

阿武山観測所における地震計等観測機器の展示

企画情報班 浅田照行

はじめに

阿武山観測所は、1930(昭和5)年に創設され約80年が経過した。2008(平成20)年に次世代型地震観測システムの拠点とする再活用計画により、2009(平成21)年3月から教授1名、技術職員1名が常駐する予定となった。再活用計画の1つに、歴史的な各種の地震計・地震観測記録および建物を保存・公開して、地震防災等に関する学部・大学院教育、社会への成果の還元を行うとされている。この計画に基づき、創設来使用された地震計を主に、観測機器の展示整備を行ったので報告する。

1. 展示内容

本館の玄関ホールに、阿武山沿革・大阪府の近代化遺産(建物)に取り上げられた文献、及び、地階・3階の展示内容と見学順路を掲示した(写真1)。



写真1. 阿武山沿革・他(左)と、見学順路の表示(右)

(1) 本館地階の展示

地階の展示は、図1に示したように通路・部屋を①～⑫に展示区分した。

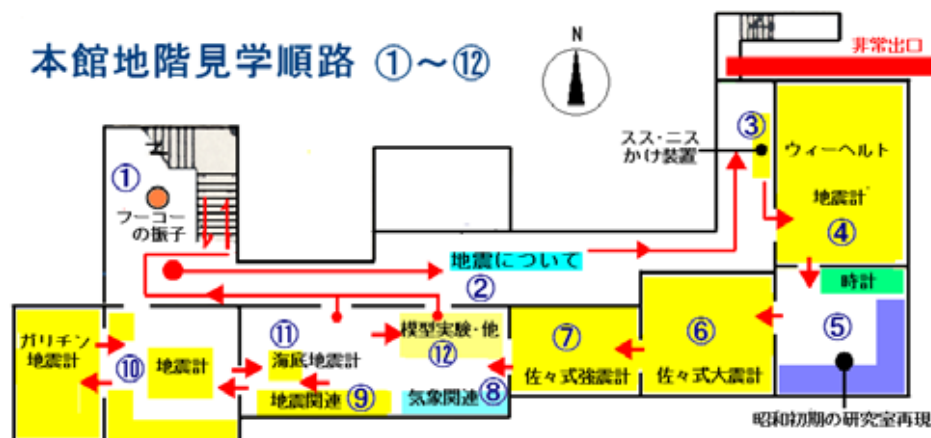


図1. 地階展示区分

① フーコーの振子、②地震概要説明、③煤・ニスかけ装置、④ウィーヘルト地震計、⑤時計と昭和初期から中期頃の研究室の再現、⑥佐々式大震計、⑦佐々式強震計、⑧気象観測機器、⑨データ収録機器・変位型短周期記録装置・地殻変動観測機器・最近の地震計等観測機器、⑩ガリチン地震計・他、⑪海底地震計、そして、⑫模型実験に区分し関連の機器を展示し、それぞれの説明文と関連の記録や文献・写真等を掲示したが、古い地震計など名称不明な機器も幾つかある。以下に、それぞれの区分の展示について、写真と展示の概要を記しておく。

① フーコーの振子(写真 2)

建設当初は塔の傾きを測定したと聞いているが、見学で訪れた人は、フーコーの振子と思われる事が多いので、錘の交換と方位盤を設置しフーコーの振子とした。

見学順路の①にしたのは、最初に振子を振らしておけば、見学の終了時に地球の自転による振り子の往復運動の回転のずれを見学終了時に確認できるためである。



写真 2. フーコーの振子

② 地震概要説明

この場所には、ポスター(地震の始まり・近畿地方の歴史地震と活断層・南海地震)、カタログ(阿武山観測所 1985 年版一和文・英文と、地震予知研究センター 2008 年版一和文)。また、西南日本内陸部の地震活動図や近畿の活断層図等を掲示してあり、見学者に地震の概要を説明する場とした。



③ 煤・ニスかけ装置(写真 3)

