

衛星「だいち」による平成19年台風4号および梅雨前線による南大隅における土砂災害の把握について

国土技術政策総合研究所 ○清水 孝一、小山内信智  
(独) 宇宙航空研究開発機構 島田 政信、磯口 治  
(株) パスコ 森田 真一、柴山 卓史

1. はじめに

2004年新潟県中越地震災害においては新潟県長岡市(旧山古志村) 芋川流域ほかで多数の斜面崩壊や地すべりが発生した。こうした災害に対して迅速な対応を図るため災害の全容を早期に把握する必要がある。また、平時より砂防事業が対象とする広大な山地流域における土砂災害の発生等を監視するために経済的かつ効果的な調査手法の確立が必要である。こうした目的に対して衛星リモートセンシング技術を適用することが適切であると考えられる。

このため本稿では、陸域観測技術衛星「だいち (ALOS)」による昨年の台風4号及び梅雨前線による土砂災害を対象とした検討を行い、その効果について述べるものである。

2. 平成19年台風4号および梅雨前線の災害概要

平成19年7月5日以降日本付近に停滞した梅雨前線および台風4号により西日本を中心に大雨を観測した。今回の検討対象となっている鹿児島県肝属郡南大隅町(図1)でも11日には時間雨量107mm、24時間雨量353mmを記録し佐多郡浜尻地区で家屋4戸を倒壊させる土石流が発生するなど、斜面崩壊や土石流が多発した。

これら斜面崩壊や土石流の集中した南大隅町西部・南西部での発生箇所数は320箇所、崩壊地面積の大きなもので約9,500m<sup>2</sup>、平均では約670m<sup>2</sup>であった。

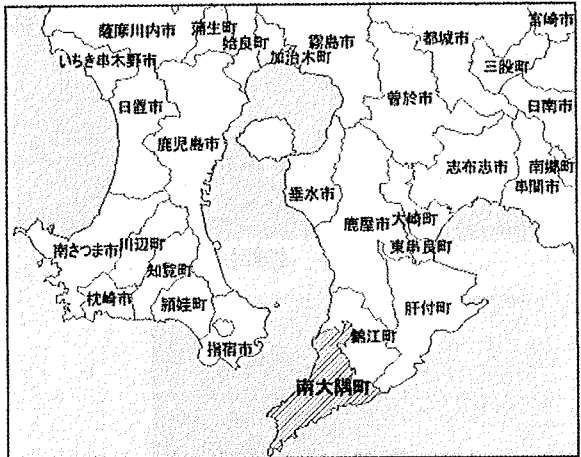


図1 南大隅町位置図

3. 陸域観測技術衛星「だいち (ALOS)」の概要

2006年1月に打ち上げられた「だいち」(ALOS)(以下「だいち」と称する)は10月より定常運用に入った。だいちにはPRISM(パナクロマチック立体視センサ、分解能2.5m)、AVNIR-2(高性能可視近赤外放射計2型、分解能10m)という光学センサとPALSAR(フェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ、分解能7~100m)というレー

ダセンサが搭載されている。回帰周期は46日であるが、ポイントング機能によりAVNIR-2センサでは2日に1度、PALSARセンサでは5日に1度の観測が可能である。

4. だいちの光学センサを使った土砂災害の把握

前述のように、だいちに搭載されている光学センサは2種類ある。この2種類のデータを用いて土砂災害箇所の抽出を行う場合、次の2つの方法が考えられる。1) AVNIR-2を用いた判読及び画像解析、2) AVNIR-2/PRISMのパンシャープン画像を用いた判読及び画像解析がある。パンシャープン画像とは解像度が粗い複数の波長帯で撮像された画像(AVNIR-2)を解像度の高い単バンド画像(PRISM)で高解像度化する処理である。図2にAVNIR-2画像とパンシャープン画像の比較を示す。

