

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別中間評価報告書

1. 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 (2021年9月～2026年9月)

2. 研究代表者

2.1. 日本側研究代表者：楠 浩一

(東京大学 地震研究所 教授)

2.2. 相手国側研究代表者：カルロス サバラ

(ペルー国立工科大学 日本－ペルー地震防災研究センター (GISMID) 教授)

3. 研究概要

ペルーは、環太平洋火山帯に位置する地震・津波等の災害多発国であり、近年では、津波を伴う2001年の南部アレキパ大地震 (M8.2)、2007年の中部イカ州大地震 (M7.9)、2017年のアレキパ地震 (M6.3) が発生し、多くの死傷者と被害が発生している。特に、ペルー総人口の3割強を占めるリマ首都圏 (約1千万人) で大地震が発生すれば、主要な社会インフラ (幹線道路、橋、病院、学校、消防署・警察署等) やライフラインへの深刻な被害は免れないことから、科学的データに基づき脆弱性やリスクを評価しつつ、防災や減災の取り組みを促進することで国土の強靱性を高めていくことが喫緊の課題となっている。

本プロジェクトでは、地震・津波災害における逃げ遅れによる死亡者と被害拡大を大幅に低減して人命を守るために、社会インフラの被害レベルを予測・把握し、地震直後には実被害を自動判定するための統合型エキスパートシステムを開発することを目的とする。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の開発を目指す。本プロジェクトは、下記の4つの研究題目で構成されている。

研究題目1：早期解析システム (G1A：地震、G1B：津波)

研究題目2：建物・ライフライン (G2A：建物、G2B：ライフライン)

研究題目3：災害情報技術 (G3)

研究題目4：災害対応力向上 (G4)

4. 評価結果

総合評価：A+

(所期の計画をやや上回る取組みが行われ、大きな成果が期待できる)

本プロジェクトはインフラ（住居、病院、学校、道路、橋、ライフライン）の被害レベルを予測・把握し、地震直後には実被害を自動判定するための統合型エキスパートシステム開発を目指すもので、プロジェクト活動全体としては順調に進捗している。各グループの地震・津波に関するハザードや被害推定等のリスクに関する情報を可視化して共有する統合型エキスパートシステムについて、具体的な仕様及び機能についての検討も進められている。センサーを設置していない建造物の被災度推定への取り組みや SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）との共同による ISO 国際規格化への取り組みなど、初期の計画になかった活動も展開されている。ただし、研究題目ごとの進捗状況に多少のばらつきが認められることから、その違いも把握し、今後の研究を推進していただきたい。

統合型エキスパートシステムのプロトタイプが示され、ペルー政府関係機関が所有・運用しているシステムの仕様を考慮して検討されている。データ共有だけではなく、INDECI（国家防災庁）や CENEPRED（国家災害リスク評価軽減センター）が利用できるようなデータ最終型を EDAN フォーム（被害状況の把握とニーズ分析）と同等の様式にする等、利便性を考慮した実装システム構築の検討がなされている。デモンストレーションを実施する上で重要なポイントと考える。統合型エキスパートシステムを活用した災害時の対応をどのように進めていくかについて、ペルー側関係機関と連携し、研修・訓練等、より重点的な取り組みを期待する。

COVID-19 の影響により渡航が制限される状況があったが、国内研究活動、オンライン利用によるプロジェクト活動を確実に進めていることは高く評価できる。また、各研究題目における成果のデータ連携を G3 グループが中心となって全研究題目のグループで話し合う技術全体会議の開催も始められている。各研究題目において成果を上げることはもちろんのこと、研究題目相互の連携を深め、統合型エキスパートシステム構築、社会実装に向けて研究プロジェクトとして一体感のある推進を期待する。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

中間評価時点におけるプロジェクト全体の進捗状況としては、所期の計画を上回る取り組みが行われ、それぞれの研究題目で科学的・技術的インパクトのある成果の導出を目指して研究が進められている。大きな成果が期待できるものとして評価したい。当初の計画通りにプロジェクトを推進していることに加え、センサーを設置していない建造物の被災度推定や SIP との共同による国際規格化などの新たな取り組みも始めている。研究成果の社会実装についての活動は、研究期間の後半に計画されている。その社会実装の道筋について、ペルー側関係機関と連携して具体的に検討を進めていただきたい。

なお、地震の断層調査については、治安の観点から当初計画していたフィールドへの調査を断念している。地震研究について、今後の研究活動の進捗を注視したい。

発災直後に信頼度の高い被害想定をすることは政府として非常に重要であり、そのニーズを埋めることは意義があると考えます。我が国のハイレベルな技術（地震による被害推定と津波の即時

