

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3（2021）年度実施報告書

国際共同研究期間<sup>\*1</sup>

2021年9月8日から2026年9月7日まで

JST側研究期間<sup>\*2</sup>

2020年8月1日から2026年3月1日まで

（正式契約移行日 2021年9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：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	2020/2021年度 (暫定10か月)	2021年度 (8か月)	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度 (4か月)
<b>G1. 早期解析システム【成果1】</b>	予備調査						
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】		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		
G1A-2 予測システムの高度化 【活動G1A-2】							
G1B 津波SWG			津波シナリオの作成	被害予測の高度化			
G1B-1 津波浸水シナリオ 【活動G1B-1】		曝露人口および建物データの整理		試験運用と実証			
G1B-2 津波被害推定のための曝露データ確立 【活動G1B-2】		被害予測手法開発		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】							運用確認
<b>G2. 建物・ライフライン【成果2】</b>	予備調査						
G2A 建物SWG		枠組み・組積造の限界変形評価	被災度評価方法の確立				
G2A-1 ペルーの建物の安全限界評価【活動G2A-1】		モニタリング設置	即時判定システム開発	判定結果集約			
G2A-2 即時病院継続使用性判定システム 【活動G2A-2】							
G2B ライフライン		インフラ・ライフライン調査	地震時脆弱性評価				
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】		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-2 即時被害予測システム 【活動G2B-2】		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			
G2B-3 避難経路推定システム 【活動G2B-3】							
<b>G3. 災害情報技術【成果3】</b>	予備調査						
G3-1 GISデータの構築 【活動G3-1】		GISデータ収集	GISデータベース構築とGIS実装				
G3-2 観測データに基づく被害推定手法の開発 【活動G3-2】		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			
G3-3 統合型GISシステムの構築 【活動G3-3】		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		
<b>G4. 災害対応力向上【成果4】</b>	予備調査						
G4-1 防災関係者のキャパシティ・開発 【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・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）

G2A は、COVID-19 の影響で渡航がかなわなかったため、モニタリング機器の設置を 2022 年度以降に変更した。

## 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

本プロジェクトの暫定研究期間においてペルー側へ渡航する計画であったが、新型コロナウイルス感染症の影響で渡航ができなかったため、1年目にペルー側へ渡航し、現地の研究実施体制や現有施設を確認し、全体研究計画の素案を作成する予定であった。更に、日本・ペルー各国で素案検討のうえ、ペルー側研究者を日本へ招聘し、全体研究計画及び2022年度研究計画の確定を目指す予定であった。また、3名の日本での研修を予定していた。しかし、海外渡航は新型コロナウイルス感染症の影響で叶わなかった。そこで2021年度は、主として日本・ペルーが国内のみで実施できる研究内容を遂行した。また、月に一度オンライン全体会議を実施し、プロジェクト全体の状況を議論するとともに、各研究題目の進捗状況を持ち回りで発表し、研究題目間の情報共有を行った。ほぼ地球の反対側に位置する日本とペルーにとって、オンライン会議の普及は頻繁な情報共有につながり、良い点もあ

った。しかし、実際に空間を共有した会議と違い、微妙なニュアンスは伝わりづらく、誤解による理解の齟齬も生じ、対面に比べてより丁寧な説明が必要であることを全体会議において共有した。

具体的なオンライン会議を用いた研究活動例を以下に示す。G1A では月 1～2 回前後でオンライン会議の実施や、必要に応じてより高頻度でメールでの議論を実施し、機材調達・輸送の調整や研究計画の議論等を行なった。G2B では、リマ市の上下水道網や道路網のデータ共有や、日本や米国等で用いられている地震被害関数に関する情報交換を行った。G2 では日本側およびペルー側の組積造実験データベースを共有し、そのデータベースを用いた組積造壁の性能評価について、およそ 2 週間に一度オンラインで議論し、評価方法の検討を行った。G3 では建物インベントリデータ構築に必要な現地調査データベースの共有、ドローンや人工衛星、現地写真等のリモートセンシング画像からの建物 3D モデルと構造種別推定に関する既往研究のレビュー、地震動分布の早期推定手法とプロトタイプシステムの検証等についての議論を隔週オンラインで実施した。G4 では、ワークショップで利用する G2a の建物センシング技術に係る説明資料について、対象建物の選定、大規模実験検証の計画等について議論、検討を行った。

## (2) 研究題目 1 : 「早期解析システム」

研究グループ A 地震 (リーダー: 近藤久雄)

### 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

2021 年度の計画は、次の通りであった。1) 地震計設置に向けたテスト機材の調整と既存機器との比較をおこなう。2) 活断層調査に資する高解像度 DEM・空中写真の整備状況調査、並びにペルー国内の活断層資料の収集整理をおこなう。3) 震源のモデル化については、ペルー沿岸の海溝型巨大地震の震源モデル化のため、先行研究の整理及び情報収集を行う。この計画に対し、当該年度は次の通りに進捗し、全体成果に対する当該年度の成果は、COVID-19 の影響による遅延を除き、概ね順調に達成した。

1) 長周期地震動モニタリングや三次元地下構造のモデル化に資する広帯域地震計の供与機材について、既存の地震計との比較観測を首都圏の 2 カ所 (東京大学すずかけ台キャンパスと東京大学地震研究所) において実施した (図 1～2、表 1～2)。その結果、供与機材は、長周期地震動を観測するために十分な性能を有していることを確認した。さらに、通常の強震計による観測では対象外になる遠地の地震による長周期地震動も記録できる可能性が高いことを明らかにした。よって、供与機材をリマ首都圏で展開・運用することにより、長周期地震動の評価及び予測に有益なデータを新たに取得できると期待される。今回のテスト観測は長周期地震動が励起されやすい関東平野で実施しており、リマ首都圏への適用性をさらに詳しく検討するためには、リマ首都圏と類似の地質・地盤環境でのテスト観測が必要と考えられる。

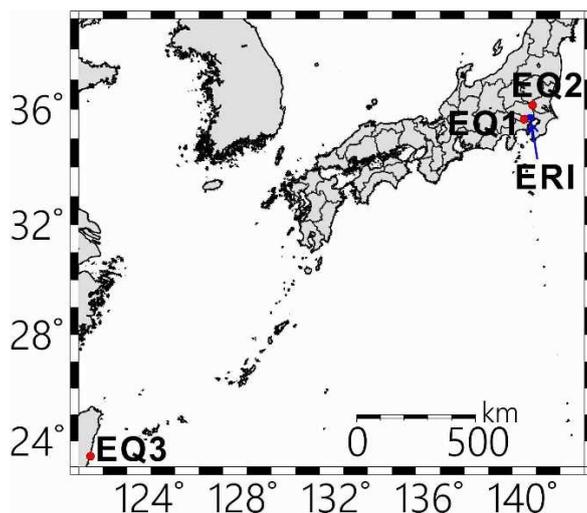


図 1 : 震央と観測点の位置

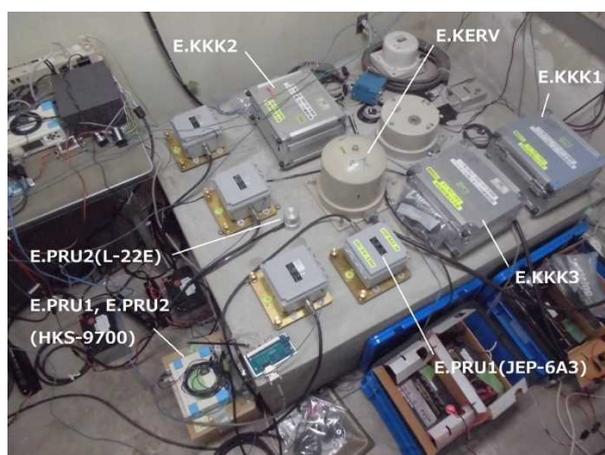


図 2 : テスト観測の様子

表 1 : 比較に用いた地震計

観測コード名	地震計タイプ	データロガー	出力	備考
E.KERV	VSE311F (広帯域地震計)	LS-7000XT	速度	検定用
E.PRU1	JEP6A3 (10V/G)	HKS-9700	加速度	供与機材と同仕様
E.PRU2	L-22E (上下固有周期 2Hz)	同上	速度	同上

表 2 : 検討に用いた地震の諸元

地震名	発震時	緯度	経度	深さ km	M	震央距離 km
EQ1	20220503 19:39:58	35.6617	139.4817	130	4.6	25.9

