

地球規模課題対応国際協力プログラム (SATREPS) 研究課題別追跡調査報告書

I. 序文

SATREPS 追跡評価実施要領 (<https://www.jst.go.jp/global/hyouka/pdf/follow-up-evaluation-procedure.pdf>) に基づき、追跡調査を実施した。具体的には、プロジェクト終了後の各研究課題の国際共同研究の成果の発展状況や活用状況を明らかにするために、対象課題の研究者に対し質問票による基礎データ調査を行い、その結果を踏まえた研究者インタビュー調査を経て得られた情報を整理しまとめた¹。

今般の研究課題別追跡調査にあたっては、以下の方々にご協力頂き厚く御礼申し上げます。

佐々 恭二 国際斜面災害研究機構 理事長

宮城 豊彦 東北学院大学名誉教授、(株)アドバンテクノロジー 技師長

II. プロジェクト基本情報

1. 課題名

ベトナムにおける幹線交通網沿いの斜面災害危険度評価技術の開発

2. 日本側研究代表者名

佐々 恭二 国際斜面災害研究機構 学術代表

3. 相手国側研究代表者名

Nguyen Xuan Khang 交通科学技術研究所 (ITST) 所長

¹ 2021年11月から2022年3月に各種調査および報告書のとりまとめを実施した。

4. 国際共同研究期間

2011年11月～2016年11月

5. 研究概要

(1) 目的

先進的な日本の斜面災害軽減のための科学技術を基に、ベトナムを試験地として、大メコン圏ほかの熱帯モンスーン地域の自然・社会条件に適した斜面災害危険度評価技術を共同開発し、その試行と改良を共同で実施すること、ならびにその技術の社会実装を可能にするための教育・人材育成を実施することを目的としている。

(2) 各グループの研究題目と実施体制：

国家発展のための克服すべき重要課題として
 細長い国土を縦貫する基幹道路の安全確保及び山岳地域の住民の安全確保のための斜面災害危険度評価技術の構築とその適用のための人材育成を実施する。

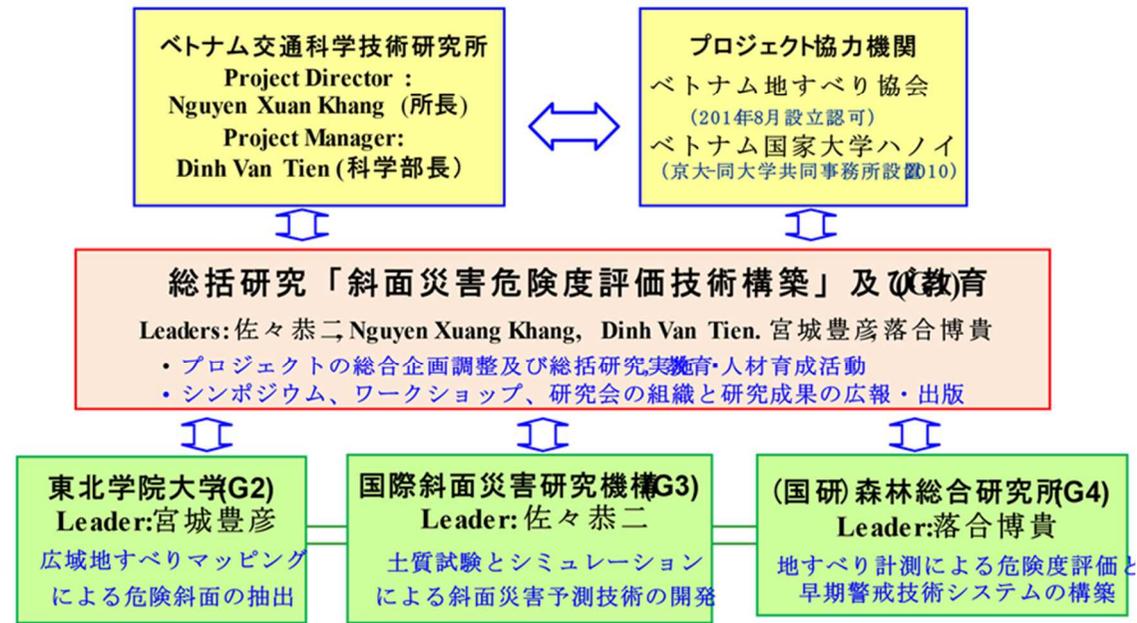


図1 研究題目と研究実施体制

研究題目1：土質試験とシミュレーションに基づく斜面災害予測技術の開発及び研究総括・教育・広報(国際斜面災害研究機構、ITST)

土質試験とコンピュータ・シミュレーションに基づく斜面災害危険度評価技術を開発することを目的。

研究題目2：地すべり計測による危険度評価と早期警戒システムの構築(森林総合研究所、ITST)

