

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 3月31日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22740318

研究課題名（和文） 領域スケールにおける強雨頻度の気候変化の統計的推定

研究課題名（英文） Statistical estimation of regional scale climate changes  
in frequencies of intense precipitation events

研究代表者

若月 泰孝 (WAKAZUKI YASUTAKA)

筑波大学・生命環境系・助教

研究者番号：70455492

研究成果の概要（和文）：本研究では、短時間降水量について、弱雨と強雨の特性を分けて解釈し、指数分布と Weibull 分布を結合した新しい確率分布関数を開発した。その分布関数の3つのパラメータを、客観解析データを説明変数として地域ごとに推定する重回帰型の統計モデルを開発した。統計モデルでは、説明変数の独立性に関する工夫が図られた。異なる気候場での降水頻度の気候変化を推定した結果、比較的良好な推定結果が得られた。ただし、適応性については、まだ検討すべき課題があることがわかった。

研究成果の概要（英文）：In this study, I developed a new probabilistic distribution function for short term precipitation amounts. The function was constructed basing on the difference of characteristic features between the weak and strong precipitations. The weak and strong precipitations were approximated by the exponential and Weibull probabilistic distribution functions, respectively. The function has mainly three parameters. A regression based statistical model was developed using objective analysis data as predictors and the three parameters as predictands. The objective analysis data was modified to be independent by the principal component analysis. A test experiment with the statistical model showed better result in the estimation of climate changes in intense precipitation frequencies. However, some problems in details of the techniques remain.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成22年度	1,400,000	420,000	1,820,000
平成23年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：気象・気候学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：気候変動，領域気候，統計手法，降水

## 1. 研究開始当初の背景

地域スケールの降水の気候変化、特に強雨頻度の気候変化は、防災上重要な予測指標の一つである。たとえば、強雨頻度や極値は、河

川などの設計基準を作る際に利用されている。この基準値が将来変化するということになれば、水災害の減災のために早めの対策を講じる必要がある。一般に将来の降水頻度の予測は、全球気候モデル（GCM）による数

値シミュレーションによって行われる。多くのシミュレーションは、全球規模での水蒸気量の増加に伴い、強雨頻度が増加すると予測している。一方、地域スケールの予測は、雲や降水を陽に計算できる領域気候モデル(RCM)によってシミュレーション計算がなされる。たとえば、「21世紀気候変動予測革新プログラム」では、気象庁非静力学モデルというRCMでシミュレーションすることで、将来の日本域の強雨頻度を予測する研究を行っている。しかし、客観的な地域スケールの強雨頻度予測を行うに際し、根本的な問題点がある。それは、予測の不確実性(ばらつき)の問題である。RCMシミュレーションは、GCMシミュレーションを境界条件として計算される。ここで、GCMシミュレーションには、CO<sub>2</sub>排出シナリオの不確実性、モデルの違いによる不確実性など様々な不確実性がある。RCMシミュレーションは、それらの不確実性を小さくするものではなく、単に詳細化しているに過ぎない。さらに、細かくみれば見るほど、知りたい情報に対する不確実性は相対的に大きくなる。21世紀気候変動予測革新プログラムで実施しているRCMシミュレーションは、一つのシナリオの一つのGCMの計算結果の詳細化を行っているだけであり、不確実性の問題に答えを出すわけではない。一方、それをさまざまなGCMシミュレーションに拡張する場合、膨大な計算量を必要とし、現実的にGCMシミュレーションの不確実性をカバーすることは困難である。一方、シミュレーションの数の限界を、計算の軽い統計的手法(統計的ダウンスケーリング)で補うという考え方がある。統計的ダウンスケーリングは、観測などの詳細情報とGCMの経験的な関係式を作成し、その関係式を多くのGCMシミュレーションに適用するものである。計算処理が軽く、不確実性をカバーするための複数のGCMシミュレーション結果に対しても適用可能になる。しかし、経験的な関係式は、あくまで現在の気候状態で作成されたものであり、将来気候に対する適用性の考慮が不十分であるという問題がある。ゆえに、気候変動に対しては、RCMによるシミュレーションの方がより信頼できる状況といえる。降水量の統計的ダウンスケーリングによる気候変化予測は、Nishimori and Kitoh(2006)などですでに行われているが、詳細構造をもつ強雨頻度推定を十分な精度で行えているかどうかの検証が不確実である。未だRCMシミュレーションを補うに値する統計的ダウンスケーリング手法は、開発されていない。

