

9. 宇佐美臨時観測点における傾斜観測

地震研究所 柳 沢 道 夫

(昭和 55 年 2 月 18 日受理)

1. はじめに

伊豆半島沖地震 (1974 年 5 月 9 日, $M=6.9$) の後, 1975 年の初め頃より伊豆半島の中部において, 土地の隆起や群発地震活動が始まった. これらの調査の目的で地震活動・光波測量・重力・地磁気および温泉など各種の観測調査が行なわれてきた (地震研究所, 1977). このうち, 先の地震よりいく分北に寄った伊豆大島近海地震 (1978 年 1 月 14 日, $M=6.8$) が発生した. この頃より, 伊豆半島における土地隆起 (国土地理院地殻調査部, 1979) や群発地震活動 (地震研究所地震移動班, 1979) はいく分北方に片寄ってきた. とくに, 1979 年末より群発地震活動が伊東市の川奈沖に発生した (地震研究所地震予知移動班, 1979; 気象庁地震予知情報室, 1979) こと, および, 同じ頃伊東検潮所の急激な隆起 (国土地理院地殻調査部, 1979 a) が起るにいたったことなどである. また, 萩原ほか (1976) は重力の変化からすでに地殻変動が半島の北寄りになりつつあることを示唆している. このような各種の観測結果が報告されるなかに, 伊豆半島における地殻変動連続観測の報告は全く含まれていない. その理由は, 伊豆半島の東海岸寄りにこの種の観測を行うに適した場所がないからである. しかし各種の地球科学的観測の結果に基づいて, このような地殻変動の連続観測を緊急に行うべきであるとの考えから, 今回, 多くの方々の協力を得て, 伊豆半島北部の東海岸に観測点を設置することができた.

本論文においては次の事柄を報告する. 観測点の周囲の地形と, 観測点の概要および観測坑内の観測設備について, 続いて 1979 年 7 月よりの 4 ヶ月間の連続傾斜観測の状況について, またこの観測坑は降雨の影響を大きく受けることが判明したこと, このほかに特筆すべきこととして, この観測期間中に 20 分から数時間に達する短周期の鋸歯状の傾斜変化が多数観測されたことについてである. これは降雨後一定の期間経過の後に発生し, そのときの雨量とも一定の関係があるようである. この短周期の鋸歯状波形は, 岩石破壊実験による stick-slip の波形の観測結果と類似の波形を示すことから, これらと何らかの関係があるものと思われ, これについても言及したい.

2. 観測点の概要

今回の臨時観測点のおかれた静岡県伊東市宇佐美は, Fig. 1 に示すように, 伊豆半島北部の東海岸にある. 宇佐美の街は, 国有鉄道の伊東線の宇佐美駅を中心として, ほぼ半径 500m の範囲に広がっている. この街区の東側は相模灘に面し, あとの西・北・南の三方は山地に囲まれている. 宇佐美の臨時観測点は, 伊東市の中心街と宇佐美の街の間にあるかなり大きな山地の, 北斜面にある. 所在は伊東市宇佐美塩木道 (しょきみち) 2,710 番地佐々木春式氏宅地内で, 経度 $139^{\circ}4.8'$, 緯度 $34^{\circ}54.8'$, 高さ約 30 m, ほぼ東西に

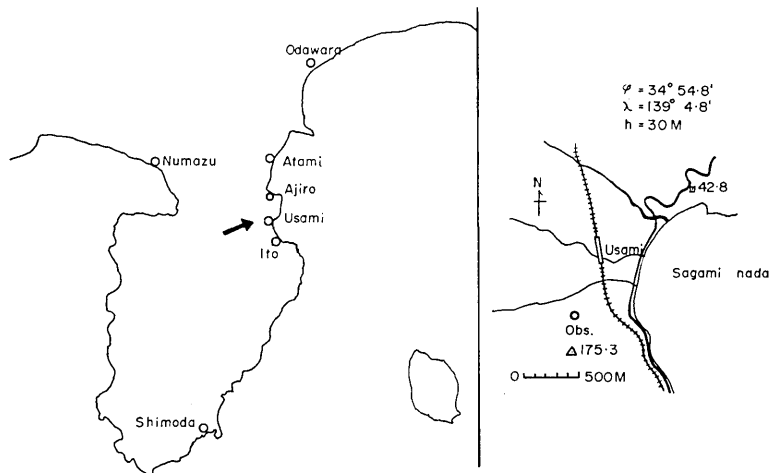


Fig. 1 Location of the Usami observation site.

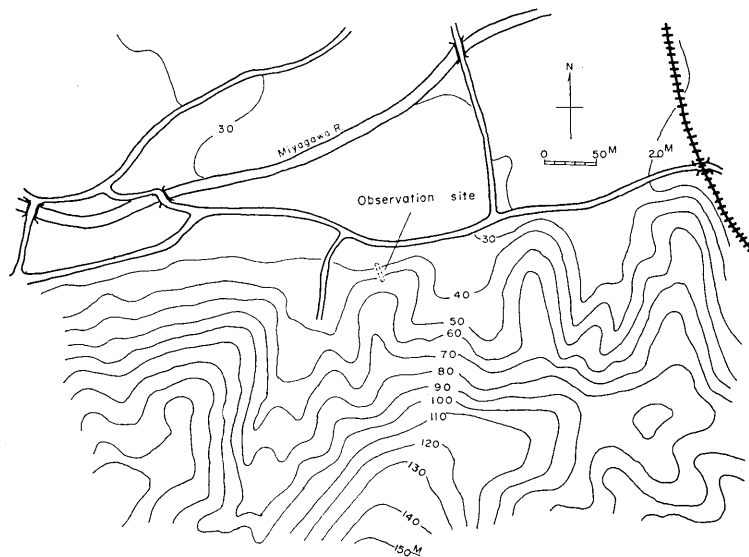


Fig. 2 Topographic map around the Usami observation site.

