

# 2014年長野県北部の地震の被害調査と 震源のモデル化

池田 隆明<sup>1</sup>・小長井一男<sup>2</sup>・釜江 克宏<sup>3</sup>・佐藤 京<sup>4</sup>・高瀬 裕也<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 飛鳥建設 技術研究所 部長 (〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬5472)

E-mail:takaaki\_ikeda@tobishima.co.jp

<sup>2</sup>フェロー会員 横浜国立大学 教授 (〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-1)

E-mail:konagai@ynu.ac.jp

<sup>3</sup>非会員 京都大学 原子炉実験所 教授 (〒590-0494 大阪府泉南郡熊取町朝代西2丁目)

E-mail:kamae@rri.kyoto-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 土木研究所 寒地土木研究所 研究員 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号)

E-mail:taka4@ceri.go.jp

<sup>5</sup>正会員 飛鳥建設 技術研究所 副主任研究員 (〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬5472)

E-mail:yuya\_takase@tobishima.co.jp

2014年長野県北部の地震は震源深さが浅い内陸地殻内地震であり震源近傍域に強震動を引き起こすとともに、起震断層と考えられる糸魚川-静岡構造線を構成する神城断層に沿って地表地震断層が確認された。地震発生直後に地震被害調査を行い震源近傍域で強震動と断層変位に伴う地盤変形に起因すると考えられる構造物の被害を確認した。また経験的グリーン関数法を用いたフォワードモデリングにより震源モデルを推定した。その結果、断層面上にやや大きめの一つの強震動生成域を設置することにより震源近傍の観測記録を再現できることがわかった。また、本地震の震源モデルの地震モーメントと短周期レベルの関係は既往のスケールリング則で表現できることなどが明らかにされた。

**Key Words :** 2014 northern part of Nagano prefecture earthquake, empirical Green's function method, source model, strong motion generation area, damage investigation

## 1. はじめに

2014年11月22日22時8分頃、長野県北部を震源とするMj6.7の地震が発生した(以後、長野県北部の地震)<sup>1)</sup>。震源深さは約5kmと浅いため震源近傍では強い地震動が生成され、長野県長野市、小谷村、小川村で震度6弱、長野県信濃町、白馬村で震度5強を観測し<sup>2)</sup>、白馬村と小谷村では合計70棟の住家の全壊という被害が発生した<sup>3)</sup>。震源周辺では地表地震断層と考えられる地形変化が確認されており、その場所が神城断層の位置とほぼ一致していることから、神城断層が起震断層と考えられる<sup>4)</sup>。

震源近傍の地震動が防災科学技術研究所の強震観測網K-NETおよびKiK-netで観測されている<sup>5)</sup>。震源ごく近傍のK-NET白馬(NGN005)では約600cm/s<sup>2</sup>の最大加速度が観測された他、100cm/s<sup>2</sup>を上回る最大加速度が観測された地点は9地点を数える。震源から遠く離れた東京では東京湾沿岸の軟弱な地点の観測地点において5秒を超える長周期成分が卓越した地震動が観測されている。

神城断層は糸魚川-静岡構造線の北部区間を松本盆地東縁断層とともに構成する延長約20kmの東傾斜の逆断層である。地震調査研究推進本部の長期評価では、糸魚川-静岡構造線では30年以内に10%を超える高い確率でM8クラスの地震が発生すると想定されている<sup>6)</sup>。神城断層が含まれる北部区間に限定すると、区間全体が一つの活動区間として活動する場合にはM7.7程度の地震規模と推定され、30年以内の地震発生確率は0.008%~15%である<sup>7)</sup>。長野県北部の地震の規模がMj6.7であることを考えると、松本盆地東縁断層は未活動であったと考えられる。

内陸地殻内地震では震源近傍域に強い地震動が生成するとともに、遠く離れた地域でも盆地状の基盤を有する軟弱地盤では長周期地震動の生成による被害も危惧される。そのため、この地震の被害状況を明らかにするとともに震源メカニズムを解明することは、将来発生が懸念されている糸魚川-静岡構造線の強震動予測、および内陸地殻内地震を対象とした強震動予測の精度向上に大きく貢献すると考えられる。

本稿では、地震発生直後に震源近傍域を中心に実施した地震被害調査結果を示すとともに、経験的グリーン関数法を用いたフォワードモデリング<sup>8)9)</sup>により震源モデルを構築したので結果を報告する。また震源特性について既往のスケールリング則<sup>10)</sup>の適用性についても検討を行う。

