

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（2016年）度/研究期間：5年/

相手国名：ブータン王国

令和元（2019）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2017年 4月28日から2022年 4月27日まで

JST側研究期間^{*2}

2016年 6月 1日から2022年 3月31日まで

(正式契約移行日 2017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

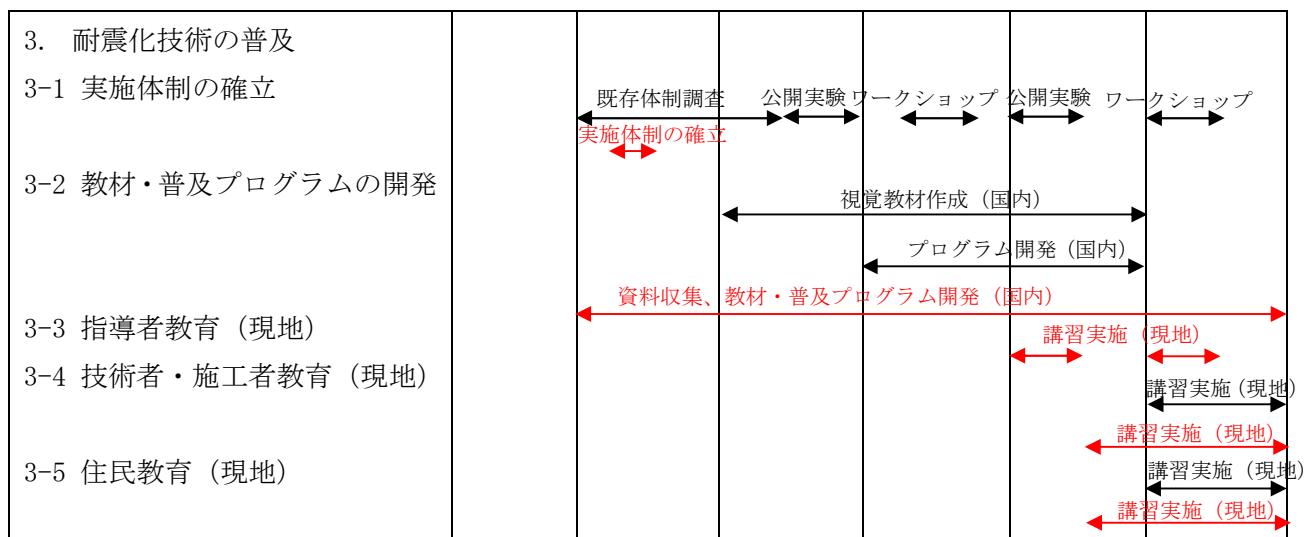
名古屋市立大学・教授

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	2016年度 (10ヶ月)	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度 (12ヶ月)
1. 地震リスク評価						
1-1 地震観測強化		システム改良・機材更新			運用継続	
1-2 震度観測強化		機材更新・改良			運用継続	
1-3 地震増幅度マップの作成		開発・試験			整備運用	
1-4 ハザードマップの作成		開発・改良			設置・改良・運用	
1-5 構造物の脆弱性評価		情報収集			調査	
1-6 地震リスク評価		情報収集			作成・改良	
2. 耐震化技術の開発						
2-1 常時微動計測		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）				
		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）				
		構造ヘルスモニタリング（現地）				
		構造モニタリング（現地）				
2-2 材料実験（現地）		材料特性の把握	材料改良方法の開発			
		材料試験方法の確立				
2-3 実大試験体静的・動的実験（現地）		計画	試験体作成（補強なし）	実験	試験体作成（補強あり）	実験
		実大実験	実大実験	実大実験	実大実験	実大実験
		試験体施工	試験体施工	試験体施工	試験体施工	試験体施工
		動的実験	動的実験	動的実験	動的実験	動的実験
2-4 構造解析		計画	試験体施工	実験	試験体作成（補強あり）	実験
		試験体施工	試験体施工	試験体施工	試験体施工	試験体施工
		動的実験	動的実験	動的実験	動的実験	動的実験
		計画・試験体施工	試験体施工	試験体施工	試験体施工	試験体施工
		解析法の開発・検証				
2-5 耐震診断法（国内）						
		耐震診断法の確立				
2-6 耐震補強キットの開発						
		施工法	補強法の開発と提示			
2-7 耐震化指針（国内）						
		耐震補強キットの開発				
2-8 建築構造基準の提案						
		耐震化指針の提示				
		耐震化指針の提示				
		建築構造基準の提案				



(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)

なし

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

- ・成果目標の達成状況とインパクト等

H28 年度に策定した 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に基づき、R1 年度は、研究題目 1 「地震リスク評価」（研究グループ A 地震ハザード評価、研究グループ B 地震リスク評価）、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）、研究課題 3 「耐震化技術の普及」（研究グループ D 耐震化技術の普及）の各研究課題、研究グループの活動を実施した。成果目標の達成状況は、図 1-1 に示すとおりである。

成果目標シート

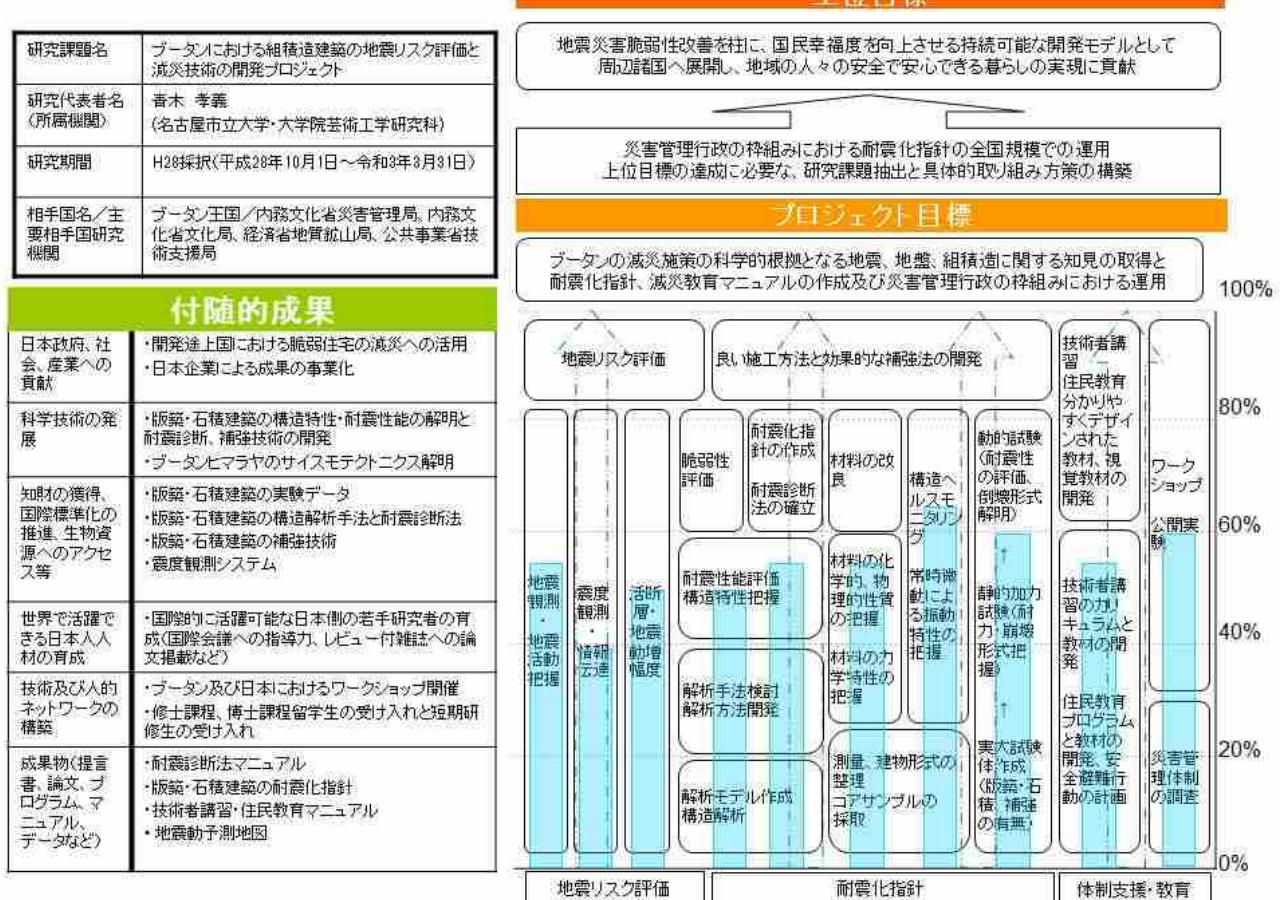


図 1-1：成果目標の達成状況

日本側は、名古屋市立大学で採用した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、日本大学で採用した材料の専門家である学位を有する韓国人 PD 研究員による研究運営体制である。一方、ブータン側は、人事異動があったため、内務文化省災害管理局 (DDM) を中心とした研究運営体制の再構築を行った。名古屋市立大学と香川大学においては、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、プロジェクトを通し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り、名古屋市立大学の大学院生は、VR 教材を国際会議で発表し、

香川大学の大学院生は、2019年度日本建築学会大会（北陸）学術講演会にて、構造委員会壁式構造運営委員会若手優秀発表賞を受賞している。

2020年1月に、経済省地質鉱山局（DGM）のスタッフ1名を日本に出張させ、淡路島で開催された活断層国際シンポジウムに参加し、ブータンの地震とSATREPSの活断層調査についての研究発表をしている。2020年3月に、内務文化省防災局（DDM）、文化局（DOC）、公共事業賞技術支援局（DES）のスタッフ各1名計3名を日本に出張させ、京都で歴史的建造物の保存活用に関する研修と、名古屋市港防災センターにて防災体験ツアーに参加してもらうことで防災教育のあり方に関する研修を実施する予定であったが、新型コロナウィルスのパンデミックによる移動制限の影響により、次年度に延期になった。また、SATREPS枠の国費留学生として、DOCから1名を博士後期課程学生として受け入れ、実験や解析に関する研究指導を行い、本プロジェクトを通じた博士学位の取得準備を行っている。また、DOCのカウンターパート1名が、2019年9月からJICA課題別研修「地震学・耐震工学・津波防災」に参加開始、筑波の建築研究所等で1年間研修し必要単位を取得し修士論文の審査後、政策研究大学院大学から修士号（防災政策）が授与される予定（2020年9月見込み）である。

（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

平成28年度までに、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ており、ティンプーのDGMのオフィスにてリアルタイムでデータを受信できるシステムの運用を開始している。後述のようにデータのリアルタイムでの受信状況は必ずしも良好とはいえず、可能な限り、観測点に出向くなどしてデータを回収しハザード評価に必要なデータの蓄積を行っている。

（2-1）高感度地震観測網

高感度観測点のうちリアルタイムでのテレメータ観測点はThimphu、Bumthang、Trashigang、Samtse、Gelephu、S/Jongkharの6か所である。本課題ではこれらの6点の観測機器（デジタイザ他）の更新を予定しており、2018年度に可能な限りデジタイザの更新を行い、2019年度には設置が未完了の広帯域地震計および強震計の設置作業を実施したが、2019年度末の段階では一部の強震計の設置が未完了である。図2-1-1に2019年3月時点での観測点の分布を示す。ここには後述のオンライン観測点も記載している。

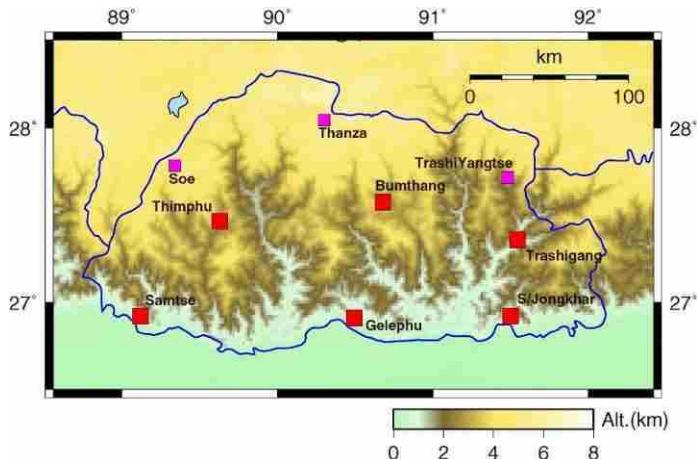


図 2-1-1 : 2019 年 3 月現在の地震観測点の分布。中部地域以南の大きな四角形■の 6 点がオンライン点、北縁付近の小さな 3 点の四角形■が、SATREPS 計画により設置したオフライン点を示す。後者は 2019 年 6 月末現在、3 点が稼動していたが、その後、機器の水没による故障により 1 点が休止中である。

また、これら 6 点のオンライン点のみではブータン全土の均質な地震活動の把握には不十分であるため、これらを補完するために 2017 年度からオフライン観測点の運用も行っている。これらは、北部国境に近い 3 点のオフライン観測点であり、2017 年度中にそのうちの Jangothang と Tanza の 2 点の設置を行った。また、北東端の TrashiYangtse 観測点については、2019 年 5 月に DGM が独力で設置を行ったが、同年 7 月の回収時に機器が水没のため故障していることが判明し 2020 年 3 月現在休止中であり、再開の予定は立っていない。なお、Jangothang と Tanza については、DGM が独自に保守予算を獲得して実施する手筈であったが 2019 年度もこれが実現せず、2019 年 3 月の保守を最後に現場からのデータ回収は実現できていない。

