

光波測量による野島断層の1995年兵庫県 南部地震後のアフタースリップの測定

佐藤 隆司¹⁾・杉原 光彦²⁾・増田 幸治¹⁾

1. はじめに

1995年1月17日、淡路島北端付近を震源とするマグニチュード7.2の大地震が発生し、兵庫県を中心に死者5500人を越す大災害をもたらした。翌18日には、震央に近い淡路島北淡町の江崎燈台付近で、既知の活断層である野島断層上に約1.2 mの右横ずれの変位が広島大学・中田高氏によって発見されたとの情報が入ってきた。その後の詳しい調査(栗田ほか, 1995)によると、淡路島北端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地震断層が出現したことが明らかになった。我々は、地震直後から何度か現地に入り、野島断層の地震後の余効的なすべり(アフタースリップ)を検出するための光波測量を行っている。

我々は、普段、地震や地震の前兆現象の発生メカニズム解明という問題に実験的にアプローチするため、岩石の破壊実験に従事しており、室内実験で得られた知識を地震現象理解のために応用することに関心を持っている。この時つねに問題となるのがそのスケールの違いである。地震は地下の弱面(断層)の急激なすべり破壊であるから、地震現象を理解するため、岩石の摩擦特性に関する実験的研究がこれまで数多く行われてきた。近年では、実験条件によって様々なすべりの挙動を示す岩石の摩擦特性を統一的に記述するための方程式(構成方程式)も提案されている(Dieterich, 1979; Ruina, 1983)。構成方程式の中に表れるパラメータは、岩石の種類、断層面の粗さ、断層面の間にはさまれる物質の厚さや粒径、温度、水の存否などによってその値が大きく変化する。例えば、この構成方程式を用いて地震現象について考察しようとするれば、実際の震源断層にお

いて方程式の中に現れるパラメータがどのような値になるのかが重要な問題になる。アフタースリップに関するデータが得られれば、震源断層の地表にごく近い部分に限られはするが、断層の摩擦特性に関する重要なデータが得られると考えられる。専門外の測量機材をかついでフィールドに出たのは以上のような動機による。残念ながら、今回の測量では有意なアフタースリップを検出することはできなかったが、ここではこれまでの解析結果について報告する。

2. これまでに観測されたアフタースリップの例

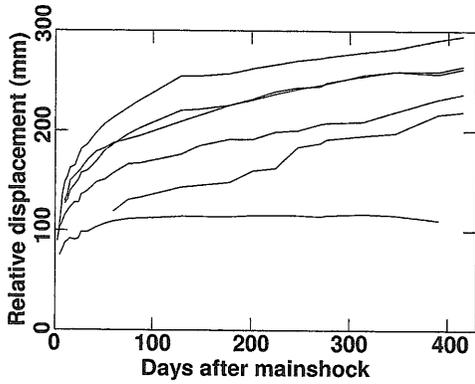
アフタースリップが初めて観測されたのは1966年6月27日にアメリカ・カリフォルニア州のサンアンドレアス断層で発生したパークフィールド地震(マグニチュード6)の後である(Smith and Wyss, 1968)。この地震では約30 kmにわたって数 cm 程度のずれが地表に現れたが、その後約1年間に、地震直後のずれよりも大きな数 cm から20 cm にもおよぶアフタースリップが観測された(第1図)。また、アフタースリップの速度が時間とともに対数的に減少することも発見された。同様の現象は、この他にも、1968年ボレゴ・マウンテン地震、1976年グァテマラ地震、1987年スーパースティジョン・ヒル地震などでも報告されている。

日本では、地質調査所が1974年伊豆半島沖地震と1978年伊豆大島近海地震の際に現れた地震断層のアフタースリップの測定をしている。伊豆半島沖地震では石廊崎断層が地震後約200日間で1~2 cm 程度動いたことが確認されている(宮沢ほか、

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、野島断層、アフタースリップ、光波測量



第1図 1966年パークフィールド地震後に見出されたアフタースリップ(Smith and Wyss, 1968).

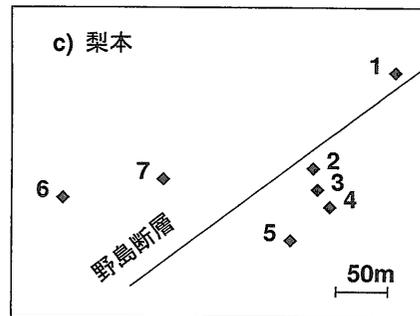
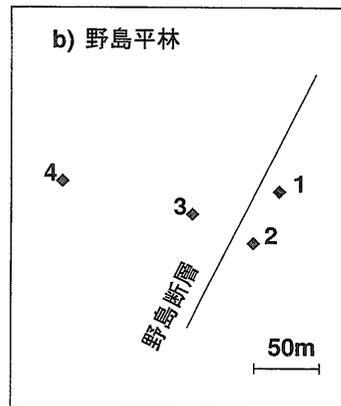
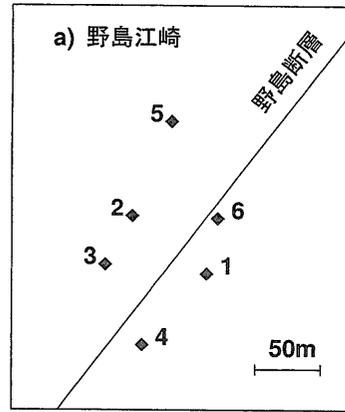


第2図 測量網の位置.

