

近畿地方中北部における臨時地震観測

三浦勉・飯尾能久・片尾浩・中尾節郎・米田格・藤田安良
近藤和男・西村和浩・澤田麻沙代・多田光弘・平野憲雄・山崎友也
富阪和秀・辰己賢一・加茂正人・澁谷拓郎・大見士朗・加納靖之

要 旨

2008年11月から、近畿地方中北部におけるひずみ集中帯において、稠密多点臨時地震観測を行っている。本稿では、この稠密多点観測における技術的な側面を報告する。45点の臨時観測点を5年間の長期に渡って維持し、かつデータ処理を行うためには、従来技術だけでは、人的・時間的な制約上困難があった。また、45点の観測網の維持管理や、約2TB/年の大量のデータを扱うことによって生じることが懸念される人的ミスをいかに軽減するかなどの問題もあった。この観測では、京都大学防災研究所附属地震予知研究センターと株式会社近計システムの共同で開発した次世代型地震観測システム及びデータ処理装置を使用した。次世代型地震観測システムの設置、メンテナンスから、データ処理装置を利用して、回収してきた大量のデータを短時間で処理するシステムの構築、さらに観測点情報や設置・メンテナンス・データの履歴を一元管理するデータベースの開発・運用に関することを報告する。

キーワード：稠密多点，臨時地震観測，データベース，次世代型地震観測システム，近畿中北部

1. はじめに

日本列島で最も活断層が集中している地域のひとつである近畿地方中北部のひずみ集中帯において稠密多点地震観測を行い、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を目的として、近畿地方中北部における臨時地震観測を開始した。

この観測は、文部科学省の委託業務『ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究』の一環として行われた。この重点的調査観測・研究は、ひずみ集中帯の活断層及び活褶曲等の活構造の全体像を明らかにし、震源断層モデルを構築することにより、ひずみ集中帯で発生する地震の規模の予測、発生時期の長期評価、強震動評価の高度化を目指すものである。

2. 近畿地方中北部の地震活動と解析項目

近畿地方は、上述したとおり、活断層が集中している地域のひとつであり、また古くから都があった場所なので、古文書に幾多の地震活動が記録されて

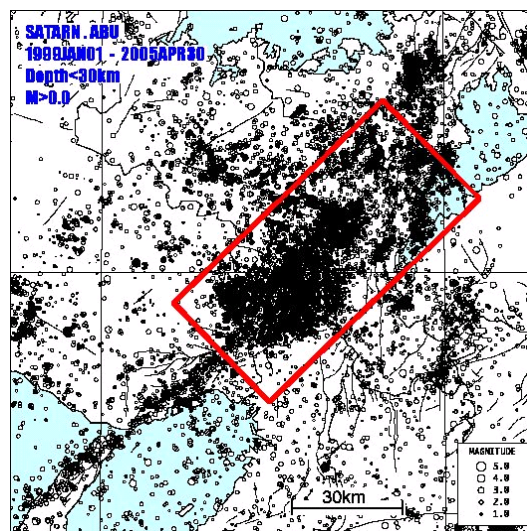


Fig.1 Epicentral distribution in the northern kinki district. (Jan.1999 - Apr.2005)

おり、M7程度の地震の記録も多数見られる。

1999年1月から2005年4月までの京都大学防災研究所地震予知研究センターの微小地震観測システム(略称SATARN)で記録された地震の震源分布をFig.1

に示す。震央分布が密である部分と疎である部分とがあるが、図中の赤枠で示した範囲の地震発生頻度が、2003年頃より約30%減となっているとの報告がある。同様の静穏化は、1995年の兵庫県南部地震の前にも見られた。また、同時期に、近畿地方の地殻変動連続観測（逢坂山、天ヶ瀬、屯鶴棒）のデータから、ひずみのトレンド変化についての報告がある（京都大学防災研究所地震予知研究センター，2007）。

本研究は、ひずみ蓄積と地震発生メカニズムの関連を明らかにするために、下記の解析を行う予定である。

- 高精度の震源分布と地震メカニズム解の精細な空間変化等から活断層の深部構造を推定する。
- レシーバー関数・地震波トモグラフィー等により、活断層集中域における不均質構造を推定する。

3. 地震観測

3.1 観測エリアと観測点

Fig. 2の黄色四角の位置に45点の臨時観測点（オフライン）を設置した。赤丸は一緒に取り込んだ73点の定常観測点（オンライン）を印した。データ処理システムにはそれらも合わせて収録した。観測期間は、5年間の予定で、臨時観測点の下見は2008年夏から開始した。また、小型軽量・長期間駆動可能な次世代型地震観測システムを開発したので（詳細は、次節にて報告）、今回の観測点探しにおいては、定常観測点（特に防災科学技術研究所の高感度地震観測網（Hi-net）の観測点は、地下約100から200mに設置されており、ノイズレベルは非常に低い）のノイズレベルを下回ることを目指して、大きな人工構造物からできるだけ離れた静かな場所を探した。

