

## 北海道胆振東部地震の余震活動の特徴について

### Characteristics of aftershock activity of the Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

統計数理研究所

東京大学地震研究所

The Institute of Statistical Mathematics

Earthquake Research Institute, University of Tokyo

2018 北海道胆振東部地震の余震域と周辺部での本震発生前後における地震活動の詳細を ETAS モデル、非定常 ETAS モデル<sup>1)</sup>、および地震検出率を含むマグニチュード頻度のモデル<sup>2)</sup> を用いて解析した。これらを各データにあてはめた最適モデルの解析から得られた結果は以下のようなになる。

第 1 に、下限 M1.5 の余震活動に ETAS モデルを当てはめると本震後 24 日 (9 月 29 日) まで良くあてはまるが、その直後相対的に活発化し、回復する (第 1 図)。それと同期するように非定常 ETAS モデルによる背景地震活動強度  $\mu(t)$  が 10 倍近く上昇し、その後漸減している (第 2 図、左側パネル)。この急増時間間隔の震源を見ると余震群の南端で「群発型」の余震が認められる (第 2 図、右側パネル)。

第 2 に、全ての検出されたデータを使用し、地震検出率を考慮した余震の  $b$  値の時間変化<sup>2)</sup> を求めた (第 3 図)。対数スケールの時間経過に対して、多少のうねりがあるが、 $b$  値には緩やかな増加トレンドが認められる。しかし  $b$  値の断層面に投影した 2 次元空間分布には明瞭な位置依存性があり特に浅部の  $b$  値が大きい (第 4 図)。従って第 3 図の増加トレンドは、マイグレーションによる浅部余震の割合増加 (第 1c 図) の為である可能性が高い。

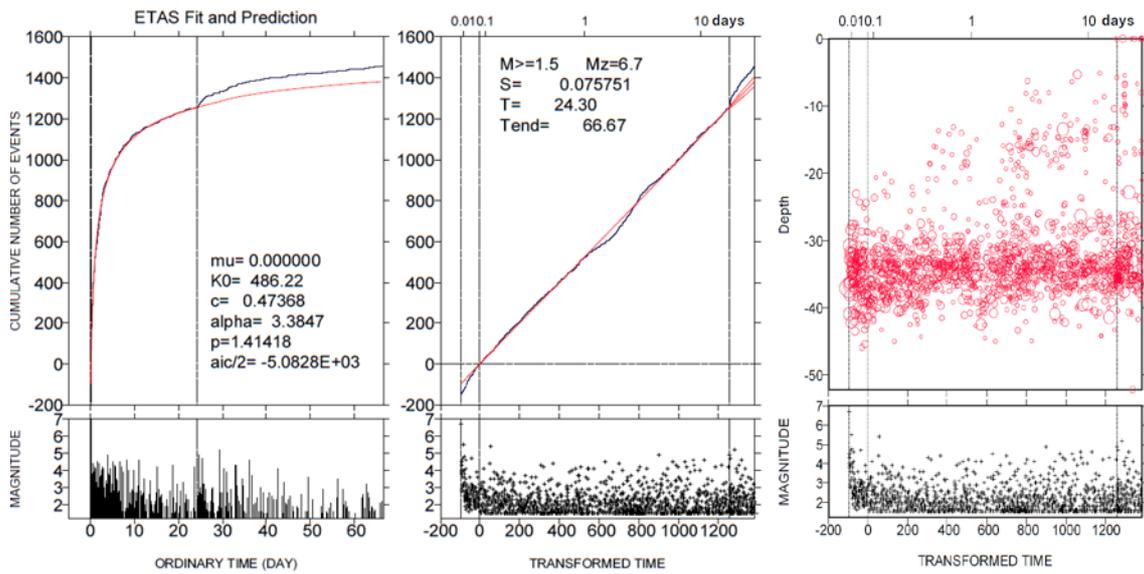
第 3 に、下限 M3.0 の余震活動に ETAS モデルを当てはめると本震後 1 週間後、相対的に静穏化し、そして M5 クラスの余震が頻発してやや回復している (第 5 図)。静穏化の理由に考えうるシナリオの一つとして第 6 図の  $\Delta CFS$  のパターンを載せた。それは本震が引き起こした揺籃で石狩低地東縁断層帯の一部で断層<sup>3,4,5)</sup> が弱化し「ゆっくりすべり」が起き、それが胆振東部地震の余震域をストレスシャドウとなり (第 6 図)、断層帯南部の強度が回復して大粒の余震が起きたという可能性である。

