

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「持続可能な社会を支える防災・減災に関する研究」

研究課題名「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」

採択年度：令和元年度/研究期間:5年（2019年）度/研究期間：5年/

相手国名：スリランカ民主社会主義共和国

## 令和3（2021）年度実施報告書

国際共同研究期間<sup>\*1</sup>

2020年3月1日から2025年2月28日まで

JST側研究期間<sup>\*2</sup>

2019年6月1日から2025年3月31日まで

（正式契約移行日2020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：小長井 一男

特定非営利活動法人国際斜面災害機構・研究部・学術代表

# 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

研究の主なスケジュール

研究題目・活動	2019 年度 (10ヶ月)	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度 (12ヶ月)
1. 総括・人材育成・社会実装 1-1 観測機器調達・設置と高速長距離土砂流動 (RLL) 災害の早期警戒技術の日錫合同開発 1-2 錫国・保安・内務・災害管理省* 国家建築研究所による開発技術の適用支援と改良 1-3 錫国人専門家・地域リーダーの育成、開発した技術の世界標準化の推進		観測機器とソフトの調達・設置と RLL 災害早期警戒技術の日錫共同開発 (観測機器はコロナ感染症の蔓延の中で 2022 年 3 月にパイロットサイトの一つ Athwelthota に設置、観測開始)			開発した技術の適用支援と改良	
2. 斜面豪雨・高速長距離土砂流動予測 2-1 MSSGモデルによる500m四方最大累積降雨量の24時間前からの予測、RLL発生運動予測技術の開発のための降雨・地下水、前兆となる地表変動の計測 2-2 ワークステーション用MSSGによる斜面豪雨予測法の確立と現地調査・観測、室内試験、理論解析によるRLLの発生・拡大・流動機構解明と予測モデルの構築	現地調査による研究実施体制の構築と新規ソフト・通信システム開発の準備研究	山地斜面における 500m 四方最大累積降雨量予測法の開発と RLL 発生運動予測技術の開発のための降雨・地下水、前兆となる地表変動の現地計測			ワークステーション用 MSSG による斜面豪雨予測法の確立と RLL の発生・拡大・流動メカニズムの解明と予測モデル構築	
3. リスク情報伝達・住民教育 3-1 グーグル地図／写真に24時間後の累積雨量、発生する土砂災害予測結果を重ねて示す ARソフトの開発 3-2 豪雨・RLL予測結果の利用者からのフィードバック (リスクコミュニケーション) ツールの実装、およびそのガイドラインの構築 3-3 地域住民・自治体を対象とした知識向上、および防災教育			グーグル地図／写真に 24 時間後の累積雨量、発生する土砂災害予測結果を重ねて示す AR ソフトの開発**		ツールの実装、およびそのガイドラインの構築 (利用者からのフィードバックを反映)	
			ガイドライン作成事前調査**			
					知識向上・防災教育の実施**	

### (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)

\* 国家建築研究所 (NBRO) の所管官庁は 2021 年度に保安・内務・災害管理省になっている。

\*\* コロナ感染症の拡大に伴う渡航制限などで開始が 1 年半程遅れることになった。ガイドライン作成の事前調査は 2021 年度オンラインで進めた。また 2022 年度 8 月に現地調査を予定。

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

(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)

令和1年度の全体計画書に記載した通り、本研究はG1, G2, およびG3の3つの班で進めていくことに変更はない。令和3年度は令和2年度まで外部から協力いただいていた中央技術推進局(CECB)、モラトワ、ペラデニア、ルフナの三大学関係者には2021年4月22日開催のJoint Coordination Committee(JCC)会議でJCCメンバーとしてプロジェクトに参画してもらうことが承認された。なおカウンターパート機関NBROの所管官庁は2021年度から保安・内務・災害管理省に変更になっている。日本側、相手国側の年次ごとの役割分担計画を下表にまとめる。

役割分担表

			2020	2021	2022	2023	2024	after
G1-1	1) 観測機器設置 2) EWSの共同開発	JPN	1) コロナ禍で機材のみ調達。	1) 現地計測開始：2022年3月	ICL, JAMSTEC, 京大., 森林総研, 高知大			
		SLK	2) はオンラインで実施	2) はオンラインで実施	NBRO, DMC, DOM, DOI			
G1-2	EWSの改良 適用支援	JPN			ICL			
		SLK			NBRO, DMC, DOM, DOI			
G1-3	人材育成	JPN	京大、高知大、東大など					
		SLK	NBRO (最初の2年はCECB, 三大学の協力が大きい)					
	EWSの世界標準化	JPN					ICL, 高知大	
		SLK					NBRO, DMC, DOM, DOI	
G2-1	MSSG=> 500m×500m累積降雨予測	JPN	G2: JAMSTEC(大西:MSSG上のシステム開発)					
		SLK	NBRO, DOM (降雨データ提供、支援) CECB・三大学が協力					
	地下水・表面変動観測	JPN		G2: FFPRI (浸透・地上変動観測), 古田・トファニ (人工衛星変動観測)、松波 (地すべり誘因-地震観測)				
		SLK		CECB・三大学が協力 (NBROは2022年から)				
G2-2	WS用MSSG開発 改良・他地域への適用	JPN		G2: JAMSTEC(大西)				
		SLK		NBRO				
	RRLL発生流動予測モデル構築	JPN	G2: ICL (小長井・佐々・カン・荒木:発生流動予測), 京大 (渦岡: 不飽和浸透と地すべり発生)					
G2-3	パイロットサイトでのEWS実用化	JPN		観測機器設置の遅れで2022年度から	ICL			
		LK			NBRO + DMC+DOM			
G3-1	ARソフト開発	JPN		ICL (コロナ感染症の影響で1年遅延)				
		SLK		三大学が協力	NBRO, DMC, 三大学が協力			
G3-2	ガイドライン策定	JPN		事前調査(遅延)	高知大、ICL			
		SLK		NBRO, DOM, DMC, DO				
G3-3	人材教育・防災教育	JPN		ICL, 高知大				
		SLK		HSPTD (NBRO), 三大学が協力	NBRO, DMC			

注記:

G1	総括・人材育成・社会実装研究班	RRLL	降雨による高速長距離土砂流動
		EWS	早期警戒システム
G2	斜面豪雨・高速長距離土砂流動の発生運動予測技術開発班	MSSG	Multi-Scale Simulator for the Geo-environment
G3	リスク情報伝達・住民教育班	WS	ワークステーション
		AR	Augmented Reality

カウンターパート	NBRO	保安・内務・災害管理省 国家建築研究所
	HSPTD	NBRO 居住計画・訓練部門
協力機関	DMC	保安・内務・災害管理省 災害管理センター
	DOM	保安・内務・災害管理省 気象局
	DOI	灌漑省 灌漑局
協力者	CECB	マハエリ開発・環境省中央技術推進局 (2021年度から協力機関)
	三大学	モラトワ大学、ペラデニア大学、ルフナ大学 (2021年度から専門家がJCCメンバーに)

## 2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

※下記の記載例にならってプロジェクト全体、及び研究題目/研究グループごとに簡潔にまとめてください。図、表、写真等を含めることも可能です。

※過年度報告書記載の内容に加筆するのではなく、当該年度のみに絞って記載ください。

※相手国側研究機関の活動も可能な限り含めて記載ください。

※特筆すべき成果（「世界で初めて～」「～国の政策に反映」「世界の～に貢献」などインパクトの大きい事例）があれば記載ください。

※特に、研究題目/研究グループごとの項目①「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「カウンターパートへの技術移転の状況」において、研究題目・研究活動については、JICA 技術協力プロジェクトの *Project Design Matrix (PDM)*, *Plan of Operation (PO)* の *Output* 及び *Activity* との関連を明記してください。

