

大大特：近畿地方縦断自然地震観測

西村和浩・中尾節郎・三浦 勉・辰己賢一・平野憲雄
山崎友也・加茂正人・富阪和秀・吉田義則・松浦秀起
澁谷拓郎・伊藤 潔・片尾 浩・廣瀬一聖・森下可奈子

要 旨

2002(平成14)年度から文部科学省の「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) が開始された。このプロジェクトのもと、京都大学防災研究所は近畿圏における地下構造調査を実施している。地下構造調査は自然地震観測によるものであり、また、制御震源による構造調査(伊藤ら, 2005)と相補的に構造の精査を行い、強震動予測の高度化を図ろうとするものである。2005年度までは、近畿地方に28点の単独高感度観測点を設置し、良好な記録を得ている。また、周辺の高感度観測点を含めてデータの収録処理を行っている。

キーワード: 大大特, 自然地震観測, 地下構造調査, 強震動予測, オンライン観測

1. はじめに

大都市大震災軽減化特別プロジェクト(大大特)で実施されている地下構造調査のもと、平成 16 年度に設置した紀伊半島の 13 観測点 SK01～SK13(西村ら, 2005)に加え、平成 17 年度では新たに、京丹後市-高槻市間に SK14～SK28 の計 15 観測点を、約 5km の間隔で設置した(Table 1, Fig. 1)。平成 16 年度における紀伊半島の各観測点で電源電力不足によるデータ収録時の欠測を踏まえて、観測機器の電力系(ソーラーパネル・バッテリー)を見直し、ソーラーパネルの日照度を考慮し、観測点を選定することにより、電力不足による欠測問題を改善した。また、近畿地方北部では積雪によって、欠測の可能性が高かった。この積雪等による欠測対策とメンテナンス作業効率向上のため、9 観測点(南測線を含む)で Flets-ISDN 回線を用いたオンライン観測に切り替えた。また、11 観測点(南測線を含む)では、太陽電池などの代わりに電柱や家屋から電力を引き込み、AC 電源による観測に変えた。本報告では、これらに伴う観測システム変更の概要と雪対策等について述べる。

2. 観測システム

2.1 観測システムの変更点

平成 16 年度から観測を行っている紀伊半島の SK01～SK13 の各観測点では、Fig. 2a のような観測システムを用いたが、電力不足により、データ収録時の欠測が見受けられた。このことを踏まえて、平成 17 年度新たに京丹後市-高槻市間に設置した SK14～SK28 の計 15 観測点(Fig. 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(昭和ソーラーエネルギー社製 GT234)から 55W(GT136)に変更した(Photo 1a)。バッテリーは、12V36AH(現代製 55B24R)から 12V40AH(GS YUASA 製 TR-65B24R)に変更(Photo 1b)した。バッテリー容量はほとんど変わらないが、ソーラーパネルに 2 倍の容量を持たせたことで、少々の日陰や積雪では、観測機器が動作し続け、バッテリーを十分充電できた(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は細かく電圧制御の出来るように、現行の電菱製 SS-6L(西村ら, 2005)から、TRACE 製 C12 に変え(Photo 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

