

三角点のGPS測量による1995年兵庫県 南部地震にともなう地殻変動の測定

佐藤 隆司¹⁾・杉原 光彦²⁾

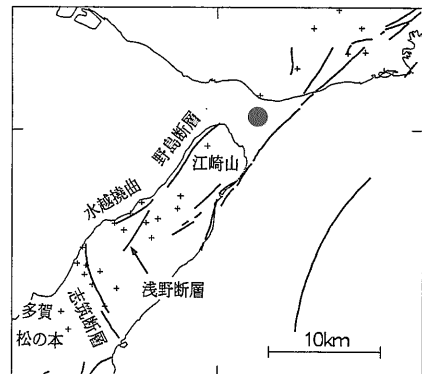
1. はじめに

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震では震源の南西に位置する淡路島において地震断層が地表にあらわれた。断層は、淡路島北端に近い江崎燈台付近から北西岸に沿って、野島断層のほぼ全域とその南の水越撓曲の北端部で認められ、総延長は約11 kmにおよぶ(栗田ほか, 1995)。余震の震源はさらに南にも分布しており、震源断層運動は地表に地震断層が認められた範囲よりも南にまで達していたと考えられる。一方、活断層の分布は野島断層南端付近から複雑になり、淡路島北端付近から追跡される野島断層は、北淡町富島付近で東側の浅野断層と西側の水越撓曲(いずれも活動度 B)に分岐しているように見える(水野ほか, 1990; 活断層研究会編, 1991)(第1図)。浅野断層・水越撓曲の南には北西-南東方向に走向を持つ志筑断層(活動度 B~C)があり、余震の震源はこの付近まで分布している。

我々は、兵庫県南部地震の震源断層運動を推定するため、三角点のGPS測量を行い地震にともなう地殻変動を検出することを試みた。上記のように、野島断層以南の地域では、どの活断層に対応する断層が活動したのか、震源断層運動がどこまで達したのかは必ずしも明かではない。我々はこのことに注目して、野島断層以南の三角点を中心に測量を行った。なお、国土地理院は兵庫県南部地震の震源域を囲む領域で三等以上の三角点の測量を計画している。我々はこれを補足するとともに、より詳しい地殻変動の分布を明らかにするために四等三角点を中心に測量を行った。本稿ではこの測量の暫定的な解析結果について報告する。

2. 測量結果

1995年1月29日~2月3日, 3月4~9日, 3月25~29日の3回に分けて淡路島島内20点, 本州側7点の合計27点の測量が行われた(第1図)。測定には3台のGPS(トリンプル製4000SSE)を用いた。ベクトル閉合計算の結果によれば、今回の測定の精度は1~2 cm程度と考えられる。地震前の位置データとしては国土地理院の三角測量の成果を用いた。三角測量の水平位置の精度は等級によらず10 cmが目標値とされている(友田ほか編, 1985)。従って地震による変動量は水平位置に関しては10 cm程度の精度で議論することができる。三角点の標高については20 cm, 場合によってはそれ以上の誤差がある可能性がある(友田ほか編, 1985)。なお、



第1図 1995年兵庫県南部地震の震源(●印)周辺地域の活断層・活撓曲の分布。活断層研究会編(1991)を参考に活動度 B 以上のものを太線で示し、本文で参照したものについてはその名前を付記してある。測量を行った三角点の位置を+印で示す。

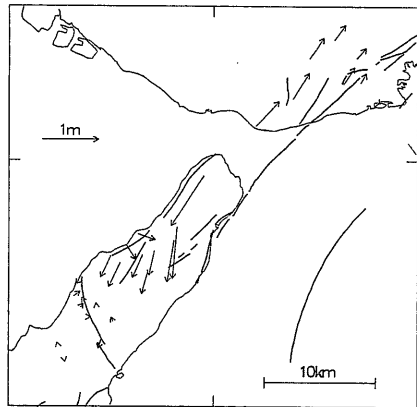
1) 地質調査所 環境地質部
2) 地質調査所 地殻熱部

キーワード: 1995年兵庫県南部地震, 地殻変動, GPS 測量, 水越撓曲

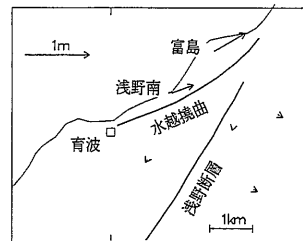
国土地理院の三角点の成果で採用されている東京測地座標系から GPS で採用されている WGS-84座標系への変換には、国土地理院で開発された座標変換プログラム TKY2WGS(国土地理院測地部, 1994)を用いた。

