

京都岩倉における地殻変動観測 (III)

竹 本 修 三・山 田 勝

THE OBSERVATION OF CRUSTAL DEFORMATIONS AT IWAKURA, KYOTO (III)

By Shuzo TAKEMOTO and Masaru YAMADA

Synopsis

Observations of linear strains and ground-tilts have been carried on since April 1965 at Iwakura, Kyoto.

The influence of meteorological changes on extensometers and tiltmeters should not be neglected especially in such a case that the observation gallery is shallow.

At Iwakura observatory, short period records of linear strains are correlated well with change of room temperature.

In this article, this relation is reported.

1. は じ め に

地殻内部のひずみの状態を地表面におかれた伸縮計等で観測しようとする場合、そこで得られた記録は一般に、地殻内部にその source を持つと考えられるひずみの変化のほかに、地球潮汐、あるいは降雨、気温、気圧等の気象変化の影響によるもの等々の一次結合の形としてあらわれているものと考えられる。特に計器の置いてある観測坑が浅い場合には、気象変化の影響による部分が記録の上に大きなウェイトを占める。これらの気象影響を取り除く方法については最近の田中寅夫助教授による研究をはじめ、これまで多くの人々によって考えられているが、さまざまな観測室での全ての観測結果について適応し得るような一般的な、気象変化が地表面でのひずみ変化の観測に及ぼす影響についての物理的モデルはまだ確立されていない。

坑道の長さも、岩質も異なる数多くの地殻変動観測室において地殻のひずみ変化の観測に及ぼす気象影響をどの程度まで単純化、あるいは一般化したモデルをつくることができるかわからないが、個々の観測室についてはかなり再現性のある一定のパターンを示しているように思えるので、現在まず、それらの各々についての経験の集積及び分類という現象論的段階をさらに十分経た後で法則性の抽象化という段階へと進まなければならないであろう。

岩倉地殻変動観測所は坑道の入口から計器の置いてある観測室までの距離が 30 m 程度であり、この種の観測室としては浅い方に属する。そのために降雨、気温変化等の気象影響が極めて大きくあらわれる。降雨の影響については一部既に報告したので、今回は、気温変化に伴ってあらわれる伸縮、傾斜変化のうち、特に対応がはっきりしている伸縮変化について、現象論的に取り扱って見た。

2. 観 測 結 果

岩倉観測所では、1965年4月より伸縮計、傾斜計による地殻変動観測を続けているが毎年冬から春先にかけてこれらの計器で観測された記録の上にあらわれる日変化が大きくなる。ところが1967年2月に光学拡大

