

地球 第十七卷 第五號

昭和七年五月一日

河内堅上地之運動觀測の結果に就て

松 山 基 範

緒言——但馬照來地之——河内堅上地之概況——地之運動觀測の方法——堅上地之觀測の結果——速度分布と地
表現象——原因の考察

一、緒 言

地之現象は地質學的見地からは必ずしも重大事件ではない。之が地殻内部に基因する事が明かである場合には重大なる意味を有する事となるが、此の如き關係を決定するのは單に其附近を斷層線が通過するとか、數箇の地之箇所が並存するとかいふ事だけでは不充分である。實際に多くの地之現象は表面的原因で起つて居ると思はれる。此の如き場合に於ても地之現象が研究の價値を有する理由は別にある。即ち河内堅上は生駒山脈の中央にて大和と河内との兩平野を連ぬる大和川右岸に在り、其地之の進行は交通及治水に重大なる影響を及ぼすから、之が對策を確立するには其附近の

河内堅上地之運動觀測の結果に就て

地質構造を明かにし、且つ地亡現象に對する觀測を行ふ事が基礎的資料を提供するものである。而して地質構造に關しては同僚榎山教授が大阪府の依頼を受けて詳細なる調査を行つたが、私は運動の進行に關する觀測を行つた。茲に述べるのは其結果に就てである。

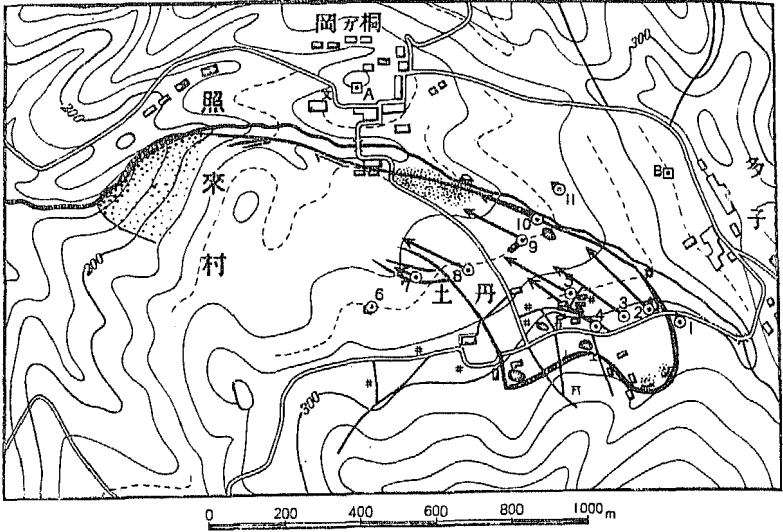
私が地亡運動に關心を有つたのは今回に始まらない。中にも大正十一年三月但馬照來の地亡、及び大正十二年八月近江雄琴の地亡は少しく詳細に觀察した。之等の場合には必ずしも前述の如き實用的意味を含むものではなく、一般に地亡現象を地力學の一模型として解釋する意味で之に興味を覺えるのである。地質學に於て取扱ふ構造の形態は其結果の殘存するものを考究するのであるが、其生成の過程に就ては地震に際して斷層の生成を見る外は多くは時間的に徐々に過ぎて其進行を認むる事は困難である。實驗室に於て粘土等の可塑的變形を研究する事は自然の現象に比して時間的にも空間的にも規模の懸隔が餘りに著しい恨がある。地亡運動に於ては其規模稍大にして且つ過程の觀測を可能ならしめる便がある。其研究は必ず地質學上の種々の構造の形態、及び造山現象或は大陸移動現象等の解釋に就て了解を助くる事大であると信ずる。

二、但馬照來地亡

兵庫縣美方郡照來村は山陰線濱阪驛より南行湯村溫泉より約一里の山中にあつて、村の南東愛宕山より噴出した安山岩及凝灰岩を基磐として其上に粘土及耕土が堆積した土地である。地形は西北に向つて緩傾斜をなし、西端に近く少し隆起した部分がある。地域の北より西を廻つて照來川が流

