

静岡大学地殻活動観測所の概要

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2008-01-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 檀原, 毅 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00000217

静岡大学地殻活動観測所の概要

檀 原 毅*

An Epitome of the Crustal Activity Observatory of Shizuoka University

Takeshi DAMBARA *

Some installations have been equipped during the period from 1978 to 1980 in the newly established Crustal Activity Observatory of Shizuoka University. The object of the observatory is to investigate synthetically seismic activity and crustal movements obtained with geodetic survey, with continuous observation of ground tilts, and with geological survey.

There are many fundamental problems which must be clarified before practical application of the crustal activity to the earthquake prediction. For example, a relation among vertical and horizontal movements of the earth's crust at a station, a local region and a large area is not always clear. If a proportional relation exists among them, which is apt to be accepted by intuition, it should be proved by observational facts. The observatory mainly aims at investigation of such basic problems.

The main installations are as follows. (1) A highly sensitive seismograph of electro-magnetic type with 3 components, and a long-period seismograph with 2 components which is used in substitution for a tiltmeter are installed on the bottom of the observation hole with 16 meters depth. (2) This hole and observation cabin for distance measurement by electro-optical distance measuring instruments (Geodimeter 6 of AGA and Range-Master III of K & E) were established in the highest place of the university's campus. (3) Specially planned bench marks were established at 5 points in the campus, which form 2 levelling circuits with 2.6km length respectively. An automatic level NI002 of Carl Zeiss, Jena is used for levelling survey.

1981年1月22日受理

* 静岡大学理学部地球科学教室 Institute of Geosciences, School of Science, Shizuoka University, Shizuoka 422.

1. 観測所の目的

最近大学および官庁研究所等において、主として地震予知を目的とする地殻活動の観測が各地で行われている。ここにいう地殻活動とは、いわゆる地殻変動や地震活動その他を包含した広義の地殻変動を意味する。さらに狭義の地殻変動は、時間スケールは違っているが、地質学的、測地学的、地球物理学的（連続観測による傾斜・伸縮・ひずみ等）な観測手法によるものをすべて含むものとする。

現在行われている観測の大部分は 国の定める年次計画下にあるために、一定のフォームの資料を大量に生産する利点はあるが、一方において実験的な試みをする機会に乏しいように思われる。地殻活動、特に地震の前兆現象としての地殻活動には、未知の問題点が数多く残されており、それらについての基礎的研究は非常に重要である。

日本の測地測量は、明治時代にドイツ方式を導入した。そして、その実行法を忠実に守ることによって、種々の気象学的影響その他の誤差が取除かれるものと信じられてきた。しかし現実には、例えば水準測量による地殻の上下変動で、山地地形に相似した変動や、前回と逆対称な変動等がしばしば見られる。地形図の基準点としての三角点や水準点に与えられる x 、 y 座標や標高は、地形図に使用するという目的に関するかぎりは、30～40年間隔の反復測量で充分である。それは、微小な年間地殻変動量が十分に大きく累積するに足る年数であり、そして、そのように大きな変動総量は、観測上の多少の誤差を問題にする必要がなかったからである。

しかしながら、地震予知を目的とすると、当然のことながら短期間の反復測量が要求され、異常に大きな地殻変動が現われる特殊な場合を除けば、変動総量は極めて小さくなるのが一般である。従って、従来見逃がしていたような誤差も、厳密に追求されなければならないことになる。

精密経緯儀による三角測量は、光波測距儀の出現によって、三辺測量あるいは放射基線観測の手段に変ってきている。しかし、ある地域の水平ひずみが、配点

間の距離の大小またはそれらの方位の違いによって、合理的な結果を示さないこともしばしば見られる。合理的とは何かというと、小地域とそれを包含する広い地域の水平ひずみが、それぞれの距離に応じて比例関係にあるであろうとの、実証に裏付けされていない直感に頼った性格のものであるが、果たしてそのとおりであろうか。

傾斜・伸縮その他の地殻活動連続観測においては、気象学的要素の変化が大きく影響することは、よく知られている。気象学的要素は広範にわたり、たとえ気温の日変化や季節変化の影響を受けない観測坑内に計器を設置したとしても 降雨の影響等が大きく現われる。このような状況下の日常記録をながめて、常とは異なる変化が地震の前兆の変化であると確信するに足る資料分析は、全く不足しているのが現状であろう。

日本列島における地盤の構成単位は、過去の激しい地殻変動のために、極めて小さく、それらが複雑に重なっているであろうことから、連続観測用計器の有効範囲は局地的であることが予測される。このような局地的な地殻変動が、より広範な地域の変動と、どのような対応をもっているかということも、検討すべき重要な課題である。

巨大地震に伴う地殻変動は、100年間あるいは1,000年間にわたる微々たる変動の累積を、一挙にくつがえすに足る大きさである。そして、それもまた、10,000年以上を時間スケールとする地形学的または地質学的年代の変動のなかに埋没されていく。地殻活動は、地域的には局地から広域への場のなかで、正確に対応させて捕えるとともに、短期間から長期間への時間スケールのなかで、正確に対応させて捕えなければならない。

