

降雨の時空間分布の違いが河川流量に及ぼす影響に関する研究

(株)ニュージェック ○清水 雄太
(株)東芝 吉見 和紘
中央大学 山田 正

1. はじめに

我が国では、従来、河川計画の指標として計画降雨量、基本高水流量を算出している。一般に、基本高水流量を算出する手法として、カバー率の考え方がある。カバー率の考え方では、時間分布、地域分布の著しい偏りのある降雨から計算される流量は棄却される。しかし、将来的に、棄却した降雨パターンと同じ降雨が発生しないとは限らず、棄却した降雨パターンと同じ降雨が発生しても、洪水ピーク流量は総降雨量だけでなく降雨の時空間分布にも依存するため、既往の洪水と同規模の洪水ピーク流量になるとは限らない。そこで、降雨の時空間分布を考慮するための手法として、総合確率法が用いられることが知られている。

一方で、日本で水文データを観測開始したのは過去100年以内であり、データ数が非常に少ない。利根川上流域を例として、計画降雨量を決定するための確率紙を描いてみると、水文データは毎年資料であるため、1950年から観測された利根川上流域のデータでは、約60個の点しかプロットできない。例として、6面のサイコロを振って1つの目が出る確率が6分の1になるための試行回数と誤差の関係を考える。6面のサイコロで1つの目が出る確率が6分の1になる確率は100回や1000回の試行回数どころか5000回の試行回数をもってしても誤差が10%程度となる。つまり、過去100年以内に観測されたデータから計画降雨量や基本高水流量を決定するには、あまりにもデータ数が少ない。

以上の問題に着目し、本研究では、データ数を拡張するため、実測の降雨群の時空間分布パターンを入れ替えることによって1つの降雨イベントを対象に降雨パターンを増やして流出計算を行い、同一の降雨でもピーク流量の取り得る値の違いを検証し、降雨入れ替え前の流量を超過する降雨の時空間分布の解明を行った。また、入れ替え計算を総合確率法に適用し、降雨の時空間分布パターンをより考慮した超過洪水を評価することを目的とする。

2. 対象流域及び降雨流出計算の概要

(1) 対象流域と対象降雨

対象流域を利根川上流域(流域面積 5,110km²)とし、利根川で過去に発生した降雨(カスリーン台風：昭和22年)を用いて降雨流出計算を行った。

(2) 流出計算

斜面計算には、山田ら¹⁾が従来から提案している鉛直浸透機構を考慮した単一斜面における降雨流出の基礎式を用いた。河道計算は一次元不定流モデルを用いた。なお、河道計算では、2次河道以降を考慮した。

(3) 総合確率法

洪水ピーク流量の算出は総合確率法を用いて行った。総合確率法は、流出計算結果を用いて、年最大降雨量の確率分布と年最大洪水ピーク流量の確率分布の関係性を見出し、任意の期間に対応する年最大洪水ピーク流量を決定する手法である。総合確率法の考え方に基づいた年最大ピーク流量の非超過確率と年最大総降雨量の非超過確率の関係(2)式と、年最大洪水ピーク流量の非超過確率と再現期間 T (年)の関係(3)式から再現期間 T 年の年最大洪水ピーク流量を算出することができる。

$$F_{Q_p \max}(Q_p) \cong \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N F_{R_{\max}}(R_i(Q_p)) \quad (2)$$

$$F_{Q_p \max}(Q_p) = 1 - \frac{1}{T} \quad (3)$$

ここに、 N は降雨パターンの個数(個)、 T は再現期間(年)、 $F_{Q_p \max}(Q_p)$ は年最大洪水ピーク流量の非超過確率、 $F_{R_{\max}}(R_i(Q_p))$ は年最大総降雨量の非超過確率である。

3. 雨の入れ替え計算の概要

降雨の時空間分布が河川流量に及ぼす影響を明らかにするために、利根川上流域を4流域に分割し、流域ごとの総降雨量は一定にしたままで、流域ごとに得られた流域平均雨量の時系列を入れ替えることによって、全流域の降雨パターンを256パターン作成し、それぞれ斜面計算及び河道計算を行い、流域の基準点

