

上宝（蔵柱・立山）における地殻変動連続観測

地震予知研究センター
上宝観測所 和田安男

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上宝観測所では蔵柱及び立山観測室において高感度伸縮計・傾斜計による地殻変動連続観測を実施してきている。今回は伸縮計の観測システム、パソコンによるデータ処理方法、蔵柱観測室については最近16年間の地殻歪の経年変化、立山観測室については1998年夏上高地付近に発生した群発地震前後3ヶ月間の地殻歪変化及び雨量に対する地殻歪レスポンスの変化について報告する。

2. 伸縮計の観測システム

図1に上宝観測所の地殻変動観測網及び1988年夏上高地付近に発生した群発地震の震源域を示す。図2に蔵柱及び立山観測室坑内の計器配置図を示す。蔵柱観測室の観測坑は南西向き

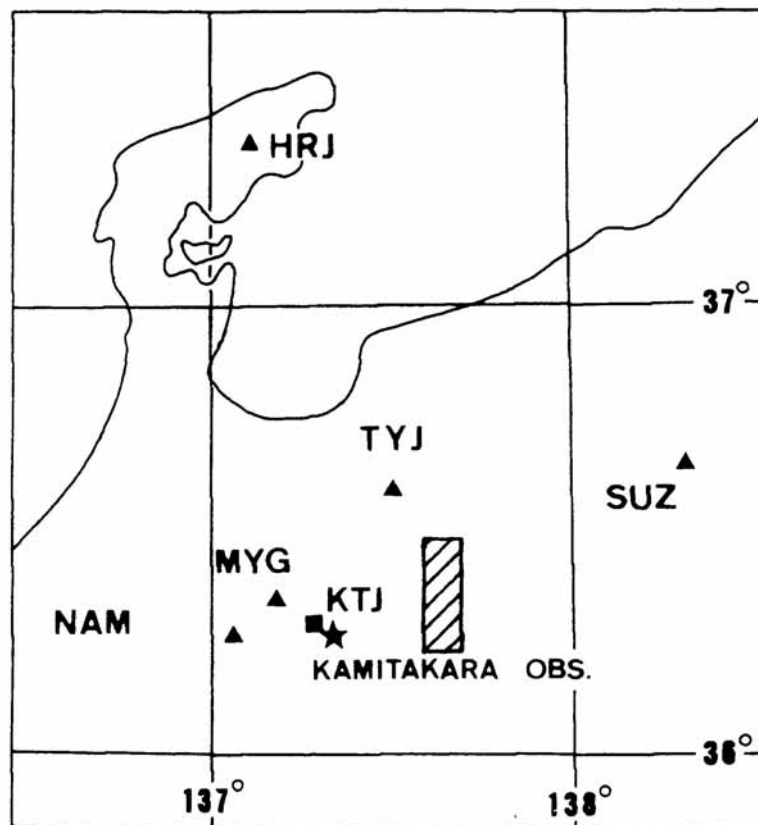


図1 上宝観測所の地殻変動観測網及び群発地震震源域
KTJ：蔵柱、MYG：宮川、NAM：西天生、HRJ：宝立
TYJ：立山、SUZ：須阪観測室及び▨：群発地震震源域

