

6-10 2009年8月11日 駿河湾の地震： DD法による詳細な震源分布
Hypocenter distribution of the Suruga-wan earthquake sequence estimated by
the double-difference relocation technique

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

駿河湾の地震（2009年8月11日5時7分、M6.5）とその前震および余震について、8月11日から31日までに発生した2606個の地震の震源再決定を行った。観測点は、防災科学技術研究所の高感度地震観測網（以下、Hi-net）、気象庁、東京大学および名古屋大学による定常観測点のうち震央距離が50km以内の観測点28点を使用した。解析手法は、ダブル・ディファレンス法¹⁾（以下、DD法）を用いた。この手法は、P波およびS波到達時刻の観測値データのみならず、波形相関解析による位相差から得られる精度の高い到達時刻差データをも使用することができるため、相対位置としては高精度の震源決定が可能である。ここでは、P波およびS波について、Hi-netの手動観測値による211,037ペアおよび221,373ペアの到達時刻差データをそれぞれ用いるとともに、以下の波形相関解析による高精度な到達時刻差データを併せて用いた。波形相関解析においては先ず、通過帯域3~20Hzのバンドパスフィルターによって処理した記録波形の中からP波およびS波を含む1.5秒間を切り出し、同一観測点でされた観測された複数の地震同士の組み合わせ（以下、イベントペア）についてラグ相関を評価した。この相互相関係数を最大にするようなラグに基づいて、到達時刻差データを得ることが可能である。本解析では、相関係数が0.8以上となるようなイベントペアについて、その位相差データを震源再決定に利用した。そのようなイベントペアは、P波については21,717ペア、S波については33,494ペアであった。また、震源再決定の際に必要な初期震源はHi-netのルーチン処理による手動観測震源を使用した。

解析による結果の重みつきRMS走時残差は、手動観測値によるデータについては187msから106msへ、波形相関解析によるデータについては107msから6msへと減少し、最終的に2513個の地震の震源を決めることができた。このようにして決められた震源分布を第1図に示す。図中の丸印は震源を表す。カラスケールはその震源の深さを表し、暖色系は浅いことを、寒色系は深いことをそれぞれ示す。図からは、浅い地震が余震発生域のほぼ中央部に分布するのに対して、深い地震は南部と北東部に分布していることがわかる。このように、余震分布の形状は1枚の平面のような単純なものではない。そこで我々は、以下のとおり余震分布を複数の面に沿った分布として説明することを試みた。具体的には、余震発生域を試行錯誤的に分割し、分割されたそれぞれの領域内において余震がどのような面に沿って分布するかを調べた。その結果、第1図に示すような3つの領域に分割することによって、それぞれの領域内の余震がほぼ平面的に分布することが分かった。これらの面の最大傾斜方向に沿った鉛直断面図を第2図に示す。図にみられるように、余震域北部の領域Iでは東傾斜、中央部の領域IIでは北東傾斜、および南部の領域IIIでは南傾斜の面に沿ってそれぞれ余震が分布している。このように、領域Iと領域IIにおいては傾斜方向が比較的良く似た面に沿って余震が発生しているが、領域IIにおける余震分布の面と領域IIIにおける余震分布の面とは傾斜方向が大きく異なっている。

