

## CPD 行事から

2017年8月22日開催，応用理学部会定期講演会から

## 2015年ネパール地震での土砂災害ハザードマップ作成と国際協力

Generating Landslide Hazard Map on 2015 Nepal Earthquake and Subsequent International Cooperation

柴田 悟 中里 薫  
Shibata Satoru Nakazato Kaoru

2015年4月25日にネパール中央部を震源とするM7.8の地震と，その17日後に発生したM7.3の地震で，人家の倒壊や斜面災害等により8000人を超える犠牲者がでた。本講演会では「ネパール国ネパール地震復興・復旧プロジェクト(国際協力機構:JICA)」に参加した立場から，ネパール国政府に土砂災害ハザードマップを作成・提供し，それ自体の利活用促進を図ったほか，地方で活躍するエンジニアが，所属する自治体で利用するハザードマップを作成するトレーニングを行った事例を紹介した。

2015 Nepal Earthquake was a gigantic earthquake of M 7.8 that occurred on the 25th of April 2015 in the central part of Nepal. This earthquake caused countless number of house and slope collapses, killed more than 8 000 people. Through this seminar, we lectured about how we generated the hazard maps and provided them to the Nepal Government, as members of the project on Rehabilitation and Recovery from Nepal Earthquake (JICA). Next, we explained two TOT (Training of trainers) workshops held in Kathmandu. The first seminar aimed government engineers to utilize them for their public works. The second seminar targeted local engineers to generate hazard maps by their own.

キーワード：ネパール地震，ハザードマップ，土砂災害，TOT（トレーナー研修：Training of Trainers）

## 1 概要

本地震災害では，人家の倒壊や斜面災害等（写真1参照）により8000人を超える犠牲者がでた。

ハザードマップ（以下「HM」という）の作成に際しては，成果報告の緊急性とネパール国への技術移転を考慮し，簡易で理解しやすく受け入れられやすい方法で作成することが望まれる。そこで，これまで活用実績の多いGIS（地理情報システム）と数量化理論を用いた方法でHMを作成した。



写真1 地震に伴い発生した崩壊による被害

## 2 ハザードマップの作成

## (1) 対象範囲と利用目的，作成手順

対象範囲は本地震で被害が大きかったゴルカ郡とシンドパルチョーク郡（両郡面積計約5000km<sup>2</sup>）とし（図1参照），次の項目をHMの利用目的として作成作業を進めた。①土地利用計画作成のための基礎資料，②居住地移転計画の活用及び評価，③道路等インフラ復興や地域復興防災計画等への活用，④住民啓発のための資料。

マップの作成は図2に示す手順で行った。

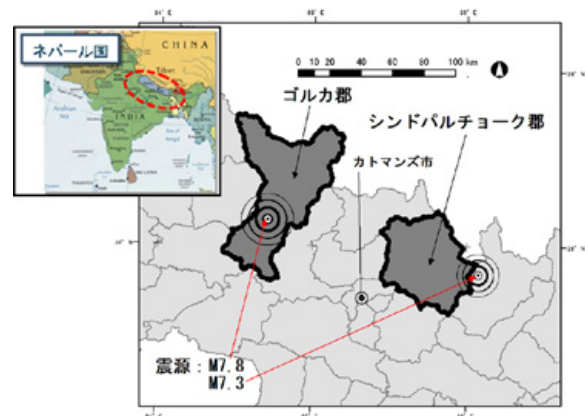
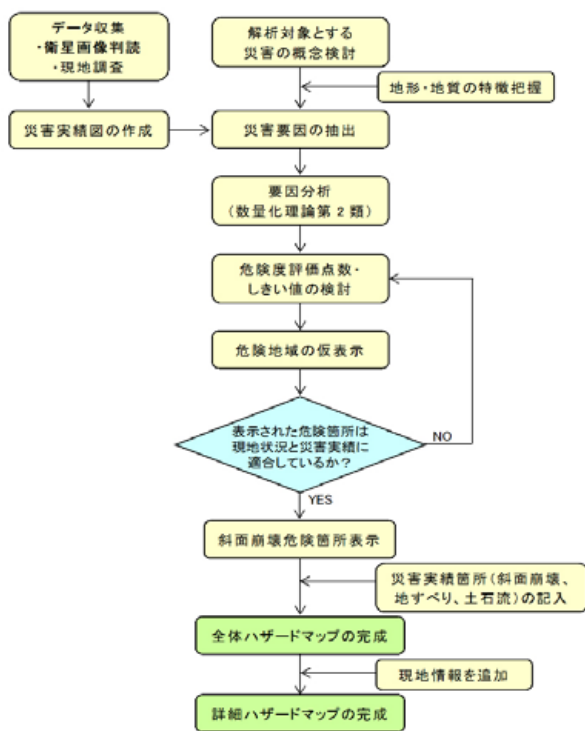


