

# 逢坂山における地殻変動の近距離多点観測 について (その一)

小 沢 泉 夫

## ON THE OBSERVATIONS OF THE CRUSTAL MOVEMENTS AT SOME NEIGHBOURING POINTS IN OSAKAYAMA OBSERVATORY

by Dr. Sci. Izuo OZAWA

### Synopsis

It is necessary to estimate the volume of crustal movement on the observation of it for the study of the foreknowledge of earthquakes. It has begun to observe the crustal deformations by means of extensometers (14 components) and tiltmeters (6 components) at three observatories in former Osakayama railway tunnel in December, 1959. These extensometers and tiltmeters have been equipped in equivalent components at every observatories which were about 200 m from neighbouring observatories each other.

1. 地殻変動の規模に関してはその弾性エネルギーはその代表的な量である。変動を共にするひずみの分布している地殻の容積は地殻変動の弾性エネルギー計量のための大きな要素である。ひずみあるいは傾斜変化の分布は地殻の構造やひずみ力を簡単なもの、あるいは複雑なものとする場合の相違はあるとしても、傾向としてはその規模の大きなものはその変化も地表から深い所にまで及び、それだけに地表に近い所に起こる変化もどんなに複雑な場合でもひずみあるいは傾斜の長い波長のものをいずれかの成分について現わしている筈である。

また地下ではそれ自身の圧力のためにほぼ均質の弾性体に近い振舞をするもので、震源の候補地（実際に起こらなくても別の点で起こつたから起こらなくなつたなどと考える場合も含める）でもなければ無暗に大きな塑性的変形が広範囲にわたつて起こるものでもない。

地殻変動の観測がどの程度までその地区の地殻の変動を現わしているかと言うことは以前から重大な問題とされており、たとえば萩原及び表博士<sup>1)</sup>は比較的地表から浅い所にある観測所で行なわれた水平振り型傾斜計の観測に対して卒直な批判を加え、それでもなお水平振り流の傾斜計で観測することの必要性について述べ、これと同時に水準測量をあわせて行なうことを強調している。水管傾斜計や伸縮計はこれらの狭い場所の変化を平均化し、その付近の代表的な変化を観測しようとする希望に幾分なりとも応ずるものである。

傾斜計や伸縮計による地殻変動の観測においては局所的な土地の変形をしらべることなしに飛躍的に地殻変動の議論をしても空論に終わることが多い。たとえば気象的な変化は広範囲にわたつて、ほとんど同時に起こるものであるから遠隔の多くの観測点で同時に類似の変化が現われてもいろいろと吟味した上でなければ、地殻変動によるものと解することはできない。地殻変動の観測記象には大きな変化が現われているにもかかわらず、三角測量や、水準測量ではそれほど大きな変化が測量されない場合が多いのであるから、それらの変化の波長は可成り短いものであると思われる。だから局所的な変化を消去してその付近の地域的な変化を求めるためには密な観測をそれほど長い距離にわたつて行なわなくても、ある程度の距離で行なえば

効果があるように思われる。それで著者は1959年12月末から逢坂山で従来観測していた場所から 100 ないし 200m はなれた両側にそれらと同じ成分をもつた観測点を新たに設けて観測される変化の広さ(波長)などをしらべ、局所的な変化をうち消す試みを始めた。

2. 伸縮計や水管傾斜計ではその span 以下の波長の局部的変化は平均化されている。しかし無制限に長い伸縮計や水管傾斜計を作ることにはいろいろな困難を伴う。また伸縮計や傾斜計をたまたま土地の変動の波長の整数倍の所に設置したときは局所的変化を広範囲の変化と見誤るおそれがあるが土地は一様な定常的な正弦波のひずみをするほど均質であるならば、その前に一様なあるいは直線なひずみ方をするであろう。多くの密な観測を行えば地塊<sup>2)</sup>を決定する場合と同じような方法でその変動の広さを求めることができ、また数点でもその形を計算することはできるが、2, 3 点でもその変化が広いのか狭いのかの推定はある程度可能である。

逢坂山観測所は東経  $135^{\circ}51'5$ 、北緯  $34^{\circ}59'6$  の所にあり地表面の高さは Fig. 1 の地図に示される通りである。また観測室は Fig. 2 に示す

ような長さ 674 m と 665 m の 2 つの旧鉄道トンネルからなり1959年まではこの論文で1と呼ぶ場所(大津入口から約 300 m から 380 m の間)で行なわれており前論文<sup>3)</sup>で述べたような水平の E, N,  $S29^{\circ}E$ ,  $S61^{\circ}W$ ,  $S38^{\circ}W$  方向の直線ひずみ成分及び垂直方向の直線ひずみと EW 及び NS 成分の傾斜変化の観測を行なっていたので1959年12月の末から、大津入口より 490 m から約 520 m の間(大谷口から 150 m より 180 m の間)の2と呼ぶ地区に  $S38^{\circ}W$  方向の直線ひずみを観測する伸縮計と、N, E 成分の水平



Fig. 1 Topographical map of adjacent Osakayama observatory

振り型傾斜計を、また大津入口より 150 m と 180 m の間にある3と呼ぶ地区に N, E,  $N38^{\circ}E$  方向と垂直方向の直線ひずみを観測する4台の伸縮計と、NS, EW 成分の水平振り型傾斜計2台とを据え付け、また1, 2, 3のいずれの地区にも属さず、二つの主坑道を連絡する坑道を利用して主坑道に直角な  $N52^{\circ}W$  の方向の直線ひずみを観測する伸縮計とを据え付けて観測を始めた。Table 1 にこれらの器械の常数などを示す。

