

<論文>

回歸線에 의한 國內 地點 確率降雨量算定에 關한 研究

(서울, 大邱, 木浦 地點을 中心으로)

A Study on the Determination of Point Probability Rainfall-Depth in Korea by the LinearLeast Squares method (Seoul, Daegu and Mokpo)

李	元	煥 [※]
Lee,	Won	Hwan
金	再	韓 ^{※※}
Kim,	Jae	Han

要 旨

本 研究는 서울, 大邱 및 木浦地點의 確率降雨量을 回歸線에 의하여 손쉽게 求하고자 誘導提示하였다. 再現期間과 10分에서 부터 120分까지 각각의 短時間

確率降雨量 關係를 直線式으로 誘導하였으며 그 直線으로 부터 確率降雨量을 直接 求할 수 있는 解析的인 方法을 考察하였다.

研究結果에 의하면 두 變數사이에는 상당한 關係가 있음을 보여졌으며 적절한 變數變換을 試圖한다면 세地點以外 다른 地點도 適用이 可能하리라 思料된다.

Abstract

This study is tried to determine the probability rainfall-depth of Seoul, Daegu and Mokpo easily by using a regression line.

The correlation between the probability rainfalldepth of each duration from 10-minute to 120-minute and return period is derived so as to become the linear least squares curve fit, and the analytical method that the probability rainfall-depth about the given duration is able to be gotten directory on it is studied.

In this research, fair correlation among them is shown, and when the variables are transformed suitably, the application of this method to other points besides three cities are considered to be possible.

1. 序 論

水文學에서 主된 對象이 되는 降雨는 出水와 밀접한 關係가 있으며 出水現象을 精確히 把握하기 위하여는 물의 母體인 降雨에 對한 把握이 重要視된다.

이러한 觀點에서 利水計劃上 또는 設計基準으로 重要視되는 確率降雨量 즉 어떤 再現期間동안 降下하리

라고 期待되는 降雨量의 算定이 要求되고 있으며 이것을 數理統計 특히 確率理論을 適用하여 求하게 된다.

1880年~1890年에 Hershel, Freeman 等에 의하여 水文學諸量에 統計的 概念이 導入되었으며 그 後 1936年 Slade¹⁾에 의하여 理論面 또는 應用面으로 研究가 進行되었다.

1940年代에는 Gumbel²⁾에 의하여 極值分布가 導入되었으며 1953年 Stidd³⁾, 1955年 正務, 草問⁴⁾에 의하여 처음으로 平方根 및 立方根 正規分布型이 研究되었

※ 本會理事·延大教授·工博
 ※※ 正會員·延大講師 博士課程

고 國內學者로서는 李元煥⁸⁾, 喜喜九⁹⁾, 尹龍男¹⁰⁾等 諸 水文學者에 依하여 研究가 활발히 進行되였다.

本 研究에서는 國內 主要 3個地點(서울, 大邱, 木浦)의 降雨量을 降雨期間別(10分~120分)로 每年 最大 值를 摘出하여 實測值를 正規化시키기 위하여 對數와 n乘根(n=2, 3, 4, 5)으로 變數變換하여 統計處理하였다.

統計處理된 資料에 의거 各地點別로 單一分布型을 設定한 後 再現期間別 確率降雨量을 計算하여 直線式을 誘導하였으며 그 結果를 圖表로서 提示하였다.

再現期間別 X,-D 相關圖에 依하여 任意 降雨期間의 確率降雨量을 간편하게 求할 수 있으며 이것은 앞으로 耐用安全率 및 耐用年數와 관련 지어서 研究되어야 할 課題라 생각한다.

2. 資料解析

降雨量이나 洪水流量등의 水文資料를 水文統計學的으로 解析하는 경우에는 資料의 摘出方法이 重要하며 一般적으로 水文統計에 利用되고 있는 降雨量은 目的에 따라 每年 最大值나 最小值를 採擇하는 것이 合理的이라고 알려져 있으며 오늘날 水文解析에는 每年 最大值를 標本值로 취하여 여러가지 水文量을 算定하고 있다.^{6), 9), 10)}

本 研究에서는 國內 主要 3個地點(서울; 1915年~1969年, 大邱; 1916年~1969年, 木浦; 1913年~1969年)의 降雨量을 降雨期間別 (10分, 20分, 30分, 40分, 60分, 80分, 120分) 分 每年 最大值를 摘出하였으며 中央觀象臺의 氣象年報¹¹⁾와 建設部의 韓國水文調查書¹²⁾ (雨量編)를 參考로 하였다.

