

LP データの差分による長野県神城断層地震での斜面変状等の検証

国土交通省 北陸地方整備局 松本砂防事務所 五十嵐祥二, 渡邊 剛, 廣瀬昌宏
株式会社パスコ ○鈴木清敬, 横田 浩, 石川泰裕, 堀内成郎

1. はじめに

平成 26 年(2014 年)11 月 22 日 22 時 8 分頃、長野県北安曇郡白馬村を震源とした「長野県神城断層地震」が発生した。本地震は、白馬村と小谷村を縦断する神城断層の活動による逆断層型の地震であり、震源の深さは約 5km、マグニチュード 6.7、小谷村等では最大震度 6 弱を観測した地震である^{※1}。

本地震では、姫川本川沿いの溪岸部や姫川本川右岸流域において、多くの崩壊や地すべりが発生したと報告されている^{※2,3)}。

また、神城断層付近では最大 80cm の隆起が見られ^{※4}、国土地理院白馬電子基準点では東西方向に約 29cm、上下方向に約 12cm 沈降したと報告されている^{※5}。

断層による地殻変動量は、地震後における地表面の段差等により確認することができる。しかし、断層を挟んでどちらの面がどの程度変位したのかを明らかにした事例は少ない。

本報告では、長野県神城断層地震発生前後の 2 時期の航空レーザ計測データ(以下、LP 計測データという。)を用いて、地震前後の相対的な地殻変動量のみではなく、断層付近における地殻変動状況(隆起・沈降)状況を面的に推定することができたことからその結果を報告する。

2. 解析に用いたデータ諸元

2.1 2 時期の LP データの諸元

比較対象とした 2 時期の LP データの諸元を表 1 に示す。

地震発生前の地形モデル^①は、長野県が平成 25 年 11 月に計測したデータを用いた。地震発生後の地形モデル^②は、平成 27 年 10 月に計測したデータを用いた。計測点密度は、^{①②}ともに 1m×1m に 1 点以上である。

2.2 2 時期の LP データ計測期間内の地震発生状況

^①と^②の計測期間内の地震状況について、気象庁 HP により白馬村北城および小谷村中小谷の観測点において、震度 1 以上を記録した地震の状況を確認した。その結果、^{①②}間の計測期間内にあたる平成 25 年 11 月から平成 27 年 12 月の期間には、合計約 120 回の地震が発生していた。

これらの地震は主に長野県神城断層地震とその余震であった。

2.3 2 時期の LP データ計測期間内の降雨イベント状況

^①と^②の計測期間内の降雨イベントについて、国土交通省南小谷観測所の雨量データを確認した。その結果、^{①②}間の計測期間内には、複数回の降雨イベントが発生していたものの、計測期間内の最大日雨量は 142mm(平成 25 年 6 月 19 日)、最大時間雨量は 33mm/hr(平成 25 年 8 月 23 日 14 時)であった。計測期間内の降雨イベントは最大日雨量で概ね 5 年確率程度であり、大きな土砂移動や地殻変動は確認されていない。

3. 解析手法

上述したとおり、本報告の解析に用いた 2 時期の LP 計測データの計測期間内には、大規模な降雨イベントがなく、また長野県神城断層地震以外の地震があまりみられないことから、2 時期の LP 計測データの標高値の差分解析によって得られた地殻変動量は、長野県神城断層地震に伴う地殻変動として推定することができる。

そのため、2 時期の LP 計測データの地形モデルデータを用いて、それぞれ 1m×1m の標高値メッシュデータを作成し、それらの差分をとることにより、長野県神城断層地震に伴う地殻変動量を推定した。