表中装置の記号の数字は、C1 以外は観測地区を示すようにしてある。H-59, V-59 などの高感度の伸縮計及び傾斜計は土地の変動が季節によつて大きな相違があるので適時感度を調整して観測している。しかし

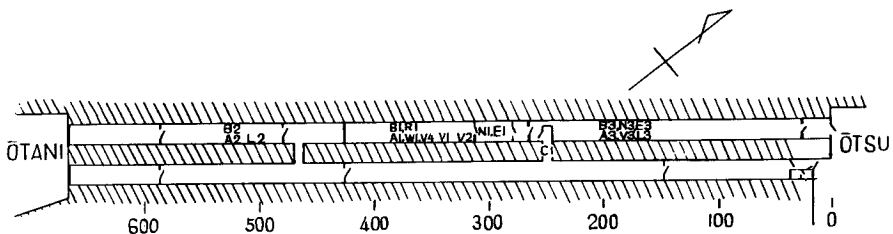


Fig. 2 Location of instruments

Table 1

Extensometer						
Symbol of instrument	Direction of observation	Type of instrument	Span of observation	Sensibility of instrument	Epoch of observation	Position of observation
L 2	S 38°W	H-59-B-type	12.0 m	$0.422 \sim 0.620 \times 10^{-8}/\text{mm}$	Mar. 1961	500 m from Otsu Entrance
W1	S 38°W	Sassa-type	20.0	1.20 "	Oct. 1947	370 m "
R 1	S 38°W	Roller-type	19.6	1.30 "	Oct. 1951	370 m "
L 3	S 38°W	H-59-B-type	26.0	0.0406~0.225 "	Dec. 1959	170 m "
E 1	East	H-59-B-type	5.3	0.241 ~0.777 "	Dec. 1959	310 m "
E 3	East	H-59-B-type	4.80	0.158 ~0.610 "	Dec. 1959	170 m "
N1	North	{H-59-B-type H-59-C-type	4.14	0.401 ~1.498 "	Apr. 1959	310 m "
			6.55	0.591 ~0.801 "	Jan. 1961	310 m "
N3	North	H-59-B-type	5.60	0.185 ~1.178 "	Dec. 1959	170 m "
29	S 29°E	Sassa-type	4.2	3.0 "	Nov. 1952	340 m "
C 1	S 52°E	H-59-B-type	10.0	0.064 ~0.537 "	Jan. 1960	240 m "
V 1	Vertical	V-52-type	4.4	1.12 "	Dec. 1952	350 m "
V 2	Vertical	V-59-A-type	4.0	2.20 ~1.09 "	Aug. 1959	320 m "
V 3	Vertical	V-59-B-type	4.6	0.313 ~1.541 "	Dec. 1959	170 m "
V 4	Vertical	V-59-C-type	4.2	2.0 ~1.0 "	Feb. 1961	370 m "
Tiltmeter (Horizontal pendulum type)						
Symbol of instrument	Direction of observation	Length of pendulum	Optical length of record	Period of pendulum	Epoch of Observation	Position of observation
A 1	West-tilt	5.0 cm	1.8 m	30.0~34.4 sec	Dec. 1947	370 m from Otsu Entrance
B 1	North "	"	"	30.7~35.2 "	Dec. 1947	370 m "
A 2	West "	"	2.0 m	10.2~21.2 "	Nov. 1960	520 m "
B 2	North "	"	"	11.0~20.3 "	Nov. 1960	520 m "
A 3	West "	"	"	27.0~33.2 "	Dec. 1959	180 m "
B 3	North "	"	"	28.4~34.8 "	Dec. 1959	180 m "

解析の便利のために感度を人為的に一定にするようなことはせず拡大装置の固有振動周期を記象の取替えごとに測って相対感度を計算する方法を用いている。

各観測点の地表面からの深さは数 10 m ないし約 100 m で、地盤の地質は古生層に属する粘板岩からできている。観測室は Fig. 2 のように 1 と 2 の間は厚いコンクリートの間仕切り壁で空気の流通や水の流れは完全に遮断されており、さらにもう一つの鉄の扉のついたコンクリートの間仕切りがある。また 1 と 3 の間

には1つの鉄の扉のあるコンクリートの間仕切り壁と2つの板壁の間仕切りがある。これらの観測計器は概要を前論文<sup>3,4)</sup>で説明してあるが、その後作られたH-59-C型、V-59-C型はとくに重力変化の影響に対する懸念を除くように作られている。

Fig. 3はN38°E方向の直線ひずみを観測している伸縮計L2, W1, R1, L3による10日間ごとの平均値を曲線で示したものでグラフの上は伸びを示している。Mean 1はR1, L3, W1の3つの平均値曲線でMean 2はL2, W1, R1, L3の4つの平均値曲線を示している。器械の相対的な位置はW1とR1は約2.5m離れて平行に、L3はW1の測線の延長上約200m, N38°Eの位置にあつてL2はW1の測線の延長上約130m, S38°Wの位置にある。

同様にFig. 4は東西方向の伸びを観測している2つの伸縮計E1, E3及び南北方向の伸びのひずみを観測している2つの伸縮計N1, N3の観測値の10日間ごとの平均値曲線を示す。E1とN1は同じ場所でありE3, N3はE1, N1の場所からN38°E方向に140mはなれた所にある。

Fig. 5はS29°E方向の伸びのひずみを観測している伸縮計29とS52°E方向の伸びのひずみを観測しているC1についての曲線でC1はFig. 2に示すように29の約N40°E方向、約100mの所にあり、29とわずか23°しか方向が違っていないから、それとの比較及びW1, R1, L3と直交する方向であるのでその比較のために示した。

