

大都市大震災軽減化特別プロジェクト

— 近畿地方における自然地震観測 —

西村和浩・中尾節郎・三浦勉・辰己賢一・平野憲雄・山崎友也・福嶋麻沙代・
加茂正人・森麻衣子・富阪和秀・米田格・川井久美子・吉田義則・細善信・松浦秀起

1. はじめに

2002(平成 14)年度から、「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」(大大特)のもとで、近畿圏において、人工地震による地下構造調査とともに、自然地震観測による地下構造調査が実施されている。これらによる地下構造調査の結果は、強震動予測の高度化に使用される予定である。

自然地震観測は、人工地震の新宮―舞鶴測線とほぼ同じ測線上に臨時観測点が設置され、その他の高感度地震観測網のデータとともに、地下構造調査のためのデータの取得、解析が実施されている。**図 1**にこれらの観測点(●)を示す。これらの臨時観測点は、次のように設置された。すなわち、2003(平成 15)年度には紀伊半島に試験的に 3 点の観測点が設置され、2004(平成 16)年度には河内長野市―新宮市間に 10 点、2005(平成 17)年度には高槻市―京丹後市に 15 点、更に 2006(平成 18)年度には奈良県西部に 7 点の観測点が設置された。そして、測線付近の、防災科学技術研究所の Hi-net (▲)、気象庁(◆)および東京大学地震研究所(**図 1**の■)による定常観測点のデータも併せて利用できるように配置し、解析を行っている。