気象庁の PDE 震源カタログ (10 月現在) と気象研の MICAP-G を使用した。

(熊澤貴雄, 尾形良彦, 鶴岡弘)

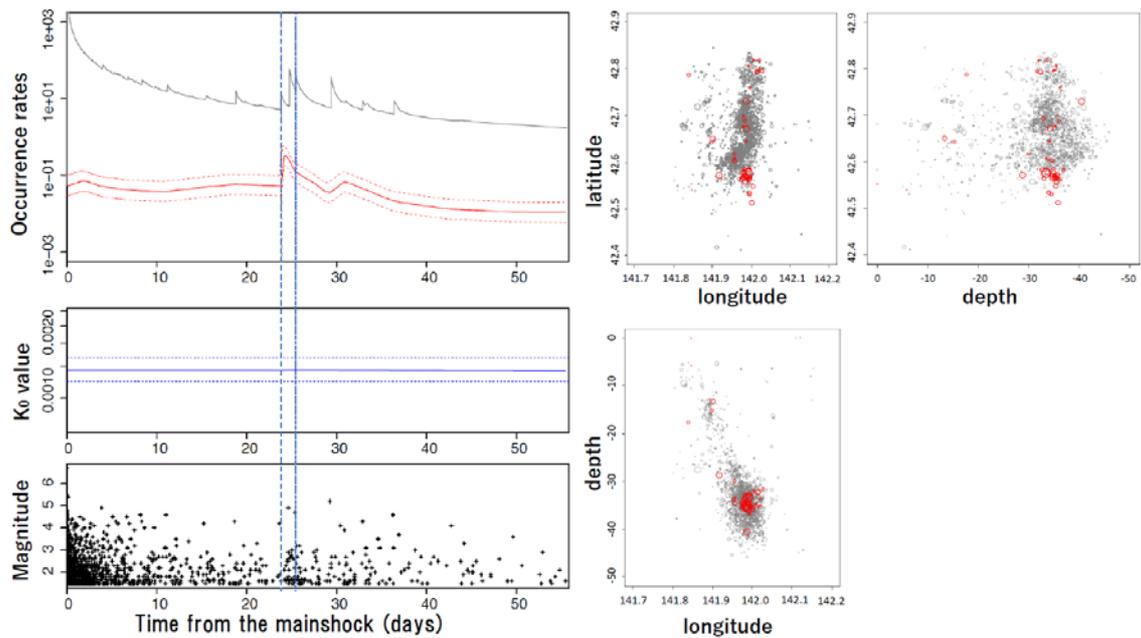
#### 文献

1. Kumazawa T, Ogata Y. (2013) *J Geophys Res* 118:6165–6182
2. Ogata Y, Katsura K. (1993) *Geophys J Int* 113:727–738
3. 地理院 (2018) 平成 30 年 10 月 12 日地震調査委員会
4. 地震調査委員会 (2010) 石狩低地東縁断層帯の長期評価の一部改訂について, 8 月 26 日
5. Fujiwara, S. et al. (2018) 12<sup>th</sup> UJNR, <http://cais.gsi.go.jp/UJNR/12th/document/abst/P-12.pdf>



第1図 2018年9月6日M6.8胆振東部の地震の余震活動 ( $M \geq 1.5$ ) を本震後23.4日(9月29日)までETASモデルを当てはめて、その先を外延した結果. 余震の累積数(黒実線)とETASモデルの積分(赤曲線)の通常時間と変換時間の経過図, M-T図, および余震の深さに対するETAS変換時間図. 深さ分布は浅い部分の余震数が拡大しているのが見られる.

