

# 地球規模課題対応国際科学技術協力

(防災研究分野「開発途上国のニーズを踏まえた防災科学技術」領域)

## ペルーにおける地震・津波減災技術の向上に関するプロジェクト

(ペルー共和国)

平成 22 年度実施報告書

代表者：山崎 文雄

千葉大学大学院工学研究科・教授

<平成 21 年度採択>

## 1. プロジェクト全体の実施の概要

本研究では、ペルーにおける地震・津波災害の軽減を図るため、両国の研究者の強い連携のもとに、地域特性を考慮した総合的な防災研究を実施する。具体的には、(1) 震源モデルによる地震動予測を行うとともに、地震観測や微動観測に基づいて地盤ゾーニングを行う、(2) 海底地形などを考慮した津波シミュレーションを実施し、その結果をまとめて津波減災対策を示す、(3) 建物現況調査を行うとともに、耐震補強効果を構造実験および数値解析で検討する、(4) リモートセンシングに基づいた空間基盤データ構築と災害把握手法を開発し、地震被害予測を実施する、(5) シナリオ地震・津波の被害予測結果に基づいて、地域減災計画を作成する。

昨年度はプロジェクト立ち上げに尽力し、本年度から本格的な研究活動を開始した。地震動予測と地盤ゾーニンググループは、微動観測を現地研究者と共同で行うことにより、理論及び技術移転を行った。津波予測と被害軽減グループは、ペルーでは研究機関・大学の研究者・学生らを対象にセミナーを開催し、また日本では短期研究生を招へいし震源メカニズム、津波伝播・遡上シミュレーション技術の移転を行っている。建物耐震性の向上グループは、ペルーで耐震セミナー及びペルー・日本建物合同調査を行うことで、着実に研究及び技術移転を行っている。空間基盤データ構築と被害予測グループは、現地で空間基盤データ構築などの技術指導を行い、共同研究を進めている。地域減災計画グループは、ペルー国会において日本の防災技術に関するセミナー開催やペルー国家防災庁（INDECI）との会談など、防災関係機関及び地域社会に対する地震・津波防災の啓発・普及活動を積極的に行っている。

本年度の成果とし、プロジェクトで延べ45に及ぶ論文発表および講演を行っており、津波被害予測および地震・津波被害検出手法などで一定の成果を上げている。また9つのマスコミ報道が行われており、とりわけペルー国内での新聞報道が顕著であった。中南米諸国でも地震・津波減災技術への関心が高かったことから、ペルー及び中南米諸国の研究者を招待し、2011年3月に千葉大学で第2回日本-ペルー地震・津波減災技術の向上に関する国際ワークショップを開催した。プロジェクトの進捗状況の詳細はホームページ (<http://ares.tu.chiba-u.jp/peru/index.html>) に掲載している。

現在のところプロジェクトは計画通り進んでおり、来年度はそれぞれのグループから以下のような成果が期待されている。地震動予測と地盤ゾーニンググループからは地震・微動観測および地盤調査結果が報告され、強震観測網が整備される予定である。津波予測と被害軽減グループからは既往の津波被害の報告が行われ、津波による浸水域とその被害の検討が開始される。建物耐震性の向上グループでは建物耐震診断及び歴史的建造物調査結果をまとめ、構造実験を本格的に開始する予定である。空間基盤データ構築と被害予測グループでは空間基盤データを構築し、被害把握および予測手法での成果が期待される。また、現在1名東北大学で津波予測に関し研究を行っている短期研修員に加え、新たに短期研修員を3名、留学生を1名ペルーから招へいする予定である。技術供与だけでなく、人材育成でも更に充実した成果が期待されることから、プロジェクトは今後更に加速していき、ペルーの国勢、地域特性に沿った地震・津波減災技術に関する成果が得られるものと期待される。

## 2. 研究グループ別の実施内容

### 2. 1. 地震動予測と地盤ゾーニング

(以下に示す記入項目について、研究グループ/研究題目ごとに各1ページ程度にまとめてください。図、表、写真等を含めていただいても結構です。また、本プロジェクトにおいて、相手国側研究機関単独で独自の題目を設定している場合には、相手国側研究機関の活動を題目ごとに各1ページ程度にまとめてください。)

#### ①研究のねらい

ペルー沖のプレート境界地震の震源モデルを構築し、強震動を予測する。ペルーの地勢を反映した地盤分類手法を提示するとともに、リマ首都圏等を対象とする地盤構造の概要を明らかにし、マイクロゾーニングを実施する。また、リマ首都圏を対象に、ペルー沿岸を震源とするシナリオ地震を設定し、地震動予測結果を示すとともに、表層地盤によるハザードマップを GIS 上に構築する。