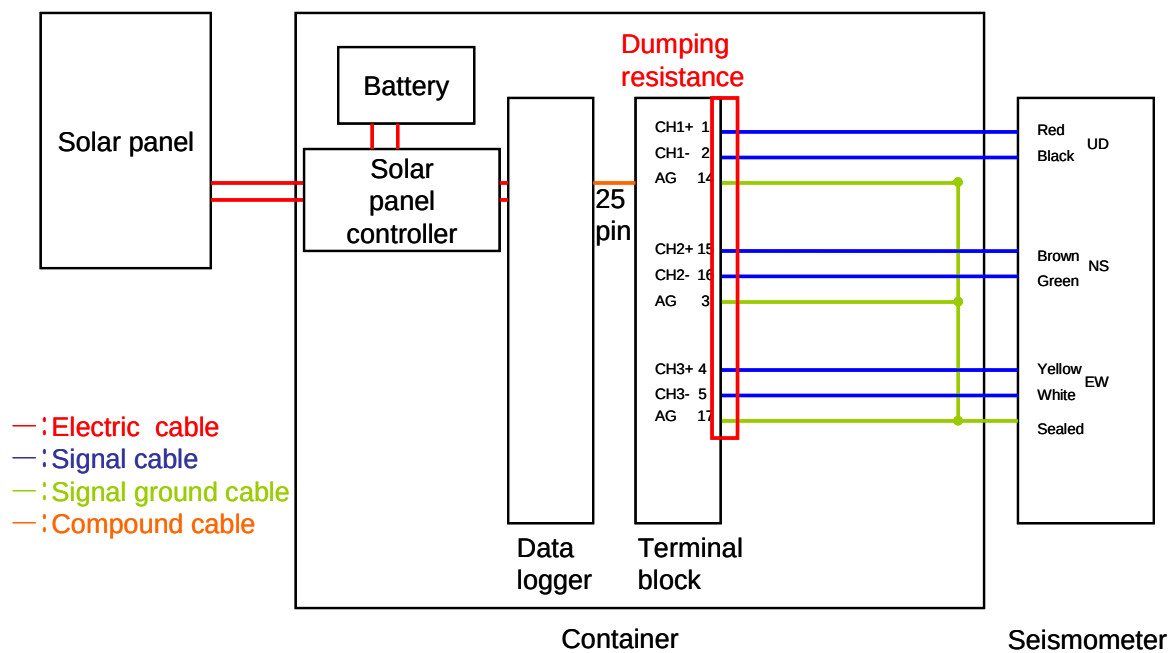
2. 観測機材

2004 年度当初、観測機材は、地震計(Sercel 社製 L4C-3D, 固有周波数 1Hz, 3 成分), データロガー(白山工業社製 LT7000XT), ソーラーパネル(昭和ソーラーエネルギー社製 GT234: 24W), およびソーラーパネルコントローラー(電菱製 SS-6L)バッテリー(現代製 55B24R: 12V36AH)で、CF カード(2GB)に収録されたデータを回収するオフライン観測とした(**図 2**)。しかしながら日照不足による電源電力低下により、データ収録時における欠測が見受けられた。このことから、2005 年度に京丹後市-高槻市間に設置した SK14~SK28 の計 15 観測点、及び 2006 年度に奈良県西部に設置した SK29~SK35(**図 1**)において、観測機器の電力系であるソーラーパネルの発電容量を 24W から 55W (昭和ソーラーエネルギー社製 GT136)に変更した(**写真 1a**)。バッテリーは、12V36Ah (現代製 55B24R)から 12V52Ah(GS YUASA 製 TR-80D23R)に変更(**写真 1b**)した。バッテリー容量の増大と、ソーラーパネルを 2 倍の容量にしたことにより、少々の日陰や積雪では、観測機器が十分動作し続けていた (ソーラーパネルの出力電圧が 12.3V 以上)。また、ソーラーパネルのコントローラーを細かく電圧制御の出来るように、TRACE 製 C12 に切り替え(**写真 1c**)、効率よく充電が行えるようにした。さらに、ソーラーパネルの日照度を考慮して、観測点の選定を行った。

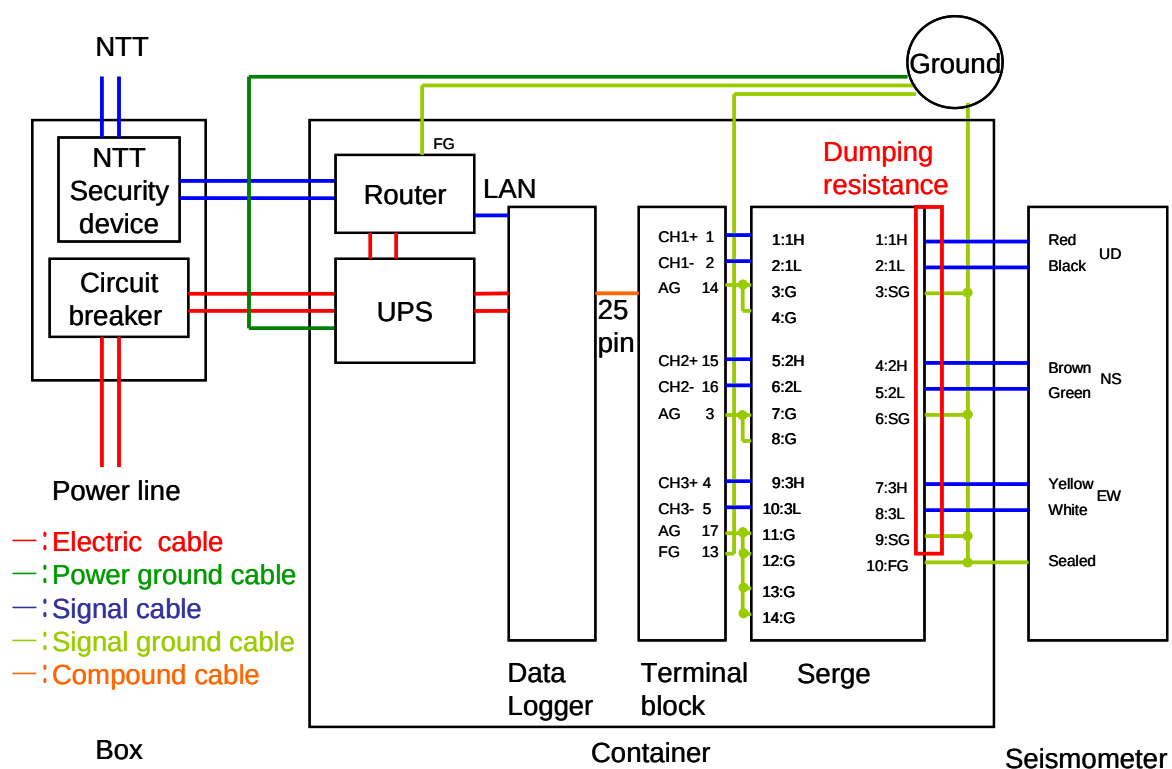
これにより、電力不足によるデータ収録時の欠測問題は改善し、日照度の低い冬季においても、バッテリー交換がほとんど必要なくなった。



