

## 宮崎観測所における強震観測

寺石眞弘・古澤 保

### 要 旨

九州地方は M7 級の大地震が頻発しており、特定観測地域に指定されている日向灘・豊後水道を始め、内陸部のえびの地域、島原半島を中心とする西海岸等活発な地震活動を示す地域が数多くある。中でも日向灘は日本でも有数の大地震多発地帯であり、10～20 年毎に M6.5 から 7 を超える地震が発生する場所である。宮崎観測所を中心に 7 観測点から成る日向灘地殻活動総合観測線では、日向灘地域に起こる地震を対象に主として地殻変動連続観測、微小地震観測を実施しているが、九州南部地域の強震観測を強化すべく総合観測線の串間観測室と伊佐観測室に、高分解能 AD 変換による広ダイナミックレンジでの観測可能な強震観測を計画した。

キーワード：強震動，ダイナミックレンジ，日向灘，スペクトル

#### 1. はじめに

地震予知研究センター宮崎観測所(MCO)では、日向灘地殻活動総合観測線の各観測点に地震計を設置し地震観測を行っている(高田ら,1987;古澤ら,1988)。これにより、1987 年から独自の震源決定が可能になり、さらに 1992 年からは南九州地域の地震の検知能力と震源決定精度を向上させる目的で、火山活動研究センター・桜島観測所と協力して展開しているパソコン通信利用の南九州地震観測網の波形データが得られるようになった。一方強震観測では宮崎観測所においては 1995 年、速度及び加速度が同時に検出されるサーボ型速度計が設置され、短周期地震計の低倍率成分を含め強震動記録が得られるようになった。また宿毛観測室は 1997 年、大隈観測室では 1999 年、同じくサーボ型速度計が設置され、宿毛観測点での記録の一部は衛星テレメータにより得られるようになり、大隈観測点ではパソコン通信を利用したデータ転送を実施している。1996 年 10 月、12 月に日向灘で発生した共に M6.6 の地震では強震計の記録により、二つの地震で波形が非常に異なっていることが明らかになった(京大

防災研究所地震予知研究センター, 1997)。

本稿では、新に設置した串間(KSM)及び伊佐観測室(ISA)での強震観測について、またこれまでに宮崎観測所で得られた比較的大きな地震動について、強震記録や短周期地震計による地震波形を用いて解析した結果を報告し、今後強震観測を進め日向灘地域における地震時及び地震直後の震源過程の詳細を研究する上での資料としたい。

#### 2. 観測点付近の地震活動と強震計

日向灘地殻活動総合観測線による 1987 年から 1999 年まで、過去 13 年間の震源分布において(Fig. 1), 宮崎観測所から串間観測室を結ぶ海岸に隣接した海域に地震発生の無い地域が存在するが(白枠で囲んだ部分)、この地域のすぐ北側では 1996 年 12 月に M6.6, また東側では 1961 年 M7.0 の地震の発生がある。特に 1961 年の地震については、津波の波源分布から震源は更に陸側とも考えられ(羽鳥; 1987), 地震の空白域としても注目すべき区域であり、串間観測点はこの区域のすぐ西側に位置している。

日向灘の地震活動では日向灘中部の  $31.5^{\circ} \sim 32^{\circ}$  N 付近の地域が最も活発で、1987 年 3 月 18 日に発生した M6.6 の地震( $132^{\circ} 04' E, 31^{\circ} 58' N$ ,  $H=48\text{km}$  JMA)や、1996 年 10 月、12 月の M6.6 の地震が含まれる大きな塊を形成しているが、1987 年の M6.6 を含む  $32^{\circ}$  N 付近と、1996 年 2 個の M6.6

の余震域を含む大きな塊、更にその南側の定常的に地震の発生が見られる小さな塊とに細分できる。さらに南に下がった  $31^{\circ} N \sim 31.5^{\circ} N$  の都井岬沖から志布志湾の南東海域の塊は、北西-南東方向に幾つかの帯状に列なる傾向が見られ M2.5~4 級の地震が定常的に発生している。