浸水被害予測)、地震被害評価技術の実装を検討している。国際的に見ても先進的な研究をペルーに移転することを目指すものであり、高いインパクトを与えるものとする。研究成果は国際学術誌にも発表している。日本側が中心となって行ってきた技術的・科学的な助言と支援としての統合型エキスパートシステム開発とその導入は、ペルーにおける科学技術の進展に対して寄与していると考えられる。

一方、統合型エキスパートシステムを活用した災害時の対応をどのように進めていくかについては、研修・訓練等、今後の発展が期待される。研究成果をどのようにペルー社会に適応させていくかが問われていると考える。

4-2. 国際共同研究の実施体制について

プロジェクト実施体制について、相手国側研究機関が適切に参画した体制がとられ、研究題目毎の役割・責任が明確である。日本側、ペルー側の研究体制は十分に確立されており、連携して研究に取り組んでいる。プロジェクト進捗の管理が確実にマネジメントされており、研究代表者のリーダーシップについて評価する。特に、ペルー政府関係機関との連携が優れており、社会実装の見通しが視野に入っていることは素晴らしい。研究初期の新型コロナウイルスの影響下では、リモートコミュニケーションを密にして研究を推進させた。また、社会実装を常に意識して遂行されており、各研究題目とも着実に進捗している。若手を多数起用し有効に機能していることも評価したい。各研究題目の連携・成果の共有については、全体の統合に留意して進められているが、より積極的な試みが期待され、更に優れた運営体制の実現を目指して欲しい。

建物被害に関してセンサーを設置し、自動判定する仕組みを構築する方向で検討が進められている。これは効率的であり、公共の建物に設置する方途も的確であると考えられる。利用するセンサー等の設備の必要性や仕様は十分に検討されている。

統合型エキスパートシステムは、意思決定並びに住民への情報発信を所管する行政に対して、安全な避難場所まで誘導するために必要な情報を提供するシステムを目指すものと考えている。統合型エキスパートシステムの社会実装に関して、防災対策を管轄する INDECI および CENEPRED と連携して検討を進めることはもちろんのこと、実際に意思決定並びに住民への情報発信に携わっている行政機関との連携も検討いただきたい。エキスパートシステムを活用した災害時の対応をどのように進めていくかについての研修・訓練について、今後の展開を期待する。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

研究の進め方については、当初から社会実装を想定しており、基礎研究と併せてペルー側の研究機関、大学との連携が密に図られている。GIS データが先方から迅速に得られたのはペルー側との信頼に基づくものとする。社会実装を前提とした統合型エキスパートシステム構築に向けて体系的に研究が進められている。ペルー側研究機関・行政機関のスキルも高く、連携もすかさ

りとれており、技術移転や成果の社会実装が期待できる。研究成果となる統合型エキスパートシステムを活用することで、災害対応能力の向上が見込まれ、その評価が可視化されれば、社会的なインパクトは大きいと考える。一方で、統合型エキスパートシステムの活用については方法論が確立していないように見受けられ、今後のさらなる検討が望まれる。また、本統合型エキスパートシステムは、ペルーに社会実装され、ペルーによって継続的にブラッシュアップされていくことも期待する。

地震防災対策は日本と相手国で共通する課題であり、世界的にも重要である。このプロジェクトで開発された技術や得られる知見は、多くの国で有益なものになると考えられる。また、この分野では日本は世界でも先進的と思われるので、開発された技術を国際展開できる可能性がある。そのため、防災に用いるセンサーの国際規格化について、我が国が主導権をもって進めることを期待したい。ペルーで実装される統合型エキスパートシステムについて、地球規模課題の解決に資するものとして、南米諸国への移転も視野に入れて検討されることが望まれる。

本プロジェクトは、日本、ペルー両国の多くの若手研究者を交えた研究プロジェクトであり、日本人人材の育成については、日本側の研究グループは比較的若手研究者が多く、大学院生も研究に参加している。また、JST 予算で研究員を雇用するなど積極的に人材育成に取り組んでいる。今後は、日本人若手人材の中長期の派遣などが実現するとなお良い。将来を担う日本人研究者の育成を期待したい。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

プロジェクト運営に関する内容と技術的な内容についてオンライン会議が定期的で開催されている（1回/月）。エキスパートシステム構築のため、各研究題目における成果のデータ連携を G3 グループが中心となって全研究題目のグループで話し合う技術全体会議も開催されている。また、ペルーでのワークショップも複数回開催されている。ペルーとの連携、人的交流の進め方は優れており、日本研究者の相手国渡航、GIS MID、INDECI、GENEPRED からのペルー側研究者招聘など活発に行われている。神戸への研修で防災科学技術研究所の E-ディフェンスを訪問するなど、オンラインでの交流も素晴らしい。研究活動におけるペルー側研究者の自主性は高く、また、ペルー側若手研究者の参画も進んでいることが認められる。研究活動の継続的な発展の観点において、本プロジェクトにおける研究者の人的交流を評価したい。引き続き、活発な人的交流の継続をお願いする。

