

2.3 火山による降灰範囲の推定

(1) 背景と目的

2011年1月から2月にかけて発生した霧島山（新燃岳）の噴火では、噴火に伴う降灰が鹿児島県霧島市や宮崎県都城市等火口の南東側を中心に広い範囲で観測された。この噴火によって家屋・自動車等の破損被害に加え、露地野菜の収穫不能や収量・品質の低下といった問題が生じた。また、2014年9月には御嶽山が噴火し、戦後最悪の人的被害が発生した。

噴火によって火山灰が山腹斜面等に堆積すると、地表の浸透能が低下し、表面流が発生しやすくなる。さらに、この表面流と堆積した火山灰によって侵食環境が大きく変化し、土石流が発生しやすくなる¹⁾。そのため、火山が噴火した場合には、土砂災害防止対策基本指針²⁾に基づき、降灰等の堆積や地形状況、周辺の降雨状況及び土石流の発生状況等から、土石流による被害が想定される区域・時期を早期に特定する必要がある。

火山噴火に伴う降灰の影響は、道路の通行不能といった交通被害、電力・上下水道施設等のライフラインへの影響、農作物の生育被害や農地被害等多岐にわたる。そして、このような被害について適切に対処していく上では、降灰範囲を精度良く推定することが必要となる。

(2) 現状の手法と問題点

一般的に、降灰範囲は現地調査により計測されることが多い。降灰量を計測する容器を定点に設置して、網羅的かつ定期的に降灰深や降灰量を計測することで等層厚線図が作成される。しかし、降灰範囲は非常に広域に及ぶことが多いため、降灰範囲を厳密に特定しようとするれば、多大な労力と時間を要することになる。また、現地は土石流発生の危険性が高く、降雨が予想される場合は調査を進めることが難しい。さらに、火山活動の状況によっては、火口に近付くほど調査が困難になる等、降灰量のデータが十分に得られない状況が想定される。

国土交通省では、地上からの現地調査の他、霧島山や御嶽山の噴火の際には、被害の概略を把握するため、防災ヘリにより上空からの目視確認を行っている。

(3) 衛星データを用いた手法の解説

(a) 概要

霧島山の噴火のように降灰範囲が広域に及ぶ場合、現地調査のみでは被害範囲を正確に特定することは難しく、広域を同時に観測できる衛星データの有用性は高い。また、衛星データの特性を活かして周期的に観測することで、時系列的な変化を把握することもできる。

衛星データを用いて火山の降灰範囲を把握した事例には、光学センサを利用したものが多い^{3)~6)}。降灰前の植生や土壌といった土地被覆のスペクトルと火山灰のスペクトルが異なるため、降灰前後のデータを利用すれば降灰範囲を特定できる可能性がある。しかしながら、浦井⁵⁾は火山灰のスペクトル計測の結果から、火山灰の粒度や含水量によってもスペクトルが異なることを報告しており、そのため衛星データだけで降灰範囲や火山灰堆積厚を把握することは難しく、現地の計測データも活用しながら特定していく必要がある。

降灰前後の光学衛星画像を用いた比較的簡易な手法として、2時期の画像の輝度値の差分（輝度差分解）と現地調査から得られた火山灰堆積厚との関係から、降灰範囲を特定する手法が挙げら

れる⁶⁾。2011年の霧島山噴火を対象として、火山灰堆積厚1cm以上の範囲が推定されている。次項では、この手法を解説する。

(b) 解説

降灰範囲を特定するために、降灰前後の2時期の衛星画像を利用し、輝度値の差分を取得する(輝度差解析)。ここで、植生状態の季節変化の影響を最小限にするため、可能な限り同じ季節の衛星画像を利用することが望ましい。また、用いる衛星画像について、衛星の運用期間等の問題から、同じ衛星の画像が準備できない可能性がある。その場合は、できる限り同じ分解能と波長のセンサで撮影した画像を準備する。

