

屯鶴峯観測所における地殻変動観測 ——1980～1993——

尾上 謙介・藤田 安良

OBSERVATIONS OF THE CRUSTAL MOVEMENT AT THE DONZURUBO CRUSTAL MOVEMENT OBSERVATORY ——1980～1993——

By *Kensuke ONOUE and Yasuyosi FUJITA*

Synopsis

We report the observed results for 14 years at Donzurubo Observatory. The spectrum of strain variations show f^{-1} attenuation of amplitude for frequencies. Secular variations of strain show characteristic changes. It is shown that the variations of discharge from permeable layers correlate to variations of atmospheric pressure.

1. 序

地殻変動の連続観測は我国では広く行われており、その結果、各観測所で同時期に経年変動に変化が見られることが示され、このような変化は積算降雨と相関を有していることが報告されている¹⁾。又、近い観測所間には時期がズレて変化が見られ、移動性の地殻変動が存在する事も報告されている²⁾。このような事からそれぞれの観測所の経年変化の特徴を調べておくことは重要であると考えられる。

屯鶴峯観測所では、主に伸縮計、傾斜計による地殻変動の連続観測を1966年から行っている。1978年から観測坑道の落石防止のための工事により約1年間の観測の中断があり1979年の後半から再開された。1989年までについては既に報告しているが³⁾、その後4年が過ぎ、観測の再開から14年が経過した。その間について、広い周波数帯域でひずみ変化の振幅スペクトラムを調べると興味ある結果が得られた。又、14年間の経年変化に特徴が見られる。更に、1993年から、湧水量の観測を始めた。今回、これらの観測結果について報告する。

屯鶴峯観測所の位置、観測計器については既に報告しているのでここでは省略する。

2. ひずみ変化の周波数特性

各地の地殻変動観測所の地殻ひずみの連続観測記録から $10^{-7} \sim 10^{-4}$ Hz (約116日～3時間)の広い周波数帯域でのひずみ変化の周波数依存性が調べられ、各観測所や各方向成分により若干バラツキはあるが、ひずみ変化のノイズ・レベルはほぼ f^{-1} (f : 周波数) に比例して減衰していることが示された⁴⁾。

今回、水晶管伸縮計3成分で観測されたひずみ変化について更に広い周波数帯域(約2000～1日)の周波数依存性を調べた。解析は1日読み取りの4096日のデータについて直線的成分を除去し、FFTによりひずみの振幅スペクトラムを求めた。これを順次100日ずつ移動して計算して、5100日のデータについて得られたすべてのスペクトラムを平均した。得られたスペクトラムをFig. 1に示す。Fig. 1から各成分により若干レベルは異なるが、振幅レベルは明瞭に f^{-1} に比例して減衰していることがわかる。この事は非常に

