

3-5 相模トラフのオンライン海底地震観測網のデータについて

Data From An On-Line Observation Network of Ocean-Bottom-Seismometers Deployed at the Sagami Trough Subduction Zone, Central Japan

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

防災科学技術研究所は、平成7年度末に「オンライン海底地震観測網（以下、ETMCという）」を相模トラフ海域に整備した¹⁾。ETMCによる地震データの例、並びにETMCおよび近隣の陸上観測点のデータによる震源決定例を紹介する。また、本観測網の海底津波計が観測した津波データ（例）についても報告する。

相模トラフ海域のETMCのルートを図1に示す。また、表1と表2には、それぞれETMCの観測点座標およびシステム概要をまとめた。

図3には、ETMCが捉えた地震（1996年9月11日の千葉県犬吠埼沖の地震、 $6.6M_{JMA}$ ）の波形を示す。この地震の際、速度型地震計では、振り切れた観測点もあるが、加速度型地震計の水平動成分でみると、（地震観測装置と海底のカップリングの状況については議論の余地があるものの）相模トラフの海底では約30ガル程度の横揺れがあったようだ。

最近の地震記録例として、図4には、1997年3月3日20時10分の伊豆半島東方沖地震（ $4.5M_{JMA}$ ）についての3成分記録を示す。図中、A)には加速度型地震計記録、B)には速度型地震計記録を並べた。（何れの図も、上から上から順に、ST1の南北成分、東西成分、上下動成分、以下、ST2, ST4, ST3, ST5, ST6の記録。）なお、速度型地震計データには、バンドパスフィルタ（5から15Hz）処理を施した。また、加速度型地震計データには、ローパスフィルタ（ $F_c=15\text{Hz}$ ）を施した。S波については、速度型地震計データよりも加速度型地震計データの方が鮮明な観測点がある。図4では、振幅は最大値で規格化した。

1997年3月1日から31日までの1ヶ月間について、ETMCおよび伊豆諸島を含む南関東地域の陸上観測点のデータを基に、「解析サブシステム」にて自動検出されたデータにより自動震源決定を行った結果を図5にまとめた。（なお、不定期の測期間あり。）

また、図6は、図5と同一期間について、同一の観測点データにより「解析サブシステム」にて手動検出されたデータを用いて震源決定した結果を示す。なお、図6には、手動検出で除外した「伊豆半島東方沖の群発地震」の大部分は含まれていない。

本観測網が捉えた「津波」記録の例を図7に示す。1996年9月5日に鳥島近海での浅発地震（ 31.4N , 140.0E , $6.2M_{JMA}$ ）による水圧変化の記録である。図中の波形は、10Hzサンプリングの「生データ」を基に、10秒値データを作り、潮汐等を除くためのフィルタ処理したものである。mmオーダーの分解能で約1cm振幅の津波が確認できる。横軸は午前2時から6時までの4時間。4時以降に「津波」に対応する水圧変化がみられる。（3時17分頃の変化は地震時の振動によるものである。）（上記時刻は、何れも日本時間。）

ETMC の整備により、相模トラフ海域から首都圏南部にかけてのフィリピン海プレートと陸側プレートとの接触様式や両プレート内の応力・歪状態を広域的に解明する研究や津波研究が発展することが期待されている。

(江口孝雄・藤縄幸雄・藤田英輔・岩崎伸一・渡部勲・藤原広行・松村正三)

参 考 文 献

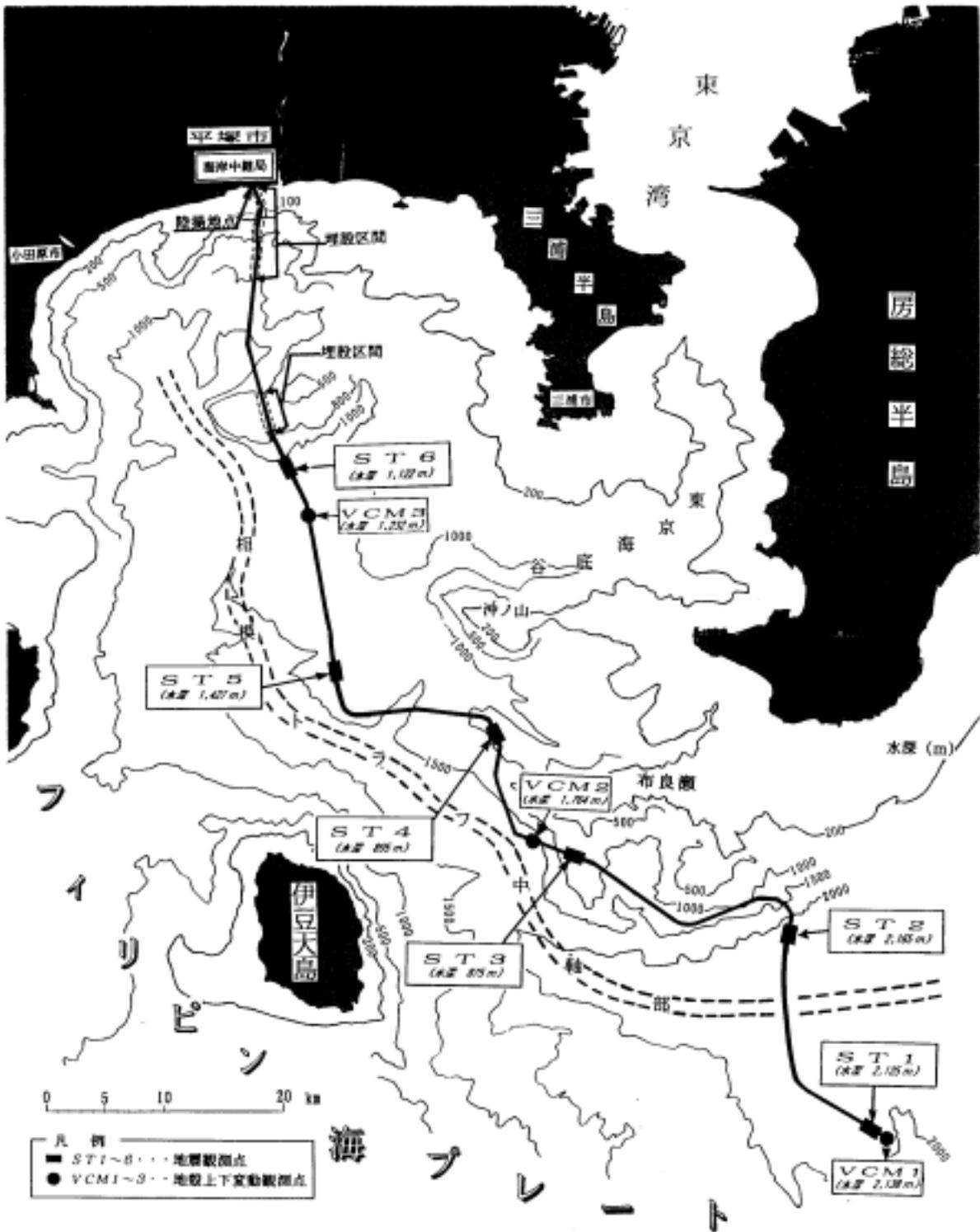
- 1) T. Eguchi, Y. Fujinawa, E. Fujita, S. Iwasaki, I. Watabe, and H. Fujiwara, An Observation Network of Ocean-Bottom-Seismometers Deployed at the Sagami Trough Subduction Zone, Proc. of the International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables, (1997), 178-181.