이들 資料中 缺測된 資料의 補完은 週期性을 利用한 Fourier Series, 資料의 前後年의 趨勢性을 利用한 趨勢圖(Trend diagram), 平均值 (Mean Value)의 3가

지 方法을 使用하여 其中 最大值를 選擇했다.¹³⁾

統計集團의 解析過程에서 그 集團이 量的인 集團인 경우에는 頻度解析(frequency analysis)과 分布狀態를 파악하여야 하며 最適分布型을 擇하기 위하여 資料 x_i 를 順位(Ordering)를 決定한 다음 $\log x_i$, $\sqrt{x_i}$, $\sqrt[3]{x_i}$, $\sqrt[4]{x_i}$, $\sqrt[5]{x_i}$ 등의 值로 變換하였으며 各資料들의 分散度, 總計, 平均值 그리고 標準偏差등을 求하였다.

3. 分布型 設定

水文資料를 利用한 確率降雨量의 경우 水文資料集團들에 對하여 各集團別 適正分布型이 決定된 다음 適正 分布型에 따른 確率降雨量을 算定하게 된다.

水文資料의 頻度解析을 하기 위한 確率分布에는 二項分布(Binomial Distribution), 감마分布(Gamma Distribution), 正規分布(Normal Distribution), 極值分布 등이 있으며^{5), 6), 14), 15), 16), 17)}, 이들中 水文統計에서 가장 널리 使用되는 것은 正規分布와 極值分布이다.

一般적으로 降雨의 分布樣相은 位置, 地形 및 여러 條件에 依하여 變化되므로 大部分의 水文資料는 非對稱分布를 이루는 것이 보통이다. 이와 같은 非對稱分布도 變數變換을 함으로서 地點降雨의 分布에 따라서는 正規分布에 近似한 경우도 생길 수 있다.

本 研究에서는 資料가 正規分布를 이룬다고 가정하고 分布型 檢定을 變數變換法(x_i , $\log x_i$, $\sqrt{x_i}$, $\sqrt[3]{x_i}$, $\sqrt[4]{x_i}$ 및 $\sqrt[5]{x_i}$)에 依據하여 正規分布의 理論式 $f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma^2} \right\}$ 을 應用한 適合度 檢定을 χ^2 -Test (Chi-square Test)로 檢定했다^{15), 18), 19), 20)}

表 1은 適合度 檢定結果 最適分布로 採擇된 平均值 \bar{X} 와 標準偏差 S의 값이며 表 2는 地點別, 降雨期間別 및 再現期間別 算出한 確率降雨量이다.

表1. 地點別適正分布型에 따른 平均值 (\bar{X})와 標準偏差(S)

地點	降雨期間 \bar{X}, S	10min.	20	30	40	60	80	120	適正分布型
		서울	\bar{X}	1.1456	1.3227	1.4082	1.4921	1.5898	
	S	0.1870	0.1590	0.1762	0.1843	0.1935	1.1895	0.1953	
大邱	\bar{X}	1.6357	1.7658	1.8466	1.8996	1.9827	2.0310	2.1140	$\sqrt[5]{x_i}(11)$
	S	0.1411	0.1682	0.1717	0.1735	0.1774	0.1789	0.1806	
木浦	\bar{X}	13.2660	20.0638	24.2234	28.0319	34.1276	38.6702	46.7659	$x_i(7)$
	S	4.2642	6.6313	8.1072	8.6749	9.4859	10.5919	12.5563	

表 2. 地點別確率降雨量

地點		降雨期間						
		Tr	10min.	20	30	40	60	80
서울	10年	24.28	33.61	43.06	52.15	68.83	79.72	95.10
	30	30.86	41.21	53.97	65.33	88.21	101.64	122.20
	50	33.86	44.59	58.89	71.28	97.09	111.66	134.60
	100	38.07	49.27	65.78	79.59	109.63	125.80	152.1
	200	42.39	53.98	72.79	88.04	122.52	140.22	170.20
大邱	10	19.80	30.51	37.73	43.03	52.72	58.96	70.91
	30	24.44	38.47	47.23	58.30	65.63	73.21	87.56
	50	26.44	41.92	51.42	58.44	71.21	79.29	94.76
	100	29.22	49.70	57.16	64.79	78.80	87.74	104.48
	200	31.92	51.42	62.84	71.21	86.49	96.10	114.09
木浦	10	18.73	28.56	34.61	39.15	46.28	52.24	62.86
	30	21.11	32.25	39.13	43.98	51.57	58.14	69.85
	50	22.02	33.68	40.87	45.85	53.61	60.42	72.55
	100	23.19	35.49	43.08	48.21	56.19	63.31	75.98
	200	24.25	37.14	45.11	50.38	58.56	65.95	79.11

4. 分布直線式의 誘導

表 2의 地點別 確率降雨量을 橫軸에 降雨期間, 縱軸에 再現期間別 確率降雨量을 取하여 兩對數 方眼紙上에 plot하였던 바 一定한 直線추세를 나타내었다.

