

既往降水データを用いた将来確率値の推定

A method of the future extreme value estimation using historical rainfall data

北海学園大学工学部社会環境工学科
北海学園大学工学部社会環境工学科
北海学園大学工学部社会環境工学科

○学生員 萬谷太雅 (Taiga Mantani)
学生員 清川佑大 (Yudai Kiyokawa)
フェロー 許士達広 (Tatsuhiko Kyoshi)

1. はじめに

地球温暖化が顕在しつつあり、各地における集中豪雨頻度の増大や既往最大の降水量の発生など、相次ぐ異常気象による災害の増加が現実のものとなっている。将来の豪雨規模のさらなる増大が懸念され、気候変化を考慮した防災計画、およびそれに対応した水文確率値推定の必要性が生じている。これに対応して IPCC による温室効果ガスの濃度に応じたいくつかのシナリオに対し、地域気象モデルによる将来の降雨の推定が多くの研究機関により行われており、将来大雨が増大することが予測されている。しかしシナリオにより気温変化が大きく異なることや、気象モデル精度の問題があるため、最大降雨がどの程度増加するかといった予測の信頼性にまだ課題がある。

一方で現状においてどの程度豪雨が増大しているかについては、気象庁の検討により全国の観測所の平均で日降雨 100 ミリ以上や時間降雨 50 ミリ以上といった指標がこの 100 年余りで増加していることは知られている。しかし具体的にどの箇所がどの程度の増加傾向にあるかについては、1 地点の大雨の発生回数は多くなく、年変動も大きいと統計的に有意な判断はできないとされている。

河川計画的には観測点あるいは流域ごとに豪雨の増加傾向を把握し、超過確率値を算定することが求められる。地点ごとの推定値の信頼性に問題はあるとしても、それらを総合的に見ることにより、地域的な傾向を知ることが可能であると考えられる。本研究においては、既往のデータからの回帰によりどの程度の増加傾向が読み取れるか、それによる将来の確率降雨はどのようなかを、誤差の少ない方法で算出することを目指すものである。

2. 既往データからの確率計算の問題と対処法

水文確率値の算定法にはいくつかの方法があるが、物理的意味が明確なのは積率法である。精度は最尤法や L 積率法に比べて大きな差はないとされる。積率法は 2 母数モデルではデータの平均、標準偏差、3 母数モデルの場合はそれにひずみ係数を加え算出される。将来確率値を求めることは将来におけるこれらの統計量を推定することを意味する。

将来の年最大降雨の平均値や標準偏差を求める場合回帰式を用いることが考えられるが、いくつかの問題が生じるため以下のような計算の工夫を行う。

1) 累加値の回帰

例えば年最大降雨を経年的にプロットしそれに回帰直線を当てはめた場合図-1 のようになる。

この決定係数は 0.0547 であり、有意な推定とは言えない。また回帰線には「てこ比」が働き端部の外れ値の影響を大きく受けるため、点配置により容易に傾向が変化する。この対応として累加値を用いることが考えられる。累加値の回帰はひとつ前の累加値からの変動が、新たに加わる値の変動に依存するため、通常回帰と同様に定めることができる。決定係数を高くでき外れ値の影響が小さい。推定値は累加値の勾配で表される。

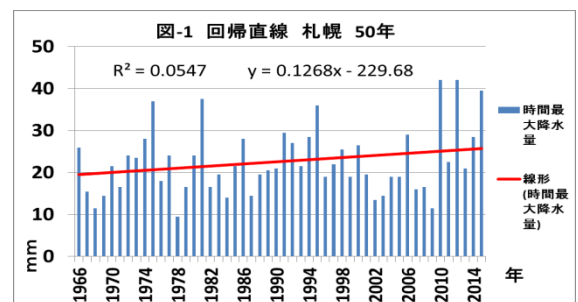


図-1 年最大日雨量に直線を当てはめた場合

2) 現時点の累加値を通る回帰線

将来値が増加するかどうかは現在値との比較で行われる、単純に累加値に曲線を当てはめると、図-2 の偏差平方和のように増加傾向にあるのに現在値よりも小さいといった場合も生ずる。現時点までの累加値を固定点とした現時点を通る回帰線とし、その変化傾向から将来の増減を判断するほうが現時点との比較が明瞭になる。

