

地震活動に關係した地殻變動 (3)

——山陰地方東部の地震活動と鳥取百谷で観測された地殻變動——

田中 豊・小泉 誠・宮腰潤一郎

CRUSTAL MOVEMENTS RELATED TO THE SEISMIC ACTIVITY IN RESTRICTED AREA (3)

— RELATION BETWEEN THE SEISMIC ACTIVITY
IN THE EASTERN PART OF THE SAN'IN DISTRICT
AND THE CRUSTAL MOVEMENTS OBSERVED
AT THE TOTTORI-MOMODANI STATION —

By *Yutaka* TANAKA, *Makoto* KOIZUMI and *Junichiro* MIYAKOSHI

Synopsis

A continuous observation of crustal movements was made at Tottori-Momodani observation station from 1958 to 1962 by means of tiltmeters and extensometer. During this period seismic activities were comparatively low in the San'in District. On the contrary, abnormally great changes appeared in tiltgrams, especially in N—S component, from the beginning of 1960 to June. Their real causes are inexplicable, however, the following explanations could be stood. During the half-year minor earthquakes occurred actively around Tottori City. As compared with the seismic energy-release, the amount of this anomalous tilts was far in excess. Considering, however, the earthquake characteristics in the inner zone of the southwestern part of Japan, crustal movements accompanied by major earthquakes in the past and results of geodetic survey in this region, it may be suggested that mean rate of the ground tilts increased stepwisely accompanying small earthquakes on a peak of gradual crustal movements in a long term.

1. 緒 言

鳥取百谷における地殻變動観測の結果は現在まで全く未発表のままである。本観測に入ったのが1958年2月であり、1962年2月には百谷鉢山の休山とともに観測は休止され、再開することなく近く鳥取微小地震観測所近傍の横坑に移設の予定である。この観測期間中、山陰地方は全般に地震活動はきわめて静穏で、また1961年春の兵庫県群発地震の活動期にも目立った変化は見られなかった。観測期間はわずか4年で長期間の変動についても詳しいことはわからないが、1959年中頃から1960年中頃にかけて鳥取市周辺に小地震の活動があった。本報告はその期間の変動を中心にして観測結果を述べ、移設後継続される連続観測の予備資料としてまとめたものである。地殻變動の資料として、この4年間の観測は価値あるものと考えている。

2. 鳥取百谷観測室の沿革

山陰地方で傾斜変化の連続観測が行なわれたのは、古くは1938年から1940年にかけて鳥取県中浜(米子—

境港間)で、故西村英一教授の Silica 傾斜計によるものがある。この資料を整理した結果は1957年の細山の論文¹⁾に簡単に掲載されている。このときの観測室は深さ 2m の沖積層中の堅坑で年変化の振幅は 5" におよんでいるが、観測は地殻変動を目的としたものではなく、豊原式検潮器とともに、美保湾と地中海の間にあるという特別な条件を利用して地球潮汐の観測を行なわれたものであろう。

その後1943年3月4日に鳥取沖に Magnitude 6.4 の顕著地震2つが相ついで起こった。佐々憲三現名譽教授と故西村教授は山陰地方の地震発生の特性から予想されて (と伝え聞いているが)、兵庫県生野鉾山内の地表面下 719m の深所に Super-invar 製の傾斜計を設置され、同年9月10日の鳥取大地震の直前直後の異常変動を見事に観測されたのはよく知られるところである²⁾。生野鉾山の観測はその後現在まで25年間、鉾山の御好意によりなお継続されている。一部は細山の論文¹⁾と兵庫県群発地震の報告³⁾で発表されたが、近く全期間分をまとめて公表の予定である。

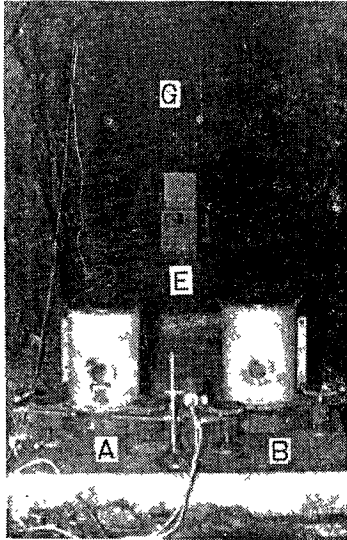


Photo. 1 Observational room in the adit of the Momodani Mine.

1956年故西村教授と細山謙之輔 (現水沢緯度観測所) によって鳥取市東辺の百谷鉾山の坑道内に新しく製作された磁気制御器つきの Super-invar 製水平振り型傾斜計が設置された。しかし観測室内は湿度が高く、良い結果は得られなかった。その後、第3回国際地球観測年がはじまり、その事業のうちの国内の重力変化、Potential の傾斜変化の観測の中心となられた西村教授の指導のもとに1958年初め、休止中の百谷鉾山坑道内に、一戸時雄、宮腰潤一郎、田中豊、津島吉男によって、一戸式重力変化計、Bow-string 型伸縮計が増設され、先の傾斜計と共に観測を再開することになった。この観測事業は1958年度に新設された防災研究所地かく変動部門が行ない、鉾山の休山まで継続された。常時観測は宮腰の指導のもとに鳥取大学学芸学部 (現教育学部) 学生が地学実習を兼ねて行なった。1962年1月配電線の故障と共に観測を中止、その直後の2月、百谷鉾山の休山と共に保安上入坑が困難となり、観測は休止せざるをえなくなった。1968年度には鳥取微小地震観測所近くの横坑内に器械を移設して、この地域の地殻変動連続観測を再開の予定である。

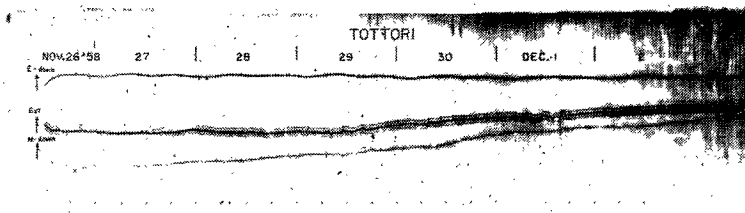


Photo. 2 Record of tiltmeters and extensometer.