### (1) プロジェクト全体

本プロジェクトでは、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 (RRL) 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。本研究は以下の G1、G2、G3 の3つの班に分かれて実施される。

G1: 総括・人材育成・社会実装研究班：以下に記述の G2、G3 の各班で開発される個別技術を統合し、実用的で先進的な RRL の早期警戒情報伝達システムとして構築する。そしてその普及と活用のための教育用ツール、ガイドラインを相手国機関とともに整備する。

G2: (G2-1) 山地斜面での1日前の累積降雨量の予測（サブリーダー：大西領）と、(G2-2) 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モデルの構築（サブリーダー：渦岡良介）の開発を担当。

G3: (G3-1) グーグル地図／写真に24時間後の累積雨量、発生する土砂災害予測結果を重ねて示す AR ソフトの開発、(G3-2) 3-2 豪雨・RRL 予測結果の利用者からのフィードバック（リスクコミュニケーション）ツールの実装、およびそのガイドラインの構築、そして(G3-3) 地域住民・自治体を対象とした知識向上、および防災教育を担当。

令和3年度も令和2年度同様、コロナ感染症の世界的蔓延を受け、渡航を前提とした調査・研究が大きく制約されたため、長距離土砂流動発生リスクの1日前予測に必須の個別のコア技術開発を継続的に先行させた。これらの、コア技術は(G2-1) 500m×500m の分解能で山地風上側斜面の降雨量を1日前に予測する技術、(G2-2) 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モデルの構築であり、主に G2 班の活動に関わるものである。2021年4月には JICA の経費でスリランカからの学生1名が東京大学 (G1) に、また2021年10月にはもう1名が文部科学省奨学金 (SATREPS 枠) で山梨大学 (G1) の博士後期課程に進学し、コア技術開発も含めた研究に関わっている。日本に留学した学生は累計4名になっている。

一方、(G1-1)現地への計測機設置、および G3 の社会実装関係の諸活動についてはコロナ感染症蔓延のため本格開始ができない状況が長く続いていたが、ようやく 2022 年 3 月に 2 つのパイロットサイトのうち Athwelthota 地すべり地の残留土塊上で観測が始まった。このため (G2-1)降雨予測、そして(G3-2) ガイドライン策定、(G-3)人材教育・防災教育の事前準備についても、ようやく個別技術の成果を踏まえた研究を本格化させていく予定である。以下、研究班ごとに、達成状況とその効果などをまとめる。

## (2) 研究題目 1 : 「総括・人材育成・社会実装」

研究グループ G1 (リーダー: 小長井 一男)

G1 では各研究班で開発される個別技術、すなわち山地での累積降雨量を 1 日前に予測する技術、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モデルを統合し、実用的で先進的な RRL の早期警戒情報伝達システムとして構築する。そしてその普及と活用のための教育用ツール、ガイドラインを相手国機関とともに整備する。令和 3 年度令和 2 年度に引き続き、日本、スリランカ両国内で可能な活動を展開するとともに、オンライン会議を介してこれらの活動の円滑化を図った。主な活動実績を以下に示す。

### ■ 第 5 回斜面防災世界フォーラム(WLF5) (2021 年 11 月 3 日-6 日) :

2020 年 11 月から 1 年延期されていた第 5 回斜面防災世界フォーラム (the 5th World Landslide Forum, WLF5)が、京都国際会館において、ハイブリッド形式 (onsite, online, pre-recorded) で開催された。4 名の留学生も交え、日本、スリランカのプロジェクト関係者から個別技術の開発や本プロジェクト全体の進捗状況が報告された。また並行して第 2 回 JCC 会議 (下記) も 11 月 4 日に開催された。

### ■ 第 2 回 Joint Coordination Committee (JCC)会議 (2021 年 11 月 4 日) :

スリランカ側のリーダーである National Building Research Organization (NBRO) の Dr. Asiri Karunawardena 所長が議長を務めた。第 1 回 JCC 会合で承認された新メンバー Central Engineering Consultancy Bureau (CECB)職員及びモラツワ大学、ペラデニア大学の教員に加え、先行して進められていた JICA 技術協力プロジェクト "Project for Capacity Strengthening of Development on Non-structural Measures for Landslide Risk Reduction in Sri Lanka (略称: Project SABO)"の関係者も参加し、プロジェクト間の情報共有を行った。主要な討議・合意事項は以下の通り:

コロナ感染症の蔓延下でも、第 1 回 JCC 会合以降、可能な個別研究を進めてきた。しかし(i) 2 つの調査対象地である Athwelthota と Aranayake で不安定土塊の観測が開始できていないこと (ii) リスクコミュニケーションと住民教育のための現地調査が始められていないことへの対応を図るため、2022 年 3 月~4 月にスリランカへの渡航を計画する ((i)は 2022 年 3 月に実施、(ii)は準備が整うのを待ち 2022 年 8 月に延期、詳細は G3 で後述)。

### ■ 長期研究員受け入れ (2021 年 4 月 9 日以降) :

カウンターパート機関である国家建築研究所 (NBRO) よりさらに Mr. Dhanushka Jayathilaka が 2021 年 4 月より東京大学大学院工学系研究科 (博士後期課程) に、また Mr. Sandaruwan Ariyaratna が 2021

年 10 月より山梨大学（博士後期課程）へ進学した。

■ 必要機材の製作・購入及びスリランカへの送付（順次）：

令和 3 年度も令和 2 年度に引き続き、野外計測用の必要機材やMS S Gによる降雨予測数値計算用のワークステーションなどを整え、順次カウンターパート機関の国家建築研究所（NBRO）に送っている。

NBRO に送付、設置・稼働開始のもの、あるいは 2022 年 7 月～8 月に日本側技術者が渡航し稼働開始を予定しているものは以下の通り。

- 地すべり気象観測システム (NBRO 送付：2021 年 2 月、パイロットサイト (Athwelthota) への設置：2022 年 3 月)
- ワークステーション (HP Z6G4) (NBRO 送付：2021 年 3 月)
- 孔内傾斜計 (NBRO 送付：2021 年 3 月 10 日、パイロットサイト (Athwelthota) への設置：準備中)
- 多点式地表傾斜計 (NBRO 送付：2021 年 3 月 10 日、パイロットサイト (Athwelthota) への設置：2022 年 3 月)
- 地中伸縮計 (NBRO 送付：2021 年 3 月 10 日、パイロットサイト (Athwelthota) への設置：準備中)
- 孔内水位計 (NBRO 送付：2021 年 3 月 10 日、パイロットサイト (Athwelthota) への設置：準備中)
- 土壌水分計測システム (NBRO 送付：2021 年 3 月 10 日、パイロットサイト (Athwelthota) への設置：準備中)
- 森林内雨計測システム (NBRO 送付：2021 年 3 月 25 日、パイロットサイト (Athwelthota) への設置：準備中)
- 高速リングせん断試験器 (NBRO 送付：2021 年 3 月 21 日、2022 年夏に日本側技術者による調整実施の予定)

