

## 21. 伊東地震と地表傾斜變化の觀測

地震研究所 { 石 本 巳 四 雄  
                  { 高 橋 龍 太 郎

(昭和五年九月二十日受理)

### 第一部 伊東及川奈に於ける觀測

#### I. 緒 言

日本に於ける著名なる温泉地の一つである静岡縣田方郡伊東町を中心とする地方は、昭和五年(1930年)二月十三日以後、約三ヶ月に亙つて數千回の地震に見舞はれたのである。

此の頻發性地震の経過は第一圖によつて、其の大體を窺ひ知る事が出来る。此圖は岸上冬彦氏の調査<sup>1)</sup>に據るものであつて、地震回数は三崎に於ける百二十倍の地震計の記録に據つて實動一マイクロン以上の振幅を有するものを數へたものである。此の數は大體、伊東町に於ける有感地震の回數と見做して差支ない。<sup>2)</sup>

第一圖に於いて見らるゝ如く地震は明瞭に二つの活動期に分れて發生してゐる。第一の活動期は二月十四日に初まり四月十日頃に終るものであつて、三月九日に於て日々の地震回数は最大に達したのである。第二の活動期は五月八日頃より同月廿二日頃に到るものであつて、日々の地震回数は十日に最大に達してゐる。此等の地震の活動は間歇的であつて、平穩なる時には一時間中に一の地震をも發せざるに反し、活動時中にあつては、一分置き或は卅秒置きに相當の有感地震を發生したのである。此の活動の時刻は或時期に於いては潮汐の干潮時と可成りの程度に一致してゐた事は今村教授の既に指摘せられたる所である。<sup>3)</sup>

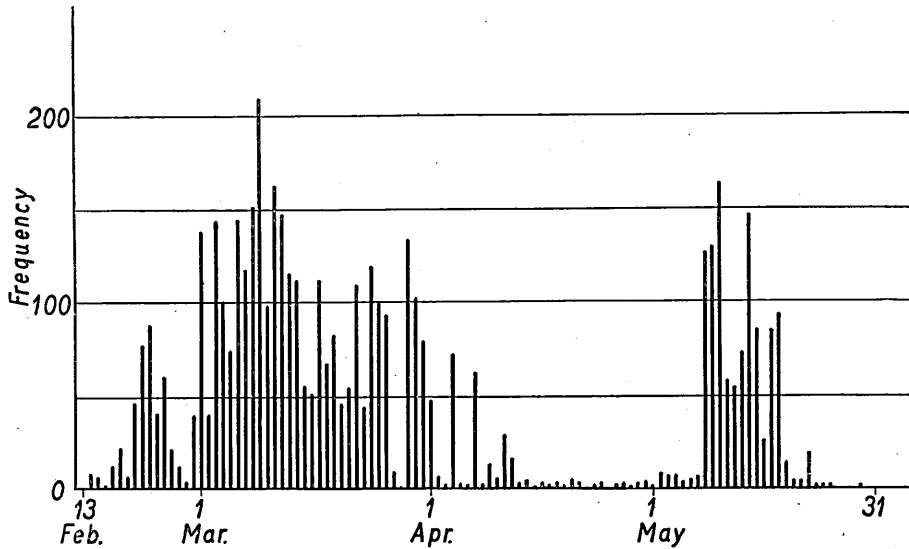
伊東に於いて感ぜられる地震は、性質急激なれども總震動時間短く、

1) 東京帝國大學地震研究所、同理學部地震學教室「伊東地震に就て(第二報)」地震 2 (1930), 293—300; 岸上冬彦「三崎に於ける伊東地震の觀測(續き)」地震 2 (1930), 502.

2) 東京帝國大學地震研究所、同理學部地震學教室「伊東地震に就て」地震 2 (1930), 290.

3) 東京帝國大學地震研究所、同理學部地震學教室「伊東地震に就て(第二報)」地震 2 (1930), 292.

数回の主要動にて地震が終結する爲め、加速度の割合には建造物の受けた被害は僅少であつたのである。



第一圖 Fig. 1.

此等の地震に伴つて何等著しき地變の發生が氣づかれなかつた爲め、假令其の間の強震程度の地震は、數十軒を隔てたる東京に於ても尙數ミリメートルの振幅を興へたと云へ、若し頻發性と言ふ事がなかつたならば或は特に吾々の注意を惹かなかつたかも知れない。

此の種の頻發性地震は古來無かつたのでは無いが、伊東地震の場合は特に其の大きさに於て、又數に於て著しきものであり、地震現象の研究上、種々の新しき事柄を明にすべく興味あるものであつたのである。地震研究所に於ては、此の地震の發生と共に伊東地方に二箇所に地塊の傾斜運動の觀測所を設置し、地震學教室との協力により震央を取巻く五ヶ所に地震計を設備して震原の分布を仔細に觀測し、<sup>4)</sup>又陸地測量部、<sup>5)</sup>海軍水路部に委託して海底及陸上の地形變動の詳細なる測量を爲したのである。

4) 東京帝國大學地震研究所、同理學部地震學教室「伊東地震に就て(第一報)」地震 2 (1920), 215—220; 「伊東地震に就て(第二報)」地震 2 (1930), 281—300.

5) 「伊豆東海岸に於ける水準測量成果報告」地震研究所彙報 8 (1930), 375—376.

以下は此等研究事項の一つである、伊東地方に於ける地盤の傾斜變化の観測に就いて述べるものである。

## II. 器械及び其の設置

今回の地盤の傾斜變化の観測に用ひたる器械は、熔融水晶製傾斜計<sup>6)</sup>である。此は枠組も可動の水平棒も、又其をツェルナー型に吊す所の二本の細糸も悉く熔融水晶を以て製作されたる水平振子である。水晶糸と枠組及び水晶糸と可動水平棒との接合部は悉く熔接して製作されてあつて、水平振子を成す部分には熔融水晶以外の何等の物質も使用されてゐないのである。熔融水晶は熱に對する膨脹率極めて僅少であり、且又彈性後効果現象の殆ど無き物質なるを以て、此の如くして製作されたる水平振子傾斜計は、溫度の變化に對して充分不感であり、且又地盤の傾斜位置が元に戻りたる時には、傾斜計の偏位も亦舊に復して實際上ヒステリシスの現象を示さないのを特長とする。

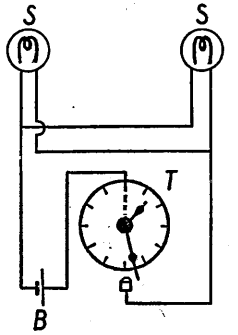
此の熔融水晶製の水平振子は不銹鋼より成る精密なる縲子を有する三脚臺の上に載せられ地面の上に設置せられる。水平振子の傾斜に對する感度は自己振動周期の自乗に比例するものであるから、三脚臺の縲子を廻して振子の自己振動周期を適當に調整する事に依つて任意の感度を得る事が出来る。此の比例常數を定むる爲に傾斜計は一臺毎に檢定 (Calibration) を爲してある事は勿論である。

可動水平棒の中央には焦點距離 50 cm. 直徑 5 mm. の小凹面鏡が取付けてある。記録部分の下部にある小電球よりの光束を此の凹面鏡より反射せしめ、途中一枚の圓筒レンズを通じて光束を集注せしめ、プロマイド寫真紙上に光點を結ばしめる。地盤が傾斜する時は水平振子の可動水平棒は回轉する故にプロマイド紙上の光點も動いて傾斜變化を記録するのである。プロマイド紙は回轉圓筒上に巻付けてあつて一週間に一廻轉する。記録速度は一日四廻になつてゐる。此の如き傾斜計二個を以て一組となし、傾斜變化を東西及南北の成分に分解して記録せしめる。

從來の傾斜計に於ては小電燈は蓄電池に依つて不斷に點燈されてあつたのであるが、今回使用の傾斜計に於ては此點に改良を施して從來時間標の記入に用ひたる時計装置によつて一時間毎に一回、電路を閉ぢて二

6) M. ISHIMOTO, "Construction d'un pendule horizontal de quartz et observations sur les variations de l'inclinaison de la surface terrestre," *Jap. Journ. Astron. Geophys.*, 6 (1928), 84.

M. ISHIMOTO, "Observations sur les variations de l'inclinaison de la surface terrestre," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 2 (1927), 1.



S……光源小電球  
T……水銀斷續裝置付時計  
B……乾電池

第二圖 Fig. 2.

分間宛點燈する事とした。東西及南北の成分に對する器械各個の小電球は第二圖の如き配線によつて並列に結がれ、同時に點滅する様になつてゐる。

此の改良によつて時間標を細かく記入する事を得、且又電源として一箇の乾電池を使用して約二ヶ月間觀測を繼續し得る事になつた。

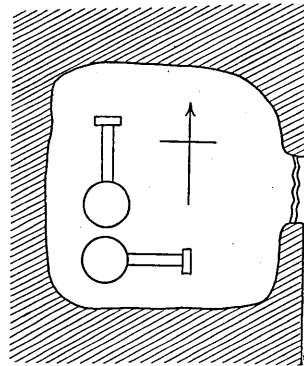
此の如き装置の傾斜計によつて得られたる記録の一例として第三圖(圖版)に、四月廿六日より五月二日に到る期間の川奈の東西及南北兩成分の記録を示してある。光源の間歇的點燈によつて、傾斜變化を示す曲線も據準を爲す直線も點々として記録せられて居るのである。

### 伊東觀測所

伊東に於ける傾斜計は三月十一日に据付けられ、翌十二日より使用せられた。器械設置の場所は伊東町字廣野にある、小丘陵の麓、天然の火山礫岩層中に穿たれた横穴である。穴の大きさは間口約二米突、奥行約二米突、高さ約二米突半にして、東側に高さ二米突弱、幅八十糎の入口を有する。平常は物置として使用せられてゐたものである。穴の内面は何等の壁塗も爲さず掘整のまゝのものであつて乾燥し、床には天然の岩層を露出してゐる。器械は此の床上に直接に据付けられ、其の方向は正しく東西及南北に向けられた。器械の感度は一秒の傾斜變化が記録紙上に一糎の偏れとして現れる様に調整した。此の感度は觀測の期間中變化なかつた。

此の横穴は入口に扉の設備を缺いてゐたので蓆を吊して扉の代用とした。横穴内に於ける器械の設置の方向は第四圖に於て見られる。

伊東に於ける傾斜計は三月廿二日の強震によつて南北成分の水平振子の水晶吊糸が切れて破損し、東西成分の水平振子は方向を狂はされた。此等は廿三日正午に到つて据付直し破損したものは新しき器械と換へられた。但し感度は前と變化なく調整された。



第四圖 Fig. 4.