## 2. 地震の概要

図-1に長野県北部の地震および平成26年12月1日までに発生した余震の震央分布と深度分布を示す。余震の震央分布は本震の震央よりも北側に集中していること、余震の震源深さは10km以内が多くを占めることがわかる。余震分布より、震源は東側傾斜の断層面を有すると考えられる。表-1に地震の概要を示す。

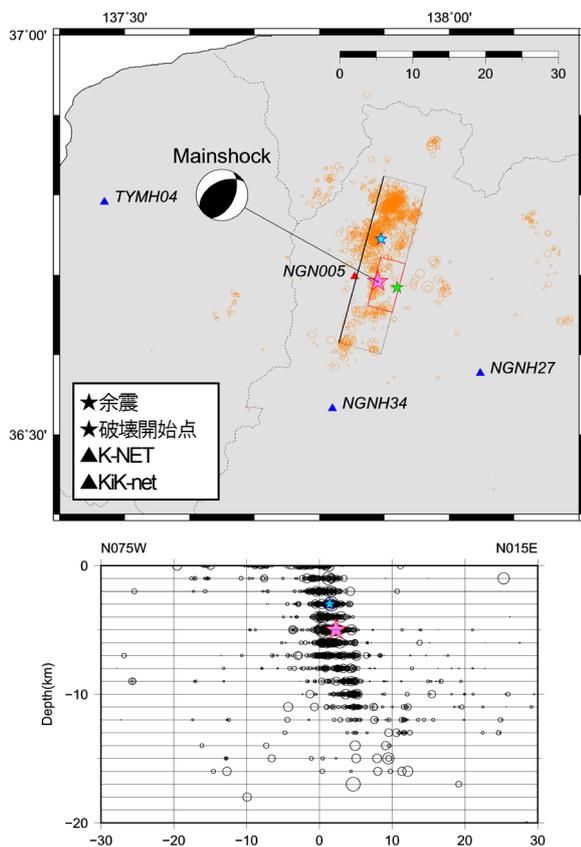


図-1 2014年長野県北部の地震(Mj6.7)の本震および余震の震央・深度分布、および観測波形と合成波形の比較を行う地震観測地点

表-1 2014年長野県北部の地震の概要<sup>1)</sup>

発生日時	2014年11月22日 22時08分17.9秒
震央	36° 41.57' N 137° 53.46' E
深さ	4.59km
マグニチュード	Mj6.7, Mw6.3 <sup>11)</sup>
地震モーメント <sup>11)</sup>	$2.76 \times 10^{18}$ Nm
STR/DIP/RAK <sup>11)</sup>	25;241/50;47/65;117

## 3. 地震被害状況

震源近傍の長野県白馬村の南部を中心に被害状況を概観する。図-2に被害地点の位置を示す。図-2には都市圏活断層図・白馬岳<sup>12)</sup>に基づき、神城断層の想定断層位置を赤色破線で記載している。

前述のように白馬村は震源ごく近傍に位置することから強い地震動が生じ、それに伴い全壊42棟の家屋被害が生じた<sup>13)</sup>。このうち39棟は白馬村の南部に位置する隣接した三日市場地区(6棟)と堀之内地区(33棟)で発生している。写真-1(a)に三日市場地区の石像に見られた被害を示す。極めて強い地震動が作用したと考えられる。一方、他の地域の家屋被害が少ないことから、家屋密度の差異もあるが、震源近傍域でも地震動の強さは場所によって異なっていた可能性がある。

この地震では地盤変位も観測されている。国土地理院の観測によると、電子基準点「白馬」は南東方向に約29cm、上下方向に約12cm変動したことが明らかにされている<sup>14)</sup>。また開口レーダー画像の分析では、神城断層トレースを挟んで東側は西向・上方に最大約1m、西側は東向・下方に最大20cm程度変動したこと<sup>15)</sup>等が明らかにされている。地震動による表層地盤の変形を加えると、表層地盤は大きく変形したと考えられ、その痕跡が道路舗装の亀裂として表れている。