日本・スリランカ共同研究のため現在日本側で管理・整備・使用中のもの：

- RRLI 予測システム用 GPU 内蔵ワークステーション(=高速シミュレーション用サーバー) (納品：2021 年 3 月 13 日。仮想現実 (Augmented reality (AR)) を用いた RRLI の早期警戒用ソフトの開発・実装後 NBRO に送付予定)
- スリランカ長期研修生 (留学生) の研究用ワークステーション (HP Z6G4) (2021 年 7 月 15 日納品、研究終了後 NBRO に送付)
- リアルタイムキネマティック (RTK) GPS 内蔵の UAV (Phantom 4 RTK) (納品：2021 年 8 月 7 日、研究終了後 NBRO に送付)
- 野外計測機器設置個所策定のためのデジタル 3 次元地形図 (AW3D) (納品 (森林総合研究所)：2021 年 12 月 18 日)
- スリランカ長期研修生 (留学生) の研究用 PC (納品 (東京大学 (G1 のメンバー)) 2021 年 7 月 15 日。2022 年 8 月に NBRO へ譲渡予定)
- 地震動の地形増幅効果検証のための地震計 (納品：2021 年 11 月 9 日。プロジェクト期間中 NBRO に送付予定)

以上の活動実績を以下にまとめる。

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：

渡航制限下で可能な当初の活動計画に沿って活動を展開できた。(G1-1)の活動の一つである観測機器の設置については、日本側研究者の渡航が 2022 年 3 月になってようやく実現し、一部の計測がパイロットサイトの一つ Athwelthota で開始されている。2022 年 7 月から 8 月にかけて日本側関係者がスリランカに渡航し、継続的に機器設置や稼働開始を押し進めていく予定である。

②研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況：

個別技術については、スリランカからの長期研修員が開発に参加し、当初予定通りに進んでいる。

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：

コロナ感染症の蔓延の状況は令和 3 年度終了時になっても予断を許さないが、スリランカの感染症危険度レベルは 3 から 2 に引下げられ、今もこのレベルが維持されている。そして国際的な人の往来再開に向けた緩和措置も段階的に進められている。一方でスリランカはそれまで受けていた融資の返済に行き詰まり、2017 年には中国企業にハンバントタ港の運営権を引き渡さざるを得なくなるなど、いわゆる「債務のわな」に陥っていた。本プロジェクトの開始時には、同時爆破テロの発生や新型コロナウイルス感染拡大によって主要産業の観光業が低迷し、外貨の獲得は一層困難となり、2022 年 5 月 18 日に格付け会社からデフォルト（債務不履行）を宣告された。このような状況を反映し外務省によるスリランカの危険度レベルは、従前の 1 から 2 に引き上げられている。今後、2022 年 7 月～8 月にかけて日本側研究者の渡航、また新たな長期研修生（修士課程）の受け入れなどが予定されているが、JICA や関係機関の協力を得て万全な対応を講じていくことになる。

### (3) 研究題目 2：「斜面豪雨・高速長距離土砂流動の発生運動予測技術開発」

研究グループ G2（リーダー：小長井一男）、（サブリーダー：大西領、渦岡良介）

G2 で開発される基本技術は (G2-1) 山地斜面での 1 日前の累積降雨量の予測（サブリーダー：大西領）と、(G2-2) 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モデルの構築（サブリーダー：渦岡良介）である。

(G2-1) については、全地球からシームレスに局所地域にズームインして気象予測を行うことを可能にする最先端のマルチスケール気象モデル (MSSG) をプラットフォームとし、ここに現地の地形や大気の特徴を反映した雲微物理モデルを組み込み、急傾斜面での風向・風速の変化による降雨量補正技術を導入することで、既存の技術以上に山地の局所条件に重きを置いた、局地性豪雨予測手法を開発する。令和 3 年度には、前年度までに見出した積乱雲内部の乱流が地形性降雨に与える影響（降雨効率: Precipitation Efficiency）について、より現実に近い条件、即ち地表付近の境界層乱流の影響を考慮した条件下での考察を加えた。その結果、Damköller 数（=山稜を超える風速/雨粒形成速度）がおおむね 1 を超えると降雨効率が增大されるという傾向は現実にも起こり得ることを確認できた。こうした知見を反映しながらワークステーション上でも 500 m 解像度の降雨予測を実現するため、人工知能（Artificial Intelligence、AI）技術を活用した超解像システムのプロトタイプを開発した。超解像とは人工的に解像度を向上させる技術であり、ここでは 2km 解像度の降雨予測分布

【令和 3 年度実施報告書】【220531】



を 500m 解像度にマッピング（補間）することを想定している。その中では、降雨分布のマッピングの際に、他の物理量の分布情報も加味するという物理超解像器を開発した。具体的には、地形（標高分布）を加味できる超解像器を開発し、スーパーコンピューターによる 500 m 解像度の降雨予測結果を手本として学習させた超解像器のプロトタイプを開発した。

（G2-2）の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モデルの構築については、以下を考慮しなければならない。すなわち、(1) 過去の降雨浸透解析の多くが定常的な降雨を前提に展開され、現実の非定常の降雨パターンの影響を考慮できるものが少なかったこと、(2) 主たる対象が、スリランカ山岳地帯で常緑樹に覆われた先カンブリア紀（片麻岩主体）の熱帯強風化土であるため、粗粒のみならず細粒分含有率も 30～40%に達する状況での浸透過程を把握しなければならない。これらに鑑み令和 3 年度は令和 2 年度に引き続き、細粒分含有率の高い土試料に対し、非定常降雨を再現できる装置を搭載した遠心力載荷試験装置で模型実験を行い、モデルの開発を進めてきた。令和 3 年度に行われた遠心力載荷試験実験では、遠心力場の模型内で観測された降雨浸透過程が、数値計算で精度よく再現されることを確認した。

以上の活動実績をまとめると

①研究題目 2（G2）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：長距離土砂流動の早期警戒システムのコアとなる技術、すなわち（G2-1）山地斜面での 1 日前の累積降雨量の予測、および（G2-2）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モデルの構築については、当初計画通りの進捗が達成されている。

②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況：

上記コア技術の開発に、スリランカからの長期研修員が主体的に関わっていて技術移転についても当初計画通りに進んでいる。

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

おおむね、計画通りの進捗が得られていて、想定されていなかった展開や問題はない。

#### (4) 研究題目 3：「リスク情報伝達・住民教育」

研究グループ G3（リーダー：笹原克夫）

G3 では RRL の予測情報を、住民や行政機関の端末に仮想現実（AR）として表示し、必要な対応行動を促すばかりでなく、住民や行政の対応情報をも集約し、EWS の効果をより大きくする仕組みを構築する役割を担う。コロナ感染症の拡大に伴う渡航制限などのため G3 の全体的な活動の開始は遅れている。G3 の各課題の令和 3 年度の進捗状況は以下のとおりである：

（G3-1）AR ソフト開発：

RRL の土砂流動過程を再現するソフトウェア（LS Rapid）の数値計算結果をワークステーション上でグラフィックス プロセッシング ユニット（GPU）を用いてベースマップ上に仮想現実として表示するシステムの構成案が当初示された。しかしながら GPU を用いた RRL の発生・流動過程の数値計算結果が安定せず、これには内部での演算順序が非決定的であることや、丸め誤差の累積



など様々な要因が関わっていることが推測された。このため様々な降雨パターンによる RRLI の発生、流動、堆積過程を GPU に依存しない形で事前に数多く解析し、降雨予測が与えられた時点でこれらの事例から可能性の高いパターンを検索・表示するシステムとする形での設計変更がなされている。年度終了時には PC 及びスマホ用の 2D 及び 3D のプロトタイププログラム作成が進行中である。