第1表 「オンライン海底地震観測網」の観測点座標
 Table. 1 Coordinates of observation sites along the ETMC.

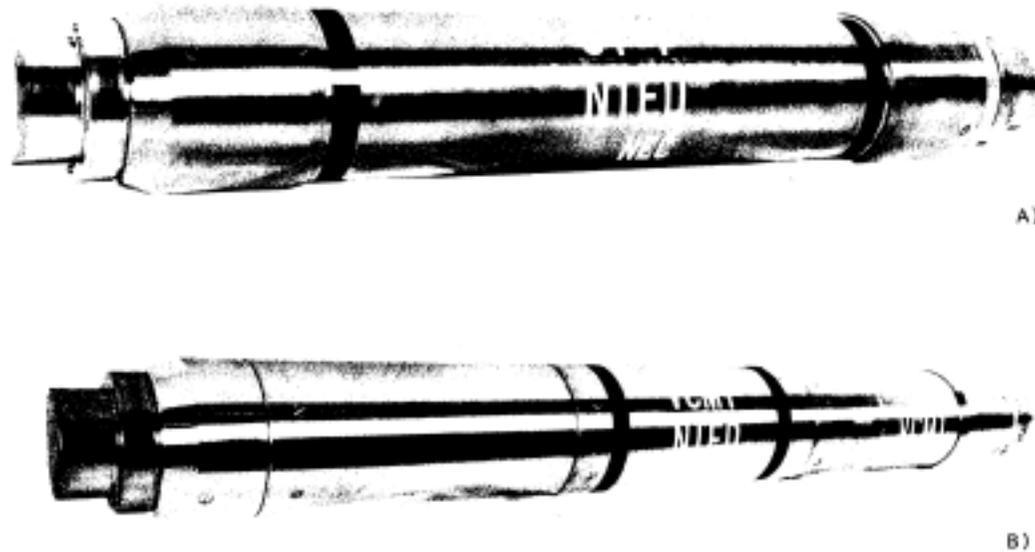
観測点名	経度 (度、分)	緯度 (度、分)	水深 (m)	観測機器
ST1	139° 55.29'	34° 35.53'	2,125	地震計
ST2	139° 50.55'	34° 44.18'	2,165	地震計
ST3	139° 38.81'	34° 47.70'	875	地震計
ST4	139° 34.46'	34° 53.39'	895	地震計
ST5	139° 25.47'	34° 56.28'	1,427	地震計
ST6	139° 22.86'	35° 05.60'	1,122	地震計
VCM1	139° 55.38'	34° 35.52'	2,138	津波計
VCM2	139° 36.40'	34° 48.47'	1,764	津波計
VCM3	139° 23.63'	35° 04.08'	1,232	津波計

第2表 「オンライン海底地震観測施設」の概要
 Table. 2 System characteristics of the ETMC.

観測項目	: 1) 地震観測点 (6箇所) i) 速度型地震計 (3成分、周波数帯域 < 1 ~ 30 Hz >) ii) 加速度型地震計 (3成分、周波数帯域 < 0.05 ~ 30 Hz >) 2) 地殻上下変動観測点 < 津波観測点 > (3箇所) 水圧計 (1成分、周波数帯域 < DC ~ 0.1 Hz >)
耐圧容器	: 円筒型 (ベリリウム銅合金製)
伝送方式	: 光ケーブル伝送方式 (搬送光波長 : 1.55 μm)
伝送ケーブル	: 1) 特性 12心の光ファイバーで構成。平均伝送損失は、光波長1.55 μmで 0.23 dB/km以下。 2) 長さ 陸上 (約0.5km)、海底 (約125km)
給電方式	: 陸側から直流定電流給電 (約0.7A)
海域敷設方法	: 海底ケーブル敷設専用船を使用。平塚沖の水深800m以浅の海域では 海底ケーブルを埋設。
海底ケーブル陸揚げ地点	: 神奈川県平塚市虹ヶ浜
「海岸中継局」設置場所	: 神奈川県平塚市 (防災科学技術研究所 平塚実験場)
海岸中継局~つくば間伝送方式	: スーパーデジタル (SD) 専用回線を使用。



第1図 相模トラフ海域に整備した「オンライン海底地震観測網」(以下、ETMCという)の概要
 Fig. 1 The route map of "an on-line observation network of ocean-bottom-seismometers" deployed at the Sagami trough subduction zone, central Japan. The on-line network is called "ETMC." A curved filled line represents the axial zone of the Sagami trough. The ETMC lands at Hiratsuka.