#### ②研究実施方法

プレート境界における過去の地震活動度を調査してシナリオ地震の震源モデルを構築し、強震動を予測する。また微動観測を行うとともに、地震計ネットワークを拡充し地震観測を実施する。これらの結果を踏まえて、ペルーに適した表層地盤分類と地震動増幅度を提案し、リマ市などを対象に地震マイクロゾーニングを実施し、シナリオ地震に対する推定震度マップを構築する。さらに、斜面災害に対する調査を行い、危険度評価を行う。

#### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

震源モデルと地震動予測の研究に関し、ペルーでのシナリオ地震を IGP と共同で 1746 年ペルー中部地震、1868 年ペルー南部地震の2つの巨大地震を選定した。それにもとづき、震源モデルの構築を来年度上旬までに終了し、地震動予測を来年度後半から行う予定である。微動と強震観測に基づく表層地盤ゾーニングの研究に関し、2010 年 8 月末から 9 月上旬、2010 年 12 月上旬から中旬までリマ市、タクナ市において表層地盤のS波速度構造を推定するため、地震観測を予定している地点を含め微動・表面波探査を実施した。地盤調査は来年度末まで実施する予定であり、再来年度よりその結果を用い地盤マイクロゾーニングを行う。斜面災害に対する危険度評価の研究に関し、2010 年 12 月にリマ市、タクナ市を訪問し、斜面災害が予測される地域を視察した。来年度上旬まで現地調査・計測を行い、来年度中旬より斜面での地震応答解析を行う予定である。これらの研究は計画通り進んでいる。

#### ④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

微動観測に基づく表層地盤のS波速度構造の推定技術に関して、センサ等の微動観測機器の供与とともに観測記録の処理および地盤構造推定技術の移転を行った。CISMID の学生を対象に、微動・表面波探査の背景となる理論を講義した。また地震動予測の研究は IGP から建築研究所に派遣されている留学生らとともに共同研究していく予定であり、ペルーへの理論及び技術移転も行う。

#### ⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

微動と強震観測に基づく表層地盤ゾーニングの研究に関し、ボーリング調査の契約がうまくいかず、本年度ではなく来年度にずれ込む事となった。

## 2. 2. 津波予測と被害軽減

### ①研究のねらい

ペルーの防災上考慮すべき津波モデルを設定し、津波の伝播・遡上の数値シミュレーションを行う。また、津波に対する脆弱性を総合的に評価するための知見整備を目指して、津波ハザードマップ作成のための技術要件の整備、人的被害軽減を目標とした土地利用施策、津波避難ビル等の緊急避難施設的设计指針等、相手国の研究者・技術者・防災担当者が利用できる技術基盤を構築する。

### ②研究実施方法

ペルーにおける過去の津波履歴を調査し、本研究で想定すべき津波発生シナリオを検討する。また、海底地形データや沿岸地域の標高・地形データを収集・整備し、想定津波波源モデルに基づいた津波伝播・津波遡上シミュレーションを実施し、実際の津波被害の検証を行う。さらに、沿岸地域の土地利用調査に基づく、現実的な津波減災対策を提案する。

### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

津波減災技術の基盤構築に関し、既往津波被害の把握と整理を行うため、2001年ペルーArequipa地震でのCamana付近の津波を対象に浸水計算の実施と検証を行った。また海域陸域詳細地形モデルを作成中であり、来年度も引き続き被害評価モデルを検証する。津波発生・伝播特性と津波災害の社会的影響の把握に関し、Arequipa地震での検証結果を用い、Lima/Callaoの浸水シミュレーションを行いペルーでの津波避難シミュレーションを来年度も続き行う。構造物データと被害関数を利用した構造物被害の算定に関して、UNIからの留学生により被害データを収集し、津波避難体制(ハザードマップ、避難書、情報伝達体制)の調査を行った。来年度から被害推定手法の検討を行う予定である。これらの研究は計画通り進んでいる。

### ④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2010年8月23日から8月27日の5日間、「震源メカニズム」「津波伝播・遡上シミュレーション」セミナーをUNIで行った。地震・津波の理論を講義し、日本で開発されたコンピュータープログラムを用いて数値解析演習を行い、理論及びその応用の技術移転を行った。セミナーにはCISMID, IGP, DHN, サンマルコス大学から多数の方が参加者した。また最終日にはUNI講堂で公開セミナーを催し、約100名に上る参加者を得た。また東北大学では、DHNからの短期研修生及びUNIからの留学生が津波の発生、伝播、そして被害シミュレーションの理論及びその解析技術を学んでおり、技術移転、人材育成を行っている。

### ⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

東北地震が起こったため、来年度予定の調整が必要である。

## 2. 3. 建物耐震性の向上

### ①研究のねらい

組積造建物の耐震性評価のための情報を整理したデータベースを構築するために、既往の構造実験データや文献等を収集・整理するとともに、ペルーの建物を対象とした構造性能調査や構造実験を実施する。また、データベースに基づく構造解析モデルを開発して、シナリオ地震に対するペルーの建物の被害予想を行う。また、ペルーに多い歴史建造物や世界遺産についても、地震に対する保護と耐震性の向上について検討する。

### ②研究実施方法

既往の構造実験データや文献等の収集、組積造部材の構造実験の実施、ペルー建物の構造性能調査を行い、それらの結果をデータベースに整理する。また、部材の力学モデルの開発と、モデルを組み入れた構造解析を実施し、地震時の建物性能を明らかにするとともに、地震時被害予測や耐震診断・補強のための手法を確立する。

### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

耐震データベース構築に関し、本年度から来年度中旬まで調査・実験を行う予定である。調査に関しては、チリ地震後現地専門家らと共同で建物被害を検証した。またペルー、リマ市、タクナ市での建物および建築現場を訪問しており、計画通り進んでいる。建物構造実験に関しては、CISMID、横浜国立大学で行う予定であり、現在も機材導入など準備を進めている。横浜国立大学での実験は、すでに試験体の作成を終え、来年度初めに実験を行う予定である。CISMID での実験は、来年度に機材到着後に実施する予定である。耐震診断・補強技術に関しては、詳細な診断・補強を行う建築物を特定し、構造図面の分析と非破壊検査を行っており、計画通り来年度中旬までに耐震診断と補強計画の提案がなされると思われる。その後、耐震補強技術の検証実験を行う予定である。また歴史的建築物の耐震化技術に関し、チャンチャン遺跡など4カ所で耐震評価を行っており、国際学会でも報告している。

### ④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2011年2月には耐震解析特別講義、耐震工学セミナー、コンクリート工学特別講義をペルーで開催し、延べ70人の現地研究者に技術移転を行った。またペルー研究者とリマ市、タクナ市建物調査を合同で行うことにより、研究・実践の両側面から技術移転を行っている。

### ⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

とくになし。

## 2. 4. 空間基盤データ構築と被害予測

### ①研究のねらい

地震・津波リスク評価のための空間基盤データベースとして、リモートセンシング技術を利用して、建物台帳データおよび地形・標高モデルを構築する。また、各種の人工衛星データを組合せた地震・津波被害検出手法を開発し、実地震の被害データとの比較により、ペルーの地域特性に適合するものへ改良する。これらを用いてシナリオ地震に対する被害予測を行う。

### ②研究実施方法

衛星画像や GIS データ等を用いて、検討対象地域に対する建物データベースと標高・地形モデルの構築を行う。また、既往被害地震の前後の衛星画像や空中写真を用いて被害検出を行い、現地調査結果と比較して被害把握手法を検証する。これらのデータを用いて、シナリオ地震に対する被害予測を行う。

### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

空間基盤データの構築として、現在リマ市において、衛星画像データ(ASTER-GDEM, ALOS/PRISM)を用い、数値標高モデル(DSM)を作成している。また人工衛星 LANDSAT 画像を用い広域土地利用区分図を作成し、高分解能衛星画像や国勢調査統計データと比較し、市街地については年代別市街地分布データの建物区分図を作成している。また被害把握手法の検討として、2007 年ピスコ地震前後の衛星画像を用いて被害検出を行い、現地調査結果と比較して被害把握手法の適用性について検討した。これらの研究は来年度も引き続き行う予定であり、それにもとづきシナリオ地震に対する被害予測を行う。研究計画は当初の予定通り進んでいる。

### ④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2010 年 10 月中旬にリマ市において現地調査を行い、空間基盤データの基礎資料を収集するとともに、CISMID の職員に対して GIS データの取り扱い方法やリモートセンシング技術の利活用に関する指導・討議を行った。またペルー研究者が来日中、GPS の仕様説明会を千葉大学で開催した。

### ⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)とくになし。

## 2. 5. 地域減災計画

### ①研究のねらい

ペルー側と共同で、地域特性を考慮した地震津波災害に対する地域減災計画を立案し、防災行政機関や地域社会への教育・普及活動を行う。また全課題を通じて、参加研究者とペルー防災行政関係者が強い連携と情報共有を実現することにより、ペルーにおける地震・津波の防災研究・防災施策を推進するための組織を構築し、本事業終了後もフォローアップする。