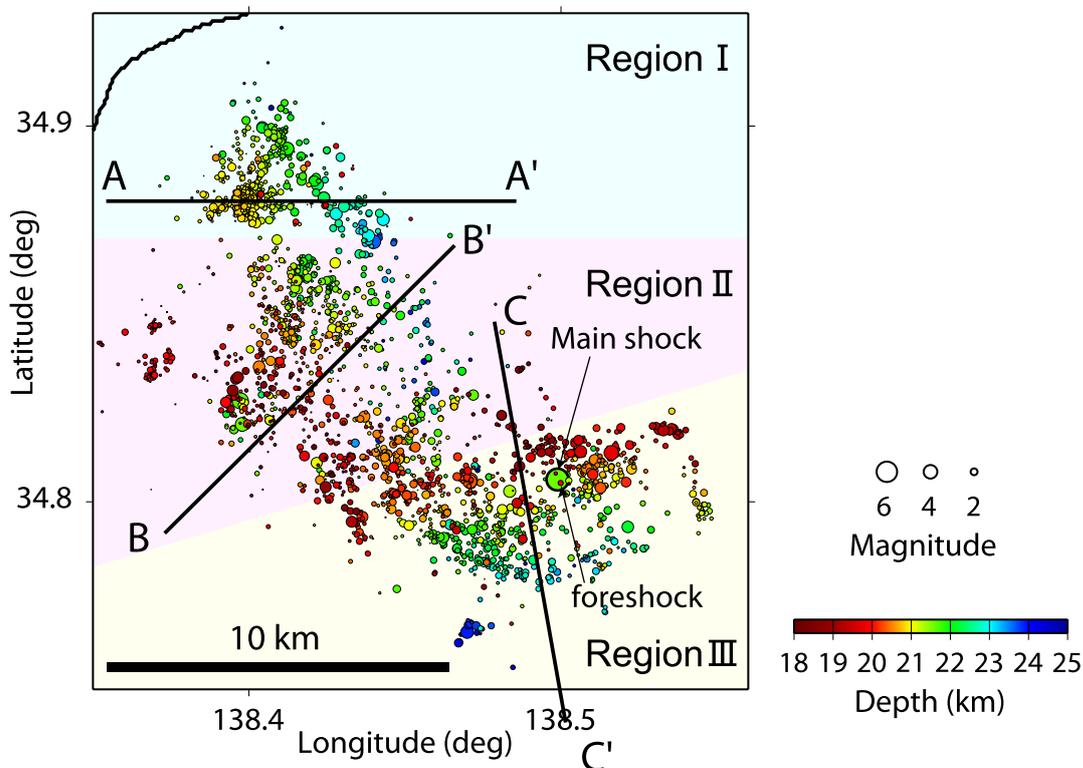
次に、このように複雑な余震分布がどのように時空間的に発展したのかを調べた（第3図）。図中の丸印は第1図と同じ震源を表し、カラスケールはその地震の発生時刻を表す。この図からは、本震発生後30分以内に発生した余震に限ってみても領域I、II、およびIII内のいたるところ

で余震が発生していることが判る。仮に“本震発生直後の余震は本震断層面のごく近傍で発生する”と考えるならば、本解析によって明らかになった3枚の面に沿った余震活動は、おおまかには本震断層面の位置および形状を表すものと考えられる。この考えに従えば、駿河湾の地震（M6.5）の本震は、その震源が位置する領域 III内の南傾斜の断層面で破壊が始まり、その破壊は傾斜方向が大きく異なる領域 IIおよび I内の断層面にも伝播したものと推察される。

(浅野陽一)

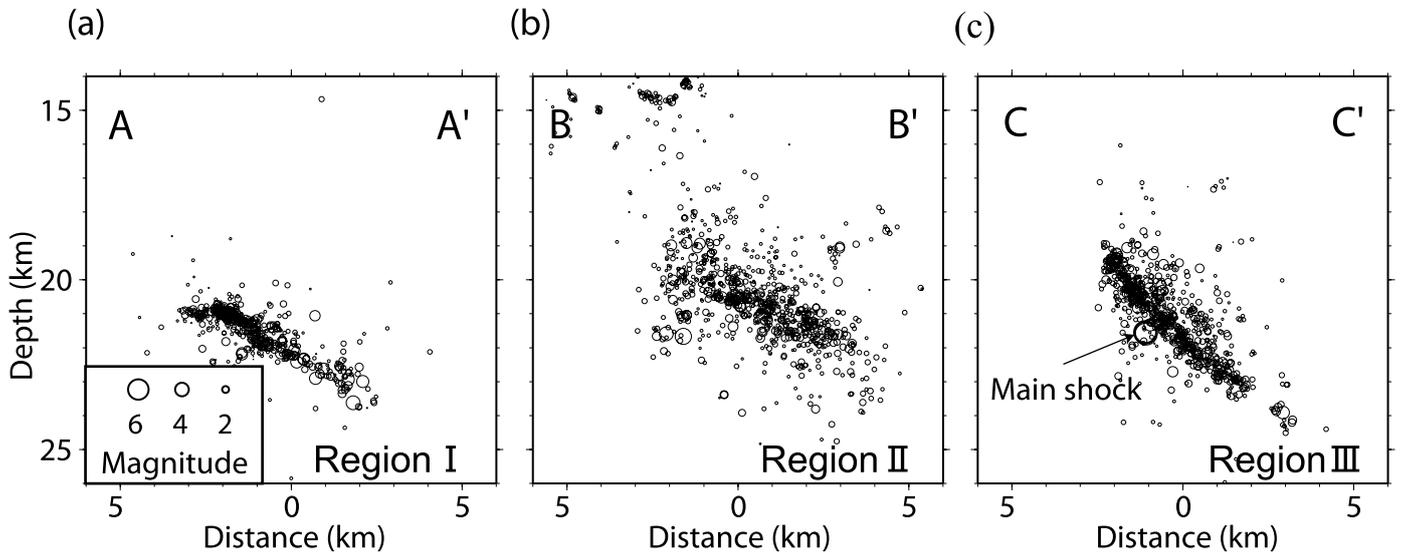
参考文献

- 1) Waldhauser and Ellsworth (2000), *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **90**, 1352-1368.