EQ2	20220505 18:42:02	36.1400	139.8433	52	4.8	47.4
EQ3	20220323 02:41:39	23.3983	121.4917	44	6.6	2228.8

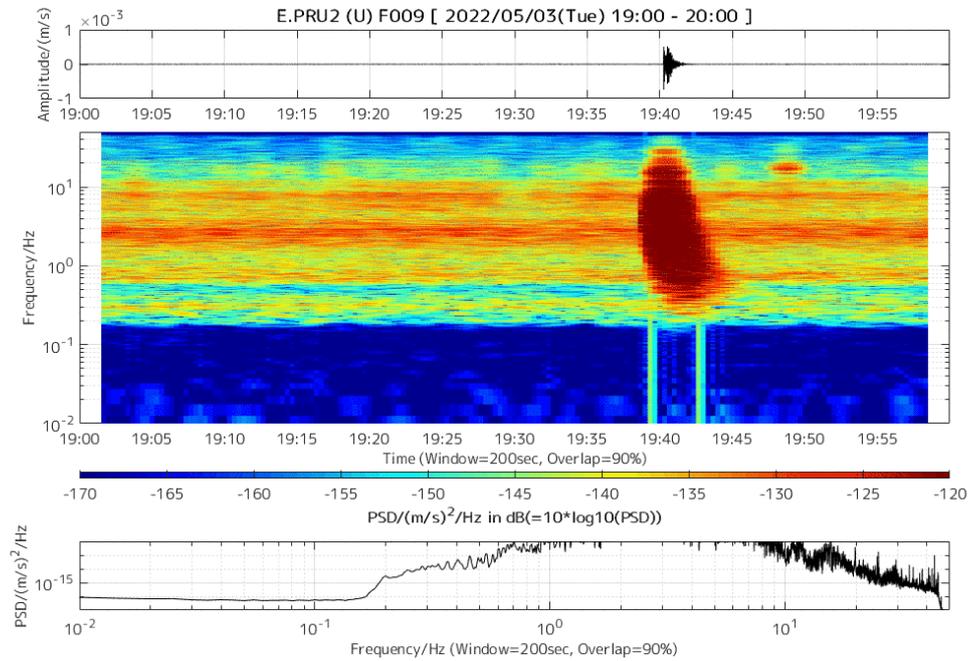


図3：EQ1の上下成分の観測記録とスペクトルの例  
 上はJPE6A3による加速度波形，下はL-22Eによる速度波形

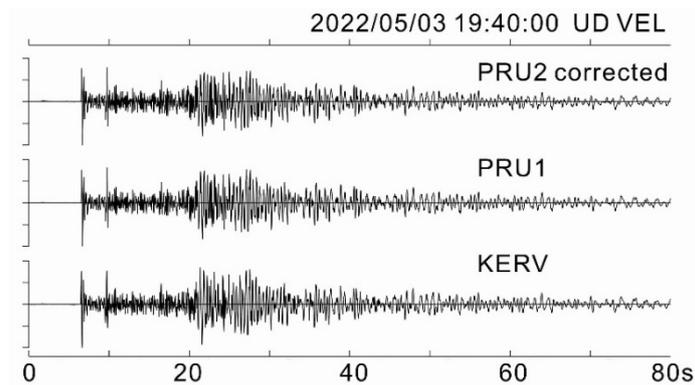


図4：EQ1の速度波形の比較例（上から，NS，WE，UD成分）

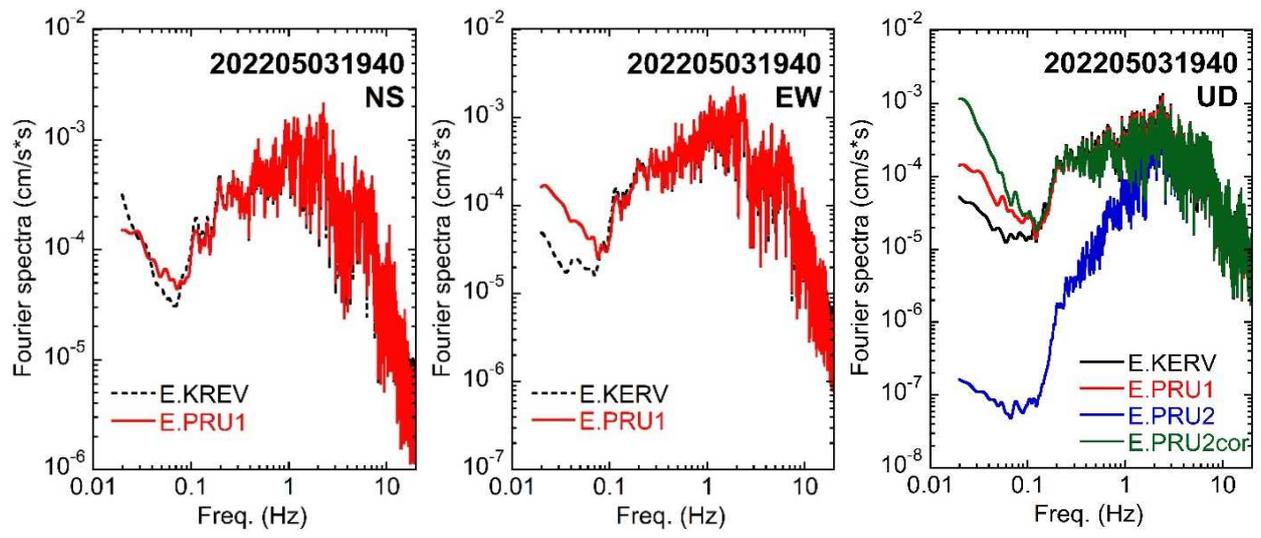


図5：EQ 1のスペクトルの比較例（左から、NS、WE、UD成分）

2) 活断層調査に資する高解像度 DEM・空中写真の整備状況調査については、当初は渡航後に現地機関の所有する DEM や空中写真等の整備状況を検討する予定であった。しかし、渡航が1回も実現できなかったため、入手可能なフリーの DEM (SRTM 90m 及び ASTER GDEM 30m) で広範囲を対象として予察的な検討を実施した (図6)。さらに、ペルー国内の活断層資料の収集整理をおこない、リマ首都圏に遠地の長周期地震動の影響を及ぼす可能性がある活断層の候補を選定した。今後、さらに詳細な DEM の作成範囲や活断層調査に資する高解像度 DEM の比較検討調査を実施する必要がある。

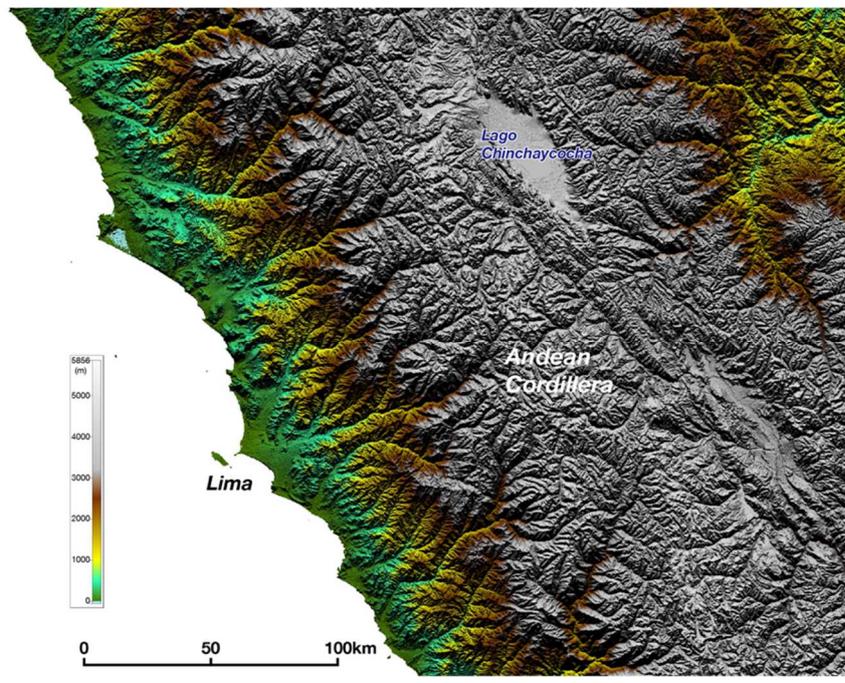


図6：SRTM90によるリマ首都圏周辺のDEM（数値標高モデル）

3) ペルー沿岸の海溝型巨大地震の震源モデル化に向けて、ペルーの歴史巨大地震の情報やペルー沿岸の沈み込み帯のカップリングに関する情報収集を行った。

② 研究題目 1A のカウンターパートへの技術移転の状況

海溝型巨大地震の震源モデル化に関連して、短期研修としてペルー側研究者を日本へ招聘するため、準備や手続き等を開始した。

③ 研究題目 1A の当初計画では想定されていなかった新たな展開

これまでのところ、COVID-19 の影響や渡航できていない点を除き、概ね想定通りに進捗した。今度の展開として、渡航可能になることによって、現地での調査観測研究がさらに加速化することに期待している。

