

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 9 月 13 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350420

研究課題名(和文) 高起伏山岳地域における突発斜面災害の発生場・襲来域特定に関する研究

研究課題名(英文) Study on topographic and geological characteristics on sudden slope disaster

研究代表者

八木 浩司 (YAGI, HIROSHI)

山形大学・教育文化学部・教授

研究者番号：40292403

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、高起伏山岳地域に於いてどのような山体形をした斜面が地すべりや崩壊を発生させやすいかを解明しようとした。日本の山岳地域に於いては、起伏量が500m以上、起伏度が0.3以上で稜線付近に大きな荷重を残す釣り鐘型をした形状の山体に於いて重力性山体変形が進んでいることを明らかにした。ヒマラヤ地域では、谷底からの起伏量が300-500mで明瞭な遷急線が発達する凸型の谷壁斜面において重力性山体変形が進行していることが明らかにした。それらは、集中豪雨時に突発的な斜面の地変を引き起こしやすい。さらに地震時には、深い横谷沿いの遷急線直下の比較的硬質岩地域で浅層崩壊が多発することを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This study tried to clarify geomorphological and geological characteristics of high relief mountain slopes. Results of this study are as follows; 1. Long term gravitational deformation is proceeding on "bell shaped mountain of high relief as higher as 500m in Japan. 2. The gravitational deformation is also proceeding just below break of slope inside the valley in the Himalayan mountains. Such shaped slopes are prone to collapse or slide when earthquakes or torrential rain occurs.

研究分野：変動地形学

キーワード：高起伏山岳地域 突発斜面災害 地震 集中豪雨 遷急線 釣り鐘状山体形状

1. 研究開始当初の背景

ヒマラヤ、カラコルムなど高起伏山岳地域で最も危惧される災害は、直下型地震や強度降水・温暖化に伴う氷河融雪にともなう大規模山体崩壊である。この現象は、単に発生箇所における村落の破壊にとどまらない。崩壊物質が直接河川に流入して高速の土石流となったり、一時的な河道閉塞とその後の地すべりダムの崩壊によって発生する土石流災害が下流地域に後半で大きなダメージをもたらすものである。たとえば、パミール高原を中心とする中央アジアには地すべりダムが100以上現存し、それらの突然崩壊とそれに伴うカタストロフィックな洪水災害が下流地域にとって大きな問題になっている(Strom, 2010)。2005年に発生したパキスタン北部地震においてもヒマラヤ最西部で数千万立方メートル規模の巨大山体崩壊が発生し、崩壊物質が谷を閉塞し地すべりダムが出現した(八木・千木良, 2006)。数十メートル規模の巨岩を含む崩壊物質は一見安定に見えたが、2010年2月に溢流水によって地すべりダム堤上部が決壊し土石流性の洪水が発生し下流域に大きな被害をもたらした。カラコルム山脈でも、大規模な地すべりにともなう河道閉塞やその崩壊に引き続く土石流災害が発生してきた(Hussain et al., 2010)。2010年1月には、カラコルム山脈を貫くフンザ川沿いで数億立方メートルの山体崩壊が発生しフンザ川を閉塞した(八木ほか, 2010)。2012年5月には、ネパールヒマラヤ中部のアンナプルナ 峰西壁が3500万立方メートルの規模で崩壊し、崩落物質が氷河や旧氷河湖堆積物上で岩なだれとして流下したのち、セティ川に突入し土石流化した。土石流は、時速約50kmの速度で崩壊発生後約50分後には山麓の観光地・ポカラにまで到達し、河床にいた観光客や地元民90名以上が巻き込まれ死亡した(檜垣ほか, 2012)。

フンザ川の河谷沿いでは、2010年の災害地点下流側で1858年にも山体崩壊による地すべりダムの破堤と下流側150kmにまで土石流災害をもたらせたことが報告され(Hussain et al., 2010, 図2参照)、衛星画像実体判読でもその崩壊箇所を確認できる。また2005年や2010年のパキスタンにおける山体崩壊について、崩壊前の空中写真や衛星画像の実体判読結果は、長期間に亘る岩盤クリープの進行に起因すると思われる山地斜面への段差地形などの変位が確認された(八木・千木良, 2006; 八木ほか, 2010)。このため過去の大規模地すべり・山体崩壊箇所や現在進行中の大規模重