第一圖 但馬照來地之地圖

河内堅上地之運動觀測の結果に就て



れ、對岸は再び隆起して丘陵をなして居る。
 當地には約三十年以前にも地之があつたが大正十一年三月七日頃より愛宕山麓の丹土部落に龜裂が著しく増大し、之より西北の地域が地之を始めて照來川に向つて徐々に移動した。其面積は八十町步であつて、今回の河内堅上地に比し三倍に近い。此地之は四月に入つて安定に近き状態になつたが、此時起つた現象は上部の大龜裂と下部の隆起等が著しく注意を引いた。而して移動總量は最大十米に及んだ。私は此現象を視察して直に運動の測定を計畫したが、準備後れたる爲同年七月に至り始めて之を實行する事が出来た。即ち照來川の北岸桐ヶ岡及び多子に標準點を設け地之地域内の上部及中部を横斷する二線に沿ひて地域内外に亘り十一個の測點を設け、兩標準點より一等經緯儀を用ひて其視方向を測

定した。更に四ヶ月を隔て、同年十一月下旬に同様の測定を繰り返し、前回との比較によつて各點の移動を決定した。不幸にして私の屬する教室の火災の爲め此結果は紛失したが、記憶によれば此間の移動量は最大にても二十糎程度であつたかと思ふ。其方向は北北西で豫想よりも著しく北に偏し、之に依て北方境界の隆起を説明し得るものと思はれた。

其後大正十三年五月第三回の測定を行つて前回以後の移動を決定した。幸にして此結果のみは火災後紛失を免れた。第一表は即ち其結果を示すものであつて、移動の方向は北五〇度乃至六〇度西であつて、其移動量は此期間に地域の上部に於ては最大四四・九糎、中部に於ては三六・八糎であつた。即ち平均速度にて一ヶ月間に二・五五糎及び二・〇九糎である。

第一表
照來地之觀測結果

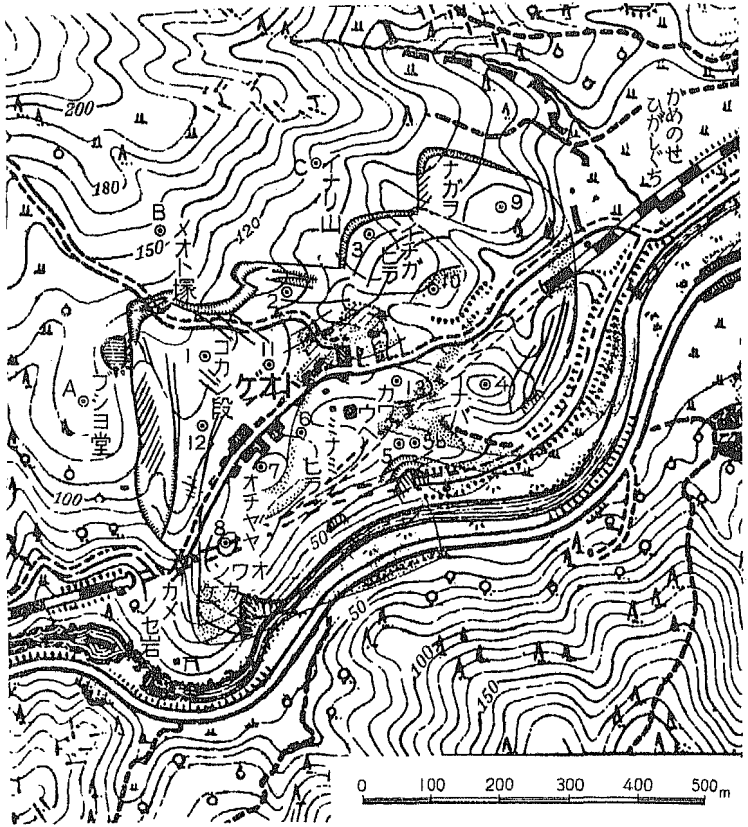
第一回大正十一年七月			
第二回〃〃十一月			
第三回〃〃十三年五月			
測點	方 向 (北西)	移動量 (糎)	平均速度 (每月糎)
1	14°6	0.9	0.05
2	43.9	40.1	2.51
3	53.7	44.9	2.55
4	53.0	42.5	2.41
5	60.2	38.4	2.18
6	139.1	4.4	0.25
7	65.6	9.7	0.55
8	60.9	36.8	2.09
9	61.7	32.7	1.86
10	59.2	34.2	1.94
11	31.2	2.8	0.16

三、河内堅上地之概況

堅上地之地域は生駒山系の中央大和川右岸に臨む同村字峠の殆んど全部約三十町歩に亘つて居る。此地は北方トメシヨ山より南傾大和川岸に到る傾斜地で、其先端南平一帯は稍や隆起して急傾

