

2-6 2003年十勝沖地震 (M8.0) と2004年釧路沖の地震 (M7.1) の余震活動 および北海道東部の内陸地震活動の特徴について

Anomalies in the aftershock sequences of the 2003 Tokachi-Oki earthquake of M8.0 and the 2004 Kushiro-Oki earthquake of M7.1 and seismicity changes in the eastern Hokkaido inland

統計数理研究所 尾形良彦

Institute of Statistical Mathematics

2004年12月 (M7.1) の釧路沖地震までの2003年十勝沖地震 (M8.0) の余震を解析した。十勝沖地震の余震域は大変広く、場所によって余震活動のパターンが異なっているので本震後しばらくの活発な全体の余震活動は一つのETASモデルで当てはめるのに無理がある。そこで12.5日以降から当てはめたところ、2004年2月末頃まで5ヶ月ほどの当てはまりは順調であったが、その後の余震活動に有意な相対的静穏化が見られた (第1図左側図)。余震活動の地域性を見るために第1図中列図のような時空間分布図で調べた。下図から、北緯41.75度付近の一貫して一様に見える活発な筋を除けば、北緯42.1度より南部は相対的に静穏化しており、それより北部は相対的に活発化しているという様相である。

他方、釧路沖の地震の断層モデル¹⁾で、この付近でのゆっくりすべりを仮定し、受け手の断層群として十勝沖地震の本震と同様のメカニズム²⁾をもつ余震に対して Δ CFSの図を描いたところ、中部・南部がストレスシャドウになり北西・北東部がストレス増加ということで、先に述べた余震活動の時空間的特徴と調和的である。なお、この付近ではゆっくりすべりが起きていることがGPSデータ解析で報告されている³⁾。

第2図では2003年十勝沖地震破壊モデル²⁾と上述の釧路沖のすべりモデル¹⁾のそれぞれに対して、北海道東部 (矩形地域EH) の微小地震分布沿いの、横ずれ断層群の Δ CFS⁴⁾を示した (左側図)。この地域の地震活動を時空間図で見たものが中央部に描いてある。ここで先ず、十勝沖地震の顕著なコサイスマック活発化が東経142.5~144.5度で見られる一方、その東側では静穏化している。これは十勝沖地震による Δ CFSのパターン (右上図) と調和的である⁴⁾。これに対して2004年3-4月に地震活動の活発化と静穏化が反転して、それまで活発化していた部分が静穏化、その東側の部分が活発化している。静穏化が一見明瞭にでないA地点 (第2図) の群発活動も同時期でETASに比べて相対的静穏化が顕著である (第2図右側図)。これらの活動変化に合致するように、左側図のEH地域内の Δ CFSの正負は十勝沖地震による Δ CFSの反転になっている (第2図左下図)。

さらに、釧路沖の地震の余震の解析をしてみた。第3図右上図は本震から最大余震 (M6.9) 直後までの解析図である。ここでの変化点の有意性は微妙であるが、その後は相対的に活発化しているという様相である。第1図と同様な時空間の余震活動 (下4図) を見てみた。本震4日目後から最大余震の8日目位までの時間区間では南東の部分で相対的に活発化しており、西部が相対的に静穏化している。これらは、最大余震付近での前駆的すべりを仮定したとき、一次余震の Δ CFS (右上図) は余震活動の変化と調和的ではないかと思う。

