

現業用気象レーダを活用した降灰監視およびナウキャストへの取り組み

一般財団法人日本気象協会 ○寺谷 拓治, 坂井 紀之, 内田 良始
国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所 久保 世紀, 木崎原 康一

1. はじめに

現在、我が国では気象観測レーダとして国土交通省 X バンドレーダ 39 基, C バンドレーダ 26 基, 気象庁 C バンドレーダ 20 基 (空港レーダを除く) が稼働している。レーダ観測範囲内で火山が噴火した場合には、火山灰が観測されることになるが、降灰量を定量的に観測することは出来なかった。一方、九州地方を中心として活発な噴火を繰り返す火山もあり、防災活動等にレーダを有効に活用するために、現業用気象レーダによる降灰監視等の手法を検討してきた。

ここで紹介する取り組みは、国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所発注業務および戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第 2 期「国家レジリエンス (防災・減災) の強化」研究開発課題名「衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発」の一環で実施したものである。

また本稿は、これまでの取り組み事例の紹介であるため、既に発表済み事項を多く含む内容となっている。

2. 単偏波レーダと二重偏波レーダ

現業用の気象レーダは、単偏波レーダと二重偏波レーダに大別できる。近年、二重偏波レーダの雨量観測精度が良好であることが実証され、気象観測レーダは、単偏波レーダから二重偏波レーダへの更新が進められている。

2.1 短偏波レーダ

短偏波レーダでは、(1)に示した Z-R 関係式を用いて降水強度を算定している。ここで B, β は、地上雨量計で観測された降水強度 R と、レーダ観測で得られたレーダ反射因子 Z の関係を解析することにより得られる定数であり、最適な値となるようレーダ毎に個別に同定されている。

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

Z : レーダ反射因子 (mm⁶/m³)

R : 降水強度 (mm/h)

B, β : 定数

従って、地上雨量観測と同様、降灰量を地上で連続的に観測して B, β を同定することにより、降灰を定量的に観測できる可能性がある。

2.2 二重偏波レーダ

二重偏波レーダでは、垂直・水平の 2 偏波を利用することにより、反射強度 Z_H (dBZ) に加え、図 1 に示すようなレーダ反射因子差 Z_{DR}, 偏波間位相変化率 K_{DP}, 偏波間相関係数 ρ_{HV} 等のパラメータが測得可能となる。これらのパラメータは、観測対象粒子の形状 (縦横比), 形状等のそろい具合 (ばらつき具合), 大きさ等に依存する。従って、この情報を利用して、火山灰の大きさ, 形状等を推定できる可能性があり、さらにそれらの情報を活用して降灰監視の精度を高めることができる可能性がある。

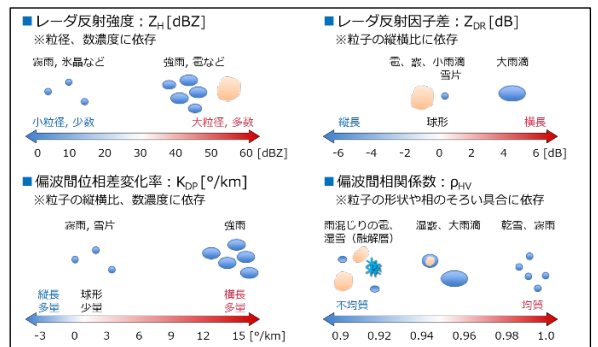


図 1 二重偏波レーダで測得可能なパラメータ例

3. 降灰監視への応用例

3.1 降灰観測用 B, β の同定例

2.1 に記載した通り、Z-R 関係式中の定数 B, β を、地上における連続的な降灰量観測データと、その上空におけるレーダ反射因子を用いて同定した。

地上における降灰量は、図 2 に示した連続観測用の装置により桜島で実施した。

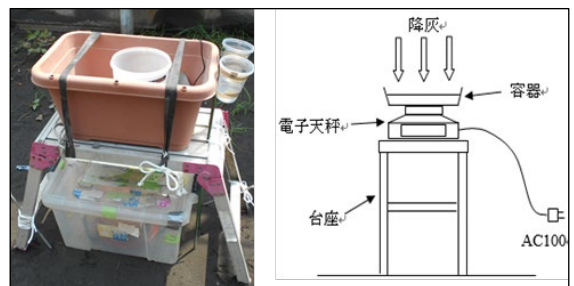


図 2 降灰の連続観測例

(2)式は、レーダ反射因子と観測対象である雨や灰の粒子の直径の関係を示す。

$$Z = \sum_{i=0}^n Di^6 \dots\dots\dots (2)$$

Z: レーダ反射因子(mm⁶/m³)

