

人工衛星観測雨量データを用いたミャンマーAyeyarwady 川上流域における土砂動態解析

理化学研究所計算科学研究センター ○山野井一輝
京都大学工学研究科 Myo Thandar 京都大学防災研究所 藤田正治

1. はじめに

Ayeyarwady 川（流域面積：413,710km²）はミャンマーを流れる最大の河川であり、現在も上流部まで重要な河川航路として活用されている。このような河川では、船舶が十分通行できる水深を確保することが非常に重要であるが、その妨げになるような活発な河床変動が問題視されている¹⁾。また、流域では違法な森林の伐採が行われており、森林面積が急激に減少しているようである。さらに、ダムの建設計画も複数存在しているため、流域内の土砂動態を把握し、将来的に各事象が河床変動にどのような影響を及ぼすか把握しておくことは非常に重要と考えられる。しかしながら、降雨や流量に関する観測データは日本と比して非常に不足していることや、治安面の問題から流域全域での現地調査も難しいため、直接観測データのみ依存した評価は簡単でない。そこで本研究では人口衛星観測雨量データである GSMaP²⁾と下流端付近にある Sagain 地点の流量・流砂量データを利用した土砂動態解析を行い、ミャンマー Ayeyarwady 川上流部における土砂動態解析を試みた。

2. 対象領域と利用データ、解析手法

対象流域は Ayeyarwady 川の上流側の領域とした。対象流域にて抽出した単位河道・単位斜面を図-1 に示す。抽出には、SRTM-3 データを利用した。

なお、本対象流域のような広い流域において土砂動態解析を行う場合、河道毎にばらつきがある河床材料粒度分布を、実測データに基づいて与えるのは非常に困難である。そこで、本研究では全河道の粒度分布が等しい分散 σ^2 を持つ対数正規分布に従うと仮定し、平均粒径の推定値 d から河床材料の粒度分布を作成して与えるものとした。分散 σ^2 の算定には、図-2 に示す Sagain 地点で採取された河床粒度分布 4 サンプルから算出した値の算術平均値を用いた。平均粒径 d は、江頭ら¹⁾を参考に、平衡状態を仮定した下記の関係式から与えた。

$$(d/d_0)^{9/7} = (i/i_0)(A/A_0)^{3/7} \quad (1)$$

ここに d , i , A , はそれぞれ各河道の平均粒径、勾配、および集水面積であり、 d_0 , i_0 , A_0 は、それぞれの代表地点における値である。本研究では観測・測量データの存在する Sagain 地点を代表地点として扱うものとし、 $i = \max(i_e, i_0)$ とした。ここに、 i_e は SRTM より抽出された河道の勾配である。

計算モデルは筆者らがこれまで開発してきた土砂生産考慮型の土砂動態モデル⁴⁾とするが、土砂生産量は下流端における流砂量の観測結果から、流域全体の平均的な比土砂生産量 γ (単位面積・単位時間あたりの土砂生産量) を算出し、1 日毎に一定量を河道に供給するものとした。ここでは、このようにして算定した γ を用いる Case 1 と、森林破壊の影

響で土砂生産量が倍増したと仮定し γ を 2 倍にした Case 2 の 2 ケースの解析を実施した。生産土砂の粒度分布は Sagain 地点の河床の値とした。計算期間は 2003 年から 2012 年の 10 年間とし、計算のパラメータは表-1 のように設定した。降雨流出に関わるパラメータは Sagain 地点の流量データを参考に設定している。なお、過度な侵食を防ぐため、上流からの流入のない 1 次河道では、最低河床高を設け、初期値よりも河床低下が起きないようにしている。

