

微小地震観測網SATARNシステムの現状と概要

大見士朗・渡辺邦彦・平野憲雄・中川渥・竹内文朗・
片尾浩・竹内晴子・浅田照行・小泉誠・伊藤潔・和田博夫・
澁谷拓郎・中尾節郎・松村一男・許斐直・近藤和男・渡辺晃

要 旨

京都大学防災研究所附属地震予知研究センターの、上宝、北陸、阿武山、鳥取、徳島の各観測所管轄の微小地震観測網を統合したシステムを SATARN システムと称している。このシステムは、インターネット技術を利用して構築されており、1997年度に現在の形態での運用が始まった。地震予知研究センターに集中された微小地震波形データはここで統合的に震源決定やデータアーカイブ等の処理がなされている。また、これらのデータの一部は地震防災対策特別措置法に基づき気象庁へもリアルタイムで分岐されている。

キーワード：地震観測システム, SATARN システム, 統合データ処理,
インターネット地震波伝送, WIN システム

1. はじめに

京都大学防災研究所附属地震予知研究センターの各観測所が維持する微小地震観測網のうち、隣接部分を有する、上宝(KTJ)、北陸(HKJ)、阿武山(ABU)、鳥取(TTT)、徳島(TKS)の各観測所管轄の観測網を統合して運営するシステムを SATARN(Seismic wave Automatic Triggering And Recording Network) システムと称している。Fig.1 に 1999年4月現在、SATARN システムで運用している微小地震観測点の分布を示す。これらの観測所は、上宝、北陸、鳥取の3観測所が京都大学防災研究所の施設として、また、阿武山、徳島の2観測所が京都大学理学部の施設としてそれぞれ設立運営されてきたものであるが、平成2年(1990年)に、防災研究所附属地震予知研究センター(以下、センターという)の施設として改組されたものである。

本システムの構成要素は、微小地震テレメータシステム、そのデータ伝送・収録、および他機関とのデータ交換のシステム、震源決定等の地震学的なデータ処理、さらには蓄積データのアーカイブ方法

やデータベースの開示方法など多岐にわたる。本小論の紙幅ではこれらのすべてに言及するのは困難であるため、ここでは主に SATARN システムを構成する微小地震テレメータシステム、そのデータ伝送・収録システム、他機関とのデータ交換のシステムなどに絞って記述し、そのほかの部分に関しては、別稿に譲ることとする。

本小論では、微小地震波形データの伝送・収録のための処理システムに関連して、「WIN システム」、「WIN データ」という用語が頻繁に出てくる。これらについては、卜部ら(1989,1990)、卜部・東田(1991,1992)、卜部(1994)、卜部・高波(1994)、植平・卜部(1994)、卜部ら(1995)などに記述されているので参照していただきたい。「WIN システム」とは、UNIX オペレーティングシステムの上で稼働する地震波形処理解析のためのプログラムパッケージ群、またはそれによって構築された処理解析システムの総称である。また、「WIN データ」とは、その上で扱われる地震波形データや、それに付随する検測データなどを示す。本小論でも、「WIN システム」と呼ぶ際には、TCP/IP ネットワーク上での地震波

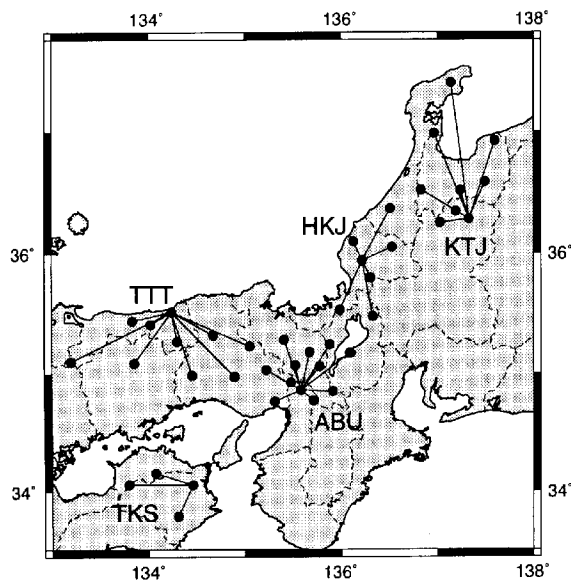


Fig. 1 Seismic stations of the SATARN system. It consists of Kamitakara (KTJ), Hokuriku (HKJ), Abuyama (ABU), Tottori (TTT), and Tokushima (TKS) micro seismic observation networks.

形データ交換, データ保存, 地震検出, 震源決定等までを行う総合的なシステムをさすこととする。また、「WIN データ」と記す際には、いわゆる WIN フォーマット地震波形ファイルとそのパラメタファイル (通称チャンネルテーブル), さらにそれに付随する検出データファイル等をさすことにする。また、X Window System 上で WIN フォーマット波形データの検出その他の作業を行うプログラムは win と記述する。

2. 各観測所の微小地震観測システムの変遷

本章では、1970 年代に各観測所でテレメータ観測システムの整備・運用が開始されてから、SATARN システム整備に至るまでの各観測所の観測システムやデータ処理システムの変遷を概観する。なお、詳細は、各文献を参照していただきたい。

2.1 テレメータ観測開始期の各観測所のシステム

上宝観測所では、1977 年に上宝蔵柱 (KTJ), 天生 (AMJ), 榎原 (NRJ) の 3 点からなる微小地震テレメータ観測網が整備された (上宝地殻変動観測所・地震予知計測部門, 1978)。システムは富士通製である。その後観測点は増強され、1993 年当時には合計 7 点の微小地震観測点が運用されていた。その後、1997 年度に 2 点があたりに定常観測点として設置され、1999 年 4 月現在、9 点の定常観測点

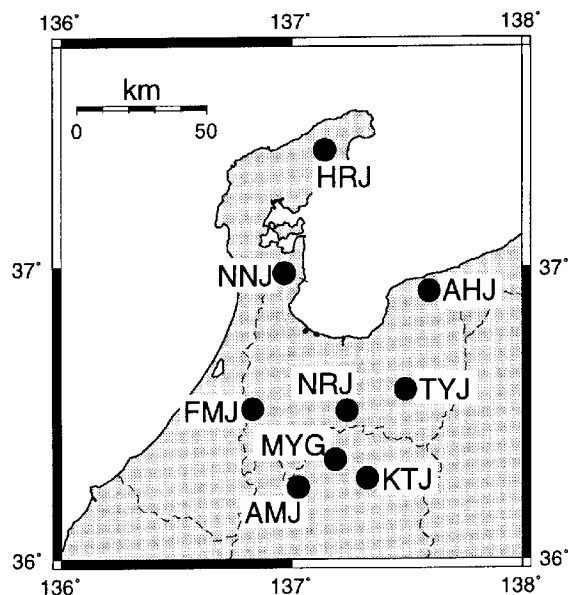


Fig. 2 (a) Seismic stations operated by Kamitakara observatory. Solid circles represent seismic stations. Nine (9) seismic stations are in operation in April 1999.

が運用されている。また、運用開始当初より、上記 3 観測点の上下動成分は防災研究所本所へ専用回線で伝送されていた。

鳥取、北陸の両観測所では、1975 年度から 1976 年度にかけて観測網のテレメータ化が行なわれ、FM 多重伝送方式を用いたテレメータシステムにより、衛星観測点の地震波形データがそれぞれの観測所に集約され、処理が行なわれていた (岸本ら, 1978)。システムは日立製作所製である。このうち、鳥取観測網の、三日月 (MZT), 大屋 (OYT), 泉 (IZT) の 3 観測点、北陸観測網の、美浜 (MHJ), 今庄 (IMJ), 浅井 (AZJ) の 3 観測点のそれぞれ上下動成分は、上記上宝観測網の 3 観測点のデータと同様、防災研究所本所へリアルタイムで伝送されていた。1999 年 4 月現在、鳥取観測網では 10 点、北陸観測網では 7 点の微小地震観測点を運用中である。

阿武山観測網では、沖電気工業製の FM 多重方式を採用したアナログテレメータシステム (黒磯・渡辺, 1977) が 1975 年に稼働を開始し、近畿中・北部地域に発生する微小地震の集中記録処理が行なわれるようになっていた。データ伝送には、有線方式 (NTT) の観測点と、無線伝送方式 (400MHz 帯) の観測点の両者が併用されていた。また、同観測網のデータ収録処理システムは 1990 年度に大きく変更され、光ディスクを用いたスーパーミニコンシステムにより、デジタル波形データの蓄積が行なわれる

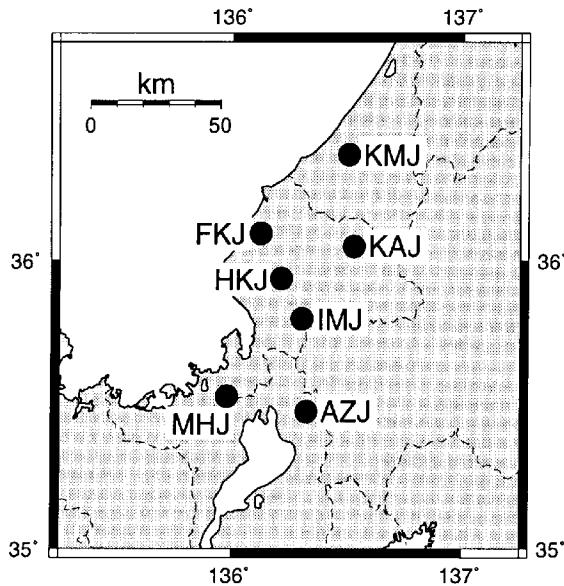


Fig. 2 (b) Seismic stations operated by Hokuriku observatory. Seven (7) stations are in operation in April 1999.

