

# 丹後大地震後の宮津町及び河邊村に於ける 地表傾斜變化觀測 (一)

所員石本巳四雄

*Observations sur les variations de l'inclinaison de la  
surface terrestre à Miyadu-mati et Kawabé-mura  
après le grand tremblement de terre de Tango*

Par

**Mishio ISHIMOTO**

(Extrait)

**Introduction**—Le tremblement de terre de Tango s'est produit le 7 Mars 1927, accompagné de désastres et même de changements topographiques. Dans le but d'étudier le mouvement de la croûte terrestre qui va se stabiliser avec production de répliques, on a installé une paire de pendules horizontaux (*tiltmeters* ou *clinographes*) à Miyadu afin d'observer les variations de l'inclinaison de la surface terrestre; les observations ont été effectuées à partir du 11 Mars. De plus le 26 Mai une installation identique a été faite à Kawabé et les deux observations se poursuivent jusqu'à ce jour. Ces observations, cependant, ont été faites dans des conditions extrêmement rustiques et se sont heurtées à plusieurs obstacles imprévus; mais l'ardeur des observateurs a permis d'obtenir des enregistrements suffisants pour permettre d'en déduire certaines relations entre la variation de l'inclinaison et la réplique.

**L'appareil et son installation**—L'appareil que j'ai employé est du même type que celui décrit dans le 2<sup>e</sup> tome de ce Bulletin. Naturellement certaines parties de cet appareil ont été modifiées pour satisfaire aux conditions spéciales de cette observation. La période du pendule était réglée de façon à donner 1 cm. de déviation pour 1 seconde d'inclinaison.

A Miyadu, une station d'observation a été déterminée dans l'enclos de la Mairie, situé au pied d'une colline constituée par du granite. Bien que les appareils fussent installés dans une cabine, les variations de température étaient malheureusement les mêmes qu'en plein air. Ces variations thermiques produisent un courant d'air dans la cloche de verre et l'ébranlement irrégulier du pendule rendait l'enregistrement imprécis. Mais par la suite en enveloppant la cloche avec du coton, on est parvenu à éviter l'influence thermique et l'enregistrement est devenu assez net.

Voulant poursuivre l'observation, on a construit une cabine sur la colline, à une position un peu plus haute que la première, les deux composantes d'appareils étant posées sur deux blocs de fondation. La variation de température y était aussi considérable; mais il faut observer que cette influence thermique a pour principal effet de provoquer des déformations de la croûte superficielle, lesquelles ne peuvent être éliminées. Bien que la variation diurne d'inclinaison intervienne dans l'enregistrement, elle n'y joue pas un rôle important, puisque ce que l'on considère est seulement la variation lente produite par les mouvements de terrain, lesquels sont très sensibles dans les régions fréquentées par les tremblements de terre. L'effet de l'humidité à cette station n'était pas aussi considérable qu'à Kawabé, mais il me semble néanmoins nécessaire de construire les pieds de la table triangulaire tout en acier inoxydable.

Les observations à Kawabé ont commencé le 26 Mai. L'installation est faite dans une cave creusée dans la masse de granite. Les perturbations thermiques étaient presque nulles, tandis que l'effet de l'humidité était énorme; on a été obligé de rendre la partie photographique de l'appareil étanche à l'air. Quant à la source lumineuse, elle est alimentée par deux accumulateurs employés à tour de rôle.

**Resultats obtenus** - La figure 1 représente la courbe donnée par l'observation à Miyadu, du 15 Mars au 1<sup>er</sup> Avril; la planche I représente la courbe obtenue aussi à Miyadu à partir du 20 Avril; le Tableau I montre toutes les répliques enregistrées à Miyadu ou Toyooka d'intensité supérieure à la valeur II de l'échelle de l'Observatoire Central Météorologique du Japon (IV de l'échelle Mercalli), pendant la période correspondant à l'enregistrement des inclinaisons; la planche II représente la courbe donnée par l'observation à Kawabé.<sup>(1)</sup>

Comme on le voit dans la figure 1 et la planche I une certaine variation d'inclinaison précède chaque tremblement de terre; elle se présente parfois avec une seule pente, parfois sous la forme d'échelons. Cette dernière forme correspond à l'hypothèse que le déplacement intérieure de l'écorce se produit par échelonnements, à moins que le déplacement superficiel de l'écorce ne puisse suivre le mouvement fondamental. La figure 2 donne une carte représentant les positions de l'épicentre et les diagrammes-vecteurs d'inclinaison à la stations de Miyadu avant chaque tremblement de terre. On distingue, pourtant, deux groupes parmi les diagrammes-vecteurs: l'un vers le N (ou S) et l'autre vers l'E. Les positions de l'épicentre correspondent aussi aux deux groupes: les tremblements de terre appartenant aux deux séries A et B (Fig. 2) correspondent au groupe N, tandis que ceux appartenant à la série C correspondent au groupe E. Ce phénomène s'explique par l'introduction des deux failles Yamada et Gô-mura. On peut croire que ces deux failles forment un couple serré, car il n'y a aucune différence entre

(1) Les valeurs de l'inclinaison de la composante N-S sont doublées à partir du 14 Juillet par la faute de l'auteur. Les corrections sont nécessaire de rendre ses valeurs à  $\frac{1}{2}$ .

les variations d'inclinaison dues aux deux séries A et B. Naturellement, comme Miyadu est situé près de la faille Yamada, les observations seront toujours influencées par cette faille. Il est donc vraisemblable que l'origine des deux failles dépende du mouvement relatif de la presqu'île de Yosa. Le groupe E, correspondant à la série C, est considéré comme l'inclinaison dérivant du phénomène de rebondissement contre le mouvement principal.

Les variations d'inclinaison enregistrées à Kawabé sont moins grandes que celles de Miyadu. Trois répliques, numérotées 8, 9 et 10, ont eu lieu pendant les observations. Quand on compare ces trois inclinaisons à celle de Miyadu, on peut imaginer, en effet, des mouvements relatifs de deux massifs (bloc de Miyadu et bloc de Kawabé) parfois dans des sens différents, parfois dans le même sens.

