

差分画像を用いた画像からの降雨の抽出

国土技術政策総合研究所 ○金澤瑛、木下篤彦、中谷洋明
 国土交通省近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所 山田拓、柴田俊
 株式会社エイト日本技術開発 海原荘一
 株式会社ブレインズ 井深真治

1. はじめに

土砂移動現象の発生可能性を把握するためには、土砂移動現象の発生場である山地流域において、誘因となる降雨の状況を高い時空間分解能で把握することが重要である。これまで、山地流域に設置された監視カメラの映像の解析から、流砂水文現象の定量的な把握や流況変化の検知を試みた研究がなされているが、降雨量の把握に適用した事例はない。他方、画像処理の分野では、連続画像の差分から動体を検知する技術が開発されており、画像上の降雨の検出にも適用されている¹⁾。山地流域の降雨量を把握するためには、このような画像解析の技術を適用できる可能性があることから、本研究では山地流域に設置したカメラの連続画像の差分から雨滴を抽出する手法を検討したので、その結果を報告する。

2. 差分画像を用いた雨滴抽出手法

降雨時の画像では、雨滴が背景に重なるように白く写る。画像に写る雨滴の形状は、雨滴の大きさやカメラから雨滴までの距離、カメラの露光時間等の撮影時の条件によって異なるが、カメラから比較的近くに位置する雨滴は、白く線状にまとまった領域として画像に写る。そこで、白く線状にまとまった領域を雨滴として画像から抽出する手法を検討した。

カメラで撮影した画像には、**図-1**に灰色で示す四角錐の中に存在する雨滴が写る。本検討では、使用したカメラの解像度等の性能を考慮し、被写界深度(ピントのあう領域)をカメラからの距離 0.5 m ~ 3.0 m の間の 2.5 m に設定し、**図-1**に黒で示した四角錐台の中に存在する雨滴を抽出する対象とした。

撮影した画像から雨滴を抽出する手順は以下のとおりである(**図-2**参照)。

- ① 10 分ごとに 2 枚の連続画像を取得する。連続画像の撮影間隔は 50 ミリ秒である。
- ② 2 枚の連続画像をグレースケール(白黒)画像に変換する。
- ③ 2 枚のグレースケール画像において、時系列で前のフレームの輝度から後のフレームの輝度を差し引き、差分画像を作成する。
- ④ 差分画像にメディアンフィルタを

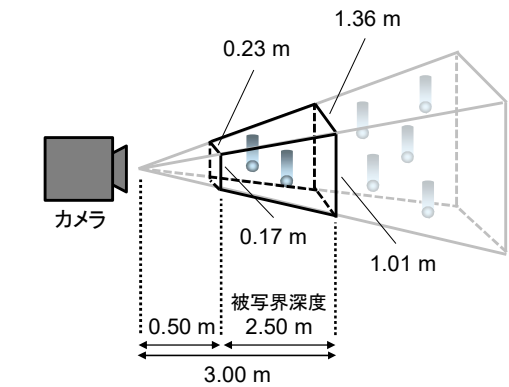
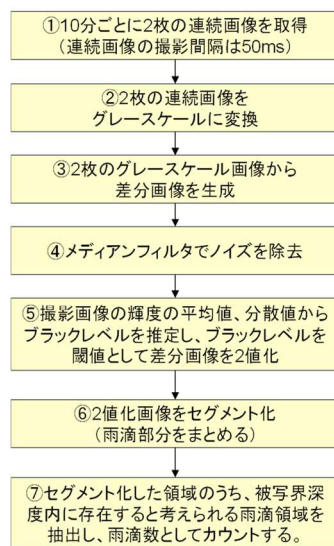


図-1 抽出対象とした降雨のイメージ

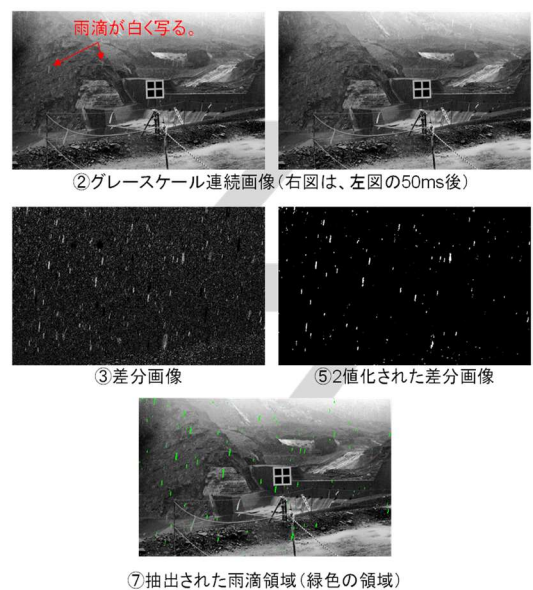


図-2 差分画像からの雨滴抽出フローと雨滴抽出例

適用し、細かなノイズを除去する。メディアンフィルタとは、対象の画素について周辺の一定エリアの画素値の中央値で置き換える処理である。

- ⑤低輝度部分の誤検知を抑制するため、撮影した画像の輝度の平均値、分散値からブラックレベルを推定し、ブラックレベルを閾値として差分画像を2値化する。
- ⑥2値化した画像において、白い領域をセグメント化する(領域としてまとめる)。
- ⑦セグメント化した領域のうち、被写界深度内に存在すると考えられるセグメントを雨滴領域として抽出し、雨滴領域の数をカウントする。本検討では、雨滴の落下速度を考慮し、鉛直方向の長さが露光時間に応じた長さのセグメント(例えば、露光時間が2msの場合、鉛直方向の長さは7.1~42.6 pixel)を被写界深度内に存在する雨滴として判定した。

