

## 兵庫県南部地震以降、六甲山は高くなったのか？ Did the Rokko Mountains Rise after the Kobe Earthquake?

○橋本 学・西村卓也・小澤拓・宗包浩志・飛田幹男

○Manabu HASHIMOTO, Takuya NISHIMURA, Taku OZAWA, Hiroshi MUNEKANE, Mikio TOBITA

The Rokko mtns. were uplifted by ~20 cm during the 1995 Kobe earthquake, but it may be too small to build the mountain range considering the average rate of uplift. We conducted GPS surveys and reanalysis of SAR around the Rokko mtns. in order to reveal the contribution of postseismic deformation to mountain building. We obtained no significant uplift based on the GPS surveys at selected control points where resurvey was made in February 1995. Reanalysis of SAR images implies slight decrease of line of sight at the summit of the Rokko mtns. in the descending images. This result indicates eastward movement of this mountain range.

### 1. はじめに

六甲山はその麓を走る六甲断層帯の運動により形成されたと考えられている [例えば, Huzita, 1962]. 現在の六甲山の地形は、北東の芦屋側に最高峰 (931 m) があり、南西に向かって低くなり、明石海峡に没する。ところが、1995年兵庫県南部地震による上下変動は、明石海峡に面した垂水付近で最大 19 cm の隆起が観測されたが [Hashimoto et al., 1996], 六甲山最高峰は 12 cm の隆起にとどまっている [国土地理院, 平成7年度改算]. この地震時変位のパターンと現在の地形は相関しないので、兵庫県南部地震タイプの地震だけでは六甲山は形作れない。現在の姿にしたメカニズムがその他にあるとすると、それは余効変動のようなゆっくりとした変動、あるいは異なるタイプの地震であろう。

本研究では、余効変動の可能性を検討することを目的として、兵庫県南部地震以降に実施された測地観測データを再解析するとともに、六甲山系の三角点の GPS 観測を実施した。本発表では、この GPS 測量の結果と JERS-1 の時系列解析結果を中心に、六甲山系の兵庫県南部地震以降の変動について報告する。

### 2. データと方法

兵庫県南部地震直後に国土地理院は六甲山系を中心に兵庫県～大阪府の三角点の緊急改測を実施した。これらの観測には Trimble 4000SSE と Ground plane 型のアンテナが用いられた。緊急改測は、1995年2月に三角点上に三脚を設置して行

われた。観測時間は約 12 時間、サンプリングは 30 秒である。緊急改測が行われた三角点の内、三脚での観測が容易な 3 三角点 (六甲山, 不動山, 甲山) を選び、2015年11月, 2016年11月および2017年11月に、GNSS 観測を実施した。ただし、甲山は2015年のみ実施)。なお、観測には Trimble 5700 と Trimble Choke Ring アンテナを用い、1秒サンプリングで約6時間の観測を行なった。幸い緊急観測の原データが保管されていたので、これを再解析軌道・時計の情報を用いて GIPSY により PPP 解析を行った。2015年, 2016年, 2017年のデータも GIPSY による PPP 解析を行うことにより、同じ Igb2008 系での比較が可能となった。

地震直後 NASDA (現 JAXA) による JERS-1 と欧州宇宙機関の ERS-1 の観測も実施された。引き続き ERS-2, Envisat や ALOS-1/2 のデータも収集し、解析した。ただし、C バンドレーダーでは六甲山系の山頂部で、十分なコヒーレンスが得られなかった。JERS-1 は Gamma® による 2 パス干渉法で解析し、アンラップ後時系列解析を行った。ALOS-1 については、2 方向からの観測画像があるので、StaMPS を用いて PS-InSAR 解析を行い、2.5 次元解析して擬似上下成分を求めた。

### 3. 結果と考察

緊急改測データの再計算結果と 2015～2017 年の 3 回の観測結果を、表 1 にまとめた。これによると約 20 年間に 3 三角点は東南東に向かって 40cm 程度移動している。これは、ITRF2008 系での近畿地方の平均的な変動と調和している。ただ

し、もっとも東側に位置する甲山の変位がやや小さい。兵庫県南部地震時、六甲山と甲山の距離は短縮しており、両三角点の間にある五助橋断層のすべりが推定された。この断層の余効すべりが生じたとすると、定性的には調和する。

一方、楕円体高は、3 三角点ともに 0~4 cm 減少している。三脚を用いた測量の誤差を考慮しても、隆起が生じたとは言いがたい。緊急 GPS 連続観測で六甲山系の東に設置された観測点が、1995 年 3 月末までに 1 cm 程度隆起したが、その後 1996 年 8 月までは大きな変化は見られなかった。

1997 年までの JERS-1 画像の干渉処理の結果、六甲山系の山頂部では、約 10 mm/yr の視線距離短縮が検出された。GPS 観測結果を考慮すると、JERS-1 の視線距離短縮は、水平変動の寄与が大きいと考えられる。一方、ALOS-1 では山頂部に 5

mm/yr を超える顕著な隆起は検出されなかった。

以上の観測結果から、兵庫県南部地震の余効変動は 1995 年前半に終息し、その後六甲山系を隆起させるような変動はなかった。すなわち、六甲山系の形成に寄与しなかったと結論できる。

#### 謝辞

本観測の実施にあたって、技術室の三浦勉氏、長岡愛理氏、理学研究科大学院生の小池俊貴氏、高橋温志、坂上啓氏、伊東優治氏にご協力いただいた。感謝いたします。

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(C)「兵庫県南部地震は六甲変動に寄与したか？」(15K05267) (研究代表者：橋本学) により実施したものである。

表 1. 六甲山系の 3 三角点での GPS 観測結果

| 観測点 | 年    | 緯度            | NS 変位(m) | 経度             | EW 変位(m) | 楕円体高    | UD 変位(m) |
|-----|------|---------------|----------|----------------|----------|---------|----------|
| 六甲山 | 1995 | 34°46'40.816" |          | 135°15'49.467" |          | 968.536 |          |
|     | 2015 | 34°46'40.810  | -0.178   | 135°15'49.482" | +0.400   | 968.511 | -0.025   |
|     | 2016 | 34°46'40.810" | -0.188   | 135°15'49.482" | +0.400   | 968.515 | -0.022   |
|     | 2017 | 34°46'40.810" | -0.198   | 135°15'49.483" | +0.421   | 968.523 | -0.013   |
| 不動山 | 1995 | 34°42'27.200" |          | 135°07'45.500" |          | 440.217 |          |
|     | 2015 | 34°42'27.194" | -0.189   | 135°07'45.065" | +0.390   | 440.192 | -0.025   |
|     | 2016 | 34°42'27.194" | -0.184   | 135°07'45.066" | +0.406   | 440.214 | -0.003   |
|     | 2017 | 34°42'27.193" | -0.193   | 135°07'45.066" | +0.416   | 440.193 | -0.024   |
| 甲山  | 1995 | 34°46'29.769" |          | 135°19'46.377" |          | 346.378 |          |
|     | 2015 | 34°46'29.763" | -0.191   | 135°19'46.391" | +0.350   | 346.341 | -0.037   |