

大都市大震災軽減化特別プロジェクト

～紀伊半島における自然地震観測～

西村和浩・中尾節郎・辰己賢一・三浦勉・平野憲雄・山崎友也・富阪和秀・福嶋麻沙代・吉田義則・細善信・松浦秀起

1. 概要

2002(平成 14)年度から文部科学省では、「新世紀重点研究創生プラン～RR2000～」の防災分野における都市再生プログラムとして「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」(大大特)のもとで地下構造調査が開始された。その中で、「紀伊半島における自然地震観測」を平成 16 年度より技術室で支援することになった。自然地震の波形解析を行うことにより地下深部の構造を調査し、大地震の強震予測の精度を向上させるのが目的である。また人工地震の波形解析を行うことにより地下の比較的浅い層の構造特性が得られる。自然地震観測および人工地震観測によって得られたデータを解析することにより来るべき南海地震などの大きな地震での大阪平野におけるゆれの大きさを予測することが目的である。自然地震観測では新たに臨時観測点を設置し主にそこから得られるデータを解析されることになった。この臨時観測点を設置することによる利点として以下のことがあげられる。

- ①AC 電源が要らないため、観測に適した場所(=静かな場所)に設置することができるので地震動の波形がきれいに得られる。
- ②移動がしやすく機動性に富み、安価である。

本件では、臨時自然地震観測点について・観測システム・データ回収後のデータ処理の概要について述べる。

2. 観測点

臨時観測点(●)は、主にプレートの構造を知るため Fig. 1 のように新宮と河内長野を結ぶ測線上に設置され、それぞれ河内長野側から SK01 から SK12 と名付けられた。(ここで SK は S: 新宮・K: 河内長野の意味である。)また測線付近には、HINET(▲)、JMA(気象庁、◆)、および東大地震研(■)の定常観測点があり、このデータも併せて利用できるように配置されている。観測点は雑微動の少ない山中に設置するために、個別点とし、ネットワーク接続はしていない。

3. 観測システム

各観測点に置かれている観測システムは地震計(L4C、固有周期 1s、3 成分、Fig. 2-(a))・データログ(Fig. 2-(b))・ソーラーパネル(Fig. 2-(c))・バッテリー(12V36AH、Fig. 2-(d))などからなり、主に Fig. 3 のように 3 通りの接続方法を用いた。なお接続方法は電力供給の方法により分類したものである。

まず Fig. 3-(a)においてはデータログへの電力供給はバッテリーのみであり、2～3 本のバッテリーを並列接続している。Fig. 3-(b)はソーラーパネルとバッテリーからの電力をコントローラーにより制御しデータログに供給する。コントローラーには SOLAR・BATTERY・LOAD の 3 つの端子があり、それぞれソーラーパネル・バッテリー・データログをつないでいる。基本的に日中はソーラーパネルからバッテリーとデータログに電力を供給し、バッテリーを充電してデータログを駆動する。夜間や日陰、天候が悪く日光の少ない時などは、ソーラーパネルを切断しバッテリーからデータログに電力供給がなされる仕組みとなっている。Fig. 3-(c)はソーラーパネルからの電力をコントローラーが制御し並列接続されたバッテリーとデータログに電力供給される。この場合コントローラーはソーラーパネルにおける起電圧が高い時にバッテリーとデータログに過電流が流れることを防止することと、ソーラーパネルの起電圧が低下した際にバッテリーからソーラーパネルに電流が逆流することを防ぐ役割を果たしている。

