

確率水文量推定値の安定性に関する研究

高瀬 信 忠* ・ 田 中 寿 明**

A Study on the Stability of Probability Estimation Values in Hydrologic Events

Nobutada Takase and Tosiaki Tanaka

On the stability of probability estimation values in the hydrologic events, we study by means of using Annual Exceedance Series (AES) data as well as Annual Maximum Series (AMS) data. According to the study results, in case of considering from a stability of probability estimation values, although there is little to choose between the two, AMS data conform well to the logarithmic normal distribution as compared with AES data.

The results obtained here would contribute much to the rationalization of water works design in Japan.

1. はじめに

水文量は、一般的には不規則に変動する不確定な物理量の一つであるが、水工計画など河川計画の立案にあたっては、水文量の規模とその発生頻度の関係に関して、統計的処理方法の検討されることが多い。わが国においては、このような統計的な解析方法は、1940年代の石原（藤）・岩井らの研究を始めとして^{1),2)}、多くの研究がなされてきた。しかし、これまでの水文統計学的方法から推定される確率水文量の値に対しては、問題点も少なくないのであるが^{3),4)}、その一つに推算された確率水文量の変動の問題があげられる。すなわち、水文資料が蓄積されてくると、その都度、推定母数の値が異なり、確率水文量の推定値が変わってくることであるが、確率水文量は水工計画における規模決定の基本量であることを考えると、資料が蓄積して統計年数が増大しても、同水文量の推定値が大きく変動しないことが望まれる。宝・高樺・清水⁵⁾は、このような立場から、確率分布の評価規準として、確率水文量の変動性をとり入れた方法を提案している。なお、今日における確率計算の多くは極値資料を対象としたものであり、その他の資料はほとんど用いられていない現状であるが、年最大値など極値資料以外の資料を用いて確率水文量を推算し、その安定性について検討することも大変重要で有意義なことと思われる。本研究は、このような観点から、従来の毎年最大値資料だけでなく毎年超過値資料も用いて、確率水文量推定値の

* 建設工学科 土木工学専攻 ** 大阪府庁

安定性について比較検討し、考察したものである。

2. 用いた水文資料の摘出法

水文資料は、観測値を年代順に配列して記録されるものであるが、本研究で用いるのは、毎年最大値資料（Annual Maximum Series, AMS）と毎年超過値資料（Annual Exceedance Series, AES）である。毎年最大値資料は、1年間の中での最大値だけを取り上げたもので、したがって、資料数は資料における統計年数と同じである。毎年超過値資料は、ある特定値以上の資料の中から大きさの順に資料年数位までを摘出する方法である。

本研究で用いる水文資料は、非常に観測年数の多い北陸地方における金沢市の日降水量資料（1886年から1997年までの112年間で、単位はmm）であるが、表－1（No. I）の通りで、AMS（毎年最大値）とAES（毎年超過値）資料が大きさの順に示されている。

