

紀州鉾山における地殻変動の観測

——伸縮計による観測——

小 沢 泉 夫

OBSERVATION OF THE CRUSTAL MOVEMENT AT KISHU MINE

——OBSERVATION BY USING EXTENSOMETERS——

By IZUO OZAWA

Synopsis

Observation of the crustal movement has been performed by use of high sensitive extensometers at Kishu Mine from 1961. According to this observation, the crustal contractions have become smaller and smaller recently.

The anomalous crustal deformation has been observed before and after the earthquakes on November 25, 1973.

The afterworking of the crustal strain after these earthquakes is interpreted by the existence of low plastic material within the crust.

1. は じ め に

紀州鉾山で伸縮計による観測を始めたのは傾斜計の観測点が湯の口鉾区に移ってから間もない頃で、この連続観測が軌道に乗ったのは1955年4月からであった。1956年2月までは、N79.5°E方向1成分、1956年2月から1961年3月まではN60°E, N30°Wの2方向で、いずれも線型で錘を用いないいろいろな型の伸縮計を使った。1961年3月からは定尺にインヴァールの棒を用いた2台のH-59-C型¹⁾の伸縮計を東西方向と南北方向の観測に使い始め現在に到っている。従って、1961年以降は地球潮汐だけでなく経年的変化をも観測の主体とするようになった。

この論文では最近10数年間の毎月の伸縮変化量の推移について述べ、この期間で紀伊半島で最も大きかった1973年11月の震源が少々深く、群発性の和歌山県中部の地震の前後の変化について述べる。

2. 観 測

観測点は135°53'4E, 33°51.7N, にあり、和歌山、奈良、三重3県の県境に近い所にある。伸縮計は地表から約100mの深さで、砂岩の層に設置されている。付近は粘板岩と砂岩が入り混っている。また、付近にはかなり広い流紋岩の地区がある。1961年から観測を始めた伸縮計の基線長は、EW成分は11.07m, NS成分は4.90mである。伸縮計の感度はNS成分は～1961年10月は $1.3\sim1.8\times10^{-8}$ /mm, 1965年～1977年は $0.28\sim0.60\times10^{-8}$ /mm, EW成分は～1964年は $0.60\sim0.78\times10^{-8}$ /mm, 1965～1977年は $0.20\sim0.34\times10^{-8}$ /mmであった。

Fig. 1a), b) に NS と EW 成分の毎月の伸びの変化量の推移を示す。通例この種類のグラフは折線グラフで表わされるが折線グラフでは伸びの符号が変わるときは異常に大きい変化であるような視覚を与える嫌いがあるので棒グラフで表わして見えた。伸びが0であるときは点で示した。NS, EW 成分ともに近年は収縮が優勢である。NS 成分は1965年迄は伸び変化する月も可成あったけれども以後は伸びの変化をする月は

