

1984年8月7日日向灘地震に関連した宮崎地殻変動観測所 における地殻変動と地震活動

古澤 保・大谷 文夫・寺石 眞弘・高田 理夫

CRUSTAL MOVEMENT AND SEISMIC ACTIVITIES OBSERVED AT THE MIYAZAKI OBSERVATORY, RELATED TO THE HYUGANADA EARTHQUAKE OF AUGUST 7, 1984

By Tamotsu FURUZAWA, Fumio OHYA, Masahiro TERAISHI
and Michio TAKADA

Synopsis

Large earthquake with magnitude 7.1 occurred on Aug. 7, 1984, in the Hyuganada east off Kyushu, where the seismic activities including earthquakes with magnitude between 7.0 and 7.6 have been excited with a recurrence time of about 30 years. Seismic activities and crustal movement before and after this earthquake are examined by using data observed at the Miyazaki Crustal Movement Observatory with epicentral distance of 93 km. Seismic activities around the Hyuganada region were very low before the earthquake. The precursory crustal deformations just prior to this earthquake were not found for all components of extensometers, tiltmeters and distance measurement.

1. はじめに

1984年8月7日4時6分に宮崎地殻変動観測所 ($131^{\circ} 26.2' E$, $31^{\circ} 48.4' N$) より北東 90 km の日向灘北部に M 7.1 の地震が発生した。この地震の震源は気象庁により $132^{\circ} 09.3' E$, $32^{\circ} 22.8' N$, 深さ 33 km と定められている。

日向灘では1968年に M 7.5 の地震が発生してから16年目の M 7 以上の地震である。その間1976年11月に宮崎観測所での地殻変動連続観測と微小地震観測を開始して以来 M 5.5 以上の地震は1980年12月の M 6.0 を除いて全く発生していない。特に日向灘北部は今回の地震の直前を含めて小地震の発生も少なく、地震活動は余り活発でない地域であった。

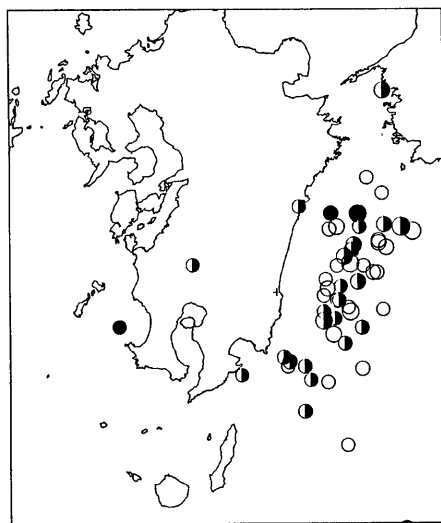
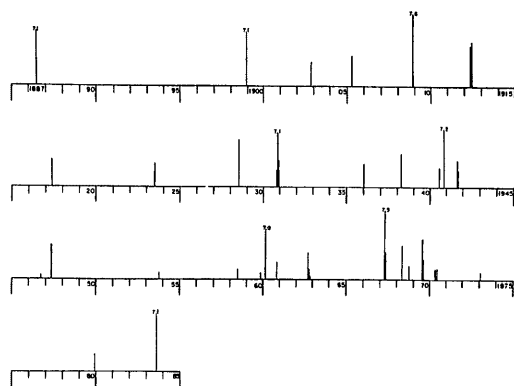
一方地殻変動についても、宮崎観測所では年間 10^{-8} 程度の比較的小さな rate の一様な歪変化を示しており、今回の地震の前兆と考えられる短期・長期の異常変動は認められなかった。

以下に於て今回の地震に関する宮崎観測所における地震活動及び地殻変動の観測結果と気象庁の資料に基づく過去の日向灘の地震活動について述べる。

2. 日向灘の地震活動

2.1 過去に於る大規模地震の活動

これまでに日向灘に発生した地震活動の時空間特性と今回の地震を比較するため、気象庁の地震月報と別冊資料¹⁾及び宇津の資料²⁾に基き、1885年以降の $M \geq 5.6$ の地震の時系列と1926年以降の $M \geq 5.5$ の地震



$M \geq 5.5$ $D \leq 50\text{km}$ 0 100km

○ $M=5.5$ ○ 1926-1950
 ○ $M=6$ + MIYAZAKI Observatory ○ 1951-1975
 ○ $M=7$ ● 1976-

Fig. 1 Time series and distribution of epicenters of large earthquakes of $M \geq 5.5$ occurred in the Hyuganada region.

