

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「途上国のニーズを踏まえた防災に関する研究」

研究課題名「コロンビアにおける地震・津波・火山災害の軽減技術に
関する研究開発」

採択年度：平成 26 年度/研究期間：5 年/相手国名：コロンビア

平成 27 年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

平成 27 年 7 月 1 日から平成 32 年 6 月 30 日まで

JST 側研究期間^{*2}

平成 26 年 5 月 1 日から平成 32 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 27 年 4 月 1 日)

*1 R/D に記載の協力期間 (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=R/D に記載の協力期間終了日又は当該年度末

研究代表者：熊谷博之

名古屋大学大学院環境学研究科・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	H26 年度 (10 月)	H27 年度	H28 年度	H29 年度	H30 年度	H31 年度
1. モニタリング	事前調査、 詳細計画の策定					
1-1 高度即時震源解析		機材調達・設置 SWIFT システム開発		▼SWIFT の運用	SWIFT システム運用	
1-2 津波監視		津波予測システム開発		▼津波予測システムの実現	▼津波予測システムの実現	
1-3 火山監視		ASL システム開発		▼火山監視システムの実現	ASL システム運用	
2. モデリング	事前調査、 詳細計画の策定					
2-1 プレート固着分布		GPS データ解析		▼プレート固着分布の推定	地震発生ポテンシャル評価	
2-2 シナリオ地震		機材調達・設置・微動観測		シナリオ地震の構築 と強震動予測		
2-3 マグマシステム		データ収集		データ解析		
3. 被害予測	事前調査 詳細計画の策定					
3-1 強震動被害予測		地盤情報収集・建物現況調査		▼ボゴタ強震動リスクマップの実現		リスクマップ導入と運用
3-2 津波被害予測	既往津波被害把握・地形データ整理		津波シミュレーション被害予測			
4. 情報発信	事前調査 詳細計画の策定					
4-1 防災情報ポータル		機材調達		▼防災情報配信システム		
4-2 ソーシャルメディア	アプリケーション開発		ポータルサイトの作成と運用			テスト・運用

(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)

変更なし

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

低頻度で大規模な地震・津波・火山災害を軽減する技術を向上させるためには、世界の様々な沈み込み帯での研究が不可欠である。コロンビアでは、1906年のコロンビア・エクアドル巨大地震 (M 8.8) や 1985年のネバド・デル・ルイス火山噴火による融雪泥流など、歴史的にも大きな地震・津波・火山災害を被ってきた。一方で、コロンビアは、世界的にも早い段階から地震観測網の衛星テレメータ化を進めるなど、南米大陸の中では先進的に地震・火山観測網を展開してきた。本プロジェクトでは、コロンビアにおける観測網を活用するとともに、途上国での研究協力の経験が豊富な理学と工学の研究者が有機的な連携を図ることで、同国における地震・津波・火山災害の軽減技術の包括的な研究開発を行う。この課題で開発される技術は、経済的発展に伴い観測網等のインフラ整備が可能となる他の途上国においても適用可能なものであり、本課題の成果は、様々な沈み込み帯での防災研究を行う機会を拡げるとともに、他の途上国における日本のプレゼンスを高めることにもつながる。

今年度は2015年7月24日に第一回目の合同調整会議 (JCC) をボゴタで開催し、日本およびコロンビアのプロジェクト関係者約70名が参加し、プロジェクト計画に関して議論を行った。さらに、のべ20人の専門家派遣、6名の研究委員受入、および供与機材の調達を行い、下記に述べる各グループの活動を行った。本年度はプロジェクトの一年目であり、データ解析・監視・予測システムの開発や機材の調達などの導入的な活動であったが、全てのグループにおいてほぼ当初計画通りに進捗している。カウンターパート研究員受入や現地におけるセミナーや講義の開催を通して、人材育成のための活動を進めている。さらに日本の大学院生の研究指導において、本プロジェクトに関連した研究課題を設定し、若手人材の育成のための活動も行っている。

(2) 地震・火山・地殻変動グループ

①研究のねらい：コロンビアにおける地震・津波・火山監視情報を高度化するために観測機材やデータ解析技術の導入を行うとともに、地震および火山噴火の発生過程に関する研究を行う。さらに地殻変動データの解析を進め、コロンビアにおける地震発生ポテンシャルを評価する。

地震・火山サブグループリーダー：熊谷博之、地殻変動サブグループリーダー：鷲谷威

②研究実施方法：地震および火山に関しては、2015年7月と2016年3月に専門家が訪問して、監視システムの開発および導入を行うとともに、2016年1月にコロンビア地質調査所 (SGC) の研究員を名古屋大学に招へいし、監視システムのオペレーション等に関する技術指導を行った。地殻変動については、2015年7月と2016年3月に専門家が現地を訪問して観測・解析上の問題について議論した。また、SGC職員向けのセミナーを行い、観測・解析のための基礎および応用的な知見を提供した。2016年1月には、SGC担当者が名古屋大学に滞在して共同研究の議論を進めるとともに、コロンビアのデータを提供してもらい、コロンビア側の結果と比較するための解析を開始した。

③達成状況とインパクト：地震監視に関しては、高度即時震源解析システム (SWIFT) の導入を行った。

【平成27年度実施報告書】【160531】

この導入にあたって、震源推定に必要となるグリーン関数ライブラリーの深さ方向の分解能を向上させるとともに、波形インバージョンの際に適切な波形を選択するアルゴリズムの改善を行った。グリーン関数に関しては、深さ 100 km までは 5 km、それ以深は 10 km の分解能での震源深さの推定が可能となった。波形選択アルゴリズムに関しては、従来の信号・ノイズ比での選択に加えて、波形の尖度を用いた選択を導入した。このアルゴリズムを導入したところ、より適切な波形の選択が可能となり、インバージョン解の精度の向上が見られた。さらに各観測点の情報を一元的に管理できる Web インターフェースを作成した。SGC の地震観測点は観測期間によって異なる地震計と記録計を用いており、解析期間に応じて対応する観測機器情報を用いる必要がある。今回作成した Web インターフェースによりその管理が容易にできるようになった。これらの作業により、コロンビアおよびその周辺で発生したマグニチュードが 4.5 程度以上の地震のセントロイドモーメントテンソル (CMT) メカニズムについて手動解析による推定が可能となった (図 1)。火山監視に関しては、ネバド・デル・ルイス火山に高周波地震波振幅を用いた震源決定 (ASL) システムおよび連続波形表示 (Drumplot) システムの導入を行った。これまで SGC で用いられていた火山観測点コードは、地震計の成分ごとに異なるコードを持つなどシステム運用上問題があったため、本プロジェクトの開始にあわせてコード名の系統的な変更を行った。ASL システムの導入により、噴火活動等に伴う火山性地震や微動の自動的な震源推定が可能となった (図 2)。ただし、各観測点のサイト増幅特性が推定できていないため、現時点の ASL の結果は暫定的なものである。SWIFT、ASL および Drumplot の結果は Web からの閲覧を可能としたので、日本人専門家とも情報の共有がなされている。SGC による地震および火山観測を強化するための機材 (広帯域強震計 3 台、広帯域地震計 2 台、空振計 5 台、記録計 2 台) の調達、輸送、および通関手続きを行い、SGC に上記機材が供与された。現在設置に向けた作業を進めている。地殻変動については、SGC が運用する GPS 観測網のデータを用いてブロック運動のモデル等について検討を行った (図 3)。その結果、コロンビアにおける GPS データの解釈には陸域を 8 個程度のブロックに分割する必要があることが分かった。本グループの活動は PDM における Output 1 および 2 (地震・火山の監視能力の向上、プレート沈み込みおよびマグマシステムのモデル化) に対応し、PO による計画通りに進捗している。

