組合せは流域の洪水流出特性をあらわすと考えた。有限メッシュで地表面が有する到達時間の組合せによる流出量を式(1)、合流式下水道による損失を式(2)、到達時間を

式(3)に示す。式(1)の到達時間  $T_i$ 、到達時間係数  $K_i$ 、式(2)の損失雨量  $RL_i$ 、式(3)の最短到達時間  $T_{imin}$ 、係数  $a, b$  がパラメータである。観測流量と計算流量が等しくなる時のパラメータは遺伝的アルゴリズムを用いることで短時間に求めることができる。

$$Q(t) = \sum_{i=1}^n K_i \cdot RE_i(t - T_i) \cdot A_i \quad (1)$$

$Q(t)$ : 時刻  $t$  における流域最下流地点の洪水流出量

$n$ : 流域を構成するメッシュ数

$RE_i(t)$ : メッシュ  $i$  における時刻  $t$  の有効雨量

$T_i$ : メッシュ  $i$  に降った雨が流域最下流地点に到達するのに要する時間（到達時間）

$K_i$ : 到達時間  $T_i$  が代表する比率（到達時間係数）

$A_i$ : メッシュ  $i$  が有する面積

$$RE_i = R_i - RL_i \quad (2)$$

$RE_i$ : メッシュ  $i$  における有効雨量

$R_i$ : メッシュ  $i$  における降水量

$RL_i$ : メッシュ  $i$  における損失雨量

$$T_i = T_{imin} + a \cdot RE_i^{-b} \quad (3)$$

$T_i$ : メッシュ  $i$  における到達時間

$T_{imin}$ : メッシュ  $i$  における最小到達時間

$a, b$ : 有効雨量による到達時間変化を表す係数

## 3. 平成16年洪水の解析

荒川水系神田川は流域の市街化率が95%を越え、下水道普及率100%の都市中小河川流域である。図-2に示した寿橋地点は32.5km<sup>2</sup>の流域面積を有し、河道はコンクリート三面張りである。

平成16年の主な洪水である9月4日（集中豪雨：洪水1）、9月29～30日（台風21号：洪水2）、10月8～9日（台風22号：洪水3）、10月20日（台風23号：洪水4）の4洪水を対象として、洪水

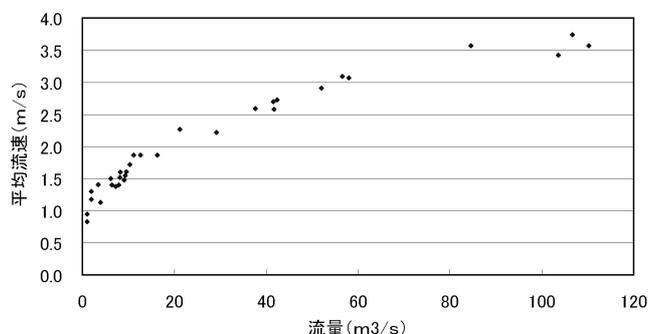


図-1 流量と平均流速の関係（神田川寿橋）

キーワード 都市中小河川, 洪水流出, 到達時間

連絡先 〒136-0075 東京都江東区新砂一丁目9番15号 東京都土木技術研究所 TEL 03-5683-1523

時水位の再現計算をおこなった。

流域内に位置する 6 地点の地上雨量計の最大 60 分間降水量は、洪水 1 が 8mm~69mm、洪水 2 が 11mm~17mm、洪水 3 が 35mm~55mm、洪水 4 が 10mm~35mm を記録しており、集中豪雨である洪水 1 は流域内の降雨のばらつきが大きい。

3 洪水を用いてパラメータの同定をおこない、残りの 1 洪水の再現計算をおこなった。本手法の他に 3 段のタンクモデルによる計算をおこない比較した。タンクモデルのパラメータ同定についても遺伝的アルゴリズムを用いた。

図-3 に洪水 1 と洪水 4 の洪水時水位の再現計算結果を示した。台風時は本手法とタンクモデルの再現性に大きな差は見られないが、集中豪雨時はタンクモデルの再現性が低下するのに対し本手法では良好に再現している。