④ 研究題目 1A の研究のねらい (参考)

研究題目 1A : 早期解析システム (地震) では、1A-1 : EAS システムと 1A-2 : 予測システムの高度化を実施する。1A-1 は、ペルー国内で IGP と DHN により運用されている早期警報システムや観測情報等を INDECI に実装するシステムを構築するため、ペルー側が主導して各種の関係情報を整理する。1A-2 は、これまでペルーでは実施されてこなかった地震ハザード評価のうち、陸域の活断層を震源とする大地震のモデル化や長期的な地震発生可能性評価、長周期地震動モニタリング、長周期/短周期の地盤増幅率を考慮した 3次元地震動シミュレーション、震源を特定した確率論的地震ハザード評価等を行う。

⑤ 研究題目 1A の研究実施方法 (参考)

1A-1 では、具体的なデータ共有や統合・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。また、予測震度マップなどを可能な限り即時的に表示可能とするよう試みる。1A-2 では、広帯域地震観測点の新たな設置と長周期地震動モニタリング、海溝型巨大地震の震源モデルの改良、陸域活断層の震源モデル化や活動性評価等を実施する。

研究グループ B 津波 (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

G1B の当初の計画は、以下の 3 点についての活動を計画していた。

1) 津波浸水被害予測を行うために必要な地形・曝露データの整備状況の調査・情報収集を継続し、現状のデータ仕様に基づいた津波浸水予測モデルの設計を行う。2) 特に、建物データの整備状況とそれにあわせた被害予測手法についての見通しを明らかにする。3) 津波浸水シナリオの推定については、ペルー太平洋岸を対象に行われた既往の研究および研究論文を収集し、対象地域や津波想定シナリオについての整理を行う。

2021 年度時点におけるリマ周辺海岸の海底地形・陸上地形データを統合して、津波浸水被害予測のための領域設定、および基盤データ (メッシュデータ) の構築を行った。構築したデータの配置を図 7 に示す。メッシュデータは、ネスティング配置とし、外海から沿岸部に向けて段階的に解像度を挙げて

いき、最終的には 15m メッシュでの浸水・被害予測計算を行う。

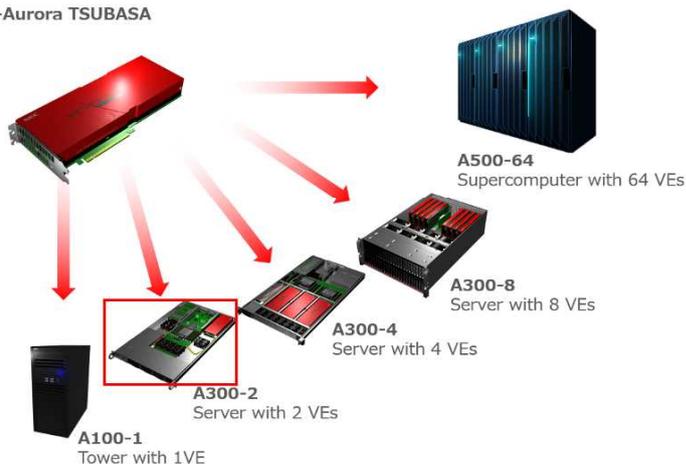


図7 津波浸水被害予測シミュレーションの領域設定（メッシュ配置）

シミュレーションの実施環境は、東北大学のシステムを用いた。図8にその構成を示す。NEC製の「SX-Aurora TSUBASA」のプロセッサ「Vector Engine」（ベクトルエンジン、VE）を搭載したスーパーコンピュータを用いた。このシステムは、デスクトップサイズのタワー型サーバから構築可能で、使用ニーズに応じて拡張が可能であることが利点である。本プロジェクトでは性能評価のために、日本側チームで保有しているシステム（図8のA300-2）を用いてシミュレーションコードを開発した。

## Computing Platform NEC SX-Aurora TSUBASA (Tohoku Univ.)

SX-Aurora TSUBASA



Host	CPU	Xeon Gold 6126 (12C/2.6GHz)×2
	Memory	96GB DDR4
	Disk	240GBSSD
Vector Engine	CPU	Type10B-P[8Core]×2 268 GFLOPS/Core 2.15 TFLOPS/Processor 4.3 TFFLOPS/System
	Memory	48 GB/Processor×2 96 GB/System

図8 シミュレーションシステムの構成

津波浸水予測シミュレーションの性能評価として、Villegas-Lanza et al. (2016)によるペルー沖のプレート境界型地震 (Mw8.9) による浸水予測計算を行った。その結果を図9に示す。本研究チームによるシミュレーション結果 (Mas et al., 2014) とも整合しており、十分な妥当性が得られていると判断した。

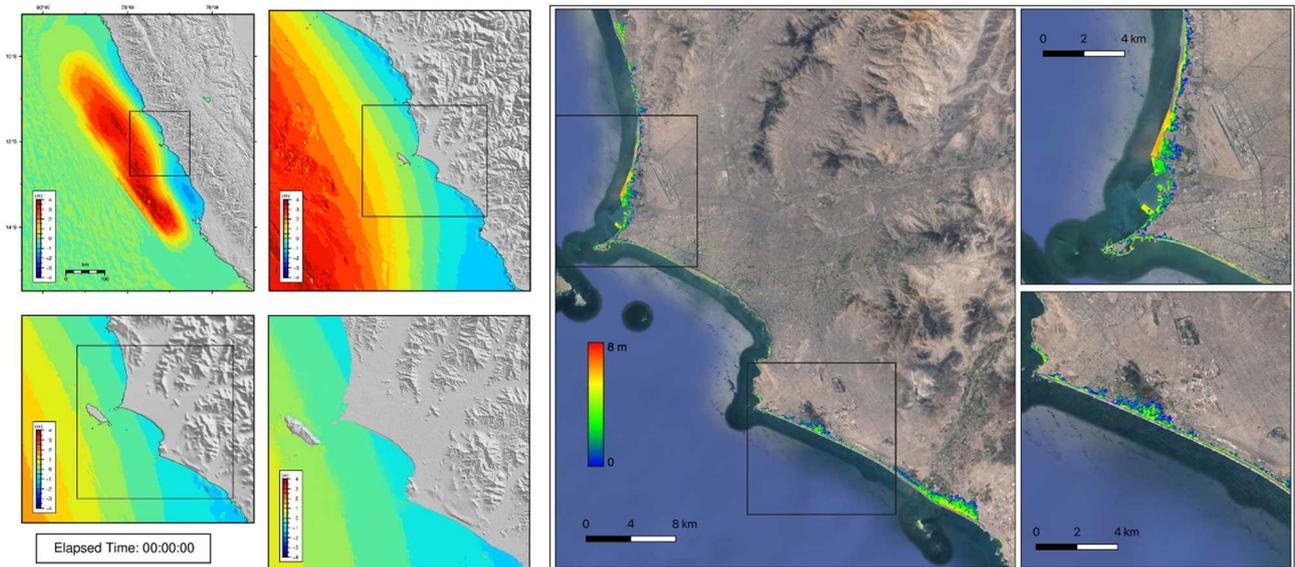


図9 Mw8.9の地震シナリオによる津波浸水予測の検証

ここで報告したような高分解能の浸水シミュレーションをリアルタイムで実施する場合に必要な計算資源の検討を行った。図10に示すのは「SX-Aurora TSUBASA」システムを利用した場合の、6時間先までのシミュレーションの実行時間とコア数（並列数）の関係である。研究室レベルで保有している計算機システムにおいても30分以内にシミュレーションを終了することが可能であることを実証することができた。これにより、巨大地震津波発生時の被害予測をリアルタイムで実施することが可能であり、本プロジェクトの目的である統合型エキスパートシステムの津波被害予測機能として導入可能であることが示された。