降雨－地下水－斜面変動を統合した自動計測システムを開発するとともに、地すべり変動モニタリングにより熱帯モンスーン地域に最適化した地すべり危険度評価と早期警戒システムを構築することを目的。

研究題目3：広域地すべりマッピングによる地すべり危険斜面の抽出(東北学院大学、ITST)

地すべり発生状況の空間的な把握(地図化と地すべり再活動危険度評価、斜面災害潜在性評価を行って、熱帯強風化帯における斜面災害リスクの評価手法を開発することを目的。

(3) SATREPS 期間中の各グループの成果 :

研究題目 1

大規模地すべりの災害予測技術の基礎として、世界で初めての 100mを越える地すべりの再現試験機(3MPa)を開発、これをベースとしてベトナムに供与する実用試験機を開発を終えた。ベトナム鉄道ハイバン駅斜面の大規模潜在地すべりからサンプルを採取し、試験を実施した。平行して地すべり発生運動解析モデルのベトナム向け機能の改善を実施し、地すべり起因の津波解析機能を開発し、ハイバン駅地すべりによる津波発生とダナン市への影響を評価した。以上の成果目標の達成により本 SATREPS プロジェクトにおける技術的課題の開発を終えた。また、災害予測方法の取り纏めに関して、ベトナム側との共同作業によるベトナム国初となる「斜面災害危険度評価技術」のガイドラインを作成し、英語版のレビュー、ベトナム語版のレビューを経て、2016年10月10日にベトナム語版が交通省に提出された。

研究題目 2

熱帯モンスーン特有の豪雨が頻発し、社会的重要性も考慮して選定された試験地を対象に地すべりの発生機構や危険度を把握し早期警戒に繋がるシステムを開発した。試験地は亀裂などの地表の変位が確認されており、地すべりの発生機構を踏まえて変位を元に危険度や早期警戒を行うシステムとした。開発した観測システムは、地すべり機構を検討できるように、降雨-地下水-斜面変動をデータセットとして整備することを目的とした。観測項目の降雨として雨量計、地下水としてボーリング孔の孔内水位、斜面変動として地表変位を地表伸縮計、トータルステーションや全球測位衛星システム(GNSS) による標柱観測機器、地中変位として孔内伸縮計や孔内傾斜計などのセンサーを設置した。

研究題目 3

広域地すべり地形のマッピング(試作版)が完成し、地理情報システム(GIS)データ化(インベントリー作成)が完了した。ベトナム側は、防災の基幹である「場所性の把握」に資する「地すべり地形分布図・調査・解析」とこれを踏まえた「対策立案」が一貫して行われることを理解し、ベトナム版の調査対策マニュアルを作成し、ガイドラインの一部として交通省に提出した。

III. 追跡調査結果まとめ

1. 研究の継続・発展について

本 SATREPS プロジェクトは、SATREPS「スリランカにおける降雨による高速長距離土砂流動災害の早期警戒技術の開発」（研究代表者：小長井一男 国際斜面災害研究機構 研究部学術代表、2019 年度採択）に繋がった。

このスリランカプロジェクトは、2016 年、2018 年スリランカで大規模な地すべりが生じたことを契機に発足した。スリランカ国内の 2 つのパイロット地域において、熱帯雨林山岳地の累積降雨量の予測、現地斜面土層への降雨浸透と土砂流動の発生、流動土砂の運動予測技術を統合し、長距離土砂流動発生リスクの 1 日前予測を行い、この情報を地域住民、行政機関に伝達し、早期避難と必要な行政対応を促すためのリスクコミュニケーションシステムを開発・実装し、さらにその技術を継続的に活用するための人材育成を目指すものである。ただし、ベトナムでは土地の動きの測定等が主であったが、スリランカでは山の上での災害なので、測定が難しい。そのため、雨の予測から地すべりの発生を予測することとなった。

研究題目 1

再現試験機については、同じものがスリランカ、および中国成都で使われている（丸井製作所）。本 SATREPS プロジェクトでは 3M パスカルと大きな圧力の試験機としたが、スリランカでは 1M パスカルで問題ないと考えている。教材、マニュアルを本 SATREPS プロジェクトで作成し、利用されている。

研究題目 2

ハイパン駅付近に設置した自動計測システムは稼働しているようだが、Institute of Transport Science and Technology (ITST) が管理しているので、詳細は不明である。またこの地区は、軍の管理のため、情報が出にくい可能性がある。

研究題目 3

マッピングの経験をスリランカプロジェクトに活かしている。ただし、コロナ禍で現地に渡航できず進捗がやや遅れている。研究題目 3 の宮城豊彦名誉教授が 2019 年からベトナム北部ラオカイ省の斜面災害担当局 (LaoCai DARD) 並びに本 SATREPS プロジェクトのカウンターパート機関であった ITST を支援機関として、JICA 草の根技術協力事業を実施している。この企画では、広域 1000 平方kmを対象に 5mDSM²、