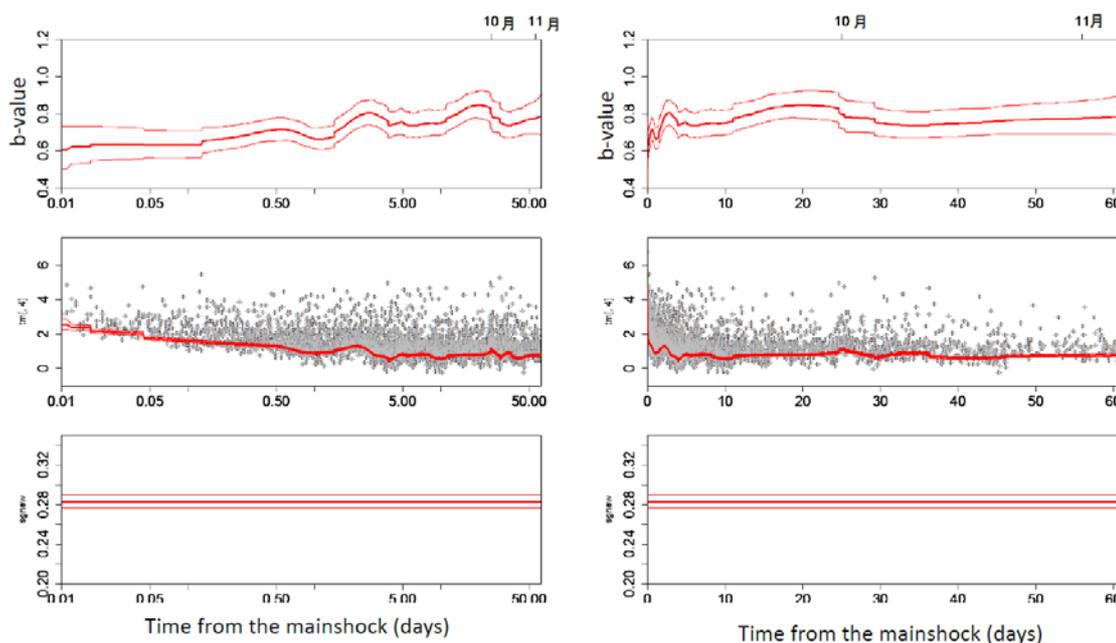
Fig.1. Aftershock activity ( $M \geq 1.5$ ) during the period from M6.8 East Iburi mainshock until the 23.4 elapsed days (29<sup>th</sup> Sept.) is fitted by the ETAS, and then extrapolated to the rest period. The empirical cumulative (black) curve is superimposed by estimated and extended curve (red). The M-T diagrams and depth against the ordinary and transformed time regarding the fitted ETAS model are plotted.



第2図 非定常ETASモデルの推定結果. 基準パラメータとして第1図のETASモデルの最尤推定値を用いた. 常時活動率  $\mu(t)$  (赤線) および自己誘発率  $K_0(t)$  (青線) の変化. 標準誤

