

油壺地殻変動観測所における観測

—旧観測坑における観測 (1949~1981年)—

地震研究所 {高橋辰利
柳澤道夫

(平成2年12月27日受理)

要 旨

油壺地殻変動観測所の旧観測坑は1948年2月より観測を開始し、1981年末まで観測がおこなわれ、その後観測坑は廃止された。観測開始より観測終了に至るまでに多くの観測データが蓄積されてきた。その全容を明らかにするとともに、これらのデータを多くの研究者に公開することが有意義と考え、データの編集と整理を行った。これらのデータのうちとくに水管傾斜計による永年傾斜変動についても報告をする。

この観測所における定常観測は水管傾斜計(長さ10と25m,各1成分)、水晶管伸縮計(長さ8,10と25m,各1成分)および石本式水平振子傾斜計によって行われた。途中から石本式水平振子傾斜計はフロート型水管傾斜計にかわった。

永年傾斜変動については水準・検潮などのデータとの比較を行った結果、水準とはよい一致を示し、傾斜変動が三浦半島全体を含む広域地殻変動を観測していることがわかった。

1. はじめに

油壺地殻変動観測所は東京大学理学部臨海実験所構内に設置されている。この油壺に注目し潮汐とセイシュに原因する地殻変動の観測を最初に行ったのは高橋(TAKAHASI, 1929a; 高橋, 1929b)で、開発されて間もない石本式水平振子傾斜計(ISHIMOTO, 1928, 1929; 石本, 1929)を用いた傾斜観測であった。この高橋による傾斜観測を行った地点は旧観測坑に至近の場所であると RIKITAKE *et al.* (1952) に記述されている。

本格的な地殻変動の観測は第二次世界大戦の終了を待たなければならなかった。この場所において地殻変動観測の準備が始められたのは1947年4月で、さらに同年12月には観測坑(以下において、旧観測坑と称す)が完成された。「地震研究所創立五十年の歩み」(地震研究所, 1975)に記されている。1976年に旧観測坑から約100m北方に平面が直角三角形型の坑道で、傾斜計・伸縮計の長さ40mを持つ本格的な新観測坑が完成したが、その後も新旧両観測坑の比較の為に併行観測が続けられた。この併行観測が終了した1981年末に、旧観測坑は観測を終了するとともに廃止された。

このように油壺地殻変動観測所の旧観測坑は1947~1981年の30余年にわたって、各種の傾斜計、伸縮計による観測が行われ、蓄積されたデータは膨大な量に達している。この報告の目的は油壺観測所に残された、旧観測坑に関する大量の地殻変動の観測を分類し、その種類と内容をできるだけ詳細に調査することである。これらの膨大なデータは整理が

すみ次第，“地殻変動データ・ベース”に入力することになっている（地震研究所・地震予知観測情報センター，1988）．このデータ・ベースへのデータ登録作業も第一段階の読取水管傾斜計の観測分については終了している．そこで得られた観測成果を国土地理院の水準・検潮データと比較し，その信頼性についても検討を進める．

なお，油壺観測所はこのような地殻変動観測のほかにも，多くの地球物理的な観測あるいは観測機器の開発の基地としての役割を担っていた．地磁気の観測（RIKITAKE *et al.*, 1952），後に大船渡湾で使用された海底設置用長波計の開発（高橋ほか，1966），海底地震計の開発（KISHINOUE *et al.*, 1963），高感度比抵抗変化計の開発と観測（YAMAZAKI, 1967）などがそれである．地震計による観測も行なわれていたが，そのデータは地震研究所内の他の研究部門に現在保管されているので，今回の報告中に含まれていない．

2. 観測所の位置

油壺観測所は東京から南へ約 55 km，神奈川県三浦半島の西海岸にある．東京湾口に続く浦賀水道をはさんで，対岸の房総半島にある鋸山地殻変動観測所（柳沢，1983a）は姉妹観測所として建設されたものである．この油壺・鋸山両観測所間の距離は約 20 km で，ほぼ東西に並んで配置されている．

Fig. 1 の地図に示すように，油壺観測所は三浦半島の先端に近い油壺湾に面し，神奈川県三浦市三崎町小網代 1024 番地（東経 $139^{\circ}37'$ ，北緯 $35^{\circ}09'$ ，高さ約 3 m）にある．こ

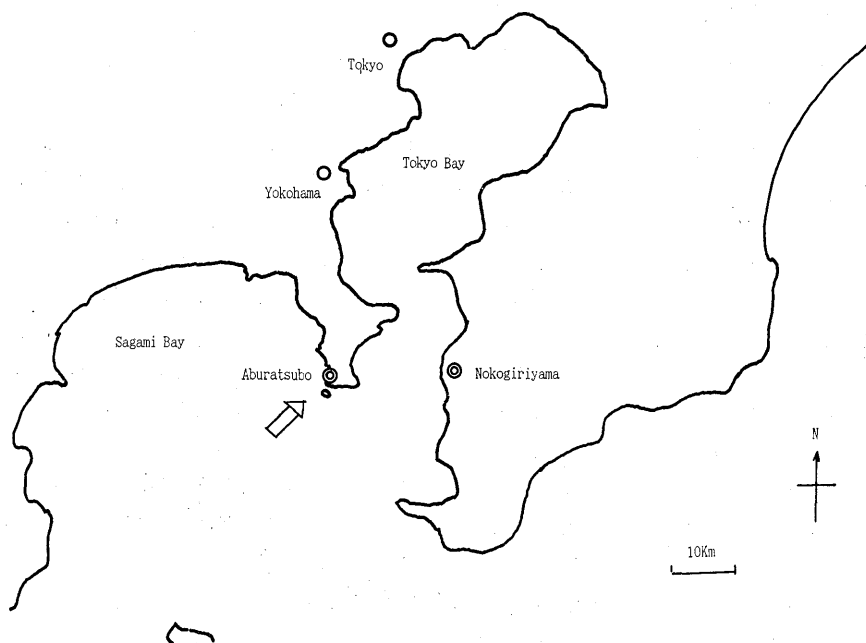


Fig. 1. Location map of the Aburatsubo and Nokogiriyama Crustal Movement Observatories.

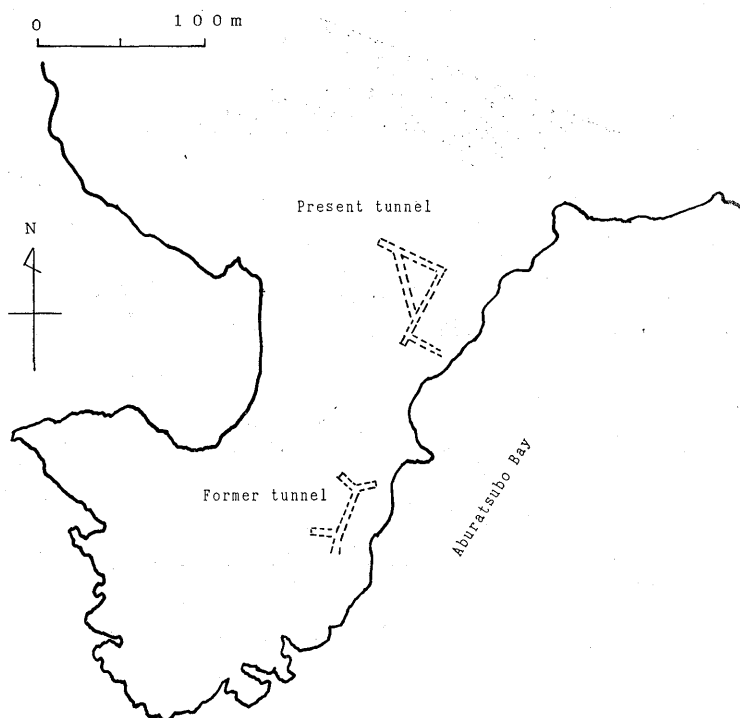


Fig. 2. Location map of the former and the present tunnels of the Aburatsubo Crustal Movement Observatory.

の場所は東京大学理学部臨海実験所の構内の一部を借用している。油壺観測所は Fig. 2 に示すような配置になっていて、海岸から旧観測坑は 25 m, 新観測坑は 30 m と他の観測所に比較して海岸線に極めて近い場所に作られている。このため観測値に対して海洋の影響が大きいことを考慮しなければならないことである。

油壺観測所付近の地質は新第三紀中新世三浦層群三崎層に属し、この付近一帯の岩石はスコリア質粗粒砂岩である (小玉ほか, 1980)。

油壺観測所の開設に関して萩原ほか (1949) は大要以下のように述べている。“かねてから地殻変動の研究のため地殻変動観測所を開設したいと考えていた。東京大学理学部の臨海実験所の構内に、第二次世界戦争中に作られた良好な横坑があって地殻変動用の測定器を据え付けて試験するのに好条件を備えていた。さらに極めて近接して、地理調査所 (現国土地理院) の検潮儀が設置されている。このため三浦半島には水準路線が設けられていて、繰り返し精密水準測量が行なわれている。このことから三浦半島の地殻変動の進行状況はある程度まで知られている。そこで新しい地殻変動測定用の観測機器を設置し比較試験を行なうには好適な場所と考えた。”

さらに、この地域は 1923 年の関東大地震のときに大きく隆起したこと (大村, 1925) が挙げられる。その報告によると、油壺験潮場の付属水準点において 1.390 m も隆起している。また、藤田・海津 (1985) によれば、関東大地震後の 1923 年から 1985 年の 62 年間

に、三浦半島の先端に近い水準点 (BM 5367.2) はその基部の保土ヶ谷にある水準点 (BM 35.1) に対して約 80 mm も沈降している。現在も進行している三浦半島の沈降は次の大地震の直前まで続く筈であり、可能性として、大地震の直前に隆起に転じるかも知れない……。直前現象としての地殻隆起を早期にとらえるという意味において、この観測所の存在意義は十分に理解されよう。

3. 観測所の設置と足どり

油壺観測所に残されている覚え書きや観測帳などから、設置当初以来の旧観測坑に関する歩みを簡単にまとめた。人事に関する事項については関係者に問い合わせて正確を期した。

- 1947年 4月 観測準備開始。
- 1947年 9月 観測を翌年3月まで臨海実験所の大羽 滋が行なう。
- 1947年 12月 観測坑完成。
- 1948年 3月 2日。計器台石完成 (傾斜計・伸縮計)
- 1948年 4月 観測を翌年3月まで臨海実験所の中田英吉が行なう。
- 1949年 2月 若生喜市入所。
- 1949年 10月 7日。新型水管傾斜計による観測開始する。
- 1953年 8月 三成分伸縮計の設置。
- 1954年 2月 職員宿舍新築。
- 1955年 3月 観測室新築。
- 1956年 4月 高橋辰利入所。
- 1969年 3月 若生喜市停年退職。
- 1969年 4月 萩原尊禮停年退職、笠原慶一が第二代施設長になる。
- 1971年 1月 坑井型傾斜計設置。
- 1971年 8月 フロート型水管傾斜計設置。
- 1974年 7月 坑井型傾斜計撤去。
- 1976年 12月 観測所本館・新観測坑完成。
- 1978年 12月 末日。石本式水平振子傾斜計の観測終了。
- 1979年 4月 25日。フロート型水管傾斜計と伸縮計の観測終了。
- 1981年 4月 萩原幸男が第三代施設長になる。
- 1981年 12月 7日。読取水管傾斜計の観測終了、旧観測坑における観測をすべて終了。
翌日臨海実験所に移管する。
- 1987年 4月 石井 紘が第四代施設長になる。

4. 主観測設備と観測成果

油壺観測所の主な観測設備としては次のものがあげられる。

- 読取型水管傾斜計 (E'-W', N'-S' の2成分長さ10と25m, 1日2回読取),
- 水晶管伸縮計 (E'-W', N'-S', NW-SE の3成分長さ10, 25と8m, 写真記録方式)。

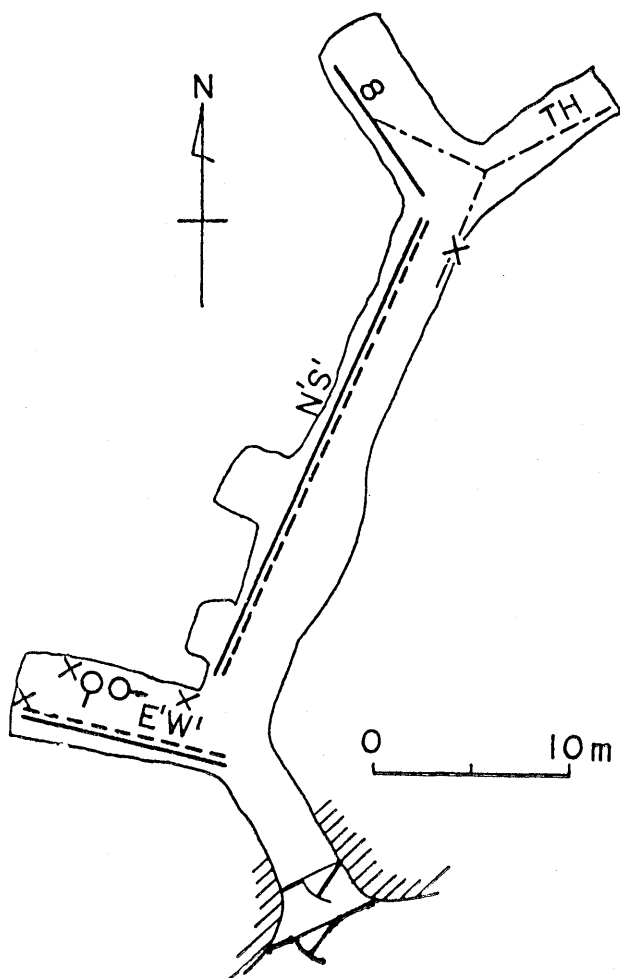


Fig. 3. Plan of the former tunnel of the Aubratsubo Crustal Movement Observatory in about 1960. E'W' and N'S': water-tube tiltmeters and fused-silica extensometers. 8: NW-SE component of the fused-silica extensometer. TH: fused-silica extensometers of three components. X: thermometer. O: Ishimoto's pendulum.

