

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）
研究領域「開発途上国のニーズを踏まえた防災に関する研究」
研究課題名「ネパールヒマラヤ巨大地震とその災害軽減の総合研究」

採択年度：平成27年度（2015年度）/研究期間：5年/

相手国名：ネパール連邦民主共和国

終 了 報 告 書

国際共同研究期間^{*1}

2016年 7月20日から2021年 7月19日まで

JST 側研究期間^{*2}

2015年 6月 1日から2021年 6月30日まで
(正式契約移行日 2016年4月1日)

*1 R/D に基づいた協力期間（JICA ナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JST との正式契約に定めた該年度末

研究代表者： 瀨瀬一起
東京大学地震研究所・名誉教授

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール(実績)

研究題目・活動	2015年度 (9ヶ月)	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度 (3ヶ月)
【①ポテンシャル評価】 1-1 地殻変動観測と地震・地殻変動の評価 1-2 地質学・変動地形学調査による断層活動度の評価 1-3 地震ポテンシャルの評価と震源モデルの構築	暫定研究期間					関係性の評価 断層活動度の評価 震源モデル	
【②地震動予測】 2-1 強震観測と速度構造モデルの検証・高度化 2-2 シナリオ地震の検討と地震動予測	暫定研究期間				高度化された速度構造モデル シナリオ地震の地震動予測		
【③ハザード評価】 3-1 速度構造モデル・地盤構造モデルの構築 3-2 地震動予測の高度化とハザード評価 3-3 地震災害リスクの再評価	暫定研究期間		速度構造モデル・地盤構造モデル			ハザード評価 ハイリスクエリアの再評価	
【④地震観測システム】 4-1 地震観測ネットワークの強化 4-2 地震データ処理の強化	暫定研究期間		強化された地震観測ネットワーク			強化された地震データ処理	
【⑤教育と政策】 5-1 地震学の高等教育基盤の構築 5-2 地震学および地震工学の専門家研修 5-3 地震災害軽減のための政策提案	暫定研究期間					カリキュラム 研修済み専門家 地震災害軽減のための政策	博士号取得者

(2) 中間評価での指摘事項への対応

「現段階では高度な地震ハザード情報を基にした建物の耐震化や土地利用計画といった被害軽減政策への貢献に向けた道筋が不透明であるなど懸念される点がある」との指摘を受けて研究課題 5-3 を強化するとともに、被害軽減政策担当者とのワークショップ開催という最終目標を設け、2019年にネパールで対面で、2021年にオンラインで実施した。

(3) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

新型コロナウイルス感染症の影響に伴い、2021年3月までだった研究期間を、2021年6月まで3か月間延長した。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト（公開）

(1) プロジェクト全体

プロジェクト開始から平成 30 年度にかけて、相手国ネパールの主要なカウンターパートである鉱山地質局（DMG）や協力機関であるトリブバン大学や都市開発建築局（DUDBC）などと共同して、各種の観測点の設置や、各種の調査・探査を行うなどの活動を進めて順調な達成状況であり、やや進んだ達成状況の研究活動（2-1, 3-1, 4-1 など）もあった。それらを踏まえて研究を進めたので令和元年度もプロジェクトは順調に推移したが、年度末に発生した新型コロナウイルス感染症の影響により、プロジェクト全体が当初の予定通りとなった。令和 2 年度も引き続き新型コロナウイルス感染症の影響があったため 3 ヶ月間の研究期間の延長を申請したところ認められたので、この延長期間において未達成の研究を行い、達成を完了した。

<プロジェクト成果のハイライト>

- インドプレートとユーラシアプレートの境界面は主前縁断層帯から深さ 10 km 程度まで強く固着しており、横方向の変化はほとんどないことを GNSS 観測から見出した。
- 主前縁断層帯で行ったトレンチ調査において、1255 年と 1344 年の歴史地震の痕跡を見出した。
- 上記 2 点から、1255 年と 1344 年の歴史地震の震源域のうち、2015 年ゴルカ地震・1934 年ビハール地震の震源域に含まれない部分が、カトマンズ盆地のシナリオ地震（将来の被害地震）の震源域と特定できた。
- 強震観測・重力探査・反射法探査・微動探査の結果からカトマンズ盆地の 3 次元地下構造モデルが構築され、そのモデルから地盤増幅率マップ（揺れやすさマップ）を作ることができた。
- シナリオ地震の特性化震源モデルと 3 次元地下構造モデルを用いてハイブリッド合成の地震動予測を行い、地震の揺れや地盤の液状化に関するハザードマップを作成した。
- 日常の地震活動を監視するための地震観測網とそのデータの自動化処理システムを構築するとともに、カウンターパートの追加の要望に応じて既存の観測網と統合処理するためのインターフェースを提供し、試験的な統合処理を行った。
- Ferro Cementによる耐震補強技術やピロティ化建物の耐震性能評価法を提案するとともに、ワークショップや意見交換会を繰り返して、これら提案や揺れやすさマップ、地震動と液状化のハザードマップを公知し、次期の耐震規定改定に備えた技術解説として出版することを建築行政の当局と合意した。

(2) 研究題目 1 : ポテンシャル評価 (リーダー : 田部井隆雄, 副リーダー : 奥村晃史)

① 研究題目 1 の当初の計画 (全体計画) に対する成果目標の達成状況とインパクト

1-1 地殻変動観測と地震・地殻変動の評価

研究活動 1-1 に関し, まず, 主前縁断層帯沿いの中央ヒマラヤ地震空白域に連続 GNSS 観測点 10 点を建設し, 精密地殻変動観測網を整備した. 国内に既設の GNSS 観測点との重複を避け, 空間分解能を最大限高めるよう, 観測点配置を事前に DMG と協議した. 観測点標高は 7 m から 2500 m まで多岐に渡り, 周辺環境 (地盤, 衛星視通, 電源, 安全性など) も場所ごとに大きく異なるため, 現地視察を十分行い, 各点に適切な基台タイプを選択した. 平成 28 年 11 月に 4 点, 29 年 11 月に 3 点, 30 年 1 月に 3 点を設置し, 予定した 10 点の設置を完了した (図 1). 地上高 1.5 m のコンクリートピラーを建設する地上設置型が 7 点, 建物屋上に 40 cm 高の金属ピラーを固定する屋上設置型が 3 点である. 設置に要する日数は前者の場合は約 3 日, 後者の場合は 1 日以内であった.

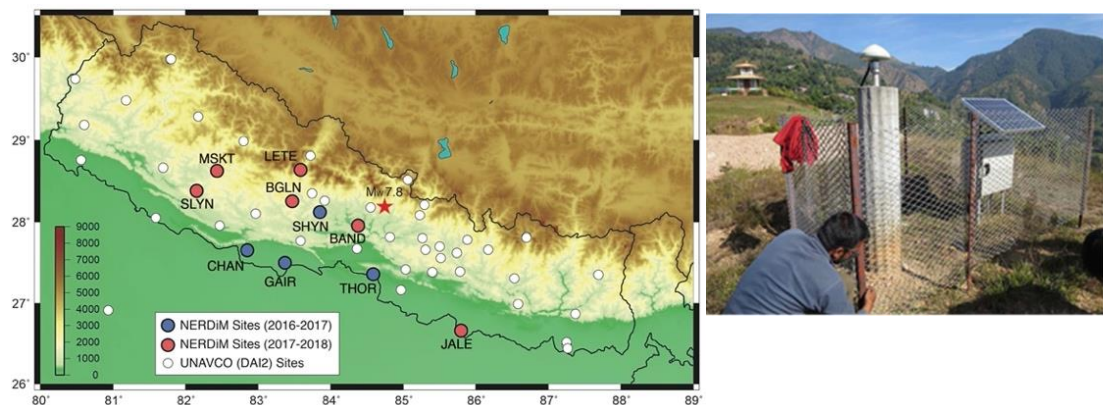


図 1. GNSS 観測点配置 (左, 設置年度ごとに色別で示す. 白丸は既設観測点を示す) と Shyanja (SHYN) 観測点のデザインおよび保守の様子 (右).

当初は観測データを受信機内メモリに収録していたが, DMG 内にデータ収録サーバが整備された平成 30 年以降は, GNSS 受信機内の通信モジュールに SIM カードを装着し, 国内携帯電話通信網を用いて毎日定時のデータ送信を開始した. しかし, 短期間に不通となる観測点が続出し, 原因は地方の通信環境の悪さと GNSS 受信機内ファームウェアの不整合によるものと判断された. 観測システムを初期化すると問題が解消されることから, システム状態を常時監視し, 定期的にシステム再起動を行う死活監視タイマーを開発し, 令和元年 11 月に全観測点に導入した. これにより, データ送信が止まった場合でも, 次の再起動時に未送信データをまとめて送ることが可能になり, 全観測点から欠測のないデータが届くようになった. 再起動間隔は 30 日である. 合わせて, 令和元年度に DMG 内に GNSS 解析サーバを立ち上げた. 主解析エンジンである Bernese GNSS Software ver.5.2 の恒久ライセンスを DMG が取得した. その後, 新型コロナウイルス感染拡大のため日本からの渡航が不可能となり, 解析サーバのパラメータ調整は日本からのリモート操作により行った. システム全体の概要を図 2 に示す.

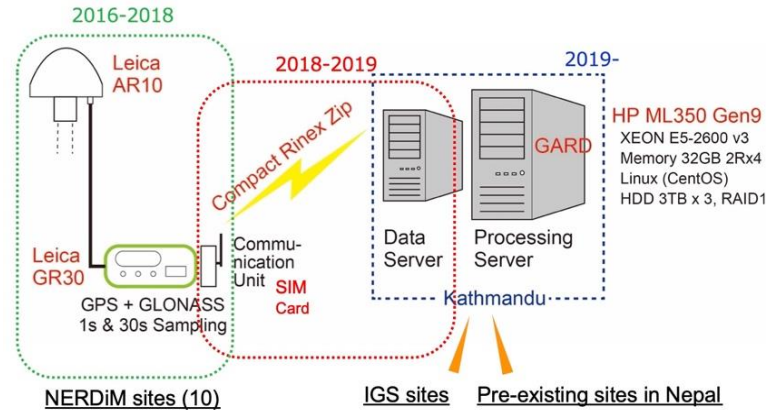


図2. GNSS 観測システム図. 整備年度ごとに異なる色枠で示してある。

2019 年（令和元年）7 月中旬にネパール中部・南部を襲った集中豪雨により、観測網最南東の Jaleshwar 観測点が水没・破損した。JICA により予備機材一式の調達が認められ、令和 2 年 2 月に DMG に納入された。感染拡大が一旦落ち着いた令和 3 年 3 月に、DMG 職員 2 名が 3 日間をかけて観測点を再建した。GNSS アンテナを含めた機材一式を従来より 1 m 以上嵩上げした。設計、資材調達、作業の全てを DMG 側が独力で行った。

GNSS 観測網および解析システムの整備と並行して、UNAVCO Data Archive Interface を通じて取得可能なネパール国内の GNSS 連続観測データをすべて収集した。1995 年以降、約 50 点の連続観測点が存在しているが、長期にわたって安定してデータを供給しているのは約半数である。また、2015 年 Gorkha 地震直後は震源域を中心に観測点が多数設置されたが、すでに観測が終了している観測点も多い。本プロジェクトで得た観測データも含め、全てのデータを GIPSY/OASIS II ソフトウェアの PPP (Precise Point Positioning) 手法により解析し、座標解を算出した。さらに、座標時系列より観測点変位速度とひずみ速度を算出した（図 3）。本研究で設営した観測網により、とくにインド国境に近いプレート境界周辺地域の空間分解能が向上していることが見てとれる。

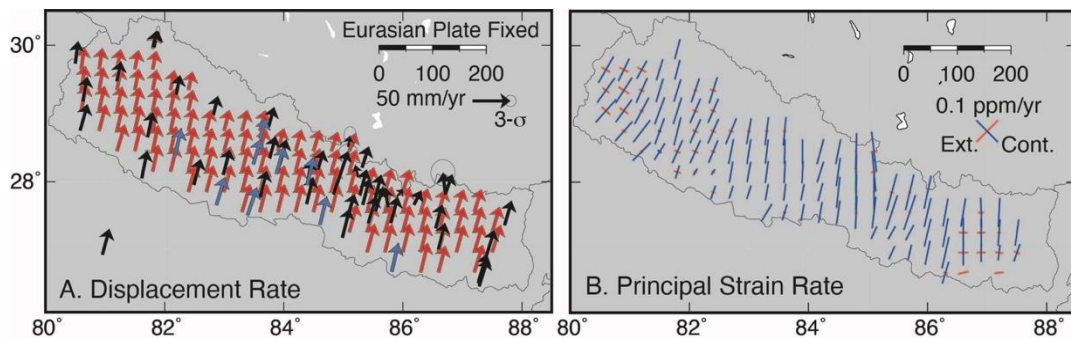


図3. (左) ユーラシアプレートに対する水平変位速度。青矢印は本研究で設営した観測点によるもの、黒矢印は既存の観測点によるもの、赤矢印は空間補間したものを示す (右) 水平面内の主ひずみ速度。赤は伸びを、青は縮みを表す。

GNSS 観測から得た定常的な水平変位速度を用いて、インドーユーラシアプレート境界におけるカップリング(固着)分布を推定した。ユーラシア内陸部においては生の観測データが公開されておらず、先行研究に示されている結果を流用した。まず、剛体プレートとしての扱いが可能なインドプレートを基準とし、本プロジェクトで求めた変位速度場と先行研究結果を統合した。

次に、TDEFNODE (McCaffrey, 2009)を用いて、プレート間カップリングと上盤側プロ

ックの相対運動を推定した。プレート境界モデルとして、Hubbard et al. (2016)が提唱した構造モデルを採用した。推定結果を図4に示す。プレート境界面は地表から深さ 10 km 程度まで強く固着しており、横方向の変化はほとんどない。一方、境界面が急増する深さ 10-20 km の中間領域では、固着が弱いパッチが複数存在する。前者の結果は先行研究と整合するものの、後者は対照的に異なる。先行研究のいずれもが、傾斜がほぼ一様で平坦な境界モデルを採用しており、断層面形状がカップリング状態を決定する大きな要因であることを示している。東経 84 度以西に広がる中央ヒマラヤ地震空白域で強いカップリングを示していることから、定常的なひずみ蓄積が現在も進行中で、この地域は大きな地震ポテンシャルを有していることが示唆される。

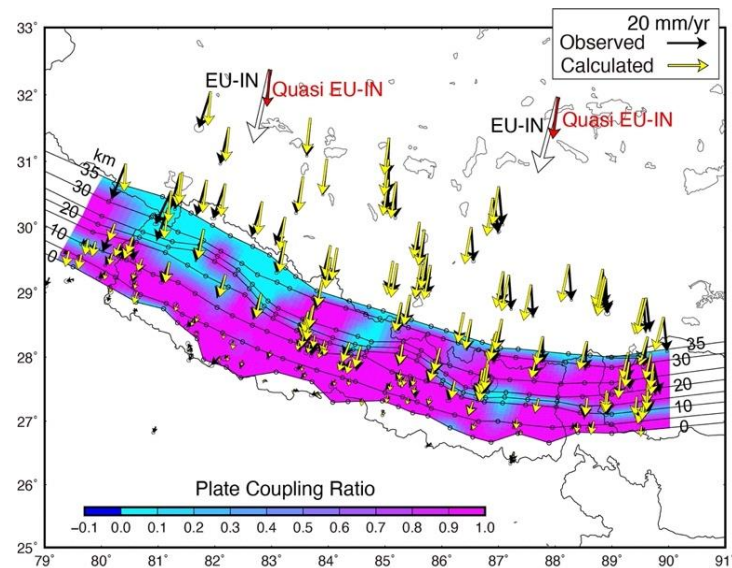


図4. インドユーラシアプレート境界におけるプレート間固着。地表から深さ 35 km までのプレート境界面 (Hubbard et al., 2016) における固着度を TDEFNODE (McCaffrey, 2009) を用いて推定した。暖色系ほど強い固着を表す。ベクトルはインドプレートに対する水平速度 (黒：観測値, 黄：計算値)を示す。使用した速度データの一部は Ader et al. (2012) および Wang and Shen (2020)による。

1-2 地質学・変動地形学調査による断層活動度の評価

a. カトマンズ盆地西部チャンドラギリ断層の調査

活断層の地形地質調査には宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の陸域観測技術衛星「だいち (ALOS)」の 3D 立体視に特化した光学センサーで取得した衛星画像から、リモート・センシング技術センター (RESTEC) と NTT データが共同で開発した技術により作成した地形データ, AW3D を活用した。チャンドラギリ断層周辺については AW3D をさらに加工した 1 m および 2 m 解像度地形データ (DEM) を購入し、地形の解析と詳細地形地質調査を行って断層の活動性を評価した (図5)。チャンドラギリ断層によって約 10 m の北西側低下の変位を受けている段丘面の放射性炭素年代, 約 40000 年前から, 0.25 mm/yr の鉛直平均変位速度を推定することができた。これは日本の活断層活動度区分では B 級にあたる。仮に 1 回の地震で 2 m の鉛直変位が起きるとすると、地震の再来間隔は 8000 年となる。地形調査から確定した断層長 13 km から経験式によって推定される地震規模は M 6.7 であるが、カトマンズ市街地に近接する断層であるために強い地震動が予想される。1 回の地震による変位量や最新活動時期に関するデータの収集にはトレンチ掘削調査が必要であったが、調査適地の掘削の許可を得られなかったため実現できなかった。

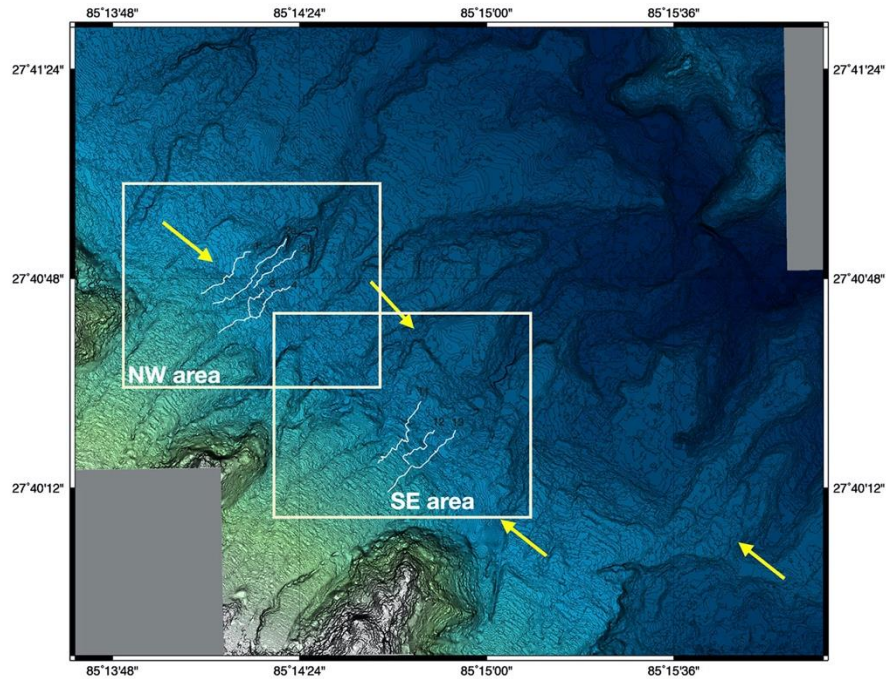


図 5. チャンドラギリ断層の 1m 解像度 DEM による詳細地形図. 黄矢印の間に断層. 白線は地形計測測線.

b. ブトワル周辺における主前縁断層帯の調査

5 m 解像度の AW3D 地形データを解析して、ブトワル周辺地域と西ネパールの断層変位地形の精密な分析を行った。そして、ブトワル周辺の断層を詳細に地形・地質調査して、ブトワル西方のソラウリ地区とブトワル東方のススト地区にトレンチ掘削調査の適地を見出した。また、DMG と広島大学が保有する空中写真等の資料を利用してカトマンズ南方、ヘタウダ、バグマティ、バルディバス地域の断層変位地形の予察調査を行った上で、平成 31 年 3 月と令和 1 年 11 月に 2 回の現地詳細地形地質調査を行った。その結果、当該地域の主前縁断層帯の正確なトレースを特定することができ、複数のトレンチ掘削調査適地を見出すことができた (図 6)。

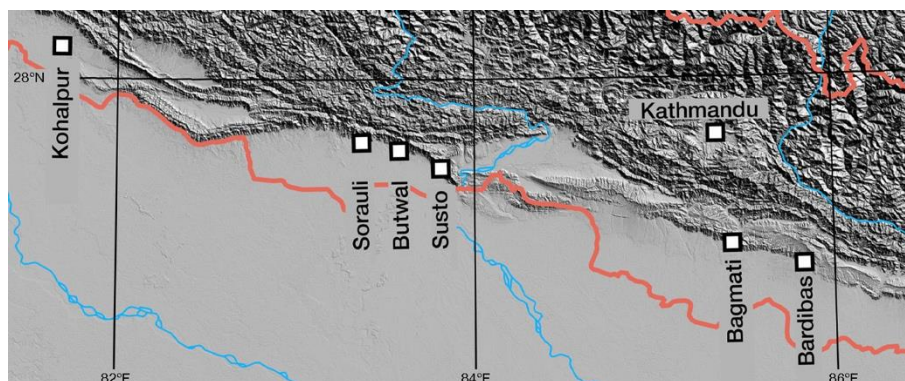


図 6. 詳細地形・地質調査地点, トレンチ発掘調査地点位置図.

ブトワル西方のソラウリ地区で平成 30 年 3 月にトレンチ掘削調査を行った (図 7)。トレンチ壁面には最新の地震によって南に傾斜した地層が現れ、傾斜した地層を覆って水平に堆積する地震後の地層に覆われている状況を観察することができた (図 8)。放射

性炭素年代測定を行い、地震による変形が起こる前後の地層の年代を決定して、地震の発生時期を推定した結果、この地震が起きた時期は紀元 14 世紀で、歴史記録や液状化の記録から推定されている紀元 1344 年の地震に対応する可能性が高いとみられる。このトレンチでは断層が露出しなかったため、令和元年 11 月にソラウリトレンチの約 400m 西で再度トレンチ掘削調査を行った。しかし、断層はここでも出現せず、液状化の痕跡を確認するにとどまった。

また、ブトワル東方のススト地区で平成 30 年 11 月にトレンチ掘削調査を行った。用地の制限と地下水の湧出のため、断層を覆う地層が南方へ約 13° 傾斜する変形を確認できたが、断層を露出させることはできなかった。ソラウリ地点と同様に、地震による地殻変動で傾斜した地層と、その地層を覆って水平に堆積する地震後の地層の放射性炭素同位体年代から地震発生年代の推定を行った。その結果、当該地域では従来報告されていなかった、紀元 17 世紀の地震の発生を推定することができた。従来の古地震調査や歴史記録からこの時期の地震発生は知られていない。小規模な地震による局地的な地殻変動の可能性がある。



図 7. ブトワル西方ソラウリ地区トレンチ調査地点。ヒマラヤ前縁断層（赤破線）は樹林に覆われた丘陵の南端と低地の境界から地下を低地側に前進して、トレンチ南側の道路付近で浅い地下に達している。



図 8. ブトワル西方ソラウリ地区平成30年トレンチ。幅10 m、長さ25 m、深さ5 m トレンチには、正面の壁面に最新の地震によって南に傾斜した地層が現れ、アバットする地震後の地層に覆われていた。この地層の傾斜は1344年に発生したとみられる。

c. バグマティ川周辺における主前縁断層帯の調査

カトマンズ南方の主前縁断層帯では、2015 年ゴルカ地震で活動しなかったプレート境界の浅部が、近い将来に活動して規模の大きな地震を発生させることが懸念されている。ここで上述の詳細地形地質調査を行って断層トレースを確認し、バグマティ川西方 Gopalkoti-Dandatol 地区（図 9）と東方 Dumachaur Khola 地区の 2 地点で令和 2 年 2 月にトレンチ発掘調査を行った。2 地点ともに、細粒な洪水堆積物を切る明瞭な逆断層による過去 2～3 回の断層運動の痕跡が現れた（図 10）。従来の主前縁断層帯での古地震調査では、1 地点の例外を除いて過去最新の 1 回の地震だけが見出されており、地震の再来間隔は不明であった。2 地点からともに複数の地震イベントを見出せたことは画期的な成果といえる。また、二つのトレンチには細粒な堆積物だけが露出し、多数の炭化木片を収集して年代測定に供することができた。令和 2 年度と 3 年度に 68 点の放射性炭素同位体年代測定を行って、両地点で複数の地震イベントの年代を特定することができた。最新のイベントは、バグマティ川西方トレンチで紀元 11～13 世紀、東方トレンチで紀元 12～13 世紀と推定され、1934 年ビハール地震の際には活動しなかったことが確認できた。



図 9．Gopalkoti-Dandatol 地区トレンチの外観。画面右手の家が立つ細長い丘の手前を道路と平行にのびる斜面が断層崖。



図 10．Dumachaur Khola 地区のトレンチの断面。砂・シルトを主体とし粗粒な礫を含まない最近数千年の堆積物が、赤と黄のドットで示した 2 条の逆断層で大きく変位している。

1-3 地震ポテンシャルの評価と震源モデルの構築

主前縁断層帯に関する 1-2 の研究活動の成果を, Wesnousky et al. (2019) と Malik et al. (2017) の結果と合わせて図 1 1 に示す. それらを, Bilham (2019) などが示した歴史上の大地震及び最近の大地震の震源域の分布に組み入れると, 図 1 2 の中の黄色領域のようになる. これら大地震は, 主前縁断層帯から延びるインドプレートとユーラシアプレートの境界で起きている. 1-1 の研究活動の成果から, このプレート境界面は主前縁断層帯に沿って強く固着しており, 横方向の変化はほとんどない. 以上を考え合わせれば, もっとも地震ポテンシャルの高いのは過去の大地震の発生年がもっとも古い, 1255 年と 1344 年の地震の震源域で, しかも他のより新しい地震の震源域と重ならない部分ということになる. そうした部分が連続的に存在して, 将来の地震の規模が大きくなると考えられるのは図 1 2 の赤色領域である.

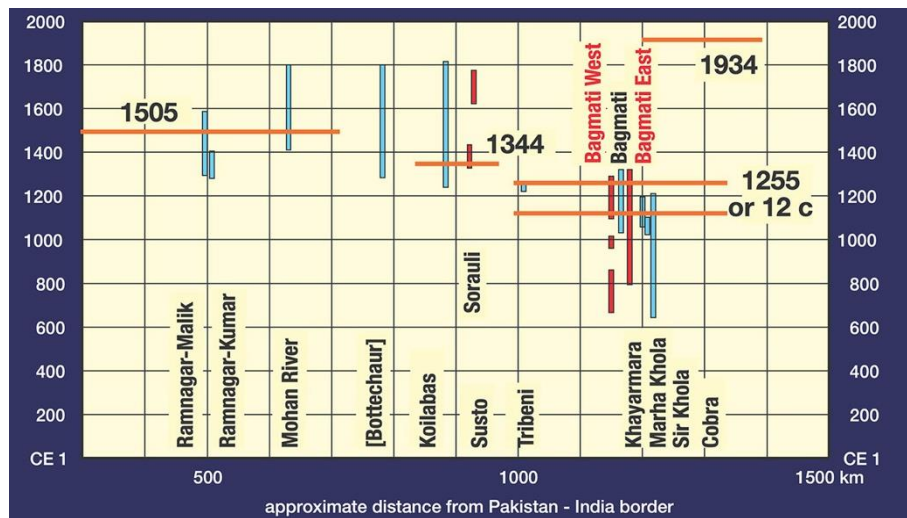


図 1 1. インド北部からネパール中部にかけて主前縁断層帯の最近 2000 年間の活動史. 縦長のバーが, それぞれの調査地点で認定された地震イベントの発生時期を示す. 赤色は本研究, 水色は Wesnousky et al. (2019) と Malik et al. (2017) による.

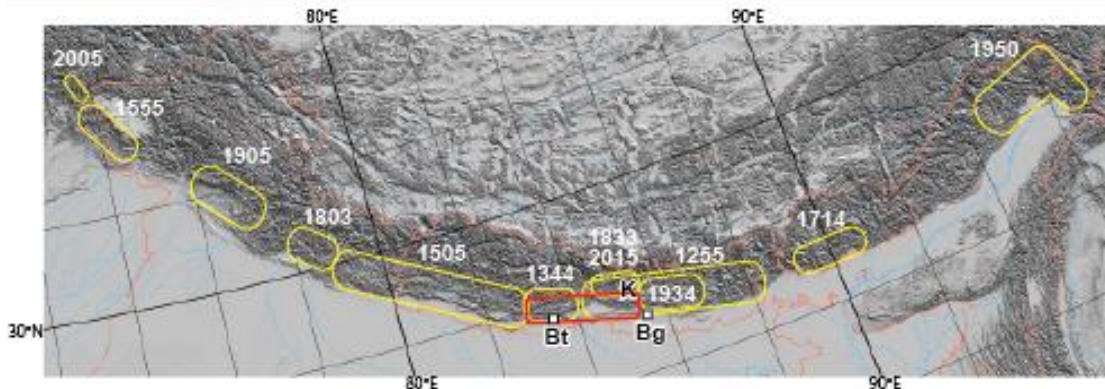


図 1 2. 主前縁断層帯に沿った大地震の震源域 (黄色). その分布と地震発生年から想定されたシナリオ地震の震源域 (赤色).

② 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

地殻変動の観測に関しては, カトマンズを離れての GNSS 観測点 10 点の設営と保守の作業が延べ 60 日を超えた. これらの共同作業と, 毎回それらに前後した DMG 内での議

論を通じ、ネパール側研究者への技術移転を行った。また、地殻変動の解析に関しては、DMG 内に GNSS 解析サーバを共同で構築し、そのパラメータ調整を共同で行うことにより技術移転を行った。

活断層の地形・地質調査とトレンチ発掘調査に関しては、それら調査を共同で行うことにより、(1) 放射性炭素年代測定を試料採取と測定戦略、(2) Real Time Kinematic GNSS 装置を用いた高精度地形計測システム、(3) Structure from Motion (SfM) 技術を用いた写真解析に基づく高精度露頭記載と地形計測の技術移転をすすめた。(4) 高精度地形データの利用と断層地形の分析についても技術移転をすすめた。また、ネパール側地質研究者 1 名が JICA 経費により令和元年度 6 月から 3 ヶ月間日本の広島大学と産業技術総合研究所で活断層調査技術の研修を受けた。また、この研修の成果は、令和元年度末に行った、バグマティ川西方および東方のトレンチ掘削調査地点の選定と掘削調査の実施に極めて有効で、調査の成功の鍵となった。さらに、年代測定結果を総合してベイズ理論に基づく解析を行ってイベント発生時期を特定する技術についても技術移転を行った。

③ 研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

地殻変動の観測に関しては、2017 年 3 月、GNSS 観測点設営のため日本から渡航したものの、政府に対する抗議活動が急に激化したため、目的を遂行することができなかった。2019 年 7 月中旬にネパール中部・南部を襲った集中豪雨により、設営した GNSS 観測点のひとつ（観測網最南東の Jaleshwar）が水没した。DMG スタッフが現地を確認すると、アンテナを除くほぼすべての機材が水没して使用不能に陥ったことが判明した。想定浸水高は約 1 m に達し、2016 年観測点選点調査の際に確認した過去の最大浸水高（30 cm）を大きく超越していた。当該地域はプレート境界に近接するものの、既存の観測点密度が低く、重要性が高い。観測続行が強く望まれたところ、JICA により予備機材一式の調達が認められ、2021 年 2 月に観測点が再建された。新型コロナウイルスの感染拡大により、2020 年 4 月以降は日本からの渡航が不可能となっただけでなく、ネパール国内の感染悪化により、DMG 職員の日常活動も大きな制限を受けた。結果として、本報告書執筆の段階では GNSS 観測点の保守作業はほとんどできない状態であり、ネパールの感染状況の改善を待っている。

断層の地質学・変動地形学調査に関しては、平成 29 年度から 30 年度中に、ネパールのヒマラヤ前縁断層の最新活動時期に関する論文が複数の国際学術雑誌に報告され、大きな議論を呼んだ。平成 29 年度年度トレンチ調査を行ったネパール中部での最新活動は、紀元 13 世紀、14 世紀、16 世紀とする三つの解釈が公表されて議論をよんでいる。本研究題目の副リーダーは平成 30 年アメリカ地震学会大会、平成 30 年・31 年アメリカ地球物理学会とアメリカ地質学会等でヒマラヤ前縁断層の最近の地震発生時期と破壊領域の問題について報告して注目された。新型コロナウイルス感染症の影響で令和 2 年度には現地調査を行うことができなかった。また令和 2 年度の成果を発表する国際研究集会等も多くが延期されたり、オンライン開催のみとなったため、発表する機会が限られた。

④ 研究題目 1 の研究のねらい（参考）

ネパールヒマラヤの主前縁断層帯沿いの中央ヒマラヤ地震空白域を対象として巨大地震の発生ポテンシャルが、地震観測データなども活用して評価され、それを基にした震源モデルが構築される。

⑤ 研究題目 1 の研究実施方法（参考）

1-1 地殻変動観測と地震・地殻変動の評価

主前縁断層帯沿いの中央ヒマラヤ地震空白域に連続 GNSS（GPS 等を含む Global Navigation Satellite System）観測システムを設置し，地殻変動観測を行うとともにデータアーカイブを構築し，そのデータから過去の地震と地殻変動との関係性を評価する．

1-2 地質学・変動地形学調査による断層活動度の評価

主前縁断層帯沿いの中央ヒマラヤ地震空白域及びカトマンズ盆地周辺地域において実施したトレンチ調査について，年代測定等により断層の活動時期，一度の活動による変位量，活動頻度等，断層活動度について評価を行う．

1-3 地震ポテンシャルの評価と震源モデルの構築

地殻変動観測結果，断層活動度評価結果，地震観測結果を総合的に検討して，主前縁断層帯沿いの中央ヒマラヤ地震空白域における地震ポテンシャルの評価を行い，併せて震源モデルを構築する．

(3) 研究題目 2：地震動予測（リーダー：高井伸雄）

① 研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

2-1 強震観測と速度構造モデルの検証・高度化

2015 年ゴルカ地震の本震、余震等の観測記録を収集するとともに、カトマンズ盆地内外に 10 観測点の強震観測網を構築した（図 1 a）. 盆地の東西約 25 km, 南北 20 km の範囲において、2015 年ゴルカ地震、1934 年ビハール地震における被害エリア、岩盤サイト、盆地中心部、現地機関等の観測点密度の低い地域へ設置し、平成 30 年 11 月から全 10 点で連続観測が行われている. 令和 2 年度の新型コロナウイルス感染症による移動制限に至るまで、現地の不安定な電力状況への対策を強化し、観測点の保守とデータの回収、解析を実施した. 観測された地震記録の震央位置を図 1 b に示す.

