

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「ブータンにおける組積造建築の地震リスク評価と  
減災技術の開発プロジェクト」

採択年度：平成28年度/研究期間：5年/相手国名：ブータン王国

## 平成28年度実施報告書

国際共同研究期間<sup>\*1</sup>

平成29年 5月 1日から平成34年 3月31日まで

JST側研究期間<sup>\*2</sup>

平成28年 6月 1日から平成34年 3月31日まで

(正式契約移行日 平成29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年度末

研究代表者：青木孝義

名古屋市立大学・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

研究題目・活動	H28年度 (10ヶ月)	H29年度	H30年度	H31年度	H32年度	H33年度 (12ヶ月)
1. 地震ハザード予測					中間評価 運用継続	
1-1 地震観測強化		システム改良・機材更新				
1-2 震度観測強化		開発・試験			整備運用	
1-3 地震発生予測		地震履歴と地殻活動に基づく確率予測・断層モデル				
1-4 地震増幅度予測		被害統計・数値計算		モデリングおよび検証（微動観測・地形調査）		
1-5 地震動予測地図				数値計算・図化・更新		
2. 耐震化指針の作成						
2-1 材料実験・材料改良（現地）		材料特性の把握		材料改良方法の開発		
2-2 測量・微動・モニタリング		材料試験方法の確立				
2-3 実大試験体静的・動的実験（現地）		伝統建築形式分類（国内）	振動特性の把握と系統的分析（国内）			
2-4 耐震診断法（国内）		構造ヘルスマニタリング（現地）				
2-5 耐震化指針（国内）		計画	試験体作成（補強なし）	実験	試験体作成（補強あり）	実験
			施工法・補強法の開発と提示			
		解析法の開発・検証				
		耐震診断法の確立				
		耐震化指針の提示				
3. 耐震化指針の普及・耐震化促進支援						
3-1 地震災害管理体制支援（現地）		既存体制調査	公開実験	ワークショップ	公開実験	ワークショップ
3-2 技術者・施工者教育			視覚教材作成（国内）			講習実施（現地）
3-3 住民教育			プログラム開発（国内）			講習実施（現地）

### (2) プロジェクト開始時の構想からの変更点（該当する場合）

9月に詳細計画策定調査を実施し、研究題目・活動を、以下のように変更した。

#### 1. 地震リスク評価

1-1 地震観測強化、1-2 震度観測強化、1-3 地震増幅度マップの作成、1-4 ハザードマップの作成、1-5 構造物の脆弱性評価、1-6 地震リスク評価

#### 2. 耐震化技術の開発

2-1 常時微動計測、2-2 材料実験（現地）、2-3 実大試験体静的・動的実験（現地）、2-4 構造解析、2-5 耐震診断法（国内）、2-6 耐震補強キットの開発、2-7 耐震化指針（国内）、2-8 建築構造基準の提案

#### 3. 耐震化技術の普及

3-1 実施体制の確立、3-2 教材・普及プログラムの開発、3-3 指導者教育（現地）、3-4 技術者・施工者教育（現地）、3-5 住民教育（現地）

## 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

ブータンにおける組積造建築の地震リスク評価と減災技術の開発を目標に、国内において研究題目ごとの勉強会（耐震化技術の開発・普及グループ第1回勉強会、11月17日、詳細計画策定調査の結果を共有するとともに、大学院および学部学生に対する説明会開催；耐震化技術の開発・普及グループ第2回勉強会、1月7日、R/D、MOU締結を受けたH29年度の研究計画に関する打合せ；耐震化技術の開発・普及グループ第3回勉強会、2月14日、H29年度の研究実施に関する打合せ）および全体の勉強会（第1回勉強会、6月30日、JICAとの情報共有；第2回勉強会、8月18日、詳細計画策定調査に向けた打合せ；対処方針会議、9月2日、詳細計画策定調査における対処方針に関する打合せ；ネパール復興支援の経験共有、12月19日、ネパール復興支援の経験共有を行うとともに今後の研究推進に関する打合せ；次年度活動計画会議、3月28日、次年度活動計画に関する打合せ）を開催するとともに、ブータンで詳細計画策定調査を実施して、H29年度以降の地震リスク評価、耐震化技術の開発・普及に関する実施計画を策定した。