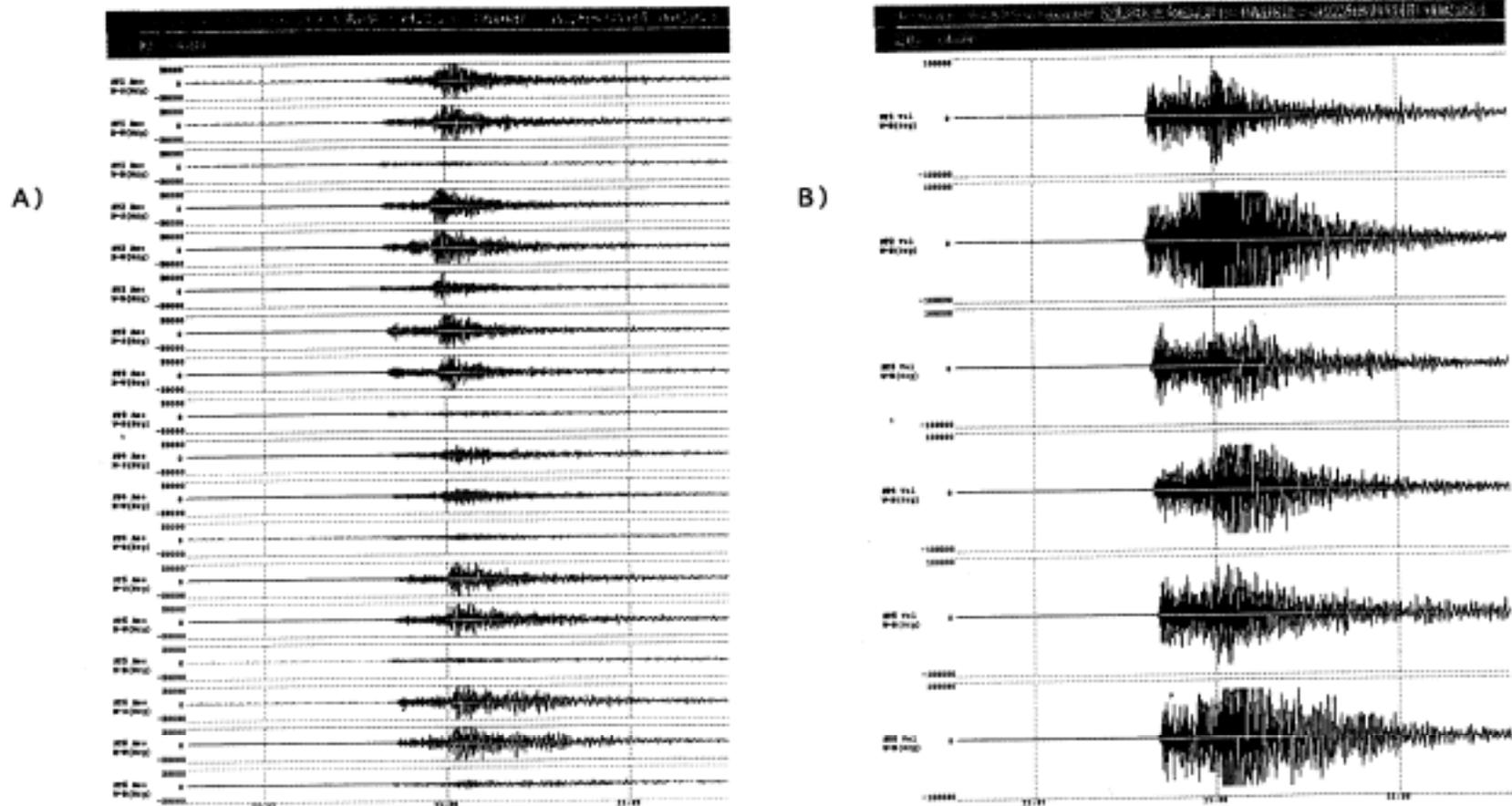


第2図 「オンライン海底地震観測網」の観測装置（耐圧容器）の外観

- A) 「海底地震計」(長さ, 約1.6m ; 外径, 約26cm ; 水中重量, 235kg)。速度計と加速度計を内蔵。海域敷設時には耐圧容器等に, 別途バラストを取り付けた。
- B) 「海底津波計」(約2.2m長, 水中重量290kg)。センサは, 水晶型圧力計(温度補償型)。

Fig.2 Outer view of the observation instruments.

- A) The seismic observation instrument with a velocity seismometer and accelerometer. The vessel has the diameter of approximately 26cm. The length is approximately 1.6m. The weight is approximately 235kg in water. The instruments were deployed with cylindrical ballasts for improving the seismic coupling between the seafloor and the vessel.
- B) The tsunami observation instrument. The vessel is 2.2m long. The weight is 290kg in water.



