

## 4 - 2 佐渡弥彦地方の地殻変動 (その2)

### - 新潟地震前後の変動経過 -

#### Crustal Movements in the Sado-Yahiko District (II)

東京大学地震研究所 弥彦地殻変動観測所  
Yahiko Crustal Movements  
Observatory,  
Earthquake Research Institute,  
University of Tokyo

##### 1. 間瀬観測坑における観測

当観測所の前身である間瀬観測坑 (前報第1図参照) では、1953年いらい観測が続けられてきた。その主要計器は水管傾斜計2成分 (N15° W および N75° E, 各10m) と石英管伸縮計3成分 (N15° W, N75° E および N60° W, 各11m) である。前報でも述べた通り、この観測坑は“かぶり”の浅い故か年周変化が著しい。また、委託観測に頼っていた事情もあって欠測も多い。これらのためか間瀬の資料は特に公表される機会もないまま埋もれていた。

最近ふとした動機からこの資料を見なおしたところ、そのなかには永年変化に関する有意義な情報が含まれていることに気付いたので、若干の考察を加えつつ、ここに報告する次第である。

##### 2. 土地傾斜・伸縮の永年変化

第1図は1953年いらいの月平均値に13ヶ月移動平均を施した結果である。曲線の形状は各成分いろいろであるけれども、共通の傾向として1957~8年ころから動きが活潑になっているように見える。なかでも著しいのは水管傾斜計 N'S' 成分のもの (最上段) で、60年ころの山から急速に下降し、64年初期に極小を記したのちふたたび上昇に転じ現在にいたっている。これが広域地殻変動の現われであるかどうかを確かめるために他の独立な観測資料と比較してみよう。第2図は新潟地震の前駆的変動を示すものとしてしばしば引用される水準測量結果である (Tsubokawa, I. et al. (1964))。このうち南寄りの二地点、すなわち標石 D (新発田付近) と E (岩室) に対するものを第3図に転載した。同図最下段は間瀬の傾斜変化 (N'S') である (各年1月の値を代表として採用)。

間瀬に近いのは E 点であるが、両者の変動経過は特に似ていると思われない。しかし D 点の変動は間瀬のそれと実によく似ている。第2図から知られる通り、D 点における変動の山谷の位相は、それ以北の資料と合致しているのであるから、間瀬の傾斜計に現われた永年変化は広域的なものと判断される。もちろん、水準測量と傾斜観測では取扱う量が異なるから量的調和

であるかどうか分からない。ここで指摘しておきたいのは、“変動のリズム”に対して水管傾斜計も忠実に応答をしているという事実である。

N' S' 成分に比べて E' W' 成分の動きは数分の 1 に過ぎない。従って大勢は N' S' 成分で代表されているが、E' W' 成分にも同じようなリズムが見られないわけではない。たとえば 1957 年から始まる E' 下りの変動、60～61 年の極小を経て 64 年に山（微弱であるが）を記録しているところがそれである。図についていえば両成分は逆位相関係にあるように見える。両成分を合成して考えれば、傾動ベクトルの主方向は S' よりやや E' 寄り、いいかえればこの地方の構造軸に直交している。

土地伸縮の経過はもう少し複雑であり、解析も進んでいない。ここでは、ごく基本的な特性として、伸張と短縮の主軸がそれぞれ NW - SE, NE - SW にあること、60 年初頭から面積伸張が始まったこと、そしてまた、1964 年の地震時にはきわだった変動が認められないことを指摘するにとどめたい。

### 3. 地震前後の状況

新潟地震の起きたのは、第 3 図最上段の曲線が 64 年 3～4 月の極小期を経て上昇に転じた直後である。その因果関係はともかくとして、地震の直前後における変動経過がどのようなものであったか、まず観測資料に基づいて事実を確かめておこう。

第 4 図は地震前後 1 ヶ月ずつの水管傾斜計読取値（毎日定時）である。なまの値であるから当然ばらつきが多い。また両成分とも右下りの傾向にあるが、これは年周変化によるものと思われる。問題の 6 月 16 日は破線の位置にあり、それを境に 0.1" N' 下り、0.15" E' 下りにずれた形跡がうかがわれる。合成すれば 0.2" 弱北東下りの傾斜があったことになる。次節で述べるように新潟地震の震源過程は研究が進み、その結果第 6 図のようなモデルが提出されている。試みに、これに関する阿部の資料（私信による）に基づいて間瀬に起こるべき tilt step を概算して見ると、北東下りに 0.12" 程度となる。従って上記の観測値は理論値に比べて方向・傾斜量ともほぼ同程度といえる。〔なお、沈下の理論値は 2.5 cm〕

