

## 超高性能地震計 (STS) による地震観測

### —観測システムと地震波形例の紹介—

渋谷 拓郎・尾池 和夫・平原 和朗・西上 欽也  
和田 博夫・中尾 節郎・平野 憲雄

## SEISMIC OBSERVATION WITH HIGH-PERFORMANCE SEISMOMETERS (STS) —INTRODUCTION OF OBSERVATION SYSTEM AND EXAMPLES OF SEISMIC WAVEFORM—

By *Takuo SHIBUTANI, Kazuo OIKE, Kazuro HIRAHARA,*  
*Kin'ya NISHIGAMI, Hiroo WADA, Setsuro NAKAO and Norio HIRANO*

### Synopsis

We have begun to observe seismic waves with very-broad-band and wide dynamic range seismometer (STS) since July 1988 at Tottori Observatory, Hokuriku Observatory and Kamitakara Observatory which belong to Research Center for Earthquake Prediction, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University. The STS system has dynamic range of 140 dB and its velocity output is flat for the period range between 0.1 and 360 s. Therefore it can completely record both body waves and surface waves that are too big for the microearthquake observation system to record them without scaleover. It is very important to record such complete waveforms because they can be used in the studies of source mechanism and structure of the Earth's interior. In this paper we will introduce our STS system and some examples of waveforms recorded with the system.

### 1. 緒 言

京都大学防災研究所地震予知研究センターの鳥取観測所、北陸観測所および上宝観測所では1988年7月から STS 地震計による広帯域・広ダイナミックレンジ地震観測を開始した。従来の微小地震観測システムでは、観測帯域が 0.02~1 s, ダイナミックレンジが 40 dB であるのに対し, STS システムでは, それぞれ 0.2~360 s, 140 dB であり, 帯域は長周期側に広がり, ダイナミックレンジは 100,000 倍にもなっている。このように STS システムは, 微小地震観測システムでは波形が飽和してしまうような大きな地震に対しても, その実体波から表面波までを完全に記録することができる。そのような完全な波形を蓄積し, 解析することは, 震源過程や地球内部構造の研究においてたいへん有用である。この論文では我々の STS システムと現在までに記録されたいくつかの波形例を紹介する。

## 2. STS 地震波観測システム

STS 地震波観測システムのブロックダイアグラムを **Fig. 1** に示す。本システムは、主として①STS 地震計 (3 成分) ②A/D 変換器 (24 bit) ③波形収録用ミニコンピュータによって構成されている。以下に各構成要素について説明する。

### 2.1 STS 地震計

STS 地震計 (STS-1 V, STS-1 H) は Wielandt ら<sup>12)</sup>により開発された広帯域・広ダイナミックレンジの地震計である。**Fig. 2** に示すように速度出力において 0.1~360 s までフラットな振幅特性をもつ。ダイナミックレンジは 140 dB である。安定して長周期化するために以下に述べるようないくつかの特長ある工夫がなされている。①feedback 回路により電氣的に長周期化する。また、特に上下動地震計において、②mass を支えるバネに leaf-spring を用い、機械的な固有周期を無限大にする。③地震計全体をガラス容器で密閉し、容器内を減圧して、気圧変化の影響を受けにくくする。③について水平地震計に関しては、ガラス容器内を減圧すると、かえって外気圧変化の影響を受けてしまうことがわかってきた。これについては 4 章でふれる。

### 2.2 A/D 変換器

STS 地震計の広ダイナミックレンジの特長をそのまま生かせるように、我々のシステムでは Quanterra 社製の 24 bit A/D 変換器 (Q 52 K-1) を用いている。サンプリング周波数は 20 Hz であり、アンチエイリアスフィルタとして 7.5 Hz のハイカットフィルタが入っている。最小ビットは短周期地動ノイズの 100 分の 1 程度に設定されているが、今までに観測された最大の地震波でもダイナミックレンジの 10% 程度しか振れていない。

この A/D 変換器は内部に時計にもっていて、微小地震 テレメータシステムの標準時計から 1 分毎にリファレンスパルスを受け取り、内部時計のズレを出力する機能をもっている。

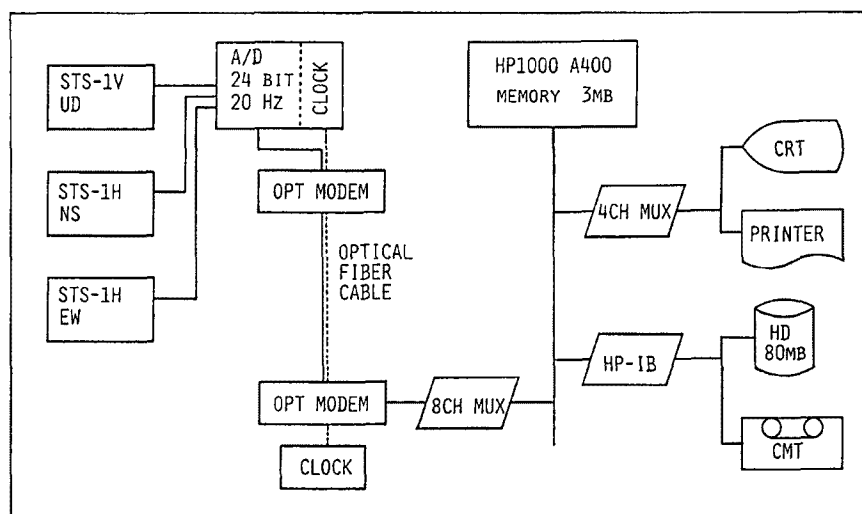


Fig. 1. Block-diagram of the seismic wave recording system. 'STS-1V' and 'STS-1H' indicate a vertical component seismometer and a horizontal component seismometer, respectively. 'HP1000 A400' is a minicomputer for data recording.

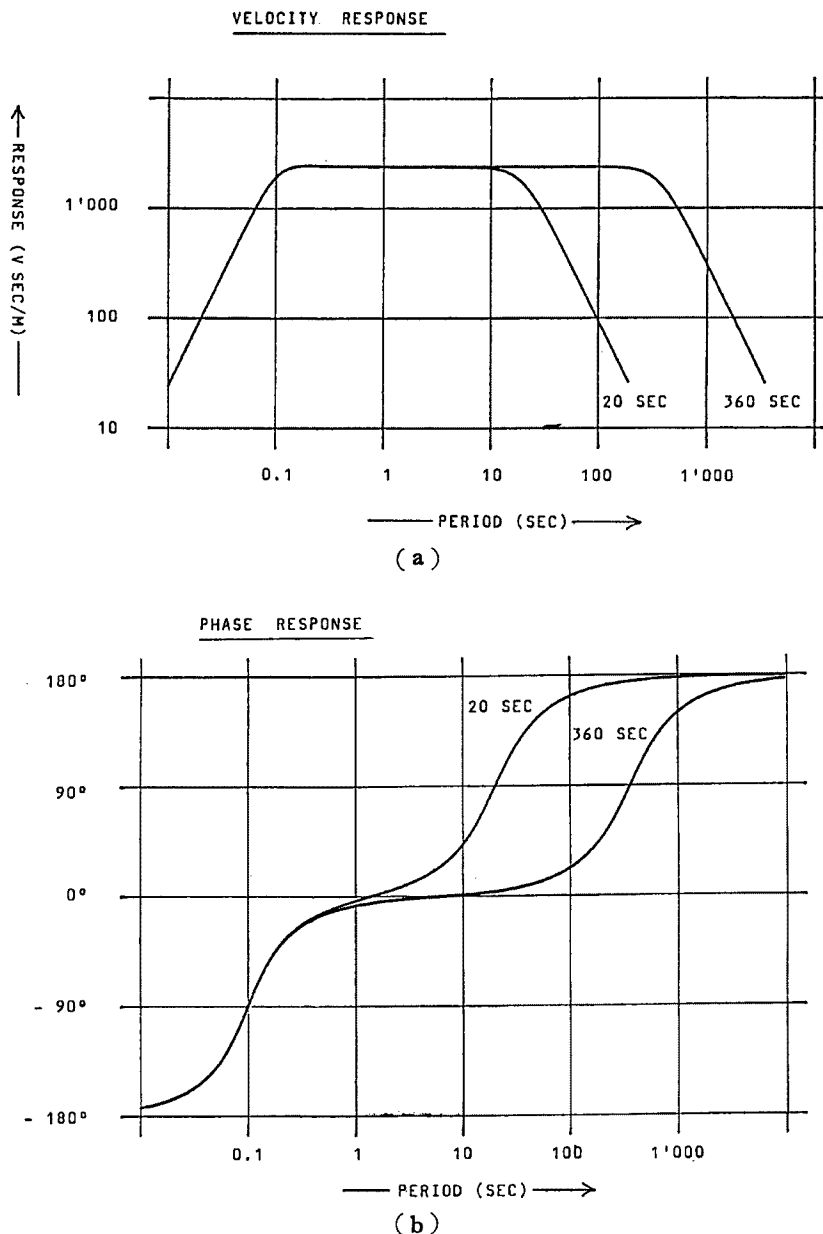


Fig. 2. (a) Amplitude response of the velocity output of STS seismometer. (b) Phase response of the velocity output of STS seismometer. These two figures are borrowed from the manual [G. Streckeisen AG Messgeraete<sup>13)</sup>].

データは RS-232 C インターフェイスを介して出力されるが、信号の品質を保つために、途中、光モデムにより光信号に変換され、光ケーブルを通して送られる。

### 2.3 波形収録装置

A/D 変換器からのデータは Hewlett-Packard 社のミニコンピュータ (HP1000 A 400) で処理され収録される。このミニコンピュータは OS として、リアルタイム性に優れ、マルチプログラミングが可能な RTE-A を用いている。

データ収録方式にはトリガ方式と連続方式の2種類がある。トリガ方式の SP データは 20 Hz でサンプリングされ、トリガ10分前からトリガ後30分までが1ファイルとして収録される。収録時間は地震の大きさによって変わり、数時間になることもある。連続方式の LP データは 1 Hz でサンプリングされ、1時間分が1ファイルとして収録される。いずれもハードディスクに書き込まれた後、カートリッジテープにバックアップされる。

Table 1. The list of the observation stations

| Code | Name       | Location<br>LAT.<br>LON.<br>H (km) | Sensitivity (Vs/m) |    |    | Remarks        |
|------|------------|------------------------------------|--------------------|----|----|----------------|
|      |            |                                    | UD                 | NS | EW |                |
| KTJ  | Kamitakara | 36.2800N                           | 2402               |    |    | from Aug. 1988 |
|      |            | 137.3269E                          | 2434               |    |    |                |
|      |            | 0.760                              | 2460               |    |    |                |
| TTT  | Tottori    | 35.5147N                           | 2526               |    |    | from July 1988 |
|      |            | 134.2378E                          | 2436               |    |    |                |
|      |            | 0.010                              | 2386               |    |    |                |
| HKJ  | Hokuriku   | 35.9375N                           | 2532               |    |    | from Aug. 1988 |
|      |            | 136.2125E                          | 2478               |    |    |                |
|      |            | 0.020                              | 2438               |    |    |                |

### 3. 地震波形例

**Table 1** に観測状況をまとめる。北陸観測点は1988年10月からトンネルの巻き立て工事のため観測を約1年中断した。**Table 2** は観測開始時から1989年12月31日までの3観測点で収録された SP データのリストである。**Fig. 3** と **Fig. 4** にこれらの地震の震央分布を示す。次に主な地震についての波形を示し、その特徴について述べる。

#### 3.1 Macquarie Islands ( $M_S=8.2$ , May 23, 1989)

この地震は New Zealand の南西に位置する Macquarie 諸島付近、鳥取観測点からの震央距離が  $90^\circ$  の地点で発生した。 $M_s$  (表面波マグニチュード) は 8.2 で、観測期間中最大の地震である。**Fig. 5(a)** に鳥取観測点での3成分波形を示す。地震動が3時間以上も継続していることがわかる。最大振幅は、vertical 成分と radial 成分では2400秒付近に、tangential 成分では2200秒付近に見られるが、前者は Rayleigh 波、後者は Love 波である。このほかにも、radial 成分では1200秒付近と8000秒付近に、tangential 成分では6600秒付近と11600秒付近に顕著な phase が見られる。つぎにこれらの phase を抽出するために100~500秒のバンドパスフィルタをかけたものを **Fig. 5(b)** に示す。R1 と G1 は上で述べた最大振幅を与える Rayleigh 波と Love 波であり、劣弧を伝わってきた表面波である。R2 と G2 は優弧を伝わってきた Rayleigh 波と Love 波である。G3 は G1 がさらに地球を一周してきたものである。X1~X4 は地球自由振動の spheroidal mode の overtone である。Woodhouse ら<sup>3)</sup> および Tanimoto<sup>4)5)</sup> は、これらの表面波の waveform inversion を行ない、上部マントルの3次元速度構造を求めた。

#### 3.2 鳥島近海 ( $M_{JMA}=6.8$ , June 17, 1989)

この地震は鳥島付近の深さ 385 km の地点で発生した深発地震である。**Fig. 6(a)** に上宝観測点における3成分波形を示す。これらに30~100秒のバンドパスフィルタをかけたものが **Fig. 6(b)** である。1750秒と1900秒および2700秒と2950秒に顕著な phase が見られるが、これらは前から、ScS, sScS, (ScS)<sub>2</sub>, s(ScS)<sub>2</sub> に

JULY 1988 - DEC. 1989

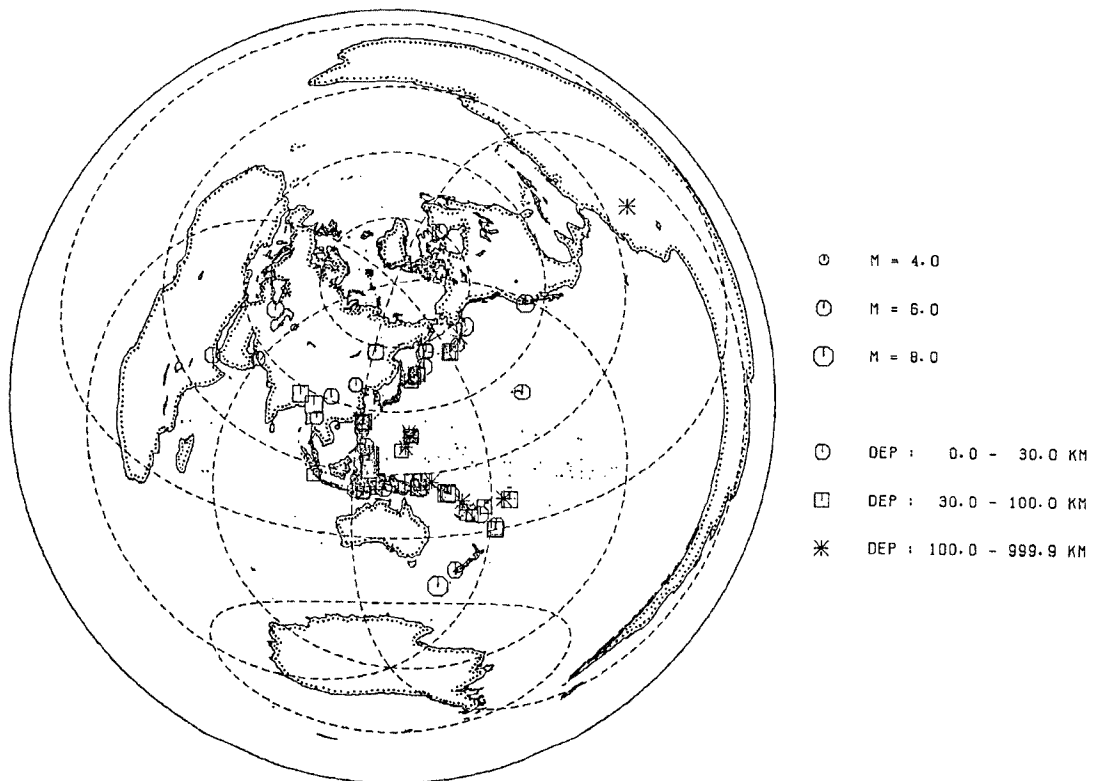


Fig. 3. The distribution of earthquakes whose waveforms are recorded by our system as 'SP data'. The plotted hypocenters are referred to Preliminary Determination of Epicenters by NEIC.