④カウンターパートへの技術移転の状況：2016 年 1 月に SGC 研究員 3 名 (Hector Mora 研究員、Faustino Blanco 研究員、Cristian Lopez 研究員) の受入を行うとともに、2016 年 3 月の専門家の派遣時に地震学および測地学のセミナーを SGC で開催した (図 4)。これらを通して監視システムのオペレーションおよびデータ解析技術の指導を行った。

⑤新たな展開：合成開口レーダー「だいち 2 号」のデータを用いてコロンビアの地殻変動研究を実施するため、日本とコロンビア双方でデータ利用のプロジェクトを JAXA へ申請し、双方とも採択された。

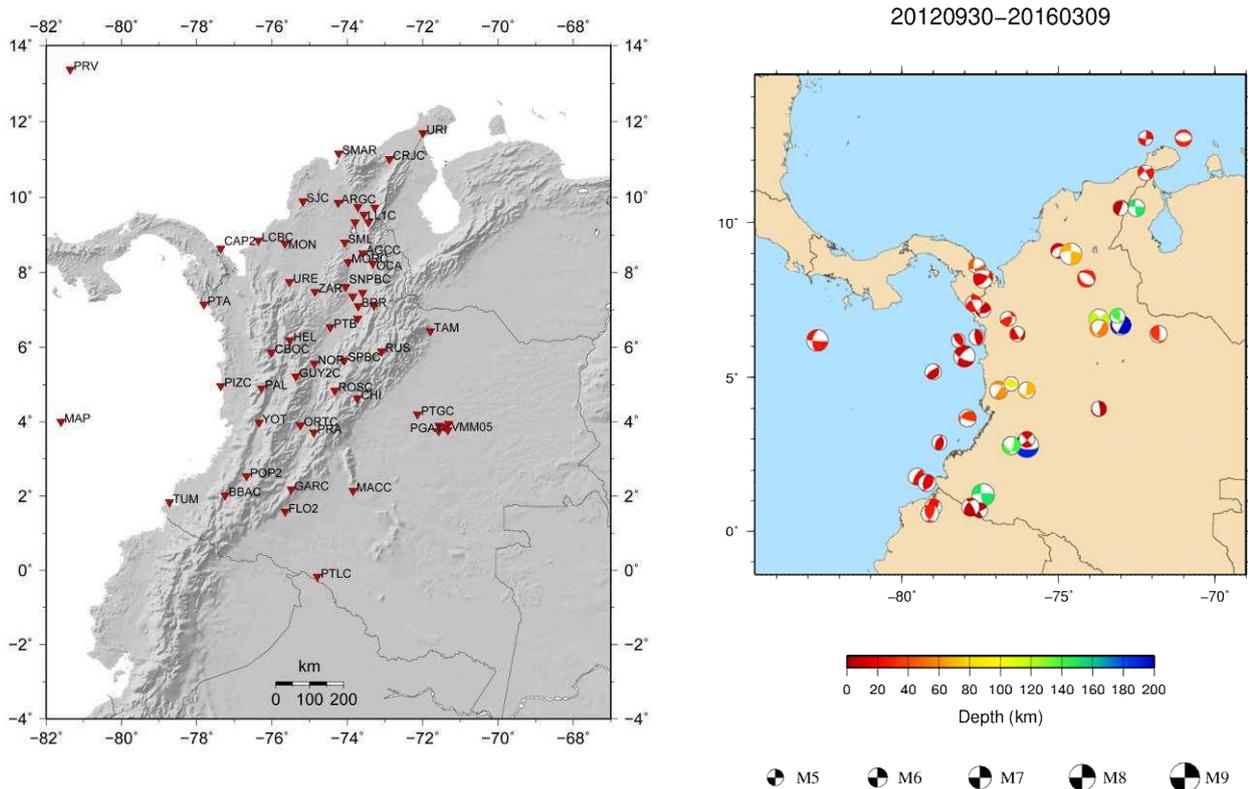


図 1. コロンビア地質調査所が運用する広帯域地震観測点分布（左）とそれらのデータを基に SWIFT 震源解析手法で推定された地震のセントロイドモーメント（CMT）メカニズム（右）。

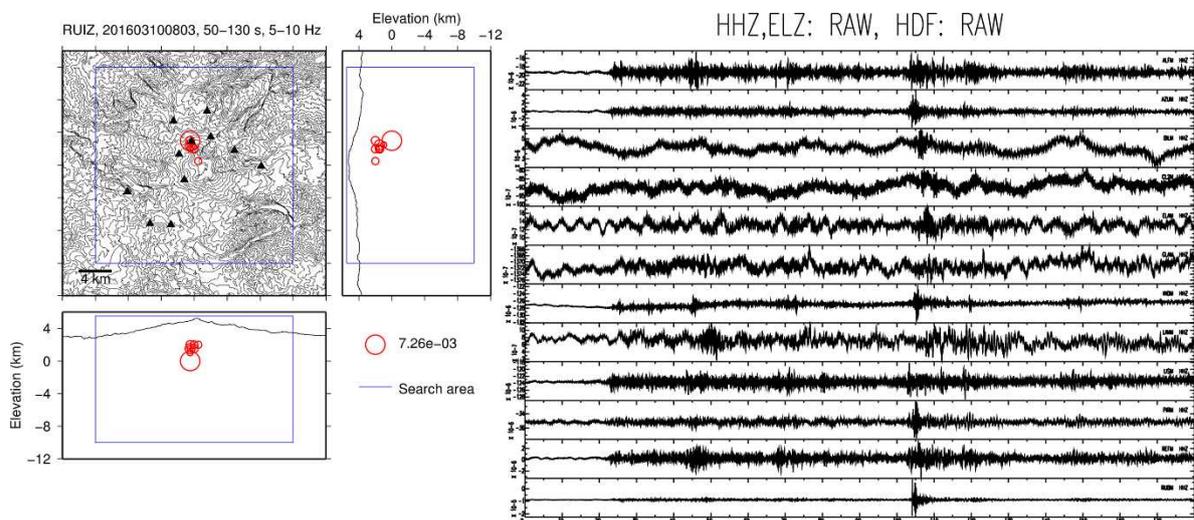


図 2. ネバド・デル・ルイス火山で発生した微動の ASL 震源決定手法で自動的に推定された震源情報。左図の赤丸が右図に示した微動波形の連続した 10 秒の時間窓について推定された震源位置と震源振幅。

