

論文

# 日本列島20世紀の降水量時系列の経年的非定常性とその確率降水量の評価値に及ぼす影響

寒川 典昭\*・鈴木 将史\*\*

Long term nonstationarities of some fixed period precipitations over Japanese Islands in the 20<sup>th</sup> century and their influence upon the estimated values of the T-year return period precipitations

Noriaki SOGAWA \* and Masafumi SUZUKI \*\*

## Abstract

As a preparatory step of moving partial data (sample size: 31 years) frequency analysis, the stationary process in object precipitation time series was assumed, and the best fitting probability distribution of the above data was searched by calculating SLSC. This resulted in the selected Pearson family distribution in many cases. Next, the trends of mean and standard deviation were investigated by using moving partial data. Here, linear regression analysis was used for the distinction of the standard of nonstationarity. As a result, not only the mean, but also the standard deviation was found to have nonstationarity. Therefore, the 10 year (non-exceedance) return period values of monthly, seasonal and annual precipitation, and the 100 year (exceedance) return period values of annual maximum daily precipitation were estimated. The moving partial sample frequency analysis proposed here would be useful for water shortage disaster management and flood disaster management.

キーワード：移動部分標本頻度解析，渇水災害管理，洪水災害管理，確率降水量，非定常性

Key words：moving partial sample frequency analysis, water shortage disaster management, flood disaster management, T-year return period precipitations of moving partial sample, nonstationarity

\* 信州大学工学部社会開発工学科  
Department of Architecture and Civil Engineering, Faculty  
of Engineering, Shinshu University

\*\* パシコン筑波リサーチ  
Pacicon Tsukuba Research Co., Ltd.

本論文に対する討論は平成20年8月末日まで受け付ける。

## 1. はじめに

我が国では河川流量時系列が流域・河道の自然的・人工的改変による明らかな非定常のために、特に治水計画においては、降水量時系列の頻度解析に基づき計画規模（安全度）が決定されてきた。この際の頻度解析は降水量の経年的時系列特性は時間的に変化しない、すなわち定常過程という仮定のもとで行われている。従来、取り扱えるデータ数が少なく、非定常性を検証することが困難であったことから、便宜上この仮定を認めてきた。よって、水文統計の頻度解析の分野の研究は、より適合度の良い確率分布と母数推定法を開発し、計画の基本となる確率降水量を精度良く求めることが中心であった。

しかし、ここで取り上げた降水量時系列では、厳密にはこの仮定は成立しない。例えば、長野の年降水時系列では、1950年代中盤以降、それまで頻繁に観測されてきた1200mm以上の降水はない。また、1980年以降それまでになかった700mm以下の降水が3回もある。一方、浜田の年最大日降水量においては1950年以降日降水量で200mmを超える降水が頻繁に発生するようになっている。いずれも定常とはいえない難い変化を呈している。

我が国の利水計画は10年に1度の渇水を目標としている。しかしながら、過去約100年間でみると、渇水がしだいに短い期間で多発するようになってきている。これには、もちろん都市部への人口集中などの原因も考えられるが、降水変化の影響も存在すると思われる。また、我が国の洪水は、寒川ほか（2005）が指摘しているように、過去約100年間でみると、渇水と同様にしだいに短い期間で多発するようになってきている。これも降水変化にその原因を求めることができるであろう。

このような背景を踏まえ、かつまた、観測データも蓄積してきた現状から、降水量時系列の変化、すなわち非定常過程に対応した利水・治水管理手法、あるいは過去の利水・治水計画の見直しが求められるところである。

本研究は日本列島に分布する100年以上にわた

る連続日降水量記録がある51または47地点について年、季節、月、および年最大日降水量時系列の経年的非定常性を確認するとともにそれが明確に確認できる期間長（標本数）を明らかにし、非定常性を考慮できる頻度解析、すなわち移動部分標本（moving partial sample）頻度解析を行い、対応する確率降水量の地点別のトレンド等を検討し、将来の利水・治水計画・管理に参考となる情報を提供することを目的として行ったものである。すなわち、本研究は最近100年間を通じた変化を論じようとしたものである。

なお、降水量の経年変化については、極値降水量に関しては、Iwashima & Yamamotoの研究（1993）、年、月降水量に関しては、Yue & Hashinoの研究（2003）等がある。また、年降水量の季節別、地域別増減傾向については、異常気象レポート2005（2005）に記載がある。しかしながら、これらの研究では、治水あるいは利水に関する計画・管理問題を念頭においているものの、確率降水量の経年変化の評価がされていない。確率降水量の経年変化については、寒川・西の研究（2003）がある。しかしながら、この研究は最大エントロピー分布のみを対象としており、また適用範囲は長野県内の5つの気象官署に限られている。従って、本研究のように、種々の確率分布の対象降雨への適合度を検討しておらず、また日本全国の確率降水量の様子も見えていない。

