

京都大学	博士（工学）	氏名	石原幸司
------	--------	----	------

論文題目	地域頻度解析の有効性評価と地球温暖化に伴う将来変化予測への応用に関する研究
------	---------------------------------------

（論文内容の要旨）

本論文は、極端な降水現象の再現期待値や地理的特徴、地球温暖化影響に伴うそれらの長期的な変化傾向を正しく把握することを目的として、長期間の降水量データ、全国に密に配置された雨量計データを統計的合理的に扱う地域頻度解析の方法論を提示し、その有効性を検証したものであって、5章からなっている。

第1章は序論であり、近年の大雨による災害の実例を挙げるとともに、気象防災や地球温暖化予測に基づく影響評価に資する情報を提供するために、気象庁が半世紀以上にわたって行ってきた水文統計解析に関する研究や、気象観測データに適用した結果についてのレビューを行っている。気象災害を未然に防ぐために、大雨によって災害が起こるおそれのあるときに気象庁が発する注意報や警報、その内容を補完して現象の経過や予想、防災上の注意点を解説するために発表される気象情報、さらには、洪水や土砂災害の防止、市町村長が避難勧告等を発令する際の判断や住民の自主避難の参考となるように発する予警報の実際について述べている。気象庁で行ってきた統計解析の結果やそれを地図化したものが例示され、本研究の動機となる、長期的なトレンドの解析や地域総合化の必要性が示唆されている。

第2章では、本論文で用いられる基礎的な理論について述べた後、100年以上にわたる日降水量データを有する全国51気象官署における年最大日降水量データとその特徴についてとりまとめている。各気象官署でのデータに、極値分布に基づくパラメトリックな手法と、経験分布及びリサンプリング法を用いるノンパラメトリック手法を適用して得られた確率降水量の比較を行うことで、後者の手法の特性を明らかにしている。100年以上もの日降水量データを有する51気象官署における確率日降水量に、パラメトリック、ノンパラメトリックの両方の手法をそれぞれ適用することにより、後者の評価手法の特徴を検討した。リサンプリングを用いたノンパラメトリック手法は「100年以上ものデータが存在するのであれば100年確率値は既に経験している」との前提に立ち、2000年に名古屋で観測されたような極端な日降水量も異常値として棄却することなく扱うことから、過去に出現した極端な降水量（異常度）に応じた手法であることを示した。さらに、今後、地球温暖化の進行に伴ってますます出現する可能性の高い極端な降水現象を含めて評価することのできる柔軟性、現実性の高い手法を提示した。

第3章では、地域頻度解析の有効性を評価する手法を概説した後、気象官署データとは異なるアメダスデータについて説明し、地域頻度解析の概要を述べるとともに、都道府県別（北海道は支庁別）にアメダスデータを用いて地域頻度解析を適用した結果を示している。前章で得られた確率値との比較を行うことなどにより、地域頻度解析の有効性を評価している。気象防災に不可欠で、空間的に密には存在するものの、データ年数が30年程度しかないアメダス地点における確率降水量を評価するために、地域頻度解析を都道府県別(北海道は支庁別)に適用し、全国1000地点以上ものアメダス地点における確率降水量を算出し、その有効性を評価した。その結果、まず、地域頻度解析によって求められた確率値は、地点ごとに極値分布形をあてはめて求められた確率値よりも理論値に近いことが確かめられた。また、同じ地点でもサンプル数が十分に存在する場合における確率値と比較した結果、他の手法によって求められた確率値に比べて地点ごとのばらつきが小さく、比較的安定した値が得られていることが分かった。これらの有効性評価によって、地域頻度解析によってアメダス地点に