このほかに、水管傾斜計の補助的役割をするため石本式水平振子傾斜計が用いられたが、後にフロート型水管傾斜計に取り替えられた。これらの設備の配置を Fig. 3 に示す。その他長期間の観測が行なわれたものに坑内温度の測定用水銀温度計が4ヶ所にある。

4.1. 読取型水管傾斜計

水管傾斜計は HAGIWARA (1947) が筑波観測所に最初に設置し、続いて油壺観測所に設置された。その後、何回かの改良を行なっているが、この間の経過と水管傾斜計の構造については山田 (1973) が詳しく報告をしている。油壺観測所の旧観測坑内において観測

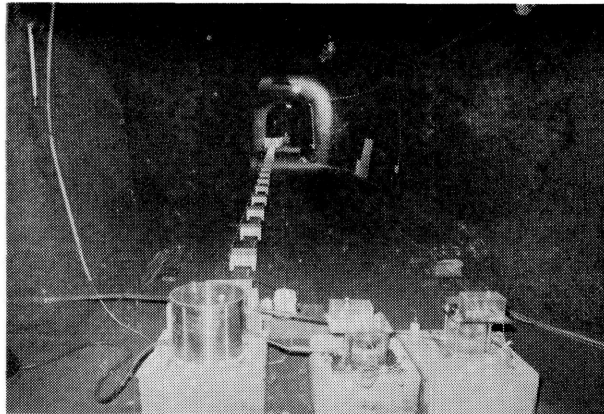


Fig. 4. Interior photograph of the former tunnel of the Aburatsubo Crustal Movement Observatory in about 1975.

中の水管傾斜計の写真を Fig. 4 に示す. この写真からもわかるように, 隣合った計器台上に読取型とフロート型の水管傾斜計が平行して取り付けられている.

水管傾斜計は長さ 10 m の E'-W' 成分 (N99°E) と長さ 25 m の N'-S' 成分 (N22°E) から成っている. マイクロメータによって, 観測台からの水面高は眼視読取される. マイクロメータの読取誤差は 2~3 μm であるが, 測定時に観測者が計器台に近づくことによる体重と熱的輻射などの影響を加えて, 総合測定誤差は $\pm 5 \mu\text{m}$ 程度と思われる. これを傾斜角にすると E'-W' 成分が $\pm 0.1''$, N'-S' 成分が $\pm 0.04''$ 程度である.

水管傾斜計の最も古い観測として, 1948年2月2日に行なわれたことが観測野帳に残されている. その後観測は1949年9月15日迄ほとんど連続して行なわれている. この観測が再び開始されたのは10月7日で, この休止期間は水管傾斜計を新型に交換するために必要としたのである. しかし, 9月15日以前の観測はほんの僅かの観測が発表されているのみである (HAGIWARA *et al.*, 1949a, 1951a; 萩原ほか, 1949). 上記の1949年10月6日から, 旧観測坑の廃止されるまでの1981年12月7日までは継続して観測が続けられている. この30余年の観測期間中の読取の時刻は毎8時と毎16時 (J.S.T.) に行うように定められ, 若生は在職中の20年間高橋の協力も受けながら, 機器の故障や地震などの影響による水面の振動により読み取りが不可能な場合を除いて, 日曜日や祭日も休みなしに観測を実施した. 若生が退職した後も高橋は同様な観測体制を続けてきたが, フロート型水管傾斜計の完成後, 若杉・笠原 (1974) によって1週に1回の読み取りで充分精度を保持できるとの結果が示され, これに伴って観測量が次第に減じ, 1976年1月以降は週1回にした.

これらの観測結果は観測値の月平均にまとめられて地震研究所・油壺・鋸山地殻変動観測所 (1969, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1978, 1980), および山田 (1971, 1973), KASAHARA (1973) によって発表されている. なお, 1949年10月以後の観測データの総てを地殻変動データベースに登録した.



Fig. 5. Outside photograph of Ishimoto's quartz pendulums.

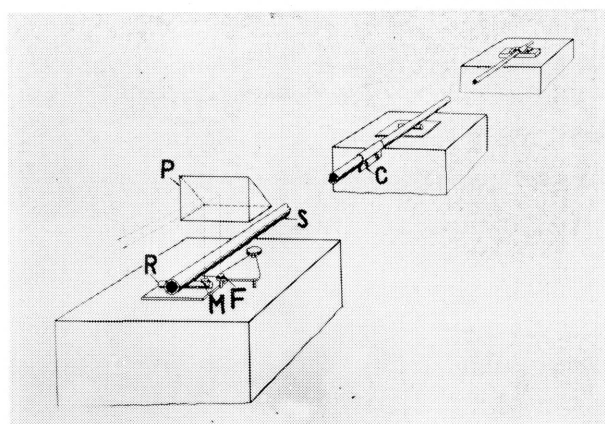


Fig. 6. Schematic view of an fused-silica extensometer (P: Prizm, M: Mirror, F: Fixed mirror, R: Metal roller, C: Connector, S: Silica-tube as a standard).

4.2. 石本式水平振り傾斜計

水管傾斜計の1日2回の読取観測値を補間する目的で、石本式水平振り傾斜計が観測の初期の1948年3月から1978年12月31日まで用いられた。このタイプの傾斜計は ISHIMOTO (1928, 1929), 石本 (1929) によって報告されたものと同一である。この傾斜計の観測坑内におけるようすを Fig. 5 に示す。感度は $0.10''/\text{mm}$ (記録印画紙上) 程度であった。

記録され印画紙の読取は1968年までは1時間毎、その後の読取は2時間毎に行われた。しかし、データのうち僅かを HAGIWARA *et al.*, (1948, 1951a), 萩原ほか (1949) により発表されたが、そのほとんど未発表のままである。

4.3. フロート型自記水管傾斜計

松代群発地震の経過を通して、ドリフトの大きな石本式水平振り傾斜計に代わって、ド

リフトの少ない水管傾斜計の連続記録への要望が一層高まった。初期の自記水管傾斜計ではマイケルソン型干渉装置を使用した写真記録が成功していた (MICHELSON and GALE, 1919)。フロートを用いた水管傾斜計は津村 (1960), 続いて江頭 (1965), 嶺ほか (1971) による試作が成功した。地震研究所における, 第一の試みは水面高の測定に超音波を使用した方法であったが, これは失敗した (山田, 1973)。次に試みられたのはフロートの使用であった。水管傾斜計にフロートを用いる試みは地震研究所技術部 (1973) によって実用化された。油壺観測所における, フロート型自記水管傾斜計設置は, 他の地殻変動観測所に先駆けて1971年8月であった。フロートの変位を電気信号に変えるためのトランスデューサには差動トランスが用いられたが, 後に磁気センサになった。

磁気センサを観測坑内のように高湿の場所で使用する場合, 問題点は寿命にある (柳澤, 1990)。このフロート型自記水管傾斜計の実用化を見極めて, 1978年12月石本式水平振子傾斜計と交代した。この観測も1979年4月25日に廃止した。

4.4. 水晶管伸縮計

熔融水晶または石英管によって作られた標準尺を用いて, 土地の伸縮を測定しようとの最初の試みは TAKAHASI (1934) によって行われている。このときは半地下構造で標準尺のガラス管は油に浮かせて保持した。次いで HAGIWARA *et al.*, (1948, 1949a, 1949b), 萩原ほか (1949) は油壺観測所に最初の水晶管伸縮計を設置した。この伸縮計の構造を Fig. 6 に示す。標準尺は外径 7 mm の熔融水晶管が使用され, この管の接続には金属金具が使用されていた。標準尺の保持方法は, 1 m 毎に設けられた保持台の上に良質のガラス板を置き, その上の小さなローラが水晶管を受けるようになっていた。検出装置として水晶管に接した小さなローラに反射鏡を付加させた, 写真記録方式が採用された。この油壺観測所と同じ装置が松山観測所 (柳沢, 1983b) と間瀬観測所 (若杉・柳沢, 1985) にも設置されていた。このようなローラを用いる方式については BALAVADZE *et al.*, (1965) の批判がある。また竹本 (1975) によれば, ローラによる摩擦によって検出量が実際より数 10% 小さくなることがあった。

油壺観測所の水晶管伸縮計は長さが各々 10 m の E'-W' 成分 (N99°E), 25 m の N'-S' 成分 (N22°E) および 8 m の NW-SE 成分 (N115°E) からなっていた。これらの感度はおよそ $1.3 \sim 3.8 \times 10^{-7}/\text{mm}$ (いずれも記録印画紙上) であった。観測は 1948年3月12日より開始され, 1979年4月25日まで行なわれた。この伸縮計の観測データは HAGIWARA *et al.* (1948, 1949a, 1951b), 萩原ほか (1949) および地震研究所・油壺・鋸山地殻変動観測所 (1969, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1978, 1980) によってかなりの部分が発表された。

4.5. 気象関係のデータ

(a) 水銀温度計による坑内温度測定

観測坑の開設当初から, Fig. 3 の×印に示す4ヶ所に水銀棒状温度計を配置し, 水管傾斜計の観測の時に観測坑内の温度を測定していた。この温度計4本の読取値を先ず観測毎に平均し, さらに月平均して Fig. 13 中に示した。これを見ると年周温度変化が始めは大きくて年が経過するとともにその値が小さくなっている。これは観測所の坑口の扉などの断熱効果と, 観測坑の最奥の部分が石垣になっていて小穴がありこれの断熱効果を示して

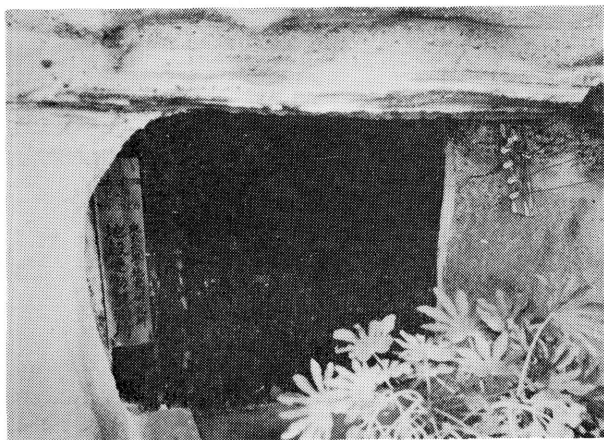


Fig. 7. Approach to the former tunnel of the Aburatsubo Crustal Movement Observatory, in about 1947.



Fig. 8. Approach to the former tunnel of the Aburatsubo Crustal Movement Observatory, in about March, 1960.

いる。これらの設備の変化を時の経過とともに記した当時の施設長萩原の覚書が残っているので、これと観測野帳を併せて見ていくことにする。

1951年 6月 4~6日 伸縮計の NE-SW 成分の奥の石垣の風穴を塞いだ。

1955年 11月 16日 坑口の扉がスカンになっていたため塞ぐ。

1960年 3月 17日 坑口に扉を増設完成。

1967年 6月 23日 奥を塞いで温度変化を小さくする。

このように時間と共に変化してきた。開設当時の入口の写真を Fig. 7 に示す。これによ
ると観測坑口はスカンになっている。また、旧観測坑の廃止直前の坑口の写真を Fig. 8
に示すが、この扉は上記の Fig. 7 の扉の前約 1 m の所に増設したものである。この様な
ことから Fig. 13 の温度変化が理解される。

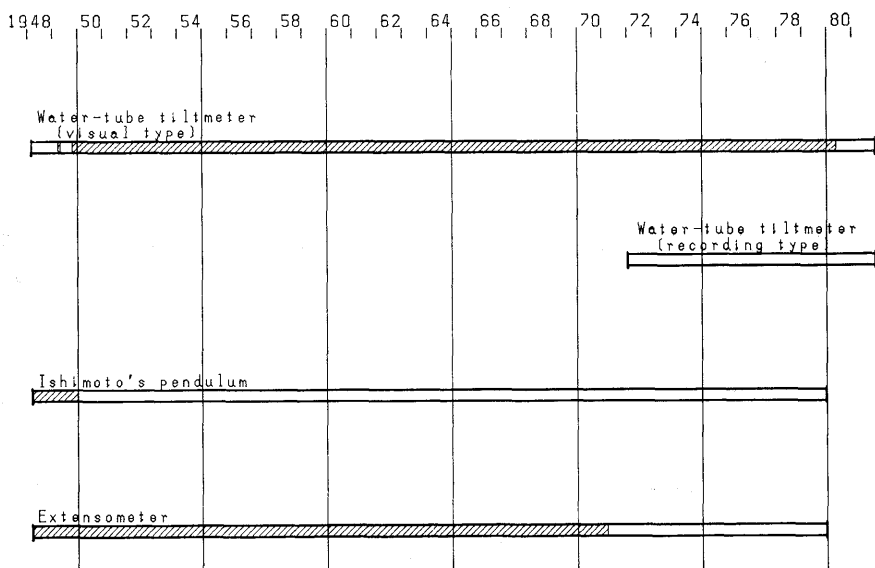


Fig. 9. Routine data observed at the Aburatsubo Crustal Movement Observatory. Hatched parts indicate publication of the data.

