

1 1 - 4 地震活動異常と地殻変動異常 2004 年中越地震と 2005 年福岡県西方沖の地震の前の中期的変化について

Anomalies of seismic activities and geodetic trends preceding the 2004 Chuetsu Earthquake of M6.8 and the 2005 Western Fukuoka-Ken-Oki Earthquake of M7.0

統計数理研究所 尾形良彦

Yosihiko Ogata, Institute of Statistical Mathematics

中越地震. 震源メカニズムによる中越地震の余震は南西の端を除いたその他の部分のメカニズムと全く同じパタンの東西圧縮型断層型が卓越している. ΔCFF の正負を分ける境界で東西南北の領域で, 1997 年から中越地震直前までの地震活動を見た. ETAS モデルを基準にすると, 2001 年あたりで北と南が活発化して, 西と東が静穏化しており, これが中越地震の断層内での前駆的なすべりによる応力変化のためである可能性を報告した¹⁾.

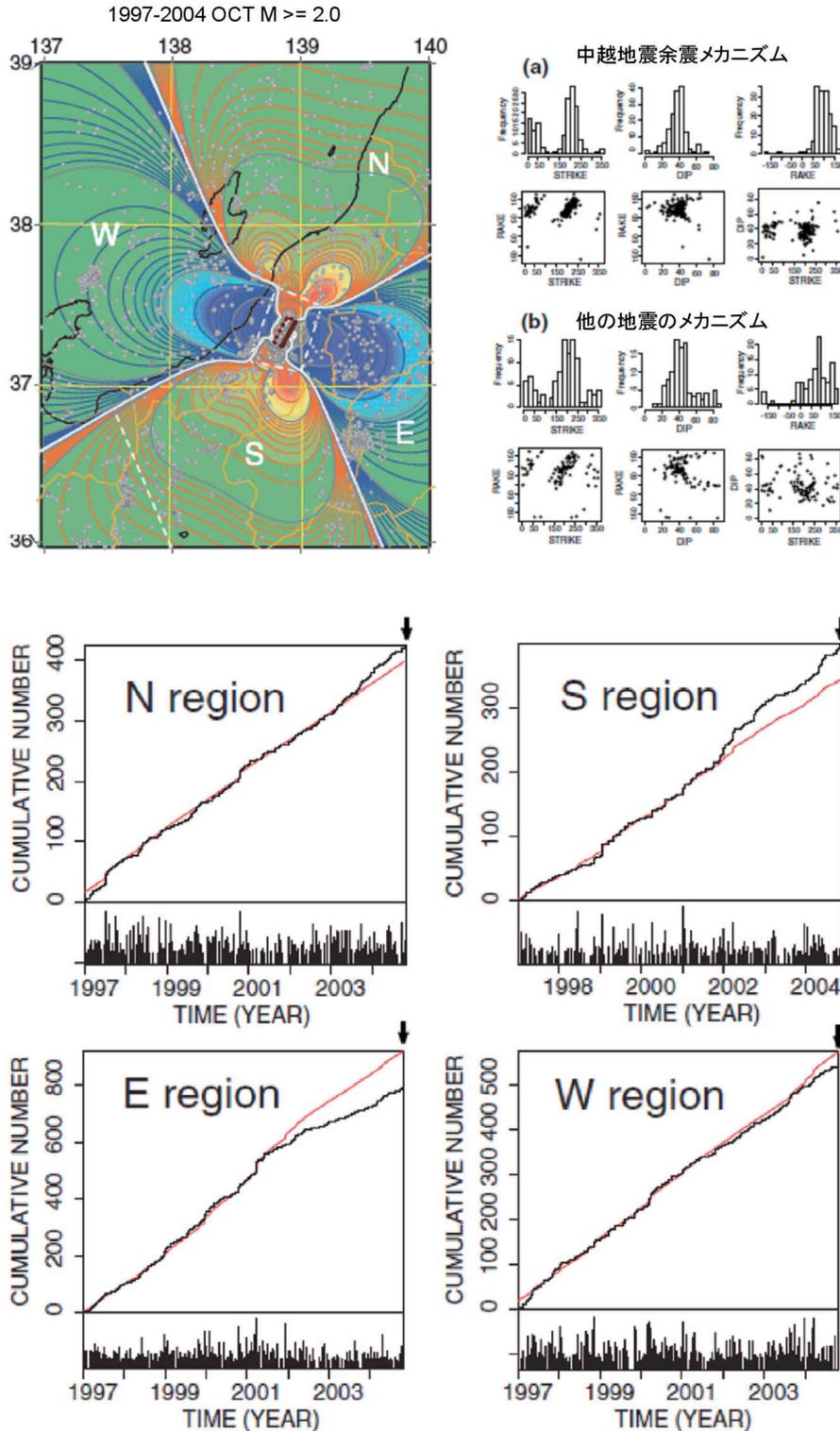
そこで, 中越地震の断層の周りの GEONET の基線間距離の時系列を見てみた. 全体的に赤い直線で示すように, 2001 年まで一定の速度で距離が縮んでいたが, いずれも途中から系統的に外れている. この逸脱とコサイスマックな変化が概ね調和的であり, 3~4 年間に亘ってゆっくりすべりがあった事を示す. 逸脱のサイズを平均的に見ると Mw5.9 程度のすべりであると見積もれる. また, 地震時にすべったところと前駆的のすべった場所が少し違うのということも示唆される.

