ランドサットＭＳＳデータによる土地被覆分類と堆積した火山噴出物の面積の測定　-1983年三宅島噴火に関して-

著者	幾志 新吉, 中野 秀人
雑誌名	国立防災科学技術センター研究速報
号	69
ページ	3-16
発行年	1985-09-02
URL	http://id.nii.ac.jp/1625/00002805/

528.74.551.21 （521.27） "1983.10.03"

ランドサットＭＳＳデータによる土地被覆分類と堆積した火山噴出物の面積の測定
－1983年三宅島噴火に関して－

幾志新吉＊・中野秀人＊＊
国立防災科学技術センター

Land-cover Classification and Measurement of each Area covered by the Volcanic Products using LANDSAT MSS Data about the Eruption of Miyakejima Volcano in 1983

By
Shinkichi Kishi
National Research Center for Disaster Prevention, Japan
and
Hideto Nakano
Tokyo Metropolitan Government

Abstract

A study was made on the development of technique for the disaster survey of volcanic eruption by satellite remote sensing.

Land-cover classification in the southern half of Miyakejima was conducted by making the most of the seasonal change of vegetation in LANDSAT MSS Data taken in March and in May in 1979 ahead of the eruption in 1983. The classification map agreed with the Map of Actual Vegetation of Tokyo Metropolis for the most part.

Overlaying, on the result, the distribution map of the volcanic products by the eruption detected and classified from LANDSAT MSS Data, the areas corresponding to every combination between the class of land-cover and that of volcanic products were calculated in the computer, and the consideration about the damage in each region wan given.

As the result a method was successfully developed to estimate promptly the outline of the damage on each category of landcover by the volcanic products at the time of an eruption of volcano.

1. はじめに

1983年（昭和58年）10月３日，三宅島が21年ぶりに噴火し，島のほぼ南半分が噴出物で覆

＊　第４研究部情報処理研究室
＊＊　東京都建設局西部公園緑地事務所

われた．三宅島は'バードアイランド'と呼ばれるほど鳥の種類が豊富で，植物の固有種および準固有種を多く有し，森林は植林としての利用が高かった．島のいたる所にアジサイが見られ，'アジサイの島'としても有名であった．地形は火山活動と結びついた特殊な景観を呈しており，観光地としても優れた本島は富士箱根伊豆国立公園にほぼ全域が属している．一般に，数10km以上も離れた平野部の都市域に大量の噴出物が降下するような大爆発を別にすれば，火山噴火による被災対象域は主に森林などの植生で被覆された地域や観光地である．したがって今回の噴火で主に島の植生がどのような影響を受けたかについて，衛星リモートセンシングによる調査法を開発することは，森林回復を含む災害復旧対策や国立公園の公園計画等のためにも必要である（中野，1985）．

本研究では，噴火前の1979年３月と同年５月のランドサットMSSデータにより植生の季節変化を利用して土地被覆分類を行い，この結果とすでに報告した噴火噴出物の分布域の検出結果（幾志，1984Ａ）を重ね合わせ，土地被覆の各項目ごとにどういう噴出物をかぶったかについて面積の測定を行った．

2.　データ処理

2.1　ランドサットデータ

ランドサット５号には，従来のＭＳＳ（マルチ・スペクトル・スキャナ）に加えて，解像力，観測波長帯域とも格段に優れたＴＭ（セマティック・マッパ）が搭載されているが，後者のデータについては試験研究が始まったばかりであり，本研究に使用したデータはすべてＭＳＳによるものである．以後，単にランドサットデータといえばランドサットＭＳＳデータをさすものとする．

ランドサットＭＳＳは，バンド４，５，６，７という４つの波長帯（分光）を用い，地上解像力80mで地球表面を観測しており，バンド４，５が可視部，バンド６，７が近赤外部に相当している．地表の対象物の概略の性質は，このうち可視部のバンド５と近赤外部のバンド７の２つの波長帯で記述することができるので，以下の解析はこの２つのバンドを用いて進める．

対象物の輝度の尺度としては，通常，放射量の物理単位との対応づけが困難なこともあって，宇宙開発事業団が受信処理したＣＣＴ（計算機適合磁気テープ）に記録されたディジタル値をそのまま用いている．

本研究で使用したランドサットデータと次節で定める解析地域内の雲の状況を表１に，このうち土地被覆分類に用いた1979年の画像をバンド７に関し図１，図２に示す．図中に記された白枠はそれぞれ後に述べる輝度補正と，分類のためのトレーニング・エリアおよび解析地域である．

表1　使用ランドサットデータ一覧
Table 1　Table of applied LANDSAT data

使用目的	観測年月日	衛星番号	雲による欠測地域
土地被覆分類	1979. 03. 01	3	新澪池北方
	1979. 05. 21	2	坪田の小域
噴出物分布（既報）	1980. 11. 11	2	
	1983. 10. 25	4	三池一帯

