

平成 30 年 5 月 30 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01272

研究課題名(和文) 複数時期の画像およびLiDARデータの解析による変形斜面の特定と崩壊リスクの予測

研究課題名(英文) Identification of deformed slope and prediction of risk of landslide occurrence by analysis of multiple image and LiDAR data

研究代表者

村上 亘 (MURAKAMI, Wataru)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：10353880

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：2008年岩手・宮城内陸地震の被災地の山地斜面において、複数時期に計測された航空レーザー測量(LiDAR)データを使用し、崩壊発生の危険性が高い斜面の変形箇所の抽出と現地での確認作業を行った。これまでの調査から、2011年東日本大震災においては既存の変形斜面の変形の進行は認められたが、2015年の関東東北豪雨の際には変形は進行していないことが明らかとなった。また、2015年関東東北豪雨の際に発生した崩壊は、2008年の地震の崩壊地が拡大したこと、崩壊には湧水が関与した可能性が高いことが推測された。

研究成果の概要(英文)：In the mountain slope of the disaster area of the Iwate-Miyagi Nairiku earthquake in 2008, researcher extracted the deformed slope where the risk of landslide occurrence is high by the LiDAR data measured at several time periods, and confirmed by field survey. From this survey, it was revealed that progress of deformation of the slope deformed by the 2008 earthquake was observed after the 2011 East Japan great earthquake, but did not progress during the 2015 Kanto Tohoku torrential rain. In addition, the landslide occurred during the 2015 Kanto Tohoku torrential rain was confirmed that the landslide occurred by the 2008 earthquake expanded, and it was suggested that the landslide was occurred due to the influence of spring water.

研究分野：地形学

キーワード：航空レーザー測量 斜面変形 亀裂 簡易貫入試験

1. 研究開始当初の背景

現在、温暖化にともなう集中豪雨の増加とそれともなう崩壊の増加が懸念され、発生する危険性が高い場所の特定が急がれている。これまでの研究によって崩壊が発生する前には亀裂の発生や拡大、あるいは斜面のほらみだしといった前兆現象があることが報告されているが、このような前兆現象は複数の時期の衛星画像、空中写真及び LiDAR 測量データを比較し、判読される微細な地形変化からとらえることが可能であると考えられる。応募者は 2008 年岩手・宮城内陸地震の際に多くの斜面崩壊が発生した岩手県南部から宮城県北部の山地斜面において、地震後の降雨により崩壊が発生した山地斜面をこれまでに複数確認しているほか(村上ほか、2013)、斜面内に亀裂の発生や拡大を発見し、斜面がより不安定な状態となっていると判断した。ここ数年、数十年に一度以上の規模の豪雨が頻繁に発生しており、上述した地域の斜面ではこれまで以上に崩壊が発生する危険性が高まっていることが懸念される。

2. 研究の目的

本研究では、災害前後の複数時期に計測された画像データおよび航空レーザー測量データの解析による変形斜面の抽出と、それにもとづく現地調査から特定された変形斜面の崩壊リスクを予測することを目的とする。

3. 研究の方法

2008 年岩手・宮城内陸地震の被害地域では、国土交通省東北地方整備局および林野庁東北森林管理局によって、部分的にはあるが地震前および地震後の複数時期に LiDAR 計測が実施され、データが整備されている。また、地震前後の複数時期において撮影された衛星画像および空中写真が存在する。これらのデータを利用し、①対象とした領域において、陰影図および等高線図、断面図を作成する。②作成した図を比較することで、亀裂等斜面の変形箇所を特定する。特定された箇所については、③随時現地を踏査し、存在を確認する。

すでに崩壊が発生している箇所については発生時期を特定するとともに、発生原因(地震あるいは豪雨)についても特定する。現地調査において確認した場所のうち、とくに変形の進行が著しい場所については杭などを打っておき、次年度の調査の際に杭の移動の有無などを GPS あるいは光波距離計等を利用して計測し、確認する。著しく変形が認められた斜面と変形が認められない斜面の比較検討を行う。具体的には①：測量、②：貫入試験等による土質調査、③：土質断面調査、④：採取試料の分析を実施し、変形の進行の有無を確認し、著しく変形が認められた斜面の脆弱性について明らかにする。さらに、調査地周辺の地質および降水量データを収集

し、これまでの降雨状況と崩壊の発生状況との関係を地質、地形的な特徴と合わせて検討する。以上の調査結果を基に、変形が特定された斜面の脆弱化の状況を明らかにし、今後の降雨などによる崩壊リスクについて、明らかにする。

