

12-11 本震前に現れる G-R 則からの逸脱と、その特徴に基づいた地震予測モデルの提案

Deviation from G-R Law before Great Earthquakes and Recommendation for Earthquake Forecast Models Based on That Feature

弘瀬冬樹（気象研究所）

Fuyuki Hirose (Meteorological Research Institute)

地震の規模別頻度分布は大局的には Gutenberg-Richter (G-R) 則に従うが、詳細にみれば上に凸になったり蛇行したりするなど G-R 則に従わないこともある。1990 年以降に東日本の太平洋沖で発生した M7.0 以上の本震前の規模別頻度分布は G-R 則から逸脱し、本震後に G-R 則に従う傾向にあることがわかった（第 1 図）。G-R 則からの逸脱の程度はパラメータ η 値 [宇津, 1978, 地震 2]¹⁾ で表すことができる。規模別頻度分布が G-R 則に従う場合の理論値は 2 で、2 未満だと上に凸の分布、2 より大きいと下に凸の分布となる。例えば、100 個のデータから求めた η 値が 1.70 以下であれば、統計的には有意水準 5% で G-R 則から逸脱していると判断できる。

そこで我々は、以下の手順に従う η 値に基づいたシンプルな予測モデルを作成した。

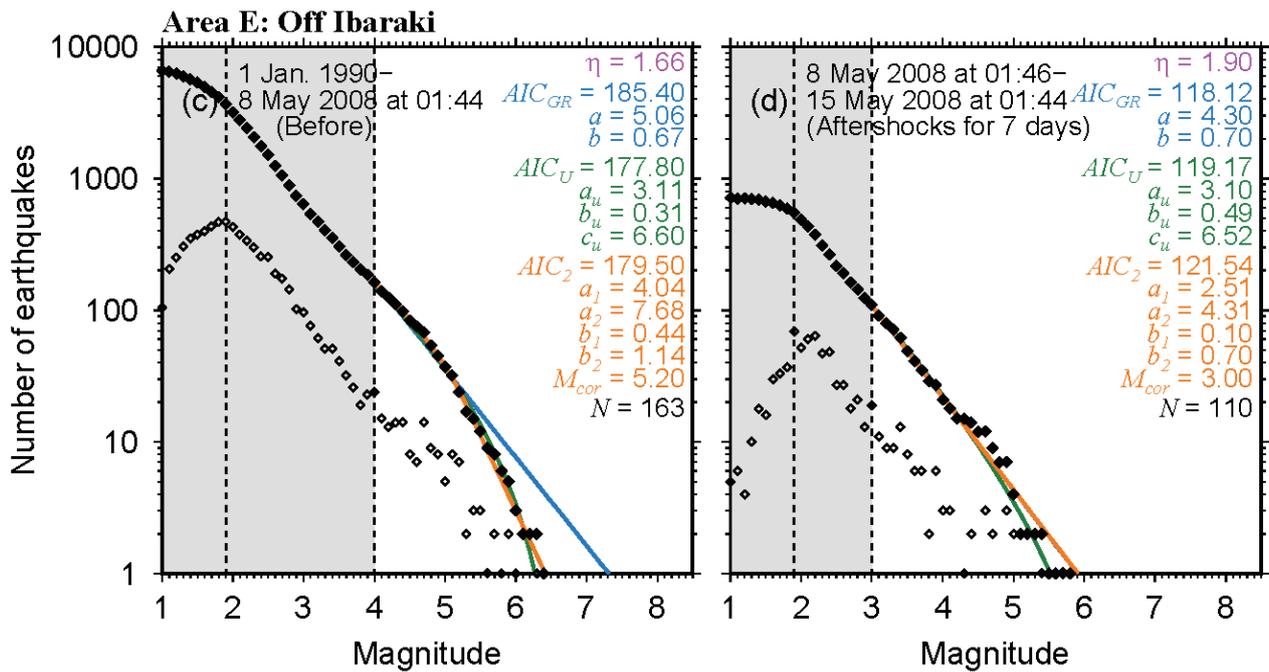
1. 東日本の太平洋沖に緯経度 0.25° 間隔のグリッドを 779 個配置し、各グリッドから半径 r (=50 または 100 km) 以内の地震（1990 年 1 月 1 日～, M4.0 以上）を抽出
2. 0.1 年毎に、地震が 100 個以上あるグリッドで η 値を推定
3. η 値が 1.70 以下となったグリッドが将来の震源域（余震域）に含まれる、というアラームを出す（アラーム領域が余震域に含まれれば適中と見做すということ）

本モデルを実データに回顧的に適用した結果、予測対象地震の規模に応じたデータ抽出半径を用いた場合、確率利得は 2-3 倍程度と低いものの、無作為な予測よりは良い成績となった。ここで、
確率利得 = (アラームが適中したグリッド数 / アラーム時空間グリッド総数) / (予測対象地震の余震域が占める時空間グリッド数 / η 値が算出された時空間グリッド数) である。2017 年 11 月 1 日現在、関東東方～南東沖などの地域で低 η 値を示す領域が現れており（第 2 図）、今後の地震活動の推移に注目している。