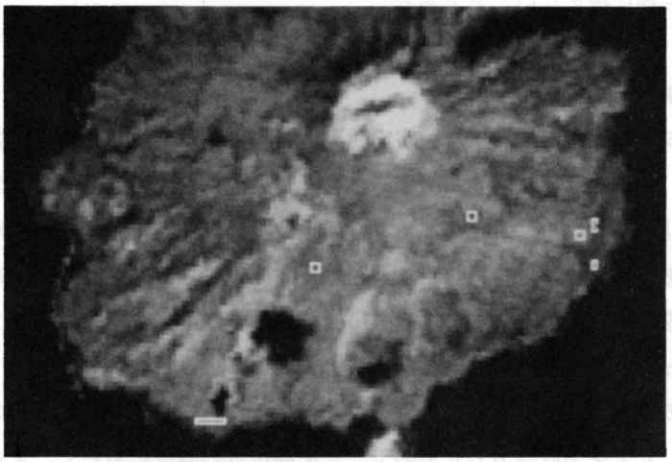


図1　土地被覆分類に用いた画像（1979. 03. 01 バンド7）と輝度補正のトレーニングエリア
Fig. 1　Image for land-cover classification (1979. 03. 01 Band-7) with training areas for radiometric correction

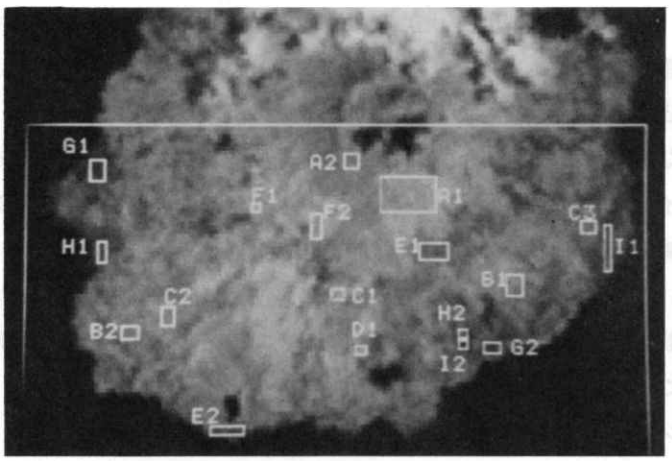


図2　土地被覆分類に用いた画像（1979. 05. 21 バンド7）と解析地域および分類のトレーニング
Fig. 2　Image for land-cover classification (1979. 05. 21 Band-7) with objective area and training areas for classification

2.2　解析地域

解析地域は，北緯34°2′30″から北緯34°5′，東経139°28′30″から東経139°34′07″5でできる四角形内の三宅島の陸域，すなわち島の南半分に限定した（図2参照）．その理由は，島の南半分が噴出物の分布域のほぼ全域であり，北側にはほとんど降下がなかったこと，利用可能なランドサットデータのうち，植生の分類に有効な初夏のデータとしての1979年5月の画像では島の北半分が全く雲におおわれていること，同一の地表被覆物でも太陽光に対する地表面の向きによって反射量が異なり，特に島の南側と北側ではこの差が著しく，同一の分類基準では一様に扱えないことである．

2.3　地理補正と輝度補正

使用したランドサットデータは，宇宙開発事業団でバルク処理（衛星の姿勢データを用いた広範囲の幾何学的歪みに関する基礎的処理）が施されたものであるが，実用上は画像と地形図との位置的対応をつけるために，さらに画像座標系を経緯度に基づく地図座標系に変換する必要がある．この補正は，適当に選定した数個のＧＣＰ（地上基準点）の両座標系における座標値を用い，最小二乗法により両座標系の間の変換式を求め，画像データを経緯度メッシュに従ってリサンプリング（再配列）することにより行う．

メッシュの刻みは，経度2.25″，緯度1.875″とした．これは2万5千分の1地形図のよこを200等分，たてを160等分したもので，三宅島付近の緯度において，よこ約57.7 m，たて約57.8 mとなってバルク処理後の画素の大きさにほぼ相当し，また，たて・よこ比を損うことなく，対象地域をカラーディスプレイ装置やプロッタ装置に出力できる刻みである．GCPにおける地理補正の誤差は，このメッシュの大きさにおいて1画素（メッシュ）以内である．このことは，対象地域内の任意の地点では，地形図に対して1画素程度のずれを含む場合があることを意味する．

図1，図2に示した画像は，いずれも地理補正の済んだ画像である．

一方，異なる季節における地上の対象物の分光反射特性の比較を行うためには，太陽高度，ＭＳＳのゲインの違いなどによるラジオメトリックな条件の違いを相対的に補正する必要がある．この補正は，2時期の画像中で経時変化がないとみなされる領域（トレーニング・エリア）において，互いに同じ位置にある画素の輝度間に線形回帰式を仮定して最小二乗法により回帰係数を決定し，解析対象の全領域において一方の輝度レベルを他時期の輝度レベルに変換することにより行う．