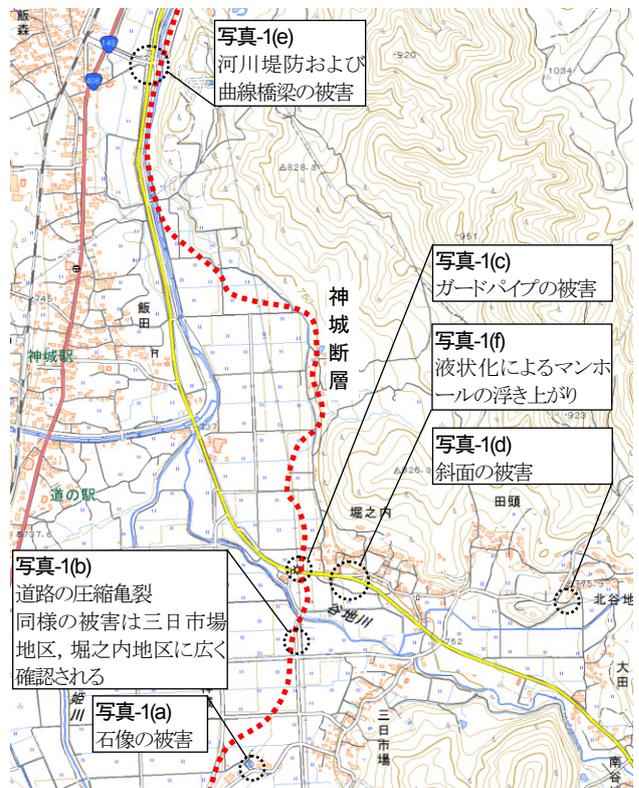


図-2 長野県白馬村南部の地震被害地点および都市圏活断層図・白馬岳に基づく神城断層トレース(国土地理院の電子地形図・電子国土webを加筆修正)

道路舗装の亀裂は家屋被害が多く発生した三日市場地区と堀之内地区で多く確認された。亀裂の大部分は圧縮亀裂である(写真-1(b))。飯田地区から堀之内地区にかけての県道33号線には大きな道路亀裂が生じ、それにより道路の両側に設置されているガードパイプが圧縮されていた(写真-1(c))。ガードパイプから道路軸方向の変形量を測定したところ20m間で0.4m程度圧縮されていた。都市圏活断層図・白馬岳によるとこの地点は北城断層の通過地点と考えられており、断層変位が原因と考えられる。

家屋被害が多数発生した堀之内地区の東側の北谷地域では斜面の崩落の被害が見られた(写真-1(d))。本地震は中山間地域で生じた内陸型地震であるが、甚大な斜面災害の発生は多くない。

JR飯森駅の南東側の姫川右岸の道路には道路舗装に大きな亀裂と移動が見られた。また近傍の橋梁には桁もしくは橋台の移動、支承部の損傷といった被害が見られた(写真-1(e))。この橋梁はいわゆる曲線橋であり、地震時に桁の回転や法線外側に向かって移動する傾向を示すことが指摘されていることから<sup>16)</sup>、地盤変位と桁の回転・移動による複合的な原因が考えられる。

地盤の液状化も確認されている。堀之内地区では県道33号線の歩道に埋設されたライフラインの埋め戻し土が液状化し、マンホールが浮上する被害が見られた。写真-1(f)に被害状況を示す。

#### 4. 震源の破壊過程

長野県北部の地震の震源破壊過程が八木<sup>17)</sup>、山中<sup>18)</sup>、野津<sup>19)</sup>、浅野<sup>20)</sup>により報告されている。八木と山中は遠地実体波、野津と浅野は周辺のK-NET、KiK-nett等により得られた近地強震記録を用いた波形インバージョン解析による解析結果である。

遠地実体波を使用した八木、山中の解析結果では震源周辺に大きなすべり領域が確認されるのに対し、近地地震記録を用いた野津と浅野の解析結果では震源から離れた場所に大きなすべり領域が確認されるという差異がみられる。ただし、浅野の結果は最大すべり分布が示されていないため除外すると、3つの結果とも震源破壊過程は複雑ではなく、すべり量の大きい範囲は一か所である。図-3に八木のすべり量分布を示す。

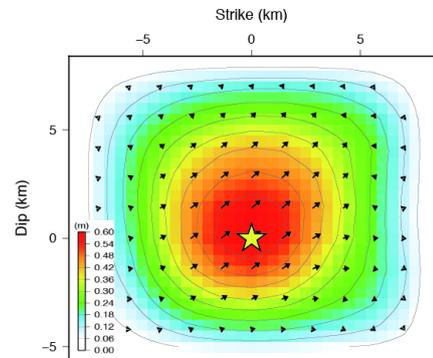


図-3 八木<sup>17)</sup>による震源破壊過程(すべり量分布)