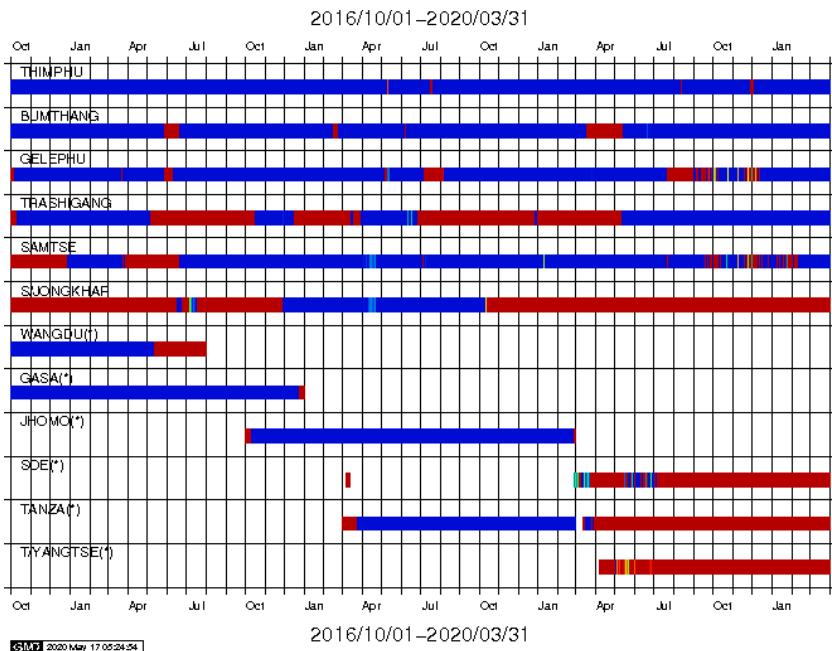


図 2-1-2 : 2016 年 10 月から 2020 年 3 月までのデータ取得状況。上から 6 点がオンライン観測点の状況。その下の 2 点は撤収済、最下段の 3 点が稼働中または休止中のオフライン点。赤い線はデータを取得できていない期間を示す。

図 2-1-2 には、2016 年 10 月から 2020 年 3 月までのデータ取得状況を示す。これは、2018 年度報告書の図 2-3 を 2020 年 3 月まで延長したものである。6 点のオンライン点すべてが稼動を開始したのは 2017 年夏であるが、その後も通信回線の品質が劣悪であるためにオンライン点のデータ取得状況は不安定なままであり、観測網の稼働率（リアルタイムでのデータの取得率）は低い。ちなみに図 2-1-2 は、リアルタイムでは取得できなかったデータを後日補完した後の取得状況であり、リアルタイムでのデータ取得率はさらに低い。そのため、現状では均質な地震活動のカタログを作成できる状況はない。この状況を打破するために、DGM は、データ伝送用の TCP/IP ネットワークを、半官半民企業である Bhutan Telecom 社の回線から、政府直轄の GWAN (Governmental Wide Area Network) に移行する計画を立案し、2019 年 8 月に試験的に Thimphu と Trashigang の 2 点の回線の移行の実験を日本側と合同で実施した。GWAN への移行により観測網の稼働率の向上は望めることを期待したが、残念ながら稼働率の向上に寄与していない（図 2-1-3）。また、移行実験の段階で新たなセキュリティ上の問題が浮上し、災害発生時の輻輳時等に安定的な運用が可能であるかどうか等々の課題が残ったままになっている。

なお、観測網運用のための基本的なインフラである TCP/IP ネットワークが DGM の計画通りに GWAN に移行された後は、その管理・運用は GWAN の管理者である DITT の管理下に入り、本 SATREPS プロジェクトの責任範囲外となりその管理の委細に立ち入ることはできなくなる。また、実際の運用にかかる DGM/ICT の担当者の ICT 関連のスキルの底上げは必須であるが、これも本 SATREPS の所掌範囲外であり、また、日本側担当者の専門領域でないこともあり、本プロジェクトの資金で必要な Capacity Building を行うことは適切でない。ICT 担当部署の担当課長からは、職員に ICT 関係のスキルの専門教育を受けさせたい等の相談を受けることがあり、別途、JICA の技術協力プロジェクト等に応募していただくなりして、専門教育を受ける手段をブータン側が検討すべきかと思われる。

従って、当面の間、当地震観測網の安定運用は見通せず、「防災」の見地からは、より現実的な震度観測網等の安定運用に期待するのが妥当ではないかと考えられる。

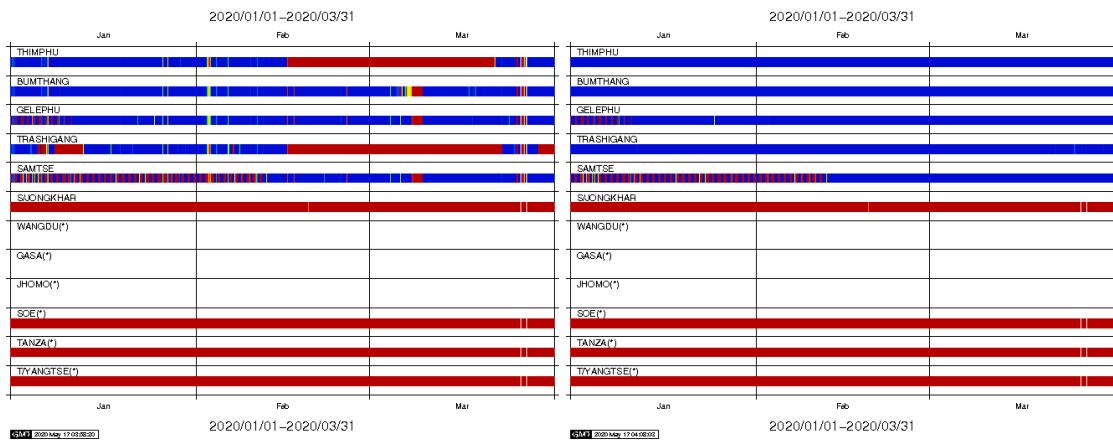


図 2-1-3 : 2020 年 1 月から 3 月末までの稼働状況。左図はリアルタイムでのデータ取得状況、右図は後日補完を行った後の収録状況を示す。上段 6 点のオンライン点のうち、Thimpu と Trashigang は GWAN に転換した点であるが、稼働率の改善はみられていない。

(2-2) 震度観測強化

本副課題では、地震ハザード評価の一環として、有感地震の震度情報および波形データから得られる減衰曲線、被害地震が発生した場合の即時災害対応、ならびに建物被害の原因の分析に資するためにブータン全土の震度観測網を構築する。そのために過去の SATREPS フィリピン課題で開発された震度観測システムを改良して導入する。H30 年度はブータン全国 20 県 (Dzongkhak) の県庁舎 (Dzong) に一昨年度までに設置されたリアルタイム震度計の運用を引き続き行った。DGM のオペレーションルームに設置された大型ディスプレイに表示されているリアルタイム震度マップ(図 2-2-1)を、インターネット経由のリモートデスクトッププログラム (TeamViewer) を用いて防災局 (DDM) のオペレーションルームにも表示するようにした。フィリピン火山地震研究所 (PHIVOLCS) が製作した震度サーバーシステム上の観測点管理およびデータマネジメントプログラムのいくつかを追加および更新した。

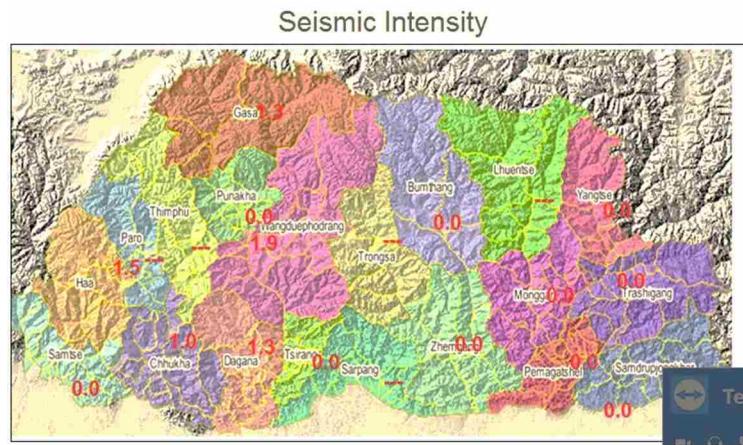


図 2-2-1 全国 20 県庁リアルタイム震度マップ

R1(H31)年度およびR2年度に計画している205か所の市町村(Gewog)庁舎への簡易震度計の整備に向けて、Raspberry Pi版のプログラムの改良と動作試験を行った。Gewog向け震度計は数が多く、かつ電子機器に関する知識が全くないGewog職員に運用をゆだねることになるため、機器のハードウェア構成とユーザーインターフェースを県(Dzhongkhak)庁舎に設置したものよりもシンプルにする必要があるため、電源を含めたパッケージを新たに設計した。また、センサーを最新のローノイズMEMS製品に変更し、MMI震度I(無感)とII(最小の有感)を区別可能なものとした。これにより20か所のDzhongkhak震度計も簡易震度計で置き換えることが可能となった(図2-2-2)。

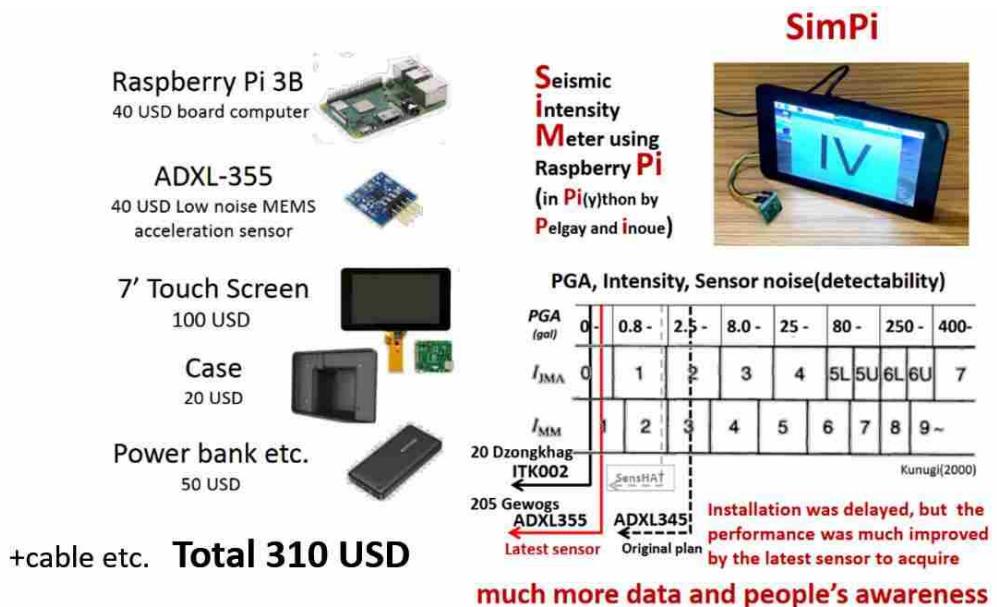


図 2-2-2 : 簡易震度計の構成と震度検出限界

R2年1月にDGMが整備予定の50式の震度計の部品を輸送し、組み立ての指導を行った。続けてDGM職員とともにフィリピン火山地震研究所を訪問し、震度観測網の運用に関する情報交換を行った。またR2年3月に、同年6月末までにDGMが整備予定の50式とサーバー計算機を輸出したが、

新型コロナウィルスによる航空便の大幅減便のためバンコクから返送され、次年度に再輸送することになった。このため震度計整備計画には遅れが生じている。

(2-3) 活断層マップ

ブータンでは南部断層地帯の詳細な断層の活動履歴の研究は実施されているが、国全体の地震ハザード評価に必要な活断層マップがない。活断層マッピングの基本手法は地形判読であり、元となるデータはデジタル地形図であるが、残念ながらブータンにはデジタル地形データ（メッシュデータ）が存在しない。最近の JICA 技術協力で NLC(国家土地委員会、日本の国土地理院に相当) がブータン国の大半分の 2.5 万分の 1 スケールの地形図を作成した。しかし、成果物はコンター（ベクトル）データで DEM（メッシュデータ）は作成されていない。コンターから DEM を作成することは可能であるが解像度が失われるため、我々は NLC が所有する古い航空写真を判読して活断層図と DEM を作成する計画を立案した。

H30 年度はまず 5 月に NLC が所有する古い航空写真のデジタルデータを入手し活断層の判読作業を開始できる環境を整えた。次に NLC 所有の空中写真の写真標定図を作成し（図 2-3-1 左）、空中写真、USGS による CORONA 衛星画像、および ALOS 30 のアナグリフ（図 2-3-1 右）をあわせて用いてブータン全域の画像判読を行って活断層の予察図を作成した（図 2-3-2）。

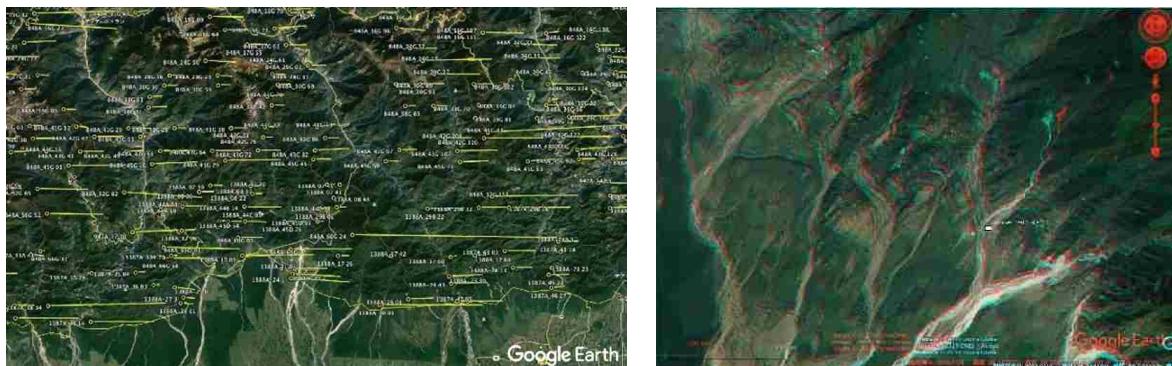


図 2-3-1 作成した空中の評定図（左）とブータン南東部国境付近のアナグリフ（右）

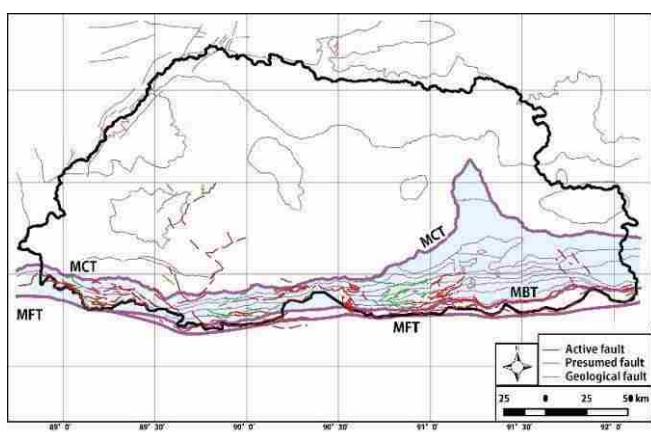


図 2-3-2 ブータン南部の活断層トレースと地質構造

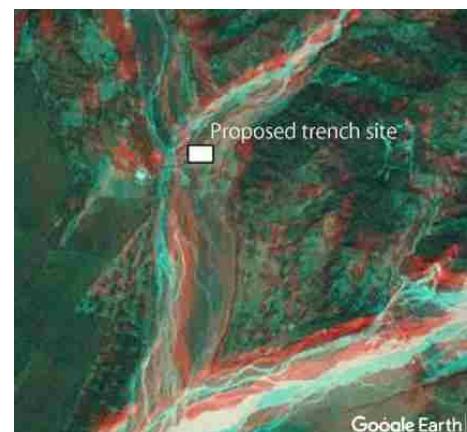


図 2-3-3 サムツェ付近のトレンチ掘削候補地

得られた情報をもとに、R1 年度に予定しているブータン南東部山麓、サムツェ付近におけるトレチ掘削場所の選定を行った（図 2-3-3）。

2019 年度はブータン南西部のヒマラヤ山麓の活断層の地形調査を実施した。調査範囲は、Samtse 郡の Samtse からブータン西南部国境を限る Jaldakha 川の東岸に位置する Sipsu に至る地域である。

