

## 桜島における土石流発生監視に対する X バンド MP レーダの有効性について

国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所 大坂 剛 \*高橋英一 野村英伸  
 一般財団法人日本気象協会 内田良始 桃谷辰也 斎藤泰治 ○寺谷拓治  
 (\*現 九州地方整備局九州技術事務所)

### 1. はじめに

桜島において直轄砂防事業が実施されている各河川は流域面積が 0.68km<sup>2</sup>~8.72km<sup>2</sup> と狭小で、土石流発生監視のためにはこれら狭小流域の降雨を精度良く観測する必要がある。しかし、現在、頂上付近を中心とする半径約 2km は立ち入り禁止区域となっており、地上雨量観測も実施できない状況にある。一方、立入禁止区域内の降雨量を精度よく把握することは、土石流の頻発する溪流における砂防工事の安全確保を図る上で極めて重要なことである。

このような状況の下、平成 23 年 7 月から垂水国道維持出張所において X バンド MP レーダの試験運用が開始され、高い空間・時間解像度および観測精度で桜島におけるレーダ観測値が入手可能となった。

ここでは平成 23 年、24 年の土石流発生事例における X バンド MP レーダ観測値を解析することにより、土石流発生監視に対する有効性を検討した結果を報告する。

### 2. X バンド MP レーダ観測概要

X バンド MP レーダ設置位置と桜島の位置関係は図 1 に示すとおりである。



図-1 X バンド MP レーダ設置位置

また、観測仰角および観測シーケンスは表 1 および図 2 に示した通りである。観測は  $\theta_0$  から  $\theta_{11}$  の 12 仰角を 5 分かけて一巡するようにスケジュールされている。図 2 に示したように  $\theta_0$  および  $\theta_1$  は毎分交互に観測さ

れており、この 2 仰角を合成したものが地上雨量として XRAIN によって配信されている。ただし、 $\theta_0$  は桜島山頂より低高度を観測しているため、桜島上空は 2 分に 1 回  $\theta_1$  によって観測されることになる。なお、 $\theta_1$  による桜島上空の観測高度は海拔約 1500m である。

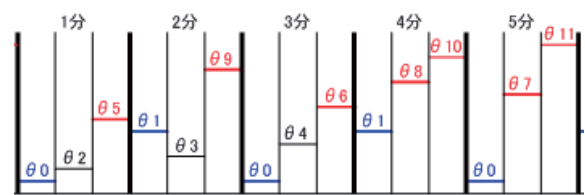


図-2 X バンド MP レーダの観測シーケンス

表-1 X バンド MP レーダの観測仰角

仰角名	$\theta_0$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_3$	$\theta_4$	$\theta_5$	$\theta_6$	$\theta_7$	$\theta_8$	$\theta_9$	$\theta_{10}$	$\theta_{11}$
角度(°)	1.7	6.0	2.7	3.8	4.9	7.5	9.2	11.0	12.9	14.9	17.3	20.0

### 3. X バンド MP レーダの観測精度

X バンド MP レーダの観測精度確認のため、島内のテレメータ雨量計観測値との比較検証を行った。表 2 に 4 種類の指標を用いた定量的な精度検証結果を示した。なお、テレメータ雨量は島内の国土交通省、鹿児島県、鹿児島市所管の合計 17 地点の雨量計観測値を使用し、降雨事例は 2012 年 6 月~9 月の強雨事例とした。

表-2 X バンド MP レーダの観測精度例

雨量種別	相関係数	RMSE (mm)	総雨量比	回帰係数
10分雨量	0.89	1.12	1.11	0.96
60分雨量	0.96	2.59	1.12	1.03

RMSE : Reast Mean Square Error (二乗平均平方根誤差)

総雨量比 : (レーダ雨量) / (地上雨量)

表 2 より島内における X バンド MP レーダ観測精度は、相関係数が 0.89 とバラつきが小さく、RMSE が 1.12mm および総雨量比が 1.11 と量的な精度も良好であることが確認された (10 分雨量)。また、地上雨量による補正を行わず配信されるため、観測と配信の時間差が数十秒程度であり、降雨のリアルタイム監視が

可能である。また、250m メッシュという詳細なメッシュでの観測が実施されているため、狭小流域内の雨量分布を把握することができる。立ち入り禁止区域内の雨量観測精度検証は実施できないが、表2の結果および時間・空間解像度の点より、XバンドMP レーダは桜島における降雨監視に有用であると判断できる。

