2015 年 6 月 11 日

2015 年 4 月ネパール地震(Gorkha 地震)

第 1 次被害調査報告

国立研究開発法人　防災科学技術研究所
災害リスク研究ユニット

1．全体概要

1.1　調査概要

調査目的：　2015 年 4 月 25 日に発生したネパール地震の被害の調査、ならびに防災科学技術研究所による地震災害リスク研究成果の、復旧・復興・減災対策への活用可能性に関わる調査

調査地域：　ネパール連邦民主共和国　カトマンズ盆地および中北部山岳地域

出張期間：　平成 27 年 5 月 26 日（火）～6 月 3 日（火）、(大角のみ 6 月 5 日まで)

調査人員：　井上　公（団長，UAV 被害調査計画）
大角恒雄（建物被害情報収集）
今井　弘（組積造住宅被害調査）
伊勢　正（災害リスク情報利活用調査）

相手機関：　NSET（National Society for Earthquake Technology）

滞在先　：　Hotel Sunset View, P.O.Box1174, New Baneshwor, Kathmandu,

移動手段：　運転手付き乗用車/4WD 車借り上げ

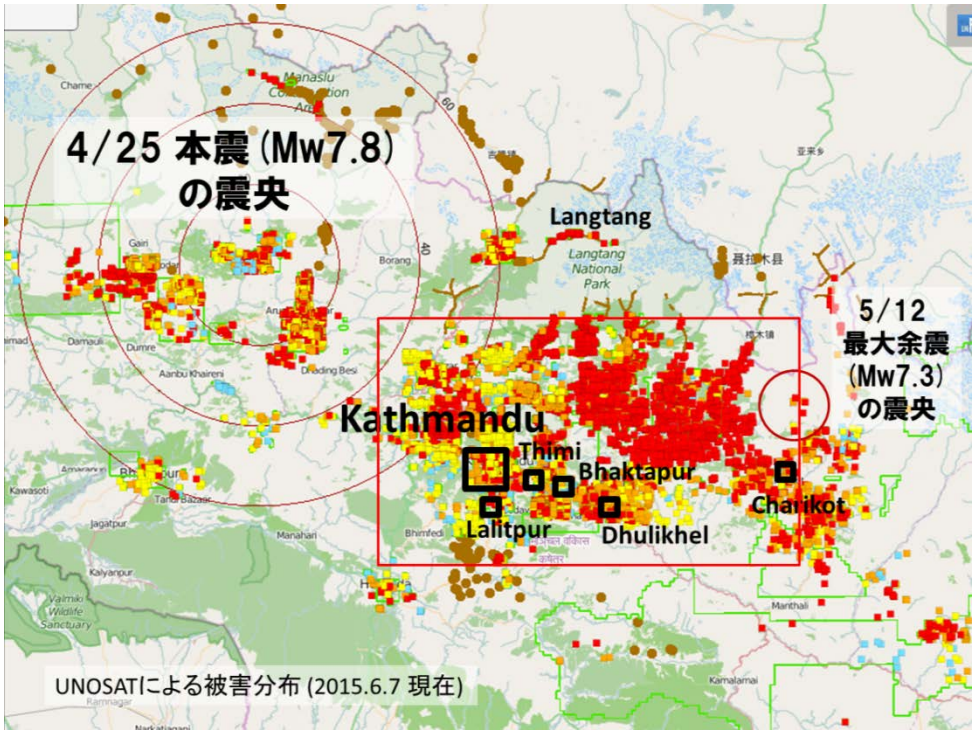

図 1.1　2015.4.25 ネパール地震(Gorkha 地震)の震央位置と被害分布

1.2 調査内容

2015年4月25日11時56分(現地時間)、ネパール中北部を震源域とするマグニチュード(Mw)7.8の地震が発生し、首都カトマンズを中心とする広い領域で、主としてレンガ組積造建物が倒壊による多くの被害が発生した。また 5 月 12 日にはカトマンズ北東のドラカ郡を震央とする Mw7.3の最大余震が発生した。これらの地震により、6 月 7 日現在までにネパール国内で 8,712 名の死者、約 50 万棟の全壊建が確認されている(http://drrportal.gov.np/)。今回の地震では、カトマンズ市および近郊における歴史的建物および一部の住宅に大きな被害が出ているとともに、シンドゥパルチョーク郡をはじめとする北部山間地での被災率が際立って高いことが特徴である。

今回の地震を受けて、防災科学技術研究所は、かねてより進めている地震ハザード・リスク評価、地震被害推定手法の研究、及びリスク情報の利活用に関する研究の成果を活用し、ネパール国の今回の地震からの復旧・復興ならびに将来の地震災害軽減に資するため、以下の３項目について現地調査および情報収集を行った。１）建物被害に関する調査：地震ハザード・リスク評価手法の高度化、および衛星画像による広域被害推定手法の検証を目的とした現地調査、ならびに被害統計の収集状況、今後のデータの入手方法の把握を行った。２）災害リスク情報の利活用に関する調査：災害リスク情報利活用システムをネパールに導入するための課題抽出・各種情報の収集・分析のため、様々な機関・人々に聞き取り調査を行った。３）UAV による面的被害調査計画：小型固定翼 UAV を用いて被害状況を詳細かつ面的にマッピングする技術を都市開発省カトマンズ開発局に紹介し、調査計画を策定した。これらの調査は、防災科研のＳＩＰの取り組みや今後の国際的な研究展開に向けての基礎調査としても位置づけられる。

1.3 調査日程

	井上	大角	今井	伊勢
5/26 火	羽田発 0:20 Bangkok 経由、Kathmandu 着 12:25, JICA 事務所訪問、			
	Kathmandu 市内			トリブバン大学
	NSET 調査計画協議			
5/27 水	NSET, KVDA	Bhaktapur、Thimi、Lalitpur		日本人会、電力社
5/28 木	NSET	Sanku		避難所
	日本大使館			
	NRRC,保健省	Kathmandu 中心部		NRRC、保健省
5/29 金	北東部山地 Dolakha 郡 Charikot 市			
5/30 土	Sanku	Kirtipur,Khokana Sanku	Sanku	市内(日本人他)
5/31 日	北中部山地 Nuwakot 郡、Rasuwa 郡			Kathmandu 市役所
6/ 1 月	NSET, KVDA	報告書作成, NSET		市内(僧侶他)
6/ 2 火	日本大使館報告会(JICA 調査団、土木学会、地すべり学会、防災科研合同)			
	カトマンズ発	NSET	カトマンズ発 13:30 バンコク経由	
6/ 3 水	06:55 帰国	NSET	06:55 帰国	
6/ 4 木		NSET, 出国		
6/ 5 金		06:55 帰国		

