<論 文>

"서울 地方의 日最大降水量 推定에 關하여"

On the Estimation of Daily Maximum Precipitation at Seoul Area.

李 來 英

Lee, Ray Young

ABSTRACT

According to the simplified Gringorten's method of extreme values from data samples, daily maximum precipitation and return period in Seoul was estimated.

And also, it was known that the distribution of daily maximum precipitation of Seoul area belong to an exponential type of distribution.

1. 序 論

集中豪雨가 加害要因이 되는 氣象災害가 우리나라에서는 每年 年中行事처럼 反復되고 있음은 周知하는 바이다. 이와같은 氣象災害에 큰 影響을 미치는 것은 長期間에 걸친 降水量의 多寡보다는 短時間에 내린 集中的 降水라고 思慮될 때, 1日降水量인 日降雨强度에 대한 硏究는 水文解析의 큰 比重을 차지하는 降雨解析의 基本課題라고 생각된다. 降水解析中 未來量에 대한 推定은 지금까지 過去資料를 通한 curve fitting 으로 經驗的 再現期間을 그대로 使用하는 方法[2],[6]을 많이 써왔다. 그러나 前述한 바와 같이 短時間의 集中降水가 氣象災害에 큰 影響을 주므로 極値解析의 硏究는 보다 重要한 課題라고 思慮된다.

降雨强度의 最少値 또는 最大値와 같은 極値分布에 대해서는 Fisher와 Tippett[7]의 硏究로부터 近年에는 Jenkinson, Gringorten[5] 등의 硏究가 있고, 그 밖의 Gumbel[1] 小河原[7], 李[2] 등에 의하여 硏究가 거의 完了된 感이 없지 않으나, 우리 나라에서는 Gringorten의 圖表를 利用한 極値分布 解析은 아직까지 찾아보지 못하였다. 日本에서도 지금까지 이것을 使用한 極値分布 硏究는 Okamoto[7]가 Kure市에 대해서 日最大降水量을 推定한 解析例가 있을 뿐이다.

1970年 7月 17日, 서울에서는 6時間동안 繼續的인 集中豪雨가 내렸고, 그 降水量이 171.2mm나 되어 山沙汰 및 大洪水로 因한 家屋·田畓流失로 많은 財産과 人命被害가 發生한 大災難이 있었다. 이 날의 日最大降水量은 188.6mm이었고, 1972年 8月 18日 물난리때는 日最大降水量이 344.2mm에 達하여 1907年以來 日最大降水記錄 順位에서 두 번째로 나타났었다[4].

本稿에서는 Gringorten[5]이 作成한 圖表들을 使用하여서 서울 地方의 日最大降水量의 再現期間(return period)을 알아보는 것을 目的으로 하였는데, Gringorten의 圖表는 實用上 매우 便利하고, 理論的 根據에서 보아도 經驗的 再現期間을 그대로 使用하는 것보다 더 좋은 結果를 얻을 수 있다고 생각되며 이와 같은 생각은 Okamoto[7]의 例에서 비롯되었다.

2. 資 料

對象資料는 中央觀象臺에서 觀測한 降水量 自動記錄紙에서 1日을 降水持續期間으로 定한 1日降水量을 求하여, 最多順位別로 抽出使用하였다. 이들 資料中 여러 가지 方法으로도 補完이 不可能했던 1950年의 一部와 1651~1653年의 全 缺測資料는 對象에서 除外하였다. 또 自記紙에서 抽出한 資料는 該當日을 包含하는 氣象月報[3], 그리고 氣象年報[4]에 나타난 값과 確認檢討後 使用하였다.

正會員·梨花女大 專任講師

3. 極値分布의 推定

지난 35年間 Gumbel을 비롯한 여러 水文關係 硏究者들의 硏究結果로 極値分布는 二重指數分布임이 알려졌다[(1)(5)].

極値 x의 分布를 $y=ax+b$로 表示할 때 $p(x)$를 變量 x의 累積確率이라 하면, 한개의 解 $p(x)=\exp(-e^{-y})$을 얻는데 이것이 Gringorten이 定한 二重指數分布이며, 母集團이 많을 때만 使用되므로 반드시 成立하는 것은 아니다.