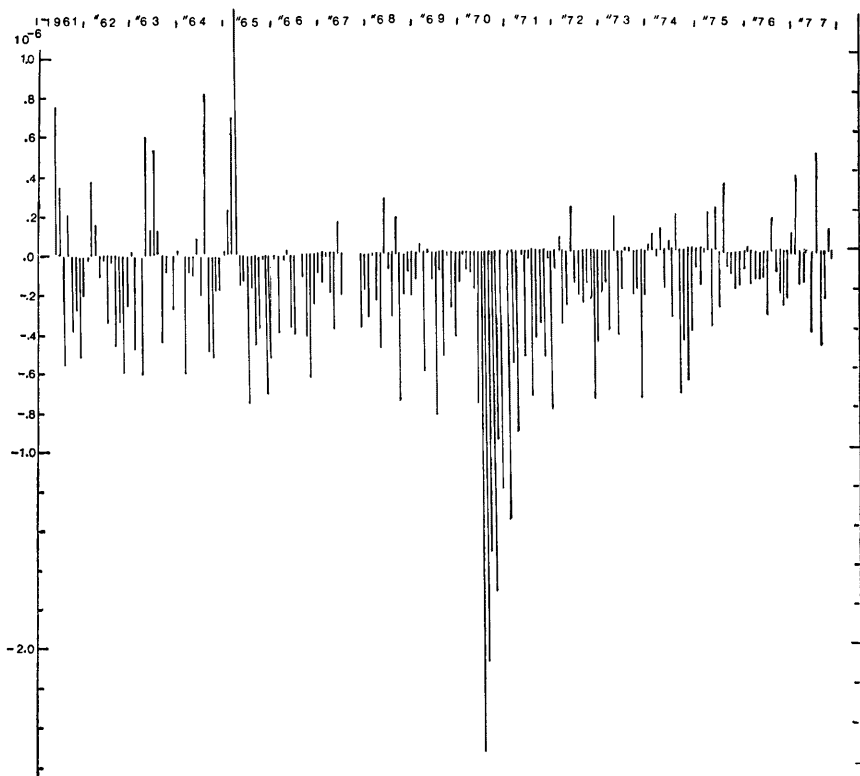


Fig. 1. (a). Monthly Extensions of the Crust in the Direction of North to South at Kishu Mine in the Period from 1961 to 1977.

まれである。しかし、1970年を頂点（谷）として収縮量は直線的に減少してきている。同様に EW 方向も 1972年が収縮量が最大で、以後直線的に減少し続けている。この1972年の最大は1967年から減少し続けて、1972年に飛躍的に大きくなったものである。しかし1963年まで範囲を広げて見ると、1963年から1972年に向けて直線的に収縮変化が増大して、1972年を頂点（谷）として現在まで減少しているようにも見られる。

この変動が他の如何なる現象と関連があるかは後日検討したい。

3. 1973 年 11 月の和歌山県中部の地震群前後の変化

われわれの観測期間で最も活発な地震活動は1973年11月の和歌山県中部で起きた震源の少々深い地震群であった。この地震群は11月25日13時25分、 $135^{\circ} 25' E$ 、 $33^{\circ} 51' N$ 、深さ 60km で、 $M=5.9$ 、ついで同日18時19分、 $135^{\circ} 23' E$ 、 $33^{\circ} 53' N$ 、深さ 60km、 $M=5.8$ 、さらに同日23時39分、 $135^{\circ} 24' E$ 、 $33^{\circ} 52' N$ 、深さ 60km で $M=3.4$ の地震があった。また、翌日11月26日17時25分、 $135^{\circ} 24' E$ 、 $33^{\circ} 57' N$ 、深さ 50km、 $M=4.3$ があつた。このほかに11月21日16時14分、 $135^{\circ} 38' E$ 、 $33^{\circ} 56' N$ 、深さ 70km、有感地震、11月25日、無感地震1回、11月27日、無感地震2回があつた。11月25日13時の地震の節線は象限型に書け、その節線の交点は紀州鉾山