走っている海岸線からの水平距離は約 550 m である。

観測点付近の地形をみるために Fig. 2 を示す。観測点付近一帯の山裾までは、居住区域になっている。また山地とその山の斜面は、大規模なミカン畑で、そのほかは主として雑木の森林でおおわれている。この付近の岩質は、玄武岩あるいはその変質したものである。

観測坑の平面図を Fig. 3 に示す。この坑は現所有者佐々木氏の話によると、その祖父

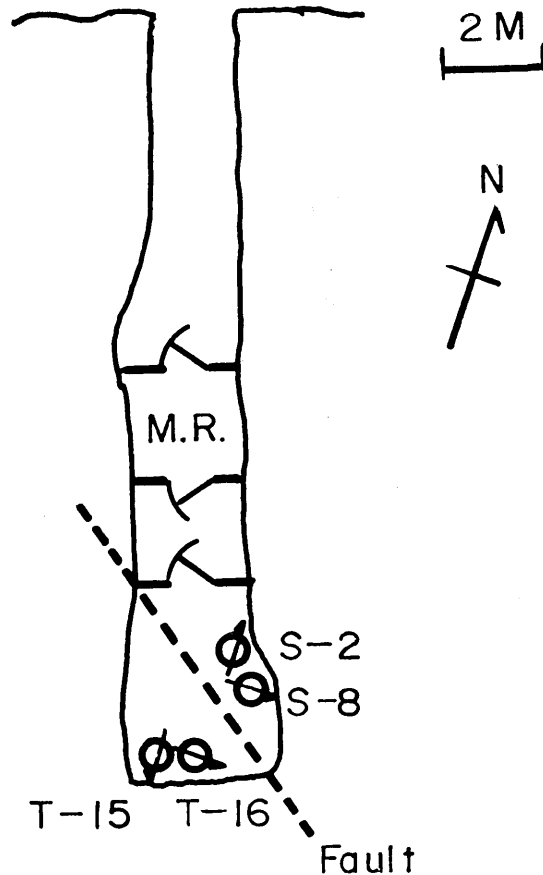


Fig. 3 Plan of the vault at the Usami observation site.

が約 100 年前に掘ったもので、その後、極めて僅かの部分を狩野川台風 (1957 年) の直後に掘ったとのことである。観測坑はなるべく現状を変更しないようにして設置することにしたので、大きさの関係から坑口に扉が取付けられなかった。このためやむなく、坑の途中につけることにした。また坑は全部で 3 個の扉を取りつけた。この 3 室に区切る工事は、1979 年 6 月初めに地震研究所の技術部に依頼して行なった。この工事は約 3 日間で完成することができた。坑に対する加工は、排水のための側溝と、傾斜計を設置する部分の表層の風化部分を削るだけの現状変更を行なった。この工事の状況を示す写真を Photo 1~4 に示す。

観測坑全体を、3 室に区切ったことは前述したが、第 1 室は記録室 (Fig. 3 の中で M. R. と記してある) として使用し、電子装置と記録器を設置した。第 2 室は空室になっているが、これは電子装置から発生する熱の影響をできるだけ少なくするためである。第 3 室は観測室で、傾斜計の本体と前置増幅器を設置した。