1975). ここでもアフタースリップの速度は時間とともに対数的に減少しているように見える. 伊豆大島近海地震では有意なアフタースリップは認められなかった(垣見ほか, 1978).

3. 野島断層における測量

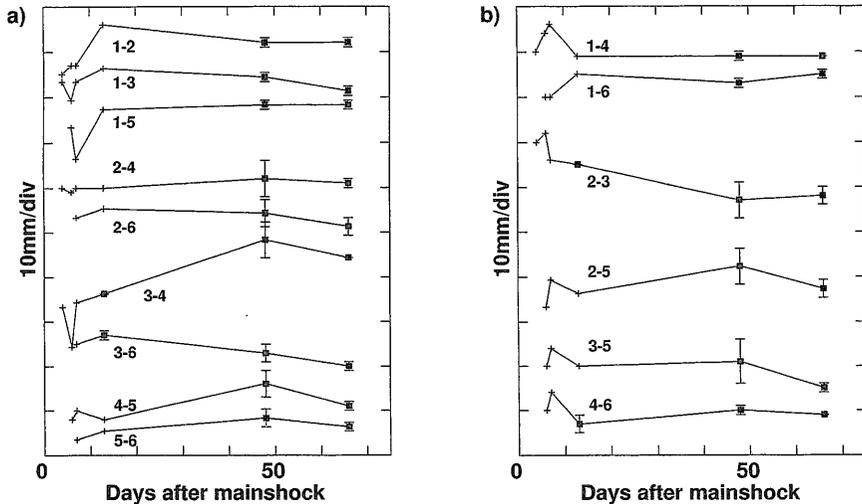
測量網の位置を第2図に示す. 測量網は北から野島江崎, 野島平林, 梨本の3ヵ所に設置した. 測量網の設置日はそれぞれ1月21日, 23日, 29日であり, これまでにそれぞれ6回, 5回, 3回の測量が行われた. 栗田ほか(1995)によると, 野島江崎では約1mの右横ずれの変位が現れた. 野島平林では今回表れた地震断層の中で最大の右ずれ1.7m, 東側隆起1.3mの変位が認められた. また, 梨本では約1.5mの右ずれとともに, 他の区間とは逆



第3図 各測量網の測量点の配置. a)野島江崎, b)野島平林, c)梨本.

の約0.5mの西側隆起の変位が現れた. 第3図には各測量網内の測量点の配置を示す. 測量点は露岩・しっかりした転石・側溝などのコンクリート製の構造物などにネジを埋め込むことにより作成した.

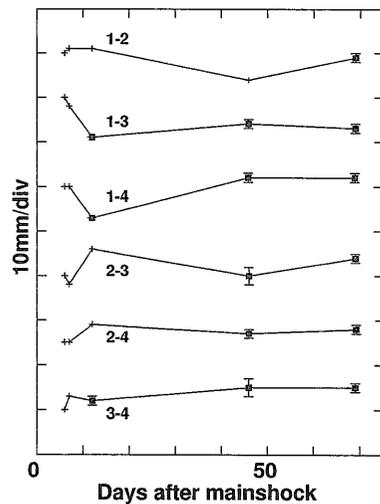
測量に用いた測距儀はTOPKON製トータルステーションGTS-310IIである. 各測量点には鉛直に立てたポールにプリズムが取り付けられた. 任意の場所に置いた測距儀からプリズムまでの距離と方



第4図 野島江崎の各測量点間の距離の時間変化。a)断層をまたぐペア, b)断層をまたがないペア。横軸は地震後の日数, 縦軸は距離の変化(1目盛り10 mm)。+印は測定回数が2回以下のデータ, ■印は3回以上の測定の平均値で縦棒は標準偏差を表す。

位角を測ることにより, 測量点間の距離を測定した。トータルステーションの公称の測距精度は $2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$, 測角精度は3秒(ただし最小表示単位は10秒)である。しかし, ポールや測距儀の傾き, 方位測定の際のポールの中心からのずれなどを考えると, 測量点間の距離測定の誤差は5 mm程度, 測量点と測距儀の配置によっては10 mm以上あるのではないかと考えられる。

