

パーソナルコンピュータによる地殻傾斜常時モニターシステム

大久保 正*

国立防災科学技術センター

A Monitoring System for Crustal Tilt Movements Based on the Use of Personal Computers

By

Tadashi Ohkubo

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

A monitoring system for long-term changes of crustal tilts was developed. This system is composed of five personal computers, which are connected to the Analyzing System for Precursors of Earthquakes (APE).

Each Personal computer serves each subregion of the Kanto-Tokai area, respectively, by displaying 7 traces (6 tilts and 1 precipitation) for three months on its graphic display screen. These screens are refreshed periodically with the latest data transmitted through APE.

This new system made it possible to drive out the traditional recording system for crustal tilt observation due to the following advantages. By displaying the whole traces constantly, this system made it easy for observers to grasp long-term trends of recent tilt changes without any additional operations. If necessary, combinations of traces for displaying can be easily rearranged. Moreover, it can offer a hardcopy, immediately replying to urgent demands.

1. はじめに

国立防災科学技術センター(以下防災センターという)は、昭和53年度より6ヵ年計画で関東・東海地域に地震予知を目的とした地殻活動観測網を整備して来た。観測点に設置された主な機器は、高感度地震計3成分と孔井型傾斜計2成分である。とくに傾斜計は、大地震の

*第2研究部地震前兆解析研究室

「長期的前兆現象」発見後に、その想定震源域近傍において「短期的前兆現象」を捕捉することを目的として主として海岸付近に設置され、連続観測が行なわれている。

この孔井型傾斜計は1977年より静岡県岡部町周辺の4観測施設と中伊豆観測施設において試験観測が始められた。これによって傾斜計の機構と設置方法の改良がなされ、微小地震計と組み合わせた標準的な観測方式が確立されたため(佐藤他, 1980), 1978年以降の観測網整備で設置された傾斜計はすべてこの観測方式によっている。現在までに、1983年8月8日の山梨県東部地震(M=6.0)の前の地殻の異常な変化を捕えた例(佐藤・立川・大久保, 1984)があるほか、1986年11月21日の伊豆大島噴火の前の変化が見い出された例があり、地震予知及び火山噴火予知における孔井型傾斜計の有効性が高く評価されている。これらはいずれも“後予知”であるが、今後は来たる東海地震に向けて傾斜計に現われるであろう前兆の変動を実時間に近い形で検出することが望まれている。

このため、防災センターで昭和60年度末から開発に着手した地震前兆解析システム(以下ではAPEと称する)では、地震計による観測データの解析(地震活動度、 ν 値、 b 値など)とともに、傾斜計や三成分歪計などの地殻変動データを解析し、項目毎の前兆指標の算出や異常判定を行なうことがその重要な一部となっている。さらにAPEはこれらの各項目を統合した総合異常判定までを計算機により実時間で行おうとするシステムであり、今後見い出されるであろう前兆現象に対するプログラムや、アルゴリズムを改良したプログラムなどを随時組み込みたり組み替えたりできる構造になっている(松村他, 1987)。

一方、監視という点では現在でもアナログ記録に依るところが大きい。記録計には主に打点式記録計が用いられている。紙送り速度は12.5mm/hourで、時間～日といった短い周期帯の変化を見るのには都合が良いが、数日～数ヶ月といった長い周期帯の変化を見るのには適していない。そのため、タイマーとマイクロプロセッサを用いた超低速記録のための方法も開発されている(岡田・平田・高橋, 1980)。

記録計の代用としては、計算機で収録されたデジタルデータのモニター機能を利用して、適当な時間スケールで表示した図をハードコピー出力させるといった方法が考えられる。この場合、記録という面では申し分ないが、監視に使用する場合には常時表示させておく必要があるため、チャンネル数に見合った分のディスプレイ装置を専有してしまうこと、データはリフレッシュされないため、新しいデータの表示のためには再度オペレータがパラメータを入力しなければならないといった欠点がある。APEでは、多数の観測項目、解析結果を表示しなければならないため、単一項目の出力用にディスプレイ装置を専有して使うことは許されない。