今回の観測に使用した TEM 傾斜計については、坪川ほか (1970) がその構成と設計内

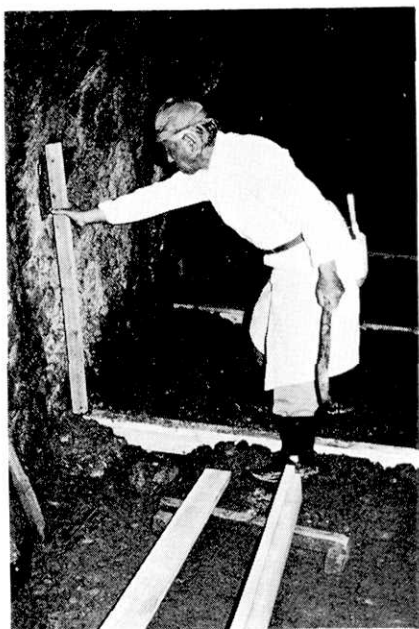


Photo 1 基礎工事

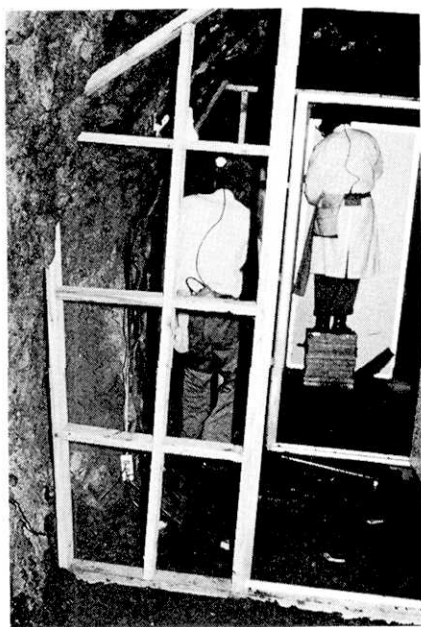


Photo 2 骨組と扉付



Photo 3 間仕切中



Photo 4 完 成

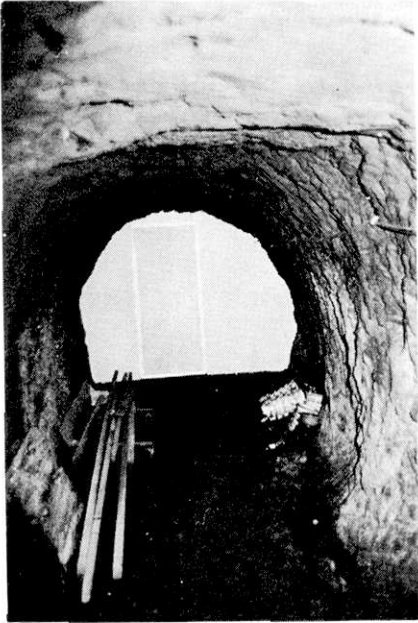


Photo 5 観測坑入口



Photo 6 記録室内

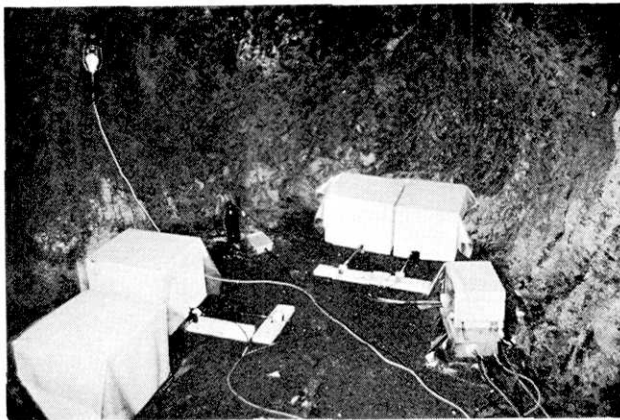


Photo 7 観測室内

容を、長沢 (1972) がそれに使用した交叉吊り振子の性質を、柳沢 (1971, 1974) がその電子回路と性能を報告している。TEM 傾斜計は小型でそのうえ全自動であって、地殻変動の観測時に問題となる傾斜計のドリフトが、取扱法さえ充分ならば $0.3 \sim 0.4''$ /年以下である。また記録紙上において $0.001''/\text{mm}$ 以上の高感度が容易にだせ、感度検定も観測を中断することなくできる点において優れている。この TEM 傾斜計の機械番号 S-2 と S-8 は開発初期のもので、T-15 と T-16 は完成されたものである。ドリフト、温度特性と安定性については後者が、重量、寸法の大きい点で岩石との密着性がよいという面から前者が優れている。

傾斜計を設置した第 3 室には、Fig. 3 に示したように、この部屋を 2 つに分けるかのように西北西から東南東方向に、ほとんど垂直な小断層が走っている。このため断層の西側と東側に各 1 組 (E-W と S-N 成分) の傾斜計を設置した、観測坑の入口付近、測定室の電子装置と観測室内に設置された傾斜計のそれぞれの様子を Photo 5~7 に示す。

傾斜計を設置した上部の土被りの厚さは、約 13 m 程度である。この観測室内に取りつけたサーミスタ温度計 (柳沢, 1973) によって測定した室温は、 $15 \sim 16^\circ\text{C}$ の範囲である。このように室温の変化が比較的大きい理由は、断層の破碎部分を通じて雨水によって熱が持込まれるためと考えられる。

3. 傾斜の連続観測

宇佐美の観測坑内に傾斜計を設置したのは 1979 年 6 月中旬のことである。断層の西側に T-15 と T-16 を、その東側に S-2 と S-8 を設置した。設置直後の大きなドリフトも小さくなり、7 月初めより観測記録を採用するのに充分なものとなった。観測は 2 年をめどに引続き観測を続けているわけであるが、今回はこのうち 7 月から 10 月までの 4 ケ月分について報告をする。これらの得られた記録紙上から毎 0 時と 12 時に読取をして、これをプロットすると Fig. 4 に示すようになる。この図中には、各傾斜計の動きと、室温変化および気象庁網代測候所の 1 時間毎の降雨データを、0 時からと 12 時からの 2 回にまとめて示してある。

この 4 ケ月の観測中に、比較的まとまった降雨の時期をみると、

- 1) 7 月中旬の梅雨末期、
- 2) 8 月下旬、
- 3) 9 月下旬から 10 月の 20 号台風、

の 3 回がある。

Fig. 4 をみると、この 3 つの降雨期に対応するかのように、極めて大きな傾斜変化が現われている。この傾斜変化は下記のように要約できる。

- 1) 7 月中旬、雨量は中程度、傾斜変動は東側が大で、西側は比較的少ない。
- 2) 8 月下旬、雨量は中程度、傾斜変動は東側が大で、西側は比較的少ない。
- 3) 9~10 月、雨量は比較的多い、傾斜変化は東側西側共に極めて大きい。

このように、断層の東側と西側において、傾斜変化のパターンが雨量によって異なった関係を示すことがわかる。即ち、断層の東側の傾斜量は比較的雨量に対応した変化を行なっている。しかし、断層の西側の傾斜変化は、雨量が少ないときには傾斜変化をほとんど