力性山体変形を、空中写真・衛星画像実体判読を進めることで把握可能であると考えられた。

ネパールにおいては、1990年代に海拔6000m以上の高ヒマラヤ地域をもカバーする空中写真の整備が行われ、それらの利用も開放されている。また、近年のIKONOSやALOS等の高解像度衛星画像やSRTMおよびGDEMなどのデジタル地形モデルの普及とデータ蓄積は、空中写真が未整備のカラコルム山脈などの高起伏山岳地域でも過去の大規模地すべり・山体崩壊箇所や現在進行中の大規模重力性山体変形を、衛星画像実体判読を進めることで把握可能としている。従って、世界の屋根とも呼ばれるヒマラヤ・カラコルム山脈など高起伏地域の抱える斜面災害に対して、それら地域における大規模山体崩壊・地すべり発生場の地形・地質学的解析が可能となつて、サスセプティビリティマップ作成という社会的要請にも答えることを可能にしている。以上のような背景から、申請者らは、大山脈地域の地すべり・洪水災害に対する社会不安を軽減することを最終的な目的として、同地域における河道閉塞や土石流災害をもたらした大規模地すべり地形や山体崩壊発生箇所を把握し、その地形地質学的解析から発生場の特性解明を目指した。

さらに、国内に於いては10m以上の高分解能デジタル地形情報が公開され、GIS技術を併用することで微小な山体地形変形までも捉えることが可能となりつつある。従って、これまで突発的の山体崩壊の前兆現象と考えられてきた重力性山体変形にともなう山体の微小変形と山体形との関係やトレンチ調査による山体変位の地史的変遷を明らかにすることが可能になりつつあると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、日本そしてヒマラヤ・カラコルムなどの高起伏山地斜面における突発的で大規模な岩盤崩壊や深層崩壊とそれに伴う岩屑雪崩、高速地すべり、および土石流災害の発生場の地質的・地形的特性を明らかにし、それらの類型化を図ることで、高起伏山岳地域及びその下流域における将来の減災・防災に資することである。さらに、北アルプス・北部および南アルプス・南部において、山体形と重力性山体変形としての微地形との対応を明らかにするとともに、それら微地形が時間的スケールから見て突発的の山体変形・斜面災害にとってどの程度の前兆現象として捉えていくことが出来るかを明らかにすること

である。それらの成果は、発生下流域を含めた災害サセタビリティマップの作成のための要因やそれらの閾値となりうるものと考えた。

3. 研究の方法

まずヒマラヤ、カラコルム山脈などの海拔5000m以上の高起伏山岳地域における、突発的斜面災害、すなわち山体崩壊・高速地すべり等の発生場、およびそれらの二次的災害としての地すべりダム崩壊、土石流災害の襲来域を、過去の事例から把握する。次に高精度の数値地形情報が利用可能な日本国内を含め高起伏山地において兆候のある斜面として重力性山体変形の有無と釣り鐘状形態を示す山体形および起伏度などの地形量の解析と比較から限界的な山体変形度を明らかにしようとした。また、ネパール・ヒマラヤ地域で2014年および2015年に集中豪雨や地震で発生した突発的崩壊性地すべりや岩盤崩壊について、それらの発生場の地形的特徴や前兆現象の有無を衛星画像解析、空中写真判読、および現地調査から行った。

4. 研究成果

科研費申請後のイスラム諸国における政情不安から、パキスタンにおける現地調査を伴った研究を進めることが困難になった。一方で、2014年にネパール・スンコシ川流域で大規模な地すべり・河道閉塞災害が発生したり、2015年のネパール・ゴルカ地震の発生にともない、ヒマラヤ山地内で多数の斜面災害が発生した。このような政治的・自然環境的变化を受けて海外での研究対象地域をネパールヒマラヤに限定して研究を進めることにした。

国内の高起伏山岳地域における5m~10mグリッドDEMを用いた山体形と斜面に現れた重力性山体変形との関連性については、以下のようなことが明らかとなった。すなわち、線状凹地などの重力性山体変形の発達密度が大きな山地は、起伏度が0.3以上で山体の釣り鐘度が1.16以上で集中することが明らかになった。しかし、山地内で行った微地形内でのトレンチ調査の結果、それらの重力性山体変形の一部はAT火山灰に覆われていたりすることから数万年の時間スケールで発生していることから、必ずしも短期的な突発災害の発生予測には適用出来ないことも明らかになった。

