

## 6. 長野県北部の地震 (2014 年 11 月 22 日, M6.7)

佐藤 比呂志 (東京大学地震研究所地震予知研究センター)

### 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マグニチュード 6.7 の地震が発生した (図 1)。この地震で、長野県長野市、小谷村、小川村で震度 6 弱、長野県白馬村、信濃町で震度 5 強を観測した (気象庁, 2014)<sup>1)</sup>。この地震にともなって糸魚川 - 静岡構造線活断層系・神城断層に沿って、約 9 km の区間で地表地震断層が出現した (廣内ほか, 2015<sup>2)</sup>; 中埜ほか, 2015<sup>3)</sup> など)。この地震による被害は、白馬村・小谷村を中心として、重軽傷者 46 名、全壊 77 棟、半壊 136 棟に及んだ (消防庁災害対策本部, 2015<sup>4)</sup>)。この地震は、糸魚川 - 静岡構

造線断層帯として地震調査推進本部での長期評価が行われていた断層帯で発生した地震で、活断層に基づく評価方法を検討する上でも重要な地震となった。

### 2. 震源域の地質

糸魚川 - 静岡構造線北部は、日本海の拡大の際に大規模な右横ずれを伴って活動した大規模な断層であり (図 2)、その後、日本海の拡大とともに回転し、現在の北東 - 南西方向のリフトが形成された。したがって、糸静線北部は横ずれ断層として、その後、東側低下の正断層として活動し、リフト内には厚さ数 5 km に及ぶ堆積物が充填された (佐藤ほか, 2013<sup>5)</sup>)。リフト内の下部地殻には P 波速度の顕著な高速化が認められ、リフト形成期

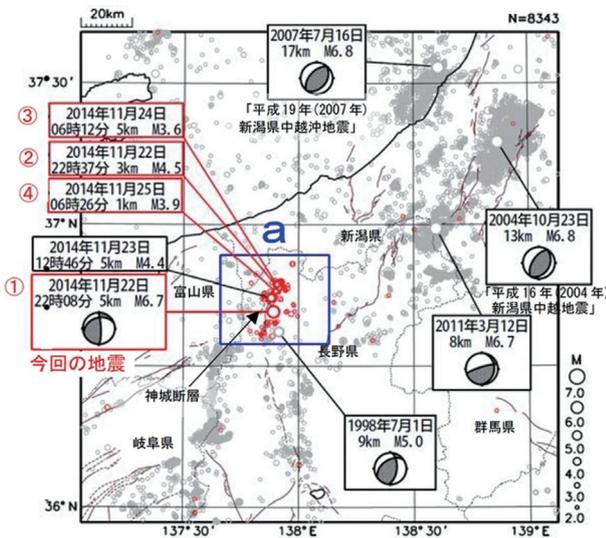


図 1 震央分布図 (1997 年 10 月 1 日 ~ 2014 年 11 月 30 日, 深さ 0 ~ 30 km, M ≥ 2.0) 2014 年 11 月の地震を赤色で表示。①~④は今回の地震。気象庁 (2014)<sup>1)</sup> による。

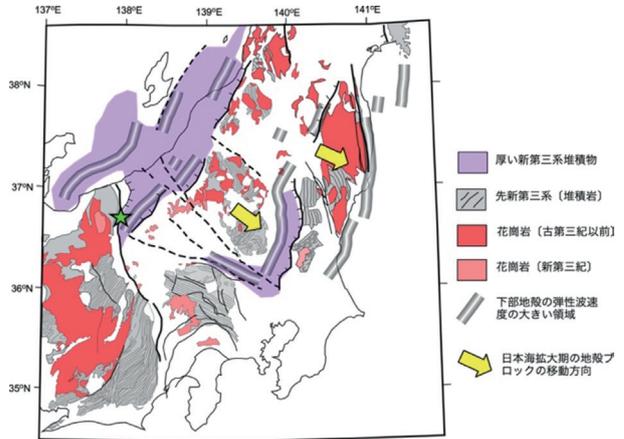


図 2 本州中央部の地殻構造の概要 (佐藤, 2014<sup>6)</sup>) と 2014 年長野県北部地震。星印: 2014 年長野県北部地震の震央。

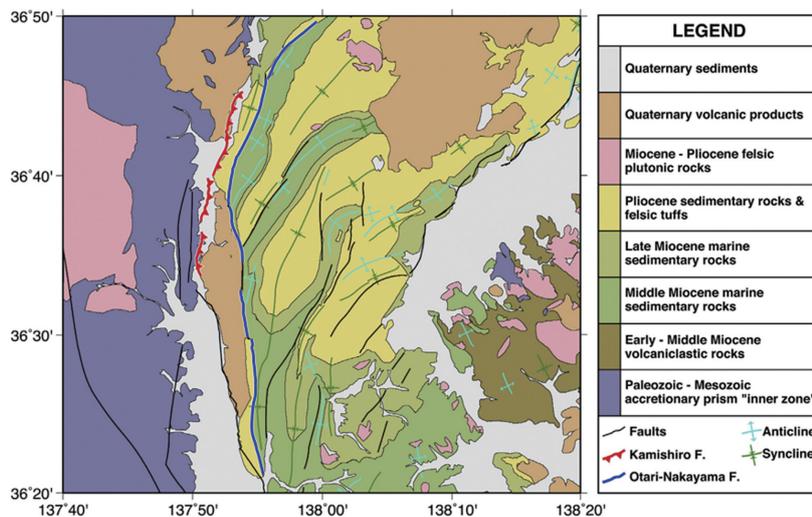


図 3 震源域周辺の地質概略図 (Panayotopros et al., 2016<sup>7)</sup>; 関東土木地質図編集委員会編集, 1996<sup>8)</sup>). 赤線: 神城断層 青線: 小谷 - 中山断層