本論文の構成は以下に示す通りである。

2. では、日本各地における各時間スケールの降水量頻度分布の特徴を捉えるため、降水量の経年的定常性を仮定して、適合度の良い確率分布を探索する。

3. では、降水量時系列に存在する非定常性を確認するために、平均と標準偏差の経年変化を検討している。

4. では、移動部分標本頻度解析を行い、確率降水量の経年変化について考察している。

5. では、本研究を纏めるとともに今後の課題を記述している。

## 2. 適合度の良い確率分布の探索

### 2.1 対象とした降水量, 地点

本研究で分析の対象とした降水量は、1～12月・季節・年降水量、年最大日降水量である。尚、季節降水量は、冬を前年の12月、当該年の1、2月、春を当該年の3、4、5月、夏を当該年の6、7、8月、秋を当該年の9、10、11月の総降水量としている。

各降水量データは、日本の気象観測所で1901年以降、データがそろっている地点(気象庁, 2002)のもの(1901～2000年の100年間)を使用した。地点数は、月、季節、年降水量で51地点、年最大日降水量で47地点である。図1に対象とした地点を日本地図上にプロットしたものを示す。尚、地域区分は気象庁の定義によるものである。

### 2.2 用いた確率分布モデルと適合度の比較

同じ時間スケールの降水量(月、季節、年、年最大日降水量等)でも、日本では地域によって降水量の頻度分布が大きく異なることがある。そこで、本研究では月、季節、年降水量に対する候補確率分布モデルとして、正規分布(NO)、対数正規分布(LN)、ピアソンⅢ型分布(PE3)、年最大日降水量に対する候補確率分布モデルとして、グンベル分布(GU)、対数正規分布(LN)、対数ピアソンⅢ型分布(LP3)を採用した。これらの分布は経験的に水文統計の分野では一般に用いられている(神田・藤田, 1990, 亀田ほか, 1981)。母数の数はすべて2個とする。これは母数の数が増えれば適合度が良くなるので、同じ条件で比較するために母数の数を2個に統一した。いずれの分布も母数推定法には簡単で、かつこの場合精度的にも十分な積率法を用いた。

候補確率分布モデルの適合度の比較評価法にはSLSC(宝ほか, 1987)を用いた。SLSCの値が小さい程適合度が良いことになる。SLSCは適合度の相対的評価基準としてだけでなく、絶対的評価にも有用であり、 $SLSC \leq 0.02$ であれば良い適合度を示し、 $SLSC > 0.03$ であれば他の分布、他の母数推定法を試みるべきとされている。また、田中・宝(1999)は全国68の一級水系における99地

点の年最大流量資料を統一的な手法で確率評価を行い、河川流量の満足すべき適合度の基準として $SLSC \approx 0.04$ とするのが適当であるとしている。

### 2.3 適合度の良い確率分布モデル

対象地点の各降水量における最も適合度の良い確率分布地点数を表1に示す。月降水量ではPE3分布が圧倒的に多い。3、4月の東日本太平洋側ではNO分布の地点がみられる。5、6月では地域性はみられないもののLN分布が他の月に比べてやや多い。季節降水量でも月降水量ほどではないがPE3分布が多い。PE3分布の適合性がかなり広い範囲で良好であることがうかがえる。年降水量ではNO分布が最も多い。年最大日降水量ではLP3分布が圧倒的に多い。適合度を絶対的評価の側からみると、各地点、各種降水量の8割程度が今回あげた確率分布モデルの適合度が良いということになった。

