

平成 24 年度 地震研究所職員研修会



開催日：平成 25 年 1 月 23 日(水) ～ 25 日(金)

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

平成 24 年度 地震研究所職員研修会 日程・プログラム

日 程 平成 25 年 1 月 23 日（水）～ 25 日（金）

会 場 東京大学地震研究所 1 号館 2 階 事務会議室 A,B、気象庁（24 日午前）

23 日（水）	24 日（木）	25 日（金）
12:45～13:15 受付 13:15～13:30 開会式 13:30～16:10 特別講演・技術発表 (14:50～15:10：休憩) 16:25～16:40 地震火山災害予防賞表彰式 16:40～17:25 受賞記念講演 17:25～ 記念撮影 18:00～ 懇親会	09:30～11:30 所外研修 気象庁における業務説明 と見学 (11:30～13:30：移動及び休憩) 13:30～15:35 全体研修・特別発表 15:35～17:30 技術発表（ポスター発表）	09:00～11:35 特別講演・技術発表 (10:20～10:35：休憩) 11:35～11:55 修了式

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。



- ※ 懇親会の会費（2,000 円）は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。
- ※ 会場の事務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おり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。

技術発表の予稿については以下の URL よりダウンロードすることができます。

http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kenshu_iinkai/record/h24/pdf/H24_Abst.pdf

2012 年度の研修運営委員は以下の 8 名です。

望月公廣(運営委員長) 今西祐一(運営副委員長) 渡邊篤志(実行委員長) 森 健彦(実行副委員長)
浦野幸子 工藤和子 辻 浩 八木健夫

1 日目：1 月 23 日（水）技術発表・特別講演 1 号館 2 階 事務会議室 A,B

12:45～13:15 受付 （1 号館 2 階 事務会議室 A,B 入口）

13:15～13:30 開会式 挨拶：小屋口剛博（地震研究所所長） 望月公廣（研修運営委員長）

技術発表 （座長：渡邊篤志）

13:30～13:50 ([1-01](#)) テレメータ地震観測点における情報可視化への取り組み

○森 健彦 藤田親亮 渡邊篤志

13:50～14:10 ([1-02](#)) 名古屋大学における携帯テレメータ導入への取り組みについて

○堀川信一郎 奥田 隆 山中佳子

14:10～14:30 ([1-03](#)) 満点計画 ーデータ処理と計測器ー

三浦 勉

14:30～14:50 ([1-04](#)) 満点計画 ー稠密観測と観測を利用したアウトリーチー

○米田 格 三浦 勉 飯尾能久 矢守克也

14:50～15:10 休 憩

特別講演

15:10～16:10 ([SP-1](#)) 地震のモデル昨今

山下輝夫氏 （東京大学地震研究所）

16:10～16:25 休 憩

平成 24 年度地震火山災害予防賞 表彰

16:25～16:40 受賞者：中尾節郎氏（京都大学防災研究所）

多年にわたる国内外での地震観測・地球電磁気観測等に関する
技術支援及び地域における防災教育に尽くした功績

16:40～17:25 受賞記念講演 「地震観測46年間を振り返って」

17:25～ 記念撮影

18:00～ 懇親会（1 号館 2 階コミュニケーションラウンジ）

2日目：1月24日（木）所外研修 気象庁

全体研修、技術発表（ポスター発表）1号館2階 事務会議室 A,B

所外研修

09:30	気象庁正面玄関ロビーに集合、入館手続き		
	①業務説明（講堂）		
09:35～09:50	地震津波監視・情報発表業務概要		
09:50～10:05	火山監視・情報発表業務概要		
	②現業室/判定室見学		
	現業室（地震津波）	現業室（火山）	判定室
10:10～	A1班	A2班	B班
10:20～	A2班	A1班	B班
10:35～	B1班	B2班	A班
10:45～	B2班	B1班	A班
11:00頃	気象庁出発		

全体研修

13:30～15:00	データ流通の話
	講師：卜部 卓氏（東京大学地震研究所）
	地震データを始め、地殻変動や火山データも乗り始めた全国データ流通システム（JDXnet）について、これまでの経緯と現状の構成と運用方法、それに今後の方向についてお話しします。
15:00～15:15	休 憩
15:15～15:35	特別発表「職員研修会20年の歩み」
	研修運営委員会（研修実行委員長：渡邊篤志）

技術発表（ポスター発表）

15:35～16:05 ポスター紹介

- (P-01) 東京大学地震研究所強震観測網の概要 ○宮川幸治 坂上 実
- (P-02) ニュージーランドにおける海底地震計を用いた構造調査
○八木健夫 藤田親亮 阿部英二 橋本信一
- (P-03) 海底観測機器の位置決定精度について
○鈴木秀市 伊藤喜宏 木戸元之 太田雄策 長田幸仁 日野亮太 藤本博己
- (P-04) 長野県北部地震 (M5.2) の余震観測 ○中島 剛 増田正孝 羽田敏夫
- (P-05) 地殻変動連続観測のための LF1100R と LF2000R の安定性試験
○増田正孝 芹澤正人 渡辺 茂 平田安廣
- (P-06) 阿蘇火山における水準測量 ～Leica 社製 DNA03 を用いて～ 吉川 慎
- (P-07) 台湾の大屯火山群での電磁気観測2
○井上寛之 宇津木充 鍵山恒臣 小森省吾 陳中華
- (P-08) 深海域における海底面付近の温度勾配測定手順 藤田親亮
- (P-09) ストロンチウム・鉛の同位体比分析法の紹介 外西奈津美
- (P-10) 一般公開での電気工作教室 ○浦野幸子 新谷昌人

16:05～17:30 ポスター発表 コアタイム

3日目：1月25日（金）技術発表・特別講演 1号館2階 事務会議室A,B

技術発表（座長：森 健彦）

- 09:00～09:20 (3-01) 地殻変動データサーバ開発状況
山口照寛
- 09:20～09:40 (3-02) 伸縮計センサ部の改良について
小松信太郎
- 09:40～10:00 (3-03) 桜島におけるGPS連続観測点の整備
○園田忠臣 井口正人 市川信夫
- 10:00～10:20 (3-04) 上宝観測所の紹介と私のこれまでの地震観測
濱田勇輝
- 10:20～10:35 休 憩

特別講演

- 10:35～11:35 (SP-2) 地震活動予測、火山噴火予測を目指して
山科健一郎氏（東京大学地震研究所）

11:35～

修了式

修了証書授与

挨拶：小屋口剛博（地震研究所所長） 渡邊篤志（実行委員長）

特別講演

地震のモデル 昨今

山下輝夫（地震研究所）

地震は断層に沿うズレにより生じるという大まかな描像は、前世紀の中頃には広く認められるようになっていた。この大まかな描像に基づいた地震のモデルを仮定して、長周期の地震波などとの比較により断層破壊の定量的特徴が明らかにされてきた。このようなアプローチでは、単純な形状の平面断層が仮定され、断層上での摩擦なども場所によらず一定と仮定されている。これは、平面以外の断層や、時間や場所と共に変化する摩擦などを仮定する一貫性のある根拠がなかったためである。その後、観測データとの比較により、断層面積や平均的なズレの量などが求まるようになり地震の定量的把握が可能となってきた。さらに、様々な場所での地震破壊の特徴も理解できるようになってきた。

しかし、地震に伴う動力学（地震破壊が地震波を放射しながら、どのように時間と共に進行するかということ）を理解するには、大まかな量についての知識だけでは十分ではない。地震破壊の細かな性質が、その動力学にも影響を及ぼすことがあるからである。そのため、地震破壊の細かな特徴を考慮に入れた研究も推進されるようになってきた。しかし、細かな特徴については、地表観測では十分に制約できないという問題がある。では、物理法則からモデルを十分に制約できるかといえば、必ずしも YES とは言えない。研究者により考慮に入れている物理法則が異なることもあり、物理法則からの制約も必ずしも十分ではないのである。そのため、モデルの乱立を招いているという現状がある。モデルの乱立は、地震破壊現象が「複雑」であるということにもある程度関係している。その複雑さのある局面のみを取り上げて個別にモデル化を行っている傾向もある。そのため、モデルが乱立しているだけではなく、個別化しているということもいえる。

上で述べた問題を克服するには、現象を包括的にモデル化しうる比較的簡単なモデルの構築が必要となる。これは、「複雑な現象を説明するために、複雑なモデルを仮定する」というアプローチはとらない、ということも意味する。強い非線形性を持つモデルでは、モデル自体は単純だが、結果として十分に複雑な振る舞いをすることもある。そのため、一見複雑に見える現象も少ないパラメタを用いて理解できる可能性がある。本講演では、私たちの最近のこのような取り組みを紹介したい。

特別講演

地震活動予測，火山噴火予測を目指して 山科健一郎（地震研究所）

雲仙で起きた大きな噴火から，既に 20 年以上が経過した．火山灰を噴出する活動の開始，山頂部での亀裂の発達，火口への溶岩の出現，溶岩ドームの成長，溶岩の崩落による火砕流の発生・・・次々と様相を変えていく雲仙の活動と向き合いながら，思考錯誤と工夫の繰り返しを経験した．特に，活動中の火山では，見通しを誤りなく持つことが住民避難の判断を左右するだけでなく，観測者の安全を確保する上でも切実な課題になる．自分に関わることができたのは限定的な範囲であったが，いくつかの取り組みについて紹介したい．

一方，地震発生予測の科学を推し進めたいというのが自分にとっては長年の目標であった．大学院ではデスクワークが中心の研究室に所属し，自由な発想で課題に取り組むことを学んだ．その中で，自ら観測データをとることに魅力を持ち，地震研究所の地方の観測所に勤務する機会を得た．M4 級の浅い地震が内陸で起きたとき，基準を超えた加速度を検知したために止めた鉄道を動かしてよいものかどうか，見通しを尋ねられたことがあった．余震活動の状況を説明するだけしかできなかったが，その後，任意の状況下で「もっと大きな地震が起こる確率」がどのくらいあるか，見積もるための統計をとることを試みた．確率的な予測値に実用性があるかどうかは議論があろうが，これにより，自分なりにひとつの回答を持つことができた．

地震発生や火山噴火を事前に予測することが困難な課題であることは言うまでもない．しかしそれは，なんとか解き明かしたい世界でもある．現象に向き合う最前線で仕事をされる機会の多い皆さん方も，ぜひ何か手がかりが身近なところに見出せないか，問題意識を持ち続けてほしい．

技術発表会

アブストラクト

(発表順)

テレメータ地震観測点における情報可視化への取り組み

○森 健彦・藤田親亮・渡邊篤志
(東京大学地震研究所 技術部総合観測室)

1. はじめに

東京大学地震研究所では 60 点を越えるテレメータ地震観測点（自然地震）を有し、関連する地震計・テレメータ機器を多数保有している。技術部総合観測室ではこれらの観測点の保守及び機材管理を担っているが、今後の職員数減少及び業務の多角へ向け、テレメータ地震観測点の保守及び機材管理の業務量を軽減することが課題となってきた。そこで、我々はテレメータ地震観測点の状態確認及び管理機材の状態を簡便に把握できるツールを構築することにした。本発表では現在構築中の観測点情報可視化システムの概要について述べる。

2. 基本構想と機能

何時でも、どこからでも、誰にでも情報が確認出来ることを基本構想の 1 番目に据え、可視化システムは Web を利用することとした。Web サーバーとして、Guzman と呼称する 1 台の Linux-PC（OS: 64bit CentOS6.0, CPU: Intel Core i5）を技術部内に設置し、地震研究所テレメータ室より配信される Win 形式の地震観測データをこのサーバーで受信し保存する仕様にした。よって、その後の全てのジョブは Guzman 内で完結している。Guzman においては、Win 1 分ファイルのデータ容量を少なくし、その後の処理速度をあげるため、観測点のエリア毎に /dat/raw1, /dat/raw2 ...等、5 つのディレクトリへデータを分散している。観測点保守において、必要な事項として、(1)データ伝送 (2)地震計の状態 (3)ロガー（テレメータ装置）の状態 の 3 つを想定し、(1)に関してはパケット落ちの有無、(2)と(3)に関しては観測データの RMS 振幅及び平均振幅（オフセット値）を指標とすること

福島県南東地域観測点現況 (/dat/raw3/)									
テレメータ観測点現況 2013年1月11日 8:22:40									
日付	時刻	ch	ID	観測点名	RMS振幅 (10分間)	速度 (mm/s)	オフセット	電圧 (Volts)	速度 (mm/s)
(dig)					(dig)		(dig)		(dig)
2013/01/11	08:10	027A	EYND(UD)	4	0.9852E-05	0.5821E+02	260	0.6207E-03	0.3652E+04
2013/01/11	08:10	027B	EYND(US)	5	0.1226E-04	0.7211E+02	231	0.5497E-03	0.3234E+04
2013/01/11	08:10	027C	EYND(EW)	5	0.1281E-04	0.7538E+02	253	0.6024E-03	0.3545E+04
2013/01/11	08:10	027D	EBBD(UD)	4	0.8728E-05	0.5135E+02	214	0.5107E-03	0.3005E+04
2013/01/11	08:10	027E	EBBD(NS)	3	0.7610E-05	0.4478E+02	186	0.4445E-03	0.2615E+04
2013/01/11	08:10	027F	EBBD(EW)	3	0.7931E-05	0.4666E+02	240	0.5732E-03	0.3373E+04
2013/01/11	08:10	0280	EKTK(UD)	3	0.7622E-05	0.4484E+02	386	0.9194E-03	0.5410E+04
2013/01/11	08:10	0281	EKTK(US)	3	0.8135E-05	0.4787E+02	242	0.5779E-03	0.3400E+04
2013/01/11	08:10	0282	EKTK(EW)	4	0.9367E-05	0.5511E+02	330	0.7866E-03	0.4628E+04

図 1 観測点情報の表示例。数値に閾値を越える変化が生じた場合、背景を黄色もしくは赤色へと変化するようにしている。

とした。これらの情報を整理するため、Guzman に保存されている Win 1 分ファイルのデータを用いて、10 分間隔で直前 10 分間の RMS 振幅・平均振幅・データ到達量を計算し、数値で Web 上へ表示させた(図 1)。尚、計算された RMS 振幅・平均振幅・データ到達量はチャンネル毎にアスキー形式のファイルで Guzman 上へ保存しており、そのファイルを検索することで過去の情報も辿れるようになっている。

3. 機能の拡張
観測点情報のグラフ化

観測点情報を数値化して表示できる状態にはなったが、現況の数値のみの情報では観測点の状態を瞬時に理解することに難があることが問題点としてあがった。そこで、過去 1 週間程度にさかのぼり、情報をグラフ化することとした。グラフ表示は、Guzman 上に保存されている RMS 振幅・平均振幅・データ到達量のアスキーファイルを使用データとして、gnuplot を利用することにした。gnuplot を用いたプロットジョブは 10 分間隔の RMS 振幅・平均振幅・データ到達量の計算に引き続き実施している (図 2)。

連続波形表示

観測点情報のグラフ化によって、観測点の状態把握が可能となったが、さらなる情報として、簡易に観測波形をチェックできる機能の追加を目指した。そこで、RMS 振幅の計算のために guzman 上に保存されていた Win1 分ファイルのアスキーデータを利用して、24 時間の連続波形表示を行うことにした。波形作成は 20 分間隔で直近 20 分の波形を表示させる準リアルタ