設置した観測点近傍で研究題目 3 のグループが技術移転を実施した表面波探査装置および解析手法を用いて、強震観測点近傍の浅部地下構造の位相速度を得た. ゴルカ地震で被害が大きかった Balaju 地点と近傍の岩盤観測点 Jhor 観測点での探査結果を例に図 2 に示す. Balaju 地点での浅部 S 波速度が小さく軟弱な地盤の地点であることがわかる.

本プロジェクトで設置した 10 観測点と既存観測点 4 点で観測された中小地震記録を用い、水平動/上下動スペクトル比により算出した各観測点の卓越周期は、盆地外の岩盤サイトで 0.2~0.3 秒、盆地端部の堆積層サイトで 1 秒程度、中心部で 1.2~5 秒であった. さらに、レシーバー関数解析から、速度コントラストが大きく、P 波と PS 変換波の走時差は重力探査による基盤深度と相関がある. また、2015 年ゴルカ地震の余震 (M 7.3~5.5) のカトマンズ盆地で観測された記録を解析し、既往地下構造モデルを用いて、既往の強震動予測式を拡張する地震基盤上面深さをパラメータとする補正項を提案した (Mori et al. 2020).

上記のような強震記録を用いた複数の 1 次元速度構造モデルをまとめ、それらと既往の地震基盤構造をもとに暫定的な 3 次元速度構造モデルを構築した（図 3 左）. さらに、設置した観測点の観測記録の S 波水平上下スペクトル比を計算し、これと構築した 3 次元速度構造モデルをもとに求めた理論 S 波水平上下スペクトル比と比較することで、地下構造モデルの検証を実施した（図 3 b）. その結果は、研究題目 3 のグループとの連携により、より高精度な 3 次元速度構造モデルへと発展した（詳しくは(4) 研究題目 3：ハザード評価を参照）.

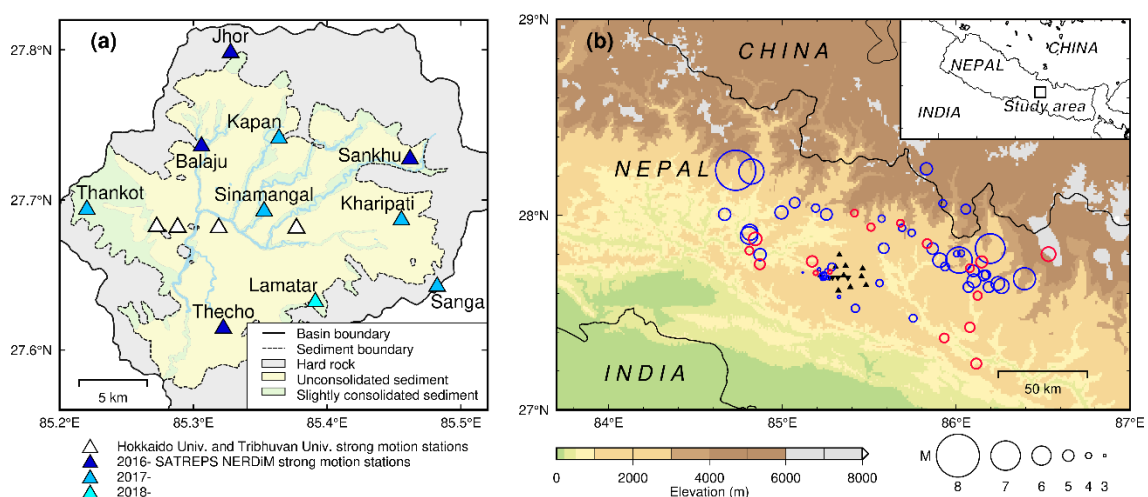


図 1. (a) カトマンズ盆地における強震観測点分布（紺色：H28 年度，青色水色：29 年度設置）. 背景の地質図は Shrestha et al. (1998) による. (b) 強震観測網により観測された地震の震央位置（赤丸：本プロジェクトの観測網設置により得られた地震，青丸：観測網設置前の既存観測点で観測された 2015 年ゴルカ地震の余震等）.

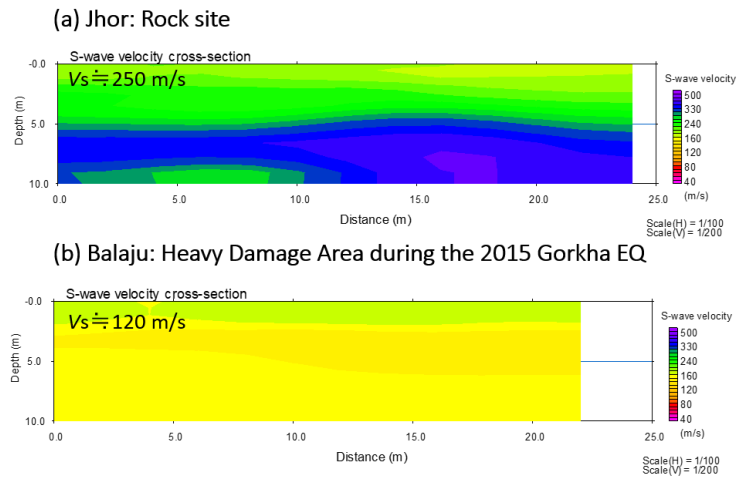


図 2. (a) Jhor 観測点（岩盤サイト）及び (b) Balaju 観測点（2015 年ゴルカ地震で大きな被害があったサイト）の周辺で実施した表面波探査法による表層の S 波速度分布．

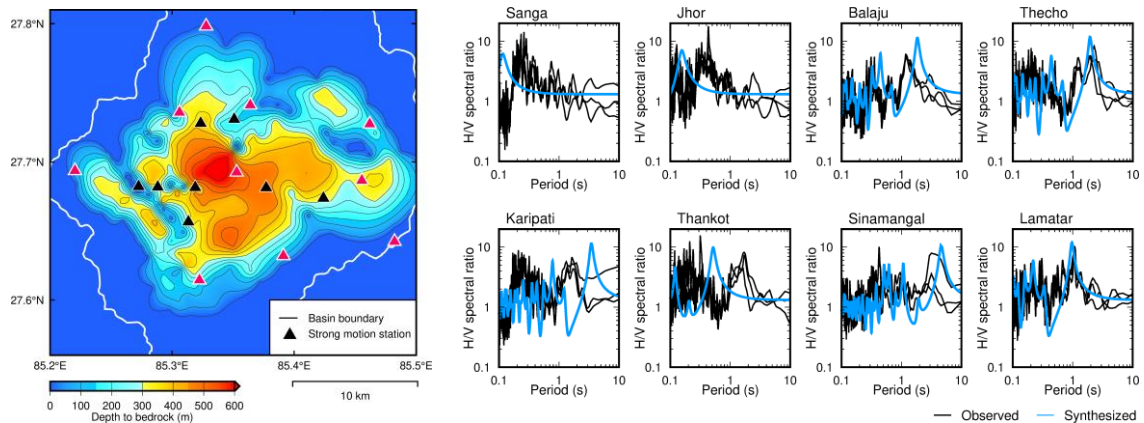


図 3. 暫定的な 3 次元速度構造モデル（左）．観測記録の S 波水平上下スペクトル比と理論 S 波水平上下スペクトル比の比較（右）．

2-2 シナリオ地震の検討と地震動予測

研究題目 1 の図 1 2 に概略示されたシナリオ地震の震源域と、Koketsu et al. (2016) による広域地下構造モデル（図 4 左）から、シナリオ地震の震源断層モデル（ $220 \text{ km} \times 64 \text{ km}$ ）を構築した（同右）．左図は右図の紫線に沿った構造モデルの断面で、その中の黒実線がプレート境界と、それから分岐している主前縁断層帯を表している．震源断層モデルは浅い所で主前縁断層帯に、深い所はプレート境界に沿うように設定した．

次に、シナリオ地震の特性化震源モデルを検討するため、2015 年ゴルカ地震の震源特性化を行った．Kobayashi et al. (2016) の震源インバージョンによるすべり分布から、まず断層面外周にある特異なすべりを取り除いた後、Somerville et al. (1999) の手続きを適用して、断層面積（rupture area） $9,600 \text{ km}^2$ が得られた．また、Kobayashi et al. (2016) はゴルカ地震の地震モーメントを $7.4 \times 10^{20} \text{ Nm}$ ($M_w 7.8$) と得ている．これらの値を、Somerville et al. (1999) が内陸地殻内地震に対して求めたスケーリング則、および Murotani et al. (2008) がプレート境界地震に対して求めたスケーリング則と比較すると、図 5 に示すように両式の間で落とし込める．そこでシナリオ地震に対しても、両式によりふたつの特性化震源モデルを求め、前者によるものを **S model**（図 6 上、図 4 右も同じ）、後者によるものを **M model**（図 6 下）とした．これら特性化震源モデルの詳しい説明と、それらを用

いた地震動予測については(4) 研究題目 3：ハザード評価で述べる。

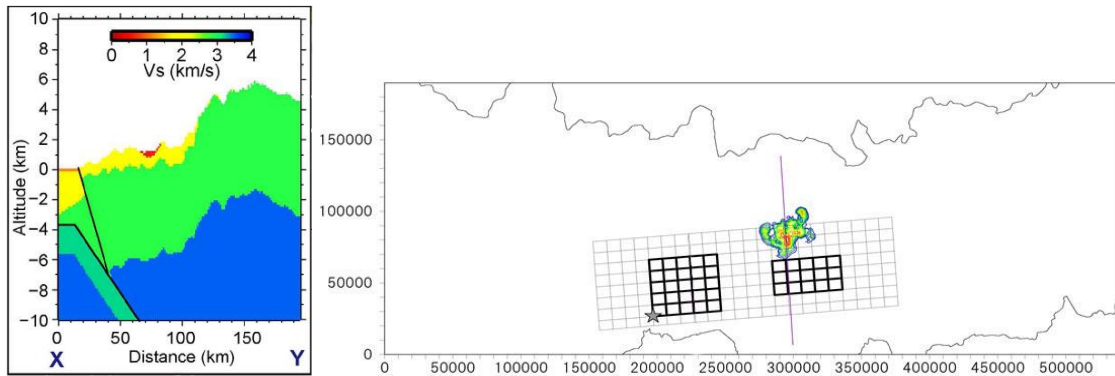


図 4 . Koketsu et al. (2016)による広域地下構造モデルの断面図 (左) . この構造モデルと研究題目 1 の概略震源域から構築した震源断層モデル (右) . 灰色格子が震源断層の地表投影で、カラー模様はカトマンズ盆地を表す . その他は図 6 参照 .

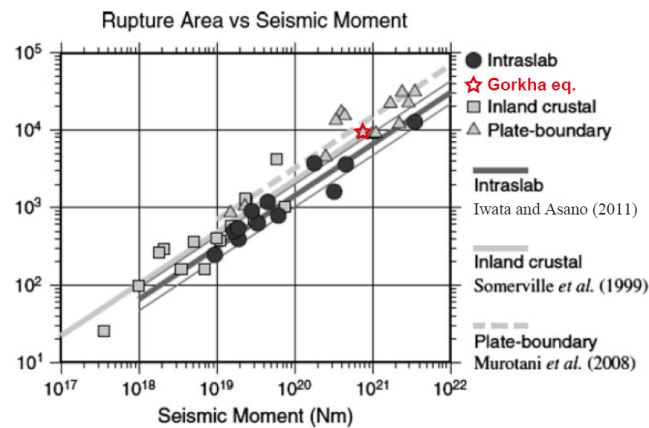


図 5 . Somerville et al. (1999)によるスケーリング則 (灰色実線) および Murotani et al. (2008) によるスケーリング則 (灰色点線) とゴルカ地震 (赤星印) の比較 . Iwata and Asano (2011)に加筆 .

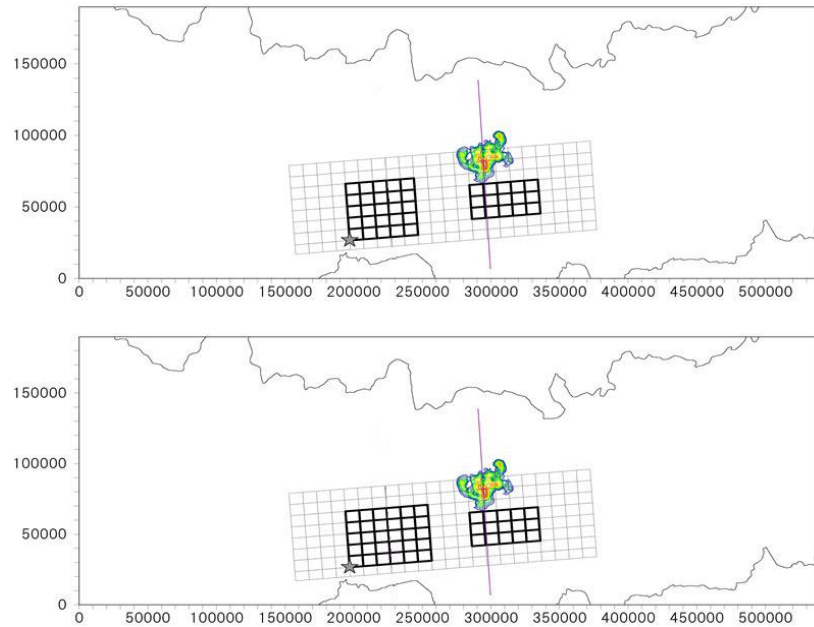


図 6．シナリオ地震の特性化震源モデルである S model（上）と M model（下）．灰色格子が震源断層，黒色格子がアスペリティを表し，カラー模様がかトマンス盆地を示す．紫線は図 4 に同じ．灰色星印は破壊開始点の一例．

② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

ネパール側研究者との共同作業を通じて，強震観測点設営と強震動の観測的研究の技術移転を行った．観測点の維持管理，記録の蓄積のためには，ネパール側研究者の定期的な観測点でのデータ回収・メンテナンスが必要になるが，作業内容のマニュアルを作成して技術移転の補助資料として提供した．これにより，ネパール側研究者によりデータ回収が全観測点で実施され，観測網保守管理技術が向上した．カトマンス盆地内の 2015 年ネパール・ゴルカ地震の本震・余震観測記録を用いた解析の成果は，グループメンバーおよびカウンターパートの共著・主著の論文により国際会議に投稿した．

③ 研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

2019 年 4 月 24 日の地震はカトマンス盆地で有感であったため，観測点設置場所である学校の多くの教員・周辺住民における地震観測に対する関心が非常に高く，保守・記録回収時に，地震波形（図 7 a）を観測点設置施設の管理者や教員等に見てもらうことができた（図 7 b, c）．このように地震記録から地震に興味を持ってもらうことで，地震防災への意識を高めることができたと思われる．令和 2 年度は新型コロナウイルス感染症の現地での蔓延状況によりカトマンス市内のロックダウンが長期化し，オフライン観測である強震観測網の現地スタッフによるメンテナンス作業等が実施できなかった．また，2-2 に関して，シナリオ地震の地震動予測は研究題目 3 で行なった．

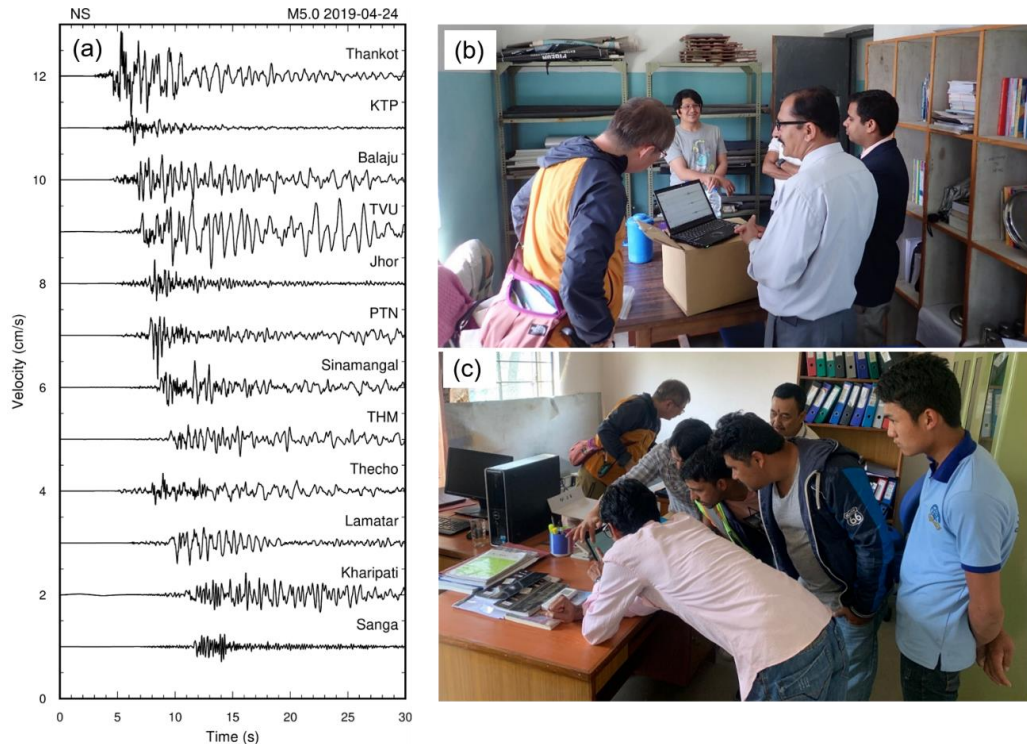


図 7 . (a) 2019-04-24 の地震 (M5.2) の盆地内の観測記録. (b) Sanga 観測点, (c) Sinamangal 観測点で、観測点所有者に説明している様子.

④ 研究題目 2 の研究のねらい (参考)

カトマンズ盆地とその周辺地域の地盤モデル及び速度構造モデルが検証・高度化され、主前縁断層帯沿いの中央ヒマラヤ地震空白域の巨大地震の震源モデルと併せてシナリオ地震動予測が行われる。

⑤ 研究題目 2 の研究実施方法 (参考)

2-1 強震観測と速度構造モデルの検証・高度化

2015 年ネパール・ゴルカ地震の本震、余震等の観測記録を収集するとともに、カトマンズ盆地とその周辺地域に強震観測点を設置し、それらの観測記録からカトマンズ盆地とその周辺地域の速度構造モデルの検証と高度化を行った。

2-2 シナリオ地震の検討と地震動予測

研究題目 3 において、震源モデル等に基づいてシナリオ地震の検討を行うとともに、速度構造モデルや地盤構造モデル等を用いてカトマンズ盆地とその周辺地域におけるシナリオ地震動予測を行った。

(4) 研究題目 3 : ハザード評価 (リーダー : 松山尚典)

① 研究題目 3 の当初の計画 (全体計画) に対する成果目標の達成状況とインパクト

3-1 速度構造モデル・地盤構造モデルの構築

a. 重力探査

日本から 2 台の高性能重力計 (Scintrex CG-5, 0.03mgal の変動まで測定可能, 位置測定のための GPS 測位器も同時計測) を現地に持ち込み, 8 人体制 (ネパール 2 名, 日本 5~6 名), 20 日間で, カトマンズ盆地の南北 15 km, 東西 18 km の範囲で, 研究題目 2 で設置した強震観測点 10 カ所や反射法測線を含む 236 地点の重力探査を実施した (図 1 中の赤色 + 印). 当初計画 (228 地点) より地点数も増やし, 探査の目的を達成できた. すべての現地作業は, DMG 研究者と共に実施した.

今回の探査では, 既往の重力基準点もカバーして毎日誤差をチェックする方法を採用し, 1980 年代に実施された日本の地質調査所による探査よりも高い精度でカトマンズ盆地の地下の基盤上面の形状を把握できた (図 1). この成果は, カトマンズ盆地の強震動予測のみならず今後の同地の地盤の工学的評価の基礎となるものである.

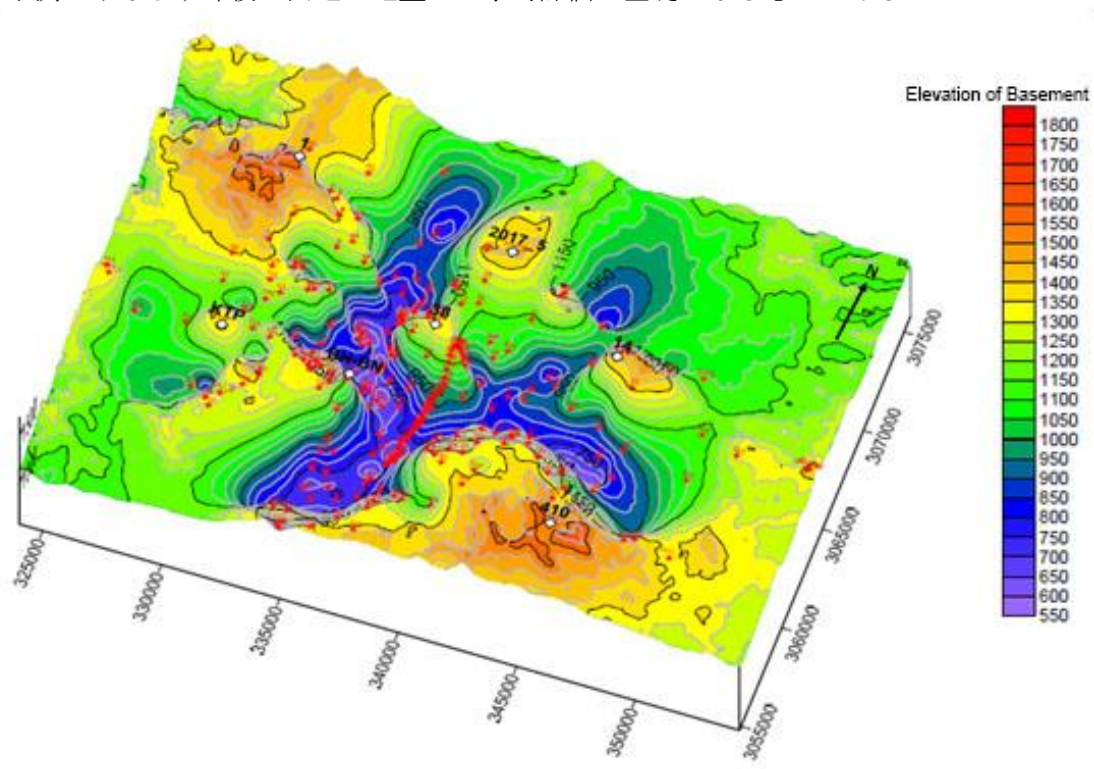


図 1. 重力探査結果から推定されたカトマンズ盆地地下の基盤形状 (等標高線図). 赤色 + 印は重力観測が行われた地点を示す. 標高の単位は m で, コンターは 50 m ごとに引かれている.

b. 反射法探査

日本から輸送した制御震源機材 (応用地質 株 所有の Enviro VIBE) を用いて, カトマンズ盆地の 2 測線で反射法探査を実施した. 日本国内での機材移送準備, 輸出手続き等に約半月を要した. 機材と振源車は, 梱包の上, コンテナに収納して輸送した. 横浜~コルカタ間の海上輸送とコルカタ~カトマンズ間の陸上輸送には 1.5 カ月を要した. 現地作業終了後は同様の搬出・運搬作業を行った.

主たる測線は, 重力探査の結果をもとに, 地下の基盤の上面の変化が大きく, カトマ

ンズ市内で最も基盤が深いところまで達することを目的としながら、現地の状況も考慮して、トリブバン国際空港の滑走路脇の作業道路に展開した（延長約 4 km）。探査作業は空港が使用されていない夜間の 2 ～ 3 時間に実施せざるを得ず、1 日の作業時間が短いため延べ 1 ヶ月程度の期間を要した。ノイズの少ない良好なデータが得られ、その解析から、重力基盤に相当する連続性のよい明瞭な反射面と、その上位のカトマンズ盆地の湖成層内の構造を示す複数の反射面が得られた。前者の深度分布は重力基盤の上面構造とよく一致した（図 2）。

このほか、国立農業研究所の中にも、延長約 1 km 程度の短い測線を設定し、ここでの探査作業では、主にネパール側研究者への技術解説を行った。それでも、トリブバン空港の主測線と同様の反射面が得られている。

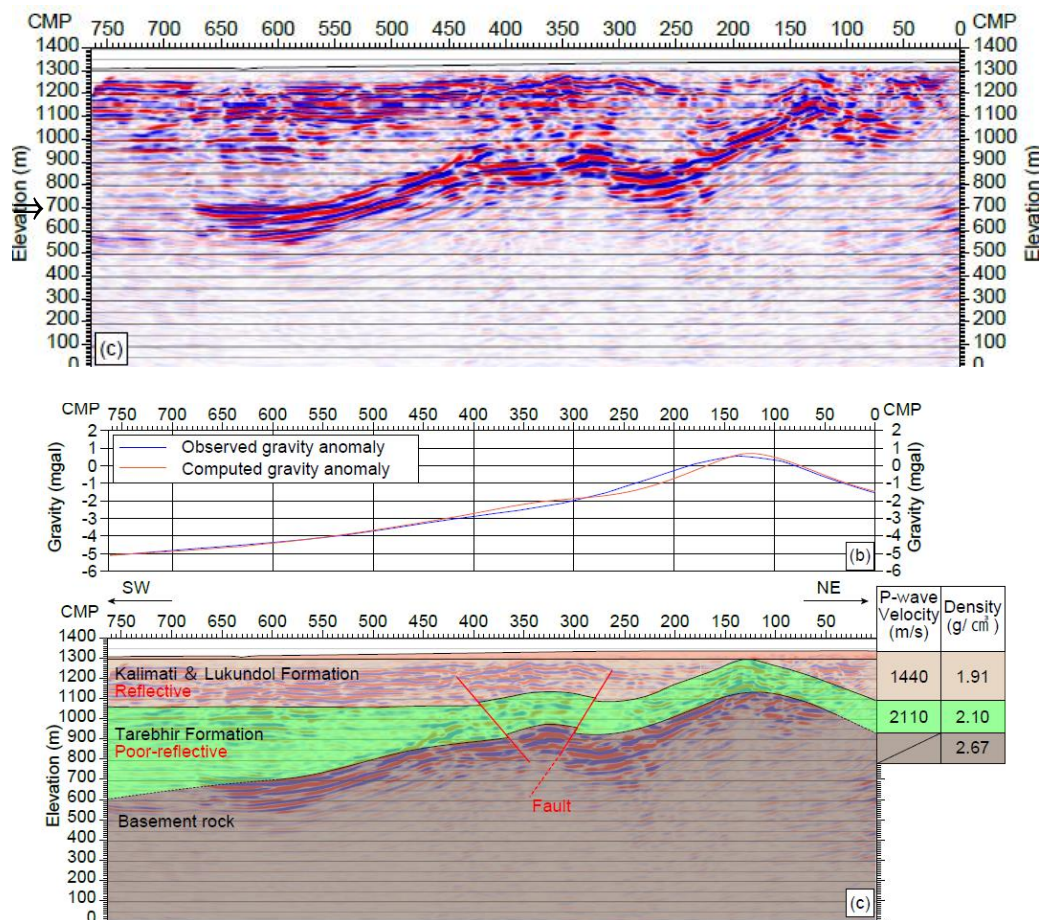


図 2．反射法探査の結果の深度変換解析断面（上）。図中の⇒は基盤上面からの連続した反射波。重力解析から理論計算で求めた基盤上面と反射断面における基盤上面の比較（下）。

c. 微動探査 1

微動探査班の目的は、アレイ微動探査法によりカトマンズ盆地内の地下構造を推定し、地盤構造のモデル化に資すること、及びそのための技術移転を実施することである。準備期間中（平成 27 年 7 月～平成 28 年 3 月）には、微動のスペクトル構造の確認と観測に関する現地状況の把握を主目的として、TEKU ガス井（TEK）において強震センサーを使った連続観測を行った。国際共同研究期間中（平成 28 年 4 月～令和 3 年 7 月）の探査・観測地点を図 3 に示す。観測用機材として、深部探査用機材（広帯域地震計 CMG40T, 3ch-24bit A/D データロガー LS8800）4 セット、及び浅部探査用機材（短周期地震計 L22D

7 台, ジオフォン GS11D26 台, 24ch-24bit A/D データロガー-McSeis/SW, テイクアウトケーブル 24ch) 1 セットを供与し, 現地活動に利活用した. なお, ここで述べる活動成果をまとめて, JpGU の国際セッションで発表した (Yokoi *et al.*, 2021).



図 3. 微動探査の観測地点 (Google Earth の画像に加筆).

アレイ微動探査法としては, SPAC 法及び CCA 法を適用した. 各々, 正三角形, 正六角形の 2 次元アレイによりデータを取得するのが *de fact standard* である. しかし, 密に建て込んだ都市域での大規模アレイでは, 安全性や作業環境を考慮して, 不規則形状アレイを使わざるを得なかった. ただし, 浅部探査については, 陸軍基地内や官庁建物敷地等において, 正多角形アレイを展開できた. また, 長周期帯域での微動パワーが微弱なため, 大規模アレイについては 1 展開毎に 8~12 時間の観測を行っている. 盗難防止等に配慮し, 地震計は官庁, 警察署, 陸軍基地等を選んで設置した. なお, 先行する JICA のリスクアセスメントプロジェクトで取得された L-Shape SPAC 法用の微動記録も, 浅部探査に利用した.

厳重な管理区域にある SDB 観測地点 (Singhadurbar 中央官庁街) において, 正三角形アレイを展開して Coherence 関数の等方性を確認し, SPAC 法での方位平均を省略した不規則形状アレイによる SPAC 法 (2ST-SPAC, Hayashi & Craig, 2017) を他観測地点に適用するためのベースとした. プロジェクトの前半には, 盆地中央部の SDB, TEK, DMG (鉦山地質局構内) で地下構造を推定, 国内・国際学会で発表した (Bhattacharai *et al.*, 2017 (SEGJ); Bhattacharai *et al.*, 2017 (JAEI); Bhattacharai *et al.*, 2017 (IAG-IASPEI)).

上記の結果とのクロスチェックするため, 長周期帯域で SPAC 法より有利とされる CCA 法 (Cho *et al.*, 2006 など) を, 中心点を除いた不等辺三角形アレイに適用した. クロスチェックにより不規則形状アレイによる SPAC 法, CCA 法の妥当性を確認した (図 4). なお, 半径 25~30 m で深部探査用機材 4 セットを使う CCA 法, 及び既存の LS-SPAC 法用の微動記録 (上記) との統合的利用により, SDB, DMG, TEK での 0.2 Hz 以上の周波数帯域で分散曲線を決定し, 高速焼きなまし法 (VFSA-DHSM, 横井(2005)) による逆解析により深部地盤の Vs 構造を推定し, 国際学会で発表した (Yokoi *et al.*, 2019 (13th SEGJ Int. Symp.)). これに基づき, プロジェクトの後半では, 不等辺四角形の大規模アレイを, 深部探査用の標準として, 主として盆地中央部の観測地点に適用した.

