

上宝地殻変動観測所における土地傾斜変化の観測 (第 1 報)

一戸時雄・富永 進・加藤正明

OBSERVATION OF THE TILTING MOVEMENT OF THE GROUND AT THE KAMITAKARA CRUSTAL MOVEMENT OBSERVATORY (1 ST REPORT)

By *Tokio* ICHINOHE, *Susumu* TOMINAGA and *Masaaki* KATO

Synopsis

In this paper, the observational results on the ground tilt and strain at the Kamitakara Crustal Movement Observatory are reported. For the tilting movement of the ground, two kinds of tiltmeters were used, one being horizontal pendulum type and the other water-tube type.

Observational results by the use of these two kinds of tiltmeters did not always coincide with each other. Concerning the cause of this inconsistency and the subjects left in future, some discussions were made.

1. 結 言

上宝地殻変動観測所の地理的条件, 研究計画, 主な観測器械等については既に前報で詳述したので¹⁾, それらについてはここでは省略する。本稿では, 観測を開始してから現在までの間に得られた各種の観測資料のうち, 特に傾斜計と伸縮計に関するものについて, 整理解析した結果について報告する。解析に使用した資料の観測期間はつぎのとおりである。

水平振り型傾斜計 :	1966年6月11日	～	1967年11月29日
水管傾斜計 :	1966年12月15日	～	1967年11月30日
水晶管伸縮計 :	1966年11月15日	～	1967年11月29日

2. 観 測 結 果

Fig. 1 は, 観測計器の配置図である。PI, PII は, それぞれ **Pot I**, **Pot II** を表わしており, PI と PII で水管傾斜計の $N45^{\circ}E-S45^{\circ}W$ 方向の成分 (本論文においては, この方向を P で表わし, これに直交する方向を R で表わす) WT_P を構成している。同様に, PIII と PIV で, WT_P に直交する成分 WT_R を構成している。

Table 1 に本報告に関係ある観測計器の種類, 記号, 設置方向, 感度などを一括して掲げてある。水平振り型傾斜計ならびに伸縮計では, 記録紙上 1 mm あたりの感度を示してあるが, 水管傾斜計の場合には, 水面の昇降差 1μ あたりの感度を示してある。

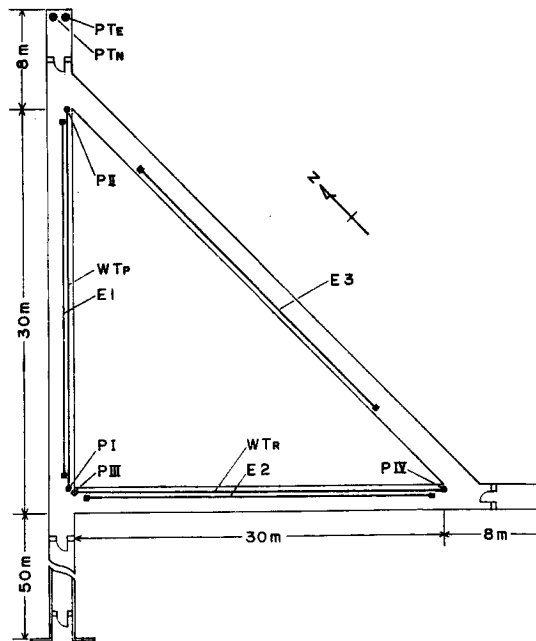


Fig. 1 Arrangement of the instruments

Table 1 Observational instruments.

Instrument	Symbol	Direction	Period or Span	Sensitivity
Super-invar tiltmeters of horizontal pendulum type	PT_N	$N-S$	50 sec	$0.005''/\text{mm}$
	PT_W	$E-W$	35 sec	$0.01''/\text{mm}$
Water-tube tiltmeters	WT_P	$N45^\circ E-S45^\circ W$	30 m	$0.007''/\mu$
	WT_R	$S45^\circ E-N45^\circ W$	30 m	$0.007''/\mu$
Silica-tube extensometers	E_1	$N45^\circ E-S45^\circ W$	28 m	$5 \times 10^{-9}/\text{mm}$
	E_2	$S45^\circ E-N45^\circ W$	28 m	$5 \times 10^{-9}/\text{mm}$
	E_3	$N-S$	28 m	$5 \times 10^{-9}/\text{mm}$