(G3-2) 豪雨・RRLI 予測結果の利用者への伝達、利用者からのフィードバック（リスクコミュニケーション）ツールの実装、およびそのガイドラインの構築：

まだ上記 AR ソフトの利用者がいない現状で、令和 2 年度はこの活動をスタートする段階ではないが、各地域コミュニティー（Grama Niladhari 地区（GN 地区）と呼ばれる）、複数の GN 地区を束ねる郡（Divisional Secretary）、その上位機関の県、そして中央政府の災害管理センター（DMC）といった早期警戒発令と対応の主要プレイヤーが、どのように災害情報を共有し対応に当たるのかについては、引き続き情報の収集と共有を進めている。2022 年夏の日本側研究者のスリランカ渡航時に、リスク情報伝達の主要な役割を担うプレイヤーを対象とした調査を行う計画を策定中である。

(G3-3) 地域住民・自治体を対象とした知識向上、および防災教育：

この課題も令和 3 年度はこの活動を本格スタートする段階にはなかったが、2020 年 10 月にスリランカから来日した長期研修生（愛媛大学大学院連合農学研究科）が高知大学において RRLI の発生前の兆候に関わる研究を継続している。これらは地すべり土塊の崩落開始前の三次クリープと呼ばれる変形段階での移動加速度と速度の間に一律な関係があることを検証しようとする試みであり、RRLI のリスクの或る地域や関係者間に共有される情報になると期待される。

## 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）

個別コア技術の開発に当たる G2 では、次年度スリランカから新たに長期研修生（修士課程）を東京工業大学と山梨大学に招聘し、最先端のマルチスケール気象モデル（MSSG）の基礎知識の習得や、降雨による RRLI 発生の事例研究を開始してもらう。併せて、京都大学、高知大学（愛媛大学大学院連合農学研究科）、東京大学、山梨大学にすでに在籍している長期研修生とも必要な情報を交換し、早期警戒技術開発につながる基礎知識の醸成と研究課題の絞り込みにあたってもらう。

G3 で進める RRLI の早期警戒情報の伝達システムの開発に当たっては、本プロジェクトに先行して JICA が NBRO をカウンターパート機関として進めていた土砂災害対応のソフト面の技術開発と実装を目的とした Project SABO と連携し、早期警戒技術の実装に向けて必要な情報の共有を図ってきたが、2022 年夏に日本側研究者が渡航しリスク情報伝達の主要な役割を担うプレーヤーへの聞き取り調査などを行い、引き続き実効的なフレームワーク構想を具体化していく。

上記 G2、G3 の活動を統括する G1 グループでは、統括活動と併せて、以下の項目を進める。

### (1) 第 3 回 JCC 会議（2022 年 6 月 15 日、京都大学防災研究所）

討議する議題は以下を含む。

\* Project Design Matrix (PDM), Plan of Operation (PO) の確認

\* スリランカの現況（感染症・経済危機など）の情報共有、

\* 本プロジェクトの中間審査（3 年目）のスケジュール、

\* 本プロジェクト現地事務所の運営体制、長期研修生留学生候補者（東工大、山梨大学）など

\* 2022 年 7 月から 8 月にかけての日本側研究者の渡航で実施すること、（詳細は下記 (2)）

\* ICL の Open Access Book Series "Progress in Landslide Research and Technology (P-LRT)" について（詳細は下記 (3)）

### (2) 2022 年 7 月から 8 月にかけての日本側研究者の渡航（Landslide Technical Forum を含む）

\* Landslide Technical Forum（2022 年 8 月 10 日）：

G2, G3 の個別技術の開発状況を報告・共有、併せて G1 グループから今後の進め方の全体方針などを説明する。

\* RRLI の発生、流動、堆積過程のシミュレーションのための LS-Rapid の講習会を行う。

\* リングせん断試験機の整備と講習：地すべり土塊の流動過程を再現するうえで必要なデータを得る装置である。すでに NBRO に届いているがこれを稼働させるための調整、整備、そして講習を行う。

\* RRLI リスク情報伝達における主要なプレーヤーへの調査を行う（G3 グループ主体）。

### (3) ICL Open Access Book Series "Progress in Landslide Research and Technology (P-LRT)" への報告掲載

ICL の Open Access Book Series として創刊した Progress in Landslide Research and Technology (Springer Nature) に随時研究成果を報告していく。現時点で以下の 3 編が Volume 1, Issue 1 に掲載決定。

Kazuuo KONAGAI, Asiri Karunawardena, Kithsiri N. BANDARA, Kyoji SASSA, et al.: Early warning system against rainfall-induced landslide in Sri Lanka.

SATREPS Project RRLI の概要と個別研究の最新成果を紹介した記事

【令和 3 年度実施報告書】【220531】

Ryo Onishi, Joe Hirai, Dmitry Kolomenskiy, Yuki Yasuda: Realtime high-resolution prediction of orographic rainfall for early warning of landslides.

RRLL の早期警戒において最も大事な基礎技術である山地斜面での降雨の一日前予測手法について最新の研究成果をまとめた記事

Beena Ajmera et al.: LS-RAPID Manual with Video Tutorials

RRLL の発生、流動、堆積過程のシミュレーションのための LS-Rapid のマニュアル

(4) 中間評価に向けての準備

上記(1), (2), (3)項目の実施がプロジェクト中間年における中間審査の準備に直結する。(1), (2), (3)項の活動が円滑に進むことがプロジェクトの目標である早期警戒技術の開発と実装への展望を与えることになる。

### 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

プロジェクト全体としては研究実施に当たって、体制上の、あるいは枠組み上の大きな課題はないが、COVID-19 感染症蔓延下での様々な制約が、令和 3 年（2021）度も引き続き共同研究を進めるにあたっての避けられない課題であり続けた。

そのような状況の中で令和 3 年度は、カウンターパート機関である国家建築研究所（NBRO）よりさらに 2 名の長期研修生（博士後期課程）を東京大学、および山梨大学で受け入れ、RRLI の早期警報発出に関わる個別技術の開発を進めた。また 2021 年 11 月に京都国際会館においてハイブリッド形式（onsite, online, pre-recorded）で開催された第 5 回斜面防災世界フォーラム（the 5th World Landslide Forum, WLF5、2020 年 11 月から 1 年延期）で SATREPS Session を企画し、また WLF5 と同時開催で第 2 回の JCC 会議をハイブリッド形式で開催した。この場で、Plan of Operation を確認し、これを実現させるための現地調査実現に向けた計画を合意した。ビザ取得にあたっての JICA の尽力もあり、またスリランカの感染症危険度レベルの 3 から 2 への引き下げ（3 から 2）もあり、パイロットサイトの一つ Athwelthota での現地計測機器設置は 2022 年 3 月に行われた。

スリランカの感染症危険度レベルは現時点で 2 を維持している一方で、2022 年 5 月 18 日にはスリランカ史上初めてのデフォルト（債務不履行）に陥るなど、2022 年度に入って同国の経済危機は様々な形で顕在化している。このためスリランカの危険度レベル 1 から 2 に引き上げられた。このような状況の中でも、現地調査を含めた共同研究の推進の意義と効果は大きく、JICA や関係機関の協力を得て万全な対応を講じたうえで、2022 年 7 月から 8 月にかけてプロジェクトの日本側メンバーの渡航を計画している。

#### (2) 研究題目 1：「総括・人材育成・社会実装」

グループ G1（リーダー：小長井一男）

- ・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。
- ・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。