MCO 1987.1.1 - 1999.12.31

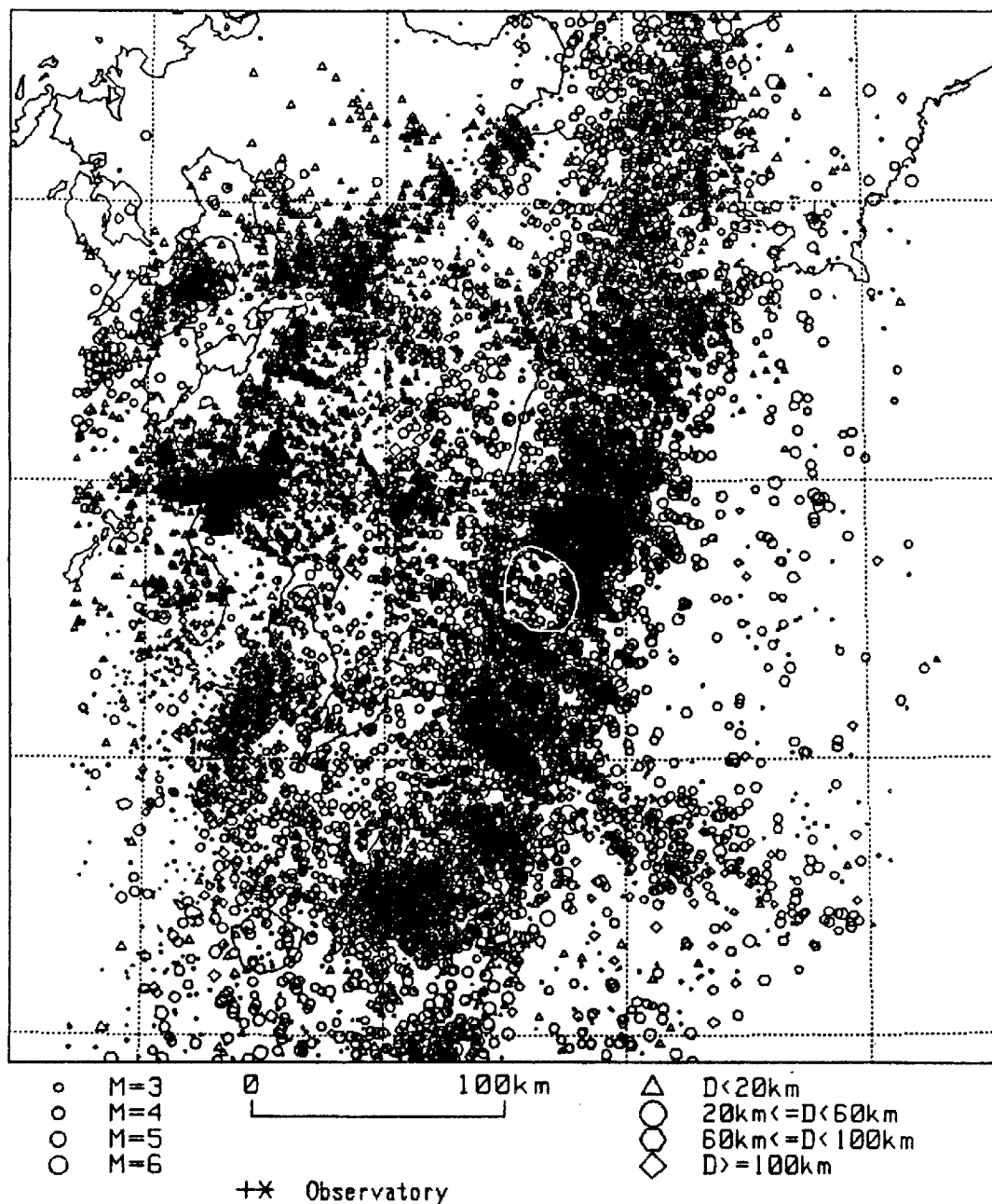


Fig. 1 Epicenters distribution of earthquakes determined by the Miyazaki Observatory during the period of 1987-1999.