調査に先立って、NLC が所有する空中写真を活用して、アナグリフおよび等高線図を作成した。これらをもとに活断層の詳細な位置・形状を把握し、その確認のための現地調査を実施した。その結果、本地域では、ヒマラヤ山麓の多くの地域に分布する Siwalik 層が分布しておらず、Lower Himalaya を構成する地層が山麓を構成している。このためか、Himalaya Frontal Thrust (HFT) に関する活断層の発達は不明瞭であり、Main Boundary Thrust (MBT) に関する活断層が顕著な断層変位地形を伴っている。これらの活断層の概要を図 2-3-4 に示す。

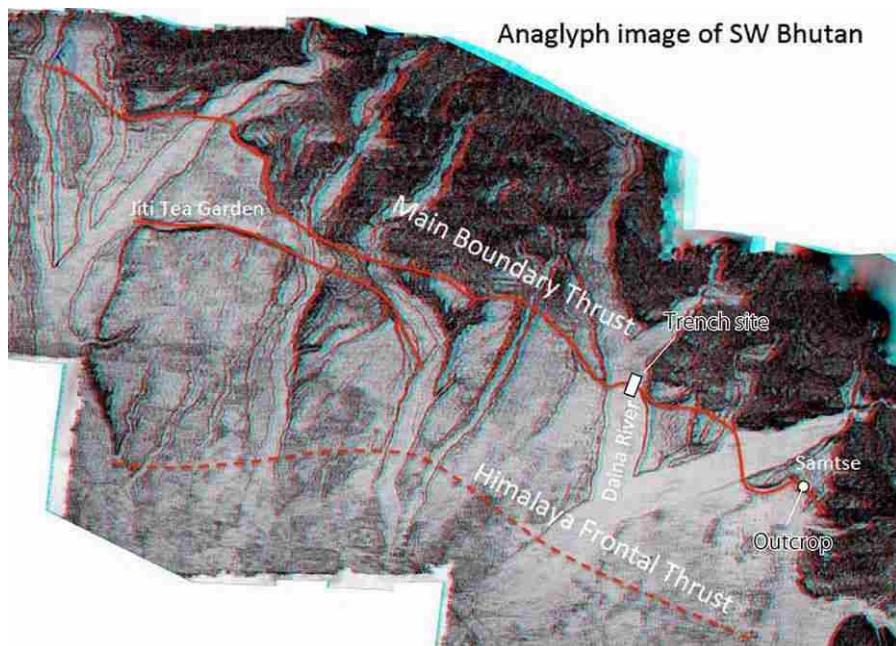


図 2-3-4：空中写真から作成したアナグリフ画像とブータン南西部の活断層の分布

写真判読で得られた活断層の存在を確認するため、Samtse の西約 10km に位置する Norgugang で MBT に関する活断層のトレチ掘削調査を実施した。ここでは、活断層が Daina 川の河岸段丘を変位させ顕著な低断層崖が発達している。低断層崖に直交するように掘削したトレチは、深さ最大約 6m、長さ約 15m で、活断層は低断層崖の基部から北に約 20° 傾斜した状態で露出した。断層の上盤では、河岸段丘を構成する砂礫層（直径数 10cm の巨礫から粗粒の砂層）が撓曲し、断層に接する部分ではオーバー・ターンするように大きく変形している（図 2-3-5）。



図 2-3-5 : Norgugang における断層崖（左）とトレンチ壁面（右）

また、下盤側にはほぼ水平な砂礫層が堆積しており、典型的な逆断層の露頭を呈していた。しかしながら、炭化物や腐植土など、過去の断層変位時期を推定するために必要な年代測定試料を得ることができなかった。また、Samtse の市街地に近い断層崖の基部の土取り場で、活断層露頭を発見した。ここでは、断層は約 25 度北に傾斜しており、断層の上盤で扇状地性礫層が断層崖に平行して傾斜し、断層崖の末端部では大きく撓曲している状態が観察された。また、礫層中に含まれる砂層から炭化物を採取し、加速器放射性炭素同位体年代測定を行った。その結果、いずれも 8000-8250yrBP の年代値を示し、少なくとも 8250 年以降に断層変位が生じているが明らかとなった。

また、Thimphu 市周辺の地震環境を推定するための、地形・地質環境の予察的な調査を行った。Thimphu 市の中心市街地は、西側の山地の地滑り崩壊地から流下した巨礫によって構成される土石流性扇状地である。この堆積物は、過去に Thimphu 川をせき止め、その上流に堰き止め湖を形成、この時期に堆積したと思われる細粒なシルト・砂層が、王宮や政府機関が立地する地域に分布する可能性が高い。Thimphu 市周辺の地形・地質環境については、さらに詳細な調査が必要である。

(2-4) 地震増幅度評価

地震ハザード評価は、地震観測で得られる現在の地震活動と過去の地震の痕跡である活断層の調査・分析によって得られる地震発生予測に加えて、地域ごとの地震動の増幅度の違いの情報を用いて行われる。地震動増幅度の評価の標準的手法のひとつが微動探査であり、本課題では R1 年度と R2 年度に 2 か所のパイロット地域において探査を実施する。

地震動の大きさは山地の地形にも影響されることが数値実験と過去の地震被害から知られている。本課題ではネパール・ゴルカ地震の被害分布と地形の尾根・谷との相関を分析し、地形を類型化することによってブータンをはじめとする山岳地域における地形による增幅効果を評価する手法を確立する。2018 年度はゴルカ地震の建物被害データベースを保有する NSET (National Society for Earthquake Technology) との研究協力協定の締結と、ドラカ県チャリコットの地形の予備解析（図 2-4-1）、および NSET が詳細な被害データを保有しているゴルカ市、ジリ市、マンタリ市、ベシシャハール市、チョータラ市の衛星 DSM データ (AW3D 5 メートル DSM) の購入を行った。H31 年度は NSET を訪問して被災状況に関するデータに関する検討と入手準備を行った。

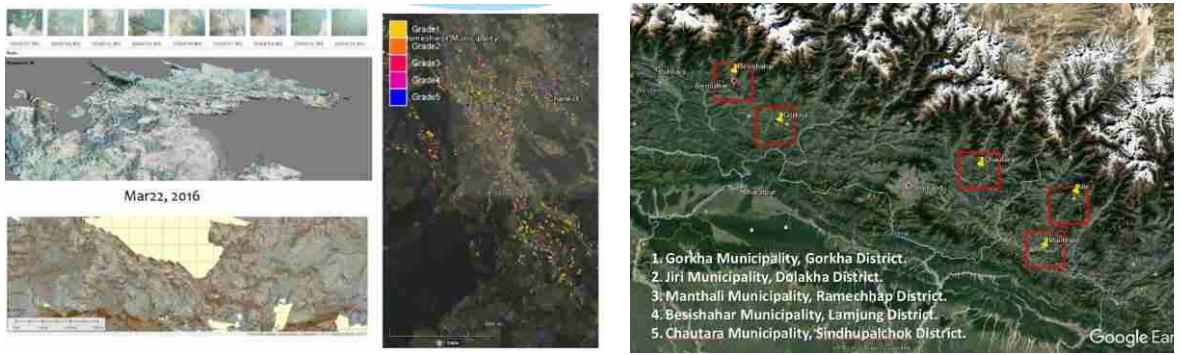


図 2-4-1 : ネパールドラカ県チャリコットの地形と地震被害（左）、衛星地形データ（AW3D 5m DEM）入手したネパールのゴルカ市、ジリ市、マンタリ市、ベシシャハール市、チョータラ市の範囲（右）

版築住宅のリスク評価のパイロットサイトとして選定されたパロ県 Essunaにおいて、微地形調査のためのドローン空撮を実施した。供与した DJI Mavic2 Pro は操作が容易で、非常に高品質の地形モデルを作成することができる（図 2-4-2）。今後地形の類型化と地震動増幅度と関係の経験式を完成させ、微動観測の結果をあわせてパイロット地域の地震動増幅度を評価する。

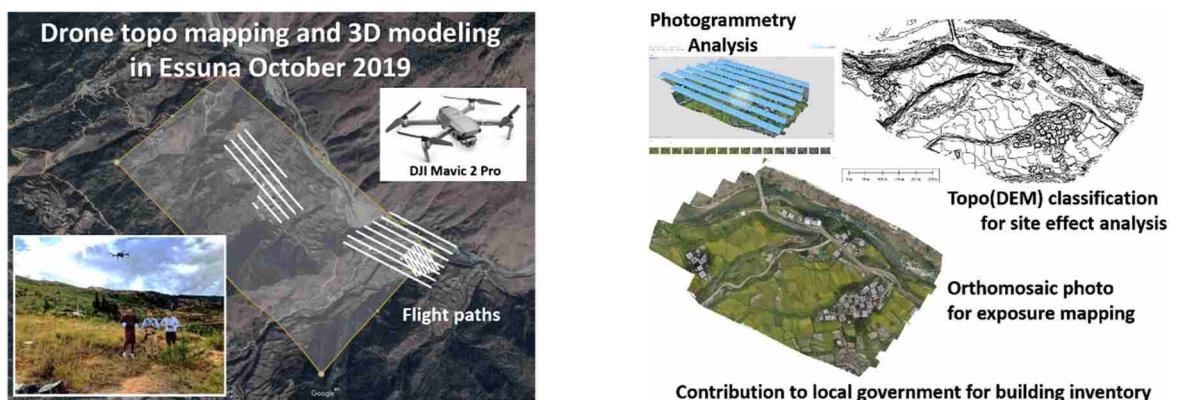


図 2-4-2 : Essuna パイロット地域のドローン調査（左）と高精度微地形モデル（右）

ドローンは低空を自由に飛行して空撮ができるため、地形だけでなく建物のモデリングにも活用可能である（図 2-4-3）。今後 Essuna（版築住宅）および Ura（石積住宅）のパイロット地域においてこのようなモデリングを実施して、リスク評価のための暴露データベース作成作業ならびに VR 教材への活用手法を検討する。



図 2-4-3 : Essuna 地区の居住地の 3 次元モデル

回転翼 ドローンは運用が容易で高分解能の地形モデルが制作可能であるが、飛行距離が短いため調査が狭い範囲に限られる。R2 年度は広域を効率よく調査できる固定翼無人機を導入する。

(2-5) ハザードマップ

ブータンの現存する地震ハザードマップは、ノルウェーの支援によって DGM が作成した、インド北部とブータンの広域マップのみである。本プロジェクトでは、ブータンに範囲を絞ったハザードマップの改訂版の作成と、2 か所のパイロット地域における小さな地域のハザード評価を行う。

H30 年度は必要なデータセット（地震活動、活断層、増幅度）のデータがまだ十分に得られていないため、GEM の OpenQuake を用いた強震動計算の準備にとどまった（図 2-5-1）。

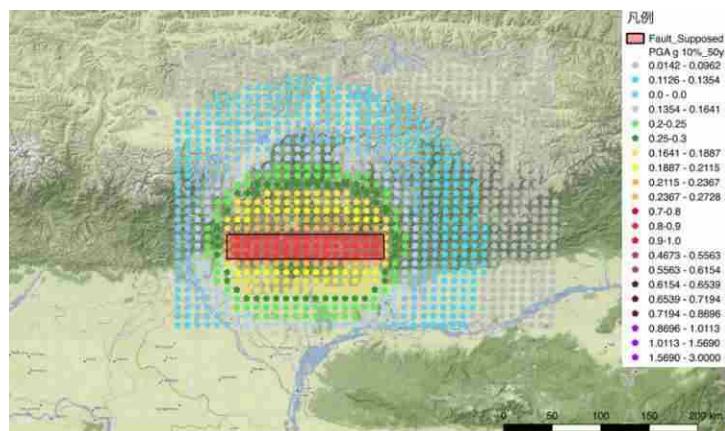


図 2-5-1 : GEM OpenQuake によるブータン南縁の M8 地震を想定した強震動計算

R1 年度は依然として十分なデータセットは得られていないため、OpenQuake による強震動計算を継続した。図 2-5-2 は 2015 年ネパール・ゴルカ地震と同様の M7.8 の低角逆断層モデルを示す。



図 2-5-2：ブータン南西部に想定する M7.8 地震の震源断層モデル

このモデルをもとに行なった強震動モデルを図 2-5-3 に示す。低角であるため震源断層の深さは 2km から 16km と浅いため、重力加速度に近い加速度が計算されている。予想される被害の大きさは震源時間関数(周波数)と地表の増幅度に大きく依存するため、今後それらをよく検討する必要がある。