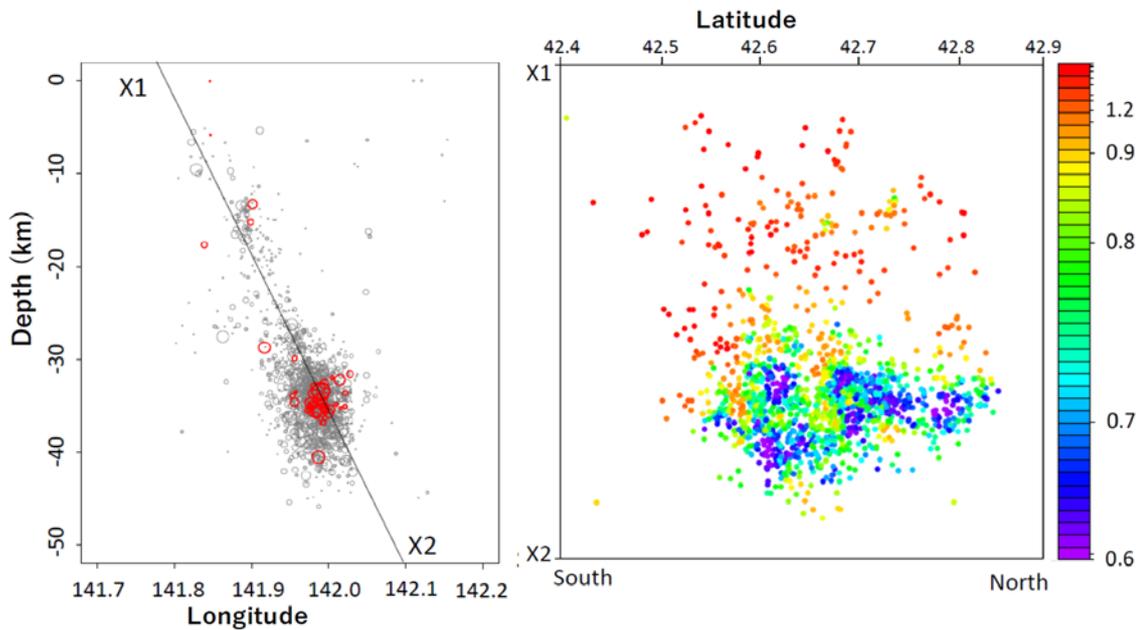
差  $2\sigma$  のエンベロープを破線で表示した。縦の点線は図 1 の変化点 (9 月 29 日) とその 3 日後を示す。右側の 3 つのパネルは余震の震源分布で、赤丸で表したのは右側の縦線で挟まれた 3 日間の区間での余震を示す。

Fig. 2. Estimated nonstationary ETAS model, where the maximum likelihood estimates of the ETAS model, shown in Fig. 1, was used as the reference parameters. The right side panels show changes of the aftershock occurrence rate (black), the background rate  $\mu(t)$  (red) and the self-triggering productivity rate  $K_0(t)$  (blue) in the ordinary time, where envelopes of the standard errors of the estimations are indicated by broken lines. The vertical dotted line shows the change-point (September 29) as shown in Fig. 1 and at the three days span. The three panels on the right side show the hypocenters of aftershocks, and the ones shown in red circles indicate the aftershocks during the time span between the vertical lines of the left panels.



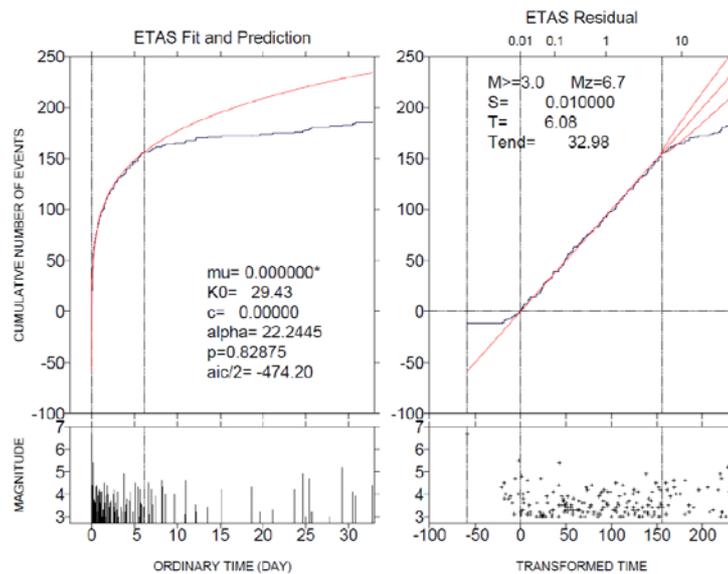
第 3 図.  $b$  値の時間変化 (上段) 50%検出率のマグニチュード (中段) 及び部分的検出マグニチュードの範囲 (下段). 左側が対数スケール時間で右側が通常時間. いずれも標準誤差  $2\sigma$  のエンベロープで示されている。

Fig. 3. Left and right show time changes of  $b$ -values, 50% detection-rate magnitudes, and standard deviations of partially detected magnitudes, with envelopes of the double standard errors, against logarithm of the elapsed time and ordinary elapsed time, respectively.