Fig. 6は垂直方向の伸びのひずみを観測している伸縮計V1, V2, V3及びその平均値曲線を示している。V2はV1のN38°E方向約30mの所にあり、V3はそれからさらに約150m離れた所にある。同様に2,

1, 3の地区で観測している傾斜計についてもそれぞれを東西成分と、南北成分とに分けて、それぞれFig. 7とFig. 8に示した。傾斜計2の組は1の組のS38°W方向約150mの所にあつて3の組は1の組のN38°E方向約190mの所に設置されている。

いまFig. 3~Fig. 8を通して見ると、まず主坑道方向N38°E方向の伸びひずみは、ここ22カ月のL3, R1, W1の曲線は大勢としては収縮の傾向にあつてその量は3つの曲線とも22カ月で約 $2 \times 10^{-6}$ ではば一致している。また年変化の形も位相もよく似ている。ただW1が少し振巾が大きく、ときどきL3, R1よりも顕著に出る変化がある。Fig. 9に坑内の各点で観測した温度変化を示してあるが曲線の記号の数字は地区を表わし、Bとあるのは1/100°C目盛のベクマン寒暖計によるもので、他は1/10°C目盛の水銀柱寒

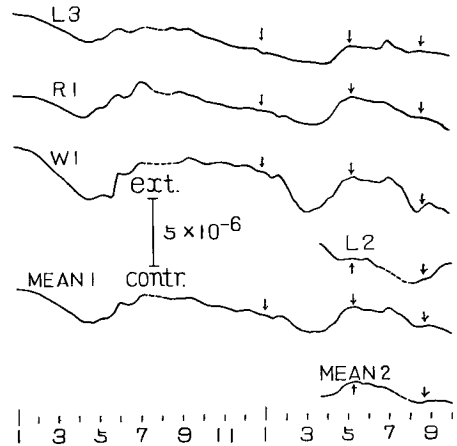


Fig. 3 Observed curves of the linear strains in the direction of N38°E

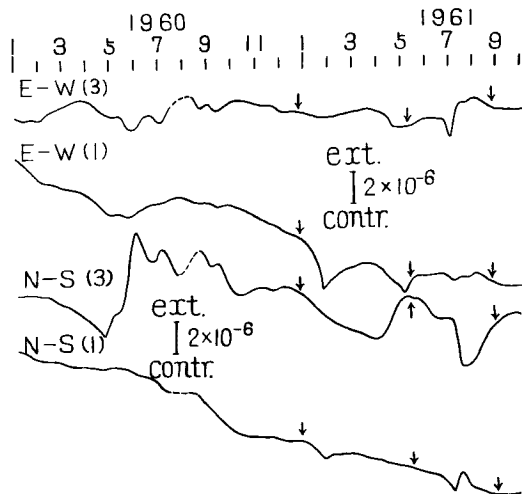


Fig. 4 Observed curves of linear extensions in the directions of east and north

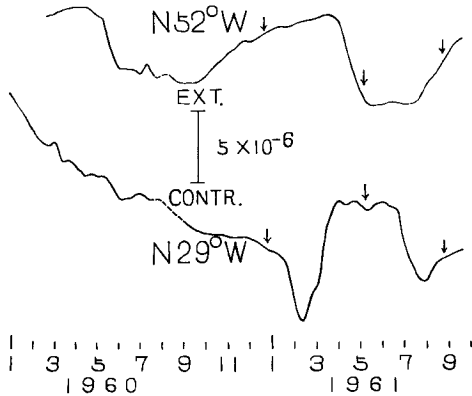


Fig. 5 Observed curves of linear extensions in the directions of S29°E and S52°E

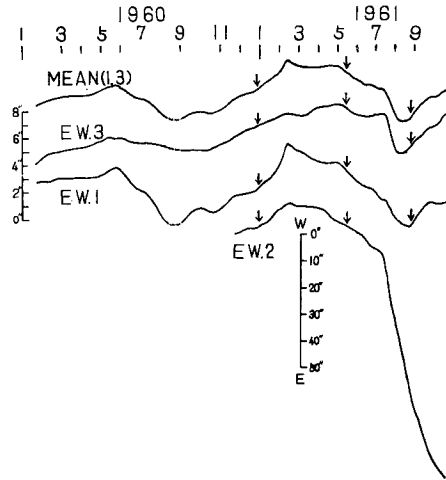


Fig. 7 Observed curves of west tilting

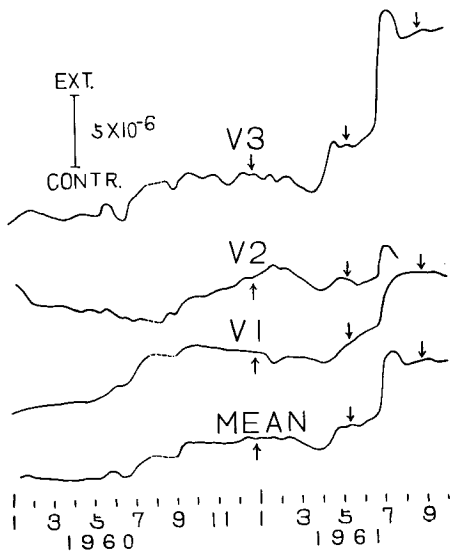


Fig. 6 Observed curves of linear extensions in the vertical direction

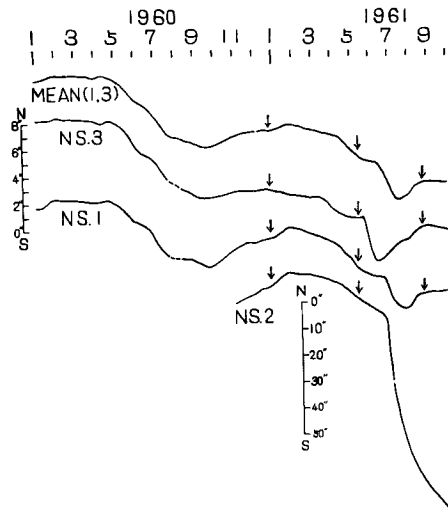


Fig. 8 Observed curves of north tilting