図1 観測点の配置



a オフライン観測点



b オンライン観測点

図 2 観測機器の接続図



a ソーラーパネル (GT136)



b バッテリー (TR-80D23R)



c ソーラーパネルコントローラー (C12)

写真 1 観測機器 (電力系)

3. オンライン化

近畿北部では南部と比較して積雪が極端に多い(写真 2)。この積雪によるソーラーパネルの発電能力の低下によって、電力不足による欠測が予想された。地震観測では車や民家からのノイズを避けるため、主要道路から離れた場所に観測システムを設置した。このため、積雪によって観測点までの道路がふさがれることが予想され、メンテナンスの不要の観測システムを必要とした。そこで、電柱や民家から電力を引き込むこととした。これにより、ソーラーパネルやバッテリーに依存することなく、電力を利用することができた。以上により、ソーラーパネル上への積雪による、発電能力の低下の問題が解決した。また、定額制の「Flets-ISDN」と、Flets-Group サービスにより、プライベートな TCP/IP ネットワークを構築し、リアルタイムで地震波形データを取得できるような観測システム(図 2b)を構築した。その際、データロガー(白山工業製 LS7000XT)のネットワーク機能を利用し、ルーター(YAMAHA 製 RT57i : Photo 3)を用いた。このことにより、データ回収やバッテリー交換などのメンテナンスをほとんど必要としないで、データを得ることができた。

しかし、AC 電源の使用による誘導雷(雪おこし、春雷など)の被害が問題になるため、地震計ーデータロガー間にサージ器(写真 3)を、電力系統にサージ機能付無停電電源装置

である UPS(APC 製 BE325-JP : 写真 3)を使用した。第 3 種接地工事(接地抵抗値 100Ω 以下)を行った。UPS の電源アース、ルーターのボディーアース(FG)、ロガーのフレームグラウンド(FG)、地震計のシールド線と接続したサージ器のシグナルグラウンド(SG)とフレームグラウンド(FG)を接続して接地した。本来は、電源系アースと信号系アースを接続した場合、強電系アースと弱電系アースを共用することは、弱電系にノイズを招く可能性がある。しかし、臨時観測点では、アース接地場所の確保が困難であるため、強電系アースと弱電系アースをひとつのアースに接続した。実際、耐雷対策を施した観測点近傍に落雷が発生したが、観測機器が保護されていたことから、誘導雷に対する効果を確認することができた。



写真 2 積雪

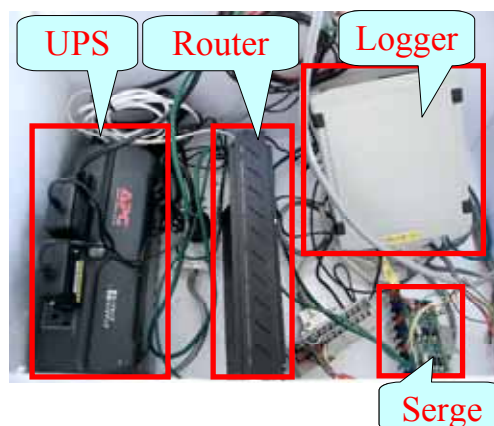


写真 3 コンテナ内の観測機器

4. 積雪対策

Flets-ISDN 回線の範囲外でオンライン化できなかった観測点や AC 電源のない観測点では，観測機材を入れているコンテナとソーラーパネルの位置を高くし，ソーラーパネルに対してテーブル 1 のような積雪対策を行い，その効果を確かめた。