シナリオ地震動計算結果

震源パラメタ
 Rupture mesh spacing = 10.0 km
 Region grid spacing = 1.0 km
 Attenuation: Maxi. distance = 150 km
 距離減衰式GSIM = ChiouYoungs2008

サイトパラメタ
 H surface vs30 = 800 m/sec
 H depth = 80.0m (1.0 km/sec)
 H depth = 5.0km (2.5 km/sec)

断層がThimphuの直下(深さ16km)にあるため、
 1G超の強震動が発生

高精度をめざして今後努力

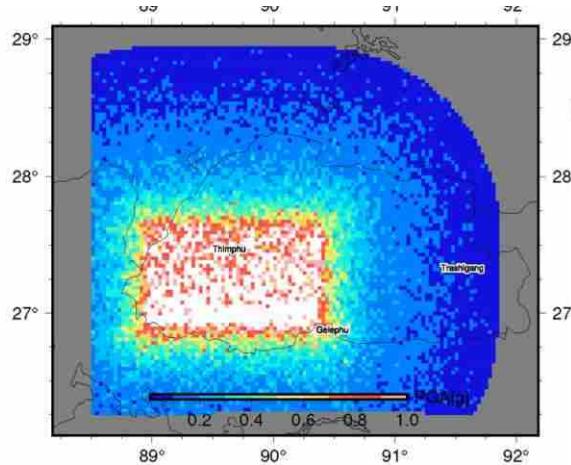


図 2-5-3：ブータン南西部に想定する M7.8 地震の震源断層モデル

②研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

地震観測、震度観測、活断層調査、いずれも現地での活動を通じて OJT を実施している。

2020 年 1-3 月には DGM の Nityam Nepal が GlobalEarthquake Observation コースに参加した。
 2020 年 1 月には DGM 地震課長の Dowchu Drukpa が淡路島で開催された活断層国際シンポジウムに参加し、ブータンの地震と SATREPS の活断層調査についての研究発表を行った。

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

NLC による広範囲の空中写真を入手できることにより、活断層マッピングに進展がみられた。担当する DGM スタッフの Karma Namgay も意識および能力が高く、このサブテーマは大きな成果が期待できる。

④研究題目 1 の研究のねらい（参考）

ブータン全土の地震ハザード評価を、過去の地震データ、本課題により得られる地震活動データ、震度データ、活断層分布、地形地質分布から評価するとともに、将来ブータン地質鉱山局が、観測網の維持とハザード評価モデルの改良を継続していくために必要な技術移転を行う。

⑤研究題目 1 の研究実施方法（参考）

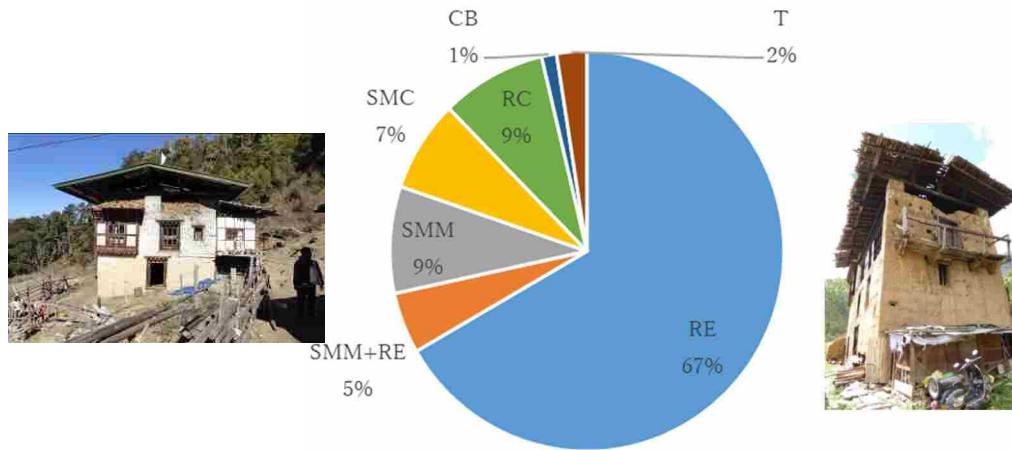
6か所のオンライン観測点からなる弱震観測網を強化するとともに、北部縁辺に3か所のオフライン観測点を設け、データを取得する。また RIMES 計画が同時期に設置した8か所の観測データを合わせて解析し、ブータン全土の地震活動を明らかにする。20か所の震度観測点を運用するとともに、あらたに205か所の村に簡易震度計を導入して即時に高密度の震度情報を提供するシステムを導入する。有感地震の震度データをアーカイブ・解析する。ブータン全土の航空写真を分析して、活断層マップを作成する。デジタル地形データを用いて山岳地における地震動の増幅度を評価する。微動観測機材を導入し、パイロット地域での観測により地盤による地震動増幅を評価する。これらの情報を統合して、ブータン全土の地震ハザードモデルの構築と、更新のための技術移転を実施する。

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、R2 年度から実施する研究テーマである。本年度は昨年度から引き続き、R2 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、後述の研究題目 2「耐震化技術の開発」と連携し、版築造および石造の常時微動計測に伴う建物固有周期の概算、補強プランによる固有周期の変化について検討を行った。典型的なプランを有する建物の固有周期の特性を踏まえ、建物高さと固有周期の関係に対し、実験で得られた構造体の強度・韌性の情報を加えて、建物群（構造種別と階数のみが情報として得られている状態で）の地震応答解析に基づくリスク評価に活用する。

なお、リスク評価対象とする地域の選定においては、研究グループ A のハザード評価に適した地形を有していること、研究グループ C の耐震性能評価対象構造物として典型的な建物が大半を占めることの、両条件を満たす箇所を選択することが重要である。本年度は、対象建物群の選定に適したパイロットサイトを特定し、研究グループ A のリスク評価対象地域としても適した地形を有し、研究グループ C の耐震性能評価に対しても版築造を対象とした建物群が大半を占める地域として適したエリアである候補地を選定した。それぞれの条件に対する適否評価に時間を要したが、まず版築造を中心とした集落のリスク評価パイロットサイトの選定にあたり、Essuna（東西約 2 km × 南北約 1 km のエリア）の悉皆調査を実施した（図 3-1、図 3-2）。つづけて、石積造を中心とした集落のリスク評価パイロットサイトとして Ura を選定した。



RE : 版築, SMM+RE : マッドモルタル石造+一部版築, SMM : マッドモルタル石造
SMC : セメントモルタル石造, RC : RC 造, CB : コンクリートブロック造, T : 木造

図 3-1 : Essuna の悉皆調査結果（構造種別、全数 81）

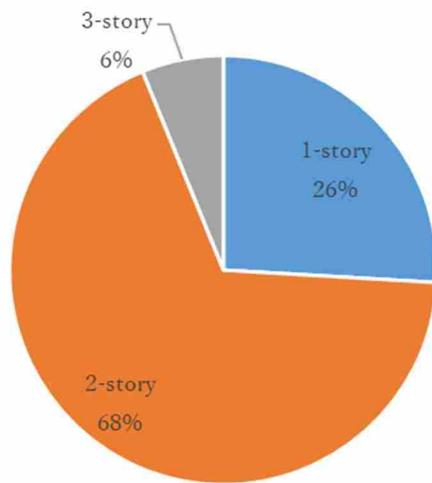


図 3-2 : Essuna の悉皆調査（階数分布）

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 R2 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はこれからの状況であるが、後述の研究題目 2「耐震化技術の開発」と連携し、脆弱性評価およびリスク評価に基づく耐震目標値の妥当性検証を将来にわたり内務文化省文化局 (DOC) および公共事業省技術支援局 (DES) が継続できるように、常時微動計測による構造特性評価技術を現地技術者に教育している（図 3-3、図 3-4）。



図 3-3：現地持参した計測機器（英語マニュアル付）



図 3-4：現地技術者に計測手順を教育

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

今年度は、昨年度末に差し掛かった段階で（現時点でも進行中の）新型コロナウィルスのパンデミックによる移動制限が課され、現地調査の再開が難しい状況に追い込まれていることが懸念材料である。

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て、脆弱性評価およびリスク評価に展開し、適用技術の社会効果検討に寄与する技術を提示することができるようとする。

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、石造（マッドモルタル目地、セメントモルタル目地）の構造特性調査、実験結果を通して、構造物の簡易解析モデル（振動系モデル）の基本データ集約・モデル化を進める。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。具体的には、ハザード評価で作成された.shp 形式ファイルに、上述の評価結果を加味したデータを Matlab Mapping Toolbox を用いてリスクマップとして.kml 形式で生成する方法および PML 表示によるリスク評価を検討し、現地で継続的に運用可能な方法を採用することを考えている。

(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

「2-1 常時微動計測」では、版築造建築・石積造建築の典型例・プロトタイプを対象として、常時微動計測および長期のモニタリング計測を継続して実施した。これまでの計測データに基づき、建物の高さと固有周期の関係を整理した（図 4-1、図 4-2）。

「2-2 材料実験」では、版築の耐震性向上を図ることを目的に、ブロックを模擬した $60 \times 60 \times 60$ cm 試験体を作製し、乾燥表面からの距離に応じた含水分布の把握し、強度発現メカニズムの検討を行った。また、ブータンで今後日常的に版築強度を把握する試験方法を整備するため、版築からコアを採取し、強度試験を実際に行った。

「2-3 実大試験体静的・動的実験」および「2-6 耐震補強キットの開発」では、版築造 1 棟、石積造（セメントモルタル）1 棟の実大民家試験体を作製し、静的載荷実験を行った（図 4-3）。版築造民家は新築民家の耐震補強を想定し、鉄筋コンクリート造の柱・バンドを用いた。石積造民家は既存民家の耐震補強を想定し、無補強の状態で弾性範囲内の載荷を行った後に、試験体にワイヤーメッシュとセメントモルタルによる耐震補強を施し（図 4-4）、最大荷重に達するまで再度載荷を行った。その結果、補強後の最大荷重をインドの耐震基準値（IS 1893）と比較すると、版築造民家の短辺方向で約 1.9 倍、石積造民家の短辺方向で約 2.1 倍有していることが確認できた（図 4-5）。

また、静的載荷実験に用いた実大民家試験体の 1/6 スケールの試験体（図 4-6）を用いて振動台実験を行った。試験体は版築造 2 体、石積造（マッドモルタル）2 体ずつ作製し、1 体は無補強、もう 1 体は静的載荷実験と同じ耐震補強を施した。実験では、無補強試験体と耐震補強試験体を 2 体同時に加振した（図 4-7）。実験結果の一例として、図 4-8 に振動台上の最大加速度と小屋レベル中央の面外方向の最大加速度から求めた応答倍率の関係、図 4-9 に 1.6[g] で加振後の各試験体の損傷状況をそれぞれ示す。URE は 0.6[g] の加振後から版築壁にひび割れが生じ、その後加振するごとにひび割れが進展し、固有周期が長くなるにつれて応答倍率は低下した。RRE は 1.6[g] で加振しても損傷が小さかったため、固有周期の変化が小さく、応答倍率の変化も小さかった。USMM と RSMM は 1.0[g] で加振後からひび割れが多数生じ始め、その後応答倍率も大きく低下した。