一方、伊佐観測室近傍の内陸部では観測点の東側で、えびの地震(1968 年 M6.1)や 1961 年霧島山北西の吉松付近での最大 M5.5 の地震活動、また西側では鹿児島県北西部で 1997 年 3 月と 5 月に発生した 2 個の地震(M6.3, M6.2)など浅い地震によって局所的に大きな被害を受けている。

2001 年 3 月に設置した伊佐及び串間観測室における収録装置(東京測振: SAMTAC-800)の主な設定は、最小分解能約  $0.86 \mu V$ , 100Hz サンプリグで 129dB のダイナミックレンジが得られ、光ディスク(MO)に記録される。さらに収録記録の転送、測定パラメータの設定、各種動作の制御等モデムを介して実行できる。センサー部はサーボ型速度計 VSE-11(水平 2 成分)と VSE-12(上下 1 成分)を 1 体に組み込んだ速度計で、Table. 1 に宮崎観測所におけるサーボ型速度計と共にその仕様を示す。

### 3. 宮崎観測所における強震観測

宮崎観測所における強震記録システムでは、Table. 1 に示すサーボ型速度計による速度(H), (L)及び加速度成分と固有周期 1 秒の短周期地震計の低倍率(10 倍)成分を、100Hz サンプリグ, 14 bit の AD 変換で強震動波形のファイルとして収録している。これまでに強震記録システムで得られた M4 以上の比較的大きな地震について本震と余震、或いはほぼ同じ場所で定常的に発生する地震などについて短周期地震記録も含めその波形を比較してみると、余震等小さな地震には無い波形が P 波初動の前に見られる場合がある。これは梅田(梅田ら, 1998)によって提唱されている“初期破壊”の可能性があり、これらについて詳しく調べてみた。