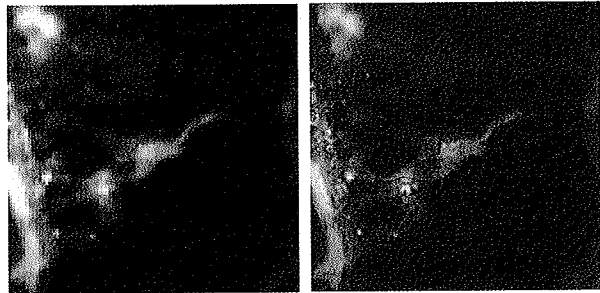


図2 AVNIR-2(左)とパンシャープン(右)の比較

AVNIR-2画像では崩壊地の境界がややぼやけてしまい範囲を把握することが難しいのに対して、パンシャープン画像では崩壊地の範囲を明瞭に確認できるほか、陰影が細かく地形起伏を詳細に把握することができる。

これらの画像を使って斜面崩壊地の抽出を行うには複数時期の画像を比較することが必要になるがその重ね合わせ処理をする際には、画像のオルソ幾何補正が必要不可欠である。オルソ幾何補正にあたっては1) GCP(地上基準点)およびRPC(画像撮影時のセンサの姿勢及び傾きを示す有理多項式係数)を用いて標定を行い、2) DEMを用いてオルソ補正を行う。

標定の結果を表1に示す。どのケースでも概ね3ピクセル(1ピクセルを2.5mとして7.5m)以内の誤差となっており、良好な結果が得られている。最も精度良く標定するにはRPCとGCPの両方を用いるケースで水平誤差は約1.5ピクセル(約3.75m)との結果を得た。

表1 GCPとRPCを用いた標定結果

| 検証ケース   | X方向残差      | Y方向残差      | 水平誤差       |
|---------|------------|------------|------------|
| GCP 6点  | 1.90 pixel | 1.77 pixel | 2.60 pixel |
| RPCのみ   | 2.54 "     | 1.61 "     | 3.01 "     |
| RPCとGCP | 1.19 "     | 0.89 "     | 1.49 "     |

次にDEMの精度によるオルソ幾何補正の精度を検証する。標定検証時のRPC及びGCPによる空中三角測量結果と各種標高データを用いた。標高データには国土地理院の発行する「数値地図50mメッシュ(標高)」の他にSRTM-3使用の約90mメッシュのデータやLiDARによる高密度のDEMがある。これら異なる精度のDEMによるオルソ補正を行い位置精度の検証を行った。その結果を表 2に示す。

表 2 DEMによるオルソ幾何補正精度

| GSI-50m | X 誤差(m) | Y 誤差(m) | 水平誤差(m) |
|---------|---------|---------|---------|
| 最大誤差    | 3.4     | 9.2     | 9.2     |
| 平均二乗誤差  | 2.1     | 3.6     | 4.1     |
| 標準偏差    | 1.4     | 3.5     | 2.2     |

| SRTM-3 | X 誤差(m) | Y 誤差(m) | 水平誤差(m) |
|--------|---------|---------|---------|
| 最大誤差   | 6.3     | 8.8     | 9.4     |
| 平均二乗誤差 | 3.8     | 3.7     | 5.3     |
| 標準偏差   | 1.6     | 3.4     | 2.4     |

| LiDAR  | X 誤差(m) | Y 誤差(m) | 水平誤差(m) |
|--------|---------|---------|---------|
| 最大誤差   | 4.3     | 7.6     | 7.6     |
| 平均二乗誤差 | 2.1     | 2.7     | 3.4     |
| 標準偏差   | 1.5     | 2.6     | 1.8     |

平均二乗誤差に着目するとどのケースも6m以内に収束している。50mメッシュDEMとSRTMではほとんど差は見られず、LiDARを用いた場合では平均二乗誤差で3.5mと1.5ピクセル程度の精度内に収まることが分かった。