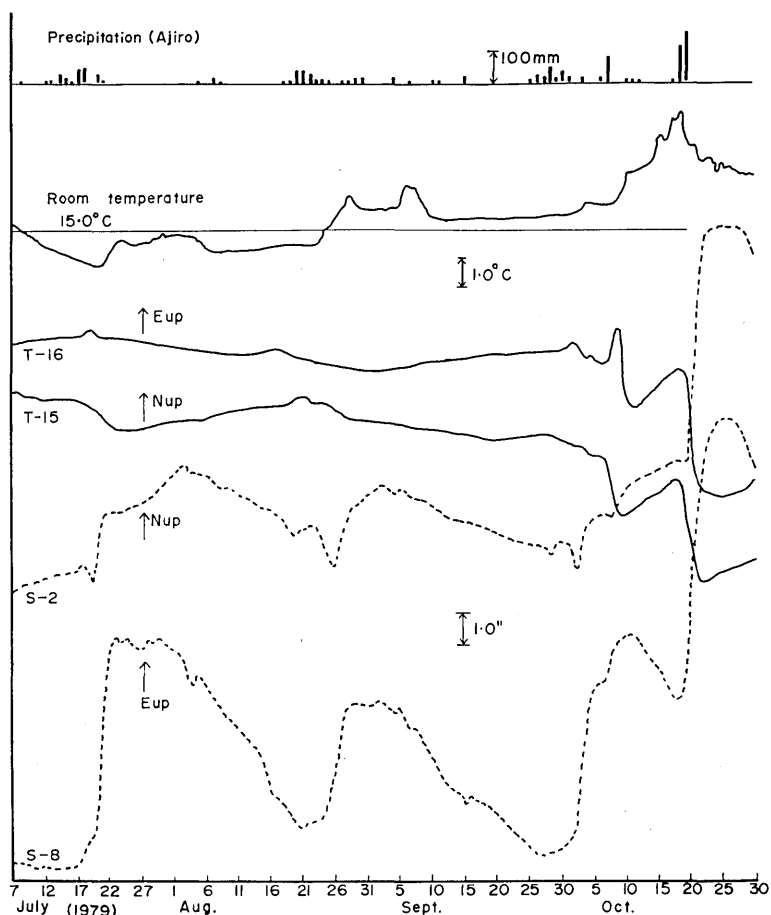


Fig. 4 Long-term tilting motion and room temperature change at the Usami observation site together with precipitation at the Ajiro Meteorological Observatory.

示さず、雨量がある一定量より多くなると雨量に対応した傾斜変化を行うようになる。この原因は、西側の傾斜変化が中程度の雨量である 1) と 2) の時期においては、あとで詳しく説明する短周期の鋸歯状傾斜変化をしているためである。これは、断層の西側は供給される雨量が適当な値であれば、鋸歯状変化の傾斜歪が蓄積せずに回復をしてしまうということである。また、3) の時期においては、傾斜歪が回復せずに蓄積されたために大きな変化となって現れたものと思われる。この傾斜変化は断層の部分に雨による水の圧力をうけて、傾斜計をおいた位置よりみて断層部が沈下したものと考えることができる。その沈下量を概算すると、1), 2) と 3) の時期にそれぞれ 7, 6 と 9 μm 程度である。

室温変化をみると、上記の 3 つの降雨期のあと、いずれの場合も大きくそれが乱されていることがわかる。その変化量は 2°C にも達している。これは雨水によってもたらされるものと思われる。

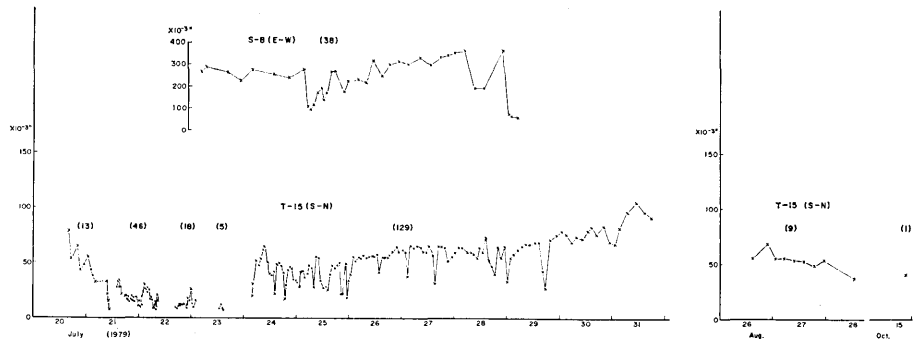


Fig. 5 Short period saw-tooth type tilting motion.

降雨があって後、傾斜変化と温度変化がはじまるまでの時間は、5～7日の間である。また、原位置に復帰するには、傾斜変化で約20日以上、室温変化で2週間程度の時間を要している。

4. 短周期の鋸歯状傾斜変化の観測

前項と同じ傾斜観測期間内に観測された短周期の傾斜変化について説明をする。ここで短周期というのは20分程度から数時間までの周期を意味している。この4ヶ月間に現れた鋸歯状の波形はFig. 10に示したものが典型的な形である。また、この期間の出現状況を示すためにFig. 5を示す。最も発生が多かったのは、7月の梅雨末期の降雨のときで、数えることができたものだけで、

- 1) 7月中旬の梅雨末期、断層の西側において211回、このときのみ断層の東側において38回
- 2) 8月下旬の雨の後、断層の西側のみ9回
- 3) 9～10月の雨の後、断層の西側のみ1回

以上を全部あわせて、断層の西側において221回、断層の東側は少なくとも38回である。このとき、断層の東側と西側は全く独立に運動をしていた。

以上から、7月中旬の雨のあとの鋸歯状変化の記録を時間順に示すとFig. 6(A)～6(D)に示すようである。この記録において注意すべきことは傾斜計の周波数伝達特性のために、原波形が変化していると思われることである。傾斜計の周波数伝達特性は、傾斜計毎に、その使用したダンピング用のシリコンオイルの粘性と振子の重心の位置によって変化する。4台の傾斜計のうちT-15がその高域における周波数特性が最も悪く、次にT-16、S-8とS-2の順である。このことについては後に詳しくふれるつもりである。

Fig. 6(A)は7月21日21時から22日5時にかけての記録で、この鋸歯状傾斜変化の初期のもので、周期は短くまた振幅も少ない。この時期には、断層の西側のT-15とT-16のみがこの変化をしていて、東側のS-2とS-8は一方向の傾斜変化をしている。また室温測定用の温度計の記録も22日2時40分頃より急に乱れが始まっていることに注意する必要がある。この頃より観測室内に降雨の一部の浸入がはじまり、その室温変化に影響が与えられたものと考えられる。

Fig. (6)Bは7月26日4時から15時までのもので、大小の差はあるけれど、断層の

両側の4台の傾斜計全部に鋸歯状傾斜変化が現れている。このときの最大傾斜の方向は、断層の東側はほぼ東西方向で西上り、断層の西側は西北と東南を結ぶ方向で西北上に急激な傾斜変化をしている。このことは、前項中で説明した比較的長期的な傾斜変化とちょうど逆の運動であることがわかる。

Fig. 6(C)は7月28日19時から29日6時までの記録で、断層の西側の鋸歯状傾斜変化の周期が長く、そして振幅が大きくなっている。このとき断層の東側はその振幅がかなり小さくなってきて、鋸歯状形がわかりにくくなっている。