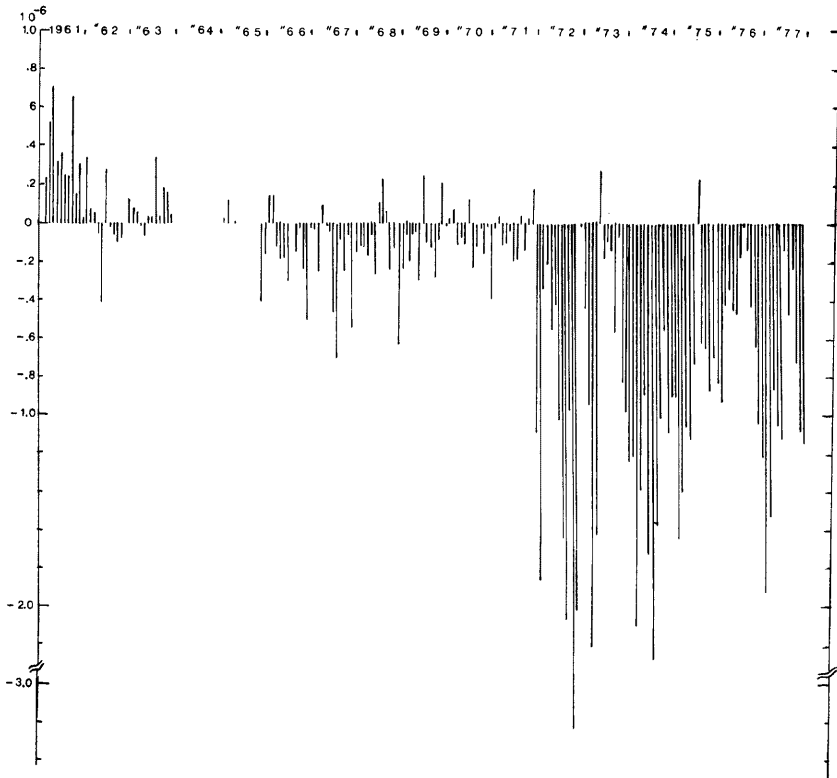


Fig. 1. (b). Monthly Extensions of the Crust in the Direction of East to West at Kishu Mine in the Period from 1961 to 1977.

に極く近い所であった。同日18時の地震の節線は双曲線にしか書けなかった。

Photo. 1, は地震の前後10数日間の期間すなわち11月19日～12月10日の伸縮計の記録を示す。南北成分には目立った異常変化は見られないけれども11月25日の最初の地震と同時に著しい収縮変化が始まった。この曲線は対数曲線を上下反転させたような形あるいは追跡線のような形をしている。この異常収縮は12月9日頃には終息し、この間の収縮量は -7×10^{-7} に達した。また、第1回目、第2回目の地震は規模が大きかったので収縮方向に *strain step* が認められた。

東西成分は地震発生の約1ヶ月前から1日当り 10^{-7} に近い収縮変化が続き、地震発生の前3日間は1日当り -1.3×10^{-7} の収縮変化を示した。この東西成分はこの期間には収縮変化の大きい時は常に伸びの方向の *step* あるいは *stick slip* 状の変化が現われ全体としては鋸状の曲線を示した。また、第1回目の地震の直前にも少々大きい *step* 状の急激な伸び方向の変化を示した。東西成分は地震後伸びの異常変化を示し、11月30日正午頃この伸びの異常は極大となり、その後収縮変化に転じた。この成分は11月25日から12月6日頃迄の変化は全体としてサイクロイド型の変化を示した。

Fig. 2 は地震の前後約3ヶ月間の南北と東西成分の伸縮変化曲線を示す。この図には観測点に近い平谷における日降雨量を棒グラフで示してある。南北成分は雨の降っている間は伸びており、雨が止むと間もなく

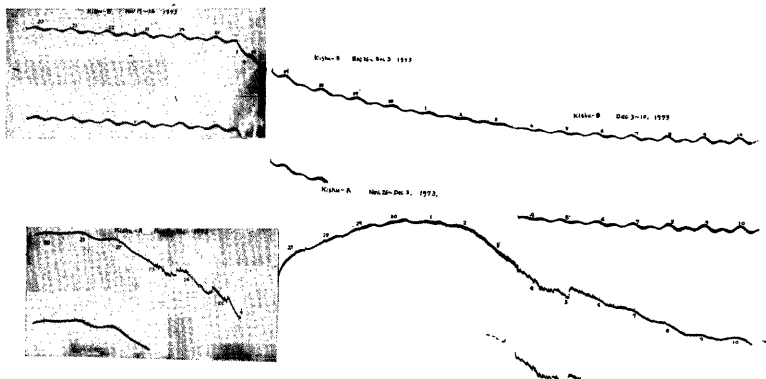


Photo. 1. Observing Records of the Crustal Extensions in the Directions of North to South and East to West at Kishu Mine Observed with Extensometers before and after the Earthquakes on November 25, 1973.

