

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「地球規模課題対応国際科学技術協力事業 防災分野」

研究課題名「地震直後におけるリマ首都圏インフラ被災程度の予測・観測のための統合型エキスパートシステムの開発」

採択年度：令和2年（2020年）度/研究期間：5年/

相手国名：ペルー共和国

令和2（2020）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

20**年 月 日から20**年 月 日まで

JST側研究期間^{*2}

2020年 8月 1日から2026年 3月31日まで

(正式契約移行日 年 月 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：楠 浩一

東京大学・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	暫定期間 (※)	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
G1. 早期警報システム【成果1】		5日研修	5日研修		博士課程 受入	
G1A 地震SWG		地震計設置調査	地震計設置		計測データ接続	運用確認
G1A-1 EASシステム高速化 【活動G1A-1】						
G1A-2 予測システムの高度化 【活動G1A-2】		活断層調査	震源モデル化	3次元地震動シミュレーション		地震ハザード評価
G1B 津波SWG				博士課程 受入		
G1B-1 津波浸水シナリオ 【活動G1B-1】		津波シナリオ作成			被害予測の高度化	
G1B-2 津波被害推定のための曝露データ確立 【活動G1B-2】		曝露人口および建物データの整理			試験運用と実証	
G1B-3 津波インパクト推定システム 【活動G1B-3】		被害予測手法開発			試験運用と実証	運用確認
G2. 建物・ライフライン【成果2】		7日研修	7日研修		博士課程 受入	博士課程 受入
G2A 建物SWG				博士課程 受入		
G2A-1 ペルーの建物の安全限界評価【活動G2A-1】		枠組み組積造の限界変形評価		被災度評価方法の確立		
G2A-2 即時病院継続使用性判定システム 【活動G2A-2】		モニタリング設置		即時判定システム開発		判定結果集約
G2B ライフライン						
G2B-1 インフラ・ライフラインの地震時脆弱性評価 【活動G2B-1】		インフラ・ライフライン調査		地震時脆弱性評価		
G2B-2 即時被害予測システム 【活動G2B-2】		モニタリング設置		被害評価技術開発	システム実装	判定結果集約
G2B-3 避難経路推定システム 【活動G2B-3】		インフラ・ライフライン被害予測技術開発			システム実装	判定結果集約
G3. 災害情報技術【成果3】		7日研修	7日研修	7日研修	7日研修	7日研修
G3-1 GISデータの構築 【活動G3-1】					博士課程 受入	
G3-2 観測データに基づく被害推定手法の開発 【活動G3-2】		GISデータ収集	GISデータベース構築とGIS実装			
G3-3 統合型GISシステムの構築 【活動G3-3】		地震動分布即時推定システムの開発		リモートセンシングによる被害把握技術検討		被害推定更新手法の開発
		ハザードマップの作成とGIS実装		意思決定ツールの開発		クラウドへの実装と運用
						システム試験運用開始
G4. 災害対応力向上【成果4】		7日研修	7日研修	7日研修	7日研修	7日研修
G4-1 防災関係者のキャパシティ・デベロップメント 【活動G4-1】		インフラ観測システム研修		EASと防災	GISデータ利用法	システム利用訓練
G4-2 一般市民の防災啓発 【活動G4-2】		建物モニタリングセミナー	ライフライン モニタリングセミナー	EASセミナー	GISセミナー	システムを用いた防災訓練

(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)

プロジェクトの計画立案のために暫定研究期間中に予定していた現地での予備調査は、COVID-19の影響で渡航が叶わなかったため、全てオンラインによる相手方とのミーティングにより行った。

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

暫定研究期間は2021年9月30日を予定しており、2020年度はプロジェクト研究計画立案のため、ペルー共和国において、各研究課題の予備調査を実施する予定であった。しかし、COVID-19の影響により、全く渡航が叶わなかった。その為、相手国研究者との打ち合わせは全てオンライン形式に移行した。暫定研究期間では毎月1度、定期全体ミーティングを実施し、プロジェクト全体、および各研究題目ごとの課題を議論し、共通認識の醸成に努めた。その結果、2020年12月にはPDM、PO、M/Mの素案の作成に至った。その後、12月8日～23日の日程で、オンラインによりペルー側と詳細計画策定調査を実施し、PDMおよびPOについて双方の合意に至り、M/Mの署名を行うことが出来た。

