

衛星画像を用いた土砂災害の抽出と GIS データによる地理的考察

1190002 青山 哲寿

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

2018年7月豪雨により、西日本を中心に広い範囲で記録的な大雨が観測された。河川の氾濫、浸水被害、土砂災害等が多く発生し甚大な被害を引き起こした。高知県長岡郡大豊町立川川流域においても、土砂災害で崩落した高知自動車道等、多くの場所で土砂災害が発生している。土砂災害発生時には、災害の状況を把握し、道路等を迅速に復旧させることが必要となる。人工衛星を用いることで、現地に行けなくても広範囲で災害数や場所を把握できると考えた。

本研究では、立川川流域を対象に、高分解能の衛星画像 Sentinel-2 を用いて土砂災害の抽出のためのシステムを確立した。さらに、そこに地理的な特徴がないか GIS データを用いて考察を行った。結果、3800 m²以上の規模の土砂災害を抽出することができた。しかし、地理的特徴は、安全率や降水総量等との関係を調べたが、明確なものを掴むことは出来なかった。原因として、今回の災害は短時間での大雨が大きく関係していることが考えられる。本研究は、地下水等を考慮していないため、今後はそれらを考慮した上で、土砂災害の特徴を考察することが必要となる。

Key Words: 土砂災害, 衛星画像, 地理的特徴

1. はじめに

2018年7月豪雨により、西日本を中心に広い範囲で記録的な大雨が観測された。さらに、河川の氾濫、浸水害、土砂災害等が発生し、死者、行方不明者が多数となる甚大な被害を引き起こした。高知県も例外ではなく、土砂災害で崩落した高知自動車道等、多くの場所で土砂災害が発生している。斜面崩壊で崩落した高知自動車道周辺の立川川流域においては、衛星画像から土砂災害を多く確認することができた。土砂災害発生時には、災害の状況を把握し、道路等を迅速に復旧させることが必要となる。人工衛星を用いることで、現地に行けなくても広範囲で災害数や場所を把握できると考えた。さらに、GIS データを用いることで、様々な視点から地理的特徴を把握できると考えた。

そこで本研究では、高分解能の衛星画像 Sentinel-2 を用いて土砂災害の抽出のためのシステムを確立し、GIS を用いて土砂災害に寄与する地理的な特徴を考察した。土砂災害に地理的な特徴を把握することは、土砂災害危険箇所の指定等に役立つため極めて重要である。

2. 研究対象地

研究対象地は、高知県長岡郡大豊町立川川流域である。図-1の範囲を対象領域として設定した。

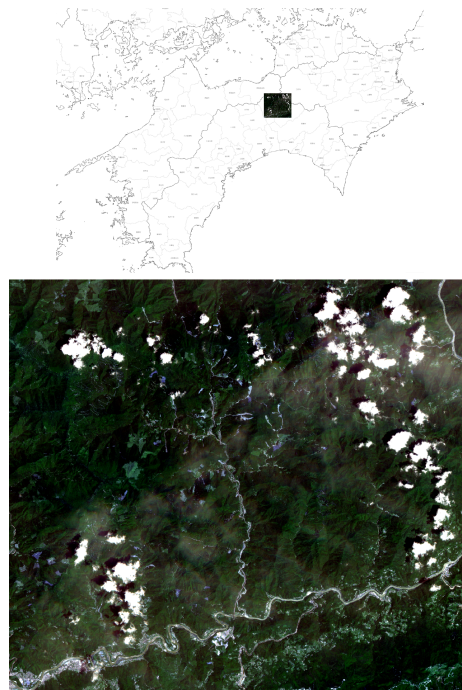


図-1 研究対象地 (立川川流域)

3. 使用データ

3.1 土砂災害抽出に用いたデータ

土砂災害の抽出には、高分解能(10m 程度)の衛星画像 Sentinel-2 を用いて行った。Sentinel-2 の概要を表-1 に示す。雨が最も集中して降った、2018年7月5日から7月8日の間に土砂災害が発生したと考え、衛星画像は、2018年5月24日、2018年7月13日、2018年10月1日の3時期の衛星画像を使用した。使用したバンドは、可視3バンド、近赤外1バンドの合計4バンドである。分解能10mの最も分解能が高いバンドを使用した。