(a)石像の被害



(b)道路の圧縮亀裂(同様の被害は三日市場地区、堀之内地区に多数確認)



(c)道路の圧縮亀裂とガードパイプの被害(亀裂部分は北城断層通過位置)



(d)斜面の被害



(e)橋梁の桁の移動(河川堤防および橋梁支承に被害)



(f)液状化によるマンホールの浮上(ライフラインの埋戻土の液状化)

写真-1 2014年長野県北部の地震の被害状況

## 5. 震源のモデル化

釜江・入倉のモデル化手法<sup>8)</sup>に従い、経験的グリーン関数法によるフォワードモデリング手法を用い震源のモデル化を行う。震源の不均一性は均質な矩形の強震動生成域 (Strong Motion Generation Area : 以後, SMGA) を断層面上に単数もしくは複数配置することにより考慮する。この手法は国内外で発生した地震に適用され、その有効性が検証されている<sup>9)</sup>。

SMGAの個数と場所は波形インバージョン解析結果を参考に、震源周辺に1つ配置する。なお、強震動はSMGAのみから生成されると考え、SMGA以外の背景領域は考慮しない。

合成地震動との比較には、震源ごく近傍のK-NET白馬 (NGN005)と断層を他方向から囲む地点に位置するKiK-net魚津 (TYMH04), KiK-net大町中 (NGNH34), KiK-net信州新 (NGNH27)での観測地震動 (KiK-netは地中地震動) を使用した。経験的グリーン関数法は地震時に地盤が非線形するような場所では、短周期領域の地震動を過大に評価するため直接適用することは困難とされているが<sup>21)</sup>, K-NET白馬を含めこれらの4地点は硬質地盤の観測地点であり、経験的グリーン関数法を直接適用することが可能と考えられる。図-1に各観測地点の位置を示す。

図-1に地震直後から12月1日までに発生した余震の震央分布および震源深さ分布を示す。図からわかるように震源の北側に余震が多く発生していることが分かる。断層面の傾斜は東傾斜であることが想定される。余震の震央分布および震度分布、F-netのメカニズム解に基づき断層面の位置、大きさ、走向、傾斜を評価した。その結果、断層面基準点の位置は36.625N, 137.805E, 大きさは25km×15.5km, 走向10度, 傾斜50度の断層面を設定した。

経験的グリーン関数は本震発生直後の11月22日22時54分頃に発生した余震 (Mj3.8) の記録を使用した。図-1に余震の震央位置を、表-2に震源パラメータを示す。面積、応力降下量は、K-NET長野 (NGN004), K-NET大町 (NGN006), K-NET糸魚川 (NIG027)の3地点の観測記録から震源変位スペクトルを算出し、Andrewsの方法<sup>22)</sup>により求めたコーナー周波数 ( $f_c=2.0\text{Hz}$ : 3地点の平均) から、Bruneの式<sup>23)24)</sup>と円形クラックの式<sup>25)</sup>からそれぞれ評価した。基盤のせん断波速度は3.5kmとした。

複数の地点での記録から震源パラメータを評価したのは、それぞれの観測記録に含まれるディレクティビティやラディエーションパターンの影響を可能な限り小さくするためである。震源変位スペクトルの算定においては、幾何減衰と媒質のQ値 ( $Q=40^{f0}$ )<sup>26)</sup>による減衰の補正を行った。地震動には長周期側有効周期を考慮して0.2~10.0Hzのバンドパスフィルターを適用した。ライズタイ

ムは0.6秒, 破壊速度は2.7km/s, せん断波速度は3.5km/sと仮定した。当該地震はF-netのモーメント解が得られていないため、地震モーメントは震源変位スペクトルの低振動数側の一定値から平均的なラディエーションパターン係数 (=2.34) を用いて算出した地震モーメントの平均値とした。

震源のモデル化では、波形インバージョンの結果を参考に、震源周辺のすべり量の大きい場所にSMGAを一つ配置した初期モデルを作成し、合成波形と観測波形の一致度に基づきSMGAの位置や大きさ、破壊開始点を調整する。対象とした地震観測地点は前述の4地点である。

