

XバンドMPレーダを利用した降灰観測について

国土交通省 九州地方整備局 大隅河川国道事務所 調査第二課 ◎野田信幸
○吐師一彦
大分河川国道事務所 調査第一課 ●齋藤由紀子

1. はじめに

桜島の土石流発生回数と噴火回数は密接な関係があることが知られている。このことは、土石流の発生源の降灰量が土石流発生・非発生には重要であることを示唆しているが、発生源は立入禁止区域にあるため降灰量を実測することはできない。このため、過年度までに桜島 Xバンド MP レーダ(以下、XMP レーダ)観測値を用いて降灰量を推定する手法を検討しているが、推定精度が十分とは言えない状況にある。また、降雨中の降灰の有無も重要であるものの、雨灰の判別精度とは言えない。

本発表では、土砂災害の発生予測の高度化を図ることを目的とし、XMP レーダによる降灰量推定精度の向上を図るため、地上降灰量データを追加して降灰量推定式の精度向上を図った。また、雨灰判別の精度向上に向けて、国見 C バンド MP レーダ(以下、国見 CMP レーダ)の降灰観測への適用性を検討し、2基のMPレーダによる雨灰判別への有効性を検討した。

2. 地上降灰量観測の実施

XMPレーダによる降灰量の推定精度向上を図るため、桜島島内 13 か所で地上降灰量観測を行った(図 1 左上)。設置した機器はプラスチックカップによる簡易トラップ(図 1 右下)と電子天秤(3 か所、図 1 右上)の 2 種類であり、電子天秤設置地点には簡易トラップも併設した。簡易トラップ観測は 1 日 1 回回収・設置を繰り返し実施した。電子天秤観測は接続されたデータロガーに 10 分毎に降灰量データを記録した。

簡易トラップにて回収した火山灰資料は、後述する降灰量推定式(Z-A式)の精度向上に向けた基礎資料とするため、乾燥重量測定および粒度組成分析を実施した。

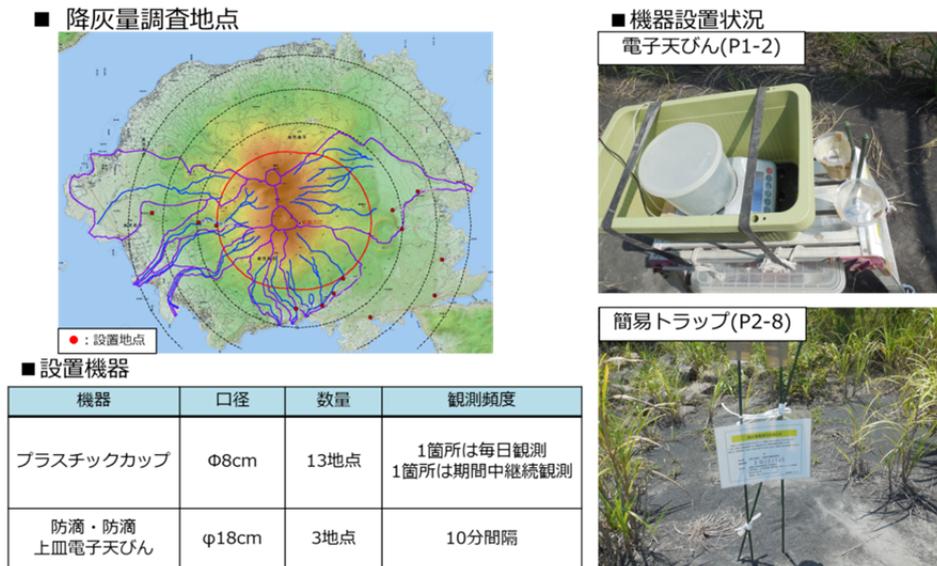


図1 地上降灰量観測の実施状況

3. 降灰量算定定数の同定

XMPレーダによる降灰量推定には、平成26年度(2014年度)に算定した改良Z-A式を用いている。この式は、2種類の降灰量算定定数(B、 β)を用いて、レーダ反射強度から降灰量を推定するものである。一般的に降灰量や降灰粒径は昭和火口からの距離に依存すると考えられることから、 $B \cdot \beta$ も昭和火口からの距離の関数として定義されている(図2上)。

ここで、降灰量算定定数は、1か月積算用と1日積算用の2種類を作成しており、1か月積算用にはドラム缶式降灰量計のデータ、1日積算用には上述した地上降灰量観測結果に加え、自動降灰量計のデータを用いて算定している(図2左下)。

これまでの $B \cdot \beta$ は、平成25・26年度の地上降灰量データを用いて算定されており、さらに推定式の精度向上を図るため、本年度の地上降灰量データを追加して定数を同定した(図2右)。