**Influence du gradient de pression atmosphérique**—J'ai ensuite essayé de trouver s'il existait quelque relation entre le gradient de pression atmosphérique et la variation d'inclinaison. Pour calculer le gradient de pression, j'ai pris Kyôto-Miyadu (74 km.) et Hukui-Miyadu (111 km.) comme deux éléments de directions coïncidant approximativement avec celles des deux failles. Dans la figure 3, on observe que le gradient de pression a une certaine relation avec la variation d'inclinaison surtout à partir du mois de Mai: quand la pression s'élève à Kyôto en augmentant peu à peu en quelques jours, l'inclinaison se produit pour donner finalement la réplique. Il est très curieux de constater combien la variation d'inclinaison peut survenir à la suite d'une si petite différence de hauteur de la colonne de mercure à une distance de 100 km. Mais si l'on suppose la pression intégrée par rapport à une assez grande étendue de la surface terrestre et de plus considérée comme fonction du temps, le résultat obtenu sera considérable et l'on peut se rendre compte que le gradient de pression peut contrivier à la production d'un tremblement de terre. Il faut donc considérer qu'il existe une matière visqueuse sous l'écorce superficielle, en supposant cette dernière formée comme un groupe de blocs. On peut croire que l'effet de pression dû aux marées est plus grand que celui dû à la pression atmosphérique, mais si l'on considère la force en fonction du temps, la première sera presque négligeable tandis que la deuxième augmentera progressivement.

**Conceptions topographiques**—Les nivellements de précision du Service Géographique de l'Armée ont, en effet, prouvé que de chaque côté des failles, il existe des élévations et des dépressions de terrain. Maintenant on sait que le mécanisme de la destruction au foyer peut être déterminé par l'étude du premier mouvement enregistré par le séismographe.<sup>(1)</sup> Pourtant, nous venons d'avoir deux exemples de failles parues sur la terre;<sup>(2)</sup> l'une correspondant au tremblement de terre de Tazima (le 23 Mai 1925) et l'autre à celui de Tango telles qu'elles ont apparu à

(1) Théorie de Prof. Shida: «Scientific Japan» p. 272.

(2) Dans ce Bulletin: Rapport sur le grand tremblement de terre de Tangô par le Service Géographique de l'Armée.

la suite de nivellements de précision. La faille correspondant au tremblement de terre de Tazima a produit une dépression en forme de V, tandis que la faille correspondant à celui de Tango a produit un déplacement en forme de N. Le fait que ces déformations topographiques coïncident avec les déductions faites d'après le premier mouvement du séismographe, constitue une preuve de cette théorie.

Du phénomène toujours observé d'une certaine variation d'inclinaison précédant un tremblement de terre, se déduit la possibilité de prévisions concernant l'apparition de tremblements de terre, quoique la caractéristique de cette variation dépende des conditions superficielles de l'écorce et des dimensions du massif de terrain considéré.

Novembre 1927.

## 緒 言

今年三月七日午後六時二十九分丹後地方に發生した大地震は、局部的に非常の災害を齎したと同時に、地形上にも大なる變化を與へた關係上、人々の注意が甚だしく此の點に向けられたのである。而して此等の地形變動の平靜に歸復する徑路は、吾々の等しく知らんと欲する問題であつた。幸に昨年來當所に於いて製作に従事せる水晶製水平振子の用意があつた爲め、此れを用ひて觀測を行ふ時は、餘震と地表傾斜變化との間に多少の關係を闡明し得るであらうと云ふ豫測から、三月十一日器械を携へて宮津町に至り、直ちに觀測を開始したのである。なほ五月廿六日には河邊村に於いても器械の据付を了り、孰れも觀測を續行して今日に及んで居るが、此等の觀測は殆ど野外のそれに等しき状態にある爲め、豫期せざる障礙に出會ひ、なほ且つ遠隔の地にある關係上、器械の修理其他に不便を感じた事は再三でなかつた。然し現在に於いては觀測所の不備、器械の缺點はあり乍らも、連續せる記録が得られ、且つ此等の記録より餘震と地表傾斜變化との間に密接なる關係を見出し得た事は、實際その衝に當つた觀測者の細心の注意と不斷の努力による賜物として感謝する外はないのである。

## 觀測所と器械の据付

震災地方における地表傾斜變化觀測は觀測所としての完全な設備を期待する事

が不可能であるから、溫度濕度の影響が觀測を困難に陥らしめるのみならず、記録装置として臭素紙を使用する爲め、その光源に對しても不便を感じる事は初めより豫期される問題であつた。然し乍ら末廣所長の斷然たる決意により、多くの障礙を覺悟しつゝ觀測の遂行に決したのである。

觀測に使用した傾斜計は、當研究所彙報第二號中に所載の水平振子であるが、多少の改良は施されたのである。即ち地震動による破壊を恐れ、吊絲は多少太きものを用ひ、設置方法としては適當な石臺を見出す事の困難を思ひ、すべて平地面に於いて記録の出来る様に改められた。水平振子の周期は約十五秒に保ち、臭素紙上における感度は傾斜角一秒に對して1cm.の振れを記録する様に整正した。臭素紙を巻きつけた圓筒の回轉は一週間に一回であつて一日の長さは4cm.として記録されるのである。

宮津到着後直ちに一地點を見出し、此所に器械の据付を完了したのではあつたが、電源土地の軟弱等の關係から、その場所の不可なる事を悟り、漸く町役場構内のポンプ小屋を見出して再び此所に兩成分の器械が据付けられたのである。この地點は海岸を離れ稍小高い丘の麓に位し、附近には花崗岩の崖も見出し得るので、局部的の變化は比較的問題に成らない様に思はれたのである。此の小屋の地面は多少コンクリートで固められてはあつたが、勿論完全なものでは無く、なほ空氣の流通は自由であるため、氣溫の變化も甚だしく觀測上可成りの障礙を認めた。然しかゝる土地としては、此れ以上の場所を望む事は到底不可能の事であつた。傾斜記録は寫眞装置を以てするため、その小屋を適當に暗くする設備は申迄も無く施したのである。

小屋内の氣溫變化の爲め、硝子鐘内に空氣の對流が生じ水平振子の不規則的動搖を惹き起し、惹いて記録の不鮮明となる場合が屢々であつた。然し後には硝子鐘を綿で覆ふ事により、急激な溫度變化の影響から免れる事が出来其れ以後は明瞭な記録を得て居る。

觀測を續行する爲めに四月には警察署の好意により、町役場南方の丘上(櫻山公園)に觀測所を移轉し、専ら此所に於いて觀測か行はれたのである。觀測室は一間に一間半の大きさであつて、この中に二箇の基石を据へ、この上に器械が置かれた。周圍は全部板にて二重張りとし、その上を蓆にて覆ふ設備は施したとは云へ、溫度の影響からは依然として免れる事は出来なかつたのである。彙報第二