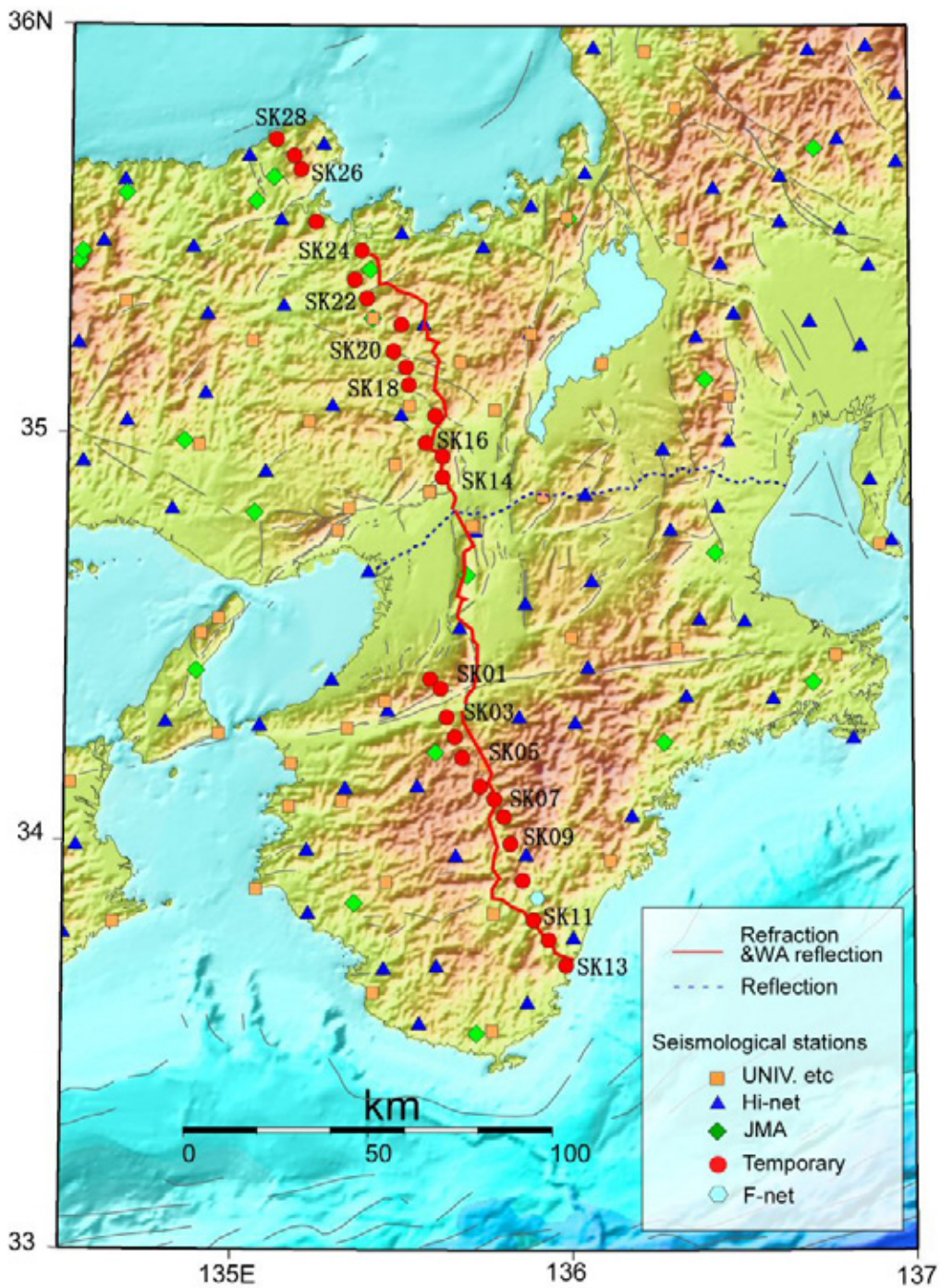


Fig.1 Observation stations

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の必要がほとんどなく、機器を動作させることができた。

2.2 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 (Photo 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、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。また、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たため、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。上記により、ソーラーパネル上

Table 1 List of station parameters

Code	Latitude	Longitude	Height	Component	Natural frequency	Effective sensitivity	Damping constant
			m		Hz	V/(m/s)	
SK14	34° 53'42.35"N	135° 34'38.45"E	193	UD	1.00	170.5	0.700
				NS	0.99	159.1	0.700
				EW	1.00	172.7	0.700
SK15	34° 56'32.77"N	135° 36'49.64"E	365	UD	1.00	171.3	0.701
				NS	0.97	169.3	0.700
				EW	0.99	162.2	0.700
SK16	34° 58'31.46"N	135° 33'47.36"E	330	UD	1.00	175.5	0.701
				NS	1.00	163.8	0.700
				EW	1.00	156.3	0.701
SK17	35° 02'05.11"N	135° 35'28.62"E	140	UD	0.99	164.5	0.700
				NS	0.98	163.8	0.700
				EW	1.01	161.4	0.699
SK18	35° 07'41.35"N	135° 30'44.26"E	150	UD	0.97	193.6	0.702
				NS	0.98	190.8	0.700
				EW	1.01	182.4	0.701
SK19	35° 09'58.78"N	135° 30'14.75"E	170	UD	1.00	187.1	0.699
				NS	0.97	188.7	0.701
				EW	0.96	190.6	0.699
SK20	35° 11'58.20"N	135° 28'00.49"E	220	UD	0.96	178.0	0.700
				NS	0.98	180.7	0.699
				EW	1.00	180.1	0.700
SK21	35° 15'50.11"N	135° 29'22.13"E	200	UD	0.98	163.7	0.700
				NS	1.00	161.5	0.700
				EW	1.01	156.7	0.701
SK22	35° 19'40.94"N	135° 23'58.98"E	223	UD	0.99	172.7	0.701
				NS	0.98	169.4	0.700
				EW	0.98	168.8	0.701
SK23	35° 22'27.73"N	135° 20'58.51"E	150	UD	0.98	165.2	0.701
				NS	0.99	167.6	0.701
				EW	1.01	163.7	0.700
SK24	35° 26'43.62"N	135° 22'10.61"E	80	UD	1.01	168.3	0.700
				NS	1.01	159.8	0.700
				EW	0.99	160.1	0.700
SK25	35° 30'56.75"N	135° 14'00.89"E	140	UD	1.01	163.6	0.700
				NS	0.99	167.1	0.700
				EW	0.98	167.6	0.701
SK26	35° 38'39.84"N	135° 11'16.66"E	473	UD	0.99	167.5	0.701
				NS	0.99	173.9	0.700
				EW	0.98	169.6	0.700
SK27	35° 40'41.95"N	135° 09'57.22"E	155	UD	1.00	172.7	0.700
				NS	1.00	163.8	0.701
				EW	1.00	166.3	0.700
SK28	35° 43'03.81"N	135° 06'45.35"E	30	UD	0.99	173.8	0.700
				NS	0.98	171.4	0.701
				EW	0.98	167.1	0.701