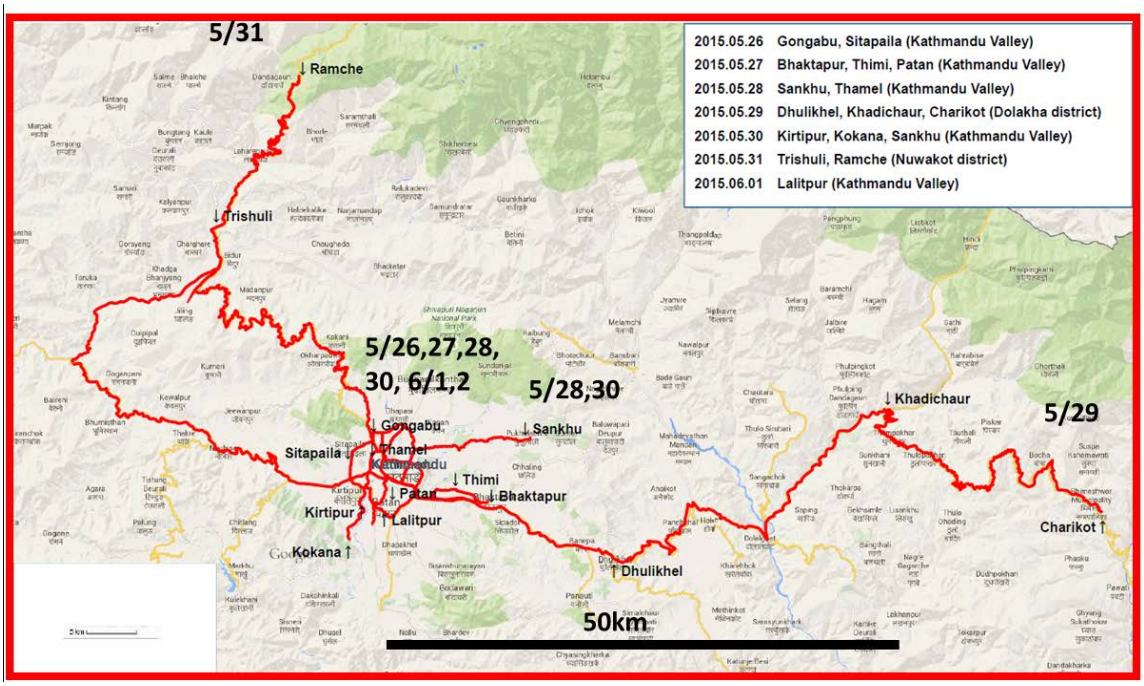

図 1.2 建物被害調査チームの移動ルート（図 1.1 赤枠）

1.4 JICA、日本大使館訪問

5/27 JICA ネパール事務所訪問

JICA ネパール事務所：清水勉所長、田中幸夫所員（防災担当）

JICA 本部：竹谷公男客員専門員、中村明社会基盤・平和構築部長、
三村悟地球環境部次長・防災グループ長、

5/28 日本大使館訪問

小川正史大使、田中幸夫所員、大山誠一等書記官

6/2 日本大使館　合同報告会プログラム

1．小川大使挨拶　9:00～9:05
2．国交省派遣専門家発表　9:05～9:15
3．土木学会、地盤工学会、日本地震工学会発表　9:15～9:35
4．地すべり学会、応用地質学会発表　9:35~9:55
5．防災科学技術研究所発表　9:55～10:15
6．質疑応答　10:15～10:55
7．小川大使挨拶　10:55～11:00

5/28 の大使館訪問および 6/2 の合同調査報告会は、今後開始される我が国の復興支援策に日本の知見をより反映させるために、各機関による調査結果を情報共有したい意向を持つ大使館からの要請に基づくものである。

２．建物被害調査　（大角恒雄）

2.1　概要

本調査は、防災科学技術研究所の開発する災害発生時の被害推定システムの一部である衛星画像による広域被害推定手法の検証のための、地域別被害統計情報の収集状況の把握、及び今後のデータ入手方法の確認を第一の目的とする。次に衛星情報に対するグラウンド・トゥルース取得のための特定の区域における詳細被害調査の予備調査を実施した。同時に、被害推定に必要となる、建物分布・時間帯別人口分布等の、ネパールに固有の事項の把握、その他一般的な被害情報の把握、被害構造物と被害が軽減された構造物の差異を把握した。

2.2　調査内容

- 政府機関、NGO、援助事業者（JICA 等）への被害統計情報の現状把握と今後のデータ入手方法の把握。
- グラウンド・トゥルースとしての特定の区域を選んだ詳細被害調査のための調査地域・調査項目の選定およびサンプルとしての実地調査。被災前後比較写真の撮影。
- 国勢調査データ及び発災後の地域別死傷者数等の時系列把握等。

2.3　調査日程

５月２６日（火）午後入国、JICA 、NSET 訪問
２７日（水）NSET 訪問、建物被害調査(Bhaktapur、Thimi、Lalitpur)
２８日（木）建物被害調査（Sankhu)、在ネパール日本大使館訪問、
Kathmandu 中心部調査、建築学会調査団との会合
２９日（金）建物被害調査（Chalikot, Dolakha district)
３０日（土）建物被害調査（Kirtipur、Khokana、Sankhu)
３１日（日）建物被害調査（山岳方面 Nawakot district)
６月１日（月）資料整理、NGO 等資料収集
２日（火）在ネパール日本大使館報告会、NGO 等資料収集、出国（井上、今井)
３日（水）NGO 等資料収集（大角)
４日（木）出国（大角)

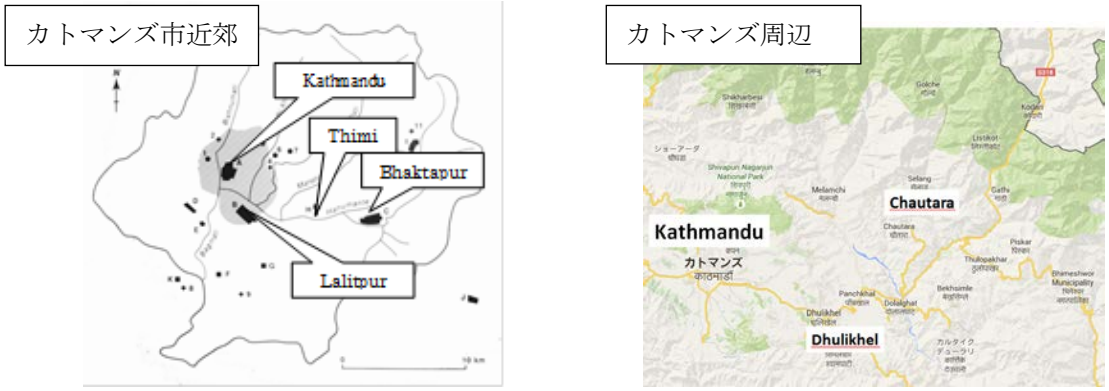

図 2.1 カトマンズ市近郊と周辺位置図

2.4 被害状況

2.4.1 犠牲者数分布

ネパール警察の発表によると地震による犠牲者の分布は、総数は 8,532 人、負傷者は 19,039 人以上（6 月 2 日時点）で、特に首都 Kathmandu から北東に位置する Sindhupal Chok 地区の被害が甚大で 3,419 人、負傷者は 1,403 人（6 月 2 日時点）で現在も増加している。

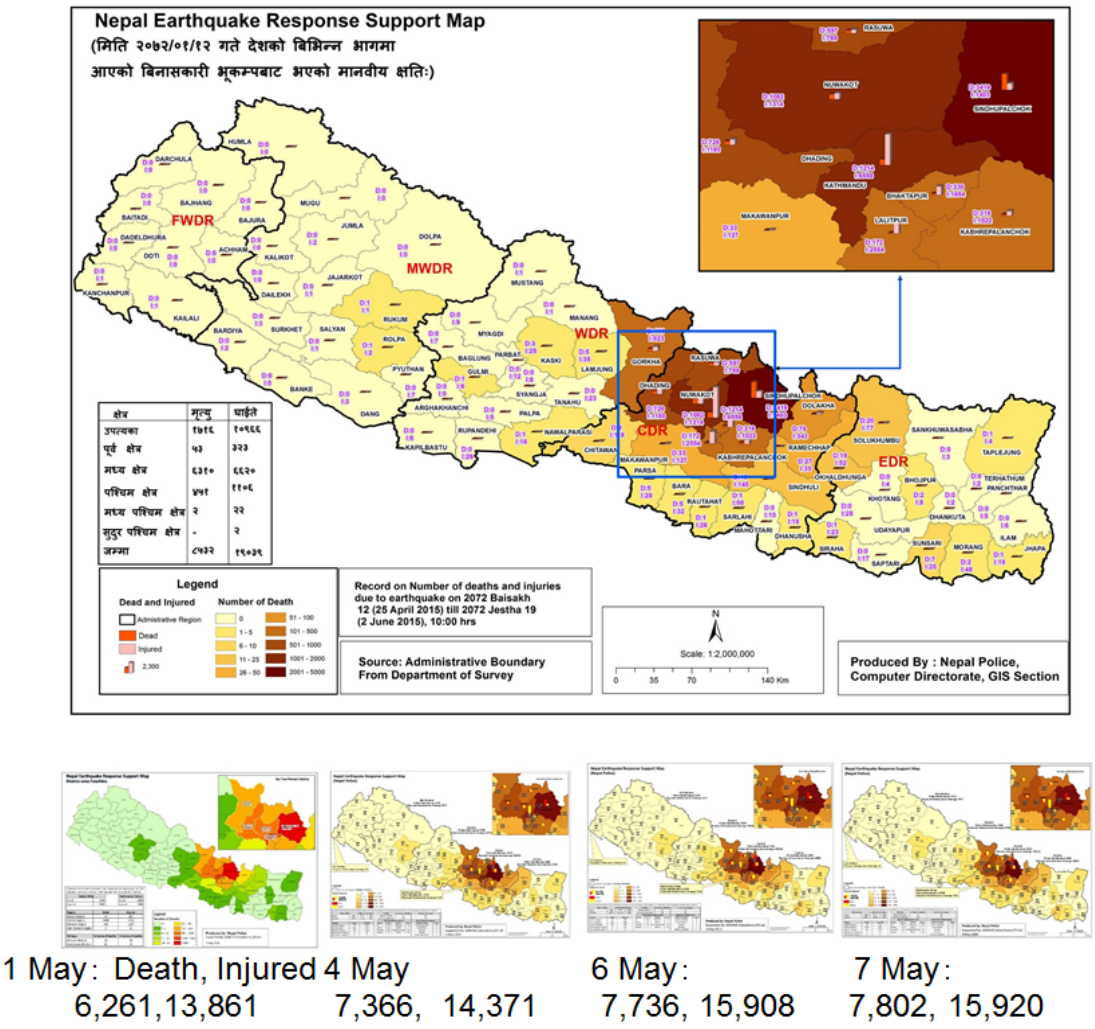

図 2.2　ネパール警察の発表による地震による犠牲者の分布

2.4.2 被害の要因

1）建物分布

犠牲者の多くが Kathmandu 北東の Sindhupal Chok 地区に集中するのは、一つは、都市部と建物構造が大きく異なることにある。郊外・農村部は石造りの家が多く存在し、倒壊により多くの被害が生じ、重い石の倒壊は多くの人命を奪った。

