

平成22年度 地震研究所職員研修会



開催日：平成 23 年 1 月 24 日(月) ～ 26 日(水)

職員研修会プログラム
技術発表会アブストラクト

地震研究所研修運営委員会

目 次

日程・プログラム	2
－ 技術発表アブストラクト －	
宮川 幸治（総合観測室） 「海半球センターの陸上地磁気観測網と地磁気絶対観測」	7
鈴木秀市・伊藤喜宏・日野亮太（東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測 センター） 齋藤和男・長谷川聡・日里勝利・酒主美樹雄（株式会社計測技研） 「無線ユニットおよび GPS 時計を内蔵した海底地震観測用データロガー」	9
藤田 親亮（総合観測室） 「深海域における地殻熱流量測定を紹介」	11
園田 忠臣（京都大学 防災研究所附属火山活動研究センター） 「水準点の新設および維持管理について」	13
坂上 実（総合観測室） 「地震研究所における強震動観測の変遷と現状、これから」	15
内田 和也・植平 賢司（九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター） 「宮崎県広渡ダムにおける衛星テレメータを使用した地震観測点の設置」	19
森 健彦・荻野 泉・藤田親亮・阿部英二（総合観測室） 「濃尾地域における VSAT 地震観測点の設置」	21
山口 照寛・笠原 稔・高橋浩晃・岡山宗夫・高田真秀・一柳昌義（北海道大学大学院理学 研究院附属地震火山研究観測センター） 「地殻変動データベースシステムについて」	23
外西 奈津美（技術開発室） 「イタリア・ヴェスヴィオ火山噴出物調査および遺跡内の堆積物調査の紹介」	25
浦野 幸子（技術開発室） 「技術開発室・回路製作部門および回路室の紹介」	27
渡邊 篤志（総合観測室） 「東南極大陸氷床上での広帯域地震観測」	29
坂 守（総合観測室） 「爆破地震動観測における観測機器の変遷」	31

平成 22 年度 地震研究所職員研修会 日程・プログラム

日 程	平成 23 年 1 月 24 日(月) ～ 26 日(水)	
	24 日(月) 13:15 ～ 17:30	技術発表・特別講演
	25 日(火) 09:00 ～ 17:30	グループ研修
	26 日(水) 09:00 ～ 12:00	技術発表・特別講演・修了証書交付
会 場	東京大学地震研究所 2 号館 5F 第 1 会議室ほか	

諸注意等

- ※ 発表時間には発表準備および質疑応答も含まれております。質疑応答時間は 5 分程度を想定しております。発表中には以下のタイミングで鈴が鳴ります。時間厳守でお願いします。
 - 1 鈴：発表時間終了の 10 分前
 - 2 鈴： 〃 5 分前（プレゼン終了の目安となります）
 - 3 鈴：発表時間終了時間
- ※ 初日の懇親会の会費（2,000 円）は初日の受付時にお支払い頂く予定ですので、予めご用意下さるようお願い致します。
- ※ 会場の第 1 会議室前にコーヒー・お茶類をご用意しておりますので、休憩時間などにご自由にお取りください。尚、会議室は飲食禁止になっていますので持込はご遠慮ください。
- ※ 地震研内は指定された喫煙スペース以外では禁煙です。喫煙スペースの場所は、研修委員にお聞き下さい。
- ※ 会議室内は空調が効いておりますが、温度調整についてご要望がありましたら研修委員まで気軽にお申し付けください。
- ※ 2010 年度の研修運営委員は以下の 9 名です。
ト部卓(運営委員長)、清水久芳(運営副委員長)、宮川幸治(実行委員長)、内田正之(実行副委員長)、荻野スミ子(委員)、渡辺茂(委員)、外西奈津美(委員)、藤田親亮(委員)、阿部英二(委員)

1 日目：1 月 24 日(月) 技術発表・特別講演 @ 2 号館 5F 第 1 会議室

黄 … 技術発表
緑 … 特別講演

12:45～13:15	受付 @ 2 号館 5F 第 1 会議室入口		
13:15～13:25	挨拶 平田 直 地震研究所長・ト部 卓研修運営委員長 〈司会 宮川 幸治〉		
技術発表 〈座長 外西奈津美・渡辺茂〉			
13:25～13:45 (20 分)	(1)	発表者	宮川 幸治 (総合観測室)
		題 目	海半球センターの陸上地磁気観測網と地磁気絶対観測
13:45～14:00 (15 分)	(2)	発表者	鈴木 秀市 (東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター)
		題 目	無線ユニットおよび GPS 時計を内蔵した海底地震観測用データロガー
14:00～14:20 (20 分)	(3)	発表者	藤田 親亮 (総合観測室)
		題 目	深海域における地殻熱流量測定の紹介
14:20～14:40 (20 分)	(4)	発表者	園田 忠臣 (防災研究所附属火山活動研究センター・桜島火山観測所)
		題 目	水準点の新設および維持管理についての紹介
===== 休憩 (15 分) =====			
技術発表 〈座長 宮川幸治・藤田親亮〉			
14:55～15:20 (25 分)	(5)	発表者	坂上 実 (総合観測室)
		題 目	地震研究所における強震動観測の変遷と現状, これから
15:20～15:35 (15 分)	(6)	発表者	内田 和也 (九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター)
		題 目	宮崎県広渡ダムにおける衛星テレメータを使用した地震観測点の設置
15:35～15:50 (15 分)	(7)	発表者	森 健彦 (総合観測室)
		題 目	濃尾地域における VSAT 地震観測点の設置
15:50～16:05 (15 分)	(8)	発表者	山口 照寛 (北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)
		題 目	地殻変動データベースシステムについて
16:05～16:15 (10 分)	「地震研究所グループ研修」の研修成果報告		
	1. VSAT テレメータ装置の取り扱い実習 (2010 年 3 月実施)		報告者: 芹澤正人
	2. 「退職教員の最終講義」聴講 (2010 年 3 月実施)		報告者: 宮川幸治
	3. 第二種電気工事士技能試験にむけての実技講習 (2010 年 7 月実施)		報告者: 宮川幸治
===== 休憩 (15 分) =====			
特別講演 〈座長 宮川幸治・藤田親亮〉			
16:30～17:30 (60 分)	講 師	小原 一成 教授 (観測開発基盤センター)	
	題 目	西南日本に発生する様々なスロー地震	
	概 要: 阪神淡路大震災を契機として全国的に整備された基盤的地震観測網により、西南日本における沈み込む海洋プレートと陸側プレートとの境界で、様々なスロー地震が発生していることが明らかになってきた。巨大地震震源域深部側では、短期的スロースリップイベント、深部低周波微動、超低周波地震が数カ月間隔で同期して発生する。また、これらの現象と固着域との間では、年オーダーで継続する長期的スロースリップイベントが、日向灘や紀伊半島南東沖などの南海トラフ近傍では、浅部超低周波地震が検出されている。これらの現象の中で深部低周波微動は特に微弱な振動現象で、単独の観測点でそのシグナルを認識することは非常に困難であるが、20-30km の稠密な間隔で高感度・広帯域の観測網が整備されたことで、シグナルの同定が可能となった。もちろん、個々の観測点に		

	おけるノイズの低減化も非常に効果的であり、ボアホール観測の重要性が改めて示されたとも言えるが、連続観測という限られた設置条件の中でも出来るだけ高いSNが期待される地点を選定する努力や、日常的・継続的データ監視・維持管理による良質の連続波形データは、微動発見において必要欠くべからざるものであった。一旦、自然現象として認識されると、その後は単独の観測点でも検出が可能であり、また、より稠密な観測を行うことで、さらに詳細な活動状況を把握することも可能となっており、現在、世界各地で微動に関する研究が盛んに実施されている。本講演では、微動発見の経緯、スロー地震の概要、世界のスロー地震研究の動向、また最近豊後水道で発生した浅部から深部までの複数種類のスロー地震の連動現象について解説する。
18:00～	懇親会 @ 1号館 7F ラウンジ（参加費 2,000 円・研修会受付時に徴収致します）

2 日目：1 月 25 日(火) グループ研修

09:00～12:00	グループ研修 ー午前の部ー
12:00～13:30	Lunch Break
13:30～17:30	グループ研修 ー午後の部ー

1. 「ノイズのはなし」 講師：(株) 電研精機

場所：2 号館 2F 講義室 (2 号館正面玄関側エレベータを 2F で下りた後右折し、別館まで進む)

概要：地球科学の中でもとりわけ地球物理学では、様々な物理量の計測をします。しかし、どんな計測にも必ずノイズは付き物で、私たちの目から真実を覆い隠そうとします。そのような、良質なデータを得るために私たちが日々格闘しているノイズの中に、電源に由来するものが少なからずあります。今回の講習では、電源ラインから侵入するノイズの発生源と対策を、首都圏地震観測網 (MeSO-net) などを例に学びます。

2. 「第二種電気工事士」 講師：藤瀧 和弘 氏

場所：2 号館 2F 第 2 会議室 (2 号館正面玄関側エレベータを 2F で下りた後右折すると別館の手前にある)

概要：たとえばアースの設置や接続工事をするにも、本当は電気工事士資格が必要であることを知っていますか？ 600 ボルト以下の電気配線・設置・変更工事を行える「第二種電気工事士」資格試験の参考書を元に、筆記と実技の講習を行います。なお本講義を受けたからといって、資格試験を受けなければならない訳ではありません。電気工事の法令や実技について興味のある方の参加も歓迎します。

3. 「ネットワーク講習 (入門編+α)」 講師：中川 茂樹 助教 (地震火山情報センター)

場所：1 号館 2F 事務会議室 A (1 号館エレベータを 2F で下りて後左折し、少し進むとある)

概要：プロトコル、IP アドレス、サブネットなどの概念についておよび通信手段の (有線 LAN, 無線 LAN, 携帯電話, ISDN, ADSL, 光ファイバー, 衛星通信等々) の規格, 特徴, 短所と長所について講習を受けることにより、IP 接続されている観測点から収録装置までデータが流れてくるネットワークの仕組みが一通り理解できるようにします。

3 日目：1 月 26 日(水) 技術発表・特別講演 @ 2 号館 5F 第 1 会議室

技術発表				〈座長 内田正之・藤田親亮〉	
09:00～09:20 (20 分)	(9)	発表者	外西 奈津美 (技術開発室)		
		題 目	イタリア・ヴェスヴィオ火山噴出物調査および遺跡内の堆積物調査の紹介		
09:20～09:40 (20 分)	(10)	発表者	浦野 幸子 (技術開発室)		
		題 目	技術開発室・回路製作部門および回路室の紹介		
09:40～10:00 (20 分)	(11)	発表者	渡邊 篤志 (総合観測室)		
		題 目	東南極大陸氷床上での広帯域地震観測		
10:00～10:25 (25 分)	(10)	発表者	坂 守 (総合観測室)		
		題 目	爆破地震動観測における観測機器の変遷		
===== 休憩 (15 分) =====					
特別講演				〈座長 内田正之・藤田親亮〉	
10:40～11:40 (60 分)	講 師	田中 宏幸 准教授 (高エネルギー素粒子地球物理学研究センター)			
	題 目	なぜミュオンで火山内部を見ることができるようになったのか？－技術論的視点からの解説－			
	概 要：宇宙からやってくる粒子の中にミュオンが発見されたのは今からおよそ 70 年前の 1937 年である。発見からそれほど時間を置かずに、ミュオンが非常に透過性の強い粒子であることが知られるようになった。つまり、ミュオンの透過性の理解については長い歴史があるのである。その歴史の中で多くの研究者たちがミュオンを使って巨大物体を透視しようと試みてきた。最も有名な例は 1960 年代にカリフォルニア大学のルイ・アルバレが行ったピラミッドの透視実験であろう。このノーベル賞受賞者の実験は現代物理学の観点から見ても非常によくアレンジされた優れた実験であった。ミュオン選別方法も解析方法も他の類似実験に比べると非常にしっかりとしたもので、非常に高く評価できる。実験精度も極めて高く、ピラミッドを形作る岩ブロックの密度を 2 %程度の精度で決定している。しかし、検出器は極めて重厚長大でピラミッド内部の巨大な空間にようやく収まる程度であった。火山にはこのような巨大な実験室はない。そのためには、重厚長大な検出器をコンパクトにする必要がある。本講演ではこれまで非常に難しいとされていた、火山におけるミュオン観測がどうして可能になったのかについて、技術論的な視点から解説する。				
11:40～12:00	挨拶	宮川 幸治 実行委員長			
	修了証書交付	平田 直 地震研究所長			
	アンケート回収				
13:30～15:30 (2 時間程度)	地震研ラボツアー (希望者のみ)				
	概 要：地震研究所ではアウトリーチ活動の一環として、一般の方々を研究所にお招きして研究所内を案内するラボツアーを実施しています。今年度も職員研修会終了後に、研修参加者や地震研職員の方を対象としてラボツアーを実施致します。地震研の実験室・設備に興味のある方は是非ご参加下さい。海底地震計実験室・技術開発室・地震計博物館・他を予定しています。				

