

降雨日の時間的集中度とその長期的変化

Concentration Ratio Distribution of Rainy Days and Its Long-Term Change in Japan

○近森秀高*・永井明博*

CHIKAMORI, Hidetaka* and NAGAI, Akihiro*

1. **はじめに** 地球温暖化や都市のヒートアイランド現象による気候変動が指摘されており、我が国でも、年雨量の変動幅の増大や年平均雨量の減少傾向などが指摘されている。大雨や渇水などの極値事象に着目すると、その特性として降水量の大きさと降雨事象の時間的集中性が考えられる。降水量については、近年 100 年程度の日雨量データを調べると、確率日雨量が近年になるに従って大きくなる傾向が見られる地点がある反面、必ずしもそうではない地点も少なくない。降雨事象の時間的集中性については、連続無降雨期間長の変化で評価したところ、経年的に無降雨期間が長くなる地点が見られた。しかし、この方法では、降雨事象が短期間に間欠的に集中するような場合については十分に評価できない。ここでは、日本全国の 104 年間の日雨量データを用いて降雨日生起の時間的偏りや集中性の経年変化について検討した結果を報告する。

2. **全国の日雨量データ** 昨年 10 月に気象庁のウェブサイトで、1901～2004年の 104 年間に日本全国 51 地点において観測された日雨量データが公開され、次いで、これらのデータをまとめた CD-ROM が刊行された。ここでは、この 51 観測点から収録期間中の欠測日が 7 日以内の 43 地点を選び、これらの日雨量データを解析対象とした。欠測日の降水量は便宜的に 0 mm とし、日降水量が 0.5mm を超した日を降雨日とした。

3. **降雨日集中度の評価** 降雨日の時間的集中度は、対象期間を多数の短い小期間に分割して各々の小期間に含まれる降雨日数を調べ、その分布のエントロピーを求めることにより定量的に評価した。ここでは、降雨日の時期的分布および降雨日数の頻度分布のエントロピーを用いた。

(1) **降雨日の時期的分布** 対象期間中の総降雨日数を N 日、対象期間を m 日ごとの M 個の小期間に分割して得られる第 i 小期間内の降雨日数を n_i ($0 < n_i < m$) とすると、第 i 小期間における降雨発生確率は $\frac{n_i}{N}$ と表されるから、降雨日のエントロピーは次式で表される。

$$E_1 = - \sum_{i=1}^M \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \cdots (1)$$

ここでは、 E_1 をその最大値 $E_{1,\max}$ で除して得られる基準化エントロピー $R_1 = E_1/E_{1,\max}$ の経年変化を調べた。ここに、 $E_{1,\max} = \log_2 M$ である。

対象期間長を 30 年として、上記の 43 観測点における日雨量データから基準化エントロピー R_1 を計算した結果を Fig.1 に示す。この図は、横軸に示した年から 30 年遡った期間を対象に $m = 10$ として計算した基準化エントロピーを示しており、経年的変化が大きい 3 地点（前橋・熊谷・高知）および小さい 3 地点（伏木・敦賀・浜田）における結果を示している。ほとんどの地点

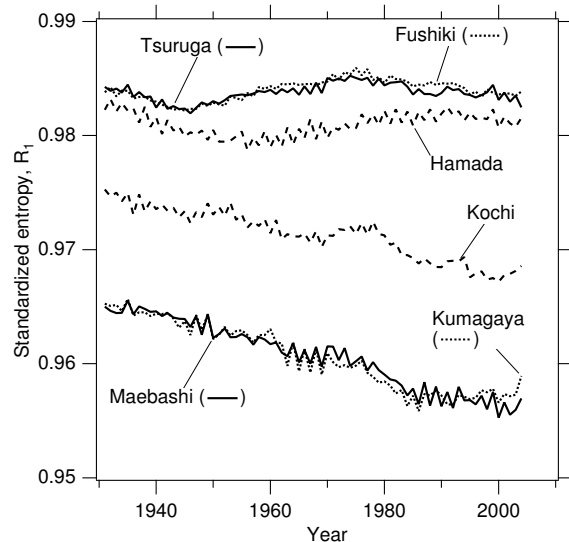


Fig. 1 Long-term change in standardized entropy of the temporal distribution of rainy days.