最近では、電子技術の発達により高性能のパソコンが比較的安価に入手できるようになった。多量のデータをまとめて処理したり、縮尺の変更や、新しいデータを追加して画面のリフレッシュを行なうのにも都合が良く、また、そのためのプログラム開発も容易である。そ

ここで、パソコンを利用した傾斜変動の長期的変化を見るための常時モニターシステムを開発した。

2. 概 要

現在、関東・東海地域地殻活動観測網には傾斜計が24点設置されている(図1)。初期に設置された観測点以外は微小地震計との併設で、ほとんどの観測点には雨量計が設置されている。また、中伊豆と野田沢観測点には気圧計が設置されている。これらの観測点のデータはテレメータによって筑波の防災センターに伝送され、オンライン接続されたAPEによってデータ処理が行われている。APEは、データの収録・監視を行う1号機、地震前兆を検出するための自動解析を行う2号機、半自動検測による信頼性の高いデータの蓄積とこのデータを基にした前兆解析研究を行うための3号機から構成されている。APEの1号機では、次のようなデータ収録が行われる。傾斜計や三成分歪計、ラドン濃度計の低速採取データについては、秒サンプリングのデータを正分の前後90秒分ずつ180個を用いてメディアン法により中央

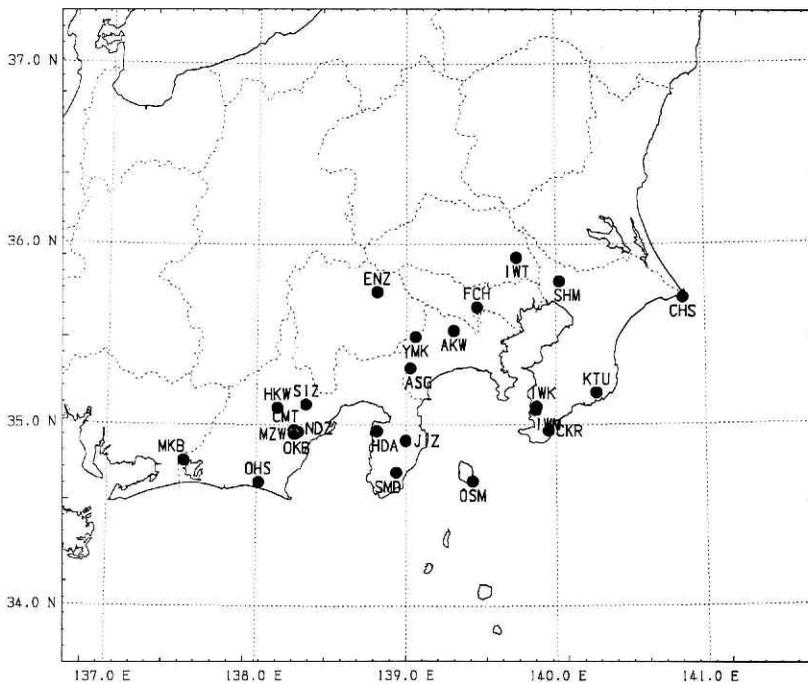


図1 関東・東海地域における国立防災科学技術センターの傾斜計観測点分布(1987年10月現在)

Fig. 1 Tiltmeter stations of the National Research Center for Disaster Prevention in the Kanto-Tokai area as of October, 1987.

値を求め、これを分の代表値として共用ディスク内の連続データファイル(分値ファイル)に収録する。メディアン法を用いたことによって、回線エラーによるパルスのノイズは除かれている(島田・大久保・岡田・堀, 1987)。この連続データファイルには60日分のデータが保存され、新しいデータが取り込まれると古いデータは上書きされるようになっている。

今回開発された地殻傾斜常時モニターシステムは5台のパソコンより構成され、それぞれはAPEの2号機とRS-232C回線で接続されているが、2号機からパソコンに送信されるデータは、上記の連続データファイルから正時値を抜き取ったものである。写真1に全体の外観を示す。各パソコンは関東・東海地域の5つのブロックに対応し、1台のパソコンが4～6

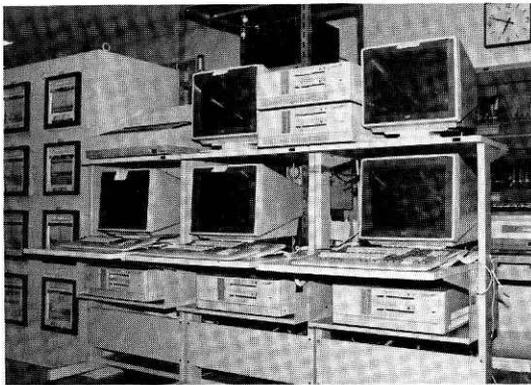


写真1 モニターシステムの外観
Photo 1 An outward appearance of the monitoring system.