3. 鳥取百谷観測室周辺の地殻物理学的諸条件

鳥取百谷観測室は鳥取市の中心部から東北東約 4 km の鳥取市百谷の百谷鉾山 (当初、日本黒鉛鉾業 K. K. 百谷鉾業所、後、百谷鉾業 K. K.) 坑道内にある。百谷は銅鉾山で開坑は古く、最盛期は1919年頃といわれている⁴⁾。「鉾山周辺の地質は鳥取層群の荒金火砕岩層および淵見閃緑岩類からなる。鉾床は荒金火砕岩層の流紋岩類中に発達する N50°E 方向の裂罅を充填した脈状鉾床で、並走する数条の鉾脈から構成され

ている」(鳥取県地質図説明書より引用)。観測室付近はこの流紋岩からなる。ただし観測室入口付近は凝灰岩、凝灰角礫、砂岩、頁岩などの薄層からなる。

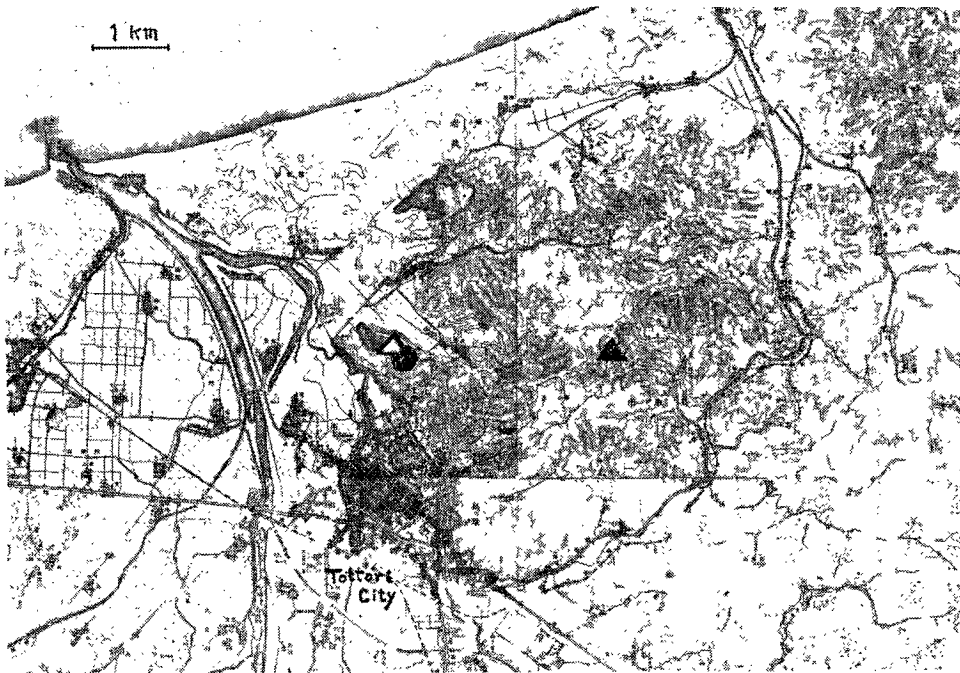


Fig. 1 Location of Tottori-Momodani station ▲.

- : Tottori micro-earthquake observatory (Kyoto Univ.).
- △ : Tottori-Engoji station (in planning).

1943年の鳥取地震の際に発現した吉岡断層と鹿野断層は、それぞれ長さ 5 km および 15 km 程度の右ずれ断層で地質断層にはほぼ一致するといわれるが、鳥取市の西方に海岸線に平行して共に東西に近い走向をもつ⁵⁾。しかし、百谷のある鳥取県東部に広く分布する中・下部中新統の鳥取層群中には、千代川およびその支流の袋川の流路にほぼ沿って、北西-南東方向に一つの構造線が推定されていて、百谷をふくむその北側では、北東-南西方向の軸を持った褶曲構造がみられ、地質断層系は北西-南東系と北東-南西系があるようであり、さらにその北部の浜坂付近では、再び東西方向の断層系に変っているようである。なお鳥取市の南方鳥取県東南部の断層系は南北系が支配的である。

ここで中国地方の地体構造をみると、南西日本内帯の構造は藤田⁶⁾によって、構造運動と成層構造からみて、いくつかの地体構造に分けられている。そしてこれらの地体区分は、中生代以来形成され存続しているものであり、各地体はその下の基盤構造に支配されているとされている。新生代後期の近畿北西部から中国地方にかけての主な基盤構造区として丹波、安芸、伯耆の隆起帯、北丹、備北、山陰と南の瀬戸内沈降帯があげられる。これらの基盤は北部は山陰型の白亜紀花崗岩、南部の瀬戸内地方は広島型の中生代白亜紀の花崗岩からなり、兵庫県南部、広島県中部、山口県中部は白亜紀の酸性火山岩とその火成砕屑岩、山口県南部と岡山県中部は中国古生層帯、丹波地塊は丹波美濃古生層系からなる。丹波地塊の北は舞鶴帯で限られ、その舞鶴帯は本州弧の走向に対し北東から南西に斜に横切っている。なお備北地域を瀬戸内帯から分つ隆起帯が地形の上から認められ、このことから丹波隆起帯は伯耆隆起帯に続くのではなく、安芸隆起帯に続くものと推定され、丹波隆起帯安芸隆起帯はそれぞれ瀬戸内と北丹、瀬戸内と備北の両沈降帯を分っている。山陰

