

確率水文量の安定性からみた

1 変数最大エントロピー分布の有効性

信州大学工学部 学生員○森 茂 信州大学工学部 正会員 寒川典昭
 信州大学工学部 正会員 荒木正夫 信州大学工学部 鈴木規之

1. はじめに

筆者ら^{1), 2)}は、1変数最大エントロピー分布(1MED)の極値水文量に対する有効性を、宝ら³⁾の提案した評価手法とデータ数増加の方法を用いて検討している。本稿は、その一環として、千曲川水系の治水計画に用いられた年最大2日降水量を取り上げて計算したので、その結果を報告する。

2. 確率分布

1) 最大エントロピー分布

既存分布と母数の数をそろえるため、2母数、3母数の分布を用いた。その確率密度関数は以下の通りである。

$$1MED(2P); p(x) = \exp(-\lambda_0 - \lambda_1 X^s - \lambda_2 \exp(-t \cdot X/M)) \quad ((s, t) \text{ と略記}) \quad (1)$$

$$1MED(3P); p(x) = \exp(-\lambda_0 - \lambda_1 X^{s_1} - \lambda_2 X^{s_2} - \lambda_3 \exp(-t \cdot X/M)) \quad ((s_1, s_2, t) \text{ と略記}) \quad (2)$$

ただし、 $M=E[x]$ であり、母数推定は最大エントロピー法である。

2) 既存分布

以下に示す11種類の分布形を用い、最尤法により母数推定を行った。

正規分布(2母数); N02, 対数正規分布(2母数, 3母数); LN2, LN3, PearsonIII型分布(2母数, 3母数); PE2, PE3, 対数PearsonIII型分布(2母数, 3母数); LP2, LP3, Gumbel分布(2母数); GU2, 対数Gumbel分布(2母数, 3母数); LG2, LG3, 平方根指数型最大値分布(2母数); SEM.

3. 適合度の評価規準

分布形全体の適合度を比較するためMLL(最大エントロピー分布の場合: LL)とAICを用い、また、大きなリターンビリオドを与える右裾部分での確率水文量の安定性を見るために、Jackknife法³⁾とデータ数増加の方法を用いた。

ここで、データ数増加の方法は、データ(N個)を古い順に並べ、前半分のデータに1つずつ後半分のデータを加えて求めた分布から、30年、50年、100年、200年に相当する確率水文量を算定し、その安定性を変動係数により評価したものである。すなわち、この方法はJackknife法のように一定のデータ数(N-1)個を保つものではなくN/2個からN個までデータ数を変化させ、確率水文量の変動を見るものである。

4. 実データへの適用

実データとして、千曲川流域の治水計画に用いられた年最大2日降水量を取り上げ、観測所として長野、松本、上田、飯山、小海を採用した。それらの観測所の位置を図1に示す。既存分布においては、MLL, AICでそれぞれ上位3位に入った分布形を選出し、最大エントロピー分布においては、同様に上位5位に入った分布形を選び、確率水文量の変動を見た。従って、MLL, AICは、スクリーニングのために用い、最終的な分布の選択は、Jackknife法とデータ数増加の方法によるものとする。表1, 2は計算結果の一例として、長野の場合について示したものである。

ここでは、(2, 4)の1MEDが、Jackknife法とデータ数増加の方法の両方において安定した数値を示しているため、最良と判断された。

他の観測所についても同様に検討していくと、5地点2つの評価方法の10ケースの内6ケースで1MEDが最良と考えられ、残りの4ケースでは、Gumbel分布が選ばれた。

表1 MLL, AIC、及びJackknife法の結果(長野)

p.d.f.	MLL(LL)	AIC	Jackknife法による確率水文量推定値 (推定誤差)			
			30年	50年	100年	200年
LP2	-389.133	782.265	135.94(7.90)	146.79(9.18)	161.53(11.05)	176.43(13.28)
LN2	-389.442	782.884	133.79(7.54)	143.50(8.64)	156.51(10.19)	169.44(11.81)
PE3	-388.185	782.369	136.90(8.85)	146.89(10.60)	159.42(13.52)	170.14(17.78)
LG3	-387.983	781.966	134.28(8.44)	142.63(9.78)	153.23(11.63)	163.17(13.50)
(1,4)	-389.382	782.765	137.04(7.57)	146.03(8.66)	159.23(10.16)	168.86(11.97)
(1,3)	-390.061	784.121	132.35(7.23)	141.39(8.15)	154.07(9.50)	165.66(10.54)
(2,4)	-390.095	784.190	131.94(7.01)	140.67(7.74)	147.48(8.77)	159.45(9.43)
(1,4,4)	-389.362	784.723	137.27(9.09)	147.17(11.37)	162.64(15.00)	176.14(19.36)
(1,3,4)	-389.375	784.749	138.45(8.87)	146.93(11.04)	162.63(14.70)	174.92(18.96)
(1,2,4)	-389.382	784.764	137.01(8.74)	147.27(10.88)	160.82(14.52)	170.74(19.15)
(2,3,4)	-389.961	785.922	131.57(7.12)	141.54(7.90)	151.30(8.94)	160.60(9.93)

表2 データ数増加の方法の結果(長野)

p.d.f.	30年	50年	100年	200年
LP2	0.0170	0.0186	0.0205	0.0223
LN2	0.0169	0.0186	0.0208	0.0229
PE3	0.0195	0.0217	0.0243	0.0267
LG3	0.0207	0.0232	0.0262	0.0289
(1,3)	0.0158	0.0170	0.0205	0.0223
(1,4)	0.0160	0.0172	0.0187	0.0199
(2,4)	0.0157	0.0165	0.0173	0.0180
(1,4,4)	0.0209	0.0259	0.0333	0.0411
(2,3,4)	0.0158	0.0168	0.0180	0.0190

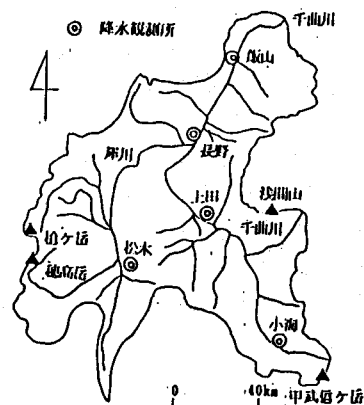


図1 千曲川水系の主要降水観測所

5. あとがき

本稿では、1MEDが極値水文量に対しても有効な分布であることを明らかにした。ただし、 (s, t) , (s_1, s_2, t) のおおのの値を5以上にすると、さらに改善の余地が残されているので検討を続けたい。なお、1MEDのJackknife法の計算では矢作建設工業(株)船橋太道君に御協力頂いた。また、本研究を遂行するにあたり昭和63年度科学研究費補助金(奨励研究(A)、課題番号63750521、研究代表者:寒川典昭)「情報の与え方と最大エントロピー分布」の援助を得た。記して謝意を表する。

- 1) 荒木, 寒川, 森, 丸山: 水文量への確率分布の適用比較, 土木学会中部支部, II-53, 昭和63年。
- 2) 寒川, 荒木, 森: 1変数最大エントロピー分布の有効性の検討 — 他の分布との比較において —, 水文水資源学会, 30, 昭和63年。
- 3) 宝, 高樺: 水文頻度解析における確率分布モデルの評価規準, 土木学会論文集, 第393号/II-9, 昭和63年。