■ 改良Z-A式

過去2ヶ年の地上降灰データを基に、2014年度業務で算定した改良Z-A式の降灰量算定定数(B、 β)の同定を実施した。

$$A = B(d) \times Z^{\beta(d)}$$

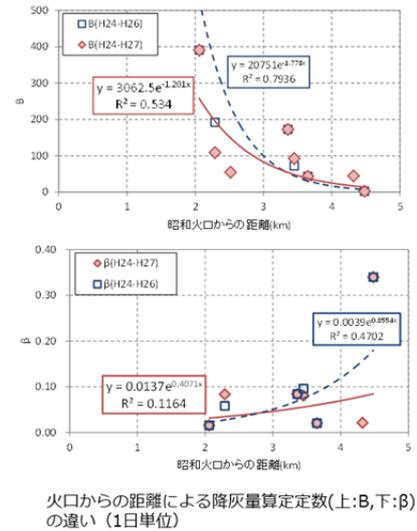
- Zはレーダ反射強度[dBZ]
- Aは算定降灰量[g/m²]
- B、 β は、昭和火口からの距離d[km]の関数
- 1日単位と1か月単位それぞれについて作成

■ 1日積算降灰量の降灰量算定定数の同定

近似式	B		β	
	式	R ²	式	R ²
H25~H26年度	$20751 \exp(-1.778d)$	0.7936	$0.0039 \exp(0.8554d)$	0.4702
H25~H27年度	$3062.5 \exp(-1.201d)$	0.534	$0.0137 \exp(0.4071d)$	0.1164

■ 1ヶ月積算降灰量の降灰量算定定数の同定

近似式	B		β	
	式	R ²	式	R ²
H25~H26年度	$96.226 \exp(0.6438d)$	0.1404	$0.0217 \exp(-0.274d)$	0.0727
H25~H27年度	$801.13 \exp(0.098d)$	0.007	$0.0345 \exp(-0.575d)$	0.0827



火口からの距離による降灰量算定定数(上:B,下: β)の違い(1日単位)

図2 降灰量算定定数の同定

4. 2基のMPレーダによる降雨中の降灰観測

2014年度までに、XMPレーダの偏波パラメータを用いたメンバーシップ関数により雨灰判別を検討してきた。しかし、XMPレーダの観測特性等から、判別精度は十分とは言えない。2015年3月より国見CMPレーダの観測が開始されたため、国見CMPレーダを加えた2基のMPレーダによる雨灰判別への有効性を検討した。

降雨および降灰時の偏波パラメータの観測特性を把握するため、それぞれの事例について桜島直上におけるXMPレーダおよび国見CMPレーダの偏波パラメータ観測特性を検討した(図3左)。Zhに着目すると、XMPレーダの方が国見CMPレーダよりも降雨と降灰時に明瞭に違いがみられた。一方で、 ρ_{HV} に着目すると国見CMPレーダの方がXMPレーダよりも両者を明瞭に区別することがわかる(図3左下)。これは、XMPレーダは波長が短くより細かい粒

子まで観測することができるため、Zhの小さい降灰を観測することができるが、小さい粒子は球形に近いため ρ HVは1.0に近い値となる。一方、Cバンドは波長が長いため、細かい粒子を観測できないが、大きい降灰粒子は縦横比が異なるため、降雨と区別しやすいと考えられる。なお、その他の偏波パラメータ(ZDR、 ϕ DP)では両者に明瞭な違いは見られなかった。

以上の結果を踏まえ、XMPレーダのZhと国見CMPレーダの ρ HVを組み合わせることで雨灰判別精度が向上することが期待できる。しかし、偏波パラメータの観測メッシュサイズは両レーダで異なるため、単純に同一メッシュで組み合わせると偏別することはできない。そこで、両レーダのメッシュサイズを統一したうえで雨灰判別結果を組み合わせることとした(図3右)。

■ 噴火事例

No	期間	火口	噴煙高さ	噴煙量	流向
1	2015/04/24 09:16~2015/04/24 09:40	S	4000	5	S
2	2015/05/21 06:16~2015/05/21 06:50	S	4100	5	SE
3	2015/05/21 10:20~2015/05/21 10:50	S	4300	5	S