沈降帯は伯耆地塊によって北丹沈降帯と分離されているが、むしろ備北地帯が構造運動上北丹地帯の延長と考え、山陰沈降帯はそのまま北東にのびて北陸地域に続くものであろうとしている。これと平行して隠岐島と隠岐堆を結ぶ構造も考えられるであろう。これらの構造の走向は、東北東—西南西であり、これに対し東西には3つの Block に分けられるような構造も考えられる。このことについては後に再びのべる。なお北丹地域は弱い断層褶曲帯であって、地質断層が多い。

この地域の水準測量は過去3回行なわれている。初回は1885—87、第2回は1921—39、第3回は1948—56年間である。鳥取岡山間の中国山脈横断路線は1954—66年に行なわれた。通説として山地は隆起の傾向にあり、瀬戸内海および日本海に近接した平地では、山地に比べて相対的に沈降の傾向を示しているといわれる。これは正にその通りであるが、必ずしも山地が隆起しているとはいえないのであって、むしろ最近の測量結果から山地は沈降速度が小さいというべきかも知れない。この傾向は山陰地方でも東へ行くにしたがって、いちじるしいようであり、その速度については、宮村、溝上の研究がある⁷⁾。二つの期間の二つの路線を見ても、瀬戸内側の沈降はとくにはげしい。隆起帯と沈降帯の間には、当然昇降運動のない地帯があるが、それを連ねた線は鳥取付近から西南西に中国山地の背に平行に走っており、丁度弯曲した板が see-saw 運動を行なっているようにみえる。

山陰地方の地震活動は大太平洋岸の、例えば三陸沖、日向灘のように常に活発なわけではない。ただ歴史上、破壊的な大地震がかなり多い。宮村も指摘しているように⁸⁾、内帯では大地震に対する中小地震の割合が小さいが、これは Gutenberg-Richter の公式の m の値の小さいことを示すもので、日本の内帯の地震について、坪井は0.66、また宮村は深さ20 km までの地殻上層、20 km~40 km の地殻内地震とに分けてそれぞれ 0.67 ± 0.07 、 0.68 ± 0.05 、全地殻内地震について 0.71 ± 0.03 の値を得ている。外帯に対する内帯のこの相違は、Tectonic Force の違いや構造の均質性に帰すべきかわからない。熱流量が大きいということも、この地震発生の仕方や地殻変動の様式の上で関係があるかも知れない。また内帯の地震の全般的な傾向

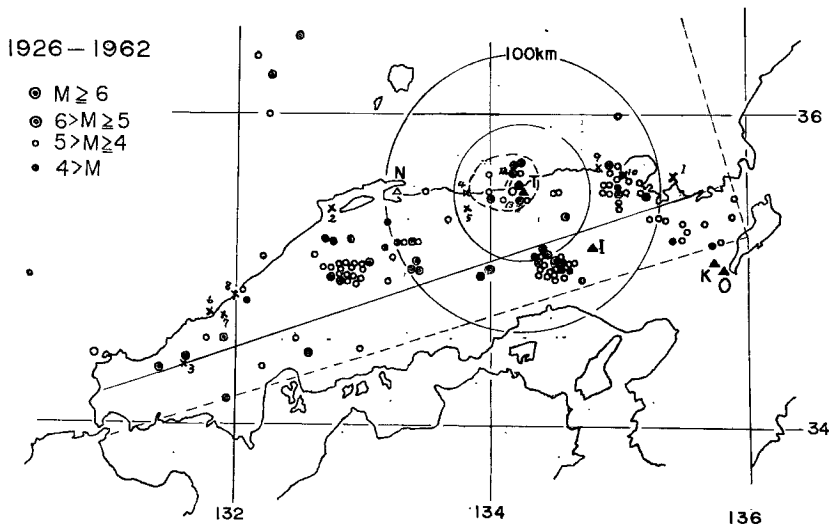


Fig. 2 Distribution of epicenters of the earthquakes (1926~1962).

T : Tottori-Momodani station.

N : Tottori-Nakahama station.

I : Ikuno station.

K : Kamigamo geophysical observatory.

O : Osakayama station.

x : Destructive earthquakes in the past. (Ref. Table 1).

Table 1 List of destructive earthquakes occurred in the San'in District.

No.	Date	Place-name	Magnitude
1	A. D. 701 May 12	Tango	7.0
2	880 Nov. 13	Izumo	7.4
3	1697 July 12	Iwami	6.6
4	1710 Oct. 3	Hōki-Inaba	6.6
5	1711 Mar. 19	Hōki-Mimasaka-Inaba	6.6
6	1859 Jan. 5	Iwami	5.9
7	1859 Oct. 4	Iwami	5.9
8	1872 Mar. 14	Iwami-Hamada	7.1
9	1925 May 23	Tajima	7.0
10	1927 Mar. 7	Tango	7.4
11	1943 Mar. 4	Tottori	6.4
12	1943 Mar. 5	Tottori	6.4
13	1943 Sept. 10	Tottori	7.3