旧市街の被害は甚大で、特に RC 枠組の存在しないレンガ＋セメント／マッド・モルタルの住宅が多くの被害を受けていた。Kathmandu のリングロード内は、RC 枠組を有する住宅が多く存在し、傾いた建物は川沿いの特に川が分岐する地点の軟弱地盤領域に被害が点在する。

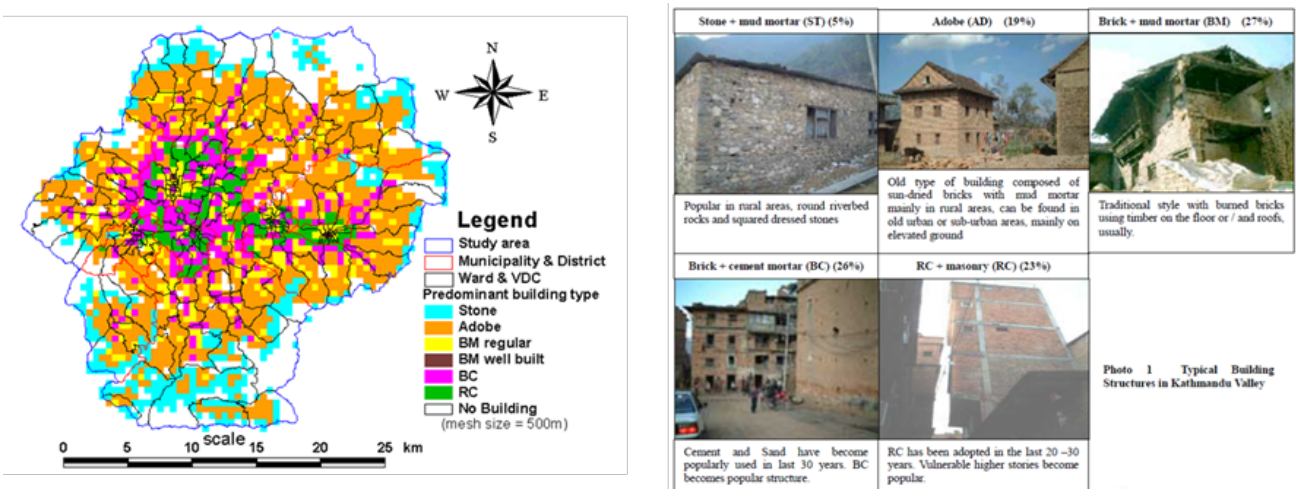

図 2.3　Kathmandu における建物種別の分布（JICA2002）

２）地震動分布

図 2.4　に 2015 年 4 月 25 日 Nepal (Gorkha)地震の八木勇治・奥脇亮[1]は、断層すべりの時空間分布 IRIS からダウンロードした GSN と FDSN の遠地実体波 P 波に、Yagi & Fukahata (2011)[2] のグリーン関数の不確定性を考慮した震源インバージョンを適用して断層すべりを求めた解析では、震源の断層はカトマンズを含む周辺一帯東西 150 km、南北 120 km に及び 4.1 m 以上ずれた地域もある可能性があると示されている。また、高周波の波源 IRIS からダウンロードした GSN と FDSN データに、Yagi *et al.* (2012)[3] の Hybrid Back-projection を適用して、1 Hz 周辺の高周波の波源解析の結果、地震発生後に波源は東南東方向に進行しており、カトマンズ周辺で高周波が放出されている。ネパールの建物の被害に関係する周期成分は、おもに 1 秒を中心とした高周波成分に関係していると思われる。

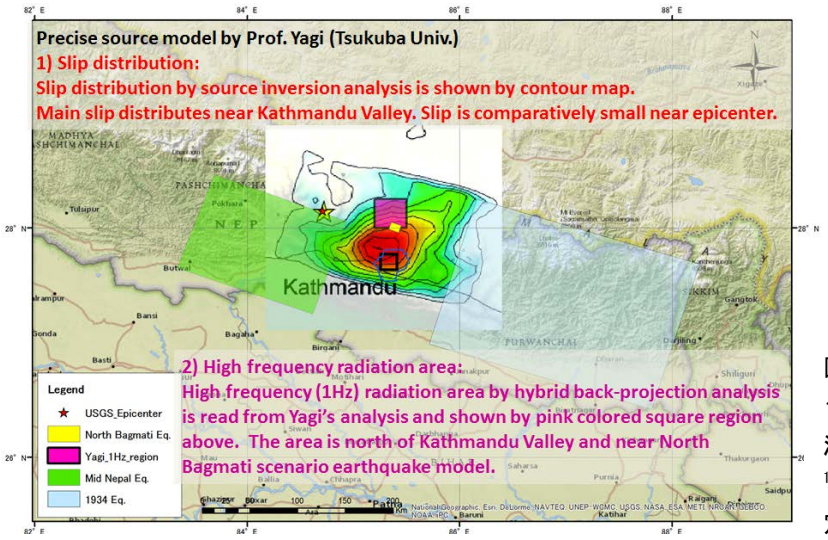

図 2.4　すべり量分布（震源過程インバージョンの結果）[1]及び高周波（1 Hz）の波源解析（Hybrid Back-projection の結果）[1]の最大刻発生時刻分布と JICA2002 の想定地震

2.4.3 建物被害調査

1）Bhakutapur 王宮

Bhakutapur マッラ王室が居住していた 55 の窓を持つ王宮はトリプバン大学 Maskey 教授とドイツ国際協力公社（GTZ）の耐震補強がなされ、1934 年地震のような被害は免れた。

図 2.5　マッラ王室が居住していた 55 の窓を持つ王宮

図 2.6　パタン王室

2）Lalitpur 王宮

Patan 宮殿では住友財団が 2013 年にカトマンズ盆地保存トラスト（KVPT）の援助で補強が完成した。

3）Kathmandu 旧王宮

Kathmandu のダルバール広場では、対策がされていないため、多くの被害を受けた。左の白の構造物が 150 年ほど前のラーナ王朝時代の建物で、右の奥の褐色の建物が 300 年ほど前の時代の建物である。

4) Kathmandu 市内

Kathmandu のリングロード内は、RC 枠組を有する住宅が多く存在し、リングロード北西部 Gongabu 及び南西部 Sitapatla の傾いた建物は川沿いの特に川が分岐する地点の軟弱地盤領域に被害が点在する。

図 2.8　Gongabu の傾いた建物

5) Bagumathi

Bagmati 川と Transformor 川の分岐点に位置する地点での倒壊した建物が、隣の建物を破壊した(**図 2.9**)。

図 2.9　Bagumathi の RC の建物は倒壊した建物が、隣の建物を破壊

6) Thimi

Thimi は小高い丘に位置する旧市街の Old Thimi では、1934 年で崩壊した住宅が築 70 年にもなり、多くの被害を受けた。旧市街から離れた Sano Thimi では、新しい建物が主体で、被害は軽減されている。