3. 観測結果

水平振子型傾斜計と水管傾斜計の経年変動を比較してみると、水平振子型では、比較的なめらかな変動をしているが、水管の場合にはかなり測定値がばらつくので、smoothingをほどこして比較してみた。なお、水管傾斜計の読取りは、原則として2日に1度はほぼ同じ時刻に行っており、マイクロメーターに接続している針先が、水中から水面へ接触する瞬間を顕微鏡でのぞいて読取っている。

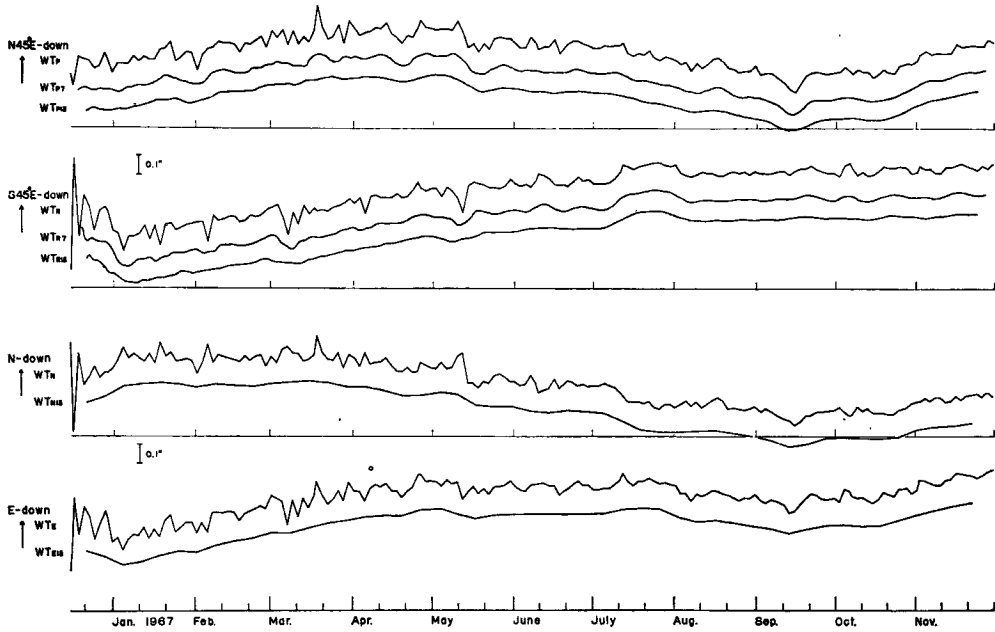


Fig. 2 Tilting movement of the ground observed with the water-tube tiltmeters.

Fig. 2 における記号は、 P 方向の成分については、読取日ごとに得られた値を折線で結んだものを WT_P で表わし、巾を7日および13日として移動平均をとり、smoothing したものをそれぞれ WT_{P7} 、 WT_{P13} と表わしてある。 R 方向の成分についても同様である。水管傾斜計と水平振子型傾斜計では、設置方向が 45° 異なるので、水平振子型傾斜計の設置方向の成分に直してやったのが WT_N と WT_E であり、 WT_{N13} 、 WT_{E13} はそれぞれ13日の移動平均値を、水平振子型傾斜計の記録取替日ごとに折線で結んだものである。