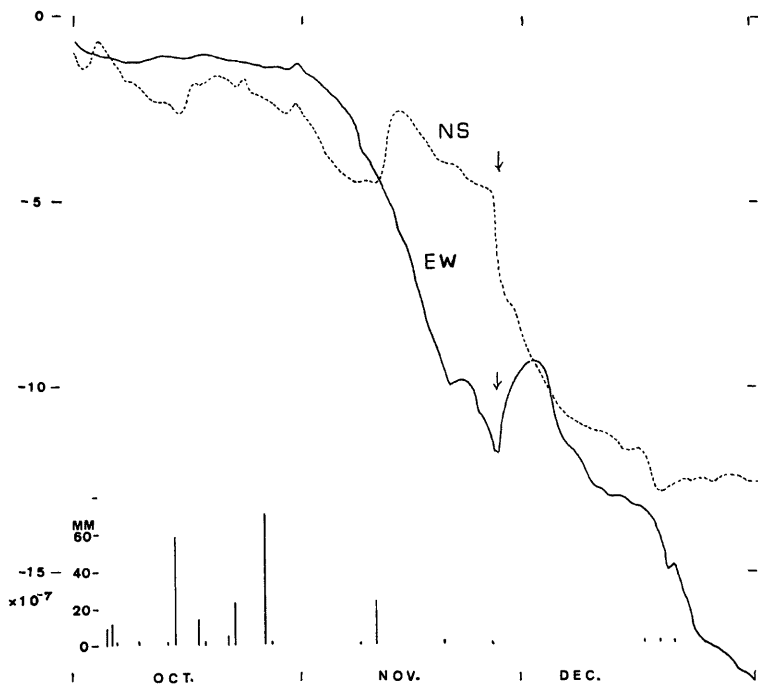


Fig. 2. Observing Curves of the Crustal Extensions in the Directions of N-S and E-W at Kishu Mine in the Period from October to December, 1973.

収縮し始める。11月10日の降雨の時の伸びの反応は10月の降雨に対する反応よりは乾燥期であるためか大きかった。東西成分は降雨が始まって10余時間は伸びを示し、その後回復するというよりは降雨の影響としての収縮変化が顕著に現われるので速度変化のグラフではこの成分は降雨との対応は明瞭には見られない。

Fig. 2 で11月25日の地震との対応に注目すると10月末から異常変化が現れているように思われる。

4. 地震時の異常変化に対する考察

11月25日の地震と同時に始まった異常変化について考えると、11月9日に24.1mmの降雨がありその後地震発生迄には11月18日に1.6mm、11月28日に0.3mmの極微量の降雨しかない。従ってこのような大きな異常変化は降雨とは関係がない。また、近くを流れる北上川の水位にも異常はなく、採鉱現場も遙か遠く離れており採掘状況にも変動はなかった。

いま、地震の発生とともに地殻内部のひずみ力が瞬間的に変化したと考える。この場合、震源付近に固体粘性率の小さい所があって、そこに弾性余効が起きたと考え、この余効の遅延時間（余効がその最終値の64%になる迄に要する時間）を 5×10^5 秒と見積り、その部分の剛性率を $10^{11} \sim 10^{12}$ と見積ると、その部分の固体粘性率は遅延時間と剛性率との積から $10^{16} \sim 10^{17}$ ポアズと求められる。

このような弾性余効が極限値を示すか否かについてはH. Jeffreys²⁾の理論がある。彼の論文によれば「弾性余効が極限値を持つのは固体粘性が小さい物質が粘性が極めて大きい完全弾性体によって閉込められている」場合である。従ってこの場合は地殻の内部の深い所に粘性の小さい物質があることを示している。恐らく震源付近の状態あるいはプレートの沈み込み摩擦のようなものを示していると思われる。東西成分がサイクロイド型の変化を示しているのは地殻が一次的でなく三次的に歪んでいるからで、南北方向がほぼ最も大きい主応力の方向にあるのに対して東西方向は小さい主応力の方向に当るためであろう。（この考察にはここには述べなかったが防災研究所の加藤正明氏から提供された傾斜計の資料も参照にした。）

謝 辞

末筆ながら紀州鉾山での観測を引き受けて頂いている石原化工建設株式会社紀州鉾業所の方々、また、傾斜計の資料を考察の参考にさせて頂いた加藤正明助手に厚く御礼申し上げます。また、計器の製作に御協力頂いた森本喜一郎、小林年夫、藤井伸蔵の諸氏に深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 小沢泉夫：傾斜計を拡大装置に使った高感度伸縮計とそれによる土地のひずみの観測，測地学会誌，第6巻，1960，pp. 1-5.
- 2) Jeffreys, H.: On Plasticity and Creep in Solids, Proceedings of the Royal Society of London, A, 138, 1933, pp. 283-297.