## 2. 研究の目的

本研究では、強雨頻度とその気候変化量を推

定する統計的な手法を研究・開発する。特に、地域スケールの強雨頻度推定をターゲットとしている。気候変化予測は、粗い解像度の全球気候モデルによっているが、短時間強雨を表現できないという問題がある。一方、地域スケールの気候変動を予測する領域モデルの計算は膨大で、地域ごとの気候変化の不確実性を考慮するには、課題が多い。そこで、領域モデルシミュレーションの不確実性をカバーするための、統計的ダウンスケーリング手法を開発するのが、本研究の目的である。

## 3. 研究の方法

本研究は、まず短時間降水量に関する確率分布関数を開発し、改良を施す。確率分布関数のパラメータを目的変数、客観解析データを説明変数とする重回帰型の統計モデルを開発する。そして、いくつかの降水量の気候変化予測に適用する。特に、過去30年程度のすでに答えのわかっている小さな気候変化に適用し、有効性を検証する。その後、GCM予測実験結果を用いた地域スケールの気候変化予測を行う。

## 4. 研究成果

- (a) 短時間降水量に関する統計的予測のためには、降水量を目的変数、大気モデルによる予測結果を説明変数とする重回帰型の予測方法などがある。このような場合、目的変数は正規分布特性をもつ変数であることが望ましい。しかし、短時間降水量について調べると、それとは大きく異なり、むしろ指数分布型の降水特性をもっていることがわかった。この場合、予測誤差が推定値によって大きくことなるため、的確な予測に結びつきにくいという欠点がある。そこで、短時間降水量がどのような確率分布関数で説明しうるかを調査した上で、新しい確率分布関数を開発した。これをWakazuki分布とする。確率密度分布関数は

$$f(x) = \eta \cdot \lambda \exp(-\lambda r^{g(x)}) \cdot r^{g(x)} \left( g'(x) \ln x + \frac{g(x)}{x} \right)$$

と書かれる。ここで、 $x$ は降水量、 $g(x)$ は、 $g(0)=1$ 、漸近的に $g(\infty)=1-\phi$ ( $0<\phi<1$ )となるような関数である。

パラメータは、 $\eta$ と $\lambda$ 、他にも $g(x)$ に含まれる $\phi$ などがあり、近似的には3つのパラメータで表現できる。この分布関数は、弱雨と強雨が異なる母集団であることを仮定しており、弱雨は指数分布、強雨はWeibull分布で近似できるとしている。Wakazuki分布関数は、観測された短時間降水量を非常に精度良く表現できることが確かめられ、Wakazuki (2011)で発表し

た。その結果、既存の6つの確率分布関数への当てはめ結果が良くなかったのに対し(図1上)、Wakazuki分布は当てはめ精度が格段によいことがわかった。

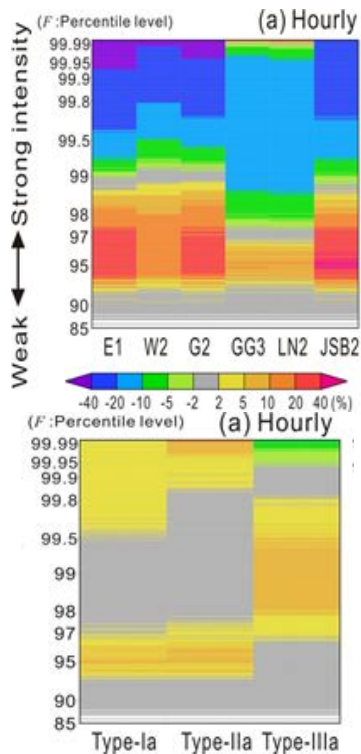


図1: (上図) 既存6種類の確率分布関数に短時間降水量を当てはめた時の再現比。赤色系が過大評価、青色系が過小評価、灰色がよい再現性を示す。(下図) Wakazuki分布(3種類のg)での再現比。

- (b) 次に、短時間降水量を推定する統計モデル開発を行なった。重回帰型統計モデルで、目的変数をWakazuki分布の3つの降水パラメータ、説明変数を気象庁全球客観解析(JRA-25)とした。すなわち、特定の期間の短時間降水量の気候学的特性を直接推定するという方法である。気候値を直接推定するため、サンプルは1年に1個程度となり、サンプル数が少ないという問題点がある。また、推定値には誤差があるため、推定されたパラメータから見積もられる特定の再現期間の降水量の期待値にはバイアスを生じる。そのため、気候Aにおける推定値と気候Bにおける推定値の比を、観測された雨量から見積もられる推定値に掛ける形で、降水量の期待値の気候変化を扱う。すなわち
- $$r(\text{気候B}) = \frac{r(\text{気候Bの推定})}{r(\text{気候Aの推定})} \cdot r(\text{気候A:観測})$$