でもあるが、山陰地方でとくに地震の発生の仕方に特徴的なのは、ほぼ同規模の地震がきわめて隣接した地域に半年以内あるいは少なくとも1、2年のうちに発生するという点で、これは今村⁹⁾もすでに指摘しているところであり、中小規模の地震についてもこの傾向がある。今回の観測期間中にも小地震ではあるが同様に2つの地震が発生している。1943年3月と9月の鳥取地震と非常によく似た位置関係で、同じく半年をへだてて発生したことは、今村が1710年、1711年の伯耆因幡の地震と鳥取地震との発生の仕方の類似について述べていることと考え合わせて興味深い。過去の大地震を **Table 1** に、その位置を **Fig. 2** に示す。最初の3つの地震をのぞき、1700年以後の地震 No. 4 と 5, No. 6 と 7 と 8, No. 9 と 10, No. 11 と 12 と 13 がかたまって発生しているのはきわめて興味ある現象である。なお山陰地方の大地震に伴う地殻変動のいずれも断層の発現を見、あるいは少なくともそれを予想させるものが多い。これは地震の大きさや深さからいって当然のことかもしれないが、有名な丹後地震をはじめ、鳥取地震、その他にも北但馬の地震で発現した田結断層は2条の断層が400 m の間隔で平行して1.6 km にわたってあらわれたものといわれる。浜田地震では海岸線に沿って安山岩区域が沈降し、第三紀および沖積層が隆起したとのことである。そのほか日本海側は潮位差が少ないためといわれるが、浜田地震の半時間前、丹後地震の2時間半前にそれぞれ、前駆現象的地殻変動がみとめられている。これは生野鉱山で観測された鳥取地震の10時間前と、とくに6時間前の急激な前駆傾動と考え合わせて興味深い。

なお **Fig. 2** に1926年から1962年までの主な地震の震央分布を示した¹⁰⁾。これをみれば兵庫県西部の群発地震を別として、山陰地方の地震は丹後但馬、因幡、伯耆、石見の4つの群に分けられるように思われる。

4. 観測室、観測器械、観測精度

観測室の位置、観測器械の種類と感度は、**Table 2, 3** に示すとおりである。また坑内図と器械配置は

Table 2 Position of observational room (TOTTORI-MOMODANI)

Latitude	Longitude	Height	Depth	Geol. form.	Epoch of obs.
134° 16' 04"	35° 30' 51"	150 m	90 m	Liparite	Nov., 1956~Feb., 1962

Table 3 Sensitivity of instruments

Instrument	Direc. obs.	Sensitivity	Opt. dist.	Period	Epoch of obs.
Super-invar tiltmeter of horizontal pendulum type (with magnetic damper)	N—S	0.01"/mm	200 cm	25 sec	Nov., 1956~Feb., 1962
	E—W	0.01"/mm	200 cm	25 sec	Nov., 1956~Feb., 1962
Extensometer of bow-string type (Super-invar bar)	N35°W— S35°E	2×10^{-3} /mm	500 cm	length =5m	Feb., 1958~Feb., 1962

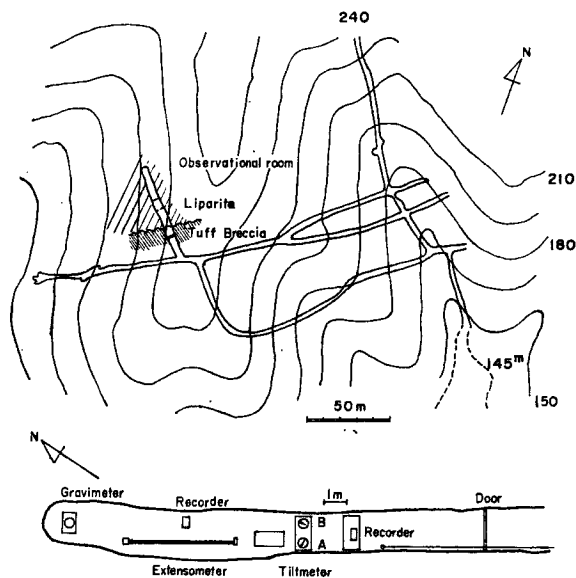


Fig. 3 Upper : Contour map and adit of the Momodani mine.
Lower : Arrangement of observational instruments.

Fig. 3 に示す。観測室は本坑三号鑛東立入坑道にあり、地表面下 90 m に位置している。坑口からの距離は 250 m である。Photo. 2 の観測記録からもわかるように、気象影響は全くないし、坑道はきわめて安定していて一方的変化はきわめて小さい。観測室内の温度は約 15°C、年較差は 0.3°C を越えない。しかし非常に残念なことに、湿度がきわめて高く伸縮計は鏡が曇りやすく、そのため 2 W の heater を入れたが、鉱山の操業時の電圧変動のために、伸縮計にはそれによる微変化があらわれた。そして観測担当者の努力にもかかわらず、解析に耐えうる伸縮変化の資料は1958年末から1959年7月までの計 8 カ月分しかない。一方、傾斜計の方は坑内が安定しているため好記録が得られているが、総じて観測は常に順調であったとはいえない。なお鉱山の採鉱は当時すでに標高差 40 m の下部坑道だけで行なわれていたため、採鉱による坑道の変形の影響は全く認められない。ただ1958年5月、1961年10月に観測室から約 80 m の坑道に落盤があった。1958年5月の際にはかすかにその影響が現われているように思われる。

記録にあらわれている通り、傾斜計の東西成分は太陰半日周潮 M_2 が卓越しているが、南北成分は主太陰日周潮 O_1 、日月合成日周潮 K_1 が大きくあらわれていると考えられる (Photo. 2 参照)。理論的にも、南北成分では O_1 、 K_1 が M_2 に対してかなり大きな割合を占めるはずである。また北にある日本海の海洋潮