図-4に定量化した最適震源モデルを示す。SMGAのサイズは7.2km×7.2kmで震源を囲むように配置した。破壊開始点は破壊開始点は震源の近傍に設定し、同心円状に破壊が広がると仮定した。表-3に強震動生成域の諸元を示す。

表-2 余震の諸元<sup>1)</sup>

発生日時	2014/11/22 22:54:59.85	
$M_{MM}$	3.8	
震源位置	36.7453N, 137.8953E	
震源深さ	km	3.0
面積	km <sup>2</sup>	1.44
地震モーメント	Nm	$4.47 \times 10^{15}$
応力降下量	MPa	6.3

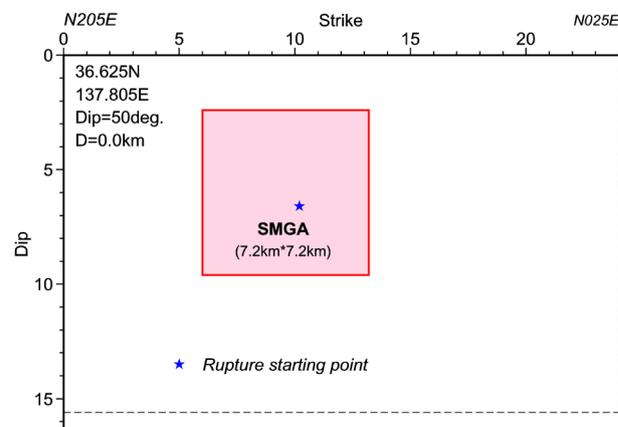


図-4 経験的愚ルーン関数法を用いたフォワードモデリングにより評価した2014年長野県北部の地震 (Mj6.7) の最適震源モデル

表-3 最適震源モデルの強震動生成域の諸元

面積	km <sup>2</sup>	51.84 (7.2km×7.2km)
重ね合わせ数		6×6×6
上端深さ	km	2.4
応力降下量	MPa	12.6
破壊伝播速度	km/s	2.5
ライズタイム	s	0.6

