

流域の流砂水文観測データを利用した土砂移動把握手法の試み

国土技術政策総合研究所 瀧口茂隆, 金澤瑛*

日本工営株式会社 ○朝原康貴, 松岡暁, 伊藤隆郭, 山崎祐介, 松野千華, 倉上健

※現所属 国立研究開発法人土木研究所

1. はじめに

山地流域では、豪雨による斜面崩壊・土石流の同時多発的発生により、大規模な土砂移動現象の発生が想定される。これらの大規模土砂移動現象に対し、下流に設置された流砂水文観測データから検知すること(流域監視)は、防災上の観点や迅速な復旧対応の観点からも肝要である。

全国的に流砂水文観測が始まり¹⁾、15年程度のデータが蓄積されている。また流砂水文観測の強みは、経時的にデータが得られる点にある。以上を踏まえ、本稿では確率密度分布図を基とした土砂移動現象の評価手法(以後、土砂版確率密度評価)について試行し、その適用性を検討した。

2. 土砂版確率密度評価の概要

本稿で示す土砂版確率密度評価は、確率密度分布上に動的に変化する観測データをプロットすることで土砂移動規模を確率的に評価する手法である。変化する経時データに対して基準線を基に評価するという点は、土砂災害警戒情報と同じであるが、表 1 に示すようにプロットされるデータや基準線の意味が異なる。

表 1 土砂災害警戒情報と土砂版確率密度評価の対比

土砂災害警戒情報	土砂版確率密度評価
時間雨量と土壌雨量指数の時間変化(スネークライン)	観測データの時々刻々の変化
土砂災害の危険性を示す基準線(GLライン)	等確率密度となる基準線

3. 使用する流砂水文観測データ

対象流域は釜無川支川の大武川流域(流域面積: 72.8km²)である。大武川流域では、谷出口付近の大武川第50床固工右岸に流砂観測機器が設置されている。本稿の検討に使用するデータは、2011年10月から2024年3月までの期間にわたり収集されたものを対象とした(表 2 参照)。

表 2 使用するデータ一覧

検証データ	単位	備考
雨量強度	mm/h	近傍の雨量観測所データを採用
流量	m ³ /s	水位データより算出(流速はマニング式を使用)
容積土砂濃度	cm ³ /cm ³	濁度データより算出
浮遊砂量	m ³ /s	流量と容積土砂濃度より算出
掃流砂量2.0	m ³ /s	パイプ型ハイドロフォン2.0mデータより算出
掃流砂量0.5	m ³ /s	パイプ型ハイドロフォン0.5mデータより算出

また、これまでの降雨イベントと観測データ取得状況を鑑み、土砂移動イベントを34イベント抽出した。これら土砂移動イベントに対して、流砂強度や流域監視指標を踏まえ、土砂の移動規模を大規模・中規模・小規模で相対的に類推し、設定した。大規模土砂移動イベントは、既往検討²⁾からも明確に土砂移動が認められている「2011-9-20出水(平成23年台風15号)」と「2019-10-12出水(令和元年台風19号)」を設定した。

4. 確率密度分布図の作成・選定

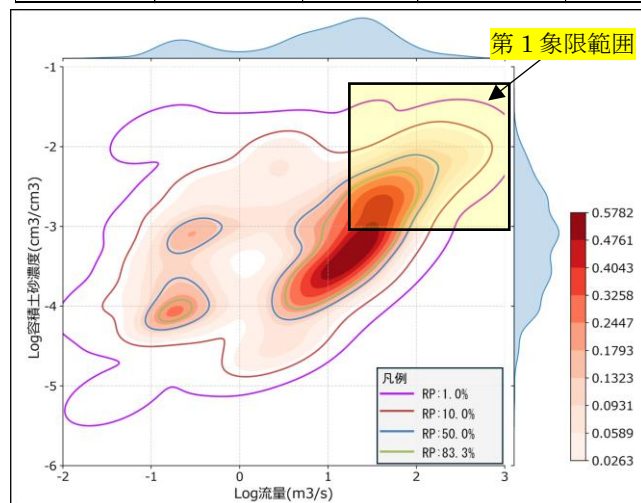
表 1 から10通り程度の2次元の組み合わせを設け、それぞれ確率密度分布図を全期間・土砂移動イベント期間のみの2パターンで作成した。確率密度分布図は、出現確率が高い程、濃い赤色で示される(例: 図 2)。なお、明らかな異常値(負の値やスパイクノイズ等)や0に限りなく近いデータは、閾値を設け除去しており、確率密度推定は、柔軟にデータ形状に対応可能なカーネル密度推定を採用した。土砂版確率密度評価を実施するにあたり、従属的でない(独立した成分同士の)組み合わせとして、河川水と濁りの関係である「流量 vs 容積土砂濃度」と土砂移動形態の関係となる「浮遊砂量 vs 掃流砂量0.5」を選定した。