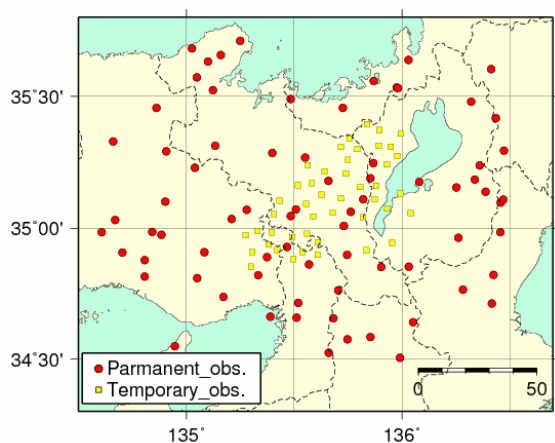


Fig.2 The map of observation stations.
(Yellow:Temporary stations, Red:Permanent stations)



Photo1 Examples of observation stations.

地震計は、ほとんどが小さい集落の外れの露岩上に設置したが、琵琶湖東岸側は沖積低地であるため、設置に適する場所がほとんど無く、一般の公園内などに設置することになった点が多い。また、北部では冬季積雪1mを超えるところもあり、積雪対策を施さねばならないところもあった。積雪対策として、GPSシグナル取得のためアンテナを高くしたり、雪の重みでつぶされないようにU字溝で地震計にカバーをしたりした。また、野生動物等の引き起こす問題もあった。このような点における臨時観測の経験は少なく、試行錯誤で行った部分もあった（詳細は、後述の観測点トラブルの節を参照）。Photo1に示すのは、琵琶湖東岸の公園と北部の積雪地帯での観測風景で、前者は、ハードコンテナをチェーンで縛り、鍵をかける処置を行っている。後者は、雪に埋まったシステムを掘り出した場面である。45点の観測点

Table1 Location of observation stations.

Station Name	Lat. (° E)	Long. (° N)	Height (m)	Station Name	Lat. (° E)	Long. (° N)	Height (m)
BWA1	35.3955	135.8381	307	BWC6	34.9787	135.5606	328
BWA2	35.3414	135.7576	649	BWC7	34.9664	135.4898	330
BWA3	35.3089	135.7165	359	BWC8	34.9158	135.4223	148
BWA4	35.2405	135.5631	230	BWC9	34.8530	135.2996	136
BWA5	35.1645	135.5178	175	BWD1	35.2421	135.9300	328
BWA6	35.1051	135.4326	174	BWD2	35.1620	135.8797	192
BWA7	35.0534	135.4063	320	BWD3	35.1101	135.8734	216
BWA8	34.9883	135.3286	255	BWD4	35.0410	135.8191	284
BWA9	34.9743	135.2756	208	BWD5	34.9459	135.6107	377
BWB1	35.3734	135.8942	223	BWD6	34.8987	135.6095	191
BWB2	35.3017	135.7828	492	BWD7	34.9102	135.5383	335
BWB3	35.2598	135.7488	482	BWD8	34.8827	135.4968	596
BWB4	35.1720	135.5816	379	BWD9	35.1275	135.6279	353
BWB5	35.0931	135.5554	134	BWE1	35.2751	135.9781	497
BWB6	35.0453	135.5884	141	BWE2	35.1315	135.9919	89
BWB7	34.9845	135.3952	259	BWE3	35.0749	135.9317	86
BWB8	34.9387	135.3828	161	BWE4	34.9451	135.9536	128
BWB9	34.9105	135.3058	207	BWE5	34.9162	135.8350	178
BWC1	35.3101	135.9479	214	BWE6	35.2170	135.6415	309
BWC2	35.3140	135.8914	233	BWE7	35.2071	135.7402	349
BWC3	35.1561	135.8067	574	BWE8	35.3593	135.9936	131
BWC4	35.1141	135.7164	266	BWE9	35.0583	136.0407	162
BWC5	35.0579	135.6786	132				