プロジェクト全体計画の説明



詳細計画策定調査ミーティング

日本側は名古屋市立大学を、ブータン側は内務文化省災害管理局 (DDM) を中心とした研究運営体制の構築を行った。名古屋市立大学では、ブータンの隣国であり組積造の専門家である学位を有するネパール人特任助教の、日本大学では日本人 PD 研究員の採用に向けた準備を行った。また、名古屋市立大学と香川大学において大学院生、学部生向けのプロジェクト説明会を実施し、学生にプロジェクトへ積極的に参画してもらうことで、プロジェクトを通じた人材育成を計画した。説明会の結果、本研究プロジェクトに興味を持った学生が、それぞれの教員の研究室の学生となった。一方、詳細計画策定調査時に、原則として毎年ブータン経済省地質鉱山局 (DGM) から 2 名、災害管理局 (DDM) から 1 名、内務文化省文化局 (DOC) から 1 名、公共事業省技術支援局 (DES) から 1 名を研修のために受け入れことを決めるとともに、SATREPS 枠の国費留学生として DOC から 1 名の受け入れ準備を行い、本プロジェクトを通して博士学位の取得を行う準備を行った。

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

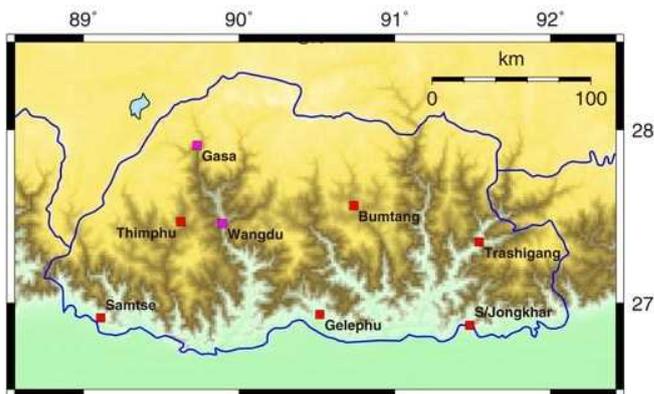
## (2) 研究題目 1 : 「地震リスク評価」

研究グループ A 地震ハザード予測 (リーダー: 井上公)

### ①研究題目 1 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

地震ハザード予測グループは、以前から実施中の京都大学防災研究所、防災科学技術研究所、および世界銀行 PHRD の 3 プロジェクトの合同で、ブータン経済省地質鉱山局 (DGM) に協力し、ブータン国内に 6 か所からなる高感度地震観測網、および 20 か所からなる震度観測網をほぼ完成させた。

高感度観測点のうちテレメータ観測点はティンプー、ブムタン、タシガン、サムツェ、ゲレフ、サムドゥルプジョンカーの 6 か所に設置されており、世銀 PHRD 課題で建設された観測小屋内に、3 成分短周期地震計 (勝島 PK110) と実効分解能 18 ビット 6 成分デジタイザ (白山工業 LS7000) が設置されている。データは無線モデム (Airmux) によって、最寄りのブータンテレコム局舎に送られ、そこからティンプーの本局を経由して、DGM の属する経済省の計算機サーバー室で受信されている。観測点の電源は太陽光パネルと蓄電池によって供給されている。ティンプー観測点には強震計が仮設置されている。データは日本からも監視することができる。オフライン観測点はウォンデュとガサに設置されている。



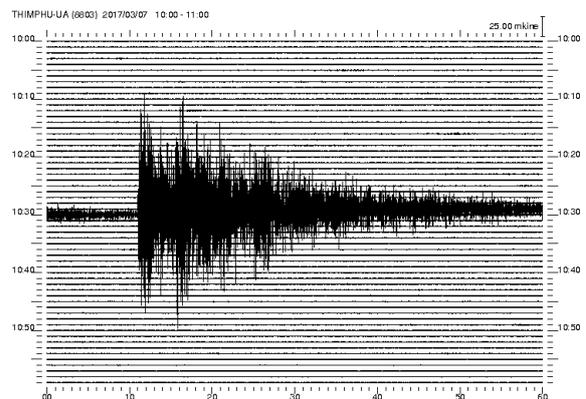
ブータン高感度地震観測網(6 online + 2 offline)



