

## 衛星画像を利用して有珠山噴火の森林被害を調べる

菅野正人

2000年3月31日、有珠山が23年ぶりに噴火した。今回の噴火により西山山麓と金比羅山西側山麓に新たな火口群が形成され(図-1)、噴火に伴う地殻変動により、火口周辺の道路や建物が崩壊し、森林でも降灰による樹木の枯死などの被害が発生した。

噴火などの大規模な自然災害が発生した場合、周辺区域は立入禁止となり、現地調査によって被害を把握することは困難となる。このような場合、宇宙から観測できる衛星画像は、安全にしかも速やかに被災地の様子を映し出すことが可能であるため、復旧対策を立案する手助けとなっている。また、繰り返し観測することにより、被災地の移り変わりも正確に把握できる。

ここでは、有珠山噴火に際して、衛星画像データを解析して、噴火直後に発生した森林被害区分図を作成し、さらに2001年の森林被害状況を比較して1年後の森林被害の移り変わりを明らかにした。

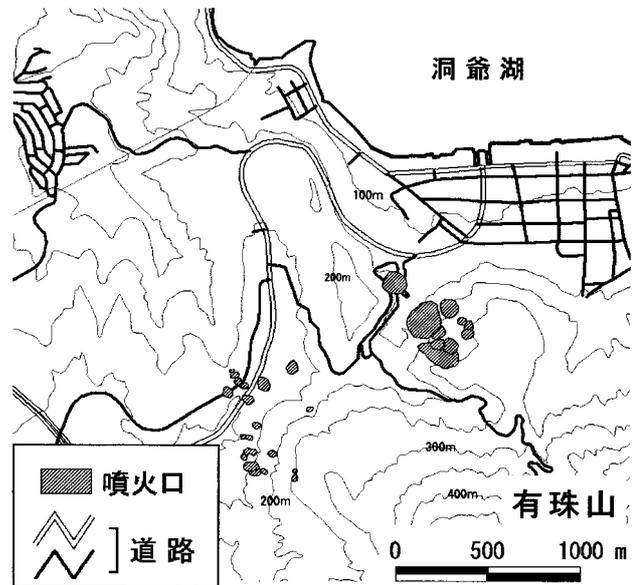


図-1 有珠山の位置図と火口群

### 有珠山噴火の経過

有珠山では2000年3月27日午前から火山性地震が次第に増加し、28日午後からは山麓で有感地震が多発した。その後、31日13時10分頃、噴火が有珠山の西山山麓で発生し、噴煙は最高で3,500mに達した。4月1日11時30分すぎ、有珠山北西側の金比羅山西側山麓で新たに噴火し、噴煙は最高で3,000mに達した。これらの噴火により、西山山麓に断層群が出現し、さらに北西山麓を中心として地盤が隆起した。森林も火口群周辺において樹木の枯死などの被害を受けた。

2001年には噴火活動はほぼ収束して被災地の復興が進みつつあったが、一部の地域で地熱活動による樹木の倒壊が見られた。

### 使用した衛星データと解析方法

有珠山噴火の直後、宇宙開発事業団の衛星リモートセンシング推進委員会は災害モニタ指定を行い、人工衛星による緊急観測を開始した。観測に使用した人工衛星はフランスで打ち上げたSPOTである。SPOT衛星は高度約820kmの上空から観測を行っており、PAN画像とXS画像を撮影する。PAN画像は単バンドの白黒画像で、地上分解能は10mである。XS画像は可視域から森林被害の把握に重要な近赤外域まで3つのバンド(XS1~XS3)で観測を行っており、地上分解能は20mである。

衛星画像によって森林被害解析を行うためには、撮影が植物の活動が活発になる時期で、観測地付近

に雲がないことが望まれる。このため、2000年については、噴火によって樹木が枯死し始めた5月16日の画像を使用した。2001年については、2000年と撮影時期が近い5月29日の画像を使用した。