野島江崎での測定結果を第4図に示す。煩雑さを避けるため, 断層をまたぐペア(第4図a)とまたがないペア(第4図b)の距離変化に分けて表示する。野島江崎では一部の測量点間の距離の変化が10 mmを越えるが, 断層をまたぐペアがすべて変化を示しているのでもなく, 断層をまたがないペアで変化を示しているものもあり, 断層のアフタースリップでは説明ができない。測量点1および3が何らかの原因で個別に移動したのではないかと考えられる。このふたつの測量点を含むペアを除くと有意な距離変化を示すものはない。野島平林(第5図)では, 第2回と第3回の測定の間に, 有意な量の変化とはいえないが, 野島断層の右ずれのすべりで説明可能な距離変化のパターンが認められた。しかし, その後の測定ではこの距離変化パターンの進行は認められず, 一部の測量点間の距離は元の値に戻っている。梨本(第6図a, b)ではどの測量点間の距離も有意な変化を認められない。

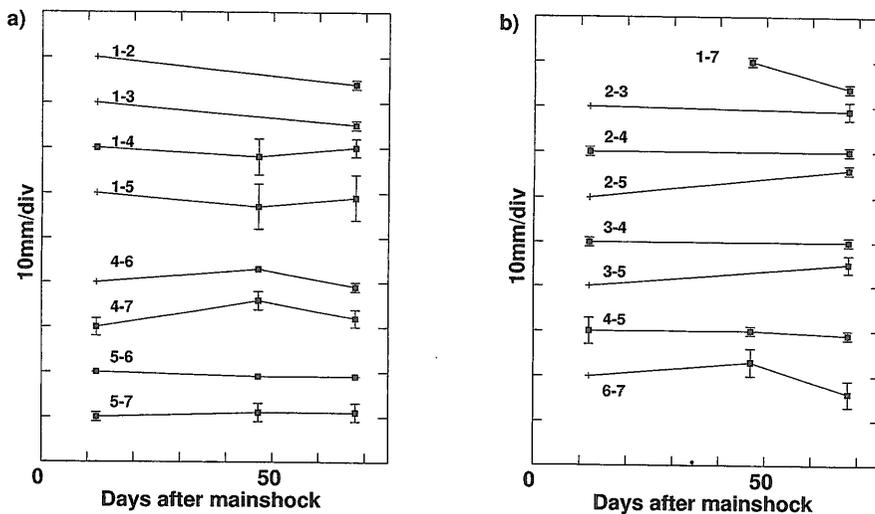


第5図 野島平林の各測量点間の距離の時間変化。

4. まとめ

以上見てきたように, 地震後約70日までの測定では, 測定精度を有意に上回る距離変化は検出されていない。野島平林は測量点の配置が悪く野島断層のすべりに対する感度が好くないが, その他のふたつの測量網では距離測定精度を上回るすべりがあれば十分検出可能である。従って, これまでのところ検出限界を越える数 cm 以上のアフタースリップはなかったと結論できる。

アフタースリップは本震の際に十分にすべらずに



第6図 梨本の各測量点間の距離の時間変化。a)断層をまたぐペア、b)断層をまたがないペア。

過負荷になった堆積層の緩和過程であると考えられている (Scholz, 1990). この考えにもとづくと、地殻変動から推定される震源における相対変位量に比べて非常に小さな相対変位量の地震断層しか出現しなかった水越撓曲 (佐藤・杉原, 1995) などアフタースリップが発生した可能性があるかもしれない。それではなぜ、パークフィールド地震のようにほとんどすべてのすべりをアフタースリップでまかなう場合があったり、今回の地震の際の野島断層のように本震時にはほぼ完全にすべってしまう場合があるのだろうか。これには、堆積層の厚さの違いのほかに、断層運動が堆積層に到達するときのすべり速度・破壊伝播速度・変位量などの断層運動の“勢い”の違いが重要な役割をはたしているのではないかと考える。今後考察してゆきたい。

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.
 Dieterich, J. H. (1979): Modeling of rock friction, 1. Experimental

results and constitutive equations, J. Geophys. Res., 84, 2161-2168.
 垣見俊弘・山崎晴雄・佃 栄吉・小出 仁・星野一男(1978) : 1978年伊豆大島近海地震の地震断層とその地震後の運動, 地震予知連絡会会報, 20, 106-108.
 宮沢芳紀・衣笠善博・垣見俊弘(1975) : 1974年伊豆半島沖地震による断層の余効的運動(第2報), 地震予知連絡会会報, 13, 59-63.
 Ruina, A. L. (1983): Slip instabilities and state variable friction laws, J. Geophys. Res., 88, 10359-10370.
 佐藤隆司・杉原光彦(1995) : 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, 地質ニュース, no. 490, 41-43.
 Scholz, C. H. (1990): The mechanism of earthquakes and faulting, Cambridge University Press.
 Smith, W. S., and M. Wyss (1968): Displacement on the San Andreas fault subsequent to the 1966 Parkfield earthquake, Bull. Seism. Soc. Am., 58, 1955-1973.

SATO Takashi, SUGIHARA Mituhiko and MASUDA Koji (1996): A measurement of afterslip at Nojima fault subsequent to the 1995 southern Hyogo prefecture earthquake.

〈受付 : 1995年4月26日〉