

## ブータン王国の国家地震観測網の構築支援

## Design and Implementation of the National Seismic Monitoring Network in the Kingdom of Bhutan

○大見士朗・井上 公・Dowchu DRUKPA

○Shiro OHMI, Hiroshi INOUE, Dowchu DRUKPA

Bhutan-Himalayan district is located along the plate collision zone between Indian and Eurasian plates, which is one of the most seismically active region in the world. However, there is no seismic monitoring system established in the Kingdom of Bhutan, whose territory is in the center of the Bhutan-Himalayan region. In this project, we are establishing the first national permanent seismic monitoring network in the Kingdom of Bhutan that is utilized for not only for seismic disaster mitigation of the country but also for studying the seismotectonics in the Bhutan-Himalayan region which is not precisely revealed due to the lack of observation data in the past. We started establishing permanent seismic monitoring network of minimum requirements which is composed of six (6) observation stations in Bhutan with short period high sensitivity seismometers, strong motion seismometers, and broad-band seismometers. Obtained data are transmitted to the central processing computers in the DGM (Department of Geology and Mines, Ministry of Economic Affairs) office in Thimphu. We discussed the precise configuration of the seismic network and already fixed the location of the observation sites as well as the design of observation vault and data telemetry system. This system will start its operation in the 2014 fiscal year of the Kingdom of Bhutan. (207words).

## 1. はじめに

ブータンヒマラヤ地域は、インド亜大陸とユーラシア大陸の衝突帯に位置しており、その地学的環境から地殻活動が活発であると考えられている。しかしながら、ブータン王国を中心とするその周辺地域においては、いまだに組織的な地震観測研究等がおこなわれておらず、詳細は未知のままである。本計画では、ブータンヒマラヤ山麓に位置する、九州ほどの大きさの国であるブータン王国の国家地震観測網の設置を支援し、同国の地震防災に資するとともに、その観測データ解析結果に基づいてこの地域の基本的なサイスモテクトニクスを明らかにすることを主たる目的とする。

## 2. 学術的背景

ブータンヒマラヤは、パキスタン、ネパールなどとともにユーラシアプレートとインド亜大陸（インドプレート）の衝突帯に位置している。インドは、相対速度年間約 50mm でユーラシアプレートに衝突しているが、それによって生ずるエネルギーのうち 40%がインドプレートのユーラシ

アプレート下への沈み込みに、残り 60%がユーラシアプレートの変形に費やされるとされる。後者は、変形のみでなく、この地域での地震発生によっても解消されており、これにより、インド・ユーラシア両プレートの衝突帯は世界有数の地震帯ともなっている（図1）。

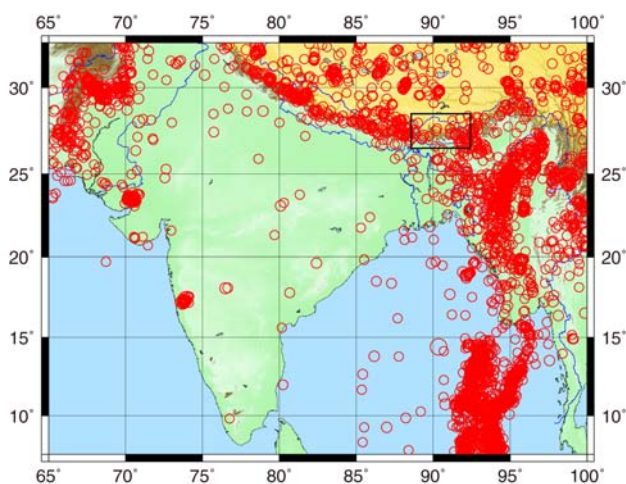


図1：南アジア地域の地震活動。ISC カタログによる 1960 年以降の M5 以降の地震の分布。□がブータンの位置。

インド・ユーラシア衝突帯の西部に位置するパキスタンでは、2005年にM7.6の地震が発生し、9万人を超える死者が出るなど、地震災害の記憶が新しい。これに対し、東部のブータンは地震活動の空白域であるという指摘もあり、南隣のインド・アッサム地方で1897年に発生したM8.3のシロン地震等、近隣の大地震の記載はあっても、20世紀中にはブータン国内にはM7を超える地震は発生していないとされている。ところが、2009年9月に、ブータン東部を震源とするM6.1の直下型地震が発生し、1907年のブータン王国成立以降、初めての死者を伴う地震災害が発生した。これに加え、2011年9月には、西隣のインド・シッキム州でM6.9の地震が発生したことにより、ブータン西部のパロ県を中心に、死者こそ出なかったものの、建築物に大きな被害が発生するなど、ブータンヒマラヤ周辺での地震活動の活発化が予想される状況となっている。