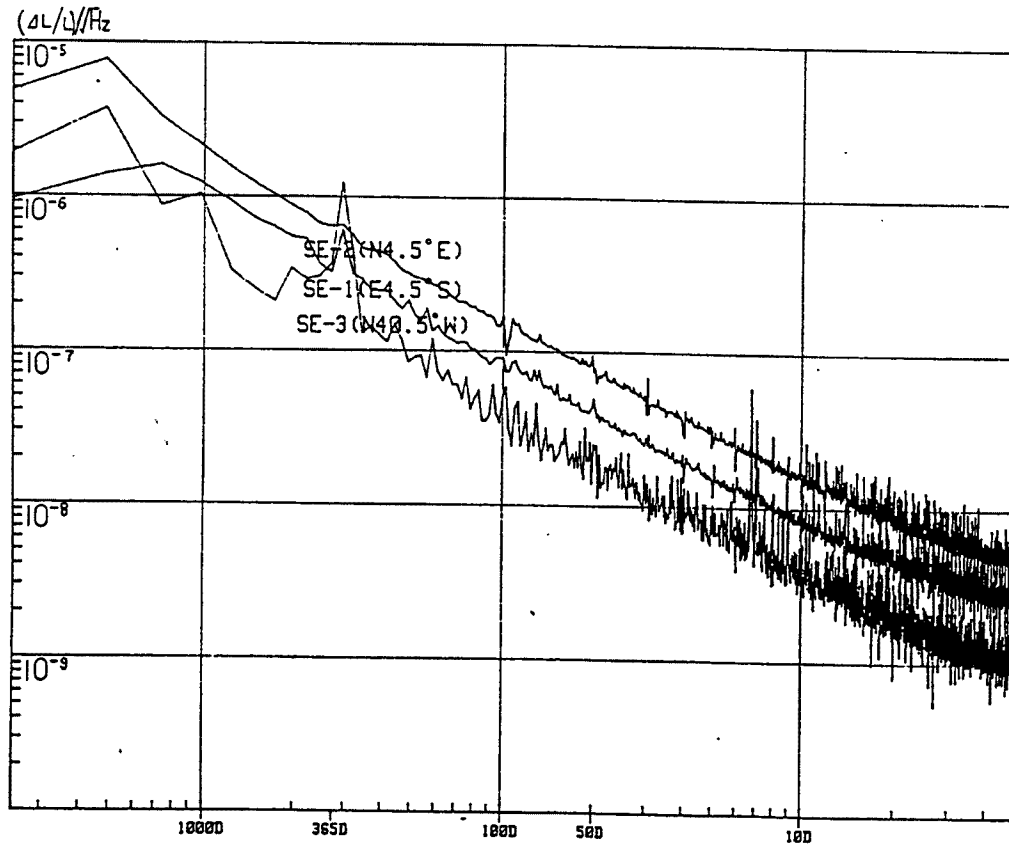


Fig. 1 Spectrum of ground strain of frequency range for 6×10^{-9} to 10^{-1} Hz.

興味があり、今後更に高い周波数帯域についても調べて、その物理的意味について検討したい。

3. 経年変化

3.1 水晶管伸縮計による伸縮変化

データは水晶管伸縮計によるプロマイド記録の毎日0時の読み取り値を用いた。'80年から'93年までの観測結果をFig. 2に示す。Fig. 2には短周期成分が見られ、特にSE-2の成分が顕著である。屯鶴峯観測所では他の観測所と較べると比較的降雨の影響は小さく⁵⁾、Fig. 2に見られる短周期変化は気圧変動によるひずみ変化である⁶⁾。また3成分には年周変化が明瞭にみられる。今回、経年変化を見るために年周変化より短い周期の変化を365日の移動平均で除いた。その結果をFig. 3に示す。各成分の変化の特徴を見ると、SE-1 (SE4.5°S) は'80年から“縮み”方向の変化を示し、'82年後半からは“伸び”に変わるが'85年になると再び“縮み”に転じ、'88年中頃までその変化が続く。その後'90年の後半まではほぼ変化なく推移するが、'90年後半から“伸び”の変化になり、'92年からは $2.0 \times 10^{-6}/y$ の大きな“伸び”の変化を示す。'93年になるとその変化は小さくなり、3月頃から“縮み”の変化に転じる。

SE-3 (N40.5°N) は最初“伸び”の変化を示し、'82年になると変化は小さくなるものの、'84年の中頃まで“伸び”の変化が続く。'85年の中頃から“縮み”変化になり、'87年の後半から'88年中頃まで一時“伸び”を示しているが、'88年中頃から再び“縮み”になり、'90年まで続く。'91年からは約 $0.5 \times 10^{-6}/y$ の“伸び”の変化を示すが、'92年になるとほとんどその“伸び”の変化はなくなる。

