

## 月降水量のパターン分析と減少理由～北海道・東北地方への適用～

信州大学工学部 学生会員 ○小倉弘大  
 信州大学工学部 寒川典昭  
 元信州大学大学院 正会員 草刈智一  
 信州大学工学部 正会員 中屋眞司

### 1. はじめに

降水量の非定常頻度分析の必要性は、寒川等<sup>1)</sup>が1992年に提唱して以来25年が経過した。その間、寒川等が中心として利水計画及び治水計画を対象に数々の論文が提唱されてきた。<sup>2)3)</sup>最近では、他の研究者のこの問題に対する導入がチラホラ見受けられるようになってきている。例えば、杉山<sup>4)</sup>は「北海道内降水量の非定常性と確率降水量の変動特性」と題した博士論文を北見工業大学に提出し、2007年3月に北見工業大学から博士(工学)を授与している。一方、立川等<sup>5)</sup>は2015年に非定常水文頻度解析手法を用いて極値降水量の変化予測を分析する優れた論文を提案している。

さて、本題に入るが、ここ数年 GCM 出力データを用いた非定常頻度分析の論文が目立つようになってきた。渇水対策の月降水量の非定常頻度分析では、北海道地方を対象とした武田等<sup>6)</sup>の研究、東北地方を対象とした小林等<sup>7)</sup>の研究がある。恐らくはこれらの研究は最新のものである。これらは GCM 出力データを用いて月降水量のパターン分析を中心課題の一つに置いているが、パターン分析の精度が荒く、増加では前半である現在気候(1979年～2003年)から近未来気候(2015年～2039年)の増加、後半である近未来気候から世紀末気候(2075年～2099年)の増加、全期間増加である現在気候から近未来気候及び近未来気候から世紀末気候の両者共に増加、減少では前半減少、後半減少、全期間減少の分類がなされていなかった。

又、確率降水量が減少すると利水計画上危険で有り、その減少理由には、①平均減少・分散増加、②平均減少・分散減少(平均の効果大)、③平均増加・分散増加(分散の効果大)がある。従って、確率降水量の減少に付いて厳密に議論することは重要であるが、武田等の論文及び小林等の論文では、それについて何も触れていない。

本稿は北海道地方及び東北地方を対象として、上記2つの問題を解明したものであり、月降水量の非定常頻度分析を完結させたものである。

### 2. 研究手順

(1) 気象庁の各気象観測所で観測されたデータ<sup>8)</sup>を用いて、研究対象地域の1979年～2003年の月降水量データがある地点を採用する。

(2) 研究対象地点の位置に最も近い GCM データ(メッシュデータ)<sup>9)</sup>に対して前期ラン・後期ラン共にバイアス補正を行い、現在・近未来・世紀末の各気候の GCM データを対象地点の値に対応させる。ここでバイアス補正とは、GCM データの現在気候の値と観測データの値の乖離を簡便に補正するために、観測所ごとに GCM データの現在気候の値と観測データの値の差をとり、その差の平均で GCM データを補正することである。

(3) 非超過確率降水量の算定に用いる対数正規分布の母数が増加していることを仮定した上で、それがどのように変化しているかを捉えることを目的としバイアス補正した GCM データを基に25年間の時系列グラフを作成する。そこから母数( $\mu$ :平均、 $\sigma^2$ :分散)を推定し5,10,20,30年非超過確率降水量の算出を行う、この時に用いる対数正規分布は以下の式で示される。

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y(t)\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\log x - \mu_y(t)}{\sigma_y(t)}\right)^2\right\}$$

(a)最尤法

$$\mu_y(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i$$

$$\sigma_y(t)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log x_i - \mu_y(t))^2$$

(b)モーメント法

$$\sigma_y(t)^2 = \log\left(1 + \frac{\sigma_x(t)^2}{\mu_x(t)^2}\right)$$

$$\mu_y(t) = \log \mu_x(t) - \frac{\sigma_y(t)^2}{2}$$

ここに、 $\mu_y(t)$ 、 $\sigma_y(t)^2$ は時間  $t$  に依存した母集団の  $y(=\log x)$  に関する平均および分散を表すパラメータである。また、 $\mu_x(t)$ 、 $\sigma_x(t)^2$ は時間  $t$  に依存した  $x$  に関する平均と分散である。

(4) 計算結果をパターンごとに分類し、減少している部分を抜き出し、減少理由を導いた。表-1に計算結果の一部を示す。(計算過程の中に負値の対数が存在し、値が出

ないところのパターンは省略する。

3. 結果および考察

各観測所の実測データと GCM データを用いて 10 年非超過確率降水量について各月の分析を行う。本稿は渇水対策を対象としているため、減少に着目した。パターンには、下記のものがある。