汐の影響はその振巾が 10 cm 以下であるからほとんどないと見てよいであろう。もっとも海洋潮汐の方も米子・境あたりでは O_1 の振巾の方が M_2 の振巾よりも大きい傾向がある。伸縮計も $N35^\circ W-S35^\circ E$ の方向では直接項の M_2 と O_1 との振巾がほとんど同程度であるから、記録ではむしろ O_1 、 K_1 が卓越してよいと考えられる。下に調和解析を行なった結果を掲げておく。1958年6月12日からの1カ月間の資料を用い東西成分だけについて行なった。

$$\begin{aligned}
 \text{E-W comp. } M_2 & 0.0045'' \cos(2t - 252.4^\circ) \\
 O_1 & 0.0017'' \cos(t - 186.0^\circ) \\
 K_1 & 0.0037'' \cos(t - 208.4^\circ)
 \end{aligned}$$

この値は故志田順教授、故西村英一教授が上賀茂、阿武山で得られた値に比べて妥当なものと考えられる。なお Photo. 2 の記録は11月29日、30日頃から伸縮計と南北成分の傾斜計にかなりの異常が認められた例である。器械感度は表に示す通りである。先に第1報¹⁾でのべた観測精度は、器械の安定性や特徴を考慮して、

傾斜計東西成分では、

$$0.01''/\text{day}, \quad 0.05''/\text{week}, \quad 0.2''/\text{month}, \quad 0.5''/\text{year}$$

傾斜計南北成分では、

$$0.02''/\text{day}, \quad 0.07''/\text{week}, \quad 0.4''/\text{month}, \quad 1.0''/\text{year}$$

伸縮計では

$$4 \times 10^{-8}/\text{day}, \quad 7 \times 10^{-8}/\text{week}, \quad 10 \times 10^{-8}/\text{month}$$

程度である。つまり傾斜計の東西成分は器械の調子が非常に良くして精度は高いが、南北成分はそれに比べて精度がおちる。これは磁気制振器の影響が悪く出ているためではないかと考えられる。伸縮計は観測期間の前半は悪く、後半は良いので一律には定められない。また解析可能な期間は8カ月だけであるから、1年に対する精度は求めている。

5. 鳥取百谷の永年傾斜変化と伸縮変化

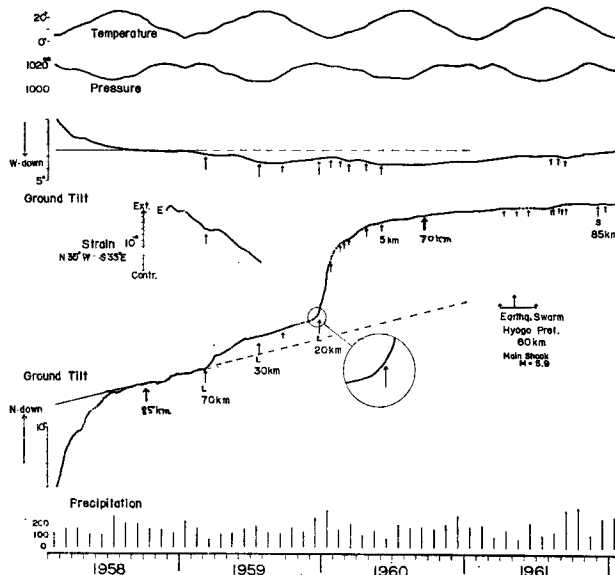


Fig. 4 Secular changes of ground tilts and strains observed at Tottori-Momodani.

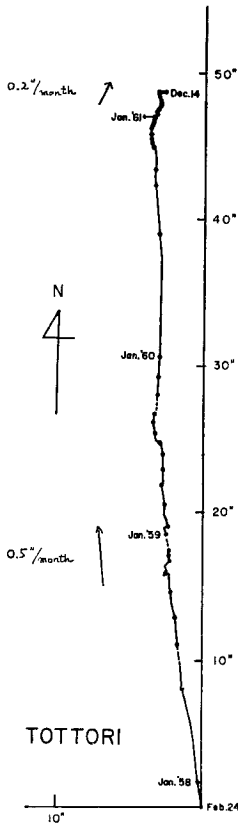


Fig. 5 Vector diagram of ground tilts observed at Tottori-Momodani.

を生ずる。今回は点線の範囲をとったが、地震の発生の仕方の違いと震央分布の様子からむしろ実線より北をとるべきであったと考えている。また南北の線で4つ位の群に分けることも試みる必要があると思われる。

さて前節で述べたように1959年3月から1960年6までは明らかに南北、東西両成分ともに異常変化を示している。とくに1959年12月からの南北成分の異常変化はきわめて大きい。この原因については、現在まで何らの局所的異常も器械的異常も認められていない。鉱山の採鉱量はきわめて少ないし、落盤もなかった。また坑道の変形や台石の変形がこの期間に進行したということも考えられない。器械的異常だとすれば、量的な差こそあれ両成分にあらわれているのは納得できない。また異常の大きな南北成分についても、12月のはじめ頃から徐々に変化量を増していることから器械的な異常とは考えられない。

Fig. 4 の南北成分の変化図に矢印で示したのは、Fig. 7 の範囲内にこの4年間に発した地震のすべてである。Fig. 6 からわかる通り、この期間は、1961年の兵庫県西部の群発地震の発生をのぞけば、きわめて静穏であった。そしてこの群発地震域は、鳥取から距離 50 km 程度であるのに、その後にはほとんど異常変化らしいものはあらわれていない。これは鳥取地方と兵庫県南部は、構造上別の地帯に属するためと推定される。