### 川奈観測所

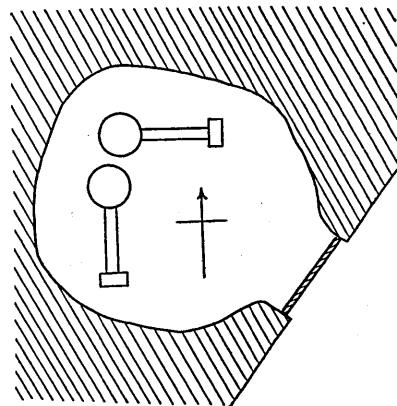
伊東に於ける傾斜計の据付後一週間程の間に、伊東附近に發生する地震の震央區域が、地震計による五點観測の結果漸次に明瞭となり、其等の地震の最多數は直徑約二軒に過ぎざる小區域内に震央を有し、其の震原の深さも餘り深からぬ事、其等の震央區域は伊東と、伊東の南に連る漁村川奈との間にある日蓮岬沖合なる事も判明するに到つた。従つて川奈に於ける地塊の傾斜運動も、伊東に於けると同様地震發生と關係する所多きを知るに到つて川奈にも傾斜計を設置する事になつた。川奈に於ける傾斜計は三月十九日に据附けられ、翌十四日午前零時より使用せられた。

川奈に於ける観測所の位置は川奈部落の西南を圍む急斜面の麓に現れてゐる天然の火山礫岩層中に穿たれたる横穴であつて、穴の廣さは幅三米突、奥行二米突半、高さ約二米突半を算する。入口は略東南の方向を向き八十糎に五十糎程の扉を有してゐる。此穴は夏期捕獲せる魚類の貯藏に用ふるものである。穴の中は濕氣稍多く、雨天の時等天井より水滴の落ちる場合もあつた。穴は海面上の高さ約二十米突、海岸よりの距離約八十米突であつて、傾斜計は床上に直接に東西及南北の方向に据付けた。

傾斜計据付の當初は、川奈は伊東に比し震央區域により近く、地盤の傾斜運動も従つてより大ならんとの豫想の下に、傾斜計の感度を伊東のその二分の一、即ち一秒の傾斜が五糎の偏れとして記録せらるゝ様に調整したが、後に至つて、溫度の影響による日週變化全然なく、地盤の運動も豫想外に少にして且又海水の干満によつて地盤の傾斜運動を惹起す現象が見らるゝ事に氣付き、四月廿一日に感度を從來の四倍、即ち一秒の傾斜が二糎の偏れとして記録せらるゝ様に調整し直した。而して観測の期間中感度の變動は實際上無かつたと考へられる。

川奈観測所の穴の内の模様は第五圖によつて大體を知る事が出来る。

川奈の観測所の場所の撰定と、傾斜計の設置は岸上冬彦氏によつて爲



第五圖 Fig. 5.

されたのである。又伊東町及川奈の傾斜計の取扱と管理に關しては牧野  
 瀧世氏、福本熊次氏及菊間勇氏の勞を煩はした。茲に岸上、牧野、福本、  
 菊間の諸氏に厚く感謝の意を表する次第である。

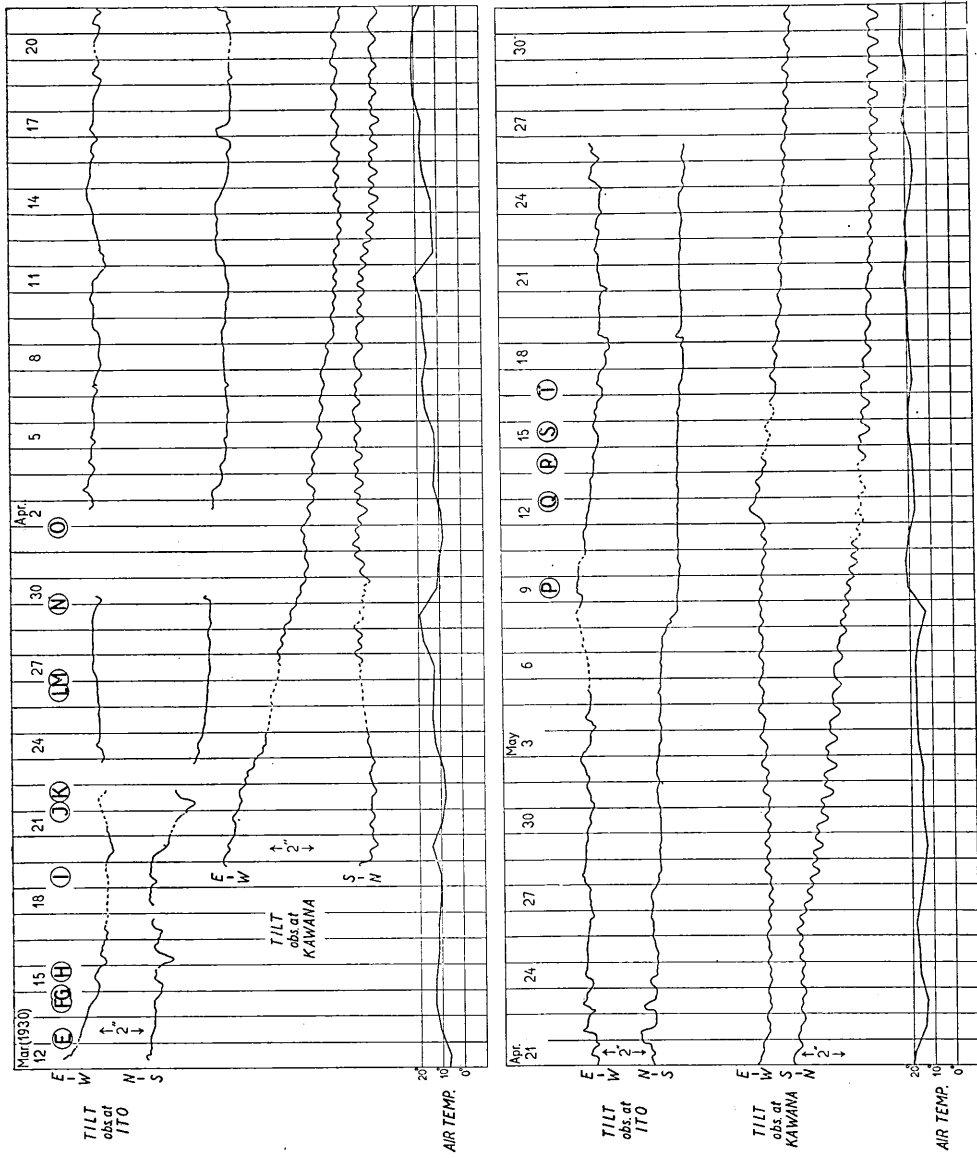
伊東川奈兩觀測所の位置地形、地質等に關しては後出第十一圖及津屋  
 所員の論文の挿繪を參照せられ度い。

### III 觀測の結果

第六圖は、伊東及び川奈の第三圖に示せる如き記録から各時に於ける  
 傾斜曲線の偏位を讀み取つて、それを圖示したものである。同圖に於て、

第一表 東京に於ける有感伊東地震（保田氏による）

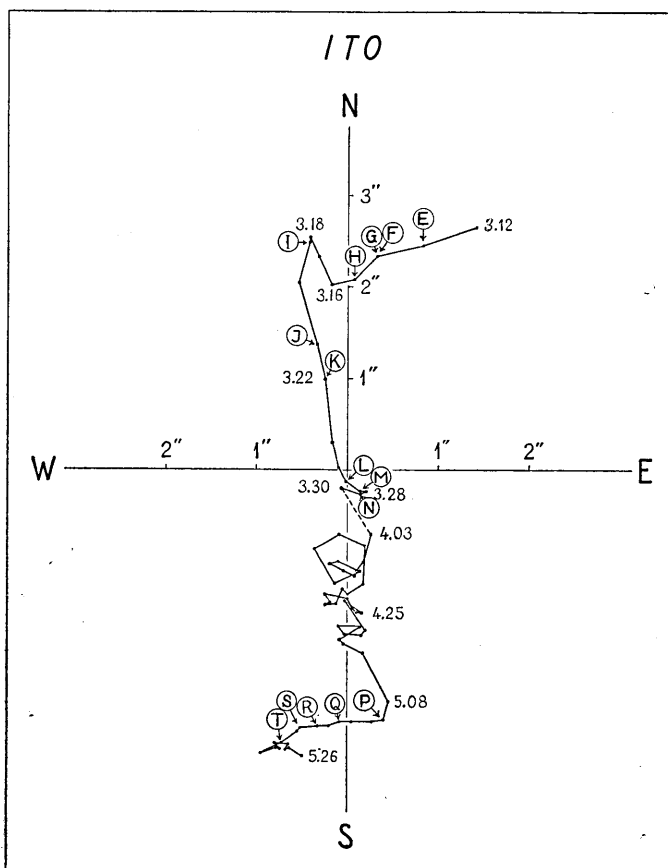
	Date				max. amplitude (2a)	Period
A	March	4	3h	50m 05s	0.109 mm	0.7 sec.
B		4	5	11 17	0.500	1.1
C		9	4	39 53	0.224	0.7
D		9	19	54 49	0.538	0.9
E		13	4	29 45	0.128	1.1
F		14	14	18 41	0.093	1.1
G		14	21	5 30	0.040	0.56
H		15	18	34 04	0.218	0.7
I		19	10	16 57	0.207	1.3
J		21	23	04 24	0.170	1.1
K		22	17	50 52	1.280	1.0
L		26	14	22 59	0.422	1.5
M		27	1	41 47	0.433	1.2
N		30	0	06 37	0.072	1.3
O	April	1	23	4 44	0.248	1.1
P	May	9	12	52 50	0.159	1.1
Q		12	21	24 00	0.535	1.3
R		14	8	59 03	0.225	0.9
S		15	15	58 19	0.129	1.0
T		17	5	14 24	0.871	1.1



第六圖 Fig. 6.

