

山崎断層安富春基線網における測量結果 (1975~1995)

藤森邦夫・山本剛靖・大塚成昭

GEODETIC MEASUREMENTS AT THE YASUTOMI-USUZUKU BASELINE NETWORK ACROSS THE YAMASAKI FAULT (1975-1995)

By Kunio FUJIMORI, Takeyasu YAMAMOTO and Shigeaki OTSUKA

Synopsis

Movements of the Yamasaki fault in the Kinki District, were monitored by employing precise geodetic measurements once a year during the period from 1975 to 1993. The measurements were performed on a small aperture baseline network across the fault. The Hyogo-ken Nanbu earthquake ($M = 7.2$) occurred on January 17, 1995 in southern part of Hyogo prefecture. Measurements on the network, which is located at the epicentral distance of about 60 km, were carried out in November 1995.

Analyzed data for the period of 20 years from 1975 to 1995 show as follows: No remarkable crustal movement due to the earthquake was detected. On the other hand, the values of average secular strain and tilt rates decreased from 1.4 μ strain/year and 0.95 μ rad/year in 1975-1986 to 0.5 and 0.16 in 1987-1995, respectively.

1. はじめに

山崎断層の地殻変動の特徴を調べるために、断層を跨いで設置された基線網において、1975年以降、年1回の精密測地測量が行われてきた。そして、1987年頃から観測される変動がそれ以前に比べて非常に小さくなったため、隔年の測量で十分であると考え、1994年の測量は行われなかった。

しかし、1995年1月17日、山崎断層と共役な走向をもつ六甲断層系にM7.2の兵庫県南部地震が発生した。なお、基線網までの震央距離は約60kmである。この地震の直後から山崎断層全域で微小地震活動が活発化し¹⁾、地震活動の空白域の存在から山崎断層にも大地震発生の可能性のあることが指摘されている²⁾。また、静穏期であった西南日本は地震活動期に入り、近い将来発生する南海トラフのM8クラスのプレート境界地震までに西南日本内帯にM7クラスの地震が発生するとの予測もある³⁾。

このような地震の活動期を迎え、兵庫県南部地震に伴う変化を含む最近の山崎断層の地殻変動を知り20年間に及ぶ地殻変動を考察することは必要であり、1995年11月下旬に基線網の測量が行われた。

2. 基線網と測量

山崎断層は、近畿北西部に位置し、多くの断層により断層系を構成しており、走向が北西-南東方向、全長が約80kmに及び、左横ずれで北東側隆起の成分を持つ西南日本で屈指の活断層である⁴⁾。基線網は、左横ずれ地形の明瞭な地点を選んで、1975年7月、山崎断層の一部分である安富断層に設置され (Fig. 1)、安富春基線網と名付けられた。測点は、Fig. 2に示されているNo. 1~6であり、対角線の長さが約300m

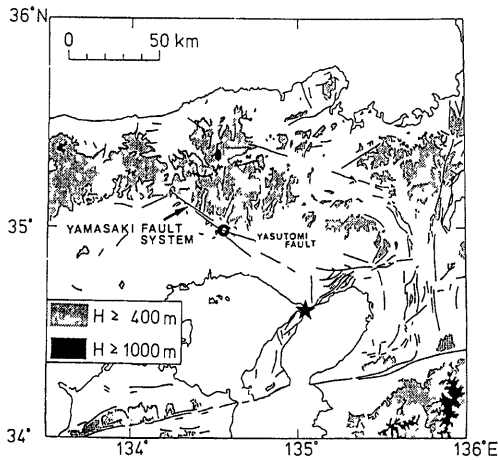


Fig. 1 A map of the northwestern part of the Kinki District. An open circle and a star show the Yasutomi-USuzuku baseline network and the epicenter of the Hyogo-ken Nanbu earthquake, respectively. Solid lines indicate major active faults.