積雪対策していない観測点では，ソーラーパネルの上に積雪していることが分かる(写真 2)。

フッ素加工されたシート (Fluorine court seat)をソーラーパネルに張った観測点では，シートの上に雪が積もり，雪がほとんど自重によって落ちていない (テーブル 1a)。

ソーラーパネルの上に自動車のフロントガラスに塗って，雪が滑り落ちるようにする“融雪ガラコ”(glaco)を塗った観測点では，周りの積雪が 30cm 程度あるのに対し，ソーラーパネル上にはほとんど雪が積もってなかった。雪が自重によって落ちて，ソーラーパネルは電力供給続けていたことが分かるため，“融雪ガラコ”の効果があったことが推測できる (テーブル 1b)。

“融雪ガラコ”を塗ったアクリル製のカバーを取り付けた観測点では，ソーラーパネルが割れていた。アクリルカバーの上に積雪し，その雪の自重によりアクリルカバーが割れていたと推測できる。ただし，観測機器が 2 ヶ月間正常動作し，バッテリーの消耗状態を表すインジケーターが，バッテリー交換の必要のないことを示していたことから，ソーラーパネルは電力供給していたことが分かるため，“融雪ガラコ”を縫ったアクリルカバーが効果のあったことが

Measures against snow	Photo
a. Fluorine court seat is attached on solar panel Costs: Mid Effect: Little	
b. glaco: Water-repellent spray Costs: Low Effect: Good	
c. Acrylic cover and glaco Costs: High Effect: Good	
d. Nylon bag with Snow wax Costs: Mid Effect: Very good	

テーブル 1 積雪対策

推測できる (テーブル 1c)。

ソーラーパネルに厚手のナイロン袋を貼り、その上からスキー用の“スノーワックス”を塗った観測点では、ソーラーパネル上には積雪せずに、最も良い効果が得られたと思う(テーブル 1d)。

以上のことにコスト面を含めて考えると、ソーラーパネルの上にナイロン袋を貼り、その上からスキー用の“スノーワックス”を塗ることが、積雪対策として最も良い結果だということが分かった。

また、舗装道路から離れ林道を約 1km は入ったところにあり、積雪のためアクセスが困難であると予想された観測点 SK22(写真 4)では、オンライン化ができなかった。本来、1 ヶ月ごとに行っていた CF カードの交換を、約 2 ヶ月ごとに行った。そのため、冬季にはソーラーパネル 2 台とバッテリー 4 本を用いて、電力系の強化を施し (テーブル 1 の下から 2 番目の写真)、欠測なくデータの記録ができた。

5. トラブルとその対策

観測の際、以下のようなトラブルが発生した。

- ① 観測機器内にアリが侵入し、データロガー内に巣を作っていた(写真 5)。コンテナのケーブルの入り口をパテで埋めコンテナの口を熱がこもらない程度の通気性のある紙で覆った。
- ② 土砂崩れの際、崩れた土砂が地震計のケーブルを引っ張り、地震計が転倒した。地震計のケーブルを切り、新たに接続しなおして地震計を設置した。
- ③ 地震計の脚の再調整の際、脚の緩みにより、地震計が傾いたため、地震波形異常が生じた。地震計の脚(写真 6)を以前は手で閉めていたが、モンキーで閉めた後、水平調整を行った。