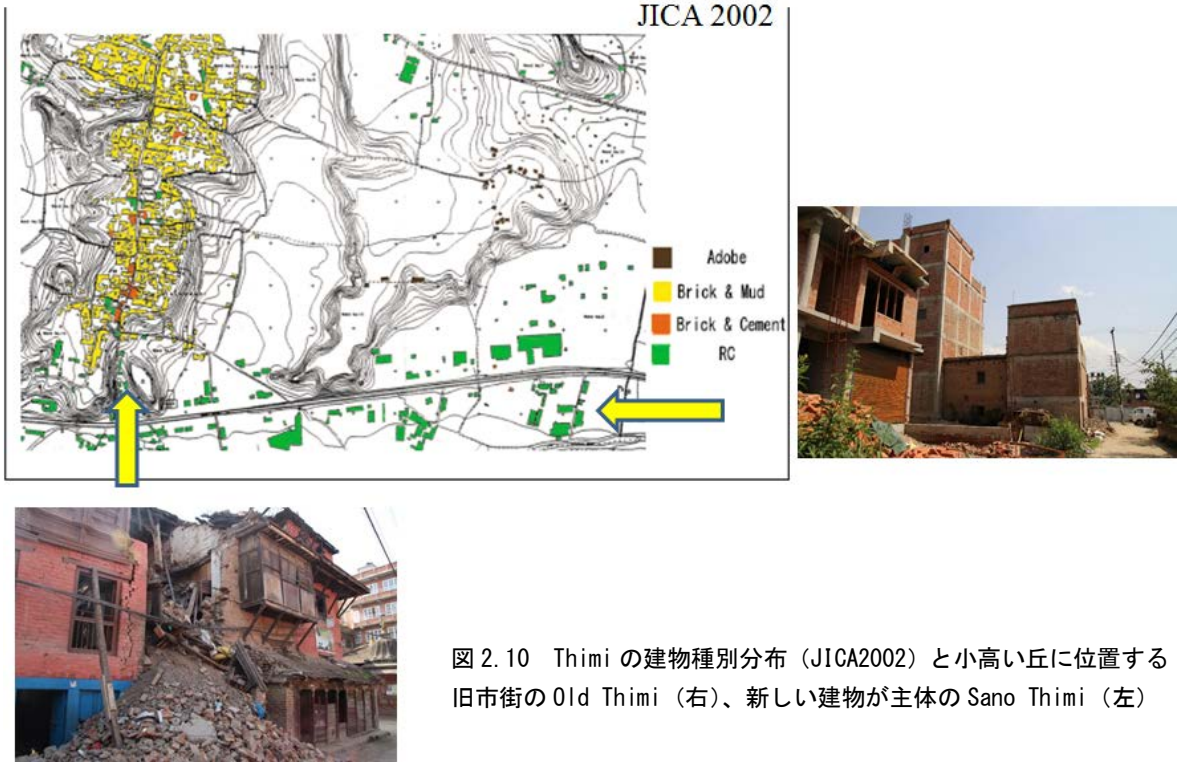

図 2.10　Thimi の建物種別分布（JICA2002）と小高い丘に位置する旧市街の Old Thimi（右）、新しい建物が主体の Sano Thimi（左）

7) Sanku

Kathmandu から西の都市 Sanku では、RC の建物は健全で構造形態の違いが顕著に現れた。Sanku の被害は甚大で、特に RC 枠組の存在しない組積造（レンガ）＋セメント／マッド・モルタルの住宅が多くの被害を受けていた（**図 2.11**）。隅角部に RC 枠組を持たない構造は、隅角部からクラックが生じる。被害を受けた建物の外壁構造は、外側は降雨に耐える焼いたレンガのセメント・モルタル目地でその内側は、日干しレンガのマッド・モルタル構造となっている（**図 2.12**）。

図 2.11　RC の建物は健全で構造形態の違い

2.5 考察

・RC の建物は健全でレンガ＋セメント／マッド・モルタルの建物は甚大な被害であった。構造形態の違いが顕著に現れた。
・建物の損傷形態は大きく 2 つに別類される。一つは、川沿いの特に川の分岐点では、RC 建物が傾いていた。もう一つは、丘に位置する旧市街の組積造＋セメント／マッド・モルタルの住宅は、地震動加速度によると思われる損傷であった。
・旧王宮の歴史的建物は、対策を施したものと未対策では大きな差異が得られた。
・Kathmandu 市内の被害は軽微で、Kathmandu 北部、東部地域の被害は甚大。
・旧市街の被害は甚大で、特に RC 枠組の存在しない組積造＋セメント／マッド・モルタルの住宅が多くの被害を受けていた。
・郊外・農村部は石造の家に多くの被害が生じ、重い石の倒壊は多くの人命を奪った。
グラウンド・トゥルースとしての特定の区域候補としては、 Sanku, Thimi, Khokana 等が考えられる。

1) 八木勇治,奥脇亮：2015 年4 月25 日にネパールで発生した巨大地震（暫定）ver. 2
http://www.geol.tsukuba.ac.jp/~yagi-y/EQ/20150425/index.html
2) Yagi, Y. & Fukahata, Y., 2011, Rupture process of the 2011 Tohoku-oki earthquake and absolute elastic strain release, *Geophys. Res. Lett*, 38, L19307, doi:10.1029/2011GL048701.
3) Yagi, Y., Nakao, A. & Kasahara, A., Smooth and rapid slip near the Japan Trench during the 2011 Tohoku-oki earthquake revealed by a hybrid back-projection method, *Earth Planet. Sci. Lett.*, doi: 10.1016/j.epsl.2012.

3.　組積造住宅の被害調査（今井　弘）

3.1　ネパールの主な建築構造種別

A.　RC フレーム構造（RC：RC frame + infill）
　カトマンズ盆地をはじめ都市部の近代建物の多くはこの構造であり、3～5 階建てが多いが、最近の高層集合住宅では、15 階建てのものある。

B.　枠組み組積造（CM：Confined Masonry）
　先に組積壁を施工し RC フレームを後打ちすることが多い。組積壁が主要な構造体となる壁式工法。RC 柱は小断面のことが多い。

C.　無補強組積造（URM：Un-reinforced Masonry）
　組積部材は、焼成レンガ、石（片岩）、日干しレンガ、コンクリートブロックという地産地消の材料であり地域によって異なる。またそれらを定着する目地（ジョイント）材料は、セメントモルタル、マッド（泥）モルタルである。この工法は、都市部では築 30 年以上のもの、山間部では、庶民住宅建設に現在も使用されている。

3.2　調査対象

庶民住宅の被害状況を都市部、山間部と調査したところ、ノンエンジニアド建築（地域の職人あるいは住民自身によって建設され技術者が関与していない建設）に被害が集中していることが伺えた。(図 3.1)

特に、都市部を離れると、その土地で入手可能な材料を使用しての無補強組積造が主な建設工法であり、これまでの地震同様、脆弱な構造体であり、被害が甚大になる一因としてあげられる。

建設工法として、組積部材に関わらず、特にマッドモルタルの建物の被害が甚大である。この工法は、都市部では築 30 年以上の建物、山間部では庶民住宅建設に現在も使用されている。

図 3.1　山間部の組積造の被害

3.3　組積造の被害事例

3.3.1　カトマンズ盆地内および近郊

・Sankhu（標高約 1400m、カトマンズより北東に直線距離 13km）
カトマンズ盆地の北東端に位置し、今回の地震ではカトマンズ盆地内で最も被害の大きい町。
・Thimi（標高約 1350m、カトマンズより東に直線距離 7km）
幹線道路沿いは新しい建物が多いが、旧市街地は 1934 年の地震以後に再建した古い建物が多い。

近年建設したと思われる RC 構造の建物（多くは 5～6 階建）の被害は無傷あるいは軽微であるが、無補強組積造（2～4 階建）の多くが全壊か半壊であった。(写真 2,3)
組積材料は、日干しレンガか、あるいは外部に面するところのみ焼成レンガが使用されて降り、目地部材はマッド（泥）モルタルが大半である。
特に外周部に焼成レンガを使用している建物では、壁内での剥離が顕著に起こっていた。(写真 4,5) 壁厚は 2 枚積みで最上階は 1.5 枚積みが多く見られた。古いものでは 3 枚積みの壁厚の構造体もあった。焼成レンガ工場は、Bhaktapur 東部に集中している。