第3図 本観測網による地震波形の例（1996年9月11日の千葉県犬吠埼沖の地震，6.6 M_{JMA} ）。

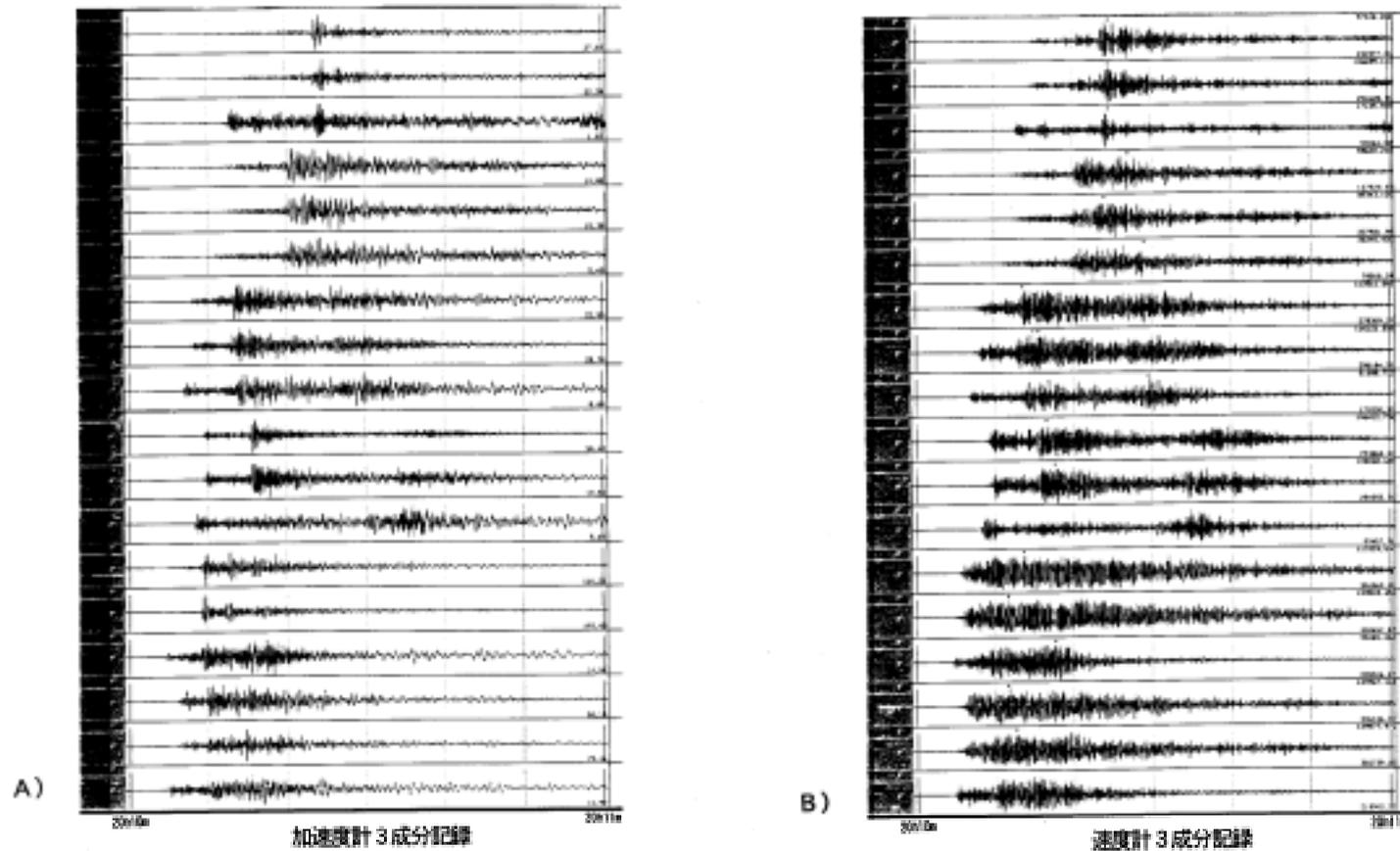
A) 加速度型地震計データ（3成分記録）。横軸（時間）は3分間。振幅フルスケール（0-P）は30ガル。上から，ST1の南北成分，東西成分，上下動成分，以下，ST2からST6までの順。

B) 速度型地震計データ（上下動成分記録）。フルスケール（0-P）は100ミリカイン。その他はA)と同様。

Fig. 3 Observed seismic data of an earthquake (6.6 M_{JMA}) at east off Chiba prefecture, central Japan, on Sept. 11, 1996.

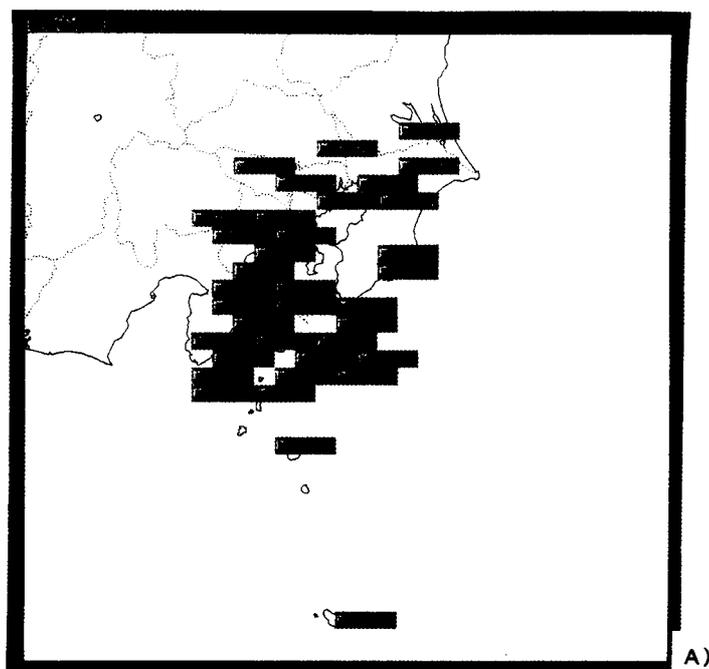
A) Three-component accelerometer data (N-S, E-W, U-D), plotted with the (0-P) scale of 30 gal. The top three line are of ST1 through ST6 at the bottom. The total horizontal range plotted is three minutes.