(b) 地中温度の測定

旧観測坑内において観測開始当初から、曲管地中温度計を用いて地中温度を測定していた。測定する地中温度計は深さは 20 cm 用のものである。観測の場所は Fig. 10 の鉛直成分伸縮計 K の近くと、小型伸縮計 D の近くである。観測は 1950 年 9 月 7 日から開始されている。観測の方法は水管傾斜計の読取のため入坑した時に温度計の読取をしている。観測は読取水管傾斜計と同じ 1981 年 12 月 7 日まで行なわれていた。報告は行なわれていない。

(c) 自記温度計

1955 年 1 月 1 日から 7 日巻の自記温度計が併用された。観測地点は臨海実験所本館屋上で行なわれている。観測は 1967 年 12 月 30 日に中止された。

以上の長期定常観測の継続状況をグラフ化したものが Fig. 9 に示されている。学会誌等に既に報告が出された部分を、とくに斜線を施して示している。

5. 観測所における短期あるいは周辺の観測

油壺観測所における短期あるいは臨時の観測は多種目にわたっている。その一つ一つについて概要を説明しよう。短期観測と臨時観測のほとんどは旧観測坑が設置された当時に行われている。この様子を見るため HAGIWARA *et al.* (1948) の中から開設当時の観測坑内の測定器の配置を Fig. 10 に示す、後の坑内配置図 Fig. 3 に比較してかなり多くの測定器の移動があったことがわかる。

5.1. 移動水管傾斜計

移動水管傾斜計は山田 (1973) によって、携帯型として説明があるのみで、そのほか文

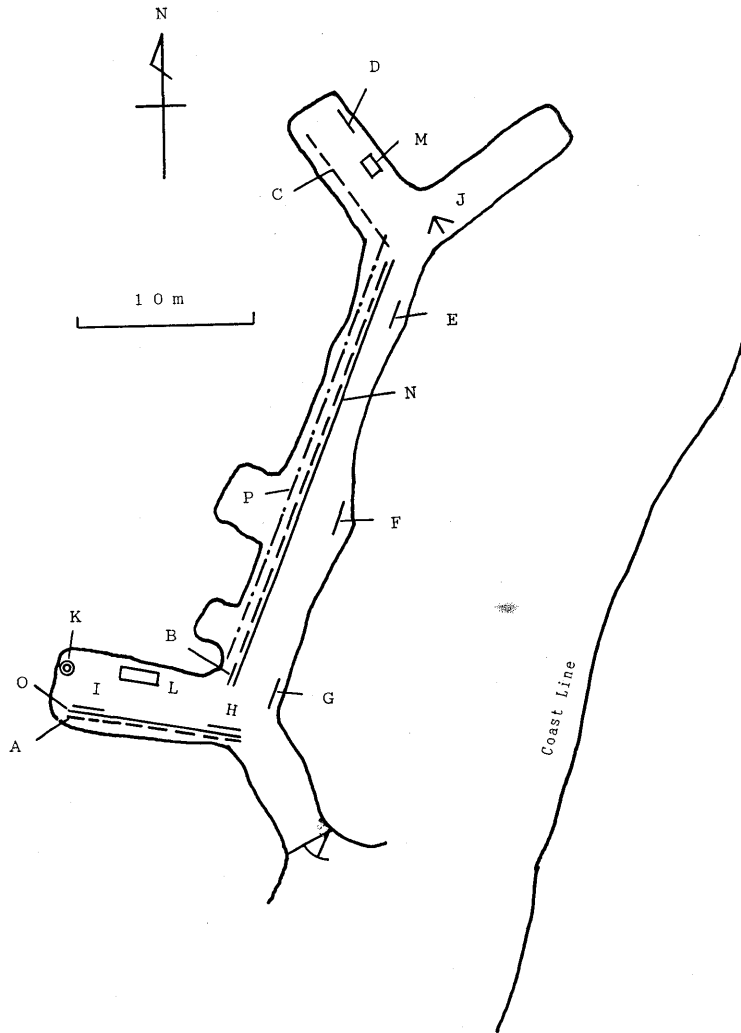


Fig. 10. Plan of the former tunnel of the Aburatsubo Crustal Movement Observatory in about 1947. A, B and C: Silica-tube extensometer, D, E, F, G, H and I: Fused-silica extensometer, the length is 1 m, J: Fused-silica extensometer of three components, K: Fused-silica extensometer for vertical component, L and M: Ishimoto's horizontal pendulum tiltmeter, N and O: Water-tube tiltmeter, P: superinver-wire extensometer.

章化されたものは見あたらなかった。このほか、松山観測所においても使用されている(柳沢, 1983b)。読取型水管傾斜計は測定台上から水面高を絶対測定しているため傾斜の変化を絶対測定していることになる。これに対して、移動水管傾斜計はポットを反転移動して、気泡管における反転と同様なことを考え、傾斜の絶対値を測定しようとしたものである。油壺観測所においては観測開始当初から、1967年1月まで観測が続けられている。推察すると途中で測定を中止した原因は再現性の点で問題があったように思われる。この当時の観測坑の写真を Fig. 11 に示すが、画面の下の方の右の移動水管傾斜計が写っている。

5.2. 各種伸縮計

観測の初期に以下に述べる各種伸縮計の観測を行なっていることはこの観測所の特徴である。

(a) 小型伸縮計

この小型伸縮計は土地の伸縮がいかなる範囲について均一な歪をもっているものかどうかを調べるためであると記されている。このため油壺観測所には定常観測用に長さ 8, 10 と 25 m 伸縮計があることを述べたが、Fig. 10 に示すように長さ 1 m で方式は定常観測成分と併行して伸縮計を 6 個製作した (HAGIWARA *et al.* 1949a; 萩原ほか, 1949)。

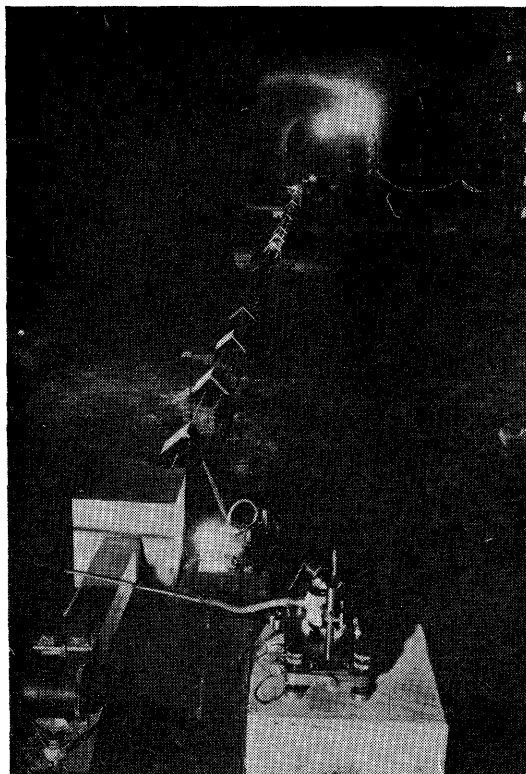


Fig. 11. Interior photograph of the former tunnel of the Aburatsubo Crustal Movement Observatory in about 1947.

各伸縮計の感度は $5.5 \times 10^{-7}/\text{mm}$ で、観測は1948年10月～1949年2月までの期間に、一ヵ所1～2週間という短い期間で順次測定した。観測結果は定常観測用の伸縮計の示す歪に対して0.75～0.94倍の値を示している。このことは観測方式として先に伸縮計のところでも述べたが、感度増倍用にローラを用いていることが大きな原因であると考えられる。

(b) 三成分伸縮計

上記の小型伸縮計を三角形に配置して、異なる三成分を同一地点で同時に測定しようとしたものである (Fig. 3 参照)。伸縮計の寸法や観測期間などは上記 (a) と同じである。この後1953年8月に笠原が三成分伸縮計の寸法を約6mに伸ばした工事をしたが (Earthq. Res. Inst., 1960), 結果の報告は行なわれていない。

(c) 鉛直成分伸縮計

上記の (a) の小型伸縮計と時を同じくして、この鉛直成分伸縮計が作られている。伸縮計の長さは2mで、感度は記録紙上で $2.5 \times 10^{-7}/\text{mm}$ であった (萩原ほか, 1949)。観測坑内にある鉛直成分伸縮計のほぼ直上の山の上に給水用の水槽 (長径8.1m, 短径3.8mの楕円形の断面) があり、水面が低下すると自動的に注水するようになっていて、その水量の較差は計算によると 4.7 m^3 であることが調べられている。観測値と BOUSSINESQ の方法による解を比較してよく合っていると報告している。

(d) スーパーインバ線伸縮計

油壺観測所の開設時にスーパーインバ線を用いた伸縮計が作られていた (佐々ほか, 1949)。この伸縮計は伸縮計の N-S 成分に併行して設置されていた (萩原ほか, 1949)。伸縮計の長さは25mであったが、ドリフトが大きすぎて観測結果の発表には至らなかったようである。

(e) 坑井型傾斜計

1971年8月に設置し1974年7月に撤去したとの記録が残っているが、詳細はよく分からない。坑井型傾斜計を富士川観測所に設置したことが岡田ほか (1975) に記されているので、これと同型の可能性が大きい。垂直振子の動きを差動トランスで検出する、振子の長さ30cmである。後に、この坑井型傾斜計は改良を加えられて総合観測線の主計器として活躍している。この新しい坑井型傾斜計は地殻変動資料集 (1) (地震研究所地殻変動研究室, 1986) にかなり詳しい図と写真がある。

5.3. 重力測定

ウォルドン重力計による重力測定が観測坑内で行なわれている。TSUBOI et al. (1956) が1952年3月6日に旧観測坑内の水管傾斜計 E'-W' 成分の入り口に近い計器台上で測定し 979.78859 mgal という値を得ている。

5.4. 光波測量

光波測量のための三浦基線網の設置については、1963年当時より計画が行なわれていた (笠原・岡田, 1966)。さらに鋸山観測所周辺にある鋸山基線網と三浦基線網の結合のため三浦水道中基線網が作られた (岡田ほか, 1969)。観測の結果については前記笠原・岡田 (1966), 笠原ほか (1968, 1969, 1970), 岡田ほか (1969), 地震研究所・地殻変動移動班 (1980) により発表されている。

6. 水管傾斜計による永年地殻変動

油壺観測所の旧観測坑における永年地殻変動のデータは、4.1 水管傾斜計の項ですでに説明したように発表されている。これと 4.4 で述べた水晶管伸縮計が主なものである。油

Table 1. List of the reports about the observational data.

Instruments	Authors	Remarks
Water-tube tiltmeter	HAGIWARA <i>et al.</i> (1949a, 1951a)	in English
"	HAGIWARA <i>et al.</i> (1949)	in Japanese
"	E. R. I. Aburatsubo and Nokogiriyama Observatories (1969, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1978, 1980)	"
"	YAMADA (1971, 1973)	"
"	KASAHARA (1973)	in English
ISHIMOTO's Horizontal pendulum tiltmeter	HAGIWARA <i>et al.</i> (1948, 1951a)	"
"	HAGIWARA <i>et al.</i> (1949)	in Japanese
Extensometer	HAGIWARA <i>et al.</i> (1948, 1949a, 1951b)	in English
"	HAGIWARA <i>et al.</i> (1949)	in Japanese
"	E. R. I. Aburatsubo and Nokogiriyama Observatories (1969, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1978, 1980)	"
1 m Extensometer	HAGIWARA <i>et al.</i> (1949a)	in English
"	HAGIWARA <i>et al.</i> (1949)	in Japanese
Vertical type Extensometer	HAGIWARA <i>et al.</i> (1949)	"

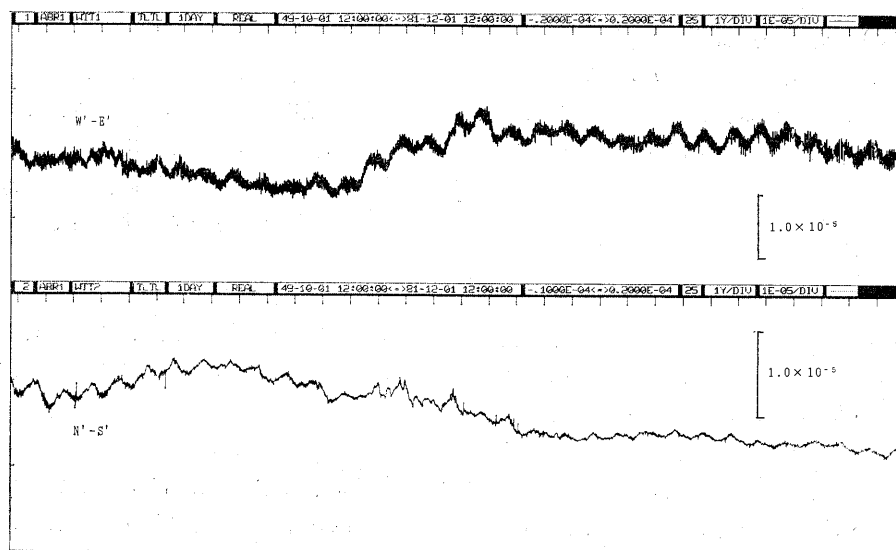


Fig. 12. Example of the crustal movement data-base in E. R. I. that is the crustal tilt data by the water-tube tiltmeter at the former tunnel of the Aburatsubo Crustal Movement Observatory for the period from 1949 to 1981.

Table 2. Secular tilting variations observed at the former tunnel of the Aburatsubo Crustal Movement Observatory.