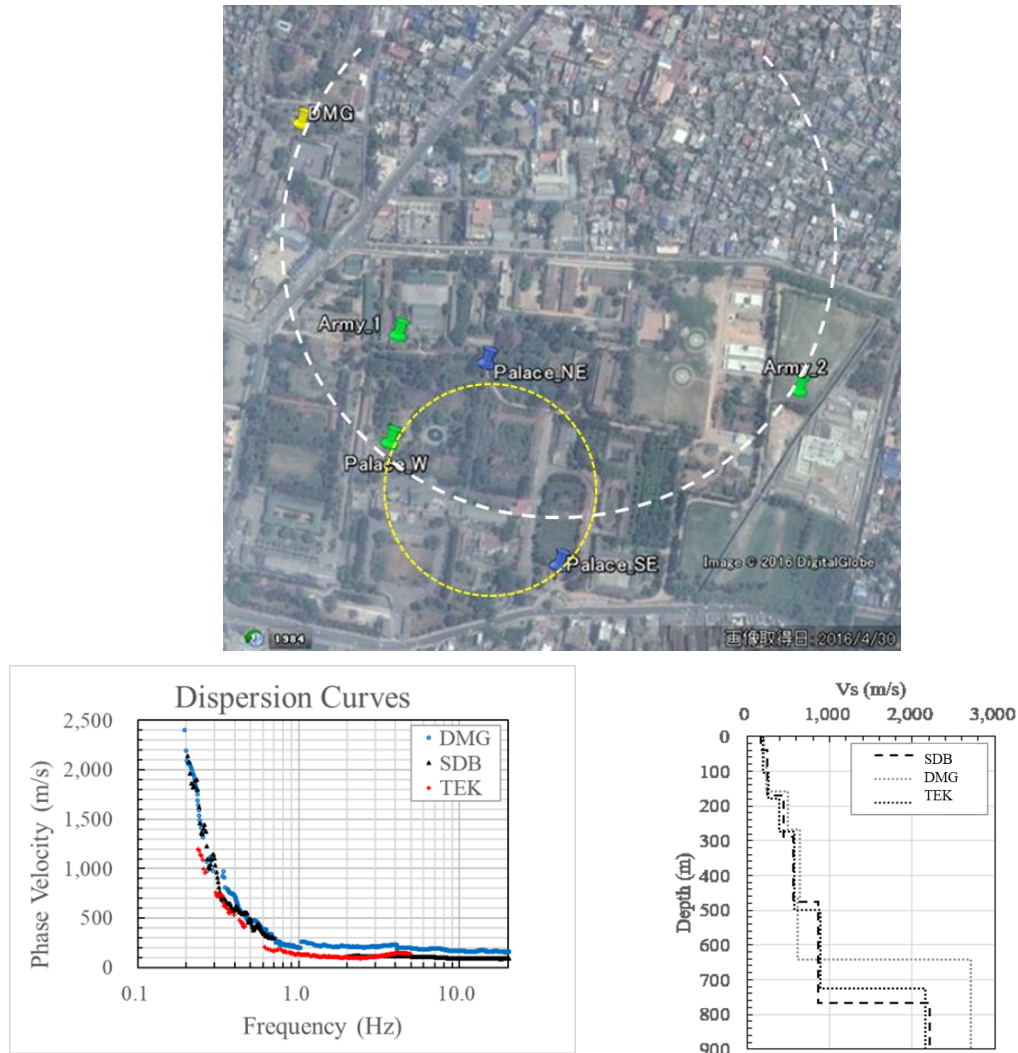


図4．上：不等辺三角形アレイの例（DMG，Google Earth 画像に加筆），下左：3 サイト（SDB, DMG, TEK）の分散曲線，下右：Vs 構造（ $f < 1.0$ Hz）。

上記 SPAC 法，CCA 法は，いずれもアレイ径より長い波長（長波長領域）に適用可能で，最小の観測点間隔より短い波長の波を解析することはできない．故に，広い周波数帯域（波長域）をカバーするためには，上記でミニアレイ等と統合したように，大きさの異なるアレイによる観測が必要となる．一方，地震波干渉法は短波長領域で適用可能である．そこで，SPAC 法等で推定される Rayleigh 波の位相速度と，同じ微動記録に地震波干渉法を適用して推定された群速度との同時逆解析を実施し，SDB を事例として，その有効性を示し（図5），その成果を国内学会で発表した（Hayashida *et al.*, 2018 (JpGU); Hayashida *et al.*, 2018 (SSJ); Hayashida *et al.*, 2019 (JEES)）．

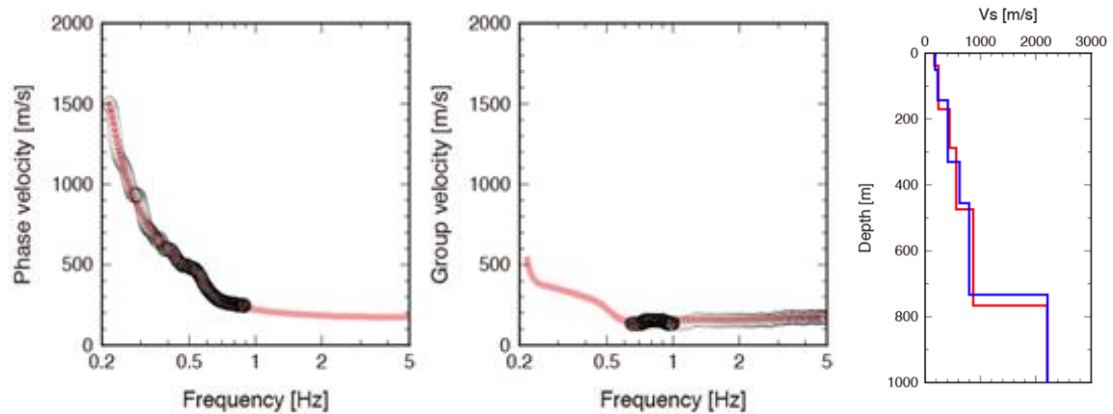
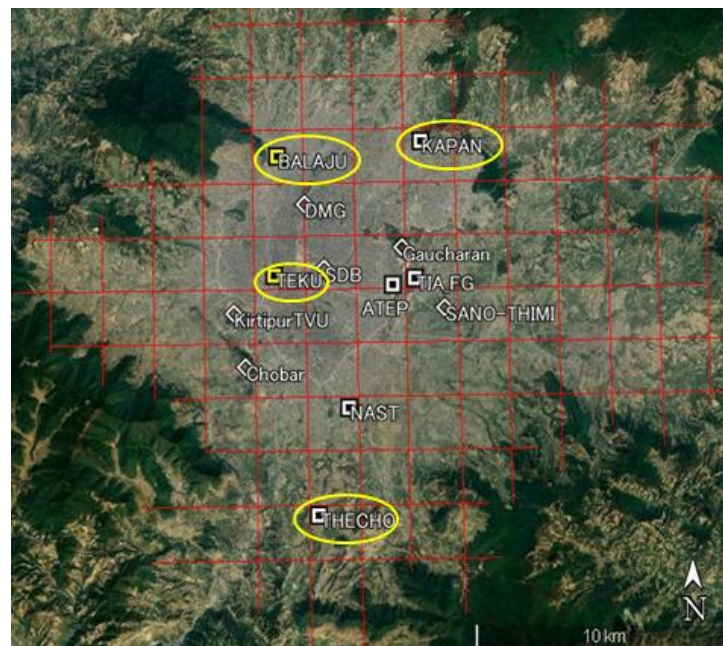


図 5. 同じ微動記録 (SDB) から SPAC 法により得られた位相速度 (左) と地震波干渉法により得られた群速度 (中), 及び両者の同時逆解析により得られた V_s 構造 (右, 青線) と位相速度のみから逆解析された V_s 構造 (右, 赤線).

d. 微動探査 2

主として平成 28 年 4 月～12 月の活動を通じて、周波数 0.2 Hz 以下 (周期 5 秒以上) では、微動のパワーが弱く位相速度が推定できない問題が顕在化した (図 14 左下). この問題を克服する為、野外でのデータ取得が困難である雨季等を利用して、図 6 左の 4 点に微動観測用の広帯域地震計を設置し、自然地震による地震動及び微動の連続観測を平成 29 年 2 月より約 10 か月間実施した. 観測点間隔は 4.6~14.7 km である. この期間内に観測された遠地地震の表面波部分の解析により、周波数 0.01 Hz から 0.13 Hz での位相速度を推定することができた (図 6 中, BDR と呼ぶ). 逆解析で得られた V_s 構造 (図 6 右) は、研究課題 4 の活動で新たに提案された速度構造 (Yamada *et al.*, 2018) と調和的である. この成果は、国内学会で発表された (林田他, 2018 (SSJ)). この連続観測は、国際共同研究後半期にも、観測点をカトマンズ盆地中央部に移設して続けられた (図 17 左で, Techo→NAST, Kapan→ATEP). その成果は、国内学会で発表された (Hayashida *et al.* 2021(JpGU)).



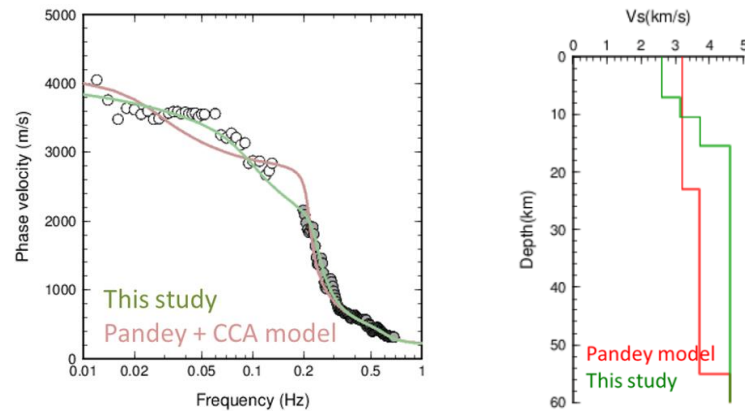


図 6. 地震・微動連続観測の観測点位置（上），遠地自然地震による盆地内の表面波の分散曲線（下左，周波数 0.1 Hz 以下，Google Earth 画像に加筆），及び微動探査（CCA 法）による位相速度（0.2 Hz 以上），新たに推定した地震基盤から上部地殻までの Vs 構造（赤線），他方は既存 Vs 構造（下右）。

DMG は，2015 年ゴルカ地震後に Oregon State University との共同研究で実施した余震観測の記録を所有している．一方，G5 の活動の一環として JICA 課題別研修「地震・耐震・津波防災」に研修生を受け入れている．DMG 職員の Naresh Maharjan 氏は，この研修の終盤で作成する「個人研修レポート」で，これらの余震記録を解析し，カトマンズ盆地で取得された自然地震記録及び微動連続観測記録を使って，両者の水平動／上下動スペクトル比の関係を明らかにし，さらに，同盆地内で 0.1-1.0 Hz の周波数帯域で地震波が大きく増幅されること，一方 1.0-10 Hz では盆地周辺の岩盤観測点に比べて減衰が見られないことを示した．このレポートは政策研究大学院災害管理プログラムから修士レポートとして認定された．なお，臨時観測点 NAKRM は，トリブバン大学(TVU)の Kirtipur キャンパス近傍にあり，G3 微動班が平成 29 年 12 月に実施した深部探査用不規則微動アレイの中に位置する．また，NANST は，国立科学技術アカデミー(NAST)敷地内にあり，G3 微動班が平成 30 年 12 月に実施した深部探査用不規則微動アレイと，反射法探査の南側測線（NARC 国立農業研究センター）の近傍でもある．これにより，本震記録に見られた長周期地震動は，カトマンズ盆地中央部のサイト特性であることが，明白に示された．

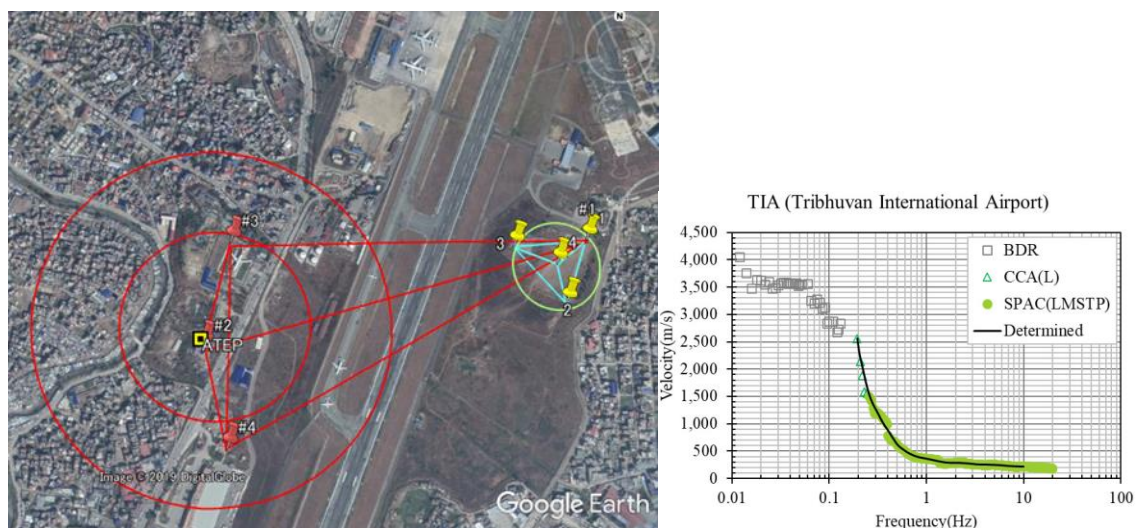


図 7. トリブバン国際空港周辺での微動探査．配置図（左，Google Earth 画像に加筆）と推定された分散曲線（右）。

平成 30 年 11 月に反射法探査がトリブバン国際空港滑走路脇で実施されたので、2018 年度に空港近傍での微動探査を実施した。深部探査用には図 7 左に示す大規模アレイによる観測を、浅部探査用には Nested Array による観測を実施した。NAST-NARC での深部探査用微動アレイ、及び Gaucharan（空港北端西側、地震基盤が浅いとされている）での辺長 25 m の微動アレイも反射法探査側線のすぐ近くにあり、これらにより連携を実現できた。

浅部地盤の探査は、比較的狭いスペースで実施可能である。このプロジェクトでは、辺長 32m の Nested Array，半径 2m の正六角形アレイ及び MASW を適用した。また、0.5Hz～3Hz 付近の周波数で分散曲線を得る為、広帯域地震計を使った、辺長 25m～30m 程度の正三角形アレイ、辺長 2m の正三角形に、少し長い目の柄をつけた傘型アレイを適用し、SPAC 法及び CCA 法による解析を試みた。国際共同研究期間を通じて活動拠点となった DMG 構内ではアレイ展開と解析を行った。各々の適用可能周波数範囲等が明確に示されている。半径 2m の正六角形アレイによる 5 ヶ所の分散曲線を DMG で実施された L-Shape アレイの分散曲線と比較した。DMG に距離的に近い、K.M.(Kaiser Mahal)や E.C.(Election Commission)では、ほぼ同じような分散曲線である、TEK(Teku ガス田)や CHH(Chhauni 陸軍基地)は、より低い位相速度が求まっており、DMG 付近に比して、表層付近により柔らかな層が存在することを示している。

SPAC 法、CCA 法共に、個々のアレイから推定できる分散曲線の周波数帯域は比較的狭い。0.2Hz から 10Hz、さらに 20Hz まで分散曲線を決める為には、幾つものアレイ展開から得られたデータを組み合わせる必要がある。例えば、TIA（図 7 右）では Nested Array、辺長 30m 及び半径 100m の広帯域地震計アレイ、空港を跨ぐ大規模アレイ（観測点間距離 240m～950m）を組み合わせることで滑らかでギャップの無い分散曲線を広帯域で得ている。NST では広帯域地震計による傘型アレイ、半径 91m の正三角形アレイ、不等辺四角形の大規模アレイ（観測点間距離 235m～970m）を組み合わせることで、ギャップの無い分散曲線を推定している。TIA、NST とともに十分な広さのオープンスペースが使えた事例である。図 6 の SDB の例では、L-Shape SPAC、半径 240m と 420m の正三角形アレイ、不等辺四角形の大規模アレイ（観測点間距離 450m～830m）を組み合わせることで、その結果、0.9Hz～2 Hz にギャップが生じ、半径 240m のアレイの SPAC 係数のゼロクロス点から導出した位相速度を使って埋めた。こういう例は他に幾つも在り、密に建て込んで観測点設置の自由度が少ない場合に分散曲線のギャップの問題が生じている。こうして 0.2Hz から 10Hz までの分散曲線を推定した後、周波数軸上のサンプリングを、周波数の log 軸上で等間隔になるように、cubic spline 関数を使って内挿し、それを逆解析の入力とした。図 8 に分散曲線と逆解析で推定された地下構造のまとめを示す。

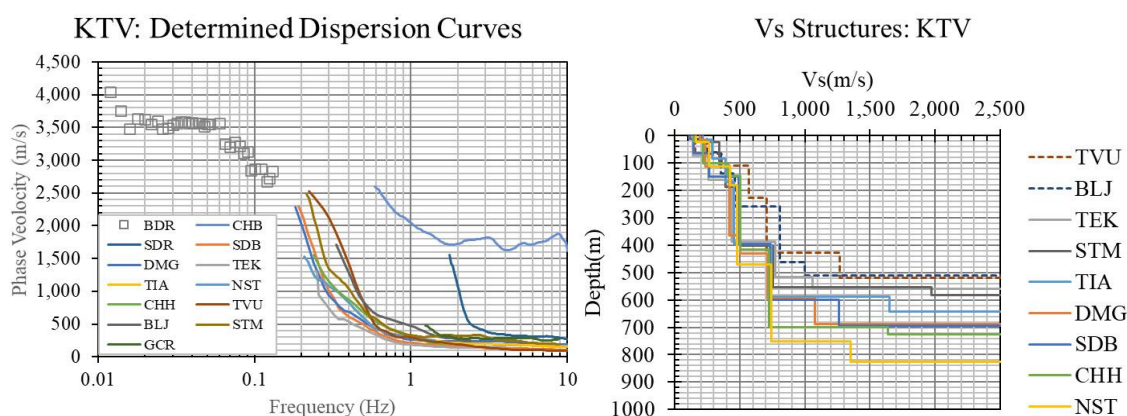


図 8. 分散曲線（左）と逆解析で推定された地下構造（右）のまとめ。

研究課題 5 の研究活動 5-3 との連携のために、微動探査用の広帯域地震計を用いて、建物内での微動観測を行った。対象は、Singhadurbar に在る都市開発省本庁舎（図 9，3 階建），新築工事中の都市開発建築局（DUDBC，Sano-Gaucharan 地区，5 階建）。前者の観測には DUDBC の Dwarika Shrestha 課長が同行してくれた。技術移転促進のため、観測記録を解析用プログラムとともに DUDBC 担当者に送付した。広帯域地震計を用いたことにより、フーリエ振幅スペクトルにおいても、速度応答スペクトルにおいても、周期 2~3 秒付近の水平動のピークが顕著に現れている。

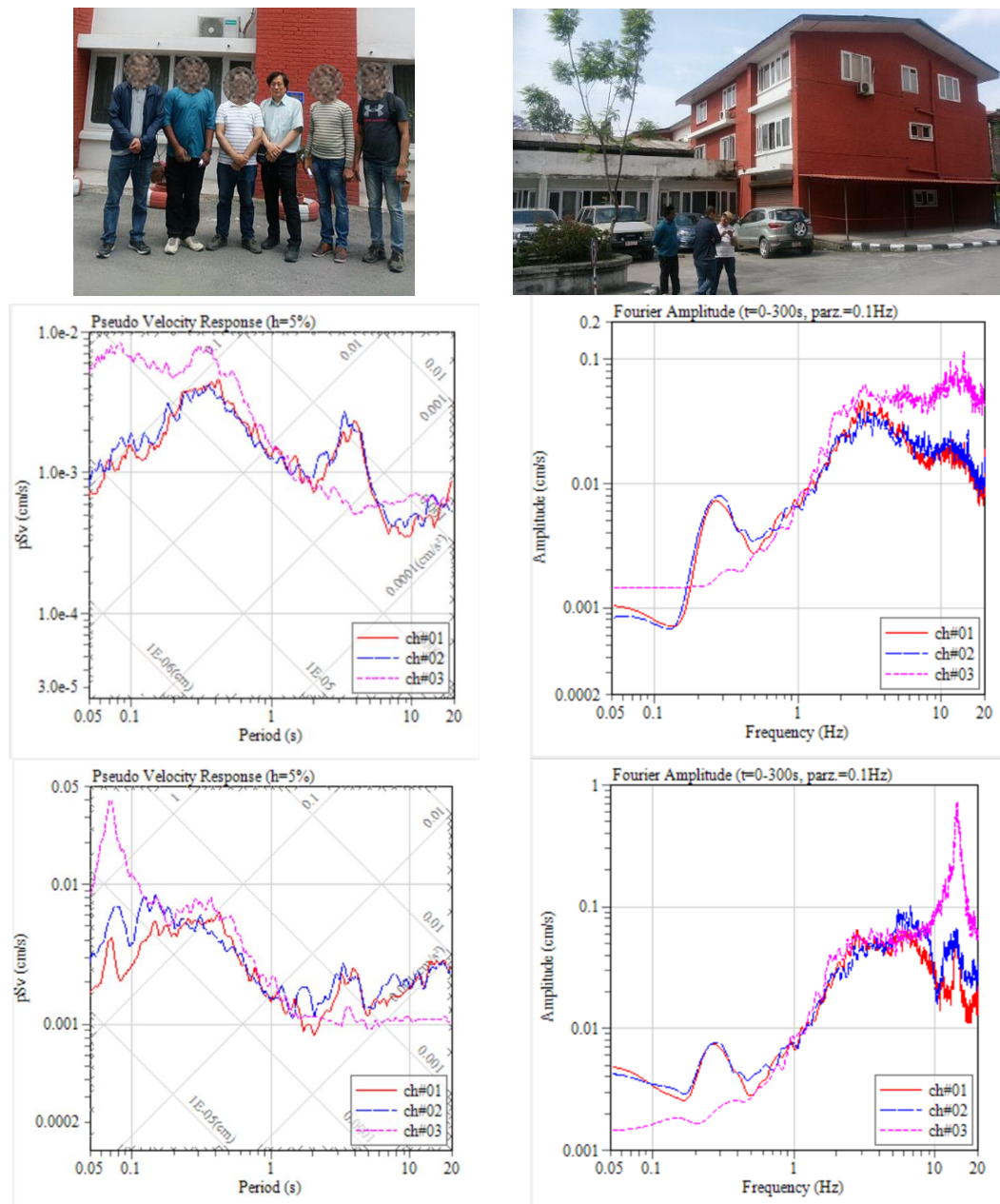


図 9．建物内での微動観測の例．上左：DUDBC 及び DMG 所属の観測参加者．上右：対象建物である MoUD（都市開発省）本庁舎（Singhadurbar 内）．中：MoUD 建物での微動観測（1F 中央）．下：MoUD 建物での微動観測（3F 中央）．なお、左は、疑似速度応答スペクトル(pSv)，右は、フーリエスペクトル密度を示し、成分は、1ch=L, 2ch=T, 3ch=V である。

e. 地盤モデル（速度構造モデル）の構築

微動探査地点（図 10 赤丸）において、微動アレイ探査の解析結果と反射法探査で確認された湖成堆積層／基盤という地質構造をふまえた S 波速度（以下、 V_s と表示）の初期値を与え、山中・石田（1995）による遺伝的アルゴリズムを用いた S 波速度構造の最適解の探索（逆解析）を行った。

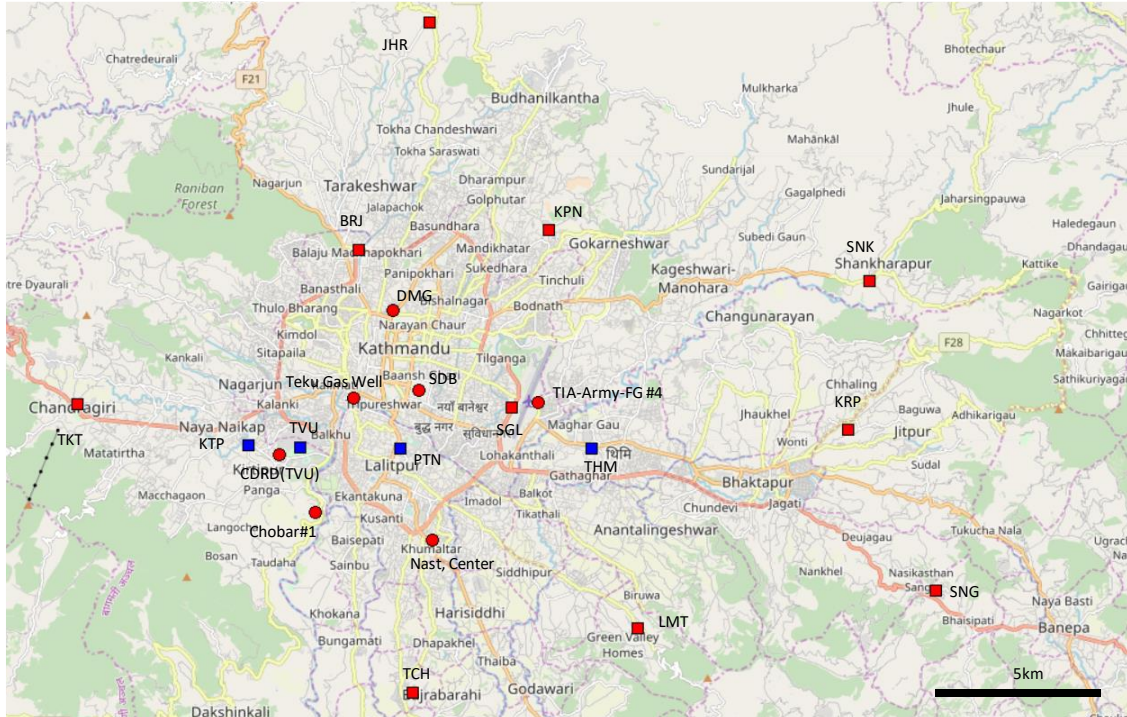


図 10. 地震観測点（赤四角，青四角）および微動アレイ観測点（赤丸）．オープンストリートマップ（© OpenStreetMap contributors; openstreetmap.org）を使用．

微動探査の結果をもとに基盤上部の S 波速度を 2.2km/s とした初期モデル（ $V_s 2.2$ モデル）で解析したところ、これらの速度層が下方へ 5km 以上続くモデルとなり、一般的な地殻構造のモデルと異なる結果となった．そこで、 $V_s 2.2\text{ km/s}$ 層の下に $V_s 2.6, 3.0, 3.7, 4.1\text{ km/s}$ の各層を設定したモデルを構築した（ $V_s 2.2_2.6$ モデル，図 11 上）．TIA 地点の $V_s 2.2_2.6$ モデルによる解析結果と反射法探査断面はよく一致しており、このモデルの妥当性が確認できた（図 11 下）．

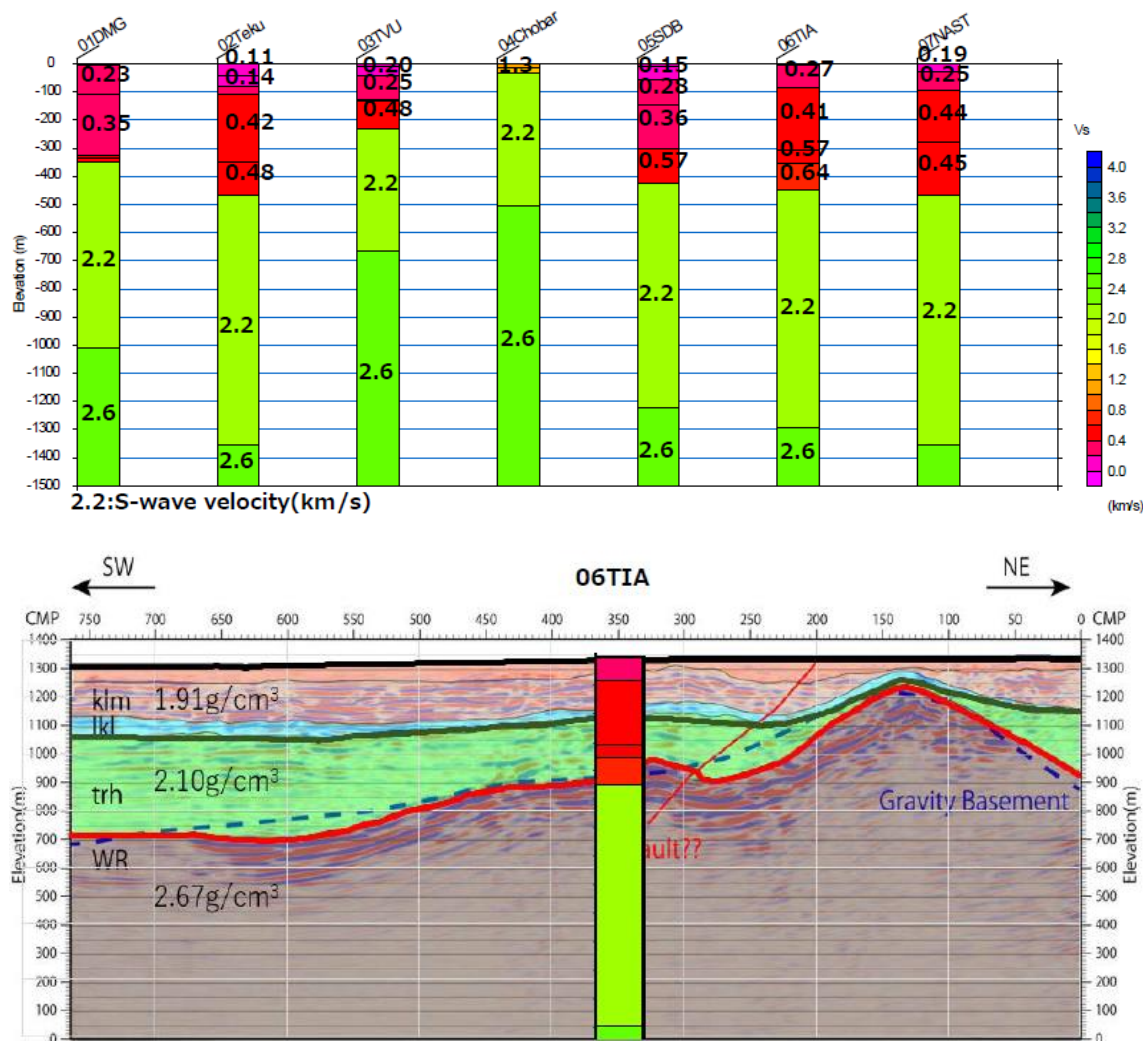


図 1 1. 観測点ごとの Vs2.2_2.6 モデルによる速度構造の解析結果 (上). TIA 地点の Vs2.2_2.6 モデルによる解析結果と反射法探査断面との比較 (下).

カトマンズ盆地で観測された地震動のデータ (研究課題 2 より提供, 観測点は図 1 0 の四角) を用いて,各地震観測地点における S 波初動の 10~20 秒後以降の表面波部分のラディアル成分と上下動成分のスペクトル比 (R/V スペクトル) を求めた. この結果と地震観測点近傍で実施された微動アレイ探査のスペクトルを比較して, R/V スペクトルが説明できるように基盤上面深度を調整し (図 1 2 左に例を示す), 各観測地点における基盤上面の深度を求めた. 得られた基盤上面深度は,重力基盤標高とよい相関があることが確認できた (図 1 2 右).

微動探査地点・地震観測点における速度構造モデルと基盤上面深度,反射法地震探査による基盤深度, 過年度に重力基盤を求めた際に用いたリファレンスポイントの基盤深度を参照基準として, 平成 29 年度の重力探査で得られた重力基盤標高分布図から各層の境界面深度を推定した. Sequential Gaussian Co-simulation を実施して各層の境界面深度を 50 ケース推定し,それらを平均化して各速度層の上面深度を求めた. さらに,600m×600m (3 グリッド×3 グリッド) の移動平均による平滑化を行い,対象地域全域の基盤深度を設定した (図 1 3).

