

## 2-3 1992年7月三陸はるか沖地震活動の予測について — 続発性からみた地震発生確率 —

Forecasts of Earthquakes Far off Sanriku Coast, July, 1992  
— Probability Estimation of Earthquake Occurrence from the Viewpoint  
of Successiveness of Seismic Activity —

気象研究所

Meteorological Research Institute

ある地震の発生後に、余震発生（本震—余震型）、同程度の地震発生（群発型）、更に大きな地震発生（前震—本震型）という地震の続発性がある<sup>1)</sup>。この地震の続発性を活用し、統計および確率の手法と表現を用い、1992年7月の三陸はるか沖地震活動の推移予測を実際に試みた結果を紹介する。

1) JMA 震源リスト（1926~85）に基づき、日本及びその周辺（第1図の枠内の地域）で、 $M \geq 6.0$ 、 $h \leq 80\text{km}$ の地震から、本震とのMの差が大きい（ $\Delta M > 1.0$ ）小余震を除いた資料を作成した。この資料とOgata & Katsuraの時系列モデル<sup>2)</sup>を用いて解析した自己励起性の結果から、10日以内の顕著な続発性が認められる。更に、空間的に隣接し且つ時間間隔 $\leq 10$ 日のグループを続発地震と定義すると、第1表のようなグループ分けができる。

2) 378個の独立イベントが、第1図の枠内（120万 $\text{km}^2$ ）でポアソン過程に基づき無作為に発生すると仮定すると、イベント発生強度 $= 1.4 \times 10^{-8}$ 個/日 $\cdot \text{km}^2$ 、ある場所を中心とした隣接地域内（ $\pi L^2$ ） $(\text{km}^2)$ で、10日以内にイベントが1個以上発生する確率 $P = 1 - \exp(-2.9 \times 10^{-4}) = 2.9 \times 10^{-4}$ となり、でたらめに予測して約3,000回に1回当たることになる。

（註；Lは平均マグニチュード $\bar{M}$ の地震の震源域の長さ<sup>3)</sup>に相当し、 $\log L = 0.5\bar{M} - 1.8$ より求める。 $\bar{M}$ はこのサンプルの場合6.4である。）

3) 1) で得られた、ある地震発生後10日以内に同じか大きい地震が続発する経験的確率4.2%は、2) と比較すると約100倍となる。つまり、「地震の続発性」効果を利用して、ある地震の発生後「同程度以上の地震が発生する」確率はでたらめな場合と比較して約100倍の改良となる。

4) 第2図は、エトロフ島沖および三陸沖から茨城県沖の続発性（黒丸）が特に顕著な地域であることを示している。図中破線内で、続発する経験的確率は40%である。この地域の173個の地震について、1) と同様の時系列解析を行うと、自己励起性の結果からやはり10日以内の顕著な続発性が認められ、第2表のようなグループ分けができる。この表は特に続発数が増すにつれ次の地震の発生確率が大きくなることを示す。

5) 続発しやすさの時間経過は、第3図のようになり、はじめの地震後10日以内に次の地震が発生する確率は0.38となる。なお、その後10~20日における確率は0.01程度となる。

6) 87個の独立イベントが、第2図の枠内（13万 $\text{km}^2$ ）でポアソン過程に基づき無作為に発生すると仮定すると、ある場所を中心とした隣接地域内で、10日以内にイベントが1個以上発生する確率は、 $7.5 \times 10^{-4}$ となる。この地域である地震発生後10日以内に同じか大きい地震が続発する経験的確率13%は、無作為の場合と比較して約200倍の改良となる。

7)  $M \geq 7.0$ になると、同じか更に大きな地震が続発するのは17例中1例(1978. 3. 23. エトロフ沖)である。

1992年7月の三陸はるか沖地震活動は上記4~7)の解析を行った地域に該当する。この地震活動に4~7)の結果と過去の実例とを組み合わせると、第3表のような予測が可能である。表中の(資料)は適用できる予測情報を意味する。まだ改良すべき点はあるが、実用的な使い方が可能と思われる。なお、この解析には、SEIS-PC<sup>9)</sup>を使用した。

#### 参 考 文 献

- 1) Mogi, K. : Some Discussions on Aftershocks, Foreshocks and Earthquake Swarms, Bull. Earthq. Res. Inst.,41 (1963), 615-658.
- 2) Ogata, Y. and K. Katsura : Point-Process Models with Linearity Parametrized Intensity for Application to Earthquake Data, Jour. Applied Probability, Special Vol.23A (1986), 291-310.
- 3) Utsu, T. : A Statistical Study on the Occurrence of Aftershocks, Geophys. Mag.,30 (1961), 521-605.
- 4) 石川有三・松村一男・横山博文・松本英照：SEIS-PCの開発-概要-, 情報地質, 10 (1985), 19-34.