なお、以降に示す標高差の差分解析結果は、^②データの標高値から^①データの標高値を差し引いたものとし、沈降がマイナスの値、隆起がプラスの値を示す。

4. 解析結果

(1) 白馬村塩島地区

塩島地区周辺の 2 時期の差分解析結果(図 3)では、既往文献^{※678}に示される神城断層の位置に概ね沿う形で地形変動

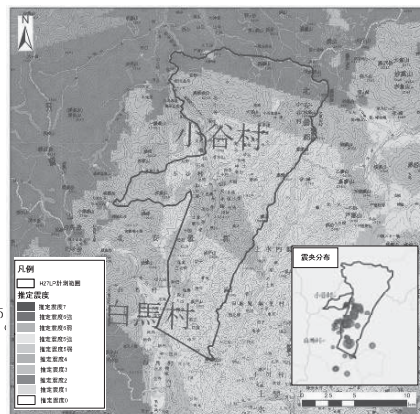


図 1 神城断層地震推定震度・震央分布図^{※1}

(背景図: 国土地理院発行、20 万分の 1 地形図)

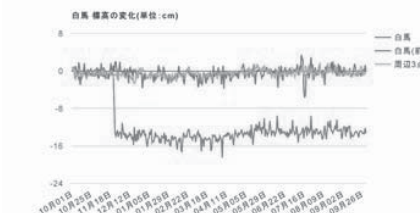


図 2 電子基準点(白馬)の地殻変動状況^{※5}

表 1 LP 計測データ諸元

| 番号 | ① | ② |
|------------------------|------------|------------|
| データ名 | H25長野県LP | H27姫川LP |
| 計測年月日 | 平成25年11月 | 平成27年10月 |
| 計測時期 | 地震発生前 | 地震発生後 |
| 計測点密度 | 1m×1mに1点以上 | 1m×1mに1点以上 |
| 調整用基準点 鉛直精度 最大較差 | 14.7cm | 8.8cm |
| 調整用基準点 鉛直精度 標準偏差 | 8.6cm | 4.8cm |

が確認できた。地形変動量は、神城断層の北西側の a 地点ではほとんど標高差の変化は認められなかったが、神城断層の南東側の b 地点では約 90cm の隆起となっていた(図 4, 写真 1)。

これは(独)土木研究所による調査結果(80cm 隆起)^{※9}と概ね一致していた。

本地点のように、現地の地表面に明瞭にあらわれた段差地形が地形変動の境界部分にあたる場合には、現地での観測成果と地形変動量が概ね等しくなる。

(2) 白馬村大出地区

大出地区周辺の 2 時期の差分解析結果(図 5)においても、既往文献^{※678}に示される神城断層の位置に概ね沿う形で地形変動が確認できた。地形変動量は、神城断層の南東側の c 地点で約 70cm の隆起であった。また、c-d 間には地表面に約 30cm の段差地形が確認され、この段差地形より南東側の d 地点では約 100cm の隆起となっていた(図 6)。

これも(独)土木研究所による調査結果(80cm 隆起)^{※9}と概ね一致していた。

また、c-d 間の地表面に現れた段差地形(写真 2)を現地確認したところ、段差は約 30cm であった。

本地点のように、現地にあらわれた段差地形が地形変動の境界にあたらぬ場合には、現地観測のみでは地形変動量を的確に把握することは困難となる。

(3) 解析結果の整理

上記のように、航空 LP 計測データを用いた差分解析結果による地形変動量とこれまでに報告されている地形変動量はほぼ一致しており、変動量を面的に把握することができたと考えられる。

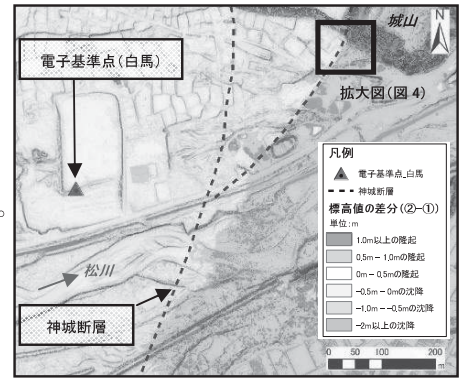


図 3 差分解析結果(白馬村塩島地区)