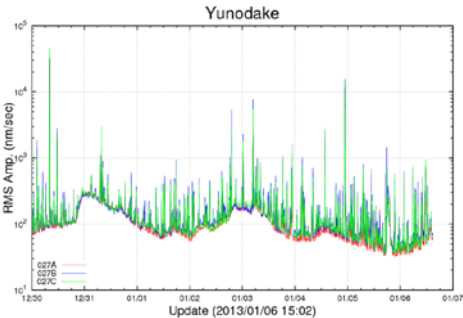


図 2 湯ノ岳観測点における RMS 振幅のプロット例。3 成分の全てを 1 枚のグラフに描かせている。

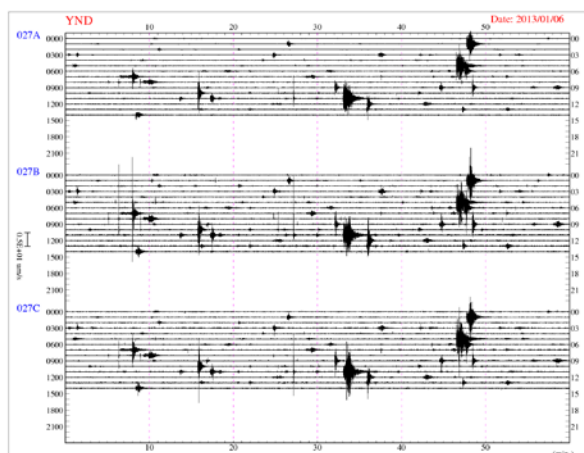


図3 湯ノ岳観測点の24時間連続波形

イムの機能とした。この機能を持たせる上で問題となったのは、プロットに用いた Fortran の Plot 機能のジョブタイムである。Fortran を用いた場合、Plot させるデータが長くなるにつれてジョブタイムが長くなってしまふ。そこで、ジョブタイムを短縮させるため、透過 png ファイルに波形を重ねていくことで、1 観測点における plot の短縮を行うことにした。現在、70 観測点の 24 時間波形を作成しているが、3 分以内にジョブを完了させている (図3)。

スペクトル表示

RMS 振幅や連続波形の作成まで出来たが、地震計の状態を確認するためには周波数解析まで実施する方がより良いチェック方法になると判断した。そこで、Win システムで作られる LATEST ファイルの値を参照し、最新の Win1 分ファイルから FFT による周波数解析を実施し、gnuplot を利用して波形及びスペクトル表示が即時に行える機能も実装させた。この機能の派生として、指定時刻の 1 分ファイルから波形及びス

ペクトル表示が行える機能を追加した (図4)。この機能は、例えば、RMS 振幅の変化によって推定される、ある成分の振幅異常をより明確に表すことを可能にした。また、この機能は指定した 3 チャンネルを 1 枚の図に表示させることから、地震計間における状態の違いを比較することが可能となり、地震研究所内で実施する地震計チェックの重要なツールとして利用することとなった。現在、地震計のテスト実施後は、テスト時の状態を情報として残すため、FFT スペクトルの印刷物をコメントと共に地震計に添付している。

4. 今後の展開

これまで紹介した機能は、著者の間で必要機能を議論し、gnuplot 等のツールの利用法を学習しながら少しずつ実装していった物である。そのため、今となつては少し無駄な過程があるのも事実である。また、思いついたときの付け足しでジョブを増やしていったため、筆者でさえもこれらの流れを理解しているのかどうか怪しくなっている。このようなことから、現在、システムのマニュアル整備を進め、無駄な過程の解消を目指している。そして、今後も、このシステムに対してのより良い方法を探索し、追加すべき機能も含めて、鋭意改良を加えていく方針である。

最新1分データの波形とFFTスペクトル
(027A 027B 027C)

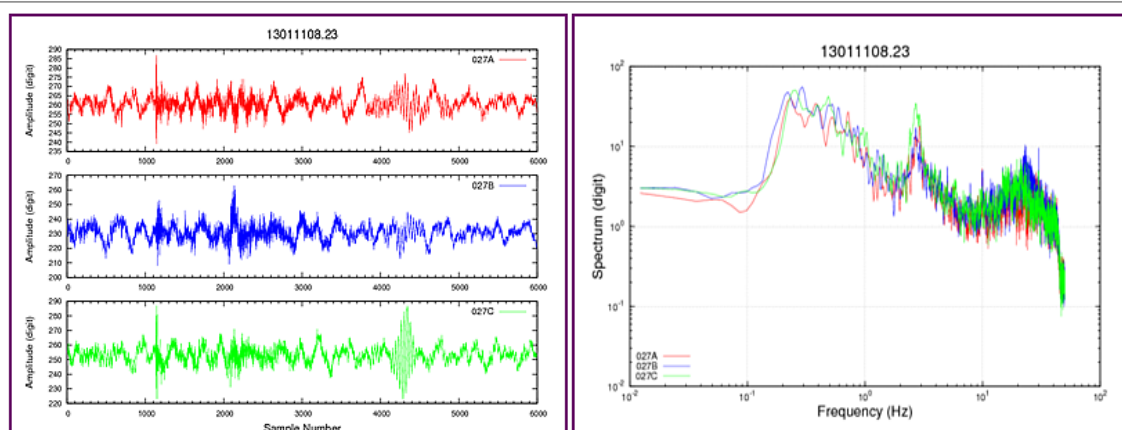


図4 湯ノ岳観測点における最新1分データの波形とFFTスペクトルの表示例。

名古屋大学における携帯テレメータ導入への取り組みについて

○堀川信一郎, 奥田隆, 山中佳子

名古屋大学 大学院環境学研究科附属 地震火山研究センター

はじめに

現在、当センター観測点のテレメータには、一般電話回線（主にISDN）とVSATによる衛星回線を利用している。しかしながら近年は電気や電話の敷けないような場所でも携帯電話によるデータ通信が利用できる機会が多くなった、このため緊急、臨時の機動的観測でのテレメータ方法として選択肢の1つに入れておきき手法であるが、その準備やノウハウの蓄積がされていなかった。特に我々の主な地震観測対象地域となっている御嶽山（長野県・岐阜県の県境）周辺は、発表者が着任した2009年には携帯電話網の圏外であることが多かったが、この地域が圏内に入ってきたことも携帯テレメータへの強い動機付けとなっている。稼働観測点が少ない山頂周辺において、小規模な機材、短期間での立ち上げが可能な携帯テレメータ観測点の有益性は高い。

すでに他の研究機関では定着した技術・手法であると思うが、今回、携帯テレメータのテスト運用レベルにまでこぎ着けることができたので、その成果について発表したい。

機器構成と到達目標

デジタイザにはデータロガーと通信機能を持つ白山LS-7000XT、マイクロサーバにはアットマークテクノ社Armadillo-420（アカデミック版）、携帯データ通信端末には日本通信から発売されていたMF626とNTT-DocomoのL-05A、SIMには日本通信の”b-mobile 3G・4G U300”を使用した。マイクロサーバの選定は、小型・省電力、取り扱い、入手のし易さ等を考慮したが、通信端末も含めて、平原¹⁾による使用実績があることが大きかった。

これらの機器とセンター側に置いたYamaha製ルータRTX1000あるいはRTX1200間でIPsecを使用したVPNを構築することを第一の到達目標として、winパケットの伝送を行い、いくつかのケースでの通信速度やパケット落ち、消費電力などを調べ実用性評価のための情報を得ることを目的とした。

組み込みLinux

マイクロサーバ（組み込みLinux）はメーカ出荷のデフォルトイメージから、必要／不要の機能を加減した。ネットワークに関する部分で修正・追加したのは、ファイアーウォール設定、sshdの起動、モデム認識、PPP接続、NTPによる時刻同期、ダイナミックDNSへの登録、IPsec鍵交換、VPN確立などのスクリプトが主なものである。また、PPP接続はトラブルがなくとも一定時間で切断されるため、PPP接続／切断の検出とVPN再確立のためのスクリプトも加えた。また、単にルータ兼通信端末としてだけでなく、microSDカードスロットをストレージデバイスとして利用できるため、recvtd、sendtd_rawなどをインストール、起動することでデータ転送・バックアップ保存機能も追加できる。

テスト運用

IPsec-VPNによるデータ転送は実現でき、マイクロサーバのデータ通信時の平均的な消費電流は400-500mA（動作電圧5V）であった。

当初、実地運用として御嶽山山頂付近からテレメータすることまでを目論んでいたが、残念ながら準備不足で今後の課題となってしまった。今回唯一の実地テストは、愛知県三河地方の直下で起きている深部低周波微動の観測を目的としたアレイ観測点選定時の運用であった。運用期間は数日と短く十分なシステムの評価は難しいが、その機動性により選定から設置までを短期間で実現でき、さらには狙い通りの現象を観測できた事は評価できる。

以上の詳細を当日の発表で述べたい。

参考文献

1) 長期機動地震観測を可能とする携帯電話データ伝送システムの開発, 平原 聡, 日本地震学会2011年秋季大会（静岡） P2-63

満点計画 -データ処理と計測器-

京都大学 防災研究所 地震予知研究センター

○三浦 勉

1. はじめに

満点計画とは、京都大学防災研究所地震予知研究センターが行っている研究計画の一つである。この計画では、日本列島で最も活断層が集中している地域において稠密地震観測を行い、ひずみ蓄積に影響を及ぼす不均質構造を検出し、ひずみ蓄積と地震発生メカニズムとの関連を明らかにすることが目的である。

この計画に基づいた観測では、琵琶湖西岸域観測網、鳥取・島根地域観測網、長野県西部観測網、濃尾合同観測網、国外の観測網を含め 230 か所をこえる地震観測点を展開している。これらのデータ処理について紹介する。

2. 観測機器について

株式会社近計システム製の速度型地震計：KVS-300 と稠密地震観測用データロガー：EDR-X7000 を利用した（写真 1）。電源は単一乾電池 24 から 32 本。記録メディアは 4Gbyte の CF カード 5 から 6 枚を使用し、およそ半年間の記録を行う。観測中はメンテナンスフリーで、冬季降雪地帯では越冬をしている。越冬をする場合は、最大で 9 カ月程度の観測を行うことになる。



写真 1：EDR-X7000(左)と KVS-300(右)

地震計は、3 成分 1 体型で固有周波数は 2Hz、感度は 0.8V/kine 以上である。設置は、付属の 3 本のねじを伸ばせば斜度 45 度程度まで可能である。また、形状がコンパクトかつ軽量なので、数多くの地震計を簡単に素早く設置でき、稠密多点観測を行える理由の一つとなっている(写真 2)。

ロガーは、簡単に素早く設置できるようにするため、観測開始前のセルフチェックを行い、観測を開始する機能を持っている。セルフチェックは、電源電圧確認、CF カード確認、地震計確認の 3 つ

を行う。その後、GPS の捕捉を行い内部時計との同期を行う。GPS の補足を位置固定モードで観測を行った場合、10 分未満で観測開始モードとなる。

このロガーから生成されるデータは、win ファイルをさらに圧縮した raw ファイルという形式で保存されるため、大容量のデータを記録可能である。また、消費電力が 0.08W とごくわずかであるので、長期観測が可能となり、稠密多点観測を行える理由の一つとなっている。



写真 2：観測点(左)と設置例(右)

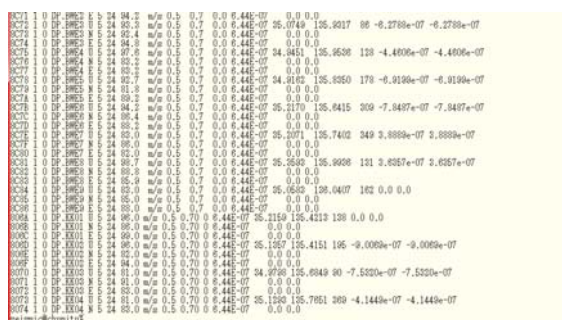
3. データ処理について

上記で得られたデータは、半期に約 5TByte のデータ容量となる。CF カードは、約 2000 枚あるが、この数では不足するため、限られた期間内に処理を終わらせ、使用した CF カードを次の観測点で運用させる必要が有る。以下がデータ処理の概要である。

1. CF カードから raw ファイルの吸い上げ
2. win ファイルへの変換
3. ファイル名変換
4. gps ファイルの確認
5. データ欠測の確認
6. 点の記とデータの整合性確認
7. CF カードのフォーマット
8. 全オフラインデータのマージ
9. オンラインデータとのマージ
10. データ欠測の再確認
11. 地動モニタファイルの作成
12. ノイズレベルモニタの作成
13. JMA 震源データによる地震波形切り出し

これらのデータ処理を行い、次の観測に備えるまでがデータ処理の役割である。これらのデータ

また、win ファイル変換時にデータの保持する時刻データと GPS 時刻との補正を行えるが、この補正は、gps 時刻と 1 サンプル秒を超える差ができたときに行い、1 サンプル秒の足し引きを行うものなので、gps ファイルの持つ時刻データと内部時計のずれの記録を使って、地震波形を切り出した時に付属するチャンネルテーブルの P、S 波観測点補正のカラムに、その時刻のずれを算出して記録・処理することにした。これによりデータを時刻に対して正しく処理することが可能となった(写真 4)。



地動モニタとノイズレベルについては、地震波形をまとめて確認するのに非常に便利なツールで、メンテナンス時の参考にしている(写真 5.6)。



The screenshot shows the JMA website's 'Himalayas' page. At the top, there is a navigation bar with links like 'Home', 'About JMA', 'Contact Us', and 'Privacy Policy'. Below this, the main heading is 'Himalayas' in English and Japanese. The page content includes a map of the Himalayas region and a time series plot of the 'Himalayas' index from 1979 to 2017. The plot shows a clear upward trend in the index over the period.