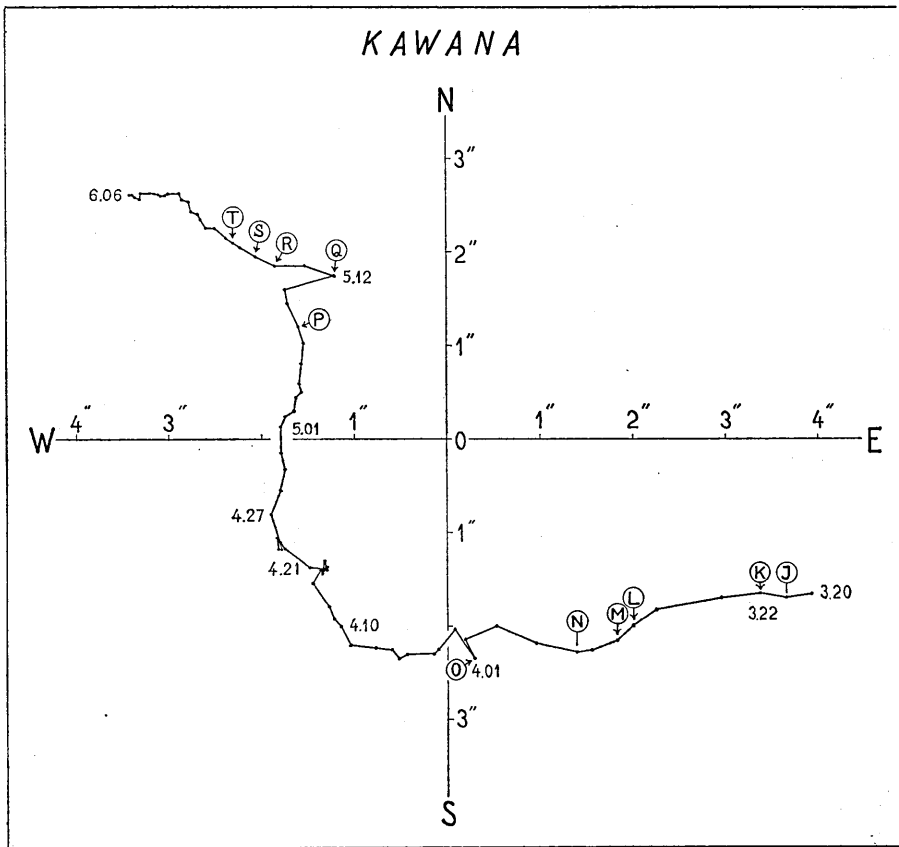
曲線が例へば W の方に片寄る事は、地盤が西下りの向きに傾く事を示すのである。又 E, F 等は伊東地震の中東京にて有感なりしものを示すのである。此等地震の東京に於ける發震時、震幅其他は第一表の如くである。

第六圖に於ては四本の傾斜變化曲線の外に伊東町、牧野氏の觀測による毎日の平均氣温（最低及最高の平均）を示してある。圖中點線の部分は電池の電壓降下、其他の故障に因つて記録の缺除した部分を推定によつて連結したものであるが、缺損してゐる部より以前の曲線に對する、缺損部以後の曲線の、相互的の位置は假令中間の部分が缺損してゐても據準線の動かざる限り確定してゐるのである。



第七圖 a Fig. 7 a.





第七圖 b

Fig. 7 b.

第七圖 a 及 b は第六圖の南北及東西の兩成分の偏位を合成して傾斜變化をベクトル圖として表したものである。此圖を作るに當つては各日の偏位の平均値を其日の偏位値として用ひてゐる。又 E, F 等は前掲第一表の地震を表す。

第六圖の伊東の傾斜變化曲線に於ける小偏位は、氣温の變化と日照熱によつて地面の極く表面の部分に歪を生ずる爲に起る日週傾斜變化である。此は穴の入口の簾の扉が不完全なりし爲太陽の光線が午前中穴の中に差込む爲に床面の温度に不平均を生ずる爲であると考へられた爲め、三月の下旬より扉を完全ににする事に依つて此の日週變化を大いに減少し得た。伊東の傾斜變化曲線は此の日週變化の外にも尙二三日間に亙る

長週期の気温變化の影響を被つてゐる所もあるが、然し此が爲に地塊の傾斜運動が蔽隠される恐れは無い程度である。

川奈の記録に於ける小變化は、其が一日に二回の極大及極小を示す事、其の形が川奈灣に、傾斜計と略同時に設置せる檢潮儀の記録と全然相似して居る事によつて、潮汐の負荷による地殼の彎曲に原因して居る事は明かである。此の現象は相模三崎油壺灣岸に於ける傾斜觀測に<sup>7)</sup>依つて既に確められてゐる所であるが、川奈に於ても其の一好例を發見したのである。川奈の傾斜變化の記録が温度の影響を全然被つて居ない事は、潮汐による傾斜變化の形が檢潮儀の記録と比較して少しも歪んで居ない事、長週期の温度變化の曲線と、傾斜變化の曲線と相似點のない事等より推知し得られる。此は穴の入口の小なる事と扉が完全なる爲であると思はれる。

次に第六圖、第七圖によつて地震と傾斜變化との關係を考ふるに、地震の第一活動期に於ては伊東の地塊は西下りの方向に急速なる傾斜運動を爲しつゝ、E, F, G, H等の強震を連發してゐたが、三月十四日頃から少しく傾斜運動の速度を減じた様に見える。然る所三月十九日頃より傾斜運動の方向を一轉して又急速なる南下りの運動となりI, J, K, L, M, N等の強震を連發してゐる。此の南下りの運動もL, M, Nの地震發生と共に大いに其の速度を減じてゐるのである。但し三月廿一日より廿三日に至る間は傾斜計に故障ありし爲めとKの強震に因つて傾斜計破損せられたる爲め、傾斜運動の正確なる模様は知り難く、此の期間の南下り運動は或は今少しく小であつたかも知れない。

伊東の地塊の傾斜運動の方向がE, F, G, Hの諸地震の時には西下りであり、I, J, K, L, M, Nの地震の場合には南下りである事を、那須信治氏の計測による其等地震の震原の位置と比較する時は興味深い事柄が判明するのである。

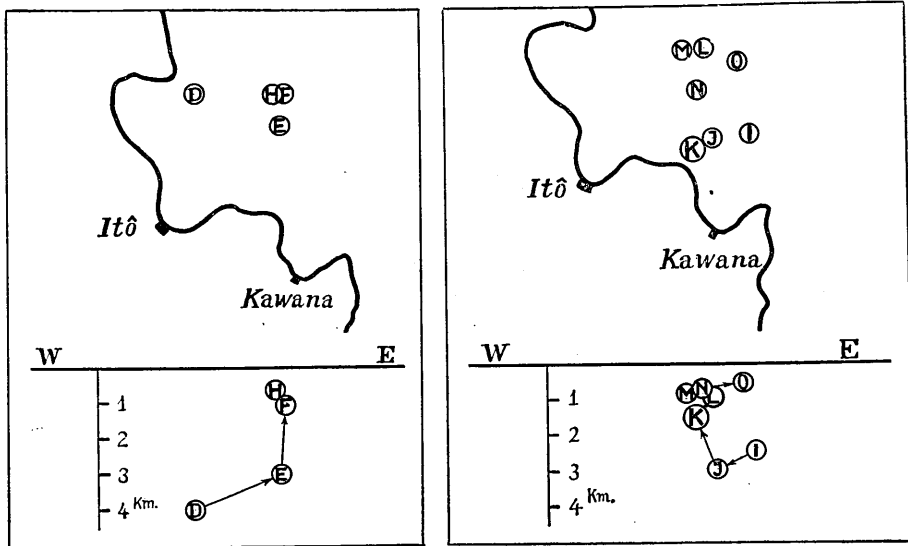
第八圖及第九圖はD, E, L, G, Hの地震及I, J, K, L, M, Nの地震の震原の位置の東西垂直面への投影圖である。是に依つて見るにD, E, F, G, Hの地震は一つの群を爲してゐて深き所より段々淺くなると共に次

7) R. TAKAHASI, "Tilting Motion of the Earth Crust caused by Tidal Loading," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 6 (1929), 85.

R. TAKAHASI, "Tilting Motion of the Earth Crust caused by the Secondary Undulations of Tides in a Bay," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 7 (1929), 95.

第に東方へ寄つて來てゐる。又 I, J, K, L, M, N の地震は他の一つの群を爲してゐて I, J の地震は深く K, L, M と次第に淺くなり北方へ片寄つて來てゐる。

即ち D 以下の地震群と共に西下りの傾斜を爲しつゝあつた地塊は、新しき地震群 I, J, K, L, M, N の發生と共に南下りの傾斜運動に變化したと見得るのである。E, F, G, H の地震と I, J, K, L, M, N の地震と相異なる群に屬する事、即ち第一活動期が實際は二つに區別出来るのであつて、此の事は、第一圖の頻度圖に於ても、第一活動期の山を二つに分解し得る事からもいづらか想像し得るのである。



第八圖 Fig. 8.

伊東の地塊の傾斜運動は其後四月三日に到つて南下りの速度を減じ氣温變化の影響と思はるゝ、透々たるヂクザク状或はループ状の傾斜運動に入り、第一活動期の終塞する氣配を示した様であつた。此のループ状の運動は緩慢なる南下りの運動と重なつて第二活動期に入る直前迄續いてゐたのである。然る所五月七日に到り急に南下りの傾斜運動が急速となつて、再び活動の模様を示し、八日第二活動期に入り、同時に傾斜運動は單純なる西下りと變つて、P, Q, R, S, T 等の強震を發生した。

而して第二活動期の終了と共に傾斜運動は再び緩慢なるヂクザク状態に入つた。此等の有様は第七圖 a に於て明瞭に認められる。

川奈の地塊も亦伊東の場合と類似の運動を示してゐる。即ち、第一活動期の間は急激なる西下りの傾斜運動を続け、其間に J, K, L, M, N, O 等の強震を起してゐるが、四月十日に到り地震の鎮静と共に傾斜運動は北下りの方向に變化して速度も緩慢となり、時に極く小さな振幅のデクザク運動さへ爲す様になつた。五月に入つて再び傾斜運動が速になつて間もなく第二の活動期に入り傾斜運動が西下りと變ると共に P, Q, R, S, T 等の強震を連發してゐるのである。此の傾斜運動も亦地震の鎮静と共に遅々たるものとなつてゐる。此等の有様は第七圖 b に明瞭に表れてゐて殆ど説明を要しない。

是に依つて観るに、伊東観測所の存在する地塊は西下り及び南下りの互に直角な二方向に、川奈観測所のある地塊は西下りの方向に、夫々地震の發生と密接なる關係ある傾斜運動の方向を有する様に見える。斯様に地塊が特定の傾斜運動の方向を有する事及び其れが地震群の發生と密接に關係してゐる事實は既に著者の一人が丹後地震の餘震群の發生と宮津地塊の傾斜運動<sup>8)</sup>との場合に於て見出したものであつて、今回の伊東地震に於ても再び同一現象を観測し得たのである。

兎に角、地震の活動期に於ては伊東、川奈の二地塊は其の特定なる方向に急速なる傾斜運動を爲し、鎮静期に於てはループ状の、又は小振幅のデクザク状、或は極く緩慢なる傾斜運動を爲してゐた事は事實である。

なほ最近井上宇胤、杉山友紀兩氏が、<sup>9)</sup> 關東地方の地震發生と筑波山の傾斜運動との關係に就いて發表せられた。井上氏によれば筑波に於ては地震は筑波地塊が急速なる東西の往復運動をなしてゐる時期に多く、比較的單純なる傾斜運動を爲してゐる時期に少いのである。今筑波、伊東、兩者の場合を考察するに、筑波と伊東とは地質に於て全く異なり、且つ筑波の傾斜運動は可成り震央の遠い地震及び震原の深い地震にまでも關係してゐるのであつて、數多くの地塊の聯絡状態を初め、其他吾人の未

8) M. ISHIMOTO, "Construction d'un pendule horizontal de quartz et observations sur les variations de l'inclinaison de la surface terrestre," *Jap. Journ. Astron. Geophys.*, 6 (1928), 84.