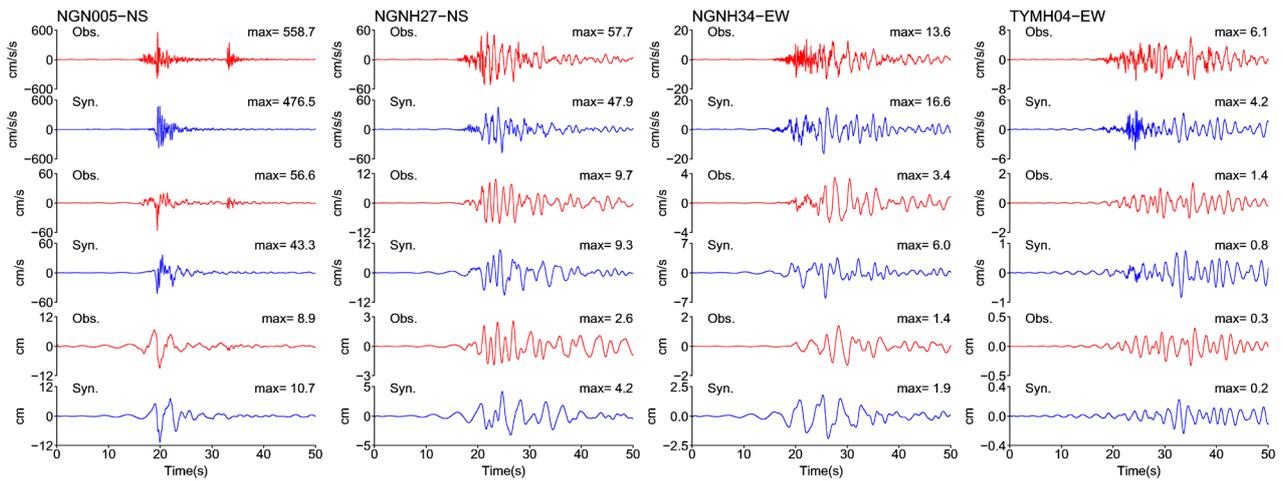


図-5 観測波形と経験的グリーン関数法から評価した合成波形との比較

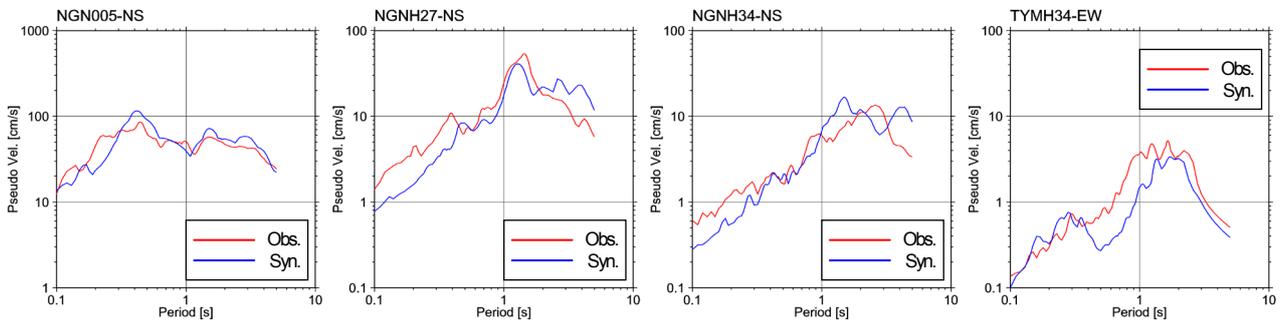


図-6 観測擬似速度応答スペクトルと経験的グリーン関数法から評価した合成擬似速度応答スペクトルとの比較 (減衰定数 5%)

図-5にNGN005, NGNH27, NGNH34, TYMH04の4地点における観測波形と経験的グリーン関数法から評価した合成波形との比較を、図-6に擬似速度応答スペクトル(減衰定数5%)の比較を示す。

震源ごく近傍に位置するNGN005では観測波形の主要動に見られる断層破壊の指向性効果によるパルス状の波形が再現できている。NGNH27では主要動部の継続時間や最大値がほぼ再現できている。NGNH34は震源の走向方向に位置するが、震源破壊の指向性効果の影響は小さく、パルス状の波形は見られないが、合成結果はそれもほぼ再現できている。TYMH04は波形の包絡形状が再現できている。

擬似速度応答スペクトルについては、周期帯によっては観測波形と合成波形に差異は見られるが、スペクトルの特性についてはほぼ再現できている。特にNGN005については、合成波形の擬似速度応答スペクトルは観測波形の擬似速度応答スペクトルを良く再現できている。

図-7に最適震源モデルの地震モーメントと加速度震源スペクトルの短周期レベル(以後、短周期レベル)の関係を壇・他のスケージング則<sup>27)</sup>と比較して示す。図中の細い破線はスケージング則の0.5倍と2.0倍を示す。

短周期レベルは式(1)により算出した。Aは短周期

レベル ( $N \cdot m/s^2$ )、rはSMGAの等価半径 (km)、 $\Delta\sigma_a$ はSMGAの応力降下量 (MPa)、 $\beta$ はせん断波速度 (km/s)である。図には、他の内陸地殻内地震のフォワードモデリングによる結果<sup>21),28),29),30),31)</sup>を併せて示す。2014年長野県北部の地震の最適震源モデルの地震モーメントと短周期レベルの関係は既往のスケージング則で表現できている。

$$A = 4\pi \cdot r \cdot \Delta\sigma_a \cdot \beta \quad (1)$$

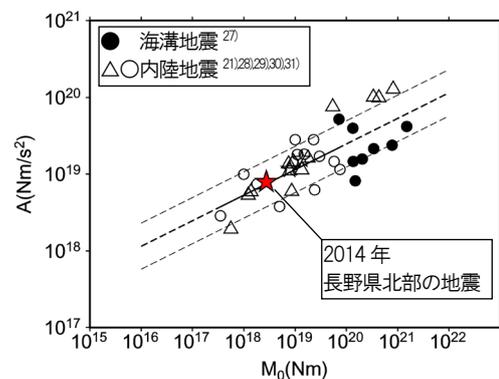


図-7 地震モーメント ( $M_0$ ) と加速度震源スペクトルの短周期レベル (A) との関係

## 6. まとめ

2014年長野県北部の地震の発生直後に震源近傍の長野県白馬村を対象に被害調査を行い、地震動と地盤変位によると考えられる被害を確認した。また、震源近傍を含む周辺域で観測された地震動記録を用い、当該地震の震源モデルを経験的グリーン関数法を用いたフォワードモデリングにより評価し、震源周辺に一つの強震動生成域を有する最適震源モデルを構築した。震源モデルは、震源近傍の強震動ならびに震源破壊の指向性効果によると考えられるパルス状の波形を再現することができた。また、最適震源モデルの地震モーメントと加速度震源スペクトルの短周期レベルの関係は既往のスケーリング則で表現できることがわかった。震源のモデル化については、今後さらに検討を行い精度を向上させる予定である。