観測点分の傾斜計成分を受け持っている。各々は独立しており、それぞれが2号機とのデータ交信と表示を行っている。一組のパソコンは、本体とディスプレイ装置、キーボードの組合わせて構成されている。機種は富士通(株)のパーソナル・コンピュータFM-16 β で、メインメモリーには1メガバイトが標準実装されている。本体には、補助記憶装置として5インチのフロッピーディスクが2台と通信用のRS-232Cボードが一枚内蔵されている。フロッピーディスク1枚で1メガバイトの記憶容量がある。ディスプレイ装置はカラーで、解像度640×400ドットである。グラフィック画面はカラーモードで2ページ使用でき、それぞれのページを別画面として表示できる。その他に、外部記憶装置として容量20メガバイトのハードディスクが1台と、出力用としてプリンターが2台接続されている。プリンターは1台で2台のパソコンからの信号を切り替えられるようになっており、BASICのコマンドによって画面に表示した傾斜変動図のハードコピーがとれるようになっている。

図2に標準的な傾斜変動図を示す。データは毎時の抜き取り値で、期間は3カ月(92日)である。傾斜変動量はフルスケール6マイクロラジアンで、図の下方方向が地盤の北および、東下がりを示す。これらの仕様は、打点式記録計と同じである。下側に示された日付の中心か

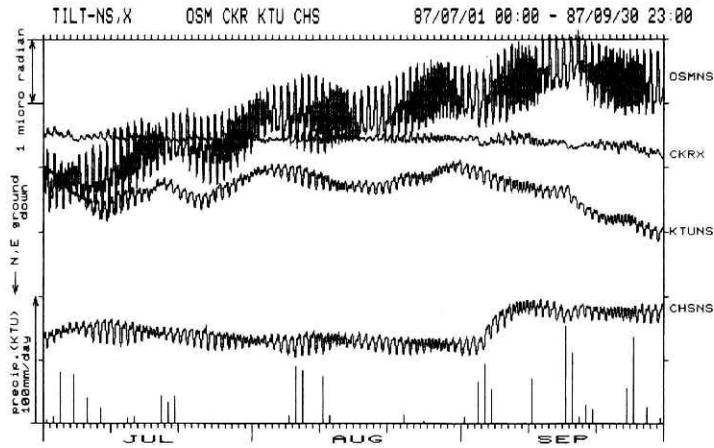


図2 傾斜変動図例

Fig. 2 An example of displaying tilt changes including NS components of 6 stations and daily precipitation of 1 station.

らの棒グラフは1日の降水量を表わしており、左側の上向きの矢印が100mmの雨量に相当する。ディスプレイの画面は、カラー表示の場合2面使用できるため、傾斜計の南北成分と東西成分をそれぞれの画面に割り当て、1画面で4～6成分を合わせて表示している。カラーは7色使用できるため、それぞれの観測点毎に色を変えている。データ表示の縦位置の設定にはフルスケールを表示チャンネル数で割って、各位置にデータの末尾がくるようになっているため、最新のデータが交錯することなく表示されるようになっている。降雨の影響による変動や地震によるステップなどで画面内に全期間のデータが納まり切らないときには、倍率やオフセット量を変更して全体の変化が見られるようになっている。

