

# 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)

## フィリピン地震火山監視強化と防災情報の利活用推進

平成22年次実施報告書

代表者：井上 公

防災科学技術研究所地震研究部総括主任研究員

<平成 21 年度採択>

## 1. プロジェクト全体の実施の概要

我が国と同様に地震・火山災害の多発するフィリピンにおいて、過去の我が国の ODA によって整備された地震・火山観測システムを活用し、高精度の地震観測と即時震度観測による迅速で正確な震源情報発信と被害推定、地殻変動観測と地質地形調査による大地震の発生ポテンシャル評価、タール火山とマヨン火山の地震・空振・GPS・電磁気観測と、それらの情報発信のための防災情報ポータルサイトの構築、ならびにその利活用促進のための国・地方、行政・コミュニティーの防災担当者向けのセミナーを行い、フィリピン国の地震火山防災力の向上に貢献する。

具体的には、まず全国規模の衛星テレメータ地震観測網に広帯域地震計と強震計を整備して、大地震のマグニチュードと震源メカニズムを正しく決定し、迅速な地震動・津波推定を可能とするとともに、将来全国規模の高密度観測を可能とする途上国向け震度速報システムを開発し有効性の実証試験ならびに緊急地震速報の実現可能性調査をおこなう。ミンダナオ島を中心とする GPS 地殻変動観測によるフィリピン断層の各セグメントの歪み分布と海溝におけるプレート間の固着度推定および地質学的手法による古地震の調査を実施し、将来の大地震の発生ポテンシャルを明らかにし、想定シナリオ地震による地震動推定と被害推定を行う。タール火山・マヨン火山を対象として、従来の短周期地震計に加えて広帯域地震計・傾斜計・GPS・磁力計・空振計を付加し、データをマニラの PHIVOLCS 本部までテレメータして、リアルタイム火山監視能力を強化するとともに、地下のマグマの蓄積過程と噴火機構の解明を進める。これらの監視能力強化によって予警報の迅速化・正確化を図るとともに、地震・火山ポータルサイトを構築してそれらの情報を一元化して発信する。続いて国の防災関係機関や地方自治体、地域住民を対象として、ポータルサイトの情報が防災対策に有効に活用されることを目的として、地震火山情報利活用セミナーを開催する。

平成21年度は、4月の採択決定後、6月1日に JST 暫定研究計画を開始し、7月31日に日本側研究参加者全員が東京に集まってキックオフワークショップを開催した。続いて9月上旬に JICA 詳細計画策定調査団が派遣され、フィールド調査の後、要請内容、マスタープラン、ロジカルフレームワーク、実施体制、双方の投入、監理体制が確認され議事録(MM)が署名された。同時期に各観測の研究担当者とコンサルとで観測現場の調査を実施し、機材の整備計画と仕様案を作成した。12月に JICA と DOST/PHIVOLCS の間の JICA 技術協力プロジェクトに関わる合意議事録(R/D)が署名された。2月下旬にプロジェクトは正式に開始され、2/23-24 の2日間マニラにおいて第一回の年次ワークショップ(キックオフワークショップ)兼合同調整会議(JCC)を開催した。冒頭で防災科学技術研究所と PHIVOLCS との間の研究協力協定(MoU)が署名され、続く2日間のセッションでこれから始まる5年間の研究計画内容の共有と議論、が行われた。火山グループは引き続き火山電磁気研究に関する国際ワークショップへの参加とタール火山の調査を行った。3月には GPS 地殻変動観測グループがミンダナオ島における第一回のキャンペーン観測を実施した。プロジェクト立ち上げの年である平成21年度はこのようにほぼ計画通りに進捗した。

