

空中写真判読による有珠山噴火災害に関する研究
——被災樹木の1年後の状況について——

幾 志 新 吉*

国立防災科学技術センター

**Aerial Photographic Study on the Volcanic Disaster of Usu
—State of Damaged Trees One Year after the Eruption—**

By

Shinkichi Kishi

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

The present report describes investigations on the state of the vegetation in and around the Usu volcano area in the early summer of 1978, the area having been inflicted by volcanic ejecta due to the eruption of the Usu volcano in August 1977.

The investigation was carried out by means of field survey and vertical aerial photography using a 4-band multi-spectra camera.

Based upon the results of interpretation of the damage in the period August to October 1977, the change of the vitality of trees indexed by leaf quantity in June 1978 is studied.

Generally speaking, no remarkable changes were detected. However, it is noteworthy that, almost no recovery of vitality was seen especially in the area where the leaves were taken off by the fallen ash mainly consisted of pumice and the tree shapes were still retained.

On the other hand, local observation revealed increases in the quantity of leaves presumably from seasonal effects. There were also some places where the decrease in the quantity of leaves were detected, although the reasons for this have not been clarified.

The remote sensing technique proved to be a very effective and appropriate means for the survey of dangerous area as in the case of the recent eruption of Usu volcano. It has also an excellent quality for use in the simultaneous recording of information from a wide area.

* 第4研究部情報処理研究室

まえがき

1977年8月から始まった有珠山の噴火により多量の火山噴出物が有珠山とその周辺地域に降下し、植生等が多大の被害を受けた。そのため当センターでは、特別研究促進調整費による「1977年有珠山噴火に関する特別研究」の一環として「火山噴出物の分布及びその影響に関する研究」を分担した。その成果については、熊谷・高橋・大八木(1980)が報告している。

本報告は、1977年8月から10月の間に降灰等噴出物により影響を受けた樹木が、1978年の初夏を迎えてどのような状態になったかを現地踏査及び4バンドカメラによる空中写真の判読から検討した結果を述べたものである。すなわち、熊谷・他(1980)による1977年10月時点の被害判読図に基づいて、1978年6月時点における葉量を指標とする活力変化の有無について検討したものである。

また当センターでは、リモートセンシング画像解析技法の導入、システム開発を進めており(諸星・幾志1979)、本研究はその一環として位置づけられるものである。

1. 現地踏査および空中写真概要

現地踏査は、1978年6月19日～21日の3日間、熊谷・幾志が行った。調査対象は有珠山およびその周辺地域の地盤変動、構築物被害、泥流処理状況、樹木被害と、広域かつ多岐にわたった。このため樹木については踏査コース沿いに概観し、写真撮影を行う程度にとどまり、毎木調査は実施していない。

空中写真の撮影および現像は(株)画像工学研究所へ委託した。撮影時期は現地踏査4日後の6月25日で、画面距離150mmのI²S マルチスペクトルカメラを使用し高度3,500m、縮尺1:20,000で撮影された。標定図は熊谷・他(1980)が報告している。マルチスペクトルの波長域はB, G, R, IRの4バンドで、赤外白黒の原フィルムおよび密着プリントが当センターに保管されている。

この他、樹木葉量の判読を容易にするため、画像工学研究所に委託して前回同様マルチスペクトルビューワーMSV-300にて

$$G/b+R/g+IR/r$$

の合成方式により、総数12枚の合成フォールスカラー写真を作成した。ここにG, R, IRは撮影時のバンドを示し、b, g, rはビューワーに使用したカラーフィルターの色を示す。この合成方式により葉量の判読が容易となるのは、葉量の増加に伴って赤外反射が強くなり、緑～青の色調に対し赤い色調が増すという原理に基づく。

その範囲は現地踏査を実施した有珠山とその周辺の比較的狭い地域に限定し、また立体視をしないという前提で一つおきの写真番号について合成写真を作成した。なお合成写真の縮

尺は1:5,000である。

2. 1977年秋と1978年初夏の比較の方法

以下、「前回」とは1977年10月の調査・判読をいい、単に「空中写真」といえば合成フォーカスカラー写真を意味するものとする。

前回の被害判読図から被害の各タイプに属する区域を、現地踏査における概観をもとにサンプリングし、空中写真上で比較した。

今回新たに樹木活力に関する判読図を作成して、前回との比較を行う方法が考えられたが、この方法は次の理由により適当ではないと判断した。

すなわち、現地調査が日数・人員共に前回に比べ小規模なわりに、調査対象が広域・多岐にわたり、樹木についての詳細な調査を行っていないこと、2時期の空中写真を対比し、赤外部の反射量の平面分布を見ると、空間的な変動様相が概略一致している、つまり前回の判読によって区域割りされた被害の地域区分とほぼ同じ区分が今回にも判読されることであるが、踏査地域についてのみ合成写真を作成し、しかも写真番号を一つおきにしたため空白地域が生じたことも理由のひとつである。