の苦鉄質岩の侵入を示している。北部フォッサマグナは鮮新世以降から短縮変形を被り、褶曲 - 逆断層帯が形成された。これらの短縮変形に寄与したのは、信濃川断層帯などのリフトの東縁の断層群であり、糸静線北部沿いの活断層は既存の構造方向と、広域的な西北西 - 東南東方向からの圧縮応力に対応して、左横ずれと逆断層運動が進行している。

### 3. 地震活動

震源域周辺では、1714 年 (M6.3) 正徳小谷地震 (勝部ほか, 2017<sup>9)</sup>), 1858 年 (M5.7) の史料地震のほか (宇佐美, 2003<sup>10</sup>; 地震本部<sup>11)</sup>), 1918 年の大町地震 (M6.5) (多田・橋本, 1988<sup>12</sup>; 鷺谷, 2003<sup>13</sup>), 1986 年 (M5.9, 佃ほか, 1989<sup>12)</sup>) などの被害地震が発生している。

本震発生の 4 日前には、南北方向に広がるほぼ中央部で前震 (M2.9) が発生している (Panayotopros et al., 2016<sup>7)</sup>)。発震機構解は本震とほぼ同様であった。

本震の発震機構解は、気象庁<sup>15)</sup>や防災科学技術研究所<sup>16)</sup>などによって報告されている (表 1, 図 4)。

表 1 モーメントテンソル解のパラメーター

	断層面解 1			断層面解 2		
	走向	傾斜	すべり角	走向	傾斜	すべり角
気象庁 <sup>15)</sup>	251	33	161	358	80	129
防災科技 <sup>16)</sup>	241	47	117	25	50	65

単位: 度

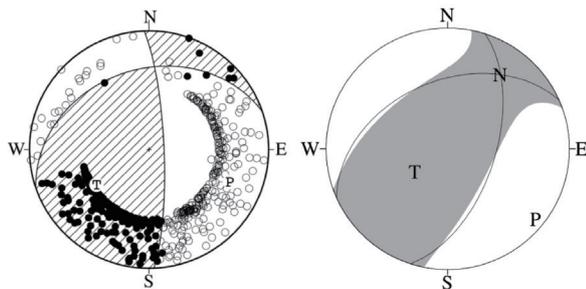


図 4 2014 年長野県北部地震の P 波初動解 (左) とモーメントテンソル解 (右) (気象庁, 2014<sup>15)</sup>)

### 4. 地震のメカニズム

本震の発震機構解は、P 波初動解やモーメントテンソル解によって、NW-SE 方向に主圧力軸をもち左横ずれを伴う逆断層型であることが報告されている (図 4)。P 波初動解とモーメントテンソル解はやや異なる。P 波初動解はより左横ずれ成分が卓越し、節面も高角となる。これに対し、モーメントテンソル解はより逆断層成分にとみ、節面の角度もより小さい。これらは、余

震分布にも現れているように、破壊が高角度の断層の右横ずれ運動によって発生し、その後 60 度前後の南傾斜の断層面の活動につながったためと解釈されている (Panayotopros et al. (2016)<sup>7)</sup>。

### 5. 余震分布

地震活動は、気象庁<sup>1)</sup>や防災科学技術研究所<sup>17)</sup>や大学などの観測機関により観測され、一元化震源として共有されている。Panayotopros et al. (2016)<sup>7)</sup>は一元化震源に対して、DD 法による震源の再決定を行った (図 5)。求められた本震の深さは、3.5 km となり、気象庁や防災科学技術研究所の報告<sup>17)</sup>より浅くなっている。再決定された余震の震源は、地表で地震断層が出現した神城断層の東側に沿って南北方向に分布する。余震が分布する領域は北北東 - 南南西方向に長さ約 27 km、深さ 10 km となる。余震は面状に集中し、概ね 4 km 以浅では傾斜 30-45° となり、これ以深の領域では、50-65° となる。浅層部での傾斜の地表延長は、神城断層に、深部の傾斜の地表延長は、小谷 - 中山断層となる。こうした震源断層の形状は、地質学的あるいは反射法地震探査による推定と調和的である (佐藤・平田, 1998<sup>18)</sup>)。余震はグループ 1: WNW-ESE 方向の主圧力軸をもつ横ずれ成分を伴う逆断層とグループ 2: WNW-ESE 方向の主圧力軸をもつ横ずれ断層である。横ずれの発震機構を有する断層群は、推定される震源断層から離れた領域に分布する傾向がある (図 5)。発震機構解による二つの地震のグループは発生時期によっても傾向があり、前震と本震から 24 時間以内では、グループ 1 の逆断層タイプの地震が多く、それ以降はグループ 2 の横ずれ主体の地震が卓越する (Panayotopros et al., 2016<sup>7)</sup>)。また、横ずれ型の地震は、領域 IV (図 5) の神城断層の下盤側で多く発生している。この領域は大局的には南北方向の地質構造上の糸魚川 - 静岡構造線の通過位置に近く、南北方向の既存の弱面の影響を受けている可能性がある。