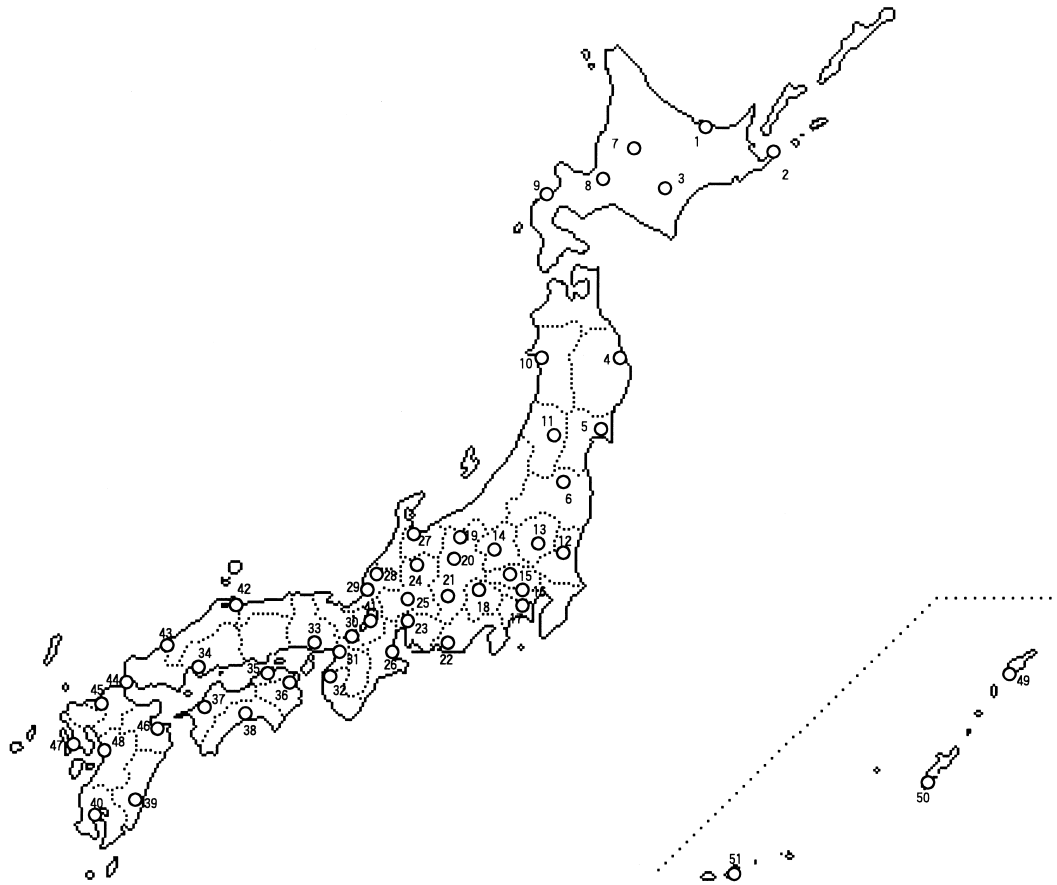
## 3. 平均と標準偏差の経年変化

### 3.1 方法

2.で示したデータにおいて、移動部分標本毎に

表1 適合度の良い確率分布の地点数

	NO	LN	PE3
1月	1	6	44
2月	1	9	41
3月	13	5	33
4月	10	5	36
5月	4	13	34
6月	3	11	37
7月	3	3	45
8月	0	1	50
9月	2	6	43
10月	1	8	42
11月	5	2	44
12月	7	4	40
春	12	12	27
夏	8	12	31
秋	6	19	26
冬	5	7	39
年	21	13	17
	GU	LN	LP3
年最大日	5	7	35



番号	地点名	番号	地点名	番号	地点名
1	網走	18	山梨	35	多度津
2	根室	19	長野	36	徳島
3	帯広	20	松本	37	松山
4	宮古	21	飯田	38	高知
5	石巻	22	浜松	39	宮崎
6	福島	23	名古屋	40	鹿児島
7	旭川	24	高山	41	彦根
8	札幌	25	岐阜	42	境
9	寿都	26	津	43	浜田
10	秋田	27	伏木	44	下関
11	山形	28	福井	45	福岡
12	水戸	29	敦賀	46	大分
13	宇都宮	30	京都	47	長崎
14	前橋	31	大阪	48	熊本
15	熊谷	32	和歌山	49	名瀬
16	東京	33	神戸	50	那覇
17	横浜	34	呉	51	石垣島

地域区分

1～6: 北日本太平洋側  
 7～11: 北日本日本海側  
 12～26: 東日本太平洋側  
 27～29: 東日本日本海側  
 30～40: 西日本太平洋側  
 41～48: 西日本日本海側  
 49～51: 南西諸島  
 ただし、呉、名瀬、那覇、石垣島は月・季節・年降水量のみ

図1 対象とした降水観測所の所在地

平均、標準偏差を算出し、一次回帰分析を行い、得られた回帰係数を有意水準1%で統計的仮説検定して経年変化を調査した。非定常性の存在の確認に一次回帰分析による方法しか行わなかった理由は、この方法だけで直感的に非定常性の存在の確認が判断できるからである。なお、厳密には一次回帰分析による方法は回帰直線からの残差成分が正規分布することが前提条件であるが、本研究では簡単のためほぼ正規分布とみなせるとしても大過ないと判断した。ここで、移動部分標本の長さは、寒川ほかの研究(1986)でヒストグラムが安定する長さの最小値として提案されている30年に一番近い奇数で、それを超える値として、31年とした。なお、その研究では28か所もの観測所でこのような結果が得られており、その普遍性は十分と考えた。移動部分標本数は長さが31年で70個となる。移動部分標本の長さを奇数としたのは、期間中央の年に移動部分標本の平均、標準偏差をプロットするためである。また、ここでは平均、標準偏差に増加、減少の傾向が見られるかどうか重点をおき、増減の大小まで細かく議論しないことにする。