の位置情報をTable1に示す。これらの点の設置は2008年11月から12月の間に完了した。

3.2 観測機材

次に新たに開発した次世代型地震観測システム(Photo2)について述べる。次世代型地震観測システムは、小型軽量地震計(KVS-300:以下、地震計と呼ぶ)と低消費電力記録装置(EDR-X7000:以下、記録装置と呼ぶ)で構成され、株式会社近計システムと共同で開発したものである。詳しくは別稿にまとめる予定であるので、ここでは簡単に紹介する。前者は3成分一体型の地震計で小型軽量化を実現した(106(W)×104(H)×140(D)mm, 約1.5kg)。これは、L-22D(MarkProducts社製)と同等以上の実効感度0.8V/kineをもち、固有周波数約2Hz, 有効振幅範囲4mmを実現したものである。小型軽量で、かつ実効感度を上げることは動コイル型の速度型地震計では相反する事柄であり、これを可能にした構造については、特許申請を行っている。また、設置時間を短縮

する為、露岩上に直接設置できるように水平レベル調整用ネジのストロークを長くしたり、必要に応じて狭小な場所で設置しなければならないので、水平調節ネジを上側から調整可能な構造とするなどの工夫がなされている。表面素材は、耐蝕性に優れたポリカーボネート(ガラス繊維入り)で高強度である。この筐体の保護等級は、IP65相当で、粉塵が内部に侵入せず、水の直接噴流によって有害な影響を受け



Photo2 KVS-300 (right), and EDR-X7000 (left).

ないレベルをクリアしている。また、後者の記録装置も小型軽量化（230(W)×181(D)×68(H)，1.2kg）を実現し、低消費電力化（消費電力0.08w以下）、記録容量の増大化（最大24Gbyte:4GByteのコンパクトフラッシュカード（以下、CFと呼ぶ）を6枚挿入時）が可能となった。さらに、地震観測分野で一般的に用いられているwinファイルよりもデータ圧縮率を高め、長期間観測ができるように、CFに独自のバイナリ形式(rawファイル)で記録することにした。また、これまで一番の問題であった時刻精度とGPSシグナル取得頻度の問題（GPSシグナルを多く取得すれば、電力消費量が多くなり、長期間観測が不可能となる）は、水晶時計制御を自己学習させることで、時刻精度を常時1ms以下としながら、GPSシグナル取得頻度を下げることによって成功している。この部分についても特許申請を行っている。

記録装置は、商用電源、鉛蓄電池、ソーラーバッテリー等多様な電源を利用可能である。今回は、手軽に入手できる単1乾電池を利用した。単1乾電池は、8本直列電池ホルダーを並列に4個まで接続できるようになっている。単1乾電池8本直列電池ホルダーを4個、およびCF6枚装備して観測できる期間は、ノイズレベルに依存するが、通常8ヶ月以上である。また、この筐体は、防滴構造となっている。記録装置と乾電池はハードコンテナ（380(W)×264(D)×230(H)mm）に収納することができ、可搬性が高く、そのまま観測中は記録装置の保護として使っている。この程度の大きさであるので、観測時に占有する面積も小さくできた。

3.3 観測方法

ここで、今一度“稠密多点観測”について述べておきたい。稠密多点観測では、狭い地域に多くの地震計を設置するため、商用電源が無いところ、冬期の立ち入りが困難となる場所などにも置く場合がある。観測の効率化のため、メンテナンス・データ回収は、半年に一度とした（1年を2期に分け、ファーストシーズン（春から秋）、セカンドシーズン（秋から春）とした）。

半年間の観測を行うためにCF（4GB）は5枚、単1乾電池8本直列電池ホルダーを3個並列つなぎとした。

当初、地震計の固着は、シリコンシーラントによる方法を試みたが、後述するトラブルがあり、2009年夏以降は、セメントによる固着に変更した。また、雨滴対策として、従来は地震計カバーを利用していたが、カバーを置くためのスペースを露岩や壁面などの狭小場所で作るためには、岩のはつりや養生作業を必要とし、設置に時間がかかるため、今回は簡便なスポンジをかぶせる方法や、土や苔で覆うなど

の処置をしている。しかし、スポンジは鳥類等の巣作りの材料にされるようでもちばしの跡などが残っていたり、抜き取られたりしていることが、南部地域では頻繁にあった。この対策についてはまだよりよい方法が見いだされていない。地震計カバーが設置できる場所については、U字溝をかぶせるなどの対処をしている。

また、汚れ防止や浸水の影響を受けにくくするためビニール袋をかぶせたりなどもしていたが、風の影響を受けてしまうので、最近では用いていない。

上述のような工夫により、設置場所によっては、30分程度で設置終了するところもあり、従来の方法・機材に比べ、設置に要する時間を大幅に削減することが可能となった。今後は、この方法によるデータの質の分析を行う必要がある。

