

伊豆半島東方沖の群発地震活動 (1984年8月30日~)の水中音響観測*

高橋道夫,** 吉田弘,*** 加藤茂****
浅田昭,**** 春日茂****

Hydrophone Observation of the Earthquake Swarm (August 30th, 1984~)
(off the East Coast of the Izu Peninsula)

Michio Takahashi

(Earthquake Prediction Information Division, Seismological and
Volcanological Department, Japan Meteorological Agency)

Hironu Yoshida

(Seismological and Volcanological Management Division, Seismological and
Volcanological Department, Japan Meteorological Agency)

Shigeru Kato, Akira Asada, and Shigeru Kasuga
(Ocean Surveys Division, Hydrographic Department,
Maritime Safety Agency)

The earthquake swarm activity started on August 30th, 1984 off the east coast of the Izu Peninsula. Hydrophone observation was performed just over the focal area when the swarm was active. The hydrophone was suspended by cable from a board the reseach vessel, and the sensor was located a few hundred meters above the sea bottom. The validity of hydrophone data in hypocenter determination was ascertained. The most noticeable feature of this observation is its mobility as well as real-time data acquisition even in the sea area. The precision of hypocenters in this sea area givin in the Seismological Bulletin, JMA, is also evaluated to be 1 km or less.

§ 1. はじめに

震源域の直上, ないしはごく近くで得られる観測データ — とくにP時刻, S時刻のデータ — は正確な震源位置をもとめるうえで決定的に重要な役割を果たす。従って群発地震活動, あるいは大地震の余震活動が活発な時に, 震源域の近くに臨時の観測点を設けることは, その活動を理解するうえで意義深い。このため大学をはじめとする地震学の研究機関, 研究者は, こうした活動の折には機動的に立ち

あがり, 臨時観測を実施してきた。活動域が海域である場合でもカプセル式の海底地震計を設置, 数週間後に回収して記録を解析している(例えばIwasaki *et al.*, 1983; Urabe *et al.*, 1985)。

海底地震計にはデータ利用の面から大きく分けて2種類あり, ひとつは御前崎沖のケーブル式海底地震計のような恒久施設であり, リアルタイムでデータを得ることができるが機動性は全くない。他のひとつはうえで述べたカプセル式で, 機動性に富む反面, リタルタイムでデータが得られないきらいがあ

* Received March 28, 1985

** 地震火山部地震予知情報課 (現 福岡管区気象台)

*** 同, 地震火山業務課

**** 海上保安庁水路部海洋調査課

る。気象庁における地震観測もそれぞれの特長をいかして活用していかなばならないだろう。

さて、本論文の目的のひとつは両方式の特長を兼ねそなえた観測方式——リアルタイムでデータを得ることができ、かつ、機動性のある方式——の提案と、その方式の有効性の確認である。この方式の概念をFig. 1に示す。すなわち、船舶を地震活動の活発な海域の直上に停泊させ、先端に音響を感じる素子、ハイドロフォンをつけたケーブルを舷側より垂らし、船上でリアルタイム記録を得ようとするものである。ほぼ同様の方法による観測はJohnson and Jones (1978), 茂木・望月(1980)などの例がある。1984年8月30日から始まった伊豆半島東方沖の群発活動がまだ活発であった9月8日から9日にかけて、海上保安庁の測量船「天洋」を用いてこの方式で観測を行い、そのデータを解析した結果、有効性を確認した。本論文のもうひとつの目的は、この海域における地震月報による震源の精度(精密さ)の評価である。震央距離が10km未満の地点で得られたこの観測データを用いて震源を再計算したところ、震央はなかには2~3kmずれるのもあるが、大部分は1km以内のずれにとどまる。これがこの地域における地震月報に掲載された震源の“実力”といえよう。

§ 2. 観 測

観測は、前節でも述べたように、1984年9月8日から9日にかけて水路部の測量船「天洋」を伊豆半島東方沖の群発活動域の直上に停泊させ、先端にハイドロフォンを装着した800mのケーブルを舷側から垂らすことにより行った(Fig. 1)。船は潮流などに流されて、その位置を変えるが、その場合にはエンジンをかけてシフトすることにより、常に震央距離10km未満を保つことができた。航跡をFig. 2に示す。この図には9月末までの地震月報による震央も同時にプロットしてある。船が流されるにつれて水深も650mから1,360mの間で変化した。また、ケーブルは800mの長さであるが、くりだしたケーブルは100~600mである。こうしたことからハイドロフォンの海底からの高さは330mから730mの間で変化していると推定している。

