

氏 名	すずき よし はる 鈴 木 善 晴
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3953 号
学位授与の日付	平 成 19 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	Integrated Approach on the Multiscale Structure of Precipitation- Topography Relationship over Mountainous Complex Terrain Based on Weather Radar Observations and Numerical Model Analysis of the Atmosphere (気象レーダー観測及び数値気象モデル解析を統合した山岳域における降雨 —地形関係の複合スケール構造に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 池 淵 周 一 教 授 中 北 英 一 教 授 寶 馨

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、メソ気象モデルによる流域スケールでの降雨の予測精度が飛躍的に向上した現在においてもなお、土砂災害・洪水災害の防止や水資源管理等の観点から土木工学・水資源工学上の重要な課題となっている「山岳域における降雨－地形関係の解明」という問題に対して、気象レーダーによる観測雨量の統計的解析とメソ気象モデルを用いた数値解析の両面から取り組んだ成果をまとめたものであり、7章からなっている。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的について述べるとともに、本論文の構成を示している。

第2章は、降雨レーダー情報を用いて降雨－地形関係に関する基礎的検討を行ったものであり、降雨分布と地形標高との相関関係に関する分析結果について述べている。両者の相関関係は、降雨の積算時間スケールに依存しており、ある時間スケール以上では常に高い相関を示すことを明らかにした上で、これを降雨－地形関係の時間スケール階層構造と呼んでいる。また、階層の境界となる時間スケールは、層状性降雨よりも対流性降雨の方がより短くなる傾向が強いことを示し、その理由として、対流性降雨では降雨継続時間と地形標高との相関が非常に高いことを明らかにしている。

第3章は、降雨－地形関係の定量的評価を試みたものであり、前章と同様、降雨レーダー情報を用いた統計的解析の結果について述べている。はじめに、降雨分布と地形標高との相関関係の分析に層別平均法を適用することで、ECAT (Exponential Correlation of Accumulated precipitation with Topographic elevation) と名付けられた一般性の高い降雨－地形関係の存在を明らかにしている。これは、空間的に密な降雨情報を用いることではじめて明らかとなったもので、このECATの成立条件や変動特性に関する解析を通して、「降雨－地形関係の複合スケール構造」という降雨－地形関係の体系化に必要な新たな概念を提示するとともに、その基本的な構造を明らかにしている。さらに、ECATのパラメータに着目することで降雨分布に対する地形効果の定量的評価を行うとともに、降雨分布の3次元構造の解析を通して、降雨タイプによって異なる地形効果の発現メカニズムについて論じている。

第4章は、降雨－地形関係の変動特性やメカニズムについて数値解析ベースで検討を行ったものであり、メソ気象モデルを用いた数値シミュレーションの結果について論じている。まず、前章でその存在が実証されたECATが、様々な初期・境界条件下の物理モデルにおいても再現され得ることを示すとともに、ECATのパラメータに着目して、その再現精度が十分なものであることを降雨レーダー情報に基づいて検証している。これらの結果は、ECATの成立が、山岳性降雨を生起させる種々の物理過程に基づく普遍的な特性であることを意味しているが、そのパラメータの値や変動特性、成立条件などは対象地域や降雨イベントによって異なることを示している。さらに、このような差異を生み出すメカニズムを明らかにするため、山岳の空間スケールや一般場の風速がECATのパラメータや降雨－地形関係の空間変動に与える影響について論じている。

第5章は、降雨－地形関係の変動特性やメカニズムについてさらに詳細な検討を行ったものであり、単峰性山岳および仮想大気条件を導入したメソ気象モデルによる実験的な数値シミュレーションの結果について論じている。はじめに、単峰性山岳上においては必ずしも ECAT が成立しないことを示す一方で、ECAT とは異なるより一般性の高い降雨－地形関係 GRIM (Gaussian-functional Relationship over an Isolated Mountain) が成立することを明らかにしている。これは、降雨－地形関係がガウス関数型の相関関係にあることを示すもので、特に山岳の風上斜面においてより明確に成立することが確認されている。また、その成立のメカニズムが、積雲の発達速度のガウス関数的な変化に基づいていることを明らかにするとともに、降雨レーダー情報を用いてその検証を行っている。さらに、数多くのシミュレーション結果を解析することで、山頂標高、山岳の水平スケール、一般場の風速、大気的不安定度の4つの地形条件・大気条件に対して GRIM のパラメータがどのような変動傾向を示すかについて論じている。

第6章は、仮想的な単峰性山岳上で成立が確認された GRIM について、より現実的な視点からその変動特性やメカニズムの検討を行ったものであり、降雨レーダー情報と再現数値シミュレーションの結果を合わせて考察している。まず、降雨レーダー情報の解析により、単峰性山岳の風上に相当する一山岳斜面に着目することで、GRIM と同様なガウス関数型の降雨－地形関係が精度よく成立することを明らかにし、さらに、再現数値シミュレーションの結果からは、一山岳程度まで領域を広げた場合でも領域内の雨量が十分であれば成立するケースが多いこと示している。この降雨－地形関係を GCAT (Gaussian-functional Correlation of Accumulated precipitation with Topographic elevation) と呼ぶとともに、そのパラメータの時空間的な変動特性に関する解析を通して、ECAT は GRIM や GCAT の「時間的・空間的な重ね合わせ」によって形成されるという ECAT の成立メカニズムが明らかにされている。

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、メソ気象モデルによる流域スケールでの降雨の予測精度が飛躍的に向上した現在においてもなお、土砂災害・洪水災害の防止や水資源管理等の観点から土木工学・水資源工学上の重要な課題となっている「山岳域における降雨－地形関係の解明」という問題に対して、気象レーダーによる観測雨量の統計的解析とメソ気象モデルを用いた数値解析の両面から取り組んだ結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

ケーススタディを中心とした従来の雨量計ベースの解析では、降雨－地形関係の普遍性や特異性を考慮した包括的な議論を行うことは困難であったが、本論文では、気象レーダーやメソ気象モデルから得られた空間的に密な降雨情報を解析することで、ECAT (Exponential Correlation of Accumulated precipitation with Topographic elevation) や GRIM (Gaussian-functional Relationship over an Isolated Mountain) と名付けられた一般性の高い降雨－地形関係の「発見」に成功しており、このことが研究に大きな進展をもたらしている。

なかでも、ECAT や GRIM をベースとして降雨の標高依存性と時空間スケールとの関係を明らかにすることで、「降雨－地形関係の複合スケール構造」という新たな概念を提示し、その基本的な構造を解明するに至ったことは特筆すべき点である。同構造は、世界各地で観測された降雨－地形関係を体系化する際の基本的枠組みとなりうるものである。

さらには、降雨－地形関係の実験的な数値計算や再現計算を通して、上記の一般性の高い降雨－地形関係が成立する基本的なメカニズムやその時空間的な変動特性を明らかにしたことは、山岳域における降雨－地形関係の体系的な理解を可能にするだけでなく、将来的には、総観スケールの大気情報から流域スケールの降雨分布を推定するための新たなダウンスケーリングモデルの開発への応用も期待される。

以上、本論文は、山岳域における降雨－地形関係とその変動特性に関して数多くの新たな知見を提示しており、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19年2月19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。