図 3.2　Sankhu 中心部。無補強組積造が被害を受けている。

図 3.3　Thimi 幹線道路沿いの新旧建物。道路沿いの無補強組積造は大破。

図 3.4　無補強組積造被害

図 3.5　外周部焼成レンガ、内部日干しレンガ

図 3.6　組積壁の壁内の剥離と壁の湾曲

図 3.7　剥離部近景

図 3.8　組積壁と木組床の取り合い

図 3.9　組積壁と木組床の取り合い近景

図 3.10　無補強組積造被害（面外崩壊）

図 3.11　壁厚が 3 枚積みの三階建て無補強組積造

3.3.2　山間部

・Charikot, Dolakha 郡　　（標高約 2000m、カトマンズより東に直線距離 70km）
・Khadichaur、Sindhupalchok 郡（標高約 700m、カトマンズより東に直線距離 50km）
・Dhulikel, Kavrepalanchok 郡　（標高約 1500m、カトマンズより東に直線距離 25km）
・Ramche, Nuwakot 郡　　（標高約 2000m、カトマンズより北に直線距離 40km）
・Trishuli, Nuwakot 郡　　（標高約 600m、カトマンズより北に直線距離 30km）

今回の地震で被害が甚大であった山間の郡部。建物の大半が被害を受け全壊も多い。Charikot は 5 月 12 日の最大余震の震源地近傍。

山間部での庶民住宅は、整形した片岩を組積材料とし、目地にマッド（泥）モルタルを使用した石造が大半を占める。壁厚は 50cm 以上。2～3 階建ても多く、床は木組みであり、屋根は木組みに CGI シート（亜鉛メッキ波板）が多い。Nuwakot 郡では、天然スレートを整形した瓦屋根を多く見かけた。

他の組積部材では、コンクリートブロック、焼成レンガ、アドベの建物も散見された。

また Charikot では、Bhakutpur から焼成レンガを運ぶため、煉瓦代 14Rp に輸送代 2Rp がかかる。

図 3.12　Dolakha 郡（石造建物の被害）

図 3.13　Sindhupalchok 郡(Araniko Highway 沿い)

図 3.14　Nuwakot 郡（石造建物の被害）

図 3.15　Sindhupalchok 郡(石造建物の被害)

図 3.16　Dolakha 郡（石造建物の被害）

図 3.17　Nuwakot 郡(石造建物の被害)

図 3.18　山間部での各種組積材料

図 3.19　整形片岩による組積方法

図 3.20　山間部でも低地ではアドベ集落も多い

図 3.21　コンクリートブロック造の住宅
コンクリートブロックは 2 穴。充填モルタルは部分的に充填

3.4　破壊過程の考察

今回の地震で甚大な被害を被った建物は、組積部材こそ様々であるが、目地にマッド（泥）モルタルを使用しているものが大半である。マッドモルタルは、低強度であり、特に付着強度が低いため、建物の振動時に部材間の付着がなくなり、脆性破壊を起こす起因になっていると想像できる。特に異質部材である石とマッドモルタルの付着は低いと考える。

上記のことが考えられるのは、通常、建物の地震被害の典型的な低層部分がせん断破壊を起こすケースは、RC 造などの強度がある建物に見られるものの、マッドモルタルを使用している建物では皆無に近い。マッドモルタルの組積造建物は、壁上部の面外崩壊、または壁が組積体の一体性を失うことによる崩壊が多いと見られることから、1 階壁にせん断力が伝わる以前に壁内部の破壊が起こっていると考えられる。

図 3.22　1 階部分にせん断クラックが発生

図 3.23　せん断クラック近景

図 3.24　壁上部の面外崩壊

図 3.25　壁全体の面外破壊

3.5 対策

今回の地震で甚大な人的被害を被った主要な原因は、建物の倒壊によるものであり、特に被害が甚大になる原因として、庶民住宅の一般的な建設工法である組積造の脆弱性があげられる。これらの脆弱破壊を防ぐためには、靭性の向上が必要である。

また今回、甚大な被害を被ったのは、特に石や日干しレンガを使用し、目地にマッドモルタルを使用したノンエンジニアド住宅である。

これらの建設工法の耐震性を向上する工法として、1986 年の IAEE のノンエンジニアド建設ガイドラインで紹介され、2001 年のインドブジ地震や、2004 年のパキスタン北部地震で採用されている SEISMIC BAND を追加する耐震性向上の工法（図 3.26、図 3.27）は、今回の被害を受けた建物に適用できると考える。

この工法は、ネパールの NSET も以前から普及活動を行っており、今回の地震被害が甚大あった Charikot において政府関係宿舎で建設されており、無被害であったことから、耐震性を証明された。

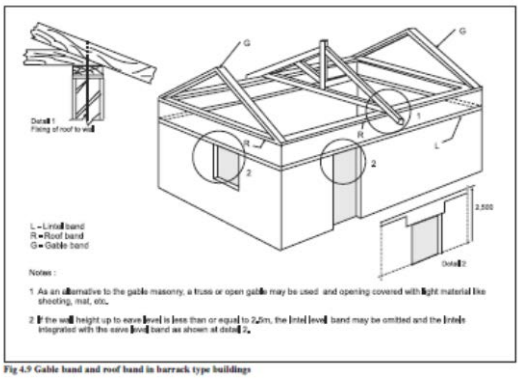

Fig 4.9 Gable band and roof band in barrack type buildings

図 3.26　SEISMIC BAND 工法/Guidelines for Earthquake Resistant Non-engineered Construction, 1986, IAEE

図 3.27　NSET によってプロモートされた建物。Charikot, Dolakha 郡

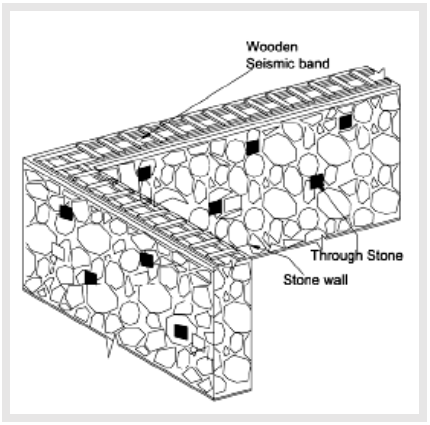

図 3.28　Wooden SEISMIC BAND/Guidelines for Earthquake Resistant Non-engineered Construction, 1986, IAEE

図 3.29　2001 年のインドブジ地震の復興住宅として採用された事例

また山間部の庶民住宅に関しては、これら建物の住民は、低所得者層が多く、自らの財力で耐震性を確保した再建は難しい。また山間部に点在する住居は、車両のアクセスが不可能な場所も多いため､セメントを使用しない耐震性向上の工法も提案されるべきである｡上記の SEISMIC BAND を、木材で作ることも可能である。(図 3.28、図 3.29) また人的被害軽減としては、組積体をメッシュ等で囲うセーフティーネットの補強も有効的であると考える。仮に建物が被害を受けても、脆性破壊を防ぎ、生存空間を確保し、人的被害を軽減する方法が必要である。

3.6 おわりに

ノンエンジニアドの庶民住宅の耐震性向上は喫緊の課題であることは明確であるが、現在の政府間支援事業では、住宅は個人財産に資するため再建事業の支援は難しい。学校、診療所等の公共建築物は、RC 造や補強組積造の耐震構造は必須であるが、このようなノンエンジニアドの庶民住宅は、元来、脆弱な建物あるため、これを一気に 100 点満点の耐震建物として普及できるとは考えられない。現地で実際に普及しうる住民が自ら施工できる簡易でローコストな耐震性向上工法の開発（どうにか合格点の 60 点を取れる工法）が必要である。

このためには住民自ら将来の地震備え、自らの家の耐震性を向上するための防災意識向上こそがスターティングポイントである。これまで防災科学技術研究所では、途上国のノンエンジニアド住宅の耐震性向上に向けて、実大振動台実験を実施してきており、地震時の建物挙動の記録、耐震補強あり、なしの比較実験での検証は、唯一無二の実験研究として、有益であることは世界から認めてもらっている。

今回の調査で通して、今後のネパールの震災からの復興に向けて、これまでの実大振動台実験同様のネパールの庶民住宅の実験研究が、現地で熱望されている。

4. リスク情報利活用　（伊勢　正）

災害リスク情報の利活用に関する研究成果の国際展開では、被援助国における通信状況、情報リテラシー、防災関係機関の活動能力など、実情を踏まえたパッケージ化が求められる。本調査では、パッケージ化における課題把握を行うための予備調査を実施した。

災害情報の利活用システムを社会実装するためには、現状における情報収集、伝達、共有の能力について、情報通信機器の整備状況、手作業を含む情報マネジメント能力、取り扱える情報コンテンツ等について、今回の震災時の現状を把握した上で、優先的に社会実装を試みるべき内容について絞り込みを行った。