福岡県西方沖の地震. ETAS モデルを基準にした周辺部各地の地震活動は, その活発化・静穏化が地震断層のすべりに対する ΔCFF と調和的に対応している²⁾. 地震活動に影響する他の可能性として豊後水道におけるすべりを見たが, ΔCFF と地震活動推移が調和的なのは, 豊後水道付近の周防灘 (D 地域), 別府付近 (F 地域), 大分県沖 (G 地域), および熊本県平野部 (I 地域) と鹿児島県西北部 (J 地域) であるが, 残りは一致しない.

GEONET の北九州各地の GPS 基線間距離の時系列を見た. 豊後水道のすべりと福岡県西方沖の断層運動の 10% のすべりによる地表の理論的な水平変動を参考に, 基線を選んで示した. 時系列の背景の水色の区間は豊後水道のすべりが報告されている時間区間である第 6 図の基線間時系列は, 矢印で示すコサイスマックな移動でも示されているように, 前駆的すべりによる縮みの加速も想定されるという部分に対応して, 黄色で示した区間で傾きが大きくなって縮みが加速しているように見える. 第 7 図は西部の, 豊後水道のすべりの影響が少ない基線で, 福岡県西方沖の前駆的すべりによる縮みの減速が想定されるが, 黄色で示した区間でその傾きが小さくなっているか, または増加に転じている. また, 緑の基線間では, コサイスマックな移動方向と調和的な変化が直前の 1 年間に見える. 第 8 図の断層を挟む黄緑の基線間の時系列では, 黄色の区間で縮みが加速している. 島根県の三隅と九州北部の基線であり, 豊後水道のすべりによる変動にほぼ直交しているので福岡県西方沖の前駆的すべりの成分が見やすいのではないかと期待したが, 黄色の区間で縮みが減速しているように見える. このように, おおむねコサイスマックな変動と調和的な加速または減速が見られる.

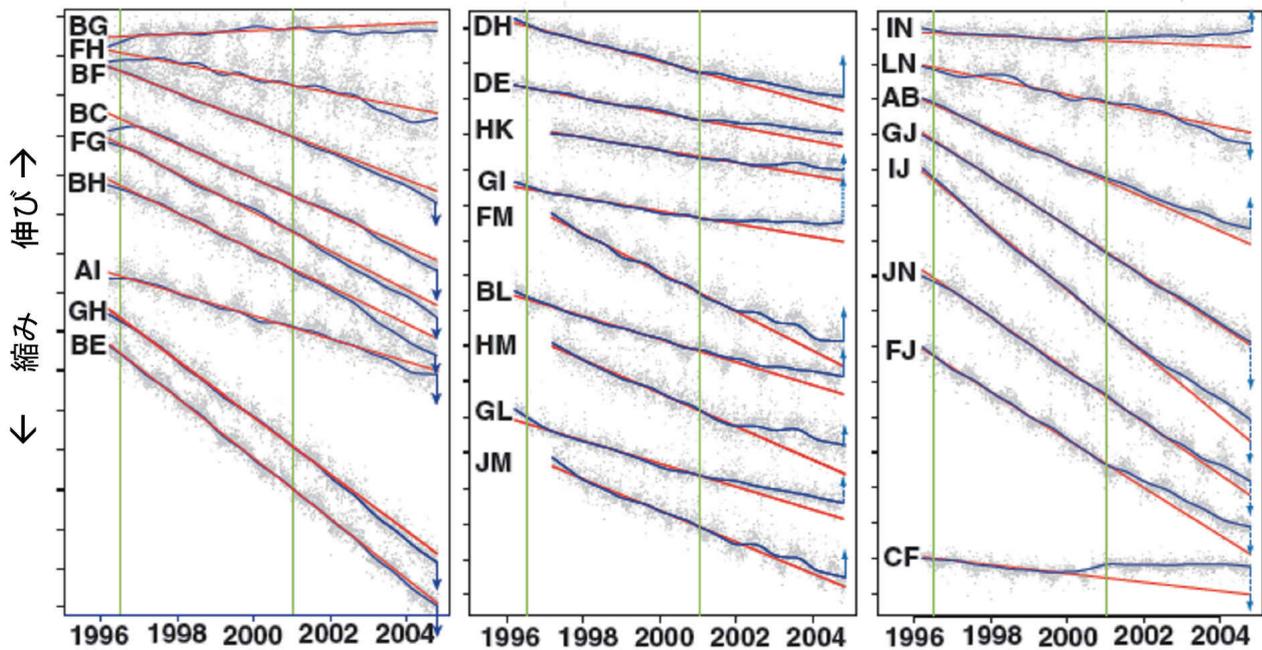
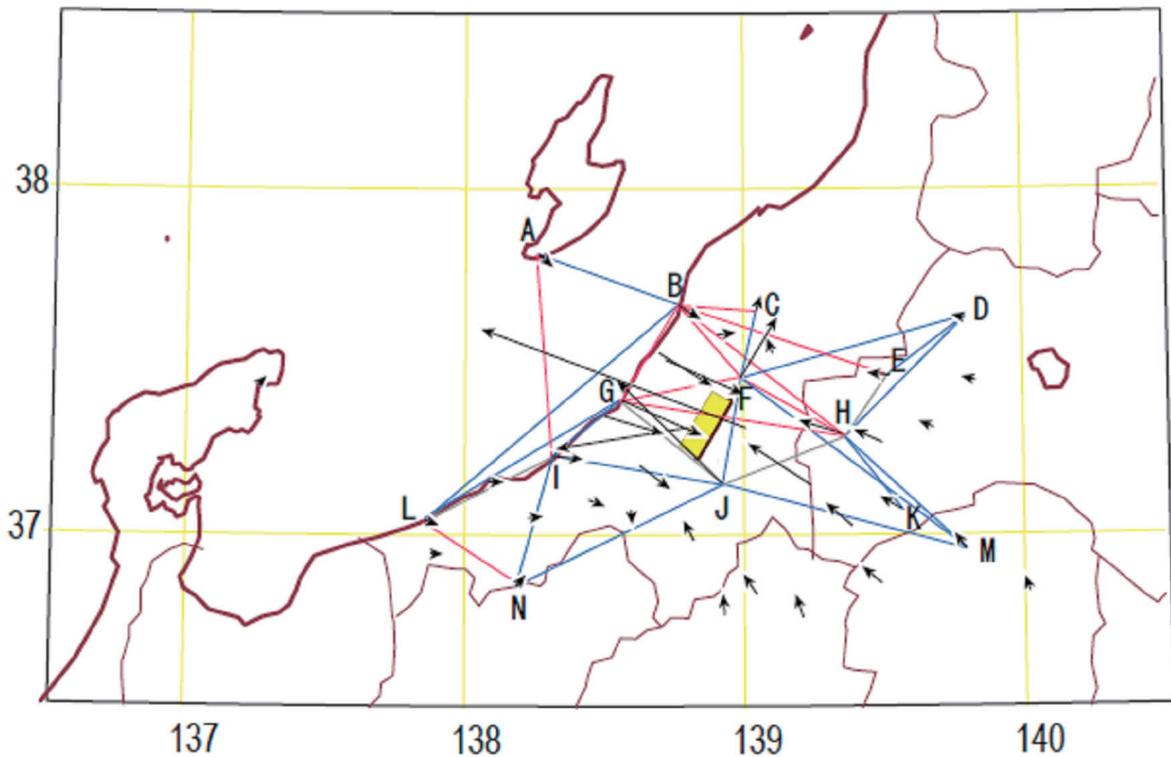
参 考 文 献