M. ISHIMOTO, "Observations sur les variations de l'inclinaison de la surface terrestre," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 2 (1927), 1.

9) 井上宇胤、杉山友紀「筑波山に於ける傾斜變化觀測報告」地震研究所彙報 8 (1930), 346.  
W. INOUE & T. SUGIYAMA, "On Preseismic Earth-tiltings observed at Mt. Tukuba," *Proc. Imp. Acad.*, 5 (1930), 457.

だ知り得ざる非常に複雑なるものが其間に介在してゐると考へらるゝのである。斯様な場合を、伊東、川奈に於ける場合の如く非常に單純なる地塊運動と直ちに比較して、其の相違を云々する事は出来ない。吾々は寧ろ後に述べるが如き説明によつて其等が本質的には同じ事柄であると考ふるべきであらう。

尙、興味ある事柄は第六圖川奈の傾斜變化に於て、地震群中最強であつた K 地震を境界として、其の前後に於て傾斜運動の方向を少しく變ぜざる事である。更に又 K 地震の後數日間は潮汐の負荷に依つて起る傾斜運動の振幅が著しく減少して居た事は注意すべき事柄である。

尙地震の發生と潮汐との關係、又地震、氣壓及地塊の傾斜運動間の相互關係、川奈における潮汐の記録と此れによつて惹起せられたる地表傾斜變化の關係等に就いては後日稿を改めて發表する事とする。

(高橋)

## 第二部 伊東地震に關する考察

### I. 緒 論

伊東地震の經過に就いては已に二三の研究者<sup>10)</sup>によつて發表されたものがあるから、此所に改めて詳述する必要はないが、此の地震の最も特長とする所は一般破壊的地震とは全く其の趣きを異にし、小地震續生を以て終始した事である。實際地震の出現する震央附近に於いて地殼變動を直接研究する事は最近開始された關係上、未だ實證の不足である事の非難は免れ得ない。幸に今回の地震に對して此等の方法が遺憾なく施行せられた結果地殼構造は元より、地震本質に對して一層進んだ議論をなし得る様になつた事は事實である。

伊東地震發生の時間的關係は頻度曲線<sup>11)</sup>の示す所によつて明かであるが、其の間多くの消長を示して居る。最も明瞭な事實として注意される事は二つの地震群に分けられる事である。第一群は二月中旬より四月初

10) 地震研究所 今村研究室、理學部地震學教室 地震 2 (1930), 215, 281; 那須信治 地震 2 (1930), 301; 岸上冬彦 地震 2 (1930), 502; A. IMAMURA, N. NASU, F. KISHINOUE & C. YASUDA, *Proc. Imp. Acad.*, 6 (1930), 190.

11) 第一圖参照

旬に至るもの、第二群は五月中に発生したものである。此の外六月中にも多少群をなして発生したのが見受けられたが、其の數において以上の二群と全く比較し得る程度でない。地震群が如何なる原因により斯様な形式を以つて出現したかと云ふ根本的の疑問に對しては其の解答は恐らく不可能であらう。只小地震頻發原因が已に地下に具つて居り、且つ之れを出現せしむべき誘因は地表にも存在して居て、結局斯様な形式を生ぜしめたと考へる外に途はない様である。而して此の場合誘因として潮位と氣壓配置とを考へる事が出来る。

小地震の頻發に交つて勢力の大である地震の発生が行はれ、其の震動は東京においても弱震程度の地震であつた。此等東京における有感地震の表は已に掲げたものである。

此の表中三月廿二日に発生した地震は最大のものであり、伊東に於いて 12 mm. の振幅を有して居たと云ふ。東京伊東間は 100 km. の距離あるものにも拘らず東京に於いて 1.3 mm. の振幅を記録した事は一般の火山現象に關係する地震程度としては極めて激烈のものと云はなければならぬ。大正三年櫻島噴火に際しては此の程度以上の地震の発生を見た。地下状況の變移がすべて地震発生となつて表面に達するとは誰も考へぬ事であろうが、相當急激な物質變位が地下に行はれる場合には必ず波動の成生が行はれて地震の発生を見るであろう。而して其の如何なる程度のものに限られて震動が發するかと云ふ問題に就いては研究すべき餘地が充分存在する様である。此の點に關しては今回の小地震頻發と地表に於いて觀測される地形變動との間に明瞭な關係が存在するならば、前者は地下状況が比較的急激なる状態に置かれて発生したるものなるに反し、後者は比較的緩慢であると云ふ點において吾々は地震発生に關し重要な論據を見出しうる事となる。

伊東地震群の発生が潮位の高低に支配されて居つた事實は、先づ伊東在住の人々によつて氣付かれ、其後油壺驗潮儀の記録と比較<sup>12)</sup>する事により其の事實が正確に認められる事となつた。但し全部の地震が潮汐に關係したのでは無く、或る時期を限つて潮位の低下した場合に多くの小地震の発生を見たのである。従來潮汐の高低が地震の発生と如何に關係

12) 前掲

するか統計的に研究したものが二三は存在<sup>13)</sup>するが多くは其の間に密接の關係を否定する結論が得られて居る。然るに今回の地震中潮位が全く地震發生を支配した場合のあつた事は充分注目に價するものであり、以下述べんとする地震發生機巧に對しても密接の關係を有するものとなる。

## 2. 伊東地震に類似する諸地震

伊東地震は結局小地震の發生を以て一貫したものであるが、斯様な地震群の發生が大地震の前驅となるものなりや、或ひはかゝる地震群の發生は通常の事であつて日本全國に亘つて存在するものなりやと云ふ間に對しては相當の攻究を必要とする。

今村教授<sup>14)</sup>は大地震に先立つて地震群の發生した例を擧げて居られるが、多くの場合は小地震群の發生のみで終るらしく、從來かゝる形式の下に發生した地震群の例に乏しくない。即ち此れ迄の報告中から次のものを撰出する事が出来る。

1. 有馬鳴動<sup>15)</sup> 明治三十二年(1899)より三十三年に亘つて兵庫縣有馬温泉附近に發生したものであるが、其の始めは三十二年七月五日であつた。同月下旬から八月上旬に及んで鳴動の回数は非常に多く最も盛の時は一日二百回にも及んで居る。其後回数は次第に減少したとは云へ翌年迄も多少の鳴動は存在して居た。鳴動の原點は有馬町から約2 km. の六甲山中と推定され、多くは遠方で太砲を發射した如きか或ひは重い石を地上に落下した如き音あり、音響を聞いて後半秒乃至一秒を経て地響きが感知せられた。
2. 箱根山鳴動<sup>16)</sup> 大正六年(1917)一月十七日から微震が出現し始めたが三十日午後六時に至つて回数が急に増加し、同九時から三十一日午前二時頃迄は最も頻繁となり、同六時迄の十二時間に合計242回を算した。然し之等の震動は格別の震害を與へる事無く、其後増減を示し乍ら次第に平穩に赴き鎮靜した。天明六年二月にも同様の現象があつ

13) 大森房吉 震災豫防調査會報告 32 (1900), 35; 今村明恒 震災豫防調査會歐文報告 18 (1904), 41.

14) 今村明恒 震災豫防調査會報告 92 (1920).

15) 大森房吉 震災豫防調査會報告 88 b (1917), 73; 震災豫防調査會歐文紀要 2 (1908), 106.

16) 大森房吉 前掲

たと云ふ。

3. **大島地震**<sup>17)</sup> 此の地震は最後に比較的大勢力を有する地震の出現で終つたものである。明治三十八年(1905)五月二十日頃より発生し、その中には相當の震度を有するものもあつたが、結局六月七日の強震で終局を告げた。地震總數は1000程であつた。

4. **上總地震群**<sup>18)</sup> 大正四年(1915)十一月十二日より十七日迄出現したもので東京觀測によれば65回の地震が記録された。

なほ以上の外、大正三年櫻島噴火に際して地震群の發生した事、或ひは諏訪地方に地震群の發生した事、<sup>19)</sup>或ひは和歌山地方に數年に亘つて地震群の發生<sup>20)</sup>を見た事等を數へるならば、其の間大小の差こそあれ形式上は何れも伊東地震に比較し得るものとなる。なほ人々の注意は殆ど惹かないが、多くの無感地震が群をなして出現する例は氣象要覽中に報告されて居るものが多數ある。今其の最近におけるものを摘出するならば

1. **長崎地方** 長崎地方に於いては大正十五年(1926)十月頃から小地震の發生あり、其間多少の消長はあつたが翌年三月迄續發して居る。一日の頻度は平均6回多い時は20回を越えて居る。而して大部分は無感地震であつた。

2. **花蓮港沖** 此の附近は大小の地震が頻々として發生する事を以て有名であるが、昭和四年(1929)九月十二日より十月二十六日に至るまで數多くの地震の出現を見た。總數214回でその中有感地震108回を數へた。一日別において最も多い日は有感地震14回無感地震16回であり、一日平均は4回と云ふ事になる。此の場合震央が海中にあつて、實際の地震の中小數のもの外は記録されなかつたらしい。

3. **温泉岳** 温泉岳附近は小地震の常に發生する所であるが昭和四年(1927)十月二十五日より頻發的に小地震が出現した。二十五日には3回の有感地震と22回の無感地震、二十六日には2回の有感地震と20回の無感地震とがあり、それより次第に衰へた形勢であつたが十二月三十日には無感地震24回の出現があり、續いて翌年一月中相當

17) 大森房吉 震災豫防調査會歐文紀要 2 (1908), 96; 今村明恒 前掲

18) 今村明恒 前掲

19) 中村左衛門太郎 氣象集誌 41 (1922), 233, 629.

