

氏名(本籍)	はったんじ 八反地	つよし 剛(愛媛県)
学位の種類	博士(理学)	
学位記番号	博甲第3394号	
学位授与年月日	平成16年3月25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	地球科学研究科	
学位論文題目	Threshold Conditions for Channel Initiation in a Humid Forested Mountain : an Approach from Hydro-geomorphic Observations (湿潤森林山地における河道発生条件：水文地形観測からのアプローチ)	
主査	筑波大学教授	理学博士 松倉公憲
副査	筑波大学教授	理学博士 松本栄次
副査	筑波大学教授	理学博士 松岡憲知
副査	筑波大学助教授	理学博士 恩田裕一

論文の内容の要旨

Channel head の位置を決定する地形条件および降雨条件を定量的に分析することは、山地の地形変化を理解するために重要である。湿潤森林山地における河道発生条件を理解するために、観測とモデルの間のギャップを埋めることが必要である。本研究の目的は、channel head における水文地形プロセスの観測データに基づいて、掃流土砂移動による河道発生条件を分析することである。

調査地域は東日本の足尾山地（栃木県粟野町）に位置する山地である。この山地は三畳紀の層状チャートを基盤岩としており、谷により開析された地形を呈している。年平均気温は 12.5℃、年降水量は 1,476mm である。調査地域内の 24 個の channel head における集水面積と局所河床勾配の関係は、負の相関関係を示している。

3 次流域である CL 流域と、CL 流域に含まれる 2 つの 1 次流域 (C1 と C3 流域) において、流量観測を行った。CL 流域では、湧水 12 地点と溪流 7 地点において流量を手動で測定した。流量測定は、基底流出条件で 7 回、洪水流出条件で 2 回行った。C1 流域の channel head 直下 (C1L)、C3 流域の channel head 直下 (C3U) と、3 次流域との合流点 (C3L) の 3 地点に、流量自動観測用のパーシャルフリュームと水位センサーを設置した。C3 流域内の一斜面には、テンシオメーターを設置し、地中水の圧力水頭の観測を行った。流量自動観測と地中水の観測は、2000 年から 2002 年の 6 月から 10 月の夏の降雨期に行われた。2000 年 6 月以降 3 つの流量観測点 (C1, C3L and C3U) では、流量観測と同時に土砂トラップを利用した掃流土砂流出の観測を行った。

洪水流出条件における CL 流域内 12 地点の湧水流量と流域面積は、有意な正の相関関係 ($p < 0.001$, $R^2 = 0.79$) を示した。一方、C3 流域の斜面における地中水の圧力水頭観測の結果は、降雨ピークから降雨停止数時間までの間、土層と基盤岩の境界上を地中水流が流れていることを示した。地中水流量は流域面積に比例して増加すると考えられる。したがって、洪水流出条件において湧水は地中水流の影響を受け、湧水流量は流域面積の増加に比例して増加すると考えられる。

Channel head での掃流土砂移動に影響を与える降雨イベントのピーク流量 Q_p が、降雨強度、流域面積に線型に比例する場合、降雨流出関係式の一般形は、 $Q_p = k_p I_R A$ (k_p は係数、 I_R は有効降雨強度) と表現される。

調査地域で有効な降雨流出関係式を得るため、Channel head 直下の2つの観測点 (C1L and C3U) における降雨流出イベントのピーク比流量 (Q_p/A) と最大降雨強度の相関関係を分析した。この相関分析における最大降雨強度の時間幅を、10分から48時間まで変化させた。その結果、最大4時間雨量 R_4 を利用したとき、最大降雨強度に対するピーク比流量の線型回帰式の決定係数が0.85と最大となった。したがって、降雨流出関係式として $Q_p/A = 68.66 \times 10^{-6} (R_4 - 0.014)$ (Q_p/A の単位は ms^{-1} , R_4 の単位は m) が得られる。

Channel head 直下の観測点 (C1L and C3U) の各測定期間のピーク流量に対する掃流土砂流出量のプロットは、それぞれの観測点でピーク流量がある閾値 (以下、限界流量 Q_{cr}) を越えたとき掃流土砂流出が急増することを示した。C1L 地点の限界流量は $0.035\text{m}^3\text{s}^{-1}$, C3U 地点では $0.007\text{m}^3\text{s}^{-1}$ となった。2つの観測点の限界流量は、河床勾配のべき乗の関数、すなわち $Q_{cr} = 0.0036S_c^{2.37}$ という関数を満たしている。

降雨イベントによって生じたピーク流量 Q_p が、掃流土砂移動を引き起こす限界条件は、 $Q_p = Q_{cr}$ である。 $Q_p = Q_{cr}$ と降雨流出条件式と掃流土砂移動条件を組みあわせると、掃流土砂移動の限界条件 $AS_c^{2.37} = 52.4/(R_4 - 0.014)$ (単位は m^2) が得られた。24個のChannel headの集水面積と河床勾配の測定値は、最大4時間雨量 $R_4 = 100\text{mm}$ (再現期間: 約3年) における掃流土砂移動の限界条件に最も適合した。また、ほとんどのchannel headの位置は、再現期間30年未満の降雨流出イベントによる掃流土砂移動の限界条件に対応していることが明らかとなった。

審査の結果の要旨

河道発生モデルとしては、従来、表層崩壊をベースにしたモデルが主流を占めていたが、本研究はそれらとは全く異なる掃流土砂流出をベースにした河道発生モデルを構築したものである。従来のモデルが実測値の裏付けの薄い演繹的なものであったのに対し、本研究のモデルは野外の水文観測と掃流土砂流出の実測データに基づいた帰納的 (経験的) モデルであることに最大の特色がある。この研究は、水文地形学の分野に新たな知見を加えたものとして高く評価できる。

よって、著者は博士 (理学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。