

ネパールゴルカ地震による斜面崩壊発生場の地形・地質特性

○檜垣大助¹⁾・加藤京樹²⁾・鄒青穎¹⁾・林一成³⁾・八木浩司⁴⁾・千木良雅弘⁵⁾¹⁾弘前大学農学生命科学部, ²⁾弘前大学大学院農学生命科学研究科, ³⁾奥山ボーリング(株), ⁴⁾山形大学地域教育文化学部,⁵⁾京都大学防災研究所**Keywords** : ネパールゴルカ地震, 斜面崩壊, 地形, 起伏量, 地上開度

1. はじめに

2015年4月に発生したネパールゴルカ地震(Mw7.8)では、震源断層域を中心に多数のランドスライドが発生し、そのほとんどは浅層崩壊であった(檜垣ほか, 2015)。今後の地震による崩壊発生危険個所把握手法検討のため、ランドスライド多発域として、昨年度のネパール中部トリスリ川流域に加え、西隣の流域で震央周辺にあるゴルカ-ダディン郡地域(以下ゴルカ地域と呼ぶ)の崩壊発生個所の地形・地質特性について検討した。

2. 目的と調査方法

地震前後のGoogle earth上の衛星画像判読から抽出した新規崩壊・拡大崩壊個所を、Arc GIS10.2を用いてポリゴンデータ化し、ASTER G-DEM(30m)とAW3D-DEM(5m)による地形条件の解析を行い、現地調査で崩壊形態や地質条件の特徴を調べた。そして、ゴルカ地域とトリスリ川流域の結果を比較し、両地域での地震による崩壊の地形・地質的な発生場の共通要因を把握した。そこから、ネパールヒマラヤの硬質堆積岩・変成岩地域での地震による崩壊発生場の地形要因とその把握手法を検討した。

3. 新規崩壊の分布と発生場地形特性

対象とした2地域は、東西に延びる低ヒマラヤ帯と高ヒマラヤ帯の地質境界をなすMCT(主中央衝上断層)の両側にまたがる地域で、ゴルカ地域は面積824km²、標高420-4300mで1419か所の地震による崩壊が認められた。一方、トリスリ川流域の範囲は、面積470km²、標高560-4040mで543か所の崩壊が見られた。局所条件に影響されるごく小規模な崩壊を除き、解析対象は1000m²以上の地震による崩壊とした。両地域で、標高約500-1500m, 1500-2500m, 2500-3500mの高度帯別にどの傾斜で崩壊が多く発生しているかを、傾斜ランク別の崩壊発生総面積でみた(図-1)。その結果、どの高度帯でも50-60°の斜面での発生割合が多い。その中で、トリスリ川流域では、標高1500m以下での傾斜40-60°で発生の約45%を占め、それらは谷壁斜面下部の遷急線下方の谷中谷をなす急斜面に生じている。一方、ゴルカ地域では、どの高度帯でも60°以上の著しい急斜面でトリスリ川流域に比べ発生が多い。傾斜分布図上で崩壊地の分布を見ると、ゴルカ地域では稜線直下と谷壁斜面下部で崩壊が多い。一方、トリスリ川流域では、谷に沿った急斜面をなす谷中谷で崩壊が集中している(Tsou et al, 2017)。後者の理由として、対象地域上端での両河川上流の流域面積を比較してみたが、後者は前者の1.17倍と大差はなく、標高も同程度で河川侵食力に大きな差は考えにくい。

対象地域は、隆起・侵食による大起伏山地をなす。崩壊の多い稜線直下や谷壁斜面の大起伏な斜面を表す地形量として、起伏量(ここでは、接峰面と接谷面の標高差)について、解析メッシュスケールを変えて崩壊との整合性を見た(図-2, 3)。その結果、500mメッシュ内で起伏量500-700mで崩壊が多発している傾向が見られた。次に、尾根や凸型