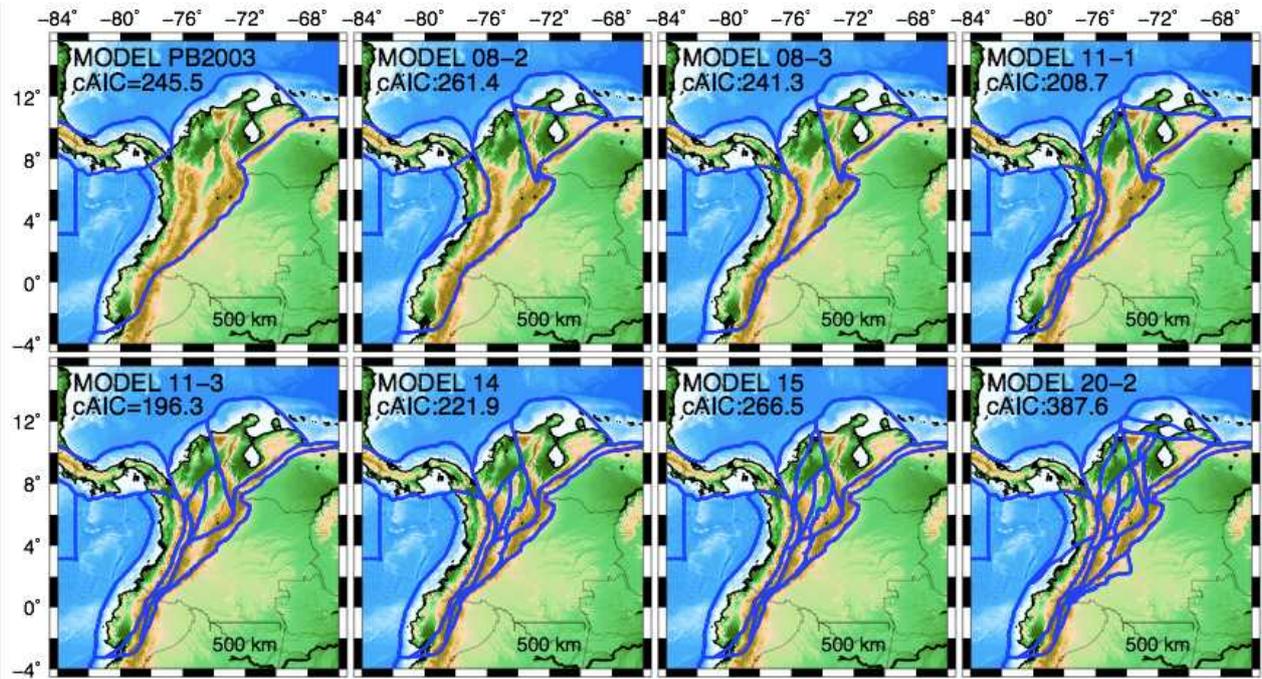


図 3. コロンビア地質調査所の GPS 観測網のデータから推定されたブロックモデル。



図 4. コロンビア地質調査所の Hector Mora 研究員（右端）による名古屋大学におけるコロンビアの地殻変動に関するセミナー。

(3) 強震動グループ

①研究のねらい：ナスカプレート（太平洋側）の沈み込みに伴うプレート境界固着分布の推定結果や歴史地震及び地震活動の情報を用いて、海溝型巨大地震及び活断層による内陸地震の震源モデルを作成する。さらに盆地に位置するボゴタ市の速度構造モデルを構築し、震源モデルに基づいたシナリオ地震の強震動シミュレーションを実施する。

リーダー：ネルソン・プリード

②研究実施方法：2015年7月と9月に専門家が現地に訪問するとともに、2016年1月にSGCの研究員を防災科学技術研究所に招へいし、ボゴタの想定地震による強震動予測の構築に向けて1)地盤モデルの構築、2)震源モデルの推定に取り組んだ。

③達成状況とインパクト：1)ボゴタ盆地の速動構造モデルの構築のため、SGC、ボゴタ危機管理庁（IDIGER）、ロスアンデス大学（UA）、コロンビア国立大学（UN）のメンバーと共同で、ボゴタ市内26箇所において70個の多サイズ微動アレイ（アレイの半径は60 cm、20 m、40 m、100 m、300 m、1000 m）を実施した（図5）。極小微動アレイ観測の結果に関して、ボゴタの北側のVs30の値（深さ30 mより浅地盤のS波速度の平均値）はごく低く（80～150 m/s）、これに対して北側のVs30では高い値が推定された（120～390 m/s）。この結果は先行研究で報告されているボゴタの北側と南側の地盤質の極端な違いと調和的である（図6）。ボゴタの中心部で実施した大微動アレイ観測データを用いて表面波の分散曲線を求め、これに基づいて深さ3 kmまでのS波速度構造モデルを推定した。その結果、深さ600 mでS波速度の大きなインピーダンス層を求め（Vs～2000 m/s）、深さおよそ3 kmでは地震基盤（Vs～3000 m/s）を推定した。2)ボゴタ近傍の活断層の震源モデルの作成のためにSGCのPatricia Pedraza研究員を招へいし、防災科学研究所において地震データ解析を行った。その結果、2008年8月24日にボゴタ南東で発生したM5.9の地震（ケタメ地震）について、SGCが行ったケタメ地震の余震の臨時観測のデータを用いて詳細な余震分布を推定した（図7A）。さらにケタメ地震のメカニズムを調べるためにコロンビアの広帯域地震波形データを用いてケタメ地震のSWIFTによるCMTメカニズム解を推定した（図7B）。さらに微動観測および強震観測を強化するための機材（微動計6台、加速度計5台）の調達、輸送、および通関手続きを行い、微動計がSGCに、加速度計がIDIGERに供与された。本グループの活動はPDMにおけるOutput 2および3（シナリオ地震の構築、地震リスク評価の向上）に対応し、POによる計画通りに進捗している。