さて、2時期の空中写真の対比により樹木の活力の比較を行うさいの問題点として、使用カメラのタイプとフィルムの相違、合成カラープリント作成時における色調の不均一性を勘案しなければならないこと、また季節の相違、火山灰の付着の有無、草類の活力の相違、さらに細かくは葉の含水量や影の暗色の影響などからくる赤外反射量の差異を考慮に入れるべきことが挙げられる。

とくに空中写真上に表われた赤外部の色調によって葉量を評価する場合、分光放射計によるグラントルース、太陽光の条件、パストラジアンズといった電磁エネルギーの伝播経路における計測値がなければ、反射の絶対量を得ることは本来不可能である。さらに撮影からプリントに至る写真処理上の諸条件も一定しておかなければならない。

一方、上述の如く写真処理上の条件が一定していれば、複数の写真上における色調の相対的な比較は容易となるのであるが、本研究に用いた空中写真は1時期のものについてさえ、地域の異なる写真相互間で同種の対象物の色調が異なっており、まして2時期の写真を比較するわけであるから、判読者の感覚に頼るところが極めて大きい。すなわち現地踏査による地上写真と記憶を十分に生かして、同種の対象物または対象地域の色調の差異を補正值として用い、時間的・空間的に異なる空中写真上の色調を視覚により補正しながら判読を行うことになる。

ここで、実際に比較判読を行った際に注意を要した、2時期の空中写真に関する特徴的差異を挙げると、前回の写真は全体的に色調が鈍く、植生は白ないしピンク系の色調を呈しており、土壌は青白色である。これに対し、今回の写真は色調が一般に鋭く、植生は本来の

赤〜黄系統で、土壤は青系統の色調を呈している。

一見してわかる全体的な色調のちがいは、写真処理上の条件のちがいによるものと思われるが、局所的な色調の差異は、前回には未だ地表ないし樹木を覆っている火山灰の反射が影響しており、季節的に秋の紅葉期であったこと、今回は樹木を覆う灰はほとんどなく、季節が最も植生の盛んな夏期であり、オオイタドリ、アキタブキ、エゾニュウなど葉径の大きな草類の反射がキメの細かい鮮かな橙黄色系の色調を呈していることにあると思われる。

とくに林床の草類の反射による赤外部の色調は、被害を受けた樹木から復活した葉による色調と識別しにくく、最も判読に注意を要したところである。

ここで、諸要因による2時期の空中写真上での色調のちがいの視覚的な補正の方式を図式化すると、

$$(\text{樹木の本来の色調}) = (\text{樹木のみかけの色調}) - (\text{補正量})$$

において、

前回の空中写真については、

$$(\text{補正量}) = (\text{火山灰の色調}) + (\text{写真固有の色調})$$

今回の空中写真については、

$$(\text{補正量}) = (\text{草類の色調}) + (\text{写真固有の色調})$$

となる。

従って空中写真上にあらわれた樹木の葉量に関する季節的な色調変化は、この比較方法では補正量に含めていない。

ここで、噴火直後から前回の調査までの1977年秋の期間と、冬季を経た1978年初夏の今回の調査時点の2時期の比較において想定される、葉量を指標とする樹木活力の変化についてのモデルを図1に示す。

すなわち、樹木を主幹・枝・葉によって抽象的に表わし、折損・倒伏・落葉などの被害状況を表現した。葉の枚数は葉量を表わす。葉量の変化タイプは増加・減少・不変の3通りを想定した。1977年10月の被害状況の区分は、当時の調査で設定された被害タイプに対応させてあるが、図では広葉樹と針葉樹の区別はしていない(記号については次節参照)

1977.10		1978.6		
被害タイプ	記号	変化タイプ		
		V-1	V ₀	V ₁
1	A ₁		1 (1)	1
2	A ₃	2	2	2 (3)
3	A ₂	3	3 (2)	
4	A ₄	4	4 (4)	4
5	C ₀		5 (5)	5 (6)
6	C ₁	6	6	6 (7)
7	D	7 (8)	7 (9)	

