

日本全国における降水量のエントロピーの変動特性

信州大学工学部

中央復建コンサルタンツ株式会社

信州大学工学部

○根津 隆大

正会員 草刈 智一

正会員 寒川 典昭

1. はじめに

近年、異常気象に伴う深刻な気象災害が数多く発生しており、異常気象や気候変動に対する関心が高まっている。また、地球温暖化の進行に伴い、降水の変動が激しくなっているといわれている。このような背景のもと、本稿では日本各地 49 箇所です約 100 年間にわたり観測された降水量データ¹⁾を用いて、月・季節・年降水量における降雨形態の経年変化について、ランダム性の指標であるエントロピーを用いて評価するものである。

2. エントロピーの算出

年降水量は正規分布に、月降水量・季節降水量は対数正規分布にそれぞれ従うとされる。それぞれの分布におけるエントロピーの理論式は、確率密度関数により次式 (1) 及び (2) のように導かれる。

(1) 正規分布におけるエントロピー計算式

<正規分布の確率密度関数²⁾>

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\}, \quad -\infty < x < \infty$$

ここで、 μ : 平均値、 σ : 標準偏差<正規分布のエントロピー³⁾>

$$H(x) = -\int_{-\infty}^{\infty} p(x) \ln p(x) dx = \ln(\sqrt{2\pi e} \sigma)$$

(2) 対数正規分布におけるエントロピー計算式

<対数正規分布の確率密度関数⁴⁾>

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y x} \exp\left\{-\frac{(\ln x - \mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right\}, \quad 0 < x < \infty$$

 μ_y, σ_y : それぞれ変換変数 $y = \ln x$ の平均値、標準偏差<対数正規分布のエントロピー³⁾>

$$H(x) = -\int_0^{\infty} p(x) \ln p(x) dx = \ln(\sqrt{2\pi e} \sigma_y) + \mu_y$$

ここで、エントロピーを表す単位は **nit** (Naperian digit 或いは natural digit の略) である。

3. 移動部分標本のモデリング

2. で得られた理論式に、全国 49 箇所です約 1901 年～2003 年 (資料数 103 個) における月・季節・年降水量データを適用して、それぞれの降水量におけるエントロピーの経年変化を算出する。但し、 x に降水量データをそのまま代入していくと、エントロピーの平均的な値は月降水、季節降水、年降水の順に大きくなる。これはデータの特性によるものであって、一般的には月降水の方が年降水よりランダム性が大きくなる。この様な矛盾を防ぐ為、今回は x に「ある月 (季節・年) の降水量データを、その月 (季節・年) の 1901～2003 年 (資料数 103 個) のデータの平均値で除した値」を適用し、エントロピーの算出を行った (あるデータを t_j とすると、 $x = t_j / (\sum t_j / n)$ となる)。ここで、季節降水量は前年 12 月～当該年 2 月を冬降水量、3～5 月を春降水量、6～8 月を夏降水量、9～11 月を秋降水量とした。

経年変化を調べていくために、右図-1 に示されるような手法を用いた。過去に n 年間のデータがある場合、まず観測 1 年目から 31 年目のデータを 1 つ目の部分標本 ($t=1$) とし、2 年目から 32 年目を 2 つ目の部分標本 ($t=2$) とする。同様に 3 番目、4 番目、…、と順次作成し、合計 $(n-30)$ 組の部分標本を抽出する。そして、抽出された部分標本それぞれに対してエントロピーの値を算出するようにした。

ここで、1 つの部分標本におけるデータの個数を 31 個としたのは、標本の資料数が 30 個程度を超えると、母数の推定に用いる分布形の決定に際して、比較的安定した分布形が得られるためである。

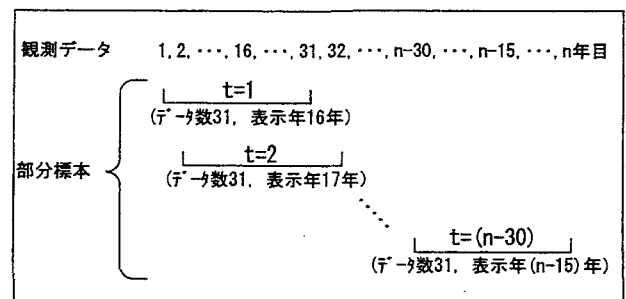


図-1 移動部分標本のモデリング

4. 実データへの適用

次では例として、東京の冬降水量におけるエントロピーの変化をグラフで示すとともに、線形回帰直線によって変化の傾向を示す。図-2 で、グラフ上部の式は線形回帰直線の一次関数を表わす。