ネパール・スンコシ沿いでモンスーン期の降水に伴って発生した高速地すべりの発生場を検討した結果、本地すべりが千枚岩を交える砂岩・泥岩互層分布地域に発生し、その斜面形が、周辺斜面で唯一残された凸型の尾根型斜面で、受け盤型の地質構造を呈しながらトッピング変形が進んでいたことが明らかとなった。また過去10年間の衛星画像解析から小規模な浅層崩壊が発生してきた

ことからそれらが前兆現象であったことを明らかにした。

2015年ネパールゴルカ地震にともなって発生した斜面災害では、粘板岩やドロマイトなどのやや堅く粘りのない地質帯を穿入する横谷沿いの遷急線直下で浅層崩壊が多発したことを明らかにした。

以上から、線状凹地等の重力性団体変形が突発的な斜面変形現象に必ずしも直結しないこと、強度降水にともなう斜面災害では凸型尾根型斜面において、小規模な浅層崩壊が短期的に発生場を変えながら発生し付けている場所ではそれらを前兆現象として捉えるべきであることが明らかになった。そして、地震時には、地形的に凸型で周辺斜面に対して飛び出した部分で加速度が増幅されることで浅層崩壊が発生しやすいことが明らかとなった。

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 14件)

佐藤 剛, 小森次郎, 千葉達朗, 後藤 聡, 岸本博志, 林 一成 (2015) 2013年台風26号により伊豆大島大宮沢で発生した土砂移動プロセス. 日本地すべり学会誌, 52-5, pp.255-260. 査読有

Wakai, A., Satake, R., Higaki, D., Yagi, H. and Sato, G. (2015) Analytical studies on overall distribution of earthquake-induced landslides in mountainous districts at the time of 2015 Nepal Gorkha Earthquake, Proc. GEO-EXPO 2015 in Bosnia and Herzegovina, pp.1-5, Zenica, Sep.18-19 (2015), 査読無

Hiroshi YAGI (2015) Critical slope angle inducing landslides on dip slope by each geological type in central western part of the lower Nepal Himalayas, Jour. Nepal Geological Society, 48, Special Issue, 52 2015. 査読有

檜垣大助, 長谷川修一, 八木浩司, 若井明彦 (2015) ゴルカ地震によるネパールでの地盤災害緊急調査報告. 日本地すべり学会誌, 52-3, pp.43-46. 査読有.

八木浩司・井口隆 (2015) 糸魚川-静岡構造線沿いの地すべりダム湖・青木湖. 日本地すべり学会誌, 52-3, 152-154. 査読有

小松原琢・八木浩司・宮地良展・水野清秀 (2015) 2014年11月22日長野県北部の地震(M=6.7)による小谷村中谷地区および白馬村堀之内地区の地すべりと側方流動. 日本地すべり学会誌, 52-1, pp36-39. 査読有

林一成・濱崎英作・八木浩司・檜垣大助 (2015) バッファ移動解析と過誤確率分布法を用いた地震地すべりの危険度評価モデルの構築. 日本地すべり学会誌, 52-2, pp.60-66.

査読有

佐藤 剛, 林 一成, 八木浩司, 檜垣大助 (2015) 2011年4月11日福島県浜通りの地震で引き起こされた地すべり・表層崩壊の分布特性. 日本地すべり学会誌, 52-2, pp.80-84. 査読有

Nakamura A., Yokoyama Y., Maemoku H., Yagi H., Okamura M., Matsuoka H., Miyake N., Osada T., Adhikari D., Dangol V., Ikehara M., Miyairi Y, Matsuzaki H. (2015) Weak monsoon event at 4 ka recorded in sediment from Lake Rara, the Himalayas. Quaternary International, doi:10.1016/j.quaint.2015.05.053. 査読有

八木浩司・井口隆(2014) 飛驒山脈北部・朝日岳南面に認められる重力性山体変形. 日本地すべり学会誌, 50-6, pp.36-38.