1990 年頃まで煤描き記録をとるのに使用した煤かけ装置(ドラム用・ウィーヘルト用)と、煤を定着するためのニスかけ装置(ウィーヘルト用)を展示。

白い記録紙を巻いたドラムを回転させ、灯油ランプ(1973 年頃からブタンガスを使用)の炎から出る煤を付着させる。

煤紙に細い針先で線を描いて記録された地震記録をニスの液中を通過させる事によって煤を定着するのに使用した。インク描方式に替わり使用しなくなった。

写真 3. 煤・ニスかけ装

④ ウィーヘルト地震計(写真 4)

1904(明治 34)年にドイツのエミル・ウィーヘルト(1861-1928)が作成した大型の機械式地震計で、重い倒立振子と振子のよけいな動きを抑える空気制振器を備え、巧みな梃子の仕掛けを使うことで、それまでの地震計に比べはるかに性能のよいものとなった。この地震計によって地震波の P・S・L



写真 4. ウィーヘルト地震計
(水平動)

波が識別出来るようになった。また、地球の反対側からの地震波も捉えられるようになり、地球内部の大構造が明らかになった。倍率：上下動 150 倍・水平動 170 倍、周期：上下動 4.7 秒・水平動 10.0 秒、おもり：上下動 1.3 トン・水平動 1.0 トン。

阿武山では 1929(昭和 4)年、観測所創設と同時に設置され、1991(平成 3)年 6 月末まで稼動、7 月から代替の電磁式地震計(東京測振製の VSE 型)に更新、記録もインク描き方式に変更した。1997(平成 9)年 6 月末に観測を終了した。

展示整備するにあたり、木製カバーの一部を透明の亚克力板にし、構造がより見えるようにした。また、構造図・設計図・等文献を掲示。

⑤ 時計と昭和初期から中期頃の研究室の再現 (写真 5)

地震記録をとる事と平行して正確な時刻を記録する事も重要な要素であった。時計から時・分・秒信号を記録上に重ねる。アナログ時計の時代は、NHK の毎時時報信号を記録することで、時刻補正を行っていた。水晶発振を利用する様に成り、時刻精度は著しく向上し、ミリ秒まで補正できるようになったが、最近は GPS 時計が使用されている。

ここでは、かつて使用された振り時計や、水晶時計、高精度時計を展示している。

また、昭和初期～中期の研究室を再現し、観測研究に使用された日用品(電気スタンド・ラジオ・など)、文具(レタリングセット・雲形定規・ルーペ各種・など)、工具(ハンダコテ・ハンドドリル・シャーシパンチ・他)、電気部品(真空管・コンデンサ・エナメル線・など)、手動計算機、タイプライター、カメラ、各種測定器(電圧計・電流計・抵抗測定器、など)、と多種の物品を展示。

更に、1923(大正 12)年 9 月 1 日 関東地震の島原村京大研究所の記録(大森式簡単微動計)など、煤描き記録のコピーや、ガラス板に焼付けられた記録を見ることも出来る。

⑥ 佐々式大震計(写真 6)

1934(昭和 9 年)低倍率・長周期地震計として、佐々憲三により設計設置される。近地の大地震を記録するため開発された地震計で、感度が低いため地震が記録されることは 1 年に数回であった。水平動のみで、倍率：1.1 倍、



写真 5. 時計各種(上)と、昭和初～中



写真 6. 佐々式大震計

周期：25 秒。1997(平成 9)年 12 月末で、観測を終了した。

1943(昭和 18)年 9 月 10 日 鳥取地震 (M7.2)、
1948(昭和 23)年 6 月 28 日 福井地震 (M7.1)、
1995(平成 7)年 1 月 17 日 兵庫県南部地震(M7.3)
の記録を掲示。

⑦ 佐々式強震計(写真 7)

1934(昭和 9)年大震計と組み合わせて、近地の中・大地震を記録するために、佐々憲三により開発設置された。たすきがけ振子により他成分の混入を防いでいる（例えば、南北方向の揺れが、東西動の地震計に記録されないように工夫されている）。倍率：上下動 15 倍・水平動 15 倍、周期：上下動 2.8 秒・水平動 6.0 秒。上下動は大震計の台に設置されている。

1987(昭和 62)年 6 月に電磁式地震計(VSE 型・東京測振製)に代替し、記録方式もインク描き方式に変更。1997(平成 9)年 12 月末に観測を終了した。1983(昭和 58)年 5 月 26 日、日本海中部地震(M7.7)の記録や、大森式・今村式強震計の写真などの参考資料を掲示。