JULY 1988 - DEC. 1989

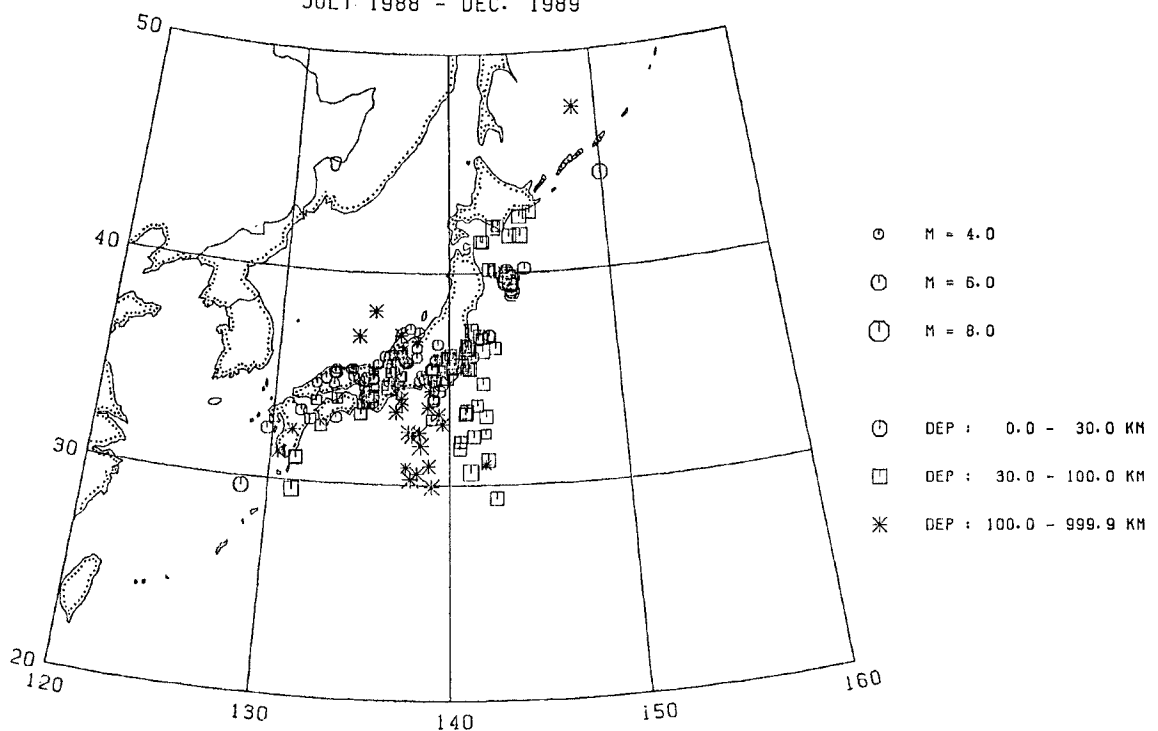
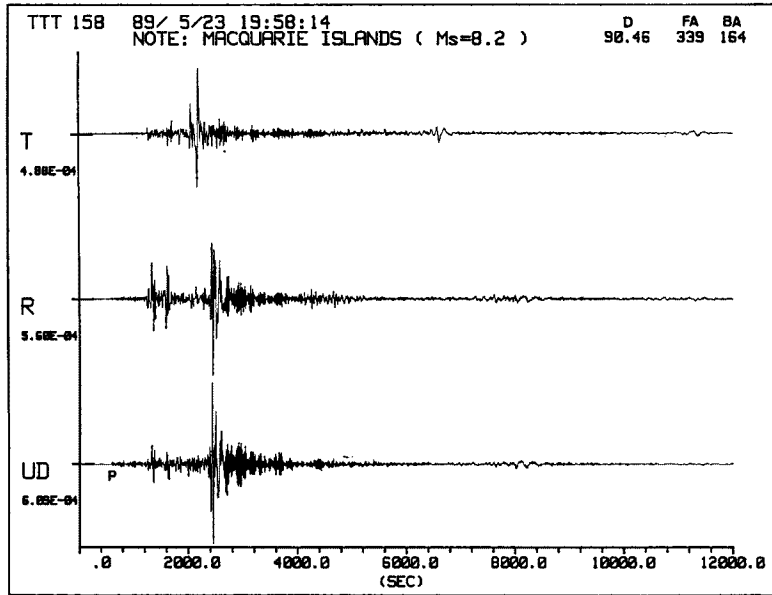
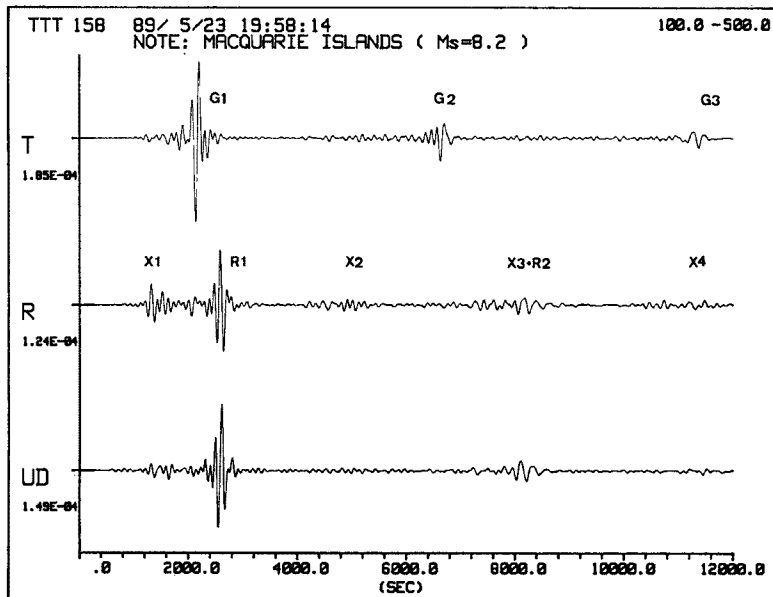


Fig. 4. The distribution of earthquakes whose waveforms are recorded by our system as 'SP data'. The plotted hypocenters are referred to Preliminary Earthquake Origins by JMA.



(a)



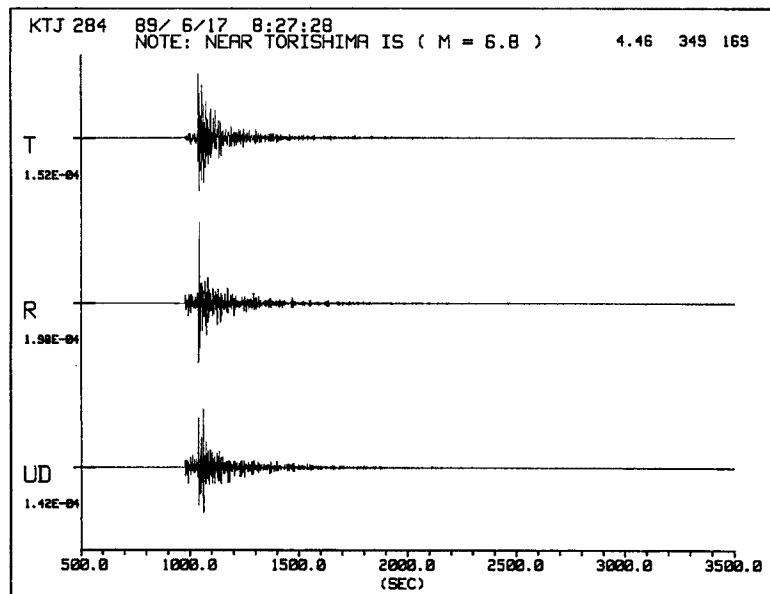
(b)

Fig. 5. (a) Three-component-waveform of Macquarie Islands ( $M_s=8.2$ ) recorded at Tottori. UD, R and T indicate a vertical, radial and tangential component, respectively. The value under the component symbol is the maximum value (zero to peak) of the component and the unit is m/s. The origin of the time axis is equal to a time shown at the top of the figure. D represents the angular distance between an epicenter and a station. FA indicates the azimuth angle at an epicenter to a station measured clockwise from north and BA indicates the azimuth angle at a station to an epicenter measured clockwise from north. (b) The bandpass filtered waveform from (a). The bandpass period is 100–500s. Phases represented by G1, G2, etc. are explained in the text.

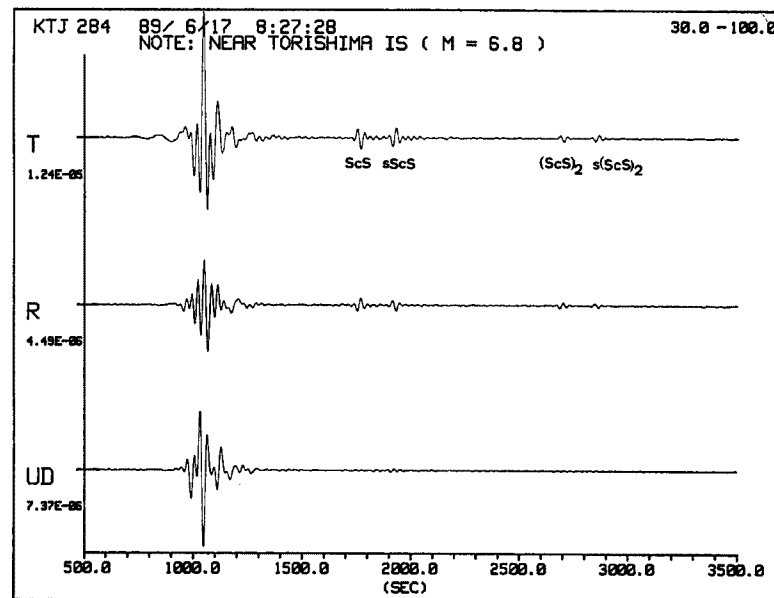
対応する。Jordan ら<sup>6)</sup>は、このような multiple ScS を用いてマンツルの Q 構造を求めた。Jordan<sup>7)</sup>は最近、multiple ScS の waveform inversion から深さ約 1000 km までの速度構造を求め、いくつかの新しい速度不連続面を提唱した。

### 3.3 Western Brazil ( $M_B=6.2$ , May 6, 1989)

Fig. 7(a) は鳥取観測点におけるブラジル西部の深発地震（深さ：593 km）の 3 成分波形である。鳥取は震



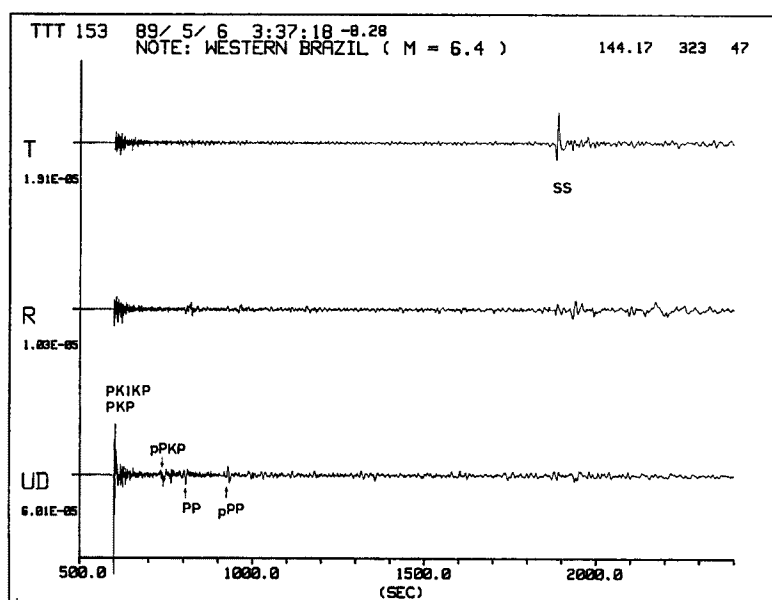
(a)



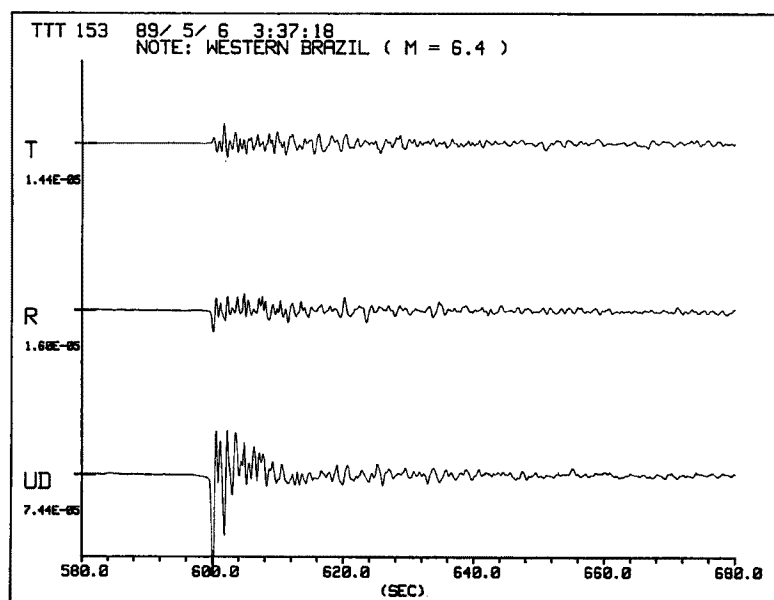
(b)

Fig. 6. (a) Three-component-waveform of Near Torishima Islands ( $M_{JMA}=6.8$ ) recorded at Kamitakara. (b) The waveform through a bandpass filter whose period range is between 30 and 100s. Phases indicated by ScS, sScS, etc. are explained in the text.