トレーニング・エリアには，季節変化のない常緑樹林や人工裸地を選び（図1参照），輝度補正は，画像データの有効ビットが多い5月の画像を基準として，3月の画像を補正した．

3. 噴火前の土地被覆分類

3.1 分類項目の設定

東京都現存植生図（東京都，1976）には29の植生凡例があるが，ランドサット・データからこのままの項目に分類することは不可能である．現存植生図では標徴種等によって植生を分類しているのに対し，ランドサットデータでは土地を被覆している物質の電磁波特性（分光反射特性）で分類するので，植生が異なっていてもこの特性が似ていれば画像上では区別しにくい．現存植生図にあるスダジイ・タブ萌芽林とオオシマザクラ―シロダモ群落の区分を例にとると，これは現地における人間の視覚によってもむずかしい．

このように現存植生図の各項目ごとには分類できないものの，現地における人間の視覚上似た植生同志は似た電磁波特性を示すものと思われるので，葉の形態（広葉の針葉），越冬の方法（常緑か落葉）の違いなどに注目し，現存植生図と空中写真（1978年国土地理院撮影）を参考にして８つの項目に分類することにした．この分類項目と対応する現存植生図の凡例を表２に示す．対応するというのは，現存植生図の凡例の各植生の上層部を考え，例えばオオシマカンスゲースタジイ群集といえばスダジイとタブの常緑樹がそこを占めるので常緑広葉樹の項目に入れるといった具合である。また，分類不可能と思われる植生等を未分類項目として表に加えた．この表の８つの項目はランドサット画像にあらわれるパターンから考えても妥当だということができる．

表２　ランドサットデータによる分類項目と対応する現存植生図の凡例
Table 2　Classified categories for LANDSAT data and corresponding legend in the Map of Actual Vegetation

分類項目	現存植生図凡例
落葉低木林	ガクアジサイ―ラセイタタマアジサイ群集，カオリウツギーオオバヤシャブシ群集典型亜群集，カオリウツギーオオバヤシャブシ群集オオシマツツジ亜群集
オオバヤシャブシ林	オオバヤシャブシ植林
混交林	スダジイ・タブ萌芽林，オオシマザクラ―シロダモ群落
常緑広葉樹林	オオシマカンスゲースダジイ群集，タブ―イノデ群集
常緑針葉樹林	スギ・ヒノキ植林，クロマツ植林，マサキートベラ群集クロマツ亜群集
草地	放牧草地，牧草地，ササ原およびハチジョウススキ草原伐採跡地植物群落
集落	緑の多い集落，緑の少ない集落
畑地・裸地	耕作畑雑草群落，耕作放棄畑植物群落，人工シバ草地，自然裸地，人為裸地
未分類	マサキ―トベラ群集典型亜群集，ハチジョウイタドリ―シマタヌキラン群集典型亜群集，ハチジョウイタドリ―シマタヌキラン群集シマノガリヤス亜群集，イソギク―ハチジョウススキ群集，ヨシクラス，ヤブツバキ植林，開放水域

つぎに，各分類項目の特徴について説明を加える．

落葉低木林では，山腹部の低木林（自然植生）の分類を行う．オオバヤシャブシ林では，オオバヤシャブシ植林地の分類を行うわけであるが，オオバヤシャブシは落葉広葉樹であり落葉低木林との分類が難しいのではないかと考えられるが，一方オオバヤシャブシ植林では種構成が乏しく，それに比べて山腹部の低木林は自然林なので種構成が豊富であり，また，高木林と低木林では着葉の仕方がちがうので，異なった電磁波特性を示すものと考えることもできる．

混交林では，解析地域の約３分の１を占めるスダジイ・タブ萌芽林とオオシマザクラ―シロダモ群落をまとめて分類する．この項目の植生は，スダジイやタブの常緑樹とオオシマザクラ等の落葉樹が一様に混っている状態と判断されるためこの名称にした．

三宅島における常緑広葉樹林は，スダジイ，タブが優占する植生域であるが，これらが残っているのは，人為の加わりにくい古い火口壁の急斜面か神社林くらいである．ランドサットデータから見ても，このような分布域は扱いにくいことが明らかであったが，この植生の生態学的な重要性から分類項目を立てることにした．

常緑針葉樹林では，クロマツ・スギ・ヒノキの植林およびマサキ―トベラ群集クロマツ亜群集をまとめて分類する．細目については代償植生と自然植生という意味において性質が異なっているが，電磁波特性からこの区別をすることは難しいと思われるので同じ項目に入れた．また草地とは，主に村営牧場，手島牧場ならびに山頂付近の草原をさす．

集落，畑地とも，緑被率は森林と裸地の中間に位置するが，前者では地表被覆物の季節変化が少ないのに対して，後者では人工的なそれを含む．また，現存植生図では，主に海岸線の岩や砂浜を自然裸地，滑走路や校庭などを人為裸地としているが，画像上では前者と海域との境界が波浪などの存在により明確でないことから，ここでいう裸地では主に人為裸地を対象とする．集落，畑地および裸地に関する分類項目としては，火山災害調査の観点から前者と後二者に分けた．

