

## 期別の水文確率値に関する一考察

A study for the variation of hydrological probability according to the difference of period

北海学園大学工学部 学生員 栞木 義孝 (Yoshitaka Kabaki)

北海学園大学工学部 学生員 梅田 拓也 (Takuya Umeda)

○北海学園大学工学部 正員 許士 達広 (Tatsuhiko Kyoshi)

## 1. まえがき

ダムの新規建設に対する逆風から、新規の水を生み出すことが難しくなっている。ダムの下流に維持流量が無いダムが多くあり、環境用水の放流が望まれるが、ダムの利水容量は決められており、現在の容量配分の範囲では放流できない。数年前から弾力的管理と称して試験的に、事前放流で制限水位まで水位低下が可能な範囲内で、治水容量内に貯留し一定の環境用水の放流を行なっているが、安定的な確保には程遠い状況である。

ダムの貯水容量の期別分配は、一般的に制限水位方式と称して洪水期と非洪水期の2つに期間を分けるか、年間を通じて治水容量が一定なオールサーチャージ方式がとられている。もしも貯水池の治水容量配分をより期別に細分化すれば、所定の治水および利水の安全度を維持しながら、水運用に余裕が生じることが考えられ、事前放流によらずとも利水と治水の効果を高めることが可能となる。ここでは降雨や流量データをどのように区分して、期別の治水容量を定めるか、手法について基礎的な検討を行う。

## 2. 期別区分の考え方

例えば9月1日といった特定の日を考え、その日の100年確率の降雨に対応するためのダムの治水容量はどれだけ空けておくべきかを考える。過去のデータから9月1日の日雨量の確率値をとっても過去には大きな雨がない可能性が大きく、100年確率を推定する確率分布として不十分であろう。9月5日や10日に大きな雨が降った記録があれば、同様の雨が9月1日にも降る可能性が大きく、その範囲は10日かもしれないし3ヶ月かもしれない。降雨確率値を求めるには、どの期間の範囲まで同じ規模の現象が起こりうるかを知る必要が在り、その期間の最大値に対応しなくてはならない。

一定年数の日雨量データがあるとして、それらを10日あるいは20日といった期間に分け、それぞれの期間における各年の日雨量最大値を抽出し、期間別に日雨量の毎年確率値を求める。このとき隣接する期間が同程度の降雨と見なされる場合には、例えば各期間が20日であれば40日に統合し、統合した後の各期間について降雨確率を求める。

期間の区分・統合は、期別に分けた過去の降雨データ群

が、互いに同じ母集団か別の母集団かを判別することで行うことが出来、そのためには期別の降雨量データの差の検定を行なうことが考えられる。

主要な水文確率値は

$$\hat{y}_p = \bar{y} + \sigma_y \varepsilon$$

で表わされる。  $\hat{y}_p$  : 非超過確率  $p$  の水文確率値

$\bar{y}$  : 水文データ  $y$  の平均

$\sigma_y$  : 水文データ  $y$  の標準偏差

$\varepsilon$  : 確率に対応する標準変量

したがって水文確率値を求める観点から母集団を区別する要素は、平均と標準偏差(分散)であることが分かる。隣接する期間で平均値と標準偏差の両方が、ある有意水準で等しい(異なっていないと言えない)場合に、それらの期間の母集団が区分できないとして一つの期間に統合可能であるとする。

## 3. 検討手法

いくつかのデータ群(標本)の差の検定を行うには2群間の差の検定、実験計画法、多重比較法などの方法があるが、それらの本質は共通しており、2つの標本の間の母平均の差の検定と母分散の差の検定の考え方が基本となる。2標本間の母平均の差の検定は、以下のように条件により検定法が異なる。

- ・対応の有無・・・2標本のデータに対応がある場合(例えば同じ個体の事前事後の変化など)と対応のない場合(別な個体)で、検定法の条件が異なる。
- ・データの個数・・・2標本のデータの合計数が100程度以上ならば正規分布で  $z$  検定。
- ・正規分布か・・・100個以下で正規分布かどうか不明な時にはノンパラメトリック検定(中央値や順位和)の検定を行う。

母分散が与えられるか、データから計算されるか

- ・・・母分散が与えられるときは  $z$  検定。
- 2群が等分散か・・・2群の母分散の差の検定を行い、等分散の時は  $t$  検定、等分散かどうか分からないときはウェルチ検定

今回の検討のように、降雨などの水文データを期別に区分して差の検定を行なう場合は、標本間の対応がなく、通常母分散はデータから不偏分散で計算され、母分散は与えられない。またダム流域内の精度の高い降雨データがあるのはダム完成後であり、50年間に満たないことがほとんどであるため、2標本をあわせたデータ数は100未満が多い。これらから区分の手法は以下ようになる。