ようになった(飯尾ら, 1992)。阿武山観測網では、1999年4月現在、12点を運用中である。

徳島観測所では、1973年度に沖電気工業製のテレメータシステムが導入された。翌1974年度にかけて観測点が増設整備され、4点の微小地震観測点からなる観測網が運用されていた(許斐・近藤, 1991)。

Fig.2(a)~(e)に、1999年4月現在の各観測網で稼働中の微小地震観測点の分布を示す。また、Table 2(a)~(e)には、それぞれの観測点で稼働中のデータ取得装置の種類、その稼働開始時期、および観測点座標などを示す。

2.2 SWARMS

1979年から始められた第4次地震予知研究5ヶ年計画に基づき、地震波データの自動検測を主目的としてSWARMS (Seismic Wave Automatic Recording and Measuring System) [たとえば、佃(1986)など]が開発された。このシステムは、30観測点から送られてくる上下動30成分と水平動9成分の短周期地震波データの処理を行なう能力を有していた。特に、鳥取と北陸の両観測所からは12チャンネルづつの送信能力があり、鳥取10点、北陸7点のそれぞれ全観測点の上下動成分のほか、適宜水平動成分を含めた伝送を行っていた(竹内文明, 私信)。これらのデータには、上述の防災研究所の観測所からのデータの他、当時は京都大学理学部の施設であった阿武山観測所からのデータや、隣接する名古屋大

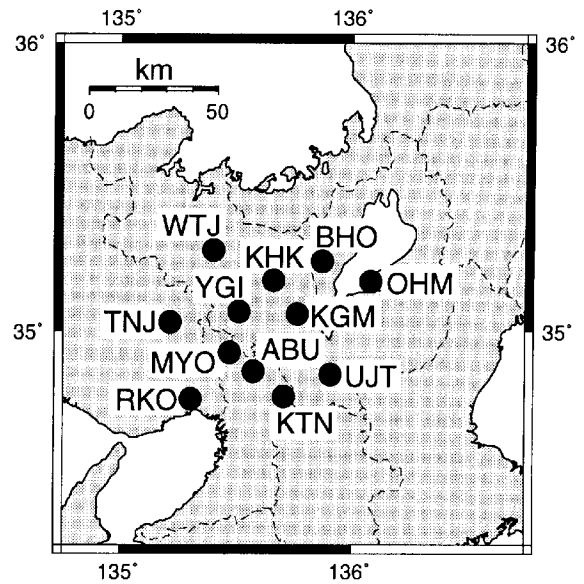


Fig. 2 (c) Seismic stations operated by Abuyama observatory. Twelve (12) stations are in operation in April 1999.

学や東京大学地震研究所などの他機関の地震観測網からのデータも含まれていた。

本システムの処理装置は、日立製スーパーミニコンで構成され、自動処理が主となるオンラインリアルタイム処理システムと、人間が介入する半自動のバッチ処理システムが稼働していた。

2.3 パソコンによるデジタル波形収録システム

各観測網のテレメータシステムが稼働を開始した当初は、各観測網での地震波形データの収録は、アナログ磁気テープレコーダにより行なわれていた。しかし、観測期間の長期化に伴い、データ収録磁気テープ(MT)の保管場所の確保が困難になってきたことやアナログデータレコーダの老朽化による稼働率の低下等の問題が発生してきた。たとえば、各観測所で保管されているMTは、平野(1993)によれば、1992年12月時点で、上宝観測所1269巻、北陸観測所407巻、鳥取観測所1537巻であった。このような状況のもとで、1980年代後半から、パソコンを利用した比較的安価なデジタル波形収録システムが精力的に開発された[たとえば、平野(1987, 1989), 平野ら(1993)]。これには、当時、デジタル信号処理を行なうための機器類(たとえば、パソコン、A/D変換ボード、光磁気ディスク(MO)メディアなど)が次第に高性能化し、かつ安価になってきたことも関係している。平野ら(1993)のシステムは、元来、地球中心核の研究(J-Array)のため

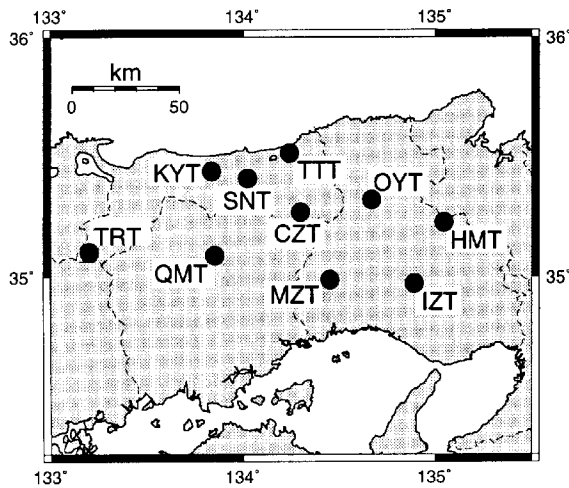


Fig. 2 (d) Seismic stations operated by Tottori observatory. Ten (10) stations are in operation in April 1999.

に開発された連続地震波形データ収録システム(平野, 1992)をベースにしている。これはパソコン2台を用いたもので、多成分(32チャンネルまで)の地震波形データをA/D変換しながら地震のトリガ判定を行なうものである。このシステムには、地震と判定されたものをMOに収録する機能のほか、画面上に監視のために地震波形をリアルタイムで描画する機能などが備わっていた。

このシステムは、北陸観測所で1992年12月に稼働を開始し、上宝観測所でも1993年に導入され、SATARNシステムの波形収録機能が順調に稼働するようになるまでの期間使用された。また、徳島観測所においても、1996年8月から、衛星通信テレメタリングシステムの導入により白山工業製データ変換装置LT8500が設置される1997年4月までの間、同様のシステムでデジタルデータを作成し、SATARNシステムに伝送していた。

2.4 インテリジェントテレメータシステム

地震波形データ総合解析装置が導入された1993年度当時、阿武山、北陸、鳥取の3観測所では、沖電気工業製のOKITECS4000型を中心とする微小地震波形テレメータシステムが導入整備されつつあった。OKITECS4000型は、NTT 3.4kHzまたは3.4kHz(S)タイプの伝送回線を使用するが、その間隙を使用して、通常の短周期微小地震データのみならず、地殻変動データのような低サンプリングデータや、中周期地震計等の別種地震計のトリガデータ等をも伝送できるような機能を備えたもので、インテリジェント化高精度地震観測データ伝送システム

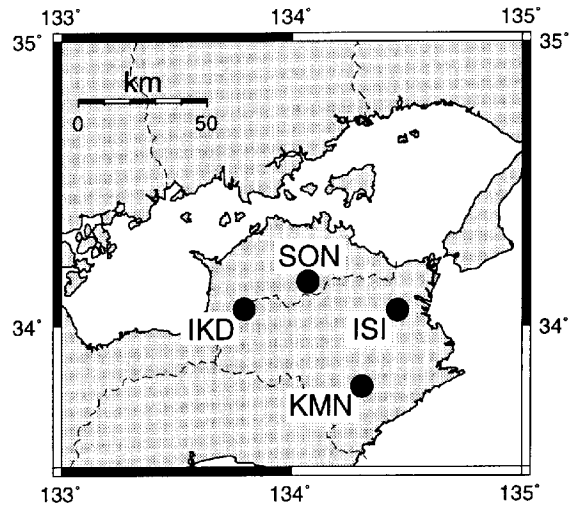


Fig. 2 (e) Seismic stations operated by Tokushima observatory. Four (4) stations are in operation in April 1999.