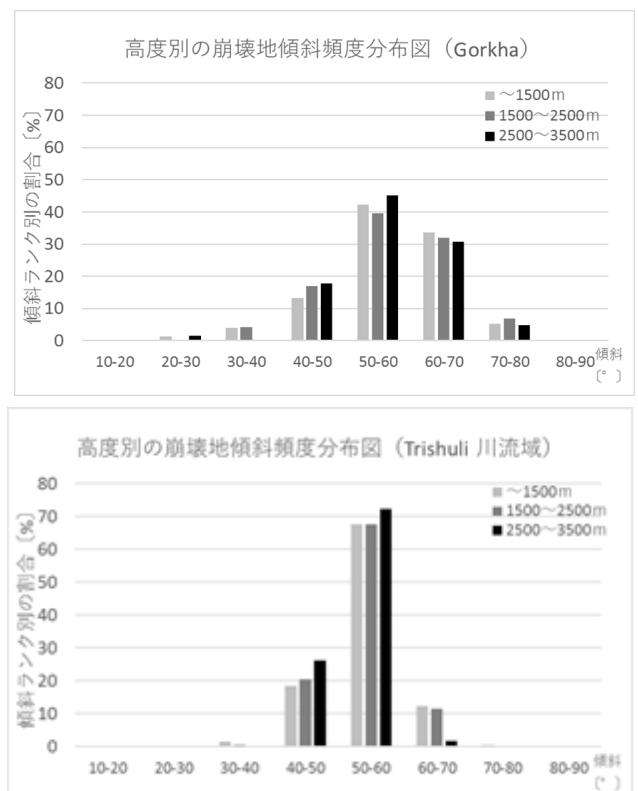


図-1 高度別の崩壊地の傾斜頻度分布図 (上: ゴルカ地域、下: トリスリ川地域)

