

東京都の中小河川を対象としたバーチャルハイエトグラフの作成

首都大学東京 学生会員 ○村井 雅姿 東京都建設局 正会員 高崎 忠勝
首都大学東京 正会員 河村 明 首都大学東京 正会員 天口 英雄

1. はじめに

近年、土木分野においても機械学習やニューラルネットワーク等の AI 技術を用いた検討が数多く行われており、洪水予測では深層学習の適用も検討されている¹⁾。観測値を用いて、AI による降雨流出モデル(以下、AI 降雨流出モデル)の学習・予測を行う場合、観測値に含まれる誤差によってモデルの評価が適切に行えない場合がある。さらに、異なる流域を対象に検討されたモデル間の優劣を評価することは困難であり、AI 降雨流出モデルのベンチマークテストに使用できるデータが求められる。本研究では、東京都の中小河川を対象とした AI 降雨流出モデルの性能評価を行うことを目的として、ランダムカスケードモデル(以下、RCM)²⁾を基に、バーチャルハイエトグラフ(以下、VH)を作成する。

2. VH の作成

(1) RCM の概要

図-1 に示すように RCM は設定期間 L に設定雨量 R を割り当て、期間を b 分割して雨量を割り当てていくモデルである。本研究では $L=1,440$ 分(=24 時間)、 $b=2$ とした。ある設定雨量 R を次の 2 個の雨量に割り当てる時に、前半に割り当てる割合を x_1 、後半に割り当てる割合を x_2 とすると次式が成り立つ。

$$x_1 + x_2 = 1 \quad (1)$$

二つに分けられる雨量を R_1 、 R_2 とすると、

$$R_1 = x_1 R \quad (2) \quad R_2 = x_2 R = (1 - x_1) R \quad (3)$$

と表される。よって、 x_1 を決定すれば x_2 も求まる。 x_1 はまず分配比率の範囲を決めた後に乱数を用いて決定する。本研究では、乱数は線形合同法³⁾を用い、次式

$$X_{n+1} = aX_n + c(\text{mod } \mu) \quad (4) \quad X_n = X_n / (\mu - 1) \quad (5)$$

に $a=1,664,525$ 、 $c=1,013,904,223$ 、 $\mu=2^{32}$ を代入し求めた。これにより、4,294,967,296 の周期が得られる。本研究では、初期値を $X_0=1$ と設定した。

(2) VH の作成手法

図-2 に示すフローチャートに従い VH を作成する。まず、24 時間雨量を決定する。そして、RCM による分割を 11 回行い 0.703 分毎の雨量を算定し、さらに 703 で割り 0.001 分毎の雨量とする。この雨量を 1000 個合算し 1 分雨量を求める。ここで得られた数値は全て小数点第 2 位で四捨五入し、0.1mm 単位に丸める。VH を 1 個作成するのに 2,047 個の乱数が用いられる。次に 1 分間最大雨量、10 分間最大雨量、60 分間最大雨量を順に調べていき、条件に合わない VH は棄却する。全ての条件を満たしているものを VH として採用する。

(3) 対象と採択条件

東京都の中小河川を対象とし、これにより VH の採択条件を以下のように設定する。

- (i) 著者らの東京都水防災総合情報システム 1 分値雨量データを用いた検討⁴⁾により、雨量が 1 分間で 10mm 以上の値は点検作業等によるもので異常値として扱い除外している。よって、1 分最大雨量が 10mm 以下のものを採択する。
- (ii) 日本の過去最大の 10 分値雨量は 49mm である⁵⁾ことより、10 分最大雨量が 50mm 以下のものを採択する。
- (iii) 東京都の中小河川流域では、可能最大降雨が 60 分雨量は 119.6mm であり⁶⁾、東京管区气象台における確率年 2 年の 60 分雨量が 40.4mm であることから、60 分最大雨量が 40mm 以上 120mm 以下のものを採択する。

また、24 時間雨量については、可能最大降雨が 595.6mm であり⁶⁾、東京管区气象台の確率年 2 年の雨量を文献⁶⁾に示された降雨強度式を用いて算定すると 129.1mm となることから、130mm 以上 600mm 以下を対象とすることとし、設定期間 $L=1,440$ 分に対する設定雨量 R として 130mm、200mm、300mm、400mm、500mm、600mm の 6 ケースを想定した。