- 1) 統計数理研究所 (尾形良彦), 予知連会報, 73 巻 (2005), 327.
- 2) 統計数理研究所 (尾形良彦), 予知連会報, 74 巻 (2005), 523.



第1図 1997年から2004年10月までの地震(M2)の震央と国土院の断層モデルに対して受け手の断層群としてほぼ東西圧縮の逆断層型(右上)を仮定したときの10kmの深さでの Δ CFF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。 Δ CFFの正負を分ける東西南北の領域で、点線で示された震源近地の領域と北アルプス脊梁部の群発地震を含む西の領域を除く各領域の地震活動のMT図と累積曲線(下部)で赤い曲線はETASモデルの理論的累積値。

Fig. 1 Epicenters of earthquakes with M2 during 1997 through October 2004, and Δ CFF pattern (10km depth) of faults with the angles (the top right) due to the slip on the fault model by the GSI. Regions of red and blue contours show positive and negative Δ CFF values, respectively. The ETAS model (red curve) is applied to the sequence of events during 1997-2000 in each of four regions divided by the counters of Δ CFF=0.0, except for the vicinity of the source and southeastern fraction indicated by dotted lines.



第2図 中越地震断層周りの GEONET の基線間距離の時系列. 上の図の矢印は地理院が与えたコサイスマミックな水平変動の向きと大きさに比例したもの. 基線間時系列の青い曲線が季節性を取り除いたもので, 1996 年の後半から 2000 年の終わりまで直線で当てはめ, その先を予測した (赤直線), 最後の時点の矢印は中越地震による, コサイスマミックな伸び縮みのシフトである. 上の地図にある基線の色は赤が加速, 青が減速, 灰色が予測どおりである.

Fig. 2 The examined geodetic base-lines between the GEONET GPS stations around the rupture source (top panel). Arrows show the horizontal coseismic displacements of the stations from Iwasaki by the GSI. The daily time series records of each base-line distance between the stations indicated by alphabets A-N in the top panel, with a fitted straight line during the period from mid-1996 through 2000. The blue smooth curve shows the average within 365 days' moving window. The arrow at the time end, 23 October 2004, shows direction of the displacement (jump) due to the rupture.