河内堅上地之地圖 第二圖

河内堅上地之運動觀測の結果に就て



三七

斜をなして大和川に臨み川を隔て、明神山に對する。横山博士に従へば當地域は南方より來れる舊安山岩の上に集塊岩或は礫層を有し、更に其上を新安山岩で被ふたものであるが、南平の對岸の明神山麓の凸出部は同じく此新安山岩に屬する由である。而して此地域の主要部をなす安山岩には板狀節理がよく發達し、且つ著しく風化して一部は全く粘土化して居る。

此地域の上部夫婦塚に於て昨昭和六年十一月二

五

十七日始めて龜裂を發見したが、此龜裂は次第に發達して、西方ではブシヨ堂高地の西麓に雁行龜裂をなして南行大和川に達し、東方には奥井戸より小溪に入り、更に其東の市ヶ平の北部を横斷して再び小溪に入り、三度其東の長尾に表はれて東方水田との境界に終つた。而して本年一月下旬に到り大和川の河底及び對岸の道路の隆起も注意せらるゝに到つた。

夫婦塚の龜裂の幅は一月十六日には三十糎、同三十一日には八十五糎に達し、爾後速度の増加が急激である事が明になつた爲、多くの研究者は此地域の急激なる崩壊と、之に伴ふ大和川閉塞による交通及び治水の危惧とを高稱し、當事者併に關係住民の間に非常なる恐怖心を起さしめた。從來の地亡現象及此地域の狀態を研究すれば此の説の誤解なる事は明瞭であり、又地震の外は始に突然速力極大の變化を生じ爾後減小する如き變化は甚だ少なく、單に加速の急激なるを見て直に崩壊と解釋したのは過失である。當初より同僚中村、楨山兩教授及私は此地亡も必ず安定に向ふ可き事を説いたけれども一般に容易に耳を藉さなかつたが、幸にして速さは二月十八日頃より其増加を停止し、二十一日よりは明瞭に減小に向つた。當時速さの最大なる御茶屋に於ては一日四十糎に達する速さを有し、其他の地點も多くは亦一日三十糎以上の速さを有したから、減速期に入つても尙數日間は表面及周邊現象は盛に行はれたが、之も三月に入つて漸次其威を收め、四月始めに於ては御茶屋の速さも一日六糎に減じた。第三圖は種々の資料によつて作製した夫婦塚附近の速度の盛衰を示す曲線である。

此地亡運動の結果は地域の周邊及内部表面に種々の特異なる現象を發生した。即ち周邊の北部及

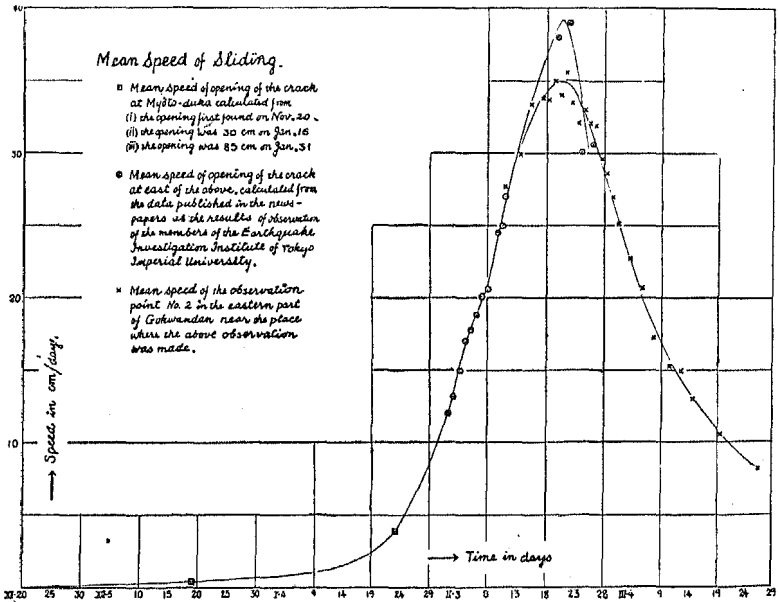
西部には大龜裂及び地溝狀沈下を生じたが其初期に於てはブショ堂下及び長尾の北西部等には雁行龜裂の次第に發達するのを觀察する事を得、又井戸の本及長尾の北部等には明瞭なる滑面を見る事を得た。南部及東部の低地に於ては著しい隆起を生じ、殊に南平對岸にて懸道改修の爲に崖端を切取りたる部分は最も著しく、又オワンカゲ附近の河底も著しく隆起して大和川の水流を堪えた。地域の内部に於ては北西部には伸張による開龜裂を生じ、南東部には壓縮及剪斷による隆起及び衝下現象を呈した。又隆道の上の地表の低き部分には所々に陥没孔を生じ、其數八個に及んだ。

