

宝立・立山・須坂観測室の地殻変動観測 テレメータ・システム

加藤 正明・土居 光・和田 安男
津嶋 吉男・三雲 健

INSTRUMENTS FOR MEASURING CRUSTAL MOVEMENTS AND TELEMETERING SYSTEMS AT THE THREE OBSERVATION STATIONS, HORYU, TATEYAMA AND SUZAKA

By *Masaaki KATO, Hikaru DOI, Yasuo WADA,*
Yoshio TSUSHIMA and Takeshi MIKUMO

Synopsis

In order to investigate crustal deformations being concerned with earthquake activities in the northern part of the Chubu districts, Three observation stations, Horyu (Ishikawa Pref.), Tateyama (Toyama Pref.) and Suzaka (Nagano Pref.) were constructed. The main instruments set in the observation vaults are water-tube tiltmeters and strainmeters. Both of these instruments use differential transformers for their detectors.

Twenty signals of crustal strains and tilts and some other geophysical data, and three signals of seismic waves observed at Horyu are telemetered to the Kamitakara Observatory by an exclusive telephone line with the signalling rate of 4800 bps.

In the case of Tateyama or Suzaka, data measuring interval is ten minutes. Signals of crustal movements and other data are stored on RAM cassette in a digital data logger and collected automatically once a day at the Kamitakara Observatory by a public telephone line (1200 bps). All the data are stored in hard disk units and used for data processing.

1. ま え が き

「日本海沿岸総合観測研究」は、第5次地震予知計画において、日本海沿岸のうち「特定観測地域」に指定されている新潟県南西部・長野県北部、富山湾を中心とする北陸地方全域にわたって、地震活動を総合的に観測し、この地方の大地震の予知に資するための基礎データを収集することを目的として、昭和59年度より開始された。

日本海沿岸地域では、過去にM7クラスの大地震が各所に発生しているが、富山湾周辺では未だこのような大地震を経験していない。しかし、このことは、この地域に将来とも大地震が発生する可能性がないことを意味するものではなく、次のような理由から要注意地域と考えられる。

(1) 富山湾より能登半島と佐渡ヶ島の中間の海底には、富山舟状海盆と呼ばれる海底峡谷が存在する。また、内陸部の能登半島周辺や富山平野には、活動度の比較的高い多くの活断層が分布している¹⁾。これらの海底と陸上部の活断層は第4紀以来活動して地震を発生させた痕跡であるから、将来、再び大きい地震を発生させる可能性がある。

(2) この地域の日本海側には、近年、北丹後地震、福井地震、大聖寺沖地震、新潟地震などの大地震が相次いで発生しており、未だ地震の発生していない富山湾周辺地域に応力が集中している可能性が考えられる。

本計画において、京都大学防災研究所附属上宝地殻変動観測所は、富山大学、金沢大学、東京大学地震研究所附属信越地震観測所、国土地理院などの協力を得て、地震観測、地殻変動観測、光波距離測量、地電流・地磁気測定、検潮記録解析などの実施を計画し、着実に実行しつつある。

本論文では、この観測研究のために新設された宝立観測室（1986年12月竣工）、立山観測室（1987年10月竣工）ならびに新たに整備された須坂観測室（1987年11月竣工）の観測坑道ならびに坑内に設置される地殻変動連続観測計器（傾斜計、歪計など）について紹介する。さらに、現地でのデータ収録ならびに上宝観測所へのNTTの専用ならびに公衆通信回線によるデータ伝送、上宝観測所でのデータ収録・処理装置について詳述する。

Fig. 1に、上宝観測所の地殻変動ならびに微小地震のテレメータ・ネットワークを示す。星は上宝観測所、丸は地震観測点、三角は地殻変動観測点、四角は地殻変動・地震の共通観測点である。観測点コード名の後の数字は設置年度を表わしている。本論文で紹介する宝立、立山、須坂の3観測点を含めて、現在、上宝観測所の衛星観測点の総数は11である。

2. 観測点の概要（設置の経緯、位置、地質、観測坑道）

2.1 宝立観測室

1983年5月に能登半島宝立に臨時観測点を置き地震観測を開始した直後の5月26日に、日本海中部地震 ($M=7.7$) が発生した²⁾。このため、日本海沿岸における観測強化の必要性が認識されるようになり、昭和59年度から始まった第5次地震予知計画においてテレメータ化が認められた。

本工事に先立ち、地質調査ボーリング³⁾（直径66 mm、長さ30 m）を行った。地質構造は北向きに約10度の傾斜を持つ単斜構造であり、断層破碎帯などの特殊な条件は無い。地質は石英安山岩質凝灰岩であり、能登地区において「柳田累層」と呼ばれる地層群に属する。超音波伝播速度試験の結果によれば、 $V_p=2.2\sim 2.5$ (km/sec)、 $V_s=0.9\sim 1.0$ (km/sec)である。

宝立観測室は、送信室、地震計室ならびに地殻変動観測用横坑（幅2 m、奥行20 mでコンクリート巻立）で構成される。送信室に隣接している観測坑道の位置は ($37^\circ 23' 54''$ N, $137^\circ 08' 26''$ E, $H=211$ m) である。坑道から地震計室までの直線距離は約360 mで、その位置は ($37^\circ 23' 57''$ N, $137^\circ 08' 08''$ E, $H=260$ m)、現在工事中の大規模農道から約450 m離れている。1986年12月、まず、3成分の短周期地震計とプロトン磁力計による観測⁴⁾が開始された。最近、地電流観測⁵⁾ならびに坑内での傾斜・歪の観測がようやく軌道に乗りつつある。プロトン磁力計ならびに地電流観測は、横坑の真上の山腹斜面 ($H=240$ m) 付近で行われている。Photo. 1に送信室（手前）と坑道入口（後）を示す。Fig. 2に坑道内の観測計器配置図を示す。

