



Application of GeoWEPP Model to Assess Water and Sediment Discharge in Multi-scale Forested Mountain Watersheds : Agatsuma River Basin, Japan

著者	Kharistya Amaru
発行年	2018
その他のタイトル	異なる流域面積を有する山地森林流域における水・土砂流出評価へのGeoWEPPモデルの適用：吾妻川流域の事例
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2017
報告番号	12102甲第8581号
URL	http://hdl.handle.net/2241/00152703

氏名	Kharistya Amaru		
学位の種類	博 士 (生物資源工学)		
学位記番号	博 甲 第 8 5 8 1 号		
学位授与年月日	平成 3 0 年 3 月 2 3 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Application of GeoWEPP Model to Assess Water and Sediment Discharge in Multi-scale Forested Mountain Watersheds: Agatsuma River Basin, Japan (異なる流域面積を有する山地森林流域における水・土砂流出評価への GeoWEPPモデルの適用: 吾妻川流域の事例)		
主査	筑波大学教授	工学博士	宮本 邦明
副査	筑波大学准教授	博士 (農学)	奈佐原 顕郎
副査	筑波大学助教	博士 (農学)	山川 陽祐
副査	東京大学准教授	博士 (農学)	堀田 紀文

論 文 の 要 旨

審査対象論文は、多様な土地被覆条件を有する山地流域における土砂流出において支配的な素過程を、農地における表面侵食を主な対象に適用されている GeoWEPP (Geospatial application of Water Erosion Prediction Project) モデルを用いて明らかにしようとしたものである。

著者は、第一章において、土壌侵食モデル研究の意義と現状を概説した上で、詳細な現地観測データとの比較によるモデル検証の必要性の指摘と研究の目的の提示を行っている。

第二章では、土壌侵食モデルのレビューを行い、経験モデルと概念モデル、物理モデルの位置づけを整理した。多くの侵食モデルでは面的に広い領域で生じる表面侵食が考慮され、USLE (Universal Soil Loss Equation) やその派生モデルでは、侵食過程自体はブラックボックスとするものの、主に農地での膨大な観測データから決定されるモデルパラメーターによって良好な再現性が得られていることを指摘している。一方で、表面流やそれに伴う表面侵食の発生が稀な森林斜面や、斜面崩壊などによる局所的な土砂供給が卓越する山地流域ではパラメーターチューニングが不要な物理モデルが優位であるとし、本研究で用いるGeoWEPPモデルの概略が説明された。

第三章では、本研究の対象地であり、100の支流で700セット以上の流量、SS流出量のイベントデータが取得されている、群馬県吾妻川上流域の概要が示されている。そのうち流量データを用いて、Priestly-Taylor式とタンクモデルから成る降雨一流出モデルのパラメーターを決定し、流量の連続データを取得する方法を提案している。また、土地被覆条件によって分類されたSS観測データからSS Rating Curveを求め、土砂流出量に関する連続データを求める方法を提案している。100支流のうち、多様な条件を有する20の支流を選定し、観測結果に基づきこれらの手法から流量、SS流出量の連続データ (以下、観測結果) を得ている。これらは、次章で記述される、GeoWEPPモデルによる計算結果との比較に用いられている。

第四章ではGeoWEPPモデルの20支流への適用結果が示されている。第三章で得られた観測結果との比較から、GeoWEPPモデルは基底流出を過小評価する傾向にあるものの、土砂流出に寄与する洪水流出量の再現性は高く、年間の水収支も観測結果とほぼ一致することが示されている。また、感度分析を行い、森林流域では、地下水の側方流を規定するrestrictive layerを導入して、森林土壌の高い浸透能と斜面下部での復帰流を再現する

ことが、流出量の推定に不可欠であることを明らかにしている。土砂流出量に関しては、計算期間の初年度でGeoWEPPモデルは過大評価となるが、後続の期間では両者は良好に対応した。GeoWEPPモデルでは計算初期に流域全体で河川次数ごとに単一の侵食可能深のみしか与えることが出来ない。しかしながら、その後が生じる流域内部での堆積土砂の再分配が、初年度のみでの推定誤差の要因であることが示された。また、感度分析の結果から、河道部での侵食可能深の設定が土砂流出量の再現性を左右することを明らかにしている。すなわち、河道からの土砂供給が無視できない流域では、計算初期に流域内での堆積土砂の再配分に要するspin-upの期間を設定する必要があることを明らかにしている。

第五章では、流域面積によるGeoWEPPモデルの再現性が検証され、面積に関わらず良好な結果が得られることが示されている。GeoWEPPモデルにおいて、河川次数ごとに与えられる河床のパラメーター（侵食可能深、限界掃流力）が、面積効果を表現するうえで有効であることが明らかにされた。また、これらの結果から、対象地を含む多くの日本の山地流域のように、過去に崩壊などの土砂生産イベントを経験している流域では、河道の土砂貯留量の変化を通して、長期的な土砂流出量の増加を生じさせることを指摘している。

第六章には、以上の章を総括したうえで、山地流域に土壌侵食モデルを適用する際、斜面水文過程と河道部での貯留土砂量の動態の把握が重要であること、また、今後の土壌侵食モデル研究が取るべき方向性に関する提言と合わせて、本研究の結論としている。

審 査 の 要 旨

土壌侵食は、特に農地における土壌流亡、またその結果としての河川氾濫、土砂災害など、世界中で多くの問題を引き起こしており、農地における土壌侵食の定量的な評価や将来予測手法について数多くの研究がなされ、各種PBM（Process-Based Model）の開発が進み多くの適用事例が報告されている。しかしながら、山地流域への適用例は極めて少ない。

審査対象論文は、PBMの一つであり素過程の表現が物理モデルに基づくGeoWEPPモデルの山地流域への適用を試みたもので、土壌侵食（PBM）モデルを山地流域に適用するためには、斜面部における水文過程の再現性を担保したうえで、河道部における土砂の貯留量と、それが流域内に分配されるまでの計算期間を適切に考慮する必要があることを明らかにしている。感度分析の結果から山地流域の水・土砂動態において支配的なプロセスを明確に抽出し、流域のスケール効果の検討から、河道貯留量の寄与に関する検証も行なわれている。また、従来、農地のように面的な表面侵食が卓越するNon-point Sourceと呼ばれる侵食の評価が中心であったのに対し、斜面崩壊など局所的なPoint Sourceと呼ばれる侵食が卓越する場合でも、計算領域を拡大し河道調節量を考慮することで土砂流出を評価・予測することができることを示している。これらの成果は、学術的な独創性、新規性に富むものであり、実務的にも、今後の山地流域への土壌侵食PBMモデルのさらなる開発、適用促進に寄与するものと考えられる。以上から、本論文は高い学術的価値を有し、博士論文としてふさわしい内容と判断される。

平成30年1月19日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（生物資源工学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。