Ｂ－３　平成23年度　土木学会北海道支部　論文報告集　第68号

確率値算定のための水文データの期間区分法

The Method of Term Division for the Determination of Seasonal Quantiles

北海学園大学工学部社会環境工学科　○学生員　高道　至
北海学園大学工学部社会環境工学科　学生員　山本　裕太
北海学園大学工学部社会環境工学科　フェロー　許士　達広

１．まえがき

ダムの下流に環境用水などの新たな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。一方、非洪水期に洪水調節のための容量が無いダムがあり、５～６月や 10～11 月に降雨や融雪による大きな出水があった時の安全度に課題がある。もしも貯水池の治水･利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場合があり、利水と治水の効果を高めることが可能となる。ここでは細分化した期別の治水容量を定めるために、降雨や流量データを期別に区分する手法について比較検討を行う。

２．期間区分の考え方

ダムの治水容量を最適な期間に区分して定めるには、治水安全度が年間を通じて等しくなるように定める必要がある。降雪や融雪を考えると一年間を区分するためには降雨ではなく流量データが妥当である。完成後一定年数経過したダムは流入量データがあり、それらを 15 日あるいは半月といった小期間に分ける。流量の単位は一つの洪水であり、既往データの状況から連続した 3 日間の流量の合計とする。

それぞれの小期間における各年の 3 日流量最大値を抽出し、それらから小期間を統合し最適な期間にして、流入量の毎年確率値を求める方法を考える。ここでは隣接する小期間の最大 3 日流量が同程度と見なされる場合には、例えば各期間が 15 日であれば 30 日に統合し、統合した後の期間について流量確率を求める。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あり、そのためには期別の流量データの差の検定を行うことが考えられる。

一般的にデータの区分には平均値、あるいは中央値の差を考えることが多いが、期間別に流量確率を定めるのであるから、厳密には流量の確率値に期別の差があるかどうかが問題である。一般的に水文確率値は 2 母数であればデータやデータの対数の平均と標準偏差により定まる。このためここでは平均値の差と、分散の比の両方について考えるものとする。

なお貯水池の期間区分は、例えば 15 日間であれば 1 月 16 日～30 日、1 月 31 日～2 月 14 日、2 月 15 日～3 月 1 日といった区分になるが、実用上は月の前半・後半といった月の境界で区切ることが通常である。しかし比較する 2 つの群の日数が 15 日と 16 日で異なれば、その最大 3 日流量にも差が出ることになる。このため 1 ヶ月が 31 日の時は 16 日を重複させて期間単位を 16 日とし、1 ヶ月が 30 日どうしの場合に期間単位を 15 日として。検定を行う 2 つの小期間の日数を等しくする。

３．平均値の差と分散の比の検定による区分

平均値や中央値の検定は一般に以下のように使い分けられている。

①データ数が大きく２群あわせて１００以上（明確な決めは無い）の時は平均値が正規分布であるとしてＺ検定。

②データ数が小さいとき、データが正規分布であればｔ検定、正規分布でなければ中央値のノンパラメトリック検定。

③上記のｔ検定の場合２群が等分散と見なされる時はスチューデントのｔ検定、等分散かどうか分からない時はウェルチ検定。

本検討にではダム流入量の観測年数が３０年程度であること、水文データの対数を取ると近似的に正規分布に近づくことから、データの対数をとり③の検定を行う。

等分散かどうかの確認は通常Ｆ検定で行われる。Ｆ検定で棄却されない、すなわち分散に差が無いものはスチューデントのｔ検定で平均値に差が無いかどうか判断される。一方、前述したように２母数の分布において、確率値は平均値と分散により表されるため、平均値と分散の両方に差が無ければ近似的に確率値に差が無いと考えられる。従って２つのデータ群を確率値で区分するときには、Ｆ検定およびスチューデントのｔ検定の両方で２群の分散および平均が等しいという仮説が棄却されないことが条件となる。

Ｆ検定は以下の式で表される。

$$T = \frac{u_1^{\ 2}}{u_2^{\ 2}} \qquad u_1^{\ 2}, u_2^{\ 2}：標本分散　ただし u_1^{\ 2} > u_2^{\ 2}$$

$$T > F(n_1 - 1, n_2 - 1,, \alpha / 2) \qquad n_1, n_2：各データ数$$

の時、２つの群の母分散は異なる。

スチューデントのｔ検定（両側）は以下の式である。

$$T=\frac{\overline{x_1}-\overline{x_2}}{\sqrt{\dfrac{u^2}{n_1}+\dfrac{u^2}{n_2}}} \qquad u^2=\frac{(n_1-1)u_1{}^2+(n_2-1)u_2{}^2}{n_1+n_2-2}$$

$|T|>t_\alpha$　の時２つの群の母平均は異なる。

$\overline{x}_1,\overline{x}_2$:平均　　自由度　$f=n_1+n_2-2$

４．分散を等しいとした場合の検定法

ところでこの方法では、２群の分散が小さいときには平均値の差がかなり小さくとも別な群と判断されないことが生じる。冬期にはほとんど半月毎との平均流量に差が無いが、年毎の流量変化も小さい。このため１月～３月のように流量変化が無い期間も統合されず、半月毎に区分されてしまう。逆に夏や秋は小期間ごとの流量はかなり違いがあるにもかかわらず、毎年の変動も大きいために、区分されにくくなる。