Di: 粒径 (mm)

式からわかる通り、レーダ反射因子は単位体積に含まれる粒子の粒径の6乗の総和である。従って、この手法による降灰量算定では、火山灰の粒径分布が定量精度に大きく影響する。一方、観測対象である火山灰の粒径をリアルタイムで把握することは困難であったため、粒径分布は火口からの距離に依存すると仮定し、図3に示したように火口からの距離別にB、βの算定を試みた。

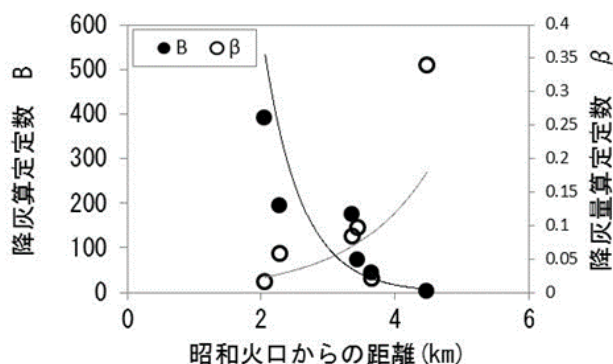


図3 Z-R 関係式における降灰観測用Bβ同定例

これらのBβを利用して、噴火事例における降灰量算定を実施している。

3.2 降灰ナウキャスト検討例

火山噴火後、防災対策の初動を迅速に行うためには、レーダで観測された火山灰がどこに落下するかを推定することが重要である。また、多仰角観測を行っているレーダでは、噴煙の立体観測が可能である。このような観点から、立体観測結果を利用した1時間先までの降灰ナウキャスト手法を開発した。

ナウキャスト手法として、水平方向の移動については、上空500mの層毎にレーダで観測された噴煙の移動ベクトルを5分間隔で算出し、60分先まで外挿して移動させている。鉛直方向には、粒径分布を仮定し、粒径ごとに異なる落下速度を与えて火山灰粒子を落下させることで、落下地点を推定している。最終的には地上に落下した粒子の体積の積算量を基に、降灰深を算定している。

図4に2013年8月13日16時40分を初期時刻とする降灰ナウキャスト試行結果を示す。

55分後(右下)には、鹿児島市街地で1cm程度の降灰を予測したが、実際は数mm程度の降灰にとどまった。

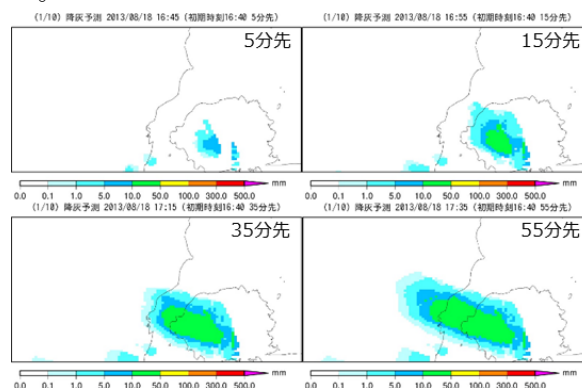


図4 降灰ナウキャストの試行結果

4. 課題等

4.1 降灰量監視の定量的精度

3.1で紹介した通り、Z-R関係式の中のB、βを火山灰観測用に同定し、噴火事例について精度を検討した(大会時に発表予定)が、精度にはバラツキがみられた。原因として、観測される地上降灰量が少ないため、定数同定に限界があると思われる。また、図4に示したナウキャストでも、観測された降灰量は数mm程度であり、誤差の範囲とも言える量であった。定数同定、精度の検討両面から、良質な地上降灰量観測データの入手が必要といえる。さらに、ここで紹介した工学的手法では、粒径の分布等について必ず一定の仮定が必要で、それが誤差要因となる。

4.2 偏波パラメータの活用

2.2で二重偏波レーダの偏波パラメータを示した。偏波パラメータの中には、粒子の形状やサイズ等に関連するものもあり、それらを利用することで、工学的手法では得ることができない情報を加味した降灰監視が実現できる可能性がある。一方、これまでに偏波パラメータの利用を試行しているが、現段階では実用レベルの成果が得られていない。引き続き、偏波パラメータの活用を検討する必要がある。

4.3 XRAIN 配信データの活用

2022年4月より、XRAINのrawデータ、3次元データの有償配信が開始され、民間企業が購入可能となる。このデータを購入・利用することにより、これまで以上に多様な解析、検討が可能となるため、積極的に取り組む必要がある。

以上