福岡県西方沖のすべり

豊後水道のすべり

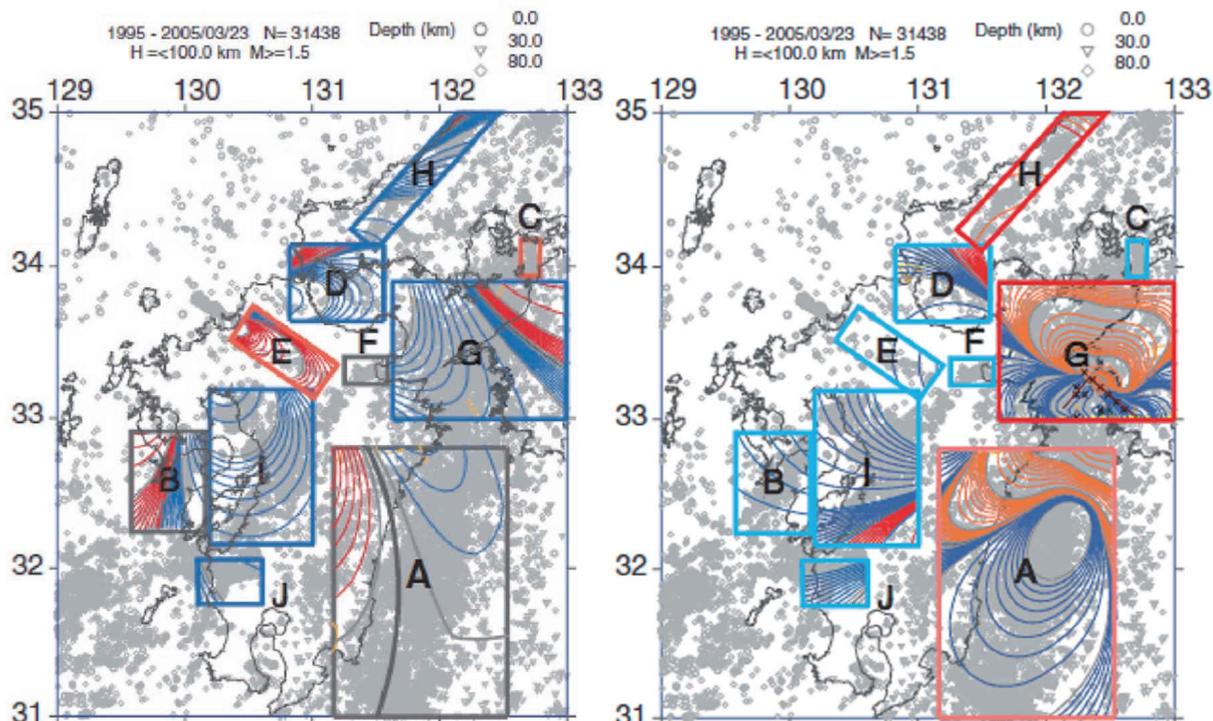


表 1 受け手の断層パラメタと Δ CFS 値

Table 1. Assumed receiver fault configurations and Δ CFS values

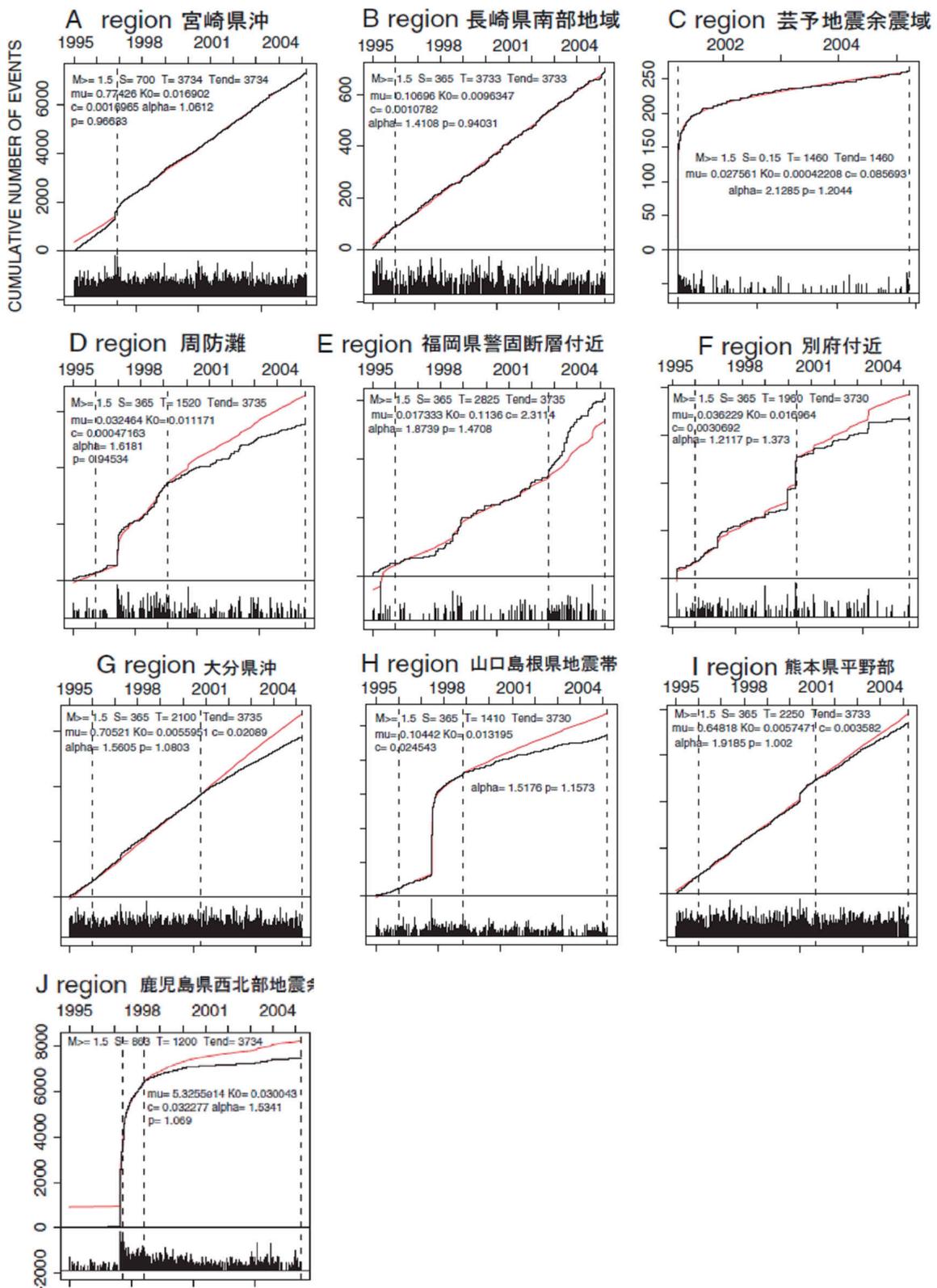
領域	Strike (deg.)	Dip (deg.)	Rake (deg.)	Depth (km)	Δ CFS* (milli-bars)		Seismicity change (Δ AIC**)
					福岡県西方沖	豊後水道	
A	210	30	90	--	0.	-50. ~ +150.	Normal
B	45	90	180	10	0.	-2.	Normal
	90	45	-90		0.	-1.	
C	179	55	-82	45	+4.	-8.	Normal
D	135	90	0	10	-2.	-7.	Quiet (- 7.8)
E	135	90	0	10	+5. ~ +50.	- 4.	Activate (+3.1)
F	90	90	180	10	-1.	-20.	Quiet (- 1.8)
	90	45	-90		+1.	- 8.	
G	170	75	-90	--	0.	-1. ~ +1. (bar)	Quiet (- 75.2)
	330	35	-110		0.	-1. ~ +1. (bar)	
H	45	90	180	10	-1.	+8.	Quiet (- 65.6)
	225	45	180		-4.	-2.	
I	45	90	180	10	-4.	-4.	Quiet (- 29.2)
	90	80	-50		-4.	-2.	
J	90	45	-90	10	-3.	-1.	Quiet (- 194.2)
	280	90	0		-1.	-0.3	

