

10-4 光波観測による1999年9月21日台湾大地震の前兆的地殻変形の検出 Precursory Crustal Deformation of the 1999 Taiwan Earthquake (M7.7) detected by an EDM Observation.

恒石幸正 (環境アセスメントセンター)・許華紀 (大漢工商専科学学校)

Yukimasa Tsuneishi (Environmental Assessment Center) and

Xu Huaji (Dahan College of Technology and Economics)

1999年9月21日、台湾中部で大きな地震(M7.7)が発生し、2千人以上の死者と多大の被害をもたらされた。われわれは震央の東約80kmにある花蓮県寿豊郷で1991年以来、光波観測を実施していたため、今回の地震の発生前後における顕著な地殻変形を検出することができた。その内容は、本震に先立つ5年間に異常な短縮変形が継続したのち、地震発生により反転するというものであった。この観測結果は、明らかに今回の地震の前兆現象を示すものであり、今後台湾に限らず、世界各地に発生するであろう大規模地震の予知に対して有力な手がかりを与えることになると考える。

観測地域は、中央山脈と海岸山脈を隔てる台東縦谷の西寄りに位置する。観測基点は花蓮県寿豊郷の寿豊農会屋上に置き、放射方向の6地点に反射点を設けている。これらの測線の長さは2.9kmから7.8kmである(第1図)。

観測方法は手動で、測距儀はウイルド社製DI3000Sを用いている。手動観測のため測定間隔は一定ではないが、1ヶ月に平均7回の頻度で、毎回夕方に観測している。気象補正は気温・気圧・湿度の3要素について観測基点で実施している。観測基点および反射点は堅固なコンクリート製建造物に固定してあるので、セッティングエラーは全くない。観測誤差は測線長に応じて変化し、標準偏差で表すと1.7mm-3.8mmであるが、測線長1km当りに直すと0.4mm-0.6mmとなり、非常によい。

第2図は1ヶ月を2分した旬別平均値の変化であるが、1年周期の季節変化が認められる。第3図は季節変化を除去した変化である。第4図は旬別平均をさらに平均化した月別平均値の変化である。ただし、これらのグラフでは以下のような操作を加えてある。地震の発生時期は9月21日で、月の半ばにあたり、なおかつ地震の前後で測定値が大きく変化したため、機械的に平均化するとグラフ上において、地震直後の変化につられて地震の直前から変化が始まったかのように見えてしまうのを避けるため、9月16日から9月20日の観測値を9月下旬の値とし、9月21日から10月15日の観測値を10月上旬の平均値としてプロットしてある。

第4図から分かるように、今回の地震発生前において短縮変化量の大きいのは、RM測線とRN測線なので両者の変化量を測線長で割り算して直線歪に直し、これをさらに平均化したグラフが第5図である。

第5図から月単位の短周期の変化と年単位の長周期の短縮変化が認識される。短周期の変化は中規模地震に、長周期の変化は大規模地震の発生に対応する。第5図の中の白ぬきの矢印は短周期の短縮変化が現れた後に実際に発生した地震を示してある。短縮変化は地震の発生に2-3カ月間先行しているので、これらの中規模地震の発生を予知することが可能となり、また事実として予知に

成功してきた。ただし、1998年5月4日のM7.6の地震は日本国気象庁により石垣島南東を震源とするとされている地震であり、われわれの観測点から東南東450kmもの遠くにある。一方、台湾中央気象局によると花蓮南東190kmで、M6.3とされている。地殻変動との対応についても検討を要するので疑問符をつけてある。この地震を除外するならば、中規模地震と観測値の短縮変化との対応は非常によい。これらの対応する地震の震央距離は100km前後である。さらに今回の大規模地震の発生に向けて中規模地震の発生頻度が高まっていく様子が読み取れる。

長周期の地殻変化について言えば、1994年の後半から異常な短縮変形が始まり、約5年間続いた後、本震の発生によって反転している。この5年間の短縮量は直線歪として7.5ppm、地震発生後の反転量は2.5ppmである。その後の余効変動の経過については今後の観測に待つところである。第5図は特定の2測線(RMとRN)の変化を示すにすぎず、第4図の5cm近く伸びたRL測線を見ると分かるように、全体としての反転量はもっと大きいことが予想される。そこで全測線を用いた歪量の算定を試みる。