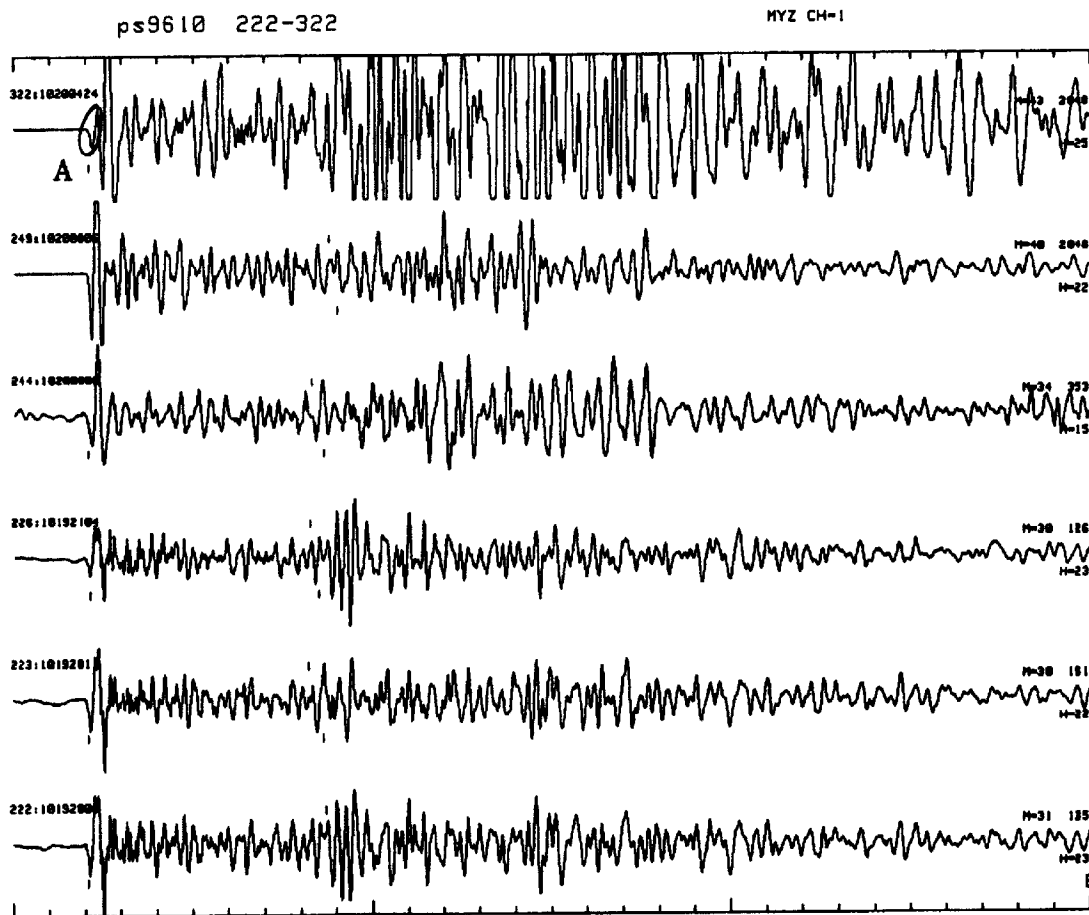


Fig. 2 The comparison of the aftershock waveforms for the Oct.1996 Hyuganada earthquake(M6.6). Each trace indicates vertical velocity obtained by short period seismograph, and is normalized by its maximum value. At the most upper trace, waveform denoted as A is different from other events waveforms.

Table 1. Specification of observation instruments

|            | 串間及び伊佐観測所      | 宮崎観測所                                       |
|------------|----------------|---------------------------------------------|
| 型式(水平, 上下) | VSE-11, VSE-12 | VSE-11A, VSE-12A                            |
| 測定周波数      | 0.05~70 Hz     | 0.025~70 Hz                                 |
| 測定範囲       | ±20 Kine       | 加速度 ±1000 gal 速度 ±100 Kine                  |
| 感度         | 200 mV/Kine    | (H): 10 V/Kine (L): 0.1 V/Kine<br>10 mV/gal |

### 3.1 1996年10月の地震(M6.6)での波形

1996年10月の地震(M6.6)では前震活動も活発であり, 最大前震 M5.1, 本震 M6.6, 余震 M4.3 の3個の地震では他の余震や前震の地震波形におけるP波初動の前に余震等には無い波形が見られた。Fig. 2 にこの時の短周期地震記録による M4.3 の余震の他いくつかの余震を並べた。これらの波形を比べてみると, 一番うへの余震 M4.3 の A で示した部分は他の地震波形と違っている。また Fig. 3 には短周期地震計の低倍率記録 3 成分を上から本震(M6.6), 前震(M5.1), 余震(M4.3), 前震(M4.5)について時間軸を拡大してプロットした。一番下がこの時の一連の地震活動に見られた前震・余震を含め多くの地震の一般的な波形であり, この波形での初動 P に対し上 3 個の地震波形の初動を P1 とすると, P1~P で示した部分は一番下に示した地震の P 波初動の前には見られない事がわかる。この 10 月の地震活動では, この様な初期破壊による可能性のある地震波形は本震だけでなく余震や前震でも見られた事になるが, より大きな余震(M5.0)の時には無かった点など破壊過程を考える上で不明な点が多い。またこの地震の約 30 km 西側で, 45 日後の 12 月 3 日に発生した M6.6 の地震ではこの様な初期破壊によると思われる波形は見られなかった。

### 3.2 定常的な地震発生でのやや大きな地震

日向灘中部及び都井岬沖から志布志湾沖での定常的な地震発生パターンの中で, 数個の余震を伴った M4~5 級の地震が発生する事があり, その中でいくつか P1~P の見られる地震があった。

2000 年 5 月 17 日 12 時 04 分に発生した地震 (132° 10.0' E, 32° 9.0' N, M4.1 深さ 53km) の地域では, 震源をほぼ同じくして, 19 日 02 時 29 分に M4.4 の地震が発生した。17 日及び 19 日以降, 余震と思われる小規模の地震が観測されたが, 19 日午後には余震活動は見られなくなり地震活動は急速に治まった。この一連の地震活動の中で最大の地震, 19 日の M4.4 の地震波形には P1~P が見られた。この震源の周辺では地震活動が活発で M6 以上の地震も多く, 1941 年 11 月 19 日には M7.2 の地震が発