④カウンターパートへの技術移転の状況：プリード、先名、関口による強震動予測及び微動解析についてセミナーをSGCで行い、先方機関のメンバーから約20名を参加した。Patricia Pedraza研究員の受入により地震解析手法の指導を行った。

⑤新たな展開：ボゴタ周辺の詳細な地震活動を調べるためSGCの広帯域地震計（6台）を設置し（図7Aの三角印）、2016年5月から臨時観測を開始した。さらにボゴタ近傍の活断層の評価のために断層地質などについての調査を始めた。

【平成27年度実施報告書】【160531】

(4) 防災情報グループ

①研究のねらい：コロンビアおよびボゴタ市の強震観測網等のデータを用いて、地盤の増幅特性を考慮した空間補間処理に基づく最大地動加速度・最大地動速度等の地震動マップと地盤災害危険度マップを自動計算する。さらに、ボゴタ市については建物やライフラインのリスクマップを生成する。そして、クラウドおよびソーシャルメディアを活用することで、これらの情報を防災関係機関や一般市民に広く防災情報を周知するシステムを構築する。

リーダー：松岡昌志

②研究実施方法：地震発生後にコロンビアおよびボゴタ市内の地震動と被害マップを即時推定するシステムの構築に向けて、以下の課題に取り組んだ。1) SGC が開発したコロンビア全域の ShakeMap システムに用いられている地盤の平均 S 波速度 (V_{s30}) マップの高度化、2) ボゴタ市内の建物の被害推定、3) 地震動と被害マップの即時推定システムの開発、4) 防災情報の発信。

③達成状況とインパクト：1) 地盤の非線形を考慮した簡便な地震動応答スペクトル推定手法を 1999 年キンディオ地震と 2008 年ケタメ地震に適用して、強震観測値との比較から V_{s30} マップの妥当性を検討した。(図 8)。その結果、硬質地盤における地盤特性は現状の V_{s30} マップから評価可能であるが、ボゴタ市内については実際の観測記録を過小評価するため、微地形分類や微動アレイ観測データおよびボーリングデータ等に基づく地盤構造モデルから V_{s30} マップを再構築する必要性が明らかになった。2) ボゴタ市内の建物の被害推定にはキャパシティスペクトル法を用いる予定にしている。今年度は、建物台帳データと建物の耐震性能に係る情報が不足しているため、米国緊急事態管理庁 (FEMA) のハザード・リスクを推定するシステム (HAZUS) に収録されているデータを参考にして、上述の 2 地震に適用して被害報告との定性的な比較を行った (図 9)。また、ボゴタ市を対象に、単純なシナリオ地震を想定した際の被害マップ推定手順を確認して被害マップを試算した。3) ボゴタ危機管理庁 (IDIGER) が所有する被害推定システム (SEDAR) との連携を協議し、地震動マップ即時推定システム (QuiQuake) の要素技術をベースにコロンビア用のシステムプロトタイプを開発することを確認した。4) コロンビア危機管理庁 (UNGRD) と協議し、現在の気象情報発信の手順と同様に、地震発生や被害等の情報発信には Google Alert や Crisis Map を活用する方針を確認した。また、ボゴタについては IDIGER が情報発信システム (SIDISAT) を持っているため、このシステムに地震に関する情報を加えることにした。本グループの活動は PDM における Output 3 および 4 (地震リスク評価の向上および災害情報の伝達) に対応し、PO による計画通りに進捗している。

④カウンターパートへの技術移転の状況：松岡、三浦、ブリードが UA において、広域地盤増幅度評価と応答スペクトル計算手法、建物の被害推定手法についてセミナーを行い、両国の研究・技術・データ整備状況等について情報交換を行った。

⑤新たな展開：ボゴタの被害推定システムについては、既存のシステム (SEDAR) の差し替えをするのではなく、QuiQuake をベースにしたシステムを新たに開発して両システムを連携して運用することで、