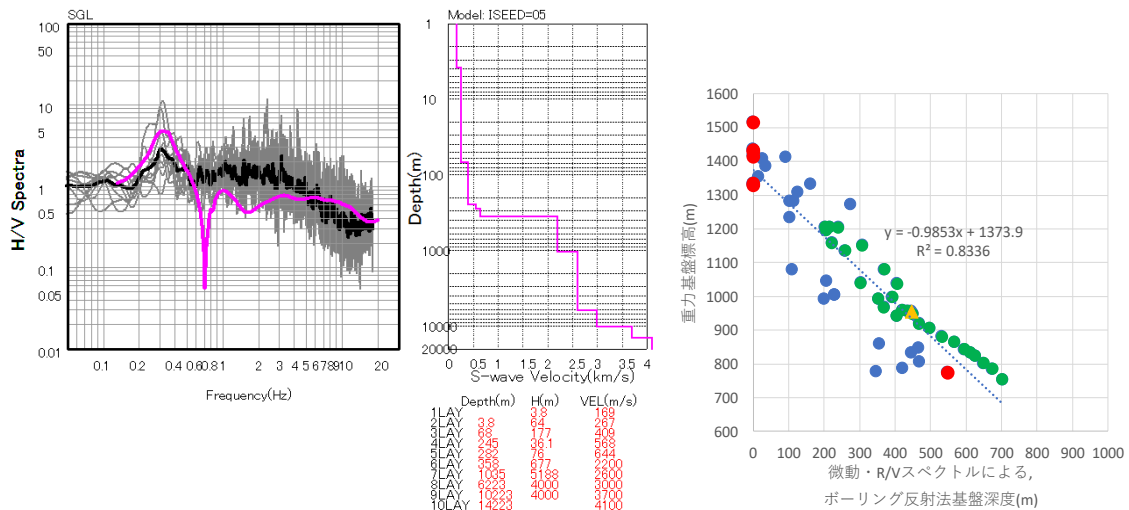


図 1 2. 左：速度構造の調整例（SGL 地点）. TIA 地点の堆積層の層厚の 80%とした。
右：調整した基盤上面深度（横軸）と重力解析による基盤標高（縦軸）の相関。

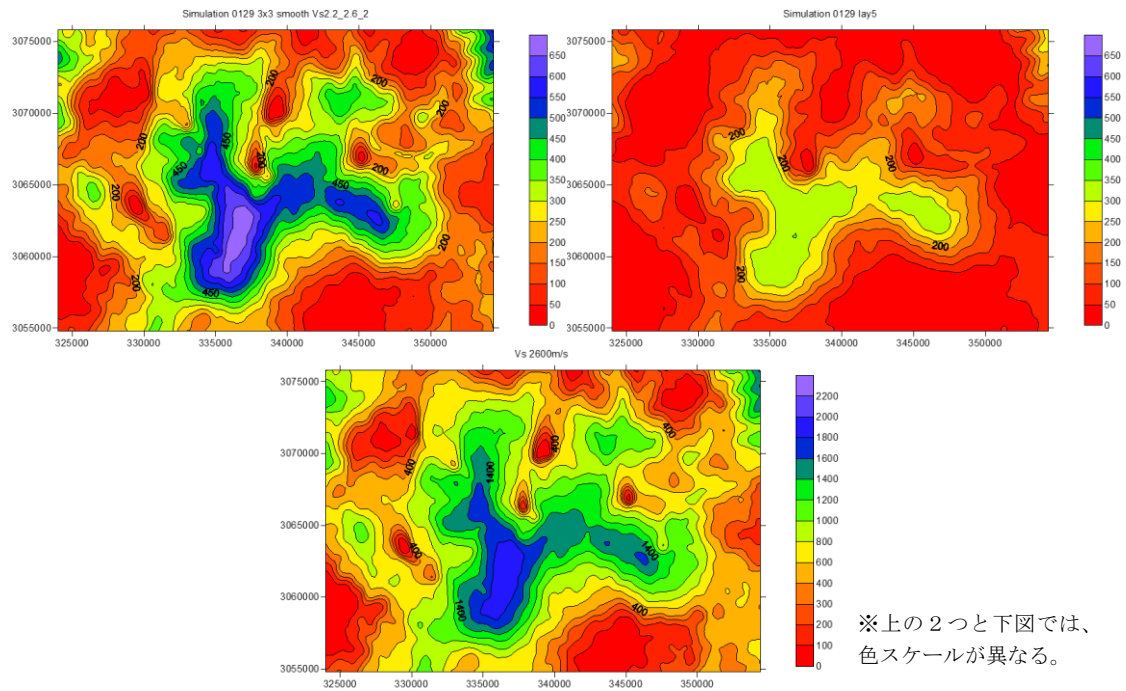


図 1 3. カトマンズ盆地の速度構造モデル. S 波速度層上面の深度分布, 左上：0.51 km/s 層, 右上：2.2 km/s 層（基盤）, 下：2.6 km/s 層。

構築した速度構造モデルを用いて、016 年 11 月 27 日に発生した M5.4 の地震について公開された震源モデル（USGS）を用いた差分法による再現計算を行った。計算速度波形を観測速度波形と比較すると、部で振幅の評価が過大ないし過小になっているものの、体的には観測速度波形をよく説明できている（図 1 4）。

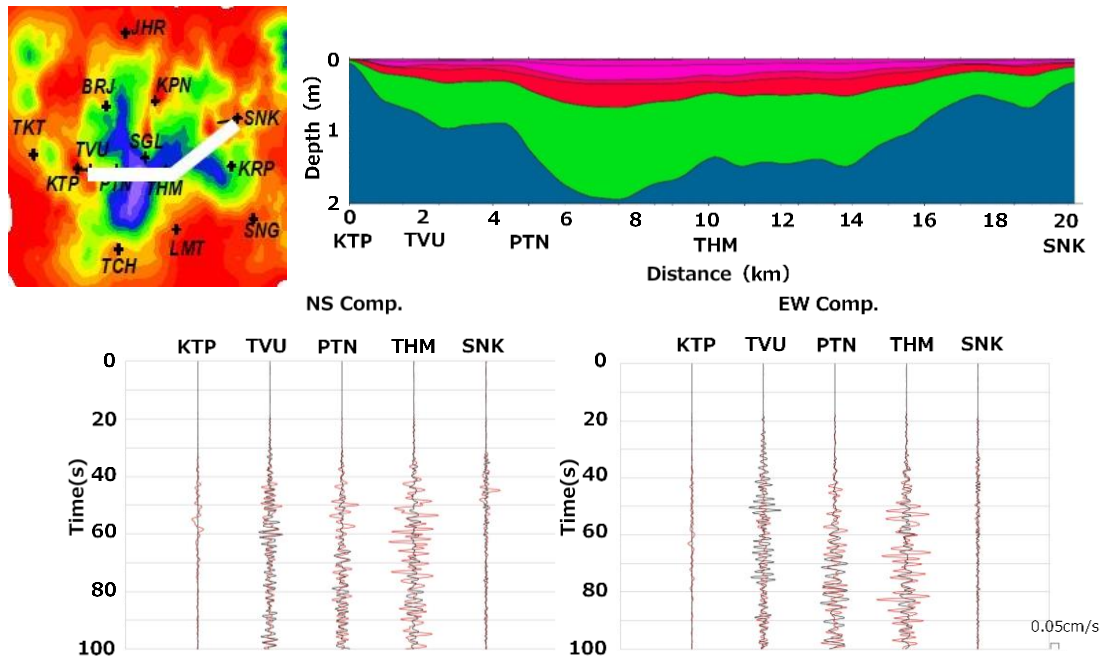


図1 4. カトマンズ盆地の東西断面（上）における観測速度波形（黒）と理論計算速度波形（赤）の比較.

f. 地盤増幅率マップ（揺れやすさマップ）

構築したカトマンズ盆地の速度構造モデル（図1 3）を用いて Haskell の方法（1 次元重複反射法）により，カトマンズ盆地の基盤（ V_s 2.2 km/s）から地表までの地盤による地震動の増幅率（周期 1～10 秒毎）を周期別に 250m グリッドで算出した（図1 5）. カトマンズ盆地の中心部では，周期 1 秒の地震動の増幅率は 2～3 倍程度である．これらの地盤増幅率マップは，建物被害に影響する周期における地震動が大きい，つまりその建物が揺れやすい地域を判断する目安となり，いわば揺れやすさマップになる．

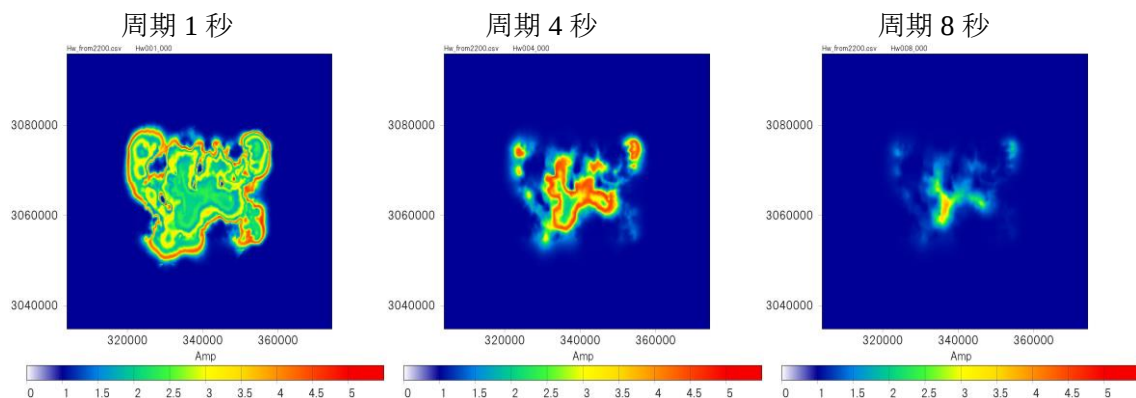


図1 5. 速度構造モデルから求められる地震動の周期別増幅率マップ.

3-2 地震動予測の高度化とハザード評価

Koketsu et al. (2016)の広域速度構造モデルに，カトマンズ盆地の速度構造モデルを組み込んで，シナリオ地震による地震動予測のための速度構造モデルを構築した．その際，

Vs 2.2 km/s の下部には広域速度構造モデルの Vs 2.9 km/s 層を接合した。構築した速度構造モデルに、研究課題 2 によるシナリオ地震の特性化震源モデル S model, M model を設定したものを図 1 6 に示す。S model, M model それぞれに破壊開始点の位置に関する 2 ケース、西側アスペリティの南西端と東側アスペリティの南東端を考えるとすると、合計 4 つの震源モデルが想定される (図 1 7)。

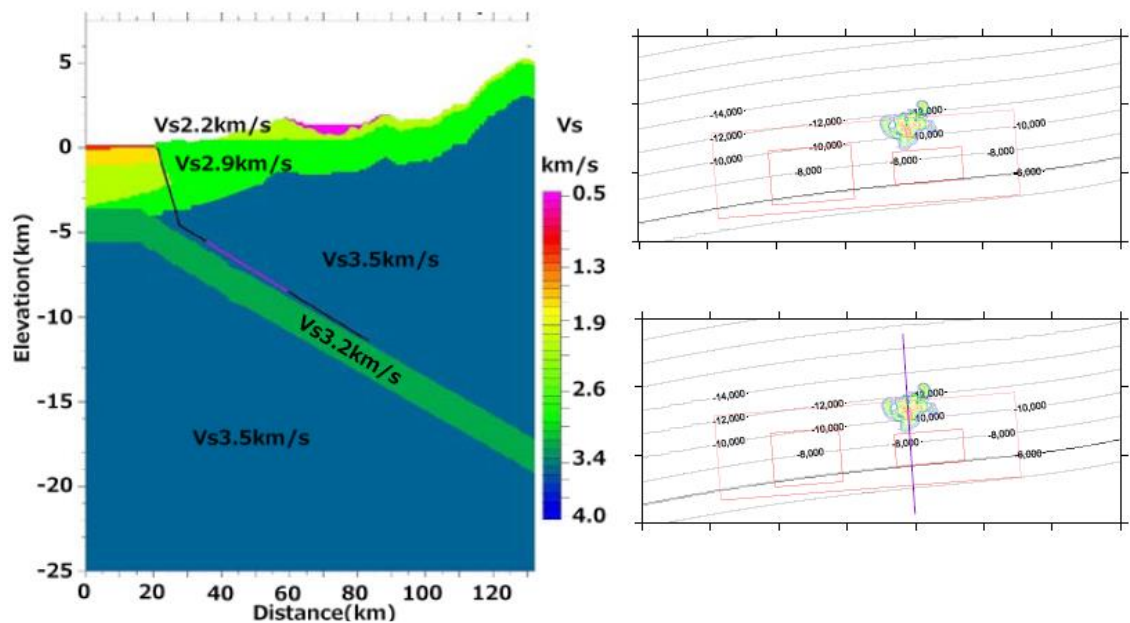


図 1 6. シナリオ地震動予測のために構築した速度構造モデルの断面図 (左). 研究課題 2 によるシナリオ地震の特性化震源モデルを組み込んで実線で示した. 右はプレート上面標高と特性化震源モデルの関係を示す. 下が S model, 上が M model.

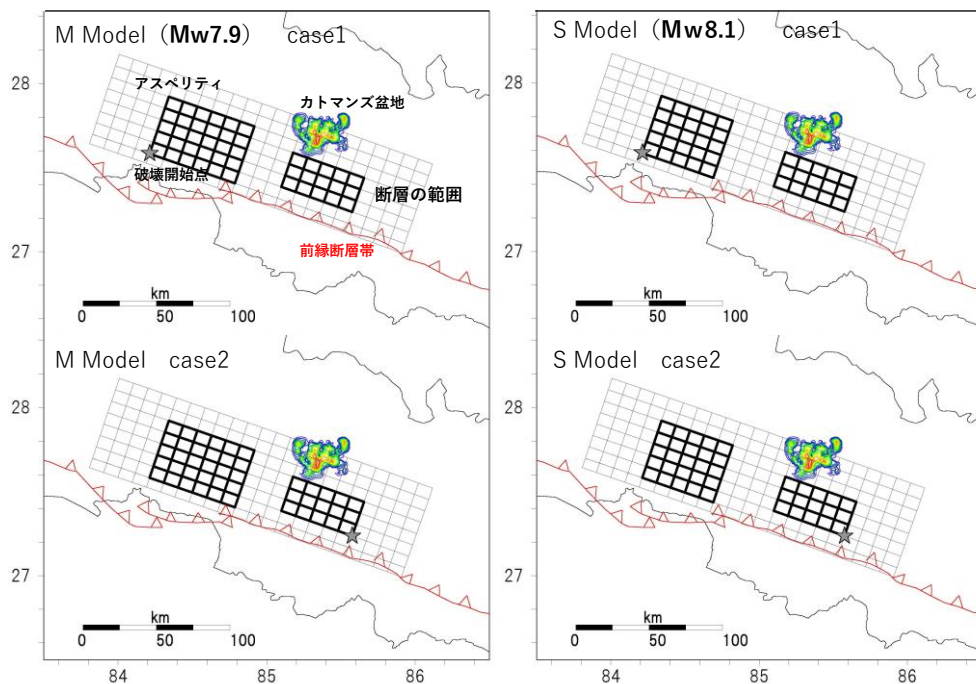


図 1 7. 地震動予測のためのシナリオ地震の 4 つの震源モデル. 灰色星印が破壊開始点.

これら4つの震源モデルに対して、構築した速度構造モデルの工学的基盤 (V_s 440 m/s) におけるカトマンス盆地の地震動を計算した。計算方法は接続周期を2秒としたハイブリッド合成法とし、長周期側は差分法（パラメータは図18左）により、短周期側は統計的グリーン関数法により計算し、マッチングフィルタ（図18右）を通して両者の計算結果を統合した。そして、このように計算された工学的基盤における地震動から、図19に書かれた方法により地表における地震動を予測した。そこで使われる AVS30 など は JICA のリスクアセスメントプロジェクトによるものを用いた（図20）。

グリッドサイズ(m)	100	
経度方向距離(km)	260	グリッド数2600
緯度方向距離(km)	140	グリッド数1400
深度方向 グリッドサイズ(m)	100	深さ0 km～8 km
	200	深さ8km～10 km
	400	深さ10km～22 km
	600	深さ22km～28 km
計算間隔(秒)	0.012	
ステップ数	30000	
左下隅の座標	EW:130000m	NS:-20000m
右上隅の座標	EW:390000m	NS:120000m

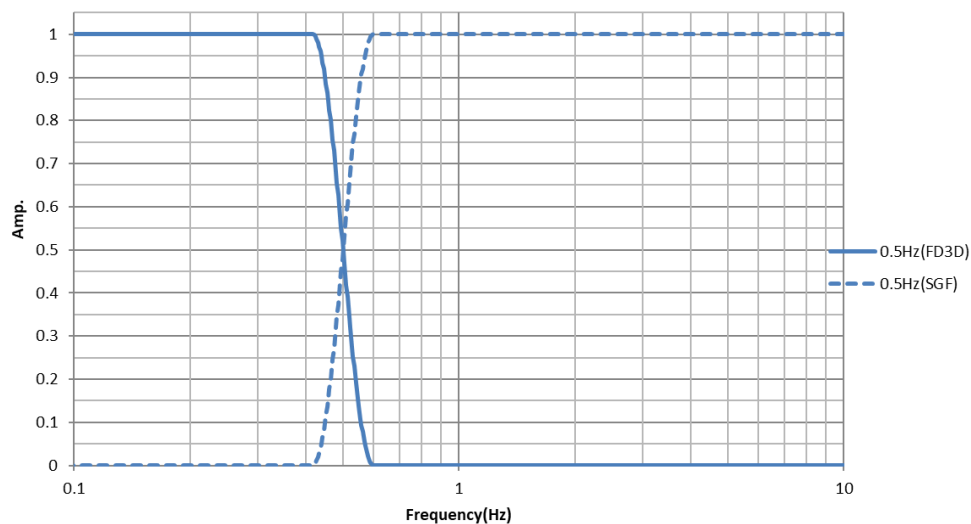


図18．差分法のパラメータ（上）とハイブリッド法のマッチングフィルタ（下）。

地表加速度

最大加速度増幅率を $\gamma'_{ref} = 1 \times 10^{-3}$ と仮定して計算

$$\log(AF_{PGA}) = b \cdot \log(AVS30/AVS30_{ref})$$

$$b = \begin{cases} -0.773 & (\gamma'_{eff} < 3 \times 10^{-4}) \quad AVS30/AVS30_{ref} \geq 1 \text{で適用} \\ 2.042 + 0.799 \log \gamma'_{eff} & (\gamma'_{eff} \geq 3 \times 10^{-4}) \quad AVS30/AVS30_{ref} < 1 \text{で適用} \end{cases}$$

地表速度①

最大速度増幅率 amp を地表30m平均S波速度 $AVS30$ と基準地盤（工学的基盤）のS波速度

$AVS30_{ref}$ より求めた。深部地盤の $Avs_{ref}30$ は概ね440m/sであるが、一部、表層地盤の $Avs30$ を下回るため（主に山地部）、 $Avs_{ref}30$ が表層地盤の $Avs30$ を下回る地点では $amp=1$ （増幅しない）とした。

$$\log(amp) = -0.852 \cdot \log(AVS30/AVS30_{ref})$$

地表速度②

地表面における計測震度を震度増分

$$\Delta I = 2.603 \log(amp) - 0.213 \{\log(amp)\}^2 - 0.426 \log(PGV_b) \log(amp)$$

により求め、藤本・翠川(2005)による最大速度と計測震度の関係式より求める

$$I = \begin{cases} 2.002 + 2.603 \log_{10} PGV - 0.213 (\log_{10} PGV)^2 & (4 \leq I) \\ 2.165 + 2.2662 \log_{10} PGV & (I < 4) \end{cases}$$

地表MMI

上記の地表最大加速度を用いてWald et al.(1999)による変換式により求めた。

$$I = 3.66 \cdot \log_{10}(PGA) + 5.66 \quad \text{MMI5以上}$$

$$2.20 \cdot \log_{10}(PGA) + 5.40 \quad \text{MMI5未満} \quad PGA \text{の単位はm/s/s}$$

図 1 9．工学的基盤の地震動を地表の地震動に換算する方法。

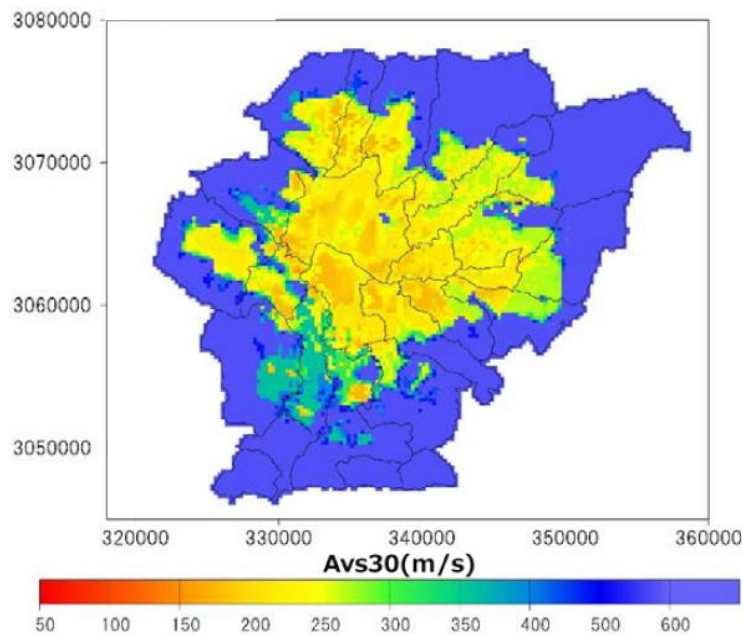


図 2 0．地表 30m の平均 S 波速度 AVS30（リスクアセスメントプロジェクトによる）。

工学的基盤と地表において算出された地震動の最大加速度（PGA）と最大速度（PGV）の分布、及び地表の改正メルカリ震度（MMI）の分布を以下に示す。参考のため、工学的基盤と地表の気象庁震度の分布も示した。震源モデルが M model case1, 同 case2, S model case1, 同 case2 の場合が図 2 1, 2 2, 2 3, 2 4 である。

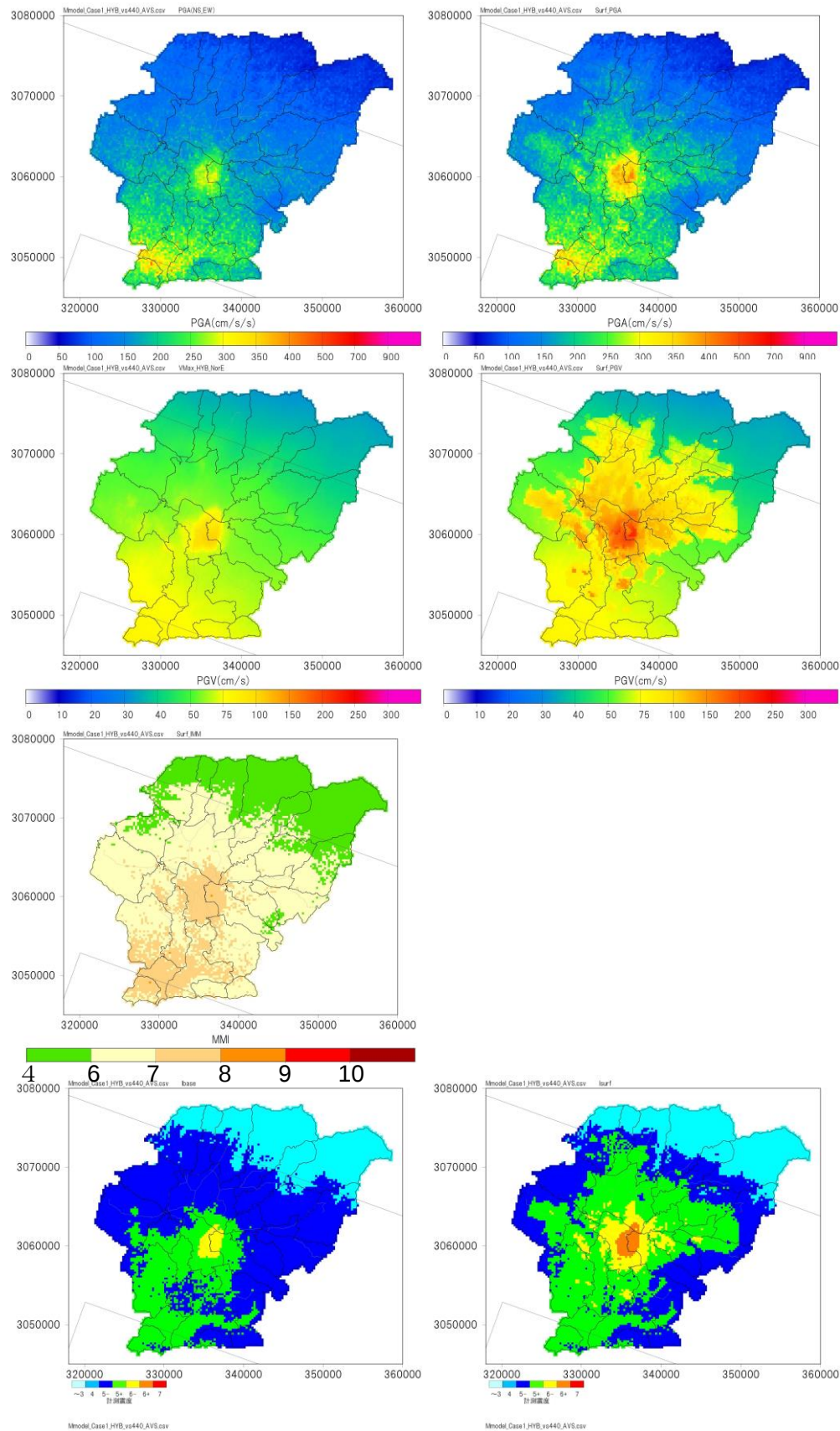


図 2.1. 上から最大加速度，最大速度，MMI 震度，気象庁震度の分布. 左側が工学的基盤，右側が地表. ただし MMI 震度は地表のみ (M model case1 の場合).

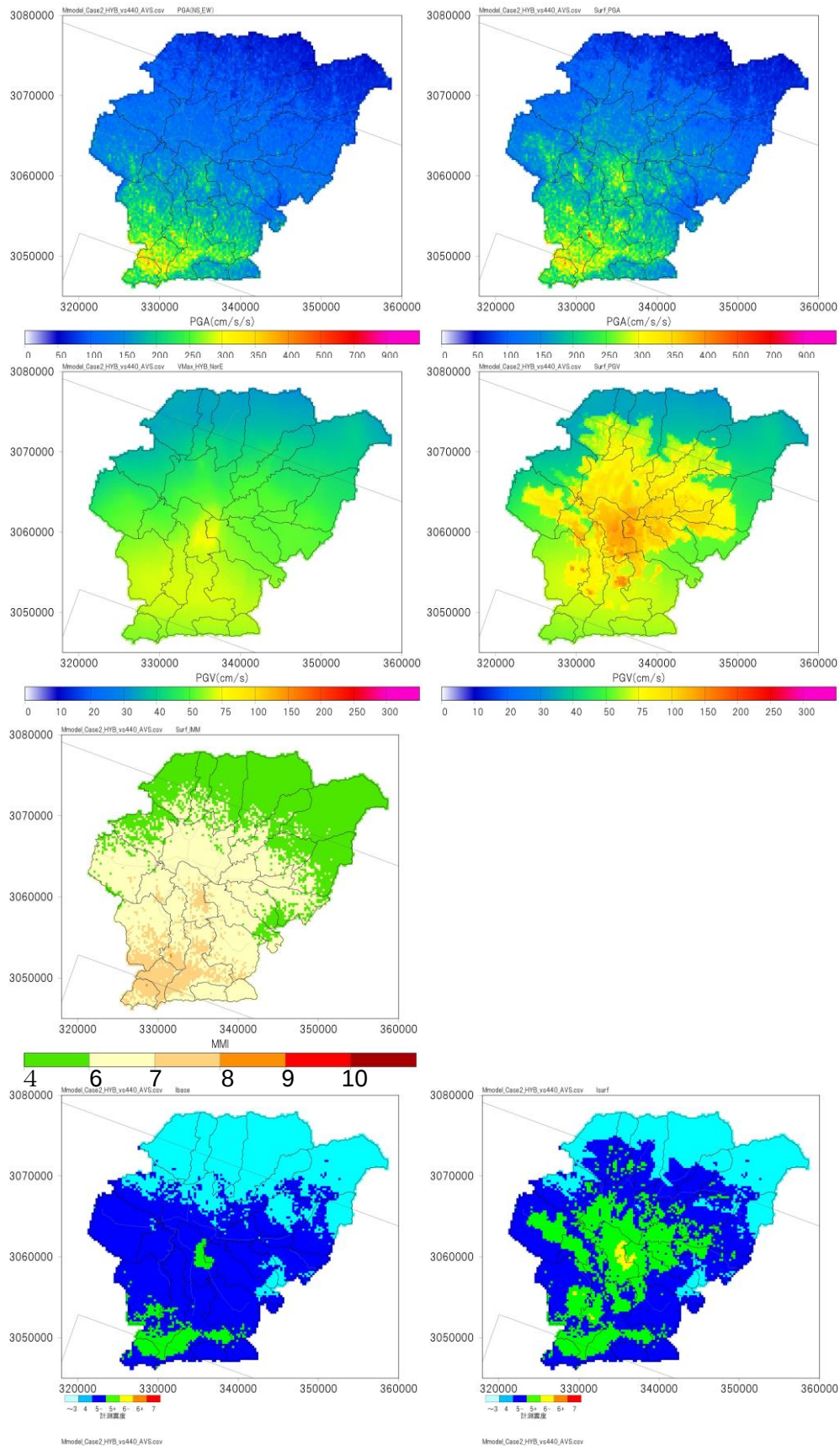


図 2.2. 上から最大加速度，最大速度，MMI 震度，気象庁震度の分布．左側が工学的基盤，右側が地表．ただし MMI 震度は地表のみ（M model case2 の場合）．

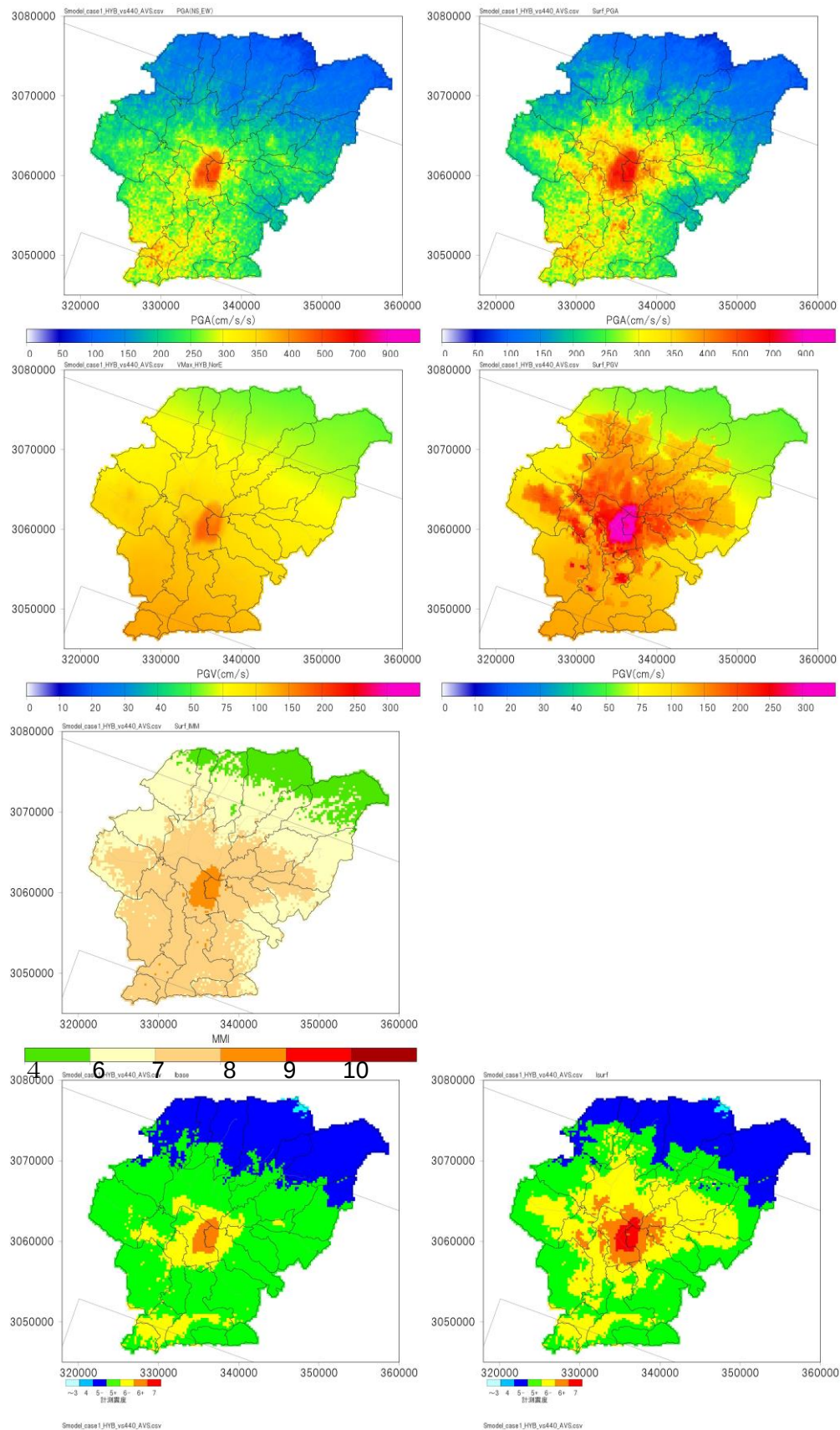


図 2.3. 上から最大加速度，最大速度，MMI 震度，気象庁震度の分布．左側が工学的基盤，右側が地表．ただし MMI 震度は地表のみ（S model case1 の場合）．