² 数値表層モデル

2. 5mDSM を用いた地すべり地形分布図、パイロット地区 3 か所を対象とした 2mDEM を用いた 5000 分の 1~100000 分の 1 の詳細斜面災害管理地図の作成を実施している。これらのパイロット地区では、無人航空機(UAV)を用いて 500~2000 分の 1 程度の地形図も作成している。

2. 地球規模課題の解決に向けた科学技術の進展への貢献について

再現試験機については、本 SATREPS プロジェクトの経験(操作中に故障)から誰でも使えて、故障が起きないような仕様に改良した。油圧サーボは、高熱で止まるので、スリランカプロジェクトでは油圧サーボが不要な仕様とした。

3. 地球規模課題の解決、及び社会実装に向けての発展について

国際斜面災害研究機構(ICL)を通して、本 SATREPS プロジェクトの成果を含めた地すべり研究と技術の最新の成果を発信しており、各国で生かされている。UNESCO/京大/ICL が覚書を交わしたことによって、本 SATREPS プロジェクトの成果が世界的にオーソライズされた。2015 年から始まった仙台すべりパートナーシップ(国連をはじめ世界 16 機関の署名)の活動が、スリランカ SATREPS プロジェクトの採択に繋がっている。日本に本部を置き、日本の NPO である ICL ではあるが、このような国際的な枠組みを作ることで、影響力を得ている。さらに、ICL を中心に次のプロジェクトを検討している。

4. 日本と相手国の人材育成や開発途上国の自立的な研究開発能力の向上について

- ・ ICL によって、2022 年からオープンアクセスブック「地すべり研究と技術の進歩」を出版(本 SATREPS プロジェクトの成果も含まれている)することによって、ベトナムでの研究開発能力の向上、標準化に繋がっている。
- ・ 本 SATREPS プロジェクトの多くのベトナム研究者がスリランカプロジェクトに参加している。
- ・ 学位を取るために、ベトナムの留学生は引き続き日本で東北学院大学、山梨大学等で研究を行っている。
- ・ 研究題目 3 の宮城名誉教授が JST さくらサイエンスプログラムで留学生を招へいしている。
- ・ 2021 年 11 月に斜面防災世界フォーラムを日本で開催し、現地からリモートで、留学生はリアルに参加した。
- ・ ICL のメンバーの機関が、組織として新たな SATREPS に参画しているので、その中で人的交流が継続的に行われ、例えば、毎年ミーティングを行って情報交換や連携を進めている。

5. 日本と開発途上国との国際科学技術協力の強化、科学技術外交への貢献について

ICLによるオープンアクセスブックの出版については日本が事務局を行っているため、日本の影響力、貢献がアピールされている。また多くの留学生を受け入れ、その留学生が活躍していることは、ベトナムとの科学技術協力の強化に繋がり、日本を知っている研究者が増えることは、日本への理解が深まることに繋がると考える。

6. 終了時評価における要望事項に対する現状報告(要望事項を下線で表示)

要望事項 1

本課題の大きな成果の一つである樹冠移動による地すべり抽出のうち、鉛直方向の変位測定に関しては、熱帯のような樹木の生長が早い地域では場所によって生長量が大きく異なるので、樹木種と場所による影響の検討が必須である。水平方向の変位測定に関しても、形態的に直立する適した樹木種を選択する等の仕組みが必要であろう。また、樹木の根の張り方等も大きく影響するため、こうした検討は研究が進んでいる他分野で得られた知見を導入することも一案である。

現在は、地すべりの微小な変動状況を適時的確に把握する技術は大きく発展している。UAV 機器の操作性の向上、レーザーパルスを用いて森林と土地の詳細構造を 3 次元デジタル把握する装置の実用化が背景にある。廉価な UAV や廉価なレーザーデータ取得の器具も開発が進み、実用化している。本 SATREPS プロジェクト以来、UAV を用いた研究は、①地すべり防災の観点では、ベトナム側若手研究員が、高速道路沿い斜面崩壊の危険度評価、ラオカイ省山岳域での斜面災害リスクマップの作製に応用し、今年度の学位論文、第 5 回斜面防災世界フォーラムでの発表論文に結び付いている。②樹木レベルで捉えた詳細な変形情報の把握も実施している。2015 年と 2021 年の 2 時期に、沖縄県西表島のマングローブ林で撮影した UAV 画像(何れも 3 cmピクセルサイズ)を比較して、倒壊樹木の分解過程の把握が出来るようになった。以上のように、UAV や廉価版のレーザー計測器具を繰り返して用いることで、地すべりなど災害ポテンシャルを示す微小な変化を把握するは十分に実施可能な状況にまで展開発展している。他方、現在は本 SATREPS プロジェクトを引き継ぐ形で、地域住民の興味に密着した斜面防災企画として JICA 草の根技術協力を実施している。現時点ではコロナ禍による渡航制限により、変動が顕著と思われる地すべり地での断続的なデータ取得が行えない状況にある。今後状況が改善すれば、本 SATREPS プロジェクトで培った日越双方の研究者集団が、UAV と廉価版のレーザー計測器とを併用して、地すべりの 3 次元的な変動実態を把握することも実行できる状況にある。