ABURATSUBO CRUSTAL MOVEMENT OBSERVATORY : WATER-TUBE TILTMETERS (1949--1981: FORMER TUNNEL)												
YEAR MONTH	OBSERVATION		OBS. DAYS		OBSERVATION		COMPONENT		12 MONTH RUNNING		MEANS	
	N'-S' (μ)	W'-E' (μ)	N'-S'	W'-E'	N'-S' (")	W'-E' (")	N-S (")	W-E (")	N'-S' (")	W'-E' (")	N-S (")	W-E (")
1949 OCT	238.8	10.2	21	21	1.970	.211	1.859	.530				
1949 NOV	220.1	4.8	30	30	1.816	.099	1.644	.524				
1949 DEC	211.2	9.1	31	31	1.742	.186	1.644	.469				
1950 JAN	206.1	7.7	31	31	1.700	.159	1.601	.481				
1950 FEB	207.7	-4.9	28	28	1.713	-.101	1.573	.742				
1950 MAR	210.5	-5.6	31	31	1.737	-.115	1.592	.765				
1950 APR	220.0	-12.1	30	30	1.815	-.249	1.644	.927	1.855	-.112	1.702	.806
1950 MAY	230.0	-18.9	31	33	1.897	-.389	1.998	1.096	1.836	-.191	1.673	.878
1950 JUN	232.0	-20.0	30	30	1.914	-.412	1.710	1.125	1.822	-.230	1.653	.910
1950 JUL	242.8	-15.8	31	31	2.003	-.325	1.806	1.072	1.803	-.264	1.630	.937
1950 AUG	238.9	-9.3	31	31	1.971	-.192	1.797	.928	1.774	-.278	1.601	.940
1950 SEP	240.2	-10.5	30	30	1.982	-.216	1.803	.957	1.748	-.288	1.575	.940
1950 OCT	226.1	-13.7	31	31	1.866	-.283	1.685	.979	1.718	-.291	1.547	.932
1950 NOV	205.8	-17.5	30	30	1.697	-.362	1.517	.994	1.691	-.281	1.524	.912
1950 DEC	190.2	-13.3	31	31	1.569	-.274	1.412	.859	1.669	-.264	1.506	.887
1951 JAN	177.7	-12.1	31	31	1.466	-.250	1.320	.797	1.640	-.253	1.481	.865
1951 FEB	166.6	-13.2	28	28	1.375	-.272	1.232	.784	1.623	-.247	1.466	.852
1951 MAR	171.6	-11.3	31	31	1.416	-.233	1.276	.761	1.606	-.243	1.451	.842
1951 APR	177.3	-13.7	30	30	1.462	-.283	1.312	.828	1.596	-.239	1.442	.835
1951 MAY	190.1	-13.1	31	31	1.568	-.269	1.412	.854	1.596	-.236	1.442	.832
1951 JUN	200.7	-10.2	30	30	1.656	-.210	1.502	.829	1.602	-.233	1.449	.831
1951 JUL	200.8	-9.2	31	31	1.657	-.189	1.506	.808	1.612	-.227	1.459	.829
1951 AUG	213.7	-5.8	31	31	1.763	-.119	1.616	.779	1.636	-.215	1.483	.826
1951 SEP	214.7	-8.1	30	30	1.771	-.168	1.616	.830	1.652	-.209	1.499	.826
1951 OCT	212.1	-11.6	31	31	1.750	-.238	1.585	.891	1.668	-.207	1.514	.830
1951 NOV	205.2	-16.0	30	30	1.693	-.329	1.518	.960	1.683	-.213	1.527	.841
1951 DEC	199.3	-11.2	31	31	1.645	-.231	1.488	.845	1.695	-.227	1.536	.860
1952 JAN	192.6	-8.9	31	31	1.589	-.184	1.444	.778	1.708	-.227	1.548	.865
1952 FEB	201.9	-6.1	29	29	1.666	-.126	1.525	.750	1.722	-.220	1.552	.863
1952 MAR	194.3	-7.6	31	31	1.603	-.156	1.462	.755	1.736	-.212	1.576	.860
1952 APR	201.0	-12.8	30	30	1.658	-.264	1.496	.883	1.748	-.205	1.589	.858
1952 MAY	211.3	-16.5	31	31	1.743	-.340	1.563	.989	1.755	-.188	1.598	.844
1952 JUN	218.7	-18.2	30	30	1.804	-.375	1.614	1.047	1.759	-.177	1.603	.835
1952 JUL	219.9	-9.5	31	31	1.814	-.197	1.651	.874	1.765	-.155	1.612	.815
1952 AUG	233.2	-1.3	31	31	1.924	-.027	1.780	.748	1.767	-.138	1.617	.799
1952 SEP	234.8	-3.6	30	30	1.937	-.074	1.846	.800	1.780	-.129	1.630	.795
1952 OCT	230.6	-7.5	31	31	1.902	-.155	1.739	.867	1.795	-.107	1.647	.779
1952 NOV	215.6	-6.1	30	30	1.778	-.125	1.629	.791	1.809	-.080	1.665	.757
1952 DEC	205.0	-5.1	31	31	1.691	-.106	1.551	.739	1.826	-.065	1.682	.749
1953 JAN	201.7	4.3	31	31	1.664	.089	1.556	.536	1.842	-.067	1.697	.757
1953 FEB	204.3	3.8	28	28	1.685	.078	1.574	.555	1.855	-.070	1.709	.765
1953 MAR	212.9	-2.7	31	31	1.756	-.056	1.619	.714	1.866	-.076	1.718	.775
1953 APR	222.4	.0	30	30	1.835	.000	1.701	.688	1.873	-.073	1.725	.775
1953 MAY	232.4	-.4	31	31	1.917	-.007	1.776	.726	1.886	-.073	1.737	.779
1953 JUN	243.1	-10.0	30	30	2.006	-.206	1.827	.955	1.906	-.081	1.754	.795
1953 JUL	243.4	-10.2	31	31	2.008	-.211	1.829	.961	1.925	-.095	1.769	.815
1953 AUG	252.7	-3.0	31	31	2.085	-.063	1.923	.844	1.942	-.105	1.778	.833
1953 SEP	250.1	-7.3	30	30	2.063	-.150	1.889	.922	1.956	-.110	1.796	.842
1953 OCT	241.2	-5.8	31	31	1.990	-.119	1.826	.864	1.974	-.128	1.810	.866
1953 NOV	234.2	-5.9	30	30	1.932	-.121	1.772	.844	1.990	-.154	1.821	.898
1953 DEC	233.8	-10.0	31	31	1.929	-.207	1.756	.927	2.003	-.156	1.832	.905
1954 JAN	228.9	-3.7	31	31	1.888	-.076	1.738	.783	2.018	-.158	1.846	.913
1954 FEB	229.8	-2.5	28	28	1.896	-.051	1.749	.761	2.040	-.171	1.864	.924
1954 MAR	232.8	-5.3	31	31	1.921	-.110	1.763	.829	2.066	-.175	1.888	.948
1954 APR	248.4	-10.4	30	30	2.049	-.214	1.866	.980	2.091	-.177	1.911	.959
1954 MAY	256.1	-15.6	31	31	2.113	-.322	1.908	1.111	2.118	-.175	1.936	.967
1954 JUN	261.5	-10.9	30	30	2.158	-.225	1.965	1.032	2.140	-.158	1.960	.959
1954 JUL	265.5	-11.8	31	31	2.190	-.243	1.992	1.062	2.163	-.144	1.982	.953
1954 AUG	284.4	-10.5	31	31	2.346	-.216	2.141	1.093	2.185	-.135	2.005	.953
1954 SEP	288.6	-9.7	30	30	2.381	-.200	2.176	1.090	2.210	-.137	2.027	.944
1954 OCT	277.3	-8.5	31	31	2.288	-.134	2.100	.990	2.226	-.138	2.042	.971
1954 NOV	273.8	-5.0	30	30	2.259	-.104	2.077	.950	2.239	-.133	2.055	.971
1954 DEC	266.3	.0	31	31	2.197	.000	2.037	.824	2.254	-.145	2.067	.989
1955 JAN	261.3	4.4	31	31	2.156	.090	2.012	.720	2.274	-.155	2.084	1.006
1955 FEB	262.7	3.1	28	28	2.167	.063	2.019	.750	2.290	-.160	2.098	1.017
1955 MAR	268.0	-7.0	31	31	2.211	-.144	2.027	.971	2.300	-.157	2.108	1.017
1955 APR	272.9	-10.8	30	30	2.251	-.221	2.053	1.063	2.310	-.154	2.117	1.019
1955 MAY	274.6	-12.8	31	31	2.265	-.263	2.059	1.109	2.313	-.157	2.120	1.023
1955 JUN	282.9	-18.1	30	30	2.334	-.372	2.105	1.243	2.318	-.176	2.121	1.043
1955 JUL	295.3	-17.3	31	31	2.436	-.357	2.202	1.267	2.325	-.206	2.123	1.076
1955 AUG	307.5	-13.7	31	31	2.537	-.283	2.308	1.231	2.329	-.236	2.122	1.107
1955 SEP	302.7	-7.6	30	30	2.497	-.156	2.291	1.091	2.351	-.255	2.121	1.126
1955 OCT	291.4	-5.1	31	31	2.404	-.104	2.212	1.004	2.333	-.266	2.122	1.137
1955 NOV	278.9	-6.8	30	30	2.301	-.141	2.111	1.002	2.340	-.276	2.126	1.150
1955 DEC	273.7	-10.9	31	31	2.258	-.224	2.058	1.068	2.345	-.273	2.132	1.149
1956 JAN	271.7	-13.1	31	31	2.242	-.270	2.036	1.107	2.346	-.266	2.133	1.143
1956 FEB	268.7	-14.6	29	29	2.217	-.302	2.008	1.129	2.343	-.269	2.130	1.144
1956 MAR	270.0	-17.9	31	31	2.228	-.370	2.007	1.201	2.347	-.284	2.131	1.161
1956 APR	276.8	-16.8	30	30	2.283	-.345	2.063	1.197	2.356	-.308	2.136	1.188
1956 MAY	284.2	-18.9	31	31	2.344	-.389	2.112	1.264	2.368	-.327	2.144	1.211
1956 JUN	290.7	-16.0	30	30	2.399	-.331	2.172	1.226	2.379	-.346	2.151	1.234
1956 JUL	295.9	-13.8	31	31	2.441	-.284	2.219	1.194	2.391	-.364	2.160	1.256
1956 AUG	304.0	-15.1	31	31	2.508	-.311	2.276	1.247	2.403	-.387	2.167	1.283
1956 SEP	308.1	-16.4	30	30	2.542	-.337	2.303	1.287	2.413	-.411	2.173	1.311
1956 OCT	303.8	-19.3	31	31	2.506	-.398	2.261	1.333	2.423	-.440	2.178	1.344
1956 NOV	297.0	-17.6	30	30	2.450	-.363	2.215	1.278	2.430	-.471	2.179	1.376
1956 DEC	289.7	-21.8	31	31	2.390	-.450	2.145	1.341	2.432	-.508	2.175	1.412

(to be continued)