二重指數分布에 따르지 않는 경우는 極値에 관한 몇개의 理論的 model分布를 正規分布로부터 만들고, 實際 資料에 適合한 것을 觀察에 의해 고르는 方法을 Gringorten은 考案하였다[(5)]. 卽 順位確率 $S(Y_s)$를 極値確率紙의 從軸에, 標準化變數 Y_s를 橫軸에 잡아 Fig. 1.에서와 같은 5種類($j=1,2,3,4,5$)의 累積分布曲線을 미리만들어 두었다.

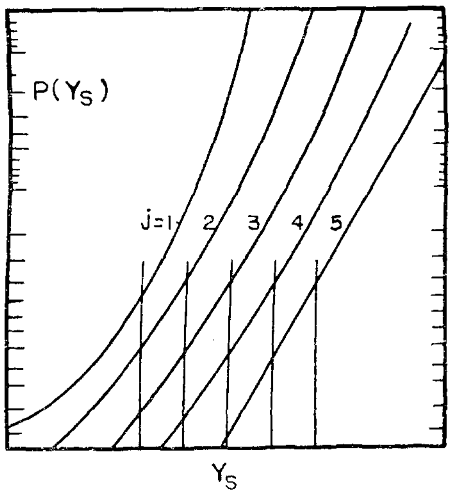

Fig. 1. Various model types of theoretical distribution on the probability paper.

여기서 標準化變數(Y_s)란 $E(Y)$를 Y의 母集團 平均値, σ_y를 Y의 母集團 標準偏差라 할 때.

$$Y_s=[Y-E(Y)]/\sigma_y \quad (1)$$

로 한 것이다. 그러나 實際로는

$$Y_s=\frac{x-\bar{x}}{S_x} \quad (2)$$

를 使用하는데, 여기서 $\bar{x}$는 x의 標本 平均値, S_x는 標本의 標準偏差이다.

또 推定値의 標準偏差 $S(\hat{x})$는 近似的으로,

$$S^2(\hat{x})=S_x^2\alpha/N \quad (3)$$

으로 주어지는데, N은 標本의 크기이고, $\alpha=1+Y_s\sqrt{\beta_1}+Y_s^2(\beta_2-1)/4$; $\beta_1=\mu_3^2/\mu_2^3$; $\beta_2=\mu_4/\mu_2^2$이다. 여기서

Table. 1. Characteristics of the distribution of Y whose cumulative function is $P(Y)$

j	$P(Y)$ Description	$E(Y)$	σ_y	β_1	β_2
1	Gaussian($=P_1$)	0	1	0	3
2	P_1^{10}	1.539	.587	.168	3.331
3	P_1^{100}	2.508	.429	.429	3.765
4	P_1^{1000}	3.241	.350	.618	4.088
5	Double Exp	.5772	1.283	1.297	5.400

μ_i는 x의 i番째의 값이며 Table. 1.에 5個의 理論的 Model分布($j=1\sim5$)의 $E(Y)$, σ_y, β_1, β_2의 값이 提示되어 있다. 推定値의 標準偏差 $S(\hat{x})$를 알기 위한 (3)式에서의 α를 計算하는 方法은 Table. 2.와 같다.

Table. 2. Formulas for the variance $S^2(\hat{x})$ reached asymptotically, of the estimate($\hat{x}$) in the equation. $\hat{x}=\bar{x}+S_xY_s$ in terms of α where $S^2(x)=\alpha S_x^2/N$.

Distribution (Table 1)	α	
$j=1$	$0.5Y_s^2+1$	Gaussian derived
$j=2$	$0.583Y_s^2+0.410\ Y_s+1$	Gaussian derived
$j=3$	$0.691Y_s^2+0.655\ Y_s+1$	Gaussian derived
$j=4$	$0.772Y_s^2+0.593\ 6Y_s+1$	Gaussian derived
$j=5$	$1.100Y_s^2+1.139\ 6Y_s+1$	Double exponential

Fig. 1. 및 Table. 1.에서 $j=1,2,3,4$는 正規母集團에서 各各 獨立的으로 10^{j-1}個의 標本을 取한 것을 나타내고 P_1은 1個, P_1^{10}은 10個, P_1^{100}은 100個, P_1^{1000}은 1000個의 標本속의 標本 最大値의 累積分布를 나타낸다.