(通称インテリジェントテレメータシステム)と称されているものである[たとえば、沖電気工業株式会社(1995)]。Table 1に、OKITECS4000型の主な仕様を示す。OKITECS4000型は、阿武山観測網に1991年3月に導入されたのを皮切りに整備が進められ、1996年度中に北陸観測所本所と鳥取観測所本所を除くこれら3観測網の全観測点に導入が行なわれた。Table 2には、それぞれの観測網での同様の稼働開始時期を示す。

2.5 他機関とのデータ交換

各観測所の観測網が精度よく震源を決定できる範囲は観測網の広がりによって規定される。そのため、各地震観測所相互の間でデータを交換し、集約して処理を行なうことによって震源決定精度などが向上することが期待される。データ交換の考え方としては、オフラインで検測データを交換する方式からオンラインで地震波形データをリアルタイムに交換する方式まで様々である。

後者の考え方は京都大学防災研究所の微小地震観測網がテレメータ化された1970年代後半から実現の努力がなされ、たとえば、上宝観測網の3微小地震観測点の上下動成分が防災研究所本所に伝送されていた(上宝地殻変動観測所・地震予知計測部門, 1978)ほか、鳥取観測網の3点、北陸観測網の3点のそれぞれ上下動成分も同様に防災研究所本所に伝送されていた(岸本ら, 1978)。ただし、これらは当時の技術上の制約などから、一方向の交換にとどまっており、データの相互交換までには至らな

Table 1 Specification of the OKITECS4000, which is a seismic data telemetry system developed by Oki Electric Industry Co. Ltd. It is characterized by its flexibility to transmit not only short period seismic data, but also other geophysical data such as seismic wave data from middle period seismometer or crustal deformation data from tiltmeter. SP, MP, and LLP represent short period, middle period, and long period channel, respectively. (a) shows the specification of OKITECS4000 type LG3678-J05, while (b) shows that of type LG3678-D03, that has 16 bit dynamic range for short period seismic data.

| (a) Type | | LG3678-J05 | | | | |
|-------------------|------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|-------------------------------|
| Name of Component | Data Type | Number of Components | Sampling Frequency (Hz) | Dynamic Range (bits) | Gain (dB) | Output Analogue(A) Digital(D) |
| SP | continuous | 3 | 200 | 12 | 0~84 | A and D |
| MP10 | continuous | 3 | 10 | 12 | 6 | A and D |
| SPD | continuous | 3 | 200 | 12 | 0~84 | D |
| MPHD | triggered | 3 | 200 | 16 | 0~84 | D |
| MPLD | triggered | 3 | 200 | 16 | 6 | D |
| LLP | continuous | 20 | 0.2 | 16 | 6 | A and D |

| (b) Type | | LG3678-D03 | | | | |
|-------------------|------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|-------------------------------|
| Name of Component | Data Type | Number of Components | Sampling Frequency (Hz) | Dynamic Range (bits) | Gain (dB) | Output Analogue(A) Digital(D) |
| SP | continuous | 3 | 200 | 16 | 0~84 | A and D |
| MP | continuous | 3 | 10 | 15 | 6 | A and D |
| LLP | continuous | 10 | 0.2 | 15 | 6 | A and D |

かった。

また、同じ考え方に基づく他機関とのデータ交換も、1979年から始まった第4次地震予知研究計画の一環として、いわゆる「隣接データ交換網」という考え方で実現がはかられてきた。阿武山観測所（当時京都大学理学部）には、このためのデータ交換制御システムが設置され、防災研究所、東京大学地震研究所和歌山微小地震観測所、名古屋大学理学部などとの間でそれぞれ9チャンネルの微小地震波形データの相互交換が行なわれていた（黒磯ら、1982）。また、徳島観測所と、東京大学の和歌山、広島両地震観測所、さらに高知大学理学部などを結んで同様のシステムが運用されていた（許斐・近藤、1991）。

2.6 衛星通信テレメタリングシステム

SATARN システムの構築が進捗しつつあった1996年から1997年にかけて、衛星通信を用いた地震観測テレメタリングシステムが全国一斉に導入された。衛星通信テレメタリンググループ(1996)によれば、これは静止軌道の商用通信衛星(JC-SAT3号)の中継器(トランスポンダ)を帯域使用するシ

ステムであり、常時伝送の形態を採用している。地球局は約200局の「送信局」(観測点または観測拠点)、正副2局の「中継局」(東大地震研構内と群馬県高崎市郊外に設置)、約25局の「送受信局」(全国の大学の観測センターまたは観測所)から構成されている。

SATARN 関連の観測所においては、上宝、北陸、阿武山、鳥取、徳島の各観測所および、京都府宇治市の地震予知研究センターに送受信局が設置された。上宝、徳島の観測網においては、衛星通信テレメタリングシステムの開発に伴い白山工業株式会社によって製作されたデータ変換装置 LT8500 型を VSAT (Very Small Aperture Terminal) とともに観測点に設置し、直接通信衛星にデータを送信する形態を採用した。これに対し、北陸、阿武山、鳥取の各観測網においては、前述のインテリジェントテレメタシステムが稼働中であり、かつ、これを用いた中周期地震計による観測などがなされていたため、観測点に VSAT を設置する方法は見送られた。これらの観測網では、従来の地上回線を用いたシステムでいったん観測所にデータを集約し、そこから

Table 2 (a) Location of the seismic stations operated in SATARN system in April 1999 together with their seismic data loggers. Columns 1 and 2 represent station names and their abbreviations. In column 3, DM, DM(G), OKI, and OKI(16) represent the Hakusan Corp.'s Datamark LT8500 data logger with VSAT system, that without VSAT system, Oki Electric Industry Co. Ltd.'s OKITECS4000 systems, and OKITECS4000 with 16 bit dynamic range (type LG3678-D03), respectively. Column 4 shows the installed date of the instruments shown in column 3. Columns 5,6, and 7 represent the location of the seismometers. Table 2(a) shows the station information of Kamitakara network. At MYG, AMJ, HRJ, NNJ, AHJ, and FMJ stations, preliminary operation with L22D (2 Hz) seismometer started on Apr. 17, May 6, May 9, May 10, May 13, and May 16, 1997, respectively. For these stations, column 4 represent the date when 1 Hz seismometer installed.

(a) Kamitakara

| Station Name | Code | System | Installed Date | Lat.(N) | Lon.(E) | Hgt.(m) |
|--------------|------|--------|----------------|---------|----------|---------|
| Kamitakara | KTJ | DM(G) | Jun. 08, 1998 | 36.2800 | 137.3269 | 760 |
| Amou | AMJ | DM | Aug. 25, 1997 | 36.2491 | 137.0283 | 620 |
| Nirehara | NRJ | DM | Jul. 31, 1997 | 36.5130 | 137.2382 | 220 |
| Fukumitsu | FMJ | DM | Aug. 27, 1997 | 36.5178 | 136.8297 | 290 |
| Nanao | NNJ | DM | Aug. 26, 1997 | 36.9820 | 136.9671 | 340 |
| Asahi | AHJ | DM | Aug. 27, 1997 | 36.9203 | 137.5957 | 230 |
| Horyu | HRJ | DM | Aug. 26, 1997 | 37.3980 | 137.1410 | 210 |
| Tateyama | TYJ | DM | Aug. 06, 1997 | 36.5858 | 137.4922 | 785 |
| Miyagawa | MYG | DM | Aug. 25, 1997 | 36.3441 | 137.1890 | 460 |

Table 2 (b) Location of the seismic stations operated in SATARN system (continued). Table 2(b) shows the station information of Hokuriku network.