写真 4 観測点 SK22 の積雪

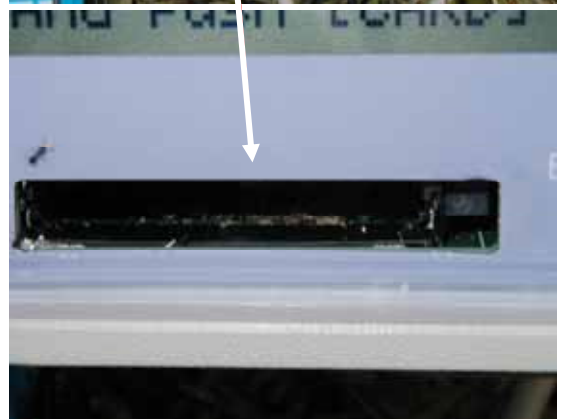


写真 5 蟻の侵入

6. 撤収作業

- ① 北の点（15点）、南の点（13点）、中の点（7点）の順に撤収を行った。
- ② ISDN化した点は、北の点8点、南の点1点の計9点。
- ③ 電源をオンライン化した点は、北の点9点、南の点5点の計14点。
- ④ 雪の心配があったため、北の点より撤収を始めた。
- ⑤ 1日最大5点の撤収を行うことができるが、SK10～13のような遠隔地は、現地まで5時間かかるので、その日は2点程度しか撤収できなかった。
- ⑥ オフライン点の作業は技術室が全て行った。
- ⑦ オフライン点では、北の点5名で（2日で6点）、南の点4名で（3日で8点+オンライン点1点）、中の点4名で（2日で7点）撤収した。
- ⑧ オンライン点では、北の点を技術室2名+ホクト2名で（2日で9点）、南の点を技術室2名+ホクト2名で（2日で4点）撤収した。
- ⑨ オンライン化した点の電源撤去工事はホクト電機が担当（電気工事士免許が必要）。
- ⑩ ISDN回線の撤去工事はNTTにホクト電機が依頼。

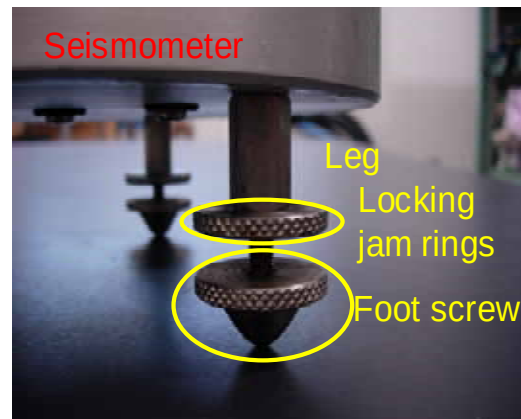


写真 6 地震計の足

7. 地震データ

2004年度には、**図 1**に示す範囲の高感度データを収録するシステムを構築した。オンラインのトリガー情報を基に、オフラインのデータも含めて、イベントデータが作成されている。これらの地震について、自動処理によって読み取りおよび震源決定が行われた後、マニュアル処理によって、データがチェックされ、構造調査のためのデータ・ベースが作成されている。