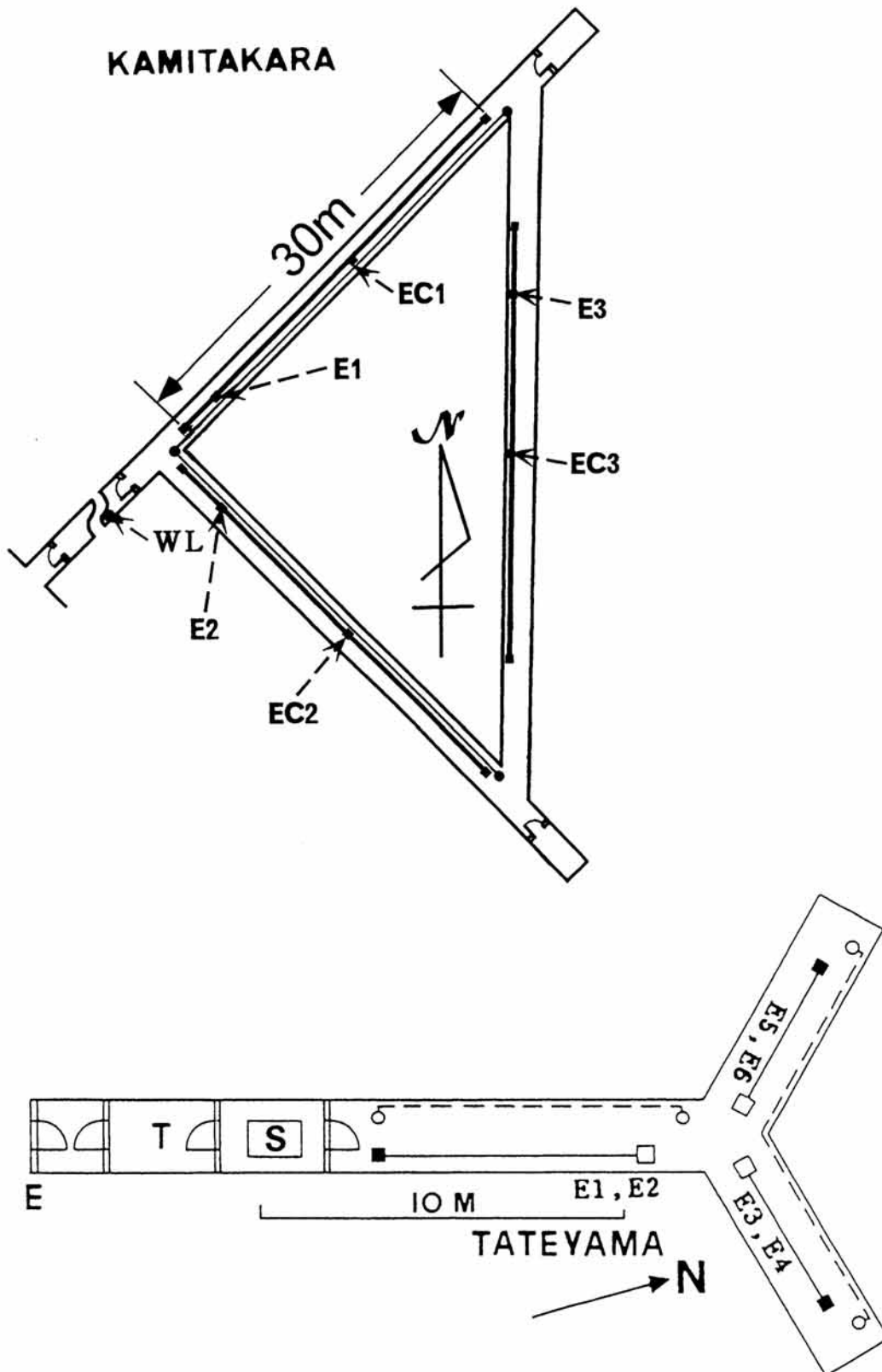


図2 蔵柱及び立山観測坑内の計器配置図

山腹にあり、被りは約40mである。坑道の総延長は177mに達する、伸縮計の基準尺は熱膨張係数が小さい外径約25mmの水晶管を使用している。測定方法は当初、光学式であったが、その後電子式と併用し、1984年5月以降電子式のみである。記録方式としては1977年4月のテレメータ化以後、モニター用のアナログ及び電算機処理用のデジタルがある。E1、2、3に作動トランス、EC1、23にマグネセンサーをトランスデューサとして使用している、これ以外に気象（雨量、気圧、気温）の観測も電子式で行っている。スケールアウト防止用にはハイカットフィルター内蔵の自動零点調整回路を用いている。

立山観測室の観測坑は、垂直に近い30～40mの岩盤の下部付近にある。坑道の総延長は焼く30mである。伸縮計の基準尺は熱膨張係数が小さく設置が比較的簡便な、直径10mmのスーパーインバール棒を使用している。測定方法は当初から電子式のみである。

記録方法としてはデジタルデータロガーに記録されたデータをモデム及び公衆電話回線を介し、1日1回上宝観測所からの自動収録方式をとっている。全成分のトランスデューサには差動トランスを使用している。これ以外に気象（気圧、気温）の観測も行っている。

今回、解析に使用した主な計器の諸定数を表1に示す。

| 観測計器 | 記号 | 方向 | 長さ | 感度 |
|---------------------------|-----|-------|-------|-----------------------------|
| 水晶管型伸縮計 (蔵柱観測室) | E1 | N45°E | 25m | $1.2 \times E - 10 / Digit$ |
| | E2 | S45°E | 25m | $1.6 \times E - 10 / Digit$ |
| | E3 | N0°E | 25m | $1.4 \times E - 10 / Digit$ |
| | EC1 | N45°E | 25m | $1.3 \times E - 10 / Digit$ |
| | EC2 | S45°E | 12.5m | $0.8 \times E - 10 / Digit$ |
| | EC3 | N0°E | 12.5m | $0.8 \times E - 10 / Digit$ |
| スーパーインバール棒型 伸縮計(立山観測室) | E2 | N27°W | 741cm | $9.2 \times E - 10 / Digit$ |

