

北松地すべり地帯を対象とした地すべり地の ランドサットデータ特性

後 藤 恵之輔* ・ 八百山 孝**
鬼 童 孝***

Characteristics in Landsat Data of Landslide Area for Hokusho (Kitamatsuura)
District, North-western Kyushu, Japan

by

Keinosuke GOTOH*, Takashi YAOYAMA** and Takashi KIDOH***

This paper describes spectral characteristics of landslide areas for Hokusho (Kitamatsuura) district at the north-western part of Kyushu in Japan. Remotely-sensed data for analysis are Multispectral Scanner (MSS) data obtained from the Landsat-2 satellite on October 30, 1980. Computer analysis of these data yields spectral characteristics and vegetation activity of a landslide area consisted of the scarp, the head, the middle and the toe parts, and compares them with those of an ordinary area. The results indicate that spectral reflectance and vegetation index of the head are the lowest of the landslide area, and that the landslide area shows lower in both values of spectral reflectance and vegetation index than the ordinary area.

まえがき

長崎県北部から佐賀県西部にかけて発達する我が国最大の溶岩台地では、その端末部において地すべりが多発している。本研究はこの地すべり地について、人工衛星ランドサットのデータにおける特性を調べようとするものである。

リモートセンシングによる地すべりの研究は、進展途上にあるリモートセンシングの現状から多くは行われていない。米国においてはコロラド州の地すべりをランドサットデータにより調査した研究¹⁾があるが、画像写真の目視判読によっており評価し得る成果は得られていない。我が国においては、茶白山、昭和51年10月発生の長野県奈良尾および昭和53年5月発生の新

潟県妙高高原の各地すべりについて航空機データを用いた研究²⁾が行われているが、最終成果を得るには至っていないようである。

本研究で対象とする地域は、いわゆる北松地すべり地帯の南部に位置する相浦川流域内(佐世保市北東部)の地すべり地である。この相浦川流域内には大小数多くの地すべり地が密集しており、現在大規模なものは既に活動を休止している所が大半である。しかし、その地すべり地内および周辺部においては、今後の集中豪雨などによって活動する可能性の高いものが多い。本研究は、このような北松地すべり地帯について、地すべりが広域的であることに鑑み、同時広域性を一大利点とするランドサットのMSS(マルチスペクトル・

昭和59年10月1日受理

*土木工学科 (Department of Civil Engineering)

**土木工科学研究生 (Research Student in Civil Engineering)

***土木工学科学部生 (Student in Civil Engineering)

スキャナ) データを解析し、空中写真判読の結果と合わせて、地すべり地の特性を把握するものである。

1. 北松地すべり地帯の概要^{1)~3)}

長崎県北部から佐賀県西部にかけては、我が国有数の地すべり地帯が広がっており、その範囲が北松浦半島全域にわたることから北松地すべり地帯と呼ばれている。

北松地すべり地帯における地すべりは、厚く広大な玄武岩層が地層の層理面に沿ってブロック状に滑落したり(流れ盤すべり)、中規模の風化岩層等が層理面逆方向に崩落したりする場合(受け盤すべり)が多く、その特徴は当地域の地層層序と地質構造を如実に反映したものである。

当地域の地すべりの機構には、代表的なものとして Fig. 1 に示す北松型地すべりがある。Fig. 1(a)に見られるように、玄武岩台地とその下にある第三紀層の間には通常厚さ数mの砂礫層が挟まっている。台地に降った雨は、溶岩によく発達した節理などを通してこの砂礫層に達し、台地末端から泉となって地表に出る。この地下水流路の砂礫層が粘土化してすべり面を形成し、上部の玄武岩が滑動するのが北松型一次すべりである。