X S 画像の近赤外域 (X S 3)において、植物は強い反射を示すことが知られている。図 - 2 は2000年の S P O T 画像の既知の場所における反射特性を示したものである。森林被害の有無により特に X S 3 での反射輝度値に大きな違いが見られ、植生のある場所では反射輝度値が高く、植生のない被害地では低くなっているのがわかる。この反射特性の違いを調べることで、森林被害の程度を推定することができる。解析手順は以下のとおりである。

1. S P O T 衛星画像から解析に必要なエリアの切り取りと幾何補正を行う。
2. 衛星画像の反射輝度値データをもとに解析ソフトを使用して機械的な分類を行い、森林被害区分推定図を作成する。
3. 現地調査が可能な地域を対象に森林被害を調べ、森林被害区分推定図を検証する。
4. 上記の結果をもとに、森林被害区分推定図を修正し、森林GISに入力されている森林区域と重ね合わせて森林被害分布図を作成する。

これらの解析を行うソフトは E S R I 社の Erdas Imagine8.4を使用した。

森林被害分布とその変化

図 - 3 に2000年と2001年の森林被害分布図を示す。背景にPAN画像とX S 画像を合成して作成した10m分解能の疑似カラー画像及び噴火口の位置図を載せている。ここで用いた被害区分は以下のとおりである。

- 中害：枯死には至っていないが、降灰によって枝が折れているなどの被害を受けている森林
- 激害：森林が消滅していたり、樹幹のみになって今後の回復が見込めない森林
- 噴煙：衛星画像から地上の様子が分からないため不明であるが、噴火口から近いことと周辺