ティンプー地震観測点

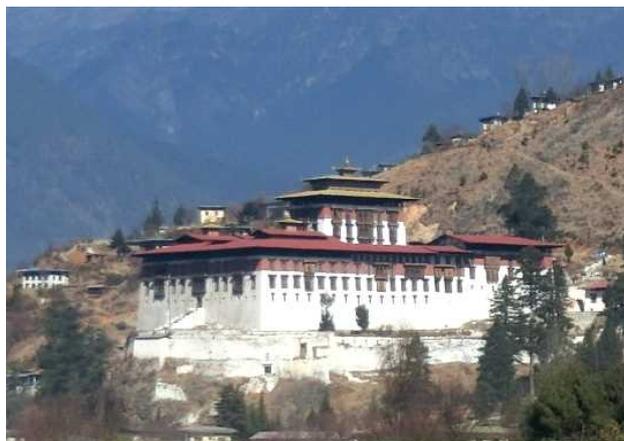


観測小屋内の地震計と記録伝送装置



2017年3月7日サムツェ北東の M4.0 の地震

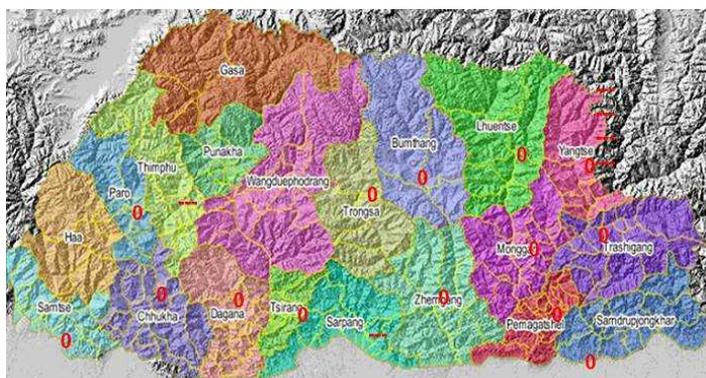
震度観測網は全国 20 県 (Dzongkhak) の県庁舎 (Dzong) に設置されたリアルタイム震度計からなる。この震度計は過去の SATREPS フィリピン課題で開発されたものである。H29 年 1 月にはフィリピン火山地震研究所の技術者を招聘して協力して設置を行った。センサーおよび震度表示機が県の防災担当職員の執務室付近に設置されている。震度データは常時 10 秒に 1 回インターネット経由で DGM 内の受信サーバーに伝送されており、日本からも震度分布が監視できる。波形データは観測点に保存されており、必要に応じて手動でダウンロードする。



震度計を最初に設置したパロ県庁舎(Dzong)



県庁舎の廊下に設置された震度表示伝送装置



20 県のリアルタイム震度 (2017/3/28 現在 4 点未設置、3 点欠測)



Ge-Nyen 村(Gewog)の庁舎

地震観測網・震度観測網ともに、一部未稼働の観測点が残されているものの、H28 年度末をもってブータンの地震観測網の基本的な部分がほぼ完成したと言える。カウンターパートに対しては観測網の整備運用を通じて技術移転を行った。地震観測網のデータは今後地震発生長期評価に必要な微小地震活動の監視・分析に活用される。震度データは各地の地震動評価ならびに災害対応に活用される。

H28 年度の SATREPS 課題としては、これらの観測網の強化計画の立案、ならびに事前調査を実施した。H29 年度以降、地震観測網は各観測点のデジタイザの更新と機材据え付け等の改善により、観測精度と信頼性を向上させる計画である。各観測点には広帯域地震計と強震計の併設も行う。テレメータ観測網だけでは大きな観測の空白となる北部山岳地域の地震活動を明らかにするために 3 か所のオフライン観測計画を立案した。震度観測網は地震被害の有無と程度を記録するために、観

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

測精度の高さよりも多点高密度であることが重要なため、SATREPS では全国 205 カ所の村の庁舎に、より簡易な震度計を設置する計画である。システムは基本的に 20 県庁で稼働中のものと同様で、これらの設置あるいは運用を通じて問題点の抽出を行った。具体的には、インターネットの不具合による欠測、観測点側の時計の精度が悪化する問題、受信側のネットワークのセキュリティーの問題等である。9月にティンパー周辺の5か所の村を訪問し、役場の建物の状況を把握した。そのほか、DGM が外国機関と共同で実施したインド北東部およびブータンの地震ハザード評価、山岳地形と増幅度の関係、マイクロゾーニングのための微動観測・解析手法等に関する既往の研究の情報収集を行った。

