

極値降雨の統計的発生特性に関する研究

A Study on Statistical and Hydrological Characteristics of Extreme Rainfall Events

土木工学専攻 7号 糸川 和弘

Kazuhiro ITOKAWA

1 はじめに

洪水、土砂災害等の直接の要因となるのは年最大値を記録する極値降水であると考えられ、河川計画の外力としても極値降水が用いられる。図-1に群馬県中之条観測所における年最大3日累積降水量の確率年を示す。現在、極値降水の発生特性に関しては極値統計学が用いられ、確率年(年超過確率)を推定し評価しており、確率論的な観点から検討が行われている。しかし、図-1に示すように確率年が10年以上になると分布曲線から実測値が大きく外れており、確率年10年以上の大雨を評価する際に実測値と分布曲線の値のどちらを採用するかによって評価する値が変わってしまう。また北極振動や黒潮の蛇行、エルニーニョ現象など降水の発生要因となるような自然現象に周期性があることが報告されている。

本研究では日本全国の雨量観測地点における降水量の年最大値、流量データを用い、スペクトル解析という決定論的な観点から大雨の統計的発生特性を解明することを目的に研究を行った。

2 スペクトルの定義

本研究に用いたスペクトルの定義を以下に示す。

時系列データ $x(t)$ に関してフーリエ積分、逆フーリエ積分を次式のように表すことができる。

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f)e^{i2\pi ft} df$$

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i2\pi ft} dt$$

ここに $X(f)$ ：フーリエ成分、周期 f の波の振幅、 f ：周波数である。また、 $|X(f)|^2$ は周期 f の波の強さ・エネルギーを表し、周波数と成分波のエネルギー $|X(f)|^2$ の分布の関係をエネルギースペクトルと定義する。

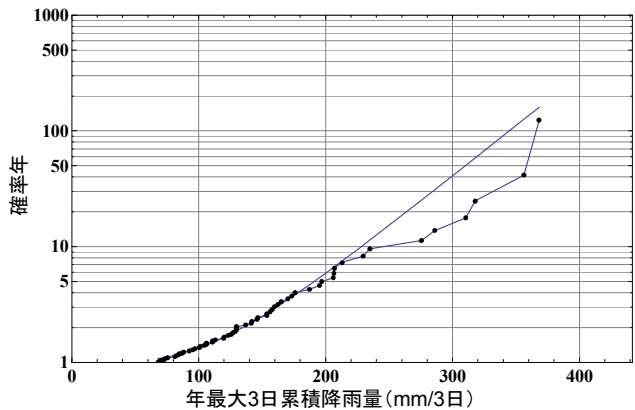


図-1 群馬県中之条観測所における年最大3日累積降水量の確率年

3 研究に用いた水文データ

本研究では10分間、1時間、1日に降った降水量を各々10分間降水量、1時間降水量、日降水量、連続した2日間、3日間の日降水量を足し合わせたものをそれぞれ2日累積降水量、3日累積降水量とした。また、標高200m以上の観測所を山地、標高200m未満の観測所を平野と定義した。日本全国の国土交通省の雨量観測所135地点及び、気象庁の雨量観測地点10地点の各地点における年最大日降水量、年最大2日累積降水量、年最大3日累積降水量を用い、国土交通省及び、気象庁の雨量観測地点6地点における年最大1時間降水量を用い、気象庁の雨量観測地点6地点における年最大10分間降水量を用いた。また、流量データとして国土交通省の流量観測地点2地点における3日累積流量、ピーク流量の年最大値、日流量の年最小値を用いた。

4 山地流域と平野部における年最大降水量の周期性

3章で示した降水量データを用いて山地流域と平野部の各雨量観測所における極値降水についてスペクトル解析を行い、卓越周期を算出した。まず、年最大日降水量を用いて解析を行い、日付を越えて降り続け