第1表 イベントのグループ分け

Table 1 Events grouped into 2 classes.

独立イベント（続発地震と他の余震を除いたもの）	378
続発地震を伴わない単発イベント	324(86%)
続発地震を伴うイベント	54(14%)
その内、後が同じか大きい場合	16(4.2%)

第2表 イベントのグループ分けと地震の続発状況

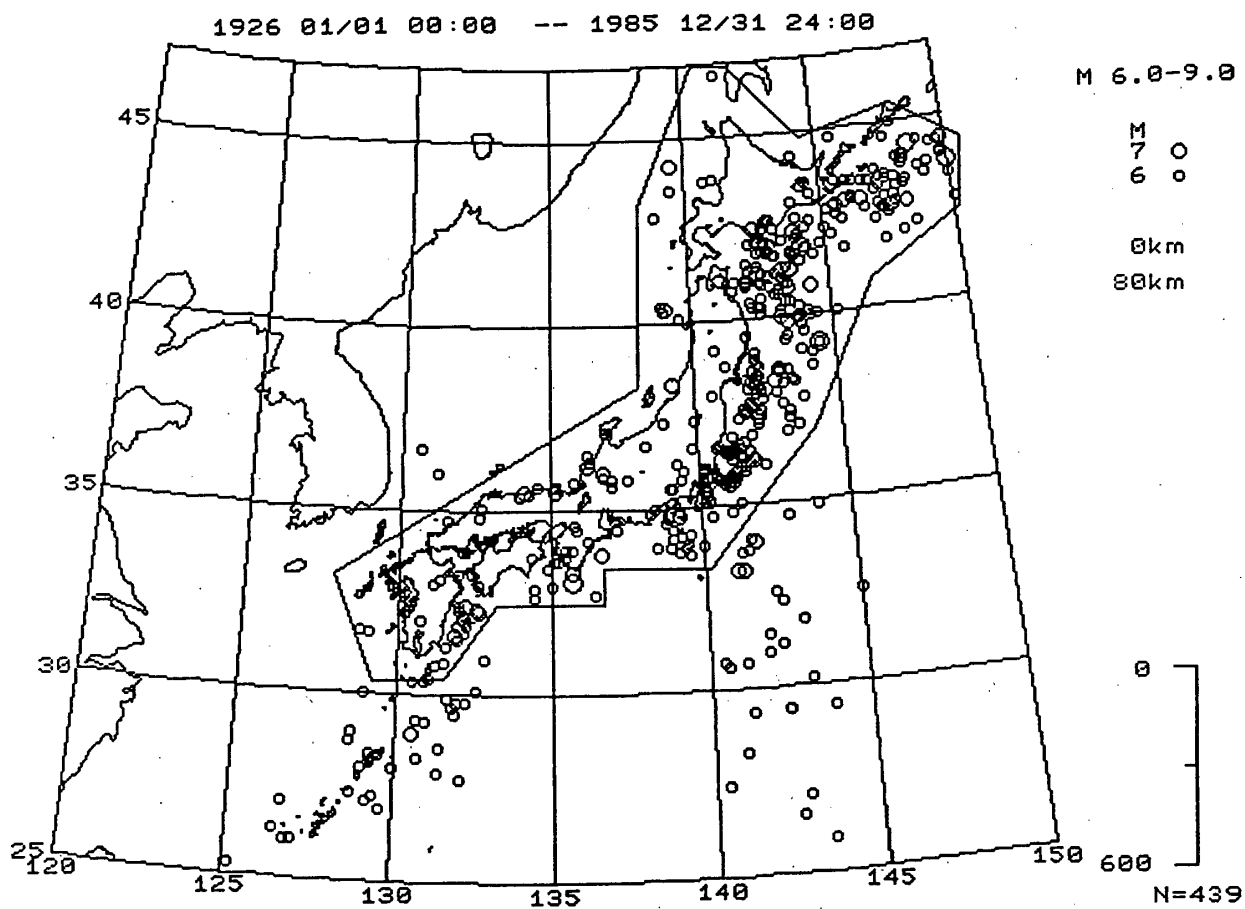
Table 2 Events grouped into 2 classes and successive patterns of earthquakes.