技術発表会

アブストラクト

(発表順)

海半球センターの陸上地磁気観測網と地磁気絶対観測

東京大学地震研究所 技術部総合観測室

宮川幸治

はじめに

地震研究所海半球観測研究センター(海半球センター)では、太平洋地域に地磁気観測網を展開しており、現在8観測点を運用している(図1)。本観測網は「海半球ネットワーク」プロジェクトの一環として、既存の世界的な地磁気観測網において空白域となっている太平洋地域をカバーすることを目的として、1997年～2002年にかけて作られた。本観測で得られるデータを用いることにより、地球磁場の成因であるコアのダイナモプロセスといった、コアダイナミクスの解明などに寄与することが期待されている。

本発表では、Kanchanaburi 観測点を例として地磁気観測点の構成について紹介するとともに、およそ年に1度、現地で行っている地磁気絶対観測について解説する。

Kanchanaburi 地磁気観測点(タイ)

Kanchanaburi 地磁気観測点は、タイ王国にある Mahidol 大学の、Kanchanaburi キャンパスの敷地内にある。観測点は東西方向に約180m、南北方向に約100mの広がりを持っており、その敷地内に、互いの磁性の影響を避けるために分散して観測機材が設置されている(図2)。主な観測装置は、オーバーハウザー磁力計

(OHM 磁力計) とフラックスゲート磁力計 (FG 磁力計) である。OHM 磁力計は、磁場の強さ(全磁力)を5秒間隔で測定しており、FG 磁力計は、磁場空間の直交3成分(磁気ベクトル)を毎秒測定している。観測されたデータは、アンプ小屋を経由して、ロガー小屋に設置されたロガー内の Compact Flash (CF) に記録される。CF に記録されたデータは、現地協力機関の手により毎月ホームページにアップロードされる。

地磁気絶対観測

FG 磁力計は、磁場ベクトルの変化量を測定するために、磁場のオフセット分を人工磁場を作ることで打ち消しているのだが、その機構上、気温・傾斜変化などの影響を強く受け、オフセットがドリフトし易い。よって FG 磁力計に対しては、定期的に FG 磁力計のオフセットの変化を測定する必要がある。オフセットの決定は、絶対観測点において磁場の強さと方向を精密に測定し、その測定値と同時刻の FG 磁力計の測定値とを比較し、ずれ(基線値)を算出することにより行う。この、地磁気3成分の精密測定を地磁気絶対観測と呼ぶ。

しかし、絶対観測点で磁場の大きさと方向を同時に測定することは困難である。そこで、磁場の

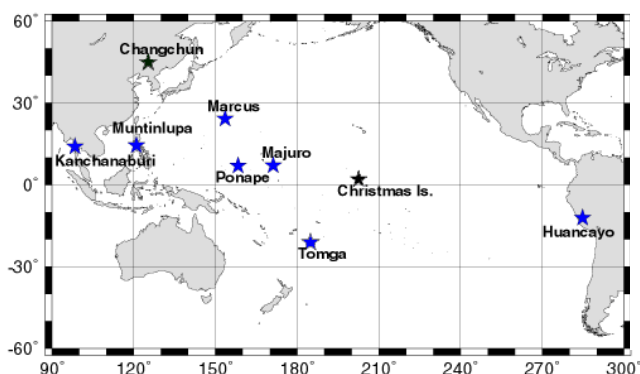


図1：地磁気観測網の観測点マップ
(2ヶ所の黒星は運用を停止した点)

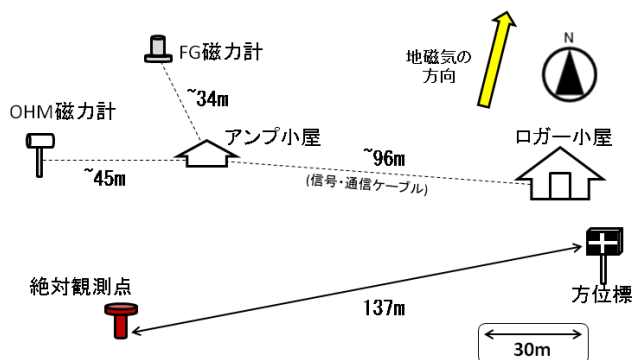


図2：Kanchanaburi 地磁気観測点
(タイ) の機器配置図

大きさに関しては、連続観測している全磁力計（タイでは **OHM** 磁力計）の値に補正値を加えることで代用する。補正値の **1** つが、絶対観測点の磁場の大きさと連続観測点の磁場の大きさの差であり、この差を測定することを全磁力地点差観測と言う。全磁力地点差観測では通常、絶対観測点上にポータブルのプロトン磁力計を置き、**10** 秒間隔で **10** 分程度の観測を実施する。その測定値と連続観測点の測定値を比較して、地点差を求める。もう **1** つの補正値が、センサーの個体差を補正するセンサー器差であり、両者を足した補正値は全磁力総合差と呼ばれる。

絶対観測点での磁場の方向の測定には、**FT** 型磁気儀を用いる（写真 1）。**FT** 型磁気儀とは、非磁性の経緯儀に小型の **1** 軸型 **FG** 磁力計を取り付けたもの（写真 2）で、地磁気ベクトルと直交する方向の仰角と方位角を測定するのに使用される。磁気ベクトルと直交する方向とは磁場がゼロとなる方向なので、**1** 軸型 **FG** 磁力計の出力がゼロになるように **FT** 型磁気儀を回転させて方向を決定する。磁気子午面内の仰角測定値から伏角が、水平面内の方位角測定値から偏角が算出できる。但し、**FT** 型磁気儀により観測される方位角は磁気儀座標系内の角度であるので、地理座標にするために、予め方位が分かっている方位標の方向を参照する。このようにして求めたある時刻における全磁力・伏角・偏角を、**FG** 磁力計の測定値か

ら算出した値と比較して基線値を求める。

方位標の方向は、真方位観測によって決定される。この観測では、軌道が良く分かっている恒星（タイでは北極星を使用）と方位標との間の角度を、**FT** 型磁気儀を使って測定することにより、真北からの方位標の方位角を求める。

以上を纏めると、全磁力総合差観測、**FT** 型磁気儀による方向の観測、真方位観測を現地で実施し、その期間中の **FG** 磁力計や **OHM** 磁力計の連続観測データと組み合わせることにより、地磁気絶対観測の結果である基線値を求めることができる。

さいごに

海半球センターが運用している **8** 観測点のうち、**Huancayo**（ペルー）・**Muntinlupa**（フィリピン）・**Changchun**（中国）・**Marcus**（日本）に関しては、現地協力機関が地磁気絶対観測を行っている（**Marcus** は気象庁）が、それ以外の **4** 観測点に関しては、日本から地磁気絶対観測を実施しに行く必要がある。自分はその内の **Kanchanaburi**（タイ）と **Tonga**（トンガ）に赴いて地磁気絶対観測を実施しており、残る **Ponape**（ミクロネシア連邦）と **Majuro**（マーシャル諸島共和国）に関しては、**2011** 年 **3** 月に赴く予定である。今後も、これら地磁気絶対観測などの技術支援を通じて、地磁気観測網での長期安定したデータ取得に貢献して行きたい。



写真 1 : Kanchanaburi 観測点にて、**FT** 型磁気儀を操作しているところ



写真 2 : **FT** 型磁気儀に取り付けられている、**FluxGate** センサー部

無線ユニットおよび GPS 時計を内蔵した海底地震観測用データロガー

#鈴木秀市・伊藤喜宏・日野亮太（東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター）・
齋藤和男・長谷川聡・日里勝利・酒主美樹雄（株式会社計測技研）

1. 要旨

我々は、船上における自己浮上式海底地震計の設置・回収作業の効率化を図るため、新型データロガーの開発を行った。新型ロガーの特色は、GPS ユニットと無線通信ユニットを備えている点である。自己浮上式海底地震計を用いた観測に必要な地震計の設置直前・回収直後の時刻校正は、内部 GPS ユニットの時刻を基準として行う。さらに、データロガーの設定を無線通信を介してできるようにすることにより、信号・通信ケーブルを必要としないワイヤレスの観測システムが実現できた。ワイヤレス化により、船上での時刻校正やデータロガーの設定作業の際、信号・通信ケーブルの着脱が不要となり、大幅な作業効率の向上が期待できる。また、ケーブルとその貫通部分は、耐圧ガラス球内への浸水箇所となることしばしばあったため、ワイヤレス化は観測の信頼度向上にも寄与すると期待される。

2. 既存のレコーダからの改良点

データロガーの開発は、既存の陸上地震観測用の製品 (HKS-9550) に対して、改良と機能追加を行うことにより進めた。その概要は、次の通りである。

【ハードウェア】

- ・センサクランプ機能の追加
- ・小電力無線通信によるロガー電源制御およびロガー動作制御
- ・軽量化

【ソフトウェア】

- ・収録開始・停止に合わせてセンサクランプ切替を自動的に行う機能を追加
- ・GPS による時刻校正を停止する機能を追加
- ・記録開始・終了日時を指定するスケジュール機能を追加

3. 無線化の実現による利点

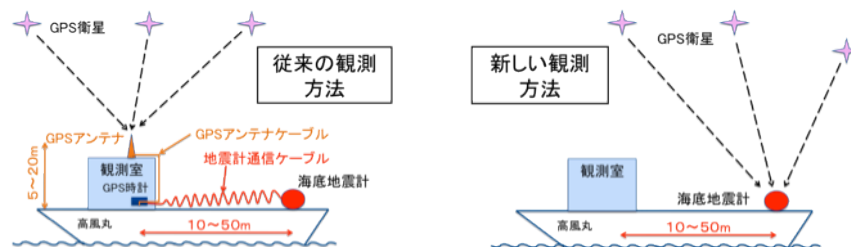


図1. 船上における観測機材の設置概略図

【作業効率の向上】

- ・信号および通信ケーブルの着脱が不要
- ・船上でのGPS時計用アンテナ取付け作業の省略化
- ・耐圧ガラス球に通信用のケーブル穴を開ける行程と通信ケーブルの省略化 > コスト削減

【データ取得の信頼性を向上】

- ・ガラス球内への浸水箇所の低減

4. データロガーの構成と仕様

データロガー構成は、ロガー本体よりGPSアンテナおよび無線子機ユニットを外側に装備し、内部にクランプ制御基板（ラッチングリレー）を追加した。また、無線コントローラーを制作した。無線通信機能は、IEEEの規格に準拠した2.4GHz帯のものを使用した。

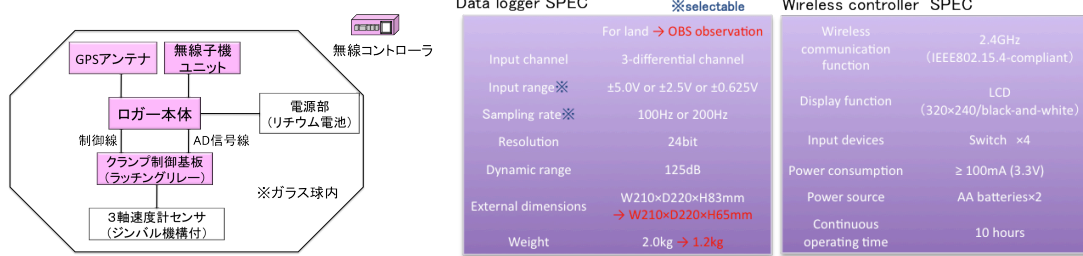


図2. 新しく開発した海底地震計の構成概略図と仕様

5. 観測時の動作

海底地震計組立時は、無線子機ユニットの電源のみ投入し、レコーダ本体は電源OFFの状態、ガラス球に封入する（図2）。レコーダ本体の電源投入や観測パラメタの設定は、ガラス球の外側から無線親機ユニットを用いて行う。こうした操作は、各子機に振られたIDを用い、個別に行うことができる。内部GPSユニットは、時刻校正を行った後停止し、海中では待機状態となる。

海底着底後、あらかじめ設定した記録開始日時になると、センサクランプを解除して、データ収録を開始する。その後、記録終了日時になると、センサクランプを行うとともに収録を停止する。

観測を終えて船上に回収されると、無線親機ユニットからの指令を送ることにより、データロガー内部のGPSユニットが起動し、時刻校正を行う。時刻校正情報はデータロガー内部に記録される。