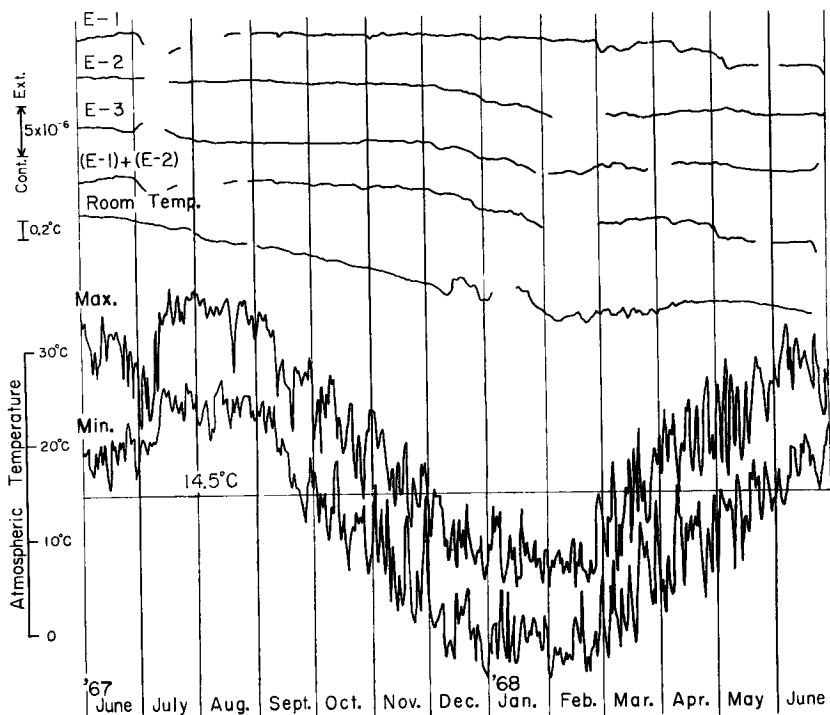


Fig. 1 Daily variations of linear strain, areal strain and room temperature written at Iwakura observatory and maximum and minimum values of atmospheric temperature observed at Kyoto meteorological observatory.

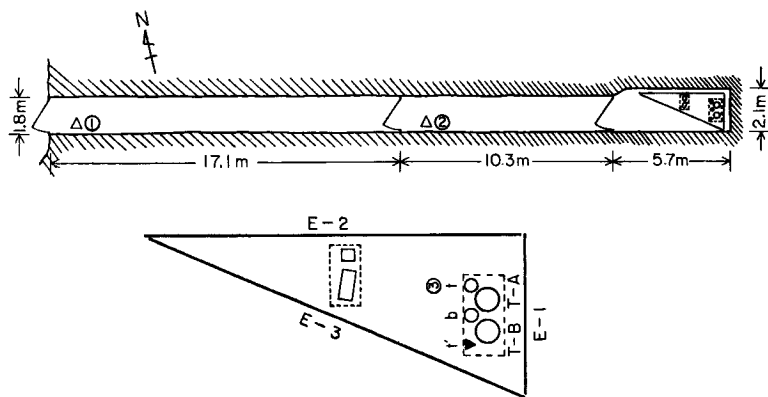


Fig. 2 Arrangement of instruments at Iwakura.

E-1, E-2, E-3: Extensometer

T-A, T-B: Tiltmeter

b: Barometer

①, ②, ③: Thermometer

装置をつけたサーミスター温度計を坑内に置いたところ、この短周期の伸縮、傾斜変化は坑内気温の変化とほぼ一致することがわかった。この変化は伸縮変化について特に顕著であるので、Fig. 1 に1967年6月から1968年6月までの伸縮計記録、坑内気温及び岩倉観測室から直線距離で約 10 km 離れている京都気象台における最高、最低気温の日変化を示した。図の上から E-1, E-2, E-3 は、スーパーインヴァール棒伸縮計の Fig. 2 に示した方向に置かれている各成分である。また (E-1)+(E-2) は Areal strain を示している。これらと坑内気温変化とを比べて見ると、1967年11月から翌年の4月頃まで坑内気温変化が大きく乱されているが、これに対して伸縮計の各成分及び Areal strain も大きな変化を示している。次にこの坑内の温度変化が外気の侵入によりもたらされるものか、あるいは坑内にしみ出す地下水の水温変化等のために内側から来るものかを調べるために、坑内気温の短周期変化が最も大きくなる厳冬期を選んで1969年1月19日～25日までの間、Fig. 2 に示すように通常の観測室内の光学拡大装置付サーミスター温度計 (T-3) の他にこれの絶対値及び相対感度の calibration 用として同じ場所に東亜電波製の精密温度計一記録計 [PB-11A 型+EPR2T 型：最高感度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ full scale で 0.01°C まで検出可能、(T-3')] 及び途中の坑道に自記温度計二台、即ち入口の扉のすぐ内側に一台 (T-1)、二番目の扉の内側に一台 (T-2) を置いて観測を行なった。その結果を Fig. 3 に示したがこの期間中、京都気象台における気温の最低値は 0.8°C 、最高値は 15.5°C