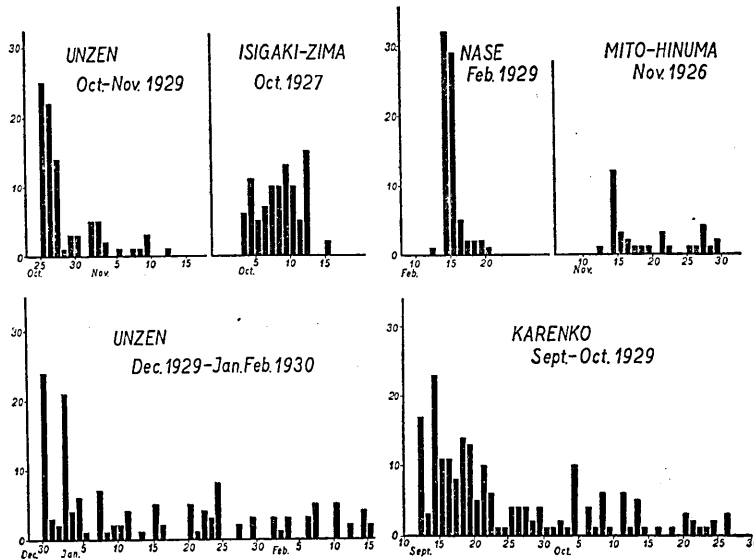
20) 中村左衛門太郎 同上 34 (1915), 71; 41 (1922), 420.



の地震回数を算し、二月半迄も繼續して居た。これは火山地方ではあるが、火山噴火とは全く別箇のもので直接關係は認められて居ない。

4. 名瀬附近 昭和四年(1929)二月、此の地方に小地震群が発生したが、何れも無感地震、最大頻度は一日32回であつた。
5. 石垣島附近 昭和二年(1927)十月一日から石垣島附近に起つた小地震群は二週間で終熄したが、最も活動した時は一日四回の有感地震を數へた。
6. 水戸涸沼附近 水戸涸沼附近においては、大正十五年(1926)十一月地震群の発生を見たが、此の附近に昭和五年六月一日強震の発生を見た。

以上は比較的短時日の間に頻發した小地震群の例に過ぎないが、第九圖は此等地震の頻度を圖に表はしたものである。



第九圖 Fig. 9.

なほ以上の外一層小規模と思はれる地震群を擧げるならば

震 央	年 月 日	有感	無感
臺灣下淡水溪	昭和三年一月	14	34
岐阜附近	昭和三年四月廿四日	—	9
下曾五島附近	” 六月	7	54
桃子附近	” 十二月廿一日	6	33
布良附近	” 九月廿三日	—	13

等である。また初めに強震程度の地震があり、其れに引續いて小地震群の發生する事、即ち餘震と稱せられる小地震群の發生であるが、此等の中最近のものを擧げれば

震 央		有感	無感
九十九里濱北部	昭和五年五月一日	9	63
千々石灣	昭和二年十二月四日	6	46
日向ヶ灘	昭和四年五月廿二日	6	25

等が得られるが、何れも數日を限度として起るもので一群をなす上において上記の地震群と聊も異なる所がない。即ち此等の現象を見るに當つて餘震と云ふものを廣義に解釋して地震群として其の説明が爲さるべきではあるまいか。餘震の名稱は元來比較的大なる地震を冒頭として初まる小地震群を目標として使用されたものではあるが、實際餘震の發生狀況は伊東地震其他と性質上異なるものとは考へられない。即ち大地震により變動を與へられた地殻内においては小地震群の現出に適當な状態に置かれると考へ得べく、一方かゝる状態は地震地帯各所に存在するものらしく隨時小地震群の發生が見られるのであらう。即ち地殻は相當複雑な構造を有して居るのであつて、特に地表に近い部分において以上の如き小地震發生を認容するものと考へなければならぬ。

從來學者の地震發生に關して論ずる場合に多くは地殻構造の構めて簡單なる場合を想像し、それより誘導されたる結果に信頼する傾向がある爲め、甚だしき先入觀念に捕はれる場合が少くない。吾々は地殻について一層複雑性を興へるに非ざれば到底地震發生に對する説明を充分に爲す事が不可能と考へられる様になつた。即ち目下地質學の立場において攻究されて居る地體の構造特に廣い意味における火山作用を考へに入れた議論から出發しなければならぬ事は勿論である。

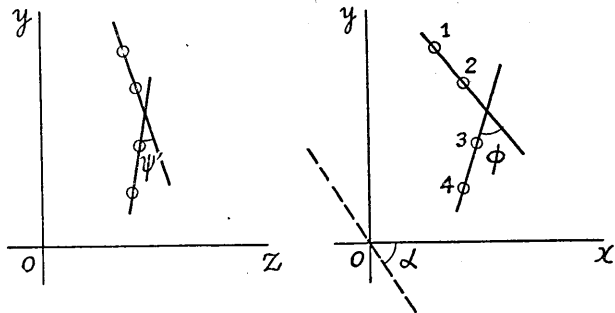
小地震の數多發生する故を以て大地震が爲し崩しに勢力を出したものと考へる事の是非は不明である。但し小地震の頻發によつて地殻の進轉が實現される場合と大地震の發生が必然的に避くべからざる場合のある事を考ふるならば、其の間に地體構造上區別さるべきものと推定しなければならず、實際上也左様であるであらう。之等は孰れも造山造陸運動に與る一分子の出現に寄與するものに相違ないが、表面的には比較的急激なる地塊運動を伴ふ土地隆起であり、かゝる地形變動を生ずる本源が地殻中に存在する事も當然の事と云はなければならぬ。

### 3. 水準測量結果より見たる此の地方の地塊運動

伊東地震の頻發に従つて種々の觀測が行はれた中に地塊運動を推定し得べきものとしては精密水準測量の實施と吾々の行つた傾斜變觀測とがある。なほ地形變動として肉眼に映ずる程度のもとして川奈海岸の漁夫によつて認められた海水の退減は此の地方の土地上昇を意味するものとなる。一方海底變化の有無を驗するために重錘による再測が試みられたが假令變化があつたにしても殆どすべて誤差の範圍内にあると考へて差支へ無いであらう。

水準測量の結果<sup>21)</sup>は已に發表されて居り、川奈附近において最も隆起した事が示されて居るが、此等の結果を基として此の地方における地塊の存在と其の變動狀況とを論ずる事が出来る。然し乍ら吾々が斯様な結果を取扱ふ場合水準線路の直線でない事のために屢々間違つた結果に到達する事あるを恐れて、豫め水準線路の曲りに對する吟味をして置く事も強ち徒勞ではあるまい。即ち水準線路の曲りは何の程度まで許し得るものであるかと云ふ事を決定して置き度い。勿論水準測量自體の中にも誤差ある事、或ひは標高點相互の間に高さの差ある事等から問題は多少複雑となるが、今の場合は之等分子を全く顧みる事なく何れの標高點も一平面上にあり、且つ測量により得られた數字は全く正しいものとして議論を爲さんとするものであるから問題は自ら全く幾何學上のものとなる。

水準線路が全く直線を示す場合においては標高點の距離を其のまゝ圖上の横軸にとり二回の測量によつて求められた高さの差を縦軸にとる事により、その時間内における垂直變動の有様、傾斜程度或ひは若しありとすれば傾斜の不連續等も見出す事が出来るのである。然し乍ら若し水準線路に彎曲のある場合においては假



第十圖

Fig. 10.

21) 地震研究所彙報 8 (1930), 375.

今吾々が投影方法を使用すると、その方法によつて傾斜の變化を見出す事は一般に不可能となる。今水準路の彎曲程度が如何程關係するものであるかを吟味するに當つて最も簡單なる場合として四個の標高點 (1, 2, 3 及び 4) を二個づゝ (1, 2 及び 3, 4) 結んだ二つの直線がある角をなす場合を考へやう (第十圖)。地面を水平と考へ、此れが  $x y$  面にありとすれば二つの直線は次の式で表はす事が出来る。

$$y = a_1 x + b_1,$$

$$y = a_2 x + b_2.$$

今原點  $O$  において  $x$  軸と  $\alpha$  角をなす方向を軸として地面が此の二直線に乗せたまゝ小角  $\theta$  だけ傾斜するものとする。此の時各點の地面に直角の方向即ち  $z$  軸の方向における變位は

$$z = x \theta \sin \alpha + y \theta \cos \alpha$$

となる。今此の二直線を  $yz$  面に投影する場合二直線のなす角  $\phi$  が如何なる量として得られるかを見るのである。第十圖は

$$\phi = \tan^{-1} a_1 - \tan^{-1} a_2.$$

若し  $\tan^{-1} a_1$  及び  $\tan^{-1} a_2$  が  $90^\circ$  に近い場合、即ち二直線が殆ど一直線に近い場合においては

$$\phi \doteq \frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1}.$$

又  $yz$  面上における二直線のなす角  $\psi$  は

$$\psi = \tan^{-1} \frac{a_1}{\theta \sin \alpha} \frac{1}{1 + a_1 \cot \alpha} - \tan^{-1} \frac{a_2}{\theta \sin \alpha} \frac{1}{1 + a_2 \cot \alpha}$$