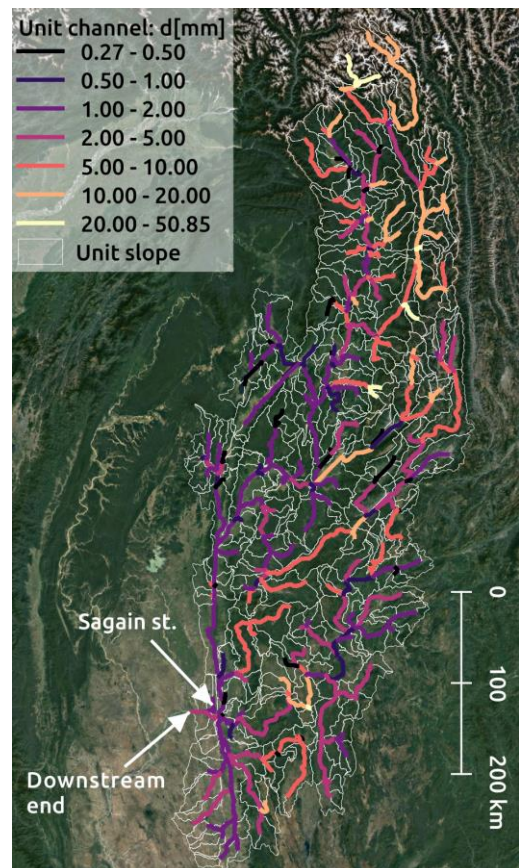


図-1 Ayeyarwady 川流域の単位河道・単位斜面および与えた平均粒径 [背景：google map]

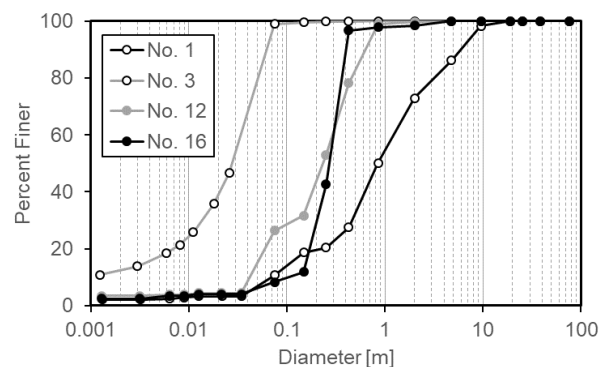


図-2 標準偏差の算出に用いたサンプルの粒度分布

表-1 計算に用いたパラメータ

σ	1.398
d_0 [m]	0.0020
i_0	0.00019
γ [m ³ /km ² /day]	Case 1: 0.431 Case2: 0.862
k (土層透水係数)[m/s]	0.0020
D (土層厚)[m]	0.80
n_s (斜面のマニング粗度係数)[m ^{-1/3} s]	1.0
n_c (河道のマニング粗度係数) [m ^{-1/3} s]	0.030

3. 計算結果と考察

Sagain 地点における流量の解析結果を図-3(上)に示す。2010 年の洪水期に一部流量が過大になっているが、GSMaP データを利用することで、期間を通じて概ね良好な流量が得られたと判断できる。次に、同地点における流砂量（掃流砂、浮遊砂、ウォッシュロード量）の累積値を図-4 に示す。流砂量観測値から算出した土砂量を流域全域に供給した Case 1 では、実績値の 1/4 程度が流出する結果となった。また、その倍量を供給した Case 2 では土砂流出量は増加したものの、総量は実績値の 1/3 程度で大きな変化が見られなかった。すなわち本条件では、生産土砂の多くが上流側に堆積する傾向になったと言える。

次に Case 1 および Case 2 の 10 年間経過時点における流域全体の河床変動量の分布を図-5 に示す。土砂生産量を倍にした Case 2 では全体として侵食が抑制、または堆積が促進された傾向が確認できる。すなわち仮に今後土砂生産量が増加した場合、航路の維持がより困難になっていく可能性があり、本手法によって堆積傾向が顕著な箇所を同定できれば、その対策箇所の優先順位の決定等に利用できると期待できる。なお、流域北部では局所的に数 m 以上の活発な侵食が発生している地点が散見される。これが実態に即しているかについては検証できていないが、本手法では下流端の粒度分布データから流域全体の粒径を推定しているため、急峻な山地流域となる上流部では平均粒径が過少に評価された可能性がある。

本研究では下流端の粒度分布データと流量観測デ

ータ、および衛星観測データのみから Ayeyawady 川における土砂動態解析を試みた。今後、現地データやリモートセンシングデータによる計算の検証と、土砂生産に関する複数シナリオの解析が実施できれば、将来流域で発生しうる土砂動態に関連する問題の同定・対処に有効に活用できると考えられる。