地動モニタは、win ファイルを連続して 1 時間分表したものである。ノイズレベルは、データの標準偏差を 1 週間単位で表している。これらの資料から異常が有ると思われたものを win system で詳細を確認して、計測器の良否判断を行っている。

これらの観測は、既に 2008 年から徐々に開始し、今では 230 か所を超える観測点を持つ観測網群となった。大量のデータを処理するために、メーカーから買ったシステムもあったが、処理を進めていく上で改良が必要になったので、システムを独自で構築し、現在に至る。上述した gps 時刻ずれ、電源電圧、温度のログ情報は地動モニタや、ノイズレベルのように表化し、web ページに掲載する予定である。

今後は、観測のトレーサビリティを上げるために、機材や保守記録のデータベース化に取り組みたい。また、人員数減少を補うために、観測とデータ処理の作業を一体化させ効率を上げるために、ポータブル機器に観測記録とデータ処理の連携をする専用アプリを開発することを考えている。



Manten
DPRI, Kyoto University

図 1：満点計画のロゴ

満点計画

-稠密観測と観測を利用したアウトリーチ-

○米田 格・三浦 勉・飯尾 能久・矢守 克也

1. はじめに

2007 年より防災研究所を中心に次世代型稠密地震観測網として満点計画を進めてきた。また満点計画を進めるにあたり、小学校などへのアウトリーチも進めてきた。これから満点計画での観測やアウトリーチについて説明する。

2. 満点計画とは

世の中に起こっている現象を解明するためには、そのデータの質と量は必要な鍵となる。しかし地震に関する分野は十分なデータを得ることが出来ていなかったために、内陸地震の震源断層を明確に捉えるだけの精度や分解能を持っていなかった。そのため地震データの量と質を飛躍的に上げるために多点で容易に観測できる安価な地震計とロガー（満点システム）を開発し、機材さえそろえれば万点規模の観測網を構築可能にした。

3. 満点計画における観測網について

現在、国内では琵琶湖西岸および近畿（写真 1）・鳥取・濃尾・長野県西部に観測網を展開しており、観測点数はおおよそ 200 点、国外ではニュージーランドにおおよそ 50 点、展開している。

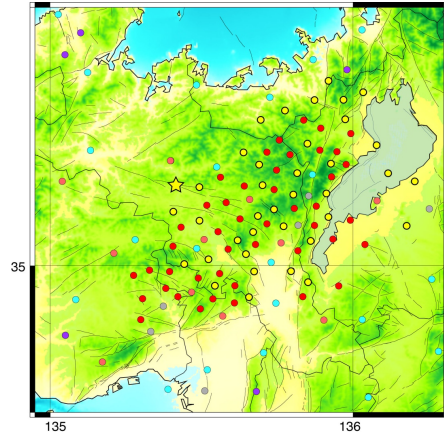


写真 1 琵琶湖西岸の観測点

4. 観測方法について

地震計は岩盤等に乗せ、方角とレベルを確認後、足元をセメントで固定している。ロガーとバッテリー（単 1 電池 24 本）は RV ボックスに入れセンサーのそばに配置し（写真 2）4 GB の CF カード 5 枚で約半年間収録する。



写真 2 観測の様子

5. 観測中のトラブルについて

観測中のトラブルとしては、動物によるケーブルの切断、または地震計がひっくり返されるなどのトラブルがあった。それらの対策として、地震計周辺整備や唐辛子の成分が入ったコルゲートチューブなどを利用してきた。また、地震計のコイルが引っかかってしまったり、内部に水が侵入するなどのトラブルがあった。地震計については現在データに異常が見られた場合は交換を行い、観測所にて異常の確認を行なっている。(写真3)



写真 3 地震計の検定

6. 観測を利用したアウトリーチ

満点計画の要である満点規模の観測網の構築を進めていく上で、現職員だけでの対応は現実的に大変難しい。そのため満点計画を進めていくうえで地域の方々の協力が必要となってくる。そのため地域の方々に満点計画のことを広く知っていただき、地震をより理解いただけるような、観測を利用したアウトリーチも考えてきた。その試みとして、京都府と鳥取県の小学校2校が満点計画に

協力いただけることになり、現在、地震観測を行っている。こちらの観測点のデータ回収は現地の小学校の学生が行っており、設置も小学校の学生と行なった。回収するだけでなく、自分たちが回収したデータを使って、地震計や地震について学んでもらえるような授業も合わせて行なっている。またウェブを利用した、観測所と小学校とのウェブ交流会や実際に研究を進めている現場に来て地震について色々学んでもらう観測所訪問なども行なっている。



写真 4 観測所訪問の様子

7. 最後に

万点規模の観測網にはまだほど遠いが、今後、満点規模に近づけていくために、これまでの観測点でのトラブル部分を改善し、もっと展開を容易にできるように進めていきたい。また、これまでの観測での成果も利用しながら、満点計画を地域に広めていき、地域との連携も強めていきたい。

東京大学地震研究所強震観測網の概要

東京大学地震研究所 技術部総合観測室

宮川幸治・坂上 実

はじめに

地震研究所における強震観測は、SMAC 型強震計が開発されて第 1 号機が地震研究所に設置された 1953 (昭和 28) 年に遡り、それは同時に日本における強震観測の始まりでもあった。その後、1964 年新潟地震後の日本学術会議の勧告によって地震研に「強震計観測センター」が設立され、都市部を中心に全国に設置された約 150 ヶ所 (300 台) の強震計の保守点検とデータ収集が行われてきた。以降、機器のデジタル化や、観測点の新設・統廃合が行われ、2012 年末時点では 67 点の強震観測点が運用されている。強震計観測センターは、1994 年の地震研改組に伴い「強震観測室」に名称変更がなされ、所属先は地震地殻変動観測センター、地震火山災害部門を経て、2010 年度からは観測開発基盤センターとなっている。

強震観測網の運用は、1970 年以降は坂上実氏が一手に担って来たが、2012 年度末の退職に際し、宮川が引き継いで担当する事が 2010 年度に決まり、以降順次引き継ぎを進めて来た。本発表

では、引き継いだ強震観測網の概要について述べる。

強震観測網

強震観測網は 2012 年末時点で 67 点が運用されている。観測網は、「伊豆駿河湾 (18 点)」、「足柄平野 (14 点)」、「信州 (25 点)」、「南関東 (8 点)」の 4 つのエリアに大きく分けられ、その他に潮岬・名駅観測点がある (図 1)。

「伊豆駿河湾」観測網は、東海地震における強震動を観測する事を目的として 1981 年からの 2 ヶ年計画で構築された観測網がベースとなっており、殆どの観測点が岩盤上に設置されている。

「足柄平野」観測網は、堆積層が強震動に及ぼす影響を調査する事を目的として 1987 年に構築された観測網がベースとなっており、1989 年には国際地震学及び地球内部物理学協会

(IASPEI) による、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、基盤記録から堆積層上の記録を予測する強震動シミュレーションのブラインドテストが行われた。

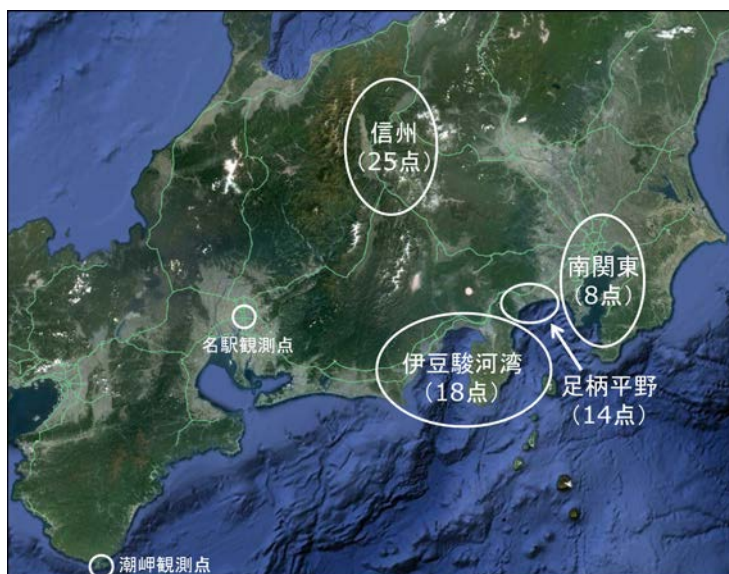


図 1 : 強震観測点マップ



図 2 : 富士川観測点

「信州」観測網は、長野市・松本市・岡谷市・諏訪市に展開されている観測網で、1995 年以降徐々に観測点を増強してきた。その中には、「糸魚川ー静岡構造線断層帯における重点的調査観測」の一環として牛伏寺断層周辺と松本盆地に設置された神田・島立観測点や、信州大学工学部建築学科の田守准教授と保守を分担して共同観測している観測点などが含まれる。

全 67 点中 50 点には電話線によりオンライン化されている。残る 17 点のオフライン観測点の内 16 点は信州エリアにある臨時点である。

観測点の多くは観測局舎を持つ屋外観測点である。例として図 2 に富士川観測点を示す。強震計センサーは地表設置タイプ以外に、ボアホールセンサーが併設されている観測点が 15 点ある。また屋外観測点以外に、建物の挙動を観測する事を目的とした屋内観測点も 4 点ある。

観測装置は、ミットヨ（旧アカシ）製の強震観測装置で統一されており、K-NET95 が 57 台、SMAC-MDU が 17 台、AJE-8200 が 3 台、ASI-230 が 1 台である。観測点数より観測装置の数が多いのは、観測装置を複数併設している点があるからである。

強震データの流れ

オンライン化されている 50 点のデータは、地震研 1 号館 512 号室に設置されている「強震データ収集装置」により、ダイヤルアップによりトリガデータを転送して収録している（図 3）。電

話回線は 5 回線あり、ダイヤルアップを行う

RSCC マシン 3 台を RSCS マシンがコントロールしてデータを観測点から吸い上げ、Smadftp マシン上に保存する。Smadftp マシンは Web サーバにデータをミラーリングしており、Web サーバ上に新たに追加されたデータは、気象庁の速報震源及び暫定震源情報を元に自動的にデータベースに登録され、Web ページ上で地震イベント別に確認する事が可能となる。

「強震観測データベース」Web ページのアドレスは以下の通りである。

<http://smsd.eri.u-tokyo.ac.jp/smad/>

おわりに

強震観測室では自前の強震観測網の他にも、信州大学・福井大学・千葉大学・豊橋技術科学大学・慶応志木高校などの他機関と共同観測も実施しており、技術支援をすると共にデータ提供を受けている。

また機動観測型強震計を 20 台保有し、突発災害を起こす被害地震が発生した際には迅速に現地に行き強震観測が行える体制を整えている。

宮川が引き継ぐ事が決まった 2010 年以降、観測点の精査が行われ 16 点が廃止されている。つまりそれまでは 80 点以上の観測網があり、その保守運用、共同観測、突発災害時の対応を一手に担って来た坂上氏には本当に頭が下がる思いである。今後は宮川が責任を持って対応していきたい。

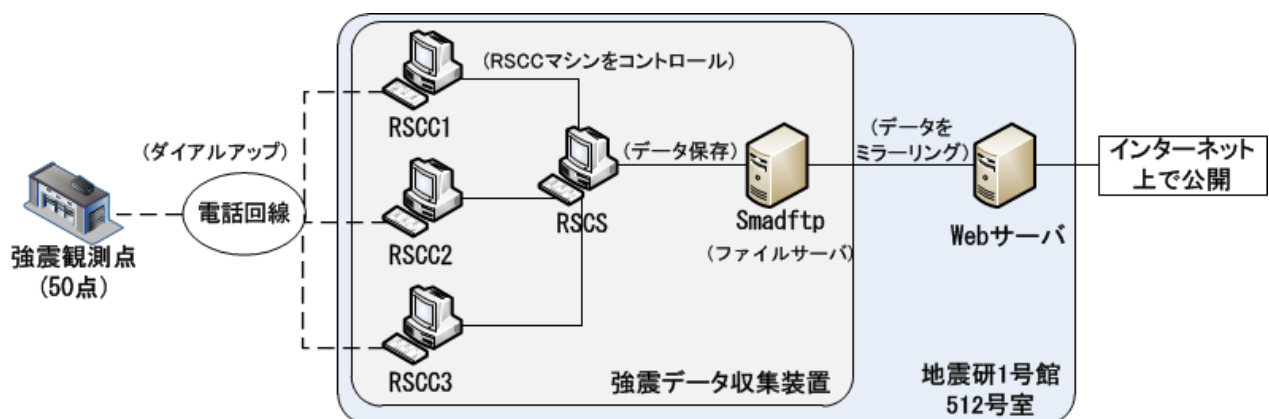


図 3：強震データの流れ

ニュージーランドにおける海底地震計を使用した構造調査

○八木健夫*・藤田親亮*・阿部英二*・橋本信一

(*東京大学地震研究所技術部総合観測室)

1. はじめに

ニュージーランド北島の東方沖合では、太平洋プレートがオーストラリア・プレート下に沈み込み、ヒクランギ沈み込み帯を形成している。この沈み込みによりこれまで M7 程度の地震が発生してきた。そこでこのヒクランギ沈み込み帯の沈み込み構造を明らかにするために、東京大学地震研究所はニュージーランドの GNS Science と共同で、2009 年から北島南端部とその周辺海域において制御震源地震探査を行ってきた。2010 年には地震研究所の自己浮上式海底地震計 20 台を使用して、エアガン人工震源による構造調査を行った (図 1)。この調査において、海底地震計の組立・設置・回収を行ったので調査の概要を紹介する。

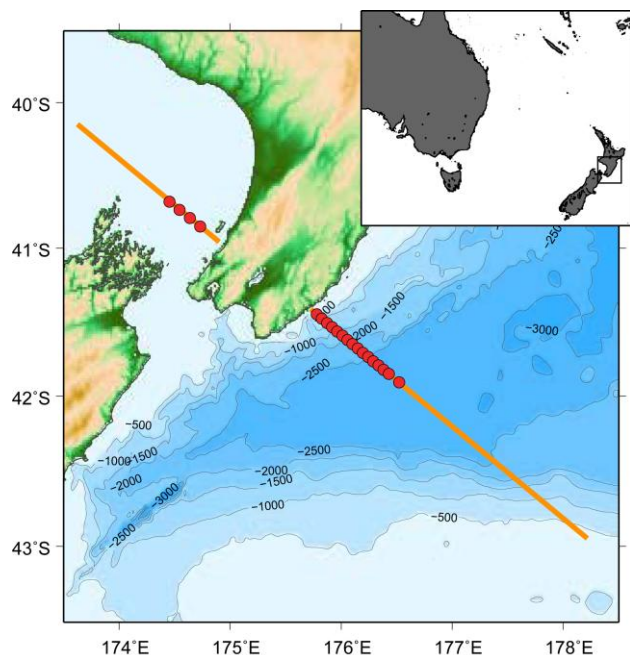


図 1 構造調査を行ったニュージーランド北島南端とその周辺海域。橙色の直線がエアガンの発震を行った測線。赤丸が海底地震計設置地点。

2. 海底地震計の組立・設置

本構造調査で用いた自己浮上式海底地震計は、ガラス製耐圧球を用いた短期観測型海底地震計である。

センサーは固有周波数 4.5Hz の地震計センサーで、これを 3 台組み合わせて直交 3 成分とし、受動型のジンバルに組み込んでいる。レコーダーは、株式会社勝島製作所製あるいは株式会社東京測振製のレコーダーを使用した。音響測距、錘切り離し装置は海洋電子株式会社製の音響式トランスポンダを使用した。この海底地震計を仮組の状態の状態で 20 フィートコンテナに積み込み、日本からニュージーランドへ輸送した (図 2)。



図 2 コンテナに積み込んだ海底地震計の錘とその切り離し部。輸送中に切り離し部が損傷しないように PP バンドと金属バンドを併用して錘を固定している。

海底地震計は GNS Science 建物内にて一度分解・整備を行い、再度組上げた。特に音響式トランスポンダに関しては、これまでの国内における整備環境と異なる環境での整備となることから、持ち出しの容易な整備治具を新規に設計・準備した。この治具の部品の一つはパイプ状の構造になっており、耐圧容器本体に切られている雄ねじに適合する雌ねじがパイプ内面に切られていて、治具を圧力容器に取り付けることができる。パイプ外面には逆角ねじが切られており、この逆角ねじを利用して、耐圧容器の蓋を容器本体から軸方向にまっすぐ引き出すことができる仕組みになっている (図 3)。この治具により、耐圧容器内壁のオーリング面を傷つけることな

く整備を行った。



図 3 音響式トランスポンダ装置の耐圧容器に取り付けた、耐圧容器の蓋を容易に引き出すためのデルリン製整備治具（白い部品で構成されている箇所）。

組上げた 20 台の海底地震計は設置用機材とともに、ウェリントン港まで陸送し、海底地震計設置のために傭船された船舶 AMALTAL MARINER に搭載した。設置は、北島南端部のトラフ軸に直交するように設定した測線に沿って行われた。北島東側に 16 台、西側に 4 台設置した。設置地点の水深は約 120m から 2700m の範囲で、東側は一部の区間を除いて 5km 間隔で、西側は 10km 間隔で設置を行った(図 4)。