今後は、ペルー側が進めている被害推計のための曝露情報と連携し、量的な被害予測機能の構築を行っていく予定である。

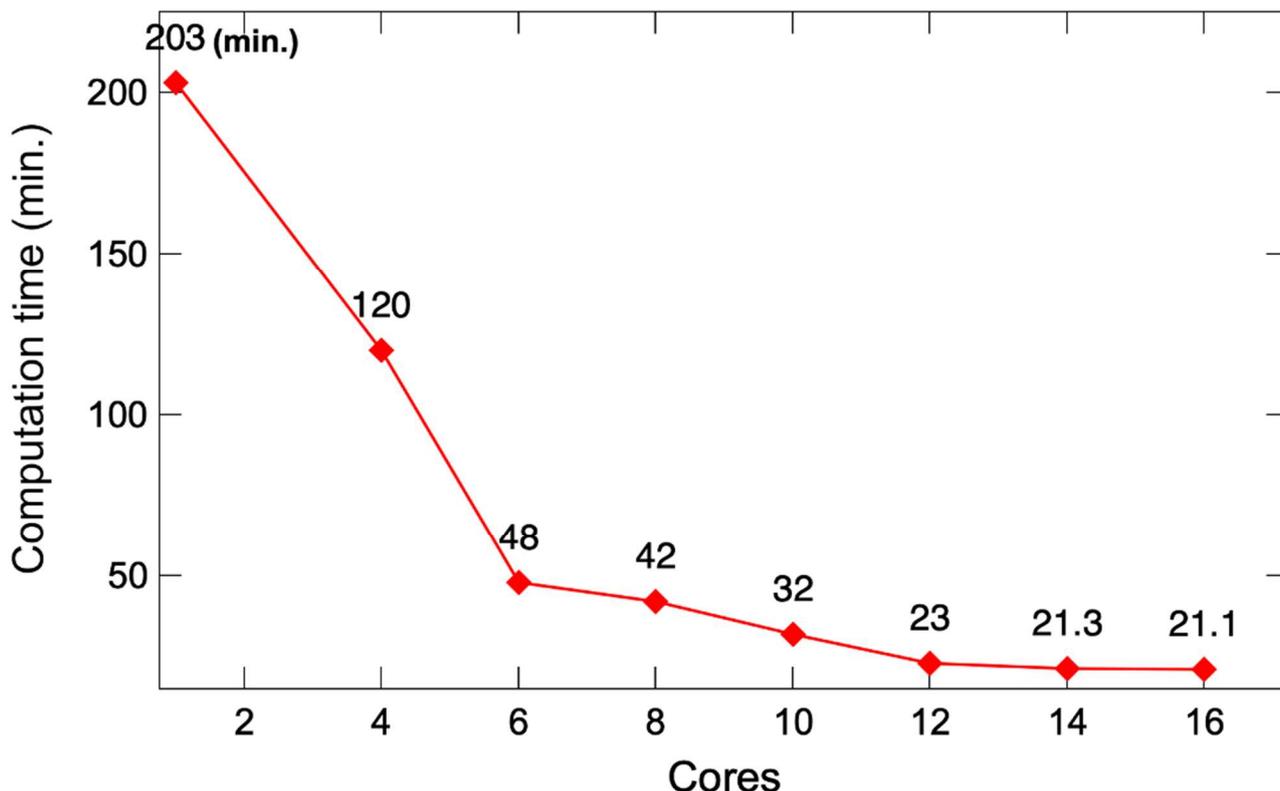


図10 SX-Aurora TSUBASAによる津波浸水シミュレーションのパフォーマンス

②研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

G1Bに関しては、COVID-19の影響により、ペルーへの渡航や、日本での研修がまだ実施できていないが、それに代わりオンラインにより定期的にグループ会議を実施している。これにより、研究進捗状況はすべてカウンターパートと共有し、今後の検討方向性についても共通認識を有している。

今後は、最終成果の社会実装についてペルー側と議論を進めていきたい。特にリアルタイム津波浸水被害予測システムの運用には日本側がすでに事業化（東北大学発ベンチャーによるシステム開発・運用）しており、これらのノウハウをペルー側にも導入することで我が国の経済・産業へのメリットも生まれると期待できる。これについては、JICAの新たな無償資金協力の事業などを立ち上げることなどを提案したい。

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

G1Bに関しては、研究計画どおりに進んでいる。特に、津波浸水被害予測のリアルタイム化に向けての目処が得られたことは大きな成果である。

④研究題目1の研究のねらい（参考）

G1B 地震に関しては、発生後に、地震観測機関からリアルタイム解析・処理された断層パラメータを受け取り、早期に津波の浸水被害予測を行う、津波インパクト推定システムを開発する。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を行い、これらの結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、リマ首都圏の人的被害の最小化・

津波への備えを先導する。

#### ⑤研究題目1の研究実施方法（参考）

G1B 地震に関しては、まず、ペルーにおける津波浸水シナリオ推定手法を確立する。具体的には、新たに示される地震発生モデルとペルー側との協議に基づいて設定した計算領域において、津波浸水・被害推定を実施するとともに、新たな津波浸水想定地図として更新・公開する。

次に、津波被害推定のための曝露データの整備と被害推定法の確立に取り組む。具体的には、現存する国勢データや自治体の統計データの空間処理に基づき、津波浸水計算のメッシュ単位または地域単位での曝露統計量（人口分布、建物棟数）を整備する。加えて、津波浸水被害推定モデルの構築を行う。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。

上記の研究成果の蓄積を踏まえ、日本側チームがこれまで蓄積してきた「リアルタイム津波浸水被害予測技術」のノウハウを活用して、ペルーへの適用と最適化を目指す。

#### (3) 研究題目2：「建物・ライフライン」

研究グループA 建物（リーダー：楠 浩一）

研究グループB ライフライン（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

G2A 建物は、2021年度の計画では、以下の通りであった。鉄筋コンクリート造のフレームにレンガブロック壁を設けた構造について、実験研究に関する論文の収集を行う。論文の収集は、建築研究所が過去に収集した論文、ペルーの CISMID が収集した論文のほか、中南米の各国研究所やヨーロッパの研究所、更に国際 Journal 誌を検索し、論文の収集を行う。さらに、CISMID を中心に検討している当該構造の安全限界変形の推定方法を参考に、データベースに含めるべきパラメータを決定する。

また、建物に設置する加速度センサーの基本性能を校正用振動台を用いて確認する。建物に設置する観測サーバーの仕様を確定し、観測システムの基本構成を確定する。この観測システムを地震研究所に設置した観測サーバーに接続し、常時観測を試行する。

計画に対して、実験データベースに関しては、カウンターパートの CISMID と協働し、過去に CISMID で実施された静的水平加力実験結果計 35 体分の実験データを習得した。内訳は、工場生産ブロックによるものが 19 体、手製ブロックによるものが 9 体、脆弱なブロック (Tubular) によるものが 7 体である。これらの実験データの形状・材料強度などの基本情報とともに、復元力特性を整理した。次に、組積造壁の非線形挙動を曲げ挙動とせん断挙動に分けて評価した。具体的には、まずは曲げ挙動とせん断挙動のひび割れ強度に対して、それぞれの変形寄与分を足し合わせて、復元力特性上の特性点を求める。次に、曲げ終局強度とせん断終局強度を比較し、強度が低い方の破壊形式を採用し、剛性低下を考慮して各挙動の変形成分を足し合わせ、終局点を求める。最後に、安全限界点は、曲げ挙動が支配的な場合は、強度は終局強度を維持するものとし、限界変形は勅使川原教授が提案する鉄筋コンクリート構造壁の安全限界変形推定方法を組積造に改良して求める。せん断挙動が支配的な場合は、安全限界点では終局強度の 80% に強度が低下するものとし、変形はせん断剛性を半分にとり落として求める。下図に、実験結果と推定結果の比較を示す。