四、地之運動觀測の方法

地之運動は一日數十種の速さを有する事

河内堅上地之運動觀測の結果に就て

線曲況概化變度速近附塚婦夫 圖 三 第



もあるから、其測定方法は之に適應する事を必要とする。始め大阪府より意見を求められし時に私は地域内各部の運動を測定する必要を説き、大阪府に於ては之を實行する爲に見透法により水平移動を測定し、後奈良縣も亦之に従つて測定を進めた。私は別に三角法を用ひた。之は既に照來の地之に於て實行した所であつて、見透法に比較し人數を要する事少なく、兩方向より同時觀測を行ふ事を得て、水平及垂直移動を同時に測定し得べく、測點の位置を任意に定め得べく、精密度に於て勝れて居る。測量者は三角法の計算の困難を憂へるけれども、測點の位置は精確を要せず、只其移動による視方向の微變角を用ひて移動を精確に算出すればよいのであつて、私は十四個の測點の移動を約六時間以内にて觀測し、其結果を三時間にて算出し終るを常とした。

堅上地之に於ては其地域外のブシヨ堂夫婦塚稻荷山の三地點に標準點を設け之をABCと名づけた。之等の地點相互の方位及距離は豫め充分注意して測定し、尙測定を行ふ日毎に其相互の方位を檢測したが、其移動を確證する事實は認められぬ。此事は尙後に述べる。

次に測點を撰定するに當つて先づ龜裂の分布に注意した結果、此地域を地形によつて數個の小地塊に區分し、其各を代表する如く七個の測點を設けたが、後更に各部に於ける伸縮の關係を明にする目的で測點を増設し、總計十四個とした。其位置は第二圖に示してある。

觀測に用ひた機械はウィルド製萬能經緯儀であつて、垂直及水平環は共に角度一秒まで目盛が施してある。同一點を繰り返し觀測して見ると二三秒の差は起る。風・日射等の影響は注意すれば避ける事が出来る。高さの測定に於ては視方向が地物に接する時は特に屈折の影響が著しい。堅上の

場合に於て標準點より最も遠い測點までの距離は六百米であつて、上記の如き原因による最大誤差は水平距離に於て數耗、高さに於て一、二糎に達する事を豫期せねばならぬ。距離の小なる點に於ては誤差は之より遙に小さい筈である。

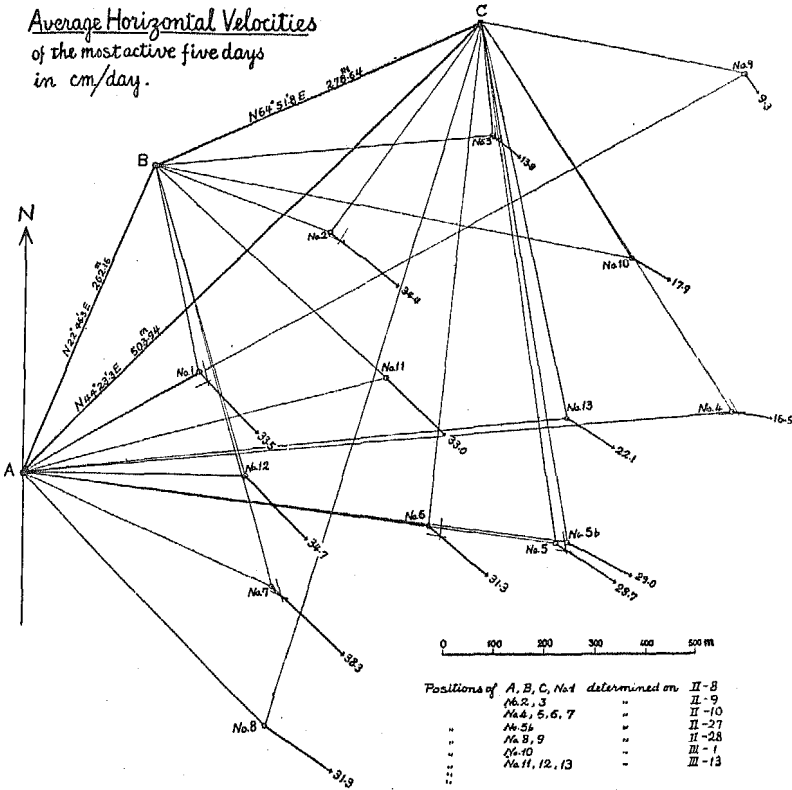
觀測に當つては測點の位置に應じて標準點の内適宜二點を撰び、之より同時に測點を觀て方位角を測定する。測點は相當に大なる速度にて移動する事もあるから、二標準點より同時に觀測する事が必要である。而して後日更に同一測定を行ひ、前回に比較して方位の變化を算出する。此方位の變化は一般に數分以内の微小角であるから、標準點と測點との距離を用ひて容易に視方向に直角なる分移動を算出し得る。之より合成移動を計算し或は圖法で決定する事も容易である。