観測を開始した当初は Fig. 3-(a)の接続方法を用いた。1 ヶ月に 1 回バッテリーの交換を行った。暖かいところはバッテリーの温度特性がよいほうに働き、バッテリーは 2 本で 1 ヶ月間(バッテリー1 本だと 20 日間)はデータログの駆動ができたが、晩秋以降の寒い季節はバッテリー2 本で 1 ヶ月間はデータログの駆動ができず、3 本を並列接続して用いた。しかしながら毎回 3 本のバッテリー交換を行うことになると、データ回収の際に全体で 3 本×12 ヶ所の計 36 本のバッテリーを持っていくことになり 1 本あたり 10kg×36 本の計 360kg の重量となり車の運転の負担が大きくなる。また 1 ヶ所につき 3 本のバッテリーを交換するとなると、車から観測システムのあるところまで運ぶために肉体的な負担が大きいこととバッテリーの接続に要する時間が長くなったので改善するために Fig. 3-(b)のようなソーラーパネルから電力供給するシステムを用いた。日照度がよくソーラーパネルが十分な役割を果たしている臨時観測点ではバッテリー1 本でほとんど交換なしでシステムが十分に稼働している。しかしながら、観測点は山中にあることが多く日照条件が悪い場所が多いのでたいていの場所ではバッテリーを 2 本用いている。更に日照条件の悪い観測点では、バッテリーを 3 本用いてもデータログが停止している場所があった。これは、バッテリーが 11.5V 以下になるとバッテリーの保護のためにコントローラーが LOAD(データログ)への電力供給を遮断しバッテリーのみに電力供給するためである。そこで Fig. 3-(c)のような接続方法を用いた。バッテリーがデータログの作動しなくなる電圧(7V)までデータログが電力供給するため、Fig. 3-(b)より長い間データログに電力供給される。この接続方法にすることによりかなりの観測点でバッテリーは 2 本以内でデータログが停止せずに観測できるようになった。今後ともより観測状態がよくなるように改善していく予定である。

地震計からの信号は、シャント抵抗(減衰抵抗)を経てデータログに送られ C F カード(2GB、Fig2-(e))に連続記録される。データログ(LS7000XT)は 100Hz サンプルングで用いているが、GPS 受信装置を内蔵し、1ms の精度で他の機器との時刻同期がとれるようになっている。データ回収は 1 月に 1 回 CF カードを交換することにより行っている。

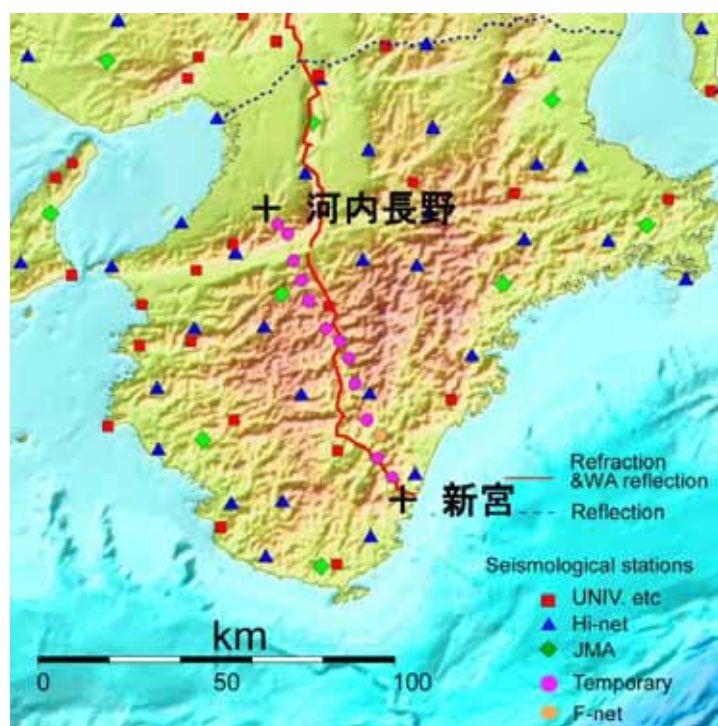


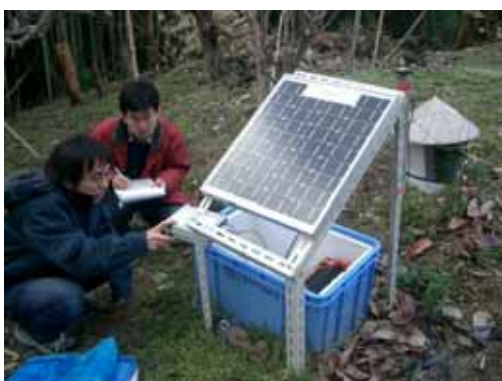
Fig. 1 観測点の配置



(a)