第 5 図はシリカ傾斜計 N' S' 成分と石英管伸縮計 E' W' 成分の連続記録の一部である。他の成分は当時欠測中であった。これらの記録から判断する限り、古記録に伝えられるような数十分～数時間程度の“前兆変動”は認められない。（余談ながら、地震直後栗島で調査した結果でも海水の後退に類する前兆現象を見た住民はいなかった）。シリカ傾斜計は地震発性と同時にスケールアウトしてしまっているが、地震前にいくつか小さな震動を記録しているのが興味深い。これらは気象庁の通常観測網に捉えられていないところから、観測地近傍のごく小規模な地震らしい。もしその震央が判明すれば新潟地震の発生経過について有力な資料となり得るので地震計測面からの調査が望まれる。

伸縮計 E' W' は  $\times 10^{-7}$  程に相当するずれを記録しているが、当時の伸縮計の構造を考えるとこれを有意な strain step と見なすには問題がある。ちなみに、さきの震源模型から期待される量は  $4 \times 10^{-7}$  程度の縮みである。

#### 4. 変動経過についての考察

震源過程に関する研究の進歩に伴って、新潟地震の震源像はかなり明確に描かれるにいたった。(Aki, K. (1966), Abe, K. (1972) 第6図(左)はそれを模式化したもので同地震を strike N20° E, 60° dip (WNW へ), 長さ 100 km, 奥行 20 km の面に沿う逆断層運動に帰着している。

上下変動のパターンは Abe, K. (1972) によるものである。また、さきの資料(第2図)から読取った地震前と地震時の上下変動量を地点ごとに比較したのが第6図(右)である。参考までに左図の模型から期待される理論値も記入してあるが、地震時変動の観測値とかなりよく合っている(細かくいえば理論値のほうが3~4 cm 系統的に大きい)。

興味深いのは、地震前変動の分布であって、地震時のそれとは全く異なるパターンを示している。もともとこの量の見積りは大きな誤差をさけられない[たとえば A 点(鼠ヶ関)にしても、検潮記録(国土地理院地殻活動調査室(1971))からは3~4 cm(上図中の点線)と坪川らの資料より大きく見積られる。また藤井(1972)のように基準のとり方次第で結論が異なる]。従って、あまり精密な議論に立入るのは避け、ここでは①事前の変動が震源域の南寄りにのびており、遠く間瀬地区にまで及んでいたこと、②また変動の経過も地域により様相が異なり、震源域では57~8年の極小からほぼ一様に進行して突如地震を迎えた(鼠ヶ関検潮記録参照)のに対し、間瀬のあたりではすでに60年の極大から逆向きの変動に移り地震時には次の極小を迎えていたことを重視しておきたい。

具体的に両者の位相関係を示すと第7図の通りであって、間瀬の変動が鼠ヶ関より3~4年先行している状況が明瞭に見られる。(注:傾斜変動の位相がそのまま上下変位の位相を示すとは限らない)。これより後は憶測であるが、新潟地震は発震に先立つ2~3年前に震源域南端に隣接する地殻部分の塑性変形から始まったのではないだろうか。その結果、より強度の高い震源域(特にその南部)に歪力が集中し、ついに粟島西南地下の一点から脆性破壊が始まった。こう考えれば今までに述べた一連の変動経過は基本的に理解できるし、実際の地震断層が震央より北方に発達して行った形跡とも調和する(Aki, K. (1966)のいう bilateral faulting と必ずしも相反するわけではない)。

もちろん、以上の解釈は多くの可能性のうちの一つ-地震予知にとって最も希望的な見かたをした-に過ぎない。あえてこれを書添えたのは、この種の作業仮説に基づいて関連資料を整理し、事件の経過をふり返っておくことが、今後の地震予知研究を進める上に

用と思われるからである。いずれ機会を得て、定量的な数値実験を試みたい。

( 笠原慶一, 山田重平\*, 若杉忠雄 )

\*) 地震予知観測センター

文 献

Abe, K. ( 1972 ), Tsunami and mechanism of great earthquakes, Phys. Earth Planet. Interiors, ( in press ).