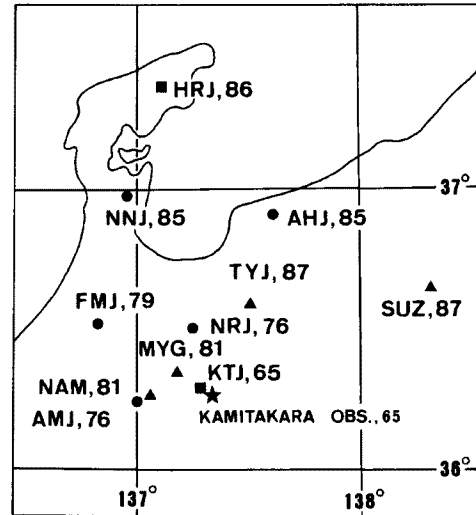


Fig. 1. Telemeter network for observing crustal movements and earthquakes at the Kamitakara Crustal Movement Observatory. Each station is shown by one of three kinds of marks. Circle: station for earthquakes, Triangle: station for crustal movements, Square: station for earthquakes and crustal movements. Double figures after each station-code shows the established year of station. KTJ: Kura-bashira (Kamitakara), AMJ: Amo, NRJ: Nirehara, FMJ: Fukumitsu, MYG: Miyagawa, NAM: Nishiamo, AHJ: Asahi, NNJ: Nanao, HRJ: Horyu, SUZ: Suzaka, TYJ: Tateyama.



Photo. 1. Transmitting room (front) and observation vault (rear) of the Horyu observation station.

2.2 立山観測室

立山観測室の設置場所の選定にあたっては、立山町から全面的な御協力をいただいた。設置地点が中部山岳国立公園内であり、しかも砂防指定地になっていることなどもあり、設置実現までには種々の障害が予想された。そのため、1986年9月24日に、立山町の主催で立山町芦峯寺雑穀谷「地殻変動観測室」現地調査説明会を行っていただき、多数の関係機関の方々に御集りいただいた。これらの方々に、立山町に地殻変動観測室を作る必要性を十分に理解していただけたことは、立山観測室設置実現のために極めて有意義であった。

本工事に先立ち、宝立と同じように地質調査ボーリング⁶⁾(直径66mm、長さ30m)を行った。立山観測室の位置は(36°35'09"N, 137°29'32"E, H=785m)であり、常願寺川水系名川と支流雑穀谷川の合流点から500mの雑穀谷に位置する。周辺の山地は露岩状況が良く、河川に沿って絶壁が連続する急峻な地形を呈している。観測坑道の入口を**Photo. 2**に示す。地質は花崗閃緑岩の堅硬・新鮮な岩体で、節理面に沿ってわずかに酸化汚染・変質が認められる。ボーリングコアを**Photo. 3**に示す。ボーリング調査報告書には、一部にクラッキーな箇所があり、掘進時に漏水が認められることから開口性の亀裂が想定されると記述されている。観測坑道は、岩壁より水平に19m掘削し、これより左右(Y字型)にそれぞれ7m掘削してある。全長は33mである(**Fig. 2**参照)。ダイナマイトによる掘削作業中、入口より8mの地点で開口性の顕著な亀裂が認められた。また、入口より16mの地点の発破では、天井の上方2m(床面から4m)より破碎された岩石が落下し、8m³程度の余分な空間が発生した。16m付近は極めてクラッキーであったことを、コンクリートによる巻立の前に現場で確認してある。以上の2箇所の他には顕著な亀裂は認められない。ボーリング資料を用いての超音波伝播速度試験によれば、 $V_p=3.84\sim 4.94$ (km/sec), $V_s=2.31\sim 3.59$ (km/sec) という結果が得られている。

2.3 須坂観測室

須坂観測室は、1965年から1969年にかけて発生した松代群発地震に伴う地殻変動を観測する目的で、第2次世界大戦時に掘削された横坑の一部を借用して1966年に設置された^{7)~9)}。委託観測により、水管傾斜計の読み取りと光学記録方式による水平振子傾斜計と歪計の記録が行われてきたが、今回、観測をテレメータ

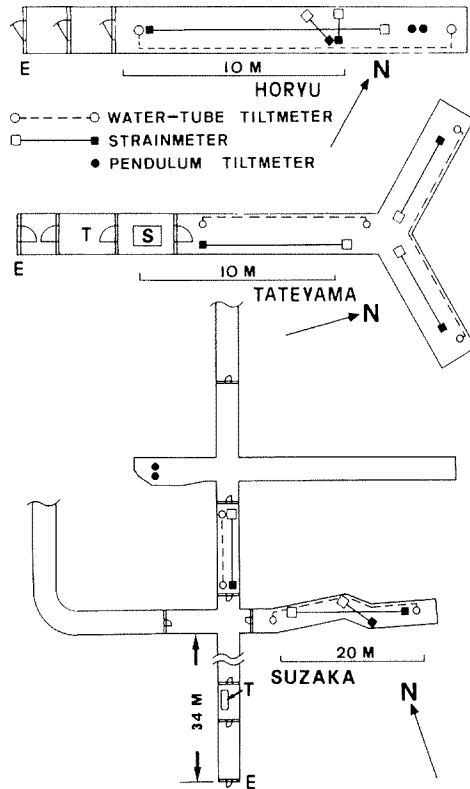


Fig. 2. Location of the instruments installed in the observation vaults (Horyu, Tateyama and Suzaka). Open square: free end of strainmeter, Solid square: fixed end of strainmeter.