第4図に見られる地震前後の測定値の変化は測線の方位に依存して非常に系統的に変化している。地震動によって観測基点あるいは反射点が局所的にずれ動いたという心配はない。ちなみに本震による観測域の揺れ方は震度3にすぎなかった。本震発生前の5年間の短縮期および本震をはさんだ前後の歪変化を知ることが目的として、6測線すべてを用いた歪計算を最小二乗法によって実施した。地震発生前5年間の計算には、1994年9月1日から同年9月15日までの平均値と、1999年9月1日から同年9月20日までの平均値との差を用いた。9月21日の地震を挟んだ直前直後の歪量を知るためには、1999年9月16日から同年9月20日までの平均値と、1999年9月23日から同年10月15日までの平均値との差を用いた。計算の結果は次の通りである(正号は伸長、負号は短縮を表す)。

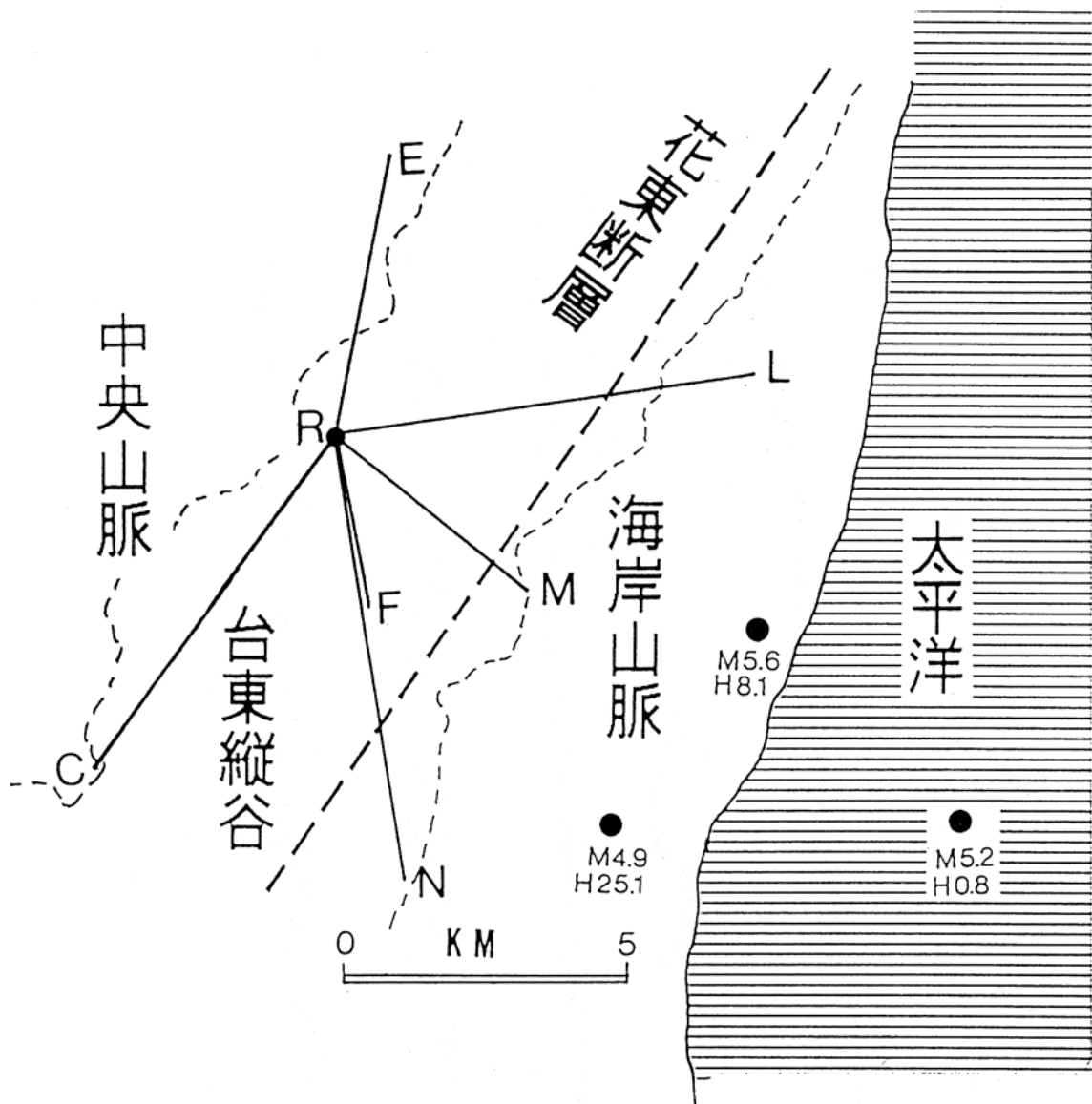
地震前5年間 :