크기 n인 標本에 대해 極値 確率紙上에서 低順位로부터 헤아려 i番째의 順位確率의 推定値 $\hat{p}_i$를 Gringorten[(6)]은

$$\hat{p}_i=\frac{i-a}{n+1-2a},\quad 0\leq a\leq1 \quad (4)$$

로 定하였는데 $n>20$이면 a는 0.44에 確率收斂하여서 (4)式은,

$$\hat{p}_i=\frac{i-0.44}{n+0.12} \quad (5)$$

가 된다. 이에 의해 plot하면 標本 最大値가 二重指數分布에 따를 경우 Fig. 1.의 $j=5$와 같이 完全한 直線이 된다.

다음에 새로운 變數 η를 다음 式

$$\eta=\exp\{-\exp\ P(Y_s)\} \quad (6)$$

과 같이 定하여 各 model分布 $j=1\sim j=5$에 대하여 Y_s를 η로 바꾸는 變換尺 Fig. 2.를 만들어 둔다.

또 n個中 最大値의 分布函數를 $F_{n:n}$이라 하면 $F_{n:n}=P^n$이므로

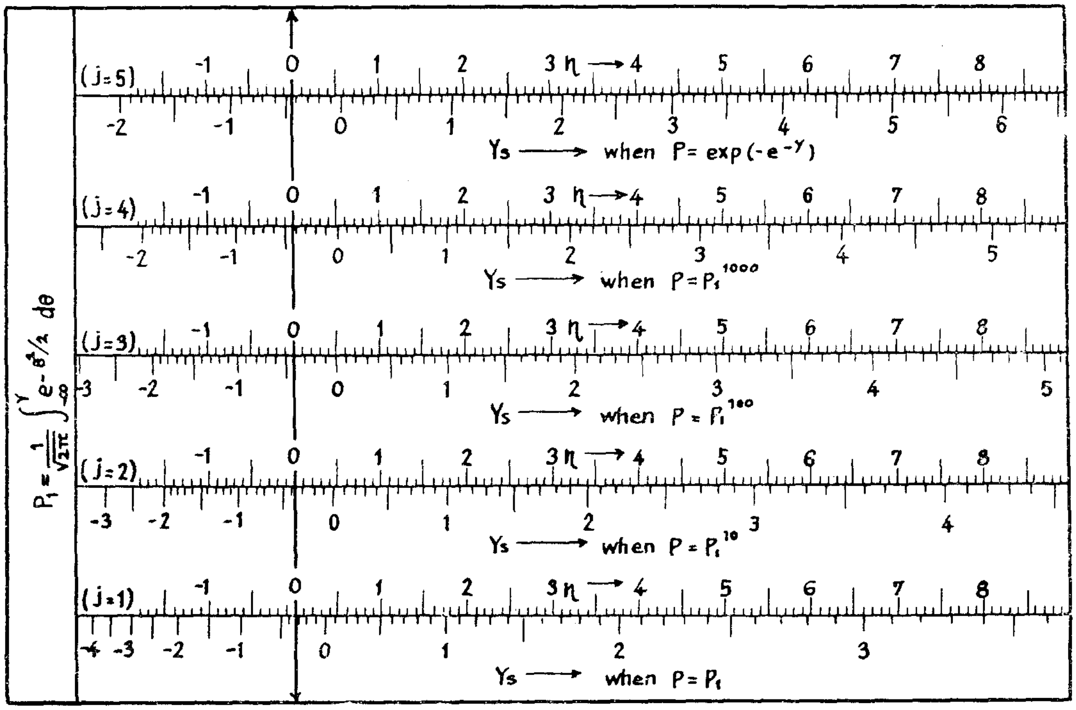

Fig. 2. Conversion scale of η and Y_s.