SE-2 (N4.5°E) は'85年まで $0.5 \times 10^{-6}/y$ の割合で“伸び”の変化を示す。'86年になると“縮み”変化

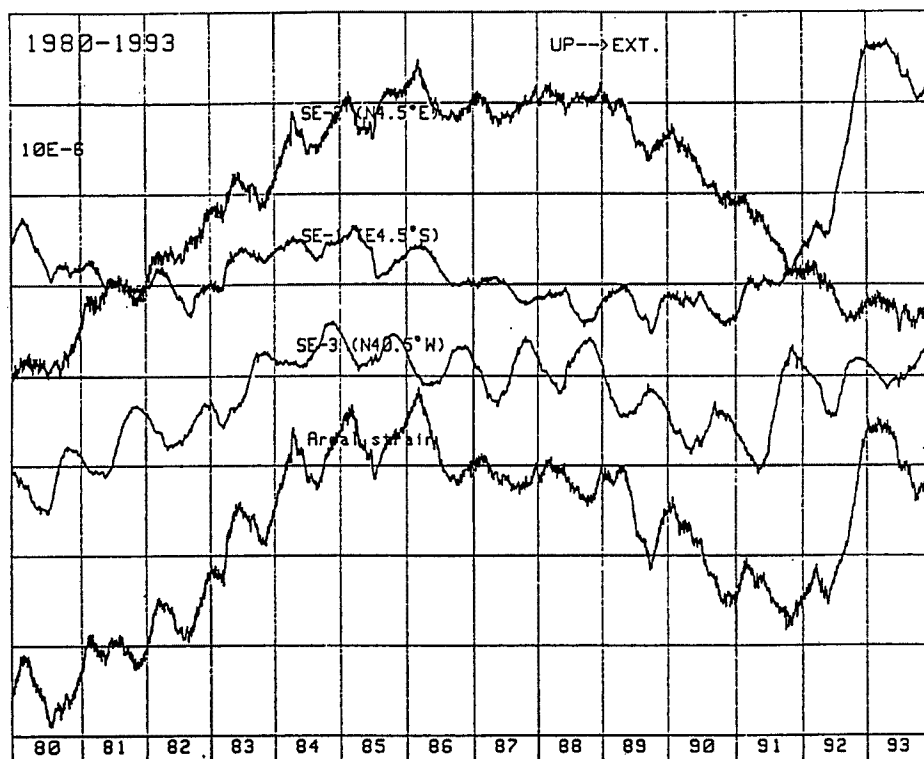


Fig. 2 Variations of ground strain observed by silica tube extensometers.

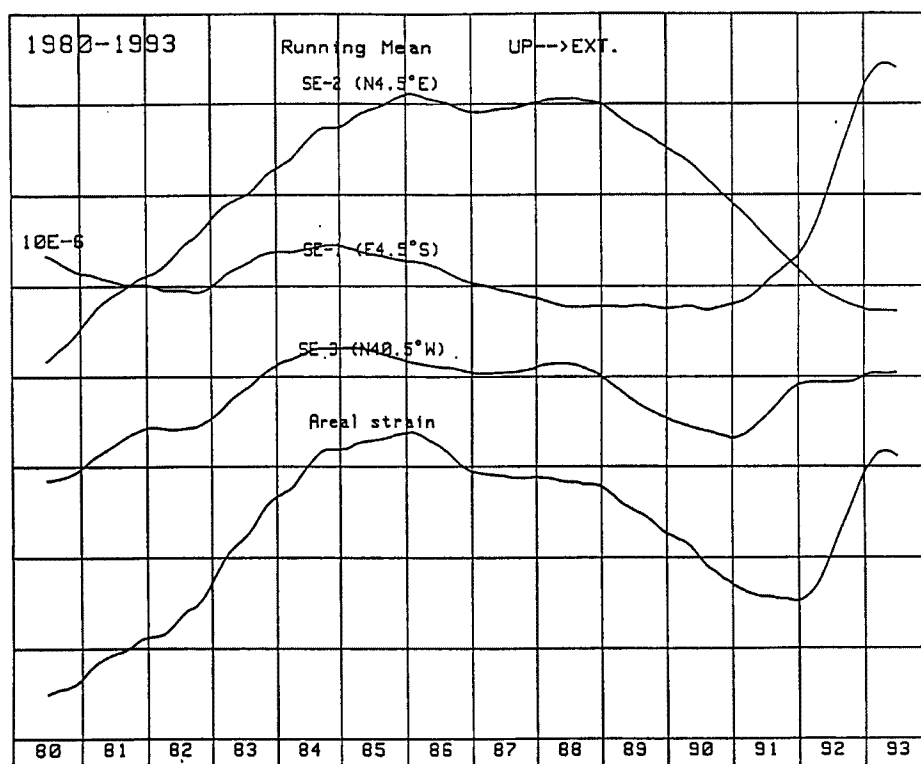


Fig. 3 Secular variations of ground strain calculated by running mean for 365 days.

に転じるが、その変化は小さく '87 年には再び“伸び”になるが変化は小さい。'88 年の後半から再び“縮み”になるが、その変化は $0.5 \times 10^{-6}/y$ と大きく '92 年まで続く。'92 年中頃からその変化の割合は小さくなり、'93 年になるとほとんど変化がなくなる。

SE-1, -2 の和で示される面積ひずみは、'85 年まで約 $0.5 \times 10^{-6}/y$ の割合で“伸び”の変化を示す。'85 年になるとその変化は小さくなり、'86 年からは“縮み”に転じる。'87 年になると“縮み”の変化は小さくなるが '89 年からはその変化は $0.5 \times 10^{-6}/y$ の大きな“縮み”変化になり、'91 年まで続く。'92 年からは一転して“伸び”になり、その変化の割合は約 $1.5 \times 10^{-6}/y$ と大きく、'93 年 3 月頃まで続く。