以上に挙げた幾つかの問題点は全くの2,3例であって、このような多くの基礎的な諸問題を 微小地震活動と対比させながら、ルーチンの観測結果としてのみではなく、実験的な種々の試みを行うことによって、最終的には地殻活動に基づく地震予知への貢献を図ることが、静岡大学地殻活動観測所の目的である。

静岡大学は、第四系に属する安倍川系河川の礫、砂、泥の堆積層が隆起してできた有度丘陵の西山腹に位置しており、その曲隆運動は何らかの形で現在もお継

続しているものと見られる。また広域的には、御前崎沖から駿河湾一帯を舞台とする巨大地震に関連する地殻変動の場のなかにある。

国土地理院4等三角点「片山」(標高103.34m)のおかれた静岡大学構内最高点からは、遠くは富士山、南アルプス(赤石岳等)、御前崎が見え、中距離、近距離では三角点のある山々が東、北、西方面に展開している。また、地震活動としては、東海地震の再発はもちろんのこととして、静岡、清水、焼津一帯は約10年に1回ほどの割合で繰返すマグニチュード6級の被害地震の巣でもある。

このような立地条件を背景とする静岡大学構内は、地殻活動に関する基礎研究の場としては、極めて好適な場所であるといえることができる。

2. 施設の配置と構造

静岡大学地殻活動観測所として現在までに整備した主な備品は、微小地震計、傾斜計、光波測距儀、オートレベルである。これらのうち、地震計と傾斜計のセンサーは、構内最高点の山上に設けた観測坑底に整置されているが、前者の電源、増幅、記録部は理学部C棟にあり、センサーとは地下ケーブルで連結されている。傾斜計の記録計は、観測坑の入口室内においてある。光波測距用の観測室は観測坑の南東に、また、水準点はほぼ大学構内を一巡するように5地点に設置してある。

(1) 観測坑

観測坑は上部で内径3m、外径4m、底室で内径4

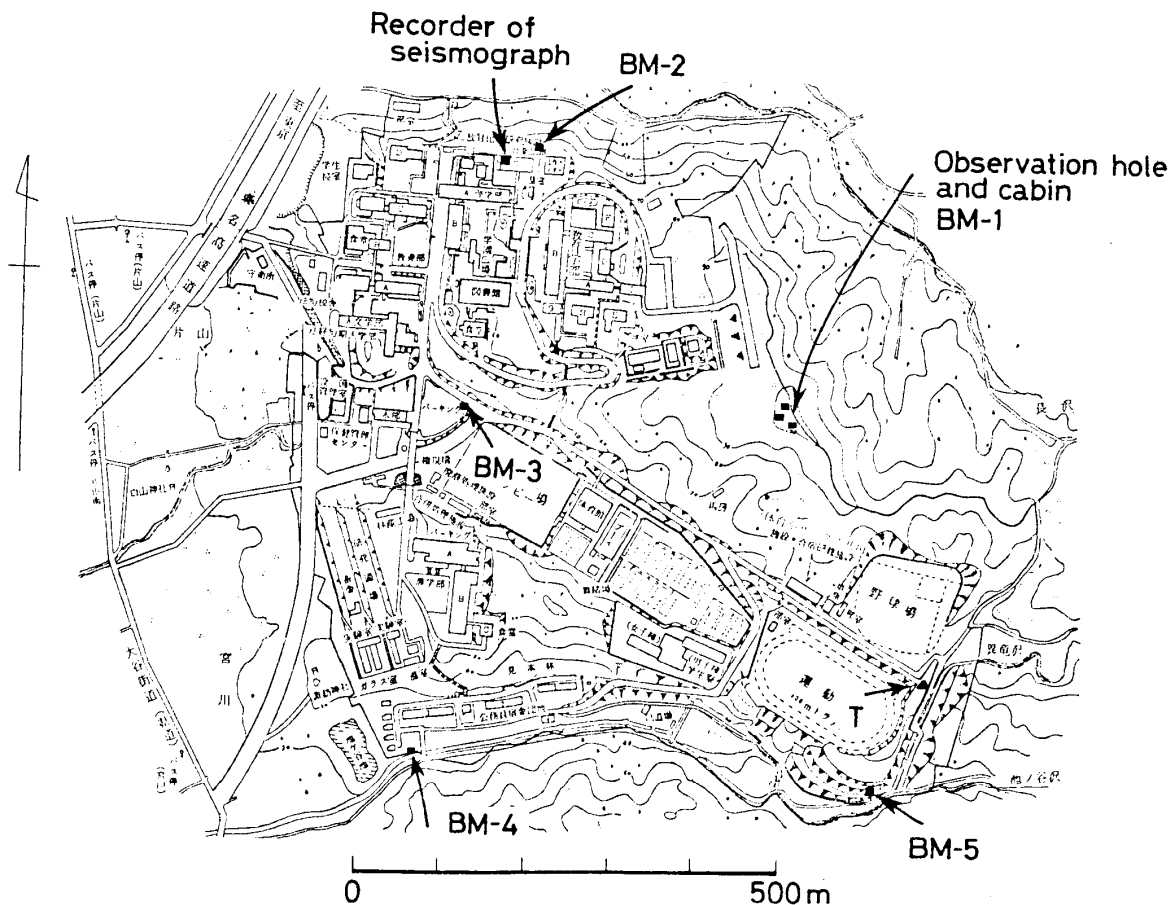


Fig. 1. Locations of installations of the Crustal Activity Observatory of Shizuoka University. BM means bench mark of levelling.