写真 7. 佐々式強震計（水平動）

⑧ 気象観測 (写真 8)

1932(昭和 7)年からの観測野帳が保存されている。観測機器が整備され、本格的な観測が始まったのは 1958(昭和 33)年頃からである。

かつて使用されていた、雨量計・温度計・湿度計・風向計・風速計・等々を展示。ただし、水銀気圧計は、ウィーヘルト地震計室の壁に固定してあるのでそのまま。すぐ横では、現在も観測を続けていて、ペン・レコーダやデータ・ロガーが稼動中。



写真 8. 気象観測機器

⑨ データ収録機器・短周期変位型記録装置・地殻変動観測・最近の地震計等観測機器 (i) データ収録機器(写真 9)

データ収録機器の棚(上段)には、データ・レコーダー4 台とデータ・ロガー2 台を展示。

1960(昭和 35)年代から 1980(昭和 55)年代に、かけて用いられた。DR(Direct Recording)方式、FM(Frequency Modulation、周波数変調)方式、等のアナログ方式テープ・レコーダーで、臨時観測等で連続記録の他、アナログ遅延装置及びトリガー装置と組み合わせて、イベント・トリガー方式でも用いられた。



写真 9. データ収録機器(上段)と短周期

データ・ロガーは、1990 年頃から、デジタル記録方式が導入され。記録メディアは、ラムカセット、フロッピーディスク、各種のデジタルテープ、各種のメモリーカードと変遷している。ここでは、初期の DL-350 と DR-F1 (TEAC 製) を展示。

(ii) 短周期変位型記録装置 (写真 9)

短周期変位型記録装置の棚(下段)には、AMP・耐雷器(勝島製)・ドラム(HOSAKA 製)1 台を展示。短周期変位型地震計(HES)は、1959(昭和 34)年に設置、WWSSN(World Wide Standard Seismometer Network)で用いられた地震計で、核爆発の波形は、地震波形に比べて短周期成分が少ない事を利用して長周期地震計と共に核実験の探知に用いられた。元々は 35 ミリフィルムに光学記録方式だったが、1988(昭和 52)年 7 月に展示の記録方式に変更され、地震計も HES 型(勝島製)に更新された。2002(平成 14)年 9 月末に観測を終了した。地震計は地下観測坑内に設置されており、電源を入れれば現在も記録可能であり、体験学習などで利用する事も出来る。倍率：上下動・水平動共 20,000 倍、周期：上下動・水平動共 0.8 秒。また、近くに 1995(平成 7)年 1 月 17 日 兵庫県南部地震(M7,3)の記録を、高感度短周期速度型(倍率：65,000 倍、周期；1,0 秒)と共に掲示してある。

(iii) 地殻変動観測機器(写真 10)

地殻変動観測機器の棚(上段)には、伸縮計と水管傾斜計の模型と、振子傾斜計(加藤式)などを展示。

1971(昭和 46)年に総延長 250m をこえる地下観測坑が構築され、高感度・長周期地震計が移設されると共に、1972(昭和 47)年から地殻変動観測が始まった。伸縮計：水平方向 23m 3 成分・垂直方向 5m、水管傾斜計：3 方向 23m の観測を現在も継続している。

1972 年から 2007 年までの伸縮変化図を掲示。



写真 10. 地殻変動観測機器 (上段) と最近の地震観測機器 (下段)

(iv) 比較的最近の地震観測機器(写真 10)

比較的最近の地震観測機器の棚(下段)

には、デジタルレコーダ・サーボ加速度計(明石製)・増幅器・電源・などを展示。

1980 年頃から、機械式に替わって、サーボ型の地震計が主流と成った。それまで用いられていた機械式地震計は、機械的に振子の周期を伸ばすため、一般的に大型と成っているが、サーボ型地震計は電磁氣的に振り子の周期を延ばすため、地震計を小型化することが出来た。さらに、振り子をほとんど動かさないため線形性が高く、他の成分の混入もなくすことができた。