4.1. ヒアリング概要

4.1.1. ヒアリングの目的

2015 年 4 月 25 日に発生した地震（ネパール地震）の発災直後における災害情報の共有について、その現状と改善のための課題について、ヒアリング調査を実施した。

4.1.2. ヒアリングの形式

下記 4.1.5 に示す基本事項についてヒアリングを実施する。ただし、想定質問に捉われることなく、広く災害情報共有に関する課題を聴取することに主眼を置き、発話者（ヒアリング対象）の自由な発言を優先する半構造化インタビューとした。したがって、発話者の話す内容が客観的事実と異なる場合であっても、話をさえぎることなく、発話者の主張する内容の把握に努めた。

4.1.3. ヒアリングの言語

ヒアリングを行う言語は、ネパール人に対しては、ネパール語で実施した。したがって、調査者（日本人）からアシスタント（ネパール人）を介して、ヒアリングを行うことを基本とした。ただし、発話者（ヒアリング対象）が日本人の場合は、アシスタントを介さずに直接日本語で調査した。

4.1.4. ヒアリングの記録

すべてのヒアリングをボースレコーダに記録した。

4.1.5. ヒアリングの基本質問事項

■基本事項の確認（所属団体、部署、役職、氏名、性別、年齢）
■発災時（4/25）はどこにいたか？
■事前の情報(ハザードマップなど)は整理されていましたか？認識していましたか？
■災害の基本状況（震度情報、被害情報）はどのように入手しましたか？
・個人的にどのように入手したか？
・組織的にどのように入手したか？
■専用の情報システムが有る場合、そのシステムの機器を見せてください。
■発災直後に得られた情報を、時間をおって教えてください。
・震度情報、建物被害の様子、ライフラインの様子、避難所の開設、支援物資など
■上記で得られた情報を、さらに伝達する仕組みなどはありますか？
・下部機関、組織内、住民への情報伝達の実情

～個人としての意見～
■災害情報を共有する上で、あなたの思う現状の課題を教えてください。
・機器に関する課題、運用に関する課題
■災害情報について、“これだけは伝わるようにするべき！”という情報は何ですか？
■学校教育等で、今回のような地震リスク、災害時の対応などはどのように教えられたか？
■その他、援助国である日本国にお願いしたいことは？

4.1.6. ヒアリング対象

ヒアリング対象は、
・ネパール政府等の行政機関
・電力、水道などのライフライン事業者
・災害ボランティ団体
・一般市民
・現地在住の日本人
等に対して幅広く実施した。具体の調査対象を以下の表 1 に示す。

表 1　ヒアリング対象

	実施	区分	所属	役職等
1	5/26	JICA	Jica-Nepal	防災担当
2	5/26	大学	Tribhuvan University Institute of Engineering	Center for Disaster Studies
3	5/26	研究機関	National Society for Earthquake Technology-Nepal	Deputy Executive Director
4	5/27	日本人	Maharjan International Pvt. Ltd. Sales, PR & Marketing	日本人会副会長
5	5/27	日本人	モンタディオコンサルティング	元日本人会会長
6	5/27	電力公社	Nepal Electricity Authority, Community and Rural Electrification Department	Chief
7	5/27	電力公社	Nepal Electricity Authority Kathmandu Regional Office	Director
8	5/27	電力公社	Nepal Electricity Authority Ratnapark Distribution Center	Chief
9	5/27	一般人	GEOCE Consultants Pvt. Ltd.	Quantity Survey Engineer
10	5/28	避難民	—	Tundekhel の避難所でテント生活
11	5/28	NPO	World Vission	Tundekhel 避難所で活動
12	5/28	国連	Nepal Risk Reduction Consortium	Communication Analyst
13	5/28	研究機関	Nepal Health Research Council (NHRC)	政府の研究機関
14	5/28	一般人	本調査のネパール人スタッフ	東京農業大学で博士号取得
15	5/28	日赤	日本赤十字社　事業部	国際部次長
16	5/29	一般人	雑貨店経営	Charikot, Dolakha 郡
17	5/29	私立病院	Sindhu Sadabahar Hospital	Khadichaur, Sindhupalchok 郡
18	5/30	JICA	JICA-Nepal, Nepal Electricity Authority	J-Power より電力公社へ派遣
19	5/30	研究者	関西学院大学社会学部	民族学研究のため滞在中
20	5/30	避難民	—	Sankhu, Kathmandu 郡の被災者
21	5/30	日本人	NPO 法人 Tibetan children's Project	NPO スタッフ
22	5/30	日本人	—	大使館関係者家族
23	5/31	市職員	Lalitpur Sub-Metropolitan City Office	Senior Engineer
24	5/31	市職員	Kathmandu Metropolitan City	Disaster Management Section
25	5/31	郡職員	Ministry of Home Affairs District Administration Office	Assistant Chief District Officer
26	5/31	JICA	Jica-Nepal	企画調査員（民主化支援・援助協調）
27	6/1	報道	Sagarmata Television Pvt. Ltd.	IT Officer
28	6/1	研究機関	Department of Water Induced Disaster Prevention	Sineor Divisional Hydro-geolost
29	6/1	僧侶	Boudhnath	
30	6/1	登山家	ヒマラヤ　トレッキングツアー専門店　サバナ	代表

4.2. ヒアリング結果の総括

4.2.1. 発災直後のインフラ事情

- 有線電話はほぼつかえた。ただし、人々が恐れて屋外に避難したため、相手につながらない状況が多発（ネパール全域）した。
- 携帯電話は輻輳したが、半日程度で回復（カトマンズ）した。
- 電力については数日で回復した（カトマンズ）が、遠隔地においては、例えばドラカ郡チョリコットでは２日前（５月２７日）に回復したという証言もある。

4.2.2. 被害情報の集約

- 基本的なコミュニケーション手段は電話が主流である。
- 国レベル（各国支援機関など）の情報集約は UN の CLUSTER が主流である。
- 中央政府や UN 等は活発な活動をしているが、長期にわたる政治不安から地方政府の機能には限界があり、被災者支援は行き渡っていない。
- 保険省を頂点とする病院ネットによる死者・傷病者の情報集約は、比較的機能したようだ。国立病院を“Hub-Hospital”として、地域の被害を集計、報告させている。
- カトマンズ市では、建築許可システム（EBPS）（インターネット）が稼働しており、情報リテラシーは一定レベルに達している。

4.2.3. その他

- 占い師による余震のうわさにより、ほとんどの市民が屋外で夜を過ごす　という状況が１か月以上続いている。これに起因する被害としては、盗難や健康被害が懸念される。
- 占い等の伝統的な作法に基づき一生を送るネパール人にとっては避けがたい問題であり、一つの社会特性として認識すべきである。

4.3. 提案（担当者私案）

上記 4.2.1 から 4.2.3 を受け、市レベルから郡、さらには中央政府の情報伝達を迅速かつ確実に実施するための、インターネットシステムの導入が効果的と考えられる。

ただし、現状においては、こうしたインターネットシステムは、建築許可システム（EBPS）しか稼働していないため、当初から複雑なシステムの導入をさけ、死傷者数、基本的な被害状況などを簡潔に伝えるシステムについて、書式の検討、統一を図りながら導入することが望ましいと考えられる。

4.4. 調査状況写真

JICA-Nepal での打合せ、ヒアリング（5/26）

NSET での打合せ、ヒアリング（5/26）

Tundekhel 避難所でテント生活を送る避難民（5/28）

Tundekhel 避難所の World Vission スタッフ（5/28）

病院ﾈｯﾄﾜｰｸを解説する Khem Bdr. Karki (Dr.)(5/28)

Charikot, Dolakha 郡の雑貨店で（5/29）

Sankhu, Kathmandu 郡の被災者（5/30）

有名な仏教寺院（ボーダナート）の僧侶（6/1）

５．UAV 地震被害マッピング：計画策定調査（井上　公）

5.1 調査の目的

2015 年 4 月 25 日のネパール地震（ゴルカ地震）M7.8 死者８千人以上の発災を受けて、当研究所で推進している小型 UAV の災害リスク評価・監視・対応への利用技術の開発成果を、本震災の復旧・復興および将来の自然災害への対応に活用する可能性およびその具体的方法を調査する。