表1 蔵柱及び立山観測室の計器定数

3. パソコンによるデータ処理方法

デジタル出力された生データは、記録のスケールアウトを防止するための零点運動があれば MS-DOS 版上の自作した N 8 8 B A S I C プログラムにより自動補正され、欠測値やノイズは手動でマウスのグラフを描く機能により修正される。この他 S T E P 処理などされて、連続になったデータは積算の零点移動値と共にフロッピーディスクに出力される。図 3 に自動補正後の画面ハードコピーを示す。

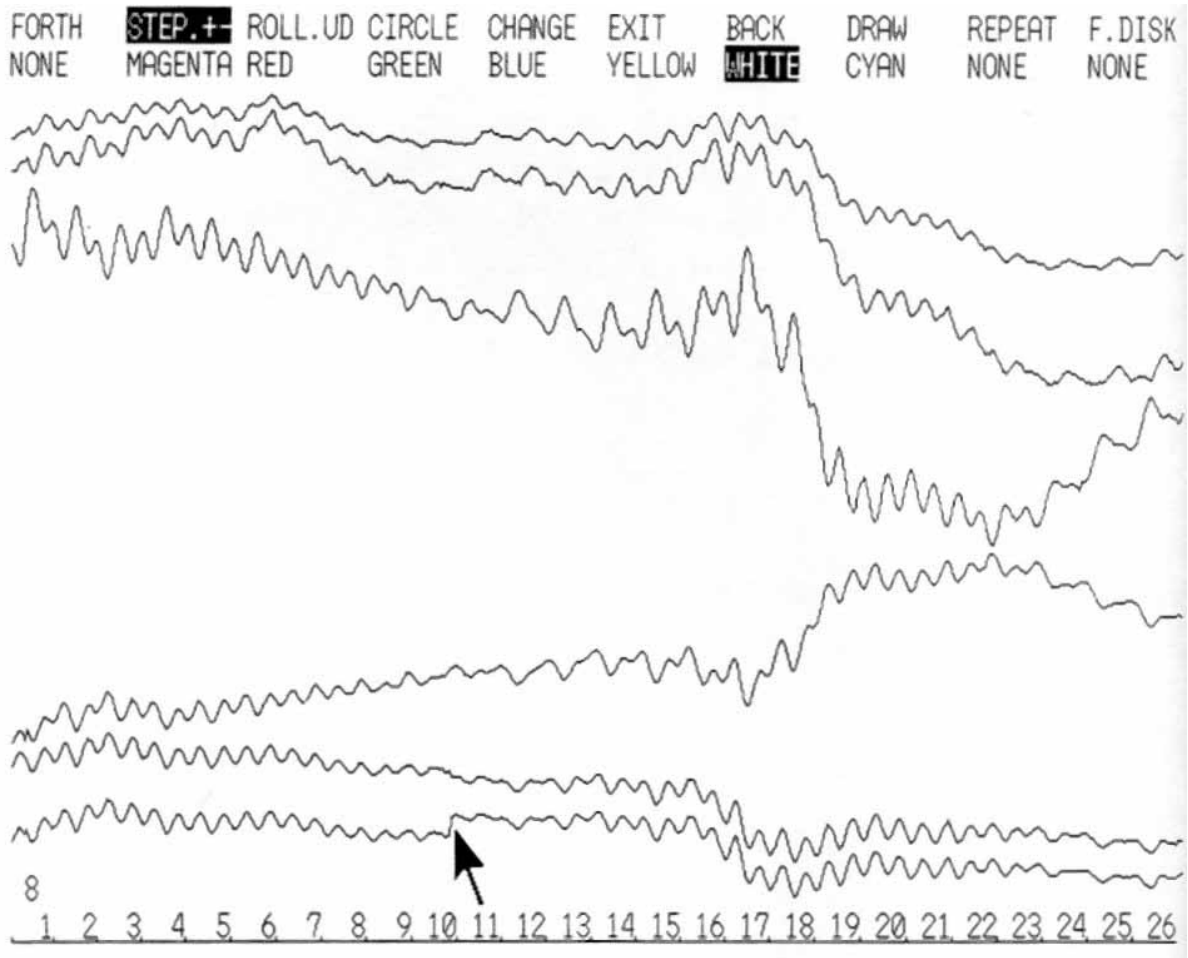


図 3 画面のハードコピー

4. 蔵柱観測室における地殻歪の経年変化

図 4 に 1984 年 1 月 1 日より 1999 年 12 月 31 日までの伸縮計水平 3 成分 (E C 成分は E 成分それぞれの中間点) の毎日 0 時の観測値及び日雨量を示す。E 1 は、電気回路のトラブルと思われる 1988 年の急な伸びを除けば、E 2 と同様に地殻歪は直線的な経年変化を示している。これに対して E 3 の経年変化は電気回路のトラブルと思われる 1988 年夏以降の変化 (感度の劣化) を除いても前 2 者に比べて小さく、1994 年の半ば頃より横ばい状態から伸びに転じ、1997 年の半ば頃より伸びの変化が大きくなっている。