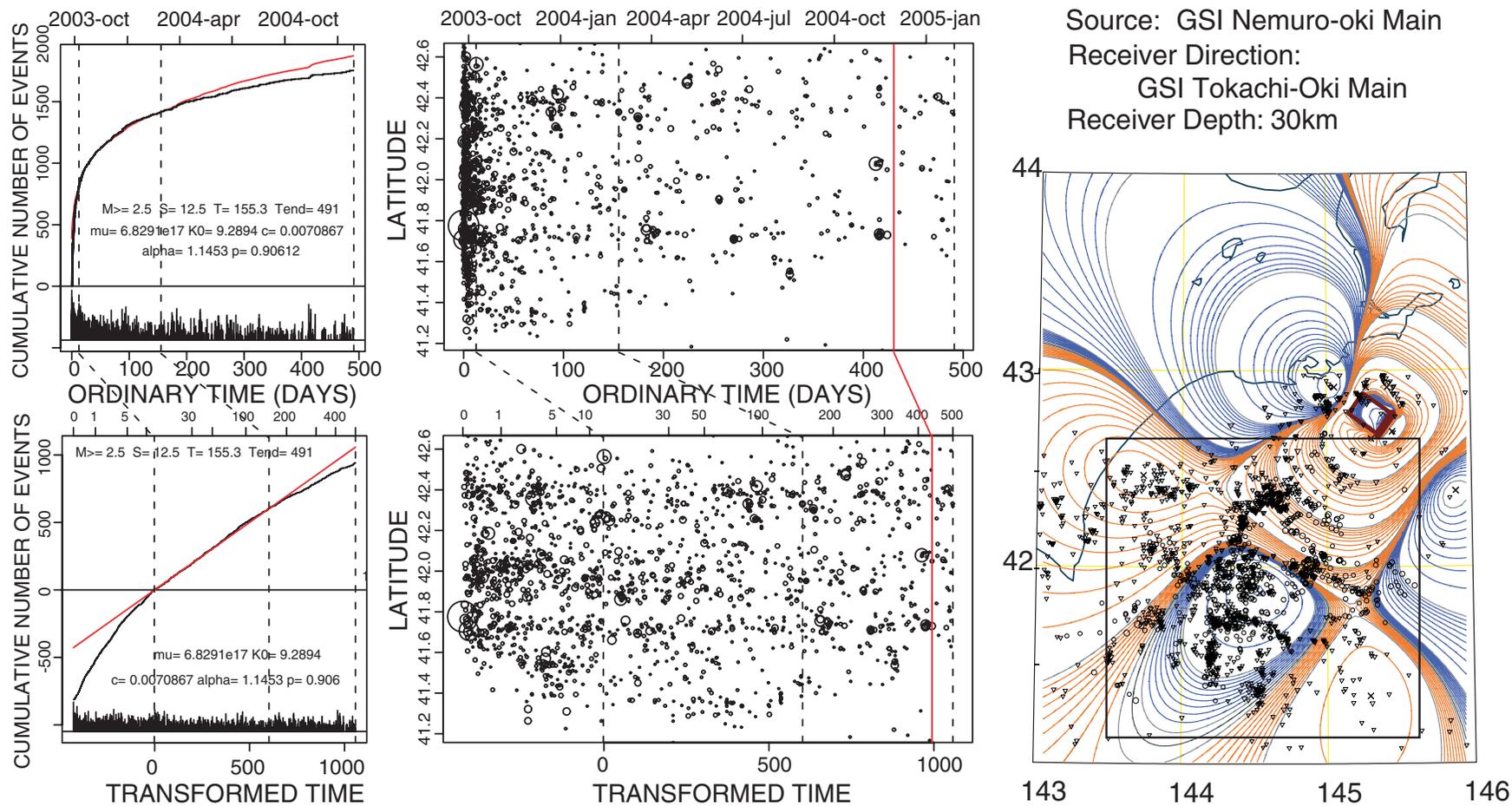
本震から51日経った時点までの余震活動を解析すると、13日頃の変化が大変有意で、その後に相対的に静穏化している (第4図上2図)。変換時間による時空間図 (右下2図) で見た特徴は以下のとおりである。東西方向では、最大余震が中央に起こっているが、その近辺で余震活動が相対的に少なくなっており、それに対し両端は相対的に活発化している。また、南北方向では南の部分が相対

的に静穏化している。これらを説明できる断層モデルを探した。例えば 50 日頃に 2 番目に大きい余震が起こっているが、その断層メカニズム (F-net) では説明がつかない。1973 年根室半島沖地震の各種断層モデルも試みてみたが、こういう局域的な変化を示す余震活動を説明できない。結局、最大余震付近の事後すべりの影響としてならば、相対的静穏化の地域的な特徴が説明できる。