【平成 27 年度実施報告書】【160531】

発災時に冗長的に機能することを目指す。

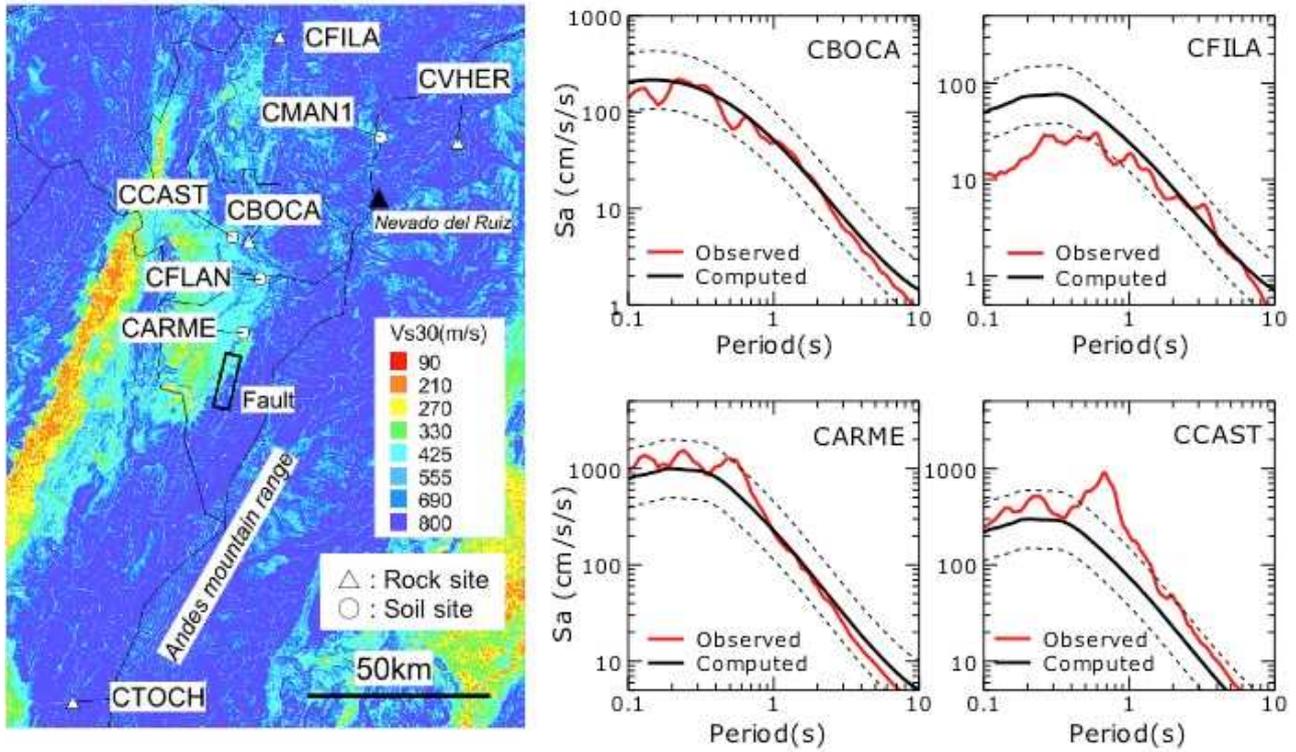


図 8. Vs30 マップと 1999 年 Quindio 地震の観測点 (左)、応答スペクトルの比較 (右)。

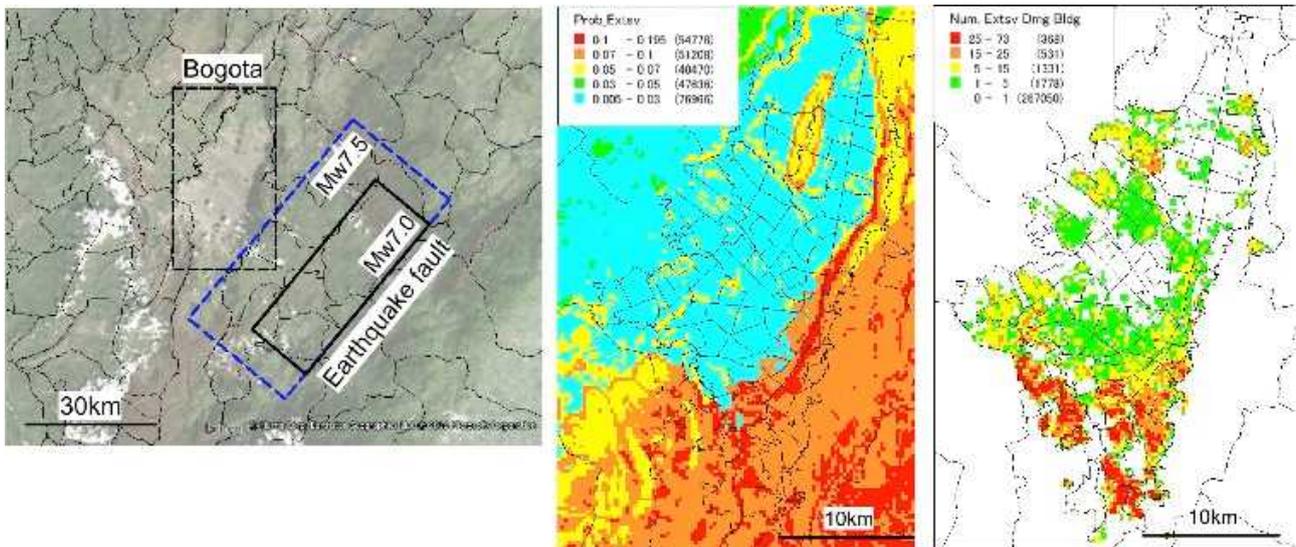


図 9. ボゴタ周辺のシナリオ地震 (左) による組積造建物の推定被害率 (中央) と被害建物棟数 (右)。

(5) 津波グループ

①研究のねらい：ナスカプレートの沈み込みに伴う巨大地震による津波や、カリブプレートの沈み込みやカリブ海の津波に対して津波被害の予測技術の構築を行う。具体的には、津波被害の予測技術の構築に向けて、(a) コロンビアにおける巨大地震津波の履歴と想定津波発生シナリオの検討、(b) コロンビア沿岸部における津波発生・伝播特性の把握、(c) 津波浸水予測と津波被害関数を利用した津波被害想定手法の確立、(d) 人口統計データ等ソーシャルデータとの統合分析による津波曝露人口と人的被害の推定、(e) 津波の被害軽減に資する具体的軽減対策の基盤構築のテーマに取り組む。

リーダー：越村俊一

②研究実施方法：コロンビアに影響を及ぼしうる津波の起因となる地震は多様である。最も懸念されるのは、ナスカプレートの沈み込みによって発生する巨大地震（太平洋側）であるが、カリビアンプレートの沈み込みにより発生するプレート境界型地震や、カリブ海での遠地津波など、様々な津波事例の整理と防災対策へ備えが必要である。津波グループでは、津波とその被害の予測技術の構築を目標に、以下の課題に取り組んだ。1) コロンビアにおける巨大地震津波の履歴と想定津波発生シナリオの検討：コロンビアにおける既往の地震津波災害履歴と被害の状況を整理し、発生位置・規模・被害・復興状況との関連で、本研究で想定すべき津波発生シナリオを検討した。2) コロンビア沿岸部における津波発生・伝播特性の把握：南米太平洋岸で発生するプレート境界型巨大地震を想定し、津波伝播・遡上シミュレーションを実施した。得られた結果に基づき、コロンビア沿岸部（太平洋岸・カリブ海沿岸）における津波伝播・遡上特性（津波の振る舞い）を、津波発生位置・規模との関連で整理した。

③達成状況とインパクト：既往地震津波を再現できる数値モデルの構築を行うとともに、津波波形インバージョン解析により、1979年 Tumaco 地震津波の波源モデルの再構築を行った。津波観測波形を説明するためには、南北 250 km におよぶ断層面において、最大 2.9 m の局所的な滑りが発生していたことが分かった。このような検証を通じてモデルの信頼度を確保し、コロンビアの津波リスク評価を進めていく。本グループの活動は PDM における Output 1 および 3（津波の予測およびリスク評価の向上）に対応し、PO による計画通りに概ね進捗している。なお津波遡上解析の高度化に関する活動を行う予定であったが、この活動は本プロジェクト内で津波伝播・浸水被害予測技術の移転の完了後に行う方が効果的に成果を上げることができると判断したため、来年度に行うこととした。

④カウンターパートへの技術移転の状況：2015年10月に、コロンビア国立大学（UN）において津波解析セミナーを実施し、津波予測・解析のための基礎理論やプログラミングのための講習を行い、津波解析技術の移転を図った（図 10）。2016年3月にコロンビア海洋機構（DIMAR）の Ronald Sanchez 氏を東北大学に招へいし、津波解析実施に係る対象領域の確認と浸水予測技術の移転を行った（図 11）。2016年3月に、コロンビアにおいて津波発生モデル構築に関するセミナーを実施し、津波発生モデル構築および津波波形インバージョンに関する講習を行い、津波波源モデル推定に係る技術移転を図った。

