

## ネパールにおける準リアルタイム自動震源決定システム

#堀内茂木(株ホームサイズモータ)・山田真澄(京都大学防災研究所)

宮川幸治(東大地震研)・山品 匡史(高知大学)

Chintan Timsina, Mukunda Bhattarai, Lok Bijaya Adhikari(DMG, Nepal)

1. はじめに SATREPS による「ネパールヒマラヤ巨大地震とその災害軽減の総合研究(研究代表者: 瀨瀬一起)」が、平成 27 年度から開始した。この中の、研究題目4: 地震観測システムでは、中央ヒマラヤ地震空白域 8ヶ所に地震観測点を設置し、準リアルタイムで地震波形データを集め、有感地震が発生した場合は、数分以内に震源とマグニチュードを求め、Web で公開することになっている。地震発生時に、正確な震源パラメータが公開できれば、被害軽減に有効であると思われるが、逆に、人工的ノイズを地震発生と間違えて公開すると社会的混乱を引き起こし、我が国の技術水準の信頼性を低下させる恐れがある。このため、地震とノイズとを正確に区別するためのソフトウェア開発は特に重要である。本報告では、震源パラメータ公開のための地震観測、自動震源決定システムについて報告する。

2. 地震観測装置 8 観測点中の4点には 3 成分広帯域地震計と加速度計を、残り4点には、1 秒の速度計と加速度計を設置した。地震観測装置には、SIMカードが組み込まれており、1 分毎の連続波形データが、カトマンズにあるサーバーに送信されている。観測装置は、ソーラーパネルと内蔵バッテリーで動作する(図1)。また、センターサーバから、ソフトウェア更新が可能である。

3. 震源パラメータ公開のための自動震源決定システム 観測点が中央ヒマラヤ地震空白域に設置されているため、観測網の内部や周辺での地震活動は低く、震源決定できる地震数は、数個/日程度である。観測点の設置場所は、防犯上の理由で学校等の公共施設の敷地の内部に限られている。このため、殆どの観測点で、日中のノイズ振幅は大きい(図2)。地震とノイズとを識別する機能なしで自動震源決定を行うと、ノイズで震源決定されるイベント数は、地震によるその数十倍であった。

4. 地震とノイズとの識別機能 自動震源決定は、P波到着時刻の読み取り数が2点、あるいはそれ以上で、かつ、P波とS波の読み取り数の和が5点以上の場合に行うようにした。震源決定されたイベントについて、地震とノイズとの識別判定を行うようにした。観測点が学校等の敷地に設置されていることから、主なノイズ源は人的活動によるもので、大部分の振動継続時間は 1-2 秒以下である。

そこで、震源決定後、地震かノイズの判定を行い、以下の場合にノイズとした。

- (1) 走時残差の標準誤差が2秒以上
- (2) P 波読み取り数( $N_p$ ) $<5$ で、震源に近い3観測点でP波読み取りなし。
- (3)  $NP < 4$ , 震源に最も近い観測点のP波、読み取りなし、
- (4) (f-p)時間、卓越周期( $T_p$ )、震央距離( $\Delta$ )とすると、観測点毎に、 $(f-p) < sp$ ,  $T_p > T_k$  となる回数を調べ、その和が  $N_p$  以上。ここに、 $T_k = 1.2$ ;  $\Delta > 100\text{km}$ ,  $T_k = 0.7$ ;  $\Delta < 100\text{km}$ ,  $T_k = 0.3$ ,  $\Delta < 50\text{km}$

5. 結果 P 波読み取り数が3観測点の場合には、地震とノイズとを間違える場合もあるが、P 波読み取り数が4-5点以上の場合には、ほぼ正確な震源が決定できることが示された。処理結果を Web 画面で見られるようにした。図3は一ヶ月間の震央分布の例である。震央分布に表示されたイベントをクリックすると、その地震の処理結果と波形が表示される。マグニチュード 4.5 以上の地震が発生すると、震源とマグニチュードから計算される MMI 震度の分布を表示するようにした(図4)。DMG には、本プロジェクトの他に、フランス、中国、タイにより設置された地震観測データがミニシードフォーマットで集められている。現在、これら全データを用いた自動震源決定システムを作成中である。図5は、2015年ゴルカ地震発生直後の期間のミニシードデータを用いて、自動震源決定した例である。