図 4 海底地震計を海に投入する直前の状況。図の左下にある黄色の機器が海底地震計。

3. エアガンの発震

人工震源エアガンの発震は、Crown Minerals が主導して行い、船舶 M/V Reflect Resolution で行われた。エアガン容量は 6000cu.in.(約 100L)である。発震が行われた測線長は北島東側で 260km、西側で 140km であり、100m 間隔で発震された。

4. 海底地震計・データの回収

海底地震計の回収は傭船した船舶 Resolution II により行われ、全台回収した。水深が比較的浅い海域に設置した、SUS 製トランスデューサを搭載した海底地震計の数台は、トランスデューサが大きく腐食していた。設置期間は約 50 日間であったが、水深が浅いため、底層流の流れが大きく、海水の活性度が高いことにより、腐食が進んだのではないかと推察される。

また、すべてのレコーダーは、設定した期間、欠測なく収録を行っていた。水深の浅い地点に設置した海底地震計のデータは、ノイズレベルが概ね高い傾向があり、北島西側に設置した 4 台は特に高かった。北島西側の調査海域は、強風が時折吹き、潮流も速いクック海峡にあたる。その波浪の影響からノイズが大きくなってしまったと考えられる。しかし比較的水深の深い海域に展開した海底地震計からは、ノイズの小さい良好なデータが得られた。

5. おわりに

今回の調査は、これまでの国内調査とは異なる環境での海底地震計の運用となった。しかし安全衛生や海底地震計の整備作業に特に配慮し、すべての海底地震計からデータを問題なく回収することができた。新たに準備したトランスポンダ整備治具は良好な結果をもたらしたため、地震研究所内での整備作業にも活用するようになった。海底地震計の組立や整備には、多くの作業工程がある。常に環境が整った場所ですべての作業ができるとは限らないため、作業者の負担が少しでも減るような治具の作製に引き続き取り組み、よりよい支援ができるようにしていきたいと考えている。

海底観測機器の位置決定精度について

Measurement of the position of ocean-bottom instruments with an acoustic transponder

#鈴木秀市¹, 伊藤喜宏¹, 木戸元之², 太田雄策¹, 長田幸仁², 日野亮太¹, 藤本博己²

1: 東北大学理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター;

2: 東北大学 災害科学国際研究所

Syuichi Suzuki¹, Yoshihiro Ito¹, Motoyuki Kido², Yusaku Ohta¹, Yukihiro Osada²,

Ryota hino¹, Hiromi Fujimoto²

1: Graduate School of Science, Tohoku University;

2: International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

はじめに

海面から自由落下で海底に設置される地震計や圧力計の設置座標は、船の位置をGPSで測定しながら、船側と海底機器側に設置された2台のトランスポンダ間の距離を複数箇所で測距することで決定する。我々は、2011年東北地方太平洋沖地震の発生前後で海溝軸付近に設置された海底観測機器の設置座標を求めて比較することにより、地震に伴う水平変位を測定した(Ito et al., 2011)。得られた地震時水平移動量は、海溝軸方向に $50 \sim 70 \pm 20$ mと推定された。これは、同海域で実施された地震前後の海底地形の比較から推定された水平変動量(Fujiwara et al., 2011)とおおよそ一致する。測定の誤差は、一周波のGPSアンテナと機器で得られる船の座標の誤差を15m, GPSアンテナと船側トランスポンダの位置の推定誤差を5m, また、海中音波を用いた音響測距の精度を1mとして約20mと推測した。前者2つについては、測定システムの工夫により比較的簡便に改善可能である。本研究は、海底機器の位置決定で用いている従来方法を改良し、その決定精度を評価した。

データと方法

音響トランスポンダを用いた海底観測機器の相対および絶対位置決定の精度評価を目的として、おおよそ半径100m以内の海底に4台の音響トランスポンダ付きの観測機器を設置した(図1)。それらのうちの2台は、FRP製のフレームにトランスポンダが2m離れた状態で固定し海底に設置した。それらの位置の測量を別な二回の航海で測定し両者の結果を比較することで音響測距の測定精度を評価する。海底に設置された4台の観測機器は2012年6月と7月の航海で、4台の海底機器の位置をそれぞれ測定した。これらの期間に設置海域で大きな地震は発生しておらず、地震による地殻変動は生じていないことが期待される。船側と海底機器側の2つのトランスポンダ間の音響測距は機器の投下地点周辺の6点で行った。船側のトランスポンダは、2周波のGPSアンテナの直下に設置し、その位置をPPPキネマティック解析(事後解析, RTKLIB ver.2.4.1. (Takasu, 2010)を使用)により決定した。GPSアンテナの位置推定精度は水平成分で数cmと考えられる。

結果と考察

2m離して設置した観測機器の相対距離は2回の測定で、それぞれ2.2mと2.6mと推定された。また、片方を基準とした場合のもう片方の設置方位はそれぞれ212度, 207度と推定された。2回の測定でともに同様の値を示しており、近接して設置された2台の機器の相対位置の推定精度は1m以内で求めるこ

とが出来た. しかしながら, 絶対位置の比較では, 4つの機器がほぼ同様に約N60°Eの方向に約7m系統的にずれた結果が得られた. 2回の測量期間において設置海域近傍で大きな地震が発生していないため, 地殻変動による水平変位とは考えにくく, 観測されたずれは, 2回の観測間での海中音速構造の違いによる見かけの変位である可能性が高い.

参考文献

- Fujiwara, T., S. Kodaira, T. No, Y. Kaiho, N. Takahashi, Y. Kaneda (2011), The 2011 Tohoku-Oki Earthquake: Displacement Reaching the Trench Axis, *Science*, 334, 1240, doi:10.1126/science.1211554.
- Ito, Y., T. Tsuji, Y. Osada, M. Kido, D. Inazu, Y. Hayashi, H. Tsushima, R. Hino, and H. Fujimoto (2011), Frontal wedge deformation near the source region of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L00G05, doi:10.1029/2011GL048355.
- T.Takasu (2010), Real-time PPP with RTKLIB and IGS real-time satellite orbit and clock, IGS Workshop 2010, Newcastle upon Tyne, England, June 28 - July 2.

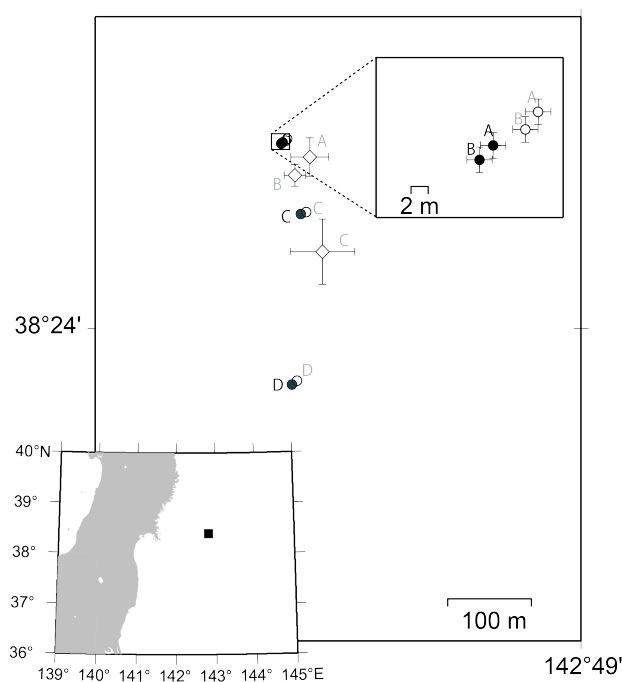


図 1: 機器の設置海域と 2 回の測量による位置決定の結果. 黒丸と白丸は 2012 年 6 月と 7 月の測量で求めた 4 台の海底機器の海底における設置位置を示す. また, ひし形は, 従来の観測方法で決定した位置を示す.

長野県北部地震 (M5.2) の余震観測

東京大学地震研究所 技術部総合観測室

中島 剛・増田正孝・羽田敏夫

1. はじめに

2012年7月10日12時49分頃、長野県北部を震源とするM5.2の地震が発生した。この地震の余震活動を正確に把握するため7月11日に震源域の直上と考えられる木島平村、中野市、飯山市の3ヶ所に臨時のオフライン観測点を設置した。これらの観測点は8月1日に撤収し、同日木島平村に2観測点を設置して9月7日まで観測を継続した。観測結果から地震リストの作成、波形の切り出し、定常観測点のデータとの統合を行った。本発表では、臨時観測とそのデータ処理の概要、余震の特徴について報告する。

2. 臨時観測点の設置

2012年7月11日に震源域の直上と考えられる木島平スキー場（木島平村：KJM01）、飯山養護学校（中野市：KJM02）、倭小学校（飯山市：KJM03）の3ヶ所に臨時のオフライン観測点を設置した。これらの3ヶ所の観測点は8月1日に撤収し、同日、木島平スキー場内の擁壁上（木島平村：KJM04）と付近の道路擁壁上（木島平村：KJM05）に2観測点を設置して9月7日まで観測を継続した。

3. 使用機材

KJM01、KJM02、KJM03、KJM05ではセンサーは感度171V/m/sec、固有周期1秒の三成分速度型L-4C-3D(1Hzの速度型、マークプロダクツ社製)、レコーダはLS-7000XT(白山工業社製)を用いてサンプリング周波数100Hz、A/D分解能24bitで連続記録した。KJM04ではセンサーは感度400V/m/sec、固有周期1秒の三成分速度型LE-3Dlite(レナーツ社製)、レコーダはDAT4(クローバテック株式会社)を用いてサンプリング周波数100Hz、A/D分解能16bitで連続記録した。センサーはKJM02、KJM03、KJM04、KJM05では擁壁上などに設置し、KJM01では堆積土中に埋設し

た。全観測点で、電源はカーバッテリー(12V、60Ah)を用い、GPSを用いて時刻を1時間ごとに校正した。

4. データ処理

2012年7月11日から8月1日までの観測結果を確認したところ、レコーダの時刻が長期的に変動して行く現象がみられた。これは7月1日09:00に、うるう秒挿入があり、アルマナック更新を行っていないレコーダがアルマナック情報を取得した時点で1秒の誤差を確認し、その後は、1時間毎に平均3.5msecの誤差を調整していた(約300時間で調整終了)。そのため、処理の最初に観測点毎に時刻補正を行い、これらのデータを用いて切り出しを行った。

地震カタログ(気象庁一元化震源)に応じた切り出しについては①木島平周辺の地震のリストを作成し、②リストに基づき臨時観測点の波形を切り出し、③トリガファイルと統合を行った。

また、臨時観測点のデータによる切り出しについては、①臨時観測点3点と近傍の観測点3点で地震検知を行い、②そのリストにしたがって、臨時観測点と近傍3観測点の波形を切り出した。なお、気象庁一元化震源カタログに比べて1.5倍程度多かったため読み取りについては今後行う予定である。

なお、既存観測点のデータと、今回の臨時観測結果をもとに酒井ら(2012)により余震の震源決定が行われている。その結果によれば、余震の震央はほぼ東西報告の走向を持った鉛直な面上に分布し、深さは5-10kmの範囲となる。

引用文献

酒井慎一・小原一成・岩崎貴哉(2012)長野県北部の地震(M5.2)の余震活動. 日本地震学会秋季大会講演予稿集 C31-05

地殻変動連続観測のための LF-1100R と LF-2000R の安定性試験

増田正孝，芹澤正人，渡辺茂，平田安廣（東京大学地震研究所・技術部総合観測室）

1. はじめに

地殻変動連続観測には、ボーリング孔に歪計や傾斜計を埋設して行う観測や、横坑内に設置した伸縮計や傾斜計を用いた観測がある。地震研究所では現在、油壺、鋸山、富士川、室戸、弥彦、内浦(図1)の6観測点の横坑で水管傾斜計や石英管伸縮計を用

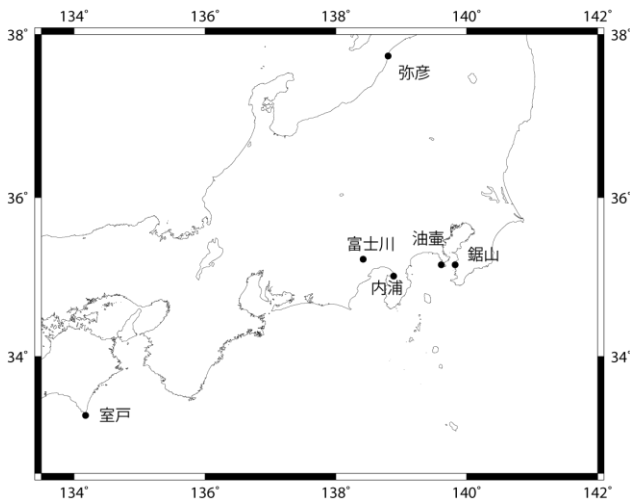


図1. 横坑を用いた地殻変動連続観測点

いた地殻変動連続観測を行っている。

その中でも鋸山、室戸、富士川の3観測点では、デジタル化及び伝送装置として白山工業製のLT8500を用いている。しかし2013年8月以降はGPSのロールオーバー問題によって、運用ができなくなる。そのため、同じく白山工業製のLF-1100R(コントローラ)とLF-2000R(デジタル化)を設置し、LT8500との並行観測を行いながら、LT8500を廃止していく予定である。そこでまず地震研究所内でLF-1100RとLF-2000Rの温度特性とノイズレベルを調べ、地殻変動連続観測で使用可能かどうかを検討した。次に油壺観測点で、伸縮計と傾斜計のデジタル化としてLF-2000Rを設置し、試験観測を開始した。この観測点では水管傾斜計のデータの取得に白

山工業製のロガーLS-3300を用いた観測も行っており、LS-3300の観測データとLF-2000Rの観測データの比較も行った。その比較の結果についても報告する。

2. LF-2000Rの温度特性及びノイズの評価

白山工業のユーザーズマニュアルによるLF-2000Rのいくつかの仕様や特徴を以下に記載した。

- ・チャンネル数 6チャンネル
- ・入力レンジ $\pm 20V(0dB)$ もしくは $\pm 2V(20dB)$
- ・電源電圧 24V
- ・動作温度 $-20^{\circ}C \sim 50^{\circ}C$
- ・動作湿度 30%~85%
- ・サンプリング周波数 以下から選択可能
1000Hz, 500Hz, 200Hz, 100Hz, 20Hz, 10Hz, 1Hz
- ・AD変換器 $\Delta\Sigma$ 型 24bit
- ・分解能 最大32bitの形式分解能
- ・ダイナミックレンジ 138dB以上(100HzSP)
- ・時刻精度 $\pm 50\mu sec$ 以内

地殻変動連続観測のためのデータ収集装置として重要なことは1年や10年といった長期間での安定性である。しかしそのような長期間の安定性を調べることは難しいため、まずLF-2000Rの温度特性評価を行った。この温度特性評価では、LF-2000Rの入力を短絡させ、10Hzサンプリングでデータを取得させながら温度環境によってこのデータがどのように変化するかを調べた。温度センサーはLF-2000R本体の上部に取り付けた。3つのチャンネル(ch1, ch2, ch3)の測定データ及び温度の時間変動を図2に示した。

