

II-13 PPWM 法に基づく極値統計解析

愛媛大学大学院 学生員○眞鍋 晶

日本気象協会 正員 宇都宮 好博

愛媛大学工学部 正員 山口 正隆

1. はじめに：欠落を伴う年最大値資料や歴史資料を含む年最大値資料に対する極値統計解析において，候補確率分布の母数推定を部分確率加重積率（PPWM）法によるモデルを適用できるが，その適用性に関しては広範な条件下での考察は行われていない．そこで，本研究では5つの候補確率分布を用いて，広範な条件下でのモンテカルロシミュレーション資料と欠落を伴う観測資料に対する解析結果に基づき，PPWM法の精度を検討する．つぎに，歴史資料とみなした資料を含む年最大値資料について，シミュレーション資料および観測資料を用いた解析から，歴史資料の考慮が極値統計解析結果に及ぼす影響を調べる．

2. PPWM 法に基づく極値統計解析モデルとその適用性：(1)母数推定法および分散推定法：極値統計解析に用いる候補確率分布は Gumbel 分布，形状母数固定型 GEV 分布，GEV 分布，形状母数固定型 Weibull 分布，Weibull 分布であり，PPWM 法はこれらの確率分布から得られる理論 PPWM と資料から得られる標本 PPWM が等しいとして母数を求める．再現確率統計量の分散推定法として，censored sample に対しても jackknife 法を用いる．(2)シミュレーションの方法と結果の考察：上記の5種類の分布を母分布として，censoring 条件や PPWM の次数，形状母数 k を変えた場合に，資料年数 $K=10\sim 100$ 年の7通りについて10,000回実施し，誤差統計量 $\text{bias} \Delta \tilde{H}$ ，標準偏差 $\tilde{Var}^{1/2}$ ，分散の jackknife 推定値 $\tilde{\sigma}_j^2$ を求める．用いる標本資料は censoring 比 μ に応じてその相当する下限 M 個，上限 M_U 個，上下限 $M+M_U$ 個を削除した第2種上限・下限・上下限 censored sample である．図-1は形状母数固定型 GEV 分布における誤差統計量と資料年数の関係を示したものである．bias でみれば，PPWM 法は Gumbel 分布，GEV 分布では下限 censored sample に対して高次積率を，上限 censored sample に対して低次積率を，Weibull 分布では逆の関係の場合に，下限 censoring 比 $\mu_L < 0.4 \sim 0.5$ ，上限 censoring 比 $\mu_T < 0.1$ で適切な値を与える．

3. 現地観測資料への適用：東京では1911～2002年の92年間のうち54年相当分の年最大高潮偏差資料が得られているが，残り38年相当分の年最大高潮偏差の最大値は1934年における103cmを上まわらないとみなされる．表-1は2母数分布モデルによる解析結果の一覧を示す．極値統計解析は，高潮偏差資料のうち欠測年の値が不明で

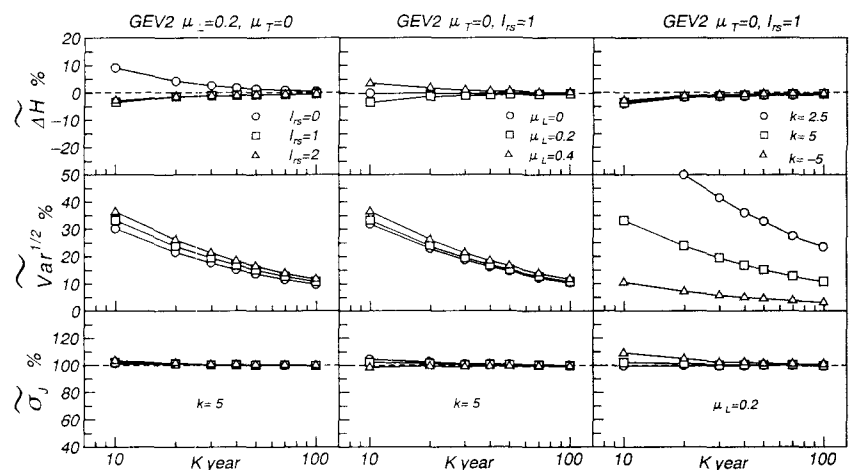


図-1 誤差統計量と資料年数の関係
(形状母数固定型 GEV 分布)

表-1 東京での高潮偏差資料に対する極値統計解析の結果

$\eta L(\text{cm})$	$\eta_R(\text{cm})$			$s_{\eta R}(\text{cm})$			opt. dist.	k	M	ρ
	50 yrs.	100 yrs.	200 yrs.	50 yrs.	100 yrs.	200 yrs.				
36	168.1	200.4	234.0	20.9	26.3	31.9	Weib2	0.800	38	0.9950
40	169.5	203.9	240.0	21.4	27.3	33.5	Weib2	0.750	41	0.9949
50	170.6	204.2	239.0	21.7	27.9	34.2	Weib2	0.800	54	0.9938
60	169.7	202.6	237.2	22.0	29.0	36.4	GEV2	-0.080	67	0.9917