五、觀測の結果

私の觀測は二月八日に始まつた。其頃は毎日ではなかつたが、十七日移動速度最大に近づいた頃より三月二日に到るまでは毎日測定を行ひ、其後は一週二回乃至一回と漸減した。茲に注意を要するは標準點の動否である。標準點相互の方位は法隆寺塔の視方位より決定し、其三角形の角は觀測毎に檢測を行つた。其結果は多少の變化を示すが、漸進的變化は現はれて居ないから、標準點の變化を確認する事は出來ぬ。大阪府測量班は上部周邊外の三點が二月四日より九日までの間に西北に約十糎前後移動した結果を得たが、今回の觀測に於ては殆んど舊位に復し其後大なる變化を見ないから、尙充分の吟味を要する。但し前述の照來地氾の觀測に於ても之に類した結果が示されて居る

圖布分値均平度速大最 圖 四 第

Average Horizontal Velocities
of the most active five days
in cm/day.



地 球

第十七卷

第五號

三

一〇

から、或は地之地域の上部周邊外に於ては彈性反動によつて地之運動と反對の方向の微運動が行はれるかも知れない。

測點は初め七個を設け漸次増設して十四個としたが、其後の速度變化の狀況は常に各點相互に比例して居るから、後設諸點の速度を外延法によつて遡り推定しても概況を知る事は出来る。但し移動方向は相當の期間の平均を取れば一二の場合の外は各點とも始終著しい變化を示さぬ。而して十

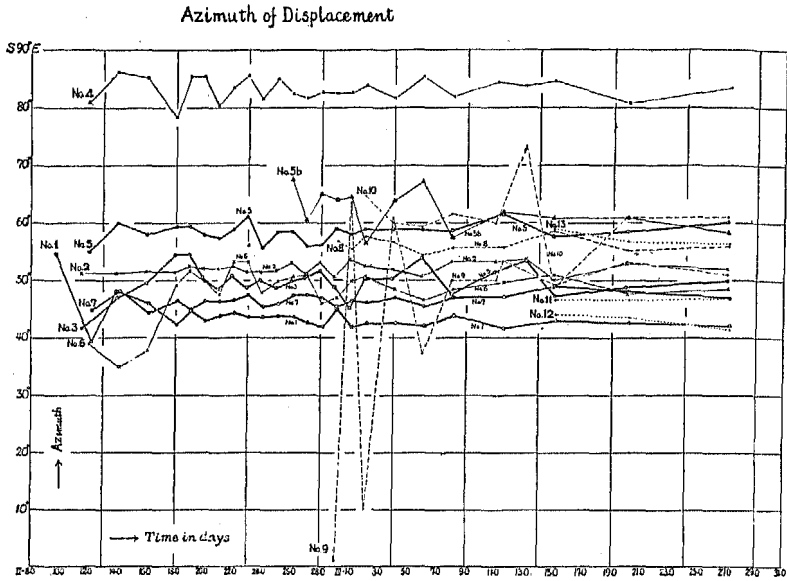
四個の測點の内下部周邊に近き稻葉(4)及び長尾(9)の測點を除き、其他の部分は南五十度前後の方向に移動した。

