

## 70. 阿寺断層地域における光波測量

地震研究所 { 笠原慶一  
岡田惇  
柴野陸郎  
佐々木幸一  
松本滋夫  
安藤雅孝

東京大学理学系大学院

(昭和45年7月21日発表—昭和45年7月25日受理)

### は し が き

1969年9月9日岐阜県中部にかなりな規模の地震が発生した。この地震を調査するために特別調査団が組織されたが、著者等はその一部として光波測量を実施することになった。地震当初は必要な情報が得られず計画をたてるのはかなり困難であった。しかし、地震が浅くかつかなり大きいこと、さらにまたこの地域は地質学的にも多くの活断層が知られていることなどの点を考慮して、新しい地震断層出現の可能性も期待された。また、そうでなくても、既存の活断層(たとえば阿寺断層)が今回の地震をきっかけとして動くことも考えられたのである。このような見地から、さしあたり筆者らが立てた計画は次のようなものであった。

- 1) 既設の付知基線網の再測を行ない、阿寺断層活動の有無を確認する。
- 2) もしも震央附近に新たな地震断層が発見された場合は、基線網を新設してその断層の今後の動きを監視する。

実際には、他の諸報告に見られるとおり今回の地震に伴う新しい地震断層は発見されなかった。従って、筆者らの測量作業は上記1)を行なうと共に、阿寺断層の北西延長上に下呂基線網を新設して今後の同断層の動きを調査する手がかりとすることにした。

後述するとおり、これらふたつの基線網に関する限り、有意義、すなわち観測誤差のレベルと見積られる十数 mm を超える、変動は認められなかった。この事実、今回の地震が規模においても阿寺断層との隔りにおいても(第1図参照)、同断層を励起するまでにいたらなかったものと推論される。念のために今回の地震が阿寺断層にどれだけの加速度、あるいは歪力を与えたかを概算してみると、かなりな量に達するようである。阿寺断層が長期的に見た活動性において第一級のものであることは疑いないところであるが、現時点での歪集積状態は、これだけの刺激(加速度または歪力)では十分な引き金作用となり得ないことを示唆するとして興味深い。いずれにせよ、この種の定量的研究は今後の活断層研究に新しい視点を示唆するものと思われる。

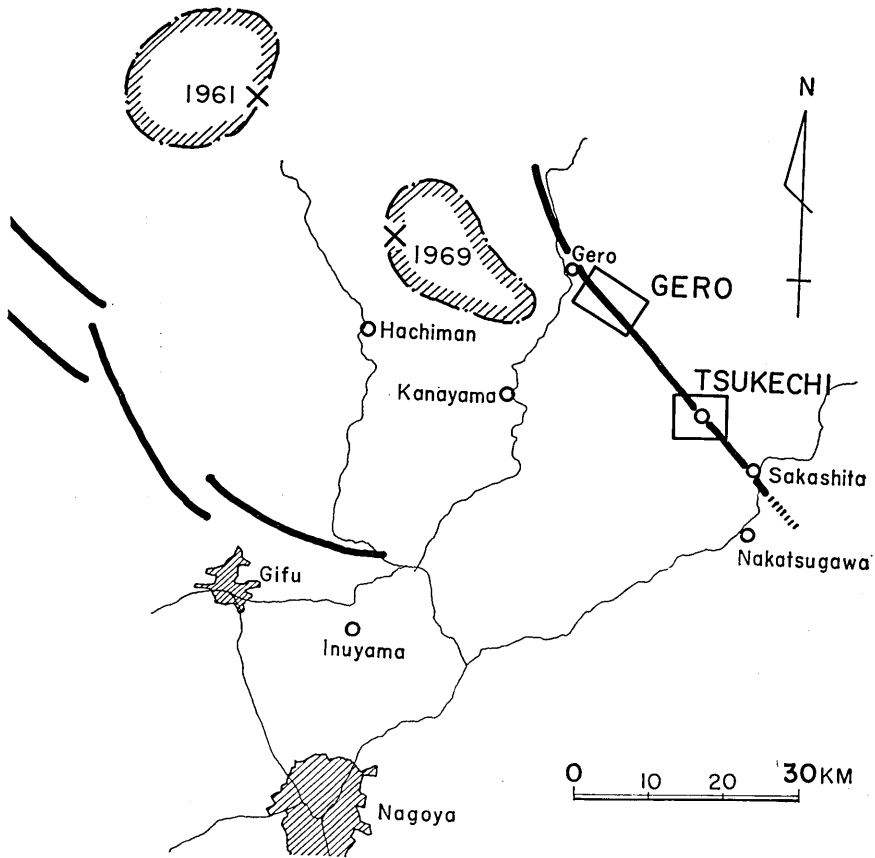


Fig. 1. Tectonic map of the seismic area and location of the Geodimeter network.