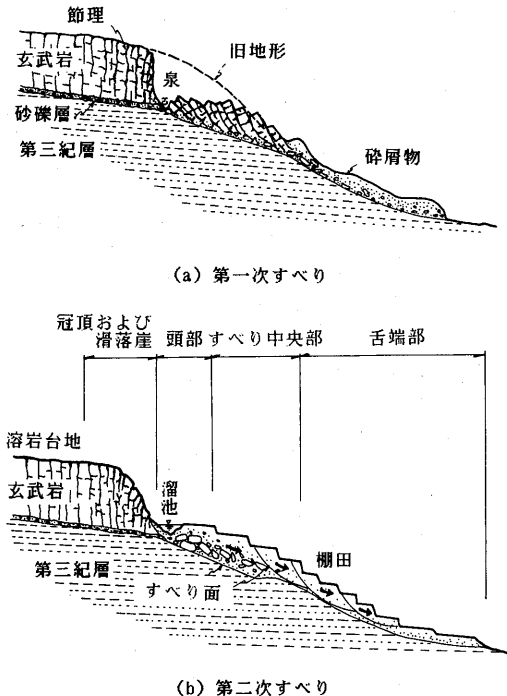


Fig. 1 Block diagram for landslide of Hokusho type⁴⁾

次に、一次すべりによって降下した碎屑物(地すべり堆積物)は斜面に停滞する。この部分は Fig. 1(b) に示すように、復旧されて棚田、千枚田等の階段状水田となっていることが多く、また頂部滑落崖の直下にはしばしば溜池が設けられている。このため、透水性の碎屑物基底は絶えず地下水の通路となって脆弱粘土化する。その結果、降雨時には多量の雨水で飽和した碎屑物が不安定となって、端末部から滑動、崩壊することになる。これを北松型二次すべりと呼ぶ。

ほかに、第三紀層中の頁岩が粘土化し、層理面に沿ってこの第三紀層が滑落する第三紀層型地すべりもある。特に、北松型一次すべりは一般に幅数100mないし数1000mに及び周辺の不動域とは明確な差異を示すほか、Fig. 1(b)に示すように地すべり地内においても滑落崖、頭部の溜池、舌端部の隆起等が明瞭である場合が多い。

2. 空中写真による調査地すべり地の抽出

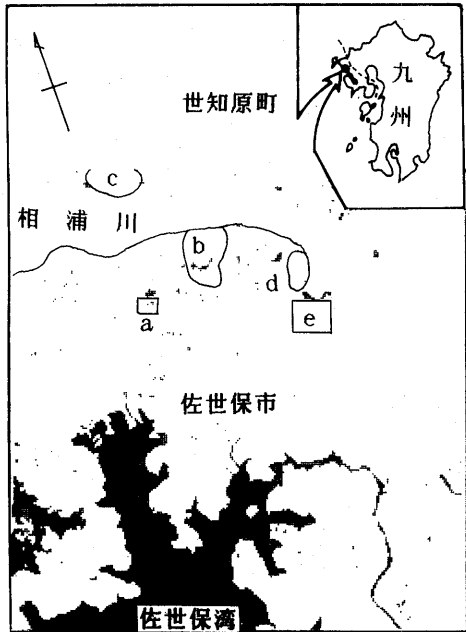
空中写真には地表の形態がきわめて正確に記録されている。これを立体視することにより、地形図上に表現される通常地形だけでなく、地形図上には表現されないような微地形までも詳細に判読することができる。したがって、空中写真を用いれば地すべり地内の状況はかなり正確に把握することが可能と思われるので、今回の研究においてはランドサットデータによる調査に先立つ予備調査として、空中写真判読による地すべり地の抽出を行った。

北松地すべり地帯は総面積 400 km²にも及び、広域にわたる調査が可能な空中写真といえども数 100 枚の判読が必要となる。そこで、今回は北松地すべり地帯の南部に位置する佐世保市北東部の相浦川流域内の地すべり指定地に的を絞りを、1975年 1月～3月撮影の空中写真から Fig. 2 に示す下記 2箇所の地すべり地を抽出した。

(1) 地すべり地 No. 1 (佐世保市桜木町、

Fig. 2 の a)

本地すべり地は山田貯水池に面する標高約 320 m の丘陵地北側斜面にあり、地すべりの規模は幅 400～500 m、長さ 200～300 m である。地すべり指定地に含まれるが、地形図上では地すべりの判読は不可能である。空中写真の判読によれば、標高 200～250 m 付近の山腹には滑落崖が認められ、その周辺にも山腹小崩壊が確認される。植生は、山頂から滑落崖にかけては針葉樹林、滑落崖から下方は針広混合林で、各所に竹林の存



a. 地すべり地No.1 b.地すべり地No.2
c. 非地すべり地No.1 d.非地すべり地No.2
e. 地すべり地No.3

Fig. 2 Location of investigated site.