各部の相互運動を知る爲に速度最大であつた二月十七日より二十一日に至る五日間の平均水平速度を求めて見ると第四圖に示す如くである。即ち地域の西部南方の御茶屋(7)は速度最大で、平均一日三八・三糎であるが、極大値は四〇・三糎に達した。其北方ゴカン段(1)及(12)井戸の本(2)及宮の本(11)之に次ぎ、一日三三・〇乃至三四・七糎の速度を示して居る。御茶屋の東方南平(6)及び南方姥ヶ崖(8)は何れも一日三一・三糎の速度であるから、之より速度大なる御茶屋は兩側に比し次第に進出する傾向を示した。此の如く西部諸點は皆大なる速度を有したに對し、東方の諸點は一般に著しく速度小く、且つ東するに従ひ漸減の傾向がある。即ち小溪を隔て、井戸の本に東隣する市ヶ平(3)及(10)の速度は前者より遙に小さく、其東の長尾(9)は速度が一層小である。又之等の小地塊の南方に在る稻葉に於ても測點(13)は二二・一糎の速度を有するも、其東方の測點(4)の速度は一六・五糎に過ぎず、且つ其方位は著しく東方に偏して居る。

以上は最速期五日間の平均水平速度に就てであるが、各部分の速度は時日の經過に伴ひ著しい變化を示した事は其一例を第三圖に示した如くである。私の觀測の結果は第五圖に示してあるが、各測點とも、初めは速度が急激に増加したけれども、二月十六日乃至十八日以後は一般に増加が止み續て二十二日には總ての測點が減速を示し、爾後幾分の變化はあつたが最早此傾向は疑を挿む餘地なきに到り、殊に二十七日以後は急激なる減速を示した。此の如き變化は各測點相互に比例して居

線曲化變向方動移 圖 六 第

河内堅上地に運動觀測の結果に就て

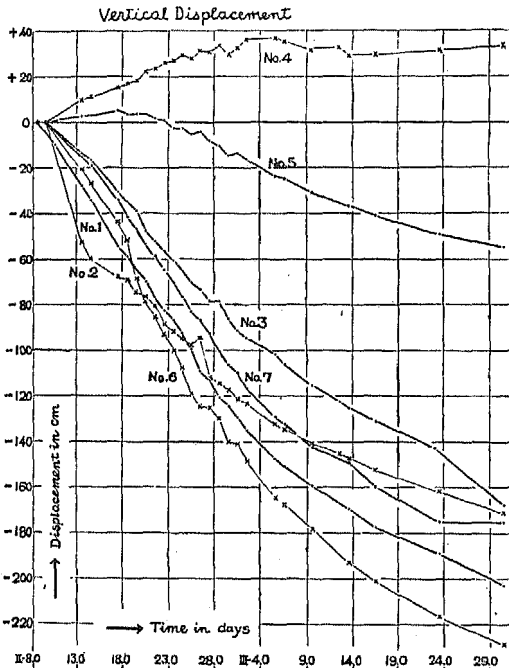


までは南三七度東に動いたが俄に方位を變じて約五〇度となつた。之は舊墜道口より東の低地に隆起現象が認められ始めた頃に相當する。川の上の舊墜道口の上は初めより危険状態に在つたから特に測點(5)を設けたが、其移動方位は南五九度東で他の諸點に比し特に異なる所なく、其移動量も亦異常を認めぬ。此點を挿んで南北兩側に著しい二條の何れも南落の大喰違を生じたが、上記の事實より見て南部は陷落し、北部は隆起した事が明になつた。其後測點(5)の東方に更に(5b)を設けたが、其移動方向は前者より五度東に偏して居て、其結果兩者間に開龜裂を生じ次第に其幅を増した。

私の觀測に於ては同時に垂直移動をも測定し得る事は前に述べた。此測定は一

標準點より單獨に行ひ得るから、一測點に對し二標準點より同時に二個の測定の結果を得られる。多くの測點は一日四廻前後の低下を示す事が多かつたが、二點よりの測定は一、二廻以内まで一致する場合が相當に多かつた。然るに特殊の測點に於ては常に一標準點よりの測定が他よりの結果より大であつた。例へば井戸の本の測點2に於ては標準點Bよりの測定に比しCよりの測定は常に約十糎大であつた。之等は、大抵視方向が中間の地物に接する如き場合に起るから、光線の異常屈折によるものと考へられる。之等の測點に就ては明に其影響と認められる測定を除外し、其他の測點に就ては二測定の平均を用ひる事にした。斯くしても尙垂直移動の測定には光線屈折の影響が相當に大なる如く、又其一日變化量も比較的小である爲に、水平移動の如く速度を精確に決定する事が困難である。依て私は垂直移動は測定を始めた時よりの集積總量にして計算した。此結果は第七圖に示してある通りである。測點7以下