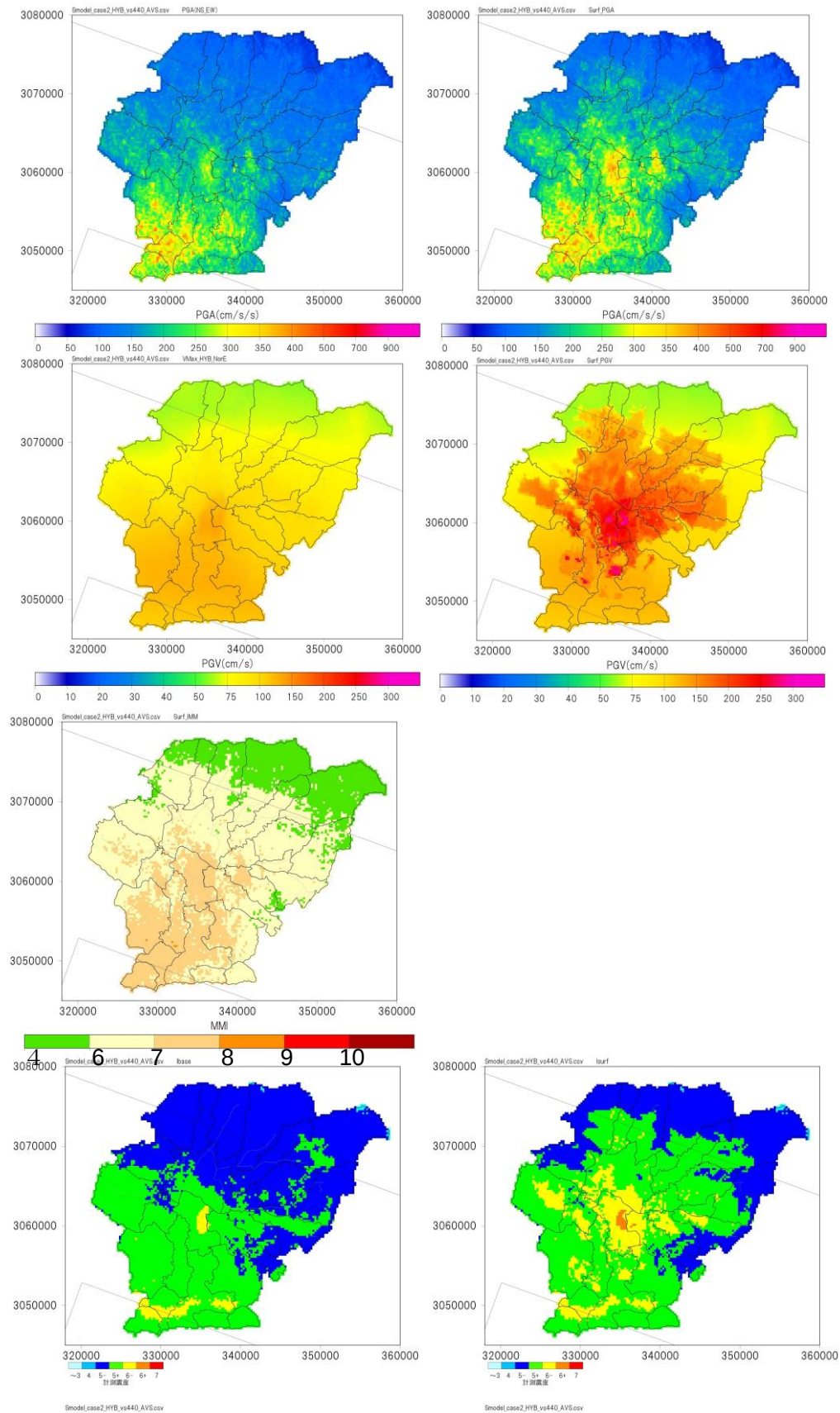


図 2.4. 上から最大加速度，最大速度，MMI 震度，気象庁震度の分布．左側が工学的基盤，右側が地表．ただし MMI 震度は地表のみ（S model case2 の場合）．

3-3 地震災害リスクの再評価

3-2 で示した地表における最大加速度の分布を用いて、カトマンズ盆地の液状化危険度を再評価した。液状化危険度(リスク)はすでに JICA の THE PROJECT FOR ASSESSMENT OF EARTHQUAKE DISASTER RISK FOR THE KATHMANDU VALLEY IN NEPAL (リスクアセスメントプロジェクト) により評価されているが、本研究において高精度の地震動予測が新たに行われたので再評価を行った。ただし、地震動予測を液状化危険度に結び付ける方法はリスクアセスメントプロジェクトと同一の手法を採用した。リスクアセスメントプロジェクトによる評価作業では、まず、微地形区分(同プロジェクトで作成されたもの、図 2 5)にもとづいて対象範囲を設定し、約 60 本のボーリングデータから、6 パターンの地盤モデル及び物性値を設定している。地下水位は雨季、乾季の 2 種類について設定している。そのうえで、これらを組み合わせて地盤をモデル化している(図 2 6)。

さらに、このモデルを用いて「建築基礎構造設計指針(2001)」に準拠した FL 値を計算し、岩崎・他(1980)による PL 値(図 2 7)でクラス分けしている。これは、日本国内では標準的な手法である。地表加速度については、リスクアセスメントプロジェクトでは地震動計算結果の値の 1/1, 2/3, 1/2 の 3 種類を設定しているが、今回は地表の最大加速度の値そのもので計算した。以上の方法で計算された震源モデル別、雨季・乾季別の液状化危険度(図 2 8, 2 9)は、いずれもカトマンズ盆地内の主要河川沿いで高くなっている。地震動と同様に S model case1 において危険度の高い地域が最も広がっており、リスクアセスメントプロジェクトが推定した 1934 年ビハール地震に対する液状化危険度と同程度である。

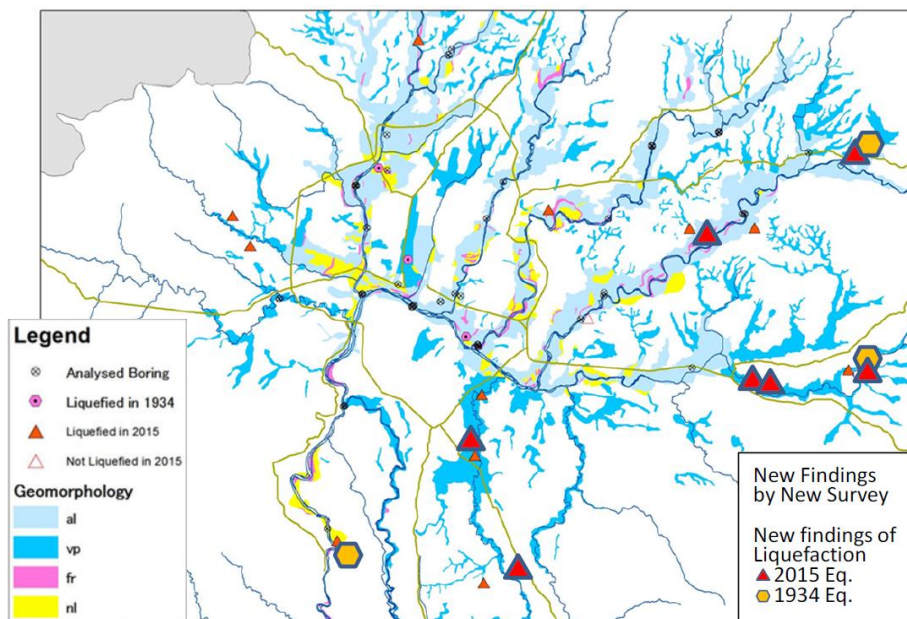


図 2 5. リスクアセスメントプロジェクトによる微地形区分。液状化危険度評価の対象とされた地形区分は“al”(alluvial lowland)、“vp”(valley plain)、“nl”(natural levee)、“fr”(former river course)。

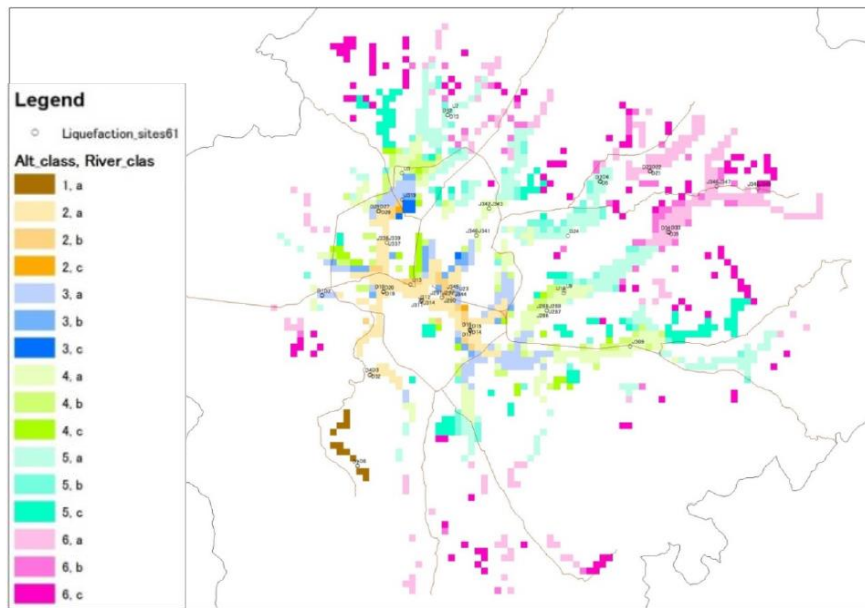


図 2 6．液状化危険度評価に用いた地下水位と組み合わせた地盤モデル．リスクアセスメントプロジェクトによる．

Judgement of liquefaction possibility	
$P_L=0$	(O) No possibility
$0 < P_L \leq 5$	(L) Low possibility
$5 < P_L \leq 15$	(M) Moderate possibility
$15 < P_L$	(H) High possibility

図 2 7．液状化危険度のランク分け基準（岩崎・他（1980）の PL 値による区分）．リスクアセスメントプロジェクトによる．

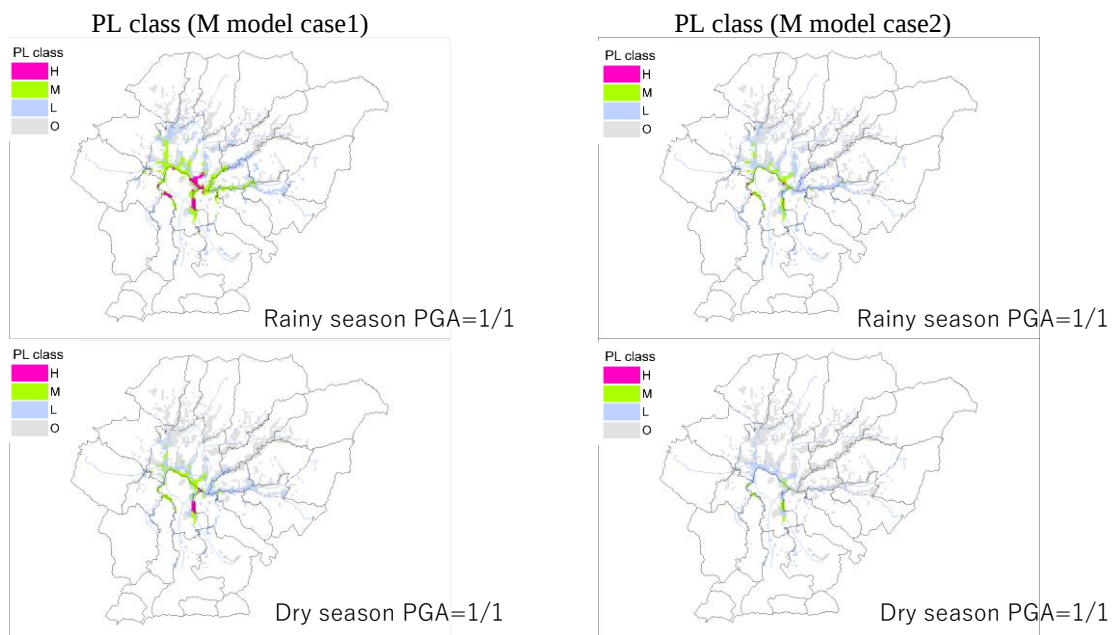


図 2 8．液状化危険度のハザードマップ（M model）．上が雨季で下が乾季．

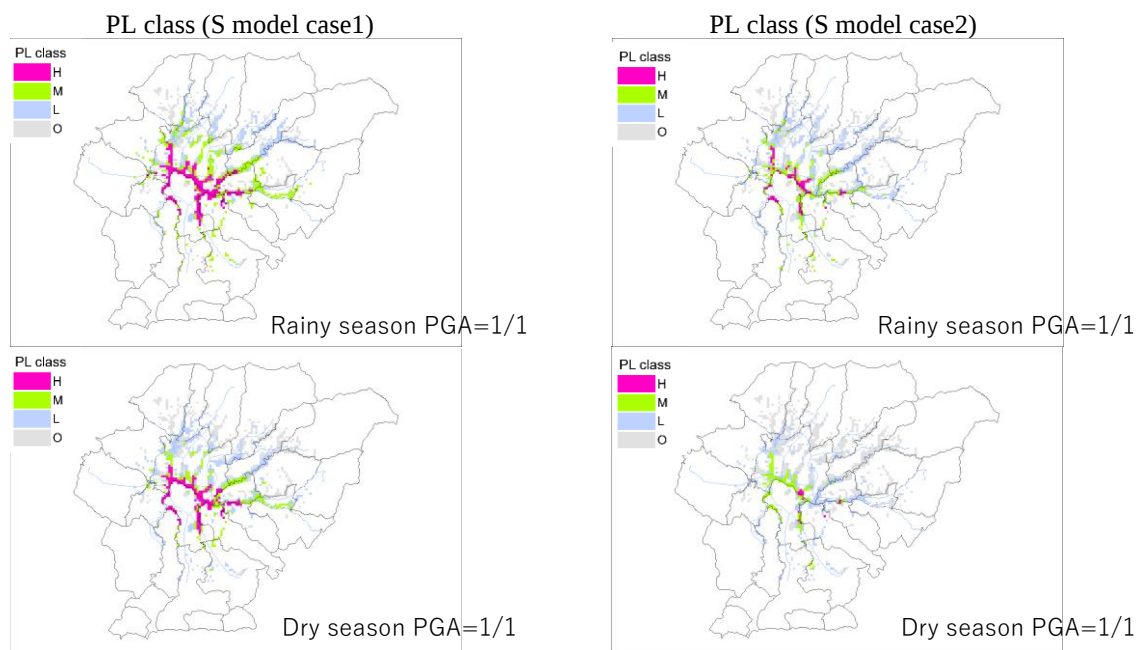


図 2 9．液状化危険度のハザードマップ（S model）．上が雨季で下が乾季．

② 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

a. 重力探査

探査終了後、当時の DMG メンバー（Khanal 局長，Sapkota 副局長，Rajaure 副局長，Nepali 氏，Santosh 氏，Suresh 氏ほか、計約 35 名）に対して、今回の探査の実績と粗解析の結果を説明した。ネパール側の関心が非常に高く、活発な質疑応答があった。また、現地での探査に参加した DMG メンバー 2 名（Santosh 氏，Suresh 氏）を 2 週間招聘し、データ解析の研修を実施した（日本側からはのべ 20 名以上が講師等として参加）。

b. 反射法探査

探査終了後に現地で報告会を実施し、今回の探査の実績と粗解析の結果を説明した。特に重力探査の結果との良い一致について高い評価を得た。また、現地での探査に参加した DMG メンバー 1 名（Monika 氏）を招聘し、データ解析のための 2 週間の研修を実施した。

c. 微動探査

基本的に供与機材を使った On the Job Training (OJT) ベースで技術移転を実施した。広帯域地震計を使う微動探査（2ST-SPAC，SPAC，CCA），自然地震・微動連続観測用の機材の設置・収録・撤収については、マニュアルを作成したこともあり DMG の職員だけでほぼ実施できるようになった。なお、令和元年度、同 2 年度 4 月に、SPAC 法，CCA 法及び高精度表面波探査（MASW）法の教育用フリーソフトを改訂し、既に WEB 上で公開している。

平成 30 年 12 月の渡航時に実施したミニ傘型アレイ、半径 2 m の正六角形アレイ及び辺長 25-30 m の小規模正三角形アレイは、その大きさや方位を、道路や建物の配置にあわせて微調整する程度の自由度しかないにも関わらず、DMG 職員だけでアレイ配置も決められるようになった。MASW については DMG 職員対象の解析のショートセミナーを行うとともに、デモンストレーションを兼ねて、TEKU で短周期微動を使ったミニア

レイの CCA 法による探査（データ取得）を実施した。

平成 30 年 12 月の渡航時には、Pokhara で取得した MASW の記録解析を指導した。この場合現場でのデータ取得は DMG 職員だけでこなしている。また、Jhapa（東ネパール）での各々 MASW、CCA 法の適用でも、DMG 職員だけでデータ取得作業をこなしている。これらに加えて、微動記録の解析については、研究課題 5 と連携して JICA 課題別研修、SATREPS プロジェクト予算による招聘により来日した DMG 職員に対して集中的な指導を行った。

しかし、不等辺四角形を使う大規模アレイについては、現地の状況に強く依存するため、特に展開計画に対する指導が未だ必要と思われた。故に、令和 2 年度に OJT の総仕上げとしての渡航・現地指導を計画していた。ところが、COVID-19 の影響で渡航が実質的に不可能となり、これらは果たせなかった。そこで、令和 2 年 12 月頃から令和 3 年 4 月にかけて、オンライン遠隔会議システムを利用してデータ解析に関してのべ 19 日間の遠隔指導を実施した。

d. 地盤モデルの構築・地震動計算

地盤モデル構築、地震動計算の作業については、ハザード予測において採用したモデル化と解析技術はかなり高度なものであり、技術移転のためには基礎技術の習得からはじめて面談による指導が不可欠であった。当初は DMG 職員の適任者を選定して日本国内に招聘して技術研修を行う予定であったが、対象者が選定されなかったこと、COVID-19 蔓延の影響による渡航制限のため実施できなかった。その代わりとして、速度構造モデルの構築については、オンライン会議で概要を説明した。

上記の研修等により、微動探査については、DMG メンバーのみでおおむね観測・解析が可能な状態となった。これにより、今後は必要に応じて現地で微動観測を行い、表層地盤の S 波速度構造と地震動の増幅を検討することができる。カトマンズ盆地の地盤モデル構築とそれにもとづく強震動予測の手法については、多様なコア技術の集合であり、一朝一夕に現地メンバーが応用できるものではないが、研修等により、重力探査、反射法探査、微動探査というバックボーンとなる技術の理解が進んだことで、今回作成した地盤モデルの応用と展開がよりの確な形で成されるものと考ええる。

③ 研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

地盤モデル構築にあたっては、できればボーリングデータ等を再収集して、JICA のリスクアセスメントプロジェクトで作成された工学的基盤以浅のモデルをリバイスすることが望ましかったが、同プロジェクトの作業に提供されたもの以上のデータは取得できなかった。

④ 研究題目 3 の研究のねらい（参考）

カトマンズ盆地とその周辺地域の地盤モデル及び速度構造モデルが構築されるとともに、主前縁断層帯沿いの中央ヒマラヤ地震空白域の震源モデルなども用いて地震ハザード評価が行われ、その結果に基づきハイリスクエリアの地震災害リスクが再評価される。

⑤ 研究題目 3 の研究実施方法（参考）

3-1 速度構造モデル・地盤構造モデルの構築

地質情報やボーリング資料を収集するとともに、地震探査・重力探査・微動探査等を実

施して，カトマンズ盆地とその周辺の速度構造および地盤構造のモデルを構築する．

3-2 地震動予測の高度化とハザード評価

震源モデル，速度・地盤構造モデルにより地震動予測の検証と高度化を行い，それらを基にカトマンズ盆地とその周辺の予測震度地図や液状化危険度地図を作成する．

3-3 地震災害リスクの再評価

これら地震ハザード評価結果に基づき，カトマンズ盆地とその周辺地域におけるハイリスクエリアの地震リスクの再評価を行う．

(5) 研究題目 4：地震観測システム（リーダー：堀内茂木）

① 研究題目 4 の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

4-1 地震観測ネットワークの強化

平成 30 年 11 月までにフィールド作業を行い、全 8 観測点の設置を完了した（図 1）。各観測点には、3 成分の速度計と加速度計が設置されており、PUTL, DARB, ROLP, DUMJ は広帯域地震計の観測点である。地震観測装置には、SIM カードが組み込まれており、1 分毎の連続波形データが、カトマンズにあるサーバに送信されている。

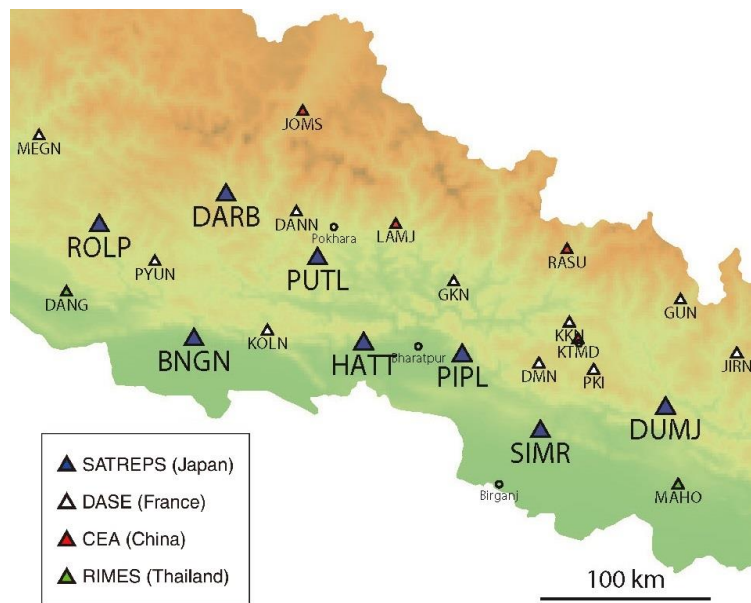


図 1. 観測点配置図.

図 2 は SIMR, DARB 観測点の写真である。上部にはソーラパネル、GPS アンテナ、通信アンテナ、シードに包まれた箱の中には、送信機と加速度計が取り付けられている。広帯域地震計、あるいは周期 1 秒の速度計は、観測点の近くに約 1 m の穴が掘られ、その中に設置されている。



図 2. SIMR(左), DARB(右)観測点の写真.

令和元年度に全観測点の動作状況をモニターするシステムを作成した。図3は、DMG内に新たに構築したサーバーームの写真である。モニター画面の左上は、最新の30日間の震央分布、右上は、リアルタイム観測波形、左下は、観測点毎の1日間の波形、右下は、各観測点の動作状況の表示である。また、各観測点の動作状況を、担当者に毎日メール送信するシステムを作成した。図4は、メールの内容であるが、①波形データの送信状況、②GPSの受信状況、③バッテリー電圧等が含まれている。



図3．観測室の写真．

PUTL : 2880/2880 (100%)	67M /home/satreps/cont_wave/2021/05/17/PUTL
DARB : 2880/2880 (100%)	62M /home/satreps/cont_wave/2021/05/17/DARB
ROLP : 2880/2880 (100%)	72M /home/satreps/cont_wave/2021/05/17/ROLP
DUMJ : 2589/2880 (89%)	89M /home/satreps/cont_wave/2021/05/17/DUMJ
SIMR : 2880/2880 (100%)	74M /home/satreps/cont_wave/2021/05/17/SIMR

以下省略

図4．観測データの動作状況を示すメール（2021年5月17日）の例．%は全波形データのうちサーバで受信済みの割合を表す．

DMGはフランス、中国、タイ、日本の協力による地震観測点を設置している。本研究では、Winフォーマットで波形データの収録を行っているが、他の観測網では、Mini-Seedフォーマットで収録している。DMGは全データをまとめたシステムの運用を希望しており、この要請を受け、令和元年度に、本プロジェクトで得られた準リアルタイム波形をMini-Seedフォーマットに変換し、Seedlinkを用いてDMGの全国地震センター(NSC)に送信するシステムを作成した(図5)。

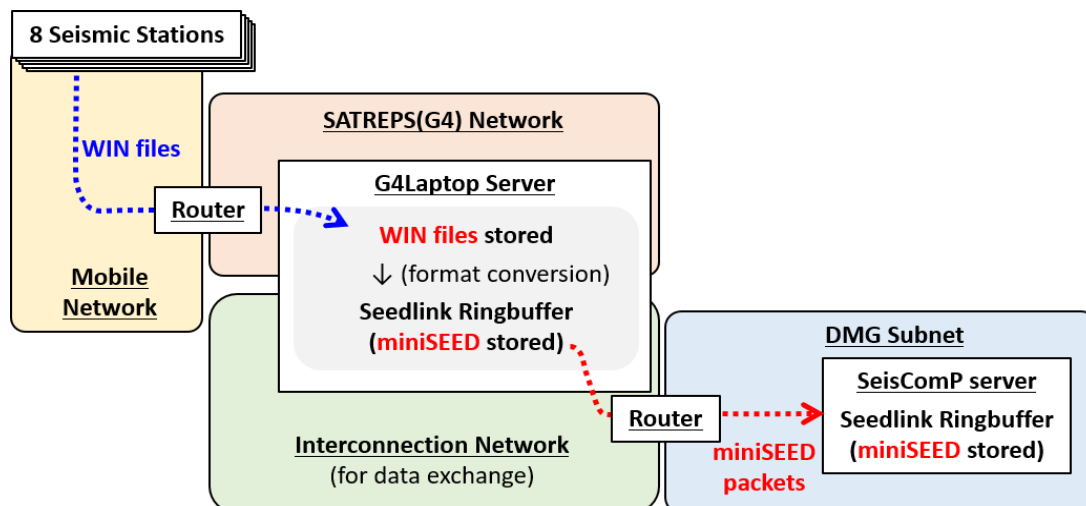


図5. Seedlink による NSC へのデータ送信のブロックダイアグラム.

4-2 地震データ処理の強化

震源決定精度の向上を目的として、地震とノイズとを正確に区別するためのソフトウェア開発を行った。震源位置やマグニチュードを準リアルタイムで決定する自動処理システムの開発、及び処理結果を公開するための Web 画面を作成した(図6から図9)。図6は最新の30日間の震央分布である。任意の1ヶ月間の震央分布も表示できるようになっている。図6の地震をクリックすると、その地震の観測波形を表示できるようになっている(図7)。マグニチュードが4以上の地震が発生した場合には、震源とマグニチュードから計算される MMI 震度の分布図が作成するようになっている(図8)。また、強震波形記録も見ることができるようにした(図9)。

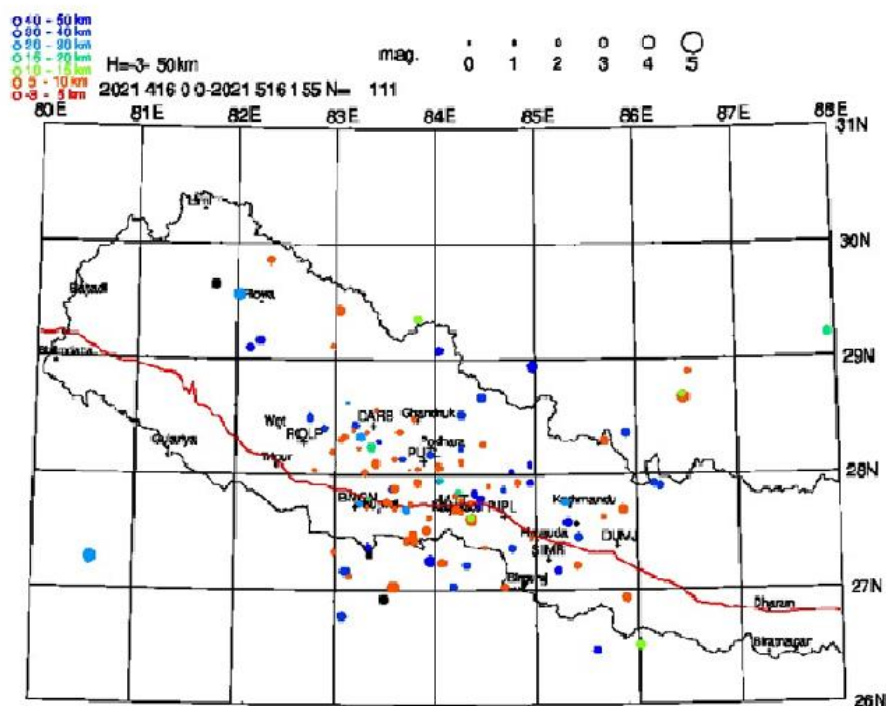


図6. Web ページに張り付けられた最新一ヶ月間(2021年4月16日ー5月16日)の震央分布.

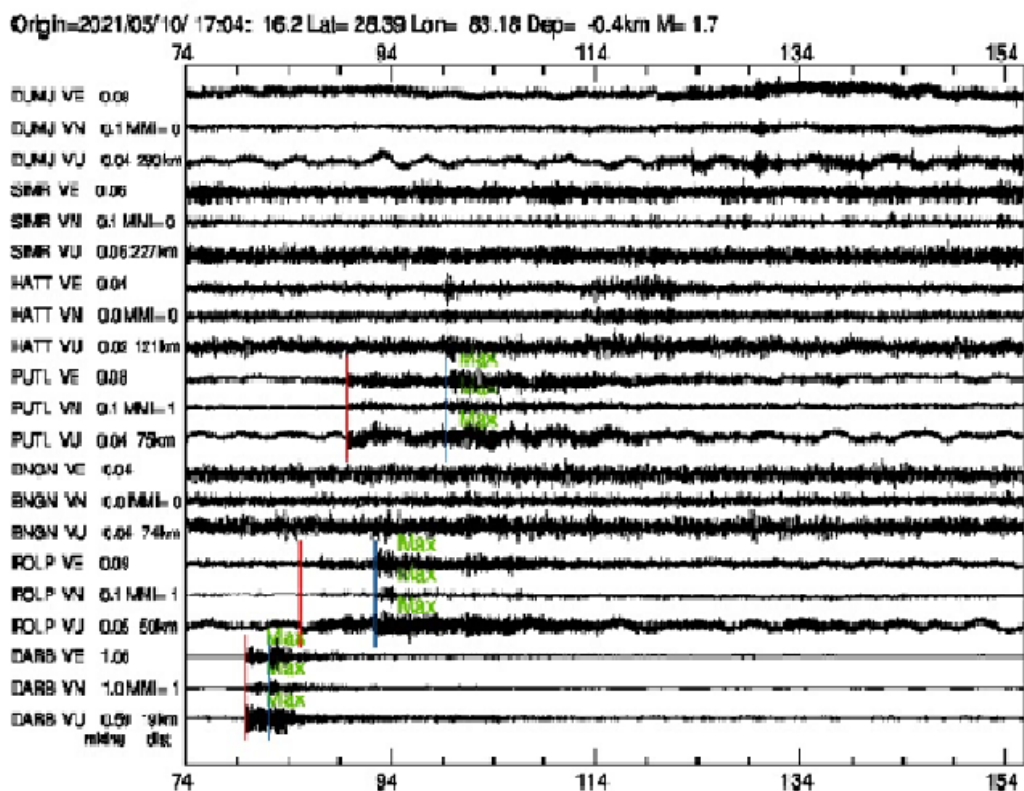


図7. 地震波形とトリガの例（速度波形）.

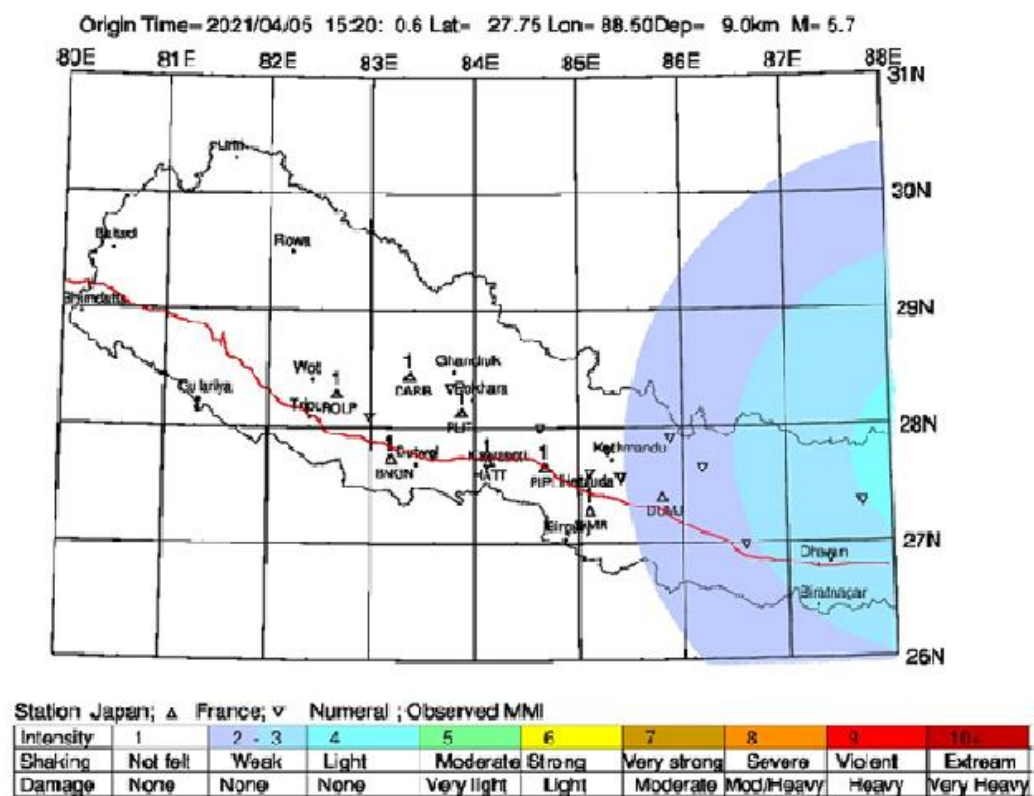


図8. Web ページに張り付けられた 2021 年 4 月 5 日, M 5.7 の地震の MMI 震度の分布.