4. 研究成果

(1) 2011 年の東日本大震災前後に計測された航空レーザー測量 (LiDAR) データを使用し、2008 年の地震前後の LiDAR データと比較することで、崩壊発生危険性が高い斜面の変形箇所の抽出と現地での確認作業を行った。これまでの調査から、2008 年の地震によって調査地である宮城県栗原市にある斜面稜線部に発生が確認されていた亀裂をもなう斜面の変形は、2011 年の地震によって変形が拡大していたこと、この時の変形は 2008 年の地震の時ほど大きくなかったことが明らかとなった (図 1、図 2)。

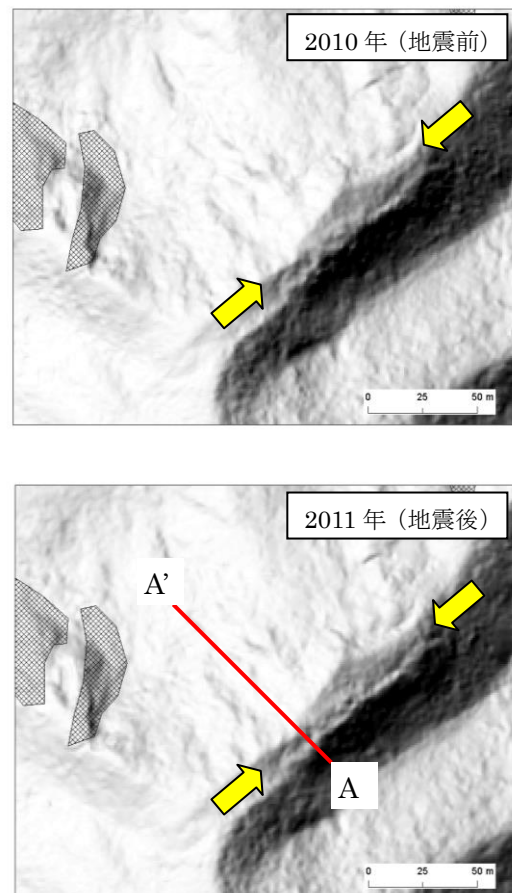


図 1 2011 年東日本大震災前後の地形変化
林野庁より提供された LiDAR データより陰影図を作成し、比較した。2008 年の地震の際に発生した亀裂 (黄色矢印) の拡大が認められた。A-A'は図 2 に示す断面図の位置を示す。

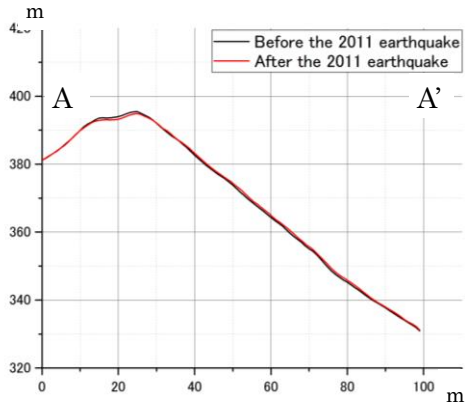


図2 地震前後の地形断面の比較
位置は図1に示す。

(2) 2008年岩手・宮城内陸地震の被災地である岩手県一関市の山地斜面において、地震後の降雨により崩壊が発生した場所の地形的特徴を明らかとした。その結果、斜面内で部分的に半円あるいは馬蹄形の緩斜面となっている場所で崩壊が発生していることが明らかとなった。この結果を基に、崩壊が発生していない斜面において、変位が認められる斜面を特定し、現地調査から特定された斜面において亀裂等の変位の痕跡を確認した(図3)。亀裂などの変位が確認された斜面およびその周辺の変位が認められなかった斜面において簡易貫入試験を行い、比較した。その結果、亀裂が発生している斜面では風化層が厚く、Nc値が10以下の軟弱な層が形成されていた(図4a)。一方で、変位が認められない斜面では風化層が相対的に薄く、軟弱な層が認められなかった(図4b)。このことから地震後の降雨で崩壊が発生した斜面では、この軟弱な層がすべり面となっていることが推測された。なお、変位が認められない斜面でも、部分的に緩傾斜となっている場所では風化層が厚く、Nc値が10以下の軟弱な層が形成されていたことが確認された(図4c)。このことから、軟弱な層は2008年の地震以前のイベントでもすでに形成されている場所がある可能性が示唆された。