Aki, K. ( 1966 ), Generation and propagation of G waves from the Niigata earthquake of June 16, 1964.

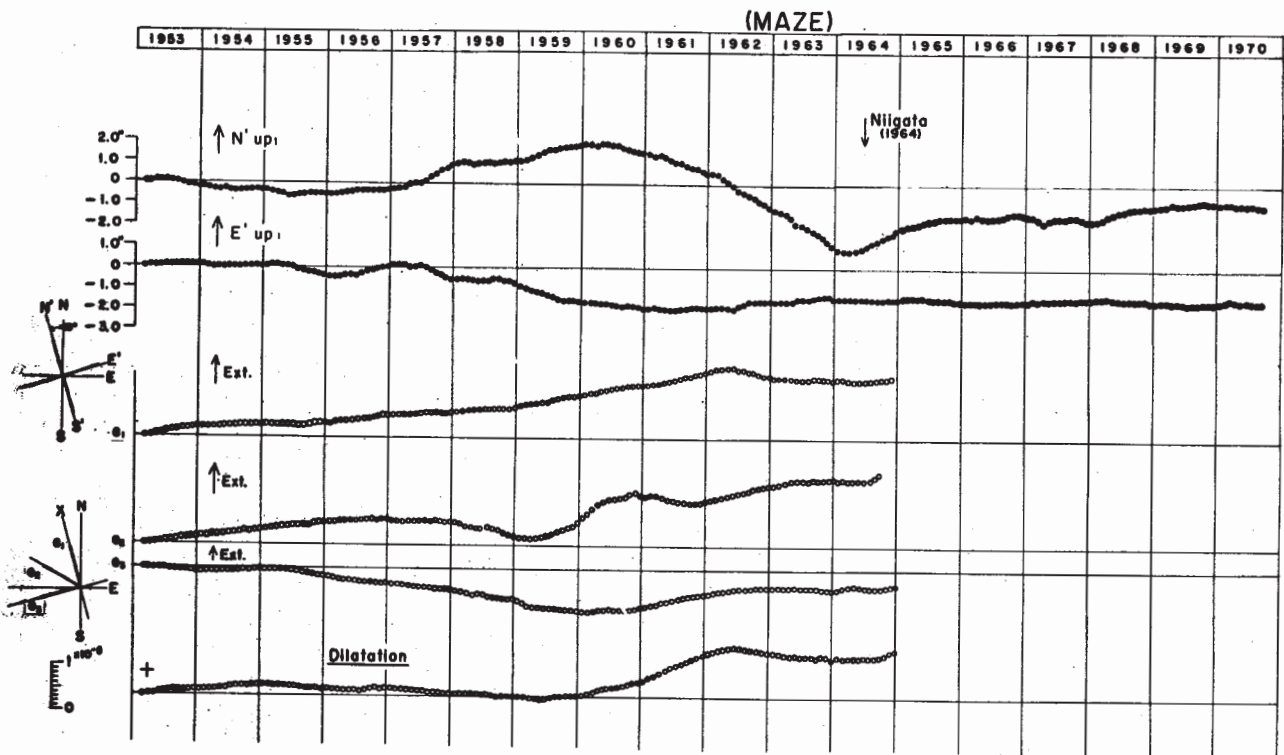
Part 1. A statistical analysis, Bul. Earthq. Res. Inst., 44, 23-72.

Part 2. Estimation of earthquake moment, released energy, and stress-strain drop from the G wave spectrum, Bul. Earthq. Res. Inst., 44, 73-88.

藤井陽一郎 ( 1972 ), 地震発生前における異常地殻変動領域の拡大, 地震学会講演会, ( 昭和 47 年 9 月 28 日 ).