GPS データの基線長解析からは同時に測定された2点の相対位置が計算される。これと地震前の三角点の座標からその2点の相対位置の変化が計算できる。相対位置変化から個々の三角点の変位量を計算するにはなんらかの仮定が必要になる。ここでは、本震の震央から最も遠い南西の端の2点、北から三等三角点多賀および四等三角点松の本(第1図)の変動量が小さいと仮定し、この2点の変位量の平均が0になるようにした。国土地理院は地震後に緊急に行ったGPS測定の結果を既に公表している(多田, 1995)。我々が測量を行った三角点のうち淡路島の一番北の三角点である二等三角点江崎山(第1図)が国土地理院の緊急測量でも測られている。我々が求めたこの点の水平変動量は多田(1995)の結果とはほぼ一致する。このことから上の仮定は妥当なものであると考えることができる。

第2図に水平変位ベクトルの分布を示す。野島断層以南の地域に注目すると、水越撓曲の南東側の三角点は南南西方向に約50 cm 変位しており、この傾向は浅野断層を越えても変化しない。水越撓曲の北西側ではこれとは異なる傾向を示し、南東ないし東南東方向に約30 cm 変位している。第3図には、浅野断層・水越撓曲周辺の変位分布をさらに詳しく見るために、水越撓曲の南西端付近に位置する三等三角点育波を基準としたときの周辺の三角点の相対水平変位ベクトルの分布を示す。なお、地質調査所・水野清秀氏の指摘によれば、育波三角点は水越撓曲の南東側に位置する。水越撓曲と浅野断層にはさまれる地域および浅野断層の東側の点の相対水平変位はほとんど0で、これらの点が一体として変動したことを示す。一方、水越撓曲の北西側の2点、北から富島および浅野南(いずれも四等三角点)、は育波三角点に対して東北東方向、すなわち水越撓曲の走向に平行な方向、に変位しており、水越撓曲が、野島断層と同様に、右ずれの相対変位をおこしたことが推定される。相対水平変位量は富島が56 cm、浅野南が37 cm である。第2図からは、さらに、地震ともなう水平変動が志筑断層までは



第2図 1995年兵庫県南部地震にともなう三角点の水平変位ベクトルの分布。南西の端の2点、三等三角点多賀および四等三角点松の本(第1図)、の変位ベクトルの平均が0になるようにして計算した。



第3図 三等三角点育波(□印)を基準にした浅野断層・水越撓曲周辺の三角点の相対水平変位ベクトルの分布。

およんでいないことが分かる。本州側の点は、淡路島北部の点とは逆に、北東方向に変位している。これは多田(1995)の結果とよく一致する。

第4図は鉛直方向の変位量の分布を示す。前述のように、三角点の標高値の精度は水平位置の精度に比べて劣る。また、座標変換プログラム TKY2WGS ではジオイド高の起伏の補正は行われているが、短波長の起伏までは考慮されていない可能性がある。以上の理由から、鉛直方向の変位量は参考値にとどめ、ここでは全体的な傾向について述べるにとどめる。今回測定を行った点のうち、志筑断層の周辺の点を除くと、すべての点で隆起が認められた。隆起量が最も大きいのは淡路島の一番北の二等三角点江崎山であり、その隆起量は115 cm であった。淡路島島内では隆起量は南ほど小さく、志筑断層周辺の三角点では、水平変動と同様に、鉛直