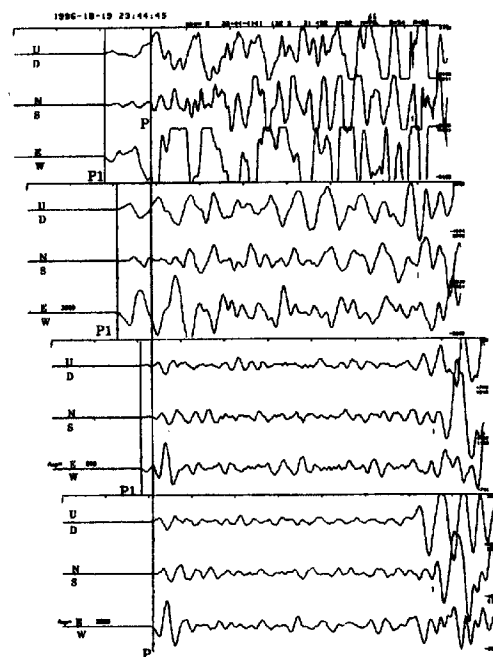


Fig. 3 The low magnification records (three-components) obtained by short period seismograph at Miyazaki station on Oct. 1996. These are main-shock(M6.6), fore-shock(M5.1), after-shock(M4.3), and fore-shock(M4.5) from the top

生し, 津波も観測され船舶に被害があっている。

また, すぐ南側の 132° 7.7' E, 31° 59.9' N, 深さ 40 km で 2000 年 9 月 27 日 M4.2 の地震でも P1~P が見られた。Fig. 4 は宮崎における短周期地震計の上下成分について, この地震と余震及び 9 月 8 日の同じ震源の地震をプロットしたもので, 図中 B で示した部分は同じ震源で発生した 9 月 8 日の地震や(図中の一番下), 多くの余震と違っている。さらに P 波初動部分を詳しく見るため, Fig. 5 に低倍率記録の 3 成分を M4.2 の本震と M3.5 の余震について示した。2 つの地震は地震規模の差が小さく波形の比較がし易いため, M3.5 の地震には P1~P の部分が無いことが明瞭に判る。