$E1 = -1.4 \text{ ppm (N50°E)} : E3 = -8.4 \text{ ppm (N40°W)} : \text{Max.shear} = 7.0 \text{ ppm}$

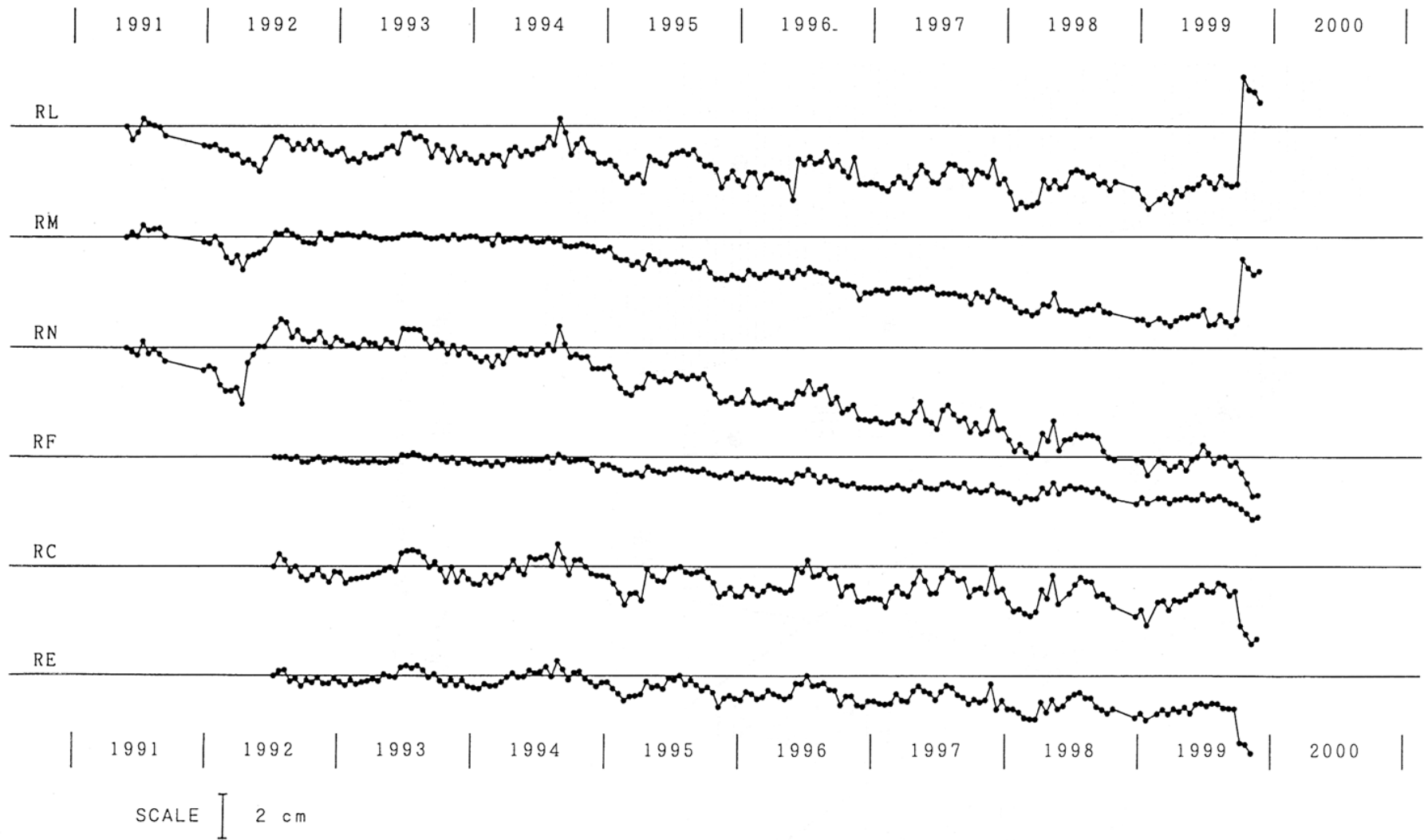
地震の前後 :