用いたハイドロフォンがカバーする周波数帯域は20~数100Hzである。船上の記録器にはアナログデータレコーダ、可視記録器、スペクトルアナライザーを用いた。位相の読みとり精度をあげるため、データレコーダには時計からの秒信号、JJY放送も

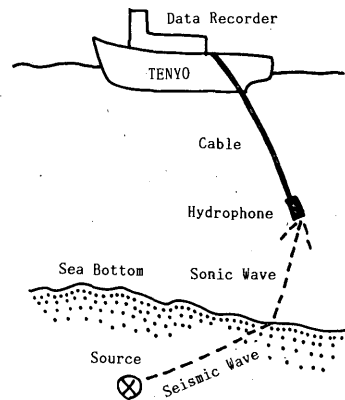


Fig. 1 Schematic diagram of the hydrophone observation. The sensor was located from 330m to 730m above the sea bottom.

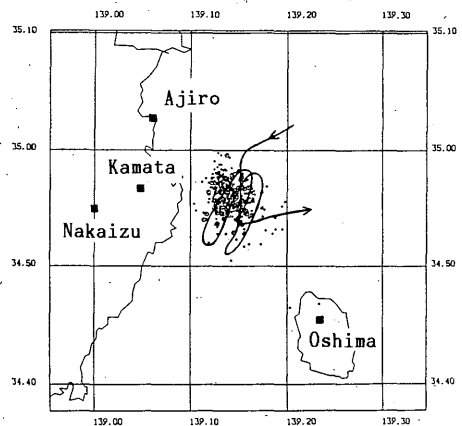


Fig. 2 Location of R/V Tenyo together with epicentral distribution (until the end of September), and seismograph stations. (Nakaizu is the station of the National Research Center for Disaster Prevention.)

同時に記録した。

観測波形例をFig. 3を示す。陸上の観測網でも検知されている64のイベント(8日14時39分から9日10時30分まで)について1/100秒の分解能でP時刻、初動方向を験測した。なお、この64のイベントの内、地震月報に掲載されているのは14で、その他はいわゆる東海震源、すなわち、地震予知情報課の現業班による東海地域の常時監視のなかで、ほぼリアルタイムに決定された震源であり、その震源決定には東

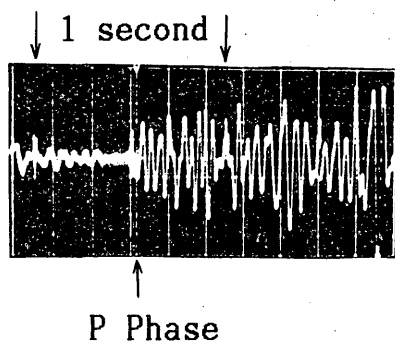


Fig. 3 Example of wave form obtained by hydrophone.

京大学, 名古屋大学, および国立防災科学技術センターの観測点のデータも利用させてもらっている。

§ 3. 処理結果

伊豆地域は全国の中でも最も密な気象庁の地震観測網の中に位置していて, 地震月報に掲載されている地震は小さなものでも精密な震源事項がもたっていると期待できる。例えば前節で言及した14のイベントの内, $M \geq 3$ のものは6個を数えるがいずれも10地点以上で観測値が得られている。

解析にあたっては, まず, ハイドロフォンによる観測値を上で述べた6個の $M \geq 3$ のイベントの震源事項を用いて検証した。すなわち, ハイドロフォンの観測環境は陸上の観測点と違って海水という数100mの厚さの低速度層の上にあるし, また, 海底下の地殻速度構造は陸の構造と異なるであろう。これらの効果を一括して観測点補正值という形で導入する。Fig. 4に示したのは地震月報による14のイベントの震源事項を基準とした時のハイドロフォンによるP時刻の残差を, 震央距離に対してプロットしたものである。 $M \geq 3$ のイベントに注目すると, 補正值は+0.3秒(おそい)が適切であるといえる。なお, 残差とハイドロフォンの海底面からの高さとの間には相関はみられなかった。+0.3秒という補正值は, 上に述べたような観測方法, 観測環境からするとほぼ妥当な値であると考えられる。よって, ハイドロフォンによる震源域直上での水中音響観測は震源決定のうえで有効であると結論できる。