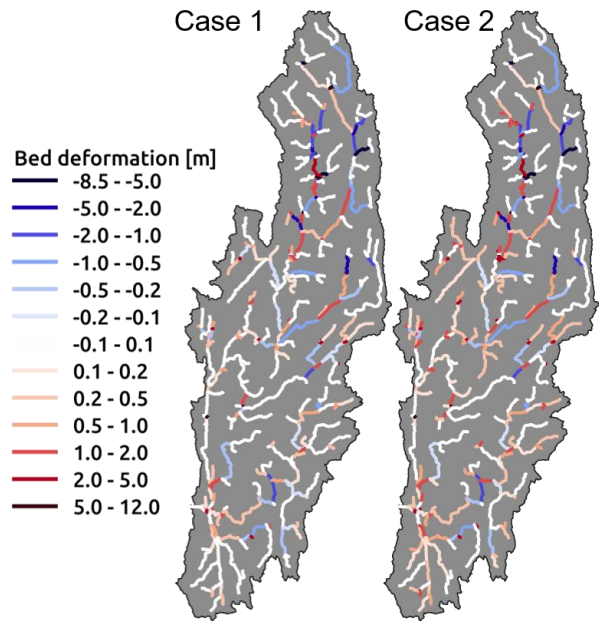


図-5 10 年間経過後の河床変動量の分布

参考文献： 1) Tin Tin Thwe et al.: Effects of Dikes on Navigation in Braided Channel, The Ayeyarwady river, Myanmar, J. JSCE B1, Hydraulic Engineering, Vol. 73, No. 4, I_889-I_894, 2017 2) Okamoto et al.: The Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) project, 25th IGARSS Proceedings, pp. 3414-3416, 2005 3) 江頭ら：崩壊・土石流による堆積土砂に着目した微細砂の流出予測法—2017 年 7 月九州北部豪雨災害時の赤谷川を対象として—, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.74, No.4, I_925-I930, 2018. 4) 山野井ら：土砂生産・土砂供給・土砂輸送堆積統合型モデルの開発と山地流域への適用, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.70, No.4, I_925-1930, 2014.

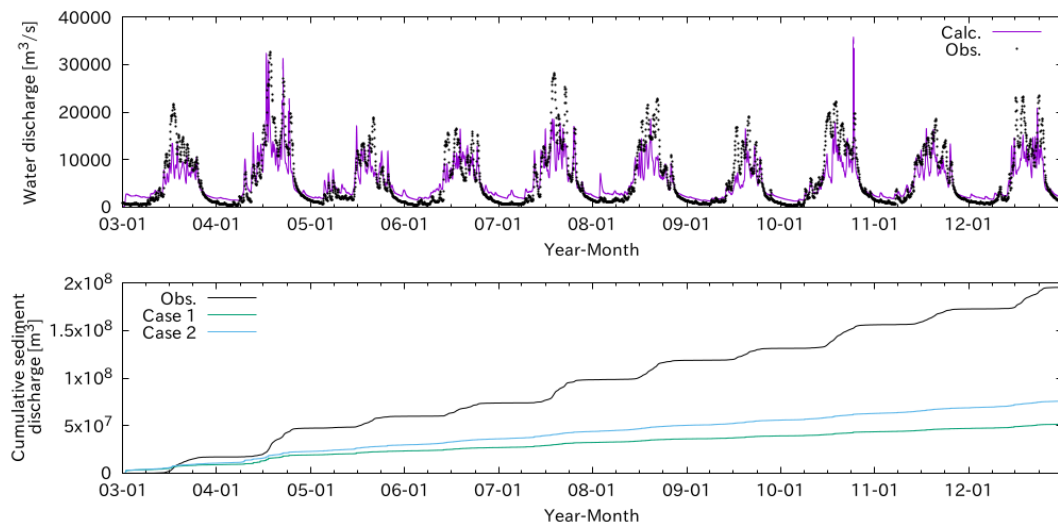


図-3 流量・流砂量の解析結果