上記「プロジェクト全体」で述べたように、スリランカの感染症危険度レベル、および危険度レベルがともに 2 である現況下で、日本・スリランカ双方で情報を共有するシステムを整え、渡航を前提にした G1, G2 の活動をも円滑に進められる体制を整えていく。G1 の最大の役割は、G2, G3 で開発される最先端の個別技術を統合し、社会実装の道筋をつけることである。このためスリランカで先行した土砂災害リスク軽減のための非構造物対策能力強化プロジェクト（Project SABO, 2019-2022）の関係者との情報共有を継続する。共有される情報は G2 グループで進むマルチスケール気象モデル（MSSG）のスリランカ向けのパラメータチューニング、高速リングせん断試験や遠心力載荷試験、RRLI の発生流動過程のシミュレーションなどに関する研究進捗状況である。さらに Project SABO の関係者が熟知している現地の災害対応の状況を踏まえ、G3 が推進するリスク情報伝達や住民教育の戦略構築を補佐する。

(3) 研究題目 2 : 「斜面豪雨・高速長距離土砂流動の発生運動予測技術開発」

研究グループ G2 (リーダー: 小長井一男)、(サブリーダー: 大西領、渦岡良介)

- ・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。
- ・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。

G2 で進める研究課題のうち (G2-1) MSSG による山地斜面での 1 日前の累積降雨量の予測 (サブリーダー: 大西領) については、引き続きスリランカの気象モデルの構築を推進する。令和 3 年度から東京大学大学院に進学した長期研修生も、また令和 4 年度に東京工業大学 (博士前期 (修士) 課程) 受験予定の候補者もこの気象モデルの構築に関わっていく。スリランカ側には、現在 NBRO がスリランカ国内に所有している 260 か所の自動降雨観測点のデータ、同じく保安・内務・災害管理省傘下の気象局からのデータ、また JICA の Project SABO の先行事業である土砂災害対策強化プロジェクト (Project TCLMP) で得られたデジタル地形情報があり、さらに国内にも類似の RRLI の事例は多く、気象庁の過去の気象データも充実していることから、これらも有効に活用できる。

もう一つの開発研究課題 (2) 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モデルの構築 (サブリーダー: 渦岡良介) については、京都大学大学院博士課程に NBRO の若手研究者が在籍し、スリランカの山地を想定した細粒分に富む土の遠心力場での透水試験実験を計画通り進めていく。

(4) 研究題目 3 : 「リスク情報伝達・住民教育」

研究グループ G3 (リーダー: 笹原克夫)

G3 では RRLI の予測情報を、住民や行政機関の端末に仮想現実 (AR) として表示し、必要な対応行動を促すばかりでなく、住民や行政の対応情報をも集約し、EWS の効果をより大きくする仕組みを構築する役割を担う。当初 RRLI の発生・流動過程の数値計算を GPU を用いて高速で解析し予測に反映させるシステム開発を計画したが、GPU を用いた数値計算結果が安定しない課題が浮上した。そこで GPU を用いない通常の安定した計算環境の下で様々な降雨パターンによる RRLI の発生、流動、堆積過程を事前に数多く解析し、降雨予測が与えられた時点でこれらの事例から可能性の高いパターンを検索・表示するシステムとする形での設計変更がなされた。現在 PC 及びスマホ用の 2D 及び 3D のプロトタイププログラム作成が進行中である。

コロナ禍で渡航が大きく制約されてきた状況が継続していたが、入出国制限の緩和措置も段階的に進められている状況を受け、RRLI のリスク情報伝達の重要な役割を担うプレーヤー (地域コミュニティ-Grama Niladhari 地区 (GN 地区)、複数の GN 地区を束ねる郡 (Divisional Secretary)、その上位機関の県、そして中央政府の災害管理センター (DMC)) などへのヒヤリングなども含めた活動を本格化させる。

#### IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

##### (1) 成果展開事例

※SATREPS で得られた成果が、技術移転や実用化に向けた展開、あるいは JST や NEDO などの実用化プログラムに展開した事例があれば記載ください。産学官連携の活動の他に、行政サービスへの反映等の事例も含まれます。

※国内だけでなく、相手国内における成果の展開の事例があれば併せて記載ください。  
該当なし。

##### (2) 社会実装に向けた取り組み

- 2018年6月20日にスリランカ側カウンターパート機関 NBRO の他、災害管理センター、気象局、灌漑局、および協力者の CECB、ペラデニア大学、ルフナ大学、モラトア大学などの関係者が参加する Project RRLI のワークショップが NBRO、災害管理センター、気象局を当時所管していた灌漑・水資源・災害管理省内で行われた。本プロジェクトの内容を紹介する中で気象予測のためのプラットフォームになる最先端のマルチスケール気象モデル (MSSG) による過去の斜面災害時の降雨再現結果、および高速リングせん断試験結果を用いたアラナヤケ地すべりの発生、流動、堆積課程の再現シミュレーションが紹介された。参加者からはこのプロジェクト推進に強い支援を表明する発言があり、併せてこれらの最先端技術を用いて予測されたリスク情報をどのような形で地域のコミュニティや行政に伝えていくのか熱心な討議が行われた。
- 上記と前後する形でアラナヤケ地区を所管するアラナヤケ郡 (Divisional Secretary) とさらにその上位行政組織であるケゴール県の県知事 (District Secretariat) の L. J. M. G. Ghandrasiri Bandara 氏を研究代表者の小長井一男と、ICL 事務局長佐々恭二らが訪問し、上記の早期警戒技術の紹介を行なった。県知事からはプロジェクトへの強い期待の表明と併せて、社会実装を行うにあたって携帯電話の保有率が高くないこと、貧民 (災害弱者) への対応が大事になるとの考えが示された。
- 社会実装にあたっては、先行して進められていた JICA 技術協力プロジェクト "Project for Capacity Strengthening of Development on Non-structural Measures for Landslide Risk Reduction in Sri Lanka (略称: Project SABO)" で構築された枠組みも有効に活用できる。RRLI のリスク情報伝達上の各プレイヤーがどのような役割を担うのか具体化を進めるうえでも、Project SABO の成果は重要である。

プロジェクトの推移や研究成果などについては、これまで3回の英文・和文のニュースレターを作成しウェブ上で公表している。

<https://icl.iplhq.org/category/icl/jica-jst-satreps-project-for-sri-lanka/>

また ICL の Open Access Book Series として創刊した Progress in Landslide Research and Technology (Springer Nature) の Volume 1, Issue 1 に本プロジェクトの成果に関わる最新情報を紹介する記事3編が掲載決定。

## V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

※当該年度に行った活動のうち日本のプレゼンスの向上に寄与する事例を簡潔に記載ください。

※本プロジェクト全体での科学技術上の成果、社会実装の成果に加え、相手国の要人からの期待・謝意があったこと、相手国・日本のメディアに大きく取り上げられたこと等についても客観的事実を簡潔にまとめてください。

令和3年度は特記事項無し。

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。)
2020	Qinwen Tan, <b>Kyoji Sassa, Khang Dang, Kazuo Konagai, Asiri Karunawardena, R. M. S. Bandara, Huiming Tang, Go Sato.</b> Estimation of the past and future landslide hazards in the neighboring slopes of the 2016 Aranayake landslide, Sri Lanka. <i>Landslides</i> , 2020, Vol. 17, 1727-1738.	<a href="https://doi.org/10.1007/s10346-020-01419-1">https://doi.org/10.1007/s10346-020-01419-1</a>	国際誌	発表済	
2020	<b>Kazuo Konagai, Asiri Karunawardena, Kyoji Sassa,</b> "SATREPS Project for Sri Lanka with Regard to "Development of Early Warning Technology of Rain-Induced Rapid and Long-Travelling Landslides," <i>Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk</i> , a part of ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction book series (CLDRR), Vol. 1 Sendai Landslide Partnerships and Kyoto Landslide Commitment, 205-214, December, 2020.	<a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-60196-6_12">https://doi.org/10.1007/978-3-030-60196-6_12</a>	国際誌	発表済	