図1 静岡大学地殻活動観測所施設の配置図。BMは水準点

m, 外径5mの鉄筋コンクリート壁で, 地表面から垂直に16mの深さがある. 4mごとの潜函工法で仕上げたが, 4階の各仕切りは中央床の両側を厚い木板でおおい, これをはね上げれば垂直梯子で上下できる. この断面略図を図2に示してある.

底部には幅1.8m×1.5m, 厚さ20cmの陶石盤を置き, この上に地震計3成分と傾斜計2成分のセンサーがある. この盤石長辺の方位はN16°5E, 中心の座標は次のとおりである.

緯度 34° 57' 39".38N

経度 138° 26' 17".90E

標高 86.91m

観測坑の付近一帯は, 1~1.5m厚の粘土最上層の下に, 未固結の厚さ約20mの礫層が表層部をつくり, それはさらに, 5~10cmの砂交じりまたはシルト交じ

りの薄い礫の互層からなっている. 礫の直径は10cmと大きいものもあるが, 直径2~3cm以下が大部分であった. 観測所の近辺に, 直径50cmほどの丸石が幾つか重なっている所があり, 古墳との説があるが, このように大きな礫は堀削した地下からは出なかった. 地層の傾斜はW方向に7°程度で, 降雨はほとんど表面粘土上を流れる. 地下水の出水箇所は, 大学構内の境界に当る運動場東端および農学部圃場西の諏訪神社周辺等に見られるが, いずれも標高約30m以下の崖の中腹である. これらは, 観測所のある山上からの地下水に, 標高50m以下にある野球場, 運動場, サッカー場, 農学部圃場などの降雨が加わって, その一部が礫層を抜けて, 下のシルト層上面を流れる地下水になると思われる. 従って, 観測所付近の地盤に対する降雨の影響はそれほど大きくはならないであろう. ただし, 東斜面は民有地の蜜柑畑なので, 考慮する必要があるかもしれない.

観測坑底室の気温は非常に安定していて, 15.1℃を保つ. 湿度は, 掘削時に水が溜ったことや, コンクリート壁の未乾燥の結果, 93%と高かったが, 外温が15℃前後になる11月(1980年)に約10日間通風を行い, 約40%に低下させた.

(2) 光波測距観測室

光波測距観測室は3.20m四方の床面をもち, 室内および屋上に観測台がある. 室内観測台は地表面下約1.5mに基礎をおき, 建物とは分離してある. 観測台中心にはウィルド型整準台用の止めねじを埋込んであるからK&E社, AGA社の光波測距儀やセオドライト等に使える. 屋上観測台中心の止めねじは, 整準台を水平に整置したとき, 室内観測台中心に一致するようにした.

観測室の方位は, 室内観測の際の主な三角点方向に対する壁部分の死角を, できるだけ少なくするようにN14°5Eに曲げてある以外は, 特別な構造になっていない. 観測台中心の座標は次のとおりである.

緯度 34° 57' 39".19N

経度 138° 26' 18".25E

標高 105.83m (室内観測点)

108.92m (屋上観測点)

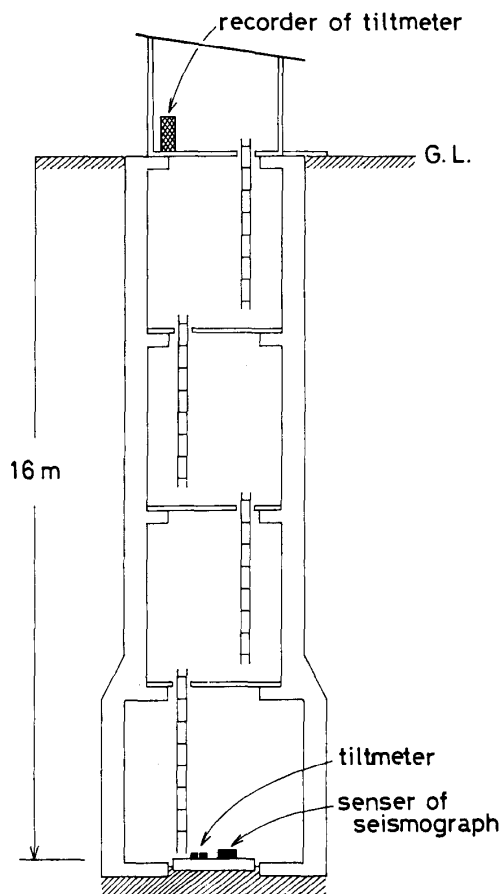


Fig. 2. A cross-sectional view of the observation hole (room of seismograph and tiltmeter).