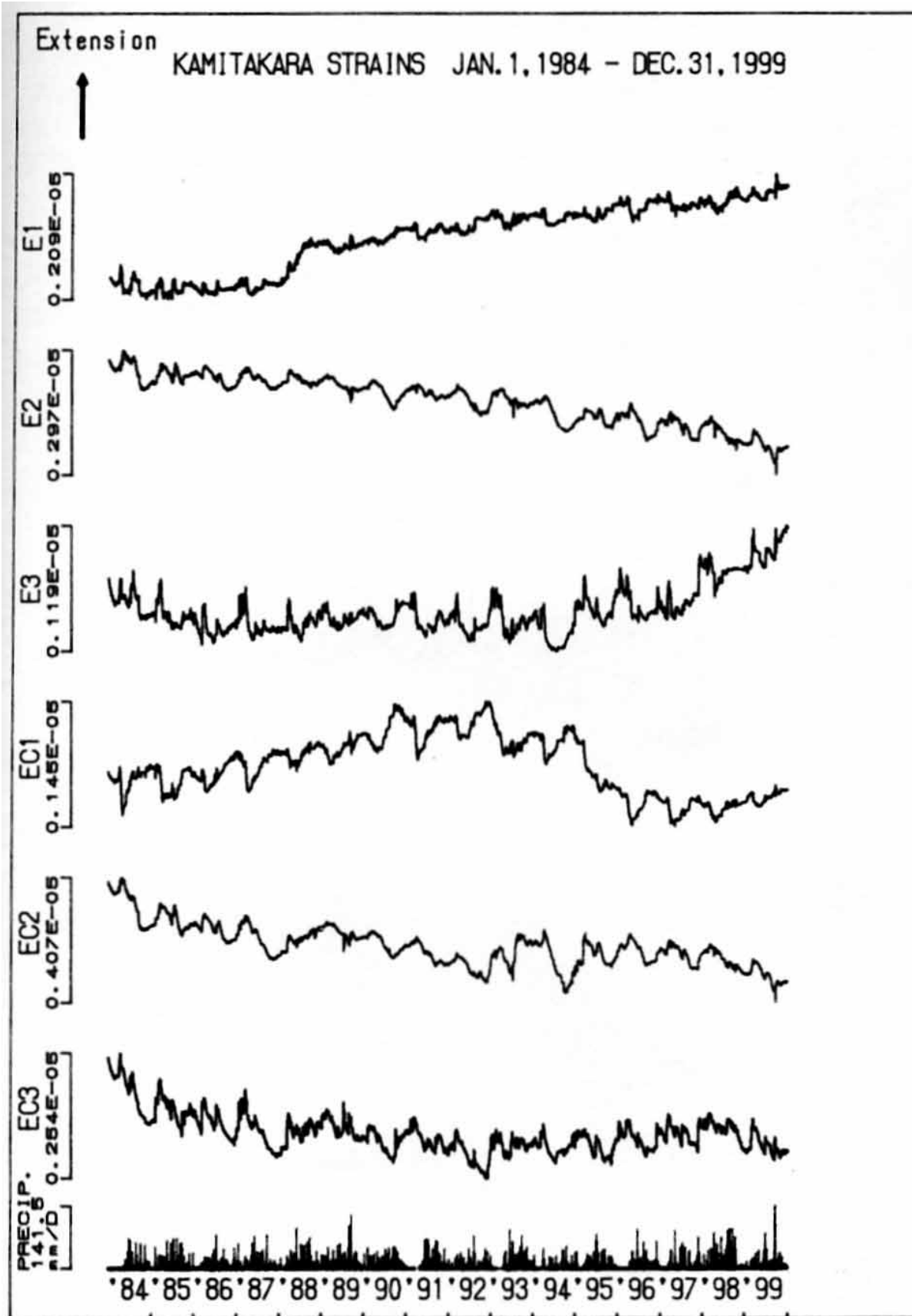


図4 蔵柱観測室における地殻歪の日値及び日雨量

中間点の記録について見ると1988年の春から秋にかけてのEC2、3の伸び及び1993年の初め頃よりEC1の従来の伸びから縮みに反転したことや、同時期にEC2、3の従来の縮みから横ばいに変化したことなど端点での経年変化の傾向とはかなり違っている。この原因については既に報告されている⁴⁾。EC1、2、3共に1998年以降は1992年以前の経年変化の傾向に戻っている。なお1984年以降の経年変化は、最も大きい成分EC2でも 3×10^{-7} /年以下である。