【令和2年度実施報告書】【210531】

また、本プロジェクトの対象地域を協議の上確定し、それに合わせてプロジェクトのタイトルの「リマ市内」を「リマ首都圏」に変更した。

その後、東京大学とペルー国立工科大学の間の共同研究協定となる CRA の素案を作成し、両機関の確認を終了し、署名できる状態に到達した。

(2) 研究題目 1 : 「早期警報システム」

地震 SWG (リーダー: 近藤久雄)

津波 SWG (リーダー: 越村俊一)

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

当初計画では、ペルーに渡航し、2021 年度に予定していたプロジェクトの研究計画策定のための予備調査を実施することとしていた。具体的には、ペルー側から提供可能な数値標高モデルの整備状況、断層パラメータの取得方法、断層推定システムの稼働状況などの確認である。その後、2021 年度にプロジェクトの全体研究計画、機材リスト、専門家派遣、研修計画などを確定する予定であった。

2020 年 3 月末より国内で顕著化した COVID-19 の影響で、海外渡航は不可能となり、全てオンラインで打ち合わせ・確認することとなった。一方その為、長期にわたって定期的な会合をペルー側と持つことが可能となり、結果として、当初計画を上回るスピードで協議が進み、PDM・PO を含めた全体研究計画案、機材リスト素案を作成することが出来た。COVID-19 の影響であることを考慮すると、極めて順調に進めることが出来たと考える。

②研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

現時点では具体的な技術移転は開始していない。

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

COVID-19 の影響で、当初予定していた渡航は全て不可能となった。その為、月に一度のペルー・日本側研究者による全体会議、およびテーマごとのペルー・日本側研究者による会議は全てオンライン会議となった。一方、オンライン会議となったことで、適切な頻度で多数の会合を持って、却って効率的に議論が進んだ側面もある。ただし、オンライン会議では、微妙なニュアンスなどをつかみにくい欠点があるため、細部まで繰り返し確認する必要があった。

④研究題目 1 の研究のねらい (参考)

- 即時地震計算システムを開発し、対象地域の地震動を速やかに算出する。
- 地震ハザード評価システムを改善し、対象地域の地震ハザード評価の精度を向上する。
- 津波ハザード評価システムを改善し、津波発生時の津波被害予測の高速化を図る。
- 津波被害推定に必要な建物および人口に関する曝露データを整備する。
- 津波被害予測手法を確立し、津波発生後の津波被害予測の精度向上を図る。

⑤研究題目 1 の研究実施方法 (参考)

【1A-1 EAS システムの高速化】

IGP と DHN はすでに早期警報システム（EWS）に利用するため、センサーを展開している。陸域でのセンサーに加えて、Callao の沖にある San Lorenzo Island にもセンサーを新たに設置したおかげで、地震到達 3 秒程度前に発報することが可能となっている。本プロジェクトでは、これらの観測情報を INDECI に実装するシステムを構築するための整理をおこなう。表示方法と意思決定システムの一部は他プロジェクトにより実施されているが、具体のデータ共有と統合・表示システムに貢献し、プロジェクト相互の相乗効果を向上させる。

【1A-2 予測システムの高度化】

ALOS-2 等の空間情報を活用し、地震の活断層評価に資する予察活断層図を作成する。活断層図は位置座標を有する GIS データとして整備し、他グループと共有して災害脆弱性評価との統合を目指す。また、活動間隔および活断層系の評価のため、数箇所において現地トレンチ・地形地質調査を行う。その結果を基に、長期的な地震発生可能性評価のプロトタイプを提示する。

既往の SATREPS ペルー強震観測点に併設する形で、広帯域地震動観測を実施し、既往の観測点や地震ハザード評価では捉えきれなかった長周期地震動モニタリング、工学的基盤以深の三次元地下構造のモデル化を行う。地震・津波ハザード評価は、日本とペルーが協同して発生シナリオを複数選定し、活動度の高い順に地震ハザード評価を面的に行う。その結果は、震前対策に活用されるとともに、「災害情報技術」グループにより、情報は統合されて表示される。

【1B-1 津波浸水シナリオ】

津波浸水状況に対して、建物被害および人的被害の量的推定手法の高度化に取り組む。ただし、ペルーにおいての既往津波の被害データは無いので、東日本大震災のデータから得られた被害関数等を参考にして、ペルーの建物状況や土地利用状況に応じて複数種類を構築する。これらの成果をリマで活用することで、起こりうる津波シナリオの提示、津波発生後の早期浸水被害予測を通じて、リマ市の人的被害の最小化・津波への備えを次のステップへと先導する。