(b)



(c)

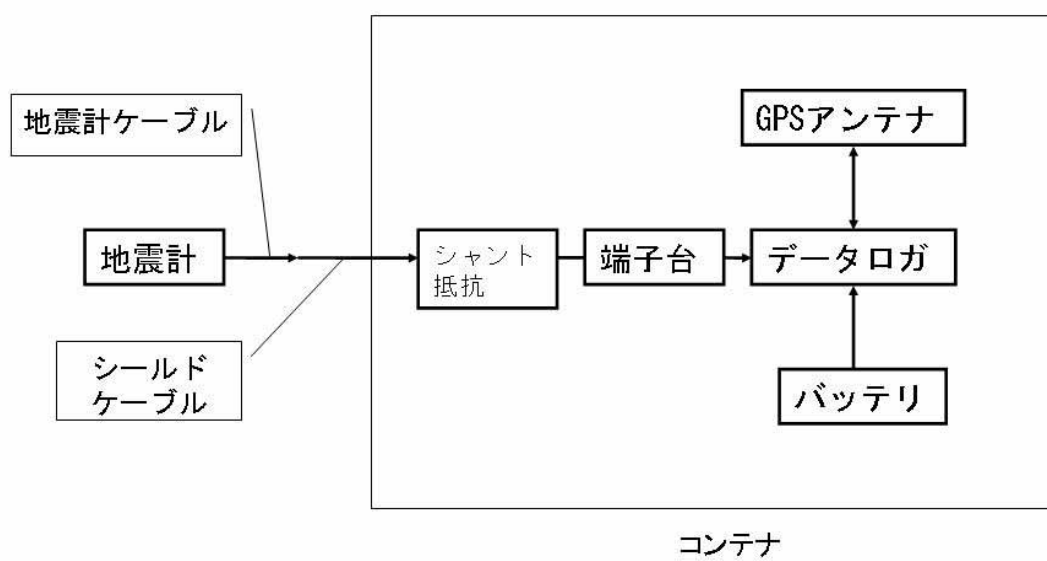


(d)

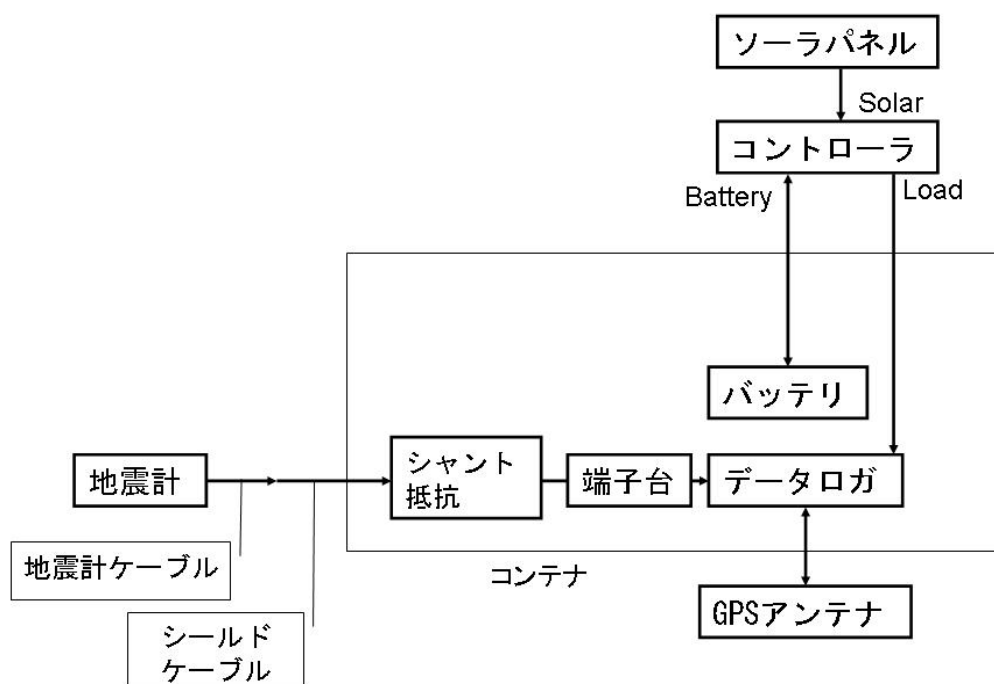


(e)