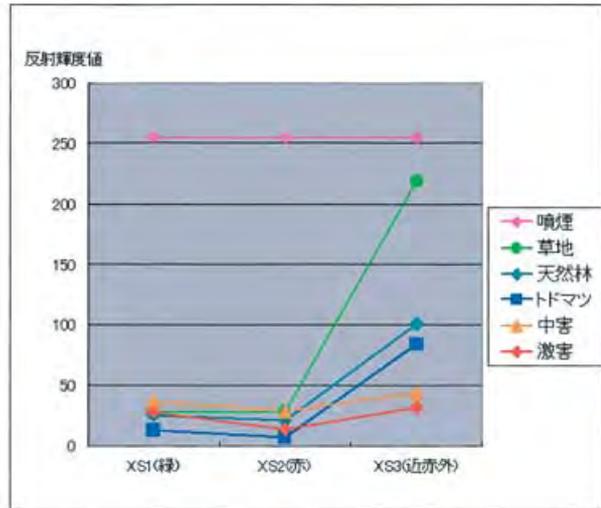


図 - 2 S P O T 衛星画像の反射特性  
中害、激害については本文を参照

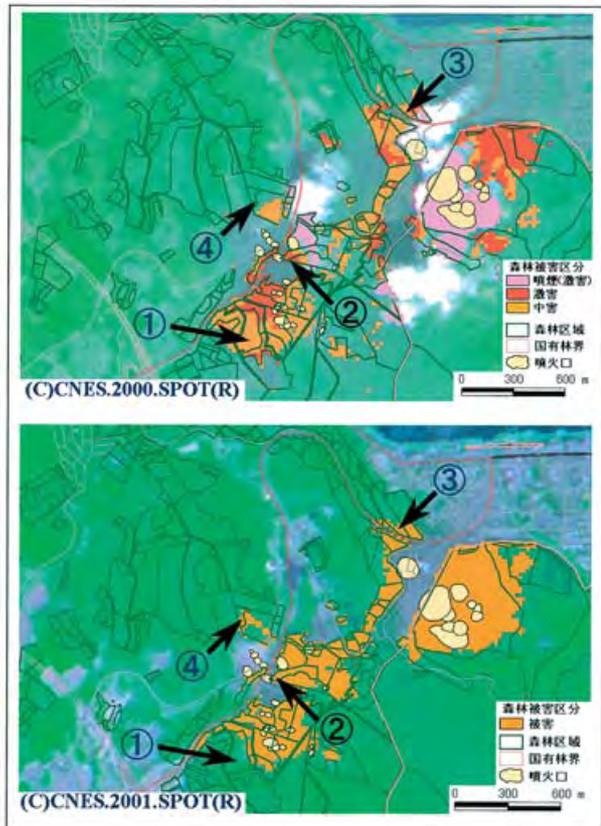


図 - 3 森林被害分布図

上：2000年5月16日 S P O T 画像より解析  
下：2001年5月29日 S P O T 画像より解析

の状況を勘案し激害区域として扱う

なお、2001年は、噴火活動の低下に伴って枯死か生存かという状況がはっきりしてきたため、枯死した森林に限って被害区域とした。

2000年の森林被害面積は、国有林34.9ha、民有林49.8ha、計84.7haと計算された。このうち民有林については2000年7月20日時点の森林被害面積として北海道水産林務部によって発表されている。

2001年の衛星データから解析した被害面積は国有林32.3ha、民有林38.5ha、計70.8haで、国有林がほぼ変わらず、民有林が約10ha減少した。写真 - 1 のように、噴火活動の低下に伴って植生が回復してきた中害区域（図 - 3 の ）があったためと考えられる。

そのほかの被害区域について見ると、図 - 3 の 西山火口群付近の激害区域の樹木については、2000年8月時点で幹折れや枝の喪失など、ほぼ枯死していたが、2001年6月においても同様の状況であり、草本回復も見られなかった（写真 - 2 ）。

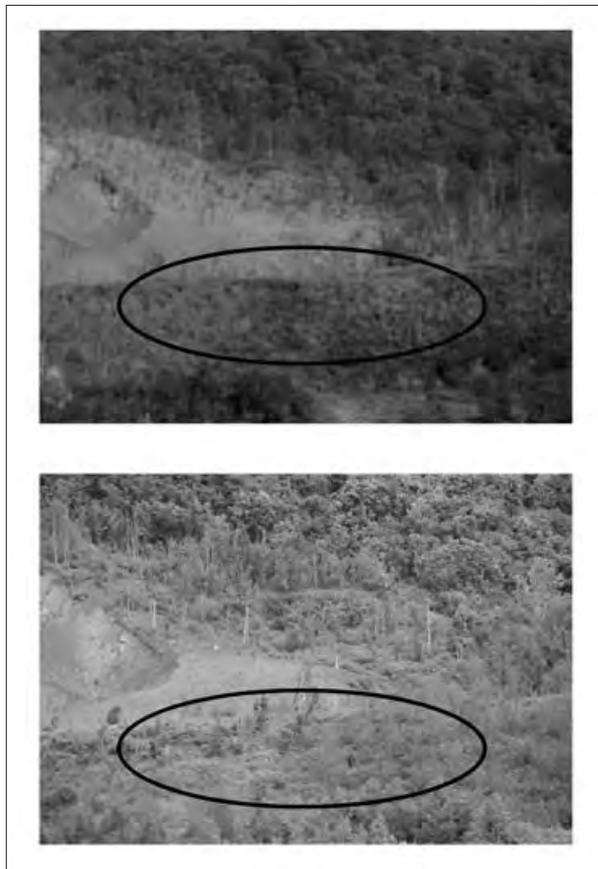


写真 - 1 西山火口群周辺の様子  
（楕円の箇所は図 - 3 - ）  
上：2000年8月10日撮影  
下：2001年6月12日撮影



写真 - 2 西山火口群付近の様子  
上：2000年8月10日撮影  
下：2001年6月12日撮影



写真 - 3 金比羅火口群付近のサクラ類の植栽地  
上：2000年8月10日撮影  
下：2001年6月12日撮影

2000年では火山灰をかぶって枝の折れた中害区域となっていた図 - 3の サクラ類の植栽地は、2001年6月には9割以上が枯死し、葉も出ていない状態となっており、今後の回復は望めないものと思われる(写真 - 3)。