號中にも記載した如く、記録に一日周期の變化が現はれる事は、溫度が直接器械に影響すると云ふよりも、地表全體が溫度と共に傾斜運動をするのに歸因するものであつて、觀測室を可成り深い地下室とする外に免れる手段は無い様である。現在の記録においても、溫度による一日の變化は相當に現はれては居るが、此の地方の地震後の地塊運動は比較的殊しいものであり、且つ長周期に亘る傾斜を目的として居る關係上、この溫度變化は大した障礙とは成らない。但し硝子鐘内の溫度の急激變化を避ける様に注意する事は前述の通りである。觀測室の溫度は自記寒暖計により記録され、寫眞装置の光源としての電源には二個の蓄電池が用意され、交互に充電して使用されてある。溫度の影響は河邊の其れに比して大では無いが、三脚台の螺子脚、足受等には常に錆ない鋼を用ふる事は必要である。この金屬を用ひなかつた箇所が甚しく錆びて居る事からしても氣の付く事であらう。

河邊に於ける觀測は器械の製作を待つて着手した爲め、五月二十六日より開始せられた。河邊の位置は與謝半島地塊に在り、宮津に對しては山田斷層を隔て、居ると云ふ理由で、適當な地點として撰定されたのである。器械を据付けた場所は通常桑葉を貯藏する石室であるが、これは村の人家を離れ多少山の方に向つた所で、その入口は北向の崖に面して居る。此所の岩質は花崗岩から成つて居るとは云へ、甚だしく腐蝕して居て容易に毀す事の出来る程度のものである。この石室中二個の基石の上に兩成分の水平振子が置かれ觀測が開始せられたのである。石室内の氣溫變化は至つて少なく、觀測上好都合ではあつたが、然し濕度の大である爲めに三脚臺の鐵部は錆び、臭素紙は感光度を失つて記録不能となつた事が再三であつた。然し乍ら寫眞部分を全部密閉し、その中に吸濕劑を入れる事により、兎に角此の問題は解決出來たのである。電源は宮津におけるものと同じく、二個の蓄電池を交互に充電する事によつて、觀測を續けて居る。

### 宮 津 町 觀 測 結 果

第一圖は三月十五日より四月一日に至る宮津に於ける傾斜變化觀測結果、附圖一は四月十三日より九月十日に至る同じく宮津における觀測結果、第一表は此等の期間において宮津或ひは豊岡にて弱震程度以上として感じた地震を示したものである。

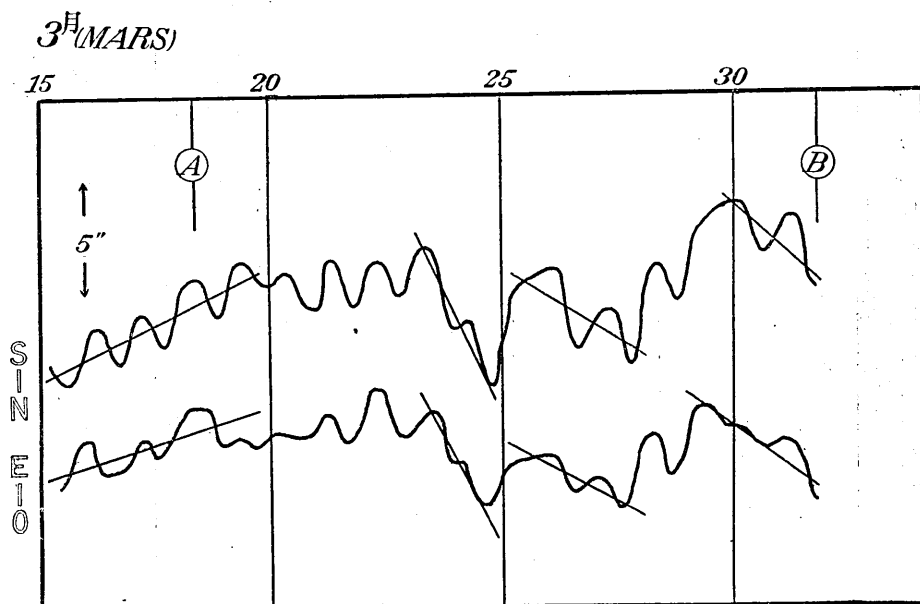
第一表 (Tableau I)

番 號 No.	發 震 時 (Epoques de séismes)				震 度 (Intensité)		震源ノ深さ Profondeur de foyers
	月	日	時	分	宮 津 Miyadu	豊 岡 Toyooka	
A	3 (Mars)	18	21 <sup>h</sup>	48 <sup>m</sup>	II	II	4.9 KM.
B	4 (Avril)	1	6	8	IV	IV	10.3
1	4	25	19	27	II	I	8.0
2	5 (Mai)	3	11	48	I	II	9.6
3	5	13	17	43	II	I	7.7
4	5	29	1	30	—	II	0-2
5	5	29	1	30	—	—	6.0
6	5	29	4	32	I	III	0-2
7	7 (Juillet)	7	5	34	I	III	10.8
8	8 (Août)	5	21	40	III	III	7.1
9	8	19	12	45	I	I	15.0
10	9 (Sept.)	1	4	59	I	I	*

\* 三點観測ノ中一點ノ記録缺ケタルタメ不明

第一圖に於いて認められるが如く、傾斜變化中に一日の周期を持つものが存在して居るが、それと同時に緩漫な傾斜變化が認められる。實際の記録には傾斜角一秒が1 cm. 一日が4 cm. として記録されて居るため、その傾斜の有様はなほ明かに見出される事は論を待たない。此れを餘震の發震時と比較して見ると、可成り密接の關係が見出せる。勿論、當時は本震の直後であつて一日數十回の餘震が存在して居たのであるが、傾斜變化は極めて緩漫であつて、各々の餘震に對する關係は見出し難い。然し乍ら宮津或ひは豊岡に於て弱震程度以上の振動を與へた地震に就いては、その前に傾斜變化のある事は容易に見出せるのである。傾斜變化が極めて緩漫であつて、すべての小餘震に對して傾きを與へないと云ふ事は、測定して居るものが地塊の傾斜によるものであつて、地塊の運動の結果は先づ弱震程度の地震を發生するものと見て差支へない様である。數多き小餘震は極めて小局部における現象であつて、地塊の運動の大勢には關與しないと考へられる。三月十八日の弱震に對して次第に傾斜變化の存在して居た事、四月一日の強震に對しても二十三日頃から已に急激な變化が記録されてあつた事は明かに云へるのである。