表－1（No. I） AMSとAES資料

(mm)														
Order	AMS	AES	Order	AMS	AES	Order	AMS	AES	Order	AMS	AES	Order	AMS	AES
1	234.4	234.4	26	112.5	115.1	51	96.0	100.9	76	76.5	91.7	101	62.5	85.7
2	187.5	203.8	27	112.2	113.5	52	95.9	100.5	77	76.0	91.5	102	61.5	85.6
3	181.5	187.5	28	112.0	112.5	53	93.1	100.5	78	75.7	91.4	103	60.7	85.5
4	178.5	181.5	29	110.7	112.2	54	91.7	100.4	79	74.5	91.0	104	60.2	85.4
5	167.0	178.5	30	109.5	112.1	55	91.5	100.3	80	74.2	90.6	105	59.4	85.1
6	158.5	167.0	31	109.4	112.0	56	91.0	100.0	81	74.0	90.6	106	59.3	85.1
7	156.3	158.5	32	109.0	111.8	57	90.5	99.8	82	73.4	90.5	107	55.9	85.0
8	155.7	156.3	33	108.1	110.7	58	90.4	99.0	83	72.9	90.4	108	52.3	85.0
9	147.3	155.7	34	108.0	109.5	59	90.0	98.6	84	72.5	90.0	109	51.0	84.4
10	146.8	147.3	35	106.4	109.4	60	88.6	98.0	85	71.7	89.8	110	49.2	84.2
11	144.5	146.8	36	104.5	109.0	61	87.9	97.8	86	71.6	89.6	111	46.0	84.0
12	137.5	144.5	37	103.9	108.1	62	86.5	96.9	87	70.5	89.5	112	44.0	83.0
13	137.1	142.7	38	102.7	108.0	63	85.7	96.8	88	70.1	89.3			
14	133.2	137.5	39	101.8	106.5	64	85.1	96.5	89	69.4	88.6			
15	131.7	137.1	40	101.3	106.4	65	84.4	96.4	90	69.2	88.1			
16	131.2	133.2	41	101.0	104.5	66	84.0	96.0	91	69.0	87.9			
17	130.8	131.7	42	101.0	104.5	67	81.1	96.0	92	67.9	87.7			
18	130.5	131.2	43	101.0	103.9	68	80.8	95.9	93	67.3	86.7			
19	122.4	130.8	44	100.9	102.9	69	80.8	95.4	94	66.2	86.5			
20	121.9	130.5	45	100.5	102.7	70	80.5	95.3	95	65.5	86.1			
21	120.9	122.4	46	100.3	101.8	71	80.5	94.0	96	65.0	86.1			
22	120.7	121.9	47	99.8	101.3	72	80.3	93.4	97	64.7	86.0			
23	116.5	120.9	48	99.0	101.0	73	80.0	93.1	98	64.3	86.0			
24	115.1	120.7	49	98.0	101.0	74	79.5	92.8	99	63.9	86.0			
25	113.5	116.5	50	96.8	101.0	75	78.0	92.5	100	63.4	85.8			

3. 解析結果

表－1（NoⅠ）は、金沢市における全期間（1886年から1997年までの112年間）の資料から摘出したAMSとAESの系列，表－1（NoⅡ）は、同じく1886年から1965年までの80年間における同資料の系列，表－1（NoⅢ）は、同じく1886年から1925年までの40年間における同資料の系列であるが，これらの資料について，現在における確率計算の代表的な順序統計学的方法によるヘーズン・プロット（Hazen Plot）とトーマス・プロット（Thomas Plot）により確率計算し，その確率計算値（推定値）の安定性について研究し考察した結果が表－2に示されている。

表－1（NoⅡ） AMSとAES資料

(mm)											
Order	AMS	AES	Order	AMS	AES	Order	AMS	AES	Order	AMS	AES
1	234.4	234.4	21	110.7	112.2	41	90.4	99.0	61	70.1	89.6
2	178.5	203.8	22	109.5	112.1	42	90.0	98.6	62	69.4	89.3
3	156.3	178.5	23	109.4	112.0	43	88.6	67.8	63	69.2	88.6
4	155.7	156.3	24	108.1	111.8	44	85.7	96.9	64	67.8	88.1
5	147.3	155.7	25	106.4	110.7	45	85.1	96.8	65	67.3	87.7
6	146.8	147.3	26	103.9	109.5	46	84.4	96.4	66	66.2	86.7
7	137.5	146.8	27	102.7	109.4	47	81.1	95.9	67	65.5	86.1
8	137.1	142.7	28	101.8	108.1	48	80.8	95.4	68	64.7	86.1
9	133.2	137.5	29	101.3	106.4	49	80.8	95.3	69	64.3	86.0
10	131.7	137.1	30	101.0	103.9	50	80.3	93.4	70	63.9	85.8
11	131.2	133.2	31	100.9	102.9	51	80.0	93.1	71	62.5	85.7
12	130.8	131.7	32	100.5	102.7	52	76.5	92.8	72	61.5	85.6
13	130.5	131.2	33	100.3	101.8	53	76.0	91.7	73	60.7	85.4
14	122.4	130.8	34	99.8	101.3	54	75.7	91.4	74	60.2	85.1
15	121.9	130.5	35	99.0	101.0	55	74.2	91.0	75	59.4	85.1
16	120.9	122.4	36	96.8	100.9	56	73.4	90.6	76	59.3	85.0
17	120.7	121.9	37	95.9	100.5	57	72.9	90.6	77	55.9	84.4
18	115.1	120.9	38	93.1	100.4	58	71.7	90.4	78	52.3	84.2
19	112.2	120.7	39	91.7	100.3	59	71.6	90.0	79	51.0	82.8
20	112.0	115.1	40	91.0	99.8	60	70.5	89.8	80	49.2	82.7