$E1 = 8.0 \text{ ppm (N74°W)} : E3 = -3.2 \text{ ppm (N16°E)} : \text{Max.shear} = 11.1 \text{ ppm}$

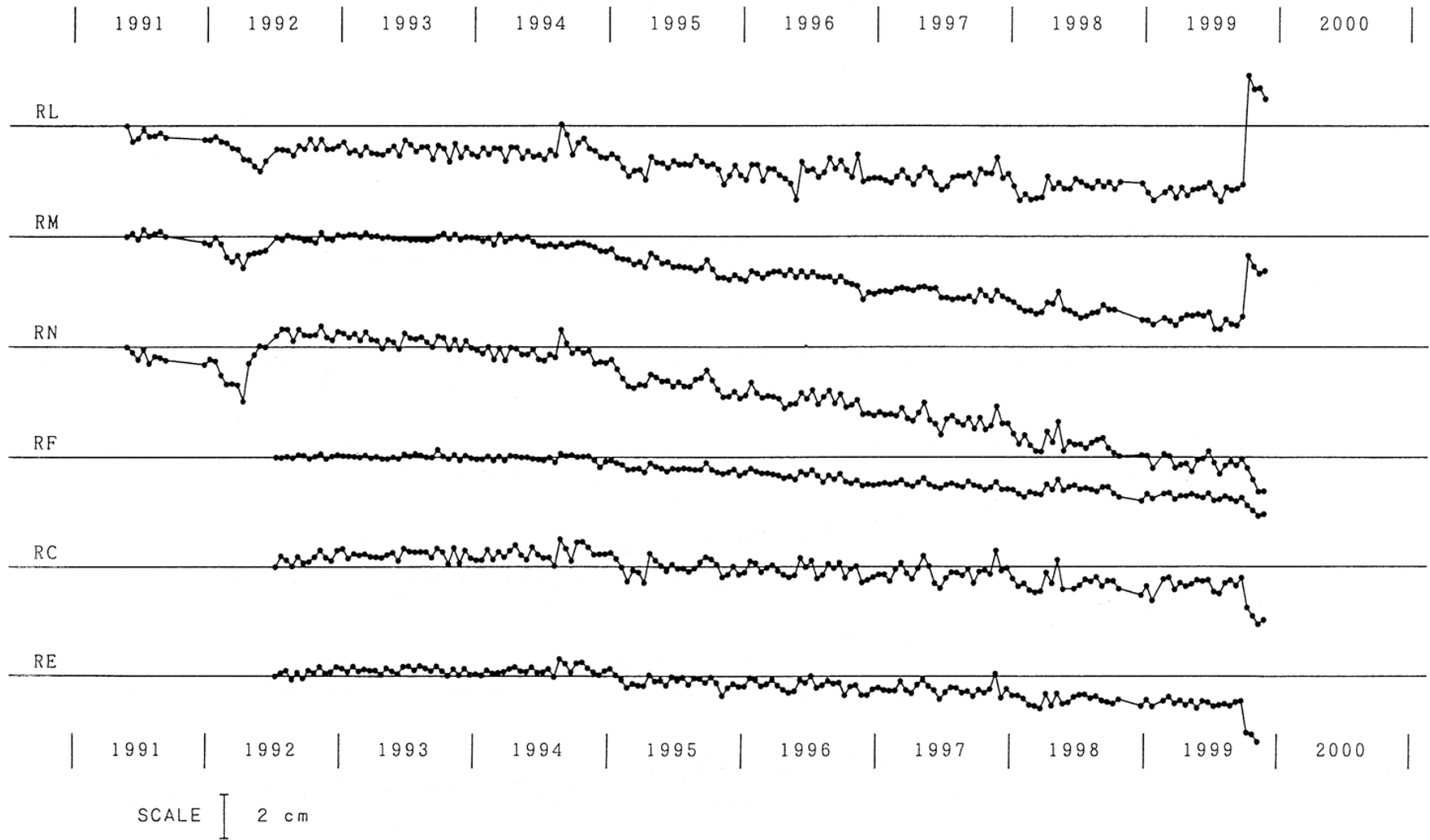
計算結果を図示すれば第6図のようである。地震前には北西方向に短縮していた地殻歪が地震の発生によって逆に北西方向に伸長するようになっただけでなく、今回の台湾の地震が逆断層運動であったことを合わせて考えると、地震にいたる地殻の動態を単純な力学モデルによって理解することができる。さらに大地震に先行する5年間の前兆的地殻変動量が地殻の限界歪の1割程度もあるということは、今後各地において適切な観測が実施されるならば、大地震の短期予知が可能となることを十分に示唆している。



