

## 2015年ネパール地震被害調査団(本隊)報告

Summary report of the damage caused by the 2015 Nepal Earthquake

小長井 一男

フェロー会員 横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院教授、東京大学 名誉教授

宮島 昌克

正会員 金沢大学 理工研究域環境デザイン学系教授

汪 発武

正会員 島根大学 総合理工学研究科地球資源環境学領域教授

田中 努

フェロー会員 (株)エイト日本技術開発 災害リスク研究センターセンター長

藤原 康正

正会員 (株)エイト日本技術開発 災害リスク研究センター 土砂防災グループリーダー

2015年4月25日11時56分にネパールの首都カトマンズ北西約80kmを震源とする地震は、発生地の名前をとってゴルカ(Gorkha)地震ともいわれる。そのモーメントマグニチュードはUSGSによれば7.8、また国土地理院によるPALSAR 2のINSAR画像の解析からは7.9と評価されている<sup>①</sup>、この規模は1923年の関東地震(Mw7.9)に匹敵する。震源から、首都カトマンズまでの距離約80kmは関東地震の震源から横浜や東京までの距離にも比べ得るもので、こうしてみるとこの地震を対岸の火事とは見られないのである。土



写真1 不安定な土塊とともに徐々に滑っている道路 (N28.02257°, E85.22108°)



写真2 カリ・ガンダキ地すべりダム (下流からの撮影)

ことになった。

## 斜面災害

木学会では地震工学会を中心に先遣隊を派遣したが<sup>(2)</sup>、6月から9月にかけてのモンスーンの雨で顕在化する土砂災害への対応も懸念されることから、本体調査団が地盤工学会、日本地震工学会共同調査団として派遣されることになった。調査団は3班に分かれ、5月下旬から6月初旬にかけて現地調査を行うとともに、外務省、JICA、在ネパール日本大使館、国土交通省復興支援調査団とも復興に反映させる情報を共有する

世界の斜面災害による死者のうち、およそ3割はネパールに集中するとされる<sup>(3)</sup>。そして崩壊の多くは6月から9月のモンスーン期に発生する。また9割の電力を水力に依存するネパールでは河川沿いに多くの発電施設が存在し、地震後の雨季に顕在化する斜面災害と河川への大量の土砂流入が懸念される。

### パサン・ラミユハイ



写真3 チャルナケル地区で発生した地すべり:写真右側に崩落した道路が見える

ウェーはカトマンズ北西の急峻な山岳地帯をトリスリ川沿いに通過する。ここでは随所に斜面崩壊が確認されるが、地震前からじわじわと変形が累積している斜面も少なくない。写真1は2003年の豪雨で発生した崩壊地である。崩壊直後に復旧されたハイウェー(黒矢印)は徐々に土塊とともに滑り下っていて、次第に車両の通行に支障をきたすようになり、2014年に再び本

来(白矢印)に付け替えられた。黒矢印は白矢印に対して約10年の間に最大で約30m水平に、鉛直で13mほど谷に向かって移動したことを示す。顕著な地震の影響は認められていないが、雨季にかけてこの主要道の動きが加速されることが懸念される。不安定な斜面土塊にそのまま、あるいは何の対策もなく斜面に切り込んで建設されている道路が圧倒的に多く、ネパールの山岳道路整備の課題を如実に物語っている。

地震後に顕在化する斜面災害も決して少なくない。本震発生後約1ヶ月の5月24日に、震源から西約110kmのBoe.地区において岩盤崩壊が発生し、カリ・ガンダキ地すべりダムが形成された。崩壊源の高さは約700m、形成された地すべりダムの厚さは約40mである(写真2)。この地すべりダムは風化した薄い岩盤が崩落してできたものである。高所から落下したため、地すべりダムを構成する岩塊は大きく粉砕されており、その表面は厚さ約0.4mほどの粉塵で覆われている。岩塊が粉砕されていたことから、形成後およ