3.4 観測点トラブル

今回の観測では、新型の地震観測システムを使ったことや、新しい設置方法に関する試みを行ったことなど、稠密多点を目的とする臨時観測においては、未経験の部分があり、その点に関するトラブルがいくつかあったので報告する。

● 地震計転倒

当初地震計は、設置時間を短くするためにシリコンシーラントで岩着させる固定方法を試みた。実際に行う前に予備テストを行い、約半年間以上しっかり固定できた設置実績があった。シリコンシーラントをシリコンガンに装填し、現場で水平レベル調整を行った後、ネジ部にシリコンを付着して地震計を固定した。しかしながら、固着まで時間がかかることや、固着後も木々に積もった雪が地震計へ落下したときの衝撃や、倒木が地震計を転倒させたりする例がみられたこと。また、梅雨時などシリコンが水分を含んだときには、再度やわらかくなり、雨水とともに流され、転倒するケースが何箇所かあった。

この状況を受けて、すべての点の岩着方法をセメント固着に変更した。また、積雪の多い北部では、地震計にU字溝をかぶせ保護することにした。

● 電池配列時の極性間違い

単1乾電池8本直列電池ホルダーを3個利用しているので、観測点では、総数24個の電池を取り外し・取り付けを行う。この時、大量の電池を扱うので極性間違いなどのミスがあった。今までに2例あったが、液漏れを起こし、金属類が腐食していた場合もあった（記録装置に影響はなかった）。

再発防止策として、電池交換は電池ホルダーごとに行うことにし、現地での作業を単純化した。電池を電池ホルダーに挿入後は、電圧を確認するなどの処置も行うことにしたので、この後は再発をしていない。

● ハードコンテナ消失

観測を行っているといろいろと考えが及ばないことに遭遇する場合がある。今回もそのひとつで、記録装置を収納していたハードコンテナが消えたことがあった。地震計、記録装置や電池などはそのまま外に放り出されていた。幸いにもこの期間中のデータは無事であったので、防水機能のテストにもなったとも考える。(Photo3)



Photo3 Example of a troubled station.

4. データ処理

4.1 データ回収

2009年12月までに5回のデータ回収を行ってきた。この間、いろいろなトラブルがあったが、データの連続性は、Fig. 3に示すとおりである。Fig. 3は、各観測点のデータ量を棒グラフで示したものであり、赤の部分がデータの欠測時間を表している。

これらの欠測は、ファームウェアのバグが原因であった。バグには、GPS情報が記録されないとか、ハードウェアのオフセットがデータ記録に影響し、ノイズレベルが小さい場所でも短期間でCFが満杯になるなどがあった。現状では、バグフィックスは行われているので、データ連続性が途切れるのは、CF・

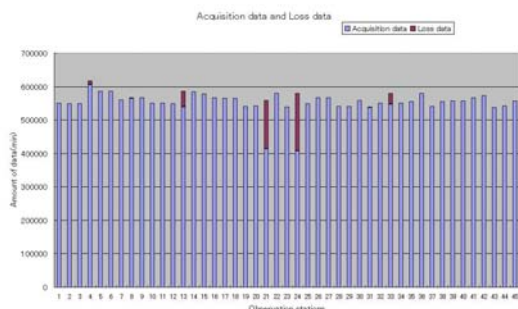


Fig. 3 The continuousness of data.

電池交換の時間だけとなり、欠測率は0.06%とほとんど欠測がなくなっている。これまでのデータ回収・メンテナンスは、バグフィックスのために行った臨時回(3回)を含め、5回行った。

- 2008年11月 設置
- 2008年12月 1回目データ回収
- 2009年1月 2回目データ回収
- 2009年4月 3回目データ回収
- 2009年8月 4回目データ回収
- 2009年12月 5回目データ回収

また、これらのデータ回収により、この観測における次の経験値が明らかになった。

- CF (4GB)1枚あたりのデータ記録日数は、最大46日間(ノイズレベルの大きい場所でも30日以上は記録できる)。
- 電池電圧は、新品の状態(約12.6V程度)から、夏(4月から8月)期間が1.7~1.9V、冬(12月から4月)期間が0.8~1.0V低下した。

この電圧低下の状況は、記録装置の消費電力が極めて小さいことをよく表している。通常の装置は消費電力が大きいため乾電池の自然放電の影響が問題になることは無く、化学変化の活発な夏の方が電圧低下は小さいはずであるが、本装置では自然放電の影響が顕著であり、温度が高い夏において自然放電がより進みやすく、電圧低下も大きいことが分かる。乾電池使用における装置の最低動作電圧が7.0Vであることと、このような実績を踏まえ、今後は、電池を節約できることがわかった。