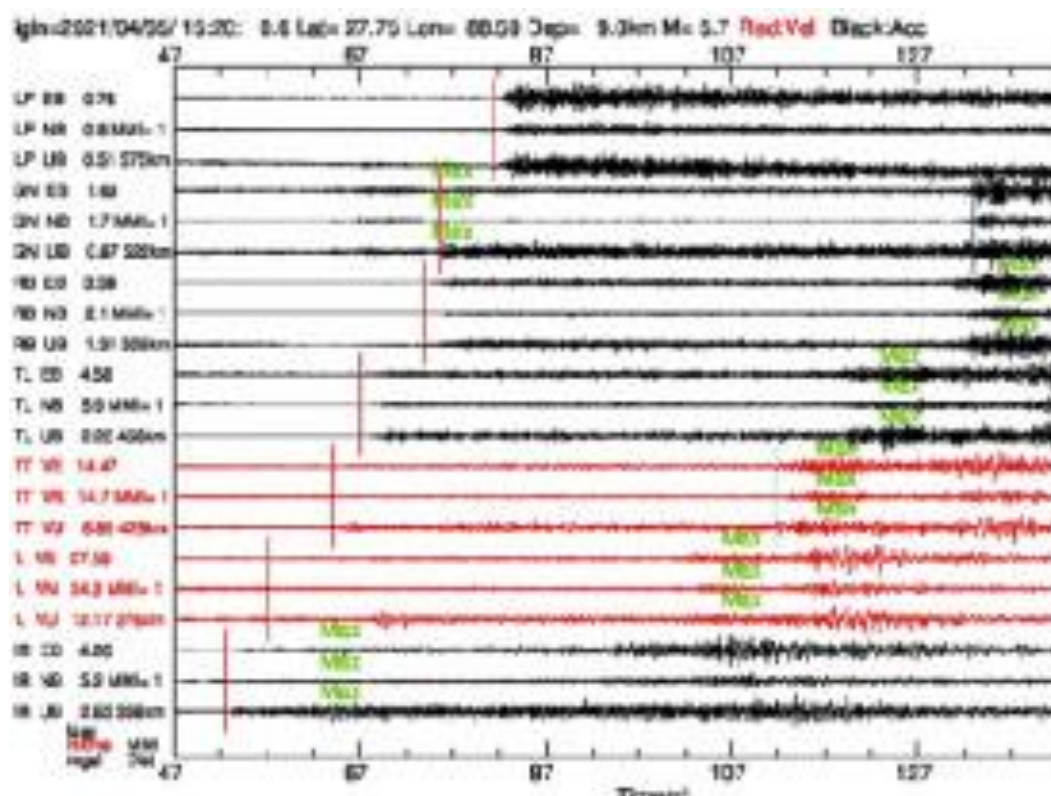


図 9. 同じく 2021 年 4 月 5 日, M 5.7 の地震の強震記録. 黒: 加速度計, 赤: 速度計.

前述のように, DMG はフランスによる 20 観測点, 中国による 10 観測点, タイによる 2 観測点, SATREPS による 8 観測点, 計 40 点の地震観測データを集めている. しかし, これらの観測網データは, 個々に独立に処理されている. このため, DMG はデータを統合し, それを用いて震源決定するシステムを開発する必要があった. そこで, 本研究で開発した自動震源決定システムを, これらネットワークの統合データでも機能するように修正して欲しいと依頼された. 令和 2 年度に, 統合データの自動震源決定システムを開発し, DMG のサーバにインストールした. このシステムは, ディスクに保存されたデータを用いて震源決定する (ateq_seed) ものと, 準リアルタイム波形を用いて震源決定する (ateq_dmg) ものに分かれている. 波形データの入力フォーマットは Mini-Seed で, 波形データが機関毎のディレクトリーに分散して保存されている場合にも対応できるようにした. 自動的に読み取られた到着時刻や, 自動決定された震源やマグニチュードのデータは, DMG で使用している GSE フォーマットで出力するようにした. また, 有感地震が発生した場合に, 推定震度分布図を出力するようにした. 図 10 は処理結果の一例で, 図 11 は, 1 週間のテストデータを用いて自動震源決定した場合の震央分布図である. 図 12 は, テスト期間中に発生した 2021 年 4 月 5 日, M 5.7 の地震 MMI 震度分布である.

Origin=2020/07/30/19:44: 18.0 Lat= 27.80 Lon= 85.79 Dep= 24.4km M= 3.1

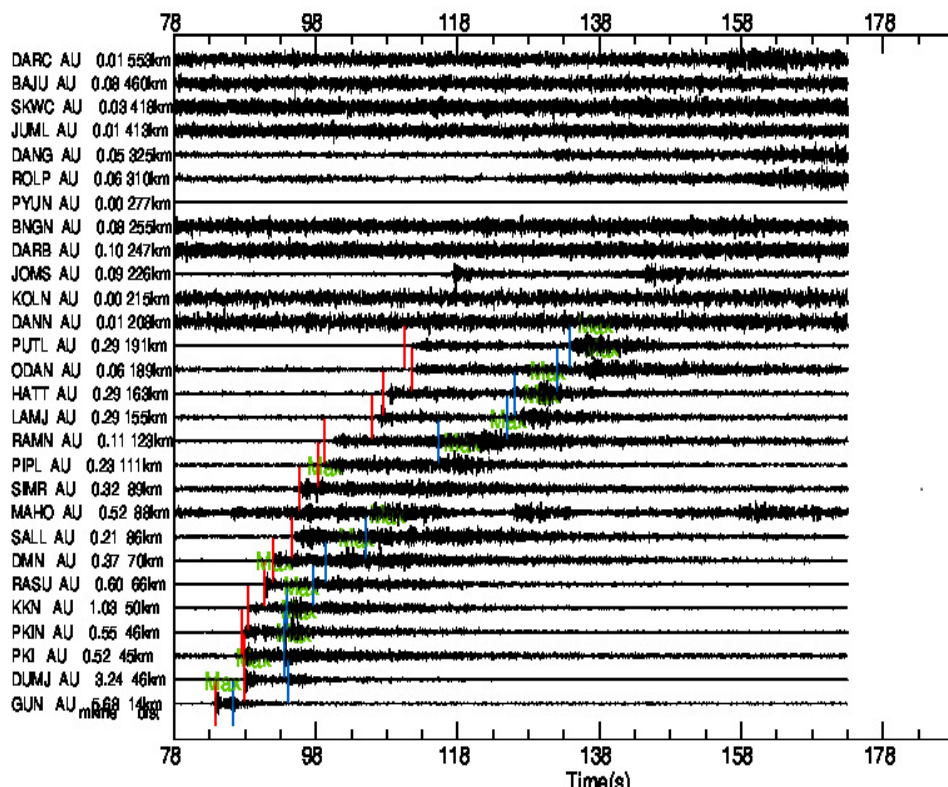


図 10. 統合データを用いて自動震源決定された地震の処理結果の一例。

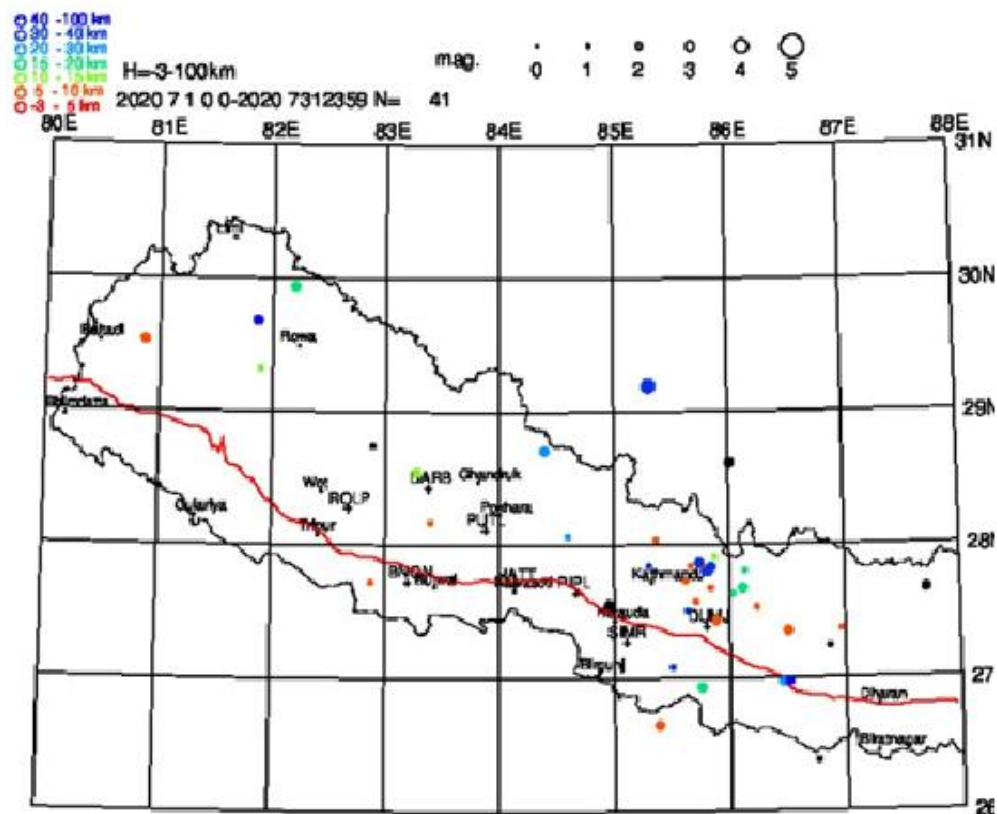


図 11. 1 週間の統合データを用いて自動震源決定された地震の震央分布。

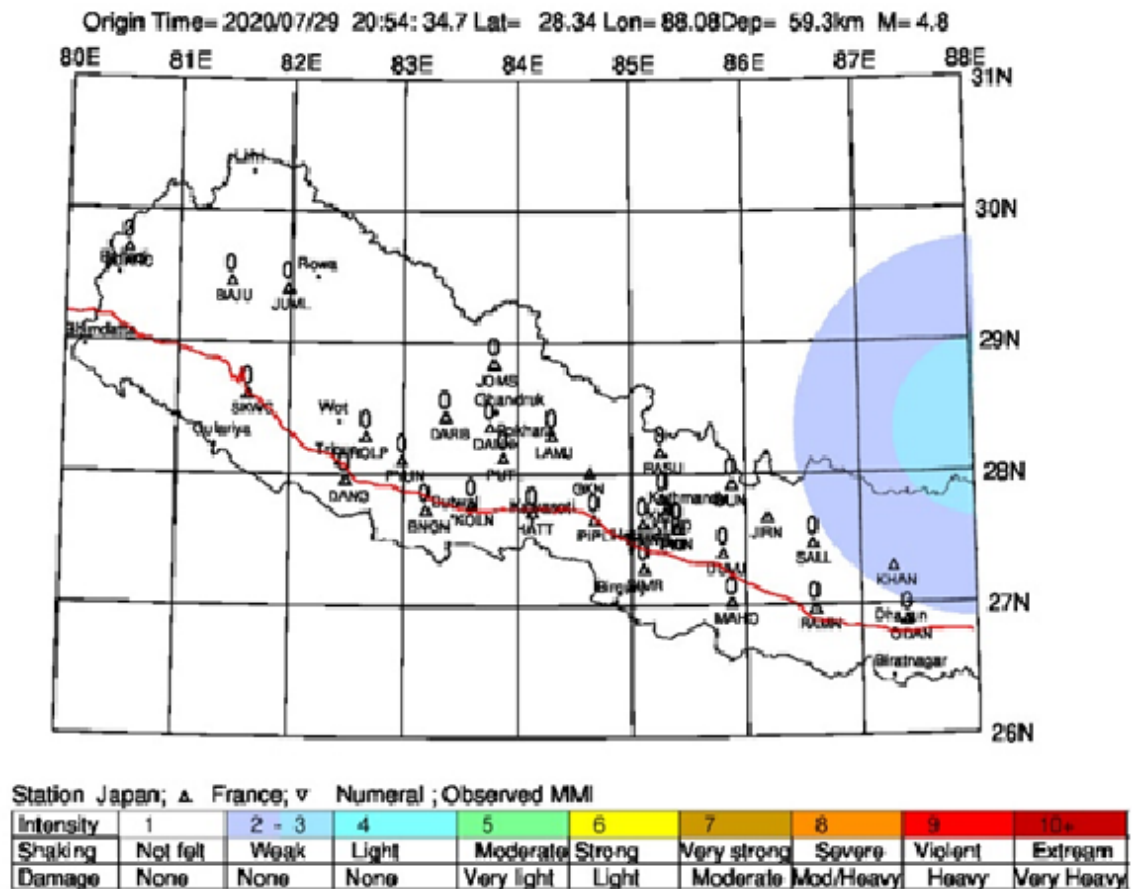


図 1 2. 2021 年 4 月 5 日, $M 5.7$ の地震の統合処理震源に対する MMI 震度分布.

2021 年 5 月 19 日に $M 5.3$ の地震が発生し, 多数の余震が発生した. 図 1 3 に, この地震の統合波形データを用いた 1 日間の震源分布図を示す. 統合データの観測点数は 40 点と多く, 精度の高い震源分布が得られるようになった. 本自動震源決定システムは, P 波極性データを用いて発震機構解を求めるようになっているが, 本震と 2 個の余震の発震機構解が求められた (図 1 4). 前述のように, フランス, 中国, タイ, 日本による観測網データの処理は, それぞれ独立して行われていたため, 精度の高い解析を行うことができなかったが, 統合データを用いた処理解析システムが構築されたことにより, DMG のデータ処理システムの高度化に貢献できた.

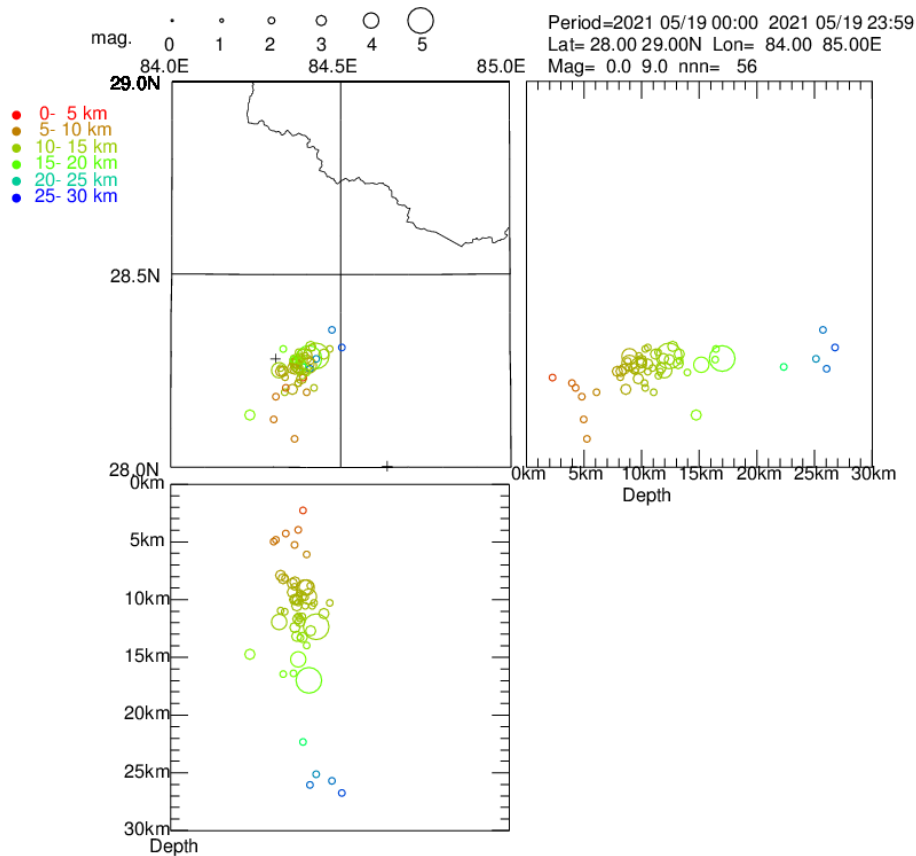


図 1 3. 統合化データの自動震源決定で得られた 2021 年 5 月 19 日, M 5.3 の地震とその余震の震源分布.

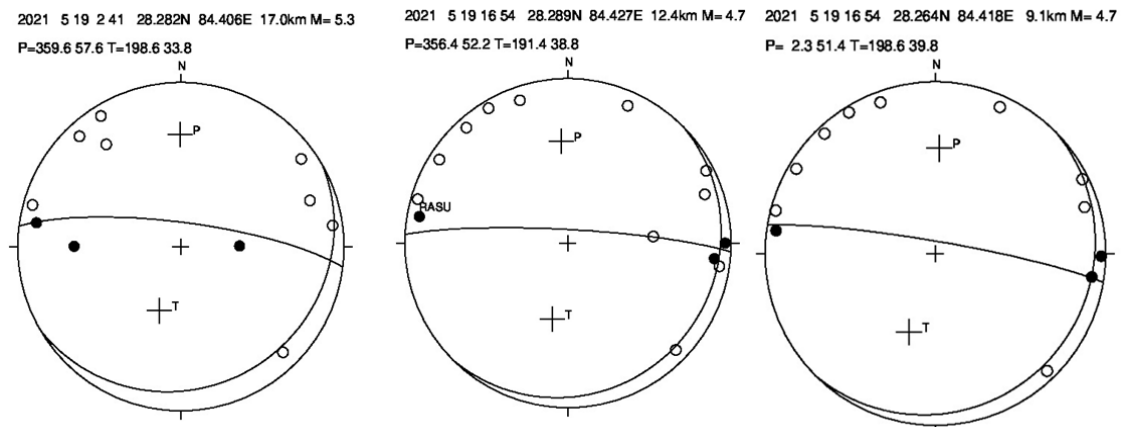


図 1 4. 統合化データを用いて得られた 2021 年 5 月 19 日, マグニチュード 5.3 の地震(左)と 2 個の余震 (中、右) の発震機構解.

② 研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

地震観測点のメンテナンスは、ネパール側の担当者と共同で行い、地震観測システムの説明を行った。ネパール側の担当者と地震震観測点に訪問し、機器の操作方法を説明するとともに共同でメンテナンスを実施した。また、サーバールームにて、受信サーバの操作方法などを説明し (図 1 5), 地震観測システムの技術移転を進めた。地震データ処

理についての説明を行った。令和2年度は訪問できなかったことから、オンラインの会議を2度開催し、統合データの自動震源決定システムの入出力の説明や、ソフト修正の要望に関する打合せを行った。オンラインの打合せで、本研究で開発した全てのシステムに関する説明を行い、技術移転を進めた。その結果、ハード、ソフトともに、ネパール側でメンテナンスできるようになった。



図15. 観測システムの説明の写真.

③ 研究題目4の当初計画では想定されていなかった新たな展開

前述のように、フランス、中国、タイ、日本の地震観測点データを統合し、処理するためのシステムを構築した。観測網ごとにバラバラにデータ処理を行うと、観測データを有効に活用することはできなかった。全観測網データを統合して処理を行えるようにしたことから、図13に示すように、精度の高い震源、特に震源の深さの決定精度が格段に高められた。また、大きい地震の発震機構解も求められるようになった。

④ 研究題目4の研究のねらい（参考）

主前縁断層帯沿いの中央ヒマラヤ地震空白域の地震観測ネットワークが強化され、震源位置や地震規模の特定能力が向上し、精度の高い地震観測データが得られる。

⑤研究題目4の研究実施方法（参考）

4-1 地震観測ネットワークの強化

主前縁断層帯沿いの中央ヒマラヤ地震空白域に広ダイナミックレンジ地震観測点を設置し、地震観測ネットワークの能力を強化する。

4-2 地震データ処理の強化

地震観測データの分析能力を強化し、地震規模や震源位置を準リアルタイム決定できるシステムを構築する。

(6) 研究題目 5：教育と政策（リーダー：楠 浩一）

① 研究題目 5 の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

5-1 地震学の高等教育基盤の構築

ネパールにおける大学教育システム、地震関連教育・研究に関しては、平成 28 年より継続して、大学教育関係者らへの聞き取り調査、関係文献の調査を実施し、ネパールでの地震関連教育と研究の実情と課題を把握した。ネパールにおいて地震学教育を行うための教科書「Ground Motion Seismology」（図 1）を執筆し刊行された。トリブバン大学の中央物理学科や Patan Multiple Campus など地震学セミナーを実施し（図 2）、地震学教育のためのフィードバックを得た。

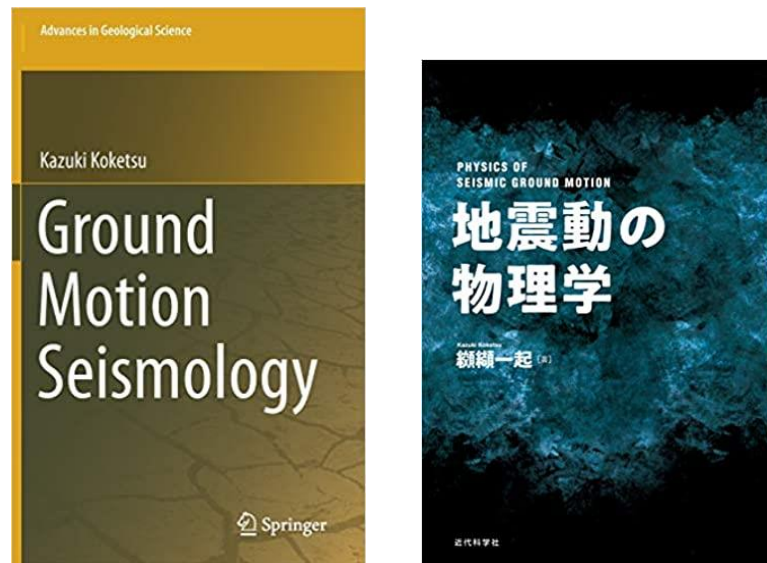


図 1．地震学教科書（左）とその基になった日本語版（右）。



図 2．トリブバン大学中央物理学科における地震学セミナー。

また、日本とネパールの災害リスク管理（Disaster Risk Management）の調査を実施した。具体的には日本では、DRM ポリシー、関連法制度、計画およびその他の文書の文献レビュー、および日本に於ける DRM のステークホルダーとの協議を実施した。また、日本とネパールの「中央政府、地方自治体、コミュニティ」の異なる 3 つのレベルを対象とした調査とその結果の比較を行った。こうした調査結果とフィードバックに基づいて、ネパール側のメンバーと共にネパールの地震関連教育に関する論文執筆を行

なうと共に、地震学カリキュラムの素案について議論を行なった。

5-2 地震学および地震工学の専門家研修

地震学および地震工学の専門家研修について、平成 28 年度より研修計画の詳細検討を始め、JICA 課題別研修「地震学・耐震工学・津波防災」に平成 28 年度 10 月から参加していた 2 名の DMG 職員は、平成 29 年 9 月にこの研修を終了し、地震学分野・微動探査分野の研究レポート執筆により政策研究大学院から修士号を授与された。引き続き平成 29 年度 10 月から、さらに 2 名の DMG 職員がこの研修に参加し、平成 30 年 9 月にこの研修を終了し、地震学分野・微動探査分野の研究レポート執筆により政策研究大学院から修士号を授与された。また、JICA 課題別研修「グローバル地震観測」(平成 30 年 1 月から 3 月)に DMG 職員が 1 名参加した(家族の事情により早期帰国)。加えて、幹部研修として 1 名を、また重力分野の技術移転として短期研修員 2 名を受け入れた。令和 2 年 2 月 10 日～22 日の期間、DUDBC 職員が訪日し、東京大学・広島大学・大阪大学・建築研究所において、耐震診断・補強技術、わが国での法改正プロセス、構造実験手法などについて研修を行った(図 3)。



図 3. 研修の様子(左:大阪大学, 右:建築研究所)。

また、プロジェクトの成果の国際的な発信のために、第 17 回世界地震工学会議(17WCEE, 当初は 2020 年 9 月に日本で開催予定)での特別セッション(ミニシンポジア)に、DMG の代表者数名を招聘し、日本側メンバーと一緒に発表する予定であったが、COVID-19 の影響により 17WCEE が令和 3 年 9 月に延期かつ全面的にオンライン化されたため、本邦招聘は中止となった。特別セッション自体はオンラインで日本、ネパール双方から参加して実施の予定である。

5-3 地震災害軽減のための政策提案

平成 28 年度、29 年度は、ネパールにおける設計用地震荷重及び土地利用計画に関する基準類とその仕組みについて、ネパール側関係省庁に対する調査を実施するとともに、地震荷重の精緻化に資する項目の検討を行うという研究計画に基づき、ネパールにおける設計用地震荷重及び土地利用計画に関する基準類とその仕組みについて、ネパール側関係省庁に対する調査を行うとともに、ネパール側の他のグループリーダーと基準化に資する研究情報に関する意見交換を実施した。

平成 30 年度には、ネパールにおける設計用地震荷重及び土地利用計画に関する基準類とその仕組みについて、引き続きネパール側関係省庁に対する調査を実施するとともに、地震荷重の精緻化に資する項目の検討を引き続き行うという研究計画であったので、引き続きネパールにおける設計用地震荷重及び土地利用計画に関する基準類とその仕組みについて、ネパール側関係省庁に対する調査を行うとともに、ネパール側の他のグループリーダーと基準化に資する研究情報に関する意見交換を実施した。土地利用計画に関しては、例えば我が国の宅地造成法等規制による切土・盛土の開発規制、いわゆる急傾

斜地法による急傾斜地の崩壊防止に関する規制を参考にすることを想定した。また、地震荷重に関しては、特にネパールの鉄筋コンクリート造建物を対象に、構造設計では無視されるあと積みのレンガ壁の影響で実質ピロティ化した建物のピロティ層での層崩壊（図4、楠・他, 2016）を防止するために、鉛直方向の水平荷重分布係数の修正提案を想定した。また、他の研究題目の成果から、地震地域係数の修正の必要性についても検討を行った。



図4. レンガ壁によりピロティ化した建物の崩壊

令和元年には、本プロジェクトを基にした具体的な政策提言を見据えて、研究課題3とともに DUDBC においてワークショップを開催した（図5）。本ワークショップでは、SATREPS プロジェクトの内容とそのアウトプットを公知するとともに最終成果に向けて広く議論するために、本プロジェクトのメンバーだけではなく、DUDBC の統括者のみならず、DUDBC の多くの技術者、DMG の研究者、健康省の研究者、建築基準改定委員会のメンバー、地方行政関係者、NPO、一般技術者など約70名が集まった。研究課題3からは、カトマンズ盆地における速度構造に基づく地震動予測に関する研究の進捗状況について説明があり、会場では設計の資料への採用に向けて大きな期待が示された。また、バングラデシュを対象国とした SATREPS プロジェクトで開発中の Ferro Cement を用いた耐震補強技術（図6）が関 松太郎博士（建築研究所客員研究員）より紹介され、ネパールでの実務上も有力な耐震補強技術であり、指針として紹介する方向で検討することとなった。楠からはいわゆるピロティ建物に対する耐震性能評価方法案について紹介があり、同じく設計資料として DUDBC が技術者に公知する方向で進めることとなった。

令和2年度には、令和元年度のワークショップの成果を踏まえて、本プロジェクトを基にした具体的な政策提言を見据えて、研究課題3と共に DUDBC においてワークショップを開催することを予定していた。しかし、COVID-19 の影響で、開催を断念せざるを得なかった。そこで、メールベースで DUDBC の担当者、日本側担当者と協議を重ね、研究課題3の成果、Ferro Cement を用いた耐震補強技術（バングラデシュの SATREPS の成果）については DUDBC の Technical Note 等として出版することを確認した。また、その内容を確認・検討するために令和3年度5月にオンラインによるワークショップを開催した。

5-4 研究成果の社会実装

以上の研究成果の社会実装のために、提案してきた Ferro Cement による耐震補強技術やピロティ化建物の耐震性能評価法、および作成してきた各種のハザードマップ・揺れやすさマップを公知し、次期の耐震規定改定に備えた技術解説として出版することを建

築行政の当局である DUDBC と合意した。耐震補強技術や耐震性能評価法、揺れやすさマップ、ハザードマップがネパールの当局から公知されれば、カトマンズ盆地の住民に地震の危険度が周知され、その危険に備えるための建物の点検法や補強法も併せて周知されて、自助による地震防災が実現に向かう。また、公知された情報が技術的な基礎となって耐震規定の改定が行われれば、当局の建築規制による地震防災が実現に向かう。



図 5. ワークショップでの議論の状況.



図 6. バングラデシュでの Ferro Cement を用いた無補強組積造壁の補強状況.

