ランドサットMSSデータによる三宅島の植生分類 と火山噴火に伴う植生変化域の検出

中 野 秀 人*
幾 志 新 吉**
糸 賀 黎***

Classification of vegetation and detection of the area of vegetation affected
by the eruption using LANDSAT MSS data about Miyake Island.

Hideto NAKANO
Shinkichi KISHI
Rei ITOGA

摘要：1983年に噴火した三宅島の噴火前後の植生変化をランドサットデータから解析した。まず、季節変化を利用して噴火前の植生を分類し、次に、噴火による噴出物の分布域を検出し、さらに、その植生変化域を検出した。最後に、上記3つを重ね合わせて、噴出物別に各植生の変化を解析したものである。その結果は、本島の国立公園計画の基礎資料として、迅速にしかも時系列的に環境変化を把握する手法として有益なものである。

1. はじめに

昭和58年(1983)10月3日、三宅島で21年ぶりに噴火が起り、島の南側が大被害を受けた。

そこで本研究では、広域同時把握、周期的しかも経済的な観測、情報のデジタル化による他情報との併用が容易、近赤外情報の取得が容易に得られるといった利点を持つ衛星リモートセンシングの技術を利用して、季節変化を利用した噴火前の植生分類と噴火10ヵ月後の植生変化域の検出を行い、それらを幾志(1984)¹⁾による噴出物分布域の検出結果と重ね合わせて、その結果から各植生の噴火に伴う変化を考察した。²⁾³⁾

本研究では、植生災害調査に衛星リモートセンシングを利用し、それを国立公園計画等の基礎資料とするものである。

2. 解析システム⁴⁾⁵⁾

(1) ランドサット

ランドサット(Landsat 地球観測衛星)は陸域観測を主な目的とするリモートセンシング衛星である。

本研究で利用したランドサット・データはすべて宇宙開発事業団でバルク補正(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处理)されたランドサット-MSS(Multi Spectral Scanner) - C C T (Computer Compatible Tape)データである。ランドサット-MSSは、バンド4・5・6・7という4つの波長帯を用いて地上解像力80mで地球表面を観測している。このうち植生は、クロロフィルの否吸収帯である

バンド7の波長で記述することができるので、植生変化域の検出にはこれを用いたが、植生分類については、クロロフィルの吸収帯であるバンド5も加えた。

使用したランドサット・データを表-1に示した。

表-1 使用ランドサットデータ

使用目的	観測年月日	衛星番号
植生分類	1979.03.01	3
	1979.05.21	2
植生変化域抽出	1979.05.21	2
	1983.10.25	4
	1984.08.08	4

(2) 解析対象域

解析対象域は、北緯34°2'30"から34°5'00"、東経139°27'00"から139°34'30"のできる四角形内の本島陸域としたが、これは本島の南部にあたる。その理由は、噴出物分布域がこの地域内に限られていることと、この地域内のもので解析可能なデータが多かったことによる。

(3) 地理補正と輝度補正

使用したランドサット・データは、バルク補正されたものであるが、実用上は画像と地形図との位置対応をつけるため、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に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、ニアレスト・ネイバー法)することにより行った。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の地形図の横を200等分、縦を160等分したもので一辺約57.7mの正方形に近い大きさとな

* 東京都建設局光が丘公園管理事務所 ** 科学技術庁国防防災科学技術センター第4研究部

*** 筑波大学環境科学研究科

り、バルク補正後の大きさにほぼ相当する。

一方、地表状態が全く同じでも太陽高度、MSSのゲインの違いのためCCTに記録されている画像濃度が異ってくるため、地理補正が施された2時期の画像の一方の輝度レベルを他方のそれに変換する必要がある。この補正は2時期画像中で季節変化等の経時変化のないとみなされる領域内のデータから一次回帰式を決定して行った。輝度補正はすべて8月の画像を基準とした。

3. 植生分類

(1) 分類手法

解析対象域内には、東京都現存植生図⁶⁾（以下、現存植生図）によると凡例が29あるが、ランドサット・データからこれらの凡例に分類することは不可能である。なぜならば、現存植生図では植物社会学的に標徴種を基に調査しているのに対し、ランドサット・データでは土地