図 - 3の 西山火口群西側のトドマツ造林地は、噴火活動が収束してきた2000年末頃から発生した新たな被害箇所である。この造林地は8月時点では水蒸気が出ていたもののトドマツに異常は見られなかった。しかし、2001年6月には、樹木が倒壊した様子が遠くでもからはっきりと確認できた(写真 - 4)。現地を見ると地熱そのもので枯死している他に、地熱よって地面が柔らかくなり樹木が倒壊していた(写真 - 5)。この区域における地熱活動は噴火から半年を過ぎた頃から活発になり、約90 の噴気も見られた。



写真 - 4 地熱活動により倒壊したトドマツ人工林  
上：倒壊前(2000年8月10日撮影)  
下：倒壊後(2001年6月12日撮影)



写真 - 5 倒壊地の様子  
(2001年6月12日撮影)

樹木が完全に倒壊していた箇所を倒壊区域として現地測量を行ったところ、その面積は0.22haであった。図 - 4 は倒壊区域を図 - 3 下の森林被害分布図に重ね合わせて拡大表示したものである。解析結果は倒壊区域を網羅しているものの、その周辺の50mほども被害区域となっていた。これは、倒壊区域周辺の樹木が地熱によって枯死していることを示している。

#### おわりに

今回の有珠山噴火は、前回の1977年噴火に比べて小規模であり、森林被害に関しても前回の約8,000haに比べ、100ha未満と約100分の1であった。

にもかかわらず、噴火口周辺の区域は数ヶ月にわたって立入禁止となり、現地調査によって森林被害を把握することは困難であった。そのような状況であっても、衛星データや森林GISを活用することによって、森林被害状況の把握が可能であることを今回の解析によって示すことができた。これらの解析によって得られた情報は防災担当課、胆振支庁などの出先機関、有珠土砂対策検討委員会等に提出し、森林被害面積を確定する際の資料として使用され、解析結果を復旧対策に生かすことができた。また、ホームページを立ち上げ、住民に対して衛星データによる災害モニターの情報提供も行った。

また、噴火活動が収束していく中で、地熱活動の活発化による新たな森林被害が認められた。前回の1977年噴火では、噴火後1年を経て、噴火口より離れた地点の地殻変動によって倒木・幹の傾斜等の被害が生じたことが報告されているが、地熱活動による新たな森林被害発生については報告がなく、興味深い事例である。

本研究を進めるにあたり、衛星画像の提供を受けた宇宙開発事業団の衛星リモートセンシング推進委員会、現地案内と森林計画図などのデータを提供していただいた北海道森林管理局、北海道森林整備課、及び胆振支庁の方々に感謝します。

さらに詳しく知りたい方は以下の文献が参考となります

日本リモートセンシング研究会 1992 図解リモートセンシング 18-19 (社)日本測量協会, 東京

佐藤 明・石塚森吉・豊岡 洪 1979 有珠山の地殻変動によるトドマツ人工林の被害 北方林業 31(8):22-25

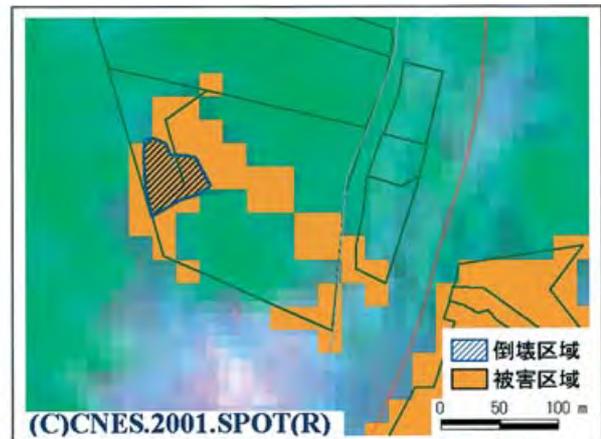


図 - 4 倒壊区域と被害分布図との重ね合わせ

(資源解析科)