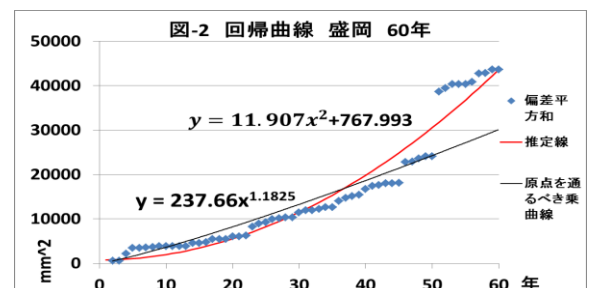


図-2 現時点を通る場合と通らない場合の比較例

3) 標準偏差の計算法

一般的に標準偏差は一定のデータ幅で分散をとって求められるため、その回帰式を求めるには幅の取り方により結果が異なる。例えば図-3 において期間を AB のように分ければ A 期間より B 期間の方の分散が大きく分散は増加傾向となるが、期間を A'B' のように分ければ分散は A' 期間の方が大きく、分散は減少傾向ということになる。各年の残差平方和をプロットし回帰をとるとその勾配が標本分散になり、勾配に $n / (n-1)$ をかけて平方根をとったものが標準偏差となる。

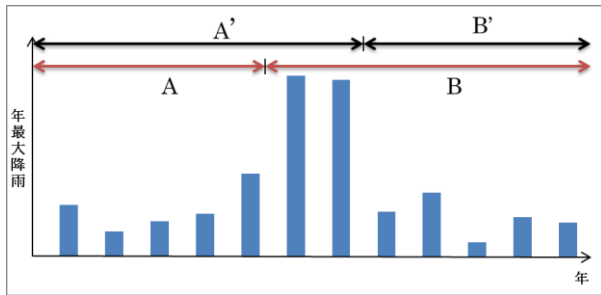


図-3 期間区分による分散増減傾向の違い

4) 距離の重みの考慮

回帰線は固定点を中心とした「てこ比」が働くため、現時点の累加値を固定点としたときに、過去の点の影響が大きくなる。最近の傾向の方が重要であるため、時間距離の重み w_i をかけて補正する。補正は以下の式となる。

$$w_i = \frac{1}{1 + (x_0 - x_i)^2 / \sigma_0^2}$$

x_0 : 現時点の x 座標 x_i : データ i の x 座標

$$\sigma_0 = \frac{1}{n} \sum (x_i - x_0)^2 \quad n: \text{データ数}$$

3. 確率計算法

1) 累加回帰線

累加値の曲線として以下の5通りを試算して比較する。いずれも現時点の累加値を通るものである。

- ① 原点を通るべき乗曲線
- ② 原点を通らない直線
- ③ 重み w_i をかけた原点を通らない直線
- ④ 原点を通らないべき乗曲線
- ⑤ 重み w_i をかけた原点を通らないべき乗曲線

2) 確率値の考え方

確率値は次の図-4に示すように2通りを求める。

① 期間確率

観測開始時点から将来の時点 t までの期間の平均的な母数を推定するもので、母数は水文統計量の累加値の平均勾配であり、累加値の場合は「推定値マイナス原点における切片」を年数で除したもので表される。通常用いられている確率は観測開始年から現時点までの期間確率と考えられる。