表一2 ランドサット植生図項目とそれに対応する現存植生図凡例

ランドサット分類項目	現 存 植 生 図 凡 例
落 葉 低 木 林	ガクアジサイーラセイタマアジサイ群集、カカリウツギーオオバヤシャブシ群集典型群集、カオリウツギーオオバヤシャブシ群集オオシマツヅシ群集
常緑広葉樹林	オオシマカンサゲスダジイ群集、イノデータ群集
オオバヤシャブシ林	オオバヤシャブシ植林
常緑針葉樹林	スギ・ヒノキ植林、クロマツ植林
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群落
畑地・集落・空港	耕作畑雑草群落、耕作放棄畑植物群落、人工シバ地、緑の多い集落、みどりの少ない集落、（一部人為地）
未 分 類	マサキートベラ群集典型群集、ハチジョウイタドリシマタヌキラン群集典型群集、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、マサキートベラ群集クロマツ群集、開放水域

写真一1 トレーニングエリア

図一1 電磁波特性

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。そのため、現存植生図の各凡例ごとには分類できないものの、現地において色彩上似た植生は似た電磁波特性を示すものと予想し、各植生の上層部を考え、そこを占める植物の葉の形態等に注目してまた、現存植生図と航空写真⁷⁾を参考にして7つの項目に分類することにした。この7つのランドサット・データによる植生分類項目とそれらに対応すると考えた現存植生図の凡例を表一2に示した。ここで、分布面積が狭い植生等については分類不可能と考え未分類とした。

以上のように分類項目が決定したならば、各分類項目をカバーするように太陽光に対する地形の向きを考慮して22カ所のトレーニング・エリア^{注1)}（写真1）を選定し、それを基に3月と5月の2時期4チャンネル画像に対して最尤法による分類を行った。ここで参考として各分類項目の代表的な電磁波特性を図一1に示した。一般に植生が盛んになるとバンド7は上がりバンド5は下がる。この傾向は落葉系の植生の方が大きいことがわかる。

(2) 結果と考察

ランドサット・データを解析することにより得られた植生分類結果を図一2に示した。この図に見るような出力方法は、画像表示だけで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開発された方法である⁸⁾。

このランドサット・データによる分類結果を評価する

一つの方法として現存植生図と対比してみると、全体的に各分類項目の分布をよく示した、つまり集落や空港の位置、海岸部に多いオオバヤシバシ林、山麓を占める混交林と常緑針葉樹林、草地の位置、山地帯の落葉低木林など本島の特徴である同心円状に植生が配置されているのがよくあらわれている。

ここで、各分類項目ごとに考察する。

落葉低木林の項目では、あえて同じ落葉樹林であるオオバヤシバシ林と項目を分けて分類を行ったが、はっきり分布域を分けることができた。これは、両者の種構成の違い（自然林と植林）と、低木林と高木林では着葉の仕方が違うなどの点から、異った電磁波特性を示したものと考えられる。

オオバヤシバシ林に対する現存植生図での凡例の分布域は海岸沿いの環状道路周辺であり、本研究でもその結果はよく出た。しかし、オオバヤシバシ（*Alnus Sieboldiana*）が現実に島のいたる所に存在するため、量的（画素数）に多い結果となった。

常緑広葉樹林に対する現存植生図での凡例の分布域は人為の加わりにくい古い火口壁や急な斜面であるため、地形の影響を受けてランドサット・データからの分類は困難と考えた。しかし、本島の極相林であり、かつ特別保護地区に指定されている地域等にあたる項目なのであえて分類を試みた。想定されたとおり好結果は得られなかった。

常緑針葉樹林の項目では、山麓にスギ・ヒノキが数多く植林されており、島の重要な土地利用となっていることと、噴火の影響を受けやすい植生でもあることから分類を試みた。結果はいくつかの問題はあるものの、全体的に分布域は現存植生図とほぼ一致した。

混交林に対する現存植生図の凡例では、対象域の3分の1を占めていた。この結果でも広域にわたって分布していることがわかる。しかし、混交林といっても常緑樹の割合の高い所や落葉樹の割合の高い所があり様でないため、ある所では常緑樹系の項目として、ある所では落葉樹系の項目として分類されてしまい、現存植生図のようにはいかなかった。

