

## 1. はじめに

衛星データの正規化植生指標（NDVI）を用いた山地崩壊地の判別方法は、すでに愛媛県東予地区<sup>1)</sup>、宮崎県一ツ瀬川上流域<sup>2)</sup>、と適用し判別精度（崩壊地有りの精度）は満足できるものであった。今回、最後の解析地として2003年8月の台風10号と前線による豪雨（沙流川48時間流域平均雨量306.2mm）により、多くの崩壊が発生した北海道沙流川支流額平川周辺地域（約46km×50km）を対象とした。すでに解析した愛媛県、宮崎県の事例も含めて、衛星データによる正規化植生指標を用いた山地崩壊地の判別手法の問題点と今後の判別手法の方向性について総括する。

## 2. 解析方法と解析結果

愛媛県東予地域（T解析と言う）ではASTERデータ、宮崎県一ツ瀬川上流域（H解析と言う）ではSPOT2、ASTER、ALOSデータ、北海道額平川地域（N解析と言う）ではASTERデータを解析データに用いた。使用したデータの観測日は表-1に示す。現在の衛星の運用状況から考えると、高価な商用高解像度衛星（IKONOS、QuickBird、SPOT5など）を除くと本研究のよう

に安価なデータは、TERRA衛星のASTERかALOS衛星のAVINIR2となる。解析方法については図-1に示す<sup>1), 2)</sup>通りである。現在主流の衛星データ処理ソフト（ERDAS IMAGINE）を用いるとランドトゥールズデータとして必要な航空写真のオルソ化と山地の急斜面の非ランベルトモデルによる地形効果補正が比較的容易に処理できる。本研究ではすべてこれらの処理を行った。また、GIS（TNTmips、ArcGIS）による河道処理（河道の裸地等の誤判別地の除去）も行った。

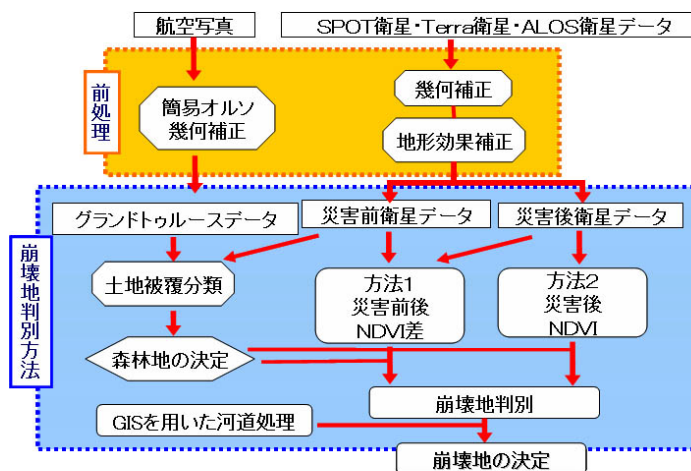


図-1 解析手順のフロー図

## 3. データの問題と解析方法の問題

この解析方法で問題となるのは、崩壊（災害）発生の前後の時期で有効な衛星データが入手できるのかと

表-1 各衛星データの観測日とその時の太陽方位・高度

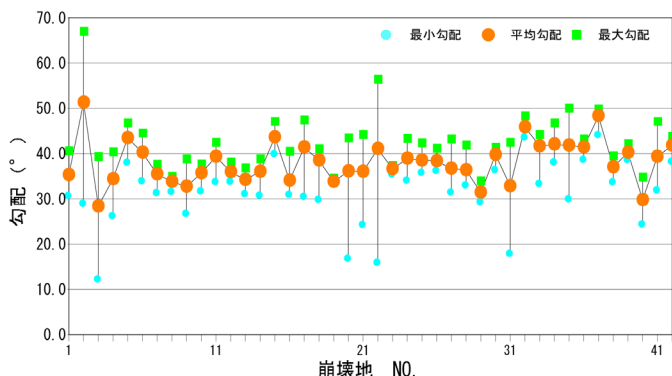
| 解析場所                                   | 観測日                   | 太陽方位 | 太陽高度 |
|----------------------------------------|-----------------------|------|------|
| 愛媛県東予地域<br>(災害2004/8-10)               | TERRA 2004/4/12(災害前)  | 146  | 60   |
|                                        | 2005/4/24(災害後)        | 140  | 64   |
| 宮崎県一ツ瀬川上流域<br>(災害1993/9)<br>(災害2005/9) | SPOT2 1993/3/4(災害前)   | 155  | 47   |
|                                        | 1995/10/12(災害後)       | 160  | 48   |
|                                        | TERRA 2003/10/19(災害前) | 160  | 46   |
|                                        | 2006/1/12(災害後)        | 158  | 32   |
| 北海道額平川流域<br>(災害2003/8)                 | ALOS 2006/11/8(災害後)   | 164  | 40   |
|                                        | TERRA 2005/10/5(災害後)  | 164  | 41   |
|                                        | 2006/9/6(災害後)         | 155  | 52   |
|                                        | 2006/11/2(災害後)        | 166  | 32   |

