

身近になった衛星リモートセンシングを活用した 流域土砂災害監視の一手法

清水孝一・水野秀明

1. はじめに

衛星リモートセンシングを用いた調査はこれまで高額な費用を要していた。しかし、近年、Landsat、ASTERなど衛星画像が無償で公開されただけでなく、地理情報分析ソフトQGIS¹⁾やその衛星画像解析プラグイン²⁾が無償で公開されたことから、衛星リモートセンシングを用いた調査が容易に行えるようになった。

本稿は、このように身近になった衛星リモートセンシングの調査について、そのデータの入手方法、データ解析ソフトウェア、並びにそれらを使った土砂災害の抽出事例を紹介する。

2. データ(Landsat)、ソフトウェア(QGIS)とプラグインの概要

2.1 データ(Landsat)について

Landsatは昭和47年(1972)NASAにより1号機が打ち上げられ(図-1)、以来Landsatシリーズとしてほぼ同じスペクトル帯のセンサーをもつ地球観測衛星として運用されている。世界で最もポピュラーで、多くの研究者により本衛星画像を活用した多数の成果がもたらされており、最も成功した地球観測プロジェクトと考えられる。Landsatの特徴は約185kmという広い観測幅と昼間軌道における常時観測にある。IKONOSなど1m前後の高分解能衛星は、概ね10km前後の観測幅で観測範囲、観測日時を設定して画像を取得するが、過去に遡って必要な時期に必要な場所の画像がないことがある。しかし、Landsatは16日周期で同じ軌道に再帰し、昼間の軌道では画像を常時撮影し続ける運用が行われている。利用の可否は天候次第だが回帰周期に必ず画像があり時間分解能の優位性がある。軌道に沿ってオーバーラップするように運用されているので、西隣の軌道は7日後、東隣の軌

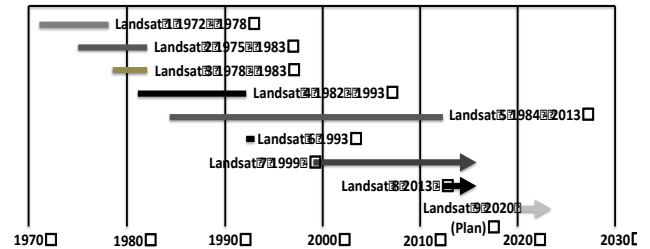


図-1 Landsatのタイムライン

道は観測の9日前に観測されることから、シーンの両端で時間分解能の倍増が期待できる。

データを入手するには、USGS/EROSサイトにユーザ登録をする必要がある。データをダウンロードせず、検索したシーンの仕様やサムネイル画像を観るだけであれば登録の必要はない。画像の検索はUSGS/Earthexplorerサイト⁴⁾で行う。このサイトでは、Landsatだけでなく、SRTMやASTER-GDEMなどの数値標高データ、地表被覆分類データなど多種多様なデータも公開され、入手できる。

より直感的にLandsatデータを検索したい場合には、LandsatLookviewサイト⁵⁾の利用をお勧めしたい。地図サイトを操作する要領で、データを入手したい範囲を画面に表示し、検索条件を設定し、検索結果を設定した期間の時系列にコマ送りに表示することができる。検索条件設定の際のちょっとした工夫は、雲量の設定を小さくし過ぎないことである。雲量はLandsat画像の該当シーン全体に対する割合で表示されるので、関心領域がシーンの一部であれば雲量が大きなシーンでも分析可能の場合がある。検索結果のレスポンスが早いので、筆者は雲量を100%に設定し検索期間のすべての画像をコマ送りにして利用できるシーンを確認している。

2.2 ソフトウェア (Semi-Automatic Classification プラグイン) について

Semi-Automatic Classification Plug-in (以下「SCP」という。)はQGISのプラグインを追加することによりQGISを再起動させることなく利用可能となる。Plug-inのインストール方法は

Advanced Approach to Monitoring Geohazards in a Basin Boundary Using Landsat Images

QGISのマニュアルを参照していただきたい²⁾。

ダウンロードしたLandsatデータはgzというUNIXのファイル形式で圧縮されている。これを解凍するとGeo-tif形式の画像ファイルと.MTXというメタデータを記載したテキストファイルなどがフォルダに作成される。SCPはこの.MTXから太陽高度、アジマスなどの情報を読み込み、各種標準指数の算出に必要となる反射率のデータに変換する。加えて、黒オブジェクト減算(Dark Object Subtraction: DOS)法による大気補正を行う機能を有している。