### 3. これまでの経緯

2009年や2011年の国内での地震被害の発生を受け、ブータン政府は、2013年度、世界銀行より日本開発政策・人材育成基金(PHRD)技術協力(TA)の資金を得て「災害軽減と復興のためのプログラム」を開始し、同国経済産業省地質鉱山局(DGM, Department of Geology and Mines, Ministry of Economic Affairs)がその任に当たっている。我々は同プログラムの地震危険度評価のためのコンポーネントの内容の立案に協力するという形で、同国の国家地震観測網の構築を進めている。

### 4. 観測網の詳細

PHRD 資金により構築中の観測網の観測点分布を図2に■で示す。これらの観測点には、それぞれに短周期高感度地震計3成分、強震計3成分、さらに広帯域地震計3成分を設置する。これらの観測点は、太陽電池パネルと蓄電池を組み合わせた電源システムで駆動する。得られたデータは、ブータン国内の国営通信事業会社である Bhutan Telecom Ltd. (BT)の全面的な協力の下、観測点から直近のBTのオフィスまでは無線で、そこから首都ThimphuのDGMのオフィスまでは、BTのバックボーン回線を使用してリアルタイムで伝送する。データ解析には、チューリッヒ工科大学(ETH)で開発され、グローバルな地震観測網の標

準的なデータ処理システムとなっている SeisComP3 を使用する。これは、近隣諸国で運用される観測網のデータを容易に統合できるようにするためである。

### 5. プロジェクトの現状について

2015年1月現在、DGMは各観測点の観測室の建設を進めている。これらが完成次第、機器の設置を行い、運用を開始する予定である。

また、本計画は、当初はPHRDによる財政的サポートのみで始まったものであるが、その後、東南アジア等の津波早期警戒網等の構築を行っている国連組織であるRIEMS (Regional Integrated Multi-Hazard Early Warning System for Africa and Asia)やインド資本で建設中の大型水力発電用ダムの電力会社等からの観測網構築支援の申し出があり、それらの機関との調整も行っている。これらの観測点を統合すると、図2のような観測網が完成する予定で、同国の地震防災のための基礎データの取得のみならず、同地域のサイスモテクトニクス研究に資するデータを得られることが期待される。

### 6. 謝辞

本研究の日本側スタッフに必要な費用の一部は、京都大学防災研究所共同研究(拠点研究)によるものである。記して感謝申し上げる。

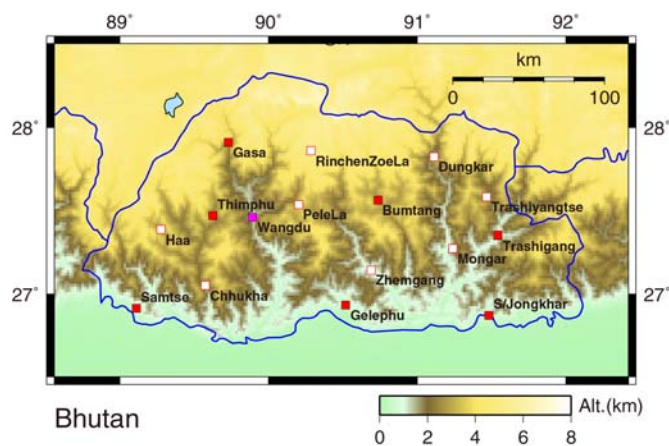


図2: 建設中および建設予定の地震観測点の分布。■がPHRD資金によりDGMが建設中の点。□はRIMESによる予定点。データはすべてオンライン・リアルタイムでThimphuのDGMオフィスに伝送される。