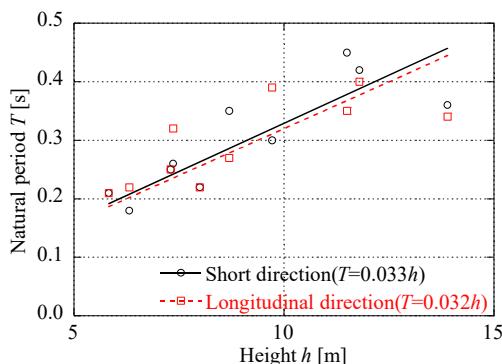


図 4-1：版築造建物の高さと固有周期の関係

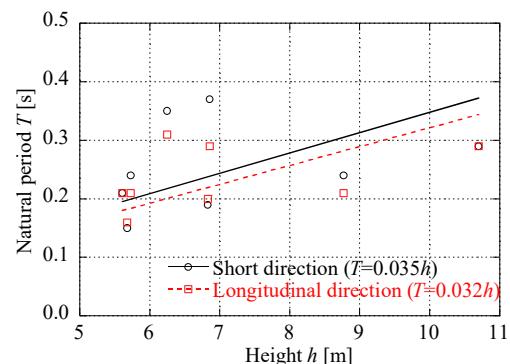


図 4-2：石積造建物の高さと固有周期の関係

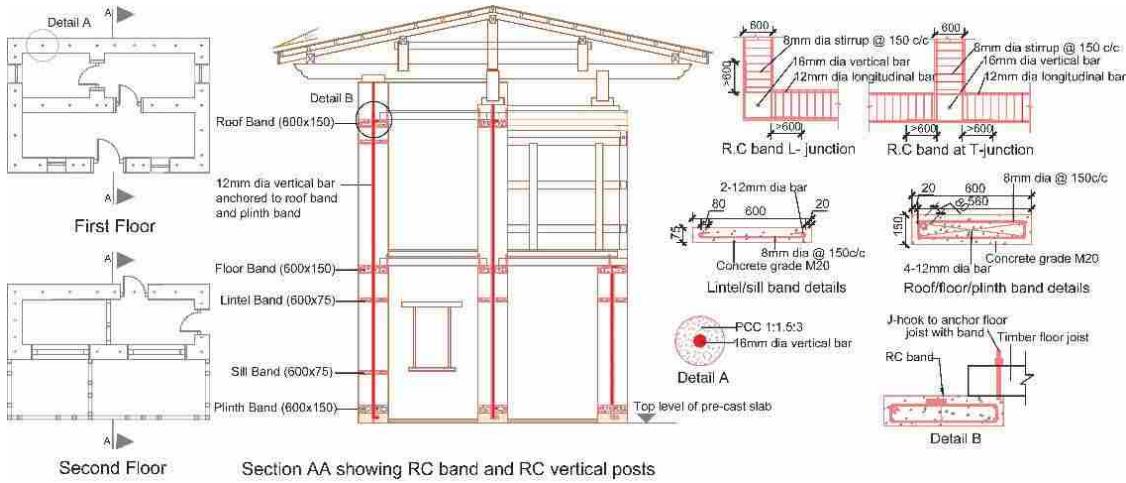


図 4-3 : 版築造民家の補強方法

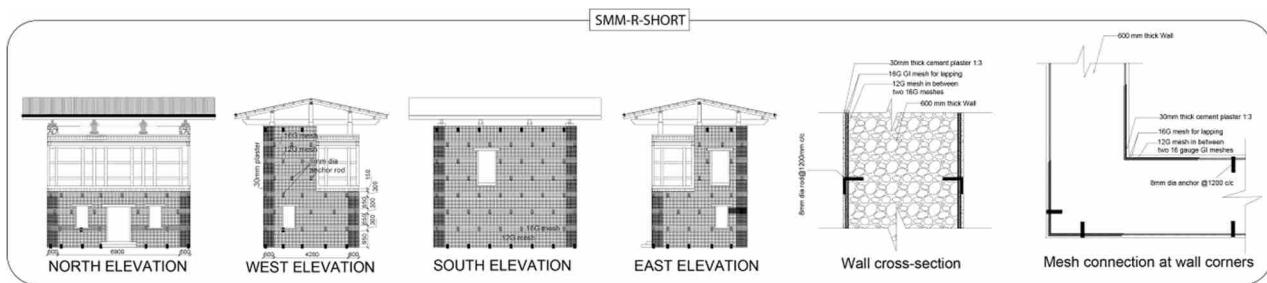


図 4-4 : 石積造民家の補強方法

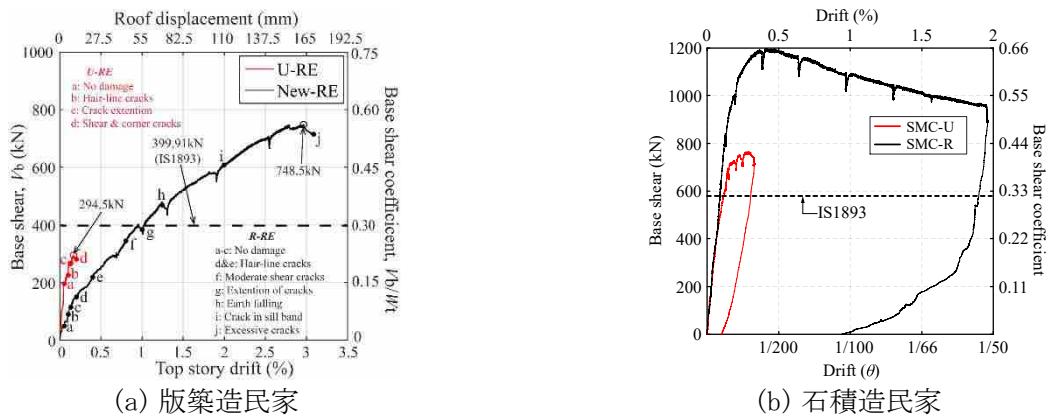


図 4-5 : 静的載荷実験結果

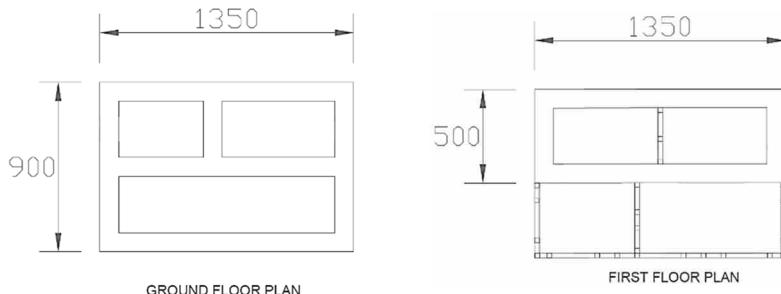
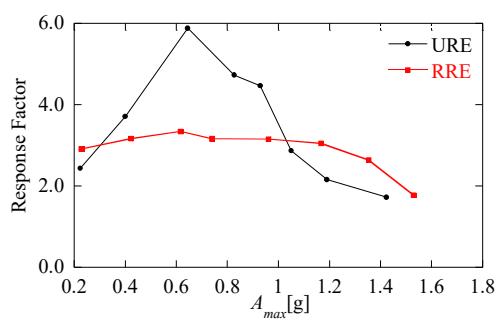


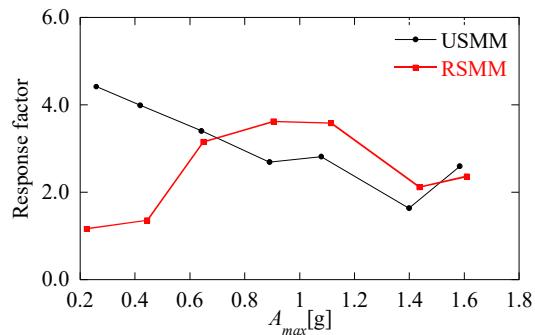
図 4-6 : 縮小民家試験体図面



図 4-7 : 振動台実験



(a) 版築造試験体



(b) 石積造試験体

図 4-8 : 振動台実験結果



(a) 版築造（無補強）



(b) 版築造（補強）



(c) 石積造（無補強）



(d) 石積造（補強）

図 4-9 : 破壊性状

「2-4 構造解析」では、図 4-10 に示す 5 段の版築壁試験体の引き倒し実験を対象に構造解析を実施し、実験結果の再現性を検討した。試験体形状は版築壁民家を模した 1 辺の長さ 5400mm のロの字型とし、1 つの版築ブロックの大きさは 600×600×2400mm である。引き倒し実験は版築壁体の面外方向を対象とした。解析モデル（図 4-11）は、版築ブロック間に接触要素を挿入し、版築ブロック自体のひび割れだけでなく、版築ブロック間の滑動や離間を再現した micro モデルと、接触要素を挿入しない macro モデルの 2 種類とした。構造解析に用いた材料定数は、既往の文献や別途実施した材料実験結果に基づいて設定した。図 4-12 に解析結果と実験結果の荷重-変位曲線の比較を示す。解析結果と実験結果の荷重-変位曲線は両モデルとも概ね一致し、ひび割れが生じるまでは荷重が上昇し続け、最大荷重を迎えてひび割れが発生すると急激に荷重が低下する傾向を再現できていた。

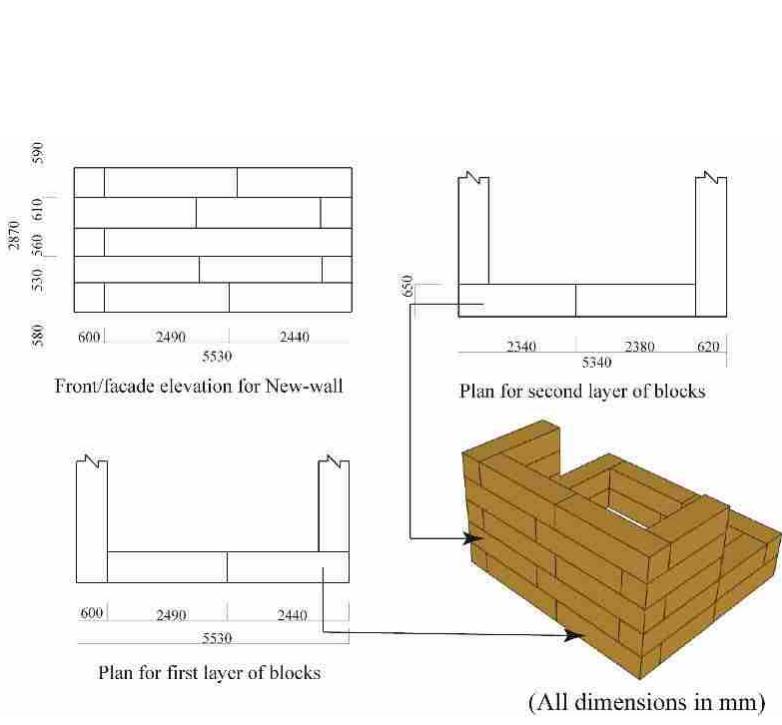


図 4-10：解析対象の試験体概要

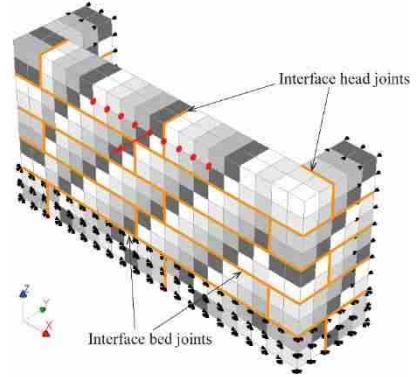


図 4-11：解析モデル

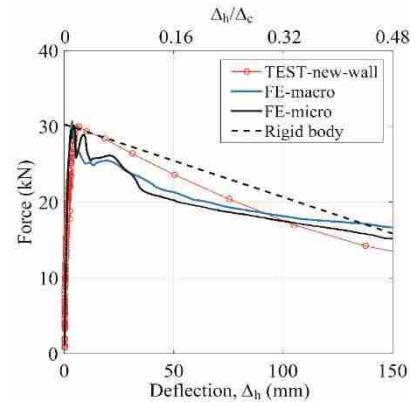


図 4-12：解析結果と実験結果の比較

「2-5 耐震診断法（国内）」では、世界銀行 PHRD プロジェクトで提案した「国土交通省住宅局建築指導課監修 2001 年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・改修設計指針・同解説、日本建築防災協会」をベースとする版築建築の耐震診断法に基づき、内務文化省文化局 (DOC) から受け入れている博士後期課程学生に、ブータンの実情を踏まえた内容の確認と検討を行ってもらった。

② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

カウンターパートである内務文化省文化局 (DOC) や公共事業省技術支援局 (DES) に所属する現地技術者に対して、常時微動計測や載荷実験、振動台実験による構造特性評価技術を教育した。

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

新型コロナウィルスのパンデミックによる移動制限の影響により、当初計画していたカウンターパートである内務文化省文化局 (DOC) や公共事業省技術支援局 (DES) に所属する現地技術者の日本への招聘や、2 回目の振動台実験が次年度に延期となった。R2 年度は、メールや Zoom 会議による打ち合わせを行いながら、静的載荷実験に用いる実大民家試験体や振動台実験に用いる模型試験体の施工を進めておき、移動制限が解除され次第、即座に実験を再開できるように段取りする。

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

版築造、石積造の施工マニュアル作成のため、現地で 2 回のヒアリングを行い（図 5-1）、マニュアルを完成させた（図 5-2、図 5-3）。一方、VR による減災教育教材のドラフト版を完成させ（図 5-4）、文化局（DOC）と国際会議でデモンストレーションを行って改良点を議論した（図 5-5）。

②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

版築造の施工マニュアル、石積造の施工マニュアル、VR による減災教育教材作成に伴う現地調査やヒアリングを通して、マニュアルや教材作成のノウハウを理解してもらうことができた。R2 年度は、特に VR 技術のカウンターパートへの技術移転を考えている。

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

新型コロナウィルスのパンデミックによる移動制限の影響により、当初計画していたカウンターパートである内務文化省防災局（DDM）、文化局（DOC）、公共事業省技術支援局（DES）に所属する現地技術者を日本へ招聘して防災教育の研修を行う予定であったが、次年度に延期となった。R2 年度はメールや Zoom 会議により、版築造と石積造の施工マニュアルをゾンカ語に翻訳し、マニュアルの完成とマニュアルを用いたトレーニング方法に関する打ち合わせを行う。

④研究題目 3 の研究のねらい（参考）

耐震化技術の普及（社会実装）のための実施体制を確立し、研究題目 1、2 の成果である地震ハザード予測、地震リスク評価、耐震化技術の開発に基づき施工マニュアル、VR による減災教育教材を開発して、指導者教育、技術者・施工者教育、住民教育をすることで、ブータンにおける地震時