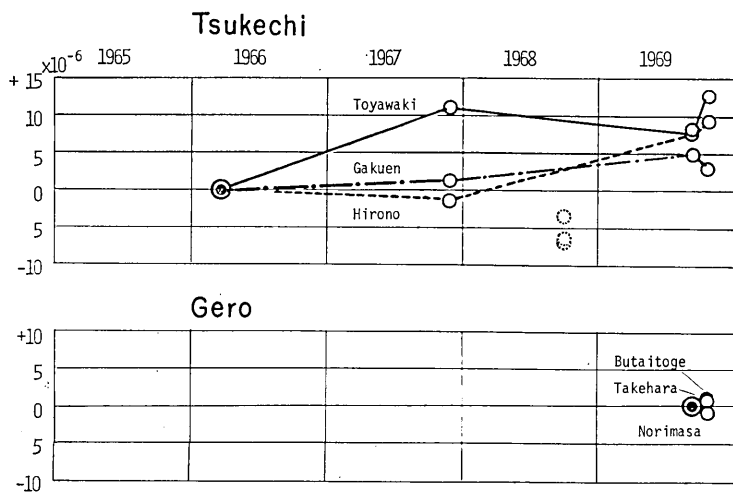


Fig. 2. Strain accumulation observed in the Tsukechi and Gero areas.

## 光波測量とその結果

## 1. 付知基線網

阿寺断層のネオテクトニクス研究の一環として、本基線網が開設されたのは1966年3月のことである。以後、1967年11月、1968年10月にそれぞれ測量が行なわれたことは既報のとおりである(笠原その他, 1966; 1968; 1969; 1970. 第4回は地震直後の9月12日に行なわれ、さらに1ヶ月おいた10月19日には第5回測量が行なわれた。第1表はこれら測量結果を総括したものである。前報に述べたとおり、第3回測量当時は、計器の周波数に著しいずれがあり、その後も補正に努めたが完全とは思われない、従って安全を考え本表では第3回の分には括弧をつけてある。同表から読み取れるように、1967年当時に比べて最も著しい変動は広野基線のそれであって、約30mmの伸びを示している。これに比べれば他の二基線(鳥屋脇、学園)の変動は小さく(10~20mm)、あまり有意義とは思われない。

Table 1. Summary of the Geodimeter surveys.  
Tsukechi

|               | Toyawaki   |     |    | Hirono      |      |    | Gakuen     |      |    |
|---------------|------------|-----|----|-------------|------|----|------------|------|----|
|               | m          | mm  | mm | m           | mm   | mm | m          | mm   | mm |
| 1966. 3.24-25 | 1725.694±4 |     | 0  | 3016.017±2  |      | 0  | 3227.762±2 |      | 0  |
| 1967.11. 10   | .713±1     | +19 |    | .013±1      | -4   |    | .766±2     | +4   |    |
| (1968.10. 1)  | (.688±1    | -6) |    | (3015.998±1 | -19) |    | (.741±1    | -21) |    |
| 1969. 9. 12   | .708±1     | +14 |    | 3016.042±1  | +25  |    | .778±1     | +16  |    |
| 1969.10. 19   | .716±1     | +22 |    | .046±1      | +29  |    | .772±1     | +10  |    |

|             | Norimasa   |    |    | Takehara   |    |    | Butai-toge |    |    |
|-------------|------------|----|----|------------|----|----|------------|----|----|
|             | m          | mm | mm | m          | mm | mm | m          | mm | mm |
| 1969. 9. 14 | 2520.663±1 |    | 0  | 3635.321±0 |    | 0  | 3201.110±1 |    | 0  |
| 1969.10. 18 | .660±1     | -3 |    | .320±1     | -1 |    | .111±1     | +1 |    |

第2図はこれら測量結果を歪量に換算して時間的な変化を示したものである。いずれにせよ1967年~1969年間では著しい変動は認められない。強いて言うならば広野基線の伸びがそれであろうが、もしこれを阿寺断層の横ずれ運動に帰因するならば、微量な左横ずれの動きに相当することになる。この点については使用し得る資料が本地域ただ一つに限られているので確定的な結論は導びかれない。今後この種の問題を明らかにするためには同じ断層上、二ないし三地点で光波測量を平行的に行なうことが不可欠であろう。第5回測量は第4回に引き続き行なわれたが、この間の変動はいずれも極めて小さく、地震が起きた後の1ヶ月間には全く変動がなかったものと思われる。