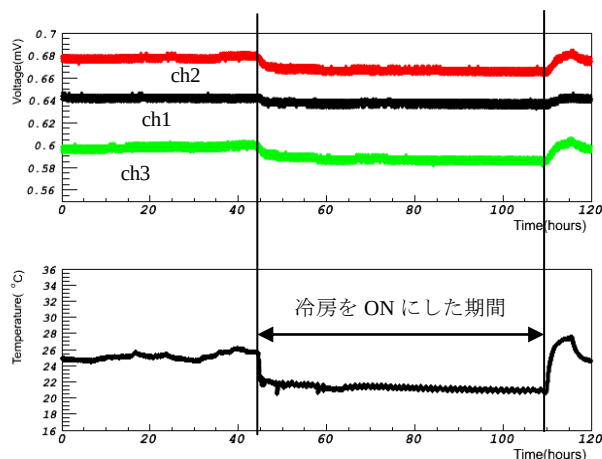


図 2. 各チャンネルの電圧(上図)及び温度(下図)の変動

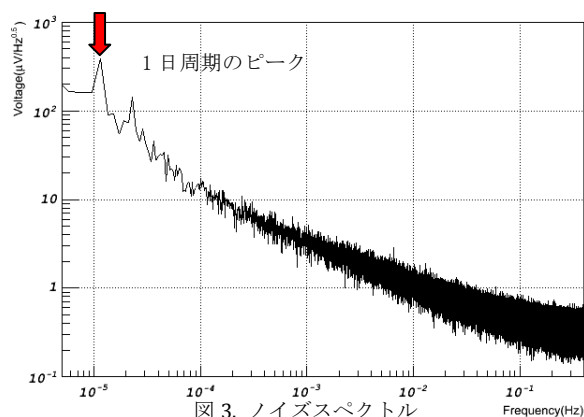


図 3. ノイズスペクトル
横軸:周波数(Hz)、縦軸:電圧スペクトル($\mu\text{V}/\text{Hz}^{0.5}$)

ある時点で部屋の冷房を 20°C に設定し、ON にした。このデータから各チャンネルの電圧と温度の時間平均値の変化量を求め、温度係数を求めたところ、ch1: $1.2\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, ch2: $2.9\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, ch3: $2.6\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ となった。

例えばこの LF-2000R を油壺観測点の水管傾斜計及び伸縮計のロガーとして使用し、 10°C の温度変動があると仮定する。温度係数($2.9\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$)及び計測器や回路の感度を考慮すると、 10°C の温度変動は伸縮 $4.0 \times 10^{-11}\text{str}$ 、傾斜 $1.1 \times 10^{-11}\text{rad}$ に相当する。温度変動による電圧の変動は十分無視できることがわかった。また約 1 か月分のデータから LF-2000R を室温で動作させているときのノイズスペクトル(図 3)を求めた。1 日周期の成分及びその倍波成分が卓越しており、温度の日変動による影響と思われる。その他に目立つ周波数成分は見られなかった。ノイズスペクトルを RMS 振幅に換算すると $1.2\mu\text{V}$ となった。LF-2000R のノイズは十分無視できる大きさであることがわかった。

3. LS-3300 と LF-2000R のデータの比較

油壺観測点では基線長 40m の石英管伸縮計が 3 方向、基線長 25m の 90 型水管傾斜計が 2 方向、基線長 40m のフロート式水管傾斜計が 2 方向設置されている。地震研究所での性能試験を終えた LF-1100R と LF-2000R を 2012 年 12 月 5 日に油壺観測点に設置し、90 型水管傾斜計及び石英管伸縮計のロガーとして試験観測を開始した。油壺観測点の水管傾斜計からの出力信号は減衰回路及び引き算回路を通して LS-3300 でも記録している。LF-2000R でのデータ取得はサンプリング 1Hz、データ分解能 24bit、LS-3300 はサンプリング周期 1 分、データ分解能 20bit で行われている。LS-3300 と LF-2000R で記録した 12 日分の水管傾斜計のデータを図 4 に示した。

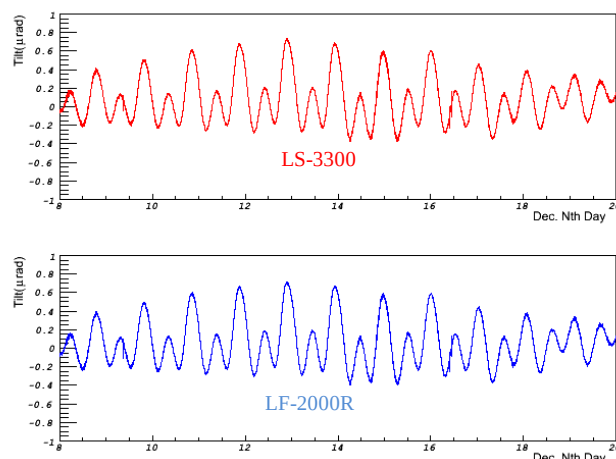


図 4. 水管傾斜計の 2012 年 12 月 8 日から 12 月 20 日までのデータの比較。上が LS-3300、下が LF-2000R のデータである。横軸が日時、縦軸が傾斜(μrad)を示している。

LS-3300 は内部時計に従って動作するため、時刻にずれを持つ。その時刻のずれを補正してから比較を行った。その結果、LS-3300 と LF-2000R の振幅及びオフセット値に若干の差がみられた。LS-3300 及び LF-2000R の持つオフセット電圧の差、回路ゲインの違いおよびフィルターの特性の違いの影響ではないかと考えられる。

長期間に渡ってデータを取得し、より詳細な比較を行っていくことが今後の課題である。

阿蘇火山における水準測量 ～Leica 社製 DNA03 を用いて～

○吉川 慎，大倉敬宏

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター

1. はじめに

阿蘇火山周辺では、1937 年から繰り返し水準測量が行なわれてきた。このように長期間の繰り返し測定を行うためには、水準点の維持・管理が大変重要となってくる。また、測定する器械も進化を遂げ、それに対応する技術力の向上も要求される。本報告では、阿蘇火山における水準点の維持・管理および今回新しく実践投入された Leica 社製 DNA03 について報告する。

2. 測量の概要

阿蘇火山における水準測量は、主に県道 111 号線（通称：阿蘇登山道路坊中線、吉田線）沿いに設置された京都大学的水準点、県道 298 線（通称：阿蘇登山道路赤水線）、国道 57 号線沿いに設置された国土地理院の水準点、およびその間を補完する京都大学の補助点をデジタルレベル（Leica 社製 DNA03）とバーコード標尺（3m）を使用し行っている。なお、測量における精度は、一等水準測量の基準を満たす往復誤差 $2.5\text{mm}\sqrt{L}$ 以内で行っている。

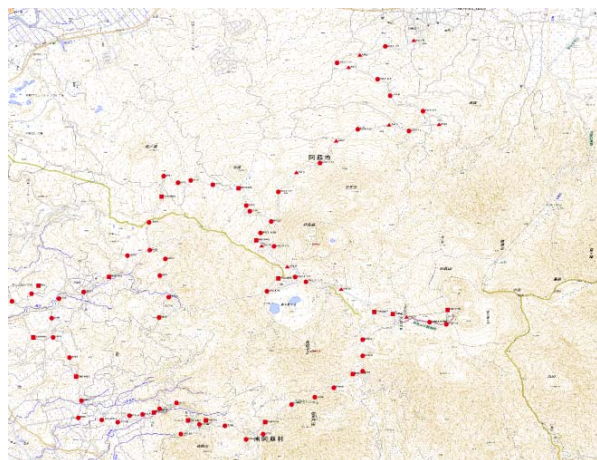


図 1. 阿蘇火山周辺の水準点位置図



写真 1. 測量中の様子

3. 測量の実施

火山研究センターでは、事前準備から測量作業に至まで技術職員が中心となっており行なっている。

1) 点の記や記録写真等の準備

水準点の情報は、写真と略図を記した点の記によってまとめられ、補助点は、角度を変えて撮影した 4 枚の写真をデータサーバーに保管しているため、それらを確認作業の前にすべて準備する。

2) 道路使用許可申請書等の作成および提出

道路は、通行という本来の使用行為以外の使用について禁止されているが、工事や測量作業などについては、申請書を提出することにより使用が許可されたため、見取り図等とあわせて作成し提出する。

3) 全水準点の確認作業

確認の際、水準点が破損や消失していた場合には、セメントで補修や新設を行ない、遠目からでも点の位置が判りやすいようにビニールテープやチョーク等でマーキングを行なう。

2012 年 7 月 12 日の豪雨の影響により、熊本県下は多大な被害に見舞われた。特に阿蘇地方の被害は酷く、阿蘇カルデラを囲む外輪山や中央火口丘において土砂崩れが発生し、尊い命が奪われ、雄大な草原大地にも豪雨の爪痕を残した。ちなみに、4 日間の総雨量は約 800mm（1 ヶ月の 1.4 倍強）を記録している。そのような豪雨の影響もあり、いくつかの水準点は土砂に埋もれてしまったため、点の確認作業の際には、技術職員 2 名で直径 1cm のピンを点の記に記載された情報を元に搜索活動を行った。炎天下での搜索活動は困難を極めたが、なんとか発見することが出来た。



写真 2. 水準点の搜索活動の様子（左）次回の測定の為に位置を特定（右）

4) 測量機器の準備

測量には、冒頭に述べたデジタルレベル・バーコード標尺の他に、三脚、標尺台、支持棒、マーキングチョーク、安全ベストなどが必要となるため、それらの道具をもれなく準備する。

5) 測定機器の検定・調整

バーコード標尺：

標尺を垂直に立て、セオドライを用いて標尺の正面と側面が傾いていないか確認する。傾いていた場合は標尺の気泡管を調整ネジで調整する。

デジタルレベル：

機器に内蔵されているプログラムを用いて、コリメーションエラー（視線線の正確な水平値からの差）を調整する。

6) 測量の班編成

阿蘇は熊本県内でも有数の観光地であり、特に阿蘇山上へ通じる登山道路は自家用車や観光バスなどの交通量が多い。さらに、歩道がほとんど併設されていなく、車道や幅の狭い路側帯を利用して測量を実施するため、交通整理を行う人員が必要不可欠である。したがって、阿蘇登山道路で測量を行なう場合、最低でも測量手、標尺手 2 名、交通整理 2 名の 5 名が必要となってくる。

また、測量を実施する際には、当センターをはじめ防災研究所桜島火山観測所や九州大学島原地震火山観測所のスタッフや学生と合同で行うため、安全面を第一に考慮しながら適材適所人員を配置する。

7) 測量の実施

当日の天候や交通状況を考慮し、当日に行なう測量区間を選定する。

8) データの整理

測定データは、本体のメモリに記録されているため、PC カードに吸い上げ、それを HDD に保存した

後、プログラムを用いて標尺の温度補正等を行ない担当教員にデータを提出する。

4. 測量機器の更新

阿蘇火山では、1993 年に行われた水準測量から、デジタルレベル NA3000 (Leica 社製) とバーコードスタッフを使用してきた。しかし、2012 年に行われた測量中に幾度となく許容範囲を超える誤差が生じるようになった。さらに、レベルのファインダーから標尺をのぞいた際に、焦点を合わせても測定できなくなる現象が発生した。そのため、今回新たなレベル (Leica 社製 DNA03) を投入する事になった。

機器を交換した後、測定の体感速度が向上したように感じられたので、今回の測定と 2008 年に NA3000 を用いて行った同一区間の測定時間を比較したところ、0~17 分短縮した事がわかった (図 2)。時間差にばらつきがある明確な理由は判らないが、NA3000

には測定が安定している時とそうでない時があった。特に、気温が上昇した場合や交通量が増えた時にその傾向があり、DNA03 はそれらの点で NA3000 よりも安定していると感じられる。

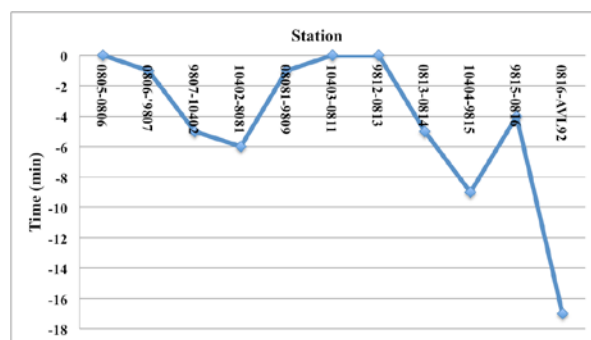


図 2. NA3000 と DNA03 の測定時間の比較

5. まとめ

水準測量は点の維持・管理や測量に至るまでの準備、人員の確保、さらには阿蘇火山の場合 3 班体制でも約 2 週間必要であることから、大変手間のかかる観測の一つである。しかし、得られた上下変動のデータから、マグマの蓄積や移動をとらえる事が可能であるため、多くの火山で実施されており、阿蘇火山だけでなく、特に桜島火山では毎年実施され、圧力減の位置やマグマの供給率まで推定されている。我々も毎年参加し測量を行っているが、桜島火山にてもっとも憂慮すべき事は、年間の爆発回数 800 回を超える火口から噴出された火山灰である。測定の際に調整するネジの隙間などに灰が入り込むと、忽ち測定不能に陥るため最大限の注意が必要である。また、砂防ダムなどに溜まった土砂を運搬する大型トラックや観光バスなども非常に多く、測定を安全に遂行するためには、測量機器や標尺の取扱に細心の注意が必要である。

最後に、水準測量は人間が行っている以上、必ず人為的なミスが発生する。次回、繰り返さないためにここに記しておく。

- ・ 540m 区間の残り 100m 手前で全員が移動してしまい再測

水準測量では、水準点～水準点を測定するため、その間は、測量手もしくは標尺手のいずれかが不動点として動いてはいけない。誰もが 1 度はおかしてしまう、最もよくあるミスの一つ。

- ・ 謎の 6cm 誤差にて再測

水準点では、水準点の直上 (標石・ピン・金標など) の上に標尺を立てなければならないが、生まれて初めて測量を行なった外国人研究員が、水準点の上に標尺台を置き、その上に標尺を立てたために 6cm の誤差が発生してしまった。往復測定後に発覚。

参考文献

大倉敬宏他 (2008) : 阿蘇カルデラにおける水準測量 (2008 年 9 月 - 10 月), 第 4 回阿蘇火山の集中総合観測報告書, 8-15

台湾の大屯火山群での電磁気観測 2

○井上寛之^{A)}，宇津木充^{A)}，鍵山恒臣^{A)}，小森省吾^{B)}，陳中華^{B)}

^{A)} 京都大学理学研究科火山研究センター

^{B)} 中央研究院地球科学研究院（台湾）

はじめに

台湾台北市の北部に位置する陽明山（ようめいさん：ヤンミンシャン）国立公園（図.1）は台湾有数の観光地である。公園内にある大屯火山群は、北側の金山断層と南側の脚断層に挟まれた地溝帯の内部およびその周辺に生成された20以上の火山からなる。この火山地帯は例えば、大油坑（図.2）など比較的規模の大きな噴気地帯を有しており、地熱活動が活発な火山地帯であるという特徴を持つ。こうしたことから同じく地熱活動が活発な火山地帯である別府と比較する事を目的として、電磁気観測を行った。タイトルに2と付いているが、今年で3度目の観測である。