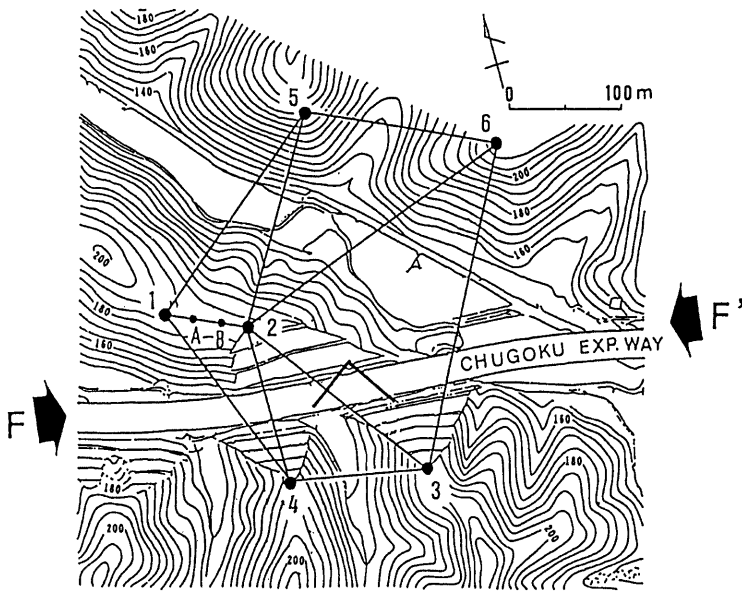


Fig. 2 Arrangement of six stations of the network. Large solid circles with numerals indicate stations for triangulation and trilateration. The Yasutomi fault is shown by two thick arrows labeled F and F'.

の有心五辺形の基線網を構成している⁵⁾。

距離の測定方法は、1987年まで、数本の基線尺を使う測点1, 2間の基線測量と各測点における一等経緯儀(WILD T3)による三角測量であり、日光による陽炎を避けて夜間に行われた。1988年以降は、光波測距儀(ジオメンスー CR204)とインバー基線尺を使った三辺測量に変更され、昼間に行われた。1995年の測量では、基線尺による基線測量は行われなかった。高さの測定方法は、一等経緯儀による三角水準測量である。なお、これらの測量は、年周変化の影響を少なくするために、毎年同じ時期に行われ、初めの3回は12月上旬に、以後は11月下旬に行われてきた⁶⁾。

山崎断層では、地震予知のテストフィールドとして1975年頃から種々の地球物理学的、ならびに地球化学的観測が行われ⁷⁾、測地測量もこれらの観測と共に始められた。

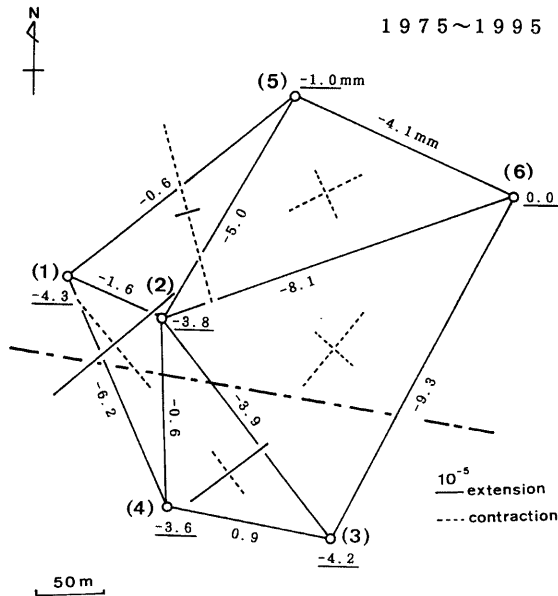


Fig. 3 Strain tensors in the network during the period from 1975 to 1995. Numerals attached on each line show length changes. Numerals on the station marks indicate height changes of the stations relative to station 6. A dash-dotted line denotes the trace of the Yasutomi fault.