この観測によって2004年5月から2006年7月までに39,627個のイベントファイルが得られている。

これらを用いて、紀伊半島～近畿北部地域におけるレシーバ関数イメージや、地震波トモグラフィーおよび地震波の反射面についての解析など、構造調査が行われている。

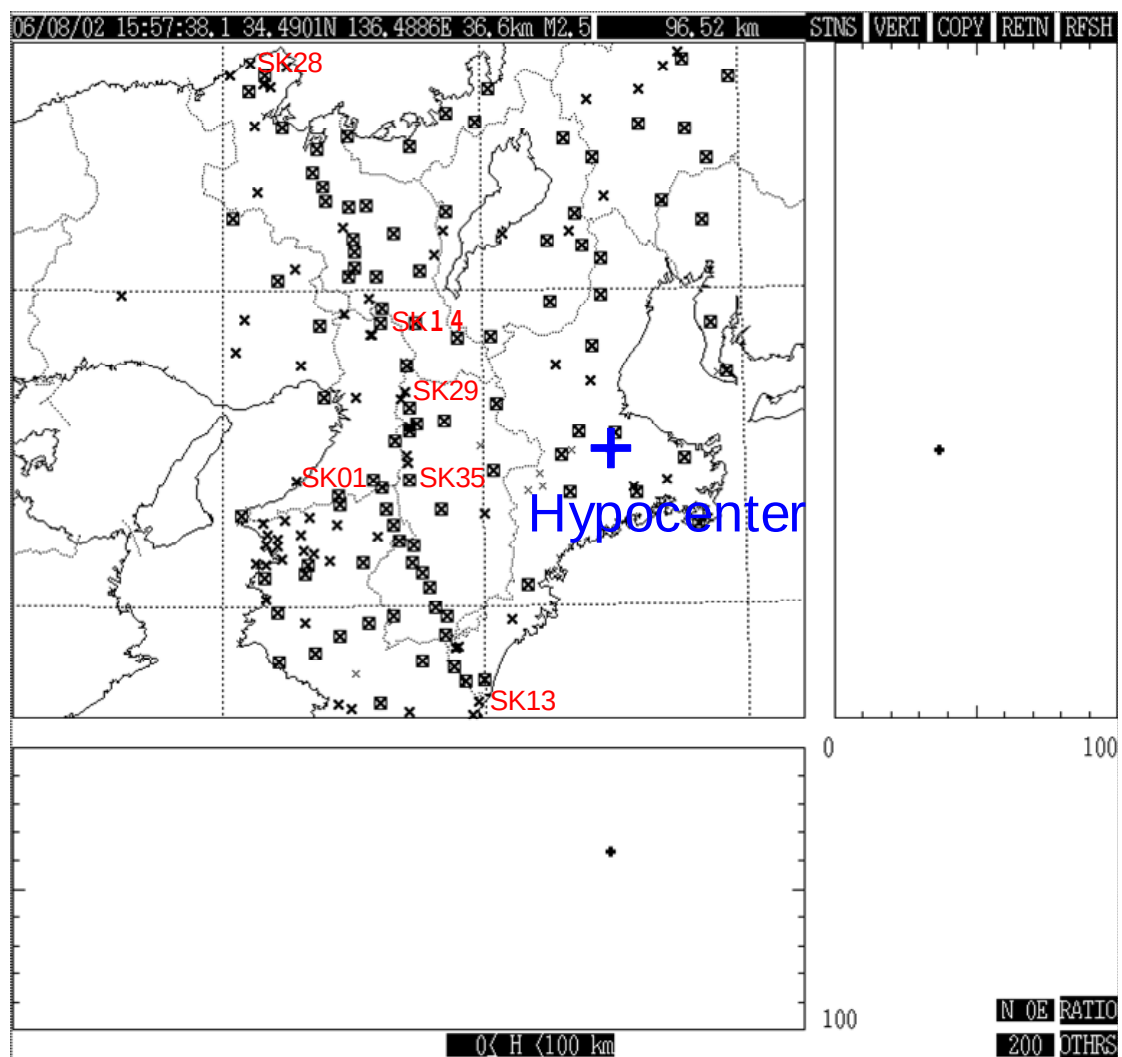
得られた地震波形を南北測線の北の観測点から順に**図 3**に示す。

8. 謝辞

本観測において、ご指導賜りました伊藤潔先生・澁谷拓郎先生・片尾浩先生・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・中尾愛子様に深く感謝いたします。また、地主様、区長様、役所の皆様、並びに観測にご協力いただいた方々に謝意を申し上げます。