となり、此の中  $a_1, a_2$  は甚だ大、 $\theta$  は甚だ小であるから若し  $a_1 \cot \alpha$  及び  $a_2 \cot \alpha$  が非常に大で無ければ

$$\psi \doteq \phi \cdot \theta \cdot \sin \alpha$$

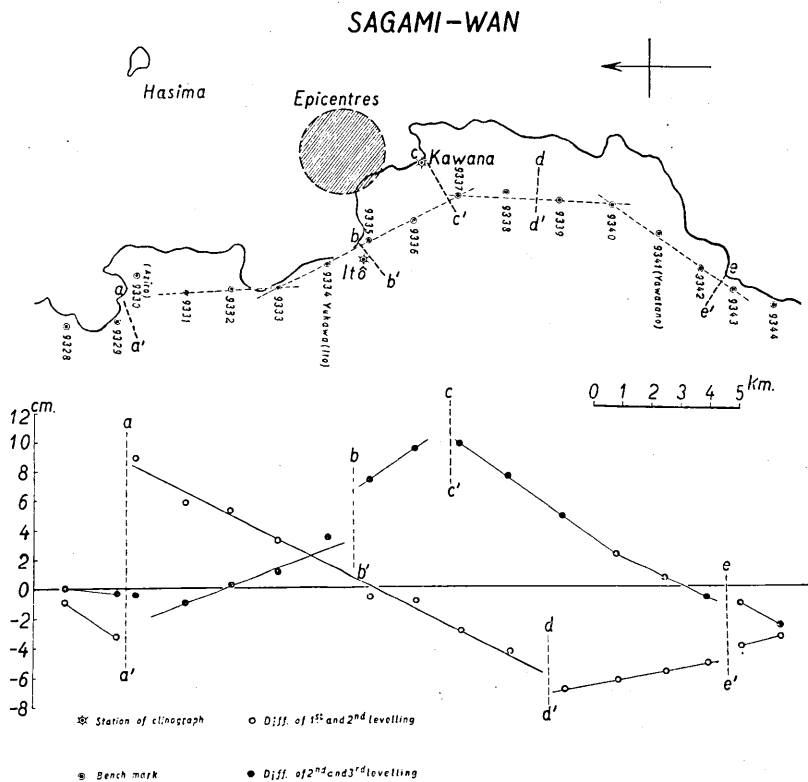
となる。然るに吾々が圖上  $\theta$  を書き表はす場合  $z$  の單位は  $xy$  の單位に比して極めて小なるものを用ふる事を常とする。例へば土地の垂直變動は實大を用ふるに反し地圖は五萬分の一或ひは二十萬分の一を使用するのである。今その單位の比を  $S$  とすれば

$$\psi' = \phi \cdot S \cdot \theta \cdot \sin \alpha$$

となり、若し  $S \cdot \theta \cdot \sin \alpha$  が 1 に近い場合においては實際の水準線路の曲りが同程度に曲つて投影される事となる。今垂直方向の變位は實大となし、二十萬分の一の地圖を使用し、傾斜角は 1 秒、 $\alpha = 90^\circ$  と置けば

$$S \cdot \theta \cdot \sin \alpha = 0.96$$

となり實際地圖上に見られる水準線路の屈曲がそのまま投影圖において見られる事となる。此の結果からすれば水準線路の屈曲に注意する事なく投影した圖中、假令其の中に傾斜不連続の存在を見出すとも、其等は實際の地面に不連続傾斜の存在する事を一般に意味するものとはならないのである。吾々は今回の測量中に此種の好例を見出す事が出来る。



第十一圖

Fig. 11.

第十一圖上は伊東附近の略圖であり、水準線路は多少の屈曲を示して居る。但し一部分を取る場合には直線と見做して差支へない部分が多

い。此等の標高點が今回の地震によつて變動した量は知れて居るから、其れを用ひて實際の地塊存在と傾斜狀況とを見出さんとするものである。下圖は續いて行はれた二回の測量値の差を縦軸、横軸は南北線であつて此れに標高點位置を投影した。○印は第一回(明治卅六年)と第二回(大正十二年十三年)との測量値差、●印は第二回測量と第三回測量(本年)との差である。○印の期間中には關東大地震が發生して居ると云ふものゝ此の全部の變動が此の地震によつて惹起されたと考へる事は正當であるか否かは知り得べき限りでない。即ち此の變化は約 20 年間の積算値を意味するものに止るのであつて、此の量全部が大地震に關係して生じたものとは直ちに判定出來ない。但し大地震の際には此の地方に接して大隆起の出現が行はれたのであるから、恐らく此の地方においても以上の變動が大地震と殆ど同時に行はれたと判斷しても大した違いは無い様である。而して此の變動においては網代附近における不連續境界( $aa'$ )の生じた事及び  $dd'$  に不連續の生じた事は明瞭な事實である。即ち關東地震に附隨して此の地方に行はれた地形變動は網代を北端とし吉田に及ぶ一大地塊(南北徑約 14 km)の簡單なる傾斜運動に過ぎず、大地震の齎した全地形變動から見れば全く重要視されるものとは考へられない。而して此の大地塊上には今回の地震發生に關して問題とされた伊東、川奈が存在するのである。

第二回、第三回との測量値差、即ち今回の地震によつて惹起された地形變動と考へられるものは、關東地震により惹起されたものとは全く異つた性質のものである。即ち關東地震當時は大地塊として一方向きの傾斜を行つたものが、今回は數個の地塊に分裂して極めて局部的の地塊運動を行つたのである。而して大地震の際生じた網代附近の不連續線  $aa'$  或ひは吉田附近の  $dd'$  も今回は殆ど癒着したるが如く、たゞ川奈附近が最も隆起する地域となつて、此處に地塊の分裂と其の運動が行はれたのである。吾々は  $bb'$  及び  $cc'$  の位置に便宜上不連續線を考へて居るが、此等は單に水準測量の結果から歸納したものではなく、地形上の觀察其他を顧慮して決定した假定的のものである。斯様に考へる時は此の  $bb'$  と  $cc'$  とによつて劃されて居る小地塊(川奈地塊)が最も烈しい運動に與つた事は此等の圖からも推定し得るものであると同時に、幸ひ此の小地塊上に設置された傾斜計の記録からも地震に直接關係した運動を取り出す事が出来るのである。此の小地塊が今回の伊東地震に關係して最

も重大なる役を演じたのは、此の地塊の直下或は此れに接して大部分の地震が発生した事、又一部分の地震は  $cc'$  に相當する地塊境界面にも發生して居る事から察すれば、此の地域全體としては隆起運動であると同時に川奈地塊及び此の兩端に接する二地塊（伊東地塊、富戸地塊）の傾斜運動が地震發生に密接の關係を有するものと推定される。

大地震の場合には地形變動量が大きである關係上、其の狀況が明かにされる場合が多いが、伊東地震の如き小地震群生に對しても局部的に測定し得べき地形變動の存在して居た事は甚だ興味深いものであり、地震發生と地形變動との間に密接の關係ある事が逐次證明されて居るのである。斯様に小區域の地塊運動が局部的地震に伴つて出現する事實は昭和二年十月の關原地震<sup>22)</sup>により初めて見出された事であるが、此の際にも極めて僅かではあるが土地隆起が認められて居る。

關東地震においては一塊となつて傾斜運動を行つた地塊が今回の地震により數個に分裂して運動をなした事實に對し、吾々は地塊の分裂と云ふ現象に注意しなくてはならない。水準測量の結果から求められた地形變動の中、地震發生に關係なきものにおいては地塊の徑が比較大であつて、或るものは 50 km のもの<sup>23)</sup>さへ存在する。然るに關東地震、丹後地震後行はれた水準測量の結果<sup>24)</sup>からは其の地塊の徑が比較的小であつて平均 7 km であると云ふ事も云はれて居る。之れを以て之れを見れば地震發生に伴ふ直接の地形變動は寧ろ大地塊の存在を許す事なく小地塊に分裂せしめて運動せしめる事であつて、局部的に變動多い事を意味するのである。

地塊が分裂し或ひは密着して運動する事實は已に丹後地震の水準測量の結果中<sup>25)</sup>に確められたのであるが、此回も且ては一地塊として傾斜運動をなしたものが、其の中央部に地震群發生を見ると同時に分裂して各自の運動が行はれたのである。斯様な事實及び傾斜變化觀測結果等を顧慮する時は、恐らく地震終熄と同時に此等地塊は密着して各自運動を行はざる状態に達するものと想像される。

22) 石本巳四雄 地震研究所彙報 8 (1930), 222.

23) N. YAMASAKI, *Proc. Imp. Acad.*, 4 (1928), 60.

24) 武藤勝彦、熱海景良 地震研究所彙報 7 (1929), 495; 坪井忠二 地震研究所彙報 6 (1929), 71.

25) 坪井忠二 前掲

以上の事實を説明するに當つては地塊相互間の密着状況の變化する作用を先づ想像しなければならない。吾々が日常經驗する現象に比喻を求めらば、二つの固體が水平力により壓迫される場合、其の境界における摩擦は大となつて相互運動の困難となる事を知つて居るから地塊運動も同様なものであるかも知れない。但し實際の地塊が如何なる状況に置かれてあるかと云ふ事に關しては別に新しい現象を見出さざる限り未決の問題として止る。なほ地塊が種々運動する條件としては、少くとも地殼の表面においては固體の集團であり各自の運動が可能である事實から、此の下に横はる物質は比較的流動性に富むものであると想像せざるを得ない。

因に投影圖において 9340 號の標高點を境として傾斜の不連續が認められるが、此れは此の附近に不連續線の存在するものではなく、地圖上水準線路の屈曲して居る結果として説明出来るのである。此の事は已に幾何學上の問題として説明した事に相當するのである。

#### 4. 傾斜變化に就いて

以上の如く水準測量の結果から吾々が地殼構造に就いて云々する様になつたのは全く關東地震、丹後地震以來の事であり、今回も地殼變動と地震發生との間に密接の關係が認められるのである。然も最も變動の烈しいと考へられる川奈地塊及び此れに接する伊東地塊に傾斜計の設置が行はれた事から、此の二つの地塊の運動が論ぜられる事となつた。勿論傾斜計の示す變化はその設置された局部的のものには相當ないが、地塊の存在と其の運動の形式とが次第に明かにされた今日においては、溫度の影響が烈しくない限り、傾斜計の示す變化は其の地塊の傾斜變化と考へて差支へないものである。今回の如く觀測室が全く自然岩中に在り溫度の影響が絶無であると考へられる状態においては傾斜計の示す變化は充分信用して差支へないものと信ずる。

傾斜計により求められたる變動は已に第一部において詳述されたものであるが、地塊の傾斜方向に特定のものが存在し、此の方向に地塊が傾斜しつゝ地震の發生が行はれるのである。此の事實は著者の一人が丹後地震直後宮津において<sup>26)</sup>觀測した結果の中にも認められるものであつて、

26) 石本巳四雄 地震研究所彙報 4 (1928), 203.