Photo. 2. Entrance of the observation vault at Tateyama.

化するに当たり、1987年9月でこれまでの方式の観測を終了した。これまで観測室として使用していた最奥部から約20 m 南側に計器設置場所を移した (Fig. 2 参照)。床面を50~70 cm 掘り下げ破砕物を十分に取り除き、岩盤と計器設置用コンクリート基礎台を完全に密着させた。なお、本観測室ではコンクリートによる壁面の巻立は行っていない。移設した観測室付近の地質は、安全岩あるいは珩岩である。観測室の位置は (36° 38' 55" N, 138° 19' 30" E, H=444 m) である。

3. 水管傾斜計と歪計

3 観測室に設置する水管傾斜計と歪計は、今回、新たに設計されたものである。

3.1 水管傾斜計

上室観測所の蔵柱観測坑道では、1976年以來、フロー型マグネセンサ水管傾斜計¹⁰⁾による観測を行っており、高感度で安定した記録を得ている。この計器ではアームを、水平方向は2枚の板バネで、垂直方向は2本の線バネで支えているので、回転軸は極めて安定しているが、バネのモーメントとマグネセンサの吸引力の影響が、それぞれ、8%と2%含まれるため、感度検定にやや正確さを欠いている。また、落雷によりディテクタが破損しやすいという問題点も残している。今回の製作での改良点を以下に記述する。

(1) 差動トランス (SCHAEVITZ 社製 050 HR) をトランスデューサとして用いることにより、吸引力の影響をなくした。

(2) 回転軸を支えるバネがアームとなす角度を、45°ならびに135°になるよう変更した。この改良により、水平方向の安定度が向上したため、従来の板バネ (厚さ50 μ , 幅4 mm, 長さ5 mm) 2枚と線バネ (径0.19 mm, 長さ5 mm) 2本をステンレス板バネ4枚 (厚さ40 μ , 幅4 mm, 長さ10 mm) に変更した。

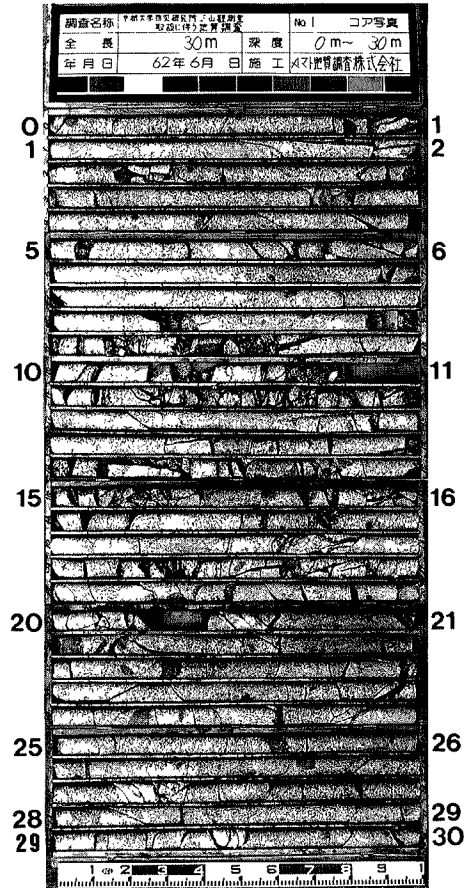


Photo. 3. Boring core (D=66 mm, L=30 m) collected at Tateyama for geological survey.

- (3) フロートの外径を 90 mm から 100 mm へ、厚さを 100 mm から 30 mm に変更した。
- (4) ポットの内径を 136 mm から 170 mm へ、高さを 125 mm から 85 mm に変更した。
- (5) アーム長を 80 mm から 160 mm に変更した。
- (6) フロートには、マグネセンサのマグネットのかわりに差動トランスのコアを取りつけた。マイクロメータで上下方向に変位を与えるように設計してある 2 枚の平行した板バネ（厚さ 0.3 mm）を持つ検定装置には、マグネセンサのヘッドのかわりに差動トランスのコイルを取りつけた。

これらの改良により、従来の水管傾斜計の吸引力とバネのモーメントによる影響10%が、今回開発した計器では0.2%となり、50分の1に減少し、バネのモーメントの影響を実用上無視できる程度に押さえることに成功した。このことによる最大の利点は、もはや、水をポットに注入することによる感度検定を不要にしたことである。水管傾斜計の水位検出部の設計図を Fig. 3 に示す。