本解析にかんして気象庁一元化震源データ、防災科技研 F-net メカニズムデータおよびソフトウェア TSEIS (東大震研) と MICAP-G (気象研) を使用した。

文 献

1. 国土地理院, 連絡会報 74 巻 (2005).
2. 国土地理院, 連絡会報 71 巻 (2004), 26 頁.
3. 国土地理院, 連絡会報 74 巻 (2005).
4. 統計数理研究所, 連絡会報 72 巻 (2004), 110 - 117 頁

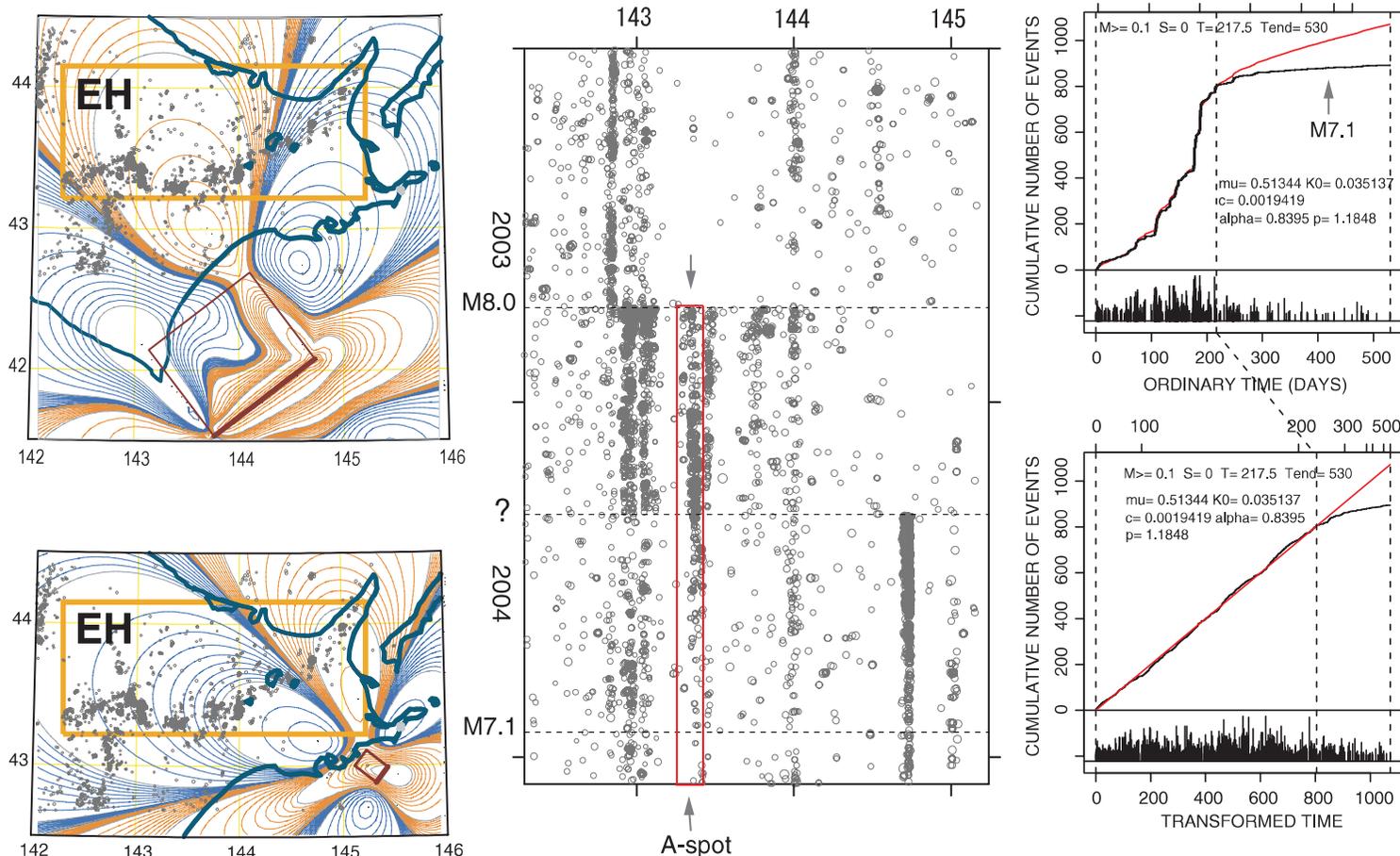


第 1 図 十勝沖地域の震央図 (右図) の正方形枠で囲まれた十勝沖地震の余震で下限マグニチュード 2.5 (M2.5+) の MT 図と累積数の図 (左列図) と緯度対時間経過の時空間図 (中列図, M2.0+) である。いずれも横軸は上の図が西暦年月と本震からの経過した日数, 下の図は赤い理論累積曲線で変換した時間で実際の経過日数との対応も示してある。赤い縦線は釧路沖の地震発生時を示す。さらに右列図には, 釧路沖の地震断層モデル¹⁾ に対して受け手の余震断層群として十勝沖地震のメカニズム²⁾ に対する Δ CFS の等高線を示している。