4.2 データ処理システム

Photo4にデータ処理システムを示す。このシステムは、下記の構成となっている。

- OS : REDHAT Linux Enterprise 64ビット
- システム : 1.86GHz Quad-Core Intel Xeon
- メモリ : 4GB
- ストレージ : 10TB (RAID5)

CF処理装置には、6個のCFリーダーが装着され、4GBのデータが記録されたCF6枚すべてを、約10分間でストレージに転送可能である。転送後は、rawファイルを変換する。

このrawファイルには、内部時計のドリフト量を記録したGPSファイルも記録されている(Table2:見やすくするためにフォーマットを変更している)。

Table2 GPS file (Edited).

A:Correction interval of GPS signal(hour), B:The drift of inner clock(msec,`-`:gain time).

Recording Time JST	A	B	Internal Temp. (度)	Power supply Voltage (V)
2009/12/2 14:06	0	0	16.5	12.8
2009/12/2 14:15	1	0.000732422	15.9	13.0
2009/12/2 15:17	1	0.090820313	14.1	13.0
2009/12/2 16:18	1	0.102050781	12.7	13.0
2009/12/2 17:19	1	0.124511719	11.5	13.0
2009/12/2 18:20	1	0.155029297	10.3	13.0
2009/12/2 19:22	1	0.103759766	9.4	13.0
2009/12/2 20:32	1	0.038330078	8.8	13.0
2009/12/2 21:41	1	0.013916016	8.0	12.9
2009/12/2 22:42	1	-0.045654297	7.7	12.9
2009/12/2 23:44	1	-0.106933594	7.4	12.9
2009/12/3 0:54	1	-0.173339844	7.1	12.9
2009/12/3 2:04	1	-0.249511719	7.4	12.9
2009/12/3 3:14	1	-0.310546875	7.7	12.9
2009/12/3 4:24	1	-0.386962891	8.0	12.9
2009/12/3 5:34	1	-0.458984375	8.3	12.9
2009/12/3 6:42	1	-0.494873047	8.3	12.9
2009/12/3 7:44	1	-0.476318359	8.6	12.9
2009/12/3 8:46	1	-0.492431641	8.8	12.9
2009/12/3 9:55	1	-0.524658203	8.8	12.9

Fig. 4は、Table2をグラフ化したもので、内部時計のドリフト量を示す。また、rawファイルは、winファイルへ変換されるときに、他の観測点の同時刻データとマージされていく。現システムでは、4GBのrawファイルからwinファイルへの変換時間は、約50分な

ので、1観測点あたり約4時間で変換できる（CF5枚挿入時）。73点の定常観測点のオンラインデータは、常時インターネット回線を通じ、収録を行っている。臨時観測点のデータのwinファイル変換が済むと、このオンラインデータとのマージを行い、地震波形の切り出し、震源決定まで行う。

10TBのストレージには、rawファイル、winファイ

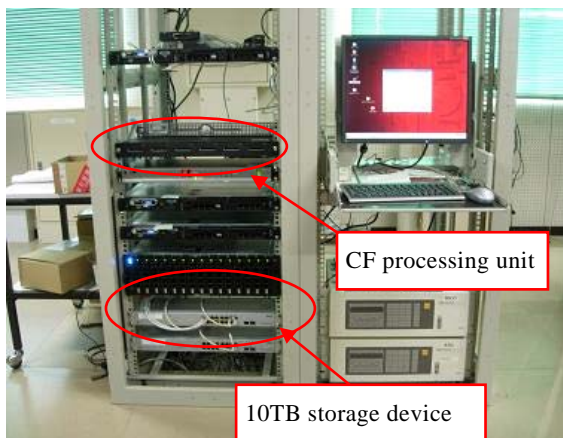


Photo4 Data processing system.

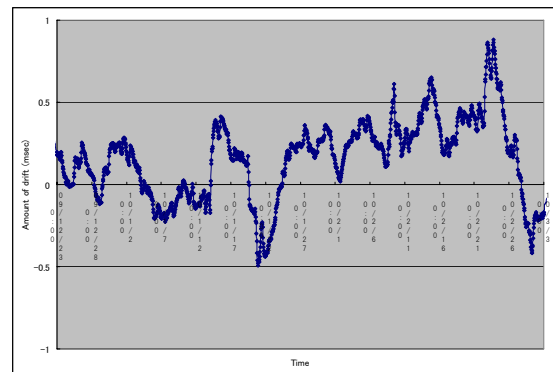


Fig.4 The drift of the inner clock.