図.1 台湾大屯火山群の位置



図.2 大油坑

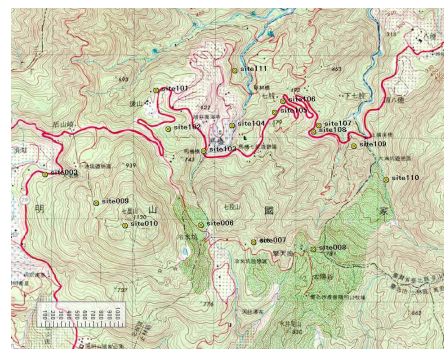


図.3 観測点の位置

観測手法（AMT 観測）

MT 観測では、地球の磁場擾乱とそれにより大地に誘導される電場とを同時計測する。磁場擾乱と誘導電場の振幅比は、大地の比抵抗（単位体積あたりの電気抵抗）に比例するので、この計測データから地中の比抵抗分布を調べることが出来る。このうち AMT 観測は、周期 1～10kHz 程度の電磁応答を利用し、比較的浅部（地表～1,2Km 程度）までの比抵抗構造を求めるための観測手法である。

実際の観測

今回、日本からのメンバーは教員2名（宇津木、鍵山）と私の3名で、台湾の中央研究院の研究員・学生が観測に参加し3人一班で、2班体制で観測を行った。2012年の観測では図.3に示す観測点のうちの10点で観測を行った。機材は手持ちで持ち込める量ではないので、例年通り運送会社に依頼した。現地での機材の搬送には台湾の中央研究院の公用車とドライバーをお借りした。観測は午前中に機材を設置し午後4時頃までの4～5時間を2地点で同時観測を行った。日本では昼夜一晩の観測を行うのだが、日本とは違い機材の盗難の心配があり、そのため日中のみの観測となった。観測点は事前調査を行っていたのだが、いくつかの観測点の近くには航空機用電波塔や商用電源のケーブルがあり、それらが観測結果のノイズとなってしまった。また、

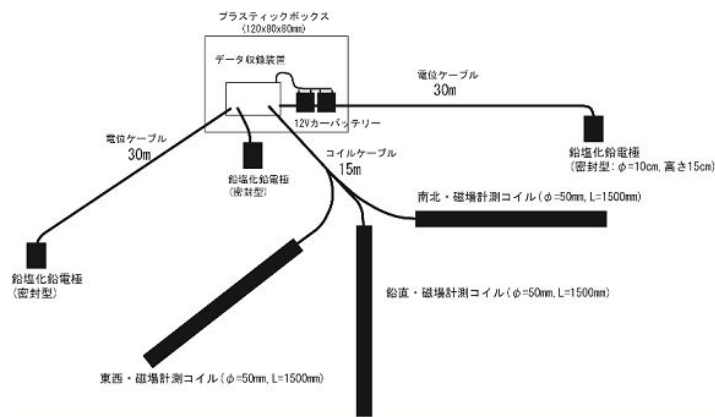


図.5 観測使用機材概略図

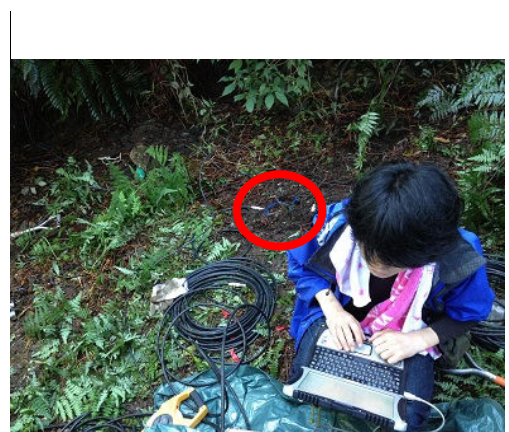


図.6 観測設定中

現地在国立公園の観光地と言うこともあり、休日になると車の通行量も増えそのこともノイズ増加の要因となっていました。

観測使用機材（図.5）は、カナダのフェニックス社製の MTU-5A を 2 セット用い、電源には 12V のカーバッテリーを 1 個使用した。データを記録するロガーは、プラスチックボックスに収納し、計測中は更にビニールシートで覆い雨水や動物から保護した。また、センサー（コイル）はビニール袋に包んで保護をし設置した。データの記録には CF カードを使用した。電場計測には、鉛塩化電極を用いた。東西南北の 4 方向にロガーから 20m 程度ケーブルをのぼし、先端に電極を接続し埋設設置した。また、システムのコモンのために、ロガー近くにコモン電極を埋設設置した。磁場を観測するセンサー（コイル）は南北、東西、鉛直方向の 3 成分をロガーから各々 10m 程離れた場所に埋設設置した。電場・磁場ともに距離をとったのはセンサー同士の干渉を減らすためである。しかし観測点によっては距離がとれず近くに埋設しなければならない場所もあった（図.6）。しかし幸いなことにセンサーが近い観測点でも観測結果に悪影響は出なかった。また、観測点によっては、車で観測点の近くまで行けてもその後は手持ちもしくは背負子を使用して運んだ。実際の登山からすればたいした重さではないのだろうが、自分の道具と合わせて二十 kg 弱あるため結構大変であった。また AMT 観測の間に VLF 観測も行った（図.7）。これは表層部分を測定する機器である。

観測結果

解析は先生方が行っているのので、結果の一部を先生からいただいた（図.8）。小油坑（噴気地帯）では電気伝導度（比抵抗の逆数）が周辺と比較してかなり高くなっている。他にも幾つか値が大きい場所があるが、これらは噴気地や温泉に対応すると思われる。

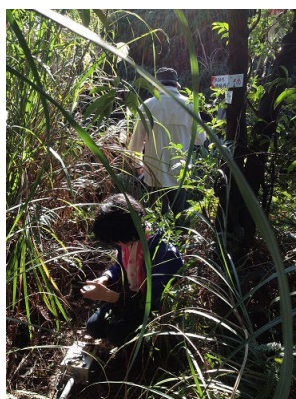


図.7 VLF 観測

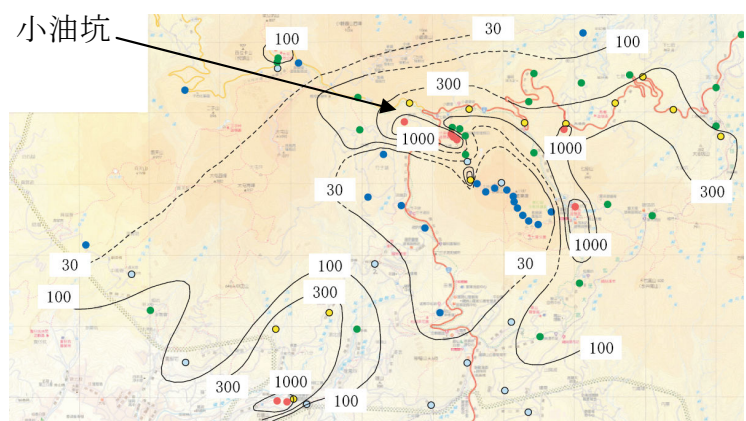


図.8 七星山周辺の電気伝導度

深海域における海底面付近の温度勾配測定手順

東京大学地震研究所 技術部 総合観測室
藤田親亮

はじめに

一昨年度の東京大学地震研究所職員研修会にて、「深海域における地殻熱流量測定の紹介」というタイトルで発表させていただいた。その後、深海域での地殻熱流量測定の支援回数も増え、より深く支援に携わることができるようになってきた。今回は地殻熱流量測定のうち、温度勾配測定の手順に関して、今まで得た知識をもとに説明する。

深海域における地殻熱流量の測定原理

深海域（およそ 3000m 以深）において、一般に海底付近の温度場は不変、すなわち定常状態に達していると考えられる。定常状態において、ある単位面積を単位時間に通過する熱流量 Q は、その面に直交する温度勾配 G とその付近における熱伝導率 K を用いて、

$$Q(\text{W/m}^2) = G(\text{K/m}) \cdot K(\text{W/mK})$$

で表される。つまり、温度勾配と熱伝導率を測定することにより、地殻熱流量を算出することが可能である。

温度勾配の測定手順

温度勾配は深さに対しての温度の上昇する割合のことであるから、温度勾配を求めるには複数点の温度・各温度測定点の距離・測定装置の傾斜が必要となる。傾斜は、各測定点の距離を垂直深さに補正する際に使用される。温度勾配の測定手順は以下のとおりとなる。

1. 機材準備

現在温度勾配の測定に使用される主な機材は、重錘・槍状プローブ・データロガー（傾斜データ測定用）・小型温度記録計である。これらを組み合わせたものをユーイング型熱流量測定装置と呼んでいる（図 1）。これに加え、充電器や通信ケーブル・設定用 PC・そのほか消耗品類が必要になる。

2. 測定装置の組み立て

まず、積み込んだ槍状プローブを重錘のネジ穴にねじこんで固定する。ネジには、予めグリースを塗っておく。ねじ込んだ後は、プローブが緩まないようにさらに止めねじで固定する。

次に小型温度記録計をセットするためのホルダーを取り付ける。プローブに予めあけられているネジ穴とホルダーの穴の位

置を合わせ、こちらもネジにて固定する（図 2）。通常、使用されるホルダー（小型温度記録計）は 6～7 点である。

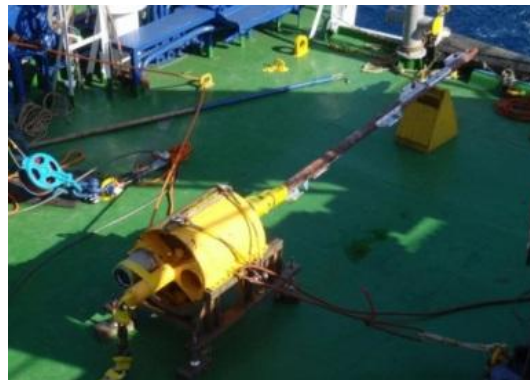


図 1. ユーイング型地殻熱流量測定装置



図 2. 小型温度記録計用ホルダー

3. ホルダー間隔の測定

ホルダー間の距離を測定する。ホルダーの決められた点にビニールテープで印をつけ、各ホルダーの印の距離をメジャーにて mm 単位で測る。1 台目から順に、その他 6 台との距離を測ることで、それぞれのホルダー間の距離は 2 度測ることになり、単純ミスを防ぐことができる。

4. データロガーのセッティング

小型温度記録計にて温度を測定する場合、データロガーは傾斜の記録および音響信号の発信に使用する（図 3）。専用の通信ケーブルを使用してデータロガーと PC を接続する。予め PC の時刻を正確に合わせた後、ターミナルソフトを立ち上げデータロガーと接続する。接続後は、各パラメータ（時刻や発振周波数など）を設定し、完了後測定を開始させる。通信ケーブルを外しビニールテープで固定の後、ウェスで巻き保護する。準備が完了したら、測定装置の重錘内のスペースにデータロガーをセットする。



図3. データロガーと小型温度記録計読み取り器

5. 小型温度記録計のチェックとセッティング

温度測定に使用する小型温度記録計（図4）のチェックと測定の設定を行う。まず、PCと記録計専用の読み取り器を接続する。測定によっては一旦投入されてから揚収されるまで長時間の測定になることもあることから、記録計のバッテリーが2900mV以上であることを必ずチェックしシリアルナンバーとともにメモしておく。その後、予定されている投入・揚収予定時刻から記録計の計測期間および計測インターバル（基本は10秒）を設定する。設定が完了した記録計から順に、甲板へ持ち出しホルダーにセットする。



図4. 小型温度記録計

6. 測定装置の投入

観測準備完了後、測定装置の投入を行う。危険をとまなうため、投入作業は船員が実施する（図5）。

7. 測定装置のオペレーション

投入後、海底から約30mの地点までワイヤーを繰り出し、基準値となる水温を10分程度測定する。その後ワイヤーを繰り出し、堆積物にプローブを突き刺す形で着底させる。データロガーから発信される傾斜データを確認しつつ、15分程度堆積物中の温度を測定する。測定完了後はゆっくりワイヤーを巻き上げ、プローブを離底させる。通常は離底後数百m程度プローブを巻き上げ、移動しながら繰り返し測定を行う。

8. 測定装置の揚収と洗浄・回収

オペレーション終了後、ワイヤーを巻き上げ測定装置を揚収する。揚収後は測定装置全体を清水でまんべんなく洗う。その後データロガーと小型温度記録計を取り外し、個別に改めて清水で洗浄、ウェスで水分を拭き取りラボへ回収する。



図5. 測定装置の投入

9. データの回収

データロガーとPCを接続し、収録されたデータを回収する。その後PCを温度計読み取り器につなぎかえ、温度記録計からのデータも同じPCに回収する。

10. 温度勾配の算出

回収されたデータは個々に編集処理されたのち、解析ソフト（IGOR PRO）を使用して温度勾配を算出する（図6）。

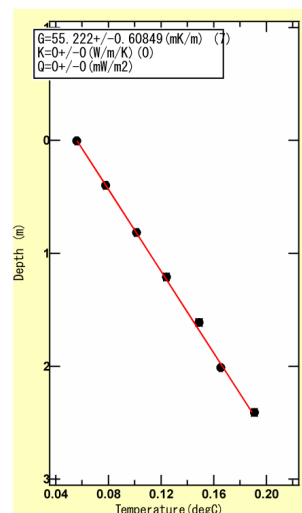


図6. 温度勾配算出結果の例

おわりに

今回紹介させていただいた手順は一例である。ピストンコアラーに小型温度計を取り付け、海底堆積物のコアを採取すると同時に温度勾配を測定したり、また小型温度記録計の代わりに精度よく検定されたサーミスターセンサーをデータロガーに接続して温度を測定する方法もある。実際の発表では、より詳細な説明と機材の仕様も付け加える予定である。

ストロンチウム・鉛の同位体比分析法の紹介

東京大学地震研究所技術開発室

外西奈津美

ストロンチウム・鉛同位体は地球化学分野の他、環境、医療、食品、考古学などの様々な分野で利用される同位体である。同位体とは同じ原子番号を持つ元素の中で、質量数の異なる核種を指すものである。化学的性質は同じであるが、質量の違いにより物理的な挙動には僅かな差が生じる。ストロンチウムは ^{84}Sr , ^{86}Sr , ^{87}Sr , ^{88}Sr の4種の安定同位体が存在し、これらの存在比はそれぞれ 0.56%, 9.86%, 7.00%, 82.58% である。例えば $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は古い試料ほど大きくなり、この性質を利用して地質年代の決定に用いられる。その他、火山岩の起源物質がマントルであるか地殻物質であるかの推定にも利用されている。鉛は ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb の4種の安定同位体が存在し、これらの存在比はそれぞれ 1.4%, 24.1%, 22.1%, 54.4% である。 ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb は U や Th の崩壊過程の最終各種であるため、試料に含まれるウランとトリウムの量や生成年代の違いにより鉛同位体比は変化する。この性質もまた年代決定や岩石の起源物質の推定などに利用される。

同位体比の変化を分析する装置の1つに、誘導結合プラズマ質量分析法(Inductivity Coupled Plasma Mass Spectrometry: ICP-MS)がある。アルゴンのプラズマをイオン源とする質量分析法で、イオン化された元素は質量/電荷に応じて分離され、検出器で計測される。