想定内ではあったが、高感度地震観測・震度観測網ともに通信回線の不具合による欠測が少なからずある。高感度地震観測点は、観測機器側とブータンテレコム側のどちらかに問題があるか明確にするために送信システムを二重化する予定である。震度観測点は県庁舎のインターネットに依存しているため将来の回線の安定化を待つしかないが、数でカバーする観測網設計のため大きな問題とはならない。

#### 研究グループ B 地震リスク評価（リーダー：高橋典之）

##### ① 研究題目 1 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

研究グループ A および研究グループ C の研究成果に基づき、構造物の脆弱性評価および地震リスク評価を行うことを目的としており、当初計画では H32 年度から実施する研究テーマである。そのため、当該年度における具体的な成果達成およびインパクトを詳述する状況にはない。本年度は、H32 年度から実施予定の研究が支障なく進められるように、構造物の脆弱性評価およびリスク評価に用いる基本的な構造特性の把握につとめるべく、版築造・石造を含む建設状況の実態調査を実施した。その結果、ブータン東部の石造はブータン西部の版築造とは平面プランが異なり、2 階の木造部分が両側に存在することを明らかにした。



版築造と石造の混在した建造物の例



版築造建設作業の様子



ブータン東部の集落



石造建築の例

## ②研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

上述の通り、当初計画では H32 年度から実施する研究テーマであるため、当該年度における具体的なカウンターパートへの技術移転を詳述する状況ではない。現段階では、脆弱性評価およびリスク評価に基づく耐震目標値の設定などで、文化局（DOC）および公共事業省（DES）が当該研究のカウンターパートになることを確認している状況である。

## 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

研究グループ A および研究グループ C の研究計画が当初計画通りに進捗可能な受け入れ体制が整わない可能性が懸念される事案（実験施設建設地の確保交渉に予定よりも時間がかかる等）があった。

## ④研究題目1の研究のねらい（参考）

研究グループ C で開発する耐震性能評価法において目標となる耐震性能を定める際の合理的な判断基準を、研究グループ A のハザード評価結果に基づいた脆弱性評価およびリスク評価結果により定めることができるようにする。

## ⑤研究題目1の研究実施方法（参考）

研究グループ C で実施する版築造、組積造の調査・実験結果を通して、構造物の簡易解析モデル化ならびに施工コスト情報の集約を進める。研究グループ A の成果として得られるハザード曲線に基づき、構造物の地震応答パラメトリック解析による脆弱性評価を実施し、脆弱性評価に対して施工コスト情報を適用することでリスク評価へと展開する。

## (3) 研究題目2：「耐震化技術の開発」

研究グループ C 耐震化技術の開発（リーダー：宮本慎宏）

### ①研究題目2の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

世界銀行 PHRD プロジェクトにより、版築・石積建築に関する既往の研究のレビューと既存の取り組みの整理を行った。その結果、ブータンの版築・石積建築に関する構造的な研究事例がほとんど存在しないこと、既往の補強方法は海外の類似建築の工法を模倣しただけであり、ブータンの伝統建築に適用可能か検証されていないことなどの課題を明らかにした。また、版築建築に対する補強方法の提案と一部検証実験を行うことで耐震化指針作成のための基礎データの蓄積を図るとともに、版築建築の耐震化のためのガイドラインの作成を行った。さらに、版築建築のある西部と石積建築

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

のある東部での現地調査に基づき、カウンターパートである文化局（DOC）と版築・石積建築の要素実験、実大試験体の設計、実験計画を立案した。その結果、実大試験体はブータンの典型的な伝統建築を模倣した二階建てとし、補強無し・有りの版築・石積建築を各 2 体ずつ計 8 体とし、要素実験は H29 年度から様々な補強工法の効果検証を目的として実施することが決定された。



実大試験体

#### ②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

世界銀行 PHRD プロジェクトにより作成した版築建築の耐震化のためのガイドラインに関するトレーニングを実施した。また、今後の耐震化指針作成に向けて版築・石積建築の要素実験、実大実験の目的と位置付けを明確にした。