*岡山大学大学院環境学研究所, Graduate School of Environmental Science, Okayama University

キーワード: 水文統計, 降雨特性, エントロピー

で、変化は小さいものの基準化エントロピーが経年的に減少する傾向が見られた。このことから、近年になるに従って降雨日生起の一様性が低下している、すなわち、降雨日の時期的集中度が次第に大きくなっていると考えられる。

(2) 降雨日数の頻度分布 連続する m 日間に生起する降雨日数の頻度分布から求められるエントロピーの経年変化を調べた。 m 日間のうち降雨日が k 日である確率を p_k とすると、この分布のエントロピー E_2 は以下のように表される。

$$E_2 = - \sum_{k=0}^m (p_k \log_2 p_k) \cdots (2)$$

ここでは、 E_2 をその最大値 $E_{2,max}$ で除して得られる基準化エントロピー $R_2 = E_2/E_{2,max}$ の経年変化を調べた。 $E_{2,max}$ は、対象期間全体での降雨日の生起確率 P_{rain} によって変化する。降雨日数の確率分布 p_k ($k = 1, 2, \dots, m$) は $\sum_{k=0}^m p_k = 1$ および $\sum_{k=0}^m \frac{kp_k}{m} = P_{rain}$ の条件を満たす必要があり、 $E_{2,max}$ は、これらの条件下で式(2)を最大にする p_k ($k = 1, 2, \dots, m$) を Lagrange の未定数法を用いて求めることにより計算できる。

Fig.2 に、連続した 10 日間に生起する降雨日数の分布を、1975~2004年の 30 年間について調べた結果の一例を示す。■印は松本における観測値から得られた結果であり、このとき $R_2 = 0.92$ であった。また、同図中の△印は、同一の降雨日生起確率 (29.4%) の条件下で求めた二項分布を示しており、 $R_2 = 0.81$ となる。○印はエントロピーが最大となる分布であり $R_2 = 1$ である。二項分布は、一定の発生確率を持つ降雨事象が時間的に一様に発生した場合の分布と考えられる。一方、エントロピーを最大にする分布では、降雨日数が 0 となる頻度が最も高く、降雨日が時間的に集中する傾向がある分布と考えられる。各分布の R_2 の大小関係から、 R_2 が大きいほど降雨日が時間的に集中すると思われる。

前述の 43 観測点における日雨量データから、 R_2 を計算した結果を Fig.3 に示す。この図は、Fig.1 と同様に、横軸に示した年から 30 年遡った期間を対象に $m = 10$ として計算した基準化エントロピー R_2 を示しており、 R_2 が経年的に増加している 3 地点 (松本・名瀬・和歌山) および減少傾向が見られる 3 地点 (伏木・浜田・秋田) における結果を示している。この図でも、 R_2 の変化の幅は小さいが Fig.1 に示した R_1 よりは大きく、ほとんどの地点で R_2 が経年的に増加していることが分かった。また R_1 が経年的に減少した地点で R_2 は増加、逆に R_1 が増加した地点で R_2 は減少し、 R_2 の変化の幅は R_1 よりも大きかった。 R_2 は R_1 と異なり降雨日の集中度を間接的に示す指標であるにも拘らず、集中度の経年変化を R_1 より明確に示しているようである。

R_1 と R_2 の経年変化を地域的に見ると、その変化は、冬季の降水量が少ない四国南部、東海地方、南西諸島などで大きく、冬季の降水量が多い東北・北陸・山陰などで小さくなる傾向があった。

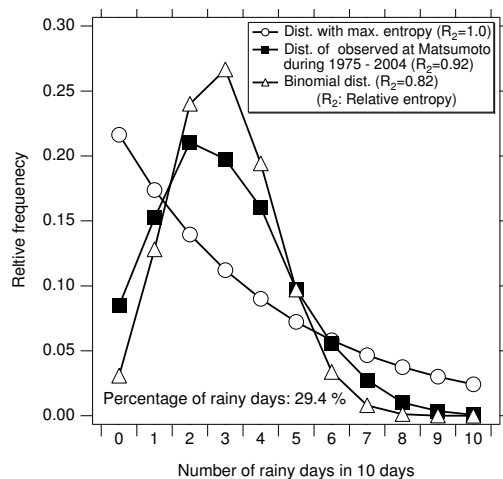


Fig. 2 Relative frequency of number of rainy days in successive 10 days at Matsumoto during 1975 - 2004.

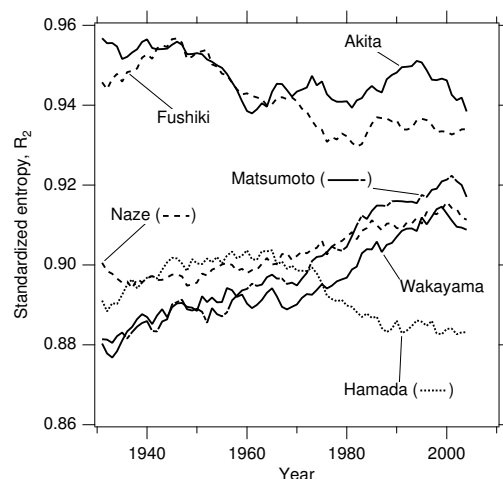


Fig. 3 Long-term change in standardized entropy of the distribution of rainy days frequency in 10 successive days for 30 years.