

# 上宝地殻変動観測所における土地 傾斜変化の観測(第2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 (2ND REPORT)

By *Tokio ICHINOHE, Susumu TOMINAGA and Masaaki KATO*

### Synopsis

The observations of the ground tilt and ground strain at the Kamitakara Crustal Movement Observatory have been made for about two years since the end of 1966.

For the ground tilt, two kinds of instrument are used: horizontal pendulum type and water-tube type tiltmeters. Observational results with the use of different kinds of tiltmeter show remarkable discrepancies even in their directions of tilt.

For the observation of the ground strain, the silica-tube extensometers are used. The results are discussed taking account of the influence of rainfall.

### 1. 緒 言

上宝地殻変動観測所において、水平振り子型傾斜計の観測が開始されたのが1966年6月、次いで水晶管伸縮計による観測が1966年11月に始まっているから、今までに2年余り経過したことになる。この間、計器設置後かなりの期間残存すると考えられる初期的な記録のみだれや、新たに別種観測計器をセットする工事に伴う欠測などもあって満足すべき観測結果は得られない期間もあったが、最近になって観測も軌道に乗った観があるので、その結果を報告する。

### 2. 観 測 計 器

当観測所に設置された計器、およびその予備的な観測結果については既に報告されている<sup>1),2)</sup>ので詳しい説明は避けるが、その後新たに設置された計器もあるので、Fig. 1 およびTable 1 にその配置、種類を示して簡単にふれることとする。

Fig. 1, Table 1 に示された観測計器のうち、水平振り子型傾斜計、水管傾斜計、水晶管伸縮計、長周期地震計、可変容量型傾斜計、可変容量型ひずみ地震計については、既に報告がなされている<sup>1),2),3),4)</sup>。このうち水晶管伸縮計の  $E_3$  (N-S 成分) については、1967年6月中旬に折損事故が既に起っていたと考えられ、それが発見、修復される約2ヶ月半にわたっての観測結果は当然使用することができなかった。 $E_1$  (NE-SW 成分) についても1968年5月初旬に折損事故が発生したが、これはただちに修復されたので欠測することもなく、また修復後の影響も、顕著なるものは認められなかった。

また水管傾斜計においても、1968年7月中旬、観測の都合上、読取部分の pot を90°回転し、一部水を入れ換えたりしているが、その影響も見られていない。

永年変化を測定するための傾斜計2成分は、1968年6月に設置されたばかりであり、未だ試験的段階を出ないが、要するに重さ5kgの錘をピアノ線で吊った水平振り子型傾斜計の1種である。

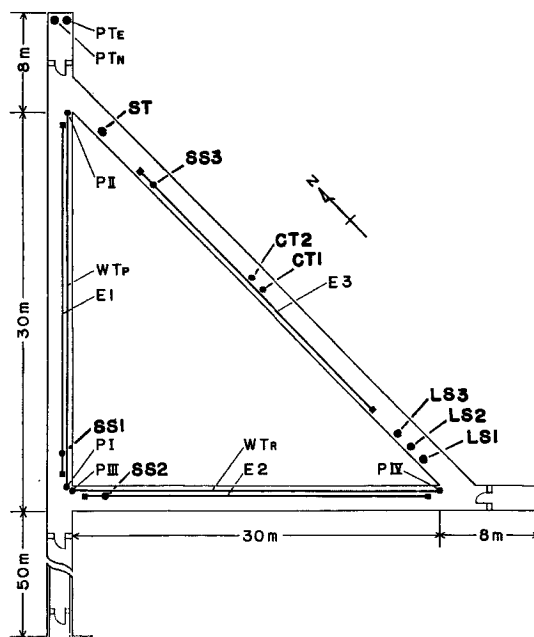


Fig. 1

Table 1 Legend for Fig. 1

Symbol	Instrument
$PT_N, PT_B$	Super-invar tiltmeters of horizontal pendulum type
$WT_P, WT_R$	Water-tube tiltmeters
$E_1, E_2, E_3$	Silica-tube extensometers
$ST$	Tiltmeter for secular ground tilt
$CT_1, CT_2$	Tiltmeters of a variable capacitance type
$SS_1, SS_2, SS_3$	Strain seismographs of a variable capacitance type
$LS_1, LS_2, LS_3$	Long period seismographs