の震央分布を Fig. 1 に示す。日向灘地域ではこの 100 年間に $M \geq 7$ の地震は 1887 年の $M 7.1$ から 1984 年の $M 7.1$ まで 8 個発生している。その時間間隔は年代順に 12 年, 10 年, 22 年, 10 年, 20 年, 7 年, 16 年となり, 約 20 年の長期と約 10 年の短期の期間が交互に現われているように見える。長期の間隔を経て発生する地震 (1899, 1931, 1961, 1984) の直前の 10 年間は地震が非常に少なく, 静穏である。地震発生後の 10 年間は活動が活発化している。短期の間隔を経る地震 (1909, 1941, 1968) は活動が活発な時期に発生する。すなわち 10 年の静穏な準備期間の後約 10 年の間隔で発生する 2 つの $M 7$ 級の地震を有する活動期を生ずる 30 年周期の地震活動が存在すると思われる。2 つの $M 7$ 地震は後の方がより大規模である。

それぞれの地震活動の期間に発生する地震の震央は日向灘全域に分布している。したがって 1 つの地震活動に日向灘全域が関与すると考えられる。

2.2 最近の地震活動 (1977 年～1984 年 8 月)

宮崎観測所が観測を開始した 1977 年は 1968 年の $M 7.5$ の地震による活動が終了して既に次の活動サイクルの静穏期に入っていた。実際に今回の $M 7.1$ の地震以前の 10 年間に於ける $M \geq 5.5$ の地震は, $M 7.1$ の地震のやや西に発生した 1980 年 12 月の $M 6.0$ のみである。より小さな地震の活動を調べるため, 1977 年から 1984 年までの地震月報記載の日向灘地域の地震について緯度方向の震央の時空間分布を求め Fig. 2 に示す。活動が最も活発なのは宮崎観測所の記録で S-P が 6 秒に相当する日向灘中央部の 132°E , 32°N 周辺の地域であり, $M 3 \sim 4$ の地震が月 1 回位の割合で定常的に発生している。今回 $M 7.1$ が発生した日向灘北部は地震の数が少なく, 空間的にも時間的にも散らばっている。この地域で 1980 年に発生した $M 6.0$ の地震はその周囲に地震が無い単発の地震である。宮崎観測所の記録から波形と S-P 時間より判断して余震とみなせる地震は 1 つも無かった。時間的な活動の推移をより詳しく見るため宮崎観測所の爆書記録による地震発生の日別頻度をとる。

Fig. 3 の下段は日向灘全体をカバーすると考えられる S-P が 15 秒以下の地震について, 上段は余震の記録から $M 7.1$ の地震の震源領域と考えられる S-P が 10～12 秒の地震についての月別発生頻度である。宮崎観測所は 1 点観測のため震源決定を行うことができないので, 他の地域 (内陸部) の地震も一部含まれているが, 1978 年と 1981 年のピークを除き $M 7.1$ の震源域では平均 10 個以下のほぼ一様な活動を示しており,

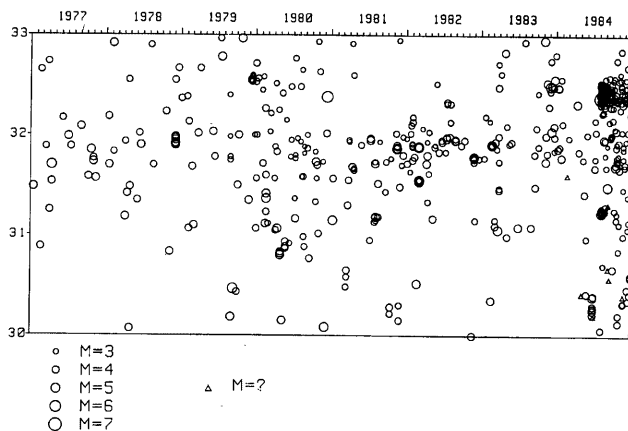


Fig. 2 Space-time plot of seismicity for 1977–1984 in the Hyuganada region along N–S section. Data are taken from Seismological Bulletines of JMA.

