

XRAIN 観測値を活用した地上降灰量算定手法に関する研究

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

1. はじめに

活発な噴火活動が継続する桜島では、島内および周辺地域で降灰による社会活動への影響が顕在化しており、降灰量分布を定量的に把握する必要性が高まっている。また、大規模な噴火発生時、事務所が実施する降灰量現地調査のための基礎資料としても、降灰量分布の即時的・定量的把握は重要である。

このような背景の下、大隅河川国道事務所では XRAIN 観測値を活用した降灰量監視手法の検討を継続的に行っている。本発表会では、新たな検討の結果、これまでの検討で課題となっていた降灰監視精度(定量性)に改善が見られたので報告する。

2. レーダ反射因子を利用した降灰監視手法の概要

レーダのアンテナから輻射され、雨滴で散乱して返ってくる電波の受信電力は、「単位体積中の雨滴の直径の6乗の総和(ΣD^6)」に比例し(D:雨滴の直径)、この ΣD^6 をレーダ反射因子と呼ぶ。受信電力から算出されるレーダ反射因子と雨量の間には(1)に示した関係があり、Bおよび β を雨量観測値を用いて同定しておけば、受信電力値からの雨量算定が可能となる。

$$Z = B \cdot R^\beta \quad \dots (1)$$

Z:レーダ反射因子(mm⁶/m³)
R:雨量強度(mm/h)
B, β :定数

今、(1)式の R(mm/h)を降灰量 A(kg/m³)と置き換え

$$Z = B \cdot A^\beta \quad \dots (2)$$

とし(2)を Z-A 関係式と呼ぶこととする。

(2)式より

$$\log_{10} Z = \beta \cdot \log_{10} A + \log_{10} B \quad \dots (3)$$

となり、縦軸を Z(mm⁶/m³)、横軸を A(kg/m³)とした対数グラフ上の回帰直線の傾きを β 、切片をBとして同定できる。(2)式中の B・ β を同定しておくと、地上で測定された降灰量(kg/m³)と、その上空のレーダ反射因子(mm⁶/m³)を関連付けることが可能となり、レーダ観測値から降灰量を算定することが可能となる(以降『レーダ降灰量』と呼ぶ)。

3. 2013 年度までの降灰量算定手法における課題

2013 年度は Z-A 関係式における B・ β の同定を、降雨観測における B・ β の同定と同様に実施した。具体的には、XRAIN 観測範囲内にある降灰量観測地点における地上降灰量観測値と、各観測地点上空のレーダ反射因子(降灰量観測時間分を積算したもの、本稿では1日積算を採用)を用いて回帰分析を行い B・ β を同定した。つまり B・ β の空間分布を考慮せず、降雨観測の場合と同様にレーダ1基に対して1組の B・ β を与えた。同定した B・ β の値は表1に示した通りである。

表1 2013 年度に同定した Z-A 関係式における B・ β

同定年度	B	β
2013 年度	99.961	0.0737

表1に示した B・ β を適用した Z-A 関係式を用いて、2014 年8月～12月に観測されたレーダ反射因子から算定したレーダ降灰量の関係を図1に示した。

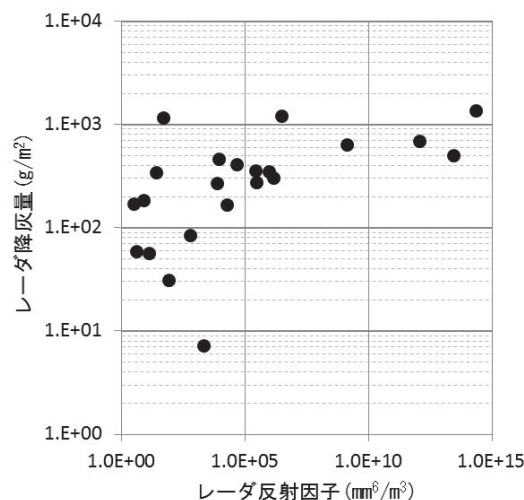


図1 レーダ反射因子から算定したレーダ降灰量

図1より、レーダ反射因子から算定したレーダ降灰量には大きなバラツキのあることがわかり、算定手法の改良が課題となっていた。

4. レーダ降灰量算定精度向上手法の検討

レーダ反射因子から算定されるレーダ降灰量が大きくバラつく要因として、火山灰の粒径が雨滴ほど一様ではないことが考えられる。そこで、算定手法に粒径の影響を取り入れるため、粒径が大きな粒子から順に火口近くに落下すると想定し、B・ β を火口からの距離の関数として同定することとした。

表 1 に降灰量観測地点毎に算出した $B \cdot \beta$ と各観測地点の火口からの距離を示した。また、図 2 に B および β の値と火口からの距離の関係を示した。

表 1 観測地点別に算出した $B \cdot \beta$

地点名	P2-3	P2-4	P2-5	P2-6	P3-1	P3-2
距離 (km)	2.29	2.06	3.45	4.48	3.65	3.36
B	192.14	390.35	71.888	2.4817	43.597	172.71
β	0.0583	0.0156	0.0961	0.3399	0.0205	0.0841