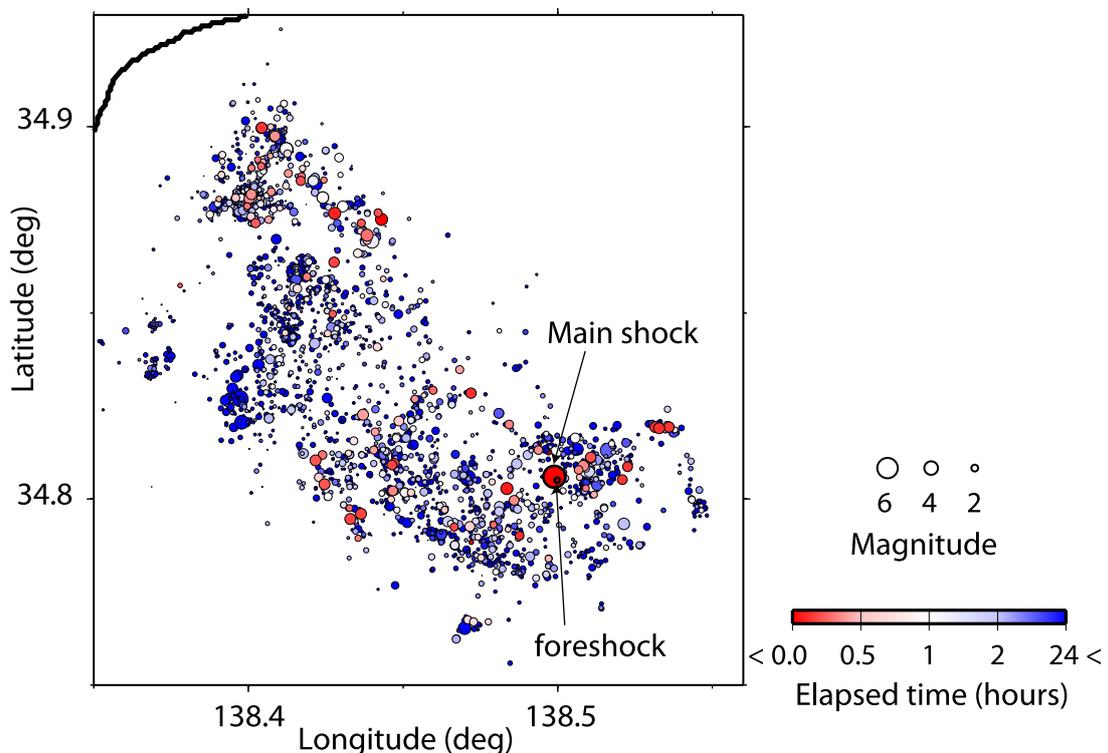
第1図 再決定震源の空間分布（平面図）。DD法によって再決定された震源を丸印で示す。丸印の大きさはマグニチュードを、色は震源の深さをそれぞれ表す。第2図に示す鉛直断面の位置を直線A-A'、B-B'、およびC-C'で示す。また、それぞれの断面図に示される震源の範囲を、色を塗り分けた領域I、II、およびIIIによって示す。

Fig. 1 Hypocenter distribution. Circles denote the relocated hypocenters of the earthquakes which occurred in the period of August 11 – 31, 2009. Symbol size and color scale indicate magnitude and hypocentral depth, respectively. Lines A-A', B-B', and C-C' indicate horizontal locations of three vertical cross-sections shown in Figure 2. Regions I, II, and III for the cross-sections are also shown by colored polygons.



第2図 再決定震源の深さ分布。(a) 領域 I 内で発生した地震の A-A' 鉛直断面における分布。(b) 領域 II 内で発生した地震の B-B' 鉛直断面における分布、および (c) 領域 III 内で発生した地震の C-C' 鉛直断面における分布。再決定震源を丸印で示し、その大きさはマグニチュードを表す。断面および領域の位置は第 1 図に示す。

Fig. 2 Depth distribution of the relocated hypocenters along (a) line A-A', (b) B-B', and (c) C-C'. Circles denote the relocated hypocenters of the earthquakes which occurred within regions I, II, and III, respectively. Horizontal locations of the lines and regions are shown in Figure 1.



第3図 余震活動の時空間的発展。第1図と同様に再決定震源を丸印で示し、その大きさはマグニチュードを表す。カラースケールは震源時を本震の発生からの経過時間で表す。

Fig. 3 Spatiotemporal evolution of the aftershocks. Circles denote the same relocated hypocenters as shown in Figure 1. Symbol size and color scale indicate magnitude and origin time defined as elapsed time from the main-shock occurrence.