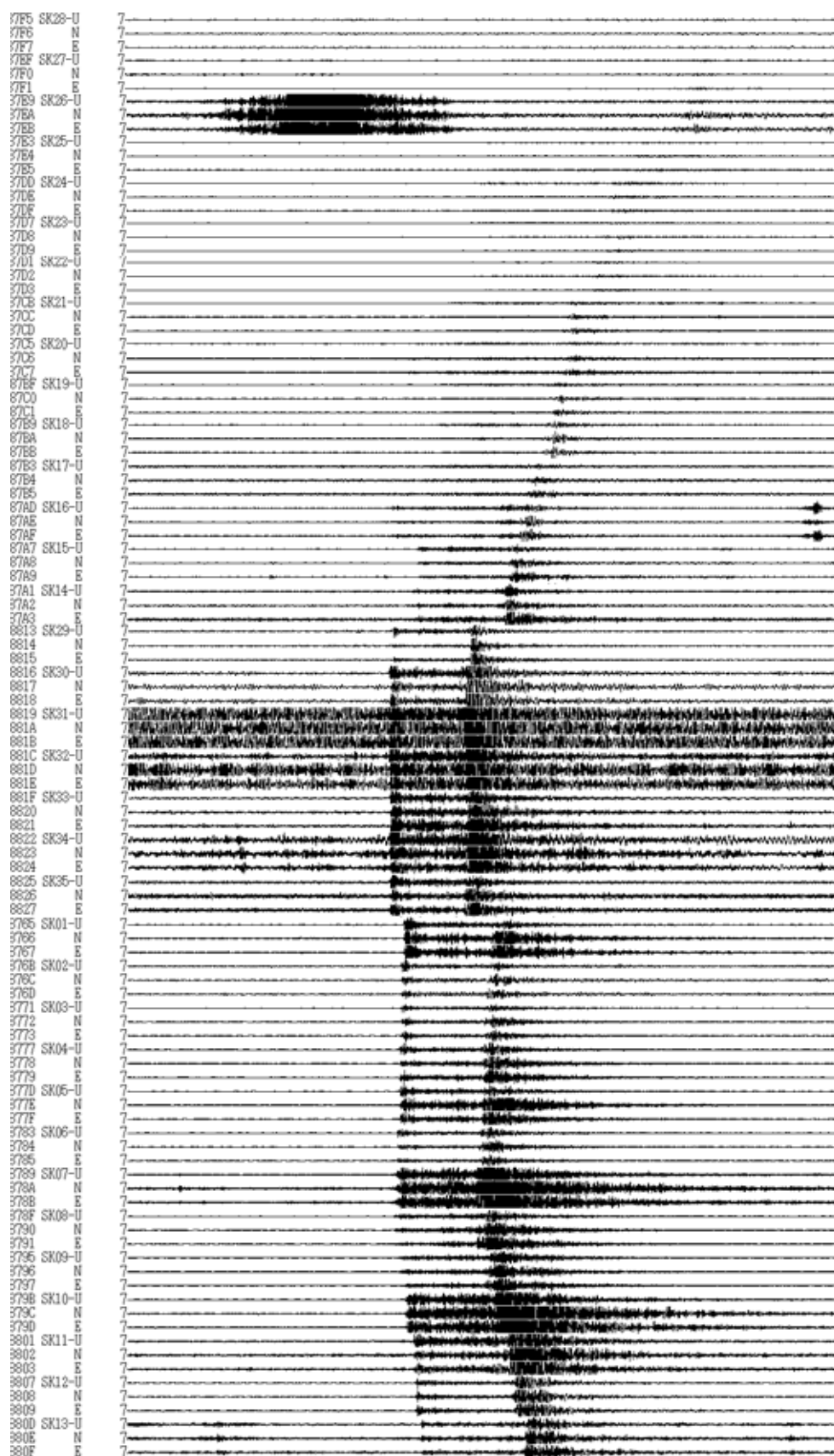
9. 参考文献

1. 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・福島麻沙代・吉田義則・細善信・松浦秀起・澁谷拓郎・伊藤 潔・大見士朗・廣瀬一聖・森下可奈子(2005): 大大特: 紀伊半島における自然地震観測～観測システムとデータ処理の概要, 京都大学防災研究所年報, 第 48 号 B, pp. 269-277.
2. 伊藤潔・佐藤比呂志・梅田康弘・松村一男・澁谷拓郎・廣瀬一生・上野友岳・森下可奈子・伊藤谷生・平田 直・川中 卓・黒田 徹・阿部 進・須田茂幸・佐藤秀雄・井川 猛(2005): 近畿圏における大大特プロジェクトの地下構造調査, 京都大学防災研究所年報, 第 48 号 B, pp. 243-258.
3. 片尾 浩(1994): 近畿地方の微小地震活動域直下に存在する顕著な地殻内反射面, 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, E12-05.
4. ト部 卓・東田進也(1992): WIN-微小地震観測波形観測支援のためのワークステーション・プログラム(強化版), 地震学界講演予稿集, NO. 2, 331



a 震源

図3 三重県を震源とする地震の震源地とマージした波形
(August 2, 2006 15h57m, 34.5° 136.5° depth 37km, M2.5) .



b 波形

図3 三重県を震源とする地震の震源地とマージした波形
(August 2, 2006 15h57m, 34.5° 136.5° depth37km, M2.5)