B) Up-Down component of the velocity seismometer data, plotted with the (0-P) scale of 100 micro-kine. (1 kine = 1 cm/s.) The rest is the same as in A).



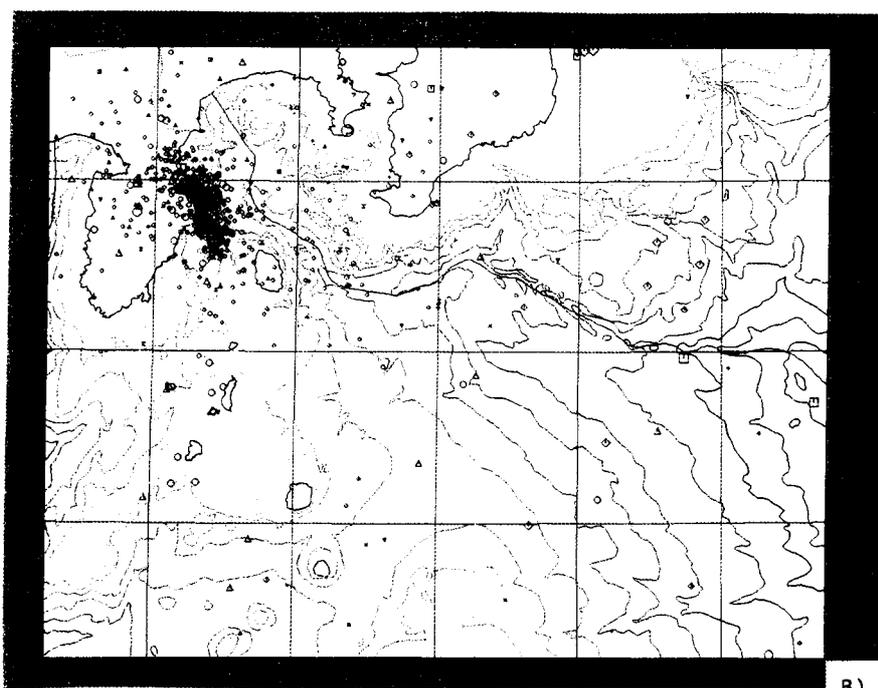
第4図 1997年3月3日20時10分の伊豆半島東方沖地震(4.5 M_{JMA})について、海底地震観測点での3成分記録。A) 加速度型地震計記録。B) 速度型地震計記録。(何れの図も、上から上から順に、ST1の南北成分、東西成分、上下動成分、以下、ST2、ST4、ST3、ST5、ST6の記録を並べた。)なお、速度型地震計データには、バンドパスフィルタ(5から15Hz)をかけた。また、加速度型地震計データには、ローパスフィルタ($F_c=15\text{Hz}$)をかけた。S波については、速度型地震計データよりも加速度型地震計データの方が鮮明な観測点がある。振幅は最大値で規格化した。

Fig. 4 Recent seismic data of an earthquake (4.5 M_{JMA}) at east off Izu peninsula, central Japan, on Mar. 3, 1997. Three component (N-S, E-W, U-D) data are shown. The top three line are of ST1, ST2, ST4, ST3, ST5, through ST6 at the bottom. The amplitude scale is normalized with the maximum value. A). Accelerometer data. The data plotted are after the processing of low pass filter ($F_c = 15\text{ Hz}$). B). Velocity seismometer data. The data plotted are after a band pass filter processing from 5 to 15 Hz.



A) 震源決定に用いた観測点を模式的に示す

A) Schematic map of observation sites used for the hypocenter calculation.