⑤新たな展開：特になし

【平成 27 年度実施報告書】【160531】

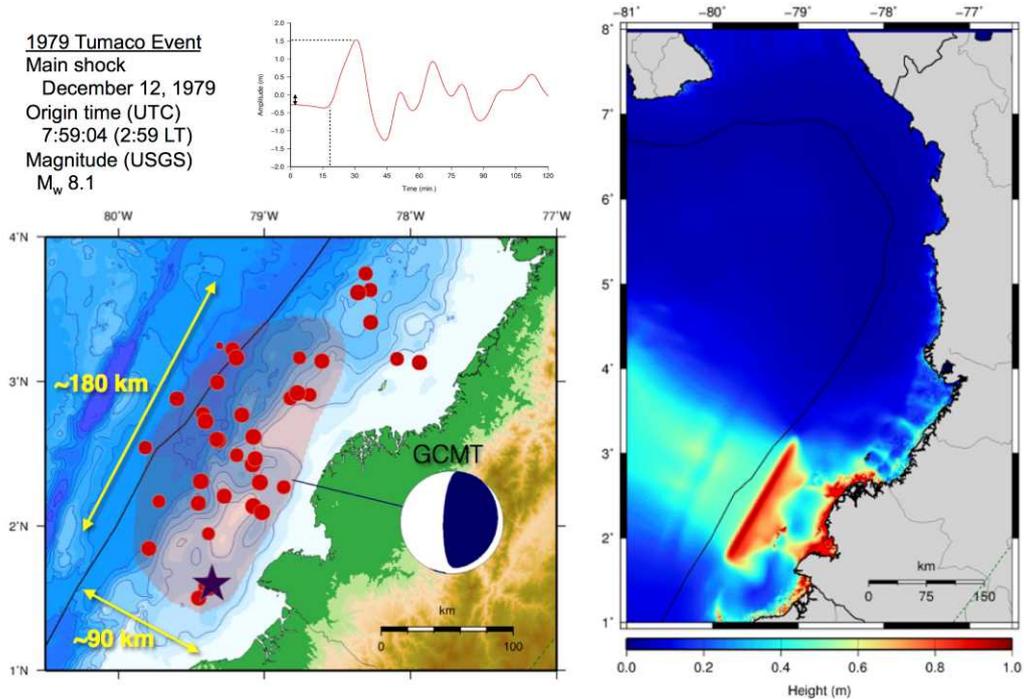


図 10. 解析技術移転時の例題として実施した 1979Tumaco 地震津波のシミュレーション。

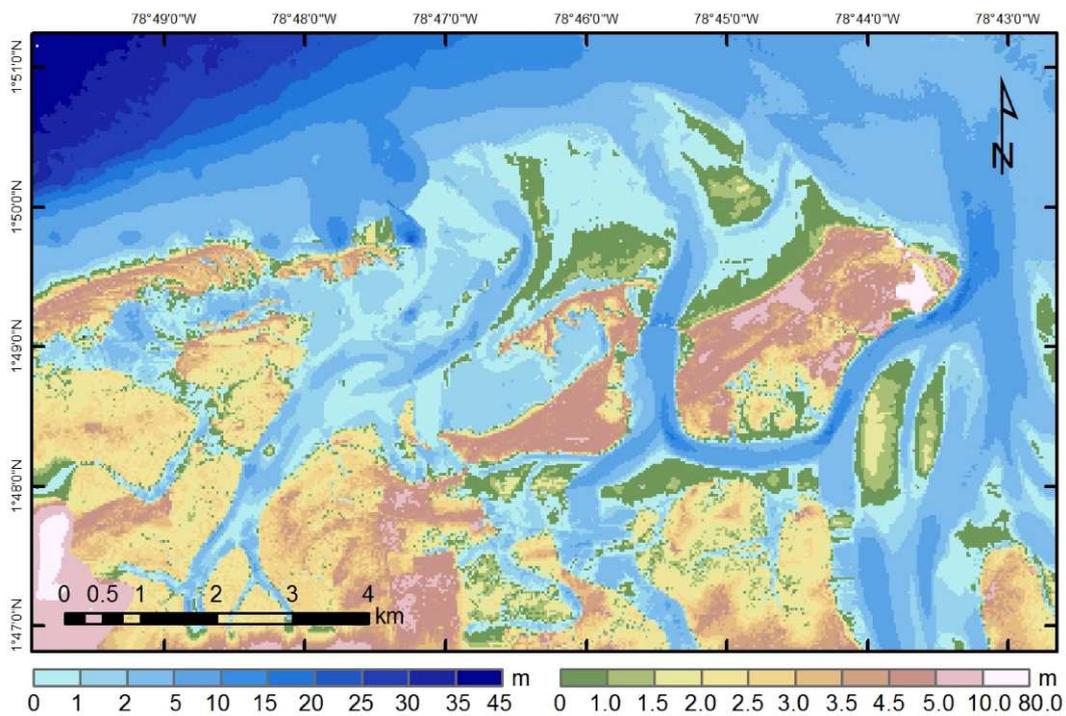


図 11. 浸水・被害リスク評価の対象 Tumaco の詳細地形データ。

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）

(1) プロジェクト全体

本年度はほぼ計画通りにプロジェクトは進捗しており、来年度も計画に合わせてプロジェクトの活動を行う。特に本年度調達を行った機材の設置および活用を進め、プロジェクトの成果に反映させることを重点的に行う。今年度の機材の調達に関しては、入札・納品・輸送・通関手続きを大きな問題なく完了させることが出来たため、今年度の経験を活かして来年度も機材の調達を行う。

(2) 地震・火山・地殻変動グループ

地震に関しては SWIFT 震源解析システムの自動化を進め、自動解の精度の向上を図るとともに、SGC による地震情報決定のルーチン作業に SWIFT による震源解析を組み入れる。さらに広帯域強震計の設置を行い、そのリアルタイムデータを SWIFT システムに取り入れることで、巨大地震が発生しても振り切れることなく解析可能で、正確に震源情報を推定できるシステムの構築を進める。火山に関しては、ネバド・デル・ルイス火山の観測点のサイト増幅特性の推定を行い、同火山の ASL システムの運用を行う。さらに同火山の噴火活動に伴って観測された火山性地震や微動の地震・空振データの解析を行い、マグマシステムのモデル化に関する研究を進める。さらにガレラス火山の ASL システムの構築を行う。地殻変動に関しては、GPS データ解析を共同して進め、来年度にはプレート間カップリングおよびブロック断層モデルの暫定モデルを構築する。また、2016 年 4 月にエクアドルで発生した地震による地震動のキネマティック GPS 解析や、合成開口レーダーと GPS のジョイント解析等による内陸部の地殻変動解析を進めていく。これらの活動のために、年に 2、3 回程度、日本の専門家が現地を訪問して共同研究や講義を行うとともに、SGC の若手を日本に招いて共同研究を実施する予定である。