6. 消費電流の試験

消費電流の試験を行った。電流測定の方法（図3）は、新型レコーダに供給している電源ラインに1Ωの抵抗をはさみ、その両端の電位差（電圧）を別のレコーダで収録した。

消費電流の1秒平均値の結果をグラフ（図4）に示す。

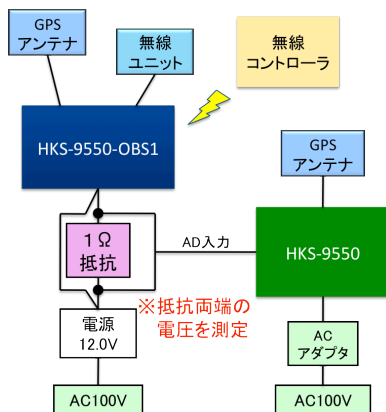


図3. 消費電流試験模式図

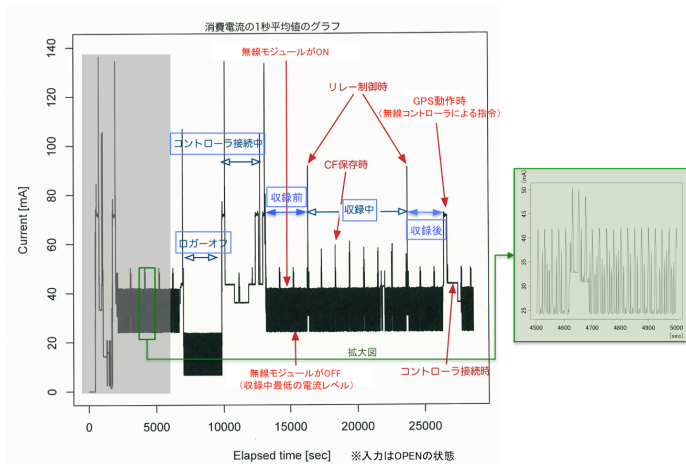


図4. 消費電流試験結果

7. 今後の課題

実験室内では、ガラス球内に封入した状態で動作試験を完了しているが、実海域での観測がない。近日中の航海でGPSの受信状態や動作試験を船上で行う予定である。また、ソフトウェア面で、海底観測中における無線ユニットの親機（コントロールユニット）スキャン抑止機能の追加を検討し、低消費電力化を進めたい。

深海域における地殻熱流量測定を紹介

東京大学地震研究所 技術部 総合観測室

藤田親亮

1. はじめに

地震の発生や火山活動・マントル対流などの現象は、地下の温度分布と密接に関係しているため、地下の温度構造の情報は、地球内部の研究の上で非常に重要である。

地下の温度構造は、おもに「地殻熱流量」を測定することによって知ることができる。熱流量は単位時間、単位面積あたりに流れる熱量であり、

$$\text{熱流量} = \text{温度勾配} \times \text{熱伝導率}$$

(W/m²) (K/m) (W/m/K)

である。つまり、温度勾配と熱伝導率を測定することにより、地殻熱流量を知ることができる。

今回は、平成 22 年 11 月 14 日～29 日にかけて実施された日本海溝海域における観測を例にとり、深海域における地殻熱流量の測定手法を紹介する。

2. 温度勾配の測定

海底地表面付近の温度勾配を測定するにあたり、海域では長さ数mの金属棒に一定間隔で温度センサーを取り付けた槍状のプロープを使用する。プロープは、傾斜や温度データを測定・送信できるデータロガーを収納した重りに取り付けられ、全体を船のワイヤーで吊り下げる (図 1)。

今回の測定では、海底の堆積物を採取するピストンコアラにデータロガーと温度センサー (サーミスタ) を取り付けたものと、小型温度記録計とデータロガー (傾斜データ測定用として) を取り付けけたプロープの 2 種類を使用した (写真 1)。

測定においては、全体の長さを考慮しつつ、ワイヤー長を船上で確認し、プロープ全体が海底から約 30m の点で一旦ワイヤーの繰り出しを停止する。ここで 10 分程度静止し、水温を計測する。深海におい

て、センサー取り付け位置による数mの差ではほとんど温度変化がないことを利用し、この水温測定結果を基準値としておく。水温計測の後、ワイヤーを海底へ繰り出す。ワイヤーの張力を船上にて確認し、テンションが緩んだところで着底と判断する。データロガーからの音響パルス信号によりプロープの傾斜を確認した後、潮流などによってワイヤーが引っ張られないようにするため、着底後はあそびとして 5m ほどワイヤーを繰り出す。その後はテンション状態に応じてワイヤー長を調節する。

着底より 20 分程度堆積物中の温度を測定し、測定後はゆっくりワイヤーを巻き上げてプロープ全体を離底させる。プロープの傾斜やワイヤーの絡みがないかを確認したのち、ワイヤーを巻き上げてプロープを回収する。

回収後は、プロープからデータロガーや温度センサーを取り外す。最後に PC と接続して測定した温度データを吸い出し、データより温度勾配を求める。

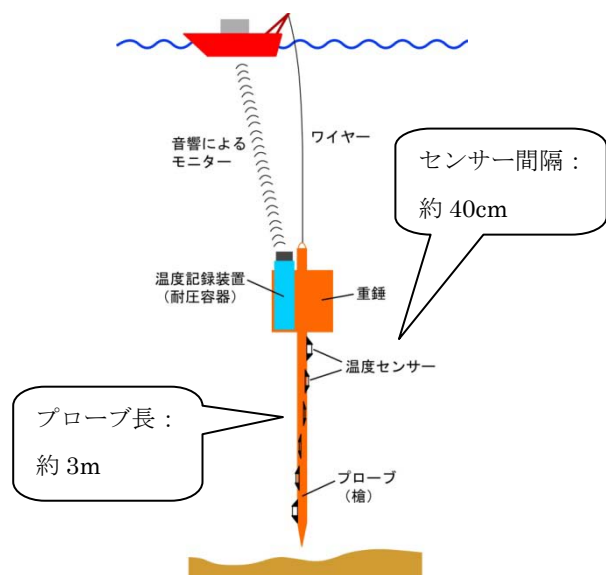


図 1 温度勾配測定

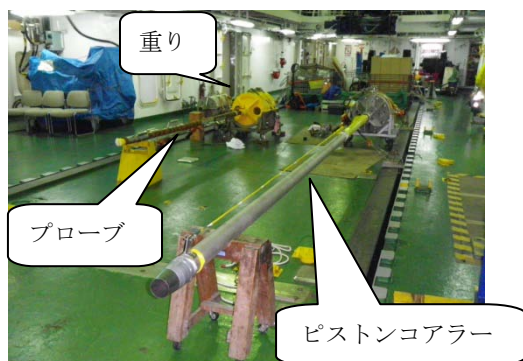


写真1 プローブとピストンコアラー

3. 熱伝導率の測定

熱伝導率は、海底から採取したコアサンプルを使用して測定する方法と、ヒーター付温度センサーをプローブに取り付け、海底で現場測定する方法の2種類がある。今回の航海では、ピストンコアラーによって採取されたサンプルを使用し、QTMとニードルプローブ法双方にて熱伝導率を測定した。

コアサンプルから熱伝導率を測定する方法にはボックスプローブ法（QTM）とニードルプローブ法がある（写真2）。どちらも測定原理としては、ヒーターにより連続して加熱すると熱伝導率に応じて温度が上昇することから、その温度上昇の時間変化を測定して熱伝導率を求めるというものである。

QTMは、アイロン状のプローブをサンプルの上に置いて熱伝導率を測定する。プローブの底面は断熱材となっており、そこにヒーターおよび温度センサー（熱電対）が取り付けられていて、サンプル以外に熱が伝わらない構造となっている。サンプルにプローブをのせ、温度が安定した後（装置が知らせてくれる）に動作をONにすると自動的に熱伝導率が測定される。

ニードルプローブ法に使用するセンサーにはニードルが1本と2本のものがあり、1本のはヒーターと同じ位置にある温度センサーにて温度上昇を測定し、2本のは片側にヒーター、もう一方が温度センサーとなっている。どちらもサンプルにニードルを刺し、動作をONにすることで測定を行う。



写真2 QTM（左）とニードルプローブ法（右）

現場測定では、ヒーターにて温度センサーを10秒程度加熱し、ヒーターをOFFにした後の温度下降を測定することによって求める（ヒートパルス法、図2）。こちらの温度測定には、温度勾配測定と同じ温度センサーが用いられるため、温度勾配測定の完了後に熱伝導率の測定が開始される。

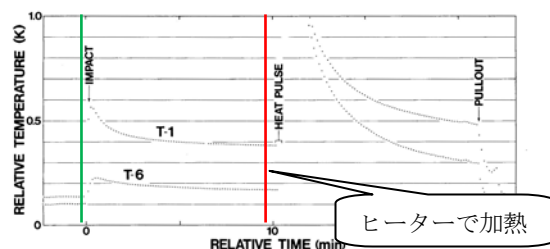


図2 ヒートパルス法による熱伝導率測定

4. おわりに

今回の航海では、順調に温度勾配・熱伝導率ともにデータを取得することができた。しかし、コアサンプル取得の段階で堆積物の性質（含水率など）が変化する可能性があり、熱伝導率測定は直接海底で実施することが望ましい。現場測定も実施されているが、深海の環境下で堆積物に差し込むという制約条件を満たしたヒーター付温度センサーの製作方法が確立されていないため、数多くは実施されていないのが現状である。今後もセンサーの製作・試験や機器のメンテナンスなど熱流量観測に携わり、よりよい支援ができるように努力していきたいと考えている。

水準点の新設および維持管理について

京都大学防災研究所附属火山活動研究センター 園田忠臣

はじめに

桜島は今もなお活発な活動を続けている火山である（写真 1）。現在桜島で行われている火山活動の観測の中で、測地学的な手法によるものとして地盤変動を測定する GPS 観測、地盤の上下変動を測定する水準測量、地下の密度および質量の変動を測定する重力測定などが繰り返されている。これらの観測で共通して使用するものの一つに水準点（基準点）がある。桜島内で行う水準測量の路線にそって、一周路線に 53 点、西部登山路線に 21 点、東部の黒神路線に 4 点、計 78 点の水準点が設置してある。この水準点に加えて 2010 年に桜島北部中腹に北岳路線として 23 点を新設し、合計 101 点の水準点が存在することとなった（図 1）。今回この北岳路線新設における作業、そしてこれらの水準点の維持管理について紹介する。



写真 1 2010 年 3 月 16 日 昭和火口爆発

新設前の現地調査

まず初めに、新設するにあたって路線の決定と設置場所の現地調査を行う。また、設置場所の路線がどこの管理管轄なのか事前に調べておく必要がある。桜島で実施している水準測量では、水準点の空間分布や測量の際の作業効率を考慮し、平坦路では 1 区間の距離が 500～1000m、高低差のある場合では 1 区間の高低差が 40m 以内となるように水準点を設置している。これらを基に、事前に地図上で設置候補場所を決定し、現地調査にあたった。位置の測定はハンディ GPS とノートパソコンに接続した GPS を併用した。また設置場所では、設置後ほぼ半永久的に使用することを考慮して、土台がしっかりとした場所を選定していった。そして、設置許可申請をするための、写真を撮っていった（写真 2）。

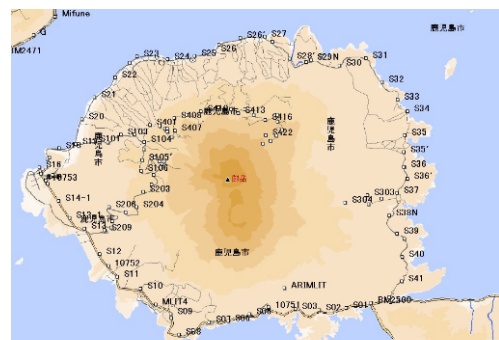


図 1 桜島内水準点分布図



写真 2 設置許可申請用写真の例

設置許可申請と機材の準備

今回の北岳ルートの場合、調査した結果、路線管理が鹿児島森林管理署と鹿児島市役所の管轄であることがわかった。それぞれの機関に設置許可申請を行い、約 2 週間ほどで、許可申請が下りた。その間に、水準点を設置する機材の準備をした。

水準点設置作業

今回の設置場所は全て、コンクリートの構造物上に設置するため、コンクリートドリル（φ8.5mm）で下穴を開けそこにコンクリートボンドを流し込ませた。また金鋏にもコンクリートボンドを多めに塗り設置面と金鋏との間に隙間のできないよう取り付けを行った。取り付け後、金鋏の上からハンマーでしっかり打ちつけて固定するようにした。設置後、点の記作成のため設置写真を撮った(写真3)。



写真 3 設置後水準点の例

維持管理について

桜島では、1 年の中で数回、路線管轄機関から委託を受けた業者により、道路端の雑草除去および火山灰の除去作業が行われる。その時に水準点を壊されたり、傷つけられたりする危険性がある。それを未然に防ぐ対策として、各水準点に標柱を立てることにしている。標柱を立てる前は、実際に壊されたり、傷つけられたりしたことが多々あったが、標柱を立ててからは、かなりそれを防げるようになった。