### 3.2 平均

例として、東京年降水量における、31年移動部

分標本の平均の変化を原系列とともに図2に示す。この場合、平均が年々減少していくのがみとれる。回帰係数も有意である。いま、 $x_1, x_2, \dots, x_n$ を規定値、 $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ を確率変数、 $y_1, y_2, \dots, y_n$ を実現値とすると、

$$Y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

$\varepsilon_i (i=1, 2, \dots, n)$ は互いに独立、 $N(0, \sigma^2)$ に従うという構造を想定する。ここで、 $\alpha, \beta$ は回帰係数、 $\sigma^2$ は $\{\varepsilon_i\}$ の分散である。このとき、 $\{x_i, y_i\} (i=1, 2, \dots, n)$ から仮説 $H_0: \beta = 0$ を検定するのが統計的仮説検定である。ここでは有意水準として1%を用いている。このようにして本研究で対象とした各種降水量の31年移動部分標本の平均の増加・減少の傾向を評価した。

以下、統計的仮説検定で有意と判断された各種降水量の31年移動部分標本における平均の地域特性について、簡単に述べていく。ただし、月降水量は割愛して、季節、年、年最大日降水量のみ記述することにする。尚、一次回帰の存在が有意とされた地点数を表2に示す。以下で、月降水量についての記述を割愛したのは、その3ヶ月の合計値が季節降水量に、12ヶ月の合計値が年降水量に反映していることと、紙面の都合による理由である。3.3の標準偏差についても同じ理由で割愛

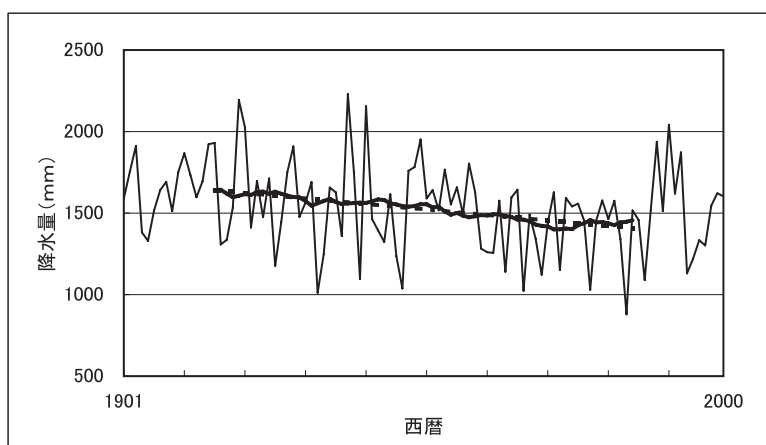


図2 東京における年降水量の原系列と31年移動部分標本の平均の変化(細線は原系列、太線は31年移動部分標本の平均、点線はその平均時系列のトレンドを示す。平均の目盛りは降水量の目盛りと同じである。)

している。

春降水量では、東北、関東北部、南西諸島で減少傾向がみられる。東海より西では増加傾向であ

表2 平均及び標準偏差について一次回帰の存在が有意とされた地点数(全地点数は月・季節・年降水量で51地点、年最大日降水量で47地点)

	地点数	
	平均	標準偏差
1月	32	33
2月	43	30
3月	35	34
4月	40	34
5月	37	32
6月	34	28
7月	35	40
8月	39	40
9月	36	40
10月	47	35
11月	43	30
12月	45	45
春	43	37
夏	37	39
秋	46	33
冬	45	30
年	37	35
年最大日	38	35

る。夏降水量では、関東、南西諸島に減少傾向がみられるが、その他は増加傾向である。秋、冬降水量では、全国的に減少傾向である。年降水量では、東北、関東、南西諸島で減少傾向が多い。また、近畿、中国、九州で増加傾向がみられる。年最大日降水量では、目立った増減の地域特性はみられないものの、増加傾向が多い。

平均の増減は時期、地域の特性が比較的はつきりしている。

尚、ここでは簡明さのため、観測点名の代わりにそれが含まれる図1に示した地域区分名で平均値の変動係数を記述しており、以後の他の場合も同様であるが、地点の空間代表性については一般に長期間の積算降水量ほど広域代表性があることが知られてはいるものの、厳密には地形効果等、別途検討すべき課題が残されている。

### 3.3 標準偏差

例として、徳島年降水量における、31年移動部分標本の標準偏差の経年変化を原系列とともに図3に示す。この場合、標準偏差が年々増加していくのがみてとれる。回帰係数も有意である。このようにして本研究で対象とした各種降水量の31年移動部分標本の標準偏差の増加・減少の傾向を評価した。尚、統計的仮説検定の結果有意と判断