#### 4. 土石流発生状況

本調査ではXバンドMP レーダの観測が開始された平成23年6月～平成24年10月の直轄河川における土石流発生事例を収集した。なおここではワイヤーセンサーの切断をもって土石流の発生とみなし、切断時刻を土石流発生時刻と呼ぶこととする。表2に対象期間中の土石流発生回数を示した。

表-3 土石流発生回数

河川名	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	合計
土石流発生回数	22	13	14	9	3	4	2	67

期間中、67回の土石流が発生しており、そのうち約33%に相当する22回は野尻川で発生していた。また、降り始めから発生に至るまでのテレメータ雨量計による積算雨量は0mm～908mmの間に分布していた。なお、0mmで土石流が発生している事例は3事例あり、いずれも野尻川で発生していた。

#### 5. 土石流発生時の降雨観測状況例

図3に平成24年10月23日午前3時23分に野尻川で土石流が発生した際の降雨観測状況を示した。XバンドMP レーダでは3時2分頃より雨量が観測され始め、3時12分頃に流域平均・流域最大メッシュ雨量ともに最大となっている。その後、急速に弱まり3時23分にワイヤーセンサーが切断された後、3時35分には完全に降り止んでいる。雨の降り始めからワイヤーセンサー切断まで20分、雨の降り始めから降り終わりまで33分という短時間強雨が土石流が発生した事例であった。雨の降り始めからワイヤーセンサー切断まで、テレメータ雨量計では雨量は観測されておらず「雨量0mmで土石流が発生」したことになる。

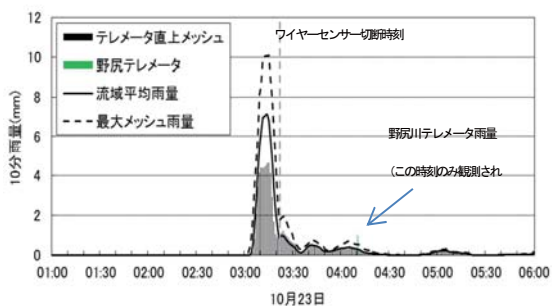


図-3 土石流発生時における雨量観測値の比較

このように土石流発生時のXバンドMP レーダ観測状況を検討することにより、地上雨量計では監視不可能であった土石流の誘因降雨を時系列で詳細に監視することが可能であることが示された。

#### 6. 土石流発生とXバンドMP レーダ観測雨量の関係

島内の直轄河川では、地上雨量計観測値と土石流発生との関係を解析し、土石流警戒避難基準雨量が策定されている。たとえば野尻川では、20分雨量が5.0mm(準備)、8.0mm(警戒)、12.0mm(避難)という3段階の基準が設定されている。ここではXバンドMP レーダ観測値を活用した土石流発生捕捉率を評価するために、レーダ観測値を用いて最大メッシュ20分積算雨量を作成し、テレメータ雨量を用いた場合との土石流発生捕捉率を比較・評価した。なお、XバンドMP レーダ観測値による20分雨量とは、1分毎に時刻をずらしながら積算した移動積算20分雨量である。表4にテレメータ雨量を用いた既存基準による土石流捕捉率とXバンドMP レーダ観測値を用いた場合の捕捉率を示した。なお、ここで捕捉率とは基準雨量を超過した回数のうち土石流が発生した回数の割合とする。

表-4 土石流発生捕捉率の比較

基準雨量	土石流の捕捉率	
	レーダ	テレメータ
5mm	46%	25%
8mm	50%	33%
12mm	73%	50%

表4より、XバンドMP レーダ観測値を用いて既存の警戒避難基準雨量を運用した場合、各基準雨量ともテレメータ雨量を用いた場合より土石流の捕捉率は大きく向上することがわかり、桜島の土石流監視に対するXバンドMP レーダの有効性が示唆された。

#### 7. まとめ

桜島島内におけるXバンドMP レーダ観測精度を相関係数、RMSE、総雨量比、回帰係数を指標として行ったところ、高精度で観測が行われていることが確認された。また、既存の警戒避難基準雨量をXバンドMP レーダ観測値に適用したところ、テレメータ雨量計に的徴する場合より土石流の捕捉率は大きく向上した。従って桜島における土石流発生監視に対してXバンドMP レーダは有効であると言える。

なお、近年の降雨傾向の変化により図3に示したような短時間強雨が誘因となる土石流発生が増加が懸念される。その対策として、より短時間の雨量を指標とした警戒避難基準雨量が必要である。