

令和 2 年 7 月 8 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03364

研究課題名(和文) ミャンマー・デルタ地域における途上国型レジリエンス評価モデルの構築

研究課題名(英文) Resilience evaluation model for developing country: Case study in delta region, Myanmar

研究代表者

本間 里見 (Homma, Riken)

熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・准教授

研究者番号：60284741

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、発展途上国における自然災害(サイクロン及び豪雨水害)に対し、自立的で復元力の高い減災まちづくりのための「途上国型レジリエンス評価モデル」を構築することが目的である。ミャンマー連邦共和国のエーヤワディ州及びモン州を対象として、衛星画像分析及びドローンによる航空撮影によって豪雨洪水被害の状況を把握し、地域住民インタビューとセンサス等地域情報から農村集落のレジリエンス評価モデルを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的な特徴として、途上国の自立的で持続可能な減災計画に関する地域課題解決型の実践的研究である。ミャンマー国内ではほとんどの地方都市・集落で実効的な防災計画が策定されておらず、この研究成果をそれぞれの地域の状況に適応させることで、ミャンマー全土に適用できるものとする。そして、構築する途上国型減災モデルを一般化することで、防災計画が未整備である東南アジアの途上国の地方都市・集落にとって有用な手法となる。また、本研究はミャンマーの大学及び地方政府と連携した国際共同研究であり、学術的にも社会的にも国際貢献に資する研究である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to build a "developing country-type resilience evaluation model" for disaster mitigation town planning against natural disasters (cyclones and heavy rains and floods) in developing countries. We analyzed situation of heavy rainfall and flood damage in Ayeyarwady State and Mon State of the Republic of the Union of Myanmar by remote sensing technology with satellite image and aerial photography by UAV. Also we proposed a resilience evaluation model of a rural village with local residents interviews and census data.

研究分野：都市計画

キーワード：洪水被害 レジリエンス 衛星画像 ドローン ミャンマー 避難計画 地域防災計画 農村集落

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、地球規模の異常気候による自然災害が各国で発生している。ミャンマー連邦共和国においても、想定を超える集中豪雨により各地で地滑りと洪水が頻繁に発生し、甚大な被害が発生している。ミャンマー政府は、UN-Habit 等の協力で防災マニュアルを作成し、サイクロンや洪水災害に備えているが、地方都市及び農村地域には防災計画を検討する上で、基本的な地理情報の欠如、多くの農村で避難所が未整備、避難計画や防災計画策定のための地域の組織づくりができていない、といった①情報、②スペース、③組織、3つの課題を抱えている。ヤンゴンのような大都市圏においては、国際的な支援により防災研究が進められているが、地方都市及び農村集落の防災に関する研究は見られない。さらには、さらには、ミャンマーは民政化されて間もないため国内高等教育機関の研究蓄積が十分とはいえず、防災・減災の観点で地域開発が検討されていない。

### 2. 研究の目的

本研究は、発展途上国の地方都市および農村集落に発生する自然災害(サイクロン及び豪雨水害)に対し、自立的で復元力の高い減災まちづくりのための「途上国型レジリエンス評価モデル」の構築を目的とした。具体的には、ミャンマー連邦共和国のエーヤワディ州を対象として、北部の内陸地域における豪雨洪水、南部デルタ地域におけるサイクロン災害、地方中核都市の内水被害、の異なる災害に対する簡易的で即応性の高い被害想定手法及び農村集落においても自立的で持続可能な避難・減災計画手法を開発し、途上国の地方都市及び農村集落に適した途上国型レジリエンス評価モデルを構築した。さらに、ミャンマーの大学、地方政府、関係機関と連携し、国際的な共同研究会を組織し、学術的な手法開発と同時に現地における減災のための実践的な体制づくりを目指した。

### 3. 研究の方法

本研究では、当初、エーヤワディ州北部のヒンタダ地域、デルタ地域のラプタ地域および地方中核都市であるパテイン市を主な研究対象地域と設定下が、研究期間中にモン州で大規模な洪水が発生したため、H31年度はモン州を調査し、他の地域と比較することで、途上国型レジリエンス評価モデルを構築した。構築する途上国型レジリエンス評価モデルは、被害想定モデルと避難・減災モデルで構成し、8つの研究モジュールで調査を実施した。さらに、ヤンゴン工科大学及びミャンマー政府と国際共同研究会を組織し、現地の各種データの収集、意識調査、実践的なガイドラインの作成等、を共同で進めた。具体的には、下記項目を実施し、それらの研究成果を統合することでモデルを一般化した。