⑩ ガリチン地震計・他

ガリチン地震計と記録装置一式を主に、プレスユウイング地震計・ガリチン式地震計・などの、古いタイプの電磁式地震計やガルバー類を展示。

(i) ガリチン地震計 (写真 11)

ガリチン地震計は、ロシアのポリス・ガリチン(1862-1916)が作った地震計で、電磁式地震計としては最も古く 1890(明治 23)年頃作成され、そののち、ウィリップの改良したガリチ

ン・ウィリップの地震計と共に広く世界で使用された地震計である。この地震計は動線輪方式で、地動を電氣的に振動に変換し、これを高感度の電流計へ直接導いて光レバー(長さ 1m)によりプロマイド紙に光学記録された。周期：振子 10～20 秒・電流計 10～20 秒、最大振動倍率：1,000～2,000 倍。

水平動成分にはツェナー吊りの振子を用い重錘の質量は 7kg で、上下動成分は、ユーイング型の吊り方で、回転軸には十字バネの機構を用いている。

阿武山では 1938(昭和 13)年頃に設置され、1964(昭和 39)年までの記録が保存されている。

(ii) プレスユーイング地震計(写真 12)

1966(昭和 41)年に設置。1972(昭和 47)年に地下観測坑に移設。

世界標準地震計による観測網 WSSN(World Wide Standard Seismometer Network)で使われた長周期地震計。倍率：上下動 800 倍・水平動 600 倍、周期：上下動・水平動 15 秒。気圧変化の影響を取り除くため堅牢なケースで密封されていた。記録は、プロマイド紙に光学記録方式であったが、1978(昭和 53)年にインク描き方式に替わった、更に 1991(平成 3)年からはイベント・トリガー方式で計算機への収録がなされた。2002(平成 14)年に観測を終了した。

(iii) 各種電磁式地震計(写真 13)

強震計・倒立振子型地震計・サーボ加速度計・加速度型振動計・などを展示すると共に、古い地震計・観測機器の写真を掲示した。

なかには、マグネットやコイルが取り外された地震計もある。また、名称不明の地震計やどのように使用されたのか不明な機器が数台ある。



写真 11. ガリチン地震計一式



写真 12. プレスユーイング地震計



UMP 地震計・他



ガリチン式地震計



電磁式短周期 2 万倍微動計

写真 13. 各種電磁式地震計

⑪ 海底地震計(写真 14)

京大 IV 型海底地震計。1990 年代後半に地震予知研究センターで開発した海底地震計。水深 6000m の海底で約 1 ヶ月半の間観測をすることができる。直径約 40cm のガラス製耐圧容器の中に、固有周期 2Hz の地震計 3 成分、アンプ、16 ビット AD 変換器、リチウム電池、高精度時計等がコンパクトに収められている。地震波形データは MO ディスク(容量 2.6GB)に記録され、地震計を回収した後解析



写真 14. 海底地震計

される。ガラス容器は黄色いプラスチックカバーに入れられ、土台を兼ねたアンカーにセットされる。外側には超音波切離し装置やフラッシュ、ビーコンなどを取り付ける。

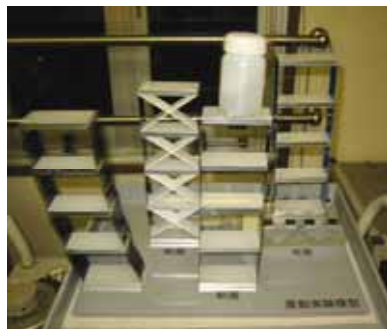
このタイプの海底地震計は自由落下自己浮上式と呼ばれるもので、主に臨時の地震観測や地殻構造探査等の機動的観測に使われている。船から投下すると自重で沈んで海底に達し、観測期間が終了時には、船から超音波の信号を送る。そうすると、地震計などを収納した容器は電気分解を利用してアンカーと切り離し、浮力で海面まで浮かび上がるので、これを回収する。

⑫ 模型実験(写真 15)

振動台を用いて、地盤の違いや建物の構造の違いによる揺れの違いや、地盤液状化の実験ができる。また、ゲル板を利用した内陸地震(断層地震)発生を体験できる。

机の上には地震計(勝島製 PMH 型上下動・水平動)とハンディー記録計を接続しておいてあるので、机に縦・横から衝撃を与え、波形記録をとることもできる(持ち帰る人も多い)。更に、「地震はなぜ起きる」(一般用)・兵庫県南部地震などの報道番組のビデオや、地震の事典や地震に関する本・雑誌を用意して、体験や学習の場としてある。