このほか，ハチジョウイタドリ―シマタヌキラン群集典型亜群集等は山頂火口部にあり，太陽光に対して地形の影となっている場合が多く分類は困難である．この他，面積の占める割合が低くかつ先の８つの項目に該当しないと判断した植生については分類しないものとした．

3.2　分光反射特性の検討と最尤法による分類

解析対象である島の南半分においても，山体の東側と西側では，同一の地表被覆物の太陽光の反射量に差が認められる．そこで，1979年３月と同年５月のランドサット画像において，各分類項目に対するトレーニング・エリアを，可能な限り両側から一つづつ選び分光反射特性を調べた．

トレーニング・エリアと番号を図２に，分類項目ごとの代表的な分光反射特性をエリアの

番号を付して図３に示す．図３は，可視部のバンド５と近赤外部のバンド７のＣＣＴ値に関し，分類項目ごとに３月から５月へかけての季節変化を把握しやすいように表わしたもので，各項目とも上部にバンド７が，下部にバンド５が位置している．ここに，３月のＣＣＴ値は，前述したように輝度補正を施した値である．

ここで，土地被覆の各項目の分光反射特性を，季節変化に注目して見てみよう．一般に，植生が盛んになれば，近赤外のバンド７の輝度は上がり，クロロフィルの吸収帯にあたるバンド５では下がる．この傾向は，落葉樹主体の落葉低木林，オオバヤシャブシ林，混交林のほか草地に著しい．草地において３月のバンド７の値が低いのは，枯草と裸地が混在した状態になっているためと思われる．

これらに対し，集落と畑地は緑被率からみて季節変化の少ない項目であり，互いに似たような特性を示しているが，畑地のバンド７が５月にかけてやや増加している．植生に対して無機物の典形としての裸地は，空港の滑走路を中心にサンプルしたものであり，両バンドとも集落，畑地と似たレベルのＣＣＴ値を示しているが，季節変化のないこととバンド５の輝度が特に高いことが特徴である．

スギ，ヒノキ，マツなどの常緑針葉樹林は，一般に他の植生に比し赤外部の反射が弱く，フォールス・カラー画像上で暗赤色を呈する．図３では，このほか，季節変化がないという

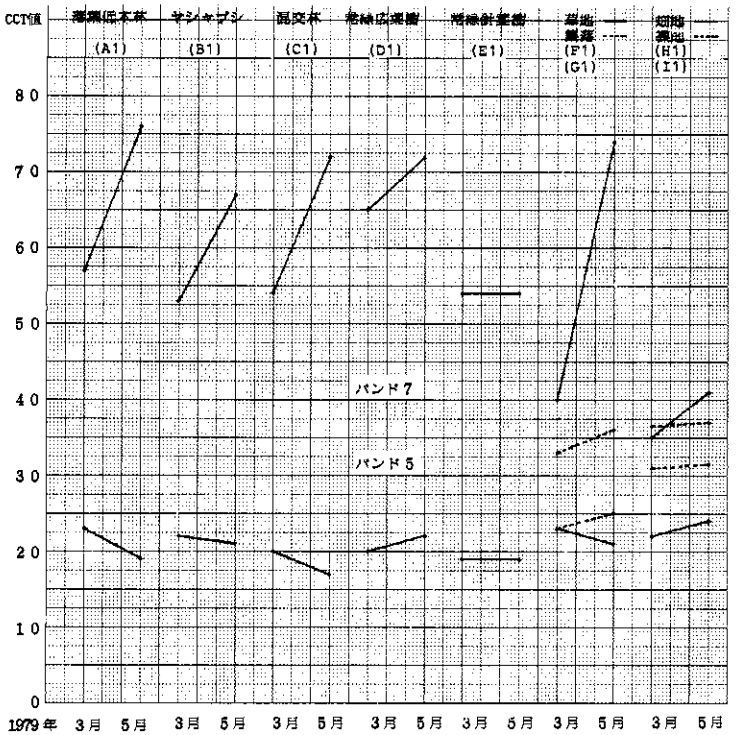


図３　土地被覆別分光反射特性

Fig. 3　Spectral characteristics in each category of land－cover

常緑樹の特徴がよく表われている．それに対して，常緑広葉樹林に輝度の変動が見られるのは，前述したように，これが急斜面に分布するため，輝度が斜面に対する太陽の方向に大きく左右され，平たん地を基準にした輝度補正の誤差が大きくなっているためと考えられる．またこの分布域自体が小さくトレーニング・エリアを定めにくいなど，扱いにくい対象ではあったが，これが特定地域に限られているため分類を行うことにした．

ところで，三宅島における植生の活力がもっとも低下するのは，落葉樹が落葉し尽していない冬期よりも，むしろ晩冬から初春にかけての時期で，逆に初夏には盛夏と変わらない程度の植生が繁茂しているようである．また，冬期のランドサットデータは，太陽高度が低いため光量が少ない上に地形による影の部分が多い．これらの意味で季節変化を利用した三宅島の土地被覆分類には，３月と５月のデータは至って有効である．