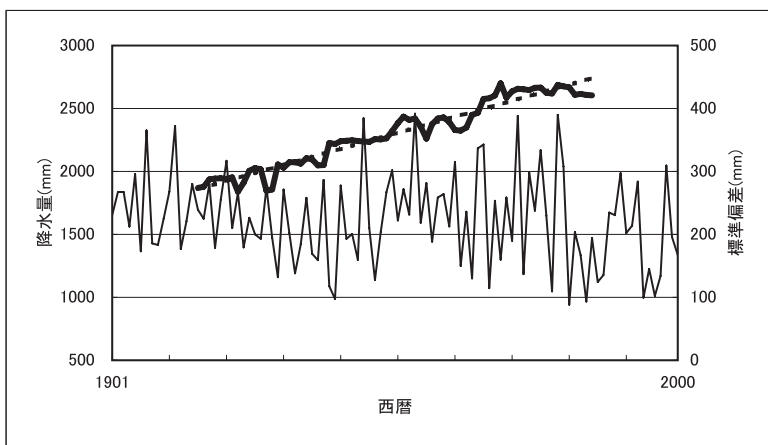


図3 徳島における年降水量の原系列と31年移動部分標本の標準偏差の変化(細線は原系列、太線は31年移動部分標本の標準偏差、点線はその標準偏差時系列のトレンドを示す。)

されたものだけを対象とした。尚、一次回帰の存在が有意とされた地点数を表2に示す。

以下各種降水量の31年移動部分標本における標準偏差の地域特性について、簡単に述べていく。

春降水量では、北日本、東日本で減少傾向が見られる。西日本では増加傾向である。夏降水量では東日本、近畿に減少傾向がみられるが、日本海側では増加傾向である。秋降水量では、西日本太平洋側で増加傾向が多い。冬降水量では、北日本太平洋側、東日本太平洋側で増加傾向が多い。年降水量では、東日本太平洋側で減少傾向が多い。また、その他で増加傾向がみられる。年最大日降水量では、東日本太平洋側で増加傾向が多い。

標準偏差は平均に比べると時期、地域の特性がはっきりとはでなかった。標準偏差は特にかげ離れたデータの影響を受けやすいことが原因と考えられる。

## 4. 確率降水量の経年変化

### 4.1 移動部分標本頻度解析手法

2.では降水量の経年的生起特性は変化しない、すなわち気候変化がないと仮定した。ここで気候変化とは、平均値と標準偏差の両方または一方が変わることを指す。しかし、3.で平均と標準偏差の経年変化について述べたように、降水量の生起特性に変化が起きている今、従来の方法による利水、治水計画の安全度評価の見直しの必要性の検討や新たな管理手法の検討が当然求められる。そこで、次に述べる降水量時系列の経年的非定常性を考慮できる頻度解析（移動部分標本頻度解析）を行い、確率降水量の経年変化について検討する。

対象とした降水量、地点は2.で用いたものと同じとする。確率降水量の経年変化を分析する方法として、移動部分標本毎に確率降水量を算出する。移動部分標本の長さは、月、季節、年降水量では3.で述べた31年とする。年最大日降水量は100年という長いリターンピリオドを対象とするためそれを51年とする。それぞれ31年間、51年間は定常と仮定して頻度解析を行い、確率降水量を算出するというのである。移動部分標本の数は、その長さ31年で70個、

51年で50個となる。以下、 $t, u$ をそれぞれ $t$ 番目の31年移動部分標本 ( $t = 1, 2, \dots, 70$ )、 $u$ 番目の51年移動部分標本 ( $u = 1, 2, \dots, 50$ )と定義する。 $t = 1$ は1901~1931年、 $t = 70$ は1970~2000年の部分標本を意味する。

また、各移動部分標本にあてはめる確率分布モデルは2.の結果、適合度の良いものを採用した。すなわち、全データ（1901~2000年）において適合度の良いものをその各移動部分標本にあてはめ、確率降水量を算出するのである。この妥当性を検討するために、長野を例にとりて検討した結果、全データにおいて適合度の良い確率分布と、その各移動部分標本で適合度の良い個数が最も多い確率分布が一致した。長野のデータだけの検討で十分ではないかも知れないが、とりあえず、ここでは他の地点でも同様のことが生起すると類推した。これは今後検討しておかねばならない一つの課題である。ただし、その類推が間違っていない今回得られた結果は大きく異なることはないとい推測される。

### 4.2 確率降水量の経年変化

以下、本研究で対象とした各種降水量の確率降水量の経年変化について述べる。

#### (1) 月降水量

##### ① 1月降水量

1月降水量の非超過リターンピリオド10年確率降水量(月単位以上の10年確率降水量は利水の計画・管理問題に関わる可能性がある。)の70年当たり変化率(トレンドから算出、以下、(1)項、(2)項では、ここで定義した変化率について述べる。)は特に目立った地域特性はみられない。減少率が最も大きいのは石巻の-62%である。しかし、1月の太平洋側の降水量は少なく、確率降水量自体も少ないので、減少量は少ない。降水量の多い日本海側では、札幌では増加率+59%で大幅に増加しているが、その他は減少傾向が多い。

##### ② 2月降水量

北日本で増加傾向、東日本、西日本、南西諸島で減少傾向が多く、傾向がはっきりとわ

かれる。最も減少率が大きい地点は帯広の-75%であるが、確率降水量自体が少ない。(定常頻度分析で4.8mm) その他で減少率の大きい地点は徳島の-65%、宮崎の-55%、那覇の-54%などである。