上に凸,  $\frac{\zeta}{\eta_1} \geq 1.1, \frac{\zeta}{\eta_2} \geq 1.1$

下に凸,  $\frac{\zeta}{\eta_1} \leq 0.9, \frac{\zeta}{\eta_2} \leq 0.9$

全期間増加,  $\frac{\zeta}{\eta_1} \geq 1.1, \frac{\eta_2}{\zeta} \geq 1.1$

全期間減少,  $\frac{\zeta}{\eta_1} \leq 0.9, \frac{\eta_2}{\zeta} \leq 0.9$

前半増加,  $\frac{\zeta}{\eta_1} \geq 1.1, \frac{\eta_2}{\zeta} \leq 1.1, \frac{\zeta}{\eta_2} \leq 1.1$

後半増加,  $\frac{\zeta}{\eta_1} \leq 1.1, \frac{\eta_2}{\zeta} \geq 0.9, \frac{\zeta}{\eta_2} \geq 1.1$

前半減少,  $\frac{\zeta}{\eta_1} \leq 0.9, \frac{\eta_2}{\zeta} \geq 0.9, \frac{\zeta}{\eta_2} \geq 0.9$

後半減少,  $\frac{\zeta}{\eta_1} \geq 0.9, \frac{\eta_2}{\zeta} \leq 1.1, \frac{\zeta}{\eta_2} \leq 0.9$

横ばい,  $0.9 \leq \frac{\zeta}{\eta_1} \leq 1.1, 0.9 \leq \frac{\zeta}{\eta_2} \leq 1.1,$

$0.9 \leq \frac{\eta_i}{\eta_j} \leq 1.1, i = 1, 2, j = 1, 2$

$\eta_1$  は現在気候、 $\eta_2$  は世紀末気候、 $\zeta$  は近未来気候の確率降水量である。北海道地方の札幌と東北地方の山形でパターン分析を行った結果は次の通りであった。

表 - 1 パターン分析と減少理由

札幌	1月	2月	3月	9月	10月	12月
採用方法	最尤法	最尤法	最尤法	モーメント法	最尤法	最尤法
パターン	下に凸	下に凸	下に凸	後半減少	下に凸	上に凸
減少理由	①	①	③	①	②	③

山形	1月	8月
採用方法	最尤法	モーメント法
パターン	後半減少	上に凸
減少理由	①	①

4. あとがき

本稿は、月降水量を対象として、確率降水量の精密なパターン分析と減少理由について議論したものである。上記 2 項目によって、月降水量の非定常頻度分析の研究を完成された。今後は、この 2 項目を他の地方でも計算するとともに、どのようなパターンがどの程度存在するか、どのような減少理由がどの程度存在するかも明らかにしていきたい。

<参考文献>

- 1) 寒川典昭、中村悟、山田広樹：長野県における月降水量時系列と確率降水量、第 4 回水資源に関するシンポジウム前刷集、pp.775-780、1992 年 8 月。
- 2) 例えば、寒川典昭、草刈智一、中屋眞司、浜口俊雄、高木耕平、山崎基弘：気候変動に伴う年降水量の非定常頻度分析～広域関東圏への適用～、自然災害科学、pp.391-401、2015 年 2 月。
- 3) 例えば、寒川典昭、鈴木将史：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ぶ影響、自然災害科学、pp.355-365、2008 年 2 月。
- 4) 杉山一郎：北海道内降水量の非定常性確率降水量の変動特性、北見工業大学博士論文、2007 年 3 月。
- 5) 立川康人、森 信治、キム スンミン、萬 和明：非定常水文頻度解析手法を用いた極値降雨量の変化特性—地球温暖化予測情報への適用—、土木学会論文集 B1 (水文学)、Vol.71、No.4、I\_367-I\_372、2015 年 2 月。
- 6) 武田大輝、寒川典昭、草刈智一、中屋眞司、山崎基弘：渇水対策のための月降水量の非定常頻度分析～北海道地方への適用～、平成 27 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集、CD-ROM、II-027、pp.133-134、2016 年 3 月。
- 7) 小林拓弘、寒川典昭、草刈智一、中屋眞司、山崎基弘：渇水対策のための月降水量の非定常頻度分析～東北地方への適用～、平成 27 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集、CD-ROM、II-028、pp.135-136、2016 年 3 月。
- 8) 気象庁：気象統計情報 過去の気象データ検索 <http://www.data.jam.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 9) 気候変動リスク情報革新プログラム：課題対応型の精密な影響評価、シナリオ A1B モデル MRI-AGCM20