図1 樹木活力(葉量)を表わすモデル図、
() 該当区域番号

Fig. 1 A model of vitality of trees

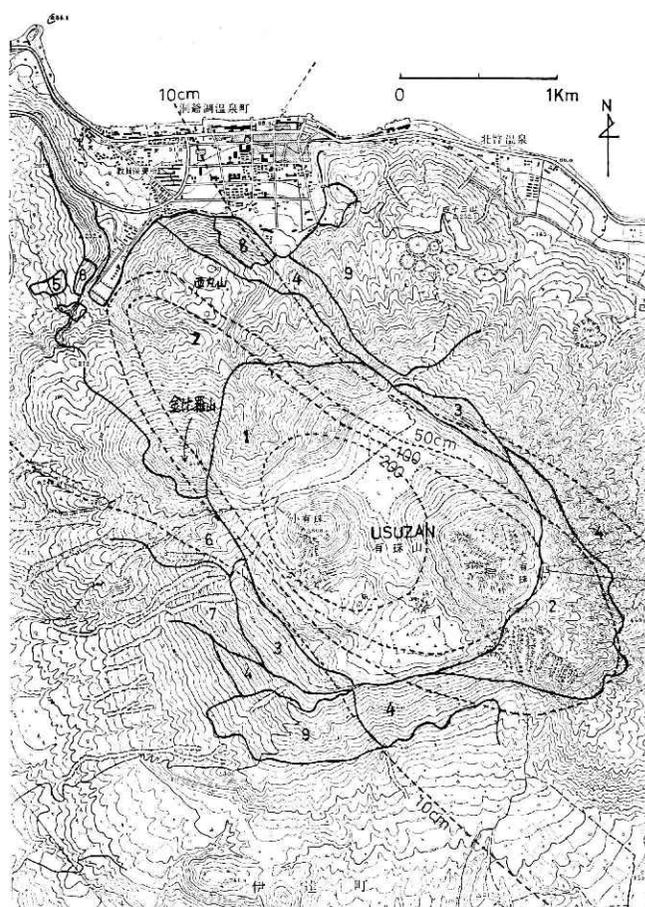


図2 樹木活力判読区域図(1978年6月)破線は全降灰積算たい積等厚線(1977年8月7日~14日)(熊谷・他1978)

Fig. 2 Study area of vitality of trees in June 1978. Broken line shows the thickness of ashes accumulated in the period from Aug. 7 to 14, 1977.

()内は次節に述べる調査区域番号で、以下の調査及び判読の結果から図中該当する位置に記入したものである。

3. 空中写真の比較判読

1977年10月の調査における被害区分(熊谷・他1980)に基づいて、当時と1978年6月の2時期における樹木の活力(葉量)変化について空中写真の比較判読を行った。その結果を調査区域ごとに次の様式に従って順に述べる。

(i) 図2に示す調査区域番号及び調査区域(1977年10月の被害タイプ記号及び被害状況)

(調査) 1978年6月の地上調査記事。

(判読) 1978年6月撮影の空中写真判読記事：樹木活力変化記号。

ここに、樹木活力の変化タイプとして、

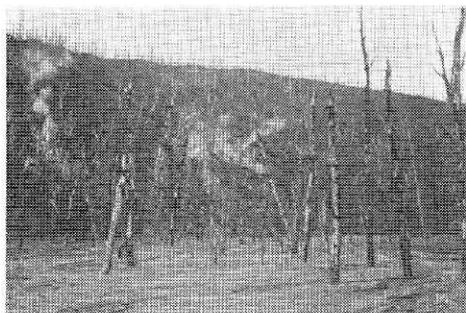


写真 1 火口原内 区域(1)
Photo. 1 In the crater basin

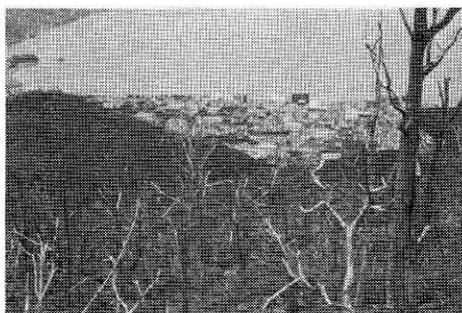


写真 2 北西外輪山より洞爺湖温泉町
区域(1)(2)(4)(8)
Photo. 2 Toya hot spring town from the
north-west outer rim