a. Solar panel (GT136)



Photo 2 Snowfalls: Both figure shows the same place in fall (left figure) and in winter (right figure)



b. Battery (TR-65B24R)

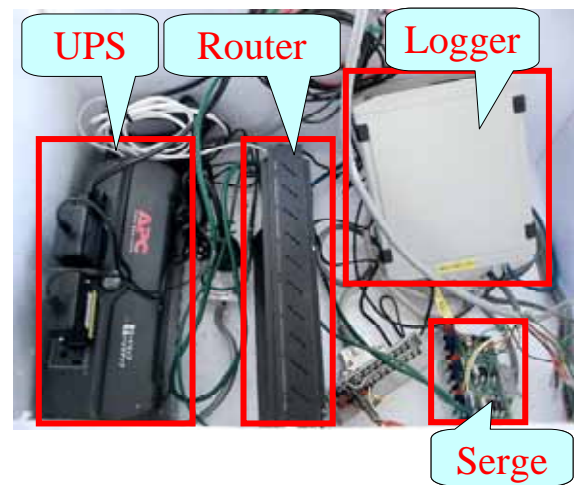


Photo 3 Assemblage in a container



c. Controller of solar panel (C12)

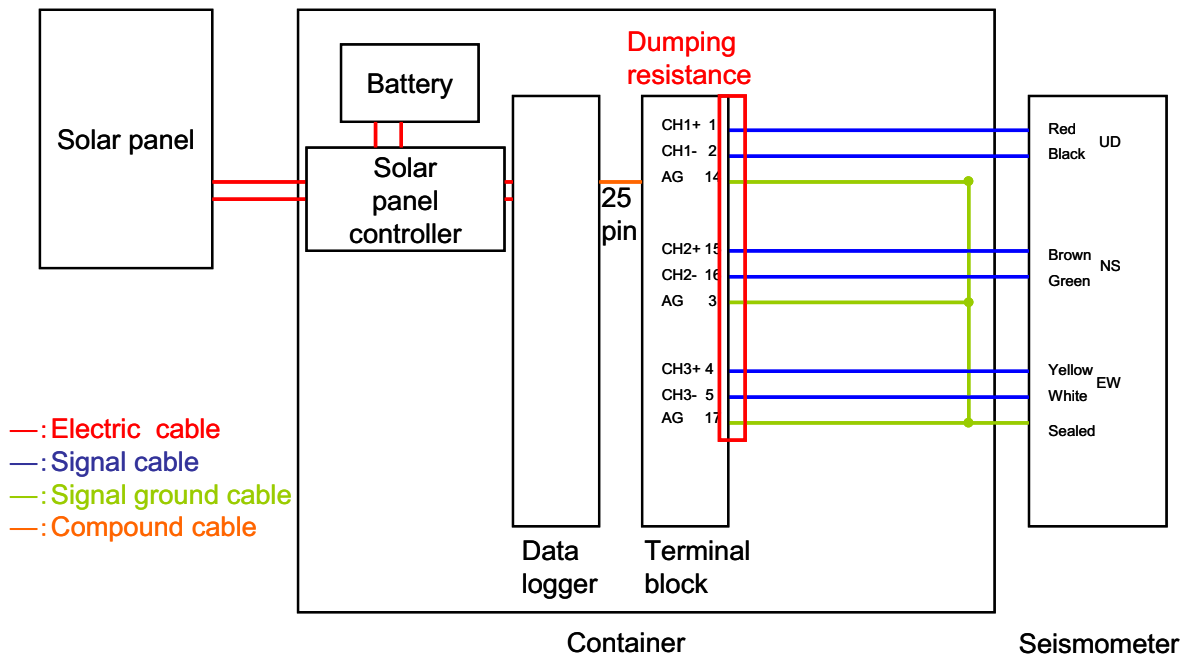
Photo 1 Equipments of observation system