Table 2. Continued

YEAR MONTH	OBSERVATION		OBS. DAYS		OBSERVATION		COMPONENT		12 MONTH RUNNING MEANS		COMPONENT	
	N-S (μ)	W-E (μ)	N-S	W-E	N-S (μ)	W-E (μ)	N-S (μ)	W-E (μ)	N-S (μ)	W-E (μ)	N-S (μ)	W-E (μ)
1957 JAN	288.8	-23.9	31	31	2.383	-.493	2.132	1.380	2.429	-.532	2.168	1.437
1957 FEB	286.4	-27.8	28	28	2.363	-.572	2.101	1.451	2.427	-.551	2.164	1.454
1957 MAR	285.2	-31.8	31	31	2.353	-.655	2.079	1.530	2.424	-.562	2.159	1.464
1957 APR	291.3	-34.1	30	30	2.403	-.702	2.118	1.595	2.418	-.569	2.153	1.469
1957 MAY	293.6	-36.5	31	31	2.422	-.751	2.128	1.650	2.416	-.585	2.149	1.485
1957 JUN	293.2	-36.5	30	30	2.419	-.753	2.125	1.651	2.416	-.596	2.147	1.494
1957 JULY	291.4	-29.2	31	31	2.404	-.602	2.135	1.496	2.411	-.613	2.139	1.509
1957 AUG	300.3	-25.8	31	31	2.468	-.531	2.224	1.457	2.405	-.628	2.132	1.523
1957 SEP	303.4	-22.8	30	30	2.503	-.470	2.247	1.403	2.400	-.641	2.125	1.534
1957 OCT	295.9	-23.5	31	31	2.441	-.485	2.187	1.394	2.394	-.652	2.117	1.542
1957 NOV	294.2	-27.3	30	30	2.427	-.562	2.162	1.466	2.387	-.659	2.110	1.546
1957 DEC	289.2	-27.7	31	31	2.386	-.571	2.123	1.459	2.382	-.666	2.104	1.551
1958 JAN	281.3	-33.9	31	31	2.321	-.699	2.042	1.561	2.379	-.684	2.098	1.568
1958 FEB	278.3	-36.8	28	28	2.296	-.759	2.010	1.611	2.369	-.706	2.086	1.586
1958 MAR	277.9	-39.5	31	31	2.293	-.813	1.999	1.663	2.357	-.732	2.071	1.607
1958 APR	282.1	-40.5	30	30	2.327	-.833	2.027	1.696	2.338	-.762	2.048	1.629
1958 MAY	284.2	-40.2	31	31	2.344	-.827	2.044	1.696	2.314	-.777	2.024	1.635
1958 JUN	285.6	-40.6	30	30	2.356	-.837	2.054	1.710	2.293	-.796	2.001	1.646
1958 JULY	286.5	-40.0	31	31	2.364	-.823	2.063	1.700	2.270	-.811	1.978	1.653
1958 AUG	287.4	-38.8	31	31	2.371	-.798	2.074	1.678	2.250	-.827	1.957	1.661
1958 SEP	288.6	-37.7	30	30	2.364	-.771	2.071	1.648	2.228	-.840	1.934	1.665
1958 OCT	267.2	-41.1	31	31	2.205	-.846	1.912	1.662	2.206	-.849	1.913	1.667
1958 NOV	259.9	-36.3	30	30	2.144	-.747	1.871	1.542	2.185	-.862	1.891	1.671
1958 DEC	257.8	-38.8	31	31	2.127	-.800	1.847	1.588	2.167	-.868	1.873	1.671
1959 JAN	248.4	-42.7	31	31	2.050	-.880	1.763	1.638	2.151	-.877	1.857	1.673
1959 FEB	249.9	-46.3	28	28	2.061	-.953	1.762	1.684	2.137	-.883	1.843	1.674
1959 MAR	244.6	-46.6	31	31	2.018	-.960	1.721	1.705	2.125	-.891	1.831	1.677
1959 APR	250.8	-46.2	30	30	2.069	-.951	1.770	1.716	2.121	-.894	1.827	1.679
1959 MAY	253.4	-47.2	31	31	2.091	-.973	1.786	1.745	2.116	-.910	1.820	1.693
1959 JUN	259.5	-44.7	30	30	2.141	-.920	1.841	1.712	2.106	-.917	1.809	1.696
1959 JULY	267.2	-42.7	31	31	2.172	-.921	1.870	1.724	2.096	-.917	1.800	1.692
1959 AUG	266.1	-42.5	31	31	2.202	-.876	1.906	1.692	2.087	-.911	1.792	1.683
1959 SEP	269.4	-41.8	30	30	2.223	-.860	1.926	1.684	2.084	-.907	1.791	1.678
1959 OCT	260.9	-43.1	31	31	2.152	-.887	1.857	1.683	2.075	-.913	1.781	1.680
1959 NOV	253.2	-45.5	30	30	2.089	-.938	1.790	1.710	2.063	-.912	1.770	1.674
1959 DEC	242.1	-43.0	31	31	1.997	-.885	1.713	1.623	2.050	-.905	1.759	1.662
1960 JAN	234.7	-42.6	31	31	1.936	-.878	1.658	1.593	2.037	-.894	1.749	1.647
1960 FEB	236.5	-43.0	29	29	1.951	-.885	1.671	1.606	2.022	-.878	1.737	1.626
1960 MAR	240.9	-44.4	31	31	1.988	-.915	1.700	1.650	2.004	-.855	1.724	1.596
1960 APR	237.4	-49.5	30	30	1.959	-1.021	1.656	1.743	1.988	-.834	1.712	1.569
1960 MAY	235.6	-46.4	31	31	1.944	-.955	1.653	1.673	1.976	-.815	1.705	1.546
1960 JUN	243.3	-43.7	30	30	1.982	-.835	1.708	1.568	1.969	-.799	1.700	1.528
1960 JULY	245.3	-38.3	31	31	2.024	-.789	1.753	1.539	1.944	-.790	1.693	1.509
1960 AUG	244.7	-33.5	31	31	2.019	-.691	1.764	1.440	1.934	-.785	1.671	1.501
1960 SEP	243.2	-27.9	30	30	2.006	-.575	1.770	1.321	1.900	-.785	1.639	1.488
1960 OCT	236.9	-31.1	31	31	1.955	-.641	1.712	1.366	1.868	-.785	1.609	1.476
1960 NOV	237.0	-34.3	30	30	1.955	-.707	1.702	1.431	1.839	-.792	1.582	1.472
1960 DEC	231.1	-33.9	31	31	1.906	-.698	1.658	1.404	1.812	-.812	1.553	1.482
1961 JAN	215.9	-37.4	31	31	1.782	-.770	1.531	1.429	1.782	-.829	1.522	1.487
1961 FEB	205.3	-39.9	28	28	1.693	-.822	1.442	1.427	1.758	-.841	1.498	1.490
1961 MAR	190.9	-44.4	31	31	1.575	-.915	1.317	1.494	1.738	-.856	1.477	1.497
1961 APR	191.1	-49.6	30	30	1.577	-1.022	1.302	1.601	1.722	-.867	1.462	1.502
1961 MAY	195.9	-45.7	31	31	1.599	-1.038	1.321	1.625	1.705	-.882	1.443	1.511
1961 JUN	199.7	-52.3	30	30	1.647	-.977	1.359	1.599	1.681	-.889	1.427	1.511
1961 JULY	202.1	-48.1	31	31	1.667	-.991	1.391	1.605	1.682	-.889	1.421	1.509
1961 AUG	209.8	-40.7	31	31	1.731	-.839	1.473	1.478	1.680	-.888	1.419	1.507
1961 SEP	214.0	-36.5	30	30	1.766	-.753	1.519	1.406	1.688	-.883	1.427	1.505
1961 OCT	214.8	-37.2	31	31	1.772	-.767	1.523	1.423	1.699	-.864	1.440	1.491
1961 NOV	210.1	-39.0	30	30	1.741	-.891	1.475	1.533	1.709	-.854	1.454	1.465
1961 DEC	209.1	-39.3	31	31	1.725	-.809	1.473	1.446	1.714	-.780	1.467	1.414
1962 JAN	205.4	-35.9	31	31	1.694	-.740	1.455	1.367	1.718	-.716	1.481	1.352
1962 FEB	202.1	-39.3	28	28	1.668	-.809	1.420	1.425	1.721	-.652	1.493	1.290
1962 MAR	202.6	-41.6	31	31	1.672	-.857	1.416	1.473	1.722	-.588	1.505	1.227
1962 APR	206.4	-38.9	30	30	1.703	-.801	1.454	1.430	1.727	-.523	1.519	1.165
1962 MAY	208.5	-32.8	31	31	1.720	-.675	1.489	1.332	1.736	-.454	1.539	1.099
1962 JUN	207.7	-20.9	30	30	1.713	-.430	1.521	1.067	1.745	-.383	1.558	1.033
1962 JULY	207.4	-10.9	31	31	1.711	-.225	1.551	.864	1.746	-.323	1.568	.974
1962 AUG	213.6	-3.6	31	31	1.762	-.073	1.622	.733	1.740	-.268	1.571	.917
1962 SEP	216.5	.9	30	30	1.786	.018	1.658	.652	1.732	-.214	1.572	.861
1962 OCT	221.2	.5	31	31	1.825	.011	1.694	.673	1.727	-.165	1.575	.811
1962 NOV	224.7	-2.7	30	30	1.854	-.056	1.710	.751	1.730	-.111	1.587	.759
1962 DEC	221.9	2.0	31	31	1.831	.042	1.704	.645	1.722	-.060	1.587	.705
1963 JAN	207.2	-1.3	31	31	1.709	-.027	1.580	.668	1.719	-.015	1.591	.659
1963 FEB	192.6	-6.9	28	28	1.589	-.143	1.450	.737	1.719	.026	1.598	.619
1963 MAR	191.3	-10.4	31	31	1.578	-.215	1.429	.804	1.723	.066	1.607	.581
1963 APR	195.8	-9.9	30	30	1.649	-.204	1.496	.820	1.731	.114	1.623	.537
1963 MAY	212.8	-1.7	31	31	1.756	-.035	1.622	.693	1.727	-.169	1.622	.481
1963 JUN	195.9	9.3	30	30	1.617	.191	1.528	.418	1.756	.213	1.642	.414
1963 JULY	202.3	15.1	31	31	1.669	.310	1.595	.319	1.739	.255	1.652	.401
1963 AUG	214.9	20.3	31	31	1.773	.418	1.708	.252	1.732	.304	1.653	.349
1963 SEP	221.0	24.2	30	30	1.824	.499	1.768	.191	1.710	.352	1.640	.293
1963 OCT	233.8	28.3	31	31	1.929	.583	1.879	.147	1.689	.397	1.628	.241
1963 NOV	219.1	29.7	30	30	1.807	.612	1.771	.073	1.664	.437	1.610	.192
1963 DEC	234.0	27.3	31	31	1.930	.563	1.877	.168	1.642	.457	1.593	.164
1964 JAN	212.7	23.2	31	31	1.755	.478	1.701	.186	1.606	.469	1.562	.139
1964 FEB	181.6	21.7	29	29	1.498	.446	1.458	.121	1.580	.484	1.540	.114
1964 MAR	159.9	17.8	31	31	1.319	.367	1.280	.132	1.554	.498	1.518	.091
1964 APR	169.3	16.5	30	30	1.397	.339	1.347	.186	1.519	.501	1.486	.075
1964 MAY	175.6	21.4	31	31	1.448	.441	1.411	.108	1.489	.499	1.458	.065
1964 JUN	163.9	20.9	30	30	1.352	.430	1.320	.082	1.450	.493	1.421	.057
1964 JULY	150.9	21.8	31	31	1.245	.448	1.224	.024	1.420	.490	1.393	.048
1964 AUG	176.3	29.2	31	31	1.455	.602	1.443	-.049	1.424	.482	1.395	.058
1964 SEP	183.1	32.3	30	30	1.511	.666	1.504	-.091	1.438	.478	1.407	.067
1964 OCT	183.5	30.0	31	31	1.514	.618	1.500	-.042	1.447	.470	1.415	.078
1964 NOV	174.5	28.8	30	30	1.439	.593	1.427	-.046	1.460	.464	1.426	.090
1964 DEC	178.5	23.7	31	31	1.472	.488	1.441	.070	1.485	.474	1.450	.088

(to be continued)

Table 2. Continued

YEAR MONTH	OBSERVATION		OBS. DAYS		OBSERVATION		COMPONENT		12 MONTH RUNNING MEANS		COMPONENT	
	N-S' (μ)	W-E' (μ)	N-S'	W-E'	N-S' (")	W-E' (")	N-S (")	W-E (")	OBSERVATION N-S' W-E'	N-S (")	W-E (")	
1965 JAN	169.1	21.5	31	31	1.395	.443	1.362	.085	1.523	.501	1.490	.077
1965 FEB	186.6	16.7	28	28	1.540	.345	1.481	-.237	1.551	.524	1.519	-.062
1965 MAR	180.3	15.5	31	31	1.488	.319	1.429	-.243	1.580	.551	1.551	-.048
1965 APR	182.8	12.1	30	30	1.508	.250	1.437	-.319	1.597	.607	1.575	-.001
1965 MAY	194.6	17.6	31	31	1.605	.362	1.545	.245	1.605	.668	1.592	-.058
1965 JUN	199.2	27.2	30	30	1.643	.560	1.611	-.043	1.602	.731	1.599	-.121
1965 JULY	207.2	37.0	31	31	1.709	.763	1.703	-.113	1.601	.792	1.608	-.182
1965 AUG	215.9	43.7	31	31	1.792	.900	1.792	-.221	1.592	.846	1.608	-.240
1965 SEP	226.1	47.3	30	30	1.865	.974	1.881	-.263	1.584	.913	1.611	-.308
1965 OCT	208.2	62.5	31	31	1.718	1.287	1.793	-.627	1.573	.979	1.611	-.378
1965 NOV	186.2	64.2	30	30	1.536	1.321	1.630	-.730	1.554	1.041	1.603	-.446
1965 DEC	173.3	60.4	31	31	1.429	1.245	1.519	-.694	1.529	1.099	1.588	-.513
1966 JAN	168.3	57.3	31	31	1.389	1.181	1.471	-.646	1.497	1.157	1.568	-.582
1966 FEB	174.0	49.1	28	28	1.436	1.012	1.489	-.462	1.461	1.210	1.543	-.648
1966 MAR	168.1	53.3	31	31	1.387	1.097	1.457	-.564	1.421	1.257	1.513	-.709
1966 APR	166.7	51.0	30	30	1.375	1.050	1.439	-.522	1.391	1.272	1.488	-.735
1966 MAY	167.0	53.6	31	31	1.378	1.104	1.450	-.574	1.372	1.277	1.472	-.749
1966 JUN	162.4	60.9	30	30	1.359	1.254	1.437	-.737	1.357	1.290	1.459	-.766
1966 JULY	160.5	71.1	31	31	1.324	1.464	1.456	-.950	1.341	1.288	1.444	-.770
1966 AUG	164.7	74.4	31	31	1.359	1.534	1.499	-1.006	1.318	1.295	1.424	-.785
1966 SEP	167.8	74.4	30	30	1.384	1.533	1.522	-.996	1.298	1.286	1.403	-.784
1966 OCT	164.3	71.1	31	31	1.355	1.465	1.485	-.939	1.249	1.279	1.382	-.784
1966 NOV	157.3	67.5	30	30	1.314	1.391	1.435	-.881	1.241	1.270	1.367	-.782
1966 DEC	150.1	67.7	31	31	1.238	1.394	1.365	-.913	1.252	1.255	1.356	-.770
1967 JAN	145.7	56.4	31	31	1.202	1.162	1.295	-.697	1.244	1.230	1.345	-.749
1967 FEB	140.4	53.1	28	28	1.159	1.093	1.245	-.646	1.235	1.202	1.333	-.724
1967 MAR	138.6	48.0	31	31	1.143	.988	1.214	-.548	1.226	1.179	1.321	-.705
1967 APR	139.7	46.7	30	30	1.153	.942	1.199	-.519	1.213	1.158	1.305	-.689
1967 MAY	141.4	48.5	31	31	1.167	.998	1.237	-.549	1.195	1.142	1.286	-.680
1967 JUN	148.2	52.0	30	30	1.222	1.071	1.300	-.600	1.174	1.121	1.264	-.667
1967 JULY	148.8	56.5	31	31	1.228	1.165	1.320	-.690	1.154	1.119	1.245	-.673
1967 AUG	152.6	58.4	31	31	1.259	1.202	1.355	-.716	1.135	1.115	1.226	-.676
1967 SEP	154.9	60.8	30	30	1.278	1.253	1.380	-.759	1.113	1.088	1.204	-.677
1967 OCT	144.4	59.1	31	31	1.191	1.217	1.294	-.756	1.091	1.100	1.183	-.678
1967 NOV	134.1	58.1	27	30	1.106	1.196	1.212	-.767	1.070	1.092	1.162	-.678
1967 DEC	119.5	55.5	31	31	.986	1.143	1.092	-.759	1.047	1.078	1.139	-.673
1968 JAN	116.2	55.5	31	31	.959	1.143	1.067	-.770	1.023	1.072	1.116	-.675
1968 FEB	111.8	50.2	29	29	.923	1.035	1.017	-.676	1.001	1.077	1.096	-.688
1968 MAR	106.9	44.2	31	31	.882	.910	.959	-.568	.975	1.082	1.072	-.704
1968 APR	108.4	42.1	30	30	.894	.867	.964	-.522	.954	1.092	1.054	-.721
1968 MAY	110.1	44.0	31	31	.908	.907	.984	-.555	.937	1.101	1.040	-.736
1968 JUN	116.0	43.8	30	30	.957	.903	1.028	-.533	.928	1.096	1.031	-.735
1968 JULY	113.6	52.5	31	31	.937	1.082	1.038	-.717	.919	1.090	1.022	-.732
1968 AUG	120.8	61.5	31	31	.996	1.267	1.121	-.878	.909	1.085	1.012	-.731
1968 SEP	116.0	64.0	30	30	.957	1.318	1.093	-.943	.900	1.088	1.004	-.738
1968 OCT	113.9	64.7	31	31	.940	1.334	1.079	-.965	.889	1.097	.996	-.751
1968 NOV	109.5	63.1	30	30	.903	1.300	1.040	-.946	.880	1.103	.988	-.759
1968 DEC	106.5	53.0	31	31	.879	1.092	.985	-.750	.869	1.108	.978	-.769
1969 JAN	103.1	51.6	31	31	.851	1.062	.955	-.730	.853	1.107	.963	-.774
1969 FEB	97.7	47.5	28	28	.806	.977	.899	-.664	.835	1.091	.945	-.765
1969 MAR	94.0	46.2	31	31	.775	.951	.867	-.649	.824	1.072	.931	-.750
1969 APR	92.6	47.4	30	30	.764	.976	.861	-.678	.811	1.056	.917	-.739
1969 MAY	96.9	47.0	31	31	.799	.968	.899	-.656	.801	1.034	.904	-.721
1969 JUN	96.9	47.0	30	30	.810	.968	.907	-.650	.789	1.023	.891	-.715
1969 JULY	90.9	52.2	31	31	.750	1.074	.863	-.780	.777	1.010	.888	-.706
1969 AUG	95.3	52.1	22	22	.786	1.074	.896	-.766	.767	.998	.867	-.699
1969 SEP	98.6	52.5	29	29	.814	1.082	.923	-.764	.759	.980	.856	-.684
1969 OCT	96.1	55.6	31	31	.793	1.145	.914	-.834	.753	.954	.847	-.684
1969 NOV	94.4	50.5	27	27	.779	1.041	.885	-.846	.745	.933	.836	-.642
1969 DEC	89.2	46.7	16	16	.736	.963	.832	-.675	.737	.918	.827	-.630
1970 JAN	85.7	43.5	25	25	.707	.896	.795	-.620	.735	.906	.822	-.620
1970 FEB	83.1	40.9	27	27	.685	.842	.767	-.574	.734	.896	.821	-.610
1970 MAR	82.0	35.4	31	31	.677	.750	.741	-.468	.736	.887	.820	-.601
1970 APR	83.8	32.0	30	30	.691	.660	.744	-.393	.739	.874	.821	-.586
1970 MAY	86.1	35.0	31	31	.711	.722	.771	-.447	.739	.868	.820	-.580
1970 JUN	87.4	38.1	30	30	.721	.785	.791	-.506	.741	.859	.820	-.571
1970 JULY	86.8	45.2	31	31	.716	.931	.809	-.651	.742	.857	.822	-.568
1970 AUG	95.0	46.3	31	31	.784	.953	.875	-.648	.745	.849	.823	-.560
1970 SEP	100.3	47.5	30	30	.827	.979	.920	-.657	.749	.846	.827	-.554
1970 OCT	100.6	47.7	31	31	.830	.982	.922	-.659	.751	.839	.827	-.547
1970 NOV	94.6	47.0	30	30	.781	.969	.875	-.664	.755	.826	.829	-.533
1970 DEC	91.9	41.5	31	31	.758	.854	.836	-.560	.760	.810	.831	-.516
1971 JAN	88.1	42.4	31	31	.727	.873	.810	-.590	.769	.885	.835	-.487
1971 FEB	87.2	36.5	28	28	.719	.753	.784	-.474	.775	.767	.838	-.467
1971 MAR	88.1	33.3	31	31	.726	.686	.780	-.405	.777	.748	.837	-.448
1971 APR	86.5	28.1	30	30	.714	.578	.752	-.304	.777	.727	.835	-.427
1971 MAY	91.5	27.7	31	31	.755	.570	.789	-.280	.780	.700	.839	-.399
1971 JUN	94.7	28.9	31	31	.781	.596	.817	-.266	.786	.679	.834	-.377
1971 JULY	100.3	30.5	31	31	.828	.629	.865	-.265	.791	.664	.837	-.360
1971 AUG	103.8	35.8	31	31	.856	.737	.909	-.207	.796	.654	.840	-.348
1971 SEP	103.4	36.5	29	29	.853	.752	.908	-.223	.798	.648	.841	-.341
1971 OCT	99.8	35.0	30	30	.823	.722	.875	-.225	.805	.639	.844	-.330
1971 NOV	99.3	31.4	30	30	.820	.647	.861	-.332	.812	.634	.852	-.322
1971 DEC	100.2	29.6	29	29	.826	.609	.861	-.292	.821	.625	.858	-.310
1972 JAN	96.2	33.7	31	31	.793	.694	.844	-.388	.825	.625	.863	-.308
1972 FEB	93.7	30.5	29	29	.773	.629	.815	-.332	.829	.621	.866	-.303
1972 MAR	91.6	29.8	30	30	.756	.613	.796	-.322	.832	.623	.868	-.303
1972 APR	96.2	23.0	30	30	.795	.473	.809	-.170	.837	.629	.874	-.290
1972 MAY	102.3	24.7	31	31	.844	.508	.862	-.186	.842	.642	.881	-.281
1972 JUN	107.2	23.8	30	30	.884	.490	.896	-.152	.845	.654	.886	-.329
1972 JULY	106.8	30.4	31	31	.881	.625	.914	-.288	.848	.654	.888	-.348
1972 AUG	109.8	33.5	31	31	.906	.691	.947	-.343	.853	.659	.893	-.331
1972 SEP	106.7	37.3	30	30	.880	.769	.936	-.429	.858	.660	.898	-.331
1972 OCT	107.5	38.8	31	31	.887	.798	.946	-.456	.859	.674	.902	-.344
1972 NOV	106.8	38.8	30	30	.881	.800	.942	-.460	.856	.688	.901	-.359
1972 DEC	104.8	36.5	31	31	.864	.752	.919	-.419	.852	.710	.901	-.381