### 6. 地殻変動

2014 年長野県北部地震に伴う地殻変動は、周辺の GNSS 観測点によって観測された (図 6, 国土地理院, 2014a<sup>19)</sup>, Kobayashi et al., 2018<sup>20)</sup>)。また、ALOS 衛星に搭載された PULSAR を用いて干渉画像が作成され詳細な地殻変動が明らかになった (図 7, 国土地理院, 2014b<sup>19)</sup>, Kobayashi et al., 2018<sup>20)</sup>)。干渉 SAR と MAI (Multiple Aperture Interferometry) の両方のデータから推測された三次元地殻変動図 (図 7) によれば、断層の南部ではより西部でのすべり量が大きく、北西方向に移動している。これに対して北部では断層の東側で、北方から北北東方向への運動が卓越している。Kobayashi et

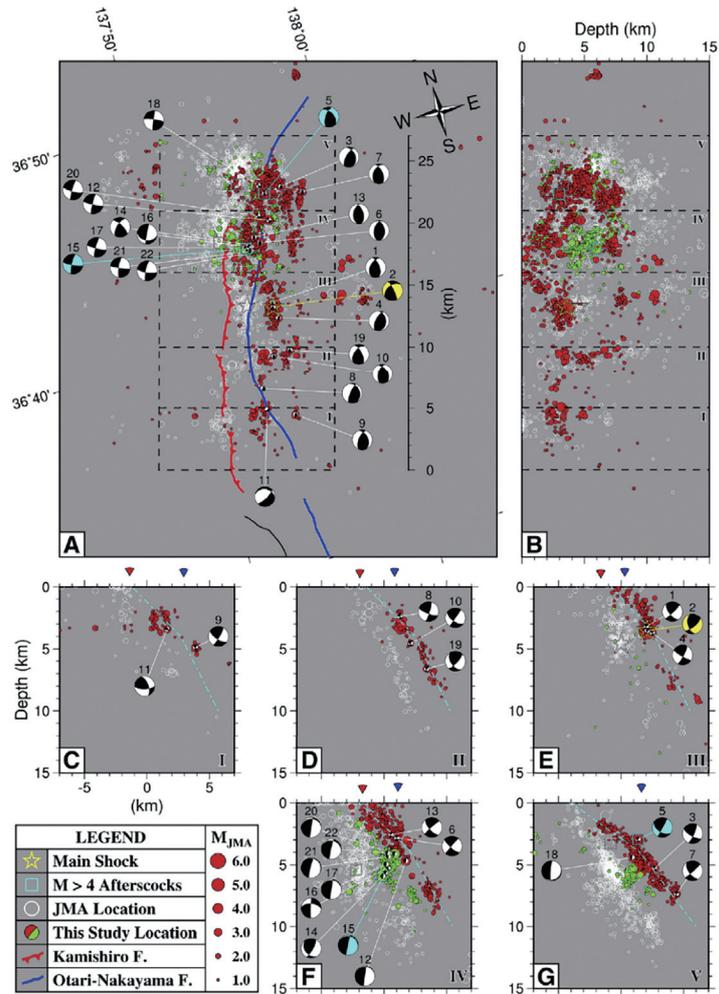


図5 一元化震源に対してDD法により再決定した震源分布 (Panayotopoulos et al. (2016<sup>7)</sup>による)。白丸：一元化震源，赤丸：再決定後の震源。黄色：本震，シアン：余震 MN4，発震機構解は下半球投影。断面 C-G は図 A の領域 I - V に相当。発震機構解は壁面投影。水色波線は推定した震源断層。赤三角：神城断層（地表地震断層），青三角：小谷 - 中山断層の位置，赤：グループ I の地震，緑：グループ II の地震。

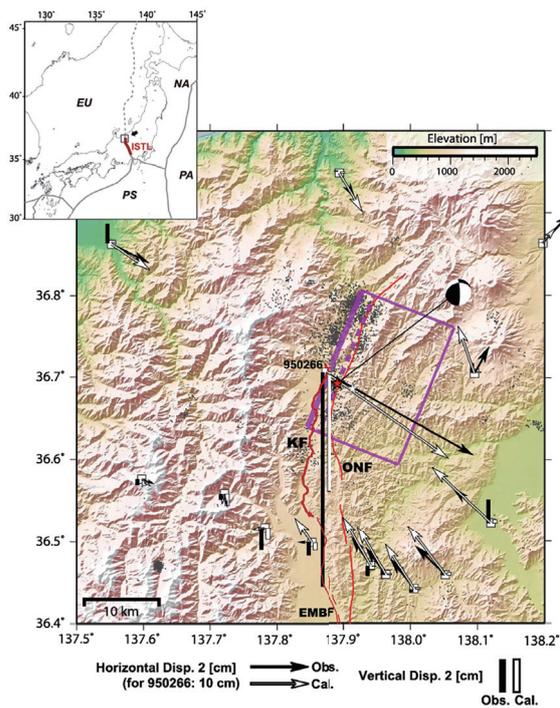


図6 神城断層周辺での地殻変動 (Kobayashi et al., 2018<sup>20)</sup>) 赤星印：気象庁による本震の震央，白星印：Panayotopoulos et al. (2016<sup>7)</sup>による震央，白四角：GEONET の観測地点名。矢印は水平方向の変位ベクトル，黒は観測値，白は理論値。柱状は垂直変位，黒は観測値，白は理論値。赤は断層トレース。赤紫の矩形は震源断層モデル。