### ③ 3月降水量

北海道では増減の傾向が混在している。その他では、東海、近畿で増加傾向、東日本の北部、四国、中国、九州、南西諸島で減少傾向である。減少率が大きい地点は帯広の-62%、那覇の-52%、多度津の-35%などである。

### ④ 4月降水量

北日本の太平洋側、関東、南西諸島で減少傾向の地点が多く、岐阜より西側では増加傾向の地点が多く、傾向がはっきりと分かれる。減少率が大きい地点は石垣島の-66%、宇都宮の-37%、水戸の-36%などである。

### ⑤ 5月降水量

関東、南西諸島で減少傾向、その他は増加傾向である。特に、中国、四国、九州など西日本で大きな増加傾向を示す地点が多い。那覇で-49%とやや減少率が大きい。また、宮崎では増加率が+90%と確率降水量が約2倍に増えたことになる。その他で増加率が大きい地点は鹿児島県の+59%、高知の+55%、境の+54%、多度津の+53%などである。

### ⑥ 6月降水量

北海道、南西諸島では減少傾向であるが、その他は増加傾向の地点が多い。特に、長野県より西で増加率の大きい地点が目立つ。那覇で-34%とやや減少率が大きい。増加率の大きい地点は、敦賀の+101%、長崎の+88%、浜松の+75%などである。

### ⑦ 7月降水量

北海道、南西諸島で減少傾向、その他は概ね増加傾向である。特に、関東、近畿、中国で増加率の大きい地点がみられる。南西諸島では那覇の-71%、名瀬の-63%、石垣島の-39%と減少率が大きい。増加率が大きい地点は、横浜の+171%、東京の+131%、大阪

の+97%などである。

### ⑧ 8月降水量

東北南部、関東、近畿、中国、九州東部で減少傾向、北海道、東北北部、東海、四国、九州西部、南西諸島で増加傾向であり、増減の傾向の地域が混在しているといえる。減少率が大きい地点には福島県の-53%、神戸の-49%などがある。増加率が大きい地点には石垣島の+147%、浜松の+135%、飯田の+116%があり、確率降水量が2倍以上になっている。

### ⑨ 9月降水量

増加傾向はほんの一部であり、全国的に減少傾向である。特に、関東、近畿、四国で減少率が大きい。減少率が大きい地点は和歌山の-66%、徳島の-61%、多度津の-59%などである。

### ⑩ 10月降水量

北海道日本海側、西日本の一部で増加傾向であるが、その他は減少傾向である。特に、東北、関東、東海、近畿で減少率が大きい。減少率が大きい地点は浜松の-75%、福島県の-55%、宮古の-54%などである。

### ⑪ 11月降水量

石垣島で増加率が+57%とやや大きいが、全国的に減少傾向である。特に、北海道、東海、近畿、四国で減少率が大きい。減少率が大きい地点は帯広の-75%、大分の-61%、徳島の-61%などである。

### ⑫ 12月降水量

北海道、東北の一部で増加傾向であるが、その他は減少傾向である。特に、東北、東日本太平洋側で減少率が大きい。ただし、12月の降水量は太平洋側では少なく、確率降水量自体も少ない。降水量の多い日本海側で減少率の大きい地点は境の-43%、山形の-39%、彦根の-38%などである。

## (2) 季節降水量

### ① 春降水量 (3~5月)

北海道太平洋側、東北南部、関東、南西諸



島で減少傾向、北海道日本海側、東海、近畿、九州南部で増加傾向である。増加率の大きい地点は旭川の+24%、京都の+24%、札幌の+23%などである。減少率の大きい地点は石垣島の-40%、那覇の-20%、伏木の-18%などである。

② 夏降水量（6～8月）

北海道日本海側、九州の一部、南西諸島で減少傾向、北海道東部、東日本、近畿、中国、四国で増加傾向である。特に、日本の中央部で増加傾向が大きいのがみとれる。南西諸島では石垣島の-27%、那覇の-21%、名瀬の-13%と大きな減少率となっている。増加率の大きい地点は京都の+59%、浜松の+47%、敦賀の+43%などである。

③ 秋降水量（9～11月）

増加傾向の地点はみられず、全国的に減少傾向である。特に、関東、東海、近畿、四国、九州南部など太平洋側で大きな減少率である。

減少率が大きい地点は、甲府の-47%、徳島の-45%、高知の-41%などである。

④ 冬降水量（12～2月）

北海道の一部で増加傾向であるが、その他は減少傾向である。特に、東北南部、東日本太平洋側、西日本日本海側で大きな減少率である。札幌では増加率が+26%と大きい。減少率が大きい地点は甲府の-45%、松本の-43%、徳島の-40%などである。

