

8-7 2004年紀伊半島南東沖の地震(M7.4)の余震活動の特徴と本震の破壊断層モデルとの関係について

On the aftershock activity of the 2004 earthquake of M7.4 at the southeast off the coast of the Kii Peninsula, and constraints on the fault-rupture models by the mechanisms and space-time pattern of the aftershocks

統計数理研究所 尾形良彦

Yosihiko Ogata, Institute of Statistical Mathematics

1. 余震活動の特徴

最初の地震(前震, M6.9)に続いてほぼ5時間後に起きた2004年9月5日23時57分の紀伊半島南西沖の地震(M7.4)の余震活動は下限マグニチュードによって様相が異なる。M3.8下限マグニチュードの大きな余震では本震後3.37日を境に静穏化が有意である(第1図下中央2図)。しかし下限マグニチュードを下げると有意性は薄れ、たとえば下限M3.0の余震列は順調にETASモデルに従って減衰しているように見える(第1図右下2図)。余震の時空間(緯度対時間)分布にも特徴的な経過が見られる(第1図右上2図)。すなわち下限M3.8の余震は3日ほど後に全体的に抑制されている。これに対して、小さな余震の活動は余震北部では抑制され、中部南部では活発であり、第1図右下2図のように余震全体としては順調にETASモデルに従って減衰しているように見える。このような特徴を整合的に説明するようなメカニズムについて以下に議論する。

2. 地震時の震源域周辺部における歪変化と地震活動変化

本震の破壊断層モデルは国土地理院¹⁾、東大地震研²⁾、建築研究所³⁾などから報告されているが互いに本質的なところで整合的でない。震源域が遙か沖合であるためもあって、余震の3次元分布の精度が期待できず、明確な結論が得られていない。第1表に国土地理院のもの(モデルA)、東大地震研と建築研究所のものについてはWEBに載せられた情報に基づき第1次近似として一枚板の断層モデル(それぞれモデルBとC)を記した。これらを第2図左列3図と右列3図に記した。第2図左列3図と中列3図に記した震央と ΔCFF 値はF-netで発震機構が決められた余震を示す。本震の各断層モデルに対して受けての発震メカニズムの ΔCFF が正の場合は赤、負の場合は青で記している。そもそも、余震は本震によってトリガーされるはずなので、震源やメカニズムの決定誤差を見込んだとしても、圧倒的多数は ΔCFF が正(赤色)でなければならないはずである。しかし、実際には断層震源域内ではすべり量の分布は一様でなく、本震の断層も複雑であり、一枚板の近似では内部や近地の ΔCFF を具に示すには無理がある。断層から離れた部分を見ても、全体を見ても赤色の出現率はモデルCによるものが最も分が良い。

次に、北部の活動が抑制され中部南部では活発に推移したことをどのようにして捉えられるか考えてみた。第2図右列3図の ΔCFF パターンは北西-南東の垂直右ずれの受け手断層群のメカニズムを仮定したものである。北部の余震を抑制する本震の断層モデルはAとCが支持される。余震の時空間的推移やグローバルな波形解析結果から、本震開始後まず南北方向に伸びる横ずれ断層面が破壊し、その後東西方向に伸びる逆断層が破壊したと言われている。したがって、最初に北部の余震が顕著に現れた第1図右上および第2図左側列AとCモデルの北部のストレスシャドウは、そこでの余震静穏化の事象に調和的である。