#### 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

版築・石積建築の実大試験を行うための用地を当初は H28 年度中に確保する予定であったが、交渉が進展せず、翌年度へ持ち越しとなった。

#### ④研究題目 2 の研究のねらい（参考）

簡便で使いやすい実務的な耐震性能評価法の確立とパッケージ化を行うことで、指針の耐震性能基準を満たした建築の普及を目指す。また、本研究課題を通して日本側で開発する耐震補強用部材を電力の安いブータンで生産し、開発途上国における土や石を建築材料とする脆弱住宅の補強キットとして提供する。

#### ⑤研究題目 2 の研究実施方法（参考）

常時微動測定に基づき版築・石積建築の固有周期の推定式を提案することで振動特性係数を算出する。この値は、最終的には版築・石積建築の必要保有水平耐力の算出に掛かってくるものであり、算出結果をもって耐震性能を評価する。材料実験に基づき材料の特性と材料改良の効果を、各種補強方法の施工実験を実施して施工性を確認し、実大試験体の静的・動的実験により補強効果を検証し、構造解析を実施することで解析法と耐震診断法を確立し、耐震化指針を作成する。耐震化指針は従来とは異なる視覚的で分かりやすい教材を作成する。また、公共事業省が実施している市街地

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

と地方の建築許可の要件に本ガイドラインを加え、公共事業省に建築構造基準の提案を行う。

(4) 研究題目 3：「耐震化技術の普及」

研究グループ D 耐震化技術の普及（リーダー：青木孝義）

① 研究題目 3 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

耐震化技術の普及（社会実装）のため実施体制について、カウンターパートである災害管理局（DDM）と打合せを行うとともに、実際の教材作成の基礎資料となるブータンで使用している教科書や関連資料の収集を行った。

詳細計画策定調査で、H32 年度と H33 年度に、各県から 1 名指導者を呼んで、ティンプー（10 名）とブムタン（10 名）で指導者教育を行うことを決めた。

また、社会実装、本研究プロジェクトの成果公表のために使用するロゴマークを、グラフィックデザインを専門とする森教授に作成してもらった。デザインは、版築の壁をモチーフにし、ブータンの建造物に施された文様の色彩を使用するとともに、BHUTAN の文字は、建物の土台や基礎のようにドッシリとしたイメージの文字としている。



ロゴマーク

## II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

地震ハザード評価では、まずブータン全土の地震観測網と震度観測網の強化を行う。新たに得られる地震データと既往の情報を用いて、確率的地震発生予測と地震波増幅度評価を実施することにより、耐震化指針が目指す耐震性能の決定に必要なハザードマップの作成と想定入力地震動の評価を行う。また複数のパイロット地域において常時微動観測と微地形調査を実施し、より詳細な入力地震動評価を行う。この結果に基づき用途地域を指定して都市計画を進めることで、地震被害を軽減できる。さらに、地震記録や地震動予測に基づく地震ハザード予測に基づき地震地域係数を算出し、常時微動測定に基づき版築・石積建築の固有周期の推定式を提案することで振動特性係数を算出する。これらの値は、最終的には版築・石積建築の必要保有水平耐力の算出に掛かってくるものであり、算出結果をもって耐震性能を評価する。材料実験に基づき材料の特性と材料改良の効果を、各種補強方法の施工実験を実施して施工性を確認し、実大試験体の静的・動的実験により補強効果を検証し、構造解析を実施することで解析法と耐震診断法を確立し、建物の脆弱性評価を用いてパイロット地域の地震リスク評価を実施するとともに、耐震化指針を作成する。耐震化指針は従来とは異なる視覚的で分かりやすい教材を作成する。また、耐震化試験体の施工・実験の映像など視覚教材を多用した教育プログラムを実施し、受講者等からのフィードバックを反映させて、研究期間終了後にも継続的に実施できるプログラムに改良する。政府機関の技術者だけでなく民間の設計事務所などに対する地震災害管理体制支援・教育を通して、本研究課題期間にブータンの主要県における耐震化指針の普及と運用、住民の意識向上の強化を図り、将来の地震による建物被害・人的被害の1/4軽減を本研究課題の目標とする。また、公共事業省が実施している市街地と地方の建築許可の要件に本ガイドラインを加え、公共事業省に建築構造基準の提案を行う。