【1B-2 津波被害推定のための曝露データ確立】

津波浸水状況に対して、建物被害および人的被害の量的推定手法の高度化に取り組む。ただし、ペルーにおいての既往津波の被害データは無いので、東日本大震災のデータから得られた被害関数等を参考にして、ペルーの建物状況や土地利用状況に応じて複数種類を構築する。これらの成果をリマで活用することで、起こりうる津波シナリオの提示、津波発生後の早期浸水被害予測を通じて、リマ市の人的被害の最小化・津波への備えを次のステップへと先導する。

【1B-3 津波インパクト推定システム】

津波浸水状況に対して、建物被害および人的被害の量的推定手法の高度化に取り組む。ただし、ペルーにおいての既往津波の被害データは無いので、東日本大震災のデータから得られた被害関数等を参考にして、ペルーの建物状況や土地利用状況に応じて複数種類を構築する。これらの成果をリマで活用することで、起こりうる津波シナリオの提示、津波発生後の早期浸水被害予測を通じて、リマ市の人的被害の最小化・津波への備えを次のステップへと先導する。

(3) 研究題目 2：「建物・ライフライン」

建物 SWG（リーダー：楠 浩一）

ライフライン SWG（リーダー：丸山喜久）

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

当初計画では、ペルーに渡航し、2021 年度に予定していたプロジェクトの研究計画策定のための予備調査を実施することとしていた。具体的には、ペルーでセンサーを試験設置して東京大学地震研究所へのデータ転送を試みる、構造実験棟を確認する、リマ市内の上下水道システムや道路ネットワークの地理空間情報について整備状況を確認するなどを行う事としていた。その後、2021 年度にプロジェクトの全体研究計画、機材リスト、専門家派遣、研修計画などを確定する予定であった。

2020 年 3 月末より国内で顕著化した COVID-19 の影響で、海外渡航は不可能となり、全てオンラインで打ち合わせ・確認することとなった。また、センサーに関しては日本国内で候補となるセンサーの設置方法の確認とデータ転送の試行を行い、十分ペルーで利用可能であることを確認した。オンライン会議としたため、長期にわたって定期的な会合をペルー側と持つことが可能となり、結果として、当初計画を上回るスピードで協議が進み、PDM・PO を含めた全体研究計画案、機材リスト素案を作成することが出来た。COVID-19 の影響であることを考慮すると、極めて順調に進めることが出来たと考える。

②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

加速度計を用いた建物の被災度判定システムの開発について、最新の英文論文をペルー側と共有した。また、日本の実験データベースの状況と利用方法をペルー側と共有し、ペルー側のデータベースの整備に生かすこととした。

リマ市における上下水道システムや道路ネットワークのデータ整備状況について確認した。また、地震被害予測に関して日本側およびペルー側の既往研究に関する情報を共有した。

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

COVID-19 の影響で、当初予定していた渡航は全て不可能となった。その為、月に一度のペルー・日本側研究者による全体会議、およびテーマごとのペルー・日本側研究者による会議は全てオンライン会議となった。一方、オンライン会議となったことで、適切な頻度で多数の会合を持って、却って効率的に議論が進んだ側面もある。ただし、オンライン会議では、微妙なニュアンスなどをつかみにくい欠点があるため、細部まで繰り返し確認する必要があった。

④研究題目 2 の研究のねらい（参考）

- ペルーの建物の安全限界変形評価法を確立し、病院などの重要構造物の構造ヘルスマonitoring に用いる。
- 病院などの重要構造物の構造ヘルスマonitoring 技術を開発し、設置と観測を実施する。
- ライフラインシステム（上下水道）、道路およびその環境（地質状況、供給地域、地震時脆弱性など）を調査する。
- インフラのリアルタイム被災度評価システムを開発する。
- 道路網の地震時脆弱性評価と主要医療施設・避難所の位置を考慮した避難経路推定システムを開発する。

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

⑤研究題目 2 の研究実施方法（参考）

【2A-1 ペルーの建物の安全限界評価】

即時建築物被災度判定システムを確立するためには、リマ市に多くある枠組み組積造建築物の安全限界変形を評価する必要がある。そこで、相手国研究機関で実施される枠組み組積造の静的加力実験結果、およびこれまでに国内外で行われてきた枠組み組積造壁の静的加力実験結果を収集し、安全限界変形の評価方法を確立する。