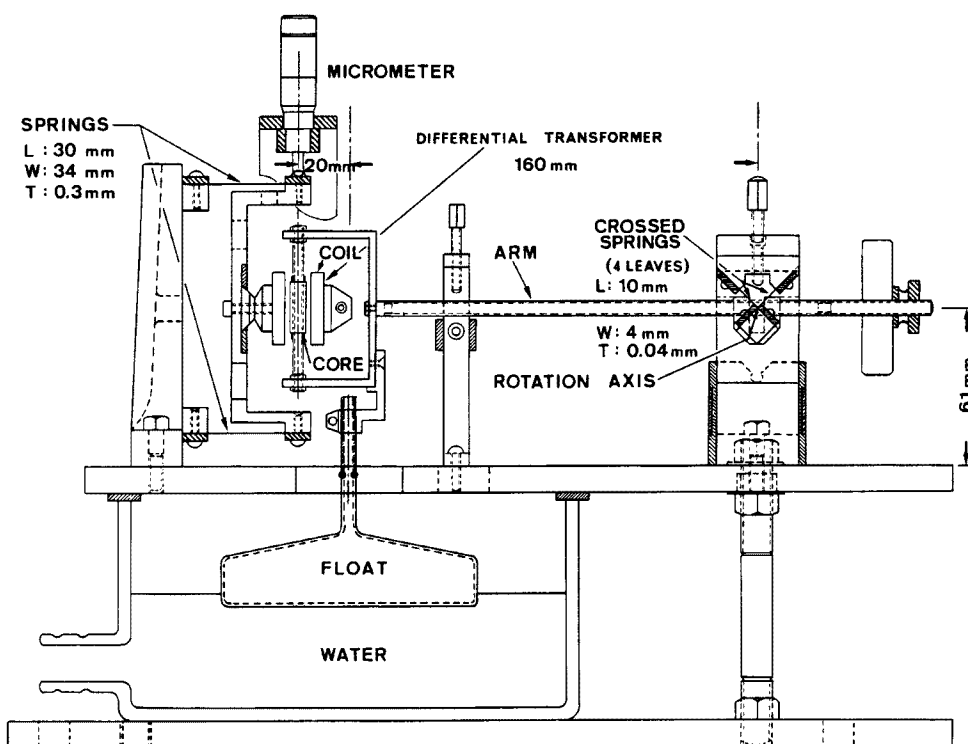


Fig. 3. Detector of the float type water-tube tiltmeter.

3.2 歪 計

Fig. 4 に歪計の変位検出部の設計図を、Photo. 4 に写真を示す。設計図には記入されていないが、Photo. 4 に見られるように、基準尺のスーパーインバール棒（熱膨張係数 2×10^{-7} ）を支えるための吊棒（吊線は直径 0.12 mm のステンレス線）が 2 箇所に取り付けてある。差動トランス（SCHAEVITZ 社製 050 HR）のコイルは、スーパーインバール棒の自由端付近に 8 cm の間隔で 2 個取り付けてある。コアはマイクロメータに直結している。固定端と自由端の間は約 1 m 間隔に吊棒が設置され、直径 0.15 mm のステンレス線でスーパーインバール棒が吊られている。差動トランスを 1 方向につき 2 個取り付けたのは、永年変化量を比較し、機械系・電気系を含めて長周期成分がどの程度一致するかをチェックするためである。変位に対して linear な直流出力電圧を得るための回路には、水管傾斜計の場合と同じく、DC-AMP 方式¹¹⁾¹²⁾を採用している。この方式では、発振器にファンクションジェネレータ IC 8038（インターシル社製）を

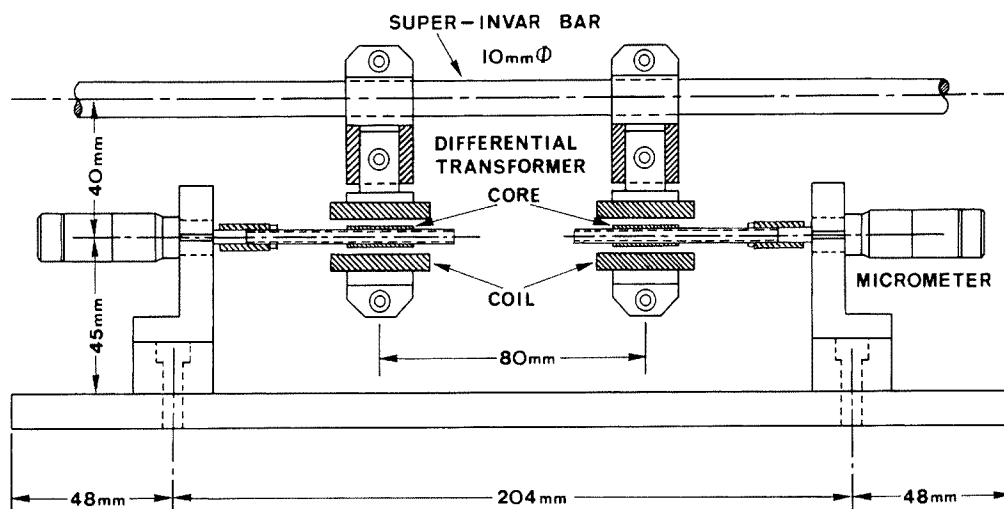


Fig. 4. Detector of strainmeter.

使っているが、このICの出力は温度変化の影響を受けやすいという弱点を持つので、温度変化が極めて少ない坑道内で使用する場合でも、2m前後の短スパンの歪計に用いるような場合には、感度の安定性、ドリフト、ノイズレベルなどの点に問題を残す。最近、新光電機株式会社から差動トランス用シグナルコンディショニング・モジュールとして発売されているHM100-3.0(3kHz用)を、研究室内で差動トランスを固定した状態で、80mV/ μ の感度で記録させてみたが、ドリフト、ノイズレベルの点で極めて秀れていることが実証された。発振器、入力アンプ、同期整流回路、ローパスフィルタ、出力アンプを内蔵しており、寸法は50×50×12.5mmである。短スパンの歪計にはこのモジュールの使用を検討中である。

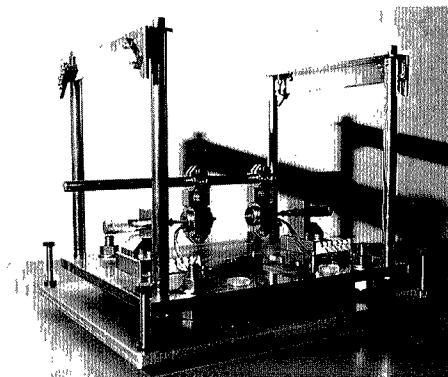


Photo. 4. Detector of strainmeter.

