

メッシュ雨量を活用した桜島における土石流発生解析と予測手法の開発

国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所 吐師一彦 野田信幸 加藤仁志
一般財団法人日本気象協会 木谷和大 金原知恵 ○内田良始 寺谷拓治

1. はじめに

大隅河川国道事務所では、垂水国道維持出張所に設置された X バンド MP レーダ（以下、『XRAIN』）の観測値を活用し、島内の直轄河川流域における土石流発生監視手法を開発、メールによる警報通知機能等を実装し、日々の運用に供されている。当該システムに採用され、2016 年出水期に運用されていた土石流発生予測手法は、2011 年に XRAIN による桜島上空域の観測が開始されて以降の土石流発生事例と、XRAIN 観測雨量の関係を検討し、解析的に決定されたものである。検討を行った期間は、桜島の噴火活動が活発化している期間であり、土石流の発生回数も比較的多い時期であった（次項参照）。しかし、2015 年の後半より桜島の噴火傾向に大きな変化が見られ、これに起因して従来の予測手法を改修する必要が生じたため、その内容について報告する。

2. 噴火・土石流の発生状況

桜島における噴火および土石流の発生傾向を図 1 に、各河川における土石流発生回数を表 1 に示す。XRAIN による桜島上空域の観測が開始された 2011 年は、年間の噴火回数が 1,300 回を超えており、それ以降もほぼ毎年のように年間 1,000 回以上の噴火が発生している。また、表 1 からは、各河川における土石流の年間発生回数が 30 回～50 回程度であったことがわかる。一方、2016 年には噴火回数が激減しており、これに伴い土石流発生回数も減少している。2016 年に運用されていた土石流発生監視手法は、噴火、土石流ともに頻発していた 2011 年～2015 年までの XRAIN 観測値と土石流発生の関係から解析的に設定したものである。

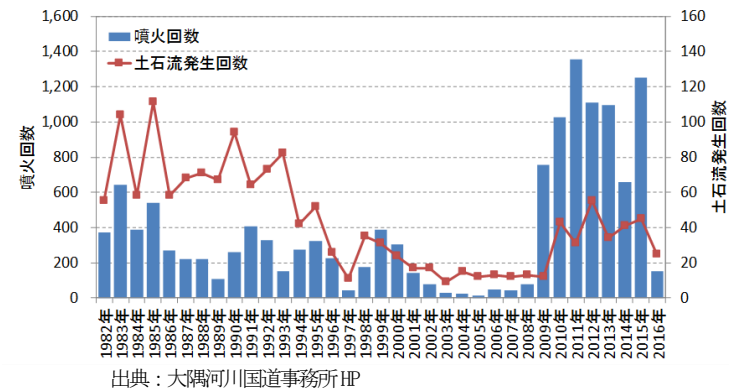


図 1 桜島の噴火・土石流発生回数の変化

表 1 桜島の河川における土石流発生回数

河川名	対象年					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
野尻川	10	21	12	17	13	11
有村川	6	9	5	16	15	6
持木川	7	11	8	4	7	3
黒神川	3	7	4	1	8	3
第一古里川	2	3	1	1	1	1
第二古里川	2	3	2	2	1	1
春松川	1	1	0	0	0	0
引ノ平川	0	0	0	0	0	0
合計	31	55	32	41	45	25

出典：大隅河川国道事務所 HP

3. 土石流発生監視手法

3.1 現行手法

2016 年出水期に、桜島における土石流発生判定に用いた手法、基準値の例を表 2 に示す。基準は、表 2 に示した 2 種類の基準を「and」条件で採用し、基準超過時に土石流発生と判定している。また、表 3 に野尻川における土石流判定精度の例を示した。表中の「2015」欄に示した値は、2015 年に発生した土石流を表 2 の手法に従って予測した結果であり、「2016」欄に示した値は同じ手法により 2016 年に発生した土石流を予測した結果である。

表 2 2016 年出水期に採用した土石流発生判定手法・基準値

項目	野尻川			有村川		
斜面勾配	15°以下	・・・	25°以上	15°以下	・・・	20°以上
基準雨量	7mm	7mm	7mm	10mm	8mm	7mm

項目	野尻川	有村川
流域最大メッシュ 10 分雨量と流域内上位 10%雨量の差	1.2mm	1.7mm

表 3 土石流判定精度結果（野尻川）

要素	2015	2016
捕捉率	100%	100%
空振率	18%	59%
見逃率	0%	0%

表 3 より、当該手法を用いた場合、野尻川で発生する全ての土石流を事前に予測（捕捉）でき、見逃しも発生しないことがわかる。一方で、2016 年には 2015 年と比べ、空振り率が 4 倍以上に増加している。前項に示した通り、2015 年と 2016 年では、噴火回数に大きな違いがあり、流域内への火山灰体積状況も大きく異なる可能性が高く、火山灰の体積状況に応じた基準雨量の設定の必要性が示唆された。

3.2 空振り発生時の状況

2016 年には、表 1 に示した 8 流域で、合計 34 回の空振りが発生した。それらの空振り事例について、警報メールが発信から一定時間内の時刻におけるワイヤーセンサー付近の監視画像を用いて流量の状況を確認した。