ペルー側研究者が研究計画を十分に理解し計画の推進に貢献している。ペルー側の組織体制も確実であるため、研究成果の活動、継続的な発展性の観点において、計画終了後も独自に研究を進展させていくことを期待する。人材育成、技術移転を確実に推進していただきたい。

統合型エキスパートシステムの社会実装については、ペルー側の防災関係機関への導入に向けた検討が進められている。その成果が防災計画等への反映にもつながるところまで視野に入るとより社会実装として盤石な成果となると考える。その際、本統合型エキスパートシステムが優れ

ているだけではなく、政府・行政機関、自治体の職員にも分かりやすいこと、地域住民への情報発信などの要件も検討されたい。相手国の防災関係機関と十分な連携ができており、開発された技術が有効に活用されることを期待する。

5. 今後の課題・今後の研究者に対する要望事項

本プロジェクト推進において、以下のような事項について引き続き尽力されたい。

- (1) 研究成果としての統合型エキスパートシステムを活用した災害時の対応をどのように進めていくかについて、研修・訓練等、ペルー側関係機関と連携して検討いただきたい。
- (2) 統合型エキスパートシステムの開発において、被害評価と復旧予測技術の更なる精度向上が重要と考える。また、継続的なアップデートが可能なシステムである点も開発の鍵になると思われる。ペルーで有効に活用されるシステムとなるよう、引き続き、検討いただきたい。加えて、システムの社会定着を可能とするためには、エキスパートシステムを採用すると現時点で表明している CENEPRED の意見交換等の関係強化が望まれる。また、CENEPRED を通じて地方自治体に対するシステム活用研修等のプログラムが構築されることを期待している。
- (3) MEMS センサーの配置が重要施設に偏りすぎるように思われる。被害状況予測には、一般家屋にもそれなりの数の MEMS センサー配置が必要と考える。AI を用いた全体被害状況の推定のためにも検討いただきたい。
- (4) 可能であれば堆積物調査結果、地震津波履歴との対応についての検討結果などが統合型エキスパートシステムに取り入れられると良いと考える。対象地域の地形特性を考えると、沖積平野の微地形と土地利用、さらに土地利用変化などについても勘案されたハザードマップの作成も望まれる。

以上

成果目標シート

公開資料

研究課題名	地震直後におけるリマ市内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	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

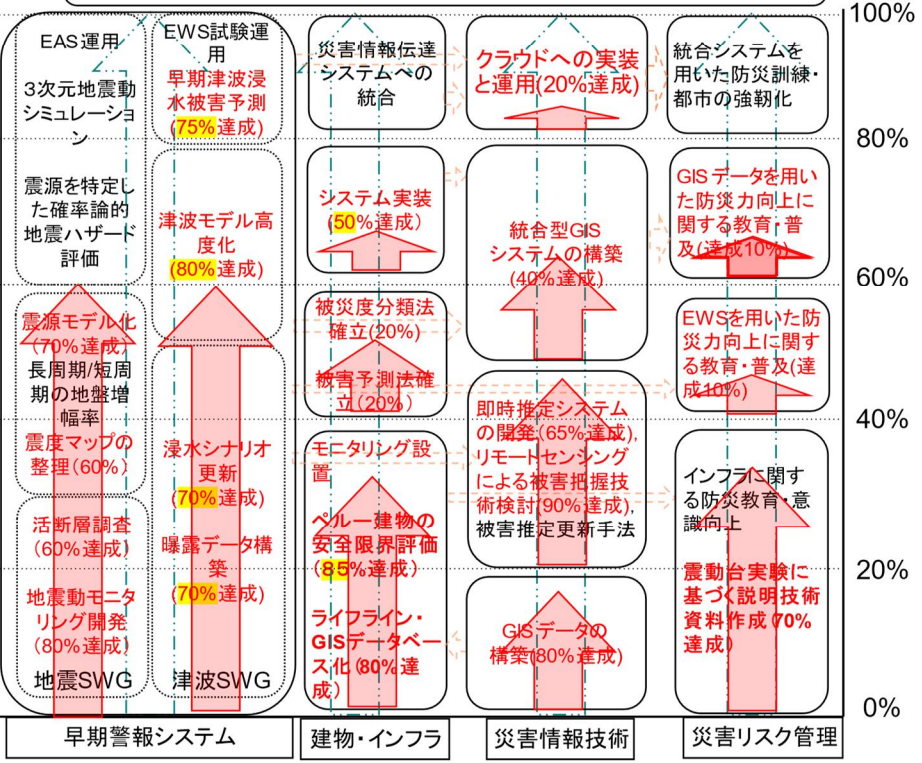


図1 成果目標シートと達成状況 (2024年3月時点)