

(続紙 1)

京都大学	博士 (工学)	氏名	田 中 茂 信
論文題目	毎年・非毎年時系列資料を用いた水文極値の頻度解析に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、比較的短い観測年数しかない水文資料の蓄積状況に対して水文頻度解析を行う際に、データの吟味、候補確率分布の列挙、母数推定、適合度評価、最適分布の決定という一連の手順における種々の課題を見だしその解決法について実資料を用いて論じたものであって、7章からなっている。わが国の一級水系の水文資料を対象に毎年値資料のAMS解析と非毎年値資料のPOT解析の比較を行い、どのような水文統計解析手法を選択すべきかについて論じている。各章の概要は以下のとおりである。</p> <p>第1章は本論文の導入部であり、研究の背景や意義について述べている。第2章では、わが国における河川整備と水文頻度解析の歴史について概観した。特に、既往最大洪水対応の河川整備から確率洪水規模を想定した河川整備への転換については、河川計画における大きな変化であるので、その当時の技術的背景等もあわせて整理している。また、その延長にある河川砂防技術基準の制定から改訂経緯も水文統計の記述に焦点をあてて整理した。さらに、水文極値に関する研究についてもレビューするとともに水文頻度解析に用いることができる資料集積の現状と課題を述べている。</p> <p>第3章では、適合度および安定性を考慮した水文頻度解析の一般的手順および水文頻度解析によく用いられる確率分布モデルについて述べた。蓄積されている水文資料の観測期間が比較的短い場合に、確率分布モデルの形状を規定する母数の推定法として推奨される線形積率法の詳細をとりまとめている。従来、詳細な評価がなされてこなかった平方根指数分布および平方根指数型最大値分布についてその特性を詳しく述べた。また、本研究を行うにあたってMathematicを用いて開発した水文極値の統計解析プログラムについて概要を紹介した。</p> <p>第4章では、わが国の一級河川の資料を用いて年最大値系列を用いた水文頻度解析を行い、3時間、6時間、12時間、24時間の流域平均雨量資料に一般極値分布を当てはめた際の形状母数の地域変化をみるとともに線形積率比（線形ひずみ度と線形とがり度）の特性について調べ、形状母数が北から南へ向かうに従い負から正へ変化する傾向にあることがわかった。また、洪水流量資料について適合度評価指標SLSCを用いた適合度について検討し、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旨提案した。また、リサンプリング手法の一つであるジャックナイフ法を用いた安定性評価を行いその有効性を確認した。</p>			

第5章では、非毎年値（POT）資料の解析結果を毎年値（AMS）資料の結果と比較することにより、POT資料ではAMS資料に比べ形状母数が正に偏る傾向にあること、形状母数の地域内平均値は北から南へ向かうにしたがって大きくなり正に偏る傾向があること、どの地域においてもPOT資料の形状母数がAMS資料の形状母数より大きい結果となっていること、線形積率比でみるとPOT資料は指数分布および一般パレート分布があてはまるものが多く、AMS資料はグンベル分布および一般極値分布があてはまるものが多いことを明らかにした。洪水ピーク流量資料について、AMS資料と同じ標本サイズとなるように抽出したPOT資料（非毎年最大値）は満足すべき適合度の基準としてSLSC 0.04をとると適合度を満足しなくなる標本が少なからずあること、適合度評価、リサンプリング手法と併せてAMS資料とPOT資料を併せて評価することにより、確率水文量の信頼性を向上させることができる等、POT資料による頻度解析が有力な手段となり得ることが明らかになった。流域平均雨量を対象にした閾値の選定方法に関する検討では、分布モデルの母数による判断指標が良好な判断を与えること、選定された閾値を用いて抽出したPOT資料にあてはめた分布モデルは非超過確率の大きい範囲のデータに対しても良好に適合すること、AMS資料の下位データが非超過確率の大きい範囲のクォンタイルに影響を及ぼしている場合があることが明らかになった。また、わが国の水文資料を対象にする場合、POT資料による解析はAMS資料による解析に比べ優位であるので、従来のAMS資料を用いた解析に加え、POT資料による解析を行うべきである旨提案した。

第6章では、非毎年値資料を用いた水文頻度解析について毎年値資料（年最大値系列）を用いた解析と比較する方法について述べるとともに、一級河川の3時間、6時間、12時間、24時間の流域平均雨量資料の非毎年値資料による解析と毎年値資料による解析結果を比較する。また、非毎年値資料を抽出する際の課題である閾値の選定方法についての検討を行うとともに適切な閾値を用いて抽出された非毎年値資料の解析結果と毎年値資料を用いた解析結果をGumbel確率紙上で比較し、問題点を抽出する。ここでは、第5章で明らかにされたAMS解析とPOT解析の結果が異なることがある問題に焦点をあてた。一つの時系列資料から得られたAMS資料とPOT資料を用いた解析を比較することにより、3母数の分布をあてはめる場合、AMS解析はPOT解析に比べ大きめの確率水文量を与えるが、2母数の分布をあてはめると逆にAMS解析の方がPOT解析より小さめの確率水文量を与える。このことが起こる原因はAMS資料における下位データの影響であり、これらの下位データを含まないPOT解析に優位性があることが明らかになった。シミュレーションによりデータの蓄積を重ねても形状母数がAMS資料とPOT資料で異なる問題は残ることが分かった。この問題の解決策として、複数年、特に2年を一区切りとした解析が有望であることが分かったが、その場合でもやはりPOT解析の結果をあわせてみる必要があることが明らかになった。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、治水計画の基礎となる計画外力を確率に基づいて設定する際に用いる水文極値の頻度解析手法について、我が国の多数の一級河川の資料を対象に年最大値資料(毎年資料)、閾値以上の独立な事象をすべて取り扱う非毎年資料を用いた解析を行い、両者を比較することにより、望ましい解析手法を論じたものである。その主な成果は次の通りである。

1. 我が国における水文頻度解析の歴史、河川におけるデータ集積状況を整理し、確率分布をあてはめる際の母数推定法に線形積率法が推奨される範囲にあることを示した。
2. 頻度解析に用いる確率分布関数と適合度評価基準について詳細に検討し、洪水ピーク流量の毎年値資料については、満足すべき適合度規準としてSLSCが0.04以下とすべきであることを提案するとともに、安定性評価におけるジャックナイフ法の有用性を確認した。
3. 線形積率比を用いて、全国の3、6、12、24時間の流域平均雨量について調べ、毎年値資料はグンベル分布を中心とする一般極値分布、非毎年値資料は指数分布を中心とする一般パレート分布に近い標本が多いことを示し、これらの水文極値資料が極値理論に従うものであることを示した。
4. 毎年値資料と非毎年値資料の解析により、両者の間で互換性を有すると想定される母数の値が異なり、3母数の分布の場合は非毎年値資料を用いた方が毎年値資料を用いた場合の確率水文量より大きく、2母数の分布の場合は逆に小さく算定されるケースが多いことを明らかにした。これへの対応策として、適切な閾値により抽出される非毎年値資料の解析や複数年を一区切りとする区分最大値の解析が有用であることを示すとともに、毎年値資料だけでなく非毎年値資料での解析が行えるよう資料の蓄積が必要であることを示した。

以上のように、本論文は、水文頻度解析における重要な課題を詳細に検討するとともに、降雨及び河川流量の極値資料に対して用いるべき解析手法を明らかにしたものであって、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21年12月21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。