

跡津川断層における光波測量 (第1報)

田中 寅夫・細 善信・土居 光
加藤 正明・小泉 誠・和田 安男

ON ELECTRO-OPTICAL MEASUREMENTS ON THE ATOTSUGAWA FAULT (PART 1)

By Torao TANAKA, Yoshinobu HOSO, Hikaru DOI,
Masaaki KATO, Makoto KOIZUMI and Yasuo WADA

Synopsis

In order to detect the slip motion of the Atotsugawa fault, one of major active faults with right-lateral displacements in central Japan, six base-lines for electro-optical distance measurement were installed across the fault in and around Nishiurushiyama, Kamiokachō in 1971. The result from the re-surveyings in October 1972 and in November 1976 shows that for the five years there have occurred no significant changes in all the six base-line lengths beyond the observational error. This indicates that the fault in this part holds stuck or the slip rate, even if it slips, is less than 2mm/year. This is consistent with the extremely low seismicity in that portion along the fault.

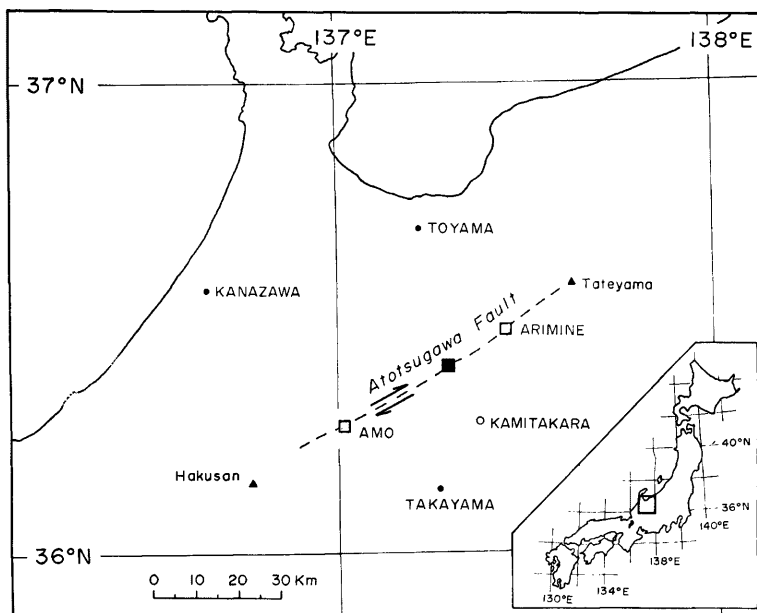
1. は し め に

跡津川断層は、飛騨山地北部を北東から南西に走る国内有数の右横ずれ活断層であることは周知のとおりである。松田¹⁾によれば、その平均の変位速度は、最近数万年においては 1~数 mm/年に及ぶとされている。跡津川断層の断層運動は当然そのまわりの地殻のひずみ場を大きく支配するものであり、同断層の南方約 20km に位置する上宝地殻変動観測所において観測される地殻変動を解釈するためにも、その運動を究明することは必要不可欠であると考えられる。特に、その変位が、平常時においても徐々に進行しており、大地震の発生がなくても、現在地形学的、地質学的に推定されている変位量に達することができるのか、あるいは、平常時においては断層は固着または極く小さい変位しか示さず、地震時の急激な大変位によって不連続的に変位を重ねてきたのかを解明することは、単に同断層の運動の究明ということのみにとどまらず、地震予知にもつながるものであることは論をまたないところであろう。さらに、仮りに大地震発生に先立って、断層面が pre-creep を示すならば、その検出は地震予知のための極めて有力な手掛りとなる。