Fig. 1 The aftershocks (M 2.5) of the 2003 great Tokachi-Oki earthquake of M8.0 through January 2005 taken from the square region in the right-side panel associated with Δ CFS contours of the Tokachi-Oki aftershocks²⁾ due to the assumed Kushiro-Oki precursory slip¹⁾ delineated in the panel. The cumulative numbers against time with MT plot (left two panels) and latitude against times (middle two panels) are shown. The red vertical line shows the occurrence time of the Kushiro-Oki earthquake of M7.1. The dotted lines around the end of February are the estimated change-point with \bullet AIC = - 6.8.

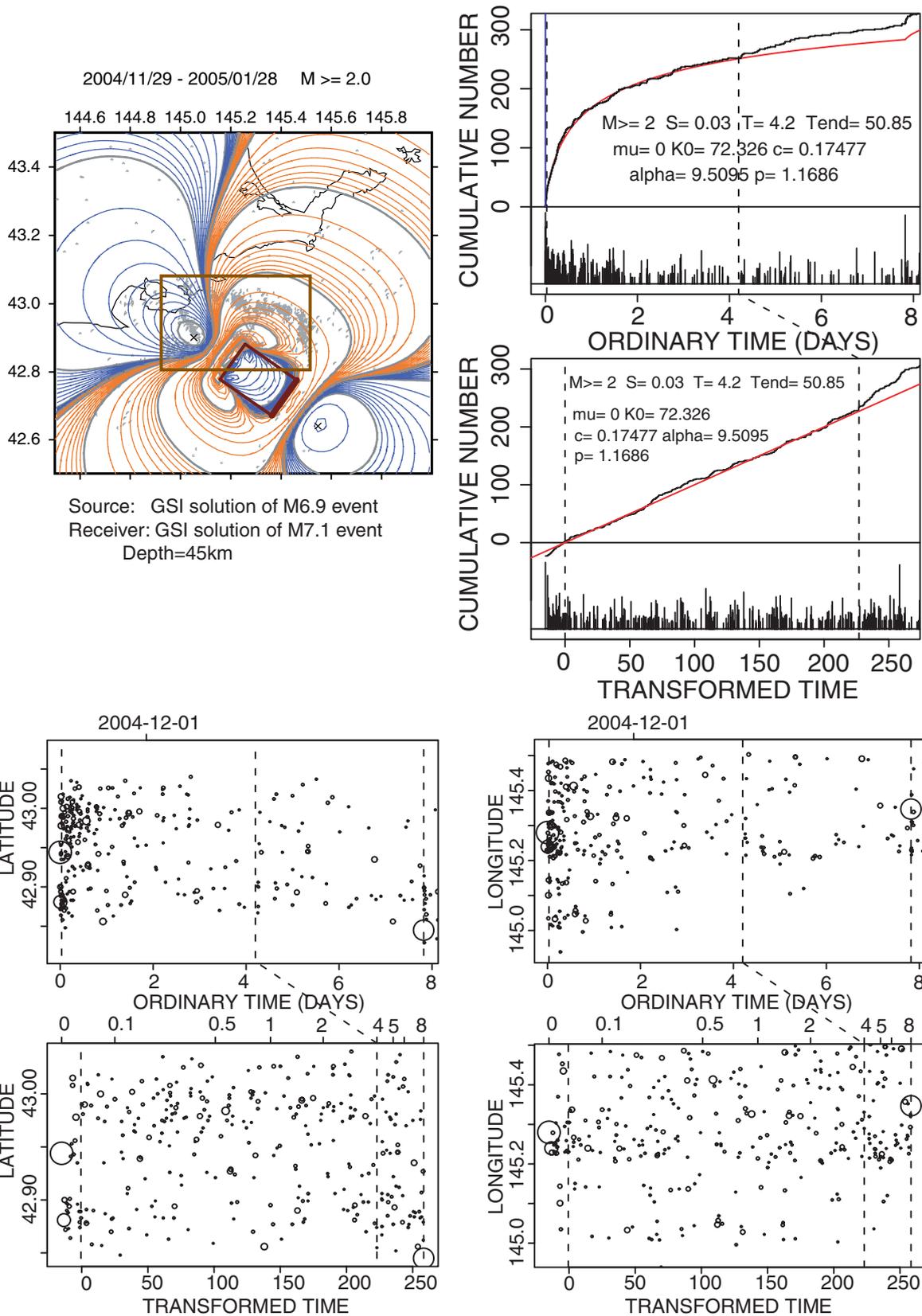
Receiver: (strike,dip,rake)=(250,90,180)
Receiver Depth: 10 km