独立イベント	87
単発イベント	51(59%)
続発イベント	36(41%) --- 後が同じか大
2個で終了	18(50%)
3個で終了	6(33%)
4個で終了	4(33%)
5個で終了	2(25%)
3個以上	18(50%)
4個以上	12(67%)
5個以上	8(67%)
6個以上	6(75%)

第3表 1992年7月の三陸はるか沖地震への適用例

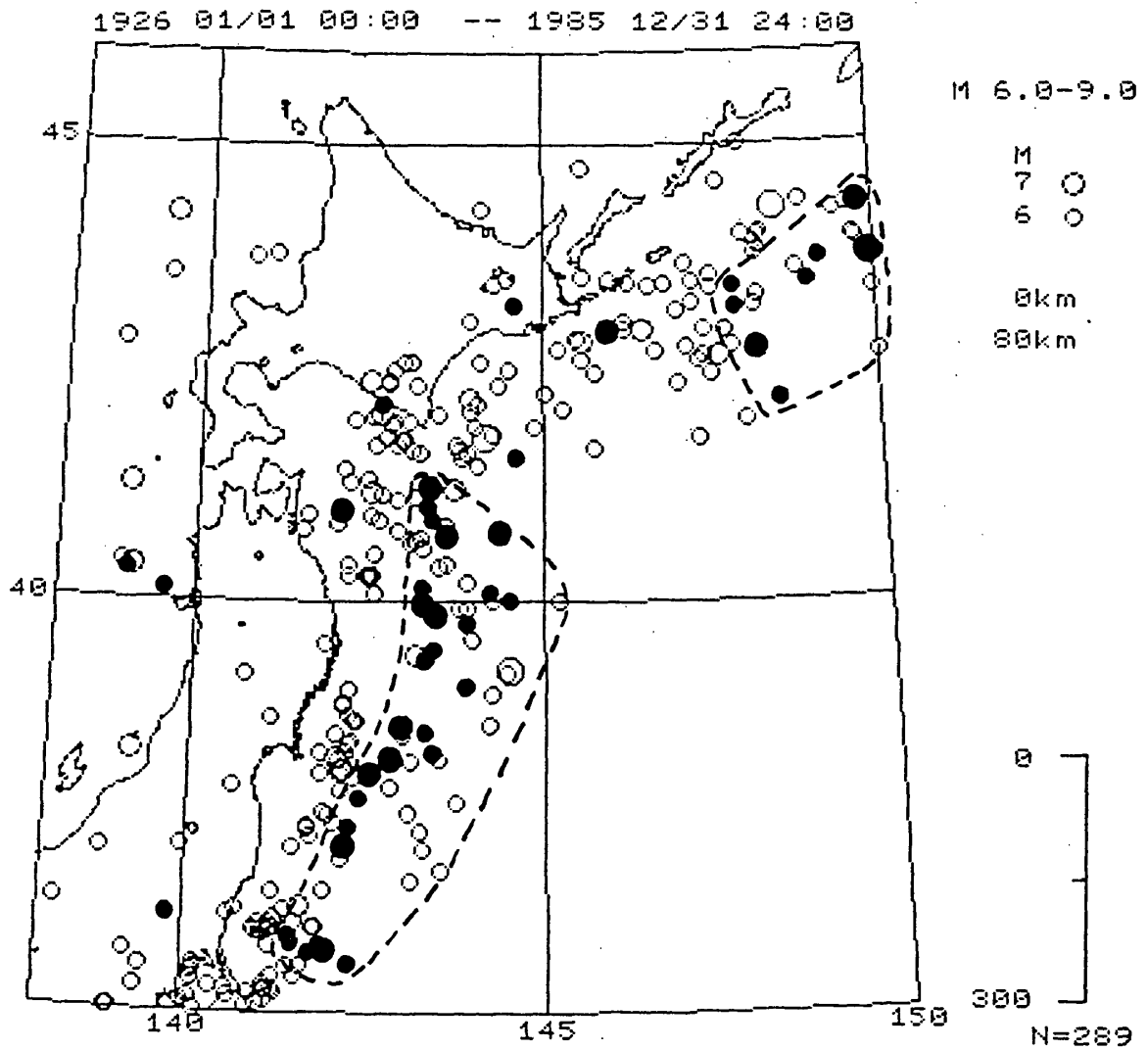
Table 3 Application to forecasts of earthquakes far off Sanriku Coast, July, 1992.

実況と資料
<p>(実況1) 1992.7.16. 09時01分にM6.1の地震発生。</p> <p>(資料1) 平常時、無作為に、隣接地域内で、10日以内に地震が発生する確率は約 0.1%。</p> <p>(資料2) この周辺でM6級以上の地震が、10日以内に続発する確率 40%。</p> <p>(資料3) この中で M6級の地震発生から M7級の発生への発展23例中3例。</p> <p>(実況2) 7.18.17時36分にM6.9発生 (津波注意報発表、小津波あり)。</p> <p>(資料4) M6級以上の地震が、次の10日以内に続発する確率 50%。</p> <p>(資料5) M7.0以上の地震で、更に大きな地震へ続く例は、1926年以来17例中1978年エトロフ地震1例。</p> <p>(実況3) 7.18.17時39分にM6.6発生。</p> <p>(資料6) 更にM6級以上の地震が、次の10日以内に続発する確率 60-70%。</p> <p>(実況4) 7.18.19時20分にM6.3発生。</p> <p>(実況5) 7.18.22時56分にM6.1発生。</p> <p>(実況6) 7.25.11時53分にM6.0発生。</p> <p>(実況7) 7.29.13時30分にM6.2発生。</p> <p>(実況8) 8.8.まで10日間、地震なし。</p> <p>(資料7) M6級以上の地震が、次の10日以内に続発する確率 約1%に減少。</p>



