

期別の水文確率値に関する一考察

北海学園大学工学部 正員 許士 達広 (Tatsuhiko Kyoshi)

1. はじめに

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、近年行われている貯水位の弾力的管理や事前放流によらなくとも、利水と治水の効果を高めることが可能となる。ここでは期別に細分化した治水容量を定めるために、降雨や流量データを区分する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の100年確率の降雨に対応するため、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降ら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、同様の範囲は10日間かもしれないし3ヶ月間かもしれない。すなわち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あり、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場合を考える。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以下のように表わされる。

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

| | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| \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 |
| σ_y : 水文データ y の標準偏差 | ε : 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)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。一般的にいくつかのデータ群(標本)の差の検定を行うには、2つの標本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っており、その考え方とも合致する。

3. 検討手法

2 標本間の母平均の差の検定は、条件により検定法が異なる。今回のように、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通常、標本間の対応がなく、母分散は与えられずデータから計算される。また、ダム流域内の比較的精度の高い降雨データがあるのは、通常ダム完成後の期間で50年間に満たないことが多いため、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になる。

比較する2標本が正規分布(対数正規分布)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標本のうち片方または両方が正規分布(対数正規分布)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)の検定を行い、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) 最大日雨量の期別の分布特性

例として、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月中旬について、5月1日～20日、5月21日～6月9日などのように20日間毎に区分し、各期間における各年の最大日雨量のデータ群を作る。これによって37個のデータを持つ10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。これが正規分布になるかどうかについて、各期間の降雨量対数値の度数分布(ヒストグラム)を作成し、正規分布の期待度数との適合度検定(χ²検定)を行う。結果は表1のように整理される。

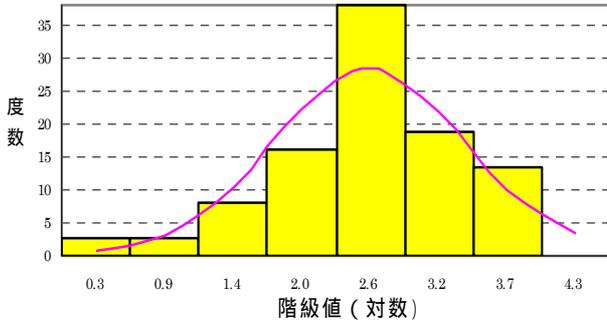


図-1 ヒストグラムの例

表 1 期別データの特性

| | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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 |

2) 分布の差の検定

各期間の平均値の差の検定、及び分散の比の検定を、10の期間の全ての組み合わせ45通りについて行なう。表2において平均値が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x、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1%以上で棄却されるものをで示す。ただし正規分布でない6/30~の行及び列はノンパラメトリック検定の結果である。表1において上記の記号のない群の組み合わせが、棄却されず統合してよい期間を表す。5月1日から右へ連続する期間をa、5月21日から連続する期間をbというように記入していくと、例えばaの5月1日から6月29日まで、cの6月10日から8月8日までそれぞれを同じ規模の雨が降りうる期間と考えることが出来る。bのように全てがaと重複する場合は大きいaに含めればよい。これから統合した期間の期別確率値を表した例が図-2である。実際にはさらに流出計算により降雨を流量に換算し、洪水調節を加えて期別の必要治水容量を算出する。

表 2 平均値の差と分散の比の検定

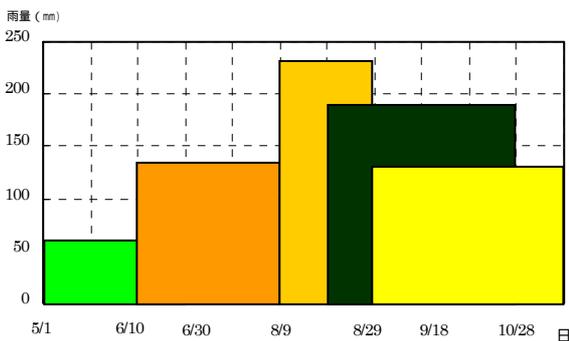


図-2 期別確率雨量(3母数対数正規分布)

| | | | | | | | | | | |
|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 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 | * | ● | x | x | x | x | x |
| 5/21~ | | b | b | * | | x | x | x | x | x |
| 6/10~ | | | c | c | c | x | x | x | x | x |
| 6/30~ | | | | d | d | x | x | | | |
| 7/20~ | | | | | e | ■ | x | | ▲ | ● |
| 8/9~ | | | | | | f | f | * | * | x |
| 8/29~ | | | | | | | g | g | g | ■ |
| 9/18~ | | | | | | | | h | h | h |
| 10/8~ | | | | | | | | | i | i |
| 10/28~ | | | | | | | | | | k |

5. おわりに

水水量を期別区分するための基本的な概念をまとめた。貯水池計画における期別区分は、あまり明確な考え方が無く、ダム完成後のデータを用いて再検討の余地がある。計算法の細部については、他の手法も含め、さらに検討中である。

《キーワード：水文確率値、期別区分、分布の差の検定、貯水池計画》