(3) 強震動グループ

ボゴタ盆地の詳細速度構造モデルを構築するために稠密な微動観測を行う必要がある。プロジェクト計画の有効な進行のために H27 年度に実施した微動観測では防災科学技術研究所の微動計（10 台）を使用した。H28 年度以降に H27 年度に調達を行った微動計を用いて SGC を中心に稠密な微動観測を実施する予定である。

(4) 防災情報グループ

コロンビア全域の微地形分類を行い、地質データ、ボーリングデータとの統合により Vs30 マップの高度化と液状化しやすさマップを作成する。ボゴタについては、微動アレイ観測データも活用して、より高精度な Vs30 マップを作成する。被害推定の要素技術開発に関しては、ロスアンデス大学（UA）、SGC、IDIGER と連携して、建物の耐震性能の評価と土地台帳データや現地調査に基づくボゴタ市内の建物台帳データの構築を行う。地震動と被害の即時推定システムプロトタイプ開発に関しては、キャパシティブスペクトル法を実装すると共に、IDIGER にて整備する強震観測データベースへのインターフェースを確立する。この課題については、IDIGER から技術者を招へいして綿密に協議することになっている。また、コロンビアの ShakeMap で計算される地震動マップを地理空間情報の国際標準にて配信す

【平成 27 年度実施報告書】【160531】

るシステムを構築し、ソーシャルメディアに情報発信する仕組みを検討する。

(5) 津波グループ

(1)津波数値計算技術の移転（既往津波の検証も含む）については順調に行われた。今後は、(2)ハザードマップの更新、リスク評価、(3)避難計画の立案、(4)避難訓練・啓発活動について共同研究に取り組むということで DIMAR および UN と基本合意を得た。特に、Tumaco をフィールドとした社会実装は重要な課題である。ただし、浸水予測や被害軽減への取り組みは、DIMAR とコロンビア国立大の研究者が主体的に取り組む必要がある。引き続き、若手研究者を日本に招へいして、津波に関する総合的な知識を得ることができれば成果の達成が可能であると考えている。

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

ほぼ計画通りにプロジェクトは進捗しているが、カウンターパートが契約職員の場合、コロンビアの制度上の制約から 2 週間以上の共同研究を行えないという問題がある。この問題に関してコロンビア政府関係機関および JICA 関係者とも協議を行い、解決策を見出したいと考えている。

(2) 地震・火山・地殻変動グループ

地震・火山に関しては、監視システムの運用だけでなく、国際レベルの研究が遂行できる若手人材の育成が重要である。また地殻変動の SGC 側のリーダーの引退が間近に迫っており、後継者の育成が喫緊の課題である。しかしながら観測網の維持、諸外国の研究者との交流を持つ若手が少ないのが実情のため、本研究を通して若手に少しでも多くの経験を積ませることが重要である。SATREPS 枠による国費留学などを活用して、日本において教育・研究を行い、博士号を取得するレベルの研究者の育成を行う必要がある。

(3) 強震動グループ

強震動グループと関連する先方の参加機関が多く、スムーズなコミュニケーションをとるために英語を使用出来ない場合があり、スペイン語を中心となるやり取りがたびたびある。強震動グループのリーダー（プリード）はコロンビア出身でスペイン語を母国語としており、現地でのスムーズなコミュニケーションを行うための中心的な役割を果たしている。

(4) 防災情報グループ

ボゴタには建物構造や階数、築年数等に関して正確な建物台帳データは存在しない。そのため、今までの被害想定には UN と世界開発銀行等のプロジェクト (CAPRA) にて構築したものが利用されてきた。しかし、このデータはポリシーの問題で他のプロジェクトには利用できないため、SATREPS では独自に構築する必要がある。すでに、IDIGER では簡便なアルゴリズムを用いた建物台帳データを整備しているが、今後は、SGC が中心となり、GEM (Global Earthquake Model) プロジェクトの枠組みを使って、より精度の高い建物台帳データを構築していくことになった。UNGRD からの Google プラットフォーム

【平成 27 年度実施報告書】【160531】

を活用した情報発信については、例えば、地震については震源情報のみでは不十分で、Google 社が発信を許可しない。現地の写真やビデオ、避難や備えに関する防災情報を付加して情報発信する必要性が明らかになった。

(5) 津波グループ

南米諸国の津波対策に係る機関と共通した課題（文民研究者の確保）があった。DIMAR は少なくとも、2 名の若手の文民研究者をアサインし、津波についての総合的な知識を有する技術者を育成する機会を検討してもらう必要がある。日本における JICA 研修や国別研修を活用しながら、まずは津波解析・予測の専門家を育成することを継続していく。一方、SGC や UNGRD、UN の研究者にも、津波解析・予測技術の移転を進めることは望ましいと考える。特に SGC-DIMAR-UNGRD の連携と、Social Vulnerability を考慮した災害対応計画立案（災害対応のシナリオ作成、被害予測、ハザードマップ）や迅速な避難に向けての啓発活動（UN）について、4 者の連携をこれまで以上に強化することが必要である。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

本プロジェクトで開発を行っている SWIFT 震源解析システムは、隣国のエクアドルにも JICA 技術協力プロジェクトの活動を通して導入されており、コロンビアとエクアドルの間で地震データおよび震源情報の共有が図られている。

(2) 社会実装に向けた取り組み

SWIFT 震源解析システムにより決定されたセントロイドモーメント (CMT) メカニズムの情報を SGC の正式な震源情報カタログに組み込む予定である。

UNGRD や IDIGER が活用している防災情報発信システムに研究成果を追加できるよう、内容とインターフェースについて関係者と協議を行っている。

津波グループでは、太平洋側の Tumaco を対象領域として、津波浸水予測図の更新・被害評価・避難計画の策定・避難訓練の実施という一連のプロジェクトを社会実装として取り組む。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

2015 年 10 月 22 日に実施した津波解析技術移転のセミナーは、コロンビア大学のウェブページで広く紹介された。

<http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/la-un-prepara-modelo-para-medir-impacto-de-tsunamis.html>



津波グループのメンバーと津波解析技術移転のセミナーの紹介記事

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

別添参照

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。)