4. 観測計器の設置

宝立観測室の坑道は1方向のみであるが、坑道に直交ならびに斜交する方向にも短い歪計を設置してある。cavityの影響を受けるため、水平面内の歪を忠実には記録できないが、地震と関係した異常変動をmonitorする上では十分役に立つ可能性がある。坑道の奥に2台の振子型傾斜計¹⁰⁾を直交方向に置いて、水管傾斜計の記録と比較してみたい(Fig. 2参照)。

立山観測室では、3方向に歪計が設置できるので、水平面内の歪解析が可能である。水管傾斜計は直交する2方向に設置される(Fig. 2参照)。Fig. 2中の(S)は、富山大学の地震計設置用コンクリート台である。

須坂観測室では、立山観測室と同じように、3方向に歪計を設置し、2方向に水管傾斜計を設置する。比較のため、振子型傾斜計(直交2成分)も設置する予定である(Fig. 2参照)。

立山観測室では1987年12月18日に観測を開始した。積雪50cm、掃路、凍結した路面にスパイクタイヤがスリップした。宝立観測室のデータも1988年1月末より上宝観測所での収録が可能になった。ただし、両観測室とも、まだ全部の観測計器を設置するまでには至っていない。須坂観測室に関しては1988年3月末に歪計3方向の設置作業を始めたばかりで、記録開始には至っていない。宝立観測室の坑道内に設置された歪計(3方向)と水管傾斜計をPhoto. 5に、立山観測室に設置された水管傾斜計(左)と歪計(右)をPhoto.

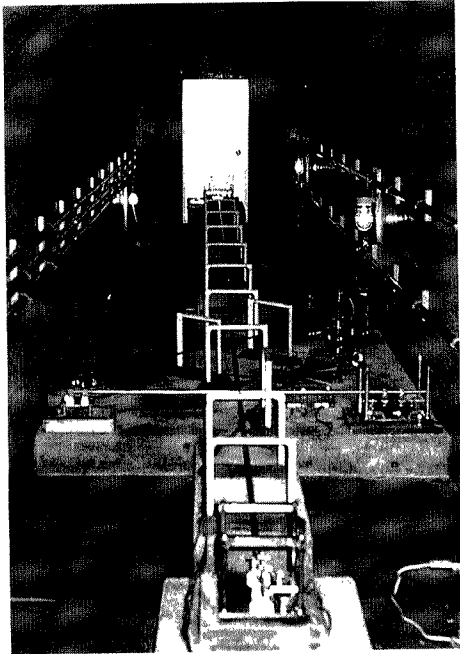


Photo. 5. Inside view of the observation vault at Horyu. Three components of strainmeters and one set of water-tube tiltmeter can be seen.

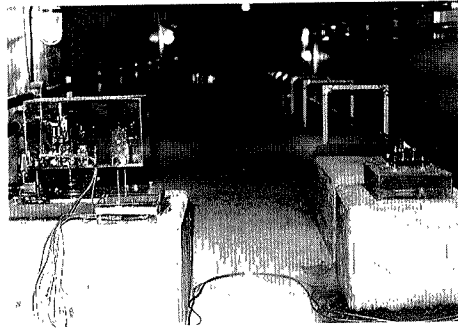


Photo. 6. Inside view of the observation vault at Tateyama. A detector of water-tube tiltmeter (left) and a fixed end of strainmeter (right) can be seen.

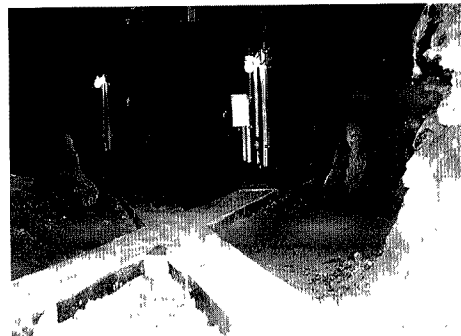


Photo. 7. Inside view of the observation vault at Suzaka. Concrete foundations made for setting two components of strainmeters can be seen.

6に示す。**Photo. 6**の手前に地震計台(S)と送信室(T)が位置する。**Photo. 7**は須坂観測室の計器設置以前の坑道内部であり、斜交する2方向の歪計の基準尺となるスーパーインバール棒を吊り下げるための吊棒設置用コンクリート台が中央に見える。

5. 観測室でのデータ収録と伝送

5.1 宝立観測室

送信室に置かれた送信装置 FATEC 205 (富士通株式会社製)の伝送方式はサイクリック時分割伝送で、通信速度は 4800 bps, サンプリングレートは地震波 96 Hz (3チャンネル), 地殻変動 0.5 Hz (20チャンネル)である。FATEC への地殻変動入力部仕様は, 入力電圧 ± 1 V, 入力抵抗 $1\text{ M}\Omega$ 以上, 温度変動 10 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 以下となっている。傾斜・歪・地電流を高感度で記録する場合, 信号が ± 1 V からはずれた時に一定のステップ電圧を自動的に与え, 常に記録がスケール・アウトしないようにする回路を設けてやるのが不可欠である。そのため自動零点調整回路¹¹⁾を導入し, その出力を FATEC へ入力している。**Photo. 8**に送信室内部を示す。最上段には自動零点調整装置を設置してある。下から2段目はプロトン磁力計の電子回路部分であり, 0 nT が -1 V, 100 nT が $+1$ V のアナログ出力になるように D/A 変換して FATEC に入力している。