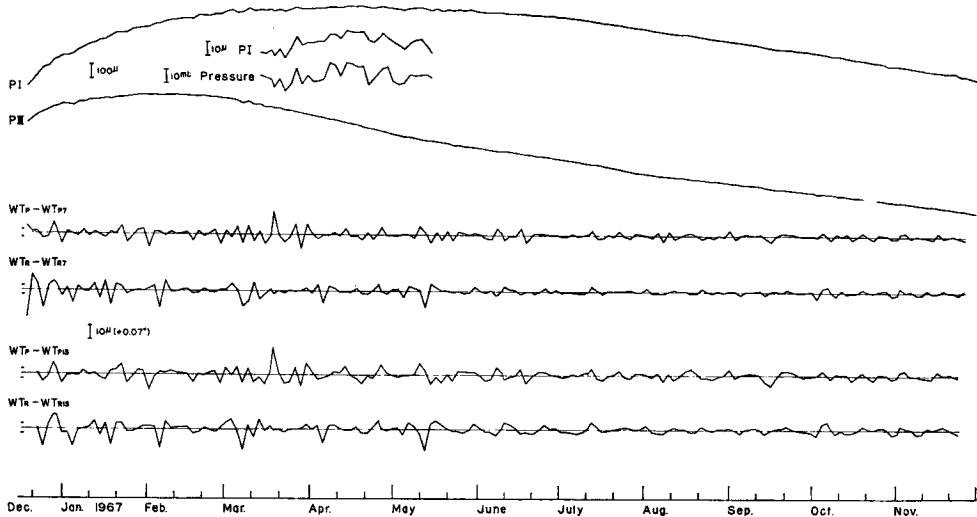


Fig. 3 Fluctuation of the ground tilt from the running means of 7 and 13 days.

つぎに、水管傾斜計の読取値の信頼度を検討してみる。(Fig. 3 参照)。

まず、4個の Pot の読取値の変動については、PI と PIII の読取値を折線で結んだものを Fig. 3 に示してある。PII, PIV はほとんど PI, PIII に平行になるので、省略してある。設置してからしばらくは水位が下がっていたのが、最近では水位が上ってきている。水管の材質は塩化ビニールに可塑剤を入れたものなので、水管が徐々に縮んできているための影響ではないかと思われる。また、PI の観測期間の一部を10倍に拡大したものと、同じ期間における気圧とを並べてみると、水の体積変化と気圧変化とがよく対応しているのがわかる。いずれにしても、両端の Pot における読取値の差をとれば、こういうことはほとんど問題にならない。つぎに、移動平均からのばらつきを調べてみる。巾を7日にとった場合のばらつきは、Fig. 3 においては、 $WT_P - WT_{P1}$, $WT_R - WT_{R1}$ で表わされており、平均2乗誤差を計算すると、P方向、R方向についてそれぞれ 2.8μ , 3.4μ となる。図では零線から2本の横線までの間隔で表わしてある。巾を13日にとった場合についても同様のことを試みると、この場合の平均2乗誤差はそれぞれ 3.2μ , 3.6μ となる。以上の値はいずれも1966年12月15日から1967年9月6日までのデータから求めたものである。図からもわかるように、観測開始時に比べると、かなりばらつきが少なくなってきた。従って、ばらつきは、大きく見積っても $\pm 3 \mu$ 程度ということが云えるようで、この程度のばらつきは、読取誤差や潮汐の影響その他の擾乱を考えるとやむを得ないものと思われる。

Fig. 4 に、水平振り型傾斜計ならびに水管傾斜計の N-S 成分と E-W 成分を示してある。水平振り型傾斜計に着目すると、設置してから数ヶ月は、かなり傾斜変化が大きくなってきている。これは、主として、