これに対応するために期間ごとの誤差分散を等しく取ることが考えられる。これには実験計画法における一元配置や多重比較といった手法がある。多重比較法で最もよく使われるボンフェローニの方法の本質的は一元配置と同じである。両者の統計量Ｔは

$$T=\frac{\left|\overline{x}_i-\overline{x}_j\right|}{\sqrt{\left(\dfrac{1}{n_i}+\dfrac{1}{n_j}\right)V_e}}$$

n_i,n_j　:標本サイズ

$\overline{x}_i,\overline{x}_j$：標本平均

V_e：一元配置分散分析の誤差分散

一元配置の場合有意水準αのｔ値 t_α は両側検定で

$t(f_E,\alpha/2)$　　f_E：誤差変動の自由度

多重比較の場合有意水準αのｔ値 t_α は

$t(n-k,p)$　ｎ:全データ数　　ｋ：群数（小期間数）

$$p=\frac{\alpha}{k(k-1)/2}$$

いずれも　$|T|>t_\alpha$　の時２つの群の母平均は異なる。

５．手法の比較

あるダムの流入量データを用いて、上記の方法による貯水容量の期別区分を試算する。前述の半月毎のダム 3 日流入量について、それぞれ 2 期間の同一性を検定し統計的に等しい期間を統合する。統合した期間ごとに毎年最大値を選び、確率値を算定したものを示す。期間別の確率値は 150 年確率で、一般化極値分布による値である。図－1 はｔ検定Ｆ検定によるもの、図－2 は実験計画法一元配置、図－3 はボンフェローニの方法であり有意水準はいずれもα＝0.05、両側検定である。

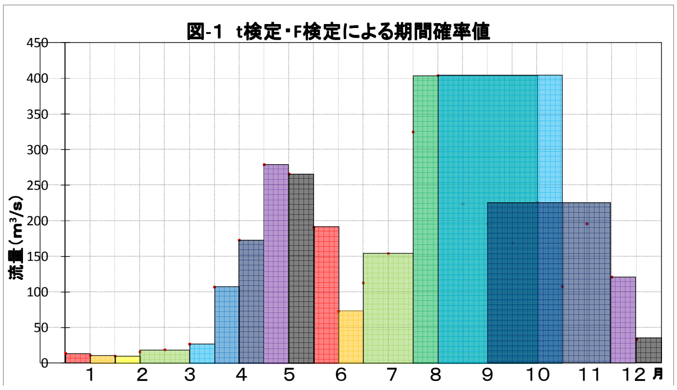

図-1　t検定・F検定による期間確率値

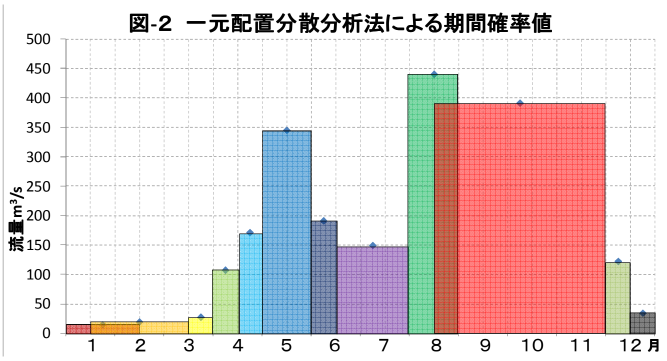

図-2　一元配置分散分析法による期間確率値

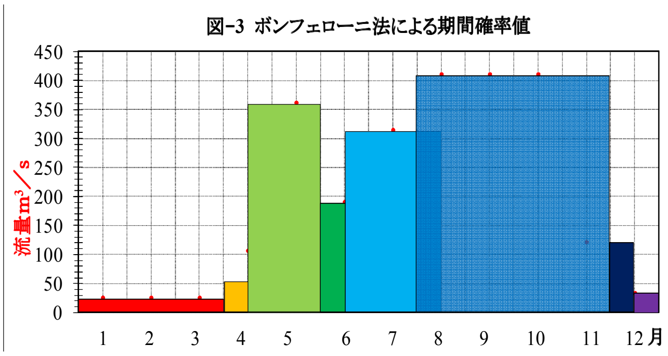

図-3　ボンフェローニ法による期間確率値

ｔ検定Ｆ検定は冬季間の流量がほとんど変わらないにもかかわらず、この期間は統合されない。これに対しボンフェローニ法は 1～3 月は一つの期間になるが、6 月後半～8 月前半、夏場以降の 8 月後半～11 月など流量にかなりに差がある期間が区分されない。一元配置法はその中間の傾向を示し、いずれの方法でも有意水準により結果はかなり異なる。適切に検定を行うことにより、より実態にあった水文量の期間区分となることが分かる。

参考文献

許士達広:期別の水文確率値に関する一考察　土木学会第 65 回年次学術講演会　2011