3. 測量結果

1975年から1995年の20年間の結果をFig. 3に示す。辺長変化の最大は9.3 mmの縮み(基線3-6)で、高さ変化の最大は4.3 mm(基線1-6)である。この図の測点2を1つの頂点とする三角形の主歪で示されるように、基線網内の歪分布は非常に不均一である。北西-南東方向の歪は大きさが異なるものの全て縮みであるが、北東-南西方向の歪は基線網の北東部では縮み南西部では伸びと顕著な差異が見られる。安富断層の位置は図に一点鎖線で示されており基線網の南西部を通っている。しかし、この断層は幅広い破碎帯を伴っており、基線網は破碎帯内に位置しているため歪分布が不均一であると考えている。従って、基線網内における歪からは断層の横ずれを判定することが難しい。また、高さ変化は、北東部にある測点5と6に対

して南西部の測点 1, 2, 3 と 4 が 3~4 mm 沈降している。この高さ変化のセンスは、山崎断層の第四紀変動と調和的である。なお、これらの変動の大部分は、後に述べるように 1986 年までに生じた。

4. 地震活動との関連

各基線の歪変化、およびこの 20 年間に基線網近傍 ($\Delta < 10$ km) で発生した地震 (1977 年 9 月 30 日, $M = 3.7$ と 1984 年 5 月 30 日, $M = 5.6$) と兵庫県南部地震が Fig. 4 に示されている。多くの基線において、歪変化が大きいのは、基線網近傍で発生した地震の約 1 年前から約 2 年後までの期間である。これらの地震

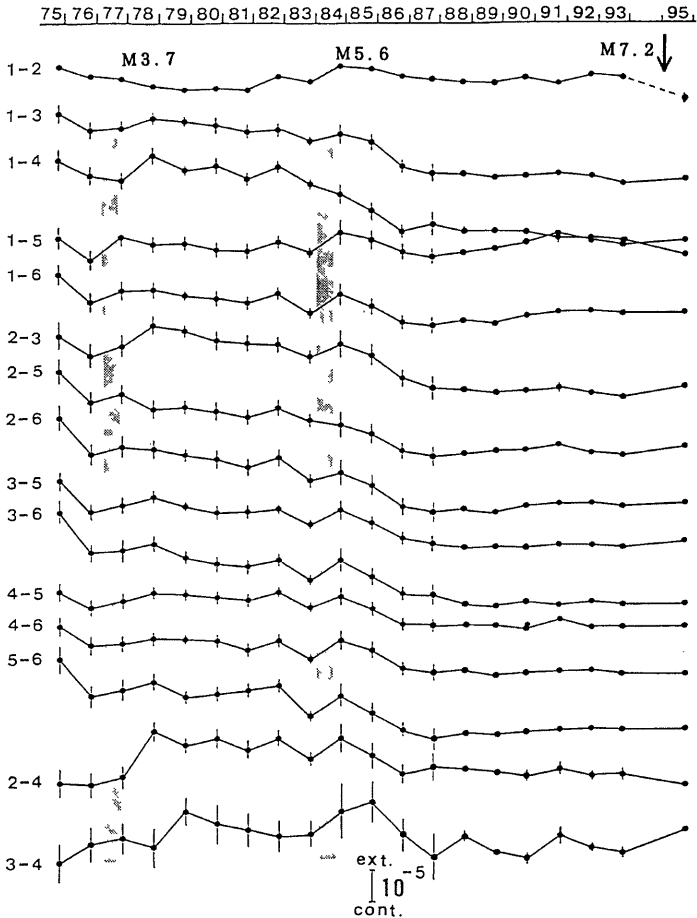


Fig. 4 Secular strain changes of each baseline. the baselines are represented by two terminal station numbers. Hatched zones and arrow indicate earthquakes.