(b) Hokuriku

| Station Name | Code | System | Installed Date | Lat.(N) | Lon.(E) | Hgt.(m) |
|--------------|------|--------|----------------|---------|----------|---------|
| Komatsu | KMJ | OKI | Apr. 20, 1993 | 36.3645 | 136.5057 | 70 |
| Fukui | FKJ | OKI | Apr. 22, 1996 | 36.0941 | 136.1233 | 90 |
| Katsuyama | KAJ | OKI | Apr. 19, 1996 | 36.0486 | 136.5281 | 300 |
| Imajo | IMJ | OKI | Apr. 18, 1996 | 35.7982 | 136.3028 | 240 |
| Azai | AZJ | OKI | Apr. 22, 1993 | 35.4772 | 136.3239 | 370 |
| Mihama | MHJ | OKI | Apr. 20, 1993 | 35.5306 | 135.9789 | 260 |
| Hokuriku | HKJ | DM(G) | Apr. 01, 1999 | 35.9375 | 136.2125 | 20 |

通信衛星にデータを送信する方式を採った。Table 2には、LT8500設置点の情報も同時に記してある。

衛星通信テレメタリングシステムの特徴として、衛星により集配信されるデータは、受信局の設置してある機関では容易に利用可能であることがあげられる。たとえば、可搬型のVSATとデータ変換装置を用いることにより、迅速に臨時地震観測点を設置することができ、かつ、このデータを複数機関で同時に受信することができる。これは大きな地震の余震活動や群発地震の観測研究に威力を発揮する。このような利用例として、1997年9月に鳥取県西部地域で発生した群発地震の臨時観測（澁谷ら,1998）

や、1998年8月に上高地付近で発生した活発な群発地震の臨時観測（和田ら, 1998）などがあげられる。

2.7 地震防災対策特別措置法によるデータ一元化

1995年1月17日の兵庫県南部地震の発生後に成立した地震防災対策特別措置法（平成7年施行）に基づき、各大学では、地震波形データをリアルタイムで気象庁へ集約させることとなった。京都大学防災研究所では、大阪管区気象台管内の国立大学が維持管理する微小地震観測網（京都大学防災研究所、東京大学地震研究所、および高知大学理学部の観測網）で生産されるデータを大阪管区気象台に分岐す

Table 2 (c) Location of the seismic stations operated in SATARN system in April 1999 (continued). Table 2(c) shows the station information of Abuyama network. At TNJ, YGI, WTJ, KGM, and OHM stations, firmware was upgraded to realize the 'intelligent functions' of the system on Jul. 6, Jul. 7, Jul. 14, Jul. 19, and Jul. 4, 1992, respectively. For these stations, column 4 represent the date when the preliminary version of the system installed.

(c) Abuyama

| Station Name | Code | System | Installed Date | Lat.(N) | Lon.(E) | Hgt.(m) |
|---------------|------|---------|----------------|---------|----------|---------|
| Abuyama | ABU | OKI | Mar. 20, 1995 | 34.8600 | 135.5735 | 138 |
| Myoken-san | MYO | OKI | Mar. 22, 1995 | 34.9254 | 135.4705 | 640 |
| Tannan | TNJ | OKI | Apr. 11, 1991 | 35.0314 | 135.2136 | 310 |
| Yagi | YGI | OKI | Apr. 06, 1991 | 35.0681 | 135.5119 | 180 |
| Wachi | WTJ | OKI | Apr. 09, 1991 | 35.2824 | 135.4014 | 172 |
| Keihoku | KHK | OKI | Mar. 25, 1995 | 35.1774 | 135.6623 | 260 |
| Kamigamo | KGM | OKI | Apr. 08, 1991 | 35.0593 | 135.7658 | 180 |
| Bohmura | BHO | OKI(16) | Mar. 30, 1995 | 35.2447 | 135.8728 | 380 |
| Ohmi-hachiman | OHM | OKI | Apr. 10, 1991 | 35.1738 | 136.0835 | 120 |
| Ujitawara | UJT | OKI | Jul. 01, 1992 | 34.8489 | 135.9076 | 290 |
| Katano | KTN | OKI(16) | Mar. 23, 1995 | 34.7716 | 135.7053 | 250 |
| Rokko | RKO | OKI(16) | Mar. 31, 1995 | 34.7639 | 135.3018 | 540 |

Table 2 (d) Location of the seismic stations operated in SATARN system (continued). Table 2(d) shows the station information of Tottori network.

(d)Tottori

| Station Name | Code | System | Installed Date | Lat.(N) | Lon.(E) | Hgt.(m) |
|--------------|------|---------|----------------|---------|----------|---------|
| Kurayoshi | KYT | OKI | May 10, 1996 | 35.4392 | 133.8338 | 100 |
| Shikano | SNT | OKI | May 13, 1996 | 35.4105 | 134.0203 | 200 |
| Chizu | CZT | OKI(16) | Apr. 06, 1995 | 35.2695 | 134.2936 | 300 |
| Ohya | OYT | OKI | Apr. 24, 1992 | 35.3218 | 134.6658 | 230 |
| Hikami | HMT | OKI | May 16, 1996 | 35.2265 | 135.0435 | 250 |
| Mikazuki | MZT | OKI | Apr. 27, 1993 | 34.9869 | 134.4472 | 150 |
| Izumi | IZT | OKI | Apr. 07, 1995 | 34.9722 | 134.8876 | 230 |
| Tari | TRT | OKI | Apr. 24, 1992 | 35.1022 | 133.2016 | 480 |
| Kume | QMT | OKI | Apr. 24, 1992 | 35.0885 | 133.8491 | 330 |
| Tottori | TTT | DM(G) | Apr. 14, 1999 | 35.5147 | 134.2378 | 10 |

る義務を負った。

この時期には、衛星通信テレメタリングシステムの導入で他機関データの集約が比較的容易に実現できるようになっていたこともあり、気象庁への集約システム（いわゆる一元化システム）も、衛星通信テレメタリングシステムで採用されていたWINシステムを応用して構築が行なわれた。「一元化システム」は種々の実験後、1997年10月から正式運用が開始されている。このシステムを利用して、1999年4月現在、大阪管区気象台管内の気象庁の地震観

測点のデータや、個別の共同研究協定に基づく通産省工業技術院地質調査所の地震観測点のデータ、海洋科学技術センターの海底地震計データ等が京都大学防災研究所へ伝送されてきている。

3. 地震波形データ総合解析装置

本章では、SATARNシステムの原型となった、地震波形データ総合解析装置について述べる。前章で述べたように、本装置が導入整備された1993年か

Table 2 (e) Location of the seismic stations operated in SATARN system (continued). Table 2(e) shows the station information of Tokushima network.

| (e) Tokushima | | | | | | |
|---------------|------|--------|----------------|---------|----------|---------|
| Station Name | Code | System | Installed Date | Lat.(N) | Lon.(E) | Hgt.(m) |
| Ishii | ISI | DM(G) | Feb. 24, 1997 | 34.0573 | 134.4581 | 27 |
| Shionoe | SON | DM | Jun. 11, 1997 | 34.1569 | 134.0703 | 286 |
| Ikeda | IKD | DM | Jun. 26, 1997 | 34.0597 | 133.7928 | 340 |
| Kaminaka | KMN | DM | Jul. 08, 1997 | 33.7865 | 134.3058 | 280 |

ら 1994 年にかけての時期、各観測網の微小地震観測システムは、その歴史的経緯などからすべて同一というわけではなかった。異なる仕様の観測機器から出力されるデータを共通のフォーマットのデジタルデータに変換するには、アナログ出力データを A/D 変換するのが最も簡単である。この観点から、本装置では、A/D 変換システムとして、システムデザインサービス社製 DASBOX システム、同機のコントローラとして富士通製ワークステーション A-60 型、データ処理用に同 S-4/LX 型（サン・マイクロシステムズ社 OEM 製品）を導入し、これにより 200Hz サンプリングの統一仕様のデジタルデータ出力が得られるようにした。本システムが導入されたのは、上宝、北陸、阿武山、鳥取の 4 観測網である。このシステムでは、各観測所とセンターの間は NTT の HSD64K デジタル回線で接続し、以下のような機能を実現する予定であった。

1. 各観測所において、地震判定から地震波形ファイル作成、震源決定などまでの一連の作業を行なう。
2. これらの 4 観測網をひとつの広域観測網と見て、センターでも地震判定から地震波形ファイル作成、震源決定等の一連の作業を行なう。また、その情報を観測所に還元し、波形ファイル作成の補助とする。

第 1 項は、これまでに行なわれてきた各観測所での観測業務の継続性を保つためのものである。観測所では、A/D 変換された地震波形ファイルを WIN フォーマットに変換し、win を用いた震源決定などのデータ処理作業そのほかの業務が行なわれた。

第 2 項がこのシステムの特徴で、これは各観測所間の有機的連携をはかり、特に広域地震観測網としての機能を実現するという観点から考案されたものである。これを実現するために、センターにデジタル波形データの集約を行なうための機能が考えられていた。本来は、観測所で A/D 変換を行なったデー

タをすべてセンターに伝送することが望ましいが、伝送回線容量の問題からそれは困難であった。そのため、いくつかの選択されたチャンネルのデータを 100Hz サンプリングにリサンプルして伝送する形態が採られた。センターに伝送されたデータは、4 観測網をひとつの広域観測網として地震判定等の作業をおこない、必要に応じてそのトリガ情報を各観測所にフィードバックして各観測所での地震波形ファイル作成の補助に資する計画であった。センターに蓄積される地震波形ファイルは、本来の 200Hz サンプリングではないが、このトリガ指令機能により各観測所に作成される波形ファイルを後日統合することで、4 観測網を統合したデータファイルが作成されるという考え方である。