降灰前後の輝度差解析による降灰範囲特定のプロローを図-2.3.1に示す。

(ア) オルソ処理

標高データによる衛星画像の歪み補正を行うとともに、地図データを基に正射投影を行う。これにより、異なる衛星画像の重ね合わせ、比較ができるようにする。

(イ) 輝度値変換

オルソ処理を施した衛星画像に対して、DN (Digital Number) から分光放射輝度に変換する。DNから輝度値に変換する式は、センサによって異なるので注意する。

(ウ) 輝度補正

観測日の違いにより生じる大気の影響や、衛星及びセンサの違いにより生じる影響を軽減するため、輝度の補正を行う。まず、季節変化に伴う土地被覆状態の変化や経年変化が少ないと考えられる地点(市街地、裸地等)を選定し、その画素の輝度値を噴火前後で各々20点程度取得する。その後、噴火前を基準として噴火後の輝度値を補正するため、取得した20点程度の値を利用して、下式のような線形回帰により補正処理する。

$$y_i = a_i + b_i x_i$$

y_i : バンド*i*の輝度補正值

a_i : バンド*i*の切片

b_i : バンド*i*の係数

x_i : バンド*i*の輝度値

(エ) 降灰前後の差分値計算

降灰範囲の特定に適した波長は、火山灰の組成・粒子・含水量によって異なる可能性があるため、複数の波長について降灰前後の輝度値の差分を求める。図-2.3.2と図-2.3.3には、青の波長を利用して降灰前後の差分値を計算した事例を示す。画像中赤色で表示されている箇所は、降灰前に対して降灰後に輝度値が増加した範囲であり、降灰範囲である可能性が高い。ただし、輝度値の変化は、

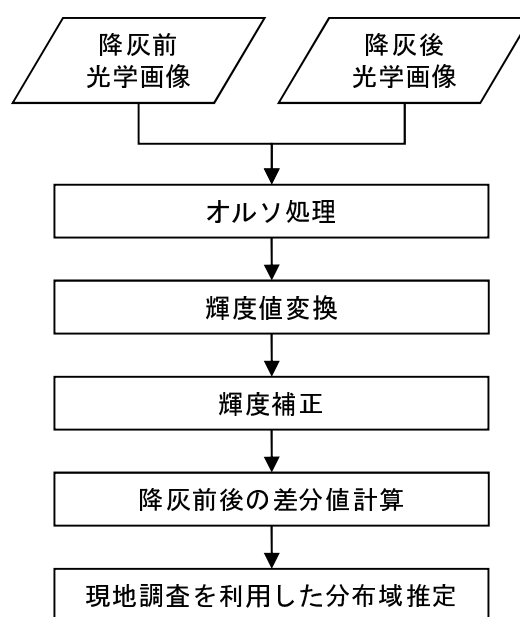


図-2.3.1 降灰範囲の特定フロー

植生等の様々な土地被覆変化も抽出していることも考えられる。

また、図-2.3.3 に示した事例から、分解能 1km 程度の Terra/MODIS でも概ね降灰範囲を推定できており、観測幅の広さを活かして、広域の降灰範囲を推定することも可能と考えられる。

(オ) 現地調査を利用した分布域推定

(エ)の計算結果と堆積厚の測定結果を比較し、最も相関が高い波長を選定する。上野山らの研究⁶⁾では、青の波長が最も相関が高いとしているが、火山灰の組成・粒子・含水量によって異なることも考えられるため、その都度選定する方がよい。波長の選定後、(エ)の値と現地調査による火山灰の堆積厚の測定結果から、(エ)の値から火山灰の堆積厚を推定する式を求め、堆積厚が 1cm 以上の範囲を特定する。