## 2. 下呂基線網

筆者らの作業と平行的に行なわれた他の諸調査によって、今回地震断層が地表に現われ

なかったことはほぼ確実となった。一方余震観測によれば、余震域は本震の震央を西のへりとして北西—南東に延びる分布をしているようである。従ってその東の端は阿寺断層の

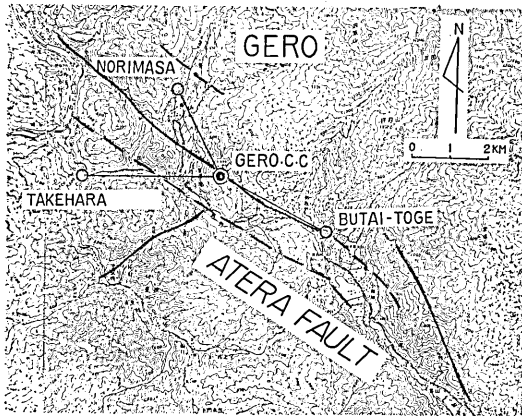


Fig. 3. The Gero base-line network.

北部からさして遠くないあたりにまで延びていることになる。このような見地から、筆者らは第二の基線網を下呂地域に開設することにした。第3図はこのようにして設置された基線網の構造である。地質調査によれば、阿寺断層はこの付近では数条の断層線に分裂し北上しているものと見られる。本基線網の基点が置かれた下呂カントリークラブはこの断層破砕地帯のほぼ中央に位置する。これから3方向に延びる基点はそれぞれ一ないし二条の断層線を横断し

## 考 察

以上の結果から、今回の地震に際して阿寺断層地域に顕著な地殻変動は及んでいないことがほぼ確認された。立地条件などの都合から、震央近傍についての資料はなく確定的なことは言えないけれども、この点についてはいずれ三角測量・水準測量などの成果が発表されれば次第に明らかになるであろう。

震央地域の変動はともかくとして、阿寺断層が事実上動かなかったという事実は注目に価する。というのは、すでに述べたとおり余震域の分布から推定される震源域は同断層の近くにまでおよんでいることが知られており、またテクトニクスの見地から第一級の活動性を認められている同断層にとって、この事実は大変興味深い。念のために今回の地震によりどの程度の力学効果が同地域におよんだかを推定してみることにしよう。

この地震によりどの程度の加速度が発生したかは十分な資料が得られないが、幸いにも名古屋その他二、三の地点で強震計記録が得られている。その記録振巾から距離効果を適当に仮定して下呂・付知における当時の加速度を推定してみると、それぞれ80および50ガル程度となる。またこの最大加速度が表面波によるものと仮定して、これに対応する歪量を推定してみると約 $10^{-5}$ 程度と思われる。いいかえれば、動的効果としては $10^{-5}$ 程度の歪、50ないし80ガル程度の加速度が阿寺断層のこの部分に作用したことになる。

一方静的効果としては次の結果が得られる。まず岐阜地震の震源を垂直横ずれ断層として、その幾何学的寸法を適宜に仮定しよう【地殻変動連続観測ネットワーク(1970)参照】。この場合下呂・付知にそれぞれ期待される水平変位は、それぞれ5cmおよび1.2cm程

度となる。また地殻歪としては、 $0.7\sim 0.1\times 10^{-6}$  (Dilatation),  $0.6\sim 0.1\times 10^{-6}$  (Shear) 程度と推定される。

いいかえれば、日常同地点にかかっている地球潮汐歪のおよそ  $10\sim 10^2$  倍に及ぶ歪が今回の地震の影響として阿寺断層におよんだことは想像に難くない。大地震または断層活動を励起する因子のひとつとして、地球潮汐による引き金作用の可能性が指摘されることがある。その考え方からすれば今回の地震が阿寺断層に与えた影響はこれよりはるかに大きいといわざるを得ない。それにもかかわらず同断層が事実上変動しなかったということは何を意味するものであろうか。

不幸にして、現在の筆者らはこれに関する具体的な解答は持ち合わせていない。しかし可能性として次のいくつかが考えられるのではなかろうか。

第一の解釈は、阿寺断層地域における歪集積が、現在まだ臨界値にはほど遠いという考えである。そもそも阿寺断層クラスの活断層がずれ動くに必要な地殻歪のレベルがどの程度であるかは全くわかっていないのであるが、ここではこの問題を直接取り上げることはせずに、別の角度から試算してみよう。日本(内陸)における地殻変動の進行速度は、著しい場合でも  $10^{-7}$ /年程度であることはほぼ確実である。一方現在の解釈からすれば  $10^{-6}\sim 10^{-5}$  程度の地震による力学効果が与えられたにもかかわらず、阿寺断層が動かなかつたというわけであるから、少なくとも臨界歪にはまだ  $10^{-6}\sim 10^{-5}$  程度の歪量が不足しているということになる。この値を平均集積速度  $10^{-7}$ /年で割れば  $10\sim 10^2$  年という結果を得る。いいかえれば、ただ今の説明が成り立つものとすれば、今後阿寺断層が臨界状態に達するにはまだ相当年数を要するものということになるであろう。