また、センターへの波形伝送機能は、2.5 節で述べた隣接観測網のデータ交換機能を継続するためにも用いられる予定であったため、伝送遅延時間が小さくなるように、富士通製の独自プロトコルが採用されていた。当初の予定では、データ交換に供するチャンネルの地震波形データは、センターに伝送後 D/A 変換を行なって再度アナログデータに変換し、これに一定の遅延時間を付した上で隣接他機関へデータを提供することになっていた。しかし、センター側での D/A 変換器の調整がうまくいかず、定常運用の状態には至らなかった。

これらの 2 項目とも、当時としては先進的な考え方であった。しかしながら、その時期に、すでに WIN システムがデジタル波形データと TCP/IP ネットワークを利用して同様の機能を実現するものとして完成の域に達しつつあったことと、1995 年 1 月 17 日の兵庫県南部地震発生に伴って行なわれた合同余震観測 (Hirata et. al, 1996) の際に、WIN システムを利用して臨時観測網とそのデータ処理システムが構築されたことなどにより、地震波形データ総合解析装置で考案されたデータ伝送、データ統合化システムは実用に供されないままに WIN システ

Table 3 History of SATARN system installation to each observatory. Even after installation of SATARN system, the 'Seismic Wave Analyzing System' were still in operation for a while.

| Observatory | Installed Date |
|-------------|----------------|
| Kamitakara | Jun. 1995 |
| Hokuriku | Jun. 1995 |
| Abuyama | Jan. 1997 |
| Tottori | Jun. 1995 |
| Tokushima | May 1996 |

ムに置き換えられていくことになった。

ただし、地震波形データ総合解析装置で生産された WIN フォーマット波形データを利用して震源決定などの観測業務を行なう方式は、SATARN システムの導入後も各観測所で並行して続けられ、1997 年 6 月に阿武山観測網が SATARN システムへ完全移行するまで続けられた。

ちなみに、阿武山観測所で地震波形データ総合解析装置が正式に稼働を開始したのは、1995 年 1 月 17 日である。兵庫県南部地震の本震の強震動により、従来稼働中であった沖電気工業製ミニコンシステムがクラッシュし、データ処理機能が麻痺する状態に陥った。そのために、当時はまだ実験運用中であった地震波形データ総合解析装置が急遽バックアップシステムとしてデータ処理に当たることになった。その後、兵庫県南部地震の余震活動の推移を同一システムで観測・処理する必要性が指摘され、同観測網の SATARN システムへの移行が最も遅れることとなった。

なお、この際に開設されたセンターと各観測所間の HSD64K 回線は、多重化装置により、リアルタイム波形伝送のための専用プロトコル部分と、TCP/IP プロトコル部分に分割されていた。この TCP/IP 部分を利用して各観測所のいわゆる「インターネット接続」を実現し、遠隔の観測所での電子メール等のサービスの提供が始まった。

4. SATARN システム

前述のように、京都大学防災研究所附属地震予知研究センターの維持する微小地震観測網のうち、隣接部分を有する、上宝、北陸、阿武山、鳥取、徳島の各観測所管轄の観測網を統合したシステムを SATARN システムと称している。

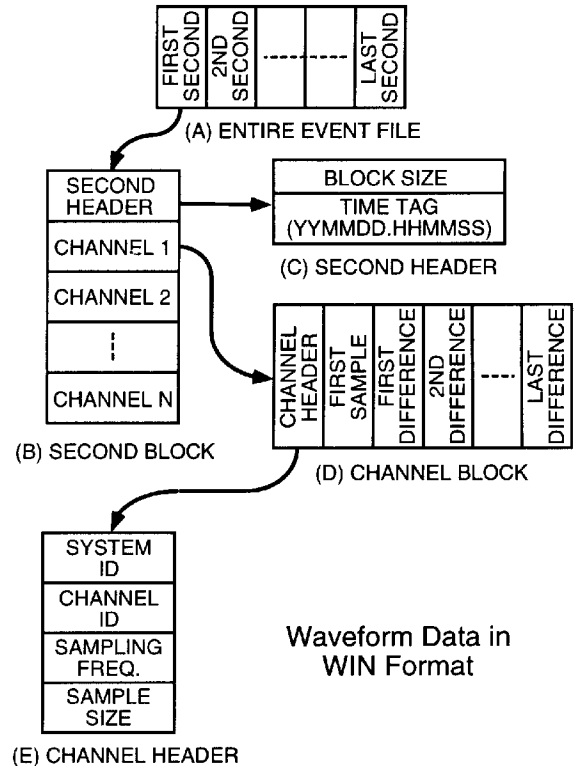


Fig. 3 Description of WIN format seismic data file. The 'second block' (B) is the basic component of the WIN format waveform data.

Table 3 には、SATARN システムの各観測所への導入時期を示している。SATARN システムは当初は上宝、北陸、阿武山、鳥取の 4 観測網により運用が始まったものである。その後、1996 年度にセンターと徳島観測所間に NTT HSD64K 回線が開設され、徳島観測網も SATARN システムに加わることになった。

Fig.1 に SATARN システムで運用している微小地震観測点の分布の全容を示してあるが、Fig.2 に各観測網で運用している観測点の分布を観測点コードと共に示す。また、Table 2 には、1999 年 4 月現在の各観測点でのデータ取得装置の種類やその稼働開始時期などを示している。

4.1 WIN システムの概要

SATARN システムは、WIN システムをベースに構築されている。そこで最初に WIN システムの概要を紹介する。WIN システムとは、前述のように、TCP/IP ネットワーク上での地震波形データ交換、データ保存、地震検出、震源決定等までを行う総合的なシステムをいう。

まず、Fig.3 に WIN システム上で使用されるデータのフォーマット (WIN フォーマット) の基本型を示

す。データフォーマットは、ディスク上に保管される場合や、TCP/IP ネットワーク上で伝送される場合等により多少の差はあるが、基本的には Fig.3の (B) に示すような「秒ブロック」が基本要素となっている。この秒ブロックは、各チャンネルのある特定の1秒分のデータを順次差分を取りながら直列に並べてチャンネルヘッダを付し (Fig.3(D) の「チャンネルブロック」), これを全チャンネル分まとめてタイムタグ等からなる秒ヘッダを付したものである。このフォーマットでは、異なるサンプリング周波数のデータを同時に扱うことが可能で、数 Hz 程度の低サンプリングデータから、10kHz 以上の高サンプリング周波数データまでを同一の秒ブロックに混在させることができる。

次に、Fig.4 に、鷹野 (1997) によって紹介された、ネットワークデータフローモデルによる WIN システムの構成要素を示す。WIN システムは、UNIX オペレーティングシステムの上で開発されたこれらのプログラムモジュールを組み合わせる必要機能を実現するようになっている。これらのモジュールは、同じマシン上の各プロセス間のデータ授受のためには共有メモリを使用し、TCP/IP ネットワーク上の異なるマシンの間でデータの授受のためには、UDP メッセージ転送を使用している。むしろ、UDP メッセージ転送は、同一マシン上でも可能である。

たとえば、Fig.4 の recvt と記されたプロセスは、ネットワーク上の他のマシンから UDP メッセージ転送により送信されてきた地震波形データを UDP ポート番号 1¹ を用いて受信し、これを識別番号 10 の共有メモリ領域へ出力する。send と記されたプロセスは、反対に識別番号 10 の共有メモリ領域に蓄えられている地震波形データを読み出し、IP アドレスと UDP ポート番号で指定される、ネットワーク上の特定のマシンへデータを送出する。order と記されたプロセスは、識別番号 10 の共有メモリ領域のデータを読み出し、データを時刻順にソートした後、識別番号 11 の共有メモリ領域へ出力する。wdisk というプロセスは、識別番号 10 の共有メモリ領域のデータを読み出し、ディスクファイルを作成する。

これらのモジュールを使用して構成した、地震観測所の基本的なシステム構成を、Fig.5 に示す。既存の微小地震テレメータシステムから出力された地震波形データを、WIN フォーマットに変換し、TCP/IP ネットワーク上に載せることで、以後のデータ処理