今回の調査対象の海域は, 陸上の観測網で十分カバーできている海域であるからこのような検証が可能であった。陸からはるか離れた海溝付近の, 陸上の観測網では十分にカバーできない海域の地震活動

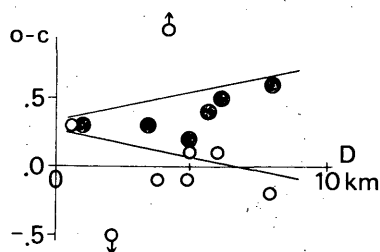


Fig. 4 Residuals (O-C: observed minus calculated) of the P phase arrival time plotted against epicentral distance (D). Hypocentral parameters are based on the Seismological Bulletin, JMA. Closed and open circles correspond to events with $M \geq 3$ and $M < 3$, respectively. Appropriate station correction for hydrophone data can be considered as +0.3 sec from this figure.

に対して, 今回提案した観測を行うことは意義深いものといえる。

ハイドロフォンのデータも含めて上の14のイベントの震源再計算を気象庁ルーチンの方法で行った。震央位置はなかには2~3km動くものもあるが, ほとんどは1km以内の移動にとどまる(Fig. 5)。深さ方向の移動も1km以内である。このことは必ずしも, 真に正確な震源位置からの誤差がその程度であることを意味するものではないが, 地震月報に掲載されている震源要素が, この地域ではその程度の精度をもつということの裏づけとなる。

次に, 前節で述べたいわゆる東海震源の精密さを評価する。先にも述べたように, 東海震源は東海地域の常時監視のなかで準リアルタイム的にもとめられた震源であり, 必ずしも精密さのみを追求するという性格のものではない点を強調しておきたい。64のイベントの内, 地震月報にも掲載された14を差し引いた, 残りの50のイベントについて, ハイドロフォンによるP時刻のデータも含めて(観測点補正值+0.3秒も導入した)震源再計算を行った。なお, この期間の東海震源は網代, 鎌田, 中伊豆, 富士川のデータを用いて計算されている。東海震源から再計算結果による震源に向けてベクトルをひき, その終点をプロットしたのがFig. 6である。この図からわかるように, 震央は平均して北西に1~2kmずれている。深さについては0~15kmの間にちらばっていたものが8~15kmの間にまとまってきた。

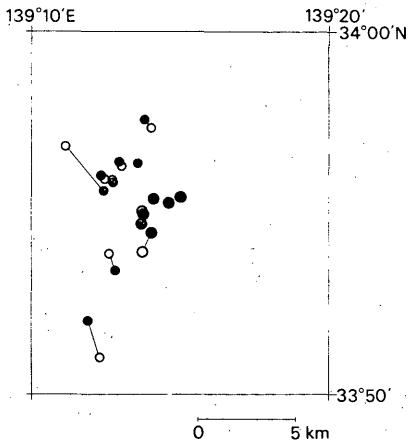


Fig. 5 Epicenters given in the Seismological Bulletin, JMA (closed circles) are redetermined (open circles) by use of additional hydrophone data. Large and small circles correspond to events with $M \geq 3$ and $M < 3$, respectively. The shift of almost all epicenters are less than 1km.

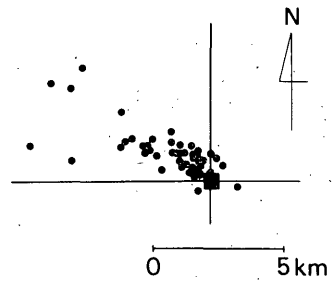


Fig. 6 Relative difference between tentative epicenters determined by JMA in quasi-real-time (square) and redetermined epicenters (closed circles) by use of additional hydrophone data. The shift is 1-2km in average. Relative amounts of shift are shown.