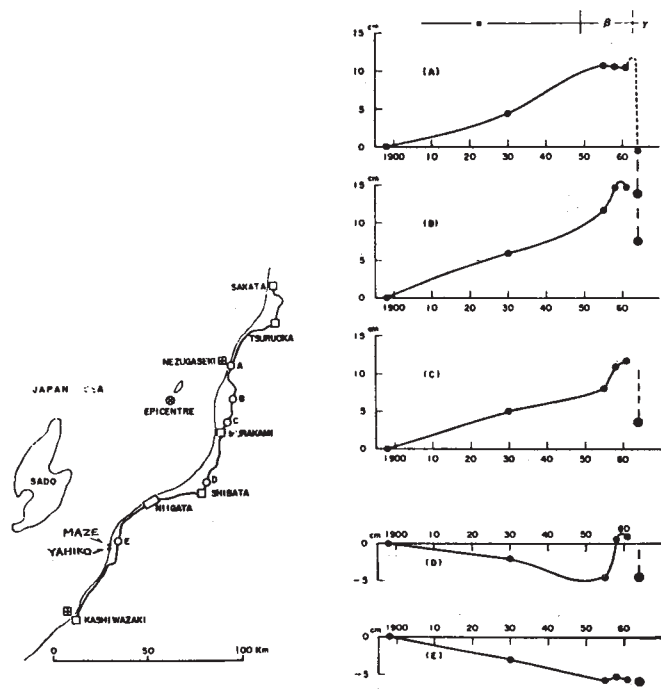
国土地理院, 地殻活動調査室 ( 1971 ), 地震発生前後における検潮記録について, 地震予知連絡会会報, 5, 67 - 71.

Tsubokawa, I., Y. Ogawa and T. Hayashi ( 1964 ), Crustal movements before and after the Niigata earthquake, J. Geod. Soc. Japan, 10, 165-171.

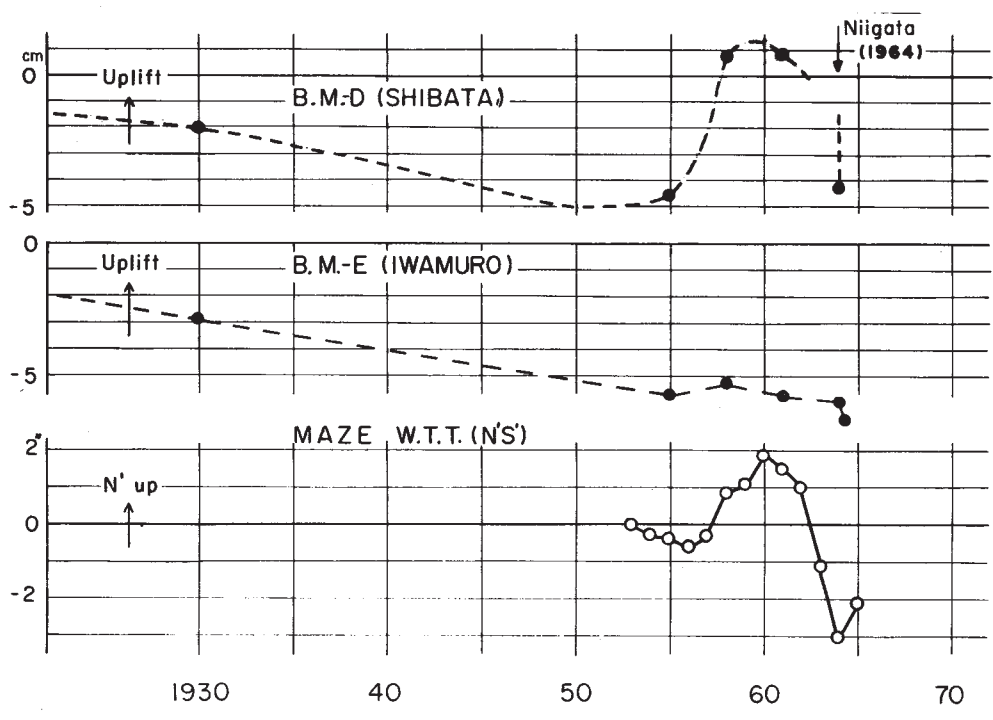


第 1 図 間瀬観測坑における土地傾斜・伸縮 ( 移動平均値 )