Eastern Hokkaido (EH) microseismicity
2003/01/01-2005/01/28



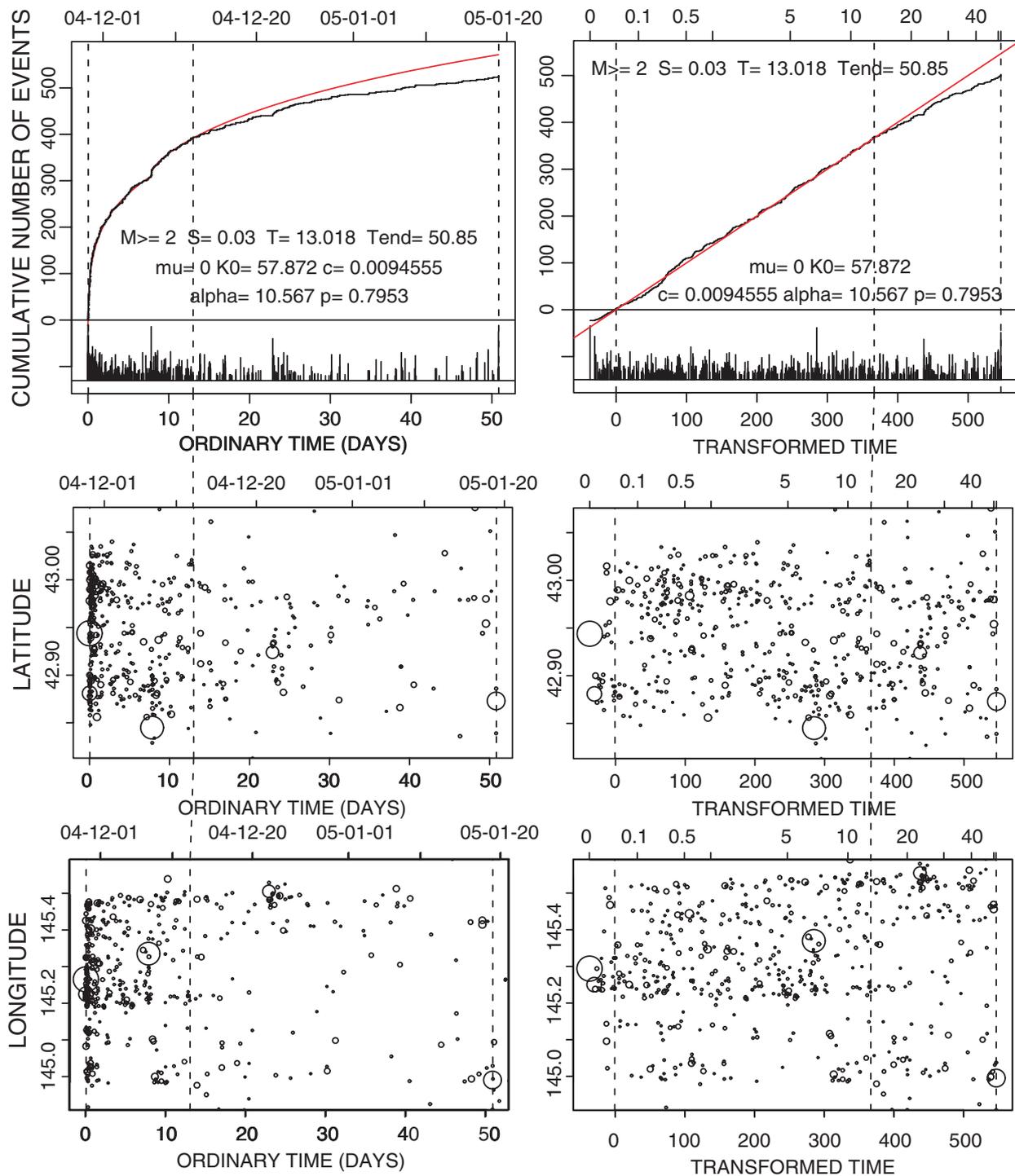
第2図 北海道東部の橙色枠の矩形地域（左側図 EH）の微小地震活動を時間対経度の図（中央）で表している。横点線は上から順に M8.0 十勝沖地震時、釧路沖の前駆的すべりに起因すると考えられる活動変化時点、そして M7.1 釧路沖の地震時である。図中の赤い矩形で示した A spot での群発地震列の累積数と MT 図（右側2図、 Δ AIC = - 61.0）で赤曲線は E T A S による理論累積曲線である。左側図の等高線は EH 地域の微小地震群配列⁴⁾に対する Δ CFS ですべり源はそれぞれ十勝沖地震モデル²⁾（左上図）と釧路沖の地震¹⁾（左下図）。