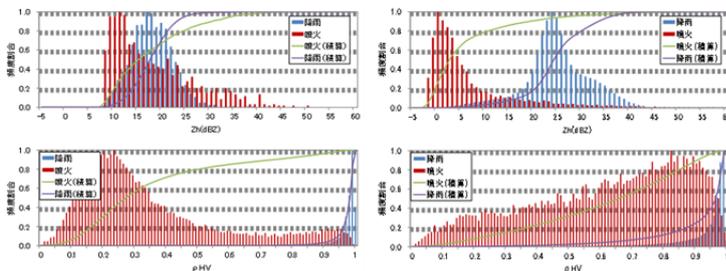
■ 降雨時の噴火事例

No	期間	火口	噴煙高さ	噴煙量	流向
1	2015/04/28 09:40~2015/04/28 10:00	S	600<	2<	T

■ 降雨事例

No	期間	性状
1	2015/07/21 19:00~2015/07/21 20:00	対流性降雨
2	2015/09/29 8:00~2015/09/29 9:00	層状性降雨

■ 偏波パラメータの出現分布 (CMP)



■ 2基のレーダによる雨灰判別

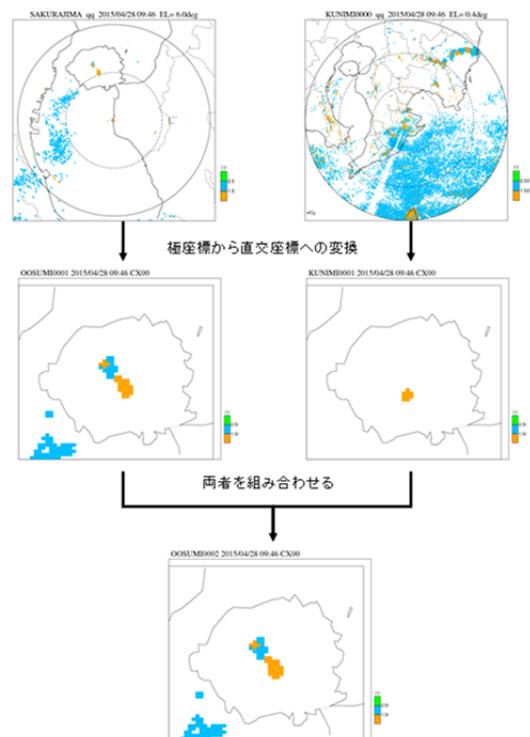


図3 降雨・降灰時の偏波パラメータ観測特性と2基のレーダによる雨灰判別手法

上述した判別手法を降雨中の噴火事例(2015年4月29日9時42分)に適用した結果を図4に示す。この事例では桜島周辺全域にわたって10mm/h前後の降雨があった。

XMPレーダのZhによる判別(図4上段)では、噴火直後はレーダの同径方向(北北西-南南東)に降灰判定がされ、その後、降灰が北側へ移流するにつれて徐々に雨の判定に変化し見逃しとなっている。また、降灰が無いと思われる桜島の南側に降灰の判定があり空振りも発生した。

CMPレーダの ρ HVによる判別(図4中段)では、噴火直後から火口付近に降灰判定がされ北側へ移流する間も降灰と判定されているが、徐々に範囲が狭まっており、本来はその周辺も降灰があったと思われるが見逃しとなっている。

両者を組み合わせた判別(図4下段)では、上記のうち一方でも降灰在りと判定したメッシュは降灰と判別することとした。その結果、XMPレーダで空振りとなった地域(島南側)は残るものの、XMPレーダで降雨と判定された桜島北側の領域は、CMPレーダの降灰在りのメッシュ

と重なることから、この領域は降灰がある領域と推定される。

したがって、2基のMPレーダを組み合わせることで、それぞれのレーダ単体のみでは見逃しとなっていた領域を降灰在りの領域として捉えることが可能となることから、降雨中の降灰監視に2基のMPレーダを活用することが有効であることが示せた。

■ XRAIN-CMPによる雨灰判別



図4 2基のMPレーダによる雨灰判別結果

5. まとめと今後の課題

本発表でのまとめを以下に示す。

- XMP レーダ観測値からの降灰量推定精度向上のために、地上降灰量調査を実施した。
- 今年度の地上降灰量データおよびドラム缶データを用いて改良 Z-A 式の降灰量算定定数 $B \cdot \beta$ を同定した。
- 2015 年度の噴火事例を対象に国見 CMP レーダの偏波パラメータ値を検討し、雨灰判別の可能性を検討した。
- 国見 CMP による ρHV は、噴火時と降雨時で明らかに異なる頻度分布となり、XRAIN の Z_h と組み合わせることで、雨灰判別精度が向上することができる。

以上の結果から、今後の課題を以下に示す。

- 事例を蓄積するとともに、改良 Z-A 式の降灰量算定定数 ($B \cdot \beta$) を最適化していく必要がある。
- MP 合成による判別の可能性について事例を蓄積するとともにさらに精度を向上させ、降灰監視情報の高度化に繋げる必要がある。