(注)「距離」とは昭和火口から各観測地点までの距離を示す

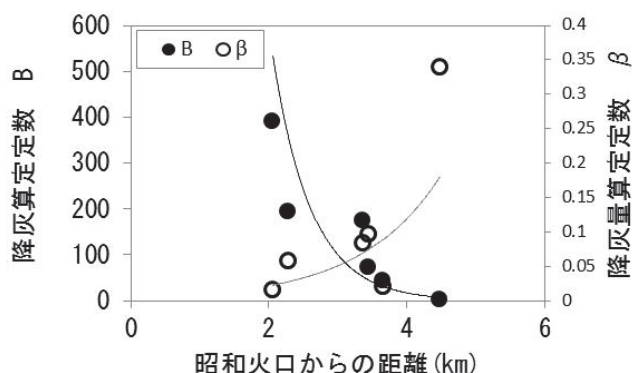


図 2 降灰算定定数 B と火口からの距離の関係

図 2 より、指数近似で $B \cdot \beta$ を火口からの距離(d)の関数として表現すると以下の通りとなる。

$$B(d) = 20751 \exp(-1.778 d) \cdots (4)$$

$$\beta(d) = 0.0039 \exp(0.8554 d) \cdots (5)$$

ここで、(2)式に(4)および(5)式の $B \cdot \beta$ を適用し、図 1 で使用したデータを用いてレーダ降灰量を算定した結果を図 3 に示した。図 1 と比較するとレーダ降灰量のバラつきが小さく、レーダ降灰量算定精度の向上が期待できる。

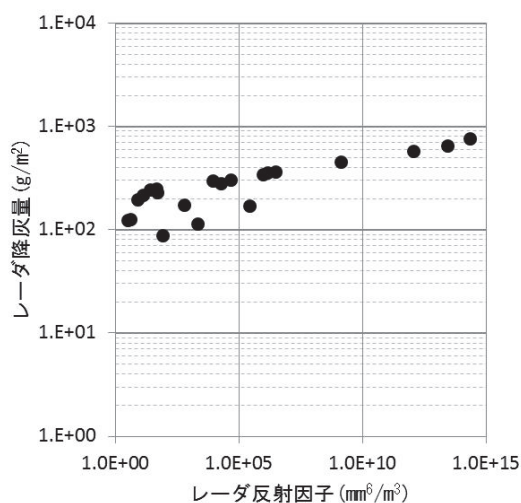


図 3 レーダ反射因子から算定したレーダ降灰量

5. 地上降灰量観測値とレーダ降灰量算定値の比較

図 4 に、「 $B \cdot \beta$ を 1 組のみ設定」した場合 (図 1 の手法) と「 $B \cdot \beta$ を昭和火口からの距離の関数として設定」した場合 (図 4 の手法) のレーダ降灰量算定値と地上降灰量観測値の比較を示した。

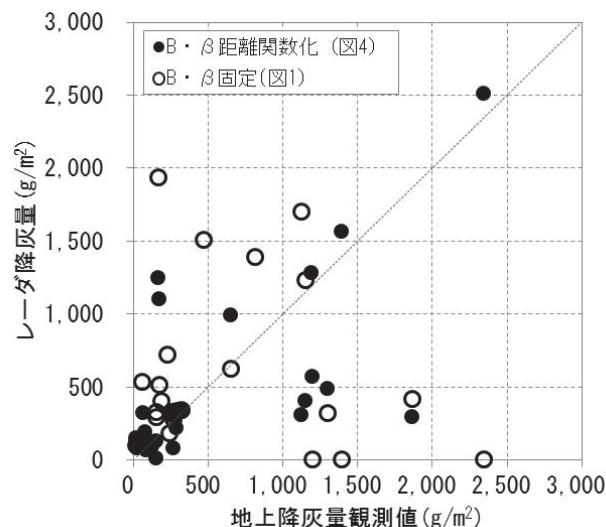


図 4 レーダ降灰量と地上降灰量の比較

図 4 より、 $B \cdot \beta$ を火口からの距離の関数として設定した場合の方が、地上降灰量とレーダ降灰量の一致度が高く、精度が向上していることがわかる。

一方、何れの手法でもレーダ降灰量が地上降灰量観測値より過小となる事例が見られる。これはレーダ観測の原理上、レーダで捕捉できない微小な火山灰が時間をかけて降下し地上降灰量として計測される可能性を示唆している。このような事例に対してレーダ降灰量を精度良く算定するためには、積算時間毎 (例えば 1 日、10 日、1 か月等) に $B \cdot \beta$ を設定する等、時間を考慮した同定を行う必要があると考えられる。また、噴火の規模は噴火毎に異なるため、火山灰等の粒径も異なる。従って、即時的に測得可能な噴火の規模に係る情報 (例えば噴煙頂高度等) を加味した $B \cdot \beta$ の同定がレーダ降灰量精度向上に有効である可能性がある。

6. まとめ

解析的な手法を用いてレーダ反射因子からレーダ降灰量を算定する手法を検討した。検討の結果、降灰量算定定数 $B \cdot \beta$ を昭和火口からの距離の関数として設定することで、レーダ降灰量算定精度が向上することを確認した。更なる精度向上のためには、レーダ反射因子の積算時間や噴火の規模を考慮した手法 ($B \cdot \beta$ の同定) の開発が課題と言える。

参考文献

- 1) 寺谷拓治ほか: 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、2014