第二の解釈は、断層運動相互間の影響が非弾性的要素を多分に含んでいるというものである。いいかえれば、今回の岐阜県地震により相当量の歪、歪力変化が発生したわけであるが、これが周辺の活断層に大きな影響を与えるまでにはある種の時間効果が必要であるかも知れない。これは地殻を弾性体と見ている限りでは説明し難い問題であって、どうしても塑性ないしは粘性を導入しなければならない。現在のところ、このような立場から地殻変動を扱う理論的基礎は皆無に等しく、具体的議論はできないが、今後地震発生の問題、特に地震予知の問題を進める上には早急に取り組まなければならない問題のひとつであろう。

その他の解釈も可能であるかも知れないが、いずれにせよ現在のところそのどれが成り立つものかを断定する基礎を筆者らは持ち合わせていない。ここでははからずも岐阜県地震の光波測量調査を通じて得られた一知見について若干の問題点を指摘し、今後の参考に供するにとどめたい。

## 謝 辞

阿寺断層地域の光波測量実施については1966年当時からネオテクトニクス研究会(現在の代表者森本良平教授)の方々にお世話になった。また調査実施に当っては岐阜県付知町役場を初め下呂カントリークラブその他多くの現地関係者にお世話になった。さらに調査結果の解釈や参考資料の入手については岐阜県地震調査団関係者、特に松田時彦・恒石幸正・神沼克伊の諸氏にお世話になった。ここに記して感謝の意を表する次第である。

## 文 献

- 笠原慶一・岡田 惇, 1966, 光波測量による地殻変動の観測, 第1報, 中部日本における基線網設定, 地震研究所彙報 44, 1149-1165.
- 笠原慶一・岡田 惇・柴野陸郎・佐々木幸一・松本滋夫・平井正代, 1968, 光波測量による地殻の変動の観測, 第2報, 関東・中部地方における基線網の増設と観測結果(昭和41・42年度), 地震研究所彙報 46, 741-758.
- , 1969, 光波測量による地殻変動の観測, 第3報, 既設基線網の再測ならびに中型基線網の設定(昭和43年度), 地震研究所彙報 47, 803-818.
- 笠原慶一・岡田 惇・柴野陸郎・佐々木幸一・松本滋夫・平田安広, 1970, 光波測量による地殻変動の観測, 第4報, 既設基線網の再測(昭和44年度), 地震研究所彙報, 48, 999-1008.
- 地殻変動連続観測ネットワーク, 1970, 岐阜県中部地震—1969年9月9日—による地殻歪の場, 地震研究所彙報 48, 1217-1233.
- 地震研究所余震観測班, 1970, 岐阜県中部地震—1969年9月9日—の余震観測, 地震研究所彙報 48, 1155-1163.
- 松田時彦・恒石幸正, 1970, 岐阜県中部地震—1969年9月9日—被害調査報告, 地震研究所彙報, 48, 1267-1279.

70. *Geodimeter Surveys across the Atera Fault.*—*Field Expeditions after the Earthquake of the Central Part of Gifu Prefecture, September 9, 1969*

By Keichi KASAHARA, Atusi OKADA, Mutsuro SHIBANO,  
Koichi SASAKI and Shigeo MATSUMOTO,

Earthquake Research Institute, University of Tokyo,

and

Masataka ANDO,

Graduate School, University of Tokyo.

The Tsukechi base-line network was resurveyed by Geodimeter in order to establish movement on the Atera Fault associated with the Gifu Earthquake on Sept. 9th, 1969 ( $\lambda=137^{\circ}04'$ ,  $\varphi=35^{\circ}47'$ ,  $M=6.6$ , very shallow). In all, three surveys of the Tsukechi network were executed before the earthquake, and two surveys were carried out subsequently.

The largest deformation observed since 1966 is a 30 mm extension of the Hirono base-line. Although this amount is small, it exceeds the possible total errors of present and previous measurements doubtlessly. Further, the extension of this baseline is consistent with the left lateral geological history of the Atera Fault. Thus although the 30 mm displacement is small, it still demonstrates deformation across this fault in association with the Gifu Earthquake.

Subsequent to this earthquake, the Gero base-line network was established and two surveys have been carried out. Although the shortening of Norimasa line and the lengthening of the Butai-toge line are consistent with the left lateral displacement history of the Atera Fault, these changes are too small to conclude definitely.