第1図 日本及びその周辺（1926～85,  $M \geq 6.0$ ,  $h \leq 80\text{km}$ ）の独立イベントとしての地震の分布。  
枠内地域の面積は120万 $\text{km}^2$ 。

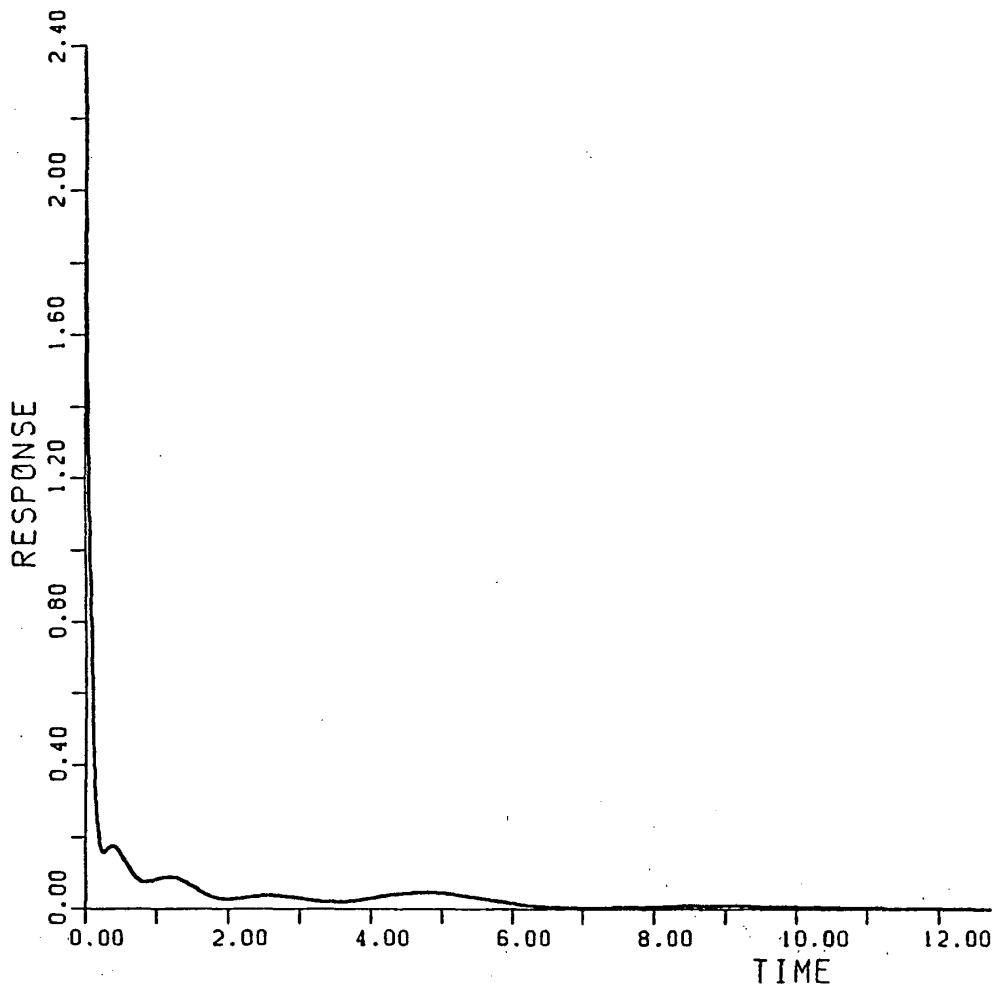
Fig. 1 Epicentral distribution of the earthquakes as independent events in and around Japan (1926-85,  $M \geq 6.0$ ,  $h \leq 80\text{ km}$ ). The area enclosed by lines is  $1.2 \times 10^6\text{ km}^2$ .



第2図 独立イベントとしての地震の分布。黒丸印は続発地震を伴ったイベント。破線内地域の面積は13万km<sup>2</sup>。

Fig. 2 Epicentral distribution of the earthquakes as independent events in and around Northern Japan (1926-85,  $M \geq 6.0$ ,  $h \leq 80$  km). Closed circles represent the events with successively occurring earthquakes. The area enclosed by broken lines is  $1.3 \times 10^5$  km<sup>2</sup>.

ZOKUHATSU CHIIKI (M>=6) <SELF-EXCITING>



第3図 第2図の破線内の地震による続発強度の日変化 (横軸; 日単位)

Fig. 3 Variation of successiveness intensity with days. Horizontal axis, day unit.