さいごに

水準点は設置後、特別の事由が無い限り、ほぼ半永久的に使用する。桜島では、約半世紀に涉って使用され続けている水準点もある。繰り返し行われている観測のなかで、水準点はなくてはならない大切なものであり、今まで諸先生方、先輩技術職員のご尽力により大切に守られてきた。この水準点を、今後も守りつづけていくよう努力していきたい。

地震研究所における強震動観測の変遷と現状、これから

技術部総合観測室（強震担当） 坂上 実

はじめに

地震研究所強震観測室は、1965 年に強震計観測センターとして設立され、その後 1994 年の地震研改組で強震観測室と名称が変更された。一時期地震地殻変動観測センターに属したが、2 年ほどで地震火山災害部門に属することになった。私は強震計観測センター発足後の 1970 年からほぼ 10 数年間構造物を中心に設置された多くの機械式強震計（SMAC-A-B-C 型）の保守やデータ収集などに従事してきた。その後、機械式からデジタル強震計に移行を図り、伊豆・駿河湾強震動観測網（1981）や足柄平野高密度強震動観測網（1987）の構築を行ってき

た。またこの間には被害地震での余震観測・各地域での地盤調査のための観測点設営と観測など多く行ってきた。今日まで強震観測点で収録された強震動データは、データベース化が構築されユーザ登録された方々に公開している。

今年度の技術研修会では、長年強震動観測を通じて培った観測点設営技術など大まかに纏め、地震研究所における強震動観測の変遷・現状を報告する。また、現在議論されている強震観測点の大幅縮小計画と廃止（案）についても紹介する。図 1 は現状強震観測点の配置区分を示す。



図 1. 強震観測室が維持管理している強震観測点の配置区分の状況

SMAC 型強震計による観測

SMAC-A 型が 1953 年に試作され、その 1 号機が地震研究所に設置されて以来、東京・大阪・名古屋など大都市の構造物への設置が進み、ほぼ 10 年後には全国に約 400 台が設置された。その後、新潟地震（1964 年）、十勝沖地震（1968 年）を経て 1970 年後半には全国の設置台数が 1000 台を超えた。強震計観測センターでは主に都市部を中心に、遠くは北海道、東北、北陸、四国、中国、九州などに設置された約 150 ヲ所

（300 台）の強震計の保守点検とデータ収集を行ってきた。この成果は年 1 回“Strong-Motion Earthquake Records in Japan”として刊行され、国内外の大学や研究機関に配布されてきた。

1973 年には東京下町地域の軟弱地盤への観測点設営計画が立ち上がり、土地借用・建築許可申請など含む本格的な観測局舎建設を江東区の都立猿江公園で行った。特に局舎内の地震計台施工では、地震時の局舎の揺れなどの影響

を除去するため地震計台と局舎間の切り離しを行った。この江東観測点は地震研究所が自前で設けた初めての地盤上の観測点である。この設営計画がきっかけとなって、以後、徐々に構造物の強震計の保守から脱却し自前の地盤上観測点の設営へと進むことになった。現在でも強震計の第一世代とも言えるべき SMAC 型の強震観測は大阪、名古屋の 3 観測点（9 台）で継続しているが、今年度中に全て廃止する予定である。また、1953 年に試作された SMAC-A 型の強震計と USC&GS の標準強震計は現在、地震研究所 2 号館地下展示室に展示されている。SMAC-A 型の大きさは 740 幅×840 長×560mm 高あり重量 300kg になる。計器の保護カバーも観測記録の保守のため頑丈に設計されている。

ディジタル強震計の移行と伊豆・駿河湾観測網

1970 年代後半にはディジタル強震計の開発が始まり強震観測システムも大きく変わった。とくに計器の小型化により観測場所などの選定の難しさも大幅に改善され、SMAC 型からディジタル型強震計へと徐々に移行が始まった。当時の強震計観測センターでも 1979 年にディジタル強震計（DSA-1 型米国製）を初めて 4 台導入した。その後 Hawaii でのワークショップと日本学術会議の勧告に基づき、伊豆・駿河湾地域における強震動観測網計画（1981～1982 年）がスタートした。観測場所は私が事前に調査選定した複数の候補地の中から大澤胖先生・田中貞二先生が現地に出向き最終判断され決定された観測点である。この観測点には新たに開発した SMAD-1 型強震計（旧アカシ製）を用い、観測局舎と地震計台を設けて 15 ヶ所の露頭岩上に観測点を構築した。その後、既存観測点を基軸に地中地震計埋設を含む観測点の増強を図り、現在では巨大地震の発生が予想される駿河湾に面した地域の 10 ヶ所で強震動観測を実施している。一方、伊豆半島中・東部地域にも 10 ヶ所に観測点を配置している。全体として 20km～30km の中規模アレー強震動観測網を形成している。また、伊豆半島側に潜り込むフィリピン海プレートの東縁上に位置する伊豆大島（現都立つばき小学校）にも観測点を設置した。観測初期は観測点の保守（計器の正否・停復電・テープ残量・収録最大値（gal）・トリガー時刻、局舎ドア開閉・他）を主目的に NTT アナログ回線を導入した。これらの観測網設営計画の中で河津観測点（河津町）と下多賀観測点（熱海市）は、観測点設営の中で最も難工事であった。河津観測点は旧石

切り場の中にあり、そして下多賀観測点は戦時中の特殊潜航艇の格納壕跡地の中に設置したためである。

伊豆半島周辺の群発地震と噴火

伊豆半島東方沖では 1982 年から川奈崎および伊東沖を震源にした群発地震が多発した。1986 年 11 月 2 日から伊豆大島近海で火山性の群発地震が発生し 15 日には三原山火口から噴火が始まり、16 日から伊豆大島及び島周辺では地震が活発化し大島では震度 5 を 2 回観測した。21 日の夕刻には山頂付近から割れ目噴火が発生し大噴火に及んだ。我々の伊豆大島観測点では、この間に発生した地震でほぼ連続的にトリガーが掛かりばなしの状態になりデータ収録のカセットテープが全て巻き取られ、一時欠測状態に陥った。幸い樋口秀司先生（大島高定年退職）によって、献身的にテープを交換してもらったことで 21 日の夕刻まで貴重なデータが得られた。この噴火で全島民の島外避難が行われたが、噴火直後から現地で観測を行いながら緊張感と得がたい貴重な体験をした。その後の 1989 年には伊東沖の手石島周辺で群発地震が多発した。その最中の 7 月 11 日の夕刻に地下から突き上げるような不気味な音（杭打ち音）と振動を体感した。その振動を伊東市新井地区汐吹観測点と同地区宝仙寺観測点の強震計（DSA-1）で、孤立した連続波形を観測した。その波形は通常の地震波形とは大きく異なるもので、数日後の 13 日には強烈な振動音に伴い伊東沖手石海丘から海底噴火が発生した。この一連の群発地震で得られた地震データと特異な振動データには多くの研究者が注目し、この振動データを用いての研究発表と論文投稿が多数行われた。その後、1998 年に伊東市汐吹崎公園からほぼ 1 キロ先に位置する無人島の手石島に総合観測点を設けることになり、現在でも手石島では強震計とプロトン磁力計が正常に稼動し続けている。なお、島内の電源は太陽電池を用いデータ伝送は携帯電話を利用している。

足柄平野の観測網と南関東広域観測網

足柄平野高密度強震動観測網は 23 観測点で構成され、その内の 8 ヶ所（集中局、西湘、酒匂、高田、国府津、成田、久野、久野農協）は地中検出器を含む観測点である。その中の集中局は地表と地中 10m, 30m, 100m, 500m に検出器を埋設している。西湘（県立西湘高等学校）は 4 階建て校舎の屋上・1 階両短部の基礎梁上

に1台ずつ地震計を設置し、地中1m, 10m, 30m, 100mに検出器を埋設する総合観測を行っている。足柄平野の観測網の構築は工藤一嘉先生（現、日本大学教授）が中心となり共に行なってきた。また西湘総合観測は壁谷澤寿海先生が学校建築の耐震化を詳細に調査研究する目的のため、壁谷澤先生から観測点構築の依頼を受けて完成した施設である（2000）。観測点全体のデータ収録はNTT回線（ISDN）を用いている。

これらが設置されている平野部は酒匂川の堆積物によって複雑な地層構成になっている。平野を取り巻く馬蹄形の丘陵部には基盤を構成する露頭岩が見られる。地表・地下構造の3次元性が強震動に与える影響を詳しく調査する目的と比較のために丘陵部の露頭岩上の7ヵ所にも強震観測点を設けている。1989年に足柄平野はESG(Effect of Surface Geology on Seismic Motion)研究の国際テストフィールドに指定された。1992年には足柄平野観測網で得られたデータなどを用いてESG国際シンポジウムが小田原市で開催された。

足柄平野から東側にかけて清川、相模原、川崎市内4ヵ所（新百合ヶ丘、高津、武蔵小杉、浮島）および東京都江東から地震研究所へと強震観測点を展開している。また、東京西部の小金井、神奈川南部の油壺および房総半島西部の鋸山にも観測点を設けている。また、遠隔地の和歌山県潮岬にも観測点を設け、NTT回線を利用し保守点検とデータ収録を行っている（浮島、油壺、潮岬は地中観測含む）。

他大学との共同観測

他機関との共同強震動観測なども積極的に実施してきた。この共同観測は大澤先生が強震計観測センター長時代に強震観測の普及と強震動記録を得るために強震計の設置を切望された大学の研究者と行ってきたものである。その一例を挙げると北海道大学の酒井先生から依頼され、広尾町役場と釧路支庁への強震計（機械式DC型）設置がある。以後、北海道大学と共同で強震計の保守とデータ回収を行ってきた。大澤先生は地震研が他大学への協力を惜しんでは、大学間での強震動観測の発展は望めなく観測を試みる研究者が育たないと、いつも言われていた。そのような大澤先生の影響を受けて大学間で共同強震動観測を行ってきた。信州大学との共同観測では長野・松本・岡谷・諏訪で26ヵ所の観測点を展開している。また、

東京工業大学と福井大学とも共同で福井平野を中心に10ヵ所に観測点を展開し、2007年の能登半島地震では全観測点で良好な強震動データを取得することができた。また、文京区都立小石川高校と東京北西部の慶応義塾志木高等学校でも強震動観測を共同で行っている。

強震計による機動余震観測

計器の小型化と観測精度が進んだことにより、移動や設置場所の制限などが大幅に改善された。機動余震観測に出動した初めての地震は、伊豆大島近海地震（1978）の旧地磁気観測所である。その後は宮城県沖地震（1996）、三宅島噴火地震（1983）、同年の日本海中部地震、伊豆大島噴火地震（1986）、北海道南西沖地震（1983）、北海道東方沖地震（1994）、兵庫県南部地震（1995）、宮城県北部地震（1996）、鹿児島県北西部地震（1997）などで機動余震観測を行ってきた。しかし観測機材の中には独立した時刻校正用装置なども含まれているため、運搬や持ち運びは容易ではなかった。機動観測で北海道南西沖地震では、乙部町で1.6gの大加速度値の強震動を記録するなど貴重な強震動記録の研究資料が得られた。その後1998年に軽量小型の「ポータブル地震計 SMAR-6A3P（工藤・他1998）」が開発された。1999年に地震研究所に25台導入されたのを契機に機動観測は格段に進んだ。特に強震計の精度は24bit相当の高分解能となり時刻校正にはGPSを用いるなど観測精度が格段に進歩した。検出器やバッテリーが本体と一体型となり片手で持ち運びが可能になった。この携帯ポータブル地震計を用いて2000年の三宅島から始まった伊豆諸島群発地震では、三宅島を中心に神津島・式根島・新島に20数ヵ所の強震観測点を展開した。その後は宮城県北部地震・十勝沖地震（2003）、新潟県中越地震（2004）、福岡県西方沖地震（2005）、新潟県中越沖地震（2006）、能登半島地震（2007）、岩手・宮城内陸地震（2008）の余震観測に導入し成果を挙げてきた。これらの余震観測に同行した大学院生には、観測点設営のお願いから機材資材の準備、設置場所選定、機器調整および設置など現場で、そのつど指導してきた。この余震観測の中で新潟県中越地震では、小千谷市立東小千谷中学校でデータ回収中に不気味な地鳴りをともなった震度6弱の激しい揺れを体感し、4階建ての校舎が波打つように揺れ窓ガラスが割れ落下する状況は忘れることができない。ちなみに4階に設置した強震計の観測データは、ほぼ1gの加速度値であった。余震観測に導入するポータブル地震計は、いつでも持出し可能な状態に維持管理している。