平成22年度は4月に供与機材の調達を開始し、9月に PHIVOLCS カウンターパート 10 名を招聘して日本の地震火山監視体制の現状の視察を行った。機材は10月に PHIVOLCS に納入された。11月には地震グループ、地殻変動グループ、火山グループすべてがフィリピンを訪問し観測機材の設置と運用開始を行った。建築グループは建物調査を実施した。2月には PO 裁量費でフィリピン型ブロック組積造建物の振動台倒壊実験を実施した。3月には第2回目のワークショップ/JCC をマニラで開催するとともに各チームがフィールドワークとシステム調整を行った。

## 2. 研究グループ別の実施内容

### 2-1. 高度即時震源解析と震度速報(防災科学技術研究所)

#### 2-1-1. 高度即時震源解析

##### ①研究のねらい

広帯域地震計と強震計を既存地震観測網に整備して、大地震のマグニチュードと震源メカニズムを正しく決定し、それに基づいて迅速な地震動推定・津波推定を可能とする。蓄積された震源情報データベースを分析して地震発生ポテンシャル評価研究に反映させる。

##### ②研究実施方法

既存の衛星テレメータ地震観測点 30 か所のうち 10 か所に広帯域地震計と強震計を設置する。データはインターネットで日本にも転送する。防災科研が開発した SWIFT 自動震源解析システムをフィリピンと日本の両方で稼働し、震源メカニズムを定常的に解析しつつフィリピンに適応したシステムの改良を行う。PHIVOLCS の開発した REDAS システムのリアルタイム版に情報を入力し、震度予測・液状化予測・津波予測を行う。収集した連続波形データから震源メカニズムデータベースの構築や特徴的な地震の探索等を行ってフィリピンの地震活動様式をモデル化する。

##### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

当所計画どおり進捗した。

##### 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)

地震計・強震計の設置作業を通じて設置方法、断熱の方法等について技術指導をおこなった。データに含まれるノイズ原因について考察し、ノイズ低減の計画を指導・立案した。SWIFT 震源解析システムの導入を通じて、データフローと解析システムの構成を解説した。

##### 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)

H23 年度設置予定観測点のうち Baler(BALP)を、サンロケダムに建設予定の横穴に変更する案が提示され、現地調査を行って、承認した。サンロケダムはフィリピンで最も高品質な地震観測点となることが期待される。

#### 2-1-2. 震度速報システム

##### ①研究のねらい

地震動被害の推定・被害原因究明のためには高密度の震度・強震観測が必要である。フィリピンをはじめとする開発途上国においても全国規模の高密度観測を可能とするシステムを開発・試験運用し、その実現可能性を証明する。また震度速報観測網を用いた緊急地震速報システムのフィリピンにおける実現可能性をあわせて調査する。

##### ②研究実施方法

多点高密度震度観測を実現するために安価でかつ十分な分解能を有するデジタル加速度計と、震度表示・データ送受信・震度分布図表示機能をもつネットワーク震度計を製作する。それらを地方自治体庁舎等に設置しインターネット回線を通じて地震発生時に面的なリアルタイム震度データを収集・配布するシステムを開発する。まずマニラを中心とした地域で試験運用を行い有効性を確認したのち、全国に広げる。システムの導入と試験運用を通じて緊急地震速報の実現可能性を調査する。

## 2-2. 地震発生ポテンシャル(名古屋大学)

### ①研究のねらい

ミンダナオ島を中心とする地域で GPS 地殻変動観測を行い、得られる歪速度からフィリピン断層の各セグメントの歪み分布と海溝におけるプレート間の固着度を推定する。また地質・地形学的調査を実施し、過去の地震による変位と年代・繰り返し間隔を明らかにする。それらの情報をあわせて、将来発生する海溝型巨大地震と内陸直下型大地震の発生ポテンシャルを明らかにする。

### ②研究実施方法

ミンダナオ島において連続およびキャンペーンによる GPS 観測により地殻変動を検出し、1) ミンダナオ島東方のフィリピン海溝におけるフィリッピンプレートの沈み込みにおける滑り欠損量、および 2) フィリピン断層周辺域における断層滑り速度と歪み蓄積過程を明らかにする。またミンダナオ島の内陸部と海岸線沿いに変位地形を調査する。