ル、GPSファイルなどを記録するが、約2年間のデータしか保持できないので、winファイルに変換した後のrawファイルは、逐次リムーバブルHDDにバックアップを行い、ストレージから削除する。

4.3 データの監視について

データ処理システムは、地震波形データの質の監視を行うために、以下のような機能を有している。

データの質を確認するときは、データ回収時に、観測点の周囲や、機器・ケーブル等に異常が無いかなどの確認を行うが、データが記録されたCFをデータ処理システムに転送後、データ量と記録期間の関係 (Fig. 5), ノイズレベルモニター (Fig. 6), 地動モニター (Fig. 7) を判断材料として確認する。

データ量と記録期間の関係は、CFに記録されたデータ量を全記録日数で割って、1日当たりの平均データ量を算出し、比較を行う。このデータからは、観測期間中のノイズレベルの大きさが傾向として把握できる。

ノイズレベルモニターは、1分間データ (250Hzサンプリングなので15, 000個のデータ) の標準偏差を取って1週間のデータとして表示している。このやり方は、定常観測点の監視として公開されているモニターと同じやり方なので、比較ができるとともに、観測点

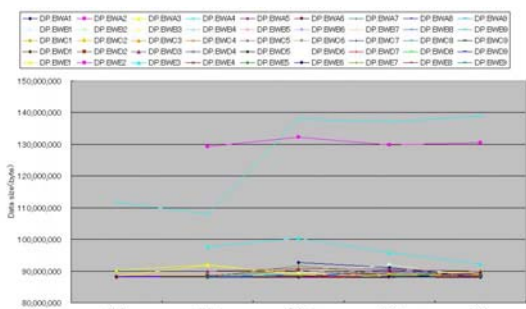


Fig.5 Data size for one day for each station.

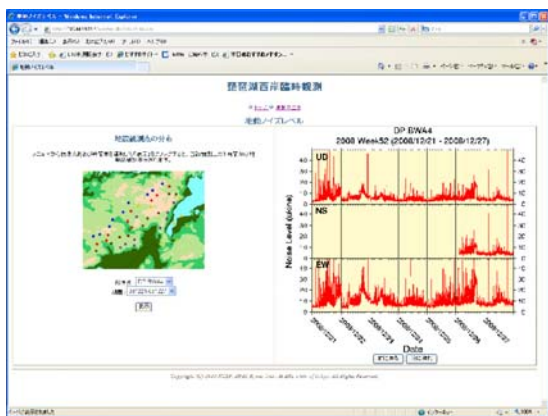


Fig.6 Noise level monitor.

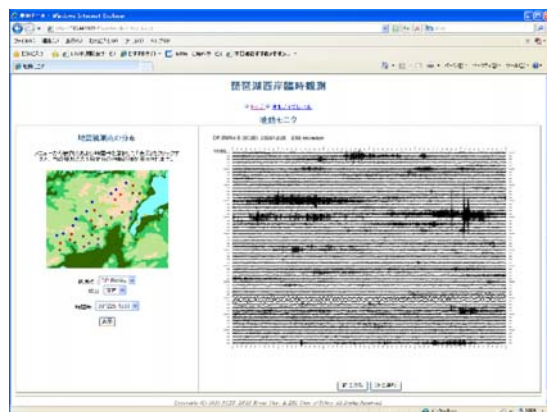


Fig.7 Ground motion monitor.

の状況を一目で理解することができる。上記と比べて1日のノイズレベルの変動の詳細を把握することができる。

地動モニターは、1時間すべてのデータを一括で見られるようにしたものである。winファイルは1分間毎のデータなので、長い時間を通しての地震活動を見るツールはなかった。この機能を使えば、地震活動の様子を1時間通して検討できる。

これらのデータは、データ回収後に逐次更新される。また、データ処理システムに保管されているので、いつでも場所と時間さえ指定すれば、見ることができる。

4.4 データベース

これらのデータの履歴、観測点情報や設置・メンテナンス記録は、従来、それぞれ単独に管理を行い、観測状況とデータの状況は、担当者の記憶によりリンクされる場合が多かった。この情報をまとめたものが点の記 (Photo5) である。

このやり方は、観測点が少ない場合は十分運用できるのであるが、観測点が多くなってきた場合、観測点での作業報告をメモして所内に戻ってきたとき

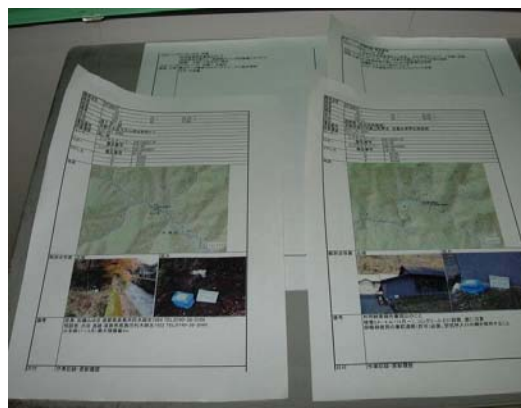


Photo5 Specification catalogue for each station.