第二圖中には宮津の位置に相當して、地震前に生ずる傾斜變化をベクトルとして記入したが、矢の長さは三日間に當る傾斜量、(1秒を2.75 mm. 矢の方向は

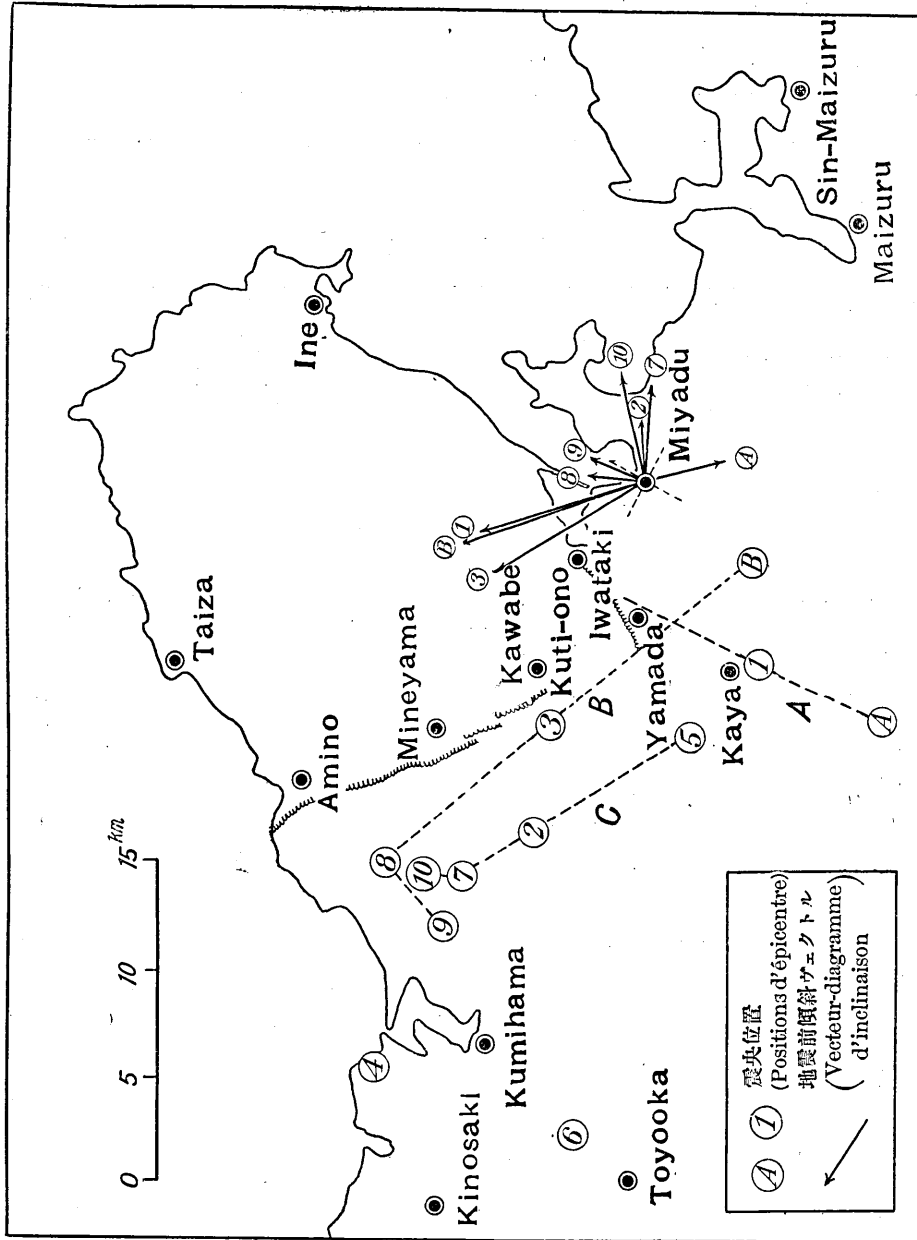


第一圖 (Fig. 1)

地表の下りを表はす) その方向は兩成分から求められたものである。勿論器械の据付が正しく東西南北を指して居ないから、圖上には破線を以て器械の据付方向を表はし、これに基準して傾斜ベクトルを記入したのである。十八日の弱震に相當する変化のみが他の場合と異り逆方向を向いて居るのは、七日の本震直後の反動現象として注意すべきものと思はれる。

四月一日の強震に至る傾斜變化は單位時間に基準して最も甚だしいものであるが、三月二十五日、二十八日の兩度に急にその方向を變ずる所が見受けられる。而してこの三つの階段においてその傾斜變化は全く同じ方向を指すのが注意される。此の階段式の現象は地表に近い層のズレを意味するものと觀察されるが、後に再び此の問題に就いては述べる事とする。四月一日の強震に附隨する弱震が三十日に數回、四月一日にも續いて數回あつたが、傾斜變化は依然として緩漫であつて、各々の地震に就いて變化を示さないから、殊更に煩雜を避け、省略して表には載せない事とした。此等の傾斜變化の中、一日周期を持つものは温度の影響と考へられるが、緩漫なる變化は地塊の傾斜に因るものと思考せられ、此れによつて種々の現象が説明されるのである。即ち三月七日の地震後宮津においても、





第二圖 (Fig. 2)

多少土地の起伏を認めて居る。<sup>(1)</sup> これは陸地測量部の水準測量の成果から推察して、山田斷層に關係あるものと思はれるが、傾斜記録に徴しても、その運動がなほ持續されて居る事が云へるのである。不幸にして四月一日午前六時の強震により、傾斜計の吊絲が切斷せられ、修理の道が無かつた爲め、それ以後の變化を知るに術ないが、これ迄の傾斜變化のみに徴しても已に餘震との間には相當の關係がある事が明白になつたのである。なほ今村、那須兩所員による三點地震觀測の結果から算出した震央位置(第二圖)より推察すれば、四月一日の震央は殆ど鄉村斷層の延長上に存在して居るのである。これは此の地震が他の餘震と異り、從屬する數多の餘震を伴つて居た事よりしても、この地震は鄉村斷層が延長して生じたものと考へて差支へ無い様である。

四月上旬には觀測所の移轉、器械の修理、觀測者の交替等にて記録を得る事に失敗したが、十五日頃からは漸く連續的の記録が得られる様になつた。二十日迄の餘震の中、大なるものは、八日に二回、十五日十六日に各々一回發生して居るが、傾斜記録の缺けて居る關係上、その變化を明かにする事の出来ないのは遺憾である。四月二十五日の地震に至る前提として傾斜變化の存在は同じく發見出来る。(附圖一) なほ其の變化の中に方向を變ずる所、即ち階段式に變化の進む事にも氣が付く、震央は加悦町附近にあつて全く山田斷層に屬すべき地震である事も云へる。此の地震以後、傾斜變化は全く方向を轉じ、五月三日迄殆ど一様の傾斜をなして進んで居り、此の日に弱震があつて再び傾斜方向が變換されて居る。此の地震及び七月七日、九月一日の地震は他のものと異り、その傾斜方向が東に向つて居るが、これは又震央の位置が鄉村斷層と平行をして居る一列(C列)に相屬して居るのである。五月三日以後方向を變じたる傾斜は七日に至つて比較的急激な變化に移り、結局十三日の餘震を導いたもので、この場合にも階段式を示して居る。