宮津地塊は餘震群の發生と共にある特定方向に傾斜運動を行ひ、其の最後に發する比較的大なる餘震を以て傾斜變化は一段落を告げ静止状態に達するが、再び次の階段に進轉するのであつた。これと同じく伊東、川奈の兩地塊とも特に傾斜し易き方向（伊東は西及び南下り、川奈は西下り）があつて、此の方向に傾斜する時に地震の發生が行はれて居るのである。宮津觀測と比較して殆ど同様に明かであるが、比較的大餘震の發生に伴ふ静止状態は稍々明瞭を缺くのである。即ち今回の地震に附隨して地塊の存在とその運動事實は水準測量の結果及び傾斜計觀測から得たる結果よりも證明し得るが何れも隆起運動を意味して居る。即ち川奈、伊東兩地塊が何れも西下りである事<sup>27)</sup>は海岸の比較的隆起する事實を示すものであり、地震發生に伴ひ地形變動がかかる形式の下に進行する狀況が明かにされ、然も此の東上の傾向は全く震央附近の土地が地震發生に伴ひ上昇する事を意味するのである。

地塊運動が地震發生に關係する事は各地に於ける傾斜變化の觀測により次第に明かにされて居るが、地震發生は比較的急激な傾斜變化を先だてて居るのである。伊東地震においても群生する小地震の間において明かな傾斜變化をなして居る事實から、吾々は宮津における時と同じく此の現象は岩漿運動の結果行はれたものと推論するのである。幸今回の地震に對しては數臺の地震計による震原位置の決定が充分に行はれた爲め、此の方面からも岩漿運動を認めて地震發生を説明する事の適當<sup>28)</sup>である事も唱へられて居る。

なほ地震が二群に分れて發生した事實は傾斜觀測上においても確められる事である。即ち四月中地震發生の衰へた時期においては伊東地塊の傾斜運動は殆ど一個所に停頓して居たかの如く、川奈地塊は地震發生時に行はれる西下りの傾斜とは直角をなす北下りの傾斜を續けて居たのである。然も五月中旬に到つて再び地震の群發するに當つては、孰れの地塊も西下りの運動に移つたのである。此の西下りの運動は三月中兩地塊に行はれて居たものであり、海岸の隆起を起す方向である事は已に述べたものである。

地殼の傾斜運動が潮位の影響を受けて同期變化をなす事は川奈觀測に

27) 第七圖參照

28) 那須信治 前掲

おいて明かに認められ、地震發生に關係して此の振幅が多少變ぜられる事が見受けられて居るが、此等の現象は將來の研究に俟つべきものであると同時に、氣壓配置に關係した此等地塊の傾斜運動も將來の議論として殘されて居る。

要するに傾斜觀測の結果からは地塊の運動が地震發生と密接の關係を保ち短時間に生ずる地形變動を指示するものである事の實證が此回の觀測からも明かにされたと云へるのである。

### 5. 地震發生機巧について

伊東附近における地質構造は津屋所員の報告<sup>29)</sup>に精しいから、これを其のまゝ借用する事とする。伊豆半島は全部噴出岩を以て蔽はれて居る事から、幾回かの火山活動のあつた事を示すものであり、然も其の間に斷層、火山列の存在する事實は地塊の存在と地塊相互の間に運動の行はれた事を察するに難くない。水準測量の結果も地塊の存在を認めるのであるから、岩石の相違と地塊の存在と云ふ事とは別けて考ふべき性質のものであるらしい。

今回の地震發生に際して那須理學士は五臺の地震計を使用し、五つの觀測點における地震記象から其の震原の決定を行つた。震源位置の座標と大森公式の  $k$  とを未知數とする場合四點の觀測があれば充分である事は申迄もない。然も殆どすべての地震が五點を以て造られたる觀測網の中に存在した事は震原位置を充分精確に決定するに便宜であつた。而して以上の四量を計算する上に其の基礎となるものは、各記象の初期微動繼續時間であるから、其の精確さは第一に地震計ドラムの回轉の均一と云ふ問題である。而して次に起る問題は地震動の周期如何と云ふ事である。地震動の半周期以下においては相の變化を見出す事が殆ど不可能であると云ふ理由を以て、此の時間以下の精確さは望めない事となる。地震動の周期を 0.2 秒とすれば 0.1 秒以下の時間は信用度が少い事となる。那須氏は以上の事を顧慮した結果震原位置を圖上に表はしたのである。

同氏の結果<sup>30)</sup>によれば地震發生上極めて興味ある事實が明かにされたのである。即ち大部分の震原は吾々が最も注目した小地塊に接して存在

29) 津屋弘達 地震研究所彙報 8, (1930), 309.

30) 那須信治 前掲

する漏斗形をなす限界中に發生して居る事、又一部分の地震は川奈地塊と富戸地塊との境界面 (cc') において發生して居ると云ふ事である。これらは全く川奈地塊の運動に密接の關係を有して出現した地震である事は直ちに氣の付くものである。從來の考へ方に從へば地震に關係する斷層の存在を明かにする事が試みられて居るが、若し今回の地震について斷層を云々せんと欲するならば、それは今述べた cc' に相當するものを擧ぐるが最も適當の様である。但し此の斷層は地質學上に云ふものとは稍々その赴きを異にして居る事は當然の事である。地質學上の斷層は且て此の場所に相互運動の行はれた痕跡あるものを總稱するものであるに反し、今云ふ斷層は地震學上、或ひは水準測量の結果得られた境界面であつて、現在其の活動が認められるものを限つて指摘するからである。

第十一圖の水準測量結果に見る如く關東地震に關係して運動の行はれた場所と今回の地震群によつて變動の行はれた所とにおいても已に全く異つたものゝある事は、地質學上から決定された斷層が必ずしも地震學上意味ある斷層とならない事を示すものである。然も關東地震の場合一地塊として存在したものが分裂して生じたる地形變動の外示さない極めて小規模の地震に向つて直ちに地質學上決定された大斷層に密接の關係を附會するが如きは當を得たるものでは無い様である。

地震計の初動方面から斷層を推定する方法は屢々試みられるものであるが、今回も各測候所に設置されたる地震計の記象から求められた初動方向分布の研究<sup>3)</sup>が發表されて居る。其の論ずる所に從へば川奈を通過して殆ど南北に走る斷層が想像され、地質學上の斷層と關係ある事が主張されて居る。然し乍ら此の場所に假令如何なる大斷層が存在するとも、今回の伊東地震を説明する上には重要性は殆ど認められないのである。吾々は關東地震の際、網代附近に相當の不連續運動を認めたと拘らず、今回の地震には何等關係ないものであつた事を思ひ合せるならば事は明瞭になると思ふ。なほ一層議論を進めるならば、關東地震において此の地方の有數斷層が地震發生に對し如何なる役を演じたかを考へて見る可きではあるまいか。相模灣沿岸、房總半島に亘つて二米突にも近い土地隆起運動の起つたにも拘らず、斷層として認むべき大規模のものが顯出しなかつたのは如何なる理由によるのであろうか。此等の問題に對

3) 國富信一 岩波物理學及び化學講座特別題目, 223.

して著者は再三論<sup>32)</sup>を進めて居るから重複を避ける意味で此所には述べない。

地震計記象から求め得た初動方向を地圖上に割り、それを解釋するに當つて注意すべき事柄のある事を忘れてはならない。例へば天龍川流域に震央を有した地震の初動方向の圖<sup>33)</sup>において、其の押し引きを分類して直角に交る直線を引く事は容易である。然し乍らこれが如何なる斷層機巧によつて發せられた波動に相當するかを決定する事は容易の技ではない。吾々は地震波を剪斷形式によつて起つたものとするか、或ひは斷層面に直角の方向に開閉する斷層形式を擇ぶかによつて、各 45° 度の間隔を保つ任意なる方向に斷層面を選択する事が出来るのである。上記の地震においては天龍川と云ふ地形の存在がある爲めに、此れを斷層方向と假定する事により此の平面に沿ふて急に左右に開く様な裂罅が出来たと想像し得たのである。然るに伊東地震の場合においては容易に斷層方向（若しありとするも）を決定する事は困難である。吾々が強いて斷層を考へるならば上述の  $cc'$  に相當するものを擧げるに止まるが、此の斷層は國富技師の決定したものに比較して正しく直角の位置にあるのである。因に斷層の存在は地形上重大の問題ではあらうが、假令此所に相當の運動が行はれても地震波發生機巧に對して吾々が議論を進める事の甚だしく困難である事を一言附加して置く。

伊東地震において最も注目すべきもの、一つは震原位置の決定された事である。大部分の地震が漏斗形限界内に見出されたる事、然も地震は先づ深所に發し次第に表面近く來り、最も表面近い所において群生する如き發生は從來考へ來つた方法を以てしては全く説明に窮するのみである。

此の地方が全く火山噴出物によつて蔽はれて居る事實は何物か地下に存在する物質の地上に顯出せんとする傾向を意味する事に外ならないが、今回の地震も地下物質の地殼深所より上昇運動をなす結果發生した現象と察せられる。大正三年櫻島噴火に際して發生した數多くの地震は同じく小地震群であつた事を思ひ合せるならば、伊東地震は寧ろ廣い意味の潜伏的火山を意味するものであり、地下物質の地表に現はるゝ事なく、

32) 石本巳四雄 地震研究所彙報 6 (1929), 127 etc.

33) 松山基範 輓近地震學, 216; HASEGAWA, *Gerl. Beil. Geophys.*, 27 (1930), 203.

所謂深成岩の成生が行はれるものと信ぜられる。然も小地震が小局部に群生した事實から此れは深成岩の中にも大規模のもので無く、地殻の極めて表面に近い部分に發生する岩床或は岩脈の群生を意味するものゝ如くである。已にかゝる小地震發生の現象が日本各地に存在する事、又時間的にも多く存在する事實は地殻それ自體がかゝる現象を認容せしめる状態に置かれてある事、即ち吾々が今日地表において見る種々の深成岩型の中何れかゝ今日地震を發生しつゝ地殻中に成生されて居る事を推定する事が出来るのである。

吾々が伊東地震を機として行つた傾斜観測の結果は地震群の發生に従つて特定方向の傾斜變化をなす事がその主なるものであり、丹後地震直後行はれた観測と極めてよく一致する事は已に述べた。今これを筑波観測<sup>34)</sup>と比較するならば、筑波においては地震發生に關して比較的急激な東西に動搖する傾斜變化のある事、然も比較的遠方の地震發生前にも此の現象のある事は伊東地震と多少趣きを異にして居る。元來筑波観測所は深成岩である花崗岩に傾斜計の設置してある事が意味ある事の如く察せられる。即ち岩漿の運動に對して筑波は極めて敏感であるに反し、伊東地方の如く噴出岩よりなる地方は假令附近の極めて淺き部分に存在する岩漿運動に對しては動搖するとも筑波の如く、比較的深所に、然も廣い面積に亘る岩漿運動に關係する事が僅であると察せられる。

かゝる變動を基として吾々が地下状況を想像するに當つて岩漿の存在とその運動とを認容する事となつたが、次の問題としては岩漿の性質を充分明かにして地震發生の機巧を充分説明すべきである。岩漿が地殻の深所から漫性的に地表近く上昇し來り次第に冷却する事實は充分信ぜられる事であるが此の冷却に際して岩漿内に存在する揮發性瓦斯の壓力は増加せられ外壓に抵抗する。外壓が此の壓力以下となる場合においては岩漿は猛烈の勢を以て流動を開始し、裂隙充填が行はれると同時に地震波發生が行はれるのである。かゝる地震發生を假定する事により吾々は地震前に地塊運動の存在する事を充分説明する事が出来ると同時に潮位の高低に關して地震發生の左右される事も首肯し得られるであらう。

今回の地震が全く地殻内淺所に發生した事から地表における潮汐はそのまゝ外力の一部となつて内氣壓と抵抗するものとなつたのであら

34) 井上宇胤、杉山友紀 地震研究所彙報 8 (1930), 346.