の報告業務としては、非常に時間を要し、2度手間となることがあった。

この情報を一元管理するために作ったのが、次のデータベースである (Fig. 8)。このデータベースでは、出張報告として“点の記”の観測点メンテナンス記録の更新と観測点の地主や位置情報をまとめたものなどが、web入力・閲覧できるようになっている。また、機材管理・履歴なども入力することができ、今後の別の観測計画があったとしても機材の履歴情報を参照することができる。また、データのバックアップ状況、データ処理の進捗状況、欠測した情報なども一覧できる。Web入力・閲覧ができることにより、観測担当者は、いつでもどこからでもデータベースにアクセスすることが可能となり、ホットな情報のままデータベースの更新ができる。また、更新があった場合は、関係者にメールで配信することができるため、いままで出張報告書に時間をかけていた部分を削減でき、省力化にも役立つことが考えられている。もちろん上述の地動モニターやノイズレベルモニターもリンクしているので、総合的な観測の補助ツールとして期待されている。



Fig.8 Observation database system on data processing system.

5. 地震データ

Fig. 9に、2009年1月23日に起こったM0.8(気象庁一元化震源カタログによる)の地震の波形を示す。観測点名の頭に「DP.BW」とあるものが、臨時観測点のデータである。また、この地震のP波初動の押し引きによって求めたメカニズム解をFig.10に示す。通常、M0.8のように小さい地震では、メカニズム解を求めることは困難であるが、このように精度良く求められるのは、稠密多点で地震計を置いたひとつの利点である。また、現在、地震波形の切り出しは、気象庁一元化震源カタログに基づいて行っているが、独自トリガーによる地震の切り出しも今後行っていく

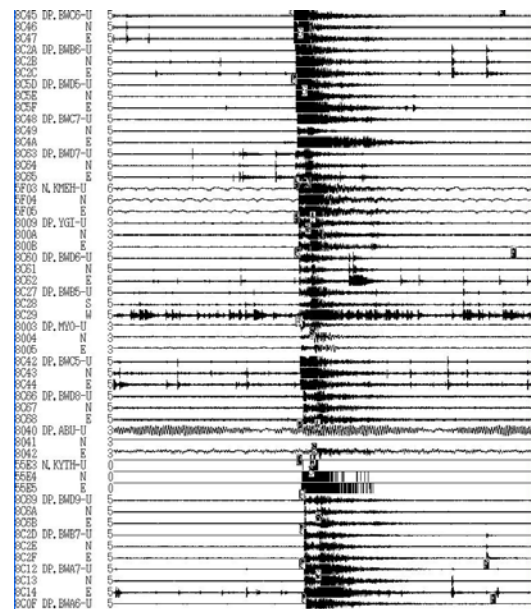


Fig.9 Examples of waveforms of a micro earthquake (2009.1.23).

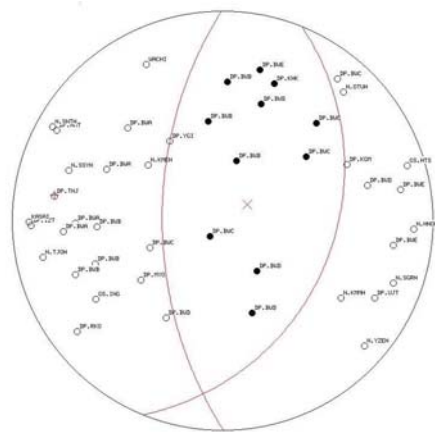


Fig.10 Examples of focal mechanism (M0.8)

予定である。これによって期待される地震の増分は、1.5倍程度と考えており、定常観測点密度の薄い北部を中心に地震の検知率が上がると予想される。また、遠地地震についても切り出しを行う予定としている。

6. 終わりに

この観測を行うにあたって、観測点や付近の住民の皆様には、大変お世話になっているので、観測開始後2年目からは、収録されたデータを解析して得られた地震活動の様子を葉書に記して送ることにした。通常、地主の皆様方は、地元の地震活動に非常に興味を持っておられ、Fig.1で示すような地震分布図を喜ばれることも多く、継続して観測にご協力いただく上で役立つものと考えている。