図2 観測坑(地震計および傾斜計用)断面図

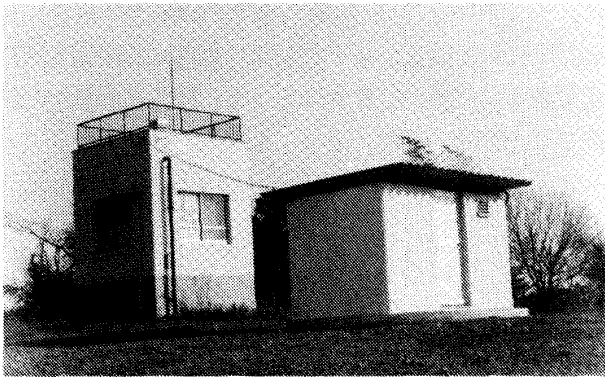


Fig. 3. An outlook of the upper part of the observation hole and the observation cabin for distance measurement.

図3 観測坑上部および光波測距観測室

図3は観測坑上部（右）および光波測距観測室（左）の全景である。

(3) 水準点

静岡大学構内の地盤は、前述したように礫と泥の互層で、水準点埋石の条件としては良いほうであるが、将来の保存性を考慮して、国土地理院とは違う設計にした。すなわち、図4に示すように、地下の礫層に基礎をおく $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ の基礎部に連結した鉄心入りのコ

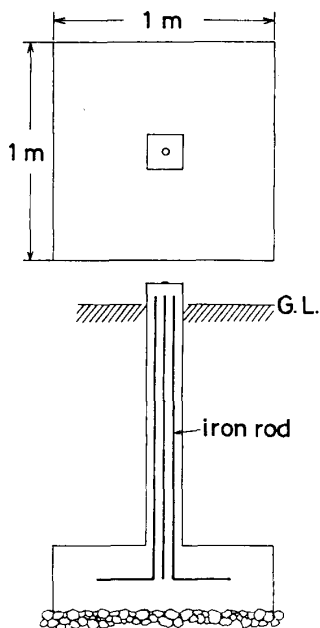


Fig. 4. Structure of a specially planned bench mark.

図4 水準点の構造

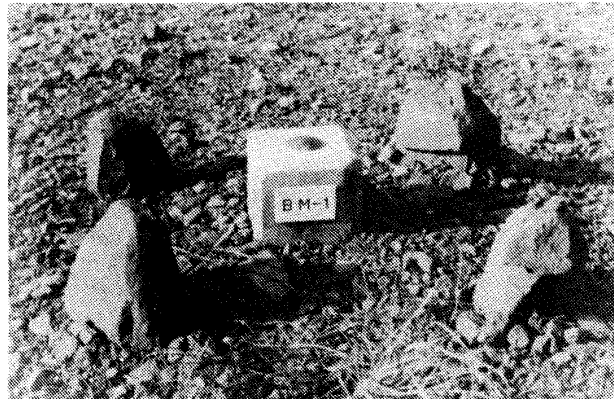


Fig. 5. The upper part of a bench mark.

図5 水準点上部

ンクリート角柱 $16\text{ cm} \times 16\text{ cm}$ をつくった。基底までの深さは場所によって異なるが、地表面から約 1.5 m である。

このような標識を5点設置したが、これらはそれぞれ約 2 km の二つの路線環で結合される。設置した地点は1号から順に、山上観測所内、理学部C棟北側、本部パーキング場東端、職員宿舍入口の橋付近、運動場東南端である。このほかに、光波測距用に既設の三角点や大学の基準点のうち埋石のしっかりしたものは、水準測量に利用することができる。図5は今回設置した水準点の地表部分である。

3. 主な観測機械

初めに述べた目的に適する設備は、細かいものを含めて未だ完全ではないが、1978年以来整備できた主な観測機械について説明する。

(1) 地震計

地震計は明石製作所に一括発注した。センサーは速度計電磁型水平2成分（NSおよびEW）、上下1成分で、速度測定範囲は $0.5\text{ micro kine} \sim 1\text{ kine}$ 、振動数範囲は $0.1 \sim 30\text{ Hz}$ 、感度は減衰係数 $h = 0.7$ で 1.4 v/kine であり、増幅器入力感度切換えとしては200, 500, 1,000, 2,000倍およびそれぞれの $1/100$ 減衰ができる。

記録はペン書きオシログラフのほかに、カセット式データレコーダーが使用できる。後者の起動レベルは

10micro kine~10m kineの範囲で可変, 遅延時間は約10secである. 遅延時間が多少短いのは, 静岡市を中心として半径数10km以内の地震活動を主な対象としているからである.