図1 ネパールの位置，対象地区はネパール中央部



ハザードマップ作成の流れ

図2 HM作成の手順

## (2) 作成方法

HMは、主に次の手順で作成した。

①衛星画像から土砂移動箇所の範囲、形状等を判読、②代表箇所の現地確認、③災害要因の抽出、④数量化理論による点数付け、⑤GISによるマップの表示。

衛星画像の判読では地震前後に撮られた解像度2m程度の衛星画像と数値標高モデル(DEM)を用いて3次元データにより約8000カ所の土砂移動を判読し、代表箇所について現地にて崩壊土砂移動範囲、傾斜、幅等を確認した。

その結果、①土砂移動箇所の判読では、地すべり、土石流(岩屑流)、斜面崩壊を明確に区別して判読することが困難であり、地すべりや土石流箇所を斜面崩壊に含めている場合が多いこと、②斜面崩壊について平均幅約40mに対して、衛星画像判読では20m程度の誤差を生じる場合がまれにあること等の課題もあることが判った。このため、こうした限界もしっかり説明したうえで、(1)に示したような住民移転計画などに利用してもらうこととした。

以上から、本検討では地すべり・土石流として衛星画像判読できるものを危険箇所と認定し、こ

れと同じ要因を内包する斜面を、潜在的危険箇所として表現することとした。

潜在的に危険要因を有した箇所を判定する方法として複数の方法が公表されているが、ここでは近年実績が確認されてきている「数量化理論」に基づく点数化で評価することとした。

土砂災害HM作成の基礎となる災害要因(土砂移動要因)として一般的には、斜面傾斜、起伏量、斜面形状、土地利用、地質分布、地質構造等の地形・地質的要因(素因)、地震の規模、震源からの距離、降雨の強さ等の誘発的要因(誘因)が挙げられる。本検討では現地の地形地質・崩壊地の状況と入手可能な資料を分析した結果、①斜面の傾斜角、②斜面の傾斜方向、③断層帯との関係、④震源から距離の4要因が現地確認結果と相関性が高いことがわかり、これらを要因分析対象としてHM作成を進めた。

具体的には、上記の要因について50mメッシュでGISにより集計・解析を行い、数量化理論第2類を用いて点数化し、危険度をグラデーションで表現することとした。

## (3) 成果

作成した土砂災害HMの抜粋を図3に示した。本マップは対象地全体を俯瞰した概略的なものであり、復興計画やインフラ整備計画の策定時には現場確認調査と合わせて活用することが期待される。