5.2 各機関（NSET, KVDA, JICA）との協議記録

5 月上旬 NSET に UAV 調査を提案する。

5/10(日) NSET より、UAV が歴史的建物周辺等、一部地域で禁止となった旨連絡

5/14(木) 具体的計画として、今回の訪問時に NSET 周辺で予備調査・実験を行い、同時に本格調査の計画を協議する、という案を提案。

5/21(木) NSET より、5 月付でネパール航空局による UAV 運用指導要領が施行され、許可申請が必要となった旨の連絡。NSET 側カウンターパートは GIS 部門の Gopi Basayal 氏。

5/22(金) 指導要領に従って、UAV 飛行申請に必要な情報を NSET に送付。NSET が申請書類作成開始。

5/26(火) 調査出国日。NSET より、UAV の飛行に対する航空局の許可に加えて、情報通信省が空撮の禁止措置を取り、現在時点では政府機関以外の許可申請を受け付けていない（従って NGO である NSET は申請ができない）との情報。その後、16:30 からの当調査団との打合せの前に、NSET が各機関と協議し、都市開発省(Ministry of Urban Development)のカトマンズ盆地開発局(Kathmandu Valley Development Authority, KVDA, http://www.kvda.gov.np/)に対して UAV による被害マッピングを提案。KVDA がこれを了承･歓迎したため､KVDA による UAV 空撮による地震被害調査計画として、航空局および情報通信省に許可を申請することを提案｡16:30 からの NIED-NSET 協議でこの方針を確認した。

5/27(水) NSET の Gopi Basayal 氏が KVDA に対する、UAV 空撮による地震被害調査の提案書を作成｡井上は具体的な調査計画の策定を開始｡午後２名で KVDA の Yogeshwar Crishna Parajuli 長官(Development Comissioner)に持参し説明・提出。長官は、NIED はネパール政府内で知られていない組織のため、省内の手続きを進めるために、信頼のある JICA のサポートレターを要請。井上は JICA 事務所に打診。

5/28(木) KVDA の対応を待つ一方、UAV によるカトマンズ盆地被害マッピング計画を再検討。

5/29(金) 北部山間地被害調査日。KVDA の対応待ち。

5/30(土) Sankhu 被災地調査。政府機関休日

5/31(日) KVDA 宛て提案書作成、送付。北部 Nuwakot, Rasuwa 調査

6/1(月)　JICA による KVDA 宛てレター依頼、承認、レター発出。
NSET にて協議､KVDA 宛て提案書再作成､JICA レターとともに KVDA に持参し､Parajuli 長官に提出。UAV 調査のプレゼン説明および今後の計画に関して打合せ。

6/2(火)　大使館報告。
KVDA は都市計画省内部の計画承認手続き、並びに航空局・情報通信省への許可申請手続きを開始。

5.3 UAV の災害対応への利活用の現状

小型 UAV は最近急速に一般化し、災害時の緊急対応にも使われ始めている。2013 年 11 月にフィリピンを襲ったハイエン台風（現地名ヨランダ台風）では複数の災害支援 UAV ユーザーグループが被災直後に UAV を飛ばして被災地を上空から撮影した。ただしグループ同士の連携は殆どなく、情報の共有はなされなかった。今回のネパール地震でも、災害発生後、メディアをはじめとして、多くの UAV が活用された。救援・復旧支援活動にもいろいろな民間支援団体が UAV を活用している。Humanitarian UAV Network（http://uaviators.org/）のようなボランティア組織が、UAV の活用技術をもついくつかの災害支援グループ間の調整を行っているが、ネパール政府や国連のような公的機関は調整をしていない。このようなグループは、基本的には災害直後の救援・復旧の支援を目的としており、また組織の数が限られ、使用機材の多くはマルチコプターで、航続距離があまりないため、マッピングされたのは被害の大きかった特定の地域のみに限定されている。　既に地震発生後１か月半が経過し、緊急支援のためのアドホックなマッピングの必要性はすでに無くなっている。

図 5.1 UAV による被害マッピングの例(Sankhu 市)

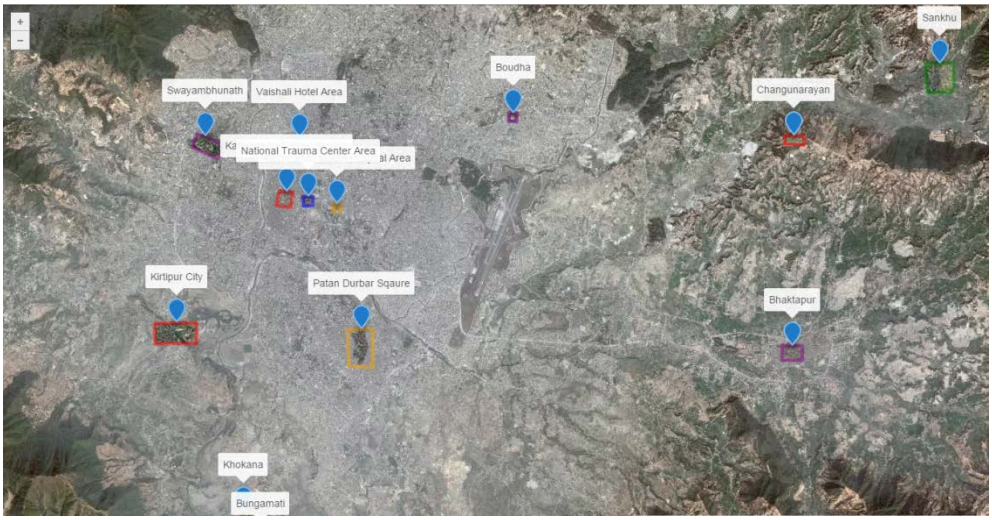

図 5.2 ボランティア UAV グループによるマッピング

（例：SkyCatch によるまとめ）

5.4 カトマンズ盆地 UAV 被害マッピング計画

我々はその次のステージとして、今回の地震による個々の建物の地震被害認定と被害統計、今回の地震からの復旧計画の策定、将来のワーストケースシナリオの地震に対する都市の脆弱性・リスク評価と、それに基づく都市復興計画の策定のために、都市開発を所掌する国および地方の政府機関を支援して、より広範囲の系統的な UAV マッピングの技術支援を行う。

5.4.1 目的

カトマンズ盆地開発局、ならびに地方自治体による以下の業務のための空撮写真および３次元写真測量データの提供、もしくは今後ネパール政府が我が国もしくは外国の支援の下に実施する可能性のある、本格的な写真測量データの補填。

i) ネパール政府機関の事業の支援

- ✧ 今回の地震の対応
  - ✧ 被害の評価
  - ✧ 被害の統計
- ✧ 復興および対策(Building Back Better)
  - ✧ 脆弱性評価
  - ✧ 土地利用計画
  - ✧ 建築基準作成
  - ✧ 緊急災害対応技術

ii) 防災科研・NSET・他共同研究期間による研究開発

- ✧ 衛星画像による被害推定能力の検証
- ✧ 建物被害の分析（地域性・統計データの検証）
- ✧ UAV 運用システム・データ処理・利用システムの改良
- ✧ その他

5.4.2 実施体制およびデータ使用権（案）

調査の主体はカトマンズ盆地開発局とする。NIED は KVDA に対して、直接および NSET を通して間接に、UAV 空撮および写真測量処理の技術支援を行う。NSET は GIS システムを用いてデータ処理結果を KVDA, NSET, NIED の利用に供する。データの所有権はカトマンズ盆地開発局(KVDA)が有し、地震被害評価をはじめとする KVDA の業務のためにデータを利用する。NIED および NSET は研究目的のデータ利用の優先権を有する。KVDA のポリシーによって、一般公開を含む第三者へのデータ提供を行う。

5.4.3 調査手法

都市部を安全に広範囲に飛行できる発泡スチロール製小型 UAV を用いて、150m 程度の低高度から地上を連続的に撮影し、得られた多数の写真を、３次元写真測量ソフトで処理し、オルソ写真および３次元モデルを作成する。被害判定等の目的で、斜め写真を含む、位置情報付きのオリジナル画像を合わせてアーカイブし、提供する。