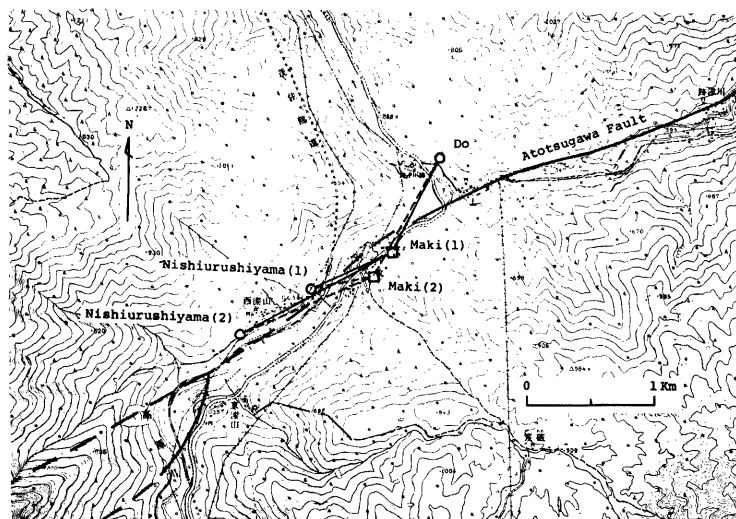
そこで、跡津川断層の断層運動—特に断層面での変位—を究明する一つの手段として、上宝地殻変動観測所と地震予知計測部門では、同断層上に光波測量基線網を設置して、1971年から光波測量による基線長の測定を繰り返してきた。本稿においては1976年11月に実施した測量までの結果について報告する。

2. 測量基線網の設定

光波測量基線を設置した場所は、Fig. 1 に示すように、跡津川断層のほぼ中央、岐阜県吉城郡神岡町西漆山付近で、北流してきた高原川が断層に沿って約 3 km 北東へ屈曲している地点である。基点「牧(1)」および「牧(2)」は断層の南東側に、反射点「土」、「西漆山(1)」および「西漆山(2)」は断層をまたいで北西側に位置するよう設定した (Fig. 1 (b) 参照)。牧(1)、牧(2)と基点を 2 個所として 2 重に測量しているのは、牧(2)



(a)



(b)

Fig. 1. The location of the Atotsugawa fault (a) and the network of the electro-optical measurement of distance (b).

が地盤のやや軟弱と思われる傾斜地上にあり、表層変位のおそれが皆無とはいきれないため、測量結果の信頼性を高めようとしたことによる。

この基線の配置より、もし跡津川断層のこの部分が右ずれ変位をしているとすれば、「牧(1)、(2)」―「土」では伸び、「牧(1)、(2)」―「西漆山(1)、(2)」には縮みが期待される。ただし、基線網と断層の位置関係については多少、不明確な点が残っている。空中写真で観察すると、西漆山の両反射点がある段丘の北西側にも高原川とはほぼ平行に走る線状の地形の不連続がみられ、仮りにこれも断層地形とみるならば、現在の基線網の配置が、必ずしも跡津川断層を完全にまたいでいないで、断層上に位置している可能性もある。

3. 測量結果と考察

光波測量は、第1回目を1971年10月、2回目を1972年10月、3回目を1976年11月に、したがって現在までに計3回実施した。第1回目と第2回目の測量には 屯鶴半地殻変動観測所の AGA ジオディメーター 6型 (No. 6618) を、第3回目の測量には上宝地殻変動観測所の AGA ジオディメーター 6BL 型 (No. 63194) を使用した。6型を用いた測量の実施方法などについては高田他²⁾の方法に準じて行った。第3回目の測量に際しては、気温測定にアスマン通風乾湿計とともにサーミスタ温度計を併用し、基線の両端において地上約5mに感温部を置いて気温を測定した。気象補正には、各回の測定開始時と終了時の基線両端における気温および気圧値を平均し、かつこれら両端の値を平均した値を使用していることは、第1回、第2回目の測量の資料処理と同様である。ただし、基線長は、最長の牧(1)―西漆山(2)でも1312m 足らずであり、このため現在の基線網に関しては、上記の気温測定方法の違いによる差は気象補正項としてはほとんど無視してさしつかえない。

Table 1 に、これまでの3回の測量結果を示す。同表に与えられている距離は、6型による測定では3周波数について1セットとなる測定を10セット、したがって各計30回の読取値の平均値であり、6BL 型では1周波数10回の読取りの平均値であり、いずれも水平距離への換算値である。誤差は、6型による第1回 (1971年)、第2回目 (1972年) については3周波数による読取1セットの平均値の、10セット平均値からのばらつきに対する標準偏差であり、6BL 型による第3回目 (1976年) の結果については、1周波数10回の測

Table 1. Result from the electro-optical measurement on the Atotsugawa fault.