(to be continued)

Table 2. Continued

YEAR	MONTH	OBSERVATION		OBS. DAYS		OBSERVATION		COMPONENT		12 MONTH RUNNING MEANS			
		N'-S' (")	W'-E' (")	N'-S'	W'-E'	N'-S' (")	W'-E' (")	N-S (")	W-E (")	OBSERVATION	COMPONENT	N-S (")	E-W (")
1973	JAN	100.5	34.0	31	31	.829	-.701	.878	-.381	.852	.732	.904	-.404
1973	FEB	100.5	33.5	28	28	.829	-.690	.876	-.371	.853	.743	.909	-.434
1973	MAR	99.1	30.3	31	31	.817	-.625	.855	-.311	.858	.790	.919	-.459
1973	APR	98.1	31.0	30	30	.810	-.639	.850	-.328	.860	.815	.925	-.483
1973	MAY	96.9	32.9	31	31	.800	-.678	.847	-.369	.858	.839	.926	-.507
1973	JUN	102.5	36.2	30	30	.845	-.746	.900	-.420	.855	.850	.925	-.519
1973	JULY	102.1	43.7	31	31	.875	-.901	.952	-.562	.854	.855	.925	-.524
1973	AUG	110.7	51.3	31	31	.913	1.056	1.011	-.701	.851	.849	.922	-.519
1973	SEP	115.0	53.3	30	30	.949	1.098	1.051	-.729	.848	.840	.917	-.512
1973	OCT	110.4	53.1	31	31	.911	1.094	1.015	-.739	.844	.829	.911	-.503
1973	NOV	103.0	52.9	29	29	.850	1.090	.958	-.758	.843	.817	.909	-.491
1973	DEC	101.3	42.8	28	28	.835	.882	.912	-.558	.841	.808	.906	-.482
1974	JAN	99.2	37.0	30	30	.819	-.763	.878	-.446	.837	.795	.899	-.471
1974	FEB	96.2	29.8	28	28	.794	-.613	.831	-.308	.833	.777	.893	-.455
1974	MAR	93.5	25.4	31	31	.772	-.524	.797	-.228	.827	.759	.885	-.440
1974	APR	92.3	24.8	30	30	.761	-.510	.785	-.218	.822	.741	.877	-.423
1974	MAY	96.2	25.4	31	31	.793	-.524	.817	-.320	.821	.714	.872	-.398
1974	JUN	100.0	31.0	30	30	.825	-.639	.865	-.321	.818	.696	.867	-.381
1974	JULY	99.1	36.2	30	30	.817	-.745	.874	-.430	.814	.682	.861	-.368
1974	AUG	105.2	40.7	31	31	.868	-.839	.936	-.503	.809	.673	.855	-.362
1974	SEP	106.2	43.0	30	30	.875	-.875	.949	-.546	.805	.662	.849	-.350
1974	OCT	103.5	42.5	31	31	.854	-.875	.928	-.544	.802	.651	.845	-.345
1974	NOV	100.9	37.4	30	30	.833	-.769	.892	-.448	.797	.646	.839	-.339
1974	DEC	97.7	32.4	31	31	.806	-.667	.851	-.357	.791	.639	.833	-.334
1975	JAN	93.1	28.8	31	31	.768	-.593	.804	-.298	.787	.634	.828	-.332
1975	FEB	88.9	24.5	28	28	.734	-.505	.759	-.224	.784	.636	.826	-.334
1975	MAR	87.8	19.2	31	31	.725	-.396	.733	-.120	.782	.639	.825	-.338
1975	APR	88.0	18.5	30	30	.726	-.380	.732	-.104	.780	.643	.823	-.343
1975	MAY	88.3	22.1	31	31	.729	-.455	.747	-.176	.775	.658	.821	-.359
1975	JUN	92.4	26.8	30	30	.762	-.553	.793	-.260	.769	.678	.818	-.381
1975	JULY	92.8	33.7	31	31	.766	-.694	.818	-.399	.764	.691	.816	-.396
1975	AUG	100.7	41.5	31	31	.830	-.853	.903	-.534	.761	.703	.815	-.409
1975	SEP	104.0	44.9	25	25	.858	-.926	.940	-.593	.755	.720	.812	-.428
1975	OCT	99.8	44.7	29	29	.823	-.921	.907	-.601	.746	.739	.807	-.451
1975	NOV	93.3	45.9	29	29	.770	-.946	.861	-.646	.737	.758	.801	-.473
1975	DEC	88.9	44.0	28	28	.733	-.906	.821	-.620	.726	.779	.794	-.497
1976	JAN	86.1	36.6	29	29	.710	-.754	.776	-.479	.716	.798	.788	-.520
1976	FEB	84.3	31.6	26	26	.696	-.651	.746	-.382	.705	.813	.780	-.539
1976	MAR	79.5	29.0	26	26	.656	-.598	.701	-.345	.692	.830	.771	-.561
1976	APR	74.7	29.7	26	26	.616	-.611	.666	-.373	.679	.847	.761	-.582
1976	MAY	75.3	33.4	27	27	.621	-.687	.683	-.446	.668	.856	.753	-.595
1976	JUN	76.2	37.0	30	30	.629	-.766	.707	-.551	.660	.859	.746	-.602
1976	JULY	78.0	44.8	31	31	.643	-.922	.740	-.670	.662	.863	.733	-.609
1976	AUG	85.0	50.4	31	31	.701	1.037	.812	-.762	.643	.866	.731	-.615
1976	SEP	85.3	55.0	30	30	.704	1.133	.829	-.856	.637	.868	.726	-.619
1976	OCT	80.6	54.4	31	31	.665	1.120	.791	-.858	.631	.874	.722	-.627
1976	NOV	77.8	51.2	30	30	.641	1.056	.759	-.802	.629	.875	.720	-.628
1976	DEC	77.3	45.9	25	25	.638	.946	.739	-.696	.629	.873	.719	-.626
1977	JAN	74.3	39.0	23	23	.613	-.803	.693	-.563	.628	.870	.718	-.624
1977	FEB	71.6	33.2	21	21	.590	-.684	.654	-.455	.625	.864	.714	-.619
1977	MAR	70.3	30.1	25	25	.580	-.620	.634	-.396	.620	.859	.709	-.616
1977	APR	66.7	33.0	23	23	.550	-.680	.616	-.465	.618	.854	.706	-.612
1977	MAY	72.1	33.8	24	24	.595	-.696	.660	-.445	.617	.849	.704	-.607
1977	JUN	75.8	37.5	23	23	.626	-.772	.700	-.528	.615	.847	.703	-.606
1977	JULY	77.1	43.2	5	5	.636	-.890	.728	-.641	.614	.846	.701	-.605
1977	AUG	79.7	46.8	5	5	.658	-.964	.760	-.706	.615	.849	.703	-.608
1977	SEP	79.1	52.4	5	5	.653	1.079	.773	-.822	.615	.855	.704	-.614
1977	OCT	77.1	51.4	13	13	.636	1.060	.755	-.808	.618	.855	.706	-.614
1977	NOV	76.3	48.0	4	4	.629	.989	.737	-.741	.620	.862	.709	-.619
1977	DEC	75.0	44.9	4	4	.619	.925	.718	-.681	.621	.864	.710	-.621
1978	JAN	72.6	38.2	6	6	.599	-.787	.678	-.553	.622	.874	.713	-.631
1978	FEB	73.1	35.1	4	4	.603	-.724	.672	-.489	.624	.882	.716	-.638
1978	MAR	70.1	33.9	4	4	.579	-.698	.645	-.473	.628	.885	.720	-.649
1978	APR	70.6	33.1	4	4	.583	-.682	.647	-.456	.632	.886	.724	-.639
1978	MAY	74.7	37.5	5	5	.616	-.773	.692	-.532	.637	.884	.728	-.634
1978	JUN	77.3	39.0	5	5	.650	-.803	.717	-.555	.639	.881	.730	-.630
1978	JULY	78.8	49.0	5	5	.650	1.009	.760	-.753	.641	.883	.732	-.632
1978	AUG	82.5	51.3	4	4	.681	1.056	.796	-.788	.640	.887	.731	-.636
1978	SEP	84.9	54.4	4	4	.700	1.120	.824	-.844	.642	.890	.734	-.639
1978	OCT	83.3	51.9	5	5	.687	1.069	.804	-.799	.644	.897	.737	-.645
1978	NOV	83.3	46.6	4	4	.687	.961	.787	-.691	.643	.892	.736	-.640
1978	DEC	78.9	43.1	4	4	.651	.888	.742	-.634	.641	.890	.733	-.638
1979	JAN	75.1	39.2	5	5	.620	-.808	.700	-.565	.639	.876	.729	-.626
1979	FEB	71.3	37.5	4	4	.588	-.773	.665	-.543	.633	.863	.722	-.615
1979	MAR	73.4	36.1	8	8	.606	-.743	.678	-.507	.629	.850	.715	-.604
1979	APR	72.9	37.1	5	5	.601	-.764	.677	-.530	.620	.851	.707	-.608
1979	MAY	74.1	34.5	4	4	.612	-.711	.678	-.473	.607	.863	.697	-.625
1979	JUN	74.6	37.6	4	4	.616	-.775	.692	-.535	.624	.875	.704	-.622
1979	JULY	74.6	41.0	6	6	.616	-.845	.703	-.604	.580	.889	.677	-.661
1979	AUG	74.5	43.8	3	3	.615	-.903	.711	-.662	.568	.892	.666	-.668
1979	SEP	78.3	46.9	4	4	.646	-.966	.749	-.712	.590	.896	.650	-.679
1979	OCT	70.9	52.0	5	5	.582	1.071	.709	-.839	.533	.900	.634	-.690
1979	NOV	64.1	53.9	4	4	.529	1.110	.664	-.898	.515	.911	.620	-.707
1979	DEC	59.6	50.4	5	5	.492	1.038	.618	-.841	.500	.922	.608	-.724
1980	JAN	56.0	47.1	4	4	.462	.971	.580	-.786	.489	.937	.599	-.742
1980	FEB	53.1	39.3	4	4	.438	.809	.532	-.634	.477	.956	.591	-.765
1980	MAR	47.7	38.5	4	4	.394	.793	.489	-.636	.464	.973	.582	-.788
1980	APR	47.1	39.5	4	4	.389	.814	.487	-.658	.451	.983	.572	-.802
1980	MAY	48.9	40.9	4	4	.403	.842	.505	-.681	.422	.979	.562	-.802
1980	JUN	53.1	44.1	5	5	.438	.908	.548	-.733	.432	.982	.554	-.808
1980	JULY	58.0	49.4	4	4	.479	1.017	.602	-.826	.424	.981	.546	-.810
1980	AUG	56.6	54.8	4	4	.467	1.128	.609	-.939	.415	.985	.539	-.818
1980	SEP	59.4	57.3	5	5	.490	1.180	.638	-.982	.408	.979	.531	-.814
1980	OCT	52.5	57.7	3	3	.433	1.188	.587	-1.011	.399	.978	.522	-.817
1980	NOV	50.1	51.6	4	4	.414	1.064	.549	-.896	.390	.969	.513	-.817
1980	DEC	46.0	51.7	5	5	.380	1.065	.518	-.910	.384	.959	.505	-.804