其れ以後傾斜變化は可成り平穩の状態を示して居るが、餘震としても大なるものは發生して居ない。但し五月廿九日に至つて弱震程度のものが三回觀測されてある。その中二つは但馬地方の地震であつて、その震央の位置から判斷しても宮津地塊には關係の無いものとされる。残りの一回は其の震央が加悦町の西北方にあり、傾斜記録にては一成分が缺けて居る爲めに精確な事は不明であるが、その

(1) 北丹後地震報告(京都府測候所調査)13頁

傾斜の甚だしく少ない事から推察しても此れはC列に屬すべきものと思はせられるのである。なほC列に屬すべき地震の深さと震央位置との間には直線的の關係が成立して居るが、此の意味を判斷するに斷層線が地上に現はれて居ない關係上、多少の困難がある。六月中は地震にも著しきものなく傾斜變化も極めて平穩に進行して居るが、只十日後に稍著しい變化が認められる。この前後に弱震程度の餘震が発生して居ないと云ふ事實は全記録を通じての唯一つの除外例であるが、或ひは弱震程度に至らない小地震<sup>(1)</sup>によつて終局を告げたと見て差支へ無いであらう。なほ氣壓勾配變化を見るに、此の前後において同じく傾斜變化を助長せしめる傾向を呈して居るから、強ちこれは地表傾斜變化觀測上の誤差として取扱ふ事の出來ないものと思ふ。七月一日よりは又傾斜に變化があつて七日の地震に終つて居るが、これは五月三日の地震の場合述べたるが如く、傾斜方向は東に向ひ、震央位置はC列に屬して居る。

八月五日の地震に至る前提には甚だしい傾斜變化が認められる。傾斜變化は七月廿四日より開始せられ、八月五日には宮津、豊岡において震度 III の地震が発生して居る。その震央の位置も、傾斜方向もB列に屬すべきものである。五日以後數日は稍小康を得たる形であつたが、その後なほ傾斜を續行して十九日の地震

第 二 表 (Tableau 2)

番 號 Numéro	三日間 = 於ケル傾斜量 (秒) Inclinaisons en trois jours. (seconde)			傾斜日數 Périodes d'inclinaison (jour)	全傾斜量(秒) Inclinaisons totales (seconde)
	成 分 Composantes.		合 成 Résultantes.		
A	E 2,0''	S 3,0''	3,6''	—	—
B <sub>1</sub>	O 10,6''	N 12,6''	16,4''	8,5	26,2''
B <sub>2</sub>	O 3,1''	N 3,8''	4,9''		
B <sub>3</sub>	O 4,2''	N 4,9''	6,4''		
1	O 6,0''	N 5,8''	8,4''	7,0	19,8''
2	E 2,3''	N 1,6''	2,8''	8,0	7,5''
3	O 7,4''	N 4,4''	8,6''	6,0	17,2''
7	E 4,0''	N 2,0''	4,4''	7,0	10,3''
8	O 1,2''	N 2,6''	2,8''	13,0	12,2''
9	O 0,4''	N 2,8''	2,8''	9,0	8,4''
10	E 3,6''	N 3,2''	4,8''	4,0	6,5''

(1) 斯様な小地震はこの前後毎日二三回は發生して居るので、何れがこの傾斜に相當して居るものであるかは、精査の上でなくては解らない。

を發生して終局を告げて居る。この地震は震度において五日の其れに及ばなかつた様であるが、傾斜においても稍少ない量を與へて居る。而してその震央位置が五日におけるものと比較して地震斷層から可成り離隔して居るかの如く見えるが、これは郷村斷層面が傾斜をなして居る爲めに、深さの増加に従ひ其の震央位置が次第に離れて行く現象に外ならない。即ちその震源の深さが殆ど二倍あるために、表面に現はれた斷層位置より約二倍の距離にあるのである。十九日以後の傾斜變化は南北成分は殆ど同じ變化を以て進行するに拘らず、東西成分は東方に傾き九月一日の地震を生じて居る。この傾斜變化の合成は地圖上にて東方に向ひ、其の震央位置もC列に屬すべき場所に見出されるのである。八月中の南北成分の變化中には極めて局部的の變化が影響して居る如く見えるから多少の注意を要する。