るような長時間にわたる大雨の発生特性を考慮するため年最大3日累積降水量を用いた。また、局所的集中豪雨のような短時間で発生する大雨の特性を検討するため年最大1時間降水量を用い、さらに短時間で発生する豪雨の特性を検討するため10分間降水量について平野部の雨量観測所における年最大10分間降水量を用いた。周期を持った乱数を発生させスペクトル解析を行った結果を図-2に示す。図-2に示すようにデータ数が60~100個程度の場合では3, 4年程度の周期が卓越するため、本研究では卓越周期が5年~15年の範囲にある場合を周期があると定義し、目視により各雨量観測所の極値降水に周期があるか検討を行った。

4.1 山地流域における極値降水の周期性

まず、山地流域の雨量観測所における年最大日降水量、年最大2日累積降水量、年最大3日累積降水量、年最大1時間降水量を用いてスペクトル解析を行い、卓越周期を算出した。山地流域の代表として利根川水系の中条観測所(標高:351m)における年最大日降水量、年最大1時間降水量のスペクトル解析の結果を図-3、図-4に示す。

中条観測所における年最大日降水量には約10年の周期が見られた。年最大1時間降水量には10年前後に卓越した周期は見られなかった。同様の解析を行った結果、山地流域の各雨量観測所における年最大日降水量、年最大2日累積降水量では135地点中110地点で10年前後の周期が、年最大3日累積降水量では138地点中115地点で10年前後の周期が、年最大1時間降水量では6地点中1地点で10年前後の周期が見られた。

4.2 平野部における極値降水の周期性

次に、平野部の雨量観測所における年最大日降水量、年最大2日累積降水量、年最大3日累積降水量、年最大1時間降水量、10分間降水量を用いてスペクトル解析を行い、卓越周期を算出した。平野部の代表として東京の大手町観測所(標高:6m)における年最大日降水量、年最大1時間降水量のスペクトル解析の結果を図-5、図-6に示す。