### 3. 土地傾斜の観測

水平振り型傾斜計による土地傾斜の観測と、水管傾斜計によるそれとの比較は、大いに興味をそそるところであって、色々の問題点を多くふくんでいる。

当観測所では、水平振り型による観測は1週間をエポックとして連続的に行なわれているが、水管による観測は2日おきに観測者自身が各読取potにあるマイクロメーターを操作して測定すると云う断続的なものである。したがって後者による観測では、潮汐による影響がいかに効いているのかを直接知ることはできない。さらにマイクロメーターの操作は非常に微妙なもので、観測者による個人差も無視できないだろうし、かつ観測者の各potに接近している時間差によっても読取値が温度の変化による影響を受けているかもし

れない。これらの多くの因子のために、水管傾斜計による生の土地傾斜観測値にはかなりのバラツキが見られる。Fig. 2 の下方には、水管傾斜計による生の読取値に、巾13日の移動平均をとり smoothing をほどこした結果が2成分示されている。なお当観測所においては、水管傾斜計と水平振り型傾斜計とは設置方向が45°の角度をなしているので、水管の記録を水平振り型2成分の方向へ引き直してある。

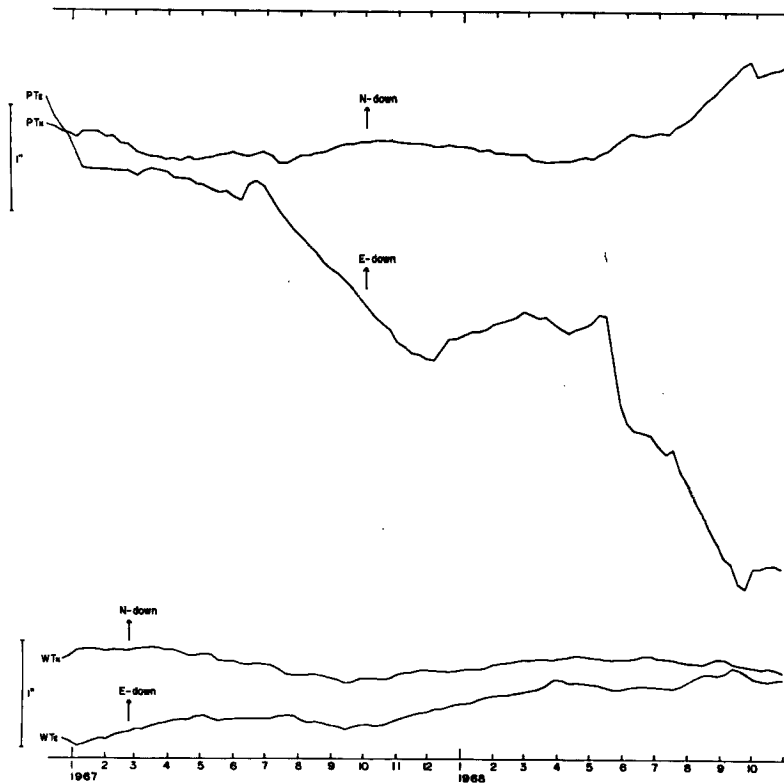


Fig. 2 The ground tilt observed with the tiltmeters of horizontal pendulum type and water-tube tiltmeters

一方 Fig. 2 の上方には、水平振り型傾斜計による土地傾斜の観測値が N-S, E-W の2成分示してある。この結果をみても注目されるのが W-down の傾斜量が非常に大きいことである。Fig. 2 には示していないが、水平振り型傾斜計による観測の始まった1966年6月から同年12月までの観測結果をみても、この W-down の傾向が卓越しており、その時点では、傾斜計を設置したコンクリート台が十分硬化していないことによる過渡的な現象であろうと推定し、一定期間を経過した後ではより小さい量に落ち着くであろうとの期待を抱き、事実、1967年2月頃から見られるかなり平坦な部分が、安定した状態に入ったことを物語るものであると考えていた。しかるに同年7月を境として W-down の傾斜が再び顕著に現われ、1968年6月からはさらに急速な W-down の傾斜が見られるようになった。コンクリート台がより安定しつつあるであろう最近になって、より大きな W-down の傾斜が観測されたと云う事実から、当観測所の水平振り型傾斜計を設置した地点における W-down の傾斜を真のものであるとする結論にはまず誤りはなからうと思われる。

