

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 26 日現在

機関番号：53401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24710210

研究課題名(和文)地域の防災力向上に資する防災マップの作製に関する研究

研究課題名(英文) Study on disaster prevention map-making for disaster prevention power improvement of local area

研究代表者

辻野 和彦 (TSUJINO, Kazuhiko)

福井工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：10321431

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、衛星画像や無人航空機(UAV)による空撮画像から、地震や集中豪雨を誘因とした土砂災害の検出を行い、被害軽減を目的とした地理情報システム(GIS)を構築した。さらに、3Dバーチャルリアリティ(VR)ソフトウェアを用いて、視覚的に判り易く住民の避難行動に有用な被害状況のシミュレーション動画を作成した。最終的に地域の防災力向上に資するため、一般市民を対象として防災士養成講座において土砂災害の講義を実施した。

研究成果の概要(英文)：In this research, the sediment disaster triggered by the earthquake and heavy rainfall was detected from the satellite remote sensing image and aerial photograph by Unmanned Aerial Vehicle (UAV). To reduce the damage of disaster, we developed Geographical Information System (GIS). The simulation animation of debris flow was made for the disaster prevention education by using 3D virtual reality (VR) software. Finally, the lecture of sediment disaster was executed in the BOUSAI-SHI training course for the civilian to improve the disaster prevention power in the local area.

研究分野：空間情報工学

キーワード：防災マップ 土砂災害 斜面崩壊 土石流 リモートセンシング UAV DSM

1. 研究開始当初の背景

我が国は、急峻な地形をなし、脆弱な地質で構成されている。また、地震が多く、台風や集中豪雨に見舞われやすいという気象条件を持つ。このような背景から、毎年のように土砂災害が多発しており、その対策に多くの力が注がれている。しかし、未だ効果的な対策がなされていないのが現状であり、2010年(平成22年)は、1,128件(土石流234件、地すべり127件、がけ崩れ767件)の土砂災害が発生している。また、2011年(平成23年)は、3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震や9月4日の台風12号を誘因として多くの土砂災害が発生している。

2. 研究の目的

土砂災害が発生した際には、適切なタイミングと適切な内容で避難勧告と指示を行い、住民の避難により被害の軽減をはかることが望まれる。本研究では、土砂災害の発生過程についての予測を行うシミュレーション手法の検討を行うとともに、適切な避難行動を喚起するための防災マップの作製を目的とする。土砂災害の避難行動喚起のための防災マップの作製については、以下の内容で研究を行った。

(1)土砂災害シミュレーション手法

国内における過去の土砂災害事例について衛星画像を用いた斜面崩壊の検出を行い、崩壊形状の推定を行う。

国内における土砂災害事例について調査し、崩壊域の特性、斜面崩壊の発生状況について考察する。

上記の考察に基づき、地形、地質、降雨等の条件を用いて土砂崩壊形態を予測する土砂災害シミュレーション手法について検討する。

(2)避難行動喚起のための防災マップの作製

3Dバーチャルリアリティソフトウェアを用いて被害状況のシミュレーション動画を作成し、地域住民とのワークショップを通して住民の避難行動に寄与するシステムを構築する。

上記のシミュレーション動画をもとに、福井県内において防災マップを作製する。

3. 研究の方法

(1)本研究では衛星リモートセンシング画像を用いて斜面崩壊箇所の平面形状およびDSM(Digital Surface Model: 数値表面モデル)を作成することで、斜面崩壊の形状の把握を行った。なお、天候に依存しないデータであることを考慮して、SAR(Synthetic Aperture Radar: 合成開口レーダ)データを用いた解析を行った。地震を誘因とした斜面崩壊の一例として、2008年(平成20年)岩手宮城内陸地震により発生した荒砥沢ダム付近の大規模斜面崩壊について、InSAR解析によりDSM生成を試みた。なお、DSMの生成にはALOS PALSARデータを用いた。