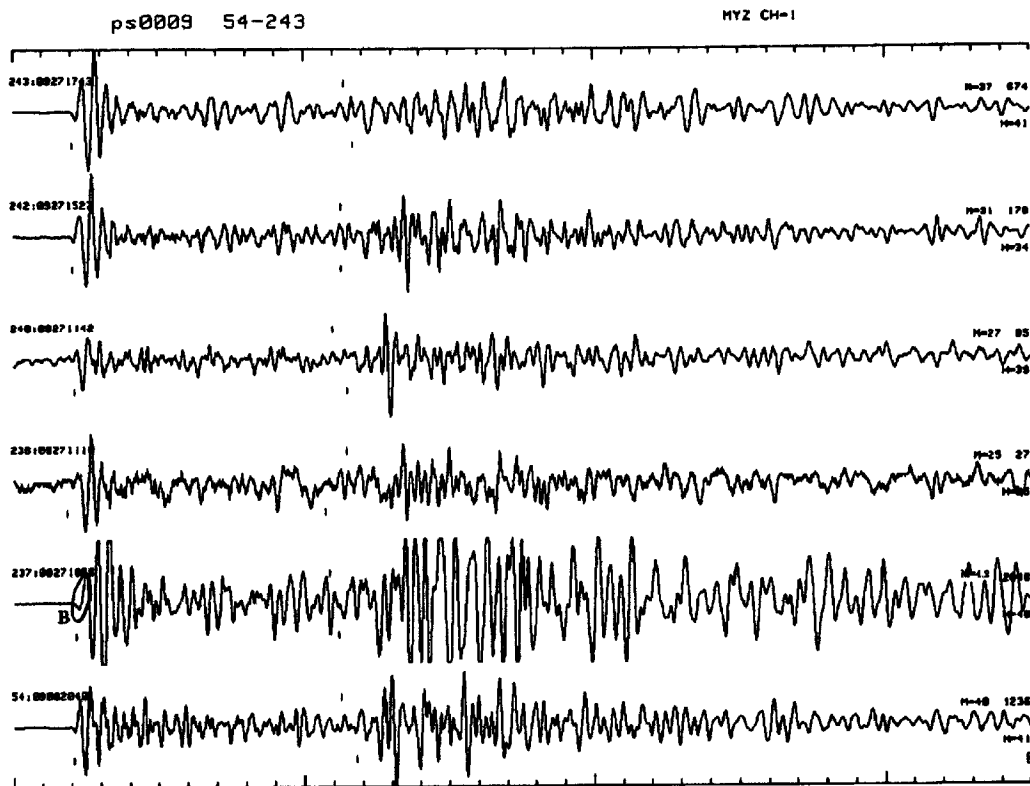


Fig. 4 The comparison between main-shock waveform and many after-shock waveforms. Each trace indicates vertical velocity obtained by short period seismograph, and is normalized by its maximum

value. At the second trace from the bottom, waveform denoted as B is different from other events waveforms.

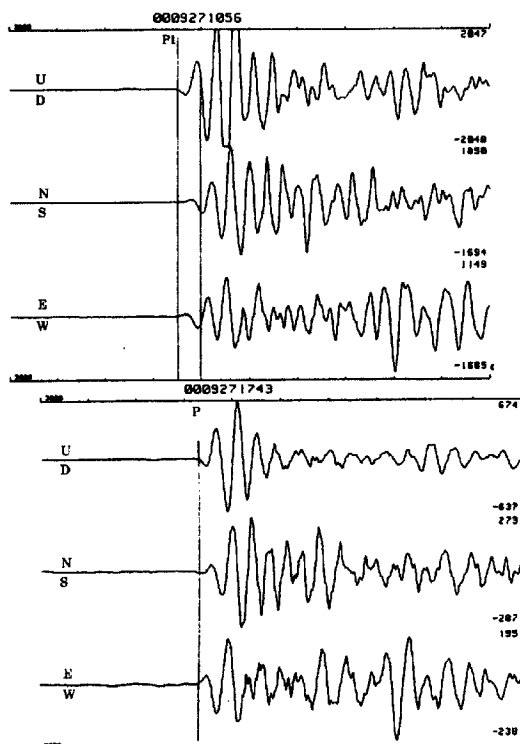


Fig.5 The comparison between mainshock(M4.2) waveform and aftershock(M3.5) waveform. These are low magnification records (three-components) obtained by short period seismograph.

Table 2. List of earthquakes with preliminary rupture, and their duration times.

|   | Date             | M        | P1-P (sec) |
|---|------------------|----------|------------|
| 1 | 1996/10/19/23:01 | 5.1 (前震) | 0.76       |
| 2 | 1996/10/19/23:44 | 6.6 (本震) | 1.07       |
| 3 | 1996/10/20/04:25 | 4.3 (余震) | 0.26       |
| 4 | 1998/12/16/09:18 | 5.5      | 0.33       |
| 5 | 2000/05/19/02:29 | 4.4      | 0.21       |
| 6 | 2000/09/27/10:56 | 4.2      | 0.48       |

### 3.3 初期破壊と地震規模(宮崎観測所の場合)

これまでに、地震の活動状況や波形から同一震源で発生したと判断できる地震や本震、余震型の一連の地震活動などで、ここで取り上げた P1~P の波形が確認できたものが 6 例あった。これら 6 例を Table. 2 に、その震央を Fig. 6 に 1~6 の数字を付けて示した。また(P1-P)時間と地震規模(M)との関係を Fig. 7 にプロットした。(P1-P)時間が長いほど地震の規模が大きくなる傾向は見られるがかな

りバラツキがある。宮崎観測所に見られるこのようなP1～Pが、梅田氏の提唱する“初期破壊による初期破壊継続時間”と同じ種類のものなのか、またこの6例全てがこれに当てはまるのかまだよく分らない。特に1996年10月M6.6の地震における余震の例など破壊過程を考える上で有り得ることなのか疑問がある。或いはこのような結果がこの地域の特徴で、この地域の破壊過程の現われなのかも知れないが、事例も少なくこれ以上の議論はできない。更なるデータの蓄積と串間観測室等の新たなデータで検討して行きたい。