東京における年最大日降水量には10年前後に卓越した周期が見られなかった、同様の解析を行った結果、平野部の各雨量観測所における年最大日降水量、年最

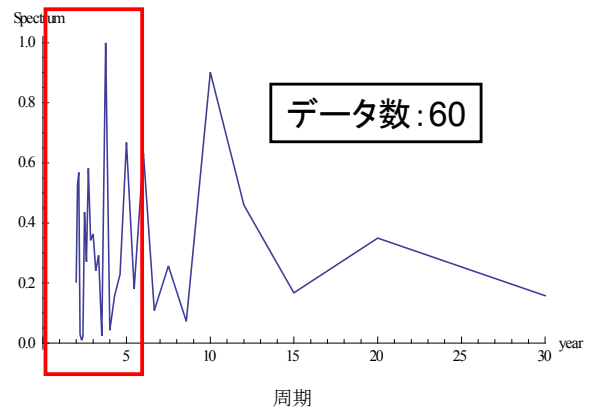


図-2 周期を持った乱数のスペクトル

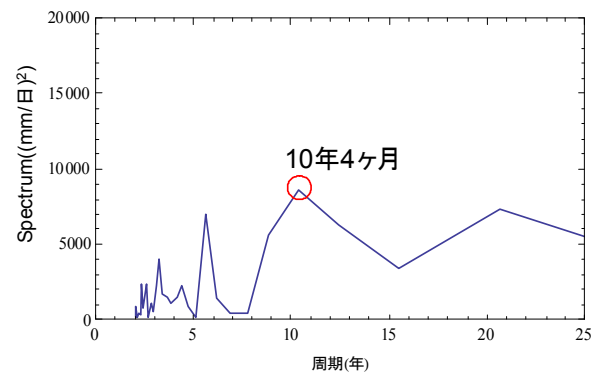


図-3 利根川水系の中条観測所(標高:351m)における年最大日降水量のスペクトル

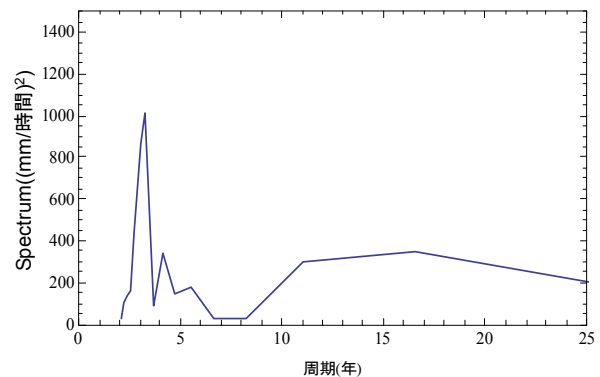


図-4 利根川水系の中条観測所(標高:351m)における年最大1時間降水量のスペクトル

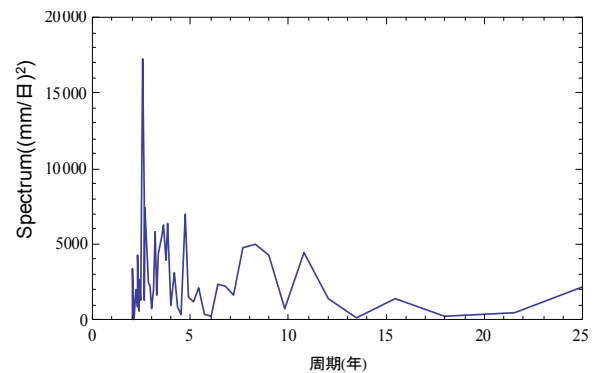


図-5 東京(標高:6m)における年最大日降水量のスペクトル

大2日累積降水量では10地点中1地点で10年前後の周期が見られ、年最大3日累積降水量では10地点中1地点で10年前後の周期が、年最大1時間降水量では6地点中3地点で10年前後の周期が、年最大10分間降水量でも6地点中3地点で10年前後の周期がみられた。

5 極値降水の周期の空間分布特性

解析対象とした各雨量観測所の地方ごとの地点数と年最大3日累積降水量の卓越周期の有無を表-1に示す。関東地方においては平野部では周期が見られず、山地で周期的に極値降水が発生している。関東地方以外の山地流域でも極値降水に周期があるが、東北地方では周期が見られない地点が多い。これは東北地方では雪の影響を受けている可能性が考えられる。東北地方における極値降水については次節で述べる。

5.1 東北地方における降雪期の降水の周期性

5章で東北地方における年最大3日累積降水量に周期性が見られない地点が多いことがわかった。そこで東北地方における極値降水の発生日に注目すると11月から3月の降雪期にも極値降水が発生している。雨期と降雪期に分けて極値降水発生 of 周期性について検討を行った。東北地方における観測地点の位置とその地点における11月から3月に発生した3日累積降水量の年最大値の卓越周期の有無を図-7に示す。日本海側の観測地点において15地点中12地点で降雪期の極値降水に周期がみられる。

6 利根川上流、下流における流量の周期性

本章では極値降水より直接的な外力である流量について解析した結果を示す。2章で示した流量データを用いて利根川上流の村上観測所と下流の栗橋観測所における流量の極値についてスペクトル解析を行い、卓越周期を算出した。

6.1 3日累積流量の年最大値の周期性

まず日本における出水期間が3日間程度であることから3日累積流量の年最大値を用いて解析を行い周期性について検討した。利根川上流の村上観測所における3日累積流量の年最大値の周期成分を図-8