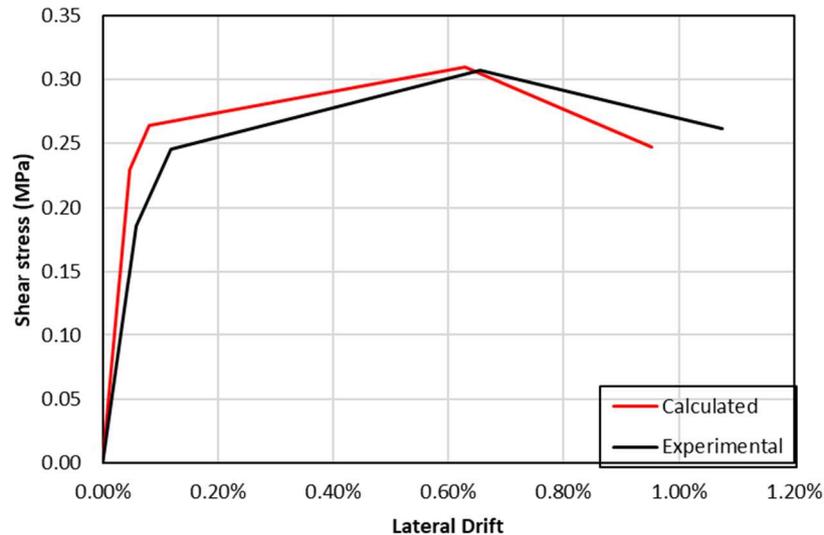


図 1-1 実験結果と推定結果の比較（せん断挙動が卓越する場合）

加速度センサーの校正については、世界的な LSI の不足により、使用予定の加速度計の納期が半年ほど後ろにずれたため、性能確認は 2022 年度に実施することとした。

一方、加速度計に必要な性能としては、過去の振動台実験データから検討したところ、卓越振動数：2.4kHz、感度：400mV/G、観測範囲：±2G、分解能：24bit、最小観測可能加速度  $1.87 \times 10^{-5} \text{cm/s}^2$ 、直線性 0.1%程度で有意な判定が可能であった。また、観測システムとしては、安価な Tinker Board S を用いた観測サーバーを構築し、試験的に善通寺及び本山寺の五重塔に設置し、観測を開始した。

G2B ライフラインでは、2021 年度はインフラ・ライフラインの地震時脆弱性評価のためのデータ収集を行った。具体的には、リマ首都圏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、GIS データを収集した。SEDAPAL から提供された上水道管路の GIS データを分析すると、リマ首都圏では塩ビ管（延長割合約 46%）、石綿セメント管（約 37%）が上水道管として多く敷設されていることがわかった。また、日本の水道事業者で多く敷設されているダクタイル鋳鉄管（約 6%）やポリエチレン管（約 6%）等の耐震性能が高い管種の敷設割合は低かった。さらに、ペルー側で行った水供給の拠点施設である配水タンクの構造種別に関する調査結果を共有し、地震応答解析の実施に向けた意見交換を行った。

道路ネットワークに関しては、GIS データの収集に加えて、リマ首都圏の交通量調査結果の収集も行った。これらのデータは、避難経路推定のための交通シミュレーションに不可欠なものであり、次年度移行も継続してリマ首都圏の交通特性に関する分析を進める。



図 1 2 リマ首都圏の上水道管路の GIS データ

## ② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

G2A 建物では、COVID-19 の影響により、ペルーへの渡航や、日本での研修がまだ実施できていないが、それに代わりオンラインによりおよそ 2 週間に 1 度、グループ会議を実施している。このオンライングループ会議において、研究進捗状況はすべてカウンターパートと共有している。特に、実験データベースを用いた検討では、データベースはもとより、その検討結果についても、すべてカウンターパートと共有しており、今後の検討方向性についても共通認識を有している。

G2B ライフラインでは、概ね月に 1 回程度の頻度でオンラインでペルー側と打ち合わせを行っている。オンライン会議では、ペルー側の現地調査のデータや既往地震の埋設管被害データの共有を進めている。

## 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

当初計画では、COVID-19 の影響で全く渡航ができない状態が 1 年以上続くことは想定していなかった。しかし、現状においても渡航が難しく、その代替策として、オンラインによる会議を持つこととした。両国にはおよそ半日に近い時差があり、ペルー側の安全性を考慮すると、会議の時間は日本側で朝 7 時から、ペルー側で夕方 5 時からに限定される。しかし、この時間帯でおよそ 2 週間に一度、G2A 建物ではグループ会議を開催することとしたため、むしろ当初計画以上にカウンターパートとの相互理解が深まり、研究の進捗管理上も利点があった。

## ④ 研究題目 2 の研究のねらい (参考)

本研究題目では、地震災害発生時に、建物とライフラインの被害状況と継続使用の可否をセンサーを用いて早期に把握するシステムの開発と、その実装を目的とするものである。その為、実際にペルーの建物とライフラインにセンサーの設置を広める。そのモニタリングデータは、建物やライフラインの地震自動的応答を直接記録した貴重なデータとなるため、耐震規定の高度化など、今後の地震災害対応に

関する研究に大いに資するデータとなる。また、これら観測データを日本とペルーの両国で共有することにより、両国の耐震性能向上に資する。

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、リマ首都圏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】**

リマ首都圏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】**

リマ首都圏のインフラ・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】**

リマ首都圏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。リマ首都圏の主要な病院、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  
G3の当初の計画は、以下の3点についての活動を計画していた。

【令和3年度実施報告書】【220531】

1)建物やライフラインの被害推定を行うために必要な暴露データの整備状況の調査・情報収集を継続し、現地調査やリモートセンシングデータからの建物インベントリ生成のための既存研究について調査する。2)強震観測記録による地震動分布の早期推定システムの構築に向けた増幅度マップの整備と推定手法の設計および実地震の試行計算を行う。3) 統合型 GIS システムの構築に向けて、関連機関が運用している既存のシステムについて情報収集を行い、統合型 GIS システムの基本性能や要求される技術仕様について整理を行う。

前回のセンサデータ等から整備したリマ全域における街区単位のインベントリデータから約 10 年が経過していることから、更新のために最新のセンサデータを取得し、再構築する必要があることを確認した。さらに、対象地域においては検証データの収集および街区単位における建物構造の統計情報を得ることを目的に現地調査を始めた。これまで調査した範囲における建物構造種別の分布状況を下表に示す。

表 3 対象地域の建物の階数と構造種別

### Number of stories

Distrito	1	2	3	4	5	6-10	11-15	>15
Villa El Salvador	33.2%	60.9%	5.6%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Chorrillos	22.9%	67.9%	7.6%	0.0%	0.9%	0.7%	0.0%	0.0%
Lurín (*)	50.3%	47.1%	2.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
Barranco	17.3%	49.3%	18.7%	2.7%	2.7%	8.0%	1.3%	0.0%
San Juan de Miraflores	9.3%	62.1%	25.7%	1.8%	0.6%	0.6%	0.0%	0.0%
Santiago de Surco	4.5%	42.1%	29.1%	16.2%	4.5%	3.5%	0.0%	0.2%

### Type of material

A: Adobe M: Masonry C: Concrete  
Q: Quincha S: Steel W: Wood O: Others

DISTRITO	A	M	C	Q	S	W	O
Villa El Salvador	0.0%	88.6%	4.8%	0.0%	0.5%	5.9%	0.2%
Chorrillos	0.5%	90.3%	5.2%	0.0%	0.0%	3.8%	0.2%
Lurín (*)	0.0%	83.4%	4.9%	0.0%	1.4%	7.7%	2.6%
Barranco	0.0%	78.7%	21.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
San Juan de Miraflores	0.0%	88.5%	7.6%	0.0%	0.0%	3.9%	0.0%
Santiago de Surco	0.2%	77.2%	21.6%	0.0%	0.2%	0.8%	0.2%

また、Google Street View 等の現地写真から建物属性を推定する AI 手法について調査し、これまで CISMID が構築してきた現地写真と建物構造種別のデータベースに今後試行していくことを確認した。建物単位でのインベントリデータの構築は現地調査だけではなく、ドローンや人工衛星等のリモートセンシング技術を活用することを考えている。人工衛星の高分解能 SAR の強度画像のレイオーバー領域から建物高さを推定する技術についてペルー・ラプンタに応用した事例を図 1 3 に示す。今後、位相画像による高さ推定手法を併用して、現地調査データを補完できるか検討する予定にしている。また、光学センサ画像からの建物輪郭の抽出について、既存の AI 手法をリマの建物群を観測した画像に適用し (図 1 4 参照)、手法の利用可能性について評価を進めた。