そ1時間で大きな貯水量に至る前に決壊し、深刻な土石流災害には至らなかった。小さな落石が前兆現象としてとらえられたこともあって、崩壊前日の23日に屋下に住む90人あまりの村人の避難があつて全員が無事であつたことも幸いであつた。

斜面災害はカトマンズ北部の山岳地域で顕著であるが、カトマンズ盆地南側でもいくつかの道路災害が発生している。パーピングークルカニ道路の支線があるチャルナケル地区では、典型的な地すべり被害が発生している(写真3)。地域住民への聞き取りでは、以前よりクラック等の地すべり兆候が確認されており、この変状が地震で拡大し、その後2、3日かけて地すべりが発生したとのことであつた。この地すべりの移動量は最大27m程度であり、道路は完全に崩落していた。現地では大量の湧水も見られ、地域住民の証言からも過去からの地すべり個所が地震により滑動したものと考えられる。

## カトマンズ市内

カトマンズ盆地は南北約30km、東

西約25 kmの山間盆地であり、平均厚さ200 m、最大で500 mほどにも達する泥質湖成堆積物が存在して

いる。盆地周辺には洪積扇状地も発達している。国際連合人道問題調整事務所と欧州委員会の共同計画で

あるL I V E map<sup>6)</sup>はさまざまな機関やボランティア研究者による衛星写真判読・解析結果や現地での

の写真情報をGIS上に集約し公開しているが、その家屋被害状況を

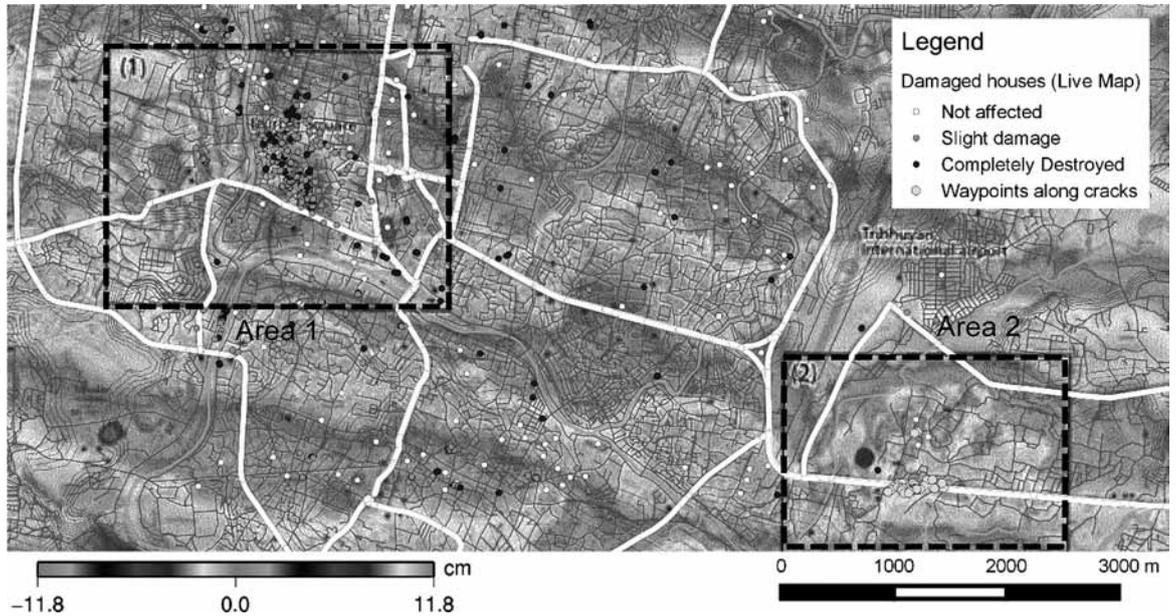


図1 カトマンズ市中心部に現れたPALSAR-2のInSAR画像と衛星画像から推定された家屋被害分布<sup>(7)</sup>

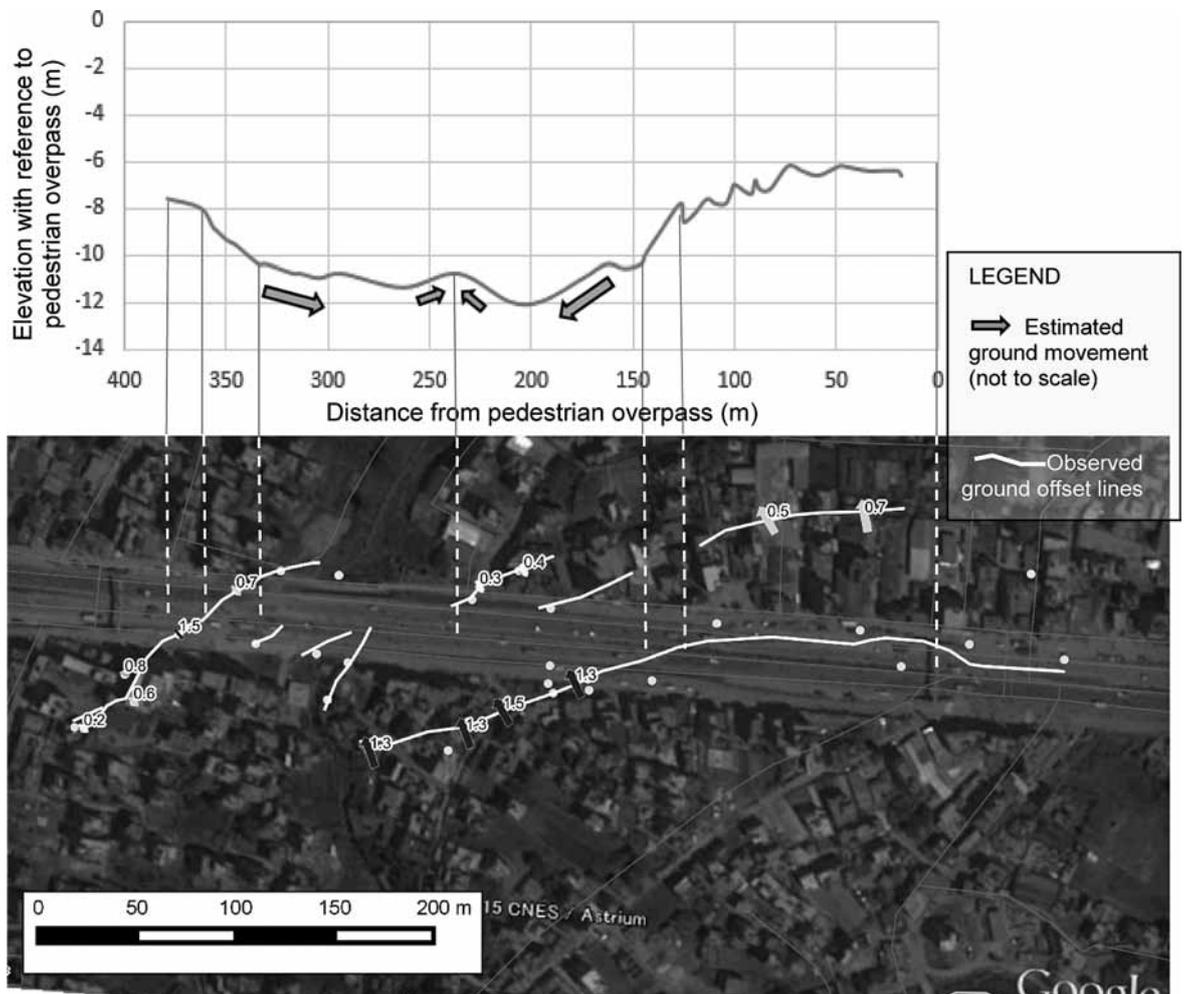


図2 ハイウェイ付近に現れた亀裂と道路縦断面

重ねたものを図1に示す。INSARのFRINGJパターンから市街地北部に行くほど地震によって標高が上昇したと解釈できるが、そのFRINGJパターンが局所的に乱れた場所に家屋被害も集中している。日本建築学会による建物被害の悉皆調査結果や地質条件を踏まえて判断しなければいけないが、局所的な地盤・地形条件が被害分布に影響した可能性もあり、市の復興計画にあたってこのような条件を考慮する必要があるであろう。