(3) 年降水量

図4に年降水量の非超過リターンピリオド10年確率降水量の70年当たりの変化率をプロットしたものを示す。全国的に減少傾向が多い。特に、東北南部、関東、南西諸島で大きな減少率である。京都は増加率が+14%とやや大きい。減少率が大きい地点は石垣島の-18%、那覇の-18%、前橋の-18%などである。

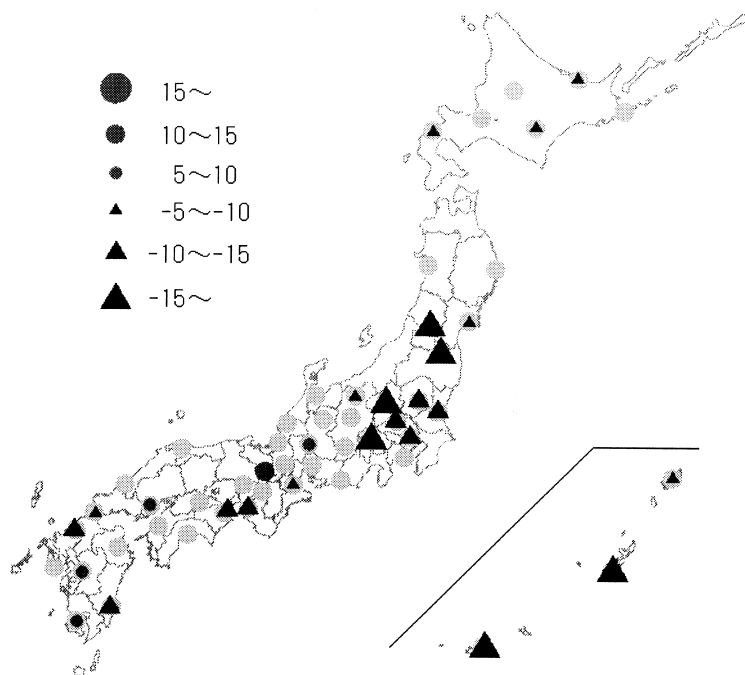


図4 年降水量の非超過リターンピリオド10年確率降水量の70年当たりの変化率、単位：%（灰色の丸印は観測所の位置を示す。）

#### (4) 年最大日降水量

図5に年最大日降水量の超過リターンピリオド100年確率降水量（これは治水上の計画・管理問題に関わる可能性が大きい。）の50年当たりの変化率をプロットしたものを示す。全国的に増加傾向が多く、北海道日本海側、東日本太平洋側、近畿、九州北部で顕著に傾向が現れている。減少傾向も所々にあるが減少率の特に大きな地点はない。増加率の大きな地点は寿都の+65%、浜田の+55%、熊谷の+51%などである。

以下に結果を簡単に纏める。

長期間（月・季節・年）の非超過確率降水量が減少していれば、少雨時の降水量が減っていることとなり、渇水の危険度が増加していることになる。年降水量の非超過リターンピリオド10年確率降水量は、減少地点が多く、全国的に渇水の危険度が増加しているといえる。また、渇水は季節を問わず発生している。季節別にみると、地域によって多少の差があるが、春、夏降水量の非超過

リターンピリオド10年確率降水量は増加傾向の地点も多い。しかし、秋、冬降水量では全国的に減少傾向であり、より渇水の危険度が増加しているといえる。季節により増減の傾向がはっきりとわかれた。各月の傾向も季節のそれに準ずるものであった。

年最大日降水量の超過確率降水量が増加していれば、大雨時の降水量が増えていることとなり、洪水の危険度が増加していることになる。年最大日降水量の超過リターンピリオド100年の降水量は増加傾向の地点が多く、増加率が大きい地点もある。

#### 5. あとがき

本研究は日本列島に分布する100年以上にわたる連続日降水量観測記録がある51または47地点について年、季節、月、および年最大日降水量時系列の経年的非定常性を確認するとともにそれが明確に確認できる期間長（標本数）を明らかにし、