の減災に貢献する。



図 5-1：ヒアリング

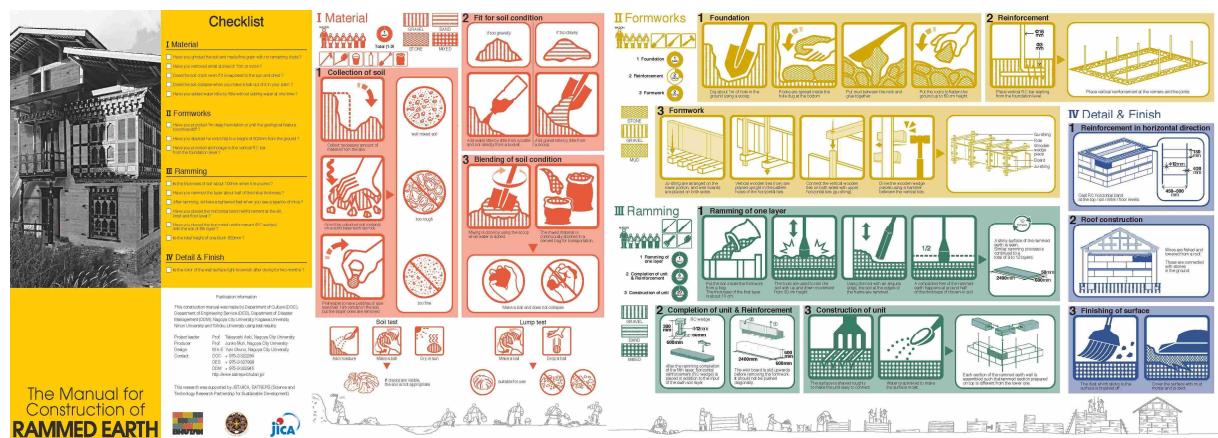


図 5-2：版築造施工マニュアル

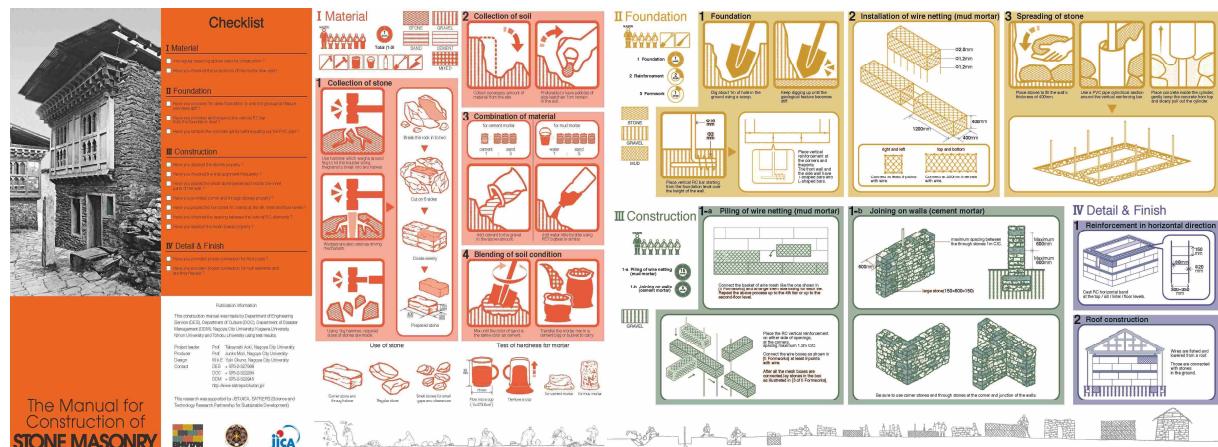


図 5-3：石積造施工マニュアル

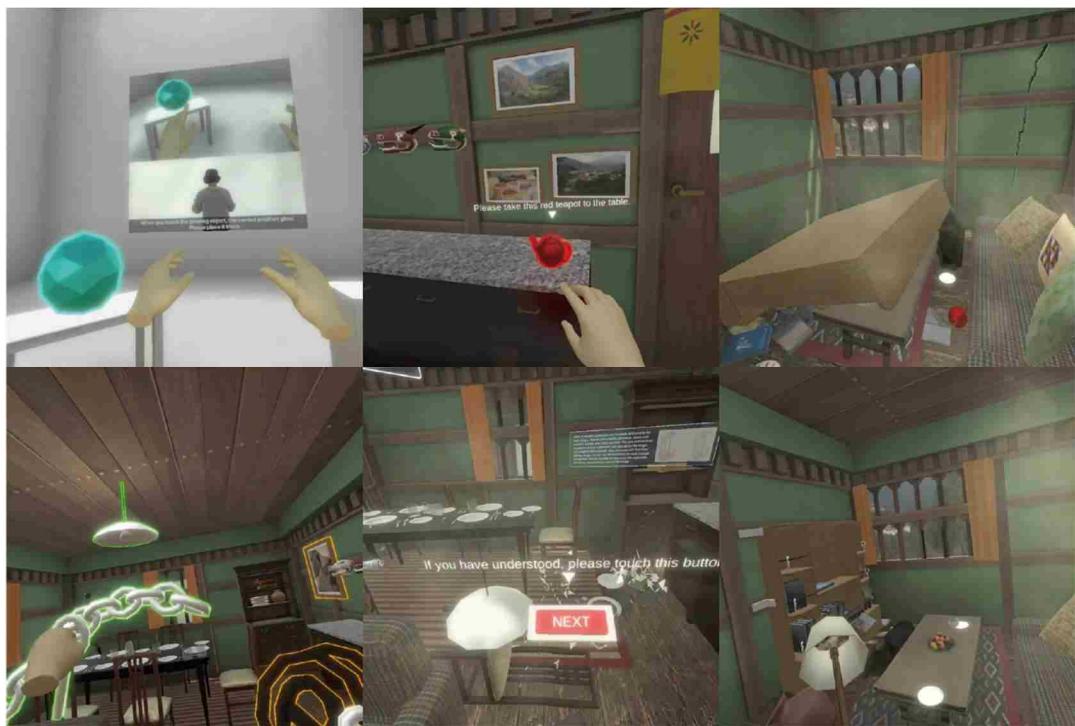


図 5-4 : VR による減災教育教材（ドラフト）



図 5-5 : DOC および国際会議でのヒアリング

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

- ・プロジェクト全体の現状と課題、相手国側研究機関の状況と問題点、プロジェクト関連分野の現状と課題。

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。また、ブータン側の研究者の人事異動により能力強化の効果が損なわれている。DDMでは、相手国研究代表者が定年退職し、次の Karma Tsering 局長が異動になり、副責任者だった Yeshey Lotey も異動になった。DGMでは、副責任者であり、地震ハザード評価担当の Jamyang Chöpel が他部署に異動となった。DOCではワーキングメンバーの Jigme が退職した。プロジェクト開始から 2 年間で 6 名がいなくなっている。今後予測される同様の人事異動に対応するために、技術移転は必ず複数に対して行うこと、および複数に対しての実施が経済効率の悪い本邦研修を減らすことを検討する。ブータンの機関内での情報共有が上手く行われていないため、情報共有を徹底させる必要性を感じている。

- ・各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・インパクト・持続性を高めるために実際に行った工夫。

研究プロジェクトのインパクト、持続性を高めるため、H28 年度に作成したホームページの情報更新に務めた（図 6-1）。ホームページの URL は、<http://www.satreps-bhutan.jp/> である。



(a) ホームページ（日本語）

(b) ホームページ（英語）

図 6-1：ホームページ

- ・プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国（研究機関・研究者）が取り組む必要のある事項。

相手機関で専門性は異なるが、例えば経済省地質鉱山局（GDM）のスタッフは地質学には詳しいが

地震観測に不可欠な情報通信の知識・経験がないため、IT 担当者の採用もしくは経済省の IT 部門による支援の強化が不可欠であると考える。内務文化省文化局 (DOC) のスタッフは版築造とマッドモルタルを使用した石積の構造には詳しいが、公共事業省技術支援局 (DES) のスタッフはセメントモルタルを使用した石積の構造には詳しいが、両局とも既存組積造の耐震補強や新築組積造の耐震化に対するアイディアの提案に消極的で、材料実験や試験機器の取り扱いの知識・経験が乏しい。そのため、目的意識を高め、自発的なアイディアの提案を促すとともに、実験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。

- ・諸手続の遅延や実施に関する交渉の難航など、進捗の遅れた事例があれば、その内容、解決プロセス、結果。
実験用用地の変更に伴い、試験体数が H30 年度と H31 年度の 2 年間で計 8 体から計 6 体に変更となり、ブータン側と協議をして試験体の仕様を決定した。R2 年度に、さらに 2~3 試験体の実験ができるよう、ブータン側で予算措置に努めている。

(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）

- ・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

微小地震観測網の稼働率が、テレメータ回線のトラブルによって依然として低い。直接的原因は Bhutan Telecom 社 (BT) の障害対応の悪さであるが、DGM スタッフに ICT の知識が乏しいことが BT との技術的コミュニケーションを阻害している。DGM は H30 年度に経済省 IT 部門の技師 1 名の地震観測業務への業務割り当ての約束を取り付けたが結局実現していない。R1 年度も状況は改善されなかつた。DGM の地震課には H30 年度に電気技師 1 名 (Sonam) の採用があり、R1 年度はマンパワー不足が一部解消された。

- ・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

地震観測網の運用技術を学ぶために、ネパール、インド（アッサム）などの隣接国の地震観測機関を訪問して、運用のノウハウや SOP を学ぶとともに、将来のデータ共有のための交流を行うことが望まれる。

研究グループ B : 地震リスク評価（リーダー：高橋典之）

- ・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

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 の問題点克服がそのまま研究グループ B の推進に直結する。今年度は、研究グループ A のハザード評価結果をリスク評価に展開する際のデータ受け渡し形式 (.shp ファイル→.kml ファイル) の合意形成を進めるとともに、研究グループ C で実施した縮小模型による振動台実験結果を実大建物の振動特性に換算する（版築造やマッ

ドモルタルなど強度調整の難しい材料を対象とした) 特殊な相似則の精査を進めるのに尽力した。なお、.kml ファイルでのリスク評価結果の配布を想定しているのは、Google Earth などの特別なソフトウェアを用いないオープンサービスを用いて現地担当者(ブータン技術者)がリスク評価の現地展開を容易にできると考えたからであり、現地担当者が使いやすい(将来ガラパゴス技術にならない) I/O デバイスの選定に注意を払う必要がある。

- ・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

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(研究グループ C)が前段にあって、これをもつ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、先方との調査協力実施体制を確認することが重要である。また、現地担当者が使いやすい(将来ガラパゴス技術にならない) デバイスの選定に注意を払う必要がある。

(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)

- ・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

実大実験を行うための用地確保に向けた交渉が滞り、プロジェクトの進行に影響が出てしまった。結果的に実大実験の試験体数が変更となり、全体スケジュールの変更を余儀なくされた。今後はカウンターパートとの密な連絡体制を築く必要がある。

- ・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

ブータン王国では都市部と地方で手に入る建設材料が異なるため、補強工法を考える際は、地方でも簡単に手に入る建設材料を用い、かつ低コストの工法を開発する必要がある。

(3) 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)

- ・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

現地での資料収集とヒアリングに基づき、施工マニュアルと VR による減災教育教材のドラフトが出来上がってきたので、今後は DDM を含め、DOC、DES、DGM と教育方法について打合せを行う予定である。

- ・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

開発途上国における Non 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

SATREPS 課題で運用の支援と高度化を実施している、京大・防災科研・世銀によるブータン初の地震・震度観測網は、すでに国民への地震情報の提供に一部活用されているため、社会実装に貢献していると言える。

(2) 社会実装に向けた取り組み

地震情報を国・自治体・住民に適時に正確に発信するためには、さらなる改良と高度化が必要である。また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。地震グループは情報発信の方法の検討を R2 年度に、耐震技術の普及グループは施工マニュアル、維持管理マニュアル、VR 教材の発信方法の検討を R2 年度に実施する。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

ブータン国初の地震観測網と震度観測網の運用・高度化は日本のプレゼンスの向上に貢献している。

2019 年 12 月 19 日には、ブータン国営放送 BBS テレビの全国放送ニュースで、振動台実験の様子が放送されるとともに、2019 年 12 月 20 日には、振動台実験の様子がブータン国新聞 Kuensel 紙の全国紙 5 面に掲載された。また、高校生向け教育テレビがプロジェクトの実験を取材し、2020 年 2 月 6 日に、ブータン国営放送 BBS テレビの全国放送教育テレビで、プロジェクトの解説が放送された。

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

別添参照

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。)
2016	小西孝明、宮本慎宏、青木孝義、江原夏季、ペマ、ブンツォ・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.63B, 359-367		国内誌	発表済	
2017	Phuntsho Wangmo, Kshitij C. Shrestha, Mitsuhiro Miyamoto, and Takayoshi Aoki, Assessment of out-of-plane behavior of rammed earth walls by pull-down tests, International Journal of Architectural Heritage, 2018, 13 Feb 2018 published online	10.1080/1558058.2018.1433903	国際誌	発表済	
2018	K.C. Shrestha, T. Aoki, T. Konishi, M. Miyamoto, J. Zhang, N. Takahashi, P. Wangmo, T. Aramaki, N. Yuasa, Full-scale pull-down tests on a two-story rammed earth building with possible strengthening interventions, R. Aguilar et al. (Eds.): Structural Analysis of Historical Constructions, RILEM Bookseries 18, pp.1557-1565	10.1007/978-3-319-99441-3_167	国際誌	発表済	
2019	K.C. Shrestha, T. Aoki, M. Miyamoto, P. Wangmo, Pema, J.Y. Zhang, N. Takahashi, Strengthening of rammed earth structures with simple interventions, Journal of Building Engineering, 2020, 14 Jan 2020 published online	10.1016/j.jobe.2020.101179	国際誌	発表済	
2019	K.C. Shrestha, T. Aoki, M. Miyamoto, P. Wangmo, Pema, In-plane shear resistance between the rammed earth blocks with simple interventions: experimentation and finite element study, Buildings, 2020, Vol.10, Issue 3, 13 Mar 2020 published online	10.3390/buildings10030057	国際誌	発表済	

論文数	5 件
うち国内誌	1 件
うち国際誌	4 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
2017	供与機材3Dレーザースキャナ実機訓練 2017/9/26～9/28 目的:3Dレーザースキャナーの使い方習得 対象:DOCエンジニア7名 講師:シユレスタ特任助教(名古屋市大)		現地研修
2017	供与機材 振動台・ジャッキシステム研修 2018/1/26～2/1 目的:供与機材取扱いや維持管理方法の実機訓練を供与側の実務者へ対して行い、供与後も適切な機材運用と維持ができるよう持続発展性を担保するため。 対象:DOC2名 講師:供与機材メーカー		本邦研修
2017	Microtremor Survey Training 2018/2/26 目的:微動測定の方法論理解と実技習得 対象:DGM3名 講師:大見士朗准教授(京大)・林田拓己主任研究員(建築研究所)	Microtremor Survey Basics Data Processing	本邦研修
2017	Active fault and earthquake disaster mitigation 2018/3/9 目的:To understand the mechanism of active fault likely to cause earthquakes. 対象:DGM, DOC, DDM, DES他 20名 講師:中田高 名誉教授(広島大)		現地セミナー
2018	Drones for Disaster Management 2018/5/7 目的:ブータン防災関係者がドローン防災可能性を理解するため 対象:DGM, DDM, DES 32名 講師:井上公主任研究員(防災科研)		現地セミナー

2018	ICT lecture –UNIX and TCP/IP Network Introductions 2018/9/12–9/13 目的:DGMが地震観測網を運営維持するためのICT関連基礎知識を理解するため 対象:DGM 7名 講師:大見土朗准教授(京大)	1 Introduction to TCP/IP Network –Configure and Manage Network, and Application – 2 UNIX 101 –Basic Introduction to UNIX OS–	現地研修
2018	微動アレイ探査実習 2018/11/27–11/30 目的:微動測定の実技 対象:DGM6名 講師:大見土朗准教授(京大)・林田拓己主任研究員(建築研究所)	Microtremor Survey Basics	現地研修
2018	活断層マッピング研修 2019/2/9–2/23 目的:DGMが活断層マップを作れるよう能力強化研修 対象:DGM1名 講師:中田高 名誉教授(広島大)		本邦研修