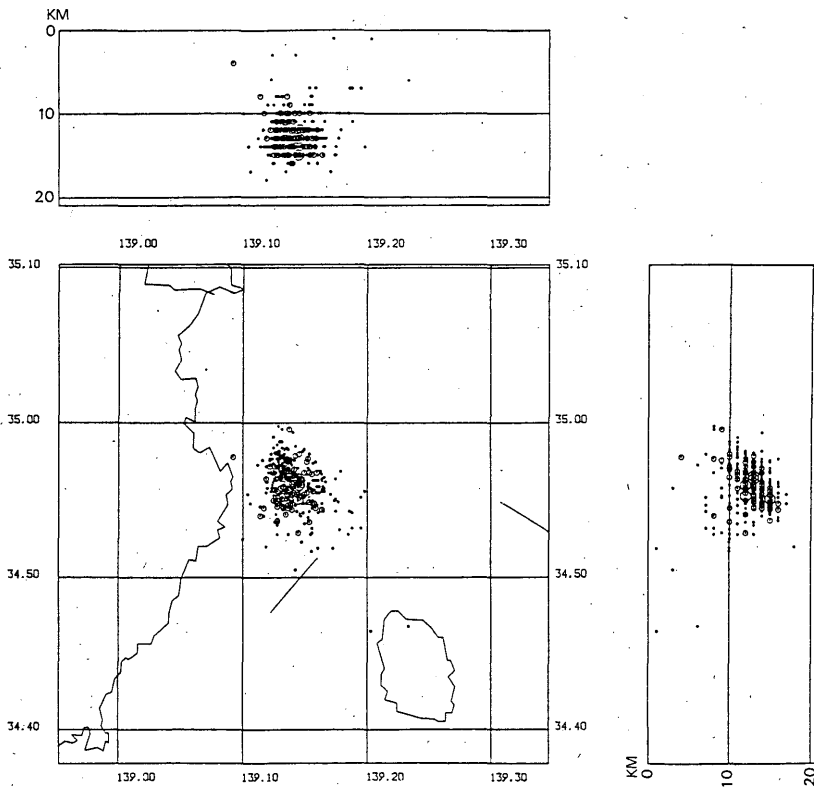


Fig. 7 Distribution of hypocenters of earthquake swarm off the east coast of the Izu Peninsula from August 30th through September 30th, 1984

§ 4. まとめ

今回の伊豆半島東方沖の地震活動による震源分布は気象庁地震予知情報課(1985)(Fig. 7), 東京大学地震研究所地震予知移動観測室(1985), 国立防災科学技術センター(1985)から発表されている。これらは詳しく見ると微妙なくいちがいをみせている。一方, ハイドロフォンによる観測は20時間たらずであるが, 気象庁資料(地震月報による震源)の精密さは前述のように大きいもので2~3km, ほとんどのものが1km以内(相対的な誤差)であることがわかった。また同時に, ハイドロフォンを舷側から垂らし船上で記録をとるという観測方法の有効性が確かめられた。この方法は海域の地震活動に対しても震源域の直上で, しかも, リアルタイムでデータを得ることができるという, 従来の方法にはない特長を備えている。

謝 辞

この研究は海上保安庁・気象庁共同の「地震・津波解明のための海底地殻変動調査研究プロジェクト」のひとつとして行われたものである。こうした研究の機会を与えていただいた運輸省運輸政策局, 海上保安庁水路部, 気象庁の関係者に深く感謝する。観測は水路部の測量船「天洋」で行った。加賀山哲男船長はじめ乗組員の皆様の御協力に深く感謝する。

参考文献

Iwasaki, T., N. Hirata, K. Suyehiro, T. Kana-

- zawa, T. Urabe, T. Motoya, and H. Shimamura (1983): Aftershock distribution of the 1982 Urakawa-oki earthquake determined by ocean bottom seismographic and land observations, *J. Phys. Earth*, **31**, 299-328.
- Johnson, S. H., and P. R. Jones (1978): Microearthquakes located on the Blanco fracture zone with sonobuoy arrays, *J. Geophys. Res.*, **83**, 255-261.
- 気象庁地震予知情報課(1985): 1984年8月~10月伊豆半島東方沖の地震活動, 地震予知連絡会会報, **33**, 223-229.
- 国立防災科学技術センター(1985): 1984年伊豆川奈崎沖の群発地震について, 地震予知連絡会会報, **33**, 230-235.
- 茂木清夫, 望月裕峰(1980): 1980年伊豆半島東方沖地震の震源直上でのハイドロフォンによる高周波振動の観測とそれによる地震断層の位置の推定, 地震研究所彙報, **55**, 1017-1041.
- 東京大学地震研究所地震予知移動観測室(1985): 伊豆半島付近の地震活動(1984年5月~10月), 地震予知連絡会会報, **33**, 212-217.
- Urabe, T., K. Suyehiro, T. Iwasaki, N. Hirata, T. Kanazawa, A. Nishizawa, and H. Shimamura (1985): Aftershock distribution of the 1983 Japan Sea Earthquake as determined from helicopter-dispatched OBS observation, *J. Phys. Earth*, **33**, 133-147.