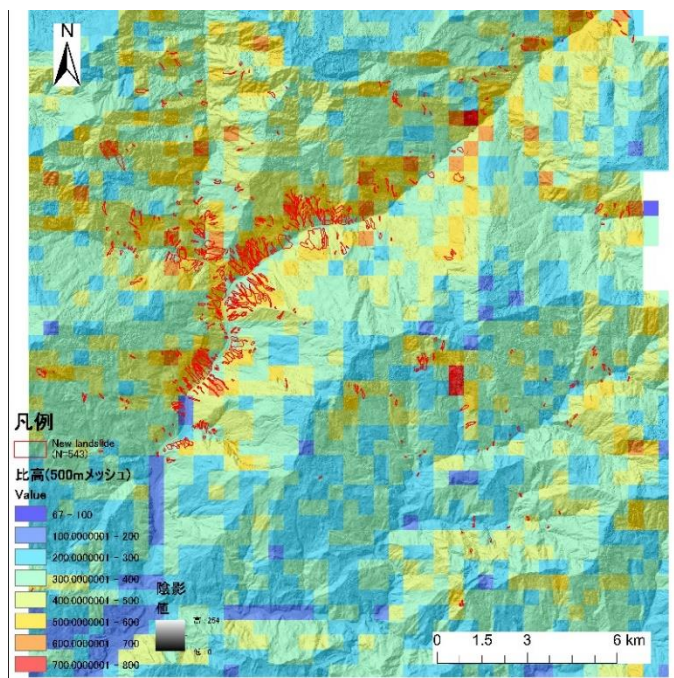


図-2 500m メッシュ起伏量の分布と崩壊位置（トリスリ川）

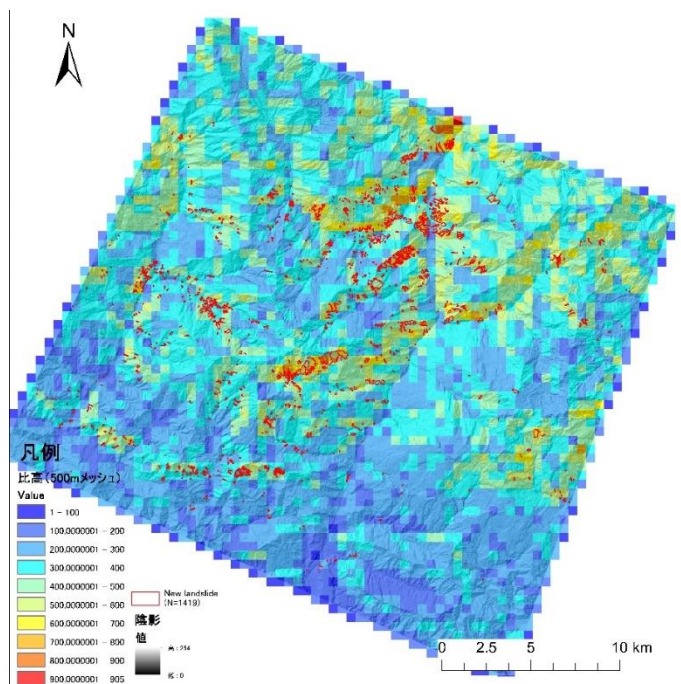


図-3 500m メッシュ起伏量の分布と崩壊位置（ゴルカ地域）

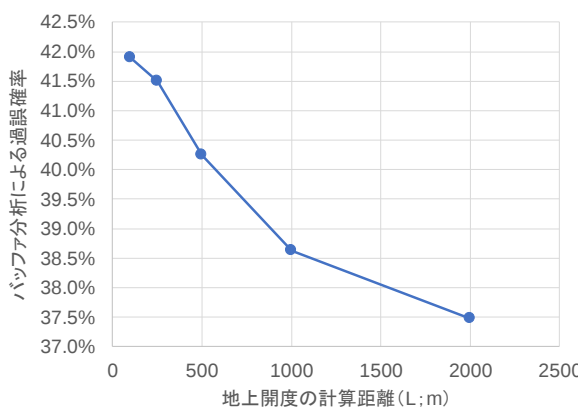


図-4 地上開度の計算距離の大きさとバッファ移動分析による過誤率の関係

傾斜変換線など、地形的な地震力の増加や地形的に不安定となりやすい斜面位置を捉える地形要素として、地上開度（横山，1999）の変化位置と崩壊位置の関係をみた。尾根肩の位置を捉えるには計算距離の大きい高い位置が良いが、谷壁斜面下部の遷急線は、計算距離のやや小さい方が良い。濱崎ほか(2015)によるバッファ移動分析（検索半径 150m）で地上開度の分布と崩壊発生率の関係を計算し、地上開度の計算距離の大きさととの関係を見ると、計算距離を 1～2 km より小さくすると過誤率値が大きくなることが分かった(図-4)。そこで、計算距離 2km での地上開度分布と崩壊位置を見ると（図-5）、尾根部や谷壁の遷急線など地上開度の変化点で崩壊が対応していることが読み取れる。

4. まとめ

ネパールゴルカ地震の事例から、崩壊発生しやすかった場所の地形要因として、傾斜・起伏量・地上開度が挙げられた。その際、斜面や起伏の大きさを考慮した地形量取得が重要であることが分かった。今後、要因の重みづけを行って AHP 法による危険斜面評価手法として提示していきたい。

参考文献

- 濱崎ほか (2015) : GIS に基づく斜面変動予測評価のためのバッファ移動解析と過誤率分析法-2008 年岩手・宮城内陸地震での事例研究-, 日本地すべり学会誌, Vol.52, No.2, pp.51-59.
- 檜垣ほか (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, Vol.52 No.4, 43-46, 2015
- Tsou et al, (2017) : Topographic and geologic controls on landslides induced by the 2015 Gorkha earthquake and its aftershocks: an example from the Trishuli Valley, central Nepal, Landslides, DOI10.1007/s10346-017-0913-9.
- 横山ほか (1999) : 開度による地形特徴の表示, 写真測量とリモートセンシング, Vol.38, No.4, pp26.-34.

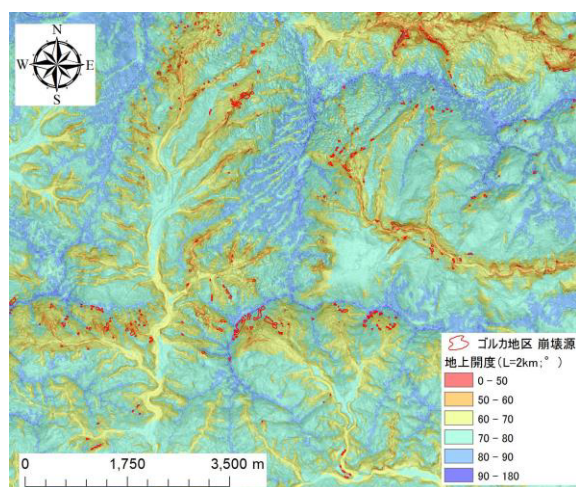


図-5 地上開度の分布と崩壊位置（ゴルカ地域の例）