新体制への引継と強震観測点の見直し

2010 年度より強震観測室が観測開発基盤センターに移行されたことにともない、既存強震観測点を含めた観測点の廃止撤去の議論が繰返し行われてきた。現在、災害科学系研究部門の強震観測に関係している教員と大まかな観測点の廃止撤去の方針が纏まりつつある。同時に他大学との共同強震観測なども見直しが行われているが、多くの観測点は共同観測機関への移譲を図る方針で調整している。図 2 は伊豆・駿河湾観測網及び足柄平野高密度観測網を中心した観測点見直し配置図案である。強震観測室の今後強震観測を引き継いでくださる新しい世代への円滑な引渡が重要であり、これか

ら引き継ぐ方々への現地案内を行い理解をいただくよう最大限の努力を払うつもりである。引き継ぐに当り観測環境を整える観点から老朽化した観測点施設の営繕整備を数年前から実施してきた。また、今年度撤去廃止する松田町寄観測点は 1980 年に設営され、約 30 年が経過した観測点である。施設の規模は敷地が 24 m²、局舎が 3m 幅×4m 長の鉄筋コンクリート建てで、一部半地下の観測室が存在する。12 月 28 日に電力・NTT 回線の引込み線撤去を行い、1 月 11 日から観測点施設の解体と現況復旧作業を行う。次年度は清川観測点、相模原観測点等の撤去を行う予定である。

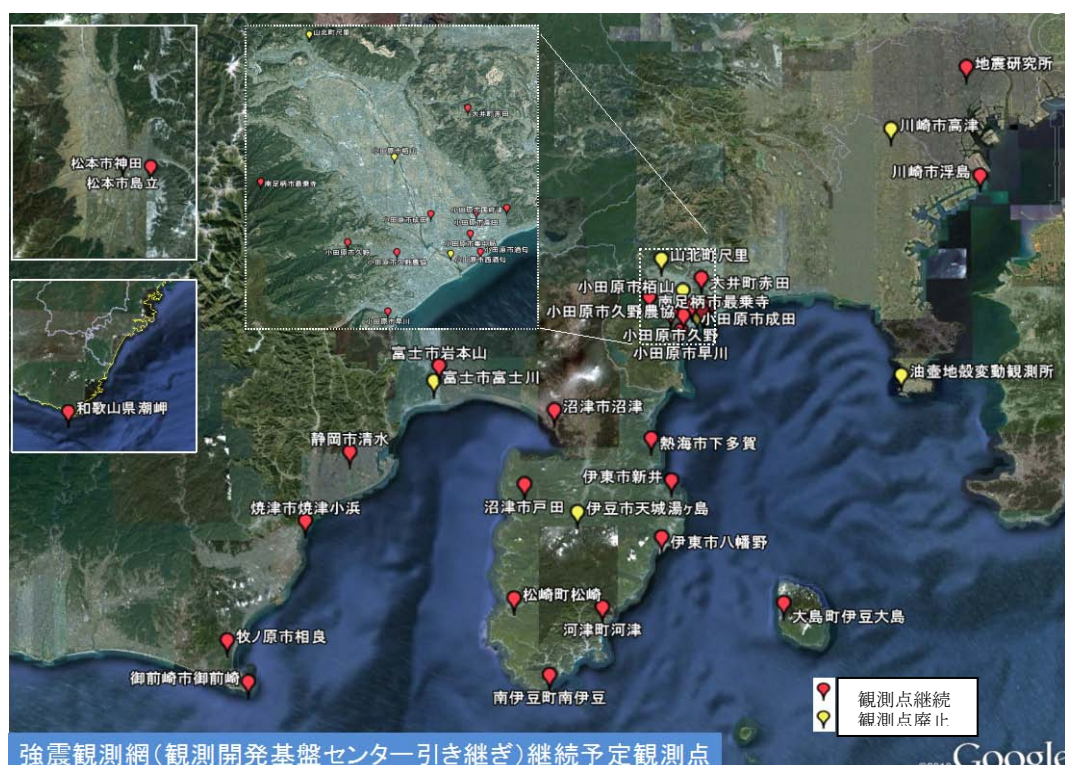


図 2. 観測点配置見直し (案) ●印：継続観測点 ●印：廃止及び検討観測点

まとめ

東京大学地震研究所において 1953 年の強震計の開発から長きにわたる我が国の強震観測発展のために尽力され、今日の強震観測の“魁”的な役割を荷なって来られた歴代の強震計観測センター長(金井 清・大澤 胖・田中 貞二・嶋 悦三・南 忠夫・太田 裕各先生)を始め、強震観測に尽力されてこられた工藤一嘉先生や他の諸先輩の熱意と献身的な努力に深く敬意を表する。今日、多くの研究者が強震観測データを容易に入手し研究に活用できる状況は、独立行政法人防災科学技術研究所を始めとする各研究機関の努力によるものである。

また長きにわたり強震観測に携わってきた当事者として、大澤先生が事ある毎に懸念されていた“データを採る人”の側の努力に対しての評価を切望する。強震記録の観測結果は後世に伝えるべき貴重な研究資料であると自負している。廃止撤去が決定された観測点は、構築してきた担当者として複雑な想いに駆られるが、私に課せられた責務であり残された任期中に撤去する。

引用資料：坂上実：防災科学技術研究所資料,第号, 記念シンポジウム「日本の強震観測 50 年」
—歴史と展望—講演集,2004,pp.21-28

宮崎県広渡ダムにおける 衛星テレメータを使用した地震観測点の設置

九州大学大学院理学研究院附属
地震火山観測研究センター
○内田 和也・植平 賢司

はじめに

宮崎県の微小地震観測点は、九州大学の他に、他の大学・気象庁・防災科学技術研究所等のものがあり、九州大学ではこれらのデータも使用して解析研究を行っている。宮崎県南部では観測点間隔が空いている場所があり、それを埋めるために宮崎県日南市北郷町の広渡ダムの横穴トンネルにおいてテレメータ観測点を設置したので報告する。

観測点設置場所の選定

観測網の空白域である宮崎県北諸県郡三股町と同県日南市北郷町を探索した。その結果、日南市北郷町にある広渡ダムに、ダム建設の際、地質調査用ボーリングコアを掘るために作られた横穴のトンネルがあることが分かった。横穴トンネルはダム堤体の両脇にあり、それぞれ奥行きが約 100m ある。広渡ダムは県道 33 号線沿いにあり、この県道は都城市の中心に抜ける幹線道路となっているため、大型車の通行が比較的にある。そこで人工ノイズが少ない県道から遠い南側のトンネルで観測点が設置出来るか検討を行った。

いろんな検討を行った結果、衛星テレメータ回線の確保、電源の確保が可能である事が分かったので、広渡ダム南側のトンネル内で地震観測を行う事にした。

観測機器の配置

衛星テレメータには白山工業社製の VSAT システム（以後、白山 VSAT と記述）を使用し、地震計は固有周期 1 秒のマークプロダクツ社製（現サーセル社）L-4C-3D と広帯域地震計ストレックアイゼン社製 STS-2 の計 2 台を設置する事にした。地震計はトンネルの一番奥の、坑口から約 100m の位置に設置し、VSAT のアンテナは図 1 のように坑口から距離約 50m（ケーブル長では 70m）離れた位置に設置する。白山 VSAT の構成は大きく分けて、衛星パラボラアンテナとそこに取り付ける送受信ユニット（ODU）、衛星モデム、データ変換装置の 3 つから成る。今回、センサーからアンテナまで 170m 程度あるため、どのように機器を配置するか検討を行った。ハム等の電氣的なノイズ混入をなるべく防ぐためにセンサーのそばでデジタル化の方が望ましい事、LAN ケーブル（100baseT）の規格上の長さの制約（100m 以内）、電圧降下を防ぐために DC 電源を長距離延ばさない方がよい事等を考慮した結果、図 2 のような機器配置にした。すなわち、データ変換装置は地震計のそばに設置し、衛星モデムは坑口付近に設置する事である（図 2）。

電力配線

電気は 15A で契約を行った。九州電力の電柱から新設の引込柱へ電線を配線工事し、引込柱に電力メー

タ・リミッター・リセットブレーカを設置した。そこからダム管理棟～横穴トンネルへ電気配線工を行った（図 1）。またトンネル内の坑口付近にもリセットブレーカを設置した。そしてここから、トンネル奥のデジタイザや STS2 コントローラ用にも配線工を行った（図 2）。

地震観測点の完成

2010 年 3 月に地震計の設置と VSAT の UAT を行い、データの送信を開始した。白山 VSAT は通常の機器設置方法ではなく、パラボラアンテナ・ODU、衛星モデム、データ変換装置を別々の場所に設置した。付属のケーブルやコネクタではそのまま設置出来ないものがあったので、これらの観測機器を接続する各ケーブルやコネクタは特別に準備したものを使用し、現在順調に運用を行っている。

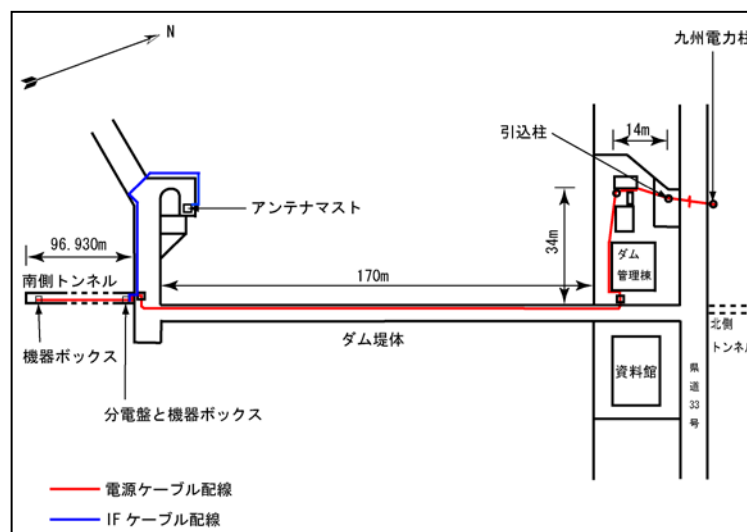


図 1. 電気配線図

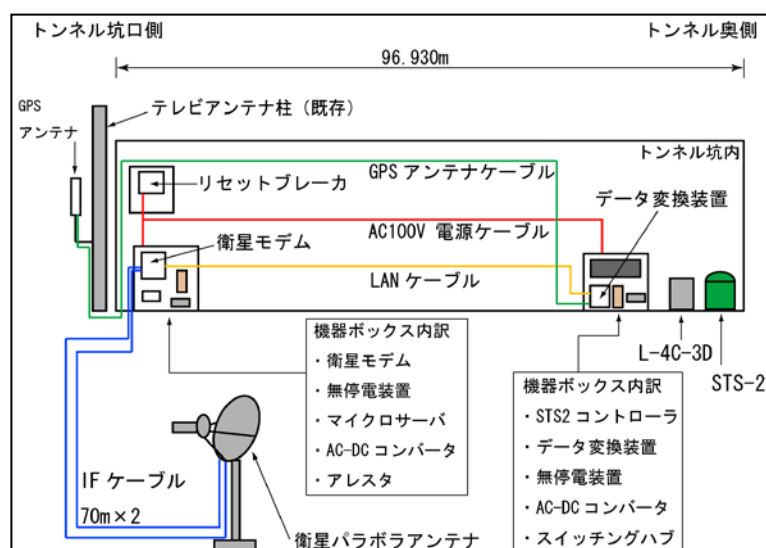


図 2. 南側トンネル内の機器配置図

濃尾地域における VSAT 地震観測点の設置

○森 健彦・荻野 泉・藤田親亮・阿部英二

(東京大学地震研究所 技術部総合観測室)

1. はじめに

観測系の技術職員における主要な業務として、地震観測点の設置・保守・撤去があげられる。技術職員の世代交代が迫る地震研究所において、新人職員がこれらの業務を経験し、ベテラン職員の技能を伝承することが差し迫った課題となっていた。特に、準恒常的な観測点の設置は、地元交渉・設営工事など、普段の業務では体験することが希な付帯的業務も多数あることから、新人職員が経験しておくべき業務の一つである。

2009 年度、濃尾断層系における歪・応力集中過程と破壊様式解明を目指した総合研究が始まり、地震研究所においては、19 点の衛星テレメータ装置 (VSAT) を利用した地震観測を開始している。2010 年度、地震観測点の地域的な空白を埋めるべく、4 点の新設が決まった。そこで、この地震観測点の設置作業を新人技術職員の研修として利用し、観測点設置に関する技能取得を目指した。

2. 業務の概要

本業務は、新人職員 (森・藤田・阿部) と指導役のベテラン職員 (荻野) の 4 名からなるチームで実行された。観測点業務は大きく分けて、

- 観測点候補地選定 (現地調査+所内検討)
- 土地貸借交渉 (含、土地利用許可申請)
- 観測点設備工事 (含、土木業者交渉)
- 観測点立ち上げ (VSAT 設置作業)