詳細については、弘瀬・前田 [2017, 地震 2]²⁾ を参照。

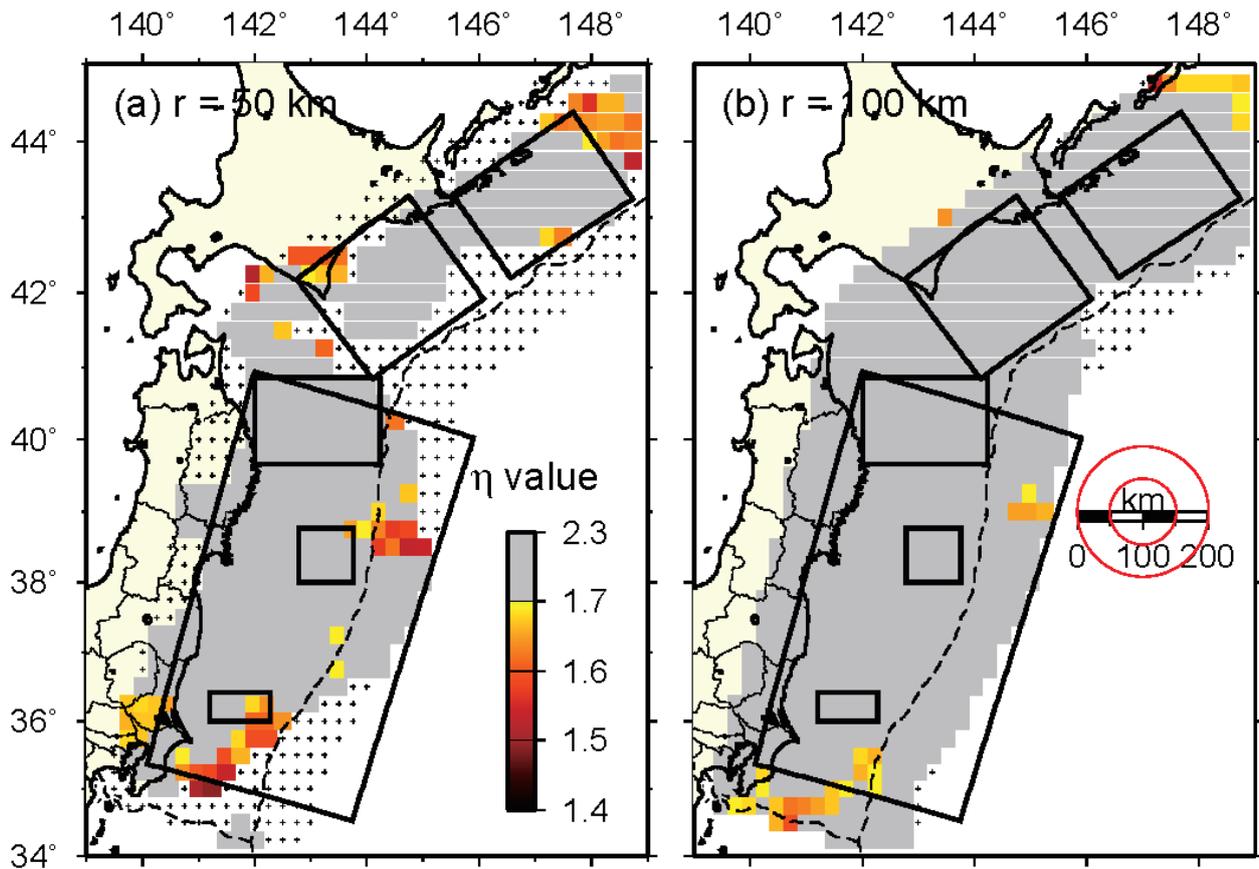
参考文献

- 1) 宇津徳治, (1978), 地震のマグニチュード分布式のパラメータの推定—最大地震のマグニチュード c を含む場合—, 地震 2, 31, 367-382.
- 2) 弘瀬冬樹・前田憲二, (2017), 本震前に現れる G-R 則からの逸脱と、その特徴に基づいた地震予測モデルの提案, 地震 2, 70, 21-40, doi:10.4294/zisin.70.21.



第 1 図 2008 年 5 月 8 日に茨城沖で発生した M7.0 の (左) 本震前, (右) 本震後 (本震は含まない) の規模別頻度分布. \diamond は各 M のイベント数, \blacklozenge は \diamond のイベント数を積算したもの. 青線は G-R 則, 緑線は改良 G-R 則, 橙線は二区間 G-R 則で近似. 規模別累積頻度分布 (\blacklozenge) に注目すると, 本震前は上に凸となって G-R 則から逸脱しているが, 本震後は G-R 則に概ね従っている.

Fig. 1 Frequency-magnitude distribution of earthquakes off Ibaraki prefecture. Open diamonds denote the number of events in each magnitude bin and solid diamonds are cumulative number of them. Distributions are approximated by three theoretical models, the original G-R law (blue line), Utsu's formula (green line), and the two-section G-R law (orange line). Estimated parameter values are shown on the right side. The left vertical broken line denotes the magnitude bin with the largest number of events, and the right vertical broken line denotes the threshold magnitude used to estimate parameters. Data periods are (left) from 1 January 1990 to just before each mainshock, and (right) 7 days after each mainshock.



第2図 (左) M7前半, (右) M7後半~M8前半の地震が将来, 暖色系 (低 η 値) の領域を余震域に含んで発生するという予測マップ. 1990年~2017年10月31日のデータを用いて, 2017年11月1日~の予測をしている. 矩形は1990年~2012年に発生した解析対象とした本震の余震域. M7前半 (M7.0-7.5) の地震を予測対象とした場合, 内陸では北海道十勝及び茨城付近, 海域では北海道東方沖, 宮城沖の OUTER ライズ, 及び関東東方沖に顕著な低 η 値の塊がある. M7後半~M8前半 (M7.6-8.5) の地震を予測対象とした場合, 北海道東方沖及び関東東方沖~南東沖に顕著な低 η 値の塊がある.

Fig. 2 Earthquake forecast map based on η values using data from 1 January 1990 to 31 October 2017. Radius is (a) 50 km, (b) 100 km. Red circles in (b) denote circles with a radius of 50 km or 100 km. Rectangles denote aftershock areas of mainshocks which occurred in the period from 1 January 1990 to 31 December 2012.