5. 立山観測室における群発地震前後の地殻歪変化

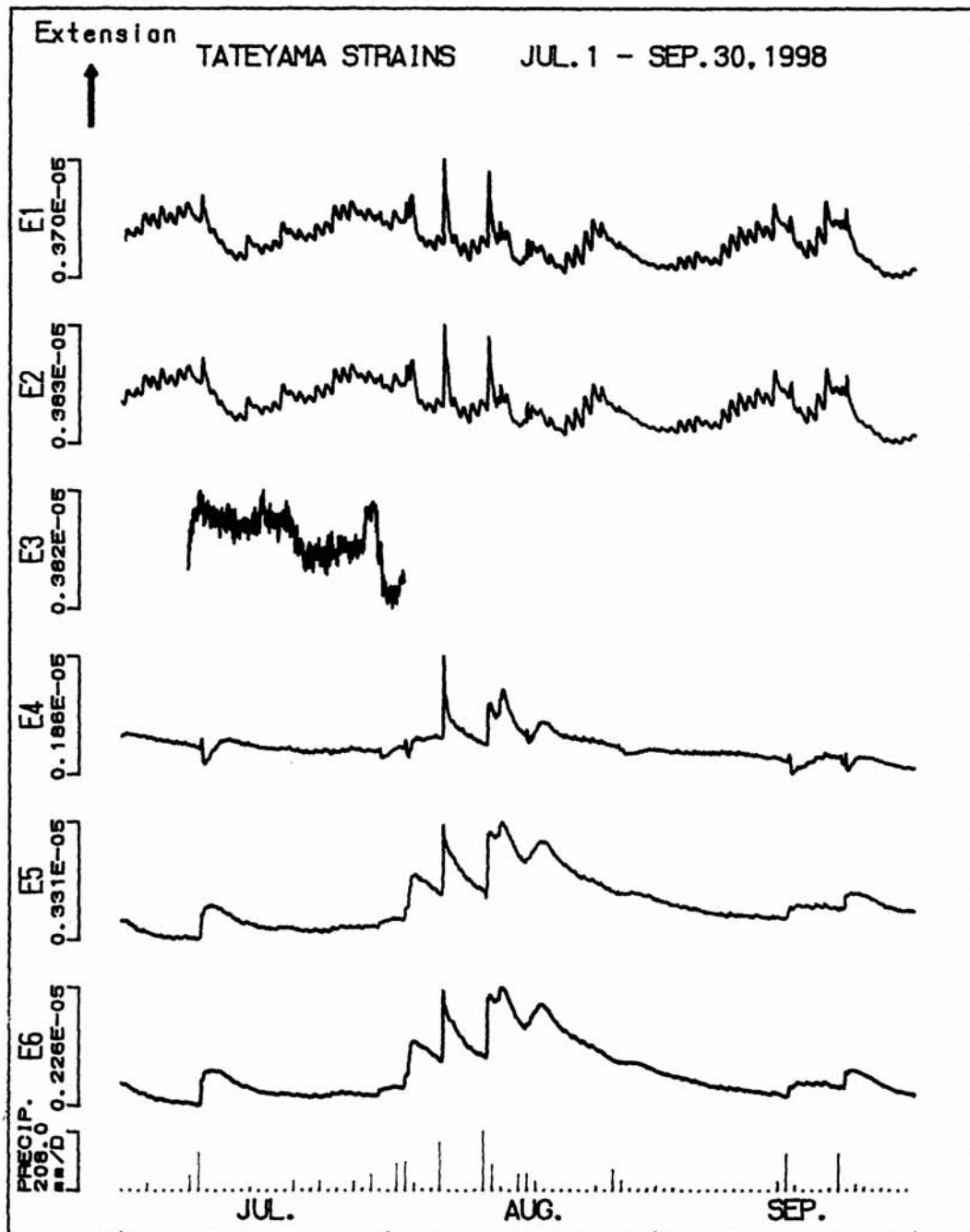


図5 立山観測室における地殻歪の時間値及び

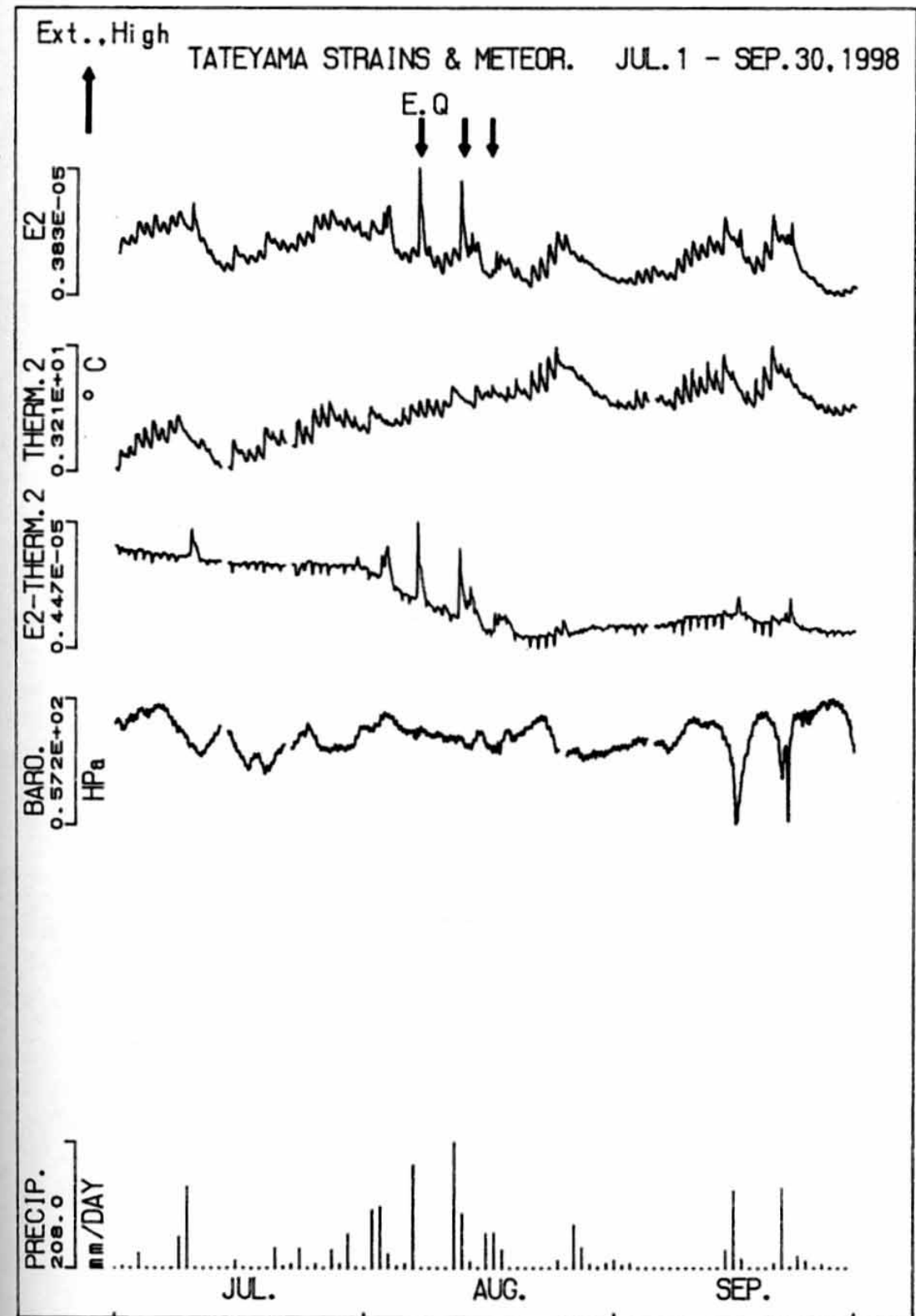


図6 立山観測室における地殻歪、坑内気温、坑内気温補正後の地殻歪み、坑内気圧の時間値及び日雨量

立山観測室は岩盤部分が多いため、断熱効果のある積雪が多い冬季を除けば日光が当たれば直ちに岩盤の温度が上昇し、日が陰れば下降する特殊な環境下にある。図5に併行観測を行っている1998年7月1日より9月30日までの伸縮計水平3成分の毎時の観測値及び日雨量を示す。E3の欠測は電気回路のトラブルによるものである。図6に1998年7月1日より9月30日までの伸縮計水平1成分、E2の毎時の観測値、地殻歪と相関の大きい坑内気温（坑口より約2m）坑内気温補正後の地殻歪、坑内の気圧及び日雨量を示す。日雨量は立山観測室から700m程離れた立山砂防工事事務所雑穀谷観測点における値である。地殻歪の坑内気温補正は気温による日変化の影響が最小になる様にした。坑内気温補正後の地殻歪は8月の初め頃より徐々に縮み始めている。8月7日に上高地付近で群発地震が始る1週間程度前の現象である。8月7日、12日及び降雨中に比較的大きな地震が発生している。