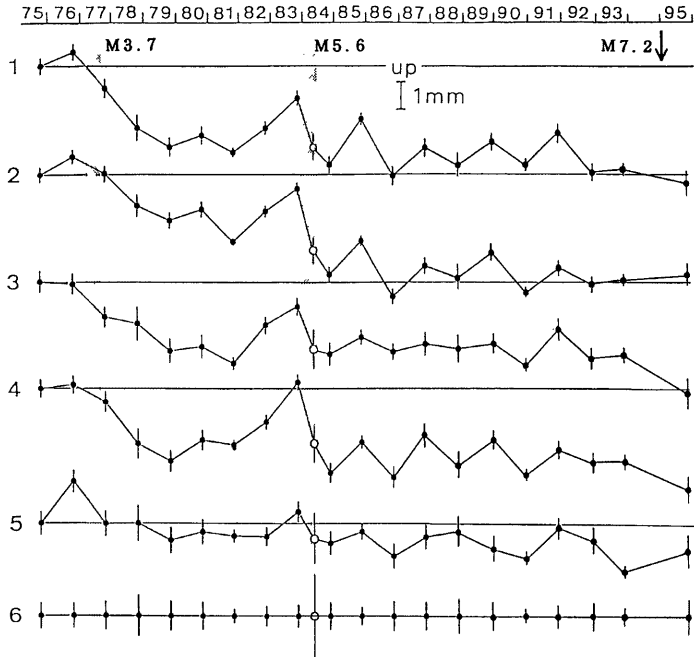


Fig. 5 Height changes of respective stations referred to station 6 which was assumed to be unchanged. Hatched zones and arrow indicate earthquakes.

前後の変化量と比較して、兵庫県南部地震の発生を含む期間（1993～1995年）は、1994年に測量が行われていないため正確さに若干欠けるが、変化が小さく、1987年頃以降の小さい変化の傾向が継続しているとみられる。

Fig. 5 に測点 6 を不動とした各測点の高さ変化と地震が示されている。兵庫県南部地震の発生を含む期間には、安富断層の北部（測点 1, 2, 5, 6）に対して南部（測点 3, 4）が約 1mm 沈降したように見られる。しかし、この変化量は基線網近傍で発生した地震前後の変化量に比べて小さく、歪変化の場合と同様に、1987 年以降はあまり変化しなかったと考えるのが妥当である。

このように、歪と高さの変化から、兵庫県南部地震による山崎断層の地殻変動は、測量で検出されるほどの変化が生じなかったと判断される。

一方、兵庫県南部地震の直後から山崎断層全域で微小地震活動が活発化した。しかし、 $M \geq 3.5$ の地震に限れば、Fig. 6 に示されるように、兵庫県南部地震以後、山崎断層周辺においては、基線網の北西約 20 km の地点に $M 3.5$ の地震が 1 個発生したのみであり、中・小規模の地震活動の活発化は見られない。従って、基線網近傍に発生する地震 ($M \geq 3.5$) 前後で基線網における歪と高さの変化が大きいという見解⁶⁾は保持されている。

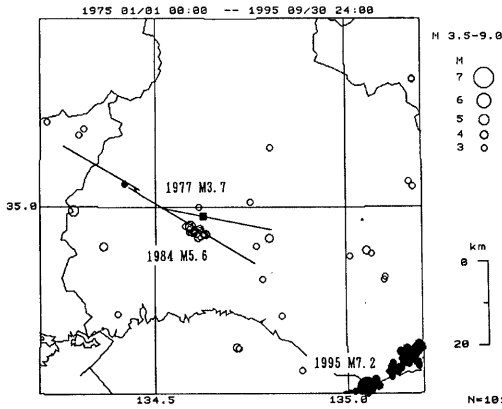


Fig. 6 Epicentral map around the Yamasaki fault system. Open and closed circles denote epicenters before and after the Hyogo-ken Nanbu earthquake, respectively. A closed square indicates the network. Earthquake data were obtained using the program "SEIS-PC"⁽⁸⁾.

5. 経年変化速度の減少

Fig. 4 の歪変化と Fig. 5 の高さ変化において、1987 年頃から変化速度が小さくなったことが見られた。これらを量的に見積もるために 1975-1986 年と 1987-1995 年との 2 期間に分けて歪と高さの変化に直線近

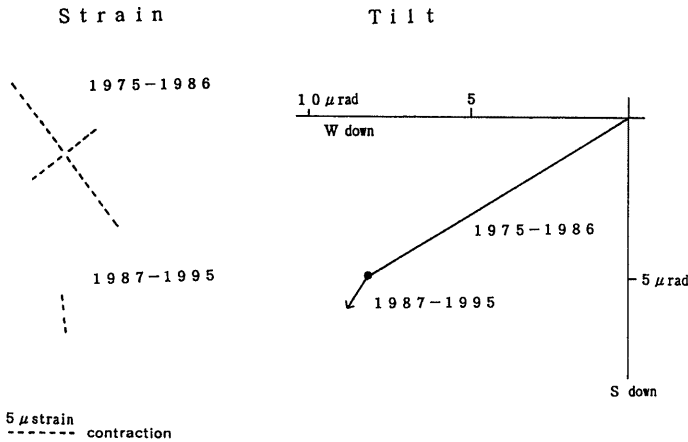


Fig. 7 Strain tensors (left) and vector diagram of tilt (right) in 1975-1986 and 1987-1995.