草地の項目は次に述べる畑地等の項目と区別できるかどうかがかぎであったが、村営牧場についてはその目的を果たしたが、手島牧場ではうまくいかなかった。これは5月の段階で手島牧場の牧草の生育が遅く、土の露出が大きかったことによると考察される。

畑地・集落・空港の項目は、一般に電磁波特性は似ていないので本来は別々に分類すべきであるが、本島では何れも面積が狭く分類が困難で、しかも集落といっても緑が多く、空港といっても芝等で緑が多く、3つの緑被率が似ていて、また3つの電磁波特性も本島では似ていたので、無機物と植物が混合する地域としてまとめるこ

とにした。結果は、現存植生図とほぼ一致した。

以上のことから、ランドサット・データを使えば植生の分布域を検出する可能性があると考えられる。ここで主な不一致箇所をあげると、島の東側と西側では差があり、東側では現存植生図とほぼ分布パターンは一致したが、西側では太陽光に対して地形の影響を受け影の部分となった所があり、それが本来とは異った電磁波特性と誤認され、混交林の所が常緑針葉樹等に誤分類されてしまった。また、新溜池周辺や大路池周辺の急斜面でも同様に地形の関係で、本来常緑広葉樹林の項目の所が常緑針葉樹林等の項目に誤分類されてしまった。その他、落葉低木林と常緑針葉樹林の項目が接すべき所（雄山の南東部）に混交林が示され、また、海岸付近の未分類である自然裸地と各植生が接する所に畑地・集落・空港の項目が示されてしまった。これらは各植生の接点ではランドサット・データから正確に分類することが限界であることを意味すると考えられる。

次に参考として、量的に両植生図を比較するため、現存植生図にランドサット・データの再配列と同一のメッシュをかけた。その両者の比較を面積に関し、表一3に示した。

表一3 ランドサット植生分類結果と現存植生図との面積比較

凡 例	ランドサット結果		現存植生図結果	
	画素数	面積(ha)	メッシュ数	面積(ha)
落 葉 低 木 林	1,210	403.5	1,029	343.2
オオバヤシバシ林	1,490	496.9	1,093	364.5
混 交 林	2,284	761.7	2,911	970.8
常緑広葉樹林	158	52.7	229	76.4
常緑針葉樹林	1,703	568.0	1,552	517.6
草 地	531	177.1	802	200.8
畑地・草地・空港	1,046	348.8	729	243.1

但し (1画素 = 1メッシュ = 57.7m × 57.8m = 0.333506ha)

これによると、特に畑地・集落・空港とオオバヤシバシ林の項目で大きな誤差が出た。以下誤差の大きい順にみると、常緑広葉樹林・落葉低木林・混交林・常緑針葉樹林そして草地であった。

4. 植生変化域の検出

(1) 解析方法

今回の噴火により何らかの変化が顕著にあらわれた地域を検出するため、噴火の翌年の夏のデータを噴火前の初夏のデータと比較した。(一部地域に噴火直後のデータも使用した。)これは輝度補正の済んだバンド7の2時期の画像に対し差画像²⁾を作成して行った。ここで植生変化域の検出にあたり、輝度補正誤差を評価するため、噴火や雲の影響がない地域における2時期の差の値について平均値と標準偏差を統計量として求めた。すなわち、補正した噴火前の画像の輝度と噴火後の画像の輝度差の島東部の常緑樹林における平均値と標準偏差を表一4に示した。そして、その差画像から噴火前後の輝度差が先に求めた差の標準偏差以上の領域を植生が変化した可能

表一 4 噴火前後の輝度差と標準偏差

	平均値	標準偏差
1979.05.21 to 1984.08.08	-0.596	4.003

性が高い地域として検出した。ここでは、変化が強い地域の検出ということで、発生確率の極めて低い範囲に相当する 3σ ($=12.009$)、輝度差12 (単位は C C T 値) 以上を植生変化域とし、輝度差11以下の地域は変化なし、あるいはほとんどなしとみなし検出しなかった。