このシステムの機能はデータの交信と表示が主たるものであるが、それ以外に取り込んだデータを活用するための各種のプログラムが用意されている。例えば、傾斜計の各成分の変動を見るだけでなく、両成分を合成した地盤の傾きの方向を見ることが必要となる場合もある。そこで、収録したフロッピーディスクのデータを読み出して、傾斜ベクトルの表示を行うこともできるようにした。図3にベクトル図の例を示す。この表示は対話形式で期間と観測点コードと倍率を指定することによって実行される。データの色は毎時変えながら表示され、点滅表示によって最新データが明示される。また、フロッピーディスクに収録したデータは、別のプログラムによってハードディスクへ移すことができ、さらに長期間のデータを保存することができる。さらに、フロッピーディスクやハードディスクに収録されたデータは画面やプリンターにリスト出力することができるようになっている。

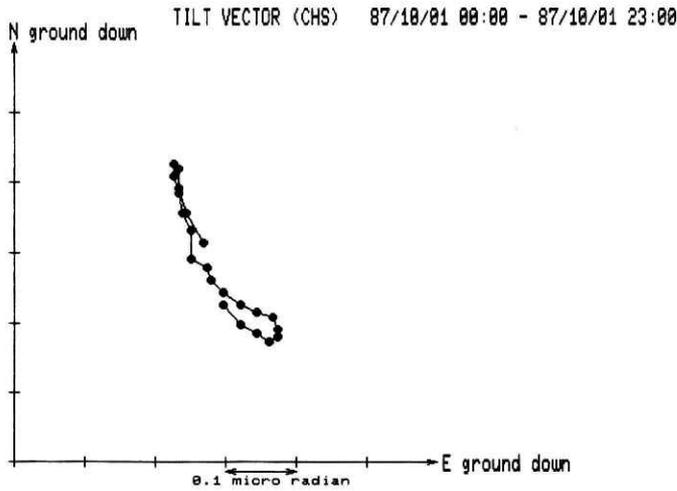


図3 傾斜ベクトル図例

Fig. 3 An example of displaying tilt vector changes. The symbols indicate each vector change for hourly data.

3. モニター処理の流れ

図4にモニタープログラムの処理の流れ図を示す。まず、プログラムの入ったフロッピーディスクを0番、データ用のフロッピーディスクを1番のディスクにセットし、プログラムを起動すると開始日と地域のブロック番号の入力要求メッセージが表示される。パラメータを入力すると、開始日から現在時までのデータ数を計算し、2号機へのデータ送信要求が行われる。パソコン側からの送信要求は、伝文種別コードとチャンネル番号と開始時刻(年月日時)が組み合わせられASCIIコードで送られる(図5)。2号機側では、コードとデータの有無をチェックし、受信したコードの後ろにASCIIコード5桁に変換したデータを最大40個送り返す。もし、データがなければ、その分のデータはブランクに置き換えられて送り返される。受信されたデータは一旦メモリーに蓄えられ、全チャンネルの受信が終了した後、2日分のデータを1レコードとしてフロッピーディスクへ書き込まれる。データの受信が終わると、画面1の初期化を行いタイトルと軸を表示した後、南北成分と雨量のチャンネルのデータをフロッピーディスクから読み出して表示する。雨量データは毎時の値から積算して日雨量に直す。画面2でも東西成分と雨量チャンネルについて同様の処理を行うが、この時点では画面1しかディスプレイには表示されていない。画面2への書き込みが終了すると、それぞれの画面は約30秒毎に切り替えて表示される。普段は画面の交互表示だけが行なわれているが、10分毎に内部タイマーの割り込みがかかり、時刻のチェックが行われる。そして現在時が最