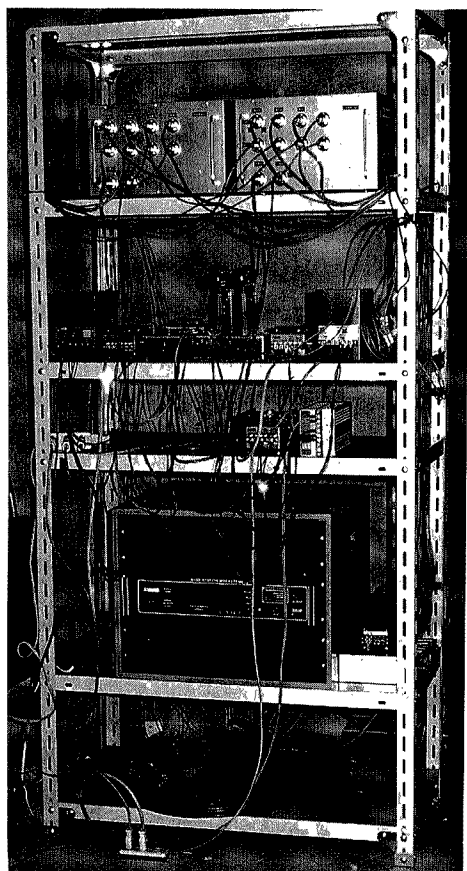


Photo. 8. Inside view of the transmitting room at Horyu.

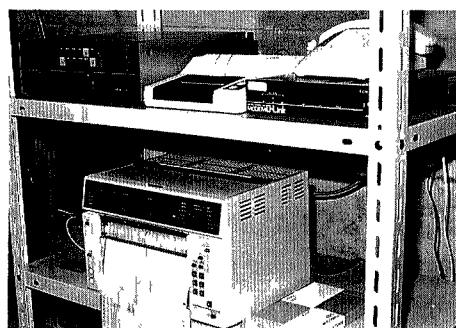


Photo. 9. Inside view of the transmitting room set in the observation vault at Tateyama.

5.2 立山・須坂観測室

立山、須坂の両観測室では、地殻変動の連続観測が主であり、地震波をリアルタイムで伝送することは行っていない。傾斜、歪、気温、気圧、降水量などの物理量を記録する場合、計測インターバルは10分程度で十分であることが多い。そのため、上宝観測所ではこれまで専用回線による伝送のみを行ってきたが、初めての試みとして通常の公衆通信回線を利用し、子局（立山、須坂）のメモリーに収録したデータを1日1回親局（上宝観測所）より自動ダイヤリングして収録する方式を採用した。専用回線を利用する場合に比べ、回線使用料が1桁以上安くなり維持費を大幅に節約できる。われわれが採用した地殻変動データ収録装置

ティアック株式会社製のデジタルデータロガー DL-350 は、既に京大理学部附属阿武山地震観測所が伊豆半島からのデータ伝送に使用している実績があり、信頼度は高い。アナログ信号入力チャンネル数は16、入力電圧は $\pm 1V$ で表示分解能は $1mV$ である。1~9999のカウントが可能なパルス入力専用のチャンネルを持っており、これを転倒マス型雨量計に利用している。10分サンプリングの場合1日に144回のサンプリングを行うことになる。17チャンネルの場合、1日のデータ総数は1子局当り2448個となる。記録メディアにはCMOSの32KB・RAMカセット2個を使用している。現地の子局でRAMカセットの内容をテスト出力するためグラフィックプリンタ CGP-115 を接続してある。立山の坑内送信室を **Photo. 9** に示す。

立山付近は冬期の積雪が4m以上にも達し、11月末から5月初旬までは道路が閉鎖される。冬期に障害が発生した場合、春まで修復は不可能である。そのため、DL-350 やモデム CCN-2024 (1200 bps, クシダ工業株式会社製) に障害が生じた場合でも、アナログ記録だけは残るように、ハイブリッドレコーダ3087 (YOKOGAWA 製) を並列に接続している。この記録計は $1mm/h$ で記録可能であり、インクリボンを用いた6色ワイヤード記録方式を採用しているため、6ヶ月間の無人記録が可能である。須坂観測室にも同じ記録計を置いてある。