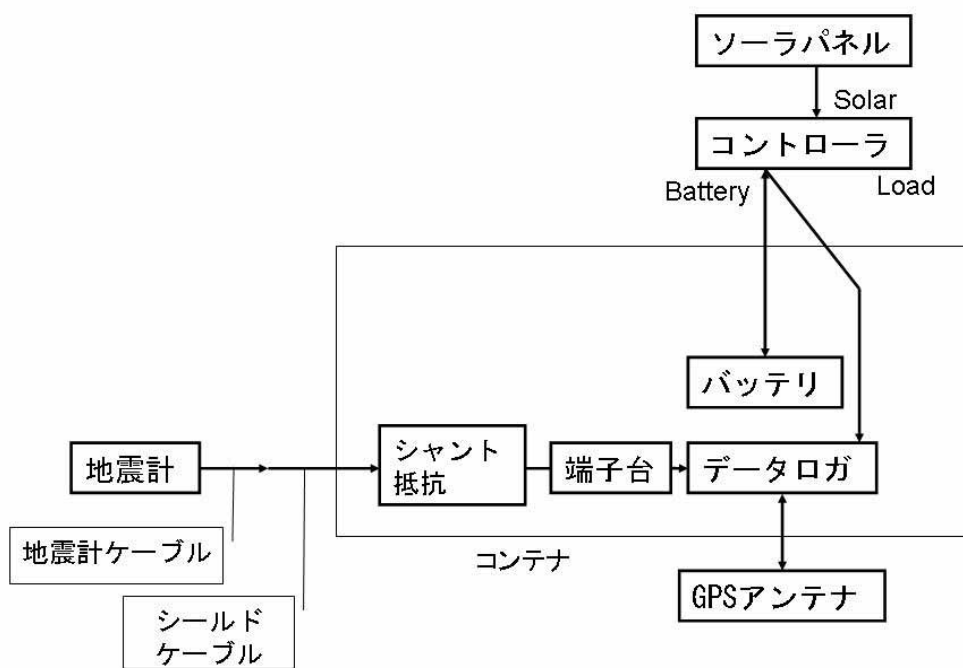
Fig. 2 観測機材



(a)



(b)



(c)

Fig. 3 観測システムの接続方法

4. 設置場所

地震計の設置場所の選定は次のような地理的要因が大切重要である。

- ① 地面が硬いこと(大きな岩盤・大きな堰堤など)
- ② 周りに大きな町が無いこと(騒音などの人工的なノイズが少ない)
- ③ 周りに高圧線が無いこと(電磁誘導によるノイズが少ない)
- ④ 海から遠い距離にあること(潮汐・波のノイズが少ない)

主に Fig. 4-(a) のような大きな岩盤を探してその上に設置した。よい岩盤が見つからない場所では Fig. 4-(b) のような大きな岩盤に張り付いた堰堤の上に設置した。このような固く大きな岩盤に設置するのは、柔らかな地面では高周波の地震動が地面を伝わりにくいためきれいな地震動の波形データが得られないのに対し、硬い地面では地震動が地震計にダイレクトに伝わるためよい地震動の波形が得られるためである。

また、Fig. 5～Fig. 26 に観測点 SK01～SK12 間の設置写真を示す。

5. 作業の流れ

作業の流れは以下のようなものである。

- ① 地震計の設置場所選定
- ② 地主さんとの交渉
- ③ 地震計・テレメータの入れ物の工作
- ④ 地震計・テレメータ（データロガ）の設置
- ⑤ データの回収（CF カードの取替え）
- ⑥ データのチェック
- ⑦ データのバックアップ（ハードディスク）
- ⑧ データの保存（DVD）
- ⑨ データ整理用パソコンへ取り込み
- ⑩ データ整理(マージ作業など)