論文数 2 件  
 うち国内誌 0 件  
 うち国際誌 2 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。)
2019	Duc Ha Nguyen, Takahiro Sayama, <b>Kyoji Sassa,</b> Kaoru Takara, Ryosuke Uzuoka, Khang Dang, Tien Van Pham, "A Coupled Hydrological-geotechnical Framework for Forecasting Shallow Landslide Hazard—a Case Study in Halong City, Vietnam", <i>Landslides</i> 2019, Vol.17, No.7 : 1619-1634. (online publication is 19 March 2020)	<a href="https://doi.org/10.1007/s10346-020-01385-8">https://doi.org/10.1007/s10346-020-01385-8</a>	国際誌	発表済	Lanndslides (2019 Impact Factor=4.708, 2109 CireScore=8.2)に掲載
2020	<b>Kyoji Sassa,</b> Peter T.Bobrowsky, Kaoru Takara, and Badaoui Rouhban "Kyoto 2020 Commitment for Global Promotion of Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk," <i>Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk</i> , a part of ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction book series (CLDRR), Vol. 1 Sendai Landslide Partnerships and Kyoto Landslide Commitment, 145-154, December, 2020.	<a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-60196-6_7">https://doi.org/10.1007/978-3-030-60196-6_7</a>	国際誌	発表済	
2020	Qunli Han, <b>Kyoji Sassa,</b> and Matjaz Mikos "International Programme on Landslides (IPL): A Programme of the ICL for Landslide Disaster Risk Reduction," <i>Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk</i> , a part of ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction book series (CLDRR), Vol. 1 Sendai Landslide Partnerships and Kyoto Landslide Commitment, 187-204, December, 2020.	<a href="https://doi.org/10.1007/978-3-319-59469-9_19">https://doi.org/10.1007/978-3-319-59469-9_19</a>	国際誌	発表済	
2021	<b>Katsuo Sasahara:</b> Velocity and Acceleration of Surface Displacement in Sandy model Slope with Various Slope Conditions, N. Casagli et al. (eds.), <i>Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk</i> , ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction, pp.315-320	DOI 978-3-030-60311-3_37	国際誌	発表済	
2021	<b>Khang Dang, Doan Huy Loi, Kiyoharu Hirota,</b> Yoshinobu Taniguchi & <b>Kyoji Sassa,</b> Landslide triggered by heavy rainfall on 06 September 2020 in Shiiba village, Miyazaki Prefecture, Japan. <i>Landslides</i> volume 18, pages3485-3488 (2021)	<a href="https://doi.org/10.1007/s10346-021-01729-y">https://doi.org/10.1007/s10346-021-01729-y</a>	国際誌	発表済	
2021	Pham Van Tien, Le Hong Luong, <b>Kyoji Sassa,</b> Kaoru Takara, Maskey Sumit, Tran Thanh Nhan, <b>Khang Dang,</b> and Do Minh Duc (2021) Mechanisms and Modeling of the Catastrophic Landslide Dam at Jure Village, Nepal. <i>Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering</i> 147 (11)	<a href="https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0002637">https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0002637</a>	国際誌	発表済	
2021	Pham Van Tien, Le Hong Luong, Do Minh Duc, Phan Trong Trinh, Dinh Thi Quynh, Nguyen Chau Lan, Dang Thi Thuy, Nguyen Quoc Phi, Tran Quoc Cuong, <b>Khang Dang &amp; Doan Huy Loi,</b> Rainfall-induced catastrophic landslide in Quang Tri Province: the deadliest single landslide event in Vietnam in 2020. <i>Landslides</i> volume 18, pages2323-2327 (2021)	<a href="https://doi.org/10.1007/s10346-021-01664-y">https://doi.org/10.1007/s10346-021-01664-y</a>	国際誌	発表済	
2021	<b>D. Hiruma, R. Onishi, K. Takahashi</b> and K. Fukagata, Sensitivity Study on Storm Modulation through a Strategic Use of Consumer Air Conditioners, <i>Atmospheric Science Letters</i> (accepted 2022/3/16)		国際誌	in press	
2021	浅野志穂, "地すべり移動観測における長スパン地表伸縮計適用の検討", 関東森林研究, 2021.03, 721, pp.177-178		国内誌	発表済	
2021	<b>Katsuo Sasahara,</b> Nobutaka Hiraoka, Naotaka Kikkawa, Kazuya Itoh, "Development of the surface displacement velocity in a full-scale loamy model slope under multistep excavation", <i>Bulletin of Engineering Geology and the Environment</i> , 2021.24, 80-, pp.4389-4403	10.1007/s10064-021-02226-1	国際誌	発表済	
2022	Jiawei Xu, Kyohei Ueda, and <b>Ryosuke Uzuoka,</b> "Evaluation of failure of slopes with shaking-induced cracks in response to rainfall", <i>Landslides</i> , 2022.01, 191, pp.119-136	<a href="https://doi.org/10.1007/s10346-021-01734-1">https://doi.org/10.1007/s10346-021-01734-1</a>	国際誌	発表済	

論文数 11 件  
 うち国内誌 1 件  
 うち国際誌 10 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
2019	Kazuo Konagai, Asiri Karunawardena, A A Virajh Dias, Kyoji Sassa, Khang Dang, "Development of Early Warning Technology of Rain-induced Rapid and Long-travelling Landslides in Sri Lanka". Proceedings of 2019 IPL Symposium on Landslides, 16-19 September 2019, pp. 277-283. ISBN 978-4-9903382-5-1	プロシーディング	発表済	
2019	Kyoji Sassa, Kazuo Konagai, Kiyoharu Hirota, Asiri Karunawardena, Japan-Sri Lanka SATREPS Project "Development of Early Warning Technology of Rain-induced Rapid and Long-travelling Landslides". Proceedings of 58th Annual Meeting of Japan Landslide Society, 21-22 August 2019, pp. 147-148	プロシーディング	発表済	

著作物数 2 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
2019	Khang Dang, Kyoji Sassa, Kiyoharu Hirota, Kazuo Konagai, Duc Ha Nguyen, Huy Loi Doan, "Preliminary Simulation for Kure Landslide Triggered by Heavy Rainfall of July 2018" Proceedings of 58th Annual Meeting of Japan Landslide Society, 21-22 August 2019, pp.81-82	プロシーディング	発表済	
2020	Khang Dang, Doan Huy Loi, Kyoji Sassa, Do Minh Duc, Nguyen Duc Ha. Hazard assessment of a rainfall-induced deep-seated landslide in Hakha city, Myanmar. Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk (Binod Tiwari, Kyoji Sassa, Peter Bobrowsky, Kaoru Takara, eds). Springer, Cham. Vol. 4 Testing, Modeling and Risk Assessment, pp 249-257, 2021	書籍の1章	発表済	
2020	Doan Huy Loi, Kyoji Sassa, Khang Dang, Le Hong Luong. Landslide hazard zoning based on the integrated simulation model (LS-Rapid). Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk (Binod Tiwari, Kyoji Sassa, Peter Bobrowsky, Kaoru Takara, eds). Springer, Cham, Vol. 4 Testing, Modeling and Risk Assessment, pp 259-266, 2021	書籍の1章	発表済	
2020	Kyoji Sassa, Matjaž Mikoš, Shinji Sassa, Peter T. Bobrowsky, Kaoru Takara, Khang Dang, eds. Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk. Volume 1 Sendai Landslide Partnerships and Kyoto Landslide Commitment. Springer, Cham, 2021	書籍の1章	発表済	
2020	肥留間大輔、大西領、深溝康二、高橋桂子、数値感度実験による線状降水帯の可制御性解析、ながれ、2020、39、324-327		発表済	流体力学会年会2020の発表260研の中から「注目研究 in 年会2020」として選ばれた10件の一つ
2021	Kumiko Fujita "Introducing Japanese Landslide Warning System to Sri Lanka: Analyzing the Social Differences for Successful Technology Transfer" in Impact of Climate Change, Land Use and Land Cover, and Socio-economic Dynamics on Landslides. Disaster Risk Reduction (Methods, Approaches and Practices). Springer, Singapore. Editors: Raju Sarkar, Rajib Shaw, and Biswajeet Pradhan, Springer, (2022) Pages 397-412 <a href="https://doi.org/10.1007/978-981-16-7314-6_17">https://doi.org/10.1007/978-981-16-7314-6_17</a>	書籍の1章	発表済	