つぎに，図２に示したエリアをトレーニング・エリアとして，３月と５月の２時期多チャンネル画像に対して最尤法による分類を行った．ここに２時期多チャンネル画像とは，２時期のＭＳＳ画像のバンド５とバンド７を組み合わせた４チャンネルから成る画像のことである．したがって，ここでは地表被覆物の季節的な変動量も分類基準にとり入れていることになる．最尤法は，この４変量からトレーニング・エリアごとに構成された尤度（多変量正規分布の確率密度関数の値）が最大となるクラスに，解析対象領域の各画素を分類する方法である．分類の際，どのクラスにも属さない画素があることを想定して，各尤度関数の標準偏差を尺度とした許容限界値を設定する．ここでは陸域の未分類領域を少なくするため，許容限界値をやや大きめにとり標準偏差の５倍に設定した．

なお，２時期のうちの一方に雲または雲の影があり，分類できなかった新澪池北方の円形の部分と坪田集落のごく一部については，他方のデータのみを用いて２時期の場合と同じ分類基準で分類を行い，その結果に，２時期の分類結果を優先させて重ね合わせることにより補完した．

3.3　分類結果と現存植生図との比較

島の南半分を対象地域として，ランドサットデータから得られた土地被覆分類図を図４に示す．この図に見るような出力方式は，災害に関連したランドサット情報は画像表示だけではなく，地図上に直接マッピングして初めて実用性をもつという観点から，８色ペンとディジタイズ機能を備えたプロッタ装置を用いて開発したものである（幾志，1984Ｂ）．

ランドサットデータによる土地被覆分類結果を評価する一つの方法として，図４を東京都現存植生図と対比してみると，各分類項目とも，地域的分布のパターンがほぼ一致していることがわかる．主な不一致箇所をあげると表３のようになる．これらの一致しない理由を以下に考察する．すなわち，(1)，(4)は太陽光に対する地形の特異性に起因する誤分類である．(6)は，ランドサットデータを用いた土地被覆分類において一般的に起こる誤分類で，水域と

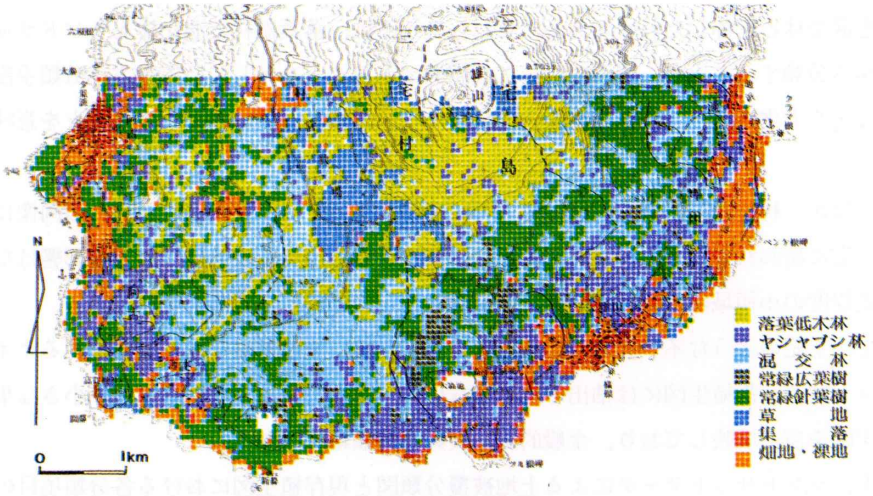


図4　ランドサットデータによる土地被覆分類図

Fig. 4　Classification map of land-cover by LANDSAT MSS data

表3　土地被覆分類結果と現存植生図における不一致箇所

Table 3　Discordant regions between the result of land-cover classification and the Map of Actual Vegetation

番号	地域	土地被覆分類結果	現存植生図
(1)	島の南西斜面	落葉低木林	混交林
(2)	島の南〜南東斜面	混交林	落葉低木林
(3)	空港南西部に接する地域，手島牧場下の南西斜面	オオバヤシャブシ林	混交林
(4)	新澪池，大路池および三宅高校周辺の火口壁	常緑針葉樹林	常緑広葉樹林
(5)	村営牧場北部，手島牧場	畑地・裸地	草地
(6)	海岸線の一部	集落	裸地
(7)	海岸線全般	未分類	裸地

陸域の境界付近ではバンド7が暗く，ここでバンド5が明かるいと裸地に分類されるが，バンド5がやや暗い場合には市街地に分類されやすい．(7)で，海岸線に細長く分布する岩や砂浜といった自然裸地が未分類になっているのは，3月の画像に見られるような波浪が，解像力の限界も相まって混入し，裸地とは異なる特異なスペクトルをもつためである．以上は，最尤法をはじめ，通常の画像分類手法では避けにくい難点である．