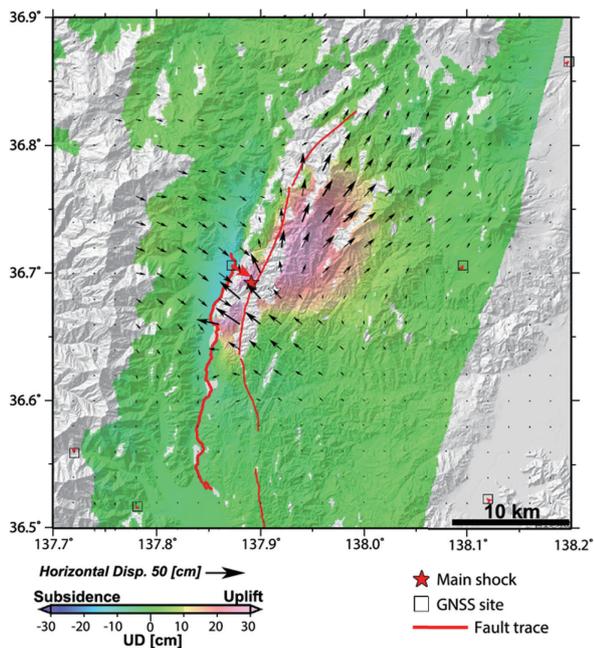


図 7 干渉 SAR と MAI (multiple Aperture Interferometry) のデータから求められた地殻変動図 (Kobayashi et al., 2018<sup>20</sup>). 背景色は垂直方向の変位を示す。ベクトルは、0.02°の間隔で描かれた水平方向の変位。赤矢印は、GNSS による地震時変位。

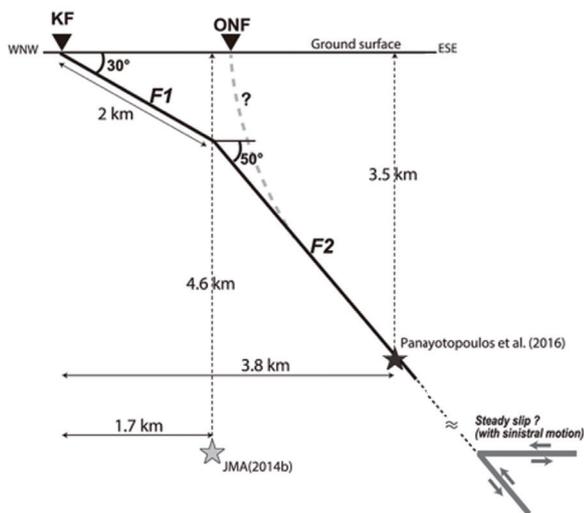


図 8 断層面の形状と震源との関係 (Kobayashi et al., 2018<sup>18</sup>). WNW-ESE 方向断面。黒星：Panayotopoulos et al. (2016)<sup>6</sup> による震源。黒星：気象庁 (2014)<sup>1</sup> による震源。深部定常すべりの概念図は、F2 断層の下方延長に図示。

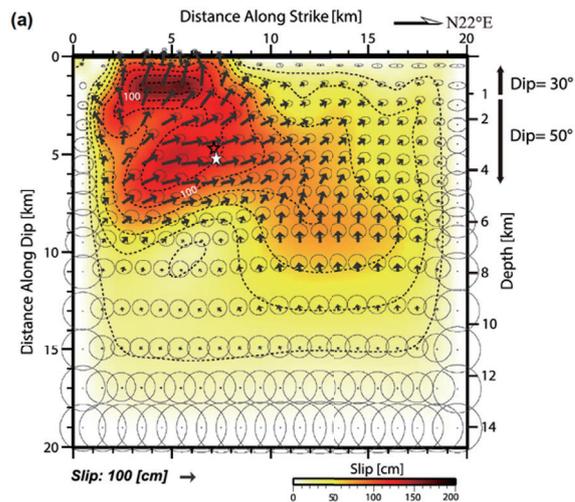


図 9 断層面のすべり分布 (Kobayashi et al., 2018<sup>20</sup>). 星印は断層面に投影された本震の震源。赤星：気象庁(2014b)<sup>22</sup> 白星：Panayotopoulos et al (2016)<sup>7</sup>. 断層面の位置は、図 6 参照。エラー楕円は 68%の信頼レベルを示す。