央距離が  $144^\circ$  の地点に位置し、ここは  $103^\circ$  付近から始まる P 波の shadow zone の終点付近となるので、PKIKP, PKP がほとんど同時刻に相次いで到着し、Fig. 7(b) の P 波初動部拡大図に示されるように、波形が複雑になり振幅も大きくなる。Fig. 7(a) の vertical 成分に見られる特徴的な phase としては、800秒付近の PP と920秒付近の pPP が挙げられる。さらに P の約130秒後にも顕著な phase が見られるが、これは走時等から判断して pPKP と考えられる。tangential 成分において1900秒に見られる phase は SS である。



(a)

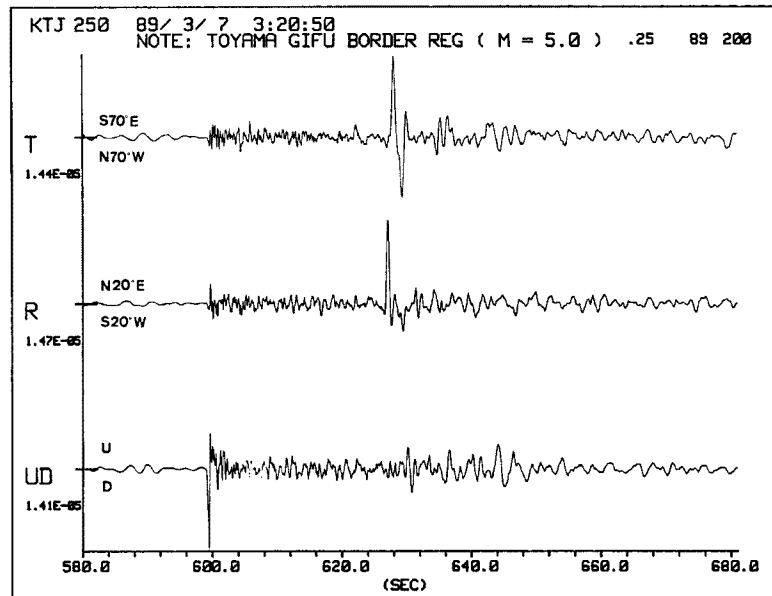


(b)

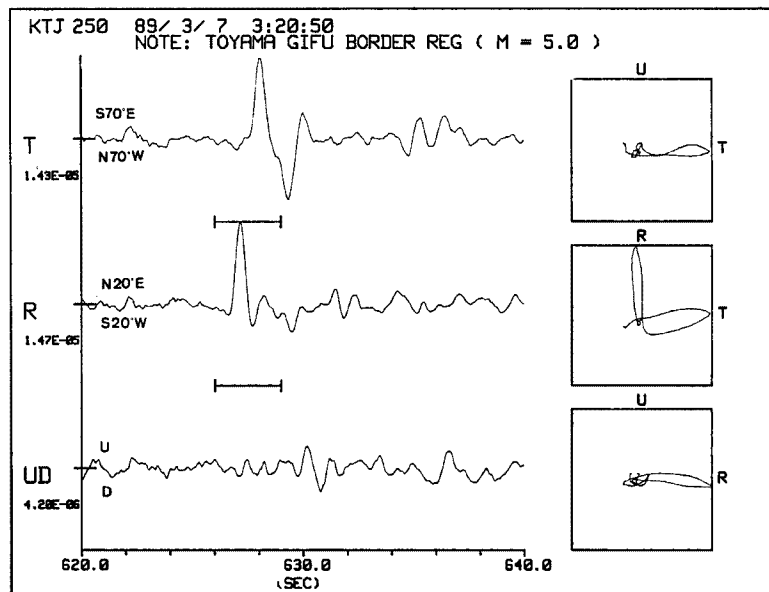
Fig. 7. (a) Three-component-waveform of Western Brazil ( $M_B=6.4$ ) recorded at Tottori. Phases represented by PKP, PKIKP, etc. are explained in the text. (b) The first 80 seconds of P wave of (a).

### 3.4 富山・岐阜県境 ( $M_{JMA}=5.0$ , Mar. 7, 1989)

Fig. 8(a) の波形は富山・岐阜県境に発生した深発地震で、上宝観測点で記録されたものである。同観測点までの震央距離が 28 km であるのに対し地震の深さは 280 km であるので、ほとんど観測点の真下で発生したものと見なしてよい。S 波部分を拡大したのが Fig. 8(b) である。Fig. 8(b) にはバーをつけた範囲の particle motion も描かれている。水平動の 2 成分は S 波の splitting が最大となるよう回転されていて、上



(a)



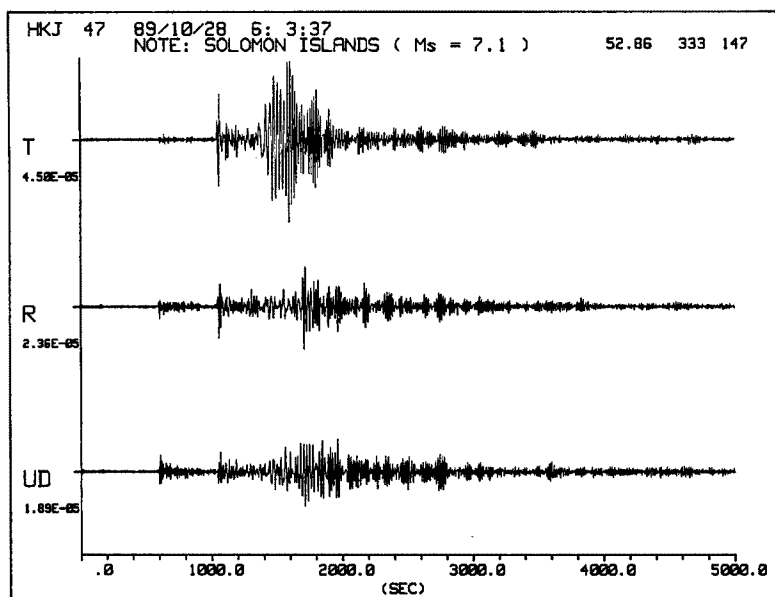
(b)

Fig. 8. (a) Three-component-waveform of Toyama Gifu Border Region ( $M_{JMA}=5.0$ ) recorded at Kamitakara. (b) The waveform of S wave part and the particle motions for the time range denoted by bar. In Fig. 8 (a) and (b), T is the S70°E-N70°W component and R is the N20°E-S20°W component.

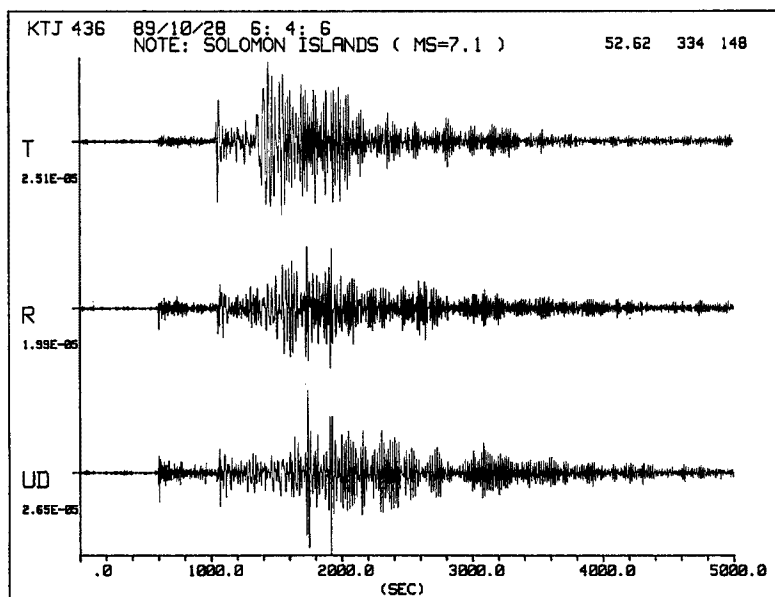
のトレースが  $S 70^{\circ}E-N 70^{\circ}W$  成分, 中のトレースが  $N 20^{\circ}E-S 20^{\circ}W$  成分である。この図を見てわかるように,  $N 20^{\circ}E-S 20^{\circ}W$  成分の方が  $S 70^{\circ}E-N 70^{\circ}W$  成分より S 波が 1 秒程度速く到着している。Ando ら<sup>8)</sup>はこのような S 波の異方性が地下深部にあるマグマ溜まりによるものと考え, 上宝周辺の 5 つの観測点とその直下で発生した 12 個の深発地震とを結ぶ波線について, S 波の splitting が観測されるかどうかを調べ, マグマ溜まりの広がりやを推定した。

### 3.5 Solomon Islands ( $M_S=7.1$ , Oct. 28, 1989)

北陸観測点, 上宝観測点および鳥取観測点におけるこの地震の波形をそれぞれ Fig. 9(a), (b), (c) に示す。鳥取の 400~1200 秒に見られる波形は NS 成分の地震計に発生したノイズである。ノイズの問題につい



(a)



(b)

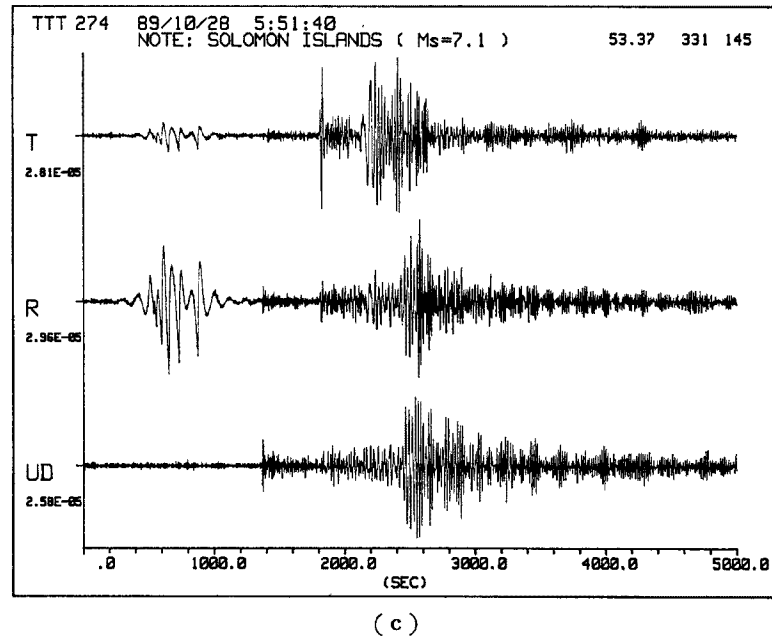


Fig. 9. (a) Three-component-waveform of Solomon Islands ( $M_s=7.1$ ) recorded at Hokuriku. (b) The waveform recorded at Kamitakara. (c) The waveform recorded at Tottori.