図1 2013年台風18号を誘因として発生した越前町八田の斜面崩壊

(2)衛星斜面崩壊の平面形状を把握するためにSAR画像の後方散乱係数を求め豪雨前後の比較を通して土石流発生箇所の検出ができるか否かを検討した。なお、ALOS PALSARの後方散乱係数の算出には、式(1)を用いた。

$$\sigma_{dB}^0 = 10 \log_{10} DN^2 + CF \quad (1)$$

ここに、DNは衛星画像のデジタルナンバー、CFは校正係数(-83.0)である。

また、SARデータの偏波解析の一手法であるNDPI差分解析を行い、斜面崩壊の形状が面的に把握できるかを解析した。なお、NDPIは式(2)を用いて算出した。

$$NDPI = \frac{HH - HV}{HH + HV} \quad (2)$$

ここに、HHは送受信が水平偏波のデータ、HVは送信が水平偏波、受信が垂直偏波のデータである。豪雨前後のNDPIをそれぞれ算出し、差分を求めることで、崩壊箇所を検出できると考えた。本研究では、2010年(平成22年)広島豪雨災害により発生した大規模な土石流災害を事例として上記の解析を試みた。

(3)衛星リモートセンシングデータの解析だけでなく、UAV(Unmanned Aerial Vehicle: 無人航空機)による斜面崩壊の形状把握を試みた。なお、UAVは情報科学テクノシステム社製のGrassHopperを用いた。2013年(平成25年)台風18号が上陸した際は、福井県や京都府などにおいて、大雨特別警報が発表され、河川災害や土砂災害をもたらした。この時の大雨で、福井県丹生郡越前町八田においても斜面崩壊が発生した(図1)。本研究では、この斜面崩壊を対象としてUAVを用いた斜面崩壊の形状把握を試みた。

(4)住民の避難行動に寄与する3DVR(Virtual Reality: バーチャルリアリティ)動画の作成を検討した。一般市民は、土石流が発生する過程を理解していないことが多い。そこで、防災教育を行うために、土石流の発生過程を

示すことを考えた。

4. 研究成果

(1)ALOS PALSAR データの InSAR 解析により斜面崩壊箇所の DSM を生成した。なお、InSAR 解析には ERDAS Imagine2013 のオプションモジュールを用いた。岩手宮城内陸地震後の PALSAR データのペアを用いて DEM 生成を試みた。地震前のデータとして、2007 年 8 月 29 日、地震後として 2008 年 7 月 16 日と 2009 年 6 月 3 日、2009 年 10 月 19 日のデータを準備した。地震前後のデータセットを用いて D-InSAR 解析を施したが、干渉せず地殻変動を捉えることはできなかった。地震後の DSM 生成を目的として InSAR 解析を行った結果、2008 年 7 月 16 日と 2009 年 10 月 19 日のペアで干渉が見られた。どのペアもベースラインが近く、コンディションが良いため干渉処理が可能であることを予想したが、干渉縞が見られたのは、上記のペアのみであった。

この処理によって地震後の DSM を生成し、全球的に整備されている SRTM-3 (90m メッシュ)、国土地理院の基盤地図情報 (10m メッシュ DEM) との比較を行った。なお、SRTM-3 は地震前に整備されたデータ、国土地理院の 10m メッシュ DEM は地震後に整備されたデータである。また、PALSAR により生成した DEM は 10m メッシュに内挿した。3 つの高さデータを比較した結果、部分的には精度良く DSM が生成できているが、10m メッシュ DEM との差が大きくなっている箇所もあった。面的な DSM の生成は、崩壊形状の把握だけでなく、崩壊規模の推定や防災マップの背景画としての活用も期待されるため、精度を向上させる方法を今後も検討していきたい。

(2)SAR 画像を用いた面的な崩壊箇所の把握方法として、豪雨前後の後方散乱係数の差分を求めた。また、偏波解析の一つである NDPI 差分解析により崩壊箇所の検出を試みた。それぞれの解析に関して、検出率 (検出数 / 崩壊数)、適合率 (検出数 / 崩壊候補数) を求めた。