따라서 各地點別 및 各再現期間別 確率降雨量에 對한 適正의 直線式을 誘導, 檢定하였다.

推定에 必要한 標本이 $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_i, y_i)$ 일 때 x_i 는 指定變數, y_i 는 結果變數이다. 지금 母回歸直線을 $y = ax + \beta$, 標本回歸直線을 $y = ax + b$ 라 하면 最少 2乘法의 原理로부터

$$a = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \text{ 또는 } a = \frac{y_i - \bar{y}}{x_i - \bar{x}}$$

따라서 구하는 直線式은 $\hat{y} = y + a(x - \bar{x})$ 이다. 母回歸直線 $y = ax + \beta$ 에서 $a = 0$ 이면 回歸性을 갖지 않는다 따라서 標本直線에 對해서는 그 回歸直線에서 $a = 0$ 의 假設의 檢定을 行하면 된다^{21), 22)}

$S_E = S_y - \frac{S_{xy}^2}{S_{xx}}$ 로서 誤差 平方合이며 $S_E = S_y - S_E$ 로서 回歸에 의한 變動이다. 不偏分散 S와 不偏分散比 F_0 를 求하여 $F_0 \geq F(\alpha)$ 이면 假設棄却: $a \neq 0$

$F_0 < F(\alpha)$ 이면 假設採擇: $a = 0$ 이다 計算例는 3個 地點이 모두 같은 方法이므로 서울地點의 再現期間 10年을 擇하였다. (表 3 및 表 4 참조)

表 3. 서울地點(Tr=10年)의 確率降雨量式의 誘導 및 檢定

D	X_p	D_i	X_i	$x = D - \bar{D}$	$y = X_p - \bar{X}$	x^2	y^2	xy
10min.	24.28	1.0000	1.38525	-0.59153	-0.32626	0.34991	0.10645	0.19299
20 "	33.61	1.3010	1.52647	-0.29053	-0.18504	0.08441	0.03424	0.05376
30 "	43.06	1.4771	1.63407	-0.11443	-0.07744	0.01309	0.00600	0.00886
40 "	52.15	1.6021	1.71725	0.01057	0.00574	0.00011	0.00003	0.00006
60 "	68.83	1.7782	1.83778	0.18667	0.12627	0.03485	0.01594	0.02357
80 "	79.72	1.9031	1.90157	0.31157	0.19006	0.09708	0.03612	0.05922
120 "	95.10	2.0792	1.97817	0.48767	0.26667	0.23782	0.07111	0.13005
Σ		11.1407	11.98057			0.81727	0.26990	0.46851

$$N = 7 \quad \bar{D}_i = \frac{11.1407}{7} = 1.59153$$

$$\bar{X}_i = \frac{11.98057}{7} = 1.71151$$

$$S_{xx} = 0.81727$$

$$S_{xy} = 0.46851$$

$$S_{yy} = 0.26990$$

$$S_R = \frac{(0.46851)^2}{0.81727} = 0.26858$$

$$S_E = 0.26990 - 0.26858 = 0.001321$$

表 4.

要 因	S	f	S	F ₀	F(α)
回歸에 의한 變動	S _R =0.26858	1	S _R =0.26858	F ₀ =S _R /S _E =1017.4	F _s '(0.05)=0.01
誤差平方合	S _E =0.00132	n-2=5	S _E =0.00026		

$$a = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} = \frac{0.46851}{0.81727} = 0.57326$$

$$x_i = \bar{x}_i + a(D_i - \bar{D}_i) = 1.71151 + 0.57326(D_i - 1.59153) = 0.57326D_i + 0.79915$$

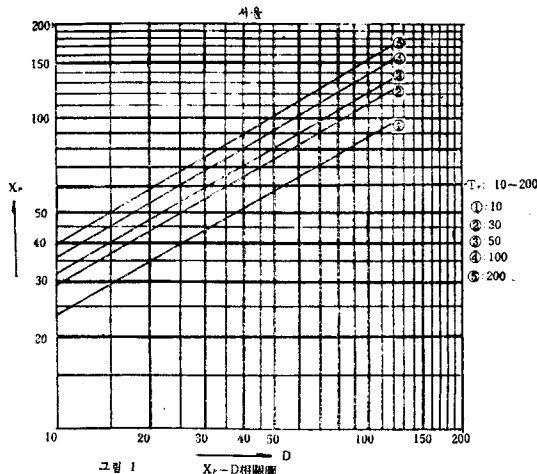
같은 方法으로 計算하여 各 地點別, 再現期間別, 確率 降雨量式을 總括하면 表 5와 같으며 그림 1에 서울의 경우를 예를 들어 plot하였다.