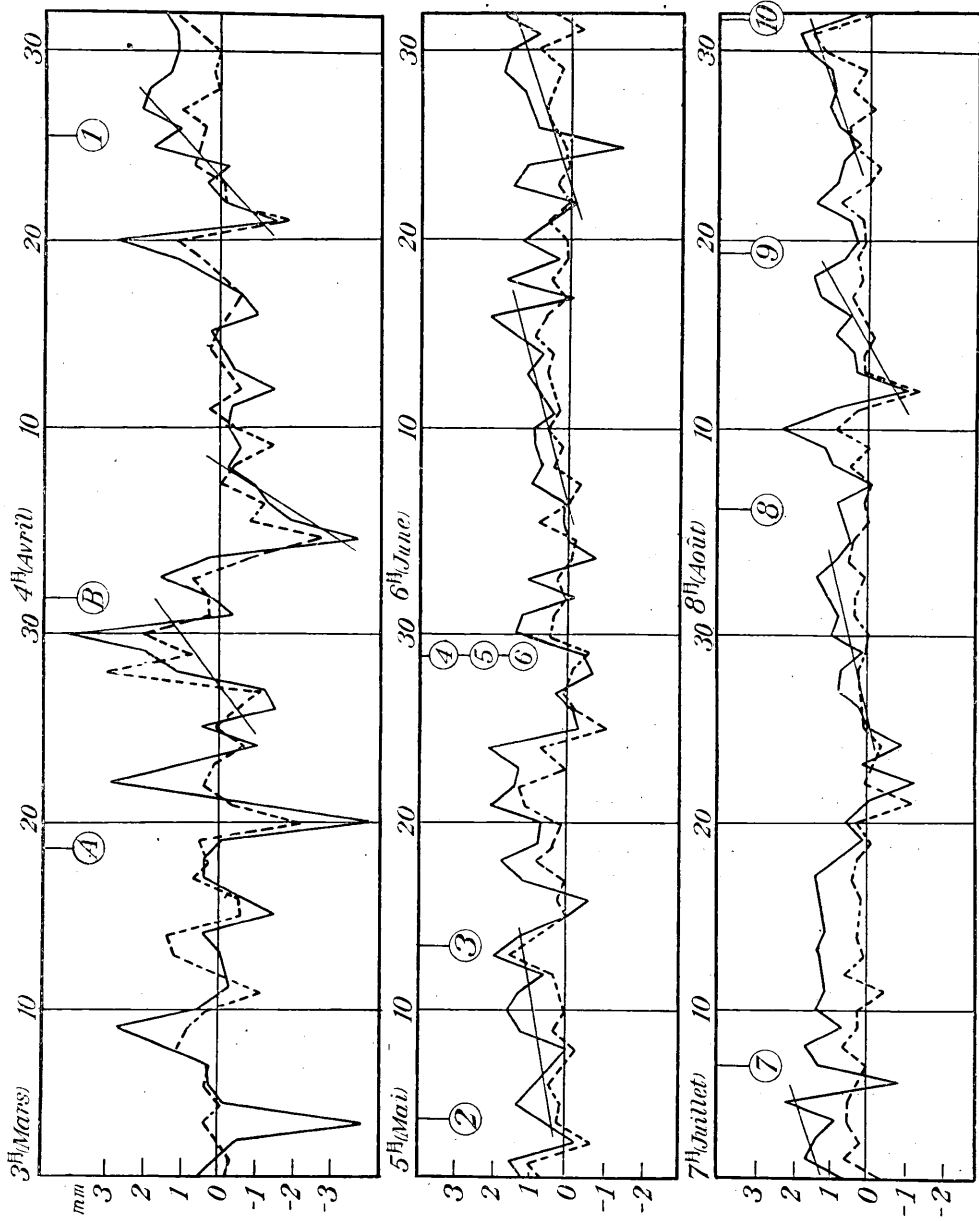
### 河 邊 村 觀 測 結 果

附圖第二は河邊における觀測記録<sup>(1)</sup>であるが、これは宮津の記録に比較して至極平穩のものである。地震に對して甚だしい變化を生ぜぬのみならず、一日周期の振幅も僅少である。五月下旬より六月上旬に至る傾斜變化方向は殆ど郷村斷層の方向と一致して居るが、廿日間に3.8秒の變化を生じて居る。主な餘震と此の傾斜變化との關係を見るに各地震に相當して多少の變化は呈して居るが其の量の少ないのは、この地塊が極めて安定である證明であると思ふ。⑧⑨⑩の地震前における傾斜を圖より求める時は、何れも郷村新層に關係あるものゝ如く、⑧⑨はこの斷層方向に向ひ、宮津におけるものとは逆方向をなして居る。然るに⑩は郷村斷層と逆方向を指し、宮津におけるものとは同方向に向つて居る。⑧⑨の場合には山田斷層において剪斷力が働いて居る様に想像出来るが、⑩の場合には與謝半島も宮津地塊も一樣に同方向に向ふらしく、地表に現はれた二つの斷層には關係ない様である。即ちその機構に於ては不明であるが、C列に地震を生じて二つの地塊が同様の變位をするものであろう。

### 地表傾斜變化と氣壓勾配との關係

地震の發生と氣壓勾配との間の密接な關係は現今迄可成り多數の人々によつて研究されて居る。然るにこの關係が存在する以上は地表傾斜變化との間にも相當

(1) 七月十四日以後の東西成分は二倍の傾斜量を誤つて記入したものであるから茲に訂正する。



— 京都氣壓—宮津氣壓 (P. Kyoto—P. Miyadu)  
 ---- 福井氣壓—宮津氣壓 (P. Fukui—P. Miyadu)  
 第三圖 (Fig. 3)

の関係があつて然る可き事である。

氣壓の勾配を求めるに當つて、宮津を含む適當なる一地區を選択すべきであるが、それは測候所の位置により決定されるものである。即ち京都、神戸、境、福井等を撰定して、毎日午前六時に於ける氣壓を其の日の氣壓として勾配を求めた。其中、京都—宮津、神戸—宮津の勾配は殆ど等しい値を與へ、境—宮津におけるものは多少の不規則はあり乍らも、先づ福井—宮津の逆勾配と見て差支へないものであるから、單に京都—宮津 (74 KM) 福井—宮津 (111 KM) を兩成分として採用する事とした。<sup>(1)</sup> これらの二方向は今回の地震によつて生じた二つの斷層の方向に其れ其れ平行をなして居る。

三月中は毎日氣壓勾配の變化が甚だしく、傾斜變化に對して關係を見出す事は困難であるが、五月以後においては充分密接な關係が見出せる。(第三圖) 即ち京都における氣壓が宮津の其れに比較して高い値を持ち、然も數日に亘つて次第に上昇する場合には土地傾斜にも變化を生じ、その結果として地震を發生する。この京都の氣壓が高い時に宮津における地表傾斜は概して逆の方向に向くのであるが、これは一見して矛盾して居る様にも考へられる。然し氣壓勾配がそのまゝ、宮津地塊にのみ働くと思ふのが穩當で無いのであつて、京都方面の高氣壓により、この丹後方面一體に壓力を受け、安定なる方向に展開すると見べきであらう。要するに宮津地塊の傾斜變化は局部的現象であつて、結局氣壓の配置と各地塊の運動とを知つて始めてその作用に言及する事が出来るものと信ずる。

第三圖において、其の勾配變化が増加しつゝある場合には直線を以て其の狀況を示してあるが、これと同時に常に傾斜變化を伴ひ地震を發生して居る。即ち今回の大地震の餘震と目さるゝものゝ中、弱震程度以上のものは氣壓勾配に司配されて地表傾斜變化を生じ、遂に地震を發生すると見ても差支へないのである。六月十日前後においては氣壓勾配により傾斜變化はあり乍ら、弱震程度のものを發生して居ない。これは前にも述べたるが如く、地震が稍少さかつたと云ふ事で説明出来るものであつて、氣壓勾配に關係して地表傾斜變化が生ずる現象はこの場合にも明白に存在して居るのである。五月廿九日の地震に對しては勾配變化が明かでないが、同時に傾斜變化も殆ど無い。これは震央が但馬地方にあつて、今回