以上、各成分の変化傾向の変わる時期を述べたが、おおよそ次の 4 つの時期に分けることができると考えられる。SE-1 が主に“縮み”，SE-2, -3 が“伸び”の変化を示す A ('80~'84, '85)，3 成分の変化が比較的小さい小さい B ('85~'88)，SE-2, -3 が“縮み”変化の C ('89~'91, '92)，SE-1, -3 が大きく“伸び”の変化を示す D ('91~'93) である。

3.2 6 成分伸縮計による伸縮変化

6 成分伸縮計は基準尺がスーパー・インバール棒で、空間的なひずみを観測するために垂直方向、上下斜め 2 方向と水平 3 方向の合計 6 方向で構成されている。'80 年から '93 年までの観測結果を Fig. 4 に、365 日の移動平均を行った結果を Fig. 5 に示す。観測が再開されてから、上下方向の I (Vertical), IV (E4.5°S, DIP), V (N4.5°E, DIP) は $2.0 \sim 1.0 \times 10^{-5}/y$ の非常に大きな“伸び”の変化を示す。この“伸び”の変化は徐々にその変化の割合が小さくなるが、I, V は '86 年頃まで、IV は '88 年頃まで続く。そ

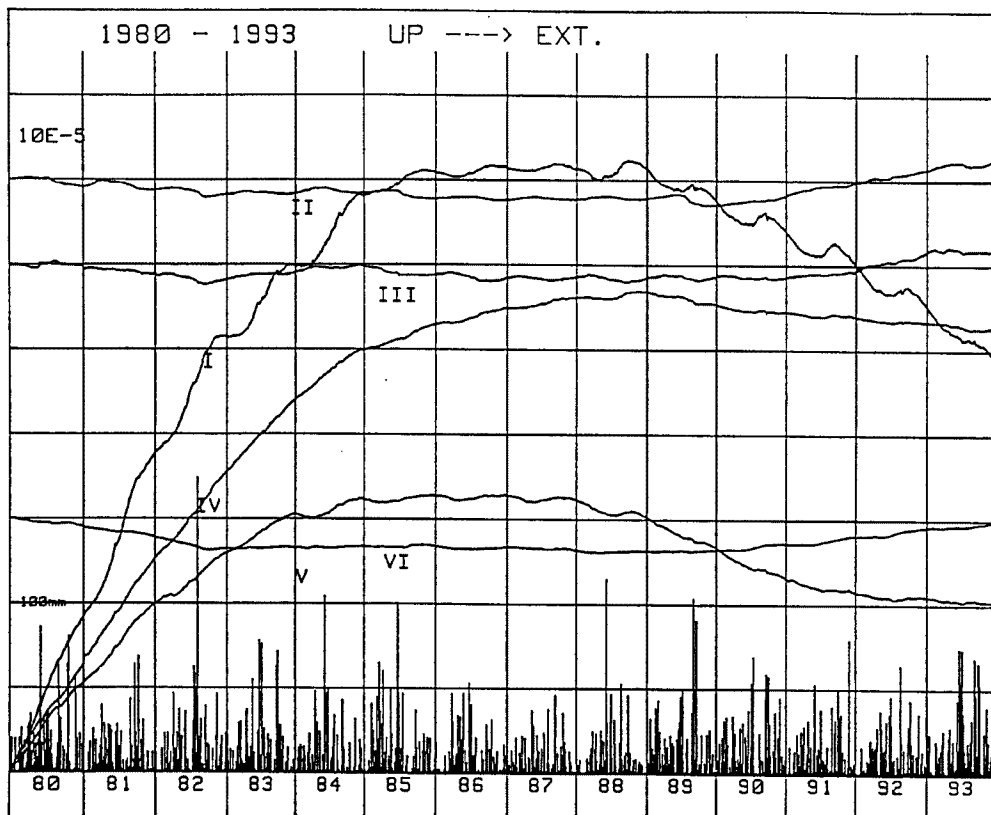


Fig. 4 Variations of ground strain observed by extensometers of six components and precipitation.