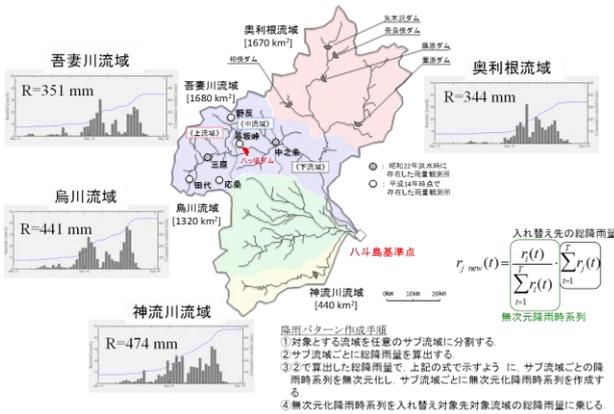


図-1 入れ替え計算の概念図

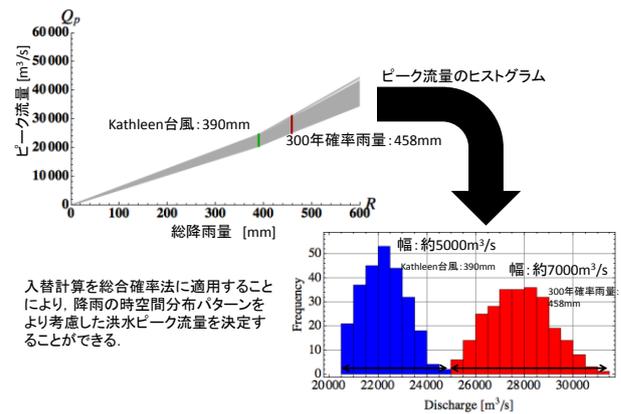


図-3 入れ替え計算の総合確率法への適用

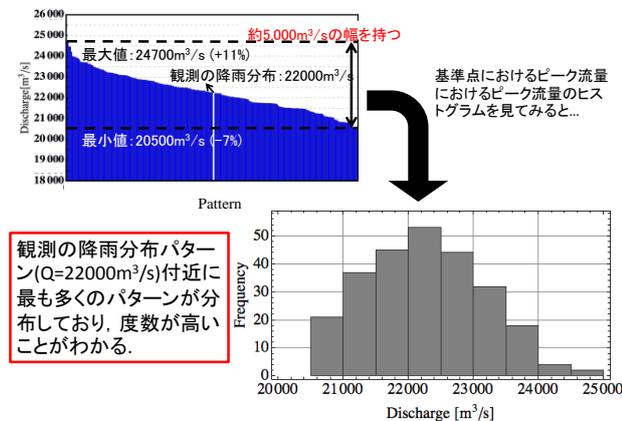


図-2 降雨を入れ替えた場合の基準点におけるピーク流量とそのヒストグラム

で得られるピーク流量の検証を行った。降雨の入れ替えとは、流域毎の流域平均雨量を変えずに降雨の波形のみを入れ替えることである。図-1に入れ替え計算の概念図、(4)式に降雨の入れ替えに用いる式を示す。

$$r_{jnew}(t) = \frac{r_i(t)}{\sum_{i=1}^T r_i(t)} \times \sum_{i=1}^T r_j(t) \quad (4)$$

ここに、 $r_i(t)$ は入れ替える降雨時系列の降雨強度、 $r_j(t)$ は入れ替え先の流域の降雨強度[mm/h]である。

4. 結果

(1) 降雨の入れ替え計算結果

利根川上流域で発生した既往最大の降雨であるカスリーン台風を対象に入れ替え計算した結果を図-2に示す。各流域の総降雨量は入れ替えず、降雨の時空間分布パターンを入れ替えることによって、入れ替え前の流量と比べ、最大で11%ピーク流量が大きくなり、-7%~11%の幅をもつことがわかった。また、ヒストグラムが示すように、入れ替え前のピーク流量(約

22,000m³/s)付近が最も度数が高いことが興味深い。河川流量が過大になったケースは、基準点から近い流域で発生した遅いピークの雨と、遠い流域で発生したピークが早い降雨のピーク流量が重なったためピーク流量は入れ替え前に比べ大きくなったと考えられる。

(2) 入れ替え計算結果の総合確率法への適用

入れ替え計算を総合確率法に適用した結果を図-3に示す。入れ替え計算を行うことによりカスリーン台風1イベントに対しても256パターンの曲線を引くことができる。これにより降雨の時空間分布パターンをより考慮した洪水ピーク流量を決定することができる。また、総降雨量が大きくなるにつれピーク流量が取りえる幅が大きくなる。つまり、総降雨量が大きくなるほど、降雨の時空間分布の違いの影響を受けやすいことがわかった。

5. まとめ

本研究の結果から、一つの降雨パターンでも降雨波形を流域内で入れ替えることで取り得るピーク流量に幅を持つことがわかるが、これを総合確率法に適用することにより、一つの降雨パターンでもピーク流量がより過大となる降雨パターンをより考慮した洪水ピークを算出することができることがわかった。

今後の展望として、総合確率法に確率過程論を導入することにより、降雨の時空間分布と入力降雨の不確実性を考慮した年最大洪水ピーク流量を算出することが可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 吉見和紘, 山田正: 鉛直浸透機構を考慮した流出計算手法の長期流出解析への適用, 土木学会論文集 B1, Vol.69, No.02, pp101-104, 2013