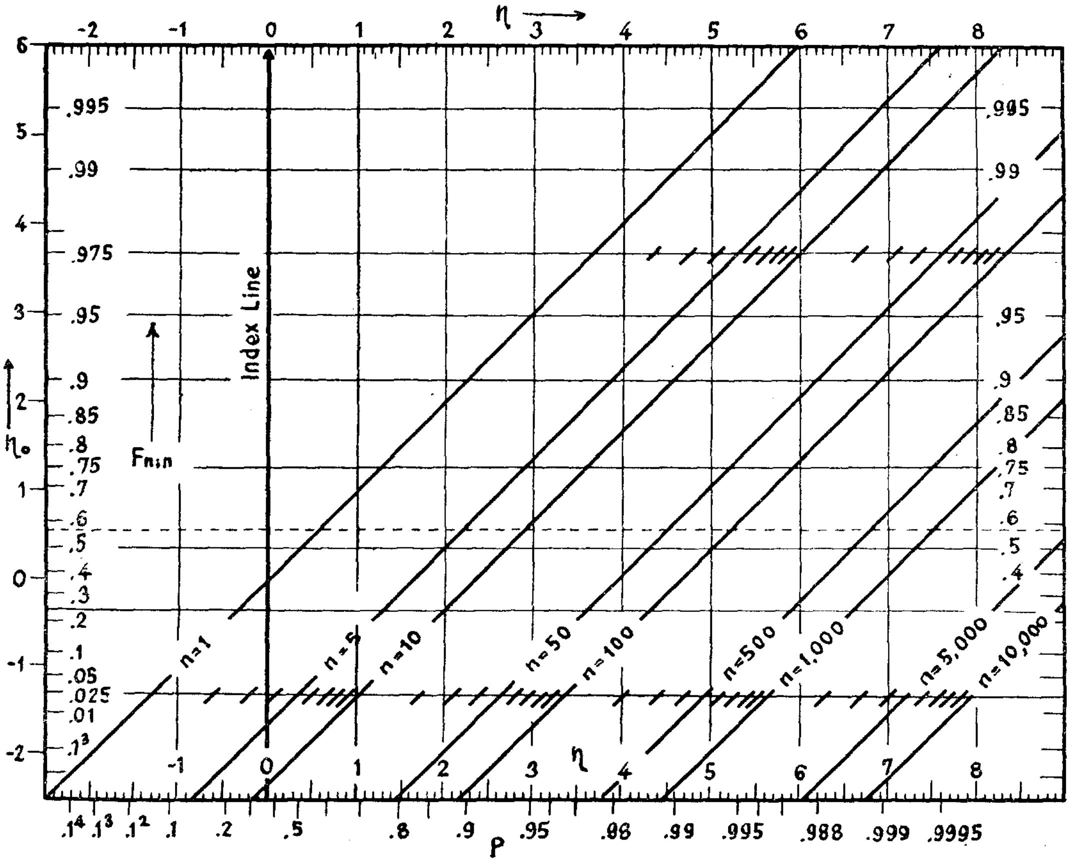

Fig. 3. η and $F_{n:n}$

$$\eta=\exp n+\eta_0,\ \eta_0=-\exp\ (-\exp\ F_{n:n})\quad (7)$$

이 된다. 따라서 n을 주면 η와 η_0, 卽 η와 $F_{n:n}$의 關係가 定해지는데, 이를 나타낸 것이 Fig. 3.이다.

그러면 Fig. 2.와 Fig. 3.을 써서 어느 지방에서의 任意의 期間에 어떤 最大日降水量을 넘는 確率이 不過 1%인 어떤 最大日降水量을 求할 수 있다. 卽 Fig. 3.에서 η를 얻고, Fig. 2.의 交換尺으로 η에 대한 Y_s를 求하면 된다.

또 그대로 任意 再現期間에 該當하는 日最大降水量도 推定할 수 있는데, 再現期間($R.P.$)과 確率(p)의 關係,

$$1-p=\frac{1}{R.P.}\quad (8)$$

로부터 p를 求하고 Fig. 3.에서 η를 읽으면 各 경우 ($j=1\sim j=5$)에 對應하는 標準化變數(Y_s)를 Fig. 2.에서 읽어 前述한 方法으로 求할 수 있다.