その結果、後方散乱係数の差分を用いた解析では検出率が 64.7%、適合率が 24.5%であった。なお、500m²以上の崩壊箇所は約 81.2%の検出が可能であることが示された。

NDPI 差分解析では検出率が約 25.5%、適合率は 5.8%と非常に低かった。これは、衛星画像のオルソ補正がうまくいかなかったため、検証データとの重ね合わせがうまくいかず精度に影響したためであると考えられる。

(3)2013 年 (平成 25 年) 台風 18 号による大雨を誘因として発生した福井県越前町八田の斜面崩壊について、UAV による空撮を行った。その結果として、オルソモザイク画像 (図 2)、崩壊箇所付近の DSM (メッシュサイズ: 約 7.5cm) (図 3)、および斜面崩壊箇所の 3D モデル (図 4) を作成した。UAV による斜面

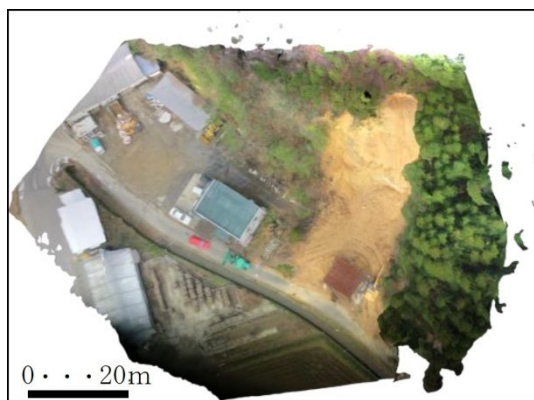


図 2 斜面崩壊箇所のオルソモザイク画像

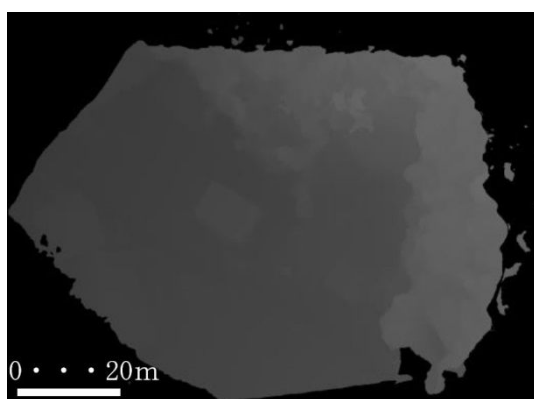


図 3 斜面崩壊箇所付近の DSM

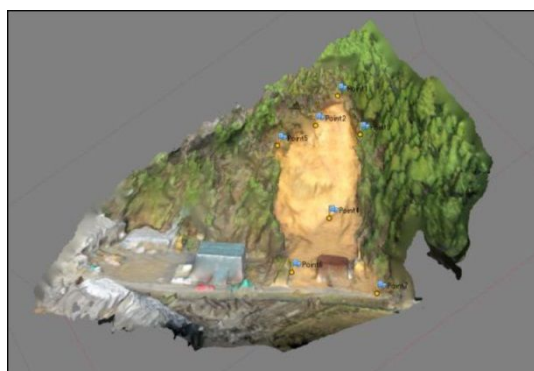


図 4 斜面崩壊箇所の 3D モデル

崩壊箇所の空撮は崩壊形状を面的に把握するために有用な手段であり、さらに DSM の生成を通して三次元的にも崩壊形状を把握できる。防災マップの作成を行う上で非常に有効なツールであることが示された。生成した DSM の精度を確認するために国土地理院発行の 10m メッシュ DEM と比較した。メッシュサイズが大きく異なるため、単純な比較はできないが、大まかな崩壊土量の算出が可能であることが示された。