方向の変動量もほとんど0になる。一方、本州側の点では、震央に近い点よりも、少し離れた北側の3点の隆起量が大きいように見える。

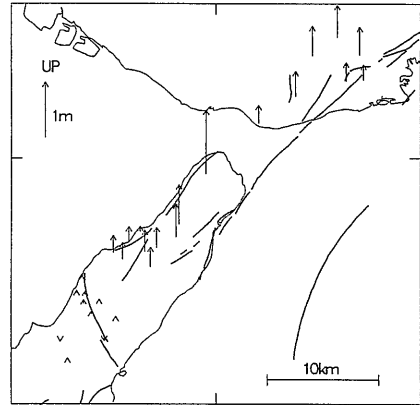
3. おわりに

今回の測量の結果、地震断層が地表にあらわれなかった野島断層以南では、水越撓曲に対応する地下の断層が活動し、浅野断層に対応するものは活動しなかったことが明らかになった。また、志筑断層周辺の三角点の変動量がほとんど0であることから、震源断層運動は志筑断層までは達していないと考えられる。

粟田ほか(1995)は水越撓曲の北端部(富島三角点の東約600 mの地点)に約50 cmの右ずれの地表変位を報告している。この変位量は我々が求めた富島三角点の水越撓曲の東側の三角点に対する相対水平変位とよく一致する。これより南では水越撓曲上に顕著な地表変位があらわれたという報告はない。一方、今回の測量の結果、富島三角点の約1.5 km南西に位置する浅野南三角点でも約40 cmの右ずれの相対水平変位が認められた。水越撓曲の北端部より南では、一つの面を境界にした相対変位ではなく、水越撓曲に沿う帯状の領域で剪断変形が生じ、その累積として浅野南三角点において相対変位が検出されたのであろう。

野島断層を南下してきた地震断層運動が、浅野断層ではなく、水越撓曲を選んだことについては、これら3つの断層の幾何学的な配置が重要な役割をはたしている可能性があると思われる。震源過程におよぼす断層の形状の影響の重要性は近年多くの研究者によって指摘されており大変興味深い問題である。これについては稿を改めて議論したい。

野島断層・水越撓曲の西側には我々が測量を行った富島と浅野南のふたつの四等三角点以外に三角点はない。従って、例えば、水越撓曲で認められた右ずれの相対変位がどのあたりまで南に広がっているかを明らかにするには、既存の三角点の測量だけでは不十分である。三角点以外で地震前の正確な座標の分かっている場所のGPS測量が可能ならば、さらに詳しい地殻変動の分布を明らかにしてゆきた



第4図 1995年兵庫県南部地震にともなう三角点の鉛直方向の変位の分布。上向きの矢印が隆起を表す。

い。

謝辞：ここで示された結果は国土地理院による長年にわたる測量業務の積み重ねなくしては得られなかったものです。舞子ビラと神戸市立丸山小学校の職員の方々には、通常業務に加え震災復旧作業に多忙な中、測量作業を手伝って頂きました。地質調査所・水野清秀氏には淡路島の活構造についてご教示頂きました。また、地質調査所・西澤 修氏には様々な面で測量作業の支援をして頂きました。以上の方々に記して感謝の意を表します。

文 献

- 粟田泰夫・水野清秀・杉山雄一・下川浩一・井村隆介・木村克巳(1995):1995年兵庫県南部地震に伴って出現した地震断層。地質ニュース, no. 486, 16-20.
- 活断層研究会編(1991):[新編]日本の活断層 分布図と資料。東京大学出版会。
- 国土地理院測地部(1994):座標変換プログラム TKY2WGS。国土地理院技術資料, B-1-No. 23.
- 水野清秀・服部 仁・寒川 旭・高橋 浩(1990):明石地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所。
- 多田 堯(1995):1995年兵庫県南部地震と地殻変動。「1995年1月17日兵庫県南部地震調査速報会」記録, 27-28.
- 友田好文・鈴木弘道・土屋 淳編(1985):地球観測ハンドブック。東京大学出版会。

SATO Takashi and SUGIHARA Mituhiko (1995): A GPS survey of triangulation points for crustal deformation associated with the 1995 southern Hyogo prefecture earthquake.

〈受付/受理: 1995年4月26日/6月2日〉