- V₁ : 葉量がやや増加している区域,
- V₀ : ほとんど変化の認められない区域,
- V₋₁ : 葉量がやや減少している区域,

の3通りを仮定するが、季節的な要因による変動は後に考察し、ここでは一応考慮しないで判読を進める。なお被害タイプ記号の内、Lは広葉樹をNは針葉樹を表わす。

- (1) 火口原内及び北西側外輪山 (A₁L: 火山弾によりほとんどの枝葉を失ない、主幹も損傷を受けほぼ枯死状態)
(調査) 全く枯死状態のままである。
(判読) 赤外部の反射は全くなく、全面山肌の反射による青緑色のみである: V₀..
- (2) 降灰分布の中心線に沿った、外輪山北西側山腹下部、金比羅山、西丸山北東山腹 (A₂L: 枝・主幹部の被害は少なく、主に軽石により全落葉したが枯死状態には至っていない)
(調査) 樹形はほぼ整っているが、依然として葉はほとんどなく新芽がわずかに認められる程度である。



写真 3 南西外輪山上 区域(3)
Photo. 3 On the south-west outer rim



写真 4 南東外輪山より 区域(4)
Photo. 4 From the south-east outer rim



写真 5 西丸山北東山麓 区域(4)(9)

Photo. 5 In the north-east foot of Nishimaruyama



写真 6 虻田町塵芥焼却場付近 区域(5)

Photo. 6 Along the national road 230

(判読) 優勢な青緑色の中に樹冠の大きな広葉樹が橙色の斑点状に認められる。裸枝が多いためところどころに草類がキメの細かい橙黄色を呈し、新葉の判読を困難にしている：V₀。

- (3) 降灰分布の中心線をはずれた南西側外輪山の稜線沿い (A₃L：大形の火山弾により枝・主幹が甚大な被害を受けているが、降灰が少ないため緑葉を保持しているものもある)

(調査) 樹高の大きな樹木ほど幹枝の被害が目立ち緑葉は依然として少ないが、回復途上にあるものと思われ、折れた幹枝にも新芽をつけている。また下層の樹木の活力は盛んでほぼ正常に近いものもある。

(判読) 緑葉が淡橙色を示している。前回よりも橙色系の色調を呈す区域がやや広がっているが、これは草類の反射を差引いても、降灰が少ないため特に枝折れのない下層の樹木の活力が著しいためと考えられる：V₁。

- (4) 外輪山南東側山腹上部及び西丸山北東山麓 (A₄L：降灰量は少なく、主として礫による被害で被害部位も葉部に限られている)

(調査) 夏季に向っても葉量は依然としてわずかであり、全く着葉していない樹木も相当数存在する。樹種により着葉程度に差がある。

(判読) 青～緑色の中にまだらに赤～黄色の色調を呈す。裸枝が多いため草類の密な橙黄色が認められる：V₀。

- (5) 虻田町塵芥焼却場付近のカラマツ若令林 (CoN：倒伏)

(調査) 倒伏してほとんどが枯死したままである。まれに緑葉を保持した木が立っている。

(判読) 依然優勢な緑色の領域の中に橙色の木がまばらに点在。前回よりも明らかに赤外部の反射が増しているが、大部分が草類の反射と判断される：V₀。

- (6) 外輪山西側斜面から金比羅山南東斜面 (C₀L：降灰量が多くシルト質火山灰により倒伏)

(調査) 樹種により差があるが、倒伏したままかなり着葉している。

(判読) 葉量はやや多くなっている。青緑色の中に橙色が点群をなす：V₁。

- (7) 外輪山南西斜面 (C₁L:シルト質火山灰による主幹の倒伏・折損が7割以上)

(調査) 幹枝が折損し枯死した樹木と、より樹高が低く正常な活力を保つ樹木が混交している。

(判読) 橙～黄色の色調が前回に比べより多く一様に分布している: V₁

- (8) 虻田町塵芥焼却場付近及び西丸山北東側山腹の壮令針葉樹林 (D₁N:降灰深10 cm以上であるが葉量の減少なし)

(調査) 葉部の活力が低下したままの枝が多く見られる。

(判読) くすんだ緑の地に淡橙色の樹形が点在するが、前回よりも明らかに赤外部の反射が低下している樹木群が認められる: V₋₁

- (9) 多くの区域 (D₂N 及び D₂L:降灰深10cm以下で被害なし)