6. 自然現象によるトラブル

- ① 地震計が雪に埋もれていた。(Fig. 27)
- ② がけ崩れ。(Fig. 28)

①については紀伊半島の山間部では一時期雪が積もる場所がある。写真は 1 月のものである。ソーラパネルが埋もれていたこともありデータロガが停止していた。②については 2004 年 7 月の台風による大雨のためにがけ崩れが起こり大塔村で国道 168 号線がもろくも崩れ落ちた。そのため迂回路を通り観測点に向かうこととなった。当日データ回収のため観測点に向かっていたが大雨のため通行止めになったということを知り引き返していたが後で事情を知り驚いた。

7. データの処理

個別観測点より回収した連続波形データ(win 形式)は、定常観測点のトリガーリストを用いて地震の時刻にあわせて地震部分の波形データを切り出し、定常観測点の地震時の波形データ群と結合して統合イベントファイルを作成した（マージ作業）。Fig. 29

に簡単な概念図を示す。これにより臨時観測点の波形を定常観測点の波形と共に地震波形の読み取りや震源決定等のWINシステムによる処理に用いた後、解析される。

次に実際の作業の流れについて述べる。まず臨時観測点でのデータは連続な波形の1分間のファイルとして回収される。これら1分ファイルは1時間ごとのディレクトリに保存され、更にそのディレクトリは1日ごとのディレクトリに保存されているというように、ディレクトリの階層構造になっている。この1分データを1か月ごとのディレクトリに格納する。そして、この1分ファイルより地震の起こっている範囲の波形を切り出す。切り出しにはWINシステムのeventsコマンドを用い、地震発生時間のリストであるトリガーリストファイルに従い波形の切り出しを行う。通常観測点のデータも同一のリストに沿って既に切り出されているため互いに同じ時間範囲の波形が切り出される。

定常観測点のイベントファイルと切り出された臨時観測点の波形データはwaddコマンドにより結合される。結合されたファイルの波形をWINシステムで表示するとFig. 29の様に同時刻の通常点と臨時点の地震波形が並んだ形で見られる。この一連の流れをFig. 30に示す。

また、これら一連の操作を段階ごとにシェルスクリプトにしマージ作業を円滑に行った。この作業で2004年5月から10月まで9806個の地震の統合イベントファイルが得られた。

8. 謝辞

本観測においてご指導賜りました伊藤潔先生・湍谷拓郎先生・大見士朗先生、ご尽力いただいた廣瀬一聖様・森下可奈子様、観測装置の設置にご協力いただいた方々に深く感謝いたします。



(a)



(b)