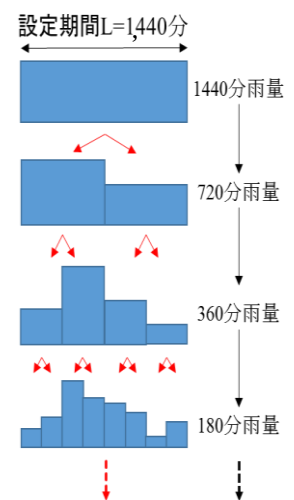


図-1 RCM の概要

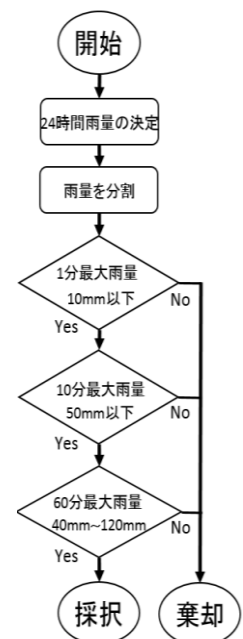


図-2 VH の作成手順

キーワード 東京都、中小河川、AI、バーチャルハイエトグラフ、ランダムカスケードモデル

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 E-mail: murai-masashi@ed.tmu.ac.jp

表-1 組み合わせの順序

24時間雨量	分配比率の範囲			
130mm	①	②	③	...
200mm	②	③	④	...
300mm	③	④	⑤	...
400mm	④	⑤	①	...
500mm	⑤	①	②	...
600mm	①	②	③	...

3. VH100 イベントの作成

ベンチマークテストに用いることのできる VH を 100 イベント作成する。以下 100 イベントの作成方法を示す。まず、雨の分配比率の範囲を①4:6~6:4, ②3:7~7:3, ③2:8~8:2, ④1:9~9:1, ⑤0:10~10:0 と設定する。そして、表-1 のように 24 時間雨量と分配比率の範囲の組み合わせを変えながら VH を作成していく。また、この 100 イベントに関しては多様な雨を採用したい。そこで、VH の採択条件 (i)(ii)(iii) を全て満たしたものを、60 分最大雨量で 40mm~60mm, 60mm~80mm, 80mm~100mm, 100mm~120mm

の 4 つのグループに分類し、作成された順に採用する。ここで各グループ 25 イベントずつにするようにする。そのため、各グループ 26 イベント目以降の VH は例え採択条件 (i)(ii)(iii) を全て満たしていても棄却することとする。この条件で VH を採択したところ、2358 イベント目の VH で 100 イベント決定することができた。これを $VH_0(1) \sim VH_0(100)$ とする。

図-3 は、実際に作成した 1 分値の VH_0 を 3 つ示しており、a) $VH_0(41)$ は 60 分最大雨量が最小である VH, b) $VH_0(96)$ は 60 分雨量が最大である VH である。また c) $VH_0(62)$ は 60 分最大雨量が b) と同じ範囲に分類されている VH である。a) より 24 時間雨量が大きいにも関わらず分配比率の範囲によっては、60 分最大雨量が小さくなるのが分かる。また b) c) より 60 分最大雨量で同じ範囲に分類されたものでも降雨波形が大きく異なっていることが分かる。