Table. 3. Graded list of daily maximum precipitation. (unit: mm)

Order	D.M.P	Date	Order	D.M.P	Date
1	354.7	1920.8. 2	33	128.5	1921.7. 6
2	344.2	1972.8.18	34	126.9	1929.7.11
3	283.9	1940.7.10	35	126.0	1954.7.28
4	254.7	1915.8.22	36	125.9	1964.9.13
5	244.5	1953.8.13	37	125.8	1936.8.11
6	226.3	1966.7.15	38	125.2	1933.7.29
7	219.9	1956.6.22	39	122.3	1969.5. 4
8	188.8	1971.7.16	40	122.2	1955.6.24
9	185.1	1925.7.17	41	121'7	1927.7.14
10	179.3	1935.7.21	42	119.2	1923.8. 1
11	175.3	1916.9.10	43	117.2	1946.6.26
12	169.2	1963.6.22	44	114.9	1948.9. 8
13	165.5	1912.7.18	45	103.1	1961.9. 1
14	165.4	1942.8. 5	46	101.9	1959.7. 1
15	164.8	1970.9.17	47	101.0	1937.4.14
16	159.4	1947.7.23	48	99.3	1928.8.29
17	153.5	1910.7. 6	49	97.2	1934.9. 5
18	153.4	1926.7.26	50	96.2	1967.7.20
19	153.2	1957.7. 7	51	94.3	1941.8.10
20	153.1	1914.3. 6	52	89.8	1938.9. 3
21	150.6	1918.8.16	53	87.6	1917.9. 3
22	150.4	1922.8.22	54	82.7	1907.4.13
23	150.1	1930.7. 8	55	76.7	1950.7. 5
24	149.3	1968.8.23	56	74.7	1962.9. 6
25	149.1	1931.8.20	57	69.7	1924.7.26
26	147.9	1919.7. 6	58	69.2	1944.8.11
27	147.1	1945.7.15	59	68.5	1913.8.13
28	145.3	1958.7. 1	60	58.5	1949.9.16
29	144.9	1965.7.20	61	54.6	1939.6. 7
30	143.0	1932.8.30	62	54.1	1909.4.18
31	140.9	1908.7.21	36	48.3	1943.7.13
32	135.3	1960.6.28	64	47.9	1911.4.24

Table. 4. Graded list of probabilities(P_i) and standardized variates(Y_s) (1906—1972).

Order	P_i	Y_s	Order	P_i	Y_s
1	0.991	3.996	33	0.492	−0.195
2	0.976	3.801	34	0.477	−0.225
3	0.960	2.684	35	0.461	−0.242
4	0.944	2.143	36	0.445	−0.244
5	0.929	1.954	37	0.430	−0.246
6	0.916	1.617	38	0.414	−0.257
7	0.898	1.498	39	0.399	−0.310
8	0.882	0.922	40	0.383	−0.312
9	0.867	0.853	41	0.367	−0.321
10	0.851	0.746	42	0.352	−0.368
11	0.835	0.672	43	0.336	−0.405
12	0.820	0.559	44	0.321	−0.447
13	0.804	0.490	45	0.305	−0.666
14	0.789	0.488	46	0.289	−0.688
15	0.773	0.477	47	0.274	−0.705
16	0.757	0.377	48	0.258	−0.737
17	0.742	0.268	49	0.243	−0.775
18	0.726	0.266	50	0.227	−0.794
19	0.711	0.262	51	0.211	−0.829
20	0.695	0.260	52	0.196	−0.913
21	0.679	0.214	53	0.180	−0.953
22	0.664	0.210	54	0.165	−1.044
23	0.648	0.205	55	0.149	−1.155
24	0.633	0.190	56	0.133	−1.192
25	0.617	0.186	57	0.118	−1.285
26	0.610	0.164	58	0.102	−1.294
27	0.586	0.149	59	0.087	−1.307
28	0.570	0.116	60	0.071	−1.492
29	0.555	0.108	61	0.056	−1.565
30	0.539	0.073	62	0.040	−1.574
31	0.523	0.034	63	0.024	−1.681
32	0.508	−0.070	64	0.009	−1.689

4. 서울의 日最大降水量 推定

서울 地方의 1906年부터 1972年까지 缺測期間을 除外한 64年間의 日最大降水量의 順位表는 Table. 3.과 같다. 이 表에 의한 $\bar{x}=139.05$mm 이었고, $S_x=53.97$ mm 이었다.