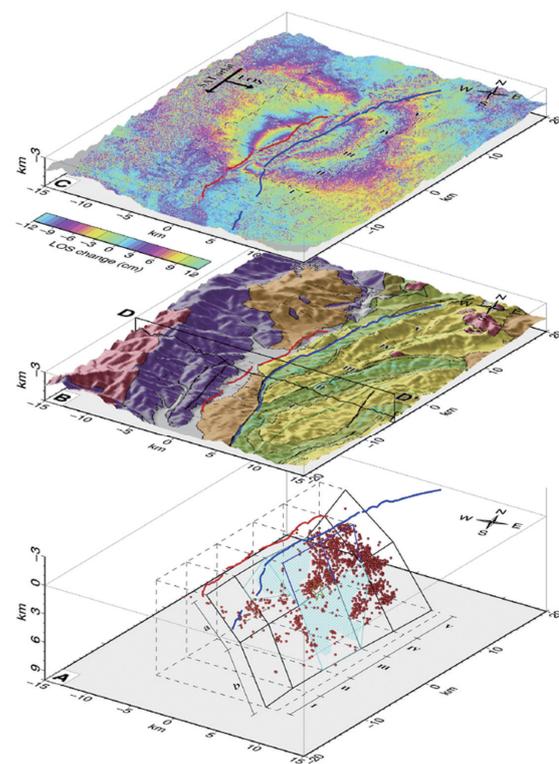


図 10 断層モデルと地殻変動および地表地質 - 地形との相関図 (Panayotopoulos et al., 2016<sup>7</sup>). 赤線：神城断層。青線：小谷中山断層。A) 震源のクラスタリングにより導出された 3 次元断層モデル。推定された震源断層モデルから ± 1 km 以内の余震のみを表示。シアン斜線部分は、主要な地震活動のギャップを表す。星印：本震。黒いポリゴン：震源断層。水色：主要なすべり領域。青いポリゴン：小谷 - 中山断層の浅い部分 (0-4 km) B) 神城断層に沿った表面地質と地形の 3D マップ。北端の表面表現セグメント IV と V の震源断層は、おそらく第四紀の火山噴出物によって覆われている。C: 国土地理院による InSAR イメージ<sup>21</sup>。