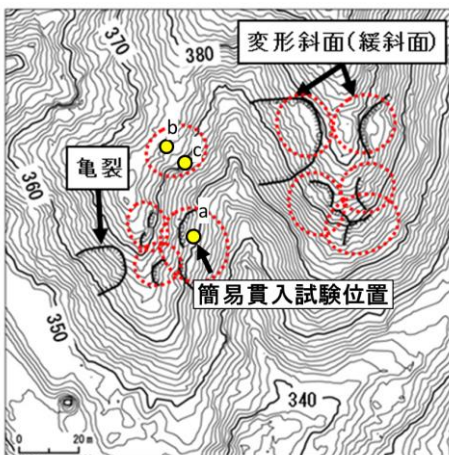


図3 特定された緩斜面の位置(赤破線)と現地調査で確認された亀裂の分布

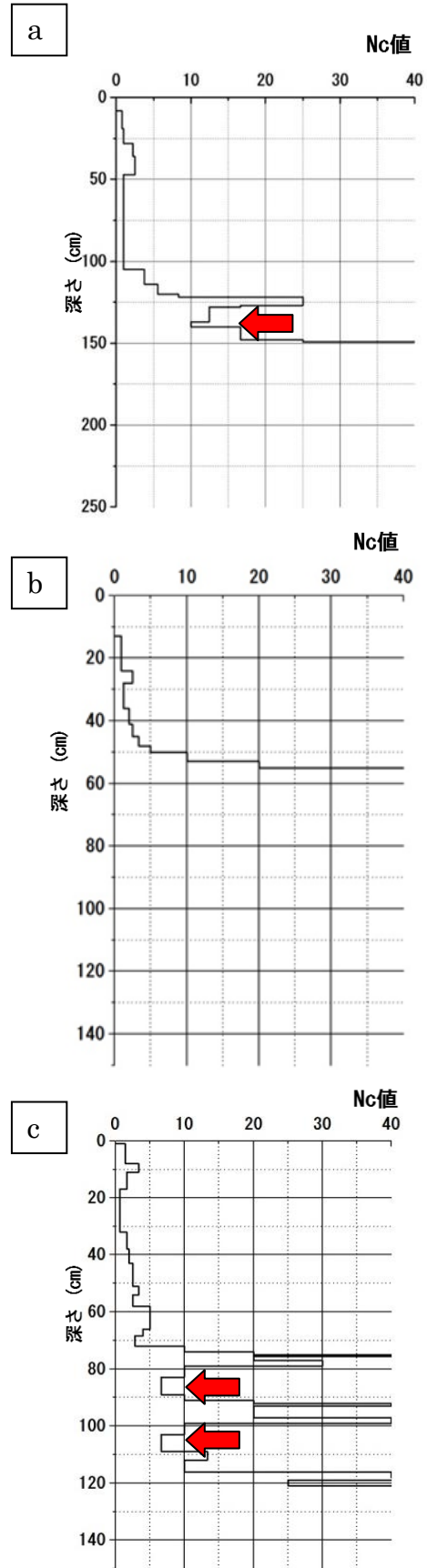


図4 簡易貫入試験の結果。赤矢印はNc値が10以下の軟弱な層を示す。簡易貫入試験の実施箇所は図3に示す

(3) 宮城県栗原市では、2015年9月の関東東北豪雨の際に時間雨量100mmの雨を観測し、研究成果(1)の調査地周辺においても斜面崩壊と土石流が発生した。このため、崩壊箇所は2008年と2011年の地震による影響の有無に焦点をあてた調査を実施した。調査の結果、今回の豪雨による崩壊箇所は2008年の地震の際に崩壊が発生した斜面であり、崩壊によって発生した崩土が今回の豪雨によって流出し、土石流となったことが推察された(図5)。また、調査時には崩壊斜面の源頭部において、斜面の基盤となっている安山岩と溶結凝灰岩の地質境界部から地下水の流出が確認されたことから(写真1)、豪雨によって地下に浸透した水が地質境界より流出し、それが斜面に残存する崩土を巻き込んで土石流化した可能性が示唆された。なお、(1)で述べた稜線部の亀裂を伴う斜面の変形については、豪雨後の調査から、今回の豪雨に伴う変形の進行は認められないことを確認した。