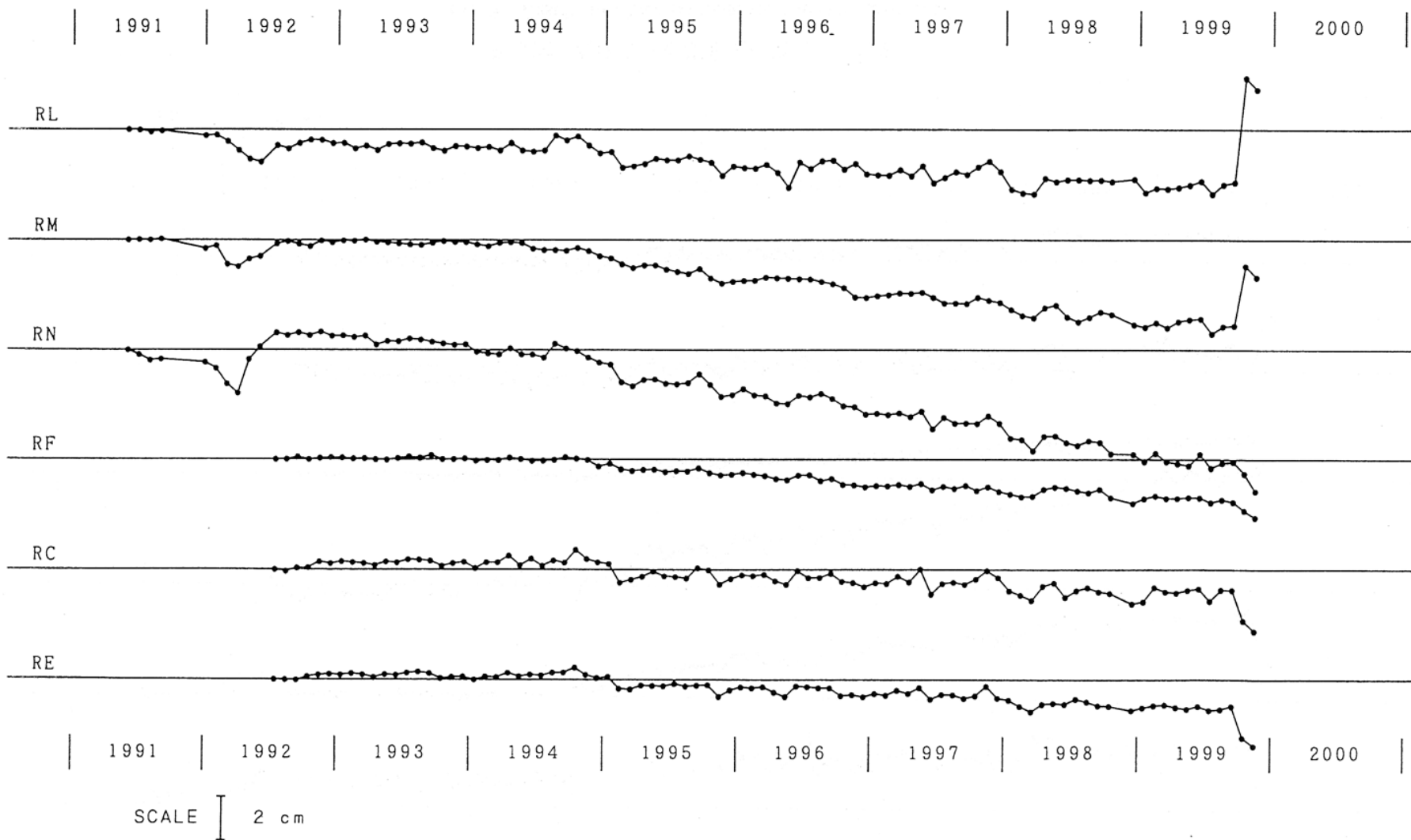
第1図 台湾における光波観測の測線網。
 Fig.1 Measuring lines of an EDM observation.