#### 1) 被害想定モデルの開発

- ①衛星画像から、土地利用及び住宅分布状況を判定し、土地利用DBを策定し、被害想定範囲を検討した。
- ②災害から地方都市の資産を保護する優先度を判定するために、歴史的変遷を踏まえた上で、既存建築物の調査を実施する。特に歴史的建築物は実測調査を行い、建築図面を作成した。
- ③文献、調査記録、現地ヒアリングに基づいて、過去の自然災害における被害状況を収集し、エーヤワディ州及びモン州における被害状況履歴を調査した。
- ④上記①②③の情報を統合し、被害想定ベースマップを構築した。

#### 2) 避難・減災モデルの開発

- ⑤河川洪水により被害を受けた住民の災害仮設住宅を調査し、低コストで移築が可能な住宅の建設方法を検討した。

- ⑥現地大学の協力を得て住民の防災に対する意識調査アンケートを実施し、災害情報の伝達方法、避難指示の方法、避難訓練等、住民の減災に対する準備方法を検討した。
- ⑦地域の内情にあったシェルター及び避難所の設置ガイドラインを策定する。
- ⑧ヒンタダ地域（エーヤワディ州）及びモーラミヤイン地域（モン州）の農村集落をケーススタディとして、避難所の適正配置、避難ルートの確保、減災意識の醸成、災害時の行動計画をまとめ「途上国型レジリエント評価モデル」を構築した。

#### 4. 研究成果

##### 1) 被害実態調査1（ヒンタダ地域、2017年度、2018年度）

ミャンマー南部のエーヤワディ管区ヒンタダ県ヒンタダ郡に位置する Phaung Seik 村、Ngat Pyaw Taw 村、Kaing Chaung 村の3つの村を研究対象地域として、2008年から2018年の衛星画像により、住居、学校、寺院、水涯線、堤防の5つの要素を抽出し、2017年及び2018年はドローンにより詳細に家屋位置等を把握した。各時期における住居や学校、寺院の軒数や分布状況、水涯線の位置を比較し、その変動状況や浸水地域の地形を分析した。その結果、集落の北端で水涯線が、2008年から2018年の10年間で約780m内陸に移動したことを確認した。特に、堤防が決壊した後の2017年から2018年の変化は約215mと最も激しかった(図1)。この水涯線の変化に伴い、農地や宅地が消失した。住居のエリア別割合については2014年には、堤外地が27.6%、堤防沿いが40.8%、堤内地が31.6%であったが、2018年には、住居エリア別の割合は、堤外地が4.5%（23.1ポイント減少）、堤防沿いが62.7%（21.9ポイント増加）、堤内地が32.8%（1.2ポイント増加）となっており、ヒンタダ地域における川沿いの当該村では、河川洪水により消失した家屋が堤防沿いへの移築を繰り返している実態が明らかとなった。



図1 水涯線の変化と建物分布状況の変化

##### 2) 避難・減災モデル

現地でのヒアリング調査及び衛星リモートセンシングによる洪水被害分析によりエーヤワディ管区ヒンタダ県のような洪水常襲地域における課題の抽出を行い、タウンシップレベルでの洪水対策の整備方針と農村集落レベルでの洪水対策の整備方針の提案を行った。①輪中堤内に新たに居住推奨エリアを設定し、段階的な移転を行うものとする。②堤内地においても内水氾濫を土地被覆の分析により予測し、農地エリアと居住可能エリアの二つに区分する。③堤防沿いに新築・移転する建物の最低床高さは、過去の被害履歴より海拔15mと設定する。④避難所の機能を兼ねる公共施設の位置は、標高が一番高い堤防沿いとする。災害時に避難所への重要な避難ルートとなる。