その結果、空振り 34 事例のうち 10 事例では、無降雨時には流量がゼロである地点での流量の存在を確認することができた。一方で、24 事例は流量が全く存在しない空振り事例であった。この 24 事例について、XRAIN による雨域の分布を確認すると、すべての事例において流域内で強雨が観測されていた。2015 年までは、空振り事例について同様の分析を行うと、空振り事例であっても、ほぼすべての事例でワイヤーセンサーの切断には至らない程度の流量が確認されていた。

このような状況を勘案すると、表 3 に示した空振り率の増加は、噴火回数の減少に伴う流域内堆積火山灰量の減少によって浸透能に変化がもたらされ、降雨の大部分が表面流として現れにくくなった可能性が高いと考えられる。

従って、土石流発生監視精度を高め空振りを減少させるためには、XRAIN による降雨状況と土石流発生の関係を再解析し、火山灰量が比較的少ない時期における基準を検討しておく必要がある。

4. 基準雨量検討

噴火回数が比較的少ない時期における土石流判定精度を向上させるため、噴煙頂が 1,000m 以上の噴火が 0 回であった月（平成 2015 年 10 月～2016 年 1 月および平成 2017 年 8 月～11 月の 8 ヶ月間）に発生した土石流および空振り事例を収集し検討した。図 2 に、勾配ランクごとの噴火回数 0 回月に発生した土石流事例および空振り事例の流域最大 10 分雨量の分布を示す。

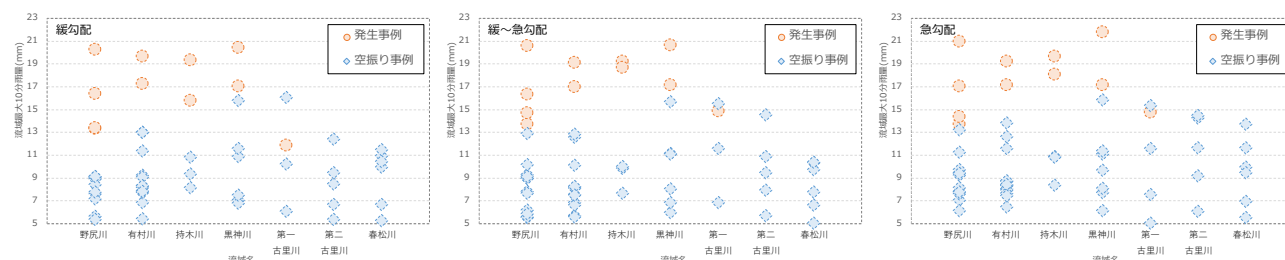


図2 噴火回数0回月の勾配ランクごとの流域最大10分雨量の分布

各勾配ランクとも野尻川・有村川・持木川・黒神川は、土石流発生事例の流域最大 10 分雨量の最小値は、土石流非発生事例の流域最大 10 分雨量の最大値よりも大きくなっている。つまり、これら 4 流域では土石流非発生の最大値を基準雨量とすることで、各流域の空振り事例は生じないことになる。一方で、第一古里川は、土石流発生事例の最小値が土石流非発生事例の最大値よりも小さいため、土石流発生事例の最小値を基準雨量とすることで、空振り事例は 1 事例残るが、見逃しを発生させないことになる。また、第二古里川および春松川は空振り事例の最大値までは土石流が発生していないことから、最大値を基準値とすることで空振り事例は生じないことになる。

以上の結果から求めた、噴火回数が多い時期と比較的少ない時期の勾配ランクごとの流域最大メッシュ 10 分雨量を表 4 に示す。噴火が比較的少ない時期には、比較的多い時期に比べて 2mm～10mm 基準雨量を引きあげることで、見逃しは発生させず空振り回数を少なくすることが可能となる。

表 4 噴火が少ない時期における土石流発生基準雨量

非発生勾配（緩勾配）	野尻川	有村川	持木川	黒神川	第一古里川	第二古里川	春松川
通常の基準雨量	7mm	10mm	7mm	8mm	8mm	8mm	8mm
噴火がない時期の基準	9mm	13mm	11mm	16mm	12mm	12mm	12mm
非発生～発生勾配							
通常の基準雨量	7mm	8mm	7mm	8mm	8mm	8mm	8mm
噴火がない時期の基準	13mm	13mm	18mm	16mm	15mm	15mm	11mm
発生勾配							
通常の基準雨量	7mm	7mm	6mm	8mm	8mm	7mm	8mm
噴火がない時期の基準	13mm	17mm	18mm	17mm	14mm	15mm	14mm

5. まとめ

2016 年出水期に桜島の直轄河川 8 流域で発生した土石流について、現在運用中の土石流監視システムによる土石流判定精度の検討を行った。捕捉率、見逃し率は想定されていた精度で運用がなされていたが、空振りについては、2015 年度に検討した結果から想定される率の 4 倍程度発生していた。

この空振り多発の原因について、空振り発生時の河川監視カメラや XRAIN による雨域の検討から、噴火回数の減少による流域への火山灰堆積量の減少が原因である可能性が高いと思われた。

この結果より、噴火 0 回月の土石流発生データを収集し、空振り・捕捉（的中）時の流域最大 10 分雨量の分布を検討し、噴火が比較的少ない時期には基準雨量を 2mm～10mm 程度引き上げることが妥当であると決定した。