研究期間終了から5年後を目安にブータンや日本の技術者が伝統建築評価・診断を自立して行えることを目標に据え、本研究を通じて必要な人材育成を行うとともに、ブータン王国が設立した伝統建築研究所（RITS : Research Institute of Traditional Structure）への技術支援など、研究体制強化の支援を行う。また、簡便で使いやすい実務的な耐震性能評価法の確立とパッケージ化を行うことで、研究期間終了から10年程度で、指針の耐震性能基準を満たした建築施工や耐震診断ができる業者が官民に広く認知される制度作りを目指す。こうした技術の蓄積と支援を背景に、ブータンにおいて地震災害に対する住民の安全確保を開発計画の中に具体的に反映させる。さらに、脆弱な組積造建築が多い東南アジア、南西アジア、中近東、中南米などの国々に向け災害脆弱性克服を柱とした1開発モデルを提供することを目指す。合わせて、本研究課題を通して日本側で開発する耐震補強用部材を電力の安いブータンで生産し、開発途上国における土や石を建築材料とする脆弱住宅の補強キットとして提供する。

### Ⅲ. 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）

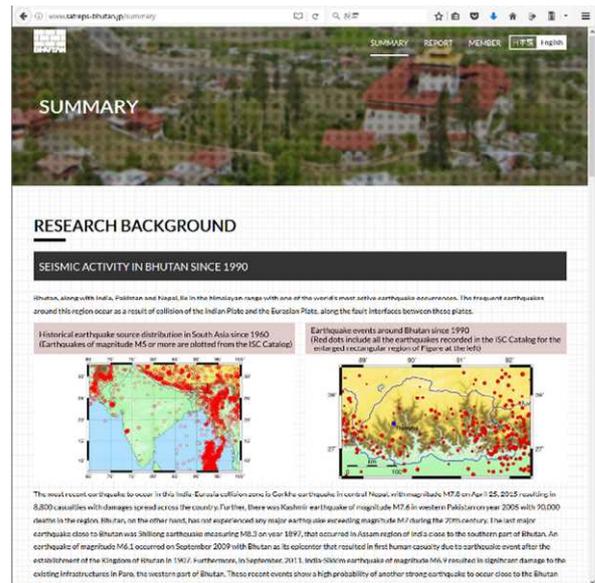
#### (1) プロジェクト全体

国内およびブータンの関係する機関が多く、その調整に時間がかかるため、より効率的な連絡方法、調整方法の必要性を感じている。

研究プロジェクトのインパクト、持続性を高めるため、ホームページの作成を行った。ホームページの URL は、<http://www.satrep-bhutan.jp/>である。



ホームページ（日本語）



ホームページ（英語）

相手機関で専門性は異なるが、例えば GDM では地質学には詳しいが地震観測に必要な電気および情報通信の知識・経験が乏しく、DOC では組積造の構造には詳しいが材料実験や試験機器の取り扱いの知識・経験が乏しいため、IT 担当者の採用や機器メンテナンス担当者の採用が不可欠であると考える。

本研究プロジェクト採択後、静的・動的実験を実施するための用地確保に向けて交渉を開始した。9月の詳細計画策定調査の際に、DOCに隣接する用地を第一候補とすることを決め、DOCから1ヶ月で回答が得られるはずであったが確保できたとの回答がなかった。12月の調査の際に、用地問題を再確認したところ、1月中には確保できる見通しであるとの回答を得ていたが、2月、3月にメールで確認しても、最終許可が得られていない状況である。想定している土地が難しい場合は代替地を探すなど、引き続き粘り強い交渉を行う。

#### (2) 研究題目1：「地震リスク評価」

研究グループ A 地震ハザード予測（リーダー：井上公）

技術的側面ではテレメータ通信回線等の不具合が課題としてあげられる。想定内ではあるが地震観測点は6点中2点が、震度観測網では20点中4点程度が欠測している。これらの原因を究明して改善を施す予定であるが、日本と同様の99.9%の回線品質は望めないため、80%の稼働率で