### 3) 災害対応住宅の提案

ヒンタダ地域の農村では、河川洪水により消失した家屋が堤防沿いへの移築を繰り返しているため、住宅を解体しやすく、組み直すことで別の場所へ移動することを前提とした災害対応住宅を提案した(図 2)。農村住民は、住宅建設に多くの資金を用意することは困難であるため、トイレ、台所、井戸、ソーラーパネルを共有することで、住宅建設コストの効率化を行う。材料は現地調査した新築住宅と UNHABITAT の資料を参考に、屋根をトタン、柱を木、壁を編み竹壁、床を木とする。モジュールは UNHABITAT の提案を参考に 8ft×8ft のモジュールとした。モジュールを規格化することで、住宅の増改築が容易になるとともに部材の生産性が向上する。各住宅には、リビングとダイニング、災害時の一時避難のためのロフト空間を設置する。住宅の延べ面積はロフト空間を設けることができる 8ft×16ft とする。トイレや台所は 2 世帯で、共同の設備を住宅の間に設置する。共用部を 2 世帯間に配置することで住民同士のプライバシーを保護する。

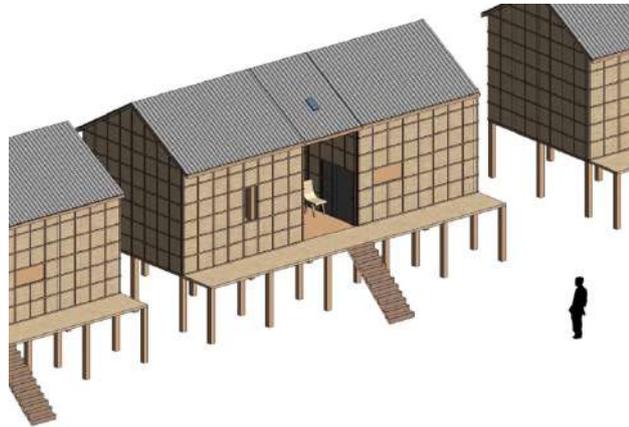


図 2 災害対応住宅のモデル

### 4) 被害実態調査 2 (モーラマイン地域、2019 年度)

2019 年 8 月 6 日～10 日にかけての豪雨によりモン州の各地で洪水や土砂災害、突風による被害が発生した。特に被害が大きかったチャイマロウタウンシップのチャカコ村を調査した。村では地盤面から約 8ft (2438mm) の浸水の被害を受けたが、村外に大規模な避難を行ったため、人的被害は出なかった。しかし、避難生活において水不足や食料不足などが起こり、避難生活の長期化は深刻であった。洪水被害の分析のため、ドローンの画像をもとに 3D モデルを作成し、2019 年 8 月の最大浸水被害推定を行った。村落内にあるダマホール(仏教のための集会所)や小学校を含めた村の建物の全てが浸水被害を受けていたため、村落内避難はできなかったことが明らかとなった(図 3)。さらに、より広域の被害状況を把握するため、人工衛星 (Sentinel-2) を用いて 2019 年 9 月 15 日に撮影された画像に対し



図 3 チャカコ村の洪水最大被害推定

て NDWI を用いて浸水被害の分析を行い、さらに ALOS(だいち)の DSM を用いて NDWI との比較を行った結果、DSM による標高 6m 以下のメッシュと NDWI による浸水範囲のメッシュがほぼ一致している事がわかった。これにより、アトラン川流域の 2019 年 8 月洪水の最大範囲を推定した。

### 5) 途上国型レジリエンス評価モデル

これまでの調査分析結果を基に途上国型レジリエンス評価モデルを構築し、モン州チャイマロウタウンシップをケーススタディとして、地域防災圏を提案した。当該地域の災害リスク(洪水、

