

インドネシア・ブランタス川上流域における分布型土砂流出モデルの構築

京都大学大学院 学生員 ○ 佐山敬洋 京都大学防災研究所 正員 寶 馨
 京都大学防災研究所 正員 立川康人 京都大学防災研究所 中山大地

1 はじめに インドネシア・ジャワ島の東部に位置するレスティ川(流域面積 625km²)はブランタス川上流域の一大支川である。流域最上流部にあるスメル火山(3676m)の影響で火山性の土壌で覆われている。大量の土砂が豪雨とともに流出し、レスティ川下流にあるサングルーダムに堆積している。本研究は土砂流出の定量的予測を最終目標に、洪水流出とともに土砂動態を流域規模で検討できる分布型土砂流出モデル[1]を改良し、レスティ川流域に適用する。Unit Stream Power 理論(USP 理論)[2]より算出する輸送可能土砂量をモデルに組み込むことで、より現実的な土砂流出過程を再現できるようになった。

2 輸送可能土砂量を考慮した土砂流出解析

2.1 GIS・RSの応用 分布型モデルは空間分布情報を取り扱うため、GISやRS(Remote Sensing)の応用が有効である。GISを利用して地形図上の等高線をデジタイズしDEMを作成する。DEMより落水方向を決定し、勾配を計算する。また、ADEOS/AVNIRの衛星画像を教師付き分類(最尤法)で土地被覆分類し、それに応じて単位流出域(セル)ごとの等価粗度、流出係数を決定した。

2.2 斜面部土砂流出モデル 火山性の土壌では表面流が発生しやすく、土砂の流出は表面流に起因する。本研究では表面流のもつ輸送可能土砂量 TC に着目し、それに基づく土砂生産過程と土砂堆積過程をモデル化する。中間流を考慮したセル分布型のKinematic Waveモデルにより降雨流出解析を行い、各時間ステップごとに、それぞれのセルを流れる表面流の流量と流速を計算する。輸送可能土砂量はUSP理論より土砂濃度 C_t を算出し、その濃度に表面流の流量 Q をかけ合わせたものとする。各セルにおいて上流からの土砂供給量 Q_{sin} が TC を下回るときには $TC - Q_{sin}$ だけ土砂が生産され、 Q_{sin} が TC を上回るときには $Q_{sin} - TC$ だけ土砂が堆積する。

2.2.1 USP 理論 USPは平均流速 V と勾配 S の積 VS によって定義され、輸送可能土砂量はUSPに依存する。土砂濃度の上限値 C_t は式(1)のように決定される。

$$\log C_t = I + J \left(\frac{VS}{\omega} - \frac{V_{cr}S}{\omega} \right) \quad (1)$$

ここで、 I, J は実験によって決定される無次元数であり、 $V_{cr}S$ は限界USPである。sheet erosionに対してMoore and Burchが提案する値、 $I=5.0105$ 、 $J=1.363$ を用いる。また、 $V_{cr}S$ は0.002m/secとする[2]。 ω は土砂の沈降速度(0.050m/sec)である。

2.3 河道部土砂流出モデル 河道部に到達した土砂は一度河床に堆積するとみなし、掃流砂と浮遊砂に分けて土砂流出計算を行う。前者は芦田・道上の式で、後者はLane Kalinskiの提示した濃度分布と平均流速により計算する。

3 レスティ川流域への適用

3.1 一雨季における土砂流出解析 1995年11月から1996年4月までの時間降雨量を入力して土砂流出解析を行った。図2に解析結果を示す。上から、降雨ハイトグラフ、流出ハイドログラフ、下流端での土砂流出量の積算値、流域内で生産・堆積した土砂の積算値を示している。解析結果によると土砂生産量が約40万m³、堆積量が約15万m³となる。下流端からの土砂流出量は約100万m³となっており、ダムへの年間堆砂量とオーダー的にも一致するものである。斜面セルの土砂生産量より下流端からの土砂流出量の方が大きいのは河道セルからの土砂流出による。

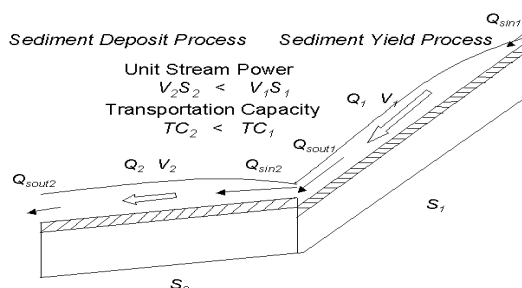


図1 斜面部土砂流出モデル

キーワード：ブランタス川 分布型土砂流出モデル Unit Stream Power GIS・RS
 連絡先：〒611-0011 宇治市五ヶ庄 TEL 0774(38)4127 FAX 0774(38)4130

