

強震波形にもとづく 2014 年長野県北部の地震の震源モデル  
Source Model of the 2014 Northern Nagano Earthquake Estimated from Strong Motion Data

○浅野公之・岩田知孝・久保久彦

○Kimiyuki ASANO, Tomotaka IWATA, Hisahiko KUBO

The source rupture process of the 2014 northern Nagano earthquake (Mw6.3), which was an inland crustal earthquake along the Kamishiro fault, is estimated by the kinematic waveform inversion using strong motion data. Two planar faults are assumed based on the aftershock distribution and the surface ruptures. The large slip area is found to the north of the rupture starting point, and the largest slip is 1.8 m. The slip in the shallow part of the fault is approximately 0.3 – 0.5 m. These estimated source parameters, such as the fault rupture area, the average fault slip, are in the scatters of values for previous inland crustal earthquakes in Japan.

### 1. はじめに

2014 年 11 月 22 日 22 時 8 分に長野県北部の白馬村付近で  $M_{JMA}6.7$  の地震（以下、2014 年長野県北部の地震）が発生し、最大震度 6 弱の地震動が観測された。Global CMT Project や F-net から公開されているモーメントテンソル解によれば、北北東–南南西の走向をもつ東側隆起の逆断層で発生した地震と考えられる。また、この地震は糸魚川–静岡構造線断層帯の神城断層の活動に関連していると報告されている（例えば、地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2014）。本研究では、この地震の震源像の実態を把握するため、強震波形記録を用いたインバージョン解析によって、2014 年長野県北部の地震の震源モデルを推定した。

### 2. データ及び解析方法

震源域周辺の強震観測点 12 点の波形記録を用いた。加速度記録を速度に積分し、0.05–1Hz のバンドパスフィルターを適用した波形記録から、S 波到着 1 秒前より 15 秒間を抽出した波形をインバージョンのためのデータとした。

グリーン関数計算のための速度構造は、地震本部全国 1 次地下構造モデル (Koketsu et al., 2012) から観測点ごとに直下の一次元構造を抽出したものを使用した。離散化波数法 (Bouchon, 1981) 及び透過・反射係数行列法 (Kennett and Kerry, 1979) により計算した。

解析に際し、断層モデルを仮定する必要がある。余震分布（たとえば、防災科学技術研究所, 2014）及び地表地震断層トレースから断層面が複雑であ

ることが推測される。本研究では、南部で走向  $25^\circ$ 、傾斜  $65^\circ$ 、北部で走向  $25^\circ$ 、傾斜  $50^\circ$  をもつような 2 枚の平面断層の組み合わせで断層モデルを表現した。南部の断層の上端は神城断層の地表トレースに対応するようにしている。全体の断層サイズは長さ 22km、幅 14km とし、これを  $2\text{km} \times 2\text{km}$  の小断層で分割した。各小断層には時間幅 1 秒の smoothed ramp 関数を 0.5 秒ずらして 6 個並べて、モーメント時間関数を表現した。

インバージョン手法はマルチタイムウィンドウ線形波形インバージョン (Hartzell and Heaton, 1983) を用い、時空間のすべりの平滑化 (Sekiguchi et al., 2000) の強さ及び第一タイムウィンドウの破壊伝播速度は ABIC 最小規準 (Akaike, 1980) により決定した。すべり方向は既存のモーメントテンソル解のすべり角を参考にして、 $45^\circ \pm 45^\circ$  の範囲に拘束した。

### 3. 結果

破壊開始点の北側やや深部にすべり量の大きな領域が推定され、最大すべり量は 1.8m と推定された。これは、各機関によるモーメントテンソル解のセントロイドが北側深部に推定されていることと整合している。また、地表に近い断層浅部でも 0.3~0.5m 程度のすべりがあり、これらは地表地震断層と大まかには関連していると考えられる。第一タイムウィンドウの破壊伝播速度は 2.1km/s に求まった。全体の地震モーメントは  $3.85 \times 10^{18}\text{Nm}$ 、モーメントマグニチュードは 6.3 である。断層全体の平均すべり量は約 0.4m である。これら

の断層パラメータは既往の内陸地殻内地震と比べ特異な値ではなかった。地表地震断層に関しては、地震規模に比べ、地表変位量が大きいことが指摘されているものの、強震動に関わる震源過程としては、平均的な日本の内陸地殻内地震であったといえる。

今後も詳細な余震分布や地表地震断層調査の結果が報告されると考えられるので、これらの情報を踏まえ、モデルの見直しを図っていく必要がある。

#### 4. 参考文献

地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2014) :  
2014年11月22日長野県北部の地震の評価、  
[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/14dec\\_nagano/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/14dec_nagano/index.htm)

防災科学技術研究所(2014): 2014年11月22日長野県北部の地震 Double Difference 法により求めた詳細な震源分布、  
<http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/n-nagano141122/?LANG=ja&m=dd>

Akaike, H. (1980): Likelihood and the Bayes procedure, in Bernardo, J. M., DeGroot, M. H., Lindley, D. V., and Smith, A. F. M. eds., Bayesian Statistics, University Press, pp. 143-166.

Bouchon, M. (1981): A simple method to calculate Green's function for elastic layered media, Bull. Seismol. Soc. Am., Vol. 71, pp. 959-971.

Hartzell, S. H. and Heaton, T. (1983): Inversion of strong ground motion and teleseismic waveform data for the fault rupture history of the 1979 Imperial Valley, California, earthquake, Bull. Seismol. Soc. Am., Vol. 73, pp. 1553-1583.

Kennett, B. L. N. and Kerry, N. J. (1979): Seismic waves in a stratified half space, Geophys. J. Roy. Astron. Soc., Vol. 57, pp. 557-583.

Koketsu, K., Miyake, H., and Suzuki, H. (2012): Japan Integrated Velocity Structure Model Version 1, Proc. 15th World Conf. Earthq. Eng., paper no. 1773.

Sekiguchi, H., Irikura, K., and Iwata, T. (2000): Fault geometry at the rupture

termination of the 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake, Bull. Seismol. Soc. Am., Vol. 90, pp. 117-133.

謝辞：独立行政法人防災科学技術研究所 K-NET 及び KiK-net、気象庁震度計、ならびに東京大学地震研究所 SK-net より公開されている長野県震度情報ネットワークシステムの強震波形、気象庁一元化震源カタログを使用した。関係の皆様にして感謝する。