第七圖 垂直移動曲線



は後れて観測を始めたから此圖に加へぬ。
 此圖に於て見る如く地域の下部稻葉(4)は始より隆起を續けたが三月初旬よりは停止して居る。又川の上の測點5は始めは隆起の形勢を示したが、二月十八頃以後は低下を續けた。其他の各部は何れも常に低下を續けた。

第二表 移動の俯角

測點	小 字 名	移動俯角
1	ゴカン段	9°5
2	井戸の本	6.7
3	市ケ平	19.1
6	南平	17.0
7	御茶屋	9.0

測點の水平及垂直移動より計算する移動方向の俯角は地域の下部に於ては域外の抵抗による隆起等の影響を受けて居るが、中央及上部に於ては地下滑動層の形狀に従ふものと考へ得る。今二三測點に就き最速期五日間の平均値より此俯角を算出すれば第二表に示す如き結果となる。

而して地形圖により地表の傾斜を概算すれば、西部のゴカン段は九・四度、東部市ケ平は一〇・五度、長尾は八・一度である。測點1及7の移動俯角は正に之に近きものである。市ケ平の測點3は地域の北境より約五米の距離に過ぎないが、其俯角が地表の傾斜より著しく大であるのは、上部周邊附近では滑動層が急傾斜をなす事示すもので、此事は龜裂の所々に見える滑面の傾斜の伏角四十五度に近いもの存在するを見ても了解出来る。

六、速度と地表現象

堅上地亡に起つた地表現象は多くは速度の分布に關係して解釋し得る。今地表現象を周邊と内部とに分つて考へる。周邊現象の内地域の西北邊には著しい龜裂を生じ、東南邊には隆起を生じた。之は地域の移動方向の上位及下位に於て當然豫期さるべき現象である。此地域の移動總量は第三表に示す通りであるが、之は二月十日より三月三十日までの値であつて、最大量は一一・四二米を越え、尙二月十日までに夫婦塚附近は二・五五米の移動を行つたと推定されるから、三月三十日までの移動最大量は十四米に達する。従つて周邊上には之に近き開龜裂を生じ、下部に之に應ずる隆起を生ずべきである。上部龜裂の幅員は之に比し一見甚大なる如きも、之は滑動層が周邊にて急傾斜をなし内部に於て緩傾斜をなす爲に、移動の進むに伴ひ周邊に近き部分は基底の支持を失ひ漸次沈下して階段現象を生じ、落下部を殘置しつゝ、移動を續ける爲に、龜裂の幅員が實際よりも過大視せらるゝものである。西部ブシヨ堂高地の下には大地溝狀沈下を生じたが之も滑動層の形狀によるものと考へられる。

急傾斜の崖の所々には崩壞を生じ、大和川治水問題に大恐怖を起さしめた。此恐怖は新聞紙に現はれたる地域の急激なる崩壞説、徐々なる押出にての堰止説、及び目前に見る崖端の崩壞、河床の隆起等に因て起つたものである。私は當時より第一及第二の説の不當を説た。更に崖端の崩壞は事

第三表

三月十日までの移動總量
二月十一日までの移動總量

總量	測點移動
1	10.221
2	10.184
3	4.224
4	4.976
5	8.943
5b	8.774
6	8.722
7	11.422
8	9.082
9	2.958
10	5.466
11	8.829
12	10.256
13	6.667

實であるけれども、其著しきは何れも周邊が崖端と交る所、即ち西より擧ぐればオワンカケ、舊墜道入口附近、稻葉南崖、東口驛北方の四ヶ所に於てゝあるが、其規模は決して河水を堰き止める如き程度ではなかつた。獨り河床の隆起は其高さだけ河水面を高めるから降雨時には洪水の憂に直接關係し、又此隆起を除去する事は一般當事者の考へたよりも困難であつたのである。