【2A-2 即時病院継続使用性判定システム】

建築物では、地震発生後の余震による二次災害防止を意図して、建築物の被災度を設置したセンサーにより自動的に判断し、その結果を住民に示すシステムを開発する。この判断方法には、我が国の建築基準法に 2000 年に追加された「限界耐力計算法」を用いる。ペルーで一般的な構造である、レンガを用いた枠組み組積造にも対応するため、枠組み組積造の安全限界変形を実験的に確認し、提案するシステムに組み込む。日本とペルーの両国で、試験設置を実施し、システムの検証と改良を行う。更に、ペルーにおいて 2015 年の法改正による特定建築物へのセンサー設置義務にも対応することを目指す。ここで開発する即時被災度判定結果の情報は、「災害リスク管理」グループにおいて統合されて表示される。

【2B-1 インフラ・ライフラインの地震時脆弱性評価】

リマ市内の道路ネットワーク（インフラ）、上下水道施設（ライフライン）を対象とし、地震時脆弱性を評価する。道路ネットワークに関しては、道路構造物の設計年次、構造形式等を調査し、構造物の耐震性能を評価する。さらに、GIS データを用いたネットワーク解析によって、道路交通の特性を踏まえた地震時脆弱性を評価する。上下水道施設に関しては、水供給地域の地盤特性の調査、地中埋設管の敷設状況の調査、浄水場等拠点施設の耐震性の調査を行い、上下水道施設の地震脆弱性を評価する。

【2B-2 即時被害予測システム】

リマ市内のインフラ・ライフラインを対象に、地震時の即時被害予測システムを構築する。インフラ・ライフライン拠点施設に IT 強震計を設置し、地震動をモニタリングする。さらに、ペルーやその他の南米諸国で発生した地震の際の被害データに基づく被害関数や、日本や米国で用いられている被害関数を用いて、インフラ・ライフラインの即時被害予測を実現するシステムを構築する。

【2B-3 避難経路推定システム】

リマ市内の道路ネットワークの地震時脆弱性評価の結果に基づき、地震・津波を対象として、発災後に使用可能な道路リンクを即時予測し、避難経路を推定するシステムを開発する。リマ市内の主要な病院、避難所等の場所を調査し、これらの位置関係と災害直後の道路の機能損失予測結果を反映した避難経路推定システムを開発する。

(4) 研究題目 3 : 「災害情報技術」 （リーダー：松岡昌志）

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

当初計画では、ペルーに渡航し、2021 年度に予定していたプロジェクトの研究計画策定のための予備調査を実施することとしていた。具体的には、ペルーにおけるセンサデータやライダーに基づく標高モデル、建物台帳などの基盤となる GIS データの整備状況を CISMID の研究者と共に確認することとしていた。その後、2021 年度にプロジェクトの全体研究計画、機材リスト、専門家派遣、研修計画などを確定する予定であった。

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

2020年3月末より国内で顕著化したCOVID-19の影響で、海外渡航は不可能となり、全てオンラインで打ち合わせ・確認することとなった。インベントリーデータの状況、GISソフトウェアの状況を協議して確認した。オンライン会議としたため、長期にわたって定期的な会合をペルー側と持つことが可能となり、結果として、当初計画を上回るスピードで協議が進み、PDM・POを含めた全体研究計画案、機材リスト素案を作成することが出来た。COVID-19の影響であることを考慮すると、極めて順調に進めることが出来たと考える。

②研究題目3のカウンターパートへの技術移転の状況

現時点では具体的な技術移転は開始していない。

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

COVID-19の影響で、当初予定していた渡航は全て不可能となった。その為、月に一度のペルー・日本側研究者による全体会議、およびテーマごとのペルー・日本側研究者による会議は全てオンライン会議となった。一方、オンライン会議となったことで、適切な頻度で多数の会合を持って、却って効率的に議論が進んだ側面もある。ただし、オンライン会議では、微妙なニュアンスなどをつかみにくい欠点があるため、細部まで繰り返し確認する必要があった。

ペルー側代表機関であるCISMIDは、ペルー国家航空宇宙研究開発機構（CONIDA）のユーザーライセンスを取得し、下記の衛星画像を利用可能となった。

PerúSAT-1
Kompsat3
Spot 6 and 7
Pléiades HR
Terra-SAR-x

④研究題目3の研究のねらい（参考）

- 対象地域の統合型GISデータベースを構築する。
- 観測データを用いて、災害後被害状況評価のための被害推定手法を開発する。
- 災害対応の意思決定を支援するGISシステムを開発する。