¹ UNIX システムでは実際には UDP ポート 1 番は一般ユーザは利用できない

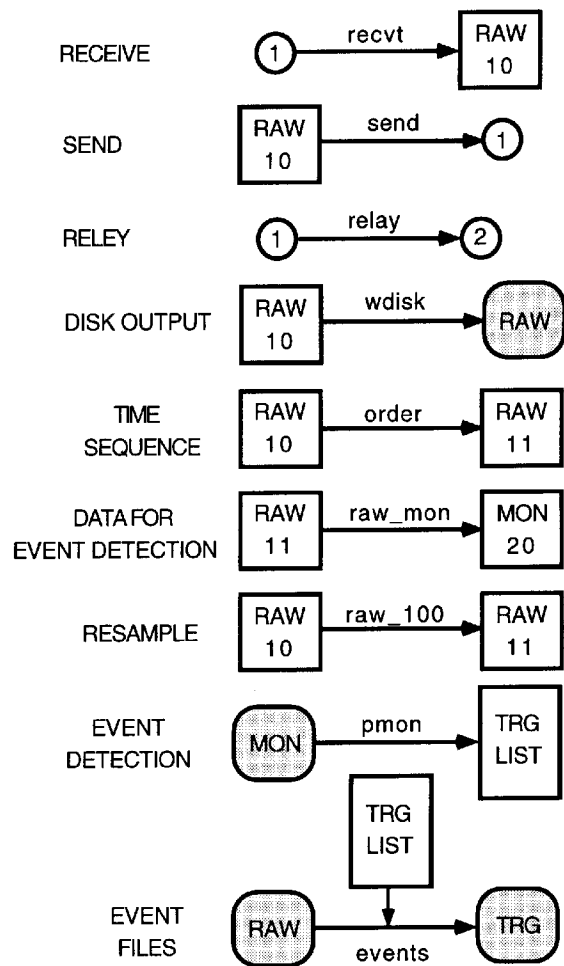


Fig. 4 WIN system program components described by NDF (Network Data Flow) model by Takano (1997). Shared memory is used as data transfer tool for inter-process data transfer, while UDP message transfer method is used as inter-network data transfer tool. Open circles and squares with numerals denote UDP port and shared memory, while shaded squares represent disk files.

が WIN システムにより可能になることを示している。データ収集装置 (Data Logging System) から出力された WIN フォーマットデータは、recvt プロセスにより受信され、(必要ならば) order プロセスにより時刻タグによるソートが行なわれる。このデータは wdisk プロセスにより連続波形データ (RAW) としてディスクファイルに落とされる一方、raw_mon プロセスに渡され地震発生のトリガ判定のためのデータが作成される。raw_mon プロセスによって作成されたデータも別の wdisk プロセスでディスクファイルとして保存される (MON)。このデータを使用して pmon プロセスがトリガ判定を行ない、トリガリスト (TRG LST) を作成する。

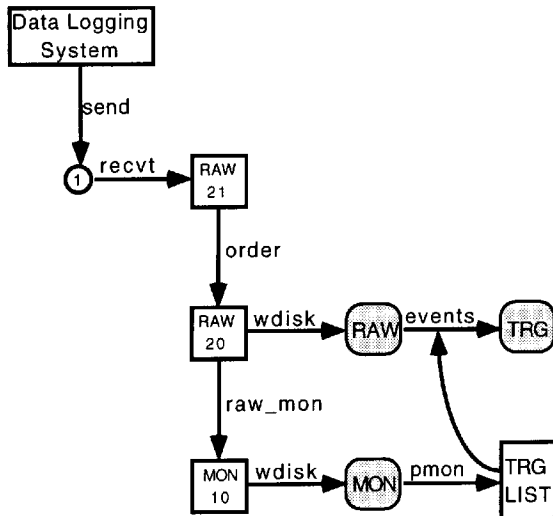


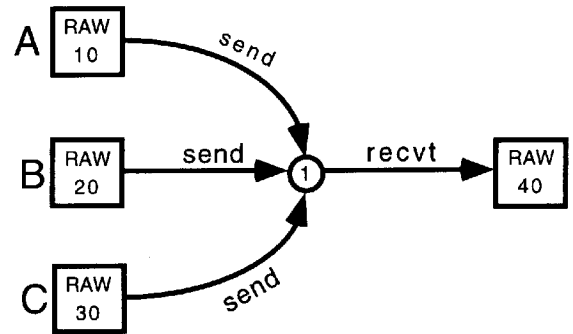
Fig. 5 Basic configuration of an observatory using the WIN system. Once the seismic data from conventional seismic wave telemetry system are converted to WIN data format by 'Data Logging System', subsequent data processing can be conducted using the WIN system.

events というプロセスは、常にトリガリストを監視しており、新たなイベントが発生すると、連続波形データ (RAW) から所定の時間帯の必要な観測点の地震波形を切出し、ディスク上の地震波形ファイル (TRG) を作成する。Fig.5 には示していないが、作成された地震波形ファイルは、自動検出処理に回される。

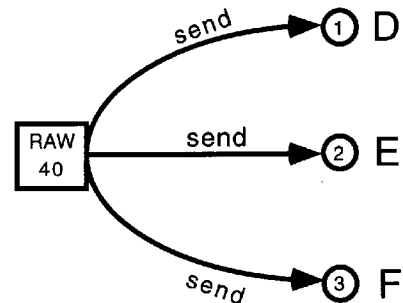
次に、WIN システムを使用したデータ交換の概要を、Fig.6 に示す。Fig.6 上段の図は、複数のデータ生産拠点からのデータを受信する状況を示す。ネットワーク上の複数の場所で生産された地震波形データは、それぞれのマシン上で send プロセスにより送出される。送出先は、IP アドレスと UDP ポート番号で指定される。受信側システムでは recvt プロセスがこれらのデータを受信する。いったん受信された後のデータの処理は、前述の観測所のそれと同一である。一方、Fig.6 下段の図は、複数の場所へデータを配信する状況を示す。同一の共有メモリ領域から、複数の send プロセスがデータを読み出し、それぞれ異なる配送先へデータを伝送する。これらを組み合わせることで、データの相互交換が可能になる。

4.2 SATARN システムでのデータ処理の流れ

WIN システムを利用して構成した、センターのデータの流れの概略を Fig.7 に示す。SATARN



(a) Data Receiving from Other Source



(b) Data Distribution to Other Targets

Fig. 6 Data exchange using WIN tools. (a) shows the data receiving scheme from other data sources, while (b) shows the data distribution scheme to several targets such as other observatories and/or organizations.

システムのセンターにおけるデータ処理システムを SATARN-UJI と総称している。この節では、SATARN-UJI におけるデータ処理の詳細を記述する。SATARN-UJI では、以下のような処理が行なわれている。

- 衛星通信システムで伝送される SATARN 各観測網 (上室, 北陸, 鳥取, 徳島) からのデータの受信。
- センター設置の阿武山観測網テレメータシステム受量装置からのデータ受信。
- SATARN で必要とする他大学 (東大地震研, 名古屋大学, 高知大学など) の観測点データの受信。
- 大阪管区気象台の一元化システムへのデータ送信。
- 大阪管区気象台からの同管区内気象庁観測点データの受信。
- 阿武山観測網データの衛星システムへの配信。

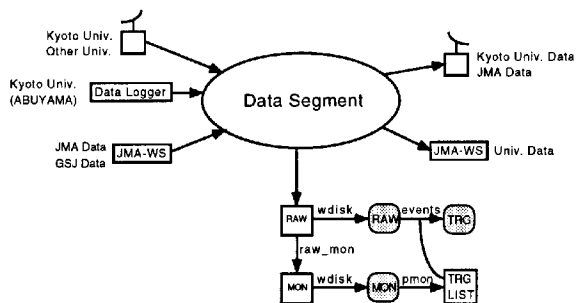


Fig. 7 Data flow in SATARN-UJI center. Seismic wave data from various organization are on 'Data Segment' with each UDP port number on them, that identify data source organization such as Kyoto Univ. or JMA.

- 気象庁データの衛星システムへの配信。
- SATARN システムで必要な京大観測網データのうち、衛星回線の使用が困難なデータの地上線による集配信。
- SATARN 観測網としての統合データ処理。

4.3 SATARN-UJI でのデータ処理の詳細

(1) 衛星通信テレメータデータ集配信システム

衛星通信テレメータシステムを使用して行なわれる地震波形データの集配信状況を、Fig.8 に示す。データは取得後に Fig.7 の 'Data Segment' で示される部分に、京都大学、他大学等、データソースごとに異なった UDP ポート番号を付してブロードキャスト送信される。(local:BC と書いてある送信部分)。これにより、データセグメントに接続された受信システムでは、Fig.4 の relay プロセスを用いることで各機関ごとのデータを独立して取り込むことができる。つまり UDP ポート番号が機関識別タグの役割を果たしている。また、データセグメントを流れているデータの中から、衛星システムで他機関へ配信すべきデータを選別し、送信を行なっている [Kyoto Univ. Data (Ground) と JMA Data と記された部分]。同時に、ある程度の量のデータは、システム上に連続データとして保存している。この作業は、Sun Microsystems 社の Sun Ultra 1 ワークステーションが主に担当している。

(2) 気象庁インターフェース (受信)

Fig.9 に気象庁一元化システムとのインターフェースのうち、データ受信部分を示す。気象庁大阪管区気象台との間は NTT HSD512K 専用回線で結ばれている。大阪管区気象台にも、WIN フォーマットでのデータ送受信が可能なシステムが設置されており、このシステムから気象庁などのデータが送信さ

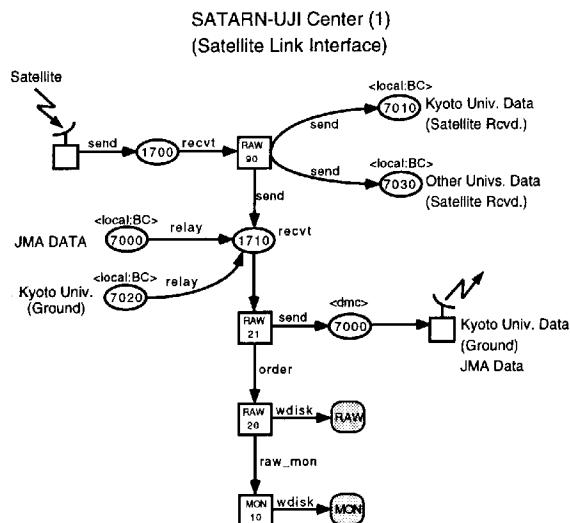


Fig. 8 Data flow of satellite link interface in SATARN-UJI center. Data received from satellite system are transmitted to the data segment, while data to be distributed to other organization are broadcasted to the satellite system.