② 時点確率

将来の時点 t における母数を推定するもので、水文量の累加値の線の時点 t における勾配、すなわち時点 t の微分値で表される。

図-4においてAは現在の2010年から見た1980～2010年までの平均的な確率を示す。一般的に用いられる確率はこれである。

Bは将来の2020年から見た1980～2020年までの平均的な確率。1980～2020年までの累加値の平均勾配を使う。

Cは現在時点の瞬間確率、2010年の勾配である。

Dは将来の2020年時点における累加値の勾配から算出

される将来の時点確率である。

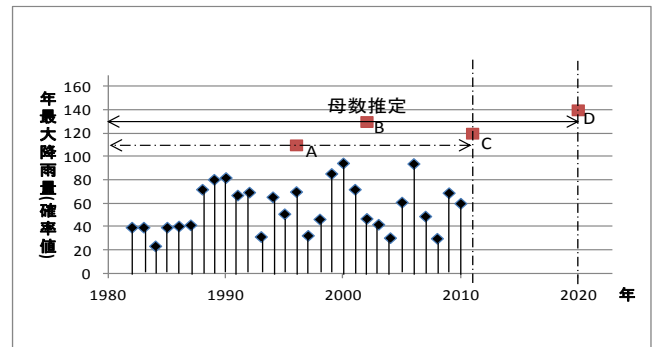


図-4 期間確率、時点確率の概念

3) 確率分布

母数の中で、ひずみ係数はばらつきが大きく信頼性が低いため、ここでは2母数のグンベル分布を用いる。

$$x_p = c - a \ln[-\ln(p)]$$

$$a = \sqrt{6} \sigma_x / \pi \quad c = \mu_x - 0.5772 a$$

μ_x , σ_x : 将来あるいは現時点の平均および標準偏差

x_p : 確率値 p : 非超過確率

1957年から2016年までの日最大降雨量について、原点を通らないべき乗曲線を当てはめた場合の結果を示す。現時点を通常の方法で求め、回帰で求めた2040年、2060年の確率値を比較すると以下のようになる。

		2040年			2060年		
		標準偏差	平均	確率値	標準偏差	平均	確率値
札幌	将来時点	24.09	72.13	147.69	22.86	71.06	142.76
	将来期間	33.41	77.56	182.34	31.70	76.41	175.84
	現時点	31.88	78.12	178.12	31.88	78.12	178.12
釧路	将来時点	42.34	97.93	230.74	45.43	100.69	243.19
	将来期間	32.76	86.67	189.44	35.15	89.11	199.37
	現時点	30.01	86.82	180.96	30.01	86.82	180.96
網走	将来時点	45.11	79.83	221.31	50.13	84.20	241.45
	将来期間	31.89	63.86	163.90	35.45	67.36	178.55
	現時点	26.52	60.43	143.62	26.52	60.43	143.62
旭川	将来時点	31.31	69.05	167.27	30.52	69.49	165.22
	将来期間	35.69	67.03	178.97	34.78	67.47	176.56
	現時点	34.70	67.47	176.31	34.70	67.47	176.31
帯広	将来時点	29.66	84.71	177.73	29.62	85.07	177.99
	将来期間	29.66	83.05	176.07	29.62	83.40	176.32
	現時点	28.55	82.59	172.15	28.55	82.59	172.15
浦河	将来時点	25.59	73.79	154.07	25.02	73.48	151.97
	将来期間	28.62	75.30	165.05	27.98	74.98	162.73
	現時点	28.46	75.50	164.76	28.46	75.50	164.76
紋別	将来時点	51.81	79.59	242.10	57.58	82.35	262.97
	将来期間	36.63	68.61	183.52	40.72	70.99	198.71
	現時点	30.92	65.90	162.89	30.92	65.90	162.89

べき乗の場合、開始点から離れると増加率が大きくなるため、勾配を示す時点確率では将来の増減の程度が過大になる傾向がある。期間確率で見ると、道東の釧路、網走、紋別で増加、帯広で微増、札幌、旭川、浦河で横ばいの傾向がみられる。他の計算法も加えて多くの観測所を計算し、傾向を把握していきたい。