### ②研究実施方法

ペルーの地域計画・都市計画の実態を調査するとともに、実被害地震からの復興計画や復興状況を把握する。各研究グループの成果をまとめて、検討対象地域の地域減災計画への適用し、ペルー側と共同で防災行政機関や地域社会への教育・普及を図る。

### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

2010年9月にペルー国会災害リスクマネジメントセミナーで、日本の地震・津波防災技術に関する講演を行うほか、IGP, DHN, INDECIを訪問し会談した。また2011年3月には千葉大学でプロジェクトワークショップを開催したほか、JICA, 在日ペルー大使, 港湾空港技術研究所を訪問し、本プロジェクトの運営、広報活動を行った。来年度も引き続き研究運営、プロジェクト広報活動を行い、他グループの研究成果を見ながら INDECI などと協力し地域減災計画を立案していく。研究計画は当初の予定通り進んでいる。

### ④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2011年3月のプロジェクトワークショップではペルー研究者13人、南米研究者4人を千葉大学に招待し、各国の研究情報の共有を行った。また港湾空港技術研究所への津波施設見学を企画し、我が国の技術情報を説明した。このような活動を通し、ペルー、南米諸国との連携はさらに強くなっており、今後ペルー巨大地震後の復興状況の全体像を明らかにしていくうえで、有効であると思われる。

### ⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

とくになし。

### 3. 成果発表等

#### (1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数(国内 4 件, 国際 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 4 件, 海外 0 件)
- ③ 論文詳細情報

越村俊一, 萱場真太郎, 1993 年北海道南西沖地震津波の家屋被害の再考 –津波被害関数の構築に向けて–, 日本地震工学会論文集, 第 10 巻, 第 3 号, pp. 88-101, 2010. 5.

松崎志津子, 山崎文雄, ミゲル・エストラダ, カルロス・サバラ, QuickBird 衛星画像を用いた 2007 年ペルー・ピスコ地震の建物被害把握, 地域安全学会論文集 No.13, pp. 407–413, 2010. 11

庄司学, 谷裕典, 2006 年ジャワ島南西沖地震津波における家屋被害の検証, 土木学会論文集 B2(海岸工学) Vol. 66, No. 1, pp. 286-290, 2010. 11.

丸山喜久, 松崎志津子, 山崎文雄, 三浦弘之, Miguel Estrada, 2010 年チリ地震に関する広域被害分析に向けた GIS の構築, 土木学会地震工学論文集, 第 31 巻, 2010. 12 (印刷中)

#### (2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳(国内 0 件, 海外 0 件, 特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件, 海外 0 件)

### 4. プロジェクト実施体制

#### (1) 「地震動予測と地盤ゾーニング」グループ(研究題目)

- ① 研究者グループリーダー名: 中井 正一 (千葉大学・教授)
- ② 研究項目

(Plan of Operation (PO) や Master Plan の項目によって箇条書きまたは数行程度に記載下さい。)

ペルー国での海溝型巨大地震のシナリオ設定に関しては, 千葉大学, 防災科学技術研究所, IGP と共同で行った。また調査対象地域の地震動・地盤変状予測に関しては千葉大学, CISMID と共同で行っている。

#### (2) 「津波予測と被害軽減」グループ(研究題目)

- ① 研究者グループリーダー名: 越村 俊一 (東北大学・准教授)
- ② 研究項目

シナリオ地震による調査対象地域の津波被害の予測, 減災に役立つ技術開発に関し, 東北大学, 筑波大学, UNI, DHN の共同で行っている。

#### (3) 「建物耐震性の向上」グループ(研究題目)

- ① 研究者グループリーダー名: 斉藤 大樹 (建築研究所・上席研究員)
- ② 研究項目

ペルーの建物特性に適応した耐震診断・補強技術の開発に関し, 構造実験・材料実験は主に建築研究所, 横浜国立大学, CISMID の共同で, また歴史建造物の診断補強は秋田県立大学, ペルー文化庁の共同で行っている。



(4)「空間基盤データ構築と被害予測」グループ(研究題目)

①研究者グループリーダー名: 翠川 三郎 (東京工業大学・教授)

②研究項目

調査対象地域の地理情報整備に関し, またシナリオ地震による調査対象地域の地震被害予測, 減災技術開発に関しては東京工業大学と CISMID の共同で行っている.

(5)「地域減災計画」グループ(研究題目)

①研究者グループリーダー名: 山崎 文雄 (千葉大学・教授)

②研究項目

調査対象地域における地震・津波防災への取組み促進に関して, 千葉大学, 東京工業大学, INDECI の共同で行っている.

以上