(4)一般市民に土石流の発生過程が把握できるよう、土石流の発生過程について FORUM8 社製の UC-win/Road を用いて 3D VR 動画の製作を試みた。なお作成した動画は、豪雨に伴う地震によって斜面崩壊が発生したことを示したものである。ここでは、説明を加筆す



(a) 斜面崩壊が発生する前の現地の状況



(b) 斜面崩壊による土砂ダムの形成



(c) 土砂ダムの水位上昇



(d) 土砂ダムの決壊による土石流

図5 土石流のシミュレーション動画の一例



図6 防災士養成講座における講義

るために静止画として(a)から(d)の4つの状況を示す画像を準備した(図5)。(a)図は、災害が発生する前の状況、(b)図は斜面崩壊が発生したことにより土砂ダムが形成された状況、(c)図は土砂ダムの水位が上昇した状況、最後に(d)図は土砂ダムの決壊によって土石流が発生した状況である。なお、本研究では2011年(平成23年)台風15号によって表層崩壊が発生した愛知県新城市出沢地区を対象とした。

(5)これまでの成果をもとに、一般市民を対象として鯖江市防災リーダー養成講座の中で、防災マップ作成の演習を行った。また、申請者は、平成26年12月に開催された福井高専地域連携テクノセンター主催の防災士養成講座において土砂災害の講座を担当した(図6)。防災士とは“自助”“共助”“協働”を原則として、社会の様々な場で防災力を発揮するための十分な意識と一定の知識・技能を修得した人を指し、日本防災士機構が認証する資格である。本講座の修了者は、87名であった。講座終了時に受講生に対して実施したアンケートによれば、「大変有意義だった」「有意義だった」が9割を超えていた。この講座を通して、科研費による研究活動の成果を市民に還元することができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3件)

河邑眞, 辻子裕二, 辻野和彦, 村林雄太: 中山間地集落を対象とした降雨パターンと土砂移動を考慮した土砂災害ハザードマップの作成, 土木学会西部支部第7回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 査読有, pp.163-168, 2014.

河邑眞, 辻子裕二, 辻野和彦, 岡島裕樹, Jafril TANJUNG: 崩壊斜面の3次元計測を目的としたXバンドSARデータによるDEM生成, 応用測量論文集, 査読有, Vol.23, pp.10-17, 2012.

河邑眞, 辻野和彦, 辻子裕二, 岡島裕樹, Jafril TANJUNG: Xバンド干渉SARのコヒーレンス画像を用いた2009年スマトラ島沖地震による崩壊形状の検出, 自然災害科学, 査読有, Vol.31, No.3, pp.207-215, 2012.

〔学会発表〕(計 5件)

辻野和彦, 澤田直也: UAVを用いた斜面崩壊の形状把握に関する研究, 平成26年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, pp.181-182, 2015.

河邑眞, 辻子裕二, 辻野和彦, 村林雄太: 中山間地集落を対象とした表層崩壊ハザードマップの作成についての検討, 土木学会第69回年次学術講演会講演概要集,

pp.575-576, 2014.

辻子裕二, 岡本拓夫, 辻野和彦, 江本晃美: 防災アドバイザー派遣を通じた地域と教育機関との検討策の検討, 平成 25 年度全国高専教育フォーラム教育研究活動発表概要集, vol. P0, pp.341-342, 2013.

辻野和彦, 辻子裕二: GIS を利用した防災マップづくりによる多様なハザードへの対応を目指した防災教育の評価, 写真測量学会平成 25 年度秋季学術講演会発表論文集, pp.171-172, 2013.

辻子裕二, 辻野和彦, 河邑眞: 流域形状ならびに植生効果を考慮した斜面安定解析結果と台風による土砂災害との比較, 写真測量学会平成 25 年度秋季学術講演会発表論文集, pp.173-174, 2013.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻野 和彦 (TSUJINO, Kazuhiko)

福井工業高等専門学校・環境都市工学科・准教授

研究者番号: 10321431