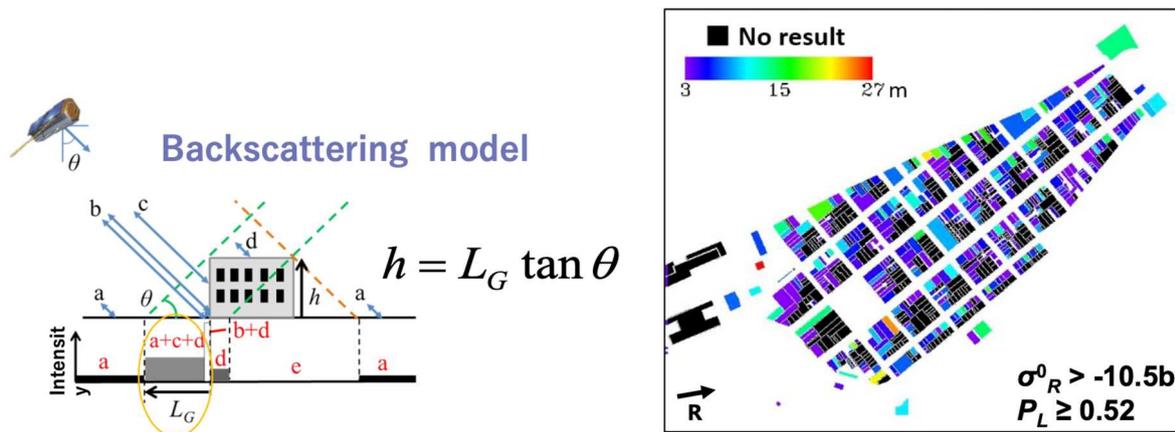


図 1 3 SAR 画像のレイオーバー領域からの建物高さの推定手法（左）とラプンタに適用した結果

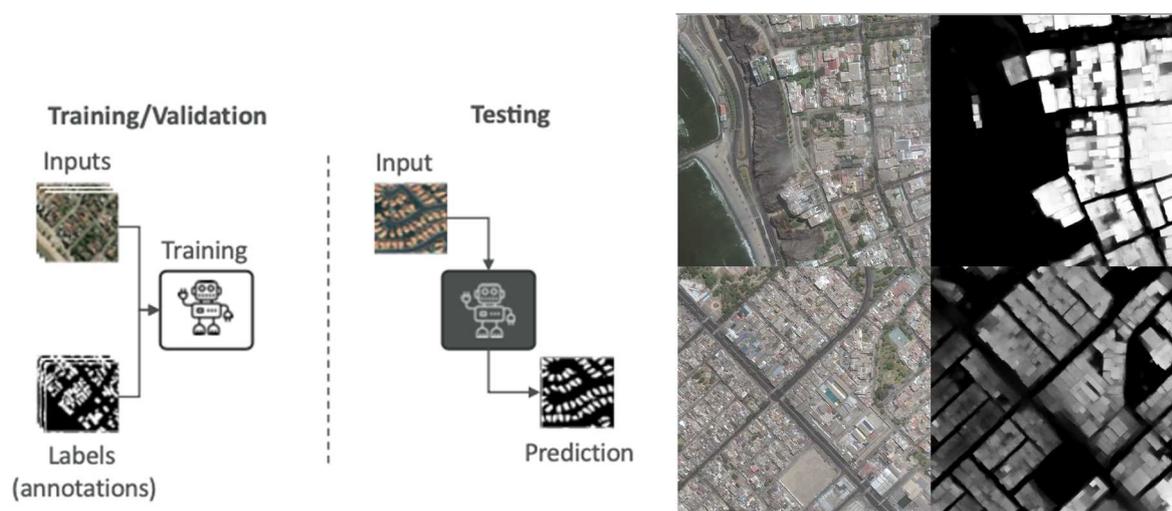


図 1 4 AI による衛星画像からの建物抽出手法（左）とリマの衛星画像と建物抽出の例（右）

地震動分布の早期推定システムに必要な地盤増幅度マップの整備を G1A と共同で進めると共に、地震動指標値の空間補間手法について既往研究を調査した。さらに、増幅度マップと手法のひとつを実装したプロトタイプシステムを構築し、2021 年に発生した地震に適用し、精度等を検証した(図 1 5 参照)。

統合型 GIS システムについては、ペルーの関係機関が所有・運用しているシステムについて調査した。また、システムのプロトタイプ試作のために、ArcGIS Pro のライセンスを購入した。なお、このライセンスは G3 でのシステムプロトタイプとしてだけでなく、G3 であれば建物インベントリデータの構築やドローン等の解析、G1B の津波シミュレーション結果の可視化、G2B のライフライン GIS データの解析など、各グループが使える共通の解析プラットフォームという位置づけでもある。

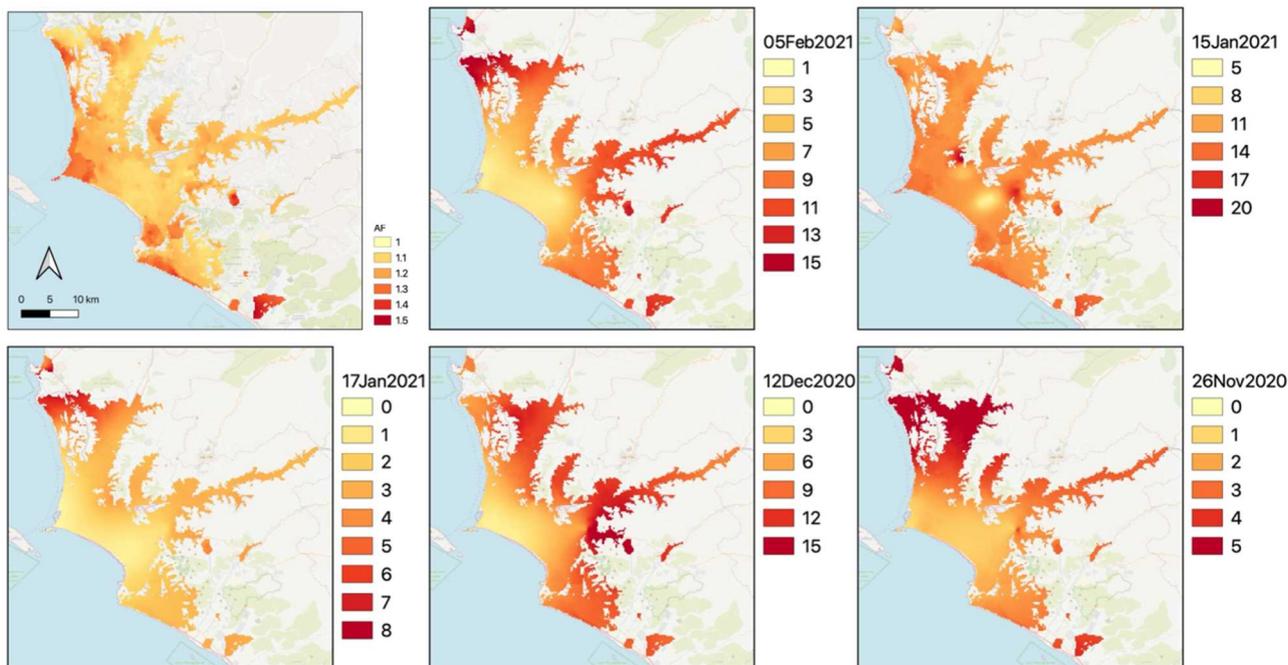


図 1 5 リマの増幅度マップ（左上）と実地震に対して地震動分布を即時推定した試行結果

#### ②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

COVID-19 の影響により、ペルーへの渡航や日本での研修がまだ実施できていないが、月 2 回の定期的なグループ会議をオンラインで実施している。その会議では両国の技術について意見交換するだけでなく、研究技術に関する最新動向（既往論文やデータセット）についても紹介し、情報共有を行っている。研究進捗や方針についてすべてカウンターパートと共有している。

#### 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

月 2 回の定期的なグループ会議は、議題の有無に係わらず実施している（時差の関係で、日本でもペルーでも勤務時間帯外になることが気軽に実施できている背景かもしれない）。生存確認ではないが、お互いの顔や声を定期的確認できることは、研究進捗の共有だけでなく、関係者間の信頼や親密を深める意味で重要だと感じている。

#### ④研究題目 3 の研究のねらい（参考）

リマ首都圏および対象地域の建物やライフラインのインベントリ情報を現地調査、リモートセンシング画像、AI 技術を使って整備し、事前のハザード評価に利用すると共に、地震発生後に取得した地震観測データから速やかに地震動と建物等の被害分布を推定する手法およびリモートセンシング画像からの被害把握手法、さらに、これらを統合して被害推定結果を高精度化する手法を開発する。また、災害対応の意思決定を支援する目的で、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関係者間で共有できる GIS システムを構築する。

#### ⑤研究題目 3 の研究実施方法（参考）

### **【3-1 GISデータの構築】**

リマ首都圏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と程度を把握する。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