(1) 京都宮津間の氣壓勾配は京都の値から宮津の値を減じたもので、他の地點の場合も此れと同様に取扱つた。

の餘震と殆ど關係がない爲めでもあらうが、震源の深く無い事から察しても、その地震發生の機構において異つたものがあるのでは無いかとも考へられる。

なほ 100 KM. 程の距離において、二、三ミリの水銀柱の差が傾斜變化を生ずべき動力となると云ふ事は、一見不可解であるが、可成り廣い面積、長い時間に關係したる力が同一方向に働いて結局地下物質の運動を促進せしめると考へるならば、敢えて不思議とするにも足らぬであらう。要するに氣壓勾配が數日に亘つて次第に増加する狀況が意味ある事で、此の時間的の力が地震發生を促すものと推察される。寺田教授は關東震災報告<sup>(1)</sup> 其他に地殻を構成する物質の中には流動性を有つものがある事を述べられて居るが此の時間的の力に對して抵抗する事が出來ないと云ふのは此の物質の存在を是認するものに外ならない。然も地表に表はれて居る表面的の岩石—シアル—は此の性質を帯びて居るものでは無く、實際餘震の發生する所、或ひは其れより遙かに深い部分に於て、流動性を具備して居る物質の存在があるならば、この現象は充分説明されるであらう。觀測結果によれば餘震は數列となつて發生して居るが、これはその列に沿ふて地表物質に弱點ある事、即ち地塊の存在を是認するものであり、その境に起る現象により地震が誘發されると考へられる。

海洋の潮汐の高低による壓力變化は氣壓の其れに比して大なる力を與へるものであり乍ら、土地傾斜に對しては大なる意味を持たぬ様である。これは半日周期の潮汐の影響は積算的になり得ないと云ふ事で、地震現象には直接關係の無いものと想像されるのである。

### 地表傾斜變化に關する考察

地殻の構造—少くとも地表の構造—は地塊の集合によつて説明されて居るが、今回の地表傾斜變化觀測よりしても、地塊の存在を認めて其の境界面に何事かが發生すると考へるのが最も適當の様である。勿論今回の地震に引續いて起つた餘震は其の震源の深さも淺く、地震波の性質も比較的單純なるものであるから、總ての地震に對して今回の觀測によると同様の事が推論されるや否やは甚だ疑問である。丹後地方は地表まで堅い岩石が露出して居る關係上、緩漫な傾斜變化は殆ど地塊の運動によるものと認めて差支へないが、東京附近の如き軟弱なる地層上

(1) 寺田寅彦：震災豫防調査會報告第百號(乙) 66 頁

にて観測する場合には自ら異つた性質を現はすものに相違なくこの地方の如く簡単な變化に留るものではないらしい。然し乍ら地震發生の前提としては同じく傾斜變化が常に観測されるのであつて、これも多少地塊の運動と見て差支へ無い様である。<sup>(1)</sup> 丹後地方に於いては直線上に並ぶ震央は同方向の傾斜變化を與へる事實、附近の斷層が傾斜變化を主として司配する事實等より推論しても、地塊の存在は益々確められたのである。地震數日前より傾斜變化を生じ、地震直前には平靜に復すると云ふ現象は、地震の原因として地殻破壊説を疑はしめるものである、自分は寧ろ岩漿が地殻内間隙に貫入する現象と見たいのである。

此の傾斜變化が進行しつゝある場合に、二三回方向を轉ずる現象、即ち階段式變化が認められるが、これに就いては二つの原因が考へられる。第一因は地殻を構成する一地塊が一定の方向に傾斜運動を爲しつゝあるにも拘らず、地殻の極めて表面に近い部分は此の運動に追従する事が出来なく、遂にズレを生ずる。これが傾斜方向の變換する箇所と見られる。第二因は地塊運動が促進せられる場合、結局は物質の瞬間的變位即ち地震の發生となつて終るのであらうが、その前提において、二地塊の相對的運動による摩擦等のために階段的運動をなすものと見るのである。此の二つの原因の中、孰れがその真相に近きものであるかは目下斷定すべき材料を持たないが、東京の観測によれば、地震前の傾斜變化において、其の形式上間の差異はあり乍らも、傾斜變化の方向を變ずる箇所が観測せられて居る。その形式上の問題は多くは其の土地固有の地表に近き層の厚さ、軟弱度の相違によつて定められるものと考へられるから、或ひは第一原因の方が當を得たものかとも想像されるのである。

地圖上に現はれた各震央位置に二列ある事は、今村那須兩所員によつて已にその存在が明かにされたものである<sup>(2)</sup>。此の A, B 二列に地震の發生する場合、傾斜變化は何れも北方に向つて居て、その間に區別を付ける事が出来ないのは要するに二つの斷層が一つの原因によるものであつて、結局與謝半島と本州との相互運動、即ち三月七日の本震によつて移動せる方向になほ移動せんとするものの如く考へられる。即ち宮津に観測所のある以上、傾斜は山田斷層の影響を受けて變化

(1) 東京に於ける観測によれば南北成分の傾斜變化が地震と關係を有して居り、これに相當する弱點——多摩川にて代表されて居るもの(?)——が地震に際し多くの運動をなすものと見られる。

(2) 帝國學士院記事第三卷第四號



するのは當然の事と云はねばならない。河邊の観測によれば、A B 二列に地震のある場合には郷村斷層の影響が見出し得られ、その方向に就いては、宮津のそれと殆ど逆方向に向つて居る。C 列に地震の發生する場合、宮津地塊が東方に傾斜を生ずるのは地表に斷層が現はれて居ない爲め、容易にその機構を察する事は困難であるが、要するに郷村及び山田斷層に關係なきものであるらしく、河邊の記録においても、地震前における變化が宮津の其れと同方向に向つて居る事等より察しても、C 列は與謝半島を離れた内地的のものであると同時に、その據つて來る原因も二斷層による地殻内物質變位の結果として力の平衡が破れた結果、此所に地震を頻發せしめるものと想像出来るのである。なほ宮津における北方に向ふ傾斜群は山田斷層に、東方に向ふ傾斜群は C 列に孰れも四十五度をなして居るのは、この二つの面に剪斷力が働いた結果であろうと、末廣所長より御注意を受けたが、要するに地塊の水平移動に原因する地表の傾斜變化と云ふ事が問題であつて、垂直移動よりも第一義的の場合が多い様である。

### 地震發生機構に関する考察

氣壓勾配が餘震を發生するに與つて力ある事は、多くの研究者によつて認められた事であり乍ら、その機構に就いては充分説明し盡されて居ない様に思はれる。地殻の構造はシマ、シアルより成り、シアルは數多の地塊より成立すると考へられて居る。今回の観測に於いても、氣壓勾配と餘震との關係に就いて、數日に亙り然も次第に増加する勾配のある場合に地塊の運動の現はれる事は、前述の如く粘性に富む物質が地殻中に存在する事を暗示するものであろう。地表に現はれた岩石は、地塊の集合である事、即ち脆性を持つと考へられて居るが、粘性を持つ物質はこれよりも一層深い所に存在する物質シマを想像しなければならない。本震は與謝半島の相對的移動結果と見るならば、餘震は此の移動により破壊せられたる物質の局部的状態に關係して生ずるものと考へ得べく、この間に介在してシマの流動が想像せられるのであろう。即ち氣壓勾配は、此のシマの流動を促進するに與つて力あるものであつて、直接地表に垂直に壓力を與へる氣壓の差が、シアルを破壊するとは考へられないものである。京都、神戸の氣壓の高い時には、シマの流動が北西に向ふ筈であつて、これは本震及び本震後の與謝半島の移動方向に合致するものであり、此れが不安定の状態にあるシアル塊の運動を促進しつつ岩漿が地殻中の空所に貫入して地震に導くとすれば、地表傾斜變化其他の現象

