

山梨大学工学部 学生員 吉川正剛
山梨大学工学部 正会員 竹内邦良

1. はじめに

筆者らは水文量の低位持続性および高位持続性を確率的に表わす渇水・豊水持続曲線(DDC・FDC)を検討し、これを両対数紙にプロットすることが水文統計量としての図式利用に最適との結論を得た。本報ではこの方法を用いて日本及び世界各地の月降水量データの持続性を解析した²⁾のでその結果を報告する。

2. DDC・FDC の定義

DDC・FDC をそれぞれ(1)(2)式のように $f_k(m)$ ・ $f_k^*(m)$ と定義する。 q_t は t 時点での水文量、 P_k はDDCにおいては m 日移動平均が $f_k(m)$ を下回る確率であり、FDCにおいては $f_k^*(m)$ を上回る確率を示している。 T_k はそれぞれの確率年である。以下に示すFigs 2,3,4は(1)(2)(3) 式中の $T_k=10$ 年に相当し、 $f_k(m)$ ・ $f_k^*(m)$ を縦軸に、移動平均期間長 m を横軸に、両対数紙上に示したものである。尚使用したデータはTable1に示す月降水量である。

$$f_k(m) = k\text{-th smallest.} \min_{j=1, \dots, N} \min_{t_1 \in j\text{-th year}} \frac{1}{m} \sum_{t=t_1}^{t_1+m-1} q_t \quad (1)$$

$$f_k^*(m) = k\text{-th largest.} \max_{j=1, \dots, N} \max_{t_1 \in j\text{-th year}} \frac{1}{m} \sum_{t=t_1}^{j+m-1} q_t \quad (2)$$

$$P_k = 1/T_k = k/(N+1) \quad (3)$$

Table 1 List of data analyzed

Station	Monthly Precipitation annual (x, s/x)
Tokyo, Japan	1876-1978 (1528, 0.17)
Osaka, Japan	1883-1979 (1346, 0.17)
Fukuoka, Japan	1890-1980 (1619, 0.19)
Paris, France	1874-1972 (604, 0.17)
Moskva, USSR	1881-1972 (588, 0.19)
Warszaw, Poland	1885-1960 (537, 0.16)
Krynica, Poland	1877-1960 (868, 0.16)
Edmonton, Canada	1883-1972 (442, 0.21)
Khartoum, Sudan	1899-1972 (163, 0.48)
Kuching, Malaysia	1876-1980 (3870, 0.13)
Calcutta, India	1837-1966 (1585, 0.18)

3. 解析結果

結果を述べる前に、Fig.1 を用いて各データの性質がDDC・FDC の形状にどのように表われるかを説明する。(1) 図中右上がりの曲線が $f_k^*(m)$ (FDC)であり、右下がりの曲線が $f_k(m)$ (DDC)である。(2) $f_k(m)$ ・ $f_k^*(m)$ は移動平均水文量の年最小値、年最大値であるが、移動平均期間 m を長くするとデータ全体の平均値に近づいてゆく。従ってこの扇形の上縁の右下がりの曲線と下縁の右下がりの曲線が一致する点の縦軸の値がデータ全体の平均値を示している。(3)扇形の開度は渇水及び豊水の持続性の強度を表わすものであるが、これは原時系列の分散及び時系列相関構造を反映するものである。しかしながら様々な地点についてDDC・FDC を求めてみた結果、これはほぼデータの変動係数の大小を示しているといえる。従ってこのままの形ではDDC・FDC 上に各地域のデータの相関構造による差を読み取ることは難しい。¹⁾ (4)DDC・FDC の傾きの絶対値は、移動平均期間長の増加に対する年最小・最大移動平均水文量の変化率を示している。即ち、期間長を長くすることによりその期間長に対する平均値の年最小あるいは年最大値がデータ全体の平均に近づく速さを示している。(5)雨季乾季がはっきりした地域では、DDC・FDC とともに波状を呈することがある。これは、このような地域では移動平均期間長の取り方によって雨季乾季が含まれたり含まれなかったりする為、移動平均水文量の年最小値、年最大値が周期的に上下するためである。

以下に各地点のDDC・FDC について述べる。

a) 福岡、大阪、東京、パリ、モスクワ、ワルシャワ、クリエカ(ポーランド)、クフン(ルーマニア)のDDC・FDC (Figs 2,3,4)は、曲線の傾き、扇形の開き方はほ