表－1（NoⅢ） AMSとAES資料

(mm)											
Order	AMS	AES	Order	AMS	AES	Order	AMS	AES	Order	AMS	AES
1	156.3	156.3	11	110.7	112.2	21	90.4	95.4	31	71.7	88.6
2	146.8	146.8	12	106.4	110.7	22	88.6	95.3	32	71.6	88.1
3	131.2	142.7	13	101.8	106.4	23	85.7	93.4	33	70.5	86.7
4	130.5	131.2	14	100.5	101.8	24	85.1	93.1	34	70.1	86.1
5	122.4	130.5	15	100.3	100.5	25	80.8	92.8	35	69.4	86.0
6	121.9	122.4	16	99.8	100.4	26	80.8	91.7	36	67.9	85.7
7	120.9	121.9	17	99.0	100.3	27	80.3	91.0	37	67.3	85.6
8	120.7	120.9	18	93.1	99.8	28	76.5	90.4	38	65.5	85.4
9	115.1	120.7	19	91.7	99.0	29	76.0	89.6	39	62.5	85.1
10	112.2	115.1	20	91.0	96.4	30	75.7	89.3	40	51.0	84.2

表－2 確率計算値

①ヘーゲン・プロット

(mm)

種別 確率年	40年間 (No. 1)		80年間 (No. 2)		112年間 (No. 3)	
	AMS	AES	AMS	AES	AMS	AES
30 年	145.9	138.4	161.9	157.0	165.3	155.9
50 年	154.3	143.7	173.6	164.7	177.5	163.4
80 年	162.0	148.3	184.2	171.7	188.5	170.1
100 年	165.6	150.5	189.2	174.9	193.8	173.3

②トーマス・プロット

(mm)

種別 確率年	40年間 (No. 1)		80年間 (No. 2)		112年間 (No. 3)	
	AMS	AES	AMS	AES	AMS	AES
30 年	150.7	141.4	156.8	159.6	168.3	157.8
50 年	160.1	147.2	178.2	167.8	181.1	165.7
80 年	168.6	152.3	189.6	175.1	192.8	172.7
100 年	172.6	154.6	195.0	178.6	198.3	176.0

4. おわりに

本研究の解析結果より確率水文量推定値の安定性という観点から考察すると、観測資料数（観測年数）が増大しても確率計算値の変動が小さいことであるが、表－3は表－2による100年確率値の①と②のプロット方法による平均値であり、（ ）内数字は40年間の資料を用いて確率計算した計算値を、それぞれ基準値(1)とした場合の比であり、他の確率年においても、この比率はほとんど変わらないことがわかる。この結果からみて、両者（AMSとAES）の優劣を判断することは非常に困難と思われるが、AMSはAESに比べて計算値（推定値）が大きく算出されており、計画の立場よりみた場合は安全性の見地からは有利と考えられる。また、対数正規分布に対する適合例として、図－1および図－2は対数確率紙上に112年間（全期間）における、それぞれのAME資料およびAES資料をプロットしたものの2例であるが、他の期間についても同じ傾向であり、プロットした各点が直線に近い傾向で並んでいるものほど対数正規分布に対する適合度の良いことを考えると、AMS資料でのプロットが非常に良好であることがわかることから、従来の年最大値（AMS）のみによる確率推定値は大変有意義な方法であるように思われる。