第2図 観測値の2分の1月毎の平均値の変化。
 Fig.2 Changes of half-month averages of each measuring lines.

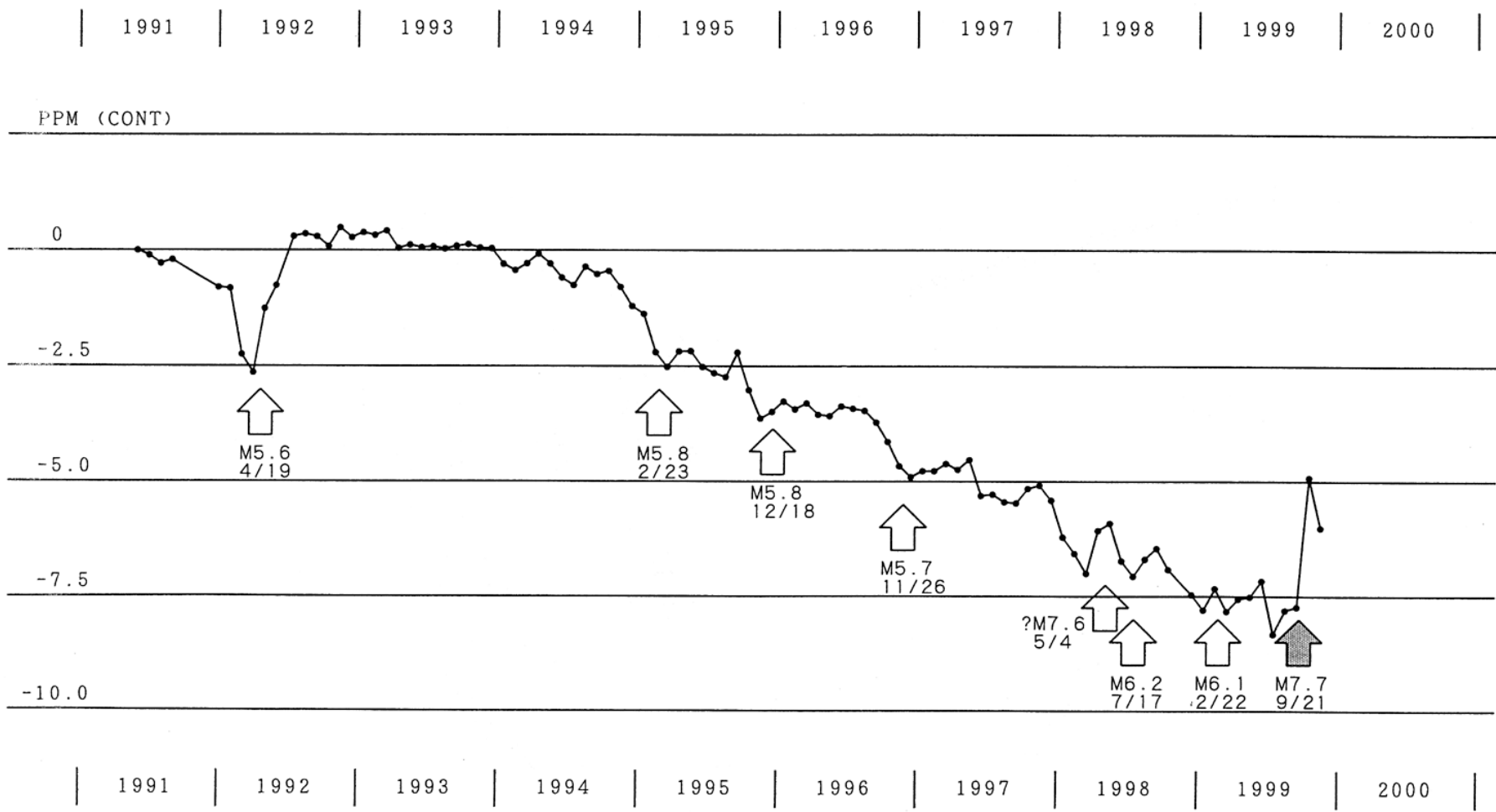


第3図 前図より季節変化を除去した結果。
 Fig.3 Results in which seasonal variations were reduced.