暖計によるものである。また雨量は京都气象台の資料によるもので、10日間ごとの和を示しているが、その10日間の中央日は毎月1日、11日、21日になるようにしてある。これらと L 3, R 1, W 1, の曲線とを比較してみると、一見して Fig. 9 に書いた scale の割合で温度と雨量とを加え合せたものの形とひずみの年変化の形が似ているように見える。すなわち温度が高くなつたり、雨が降り始めたりすると N 38° W の方向は伸びるが、しかし Fig. 13 に示すように潮汐変化以外の細かい変化まで一致するところまではゆかない。また雨が降り始める季節になつたり坑内の温度が上りはじめたりするときは、伸びの変化は大きいがある程度伸びると飽和状態になつたようにいくら降水量が増えても、坑内温度が上つてもそれ以上ひずみはあまり大きくはならない。坑内温度や降水量は一年の間に正弦曲線に近い型の変化をするが伸びのひずみ曲線はブロックを並べたような形の変化をする。坑内温度は地表の気温に較べて約3カ月遅れ、また降水量の非常に多いときは坑内の温度も一時的に変化する、そうしてその変わり方は大谷口に近い2の地区では 1°C 近くに

もなることがあり、3の地区になるとほとんどその影響が認められない程度に小さい。L3, W1, R1の平均値曲線 Mean 1 及びこれに L2 を加えた平均値曲線 Mean 2 を求めると Fig. 3 に示すように割合に単調な曲線となる。これが L2 から L3 までの間の平均のひずみ変化を示しているものであるとすると、約 350m の長さが22カ月間に 0.7 mm 縮んだことになる。この程度の微量は基線測量並みの測量でないといふ真偽を確かめることはできない。また年変化もたとえば L3 と R1 の振巾の相違から、そのひずみの分布は定常的な正弦波で、L3 の位置と R1 の間に節になる所がないとすると、 $4x$  離れた所の直線ひずみの振巾をそれぞれ  $e_1, e_2$  とすれば、そのひずみの分布の波長の最少値は  $2\pi 4x / \cos^{-1}(e_2/e_1)$  である。ただし  $e_1 > e_2$  とし、いま R1 と L3 の年変化の位相は等しく、かつその振巾の比は 3/4 であるあとみなすと、R1 と L3 との間の距離は約 200 m であるからその波長の最少値は約 1.7 km となる。しかし L2 の変化は他の3つと少し変つた変化をしているので、もう少し不規則な変化をしているかあるいは坑内温度の分布の影響についても考慮する必要がある。

次に東及び北方向の伸びのひずみについてみると、22カ月間の永久的な変化は、E3 はほとんどなく  $10^{-7}$  の桁で N3 も年変化は大きい、 $1 \times 10^{-6}$  程度で、これも 1961 年 6 月末の大降雨の結果も含まれているものを解析して求められたもので、いずれにしても 3 の地区では、東及び北方向の伸びひずみの永久的変化は非常に小さい。これにくらべて 1 の地区では、E1, N1 とともに 22カ月間の永久的変化は約  $7 \times 10^{-6}$  で場所による大きな相違を示している。しかし後述するように、10口間の変化量の速度の符号を比較すると、南北成分は同じ場所の東西成分よりもはなれた場所の南北成分と一致することが多く、東西成分について同じよう