土砂災害)及び地域脆弱性(住民特性、生活環境、インフラ)を総合評価するモデルである。

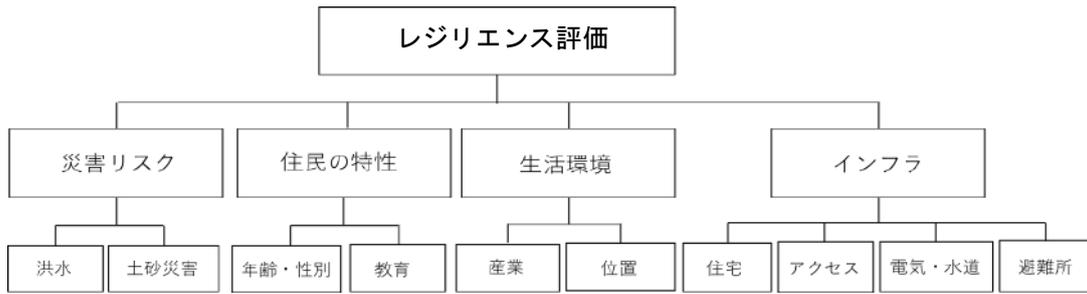


図4 途上国型レジリエンス評価モデル

このレジリエンス評価モデルに従って、チャイマロウタウンシップのビレッジトラクト(村)を評価した結果、各村の特性や立地により脆弱性にばらつきがあり、広域に分布していることが判明した。これまで、防災の拠点的な役割を果たしていたのはタウンシップの中心であるチャイマロウであったが、今回の調査により災害初期はビレッジトラクトに支援が行き届かず、避難指示や物資が不足してしまうという状況が確認できた。州レベルからタウンシップレベルへの支援体制は比較的整っているが、ビレッジトラクトレベルでは共助により災害に対応している状況である。そこで、災害発生初期に迅速で適切な支援を行うことを目的に、タウンシップレベルよりも狭い範囲での地域防災圏を構築し、コミュニティレベルの地域防災拠点を提案した。

#### 6) 地域防災圏

防災拠点の役割は各防災圏内のビレッジトラクトを総轄し、災害時の情報交換や村レベルへの支援を円滑に行うための役割を担う。各防災拠点は圏内の状況をタウンシップや州に報告し、タウンシップや州からの支援物資は防災拠点に集約され、分配を行う。また、地域防災拠点は災害弱者に対するセーフティネットの役割も果たし、災害リスクの高い村からの避難者を受け入れることのできる場として機能する。

地域防災拠点の規模は、防災圏の人口に準じたものとし、備蓄する物資も人口を考慮した上で準備を行う。また、防災拠点に避難所を設置する場合には洪水リスクが高い村の人口を考慮し、規模を設定する。