在が認められる。地すべりの形態としては北松型一次すべりで、初期のものと推定される。

(2) 地すべり地No. 2 (佐世保市矢峰町,

Fig. 2 の b)

本地すべり地は地すべり地No. 1の東北東約2000mの地点に位置し、標高約380mの丘陵地の北向き斜面にある。地すべりの規模は幅1000m、長さ1200mである。冠頂には高さ100m内外の切り立った滑落崖が発達し、頭部凹地には溜池がみられる。また、舌端部は相浦川の左岸にせり出している。地すべり状況については、滑落崖およびその周辺では針葉樹林、裸地、針広混合林などが、頭部では溜池の周囲に水田、畑、草地、竹林、針広混合林などが混在し、すべり中央部および舌端部には水田、畑、草地、竹林、針広混合林のほか果樹園なども認められる。地すべりの形態は全体的には北松型一次すべりで、地すべり堆積物内には数多くの二次すべりが発生している。

上記2箇所の地すべり地の比較対象地区として、地すべり地No.1の北方約4000mの地点にある石盛山の周辺(非地すべり地No. 1, Fig. 2 の c) と、地すべり地No. 2の東南東約3000mの地点にある高花岳東向き斜面(非地すべり地No. 2, Fig. 2 の d) も合わせて抽出した。

3. ランドサットMSSデータの解析

(1) 使用したデータ

今回の研究において使用したランドサットデータは1980年10月30日にランドサット2号によって観測されたMSSデータである。解析にはCCTを用い、デジタル解析により地すべり地の特性を調べた。Table 1にCCTの仕様を示す。補正モードは精密補正である

Table 1 Format of CCT used for analysis.

| | |
|---------------|-------------------|
| 衛星 | ランドサット2号 |
| センサー | MSS |
| バスNo. - ロウNo. | 121 - 37 |
| 観測日 | 1980年10月30日 |
| 雲量 | 0% |
| 補正モード | 精密 |
| 地図投影法 | UTM |
| リサンプリング法 | キュービック・コンボリューション法 |
| フォーマット | B I L |
| 記録密度 | 1600 bpi |

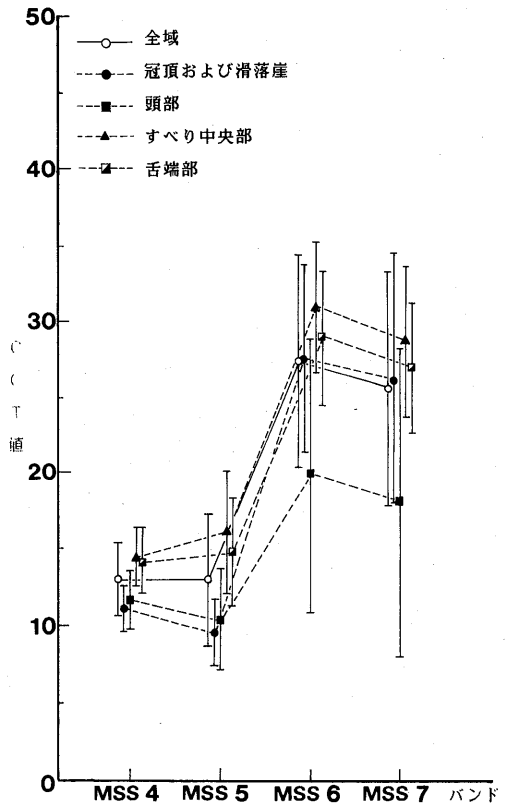


Fig. 3 Spectral characteristics of landslide area, No.2.

ため、データの地形図との幾何学的な一致はよい。

(2) 地すべり地の分光特性

地すべり地No.2内を、1) 冠頂、2) 頭部、3) すべり中央部、4) 舌端部の4箇所に分した場合、各箇所の分光特性はFig. 3に示すように、どの箇所のCCT値も地すべり地全域のCCT値と同様な傾向を示す。詳述すれば、MSS 4 (緑色バンド; 波長0.5~0.6 μm)とMSS 5 (赤色バンド; 波長0.6~0.7 μm)の可視光域においては、地すべり地全域のCCT値に比べ、すべり中央部と舌端部のCCT値は高く、冠頂と頭部のそれは低くなっている。MSS 6 (近赤外バンド; 波長0.7~0.8 μm)とMSS 7 (近赤外バンド; 波長0.8~1.1 μm)の赤外領域においては、すべり中央部と舌端部のほか冠頂のCCT値も地すべり地全域のそれに比べ高く、頭部のCCT値のみがかなり低い値を示す。

次に、地すべり地と非地すべり地の分光特性を比較する。Fig. 4にみられるように、MSS 4およびMSS 5の可視領域では大きな差異は認められないが、MSS 6とMSS 7の赤外領域でかなり異なった傾向を