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
2017	国際学会	<p>Shiro OHMI⁽¹⁾, Hiroshi INOUE⁽²⁾, Jamyang CHOPHEL⁽³⁾, Phuntso PELGAY⁽³⁾, and Dowchu DRUKPA⁽³⁾. (1) Kyoto Uni., (2) National Institute for Earth Science and Disaster Resilience, (3) The Department of Geology and Mines.</p> <p>Design and Implementation of the National Seismic Monitoring Network in the Kingdom of Bhutan. The Joint Scientific Assembly of the International Association of Geodesy (IAG) and the International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI) 2017, Kyoto, Japan. 1–2 Aug. 2017.</p>	ポスター発表
2017	国際学会	<p>Shiro OHMI⁽¹⁾, Hiroshi INOUE⁽²⁾, Jamyang CHOPHEL⁽³⁾, Phuntso PELGAY⁽³⁾, Nityam NEPAL⁽³⁾ and Dowchu DRUKPA⁽³⁾. (1) Kyoto Uni., (2) National Institute for Earth Science and Disaster Resilience, (3) The Department of Geology and Mines.</p> <p>Design and Implementation of the National Seismic Monitoring Network in the Kingdom of Bhutan. The American Geophysics Union (AGU), Fall Meeting 2017, New Orleans, USA. 11 Dec. 2017.</p>	ポスター発表
2018	国際学会	<p>Shiro OHMI⁽¹⁾, Hiroshi INOUE⁽²⁾, Jamyang CHOPHEL⁽³⁾, Phuntso PELGAY⁽³⁾, Nityam NEPAL⁽³⁾, and Dowchu DRUKPA⁽³⁾, (1) Kyoto Univ., (2) National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, (3) Department of Geology and Mines, Ministry of Economic Affairs.</p> <p>Design, Implementation, and Preliminary Outcome of the National Seismic Monitoring Network in the Kingdom of Bhutan, European Geoscience Union General Assembly 2018, Wien, Austria, 8–13 April 2018</p>	ポスター発表
2018	国際学会	<p>K. Shrestha⁽¹⁾, T. Aoki⁽¹⁾, T. Konishi⁽²⁾, M. Miyamoto⁽²⁾, J. Zhang⁽¹⁾, N. Takahashi⁽³⁾, N. Yuasa⁽⁴⁾, T. Aramaki⁽⁴⁾ and P. Wangmo⁽⁵⁾. (1)Nagoya City Univ., (2)Kagawa Univ., (3) Tohoku Univ., (4) Nihon Univ., (5) The Department of Culture, Ministry of Home and Cultural Affairs</p> <p>Full-scale pull-down tests on a two-story rammed earth building with possible strengthening interventions. 11th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions, Cusco, Peru. 11–13 Sep. 2018</p>	口頭発表
2018	国際学会	<p>Shiro Ohm⁽¹⁾, Hiroshi Inoue⁽²⁾, Jamyang Chophel⁽³⁾, Phuntsho Pelgay⁽³⁾ and Dowchu Drukpa⁽³⁾, (1)Kyoto University, Kyoto, Japan, (2)NIED, Tsukuba, Japan, (3)Department of Geology and Mines, Ministry of Economic Affairs, Thimphu, Bhutan</p> <p>Preliminary Seismicity Observed by the Seismic Monitoring Network in the Kingdom of Bhutan American Geophysics Union Fall Meeting 2018, D.C., USA, 10–14 Dec. 2018</p>	口頭発表
2019	国内学会	<p>PEMA⁽¹⁾, Kunzang TENZIN⁽¹⁾, Kshitij C. SHRESTHA⁽²⁾, Takayoshi AOKI⁽²⁾ (1) The Department of Culture, Ministry of Home and Cultural Affairs, (2)Nagoya City Univ.</p> <p>Construction management of Test facility in Bhutan Construction Seminar 2019, Thimphu, Bhutan, 29–30 Aug. 2019</p>	口頭発表
2019	国際学会	<p>Dowchu Drukpa⁽¹⁾, Karma Namgay⁽¹⁾, Yasuhiro Kumahara⁽²⁾, and Takashi Nakata⁽²⁾ (1)The Department of Geology and Mines, Ministry of Economic Affairs, (2)Hiroshima University</p> <p>Active fault survey in southwest Bhutan International Symposium on Active Faulting, Hokudan 2020, Awaji, Japan 13–17 Jan. 2020</p>	ポスター発表
			招待講演 0 件
			口頭発表 3 件
			ポスター発表 4 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
2016	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、2016年9月26日	ポスター発表
2016	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、2016年9月26日	ポスター発表
2017	国内学会	江原夏季(名古屋大学)、 ブータン王国における民家等の伝統的建造物保存修復に関する研究 その7 木材による版築ブロックの水平方向補強方法の一提案 、日本建築学会、広島工業大学、2017年8月31日	口頭発表
2017	国内学会	荒巻卓見・湯浅昇(日本大学)、 固化材の添加が版築の圧縮強度に及ぼす影響 、日本大学生産工学部第50回学術講演会、pp. 423–426、日本大学生産工学部、2017年12月2日	口頭発表
2017	国内学会	大橋さゆり(名古屋市立大学) et al.、 ブータンにおける減災教育用VRコンテンツ、映像表現・芸術科学フォーラム 2018 (Expressive Japan 2018) 、東京工科大学、2018年3月16日	ポスター発表
2018	国内学会	湯浅昇・荒巻卓見(日本大学)、青木孝義・ブンツオワングモ(名古屋市立大学)、 セメントの添加による版築の強度向上に関する検討 、第72回セメント技術大会、東京ホテルメトロポリタン、2018年5月9日	口頭発表
2018	国内学会	青木孝義(名古屋市立大学)、 ブータンにおける組積造建築の耐震化技術に関する研究 その1 プロジェクトの概要と伝統的版築造住宅のモニタリング 、日本建築学会、東北大、2018年9月6日	口頭発表
2018	国内学会	湯浅昇(日本大学)、 ブータンにおける組積造建築の耐震化技術に関する研究 その2 版築の材料強度の検討 、日本建築学会、東北大、2018年9月6日	口頭発表
2018	国内学会	Phuntsho Wangmo(名古屋市立大学)、 Study on earthquake resistance technology of composite masonry buildings in Bhutan Part 3 : Element tests on reduce scaled rammed earth walls 、日本建築学会、東北大、2018年9月6日	口頭発表
2018	国内学会	小西孝明(香川大学)、 ブータンにおける組積造建築の耐震化技術に関する研究 その4 引き倒し実験の概要と材料実験結果 、日本建築学会、東北大、2018年9月6日	口頭発表

2018	国内学会	Kshitij C. Shrestha(名古屋市立大学)、STUDY ON EARTHQUAKE RESISTANCE TECHNOLOGY OF COMPOSITE MASONRY BUILDINGS IN BHUTAN Part 5 Pull down tests on real scale rammed earth house: Test results and discussions、日本建築学会、東北大大学、2018年9月6日	口頭発表
2018	国内学会	宮本慎宏(香川大学)、ブータンにおける組積造建築の耐震化技術に関する研究 その6 伝統的版築造建物の常時微動計測、日本建築学会、東北大大学、2018年9月6日	口頭発表
2018	国内学会	張景耀(名古屋市立大学)、不連続変形法による組積造建物の静的解析、日本建築学会、東北大大学、2018年9月6日	口頭発表
2018	国内学会	申相澈・湯浅昇(日本大学)、青木孝義(名古屋市立大学)、加水量および乾燥温度が版築の圧縮強度に及ぼす影響、日本大学生産工学部第51回学術講演会、pp. 361-364、日本大学生産工学部、2018年12月1日	口頭発表
2018	国内学会	大橋さゆり(名古屋市立大学)、A Mobile VR Museum of SATREPS BHUTAN Project ~ ブータン国民に向けたSATREPS(ブータン)プロジェクトの広報用VRコンテンツ ~、映像表現・芸術科学フォーラム 2019 (Expressive Japan 2019)、早稲田大学、2019年3月12日	ポスター発表
2019	国内学会	申相澈(日本大学)、ブータンにおける組積造建築の耐震化技術に関する研究 その7 版築の圧縮強度に及ぼす加水率および乾燥温度の影響、日本建築学会、金沢工業大学、2019年9月3日	口頭発表
2019	国内学会	湯浅昇(日本大学)、ブータンにおける組積造建築の耐震化技術に関する研究 その8 石積み裏込モルタルの品質確保に関する検討、日本建築学会、金沢工業大学、2019年9月3日	口頭発表
2019	国内学会	金井新(名古屋市立大学)、ブータンにおける組積造建築の耐震化技術に関する研究 その9 既存および新築版築壁の引き倒し実験による耐震補強効果の検証、日本建築学会、金沢工業大学、2019年9月3日	口頭発表
2019	国内学会	村井颯希(香川大学)、ブータンにおける組積造建築の耐震化技術に関する研究 その10 既存石造壁の要素試験と引き倒し試験による耐震補強効果の検証、日本建築学会、金沢工業大学、2019年9月3日	口頭発表
2019	国内学会	青木秀敬(名古屋市立大学)、ブータンにおける組積造建築の耐震化技術に関する研究 その11 新築石積造の引き倒し実験による補強効果の検証、日本建築学会、金沢工業大学、2019年9月3日	口頭発表
2019	国内学会	青木孝義(名古屋市立大学)、Study on Earthquake Resistance Technology of Composite Masonry Buildings in Bhutan Part 12: Full scale tests on composite masonry buildings: Test set-up, Instrumentation, Specimen details、日本建築学会、金沢工業大学、2019年9月3日	口頭発表
2019	国内学会	Phuntsho WANGMO(名古屋市立大学)、Study on Earthquake Resistance Technology of Composite Masonry Buildings in Bhutan Part 12: Full scale tests on composite masonry buildings: Test set-up, Instrumentation, Specimen details、日本建築学会、金沢工業大学、2019年9月3日	口頭発表
2019	国内学会	Kshitij C. SHRESTHA(名古屋市立大学)、Study on Earthquake Resistance Technology of Composite Masonry Buildings in Bhutan Part 14: Full scale tests on composite masonry buildings: Mesh wrapped stone masonry with mud mortar construction、日本建築学会、金沢工業大学、2019年9月3日	口頭発表
2019	国内学会	宮本慎宏(香川大学)、ブータンにおける組積造建築の耐震化技術に関する研究 その15 伝統的石造建物の常時微動計測、日本建築学会、金沢工業大学、2019年9月3日	口頭発表
2019	国内学会	森旬子・奥野雄貴(名古屋市立大学)、「ブータンにおける組積造建築の地震リスクと評価の現在技術の開発」施工マニュアルデザイン、芸術科学会2019 NICOGRAPH2019、名古屋市立大学北千種キャンパス、2019年11月2日~4日	ポスター発表
2019	国際学会	Sayuri Ohashi, Akari Kamiya, Soji Mochizuki, Ken Sonobe, Ryu Nakagawa and Takayoshi Aoki, SVR-1 (Beta Version): An Educational VR Experience for Earthquake Disaster Mitigation in Bhutan, International Conference of Asia Digital Art and Design (ADADA2019), Malaysia, 26–28 Nov. 2019	ポスター発表
2019	国内学会	申相澈・湯浅昇(日本大学)、青木孝義(名古屋市立大学)、ブータンの版築造を再現したブロックの材料特性に関する研究、日本大学生産工学部第52回学術講演会、pp.351-354、日本大学生産工学部、2019年12月7日	口頭発表

招待講演	0 件
口頭発表	21 件
ポスター発表	6 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	招子国開明ル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 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 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	招子国開明ル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 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 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
2016	2017/3/24	名古屋市立大学芸術工学部建築都市デザイン学科論文賞	ブータン王国版築造建築物の耐震性能向上に関する研究	江原夏季	名古屋市立大学芸術工学部	1.当課題研究の成果である	卒業研究
2017	2018/3/26	名古屋市立大学芸術工学部産業イノベーション学科作品賞	ブータンの版築造における施工工程のマニュアル	奥野雄喜	名古屋市立大学芸術工学部	1.当課題研究の成果である	卒業制作
2018	2018/8/1	セメント技術大会優秀講演者賞	セメントの添加による版築の強度向上に関する検討	荒巻卓見	セメント協会	1.当課題研究の成果である	
2019	2019/10/25	2019年度日本建築学会大会(北陸)学術講演会 構造委員会 壁式構造運営委員会 若手優秀発表賞	ブータンにおける組積造建築の耐震化技術に関する研究 その10 既存石造壁の要素試験と引き倒し試験による耐震補強効果の検証	村井颯希	日本建築学会	1.当課題研究の成果である	