また、以下に示す GIS データも使用してノイズ除去を行った。

- ・ 標高データ(取得元:国土地理院,平成20年)
- ・ 河川ラインデータ(取得元:国土数値情報,平成18年)
- ・ 道路ラインデータ(取得元:国土数値情報,平成7年)

表-1 Sentinel-2 の概要

Sentinel-2		
打ち上げ状態	2015-06-23(2A),2017-03/07(2B),2019(2C),2022(2D)	
運用機関	ESA/EC	
軌道	太陽同期軌道	
高度	786km	
周期	100.7分	
軌道傾斜角	98.5度	
回帰	10日	
搭載機器・機器タイプ Multispectral Imager(MSI)		
バンド	中心波長	解像度
B1	443nm	60m
B2	490nm	10m
B3	560nm	10m
B4	665nm	10m
B5	705nm	20m
B6	740nm	20m
B7	775nm	20m
B8	842nm	10m
B8a	865nm	20m
B9	940nm	60m
B10	1375nm	60m
B11	1610nm	20m
B12	2190nm	20m

3.2 地理的特徴考察に用いたデータ

地理的な特徴考察に用いたデータを以下に示す。

- ・ 植生分類図(図-2,2018年5月24日の衛星画像から機械学習により分類)

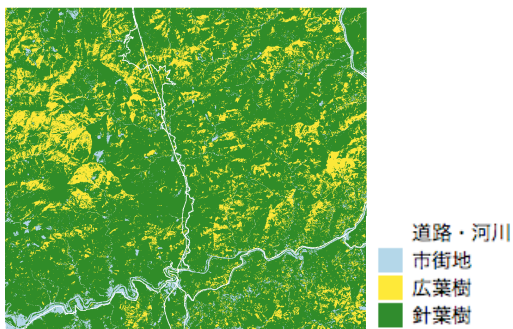


図-2 植生分類結果

- ・ 地質データ(取得元:国土数値情報,昭和54年)

- ・ 降水量データ(取得元:DIAS データ統合解析システム)
- ・ 集水面積データ(QGIS 内の SAGA を用いて、標高データから算出)
- ・ 標高データ(取得元:国土地理院,平成20年)

4. 衛星画像を用いた土砂災害の抽出

4.1 抽出手法

3 時期の衛星画像を用いて、機械学習により分類を行った。災害箇所候補抽出の手順を図-3 に示す。機械学習は Python の機械学習ライブラリ scikit-learn を使い、サポートベクターマシンで行った。分類をする際には、基準となる各分類項目における代表的な統計量を求める必要がある。その統計量のことを教師データと呼ぶ。本研究では、土砂災害、針葉樹、広葉樹、市街地の4種類を分類項目とする教師データを、各300ピクセルずつ取得した。教師データは、衛星画像から目視で取得した。

分類後、雲、影、河川、道路をマスクで覆い、災害箇所候補の抽出を行った。

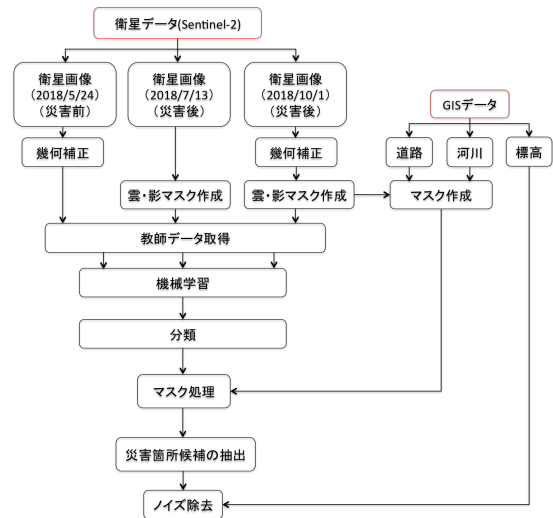


図-3 災害箇所候補抽出フロー

4.2 ノイズ除去

4.2.1 正規化輝度値によるノイズ除去

災害箇所候補抽出時には、マスク処理では取りきれなかった雲部分が候補地として誤分類される。この問題を解決するために、輝度値を正規化した値を使ってノイズ除去を行った。正規化輝度値を用いることで、大気や地形効果の抑制を図った⁴⁾。さらに、近赤外の正規化輝度値の差が雲部分では大きくなり、災害箇所では小さくなることを利用した。

