

## 第II部門

## 時空間スケールと分布を考慮した洪水リスク評価モデル降雨の作成

京都大学地球工学科 学生員 ○園田 慶祐  
 京都大学防災研究所 正会員 堀 智晴  
 京都大学防災研究所 正会員 野原 大督

## 1. 序論

現在の治水計画や洪水ハザードマップの作成においては、計画基準点上流域に対する面積平均降雨の総量を確率評価することで、外力を規定している。しかしながら、洪水のリスクは、豪雨の総量だけではなく、時間分布や空間分布にも依存する。洪水リスクの正確な評価には、豪雨の時間・空間スケールに応じた特性を把握する必要がある。本研究では、豪雨の DAD 関係を考慮しつつ、様々な時空間分布を持つ洪水リスク評価用のモデル降雨を作成する方法について検討する。

## 2. 解析雨量データを用いた降雨の強度-面積-継続時間の関係分析

DAD 関係の推定には、気象庁の解析雨量を用いる。より多くのサンプルを得るため、提供開始時の 5km メッシュ区画に統一することで 1988 年から 2014 年までの 27 ヶ年分の雨量データを一括して扱う。継続時間 1,2,3,4,5,6,12,24,48 時間の 9 通り、1 メッシュ (25km<sup>2</sup>), 4,9,16,25 メッシュと流域全体(1125km<sup>2</sup>)の 6 通り、空間スケールの枠の形状については、「正方形」「横長」「縦長」「右下がり」「左下がり」の 5 形状に対してそれぞれ年最大値を求める。こうして得られた継続時間と面積の組み合わせ事の年最大値から、平均降雨強度の分布を求めた。今回の検討では、すべてのケースにおいて GEV 分布を適用して確率水文量を求めた。

## 3. DAD 関係と時空間分布を考慮したモデル降雨の作成

前章までで得られた情報を水害リスク評価に役立てるためには、様々な空間スケールを持つ確率規模別の豪雨による洪水流量を求める必要がある。そのため、指定された再現期間に対応する平均雨量強度を知るだけではなく、指定される時空間スケールに対して、時空間分布を持つモデル降雨を作成する必要がある。井上[1]は、確率規模毎に時間と空間のスケールを対応させた外力分布を作成していたものの、空間分布については一様とされていた。空間分布が洪水リスク評価に影響を与えることも考えられるため、時空間分布を考慮したモデル降雨を作成する。

モデル降雨の空間分布の作成手法は様々考えられるが、大きく分けて既往豪雨のハイトグラフを確率規模に相当するよう引き伸ばす方法と、雨量強度の空間的な相関関係をモデル化する方法に大別できる。しかし、どちらの方法も空間分布の標本が十分にあるかといったような問題がある。そこで、洪水リスクの評価という観点からどういった空間分布の違いがリスクの算定に影響を与えるのかといったことを知ることが重要と考え本研究では豪雨の DAD 関係を保持した形で任意の空間分布を作成することにした。この考え方に基づけば、ピーク時刻とその時刻の最大雨量強度を示すメッシュを決めれば、指定された確率規模に対する時空間分布を持つモデル降雨を自動的に作成することができ、ピークとなる時刻とメッシュを変化させることで様々な時空間分布を持つ確率規模別のモデル降雨を統一的に作成することができるため、今後の洪水リスク評価分析に応用することが可能である。

モデル降雨の作成の考え方を整理する。再現期間  $y$  [年]に対する DAD 曲線を  $r^y(k, d)$  で表わす。ここで  $k$  は空間スケール(最小単位となるメッシュが  $k$  個の正方形領域)、 $d$  [h]は継続時間を表わす。一方、空間スケール  $m$  ( $m \times m$  メッシュの領域)に対するモデル降雨を  $R_{i,j}^y(t)$  と表わす。すなわち  $R_{i,j}^y(t)$  は、第  $(i, j)$  メッシュに時刻  $t$  [h]から  $t+1$  [h]の間に降る再現期間  $y$  [年]に相当する雨量強度 [mm/h] である ( $1 \leq i, j \leq m$ ,  $0 \leq t \leq 47$ )。時刻  $t = t_0$  に対する ( $t_0$  から  $t_0+1$  に対する)雨量を求める。ピークメッシュに対して

$$R_{t_0, t_0}^y(t_0) = r^y(1, 1) \quad (3.1)$$

ピークメッシュを含む  $k \times k$  メッシュ領域の内、すでに雨量強度の決まっている  $(k-1) \times (k-1)$  メッシュの外側の部分の面積平均降雨強度を  $R_{ave,k}^y(t_0)$  とすると、

$$R_{ave,k}^y(t_0) = \frac{r^y(k, 1) \times k \times k - r^y(k-1, 1) \times (k-1) \times (k-1)}{k \times k - (k-1) \times (k-1)} \quad (k=2, 3, \dots, m) \quad (3.2)$$

となる。次に継続時間を拡大した際の空間分布の作成を行う。ピーク流量  $t_0$  を含む継続時間  $d$  に対するモデル降雨  $R_{i,j}^y(t)$  ( $1 \leq i, j \leq m$ ,  $t$  は  $t_0$  を含む継続時間  $d$

