

MP レーダを活用した桜島における降灰および土石流監視手法の高度化

国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所 加藤仁志 野田信幸 齋藤由紀子
 一般財団法人日本気象協会 ○寺谷拓治 内田良始 齋藤泰治 金原知穂

1. はじめに

大隅河川国道事務所では X バンド MP レーダ（以下、『XRAIN』）を活用し、桜島噴火時の降灰量を 250m メッシュで監視する手法を開発、降灰監視システムとして運用している。また、土石流発生監視のため、XRAIN 観測雨量を用いた土石流発生基準雨量を流域毎に策定し、メール通知システムとして運用している。

一方、国見岳に設置されている国土交通省 C バンドレーダ更新工事が竣工し、マルチパラメータ化された C バンドレーダ（以下、『CMP』）による観測が開始された。これにより、桜島上空は波長の異なる 2 基のマルチパラメータレーダ（以下、『MP レーダ』）で重複観測されることとなった。

このような背景の下、継続的に実施してきた MP レーダによる降灰、土石流監視手法の検討において、新たな知見を得たので報告する。

2. 降灰の偏波パラメータ観測特性

MP レーダでは、図 1 に示すように、観測対象粒子の形状、密度等に依存する偏波パラメータが測得できる。また、桜島上空では波長が約 3 cm である XRAIN と約 5 cm である CMP の 2 基の MP レーダ観測値が入手可能となった。そこで、2 基同時に桜島上空の観測値が得られている表 1(1)、(2)の噴火、降雨事例について、両 MP レーダの偏波パラメータ観測特性を比較した。

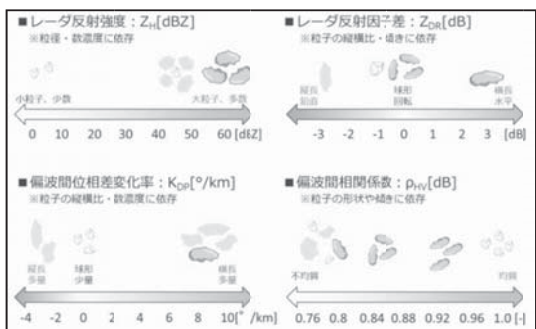


図 1 MP レーダで測得可能な偏波パラメータ

表 1(1) 偏波パラメータの比較に使用した噴火事例

観測日時	噴煙高度	噴煙流向
2015/04/24 09:16~2015/04/24 09:40	4000m	S
2015/05/21 06:16~2015/05/21 06:50	4100m	SE
2015/05/21 10:20~2015/05/21 10:50	4300m	S

表 1(2) 偏波パラメータの比較に使用した降雨事例

観測日時	性状
2015/07/21 19:00~2015/07/21 20:00	対流性降雨
2015/09/29 8:00~2015/09/29 9:00	層状性降雨

図 2(1)(2)に「レーダ反射強度 Z_h 」および「偏波間位相差相関係数 ρ_{HV} 」の出現頻度比較結果を示す。

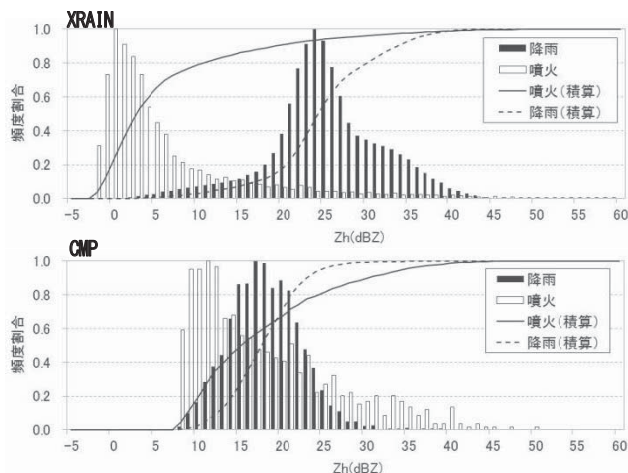


図 2(1) 降雨・降灰観測時における Z_h の比較

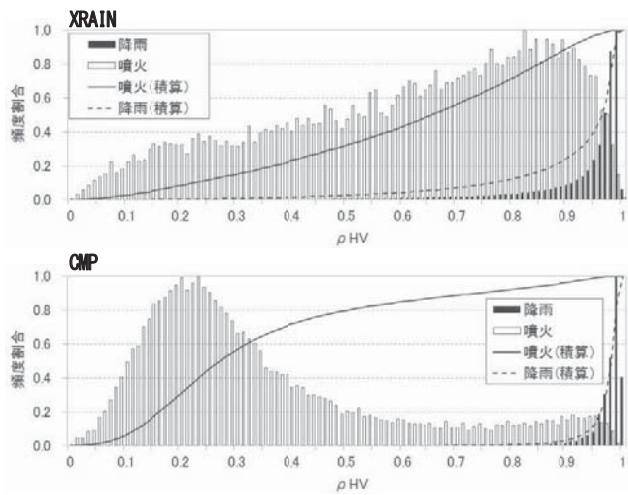


図 2(2) 降雨・降灰観測時における ρ_{HV} の比較

図 2(1)より、降雨、降灰それぞれを観測対象とした場合の Z_h は、XRAIN においてヒストグラムが明瞭に分離していることがわかる。一方、CMP では出現頻度のピークが近接しており、両者のヒストグラムに XRAIN ほど明瞭な差異は見られない。

次に図 2(2)を見ると、CMP において ρ_{HV} は極めて明瞭にヒストグラムが分離しており、降雨と降灰で観測特性が大きく異なることを示している。

一方、XRAIN では出現頻度のピークが近接しており、明瞭な差異は見られない。

これらの結果は降雨、降灰の個別観測結果である。こ

ここで、両者の観測特性が大きく異なる XRAIN における Zh, CMP における ρHV は、気象レーダによる降灰監視時の課題である「降雨と降灰の識別」に有用であると考えられる。研究発表会では、これら偏波パラメータによる降雨、降灰識別結果も発表予定である。