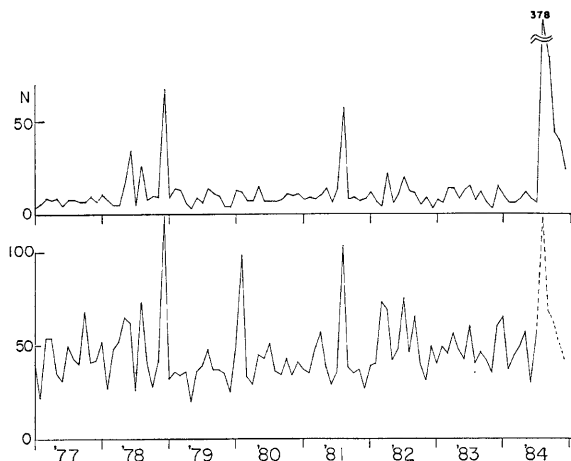


Fig. 3 Monthly frequency of earthquakes observed at Miyazaki Observatory. Upper: earthquakes of S-P time between 10.0 and 12.0 seconds. Lower: earthquakes of S-P time less than 15.0 seconds. Dotted line indicates the numbers of earthquakes exclusive of aftershock sequence.

地震前の変化は見られない。発生頻度曲線に現われるピークはそれぞれ異なる地域で発生した群発地震によるものである。1978年のピークは日向灘中央部、1981年は南部に於ける非常に短期間に集中した群発地震によるもので、今回の $M 7.1$ の地震とは直接関係はないと考えられる。

Fig. 2, 3 から日向灘に発生する地震は短時間に一定領域に集中発生する群発型のものが多いことがわかる。

2.3 余震活動

今回の $M 7.1$ の地震では宮崎観測所で本震に続いて多くの余震が観測された。波形と S-P 時間より判定された余震の本震発生後24時間毎の数は、177, 48, 29, 23, 18 と次第に減衰していったが、12月末もお日に1個程度観測されている。Fig. 3 の上段に余震の月別頻度を示すが、総数約 600 となっている。気象庁による震央分布を Fig. 4 に示すが、余震域は本震より北北東方向に約 30 Km の拡がり有し、時間の経過と共に活動域を周辺部へ拡大しているようである。

Fig. 5 に宮崎観測所で観測された余震の規模別頻度分布を示す。マグニチュードは日向灘の地震に対する F-P 時間を用いた式³⁾により求めた。本震直後の連続

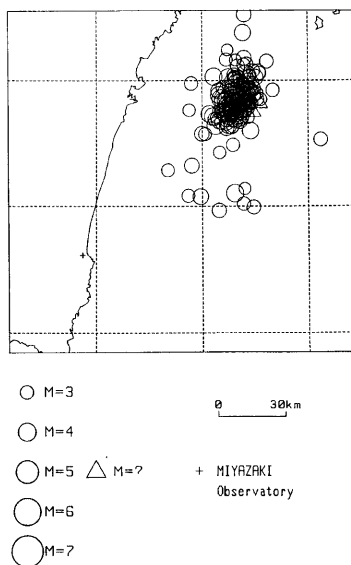


Fig. 4 Epicenter distribution of aftershocks determined by JMA

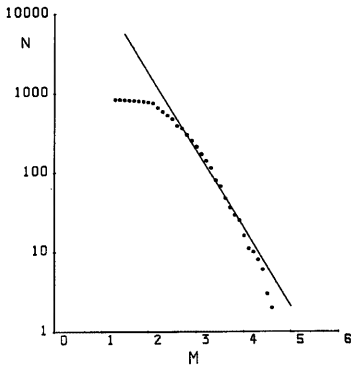


Fig. 5 Cumulative frequency distribution (N) versus magnitude (M) for aftershocks observed at the Miyazaki Observatory

した余震については記録が重なり合って (F-P) を読取ることができない。そのため S 波直後の S-P 時間に相当する区間 (最大振幅の区間) について磁気テープ記録より平均振幅を求めてマグニチュードを決定した。伝播経路がほぼ同一で、発震機構も同じと見なせる余震の場合この方法でも十分と考えられる。このようにして求めた最大余震のマグニチュードは 4.5 となり、本震の 7.1 に比べ非常に小さい。M ≥ 2.5 の地震について求めた b 値は 0.98 となる。この値は日向灘中部の最も活発な活動域である S-P = 6 秒の地震について求めた 0.78³⁾ に比べかなり大きい。

Fig. 3 下段の点線は余震を除いた日向灘の地震の数を示す。また **Fig. 6** に余震を除いた M 7.1 以後の 1984 年 12 月末までの震央分布を示す。M 7.1 の地震の 5 日後の 8 月 11 日に日向灘南部に M 5.4 の地震が発生した。