一方，(5)は土地利用面からは放牧草地であるが，分光反射特性とその季節的変動が畑地に似ていたためと考えられ，特に5月において牧草があまり生育していなかったのではないかと推測される．

(2)，(3)における分類項目は，いずれも島内に広く分布する植生域であり，トレーニング・エリアを指定しなおすことによって試行錯誤的に分類をくり返せば，この地域における不一致は見られなくなるかもしれないが，別の地域で新たな不一致が生じる可能性がある．また，分類項目の設定に際して述べたように，スダジイ・タブ萌芽林とオオシマザクラ—シロダモ

群落を混交林と総称したわけである．これらのことは，落葉樹林と混交林をランドサットデータから分類することが，場所によっては限界であることを示している一方，分類手段が異なることを考慮すると，現存植生図との比較が唯一の検証方法にはならないことを意味している．

このほか，村営牧場一帯と大路池南方の沿岸部一帯は，それぞれ3月と5月の画像において薄い雲に覆われており，図4をこの地域に関し大局的に見た場合には，その影響はないが，数画素程度の小領域については誤分類の原因となって影響している可能性もある．

さて，上記のような不一致箇所が見うけられる反面，環状道路に沿って分布するオオバヤシャブシ林や，都植生図には抽出されていないが，空港付近の環状道路に沿う小さな集落なども実際を良く反映しており，全般的には良好な分類結果である．

以上，ランドサットデータによる土地被覆分類図と現存植生図における各分類項目の地域的分布を比較した．つぎに，解析地域における分布面積を比較するために，表4のような比較表を作成した．メッシュ数とは，現存植生図にランドサットデータの再配列時と同一のメッシュをかけ，各分類項目の領域内に落ちる格子点数を数えあげたものである．面積比とは，土地被覆分類図における面積を，現存植生図における面積を1として表わしたもので，オオバヤシャブシ林と集落に40%弱，常緑広葉樹林に30%，落葉低木林と混交林に20%，常緑針葉樹林，草地，畑地・裸地にそれぞれ10%の差異があることを概略示している．この差異については，地域的分布の比較において考察したとおりであり，特に集落が過剰に抽出されたのは，主に海岸線の自然裸地の一部が誤分類された結果である．また，小計が一致していな

表4　土地被覆分類結果と現存植生図における分類項目ごとの面積の比較
Table 4　Comparison of the area of each category between the result of land-cover classification and the Map of Actual Vegetation

分類項目	土地被覆分類結果(A)				現存植生図(B)				面積比	
	画素数		面積(ha)		メッシュ数		面積(ha)		A／B	
落葉低木林	1,210	4,974	403.5	1,658.8	1,029	5,033	343.2	1,678.5	1.18	0.99
オオバヤシャブシ林	1,486		495.6		1,093		364.5		1.36	
混交林	2,278		759.7		2,911		970.8		0.78	
常緑広葉樹林	158	1,853	52.7	618.0	229	1,781	76.4	594.0	0.69	1.04
常緑針葉樹林	1,695		565.3		1,552		517.6		1.09	
草地	522	1,554	174.1	518.3	602	1,642	200.8	547.6	0.87	0.95
集落	268		89.4		194		64.7		1.38	
畑地・裸地	764		254.8		864		282.1		0.90	
(小計)	8,381		2,795.1		8,456		2,820.1		(0.99)	
未分類(水域を含む)	3,619		1,207.0							
(総計)	12,000		4,002.1							

(面積は，1画素＝1メッシュ＝57.7 m×57.8 m ＝0.333506 ha から算出)

いのは，同じく自然裸地の一部が未分類となった分である．

ここで，地域的分布の比較における考察に基づいて，互いに誤分類されたと思われる分類項目をまとめて，面積を比較してみよう．すなわち，落葉樹林と常緑樹林，さらに，比較的平たん地に分布し，森林ではないという共通点以外に統合する根拠はあまりないが，草地，集落，畑地・裸地をまとめたものについて集計してみると，各たて欄の中の右側の数値のようになり，面積比は５％以内のばらつきで１に近い値となる．

4. 土地被覆別の火山噴出物の堆積面積の測定

4.1 火山噴出物の分布域

本研究の主な目的は，火山が噴火した場合に，周辺の土地被覆上に堆積した噴出物の面積を，ランドサットデータから測定する手法を開発し，火山災害調査に資することにある．

図５は，ランドサットデータを用いて，1983年の三宅島噴火による噴出物を，熔岩流またはスコリアと，平面密度を想定して多量，中量，少量に区分した火山灰に分けて検出した結果を，白黒のパターンでプロットしたものである（熊谷ほか，1984）．火山灰に関するこの区分は，噴火直後の調査（荒牧ほか，1983）による降下火砕堆積物の層厚分布図の 512 mm，256 mm，16 mm の区分におおむね相当している．なお識別可能な表示が困難なことから，新澪池周辺の噴石と三池地区一帯の雲領域はプロットしていない．これは，既報のとおり，噴火前後のデータのバンド５とバンド７を組み合わせた４チャンネル画像において，それぞれの噴出物に対してトレーニング・エリアを選び最尤法により分類した結果である．