付属の水晶時計は多少温度効果が現われて, 年間で

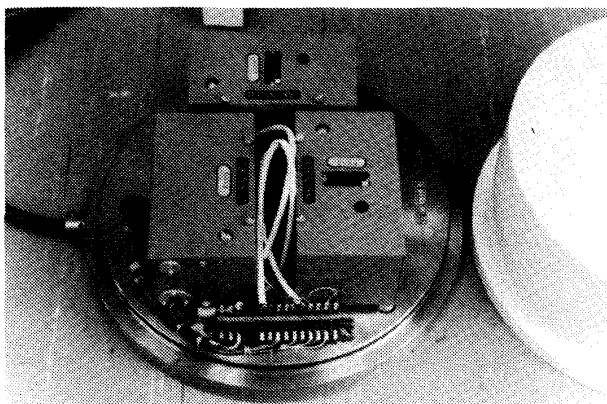


Fig. 6. A sensor part of the seismograph.

図6 地震計のセンサー部

+2~-2 sec程度の幅がある. 調整はできるが, 現在は0.01sec のストップウォッチで週に2回以上時報と比較して, 補正値を与えている. 図6にセンサー部, 図7に記録計(電源, 増幅, 記録器)を示す.

この地震計が設置された後, 1979年中は教育学部,

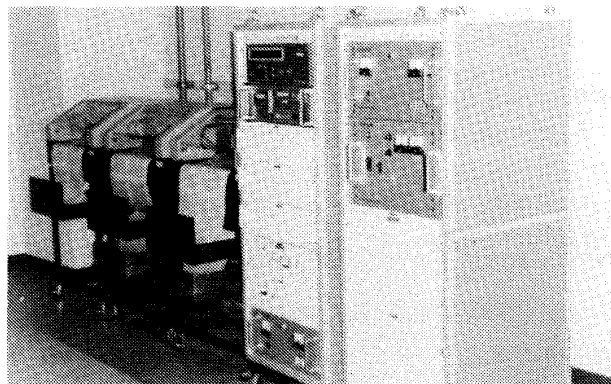
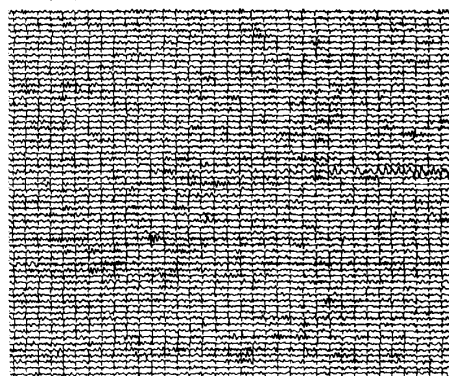
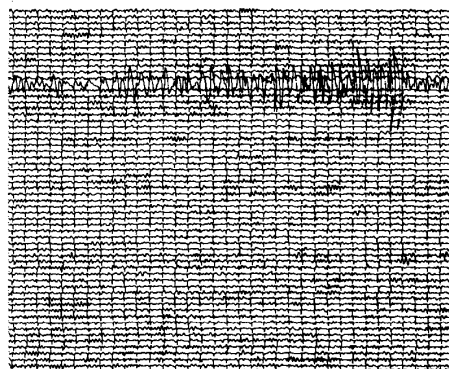
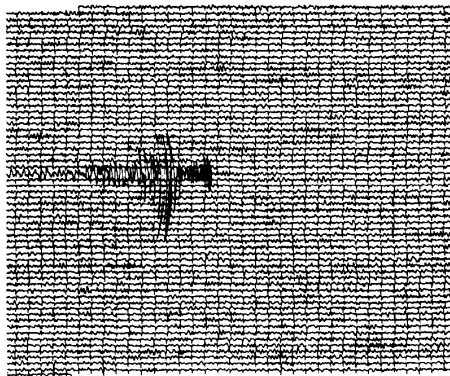
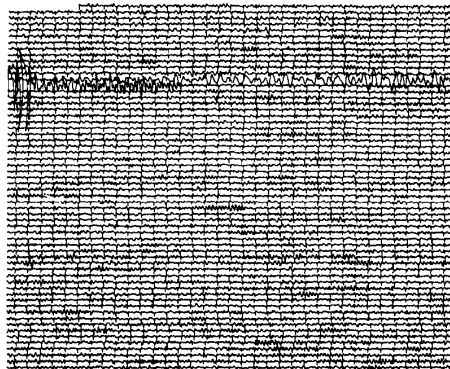


Fig. 7. Parts of power source, amplifier and recorder of the seismograph.

図7 地震計の電源, 増幅および記録部分



6/30 y

1200

1100

Fig. 8. An example of a micro-earthquake (lower) (June 30, 1980 near Kusanagi, Shizuoka City. Epicenter; latitude 34°59' N, longitude 138°26' E, depth 10km, magnitude < 3).