月別頻度のピークは主にこの地震に伴う一連の地震活動によるものである。この地震活動が M 7.1 の地震と直接関係するかどうかは不明であるが、**Fig. 1** に示される過去の大地震による活動が日向灘全域に広がっていることから考えると全く無関係とは言えない。日向灘全域の地震活動が今後活発化する可能性はあるであろう。

3. 地 殻 変 動

宮崎観測所の地殻変動連続観測による伸縮歪及び傾斜歪は 1977 年の観測開始以来ほぼ一様な変化を示し、その経年変化の割合は非常に小さい。伸縮変化は南北方向に伸び、東西方向に縮みとなり、 10^{-8} オーダーの年変化率をもつ。また傾斜変化は年間 1 秒オーダーの変化量である⁴⁾。これらの歪変化の大きさは近畿地方の地殻変動連続観測より得られている歪の変化量⁵⁾ と比べ 1 ~ 2 オーダー小さい。伸縮計、傾斜計による観測では観測開始当初は初期歪が大きく現われるのが普通であることを考慮に入れると、宮崎観測所の歪変化率は驚く程小さいと言える。一方短周期の変動はかなり大きく、特に伸縮計の記録には降雨の影響による変化が 10^{-6} のオーダーの大きさで現われる。この降雨による擾乱は抗内湧水量の記録より、時間の経過によ

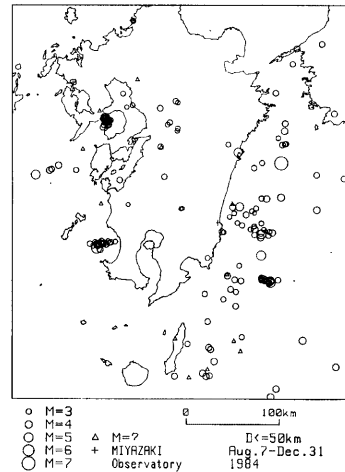


Fig. 6 Epicenter distribution of shallow earthquakes occurred after the main shock in the southern and eastern areas of Kyushu (JMA). Epicenters of aftershocks are omitted.

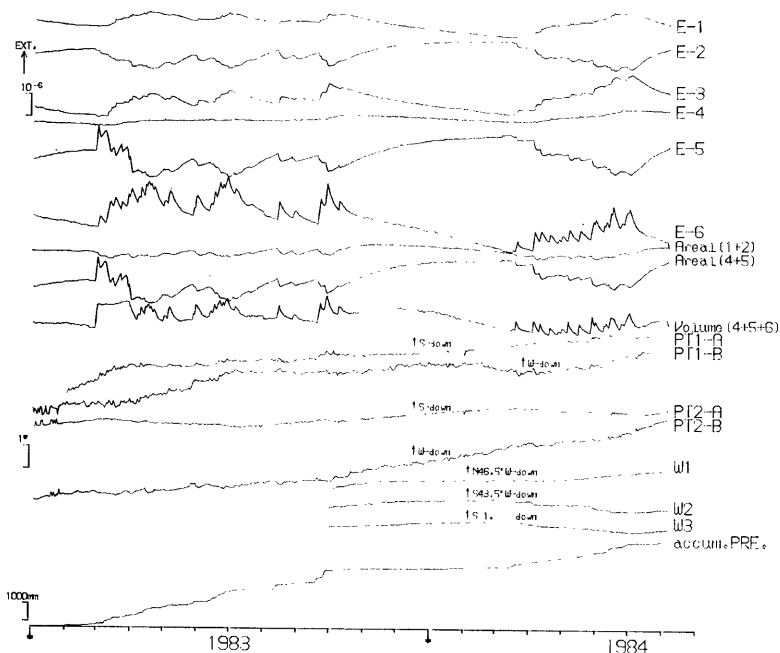


Fig. 7 Variations of ground-strains and -tilts and cumulative precipitation for 19 months before the Hyuganada earthquake of Aug. 7, 1984. E-1~E-6: Super-invar-bar extensometer. P1, P2: Tiltmeters of horizontal pendulum type. W1~W3: Water tube tiltmeters.