4 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	2016/11/13	ブータン国新聞Kuensel紙	Studying seismic risks to masonry buildings		1.当課題研究の成果である	JICAブータン事務所長とブータン政府と議事録署名式、プロジェクト概要が記事になる
2017	2017/9/21	ブータン国営放送BBSテレビ	Japanese experts conduct successful pull-down test of rammed earth structures	ニュース全国放送	1.当課題研究の成果である	研究代表者とカウンターパートがインダビューに答えプロジェクト意義について発信
2017	2017/12/26	ブータン国営放送BBSテレビ	Ground breaking ceremony held for construction of examination facility	トップニュース、研究代表者とCPがニュースに生出演	1.当課題研究の成果である	ブータン皇太后陛下が臨席
2017	2017/12/27	ブータン国新聞Kuensel紙	Examination facility to study Bhutanese traditional structures	トップ記事	1.当課題研究の成果である	ブータン皇太后陛下が臨席
2018	2018/10/25	毎日新聞	大学俱楽部・名古屋市立大学歴史的建造物の保存再生技術とモニタリング展 文部科学省で11月9日まで	デジタル毎日	3.一部当課題研究の成果が含まれる	SATREPSプロジェクトの内容をパネルで発信
2018	2018/12/28	ブータン国営放送BBSテレビ		ニュース全国放送	1.当課題研究の成果である	ブータン初の実大建物実験
2018	2019/1/1	ブータン国新聞Kuensel紙	Towards making Bhutanese houses earthquake resilient	全国紙3面	1.当課題研究の成果である	ブータン初の実大建物実験
2018	2019/2/28	Euronews	From Japan to Bhutan: improving resilience against earthquakes	Global Japan5分番組 欧州で放送、Web公開中	1.当課題研究の成果である	日本の防災取り組み例として特集
2018	2019/3/22	ブータン国営放送BBSテレビ	'Shaking table' to test earthquake resilience in buildings	ニュース全国放送	1.当課題研究の成果である	ブータン初の振動台
2018	2019/3/23	ブータン国新聞Kuensel紙	Shaking table to test traditional structures	全国紙18面	1.当課題研究の成果である	ブータン初の振動台
2019	2019/12/19	ブータン国営放送BBSテレビ	Shaking table test of traditional structures	ニュース全国放送	1.当課題研究の成果である	ブータン初の振動台実験
2019	2019/12/20	ブータン国新聞Kuensel紙	Knowing the strengthen of traditional homes	全国紙5面	1.当課題研究の成果である	ブータン初の振動台実験
2019	2020/2/6	ブータン国営放送BBSテレビ	Understanding earthquakes-Royal Tutorial Project	教育テレビ 全国放送 2回放送	1.当課題研究の成果である	ブータン王室スポンサーの高校生向け教育テレビがプロジェクトの実験を取材・解説

13 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)	公開/ 非公開の別	概要
2016	2016/6/30	第1回勉強会	JICA本部 (日本)	10(0)	非公開	JICAとの情報共有
2016	2016/8/18	第2回勉強会	JICA本部 (日本)	10(0)	非公開	詳細計画策定調査に向けた打合せ
2016	2016/9/2	対処方針会議	JICA本部 (日本)	10(0)	非公開	詳細計画策定調査の対処方針に関する打合せ
2016	2016/9/20	JICA詳細計画策定調査全体会議	ティンプー市 (ブータン)	20(9)	非公開	ブータン側との詳細計画 全体会議
2016	2016/11/17	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 (日本)	15(0)	非公開	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
2016	2016/12/19	ネパール復興支援の経験共有	JICA本部 (日本)	8(0)	非公開	ネパール復興支援の経験共有と今後の研究推進に関する打合せ
2016	2017/1/7	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(0)	非公開	R/D、MOU締結を受けたH29年度の研究計画に関する打合せ
2016	2017/2/14	耐震化技術の開発・普及グループ第3回勉強会	日本大学 (日本)	7(0)	非公開	H29年度の研究実施に関する打合せ
2016	2017/3/28	次年度活動計画会議	JICA本部 (日本)	10(0)	非公開	次年度活動計画に関する打合せ
2017	2017/5/15	Commencement Meeting	ティンプー市 (ブータン)	20(12)	非公開	2017年度活動計画承認、プロジェクト運営上の課題と対策を協議。JICA運営指導調査団が出席。
2017	2017/6/12	Working Group Meeting	ティンプー市 (ブータン)	5(4)	非公開	ブータン側作業部会、活動レビューと次活動計画、課題と対策を共有
2017	2017/7/14	Working Group Meeting	ティンプー市 (ブータン)	7(6)	非公開	活動レビューと次活動計画、課題と対策を共有
2017	2017/9/1	Working Group Meeting	ティンプー市 (ブータン)	9(6)	非公開	活動レビューと次活動計画、課題と対策を共有
2017	2017/11/30	Training Report and Working Group Meeting	ティンプー市 (ブータン)	8(6)	非公開	帰国研修員報告会 兼 活動レビューと次活動計画
2017	2018/1/29	耐震化技術開発グループ会議	日本大学 (日本)	10(2)	非公開	DOC2名を日本へ招へいし供与機材の利用法、活動レビューと次年度計画策定
2017	2018/2/12	Project Management Unit and Working Group Meeting	ティンプー市 (ブータン)	5(4)	非公開	プロジェクトマネージャー会議、JCCの事前協議
2017	2018/2/23	地震評価グループ会議	JICA筑波 (日本)	5(2)	非公開	DGM2名を日本へ招へいし供与機材の利用法、活動レビューと次年度計画策定
2017	2018/3/9	Active Fault and Earthquake Disaster Mitigation in Bhutan	ティンプー市 (ブータン)	20(15)	非公開	DGMでブータンの人々が活断層を正しく恐れるためのセミナーを開催
2018	2018/5/7	Drones for Disaster Management	ティンプー市 (ブータン)	32(30)	非公開	DGM他防災関係者向けドローンの特徴、利用実例、実機サンプルを紹介
2018	2018/5/10	地震評価グループ会議	ティンプー市 (ブータン)	9(6)	非公開	専門家2名とDGMの活動内容打合せ
2018	2018/7/21	SATREPS全体会議	JST東京本部別館 (日本)	10(0)	非公開	活動レビューと次活動計画、課題と対策を共有
2018	2018/8/8	耐震化技術開発グループ会議	ティンプー市 (ブータン)	10(6)	非公開	専門家3名とDOC/DESの活動内容打合せ
2018	2018/8/8	人材育成タスク会議	ティンプー市 (ブータン)	10(6)	非公開	専門家3名とDDM/DGM/DOC/DESIによる研修計画策定
2018	2018/9/10	Working Group Meeting	ティンプー市 (ブータン)	8	非公開	ブータン側作業部会、JCCの準備
2018	2018/10/1～ 2018/11/9	文部科学省「情報ひろば」企画展示『～暮らしを守る～歴史的建造物の保存再生技術とモニタリング』	東京都 (日本)		公開	企画展示テーマのパネルと「地震直後における即時建造物健全性診断システム」の実物展示、映像による研究内容紹介、講演
2018	2018/11/6	耐震化技術開発・普及グループ会議	名古屋市立大学 (日本)	40(3)	非公開	DDM、DOC、DESから各1名を日本へ招聘し、災害管理、防災教育とセミナー開催
2018	2018/11/8	耐震化技術開発・普及グループ会議	日本大学生産工学部 (日本)	10(3)	非公開	日本へ招聘したDDM、DOC、DESからの各1名に対し、課題に対する日本での取り組みを紹介し議論した。
2018	2018/9/12～ 13	地震評価グループ ICT lectures	ティンプー市 (ブータン)	9(7)	非公開	専門家によるDGM向け勉強会
2018	2019/3/5	研究グループ会議	ティンプー市 (ブータン)	4(0)	非公開	地震評価グループ、耐震化グループ、普及グループリーダー会議
2019	2019/4/4	Working Group Meeting	ティンプー市 (ブータン)	8(7)	非公開	ブータン側作業部会
2019	2019/4/9	SATREPS全体会議	JST東京本部別館 (日本)	12(0)	非公開	活動レビューと次活動計画、課題と対策を共有
2019	2019/4/30	Project Management Unit and Working Group Meeting	ティンプー市 (ブータン)	8(7)	非公開	プロジェクトマネージャー会議、JCCの事前協議

2019	2019/5/8	NSETでプロジェクトの成果発表と意見交換会議	カトマンズ (ネパール)	11(0)	非公開	プロジェクトの成果発表を行うとともに、NSETの取組を紹介してもらい、意見交換会議を実施した。
2019	2019/7/16	地震災害評価パイロットサイトタスク会議	ティンプー市 (ブータン)	11(9)	非公開	専門家2名との作業部会
2019	2019/8/28	地震評価グループ会議	ティンプー市 (ブータン)	6(4)	非公開	専門家とネットワーク移行作業に伴う障害について対処方針会議
2019	2019/12/6	NCUアジア拠点校シンポジウム 2019	名古屋市立大学 (日本)	50(0)	公開	アジアにおける社会衛生環境・生物多様性保全のSDGsと都市問題で、プロジェクトの研究成果を発表
2019	2019/12/20	セミナー『Building Seismic Resilience in Bhutan using Science and Technology』	ティンプー市 (ブータン)	45(30)	公開	プロジェクトの成果発表と意見交換セミナー、防災に携わる現地大学、省庁、他のドナー国際機関が参加
2019	2020/1/20	研究グループ会議	東北大学東京分室 (日本)	5(0)	非公開	地震評価グループ、耐震化グループ、普及グループ会議

38 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
2017	2018/3/8	2017年度成果報告、2018年度計画承認、現状課題と対策の協議	27	協議議事録についてJICAブータン事務所長、DDMプロジェクトダイレクタが署名合意、研究代表者が証人として署名。JICA本部、DDM、名市大が議事録原本を保存。
2018	2018/10/3	プロジェクトの進捗状況、次期計画、供与機材の譲渡式	30	活動進捗と計画発表、供与機材の譲渡書に署名
2019	2019/5/10	新メンバー紹介、進捗状況、次期計画を承認、現状課題と対策の協議	24	協議議事録についてJICAブータン事務所長、DDMプロジェクトダイレクタが署名合意、研究代表者が証人として署名。JICA本部、DDM、名市大が議事録原本を保存。
2019	2019/12/20	進捗状況、次期計画を承認、現状課題と対策の協議、供与機材の譲渡式	24	活動進捗と計画発表、供与機材の譲渡書に署名

4 件

成果目標シート

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
研究代表者名 (所属機関)	青木 孝義 (名古屋市立大学・大学院芸術工学研究科)
研究期間	H28採択(平成28年10月1日～令和3年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	ブータン王国／内務文化省災害管理局、内務文化省文化局、経済省地質鉱山局、公共事業省技術支援局

付隨的成果

日本政府、社会、産業への貢献	・開発途上国における脆弱住宅の減災への活用 ・日本企業による成果の事業化
科学技術の発展	・版築・石積建築の構造特性・耐震性能の解明と耐震診断、補強技術の開発 ・ブータンヒマラヤのサイスマテクトニクス解明
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	・版築・石積建築の実験データ ・版築・石積建築の構造解析手法と耐震診断法 ・版築・石積建築の補強技術 ・震度観測システム
世界で活躍できる日本人人材の育成	・国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際会議への指導力、レビュー付雑誌への論文掲載など)
技術及び人的ネットワークの構築	・ブータン及び日本におけるワークショップ開催 ・修士課程、博士課程留学生の受け入れと短期研修生の受け入れ
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・耐震診断法マニュアル ・版築・石積建築の耐震化指針 ・技術者講習・住民教育マニュアル ・地震動予測地図

上位目標

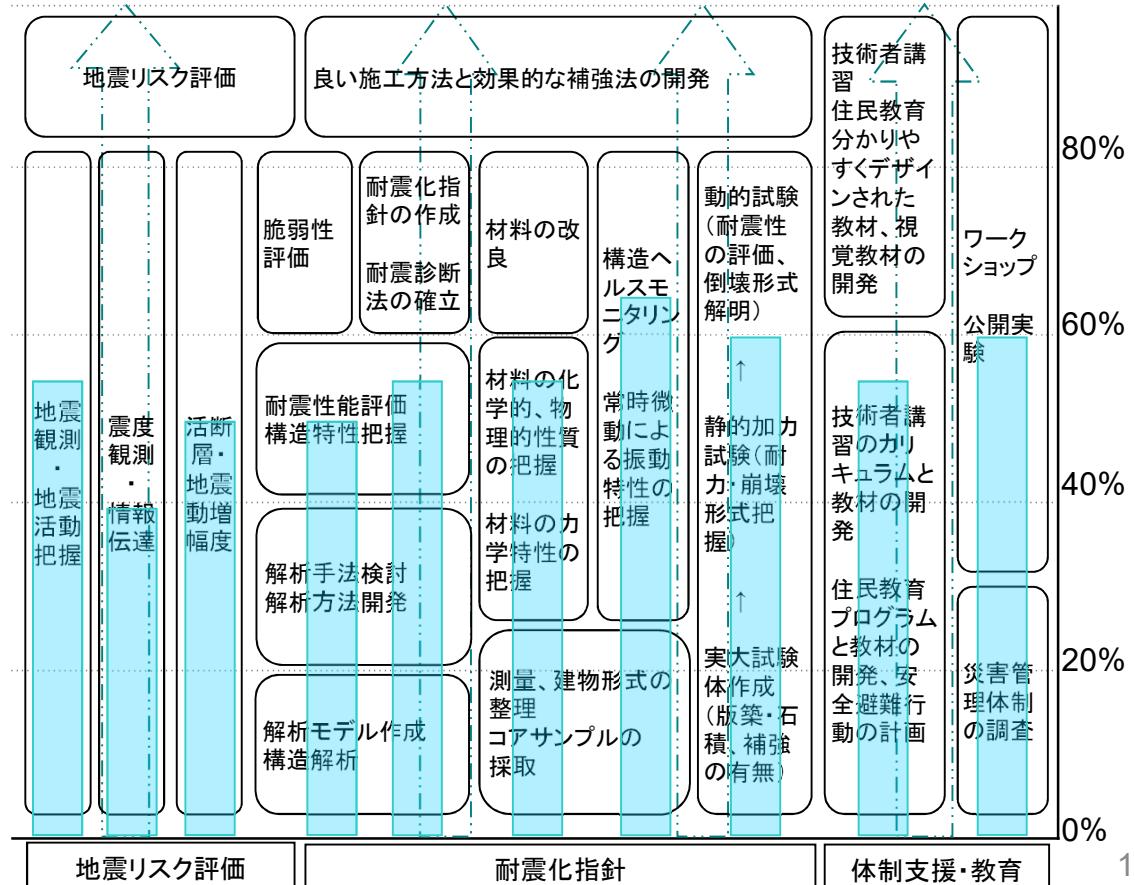
地震災害脆弱性改善を柱に、国民幸福度を向上させる持続可能な開発モデルとして周辺諸国へ展開し、地域の人々の安全で安心できる暮らしの実現に貢献

災害管理行政の枠組みにおける耐震化指針の全国規模での運用
上位目標の達成に必要な、研究課題抽出と具体的取り組み方策の構築

プロジェクト目標

ブータンの減災施策の科学的根拠となる地震、地盤、組積造に関する知見の取得と耐震化指針、減災教育マニュアルの作成及び災害管理行政の枠組みにおける運用

100%



1