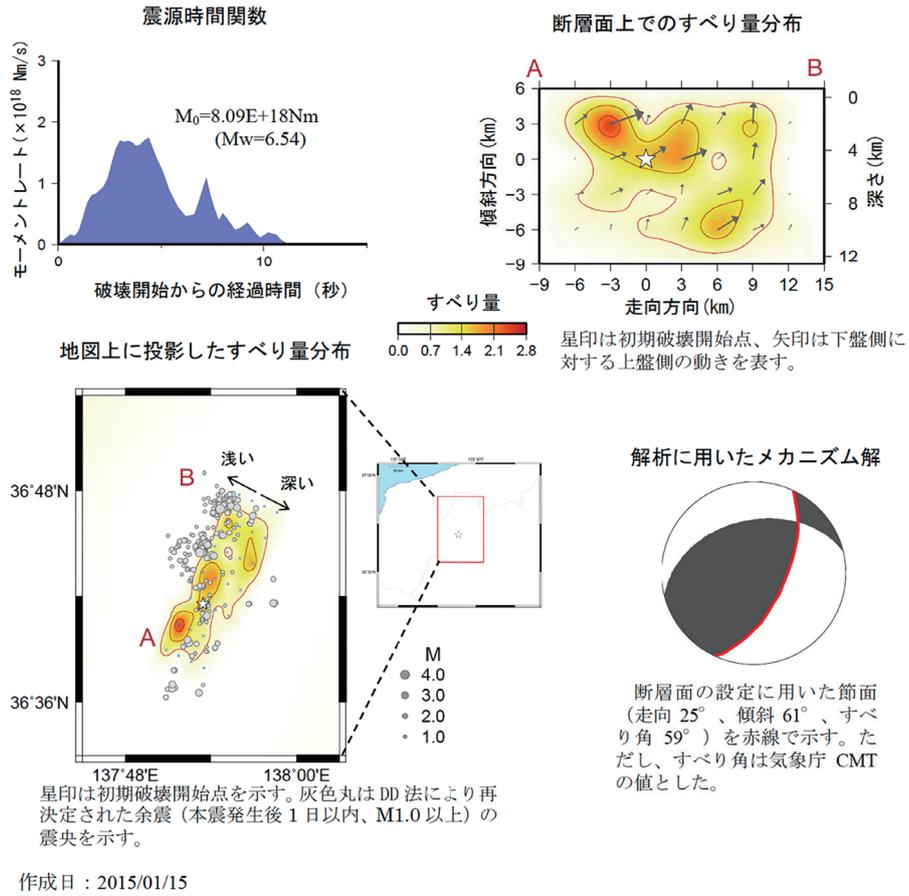


図 11 2014 年長野県北部の地震 - 近地強震波形による震源過程解析 (暫定) - 気象庁 (2015)<sup>23)</sup>による。

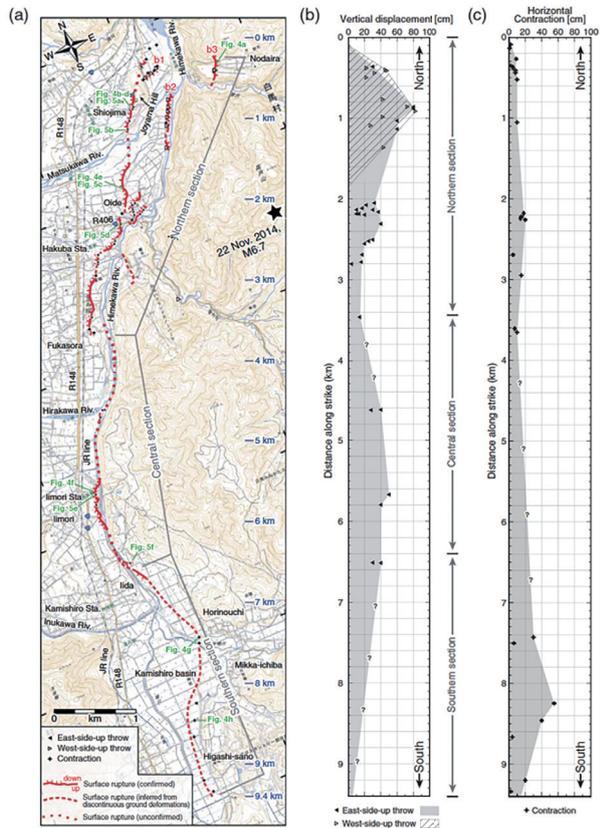


図 12 地表面地震断層の分布と変位 (Okada et al., 2015<sup>27)</sup>) (a) 神城断層に沿った 2014 年の地表面地震断層のストリップマップ。基図は国土地理院 1 : 25,000 の地形図を使用。b1, b2, および b3: 西側隆起のバックスラスト。神城断層に沿った地表面地震断層の (b) 垂直変位量 (c) 断層法線方向の短縮量。

al. (2018)<sup>20)</sup>は、浅部の断層傾斜を  $30^\circ$ 、深さ 1 km 以深の傾斜を  $50^\circ$  として断層モデルを用いて断層面上のすべり分布を求めた。求められた変位ベクトルは、地表地震断層が出現した断層南部において、浅部のすべり量が大きく、変位ベクトルは断層面に直交する逆断層成分が卓越する。これに対して、北部ではより深部での大きくなっている。また、余震の少ない領域 (図 5B) については地震時のすべり量が大きい領域として、マッピングされており、整合的な解析結果となっている。Kobayashi et al. (2018)<sup>20)</sup>は、中角度の傾斜を示す深部の断層が左横ずれの変位が卓越し、浅部の低角度逆断層では逆断層成分が卓越することから、スリップパーティショニングが生じていたと述べている。

## 7. 近地地震による破壊過程

気象庁 (2015)<sup>23)</sup>は近地地震波形を用いて、断層面上のすべり分布を求めている (図 11)。このモデルでは、断層を一枚の矩形断層として近似している。震源断層の南部の浅部ですべり量が大きく、北部では深部が大きいという測地から求めた結果と共通の特徴を示している。但し、変位ベクトルについては、とくに浅部で横ずれ成分が卓越している点で Kobayashi et al. (2018)<sup>20)</sup>とは異なる。

## 8. 地表地震断層とトレンチ調査

地震に伴って震源域南部の約 9 km の区間に渡って地表地震断層が出現した。これら地表地震断層は、概ね活断層として知られていた神城断層 (東郷ほか, 1999<sup>24)</sup>) に沿っている (松多ほか, 2018<sup>25)</sup>)。地表地震断層については、廣内大助ほか (2015)<sup>26)</sup>、勝部垂矢ほか (2017)<sup>9)</sup>、Okada et al. (2015)<sup>27)</sup> (図 12)、Lin et al. (2015)<sup>28)</sup>、Ishimura et al. (2019)<sup>29)</sup> 等によって調査・研究が行われている。最大垂

直変位量は 80 cm 程度で、地表地震断層出現域の北部に位置し、短縮量は南部で 60 cm 程度と南ほど大きい傾向がある (図 12)。

Ishimura et al. (2019)<sup>29)</sup>は、航空レーザー計測を行い地表地震断層周辺の数値地形モデルを作成した。このモデルと、地震発生前に同様の航空レーザー計測によって得られていたモデルと差分をとることにより、地震時の詳細な地殻変動を抽出している。今後、合成開口レーダーの干渉解析よりも、より詳細な地形変化を捉えることに繋がる手法である。

地表地震断層についてトレンチ調査も実施されている。Katsube et al. (2017)<sup>30)</sup>によれば、今回の地震以前に 2 回の古地震イベントが認められ、新期のイベントは 1714 年の正徳小谷地震に対応する。この地震の被害域の広がりなどから想定して、同様の規模の地震が約 300 年間で繰り返したものと判断される。古地震イベントから推定される平均変位速度は、より長期の平均変位速度 (松多ほか, 2006<sup>31)</sup>) より小さく、将来、今回および 1714 年の正徳小谷地震より大規模な地震の発生が予想される<sup>30)</sup>。

## 9. 地殻構造

震源域の北西に近接した飯山から小谷に WNW-ESE 方向に北部フォッサマグナを横断する地殻構造探査が実施されている (佐藤ほか, 2013<sup>5)</sup>)。図 13 に反射断面の解釈と屈折速度構造断面を示す。この測線では小谷 - 中山断層と糸静線北部を横切る。北部フォッサマグナ堆積盆地の形成に大きく関与している断層は、小谷 - 中山断層で糸静線ではない。糸静線はより高角で日本海初期の右横ずれ変位に寄与して以降、大きな変位を示していない。トモグラフィーの速度構造から推定される小谷 - 中山断層の傾斜は、今回の地震の震源の配列から推定される形状と調和的である。本震の深さは 3.5 km と推定されているが、震源域の北部フォッサマグナ堆積盆地では 5km ほどのリフト充填堆積物が存在している (Panayotopros et al., 2016<sup>7)</sup>)。したがって、本震は新第三系と先新第三系の境界部で発生したものであり、異常に浅い本震の発生深さについては未解決の問題を提起している。