似を行い、それらから得られた基線網全体としての歪変化と傾斜変化が Fig. 7 に示されている。歪変化は、約 300 m の長さの 5 本の対角線（基線 1-3, 1-6, 3-5, 4-5, 4-6）の歪変化から最小二乗法により主歪が計算された。傾斜変化は、基線網が一樣に傾動すると仮定して、高さ変化から各基線の傾斜変化を求め最小二乗法により計算された。最大歪速度と最大傾斜速度は 1975-1986 年の期間がそれぞれ $1.4 \mu\text{strain/year}$ と $0.95 \mu\text{rad/year}$, 1987-1995 年の期間が $0.5 \mu\text{strain/year}$ と $0.16 \mu\text{rad/year}$ である。歪と傾斜の変化は 1987 年頃を境に極端に減少している。この現象は、歪と高さの変化の両方に見られることから、測量方法の変更により生じたものでなく、地殻変動の速度が急激に変化したことは明かである。

歪速度の減少は、兵庫県南部地震震源域に位置する六甲鶴甲観測室における伸縮計による歪変化にも見られる。この観測室は、六甲断層系の大月断層を跨いで 1977 年から伸縮計のアレイ観測が行われており、何段階もの主歪方向の変化と歪速度の減少が観測された⁹⁾。

これらの歪速度の減少は、近畿地方における地震活動の活発化と関連しているものと思われ、今後のデータの蓄積と多くの他のデータとの比較・検討が必要である。

6. おわりに

兵庫県南部地震の発生に伴い、山崎断層に設置されている基線網の測量が行われた。その結果、この地震に伴う明白な変化は観測されなかった。地震の発生した断層と共役と考えられる断層であっても、震央距離が約 60 km もあれば測量で検出されるほどの変動は生じないのであろう。また、基線網の歪と高さの変化速度が、1987 年頃から非常に小さくなった。20 年間の歪と高さの変化に見られる“ゆらぎ”は、広域的な長周期の地殻変動に、基線網近傍で発生する地震に伴う短期的変動が重畳して生じると考えられる。

最後に、この測量は、山崎断層測量グループが行ってきた。測量には、地球物理学教室の院生学生が随時参加している。測量実施において、地元安富町および日本道路公団福岡管理事務所のご協力を得ている。ここに感謝の意を表する。

1995 年の測量は地震予知研究センタープロジェクト研究の費用で行われたことを付記する。

参考文献

- 1) 地震予知研究センター：1995 年兵庫県南部地震，京大防災研地震予知研究センター，1995，78 p.
- 2) 石川有三：地震活動空白域の意義，月刊地球，号外 No.13，1995，PP.71-80.
- 3) 尾池和夫・堀 高峰・山田聡治：1995 年兵庫県南部地震に先行した長期中期短期現象について，月刊地球，号外 No.13，1995，pp.81-87.
- 4) 活断層研究会：新編日本の活断層，東京大学出版会，1991，pp.292-295.
- 5) 大塚成昭・藤森邦夫・中村佳重郎・大村 誠・田中 豊：山崎断層安富春基線網における精密測地測量成果，京大防災研年報，第 30 号 B-1，1987，pp.67-76.
- 6) Fujimori, K. : A Study on the Movements of the Yamasaki Fault, Southwestern Japan, Revealed by Geodetic Methods, J. Geod. Soc. Japan, Vol.37, 1991, pp.333-358.
- 7) 岸本北方：山崎断層テストフィールドにおける地震予知実験，地震予知研究シンポジウム（1980），1980，PP.133-142.
- 8) 石川有三・松村一男・横山博文・松本英照：SEIS-PC の開発一概要一，情報地質，第 10 号，1985，PP.19-34.
- 9) 藤森邦夫・山本剛靖・大塚成昭・大村 誠・田中 豊：六甲鶴甲観測室において観測された地殻変動（1977-1995），地球惑星科学関連学会 1996 年合同大会予稿集，1996，p.61.