SATARN-UJI Center (2) (JMA interface (receive))

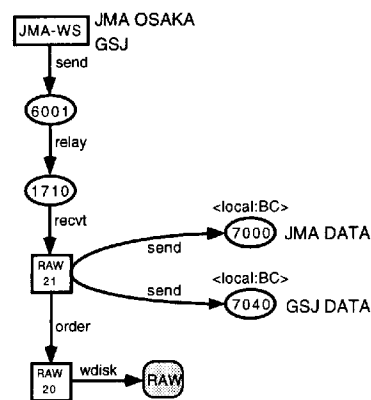


Fig. 9 Data flow of JMA interface (data receiving) in SATARN-UJI center. Received data are transmitted to the data segment. NTT HSD512K phone line is used for data exchanging between D.P.R.I. and JMA Osaka District Meteorological Observatory.

れてくる。データは受信処理の後、気象庁、地質調査所等、機関ごとの UDP ポート番号を割り当ててデータセグメントにブロードキャスト送信される。

(3) 気象庁インターフェース (送信)

Fig.10 に気象庁一元化システムとのインターフェースのうち、データ送信部分を示す。大阪管区気象台管内の国立大学の定常微小地震観測網のデー

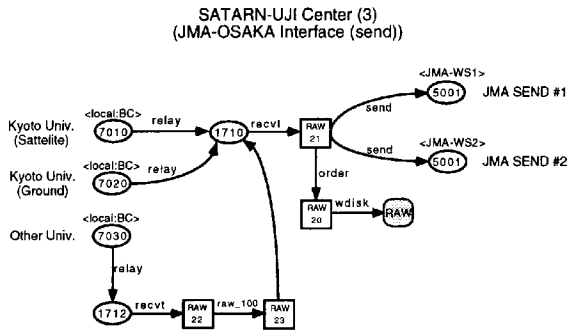


Fig. 10 Data flow of JMA interface (data transmitting) in SATARN-UJI center. Data are read from the data segment using 'relay' process and then sent to JMA system.

タとして、京都大学の観測網のデータの他、東京大学地震研究所の和歌山、広島の高知大学理学部のデータも送信されている。また、気象庁の受信システムは、サンプリング周波数 100Hz または 200Hz のデータのみ受量可能であるため、他大学データのうち、サンプリング周波数がこれと異なるものはサンプリングを行なうことで 100Hz に変換の後、送出している。なお、気象庁のシステムはデュアルシステムとなっており、全送出チャンネルを 2 セットに分割し、それぞれの受量システムへ向けて送信を行なっている。気象庁とのデータ送受信は、それぞれ、Sun Microsystems 社の Sun SPARC Station 20 型ワークステーションが担当している。

(4) センターデータ処理

Fig.11 に、上記以外のセンターにおけるデータ処理システムの構成図を示す。データセグメントから、実際に処理を行なうデータを取得し、データ蓄積等の作業を行なう。現在は、京都大学のデータの他、他大学、大阪管区气象台、地質調査所の一部データなどが統一的に処理されている。また、この図には、阿武山観測網からのデータ受量とデータセグメントへの送信、衛星通信テレメータシステムで送受信することができないデータの地上線による送受信などが記載されている。この部分は、Sun Microsystems 社の Sun SPARC Server 1000E 型が担当している。

4.4 観測所でのデータ処理

観測所でのデータ処理の方式も、基本的な部分はセンターでのそれと相違はなく、センターのシステムのサブセットと考えることができる。Fig.12 に観測所でのデータ処理の例を示す。これは、上宝、北

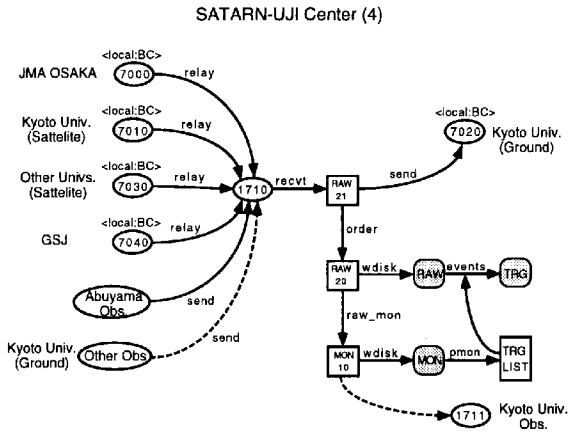


Fig. 11 Outline of data processing system in SATARN-UJI center. Data processing such as hypocenter determination and data archiving are carried out here.

陸、鳥取などの従来から運用中の微小地震テレメータシステムを運用している観測所の例である。図中、Conventional Data Logging System と記されている部分で、従来から運用中の微小地震テレメータシステムの出力データを WIN フォーマットに変換する作業をおこなっている。

上宝観測所では、衛星通信テレメータシステムの導入で大部分の観測点が現地に VSAT を設置する方式になったが、数点の独自観測点が衛星システムを使用せずに運用されている。これらのデータは、地震波形データ総合解析装置で A/D 変換されたのち、WIN フォーマットに変換され、SATARN システムで処理されている。また、北陸、鳥取、および阿武山観測網では沖電気工業製インテリジェントテレメータシステムが運用されており、このデータを WIN フォーマットに変換する必要がある。これも当初は地震波形データ総合解析装置で A/D 変換して得られたデータを WIN フォーマットに変換することにより利用していたが、大見・中川(1999)により、新システムが開発され、Table 1 に記述されている SP 成分のデジタル出力データ (bit parallel 形式) を利用できるようになった。

観測所では、自観測網で取得されたデータを取り込む他、必要な他観測網のデータを取得して併合処理を行なう。他観測網のデータは、衛星回線または必要に応じて地上回線を用いて取得する。また、自観測網で取得されたデータは、他機関のために衛星通信システムを利用して送信を行なう。これらの処理は、Sun Microsystems 社の Sun SPARC Station 20 と Sun Ultra 1 で分担して行なわれている。

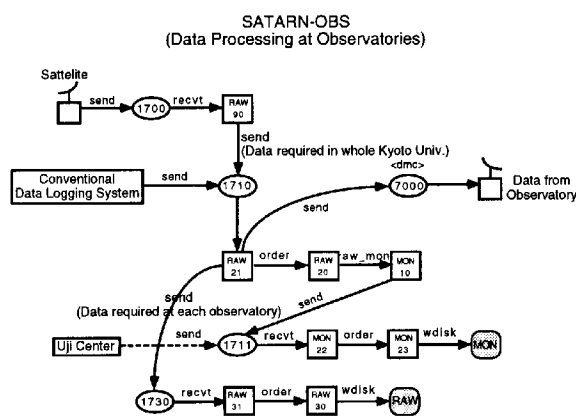


Fig. 12 Data flow in observatories.