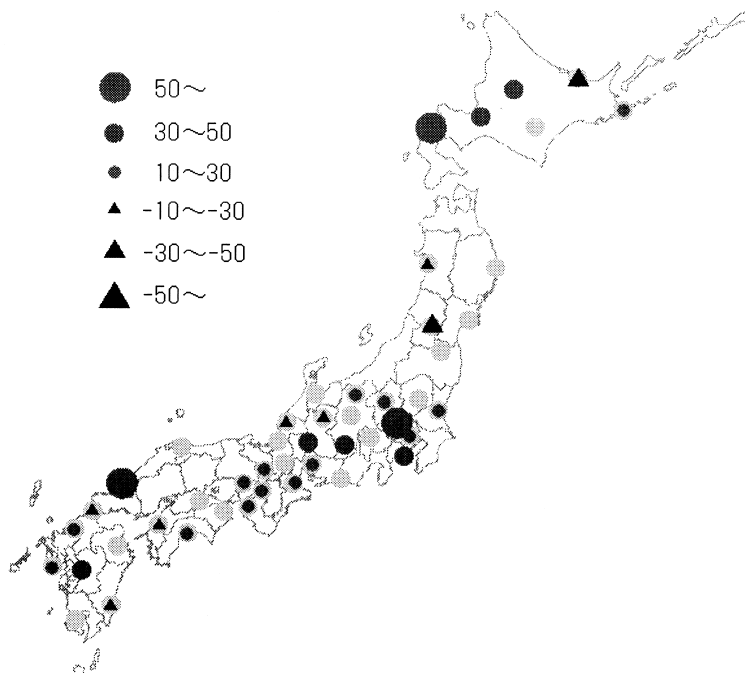


図5 年最大日降水量の超過リターンピリオド100年確率降水量の50年当たりの変化率、単位：%（灰色の丸印は観測所の位置を示す。）

非定常性を考慮できる頻度分析, すなわち移動部分標本 (moving partial sample) 頻度解析を行い, 対応する確率降水量の地点別のトレンド等を検討し, 将来の利水・治水計画・管理に参考となる情報を提供することを目的として行ったものである。以下に得られた研究成果を要約する。

- ① 移動部分標本頻度解析を行う前の準備段階として, 従来の方法である降水量の経年的定常性を仮定して, 適合度の良い分布を探索した。その結果, 各種降水量に対するピアソン系の分布の適合性がかなり良好であることが示された。
- ② 降水量時系列の非定常性を確認するために, 分布を決定する基本的要素である平均と標準偏差の経年変化を検討した。その結果, 平均, 標準偏差とも時期・地域により増加, あるいは減少の傾向を示しており, 非定常性が把握された。特に, 平均においてその変化傾向が顕著であった。
- ③ 移動部分標本頻度解析を行い, 確率降水量の経年変化について検討した。全国的に年降水量のリターンピリオド10年非超過確率降水量は減少傾向であり, 降水変化によって渇水の危険度が増加していることが示された。また, 季節別にみると, 春, 夏は上述の非超過確率降水量が増加している地点もあるが, 秋, 冬はほぼ全地点で減少傾向であり, はっきりと傾向がわかれた。年最大日降水量はリターンピリオド100年超過確率降水量が増加傾向の地点が多く, 洪水の危険度が増していることが示された。

本研究は過去のデータを統計的手法により推論して, 降水量時系列の非定常性を示し, 確率降水量の経年変化を把握した。だが, 降水変化が何故, どのような原因で起きているかという, 物理学, 気候学的側面には触れていない。今後はこのような側面からの検討結果も加えていき, より信頼性の高い渇水災害や洪水災害の対策・管理手法を検討していきたいと考えている。

## 謝 辞

本研究を実施するに当たり, 年最大日降水量のデータの分析にご協力頂きました構造計画コンサルタント (株) (ご協力頂いた当時は信州大学工学部学生) 大西陽介君に深甚なる感謝の意を表します。

## 参考文献

- Iwashima, T. and R. Yamamoto: A statistical analysis of the extreme events: Long-term trend of heavy daily precipitation, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol.71, No5, pp.637-640, 1993.
- 亀田弘行・池淵周一・春名 功: 確率・統計解析, 新体系土木工学, 土木学会編, 技報堂出版, p. 70, 1981.
- 神田 徹・藤田睦博: 水文学-確率論的手法とその応用-, 新体系土木工学, 土木学会編, 技報堂出版, pp.13-75, 1990.
- 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.153-159, 2005.
- 気象庁: 20世紀の日本の気候, pp.36-37, 2002.
- 寒川典昭・荒木正夫・渡辺輝彦: 確率分布の推定母数の不確定性評価法, *土木学会論文集*, (375, II-6), pp.133-141, 1986.
- 寒川典昭・西 知哉: 統計モーメントを情報とした 1 VNME 分布と頻度分析, *水工学論文集*, 第47巻, pp.151-156, 2003.
- 寒川典昭・岡村崇博・中村 哲: 千葉県の降水量時系列に内在する非定常性と確率降水量の経年変化の算定, 計測自動制御学会中部支部シンポジウム2005講演論文集, pp.21-24, 2005.
- 宝 馨・高棹琢馬・清水 章: 水文統計解析における確率分布モデルの評価, *京都大学防災研究所年報*, 第30号, pp.283-297, 1982.
- 田中茂信・宝 馨: 河川流量の頻度解析における適合度と安定性評価, *水工学論文集*, 第43巻, pp.127-132, 1999.
- Yue S. and M. Hashino: Long term trends of annual and monthly precipitation in Japan, *Journal of the American Water Resources Association*, Vol.39, pp.587-596, 2003.

(投稿受理:平成19年1月9日  
訂正稿受理:平成19年10月3日)