50mメッシュDEMとSRTMではほとんど差は見られず、LiDARを用いた場合では平均二乗誤差で3.5mと1.5ピクセル程度の精度内に収まることが分かった。

一般的な利用が考えられるRPC及び50mメッシュ標高の組み合わせによるオルソ幾何補正の位置精度は表 3のようになり、1/25,000レベルの精度を保っていることが確認できた。

表 3 RPCおよび50mDEMによる幾何補正精度

|        | X 誤差(m) | Y 誤差(m) | 水平誤差(m) |
|--------|---------|---------|---------|
| 最大誤差   | 9.1     | 2.2     | 9.3     |
| 平均二乗誤差 | 5.8     | 1.4     | 6.0     |
| 標準偏差   | 2.2     | 1.4     | 2.2     |

以上のようにGCP等を用いた位置精度検証(標定)ではGCPのみ、RPCのみのケースよりもGCPとRPCを併用する場合に最も精度良い結果が得られることが分かった。しかしながら、RPCのみの利用であっても概ね10m以内の誤差であり、1/25,000地形図との整合が保たれることが分かった。オルソ補正精度についてはDEMの分解能が小さい方が精度良い結果が得られることが分かったが、その差はとくに大きなものではなく、日本国内の利用に限れば国土地理院発行の50mメッシュDEMを用いることで十分な結果が得られることが分かった。

## 5. だいちの合成開口レーダを使った土砂災害の把握

光学のセンサが天候等の影響を受けるのに対し、合成開口レーダ(PALSAR)はその影響を受けず定期的に確実な

データ取得が行えるメリットがある。PALSARを用いた表層崩壊の変化抽出には強度画像の差分またはコヒーレンスの計算の2種類の方法が考えられる。いずれの方法も2時期の観測の間に地表面に何らかの変化があった場合にその値が変化することを前提にしてその変化部分の抽出を行うものである。

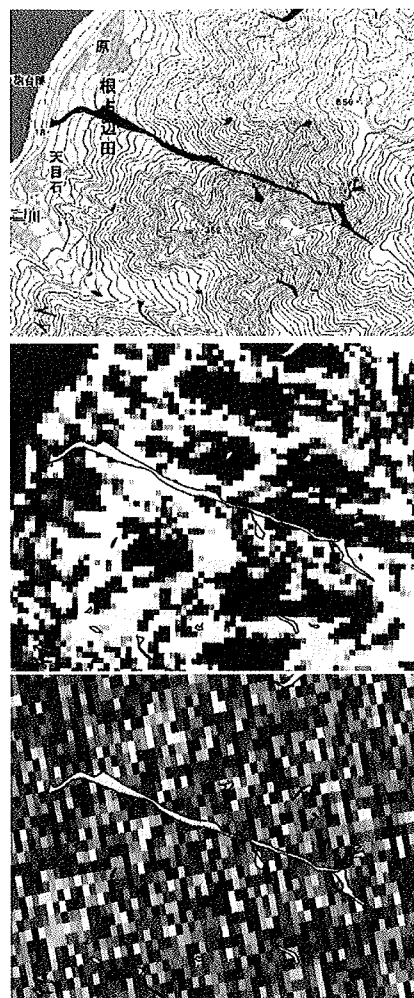


図 3 PALSARによる崩壊地の抽出

(上:崩壊地分布図、中:PALSAR強度差、下:PALSARコヒーレンス)

図 3は崩壊地の大きさが幅50m、長さ1,600mのものであるが、強度差分、コヒーレンス解析ともにその変化を明瞭にとらえることはできなかった。これは、今回対象とした崩壊地の大きさがPALSARの分解能に比べて小さかったことから生じた結果と考えられる。

## 6. まとめ

「だいち」には3種類のセンサが搭載されている。光学センサから1/25,000レベルの精度良い画像が得られる。一方で、SARのセンサにおいては利用できる場面についてさらに検討が必要であることが分かった。

本稿は(独)宇宙航空研究開発機構と国土技術政策総合研究所の共同研究の成果である。PALSARの処理には(独)宇宙航空研究開発機構が開発したSIGMASARを用いた。