(a) Maki(1) Network

Base Line		Do		Nishiurushiyama (1)		Nishiurushiyama (2)	
No.	Date	D	ΔD	D	ΔD	D	ΔD
I*	Oct. 07, 1971	838.890 $\pm$ 3 ^{***}	0 ^{***}			1311.777 $\pm$ 3 ^{***}	0 ^{***}
II*	Oct. 19-20, 1972	.868 $\pm$ 3	-22	652.588 $\pm$ 2 ^{***}	0 ^{***}	.767 $\pm$ 3	-10
III**	Nov. 16-17, 1976	.883 $\pm$ 6	-7	.592 $\pm$ 6	4	.780 $\pm$ 6	3

* AGA Geodimeter Model 6 ** AGA Geodimeter Model 6BL

(b) Maki(2) Network

Base Line		Do		Nishiurushiyama (1)		Nishiurushiyama (2)	
No.	Date	D	ΔD	D	ΔD	D	ΔD
I*	Oct. 06, 1971	1048.598 $\pm$ 2 ^{***}	0 ^{***}	486.462 $\pm$ 2 ^{***}	0 ^{***}	1130.420 $\pm$ 2 ^{***}	0 ^{***}
II*	Oct. 18-19, 1972	.579 $\pm$ 3	-19	.449 $\pm$ 3	-13	.412 $\pm$ 3	-8
III**	Nov. 16, 1976	.607 $\pm$ 5	9	.470 $\pm$ 7	8	.421 $\pm$ 7	1

* AGA Geodimeter Model 6 ** AGA Geodimeter Model 6BL

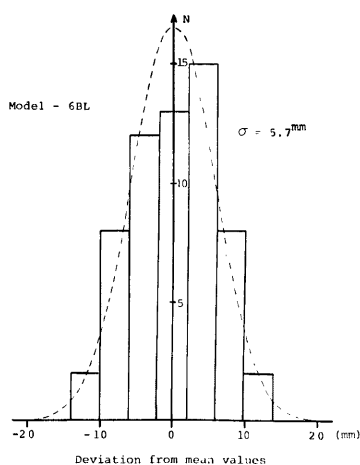


Fig. 2. Histogram of deviations of each measurement from mean values observed by the Model 6BL Geodimeter (No. 63194). The dashed curve shows the normal distribution with $\sigma = 5.7 \text{ mm}$.

定値の平均値に対する標準偏差である。

6BL 型を使用した第3回目の測定について、求められた距離の平均値から各測定値のばらつきを頻度分布を Fig. 2 に示す。頻度分布は、分散 $\rho^2 = 33.0_0 (\text{mm})^2$ とした場合の正規分布曲線 (Fig. 2 中の点線) によく一致している。したがって、平均自乗誤差 (標準偏差) σ は 5.7 mm と求められ、メーカーによって与えられているこの機種種の測定値の平均自乗誤差 (Standard method の場合) $= 5 \text{ mm} + 1 \text{ mm/km}$ とよく調和している。

さて、Table 1 の結果を分りやすくするため図示すると Fig. 3 のようになる。各測定値に対する標準偏差は縦線で示してある。一見して明らかなことは、第2回目 (1972年) の測定値が、どの測線についても短かく出ていることである。これをひずみ変化とみれば、 10^{-5} 以上の縮みに相当するが、このような地殻変動が1年程度の短期間に生じ、そして回復したとは考えにくく、やはり測定上の誤差と考えるのが自然であろう。因みに、6型による測定において距離を算出する際にはディレレーインの読取値を距離に変換するための校正表を使用するのであるが Table 1 の結果は1967年にメーカーによって作製された校正表を用いて得られたものである。1970年に大谷他³⁾によって校正表が作製されているので、こ

れを使用した場合に得られる結果を Table 2 に示す。この場合には、すべての測線について1972年の値が1976年の値にはば近くなり、1971年の値が相対的に大きく出ている。一般的には、測量実施日に近い校正表を使うのが適当であり、したがって、1970年の校正表による Table 2 の結果を採用する方が妥当であると考えられるが、実際には事態は必ずしもそのように簡単ではないことが明らかにされている。ここでは、い

Table 2. Result from the electro-optical measurement on the Atotsugawa fault by using the calibration table made by Ohya et al. (1970) in 1970.