【平成28年度実施報告書】【170531】

も分析結果と解釈に大きな影響が出ないように工夫する必要がある。地震観測点は今後2年程度以内にRIMESによる8カ所の観測点整備が進むため、カバレッジに大きな問題はないと思われる。震度観測はもともと稼働率の悪さを想定して205カ所からなる観測網を提案しており、現状と同様の80%の稼働率でも十分機能する。

技術面以外ではカウンターパートのマンパワー不足があげられる。H28年度末現在の人員は地震課長1名の下に2名の若手スタッフがいるだけであり、観測網整備と運用はこの2名だけで行われている。バックグラウンドは地質学であり地震観測に必要な電気および情報通信の知識・経験がとぼしい。今後課題を推進するに当たり、IT担当者の採用が不可欠と考える。

地震観測技術は日本は世界で最も先進的であるが、現在では気象庁・防災科研・大学いずれの観測網も巨大化して外注化が進み、ブータンの技術者が運用技術を学べる環境にない。従って我々がコンタクトを有している隣国ネパールや、ミャンマー、タイ、フィリピン等の地震観測機関を訪問し、運用のノウハウやSOPを学ぶことが望まれる。現在SATREPSでは第三国での研修が認められていないため、ルールの改正を望むところである。

#### 研究グループB 地震リスク評価（リーダー：高橋典之）

当研究を進めるためには、研究グループAおよび研究グループCの進捗が欠かせないものである。その意味で、研究グループAおよび研究グループCの問題点克服に対する工夫がそのまま研究グループBにも適用される。

上述したように、当研究と類似のプロジェクトにおいても、まずはハザードの解明（研究グループA）、対象構造物の基本的な構造特性の把握と施工コスト情報の集約（研究グループC）が前段にあって、これをもって脆弱性評価ならびにリスク評価へと展開できることから、まずはその基本情報を入手できるように、先方の協力実施体制を確認することが重要である。

### (3) 研究題目2：「耐震化技術の開発」

#### 研究グループC 耐震化技術の開発（リーダー：宮本慎宏）

研究代表者の青木と共同研究者の宮本は、平成23年度文化庁委託文化遺産保護国際貢献事業（専門家交流）で版築建築の地震被害調査を実施するとともに、平成24～26年度文化庁委託文化遺産国際協力拠点交流事業でブータン王国の版築造建造物保存に関する調査研究を実施した。さらに、世界銀行PHRDプロジェクト（平成27年6月～28年8月）で、版築建築の耐震化のためのガイドラインの作成に取り組み、5年以上に渡ってカウンターパートである文化局（DOC）との協力体制を築いてきた。しかし、用地確保に向けた状況報告が滞るなど、連絡体制が盤石とは言えない状況にある。今後はもう一つのカウンターパートである技術支援局（DES）を含めて役割分担を明確にし、密な協力体制を築く必要がある。

ブータン王国の文化局の技術者は、日本の国家公務員とは異なり、現場に出向いて施工管理や技術支援を行うため、政策的なアドバイスよりも実践的な技術移転を求める傾向にある。研究成果を継続的に蓄積し、長い年月をかけて確立する建物耐震化の技術開発などを行う際には、将来展望を含めた長いスパンの計画を提示し、それに対する理解を促進させることが重要である。

#### (4) 研究題目 3 : 「耐震化技術の普及」

研究グループ D 耐震化技術の普及 (リーダー: 青木孝義)

耐震化技術の普及のための資料作成のため、基礎資料の収集に着手した段階で、資料の分析ができた段階で DDM と打合せを行う予定である。

開発途上国における No engineered 向けの建設マニュアルなどを参考にしつつ、他プロジェクトや外国人研究者との協同できる体制作りが重要である。

### IV. 社会実装 (研究成果の社会還元) (公開)

#### (1) 成果展開事例

本年度は暫定研究のため、SATREPS 課題としての社会実装はないが、SATREPS 課題による継続・強化を前提があるからこそ、既存の京大・防災科研・世銀課題によるブータン初の地震観測網と震度観測網の構築に意味があり、本課題が社会実装に貢献したと言ってよい。