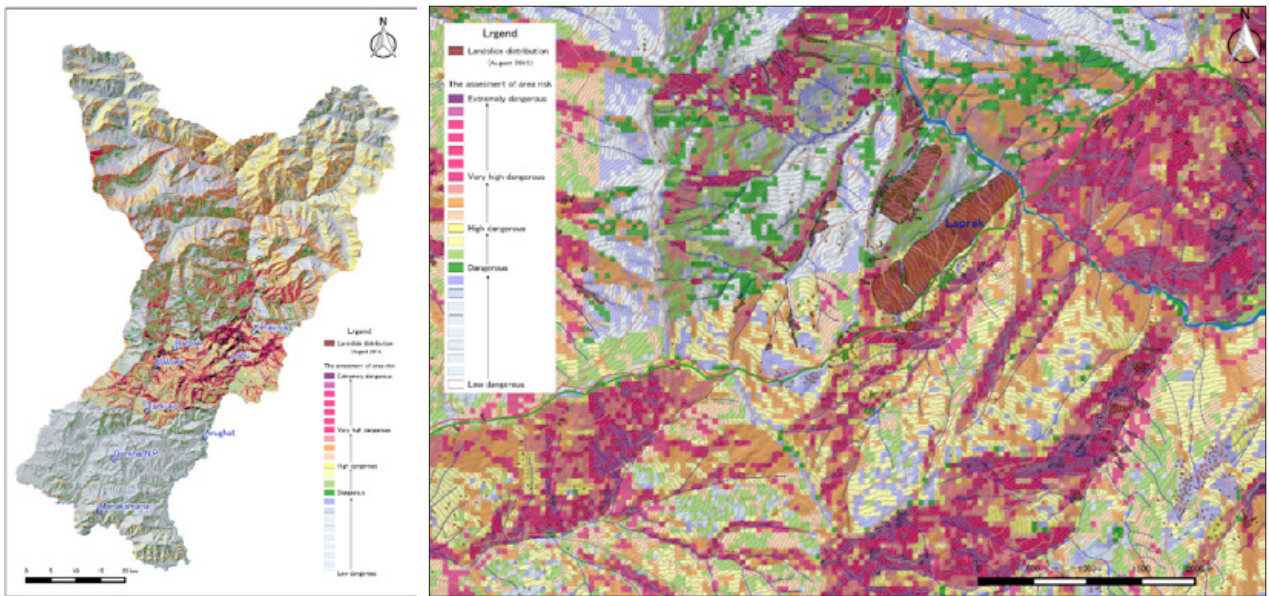
## 3 研修項目：ハザードマップの概念

### (1) 研修の目的

ネパール関係機関が、斜面防災のツールとしてHMを有効活用するためには、GIS活用スキルを習得するだけでなく、HMの構成、基礎知識、適用方法、適用限界を理解する必要がある、さらに重要なこととして、我々が提供した2郡のHMと同様に、地震被害を受けた周辺9郡においても同様のHMが作成され利用できるよう、その作成方法や利用方法の理解を促す必要がある。以上より、本研修はHMの作成・運用のためのトレーナー養成(TOT)を目的として実施した。

### (2) HMに関する基礎知識

日本では、自治体における災害リスク管理とし



ゴルカ郡を対象にした全体ハザードマップ

詳細 HM の例 (ゴルカ郡ラブラック地区)

図 3 作成した HM (抜粋)

て HM が住民に広く提供されている場合が多く、自主的な防災活動においても活用されている。本研修では、このような事例を示すことによって、研修生に将来的な活用をイメージしてもらうこととした。図 4 は仙台市が外国人居住者に提供している HM を、活用事例として示したものである。

**Practice on selection and analysis of the factor causing a landslide(1)**  
Day 4

This is some questionnaire and it's answer for 6 children. Here comes another child and answers "I don't like both dog and cat". How do you think? This child probably like winter or not?

No.	Q	Do you like a dog?	Do you like a cat?	Do you like winter season?
1				NO
2				YES
3				YES
4		NO		NO
5		NO		NO
6				NO

図 5 多変量解析の説明に用いたサンプル

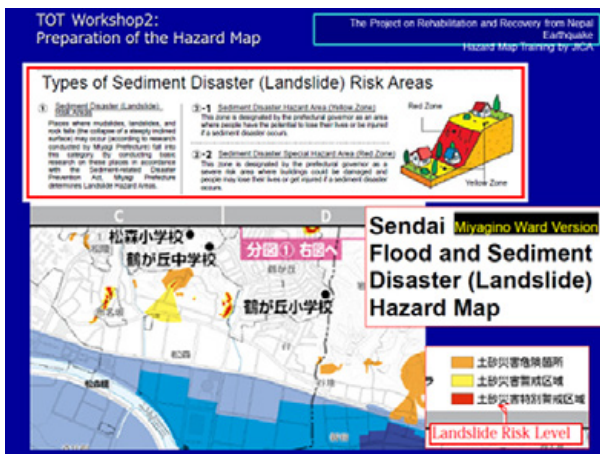


図 4 仙台市が外国人居住者に配布している HM

**(3) 数量化の基礎知識**

各メッシュのリスク判定には、多変量解析のうち、質的データの組み合わせに対する判別分析である数量化Ⅱ類を用いた。研修では、この概念を理解いただくために、図 5 のようなサンプルを準備した。この事例では、『犬が好きか』『猫が好きか』という定性的な判断の組み合わせから、『男の子』『女の子』という判別を予想している。

**4 研修項目：現地実習**

**(1) 研修の目的**

HM を利活用するにあたり、レッドゾーン・イエローゾーンといったリスク判定を、各メッシュの大きさ、用いた図面の精度、判断の流れなどを理解しないまま一人歩きさせることは防がなければならない。現地研修は、こうした点を理解させることを主たる目的として実施した。

