

# 高分解能浅層反射法地震探査から見た神城断層先端部の構造と2014年長野県北部の地震の地表地震断層の関係

## Shallow geometry of the Kamishiro fault by high-resolution seismic reflection profiling

\*池口 直毅<sup>1</sup>、松多 信尚<sup>2</sup>、楮原 京子<sup>3</sup>、岡田 真介<sup>4</sup>、廣内 大助<sup>5</sup>、戸田 茂<sup>6</sup>、石山 達也<sup>1</sup>、小池 太郎<sup>7</sup>、野田 克也<sup>7</sup>、佐藤 比呂志<sup>1</sup>

\*Naoki IKEGUCHI<sup>1</sup>, Nobuhisa MATSUTA<sup>2</sup>, Kyoko KAGOHARA<sup>3</sup>, Shinsuke Okada<sup>4</sup>, Daisuke HIROUCHI<sup>5</sup>, Shigeru TODA<sup>6</sup>, Tatsuya ISHIYAMA<sup>1</sup>, Taro KOIKE<sup>7</sup>, Katsuya NODA<sup>7</sup>, Hiroshi SATO<sup>1</sup>

1. 東京大学地震研究所、2. 岡山大学大学院教育学研究科、3. 山口大学教育学部、4. 東北大学災害科学国際研究所、5. 信州大学教育学部、6. 愛知教育大学教育学部、7. 株式会社ジオシス

1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Graduate School of Education, Okayama University, 3. Faculty of Education, Yamaguchi University, 4. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 5. Faculty of Education, Shinshu University, 6. Faculty of Education, Aichi Education University, 7. GEOSYS Inc.

### 1. はじめに

2014年に発生した長野県北部の地震 (Mw 6.2) は、糸魚川-静岡構造線活断層系北部においていわゆる固有地震説に基づいて想定されている地震 (例えば、地震調査研究推進本部, 2015) よりも短い区間で発生した規模の小さい地震であった。大陸地殻内の地震をより正確に評価することに関しては、断層の活動特性を明らかにすることが重要な課題となっている。そのためには、断層の地表近傍から深部にかけての断層の形状と変位量を求める必要がある。

2014年の地震時には、糸魚川-静岡構造線活断層系の一部である神城断層沿いに地表地震断層が出現した (例えば、廣内ほか, 2014)。その後の現地踏査やトレンチ掘削調査・航空レーザー測量など (例えば、Okada et al., 2015; Ishimura et al., 2019) により、地表変位の分布と地表近傍の鉛直変位量が詳細に調査された。また、強震動や地殻変動の観測から、深部の震源断層の形状・滑り量も推定されている (例えば、Panayotopoulos et al., 2016; Kobayashi et al., 2018)。これに加え、断層の地下数10 m (以下、極浅層と記す) における正確な位置・形状をイメージングすることができれば、地表近傍の鉛直変位量を、断層面上の実変位量に置き換えることが可能になり、神城断層系の活動特性をより深く理解することができる。そこで、筆者らは、今回出現した地表地震断層の極浅層における断層の形状および地質構造を高分解能にイメージングすることを目的として、極浅層S波反射法地震探査を実施した。また、極浅層と浅層の構造の繋がりを明らかにするために、浅層P波反射法地震探査も併せて実施した。

### 2. 反射法地震探査

S波探査は、2017年11月3~10日および2018年11月1~9日にかけて、長野県白馬村内の地表地震断層を横切る6測線 (塩島測線・大出北測線・大出南測線・ウイング21測線・飯森測線・堀之内測線) において実施した。震源にはGEOSYS社製の可搬型S波電磁式バイブレーター型震源ELVISを用いた。スイープ周波数は20~120 Hz、スイープ長は10秒である。受振には96チャンネルのSH波用ジオフォン (固有周波数14 Hz) を装備したランドストリーマーを使用した。発震点間隔は1 m (ウイング21測線のみ発震点間隔2 m)、受振点間隔は50 cm、サンプリング間隔は1 msecとして観測を行った。

P波探査は2018年10月29~31日にかけて、神城断層を横切る佐野地域から内山地域における約1 kmの測線で実施した。なお、この地域では2014年の地震時には地表地震断層が出現しなかった。震源には地震研究所所有のミニバイブレーター (IVI社製) を用いた。スイープ周波数は10~120 Hz、スイープ長は18秒である。受振には144チャンネルの独立型レコーダーGSRを使用した。発震点間隔は5 m、受振点間隔は10 m、サンプリング間隔は1 msecとして観測を行った。

解析は、S波測線・P波測線共に一般的な共通反射点重合法に従って行った。

### 3. 神城断層先端部の構造と地表地震断層の関係

解析で得られた深度断面図と対比可能な測線近傍のボーリング資料や表層地質に基づき、反射パターンの変化及び変形構造に注目して、地表近傍から最大で深度100 mまでの断層の規模・形状および地質構造を推定した。それぞれの反射法地震探査断面において、2014年の地表地震断層（例えば、Okada et al., 2015）に対応する断層構造を把握することができた。この他、これまで確認されておらず、2014年の地震時にも活動していない伏在逆断層の存在も推定される。ウイング21測線では、小疇ほか（1974）などのボーリング資料や重力異常データを統合的に検討することで、探査地域の西側に少なくとも二条の東傾斜の伏在断層の存在が推定される。これらの深度断面図の検討により得られた地表地震断層の極浅層部における傾斜角は、航空レーザー測量（Ishimura et al., 2019）で推定された傾斜角より有意に小さい。

### 謝辞

本研究では、2018年度科研費新学術領域JP17H05315（代表：松多信尚）及び「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」の経費を使用した。

また、ボーリングデータの使用と発表の許可を頂いた北陽建設株式会社に厚く御礼を申し上げます。