② 研究題目 5 のカウンターパートへの技術移転の状況

JICA 課題別研修「地震学・耐震工学・津波防災」に平成 28 年度 10 月から参加していた 2 名の DMG 職員は、平成 29 年 9 月にこの研修を終了し、地震学分野・微動探査分野の研究レポート執筆により政策研究大学院から修士号を授与された。引き続き平成 29 年度 10 月から、さらに 2 名の DMG 職員がこの研修に参加している。また、JICA 課題別研修「グローバル地震観測」(平成 30 年 1 月から 3 月)に DMG 職員が 1 名参加した(家族の事情により早期帰国)。加えて、幹部研修として 1 名を、また重力分野の技術移転として短期研修員 2 名を受け入れた。また、トリブバン大学にて地震学セミナーを行い、地震学に関する知識移転を行った。

平成 30 年度には、ネパール側関係省庁に対する調査などを通して、設計用地震荷重に関する考え方の技術移転を行った。特に、組積壁の強度と剛性の評価方法、我が国の耐

震診断手法の概要，兵庫県南部地震でのピロティ層崩壊の経験とそれに伴う法改正の内容について知識移転を行った．さらに，DUDBC と政策提言について意見交換会を実施して議論を行い，ハザードマップの技術的信頼性，土地利用制限についても引き続き検討を行うこととした（その結果は令和 2 年度以降に記述した）．また，NSET での研究打ち合わせ会議，地震復興地区への訪問調査，および被災地区および地方自治体関係者とのワークショップを実施した．

令和元年度には，ネパール側関係省庁に対する調査などを通して，設計用地震荷重に関する考え方や組積造非構造壁の耐震補強に関する技術移転を行った．特に，組積壁の強度と剛性の評価方法，我が国の耐震診断手法の概要，兵庫県南部地震でのピロティ層崩壊の経験とそれに伴う法改正の内容について知識移転を行った．さらに，関係省庁のうち中心となる DUDBC と政策提言について意見交換会を実施して議論を行い，ピロティ建物の設計法，カトマンズ盆地を対象とした最大地動加速度予測マップ，耐震補強技術についての政策提案をまとめることとした．

令和 2 年度以降には，地震学の大学教育カリキュラムの素案について議論を行い，カリキュラムのもととなる地震学の英語教科書を完成させた．DUDBC と政策提案についてオンラインで議論を行い，ピロティ建物の設計法，カトマンズ盆地を対象とした最大地動加速度予測マップ，耐震補強技術についての政策提案をまとめることで基本合意した．

③ 研究題目 5 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

平成 28～30 年度には，各研究題目のネパール側リーダーと打ち合わせを重ねることにより，各研究成果の社会還元への連携を図る取り組みを開始できた．令和元年度には，各研究題目のネパール側リーダーと打ち合わせを重ねることにより，各研究成果の社会還元への連携を図る取り組みを推進できた．また，バングラデシュの SATREPS プロジェクトと，特に耐震補強技術開発の面で連携ができた．しかし，令和 2 年度以降は，COVID-19 の影響で渡航が叶わず，オンラインでの協議を進めざるを得なかった．

④ 研究題目 5 の研究のねらい（参考）

地震学高等教育の基盤が構築され，地震学／地震工学の専門家研修が行われる．高度な地震ハザード評価に基づいて，カトマンズ盆地とその周辺地域における地震災害軽減のための政策の提案が行われる．

⑤ 研究題目 5 の研究実施方法（参考）

5-1 地震学の高等教育基盤の構築

地震学高等教育の基盤を構築するためカリキュラムを作成するとともに，日本での大学院博士課程の機会を提供して地震学高等教育のための人材を育成する．

5-2 地震学および地震工学の専門家研修

地震学・地震工学に係る日本での専門技術研修の機会を提供し，専門家の育成を行う．

5-3 地震災害軽減のための政策提案

高度化された地震ハザード評価に基づいて，カトマンズ盆地とその周辺における設計用地震荷重などの政策提案を行う．

Ⅱ．国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1) プロジェクト全体

令和元年度末に新型コロナウイルス感染症が発生したので、一時研究を中断することになったが、研究期間を延長することで対処できた。

(2) 研究題目 1：ポテンシャル評価（リーダー：田部井隆雄，副リーダー：奥村晃史）

カトマンズを離れ地方で作業を行うことが多いため、渡航日数が長くなる傾向がある。渡航中に政府に対する抗議活動が急に激化することが度々あり、作業の中断や見送りに追い込まれることがあった。

新型コロナウイルスの感染拡大により、日本からの渡航だけでなく、DMG 職員の地方出張も大きな制約を受けている。結果として、GNSS 観測点の保守作業はほとんどできない状態であり、計器の劣化が当初の予想より早く進行しないか危惧される。

DMG 内部で担当者の交代があった。観測点の保守や再建工事を新旧の担当者が共同で実施したこともあり、担当者の交代は研究遂行の大きな障害になっていないと判断する。令和 2 年度・3 年度は現地調査を実施できず、カトマンズで共同で作業を進めることもできなかったが、令和元年度末に得られた多大な調査成果をインターネットを通じて共有し、調査成果のとりまとめ、分析、地震発生ポテンシャルの検討について技術移転を行いながら共同で作業を進めることができた。その成果を令和 3 年日本地球惑星科学連合大会において 3 件の発表として報告した。

(3) 研究題目 2：地震動予測（リーダー：高井伸雄）

盆地周縁部での非常に悪い電源環境への対応は、2 期目の機材提供時にメーカーに電源供給部分の改良を要求し、これにより、地震計本体は長期停電時でも長時間計測可能なシステムに改修され、観測記録収集に関するロバスト性が格段に向上した。本質的な電源環境の改善は、今後、同様の電気環境下での実施では依然として現地環境に即した工夫が必要と考えられる。新型コロナウイルス感染症の国際的な蔓延により現地渡航禁止および、ネパール国内およびカトマンズ市内のロックダウンが長期化し、現地スタッフによる観測点でのデータ回収およびメンテナンス実施されていない。この状況が解消する見込みが現時点ではないが、稼働していない観測点の機材を用いた DMG 内での運用は観測の連続性および、メンテナンス技術の向上の上で重要であると考えられる。

(4) 研究題目 3：ハザード評価（リーダー：松山尚典）

地盤の S 波速度情報を取得する重要かつ汎用的な手段としての微動探査、重力探査、反射法地震探査については、特定の研究者への研修等により技術移転が成果をあげている。地震動の予測・解析技術については、一般に国際的に採用されている距離減衰式を用いた手法より高度な成果をあげるという目的のために、日本国内では標準的に採用されている地震調査委員会の強震動予測「レシピ」に準じた手法を採用した。得られる結果はネパールでは特に重要なものであるが、距離減衰式を用いる方法に比べてかなり手間がかかること、手法の習得には地盤、震源断層についての一定程度以上の知見が要請されること、複数の技術者の分担作業が必要であること等により、ネパール側の体制が整わないと技術移転が難しいこと。加えて、COVID-19 蔓延のような強い外圧の下では、より困難になることが明らかになった。

(5) 研究題目 4：地震観測システム（リーダー：堀内茂木）

コロナウイルスの感染症の影響で、DMG への訪問はできなかったが、オンラインの打合せと、メールのやり取りで、統合データ自動解析システムの開発や、今までに作成した地震観測システムの運用を行うことができた。

(6)研究題目 5：教育と政策（リーダー：楠 浩一）

各研究題目からの成果を統合し、ネパールと国民の地震防災力を向上させるためには、有効な政策提言が重要な役割を占める。そのためには、研究題目間の密な連携が極めて重要である。そこで、JCC とは別に、プロジェクト全体の研究成果の社会還元を見据えた研究課題リーダー間の意見交換ミーティングを行った。

「教育と政策」は対面でのコミュニケーションが大切であるが、COVID-19 の影響により、令和 2 年度以降は渡航が叶わなかった。そのため、極力オンラインでの打ち合わせを頻繁に実施し、成果のとりまとめを計画した。ネパールと日本側で散発的に感染状況が悪化し、会議等もなかなか予定通りに開催することが困難であった。これらに対しては延長期間において、オンラインのワークショップなどを改めて開催して対処した。

Ⅲ. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

「研究題目 5：教育と政策」が中心となって取り組んでいる。取り組み内容は「2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト」の「(6) 研究題目 5：教育と政策（リーダー：楠 浩一）」に記述した。

Ⅳ. 日本のプレゼンスの向上（公開）

毎日新聞平成 28 年 4 月 14 日朝刊に「ネパールに地震観測網 防災に貢献 人材育成も支援」と取り上げられた。

研究題目 3 における重力探査は地元でも注目され、探査状況が BBC Nepali Radio によりラジオで放送された。DMG の副局長（当時）Som Nath Sapkota と応用地質の Om Pradhan が、Laxman Dangol のインタビューを受け、今回の測定で得られる結果を今後の地震被害の対策にどのように活用するかを説明した（放送日時：平成 29 年 9 月 11 日 21 時）。

研究題目 2 の地盤調査も注目され、平成 29 年 11 月 21 日に BBC Nepal でテレビニュース報道された。

Ⅴ. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

Ⅵ. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

Ⅶ. その他（非公開）

以上

V. 成果発表等
(1)論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)
①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2015	Takai, N., M. Shigefuji, S. Rajaure, S. Bijukchhen, M. Ichiyangi, M. R. Dhital, and T. Sasatani, Strong ground motion in the Kathmandu Valley during the 2015 Gorkha, Nepal, earthquake, Earth Planets Space, 68:10, 2016.	10.1186/s40623-016-0383-7	国際誌	発表済	
2015	Ichiyangi, M., N. Takai, M. Shigefuji, S. Bijukchhen, T. Sasatani, S. Rajaure, M. R. Dhital, and H. Takahashi, Aftershock activity of the 2015 Gorkha, Nepal, earthquake determined using the Kathmandu strong motion seismographic array, Earth, Planets and Space, 68:25, 2016.	10.1186/s40623-016-0402-8	国際誌	発表済	
2016	Koketsu, K., H. Miyake., Y. Guo, H. Kobayashi, T. Masuda, S. Davuluri, M. Bhattarai, L. B. Adhikari, and S. N. Sapkota, Widespread ground motion distribution caused by rupture directivity during the 2015 Gorkha, Nepal earthquake, Scientific Reports, 6, 28536, 2016.	10.1038/sr28536	国際誌	発表済	Nature社Scientific Reports誌
2016	Kobayashi, H., K. Koketsu, H. Miyake, N. Takai, M. Shigefuji, M. Bhattarai, and S. N. Sapkota, Joint inversion of teleseismic, geodetic, and near-field waveform datasets for rupture process of the 2015 Gorkha, Nepal, earthquake, Earth Planets Space, 68:66, 2016.	10.1186/s40623-016-0441-1	国際誌	発表済	
2016	Bhattarai, M., L. B. Adhikari, U. P. Gautam, L. Bollinger, B. Hernandez, T. Yokoi, and T. Hayashida, Establishing a reference rock site for the site effect study in and around the Kathmandu valley, Nepal, Earth Planets Space, 68:81, 2016.	10.1186/s40623-016-0454-9	国際誌	発表済	
2016	Miyake, H., S. N. Sapkota, B. N. Upreti, L. Bollinger, T. Kobayashi, and H. Takenaka, Special issue “The 2015 Gorkha, Nepal, earthquake and Himalayan studies: First results”, Earth Planets Space, 69:12, 2017.	10.1186/s40623-016-0597-8	国際誌	発表済	
2017	Rajaure, S., D. Asimaki, E. M. Thompson, S. Hough, S. Martin, J.P. Ampuero, M.R. Dhital, A. Inbal, N. Takai, M. Shigefuji, S. Bijukchhen, M. Ichiyangi, T. Sasatani, and L. Paudel, Characterizing the Kathmandu Valley sediment response through strong motion recordings of the 2015 Gorkha earthquake sequence, Tectonophysics, 714-715, 146-157, 2017.	10.1016/j.tecto.2016.09.030	国際誌	発表済	
2019	Yamada, M., T. Kandel, K. Tamaribuchi, and A. Ghosh; 3D fault structure inferred from a refined aftershock catalog for the 2015 Gorkha earthquake in Nepal, Bulletin of the Seismological Society of America, 110, 26-37, 2019.	10.1785/0120190075	国際誌	発表済	
2020	Kandel, T.P., M Yamada, and P. Pokhrel, Determination of high-frequency attenuation characteristic of coda waves in the central region of Nepal Himalaya, Journal of Nepal Geological Society, 60, 75-86, 2020.	10.3126/jngs.v60i0.31259	国際誌	発表済	

論文数 9 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 9 件
公開すべきでない論文 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2015	Bhattarai, M., L. B. Adhikari, U. P. Gautam, A. Laurendeau, C. Labonne, R. Hoste-Colomer, O. Sèbe, and B. Hernandez, Overview of the large 25 April 2015 Gorkha, Nepal, earthquake from accelerometric perspectives, Seismol. Res. Lett., 86, 1540-1548, 2015.	10.1785/0220150140	国際誌	発表済	
2015	Chadha, R. K., D. Srinagesh, D. Srinivas, G. Suresh, A. Sateesh, S. K. Singh, X. Pérez-Campos, G. Suresh, K. Koketsu, T. Masuda, K. Domen, and T. Ito, CIGN, a strong-motion seismic network in Central Indo-Gangetic Plains, Foothills of Himalayas: First results, Seismol. Res. Lett., 87, 37-46, 2016.	10.1785/0220150106	国際誌	発表済	
2016	Yamada, M., T. Hayashida, J. Mori, and W. D. Mooney, Building damage survey and microtremor measurements for the source region of the 2015 Gorkha, Nepal, earthquake, Earth Planets Space, 68:117, 2016.	10.1186/s40623-016-0483-4	国際誌	発表済	
2017	Bijukchhen, S., N. Takai, M. Shigefuji, M. Ichiyangi, T. Sasatani, and Y. Sugimura, Estimation of 1-D velocity models beneath strong-motion observation sites in the Kathmandu Valley using strong-motion records from moderate-sized earthquakes, Earth, Planets Space, 69:97, 2017.	10.1186/s40623-017-0685-4	国際誌	発表済	
2017	Bijukchhen, S., N. Takai, M. Shigefuji, M. Ichiyangi, and T. Sasatani, Strong-motion characteristics and visual damage assessment around seismic stations in Kathmandu after the 2015 Gorkha, Nepal, earthquake, Earthquake Spectra, 33, S219-S242, 2017.	10.1193/042916eqs074m	国際誌	発表済	
2017	Javed N. Malik, Sambit P. Naik, Santiswarup Sahoo, Koji Okumura, and Asmita Mohanty, Paleoseismic evidence of the CE 1505 (?) and CE 1803 earthquakes from the foothill zone of the Kumaon Himalaya along the Himalayan Frontal Thrust (HFT), India, Tectonophysics, 714-715, 133-145, 2017.	10.1016/j.tecto.2016.07.026	国際誌	発表済	
2017	Takai N, Shigefuji M, Bijukchhen S, Ichiyangi M, Sasatani T, Characteristics of strong ground motion in the Kathmandu Valley during the 2015 Gorkha, Nepal earthquake, Proceedings of the 16th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 4590, 2017.		国際誌	発表済	

2017	Shigefuji M, Takai N, Bijukchhen S, Ichiyanagi M, Sasatani T, Features Of Long-Period Ground Motion On The Kathmandu Valley For The 2015 Gorkha Nepal Earthquake Sequence, Proceedings of the 16th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 4566, 2017.		国際誌	発表済	
2018	Koketsu, K., H. Kobayashi, and H. Miyake, Irregular modes of rupture directivity found in recent and past damaging earthquakes, 11th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Paper ID 645, 2018.		国際誌	発表済	
2020	Mori T, Shigefuji M, Bijukchhen S, Kanno T, Takai N, Ground motion prediction equation for the Kathmandu Valley, Nepal based on strong motion records during the 2015 Gorkha Nepal earthquake sequence, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 135, 106208, 2020	10.1016/j.soildyn.2020.106208	国際誌	発表済	

論文数10 件
うち国内誌0 件
うち国際誌10 件
公開すべきでない論文件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2017	Bhattarai, M., D. Nepali, S. Dhakal, S. Shrestha, T. Yokoi, and T. Hayashida, Microtremor array exploration for deep sedimentary layers in the central part of the Kathmandu valley, Nepal, Proceedings of the 13th Annual Meeting of Japan Association for Earthquake Engineering, P4-32, 2017.		論文集	発表済	
2017	Bhattarai, M., D. Nepali, S. Dhakal, S. Shrestha, T. Yokoi, and T. Hayashida, On anomalous coherence functions for SPAC method applied in Kathmandu, Nepal for exploring deep sedimentary layers, Proceedings of the 137th SEGJ Conference, Paper No. 9, 2017.		論文集	発表済	
2018	Yokoi, T., T. Hayashida, M. Bhattarai, T. Pokharel, S. Dhakal, S. Shrestha, C. Timsina, and D. Nepali, Deep Exploration using Ambient Noise in Kathmandu Valley, Nepal – with an emphasis on CCA method using irregular shape Array-, Proceedings of the 13th SEGJ International Symposium, 2018.		論文集	発表済	
2018	Shigefuji, M., N. Takai, S. Bijukcchen, C. Timisina, T. Mori, and M. Bhattarai, Estimation of the shallow velocity structure using surface wave method in the Kathmandu Valley, Nepal, Proceedings of the 13th SEGJ International Symposium, 2018.		論文集	発表済	
2018	林田拓己・横井俊明・Mukunda Bhattarai, Rayleigh波位相速度と群速度の同時逆解析によるS波速度構造の推定, 第15回地震工学シンポジウム論文集, 2018.		論文集	発表済	
2020	Shigefuji, M, N. Takai, S. Bijukchhen, C. Timsina, M. Bhattarai, S. Singh, H. Miyake, and K. Koketsu, Basement structure in the Kathmandu Valley, Nepal using receiver function analysis, Proceedings of the 17th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 1d-0048, 2020.		論文集	発表済	

著作物数 6 件
公開すべきでない著作物 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ—おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2016	楠浩一・他, 2015年ネパール・ゴルカ地震災害調査報告書, 日本建築学会, 381pp., 2016.		書籍	発表済	
2016	山田真澄・林田拓己・Jim Mori・Walter Moony, 2015年ネパールゴルカ地震の建物被害調査と常時微動計測. 京都大学防災研究所年報, 59A, 65-73, 2016.		論文集	発表済	
2017	福井紳矢・片山遥・真田靖士・楠浩一, ネパールのレンガ壁の要素実験と実験結果に基づくRC建物の耐震性能評価, 日本コンクリート工学会年次大会, 799-804, 2017.		論文集	発表済	
2018	Bhattarai, M., Historical background of National Seismological Center, current situation and its efforts in earthquake monitoring and hazard evaluation, Bulletin of Nepal Geological Society, 35, 171-175, 2018.		論文集	発表済	
2018	高井伸雄・重藤迪子・笹谷努, 地表断層を生じない低角逆断層による長時間幅速度パルス性地震動, 第15回日本地震工学シンポジウム論文集, 2018.		論文集	発表済	
2018	毛利匠帆・重藤迪子・神野達夫・高井伸雄, 2015年ネパール・ゴルカ地震の余震記録を用いたネパール・カトマンズ盆地における応答スペクトルの単一サイト予測式, 第15回日本地震工学シンポジウム論文集, 2018.		論文集	発表済	
2018	額縁一起, 「地震動の物理学」 近代科学社, 353pp., 2018.		書籍	発表済	
2018	鈴木舞・額縁一起, 過去に基づく未来予測の課題: 確率論的地震動予測地図, 「予測がつくる社会」, 東大出版会, 2019.		書籍	発表済	
2021	Koketsu, K., Ground Motion Seismology, Springer Nature, Singapore, 332pp., 2021.		書籍	発表済	
2021	鈴木舞, 科学技術の移転, 「科学技術社会学」, 新曜社, 74-75, 2019.		書籍	発表済	

著作物数 10 件
公開すべきでない著作物 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
2016	長期研修(2名)		
2016	本邦研修(幹部研修3名)		
2017	長期研修(2名)		
2017	本邦研修(G3重力研修2名, G3リーダー研修1名)		

2018	長期研修(3名)		
2018	本邦研修(G3反射法研修1名)		
2018	G1a GNSS現地トレーニング(修了者3名)	GNSSマニュアル作成	
2018	G3微動現地トレーニング(修了者5名)	微動マニュアル作成	
2018	SPAC法解析現地トレーニング(修了者3名)	SPAC法解析マニュアル(2019改訂版)作成	
2018	CCA法解析現地トレーニング(修了者3名)	CCA法解析マニュアル(2019改訂版)作成	
2019	本邦研修(G1b1名)		
2019	本邦研修(G1a2名,G1aリーダー研修1名)		
2019	本邦研修(政府高官2名 DG1名 高級幹部研修)		
2019	本邦研修(G5 1名)		
2019	本邦研修(G5 1名)		
2019	長期研修(1名)		国別予算枠(2019-2020)
2020	CCA法による微動記録解析の遠隔指導用	CCA法Instruction Manual-R02改訂版	2021年4月に公開済
2020	SPAC法による微動記録解析の遠隔指導用	SPAC法Instruction Manual-R02改訂版	2021年4月に公開済
2020	MASW法による微動記録解析の遠隔指導用	MASW法Instruction Manual-R02改訂版	2021年4月に公開済
2020	McSeis/SWとSeisImagerによるMASW法記録取得遠隔指導用	Data Acquisition.pptx	供与機材・ソフトウェアに特化したマニュアルなので非公開
2020	SeisImagerによるMASW法による記録解析の遠隔指導用	MASW法による記録解析マニュアル	供与ソフトウェアに特化したマニュアルなので非公開

V. 成果発表等

(2)学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2015	国際学会	Koketsu, K. (Univ. Tokyo), S.N. Sapkota, S.P. Mahato (DMG), and SATREPS Research Group, Integrated research on great earthquakes and disaster mitigation in Nepal Himalaya, New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, Kathmandu, 29–31 Oct 2015.	招待講演
2015	国際学会	Takai, N., M. Shigefuji, S. Bijukchhen, M. Ichianagi, T. Sasatani (Hokkaido Univ.), K. Sawada (Onayashi Co.), S. Rajaure, and M. R. Dhital (Trivbhan Univ.), Site conditions of strong motion observation sites inside the Kathmandu Valley, Nepal, 12th SEGJ International Symposium, Tokyo, 18–20 Nov 2015.	招待講演
2015	国際学会	SHIGEFUJI, M., N. TAKAI, S. Bijukchhen, M. ICHIYANAGI, T. Sasatani (Hokkaido Univ.), S. RAJAURE, and M. R. DHITAL (Tribhuvan Univ.), Aftershock Records in the Kathmandu Valley of the 2015 Gorkha, Nepal, Earthquake, AGU fall meeting, San Francisco, Dec. 2015.	ポスター発表
2015	国際学会	SHIGEFUJI, M., N. TAKAI, S. Bijukchhen, M. ICHIYANAGI, T. SASATANI (Hokkaido Univ.), S. RAJAURE, and M. R. DHITAL (Tribhuvan Univ.), Near Fault Strong Ground Motion Records in the Kathmandu Valley during the 2015 Gorkha Nepal Earthquake, AGU fall meeting, San Francisco, Dec. 2015.	ポスター発表
2016	国内学会	Bhattarai M., Lok Bijaya Adhikari, Umesh Prasad Gautam, Bharat Prasad Koirala, Chintan Timsina, Toshiaki Yokoi, Takumi Hayashida, Laurent Bollinger, Detection of nonlinear site response using the main shock and its aftershocks of the 2015 Gorkha, Nepal Earthquake recorded at the DMG site of the Kathmandu Valley, Nepal, SSS25–18, 日本地球惑星科学連合2016年大会、千葉、2016/5/24	口頭発表
2017	国際学会	Bhattarai, M., L.B. Adhikari, B.P. Koirala, D. Nepali, S. Dhakal, S. Shrestha (DMG), T. Yokoi, and T. Hayashida (BRI), Long period Microtremor array Exploration in Singhdurbar, Kathmandu, Workshop on Lesson Learned from 2015 Gorkha Earthquake and Evaluation of Seismic Hazard in Nepal, Kathmandu, 25 Apr 2017.	招待講演
2017	国際学会	瀬藤一起(東大), Soma Sapkota (DMG), and SATREPS Research Group, Integrated research on great earthquakes and disaster mitigation in Nepal Himalaya, 2017 JpGU–AGU Joint Meeting, 千葉, 2017/5/25	招待講演
2017	国際学会	Mukunda Bhattarai, Dinesh Nepali, Santosh Dhakal, Suresh Shrestha (DMG), Toshiaki Yokoi, Takumi Hayashida (BRI), DETERMINATION OF DEEP SUBSURFACE SHAREWAVE VELOCITY STRUCTURE IN THE CENTRAL PART OF THE KATHMANDU BASIN, NEPAL USING BROAD BAND SEISMOGRAPH ARRAYS FOR LONG PERIOD MICROTREMOR, IAG–IASPEI 2017, Kobe, Japan, 2017/8/2	口頭発表
2017	国内学会	田部井隆雄(高知大)・大園真子(北大)・瀬藤一起・三宅弘恵(東大)・R. Bhandari・J. B. Chand・S. N. Sapkota (DMG), ネパールにおけるGNSS観測網の整備と地震ポテンシャル評価:序報, 日本地震学会 2017年度秋季大会, 鹿児島, 2017年10月4日	口頭発表
2017	国内学会	Mukunda BHATTARAI, Dinesh NEPALI, Santosh DHAKAL, Suresh SHRESTHA (DMG), Toshiaki YOKOI, and Takumi HAYASHIDA (BRI), On Anomalous Coherence Functions for SPAC Method Applied in Kathmandu, Nepal for Exploring Deep Sedimentary Layers, 物理探査学会, 神奈川, 2017/11/08	口頭発表
2017	国内学会	Mukunda BHATTARAI, Dinesh NEPALI, Santosh DHAKAL, Suresh SHRESTHA (DMG), Toshiaki YOKOI, and Takumi HAYASHIDA (BRI), MICROTREMOR ARRAY EXPLORATION FOR DEEP SEDIMENTARY LAYERS IN THE CENTRAL PART OF THE KATHMANDU VALLEY, NEPAL, 日本地震工学会大会梗概集, 東京, 2017/11/14	ポスター発表
2017	国際学会	Mukunda BHATTARAI, Lok Bijaya ADHIKARI, Bharat Prasad KOIRALA, Dinesh NEPALI, Santosh DHAKAL, Suresh SHRESTHA, Toshiaki YOKOI, Takumi HAYASHIDA, DETERMINATION OF DEEP SUBSURFACE SHAREWAVE VELOCITY STRUCTURE IN THE CENTRAL PART OF THE KATHMANDU VALLEY, NEPAL USING BROAD BAND SEISMOGRAPH ARRAYS FOR LONG PERIOD MICROTREMOR, 11th Asian Regional Conference of IAEG on Engineering Geology for Geodisaster Management, Kathmandu, 28–30 Nov 2017.	口頭発表
2017	国際学会	Tara Pokharel, Toshiaki Yokoi and Takumi Hayashida , COMPARISON OF SPAC AND CCA METHODS OF ANALYSIS TO ESTIMATE SUBSURFACE SHEAR WAVE VELOCITY STRUCTURE USING MICROTREMOR ARRAY MEASUREMENTS, , 11th Asian Regional Conference of IAEG on Engineering Geology for Geodisaster Management, Kathmandu, 28–30 Nov 2017.	口頭発表
2017	国際学会	Miyake, H., K. Koketsu, H. Kobayashi, B. Sharma, O. P. Mishra, T. Yokoi, T. Hayashida, M. Bhattarai, and S. N. Sapkota, Toward broadband source modeling for the Himalayan collision zone, 2017 AGU Fall Meeting, New Orleans, 11–15 Dec 2017.	ポスター発表

2017	国際学会	Mukunda Bhattarai, Lok Bijaya Adhikari, Bharat Prasad Koirala, Dinesh Nepali, Santosh Dhakal, Suresh Shrestha (DMG), Toshiaki Yokoi, and Takumi Hayashida (BRI), MICROTREMOR ARRAY EXPLORATION FOR DEEP SEDIMENTARY LAYERS IN THE CENTRAL PART OF THE KATHMANDU VALLEY, NEPAL (Principle of data acquisition and Problems faced during data processing), Workshop on Seismic Data proceeding of 2015 Gorkha Earthquake Aftershocks, Katumandu, 5–8 Jan 2018.	招待講演
2017	国際学会	Chintan Timsina, Masumi Yamada, Takumi Hayashida, Lok Bijaya Adhikari, Estimation of source parameters for the 2015 Gorkha Earthquake aftershocks, Workshop on Seismic Data proceeding of 2015 Gorkha Earthquake Aftershocks, Katumandu, 5–8 Jan 2018.	招待講演
2018	国際学会	Mukunda Bhattarai, Lok Bijaya Adhikari, Bharat Prasad Koirala, Dinesh Nepali, Santosh Dhakal, Suresh Shrestha (DMG) Toshiaki Yokoi, and Takumi Hayashida (BRI), Microtremor array Exploration for the deep sedimentary layers in the central part of the Kathmandu valley, Nepal, International workshop on the third Memorial Day of the 2015 Gorkha Nepal Earthquake, Kathmandu, 27 Apr 2018.	招待講演
2018	国際学会	Timsina, C., M. Yamada, T. Hayashida, and L.B. Adhikari, Estimation of source parameters for the 2015 Gorkha earthquake aftershocks, International Conefernce for the Decade Memory of the Wenchuan Earthquake, Chengdu, 12–14 May 2018.	口頭発表
2018	国際学会	Hayashida, T., T. Yokoi, and M. Bhattarai, Application of seismic interferometry to small-to-moderate sized microtremor array recordings in Kathmandu Valley, Nepal, International Conefernce for the Decade Memory of the Wenchuan Earthquake, Chengdu, 12–14 May 2018.	口頭発表
2018	国内学会	Suzuki, M., B. Aryal, K. Koketsu, Context dependency of earthquake research and education, JpGU Meeting 2018, Chiba, 20–24 May 2018.	口頭発表
2018	国内学会	Takai, N., M. Shigeguji, S. Bijukchhen, K. Koketsu, H. Miyake, M. Bhattarai, C. Timisina, and S. Singh, Strong motion observation network in the Kathmandu Valley, Nepal, JpGU Meeting 2018, Chiba, 20–24 May 2018.	ポスター発表
2018	国内学会	Hayashida, T., T. Yokoi, and M. Bhattarai, Use of microtremor array recordings for estimating surface-wave group velocities in Kathmandu Valley, Nepal, JpGU Meeting 2018, Chiba, 20–24 May 2018.	ポスター発表
2018	国内学会	O. Pradhan, M. Shimoyama, K. Koshika, T. Kobayashi, S. Dhakal, S. Shrestha, M. Komazawa, K. Nozaki, S. N. Sapkota, D. Nepali, H. Matsuyama, H. Miyake, K. Koketsu:Estimation of Basement Structure of Kathmandu Valley, Central Nepal,SSS14–P20 JPGU2018.【Tokyo,2018.5.22】	ポスター発表
2018	国内学会	林田拓己, 横井俊明, Mukunda Bhattarai,地震動と微動の広帯域観測記録より推定したネパール・カトマンズ盆地の表面波位相速度,日本地震学会2018年度秋季大会、郡山、2018年10月	ポスター発表
2018	国内学会	堀内茂木、山田真澄、宮川幸治、三宅弘恵、瀬瀬一起、Chintan Timsina, Mukunda Bhattarai, Lok Bijaya Adhikari, 2018,ネパールにおける準リアルタイム震源パラメータ公開のための地震観測、自動震源決定システム、日本地震学会、郡山、2018年10月	口頭発表
2018	国内学会	T. Yokoi, T. Hayashida, M. Bhattarai (DMG, Nepal), T. Pokharel (DMG, Nepal), S. Dhakal (U. of Canterbury, New Zealand), S. Shrestha (DMG, Nepal), C. Timsina (DMG, Nepal), D. Nepali (DMG, Nepal), Application of CCA method for long period microtremor with scalene triangle arrays in Kathmandu Valley, Nepal, 日本地震学会2018年度秋季大会、郡山、2018年10月	口頭発表
2018	国内学会	田部井隆雄, 大園真子, 瀬瀬一起, 三宅弘恵, Rajendra Bhandari, Janak B. Chand, Bishow R. Silwal, Soma N. Sapkota, ネパールにおけるGNSS 観測網の整備と地震ポテンシャル評価:第2報,日本測地学会第130回講演会、高知、2018年10月	口頭発表
2018	国際学会	M. Shigefuji (Kyushu Univ.), Takai, N., S. Bijukchhen (Hokkaido Univ.), C. Timisina (DMG), T. Mouri (Kyushu Univ.), M. Bhattarai (DMG), Estimation of the Shallow Velocity Structure using Surface Wave Method in the Kathmandu Valley, Nepal, 13th SEGJ International Symposium, Tokyo, 12–14 Nov 2018.	ポスター発表
2018	国際学会	Toshiaki Yokoi, Takumi Hayashida, Mukunda Bhattarai (DMG, Nepal), Tara Pokharel (DMG, Nepal), Santosh Dhakal (U. of Canterbury), Suresh Shrestha (DMG, Nepal), Chintan Timsina (DMG, Nepal), Dinesh Nepali (DMG, Nepal), Deep Exploration using Ambient Noise in Kathmandu Valley, Nepal – with an emphasis on CCA method using irregular shape Array–, the 13th SEGJ International Symposium, 2018	口頭発表

2018	国内学会	林田拓己, 横井俊明, Mukunda Bhattarai, Rayleigh波位相速度と群速度の同時逆解析によるS波速度構造の推定、第15回地震工学シンポジウム、2018年12月	ポスター発表
2018	国際学会	Yamada, M. (Kyoto Univ), T. Kandel (DMG), and K. Tamaribuchi (MRI), Automatic hypocenter determination for the aftershocks of the 2015 Gorkha earthquake, Nepal, 2018 American Geophysical Union Fall Meeting, Dec 2018.	ポスター発表
2018	国際学会	K. Okumura (Hiroshima Univ.), P. Pokhrel, S. N. Sapkota (DMG), H. Kondo (G.S. Japan), and T. Furuhashi (Taiheiyo Cement Corporation): The Last Surface Rupture Event on the Himalayan Frontal Thrust in Central Nepal near Butwal, 2018 American Geophysical Union Fall Meeting, Dec 2018.	口頭発表
2019	国内学会	田部井隆雄, 大園真子, 瀬瀬一起, 三宅弘恵, Rajendra Bhandari, Janak B. Chand, Bishow R. Silwal, Soma N. Sapkota, ヒマラヤ前縁帯の地震ポテンシャル評価に向けたネパール国内のGNSS観測システムの構築, 日本地球惑星科学連合2019年大会, 千葉, 2019年5月	口頭発表
2019	国内学会	Miyake, H., B. Sharma, K. Koketsu, and S. N. Sapkota, Broadband source modeling for the Himalayan collision zone, JpGU Meeting 2019, Chiba, SSS13-24, 2019.	口頭発表
2019	国内学会	重藤迪子, 高井伸雄, Bijukchhen Subeg, Timisina Chintan, Bhattarai Mukunda, Singh Shova, ネパール・カトマンズ盆地の強震観測点における地盤増幅特性の把握, 日本地震学会秋季大会, 2019年11月.	口頭発表
2019	国際学会	Yusuke Kawasaki, Kota Koshika, Om Pradhan, Hideki Kurosawa, Kohei Abe, Masato Yamamoto, Dai Nobuoka, Yoshikazu Matsubara, Monika Jha, Chintan Timsina, Suresh Shrestha, Prakash Pokhrel, Dinesh Nepali, Mukunda Bhattarai, Soma Nath Sapkota, Hisanori Matsuyama, Hiroe Miyake, Kazuki, Koketsu, Subsurface Structure of the Kathmandu Valley Revealed by Seismic Reflection and Gravity Surveys, AGU, 2019, T33E-0370.	ポスター発表
2019	国際学会	Koji Okumura, Soma Nath Sapkota, Prakash Pokhrel, Hisao Kondo, and Takuya Furuhashi, The Timing and Extent of the Last Surface Rupture Event on the Himalayan Frontal Thrust in Central Nepal around Butwal. XX Congress of International Union for Quaternary Research, Dublin, 25-31, July, 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Koji Okumura, Javed Malik, Prakash Pokhrel, and Soma Sapkota, Paleoseismology of the largest earthquakes from the Himalayan front. Southern California Earthquake Center 2019 Meeting, Palm Springs, 8-11 September, 2019.	ポスター発表
2019	国際学会	Koji Okumura, Prakash Pokhrel, Soma Nath Sapkota, Hisao Kondo and Takuya Furuhashi, Potential of Large Earthquakes in Central Nepal: Himalayan Front and Kathmandu Basin. Geological Society of America, 2019 Meeting, Phoenix, 22-25, September.	口頭発表
2019	国際学会	Koji Okumura, Javed N. Malik, Soma N. Sapkota, Prakash Pokhrel, and Hisao Kondo, The Past and the Future of Large Earthquakes on the Himalayan Frontal Thrust in India and Nepal. American Geophysical Union 2019 Fall Meeting, San Francisco, 9-13 December.	口頭発表
2019	国際学会	Soma Nath Sapkot, Paul Tapponnier, Cagil Karakas and Paramesh Bannerjee, Lidar Imaging Reveals a Frontal Thrust's 4500-year-long Seismic History in Nepal, American Geophysical Union 2019 Fall Meeting, San Francisco, 9-13 Dec 2019.	招待講演
2019	国内学会	奥村晃史, Soma Nath Sapkota, Prakash Pokhrel, Hisao Kondo, and Takuya Furuhashi, ネパール中部ブトフル周辺におけるヒマラヤ前縁衝上断層の最新活動時期. 日本地球惑星科学連合2019年大会, 幕張, 2019年5月26-30日.	口頭発表
2019	国内学会	Koji Okumura, Prakash Pokhrel, Soma Nath Sapkota, Hisao Kondo, Takuya Furuhashi The Timing and Extent of the Last Surface Rupture Event on the Himalayan Frontal Thrust in Central Nepal around Butwal. 日本地震学会2019年度秋季大会, 京都, 2019年9月16-18日.	ポスター発表
2019	国際学会	Okumura, K., Malik, J. N., Sapkota, S. N., Pokhrel, P., and Hisao Kondo, Paleoseismology of the largest earthquakes from the Himalayan Frontal Thrusts. Hokudan 2020 International Symposium on Active Faulting, Awaji City, Januar 14-17, 2020.	口頭発表