Fig. 5 に DL-350 を用いた収録、伝送、処理のブロックダイヤグラムを示す。

6. 上宝観測所でのデータ収録と処理

6.1 宝立観測室

上宝観測所の受信装置 FATEC 205 より得られる地殻変動20チャンネルの出力レベルは $\pm 5.12V$ 、変換

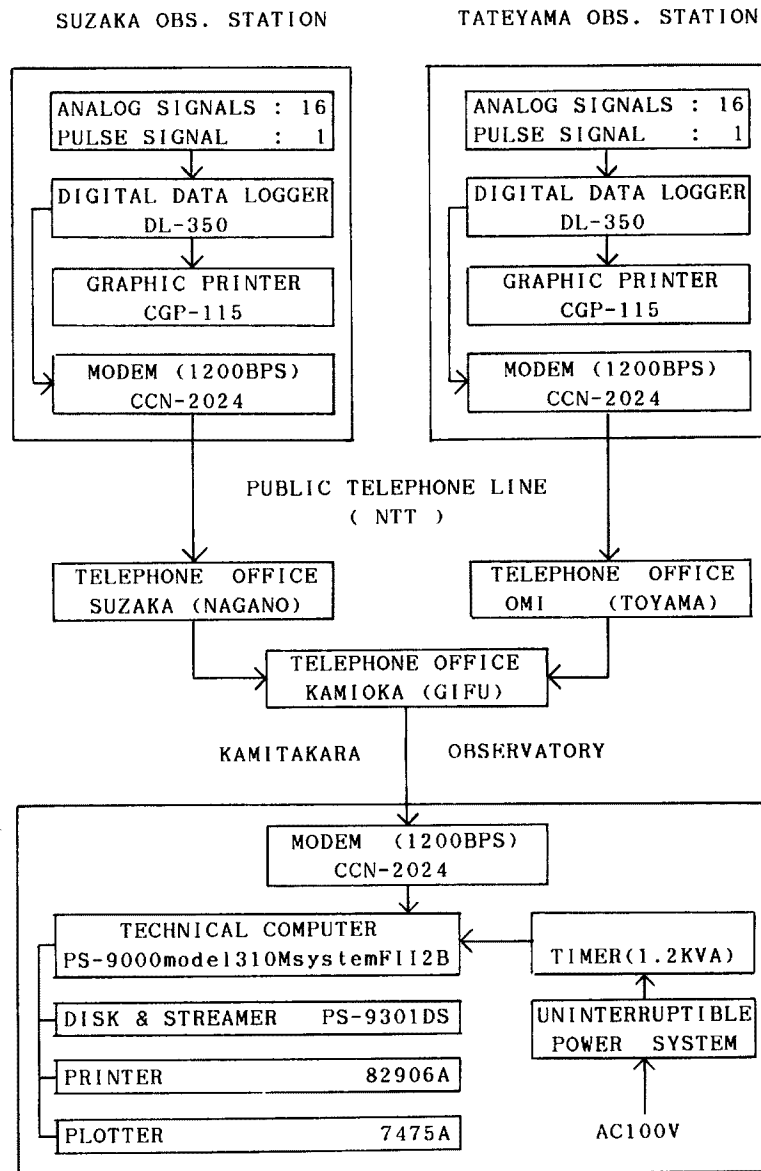


Fig. 5. Block diagram of the system for data collecting, telemetering and data processing.

精度は±0.2%，出力インピーダンスは1Ω以下になっている。この受信装置では，七尾，朝日，宝立の3局分の現時刻ならびに20秒遅延地震データもアナログ出力される。地殻変動出力は，NEC製パーソナルコンピュータPC-9801の拡張用スロットに実装されたネオローク電子製の12ビットA/D変換ボードPCN-2098により，5分毎にA/D変換され，同じく拡張用スロットに実装された湘南電送機器製の不揮発性RAMディスクSD-9804B20に収録される。20チャンネル中12チャンネルは打点記録計にアナログ記録される（Photo. 10参照）。

6.2 立山・須坂観測室

上宝観測所では，毎日23時55分頃にオーディオ用タイマーによりテクニカルコンピュータPS-9000システムに電源が投入され（Fig. 5参照），CPUが自動的にBASICを起動し，データ転送プログラムの実行に

入る。転送されるデータはこの時の日付分のデータである。翌日0時0分のサンプリング終了後、前日1日分の立山のデータを収録する。各子局毎に1日分のデータについてインデックス・ファイル(200バイト;1レコード)とデータ・ファイル(50バイト/レコード;最大144レコード)をハードディスクPS-9301 DSに作成する。1子局1日分のデータを収録するのに約8分を要する。立山と須坂のデータ収録終了後はタイマーで電源を落すようにしている。

Table 1に立山観測室の1988年1月17日分として収録したデータの一部(10チャンネル分)を示す。最初に0時0分のデータが印字されている。1日分のデータを上宝観測所で子局から収録中、子局でのサンプリングは停止している。収録終了と同時に子局でのサンプリングが再開される。Table 1では再開後初めてのサンプリング時刻が0時10分42秒になっている。その後、10分間隔でサンプリングが行われ、0時50分42秒にサンプリングが行われた後、1時から正時サンプリングに復帰し、0時0分、10分、20分、と10分間隔でサンプリングし、最後は23時50分のデータをサンプリングしている。子局での入力 $\pm 1V$ は親局のデジタル出力では ± 2000 に対応している。

Photo. 11に、立山、須坂のデジタルデータ自動収録に使用しているテクニカルコンピュータシステム(Fig. 5参照)を示す。



Photo. 10. Data collecting system constructed by using a personal computer. Analog signals transmitted from the Horyu station are converted into digital signals for computer use. (KAMITAKARA OBS.).

Table 1. Digital outputs of signals of crustal movements observed at Tateyama during the period from 1988. 01. 17, 00h00m to 1988. 01. 17, 23h50m. These data were collected at the Kamitakara Observatory.