表 5. 確率降雨量式

地點	再現期間	直 線 式	指 數 形
서 울	10年	X _i =0.57326 D _i +0.79915	X _p =6.2973 D ^{0.57326}
	30	X _i =0.58369 D _i +0.88406	X _p =7.6570 D ^{0.58369}
	50	X _i =0.58772 D _i +0.91690	X _p =8.2585 D ^{0.58772}
	100	X _i =0.59282 D _i +0.95849	X _p =9.0880 D ^{0.59282}
	200	X _i =0.59748 D _i +0.99656	X _p =9.9210 D ^{0.59748}
大 邱	10	X _i =0.50681 D _i +0.81266	X _p =6.4960 D ^{0.50681}
	30	X _i =0.50467 D _i +0.91141	X _p =8.1550 D ^{0.50467}
	50	X _i =0.50376 D _i +0.94838	X _p =8.8794 D ^{0.50376}
	100	X _i =0.50198 D _i +0.99573	X _p =9.9020 D ^{0.50198}
	200	X _i =0.50118 D _i +1.03707	X _p =10.8910D ^{0.50118}
木 浦	10	X _i =0.47500 D _i +0.82146	X _p =6.6290 D ^{0.47500}
	30	X _i =0.46762 D _i +0.88289	X _p =7.6364 D ^{0.46762}
	50	X _i =0.46528 D _i +0.90435	X _p =8.0230 D ^{0.46528}
	100	X _i =0.46237 D _i +0.93051	X _p =8.5214 D ^{0.46237}
	200	X _i =0.46008 D _i +0.95293	X _p =8.9730 D ^{0.46008}

D: 降雨時間(min.), D_i=logD

X_p: 確率降雨量 (min.), X_i=logX_p



5. 既發表된 確率降雨量과 比較檢討

그림 1에 의하여 各再現期間에 對한 任意降雨期間의 確率降雨量을 直接採取할 수 있다. 여기서 구한 값들과 既發表된 確率降雨量과를 比較하면 表 6과 같다.

表 6. 既發表된 確率降雨量과의 比較
서울 60分

方法	Gumbel-Chow	李元煥	本 研 究
10年	70.61mm	68.83mm	65.84mm
60 "	89.10 "	88.21 "	83.56 "
50 "	97.62 "	97.09 "	91.62 "
100 "	109.13 "	109.62 "	102.95 "
200 "	120.50 "	122.50 "	114.60 "

大邱 60分

方法 Tr	Gumbel- Chow	李元煥	本 研 究
10年	52.80mm	51.68mm	51.75mm
30 "	65.92 "	62.34 "	64.39 "
50 "	71.91 "	66.72 "	69.85 "
100 "	80.01 "	72.49 "	77.33 "
200 "	88.03 "	77.98 "	84.78 "

木浦 60分

方法 Tr	Gumbel- Chow	李元煥	本 研 究
10年	45.82mm	46.28mm	46.36mm
30 "	53.80 "	51.57 "	51.81 "
50 "	57.51 "	53.61 "	53.92 "
100 "	62.43 "	56.19 "	56.59 "
200 "	67.40 "	58.56 "	59.03 "

6. 結 論

本 論 文 的 結 果 를 要 約 하 면 如 下 와 같 다.

1. 實 用 的 인 面 面 考 慮 하 여 地 點 別 單 一 分 布 型 을 設 定 하 였 으 며 그 結 果 是 如 下 와 같 다. (괄호속은 계급수)
 서울 : $\log x_i$ (7); 모두 最 適 正 規 分 布 型

大 邱 : $\sqrt{x_i}$ (11); 모두 正 規 分 布 型 이 며 그 中 最 適 正 規 分 布 型 은 3 個

木 浦 : x_i (7); 모두 正 規 分 布 型 이 며 그 中 最 適 正 規 分 布 型 은 5 個

2. 既 發 表 된 確 率 降 雨 量 들 과 比 較 한 結 果 京 師 地 點 에 서 는 本 研 究 에 서 의 計 算 值 가 最 小 的 價 值 을 나 타 내 며 他 地 點 에 서 는 그 計 算 值 가 Gumbel-Chow의 方 法 의 計 算 值 보 다 는 작 은 價 值 을 나 타 내 고 있 으 나 李 元 煥 의 方 法 의 計 算 值 보 다 는 큰 價 值 을 나 타 내 었 으 며 大 體 的 으 로 3 가 지 方 法 의 計 算 值 가 互 異 性 은 노 출 되 고 있 으 나 큰 差 가 없 음 이 確 認 可 能 矣.