**謝辞**：本研究では防災科学技術研究所の強震観測網K-NETおよびKiK-netの地震動記録ならびに地盤データ、F-netのメカニズム解、気象庁の震源データを使用させていただきました。地震被害調査では横浜国立大学工学部建築都市・環境系学科(当時)の山本和喜氏、梶原和博氏に協力を頂きました。また、本研究の一部は科研費基盤研究(C)24560595(研究代表者：池田隆明)および科研費基盤研究(C)15K06204(研究代表者：池田隆明)の助成を受けて実施しました。最後に記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 気象庁：震源データ，  
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html> (2015.09.02 閲覧)
- 2) 気象庁：震度データベース，  
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php> (2015.09.02 閲覧)
- 3) 総務省消防庁：長野県北部を震源とする地震(第21報)，  
<http://www.fdma.go.jp/bn/2014/detail/888.html> (2015.09.02 閲覧)
- 4) 産業技術総合研究所，活断層・火山研究部門：2014年長野県北部の地震に伴う地表地震断層および地表変状，地震予知連絡会会報，第93巻，7-1，2015.，[http://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihou93/07\\_01.pdf](http://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihou93/07_01.pdf) (2015.09.02 閲覧)
- 5) 防災科学技術研究所：強震観測網(K-NET，KiK-net)，<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/> (2015.09.02 閲覧)
- 6) 地震調査研究推進本部：今までに公表した活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧(平成27年2月9日現在)，  
<http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/ichiran.pdf> (2015.09.02 閲覧)
- 7) 地震調査研究推進本部・地震調査委員会：糸魚川-静岡構造線断層帯の長期評価(第二版)，  
[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou\\_pdf/41\\_42\\_44\\_itoigawa-shizuoka\\_2.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/41_42_44_itoigawa-shizuoka_2.pdf) (2015.09.02 閲覧)
- 8) 釜江克宏，入倉孝次郎：1995年兵庫県南部地震の断層モデルと震源近傍における強震動シミュレーション，日本建築学会構造系論文集，No.500，pp.29-36，1997.
- 9) 池田隆明，釜江克宏，三輪 滋，入倉孝次郎：経験的グリーン関数法を用いた2000年鳥取県西部地震の震源のモデル化と強震動シミュレーション，日本建築学会構造系論文集，No.561，pp.37-45，2002.
- 10) 防災科学技術研究所：広帯域地震観測網，F-net，  
<http://www.fnet.bosai.go.jp> (2015.09.02 閲覧)
- 11) 地震調査研究推進本部：震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)，平成21年12月21日改訂，  
[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09\\_yosokuchizu/g\\_furoku3.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09_yosokuchizu/g_furoku3.pdf) (2015.09.02 閲覧)
- 12) 国土地理院：都市圏活断層図・白馬岳，  
[http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/05\\_hokuriku.html](http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/05_hokuriku.html) (2015.09.02 閲覧)
- 13) 白馬村：長野県神城断層地震，  
[http://www.vill.hakuba.lg.jp/quake\\_nagano\\_north/damage/damage.html](http://www.vill.hakuba.lg.jp/quake_nagano_north/damage/damage.html) (2015.09.02 閲覧)
- 14) 国土地理院：平成26年(2014年)11月22日22時08分頃の長野県北部の地震に伴う地殻変動について，  
[http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/chikakukansi\\_nagano20141122.html](http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/chikakukansi_nagano20141122.html) (2015.09.02 閲覧)
- 15) 国土地理院：だいち2号干渉SARによる変動の検出について，<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h26-nagano-earthquake-index.html> (2015.09.02 閲覧)
- 16) 平井良幸，川島一彦，松崎裕，地震時における斜橋の回転特性，土木学会論文集A1(構造・地震工学)Vol.68，No.4，I\_432-I443，2012.
- 17) 八木勇治：2014年11月22日に長野県北部で発生した地震(暫定)，  
<http://www.geol.tsukuba.ac.jp/~yagi-y/EQ/20141122/index.html> (2015.09.02 閲覧)
- 18) 山中佳子：2014年11月22日長野県北部地震(M6.8)，NGY地震学ノート，No.55，<http://www.seis.nagoya-u>