이 表를 前述한바와 같이 크기 n인 標本에 대해 極値 確率紙上에서 低順位부터 헤아려 i番째의 順位確率의 推定値 $\hat{p}_i$를 polt하여 Fig. 4.를 얻기 위하여. 式 (5)에 의하여 P_i를 求하고, 式 (2)에 의하여 標準化 變數 Y_s를 求해 整理한 것이 Table. 4.이다.

Table. 4.의 計算値, P_i와 Y_s를 1對 1로 對應시켜서 二重指數 確率方眼紙에 plot한 것이 Fig. 4.이다.

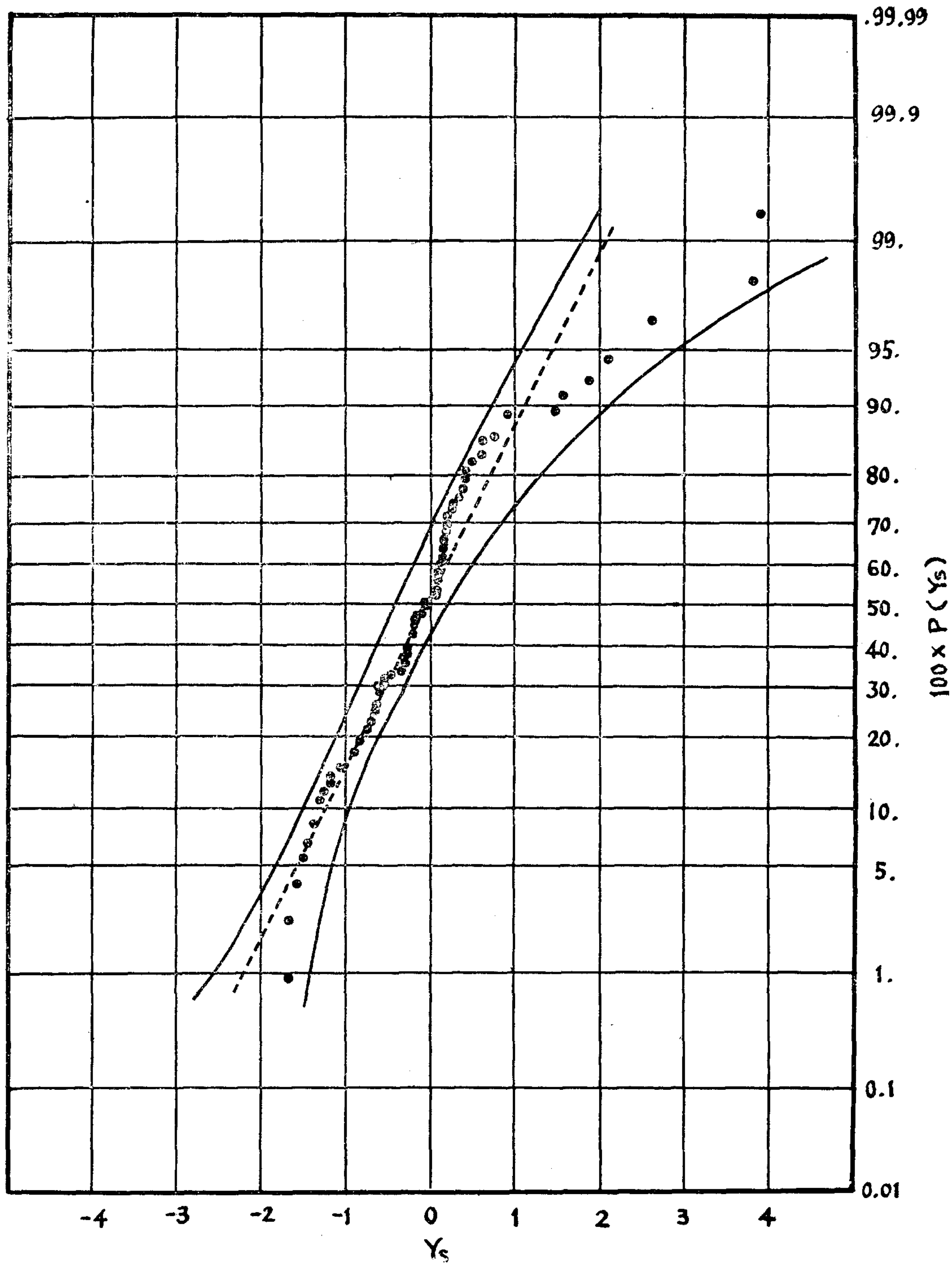

Fig. 4. Distribution of daily maximum precipitation at Seoul.

서울 地方의 日最大降水量 資料로서는 Fig. 4.가 보여 주듯이 거의 直線이라 볼 수 있으므로 Fig. 1.에서의 適合한 曲線은 $j=5$라고 할 수 있겠다. 그림에서 兩側曲線은 95%의 信賴限界를 나타내는 것으로 Gringorten[5]이 그의 論文에서 附錄으로 만든 表를 使用하여 그린 것이다.

前述한 日最大降水量 推定法에 따라서 서울 地方의 日最大降水量의 分布를 再現期間과 確率別로 알아본

結果를 Table. 5.에 提示하였다. 勿論 이 分布는 Table. 4.와 Fig. 5.에서 밝혀진 二重指數分布를 하고 있다는 理論的 根據에서 作成된 것이다.

5. 結　言

서울 地方의 日最大降水量의 分布는 二重指數分布(double exponential distribution)를 하고 있음이 밝혀졌으며, Gringorten의 圖表를 利用한 서울 地方의 日最大降水量이 再現期間別 確率로 推定되었다.

從來의 方法으로 求한 서울 地方의 日最大降水量 推定値와 比較 檢討할 必要가 있으나 지금까지 硏究, 分析된 것이 없으므로 앞으로의 硏究課題로 남긴다.

Table. 5. Return periods of daily maximum precipitation.

P.(%) \ Return period	1	2	5	10	20	25	30	40	50	100
99	26.8	30.0	35.1	39.2	43.0	43.7	46.3	46.5	48.0	—