と表現できる。 $r$ は特定の再現期間での降水量。推定とは、重回帰分析で求めたパラメータによって計算される降水量のこ

とである。

降水パラメータの変化は、循環場の気候変化と大気成層の変化からなる。そこで、(i)特定観測とそのまわりのJRA-25を用いて重回帰分析して作成した統計的關係式と、(ii)JRA-25を観測点に内挿して全国の点をサンプルとして作成した統計的關係式を両方用いた。前者は循環場の気候変化、後者は大気成層の気候変化を反映する。温暖化により、本州の大気場の情報を作成するのに、沖縄付近の経験的情報が反映されるようになる。しかし、ここで大きな2つの問題を生じた。1つ目は、(i)の特定地域の重回帰分析を行う際に、サンプル数が極めてすくなくなるといふ点である。2つ目は、説明変数の独立性の問題である。

- (c) この問題を解決するために、統計モデルを再構築した。(i)の特定観測に対する重回帰分析では、特定地域の複数観測点の値を同一に扱うことである程度解決した。2つ目の説明変数の独立性については、JRA-25の気圧面および地表面データを同時に主成分分析し、固有ベクトルに対する気候データの係数を説明変数とした。この説明変数は概ね独立に近くなる。この修正によって、重回帰モデルの安定性が向上した。図2は、パラメータの気候変化比の再現性を検証した結果である。地域的な変化傾向がよく再現できている。ただし、 $\eta$ の分布が細くなくなったり、 $\lambda$ の変化比の北海道での再現性が悪かったりと、不完全さが未だ残っている。

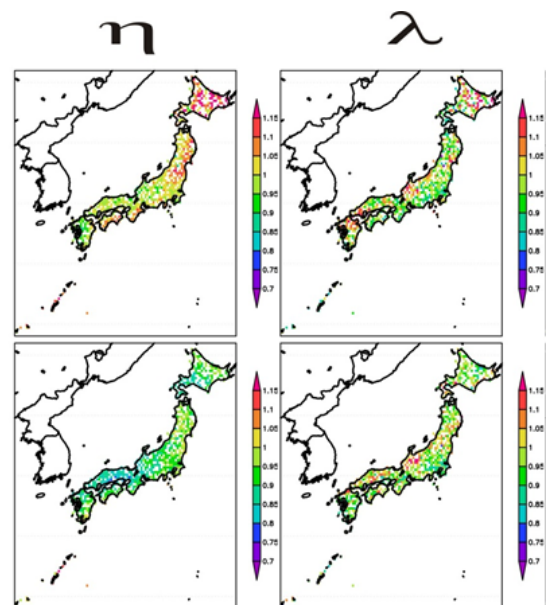


図2: Wakazuki分布のパラメータのうち、 $\eta$ と $\lambda$ の気候変化比(上は答えで、下は推定値)。近過去30年を2つの気候デー

タに分割しその変化の比を推定したものの。

- (d) 気候問題への適応について、当初本課題研究では、GCM を用いて降水量の将来予測を行う予定であった。しかし、統計モデル構築に問題点が生じ、再構築などを余儀なくされたため、実際の気候変化予測まで達することができなかった。しかし、よりよい統計モデル構築には必要不可欠な過程だったと考えられる。気候変化予測への適応は、今後の課題とする。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

Wakazuki, Y., 2011: New distribution functions for hourly and daily precipitation intensities during snowless season in Japan. Journal of the Meteorological Society of Japan, 89, 29-45 (査読あり)

[学会発表] (計 2 件)

- ① 若月泰孝, 2011: 統計的ダウンスケーリングによる強雨頻度推定に関する研究. 第 2 回極端気象現象とその影響評価に関する研究集会, 2011 年 9 月 2 日, 京都大学防災研究所
- ② 若月泰孝, 原政之, 木村富士男, 2010: 領域スケールの強雨頻度の気候変化推定に関する研究. 水文・水資源学会, 2010 年 9 月 8 日, 法政大学市ヶ谷キャンパス

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

若月 泰孝 (WAKAZUKI YASUTAKA)  
筑波大学・生命環境系・助教  
研究者番号: 70455492