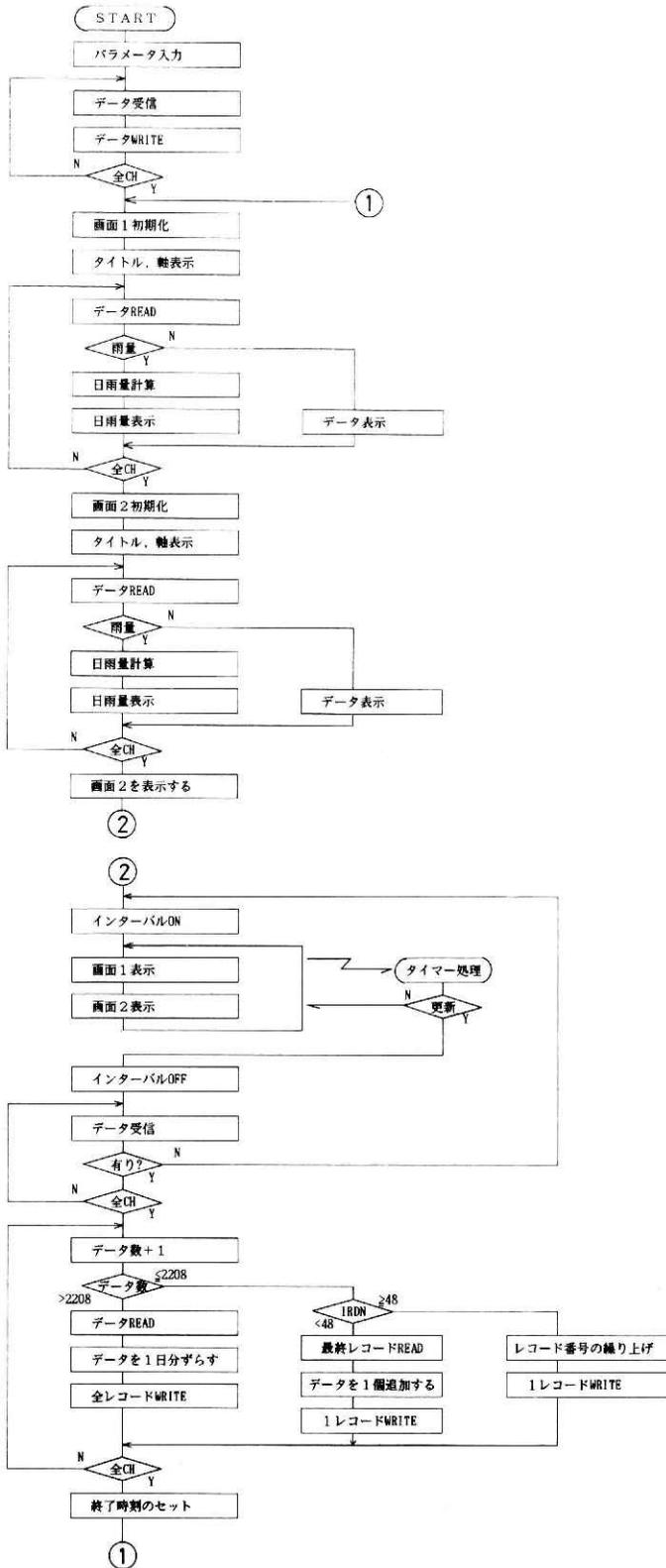


図4 モニタープログラムの処理の流れ図
 Fig. 4 A flowchart of monitoring program.

させることによって処理が続行される。

画面のハードコピーを取る場合には、まずプリンターの電源を入れ、オンライン状態にしてBREAKキーを押してプログラムを一旦中断させる。「READY」が表示されたら、HARDC2と入力し、RETURNキーを押す。プリンターに画面のハードコピーが出力され、終了すると、「READY」が表示されるので、PF4(Cont)キーを押せば中断されたプログラムの処理が再開される。