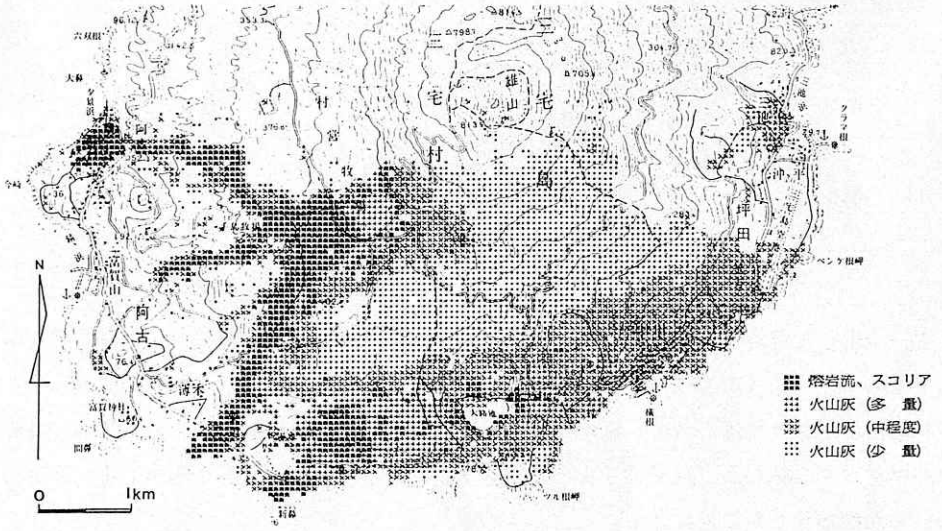


図５　ランドサットデータによる火山噴出物の分布域

Fig. 5　Regional distribution of the volcanic products detected from LANDSAT MSS data

ここで，新澪池から大路池を経て三宅島空港に至る帯状の地域に降下した火山灰は，新澪池付近の水蒸気爆発によるものと思われ，山腹部に堆積した多孔質スコリアの黒色の荒い粒子に比べて，気泡跡の少ない灰色の石礫と細粒から成っているが（東京都，1983），後者でバンド5の輝度が特に高いことから，噴火後のランドサットデータからも，この質的な差異は推定されていたものである．

4.2　重ね合わせによる堆積面積と被害状況

つぎに，ランドサットデータによる土地被覆分類結果と噴出物の検出結果を計算機内で重ね合わせ，それぞれの分類項目の組合わせに対して，画素数を計数し面積に換算すると表5が得られる．図4と図5を対照しながら，噴火後のグランドトルースによる所見も入れ，この表を分析すると以下のような特徴が明らかとなる．ここに，1haはランドサットデータの3画素の面積に相当しており，幾何補正や分類の精度から，少くともこれ以下の面積の対象については考慮しない．

表5　土地被覆別の火山噴出物の堆積面積（単位はha）
Table 5　Covered area of volcanic products on each category of land-cover

火山噴出物 / 土地被覆分類	熔岩またはスコリア	多量の火山灰	中量の火山灰	少量の火山灰	噴石	堆積なし	合計
落葉低木林	33.0	8.7	46.0	136.1	0.7	179.1	403.5
オオバヤシャブシ林	28.3	48.4	149.4	78.4	2.3	188.8	495.6
混交林	78.4	59.4	106.7	215.4	13.7	286.1	759.7
常緑広葉樹林	4.0	7.3	11.3	21.3	0.3	8.3	52.7
常緑針葉樹林	55.0	28.7	76.4	138.4	12.7	254.1	565.3
草地	22.0	30.0	29.3	8.0	0.3	84.4	174.1
集落	12.7	2.0	31.7	2.0	1.7	39.4	89.4
畑地・裸地	16.3	5.0	59.7	3.0	0.3	170.4	254.8
未分類(水域を含む)	2.7	0	5.0	0	0	1,199.3	1,207.0
合計	252.5	189.4	515.6	602.6	32.0	2,409.9	4,002.1

まず，流出した熔岩とその周辺に降下したスコリアが厚く堆積した地域，ならびに巨大な噴石で覆われた地域（新澪池周辺）は裸地化し，噴火前の地表被覆物は全面的に被災したとみられる．壊滅した集落12.7ha は周知のように阿古集落の大半である．また，落葉低木林，オオバヤシャブシ林および混交林をまとめて落葉樹林とした場合，その9％が，また常緑樹林の11％が裸地化したことになる．

つぎに，噴火後の現地調査によれば，熔岩流に隣接し多量の火山灰が堆積した地域の樹木は立枯れ状態となっており，中量の火山灰が堆積した大路池から空港へかけての帯状の地域