さらに詳しく観測結果を検討するために、変動量の大きい E-W 成分の特徴的な点に注目してみる。1967

年2月初旬より W-down の方向ではあるが、傾斜速度の比較的ゆるやかな時期がしばらく続き、同年6月中旬 E-down の方向に1つの山を作った後、同年7月初旬から12月初旬まで急速な W-down の方向をたどる。12月中旬になると E-down の方向に逆転するが、E-down とは云ってもそれに先行する W-down の傾斜に比べればはるかにゆるやかな傾斜を示す。この傾向は1968年5月初旬まで続き、5月中旬にふたたび E-down の方向に1つの山を作った後急速な W-down の傾斜へと移行して行く。この変動は9月下旬に終って E-down の傾斜がわずかにうかがわれる。しかしこの最後の E-down の傾斜は非常に短い期間の観測によるもので、これに続く傾斜がそのままゆるやかな E-down の傾斜をたどるかどうかは、はなはだ疑わしい。したがって1968年9月下旬の逆転も一応考慮に入れないとすれば、1967年6月中旬、1968年5月中旬の E-down 方向への山、それに続く数ヶ月間の急速な W-down 方向への傾斜が顕著な点、年変化らしきものの存在が想像される。このような傾向は、E-W 成分ほど顕著ではないが N-S 成分にも見られる。E-W 成分で急速な W-down 方向への傾斜時期が、N-S 成分におけるやや大きな N-down 方向への傾斜時期に比較的良好に対応している。

なお、1967年7月下旬に始まるやや大きな N-down 方向への傾斜より、1968年5月初旬に始まるそれが目立って大きいと云う関係は、E-W 成分における同時期の W-down 方向への大小関係と全く等しい。このことは年変化の位相の上に、実際1968年に大きかった永年変化が重なったとも考えられるが、年変化に関しては、わずか2シーズンの観測のみでその存在を断定するのは早計であろう。

水管傾斜計による観測結果と水平振り型によるそれとの比較を容易にするために、Fig. 3 にそれぞれのベクトル図を示す。ただし Fig. 2 からわかるように、水平振り型傾斜計による観測結果では1967年1

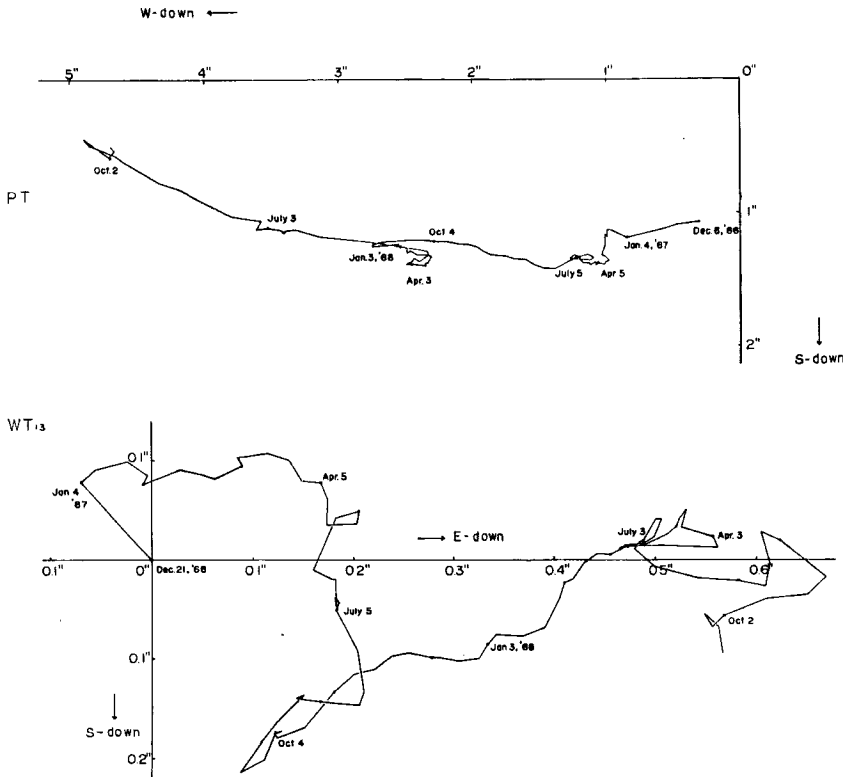


Fig. 3 Vectorial representation of the ground tilt.