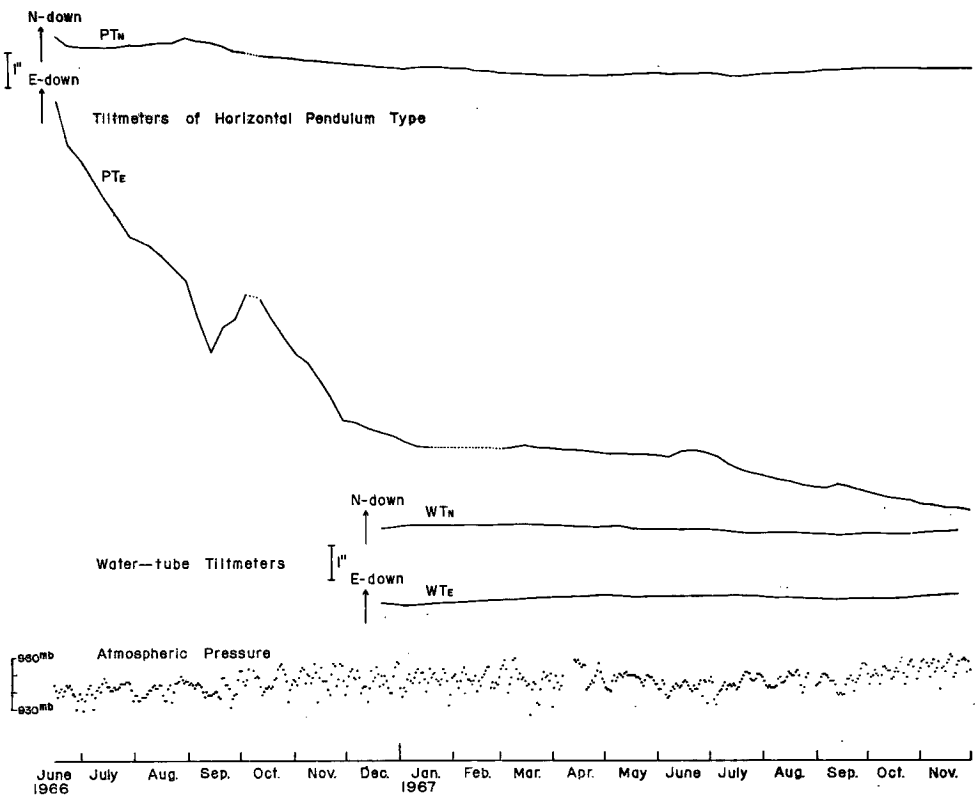


Fig. 4 Tilting movement of the ground observed with the tiltmeters of horizontal pendulum type and water-tube tiltmeters.

ンクリート台が安定するまでの影響と思われる。水管傾斜計の観測が始まる頃から、かなり傾斜変化がゆるやかになってきている。1966年10月の点線の部分は、開所式と測地学会が上宝で開かれた前後の時期に相当しており、多数の人間が坑道へ出入したので、あるいは、そのための影響かと思われる。1967年初期の期間は器械の drift が大きかったので、その前後の記録から補間してある。Fig. 4 の1番下に気圧を plot してあるが、傾斜との対応はないように見える。

Fig. 5 は、水平振り型傾斜計で観測した土地傾動のベクトル図である。E-W 成分が N-S 成分に比べて非常に大きくでている。4 角の枠で囲んだ部分が水管傾斜計による観測期間に相当する部分である。

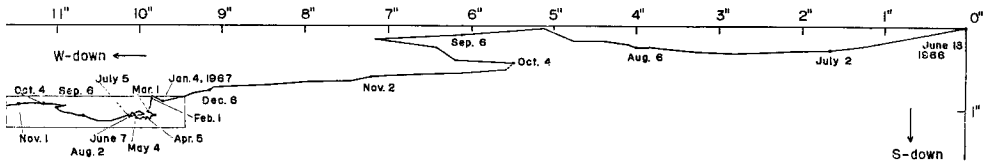


Fig. 5 Vectorial representation of the ground tilt observed with the tiltmeters of horizontal pendulum type.

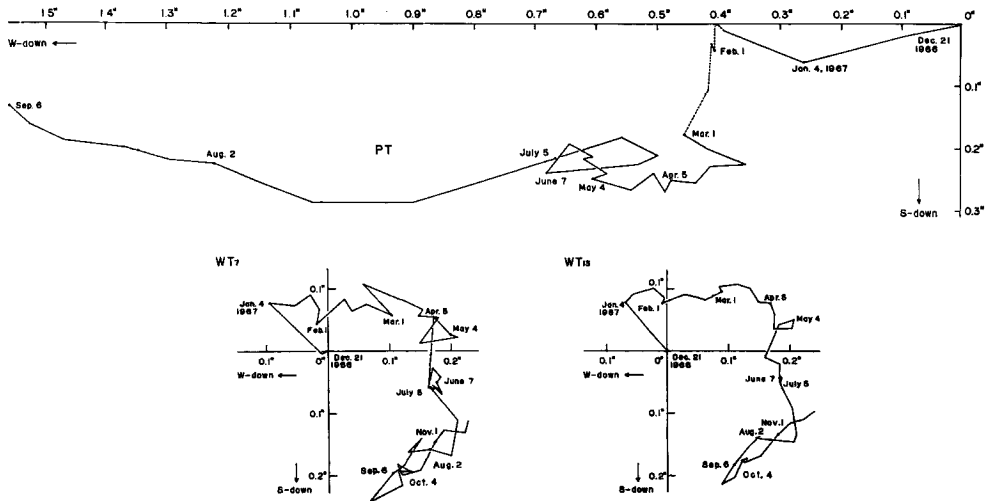


Fig. 6 Comparison of the vector of the ground tilt observed with the tiltmeters of horizontal pendulum type with that observed with the water-tube tiltmeters.