図1. 観測点の設置写真

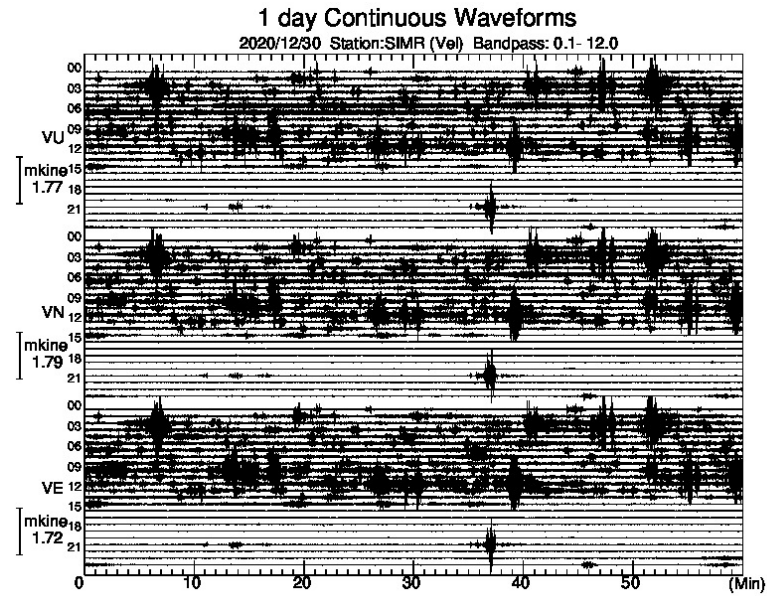
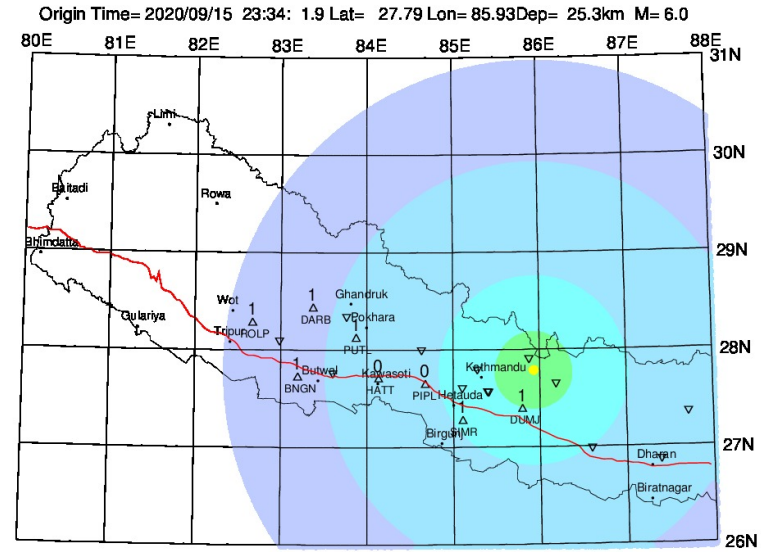


図2. SIMR 観測点の1日間の波形例。盗難防止のため、観測点が学校等の公共施設に設置されており、日中の人工的ノイズは高い。



Station Japan;  $\Delta$  France;  $\nabla$  Numeral; Observed MMI

Intensity	1	2 - 3	4	5	6	7	8	9	10+
Shaking	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extream
Damage	None	None	None	Very light	Light	Moderate	Mod/Heavy	Heavy	Very Heavy

図4. 2020年9月15日のM6.0の地震のshake map.

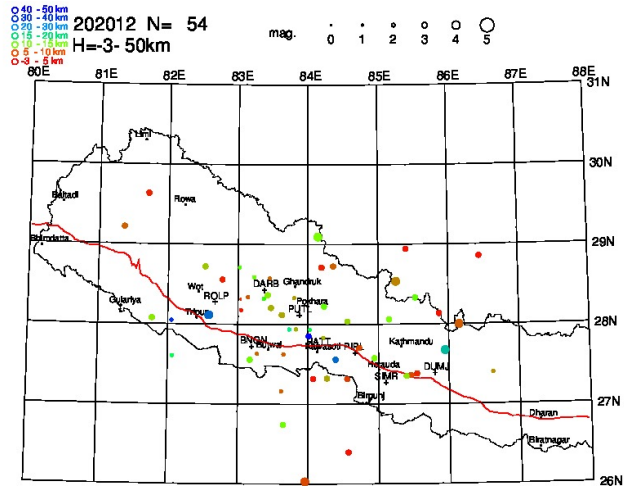


図3. 2020年12月の1ヶ月間の震央分布

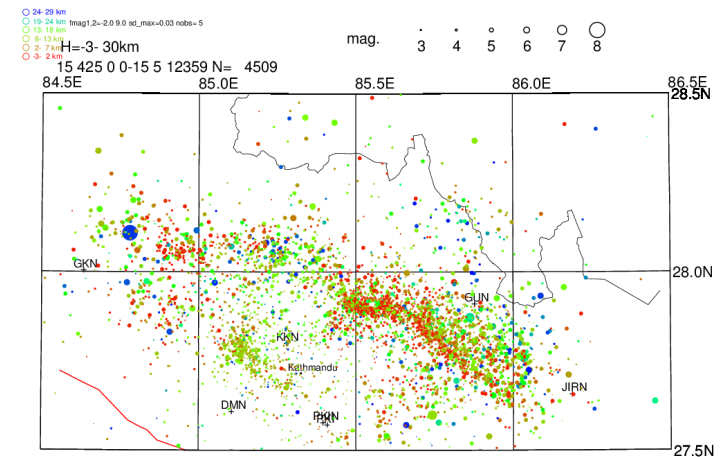


図5. ゴルカ地震発生直後の1週間の自動処理による震央分布。