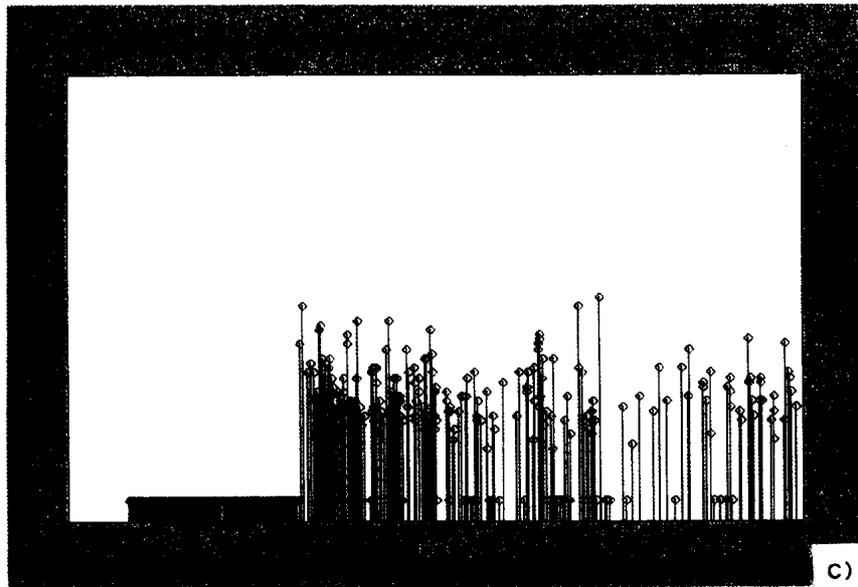


B) 自動震源決定した結果

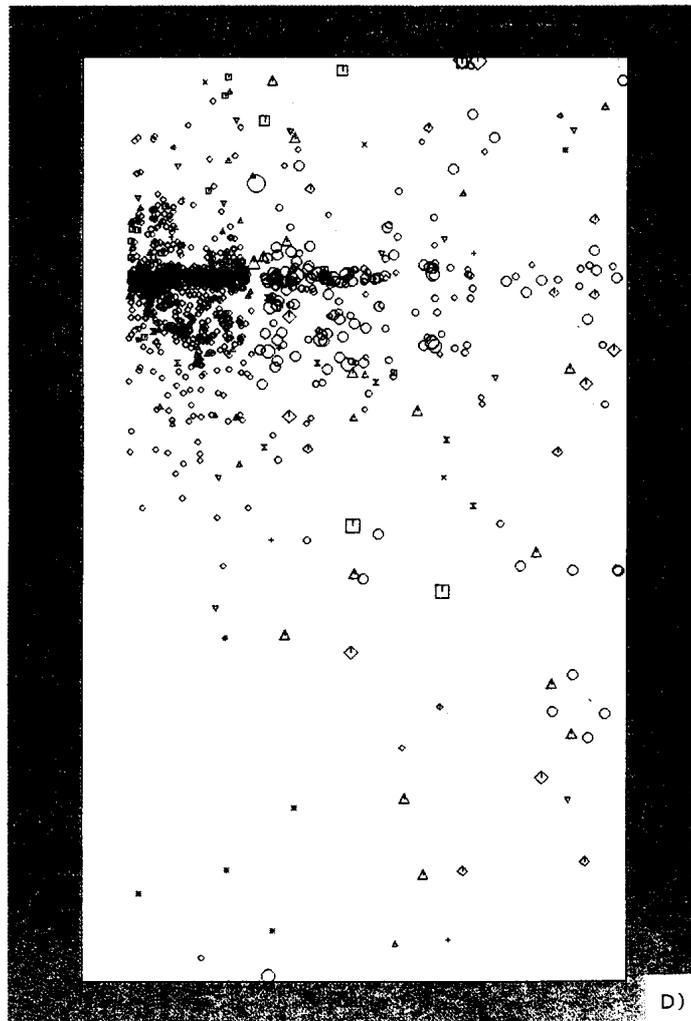
B) Result of the automatic hypocenter calculation.

第5図 1997年3月1日から31日までの1ヶ月間について、相模トラフ海域の「オンライン海底地震観測網」、並びに伊豆諸島を含む南関東地域の陸上観測点のデータを基に、「解析サブシステム」にて自動検測されたデータにより自動震源決定を行った結果。(なお、不定期の欠測期間がありました。)

Fig. 5 Result of automatic hypocenter calculation with the "Data Analyzing sub-system" for events during March 1-31, 1977. (There were several intermittent periods of data stop.)



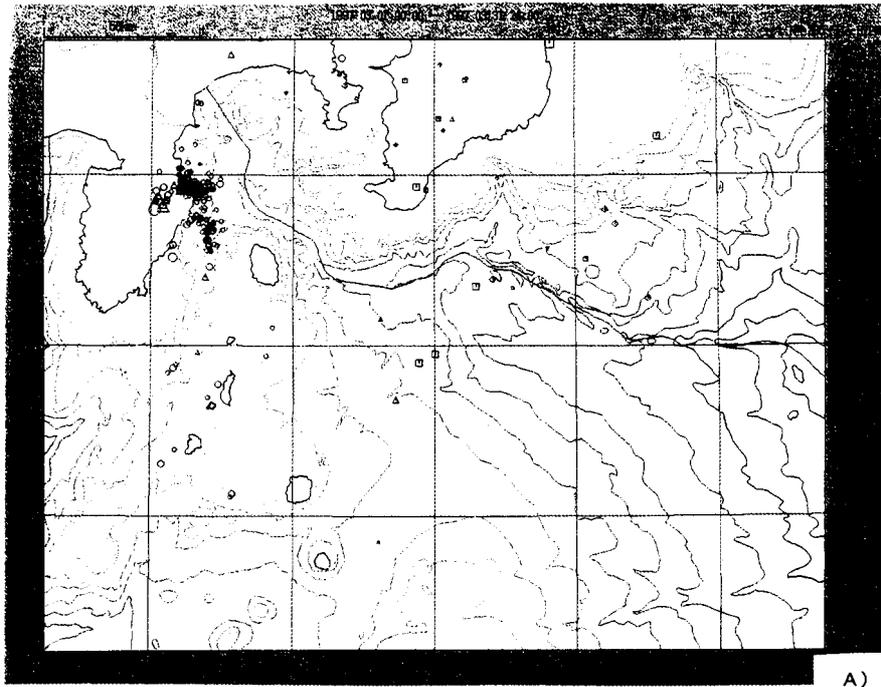
C) B)に示した地震のM-T図
 C) M-T diagram of the events plotted in B).



D) B)に示した地震の時空間分布
 D) Space-Time map of the events in B).