模型実験機器・装置は、技術室のバーチャル体験学習用に作成したものを一部手直した。



建物構造



地盤



写真 15. 模型実験 液状化



断層地震

(2) 本館 3 階の展示

3 階には、測地関連機器・岩石標本・ほかを展示。

1980(昭和 55)年に、観測情報の総合化をめざして、測地測量(辺長・水準・重力・地磁気など)の分野の観測態勢が地震観測に付加された。地震活動に関連させながら、等重力測定、精密重力測定を繰り返し行なったり、活断層を中心にした辺長(距離)測量や、水準測量などが行なわれた。

(i) 測地関連機器 (写真 16,17)

経緯儀・水準儀・光波測距儀・平板測量機器・GPS 受信器・標準尺・三脚・羅針盆・などを展示。特に、写真 16.の経緯儀は、大型で、日本に 3 台しかないと聞いている(他の 2 台は、国土地理院と自衛隊が所有していた)。長い間、2 階和室の床の間に置かれていた。



写真 16. 経緯儀



経緯儀



水準儀



平板測量器



光波測距儀各種



GPS 受信機



ハンドレベル・羅針盤・他

写真 17. 測地観測機器

(ii) レリーフ・マップ (写真 18,19,20)

近畿地方・阿蘇山・富士山・などのレリーフ・マップを展示。

近畿地方のレリーフ・マップ (写真 18) は、1979(昭和 54)年に購入したものであるが、他のものは昭和初期に購入されたものと思われる。

阿蘇山のレリーフ・マップには、阿蘇の鉱石標本(皿石・阿蘇溶岩・など 18 種)も添えて展示。



写真 18. 近畿地方の地図



写真 19. 阿蘇山レリーフ・マップ



阿蘇の鉱石標本



富士山

写真 20. レリーフ・マップ



高槻～京都南西部

(iii) 岩石・鉱物標本(写真 21)

火成岩(25 種)、火成岩 - 火山岩(25 種)、火山岩(50 種)、変成岩 - 水成岩・古生代(25 種)、水成岩・古生代 - 中生代(25 種)、新生代(75 種)、その他(60 種)を展示。ほかに、越冬隊に参加した観測所の所員が持ち帰った、南極の石(ガーネット・サンド、他)を展示。また、岩石薄片(長石・ペグマタイト・他 7 種)も顕微鏡と共に展示。



写真 21. 岩石・鉱物標本



南極の石

(iv) 700 年杉(写真 22)

直径 1.2m・厚さ 30cm の杉の輪切りで、年輪に 100 年ごとのマークがしるされていて、約 700 年の杉の太木である。気候変動でも調べたのか？。

(v) 地質図(写真 23)

明治 44 年 2 月印刷・発行された地質図。



写真 22. 杉の輪切り



写真 23. 地質図

以上、地階・3 階の展示を見学のあと、地上 35m 塔の屋上から大阪平野を一望(展望目当てに訪れる人も多い)して、見学を終了する。写真 24. は、塔の屋上からの眺望。



写真 24. 屋上からの眺望

あとがき

1969(昭和 44)年に工学部に採用(直後に大型計算機センター)され、1972(昭和 47)年 3 月に阿武山観測所に配置換えと成り、以後 37 年間を過ごした阿武山観測所での最後の仕事となった。先日、模型実験装置を展示場所へ移動して、ようやく一区切りついた。しかし、当初考えていた地震波形や震央分布のモニター表示や、海溝型地震(プレート地震)模型・津波模型の作成は間に合わず。また、阿武山観測所創設者である志田順(敬称略)の学会発表ポスター・論文別刷り・など多数の資料があるので、展示室も考えたが、これも間に合いそうになく、後任者に引き続き整備をお願いするしかない。

とは言え、それなりに展示の形は整ったと思われるので、学生はじめ一般の人の学習の場として有効に活用されることを望みます。最後に、展示整備に助言戴いた教職員・学生の方々にお礼申し上げます。