配布されているLandsat画像はUTM/WGS84(ユニバーサル横メルカトル図法/世界測地系)で作成されており、配布側で幾何補正が行われているため、異なるシーンを重ねても位置が大きくずれることはない。しかし、ピクセルベースで時系列解析を行う場合には自分で位置合わせを詳細に行う必要がある。

本稿では配布データをそのまま使用し独自に幾何補正は行っていない。

3. 土砂災害の分析事例

本稿では、広い観測幅をもち毎周期観測されるLandsatの特徴を生かして、流域スケールで土砂災害の発生の検知、発生に繋がる変化を抽出する方法を提案したい。広い観測幅とトレードオフとなる空間分解能を考慮して、ピンポイントで発生箇所を特定するのではなく、流域のどの範囲で変化があったかを検知し、現地調査あるいは上空からの調査に着手する判断材料に用いることを想定している。

3.1 分析手順

手順を図-2に示し概略を説明する。緯度経度方向に一定の大きさのグリッドを設定(本稿では 0.01°)し、グリッド内のLandsatデータの解析結果(ここでは一般的な正規化植生指数Normalized Differential Vegetation Index⁶⁾、以降NDVIという)の統計値を用い解析期間内の変化を検知する方法をとる。NDVIは植生活性度を表し、リモートセンシングにおける基本的な指標で、森林監視や樹種分類などに用いられている⁷⁾。