(調査) 正常

(判読) 濃い赤を呈す: V₀

4. 判読結果の考察

以上、各被害タイプ別に葉量の変化を見てきたが、総じて顕著な変化は検出できなかった。すなわち、活力のあった樹木が冬の間に枯死したというケースはないが、枯れた樹木は枯れたままで、不完全ながら活力のある樹木も依然として正常には程遠い状態である。このことは冬を越し新芽期を過ぎても、樹木の活力の状況が前年の秋と変わっていないことを意味している。

ただ、葉量がやや増加していると思われる被害タイプとその区域が、A₃Lの(3)、C₀Lの(6)、C₁Lの(7)に見られるが、これらは広葉樹林であり、わずかながらも平常の季節変化が営まれているものとみられる。

逆に、季節変化があって然るべき広葉樹林であるにもかかわらず、変化の検出されない区域は、A₁Lの(1)、A₂Lの(2)、A₄Lの(4)である。(1)と(2)は火山礫の直撃により枯死またはほとんどの木が全落葉したままの区域であり、被災後1年間では活力の回復が全く認められないと断定される。

区域(3)と(4)の回復状況の差異は、火砕降下物のちがいによるほか、樹高の分布構成のちがいによるものと思われる。

つぎに、針葉樹林であって、C₀Nの(5)、D₂Lの(9)については有意な変化は認められない。

ここで、D₁Nの区域(8)については、葉部の活力が前回より低下しているとの判読結果が出たが、毎木調査を行っていないため断定的なことはいえない。なお熊谷・他(1980)によれば、この被害タイプは降灰深10 cm以上の範囲にあり、土壌侵食、病害虫の発生など、降灰の樹木被害に対する間接的な影響が予想されている。また、この区域に限らず、樹木の活力回復を妨げている要因として、亜硫酸ガスの拡散など、その後も継続している火山活動の

影響を考へることもできよう。

総じて、樹木活力の回復の度合いは降灰量に関係しており、このことは図2において、調査判読区域と全降灰積算たい積等厚線を比較対照して見ると明白になる。すなわち、やや回復の兆しが見られる区域(3)、(6)、(7)は降灰量の少なかった区域であり、逆に回復の見られない区域は降灰量の多かった区域である。さらに、区域(3)のように大形の火山弾により幹折れに至る損傷を受けた区域と、区域(2)のように落葉はしたが樹形の整っている区域を比較した場合にも、回復に与える主要因が降灰量にあることがわかる。

あ と が き

1978年6月の現地踏査と空中写真判読により、1977年10月の調査で設定された被害タイプ別に、葉量を指標とする樹木の活力変化について検討した結果、全体的にはこの2時期における顕著な変化は検出できなかった。とくに軽石等によりすべて落葉はしたが樹形の整っている地域において、樹木の活力の回復がほとんど無いという点は注目されよう。他方、局所的に見ると、季節的要因によると思われる葉量の増加が認められ、逆に原因は明らかにできなかったが、葉量の低下が認められる地域があった。そして、これらの被災樹木の回復状況が降灰量と密接に関係していることがわかった。

空中写真判読後の現地再調査は、1978年8月の再噴火による降灰のため空中写真撮影時と異なる状況となったため行えなかったが、これら樹木の活力変化については今後数年にわたる追跡調査が必要であろう。

ところで、今回の調査以降、上記のように噴煙が2,000~3,000 m以上に達する噴火が数回発生しており、周辺地域にもかなりの降灰があったことを考えると、1978年6月の空中写真は、有珠山の噴火による一連の災害調査資料として貴重なものといえるであろう。

おわりに、空中写真の判読一般について教示いただいた画像工學研究所の西尾元充氏、有珠現地を案内いただいた火山噴火予知現地総合観測班の齊藤進氏、有珠山の火山活動全般についての教示及び現地調査に協力いただいた当センター第3研究部の熊谷貞治氏に謝意を表す。

参 考 文 献

- 熊谷貞治・田中耕平・大八木規夫・清水文健・小池幸男(1978):1977年有珠山噴火による災害現地調査報告、主要災害調査、14, 1~70, 国立防災科学技術センター
- 熊谷貞治・高橋博・大八木規夫(1980):1977年有珠山噴火による火山噴出物の分布及びその影響について、国立防災科学技術センター研究速報、第41号, 19~65
- 諸星敏一・幾志新吉(1979):リモートセンシング画像処理システムの開発に関する研究、国立防災科学技術センター研究報告、第22号, 131~144.

(1980年6月9日 原稿受理)