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に観測システム(Fig. 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

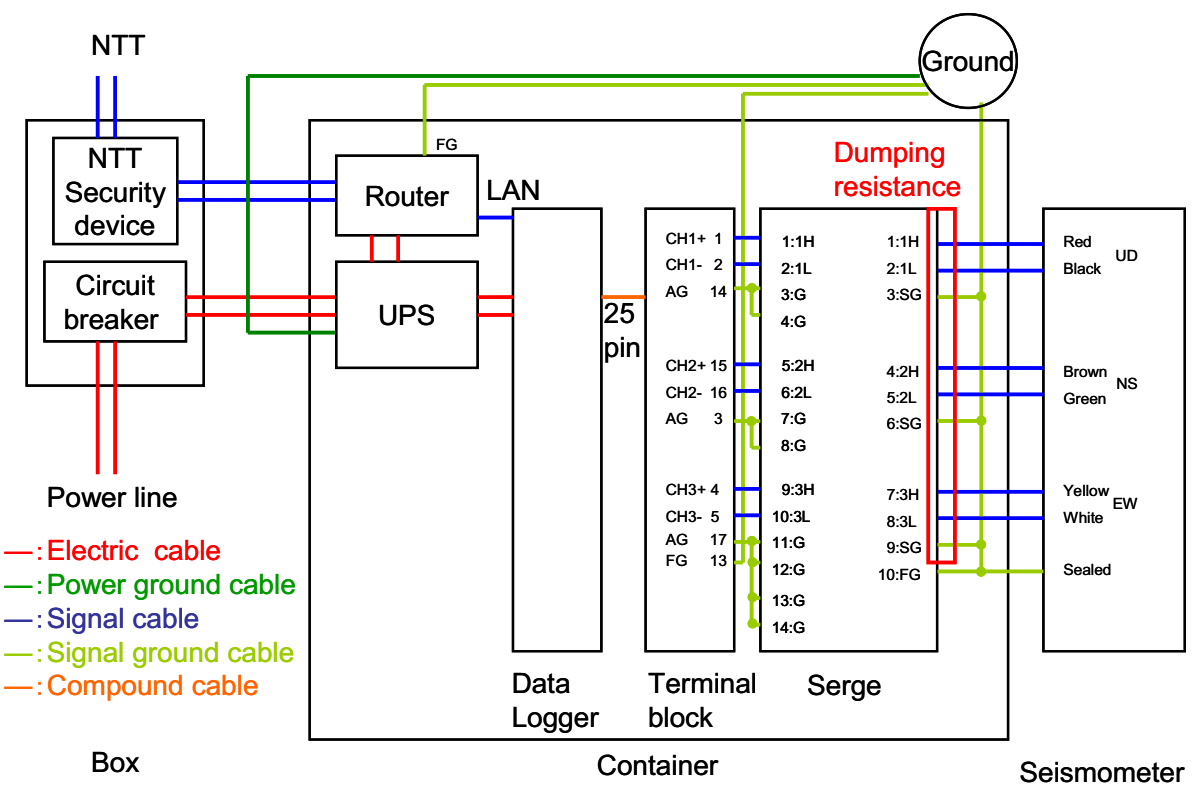
ーク機能を利用し、ルーター(YAMAHA 製 RT57i : Photo 3)を用いた。このことにより、データ回収やバッテリー交換などのメンテナンスをほとんど必要としないで、データを得ることができた。

しかし、AC 電源の使用による雷の被害が問題になるため、地震計-データロガー間にサージ器(Photo 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 : Photo 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。