4年間の観測結果は Fig. 4 と Fig. 5 に示す。Fig. 4 には鳥取地方気象台の月平均気温気圧と月総雨量を併示した。これによってわかる通りいずれの計器にも年変化らしいものはあらわれていない。降雨による変化も皆無である。伸縮計については先のべたように、解析するに足る記録は8カ月分だけであった。1958年2月から7月までの6カ月間の大きな変動は、器械設置後の影響で、安定するまでに半年かかっているが、きわめて規則正しく指数関数的に変化量を減少しつつ安定化していて、このことはこの期間に異常変動がなかったことを意味する。それ故この設置の影響をとり除けば、変化曲線は図中1958年8月から1959年2月までの変化曲線を延長した細い直線で示す線の上に乗ると考えられる。しかし一方観測期間が短いので、平均傾斜速度の正しい値を見出すことは困難である。あえていえば、1959年2月以前は北へ月約 $0.5''$ の割合で傾斜していることになり、1960年8月以降は月約 $0.2''$ の割合で北東に傾斜していることになる。その間1959年3月から1960年6月までは南北、東西成分ともにきわめて異常な変化があり、その後で平均傾斜変化の速さと方向が変わっているとしなければならない。2つの期間における平均傾斜速度の方向と量の違いは、Fig. 5 の Vector 図の横に矢印で示した。

6. 地域性小地震の活動と地殻変動

先に示した Fig. 2 に記載の地震について Magnitude から計算した energy の平方根が歪に比例するとして、その積算したものを Fig. 6 に示す。1927年には丹後地震、1943年には鳥取地震による大きな energy の放出が見られる。1940年頃には地震系列が転換したようにもみえるが、これだけでは明らかでない。このような energy の放出の仕方から地震系列を判定するときには、どのような範囲の地震をとるかで非常に大きな違いを生ずる。

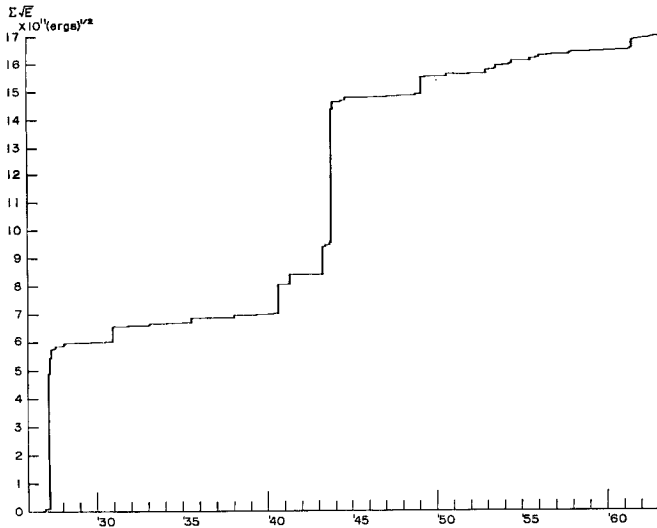


Fig. 6 Mode of energy release by shallow earthquakes in the San'in District.

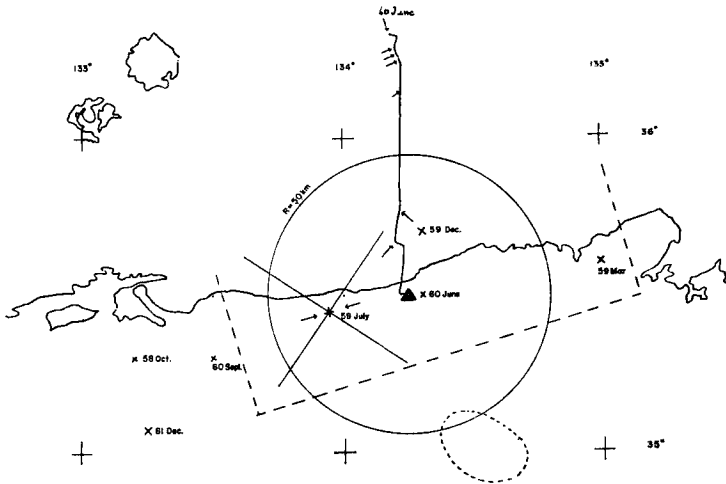


Fig. 7 Vector diagram of anomalous ground tilts in the period from March of 1959 to June of 1960.

Arrows denote the occurrence time and crosses show the epicenter of local earthquakes.

Dotted ellipse shows the Swarm Earthquake Area in the western part of Hyōgo Pref.

さて Fig. 4 の傾斜計の東西成分の変化曲線には矢印で、震央位置が地震月報に記載されているところの百谷から 50 km 以内の地震と、鳥取から P-S 時間 2 秒以下の有感地震だけを記した。鳥取から P-S 時間 2 秒以下の地震は、百谷からは少なくとも 20 km 以内に震央があるはずである。なお 1959 年 3 月に発生した兵庫県北部の地震だけつけ加えた。その理由はこの地震は震央距離 70 km であるが、傾斜計はこの地震の発生と同時に異常を示していること、伸縮計に伸びの異常が現われているからである。もしこの地震がこの一連の変動に関係あるとすれば、Fig. 7 中の点線で囲んだ範囲の地震が関係していることになる。