- [ac.jp/sanchu/Seismo\\_Note/2014/NGY55.html](http://ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2014/NGY55.html) (2015.09.02 閲覧)
- 19) 野津厚：2014年11月22日長野県北部の地震 (M6.7) の震源モデル (暫定版) - デジタルデータ付き -, [http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bsi/taisin/research\\_jpn/research\\_jpn\\_2015/jr\\_45.html](http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bsi/taisin/research_jpn/research_jpn_2015/jr_45.html) (2015.09.02 閲覧)
- 20) 浅野公之, 岩田知孝, 久保久彦：強震波形から推定した2014年長野県北部地震の震源過程, 日本地球惑星科学連合2014年大会, SSS25-05, 2015.
- 21) 池田隆明, 釜江克宏, 入倉孝次郎：経験的グリーン関数法を用いた震源のモデル化と地盤の非線形性を考慮した地震動評価, 2005年福岡県西方沖の地震と2007年能登半島地震への適用, 日本建築学会構造系論文集, No.665, pp.1253-1261, 2011.
- 22) Andrews, D. J.: Rupture velocity of plane strain shear cracks, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 81, pp.5679-5687, 1976.
- 23) Brune, J. N.: Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, Vol.75, pp.4997-5009, 1970.
- 24) Brune, J. N.: Correction, *Journal of geophysical research*, Vol.76, p.5002, 1971.
- 25) Eshelby, J.D.: The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems, *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, Volume 241, Issue 1226, pp. 376-396, 1957.
- 26) 佐藤智美：統計的グリーン関数の最大加速度・最大速度の距離減衰特性, 日本地震工学会論文集, 第7巻, 第6号, 2007.
- 27) 壇一男, 渡辺基史, 佐藤俊明, 石井透：断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, No.545, pp.51-62, 2001.
- 28) 池田隆明, 釜江克宏, 三輪 滋, 入倉孝次郎：経験的グリーン関数法を用いた2000年鳥取県西部地震の震源のモデル化と強震動シミュレーション, 日本建築学会構造系論文集, 第561号, pp.37-45, 2002.11
- 29) Kamae, K., T. Ikeda, and S. Miwa: Source model composed of asperities for the 2004 Mid Niigata Prefecture, Japan, earthquake ( $M_{JMA}=6.8$ ) by the forward modeling using the empirical Green's function method, *Earth Planets Space*, Vol.57, pp.533-538, 2005.
- 30) 釜江克宏, 川辺秀憲：2007年新潟県中越沖地震 (Mj6.8) の震源のモデル化と強震動シミュレーション, <http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/jishin/kenkyunaiyou.html> (2015.09.02 閲覧)
- 31) 釜江克宏：2008年岩手・宮城内陸地震(Mj7.2)の震源のモデル化 (暫定版), <http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/jishin/kenkyunaiyou.html> (2015.09.02 閲覧)

(2015.9.11 受付)

## DAMAGE INVESTIGATION AND SOURCE CHARACTERIZATION OF THE 2014 NORTHERN PART OF NAGANO PREFECTURE EARTHQUAKE

Takaaki IKEDA, Kazuo KONAGAI, Katsuhiro KAMAE,  
Takashi SATO and Yuya TAKASE

The 2014 northern part of Nagano prefecture earthquake of Mj6.7 revealed earthquake fault on the surface along the Kamishiro fault. Strong ground motions were generated near source area and caused severe damage to many houses. Authors performed damage investigation around source area in the aftermath of the earthquake. We confirmed a trace of the earthquake damage due to strong ground motion and ground displacement. We make a preliminary source model by the empirical Green's function method. The source parameters for strong motion generation area located on the fault plane were determined from the comparisons of the synthesized broad-band ground motions with the observed ones at several stations including near source. Resultantly, we proposed source model with one strong motion generation area located at near hypocenter. The relationship between seismic moment and short period level of acceleration source spectrum of this earthquake are expressed in a scaling law of the past study.