3. 差分画像を用いた雨滴抽出手法の適用事例

紀伊山系砂防事務所管内赤谷地区に設置したカメラ(FLIR Blackfly®S BFS-PGE-23S3C-C)で撮影した画像を用いて、差分画像から抽出した雨滴数と観測降雨量との関係を比較した。解析では、表-1 に示した2020年の四つの降雨イベントの画像を用いた。10分の抽出雨滴数は、10分間のうちの瞬間的な1枚の差分画像から算出しているのに対して、1時間の抽出雨滴数は10分の差分画像6枚から抽出した雨滴数の合計とした。なお、夜間の画像では、光量が少なく雨滴がまったく検出できなかったことから、日中の画像のみを解析に用いた。また、明らかに雨滴ではないセグメントを検出している場合は手で雨滴数から除いた。

図-3には、降雨イベント2及び3における10分雨量と抽出雨滴数の関係(上段)と1時間雨量と抽出雨滴数の関係(下段)を示した。降雨イベント3では、降雨量が増加するにつれて抽出雨滴数が増加する傾向にあり、比較的良好な相関関係となっていた。降雨イベント2の10分雨量との関係では、ばらつきが大きく、降雨量が少ないにもかかわらず抽出雨滴数が多いケースが見られた。このケースの元画像では、降雨の状況が確認でき、かつ前後の時間帯で降雨が観測されていることから、カメラと雨量計との距離や観測のタイミングのわずかな時間差が影響したものと考えられる。表-1には、各降雨イベントにおける降雨量と抽出雨滴数の関係の相関係数を示した。相関係数は、1時間よりも10分の方が低くなった。この理由は、10分の抽出雨滴数が、10分間のうちの瞬間的な差分画像を用いていることから、10分間の平均的な雨量を反映できていないことによるものと考えられる。

これらの結果から、本手法を用いることで降雨量に応じて雨滴を抽出できることが分かった。ただし、対象とする雨滴を高い信頼性で抽出するには、複数の差分画像を用いることが重要であり、短時間での雨滴抽出を実現するためには、高い時間分解能で差分画像を取得する必要があると考えられる。

参考文献

1) Jérémie Bossu, Nicolas Hautière and Jean-Philippe Tarel(2011): Rain or Snow Detection in Image Sequences through use of a Histogram of Orientation of Streaks, International Journal of Computer Vision, Vol. 93, Issue 3, pp.348-367.

表-1 検討に用いた降雨イベントにおける降雨量と抽出した雨滴数の相関係数

	解析期間	最大10分雨量 [mm]	最大時間雨量 [mm]	相関係数 (10分雨量)	相関係数 (1時間雨量)
降雨イベント1	2020/06/10 0:10~2020/06/11 0:00	2.0	8.5	0.63	0.84
降雨イベント2	2020/09/06 0:10~2020/09/08 0:00	7.0	22.0	0.44	0.75
降雨イベント3	2020/09/25 0:10~2020/09/26 0:00	7.0	20.5	0.63	0.85
降雨イベント4	2020/10/07 0:10~2020/10/11 0:00	2.0	8.0	0.67	0.89

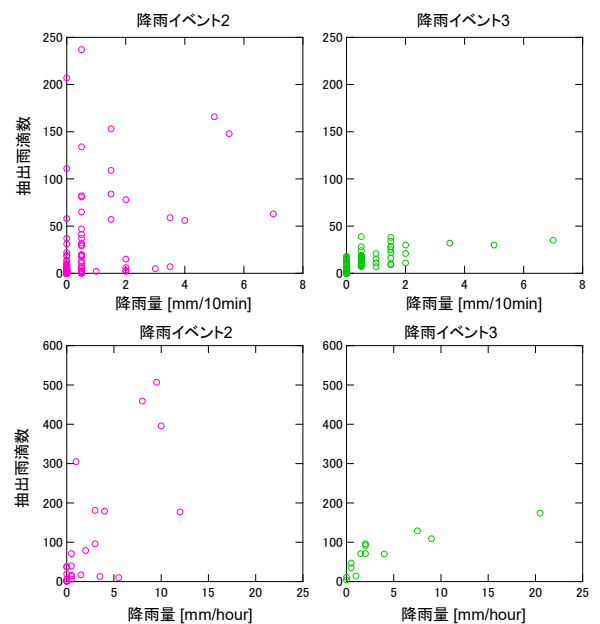


図-3 降雨量と抽出雨滴数の関係
(上段：10分，下段：1時間)