要望事項 2

地形班は広域の地すべり地形マッピングを行ったが、その基図に日本の技術である全世界デジタル 3D 地図(AW3D)5m 解像度の数値標高モデル(DEM)を用いた。最近精度のより高い AW3D(0.5~2m 精度)も入手できるようになっており、こうした地形データを用いれば、精度のより高い地すべり地形マッピングが可能であろう。

本 SATREPS プロジェクト実施後、地形班班長であった宮城名誉教授をプロジェクトリーダーとして、2019 年からベトナム北部ラオカイ省の斜面災害担当局(LaoGai DARD)並びに SATREPS のカウンターパート機関であった ITST を支援機関として、JICA 草の根技術協力事業を実施している。この企画では、広域 1000 平方kmを対象に 5mDSM³、2.5mDSM を用いた地すべり地形分布図、パイロット地区 3 か所を対象とした 2mDEM を用いた 5000 分の 1~100000 分の 1 の詳細斜面災害管理地図の作成を実施している。これらのパイロット地区では、UAV を用いて 500~2000 分の 1 程度の地形図も作成している。JAXA/RESTEC⁴/NTTData による全世界デジタル 3D 地図情報は、特に地図の整備が不十分な地域では間違いなく最も役立つ情報として評価されている。ベトナムでは現在も今後もマッピングとこれに基づく地域避難・災害パトロールなど草の根的な防災減災が実現できると確信している。

ただ、地すべりは領域として大きいので細かくすれば良いというものではない、また細かいものは地図に書けないのでマッピングすることも難しい。

要望事項 3

ハイバン地区では多種の地すべり計測器(長スパン伸縮計、通常の伸縮計、孔内設置型の鉛直伸縮計、全地球航法衛星システム(GNSS)、トータルステーション、挿入型傾斜計、固定式孔内傾斜計、間隙水圧水計、雨量計など)を同一の地すべり危険地に設置した。その目的の一つに、「豪雨・多湿なベトナム他の国各々において計測器の精度、限界、耐久性および現地への適用性等について検討すること」とあるが、それに対する検討結果が不明であり、ガイドラインにどのように反映されているのか明らかにする必要がある。

プロジェクト期間中に、パイロットサイトであったハイバン斜面で機材常設による地すべりモニタリングが導入・実施されたが、プロジェクト終了後も、MOT の支援により 2019 年までモニタリングが続けられ、現在はリアルタイムではないが、ITST が引き続き当該箇所のモニタリングを継続している。プロジェクト終了後、こうしたモニタリングの結果も踏まえて、ITST は「早期警報統合ガイドライン」案を作成し、

³ 数値表層モデル

⁴ 一般財団法人リモート・センシング技術センター

ハイバン地域の地すべり警報発令基準（基準雨量など）も開発して MOT に提出した。MOT は、ベトナム鉄道に対し ITST の開発した基準値を用いたハイバン地域の斜面災害危険度モニタリングや斜面災害リスク緩和策の作成を指示している。

7. プロジェクトの上位目標を踏まえた現状報告(上位目標を下線で表示)

上位目標

斜面災害危険度評価技術の大メコン圏地域等への展開と適用性拡大。

「ベトナム及び他の大メコン圏地域における斜面災害危険度評価技術の開発と教育」が、本 SATREPS プロジェクトの申請課題であったが、実施段階で本 SATREPS プロジェクトは、2 国間を対象とするとの条件から、実施段階で、大メコン圏が消えて「ベトナムにおける幹線交通網沿いの斜面災害危険度評価技術の開発」になり、ベトナム以外の大メコン圏の調査が実施できなくなった。

本 SATREPS プロジェクト終了後、アジアモンスーン地域に展開することを目的として、プロジェクト終了後にミャンマー、スリランカ両国の準備調査を実施した。さらに 2015 年の国連防災世界会議の際に ICL が提案し、世界 22 機関の署名により発足した「仙台地すべりパートナーシップ 2015～2025」にもとづいて、ICL が提案した SATREPS プロジェクト「スリランカにおける降雨による高速長距離土砂流動災害の早期警戒技術の開発」が 2019 年に採択されたことが、上位目標の展開と適用性拡大にあたる。

以上