次に内部現象を見るに北部及西部には開龜裂が多く、東南部には局部的隆起及之に伴ふ開龜裂が所々に認められた。北西部のゴカン段と井戸の本とは北六十度西位の方向の開龜裂が發達したが、之は西部の測點(1)に對し(2)の移動が約十度東に偏して居る爲である。又西部及び測點(12)と(7)との間等には北三五度東の開龜裂を生じたが、之は其等の部分の移動方向に直角であつて、下位になる程速度大なる爲である。又局部的隆起は帶をなして、測點(7)の南より東北に進み(6)との間を北方に通過し、宮の本を東北に進んで市ヶ平南部に連り、宮の本市ヶ平間の小溪では舊褶曲の見られる部分に相當して居る。又川の上の凹地より稻葉の西部に連るものも著しいが、之は墜道に沿ふて起つて居る。之等の隆起は何れも其下位の速度に比較して上位の速度が著しく大なる場合に起つて居る。茲に注意すべきは速度の關係で壓縮を生ずる部分でも、壓縮が普遍的に行はれずして或特種の部分にのみ帶狀をなして現はれる事と、又此の如き場合に殆んど總て隆起帶の上邊に衝下状態を生じて居る事とである。

七、原因の考察

地之の原因は之を地殻の内部に歸する事も可能であらうが、之を肯定するには充分の研究を要する事は前にも述べた所である。若し地殻運動が確認され、且つ其地之との關係も明瞭にされたならば茲に始めて地殻内部に基因する事を肯定す可きである。多くの地之運動に於ては地殻の外部に原因を有する事が明瞭なる場合が多い。其人爲的なものは土木工事に隨伴して起るもので、越後大河津や近江雄琴の地之等が其例である。又外部に起る自然的原因の爲に起つた例は前に述べたる但馬照來の場合の如く河流の浸蝕に因るものと考へ得るのである。

墜上地之に於て種々の現象を觀察し移動を測定する間に私は常に原因の考察に注意を拂つたが、其内特に留意したのは大和川對岸の隆起と之に臨む御茶屋南平の高地との關係である。此隆起部は懸道改修工事の爲に明神山麓の崖端を高さ約二十米長さ約八米長さ約百五十米に亘り切取つた部分である。此改修工事は昨昭和六年九月着手し本年三月竣工の豫定であつたので、崖端切取は昨年十一月に大部分終了したのである。然るに地之は恰も十一月下旬より起り、又對岸の隆起部は此切取部分附近に限られ、其隆起最大量約十米も此部分に起つた。此の如き關係は偶然としては餘りに適合し過ぎる。而して私の觀測の結果を見るに、御茶屋(7)は第一其移動方向が恰も此切取部分に向ふ點であるが、第二其速度は常に他の何れの部分よりも大である。第三に其速度の變化を見るに、其加速期より最速期に達したのは二月十五日であるが、測點(1)及(2)は之より一日後れ、測點(3)及(4)は二日、測點(5)及(6)は三日乃至四日後れて居る。又減速期も多くの測點は二月二十二日若くは二十三日より之に入つたが、測點(7)のみは二十一日に既に其傾向を明示して居る。即ち御茶屋は常に他の

部分に先んじて動く傾向を示して居る。第四に御茶屋に東隣する南平の測點(6)は最速期に入つて俄に移動方向を變じた事は前にも注意したが、今其前後各一週間の平均を作ると、二月十日より十七日までは南三七・七度東となるが、十七日より二十四日までは南五〇・四度東となつて十三度も東偏した。此變化の起つた頃は恰も舊墜道口より東の低地に隆起が認められ始めた時であるから、始め對岸切取部に向つた運動が東部の屈服によつて更に著しく東偏したと考へられる。

以上の事實により堅上地之の原因として對岸の崖端切取が最も重大なる關係を有するものと考へられる。該切取部の岩石は其附近の道路築造に使用したから大なる影響はないと稱ふるものもあるが、凡そ壓力は單位面積に加はる力であるから、同一量の岩石も之を狭い面積に堆積した場合と廣い面積に擴撒した場合とは著しい差を生ずる事を知らねばならぬ。崖端切取の影響と云ふは勿論地之地域を構成する岩石が脆弱である事を含んで居る。横山博士に従へば新舊安山岩の間に在ると考へらるゝ集塊岩層が著しく風化し易き性質であるものの如くである。而して此地方は約三十年前に開鑿して多數の貯水池を作つたから、其水の滲透により風化が進行して脆弱なる状態となつて居たといふ説は首肯し得られるものである。

本篇を結ぶに當り觀測を助力せられた諸君の勞を多とし、大阪府土木部八尾出張所より絶えず三名の道路工夫を提供せられた事を感謝する。(完)