ては次章で述べる。3観測点とも tangential 成分に Love 波の分散がきれいに見える。一方、表面波の主要部の成分間の相対振幅や波形は観測点ごとにかなり異なっている。3観測点は震央からみた方位角において  $3^\circ$  の範囲にあるので、表面波にみられる観測点間の相違は radiation pattern によるものではなく、伝播経路途中の構造の違い、とくに観測点の近くの regional な構造の違いによるものであると考えられる。

#### 4. 観測上の問題点（長周期ノイズ）

STS の記録において主として水平動の記録に、周期が 100 秒以上の長周期ノイズが現れることがある。これについてはすでにいくつかの報告がなされている<sup>9)10)11)</sup>。気圧変化と相関がよいことから、長周期ノイズの原因は、気圧変化が STS のガラス容器に歪みを生じさせるためであると考えられている。山田ら<sup>10)</sup>は水平動地震計のガラス容器に乾燥空気の入った風船をつなぎ外気との圧力差をなくすと、気圧変化の影響はたいへん小さくなり良好な記録が得られるようになったと報告している。また、三上ら<sup>9)</sup>によるとガラス容器下面を観測台にしっかり固定することによっても長周期ノイズを 1/10 程度に軽減することができる。

Table 2. The list of SP data. Numerals under the station codes such as 'TTT', 'KTJ', and 'HKJ' indicate the file number of their SP data. '0' shows that there is no SP data for the station. 'JMA' in 'REF' column indicates the hypocenter is referred to Preliminary Earthquake Origins by JMA. The hypocenter with 'PDE1' in 'REF' column is referred to Preliminary Determination of Epicenters (PDE) by NEIC. That with 'PDE2' is referred to Monthly Listing of PDE.

|      | Y    | M    | D    | H | M | S | LAT.    | LON.     | DEP.  | M    | LOCATON                   | REF. | TTT | KTJ | HKJ |
|------|------|------|------|---|---|---|---------|----------|-------|------|---------------------------|------|-----|-----|-----|
| 1988 | 706  | 532  | 7.2  |   |   |   | 5.964S  | 148.780E | 53.   | 6.8  | NEW BRITAIN ISLANDS       | PDE2 | 2   | 0   | 0   |
| 1988 | 707  | 054  | 18.2 |   |   |   | 41.735N | 144.457E | 59.4  | 6.2  | SE OFF TOKACHI            | JMA  | 3   | 0   | 0   |
| 1988 | 716  | 447  | 46.1 |   |   |   | 34.588N | 135.068E | 14.8  | 3.4  | OSAKA BAY REGION          | JMA  | 6   | 0   | 0   |
| 1988 | 717  | 1223 | 5.0  |   |   |   | 20.090N | 121.992E | 9.    | 5.6  | PHILIPPINE ISLANDS        | PDE2 | 7   | 0   | 0   |
| 1988 | 718  | 005  | 55.8 |   |   |   | 37.047N | 142.362E | 27.0  | 5.6  | E OFF FUKUSHIMA PREF      | JMA  | 8   | 0   | 0   |
| 1988 | 721  | 815  | 36.6 |   |   |   | 23.902N | 121.598E | 51.   | 5.7  | TAIWAN                    | PDE2 | 9   | 0   | 0   |
| 1988 | 725  | 1546 | 6.6  |   |   |   | 6.081S  | 133.667E | 28.   | 6.7  | AROE ISLANDS              | PDE2 | 11  | 0   | 0   |
| 1988 | 729  | 1831 | 1.3  |   |   |   | 32.433N | 131.090E | 105.0 | -9.0 | NORTHERN MIYAZAKI PREF    | JMA  | 14  | 0   | 0   |
| 1988 | 731  | 815  | 17.5 |   |   |   | 34.968N | 139.218E | 10.0  | 4.6  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 15  | 0   | 0   |
| 1988 | 802  | 2016 | 5.9  |   |   |   | 34.945N | 139.201E | 2.4   | 5.2  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 19  | 0   | 0   |
| 1988 | 804  | 1706 | 51.5 |   |   |   | 34.940N | 139.182E | 6.1   | 4.7  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 21  | 0   | 0   |
| 1988 | 806  | 936  | 24.6 |   |   |   | 25.149N | 95.127E  | 91.   | 7.2  | BURMA-INDIA BORDER        | PDE2 | 22  | 0   | 0   |
| 1988 | 808  | 1809 | 42.6 |   |   |   | 33.847N | 137.260E | 363.1 | 5.3  | SE OFF KII PENINSULA      | JMA  | 23  | 0   | 0   |
| 1988 | 810  | 1338 | 26.1 |   |   |   | 10.366S | 160.819E | 34.   | 7.4  | SOLOMON ISLANDS           | PDE2 | 24  | 5   | 0   |
| 1988 | 810  | 2211 | 19.4 |   |   |   | 14.880S | 167.293E | 125.  | 6.2  | VANUATU ISLANDS           | PDE2 | 26  | 0   | 0   |
| 1988 | 811  | 1227 | 27.1 |   |   |   | 34.717N | 136.183E | 47.3  | 3.9  | NORTHERN HIE PREF         | JMA  | 27  | 0   | 0   |
| 1988 | 812  | 1414 | 53.9 |   |   |   | 35.095N | 139.867E | 69.4  | 5.3  | SOUTHERN BOSO PENINSULA   | JMA  | 29  | 0   | 0   |
| 1988 | 817  | 1336 | 28.8 |   |   |   | 36.032N | 137.517E | 13.2  | 3.4  | WESTERN NAGANO PREF       | JMA  | 0   | 8   | 0   |
| 1988 | 820  | 432  | 46.6 |   |   |   | 33.897N | 135.197E | 12.0  | 4.3  | CENTRAL WAKAYAMA PREF     | JMA  | 2   | 10  | 0   |
| 1988 | 821  | 809  | 9.5  |   |   |   | 26.755N | 86.616E  | 57.   | 6.6  | NEPAL-INDIA BORDER        | PDE2 | 3   | 11  | 0   |
| 1988 | 825  | 1723 | 47.1 |   |   |   | 35.385N | 135.565E | 13.2  | 3.7  | WESTERN FUKUI PREF        | JMA  | 5   | 0   | 0   |
| 1988 | 827  | 1025 | 17.5 |   |   |   | 11.380N | 141.413E | 33.   | 5.6  | WEST CAROLINE ISLANDS     | PDE2 | 0   | 13  | 0   |
| 1988 | 827  | 1203 | 22.8 |   |   |   | 34.791N | 141.973E | 48.   | 5.1  | FAR E OFF KANTO           | JMA  | 0   | 14  | 0   |
| 1988 | 903  | 030  | 48.9 |   |   |   | 34.880N | 139.267E | 9.2   | 4.0  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 0   | 15  | 0   |
| 1988 | 905  | 049  | 22.4 |   |   |   | 35.497N | 138.987E | 29.6  | 5.6  | EASTERN YAMANASHI PREF    | JMA  | 8   | 16  | 11  |
| 1988 | 905  | 731  | 0.8  |   |   |   | 35.512N | 138.976E | 31.8  | 4.2  | EASTERN YAMANASHI PREF    | JMA  | 0   | 17  | 12  |
| 1988 | 906  | 107  | 34.9 |   |   |   | 36.505N | 138.080E | 6.9   | 3.6  | NEAR MATSUSHIRO           | JMA  | 0   | 18  | 0   |
| 1988 | 907  | 2053 | 24.2 |   |   |   | 30.270N | 137.785E | 513.6 | 6.8  | SHIKOKU BASIN             | JMA  | 9   | 0   | 13  |
| 1988 | 909  | 2239 | 49.6 |   |   |   | 35.012N | 135.547E | 11.5  | 3.4  | KYOTO-OSAKA BORDER REG    | JMA  | 11  | 0   | 0   |
| 1988 | 910  | 1216 | 6.0  |   |   |   | 34.935N | 139.245E | 13.3  | 4.2  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 0   | 0   | 15  |
| 1988 | 911  | 1136 | 51.2 |   |   |   | 18.914N | 145.625E | 176.  | 5.3  | MARIANA ISLANDS           | PDE2 | 0   | 21  | 0   |
| 1988 | 913  | 958  | 46.2 |   |   |   | 29.930N | 138.978E | 451.6 | 6.0  | NEAR TORISHIMA IS         | JMA  | 12  | 23  | 17  |
| 1988 | 915  | 511  | 31.8 |   |   |   | 42.228N | 143.078E | 69.8  | 4.9  | HIDAKA MOUNTAIN REGION    | JMA  | 0   | 0   | 19  |
| 1988 | 916  | 318  | 56.4 |   |   |   | 36.200N | 140.067E | 61.2  | 4.5  | SW SAITAMA PREF           | JMA  | 0   | 49  | 20  |
| 1988 | 916  | 646  | 52.7 |   |   |   | 35.487N | 140.972E | 44.4  | 4.3  | NEAR CHOSI CITY           | JMA  | 0   | 0   | 21  |
| 1988 | 926  | 1723 | 19.1 |   |   |   | 35.542N | 141.182E | 35.7  | 5.8  | NEAR CHOSI CITY           | JMA  | 0   | 54  | 0   |
| 1988 | 929  | 1723 | 34.1 |   |   |   | 35.918N | 139.190E | 15.0  | 5.0  | WESTERN SAITAMA PREF      | JMA  | 22  | 0   | 0   |
| 1988 | 1001 | 1558 | 37.3 |   |   |   | 35.813N | 137.493E | 12.2  | 4.3  | WESTERN NAGANO PREF       | JMA  | 23  | 59  | 0   |
| 1988 | 1008 | 1346 | 24.5 |   |   |   | 18.771S | 172.415W | 35.   | 6.8  | TONGA ISLANDS             | PDE2 | 38  | 61  | 0   |
| 1988 | 1009 | 706  | 26.2 |   |   |   | 33.363N | 139.367E | 210.8 | 5.3  | NEAR HACHIOJIMA ISLAND    | JMA  | 0   | 63  | 0   |
| 1988 | 1009 | 929  | 58.9 |   |   |   | 30.540N | 138.163E | 502.2 | 5.9  | NEAR TORISHIMA IS         | JMA  | 42  | 64  | 0   |
| 1988 | 1010 | 1452 | 12.8 |   |   |   | 42.633N | 144.495E | 70.9  | 6.0  | SE OFF TOKACHI            | JMA  | 43  | 65  | 0   |
| 1988 | 1011 | 320  | 25.0 |   |   |   | 28.644S | 177.553W | 28.   | 6.8  | KERMADEC ISLANDS          | PDE2 | 45  | 66  | 0   |
| 1988 | 1016 | 2109 | 27.2 |   |   |   | 21.856N | 121.699E | 33.   | 5.8  | TAIWAN REGION             | PDE2 | 51  | 67  | 0   |
| 1988 | 1019 | 908  | 39.1 |   |   |   | 37.030N | 141.833E | 32.2  | 5.8  | E OFF FUKUSHIMA PREF      | JMA  | 52  | 68  | 0   |
| 1988 | 1020 | 211  | 54.2 |   |   |   | 36.677N | 139.318E | 12.0  | 4.3  | TOCHIGI GUNMA BORDER      | JMA  | 0   | 69  | 0   |
| 1988 | 1020 | 451  | 37.7 |   |   |   | 47.744N | 151.334E | 185.  | 5.2  | KURIL ISLANDS             | PDE2 | 0   | 70  | 0   |
| 1988 | 1021 | 207  | 41.4 |   |   |   | 35.827N | 137.510E | 11.0  | 3.7  | WESTERN NAGANO PREF       | JMA  | 0   | 71  | 0   |
| 1988 | 1026 | 1140 | 17.0 |   |   |   | 33.110N | 133.518E | 29.   | 4.5  | TOSA BAY                  | JMA  | 57  | 0   | 0   |
| 1988 | 1107 | 1250 | 0.8  |   |   |   | 22.239S | 175.018E | 22.   | 6.7  | SOUTH OFF FIJI ISLANDS    | PDE2 | 0   | 74  | 0   |
| 1988 | 1108 | 359  | 31.5 |   |   |   | 36.068N | 138.092E | 5.2   | 3.7  | CENTRAL NAGANO PREF       | JMA  | 0   | 75  | 0   |
| 1988 | 1108 | 815  | 41.7 |   |   |   | 1.533N  | 126.357E | 66.   | 6.2  | MOLUCCA PASSAGE           | PDE2 | 0   | 76  | 0   |
| 1988 | 1112 | 1118 | 3.4  |   |   |   | 35.907N | 139.170E | 19.1  | 3.8  | WESTERN SAITAMA PREF      | JMA  | 0   | 82  | 0   |
| 1988 | 1113 | 036  | 8.2  |   |   |   | 35.828N | 137.492E | 13.0  | 2.2  | WESTERN NAGANO PREF       | JMA  | 0   | 91  | 0   |
| 1988 | 1114 | 1115 | 39.1 |   |   |   | 3.527S  | 150.120E | 33.   | 6.6  | NEW IRELAND REGION        | PDE2 | 0   | 105 | 0   |
| 1988 | 1114 | 1636 | 1.4  |   |   |   | 36.685N | 139.327E | 8.8   | 4.1  | TOCHIGI GUNMA BORDER      | JMA  | 0   | 106 | 0   |
| 1988 | 1115 | 1741 | 42.3 |   |   |   | 52.109N | 171.103W | 23.   | 5.4  | FOX ISLANDS, ALEUTIAN IS  | PDE2 | 0   | 107 | 0   |
| 1988 | 1117 | 1555 | 46.0 |   |   |   | 12.399N | 124.537E | 19.   | 6.6  | SAMAR, PHILIPPINE ISLANDS | PDE2 | 65  | 109 | 0   |
| 1988 | 1123 | 1204 | 14.5 |   |   |   | 31.200N | 142.152E | 90.   | 5.7  | NEAR TORISHIMA IS         | JMA  | 70  | 115 | 0   |
| 1988 | 1124 | 1514 | 41.5 |   |   |   | 35.827N | 137.535E | 11.3  | 4.2  | WESTERN NAGANO PREF       | JMA  | 0   | 116 | 0   |

Table 2. (Continued)