(*) 福岡県西方沖の場合は本震の10%分の前駆すべり量を仮定している。

(**) 正常な場合の ETAS と変化がある場合の 2 つ分の ETAS モデルの変化点補正済みの AIC の差 (変化点パラメタの調節に対して約 3.0 のペナルティを課している^{2,3)}。

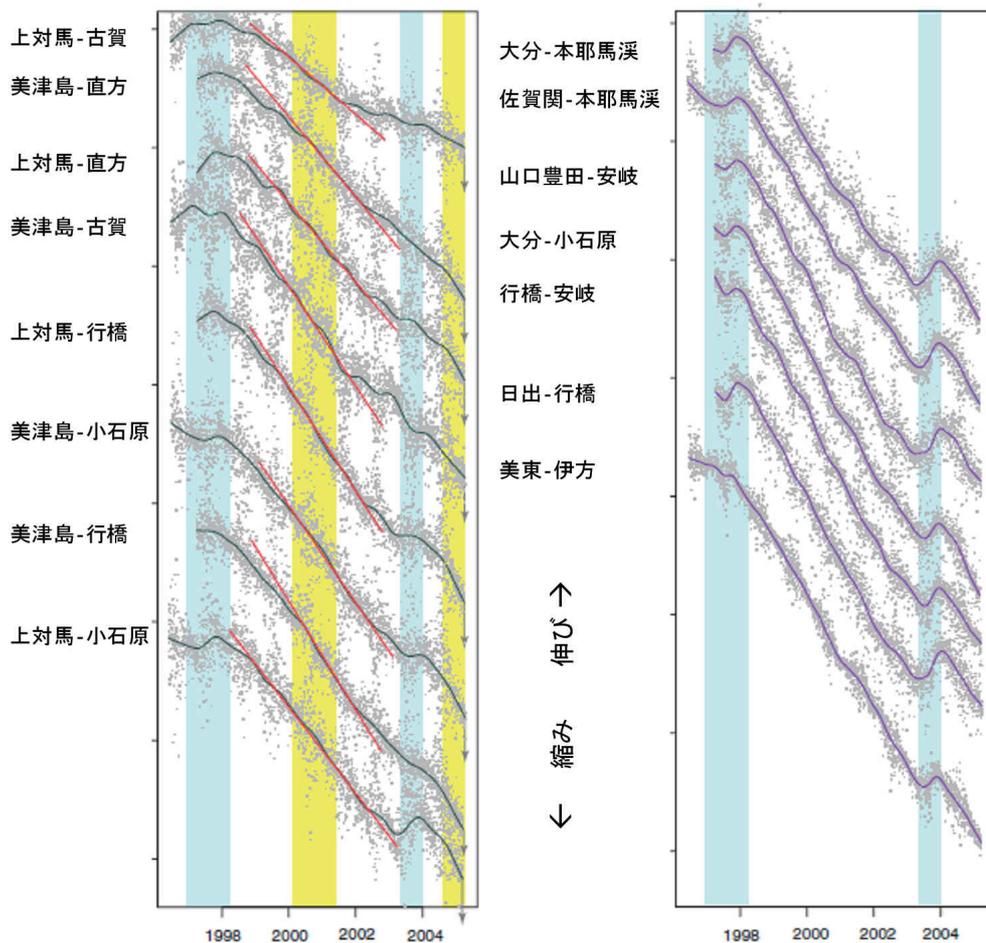
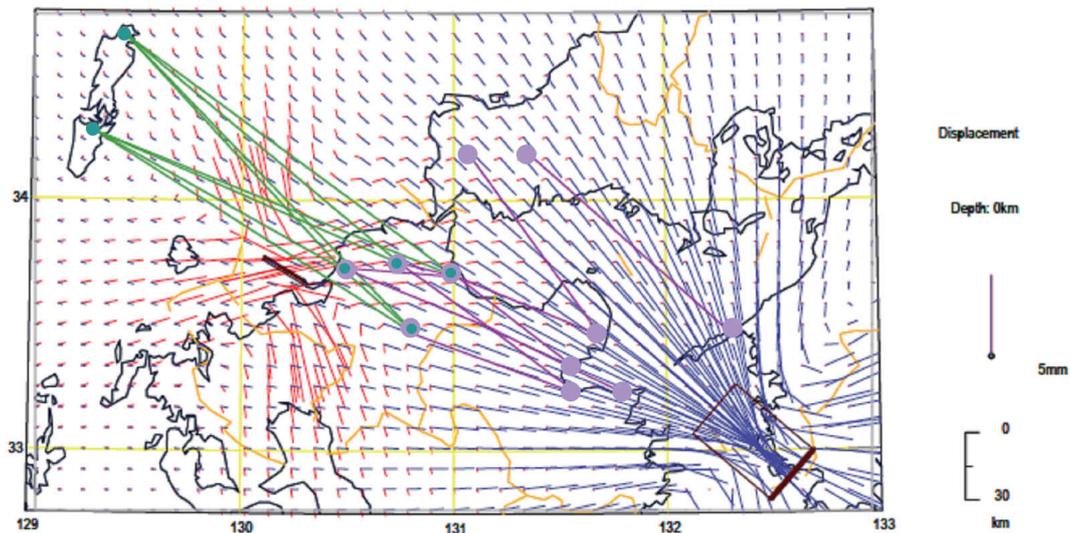
第 3 図 1995 年から 2005 年 3 月 23 日までの 10 年間にわたる九州地方とその周辺の地震 (M1.5+, 100km 以浅). 領域 A - J の選び方は文献 2 参照. 福岡県西方沖のすべり (左パネル) と豊後水道のゆっくりすべり (右パネル) に対して領域内の Δ CFS を計算した (表 1) 図. 等高線は赤が正值, 青が負値. 領域の枠の色は大勢の Δ CFS が正值なら赤, 負値なら青, 不明または 0 に近く正負同勢なら灰色.