(to be continued)

Table 2. Continued

YEAR MONTH	OBSERVATION		OBS. DAYS		OBSERVATION		COMPONENT		12 MONTH RUNNING MEANS			
	N'-S' (μ)	W'-E' (μ)	N'-S'	W'-E'	N'-S' (")	W'-E' (")	N-S (")	W-E (")	OBSERVATION N'-S' (")	W'-E' (")	COMPONENT N-S (")	E-W (")
1981 JAN	43.9	46.9	4	4	.362	.966	.486	-.818	.378	.943	.498	-.789
1981 FEB	41.0	41.8	4	4	.338	.860	.448	-.723	.378	.927	.495	-.774
1981 MAR	37.2	34.7	5	5	.307	.715	.396	-.591	.377	.905	.490	-.753
1981 APR	33.0	39.1	4	4	.272	.806	.378	-.694	.377	.887	.488	-.735
1981 MAY	36.5	35.7	3	3	.301	.735	.394	-.613	.375	.878	.484	-.727
1981 JUN	44.0	38.3	4	4	.363	.788	.459	-.642	.372	.843	.476	-.693
1981 JULY	50.2	39.7	3	3	.414	.817	.511	-.652				
1981 AUG	55.6	45.6	5	5	.459	.939	.572	-.756				
1981 SEP	58.0	44.8	4	4	.479	.922	.587	-.731				
1981 OCT	53.4	47.1	4	4	.440	.971	.560	-.794				
1981 NOV	46.1	46.4	4	4	.381	.956	.502	-.802				
1981 DEC	42.0	31.0	1	1	.347	.639	.421	-.501				

Table 3. Sensitivity and corrected steps in the data applied to.

Date	Sensitivity		Step correction		Remarks
	W'-E' ($''/\mu$)	N'-S' ($''/\mu$)	W'-E' (μ)	N'-S' (μ)	
Oct. 7, 1949	0.0206	0.00825	0.0	0.0	Observation start
Oct. 1, 1953			+ 16.0		Repair of instrument
May 4, 1957			- 34.0		"
Apr. 24, 1961				- 53.0	"
Oct. 13, 1963				+ 52.0	Unkown
Mar. 28, 1964			+ 37.0		Tsunami of Alaska Earthq.
Jun. 16, 1964			- 85.0		Niigata Earthq.
Jly. 30, 1964			-299.0		Repair of instrument
Aug. 12, 1965			+158.0		"
Feb. 1, 1966			- 99.0		"
Jan. 28, 1967			-271.0		Exchange of instrument
Nov. 23, 1967				-130.0	Repair of instrument
Dec. 5, 1968			- 11.0		"
Dec. 13, 1968				- 10.0	"
Aug. 19, 1969			+514.0	- 20.0	Exchange of instrument
Apr. 3, 1970			-500.0		Reset of instrument
Apr. 24, 1971				+ 11.0	Repair of instrument
May 27, 1971				+312.0	"
Mar. 22, 1979			+525.0	0.0	"
Jly. 4, 1979				+112.0	"
Oct. 2, 1979			-500.0		Reset of instrument
Feb. 4, 1980				-500.0	"
Dec. 7, 1981					Observation stop

壺観測所の旧観測坑での観測値の発表の総てをまとめて Table 1 として示す。

今回、旧観測坑における水管傾斜計の読取値の総てを地殻変動データベースに、予め定めた方式 (地震研究所・地震予知観測情報センター, 1988) により登録した。登録されたデータは公開される予定である。データに含まれているステップなどを取り去って、地殻

変動データベース・システム付属の表示装置により出力した、その全期間のデータを Fig. 12 に示す。

今までに発表された水管傾斜計のデータは下記のように処理されていた。初期のデータは E'-W' 成分および N'-S' 成分の毎日 2 回の傾斜観測値のそれぞれに、E' と W' および N' と S' のそれぞれの組のコンクリート製計器台の高さの差に坑内温度による温度補正を行なった。しかし水管傾斜計のポット内の水の温度差に対する補正は行なわれなかった。次に国土地理院油壺験潮場の潮汐データを用いて、潮汐荷重の補正を行なった。さらに毎日 8 時と 16 時それぞれの 1 ケ月分の観測値の算術平均をとり、続いて 2 組の月平均の算術平均をとってその月の月平均値としていた。観測値を E-W と N-S 方向の値にするため次式を用いて座標の回転を行ない算出した。いま月平均の観測値を R_{WE} と R_{NS} とし、水管傾斜計の W'-E' (測定値はこの形で求められている) 成分の設置方位と E-W 方向とのなす角を θ_E とし、N'-S' 成分の設置方位と N-S 方向とのなす角を θ_N とすると、

$$\text{E-W 成分: } -R_{WE} \sin \theta_E + R_{NS} \sin \theta_N \quad (\text{東上がり正})$$

$$\text{N-S 成分: } R_{WE} \cos \theta_E + R_{NS} \cos \theta_N \quad (\text{北上がり正})$$

となる。ここに $\theta_E = 9^\circ$, $\theta_N = 68^\circ$ である。

いままでに観測結果は地震研究所・油壺・鋸山地殻変動観測所 (1969, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1978, 1980), および山田 (1971, 1973), KASAHARA (1973) によって発表されている。このうち 1973 年ころまでのデータは上記の温度補正と潮汐補正が行なわれていると推定されるが、その後のものはこの様な補正は行なわれていない。

そこで、読取水管傾斜計の 1949~1981 年間の永年地殻変動のデータを Table 2 にまとめる。データの計算は、これまでに発表した松山観測所 (柳沢, 1983b) と間瀬・弥彦観測所 (若杉・柳沢, 1985) と統一したものとす。このため温度と潮汐補正などの算入は行なわない。傾斜計の読取值 (μm) から傾斜角 (") に換算する係数 (感度) と期間中に算入したステップ量については Table 3 にまとめる。

上記の Table 2 の結果のうち W'-E' と N'-S' 成分と、これの 12 ケ月の移動平均と坑内温度を Fig. 13 として示した。図中に記した太い実線は 12 ケ月の移動平均をとったものである。さらに計算された E-W と N-S 成分により Fig. 14 にベクトル図として示す。Fig. 13 の W'-E' 成分の 1961~1967 年にかけて大きな変化があり、同様に Fig. 14 をみてもこの変化が異常であると思われる、このことについては次項において論議する。

7. 油壺観測所の観測データと他観測との比較

油壺観測所と鋸山観測所の水管傾斜観測については、度々比較が行なわれている。この中で、山田 (1973), KASAHARA (1973, 1979) は両観測所の共通観測期間である 1960~1970 年について、

- (a) 鋸山観測所のデータを 2.5 倍し、
- (b) 油壺観測所は 1961 年 1 月を、鋸山観測所は 1960 年 1 月を原点とする。
- (c) 鋸山観測所座標を 27° 回転し、さらに南北を逆転して、

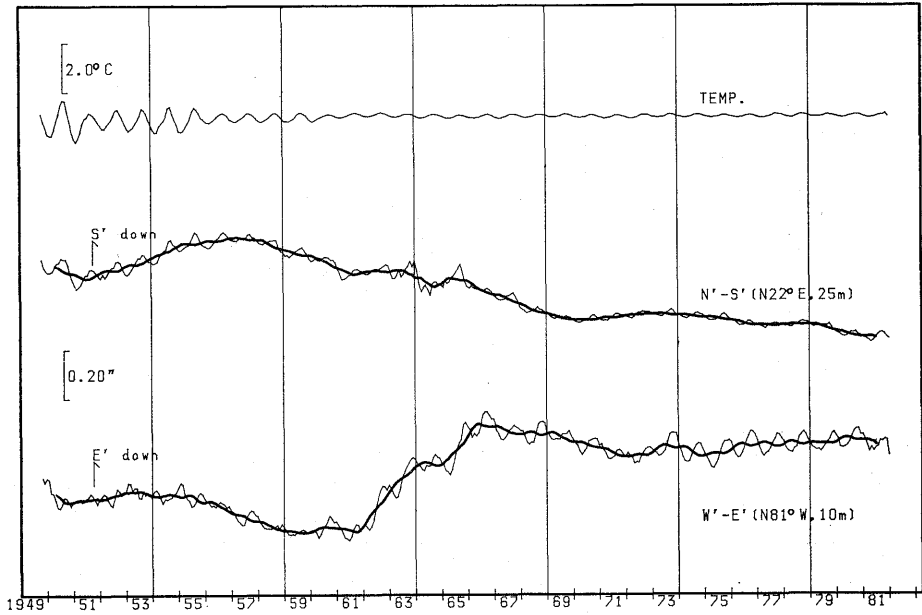


Fig. 13. Secular tilting variations at the former tunnel of the Aburatsubo Crustal Movement Observatory.

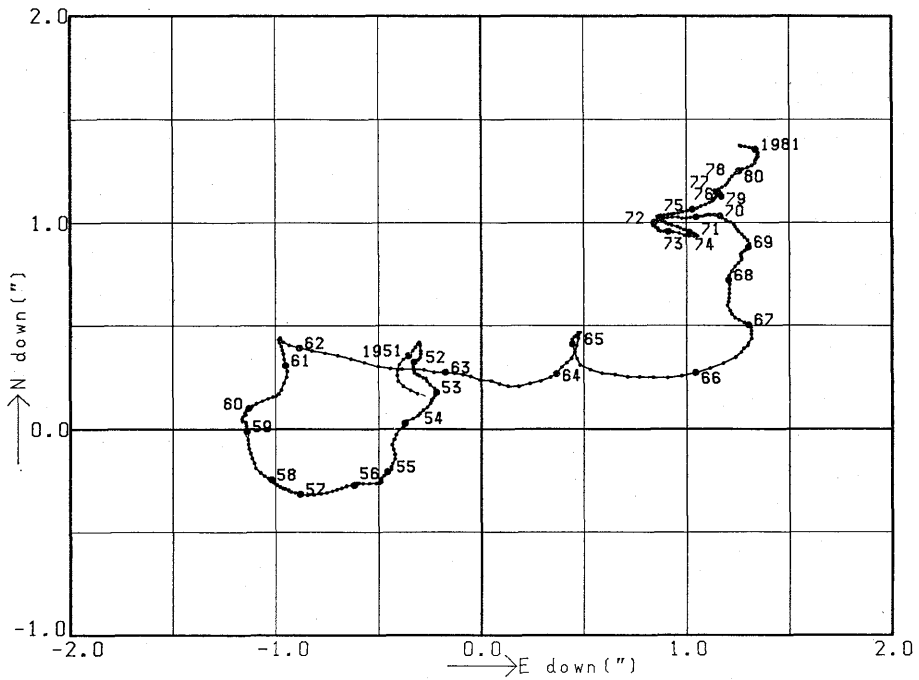


Fig. 14. Temporal variations in ground tilting vectors at the former tunnel of the Aburatsubo Crustal Movement Observatory.

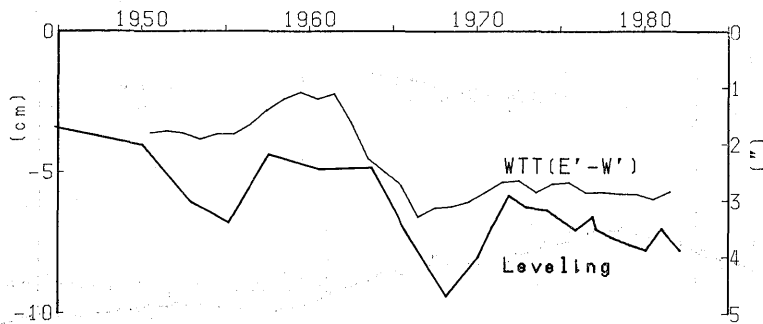


Fig. 15. Comparison between the W'-E' component of tilt observed and leveling results (after FUJITA and KAIZU, 1985).