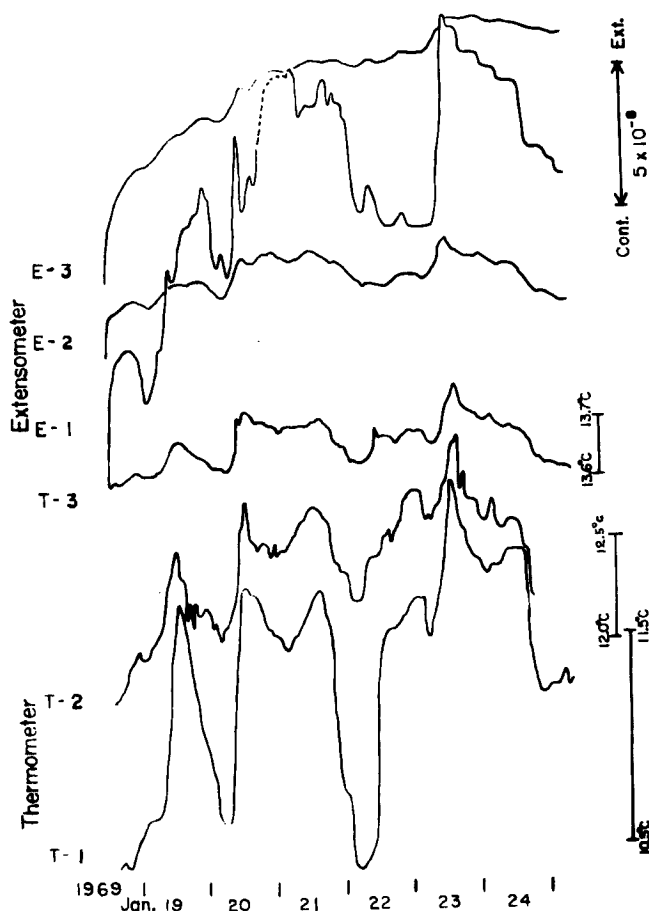


Fig. 3 Records of linear strain and room temperature (Jan. 18-25, 1969).