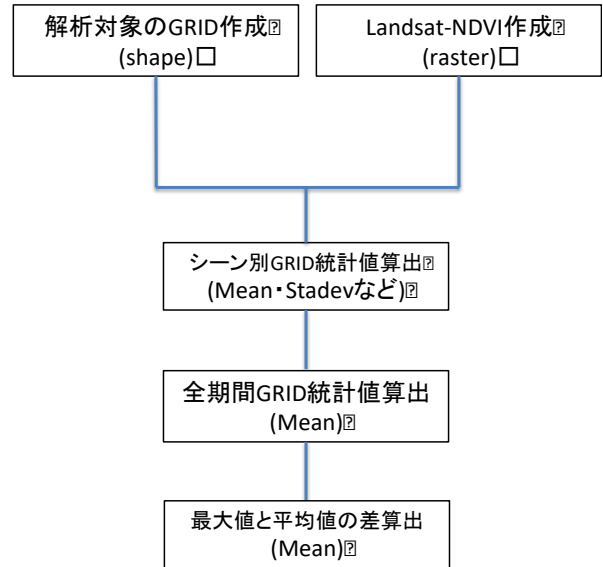


図-2 解析フロー

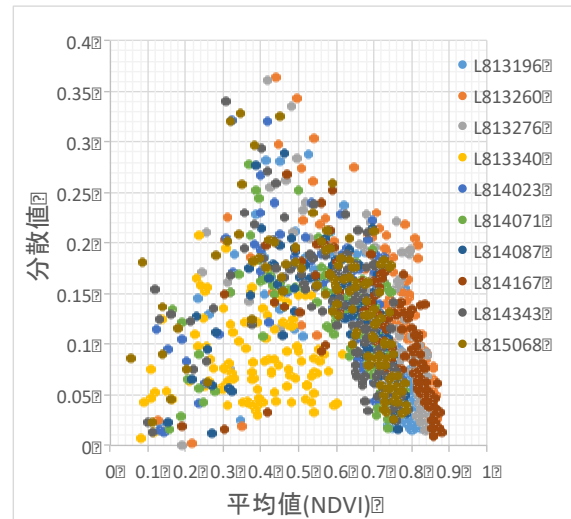


図-3 シーン別NDVIのGRID統計値

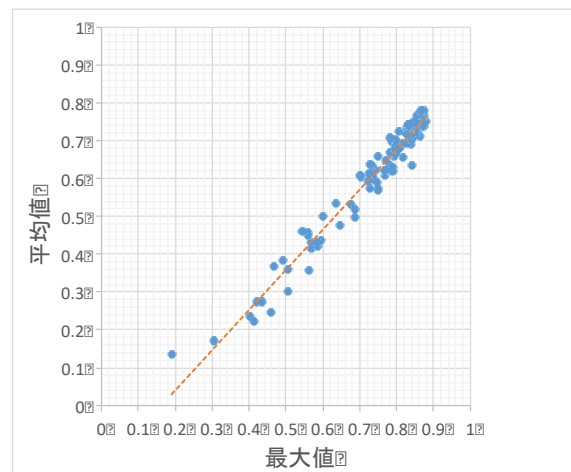


図-4 全期間NDVIのGRID統計値

3.2 分析対象とする土砂災害

分析対象とする土砂災害は平成25年10月16日に伊豆大島で発生した土砂災害とする。土砂災害の概要等については既往調査研究報告があるので参照していただきたい⁸⁾。

3.3 分析手法

3.3.1 シーン別GRID統計値の算出

図-3に伊豆大島全体のNDVIのグリッド統計値から横軸に平均値を、縦軸に分散値を取った散布図を示す。

NDVIが1に近く、分散が小さい右下は樹木・植生を示し、NDVIが0に近く分散の小さい左下には、水域・雲・市街地などが示される。その間にはそれらが混在する土地被覆を示していると考えられる。凡例はL8がLandsat8/OLIデータを示し、その後の5桁の上2桁は観測された年の西暦の下2桁を、5桁の下3桁は年始からの経過日数を表示する。L813340(観測日平成23年12月6日)より前が災害前のデータ、それを含む以降のデータが災害後に観測されたデータを示している。本稿では災害前3シーン、災害後7シーンの合計10シーンを用いている。10シーンとしたのは、事象を挟んで1年間程度の期間で収集できる分析可能なシーン数を想定した。また、事象前後のシーン数の割り振りは、事象発生前の状態をNDVI値の最大で代表し、事象後の状態を平均値で代表し、変化を抽出するために重みを持たせたことによる。

3.3.2 全期間GRID統計値の算出

図-4に全期間10シーンのNDVIのGRID統計値のうち、平均値を対象として平均値と最大値を算出し、横軸に最大値、縦軸に平均値をとり散布図を作成する。近似曲線より下側にプロットされるグリッドで、土地被覆に変化(この場合は斜面崩壊)が発生し近似曲線との距離が大きいほど大きな変化が発生したと推定される。

次にこれを篩い分けるために、事象発生前の植生度を示すと考えられるNDVIの最大値について、0.5より大きい値を示すグリッドを対象として最大値と平均値の差を算出し差が大きな順に整理をした。表-1にその上位10位を示す。

3.4 結果

図-5に災害前(平成23年7月15日)のLandsat画像を、図-6に災害後(平成23年12月16日)のLandsatフォルス画像を示す。それぞれ、表-1で示した上位10のグリッドを黄色破線で囲んだ。このうち、白色実線で囲んだNo.321、322の2つのグリッドが、今回災害が発生した大金沢に該当し、災害前後で植生から裸地(赤色から灰

色)に変化している。No. 322は第1位にあり、No.321も第4位と上位にあった。これら以外のグリッドは、図-5、6を見る限りでは、火口周辺の裸地、大島空港や市街地(岡田)が抽出されたものと考えられる。大金沢の北側に発生した土砂移動によると思われる植生の変化は表-1に抽出されなかった。

表-1 全期間のGRID統計値

No.	平均	分散	最大	最小	範囲	最大-平均
322	0.63458	0.15287	0.84109	0.35654	0.48455	0.20651
354	0.56904	0.14770	0.75002	0.36699	0.38303	0.18098
327	0.57198	0.15229	0.74960	0.34128	0.40832	0.17762
321	0.61697	0.12017	0.78863	0.40457	0.38407	0.17166
326	0.51675	0.13953	0.68523	0.31877	0.36646	0.16848
167	0.65649	0.14183	0.81774	0.29839	0.51934	0.16125
165	0.60861	0.14269	0.76681	0.25175	0.51506	0.15819
166	0.62919	0.13579	0.78714	0.29035	0.49679	0.15796
325	0.57197	0.12057	0.72949	0.37262	0.35687	0.15752
227	0.59118	0.11705	0.74445	0.32238	0.42207	0.15327