ノイズの除去方法は、まず災害箇所候補のポリゴン毎に、災害前後の正規化輝度値の差を算出する。可視 3 バンドは最大値、近赤外 1 バンドは最小値を算出した。その後、災害箇所の教師データの災害前後の正規化反射率の差を算出し、それを閾値として除去を行った。可視 3 バンドは平均値、近赤外 1 バンドは最大値を閾値とした。

4.2.2 標高差によるノイズ除去

正規化輝度値を用いてノイズを除去した後も、河川付近の堆積土砂が災害箇所候補として残る場合があると考えられた。そこで、標高データを使用し、さらにノイズ除去を行った。土砂災害は、急な斜面で発生する 경우가ほとんどであるため、緩傾斜や平らな場所では発生する確率は低いと考えた。そこで、ポリゴン内の最大の標高と最小の標高の差が 50m 以下のものをノイズとして除去した。

4.3 最終結果

最終的な抽出結果を図-4 に示す。斜面崩壊が 15 箇所、土石流が 34 箇所という結果になった。斜面崩壊と土石流の分類は目視にて行った。



図-4 災害箇所の抽出結果

5. GIS データによる地理的考察

今回、GIS データを重ね合わせ、地理的特徴を考察した。この時、植生と地質は、災害箇所毎の標高が最大となる点の属性を代表値として用いた。災害が発生したのは、標高が最大となる点であると考えたためである。

5.1 植生

2018 年 5 月 24 日の衛星画像を使用して、同様の教師データから機械学習により植生分類を行った。分類項目は、針葉樹、広葉樹、市街地の 3 項目である。災害箇所での

の植生の割合を図-5 に示す。斜面崩壊、土石流、どちらも針葉樹の割合が高い結果となった。

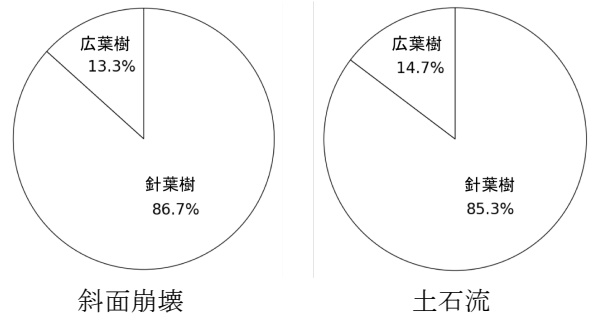


図-5 災害箇所での植生の割合

5.2 地質

災害箇所と地質データを重ね合わせ、地質割合を算出した。結果を図-6 に示す。なお、地質割合の算出には、災害箇所毎の最大の標高における地質を代表値とした。斜面崩壊、土石流、どちらも千枚岩が一番高い結果となっている。斜面崩壊は砂質片岩が二番目に多く、土石流では黒色片岩が二番目に多い結果となっている。

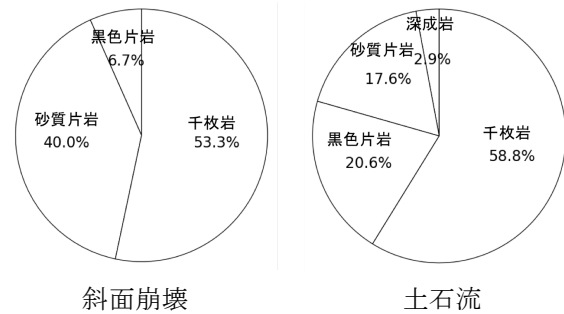


図-6 斜面崩壊と土石流発生地点での地質の割合

5.3 降水量と集水面積

災害箇所毎の平均の降水量と集水面積の関係をグラフ化した。結果を図-7 に示す。斜面崩壊は、降水量が 300mm 程度から発生し始め、土石流は、600mm 程度から発生し始めるという結果となった。土砂災害は降水量が 800mm を超える場所で多く発生しているという結果となった。