月より1968年10月までに4.6"も傾斜しているのに、水管傾斜計による観測では E-W 成分で同期間0.7"ときわめて小さい。このため Fig. 3 中に示される両者のスケールは同一でなく、水管傾斜計の方を7.5倍に拡大してある。

Fig. 3 でわかるように傾斜の大きい E-W 成分で、水管傾斜計による観測値は水平振子型傾斜計によるそれのおよそ1/7であり非常に小さい。さらに傾斜の方向も、前者が E-down が卓越しているのに後者では全く逆である。この両者のベクトル図が全く異なる変動を示す原因としては前報<sup>2)</sup>でも議論し、

- 1) 器械の aging によるもの
- 2) コンクリート台の変形によるもの
- 3) 坑道掘さくの影響によるもの
- 4) 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

を挙げている。しかしこのうち 1) のみによる相違であるとするのは、この相違が時間の経過と共に減少すべき性格のものであり、前にも触れたように水平振子型の E-W 成分で、1968年以降になって急速な変動が見られる点で考え難い。ただし2年余りと云う短い時間の観測なのではっきりした断定は下せない。この事情は 2, 3) の原因についてもある程度あてはまる。しかしこの場合はさらに問題があって、水管傾斜計の読取 pot を設置したコンクリート台が 100 cm×100 cm×50 cm と非常に大きいため、その硬化にかなり長い期間が必要と想像される。読取 pot を設置するには、例えば岩盤からインバールの棒を立てその上に固定するなどして、岩盤にかかる重量をできるだけ小さくしてやる必要がある。4) に関しては、水管傾斜計が読取 pot の距離間（当観測所においては 30 m）の平均的な土地傾斜を与えるのに対し、水平振子型傾斜計では、設置された点の周囲の極く狭い領域の傾斜しか与えないとする議論も成立する。この議論の是非を確かめるには現在水管の両端にしか付いていない水管傾斜計の読取 pot を中間部分にも多く設置したり、また水管に沿うた幾つかの地点に水平振子型傾斜計を配列して個々の傾斜計による土地傾斜を総合的に解析したりする方法が考えられる。当観測所では後者の方法を採用して近く2台の水平振子型傾斜計をとりあえず設置する予定である。

#### 4. 土地伸縮の観測結果

土地伸縮の観測には、長さ 2 m の水晶管を1成分 28 m の長さにエポキシ樹脂を用いて接着し、自由端に水平振子を設置して、伸縮を傾斜に変換して観測する方式を採用している。Fig. 4 には上記伸縮計 3 成分の観測結果を示してある。設置後 3～4 ヶ月間は 3 成分ともそろって縮みの傾向を示しているが、これは接着剤として使用したエポキシ樹脂が硬化するまで膨脹する性質を持つので、その硬化の過程で見かけ上土地の縮みを示したものと考えられる。前にも触れたように、E<sub>3</sub> (N-S 成分) に関しては1967年6月中旬より同年9月初旬までは水晶管の折損事故のため欠測となり、その前後の記録から補間してあるので確実ではない。

E<sub>1</sub> (NE-SW 成分)、E<sub>2</sub> (NW-SE 成分) は非常に良く似た動きを示しているのもので、その特徴的な点を調べてみる。1968年3月初めに大きな伸びが特に E<sub>1</sub> に顕著に見られる。これは急に高温の日が続き融雪がさかんに行なわれ、観測坑道内に多量の湧水をみた時期に対応する。融雪による影響はこれの1年前にもみられるはずであるが、1967年春には気温が徐々に上昇したため観測坑道内の湧水も急激に増加することなく、伸縮計に及ぼす影響も同年1月下旬に見られる僅かな伸びとして現われているに過ぎない。観測坑道内の湧水の多少が伸縮計に影響を与えると云う事情は降雨に関しても同様であろう。Fig. 4 の上方の棒グラフは1週間毎（伸縮計の記録交換日を以って区切ってある）に雨量を積算したものである。ただし降雪は考慮に入れてない。1967年6月27日～7月3日までの1週間に 183 mm の降雨をみたが、その影響は E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> にも伸びとして現われている。同様なことが1968年8月27日～9月3日の 94 mm に対して起っている。これとは逆に1967年8月22日～29日の 59 mm, 1967年10月24～31日の 80 mm, 1968年8月13日～20日の 66 mm に対しては何の影響も見られない。この相違を良く調べてみると、降雨によって伸縮計が影響を受けた時期