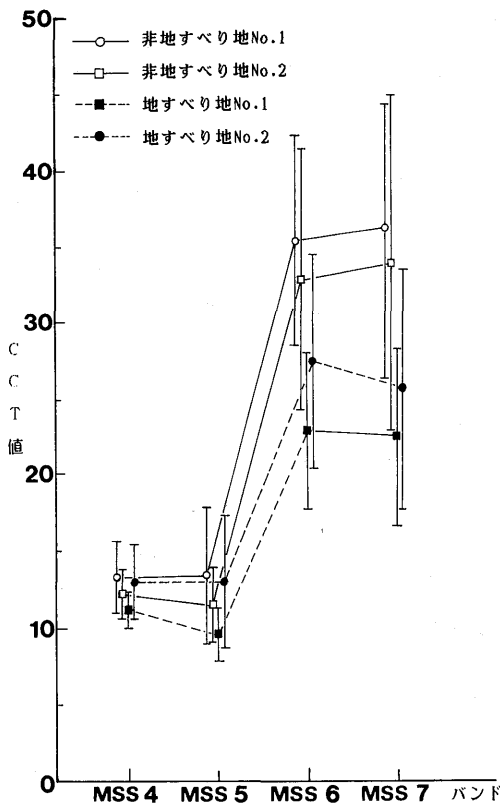


Fig. 4 Comparison of spectral characteristics between landslide area and ordinary area.

示す。すなわち、MSS 6とMSS 7のCCT値については、地すべり地No.1およびNo.2のCCT平均値が30以下なのに対して、非地すべり地No.1, No.2のCCT平均値は30以上となっている。さらに地すべり地のMSS 6からMSS 7への傾向は下降傾向であるが、非地すべり地のそれは上昇傾向を示しており、明らかに差異がある。

4. 解析結果の考察

土壌における電磁波の分光特性は、一般に土壌中に含まれる有機物、鉄化合物や土の粒度、水分、母材によって変化する。土壌中の水分に着目した場合、同一土壌においては水分が多いほど反射率が低くなる傾向を示し、また水分が増加した場合には、粘性土においては乾燥時と類似したスペクトル分布曲線を保つのにに対し、砂質土では曲線形が大きく変化するといわれている⁷⁾。このことから、上記の地すべり地No.2の各箇所のCCT値を検討すれば (Fig. 3 参照)、地すべり地内の土質は粘性土に近い傾向を示し、頭部が最も水分が多く、逆にすべり中央部が最も水分が少ないものと推定される。

植生における分光特性は、一般に可視領域においてはクロロフィルを主とする色素の種類および量に関係し、近赤外領域では葉の内部の細胞構造によって決定される。特に、近赤外領域では若い葉のほうが、また厚い葉のほうが反射率が大きく、葉が茂っているほど高反射率を示すといわれている⁸⁾。このことから、土壌の場合と同様に地すべり地No.2の各箇所をみる (Fig. 3 参照)、地すべり頭部や冠頂では水分が多いため植物の活性度は高いものと思われるが、針葉樹が繁茂する冠頂では近赤外領域のCCT値が確かに高い傾向を示すのに対して、植生の密度が低い頭部では逆に近赤外のCCT値はかなり低くなる。

植物の活性については、前述のように近赤外領域だけでなく可視領域も関係してくる。そこで、植生指標なるファクターを用いて、地すべり地内各所の植物活性を調べてみる。植生指標には次の6式があり、いずれもその値が大きいほど活性度は高い⁹⁾。

$$RVI = MSS7 / MSS5$$

$$DVI1 = MSS7 - MSS5$$

$$DVI2 = 2.40 \times MSS7 - MSS5$$

$$VI = (MSS7 - MSS5) / (MSS7 + MSS5)$$

$$TVI = \sqrt{VI} + 0.5$$

$$GVI = -0.29 \times MSS4 - 0.56 \times MSS5$$

$$+ 0.60 \times MSS6 + 0.49 \times MSS7$$

ここにMSS 4～MSS 7はバンド4～7のCCTである。計算結果はTable 2のとおりで、いずれの植生指標からも植物の活性度は冠頂で最も高く頭部で最も低いことが認められる。

次に、地すべり地と非地すべり地のCCT値について検討する(Fig. 4参照)。地すべり地の含水量は、雨水や地下水を誘因とする地すべりの機構から当然非地すべり地よりも多い。したがって、植生については非地すべり地よりも地すべり地の方が活性度が高いはずである。しかし、Table 3に示すように植生指標はこの逆となっている。すなわち、地すべり地は水の供給があるにもかかわらず植物の活性度は低い。このことは一見矛盾しているようであるが、地すべり地は地盤が不安定であるため樹木は根曲がりや起すなどして活性度が低くなると考えれば説明はつく。