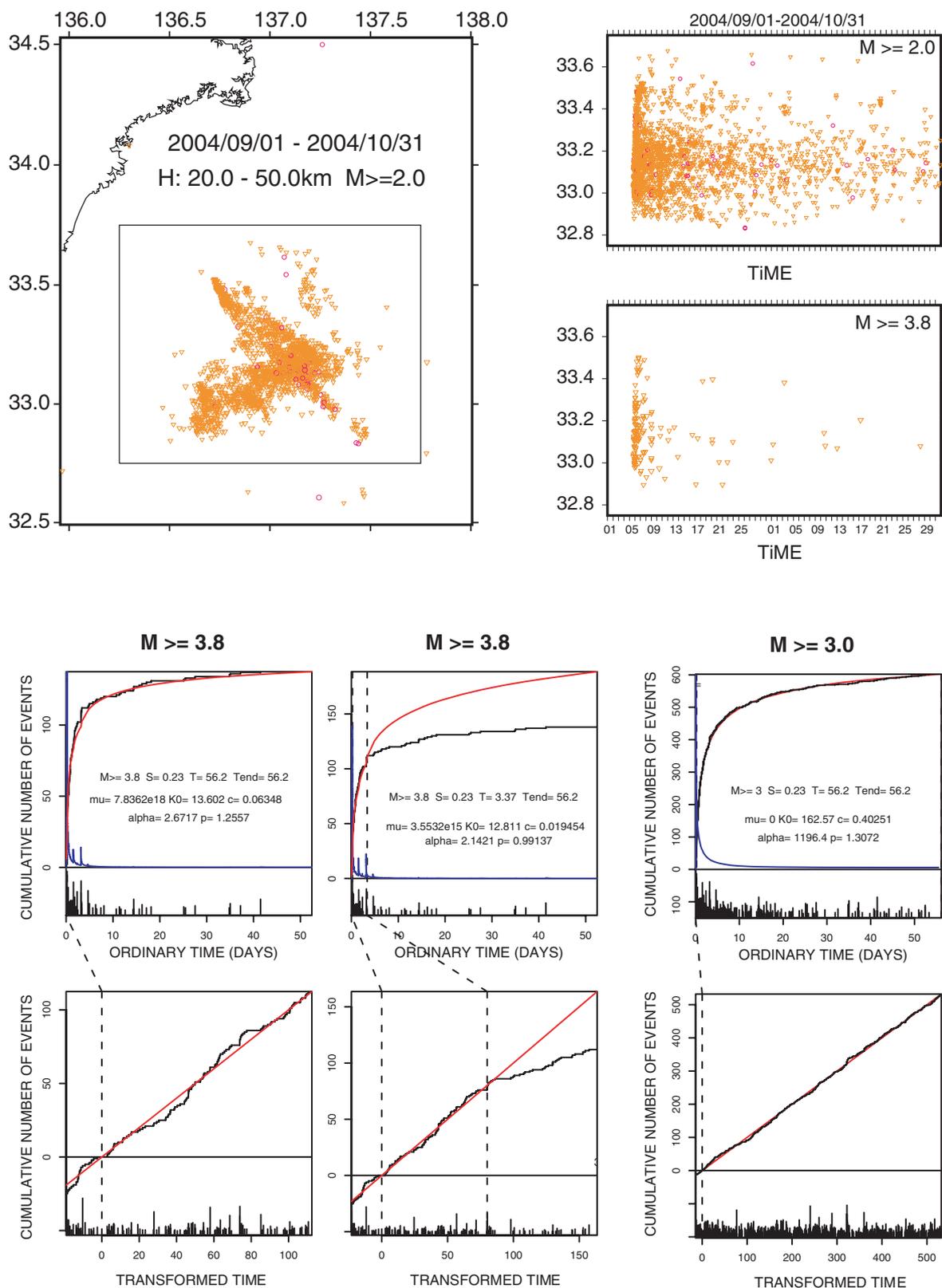
本解析にかんしてTSEISとMICAP-G、データについては気象庁一元化震源データと防災科学技術研究所F-netの発震機構データを使用した。

参 考 文 献

- 1) 国土地理院, 連絡会報 73 卷 (2005), 303.
- 2) 山中佳子, 東京大学地震研究所 EIC 地震学ノート (2004) No. 153.
- 3) 八木勇治, <http://iisee.kenken.go.jp/staff/yagi/eq/Japan20040905/new.html> (2004).