著作物数 6 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
2019	国内学会	Kyoji Sassa, Kazuo Konagai, Kiyoharu Hirota, Asiri Karunawardena (2019) Japan-Sri Lanka SATREPS Project "Development of early warning technology of rain-induced rapid and long-travelling landslides". Proceedings of 58th Annual Meeting of Japan Landslide Society, 21-22 August 2019, pp. 147-148	口頭発表
2019	国際学会	Kazuo Konagai, Asiri Karunawardena, A A Virajh Dias, Kyoji Sassa, Khang Dang (2019) Development of early warning technology of rain-induced rapid and long-travelling landslides in Sri Lanka. Proceedings of 2019 IPL Symposium on Landslides, 16-19 September 2019, pp. 277-283. ISBN 978-4-9903382-5-1	口頭発表
2021	国際学会	Kazuo Konagai "SATREPS project for Sri Lanka with regard to "Development of early warning technology of Rain-induced Rapid and Long-travelling Landslides"," The Fifth World Landslide Forum, Kyoto, Japan, Nov. 2021	口頭発表
2021	国際学会	Imaya Ariyaratna, E.J.M.P.H.Jayasundara, K.P.G.W.Senadheera, H.A.G.Jayathissa, Katsuo Sasahara "Early warning system against rainfall-induced landslide in Sri Lanka," The Fifth World Landslide Forum, Japan, 2021.11.2～6	口頭発表
2021	国際学会	S.H.S. Jayakody and Ryosuke Uzuoka, Porewater Pressure Analysis of slopes subjected to rainfall patterns, World Landslide Forum 5, Kyoto, Japan, 04-06 Nov 2021	口頭発表

招待講演 0 件  
口頭発表 5 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
2019	国内学会	Khang Dang, Kyoji SASSA, Kiyoharu HIROTA, Kazuo KONAGAI, Duc Ha NGUYENH, Huy Loi DOAN "Preliminary simulation for Kure landslide triggered by heavy rainfall of July 2018" Proceedings of 58th Annual Meeting of Japan Landslide Society, 21-22 August 2019, pp.81-82	口頭発表
2020	国内学会	Doan Huy Loi, Can the Landslide Induced Tsunami Be Reproduced by the Centrifuge Model Tests?, Disaster Prevention Research Institute Annual meeting 2021, Kyoto University, 2/2021	口頭発表
2020	国内学会	肥留間大輔(慶應大)、○大西領(東工大)、深淵康二(慶應大)、高橋桂子(JAMSTEC)、数値感度実験による線状降水帯の可制御性解析、日本流体力学会年會2020、山口大学(オンライン開催)、2020/9/18	口頭発表
2020	国内学会	平井文(東工大)、大西領(東工大)、山岳降雨に及ぼす雲内乱流効果の数値解析、第4回海洋地球科学シミュレーションワークショップ、オンライン開催、2021/3/23	口頭発表
2020	国内学会	大西領(東工大)、Dmitry Kolomenskiy(東工大)、スリランカにおける斜面豪雨予測システムの開発、第4回海洋地球科学シミュレーションワークショップ、オンライン開催、2021/3/23	口頭発表
2020	国内学会	笹原克夫:異なる斜面条件を有する砂質模型斜面の変位速度-加速度関係、第55回地盤工学研究発表会、オンライン、2020/7/21-23	口頭発表
2020	国内学会	笹原克夫:地下水位上昇速度が異なる砂質斜面の変位速度と崩壊時刻、日本地すべり学会 第59回研究発表会、CD-ROM配布、2020/9/16-18	口頭発表
2020	国内学会	浅野志穂、壁谷直記、萩野裕章、黒川潮((国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所)、森林伐採による斜面表層水分の降雨応答の変化観測、日本森林学会大会、東京都府中市(オンライン)、3月19日～23日	ポスター発表
2021	国際学会	Ryo Onishi "Technology development of reliable rainfall prediction in mountain regions of Sri Lanka," The Fifth World Landslide Forum, Kyoto, Japan, Nov. 2021	口頭発表
2021	国際学会	Shiho Asano "Strategy for monitoring creeping movements of unstable soil masses triggered by heavy rain at pilot sites in tropical forested mountain," The Fifth World Landslide Forum, Kyoto, Japan, Nov. 2021	口頭発表
2021	国際学会	Ryosuke Uzuoka "Porewater pressure build-up of slopes subjected to different rainfall conditions by centrifuge modelling," The Fifth World Landslide Forum, Kyoto, Japan, Nov. 2021	口頭発表
2021	国際学会	Kumiko Fujita, "Starting International Joint Research for Landslide Disaster Risk Reduction: The Use of Japanese Warning Technology Considering the Social Differences in Sri Lanka and Japan". WLF5, Kyoto, Japan, Nov. 2021	口頭発表
2021	国際学会	Doan Huy Loi, Landslide hazard zoning based on the integrated simulation model (LS-Rapid), WLF5, Kyoto, Japan, Nov. 2021	口頭発表