Fig. 2b はこれらの接続図である。実際、耐雷対策







a. Connection for the offline system



b. Connection for the online system

Fig. 2 Schematic diagram showing the connection of observation system

Table 2 Measures against snow

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

を施した観測点近辺に落雷が発生したが、観測機器が保護されたことから、誘導雷に対する効果を確認した。

3. 積雪対策

Flets-ISDN 回線のサービス範囲外のため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、観測機材を収容し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 Table 2 のような積雪対策を行い、その効果を確認した。

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 (Photo 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 (Table 2a)。

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いなかった。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。 (Table 2b)

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



Photo 4 Observation station SK22

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。このため、融雪ガラコ“を塗ったアクリルカバーが効果があったことが推測できる。(Table 2c)

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 (Table 2d)。

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る。

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(Photo 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ヶ月ごとに行うようにした。そのため、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 (Table 2の下から2番目の写真)、欠測なくデータの記録ができた。

4. 波形データ

データ回収は1ヶ月に1回、CFカードを交換することにより行っている。バッテリーの電力消費の大きいものは、カード交換の際に同時に取り替えている。また、オンライン化した観測点のデータは、宇治の地震予知研究センター内に設置されたサーバーと、バックアップ用のサーバーに送られている。

2004年5月から2005年10月における観測で得られたオンライン系(Flets-ISDN テレメータ)とオフライン系(CFカード回収)の地震波形データのマージ作業を行い、54799個のイベントファイルが得られた。

地震波形の例として Fig. 3 に、2005年10月28日9時15分ごろ発生した、和歌山県北部を震源とするマグニチュード2.7の地震波形を、北から南へ観測点の配置順に示す。なお、Fig. 3には、同じような場所で発生した複数の地震が記録されている。

5. 丹波山地直下のS波反射面

昨年度から掲げていた近畿地方を縦断する大規模地下構造調査という研究目的に加えて、本年度近畿地方北部に観測点をふやしたことにより、丹波山地の地殻深部反射面の研究なども、新たな研究目的と

することができるようになった。

大阪府北部から京都府中部にかけての丹波山地は、定常的微小地震活動が最も活発な地域のひとつである。同地域でおきる微小地震には、初動の9~12秒後に顕著な後続波をとまなうものが多くみられる。この後続波を地殻内で反射してきたS波(SxS)であると考え、反射面は深さ約20km、20度弱の傾きで北に傾斜しているものであることがわかっているが(片尾, 1994)、微小地震のあまり発生しない周辺域へどう延長しているのかを、定常観測網の解析だけから知ることは限界がある。

大大特計画(本観測)では、丹波山地を縦断する測線上に、密に臨時観測点を設けているので、この地殻深部反射面についても、有力な情報が得られることが期待される。Fig. 4は本観測期間中に観測された反射波の例である。

6. まとめ

- 1) 京丹後市-高槻市間に15観測点を新しく設置し、前年までの観測点とあわせて28点の高感度臨時地震観測を実施した。
- 2) 単独観測点ではソーラーパネルおよびバッテリーの増強により電力不足による欠測を減少させることができた。また、積雪対策を施すことにより、ソーラーパネルの発電効率の低下を防止できた。
- 3) データ転送のオンライン化により現在データが正常に送られているが、これらの観測点では耐雷対策によって、誘導雷に対し十分な効果を得ている。
- 4) 2004年5月から2005年10月における観測で54,799個のイベントファイルが得られており、地震波による構造調査のためのデータが得られている。
- 5) 丹波山地において、密に臨時観測点を設けているので、地殻深部反射面について、有力な情報を得られることが期待される。