### ③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

基本的には計画通りに進捗している。GPS 連続観測はキャンペーン観測では検出が困難と考えられる、プレート間カップリングの時間的な揺らぎを解明する目的があり、電源供給による欠測は好ましくない。現在、電源問題の原因究明を行っており、その結果次第で新たな電源供給システムなどで対処したい。

### 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）

昨年に引き継ぎ、今年度の GPS キャンペーン観測にも、名古屋大学で実施中の JICA 地震火山観測技術研修コース修了生 2 名が参加した。なお、観測点の記録カードが揃っておらず、観測点の見つけ出しに時間を費やした。ただちに、観測点のカードを用意することを指示した。

### ⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開の内容と展開状況 特になし。

## 2-3. リアルタイム総合火山監視(防災科学技術研究所)

### 2-3-1. 広帯域地震・空振観測(防災科学技術研究所)

#### ①研究のねらい

タール火山とマヨン火山を対象として、従来の短周期地震計に加えて広帯域地震計・傾斜計・空振計を付加し、すべてのデータをマニラの PHIVOLCS 本部までテレメータする。これにより、リアルタイム監視能力を大幅に強化するとともに、地下のマグマの蓄積過程と噴火機構の解明を進め、信頼度の高い情報を提供可能な火山監視システムを構築する。

#### ②研究実施方法

タール火山の 3 か所の観測点と 2 か所のリピーター一点に広帯域地震計を、2 か所の観測点に空振計を設置する。マヨン火山では 3 か所の地震観測点に広帯域地震計を、1 か所の有人観測点に空振計を設置する。観測点データは既設の無線 LAN で有人観測所に集められたのち、今回新たに導入する衛星テレメータ装置によってマニラの PHIVOLCS 本部にリアルタイムで伝送される。広帯域地震計のデータを防災科研で開発した波形インバージョンプログラムを用いて解析し、詳細なメカニズムを決定する。あわせてネットワークカメラも設置し、噴煙や水蒸気、噴火の様子を遠隔監視する。

H22 年度は、4 月から 10 月にかけて火山観測機材の調達および輸送・通関を行い、11 月にタール火山での機材の設置を行った。さらに広帯域地震波形の定量解析を行うために、タール火山の地形と湖を

考慮したグリーン関数の計算手法の開発を行った。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

ほぼ計画通りに進捗しているが、衛星テレメータの伝送システムに不安定性があり、データの欠落が生じている。この点に今後改善が必要である。

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）

広帯域地震計・空振計および記録計の設置に関する技術の移転が行われた。これにより次年度以降の機材の設置はカウンターパートのみで行うことが可能となった。

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）

特になし

### 2-3-2. GPS 観測(名古屋大学)

①研究のねらい

火山ではマグマや熱水の貫入により顕著な地殻変動が噴火の先行現象として観測され、噴火予測の重要な一項目となる。そこでタール火山とマヨン火山においてリアルタイム GPS 連続観測により地殻変動を検出し、噴火の予測を試みる。

②研究実施方法

タール・マヨン火山に GPS 連続観測網を構築し、リアルタイム処理で地殻変動をモニタリングする。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

タール火山観測所と本庁の間のインターネット網を除き、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（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）

現在、火山分野に若手研究者が存在せず、早急に該当者を見つけ養成の必要が高い。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開の内容と展開状況 特になし

### 2-3-3.電磁気観測(東海大学)

①研究のねらい

電磁気学的連続観測によりタール火山の噴火予測精度を向上する。マグマの上昇に起因する全磁力変化、3成分磁力データを用いた地磁気変換関数および電場データも組み合わせたMTインピーダンスの変化を監視し、山体構造モデルから推定される基準値を超えた変動が観測された場合にアラートを発信するシステムを構築する。頻繁に噴火を繰り返してきた火山ではマグマの通り道が確保されており、地殻変動や地震活動をほとんど伴わずに噴火に至る場合があるがそのような場合でも全磁力測定によりマグマの上昇を熱異常として捕捉することができる。