佐藤 剛・苅谷愛彦 (2014) 「北部飛驒山脈の地すべり地形学図(1:25,000)」の作成とそれを用いた地すべり地形の解説. 地図, 52(1), 1-12. 査読有

井口隆・八木浩司, 仁和地震(887年)で発生したとされる八ヶ岳大月川岩屑なだれ. 日本地すべり学会誌, 51-5, pp.207-209. (2014) 査読有

八木浩司・村山良之(2014)ネパールの学校における防災教育実践 --ヒマラヤ山麓の斜面・土石流災害を対象として--. 山形大学・教職・実践研究, 9, pp.51-60. 査読有

佐藤剛・八木浩司・今泉文寿・杉本宏之(2013) 1930年北伊豆地震で発生した伊豆市城地区の川越地すべり. 日本地すべり学会誌, 50-5, pp.19-22. 査読有

〔学会発表〕(計 11件)

八木浩司, 廣瀬悠, 檜垣大助, 若井明彦, 千木良雅弘, 佐藤剛, 佐藤浩(2016)ネパールゴルカ地震にともなうボテコシ流域での斜面災害. 2016年地球惑星科学連合.

八木浩司, 若井明彦, 檜垣大助, 山崎新太郎(2016) 2015年ネパール・ゴルカ地震によるランタンにおける雪崩・岩屑雪崩. 東北地理学会, 2016年春季大会.

八木浩司, 若井明彦, 檜垣大助, 山崎新太郎(2016) 2015年ネパール・ゴルカ地震にともなうランタン谷での氷河崩壊・岩盤崩壊について. 2015年東北地域災害科学研究会.

八木浩司・林一成 (2015) 逆向き小急崖形成因の山体釣鐘形状度からの予察的検討. 2015年日本地球惑星科学連合大会.

八木浩司・佐藤剛・檜垣大助・Amatya, C.S. & Dangol, V., (2015) 2014年8月ネパール・コシ川ジュレ付近で発生した地すべりと河道閉塞の地形・地質学的背景. 2015年日本地理学会春季大会.

佐藤剛・八木浩司・林一成(2014)海溝型および活断層型地震にともなう地すべり分布と発生場の特性, 2014年度日本地すべり学会学

術大会.

八木浩司・佐藤剛(2014)ホンジュラス・テグシガルパ盆地における地すべり危険度評価のためのAHPモデル. 2014年度日本地すべり学会大会.

Sato, G.(2014) Mapeo de Deslizamientos de Tegucigalpa. Workshop on Aerial photograph interpretation and landslide map elaboration, Honduras/ Honduras.

八木浩司・林一成・今泉文寿・佐藤剛・檜垣大助(2014) 重力性山体変形の限界領域を示す地形量としての起伏度, 山体釣鐘形状度, 山体歪み度, 2014年日本地球惑星科学連合大会.

八木浩司・佐藤剛・檜垣大助・今泉文寿・林一成(2014) 重力性山体変形現象の発達時間スケールと地震-静岡県口坂本地すべり上部・大日峠稜線～山伏峠での掘削調査-, 日本地理学会 2014年春季大会.

Sato, G., Hayashi, K., Yagi, H. Higaki, D.(2013) Landslide distribution induced by large-scale earthquakes in 2011, in Iwaki City, Japan. 8th IAG International Conference on Geomorphology / France

〔図書〕(計 1件)

Miembros del Grupo de Mapeo de Deslizamientos de Tierra de Tegucigalpa (Yamagishi, H., Yagi, H., Sato, G., Carias, A., Hernandez, C., Narvaez, L., Mendieta C., Aguilar, J.M., Castillo O., Godoy, A. & Moncada, R.) (2014) Manual para elaboracion de mapa de inventario de deslizamientos de tierra, Caso de aplicacion ciudad de Tegucigalpa. JICA, Tegucigalpa, Honduras, 80p. ISBN:978-99926-701-1-8.

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

ホームページ等

朝日新聞 2015年6月18日朝刊科学欄「岩盤
谷底へ大崩落」ネパール地震 学会調査

6. 研究組織

(1) 研究代表者

八木 浩司 (Hiroshi YAGI)

山形大学・地域教育文化学部・教授

研究者番号：40292403

(2) 研究分担者

檜垣 大助 (Daisuke HIGAKI)

弘前大学・農学生命科学部・教授

研究者番号：10302019

佐藤 剛 (Go SATO)

帝京平成大学・現代ライフ学部・准教授

研究者番号：00468406

(3) 連携研究者

()

研究者番号：