の 4 工程に分けられる。新人職員は 1~2 点の新設観測点の立ち上げに関する全責任を持ち、ベテラン職員の助言を仰ぎながら、上記の工程を進めていった。

2-1. 観測点候補地の選定

今年度設置した『関』『美濃』『伊自良』『八幡』の 4 観測点の場合、前年度設置の観測点との位置関係で、設置候補地の領域が事前に指定されていた (Fig.1)。それらの指定された領域において、候補地の選定作業が 2010 年 5 月に実施された。設置点は、地震計の設置に適し、衛星の通信に影響がない場所を条件として探索し、幾点の候補地において 24 時間以上のノイズ調査を目的とした地震観測を実施した。

観測データは東京へ持ち帰り、そのデータから候補地の定常的なノイズレベル、特異な振動周波数を有しないかなどを評価し、研究者との協議の上、最終的な観測点の位置を決定した (Fig.2)。

2-2. 土地貸借交渉

2010 年 7~8 月にかけて、観測点候補地の地主との間で 4 年間の土地貸借を交渉した。どの観測点においても、地主は好意的であり、貸借交渉は問題なく進めることができた。

地主との貸借交渉と共に、設置のために公的機関からの許可が必要となる観測点については、担当機関を訪問し、観測点設置に関するお願いを行った。そして、その場で担当者が紹介され、e-mail

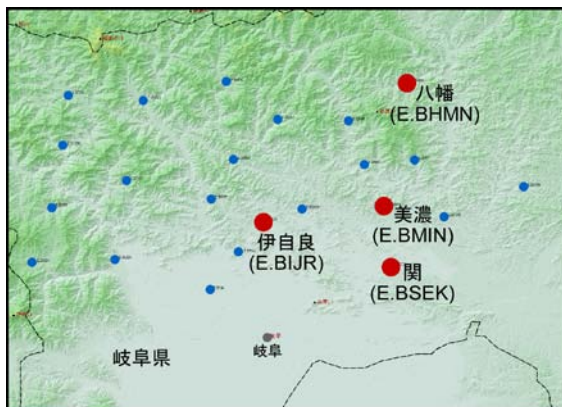


Fig.1 地震研究所が設置した地震観測点
(青丸：2009 年度分，赤丸：2010 年度分)

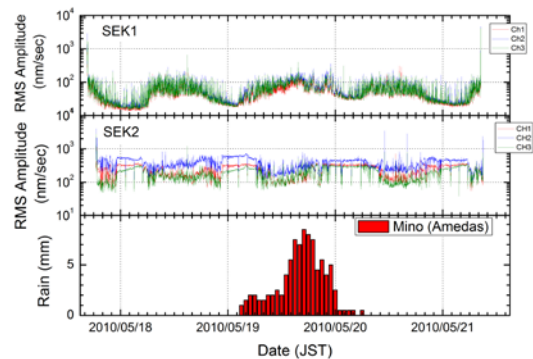


Fig.2 関観測点候補地の RMS 振幅と降雨量
『SEK1』が観測点として選定された

等で連絡を取り合い、必要な書類を相互確認しつつ、許認可申請を提出している。申請後、概ね 2～3 週間で許可が下り、土木工事を始められる状態となった。

2-3. 観測点設備工事

地主との土地貸借交渉と並行して、観測点における地震計基台及び VSAT 基台、電源関係の設備工事が施工できる業者を探し、見積もりを依頼した。見積もりが出そろった上で、所内における検討会を実施し、業者を最終的に決定した。但し、今回のケースでは、貸借する地主との関係より、依頼業者は限定的となった。

設備工事は 9 月中旬以降に実施され、各観測点とも、工事着工の際に担当職員が立ち会った。これは、現場に立ち会うことで、実施される工程を理解すると共に、工事が指示書通りに実施されているかを業者との間で相互確認するためであった。

2-4. 観測点立ち上げ

設備工事は順調に完了し、コンクリートの養生も順調に進んだことから、2010 年 10 月上旬に観測点の立ち上げ作業を実施した。事前に地震研究所において VSAT 設営に関する講習をそれぞれが受けており、現地での立ち上げ作業は大きな混乱もなく進めることが出来た。

3. 観測開始以後

4 点の地震観測点の運用が始まって以後、大きなトラブルや欠測もなく現在に至っている。11 月の RMS 振幅を解析した結果、定常的な振動レベルは低い値であったが、昼間時間帯における美濃観測点だけはノイズレベルが大きかった (Fig.3)。こ

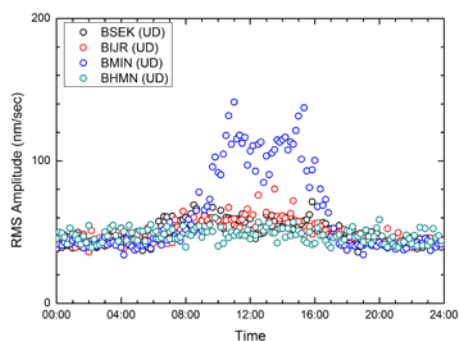


Fig.3 4 観測点における 10 分間隔の RMS 振幅。10 分間隔で時間窓 1 分の RMS 振幅を計算し、11/9～11/30 の期間における RMS 振幅値を平均化した。

れは、設置前から織り込み済みの状況であり、美濃観測点が紅葉の名所である大矢田神社の駐車場横ということに起因していると考えている。但し、美濃観測点においても、初動の読み取りに影響が出るノイズにまでは至っていない。

4. さいごに

今回の研修において、二つの副産物ともいえる成果を生み出している。一つは、DAT5 のデータを即時処理し、RMS 振幅とランニングスペクトルを表示できるソフトを開発したことである (Fig.4)。このソフトにより、ノイズ調査の直後に観測点候補地の評価が可能となり、設置までの時間短縮へ貢献できると考えている。二つ目は観測点保守の支援となる情報ツールとして、Wiki を利用した保守情報のデータベースを構築し、運用を始めたことである。このデータベースを雛形として、今後の業務における保守作業への支援に役立てていく予定である。

謝辞

今回の研修は、東京大学地震研究所の岩崎貴哉教授、酒井慎一准教授、飯高雄准教授の指導の下で実施されました。また、技術部総合観測室の職員の皆様には、様々な場面で助言を頂きました。ここに記して感謝いたします。

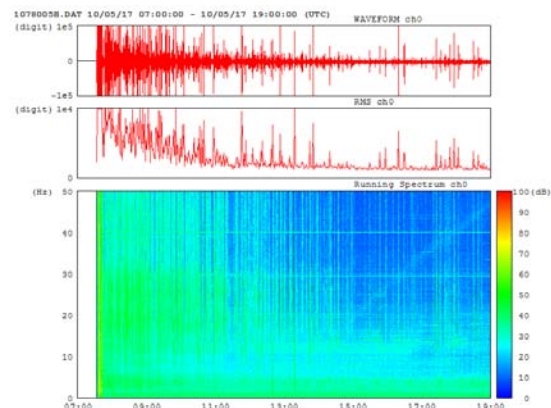


Fig.4 DAT5 のデータを即時処理ソフトのスクリーンショット。Windows での使用が可能である。

地殻変動データベースシステムについて

○山口照寛¹, 笠原稔², 高橋浩晃¹, 岡山宗夫¹, 高田真秀¹, 一柳昌義¹

1:北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター

2:BMKG, Indonesia

はじめに

歪み計や傾斜計等による地殻変動連続観測において、複数の研究機関のデータを統合した地殻変動データベースシステムを開発してきた(山口・他, 2010).

本システムは全国の地震波形データをリアルタイムに交換するためのネットワークであるJDXnet(鷹野ほか, 2006)に接続しており、リアルタイムで図1に示す観測点のデータを収集している. このデータを用いて、WEBを介し波形描画、データダウンロード、簡単な解析等の機能を提供する.

機能詳細

主な機能を以下に示す.

(1)サーバへのデータ入力について(データ一元化, イベントリスト作成)

各観測点とJDXnetから送信されるWINフォーマットの packets を本サーバが受信し、データファイルを作成する. 現在, 100Hz, 50Hz, 20Hz, 1Hzのデータを受信しデータファイルとして保存している. サーバではこれらのデータについてリサンプリングを行い, 1Hz, 1/60Hz, 1/3600Hzのデータも保存している.

本システムは歪み地震動の検索機能を持つ. 気象庁一元化震源を参照しM4以上のすべての地震を保存している. その地震について, 防災科学技術研究所のF-netが決定したメカニズム解があれば保存する. また, 世界で起こる地震についてもGlobal CMT Projectがメカニズム解を決定した地震すべてをリストしている.

(2)サーバからのデータ出力について(波形描画, データダウンロード, 各種解析機能)

期間, 観測点を選択することにより, 波形描画やデータダウンロードができる. サーバに保存されたWINフォーマットのデータファイルを要求された期間について連結し, 量子化データに変換した後, 感度をかけてデータを出力する. ダウンロード形式はWINフォーマット, テキスト, 波形のPDF画像が選択可能である.

本システムは簡単な解析機能を実装している. 1つ目は波形のスペクトル解析である. これはGeneric Mapping Tools(Wessel and Smith, 1998)のspectrum1dを用いている. 2つ目は歪み解析である. 解析するX-Y平面は自由に回転することもできる. 3つ目は時系列歪み解析(大久保, 2005)である. これにより時系列的に主ひずみの方位と大きさを求めることができる. 4つ目はBAYTAP-G(Ishiguro et al., 1981; Tamura et al., 1991)による潮汐解析処理ができる(図2). 5つ目はデジタルフィルタ処理(斎藤, 1978)である. ローパス, ハイパス, バンドパスの各フィルタがあり, 時定数も自由に入力することができる. 6つ目はメカニズム解の求まっている地震についてOkada(1985)により, 理論主歪みを計算し地図上に描画する機能である(図3).

今後の予定

(1)理論歪み波形表示

メカニズム解の得られた地震について, Honda and Yomogida(2003)の方法を用いて各観測点のイベント発生時の理論歪み波形を計算する機能を組み込む予定である.

(2)プログラム公開

(3)Mini-SEED, SACフォーマットデータへの対応

- (4)坂田式歪み計のデータを線ひずみに変換
- (5)傾斜ベクトル, パーティクルモーションの表示
- (6)理論潮汐 (GOTIC2)の表示
- (7)トレンドの除去

何かしら物理的でないドリフトが載っている波形についてそのトレンドを取り除く解析機能.

- (8)チャンネルテーブルのCIMSへの対応
- (9)複数の観測点のデータを並べて表示

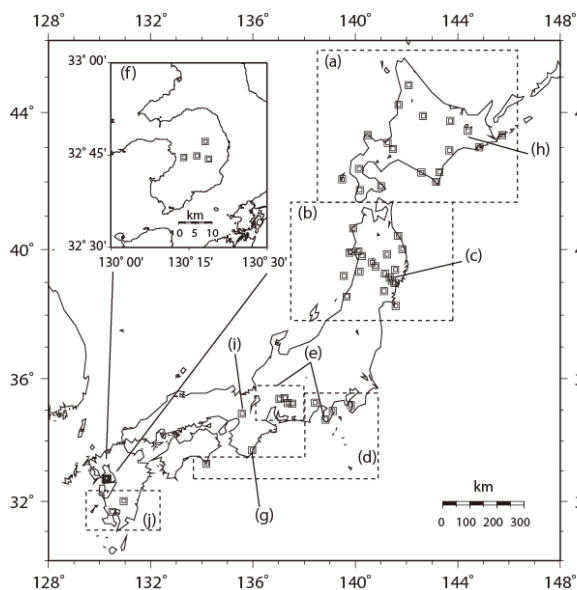


図 1 観測点配置図

- (a):北大, (b):東北大, (c):国立天文台
 (d):東大, (e):名大, (f):九大, (g):東濃地震科学研究所
 (h):北海道立総合研究機構地質研究所, (i):京大, (j):鹿大

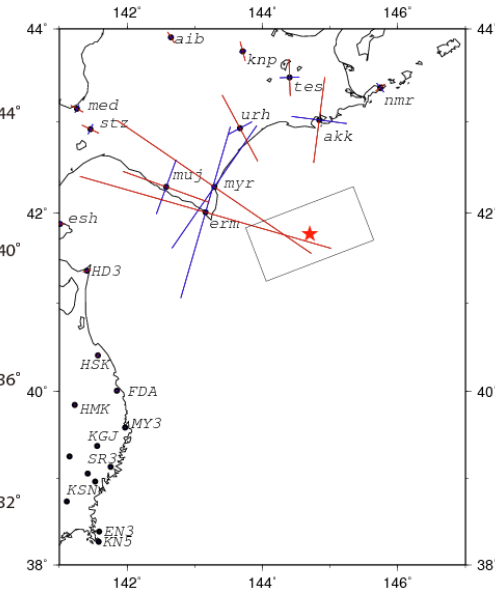


図 3 理論主歪み表示例

- 星印: 震源,
 矩形: 仮定した断層

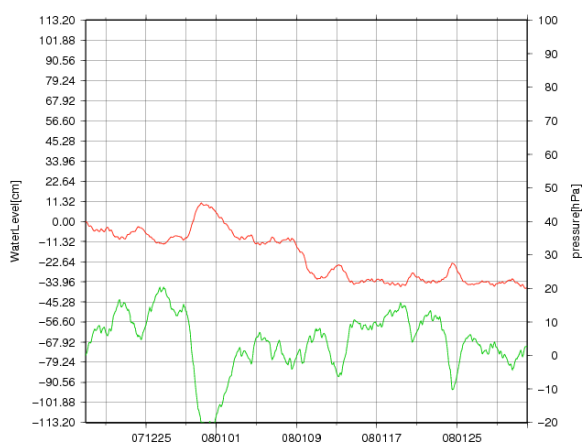


図2-1 波形表示例(解析なし)