上記の観測に引き続き、平成17年度末には、南北両測線間の間隙を埋めるため、奈良盆地西部に臨時観測点をオフライン観測で7点設置するなど、観測の増強を行っている。

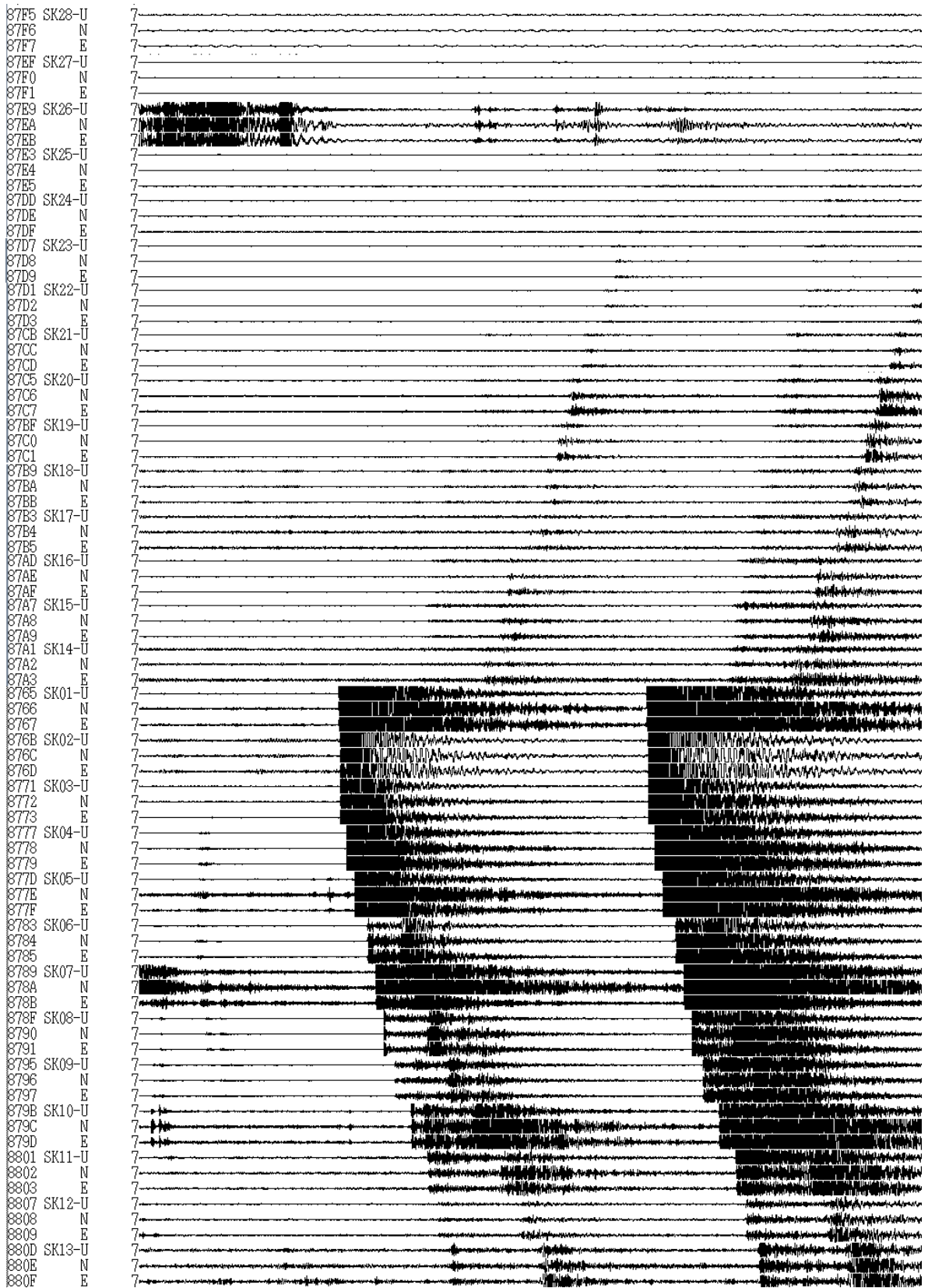


Fig. 3 Merged waveforms from events at the northern Wakayama Prefecture (Oct.28, 2005, 09h15m, $34^{\circ} 20' 24''$, $135^{\circ} 29' 46''$, depth 8.8km, M2.7)