りその影響量が指数函数的に減少するという考えで適当な係数を与えて加重移動積算値を求めることによって各成分の伸縮変化を非常に良く調和させることができる⁶⁾。

8月7日の $M7.1$ の地震前後の地殻変動を調べるため、Fig. 7 に1983年初めから本震直前までの約19カ月間の宮崎観測所における地殻変動連続観測の結果及び累積雨量を、Fig. 8 に地震直前から1984年末までの同様の図を示す。E-1 から E-6 は伸縮計の各成分の変化を、Areal は直交する2成分の和による面積歪、Volume は直交3成分の和による体積歪を示す。PT-1, PT-2 は抗道内の異なる2地点の水平振り傾斜計による傾斜変化、W1, W2, W3 は水管傾斜計による傾斜変化を示す。計器の設置位置、方向等については前に報告されている³⁾。1983年10月から1984年2月までは例年になく雨量が少なかったで、それ以前の降雨による変動を指数函数的に回復する滑らかな変化を示している。短周期変動については湧水量より上記の方法で求めた降雨の影響による変化と良く対応しており、地震に関係する前兆と考えられるような変動を見出すことはできない。さらに長周期の変動では1977年以後の各成分の月平均値と地震前19カ月の値の間に伸縮・傾斜とも変化は見られない。月毎の変化は降雨量が良く似た推移をしている1978年前半と同様のパターンを示している。すなわち、地震の前に余震に関係すると考え得る異常変動は宮崎観測所の伸縮・傾斜変動には認められなかった。

次に地震に伴う地殻変動としてはストレイン・ステップを除いて Fig. 8 に矢印で示す地震の時から約10

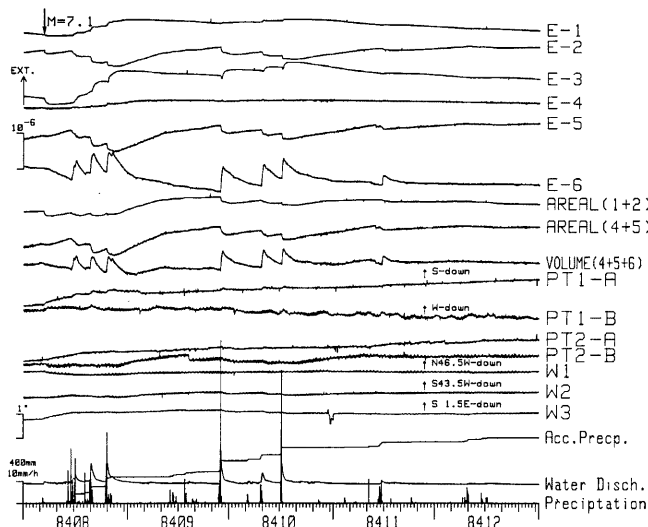


Fig. 8 Variations of ground-strains, ground-tilts, precipitation and amount of discharged water for Aug. 1-Dec. 31, 1984. Arrow shows the occurrence of the Hyuganada earthquake with M7.1. Strain and tilt steps caused by earthquake are corrected. Marks are the same as Fig. 7.

日間の伸縮・傾斜の各成分に余効変動が現われている。その後は通常の変動に戻っている。

また地震の17日後の8月24日より延岡及び宮崎の両基線網で光波測量を実施した。Fig. 9 に結果と両基線網の位置図を示す。両基線網共1981年より毎年12月に定期的に測定を行っている。今回の測定では行簾の見通しが悪く測定できなかった。前回の1983年12月に比べそれ以前の変化が若干大きかった細見以外の全ての測線で地震後に縮みの変動を示した。しかしながらその後の1984年12月の測定では全測線が伸びとなり、1983年12月の値にほぼ回復している。したがって地震による地殻変動というよりは夏と冬の気象条件の相異による見掛けの変化の可能性の方が大きいと考えられるが、その原因については今後検討する必要がある。地震後に伸びの変化を示した唯一の点である細見は測線の方向が震源方向に近いことから地震に関係するのかも知れない。