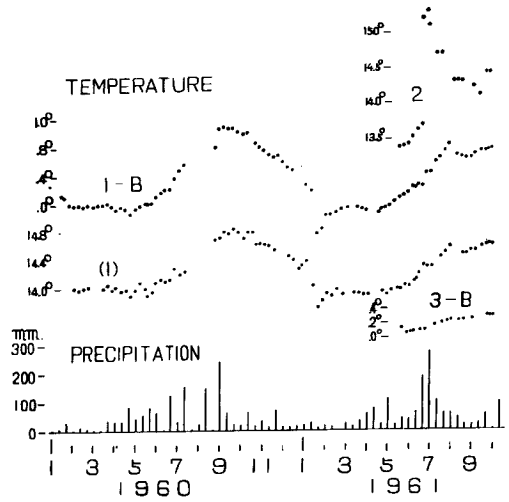


Fig. 9 Room temperature in Osakayama observatory and precipitation at Kyoto

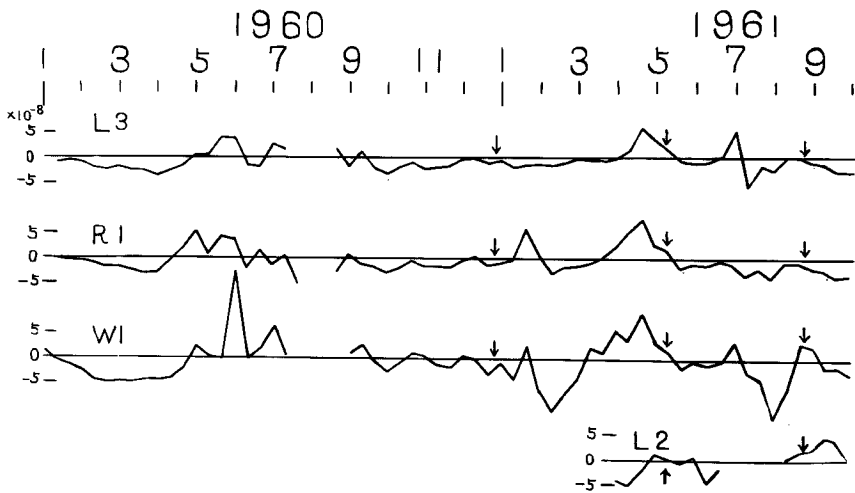


Fig. 10 Ten days' linear extensions in the direction of N 38°E

なことが言える。また Fig. 13 に示すように、潮汐変化は位相、振巾ともに同じ成分のものと同様一致している。また降雨があつたときは、1, 3の東西成分はともに収縮しはじめ、南北成分は両方とも伸び始める。しかし、降雨後数日の変化を見ると、東西成分はただそれを回復する変化をするのに対しては、南北成分は却つて以前よりも大きな収縮変化を示し、雨が数日続くと N1 は N3 と逆向きに大きな変化、あるいは数日以上も位相がずれるような変化をしたりする。また1961年1月のように、1と2の地区だけに変化が現われたりすることもある。

垂直成分については潮汐変化の位相だけはよく一致するが、Fig. 6 に示すように長期間の変化になるとわずか 30 m 離れた V1 と V2 でも完全に逆位相になる場合があり、坑内の温度変化曲線と形がよく似ている。ただ V1 と V3 は坑内の温度が上ると伸び、V2 は収縮する傾向にあるが、V3 は不規則的な変化が他の2つよりも大きいにもかかわらず、温度のように一年周期の変化は大きくない。いずれにしても水平成分に較べると、一致の仕方は悪く場所的变化が大きい。また Fig. 5 の S52°E と S29°E とでは方向が 23° 違うためか距離が約 100 m はなれていることもあるためか、その変化はあるときは同じ位相でよく似た変化をするが、またある場合にはほとんど位相が180° 違つた変化をする場合がある。

次に Fig. 7 及び Fig. 8 に示した水平振子型傾斜計の比較をしてみると、東西、南北成分とも3つの地区で(2の地区での1961年の後半を除いて)その傾斜変化の位相はほぼ一致している。そうして南北成分は坑内の温度変化と極値の現われる時期が同じで、3月から4月にかけて北方向への傾斜の極大が10月には南方向への傾斜の極値を示しているが、東西成分は年変化の型もそれほど規則的ではなく、春には西に傾き、夏から秋には東に傾くのが普通であるが、その振巾は南北成分ほどは大きくない。また1, 3の地区では各成分の一年周期の年変化の振巾は1.5~2.5秒程度であるのに較べて、2の地区の変化は法外に大きく、その振巾は数秒以上で1961年6月末の降雨のとき以来降雨のとき起こつた傾斜(南東)方向と同じ方向に3カ月間に100秒に達する傾きを示した。付近を調査した結果大谷から70~80m 付近では割れ目が1cm に及ぶ土地が盛り上がるような割れ方をしたき裂が坑道とほぼ同じ方向に入り、そのき裂は次第に狭くなり大谷口より約140m、傾斜計2の約10m 近くまで延びていた。Fig. 12 に大谷口付近の地表の等高線図、観測坑道(実線)と名神高速道路の坑道を点線で示す。大谷口から7~90m 付近では地表の等高線と坑道の方向が大体同じになっている。笠原慶一<sup>5)</sup>は弾性反発によつてできる断層の深さとそれによつて生ずるその付近の変化を等方質の弾性体の場合について論じているが、その結果からいまの場合について考えると、もし2の地