| Y    | M    | D    | H    | M | S | LAT.    | LON.     | DEP.  | M    | LOCATON                   | REF. | TTT | KTJ | HKJ |
|------|------|------|------|---|---|---------|----------|-------|------|---------------------------|------|-----|-----|-----|
| 1988 | 1124 | 1757 | 53.2 |   |   | 36.405N | 137.283E | 268.0 | -9.0 | TOYAMA GIFU BORDER REG    | JMA  | 0   | 117 | 0   |
| 1988 | 1126 | 623  | 48.2 |   |   | 35.828N | 137.510E | 13.   | 3.0  | WESTERN NAGANO PREF       | JMA  | 0   | 144 | 0   |
| 1988 | 1203 | 2201 | 10.7 |   |   | 34.180N | 135.617E | 68.9  | 4.5  | NE WAKAYAMA PREF          | JMA  | 95  | 157 | 0   |
| 1988 | 1204 | 1514 | 10.4 |   |   | 20.014N | 121.930E | 10.   | 5.5  | PHILIPPINE ISLANDS REGION | PDE2 | 0   | 158 | 0   |
| 1988 | 1204 | 1338 | 6.3  |   |   | 18.493N | 146.367E | 76.   | 5.7  | MARIANA ISLANDS           | PDE2 | 0   | 159 | 0   |
| 1988 | 1207 | 1641 | 24.2 |   |   | 40.987N | 44.185E  | 5.    | 6.8  | TURKEY-USSR BORDER REGION | PDE2 | 96  | 160 | 0   |
| 1988 | 1210 | 455  | 36.7 |   |   | 34.562N | 137.007E | 349.2 | 5.5  | MIKAWA BAY REGION         | JMA  | 0   | 161 | 0   |
| 1988 | 1213 | 1841 | 36.2 |   |   | 34.977N | 135.568E | 13.6  | 4.1  | KYOTO-OSAKA BORDER REG    | JMA  | 98  | 162 | 0   |
| 1988 | 1216 | 250  | 49.2 |   |   | 35.475N | 140.198E | 80.6  | 4.1  | CENTRAL CHIBA PREF        | JMA  | 0   | 174 | 0   |
| 1988 | 1216 | 1857 | 16.5 |   |   | 29.790S | 177.915W | 31.   | 6.2  | KERMADEC ISLANDS          | PDE2 | 0   | 184 | 0   |
| 1988 | 1217 | 429  | 3.7  |   |   | 29.385N | 142.577E | 38.   | 5.6  | NEAR TORISHIMA IS         | JMA  | 0   | 188 | 0   |
| 1988 | 1222 | 1841 | 54.9 |   |   | 35.148N | 137.118E | 49.7  | 4.4  | CENTRAL AICHI PREF        | JMA  | 103 | 0   | 0   |
| 1988 | 1224 | 2209 | 40.5 |   |   | 5.090S  | 149.758E | 369.  | 5.6  | NEW BRITAIN REGION        | PDE2 | 0   | 194 | 0   |
| 1988 | 1228 | 1104 | 51.3 |   |   | 32.898N | 139.580E | 222.4 | 5.3  | NEAR HACHIJOJIMA ISLAND   | JMA  | 0   | 195 | 0   |
| 1988 | 1228 | 1802 | 8.5  |   |   | 36.068N | 139.918E | 56.0  | 4.3  | SW IBARAKI PREF           | JMA  | 0   | 196 | 0   |
| 1988 | 1229 | 2309 | 51.2 |   |   | 34.052N | 139.063E | 7.7   | 4.6  | NEAR NIIJIMA ISLAND       | JMA  | 0   | 197 | 0   |
| 1988 | 1230 | 409  | 57.2 |   |   | 36.622N | 141.110E | 46.4  | 4.8  | E OFF IBARAKI PREF        | JMA  | 0   | 198 | 0   |
| 1988 | 1230 | 1408 | 5.0  |   |   | 34.073N | 139.065E | 12.3  | 4.0  | NEAR NIIJIMA ISLAND       | JMA  | 0   | 199 | 0   |
| 1989 | 102  | 1945 | 59.8 |   |   | 34.058N | 139.100E | 15.8  | 5.0  | NEAR NIIJIMA ISLAND       | JMA  | 0   | 200 | 0   |
| 1989 | 103  | 1341 | 12.3 |   |   | 29.582N | 131.308E | 68.7  | 5.9  | NEAR AMAMI-OSHIMA IS      | JMA  | 104 | 201 | 0   |
| 1989 | 103  | 1902 | 32.4 |   |   | 35.512N | 141.145E | 40.5  | 4.9  | NEAR CHOSI CITY           | JMA  | 0   | 202 | 0   |
| 1989 | 103  | 2056 | 1.8  |   |   | 36.268N | 137.185E | 3.1   | 2.7  | TOYAMA GIFU BORDER REG    | JMA  | 0   | 203 | 0   |
| 1989 | 107  | 408  | 24.5 |   |   | 36.367N | 141.963E | 34.   | 5.8  | FAR E OFF IBARAKI PREF    | JMA  | 105 | 204 | 0   |
| 1989 | 108  | 711  | 28.6 |   |   | 36.108N | 141.398E | 17.   | 4.6  | FAR E OFF IBARAKI PREF    | JMA  | 0   | 205 | 0   |
| 1989 | 109  | 740  | 42.3 |   |   | 36.353N | 137.245E | 5.9   | 2.7  | TOYAMA GIFU BORDER REG    | JMA  | 0   | 206 | 0   |
| 1989 | 109  | 1139 | 4.5  |   |   | 34.105N | 139.075E | 11.0  | 3.8  | NEAR NIIJIMA ISLAND       | JMA  | 0   | 207 | 0   |
| 1989 | 109  | 2242 | 36.4 |   |   | 46.986N | 153.479E | 14.   | 6.4  | KURIL ISLANDS             | PDE2 | 107 | 208 | 0   |
| 1989 | 110  | 1455 | 1.4  |   |   | 3.217S  | 130.556E | 47.   | 6.5  | CERAM                     | PDE2 | 108 | 209 | 0   |
| 1989 | 113  | 447  | 41.0 |   |   | 46.789N | 153.896E | 33.   | 6.0  | KURIL ISLANDS             | PDE2 | 109 | 211 | 0   |
| 1989 | 114  | 301  | 56.5 |   |   | 46.478N | 153.673E | 33.   | 5.6  | KURIL ISLANDS             | PDE2 | 111 | 212 | 0   |
| 1989 | 116  | 1624 | 20.6 |   |   | 41.477N | 141.955E | 64.6  | 5.2  | E OFF AOMORI PREF         | JMA  | 0   | 213 | 0   |
| 1989 | 117  | 935  | 23.1 |   |   | 6.151S  | 148.947E | 32.   | 6.4  | NEW BRITAIN REGION        | PDE2 | 0   | 214 | 0   |
| 1989 | 117  | 1533 | 18.8 |   |   | 35.967N | 137.293E | 8.5   | 3.1  | NORTHERN GIFU PREF        | JMA  | 0   | 215 | 0   |
| 1989 | 123  | 720  | 17.8 |   |   | 41.748N | 144.520E | 64.   | 6.0  | SE OFF TOKACHI            | JMA  | 114 | 218 | 0   |
| 1989 | 125  | 503  | 38.0 |   |   | 42.120N | 142.790E | 49.0  | 5.8  | S OFF URAKAWA             | JMA  | 0   | 219 | 0   |
| 1989 | 126  | 2255 | 1.6  |   |   | 47.520N | 154.331E | 28.   | 5.6  | KURIL ISLANDS             | JMA  | 0   | 220 | 0   |
| 1989 | 127  | 1734 | 51.1 |   |   | 56.202N | 164.375E | 28.   | 6.2  | KOMANDORSKY ISLANDS       | PDE2 | 115 | 222 | 0   |
| 1989 | 128  | 1626 | 50.1 |   |   | 33.267N | 142.093E | 62.   | 5.5  | FAR E OFF IZU ISLANDS     | JMA  | 116 | 223 | 0   |
| 1989 | 130  | 301  | 22.8 |   |   | 34.910N | 136.435E | 15.5  | 3.9  | NORTHERN HIE PREF         | JMA  | 0   | 224 | 0   |
| 1989 | 130  | 2101 | 41.1 |   |   | 34.497N | 139.073E | 0.    | 3.9  | NEAR NIIJIMA ISLAND       | JMA  | 0   | 226 | 0   |
| 1989 | 201  | 1922 | 41.2 |   |   | 31.725N | 140.575E | 91.   | 5.5  | NEAR TORISHIMA IS         | JMA  | 0   | 227 | 0   |
| 1989 | 204  | 1956 | 50.0 |   |   | 37.310N | 141.317E | 61.4  | 5.4  | E OFF FUKUSHIMA PREF      | JMA  | 0   | 228 | 0   |
| 1989 | 205  | 1059 | 48.3 |   |   | 33.503N | 141.003E | 58.5  | 5.5  | E OFF HACHIJOJIMA IS      | JMA  | 119 | 230 | 0   |
| 1989 | 206  | 724  | 33.1 |   |   | 35.420N | 136.773E | 8.0   | 3.8  | SW GIFU PREF              | JMA  | 0   | 231 | 0   |
| 1989 | 210  | 2015 | 24.6 |   |   | 2.305N  | 126.760E | 44.   | 6.8  | MOLUCCA PASSAGE           | PDE2 | 120 | 232 | 0   |
| 1989 | 214  | 620  | 21.3 |   |   | 10.447S | 161.372E | 32.   | 6.4  | SOLOMON ISLANDS           | PDE2 | 0   | 234 | 0   |
| 1989 | 219  | 1358 | 24.0 |   |   | 34.608N | 136.468E | 45.4  | 5.3  | NORTHERN HIE PREF         | JMA  | 122 | 235 | 0   |
| 1989 | 219  | 2127 | 9.7  |   |   | 36.018N | 139.908E | 55.3  | 5.6  | SW IBARAKI PREF           | JMA  | 123 | 236 | 0   |
| 1989 | 222  | 1542 | 44.7 |   |   | 32.483N | 138.268E | 355.1 | 5.5  | FAR S OFF TOKAI DISTRICT  | JMA  | 125 | 0   | 0   |
| 1989 | 221  | 1038 | 45.8 |   |   | 33.860N | 132.353E | 51.4  | 4.1  | AKINADA SETONAIKAI        | JMA  | 124 | 0   | 0   |
| 1989 | 225  | 2016 | 35.4 |   |   | 29.915S | 177.885W | 31.   | 6.7  | KERMADEC ISLANDS          | PDE2 | 0   | 240 | 0   |
| 1989 | 228  | 458  | 15.7 |   |   | 35.795N | 140.212E | 73.2  | 4.6  | NORTHERN CHIBA PREF       | JMA  | 0   | 244 | 0   |
| 1989 | 228  | 839  | 10.8 |   |   | 2.301N  | 128.009E | 54.   | 6.0  | HALMAHERA                 | PDE2 | 0   | 245 | 0   |
| 1989 | 301  | 225  | 41.0 |   |   | 34.475N | 139.417E | 18.5  | 4.8  | NEAR NIIJIMA ISLAND       | JMA  | 0   | 246 | 0   |
| 1989 | 301  | 1142 | 3.5  |   |   | 43.972N | 148.968E | 47.   | 5.8  | KURIL ISLANDS             | PDE2 | 0   | 247 | 0   |
| 1989 | 306  | 2339 | 44.3 |   |   | 35.693N | 140.713E | 55.7  | 6.0  | NEAR CHOSI CITY           | JMA  | 129 | 249 | 0   |
| 1989 | 307  | 330  | 19.5 |   |   | 36.275N | 137.012E | 279.6 | 5.0  | TOYAMA-GIFU BORDER REG    | JMA  | 0   | 250 | 0   |
| 1989 | 311  | 1405 | 0.6  |   |   | 17.766S | 174.761W | 230.  | 6.4  | TONGA ISLANDS             | PDE2 | 0   | 251 | 0   |
| 1989 | 311  | 1612 | 17.2 |   |   | 35.908N | 140.563E | 44.6  | 4.9  | SOUTHERN IBARAKI PREF     | JMA  | 0   | 252 | 0   |
| 1989 | 313  | 1323 | 57.2 |   |   | 34.103N | 137.230E | 355.9 | 5.5  | ENSUNADA                  | JMA  | 0   | 253 | 0   |

Table 2. (Continued)