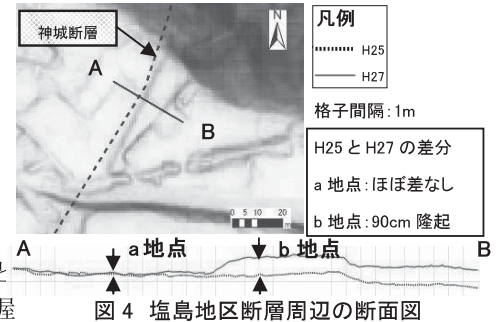


図 4 塩島地区断層周辺の断面図

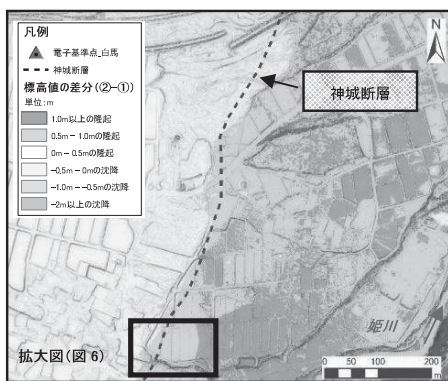


図 5 差分解析結果(白馬村大出地区)

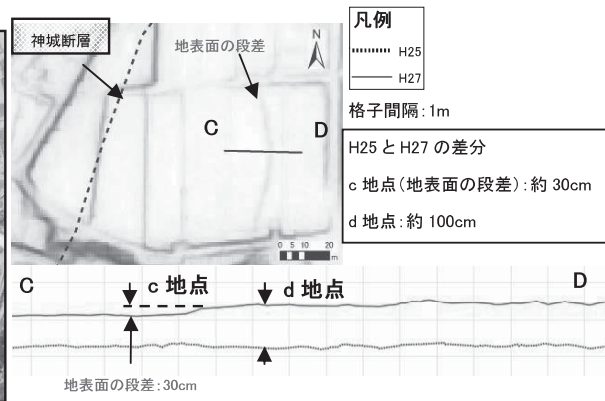


図 6 大出地区断層周辺の断面図



写真 1 塩島地区の段差地形^{※9}

写真 2 大出地区の段差地形

5. おわりに

本報告では、2 時期の LP 計測データを用いた差分解析を実施することにより、長野県神城断層地震における断層による地殻変動量として、神城断層の南東側で約 90cm 程度の隆起を面的に確認することができた。

断層による地殻変動量は、地震後における地表面の段差等により確認することができる。しかし、従来の現地観測では現地でのポイント的な確認となるため、航空 LP 計測データを用いて地形変動量を面的に検証できる点は有効である。

ただし、表 1 に示すとおり航空 LP 計測データは、各計測データごとに計測誤差を含んでいる。今回の解析では、最大で $\sqrt{((14.7\text{cm})^2 + (8.8\text{cm})^2)} \div 17.1\text{cm}$ の誤差が含まれる可能性がある点に留意が必要である。そのため、特に変位量が小さい場合には、2 時期の計測範囲内の不動点を用いて計測データ間の較差補正を実施する等の変位量と計測誤差を見分ける工夫が必要である。

国内の断層の多くは地中にあり状況を把握することが困難である。しかし、断層の位置や変位量と、斜面崩壊等の被害の状況を明らかにすることは、今後の地震発生時のリスク評価等に対して重要であり、これらは地震による断層位置および変位量と崩壊等地形形状や被害状況を推定するための基礎資料となると考えられる。

【出典】※1: 国立研究開発法人 防災技術研究所 HP 掲載内容に一部加筆; ※2: 平成 26 年 11 月 22 日 長野県北部を震源とする地震により発生した土砂災害調査報告(速報), 平成 26 年 12 月 9 日, (独)土木研究所; ※3: 2014 年長野県神城断層地震による地盤災害(調査速報), 国立研究開発法人 防災科学研究所; ※4: 東北大学災害科学国際研究所 HP; ※5: 国土地理院 HP; ※6: 松多信尚ほか, 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(樽池-木崎湖)の詳細変異地形・鉛直平均変異速度解析, 活断層研究, 26, 105-120; ※7: 澤 祥ほか, 1999, 1:25000 都市圏活断層図「白馬岳」, 国土地理院技術資料, D-1-No.368; ※8: 東郷正美ほか, 1999, 1:25000 都市圏活断層図「大町」, 国土地理院技術資料, D-1-No.368; ※9: (独)土木研究所 Web マガジン, Mar.2015 Vol.39, 神城断層周辺の地表地殻断層調査