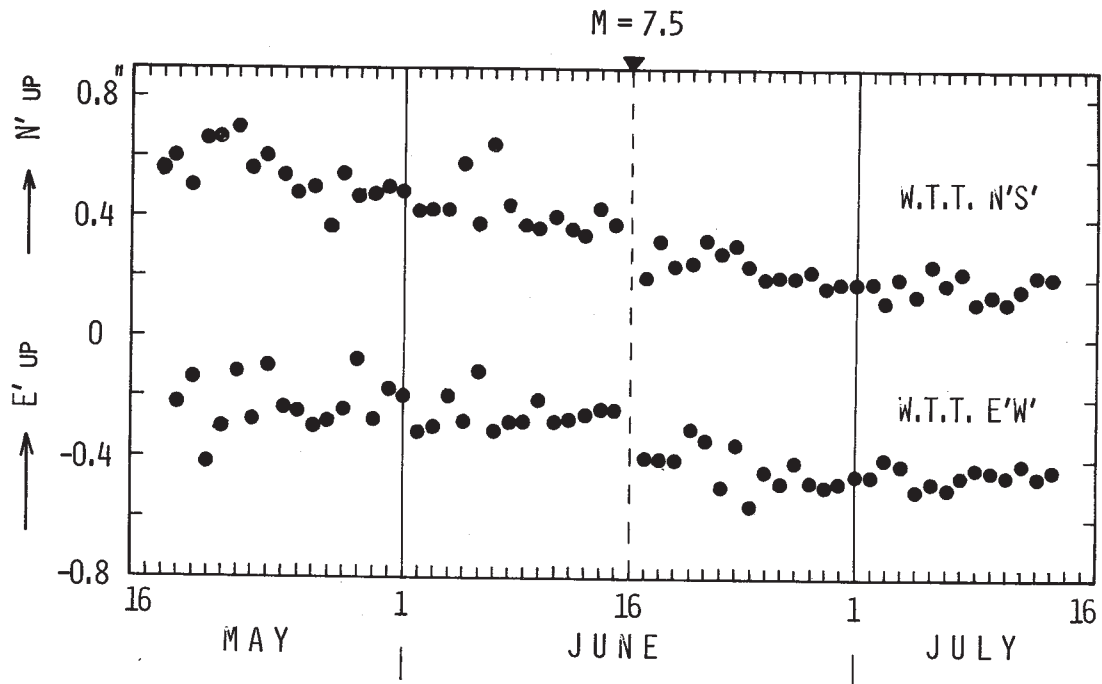
Fig. 1 Ground tilts and strains at the Maze vault (running mean values)



第2図 新潟地震前後の栗島対岸各地の垂直変動 ( Tsubokawa, I. et al. ( 1968 ) ).  
 Fig. 2 left : levelling routes in the Niigata area, and right : the vertical ground movements since 1897  
 (after Tsubokawa, I. et al. ( 1968 ) )

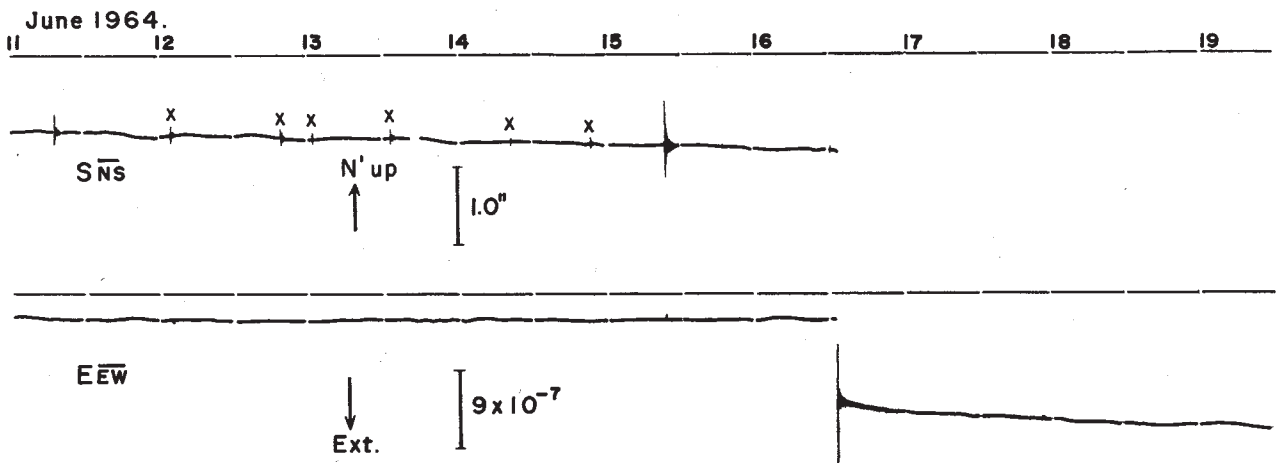


第3図 水準測量〔上, 中〕と傾斜観測〔下〕の比較  
 Fig. 3 Ground tilts (bottom) as compared with the levelling data (top, middle)