図 5.3a 発泡固定翼機と回収網

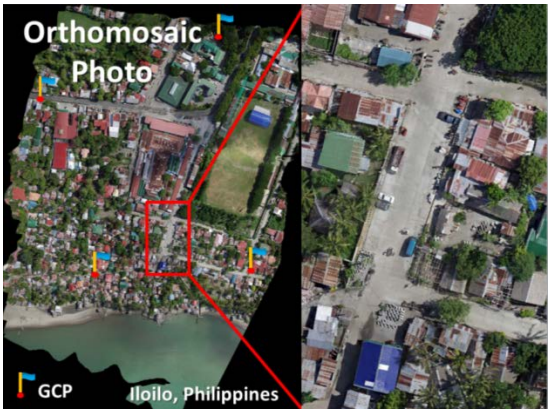

図 5.3b オルソ写真の例

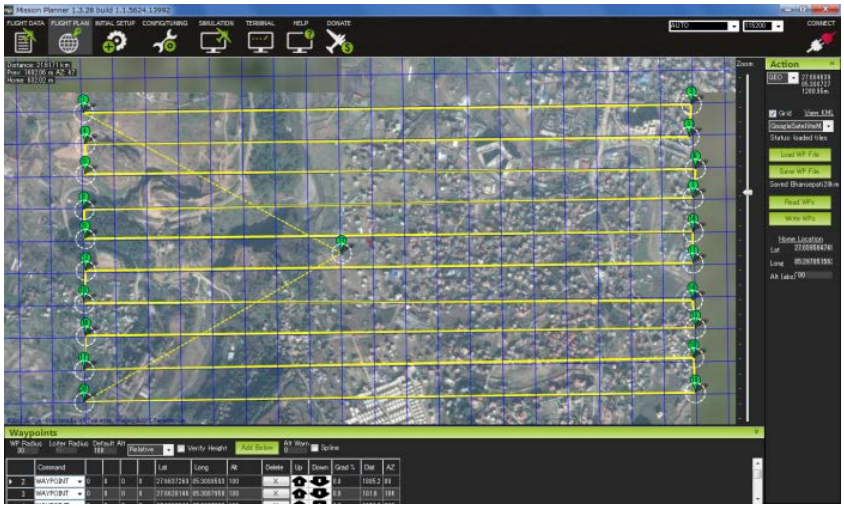

図 5.3c フライトミッションの例（1km x 2km = 2km^{2}のエリア、高度 150 航跡間隔 100m, 飛行距離 22km、飛行時間 22 分）

5.4.4 調査計画（案）

マッピングの対象は、カトマンズ盆地中央部のおよそ 10km x 10km（100km²）の領域とする。ただし地形が急峻で居住者が僅かな地域、および空港周辺で航空局から飛行許可の得られない地域を除く。

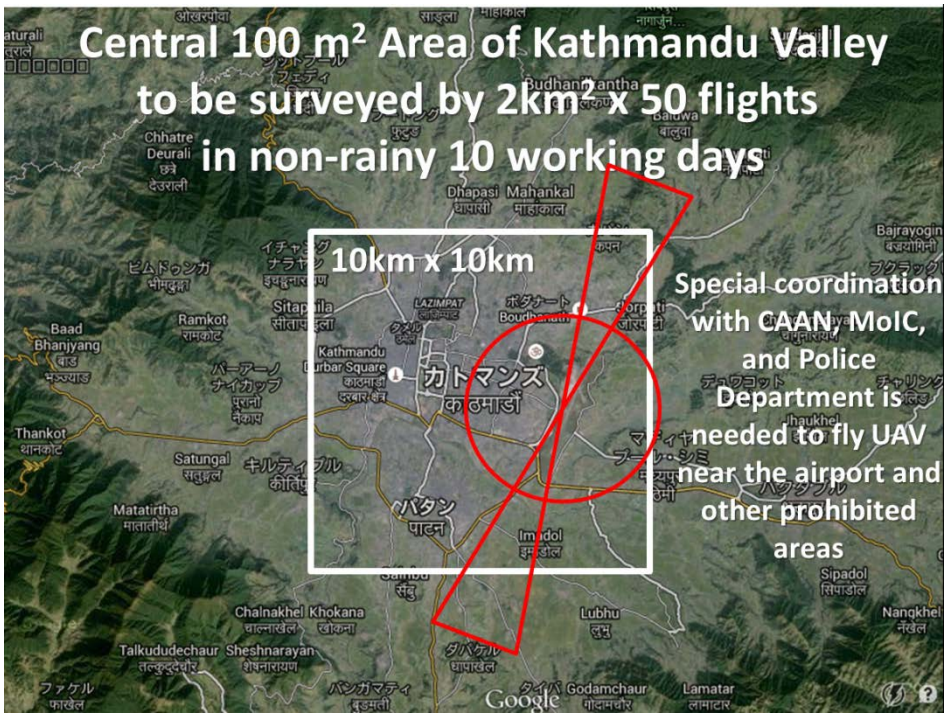

図 5.4 カトマンズ盆地中央部の調査エリア（案）

UAV の離着陸場所と飛行ルートは事前に計画しておくと仮定し、１フライトに要する時間は移動と準備を含めて１時間、１日あたり５フライト（10km²）、正味 10 日間（2 週間）で 100km² の調査領域を撮影する。実際にはモンスーンによる雨天・強風、トラブル発生時の対処等で効率は 1/3 に落ちることを想定する。撮影が終了した地域から順番に、データ処理を行う。昼夜を通して計算機を稼働させる。調査地選定、許可取得、処理結果の中間チェックなどの、人の判断を要する、撮影以外の作業は、天候の悪い日に行う。

［スケジュール案］

6月2日～ KVDAの計画承認・飛行許可申請

［許可承認後、以下の調査を実施予定］

- Lalitpur市Bhainsepati(NSET所在地)における予備調査及びKVDA～数日程度
- NSETスタッフのトレーニング開始 ～１週間程度
- 本格調査（地域選定・交渉、空撮飛行、データ処理、訓練）
- オルソ写真完成（各地域の撮影から１か月後を目処）

5.5 その他の活動案（主として 10 月以降、ポストモンスーン季）

1) 建物・都市リスク（脆弱性）評価への活用支援
2) 調査地域の拡大：　特定地域の詳細調査（Sanku, Khokana, Bungmati 他）
　丘陵地域（カトマンズ盆地内）
　山岳地域（Nuwakot, Rasuwa, Langtang, Sindhupalchok,）
3) 調査作業の定型化とトレーニングプログラム
4) ネパール側政府機関による UAV の災害リスク評価・監視・対応への活用への助言

６．総括

被害が集中していたのは山間部であった要因として、地すべりによる被害は局所的で、多くの犠牲者は石造りの家の倒壊による。重い石の倒壊は多くの人命を奪った。よって、石造りの家のローコストな対策が望まれる。建物の損傷形態は大きく 2 つに別類される。都市部においては、川沿いの特に川の分岐点の軟弱地盤領域では、RC 建物が傾いていた。郊外の丘に位置する旧市街の組積造（レンガ）＋セメント／マッド・モルタルの住宅は、地震動加速度と思われる損傷であった。旧王宮の歴史的建物は、対策を施したものと未対策では大きな差異がみられた。観光が重要な産業であるネパールにとって、歴史的建物のリノベー ションは重要である。

リスク情報利活用のためのヒアリングの結果は、発災直後のインフラ事情としては、有線電話はほぼつかえた。携帯電話は輻輳したが、半日程度で回復した。被害情報の集約として、基本的なコミュニケーション手段は電話が主流で、国レベル（各国支援機関など）の情報集約は UN が主流である。病院ネットによる死者・傷病者の情報集約は、比較的機能した。占い師による余震のうわさにより、ほとんどの市民が屋外で夜を過ごす状況が 1 か月以上続いている。これに起因する被害としては、盗難や健康被害が懸念される。中央政府の情報伝達を迅速かつ確実に実施するための、インターネットシステムの導入が効果的と考えられる。死傷者数、基本的な被害状況などを簡潔に伝えるシステムについて、書式の検討、統一を図りながら導入することが望ましいと考えられる。

小型 UAV 空撮を用いた、地震による建物被害の系統的なマッピング技術を NSET に紹介し、現地政府機関であるカトマンズ盆地開発局による調査の実施を支援する形の具体的な計画案を策定することができた。この計画では広範囲を安全に効率よく撮影できる発泡スチロール製の固定翼機を用いる。今後ネパールはモンスーン季に入るが、飛行許可が得られれば一か月半程度の期間でカトマンズ盆地中央の主要な地域の調査ができる。現地スタッフへの技術移転を行って効率化を図り、より詳細なデータ、丘陵地・山岳地も含めた広範な調査を目指す。

今後は、建物被害調査チーム、災害リスク情報調査チームともに、必要に応じて第二次、第三次の調査を行う。将来防災科学技術研究所として、各種自然災害に対して脆弱な、代表的な開発途上国として、災害軽減に関わるネパール国との間の国際共同研究を推進していく可能性を検討している。