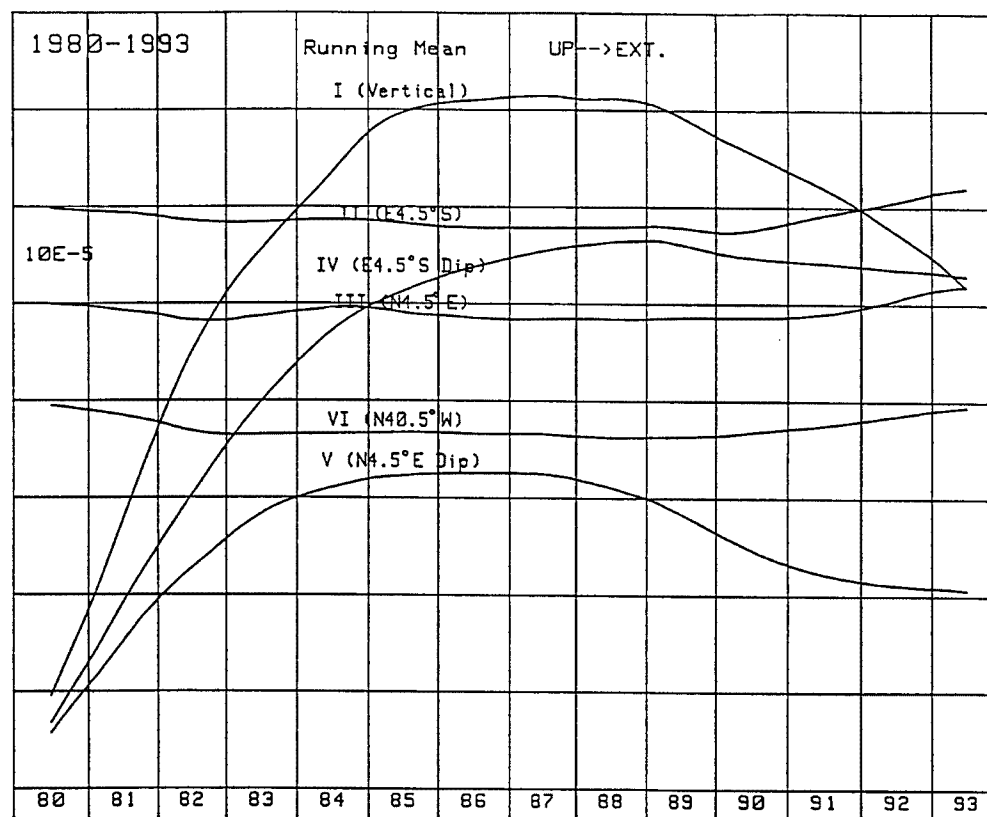


Fig. 5 Secular variations of ground strain calculated by running mean for 365 days.

の後変化は小さくなり、Vは'88年から、I、IVは'89年から“縮み”の変化になる。IV、Vは'92年からその変化は小さくなってきたが、Iは現在でも $0.5 \times 10^{-5}/y$ の“縮み”の変化を示す。水平3成分は観測の再開から'83年まで“縮み”の変化を示す。坑道の工事の際に、6成分伸縮計の上下方向のスパンを長くするために坑道の天井を約3m掘削した。観測再開からの上下方向の大きな伸びの変化と水平方向の縮みの変化はこの掘削後の影響によるものと考えられる³⁾。

水平3成分と水晶管伸縮計3成分の伸縮変化を比較した。その結果をFig. 6に示す。Fig. 6で6成分伸縮計のひずみの縦軸のスケールは水晶管伸縮計のその1/2である。Fig. 6を見ると、IIとSE-1、VIとSE-3の変化はほぼ同様な変化傾向を示しているが、IIIとSE-2は異なる変化傾向を示す。特に、'89年からSE-2が大きな“縮み”変化を示しているのに対して、IIIは“伸び”の変化を示す。これはIIIのスパンがSE-2に較べて約1/3と短く、観測坑道の角に位置していることによるものと考えられる。

3.3 傾斜変化

東西(WT-1)、南北(WT-2)の2成分の水管傾斜計による傾斜変化の観測結果と2成分から合成されたベクトル図をFig. 7に示す。データは2週間ごとのマイクロ・メーターの読み取り値を用いた。南北成分が'83年の始めに約1.5sec.の大きな南下がりの変化を示すが、約1年後に元に戻る。東西成分にはこのような変化は見られない。この大きな変化は器械の異常に原因すると考えられが、詳細は不明である。'84年から小さな変化で推移し、'87年から $0.3 \text{ sec.}/y$ の南傾斜の変化を示す。'93年になると北方向の傾斜に転じる。東西成分は'84年までわずかに東方向の傾斜を示すが、その後ほとんど経年変化は見られない。'90年