論文数 0 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 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。)
2015	Kumagai, H., P. Mothes, M. Ruiz, and Y. Maeda, "An approach to source characterization of tremor signals associated with eruptions and lahars", Earth Planets Space, 2015, 67:178	doi:10.1186/s40623-015-0349-1	国際誌	発表済	
2015	Ichihara, M., T. Kusakabe, N. Kame, and H. Kumagai, "On volume-source representations based on the representation theorem", Earth Planets Space, 68:14	doi:10.4294/zisin.68.169	国際誌	発表済	
2015	Yoshimoto M., S. Watada, Y. Fujii, and K. Satake, "Source estimate and tsunami forecast from far-field deep-ocean tsunami waveforms—The 27 February 2010 Mw 8.8 Maule earthquake", Geophys. Res. Lett., 43, 659–665	doi:10.1002/2015GL067181	国際誌	発表済	
2015	Sakai, T., H. Kumagai, N. Pulido, J. Bonita, M. Nakano, "Discriminating non-seismic long-period pulses and noise to improve earthquake source inversion", Earth Planets Space, 68		国際誌	in press	

論文数 4 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 4 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

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
2015	日下部哲也, 亀伸樹, 市原美恵, 熊谷博之, 表現定理とグリーン関数(2) —体積震源のモーメントテンソル表現—, 地震第2輯, 68, 169-176		総説	発表済	

著作物数 1 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
2015	地震学の基礎(1)(地震観測に関する講義、コロンビア地質調査所の研究者対象、2016年3月4日及び11日に実施、参加者19名)		
2015	ルイス火山観測網のオペレーション(マニサレス火山観測所の研究者対象、2016年3月11日に実施、参加者7名)	Multi-parameter observation network at Ruiz volcano, Colombia	

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
2015	国内学会	熊谷博之(名大), クリスチャン ロペス(コロンビア地質調査所), ジョン ロンドニョ(コロンビア地質調査所), マリオ ルイス(エクアドル地球物研究所), パトリシア モテス(エクアドル地球物研究所), 前田裕太(名大), "高周波振幅を用いた火山性地震・微動の震源・伝播特性の解析", 日本地震学会2015年度秋季大会, 神戸市, 2015年10月	口頭発表
2015	国際学会	Hiroyuki Kumagai (Nagoya Univ.), John Londono (SGC, Colombia), Cristian Lopez (SGC, Colombia), Mario Ruiz (IG, Ecuador), Patricia Mothes (IG, Ecuador), Yuta Maeda (Nagoya Univ.), "Characterization of Source and Wave Propagation Effects of Volcano-seismic Events and Tremor Using the Amplitude Source Location Method", AGU Fall Meeting, San Francisco, December 2015	口頭発表

招待講演	0 件
口頭発表	2 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
2015	国内学会	熊谷博之(名大), ルイス マリオ(エクアドル地球物研究所), モテス パトリシア(エクアドル地球物理研究所), “噴火および土石流に伴う微動の規模指標”, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 千葉市, 2015年5月	口頭発表
2015	国内学会	酒井孝英(名大), 熊谷博之(名大), プリード ネルソン(防災科研), 中野優(海洋研究開発機構), “長周期地震波動場の特徴を利用した自動CMT解の精度向上のための手法開発”, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 千葉市, 2015年5月	口頭発表
2015	国際学会	Hiroyuki Kumagai (Nagoya Univ.), Mario Ruiz (IG, Ecuador), Patricia Mothes (IG, Ecuador), “New Measures of Tremor Signals Associated with Eruptions and Lahars”, 26th IUGG, Prague, Czech Republic, June 2015	口頭発表
2015	国内学会	Erick Mas (Tohoku Univ.), Bruno Adriano (Tohoku Univ.), Shunichi Koshimura (Tohoku Univ.), “Tsunami Evacuation Planning and Response Supported by Simulation Tools”, International Symposium on Earthquake Engineering, Japan Association on Earthquake Engineering, Tokyo, Japan. Special Session (B). November 19–20, 2015	口頭発表
2015	国際学会	Hiroyuki Kumagai (Nagoya Univ.), “Volcano–seismic Signals and Their Use in Volcano Monitoring”, International Conference of Conservation and Management on Urban Protected Areas, Taipei, December 2015	招待講演

招待講演	1 件
口頭発表	4 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	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	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※

国内特許出願数 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	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	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※

外国特許出願数 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)	概要
2015	2015年7月27日	Seismic, infrasonic, geodetic, and remote sensing approaches to advanced volcano monitoring	マニサレス火山観測所(コロンビア)	20	地震・空振・測地・リモートセンシング手法を用いた火山観測の高度化に関するセミナーを行った。
2015	2015年9月10日	Microtremor seminar	コロンビア地質調査所(コロンビア)	20	強震動予測手法および微動解析についてのセミナーを行った。
2015	2015年10月23日	Developing Tsunami Damage Estimation and Mitigation Technologies	コロンビア国立大学(コロンビア)	14	津波解析のための理論, プログラミング技法についてのセミナーを行った。
2015	2016年3月8日	Tsunami Source Modeling and Waveform Inversion	コロンビア国立大学(コロンビア)	13	津波発生予測のためのモデリングおよび津波観測波形を用いた逆解析についてのセミナーを行った。

4 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
2015	2015年7月24日	第1回合同調整委員会	70	プロジェクト計画に関する議論を行いPDMおよびPOの改訂を行った。

1 件

JST成果目標シート

研究課題名	コロンビアにおける地震・津波・火山災害の軽減技術に関する研究開発
研究代表者名 (所属機関)	熊谷博之 (名古屋大学大学院環境学研究科 地球環境科学専攻)
研究期間	H26採択(平成27年4月1日~平成32年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	コロンビア共和国/コロンビア地質調査所、コロンビア危機管理庁、ボゴタ危機管理庁、コロンビア海洋研究機構、ロス・アンデス大学、コロンビア国立大学

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> ・防災研究分野における世界的なプレゼンスの向上 ・日本に影響のある遠地津波予測情報の高精度化
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> ・発展途上国に適した災害軽減技術の開発 ・地震・津波・火山現象の理解の深化
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"> ・地震・津波・火山監視技術の他の発展途上国への活用
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> ・国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際会議での発表、レビュー付雑誌への論文掲載など)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・エクアドルなど南米諸国との地震・津波情報の共有化
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"> ・地震・津波・火山監視システム ・防災情報配信システム ・コロンビアの地震・津波・火山に関する研究成果論文

上位目標

コロンビアの地震・津波・火山噴火において住民の避難や被害対応が適切に行われることにより災害を軽減する

プロジェクトによって導入・開発された技術が持続的・発展的にコロンビアの関係機関によって維持される。

プロジェクト目標

地震・津波・火山監視能力の高度化、強震動・津波被害の定量的予測、防災情報配信システムの構築