表－3 表－2の①と②による100年確率計算値の平均値

(mm)

	40年間 (No. 1)	80年間 (No. 2)	112年間 (No. 3)
AMS	169.1 (1.00)	192.1 (1.14)	196.1 (1.16)
AES	152.6 (1.00)	176.8 (1.16)	174.7 (1.14)

(注) () 内数字は40年間 (No. 1) 資料を基準 (1.00) とした場合の比を示す

対数確率紙

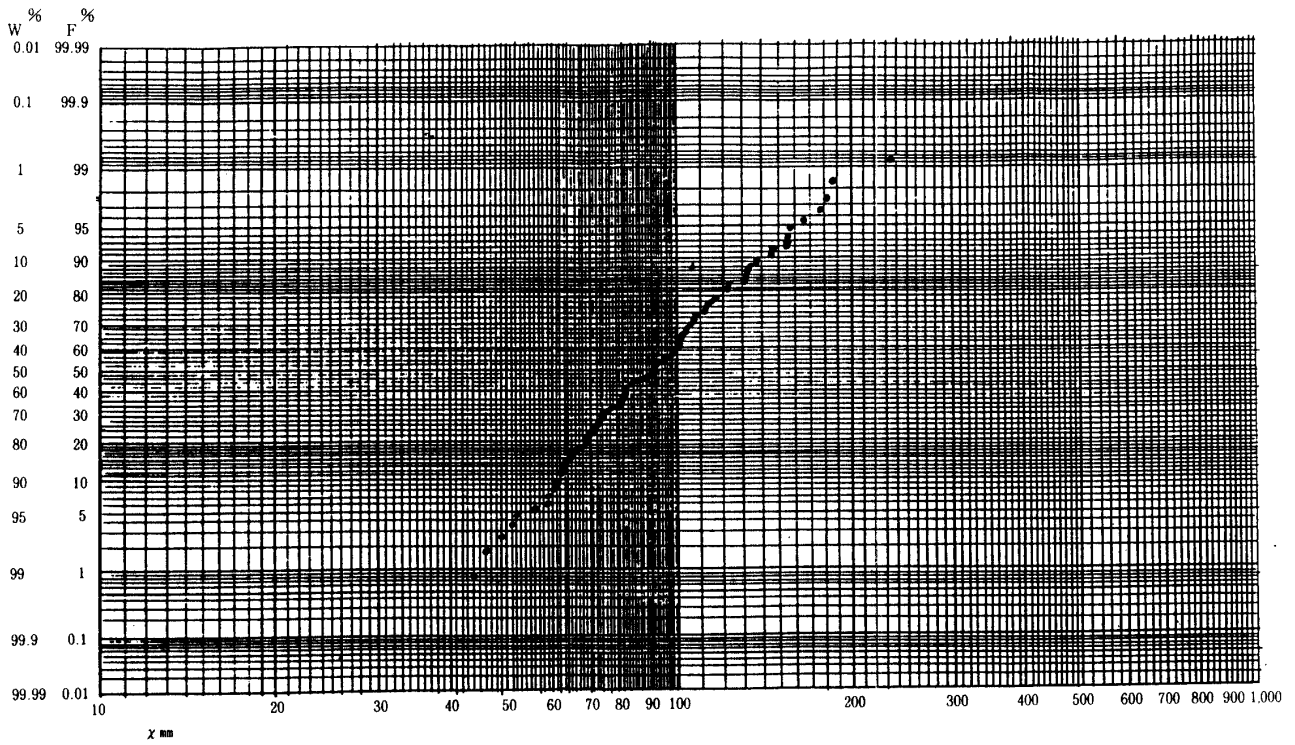


図-1 全期間(112年間)におけるAMS資料のトーマス・プロット図

対数確率紙

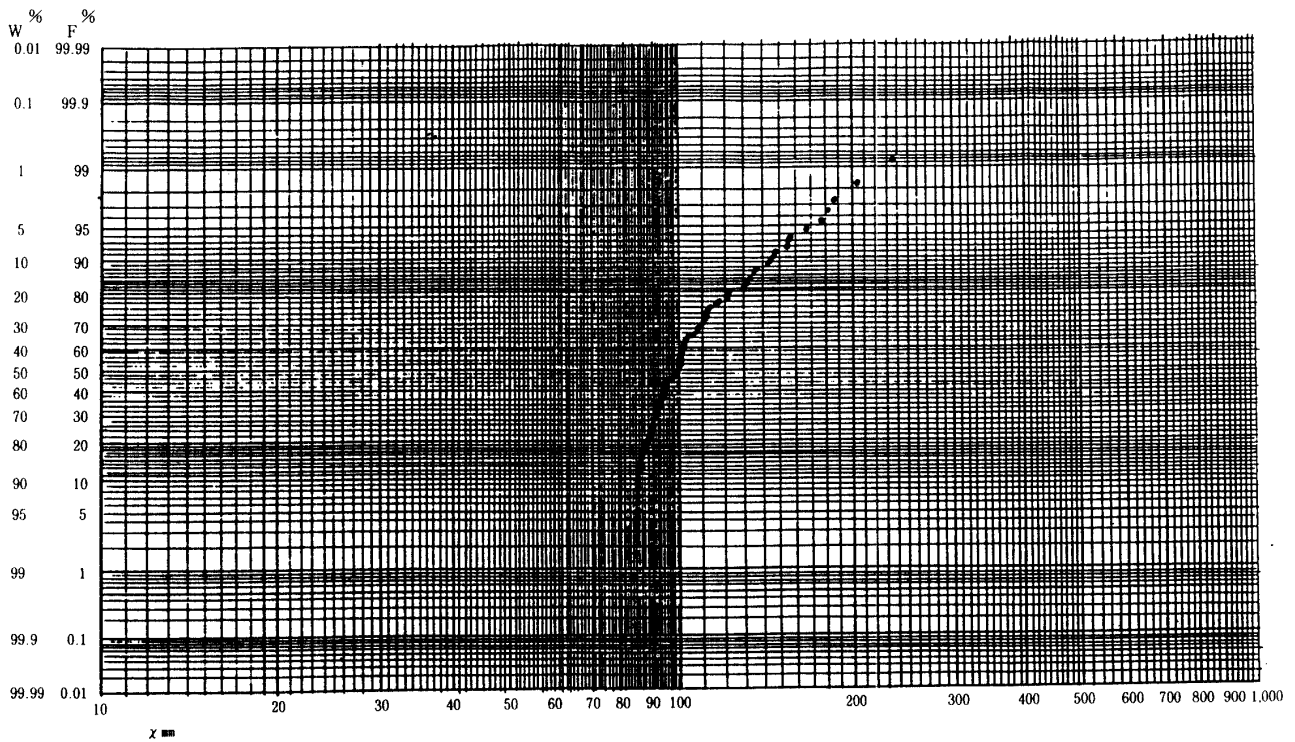


図-1 全期間(112年間)におけるAES資料のトーマス・プロット図

参 考 文 献

- 1) 石原藤次郎・岩井重久：水文学－水文図学，水文統計学，土木技術，1946.
- 2) 石原藤次郎・岩井重久：降雨曲線の決定に関する 1 統計的方法，建設工学 1，1947.
- 3) Jain, D. and Singh, V. P. :Estimating parameters of EVI distribution for flood frequency analysis, Water Resour. Bull. , Vol. 203, No. 1, 1987.
- 4) Landwehr, J. M. , Matalas, N. C. and Walls, J. R. :Probability weighted moments compared with some traditional in estimating Gumbel parameters and quantities, Water Resours. Res. , Vol. 15, 1979.
- 5) 竹内邦良・土屋一仁：正規分布および 3 母数対数正規分布の PWM 解の性能について，土木学会論文集，No.393, 1988.

(平成11年 10月 22日受理)