防災関係者への研修の開始を目的として、インフラ観測システムの概要を紹介する関係資料の整備を進めた。一般市民へのセミナーの開始を目的として、建物の耐震リテラシーを向上する技術資料の整備を進めた。特に研究題目2と連携して、震動実験データなどからのプレゼン資料強化を進めた。過去の大規模震動実験では、長周期地震動を受ける高層建物内部の被害検証を、ビデオを含む教育資料として整理し、ワークショップでも利用できる形式で配布した。図16の上段に示すように、学校教育、技術者(この場合は建築士会)勉強会、自治体(兵庫県、愛知県、東京都、大阪府等)の検討会などに、利用された。図16下段には、資料の要点を示す。このような先行事例をペルー側と共有しつつ、今後の作業内容のより具体的に共有することができた。本プロジェクトにおける対象のエキスパートに展開する第一弾として、G2aの建物センシング技術に係る説明資料について、対象建物の選定、大規模実験検証の計画等について議論、検討を行った。

# Well Understanding of Building Damage: Nimble Reactions Based on Decisions

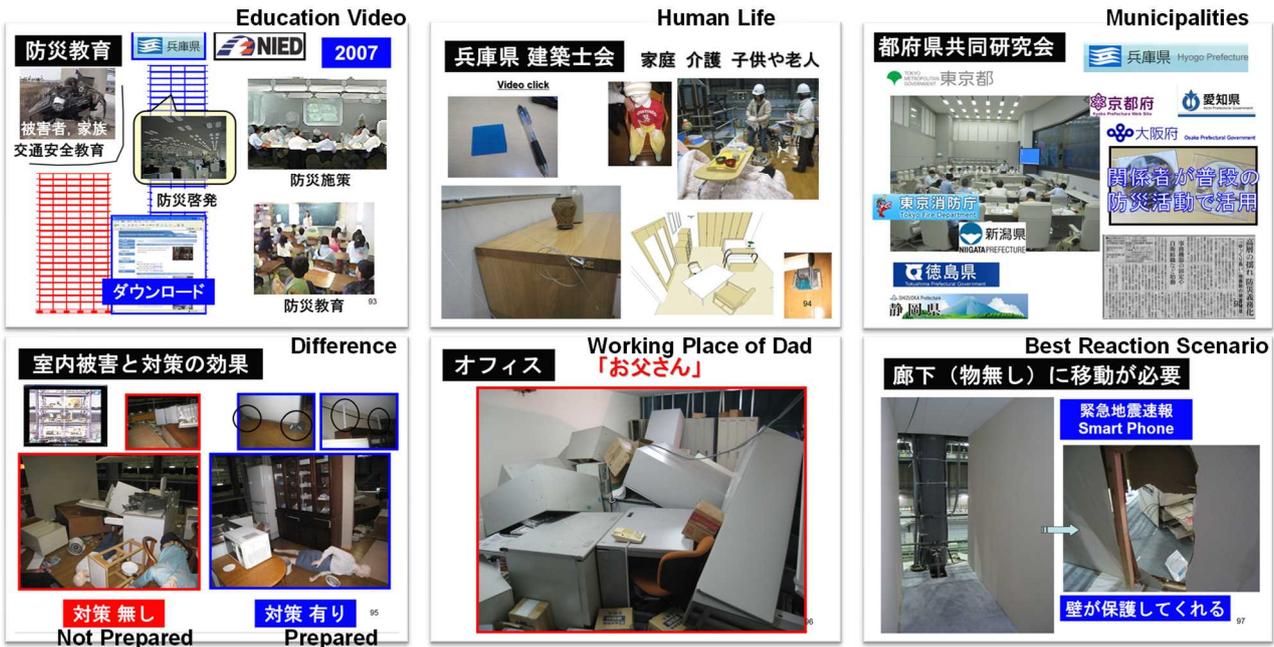


図 1 6 議論で共有した一般市民向け技術資料の構想スケッチ

## ②研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

オンライン会議において、研究進捗状況はすべてカウンターパートと共有している。リマ市の建物を対象にエキスパートシステムに導入されるセンシング技術を検証する震動実験の構想を共有し、両国の協働によって作成される技術説明資料の具体計画を共有した。

## The newest 10-story test event



図 1 7 会議で共有した技術資料用の震動台実験計画

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

オンラインにて月例全体会議が着実に開催されたため、これを利用し、各研究課題の議論、進行状況を把握することができた。技術普及に取り組む研究課題4にとって極めて有意義な情報共有の場が構築されており、当初計画以上に円滑な情報共有が可能となった。

④研究題目4の研究のねらい（参考）

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。

⑤研究題目4の研究実施方法（参考）

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）

COVID-19 を取り巻く各国の状況は、水際で流入を阻止する体制から、COVID-19 前の経済活動に戻し、with コロナの体制へと移動している。今後は、渡航に関する規制の緩和も十分考えられるため、計画に沿った渡航および日本での研修を実施する。また、2021 年度には COVID-19 の影響で実施できなかった研修計画も順次実施する。特に 2 年目に入り、各センサーの設置など、実際に現地に訪れて実施しなければならない研究項目がある。渡航準備等に時間がかかるため、十分な余裕をもって渡航準備を進めることとする。

特に研究題目 4 は、現地でのワークショップの実施などを通して、本プロジェクトの成果を実際に利用する防災関係者の教育・研修を実施し、成果の社会還元を図る。また、一般市民を対象として、本プロジェクトの研究題目を軸としたワークショップを実施し、SATREPS で実施している活動の広報と、防災意識の啓発を行う。これらの活動はペルーに渡航しないと実施できない。そのため、なるべく早くに準備を行い、渡航が叶うタイミングを逸しないよう状況を中止する必要がある。

また、COVID-19 の状況は、また悪化することも考えられる。そのため、常にオンラインで代行できる内容とできない内容を意識して、研究を進める。極端に COVID-19 の状況が悪化した場合は、ワークショップや研修を含めてオンライン実施の可能性を模索する。

2022 年度からセンサー設置とデータの取得が順次開始される予定である。これらの具体的なデータは物理的にも日本とペルーの両方で共有することにより、データの安全性を高めるとともに、データの共同利用の枠組みを模索し、社会還元を図る。

2023 年 4 月に迎える第一期の終了に合わせて、すべてのグループ共同でこれまでの成果をまとめて学術誌への投稿を目指し、成果の発信を行う。

## 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

プロジェクト全体の研究進捗状況は PDM および P0 に照らして、概ね計画通りに進んでいるものの、COVID-19 の影響により、2 国間の移動が制限されており、ペルーへの渡航や日本への招聘が実施できていない。2022 年 3 月に実施予定であった JCC も、渡航ができないため、オンライン実施に切り替えた。

対面での議論・調整ができないため、それを補う意味で、月に 1 度の定例のオンライン全体会議を実施している。これにより、従前の国際研究よりもより緊密に、二国間の連携が図られており、意識の共有も進んでいる。ただし、オンラインでお互いの顔を見ながら名の会議とはいえ、実際と同じ空間を共有しているわけではなく、言外のニュアンスは伝わりにくく、それによる理解の祖語といったインシデントも発生した。今後は、対面よりもより丁寧に、必要なことを確認していくこととしている。

機材供与に関しては、COVID-19、ロシアのウクライナへの侵攻、世界的な LSI の不足などにより、資材費・運搬費などが高騰しており、移送期間も長くかかるようになっている。早め早めの対応と、見積金額の継続的な確認を今後も行っていく。

### (2) 研究題目 1 : 「早期解析システム」

#### 研究グループ A 地震（リーダー：近藤久雄）

COVID-19 の影響により渡航ができない状況が続いていたが、オンライン会議やメールを通じて研究打ち合わせを実施することにより、概ね順調にコミュニケーションを取ることができた。ただし、未だに実際には会ったことがない参加者が多く、事業遂行に係る細部の意思疎通は対面で時間をかけて行う必要もある。今後は、大型の機材供与や現地での調査観測が実施されていく予定のため、さらに緊密に情報共有や協議を実施していきたい。

#### 研究グループ B 津波（リーダー：越村俊一）

オンラインでのコミュニケーションが確立しているため、これまでと同様にオンラインベースの活発な研究活動を継続する。

機材供与については、共同研究の遂行に必要なワークステーション等の導入は行われた。今後は、最終成果の社会実装についてペルー側と議論を進めていきたい。特にリアルタイム津波浸水被害予測システムの運用には日本側がすでに事業化（東北大学発ベンチャーによるシステム開発・運用）しており、これらのノウハウをペルー側にも導入することで我が国の経済・産業へのメリットも生まれると期待できる。これについては、JICA の新たな無償資金協力の事業などを立ち上げることを提案したい。