## 10. まとめ

2014 年長野県北部の地震は、陸域の活断層として大きな平均変位速度を示す糸魚川 - 静岡構造線活断層系の北端部が活動したものであるが、発生した地震は地震調査推進本部の長期予測 (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2015<sup>32)</sup>) より一回り規模の小さなものであった (鈴木ほか, 2015<sup>33)</sup>)。この地震に伴って震源域の南

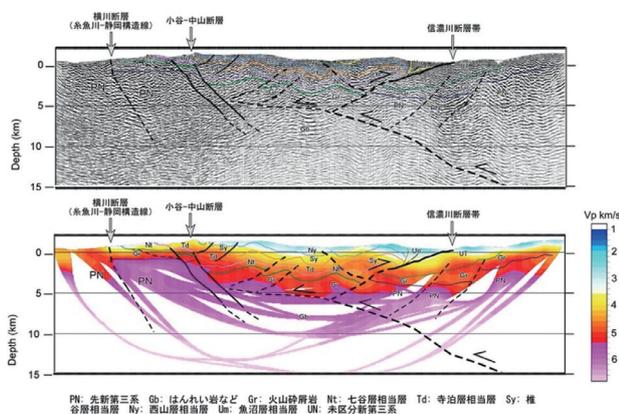


図 13 小谷 - 飯山測線地殻構造探査断面 (佐藤ほか, 2013<sup>5)</sup>)。 (上) 反射方地震探査断面と地質学的解釈, (下) 屈折トモグラフィ法による P 波速度構造。

部に地表地震断層が出現した。地表地震断層や地殻変動の詳細については、多くの研究が行われている。50°～60°程度傾斜した震源断層が左横ずれを伴う逆断層運動することにより地震が発生し、より低角度の神城断層沿いに逆断層として地表に現れた。地殻変動のインバージョンからは、高角度の断層（小谷-中山断層）は横ずれ成分が主体で、浅い断層は逆断層が卓越するというスリップパーティショニングが発生している。長期の平均変位速度とトレンチ調査や今回の地表地震断層の変位量を考慮すると、小規模な地震が短い間隔で繰り返しており、また平均変位速度から、より規模の大きな地震発生も予測されている。この地震を引き起こした断層は、成熟度の高い断層であり、小さい摩擦係数を反映して地震の発生様式が多様であることが明瞭になった。未解決の問題が残されているものの、今後の内陸地震の長期予測に対して、重要な知見が得られた地震であった。

### 参考文献

- 1) 気象庁, 2014. 平成 26 年 11 月 22 日 22 時 08 分頃の長野県北部の地震について. 報道発表資料 平成 26 年 11 月 23 日 00 時 00 分, <https://www.jma.go.jp/jma/press/1411/23a/kaisetsu201411230000.pdf>
- 2) 廣内大助・松多信尚・杉戸信彦・熊原康博・石黒聡士・金田平太郎・後藤秀昭・楳原京子・中田 高・鈴木康弘・渡辺満久・澤 祥・宮内崇裕, 2014 年神城断層地震変動地形調査グループ, 2015. 糸魚川-静岡構造線北部に出現した 2014 年長野県北部の地震（神城断層地震）の地表地震断層, 活断層研究, 43, 149-162.
- 3) 中埜貴元・飛田幹男・中島秀敏・神谷 泉, 2015. 干渉 SAR で捉えた 2014 年 11 月 22 日長野県北部を震源とする地震に伴う地表変位. 活断層研究, 43, 69-82.
- 4) 消防庁災害対策本部, 2015. 長野県北部を震源とする地震（第 21 報）. <https://www.fdma.go.jp/disaster/info/assets/post763.pdf>
- 5) 佐藤比呂志・岩崎貴哉・石山達也・蔵下英司・加藤直子, 2013. 飯山-小谷測線地殻構造探査, ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究（平成 24 年度）成果報告書, 228-268.
- 6) 佐藤比呂志, 2014. 日本列島の生い立ちと長期地殻応力・歪の起源. 予知連会報, 92, 431-433.
- 7) Panayotopoulos, Y., N. Hirata, A. Hashima, T. Iwasaki, S. Sakai and H. Sato, 2016. Seismological evidence of an active footwall shortcut thrust in the Northern Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line derived by the aftershock sequence of the 2014 M 6.7 Northern Nagano earthquake. *Tectonophysics*, 679, 15-28, doi:10.1016/j.tecto.2016.04.019.
- 8) 関東地方土木地質図編纂委員会, 1996. 関東地方土木地質図および説明書. 国土開発技術研究センター, 768 p.
- 9) 勝部亜矢・近藤久雄・谷口薫・加瀬祐子, 2017. 2014 年長野県北部の地震（Mw6.2）に伴う地表地震断層の分布と変位量. *地質学雑誌*, 123, 1-21.
- 10) 宇佐美龍夫, 2003. 『日本被害地震総覧』. 東京大学出版会, 605p.
- 11) 地震調査推進本部, 長野県の地震活動の特徴. [https://www.jishin.go.jp/regional\\_seismicity/rs\\_chubu/p20\\_nagano/](https://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_chubu/p20_nagano/)
- 12) 多田 堯・橋本 学, 1988. 1918 年（大正 7 年）大町地震の断層モデルとその地学的意義. *地震* 第 2 輯, 41, 259-262.
- 13) 鷺谷 威, 2003. 1918 年大町地震の震源断層モデル—水準測量データの再検討と関連データの総合的解釈に基づく新たなモデル—. *地震* 第 2 輯, 56, 199-211.
- 14) 佃為成・酒井要・小林勝・橋本信一・羽田敏夫, 1989. 広義の前震・余震活動を伴った 1986 年長野県北西部大町付近の地震（M5.9）の震源過程と地震テクトニクス. *地震研究所集報*, 64, 433-456.
- 15) 気象庁, 主な地震の発震機構解. <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/mech/index.html>
- 16) 防災科学技術研究所, F-net 地震のメカニズム情報（詳細）. <http://www.fnet.bosai.go.jp/event/joho.php?tm=201411&LANG=ja&VIEW=300000&TSORT=desc>
- 17) 防災科学技術研究所, 2014. 2014 年 11 月 22 日長野県北部の地震, Hi-net 高感度地震観測網. <http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/n-nagano141122/?LANG=ja&m=dd>
- 18) 佐藤比呂志・平田 直, 1998. 活断層の深部構造と日本列島の成立. *科学*, 68, 63-71.
- 19) 国土地理院, 2014a, 長野県北部の地震（11 月 22 日 M6.7（暫定値）前後の観測データ（1））. <http://www.gsi.go.jp/common/000097756.pdf>
- 20) Kobayashi, T., Y. Morishita, H. Yarai, 2018. SAR-revealed slip partitioning on a bending fault plane for the 2014 Northern Nagano earthquake at the northern Itoigawa-Shizuoka tectonic line. *Tectonophysics*, 733, 85-99.
- 21) 国土地理院, 2014b, 長野県北部を震源とする地震に関する情報, 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>