図8 微小地震記録例 (1980年6月30日, 静岡市草薙, 震央; 緯度34°59' N, 経度138°26' E, 深さ10km, マグニチュード<3)

1980年中は人文学部の新棟工事が続き、工事の雑振動が激しいので、感度をかなり落して運転しなければならなかった。従って、この地震計本来の機能を発揮できない状態であったが、それでも静岡市付近の小・微小地震（気象庁震度階では無感の部類にはいる）が、1年に数個程度きれいに記録された。静岡市近辺はもととも常時の地震は少ないのであるが、感度を上げてあれば良好な記録となったと思われる振動の痕跡は、かなり多かった。1年に数個でも、もう少し数量が増加すれば、名古屋大学理学部微小地震観測網や、気象庁地震観測網の結果を参照することによって、統計的に種々の解析ができると思われる。地震の震源決定を1機関で独立に行うためには、最小限3個所の観測点が必要であるが、それは将来のこととして、現状では既存の大組織の結果を十分に活用させてもらって、それで何がいえるかという研究に取り組むのが得策であろう。図8は微小地震の記録例であるが、伊豆東方沖地震の余震が連日続いていた最中に起きたものである（12 h 46m ごろの記象はその1つである）。場所は草薙で、1935年の静岡地震の震源地内である。このような地震活動の消長も、極めて興味が深い。

静岡県では、このところ数年間、マグニチュードが5を越える地震は、伊豆半島を除けば起きていない。しかし、遠方では数多く起きているので、当然記録さ

れる。ここ2年ほどの間に、東北地方太平洋岸、関東地方（茨城県南西部、千葉県とその周辺は特に多い）、山梨・長野・岐阜・愛知・滋賀各県下の地震記録が非常に多く得られたが、これらについては資料としてファイルするにとどめている。

(2) 傾斜計

設置した傾斜計は、いわゆる傾斜計ではなく、長周期地震計で代用している。これは東京大学地震研究所で開発されたものを、振動技研KKが商品化したPELS TYPE-73で、速度の代わりに変位を書かせている。振子の固有周期は5secから15secの間で可変であり、

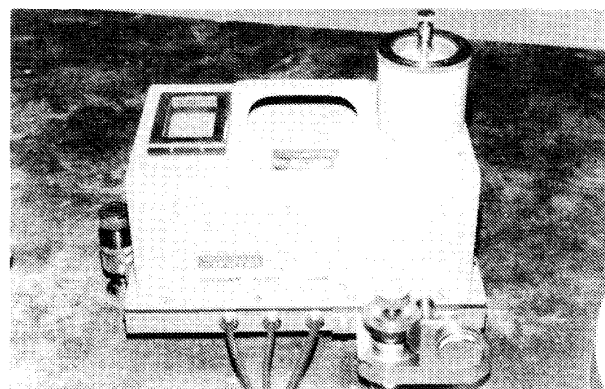


Fig. 9. A sensor part of a tiltmeter (long-period seismograph PELS TYPE-73).

図9 傾斜計（長周期地震計 PELS TYPE-73）のセンサー部分

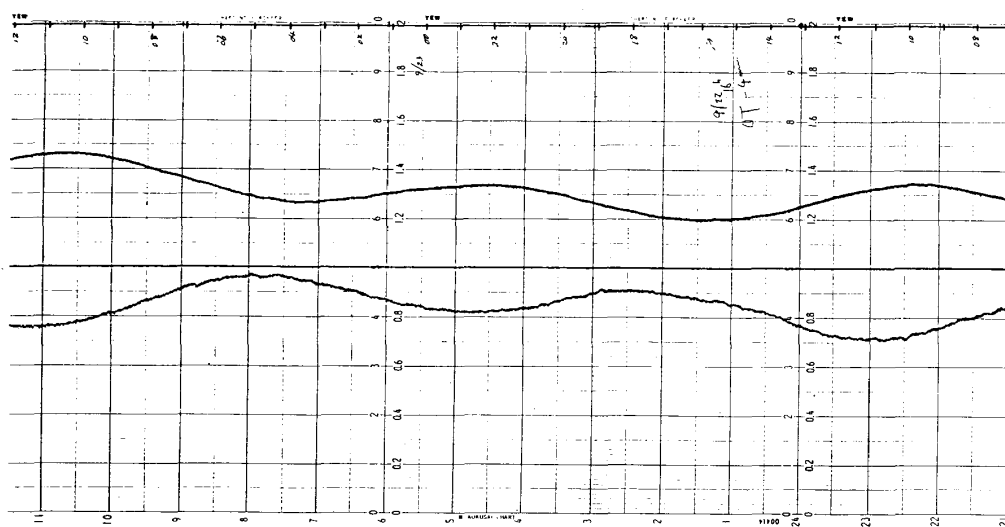


Fig. 10. A record of the tiltmeter.

図10 傾斜計記録

長周期にするほど高感度が得られる．感度は傾斜 0.01 につき $3 \sim 5 \text{ mV}$ である．現在固有周期は， 7.5 sec にして運転している．

まだ，長期間にわたって安定とは至っていないが，減衰調整（ $1/50 \sim 1$ で6段階）を $1/20$ 以上にすれば，潮汐の影響が現われる．NS，EWの水平2成分が設置されているが，いままでのところNS成分のドリフトが大きい．なお，外国の遠地地震らしい記録も幾つかとれたが，未調査である．図9にセンサーを，図10に記録の一部を示す．この記録は 1.25 cm/hr のスピードで記録紙を送った場合のものである．

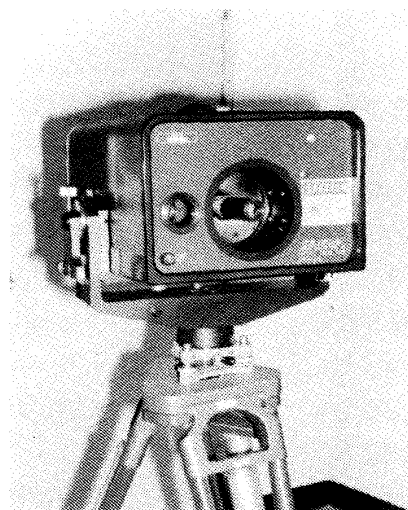


Fig. 11. An electro-optical distance measuring instrument (Range-Master III).