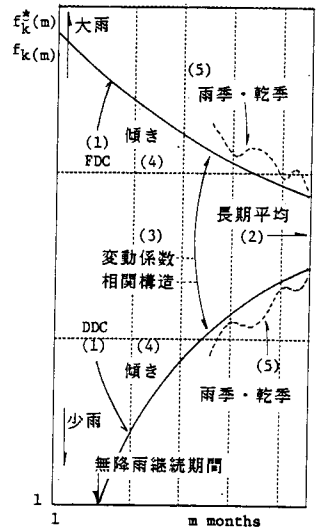


Fig.1 Sample of DDC and FDC

ば同じである。そこでTable 1 のこれらの地域の年降水量の変動係数を比較してみると、およそ0.16-0.19 であり、やはり良く似た値を示している。この中で東京におけるDDC は $m=2$ 付近で下方へ折れ曲がっており、短い期間での渇水が起こり易いことを示している。b) カッタ(インド), ハルツム(ス・タン)におけるDDC・FDC (Fig.4) は、はっきりとした波状性をしめしている。この地域では年降水パターンの中で雨季と乾期がはっきりと分かれているからである。カッタの年変動係数は0.18と a) の各地域と同程度であるが、DDC において $m=4$ 程度まで $f_k(m)=1\text{mm}/\text{mon}$ であり、乾季の影響で約4ヶ月の無降雨期が10年に1度はあることを示している。ハルツムでは年変動係数が0.48と大きいうえに乾季にはほとんど降水がないために DDCにおいて $m=10$ まで $f_k(m)=1\text{mm}/\text{mon}$ であり、やはり約10ヶ月の無降雨期が10年に1度はあることを示している。又以上2地点ほど明瞭ではないが、ハリを除く全地域でDDC・FDC に僅かな波動性がみられる。これらの地域では年降水パターンとして雨季・乾期がはっきりしている訳ではないが、夏に降水量が比較的多く、冬は少ないことの影響である。この中のイトモン(カタ)の DDC・FDC(Fig.4) においてもやはり無降雨期が見られる。この地域においては冬期の降水量がかなり少なく年降水量の変動係数が0.21とかなり大きいいため、短い期間での渇水が比較的起こり易い為である。

4. まとめ 本論文では月降水量のDDC, FDC から各 m - t 地点における長期平均、年降水量の変動係数、季節別周期特性、多雨・少雨の持続特性等が同時に読み取れることを示した。

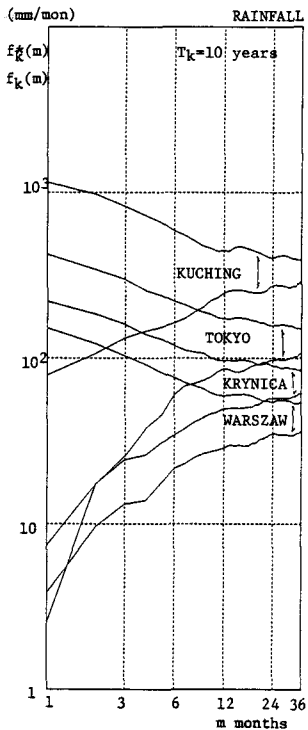


Fig. 2

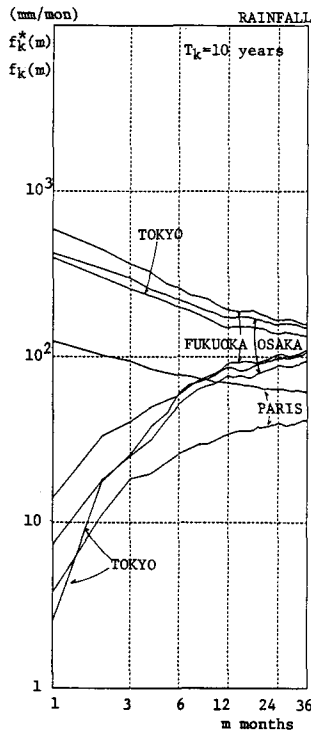


Fig. 3

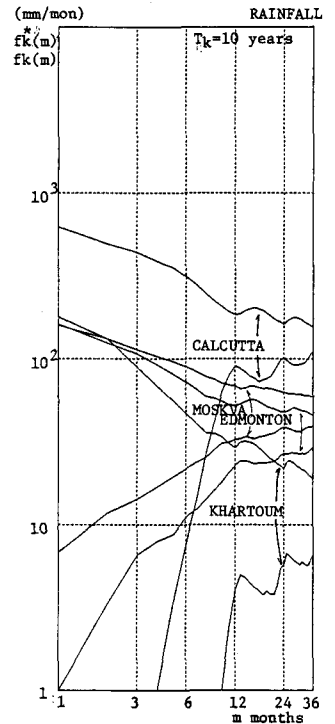


Fig. 4

Figs 2,3,4 DDC and FDC of monthly precipitation

引用文献¹⁾ Takeuchi(1983): Jurnal of Hydrosience and Hydraulic Engineering, Vol.1, April, 1983, p.97-107 / 竹内・吉川: 渇水・豊水持続曲線の両対数グラフ表示、土木学会関東支部講演概要集、第13回、1986年3月、p.92-93