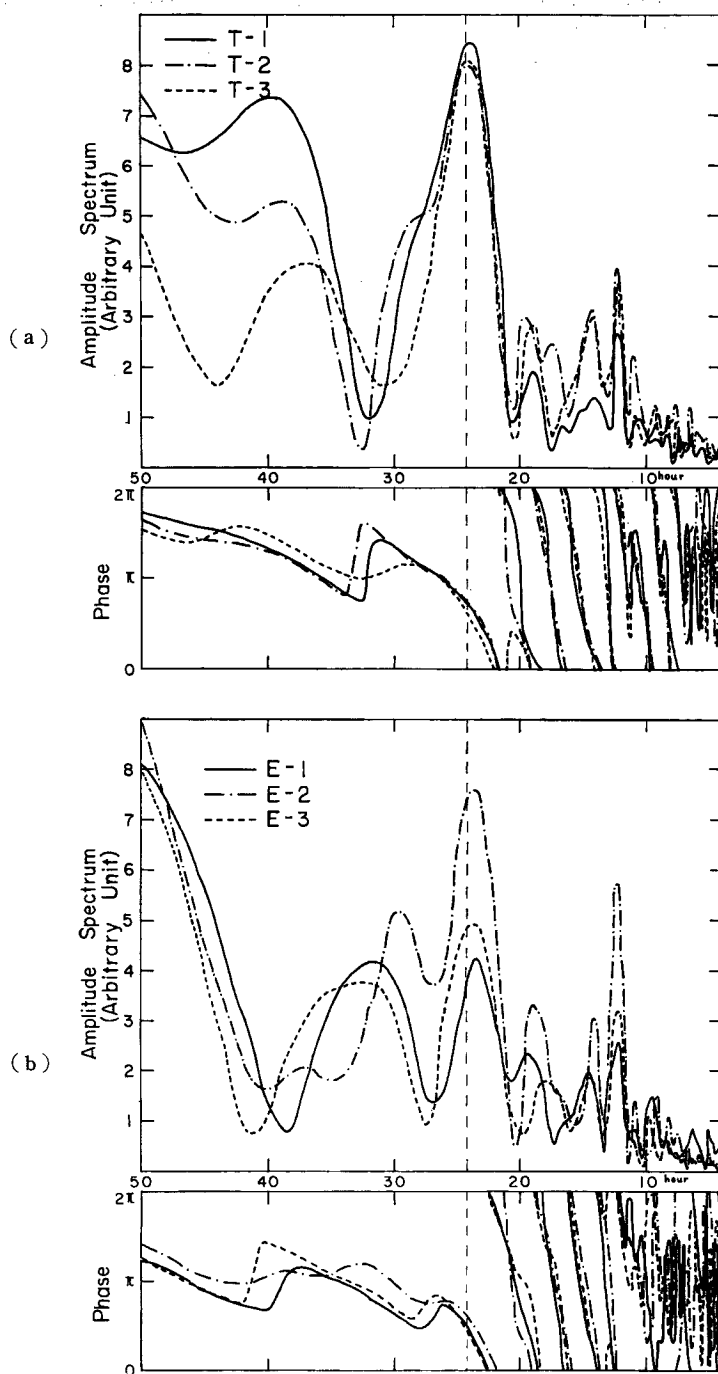


Fig. 4 (a) Amplitude and phase spectra of room temperature.
 (b) Amplitude and phase spectra of linear strain.

°C であった。これに対して観測坑の扉のすぐ内側におかれた T-1 ではこの期間で最低値が 10.4°C、最高値が 12.4°C であり、T-2 では 12.0°C~12.8°C であり、さらに観測室内の T-3 では 13.6°C~13.7°C であった。また Fig. 3 を見れば明らかに各温度計の記録の山、谷がきれいにそろっていることから観測室内の温度変化は外気の侵入によってもたらされるものと考えてよさそうである。

坑内温度変化と伸縮変化も比較的良好な対応がつくが、特に坑道方向におかれた E-2 がまさに温度変化そのものを書いているのも興味深い。これらのことをさらにはっきりさせるためにこの間の気温及び伸縮変化の観測結果を三雲一田中のプログラムを借用して Fourier 解析した結果が Fig. 4 であり、周期 4~50 時間の Amplitude Spectrum と Phase のずれを示してある。岩倉観測所 (35°05'01"N) の緯度では、地球潮汐による地殻のひずみは日周潮によるものよりも半日周期によるものの方が大きいかにせいで comparable order であるはずであるのに Fig. 4 (b) を見ると日変化の方が大きくなっているが、これはやはり坑内気温の日変化による影響であろうと考えられる。

さらに坑内気温の日変化がほとんどあらわれない夏期 (1969年 8月13~19日) に再度 T-1 の位置に自記温度計を置いた時の観測結果を Fig. 5 に示したが、最初の間が坑内にはいったための影響を除いては入口に近い温度計も観測室内の温度計も冬期に見られるような顕著な日変化は認められなかった。これに対応して伸縮計の記録にもこのような日変化は認められない。ただこの期間でもやはり坑道方向におかれた E-2 が観測室内の気温変化に忠実に follow しているように見える。

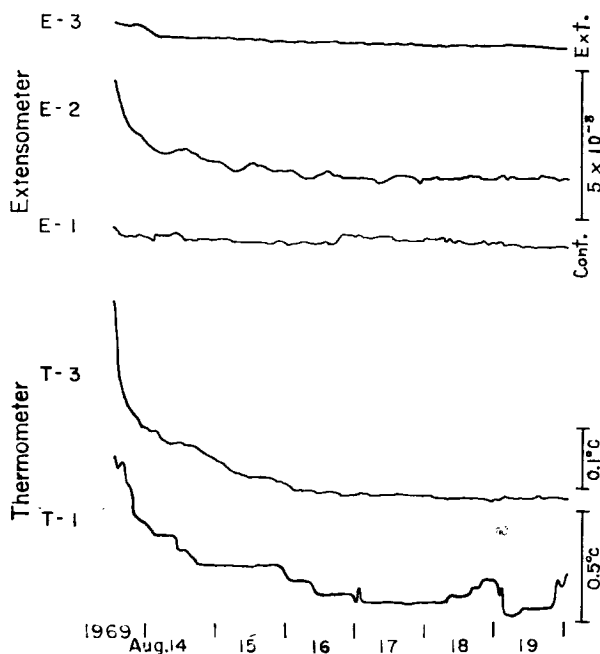


Fig. 5 Records of linear strain and room temperature (Aug. 13-19, 1969).