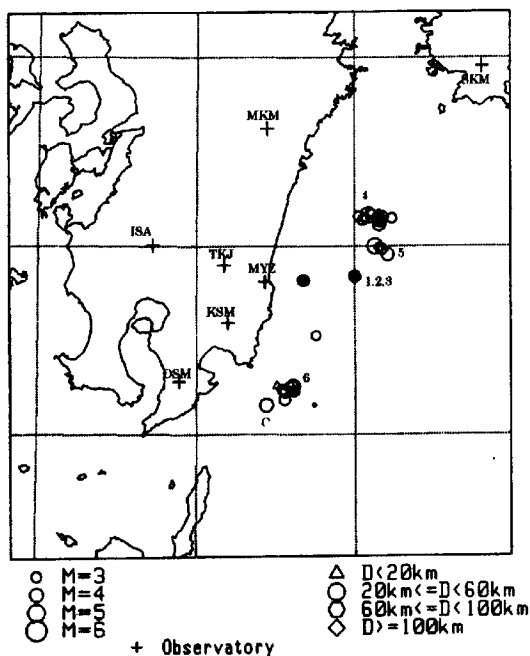


Fig.6 Location of seismic stations and epicenters of earthquakes written in the table.2.

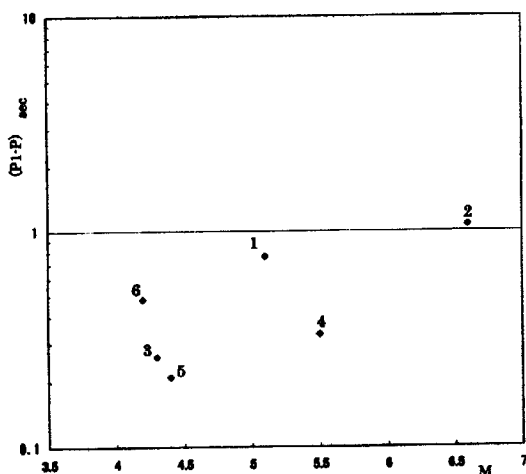


Fig. 7 Duration time of preliminary phase(P1-P) versus magnitude(M) written in the table.2.

#### 4. 宮崎、串間で観測されたM3.3の地震

串間及び伊佐観測室に強震計を設置するにあたり、宮崎において観測計器2台の試験記録を行い、次に1台を串間に設置し宮崎と串間で観測を行った。この期間中日向灘南部の131° 26.4' E, 31° 9.0' N, 深さ38 kmでM3.3の地震が発生し、両地震計での記録が得られた。Fig. 6にこの地震の震央を記号Cで記し、強震計で得られた地震波形とスペクトル解析結果をFig. 8に示す。Fig. 8は下側が宮崎、上が串間でスペクトルはP波初動部分を左から上下動、N-S, E-Wの順に示す。宮崎における地震波形は串間に比べ非常に低周波で、そのスペクトルは2.5～3Hz以上の高周波成分が大きく減衰しているのがわかる。これまでの短周期地震計による観測で明らかであるが、宮崎で観測される日向灘地震は高周波成分の減衰が大きく、内陸部の深発地震の場合には顕著でないのが特徴である(古澤ら, 1984)。