上: 水位, 下: 気圧

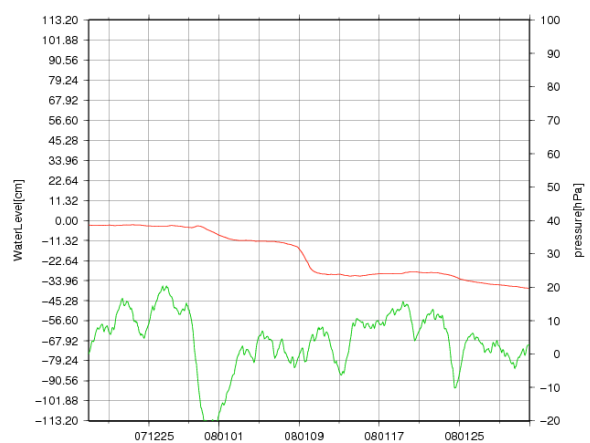


図2-2波形表示例(BAYTAP-G)

上: 水位, 下: 気圧

イタリア・ヴェスヴィオ火山噴出物調査および遺跡内の堆積物調査の紹介

技術部 技術開発室 外西奈津美

*はじめに

ヴェスヴィオ火山は約 2 万年前から活動を開始し、過去に何度も大規模な噴火を繰り返している世界有数の活火山の 1 つである。中でも西暦 79 年の噴火はローマ時代の古代都市ポンペイやエルコラーノを埋没させたものとして有名である。イタリア、ソンマ・ヴェスヴィアーナ市にあるローマ時代遺跡は 2002 年より本学を中心とする調査チームによって本格的な研究がスタートした。この発掘チームでは、考古学はじめ様々な分野の研究者が連携し、この遺跡の埋没過程の解明や文化・環境の復元にあたっている。本所、火山噴火予知研究センターを中心とする研究グループもこの計画に準備段階から携わり、現地の地質調査および化学分析による解析を進めている。

* ヴェスヴィオ火山

ヴェスヴィオ火山は、南西側の高いほうの峰であり歴史的に多くの噴火を繰り返したヴェスヴィオ山(1281m)と、北東に残る外輪山のソンマ山(1132m)とからなる複合成層火山である。ヴェスヴィオ火山はその活動開始以来、数百年～数千年毎に大規模な噴火を繰り返してきたことが地質調査によって明らかになっている。中でも、浅間山や桜島のように爆発的な噴火になるプリーニ式噴火として有名な、紀元前 1600 年のアヴェリーノ噴火や西暦 79 年のポンペイ噴火、西暦 472 年のポレナ噴火がある。



* ソンマ・ヴェスヴィアーナの遺跡

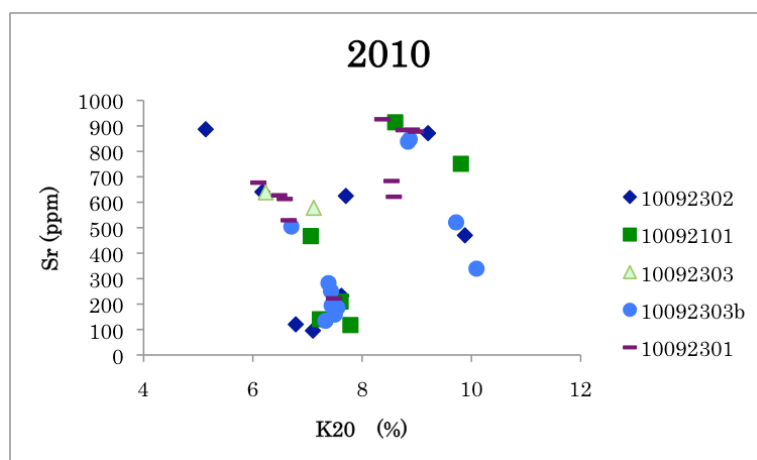
1930 年代に発見されたこの遺跡はその存在位置や埋没状況などから地元の人からは「ローマ初代皇帝アウグストゥスの別荘」と考えられていた。現在までに発掘面積は約 2000m² に達し、巨大な門や壁、大理石の円柱、半円形のドームや石畳などの遺構が発見されている。そのほかローマ時代の 2 つの彫像や壁面

装飾やモザイク装飾などの遺物も発掘されてはいるが、アウグストゥスの別荘であったという直接の証拠を示す物はいまだ発見されてはいない。また、この遺跡は創建時より大規模な改修・拡張が行われた跡があり、それによって建物の役割も時代と共に変化したことが明らかになっている。



* 火砕物の化学分析結果

昨年までの現地調査と遺跡内の火砕物の化学分析の結果、この遺跡を最初に埋没させたのは西暦 79 年のポンペイ噴火ではなく、その後の西暦 472 年のポレナ噴火由来の土石流堆積物であったことが明らかになっている。今回の調査では遺跡の新たな拡張部分および以前の遺構の地山部分から試料を複数採取した。所に持ち帰った後、蛍光 X 線分析装置による測定を行った。分析結果を以前の結果と比較した所、昨年までの分析結果と同様の傾向が得られた。このことはソンマ・ヴェスヴィアーナの遺跡は西暦 472 年の噴火による土石流堆積物での埋没というこれまでの調査結果を補強するものと考えられる。



技術開発室・回路製作部門および回路室の紹介

東京大学地震研究所 技術部 技術開発室
浦野幸子

はじめに

技術開発室（開発系）では機械工作（金工・木工）により地震研内の機器開発支援、製作を行ってきた。昨年 4 月より、新たに電子回路の設計製作部門を立ち上げることとなったので紹介する。

回路室

回路製作、測定を行う共通スペースとして、地震研 2 号館 108 号室を「回路室」として整備した。ここには、回路製作用の作業台の他、マルチメータ等の計測器、工具、後述の基板加工機が常設されている。ただ、回路室の認知度が低いためか、あるいは、元々回路製作を行う人は自前の作業スペースを持っているためか、一般ユーザーの利用頻度は、今のところ非常に少ない。

また、回路室で保有する計測器などの機材は貸し出しも行っている。今回の立ち上げに際して新たに購入したものはほとんど無いが、10 年ほど前に「各研究室で個々に購入するには高価だが、共通性の高い測定器を共同利用測定器として常備する」という構想のもと購入された機器が揃っている（表 1）。

基板加工機

回路基板の作成には基板加工機（ミツヅ株式会社製：FP-21RS）を活用している。基板設計 CAD の出力データ（Gerber または DXF）をもとに最大 280mm×240mm の両面基板のパターン作製、穴あけができる（写真 1）。

電子回路製作・技術相談

所内外の研究者および学生からの技術相談や回路製作依頼を受け付ける、として昨年 4 月より始めた業務であるが、どのような依頼があるのかわからない、手探り状態でのスタートであった。12 月までに 15 件の回路製作依頼、2 件の技術相談があった（表 2）。依頼者が作成した回路図をもとに、基板設計製作、素子実装、ケース組み込みまで行い、装置として引き渡す、という事例（図 1）が多い。技術相談では既存の測定器の特性調査や改良等にも取り組んでいる。例えば、プロトン磁力計のチューニング精度を向上させたいという相談では、センサ入力部のフィルタを作り替え、選択できるレンジを細分化し、良好な結果を得た。

おわりに

依頼方法、過去の製作物など、技術開発室（開発系）のサイトでも紹介しているのでご参照ください。回路制作部門、回路室ともに立ち上がったばかりであり、利用者のニーズに合わせて発展させていきたいと考えている。上述した以外に「こんなことはできないか？」といった要望や、他機関の技術部での事例等の情報をお持ちの方は、ご意見をお聞かせください。

参考 URL

<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/gijyutsubu/kaihatsu/>

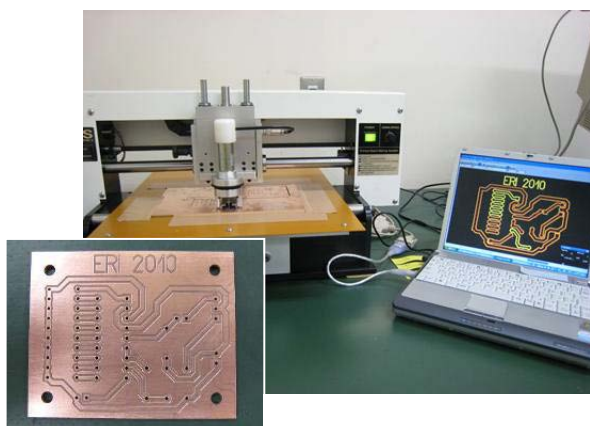


写真1 基板加工機と加工された基板

表1 回路室に常備されている主な測定器

- 100MHz アナログオシロスコープ
- 225MHz ユニバーサルカウンタ
- LCR メーター
- 3 出力 DC 電源 (6V5A, ±25V1A)
- 15MHz ファンクションジェネレータ
- デジタルクランプテスター
- 絶縁抵抗測定器
- ガウスメーター
- デジタルマルチメータ
- ハンディスコープ (携帯型デジタルオシロスコープ)
- モバイルコーダー

表2 2010 年 4 月～12 月に寄せられた依頼題目および研究目的

(1)回路製作

- 過電流表示付きバイポーラ直流電源 (重力偏差計の開発)
- 変位センサーの製作およびノイズ測定 (重力偏差計の開発)
- 半導体光検出器用電子回路 (ミュオンラジオグラフィーのための基礎研究)
- 差動アンプ (南アフリカ金鉱山における電場変動測定)
- 電位差測定用プラグ (日本各地におけるMT法観測)
- 白色雑音発生回路 (学部3年生の地球惑星物理学実験)
- ロードセル用プリアンプ (疑似惑星環境における風圧の測定)

(2)技術相談

- サーボモーター制御用回路の安定化 (無人ヘリによる火山観測ツールの開発)
- プロトン磁力計のバンドパスフィルターの特性分析 (磁力計の精度向上)

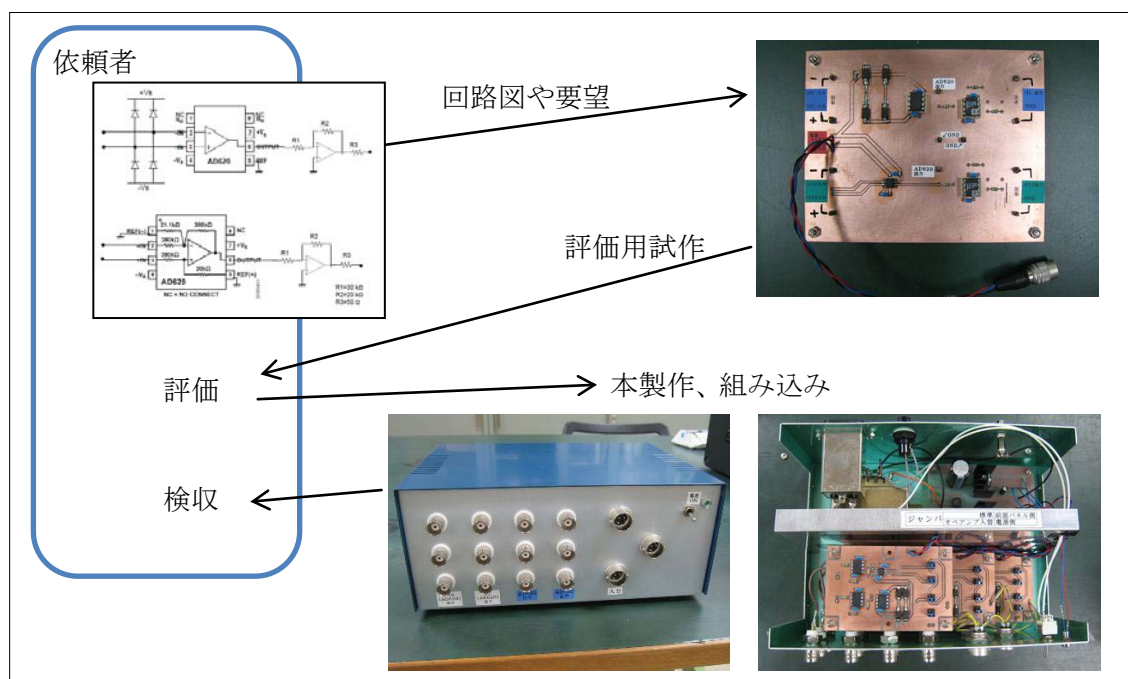


図1 回路製作依頼の例

東南極大陸氷床上での広帯域地震観測

東京大学地震研究所

渡邊篤志

はじめに

2007 年 3 月 1 日から 2009 年 3 月 1 日までの 2 年間は、(第 4 回)国際極年 2007-2008 (International Polar Year 2007-2008; IPY 2007-2008)であった。これは、1957-1958 年に実施された国際地球観測年 (International Geophysical Year; IGY) から半世紀が経過した今日、その間に発展・開発された新たな観測項目・計測機器により各国が協力して極域科学の新時代を拓くべく計画された大規模国際共同観測・研究である。その中の観測計画 #147 Antarctica's Gamburtsev Province (AGAP) / Gamburtsev Antarctic Mountains Seismic Experiment (GAMSEIS) に派遣されたので現地での様子を紹介する。