⑤研究題目3の研究実施方法（参考）

【3-1 GISデータの構築】

リマ市のライフライン事業者と共同して電力、通信、上下水道供給網の拠点施設および埋設管路の情報のGISデータ化を進める。上下水道の埋設管に関しては、管種、管径および埋設年代をデータ属性とする。配水場や下水処理施設、変電所、通信基地局などの拠点施設については、構造形式、建築年代、地震や津波に対する対策の有無を調査項目とし、GISデータの属性に格納する。建物についても、土地台帳や各種統計情報に基づき、建築構造および建築年代等を推定し、GISデータベースを作成する。地形詳細および建物の3次元モデルの構築には小型無人機（ドローン）による観測や現地調査を実施する。構築したデータベースはGISによって災害時の脆弱性評価に必要な情報が一元的に管理・更新されるよ

うになることを目指す。

【3-2 観測データに基づく被害推定手法の開発】

地震直後に得られる強震観測記録に基づき地震動分布の早期推定システムを構築すると共に、衛星画像等を用いて災害状況を把握する技術の社会実装を目指す。研究期間内にこの範囲で対象となる自然災害が発生した場合は、災害後の光学センサーや SAR 画像を取得し、災害前後の変化抽出を行って被害や影響の広がりや程度を把握する。被害の詳細把握には小型無人機(ドローン)も活用する。また、事前検討として、世界各地の実災害を事例データとして、AI による解析手法の検証を行う。解析精度の検証には、対象地域と地勢や社会的ストックが似通っている地域での既往災害での事例を用いる。

【3-3 統合型 GIS システムの構築】

本研究の一連の成果として、地震・津波のハザードマップや建物に設置した地震計からの観測情報や電力および上下水道の被害状況・通水状況・復旧時間などをパソコン、スマートフォン等の情報端末で閲覧できる GIS システムをクラウド上に構築する。さらに、災害後の情報に基づき被害推定を更新する手法の構築と災害対応の意思決定ツールの開発を行い、社会実装を図る。

(5) 研究題目 4:「災害対応力向上」 (リーダー:長江拓也)

①研究題目 4 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

当初計画では、ペルーに渡航し、2021 年度に予定していたプロジェクトの研究計画策定のための予備調査を実施することとしていた。具体的には、防災教育啓発手法、教材開発などの計画についてペルー受入れ機関側関係者と協議を行い、ペルー受入れ機関側関係者から提供される既存防災教育教材と日本において開発が進む同教材を対比し、整理することとしていた。その後、2021 年度にプロジェクトの全体研究計画、機材リスト、専門家派遣、研修計画などを確定する予定であった。

2020 年 3 月末より国内で顕著化した COVID-19 の影響で、海外渡航は不可能となり、防災教育啓発手法、教材開発などのペルーの状況把握と本プログラムで実施する内容については、全てオンラインで打ち合わせ・確認することとなった。オンライン会議としたため、長期にわたって定期的な会合をペルー側と持つことが可能となり、結果として、当初計画を上回るスピードで協議が進み、PDM・PO を含めた全体研究計画案、機材リスト素案を作成することが出来た。COVID-19 の影響であることを考慮すると、極めて順調に進めることが出来たと考える。

②研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

現時点では具体的な技術移転は開始していない。

③研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

COVID-19 の影響で、当初予定していた渡航は全て不可能となった。その為、月に一度のペルー・日本側研究者による全体会議、およびテーマごとのペルー・日本側研究者による会議は全てオンライン会議となった。一方、オンライン会議となったことで、適切な頻度で多数の会合を持って、却って効率的に議論が進んだ側面もある。ただし、オンライン会議では、微妙なニュアンスなどをつかみにくい欠点があるため、細部まで繰り返し確認する必要があった。

④研究題目4の研究のねらい（参考）

- 災害対応にあたる担当官の人的資源を更新するための方法を確立する。
- 地震・津波被害を軽減するための意思決定をする災害対応機関用の災害ガイドライン、及び市民向けテキストを作成し、市民啓発活動を実施する。