95	21.4	25.2	30.0	34.1	38.2	38.8	40.2	41.4	43.0	47.9
90	14.0	18.0	22.5	26.3	30.0	31.1	32.0	33.8	34.5	38.8
75	9.3	17.7	18.4	24.4	24.8	26.0	26.8	28.3	29.7	33.2
50	6.1	8.8	12.8	16.0	19.8	20.9	22.1	23.6	24.8	28.7
25	5.9	6.1	9.6	12.6	16.3	17.2	18.4	19.9	21.1	24.8
5	7.9	6.4	2.1	14.8	12.5	11.7	14.4	22.6	16.9	20.7
1	9.6	7.0	5.2	7.4	5.0	9.4	12.3	13.5	14.7	18.5

《謝辭》

本稿를 위하여 많은 資料를 提供하여 준 中央觀象臺 여러분과 助言을 아끼지 않으셨던 孫亨珍 先生님, 그리고 資料整理와 計算에 힘써준 梨大 科學敎育科 朴玉에게 깊은 感謝를 드립니다.

References

1. 鈴木榮一：氣象統計學, 地人書館, 日本, 1971, pp. 314.
2. 李元煥：우리나라 主要地點에 있어서의 降雨解析에 關한 水文氣象學的 硏究, 韓國水文學會誌, Vol. 5, No. 2, 1972, pp. 30—43.
3. 中央觀象臺：氣象月報(1972年까지), 中央觀象臺.
4. 中央觀象臺：氣象年報(1972年까지).
5. Gringorten, I.: A Simplified Method of Estimating Extreme Values from Data Samples, J. of A.M.S., Vol. 2, 1962, pp. 82—89.
6. Gringorten, I: Envelopes for Ordered Observations Applied to Meterological Extremes., J. Geophy. Res., Vol. 68, 1963, pp. 815—826.
7. Okamoto: The Estimation of Maximum Daily Precipitation by Using Gringorten's Diagram., Tenki, Vol. 15, No. 6, 1968, pp. 243—248.