の樹木は落葉している．このうち大路池西方のオオバヤシャブシ林や混交林は，噴火翌年の夏期には着葉しつつあり，坪田付近のオオバヤシャブシ林や畑地では除灰作業も進められ，噴火前の土地被覆状況に戻りつつある．このようなことから，落葉樹林の25％に中量以上の火山灰が降下しそのために落葉はしたが，以後回復しつつあるといえよう．

一方，多量の火山灰を覆った常緑針葉樹林は枯死し，中量の火山灰によって落葉した大路池から坪田方面の常緑針葉樹林も灰褐色のままであり，回復しないものと推察される．その被害面積105 haは，前述した理由により常緑広葉樹林の一部が常緑針葉樹林として分類されているため，実際には，より小さいものと思われる．常緑広葉樹林は，新澪池の周辺では噴石のため消滅し，多量の火山灰が降下した大路池周辺では落葉したものの，斜面崩壊で倒木した箇所を除いては樹幹から新葉が展開している．常緑広葉樹林は，常緑針葉樹林とは逆に過少に抽出されているため，実際の被害面積は表中の値より大きいはずである．

草地では，村営牧場を中心に52haの牧草地に熔岩，スコリアまたは多量の火山灰が堆積し，少量の火山灰による降下域も含めると草地全体の約半分になる．畑地に分類された手島牧場や村営牧場北部にはたまたま噴出物が堆積していないので，上記の面積には大きな誤差は含まれていないものと考えられる．ところで，多量のスコリアないしは火山灰が厚く堆積した村営牧場レストハウス付近では，1984年夏のランドサット画像からも判読されるように，その上に客土を盛って土地利用の回復を図っている．

このほか，中量の火山灰が坪田集落約30haに，空港などの人工裸地と畑地約60haに堆積したことがわかる．また，少量の火山灰が南山復の落葉樹林約430haと針葉樹林約160haに降下したことを示しているが，ここでは被害はほとんどなかったものとみられる．

なお，雲のため解析不能であった三池一帯には，噴出物のうち主に少量の火山灰が降下したものと推定されるが，表5ではこの部分を「堆積なし」の欄に計数した．

5. まとめ

ランドサットＭＳＳデータを用いて，三宅島の噴火前の土地被覆分類を行い，各土地被覆に対して，火山噴出物の種類ごとに堆積した面積を測定したところ，つぎの諸点が結論された．

(1) 植生で覆われた地域の土地被覆分類は，季節変化を含む2時期のデータを利用すると良好な結果をもたらし，従来の調査法による植生図との面積の比較において，土地被覆を落葉樹林，常緑樹林ならびにその他の被覆物に大別した場合，５％以内の誤差で一致する．

(2) 土地被覆をさらに区分し，同様の比較をした場合，落葉樹林の細目と集落における40％弱を最高に，各項目とも10～30％程度の差異が出る．

これらの差異を，ランドサット画像および空中写真の視認，ならびに地上調査による所

見を交えて検討すると，差異の原因が画像データの特性に起因する場合と，現存植生図との分類手段の相違に起因する場合がある．

(3) 人的・社会的被害の重要性からは，集落や市街地を精度よく抽出する必要があるが，その面積が火山の周辺では植生域に比して小さいことと，誤分類される対象が主として陸域と水域の境界部分に限られることから，実用上は目視による修正を援用すればよい．

(4) 土地被覆分類結果に，火山の噴火に際して検出した噴出物の分布域を重ねることにより，迅速に土地被覆別の噴出物の堆積面積を算出し，被害状況を推察する手法を開発した．

おわりに，著者の一人中野は，筑波大学第二学群農林学類四年に在籍中，国立防災センターの研究生として本研究に従事した．ここに指導教官糸賀黎助教授に感謝の意を表します．

また，資料ならびに情報の収集に御援助いただいた東京都環境保全局矢部禎昭課長，三宅支庁産業課鳥海晴夫主事，ならびに宇宙開発事業団地球観測センター舘和夫開発部員に記して御礼申し上げます．

参　考　文　献

1）荒牧重雄ほか（1984）：三宅島1983年10月3日・4日噴火の噴出物調査概報，火山噴火予知連絡会会報，**29**，15—22．

2）幾志新吉（1984A）：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，**51**，19—27．

3）幾志新吉（1984B）：ランドサット情報のマッピング手法の開発，写真測量学会秋季学術講演会発表論文集，59—60．

4）熊谷貞治・幾志新吉・田中耕平（1984）：ランドサットから見た1983年三宅島噴火による噴出物の分布域，火山，**29**，特集，175—183．

5）中野秀人（1985）：LANDSATデータによる三宅島噴火に伴う植生変化の解析，筑波大学第二学群農林学類卒業研究．

6）東京都環境保全局（旧公害局）（1976）：東京都現存植生図，伊豆諸島2．

7）東京都労働経済局農林水産部（1983）：三宅島噴火による森林被害等に関する基礎調査．

（1985年7月15日　原稿受理）