

GIS ベース土砂生産・土砂流出統合モデルの開発と足洗谷流域における適用

京都大学大学院

○山野井一輝

京都大学防災研究所

藤田正治 堤大三

1.はじめに

土砂生産・土砂流出の過程は、多様な現象が関わりあう極めて複雑なものである。しかし、これまでの研究は個々の現象のみに着目したモデル化を扱うものが大半で、土砂生産と土砂流出が複合的に作用する現象に関する研究は不十分である。このような現象を表現しようとするれば、個々のモデルの統合が重要である。本研究では、土砂生産と土砂流出からなる複合型土砂移動現象のメカニズム解明に結びつけるため、GISをベースとした統合モデルの開発を行い、それを山地河川に適用した。計算結果は、ハイドロフォンの音圧法をもとにした現地観測結果との比較を行い、計算精度の検証を行うとともに、今後の課題を挙げた。

2.統合モデルの概念と構築

対象流域の凍結融解に起因する土砂生産と土砂流出の過程は、次のように表される。秋季～春季の間、裸地で凍結融解によって基岩が土砂化し、剥離する。裸地 i における土砂生産量 P_i は、 T_i を時刻、 L_i を裸地 i の場所として、

$$P_i(L_i, T_i)$$

と表現できる。剥離した土砂は河道付近に崖錐等として堆積する。堆積した土砂は、降雨や重力、風等の作用によって河道内に供給される。河道への供給量 S_i は、

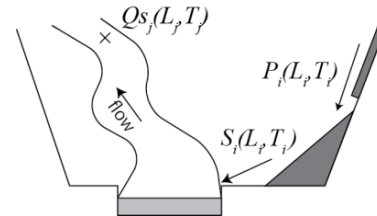
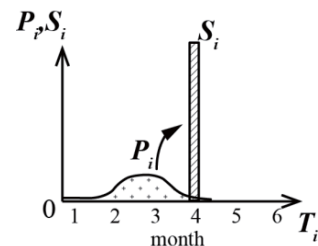
$$S_i(L_i, T_i)$$

と表現できる。河道に供給された土砂は流水の作用によって輸送される。河道の任意の地点 L_j における時刻 T_j の流砂量 Qs_j は

$$Qs_j(L_j, T_j)$$

となる。以上の関係を図示すると図-1 になる。

本統合モデルでは、上述の凍結融解による土砂生産モデルとして、泉山らによるモデル¹⁾を使用する。これにより、地形条件と気象条件から、 P_i を計算することができる。ここでは、河道への供給土砂 S_i は L_i 地点の河床上に設置されるものとし、土砂流出モデルとして江頭・松木モデル²⁾を使用すると、 S_i を境界条件として、 Qs_j を計算することができる。すなわち土砂生産と土砂流出を統合するには、 P_i と S_i の関係性をいかに与えるかが重要になる。本研究では、この関係性を、「4月1日のタイミングで1シーズン分の土砂生産量が全て河床に供給される」という仮定を行なって計算した。すなわち、本検討における P_i と S_i の関係を図示すると図-2 のようになる。

図-1 土砂生産 P_i ・土砂供給 S_i ・流砂量 Qs の過程図-2 P_i と S_i の関係性

3.適用

3.1 対象流域と使用データ

京都大学防災研究所穂高砂防観測所が位置する岐阜県高原川流域蒲田川足洗谷流域とする。流域の概要は図-3に示す。流域面積は7.2km²である。

DEMデータは、国土地理院発行の基盤地図情報数値標高モデルを使用した。単位斜面と単位河道網はGRASS-GISを用い、このDEMをもとに作成した。裸地の位置情報には、観測所付近で撮影された航空写真から抽出されたものを用いた。DEMと裸地の位置情報から裸地の標高・勾配・傾斜を算出し、これを凍結融解計算の地形データとして用いた。凍結融解計算時、気象データは穂高砂防観測所の観測データ（気温・日射量）を使用した。また、地質図として産総研地質調査総合センター発行の20万分の1地質図幅（ベクトル版）を使用し、後述の地質別凍結融解土砂化深度評価に用いた。流出計算では、穂高砂防観測所の観測データ（降水量）と、現地における粒度分布²⁾を使用した。なお、一部期間ではCバンドレーダのデータを用いた。

3.2 計算条件

凍結融解基岩土砂化モデルの計算期間は2011年秋季～2012年春季とし、流出計算は2012年4月1日～11月31日とした。

凍結融解による1シーズンの土砂化深度は、泉山ら³⁾によって次のように提案されている。まず、風化花崗岩・風化花崗斑岩・風化頁岩ではA:凍結融解経験回数が閾値に達した深度が土砂化する。風化砂岩・風化流

紋岩では、**B: 1 回凍結融解を経験するごとに、表層が土砂となり剥離する。**他種の基岩の岩質における知見は不足している。このため、泉山らによる知見を参考に、地質図における深成岩域は A モデルを適用し、火山岩・堆積岩域では B モデルを適用すると仮定した。適用域は図-3 のとおりである。

3.3 結果と考察

まず、7 月 11 日～14 日の降雨イベントにおける結果を図-4 に示す。ここでは本川と 3 支川の計 4 箇所の観測地点において、計算結果とハイドロフォンの観測結果を併記した。