防災拠点では、災害後に不足していた食料、水、ボート、防水シート、毛布などの備蓄を行う。

ケーススタディとして、チャイマロウタウンシップにおける地域防災圏を設定したアトラン川流域のハザードマップを示す(図5)。

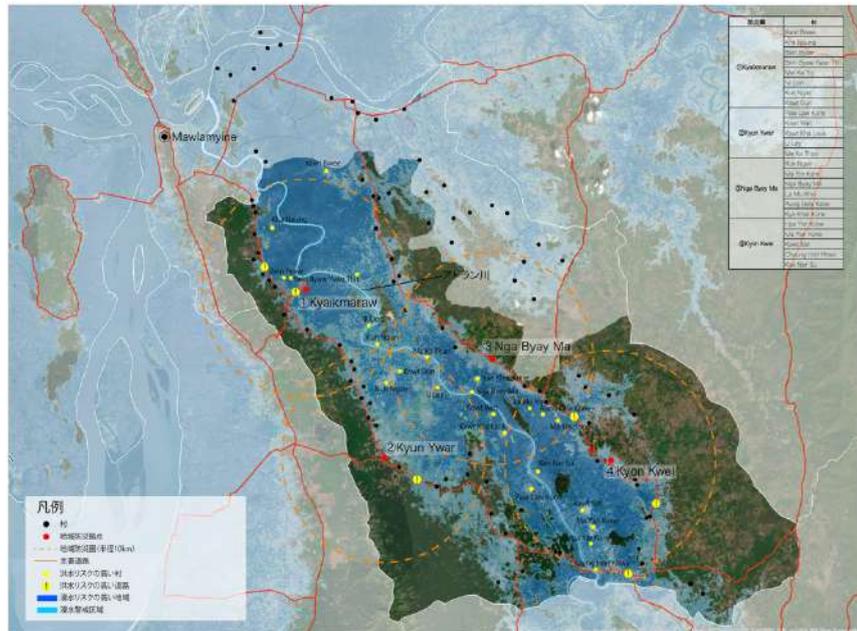


図5 アトラン川流域ハザードマップ

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 川添純希, 本間里見, 伊藤重剛, 内山忠, 荒巻充貴紘	4. 巻 第59号
2. 論文標題 ミャンマーの農村地域における洪水被害の分析と対応策に関する研究(1) モン州チャイマロウタウンシップ・チャカコ村を事例として	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会九州支部研究報告	6. 最初と最後の頁 549-552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 本間里見, 伊藤重剛, 内山忠	4. 巻 第59号
2. 論文標題 ミャンマーの農村地域における洪水被害の分析と対応策に関する研究(2) モン州チャイマロウタウンシップ・チャカコ村の住宅	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会九州支部研究報告	6. 最初と最後の頁 553-556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 荒巻充貴紘, 伊藤重剛, 本間里見, 内山忠	4. 巻 第59号
2. 論文標題 ミャンマー・パテイン市におけるイギリス統治時代の建築に関する調査2019 交通警察署	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会九州支部研究報告	6. 最初と最後の頁 665-668
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 黒川優太郎, 本間里見, 位寄和久, 内山忠, 伊藤重剛	4. 巻 第58号
2. 論文標題 リモートセンシングを活用した 洪水常襲地域における 被害分析 ミャンマー・エーヤワディ 管区ヒンタダ 郡 を事例として	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会九州支部研究報告	6. 最初と最後の頁 453-456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 塚本友樹, 本間里見, 伊藤重剛, 内山忠, 位寄和久	4. 巻 第58号
2. 論文標題 途上国の洪水常襲地域における住環境と住民の防災意識に関する研究 ミャンマー・エーヤワディ管区 ヒンタダ 郡 を事例として	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会九州支部研究報告	6. 最初と最後の頁 457-460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 荒巻充貴紘, 伊藤重剛, 本間里見, 内山忠	4. 巻 第58号
2. 論文標題 ミャンマー・パテイン市におけるイギリス統治時代の建築に関する調査2018 警察署	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会九州支部研究報告	6. 最初と最後の頁 673-676
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山下祐介, 本間里見	4. 巻 57号
2. 論文標題 途上国の洪水常襲地域における被災状況把握手法に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本建築学会研究報告九州支部	6. 最初と最後の頁 433-436
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 荒巻充貴紘, 本間里見	4. 巻 57号
2. 論文標題 途上国農村集落における洪水対策に関する研究ーミャンマー・エーヤワディ管区ヒンタダ地区を事例としてー	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本建築学会研究報告九州支部	6. 最初と最後の頁 437-440
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 上野新矢, 本間里見	4. 巻 57号
2. 論文標題 ミャンマー・パテイン市におけるイギリス統治時代の建築に関する研究2017 港湾局	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本建築学会研究報告九州支部	6. 最初と最後の頁 737-740
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 荒巻充貴紘, 本間里見, 位寄和久, 内山忠
2. 発表標題 途上国農村集落における洪水対策に関する研究 ミャンマー・エーヤワディ管区ヒンタダ地区を事例として
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上野新矢, 本間里見, 位寄和久, 内山忠
2. 発表標題 ミャンマー・パテイン市におけるイギリス統治時代の建築に関する調査2017 港湾局
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下祐介
2. 発表標題 途上国の洪水常襲地域における被災状況把握手法に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会九州支部
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒巻充貴紘
2. 発表標題 途上国農村集落における洪水対策に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会九州支部
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上野新矢
2. 発表標題 ミャンマー・パテイン市におけるイギリス統治時代の建築に関する研究2017 港湾局
3. 学会等名 日本建築学会九州支部
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>Myanmar Research Team of Kumamoto Univ. in Japan.  <a href="https://www.facebook.com/ku.myanmar/">https://www.facebook.com/ku.myanmar/</a>          Homma Laboratory  <a href="http://hommelab.arch.kumamoto-u.ac.jp/iholab/index.html">http://hommelab.arch.kumamoto-u.ac.jp/iholab/index.html</a>          本間研究室  <a href="https://ja-jp.facebook.com/%E4%BD%8D%E5%AF%84%E6%9C%AC%E9%96%93%E5%A4%A7%E8%A5%BF%E7%A0%94%E7%A9%B6%E5%AE%A4-476818289121336/">https://ja-jp.facebook.com/%E4%BD%8D%E5%AF%84%E6%9C%AC%E9%96%93%E5%A4%A7%E8%A5%BF%E7%A0%94%E7%A9%B6%E5%AE%A4-476818289121336/</a></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	柿本 竜治  (Kakimoto Ryuji)  (00253716)	熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・教授    (17401)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	内山 忠  (Uchiyama Tadashi)  (20351843)	熊本大学・熊本創生推進機構・准教授     (17401)	