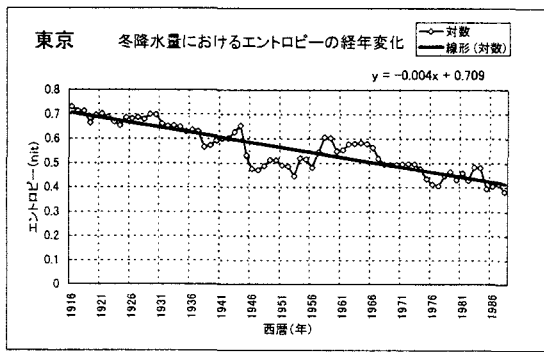


図 - 2 東京における冬降水量のエントロピーの経年変化

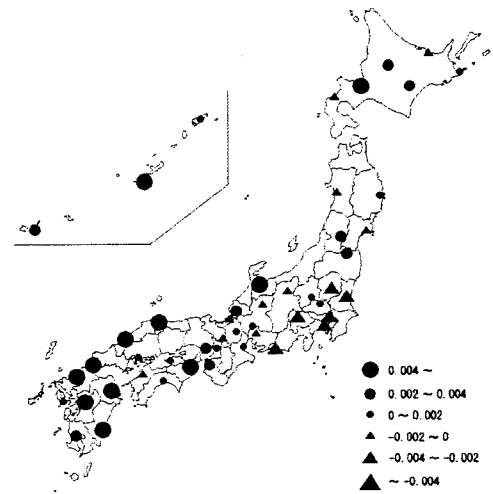


図 - 3 年降水量のエントロピー傾き分布

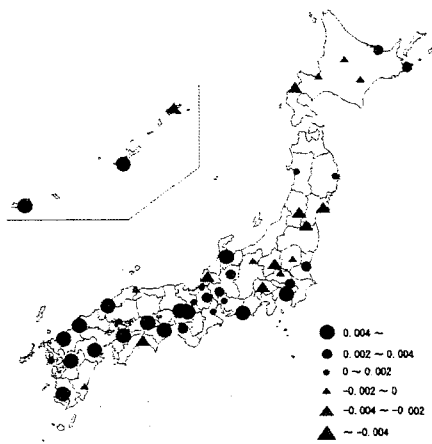


図 - 4 春降水量のエントロピー傾き分布

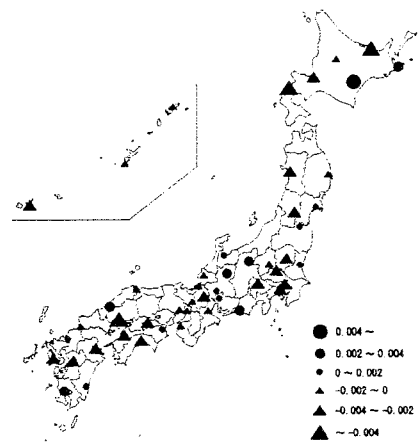


図 - 5 冬降水量のエントロピー傾き分布

図-2 からエントロピーは小刻みな増減を繰り返しながらも、全体的には減少傾向であることがわかる。つまり、ここ 100 余年の傾向では、東京における冬季の降水量はある値に収束してきているといえる。

ここで、線形回帰直線の傾きはその地点のエントロピーの変動傾向を表わしている。図-3～5 では、年・季節それぞれにおける観測所毎の線形回帰直線の傾きの分布を表わした。

スペースの都合上、月降水量及び夏降水、秋降水の分布図は省略した。図-3 より、年降水では西日本に増加傾向が顕著に、関東を中心に東日本では減少傾向がそれぞれ見られる。図-4 より、季節ごとにみると、全国的に冬季はエントロピーが減少傾向の地点が多いことがわかる。また、西日本では冬季以外は増加の地点が多く見られ、関東甲信地域では月・季節・年降水を通してエントロピーの減少傾向が顕著に見られた。

5. まとめ

結果、全国的に冬季は降水の変動が落ち着いてきていること、エントロピーの変化傾向に地域性が見られることがわかった。また、冒頭で述べた温暖化と降水の変動との関連について考察した。都市化により関東地方は温暖化現象が日本の中では顕著であろうとみたが、今回、関東地方は年間を通してエントロピーは減少傾向にあることがわかった。つまり、関東地方における降水の変動は落ち着いてきていることになる。このことから考えると、月・季節・年降水量については温暖化によって変動が増加しているとはいえない。今後は、変化傾向に地域性が現れたその原因についても検証していきたい。

【謝辞】理論式の導出において快く援助して下さいました信州大学工学部山崎基弘助教授に心より感謝致します。

【参考文献】1) 気象庁ホームページ：電子閲覧室、<http://www.data.kisyuu.go.jp>. 2) たとえば神田徹、藤田睦博：新体系土木工学 26 水文学、技報堂出版、p.31、1982. 3) たとえば笠原芳郎：情報理論と通信方式、共立出版、p.13、1965. 4) 2) に同じ、p.32.