(a) Maki(1) Network

Base Line		Do		Nishiurushiyama (1)		Nishiurushiyama (2)	
No.	Date	D	ΔD	D	ΔD	D	ΔD
I	Oct. 07, 1971	$838.911 \pm 2^{***}$	0^{***}			$1311.783 \pm 3^{***}$	0^{***}
II	Oct. 19-20, 1972	$.888 \pm 3$	-23	$652.593 \pm 2^{***}$	0^{***}	1311.767 ± 3	-16

(b) Maki(2) Network

Base Line		Do		Nishiurushiyama (1)		Nishiurushiyama (2)	
No.	Date	D	ΔD	D	ΔD	D	ΔD
I	Oct. 06, 1971	$1048.625 \pm 2^{***}$	0^{***}	$486.483 \pm 2^{***}$	0^{***}	$1130.439 \pm 2^{***}$	0^{***}
II	Oct. 18-19, 1972	$.606 \pm 3$	-19	$.471 \pm 2$	-12	$.432 \pm 3$	-7

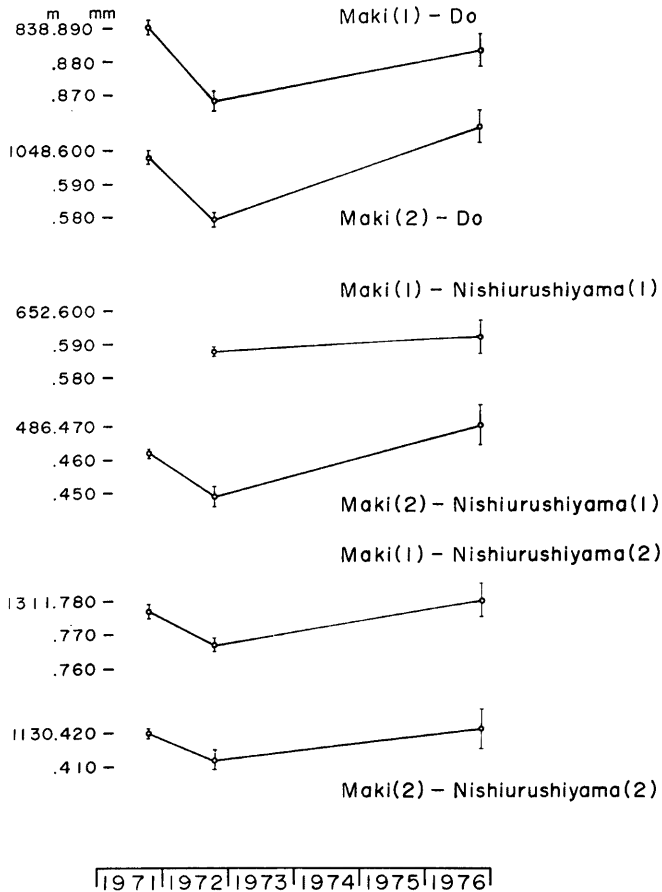


Fig. 3. Temporal change of base-line lengths of the Atotsugawa network. Vertical bars indicate the standard deviations of each measurement.

ずれの較正表を使用すべきかを判定することにより、むしろ、異った較正表を用いることにより、この程度測定結果が変動しうることを考えて、それぞれの測定結果の信頼性を判断すべきであろう。このような較正表に関する問題点と、6型の測定精度 $\pm 5 \sim 7 \text{ mm}$ ³⁾、および6BL型の精度 $\pm 6 \text{ mm}$ を考慮に入れるならば、いずれの較正表を使用するにせよ、第1回あるいは第2回目の測量結果と第3回目の結果は、全ての測線について測定誤差を大きく上まわるような有意な変動を示していないと結論できる。また、前にのべたように、もし跡津川断層のこの部分が定常的な右ずれ変位をしているとすれば、牧(1)、(2)―土では伸び、牧(1)、(2)―西漆山(1)、(2)では縮みが期待されるが、少なくともFig. 3をみるかぎりにおいては、1cmを上まわるような量で、このような系統的な変動は認めがたく、したがって、2mm/年を越える定常的な断層運動は起っていないと結論できよう。国土地理院によって跡津川断層のこの付近を横切る路線において実施されている水