このように点線の範囲の地震だけに着目すれば、この異常期間はこの地域の地震活動期と全く一致する。すなわち異常変化は 1959 年 3 月の地震と同時に開始し、1960 年 6 月の地震と同時に終了したことになる。そしてこの期間だけ鳥取周辺で小地震が発生したことになる。なお、1961 年 8 月 9 日にも鳥取で P-S 時間 2 秒以下の有感地震が発生しているが、Fig. 4 で明らかにわかるようにやはり南北、東西両成分とも異常が認められ、量的にはもちろん前のものより小さいが、非常によく似た傾向を示して、ほぼ北北西に 1" 程度の傾斜を行なっている。以上のように鳥取付近の小地震の発生と、異常変化の継続の時期とは観測の全期間を通じて完全に一致する。なお前節で述べた地震活動期の前と後における平均傾斜速度の量と方向の変化は、地震後かなり長期にわたって行なわれる回復運動をあらわしているのか、あるいはこの地震活動を契機として変動方向が変わったのか、いづれであるかはこの 4 年間の資料だけではわからない。

さてもう少し詳細にこの異常期間の様子をみると、1959 年 7 月の地震は震央距離 30 km であるが、12 月の地震より少し規模が大きく、初動分布は不明確ながら Fig. 7 に示したような節線をもつ象限型であるらしく、この主圧力の方向はおよそのところ、この地方の地震一般の主圧力方向と一致している。しかし地殻変動の上からはこの地震の直後には大した変化はなく、むしろその前に北西方向の変化があったことを示している。ところが、次の 12 月の地震発生の 10 日程前から異常な変化を開始し、地震発生後急速に増大し、さらに 4 つの有感地震を伴ない、1960 年 6 月にはほとんど百谷の直下あたりに有感地震が発生して同時に異常変化が終了している。この 12 月の地震は百谷の北方約 20 km の海中にあり、前の地震から 5 カ月へだたっている。2 つの地震に対する地殻変動の量的な差は、その発震機構を考慮した観測点の方向的な違いというよりも、59 年 12 月と 60 年 6 月の地震の南北系の配列と、地殻変動の南北系の運動ないしは、この付近の構造線の方向とが一致したためであると考えた方がよさそうである。

以上のように確かに今回の地震群の energy に比べて、その変化量はきわめて大きい、両方の成分に異常があらわれていること、鳥取地方の傾斜運動が地体構造や測量からみても南北系が大きいこと、この大きな異常変化の時期だけ特に多くの地震が発生していることから、かなり、信頼性があるのではないと思われる。

変化量の大きいことについては、次のような説明が成り立つかも知れない。第 1 に、この地域は断層とか褶曲構造の特に多い地域であって、波長の短い変動が卓越し、広範囲にわたってこの傾斜量で変化したのではなくて、小さな地塊あるいは一つの褶曲帯の中だけの变化である。第 2 に、傾斜変化は歪とちがって、地震の大小によって量的にそれほど異なるものでなく、昇降変動が大きければ、その変動の範囲も拡がるが、傾斜量に対しては地震の大きさは直接関係がなく、ただ変動の及ぼす範囲が広いか狭いかだけであるから、震央の近くでは小さな地震でも、大地震に匹敵する傾斜変化が起りうる。むしろ地震の大きさよりも変動源までの距離の問題である。また傾斜変化では極端な場合、震央の直上では傾斜変化のない場合も考えられるから地震の大きさと傾斜量との間に比例関係はない。第 3 に、この大きな変動は、中国地方の波長の長い緩慢な運動の一部であって、その極点において小さな地震を伴った大きな変動があったという解釈である。これは段階的な運動や see-saw 運動を考えればありえないことではないし、その南北系の傾斜変化はちょうど中国地方の地体構造から期待される運動の方向と一致している。Fig. 8 上図の水準測量の結果から想像される中国地方の構造運動を模式的に画いたのが、Fig. 8 下図である。上図は昇降運動を等変動量線¹²⁾で画いてある。この図からいろいろなことが想像できる。先ず中国地方は南北の線で 3 つの Block に分けられ、丹波隆起帯とその西側とはきわめて鮮明な境界線があるが、安芸地塊の東部はむしろ東隣地域

に影響を及ぼし、あたかもひきづり上げているような様子を見せていること。さらに想像を發展させれば、丹波地塊の西南端は大約兵庫県東部の群発地震の発生域にあたり、微小地震の発生帯¹³⁾ともほぼ一致するのは、このような鮮鋭な昇降運動（もちろん水平変動を伴なうであろうが）の境界のせいではないだろうか。同様な意味で鳥取付近の地震、広島県北部の地震（Fig. 2 参照）および広島湾の地震なども何か構造運動上の関係がありそうに見える。以上は単なる想像にすぎないが、笠原、杉村¹⁴⁾によって、三角測量の結果から計算された Dilatation と Maximum shear の分布を見れば、ちょうど鳥取付近から南南西にかけて Dilatation が負の谷間があり、一方、広島湾から真北の方向には Dilatation の正の鋭い山がある。また Maximum shear については、広島湾から真北に Max shear の値の変化が非常に大きな地域がある。これらは Fig. 8 の Block の境界と一致していて、その地域の歪の特性を示しているように思われる。いずれにしろ Fig. 8 のような地殻運動を行なっているとすれば、問題の期間の大きな変化量は、この広い地域の緩慢な傾斜運動（see-saw 運動かも知れない）の一つの極点であったためと解釈することもできそうである。