2019	国内学会	K. Koshika, Y. Kawasaki, O. Pradhan, M. Yamamoto, D. Nobuoka, Y. Matsubara, H. Matsuyama, M. Jha, C. Timsina, S. Shrestha, M. Bhattarai, D. Nepali, S. N. Sapkota, H. Miyake, K. Koketsu: Seismic reflection survey in the Kathmandu Valley, Nepal, SSS13-P32JPGU2019.【Tokyo,2019.5.27】	ポスター発表
2019	国内学会	Toshiaki Yokoi, Takumi Hayashida (IISEE, BRI), Mukunda Bhattarai, Tara Pokharel, Suresh Shrestha, Chintan Timsina, Sunita Bhattarai, Dinesh Nepali (Department of Mines and Geology, Ministry of Industry, Nepal), Broadband Microtremor Array Exploration at and around Tribhuvan International Airport, Kathmandu, Nepal, SSS13-P33, JPGU2019.【Tokyo,2019.5.27】	ポスター発表
2019	国際学会	Kawasaki Y., K. Koshika, O. Pradhan, H. Kurosawa, K. Abe, M. Yamamoto, D. Nobuoka, Y. Matsubara, M. Jha, C. Timsina, S. Shrestha, P. Pokhrel, D. Nepali, M. Bhattarai, S. N. Sapkota, H. Matsuyama, H. Miyake, K. Koketsu: Subsurface Structure of the Kathmandu Valley Revealed by Seismic Reflection and Gravity Surveys, T33E-0370, AGU2019.【San Francisco,2019.12.9-13】	ポスター発表
2020	国内学会	Tabei, T. (Kochi Univ.), M. Ohzono (Hokkaido Univ.), B. R. Silwal, R. Bhandari, J. B. Chand, S. N. Sapkota (DMG), H. Miyake, and K. Koketsu (Univ. Tokyo), Earthquake potential evaluation in the Himalayan Frontal Zone using space geodetic technique, Japan Geoscience Union Meeting 2020, Online, 2020/7/12.	ポスター発表
2020	国内学会	田部井隆雄(高知大), 大園真子(北大), B. Silwal, B. Rajendra, J. B. Chand, S. N. Sapkota (DMG), 三宅弘恵, 瀬織一(東大), GNSS変位速度場から推定したネパール・ヒマラヤ主要断層帯の地震間プレートカップリング, 日本地震学会2020年度秋季大会, オンライン, 2020/10/31.	口頭発表
2021	国際学会	Koji Okumura, Tomoru Yamanaka (Hiroshima Univ), Hisao Kondo (Geological Survey of Japan), and Prakash Pokhrel and Soma Nath Sapkota (DMG), Rupture History of the Himalayan Frontal Thrust near Bagmati River crossing in Central Nepal, JpGU Meeting 2021, online, 6 Jun 2021.	口頭発表
2021	国際学会	Active Tectonics & Seismological Research in Nepal Himalaya: Preliminary results from SATREPS project Soma Nath Sapkota (Department of Mines and Geology), Kazuki Koketsu2, Hiroe Miyake (Tokyo University), Koji Okumura (Hiroshima University), and Prakash Pokhrel (Department of Mines and Geology), Japan Geoscience Union Meeting 2021, Online, June 6, 2021	口頭発表
2021	国際学会	The Timing and Extent of the Last Surface Rupture Event on the Himalayan Frontal Thrust in western Nepal around Butwal-Tribeni area. Prakash Pokhrel1 (Department of Mines and Geology), Koji Okumura (Hiroshima University), Soma Nath Sapkota (Department of Mines and Geology), and Hisao Kondo (Geological Survey of Japan), Japan Geoscience Union Meeting 2021, Online, June 6, 2021	ポスター発表
2021	国際学会	Takao Tabei (Kochi Univ.), Mako Ohzono (Hokkaido Univ.), Bishow R. Silwal, Rajendra P. Bhandari, Janak B. Chand, Soma N. Sapkota (DMG, Nepal), Hiroe Miyake, Kazuki Koketsu (Univ. Tokyo), Interseismic Coupling on the Main Himalayan Thrust in Nepal Derived From GNSS Displacement Rate Field, 日本地球惑星科学連合2021年大会、オンライン開催、2021年6月6日	口頭発表
2021	国際学会	Bishow R. Silwal, Rajendra P. Bhandari, Janak B. Chand, (DMG, Nepal), Mako Ohzono (Hokkaido Univ. / Univ. Tokyo), Takao Tabei (Kochi Univ.), Geodetic Observation for Evaluation of Earthquake Generation Potential in Nepal after the 2015 Gorkha Earthquake, 日本地球惑星科学連合2021年大会、オンライン開催、2021年6月6日	口頭発表
2021	国際学会	高井伸雄(北大)、Strong Motion Observation Network for Earthquake Disaster Mitigation in the Kathmandu Valley, Nepal JpGU、オンライン、2021年6月6日	口頭発表
2021	国内学会	Suzuki, H., H. Matsuyama, K. Koketsu, and T. Yokoi, 3D velocity structure model of the Kathmandu valley for ground motion simulation, JpGU Meeting 2021, SCG40-P03, online, 6 June 2021.	ポスター発表
2021	国内学会	Takumi Hayashida, Toshiaki Yokoi, Mukunda Bhattarai, Tara Pokharel, Suresh Shrestha, Chintan Timsina, Sunita Bhattarai, Rajesh Sharma, and Dinesh Nepali, Measuring surface-wave phase velocities (< 0.2 Hz) using teleseismic/ambient noise data in the Kathmandu Valley, Nepal, JPGU2021.【On-line,2021.6】	ポスター発表
2021	国内学会	Mukunda Bhattarai, Rajesh Sharma, Sunita Bhattarai, Tara Pokharel, Chintan Timsina, Suresh Shrestha, Dinesh Nepali, Manoj Nakarmi, Parkirna Tuladhar, Takumi Hayashida, Toshiaki Yokoi, Hiroe Miyake, Koichi Kusunoki, Microtremor observation in the Kathmandu valley, Nepal: Past, Present, and Future perspectives, JPGU2021.【On-line,2021.6】	口頭発表
2021	国内学会	T. Yokoi, T. Hayashida, M. Bhattarai, T. Pokharel, S. Shrestha, C. Timsina, S. Bhattarai, R. Sharma, D. Nepali, BROADBAND MICROTREMOR ARRAY EXPLORATION IN THE KATHMANDU VALLEY,, NEPAL,, JPGU2021.【On-line,2021.6】	口頭発表

2021	国内学会	堀内 茂木,山田 真澄,宮川 幸治,三宅 弘恵,山品 匡史,Timsina Chintan,Bhattarai Mukunda,Koirala Bharat,Jha Monika,Adhikari Lok, Seismic observation and automatic hypocenter location system in Nepal, JpGU 2021, Japan, June 6, 2021	口頭発表
2021	国内学会	Chintan Timsina, James Mori, and Masumi Yamada, Upper-Crustal Structure of Central Nepal inferred from Local Earthquake Tomography, JpGU 2021, online, 6 Jun 2021.	口頭発表
2021	国際学会	Mai Suzuki (The University of Tokyo), Binil Aryal (Tribhuvan University), and Kazuki Koketsu (The University of Tokyo), Towards the Further Development of the Education and Research on Earthquakes in Nepal, 日本地球惑星科学連合2021年大会, オンライン, 2021年6月6日	口頭発表

招待講演	8 件
口頭発表	33 件
ポスター発表	21 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2015	国内学会	三宅弘恵(東大)、テクトニクス・震源・地震動について、土木学会地震工学委員会ネパール地震地震被害調査結果速報会、東京、2015/5/13	口頭発表
2015	国内学会	三宅弘恵・小林広明・瀬瀬一起(東大)・高井伸雄・重藤迪子・Subeg Bijukchhen(北大)、2015年ネパールGorkha地震の震源破壊過程、日本建築学会第43回地盤震動シンポジウム、東京、2015/11/6	口頭発表
2015	国内学会	山田真澄(京大)、2015 年ネパールゴルカの地震の建物被害調査と常時微動計測、京都大学防災研究所研究発表講演会、京都、2016/2/23	招待講演
2016	国内学会	重藤迪子(九大)、Characteristics of long-period motion in the Kathmandu Valley during the 2015 Gorkha Nepal earthquake sequence、日本地球惑星科学連合、千葉、2016年5月24日	口頭発表
2016	国際学会	Nobuo Takai (Hokkaido University), Features of ground accelerations in the Kathmandu Valley during the 2015 Gorkha Nepal earthquake, Proceedings of 5th IASPEI/IAEE International Symposium: Effects of Surface Geology on Seismic Motion, Taipei, August 2016.	ポスター発表
2016	国際学会	Michiko Shigefuji (Kyushu University), Characteristics of long-period ground motion in the Kathmandu Valley from the Large aftershocks of the 2015 Gorkha Nepal earthquake, Proceedings of 5th IASPEI / IAEE International Symposium: Effects of Surface Geology on Seismic Motion, Taipei, August 2016.	ポスター発表
2016	国内学会	重藤迪子(九大)、2015年ネパール・ゴルカ地震の余震群におけるカトマンズ盆地で観測された強震記録、日本建築学会大会、福岡、2016年8月26日	口頭発表
2016	国内学会	高井伸雄(北大)、2015年ネパール・ゴルカ地震の最大余震の後続波を用いたカトマンズ盆地周辺の深部S波速度構造の検討、日本建築学会大会、福岡、2016年8月26日	口頭発表
2016	国内学会	佐竹 高祐・大村 哲矢・楠 浩一・洋見 駿、2015 年ネパール・ゴルカ地震で被害を受けた建物の静的弾塑性立体フレーム解析(現地調査と解析結果の比較)、日本建築学会大会学術講演梗概集、福岡、2016.	口頭発表
2016	国内学会	片山 遥・李 日兵・真田 靖士・崔 琥・BHETWAL KRISHNA KUMAR・楠 浩一・日比野 陽、ネパールのレンガ壁を有する RC 建物の振動特性の解析、日本建築学会大会学術講演梗概集、福岡、2016.	口頭発表
2016	国際学会	Takai N, Shigefuji M, Bijukchhen S, Ichiyanagi M, Sasatani T, Characteristics of strong ground motion in the Kathmandu Valley during the 2015 Gorkha, Nepal earthquake, Proceedings of the 16th World Conference on Earthquake Engineering, Chile, Jan 2017.	口頭発表
2016	国際学会	Shigefuji M, Takai N, Bijukchhen S, Ichiyanagi M, Sasatani T, Features Of Long-Period Ground Motion On The Kathmandu Valley For The 2015 Gorkha Nepal Earthquake Sequence, Proceedings of the 16th World Conference on Earthquake Engineering, Chile, Jan 2017.	口頭発表

2016	国際学会	Bijukchhen S, Takai N, Shigefuji M, Ichiyanagi M, Sasatani T, Strong-Motion Observation And Damage Assessment In Rock And Soil Sites Of Kathmandu, Nepal After April 25, 2015 Gokha Earthquake, Proceedings of 16th World Conference on Earthquake Engineering, Chile, Jan 2017.	口頭発表
2017	国際学会	Koji Okumura (Hiroshima Univ.) and Javed N. Malik (IIT Kanpur), Paleoseismology of the Collision Plate Boundary of the Himalayan Front, Seismological Society of America, 2017 Annual Meeting, Denver, U.S.A. April 20, 2017	口頭発表
2017	国際学会	Meguro, K. (Univ. Tokyo), Importance of Disaster Imagination and Comprehensive Disaster Management System, Workshop on Lesson Learned from 2015 Gorkha Earthquake and Evaluation of Seismic Hazard in Nepal, Kathmandu, 25 Apr 2017.	招待講演
2017	国際学会	Takai, N. (Hokkaido Univ.), M. Shigefuji (Kyushu Univ.), S. Bijukchhen, M. Ichiyanagi, and T. Sasatani (Hokkaido Univ.), Characteristics of Strong Ground Motion in the Kathmandu Valley during the 2015 Gorkha, Nepal Earthquake, Workshop on Lesson Learned from 2015 Gorkha Earthquake and Evaluation of Seismic Hazard in Nepal, Kathmandu, 25 Apr 2017.	招待講演
2017	国際学会	Rajaure S. (DMG), An attempt to predict Ground Motion Using Scenario Earthquake, Workshop on Lesson Learned from 2015 Gorkha Earthquake and Evaluation of Seismic Hazard in Nepal, Kathmandu, 25 Apr 2017.	招待講演
2017	国際学会	Sapkota, S.N. (DMG), History and Achievement from Seismological Research in Nepal Himalaya, Workshop on Lesson Learned from 2015 Gorkha Earthquake and Evaluation of Seismic Hazard in Nepal, Kathmandu, 25 Apr 2017.	招待講演
2017	国際学会	Yamada, M. (Kyoto Univ.), Recent Progress of EEW in Japan and its Application to the Gorkha Earthquake, Workshop on Lesson Learned from 2015 Gorkha Earthquake and Evaluation of Seismic Hazard in Nepal, Kathmandu, 25 Apr 2017.	招待講演
2017	国際学会	Adhikari, L.B. (DMG), Aftershocks sequence of 2015 Gorkha Earthquake, Workshop on Lesson Learned from 2015 Gorkha Earthquake and Evaluation of Seismic Hazard in Nepal, Kathmandu, 25 Apr 2017.	招待講演
2017	国際学会	Kusunoki, K. (Univ. Tokyo), Damage Reconnaissance on the 2015 Nepal Gorkha Earthquake, Workshop on Lesson Learned from 2015 Gorkha Earthquake and Evaluation of Seismic Hazard in Nepal, Kathmandu, 25 Apr 2017.	招待講演
2017	国際学会	纈纈一起(東大), 震源域近傍強震動の物理学, 2017 JpGU-AGU Joint Meeting, 東京, 2017/5/24	招待講演
2017	国際学会	Nobuo Takai, Michiko Shigefuji, Bijukchhen Subeg, Masayoshi Ichiyanagi, and Tsutomu Sasatani, Characteristics of Near Fault Strong Ground Motion in the Kathmandu Valley during the 2015 Gorkha Nepal earthquake, JpGU, 2017/05	口頭発表
2017	国際学会	Mukunda Bhattarai, Lok Bijaya Adhikari, and Bharat Prasad Koirala (DMG), Activities of the National Seismological Center, Department Of Mines and Geology in Nepal before and after the 2015 Gorkha Earthquake, 2017 JpGU-AGU Joint Meeting, 千葉, 2017/5/25	口頭発表
2017	国内学会	重藤迪子, 高井伸雄, Bijukchhen Subeg, 一柳昌義, 笹谷努, カトマンズ盆地で観測された2015年ネパール・Gorkha地震群における長周期地震動, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 千葉, 2017年5月	ポスター発表
2017	国内学会	高井伸雄, Bijukchhen Subeg, 重藤迪子, 一柳昌義, 笹谷努, 2015年ゴルカ・ネパール地震の余震観測記録を用いたカトマンズ盆地の深部地下構造の検討, 物理探査学会春期学術講演会, 東京, 2017年6月6日	口頭発表
2017	国際学会	Bijukchhen Subeg, Nobuo Takai, Michiko Shigefuji, Masayoshi Ichiyanagi, and Tsutomu Sasatani, Preparation of 1D velocity structure using records from moderate sized earthquakes, IAG-IASPEI 2017, Kobe, 31 Jul 2017.	口頭発表
2017	国際学会	Koji Okumura (Hiroshima University), Paleoseisology of the Himalayan Frontal Zones, IAG-IASPEI 2017, Kobe, 4 Aug 2017.	口頭発表
2017	国内学会	高井伸雄, 重藤迪子, Bijukchhen Subeg, 笹谷努, 2015 年ネパール・ゴルカ地震における長周期スリップパルス地震動の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 広島, 2017/08	口頭発表

2017	国内学会	Bijukchhen Subeg, Nobuo Takai, Michiko Shigefuji, Masayoshi Ichiyanagi, and Tsutomu Sasatani, Identification of Nonlinear soil response in the Kathmandu Valley during the 2015 Gorkha, Nepal Earthquake (Mw7.8), 日本地震学会秋季大会, 鹿児島, 2017/10/25	口頭発表
2017	国際学会	Koketsu, K., H. Kobayashi, and H. Miyake, Irregular Modes of Rupture Directivity Found in the 2015 Ghorka, Nepal and 2016 Kumamoto, Japan Earthquakes, 2017 AGU Fall Meeting, New Orleans, 11–15 Dec 2017.	ポスター発表
2018	国際学会	Koketsu, K., Goal and current status of the SATREPS project, International workshop on the third Memorial Day of the 2015 Gorkha Nepal Earthquake, Kathmandu, 27Apr 2018.	招待講演
2018	国際学会	Lok Bijaya Adhikari, Bharat Koirala, Mukunda Bhattarai, Thakur Kandel, Ratna Mani Gupta, Chintan Timsina, Tirtaraj Dahal, Kapil Maharjan (DMG), Eric Sauvage, Corentin Quedec, Jean-Baptiste Leblanc, and Laurent Bollinger (DASE), Aftershocks sequence of the 2015, Gorkha Nepal Earthquake (Current seismic Network of Nepal), International workshop on the third Memorial Day of the 2015 Gorkha Nepal Earthquake, Kathmandu, 27Apr 2018.	招待講演
2018	国際学会	Sharma, B., H. Miyake, T. Yokoi, T. Hayashida, and O.P. Mishra, Simulation of Strong Ground Motion for Northeastern Region of India Using Empirical Green's Function Method, Seismology of the Americas, Miami, 14–17 May 2018.	ポスター発表
2018	国際学会	Shigefuji, M., N. Takai, S. Bijukchhen, M. Ichiyanagi, and T. Sasatani, A Study on Site Effects in the Kathmandu Valley Nepal for the 2015 Gorkha Earthquake Aftershocks, AOGS 2018, Honolulu, 3–8 Jun 2018.	ポスター発表
2018	国際学会	K. Okumura, Fault displacement at the surface and beneath: Taiwan–Korean–Japan joint symposium on survey and evaluation technologies of underground environment, Taichung, 3–6 Oct., 2018.	口頭発表
2018	国際学会	K. Okumura, Communication on earthquake hazards and risks in Japan since 1995 Kobe earthquake. Geological Society of American 2018 Annual Meeting, Indianapolis, 2–7, Oct., 2018.	口頭発表
2018	国内学会	高井 伸雄, 重藤 迪子, 笹谷 努, 地表断層を生じない低角逆断層による長時間幅速度パルス性地震動, 第15回 日本地震工学シンポジウム, 仙台, 2018/12.	口頭発表
2018	国内学会	毛利 匠帆, 重藤 迪子, 神野 達夫, 高井 伸雄, 2015年ネパール・ゴルカ地震の余震記録を用いたネパール・カトマンズ盆地における応答スペクトルの単一サイト予測式, 第15回 日本地震工学シンポジウム, 仙台, 2018/12.	口頭発表
2018	国内学会	山田真澄, Thakur Kandel, 溜渕功史, 2015年ネパールゴルカ地震の余震の自動震源決定, 東京大学地震研究所研究集会「地震動のリアルタイム解析: 防災・減災に向けた即時的な活用を目指して」, 東京, 2019/1/10–11.	口頭発表
2019	国内学会	山田真澄, Thakur Kandel, 溜渕功史, Aftershock Catalog for the 2015 Gorkha Earthquake, Nepal, 京都大学防災研究所研究発表講演会, 2020/2/19–20.	口頭発表
2019	国際学会	Michiko Shigefuji, Nobuo Takai, Subeg Bijukchhen, Masayoshi Ichiyanagi, Tsutomu Sasatani, Long-Period Ground Motion Simulation in the Kathmandu Valley during the 2015 Gorkha Nepal Earthquake with 3D Velocity Structure, AGU Fall Meeting, San Francisco, 9–13 Dec 2019.	ポスター発表
2019	国際学会	Koji Okumura, Geology of Earthquakes Against Extreme Hazards. International Conference in Commemoration of 20th Anniversary of the 1999 Chi–Chi Earthquake, Taipei, 16–18 Sep 2019.	招待講演
2019	国際学会	Bhattarai, M., Earthquake monitoring in Nepal and efforts on Hazard estimation in the Kathmandu valley, Seminar on Earthquake Hazard Studies for Nepal/Himaya region, 1 Nov 2019	口頭発表
2020	国際学会	Chintan Timsina (Kyoto University) Structural variation along the Main Himalayan Thrust in the source region of 2015 Gorkha earthquake, Nepal. JpGU–AGU Joint Meeting 2020, Japan, July 15, 2020	口頭発表
2020	国内学会	重藤迪子(九大)、Verification for the Deep Sedimentary Velocity Structure in the Kathmandu Valley using Receiver Function Analysis, JpGU–AGU Joint Meeting 2020、オンライン、2020年7月16日	ポスター発表

2020	国内学会	Matsuyama, H., H. Suzuki, O. Pradhan, Y. Matsubara, T. Yokoi, H. Miyake, K. Koketsu, Construction of Deep Velocity Structure Model of the Kathmandu Basin for Strong Ground Motion Prediction, 23-11-1-05, 55th Conferences, Japanese Geotechnical Society, online, 2020/07/23.	口頭発表
2020	国内学会	Chintan Timsina (Kyoto University) 3D crustal velocity model around the source region of the 2015 Gorkha earthquake, central Nepal. 2020 SSJ Fall Meeting, Japan, October 30, 2020	口頭発表
2020	国内学会	Chintan Timsina (Kyoto University) Three Dimensional Upper Crustal Seismic Velocity Model for Central Nepal from Local Earthquake Tomography. DPRI Annual Meeting 2021, Japan, February 22, 2021,	口頭発表
2020	国際学会	Mahanti, S., S. Mitra, and H. Miyake, Teleseismic source modelling of strong-to-major Himalayan earthquakes, 2020 AGU Fall Meeting, S037-0015, online, Dec 2020.	ポスター発表
2020	国内学会	堀内茂木, 山田真澄, 宮川幸治, 山品匡史, Chintan Timsina, Mukunda Bhattarai, Lok Bijaya Adhikari, ネパールにおける準リアルタイム自動震源決定システム, 東京大学地震研究所研究集会「固体地球科学における即時予測・即時解析のフロンティア:基礎的研究から利活用まで地震動のリアルタイム解析」, 東京, 2021/1/8.	口頭発表

招待講演	12 件
口頭発表	30 件
ポスター発表	9 件

V. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する外国出願 ※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数

公開すべきでない特許出願数

件

件

② 外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する国内出願 ※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数

公開すべきでない特許出願数

件

件

V. 成果発表等
(4)受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2015		EPS 2015 Excellent Reviewer		林田拓己	EPS誌	3.一部当課題研究の成果 が含まれる	
2016		EPS 2016 Highlighted Paper	Takai et al. (2016)	高井伸雄・ 重藤迪子・ Sudhir Rajaure	EPS誌	3.一部当課題研究の成果 が含まれる	
2019	2020/1/22	地震火山災害予防賞	途上国における地震観測シ ステムの構築と技術移転	宮川幸治	東京大学地 震研究所	3.一部当課題研究の成果 が含まれる	

3 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2016	4月14日	毎日新聞	日本の研究者らがネパール に観測網 防災に貢献、人材 育成も支援	https://mainichi.jp/arti cles/20160414/ddm/0 12/040/163000c	1.当課題研究の成果である	プロジェクト
2017	9月11日	BBC Nepali Radio	SATREPSによる重力探査	https://www.bbc.com/ nepali/bbc_nepali_radio /w172vkd2x4y4c43	1.当課題研究の成果である	G3成果
2017	11月21日	BBC Nepal	SATREPSによる地盤調査	https://www.bbc.com/ nepali/news-42062062	1.当課題研究の成果である	G2成果

3 件

V. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2015	5月24日	副首相兼内務大臣	内務省(ネパール)	約30名(日本側1名)	非公開	ゴルカ地震に関する地震学的説明を行った
2016	8月11日	G1-G5グループミーティング	ラディソンホテル カトマンズ(ネパール)	47名(日本側12名)	非公開	G1 11名, G2 12名, G3 10名, G4 8名, G5 6名
2016	8月12日	G5セミナー	トリブバン大学 (ネパール)	100名以上(日本側2名)	公開	G5大学教育に関するセミナーを実施した
2016	12月7日	ミニワークショップ	東京大学(日本)	18名(ネパール側3名)	非公開	ネパール側幹部を招聘し、 本プロジェクトについて議論した。
2017	4月25日	ゴルカ地震2年ワークショップ	ホテルシャン カー(ネパール)	約100名(日本側約15名)	公開	ゴルカ地震2年を迎え、ネパール政府高官 を交えたワークショップを実施した。
2017	9月6日	G3セミナー	DMG(ネパール)	約50名(日本側5名)	公開	G3重力探査に関するセミナーを実施した
2017	11月	ミニフィールドワークショップ	Balaju(ネパール)	約20名(日本側3名)	公開	G2表面波探査に関するフィールド実習を実施した
2017	11月19日	G5セミナー	トリブバン大学 パタン校(ネパール)	約45名(日本側2名)	公開	G5大学教育に関するセミナーを実施した
2017	12月5日	G3セミナー	DMG(ネパール)	約20名(日本側2名)	公開	G3微動探査に関するセミナーを実施した
2017	1月27日	The 20th Earthquake safety day	カトマンズ(ネパール)	多数(日本側0名)	公開	Secondary level science teachersを対象に、 DMGの本プロジェクト関係者が観測網や地震 安全について講義した
2017	2月9日	ミニフィールドワークショップ	Tekuガス田(ネパール)	約10名(日本側2名)	公開	G3微動探査に関するフィールド実習を実施した
2018	4月25日	記者発表	カトマンズ(ネパール)	多数(日本側0名)	公開	ゴルカ地震3年を迎え、ネパールにおいて本プロジェクトの記者発表を実施した
2018	4月27日	ゴルカ地震3年ワークショップ	カトマンズ(ネパール)	多数(日本側1名)	公開	ゴルカ地震3年を迎えワークショップを実施した。
2018	5月25日	現地報告会事前打合せ	海浜幕張(日本)	13名(日本側13名)	非公開	現地報告会の事前打合せを行った
2018	8月6日	現地報告会	ホテルシャン カー(ネパール)	約50名(日本側15名)	公開	プロジェクトの中間報告を行った
2018	11月23日	意見交換会	DUDBC(ネパール)	約30名(日本側3名)	非公開	政策提言の内容とネパールの法改正の現状に関する意見交換を実施した
2018	12月7日	G3セミナー	DMG(ネパール)	約30名(日本側7名)	公開	G3反射法探査に関するセミナーを実施した
2019	1月31日	報告会	東京大学(日本)	30名(日本側29名)	公開	プロジェクトの報告会を行った
2019	1月15日	DMGデータ統合ワークショップ	DMG(ネパール)	約30名(日本側4名)	非公開	地震観測データ統合にかかわるワークショップを実施した。
2019	1月31日	G3G5セミナー	DUDBC(ネパール)	69名(日本側7名)	公開	ネパールにおける地震工学的な視点から、ネパールの法改正の現状に関して意見交換を実施した。
2021	5月28日	G3・G5ワークショップ Workshop on Earthquake Engineering issues in Nepal on the Project for Integrated Research on Great Earthquakes and Disaster Mitigation in Nepal Himalaya	オンライン	41名(日本側19名)	公開	SATREPSプロジェクトの成果、特にグループ3の研究活動成果をどのようにネパールの耐震基準の発展に生かすかについて、政策提言を担当するグループ5がグループ3と合同でワークショップを実施した。DUDBCからは、昨年の耐震規定の改訂の概要と、日本側より発表のあった項目の今後の取り扱いについて、紹介があった。

21 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2016	8月11日	第1回合同調整委員会	30名	本プロジェクト開始にあたり様々な事項を確認した。
2017	4月25日	第2回合同調整委員会	25名	本プロジェクト進行状況について協議した。
2018	8月6日	第3回合同調整委員会	30名	本プロジェクト進行状況について協議した。現地報告会に続いて開催。

2019	8月9日	第4回合同調整委員会	48名	本プロジェクト進行状況について協議した。
4	件			

研究課題名	ネパールヒマラヤ巨大地震とその災害軽減の総合研究
研究代表者名 (所属機関)	纈纈 一起 (東京大学)
研究期間	H27採択(平成28年4月1日～令和3年6月30日)
相手国名／主要相手国研究機関	ネパール連邦民主共和国／産業省 鉱山地質局

上位目標

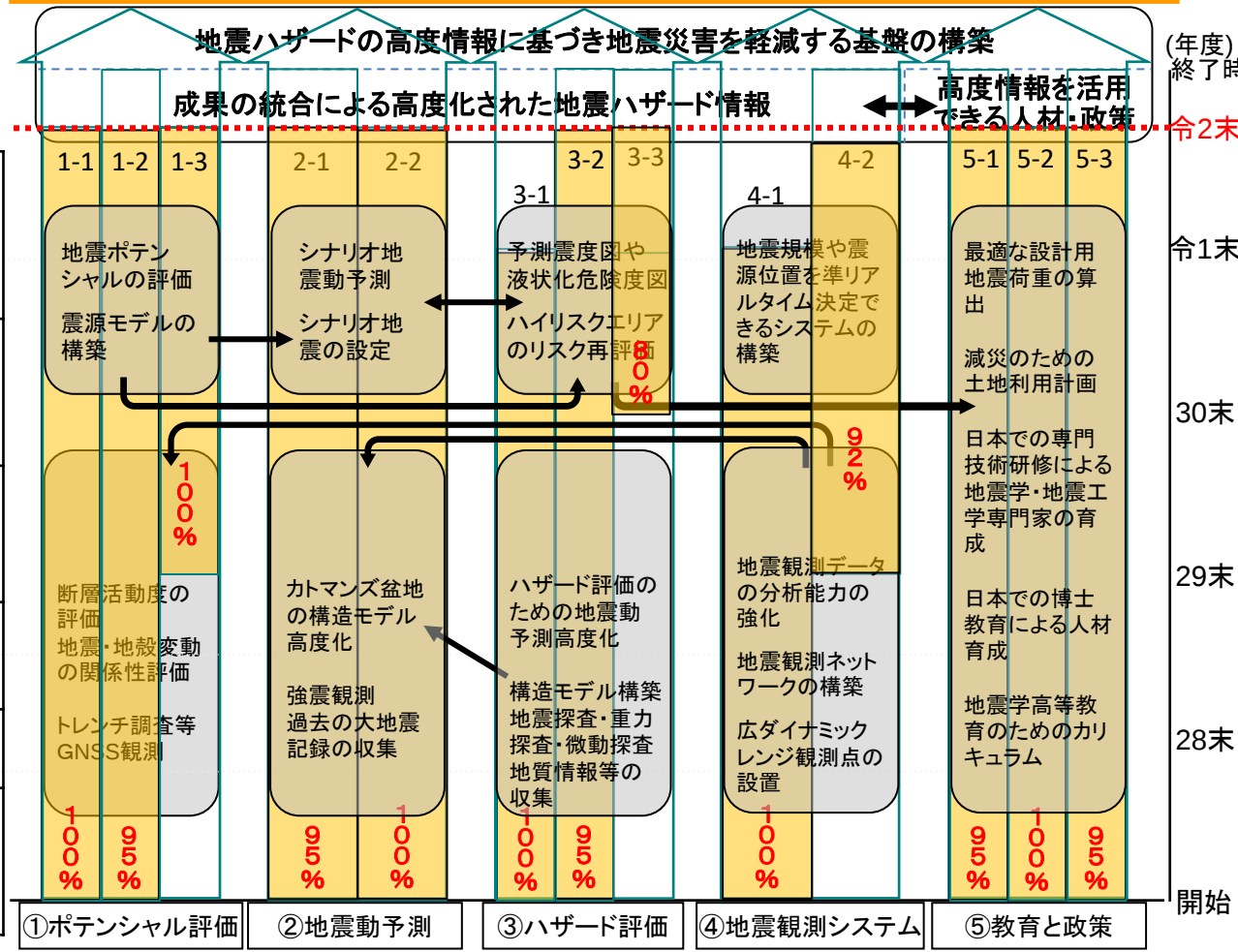
ネパールヒマラヤ巨大地震によるカトマンズ盆地を中心とした地震災害を軽減する

構築された基盤がネパール社会に根付く

プロジェクト目標

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	- 安全・安心な社会へ向け活動する国際ドナー機関の中でプレゼンスが向上 - 日本企業(防災コンサルタント)による新産業創出・社会貢献
科学技術の発展	- 地震ハザード評価法の高度化 - 地震データ処理法の強化 - 地震荷重評価法の最適化 - 地震学発展のための人材育成
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	巨大地震による災害の軽減という地球規模課題の解決に向けた戦略
世界で活躍できる日本人人材の育成	開発途上国を舞台に国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成
技術及び人的ネットワークの構築	日本-ネパール両国の研究者間の人的ネットワークと技術移転
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	- 研究論文・資料集 - 高度化された地震ハザード情報 - 強化された地震観測システム - 災害軽減のための人材・政策



赤字が研究題目ごとの達成度。