Fig. 5 の4角な枠の部分を拡大したのが Fig. 6 の上のグラフである（但し1967年9月6日以降は省略してある）。E-W 成分もかなり落着いてきたように見えたのだが、7月5日あたりから、再び大きく傾斜しはじめている。いまのところその原因ははっきりしていない。比較のために、同じ期間に水管傾斜計で得られた傾動のベクトル図を、7日の移動平均と13日の移動平均の2つの場合について書いてみたのが、Fig. 5 の下の2つのグラフである。水平振り型傾斜計のベクトル図とは、全然異なった変動を示している。

ここで、同一坑道の中で、しかもわずかに数メートルしか離れていない場所で、両者による観測結果がこのように異なっている原因について考えてみると、

- 第1に器械の aging によるもの、
- 第2にコンクリート台の変形によるもの、
- 第3に坑道掘さくの影響によるもの、

第4に場所によって、実際に傾斜変動が異なっていることによるもの、などが挙げられる。

さらに、萩原が指摘しているように²⁾、土地の傾斜の波長が短い場合には、水管傾斜計では平均的な傾斜がでてくるのに対し、水平振子型傾斜計では、極めて局所的な変動しか記録しないということが考えられる。従って、すでにいわれているように、比較的短周期の変動は別として、経年的な傾斜変動の絶対的な量、方向に関して、こういう観測の結果だけからは、軽々しく断定するわけにはゆかないということがいえる。

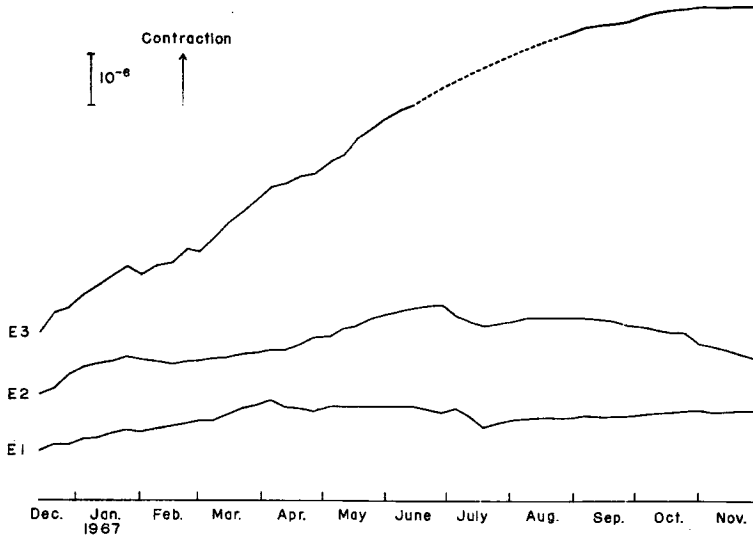


Fig. 7 Change of the ground strain observed with the silica-tube extensometers.

Fig. 7 に伸縮計 3 成分の観測結果を示してある。1967年 6 月に水晶管の吊線の取替えを行ったので、 E_1 、 E_2 にはその影響が多少でているようである。 E_3 の点線の部分は、水晶管が折れていたため、その前後の記録から補間した期間である。水晶管の接着には、エポキシ系の樹脂を使っているので、樹脂が完全に硬化するまでの影響も多少含まれていると思われる。試みに、3 成分とも記録が取れ始めた1966年12月6日から1967年11月29日までに観測された歪が、そのまま地面の伸び縮みを表わしているものと仮定して、この期間における最大歪の大きさおよび方向を求めてみると、ほぼ E_3 の設置方向で、最大の縮み (-6.5×10^{-6}) となり、これに直交する方向で、最大の伸び (4.5×10^{-6}) となる。

4. 結 語

今後の問題としては、水管傾斜計と水平振子型傾斜計の傾動のベクトルが異なっていることの原因を明らかにするために、今まで他の観測所で何度もやられてきたことだが、同じコンクリート台の上に、同じ成分の傾斜計を、2 台以上設置して比較観測したり、場所を変えて設置してみるなどの基礎テストを、上宝でもあらためて行なってゆくつもりである。

参 考 文 献

- 1) 一戸時雄，富永進：上宝地殻変動観測所序報，京都大学防災研究所年報第10号A，1967，pp.113—121.
- 2) 萩原尊礼：地震の予知，初版，昭41.