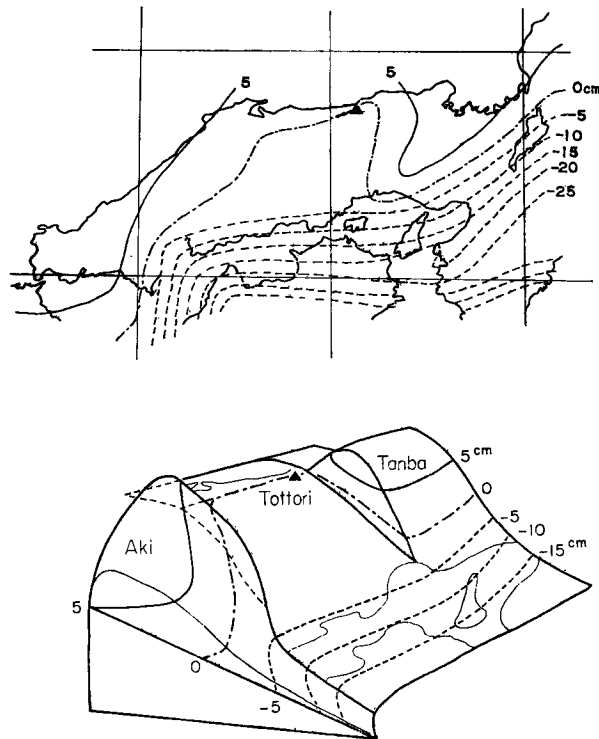


Fig. 8 Upper: Contour line of vertical deformation.

Lower: Assumed model of slow vertical movements of the crust in the Chūgoku District inferred from the upper figure.

7. 結 語

観測資料の整理が未だ十分ではないが、4年間の観測報告としては一応の結果がでたと考えられる。この論文で述べた解釈が正しいとしても、誤っているとすると、その証明は今後の問題である。我々は以上の観測結果を参考にして次の観測を再開したいと思う。得られた結果は次期の観測方法や器械の配置、記録の整

理の仕方、地震活動の監視の方法を定める上で有益であると信ずる。幸い鳥取微小地震観測所が1964年に設置されて観測には非常に便利になった。今回鳥取地方の小地震の活動と地殻変動の関係に多少の資料を加えることができたので、移設再開後はさらに微小地震の観測と協力して山陰地方の地震活動と地殻変動の関係を明らかにしたいと考えている。

この観測と研究に御便宜を賜わり御指導を頂いた一戸時雄、岸本兆方両教授と、御支援と御協力を頂いた地かく変動部門、ならびに地球物理学教室地殻物理学講座の御一同に深く感謝の意を表したい。特に加藤正明氏には論文作成のため御助力を頂いた。また観測について数々の御便宜を計って頂いた鳥取大学教育学部安原彰一教授と、直接観測に御基力下さった教育学部学生諸兄、ならびに百谷鋳業所の森本清太郎氏の御厚意に対し、この機会に厚く御礼申し上げる。

参 考 文 献

- 1) HOSOYAMA, K. : On the Observation of Secular Phenomena of the Tilting Motion of the Ground, Mem. Coll. Sci., Univ. Kyoto, Ser. A, Vol. XXVIII, No.3, Art. 4, 1957, pp.253—282.
- 2) SASSA, K., NISHIMURA, E. : On Phenomena Forerunning Earthquakes, Trans. Amer. Geoph. Union, Vol.32, 1951, pp.1~6.
- 3) 西村英一, 田中豊, 田中寅夫 : 最近の地震に伴なう地殻の異常変動について, 第一報, 京都大学防災研究所年報, 第5号, 1962, 28—43頁.
- 4) 鳥取県 : 鳥取県地質図説明書, 昭和41年3月.
- 5) TSUYA, H. : Geological Observations of the Earthquake Faults (Shikano and Yosioka) of 1943 in Tottori Prefecture, Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. XXII, 1944, pp.1—32.
- 6) HUZITA, K. : Tectonic Development of the Median Zone (Setouti) of Southwest Japan, since the Miocene, Journ. Geosci., Osaka City Univ., Vol. 6, Art. 4, 1962, pp.103—143.
- 7) MIYAMURA, S., MIZOUE, M. : Secular Vertical Movements of the Earth's Crust in Japan—Mode of Movements in Space and Time with Special Reference to Geotectonics—, Journ. Geod. Soc. Japan, Vol.10, Nos.3~4, 1964, pp.123—138.
- 8) 宮村撰三 : 地震活動と地体構造, 地震, 第15巻, 第1号, 1962, 23—52頁.
- 9) 今村明恒 : 因伯地方大地震の前震に就いて, 地震, 第1輯, 第16巻, 第1号, 1944, 1—5頁.
- 10) Catalogue of Major Earthquakes which occurred in and near Japan (1926—1956). Catalogue of Major Earthquakes in and near Japan (1957—1962).
- 11) 田中豊, 加藤正明, 小泉誠 : 地震活動に関係した地殻変動(1) —東北日本外帯の地震活動と細倉で観測された地殻変動, 京都大学防災研究所年報, 第10号A, 1967, 123—140頁.
- 12) Report on the Levelling in Japan for the Period from Jan. 1957 to Dec. 1959, Journ. Geod. Soc. Japan. Vol.6, No.2, 1960, pp.62—63 (appended figure).
- 13) 岸本兆方, 橋爪道郎, 西田良平 : 近畿地方北半部における最近の微小地震活動, 京都大学防災研究所年報, 第11号A, 1968, 75—89頁.
- 14) Kasahara, K., Sugimura, A. : Spatial Distribution of Horizontal Secular Strain in Japan, Journ. Geod. Soc. Japan., Vol.10, Nos.3—4, 1965, pp.139—145.