⑤研究題目4の研究実施方法（参考）

【4-1 防災関係者のキャパシティ・ディベロップメント】

防災関係者、特に行政官の防災対応力向上のため、本プロジェクトのアウトプットに従って、「インフラ観測システム」、「早期警報システム」、「GIS データ」がどのように防災に役に立つかを教育し、技術を普及させるための研修をペルーで行う。この研修では、特に INDECI、運輸通信省、住宅建設衛生省などの協力が不可欠である。また、最終年度に試験運用を開始する統合された災害情報伝達システムを用いて、実際の地震・津波防災訓練を実施し、システムの普及促進を図る。

【4-2 一般市民の防災啓発】

地震・津波災害時の被害を軽減するためには、技術開発のみならず、INDECI や CENEPRED 等防災担当機関の防災に関する科学・技術ナリテラシーの向上、更には一般市民の防災リテラシーの向上が不可欠である。そこで、防災意識向上を目指し、本プロジェクトの研究対象に関する基礎的な技術の紹介とそれらがどのように防災に生かせるか、災害発生時にはどのように利用するか、について防災担当者を対象にセミナーを実施する。具体的には、「建物モニタリング技術」、「ライフラインモニタリング技術」、「早期警報システム」、「GIS データ」に関してである。最終年度には、試験運用を開始する統合された災害情報伝達システムを用いて、行政官とともに実際の地震・津波防災訓練を実施し、システムの利用に関する理解を深めるとともに、今後の課題を抽出する。

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）

現時点では、依然として COVID-19 の今後の状況が見通せない。わが国では徐々にワクチン接種が開始されてはいるものの、ペルー側は未だワクチンを手配している段階である。その為、暫定研究期間中の研究計画はなるべく前倒しを行って実行しており、全体研究計画、機材供与リスト、専門家派遣計画、研修計画は 2020 年度末時点ではほぼ完成している。それにより、PDM・PO の暫定版作成も終了し、M/M の署名にも至っている。

暫定研究期間の残りである 2021 年度には、なるべく早い段階で CRA および R/D の署名を行い、本プロジェクトの開始に至ることが目標である。既に CRA の素案は用意できており、東京大学およびペルー工科大学の関係部署の確認も終了しているため、何時でも署名を行える用意が整っている。R/D の用意が出来次第、本プロジェクトの開始に至れる見込みである。

プロジェクト開始は、日本の専門家が最初にペルーに入学した時点から開始することとなる。しかし、COVID-19 の影響で移動が大きく制限されている今、何時渡航が叶うかが見通せない。プロジェクト開始の準備は整っているものの、実際の開始がずれ込むとプロジェクト初年度の期間がその分だけ短くなる。大きくずれ込むことが予想された時点で、2021 年度の暫定研究期間中にプロジェクト研究計画の見直しを実施する。

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

ペルー共和国側との共同研究の歴史は長く、G1～G3 のチームリーダーはこれまでもペルー側研究者との交流を行っている。その為、意思の疎通は極めて良好である。しかし、COVID-19 の影響で渡航が叶わないため、対面での会議や現地での確認・調査が実施できない状況である。

幸い、Zoom などのオンライン会議システムが普及し、移動の制約を受けずに多人数の会議をオンラインで実施できる環境が日本、ペルー共和国に整っている。今後もこのシステムを活用して定例の会議を毎月 1 度行っているが、なるべく更に頻繁に会議を実施していく予定である。ペルー共和国との時差の関係で、日本時間では早朝、ペルー時間では夕方の方の 2～3 時間程度しか会議を実施することが出来ない。また、オンライン会議ではお互いの機微を感じ取ることが難しいため、認識の齟齬に気が付かない可能性がある。こういった認識のずれは、後々大きな問題になりうる。そこで、会議ではどんな些細なことでも疑問点や懸念は必ず確認することとし、そういった意識を日本・ペルー両国のチームリーダー、更には関係する他機関の研究者にも共有していただくこととしている。

(2) 研究題目 1 : 「早期警報システム」

地震 SWG（リーダー：近藤久雄）

津波 SWG（リーダー：越村俊一）

地震 SWG :

- ・ IGP との綿密な協力体制が重要であるので、オンライン会議により十分な意思疎通を図る。
- ・ 初年度の機材供与に関して、COVID-19 の影響を慎重に見据える。
- ・ プロジェクト期間中のフィールド調査に与える COVID-19 の影響度合いを検討する。

津波 SWG :