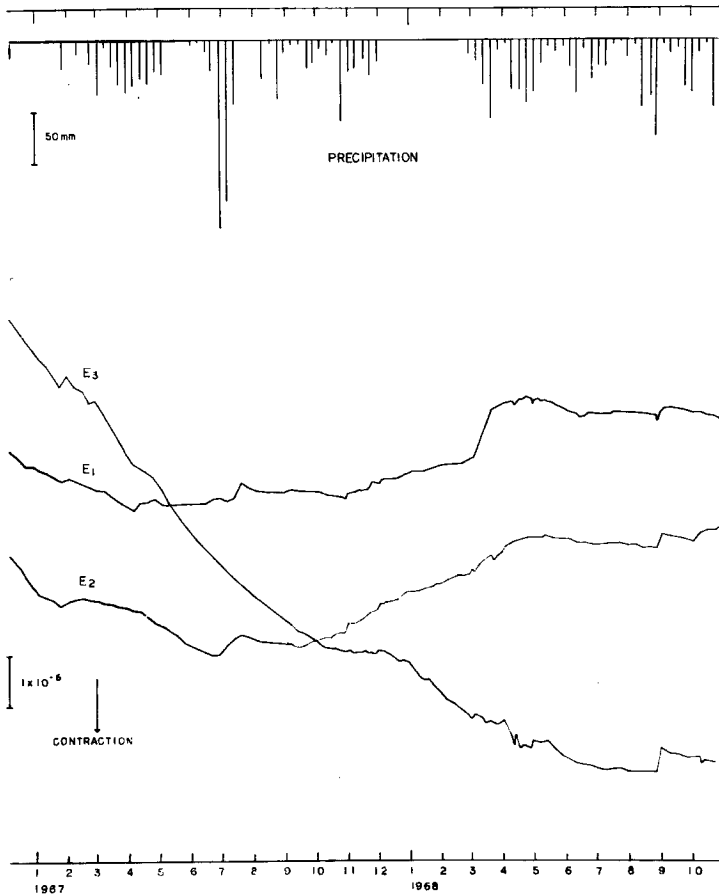


Fig. 4 Change of the ground strain.

は必ず1日に80~100 mm程度の豪雨を伴っていることがわかる。例えば、1967年6月下旬の際には6月28日の98 mm, 同年10月27~8日の80 mm, 1968年8月28~9日の94 mmと云った具合である。この程度の豪雨にならないと観測坑道内に多量の水が浸透することなく、伸縮計の記録に何らみだれを見出せないであろうと思われる。

## 5. 結 論

将来の問題としては、水平振子型傾斜計による観測結果と、水管傾斜計によるそれとの大きなくい違いをいかに説明すべきかと云うことが残されている。この問題を解決するための2つの方法については第3節で触れたが、その他コンクリート台の問題などより基本的な考察も必要なのかも知れない。幸い当観測所では、日常観測に使用されている2台の水平振子型傾斜計の他に、最近自由な実験に使用できる2台の同型傾斜計を入手したので種々の基礎的な実験を開始するつもりである。

第4節では降雨の伸縮計に及ぼす影響について触れたが、より鋭敏に影響を受けるだろうと予想された水平振子型傾斜計の記録には何らみだれも見られなかった。この原因についても考慮する必要がある。

最後に雨量の記録を提供してくれた上宝村役場に感謝し、また日常の観測、記録の整理に尽力してくれた和田安男・和田博夫の両氏にも深く謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 一戸時雄, 富永 進：上宝地殻変動観測所観測序報, 京都大学防災研究所年報第10号A, 1967, pp. 113—121.
- 2) 一戸時雄, 富永 進, 加藤正明：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）, *ibid.* No. 11 A, 1968, pp. 59—64.
- 3) 尾池和夫・小泉 誠・平野憲雄・松尾成光：可変容量型傾斜計の試作, *ibid.* No. 11 A, 1968, pp. 53—58.
- 4) 岸本兆方・尾池和夫・津嶋吉男：可変容量型ひずみ地震計について, *ibid.* No. 11 A, 1968, pp. 67—73.