京都大学	博士 (工学)	氏名	石 原 幸 司
<p>おける確率降水量を、高い信頼性をもって評価できることが確認され、今後のより適切な気象情報の作成などに活用できるものと期待される。</p> <p>第4章では、気象庁気象研究所によって開発された水平分解能 20km の地域気候モデル MRI-RCM20 及びその再現性や予測結果についての概要をまとめた後、MRI-RCM20 の日降水量の 30 年確率値、100 年確率値の将来変化を評価している。モンテカルロ・シミュレーションに基づき不確実性を考慮した予測結果についてとりまとめ、MRI-RCM20 による地球温暖化予測実験（温室効果ガス排出については SRES A2 シナリオを用いている）の結果に、地域頻度解析手法を適用し、約 100 年後の確率降水量の変化比を評価した。対象としたのは、MRI-RCM20 の降水量の再現性が比較的良かった西日本太平洋側に位置する鹿児島県（奄美諸島を除く）で、県内のアメダス地点に最近隣の気候モデル格子点値のうち、年最大日降水量の再現性が良かった 9 地点である。現在気候、将来気候におけるこれらの地点でデータに地域頻度解析を適用した結果、鹿児島県全体として約 100 年後には、30 年確率日降水量は約 1.3 倍、100 年確率日降水量は約 1.4 倍となることを明らかにした。さらに、地域頻度解析の適用によって求められたクオンタイル関数に基づくモンテカルロ・シミュレーションを行うことで、将来変化比の年々変動（リサンプリング）による不確実性の幅も定量的に評価した。その結果として、約 100 年後に鹿児島県（奄美諸島を除く）平均での 30 年確率日降水量、100 年確率日降水量はそれぞれ 13～47%、14～66%（ともに 5%～95% 範囲）増加することが明らかになった。</p> <p>上記のように、本論文では、アメダスデータや気候モデルを用いた地球温暖化予測実験結果に、地域頻度解析の適用を試み、その精度を定量的に明らかにした。また、モンテカルロ・シミュレーションにより、データの変動に伴う不確実性の評価が可能であることを示した。</p> <p>第5章は結論であり、本研究で得られた成果をとりまとめている。</p>			

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、豪雨・洪水災害をもたらす極端な降雨現象を統計解析する手法を提案し、確率降雨量の推定精度、不確定性、地球温暖化による影響などに関して研究した成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 100年以上もの日降水量データを有する51気象官署における確率日降水量に、極値分布に基づくパラメトリックな手法と、リサンプリングを用いたノンパラメトリック手法をそれぞれ適用することで、後者の評価手法の特徴を検討した。その結果、リサンプリングを用いたノンパラメトリック手法は、過去に出現した極端な降水量(異常度)を反映した合理的な手法であることが明らかになった。
2. 地域頻度解析の有効性を評価する手法を、都道府県別(北海道は支庁別)にアメダスデータに適用し、全国1000地点以上ものアメダス地点における確率降水量を算出し、その有効性を評価した。その結果、地域頻度解析によって求められた確率値は、地点ごとに単独で極値分布をあてはめて求められた確率値よりも理論値に近いことが確かめられた。
3. 観測年数が十分に長く大きな標本が存在する地点において求めた雨量の確率値と、同一地点において地域頻度解析で得られた値とを比較した結果、前者の手法によって求められた確率値に比べて、地点ごとのばらつきが小さく、比較的安定した値が得られることを明らかにした。
4. 地域頻度解析手法を、気象研究所の地域気候モデル(MRI-RCM20)による地球温暖化予測実験結果に適用することで、約100年後の確率降水量の変化比を評価した。その結果、鹿児島県全体として約100年後には、30年確率日降水量は約1.3倍、100年確率日降水量は約1.4倍となることを明らかにした。
5. 地域頻度解析の適用によって求められたクオンタイル関数に基づくモンテカルロ・シミュレーションを行うことで、将来変化比の年々変動(リサンプリング)による不確実性を定量的に評価し、約100年後に、鹿児島県(奄美諸島を除く)平均での30年確率日降水量、100年確率日降水量はそれぞれ13~47%、14~66%増加することが分かった。

本論文は、気象庁の長期にわたる多地点の降雨データを系統的に解析し、各地の降水量の長期解析手法、データが少ない場合の地域解析手法の有効性、温暖化影響を検証したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成24年2月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。