| Y    | M   | D    | H    | M | S | LAT.    | Lon.     | DEP.  | M    | LOCATON                   | REF. | TTT | KTJ | HKJ |
|------|-----|------|------|---|---|---------|----------|-------|------|---------------------------|------|-----|-----|-----|
| 1989 | 315 | 327  | 41.7 |   |   | 32.973N | 132.062E | 52.8  | 4.5  | BUNGO CHANNEL             | JMA  | 132 | 0   | 0   |
| 1989 | 318 | 137  | 18.7 |   |   | 35.732N | 140.728E | 50.6  | 5.2  | NEAR CHOSI CITY           | JMA  | 0   | 255 | 0   |
| 1989 | 318 | 519  | 8.3  |   |   | 35.428N | 133.410E | 13.7  | 3.8  | WESTERN TOTTORI PREF      | JMA  | 135 | 0   | 0   |
| 1989 | 319 | 2350 | 31.4 |   |   | 36.262N | 137.197E | 8.0   | 2.0  | TOYAMA GIFU BORDER REG    | JMA  | 0   | 256 | 0   |
| 1989 | 321 | 1100 | 51.6 |   |   | 36.993N | 134.665E | 396.1 | 5.5  | NW OFF KINKI DISTRICT     | JMA  | 136 | 257 | 0   |
| 1989 | 323 | 1831 | 21.9 |   |   | 33.797N | 141.607E | 58.   | 5.0  | E OFF HACHIJOJIMA ISLAND  | JMA  | 0   | 258 | 0   |
| 1989 | 330 | 2312 | 14.1 |   |   | 41.742N | 143.783E | 40.1  | 5.6  | SE OFF ERIMOMISAKI        | JMA  | 0   | 259 | 0   |
| 1989 | 406 | 1705 | 57.1 |   |   | 19.306S | 169.002E | 166.  | 6.1  | VANUATU ISLANDS           | PDE2 | 138 | 260 | 0   |
| 1989 | 411 | 619  | 3.2  |   |   | 35.185N | 137.218E | 48.9  | 3.7  | CENTRAL AICHI PREF        | JMA  | 0   | 262 | 0   |
| 1989 | 411 | 1256 | 36.9 |   |   | 49.488N | 159.185E | 16.   | 6.6  | KURIL ISLANDS             | PDE2 | 139 | 263 | 0   |
| 1989 | 412 | 441  | 0.6  |   |   | 36.085N | 139.902E | 57.9  | 4.2  | SW IBARAKI PREF           | JMA  | 0   | 264 | 0   |
| 1989 | 413 | 202  | 12.4 |   |   | 35.385N | 135.593E | 370.1 | -9.0 | WESTERN FUKUI PREF        | JMA  | 0   | 265 | 0   |
| 1989 | 418 | 1947 | 12.5 |   |   | 34.133N | 135.217E | 8.4   | 3.2  | NW WAKAYAMA PREF          | JMA  | 142 | 0   | 0   |
| 1989 | 421 | 759  | 54.0 |   |   | 57.166N | 121.976E | 26.   | 6.5  | EASTERN USSR              | PDE2 | 143 | 0   | 0   |
| 1989 | 421 | 1420 | 59.5 |   |   | 35.447N | 134.260E | 9.2   | 2.6  | EASTERN TOTTORI PREF      | JMA  | 144 | 0   | 0   |
| 1989 | 426 | 220  | 41.1 |   |   | 33.858N | 135.585E | 28.6  | 3.2  | SOUTHERN WAKAYAMA PREF    | JMA  | 146 | 0   | 0   |
| 1989 | 427 | 1120 | 3.6  |   |   | 30.622N | 141.167E | 86.   | 6.5  | NEAR TORISHIMA IS         | JMA  | 147 | 0   | 0   |
| 1989 | 428 | 425  | 17.7 |   |   | 35.055N | 135.167E | 14.8  | 3.6  | SE KYOGO PREF             | JMA  | 148 | 0   | 0   |
| 1989 | 502 | 1608 | 17.2 |   |   | 35.328N | 136.603E | 39.6  | 4.7  | SW GIFU PREF              | JMA  | 149 | 0   | 0   |
| 1989 | 506 | 328  | 39.4 |   |   | 8.281S  | 71.381W  | 593.  | 6.4  | WESTERN BRAZIL            | PDE2 | 153 | 0   | 0   |
| 1989 | 509 | 818  | 43.6 |   |   | 32.378N | 137.840E | 410.4 | 5.9  | FAR S OFF TOKAI DISTRICT  | JMA  | 156 | 0   | 0   |
| 1989 | 517 | 1404 | 35.9 |   |   | 57.086N | 122.018E | 31.   | 5.9  | EASTERN USSR              | PDE2 | 157 | 0   | 0   |
| 1989 | 519 | 700  | 39.6 |   |   | 17.853N | 147.009E | 56.   | 5.1  | MARIANA ISLANDS REGION    | PDE2 | 0   | 267 | 0   |
| 1989 | 519 | 1121 | 56.3 |   |   | 54.305N | 165.574W | 104.  | 6.1  | FOX ISLANDS, ALEUTIAN IS  | PDE2 | 0   | 268 | 0   |
| 1989 | 523 | 233  | 21.3 |   |   | 37.385N | 137.685E | 16.8  | 3.4  | OFF S NIIGATA PREF        | JMA  | 0   | 269 | 0   |
| 1989 | 523 | 1723 | 7.2  |   |   | 36.335N | 137.257E | 10.   | 2.6  | TOYAMA GIFU BORDER        | JMA  | 0   | 270 | 0   |
| 1989 | 523 | 1954 | 46.3 |   |   | 52.341S | 160.568E | 10.   | 8.2  | MACQUARIE ISLANDS         | PDE2 | 158 | 271 | 0   |
| 1989 | 524 | 2231 | 14.4 |   |   | 56.177N | 164.264E | 19.   | 6.1  | KOMANDORSKY ISLANDS       | PDE2 | 159 | 272 | 0   |
| 1989 | 525 | 043  | 34.3 |   |   | 56.173N | 164.185E | 36.   | 5.4  | KOMANDORSKY ISLANDS       | PDE2 | 160 | 273 | 0   |
| 1989 | 530 | 1318 | 43.1 |   |   | 36.150N | 136.768E | 4.0   | 3.3  | FUKUI GIFU BORDER REGION  | JMA  | 0   | 275 | 0   |
| 1989 | 531 | 322  | 45.6 |   |   | 34.138N | 135.218E | 8.2   | 3.6  | NW WAKAYAMA PREF          | JMA  | 161 | 0   | 0   |
| 1989 | 531 | 1454 | 20.5 |   |   | 45.383S | 167.086E | 23.   | 6.3  | SOUTH ISLAND, NEW ZEALAND | PDE2 | 162 | 0   | 0   |
| 1989 | 601 | 1339 | 39.2 |   |   | 36.960N | 141.962E | 54.7  | 4.8  | E OFF FUKUSHIMA PREF      | JMA  | 163 | 276 | 0   |
| 1989 | 604 | 813  | 11.1 |   |   | 33.463N | 136.933E | 401.0 | 5.7  | SE OFF KII PENINSULA      | JMA  | 164 | 277 | 0   |
| 1989 | 610 | 152  | 12.1 |   |   | 20.260N | 145.147E | 149.  | 5.4  | MARIANA ISLANDS           | PDE2 | 0   | 279 | 0   |
| 1989 | 613 | 1752 | 41.9 |   |   | 30.908N | 138.820E | 395.4 | 5.5  | NEAR TORISHIMA IS         | JMA  | 0   | 280 | 0   |
| 1989 | 614 | 1917 | 35.2 |   |   | 12.875N | 143.351E | 126.  | 5.5  | SOUTH OF MARIANA          | PDE2 | 166 | 281 | 0   |
| 1989 | 615 | 644  | 33.6 |   |   | 40.198N | 144.670E | 0.    | 5.1  | FAR E OFF NORTH HONSHU    | JMA  | 0   | 282 | 0   |
| 1989 | 617 | 842  | 36.3 |   |   | 31.890N | 138.345E | 385.2 | 6.8  | NEAR TORISHIMA IS         | JMA  | 168 | 284 | 0   |
| 1989 | 625 | 300  | 50.2 |   |   | 35.835N | 136.857E | 12.8  | 3.5  | FUKUI GIFU BORDER REGION  | JMA  | 0   | 286 | 0   |
| 1989 | 625 | 1052 | 18.0 |   |   | 37.082N | 142.402E | 9.1   | 4.5  | E OFF FUKUSHIMA PREF      | JMA  | 0   | 287 | 0   |
| 1989 | 626 | 1227 | 3.9  |   |   | 19.362N | 155.083W | 9.    | 6.1  | HAWAII                    | PDE2 | 169 | 288 | 0   |
| 1989 | 628 | 1200 | 28.9 |   |   | 45.096N | 151.292E | 44.   | 5.1  | KURIL ISLANDS             | PDE2 | 170 | 289 | 0   |
| 1989 | 629 | 2013 | 29.4 |   |   | 34.698N | 133.331E | 21.3  | 3.6  | EASTERN HIROSHIMA PREF    | JMA  | 171 | 0   | 0   |
| 1989 | 630 | 2040 | 50.6 |   |   | 35.818N | 137.503E | 6.5   | 3.6  | WESTERN NAGANO PREF       | JMA  | 0   | 290 | 0   |
| 1989 | 701 | 124  | 3.4  |   |   | 35.497N | 138.980E | 19.8  | 4.4  | EASTERN YAMANASHI PREF    | JMA  | 172 | 291 | 0   |
| 1989 | 702 | 035  | 39.7 |   |   | 36.563N | 141.270E | 37.9  | 4.3  | E OFF IBARAKI PREF        | JMA  | 0   | 292 | 0   |
| 1989 | 704 | 1547 | 53.6 |   |   | 34.992N | 139.135E | 2.7   | 3.8  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 0   | 295 | 0   |
| 1989 | 704 | 1853 | 58.7 |   |   | 34.975N | 139.120E | 3.8   | 4.1  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 0   | 296 | 0   |
| 1989 | 704 | 1937 | 4.0  |   |   | 34.982N | 139.108E | 4.2   | 3.9  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 0   | 297 | 0   |
| 1989 | 704 | 2146 | 13.6 |   |   | 34.987N | 139.113E | 6.0   | 4.1  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 0   | 298 | 0   |
| 1989 | 704 | 2212 | 34.4 |   |   | 34.978N | 139.122E | 2.5   | 3.3  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 0   | 299 | 0   |
| 1989 | 704 | 2250 | 44.2 |   |   | 34.975N | 139.115E | 3.2   | 3.9  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 0   | 300 | 0   |
| 1989 | 705 | 011  | 37.5 |   |   | 34.978N | 139.102E | 0.5   | 4.0  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 0   | 301 | 0   |
| 1989 | 705 | 228  | 21.4 |   |   | 34.982N | 139.123E | 2.4   | 4.7  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 176 | 302 | 0   |
| 1989 | 705 | 346  | 42.1 |   |   | 34.980N | 139.091E | 0.3   | 4.1  | CENTRAL IZU PENINSULA     | JMA  | 177 | 303 | 0   |
| 1989 | 705 | 830  | 36.1 |   |   | 34.975N | 139.115E | 2.3   | 3.8  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 0   | 304 | 0   |
| 1989 | 705 | 1226 | 23.2 |   |   | 34.978N | 139.125E | 3.2   | 3.6  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 0   | 305 | 0   |
| 1989 | 706 | 347  | 56.9 |   |   | 34.981N | 139.112E | 2.1   | 4.1  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 0   | 306 | 0   |
| 1989 | 706 | 530  | 8.3  |   |   | 34.975N | 139.118E | 1.6   | 4.2  | E OFF IZU PENINSULA       | JMA  | 178 | 307 | 0   |

Table 2. (Continued)

| Y    | M   | D    | H    | M | S | LAT.    | Lon.     | DEP.  | M   | LOCATON                  | REF. | TTT | KTJ | HKJ |
|------|-----|------|------|---|---|---------|----------|-------|-----|--------------------------|------|-----|-----|-----|
| 1989 | 706 | 723  | 58.4 |   |   | 34.985N | 139.107E | 3.0   | 3.7 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 308 | 0   |
| 1989 | 706 | 957  | 33.0 |   |   | 34.990N | 139.107E | 2.8   | 4.0 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 309 | 0   |
| 1989 | 706 | 2351 | 56.5 |   |   | 34.975N | 139.130E | 3.4   | 3.6 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 310 | 0   |
| 1989 | 707 | 001  | 44.2 |   |   | 34.975N | 139.133E | 4.5   | 5.2 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 179 | 0   | 0   |
| 1989 | 707 | 1254 | 32.0 |   |   | 34.985N | 139.128E | 0.    | 3.7 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 311 | 0   |
| 1989 | 707 | 1339 | 36.5 |   |   | 34.975N | 139.123E | 0.    | 4.7 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 180 | 312 | 0   |
| 1989 | 707 | 1857 | 28.2 |   |   | 34.978N | 139.118E | 2.4   | 3.9 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 313 | 0   |
| 1989 | 708 | 2035 | 18.9 |   |   | 34.987N | 139.122E | 4.1   | 4.1 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 181 | 314 | 0   |
| 1989 | 708 | 2146 | 52.8 |   |   | 34.990N | 139.128E | 2.6   | 4.0 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 315 | 0   |
| 1989 | 709 | 207  | 30.7 |   |   | 34.990N | 139.110E | 3.1   | 4.1 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 316 | 0   |
| 1989 | 709 | 424  | 30.7 |   |   | 34.973N | 139.125E | 0.    | 3.8 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 317 | 0   |
| 1989 | 709 | 639  | 15.6 |   |   | 34.983N | 139.122E | 2.9   | 4.0 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 318 | 0   |
| 1989 | 709 | 817  | 50.1 |   |   | 34.982N | 139.115E | 1.3   | 3.6 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 319 | 0   |
| 1989 | 709 | 1004 | 6.9  |   |   | 34.982N | 139.122E | 2.3   | 3.9 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 320 | 0   |
| 1989 | 709 | 1109 | 11.6 |   |   | 34.975N | 139.112E | 3.4   | 5.5 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 182 | 321 | 0   |
| 1989 | 709 | 1222 | 29.6 |   |   | 34.987N | 139.127E | 2.7   | 4.6 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 183 | 322 | 0   |
| 1989 | 709 | 1355 | 29.8 |   |   | 34.982N | 139.122E | 2.9   | 3.9 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 323 | 0   |
| 1989 | 709 | 1830 | 1.9  |   |   | 34.983N | 139.112E | 1.6   | 3.8 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 324 | 0   |
| 1989 | 709 | 2111 | 34.4 |   |   | 34.988N | 139.113E | 1.1   | 4.1 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 325 | 0   |
| 1989 | 709 | 2144 | 49.9 |   |   | 34.985N | 139.110E | 1.4   | 3.8 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 326 | 0   |
| 1989 | 709 | 2346 | 33.5 |   |   | 34.983N | 139.125E | 0.    | 4.0 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 327 | 0   |
| 1989 | 710 | 354  | 46.7 |   |   | 34.990N | 139.113E | 1.4   | 3.7 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 328 | 0   |
| 1989 | 710 | 543  | 25.0 |   |   | 34.990N | 139.110E | 1.2   | 4.7 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 184 | 329 | 0   |
| 1989 | 710 | 1750 | 52.6 |   |   | 34.978N | 139.128E | 1.3   | 3.7 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 0   | 330 | 0   |
| 1989 | 711 | 859  | 15.0 |   |   | 46.050N | 151.316E | 75.   | 5.5 | KURIL ISLANDS            | PDE2 | 0   | 331 | 0   |
| 1989 | 712 | 743  | 58.1 |   |   | 32.073N | 140.617E | 67.   | 5.1 | E OFF HACHIOJIMA ISLAND  | JMA  | 0   | 332 | 0   |
| 1989 | 714 | 1530 | 24.7 |   |   | 34.987N | 139.107E | 0.    | 4.8 | E OFF IZU PENINSULA      | JMA  | 186 | 333 | 0   |
| 1989 | 714 | 1939 | 44.0 |   |   | 34.937N | 136.762E | 15.7  | 3.5 | ISE BAY REGION           | JMA  | 0   | 334 | 0   |
| 1989 | 715 | 044  | 18.0 |   |   | 35.778N | 137.407E | 8.2   | 2.7 | WESTERN NAGANO PREF      | JMA  | 0   | 335 | 0   |
| 1989 | 715 | 542  | 40.0 |   |   | 8.081S  | 125.139E | 10.   | 6.2 | TIMOR                    | PDE2 | 187 | 336 | 0   |
| 1989 | 721 | 945  | 10.9 |   |   | 35.845N | 137.588E | 8.2   | 3.9 | WESTERN NAGANO PREF      | JMA  | 0   | 338 | 0   |
| 1989 | 722 | 1402 | 11.5 |   |   | 2.299N  | 128.142E | 142.  | 6.4 | HALMAHERA                | PDE2 | 188 | 339 | 0   |
| 1989 | 726 | 654  | 23.1 |   |   | 7.191S  | 122.175E | 620.  | 5.6 | FLORES SEA               | PDE2 | 189 | 340 | 0   |
| 1989 | 727 | 1852 | 3.0  |   |   | 34.682N | 132.315E | 14.0  | 2.4 | WESTERN HIROSHIMA PREF   | JMA  | 190 | 0   | 0   |
| 1989 | 730 | 1338 | 23.9 |   |   | 33.375N | 140.928E | 43.9  | 5.5 | E OFF HACHIOJIMA ISLAND  | JMA  | 207 | 0   | 0   |
| 1989 | 801 | 207  | 27.8 |   |   | 8.048S  | 121.384E | 14.   | 6.2 | FLORES ISLAND REGION     | PDE2 | 208 | 0   | 0   |
| 1989 | 803 | 1309 | 46.9 |   |   | 32.528N | 137.647E | 419.4 | 5.8 | FAR S OFF TOKAI DISTRICT | JMA  | 211 | 343 | 0   |
| 1989 | 803 | 1734 | 6.6  |   |   | 33.805N | 134.968E | 58.1  | 3.8 | S PART OF KII CHANNEL    | JMA  | 212 | 0   | 0   |
| 1989 | 803 | 2031 | 20.4 |   |   | 23.043N | 121.965E | 11.   | 6.4 | TAIWAN                   | PDE2 | 213 | 344 | 0   |
| 1989 | 804 | 1410 | 13.0 |   |   | 31.088N | 131.435E | 34.   | 5.3 | SE OFF OSUMI PEN         | JMA  | 214 | 0   | 0   |
| 1989 | 806 | 830  | 31.8 |   |   | 33.403N | 140.913E | 39.   | 4.9 | E OFF HACHIOJIMA         | JMA  | 215 | 345 | 0   |
| 1989 | 806 | 636  | 29.1 |   |   | 1.883N  | 128.251E | 114.  | 5.7 | HALMAHERA                | PDE2 | 0   | 346 | 0   |
| 1989 | 807 | 753  | 57.8 |   |   | 42.822N | 145.133E | 46.4  | 5.5 | OFF NEMURO PENINSULA     | JMA  | 216 | 347 | 0   |
| 1989 | 810 | 719  | 20.0 |   |   | 35.100N | 134.405E | 12.1  | 3.0 | SW HYOGO PREF            | JMA  | 217 | 0   | 0   |
| 1989 | 810 | 2242 | 44.7 |   |   | 34.218N | 135.605E | 64.9  | 4.6 | NE WAKAYAMA PREF         | JMA  | 219 | 349 | 0   |
| 1989 | 812 | 040  | 10.7 |   |   | 0.800N  | 126.817E | 51.   | 5.7 | MOLUCCA PASSAGE          | PDE2 | 0   | 351 | 0   |
| 1989 | 813 | 146  | 43.3 |   |   | 8.682N  | 125.718E | 55.   | 5.9 | MINDANAO, PHILIPPINE IS  | PDE2 | 0   | 352 | 0   |
| 1989 | 815 | 251  | 8.7  |   |   | 19.016S | 176.652E | 33.   | 5.9 | SOUTH OF FIJI ISLANDS    | PDE2 | 0   | 353 | 0   |
| 1989 | 819 | 1345 | 15.2 |   |   | 34.963N | 138.252E | 23.9  | 3.7 | CENTRAL SHIZUOKA PREF    | JMA  | 0   | 354 | 0   |
| 1989 | 820 | 2016 | 56.5 |   |   | 11.766N | 41.942E  | 12.   | 6.3 | ETHIOPIA                 | PDE2 | 0   | 355 | 0   |
| 1989 | 821 | 109  | 6.6  |   |   | 11.874N | 41.870E  | 16.   | 6.2 | ETHIOPIA                 | PDE2 | 0   | 356 | 0   |
| 1989 | 822 | 325  | 41.0 |   |   | 4.104S  | 154.459E | 494.  | 5.8 | SOLOMON ISLANDS          | PDE2 | 0   | 357 | 0   |
| 1989 | 822 | 812  | 41.4 |   |   | 24.094N | 122.478E | 43.   | 6.3 | TAIWAN REGION            | PDE2 | 0   | 358 | 0   |
| 1989 | 822 | 1656 | 9.6  |   |   | 41.448N | 142.105E | 64.9  | 5.1 | E OFF AQMORI PREF        | JMA  | 0   | 359 | 0   |
| 1989 | 822 | 2352 | 28.7 |   |   | 35.865N | 137.555E | 11.2  | 3.4 | WESTERN NAGANO PREF      | JMA  | 0   | 360 | 0   |
| 1989 | 824 | 041  | 24.6 |   |   | 34.468N | 138.860E | 208.9 | 4.8 | S OF SURUGA BAY          | JMA  | 0   | 361 | 0   |
| 1989 | 825 | 1247 | 27.7 |   |   | 35.518N | 136.598E | 47.0  | 3.3 | SW Gifu PREF             | JMA  | 0   | 362 | 0   |
| 1989 | 826 | 911  | 43.4 |   |   | 36.267N | 140.945E | 38.9  | 5.1 | E OFF IBARAKI PREF       | JMA  | 0   | 363 | 0   |
| 1989 | 830 | 030  | 41.0 |   |   | 47.498N | 148.422E | 403.3 | 5.7 | SOUTHERN SEA OF OKHOTSK  | JMA  | 0   | 373 | 0   |
| 1989 | 904 | 1420 | 55.9 |   |   | 4.219S  | 136.667E | 9.    | 6.0 | WEST IRIAN REGION        | PDE2 | 0   | 374 | 0   |