②研究実施方法

タール火山に全磁力およびULF帯の3成分（東西、南北、上下）磁場および2成分電場（東西、南北）測定装置を設置する。全磁力測定データから、山体の熱的な状態、特にマグマや熱水の上昇による消磁という現象の監視を行なう。ULF帯の電磁場観測から、周波数ごとのMTインピーダンス等の連続監視を行なう。さらに山体の電磁気学的構造モデルの構築のため、臨時にMT観測および、地磁気観測等および岩石物性測定のためのサンプル採取を実施する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

予定どおりに進捗している。

④カウンターパートへの技術移転の状況(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11月および2011年3月の計測装置設置および臨時MT観測の期間中に、電磁気データ解析の基礎および繰り返し磁気測量のデータ処理法について PHIVOLCS 電磁気チームに対して指導を行った。

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)  
特になし。

## 2-4. 防災情報の発信と利活用推進(防災科学技術研究所)

### ①研究のねらい

本計画による監視能力強化によって予警報の迅速化・正確化を図るとともに、地震火山情報を一元化して発信するためのポータルサイトを作成し、PHIVOLCS の有する既存のツールや活動を最大限に活用して防災関係機関や地方自治体、地域住民による災害時対応をより効率化するとともに、住民の防災意識を高めて地震・火山災害に対する備えを促進する。

### ②研究実施方法

地震火山監視情報を発信するためのポータルサイトを構築する。情報の収集・発信のために十分高速なインターネット回線を敷設する。地震動および地震動被害の推定のために PHIVOLCS の開発した REDAS のリアルタイム化とデータベースの強化を行う。防災意識啓発を目的として簡易耐震診断等のコンテンツを作成する。国や地方自治体、コミュニティーを対象とした地震火山情報セミナーや講習会を定期的に開催する。

### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

計画通りに進捗している。ポータルサイトのコンテンツの構築は H23 年度に開始する。

### 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)

調査、実験ともにカウンターパートとの議論を密接に実施しており十分な技術移転がなされている。

### 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)

ブロック組積造住宅振動台実験は当初計画に無かったものであるが工学的にも意識向上ツールの作成としても大きな成果となった。

### 3. 成果発表等

#### (1) 原著論文発表

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

Maeda, Y., M. Takeo, and T. Ohminato, A waveform inversion including tilt: method and simple tests, Geophys. J. Int., 184, 907–918 doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04892.x, 2011

#### (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) 「フィリピン地震火山監視強化と防災情報の利活用推進」グループ

- ① 研究グループリーダー： 井上 公（防災科学技術研究所・地震研究部 総括主任研究員）  
： B.C.Bautista（PHIVOLCS Deputy Director）

#### ② 研究項目

- 1-1. 高度即時震源解析
- 1-2. 震度速報システムの開発
- 3-1. 火山広帯域地震・空振観測
- 4. 防災情報の発信と利活用推進

#### (2) 「フィリピンにおける地震発生ポテンシャル評価および火山GPS観測」グループ

- ① 研究グループリーダー： 木股 文昭（名古屋大学・教授）  
： B.C.Bautista（PHIVOLCS Deputy Director）

#### ② 研究項目

- 2. 地震発生ポテンシャル評価
- 3-2. 火山GPS観測
- 4. 防災情報の発信と利活用推進

#### (3) 「フィリピンにおける電磁気学的手法による火山監視の高度化」グループ

- ① 研究グループリーダー： 長尾 年恭（東海大学・教授）  
： B.C.Bautista（PHIVOLCS Deputy Director）

#### ② 研究項目

- 3-3. 火山電磁気観測
- 4. 防災情報の発信と利活用推進

以上