- ・ DHN との綿密な連携体制が重要であるので、オンライン会議により十分な意思疎通を図る。
- ・ 曝露データなど、ペルー側が提供する予定のデータが重要となるため、その準備状況を注意深く確認する。
- ・ 地震ソースデータは地震 SWG から提供予定のため、地震 SWG との連携を確認する。

(3) 研究題目 2 : 「建物・ライフライン」

建物 SWG（リーダー：楠 浩一）

ライフライン SWG（リーダー：丸山喜久）

建物 SWG:

- ・ ペルー側が保有する枠組み組積造の実験データベースと日本側の実験データベースの情報共有に向けて、協議を進める。特にデータの取り扱いについて相互認識を測る。
- ・ ペルーにおけるセンサー設置予定建物の選定状況を注意深く確認する。

ライフライン SWG:

- ・ ライフライン関係の情報はペルー側が提供する予定であり、その情報が活動にとって極めて重要であるため、データ準備状況を注意深く確認する。
- ・ ライフラインにセンサーを設置するためには、許可の取得が必要である。そこで、センサー設置

可能地点について、ペルー側と協議を始める。

(4) 研究題目3：「災害情報技術」 (リーダー：松岡昌志)

- ・ 衛星画像の利用に関して、CONIDA との連携が極めて重要である。本プロジェクト開始にあたり、CISMID が CONIDA の画像利用のユーザーライセンスを得ることが出来、関係は極めて良好である。今後もこの関係を維持する。
- ・ Lima 市周辺の衛星画像取得には制限がかかる。その為、事前に CONIDA との協議を十分実施する。
- ・ 開発するエキスパートシステムの普及のためには、その仕様が極めて重要である。最も普及コストのかからない戦略をペルー側と継続して検討することが重要である。
- ・ 建物インベントリーデータが重要であり、CISMID で作成中である。その作成状況を注意深く確認する必要がある。

(5) 研究題目4：「災害対応力向上」 (リーダー：長江拓也)

- ・ 開発するエキスパートシステムを利用する行政官の研修、および市民の防災啓発事業には、INDECI と CENEPRED との連携が極めて重要である。オンライン会議を通じて十分な意思疎通を図る。
- ・ より効果的にワークショップや研修を実施できる計画を検討するために、ペルー側のこれまでの研修事例の情報を共有するのが良い。

IV. 社会実装 (研究成果の社会還元) (公開)

(1) 成果展開事例

- ・ 本研究で用いる建物の被災度判定を行うモニタリングシステムについて、協力会社でコード化を進め、商品プロトタイプを作成し、日本国内で試験観測を進めている。

(2) 社会実装に向けた取り組み

- ・ 本研究で用いる建物の被災度判定を行うモニタリングシステムについて、2021 年度より始まる予定の一般財団法人 日本建築防災協会の技術評価を受けるべく準備を進めている。

V. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

- ・ 在ペルー日本大使館のホームページで本 SATREPS プロジェクトの紹介を頂いた。
 - https://www.pe.emb-japan.go.jp/itpr_es/11_000001_00099.html
- ・ ペルー共和国 APCI のホームページで本 SATREPS プロジェクトの紹介を頂いた。
 - <http://portal.apci.gob.pe/index.php/noticia/item/2910-japon-financiara-dos-proyectos-de-investigacion-de-universidades-peruanas>
- ・ ペルー共和国側研究代表機関である UNI, CISMID のホームページ等で広報活動を行った。
 - <http://www.cismid.uni.edu.pe/cismid-fic-uni-presenta-proyecto-satreps-2021-2025-a-instituciones-peruanas/>

- <http://rrppuni.blogspot.com/2020/07/gobierno-del-japon-financiara-proyecto.html>
- <http://fic.uni.edu.pe/newsletter/notific/027-2020/>
- <https://www.facebook.com/cenepred/posts/3151435054905515>
- Peruvian News Agency Andina において、News 記事として取り上げて頂いた。
 - <https://andina.pe/agencia/noticia-japon-financiara-dos-proyectos-investigacion-universidades-peruanas-805134.aspx>

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VIII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2020	Luis Moya, Christian Geiß, Masakazu Hashimoto, Erick Mas, Shunichi Koshimura, Günter Strunz, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1-17, 2021	10.1109/TGRS.2020.3046004	国際誌	発表済	IF 5.855