①比較する2標本が正規分布のとき

F検定で分散の差、t検定で平均値の差を検定し、両方とも棄却されないものを同一の群とする。

②比較する2標本のうち片方または両方が正規分布でないとき、ノンパラメトリック検定のうち中央値のずれ(U検定)と広がり(アンサリーブラッドレイ検定)をそれぞれ行い、両方とも棄却されないものを同一の群とする。

4. 計算例

1) 群別の特徴

札幌の37年間の日雨量データを使って比較してみる。5月から11月中旬までを20日間の期間で、5月1日～20日を1群、5月21日～6月9日が2群という風に10に区分し、期間における各年の最大日雨量のデータ群を作る。これで、10群で各群37個のデータ群が出来る。

一般に年最大値の降雨量は対数正規分布に近いことから各群のデータの対数値を取る。対数データが正規分布になるかどうかについて、各期間の降雨量の対数値について度数分布(ヒストグラム)を作成し、対数値の正規分布の期待度数と適合度検定( $\chi^2$ 検定)を行う。

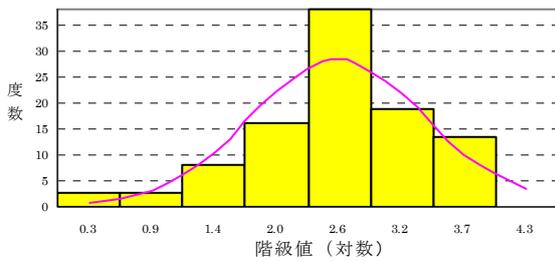


図-1 ヒストグラムの例

結果は以下のように整理される。

表-1 群別データの特徴

2) 差の検定

群番号	5/1~	5/21~	6/10~	6/30~	7/20~
平均値	1.9578	2.5380	2.5467	2.6674	2.4228
標準偏差	0.9163	0.7021	0.6871	0.6716	0.6813
正規性	有	有	有	無	有
群番号	8/9~	8/29~	9/18~	10/8~	10/28~
平均値	1.5554	2.2472	2.5492	2.0045	1.7719
標準偏差	0.8126	0.9044	0.7352	0.7725	0.8343
正規性	有	有	有	有	有

10の群の全ての組み合わせ45通りについて、平均値の検定、及び分散の検定を行なう。平均値が5%の有意水準で棄却されるものを\*、1%の有意水準で棄却されるものを×、分散が5%の有意水準で棄却されるものを▲、1%で棄却されるものを●、平均値・分散ともに棄却されるものを■で示すとそれぞれ以下の表ようになる。ただし6/10の行及び列はノンパラメトリック検定の結果である。

表-2 平均値の差の検定

群	5/1	5/21	6/10	6/30	7/20	8/9	8/29	9/18	10/8	10/28
5/1	a	a	a	*	●	×	×	×	×	×
5/21		b	b	*		×	×	×	×	×
6/10			c	c	c	×	×	×	×	×
6/30				d	d	×	×			
7/20					e	■	×		▲	●
8/9						f	f	*	*	×
8/29							g	g	g	■
9/18								h	h	h
10/8									i	i
10/28										k

表において棄却されない(差があるとはいえない)連続した群が、統合してよい期間を表す。左から5月1日から連続する期間をa、5月21日から連続する期間をbという風に記入していくと、例えば5月1日から6月29日まで、6月10日から8月8日まで同じ規模の雨が降りうる期間と考えることが出来る。重複する場合は大きいほうに対応すればよい。

これから統合した期間の期別確率値を表すと図-2のようになる。実際にはさらに流出計算により降雨を流量に換算し、得たハイドログラフに洪水調節を加えて期別の必要治水容量を算出する。

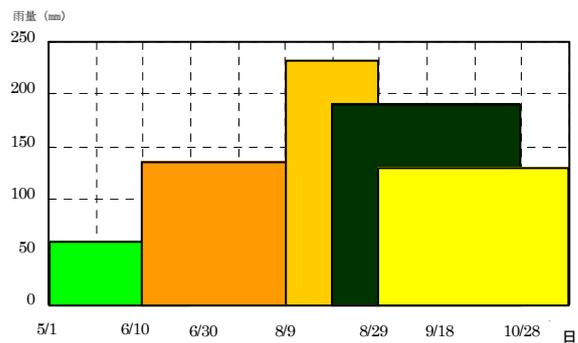


図-2 期別確率雨量(3母数対数正規)

おわりに

水文学を期別区分するための基本的な概念を整理した。水文学の上で期別区分の考え方は、ほとんど整理されていない。このように統計の基本的な手法を用いて整理することにより、より良い水運用が出来ることが期待される。