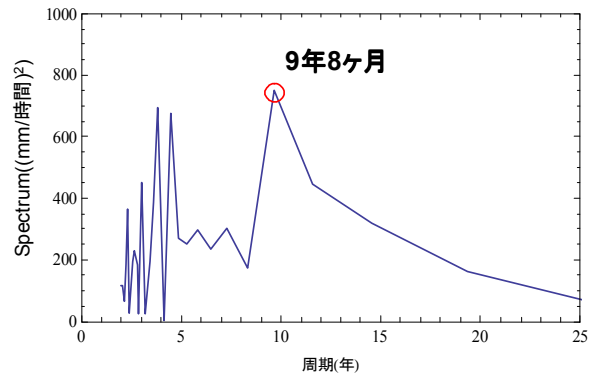


図-6 東京(標高:6m)における年最大1時間降水量のスペクトル

表-1 解析対象とした雨量観測所とその地点における年最大3日累積降水量の周期の有無

	日本全国	北海道	東北地方
観測所数	138	7	32
周期性有	115	5	21
	関東地方	中部地方	近畿地方
観測所数	26	32	11
周期性有	25	30	9
	中国地方	四国地方	九州地方
観測所数	13	6	11
周期性有	11	4	8

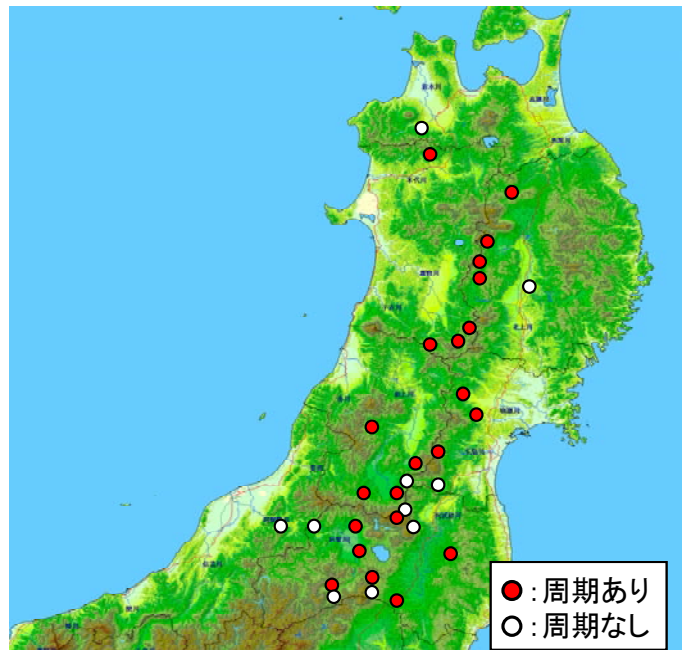


図-7 東北地方の観測地点の位置とその地点における降雪期の年最大3日累積降水量の周期の有無

に示す。上流の村上観測所，下流の栗橋観測所の両地点において3日累積流量の年最大値に10年前後の周期がみられた。

6.2 ピーク流量の年最大値の周期性

次に河川計画において降水より直接外力としてはたらくピーク流量を用いて周期性について検討した。村上観測所におけるピーク流量の年最大値の周期成分を図-9に示す。利根川上流の村上観測所，下流の栗橋観測所の両地点においてピーク流量の年最大値に10年前後の周期がみられた。

6.3 日流量の年最小値の周期性

利水の観点から渇水の統計的発生特性に着目し日流量の年最小値を用いて周期性について検討した。村上観測所における日流量の年最小値の周期成分を図-10に示す。利根川上流の村上観測所，下流の栗橋観測所の両地点において日流量の年最小値に10年前後の周期がみられた。

7 まとめ

以下に本研究で得られた知見を示す。

(1) 山地流域では解析対象とした135地点中115地点で年最大3日累積降水量に10年前後の周期がみられ，台風や前線性降雨による継続時間の長い豪雨が周期的に強くなる傾向がある。

(2) 東北地方の山地流域の日本海側では解析対象とした15地点中12地点で降雪期における年最大3日累積降水量に10年前後の周期がみられ，豪雪が周期的に発生する傾向がある。