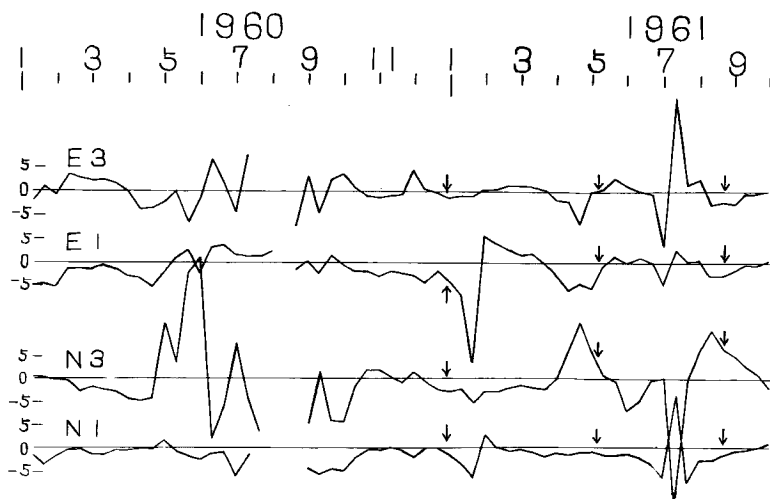


Fig. 11 Ten days' linear extensions in the directions of E and N

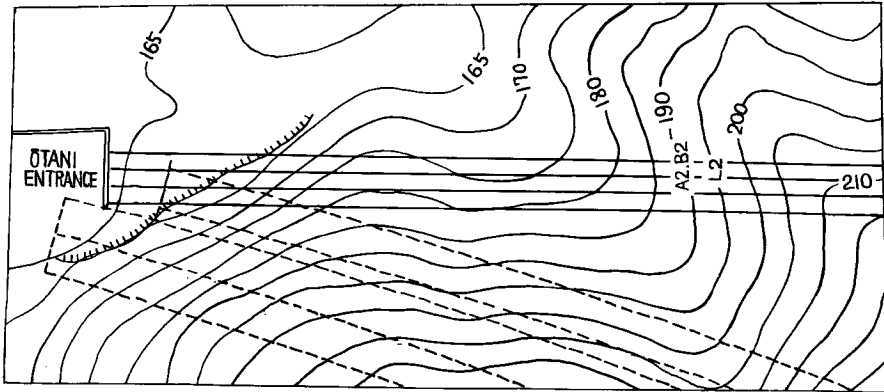


Fig. 12 Topographical map of adjacent Ōtani entrance

区の6月以降の変化がこのき裂のためのものと考え、またき裂方向と同じではあるが2の傾斜計から平均20mはなれたL2にそれらしい大きな異常はなく、200mはなれた1の地区やそれより遠い3の地区ではその影響らしいものは全く現われていないから、この割れ目の深さは極く浅いものであろうと思われる。

Fig. 7及び8のMeanは2を除いた1と3の平均である。22カ月間の永久的変化は東西成分は3の地区では約2秒西下りで、1の地区では約2秒の東下りの変化を示し、その平均は永久変化なしで、南北成分は3の地区で約7秒の南下りで、1の地区では約6秒の南下り傾斜を示している。その変化は両者の間にかなりの相違があるので、恐らくそれらの変化は年変化の場合と同様に2~3kmに及ぶような広い範囲の変化ではないように思われる。水準測量で充分可測できる量であるから確かめられれば結構なことである。

次にFig. 10にN38°E方向の直線ひずみの10日間ごとのひずみの変動量(ひずみの速度)をFig. 11にE方向及びN方向の直線ひずみの10日間ごとの変動量を示した。まずE成分では1の地区と3の地区とは割合によく位相が一致しているが、N成分では大きな変化のあるときは反対になることが多い。その顕著なのは1961年6月から9月にかけてであるがE成分は一致しているが、N成分は1と3とは全く逆の変化をしている1960年の6月から10月にかけてもそのような状態が見られる。いまこれらの成分のそれぞれについて加速度の符号をしらべて同じ成分の間で比較して見るとE成分では57例のうち加速度の符号の一致するのは42回、一致しないのは15回であるが、N成分では一致するのが21回、一致しないのが36回で、坑道の方向はどちらかといえば南北方向に近いが、E成分の方がN成分よりもはるかによく加速度の符号が一致しNはどちらかと言うと反対になることが多い。

次にN38°E方向の速度変化はL2は観測期間が短いのでなんとも言えないが、L3, R1, W1ともその位相はよく合っている。ただ、ときどきW1が目立つて大きな速度になることがある。また加速度の符号を比較して見ると、R1とW1は62回のうち43回一致し、R1とL3は60回のうち38回一致する。R1, W1とL3の3つとも符号の一致するのは60回のうちほとんど半数の29回である。またL2がR1と符号が一致するのは13回のうち8回で、L3と一致するのは13回のうち6回で、W1と一致するのは9回、L2, R1, L3の3つとも一致するのは13回のうち5回で半数に近い。また、垂直成分の場合の加速度の符号はV1とV2は52回のうち25回一致し、V1とV3とが一致するのは58回のうち28回でこれもほとんど半数、V3とV2とでは全部で52回のうち35回で割合に多く一致している。同様に傾斜変化について加速度符号の一致をしらべて見ると、1と3の地区でE成分の一致するのは60回のうち47回、N成分の場合は45回でいずれも半数をはるかに上回り、東西成分の方がいくらか回数が多い。

次に比較的短い期間の比較をして見る。Fig. 13は1961年10月3日から10日までの伸縮計と傾斜計の記録を各成分ごとに並べて示した。これらの記録によると潮汐成分については成分が同じであれば1, 2, 3い



ずれの地区でもその変化の位相は等しく、振巾も等しい。しかし V3 だけは他の垂直成分 V1, V4 に較べて可成り大きい。これは器械の型にも相異はある。すなわち V1 は定尺は直径 1.6 mm のスーパーインヴァール線でこれをゆるみ針金として用い、その中央のゆるみの変位は 2 本吊りで光学的に拡大されるもので、V4 は直径 6 mm のスーパーインヴァール棒で拡大装置は水平振子であるが振子の支柱の支持方法はとくに支柱を倒立振子型にすると、重力の影響を多分に受けはしないかと言う懸念を除くために垂直振子型の支持方法を用いた。また V3 は定尺は直径 10 mm のスーパーインヴァール棒で構造を簡単にするために拡大装置に使っている水平振子の支柱は倒立型の支持方法を用いた。器械の据え付け位置は V1, V4, V2 坑道の側壁に接近させてあるが、V3 は坑道のほぼ直径に近い所に据え付けられているので、恐らくこの影響として V3 には潮汐変化の振巾が大きく観測されているように思われる。このことについては別の論文で詳しく述べたいと思う。経日的な変化は10月6日午前中まで各成分それぞれの間では平行した変化をしていたが、6日19時頃から同日夜半まで豪雨があり、その雨量は京都では気象台の報告によれば 77.3 mm に達した。この雨によつていつもそうであるように、N 38° E, N 方向には伸び、E, S 52° E, S 29° E 方向には縮み、垂直方向は伸びており、土地は 1, 2, 3 いずれの地区も南東に傾いているが、L3 (Fig. 13 (B)) は伸びる前に一度収縮してしばらくしてから伸びに転じており、V4 は始めのうち複雑な変化をしている。また傾斜量は 2 の地区で最も大きく、3 の地区はほとんど変化が分らないほどに小さい。また雨が降ってから 2~3 日たつたときは、成分が同じでもその変化量はかなり相違している。また1961年10月27日夜から降り始めた豪雨のときは、1, 2, 3 の三つの地区ともに南東に傾斜しているが、細かく見ると東西成分は 3 の地区では27日午後8時頃から急に東に傾き始め、1 の地区では午後6時頃からずると東に傾き始め、感度の低い 2 の地区では午後10時30分頃から急速に東に傾きはじめている。一方南北成分は 2 では27日午後10時30分頃から急角度に南に傾きはじめ、1 では午後11時頃からずると南に、3 の地区では翌28日午前2時20分頃から急に南下りの傾斜を始めており、南北成分では 2-1-3 と傾斜開始時間の遅れる状態が明瞭に分るが、東西成分は 1-3-2 の順序で南北成分と順序が違っている。また直線わずみは L3、とその近くに新設した V5 (垂直成分伸縮計) は一度収縮の向きに変化してから伸びの変化が進行しており、E 1, N 1 は10数時間してから一様なこう配