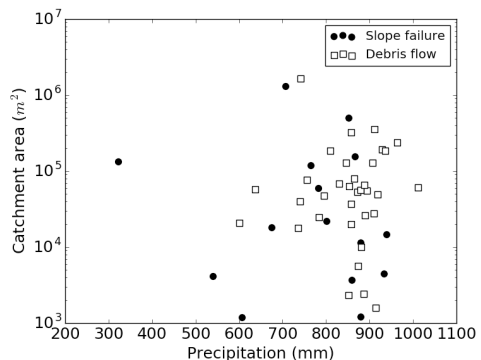


図-7 災害毎の降水量と集水面積の関係

5.4 斜面の安定解析

斜面崩壊箇所を縦断面図を作成し、斜面の安定解析を行った。縦断面図は斜面崩壊の崩壊箇所の中心付近で等高線に垂直に直線を引いて縦断面図とした。

土石流は、災害のきっかけとなった場所が特定しにくいため、正確な情報が得られないと考え、斜面崩壊のみで斜面の安定解析を行った。解析手法は、最も実用頻度が高い式(a)に示すフェレニウス法を用いた。粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ 、単位体積重量 w は実測値が存在しないため、高知県吾川郡仁淀川町高瀬地区の地すべり防止区域での実測値を用いた。用いた値を表-2に示す。

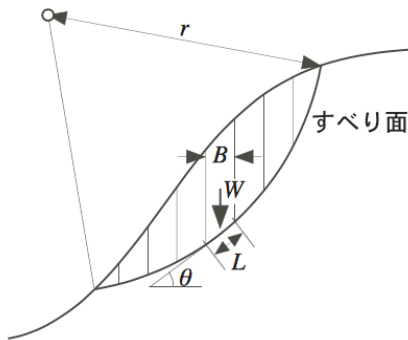


図-8 斜面の安定性

$$F_s = \frac{\sum (W \cos \theta \tan \phi + cL)}{\sum W \sin \theta} \quad (a)$$

c :粘着力 (kN/m^2) L :滑り面長さ (m)
 W :重量 (kN/m^3) θ :傾斜角度 (rad)
 ϕ :内部摩擦角 (rad)

表-2 斜面安定解析に用いた土質定数

粘着力 c	0
内部摩擦角 ϕ	24度
単位体積重量 W	18(kN/m^3)

5.5 安全率との関係

斜面崩壊の安全率とその斜面に流れ込む降水総量の関係をグラフ化した。結果を図-9に示す。降水総量は、最大標高の点における降水量と集水面積から算出した。また、その点での植生の区分を異なるシンボルで表現している。図-9より、斜面崩壊では安全率が全て1を下回る

結果であった。今回の斜面崩壊は雨を誘因として発生したことから、水分量が大きく関係していると推測した。そのため、降水総量が増えるにつれて安全率が高い場合であっても発災すると考えられたが、相関は得られなかった。

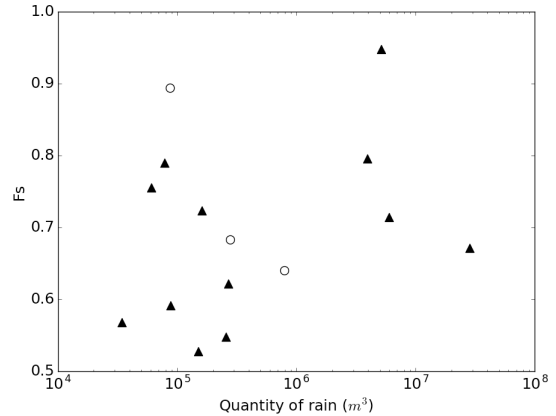


図-9 安全率と降水総量の関係

6. 考察

3 時期の衛星画像から 3800 m^2 以上の規模の土砂災害の抽出を機械学習によって行うことに成功した。土砂災害の地理的特徴に関しては、安全率や降水総量等との関係を調べたが、明確な特徴を掴むことは出来なかった。その要因として、非常に多量な雨の影響で特徴が現れなかったことが考えられる。

今回は、地下水等の地下内部に関しては考慮していないため、今後はそれらを考慮して上で、土砂災害の特徴を考察することが必要となる。

7. 参考文献

- 1) 高木方隆：国土を測る技術の基礎
- 2) 斜面の安定性：
http://www.infra.kochi-tech.ac.jp/takagi/Geotech/slope_stability.pdf
- 3) 一般財団法人リモート・センシング技術センター
- 4) 小野胡子, 藤原昇, 小野厚夫, 2002, Landsat/TM スペクトル値の正規化による地形効果と大気効果の抑制, Journal of The Remote Sensing Society of Japan Vol. 22 No. 3pp. 318-327
- 5) 国土地理院:白地図