は容易に説明出来るものであろう。勿論大地震の場合には二次的に地殻の隆起破壊が起つて地震を發生するが餘震小地震の場合にはたゞ貫入のみあつて破壊は生じないと考へるのである。

今丹後地方に於いてイソスタシーの平衡が行はれて居ると假定するならば、山岳の高さは平均 400 米、海深を數百米とすれば、餘震の發生する平均の深さ 7 KMは大體シマとシアルとの境にあるものと見得べく、粘性に富むシマの移動が直接脆性に富むシアルの運動となつて現れ、その弱點である地塊の境界附近に地震の發生する事は考へ得べき事である。

陸地地震の傾斜變化を前驅として發生する事は、此の觀測により例外無く云れるのであるが、但馬地方に發生する場合には何ら宮津地塊に變化を與へない。此の事實からして地震が傾斜變化を與へる範圍は割合に小區域であると云へると同時に、地塊の大いさも此れによつて決定し得る問題であらう。地表に現はれた傾斜變化が角度に表はして十秒に過ぎない場合にも、地下數キロにおいて地震が生ずると云ふのは、岩漿の貫入を以て説明すれば容易に氷解すべき事であるが、地塊が已に剛體で無いと同時に、地表には此の運動に關係しない表面層<sup>(1)</sup>があつて、地下における變位が其のまま、地表には現はれない場合もあるべく、一方地塊相互の運動が水平的である時には、測定さるべき量が常にその傾斜變化と云ふ事で、實際の變位に比べて非常に僅かなものとなる場合もあらう。

### 地形變化に關する考察

以上の事實はすべて余震觀測より得たる結果であるが、三月七日の本震に於いても、此の種類傾斜變化は存在して居たるに相違無く、斷層附近において最も甚だしく認められたものであろう。參謀本部陸地測量部の成果<sup>(2)</sup>に徴するに、斷層附近の地形變化は最も甚しきものであつて、斷層兩端における垂直變位は水準測量により充分明かに、その水平變位は三角測量により明瞭にされたのである。水準測量においては地震後二回の測量を完了して居るが、その結果によれば三月七日の地震によりて生じたる地變は時と共に多少進行する状態を示して居る。これは余震と共に進行するものであるらしく、傾斜變化の同じ向に向つて居るのにも一致して居る。

(1) 新しく堆積されたる軟弱なる地層

(2) 丹後地震に關する報告—陸地測量部：地震研究所彙報第四號

今回の水準測量の結果として斷層部分の變動が明かにされたのみでなく、豊岡附近圓山川流域において殊しく水準點の埋没沈降した現象<sup>(1)</sup>が発見されたのである。これは實地踏査の結果、土地軟弱と道路改修とにより大部分埋没したものと見られるが、此の流域に亘つてすべての水準點が沈降して居る事實よりすれば、多少の水準的變化の存在は是認出来るものである。而してこれが果して但馬地震に關係して、地下に想像さるべき地變の發現と爲す事が至當なりや否やは問題であるが、二三の事實はかへつて此所に陥没地帯を考へて差支へない様に思はれる。即ち測量の結果はこの斷層は V 字形であると推定するに反し、丹後地震においては郷村、山田兩斷層においては地表の兩岸における運動が逆方向を示し、垂直的水平的にも N 字形をなして居る。<sup>(2)</sup>これは兩度の地震において、そのシアル層の破壊様式の差異を示すものであつて、國富信一氏の丹後地震報告<sup>(3)</sup>中にも、初動方向の研究により、その差異を明かに認めて居るのである。即ち但馬地震は陥没性であつたのに反し、丹後地震は剪斷性を現はして居たのである。後者は明かに破壊様式が地上に発見出来るのであるから疑ふ餘地は無いのであるが、前者は陥没性のため明かに地表に現はれなかつたものと考へられる。即ち志田博士により提唱せられたる地震初動方向の研究は地殻破壊形式を想像して立論されたものであつたが、山陰兩度の地震により、その破壊實例が地上に認め得べき量となつて現はれたと言へるのではあるまいか。要するに水準測量の結果として、兩度の地震に關して其の地形變化の差異が明かにされたのであつて、但馬地震前、豊岡測候所における地震計の傾斜變化云々の問題に關しても、その真相に就いては未だ發表されて居ないが、圓山川に沿ふての陥没地帯を假定する時には、斯様の現象の存在は殆ろ當然の事と云はなければならない。

弱震程度以上の地震前に土地傾斜のある事は今回の観測により明白となつたのである以上は、此れを目標として観測を繼續する時は地震の接近を察する事が可能であり、豫知方法としても第一段に達した譯である。海底地震陸上地震によりその生ずべき傾斜も同型でなく、又土地土地により地質の差異、地塊の大きさ等によつて多少の變化を示すに違ひ無い。然し乍ら、此の方法により邁進する時に

(1) 丹後地震に關する報告—陸地測量部：地震研究所彙報第四號

(2) 同上

(3) 氣象雜誌第二輯第五卷第八號

は、ある程度迄は豫め地震發生に就いて注意を與へる事は可能であり、實現し得べき性質のものと信ずるのである。

擱筆に當つて、此の觀測を遂行するに就いて絶えず激勵と暗示とを惜まれ無かつた末廣所長に厚く御禮を申上げる次第である。器械運般据付に關しては、坪井、高橋の兩助手の應援を得た事、整正修繕等に關しては須田、鹿熊の兩君を煩した事に感謝する。なほ實地の觀測に携つて犠牲的努力を惜まれなかつた、宮津小學校訓導、上杉、洲澤、岡本の三氏に、河邊村における吉岡氏に厚く御禮を申上げる次第である。最後に最も正確なる地震要素を充分與へられた中央氣象臺の和達技師、及び各餘震に就いて三點觀測により其の震央位置と震源の深さとを測出されたる那須囑託の御好意に對し厚く感謝の意を表する次第である。

昭和二年十一月