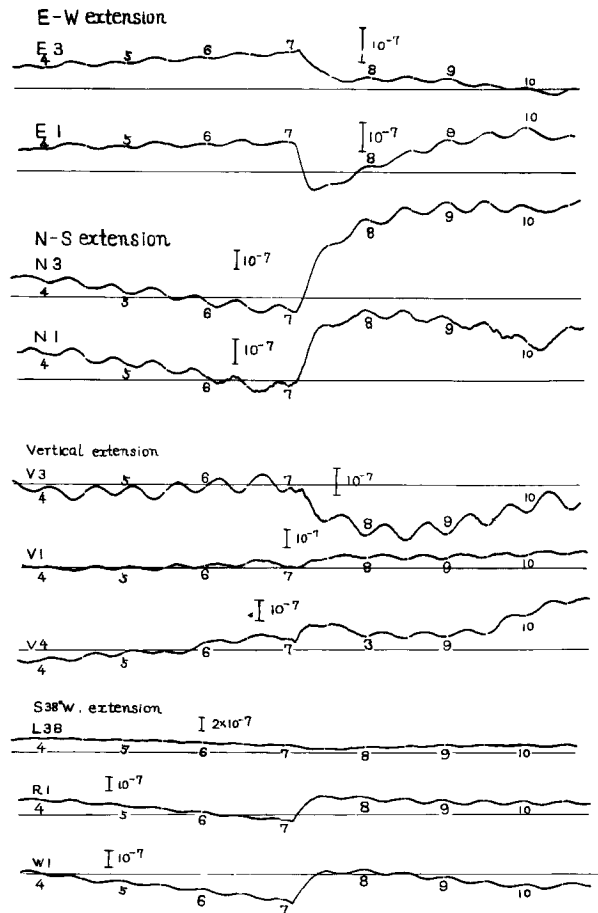


Fig. 13 (A) Records of extensometers

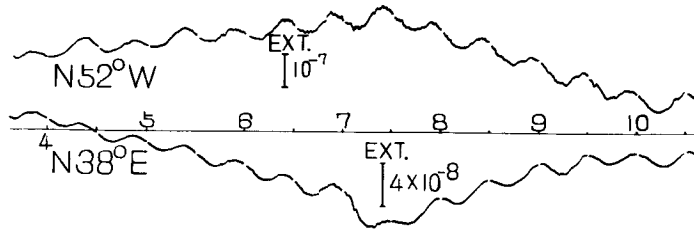


Fig. 13 (B) Recods of extensometers

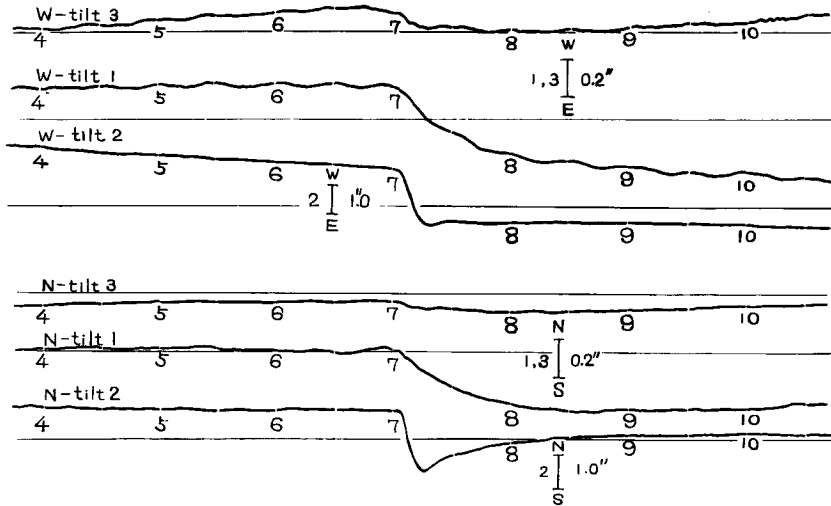


Fig. 13 (C) Records of tiltmeters

の坂の途中にある起伏のように数時間逆向きの変化をしている。このように雨の場合は地域による差が大きく、極端な場合は1961年6月24日から29日まで続いた豪雨のときのように、N1、N3ともに始めは伸びていたが、N1は25日には収縮に転じ、27日から再び大きな伸びに変わり、この変化は7月2日まで続いて、その後収縮の方向に回復し始めたのに対して、N3の方は雨の降り始めた6月24日から6月30日まで一方的に大きく伸び続け、6月30日になつて始めて急激な収縮の向きに転じその変化7月10日頃まで続いた。このように、雨が降り始めてしばらくしてからの変化は、Fig. 11の所で述べたように全く逆向きの動きをしていた。