3. 再 現 期 間 과 各 降 雨 量 對 한 確 率 降 雨 量 과 의 相 關 性 을 보 여 줬 으 며 本 研 究 의 結 果 에 의 하 면 我 國 全 國 各 地 點 에 對 하 여 適 用 이 可 能 하 리 라 思 料 된 다.

參 考 文 獻

1) Slade, J.T.: "An asymmetric probability function", 1936 Trans. ASCE, Vol. 101 1924, pp.24-61
 2) Gumbel, E.J.: "On the plotting of flood discharges", Trans. Amer. Geophys Union, Vol. 24, Part2, 1943, pp.699-719
 3) C.K. Sitdd; "Cube-Root-Normal Precipitation Distributions", Trans. Amer. 1953, Geophys

Union, Vol. 34, No. 1

4) 正 務, 草 間; 水 文 氣 象 學 (川 畑 幸 夫), 地 人 書 館, 1955, p.108
 5) 李 元 煥, 李 吉 春; 我 國 地 點 雨 量 資 料 的 分 布 型 設 定 에 關 한 研 究 (1)", 大 韓 土 木 學 會 誌 第 19 卷 第 1 號, 1971, pp.28-40
 6) 李 元 煥; "我 國 地 點 雨 量 資 料 的 分 布 型 設 定 에 關 한 研 究 (2)", 大 韓 土 木 學 會 誌 第 19 卷 第 2 號, 1971, pp. 18-28
 7. 曹 喜 勳; "四 大 江 流 域 的 期 間 別 最 大 降 水 量 에 關 하 여", 물 의 과학, 1969, 第 5 卷 第 1 號, pp. 27-35
 8) 尹 龍 男; "水 文 記 錄 分 析 을 爲 한 推 計 學 的 方 法 的 應 用 에 關 한 考 察", 韓 國 水 文 協 會 誌, 1971, 第 四 卷 第 1 號, pp.51-58
 9) 角 屋 睦; "雨 量 分 布 와 年 最 大 值 的 分 布", 京 都 大 學 防 災 研 究 所 年 報 第 四 號, 京 都 大 學 防 災 研 究 所, 日 本, 1961, p.6
 10) 李 元 煥; "國 內 地 點 別 降 雨 特 性 과 確 率 降 雨 量 算 定 에 關 한 研 究", 延 世 大 學 校, 理 工 大 學, 1967,
 11) 中 央 觀 象 臺; 氣 象 年 報 (1969 年 까 지), 中 央 觀 象 臺
 12) 建 設 部; 韓 國 水 文 調 查 書 (雨 量 編), 建 設 部
 13) 李 元 煥, 李 吉 春, 鄭 然 圭, "地 點 雨 量 資 料 的 分 布 型 設 定 과 耐 用 安 全 年 數 에 따 르 는 確 率 降 雨 量 에 關 한 考 察", 韓 國 水 文 協 會 誌, 第 5 卷 1 號, pp. 27~36, 1972
 14) Chow, V.T.; *Hand Book of Apphed Hydrology*, McGraw-Hill, U.S.A. 1964, p.9-9~13
 15) 李 延 煥, 鄭 翊 周; 新 統 計 學, 法 文 社, 1962, p. 85, pp.214-216
 16) 岩 井 重 久, 石 黑 政 儀, 應 用 水 文 統 計 學, 森 北 出 版 株 式 會 社, 日 本, 1970, p.54, pp.64-73, pp.135-137, pp.147-172
 17) 延 世 大 產 業 技 術 研 究 所; "中 小 河 川 및 都 市 下 水 道 計 劃 設 計 에 必 要 한 確 率 降 雨 強 度 式 的 誘 導" 科 學 技 術 處, 1968, p.10.
 18) Kreyszig Erwin; *Advanced Engineering Mathematics*, Willy International Edition, U.S.A. 19 67, pp.710-715, pp.817-819
 19) Fraser, D.A.S.; *Statistics*, Willey Toppan, Canada, 1958, pp.39-49, pp.68-71
 20) 後 藤 憲 章; 實 務 家 的 數 理 統 計 學 共 立 出 版 株 式 會 社, 日 本, 1967, pp.21-36, pp.57-61, pp.91-139
 21) 岸 根 卓 郎; 統 計 學, 養 賢 堂, 日 本, 1970, pp.488-499
 22) 尹 起 重; 統 計 學, 法 文 社, 1971. p.240