図11 光波測距儀（レンジマスターⅢ型）

(3) 光波測距儀

K & E社のレンジマスターⅢ型を購入した．この光波測距儀の主な性能は次のとおりである．

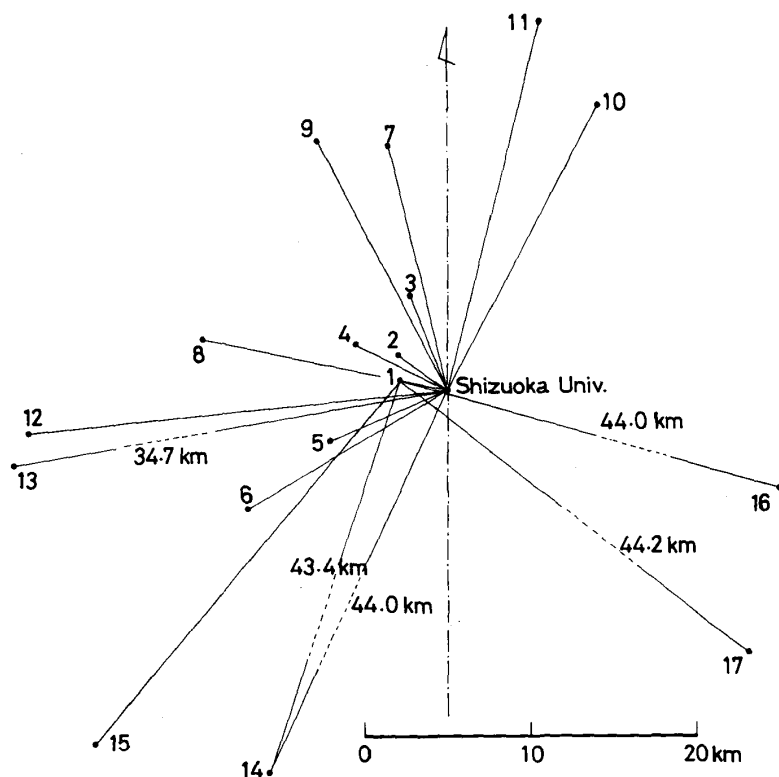


Fig. 12. A desk plan of distance measurements from the observatory. 1 Yahata-yama, 2 Yazu-yama, 3 Minami-Numagami, 4 Sengen-yama, 5 Owada, 6 Takakusa-yama, 7 Ryusozan, 8 Dairabo, 9 Kayama, 10 Hamaishi-dake, 11 Mikata-kichi, 12 Bodai-yama, 13 Hakko-zan, 14 Omaezaki, 15 Sakabe-mura, 16 Isshiki-mura, 17 Iwashina-mura.

図12 観測所からの光波測距机上計画．1 八幡山，2 谷津山，3 南沼上，4 浅間山，5 大和田，6 高草山，7 竜爪山，8 ダイラボウ，9 桂山，10 浜石岳，11 三方基地，12 菩提山，13 八高山，14 御前崎，15 坂部村，16 一色村，17 岩科村

光源 He-Neレーザー, 量出力 2.2 mW

測距範囲 60km以下

精度(RMS) $\pm (5\text{ mm} + 1.10^{-6} \cdot D)$

(D は測定距離)

図11にレンジマスターⅢ型を示す。なお理学部地球科学教室には、国土地理院から保管換えしたジオディメーター6型(AGA社)がある。これはタングステンランプ使用のとき、昼間3km、夜間15kmまでの測距ができ、精度(RMS)は $\pm (10\text{ mm} + 2.10^{-6} \cdot D)$ である。

光波測距による放射基線網では、最小限3方向があれば、水平主ひずみの要素が算出できる。ここでは、近距離(5~6km)、中距離(10~15km)、遠距離(20~25km)の各三角点と観測所間の測定を行い、局地から広域への水平ひずみの比例関係の調査を計画している(図12)。将来は超遠距離の御前崎や伊豆半島(市内八幡山から測定)に着手する。また、八幡山、谷津山等3~4km級の距離を使って、日変化や季節変化に現われる気象学的な影響も研究の対象となる。

測定の歴史が古くて、1等または2等三角点で、かつ登山・器材運搬の便が良い点となると、選点がかなり困難になる。いまのところ、机上プランに従って、

現地調査で確認する作業に多くの日数を費してきたので、1981年から実質的な測定を始める予定である。

(4) レベル

カールツァイス・イエナ社製のオートレベル NI 002



Fig. 13. An automatic level, Carl Zeiss, Jena, NI002.