Table 2. (Continued)

| Y    | M    | D    | H    | M | S | LAT.    | LONG.    | DEP.  | M   | LOCATON                  | REF. | TTT | KIJ  | HKJ |
|------|------|------|------|---|---|---------|----------|-------|-----|--------------------------|------|-----|------|-----|
| 1989 | 904  | 2214 | 58.2 |   |   | 55.543N | 156.835W | 11.   | 6.9 | SOUTH OF ALASKA          | PDE2 | 0   | 375  | 0   |
| 1989 | 905  | 1307 | 4.4  |   |   | 35.550N | 140.138E | 78.2  | 4.6 | CENTRAL CHIBA PREF       | JMA  | 0   | 376  | 0   |
| 1989 | 905  | 2025 | 52.2 |   |   | 29.547N | 128.542E | 0.    | 5.8 | NW AMAHI-OSHIMA IS       | JMA  | 0   | 377  | 0   |
| 1989 | 905  | 2203 | 34.7 |   |   | 29.560N | 128.573E | 0.    | 5.7 | NW AMAHI-OSHIMA IS       | JMA  | 0   | 378  | 0   |
| 1989 | 906  | 2345 | 51.0 |   |   | 0.976N  | 126.106E | 37.   | 5.5 | MOLUCCA PASSAGE          | PDE2 | 0   | 379  | 0   |
| 1989 | 907  | 2352 | 25.0 |   |   | 33.105N | 138.972E | 53.7  | 4.3 | NEAR HACHIJOJIMA IS      | JMA  | 0   | 380  | 0   |
| 1989 | 910  | 244  | 46.7 |   |   | 35.983N | 137.317E | 9.4   | 2.8 | NORTHERN Gifu PREF       | JMA  | 0   | 381  | 0   |
| 1989 | 915  | 410  | 25.7 |   |   | 1.644N  | 127.322E | 103.  | 6.0 | HALMAHERA                | PDE2 | 0   | 382  | 0   |
| 1989 | 916  | 1137 | 24.3 |   |   | 34.937N | 132.843E | 12.1  | 3.2 | SHIMANE HIROSHIMA BORDER | JMA  | 221 | 383  | 0   |
| 1989 | 916  | 1703 | 6.1  |   |   | 35.577N | 140.150E | 78.2  | 4.2 | CENTRAL CHIBA PREF       | JMA  | 0   | 384  | 0   |
| 1989 | 917  | 337  | 30.1 |   |   | 35.858N | 137.360E | 11.6  | 3.7 | WESTERN NAGANO PREF      | JMA  | 0   | 385  | 0   |
| 1989 | 919  | 642  | 48.2 |   |   | 37.072N | 137.157E | 269.0 | 5.4 | TOYAMA BAY REGION        | JMA  | 223 | 387  | 0   |
| 1989 | 921  | 930  | 36.3 |   |   | 36.565N | 141.217E | 39.3  | 4.6 | E OFF IBARAKI PREF       | JMA  | 0   | 392  | 0   |
| 1989 | 922  | 1125 | 50.8 |   |   | 31.583N | 102.433E | 15.   | 6.1 | SICHUAN PROVINCE, CHINA  | PDE2 | 235 | 0    | 0   |
| 1989 | 925  | 218  | 42.3 |   |   | 33.345N | 134.912E | 52.5  | 5.0 | SE OFF SHIKOKU           | JMA  | 236 | 0    | 0   |
| 1989 | 925  | 2317 | 47.0 |   |   | 20.355S | 169.277E | 34.   | 6.3 | VANUATU ISLANDS          | PDE2 | 237 | 0    | 0   |
| 1989 | 928  | 2049 | 42.1 |   |   | 34.022N | 135.235E | 9.0   | 3.9 | NW WAKAYAMA PREF         | JMA  | 239 | 0    | 0   |
| 1989 | 1001 | 319  | 23.9 |   |   | 20.270N | 98.849E  | 18.   | 5.5 | BURMA                    | PDE1 | 241 | 0    | 0   |
| 1989 | 1002 | 424  | 34.7 |   |   | 31.115N | 131.397E | 33.   | 5.3 | SE OFF OSUMI PEN         | JMA  | 242 | 0    | 0   |
| 1989 | 1006 | 1240 | 42.4 |   |   | 36.875N | 141.733E | 35.1  | 4.4 | E OFF FUKUSHIMA PREF     | JMA  | 0   | 395  | 0   |
| 1989 | 1007 | 424  | 36.2 |   |   | 35.757N | 136.370E | 10.7  | 3.8 | CENTRAL FUKUI PREF       | JMA  | 246 | 396  | 0   |
| 1989 | 1008 | 048  | 30.7 |   |   | 51.282N | 179.024W | 33.   | 6.7 | ANDREANOF ISLANDS        | PDE1 | 247 | 397  | 0   |
| 1989 | 1008 | 550  | 41.0 |   |   | 51.153N | 179.281W | 33.   | 5.3 | ANDREANOF ISLANDS        | PDE1 | 248 | 0    | 0   |
| 1989 | 1008 | 2157 | 54.7 |   |   | 6.565S  | 130.398E | 33.   | 5.0 | BANDA SEA                | PDE1 | 256 | 0    | 0   |
| 1989 | 1009 | 1940 | 41.7 |   |   | 31.328N | 130.413E | 150.3 | 5.0 | SATSUMA PENINSULA REGION | JMA  | 258 | 0    | 0   |
| 1989 | 1010 | 1419 | 48.4 |   |   | 36.823N | 138.158E | 206.8 | 9.0 | NORTHERN NAGANO PREF     | JMA  | 0   | 404  | 0   |
| 1989 | 1010 | 1528 | 24.0 |   |   | 35.582N | 140.058E | 78.3  | 4.7 | CENTRAL CHIBA PREF       | JMA  | 0   | 405  | 0   |
| 1989 | 1011 | 2142 | 29.5 |   |   | 34.907N | 135.053E | 17.7  | 4.0 | SE HYOGO PREF            | JMA  | 259 | 406  | 0   |
| 1989 | 1012 | 2045 | 49.4 |   |   | 36.475N | 142.738E | 47.   | 4.9 | FAR E OFF KANTO          | JMA  | 0   | 407  | 0   |
| 1989 | 1013 | 1831 | 44.5 |   |   | 35.775N | 137.408E | 8.0   | 3.2 | WESTERN NAGANO PREF      | JMA  | 0   | 408  | 0   |
| 1989 | 1014 | 619  | 58.6 |   |   | 34.823N | 139.503E | 21.2  | 5.7 | NEAR IZU-OSHIMA ISLAND   | JMA  | 260 | 409  | 0   |
| 1989 | 1014 | 1505 | 53.5 |   |   | 34.183N | 135.188E | 5.3   | 3.7 | NW WAKAYAMA PREF         | JMA  | 261 | 0    | 0   |
| 1989 | 1014 | 2157 | 19.6 |   |   | 35.027N | 138.500E | 3.0   | 3.9 | CENTRAL SHIZUOKA PREF    | JMA  | 0   | 410  | 0   |
| 1989 | 1015 | 1557 | 10.2 |   |   | 32.373N | 129.698E | 3.0   | 4.8 | W OFF AMAKUSA ISLAND     | JMA  | 262 | 0    | 0   |
| 1989 | 1016 | 2345 | 31.1 |   |   | 22.117S | 171.517E | 33.   | 5.3 | LOYALTY ISLANDS REGION   | PDE1 | 263 | 0    | 0   |
| 1989 | 1018 | 904  | 15.2 |   |   | 37.036N | 121.883W | 19.   | 7.1 | CENTRAL CALIFORNIA       | PDE1 | 268 | 423  | 0   |
| 1989 | 1019 | 201  | 35.3 |   |   | 40.084N | 113.958E | 10.   | 5.7 | NORTHEASTERN CHINA       | PDE1 | 0   | 426  | 0   |
| 1989 | 1019 | 320  | 47.3 |   |   | 40.093N | 113.923E | 10.   | 5.3 | NORTHEASTERN CHINA       | PDE1 | 0   | 427  | 0   |
| 1989 | 1022 | 1508 | 52.1 |   |   | 35.853N | 137.363E | 10.0  | 3.1 | WESTERN NAGANO PREF      | JMA  | 0   | 430  | 0   |
| 1989 | 1027 | 206  | 43.3 |   |   | 39.767N | 143.838E | 9.    | 6.2 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 270 | 0    | 43  |
| 1989 | 1027 | 305  | 19.1 |   |   | 34.147N | 135.662E | 70.2  | 3.8 | SOUTHERN NARA PREF       | JMA  | 271 | 432  | 44  |
| 1989 | 1027 | 741  | 17.9 |   |   | 35.258N | 133.377E | 13.3  | 5.3 | WESTERN TOTTORI PREF     | JMA  | 272 | 433  | 45  |
| 1989 | 1027 | 919  | 59.5 |   |   | 39.790N | 143.850E | 7.    | 4.9 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 0   | 434  | 0   |
| 1989 | 1027 | 1045 | 55.8 |   |   | 39.823N | 143.930E | 0.    | 6.1 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 273 | 435  | 46  |
| 1989 | 1028 | 604  | 52.4 |   |   | 10.998S | 162.382E | 29.   | 7.1 | SOLOMON ISLANDS          | PDE1 | 274 | 436  | 47  |
| 1989 | 1028 | 1127 | 53.9 |   |   | 34.002N | 135.625E | 64.4  | 4.0 | SOUTHERN NARA PREF       | JMA  | 275 | 0    | 48  |
| 1989 | 1029 | 645  | 19.2 |   |   | 35.467N | 134.368E | 9.5   | 2.9 | EASTERN TOTTORI PREF     | JMA  | 277 | 0    | 0   |
| 1989 | 1029 | 1209 | 11.5 |   |   | 39.572N | 143.755E | 0.    | 6.0 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 278 | 442  | 51  |
| 1989 | 1029 | 1425 | 37.8 |   |   | 39.518N | 143.743E | 0.    | 6.5 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 279 | 444  | 52  |
| 1989 | 1029 | 1951 | 24.3 |   |   | 39.447N | 143.798E | 0.    | 5.5 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 280 | 445  | 53  |
| 1989 | 1030 | 053  | 10.5 |   |   | 39.413N | 143.847E | 0.    | 5.7 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 281 | 446  | 54  |
| 1989 | 1030 | 818  | 5.7  |   |   | 39.743N | 143.500E | 2.    | 4.9 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 0   | 447  | 0   |
| 1989 | 1102 | 325  | 33.5 |   |   | 39.855N | 143.567E | 0.    | 7.1 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 293 | 0    | 0   |
| 1989 | 1102 | 2242 | 13.8 |   |   | 40.058N | 143.552E | 3.9   | 5.7 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 294 | 0    | 0   |
| 1989 | 1103 | 1449 | 47.1 |   |   | 39.607N | 143.338E | 2.    | 4.8 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 0   | 1526 | 0   |
| 1989 | 1105 | 512  | 0.7  |   |   | 39.020N | 143.838E | 0.    | 5.9 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 295 | 1528 | 0   |
| 1989 | 1105 | 551  | 11.1 |   |   | 39.108N | 143.927E | 0.    | 5.5 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 296 | 0    | 0   |
| 1989 | 1105 | 656  | 40.6 |   |   | 39.238N | 143.792E | 0.    | 5.3 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 0   | 1529 | 0   |
| 1989 | 1105 | 2242 | 1.0  |   |   | 39.135N | 143.915E | 0.    | 5.5 | FAR E OFF SANRIKU        | JMA  | 0   | 1530 | 0   |
| 1989 | 1106 | 008  | 24.7 |   |   | 40.068N | 142.800E | 25.0  | 5.1 | NE OFF IWATE PREF        | JMA  | 0   | 1531 | 0   |