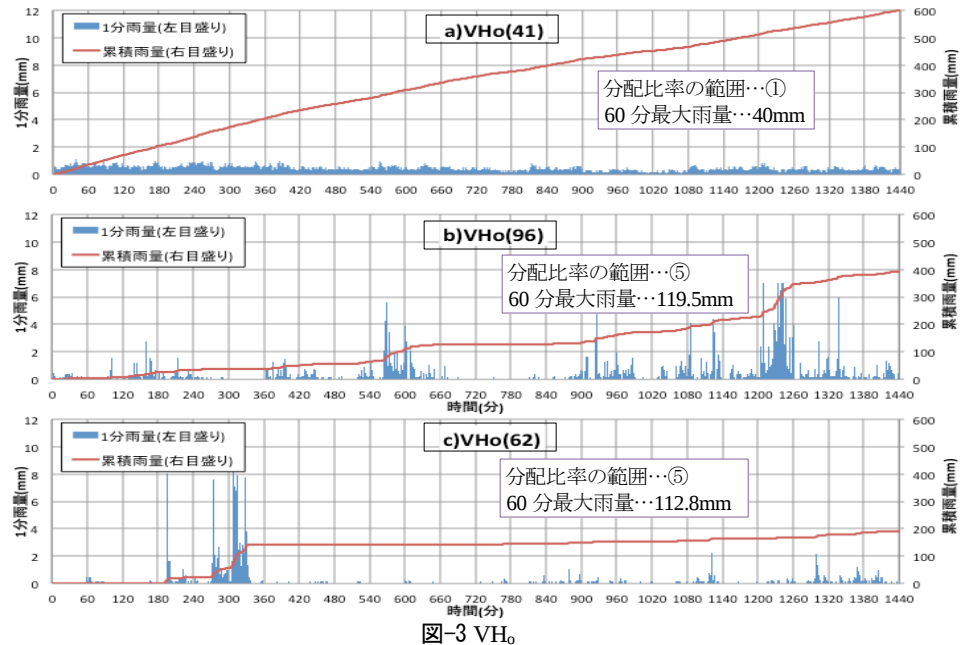
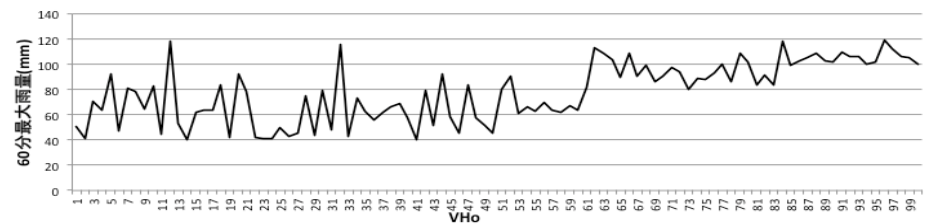
図-4 は、 $VH_0(1) \sim VH_0(100)$ の 60 分最大雨量を示している。これより、60 分最大雨量が大きい VH が後半に偏っていることが分かる。これは 60 分最大雨量が 80mm~100mm, 100mm~120mm の範囲は、本研究で設定した 24 時間雨量に対して非常に大きいため、作成されにくい傾向があるからと考えられる。よって、ベンチマークテストに用いるには VH_0 の並び替えが必要であると考えられる。

4. むすび

本研究では、RCM を基に東京都の中小河川を対象とした AI に用いることのできるベンチマークテストとしての VH を 100 イベント作成した。作成された 100 イベントの降雨波形が大きく異なっていること、また 60 分最大雨量の大きい VH は後半部分に偏る傾向があることを確認した。本研究結果は、今後 AI を用いた降雨流出モデルのベンチマークテストのためのデータとして活用できると考えられる。

参考文献

- 一言正之, 桜庭雅明, 清雄一: 深層学習を用いた河川水位予測手法の開発, 土木学会論文集 B1 (水工学), 72 巻, 4 号, p.187-192, 2016
- Schertzer, D. and S. Lovejoy: Physical modeling and analysis of rain and clouds by anisotropic scaling multiplicative processes., Journal of Geophysical Research, 92, pp.9693-9714, 1987.
- 石川達也, 内田善彦: モンテカルロ法によるプライシングとリスク量の算出について-正規乱数を用いる場合の適切な実装方法の考察-, IMES Discussion Paper No.2002-J-4, pp.8, 2012.
- 坊田裕美, 河村明, 天口英雄: 東京都水防災システム 1 降降水量データの補正および欠測値時空間特性, 第 36 回土木学会関東支部技術研究発表会公演概要集, CD-ROM 版(II-38), 2008.
- 国立天文台: 理科年表平成 31 年, p.211, 丸善出版, 2019.
- 中小河川における今後の整備のあり方検討委員会: 東京都内の中小河川における今後の整備のあり方について最終報告書, p.41, 2012.

図-3 VH_0 図-4 VH_0 の 60 分最大雨量