5. リターンピリオド(RP)による基準線の設定

土砂移動イベントの評価にあたり、確率密度分布図上の第1象限(x軸成分およびy軸成分が共に増加傾向となる範囲)に着目し、基準線を設けた。基準線の設定にあたっては、各成分から算出したリターンピリオド(RP)を採用した。RP算出は、観測年数が10年程度である点、閾値を基とした異常値除去だけでは除去できない異常値がある点を踏まえ、抽出した各土砂移動イベントの最大値を基に算出した。なお確率統計量のモデルは、棄却限界値が0.04以下のモデルを採用した。本稿では、各成分のRPに対応した確率密度を基に引いた基準線をRP基準線とよぶ。RP基準線設定結果例を表3と図2に示す。

表 3 リターンピリオド算出例

参考 (確率率の場合)	リターンピリオド (RP)	確率流量 Gevモデル	確率容積土砂濃度 Gumbelモデル	対応する 確率密度
1.2年規模	83.3%	41.4	0.002	0.4492
2年規模	50.0%	94.4	0.008	0.1214
10年規模	10.0%	246.7	0.020	0.0151
100年規模	1.0%	574.5	0.035	0.0008

図 2 RP による基準線設定例
(イベント期間における流量 vs 容積土砂濃度)

6. 土砂版確率密度評価の試行

流量と容積土砂濃度(河川水と濁りの関係)の土砂版確率密度評価結果について、全期間を図3に示し、土砂移動イベント期間のみを図4に示す。RP基準線の分布は、期間の違いによって大きな差異はみられない。中小規模の土砂移動イベントの多くは、RP50%基準線内付近に留まっている一方、大規模土砂移動イベントは、RP50%基準線を超過し、RP10%基準線に近づくことから、規模が大きい土砂移動イベントほど低確率範囲にプロットされることが確認された。確率的に考えた場合においても、1/2年確率を超過するが1/10年確率を超過しないことは、現在の観測状況とおおよそ調和がとれているものと考えられる。一方で、突発的なデータの乱れにより一時的にRP10%基準線を超過する現象も確認された。

浮遊砂量 vs 掃流砂量 0.5(土砂移動形態の関係)の土砂版確率密度評価結果について、全期間を図5に示し、土砂移動イベント期間のみを図6に示す。流量と容積土砂濃度と同様に、RP基準線の分布は期間の違いによって大きな差異がみられないが、土砂移動規模に関わらずRP10%に近づく出水がみられた。これは掃流砂が1出水で流末まで砂礫が移動されていないことや、掃流砂の観測位置を2021年3月に移設したことが影響したものと考えられる。

本稿では、RP基準線を基に土砂移動イベントを評価したが、災害・土砂移動情報と組み合わせて流砂水文観測データを蓄積することで、実態に即した評価が可能になるものと思われる。

7. おわりに

流砂水文観測データを基に確率密度分布図を作成することで組み合わせによっては、土砂版確率密度評価を用いて土砂移動イベントの規模を確率的に評価可能であることが示唆された。

- ・ 流量と容積土砂濃度について、土砂移動規模が大きいイベント程、低確率範囲にプロットされることから、土砂版確率密度評価が可能であり、現在の観測結果と概ね調和がとれるものであった
- ・ 安定した流砂水文観測データの蓄積、異常値の取り扱い、最適な確率密度分布推定モデルの選定を実施することで土砂版確率密度評価の精度向上が期待できる。

本検証にあたり、関東地方整備局富士川砂防事務所よりデータ提供いただきましたこと、お礼申し上げます。

参考文献

- 1)国総研:国総研資料 第686号, 2012,
- 2)瀧口ら:砂防学会大会概要集, pp. 779-780, 2024.