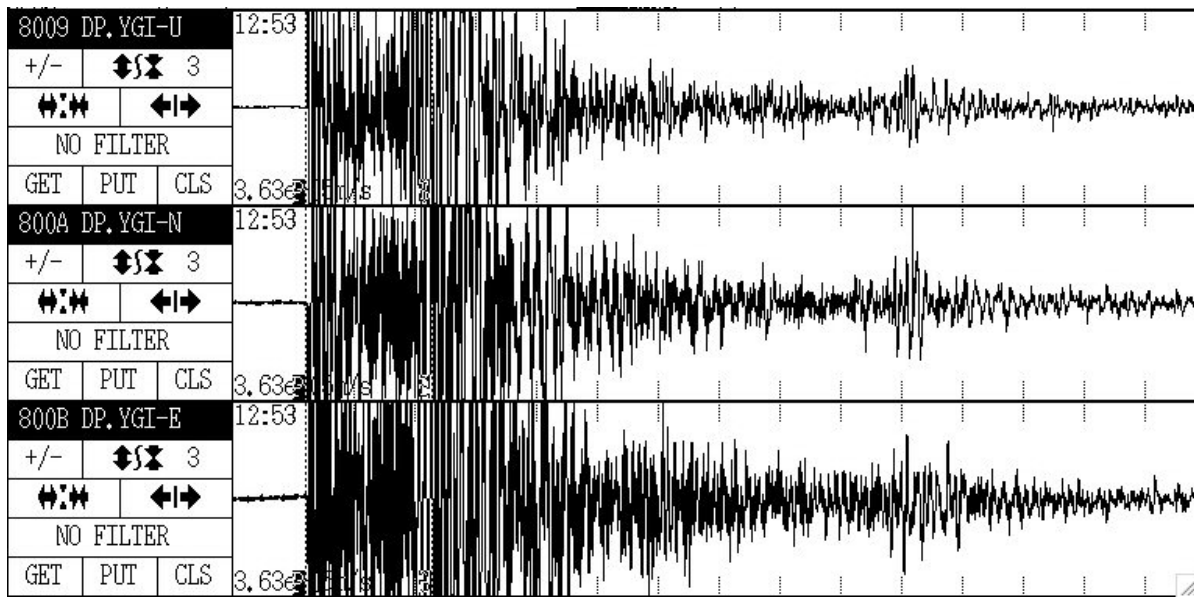


Fig. 4 Reflection waveforms in Tanba area

謝 辞

本観測において、快く観測システムを設置させていただき、ご協力いただいた各観測点の、地主および関係者を下記に記します。下記の方々をはじめ、ご協力いただいた周辺の地元住民の皆様などに対し、深く感謝いたします。

谷田様、北村様、岡 紘一様、山本勇男様、木本様、山本様、大西 隆様、中西様、平岡様、西本様、和田様、玉置元信様、西 正道様、恵木博若様、西畑様、小幡雅敏、小幡種利様、近藤真道様、高三武夫様、木村嘉男様、西田あつし様、野々村忠良様、高屋 了様、湯浅芳洋様、湯浅義文様、青木鎮雄様、青木誠一様、大徳知隆様、石原義治様、吉崎松茂様、阿久信人様、大田秀茂様、森上定男様、小川恒子様、木下 昴様、日下 進様、大浦洋之助様、城山啓安様、脇屋様、井尻様、吉川義彦様、辻本瑞史様、三山忠司様、岡田様、高崎利彦様

参考文献

- 伊藤潔・阿部 進・井川 猛・伊藤谷生・上野友岳・梅田康弘・川中 卓・黒田 徹・佐藤秀雄・佐藤比呂志・澁谷拓郎・須田茂幸・平田 直・廣瀬一生・松村一男・森下可奈子(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.
- 西村和浩・伊藤 潔・大見士朗・澁谷拓郎・辰己賢一・富阪和秀・中尾節郎・平野憲雄・廣瀬一聖・福嶋麻沙代・細善信・松浦秀起・三浦 勉・森下可奈子・山崎友也・吉田義則(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.
- 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.

Earthquake Observations Traversing the Kinki District under the Special Project for Earthquake Disaster Mitigation in Urban Areas

Kazuhiro NISHIMURA, Setsuro NAKAO, Tsutomu MIURA, Kenichi TATSUMI, Norio HIRANO, Tomoya YAMAZAKI, Masato KAMO, Kazuhide TOMISAKA, Yoshinori YOSHIDA, Hideki MATSUURA, Takuo SHIBUTANI, Kiyoshi ITO, Hiroshi KATAO, Issei HIROSE and Kanako MORISHITA

Synopsis

Disaster Prevention Research Institute (DPRI), Kyoto University has conducted surveys of underground structure in the Kinki district under the Special Project for Earthquake Disaster Mitigation in Urban Areas since 2002. We carried out observations of earthquakes Kinki since 2004 deploying 28 observation stations along a control-sourced seismic survey line from Shingu City, Wakayama Prefecture to Kyoutango City, Kyoto Prefecture. This observation system worked well for obtaining high quality earthquake records with high sensitivity. In this report we describe the improvement of observation systems and the measures against snow.

Keywords:Daidaitoku, earthquake observation, seismic survey, estimation of strong motion, online observation of earthquakes, measure against snow