Fig. 3 及び Fig. 5 に示された二つの期間のそれぞれ最初の日を除いた残りの期間の坑内気温変化及び伸縮変化の日変化の振巾の平均値を表にまとめて次に示してある (Table 1)。

これから坑内気温変化に対する見かけの伸縮変化は、 $(1\sim6) \times 10^{-7}/1^{\circ}\text{C}$ となってさらに温度上昇が見かけの“伸び”の sense となってあらわれている。このことはスーパーインヴァール棒の熱膨脹係数が 10^{-7}

Table 1

'69 Jan. 19~25	'69 Aug. 14~19
T-1 0.5°C	T-1 (0.07°C)
T-2 0.25°C	
T-3 0.08°C	T-3 0.02°C
E-1 5.2×10^{-8}	E-1 0.3×10^{-8}
E-2 1.0×10^{-8}	E-2 0.6×10^{-8}
E-3 1.2×10^{-8}	E-3 0.2×10^{-8}

の order であり, 地表の岩石のそれが 10^{-6} の order であると考えればおかしい値ではない。

また, 坑内の湧水量に変化があった場合に坑内の気温が変動するかどうかについては, 水量変化の直接の Data はないが大雨の後などは明らかに湧水量が増大するので短期間に集中的に 200 mm 程度の雨が降った 1967年7月9日前後の観測記録をそのまま trace したものを Fig. 6 に示した。この図にあわせて示した雨量の記録は岩倉観測所から約 4 km 離れた上賀茂気象学特別研究所における 9 時・15 時・21 時毎の観測値である。これを見ると降雨に伴って伸縮計, 傾斜計の記録には特有の雨による pattern があらわれているが坑内の温度変化はほとんど認められない。なお図中, 11 日に見られる記録の不連続は, 観測室に人間がはいったための影響で, 温度は上昇し, 伸縮計は E-2, E-3 は伸びの変化を示している。ただし, E-1 は計器を動かしたためにはっきりしたことはわからない。Fig. 6 に示したのは夏の雨の場合であるが, 冬期は集中

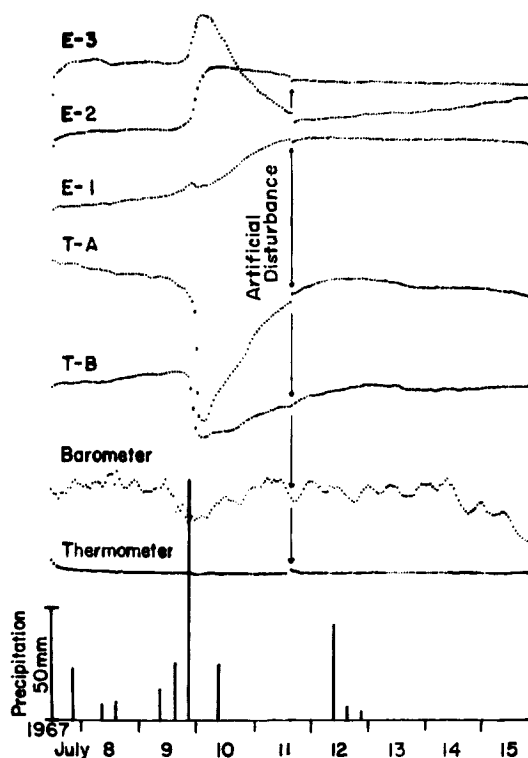


Fig. 6 Records observed at Iwakura before and after precipitation.