第 4 図 新潟地震前後の水管傾斜計読取値

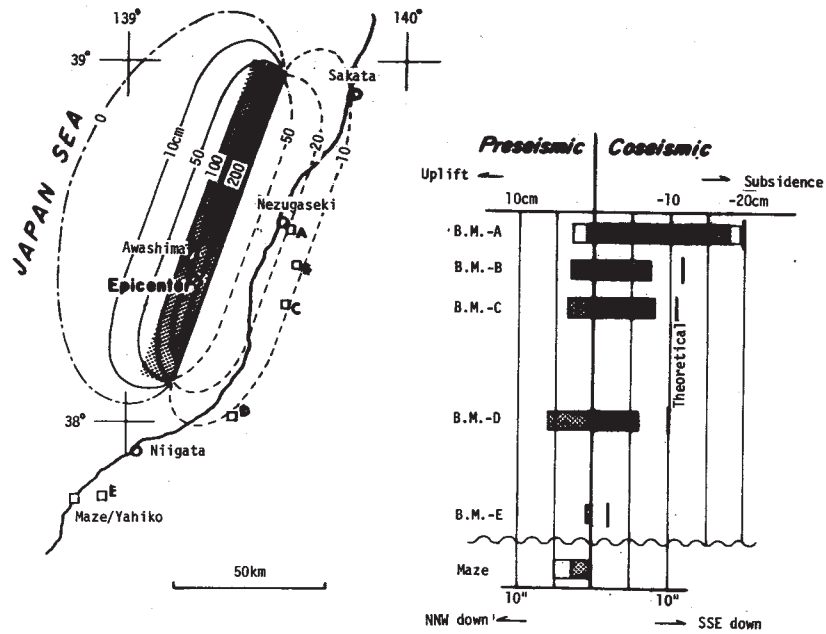
Fig. 4 Daily readings on water-tube tiltmeters before and after the Niigata earthquake (June 16, 1964)



第 5 図 新潟地震前後の傾斜・伸縮計連続記録 (×印は観測坑への出入によるノイズ)

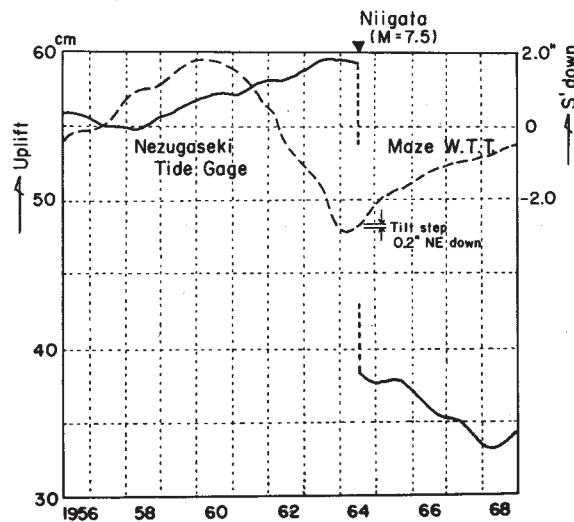
Fig. 5 Tiltmeter and strainmeter records before and after the Niigata earthquake (events with x marks are noises at the time of daily patrol by the station-keeper)





第6図 [左]新潟地震の震源モデル (Abe, K. (1972) の資料に加筆, 半影部は推定断層の投影) と [右]各地における地殻変動 (地震前・地震時)。B.M.-A における点線は鼠ヶ関検潮記録による変動量。

Fig. 6 left : Fault-origin model of the Niigata earthquake as proposed by Abe, K. (1972), and right: preseismic and coseismic crustal movements at several sites. Dotted Lines for B.M.-A refer to the tidal records at Nezugaseki



第7図 地震前後における鼠ヶ関の検潮記録 (国土地理院地殻活動調査室 (1971)) と比較した間瀬の傾斜記録 (ともに移動平均値)。

Fig. 7 Preseismic and coseismic crustal movements observed at Nezugaseki (tide gage, after Crustal Activity Research Office, G.S.I. (1971)) and Maze (water-tube tiltmeter)