Fig. 3 Epicenters of earthquakes with M 1.5 during 1995 till 23 March 2005, and Δ CFS pattern of the most frequent angles of receiver faults for respective depths of the considered regions (cf. Table 1) due to the assumed rupture on the fault models of the earthquake at Fukuoka-Ken west offshore (left panel) and slow slip of the Bungo Strait (right panel). Regions of red and blue contours show positive and negative Δ CFS values, respectively.



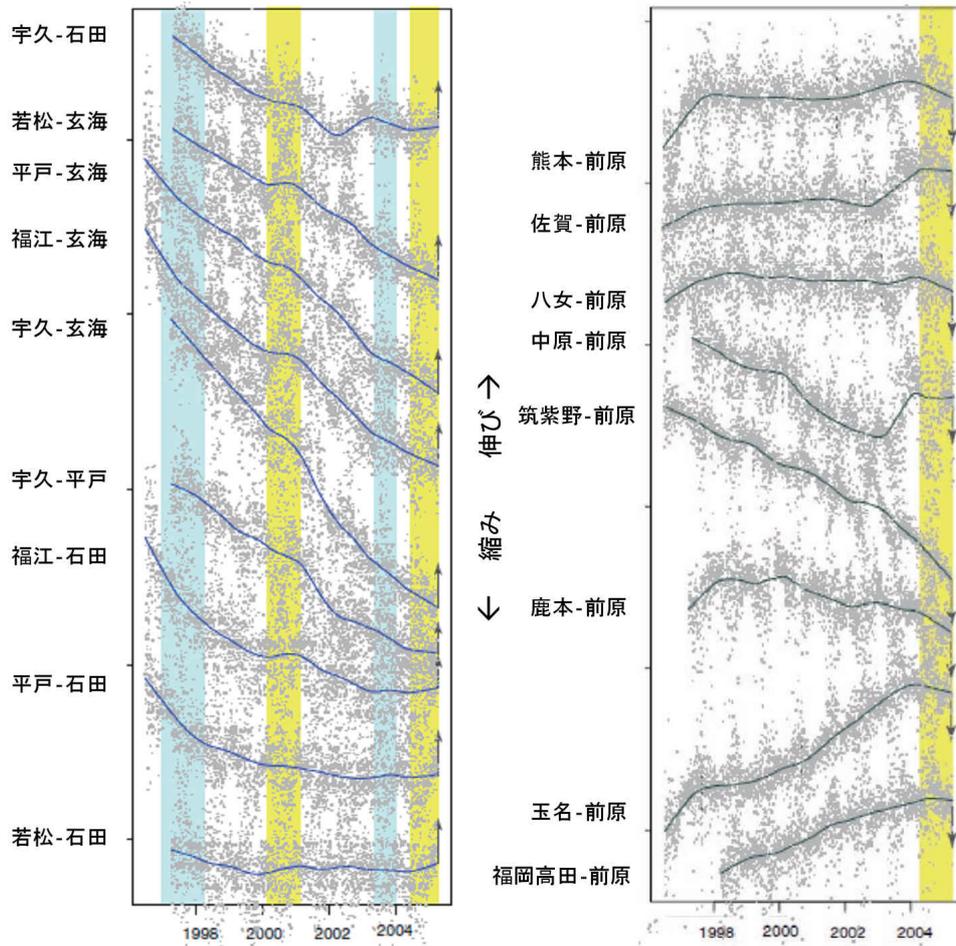
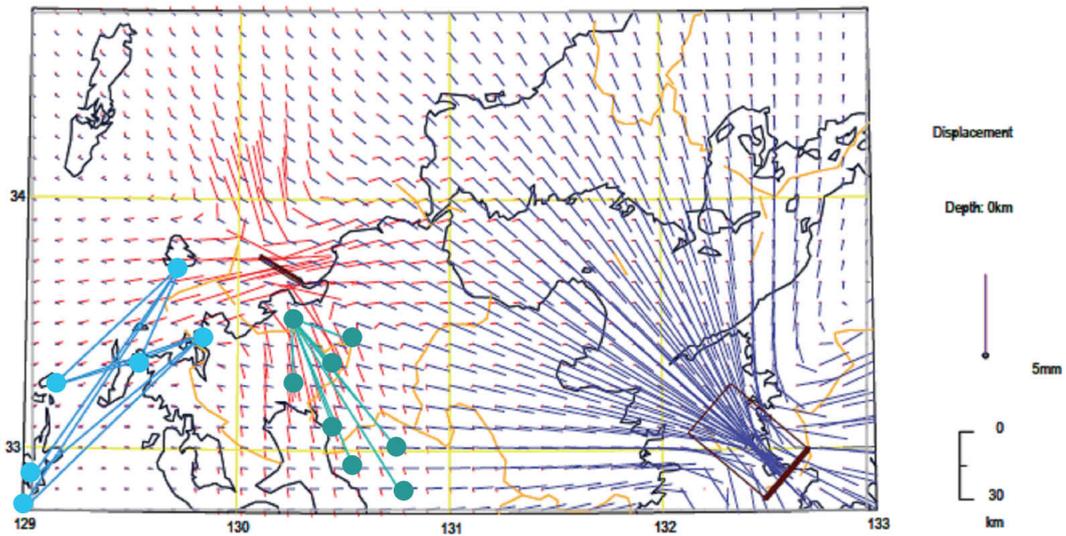
第4図 第3図の各領域 A-G の地震活動に ETAS モデルをあてはめた時間累積数と MT 図. 赤い曲線は ETAS モデルの理論累積曲線.

Fig. 4 The cumulative number and magnitude of aftershocks against the ordinary time of the sequence of events during the period from 1995 to March 23, 2005 in respective regions A ~ J indicated in Figure 3. Red curves show theoretical cumulative curve calculated by the ETAS model.