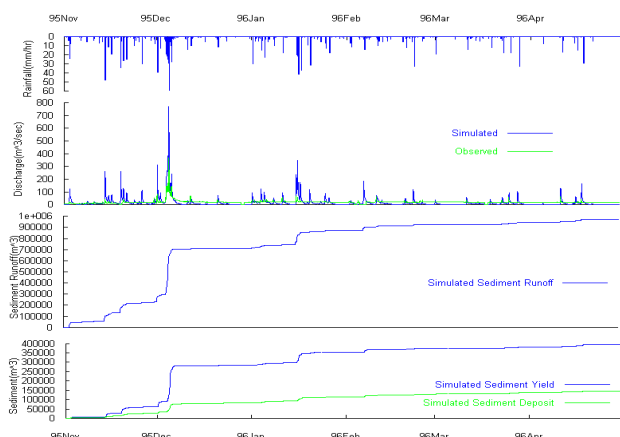


図 2 一雨季における土砂流出解析結果 (1995 年 11 月～1996 年 4 月)

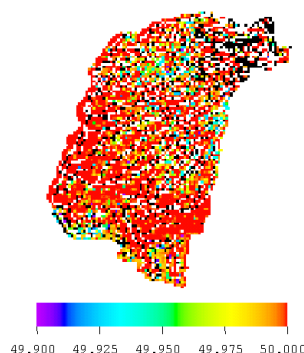


図 3 一雨季終了後の土砂堆積厚推定結果

初期土砂堆積厚を流域全面にわたって一様に 50cm とし、6ヶ月後の土砂堆積厚を計算した結果を図 3 に示す。森林など等価粗度が大きくて表面流速が遅くなる場所や、勾配が小さい場所では USP が小さくなり、土砂生産量が少なくなる。また、河道付近では流量が大きくなるため生産土砂量は多くなる。これらの結果は定性的に正しいと言える。また、急勾配から緩勾配に変化する斜面では輸送可能土砂量が減少するため土砂が堆積する。

3.2 モデル降雨による短期土砂流出解析 三種類のモデル降雨を入力して短期間の土砂流出解析を行う。いずれも、降雨継続時間は 24 時間とする。積算の降雨量は、この流域における最大級の豪雨である時間雨量 65mm/h が 2 時間降り続いた場合と等しい 130mm とした。rain1 はピーク時の降雨が最も大きい。rain2 はピーク時の降雨は rain1 よりも 7mm/h 小さく、ピーク時以前の降雨高も小さい。rain3 はハイエトグラフが三角形分布をしており、ピーク時の時間降雨は 11mm/h である。

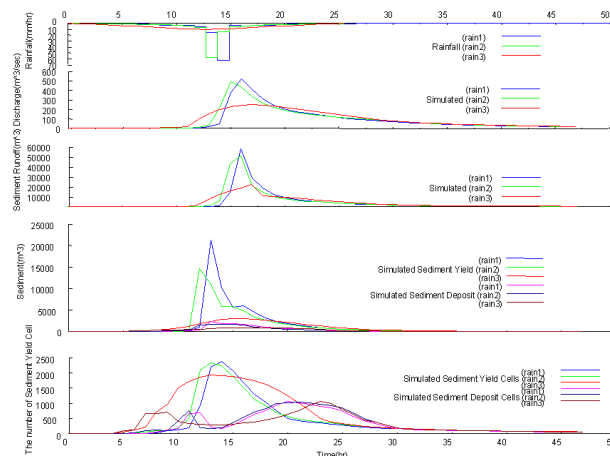


図 4 モデル降雨による短期土砂流出解析結果

図 4 に解析結果を示す。rain1 と rain2 を比べると下流端での流量、土砂流出量は大きな差は見られないが、土砂生産量の差はそれに比べて大きい。一方、rain3 では土砂生産量がピーク時でも $5000\text{m}^3/\text{h}$ と rain1、rain2 に比べると小さい。しかし、土砂生産に寄与したセルの数は rain3 が最も多い。これは、rain3 では表面流が発生している場合でもその流速が小さいことを示している。また、降雨量が少ないときには土砂堆積のセルが多く、降雨量が多くなるにつれて、土砂堆積セル数が減少し、土砂生産セル数が増加する傾向が現れている。土砂堆積に寄与していたセルが土砂流出に転じているためである。

4 まとめ 流域規模で土砂動態を把握できる分布型土砂流出モデルの構築を行い、プランタス川上流域に適用した。これまで用いてきた土砂生産の primitive モデル [1] では、土砂生産過程が単純化されすぎていて、解析期間中に 1 億 m^3 もの大量の土砂が生産された。本研究は、これに USP 理論を導入することにより、物理的かつ過去の実験の成果を反映した土砂流出解析モデルへと進展させることができたと考えられる。

参考文献

- [1] 寶馨, 上坂龍平, 野ツ俣克彦: プランタス川流域の土地被覆分類と土砂流出解析, 京都大学防災研究所年報, 第 42 号 B-2, 1999, pp.291-310.
- [2] Yang, C.T.: *SEDIMENT TRANSPORT-Theory and Practice*, The McGraw-Hill Companies, Inc., 1996