(3) 平野部では解析対象とした6地点中3地点で年最大10分間降水量，年最大1時間降水量に10年前後の周期がみられ，ゲリラ豪雨による短時間スケールで集中的に降る豪雨が周期的に強くなる傾向があることを示した。

(4) 利根川における3日累積流量，ピーク流量の年最大値に10年前後の周期がみられ流量の極値にも周期性がある。

(5) 利根川における日流量の年最小値に10年前後の周期がみられ渇水流量にも周期性があることを示した。

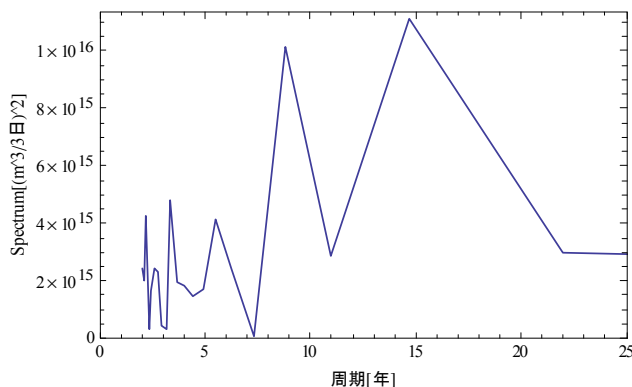


図-8 利根川水系村上観測所(標高:255m)における3日累積流量の年最大値のスペクトル

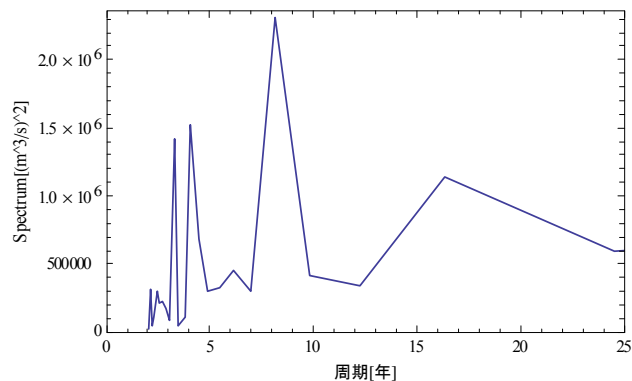


図-9 利根川水系村上観測所(標高:255m)におけるピーク流量の年最大値のスペクトル

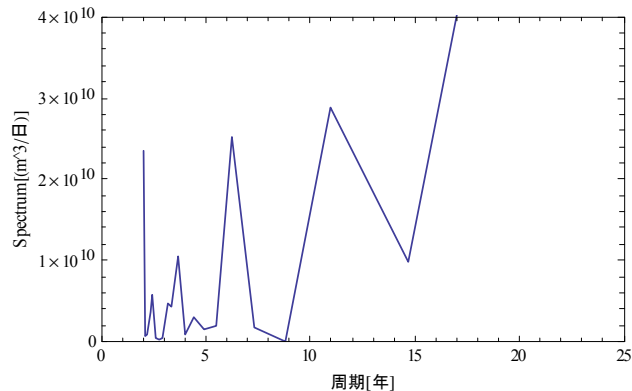


図-10 利根川水系村上観測所(標高:255m)における日流量の年最小値のスペクトル

参考文献

- 1) 気象庁:異常気象レポート2005 近年における世界の異常気象と気候変動～その実態と見通し～(VII), pp. 61-64, 2006.
- 2) 近森邦英:年降水量の統計的諸特性について, 農土誌, 71(2), pp. 125-130, 2003.
- 3) 渡辺武彦, 松浦正典, 深和岳人, 山田正:新記録の出現理論に基づく大雨の発生頻度に関する研究, 土木学会第47回年次学術講演会講演要綱集, 1992.
- 4) 劉 剛, 石川重雄, 長坂貞郎, 丸山利輔:年最大降水量の確率密度関数に関する研究, 水文・水資源学会誌, Vol. 12, No. 6, pp. 502-510, 1999.