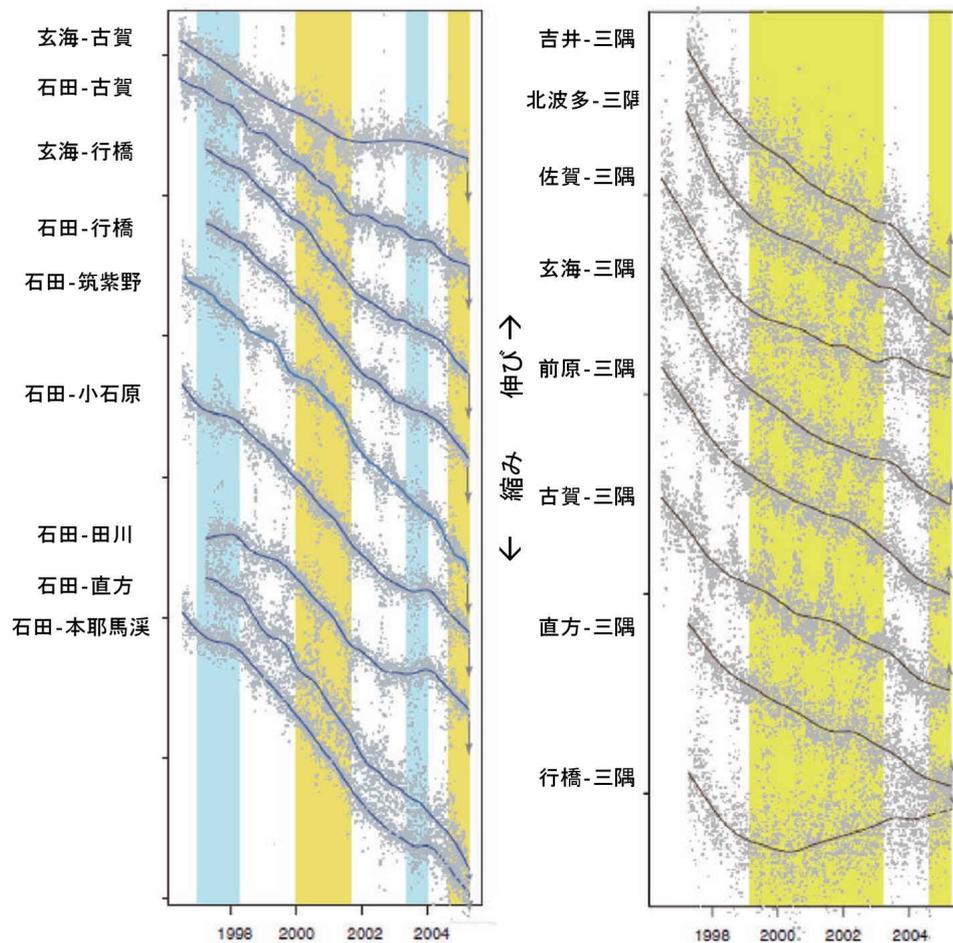
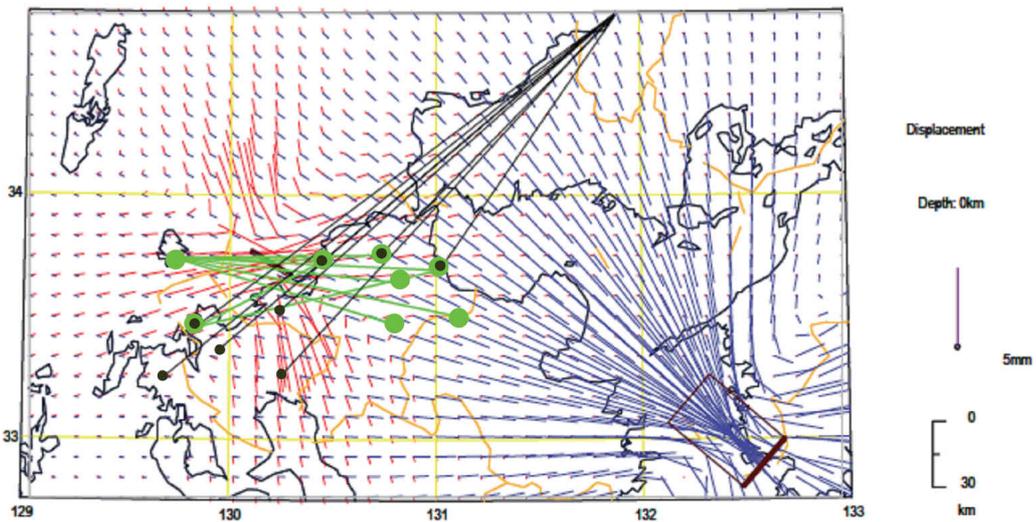
第 5 図 GEONET の基線間距離の時系列。格子点上の青い線分の向きと長さは、豊後水道のすべりによる地表の水平変動を示し、格子点上の赤は、福岡県西方沖の地震の先駆的なすべりのサイズを地震時の 1/10 と仮定した水平変動を示す。(a) 紫色と緑、(b) 水色と青緑、(c) 黄緑と茶色のそれぞれで示した基線間の距離の時系列が下のパネルに示されている。薄青いバンドが豊後水道におけるすべりが報告された期間である。黄色いバンドが福岡県西方沖のすべりを疑っている期間である。

Fig. 5 The geodetic base-lines between the GEONET GPS stations around the rupture source and Bungo Channel slip (top panel). The daily time series records of each colored base-line distance between the stations indicated in the top panels of (a)-(c). The blue smooth curve shows the average within 365 days' moving window. The arrow at the time end, 23 March 2005, shows direction of the displacement (jump) due to the rupture. The right blue color shows the periods of reported Bungo Channel slip, and the yellow color shows the suspected precursory slip.



第 5 図 GEONET の基線間距離の時系列。格子点上の青い線分の向きと長さは、豊後水道のすべりによる地表の水平変動を示し、格子点上の赤は、福岡県西方沖の地震の先駆的なすべりのサイズを地震時の 1/10 と仮定した水平変動を示す。(a) 紫色と緑、(b) 水色と青緑、(c) 黄緑と茶色のそれぞれで示した基線間の距離の時系列が下のパネルに示されている。薄青いバンドが豊後水道におけるすべりが報告された期間である。黄色いバンドが福岡県西方沖のすべりを疑っている期間である。

Fig. 5 The geodetic base-lines between the GEONET GPS stations around the rupture source and Bungo Channel slip (top panel). The daily time series records of each colored base-line distance between the stations indicated in the top panels of (a)-(c). The blue smooth curve shows the average within 365 days' moving window. The arrow at the time end, 23 March 2005, shows direction of the displacement (jump) due to the rupture. The right blue color shows the periods of reported Bungo Channel slip, and the yellow color shows the suspected precursory slip.



第 5 図 GEONET の基線間距離の時系列. 格子点上の青い線分の向きと長さは, 豊後水道のすべりによる地表の水平変動を示し, 格子点上の赤は, 福岡県西方沖の地震の先駆的なすべりのサイズを地震時の 1/10 と仮定した水平変動を示す. (a) 紫色と緑、(b) 水色と青緑、(c) 黄緑と茶色のそれぞれで示した基線間の距離の時系列が下のパネルに示されている. 薄青いバンドが豊後水道におけるすべりが報告された期間である. 黄色いバンドが福岡県西方沖のすべりを疑っている期間である.

Fig. 5 The geodetic base-lines between the GEONET GPS stations around the rupture source and Bungo Channel slip (top panel). The daily time series records of each colored base-line distance between the stations indicated in the top panels of (a)-(c). The blue smooth curve shows the average within 365 days' moving window. The arrow at the time end, 23 March 2005, shows direction of the displacement (jump) due to the rupture. The right blue color shows the periods of reported Bungo Channel slip, and the yellow color shows the suspected precursory slip.