本所には IsoProbe (Micromass 社製: 多重検出器磁場型 ICP-MS) が導入されている。Li から U まで、殆どの元素が数十 ppb レベルの濃度で分析でき、主に同位体比分析に用いられている。分析に用いる試料は、予め適切な前処理を行ったのち定量分析を行うことが必要である。岩石試料の分析の場合、試料粉末を酸で分解して溶液化し、必要に応じて分離・精製を行った後、目的元素のみを抽出して分析を行う。今回、岩石標準試料(玄武岩: JB-3)を用いてストロンチウム・鉛の同位体比分析を行うための試料の前処理および分離精製過程の改良を行った。

ICP-MS では同じ質量を持つストロンチウムとルビジウムの分別は出来ないため、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の決定には、あらかじめ試料に含まれる ^{87}Rb を除去しておくことが重要である。また鉛は試料に含まれる量が少いため、精度よく分離精製を行うことが求められる。今回、元素分離に用いる樹脂や溶液の種類などを最適化すべく調整し、この問題を解決した。

改良した前処理方法でストロンチウム・鉛の同位体比分析を行った結果、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の分析値は 0.703406、報告値は 0.073493、差は 0.0000868 であった。 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ は分析値が 18.266、報告値は 18.287、差は 0.021 であった。 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ は分析値が 15.517、報告値は 15.527、差は 0.010 であった。 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ は分析値が 38.204、報告値が 38.20、差が 0.004 であった。以上の結果から、今回の前処理方法の分析値は岩石標準試料の報告値と非常に良く一致していると判断した。

一般公開での工作教室

東京大学地震研究所 技術部 技術開発室

○浦野幸子 新谷昌人

はじめに

毎年行われている地震研究所の一般公開において、技術開発室回路部門では 2010 年より「電気工作教室」を開催し、小学生～高校生を対象に簡単な工作を体験してもらっている（写真 1.）。この工作教室について紹介する。



写真 1. 電気工作教室の様子

電気工作教室のねらい

地震・火山活動に関する研究成果の社会への広報の一環として、地震研では年に 1 回、研究所の一般公開を行っており、毎年小学生から大人まで、幅広い年代の方々が訪れている。その中でも来所した児童・生徒に科学に対する興味、関心をより持ってもらいたいとの考えから、電気工作教室を行うこととなった。工作の内容は必ずしも地震研の研究に直接関係するとは限らないが、その根本原理は最先端の観測技術と同じであり、工作を通じてセンサのしくみの理解や計測を実感し、同じ原理で行われて

いる実際の観測や研究に関心を持ってもらうことを企図している。

2010 年、2011 年の工作教室

第 1 回目となる 2010 年の工作教室では「はんだづけを体験してもらう」「できれば地震計測に関係ありそうなものを」との考えから、写真 2. に示すような「地震計」を製作することとした。加速度センサの出力から直流分を除き、その電圧値に応じて LED が点灯するというものである。

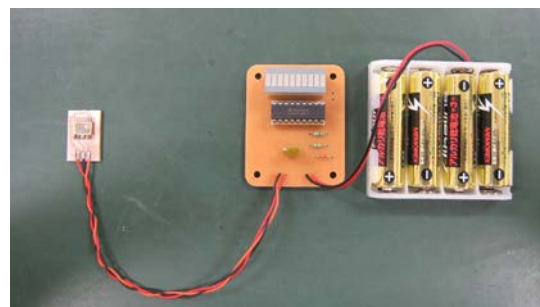


写真 2. 2010 年の「地震計」

また第 2 回目である 2011 年は、ほぼ同じ構成で、加速度センサの出力から直流分を除かないことで傾斜を測ることができる「なんちゃって傾斜計」とした。

いずれも、センサ出力→A/D 変換→LED 駆動の部分は市販の IC を使用している。配線は専用の基板に素子をはんだづけするだけで動作するように用意した。結果、参加者全員がきちんと動作するものを完成させることができた。また、これらのキットは子供だけでなく大人からも興味がある、つ

くってみたい、との声を多数頂いた。

2010 年、2011 年の問題点

一方で、教室の運営に関しては数点の問題があった。IC 部分のはんだづけが参加者には難しかったことや、スタッフ数の不足、時間配分の不適當等である。基本的にはスタッフが手を出さなくても作業ができるようテキストを用意したつもりだったが、実際は次の手順を個々人にスタッフが示さないと作業が続かない場合が多く、一人あたりの完成までの時間が想定を大幅に上回った結果、途中で別室に移動してもらったり、参加者を絞ったりせざるをえない状況に陥った。

2012 年の工作教室（はんだづけ無し）

過去 2 回の経験を踏まえ、3 回目となる 2012 年では難易度を下げるために「はんだづけ無し」の企画として「ペットボトル地震感知器」を考えた。厚紙に電子素子を差し込み、針金をねじったり、アルミテープを貼ったりすることで回路をつくるものである（写真 3.写真 4.）。

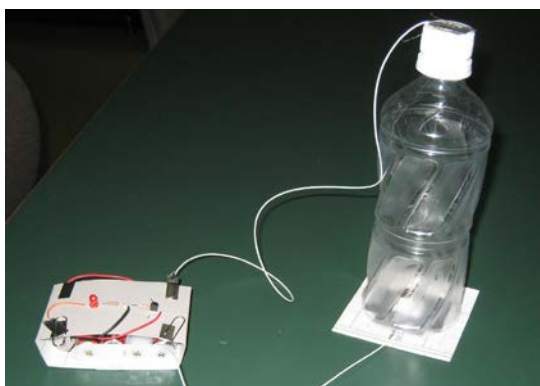


写真 3. 「ペットボトル地震感知器」

また、少ないスタッフでできるだけ多くの参加者に対応できるよう、作業手順のス

ライドを用意した。

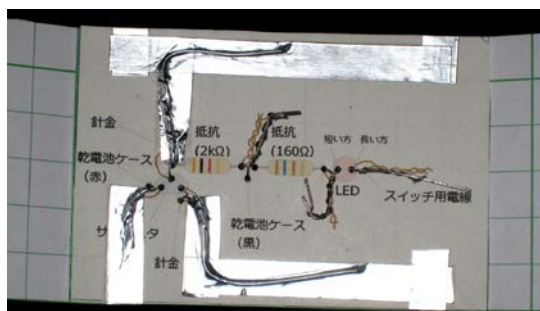


写真 4. 厚紙に製作した回路部分

2012 年の反省点

はんだづけがないことについては、概ね好評であった。しかし、前 2 回は「素子を挿す」「はんだづけ」の 2 通りの作業しかなかったのに対し、今回はペットボトルの工作も含め、ひとつひとつの工程が全て異なるために全体として複雑になってしまった上、針金をねじるという行為が子供には難しいとの意見も頂いた。また、参加者毎の作業スピードの差が大きかったためスライドが活用できず、想定していた時間を超えてしまうという問題も解消できなかった。

しかしながら、3 年間続けたことで企画が定着し、リピーターもついてきた。一般公開全体のアンケートでも高い評価を頂き、参加可能人数を増やしてほしいとの要望も受けた。

おわりに

スタッフや時間の制約がある中で、できるだけ多くの子供たちにとって有意義、かつ、楽しんでもらえる体験をしてもらうことの難しさを感じている。研究・観測業務とは毛色が異なるが、こんな事はどうだろう、等々ご意見をお聞かせ願いたい。

地殻変動データサーバ開発状況

○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

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

2010年以降、追加した機能について述べる. それ以前については2010年度地震研究所職員研修予稿集を参照されたい.

1. イベントリスト機能強化

イベント検索結果をGoogle earth上にプロットするようにした. さらに各種解析結果を重ねることができるようにした(図1).

2. チャンネルごとのデータ表示機能

1チャンネル単位最大30チャンネルを自由に選択できる.

3. DETREND, REZERO機能

トレンド、異常値

(スパイクノイズ、人為的ステップ等)

の除去ができる. (図2)

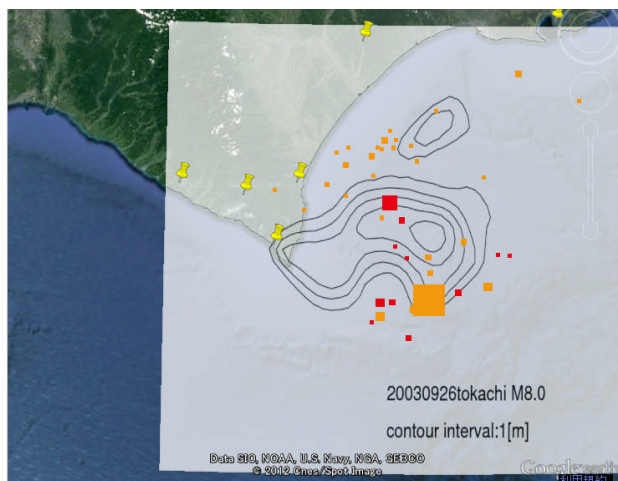


図1 イベント検索結果に2003年十勝沖地震の滑り分布図を重ねた例

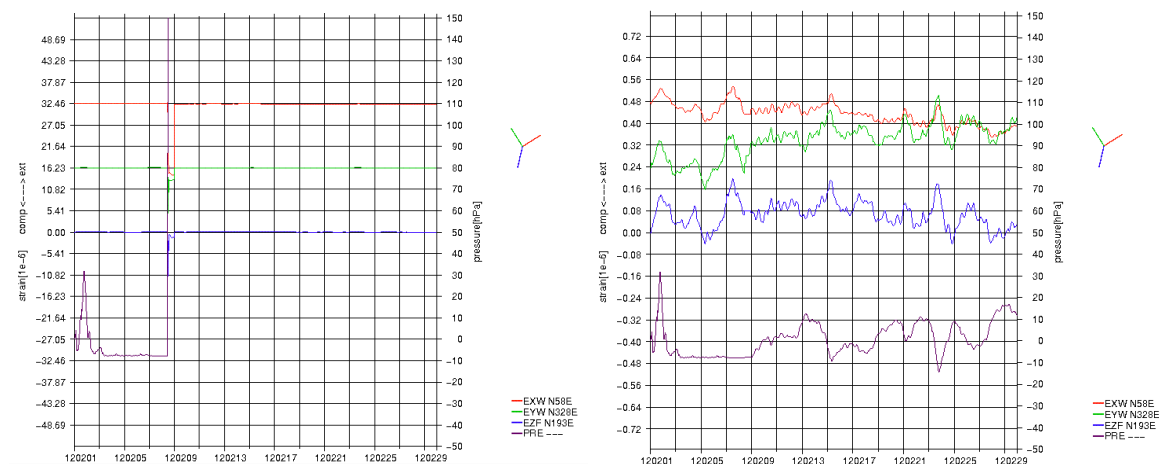


図2 REZERO の例(2012.2.1-2012.3.1, HU.muj)

(1)REZERO なし. テレメータ装置交換によるステップあり

(2)REZERO 利用で表示. 左図のステップが除去されている

4.PARTICLE MOTION機能

傾斜の軌跡を描画できる.

5.GEONETのデータ表示

国土地理院のGEONETのデータ表示ができる. (図3, 図4)

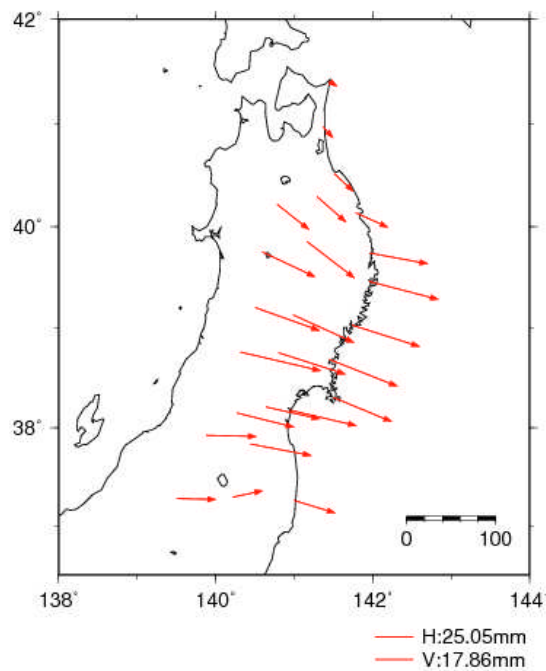


図 3-1 GEONET, 変動ベクトル図
(水平成分)

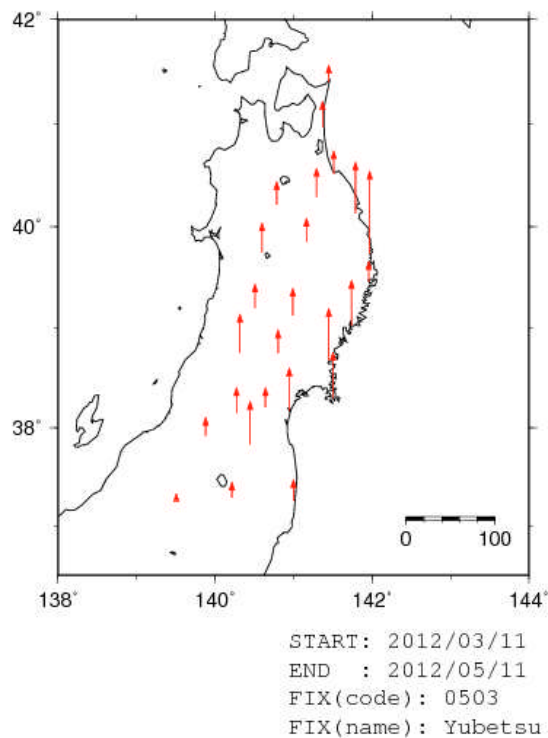


図 3-2 GEONET, 変動ベクトル図
(上下成分)

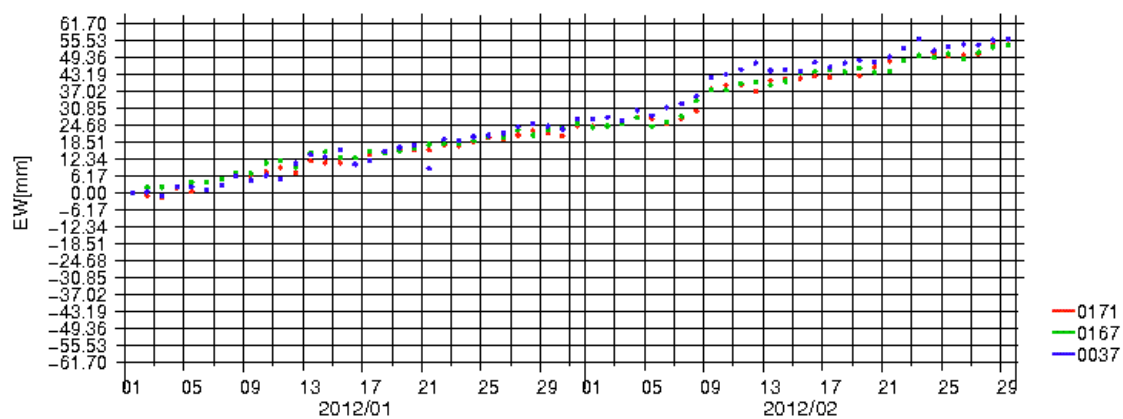


図 4 GEONET, データ表示例(時系列,EW 成分)

サーバ公開

URL <http://crust-db.sci.hokudai.ac.jp/db/login.php>

上記URLよりユーザ登録後利用ください.