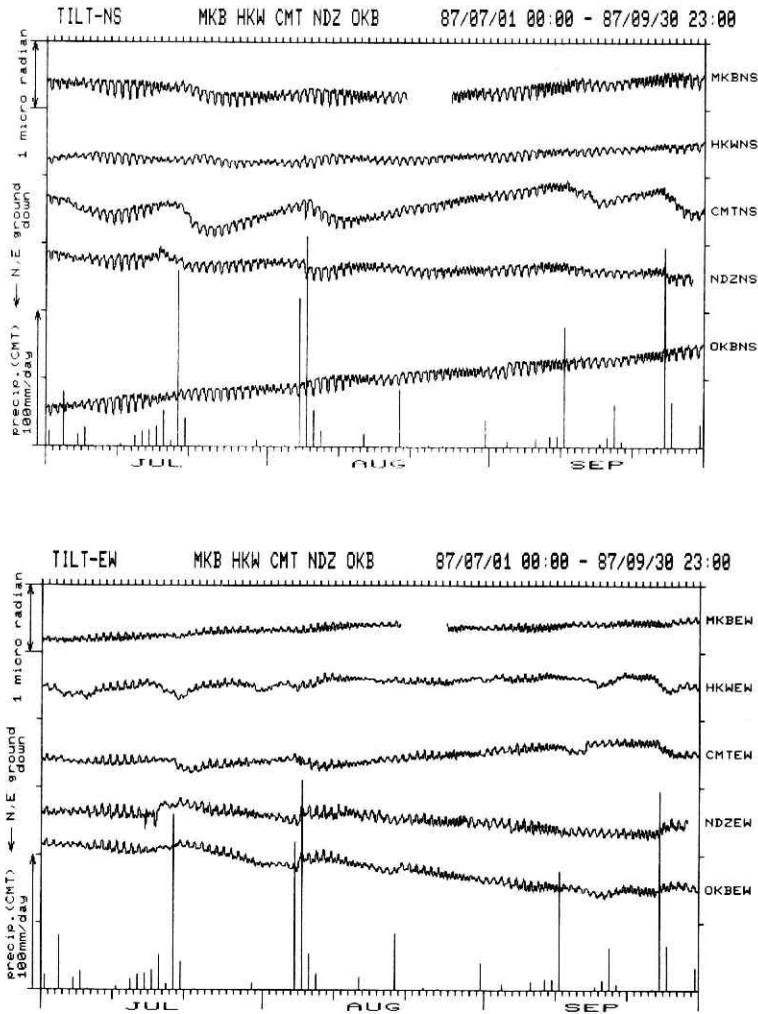


図6 最近3ヶ月間の傾斜変動図(ブロック1)

Fig. 6 Tilt changes of NS and EW components during last three months at block 1.

4. 表示例

図6に最近の地殻傾斜の変動図の一例を示す。(a)が傾斜変動の南北成分、(b)が東西成分である。一日分の降雨量を合わせて表示しているが、観測点によって降雨の影響の少ないところとわずかな雨量でも変動の激しいところがあることが分かる。

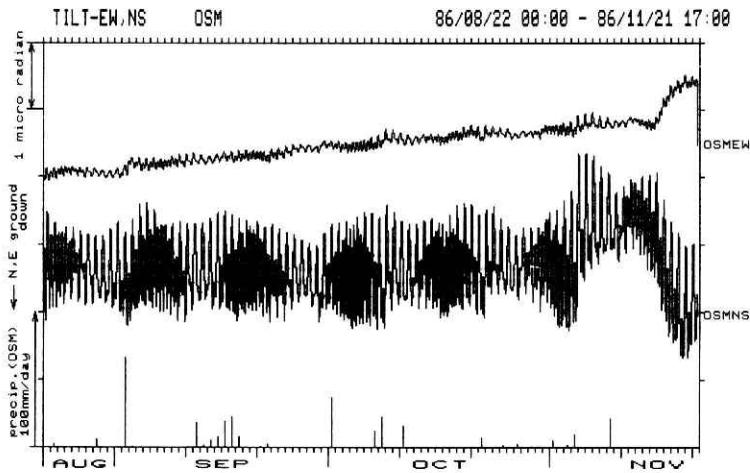


図7 大島観測点の傾斜変化(1986年8月22日~11月21日)
 Fig. 7 Tilt changes at Oshima for the period from 22 August to 21 November, 1986.

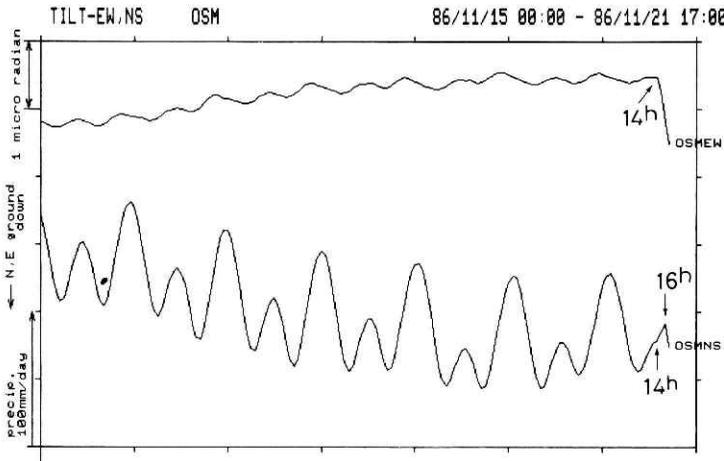


図8 大島観測点の傾斜変化(1986年11月15日~11月21日)
 Fig. 8 Tilt changes at Oshima for the period from 15 November to 21 November, 1986.