Time 1988/01/17	1ch [V]	2ch [V]	3ch [V]	4ch [V]	5ch [V]	6ch [V]	7ch [V]	8ch [V]	9ch [V]	10ch [V]
0117000000	24	36	43	223	-1845	-1826	0	0	0	0
0117001042	26	34	35	223	-1841	-1827	0	0	0	0
0117002042	28	32	34	225	-1836	-1833	0	0	0	0
0117003042	29	31	36	225	-1834	-1843	0	0	0	0
0117004042	29	32	33	227	-1832	-1843	0	0	0	0
0117005042	30	30	31	224	-1837	-1832	0	0	0	0
0117010000	32	29	32	227	-1831	-1842	0	0	0	0
0117011000	34	25	27	226	-1845		0	0	0	0
0117012000	35	27	27	226	-1872		0	0	0	0
0117013000	37	26	26				0	0	0	0
0117014000	38	21				-1910	0	0	0	0
0117015000	39	20			-1872	-1909	0	0	0	0
0117020000	40			224	-1866	-1909	0	0	0	0
0117021000			-13	219	-1880	-1902	0	0	0	0
0117022000		57	-10	223	-1866	-1915	0	0	0	0
0117023000		54	-15	222	-1872	-1904	0	0	0	0
0117024000		56	-18	223	-1875	-1911	0	0	0	0
0117224000	0	56	-15	222	-1866	-1915	0	0	0	0
0117225000	0	55	-16	222	-1882	-1903	0	0	0	0
0117230000	2	52	-16	222	-1868	-1914	0	0	0	0
0117231000	3	53	-12	224	-1871	-1917	0	0	0	0
0117232000	4	52	-14	223	-1882	-1910	0	0	0	0
0117233000	4	52	-25	225	-1886	-1903	0	0	0	0
0117234000	4	49	-24	223	-1876	-1909	0	0	0	0
0117235000	6	51	-23	224	-1887	-1904	0	0	0	0



Photo. 11. Technical computer system for collecting the data of Tateyama and Suzaka, automatically. Data processing is also done by this system. (KAMITAKARA OBS.).

7. あとがき

現在、観測計器の設置途中でもあり、本論文ではあえて観測結果には触れなかった。データの蓄積を待って次回に報告したい。

宝立、立山観測室の新設、須坂観測室の整備にあたっては、実に多くの方々に御協力いただいた。

宝立では、珠洲市役所に色々な面で便宜をはかっていただいた。工事中、仮設道路用に田畑を借用させていただき、また、観測室設置場所を貸していただいた宝立町大町泥木の方々には心から御礼申し上げます。ボーリング調査は能登建設、本工事は林組によって行われた。

立山では、設置場所の選定にあたって、立山町役場、環境庁中部山岳国立公園管理事務所、国立登山研修所、富山県立山土木事務所、芦峯寺生産森林組合、清流荘、丸新志鷹建設、北陸電力立山営業所、NTT 富山電報電話局、富山山岳連盟、富山大学など多数の機関の御協力をいただいた。ボーリング調査はヤマト地質調査、本工事は西田組によって行われた。

須坂観測室の整備にあたっては、須坂市役所、NTT 須坂電報電話局に大変お世話になった。本工事はマツナガ建設によって行われた。

3 観測室の営繕工事を進めるにあたって、防災研究所事務部には、何かにつけ相談にのっていただき、色々な面で御協力いただいた。宝立観測室の設置にあたって、地元との打ち合せ、種々の予備調査に上宝観測所の同僚、和田博夫氏には何度も現地へ同行していただいた。同じく同僚の中山武氏にも何かにつけ御協力いただいた。

これらすべての関係各位に心から御礼申し上げます。

最後に、松代群発地震発生以来、約20年の永きにわたって委託観測を引き受けてきて下さった宮崎喜一氏には感謝の気持で一杯である。心から御礼申し上げます。毎年、元日の朝早く記録紙の取替に観測坑道へ通われたことがなつかしく思い出されます。これから新しい研究成果を上げることで、少しでもこれまでの恩返しができたらと思っております。

参 考 文 献

- 1) 三雲 健・小泉 誠・和田博夫：飛騨地方北部の地震活動、地震メカニズム及びテクトニクス、地震、第2輯、第38巻、第1号、1985、pp. 25-40.
- 2) 三雲 健・石川有三：日本海沿岸の地震と広域テクトニクス及び長期的地震予知、地震予知研究シンポジウム、1987、pp. 259-269.
- 3) 京都大学防災研究所・能登建設株式会社：京都大学防災研究所宝立観測室取設に伴う地質調査報告書、1986.
- 4) 土居 光・中山 武・加藤正明・和田安男・和田博夫・田中寅夫・三雲 健：跡津川断層西端上（天生）における地磁気全磁力の連続観測、京大防災研年報、第29号 B-1、1986、pp. 77-84.

- 5) 中山 武・加藤正明・土居 光・和田安男・三雲 健：跡津川断層上（天生・宮川）における地電流の観測，京大防災研年報，第29号 B-1，1986，pp. 67-76.
- 6) 京都大学防災研究所・ヤマト地質調査株式会社：京都大学防災研究所立山観測室取設に伴う地質調査報告書，1987.
- 7) Ichinohe, T., M. Kato: Tilting Movement of the Ground Related to the Matsushiro Earthquakes, Special Contr., Geophys. Inst., Kyoto Univ., No. 7, 1967, pp. 143-149.
- 8) 加藤正明・津嶋吉男：差動トランス型水管傾斜計の試作，京大防災研年報，第16号 B，1973，pp. 55-63.
- 9) 足立 昭：観測坑近傍で実施されたトンネル工事の伸縮計記録への影響について，測地学会誌，第22巻，第1号，1976，pp. 40-48.
- 10) Kato, M.: Observations of Crustal Movements by Newly-Designed Horizontal Pendulum and Water-tube Tiltmeters with Electromagnetic Transducers (1), Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol. 27, Part. 4, pp. 155-171.
- 11) 加藤正明・田中寅夫・細 善信：由良における地球潮汐の観測（観測システムと潮汐定数），京大防災研年報，第28号 B-1，1985，pp. 65-78.
- 12) 加藤正明・平原和朗・田中寅夫・細 善信・津嶋吉男：室戸における地殻傾動の連続観測，京大防災研年報，第29号 B-1，1986，pp. 85-96.