またこの比較観測の期間中に、1960年12月26日には大台ヶ原地震、1961年5月7日に姫路の群発地震、1961年8月19日には北美濃地震があつた。これらの地震の時を Fig. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 に矢印で示した。いまはただ上に述べた生の観測結果と比較することに止め、それらの曲線の解析結果は後の機会に発表する予定である。

3. 以上逢坂山で以前から続けてきた伸縮計及び傾斜計の観測点の両側または片側に約50~200mの距離の所に、従来の観測点にあつたものと同じ成分の観測器械を設備して同じ成分の直線ひずみや傾斜変化の距離(場所)による相違を比較する観測を始めた。観測所の主坑道の方角 N38°E 方向の直線ひずみは1の地区と3の地区でよく一致する変動を示すことが分つた。また3の地区のL3による直線ひずみの年変化と1の地区のR1による直線ひずみの年変化との振巾の比から、極めて大まかな計算値としてその波長は最小1.7kmと言う値を求めた。N-S方向とE-W方向の直線ひずみの成分を比較して、3の地区はほとんど永久変化はないが、1の地区はE、Nともに永久変化が同じく収縮方向に1年に $3 \sim 4 \times 10^{-6}$ の割合で進行していることが分つた。また測線の方向がわずかに違つても、その相違は大きい。伸びの加速度の符号に

についてみると、1の地区と3の地区とを比較してみるとE方向の直線ひずみは非常によく一致し、N38°E方向の直線ひずみはこれに次ぎ、N方向の直線ひずみは逆符号であることが多い。また垂直成分の直線ひずみの加速度の符号の一致する回数はほとんど半数に近い。要するに直線ひずみの加速度の符号の一致する回数は東成分では多く、南成分では反対である場合が多い。また垂直成分の場合はわずか距離がはなれた所でもその直線ひずみ曲線の相違の差が大きい場合があつた。水平成分の伸縮計では観測方向が同一であれば、場所が変わつても潮汐変化の位相と振幅はほとんど等しく、また、垂直成分の場合位相は等しいが、その振幅が坑道断面との相対位置によるかもしれない相違があつた。

傾斜変化については永久的な変化は22カ月間に東西、南北成分ともに観測位置によつて多少の相違があり、東西成分は1と3とは相互に逆の方向に約1秒づつ、南北成分は同じ方向に約3秒の絶対値の相違を示した。加速度の符号のかなりよく一致し、極めてわずか東西成分の方が多く一致していた。2の地区は常時も傾斜変化は大きかつたが、1961年6月以降その変化は異常に大きくなつた。しかしその直接原因は約10m近くまで近づいたき裂によるものと思われ、その影響する範囲は狭いのでそのき裂の深さは極く浅いものと思われる。

この観測の究極の目的は観測される変化が広範囲、一般には地表面下深くまで及ぶ変動であるかをしらべること、地殻変動の観測の研究では広い地域の変化を推定するためには局所的な土地の変化をもよくしらべておくことが必要である。この観測は長さにして約400mの範囲で行なわれたのであるが、観測によつて推定される土地の容積は測線の及んでいる長さの3乗に比例すると思われるから少しでも広い範囲(長い測線)の観測をすることは有意義なことで、また、たとえ直径数100mの地区でも様なひずみが起こっていることが分れば、場合によつてはその弾性エネルギーの量は一考すべき値になる。以上は始めたばかりの近距離の多点観測のほんの序の口を述べたにすぎないが、さらにくわしく遭遇したいろいろな事象についてしらべてみたいと思う。また多くの観測所でこの試みを研究されることを望むものである。

4. この研究に対して京都大学教授佐々憲三、同西村英一教授を始め、多くの方がたから有益な御指導を賜つたことを深く感謝いたします。またこの観測の施設のために日本道路公団から多くの援助を受け、またこの公団との折衝に奔走された防災研究所高田喜三次事務長はじめ、その関係者に対して、さらにまた、気象関係の資料を頂いた京都気象台に対して厚く御礼申し上げます。

#### 参 考 文 献

- 1) 萩原尊礼、表俊一郎：富士山麓に於ける地表傾斜変化の研究(其の1)、Bulletin of the Earthquake Research Institute, Vol. 21, 1943, pp. 243-275.
- 2) たとえば、C. Tsuboi : Investigation on the Deformation of the Earth's Crust Found by Precise Geodetic Means, Japanese Journal of Astronomy and Geophysics, Vol. 10, 1933, pp. 93-248.  
宮部直巳：地殻変動の最近の研究、科学文献抄6, 1936, pp. 1-108.
- 3) 小沢泉夫：伸縮計による地殻潮汐の観測、測地学会誌、第2巻、第2号、1955, pp. 54-58.
- 4) 小沢泉夫：地かくの潮汐ひずみの観測、京大防災研究所年報、第3号、1959, pp. 154-162.
- 5) K. Kasahara : Physical Conditions of Earthquake Faults as Deduced from Geodetic Data, Bulletin of the Earthquake Research Institute, Vol. 36, 1958, pp. 445-464.