(2) 結果および考察

結果を図一3に示し、画素数および面積を表一5に示した。この結果を噴出物分布域の検出結果 (図一4) と比較しながら以下考察を加える。

表一 5 植生変化域の画素数と面積

変化域	画素数	面積 (ha)
	1,988	663.0

噴火後10カ月に植生に顕著な変化があらわれている地域は、雄山南西部の地点を始点とし阿古集落方向と新澤池方向へ向った大小4つの線状の流れの地域と、新澤池から大路池をへて畜産試験場に至る帯状の地域であることがわかる。これは図一4を見ればわかるように溶岩・スコリア・噴石および大量の火山灰降下域 (降下深256mm以上) とほぼ一致する。つまり、これらの噴出物降下域で植生変化が大きかったことがわかる。しかしここで問題なのは、確かに変化が大きかった地域の検出はできたが、例えば常緑広葉樹林なら木がすべて枯れてしまったのか、それとも落葉してしまい回復が遅れていることにより今回の調査では変化域として検出されてしまったのかどうかかわからないことである。この点は今後の研究課題として、今回の研究では概要を迅速に把握し、現地調査への基礎資料とすることを主たる目的としたものである。

5. 3画像の重ね合わせ

いままでの2結果に噴出物分布域の検出結果を重ね合わせ、各植生の噴出物別降下面積を求め、さらにその面積中どの位の面積に変化があらわれているかを電算処理し、表一6に示した。

表一6からわかるように、噴出物降下面積の占める割合が高かった植生は常緑広葉樹林であった。面積そのものでは混交林が一番降下が多く、以下常緑針葉樹林・オオバヤシャブシ林・落葉低木林・草地・常緑広葉樹林であった。

次に噴出物別に見ると、各植生とも・溶岩・噴石・スコリアの降下域で90%以上の変化が見られ、大量の火山灰降下域でもオオバヤシャブシ林を除いて同様な結果を得た。ここで、オオバヤシャブシ林だけ大量の火山灰降下域で変化の割合が他の植生に比べ低かったことから、この植生は他の植生に比べ回復が速いと予想される。噴

出物が中量の火山灰降下域 (降下深64以上256mm未満) ともなると各植生によってばらつき、常緑系より落葉系の植生の方が変化が少ないことがわかる。これは常緑樹が一度落葉すると回復が遅いか枯れてしまうことから納得できる。少量の火山灰降下域 (降下深64mm未満) では、各植生とも大きな変化はあらわれなかった。

6. まとめ

(1) 2時期の季節変化を利用して植生分類を行うと、緩やかな斜面あるいは平地ならば各植生の分布状況を把握できる。ただ、太陽光に対する地形の影響を受けると誤分類されやすい。

(2) 植生分類同様経時変化を利用して差画像を作成しそれをもとに電算処理すると、噴火に伴う植生変化域の検出が可能である。

(3) 3画像の重ね合わせにより、各植生とも溶岩・噴石・スコリアおよび大量の火山灰降下域で大きな変化が見られたことから、その地域で被害が大きかったと考えられる。

7. おわりに

精度の面では航空機に劣るといわれているランドサットではあるが、周期的観測を行っているため、時系列的な環境把握を行うには利用価値は高く、また、航空機では何枚もの写真が必要となるところを一つの画像で処理できるため、広域同時把握が可能で、火山爆発のような大規模災害の時には有益である。また、データ解析結果を地形図にマッピングすれば現地調査のための基礎資料となり、しかも国立公園計画にも利用でき、その実用性を発揮できる。だが、ランドサット・データのみによって植生区分を正確に定めるには限界がある。しかし、現地調査とうまく組み合わせれば、ランドサットは有効な環境把握手法となるであろう。

本研究に使用したデータはMSSによるものであったが、これよりも観測波長帯が多く解像力 (約30m) の高いTM (Thematic Mapper) の研究が最近盛んとなり、今後はTMデータの活用に期待したい。