論文数 1 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 1 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。)
2020	楠 浩一, "加速度記録により求めたR/C造建物の性能曲線による被災度評価法に関する研究", 日本建築学会構造系論文集, 2020.08, 85774, pp.1055-1065	0	国内誌	発表済	
2020	Min-Lung Cheng, Masashi Matsuoka: Extracting three-dimensional (3D) Spatial Information from Sequential Oblique Unmanned Aerial System (UAS) Imagery for Digital Surface Modeling, International Journal of Remote Sensing, Vol.42, No.5, pp.1643-1663, 2020.11.	10.1080/01431161.2020.1842538	国際誌	発表済	IF 2.976
2020	Naoto Yokoya, Kazuki Yamanoi, Wei He, Gerald Baier, Bruno Adriano, Hiroyuki Miura, Satoru Oishi: Breaking Limits of Remote Sensing by Deep Learning From Simulated Data for Flood and Debris-Flow Mapping, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2020.11. (Early Access)	10.1109/TGRS.2020.3035469	国際誌	発表済	IF 5.855
2020	Haoyi Xiu, Takayuki Shinohara, Masashi Matsuoka, Munenari Inoguchi, Ken Kawabe, Kei Horie: Collapsed Building Detection Using 3D Point Clouds and Deep Learning, Remote Sensing, Vol.12, No.24, 4057, 24p., 2020.12.	10.3390/rs12244057	国際誌	発表済	IF 4.509
2020	Masoud Hajeb, Sadra Karimzadeh, Masashi Matsuoka: SAR and LIDAR Datasets for Building Damage Detection Based on Support Vector Machine and Random Forest Algorithms - A Case Study of Kumamoto Earthquake, Japan, Applied Sciences, Vol.10, No.24, 8932, 18p., 2020.12.	10.3390/ap10248932	国際誌	発表済	IF 2.474
2021	Bruno Adriano, Naoto Yokoya, Junshi Xia, Hiroyuki Miura, Wen Liu, Masashi Matsuoka, Shunichi Koshimura: Learning from Multimodal and Multitemporal Earth Observation Data for Building Damage Mapping, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2021.4.		国際誌	in press	IF 7.319

論文数 6 件
うち国内誌 1 件
うち国際誌 5 件
公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的,対象,参加資格等),研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
			招待講演 0 件
			口頭発表 0 件
			ポスター発表 0 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
			招待講演 0 件
			口頭発表 0 件
			ポスター発表 0 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.3													
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

0件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要

0件

成果目標シート

研究課題名	地震直後におけるリマ首都圏インフラ被災程度の予測・観測のための統合型エキスパートシステムの開発
研究代表者名 (所属機関)	楠 浩一 (東京大学 地震研究所)
研究期間	令和2採択(令和2年10月1日～令和8年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	ペルー共和国／ペルー国立工科大学土木工学部、ペルー地球物理研究所、水路航路局、リマ上下水道事業、国家防災庁
関連するSDGs	目標 9. 強靱(レジリエント)なインフラ構築、包摂的かつ持続可能な産業化の促進及びイノベーションの推進を図る 目標 11. 包摂的で安全かつ強靱(レジリエント)で持続可能な都市及び人間居住を実現する

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 防災分野における日本のプレゼンスの向上 日本の都市の地震・津波災害即時対策技術の向上 日本のセンシング技術の世界への普及
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 地震・津波による災害の理解の深化 建物・ライフライン施設モニタリング技術の向上 Multi-Hazardにも対応した災害対応力の向上
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> 地震・津波災害に対する合理的な防災対策方法の中南米諸国への適用 ライフライン・建築物モニタリング技術の国際的普及と知財獲得
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 現地での調査、相手国研究者との議論、海外ジャーナルへの投稿を通して、国際的に活躍できる若手研究者を育成する。
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> 地震・津波災害に直面する中南米諸国に対して、合理的な即時防災対策促進の中心となる。
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"> レジリエンス向上のための施策提言 災害警報・防災情報発報システム 地震・津波監視システム ライフライン・建築物モニタリングシステム 災害情報伝達システム 研究成果論文

上位目標

ペルーの地震・津波災害に対する強靱化を図るとともに、同様の災害に直面する国々にも展開し、地震国の即時災害対応力の向上をペルー中心に進める。

地震・津波災害における逃げ遅れによる被災者を大幅に低減する。

プロジェクト目標

地震・津波災害発生時の行政機関の即応力を向上させるためのリアルタイム災害情報統合システムを開発する