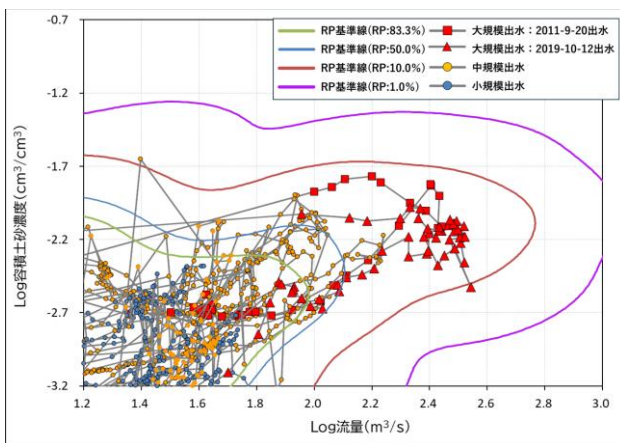


図3 土砂版確率密度評価
全期間における流量 vs 容積土砂濃度

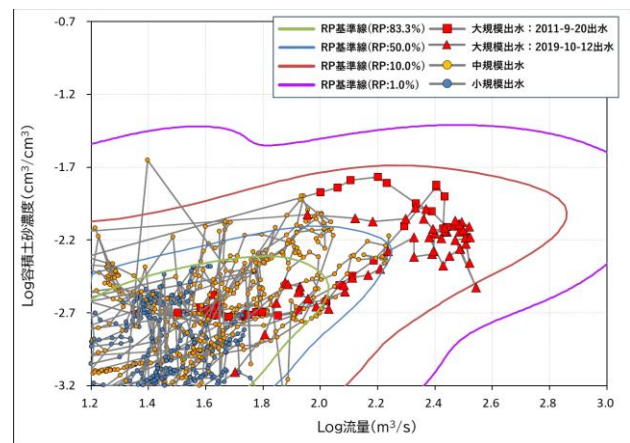


図4 土砂版確率密度評価
イベント期間における流量 vs 容積土砂濃度

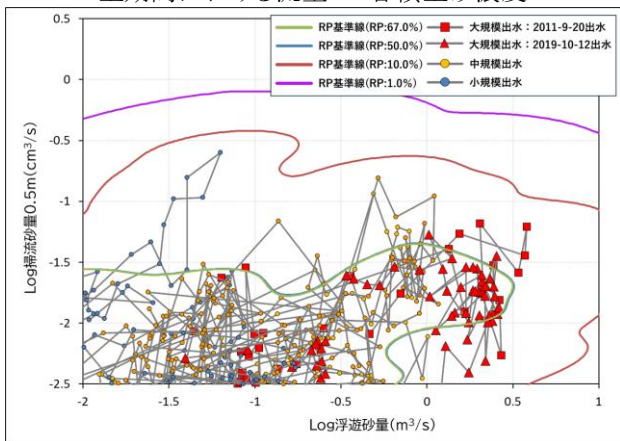


図5 土砂版確率密度評価
全期間における浮遊砂量 vs 掃流砂量 0.5

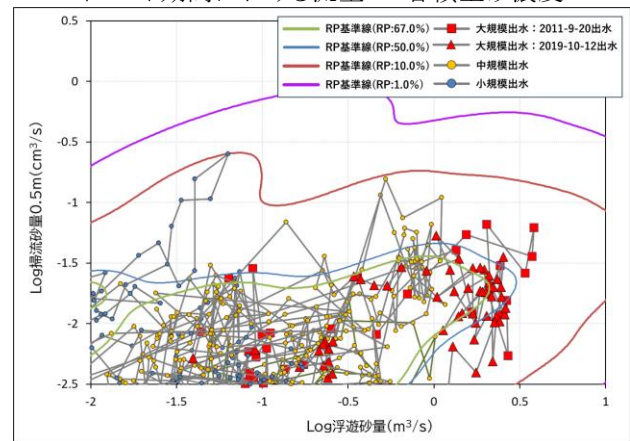


図6 土砂版確率密度評価
イベント期間における浮遊砂量 vs 掃流砂量 0.5