の範囲内)が得られた時、継続時間  $d+1$  に対するモデル降雨を求める。これは、継続時間を  $d$  から  $d+1$  に延ばしたときの 1 時間降雨の時間分布を求めることに他ならない。この時刻を  $t_1$  と書く。この時刻の最大雨量強度を示すメッシュ位置は、仮定により  $(i_0, j_0)$  であるので、

$$R_{i_0, j_0}^y(t_1) = r^y(1, d+1) \times (d+1) - r^y(1, d) \times d \quad (3.3)$$

となる。ピークメッシュを含む  $(k-1) \times (k-1)$  個の各メッシュに対する雨量強度が与えられた時、それを含む  $k \times k$  個のメッシュからなる領域で雨量強度のまだ与えられていない  $k^2 - (k-1)^2$  個のメッシュの雨量強度

$R_{ave, k}^y(t_1)$  は、

$$R_{ave, k}^y(t_1) = \frac{\{r^y(k, d+1) \times (d+1) - r^y(k, d) \times d\} \times k^2 - \{r^y(k-1, d+1) \times (d+1) - r^y(k-1, d) \times d\} \times (k-1)^2}{k^2 - (k-1)^2} \quad (3.4)$$

となり、求められる。

#### 4. 適用と考察

1 メッシュを 5km×5km の正方形メッシュと考え、大和川流域(45 メッシュ)のうち、正方形メッシュでとれる最大の空間スケールは 6×6 メッシュであったので、1, 4, 9, 16, 25, 36 メッシュの空間スケールで行い、1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24, 48 時間の時間スケールで中央集中型、10, 30, 50, 100, 200 年の再現期間、格子点番号 [3,3] の 1 メッシュが最大降雨強度をもつと仮定しモデル降雨の作成を行った。再現期間 50 年のピークメッシュの雨量強度が図 4.1 である。

作成したモデル降雨は先に求めた DAD 関係を保持しているものの、一部に常識的ではない雨量強度が算定されるという結果になった。例えば、雨量強度に負の値が出たり、DD 関係を考慮すれば、ピーク時刻から遠ざかるにつれて時間雨量は小さくなっていくことが考えられるが、一旦雨量強度が小さくなった後に次の時刻に強い値となり再び時間とともに低減するという不自然な現象が見られた。原因としては、DD 関係を直線近似して求めていることが影響していると考えられる。また、他の原因として本研究では、すべてのケースにおいて GEV 分布に統一して適用し確率水文量を求めていたが、標本数が 27 ヶ年分と少ないため 1 年分のデータが増えると(特に今回のケースで採用している GEV 分布は 3 母数の確率分布であるからこの傾向が強い)、全体のデータの変動が大きくなってしまい不自然なデータになるのではないかと考えたことが考えられる。

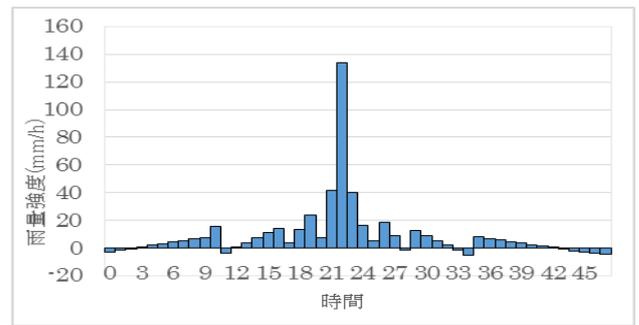


図 4.1 再現期間 50 年のピークメッシュの雨量強度

#### 5. 結論

時間的には、ピークをはさむすべての継続時間に対して同じ再現期間を有するものとし、空間的には、ピークとなるメッシュを含むすべての空間スケールについて同一の再現期間を有するものとしたモデル降雨の作成方法を提案した。また、大和川流域で提案した手法で実際にモデル降雨を作成した。作成したモデル降雨は DAD 関係を保持しているものの、一部に常識的ではない雨量強度が算定されるという結果を得た。原因として DD 関係を直線近似して求めていること、GEV 分布に統一して適用し確率水文量を求めていたことが影響していると考えられる。

課題として、作成したモデル降雨の一部に常識的ではない雨量強度が算定されるという問題を解決するために、48 時間のすべての時間で DD 解析を行い、得られたデータでモデル降雨を作成する方法、または、タルボット式やシャーマン式を用いて曲線近似を行い、雨量強度を求めモデル降雨を作成する方法について検討する必要がある。また、GEV 分布ではなく 2 母数のグンベル分布で統一して適用し豪雨の確率規模評価を行い、モデル降雨のもととなる確率規模別の DAD 関係の指定方法についても検討する必要がある。また、ピークメッシュ位置を変更してのモデル降雨作成方法の検討、DAD 解析を行う際に、空間スケールの枠の形状については、5 形状で雨量強度の最大値を求めたが、モデル降雨作成の際には、正方形の形状でしか行っておらず、正確さに欠けてしまう。そのため、他の形状でもモデル降雨を作成する必要がある。

#### 6. 参考文献

[1] 井上直哉 豪雨の DAD 関係を考慮した水害リスク評価に関する研究 京都大学大学院工学研究科, 都市社会工学専攻修士論文, 2016