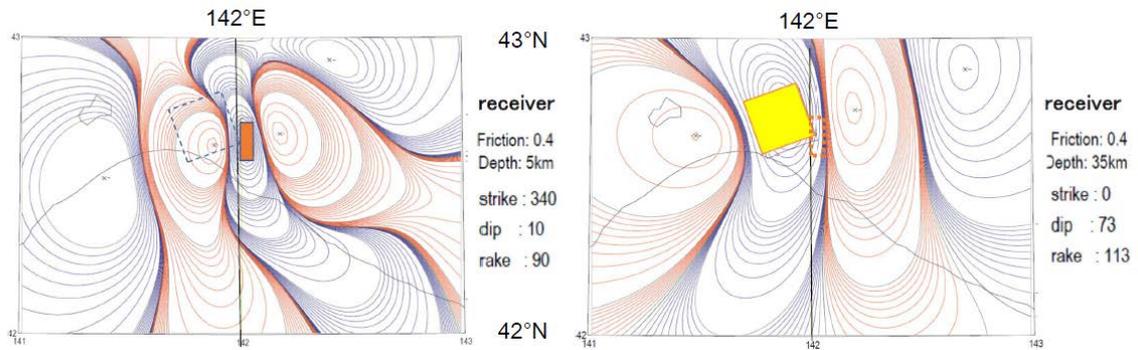
第4図.  $b$  値 ( $M \geq 1.5$ ) の空間分布. 左側パネルの灰色丸及び赤丸は第2図の右下と同じ. 右側パネルは南北平行な横断面 X1-X2 に投影された余震の位置での  $b$  値の分布でカラー表に対応する数値になる.

Fig. 4. Spatial distribution of  $b$ -values for  $M \geq 1.5$  aftershocks. The gray and red circles on the left side panel are the same as the lower right-side panel in Fig. 2. The right-side panel shows the  $b$ -values, corresponding to the color table, at the position of each aftershock projected onto the X1-X2 lateral plane.



第5図 2018年9月6日 M6.8胆振東部の地震の余震活動 ( $M \geq 3.0$ ) を本震後 6.08日 (9月12日) まで ETAS モデルを当てはめて、その先を外延した結果. 余震の累積数 (黒実線) と ETAS モデルの積分 (赤曲線) の通常時間と変換時間の経過図, M-T 図, および余震の深さに対する ETAS 変換時間図. 相対的に静穏化しているのが見られる.

Fig.5. Aftershock activity ( $M \geq 3.0$ ) during the period from M6.8 East Iburi mainshock until the elapsed 6.08 days (12<sup>th</sup> Sept.) is fitted by the ETAS model, and then extrapolated to the rest of the period. The empirical cumulative (black) curve is superimposed by estimated and extended curve (red). The M-T diagrams and depth against the ordinary and transformed time regarding the fitted ETAS model are plotted. There appears relative quiescence after the suspected change-point.



第6図. ゆっくりすべりと相対的静穏化の関係の想定図. 左図は本震の断層モデル<sup>3)</sup> 源に対して石狩低地東縁断層帯の南部の断層モデル<sup>4,5)</sup> を受け手とする $\Delta CFS$ . 右図は断層モデル<sup>4)</sup> のゆっくりすべり源として受け手が胆振余震群とする $\Delta CFS$  のパターン. 本報告で仮定した断層モデルは表1参照。

Fig. 6. Assumption diagram of slow slip and relative quiescence. The left figure shows  $\Delta CFS$  with the mainshock fault model<sup>3)</sup> and the receiver fault model of the southern part of the Ishikari Lowland Fault zone<sup>4)</sup>. The figure on the right shows the  $\Delta CFS$  pattern that the recipient is the aftershock group as the slow slip source of the fault model<sup>4,5)</sup>. Table 1 gives each fault model assumed in this report.

	longitude	latitude	depth	length	width	strike	dip	rake	slip
	(deg.)	(deg.)	(km)	(km)	(km)	(deg.)	(deg.)	(deg.)	(m)
胆振地震	142.0	42.6	16.2	14.0	15.9	358	74	113	1.3
石狩東縁	141.8	42.6	1.0	20.0	20.0	340	10	90	0.75

表1. 文献3と4を参考に仮定したすべりモデル。

Table 1. Slip models assumed with reference to References 3 and 4.