いう点である（方法1）。表-1に示すように、災害前後で1年以内の間で入手できた事例はT解析のみで、災害前後は1年以上遡らないと適当なデータがない場合が多い。N解析では災害前を遡るとLANDSATデータ（空間解像度30m）しかなかったため、災害前データは用いなかった。判別精度（崩壊地有りの精度）で判定するとT解析の判別精度は、方法1は75%、方法2も75%となり、精度に差はなく、実用的には災害後の画像のみで処理できる方法2の方が適当と思われた。しかし、H解析において災害後のNDVIの閾値を用いて方法2で解析を行ったところ、崩壊地判別の精度が悪く、H解析では使えないことが判明した。H解析の方法1の判別精度は、SPOTで約77%、ASTERで約47%、ASTER-ALOSで約73%であった。ASTERデータの精度が悪いのは、災害後の観測時の太陽高度が低いためである。N解析においては、災害後の2時期毎に方法2で判別を行った結果、2005/10/5、2006/9/6とも約68%であった。ここで問題となるのは、地形効果補正に限界があ

ることである。非ランベルトモデル<sup>3)</sup>は、以下の(1)式で示される。

$$Dc = \frac{Do \cdot \cos \varepsilon}{(\cos i \cdot \cos \varepsilon)^k} \quad (1)$$

ここで、 $Dc$  は補正後の衛星画像の画素値、 $Do$  は補正前の画素値、 $\cos i$  は太陽入射角の余弦、 $\cos \varepsilon$  はセンサ反射角の余弦、 $k$  は経験式に基づく Minnaret 定数である。この式からわかるように、太陽入射角の余弦が 90 度以上の場合（これは計算する斜面から太陽が見えないことを意味する）補正できない。これは例えば急



図－2 解析地に含まれる崩壊地の勾配の例  
(N解析：勾配はGISによりDEMから計算した値を読み取った)

斜面が多いN解析地の場合、地形効果補正の不可能な画素は解析範囲の 2% (2006/11/2)、0.1%(2005/10/5)、0.001%(2006/9/6)となり、11/2は解析には適さない。これは同じくH解析の2006/1/12 データ等でも生じた。図－2に示すようにN解析で崩壊地の勾配を調べると、約 30 度から 45 度付近に集中する。この場所では、観測データのが太陽高度が 45 度以下の場合、あまり適さず、30 度付近では解析できない（影の影響のため）。このことから、衛星データの撮影観測日の選択は、解析対象地の崩壊地の勾配の分布によるが、

太陽高度の条件は 45 から 50 度以上が望ましい。次に、方法 2で行う場合は、NDVI の閾値のみでは、崩壊地以外の裸地（特に河道堆積物）を取り除くことができないので、判別精度を上げるには GIS による河道処理が必要となる。この方法には単純に DEM データから GIS で勾配を計算し閾値を決めて（3カ所の解析では 25 度）処理する方法と、河道網（1次谷等）のベクター作成し、それからバッファリング処理により衛星画像の 1ピクセル分程度を取り除く処理を行う方法がある。N解析では、両者の方法で処理を行ったが、河道の土砂堆積裸地の画素を完全に取り除くことはできなかった。これについては、発表時に詳細を述べる。

#### 4. おわりに

衛星データを用いた崩壊地判別解析は、総括すると以下の通りである。

- ① 商用高解像度衛星以外の衛星データ (NDVI) を用いた解析で崩壊地の判別精度（崩壊地有りの精度）は、おおむね 70%（崩壊地なしの判別を加えると見かけの精度はさらに高い）を満足する。
- ② 衛星データの撮影日の太陽高度は、45 度～50 度以上が望ましい。災害直前のデータを入手できれば災害前後のデータによって精度が向上するが、適当なデータを入手できる可能性は低い。
- ③ NDVI を用いた解析では、GIS を用いた河道処理は判別精度を向上させる上で必須である。
- ④ 現在衛星データの空間解像度と比較して、現在入手できる国土地理院発行の DEM データでは地形効果補正を行う上で空間解像度が不足する（画像データと同じ解像度が欲しい）。
- ⑤ 8 月～10 月の災害には、太陽高度を満足する可視・近赤外域の最適な使えるデータを入手するには、災害直後から観測撮影リクエストなどによって迅速に撮影する必要がある。さらに今後の土砂災害の判別は、天候に左右されない高解像度（10m 以下）合成開口レーダ搭載の衛星によって撮影することが必要である。そしてそのデータと高解像度可視・近赤外域の衛星データとの組み合わせるような解析方法を開発することが急務である。

**謝辞：**本研究は、科学研究費補助金基盤研究（A）（1720801、研究代表：丸谷知己）の一部として実施された。ここに、謝意を表します。

#### 引用文献

- 1) 戎信宏・山口千穂・丸谷知己：TERRA 衛星 ASTER データによる愛媛県台風災害の崩壊地判別に関する研究、平成 18 年度砂防学会研究発表概要集、p. 340-341、2006
- 2) 戎信宏・丸谷知己：衛星データの NDVI を用いた山林地の崩壊地判別に関する考察。平成 19 年度砂防学会研究発表概要集、p. 150-151、2007
- 3) 加藤正人編著：森林リモートセンシング、J-FIC、東京、p. 86-89、2004