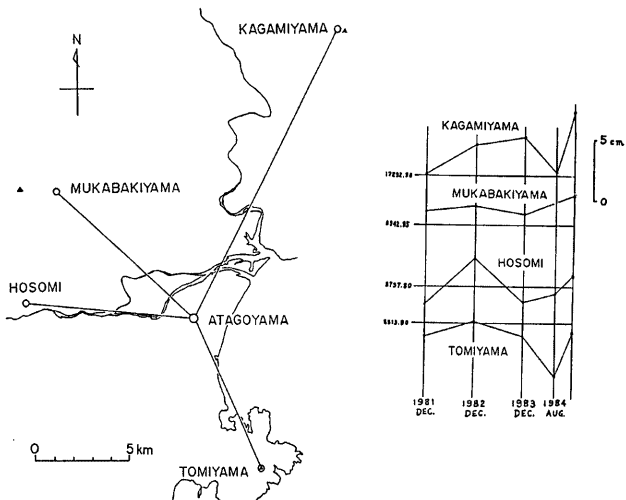
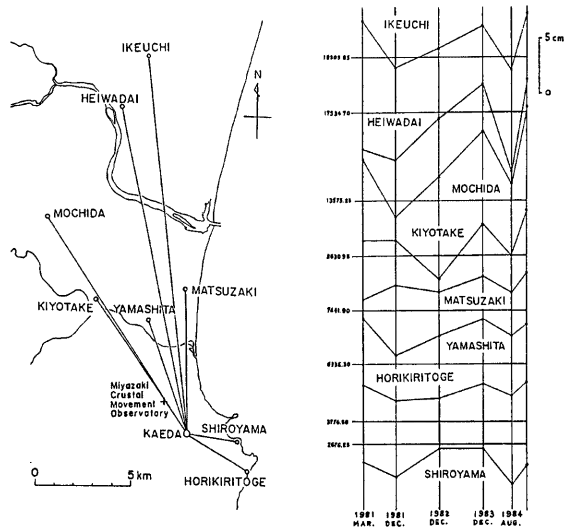
これに関しては震源からの方向により近い行簾測線の欠測が惜しまれる。

宮崎観測所より震源に近い埴峰観測室（震央距離 75 km）は1983年に観測抗道の補強工事を実施して計器を移設して再開後日が浅く、変動の傾向等ははっきりしたことはわからないが、地震直前の短期の異常変動は認められなかった。

4. ま と め

1984年8月のM7.1の日向灘の地震は地震活動に関しては大小を問わず前兆となるような現象を伴わなかった。地殻変動についても宮崎観測所で検出されるような異常変動は存在しなかった。

過去の大地震の発生パターンによると、日向灘の地震活動は約30年の周期を有し、10年の静穏期の後にM7級の地震が10年間で2個発生する活動期が存在する。



宮崎観測所が1977年に観測開始以来1984年まではこの静穏期に相当したため地震活動が非常に低かったと考え得る。また日向灘地域の小地震の地震活動は短時間に終結する群発的傾向をもつものが多いことも前兆となる地震活動が発生し難い1因かも知れない。

今回の地震は本震の規模に対して最大余震が小さかったが、本震による震源域の応力解放の割合が大きかったのだろうか。過去の $M7$ 地震による地震活動の活性化は日向灘全域に及んでいるが、今回の地震の震源域での応力解放による歪の再配分で説明できるかどうか検討を要する問題である。

地殻変動の異常を検出できなかったのは宮崎観測所が震源域から 80 km 以上離れていたことも原因となるが、宮崎観測所での経年歪の rate が非常に小さいのは日向灘に蓄積される地震エネルギーに関与していないのだろうか。

以上のようなことを考えると、日向灘の地震の前兆現象を検出することはかなり困難といえるが、今後予想される地震活動の活発化に備えて観測体制を整備して監視を強化していきたい。

終りに観測及び記録の読取りに御協力いただいた園田保美技官並びに光波測量に御協力いただいた山田勝技官に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 改訂 日本付近の主要地震の表 (1926年—1960年), 気象庁地震月報別冊第6号, 1982.
- 2) 宇津徳治: 日本付近の $M6.0$ 以上の地震および被害地震の表: 1885年—1980年, 震研彙報, 第57号, Part 3, 1982, pp. 401—463.
- 3) 古澤 保・寺石真弘: 宮崎地殻変動観測所における地震観測一観測点の特性と周辺地域の地震活動—京大防災研年報, 第27号 B-1, 1984, pp. 55—62.
- 4) 高田理夫・古澤 保・大谷文夫・寺石真弘・園田保美: 宮崎地殻変動観測所における地殻変動観測 (第2報), 京大防災研年報, 第26号 B-1, 1983, pp. 63—76.
- 5) Takada, M., T. Furuzawa, S. Takemoto: Crustal Movement: Observed at Amagase Observatory, Bull. Disast. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol. 33, Part 2, 1983, pp. 47—61.
- 6) 古澤 保・大谷文夫・寺石真弘: 地殻伸縮ひずみと降雨の関係について—宮崎地殻変動観測所の場合一, 測地学会誌, 1985, 投稿中.