Fig. 4 設置場所



Fig. 5 SK01-1



Fig. 6 SK01-2



Fig. 7 SK02



Fig. 8 SK03-1



Fig. 9 SK03-2



Fig. 10 SK03-3



Fig. 11 SK04- 1



Fig. 12 SK04-2



Fig. 13 SK05- 1



Fig. 14 SK05-2



Fig. 15 SK06- 1



Fig. 16 SK07- 1



Fig. 17 SK08- 1



Fig. 18 SK08-2



Fig. 19 SK09- 1



Fig. 20 SK09-2



Fig. 21 SK10- 1



Fig. 22 SK10-2



Fig. 23 SK11-1



Fig. 24 SK11-2



Fig. 25 SK12-1



Fig. 26 SK12-2



Fig. 27 雪



Fig. 28 がけ崩れ

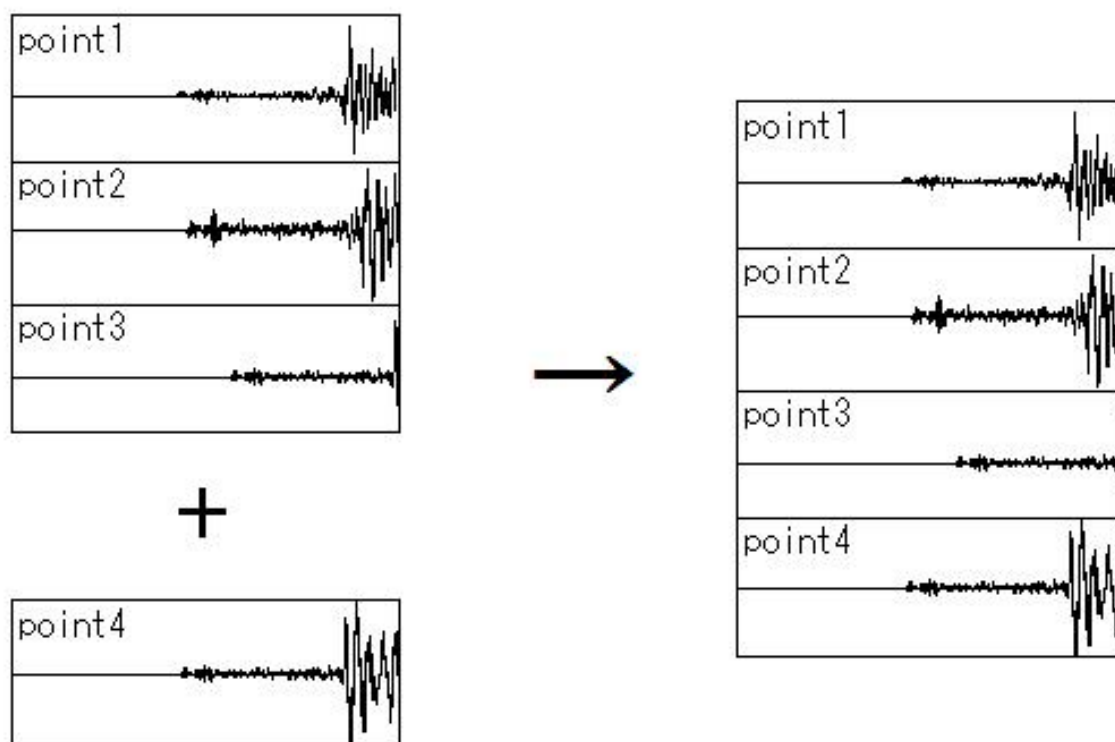


Fig. 29 マージ作業概念図

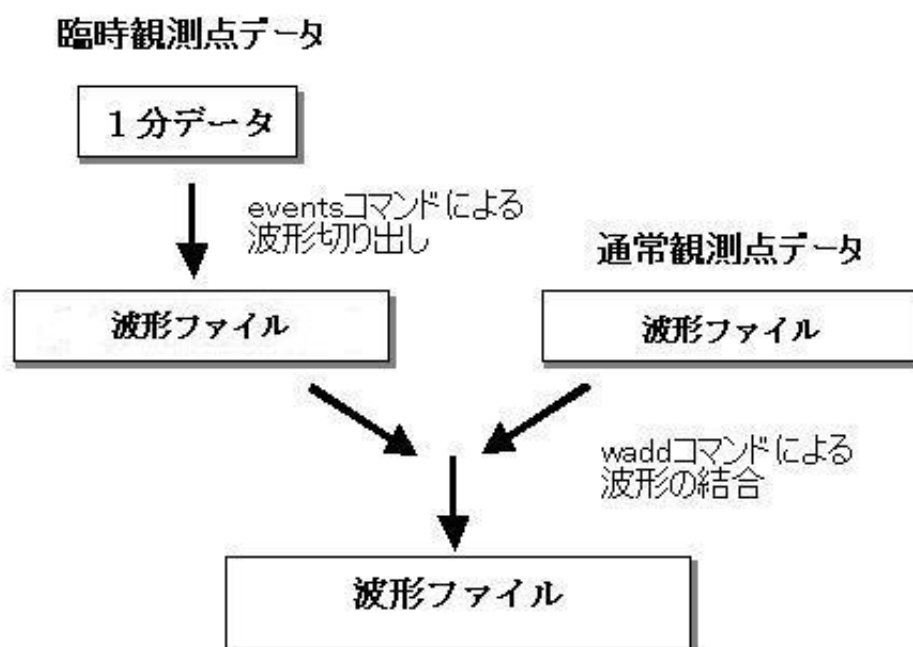


Fig. 30 マージ作業の流れ