- 22) 気象庁, 2014b. 2014 年 11 月 22 日長野県北部の地震の評価 11 月 22 日長野県北部の地震 (Double Difference 法による震源) 地震調査研究推進本部. [http://jishin.go.jp/main/chousa/14dec\\_nagano/p25.htm](http://jishin.go.jp/main/chousa/14dec_nagano/p25.htm),
- 23) 気象庁, 2015. 2014 年 11 月 22 日 長野県北部の地震 - 近地強震波形による震源過程解析 (暫定) -. <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/sourceprocess/event/20141122near.pdf>
- 24) 東郷正美・池田安隆・今泉俊文・澤 祥・松多信尚, 1999, 都市圏活断層図「大町」, 国土地理院技術資料 D・1-No.368.
- 25) 松多信尚・石村大輔・楳原京子・後藤秀昭・廣内大助, 2018. 都市圏活断層図「白馬岳 (改訂版)」, 国土地理院技術資料 D1-No.884.
- 26) 廣内大助・松多信尚・杉戸信彦・熊原康博・石黒聡士・金田平太郎・後藤秀昭・楳原京子・中田 高・鈴木康弘・渡辺満久・澤 祥・宮内崇裕・2014 年神城断層地震変動地形調査グループ, 2015. 糸魚川-静岡構造線北部に出現した 2014 年長野県北部の地震 (神城断層地震) の地表地震断層. 活断層研究, 43, 149-162.
- 27) Okada, S., D. Ishimura, Y. Niwa, and S. Toda, 2015. The First Surface-Rupturing Earthquake in 20 Years on a HERP Active Fault is Not Characteristic: The 2014 Mw 6.2 Nagano Event along the Northern Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line. *Seismol. Res. Lett.*, 86, 1287-1300. doi: 10.1785/0220150052
- 28) Lin, A., M. Sano, B. Yan, M. Wang, 2015. Co-seismic surface ruptures produced by the 2014 Mw 6.2 Nagano earthquake, along the Itoigawa-Shizuoka tectonic line, central Japan. *Tectonophysics*, 656, 142-153.
- 29) Ishimura, D., T. Shinji, S. Mukoyama, S. Homma, K. Yamaguchi, and N. Takahashi, 2019. 3D Surface Displacement and Surface Ruptures Associated with the 2014 Mw 6.2 Nagano Earthquake Using Differential Lidar. *Bull. Seismol. Soc. America*, 109, 780-796, doi: 10.1785/0120180020
- 30) Katsube, A., H. Kondo, and H. Kurosawa, 2017. Surface rupturing earthquakes repeated in the 300 years along the ISTL active fault system, central Japan. *Geophys. Res. Lett.*, 44, 6057-6064, doi:10.1002/2017GL073746.
- 31) 松多信尚・澤 祥・安藤俊人・廣内大助・田力正好・谷口薫・佐藤善輝・石黒聡士・内田主税・佐野滋樹・野澤竜二郎・坂上寛之・隈元崇・渡辺満久・鈴木康弘, 2006, 写真測量技術を導入した糸魚川-静岡構造線断層帯北部 (拇池-木崎湖) の詳細変位地形・鉛直平均変位速度解析. 活断層研究, 41, 105-120.
- 32) 地震調査研究推進本部, 2015. 糸魚川-静岡構造線断層帯の長期評価 (第二版). 60 p.
- 33) 鈴木康弘・渡辺満久・廣内大助, 2015. 長野県神城断層地震が提起する活断層評価の問題. *科学*, 85, 175-171.