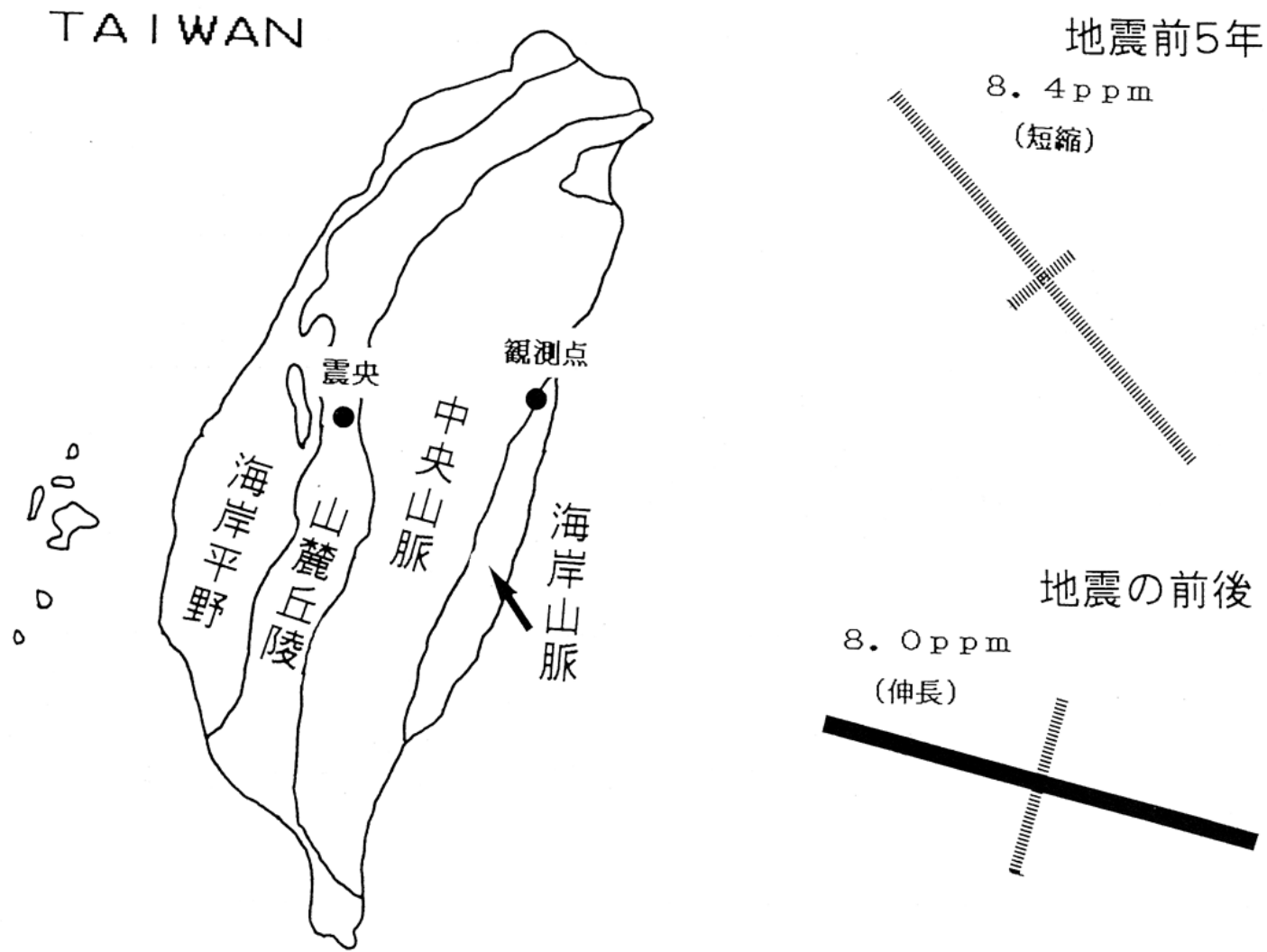
第4図 月別平均値の変化。

Fig.4 Changes of monthly averages of each measuring lines.



第5図 RM 測線と RN 測線の直線歪の平均値の変化。

Fig.5 Averaged linear strain along the RM-measuring line and the RN-measuring line.



第6図 観測点と震央の位置関係および地震前5年間と地震前後の歪量。

Fig.6 Location of the observation point and the epicenter of the main shock.

Strain amounts accumulated during the pre-earthquake 5 years and beyond the earthquake.