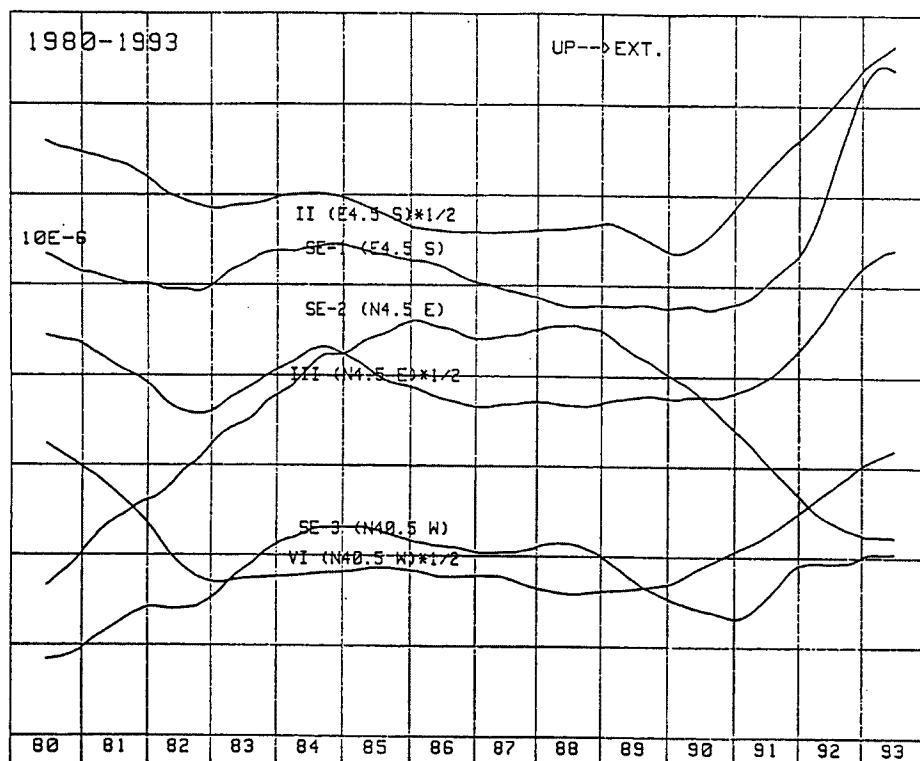


Fig. 6 Comparisons of secular variations of same components. Scale of strain of six components are one half of others.

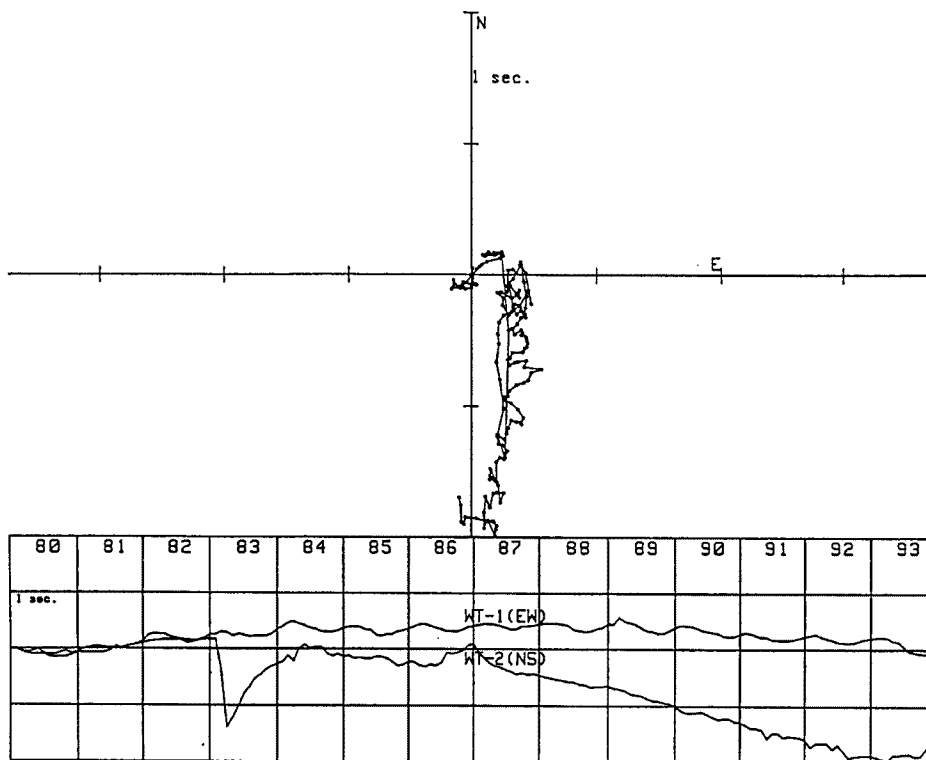


Fig. 7 Variations of ground tilt observed by water tube tiltmeters and vector diagrams of ground tilt.