う。即ち干潮時に際しては外力の低減によつて内壓は岩漿流動を促し此所に地震發生を見る事となつたと想像される。一般地震においては震原位置が深い事及び半日の周期以て増減する壓力の作用は結局地殻が弾性を有すると云ふ事で傳達し得ず、かへつて其の量は小であつても長周期に亘る二點の氣壓差の變化は外壓の消長と見られ、結局從來地震發生の副因として働くものと考へられて居る。

以上は伊東地震に關し水準測量及び傾斜計觀測結果を根據として地震發生を論じたものであるが、結局此の地震も特別のものではなく地形變動を伴ひ、地塊傾斜を起さしめるものであり、一般地震、特に大地震後の餘震と比較して何等性質上異なるもので無い事を附記して結尾とする。

(石本)

## 21. *Séismes d'Itô et l'observation sur les variations de l'inclinaison de la surface terrestre*

par M. ISHIMOTO et R. TAKAHASI,

Institut de Recherches sur les Tremblements de terre.

1ère partie: Observations faites a Itô et à Kawana.

Du 14 Février 1930 au 22 Avril de la même année, un grand nombre de séismes ont eu lieu dans la région d'Itô, ville d'eaux située au bord oriental de la presqu'île d'Idu. Dans le but d'étudier le mouvement de la croûte terrestre à l'occasion de ces séismes, on a installé un paire de pendules horizontaux (clinographes de silice fondu, inventées par le Prof. M. Ishimoto) à Itô afin d'observer les variations de l'inclinaison de la surface terrestre; les observations ont été effectuées à partir du 12 Mars. De plus, le 19 Mars une installation identique a été faite à Kawana et les deux observations ont été poursuivies jusqu'au 30 Juin. La sensibilité du clinographe à Itô était réglée de façon à donner 1 cm. de déviation pour 1 seconde d'inclinaison, tandis que la sensibilité du clinographe à Kawana était deux fois plus grande que celle du clinographe d' Itô. Les clinographes étaient installées dans des caves creusées dans la masse de scorie volcanique.

La figure 6 représente les courbes des variations de l'inclinaison obtenues par les observations faites à Itô et à Kawana, pendant la période du 12 Mars au 31 Mai, et la courbe de la température moyenne de l'air observée à Itô. Dans cette figure, E, F etc. montrent les forts tremblements de terre, dont les données sont représentées par le Tableau 1. La figure 7a représente le diagramme-vecteur des variations de l'inclinaison à Itô composée avec des courbes de la figure 6. La figure 7b représente le diagramme-vecteur des variations de l'inclinaison à Kawana.

Comme on le voit dans la figure 7a, les forts séismes se groupent dans la période où les variations de l'inclinaison se trouvent rapides et simples, se faisant dans deux directions caractéristiques, c'est-à-dire l'Ouest et le Sud. Ce sont certainement les deux directions caractéristiques du bloc d'Itô. Quand il n'y a qu'un petit séisme, les variations de l'inclinaison restent comparativement relâchées et compliquées. Dans cette période la courbe se présente, parfois sous forme de zigzag et parfois sous forme de rouleau, et on y voit l'influence des variations de la température de l'atmosphère. De plus, il est certain que les séismes E, F, G etc. correspondent à une inclinaison vers l'Ouest tandis que les séismes I, J, K etc. correspondent à une inclinaison vers le Sud formant deux séries différentes qui ont un rapport étroit avec leurs positions hypocentrales, comme on le voit dans la figure 8.

Le fait que la période active des séismes coïncide entièrement avec la période des variations remarquables de l'inclinaison s'accorde aussi très bien avec les résultats obtenus par les observations faites à Kawana comme on l'a représenté dans la figure 7b. Quant à la direction caractéristique du bloc de Kawana, on constate, qu'elle se dirige vers l'Ouest.

En outre, dans les résultats obtenus à Kawana (figure 6) on constate clairement les variations de l'inclinaison du terrain dues à la marée océanique.

(Ryûtarô Takahasi)

## 2ème partie: Discussions sur le phénomène sismique d'Itô

1. Un grand nombre de séismes ont eu lieu aux environs de la ville d'Itô, et on les divise en deux groupes. Nous distinguons parmi eux un certain nombre d'assez forts séismes qui ont été ressentis même à Tôkyô. Il a été aussi remarqué qu'une partie des séismes se sont produits successivement dans l'intervalle de la marée basse.

2. Nous distinguons, partout au Japon, beaucoup d'exemples de séismes qui ressemblent aux séismes d'Itô quoique leur importance reste toujours inférieure. De ces faits il nous semble résulter qu'il n'y a aucune différence essentielle entre un groupe de petits séismes et les répliques.

3. D'après les résultats obtenus par le nivellement de précision exécuté dans la région d'Itô, nous pouvons constater l'existence de deux blocs au moment du grand tremblement de terre de 1923; tandis que un de deux s'est divisé en plusieurs cette fois-ci (Fig. 10). Il y a d'autre part, l'exhaussement maximum de terrain qui se place près de Kawana tout près de la région épiscopale. De ces faits nous constatons que les

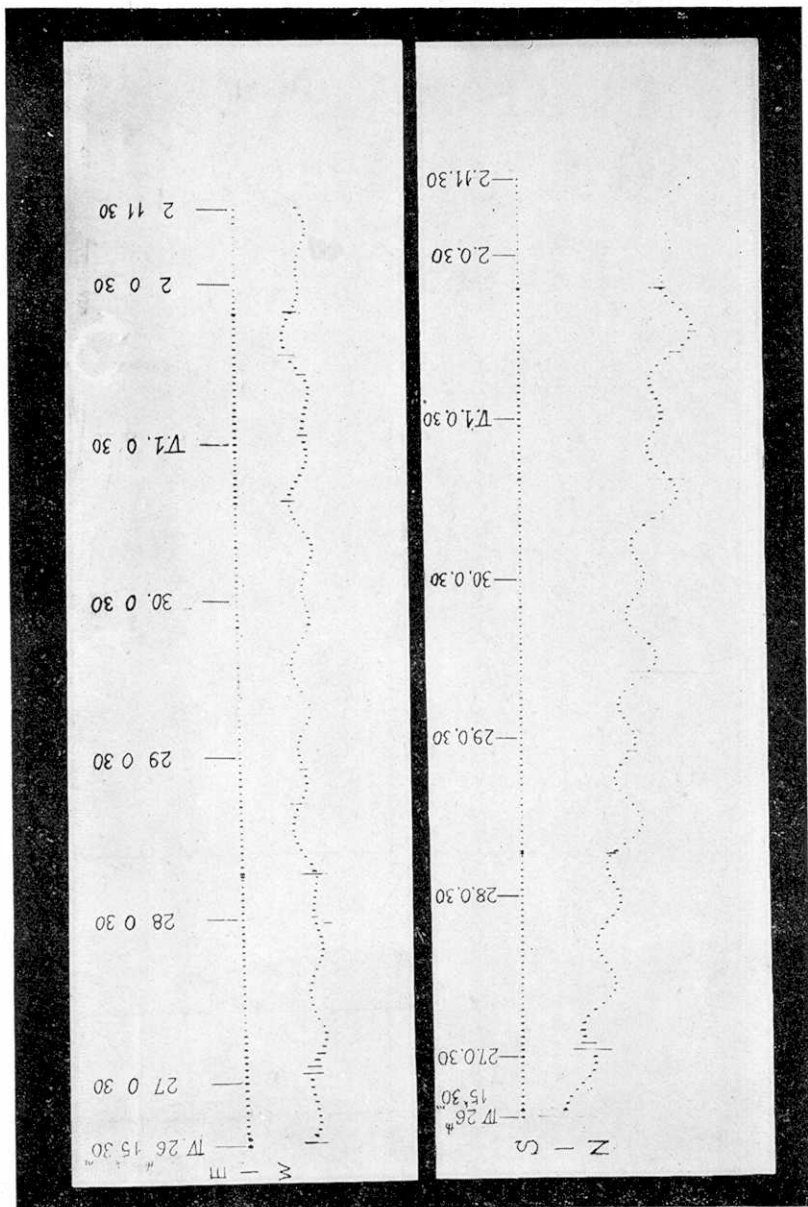
séismes ont été accompagnées d'une inclinaison du bloc et d'un exhaussement de terrain.

4. Dans deux figures de vecteur-diagramme, nous pouvons remarquer, d'ailleurs, des sens prédominants qui ont un rapport avec l'apparition des séismes. Ce phénomène est comparable rigoureusement à celui qui a été observé à Miyadu juste après le grand tremblement de terre de Tango. Le fait que les deux blocs d'Itô et de Kawana s'inclinent vers l'Ouest, montre l'exhaussement de la région littorale qui coïncide bien avec le témoignage oculaire.

5. L'exhaussement local de la surface terrestre est expliqué comme le résultat de l'injection magmatique dans la croûte rayonnant des ondes sismiques. D'après la détermination successive des positions hypocentrales, nous constatons qu'il existe quelque chose qui se soulève de la profondeur de la croûte vers sa surface. C'est certainement du magma, puisque ce quelque chose peut se mouvoir et cela nous porte à croire qu'il est l'origine du séisme. De la distribution des mouvements initiaux des ondes sismiques, on pose généralement qu'il s'est formé une faille dans la région épacentrale; mais cela n'ajoutera presque rien à l'explication de l'origine du séisme.

(Mishio Ishimoto)





(高橋、石本、圖版、第八號、報、震研)

第三圖 Fig. 3.