FRINGJパターンの顕著な局所的な乱れがもう1箇所、カトマンズ空港の南東2kmほどの部分にも認められる。この地区を東西にカトマンズとバクタブルを結ぶアラニコハイウェイと呼ばれる幹線道路が通過している。この道路が小規模な谷を通過する個所の盛土部分とその周辺地盤が1〜2mほど沈下した。道路を斜めに横断するように数列の段差が地表に現れた(図2)。道路従断の概形をレーザー距離計で計測したのもこの図に示しているが、最外縁の亀裂に挟まれた帯状の地域が全体的に沈下する一方で、その帯の中央部

分では両側の地盤に押されて盛り上がるようなバルジが形成されている様子が認められる。詳細は今後の調査を待つしかないが、小規模な谷間の軟弱な地盤に向かって、盛土を載せた丘陵斜面が滑り落ちてきた可能性がある。地震で強度を落とした地盤が、その強度を回復するのに時間がかかる過去の災害事例を考えると、まだわずかな変形が累積する可能性も考慮して復旧対応を策定する必要があると考えられる。

6月25日、カトマンズにおいて約60の国と機関が参加しネパール復興に関する国際会議(8)が開催され、約52億ドルと推定される損害に対し、総額約44億ドルの支援が表明された。

しかしながら、地震以前からも不安定な山岳斜面を切り込んで主要道路がつくり続けられてきた現状や、今後の雨季で斜面災害も次々に顕在化していること、さらにカトマンズ市内の被害も地盤条件の影響を受けた可能性が大きいことを考えると、緊急の対応と併せて、綿密な調査に基づいた合理的な復興計画を策定することが必要である。本報告が今後

の調査および詳細検討の参考になれば幸いである。

**謝辞** 在ネパール日本大使館小川正史特命全権大使、町田信也参事官、大山誠一等書記官には諸調査団との情報共有の場を設定いただき、国土交通省復興支援団への情報集約を進めるなど特段のご配慮をいただきましたこと厚く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- (1) Geological Information Authority of Japan (GSI) : The 2015 Nepal Earthquake: Crustal deformation detected by ALOS-2 data. <http://www.gsi.go.jp/cais/topic150429-index.html>
- (2) 清田隆、目黒公郎：2015年ネパール地震緊急被害調査団(先遣隊)報告、土木学会誌、第100巻第7号、4〜7頁、2015年
- (3) David N. Petley, Gareth J. Hearn, Andrew Hart, Nicholas J. Rosser, Stuart A. Dunning, Katie Owen, Wishart A. Mitchell: Trends in landslide occurrence in Nepal. *Natural Hazards*, Vol. 43, Issue 1, pp.23-44, 2007.
- (4) UNITAR-UNOSAT: GDACS LIVE map, Earthquake, Nepal, EQ-2015-000048-Nepal. <https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=b919da7981364cd6a6e68fc2015475eb>
- (5) Pandey M. R.: Ground response of Kathmandu valley on the basis of microtremors. 12th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 2106, Auckland, New Zealand. <http://www.iitk.acin/nicee/wcee/article/2106.pdf>
- (6) UNITAR-UNOSAT: GDACS LIVE map, Earthquake, Nepal, EQ-2015-000048-Nepal. <https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=b919da7981364cd6a6e68fc2015475eb>
- (7) Konagai K., Pokhrel R. M., Matsubara H., Siga M.: Geotechnical aspect of the damage caused by the April 25th, 2015 Gorkha earthquake of Nepal. *JSCE Journal of Disaster FactSheets*, FS2015-E-0002, 2015. <http://committees.jsce.or.jp/disaster/FS2015-E-0002>
- (8) 外務省：ネパール復興に関する国際会議(結果) / [http://www.mofa.go.jp/mofaj/sa/sw/mp/page22\\_002082.html](http://www.mofa.go.jp/mofaj/sa/sw/mp/page22_002082.html)