Fig. 6(D)は7月31日の6時から14時までの記録で、断層の西側のT-16の傾斜計は自動リセットの範囲を越えてしまってスケールアウトしたため、欠測になったが、T-15の傾斜計から動きは推定できる。断層の東側の鋸歯状傾斜変化はなくなり、断層の西側のみの傾斜変化だけとなる。この頃の鋸歯状傾斜変化の振幅は極めて大きくなり、周

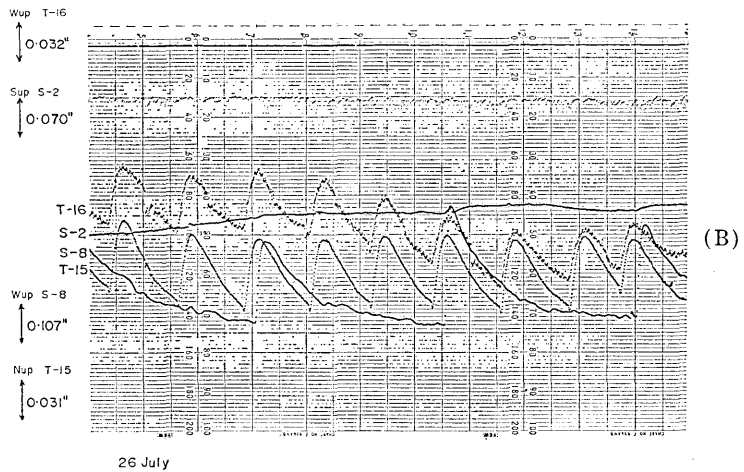
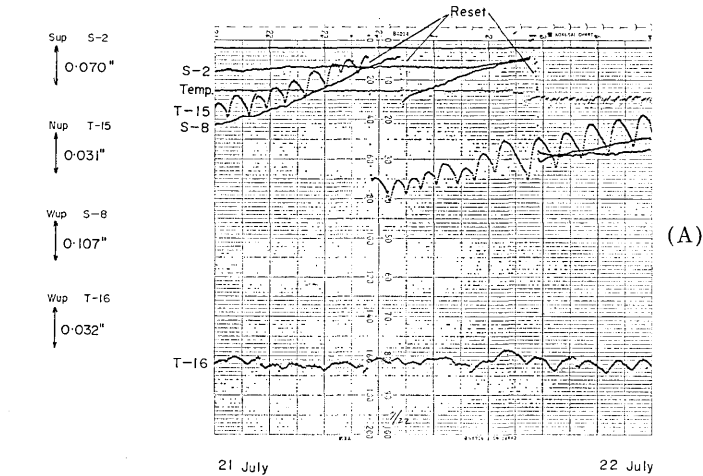


Fig. 6. Records of the tilting motion

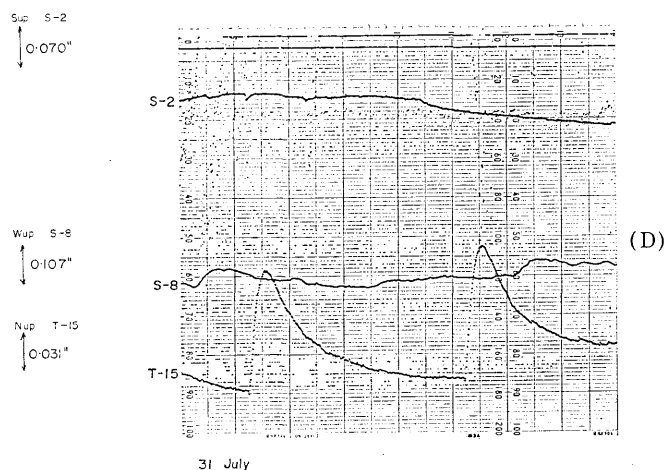
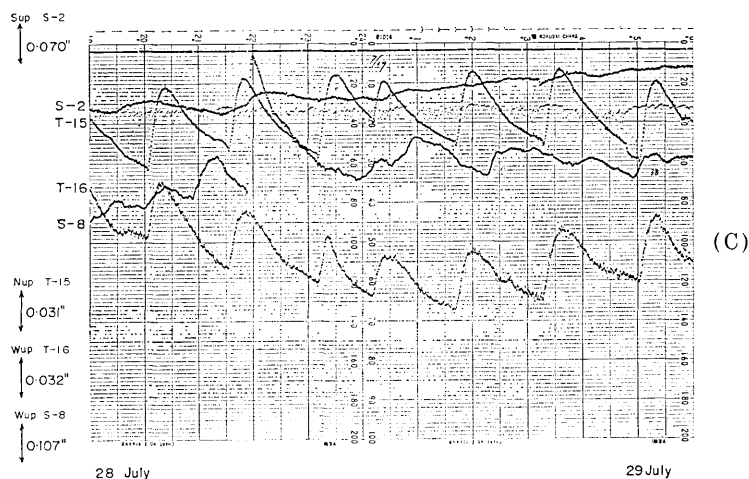


Fig. 6 Records of the tilting motion.