**(2) 現地研修の概要**

現地研修では、参加者全員が、シンドバルチョーク郡 Jalbire 地区における調査表を現地作成し、斜面崩壊の危険度や、通行安全の確保について評価を行った。また、全員の評価結果をもとに、後日、研修の中でレビューを行った。

各研修生に予め課した課題は、予想される

60 mm/h の豪雨に際し、通行止めを実施するかどうかという実践的なものとした。写真 2 には現地研修の様子を示した。



写真 2 現地研修の状況 (画面右端が筆者)

### (3) 現地研修のレビュー

提出された課題シートには、全て「エンジニアが行政意思決定者に提出するレポート」という観点でコメントを追記し、個別にレビューを行った。これを通じ、現地速報に必要な災害規模の判定方法、崩壊原因の想定、避難や通行止めなどの判断が必要であることを示した (図 6)。

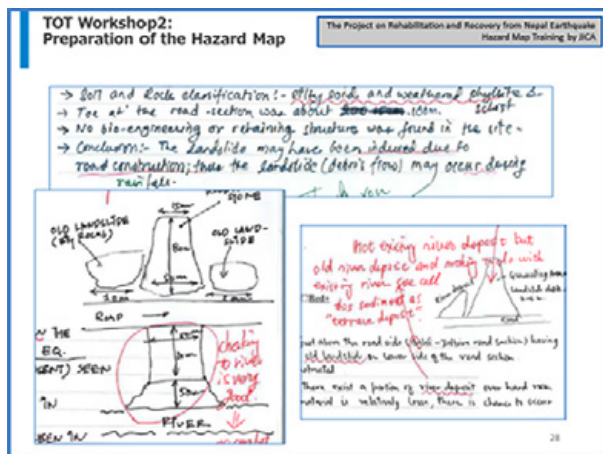


図 6 調査レポートのレビュー

## 5 成果と今後の課題

### (1) 本プロジェクトの成果

最近では QGIS と呼称されるハイスペックなフリー GIS ソフトが普及しており、衛星画像情報も、高度利用が可能なグーグルアース・プロが無償化されるなど、途上国で HM を利活用する土壌は十分に整っている。本プロジェクトでは、そのような観点から、ネパール国政府に HM を GIS ソフトとして作成・提供し利活用の促進を図ったほか、地方で活躍するエンジニアが、所属

する自治体で利用する HM を作成するトレーニングを行った。

### (2) まとめと今後の課題

今回ネパール国に提供された HM について、最も危惧すべきことは、その作成過程や精度について理解されないまま、危険地域からの移転計画や復興計画に、無前提的に利用されることである。これに対する解決を図るものとして、地方勤務を含む中央政府エンジニアに 10 日間にわたる集中トレーニングを行い、提供した HM の利活用を図った。

次に、HM を提供していない周辺被災郡について、自らの力で HM を作成し、利活用していただけるよう、HM 作成のための集中トレーニングを別プログラムとして実施した(こちらも 10 日)。今後、こうした活動の成果モニタリングを含め、HM 利活用の普及を図ってゆくことが必要となろう。

### <引用文献>

- 1) JICA : The project on rehabilitation and recovery from Nepal earthquake final report, 2017.10, JICA 図書館
- 2) 柴田悟・中里薫他：ネパール地震（2015 年）における土砂災害ハザードマップの作成，第 56 回（公社）日本地すべり学会研究発表会論文集，2017.8
- 3) 仙台市 HP：せんだい水害・土砂災害ハザードマップ，<http://www.city.sendai.jp/kekaku/kurashi/anken/>

柴田 悟 (しばた さとる)

技術士 (応用理学/建設/  
総合技術監理部門)

日本技術士会 フェロー  
パシフィックコンサルタンツ (株)  
国際事業本部 国際営業部  
担当部長  
e-mail : satoru.shibata@tk.pacific.co.jp



中里 薫 (なかざと かおる)

技術士 (応用理学/建設/  
総合技術監理部門)

日本技術士会 応用理学部会長  
パシフィックコンサルタンツ (株)  
環境創造事業本部 地盤技術部  
地盤診断・対策室 技術次長  
e-mail : kaoru.nakazato@tk.pacific.co.jp