3. XRAIN を利用した土石流発生基準雨量の高度化

3.1 現行基準および土石流の監視精度

2014 年に策定した土石流発生基準雨量²⁾および 2015 年 4 月~12 月に発生した土石流を対象とした「メール配信システム」の精度検証結果を表 2 に示した。基準雨量は、250m メッシュである XRAIN 観測値の 10 分間雨量(1 分毎に積算した過去 10 分間雨量) 流域内最大値で設定した値である。なお、ここでは土石流の発生件数が比較的多かった野尻川、有村川の 2 河川の結果を示す。

表 2 土石流発生基準雨量および検証結果例

河川名	基準雨量	発生件数	捕捉	空振り	見逃し
野尻川	7.0mm	9件	6件	19件	3件
			66.7%	67.9%	33.3%
有村川	8.0mm	11件	9件	18件	2件
			81.8%	62.1%	18.2%
合計		20件	15件	37件	5件
			75.0%	64.9%	20.0%

捕捉率=捕捉/土石流発生数×100
空振り率=空振り/(捕捉+空振り+見逃し)×100
見逃し率=見逃し/土石流発生数×100

表 2 より、現行の基準雨量では土石流の 70%~80%程度を補足していることがわかる。一方で 60%以上の空振りが発生しており、空振り率の改善が課題と言える。

3.2 土石流発生基準雨量の改良

現行の基準雨量は、XRAIN 観測値の最大値のみで設定されており、雨域や素因等は考慮されていない。いずれの流域も流域面積が狭小なため、現行基準でも表 2 に示す程度の精度は確保されているが、土石流監視精度向上のため下記①~③に示した要素と土石流発生の関係を解析し、基準雨量に反映させた。

①斜面勾配

土石流の運動形態は溪床等の勾配により発生区間、流下区間、堆積区間に分類できる²⁾。そこで、流域における 250m メッシュ斜面勾配の分布状況を解析し、野尻川における堆積区間を 15 度以下、発生区間を 25 度以上、同様に有村川では 15 度以下、20 度以上と設定した。設定した各区間につき表 1 に示した基準雨量を 1m ずつ変化させて捕捉率、見逃し率とともに精度が改善する雨量を検討した。

②降雨の空間分布(流域内上位 10%のメッシュ雨量)

土石流は雨量が最大となるメッシュで発生するとは限らず、強雨域の広がりや考慮する必要がある。この観点より、流域内で XRAIN 観測雨量が上位 10%までの全メッシュ雨量を平均し、基準雨量としての実用性を検討した。

③流域積算降灰量

流域への火山灰の堆積状況が土石流発生雨量に影響を及ぼすことが報告されている³⁾。2015 年に作成した Z-A 関係式(レーダ反射強度と降灰量の関係式)⁴⁾を用いて XRAIN 観測値から流域内の積算降灰量を算定し、土石流発生との関係を検討した。

検討の結果、①~③それぞれの要素について土石流発生基準雨量を表 3 の通り設定した。ここに示した 3 種類の基準雨量は、それぞれ独立して監視精度を検討し得られた結果であるが、運用に際してはこれらを組み合わせることにより更なる精度向上が期待される。

表 3 新たな指標による土石流発生基準雨量

項目	野尻川			有村川		
	斜面勾配	15°以下	・	25°以上	15°以下	・
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RMSE※	1.2mm	1.7mm

(※:2乗平均平方根誤差、標本間の差の絶対値を示す指標)

項目	野尻川			有村川		
	積算降灰量	0.1cm以下	・	0.5cm以上	0.1cm以下	・
基準雨量	7mm	7mm	3mm	8mm	8mm	3mm

そこで3種類の基準雨量の組み合わせによる精度の変化を調査した。

調査の結果、斜面勾配(①)と降雨の空間分布(②)を組み合わせた場合が最も高精度となり、次いで僅かな差で降雨の空間分布(②)と流域積算降灰量(③)を組み合わせた場合が高精度となった。なお、2015年4月~12月は桜島における噴火回数が0回であったため、流域積算降灰量を考慮した基準雨量の監視精度は正確に評価することが出来ない。基準雨量に対する流域積算降灰量の影響を検討するためには、今後のデータの蓄積、検証が必要である。

表 4 に、最も高精度となった組み合わせによる新基準と現行基準による土石流監視精度を示した。比較に用いた土石流事例は表 2 で使用した事例と同事例である。

表 4 現行手法と新基準による土石流監視精度の比較

要素	現行手法	新基準(①+②)
捕捉率	75%	100%
空振り率	65%	18%
見逃し率	25%	0%

新基準では土石流の捕捉率が 100%、見逃し率が 0%となり、理想的な精度となっている。また、課題となっていた空振り率も 65%から 18%へと低減し、現業での利用に耐え得る土石流監視精度を達成した。

参考文献

- 1) 寺谷ほか: XRAIN を活用した桜島の降灰および土石流発生監視について、平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集 A, pp.A-238~239, 2014
- 2) 国土技術政策総合研究所, 砂防研究室: 土石流・流木対策設計技術指針解説, pp.1, 2007
- 3) 國友ほか: 土砂災害緊急情報における「時期情報」の精度向上に関する一提案~降灰等の堆積に起因する土石流の発生危険度評価~, 砂防学会誌 Vol.65, No.6, pp.3-11, 2013
- 4) 辻本ほか: XRAIN 観測値を活用した地上降灰量算定手法に関する研究, 平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集 A, pp.A-288~289, 2015