から西方向の傾斜になり現在に至っている。ベクトル図を見ると、'83年まではほぼ東傾斜を示しているが、異常な南傾斜が元に戻った後、約3年間経年変化がなくその後再び南傾斜を示す。'90年になると傾斜方向は西方向へとほぼ90度変わる。以上の傾斜変化の特徴からほぼ4つの期間に分割できる。即ち、東傾斜の'83年まで、傾斜変化の小さい'87年まで、南傾斜の'92年まで、'93年からの西傾斜の期間である。

3.4 考察

伸縮変化と傾斜変化に時期のずれは見られるが、ほぼ4つの期間に分割出来ると考えられる。経年変化が積算降雨の変化と相関があることが報告されている¹⁾ので、屯鶴峯観測所で観測された14年間の日降雨量のデータについて、365日と730日の積算降雨を計算して、それぞれ365日と730日の移動平均を行った。その結果をFig. 8に示す。積算降雨は'87～'88年に渇水期を示している。Fig. 5のひずみ変化と比較すると、渇水期はひずみ変化の小さい時期に対応するようである。しかし'91年からの大きな伸びの変化に対応する降雨の変化は見られない。今のところ積算降雨がどのような機構で地殻変動と関連するか不明であり今後検討したい。

4. 湧水変化

屯鶴峯観測所の観測坑道は大雨があっても坑道内に流れをつくる程の湧水はない。しかし、帯水層からにじみでる湧水があるので、1993年5月から帯水層から落ちる滴を集めて、転倒マスで観測を始めた。約半年間の観測であるが興味ある結果が見られる。計数は15～30/時である。滴の計数が少なくそのままではよくわからないので、3時間で平滑した。Fig. 9に'93年11月から12月までの下から積算降雨、1時間当り

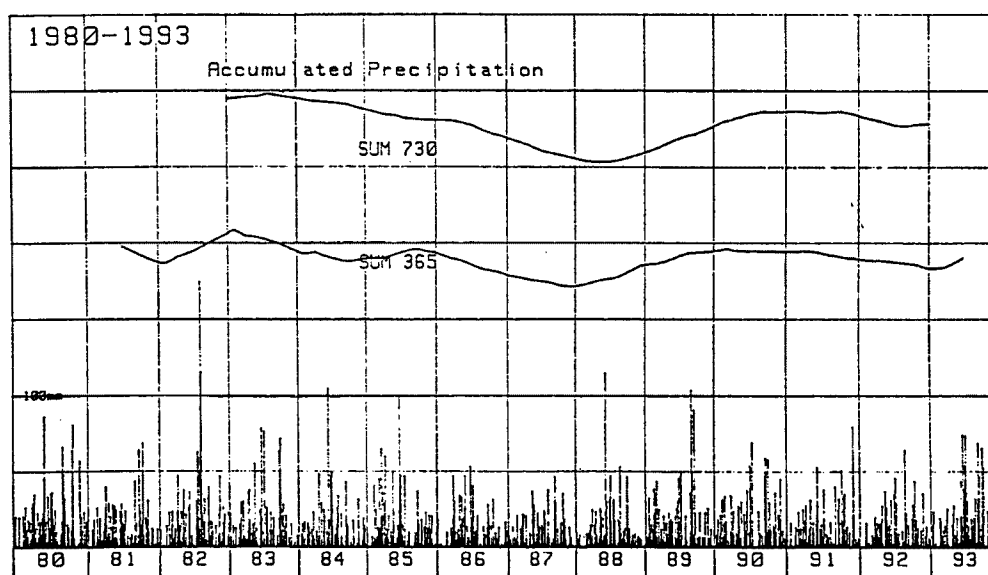


Fig. 8 Precipitation and accumulated precipitation for 365 and 730 days.