#### (2) 社会実装に向けた取り組み

既存の京大・防災科研・世銀課題でブータン初の地震観測網と震度観測網を構築したが、情報を国・自治体・住民に発信するためには、もうしばらくの試験運転と改良・高度化が必要であり、それらを SATREPS 課題で実施する。並行して H29 年度に早期着手しなければならない課題は、発信される情報を受け手が正しく解釈するための、地震や震度の基礎知識に関する教育マテリアルの作成と配布があげられる。地震グループは地震ハザードマップが社会実装の目的のひとつであり、3 年目の後半の作成をターゲットに、情報発信方法の検討を H29 年度に開始する。

### V. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

京大・防災科研・世銀の既存課題ではあるが、ブータン国初の地震観測網と震度観測網が我々のチームの支援で構築できたことが現状では日本のプレゼンスの向上に貢献していると思われる。

現地新聞 KUENSL の 5 月 10 日版に世界銀行 PHRD プロジェクトで行った耐震化指針作成のための基礎データの蓄積と版築建築に対する補強方法の検証を目的とした実験の記事が掲載され、ブータン王国の伝統建築の耐震化に対する注目は高まっている。また、世界銀行 PHRD プロジェクトにより作成した版築建築の耐震化のためのガイドラインに関するトレーニングを実施した中で、ブータンの技術者から今後の版築・石積建築の実大実験に対する大きな期待があった。

本研究プロジェクトの成果を普及していくために、本研究プロジェクトを象徴するロゴマークをデザインするとともに、研究題目、研究グループごとの成果公開のためのホームページを設計・作成した。現地新聞 KUENSL の 11 月 12 日版に Studying seismic risks to masonry buildings の記事が掲載され、今年から開始する 5 年間のプロジェクトに対する相手国 (GNHC secretary Thinley Namgyel 氏) からの大きな期待があった。

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VIII. その他（非公開）

以上

VI. 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。)
28	小西孝明、宮本慎宏、青木孝義、江原夏季、ペマ、プンツォ・ワングモ、ブータン王国における伝統的民家の耐震補強工法に関する実験的研究、構造工学論文集、2017.3、Vol.63、359-367		国内誌	発表済	

論文数 1 件  
 うち国内誌 1 件  
 うち国際誌 0 件  
 公開すべきでない論文 0 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。)

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

著作物数 0 件  
公開すべきでない著作物 0 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

著作物数 0 件  
公開すべきでない著作物 0 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

VI. 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

招待講演 0 件  
口頭発表 0 件  
ポスター発表 0 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
28	国内学会	江原夏季(名古屋市立大学)、Sewla Lhakhangの常時微動測定と固有値解析、日本地震工学会、高知工科大学、9月26日	ポスター発表
28	国内学会	小西孝明(香川大学)、ブータン王国における伝統的民家の耐震性能に関する実験的研究、日本地震工学会、高知工科大学、9月26日	ポスター発表

招待講演 0 件  
口頭発表 0 件  
ポスター発表 2 件

VI. 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													

※関連する外国出願があれば、その出願番号を記入ください。

国内特許出願数 件  
公開すべきでない特許出願数 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													

※関連する国内出願があれば、その出願番号を記入ください。

外国特許出願数 件  
公開すべきでない特許出願数 件

VI. 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

0 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

0 件

VI. 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)	概要
28	6月30日	第1回勉強会	JICA(日本)	10人(0人)	JICAとの情報共有
28	8月18日	第2回勉強会	JICA(日本)	10人(0人)	詳細計画策定調査に向けた打合せ
28	9月2日	対処方針会議	JICA(日本)	10人(0人)	詳細計画策定調査の対処方針に関する打合せ
28	11月17日	耐震化技術の開発・普及グループ第1回勉強会	名古屋市立大学 (日本)	15人(0人)	詳細計画策定調査の結果を共有するとともに、大学院および学部学生に対する説明会開催
28	12月19日	ネパール復興支援の経験共有	JICA(日本)	8人(0人)	ネパール復興支援の経験共有を行うとともに今後の研究推進に関する打合せ
28	1月7日	耐震化技術の開発・普及グループ第2回勉強会	東工大蔵前会館 (日本)	8人(0人)	R/D、MOU締結を受けたH29年度の研究計画に関する打合せ
28	2月14日	耐震化技術の開発・普及グループ第3回勉強会	日本大学生産工学部 (日本)	7人(0人)	H29年度の研究実施に関する打合せ
28	3月28日	次年度活動計画会議	JICA(日本)	10人(0人)	次年度活動計画に関する打合せ

8 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

0 件