伸縮計センサ部の改良について

小松 信太郎

京都大学 防災研究所 技術室

京都大学防災研究所付属地震予知研究センター宮崎観測所の観測施設である伊佐観測室（同研究所付属火山活動研究センター桜島火山観測所との共同施設：吉松観測室）に設置している伸縮計センサ部（図 1）の改良について報告する。伊佐観測室では、坑道内に設置された伸縮計による地殻ひずみの連続観測をしている。この観測室は新燃岳の北西約 18 キロに位置しており、2011 年 1 月の新燃岳噴火時には、噴火活動に伴う地殻ひずみの時間変化を詳細に記録した。新燃岳噴火時の地殻変動は、全球測位システム（GPS）などの測地技術によっても捉えられているが、伊佐観測室の伸縮計はより小さな変動を捉えることができる。そのため、噴火のメカニズムを解明する上で重要な意味を持っていると期待されている。また今後同火山の活動を監視する際にも有用であると期待されている。

しかし、現在使用中の伸縮計は、設置から 20 年以上経過し、経年劣化のほか坑道内の非常に高い湿度が原因と考えられる金属部品の錆や電子部品の故障も発生している。そのため故障した伸縮計センサ部の改良を実施した。伊佐観測室で使用されている観測機器の多くは、標準化した既成品が無く、独自に開発製作した機器である（図 1）。そのため、故障した観測機器の修理時に予備の部品が無い場合は、部品を新たに製作しなければならず、これまでは修理に時間を費やしていた。また、大量に部品を製作する必要が生じた場合も、同じ理由により製作に多くの時間を費やしていた。これらの問題点を解決するため、以下の点を考慮して伸縮計センサ部の改良を行った。

- ①可能な限り既製の部品を組み合わせて製作する
- ②腐食に強い材質を採用する
- ③設置時の調整が少なく済むように機器を改良する

改良した伸縮計センサ部（図 2）は、設置時に必要な調整を最小にするため、故障したセンサ部の図面（退職した技術職員が作成）を元に機器の高さや取り付け位置が等しくなるよう設計した。次にセンサの調整をする調整テーブルとして、既製の X ステージを採用した。これにより、機械加工が必要な部品数を減らして製作時間の短縮を図った。今後故障で修理が必要になった場合にも X 軸ステージ自体を交換すれば良いため、修理作業が容易である。機器の腐食対策として、X ステージとコンクリート固定台に接続する取り付け板は、共にステンレス製である。また機械加工で製作したセンサ固定部の材料に真鍮を用いた。さらに機器の取り付け位置の調整が必要となった場合にも容易に調整できるように、取り付け板やセンサ固定部のボルト穴を大きくした。

すでに、改良した伸縮計センサ部の設置作業は完了している。しかし、設置されていた伸縮計の基準尺であるスーパーインバー棒の固定高さや固定穴位置が、故障したセンサ部の図面内容と大きく異なっていたため、設置時に取り付け位置の調整がうまくいかず、ボルト穴をヤスリで掘り位置調整を行った。今後センサ部を新たに製作する際は、ボルト穴をさらに大きく掘り、設置されている伸縮計の高さや穴位置を測定し、図面と異なっていないか確認する必要がある。

伊佐観測室では、伸縮計センサ部以外の観測機器についても高い湿度等の過酷な条件にさらされているため、劣化による故障が今後多数発生することが考えられる。伸縮計センサ部の改良と同様に、機器の現在の問題点を把握し、それらの問題点を改善するため機器の改良を続ける必要がある。

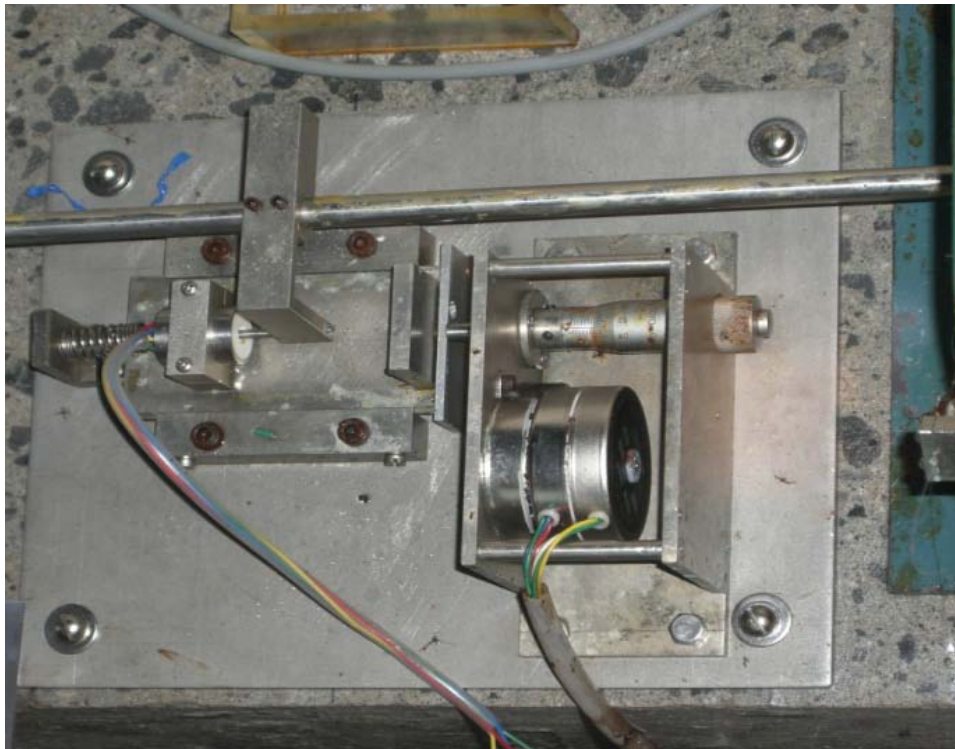


図1 故障した伸縮計センサ部

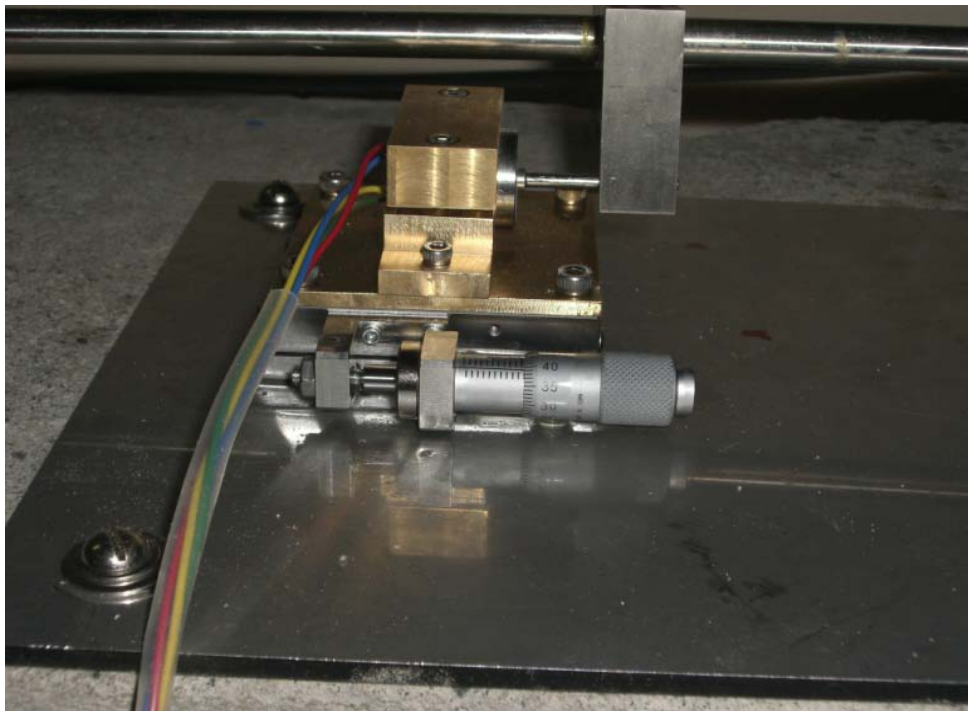


図2 改良した伸縮計センサ部

桜島における GPS 連続観測点の整備

○園田忠臣、井口正人、市川信夫

京都大学防災研究所附属火山活動研究センター

はじめに

現在桜島内で様々な観測が常時行われている。その中で GPS 観測は連続観測点と繰り返し観測点があり、連続観測点は 1994 年以降整備した。繰り返し観測点は 1996 年から整備し、2011 年の時点で、連続観測点数は 15 点、繰り返し観測点数は 15 点となっている（図 1）。2012 年は繰り返し観測点のうち、桜島のマグマ溜りがあると考えられる始良カルデラに近く、1993 年以降地盤の隆起が続いている桜島北部の繰り返し観測点 3 点（SAID・MATU・UTO）を連続観測化するために整備した（図 2）。



図 1. 2011 年桜島内 GPS 観測点



図 2. 2012 年桜島内 GPS 観測点
赤丸が今回整備した観測点（SAID・MATU・UTO）

設置方法の検討と機材の準備

今回整備する 3 点ともに最初に考えなければいけなかったことは電源の確保であり、事前調査の結果、3 点ともソーラーパネルを使用しての観測用電源を確保することにした。

【使用部材】

- ・ソーラー架台：L 字アルミアングル（サイズ：5×50×50×4000）、ステンレス製ボルト等
- ・機材収納用ボックス、バッテリー、チャージコントローラー、電源ケーブル、PF 管、サドル等

また、今回設置する予定の MATU 観測点と UTO 観測点は霧島錦江湾国立公園内の特別地域に当たるため、景観に配慮して、ソーラーパネル側面部と架台に配色を施すようにした。

SAID 観測点

この観測点は、旧桜島町役場、現在の鹿児島市役所桜島支所庁舎屋上にピラーが設置されている。当初の計画では、庁舎から商用電源を使用しての観測を考えていたが、庁舎の構造状、屋上への電源引き込みが難しいことがわかり、ピラー近傍にソーラーパネルを設置して、観測用電源を確保することにした（図 3）。



図 3. SAID 観測点

MATU 観測点

この観測点は、鹿児島森林管理署管轄の松浦川土石流観測室上にピラーが設置されており、繰り返し観測を行ってきた（図 4）。

UTO 観測点

この観測点は、国土交通省大隅河川国道事務所管轄の砂防道路沿いにある退避壕上にピラーが設置されており、繰り返し観測を行ってきた（図 5）。



図 4. MATU 観測点
赤丸がピラー位置



図 5. UTO 観測点

さいごに

GPS 観測だけでなく桜島の観測では、商用電源の確保が難しい地域での観測が多い。その場合、ソーラーパネルとバッテリーを使用して電源を確保する。しかし、現在活発な火山活動を続けている桜島では、火山灰の影響によるソーラーパネルの発電不足のため、電力低下の恐れを否めない。噴火活動を続けている昭和火口は、東側山腹 8 合目にあるために火山灰は山体に沿って流れ、夏季には真北へ、冬季には真南へ向かう（図 2）。今回整備した観測点のうち、MATU 観測点は、最も降灰による発電不足が深刻であり、また、山の影に隠れて日照時間の短縮が起こる場合もあるので、ソーラーパネルを増設する予定である。今後も観測を続けていく中で、ソーラーパネルを使用しての電源確保だけでなく他の電源確保の方法も考えていくようにしたい。

上宝観測所の紹介と私のこれまでの地震観測

京都大学 防災研究所技術室 上宝観測所 濱田勇輝

1. はじめに

上宝観測所は 1965（昭和 40 年）に第 1 次地震予知研究計画に基づき、上宝地殻変動観測所として設置され、観測坑における地殻変動観測が開始された。その後、微小地震、全磁力、地電流、広帯域地震観測および GPS など観測項目を追加するとともに、能登半島などにも観測範囲を拡大し、中部地方北西部のデータの取得を行い、地震予知に関する基礎研究を進めている。また、飛騨山脈には立山、焼岳など活火山が存在し、火山付近における地震活動の調査・研究も行っている。



図 1 上宝観測所

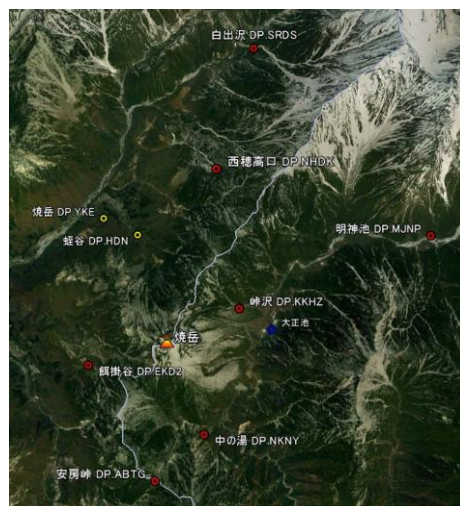


図 2 焼岳周辺上宝観測所の地震観測点

2. 上宝観測所の地震観測点

上宝観測所では、岐阜県北部、富山県、石川県にかけて、定常地震観測点を持っており、現在では 15 のテレメーター化された観測点を管理している。これらの観測点は、私が上宝観測所に着任する前から存在するものであり、多くの観測点で勝島製作所の PK110 地震計と白山工業の LT8500 データロガーを使用している。

これとは別に、飛騨山脈に存在する 4 つの活火山の 1 つである、焼岳火山の周辺に現地収録方式の臨時観測が 8 観測点設置されている。ここでも使用しているが、京都大学での臨時観測では、近計システムの EDR-X7000 データロガーがよく用いられる。EDR-X7000 は小型軽量、超低消費電力なので長期間の運用が可能である。上宝では雪が多いため、丈夫なコンクリート柵の中にそれを設置し、観測をしている。



図3 上高地 明神観測点



図4 コンクリート枠内部 EDR-X7000

3. 上宝観測所以外の地震観測

私の約2年間の勤務で、上宝観測所以外の地震観測にもいくつか関わることができた。大きなものは、長野県西部地震観測とニュージーランドでの地震観測である。

3-1 長野県西部地震観測

1984年に長野県木曽郡王滝村で発生した、長野県西部地震の発生過程の解明および微小地震の発生メカニズムの解明のために、地震観測が行われている。50点以上の観測点を、2班に分かれ、3-4日間でデータの回収をする。使用しているデータロガーは、近計システムのEDR-X7000およびEDR6600である。EDR6600は、10kHzサンプリングのイベントトリガー方式である。

観測点のメンテナンスの際に、林道の状態が非常に悪い場所があり、バールで岩を移動させて、道を作ったりしている。また、ガードレールごと地面が崩れた場所があり、今までは車が通れていたが、最近の観測では道幅が狭くなっており、通ることができなくなるといった問題も生じた。

3-2 ニュージーランド地震観測

2011年のクライストチャーチ地震の余震観測と、ニュージーランド南島北部における地震観測点の新規設置に同行した。使用する装置は、今までと同じく近計システムのEDR-X7000であり、電源は現地で調達した単一乾電池を使用する。余震観測で30観測点のメンテナンス、南島北部では8観測点分の新規設置を行った。

4. おわりに

観測所の職員として、外部での地震観測は良い経験になったので、これからの地震観測に役立てていきたいと思う。