両者を重ね合わせると、両者の変動がよく一致することを発見している。これは所謂移動性地殻変動と称されているものである。その後、萩原ほか (1986) により1970年以降はこの現象が否定的であることが示されている。

油壺観測所の観測データと国土地理院が行なった水準測量に基づいた三浦半島の大局的な傾動についての比較は檀原 (1965), 山田 (1971, 1973), 笠原 (1973) など多くの比較が行なわれている。これら比較に使用されたデータは観測開始より1970年までのもので、今回はそれをさらに旧観測坑が廃止される1981年までのものを使用した。三浦半島の水準データをまとめたものは度々発表されているが、ここでは藤田・海津 (1985) の中に示されているのを使用することにする。水準測量と傾斜観測の比較のうちとくに E'-W' を比較した Fig. 15 を示す。この図を見ると、水管傾斜計の示す値が水準測量より僅かに位相が進んでいるように見えるが、比較的よく合っているようである。三浦半島における水準測量路線はほぼ南北であるが、水管傾斜計のデータは E'-W' 成分であることが問題となる。この問題の解決の一つの答えは、三浦半島における断層が東西に発達しているためではないかと考えられる。

一方、検潮データによる上下変動の結果 (加藤・津村, 1979) によれば、1961~1967年にかけての特徴的な変動は見あたらない。

次に油壺観測所の周辺 50 km 以内に震央をもつ M4.0 以上の浅い地震 (深さ 30 km 以浅) を1949年10月~1981年12月までの期間について、地震予知情報センターの地震データベース (SEIS) により調査をした。しかし油壺観測所は開設以来1981年末まで、観測所の周辺において地殻変動が検出されるような大きな地震は発生していないことがわかった。したがってこの油壺観測所旧観測坑のデータ中に明らかに地震と関連する地殻変動が含まれている可能性は少ないと考えることができる。

8. 結 び

油壺観測所の旧観測坑は1947年に開設された、そして新観測坑が完成し併行観測の後1981年末をもって観測を終了して廃止した。

油壺観測所の旧観測坑の主設備は長さ10と25mの水管傾斜計(2成分)と、長さ8, 10と25mの水晶管伸縮計(3成分)である。これらの観測は1947年から開始され、初期は臨海実験所の職員の助力を受けていたが、本格的な観測を開始した1949年から観測の終了する1981年まで常駐観測者によっていた。この30余年間に、読取型水管傾斜計と水晶管伸縮計を除いて計測器にいくつかの重要な改善が行われた。とくに1971年には石本式水平振子傾斜計に代ってフロート型水管傾斜計が採用された。

地殻変動観測は上記の主計器によるもののほかに、特に観測所開設の初期に臨時観測や試験観測が多い。そのほか、周辺における観測は光波測量のみである。

観測データは1947年の観測開始以来1981年の観測終了まで30余年にわたって蓄積された。地殻変動のルーチンの連続観測は長期間にわたって計器の安定性が重要である。油壺観測所の旧観測坑はかなり安定な状態でデータを供給し続けてきた。この意味においてこの旧観測坑は一応の成果をあげたと思われる。

観測データは油壺観測所内に保管されており、なるべく早い機会にその重要なデータを統一的な方法で整理したいと考えている。その意味で一部とはいえ地殻変動データベースに登録できたことは幸いであると思う。

傾斜観測による永年観測データについてのみ今回発表することができた。このデータと水準測量のデータの大局的な整合性は良好と思われる。この事実は油壺観測所の旧観測坑の永年観測データが三浦半島地域の地殻変動を十分に反映していることを示唆している。

謝 辞

油壺観測所の観測によき理解とご協力を頂いている東京大学理学部臨海実験所の歴代所長と実験所の皆様、油壺観測所の建設に指導的役割を果たされた地震研究所萩原尊禮名誉教授・力武常次名誉教授、並びに建設と保守のために陰ながら努力されてきた地震研究所技術部、旧萩原尊禮研究室、旧笠原慶一研究室、旧萩原幸男研究室の方々に感謝の意を表したい。

本報告をまとめるにあたって、油壺観測所旧観測坑の大量のデータ収集については笠原慶一名誉教授、山田重平元講師の協力をいただいた。これらの方々に感謝の意を表したい。なお本報告は油壺観測所現施設長石井 紘教授の示唆によって着手した。

文 献

- BALAVADZE, B. K., R. M. KARMALEVA, K. Z. KARTVELISHVILI and L. K. LATYNINA, 1965, Horizontal extensometer observations at Tbilisi (Tiflis) on tidal deformations of the earth, *Izv. Earth. Physics Ser.*, **2**, 127-130.
- 檀原 毅, 1965, 油壺における傾斜観測記録と水準測量の比較, 測地学会誌, **11**, 107-113.
- Earthquake Research Institute, 1960, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo 1960.
- 江頭庸夫, 1965, 自記水管傾斜計, 京大防災研年報, **8**, 59-69.
- 藤田尚美・海津 優, 1985, 南関東の上下変動—クリープ面の存在—, 測地学会誌, **31**, 333-339.
- HAGIWARA, T., 1947, Observation of the inclination of the Earth's surface at Mt. Tsukuba (Third report). *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **25**, 27-31.

- HAGIWARA, T., T. RIKITAKE and J. YAMADA, 1948, Observations of the deformation of the Earth's surface at Abratsubo, Miura Peninsula Part. I, *Bull. Earthq. Inst.*, **26**, 23-26.
- HAGIWARA, T., T. RIKITAKE, K. KASAHARA and J. YAMADA, 1949a, Observations of the deformation of the Earth's surface at Aburatsubo, Miura Peninsula Part. II, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **27**, 35-38.
- , 1949b, Observations of the deformation of the Earth's surface at Aburatsubo, Miura Peninsula Part. III, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **27**, 39-44.
- HAGIWARA, T., K. KASAHARA, J. YAMADA and S. SAITO, 1951a, Observations of the deformation of the Earth's surface at Aburatsubo, Miura Peninsula Part. IV, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **29**, 455-468.
- , 1951b, Observations of the deformation of the Earth's surface at Aburatsubo, Miura Peninsula Part. V, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **29**, 557-561.
- 萩原尊禮・力武常次・山田重平・笠原慶一, 1949, 油壺における地殻変動の研究, 地震研究所速報, **6**, 1-61.
- 萩原幸男・柳沢道夫・大久保修平, 1986, 鋸山地殻変動観測所における最近の傾斜変動, 測地学会誌, **32**, 131-139.
- ISHIMOTO, M., 1928, Observations sur les variations de l'inclinaison de la surface terrestre (premier rapport), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **2**, 1-12.
- , 1929, Construction d'un pendule horizontal de quartz et observations sur les variations de l'inclinaison de la surface terrestre, *Japan J. Astron. Geophys.*, **6**, 83-118.
- 石本巳四雄, 1929, 地震, **1**, 17-32.
- 地震研究所, 1975, 地震研究所創立五十年の歩み, 地震研究所.
- 地震研究所・油壺・鋸山地殻変動観測所, 1969, 油壺・鋸山における地殻変動の観測, 地震予知連絡会々報, **1**, 34-38.
- , 1971, 油壺・鋸山における地殻変動の観測 (その 2), 地震予知連絡会々報, **6**, 33-36.
- , 1972, 油壺・鋸山における地殻変動の観測 (その 3), 地震予知連絡会々報, **8**, 27-31.
- , 1974, 油壺・鋸山における地殻変動の観測 (その 4), 地震予知連絡会々報, **11**, 90-93.
- , 1975, 油壺・鋸山における地殻変動の観測 (その 5), 地震予知連絡会々報, **13**, 47-49.
- , 1976, 油壺・鋸山における地殻変動の観測 (その 6), 地震予知連絡会々報, **15**, 78-80.
- , 1977, 油壺・鋸山における地殻変動の観測 (その 7), 地震予知連絡会々報, **18**, 29-31.
- , 1978, 油壺・鋸山における地殻変動の観測 (その 8), 地震予知連絡会々報, **19**, 48-49.
- , 1980, 油壺・鋸山における地殻変動の観測 (その 9), 地震予知連絡会々報, **24**, 87-89.
- 地震研究所・地殻変動移動班, 1980, 三浦・房総・浦賀水道地域における光波観測 (その 1), 地震予知連絡会々報, **24**, 90-98.
- 地震研究所・地殻変動研究室, 1986, 地殻変動資料集 (1), 地震研究所・地殻変動研究室, pp. 503.
- 地震研究所・技術部, 1973, フロート型自記水管傾斜計の試作, 地震研究所速報, **10**, No. 9, 1-8.
- 地震研究所・地震予知観測情報センター, 1988, 地殻活動総合観測線とデータベース, 地震予知観測情報センターニュース, No. 15, 1-194.
- KASAHARA, K., 1973, Earthquake fault studies in Japan, *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **A**, **274**, 287-296.
- , 1979, Migration of crustal deformation, *Tectonophysics*, **52**, 329-341.
- 笠原慶一, 1973, 水準測量と傾斜観測の相補性, 測地学会誌, **19**, 93-99.
- 笠原慶一・岡田 惇, 1966, 光波測量による地殻変動の観測, 第 1 報中部日本における基線網設定, 地震研究所彙報, **44**, 1149-1165.
- 笠原慶一・岡田 惇・柴野睦郎・佐々木幸一・松本滋夫・平井正代, 1968, 光波測量による地殻変動の観測, 第 2 報関東中部地方における基線網増設と観測結果 (昭和 41・42 年度), 地震研究所彙報, **46**, 741-758.
- , 1969, 光波測量による地殻変動の観測, 第 3 報既設基線網の再測ならびに中型基線網の設定 (昭和 43 年度), 地震研究所彙報, **47**, 803-818.
- 笠原慶一・岡田 惇・柴野睦郎・佐々木幸一・松本滋夫・平田安広, 1970, 光波測量による地殻変動の観測, 第 4 報既設基線網の再測 (昭和 44 年度), 地震研究所彙報, **48**, 999-1008.

- 加藤照之・津村建四郎, 1979, 潮位記録から推定される日本の垂直地殻変動 (1951~1978), 地震研究所集報, **54**, 559-628.
- KISHINOUE, F., Y. YAMAZAKI, H. KOBAYASHI and S. KORESAWA, 1963, A submarine seismograph; the first paper, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **41**, 819-824.
- 小玉喜三郎・岡重文・三品昂, 1980, 三崎地域の地質, 地質調査所.
- MICHELSON, A. A. and H. G. GALE, 1919, The rigidity of the earth, *Astrophys. Jour.*, **50**, 330-345.
- 嶺永治・田中和夫・村上栄壽, 1971, フロートを用いた水管傾斜計について, 東北地域災害科学研究報告, **8**, 97-103.
- 岡田惇・柴野睦郎・笠原慶一, 1969, 光波測量による地殻変動の観測, 測地学会誌, **14**, 72-85.
- 岡田義光・渡辺茂・笠原慶一, 1975, 富士川観測所における地殻変動連続観測 (1), 測地学会誌, **21**, 179-190.
- 大村 齊, 1925, 関東大地震に伴へる陸地水準変更調査, 震災予防調査会報告, **100乙**, 55-59.
- RIKITAKE, T., 1952, A preliminary study on the anomalous behavior of geomagnetic variations of short period in Japan and its relation to the subterranean structure, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **30**, 207-221.
- 佐々憲三・小沢泉夫・吉川宗治, 1949, 伸縮計による地殻歪の観測, 防災研究所報告, **2**, 113-114.
- TAKAHASI, T., 1929a, Tilting motion of the earth crust caused by loading, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **6**, 85-108.
- , 1929b, Tilting motion of the earth crust caused by secondary undulation of tide a bay, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **7**, 95-102.
- , 1934, A new extensometer for measuring crustal deformation, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **12**, 760-775.
- 高橋龍太郎, 1929, 潮汐の負荷に因る地殻の傾斜運動, 地震, **1**, 169-186.
- 高橋龍太郎・相田勇・永田豊, 1966, 海底設置用長波計による大船渡湾の静振観測結果について, 日本海洋学会誌, **22**, 7-16.
- 竹本修三, 1975, ローラ型伸縮計のレーザを用いた Calibration について, 測地学会誌, **21**, 81-90.
- TSUBOI, C., A. JITSUKAWA and H. TAJIMA, 1956, Gravity survey along the lines of precise levels throughout Japan by means of a Wordon gravimeter. Part VIII. Kanto district, *Bull. Earthq. Res. Inst., Suppl.*, **4**, 407-474.
- 津村建四郎, 1960, 高感度水管傾斜計の試作およびこれによる地球潮汐の観測, 測地学会誌, **6**, 85-88.
- 山田重平, 1971, 油壺における水管傾斜計観測と水準測量との比較, 測地学会誌, **17**, 170-177.
- , 1973, 水管傾斜計によって観測された地殻変動, 地震研究所速報, **10**, No. 1, 1-147.
- YAMAZAKI, Y., 1967, Electrical conductivity of strained rocks. The third paper. A resistivity variometer, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **45**, 849-860.
- 柳沢道夫, 1983a, 鋸山地殻変動観測所とその周辺における観測データ目録 (1959~1981年), 地震研究所集報, **58**, 243-264.
- , 1983b, 松山地殻変動観測所における観測 (1949~1982年)——観測データ目録と永年変化——, 地震研究所集報, **58**, 439-464.
- 柳沢道夫, 1990, 伸縮計および歪ゲージによる地殻歪の研究——多測定点石英管伸縮計と歪ゲージの開発および鋸山地殻変動観測所における観測——, 地震研究所集報, **65**, 161-276.
- 若杉忠雄・笠原慶一, 1974, 自記水管傾斜計と標準型水管傾斜計の併用方式, 測地学会誌, **20**, 221-224.
- 若杉忠雄・柳沢道夫, 1985, 間瀬・弥彦地殻変動観測所とその周辺における観測 (1952~1983年)——観測データ種目と永年変化——, 地震研究所集報, **60**, 105-134.

Crustal Movement Observations at the Aburatsubo Observatory
—*Observations at the Former Tunnel for the Period*
from 1949 to 1981—

Tatsutoshi TAKAHASHI and Michio YANAGISAWA

Earthquake Research Institute

The purpose of the present study is to clarify the contents of the data obtained at the former tunnel of the Aburatsubo Crustal Movement Observatory from October 7, 1949 till December 7, 1981. Routine observations at the tunnel were carried out by using water-tube tiltmeters (10 and 25-meter lengths, two components), fused-silica extensometers (8, 10 and 25-meter lengths, three components) and ISHIMOTO's horizontal pendulums. The observation by the ISHIMOTO's pendulums and by fused-silica extensometers terminated at December 31, 1978 and at April 25, 1979, respectively.

The provisional observations were also carried out by using short length extensometers, vertical extensometer, bore-hole tiltmeters and gravimeters in the tunnel. In addition to these, distance measurements and gravimetric surveys around the observatory were performed. Most of the observational results have not been published yet.

As an example of observational results, the secular tilt variations using water-tube tiltmeters are shown, and a comparison with leveling survey results indicates well coincidence.