図13 カールツァイス・イエナ社自動レベル, NI002

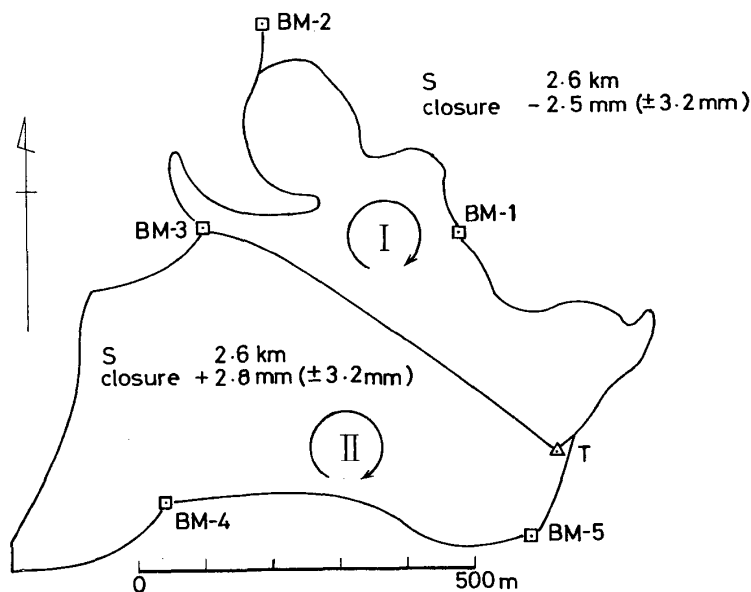


Fig. 14. The levelling route in the campus of Shizuoka University and errors of closure of circuits obtained by survey in March~April, 1980. Numerical values in parentheses are the restriction given with $\pm 2.0\sqrt{S}\text{ mm}$.

図14 大学構内水準路線および1980年3月~4月測定の環閉合差。括弧内は観測制限値

および同社製インバール標尺1組を購入した。同機は鉛直につるした反射鏡による自動レベルであって、三脚に付けた状態での移動は難しい。しかし、三脚に対して観測者は固定した位置で1セットの測定ができること、円形気泡の確認が接眼鏡視野内でできること、口除けのこうもりがさが不要なこと等の利点は大きい。主な性能は次のようになっている。

口径 40mm, 倍率 $\times 40$, 視野 $1^{\circ}16'$

最短視準距離 1.5 m

平均2乗誤差 $\pm 0.2 \sim 0.3 \text{ mm}$ (往復1 kmにつき)

図13に同機の写真を示す。

1980年3月～4月に実施した第1回測量の路線と、環閉合差を図14で説明してある。BM番号のうちTは運動場東北端に設けられていた光波測距用の基準点で、三角点に準ずる。観測で得られた環閉合差は、国土地理院の規程による1等水準測量制限、すなわち、環長を $S \text{ km}$ とするとき $\pm 2.0\sqrt{S} \text{ mm}$ の範囲にある。ただし、静岡大学構内は山腹を切り開いた傾斜地にあるために、標尺の視準距離を大きくすることができず、合計6日弱の日数を要した。

今後このような観測を、最小限1年に1回は繰返して、小地域地盤の傾斜を求め、傾斜計による地点傾斜や、国土地理院による広域の上下変動と比較できるような資料を得ることを計画している。季節変化の問題も、当然研究対象になる。

最近、アメリカ等において、傾斜地での水準測量に及ぼす大気差の影響が論じられている、ほぼ平たんな、あるいは緩傾斜地形においては、両標尺までの視準距離を、歩測程度で確かめる等距離にしておけば、大気差の両標尺での違いは無視できるものとされてきた。しかし、急傾斜地においては、視準距離を厳密に等しくしても、気温の鉛直勾配のために、両標尺への大気差は等しくならない。1回ごとの測定では、その違いは小さくとも、長距離の峠越えの路線では、大きく累積する可能性がある。特に、急傾斜地では標尺の視準距離が20m以下になることが多いから、誤差のはいり得る回数は、それだけ多くなる。

静岡大学構内の急傾斜地を利用すれば、この種の誤差の検出も可能であると思われるので、1980年8月に

3° および 12° の傾斜地で、固定した標尺を使って高低差の日変化の有無を検測した。この結果は、気温の温度勾配の変化と相関があるように見られる変化が捕えられた。今後このような観測も繰返して、地形や気温の変化との関係を確認してみる予定である。

謝 辞

静岡大学地殻活動観測所は理学部、教育学部、教養部の東部共通項目として概算要求が行われたものであり、その間文部省、静岡大学の当局の方々が示された御理解と御支援に深く感謝の意を表する。また、施設の設置に当っては、KK明豊エンジニアリング、明石製作所、振動技研KK等の技術陣が献身的に施工された。大学内では共に計画に当られた理学部土隆一教授、光波測距を採用して観測所の素地をつくられた教育学部徳山明教授（現兵庫教育大学教授）の両氏に、心から感謝する。土教授にはまた本稿の査読を願い、観測所付近の表層部の構成について2、3の御指摘を受けた。