期も 4 時間というように長くなっている。この後あと数回程度でこの傾斜変化はなくなる。

この鋸歯状傾斜変化の振幅と繰り返しの周期が時間の経過と共に変化してゆくありさまを見るために Fig. 7 を示す。この図をみると、はじめの頃は傾斜変化の振幅が $0.03''$ 程度でその繰り返しの周期も 20 分と短かったものが、終り頃になると、振幅が $0.1''$ にもなり周期も 3~4 時間というように大きく変化している。このように振幅と周期が変化する原因についてはよく解らない。

以上のような鋸歯状傾斜変化が記録され始めた時期には、この変化の原因が人工的なものではないかとの疑問もあった。そこでいくつかの調査をした。まず、伊東市役所の水道関係者に問合せたところ、宇佐美の街の上水道は、観測点より西方約 2 km の地点で地下

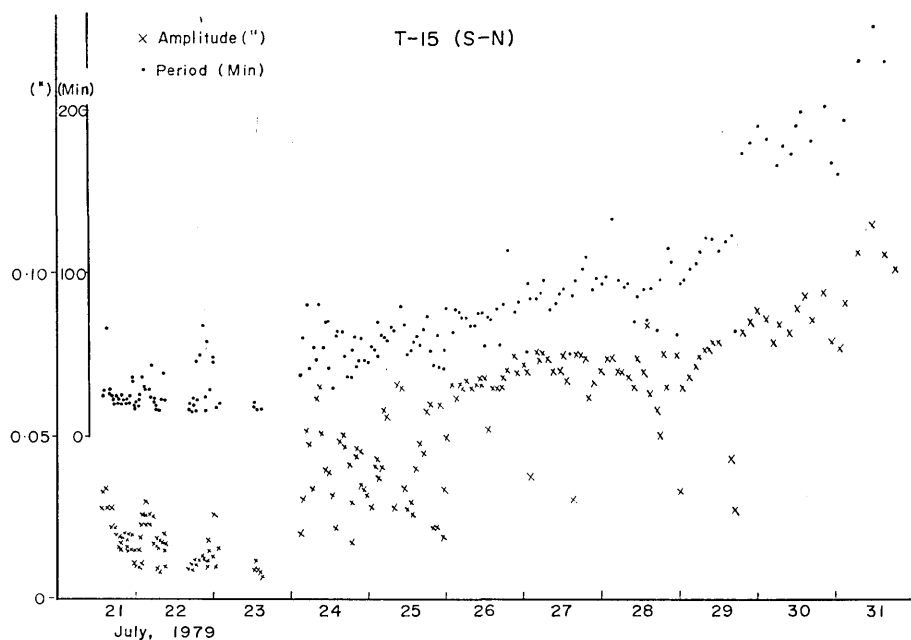


Fig. 7 Temporal variations in the period and amplitude of the short period saw-tooth type tilting motion.

水を汲み上げて、観測点から西方約 500 m の地点に約 500 m³ の貯水槽に貯えて配水しているとのことである。また宇佐美の街には地下水を大量に汲み上げるような産業は存在せず、このほかの地下水を大量に汲み上げる理由は考えられないとのことであった。

また、この観測点の周囲を歩いて調査したが、堰とか井戸というような傾斜変化の原因となるようなものを発見することはできなかった。いま仮に、この傾斜変化が人工的なものに原因があるとする、断層の西側と東側に、それぞれ独立の発生源がなければならない。それに降雨後 5~7 日後からしばらくの間だけ作動するようなものでなければならない。これらの点を考慮して、この鋸歯状傾斜変化の原因は、雨水を原因とした断層の傾斜運動であると判断するのが妥当であると考えられる。

降雨の後に、どのくらいの時間が経過したならば、この鋸歯状傾斜変化が発生するかを調べるために Fig. 8 を示す。この図の降雨のデータは 1 時間毎の値を用いている。そして、降雨と傾斜変化の関係を見やすくするために、両者の時間を 6 日間ずらしてある。Fig. 8 によると、雨量によって異なることもあるかもしれないが、降雨の影響が現れるのは、降雨の後 6 日余過ぎた頃である。このことは Fig. 4 における、長周期の傾斜変化と室温の変化が、やはり降雨の後 6 日余過ぎた頃よりはじまるのと時をほぼ同じくしている。

5. 短周期鋸歯状傾斜変化に対する考察

前項におい観測された、鋸歯状変化の波形は傾斜計の周波数伝達特制の影響をうけてい

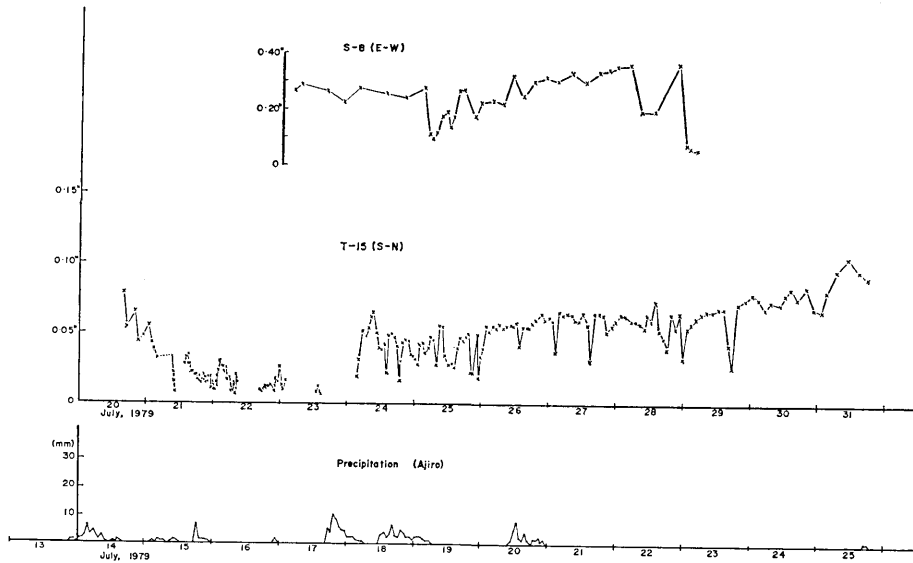


Fig. 8 Relation between the precipitation and the short period tilting motion.

