

長期流砂観測データを基とした流域監視の検討

国土技術政策総合研究所 瀧口茂隆, 金澤瑛, 中島奈桜
日本工営株式会社 ○朝原康貴, 松岡暁, 伊藤隆郭, 山崎祐介, 木村詩穂

1. はじめに

山地流域においては、豪雨により斜面崩壊・土石流が同時多発的に発生することで大規模な土砂生産が生じることがある。このような一連の降雨に生じる現象は、短期の土砂移動現象として位置付けられており¹⁾、短期的な土砂生産の多寡を下流に設置された流砂観測データより推測し、出水時における土砂生産イベントを差別化(大規模土砂生産イベントの分離や検知)することが、流域監視において重要である。

流域監視指標の1つであるヒステリシスループは、大規模土砂生産イベント時において、河道に土砂が供給されることで反時計回りのループ(流量低減期に浮遊砂成分が増加)を描くことが示されている²⁾。本稿では、流量と浮遊砂量のヒステリシスループを踏まえ、流量と浮遊砂量の経時的な挙動をベクトル的に捉えることで、大規模土砂生産イベントの分離を試行した。

2. 大武川流域における流砂観測状況

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床固工に観測機器が設置されており、長期(2011年10月～現在)に観測データが15分間隔で蓄積されている。



図1 大武川流域における流砂観測機器位置図

3. 大武川流域における土砂生産状況

大武川流域では、2009年、2015年、2018年、2020年にLPデータが取得されている。これらLPデータを用いた差分解析結果を表1に示す。2009-2015年期間における大坊雨量観測所における最大24時間雨量イベントは「2011-9-20出水(平成23年台風15号)」, 2015-2018年期間は、「2017-10-22出水(平成29年台風21号)」, 2018-2020年期間は、「2019-10-12出水(令和元年台風19号)」といずれも台風の通過に伴う出水イベントであった(以後、3出水を主要出水イベントとする)。また、これら出水イベントは、観測期間中の上位3つの出水であり、ヒステリシスループで表現すると、全て反時計回りに変化することが確認されている。

4. 流量-浮遊砂量のベクトル解析

反時計回りのヒステリシスループの変換点(ループ折り返し点)の数値化及びその時の変化量を算出するためにベクトル的に流量-浮遊砂量を解析した。流量を x 軸, 浮遊砂量を y 軸とした場合, 時刻 $t=0$ でプロットされる点 $P0(x_t, y_t)$ から, 時刻 $t=1$ でプロットされる点 $P1(x_{t+1}, y_{t+1})$ を結ぶ線をベクトルとする。ベクトルの方向(以後, ベクトル方位)は, y 軸正方向を原点とし, 時計回り方向に正に加算されるものとする。したがって, ベクトル方位が $0\sim 90^\circ$ は, 流量と浮遊砂量が増加する期間であり, $270\sim 360^\circ$ は, 流量は減少するが浮遊砂量が増加する期間となる(図2参照)。この時のベクトル方位は, 対数座標にプロットした際のベクトルである。なお変化量は, 各出水のスケールが均等となるように線形座標にプロットした際のベクトルの長さ(以後, ノルム)とした。

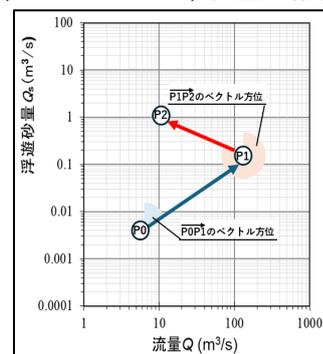


図2 ベクトル方位のイメージ

5. 大規模土砂流出イベントの分離の検討

観測データより最大流量が $50\text{m}^3/\text{s}$ を超過した出水, 全15イベントを対象にベクトル方位とノルムの関係を図3に示す。ピンクの点枠線で示すベクトル方位が, $0\sim 90^\circ$ (流量と浮遊砂量とともに増加)と $180\sim 225^\circ$ (流量と浮遊砂量とともに減少)の期間にプロットが集中していることから流量と共に浮遊砂量が増減しやすい傾向がみられる。主要な出水は, その規模が他の出水に比べて大きいため, 流量と浮遊砂量の変化量(ノルム)が大きいことが特徴として確認できる。