注1) 画像上で分類しようとする凡例に相当する領域

注2) 輝度補正された同じ地域の2時期の画像間に変化があれば輝度に差を生じる。その差を画像表示したもの。

参考・引用文献

- 1) 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 51号, 19-27 1984
- 2) 中野秀人：ランドサットデータによる三宅島噴火に伴う植生変化の解析：筑波大学卒業論文, 1985

図一 2 植生分類結果

図一 3 植生変化域の検出結果

図一 4 噴出物分布域の検出結果

- 3) 幾志新吉・中野秀人：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—：国立防災科学技術センター研究速報 69号 3—16 1985
- 4) 日本リモートセンシング研究会編：画像処理と解析：共立出版 1981
- 5) リモートセンシング技術センター：データ解析研究

- 報告書：昭和54年度科学技術庁委託 1980
- 6) 奥富 清他：東京都現存植生図：東京都 1976
- 7) 国土地理院発行 1978, 10, 22
- 8) 幾志新吉：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59年度秋季学術講演会論文集 59—60 1984

表—6 3画像の重ね合わせによる結果

ランドサット凡例 (A)	噴 山 物 (B)		(B) 中の変化域 (C)		C/B* 100(%)
	画素数	面積 (ha)	画素数	面積 (ha)	
落 葉 低 木 林	(a)	99 33.0	84 31.3	94.4	
	(b)	26 8.7	24 8.0	92.3	
	(c)	138 46.2	47 15.7	34.1	
	(d)	408 136.1	5 1.7	1.2	
	(e)	2 0.7	1 0.3	50.0	
	(f)	678 226.1	171 57.0	—	
オオバヤシャブシ林	(a)	85 28.3	79 26.3	92.9	
	(b)	145 48.4	108 36.0	74.5	
	(c)	450 150.1	123 41.0	27.3	
	(d)	236 78.7	6 2.0	2.5	
	(e)	7 2.3	5 1.7	71.4	
	(f)	923 307.8	321 107.1	—	
常緑広葉樹林	(a)	12 4.0	12 4.0	100.0	
	(b)	22 7.3	20 6.7	90.9	
	(c)	34 11.3	22 7.3	64.7	
	(d)	64 21.3	8 2.7	12.5	
	(e)	1 0.3	1 0.3	100.0	
	(f)	133 44.4	63 21.0	—	
常緑針葉樹林	(a)	165 55.0	161 53.7	97.6	
	(b)	86 28.7	83 27.7	96.5	
	(c)	230 76.7	84 28.0	36.5	
	(d)	415 138.4	10 3.3	2.4	
	(e)	38 12.7	36 12.0	94.7	
	(f)	934 311.5	374 124.7	—	
混 交 林	(a)	235 78.4	227 75.7	96.6	
	(b)	179 59.7	167 55.7	93.3	
	(c)	321 107.1	153 51.2	47.7	
	(d)	647 215.8	43 14.3	6.6	
	(f)	1,423 474.6	628 209.4	—	
	(e)	— —	— —	—	
草 地	(a)	68 22.0	62 20.7	93.9	
	(b)	91 30.3	84 28.0	92.3	
	(c)	93 31.0	21 7.0	22.8	
	(d)	24 8.0	0 0.0	0.0	
	(e)	1 0.3	0 0.0	0.0	
	(f)	275 91.7	167 55.7	—	

但し、畑地・集落・空港の凡例を入れなかったのは、噴出物が人為的に取り除かれた可能性が高い地域のため、表から削除した。

(1画素 = 1メッシュ = 57.7m × 57.8m = 0.333506ha)

(a); 溶岩、スコリア (b); 大量の火山灰 (c); 中量の火山灰 (d); 少量の火山灰 (e); 噴石 (f); 合計

Summary : The change of the vitality of vegetation in Miyake Island by the eruption of 1983 was investigated using LANDSAT MSS data. The study was conducted as follows.

1. Classification of the vegetation ahead of the eruption based upon the seasonal change of vegetation.
2. Detection of the area covered by the volcanic products.
3. Detection of the area of vegetation affected by the eruption.

Finally, overlaying them, the area of vegetation affected by the eruption was measured in each area covered by the respective volcanic products.

The result is considered to be useful as the elementary data for National Park Planning in Miyake Island and as the method finding the change of environment rapidly and continuously.