るため、その本来の波形を求めるには、次のような手続を行うことが必要である。

まず、虚数を表すために j を用い、角周波数を ω とすると、傾斜計の周波数伝達関数を $G(j\omega)$ とおける。そして、このとき傾斜計に与えられる定常傾斜入力を e_i 、このときの傾斜計の出力変化量を e_0 とすると、

$$e_0 = G(j\omega) \cdot e_i \quad (1)$$

である。この $G(j\omega)$ を求める方法として、工藤ほか (1968) が地震計に対して行なった方法のうち、ステップ応答を用いた方法を参考にすることにする。傾斜計に対するステップ入力として、傾斜計のリセットを用いて、入力信号としてステップ状の傾斜入力を、これに対する応答を記録紙上より読み取った。

いま、傾斜計に与えたステップ状入力を時間 t の入力とすると $e_i(t)$ となる、そして記録紙上よりの読取値を $e_0(t)$ とする。これをフーリエ変換したものを、それぞれ $E_i(j\omega)$ と $E_0(j\omega)$ とすると、周波数伝達関数 $G(j\omega)$ は、

$$G(j\omega) = E_0(j\omega) / E_i(j\omega) \quad (2)$$

となる。このときに傾斜計の周波数応答は、角周波数 ω が広い範囲に変化するとき、図式的に変化を示す方法として各種のものがあるが、通常これを、

$$G(j\omega) = K / (1 + j\omega T) \quad (3)$$

の形で現わす。このとき、 K は比例定数、 T は時定数である。このようにすると、入力と出力の振幅比 G と、その位相差 ϕ は、

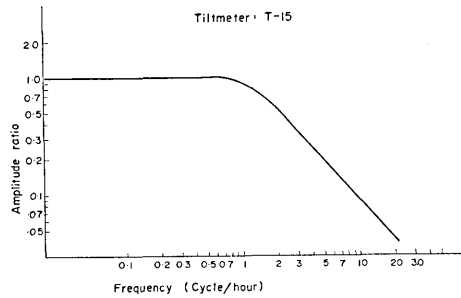


Fig. 9 Frequency characteristics of TEM-tiltmeter No. T-15.

$$G = K / \sqrt{1 + (\omega T)^2}$$

$$\varphi = \tan^{-1}(1/\omega T) \tag{5}$$

とすることができる。

このようにして求めた周波数対振幅特性の例として傾斜計 T-15 のものを Fig. 9 に示す。この場合のカットオフ周波数は 1.5 cycle/hour である。宇佐美に設置した 4 台の傾斜計のうち T-15 は最もカットオフ周波数の低いもので、他の 3 台の傾斜計は、これよりもはるかに応答が早いものである。

次に、観測された鋸歯状波形を記録紙上より読取ったものを $f_0(t)$ とする。これをフーリエ変換して $F_0(j\omega)$ とする。これに次の演算を行なった。即ち、傾斜計への入力鋸歯状波傾斜信号を $f_i(t)$ とし、これのフーリエ変換を $F_i(j\omega)$ とする。そして、

$$F_i(j\omega) = F_0(j\omega) / G(j\omega) \tag{6}$$

を求める。この $F_i(j\omega)$ を逆フーリエ変換して、傾斜計によって歪みを加えられない元の鋸歯状傾斜変化波形を求めた。実際に得られた波形を、このような手続によって修正された標準的な鋸歯状傾斜変化波形として Fig. 10 に示す。

この Fig. 10 の短周期鋸歯状変化は詳細にみると、以下のことがいえる。おそらく雨水によって圧力が加えられて、断層付近の地盤に徐々に傾斜歪みが増加してゆく部分 (a) と、急激な歪み変化の直前の部分 (b)、急激な歪み変化の部分 (c)、それに続く部分 (d) に分けて考えることができる。そして再び (a) となり、次の歪みが蓄えられてゆく部分と、

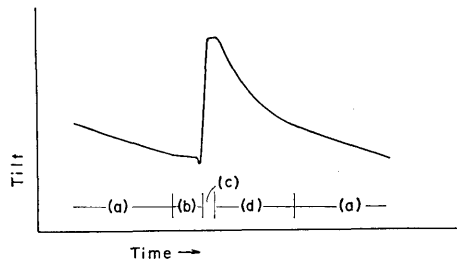


Fig. 10 A typical figure of the short period saw-tooth tilting motion.

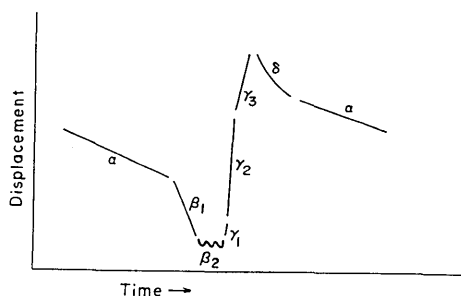


Fig. 11 Detailed phase of a seismic crustal movement (after FUJITA and FUJII, 1973).

周期的に繰り返しをしている。この波形の中で特に注目すべきことは、(b) から (c) に移る部分の傾斜方向が急変するあたりに振動波形が含まれているようである。このようなことから、この宇佐美において観測された鋸歯状傾斜変化は、岩石破壊実験による結果にかなり類似しているものではないかと思われる。

実験室内における岩石破壊実験として DIETERICH (1978) は、岩石に stick-slip を起させて、stick-slip とその前兆現象の波形が観測場所によって、各種の形に変化することを示した。

この宇佐美の鋸歯状傾斜変化の波形と、測地測量によって求められた地殻歪の変動の進行状況を表す図 (FUJITA and FUJII, 1973) が類似していることから、大きさは異なるけれど同じようなメカニズムによっていると考えることも可能である。そこで FUJITA and FUJII による地震性地殻変動の進行を示す各相を、先の宇佐美の結果と比較を試みることにする。FUJITA and FUJII の示した図を比較上の便宜から上下を逆にして示すと Fig. 11 のようになる。そして彼等が示した、 α は定常状態、 β_1 はダイラタンシーの状態、 β_2 は不安定状態、 γ_1 は地震前のスリップ、 γ_2 は地震時のスリップ、 γ_3 は地震後のスリップ、そして δ は過渡の状態としている。また、 α の時を弾性的な、 β_1 から δ までを非弾性的な状態としている。短周期鋸歯状傾斜変化と対比すると、(a) — α 、(b) — $\beta_1 \cdot \beta_2$ 、(c) — $\gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_3$ 、そして (d) — δ ということであろうと思われる。