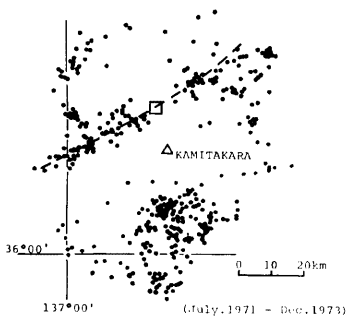


Fig. 4. Distribution of the epicenters of microearthquakes around the Ato-tsugawa fault observed from July 1971 to Dec. 1973 (after Wada (1975)). The square shows the position of the network.

しており、高原川地域における断層の固着がこの部分での地殻のひずみエネルギーの蓄積をひきおこし、大地震の発生による急激な断層変位となって開放されることを示すものかもしれない。なお、断層の深部のみが定期的に変位しているにもかかわらず、地表面には不連続な断層変位を生じていない場合も考えられるが、これについては測線長が短かいため、現在の基線網からは短期間の測量によって検出することはむづかしい。

いずれにしても、このような跡津川断層の運動に関する研究は非常に興味深いものがあり、地震予知のためにもさらに詳しい観測が必要であると考えられる。このために、地震活動の比較的活発な同断層の両端付近の角川および有峰湖周辺に光波測量基線網を増設して、断層に沿って異なった場所における測量を実施すべく現在準備中である。さらにまた、跡津川断層の周辺部に位置づけられる上宝地殻変動観測所における観測結果との関連性を一層明確にする目的で、同観測所を中心に密度の高い光波測量を実施すべく、光波測量用基線網の拡充を急いでいる。

4. ま と め

跡津川断層の高原川地域において、過去5年間にわたって実施してきた光波測量の結果は、いずれも測定誤差を越えるような変動量を示しておらず、平常時には断層のこの部分は全く変位していないか、変位しているとしても2mm/年を越えるものではないことが明らかとなった。この地域の地震活動度の低いことを考え合わせると、この地域においては跡津川断層は平常時には変位しないで、大地震の発生により不連続的な変位を繰り返してきたものではないかと推定される。

おわりに当り、基線網設定に際して、断層の位置などについて詳しく御教示を給った東大地震研究所松田時彦博士、標石埋設をこころよく御承諾下さった土地所有者の方々、和田博夫氏をはじめ測量に参加していただいた方々に深甚の謝意を表します。また、第1回、第2回目の測量に際してジオディメーター6型を貸与下さり、種々ご便宜をはかって下さった屯鶴峯地殻変動観測所および関係各位、資料整理をはじめ数々の助言をいただいた大谷文夫氏、三雲 健教授をはじめ地震予知計測部門の方々により御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 松田時彦：跡津川断層の横ずれ変位，地震研究所彙報，第44号，1966，pp. 1179-1212.
- 2) 高田理夫・田中寅夫・尾上謙介・山田 勝・藤田安良・大谷文夫：光波測量による地殻水平ひずみの

観測 (第1報), 京大防災研究所年報, 第14号 A, 1971, pp.33-40.

- 3) 大谷文夫・田中寅夫 : 光波による地殻変動観測の精度について, 同上, 第14号 A, 1971, pp.15-31.
- 4) 国土地理院測地部 : 富山市～高山市間の上下変動, 地震予知連絡会会報, 第13巻, 1970, pp.88.
- 5) 和田博夫・岸本兆方 : 跡津川断層付近における微小地震活動, 第1報, 地震2, 第27巻, 1974, pp.1-9.
- 6) 和田博夫 : 跡津川断層付近における微小地震活動, 第2報, 同上, 第28巻, 1975, pp.113-124.