1986年11月15日に伊豆大島の三原山で山頂噴火，続いて11月21日には200年ぶりの大噴火（割れ目噴火）が発生した。このとき，波浮港に設置された傾斜計で大きな変動が観測された。図7に噴火3カ月前からの変動図を示す。11月12日頃から21日にかけての東西，南北両成分の変化が明瞭に見て取れる。図8に拡大図を示す。21日の14時から東西成分では大きく東下がりになり，南北成分では通常なら北下がりとなるべきところが南下がりのままで15時に達し，その後北下がり逆転して16時25分に噴火を迎えた。図9に18日から21日にかけての傾斜ベクトル変化を示す。南北成分の変化は東西成分の数倍あるため通常は南北の変化しか見

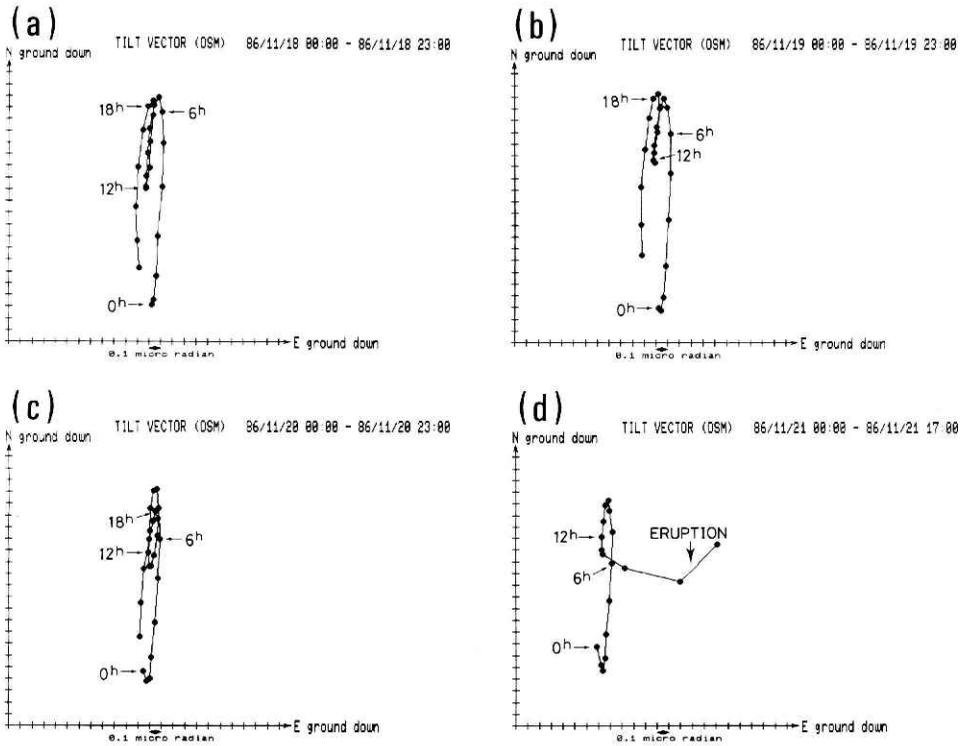


図9 大島観測点のベクトル変化(1986年11月18～11月21日)
Fig. 9 Daily vector changes at Oshima for the period from 18 November to 21 November, 1986.