6. 雨量に対する地殻歪レスポンス

雨量に対するE2の地殻歪のレスポンスについて調べてみた。降雨の際の坑内気温補正後の歪変化からそのピークの値を読み取り、歪変化に影響を与えたと思われる1日又は2日間の雨量1mm当たりに対する結果が図7の黒丸でプロットされている。8月7日、12日の単位雨量に対する歪量はその前後の雨量の降雨日の単位雨量に対する歪量より2倍程大きい。この両日の比較的大きな地震の発生は歪変化のピークから2～5時間後であることから地震動によるピーク値への影響はないと考えられる。両日は前述の地殻歪が徐々に縮み変化をしている期間中であることから降雨による地殻歪のレスポンスの変化が地殻のひずみ場あるいは応力場の変化を反映する可能性を示す例として興味深い。図8に歪変化に影響を与えたと思われる1日又は2日間の雨量に対する最大歪量を黒丸で示す。8月7日、12日の最大歪量はこれ以外の降雨日の最大歪量より2倍強大きい。この結果も降雨に伴う地殻歪のレスポンスに変化があった可能性を示すものと解釈できる。

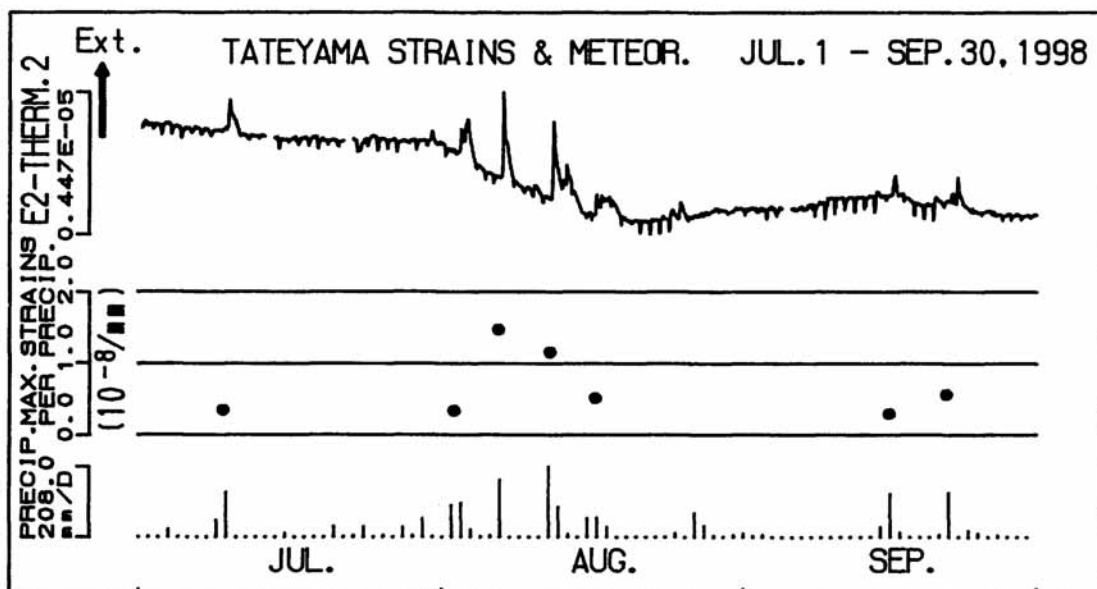


図7 単位雨量に対する最大歪量

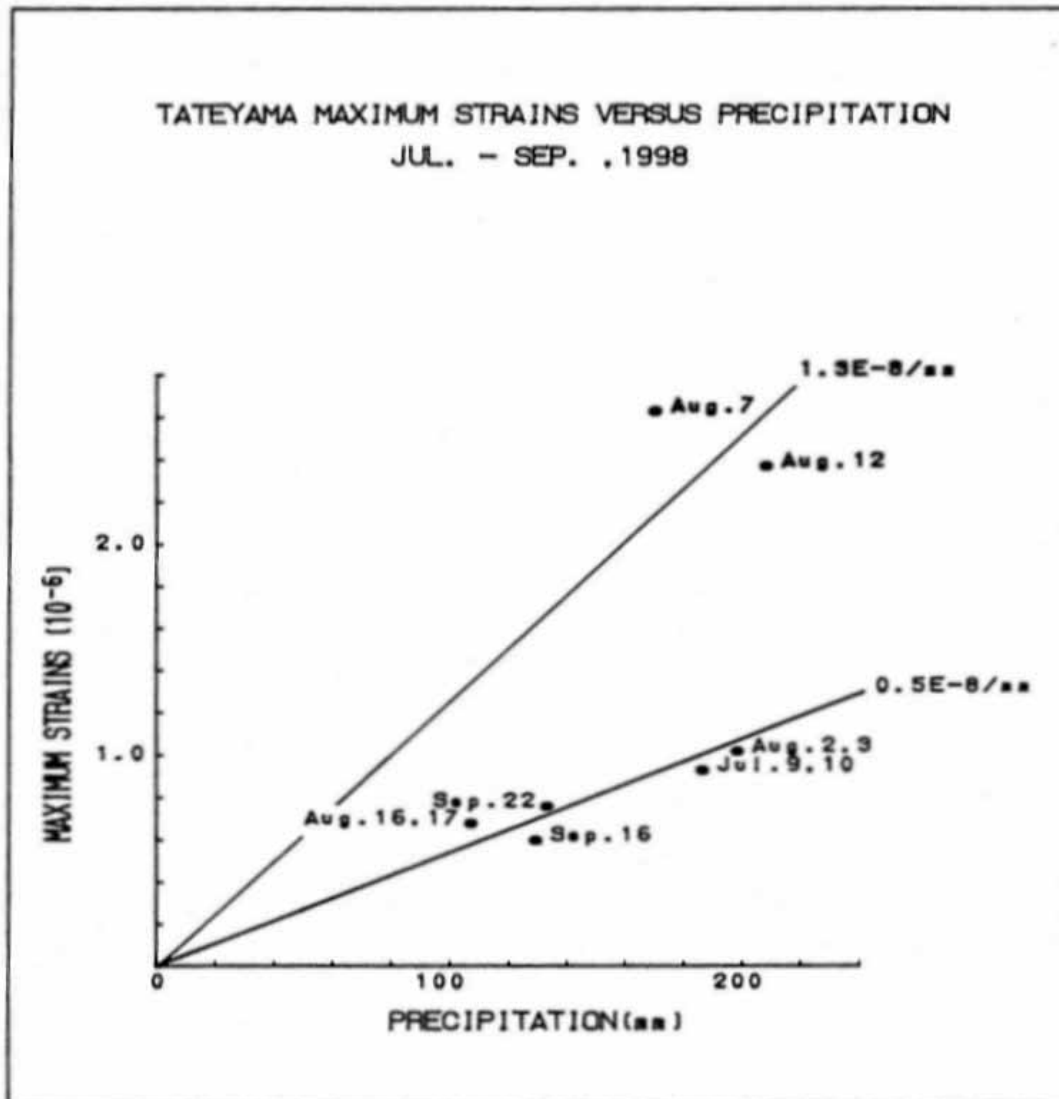


図8 1日又は2日間の雨量に対する最大歪量

7.まとめ

蔵柱観測室の伸縮計の端点での地殻歪の単調な変化はこの地域の地殻変動が一様に進行しつつあることを示していたが、E3の経年変化が1994年の半ば頃より横ばい状態から伸びに転じ、1997年の半ば頃より伸びの変化がさらに大きくなっている。これら一連の変化はひずみ場あるいは応力場が徐々に変化しつつあることを示している可能性がある。中間点での地殻歪は端点の単調な変化に破碎帯などが融雪水、降雨の影響を大きく受けた極めて局所的な変化が重なって観測されているものと解釈できる。