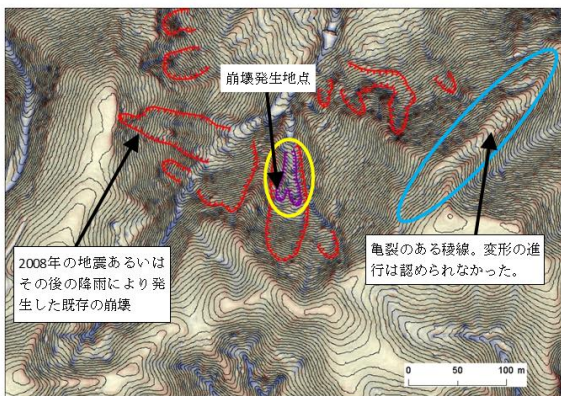


図5 2015年関東東北豪雨の際の崩壊発生地点



写真1 2015年関東東北豪雨の際の崩壊発生地点。黄色矢印の位置より湧水が認められる。

(4) 2008年岩手・宮城内陸地震の災害地周辺のAMeDASデータを解析し、崩壊が発生した降雨量について検討した。地震後3ヶ月間で発生した斜面崩壊時の降雨は、確率降雨では日雨量では年1回程度、時間雨量でも2年以上5年以下の確率降雨で発生していた。土壌雨量指数を算出したところ、期間中は最も強い降雨でも100位以下という低い値であった。調査地では2015年9月の関東東北豪雨の際に、宮城県側において崩壊が発生したため、この時の土壌雨量指数を算出したところ、宮城県側(AMeDAS:駒の湯)では1位の値を示した(表1)。一方で一関側(AMeDAS:祭時)では5位であった。このことから、この時の豪雨は局所的であり、このことが岩手側で崩壊の発生が認められなかった一因と考えられた。なお、これまでの現地調査から、地震後に崩壊が発生した斜面では、湧水が認められることが多かったため、地下水状況も地震後に不安定化した斜面の崩壊発生の有無に寄与している可能性も示唆された。

表1 土壌雨量指数の順位(宮城県北部:1976年-2015年)。1976年の観測開始以降のAMeDAS観測地点「駒の湯」、臨時観測地点「栗駒深山」より算出。表中の黄色背景の行は2008年の地震以降の降雨から算出された値を示している。

順位	日付	土壌雨量指数
1	2015/09/11	135.233
2	1989/08/27	122.527
3	1981/08/23	118.480
4	1979/10/19	108.313
5	1990/09/20	106.998
6	1994/09/30	106.340
7	2012/10/01	103.855
8	1993/06/03	98.610
9	2001/09/11	97.089
10	19931/1/14	95.199
11	2002/10/02	94.319
12	1981/04/20	93.112
13	1999/08/14	90.953
14	2007/09/07	90.646
15	2012/05/04	90.402
16	1988/08/29	89.029
17	1990/08/10	88.333
18	2002/07/11	87.850
19	2001/08/22	87.846
20	1990/11/04	87.525

(5) 本研究の成果は2017年の熊本地震において斜面崩壊が発生した熊本県の阿蘇地域においても適応できる可能性があることから、地震前後のLiDARを入手し、解析を行った。これまでに複数個所において斜面が変位していると推定される場所を特定した。特定した場所については今後、現地調査を行い確認および脆弱化の状況について、簡易貫入試験等を行うことで確認する予定である。

引用文献

- ① 村上亘、大丸裕武、江坂文寿、2008年岩手・宮城内陸地震後に発生した2次的な斜面崩壊の地形・地質的特徴、森林総合研究所研究報告、12巻1号、2013年、23-40

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 2件)

- ① 村上亘、大丸裕武、金子守男、2008年岩手・宮城内陸地震後の降雨により崩壊が発生した山地斜面の地形的特徴、日本地すべり学会誌、査読有、54巻1号、2017、3-12
- ② 村上亘、シリーズ「森をはかる」 航空レーザー測量で山の変形をはかる、森林科学、査読無、76巻、2016、36-37

[学会発表] (計 1件)

- ① MURAKAMI Wataru、DAIMARU Hiromu、IIJIMA Yasuo、Gravitational deformation of the slope caused by the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake captured by the comparison of airborne LiDAR data at plural time、XIX INQUA Congress (Quaternary Perspectives on Climate Change, Natural Hazards and Civilization)、2015、T01471

[その他]

ホームページ等

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen/2017/20170428-01.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上 亘 (MURAKAMI, Wataru)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・

森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：10353880