AGAP/GAMSEIS

AGAP は東南極氷床下にある Gamburtsev 山地における総合地球物理学的調査計画であり、米、英、独、豪、中、露、伊、仏、日の 9 ヶ国による国際共同調査である。その中の広帯域地震観測が GAMSEIS と呼ばれる計画であり、他にも空中磁気測量、空中重力測量、アイスレーダー探査、GPS 測量、氷床掘削、気象観測など多岐に亘る地球物理学的調査が実施された。

GAMSEIS の観測点網は南緯 78~85 度、東経 38~130 度、標高 2830~4060m の広大な範囲に約 90km 間隔に展開された全 28 点からなり、差し渡し 1600km に及ぶ地震計アレイを成している。参加国は米、日、中の 3 ヶ国であるが、米日共同で 26 点を受け持った。日本側の担当は極地研の金尾氏であったが 1 人ではどうにも手が足りず、南極観測経験者であり広帯域地震計の扱いに慣れている著者に白羽の矢が立ったのである。他にもワシントン大学

から Patrick Shore, Glenn Osburn, Amanda Lough, ペンシルバニア州立大学から Samantha Hansen, Andrew Lloyd, IRIS/PASSCAL から Guy Tytgat, Robert Greschke が参加し、観測チームは総勢 9 名であった。しかし、運悪く Patrick が南極点基地滞在中に腎臓結石を発症して強制送還されてしまい、実際にフィールドに入ったのは 8 名であった。AGAP 自体は 2007-2008 年シーズンから開始されており、今回参加した 2009-2010 年シーズンでは大部分の地震観測点を撤収し、一部の地震観測点を保守することが任務であった。

観測点

観測機材は、広帯域地震計に Güralp CMG-3T 120s (低温仕様)もしくは Nanometrics Trillium 240, デジタイザに Quanterra Q330, 記憶装置に Quanterra Baler14 もしくは Baler44 を使用した。電源には太陽電池パネル+AGM バッテリー及びリチウム一次電池を併用し、極夜で発電出来ない期間でも最初の冬だけは稼働し続けるように設計されている。

太陽電池パネルとアンテナ類を除く全ての機器は断熱容器に収めて雪中に埋設され、カタバ風や極夜期の極低温の影響を減ずる方策がとられている。また、地震計の設置方法は極地ならではの方法で面白い。まず 2m 四方を 1.2m ほど掘り下げた底を水平削り出して断熱材の板を置き、この周りに水を掛ける。雪中は -30℃ほどなので、瞬く間に凍結して固定される。この上に地震計を設置して断熱箱を被せる。更に半径 60cm ほどのプラスチック製の半球で覆った後、雪面に凹凸がないよう完全に埋め戻す。数年後に保守や回収に来た際には掘り起こす必要があるため、地震計の半球や収録機材

箱の場所を容易に特定出来るよう四隅もしくは対角に竹竿を突き刺しておく。極地研の機材では、プラスチック製半球で地震計を覆うのではなく、CMG-3T の箱を 2 周りほど大きくした直方体の断熱箱を被せた。回収したデータを見ると途中から水平動の波形異常が認められるので、内部空間の余裕が足りずに沈降・傾斜した断熱箱が地震計の足下に敷いた断熱板に接触した可能性がある。

移動手段

現地での活動拠点である AGAP-S キャンプへは、成田→クライストチャーチ→マクマード基地→アムンセン・スコット南極点基地→AGAP-S キャンプの順に移動した。砕氷艦「しらせ」でしか行けない昭和基地とは異なり、基地・拠点間の移動手段は全て航空機であった。驚くべき事に、出国から南極に降り立つまで 40 時間、南極を去って帰国するまでに至ってはわずか 27 時間である。マクマード基地にて各種訓練や講習などで 8 日間を費やし、更に南極点基地で高度順化に 6 日間を費やして、ようやく AGAP-S キャンプ (-84.495° , 77.224° , 3510m) に入った。

キャンプと観測点の距離は最も近い点でも 100km, 最も遠い点では 1000km 以上離れているので、この間の移動にも航空機を利用する。ただし、使用機材の DHC-6 は拠点間の移動に利用した C-17 や LC-130 とは異なり機内が与圧されておらず、時には酸素吸入をしながらの飛行となる。しかも野外で -20°C に冷え切った観測機材や航空燃料が入ったドラム缶も同乗するので、暖房が効き難く非常に寒い。

キャンプ生活

AGAP-S キャンプには 9 名の設営スタッフと 6 名の航空スタッフがあり、観測チームも含めて昼夜 2 交替制で 24 時間操業をしている。設営スタッフはキャンプマネージャー 1 名、調理担当 2 名、医療担当 1 名、機械担当 4 名、気象担当 1 名で、航空スタッフは操縦士、副操縦士、航空整備士が各 2 名ずつ

である。男女比は 18:5 で、寝室テントの一部が女性用に仕切られている他は何ら区別されることはなかった。キャンプには食堂、医務室、寝室、通信室、観測準備室などの用途別に蒲鉾型の大型テントが建てられ、便所 3 室と温水シャワーも完備しており、43 次南極観測隊で 6 週間過ごした雪上車と比べればかなり快適で文化的な生活を送ることが出来た。

最後に

今年度から地震研の技術支援体制が変わり、残念ながら現時点では他機関からの技術職員派遣要請に応える仕組みは無い。しかし、各大学や研究機関では野外観測に精通した人材が減少してきており、今後もこのような事案が発生する可能性は低くないであろう。他の技術職員も、機会があれば所外にも活躍の場を広げていって欲しいと思う。

謝辞

南極へ派遣されるにあたり、長期出張を快く承諾して下さいました火山噴火予知研究推進センター(当時)の皆様にお礼申し上げます。

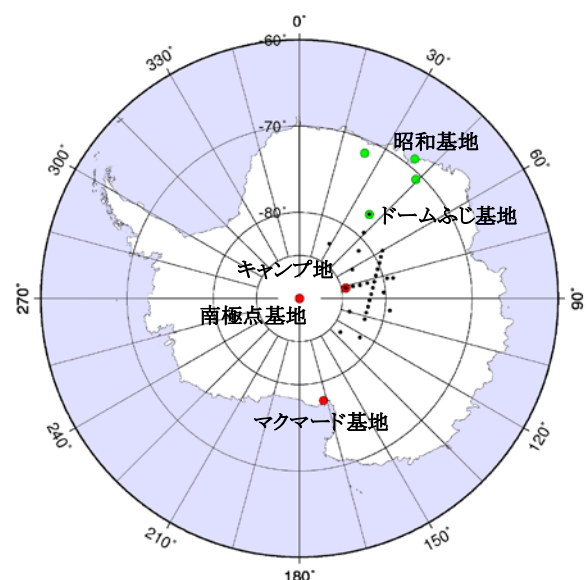


図: GAMSEIS 観測点と観測基地・拠点の配置。
黒点は地震観測点、赤丸は滞在した観測基地・拠点、緑丸は日本の観測基地・拠点

爆破地震動観測における観測機器の変遷

総合観測室 坂 守

1. はじめに

私が地震研究所に入所して所属したのは「爆震・爆風学部門」という大変物騒な名前の研究室でした。ここでは日本の各地の地下構造を解明する為に、ダイナマイト等の爆発で生じる地震動を観測して解析、研究するのが主な仕事でした。地震研究所に勤務して44年、その大部分を爆破地震動の観測に携わってきましたので、創成期の爆破地震動観測の歩みと共に、観測機器の遷り変わりを辿ってみました。

2. 爆破地震動研究グループの発足

日本で初めて爆破地震動の観測が行われたのは、1950年10月25日に岩手県胆沢郡若柳村石淵（現奥州市胆沢区）で、ダム建設の採石目的による57トンの火薬を一斉爆破させて生じた地震動を観測したのが最初であった。

この時の観測班は東大（地震研究所、地球物理教室）、中央气象台、国立科学博物館、地質調査所の5機関約16名であり、これを契機に有志による爆破地震動研究グループが発足した。

3. 1950年代の観測機器

石淵大爆破に於ける最初の地震動観測に用いられた機器として、地震計には石本式加速度計（携帯式）、微動計、萩原式微動計等の機械式地震計(図1)と動線輪型換振器(図2)が用いられた。記録器には横河電磁オッシログラフに長時間記録用カメラと駆動用モーターが取り付けられ、内蔵されたブロマイドに記録された(図3)。刻時方式としては、標準電波JJY(4MHz)の秒報時またはクロノメーター(図4)を直接記録させた。

この観測が成功を収め、翌年度以降、観測機器の整備が進められ、特に電磁式地震計が機械式に取って代わった。

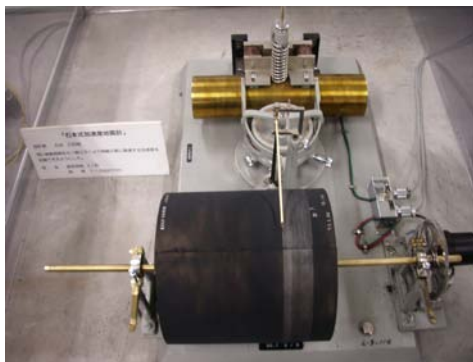


図1 石本式加速度計（参考）



図2 動線輪型換振器



図3 横河電磁オッシログラフ



図4 クロノメーター

4. 1960年代の観測機器（電磁オッシロからデータレコーダーに）

1964年度に上部マントル開発計画、いわゆる UMP 計画が立ち上がり、飛躍的に機材整備が進められ、SONY の FM 方式データレコーダー (FMA-23, MA-33) (図5)が主流になり、11月の第2回鳥取県倉吉爆破では、ほぼ全ての観測点でデータレコーダーによる磁気テープ観測が行われた。地震計には浅田式電磁地震計のいわゆる UMP 筒型の 4Hz や 3Hz (図6)、また、箱型の勝島 1 秒計も使用された。増幅器には国際電子製トランジスタ式 Amp を使用し、時計には X'talclock も使用されるようになった。



図5 MA-33 FMA-23



図6 4Hz 及び 3Hz 上下動

5. 1970年代の観測機器（オープンリールからカセット式に）

オープンリール式の SONY データレコーダーと併用して、TEAC-R70 (図7) というカセットテープ式 FM データレコーダーが使用されるようになり、1974年には吉井敏尅先生が IC を使った FM4Ch カセット方式の地震観測システムを考案し、1976年から爆破研究室ではこの FM カセット式データレコーダー (図8) を手作りして観測をするようになった。



図7 TEAC R-70FM データレコーダー 図8 自作 FM4Ch データレコーダー

6. 1980 年以降の観測機器（アナログからデジタル時代へ）

これまで観測班によっては異なる地震計を使用してきたが、特性を揃えるため、マークプロダクツ社製の L-22D 上下動 2Hz(図 10)を全ての班で使用するようになった。その後、1988 年 11 月の紀伊半島観測では一部、半導体メモリに記録するデジタルレコーダー PRS-4(図 9)が初めて用いられ、1995 年 1 月に発生した兵庫県南部地震の震源域周辺の大規模地震探査では 205 観測点中 200 点がデジタルレコーダーとなり、この時、白山製 LS8000SH(図 10)が新たに加わった。その後、2003 年熊本日奈久構造探査からは重さ 1.5kg の小型データロガー LS8200SD(図 11)が使われ今日に至っている。

科学技術の進歩に伴って、初期の重さ 45kg もあるデータレコーダーから僅か 1.5kg のデータロガーに変わって大規模な多点稠密観測が出来るようになったが、いわゆるメモリーが無かった再生不可能な一発勝負の時代の「地震動を確実に捉える」ための「万全の準備を怠らない」観測魂は忘れてはならないだろう。



図9 PRS-4

図10 L-22D と LS8000SH

図11 LS8200SD