られないが，20日の13時から南東下がり傾向が見られる。21日には通常12～13時に南下がりから北下がり逆転するところで南下がりのままとなり，さらに大きな東下がり動きが加わって噴火が発生している。

図には示していないが，噴火後は，南西下がり大きな変化を示し，22日の昼からは逆方向に急激に傾斜して，その後傾斜変化も徐々に緩やかになり，12月18日に再度小規模の噴火

が起こった後、1987年3月末にはほぼ傾斜変動がおさまっている。

5. おわりに

従来、傾斜計や歪計などの長周期データの監視には打点式記録計が用いられてきた。記録計の紙送り速度は12.5mm/hourで、時間～日という短い周期帯の変化を見るのには都合が良いが、数日～数ヶ月という長い周期帯の変化を見るのには適していなかった。また、1台の記録計で一つの観測点の記録を行うことが多く、異常な変化があった場合に他の観測点の記録と比較照合するのも不便であった。とくに傾斜計の場合、異常な変化の検出には普段の状況をよく把握しておく必要があり、雨量や気圧などの気象の影響が個々の観測点によって異なるため、それらを一目で読み取れることも重要である。1983年8月8日の山梨県東部地震の18日前に検出された地殻の異常な変化は、観測開始以来の記録の安定性と降雨に対するレスポンスが既知であったこと、及び直前に影響を及ぼすほどの降雨がなかったことなどが、検出できた要因となっている。

従来の計算機のモニター機能によるディスプレイ表示では、チャンネル名や期間など各種のパラメータを入力しなければならないといった煩雑さがあった。また、画面の更新はオペレータ自身が入力してやらなければならないため、監視には向いていなかった。今回の方法では常に必要な情報が表示されており、普段はパラメータを入力する必要がない。

本システムの開発のテスト中に伊豆大島の三原山で大規模な噴火が起こった。このため、連続運転による監視を行うとともに、より有用な監視機能として収録したデータからベクトル表示を行うためのプログラムを作成した。データを一旦取り込んでから独自に処理を行っているため、このような拡張を行うことも可能である。

現在APEに組み込まれている前兆解析の項目は数項目に過ぎず、またその処理内容も確定されたものではない。しかし今後はパラメータの変更にとどまらず、アルゴリズムの改良や新しく見出された項目の追加などにより、処理に費やされる負担は相当なものが予想されるため、モニター部分の分散処理を図る必要がある。今回の方式は、APEで行っている前兆指標計算結果や、項目別の異常判定結果の表示など、今後システムの開発状況によって増えてゆくであろう各種項目の表示にも応用することができる。ただ、このシステムの場合常時表示をさせているのでディスプレイ装置の消耗がいちばん問題となるであろう。

本システムの開発により地殻傾斜の長期的変化の把握が容易になり、キー操作を行うことなく即時に最新の状況を見て取れるようになった。また、ブロック別に4～5観測点の必要な表示チャンネルをまとめて一覧で表示できるようになった。さらに、異常現象出現時には、ハードコピーをとって直ちに「地震防災対策強化地域判定会」や「地震予知連絡会」等の関係機関に連絡することも可能となった。

本システムは、昭和61年10月に完成し、以後順調に稼動している。目下開発途上にある「地震前兆解析システム」の一翼を担いつつ、地震予知実用化に向けて大きく貢献して行くものと期待される。

謝 辞

本モニターシステムの開発に当たっては、第2研究部地殻変動研究室佐藤春夫室長に多大の助言、ご指導をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 松村正三・岡田義光・井元政二郎・島田誠一・堀貞喜・大久保正・大竹政和・浜田和郎(1987)：地震前兆解析システムの機能と構成，国立防災科学技術センター研究報告，41，35-44.
- 2) 岡田義光・平田安広・高橋辰利(1980)：永年変化観測用超低速記録計の開発，地震研究所彙報，55，225-240.
- 3) 佐藤春夫・高橋博・山本英二・福尾信平・上原正義・寺沢康夫(1980)：孔井用傾斜計による地殻傾斜観測方式の開発，地震2，33，343-368.
- 4) 佐藤春夫・立川真理子・大久保正(1984)：山梨県東部の地震(1983年8月8日)に先行した異常な地殻傾斜変化，地震2，37，197-205.
- 5) 島田誠一・大久保正・岡田義光・堀貞喜(1987)：地震前兆解析システムにおける低速採取データの処理，国立防災科学技術センター研究報告，41，65-87.

(1987年11月24日 原稿受理)