6. おわりに

宇佐美における傾斜観測は、1979年7月より始めたばかりである。今回は、このうちの4ヶ月分について報告をした。この短い観測期間内に、宇佐美の臨時観測点内の小断層について、降雨による水の圧力の影響を受けて、断層の両側共に独自の傾斜運動をすることを発見した。これは、

1) 降雨の後6~7日経過すると、その影響が現れる。これは1週間以上にわたる長期的傾斜変化、20分から数時間の周期的短周期変化と坑内室温変化ともほとんど同じである。

2) 雨量があまり多くないときは、断層の東側は長期的傾斜運動をするが、西側は長期的変化はあまりない。

3) 雨量があまり多くないときに、断層の西側が周期 20 分から 4 時間で傾斜量が $0.03''$ から $0.1''$ に達する鋸歯形状の傾斜変化を繰り返すことが観測された。断層の東側も数は少ないけれど西側と異なった周期のものが観測された。

4) 上記の長期的の変化と短周期の変化との関係は、短周期の鋸歯状傾斜変化が長期的な傾斜変化を緩和するように運動している。

5) 降雨の影響が完全に除かれるのは、降雨後 60 日余を要する。

6) 大量降雨があると、断層の東層の東側と西側共に長期的な変動を示す。したがってこのようなときは短周期の変化は少ない。

7) 長期的傾斜変化は、断層の部分が周囲より下に押下げられるような傾斜変化である。

8) 短周期の傾斜変化は現在も依然として発生している。

9) 短周期の傾斜変化は、付近を調査した結果によって人工的な原因ではない。

10) 短周期傾斜変化の鋸歯状波形は、岩石破壊実験による stick-slip と測地的観測によるパターンと類似している。

この宇佐美の傾斜観測は、まだその緒についたばかりであり、更に、観測を続けて、降雨による断層の運動について精密な調査をすることによって、そのメカニズムについて考究を加えたい。

謝 辞

宇佐美臨時観測点の選定と用地の借用について協力をいただいた伊東市役所地震対策室長の佐藤哲郎氏をはじめとする関係者の方々、観測点周囲の状況について教示をいただいた伊東市役所の水道関係の方々、観測坑を使用するについて心よく協力して下された宇佐美の佐々木春弑氏、降雨のデータを提供していただいた気象庁網代測候所の藤沢馨所長をはじめとする所員の方々、これらの多くの方に心よりの感謝の意を表すものであります。

観測坑の工事の設計と施工をして下さった地震研究所技術部の堀田宗次郎技官と中野徳治技官、および、この観測の立案と実施計画および論文作成に数多くの指示をして下さった地震研究所・萩原幸男教授、論文作成に協力をいただいた村田一郎・長沢 工両氏、これらの方々心よりの感謝の意を表します。

文 献

- DIETERICH, J. H., 1978, Preseismic fault slip and earthquake prediction, *J. G. R.*, **83**, 3940-3948.
- FUJITA, N. and Y. FUJII, 1973, Detailed Phase of seismic crustal movement, *Jou. Geod. Soc. Japan*, **19**, 55-56.
- 萩原幸男・田島広一・井筒屋貞勝・花田英夫, 1976, 1975~1976 年における伊豆半島東部の重力変化, 測地学会誌, **22**, 201-209.
- 地震研究所, 1977, 伊豆半島における地震活動, 1974-1977 (特集号), 地震研究所集報, **52**, 111-342.
- 地震研究所地震移動観測室, 1979, 伊豆半島付近の地震活動 (1978 年 5 月~10 月), 地震予知連絡会々報, **21**, 83-86.
- 地震研究所地震予知移動観測室, 1979, 伊豆半島付近の地震活動 (1978 年 11 月~1979 年 4 月), 地震予知連絡会々報, **22**, 57-62.
- 気象庁地震予知情報室, 1979, 伊豆半島川奈崎沖の群発地震について, 地震予知連絡会々報, **22**, 63-67.

- 国土地理院地殻調査部, 1979, 伊豆半島における地殻上下変動, 地震予知連絡会々報, **21**, 93-96.
 国土地理院地殻調査部, 1979 a, 伊豆東部地方の地殻変動, 地震予知連絡会々報, **22**, 68-71.
 工藤一嘉・嶋 悦三・佐藤泰夫, 1968, 臨界制振に近い状態にある地震計の検定, 地震研究所彙報, **46**, 1313-1324.
 長沢 工, 1972, 交叉吊り振子の性質について, 測地学会誌, **18**, 141-148.
 坪川家恒・長沢 工・柳沢道夫・村田一郎・田島広一・佐藤忠弘, 1970, 電磁型傾斜計とそれによる観測, 測地学会誌, **16**, 209-231.
 柳沢道夫, 1971, TEM 傾斜計の電子回路とその信頼性, 測地学会誌, **17**, 160-169.
 柳沢道夫, 1973, 鋸山地殻変動観測所における坑内温度の年変化の計測, 測地学会誌, **19**, 225-232.
 柳沢道夫, 1974, TEM 傾斜計と赤金における傾斜観測, 測地学会誌, **20**, 160-177.

9. *Continuous Observation of Crustal Tilt at Usami,
the Northern Part of Izu Peninsula.*

By Michio YANAGISAWA,
Earthquake Research Institute.

The purpose of the present observations is to clarify the crustal tilt in the northern part of Izu peninsula. Measurement of crustal tilt at the Usami observation site has been carried out by using two sets of TEM-tiltmeters since July 1979.

There is a small fault across the observation vault, and the tiltmeters are established on both the sides of the fault. Interesting observational results of tilting motion by rainfall are obtained. The tilting motions are characterized by long-term variations overlapped by short period saw-tooth type variations. It seems that this saw-tooth type tilting motion is very similar to "stick-slip" generated by rock fractures and to the displacement pattern of the coseismic crustal deformation.