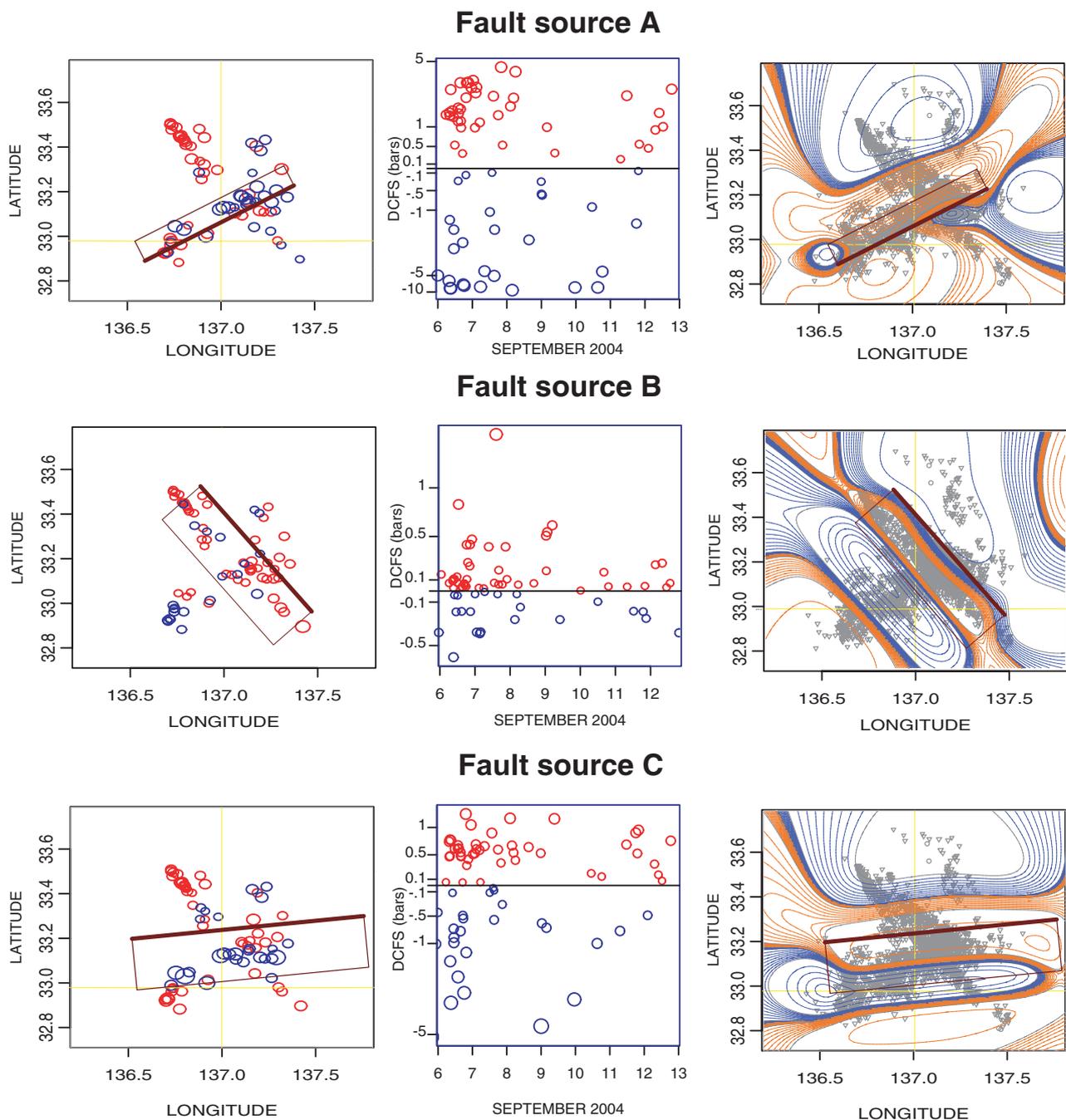
Model (unit)	Lat (deg)	Lon (deg)	L (km)	W (km)	D (km)	Strike (deg)	Dip (deg)	Rake (deg)	Slip (m)
A ¹⁾	33.23	137.36	80.08	20.4	7.0	242	61	59	3.79
B ²⁾	33.5	136.9	65.	30.	5.	135	40	123	2.
C ³⁾	33.2	136.6	110.	30.	5.	85	40	90	1.5

第 1 表 破壊断層モデル
Table.1 Approximated source rupture models



第 1 図 2004 年紀伊半島南西沖の地震 (M7.4) の余震活動。左上図：震央図。右上 2 図：M \geq 2.0 と M \geq 3.8 の余震の時空間分布。下図：下限マグニチュード M3.8 と M3.0 の余震の累積曲線と MT 図で赤色曲線は ETAS による予測累積数。左下 4 図は変化点が無い場合とある場合。余震活動全体として、下限 M 3.8 では本震後 3.37 日での変化が有意だが、下限 M3.0 では変化が見られない。

Fig.1 Aftershocks of the M7.4 earthquake at the southeast off the coast of the Kii Peninsula. Top left and right panels show the epicenters and latitude-time plots for the events with M \geq 2.0 and M \geq 3.8. Bottom diagrams show cumulative number and magnitude of aftershocks (M \geq 3.8 and 3.0) against the ordinary time and the transformed time by the ETAS model. Red curves show theoretical cumulative curve by the ETAS.



第2図 第1表の各断層モデルに対する実質的摩擦係数0.4の ΔCFF 。左列3図と中列の3図：F-netの余震の震央およびメカニズム解に関する ΔCFF 値対時間経過のプロットで、正の ΔCFF は赤丸、負の ΔCFF は青丸。ただし、互いに共役な2つのメカニズム解に対して値の大きい方の ΔCFF を選んだ。右列3図：受け手の断層群として横ずれ断層型 (strike, dip, rake) = (315°, 90°, 150°)を仮定したときの深さ40kmでの ΔCFF パターン。赤い等高線の領域は正で、青い等高線の領域は負の ΔCFF 値。

Fig.2 Spatio-temporal ΔCFF patterns of aftershocks for each rupture model in Table 1 with apparent friction coefficient 0.4. Panels in the left and middle columns indicate the classified epicenters and ΔCFF -values against time of the aftershocks from F-net mechanism data, where each ΔCFF -value is taken by the larger value between those of the two conjugate mechanism solutions. Red and blue circles indicate positive and negative ΔCFF -values, respectively. Panels in the right column show the contours of ΔCFF -values of the receiver faults at 40km depth with angles (strike, dip, rake) = (315°, 90°, 150°) assumed for the NW-SE distributed aftershocks in Figure 1.