(c) 使用する衛星データの条件

衛星データは、光学センサを用いる。また、輝度差分解析は、地表面の状況に左右されることから、降灰前後の衛星データの観測時期（季節）が同じであることが望ましい。利用する波長は、火山灰の組成・粒子・含水量によって適した波長が異なる可能性があることから、現地調査結果と比較し、最も適切な波長を選択する必要がある。

また、火山の降灰範囲は、広域にわたる可能性があることから、降灰規模に応じた衛星画像を選定する。

(d) その他

輝度差分解析では、地表面の土地被覆変化が生じた箇所も抽出してしまうので注意が必要である。また、火山の降灰範囲の特定は、堆積厚が 1cm 程度あれば特定できる可能性があるが、堆積厚がこれより小さい場合は降灰範囲として抽出することが難しい。

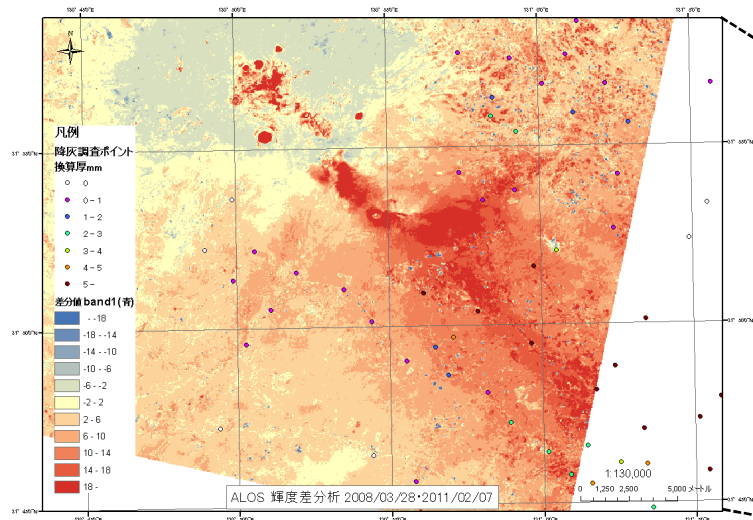
(4) 利活用のイメージ

ここでは、衛星画像を用いて降灰範囲を推定する方法を示したが、これに堆積厚の現地計測結果から推定した堆積厚分布を組み合わせれば、降灰量を推定することも可能である。

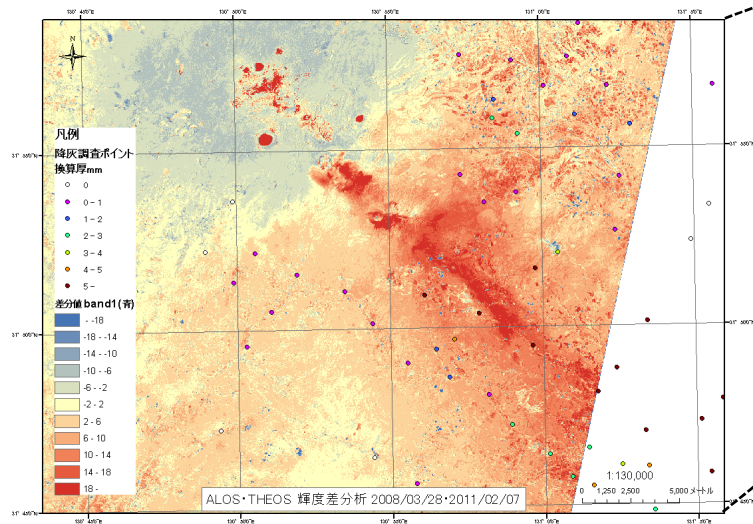
降灰範囲や堆積厚分布、降灰量の総量を効率的に把握できれば、被害量の推定や復旧事業の計画立案へとつなげることができる。

