

氏 名	まる やま たけ お 丸 山 健 夫
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	論 農 博 第 2564 号
学位授与の日付	平 成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Assessment of Variability in Hydrological Events Using Information Entropy (情報エントロピーを用いた水文学的事象における変動性の評価)
論文調査委員	(主 査) 教 授 河 地 利 彦 教 授 三 野 徹 教 授 谷 誠

論 文 内 容 の 要 旨

降水量や流出量などの水文学的諸量の時間的、空間的な変動性を適切に評価することは、水資源とその利用にかかる諸問題を論じる際の基本となる。これまでは、標準偏差、分散、CV (Coefficient of Variation/変動係数)などの古典的な手法によって諸量のもつ変動性が評価されてきた。本研究は、C. E. Shannon が通信の分野で提唱した情報エントロピー理論を基礎として、水文学的事象における変動性を確率統計的に評価する手法を提案し、その有用性を検討したものである。

第1章は緒論であり、水資源工学における降水パターンの把握の重要性を述べ、情報エントロピーによる変動性の評価が、これまでにない新しい手法として注目すべき点があることを指摘し、研究の目的とその意義および全体の構成を示している。

第2章では、情報エントロピーと情報理論の発展の系譜を示すとともに、降水量の変動性に対する確率的な評価方法の歴史について述べている。そして、それらを統合する意味で、水文学分野への情報エントロピーの応用について、従来の関連する研究を総括・整理している。

第3章では、C. E. Shannon により導入された情報エントロピー理論の概念を解説し、これを利用すれば確率密度関数の分布の態様を、数値的に評価することができることを示している。この数値評価の方法を応用し、日降水量を例にとりながら、一定の時系列上の期間(1年)における降雨の時間軸上の配分性が、情報エントロピーによって評価されうること示している。より具体的には、日本の全国1,105地点での日降水量観測値から求めた情報エントロピー値を都道府県ごとに集計することで、年間における日降水量の時間軸上の変動性(平準性)の地域的な差異が、情報エントロピーによって表現されうることを明らかにしている。

第4章では、日本の全国1,107地点の降水量観測地点において評価した日降水量についての情報エントロピー値からその等値線図を作成して、特定のエントロピー等値線が既存の中規模の気象学的気候区分図における区分線とよく一致することを示すとともに、CVの等値線図ではこのような一致が得られないことを明らかにしている。さらに、情報エントロピー値と年間降水量とを組み合わせながら、日本における水資源の潜在的可用性を4つに類型化して地域区分し、これが新たな気象学的気候区分ともなりうることを示している。

第5章では、降雨事象の時間軸上での変動性を評価する手法の月降水量に対する適用を試みている。全国1,038地点における最大25年間の月降水量の時間軸上の変動性を情報エントロピーで評価して、その地域的分布を明らかにするとともに、古典的な分散やCVによる評価と比較しながら、新しい手法の有用性を示している。

第6章では、時間軸上の変動性に対する情報エントロピー評価に加えて、降水量の強度(降水強度)そのものの変動性を情報エントロピーで評価し、これら二つの情報エントロピーによって、降水事象のもつ多重変動性をエントロピーによって評価する手法を提案している。この評価手法を、世界に分布する観測地点11,260地点の最大299年間(平均67.6年)にわたる月降水量に適用し、各地点において求めた2つの情報エントロピー値から得られる分散図を示して世界の月降水量の情報エントロピー的特性を明らかにするとともに、クラスター分析(単純クラスタリング法およびK-meansクラスタリング法)を加えて水資源の潜在的可用性の地理的分布(世界エントロピー・マップ)を示している。

第7章では、2つの異なったランダム事象によって構成される入出力プロセスに対して、Kullback-Leiblerによるクロス・エントロピーを用いて、事前事象から事後事象に至る間の変動性の遷移からプロセスのもつ水文学的特性を評価する手法を提案している。この手法を、滋賀県・野洲川ダムを例にとり、ダム貯水池の流域における降水-流出系、ダム貯水池自体の流入-流出系に適用して、それぞれ流域のもつ流出調整機能（水源涵養機能）、貯水池が発揮する流量調整機能（河水調整機能）とそれらの経時変化が情報エントロピーで数値的に評価しうることを明らかにしている。

終章である第8章では、これら一連の研究の整理・要約を行って、情報エントロピーによる変動性の評価手法が、古典的な手法に比べてより汎用的で有用性の高い手法であると結論している。

論文審査の結果の要旨

水資源の開発・利用計画を策定するには、降水量をはじめとするさまざまな水文量の特性を適切に把握することが重要である。本論文は、降水事象や流出事象などの水文学的事象における変動性に焦点を当て、情報エントロピー理論を用いてそれらに対する新しい評価手法を提案したものであり、評価できる主要な点は以下のとおりである。

- (1) 一定の時間軸上での水文時系列データにおける変動性（水文量の時間的配分性）を情報エントロピーによって評価する手法を創案した。この配分性エントロピーによる変動性の評価手法は、水文事象がどのような生起確率分布形を示しても適用でき、古典的な手法に比して優れて汎用的である。
- (2) 日本全土の多くの地点で観測された日降水量および月降水量の時系列データを基に、それぞれについて年間における配分性エントロピーを算出し、地域ごとの降水のもつ情報エントロピー特性と水資源の潜在的可用性を類別・評価した。そして、配分性エントロピーの等値線図が、既存の気象学的気候区分図との間に高い類似性を有し、エントロピー値によって気候が数値的に区分できることを明らかにした。
- (3) 降水量の配分性エントロピーに加えて、降水強度の変動性に対して定義される強度エントロピーを考慮し、これら二つのエントロピーを相関させることによって、降水事象のもつ多重変動性の評価を試みた。そして、世界の月降水量に関するこの二次元エントロピー空間に対してクラスター分析を加え、水資源の潜在的可用性の地理的分布（世界エントロピー・マップ）を示した。
- (4) ダム貯水池の流域における降水-流出系、ダム貯水池自体の流入-流出系のそれぞれの水文学的过程における異なる二つのランダム事象間の変動性の遷移を評価するため、クロス・エントロピーの概念を援用し、流域のもつ流出調整機能（水源涵養機能）、貯水池が発揮する流量調整機能（河水調整機能）とそれらの経時変化が情報エントロピーで数値的に評価しうることを明らかにした。

以上のように、本論文は、C. E. Shannonの情報エントロピー理論に依拠して、水文諸量のもつ変動性を確率統計的に評価する手法を提案し、わが国および世界における降水事象等への適用を通じて、その有用性を明らかにしたものであり、水文学、水資源工学の発展に寄与するところが大い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成17年2月10日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。