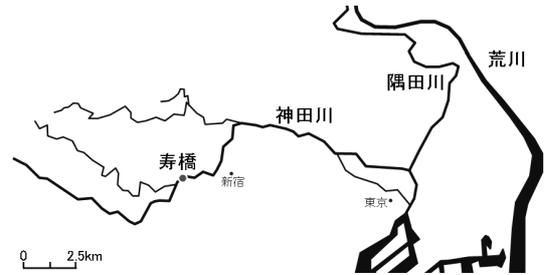


図-2 対象地点

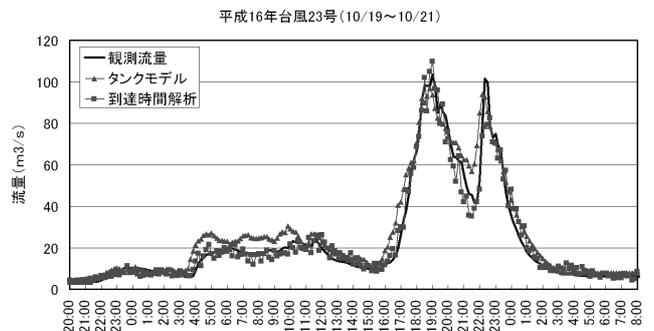
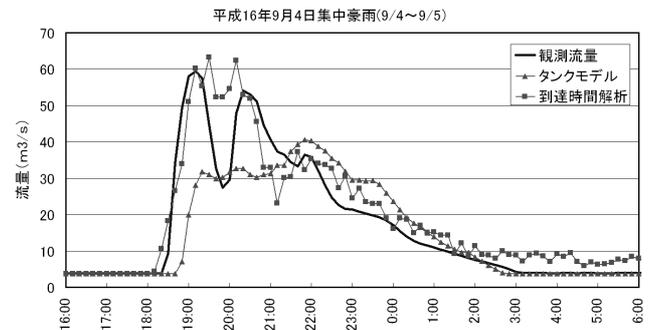


図-3 洪水再現計算結果

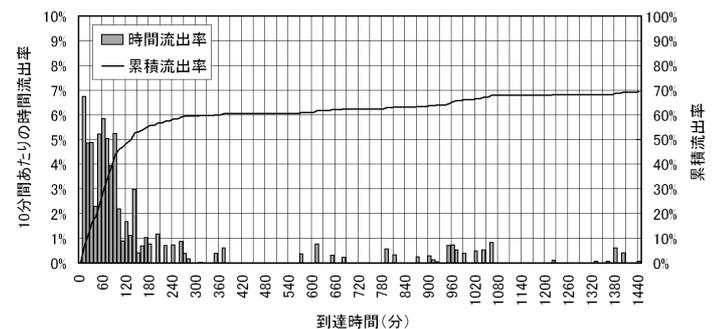


図-4 流出特性

#### 4. 流出特性

流出量が大きくなると地表が有する到達時間は最小到達時間に近づくことから、豪雨時の流出特性は最小到達時間の組合せで表すことができる。

全流域面積  $A$  に対する特定の最小到達時間を有する流域面積  $A'$  の比率  $A'/A$  を流出率とし、到達時間 10 分あたりの流出率である時間流出率及び時間流出率の累積である累積流出率について図-4 に示した。

寿橋流域の 10 分間あたりの時間流出率は、到達時間 60 分に対して 6% である。これは、流域面積の 6% の地表面が到達時間 10 分であることを示す。累積流出率は、到達時間 60 分に対して 30% であり、これは流域面積の 30% の地表面が到達時間 60 分以下であることを示す。

到達時間 180 分における累積流出率は、24 時間における累積流出率の 8 割に達することから、寿橋地点の洪水流出は 180 分以内にほとんど終了することがわかる。

#### 5. まとめ

都市中小河川流域の洪水流出特性を到達時間の組合せによって表す本解析手法は、台風や集中豪雨のように異なる特性の降雨における洪水波形を良好に再現する。また、豪雨時の流出特性は最小到達時間を用いることでわかりやすく示すことができる。

#### 参考文献

- ・高崎忠勝, 土屋十囀, 増田信也: 遺伝的アルゴリズムを用いた都市中小河川の水位予測, 水工学論文集第 49 巻, 451-456, 2005.
- ・田中丸治哉: 遺伝的アルゴリズムによるタンクモデル定数の同定, 京都大学防災研究所年報第 36 号, 231-239, 1993.