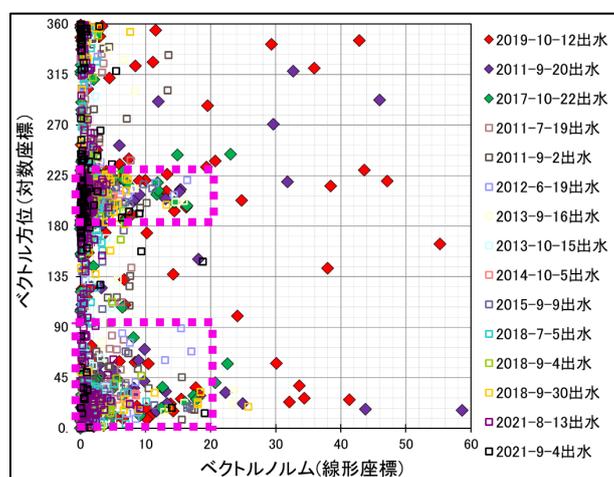


図3 出水時におけるベクトル方位とノルムの関係

主要出水イベントにおけるヒステリシスループおよびベクトル方位とノルムの関係を表2に示す。土砂生産イベントは、同時多発的に発生しているためか、ベクトル方位の挙動に法則性はみられなかった。LP 差分解析で顕著な土砂生産が確認された「2011-9-20 出水」と「2019-10-12 出水」は、「2017-10-22 出水」と比較して流量減退期に浮遊砂量が増加する期間の変化量(ノルム)が大きくなること示された(表2ピンク枠線で示すベクトル方位 270~360° の範囲)。また「2019-10-12 出水」は、「2011-9-20 出水」と比べ、より大きいベクトル方位で大きな変化量(ノルム)が確認された。

6. まとめ及び課題

ヒステリシスループの場合、ループ向きで一意的に出水が分類されるが、ベクトル的に表現しヒステリシスループの折り返し点の変化量に着目することで大規模土砂生産イベントなど、管理者が分離したいイベントに応じて任意に閾値を設定することが可能であることが示唆された。以下に本検証により得られた成果と課題について記載する。

- 多くの出水イベントは、流量に応じて浮遊砂量も増加する傾向がみられる(これら出水は、ヒステリシスループの場合、線形に描かれる)。
- 大規模土砂生産イベント時は、流量減退期における浮遊砂量が増加する期間(ベクトル方位 270~360°)における変化量(ノルム)が大きい。
- 前線性の降雨等、長時間の降雨イベントによる土砂生産イベント時の流量と浮遊砂量の経時的な挙動や大規模土砂生産イベント前後の違い(中長期的な流域監視)について検証していく必要がある。

本検証にあたり、関東地方整備局富士川砂防事務所より流砂観測データおよびLP 差分解析結果を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1115号, 2020,
- 2)桜井ら：砂防学会誌, 72-2, pp. 5-31, 2019.

表1 LP 差分解析結果一覧

差分解析(2009年-2015年)	差分解析(2015年-2018年)	差分解析(2018年-2020年)
崩壊生産土砂量: 31.6 万 m ³ 河道生産土砂量: 123.4 万 m ³	崩壊生産土砂量(m ³): 15.8 万 m ³ 河道生産土砂量(m ³): 54.4 万 m ³	崩壊生産土砂量(m ³): 50.7 万 m ³ 河道生産土砂量(m ³): 130.8 万 m ³
✓ 上流域で土砂生産がみられる ✓ 堰堤背面上に土砂堆砂がみられる	✓ 顕著な土砂生産・移動がみられない	✓ 上流域で顕著な土砂生産がみられる ✓ 堰堤背面上に土砂堆砂がみられる

表2 主要出水イベントの比較(上: ヒステリシスループ図 下: ベクトル方位とノルム図)