あるので、下限 censoring 値を $\eta_L=36\text{cm}$ から 60cm まで変化させて行った。下限 censoring 値を変化させても、安定した確率高潮偏差の推定値が得られ、また標準偏差は漸増するだけである。したがって、合理的な推定が可能と考えられる。

4.歴史資料を考慮した PPWM 法に基づく極値統計解析モデルとその適用性：(1)母数推定法および分散推定法：観測資料の期間が n 年、歴史資料の期間が $m-n$ 年よりなる m 年間の資料において、 F_2 に相当する基準値 H_c 以上の上位 l 個の資料を下限 censoring 条件として、 n 年間の観測資料のうち下限 censoring 値以上で基準値 H_c より小さい資料を上下限 censoring 条件として処理して、それぞれ標本 PPWM を求め、それらの和として標本全体の PPWM を算定する。再現確率統計量の分散推定は jackknife 法による。(2)シミュレーションの方法と結果の考察：シミュレーションの条件は、全資料期間を $m=1000$ 年、観測資料期間を $n=30$ 年、下限 censoring 比($\mu_L=F_1$)を 0, 0.2, 0.4 の 3 通り、PPWM の次数を $I_{rs}=0, 1, 2$ の 3 通り、 F_2 を母分布の 200 年確率統計量 H_{200} に相当する非超過確率値 $F(H_{200})$ に設定する。表-2 は Gumbel 分布において歴史資料を考慮した場合 (obs.+hist.) としない場合 (obs.only) の結果を示す。極値統計解析における歴史資料の導入は再現確率統計量の bias の増減に関して必ずしも一定の傾向をもたらさないが、再現確率統計量の $Var^{1/2}$ を減少させる。しかし、この結果はシミュレーション条件に依存する。jackknife 法による分散の推定精度は、歴史資料を考慮しない場合よりやや低く、最大 10% 程度の過小評価を示す。

5.歴史資料を含む観測資料への極値統計解析モデルの適用：東京で取得された 1911～2002 年の $m=92$ 年間における年最大高潮偏差資料は 1911～2002 年の $m=92$ 年間 $\eta_c=103\text{cm}$ 以上の資料 $l=9$ 個と、1949～2002 年の $n=56$ 年間 36cm 以上で 103cm より小さい資料 47 個(欠測 4 個、 103cm 以上 5 個)に分けられ、 $m=92$, $l=9$, $n=56$ と置ける。また、3.での検討結果を参照して、下限 censoring 値 η_L を 50cm とする。表-3 は 2 母数分布モデルによる極値統計解析の結果の一覧であり、上段が歴史資料としての取扱いを行った結果(hist.)、下段が 3.で与えた結果(obs.)を表す。確率高潮偏差に対しては、両者は同様の推定値を与えるが、分散平方根(標準偏差)に対しては、歴史資料を含む形で取り扱った結果がより大きい値をとる。したがって、極値統計解析において歴史資料の考慮は分散の減少に寄与するという、シミュレーション結果から得られた特性がみられない。

表-2 歴史資料の有無による誤差統計量の比較(Gumbel 分布)

μ_L	data type	error statis. (%)	Gumbel $A=1.0, B=0.0$		
			$I_{rs}=0$	$I_{rs}=1$	$I_{rs}=2$
			H_{200}	H_{200}	H_{200}
0	obs.+ hist.	ΔH	0.0	0.0	0.0
		$Var^{1/2}$	15.9	18.4	20.5
		s_j	99.2	96.0	92.3
	obs. only	ΔH	-0.2	-0.2	-0.2
		$Var^{1/2}$	17.6	20.7	23.0
		s_j	101.7	101.9	102.5
0.2	obs.+ hist.	ΔH	0.6	0.7	0.4
		$Var^{1/2}$	18.1	19.3	20.9
		s_j	97.1	94.5	91.4
	obs. only	ΔH	0.5	0.5	0.2
		$Var^{1/2}$	20.2	21.7	23.4
		s_j	101.1	101.3	101.7
0.4	obs.+ hist.	ΔH	2.3	1.3	0.7
		$Var^{1/2}$	20.4	21.2	22.3
		s_j	94.9	92.2	89.2
	obs. only	ΔH	2.1	1.1	0.5
		$Var^{1/2}$	23.0	23.9	24.8
		s_j	100.0	100.3	100.7

表-3 東京での歴史資料を含む高潮偏差資料に対する極値統計解析の結果

data	$\eta_R(\text{cm})$			$s_{\eta R}(\text{cm})$			opt. dist.	k	N_L	ρ
	50 yrs.	100 yrs.	200 yrs.	50 yrs.	100 yrs.	200 yrs.				
hist.	173.7	208.2	245.0	38.7	51.1	64.3	Weib2	0.700	20	0.9966
obs.	170.6	204.2	239.0	21.7	27.9	34.2	Weib2	0.800	20	0.9938

6.まとめ：PPWM 法による極値統計解析モデルは欠落を含む年最大値資料に対しても適用可能であり、合理的な推定値が得られる。歴史資料を考慮したシミュレーション資料の検討から得られた特性は、本研究で取り扱った観測資料に対する解析結果では確認されなかった。