5. SATARN システムの今後の課題

本小論では、SATARN システムでの地震波形データの生産とその流れを中心に記述を行なった。蓄積された地震波形データは、WIN システムの機能を用いて地震検出、地震波形ファイル作成、自動震源計算などの処理が行なわれているが、これらの詳細は別稿に譲る。

このように、地震波形データについては、センターに自動的に統合集約、蓄積ができる環境になり、WIN の自動処理機能を利用して自動震源決定等の処理がなされるようになった。これらのデータから検出ファイルなどの最終結果を作成するためには、人間によるチェックが不可欠であるが、現状では、種々の理由から検出作業などのデータチェック作業は主に各観測所ごとに独立して行なわれる状況が続いている。

しかしながら、統合地震波形データや統合検出データベースなどの利用要求が今後増加することは避けられないため、各観測所に分散しているマンパワーを有機的に統合してデータベースの整備を行う必要性が高まってきている。このような状況を考慮し、SATARN システムで取得されたデータの統合検出データベースを、センターにおいて自動的に構築する実験を開始している (大見, 1997)。

また、衛星通信テレメタリングシステムや気象庁一元化システムの導入により、他機関データを比較的容易に自観測網データに加えて処理できるようになったことから、各観測所で取得・処理する地震波形トレース数 (観測点×成分数) が増加する傾向にある。このため、各観測所の業務作業効率の向上のために自動検出処理の精度向上が求められている。これに関連して、1997 年の「一元化システム」の稼働開始に伴い、気象庁による一元化データの検出

値データが比較的短時間のうちに取得可能になっていることから、観測所の業務を軽減するためにも、これらのデータの有効利用をはかるシステムの開発が急がれている。

さらに、構築された地震波形、検出値データのデータベースを研究者の利用に供するためのシステムの構築も急務となっている。これについても、WIN フォーマットの地震波形、検出データをデータベース化し、検索可能にするシステム (大見, 1999) も試験的に運用されるようになってきているが、さらにアクセスが容易なデータベースシステムへの改良が課題となっている。

参考文献

- 飯尾能久・片尾浩・浅田照行・中川渥・竹内晴子・渡辺晃 (1992): 光ディスクを用いた地震波形データ収録処理システムについて, 京都大学防災研究所年報, 第 35 号 B-1, pp. 371-378.
- 植平賢司・ト部卓 (1994): IP ネットワークによる観測網間のリアルタイム波形データ統合システム, 日本地震学会講演予稿集, No.2, P26.
- ト部卓 (1994): 多チャンネル地震波形データのための共通フォーマットの提案, 日本地震学会講演予稿集, No.2, P24.
- ト部卓・石桁征夫・溝上恵 (1989): 新世代の微小地震テレメータ・システムの試み—新しい堂平微小地震観測網—, 地震学会講演予稿集, No.2, C61.
- ト部卓・石桁征夫・溝上恵 (1990): 新世代の微小地震テレメータ・システムの試み—2. 波形データの分散処理—, 地震学会講演予稿集, No.2, C67.
- ト部卓・東田進也 (1991): ワークステーションによる微小地震観測網波形検出支援システム, 地震学会講演予稿集, No.1, C22-P18.
- ト部卓・東田進也 (1992): win—微小地震観測網波形検出支援のためのワークステーション・プログラム (強化版), 地震学会講演予稿集, No.2, P41.
- ト部卓・高波鉄夫 (1994): IP ネットワークによる地震波形データのリアルタイム伝送, 日本地震学会講演予稿集, No.2, P25.
- ト部卓・酒井慎一・荻野泉・酒井要・小林勝・羽田敏夫・橋本信一・萩原弘子 (1995): 地震研の新しい関東甲信越地震観測網, 日本地震学会講演予稿集, No.2, A25.
- 衛星通信テレメタリンググループ (発表者 ト部卓) (1996): 衛星通信による地震観測テレメタリングシステムの基本設計, 日本地震学会講演予稿集, No.2, P22.

- 大見士朗 (1997) : 京都大学防災研究所の微小地震観測網の現状と概要 - 複数観測網の統合観測データベース自動構築の実験-, データ流通・新Jアレイ研究集会予稿, 1997年3月6日開催, 東京大学地震研究所.
- 大見士朗 (1999) : WINフォーマット地震波形・検測データの検索システムの試作, 地震2, 52, 印刷中.
- 大見士朗・中川渥 (1999) : SATARN微小地震データの伝送遅延時間の短縮について ~ 沖電気製微小地震テレメータ装置のデジタル出力データ利用~, 大阪管区気象台管内地震観測網関係機関懇談会 (カンカンガクガクの会) 報告書, 1999年3月15日開催, 京都大学防災研究所.
- 沖電気工業株式会社 (1995) : インテリジェント化高精度地震観測データ伝送システム完成図書, 仕様書, pp. 4-11.
- 上宝地殻変動観測所・地震予知計測部門 (1978) : 上宝地殻変動観測所の地殻変動・地震観測テレメータ・システム, 京都大学防災研究所年報, 第21号 B-1, pp. 119-135.
- 岸本兆方・尾池和夫・渡辺邦彦・佃為成, 平野憲雄・中尾節郎 (1978) : 鳥取および北陸微小地震観測所のテレメータ・システムについて, 地震2, 31, pp. 265-274.
- 黒磯章夫・渡辺晃 (1977) : 阿武山地震観測所の微小地震テレメータシステムについて, 地震2, 30, pp. 91-106.
- 黒磯章夫・渡辺晃・堀井宣房・矢内宗稚 (1982) : 阿武山における地震波形データ交換制御システム, 地震学会講演予稿集, No.2, B04.
- 許斐直・近藤和男 (1991) : 徳島観測所の新旧観測システムの震源決定能力の比較, 京都大学防災研究所年報, 第34号 B-1, pp. 253-262.
- 澁谷拓郎・中尾節郎・西田良平・田所敬一・野口竜也・三浦勝美・平野憲雄・松村一男・堀川晴央 (1998) : 1989~90年に引き続き鳥取県西部地域に再び発生した1997年9月4日M5.2に代表される群発的地震活動について, 地球惑星科学関連学会1998年合同大会予稿集, p305.
- 鷹野澄 (1997) : リアルタイム地震学のためのプログラミング・モデル - NDF (Network Data Flow) モデルの提案 -, データ流通・新Jアレイ研究集会予稿, 1997年3月6日開催, 東京大学地震研究所.
- 佃為成 (1986) : 京都大学防災研究所における地震波自動処理システムについて, 地震予知観測情報センターニュース, No.12, 東京大学地震研究所, pp. 4-10.
- 平野憲雄 (1987) : パソコンによる地震波形の収録と読み取り, 京都大学防災研究所年報, 第30号 B-1, pp. 85-94.
- 平野憲雄 (1989) : パソコンによる波形のモニターおよび光ディスクへの連続波形収録システム, 京都大学防災研究所年報, 第32号 B-1, pp. 125-132.
- 平野憲雄 (1992) : パソコンによる日本列島地震観測網の収録と波形処理, 京都大学防災研究所年報, 第35号 B-1, pp. 401-412.
- 平野憲雄・伊藤潔・澁谷拓郎・和田博夫・中尾節郎 (1993) : パソコン2台を用いた多成分トリガー地震収録システムの開発, 京都大学防災研究所年報, 第36号 B-1, pp. 399-407.
- 和田博夫・伊藤潔・大見士朗・池田直人・北田和幸 (1998) : 1998年8月飛騨山脈上高地, 穂高岳付近の地震活動, 日本地震学会講演予稿集, No.2, A26.
- Hirata, N., Ohmi, S., Sakai, S., Katsumata, K., Matsumoto, S., Takanami, T., Yamamoto, A., Iidaka, T., Urabe, T., Sekine, M., Ooida, T., Yamazaki, F., Katao, H., Umeda, Y., Nakamura, M., Seto, N., Matsushima, T., Shimizu, H., and Japanese University Group of the Urgent Joint Observation for the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake (1996) : Urgent Joint Observation of Aftershocks of the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake, J. Phys. Earth, 44, pp. 317-328.

**SATARN System, a Unified Microseismic Observation Network
in D.P.R.I. Kyoto University**

Shiro OHMI, Kunihiko WATANABE, Norio HIRANO, Atsushi NAKAGAWA, Fumiaki TAKEUCHI,
Hiroshi KATAO, Haruko TAKEUCHI, Teruyuki ASADA, Makoto KOIZUMI,
Kiyoshi ITO, Hiroo WADA, Takuo SHIBUTANI, Seturo NAKAO,
Kazuo MATSUMURA, Tadashi KONOMI, Kazuo KONDO,
and Hikaru WATANABE

Synopsis

The SATARN system is a unified microseismic network operated in D.P.R.I., which consists of five conventional microseismic sub-networks managed by Kamitakara, Hokuriku, Abuyama, Tottori, and Tokushima observatories. Seismic wave data obtained in each sub-network are transmitted to D.P.R.I. using either satellite communication link or NTT public phone lines. SATARN is configured with WIN system, which is developed on the UNIX operating system using internet technology. Data processing systems are in operation both in D.P.R.I. and observatories. Obtained seismic wave form data are also broadcasted to the Osaka District Meteorological Observatory, Japan Meteorological Agency.

Keywords: Seismic network, SATARN system, Unified data processing, Internet technology, WIN system