【参考文献】

- 1) 地頭菌隆, 下川悦郎: 火山灰に覆われた桜島山腹斜面における表面流出, 砂防学会誌(新砂防), Vol.42, No.3, pp.18-23, 1989.
- 2) 国土交通省: 土砂災害防止対策基本指針, 2015.
- 3) 幾志新吉: ランドサット・データによる 1983 年三宅島噴火噴出物の分布域の検出, 国立防災科学技術センター研究速報, 第 51 号, pp.19-27, 1984.
- 4) 中川和男, 山越隆雄, 笹原克夫, 竹内正信, 長原 融: 衛星リモートセンシングによる火山灰堆積厚把握手法について, 土木学会第 60 回年次学術講演会, 第 60 巻, 03 号, pp.383-384, 2005.
- 5) 浦井稔: ASTER による有珠火山 2000 年噴火に伴う降灰域の観測, 地質調査研究報告, 第 52 号, 第 4/5 号, pp.189-197, 2001.
- 6) 林真一郎, 水野正樹, 佐藤匠, 麻生紀子, 海野順子, 古田竜一, 藤原直樹, 上野山直樹, 伊東明彦: 衛星リモートセンシングデータを用いた火山噴火降灰範囲推定手法の検討, 土木学会第 67 回年次学術講演会 講演概要集, 第 67 巻, IV-047 号, pp.93-94, 2012.



(a)降灰前後の画像に ALOS/AVNIR-2 を利用した事例



(b)降灰前の衛星画像に ALOS/AVNIR-2、
降灰後の衛星画像に THEOS を利用した事例

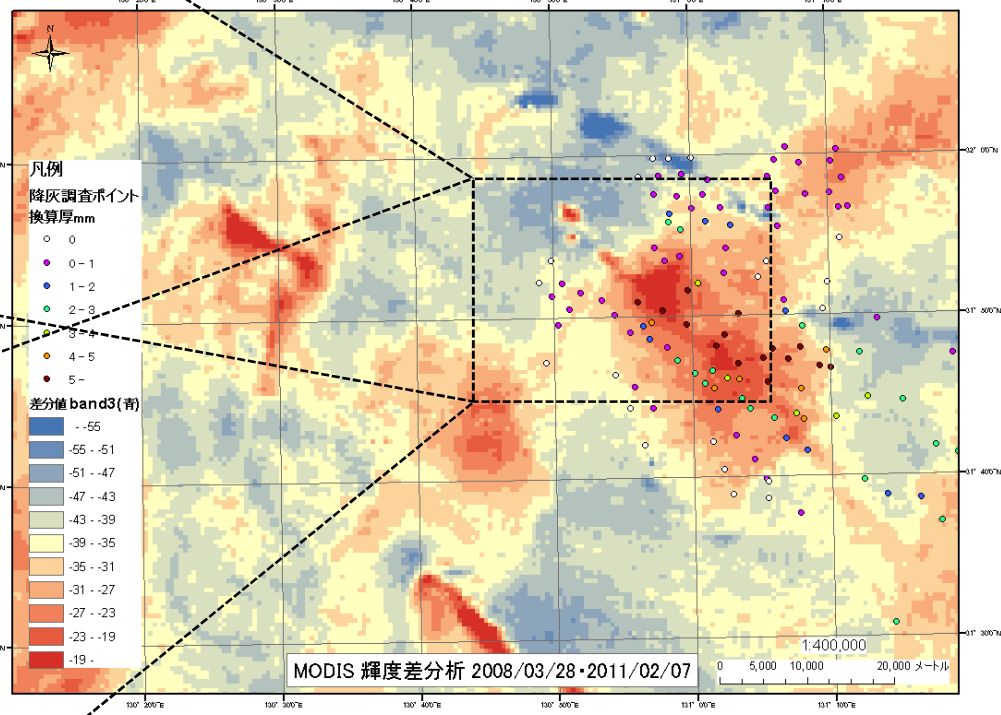


図-2.3.3 降灰範囲を特定した事例
(その 2、降灰前後の画像に Terra/MODIS を利用した事例)

図-2.3.2 降灰範囲を特定した事例 (その 1)