

氏名	デオグラティアス マガンガ モハメド ムルング Deogratias Maganga Mohamed Mulungu
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第2251号
学位授与の日付	平成15年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科土木システム工学専攻
学位論文題目	DEVELOPMENT OF A PHYSICALLY BASED MODEL OF HYDROLOGICAL PROCESSES IN FORESTED MOUN- TAINOUS RIVER BASINS (森林山地河川流域における水文過程の物理的モデルの開発)
論文調査委員	(主査) 教授 椎葉充晴 教授 池淵周一 助教授 立川康人

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、森林山地流域における水循環の推定精度を向上させるために、森林による降雨遮断量を推定するための新たな水文素過程モデルを開発するとともに、流域の時間空間的な雨水の流動を追跡することを可能とする物理的基礎を持つ分布型水循環モデルを開発し、実流域に適用した成果をまとめたものであり、7章から構成されている。

第1章(CHAPTER ONE)では、本論文全体の研究の背景と目的、ならびに、本研究で対象とした地域(中国地方匹見川流域)における研究事例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(CHAPTER TWO)では、本研究に関連する研究事例(土壌-植生-大気結合スキームに関する研究、森林域における降雨流出過程に関する研究、水文モデル構成技術に関する研究)を詳細にレビューし、これまでに得られている知見と解決すべき課題を整理している。

第3章(CHAPTER THREE)では、森林キャノピーにおける水収支と蒸発散機構に関する基礎理論を説明するとともに、これまでに開発されてきた降雨遮断モデルをレビューしてその問題点を明らかにしたうえで、降雨遮断量を精度良く推定するための新たな遮断モデルを開発している。これまでに日本の森林域を対象として開発されてきた降雨遮断モデルは、日単位あるいは降雨イベント単位といった比較的長い時間間隔で降雨遮断量を求めるものであり、降雨イベント中に生じる現象のモデル化が不十分であった。これに対して本研究で開発した降雨遮断モデルは、降雨イベント中の森林キャノピーにおける貯留量の変動、および森林キャノピーからの流出機構を組み込むことに成功しており、より短い時間間隔(たとえば時間単位など)で降雨遮断量を詳細に計算することが可能となっている。

第4章(CHAPTER FOUR)では、第3章で開発した降雨遮断モデルを中国地方の匹見川流域に適用し、その有用性を検証している。まず、第3章で開発した降雨遮断モデルによるシミュレーション結果と、他の降雨遮断モデルによるシミュレーション結果、ならびに我が国の森林キャノピーにおける蒸発散量・降雨遮断量の推定値とを比較し、本モデルによる蒸発散量および降雨遮断量のシミュレーション結果が、他のモデルによるシミュレーション結果やこれまでの研究によって得られている推定値とほぼ同等であることを確認し、本モデルが森林域の水循環のモデル化に十分適用可能であることを示している。つぎに、森林キャノピーにおける雨水貯留能力と雨水貯留形態の違いがシミュレーション結果に与える影響について分析している。その結果、雨水貯留能力を12.5%小さくしても、森林キャノピーにおける蒸発散量や雨水流量などにはほとんど影響がないこと、森林キャノピー中で雨水によって湿っている部分の割合をどのように評価するかによって蒸散量のシミュレーション結果が大きく変化することを明らかにしている。

第5章(CHAPTER FIVE)では、森林山地流域での水文素過程モデルを組み合わせることによって、物理的基礎を持つ分布型流域水循環シミュレーションモデルを開発している。このモデルでは、まず数値地形情報を利用して実地形を忠実に反映した流域場のモデルを実現し、その流域場モデルから山腹斜面相互の接続情報を得ている。個々の山腹斜面では、飽和と不飽和地中流・パイプ流・復帰流・地表面流・基底流からなる雨水移動の数理モデルと第3章で構築した降雨遮断モデル

とを用いて、雨水の水平・鉛直移動を物理的に表現することを可能としている。さらに、Muskingum-Cunge法を基礎とした河道流追跡モデルもあわせて開発している。

第6章（CHAPTER SIX）では、第5章で開発した分布型流域水循環シミュレーションモデルを匹見川流域に適用し、モデルの有用性を検証している。モデルの適用に際しては、対象流域の地形データから山腹斜面相互の接続関係を自動的に導出したうえで、オブジェクト指向言語を用いることによって個々の山腹斜面モデルを結合し、山地流域全体の水循環シミュレーションモデルを容易に構成することに成功している。また、本シミュレーションモデルで必要とされるLAI（葉面積指数）の値については、リモートセンシング画像から取得されるNDVI（正規化植生指数）の値を基に算出している。本シミュレーションモデルによる計算結果と観測流量を比較することによって、流域多地点での河川流量を精度よく再現することを確認している。さらに、流域における土壌水分の時間的空間的な変動が表現されていることを確認している。

第7章（CHAPTER SEVEN）は本論文の結論であり、論文全体のまとめと、各章ごとの主要な結果を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、森林山地流域における水循環の推定精度を向上させるために、森林による降雨遮断量を推定するための新たな水文素過程モデルを開発するとともに、流域の時間的空間的な雨水の流動を追跡することを可能とする物理的基礎を持つ分布型水循環モデルを開発し、実流域に適用した成果を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) 降雨遮断量を推定するための新たな遮断モデルを開発している。このモデルでは、森林キャノピーにおける貯留量の変動、およびそこから流出機構を組み込むことに成功しており、水循環を構成する全体システムに容易に導入することが可能となっている。
- 2) 森林山地流域での水文素過程を組み込んだ物理的基礎を持つ流域水循環シミュレーションモデルを開発している。このモデルでは、まず数値地形情報を利用して実地形を忠実に反映した流域場のモデルを実現し、その流域場モデルから山腹斜面相互の接続情報を得ている。個々の山腹斜面では、飽和・不飽和地中流および地表面流からなる雨水移動の物理モデルと前述した降雨遮断モデルとを用いて、雨水の水平・鉛直移動を物理的に表現することを可能としている。
- 3) 斜面相互の接続状況をもとに、オブジェクト指向言語を用いることによって個々の山腹斜面モデルを結合し、山地流域全体の水循環シミュレーションモデルを容易に構成することに成功している。
- 4) 本研究で開発したモデルを実流域に適用することによって、流域多地点での河川流量を精度よく再現することを確認するとともに、流域の土壌水分の時間的空間的な変動を推定することを可能としている。

以上、本論文は、森林山地流域における水文素過程を物理的に表現し、その素過程を組み込んだ分布型の流域水循環シミュレーションモデルを開発して、水文量の時間的空間的分布を精度良く再現・推定できるようにしたものであり、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15年2月19日、論文内容とそれに関連する事項について試問を行った結果、合格と認めた。