また、稠密多点に観測点を設置することを行ってきたので、3章で述べたような試行錯誤をしながら進めてきた部分があった。また、記録装置のバグなどもあり、データが欠測した部分もあった。そのような経験から新しいシステムを構築し、運用方法を構築・更新してきた。今後は、作ってきたツールや方法の使い勝手をより高めつつ、稠密多点観測を行ううえでの更なる技術向上を図り、臨時観測点を維持し、質の良いデータをできるだけ多く得る努力をしなければならないと考える。

謝 辞

本観測計画は文部科学省の委託業務『ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究』によるものである。地震計・記録装置の開発において、平成18年度京都大学総長裁量経費および平成19年度防災研究所特別事業費の補助を受けた。

開発時からご尽力・ご協力いただきました株式会社近計システムの西垣丈人社長、高畠一徳氏、大橋善和氏、内田淳氏、本橋恵三氏、サイスマテック株式会社の古屋和男代表取締役、京都電測株式会社の宮村清社長と高田稔幸氏、日本科学冶金株式会社の佃多喜男工場長、上本育夫氏、宮崎真二氏、石川和男氏、(株)エス・ジー・ケイの矢口裕隆氏、大学関係者の松本聡氏、井口正人氏、平原和朗氏、大倉敬宏氏、石川裕彦氏、吉村令慧氏、酒井敏氏、真砂慶一郎氏に深く感謝する。

各観測点の設置に関しては、以下の方々に便宜を図って頂いた。森下伊一郎氏、水谷良雄氏、京都大

学芦生研究林の紺野絡氏と小嶋宏和氏、早川良氏、湯浅好洋氏、湯浅義文氏、稲原正典氏、奥村浩氏、関口茂男氏、森田清司氏、大西伯延氏、西島億次氏、士堅昭一氏、士堅俊一郎氏、折谷郁夫氏、藤原由朗氏、長門義明氏、川島淑仁氏、野々村忠良氏、畑中武治氏、古澤征義氏、山本富生氏、橋長文昭氏、西川義人氏、藤野五男氏、玉垣勝氏、藤井真澄氏、波多野喜吉氏、吉岡孝治氏、服部潔氏、木村嘉男氏、大阪府能勢町教育委員会、独立行政法人水資源機構一庫ダム管理所、車武氏、比良岡七郎氏、山庄司宗関氏、光永覚道師、山中宣昭氏、小山忠一氏、高三武夫氏、近藤真道氏、早栗栄氏、大阪北摂津霊園事務所、今西弘人氏、鶴川地区管理組合の仁賀平次氏、滋賀県庁土木交通部都市計画課、独立行政法人水資源機構琵琶湖開発総合管理所湖南管理所、西村キジロウ氏、西村貞夫氏、渋谷忠一氏、石浦貢氏、石浦勝氏、関西電力、藤木道明氏、吉田繁治氏。

観測の準備やデータ処理に関して、佐々木裕樹氏、秋月(旧姓：福井)美佳氏にお世話になった。

一部図の作成において、Wessel and Smith(1998)によるGMT(Generic Mapping Tools)を使用した。

参考文献

- 京都大学防災研究所地震予知研究センター(2007) : 近畿北部の地殻活動, 第173回地震予知連絡会資料 2007年5月14日, pp. 6-8.
- Wessel, P. and W. H. Smith (1998): New, improved version of Generic Mapping Tools released, EOS Trans. Am. Geophys. Union, 79, 579.

Temporary Seismic Observation in the Northern Kinki District

Tsutomu MIURA, Yoshihisa IIO, Hiroshi KATAO, Setsuro NAKAO, Itaru YONEDA,
Yasuyoshi FUJITA, Kazuo KONDO, Kazuhiro NISHIMURA, Masayo SAWADA,
Mitsuhiro TADA, Norio HIRANO, Tomoya YAMAZAKI, Kazuhide TOMISAKA,
Ken-ichi TATSUMI, Masato KAMO, Takuo SHIBUTANI, Shiro OHMI and Yasuyuki KANO

Synopsis

We installed 45 temporary seismic observation stations in the middle and northern Kinki district, where active faults are concentrated. The seismometers and data loggers used are newly developed. We perform the dense observation for about four years and analyze the data together with those of permanent stations to detect heterogeneous structures related to the strain accumulation process. The purpose of the project is to clarify the relation between the strain accumulation and the earthquake generation. In this report, we described about the observation system, the data processing system, and the database system for this project.

Keywords: dense distribution, temporary earthquake observation, database of observation, new observation system, northern Kinki district