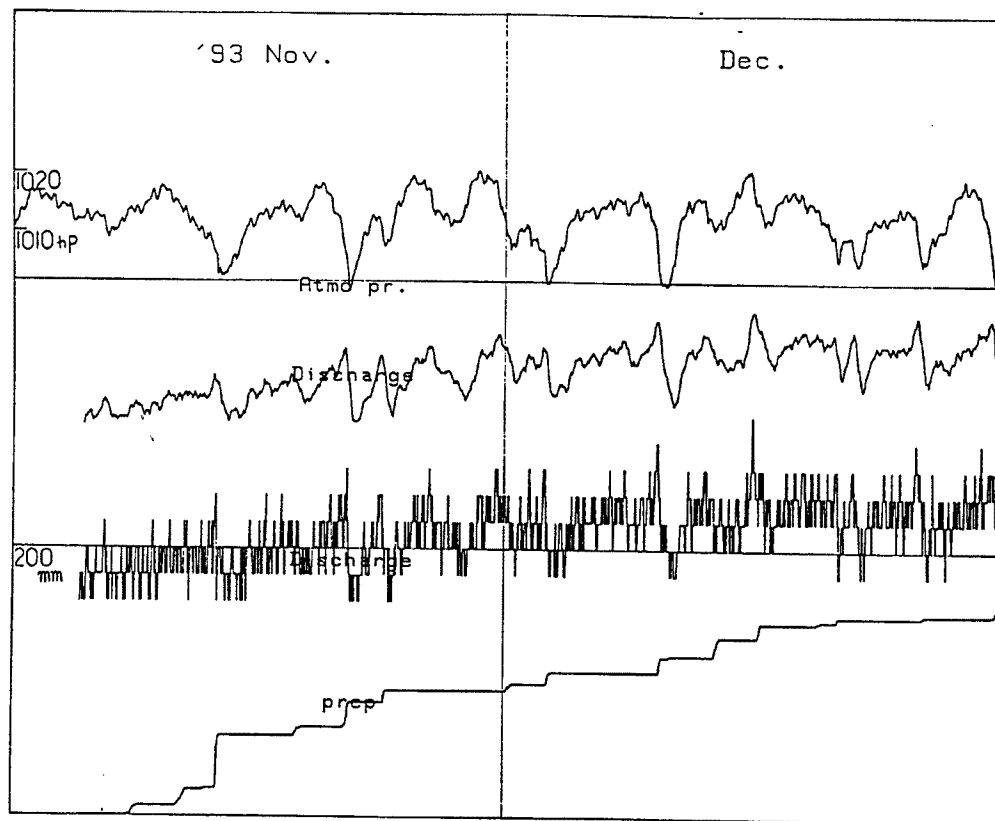


Fig. 9 Variations of discharge from permeable layers, atmospheric pressure and precipitation. Variations of discharge are calculated by running mean for 3 hours.

の湧水量、平滑した湧水量そして気圧変化を示す。**Fig. 9**を見ると、降雨との相関は見られない。しかし、気圧変化とは非常によい相関を示していることがわかる。即ち、気圧が下がると、約6時間遅れて湧水量が少なくなる。屯鶴峯観測所で観測されたひずみ変化は降雨量にはあまり影響されない⁴⁾。しかし、気圧変化には大きく影響されることを考慮すると非常に興味ある結果である。データの蓄積をまってその機構について検討したい。

5. まとめ

観測結果をまとめると以下である。

- (1) $6 \times 10^{-9} \sim 10^{-5} \text{ Hz}$ (約 2000 日～1 日) の周波数帯域でのひずみの振幅レベルは f^{-1} に比例して減衰する。
- (2) '80年から'93年の14年間のひずみの経年変化を見るとほぼ次の4つの時期に分けられる、A ('80～'84, '85), B ('85～'88), C ('89～'91, '92), D ('91～'93)。傾斜変化にもほぼ同様な時期に変化が見られる。
- (3) 経年変化は積算降雨と関連しているようであるがDの時期についてはほとんど相関が見られない。
- (4) 湧水量の変化は気圧変化と約6時間遅れで非常によい相関を示している。

最後に、本研究を行うにあたって有益なご意見をいただいた京都大学理学部及び防災研究所の各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Kasahara M., R. Shichi and Y. Okada : On the Cause of Long-Period Crustal Movement, Tectonophysics, 97, 1983, PP.327-336
- 2) Ishii H., T. Sato and A. Takagi : Characteristic of Strain Migration in the Northeastern Japanese Arc (I)-Propagation Characteristics-, Sci., Rep., Tohoku Univ., Ser. 5, Geophys., 25, PP.83-90
- 3) 尾上謙介・藤田安良・古澤 保：屯鶴峯地殻変動観測所における地殻変動観測－1980～1989－，京大防災研年報，第33号B-1, 1990, PP.93-101
- 4) 竹本修三・尾上謙介・藤森邦夫・須藤靖明・大塚成昭：重力波観測に及ぼす地殻変動と地面振動の影響，「重力波天文学」研究成果報告，1993, PP.309-317
- 5) 高田理夫・尾上謙介：地殻伸縮ひずみと降雨の関係について－屯鶴峯地殻変動観測所の場合－，京大防災研年報，第28号B-1, 1985, PP.49-53
- 6) 尾上謙介：屯鶴峯で観測された地殻ひずみへの気圧変化の影響，京大防災研年報，第36号B-1, 1993, PP.365-372