的に 30 mm を越えるような降雨はあまりなく、記録例は示さなかったが一般に冬期の雨の場合にも坑内の気温変化はまず認められないようである。

以上見て来たように、岩倉観測所に関しては次のようないことが結論づけられる。

- (1) 冬から春先にかけて伸縮変化が大きくなるのは坑内気温変化によるものである。
- (2) この坑内気温変化は坑内に湧き出す地下水量の変化等によって坑の内側からもたらされるものではなく、外気の侵入による外からの影響によるものである。
- (3) 坑内の短周期気温変化は外気の温度が坑内の平均温度 14.5°C よりも下がる時に大きくあらわれる。
- (4) 坑内温度変化に伴う伸縮変化は温度上昇に対して見かけ上土地の伸びの sense であらわれ、 1°C の温度上昇に対して、 $10^{-7}\sim 6\times 10^{-7}$ 程度の“伸び”となる。
- (5) 年変化等の長い周期の伸縮変化への温度のきき方は、記録のつなぎ方に問題があり、今回は、はっきりしたことはわからなかった。

しかしながら他の観測所における気温の伸縮計の観測記録へのきき方はまちまちであり、例えば高橋博士¹⁾が東大駒場構内で行なった水晶管伸縮計による観測では温度上昇によって土地は見かけ上“縮み”の sense であらわれると述べておられるが、田中助教授の和歌山市大浦における Benioff 式 Bow string type 伸縮計による観測では温度上昇によって見かけ上“伸び”となるようである²⁾。また天ヶ瀬、屯鶴峯観測所のローラー型スーパーインヴァール棒伸縮計の停電の際の記録を調べて見ると、坑内の温度が下がるのであるから見かけ上“縮み”の sense ででてくるであろうということが単純に予想されるのであるが必ずしもそうとばかりは言えなかった。

そこで、温度の変化の大きい実験室に実際の観測に用いられているのと同じ計器を置いて実験を行なって見たが外気の温度変化に伴う建物自体の変形が大ききようで、実験室内部の温度変化は外気のそれよりもかなり遅れて来るために、ここで問題にした、室内気温変化が伸縮計の標準尺にきくのかあるいは地表面そのものにより多くきくのかということはわからなかった。Fig. 7 にこの時の観測結果を示したが、1969年11月16日～18日まで宇治構内の地殻変動実験室で、スーパーインヴァール棒の長さ 1.8 m の伸縮計を用いて観測した結果である。

おわりに終始ご指導いただいた高田理夫教授、田中寅夫助教授にお礼申し上げます。

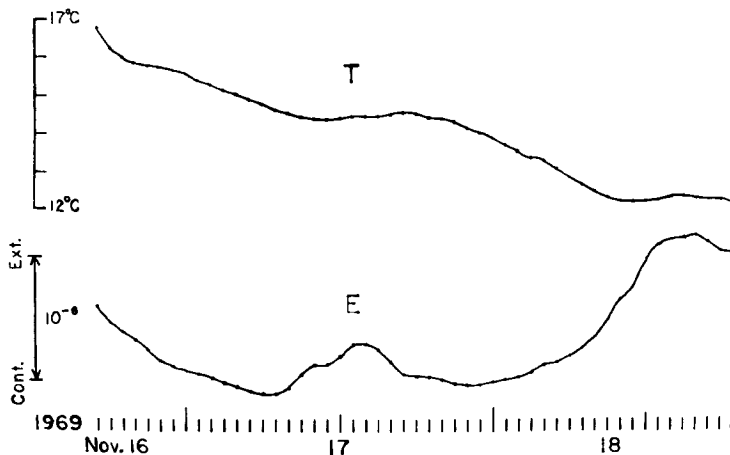


Fig. 7 Records of linear strain and room temperature written at the testing room (Uji).

参 考 文 献

- 1) 高橋龍太郎：駒場に於ける土地伸縮の観測結果，東京大学地震研究所集報，Vol. 17, 1939, pp. 579~589.
- 2) 田中寅夫：和歌山における局所地震前後の微細土地変動の研究（第6報），京都大学防災研究所年報，第11号 A, 1967, pp. 221~228.