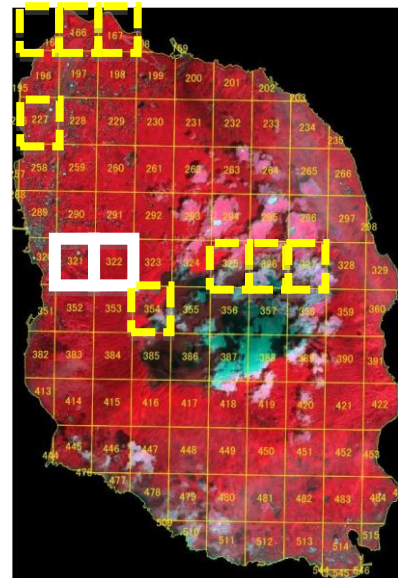


図-5 災害前のLandsatフォルス画像

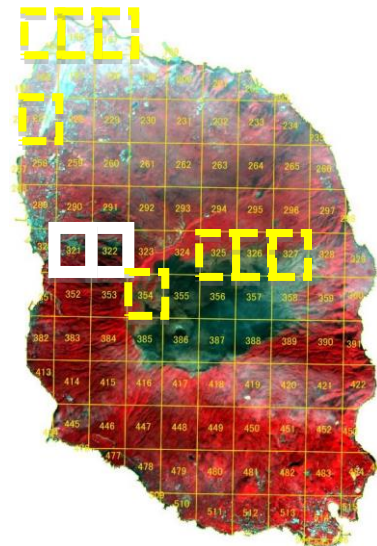


図-6 災害後のLandsatフォルス画像

4. まとめ

身近になった衛星リモートセンシングを活用することを目的として本稿では、まず、無償で入手できるLandsatデータの入手方法（インターネットサイト）と解析ソフトを紹介した。紙幅の都合から、詳しい操作方法は参考資料にURLを紹介しておくので参照していただきたい。インターネットを検索すればブログ、動画、大学等の教材など日本語でも多くの資料がヒットするので関心のある方は是非自身で探索してみていただきたい。

次に利用方法として、流域スケールで土砂災害の変化を検知する方法として、グリッドベースでのLandsat画像より作成したNDVIの時系列データ分析を示し、伊豆大島の土砂災害を事例にそれを検証した。

グリッドベースで実施するのは、用いる衛星画像の空間分解能が30mで変化箇所をピンポイントで検知するのが適当でないということと、時系列画像の位置合わせを厳密に行う手間を省くことにある。加えて、グリッドごとのNDVI統計値を用いることで、教師データを作成する手間を省くことと、教師作成時に生じうる人為的な誤差、つまり、画像のどの範囲を分類指標にするのか、またその指標が植生や裸地に当たるのか割り当てる際に発生する誤差を排除するというメリットがある。一方で、グリッド内における変化の強度と大きさが検知精度に大きく影響するというデメリットがあることがわかった。今後、通常時のモニタリング手法として確立していくには、今回判明したデメリットをどのように克服するかが大きな鍵となると考えられる。今回事例で用いた植生が崩壊により裸地に変化したという1か0かという分かりやすい変化ではなく、風倒木や病虫害といった指標に現れる変化の強度と広さが異なる変化を検知することができなければ、通常時の流域規模の土砂災害のモニタリング手法として使用することができないからである。

今後、そうした課題の解決に向けて新たな指標の開発や解析手法の研究を行い通常時の流域規模を対象とした土砂災害監視手法の開発に取

り組んで参りたい。

謝 辞

最後に、本稿作成に当たり極めて有用なソフトウェアを開発提供してくれているQGISグループに感謝の意を表します。

参考資料

- 1) QGIS : <http://qgis.org/ja/site/>、および参考書、例えば、今木洋大、岡安利治編著、QGIS入門第2版、古今書院
- 2) Semi-Automatic Classification Plugin for QGIS : <https://fromgistors.blogspot.com/p/semi-automatic-classification-plugin.html> (平成29年3月最終アクセス)
- 3) EROS Registration System (ERS) USER Registration : <https://ers.cr.usgs.gov/register/> (平成29年3月最終アクセス)
- 4) USGS/EarthExplorer : <https://earthexplorer.usgs.gov/> (平成29年3月最終アクセス)
- 5) USGS/LandsatLook : <https://landsatlook.usgs.gov/viewer.html> (平成29年3月最終アクセス)
- 6) Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) : 例えば、H. G. Jones・R. A. Vaughan 著・久米篤・大政謙次監訳、植生のリモートセンシング、第7章、森北出版
- 7) (公社) 砂防学会伊豆大島土砂災害緊急調査団 : 2013年10月16日台風26号による伊豆大島土砂災害、砂防学会誌、Vol.66、No.5、pp.61～72、2013

清水孝一



研究当時土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム総括主任研究員、現 (一財) リモート・センシング技術センター特任参事
Yoshikazu SHIMIZU

水野秀明



研究当時土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム上席研究員、現 国立大学法人九州大学農学研究院環境農学部門准教授、博士(農学)
Dr. Hideaki MIZUNO