

II-288

山地斜面における河道網形成に関する研究

早稲田大学理工学部 正会員 関根 正人

早稲田大学理工学部 小西 淳

早稲田大学理工学部 正会員 佐々木六造

1. はじめに

本研究では、山地斜面に見られる河道網の形成過程を理解することを目的として、支配方程式に基づく数値モデルを構築し、数値実験を行った。ここでは、縦断方向にのみ傾斜している水平斜面上のある区間に雨が降り続く場合を想定し、斜面上に生じる Sheet Flow を状の流れを解析し、これに伴う土砂の移動量の空間的な不均衡から河道網が形成されていく過程を検討した。なお、解析の簡単化のため、非粘性の均一粒径の土砂から成る斜面について考えるとともに、斜面下の浸透流については考慮に入れていない。また、雨粒の斜面への衝突の結果として、土砂粒子が移動することも考えられるが、その影響は考慮しない。

2. 計算の概要

ここでは Sheet Flow 状の流れを想定しているため、流れの支配方程式としては浅水流方程式を用いる。すなわち、式(1)および(2)である。斜面の侵食・堆積に関しては、土砂の連続式に基づき解析し、ここでは掃流砂としての土砂移動を考える。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = r_e \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{u r_e}{h} = -gh \frac{\partial z}{\partial x} - gh \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{v r_e}{h} = -gh \frac{\partial z}{\partial y} - gh \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho}$$

計算は、水深、流量、河床高、流砂量に対して格子点で値をとることにし、支配方程式を差分法で解いている。河床の初期条件としては、x軸方向(上流端を原点とする)に一定勾配 α で傾斜した斜面に微小な擾乱を与えるものとする。また、上流端では、水および土砂の移動がないものとし、斜面の横断方向には同様の斜面が無限に続いているものとして、境界では周期境界条件を用い、解析を行った。

以下に示す計算例に対する諸条件は次の通りである。すなわち、傾斜角 $\alpha = 6 \pm 2^\circ$ x方向の格子点間距離 $dx = 5m$ y方向の格子点間距離 $dy = 2.5m$ x方向の格子点の個数50個 y方向の格子点の個数20個 降雨強度 $re = 10mm/hour$ 降雨範囲 $0 < x < 400m$ 土砂の粒径 $D = 1mm$ 、である。

3. 河道網の形成過程

図1に初期、6時間後、12時間後の斜面高の contour 図を示す。初期状態では、斜面の凹凸はランダムで組織性が見られないのに対し、12時間後には、斜面に組織立った水みちが形成され始めている様子が見える。そこで、一例として、12時間後の $x = 105m$ の断面での諸量(水深・斜面形状・水の流量・底面せん断力および流砂量)の分布を示すと図2のようになる。これより、斜面の洗掘部では流水が集中し、底面せん断力が増大すること、および流砂量が増大することなどから水みちが形成・固定化されていくことがわかる。また、図3には斜面領域の下流端における土砂輸送量の時間変化を示した。これより、ほぼ12時間後に一定値に達し、その後はゆっくりと現象が進んで行くものと考えられる。最後に、初期に与えた斜面状の擾乱が最終的に形成される水みちに及ぼす影響は軽微であり、従って、結果が初期条件に依存することはないことを確かめている。

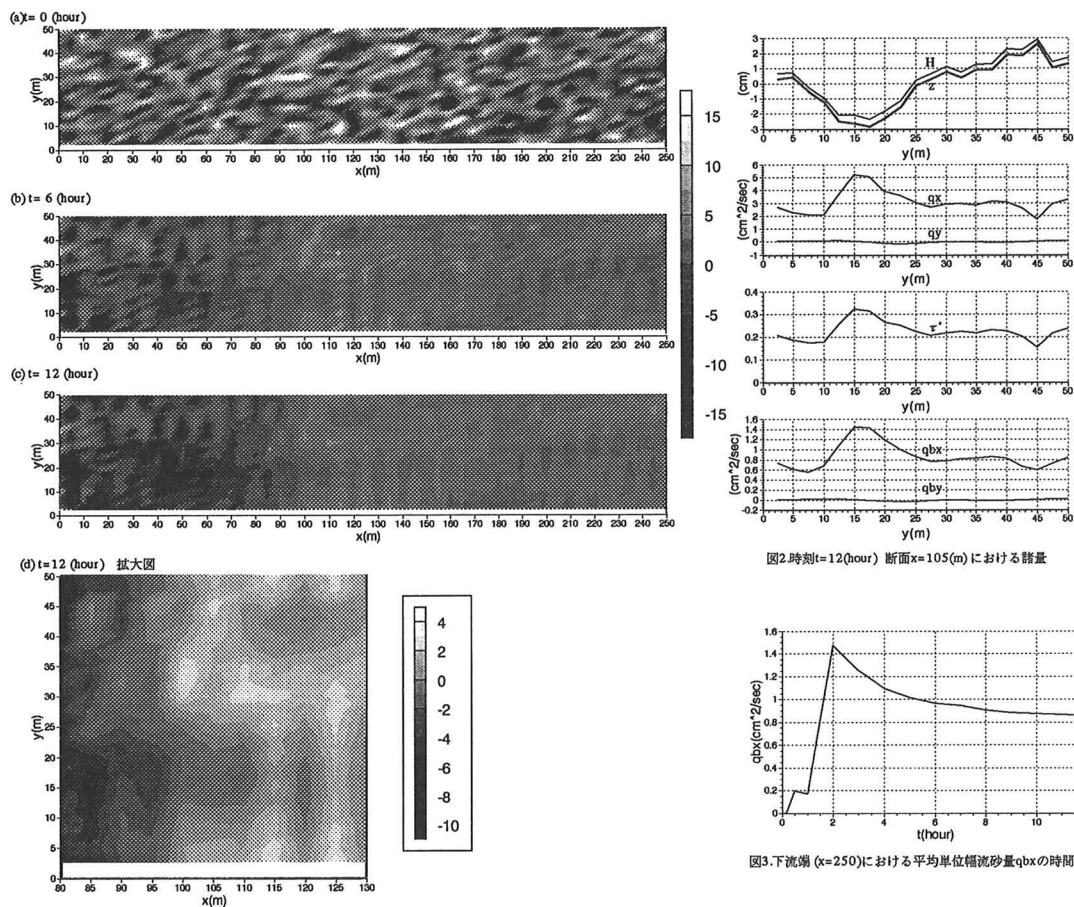


図1.時刻 $t=0, 6, 12$ (hour)における河床高 z のcontour

図2.時刻 $t=12$ (hour) 断面 $x=105$ (m)における諸量

図3.下流端 ($x=250$)における平均単位幅流量 q_{bx} の時間変化

4. おわりに

本論では、斜面上に水みちが形成される過程を理解する第一歩として、単純ではあるが本質はとらえたモデルを構築し、数値実験を試みた。今後は、以下の問題点を解決し、さらに検討を進める予定である。すなわち、(1) 斜面下への浸透流を考慮すること、(2) Sheet Flow における抵抗則と底面せん断力の合理的な評価法について検討すること、(3) 計算を高速化し、さらに長い時間にわたって形成過程を検討すること、などである。

参考文献

- (1) 澤井 健二：粘着性流路床の変動機構に関する土砂水理学的研究, 京都大学学位論文, 1977. 11.
- (2) Giorgio Roth & Franco Siccaldi : Hydrodynamic Description of the Erosional Development of Drainage Patterns., Water Resources Reserch, Vol.25, Feb. 1989.