Table 2 Vegetation index of landslide area, No.2.

| 植生指標 | 全 域 | 冠 頂 | 頭 部 | 中央部 | 舌端部 |
|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| R V I | 2.061 (0.764) | 2.787 (0.899) | 1.657 (0.725) | 1.869 (0.492) | 1.881 (0.374) |
| D V I 1 | 12.55 (6.95) | 16.62 (8.04) | 7.73 (7.97) | 12.63 (5.41) | 12.12 (3.84) |
| D V I 2 | 48.38 (17.22) | 53.36 (19.43) | 33.12 (21.94) | 52.86 (11.46) | 49.85 (8.93) |
| V I | 0.303 (0.195) | 0.435 (0.165) | 0.169 (0.309) | 0.284 (0.113) | 0.294 (0.094) |
| T V I | 0.893 (0.108) | 0.962 (0.093) | 0.817 (0.170) | 0.883 (0.064) | 0.889 (0.054) |
| G V I | 17.92 (6.58) | 20.76 (6.56) | 11.59 (8.62) | 19.42 (4.38) | 18.18 (3.55) |

Table 3 Comparison of vegetation index between landslide area and ordinary area.

| 植生指標 | 地すべり地 No.1 | 地すべり地 No.2 | 非地すべり地 No.1 | 非地すべり地 No.2 |
|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| R V I | 2.375 (0.615) | 2.061 (0.764) | 2.880 (0.842) | 2.977 (0.984) |
| D V I 1 | 12.81 (5.810) | 12.55 (6.95) | 22.86 (7.67) | 22.33 (10.77) |
| D V I 2 | 44.17 (13.79) | 48.38 (17.22) | 73.69 (18.21) | 69.76 (26.16) |
| V I | 0.385 (0.129) | 0.303 (0.195) | 0.459 (0.122) | 0.462 (0.146) |
| T V I | 0.938 (0.073) | 0.893 (0.108) | 0.977 (0.065) | 0.978 (0.078) |
| G V I | 16.04 (5.59) | 17.92 (6.58) | 27.66 (6.91) | 26.29 (10.06) |

あとがき

本研究では、地すべり地がランドサットデータ上でいかなる特性を持つかを調べたものである。ランドサットデータを用いて地すべり地の調査を行う場合、ランドサットは解像度が粗く雲があると観測できない等の欠点はあるものの、同時広域性を有すること、数値データであるため経験を必要とせず誰にでも取扱えること、雲がなければ16日周期で観測でき経時変化を追えることなど長所を活かすことができる。

本研究の結果、地すべり地のランドサットデータ特性はある程度明らかとなった。しかし、解析に供したランドサットデータは秋(10月末)のデータであり、植生状況の変化、降雨期等を考慮すれば、他の季節についても解析する必要がある。

最後に、本研究については一部、長崎先端技術開発協議会による研究助成を受けている。ここに記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) Sauchyn, D.J. and Trench, N.R. : Landsat Applied to Landslide Mapping, Photogramm. Eng. Remote Sensing, Vol. 44, No. 6, pp. 735-741, June 1978.
- 2) 島 坦：岩盤地すべりの発生機構についての一考察とリモート・センシングによる観測，日本国土海洋総合学術診断昭和52年度技術報告集—国土関係一，pp. 175-183, 1978. 3
- 3) 島 坦・泉谷恭男：昭53. 5. 18妙高高原地すべり崩壊とリモートセンシングによる調査，日本国土海洋総合学術診断昭和53年度技術報告集—国土関係一，pp. 103-108, 1979. 3
- 4) 山崎達雄・大島恒彦・鎌田泰彦ほか：昭和42年7月9日豪雨災害と地質，文科研特定(昭42)，「昭和42年7月豪雨の総合的研究」九州地区班報，pp. 79-115, 1969.
- 5) 山崎達雄：九州の地すべり概観，土質工学会九州支部30年記念誌，1980. 2
- 6) 大八木規夫：日本の代表的な地すべり—8，鷲尾岳・平山，アーバンクボタ，No. 20, pp. 16-19, 1982. 3
- 7) 和達清夫ほか：リモートセンシング，朝倉書店，pp. 113-114, 1981.
- 8) 同上，pp. 111-112.
- 9) 安田嘉純：グラントルースデータ，第5回リモートセンシング解析技術者研修資料，科学技術庁，1982. 6