対象降雨イベント中の本川の流砂量の累計値は、観測値と大きな差は生じなかった。しかし、計算値は観測値と比較してピークが立ち、流砂の継続時間が短いという傾向が見られた。これは、使用したモデルが一樣勾配の単純河床を前提としたものであり、本流域では階段状河床形態や、アーモアコート上の流砂過程が適切に評価出来なかったためであると考えられる。

また、支川によって流砂量の精度にばらつきがあり、黒谷と白水谷で過大評価となった一方、割谷では過小評価となった。この原因としては黒谷と白水谷の源頭部には広大な裸地が広がっており、全域で均等に基岩の土砂化が起こったとみなしたことが考えられる。また、割谷では近年新規崩壊が発生したという報告があり、今回対象とした凍結融解による基岩の土砂化現象以外の土砂生産が卓越していたことが原因であると考えられる。裸地の評価は今後の課題とする。

計算期間全体の、本川の堆積厚変化を図-5 に示す。上流では、早い段階で供給土砂が流れ去り、下流では、しばらくたってから土砂が上流から輸送されて堆積するという結果が示された。加えて、ここでは図示しないが、春季の方が小規模な出水でも土砂流出が起こりやすいという土砂生産の季節変動性が再現された。これらは、土砂生産量があまり多くない Supply limit 条件における土砂生産の特徴を正しく捉えられているといえる。

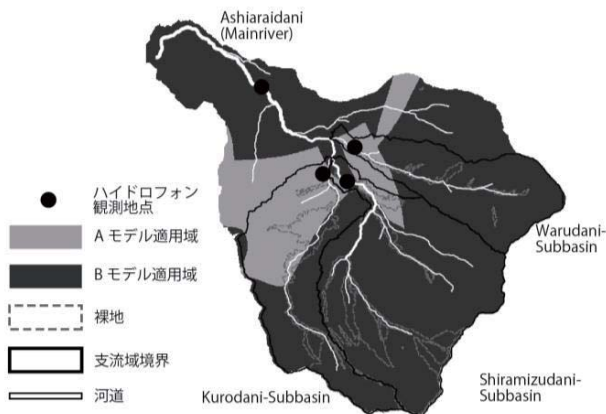


図-3 対象流域

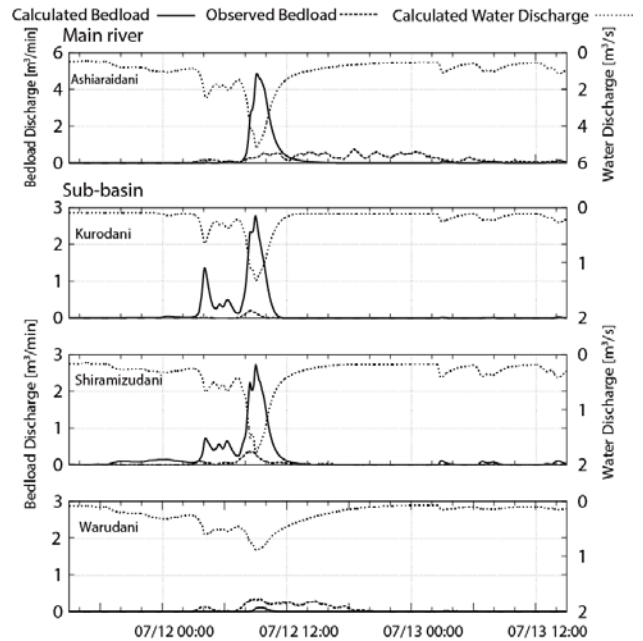


図-4 イベント内の掃流砂量

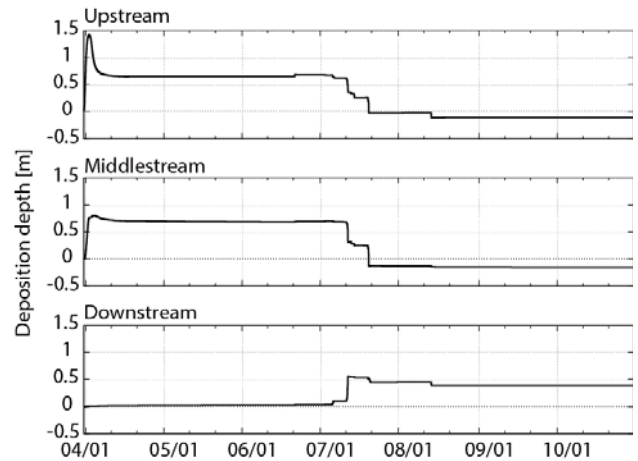


図-5 本川における堆積厚の変化

4. おわりに

本計算は、土砂が河道に入るタイミングをすべての裸地で同一とし、1 年分の土砂生産量が全て 1 度に移動すると仮定して計算をおこなった。今後、そのタイミングを個々に設定することや、崖錐の形成モデル等、土砂の河道への移動モデルを考慮すること等を課題として、精度の向上を図ることとする。

参考文献

- 1) 泉山寛明：風化基岩における凍結融解による土砂生産プロセスとそのモデル化に関する研究，京都大学博士論文，2012
- 2) 江頭進治・松木敬：河道貯留土砂を対象とした流出土砂の予測法，水工学論文集，第 44 巻，2000
- 3) 澤田豊明：山地流域の土砂流出に関する研究，京都大学博士論文，1985