Table 2. (Continued)

| Y    | M    | D    | H    | M | S | LAT.    | LON.     | DEP.  | M    | LOCATON                   | REF. | TTT | KTJ  | HKJ |
|------|------|------|------|---|---|---------|----------|-------|------|---------------------------|------|-----|------|-----|
| 1989 | 1106 | 056  | 19.8 |   |   | 39.157N | 143.797E | 16.   | 5.4  | FAR E OFF SANRIKU         | JMA  | 0   | 1532 | 0   |
| 1989 | 1106 | 1756 | 19.1 |   |   | 40.173N | 142.458E | 38.   | 5.4  | NE OFF IWATE PREF         | JMA  | 0   | 1    | 0   |
| 1989 | 1109 | 507  | 8.7  |   |   | 30.987N | 142.020E | 114.  | -9.0 | NEAR TORISHIMA IS         | JMA  | 0   | 4    | 0   |
| 1989 | 1109 | 946  | 10.1 |   |   | 35.710N | 135.807E | 7.5   | 3.5  | E PART OF WAKASA BAY      | JMA  | 0   | 0    | 61  |
| 1989 | 1110 | 154  | 37.6 |   |   | 35.268N | 133.365E | 12.7  | 4.4  | WESTERN TOTTORI PREF      | JMA  | 297 | 0    | 62  |
| 1989 | 1110 | 626  | 4.4  |   |   | 35.010N | 134.752E | 16.1  | 3.6  | SW HYOGO PREF             | JMA  | 298 | 0    | 0   |
| 1989 | 1111 | 118  | 2.0  |   |   | 35.035N | 135.625E | 15.2  | 4.1  | KYOTO OSAKA BORDER REG    | JMA  | 299 | 5    | 0   |
| 1989 | 1111 | 1601 | 13.9 |   |   | 35.253N | 133.365E | 13.5  | 4.1  | WESTERN TOTTORI PREF      | JMA  | 300 | 0    | 0   |
| 1989 | 1111 | 1640 | 11.0 |   |   | 34.040N | 133.517E | 36.1  | 4.2  | HIUCHINADA, SETONAIKAI    | JMA  | 301 | 0    | 0   |
| 1989 | 1114 | 848  | 28.5 |   |   | 35.257N | 133.367E | 14.1  | 3.7  | WESTERN TOTTORI PREF      | JMA  | 302 | 0    | 0   |
| 1989 | 1114 | 1438 | 54.6 |   |   | 5.058S  | 102.762E | 33.   | 5.0  | SOUTHERN SUMATERA         | PDE1 | 0   | 7    | 0   |
| 1989 | 1114 | 2332 | 4.2  |   |   | 9.162S  | 124.761E | 33.   | 5.5  | TIMOR                     | PDE1 | 0   | 8    | 0   |
| 1989 | 1116 | 1302 | 56.6 |   |   | 33.368N | 131.528E | 12.0  | 4.6  | NORTHERN OITA PREF        | JMA  | 305 | 0    | 65  |
| 1989 | 1118 | 1029 | 2.7  |   |   | 36.090N | 136.212E | 9.5   | 2.8  | CENTRAL FUKUI PREF        | JMA  | 0   | 0    | 66  |
| 1989 | 1121 | 1347 | 7.7  |   |   | 40.172N | 142.408E | 35.   | 4.9  | NE OFF IWATE              | JMA  | 0   | 0    | 73  |
| 1989 | 1123 | 503  | 2.3  |   |   | 37.218N | 138.228E | 13.2  | 4.0  | OFF S NIIGATA PREF        | JMA  | 0   | 0    | 74  |
| 1989 | 1124 | 049  | 41.7 |   |   | 39.872N | 143.297E | 0.    | 5.2  | FAR E OFF SANRIKU         | JMA  | 0   | 0    | 75  |
| 1989 | 1201 | 1357 | 17.2 |   |   | 30.848N | 137.535E | 520.0 | -9.0 | SHIKOKU BASIN             | JMA  | 0   | 19   | 89  |
| 1989 | 1202 | 2115 | 16.0 |   |   | 39.510N | 143.430E | 0.    | 5.5  | FAR E OFF SANRIKU         | JMA  | 314 | 21   | 0   |
| 1989 | 1205 | 1033 | 11.1 |   |   | 35.218N | 138.347E | 25.0  | 3.8  | CENTRAL SHIZUOKA PREF     | JMA  | 0   | 23   | 0   |
| 1989 | 1206 | 1741 | 5.2  |   |   | 32.442N | 142.052E | 70.   | -9.0 | FAR E OFF IZU ISLANDS     | JMA  | 0   | 24   | 0   |
| 1989 | 1207 | 1727 | 28.3 |   |   | 35.937N | 139.583E | 56.1  | 4.3  | EASTERN SAITAMA PREF      | JMA  | 0   | 25   | 0   |
| 1989 | 1207 | 2159 | 32.6 |   |   | 25.943N | 59.002E  | 10.   | 5.6  | SOUTHERN IRAN             | PDE1 | 0   | 26   | 0   |
| 1989 | 1208 | 1923 | 11.3 |   |   | 10.071N | 126.513E | 33.   | 6.0  | PHILIPPINE ISLANDS REGION | PDE1 | 0   | 28   | 0   |
| 1989 | 1208 | 2112 | 57.2 |   |   | 32.317N | 141.365E | 51.   | 5.2  | E OFF HACHIJOJIMA ISLAND  | JMA  | 0   | 29   | 0   |
| 1989 | 1209 | 223  | 30.8 |   |   | 36.595N | 141.075E | 45.6  | 5.6  | E OFF IBARAKI PREF        | JMA  | 317 | 30   | 0   |
| 1989 | 1210 | 538  | 8.5  |   |   | 0.184N  | 123.456E | 154.  | 6.3  | MINAHASSA PENINSULA       | PDE1 | 318 | 41   | 0   |
| 1989 | 1214 | 1325 | 3.2  |   |   | 36.452N | 141.270E | 43.2  | 4.5  | E OFF IBARAKI PREF        | JMA  | 0   | 45   | 0   |
| 1989 | 1215 | 621  | 2.6  |   |   | 33.803N | 135.405E | 53.0  | 3.6  | CENTRAL WAKAYAMA PREF     | JMA  | 322 | 0    | 0   |
| 1989 | 1216 | 343  | 46.0 |   |   | 8.393N  | 126.778E | 33.   | 7.4  | HINDANAO, PHILIPPINE IS   | PDE1 | 323 | 0    | 0   |
| 1989 | 1217 | 825  | 35.4 |   |   | 40.060N | 143.538E | 0.    | 5.8  | FAR E OFF SANRIKU         | JMA  | 324 | 0    | 0   |
| 1989 | 1217 | 1854 | 40.3 |   |   | 32.682N | 132.672E | 38.4  | 4.5  | FAR E OFF MIYAZAKI PREF   | JMA  | 325 | 0    | 0   |
| 1989 | 1220 | 908  | 25.6 |   |   | 8.130N  | 126.879E | 64.   | 6.0  | HINDANAO, PHILIPPINE IS   | PDE1 | 326 | 52   | 0   |
| 1989 | 1220 | 2201 | 7.8  |   |   | 38.188N | 135.575E | 379.8 | 5.6  | SEA OF JAPAN              | JMA  | 0   | 54   | 0   |
| 1989 | 1222 | 149  | 15.8 |   |   | 44.413N | 149.955E | 5.    | 6.0  | SE OFF ETOROFU            | JMA  | 0   | 55   | 0   |
| 1989 | 1222 | 932  | 50.2 |   |   | 36.425N | 141.120E | 39.6  | 4.8  | E OFF IBARAKI PREF        | JMA  | 0   | 56   | 0   |
| 1989 | 1223 | 2024 | 6.1  |   |   | 17.471N | 145.726E | 193.  | 5.8  | MARIANA ISLANDS           | PDE1 | 327 | 57   | 0   |
| 1989 | 1225 | 349  | 14.0 |   |   | 33.680N | 138.738E | 259.8 | 5.1  | FAR S OFF TOKAI DISTRICT  | JMA  | 0   | 58   | 0   |
| 1989 | 1225 | 1747 | 21.8 |   |   | 36.390N | 141.010E | 33.6  | 4.5  | E OFF IBARAKI PREF        | JMA  | 0   | 59   | 0   |
| 1989 | 1225 | 1935 | 23.8 |   |   | 34.143N | 135.062E | 9.3   | 3.8  | NW WAKAYAMA PREF          | JMA  | 0   | 60   | 0   |
| 1989 | 1225 | 1424 | 33.3 |   |   | 60.056N | 73.494W  | 10.   | 6.3  | NORTHERN QUEBEC           | PDE1 | 0   | 61   | 0   |
| 1989 | 1231 | 818  | 49.9 |   |   | 3.434S  | 146.132E | 33.   | 6.6  | BISMARCK SEA              | PDE1 | 328 | 0    | 0   |
| 1989 | 1231 | 1915 | 50.4 |   |   | 5.801S  | 130.134E | 169.  | 4.9  | BANDA SEA                 | PDE1 | 329 | 0    | 0   |

## 5. 結 語

本論文では我々の新しい地震観測システムについて紹介した。広帯域・広ダイナミックレンジという特徴により、従来の微小地震観測システムではとらえきれなかった波形や phase を完全に記録できるようになった。さらに digital data であるので、波形の拡大縮小表示やフィルタリング等が容易に行なえる。簡単なデータ変換を行えば、大型計算機で波形解析をすることも可能である。著者のうちの渋谷ら<sup>12)</sup>は、遠地地震の P 波初動部の waveform inversion をすることにより最上部マントルまでの微細速度構造を推定する研究を始めている。今後、STS システムにより良質の波形を蓄積し、それらを解析していくことは、地球内部構造や震源過程の研究においてとても有用であると確信する。

## 参 考 文 献

- 1) Wielandt, E. and G. Streckeisen: The Leaf-spring Seismometer: Design and Performance, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 72, 1982, pp. 2349-2367.
- 2) Wielandt, E. and J.M. Steim: A Digital Very-broad-band Seismograph, Annales Geophysicae, Vol. 4, 1986, pp. 227-232.
- 3) Woodhouse, J.H. and A.M. Dzeiwonski: Mapping the Upper Mantle: Three-Dimensional Modeling of Earth Structure by Inversion of Seismic Waveforms, J. Geophys. Res., Vol. 89, 1984, pp. 5953-5986.
- 4) Tanimoto, T.: The Three-dimensional Shear Wave Structure in the Mantle by Overtone Waveform Inversion—I. radial seismogram inversion, Geophys. J.R. astr. Soc., Vol. 89, 1987, pp. 713-740.
- 5) Tanimoto, T.: The 3-D Shear Wave Structure in the Mantle by Overtone Waveform Inversion—II. Inversion of X-wave, R-wave and G-waves, Geophysical Journal, Vol. 93, 1988, pp. 321-334.
- 6) Jordan, T.H. and S.A. Sipikin: Estimation of the Attenuation Operator for Multiple ScS Waves, Geophys. Res. Lett., Vol. 4, 1977, pp. 167-170.
- 7) Jordan, T.H.: Whole-mantle Reflection Seismology; Layering of the Earth from the Crust to the Core, Lecture Note for POSEIDON '89 Tsukuba Winter School.
- 8) Ando, M., Y. Ishikawa and H. Wada: S-wave Anisotropy in the Upper Mantle under a Volcanic Area in Japan, Nature, Vol. 286, 1980, pp. 43-46.
- 9) 三上直也・長田芳一・石川有三・安藤雅孝: STS 地震計の長周期ノイズについて, 地震学会予稿集, No. 1, 1989, p. 129.
- 10) 山田功夫・深尾良夫・石原 靖・青木治三: STS 地震計による広帯域・広ダイナミックレンジ地震観測, 地震, Vol. 42, 1989, pp. 21-31.
- 11) 松浦紳二・石原 靖・山田功夫・青木治三: STS 地震計の長周期ノイズの特性, 地震学会予稿集, No. 1, 1990, p. 16.
- 12) 渋谷拓郎・平原和朗: 波形インヴェージョンによる地殻および最上部マントルの速度構造の推定, 地震学会予稿集, No. 1, 1990, p. 74.
- 13) G. Streckeisen, AG Messgeraete: Very-broad-band Feedback Seismometers STS-1V/VBB and STS-1H/VBB Manual, 1987.