第5図 つづき

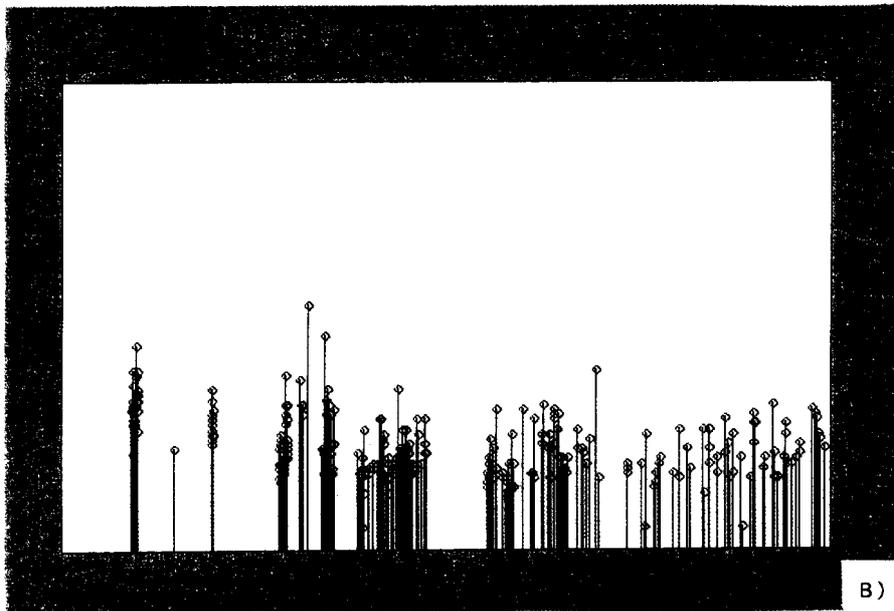
Fig.5 (Continued)



A)

A) 震源決定された地震の分布

A) Result of the off-line hypocenter calculation.



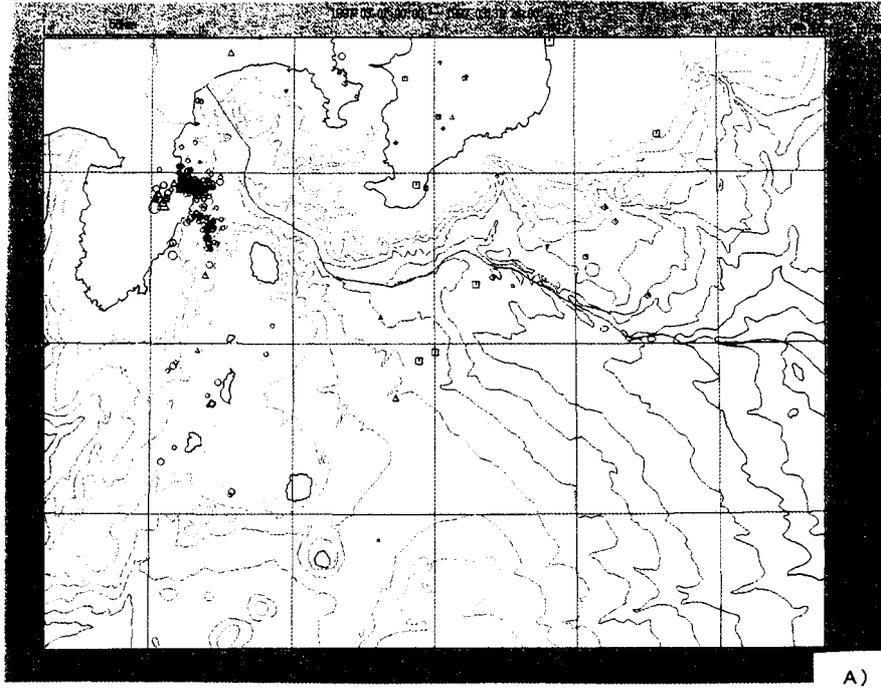
B)

B) A)に示した地震のM-T図

B) M-T diagram of the events plotted in A).

第6図 第5図と同一の期間と観測点データにより、「解析サブシステム」にて手動験測したデータを基に震源決定を行った結果。(不定期の欠測期間があった。)手動験測では「伊豆半島東方沖の群発地震」の大部分は除外した。

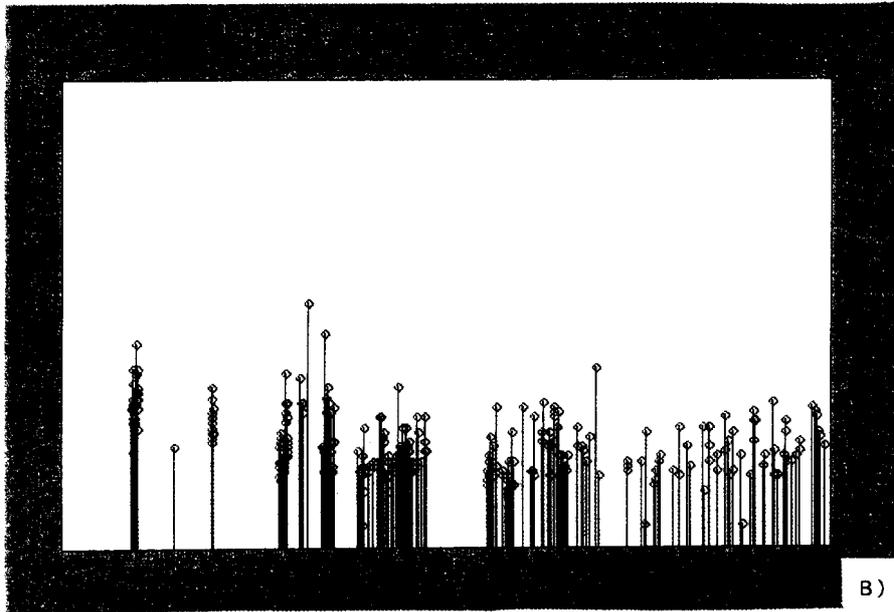
Fig. 6 Result of hypocenter calculation using the P-and S-waves arrivaltime data set, read manually, for events during March 1-31, 1977. The rest are the same as in Fig.5.