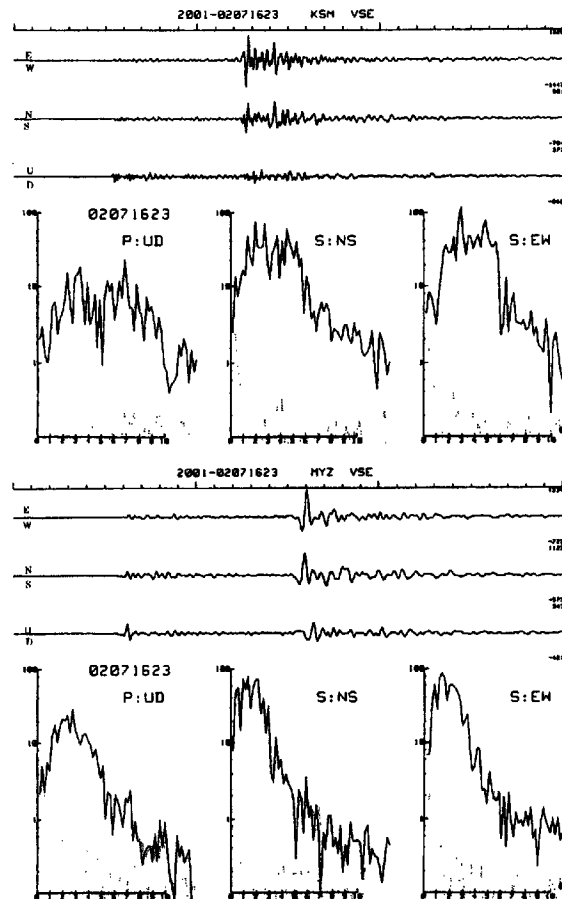


Fig.8 Example of strong motion seismograms for earthquake of Hyuganada and spectra observed at Miyazaki and Kushima station.

## 5. まとめ

宮崎観測所における地震観測において、同じ場所を震源とする地震や余震の波形を比較すると、多くの地震波形と違った部分が存在する地震が確認された。これらは強震観測で得られる M4 以上の大きな地震の場合で、余震等の P 波初動の前に見られ、梅田氏の提唱する“初期破壊”による可能性が考えられる。しかしながら、これらの波形は一連の地震活動の中で本震の他、前震、余震にも現れた例もあり、データの蓄積等今後検討する必要がある。

また九州南部の地震発生メカニズム・震源過程の解明の基礎データを得ることを目的に、日向灘総合観測線の串間と伊佐観測室に広ダイナミックレンジでの観測可能な強震計を設置し、2001 年 3 月から観測を開始した。宮崎と串間観測室では似通った地震波形を記録するが、宮崎観測所では顕著な高周波成分の減衰があり、この様な局所的な地盤特性を把握する上でも有意なデータが期待される。

## 謝 辞

串間、伊佐観測室の強震観測については、地震災害研究部門の松波孝治助教授に御指導頂きました。

宮崎観測所及び宿毛観測室における強震観測に関し、地震予知研究センターの梅田康弘教授にはサーボ型速度計の設置に携わって頂きました。また大隈

観測室における強震観測においては森井 互氏に御尽力頂いている。ここに記して深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 高田理夫・古澤 保・大谷文夫・寺石眞弘・園田保美(1987): 日向灘地殻活動総合観測線, 京都大学防災研究所年報, 第 30 号 B-1, pp. 29-40.
- 古澤 保・大谷文夫・寺石眞弘・園田保美(1988): 日向灘地殻活動総合観測線による地震の検知能力について, 京都大学防災研究所年報, 第 31 号 B-1, pp. 41-46.
- 京都大学防災研究所地震予知研究センター(1997): 宮崎観測所(要覧)
- 羽鳥徳太郎(1987): 1984 年日向灘津波と周辺の津波活動, 地震, Vol. 40, No. 1, pp. 1-6.
- 梅田康弘・伊藤 潔(1998): 不均質地殻内で成長する大地震予知のためのモデル, 地震, Vol. 50 Supplement, pp. 263-272
- 古澤 保・寺石眞弘(1984): 宮崎地殻変動観測所における地震観測, 京都大学防災研究所年報, 第 27 号 B-1, pp. 55-62.

## Seismic Observations for Strong Ground Motions at the Miyazaki Observatory.

Masahiro TERAISHI, Tamotsu FURUZAWA,

## Synopsis

At Miyazaki observatory, observations of strong ground motions are being carried out by servo-seismometers and low magnifications of short period seismograph since 1995, and some earthquake waveforms caused by preliminary rupture was observed. There are thought that the duration time of preliminary rupture and the size of the secondary rupture region is proportion to the earthquake magnitude, respectively. The correlation is not good in the case of Miyazaki station, though these are a few cases and it can't be said that all cases are depends on preliminary rupture. The other side, we started observations of seismic motions in a wide range of particle velocity from 0.001 to 20 cm/s over a broad frequency-band from 0.05 to 70 Hz with Kushima and Isa station in March. 2001.

**Keywords:** strong ground motion; dynamic range; Hyuganada; spectrum;