2021	国際学会	Ngoc Ha DO, Satoshi GOTO, Hiroataka OCHIAI, Shiho ASANO, Huy Loi DOAN, Junji YOSHIDA, Shear band formation observed in a rainfall induced landslide in a flume experiment on weathered granite, WLF5, Kyoto, Japan, Nov. 2021 sand	ポスター発表
2021	国内学会	Doan Huy Loi, Study the Coastal Landslide Induced Tsunami by the Centrifuge Model Tests, DPRI Annual meeting 2022, Kyoto, 2/2022	口頭発表
2021	国際学会	S.H.S. Jayakody and Ryosuke Uzuoka, Porewater Pressure Analysis of slopes subjected to rainfall patterns, World Landslide Forum 5, Kyoto, Japan, 04-06 Nov 2021	口頭発表
2021	国際学会	Khang Dang, Doan Huy Loi, Kyoji Sassa, Do Minh Duc, Nguyen Duc Ha. Hazard Assessment of a Rainfall-Induced Deep-Seated Landslide in Hakha City, Myanmar. The Fifth World Landslide Forum, 2-6 November 2021, Kyoto, Japan	口頭発表
2021	国内学会	平井 文, 大西 領, Kolomenskiy Dmitry, 山岳降雨に及ぼす雲内乱流効果の数値解析、気象学会春季大会、2021/5/19	口頭発表
2021	国際学会	R. Onishi (東工大), D. Kolomenskiy (東工大, Skoltech), J. Hirai (東工大), Technology development of reliable rainfall prediction in mountain regions of Sri Lanka, The Fifth World Landslide Forum (WLF2021), Kyoto, 2021/11/6	口頭発表
2021	国内学会	大西領、微気象制御学と気象制御、ムーンショットセミナー、気象制御可能性検討セミナー、理化学研究所(オンライン)、2021/6/23	招待講演
2021	国際学会	Jiawei Xu, Ryosuke Uzuoka, and Kyohei Ueda. Seepage and deformation of unsaturated slope during post-earthquake rainfall, World Landslide Forum 5, Kyoto, Japan, 04-06 Nov 2021.	口頭発表
2021	国際学会	Jiawei Xu, Kyohei Ueda, and Ryosuke Uzuoka. Centrifuge model tests on the failure of slopes during post-earthquake rainfall. 3rd Asian Conference on Physical Modelling in Geotechnics (Asifuge), Singapore, 18-19 Nov 2021.	口頭発表
2021	国内学会	浅野志穂、Do Ngoc Ha(山梨大学)、瀧本圭介(五大開発(株))、自動追尾型トータルステーションによる海外での地すべり変位計測の課題、日本地すべり学会研究発表会、北海道札幌市(オンライン)、9月15日～16日	ポスター発表
2021	国際学会	ASANO Shiho, Role of forestry conservation for landslide prevention, The Fifth World Landslide Forum、京都市、11月4日～6日	口頭発表
2021	国内学会	Imaya ARIYARATHNA, Katsuo SASAHARA: Prediction of Failure Time based on Velocity and Acceleration of Surface Displacement in Sandy Model Slope, 日本地すべり学会第60回研究発表会, Web, 2021.9.15～16	口頭発表
2021	国内学会	笹原克夫:変位の計測に基づく崩壊予測—変位の増加から崩壊に至る条件—, 日本地すべり学会第60回研究発表会, Web, 2021.9.15～16	口頭発表
2021	国際学会	Katsuo Sasahara: Velocity and Acceleration of Surface Displacement in Sandy Model Slope with Various Slope Conditions, The Fifth World Landslide Forum, Japan, 2021.11.2～6	口頭発表
2021	国際学会	Naoki Iwata, Katsuo Sasahara: Influence of Intervals Measuring Surface Displacement on Time Prediction of Slope Failure Using Fukuzono Method, The Fifth World Landslide Forum, Japan, 2021.11.2～6	口頭発表
2021	国際学会	Imaya Ariyaratna, Katsuo Sasahara: Prediction of Failure Time based on Velocity and Acceleration of Surface Displacement in Sandy Model, The Fifth World Landslide Forum, Japan, 2021.11.2～6	口頭発表

1 件  
25 件  
3 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													

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	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 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

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)	公開/ 非公開の別	概要
2020	12月15日	Project RRLL Interim meeting of the fiscal year 2020	京都大学防災研究所(日本)	約20	非公開	各メンバーの進行中の研究発表、先行研究 Project SABOのメンバーからの研究発表
2021	4月21日	1st Landslide Technical Forum	オンライン(日本・スリランカ)	19	公開	各メンバーの進行中の研究発表、先行研究 Project SABOのメンバーからの研究発表
2021	11月6日	2nd Landslide Technical Forum RRLL Project SATREPS Session in the 5th World Landslide Forum	京都国際会館(日本)	25	公開	各メンバーの進行中の研究発表、先行研究 Project SABOのメンバーからの研究発表

3 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
2021	4月22日	各グループの進捗状況とコロナ禍における今後の進め方について	35	(1) 各研究班メンバーはコロナ禍の中でも個別に進められる研究を積極的に進め成果も得られている。しかしコロナ禍の厳しい渡航制限の中で、(2)まだ開始できていない研究項目がある。特に (i) 2つの調査対象地であるAthwelthotaとAranayakeで不安定土塊の観測が開始できていない、(ii) リスクコミュニケーションと住民教育のための現地調査が始められていないことへの対応が議論された。その結果 (3) JCC会議メンバーに新たに組織としてCentral Engineering Consultancy Bureau (CECB)、個人としてDr. Jayalath Edirisinghe (University of Peradeniya)、Dr. Udeni Nawagamuwa (University of Moratuwa)を加え、これらの研究者、研究機関に現地での手助けをしていただいたり、情報共有や個別の打ち合わせをオンラインで進めていくことで研究を加速させていく方針が確認された。
2021	11月4日	各グループの進捗状況と現場派遣の時期について	39	(1) 第1回JCC会合以降、新たなJCCメンバーも参画して可能な限り研究を進めてきた。しかし、(2)(i)2つの調査対象地であるAthwelthotaとAranayakeで不安定土塊の観測が開始できていないこと、(ii) リスクコミュニケーションと住民教育のための現地調査が始められていないことについては、(3) JICA Missionとしての正式ビザ発給までに約2、3か月かかることを考慮し、関係するメンバーは、5月のモンスーン期と、4月中旬に開催されるシンハラ及びタミールの新年の祭典を避け、3月及び4月に現地に赴くことを決定した。

2 件



# 表1 JST成果目標シート

研究課題名	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
研究代表者名 (所属機関)	小長井 一男 (特定非営利活動法人国際斜面災害研究機構(ICL) 学術代表)
研究期間	2019年6月1日～2025年3月31日
相手国名／主要相手国研究機関	スリランカ民主社会主義共和国／国防省・国立建築研究機構
関連するSDGs	目標11 安全かつ強靱で持続可能な都市及び人間居住の実現、目標13気候変動とそのインパクトへの対応策の推進、目標17持続可能な開発に向けて実施手段を強化し、グローバルパートナーシップを活性化

## 付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> <li>土砂災害軽減研究と技術の先進国である日本の科学技術外交に資するとともに、世界的リーダーシップ強化と防災産業の国際展開推進に資する。</li> </ul>
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去の統計の少ない発展途上国にも適用可能な当該地域の斜面の物理特性に基づく高速長距離土砂流動発生および災害危険範囲予測法の開発</li> <li>高速長距離土砂流動災害の早期警戒技術の開発</li> </ul>
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> <li>24時間前降雨予測と現地地盤特性に基づく高速長距離土砂流動発生予測法の国際標準化の推進</li> <li>地すべり危険範囲予測と事前対応の国際標準化の推進</li> </ul>
世界で活躍できる日本人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>国際組織・機関において当事者能力を持って欧米をはじめ世界の国々と対等に議論できる日本人技術者育成</li> <li>国際組織運営、国際会議主催、国際ジャーナルへの論文執筆などの能力向上</li> </ul>
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>国際斜面災害研究機構の95会員機関と仙台パートナーシップに署名した国連、日本、イタリアなど22の国際機関に跨る世界的ネットワークの構築</li> </ul>
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> <li>仙台パートナーシップに基づいて出版されたISDR-ICL地すべり教材(Vol.1と2)の改良とVol.3の作成</li> <li>第5回(京都)2020斜面防災世界フォーラムにおける土砂災害予測と早期警戒セッションの開催と出版</li> </ul>

## 上位目標

第3回国連防災世界会議で採択された「仙台防災枠組み2015～2030」および国連の持続可能な開発目標11と13への日本の防災国際協力の成果になる。

高速長距離土砂流動災害が激化しつつある国々に対して、経済的かつ汎用性の高い日本発世界標準の技術が提供される。

## プロジェクト目標

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報、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