A)

A) 震源決定された地震の分布

A) Result of the off-line hypocenter calculation.



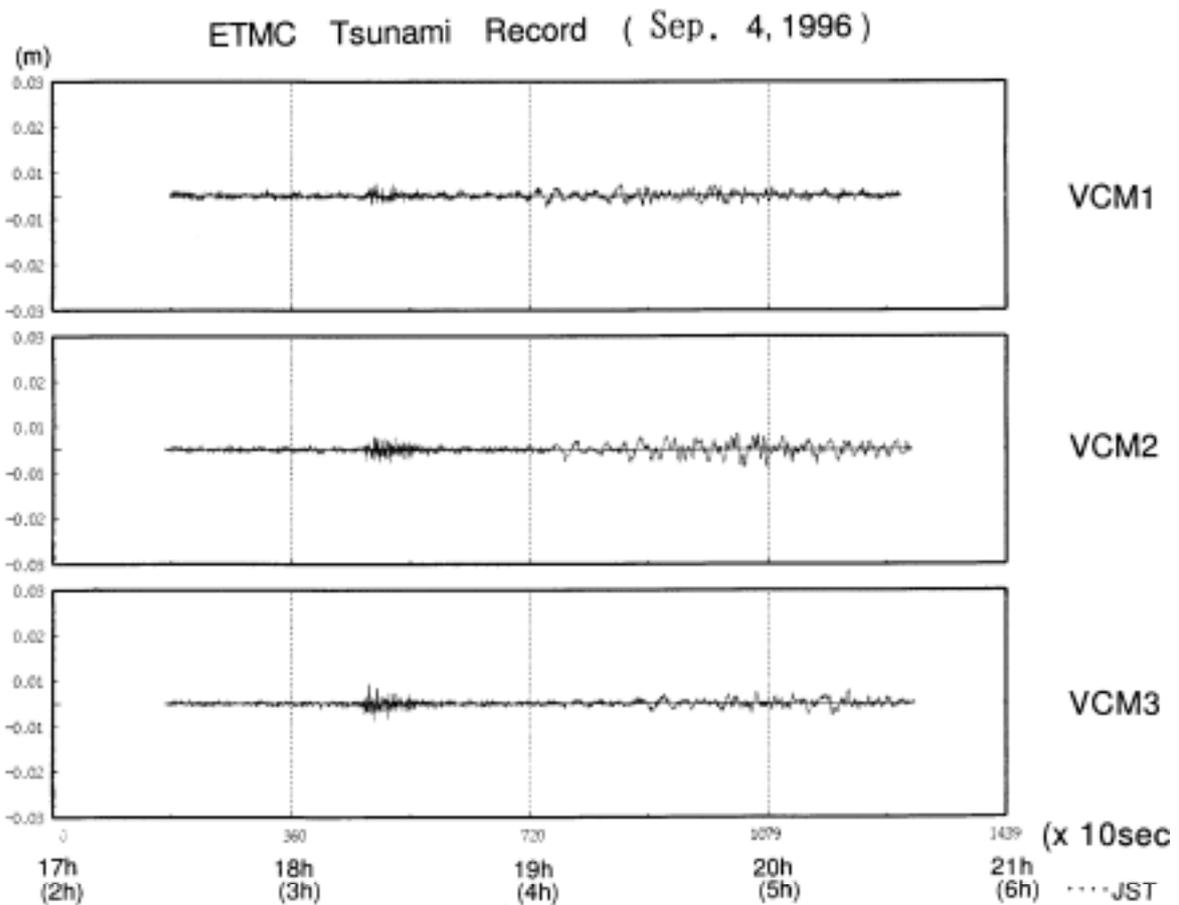
B)

B) A)に示した地震のM-T図

B) M-T diagram of the events plotted in A).

第6図 第5図と同一の期間と観測点データにより、「解析サブシステム」にて手動検測したデータを基に震源決定を行った結果。(不定期の欠測期間があった。)手動検測では「伊豆半島東方沖の群発地震」の大部分は除外した。

Fig. 6 Result of hypocenter calculation using the P- and S-waves arrival time data set, read manually, events during March 1-31, 1977. The rest are the same as in Fig.5.



第7図 本観測網が捉えた「津波」の例。1996年9月5日の鳥島近海での浅発地震（31.4 N, 140.0 E , 6.2M_{JMA}）による水圧変化の記録。10Hzサンプリングの「生データ」を基に、10秒値時系列データを作り、潮汐等を除くためフィルタ処理したもの。結果として、mmオーダーの分解能にて、約1cm片振幅の「津波」に相当する水圧変化が4時以降に認められる。横軸は午前2時から6時までの4時間。（3時17分頃の変化は地震時の振動によるものである。）（上記時刻は、何れも日本時間。）

Fig.7 Actual tsunami data observed by the ETMC. The tsunami wave trains were originated from a shallow seismic event at 31.4N, 140.0E with 6.2M_{JMA} on Sept. 4th (GMT) , 1996. The original pressure data were sampled at 10 Hz. We transformed the original time series data to a new data set with 10 sec sampling intervals, for improving "data resolution." Then, we applied a band pass filter to remove "noises" such as tides. After 19h (04h, JST) , the transformed data show clearly tsunami wave trains with approximately 1cm amplitude (0-P) at mm order resolution. Signals with high frequency component from 18h17m (03h17m, JST) are due to seismic waves from the event. The data plotted are of four hours; that is, from 17h on Sept. 4th (02h on 5th, JST) to 21h on 4th (06h on 5th, JST), 1996.