立山観測室の伸縮計記録は外気温の影響を大きく受けるが、坑内気温補正後の地殻歪に群発地震発生1週間程前より徐々に縮み始める現象が見出された。この変化中に降雨に伴う地殻歪のレスポンスの変化がひずみ場あるいは応力場の変化を反映した可能性のある観測例も見つかった。

地道ではあるが、高精度で連続性のあるデータが地殻歪の経年変化や地震前後の変化を監視していくために必要と思われるので、今後も高感度観測を継続していくつもりである。

謝辞

査読をしていただいた重富國宏氏にお礼申し上げます。立山砂防工事事務所には雨量のデータを提供していただき、お礼申し上げます。そのほか、なにかとご協力いただいた関係各位に深く感謝し、お礼申し上げます。

参考文献

- 1) 一戸時雄・富永 進：上宝地殻変動観測所観測序報、京都大学防災研究所年報、第10号A、1967、pp、113 - 121 .
- 2) 土居 光・加藤正明・和田安男・三雲 健：上宝における地殻変動の連続観測、測地学会誌、第22巻、第4号、1976、pp149 - 159
- 3) 土居光・和田安男・加藤正明・和田博夫・細 善信：上宝における最近の地殻変動（1984年12月まで）京都大学防災研究所年報、第22号B - 1、1985、pp、79 - 90
- 4) 和田安男・土居 光・田中寅夫：上宝における地殻変動連続観測結果、京都大学防災研究所年報、第39号B-1、1996、pp.251 - 259 .
- 5) 石井 紘・佐藤俊也・立花憲司：秋田地殻変動観測所における地殻変動連続観測（2）降雨による地殻ひずみについて、測地学会誌、第19巻、第3号、1973、pp . 135 - 144 .
- 6) 田中寅夫：傾斜計・伸縮計記録に現れる雨量の影響とそのシミュレーション、測地学会誌、第25巻、第2号、1979、pp91 - 100 .
- 7) 山内常生：降雨に対する地殻歪レスポンスのシミュレーション、測地学会誌、第27巻、第1号、1981、pp . 40 - 49 .0