### (3) 研究題目 2 : 「建物・ライフライン」

#### 研究グループ A 建物（リーダー：楠 浩一）

#### 研究グループ B ライフライン（リーダー：丸山喜久）

- COVID-19 の影響で渡航がまだまだまらない状況ではあるが、効率的かつ頻繁にオンラインによる会議の実施が定着したため、今後もこのオンライン会議を継続する。両国間の距離を考慮すると COVID-19 の影響がなくても頻繁に往來することは難しいため、渡航が再開されたとしても現在のオンライン会議を継続する。
- 今後、大型の機材供与が続くため、より緊密にカウンターパートと情報共有を図る。
- オンライン会議を定期的に頻繁に開くことは、研究進捗管理のみならず、相互理解をより深め、誤解やインシデントを未然に回避できるため、他のプロジェクトでも役に立つであろう。

### (3) 研究題目 3 : 「災害情報技術」（リーダー：松岡昌志）

- これまでと同様に定期的にオンラインでのグループ会議を実施し、研究活動を円滑に進めていく。
- 日本もそうであるが、ペルーのような国ではとくに地震や津波の被害推定に適用可能な建物インベントリデータは整備あるいは公開されていない。国際的には UN や世界銀行等のプロジェクト、民間の保険会社等のプロジェクトで部分的には構築されたりしているが、データポリシーの問題で他のプロジェクトでは利用できない。建物インベントリデータのような共通基盤のデータについて、プロジェクト相互で利用できる環境が望まれる。

### (4) 研究題目 4 : 「災害対応力向上」（リーダー：長江拓也）

今年度から研修受け入れが始まるが、現在までに構築されたオンラインでの情報共有機会に基づき、渡航前から具体的な計画を共有、推敲し、より効果的、実践的な成果を目指す。

オンラインにて月例全体会議が着実に開催されることで、これを利用し、各研究課題の議論、進行状況を的確に把握することができる。技術普及に取り組む研究課題4にとって極めて有意義な情報共有の機会であり、円滑な連携の基盤となる。

#### IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

##### (1) 成果展開事例

- ・ 建物モニタリングによる被災度判定システムについては、善通寺五重塔・本山寺五重塔などの歴史建造物に試験設置し、観測を実施している。ニュージーランドのウェーリントン市においても、試験設置の準備を進めている。また技術評価を日本建築防災協会で行っている。

##### (2) 社会実装に向けた取り組み

- ・ 本研究成果を公開する HP を日本側・ペルー側で作成中であり、近日中に公開して一般に情報提供する。

#### V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

2021年7月9日にペルー共和国政府系 Press である Agencia Andina に、SATREPS は JICA と APCI の協力のもとに行われるプロジェクトであること、および本プロジェクトが CISMID と東京大学地震研究所を中心として実施されることが紹介された。

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。)
2021	Luis Moya, Fernando Garcia, Carlos Gonzales, Miguel Diaz, Carlos Zavala, Miguel Estrada, Fumio Yamazaki, Shunichi Koshimura, Erick Mas, Bruno Adriano, Brief communication: Radar images for monitoring informal urban settlements in vulnerable zones in Lima, Peru, Natural Hazards and Earth System Sciences, 2022, Vol.22, Issue1, 65-70	10.5194/nhess-22-65-2022	国際誌	発表済	地球科学分野のトップレベル雑誌(IF4.345)

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。)
2021	Erick Mas, Shinichi Egawa, Hiroyuki Sasaki, Shunichi Koshimura, Modeling search and rescue, medical disaster team response and transportation of patients in Ishinomaki city after tsunami disaster, E3S Web of Conferences, 340, 1-5	10.1051/e3sconf/202234005001	国際誌	発表済	
2021	Tumurbaatar, Z., Miura, H. and Tsamba, T., Development of Building Inventory Data in Ulaanbaatar, Mongolia for Seismic Loss Estimation, ISPRS International Journal of Geo-Information, 2021, 11(1), 26.	10.3390/ijgi11010026	国際誌	発表済	地球科学分野のトップレベル雑誌(IF 2.899)
2021	Liu, W.; Maruyama, Y.; Yamazaki, F. Detection of Collapsed Bridges from Multi-Temporal SAR Intensity Images by Machine Learning Techniques. Remote Sens. 2021, 13, 3508.	10.3390/rs13173508	国際誌	発表済	地球科学分野のトップレベル雑誌(IF 4.848)
2021	Zhan, Y.; Liu, W.; Maruyama, Y. Damaged Building Extraction Using Modified Mask R-CNN Model Using Post-Event Aerial Images of the 2016 Kumamoto Earthquake. Remote Sens. 2022, 14, 1002.	10.3390/rs14041002	国際誌	発表済	地球科学分野のトップレベル雑誌(IF 4.848)
2021	Min-Lung Cheng, Masashi Matsuoka, Wen Liu, Fumio Yamazaki, Near-Real-Time Gradually Expanding 3D Land Surface Reconstruction in Disaster Areas by Sequential Drone Imagery, Automation in Construction, 2021, Vol.135, 104105.	10.1016/j.autcon.2021.104105	国際誌	発表済	土木工学分野のトップレベル雑誌(IF 7.700)
2021	Davoud Omarzadeh, Sadra Karimzadeh, Masashi Matsuoka, Bakhtiar Feizizadeh, Earthquake Aftermath from Very High-Resolution WorldView-2 Image and Semi-Automated Object-Based Image Analysis (Case Study: Kermanshah, Sarpol-e Zahab, Iran), Remote Sens., 2021, Vol.13, No.21, 4272.	10.3390/rs13214272	国際誌	発表済	地球科学分野のトップレベル雑誌(IF 4.848)
2021	Sadra Karimzadeh, Masashi Matsuoka, A Preliminary Damage Assessment Using Dual Path Synthetic Aperture Radar Analysis for the M 6.4 Petrinja Earthquake (2020), Croatia, Remote Sens., 2021, Vol.13, No.12, 2267.	10.3390/rs13122267	国際誌	発表済	地球科学分野のトップレベル雑誌(IF 4.848)
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, Vol.175, pp.132-143.	10.1016/j.isprsjprs.2021.02.016	国際誌	発表済	地球科学分野のトップレベル雑誌(IF 8.979)

論文数 8 件  
 うち国内誌 0 件  
 うち国際誌 8 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
2021	Kondo, H., Owen, L.A., Figueiredo, P.M., 2022. Paleoseismological Studies. In: Shroder, J.J.F. (Ed.), Treatise on Geomorphology, vol. 2. Elsevier, Academic Press, pp.495-562.	総説	発表済	

著作物数 1 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

(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
2021	2021/10/1	第20回ドコモ・モバイル・サイエンス賞	リアルタイムシミュレーションとセンシングの融合によるリアルタイム災害科学の創成	越村俊一, 太田雄策, マスエリック	NPO法人モバイル・コミュニケーション・ファンド	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2021	2022年1月	第71回河北文化賞	リアルタイム津波浸水被害予測システムの開発と運用による災害レジリエンス向上への貢献	越村俊一	公益財団法人 河北文化事業団	その他	当該研究課題で実現する成果に対する社会的価値についての表彰

2 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
2021	2021/11/22	四国新聞	揺れ観測 より精密に「風向風速センサー設置」	地域総合	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2021	2022/2/4	四国新聞	五重塔の揺れ 長期観測開始「建築物専門家ら 15年間」 収集データ、保全に活用	地域総合	3.一部当課題研究の成果が含まれる	

2 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
2021	2022/3/15	第1回合同調整委員会(JCC)		プロジェクト実施体制の確認、プロジェクト進捗報告

1 件

# 成果目標シート

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

## 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

## 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"> <li>防災分野における日本のプレゼンスの向上</li> <li>日本の都市の地震・津波災害即時対策技術の向上</li> <li>日本のセンシング技術の世界への普及</li> </ul>
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震・津波による災害の理解の深化</li> <li>建物・ライフライン施設モニタリング技術の向上</li> <li>Multi-Hazardにも対応した災害対応力の向上</li> </ul>
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"> <li>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</li> <li>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</li> </ul>
世界で活躍できる日本人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</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>レジリエンス向上のための施策提言</li> <li>災害警報・防災情報発報システム</li> <li>地震・津波監視システム</li> <li>ライフライン・建築物モニタリングシステム</li> <li>災害情報伝達システム</li> <li>研究成果論文</li> </ul>