Fig. 2 Left panels show shallow events (depth 25km) detected in and around the EH region during 2003 ~ January 2005, associated with the contours of Δ CFS for the receiver faults with N75oE right lateral strike-slip at the depth of 10km owing to the slip models of the 2003 Tokachi-Oki rupture²⁾ (top) of M8.0 and the assumed precursory slip similar to the 2004 Kushiro-Oki earthquake¹⁾ (bottom) of M7.1. Middle panel shows space (latitude) vs time plot of the events in the region EH, the horizontal dotted lines downward indicate occurrence times of the M8.0 event, the seismicity change, and the M7.1 event. The right panels show cumulative number against time and MT diagrams of earthquakes from the A-spot (red rectangular space-time zone in the middle panel), where the middle vertical dotted line shows the onset of the relative quiescence (Δ AIC = - 61.0) that appears synchronize the activation onset in the eastern part of the region EH.



第3図 左上図は釧路沖の地震 (M7.1) の余震と最大余震 (M6.9) の前駆的すべりモデル (斜め矩形; depth=37.5, strike=212, dip=28, rake=87) に対して釧路沖の地震モデル¹⁾を受け手 (深さ 45km) とする Δ CFS の等高線図。本震から最大余震までの累積数対時間経過図と MT 図 (右上 2 図) である。点線で示される変化点候補 (4 日後) の有意性は微妙 (Δ AIC = -0.2) である。下 4 図は余震活動の時空間分布。

Fig. 3 The aftershocks ($M \leq 2.0$) of the M7.1 Kushiro-Oki earthquake till the largest aftershock of M6.9 taken from the rectangle region in the top left panel, which is associated with Δ CFS contours of the Kushiro-Oki aftershocks¹⁾ due to the assumed precursory slip (depth=37.5, strike=212, dip=28, rake=87) of the largest aftershock indicated in the panel. The cumulative numbers against time with MT plot (right panels) and space-time plots (bottom four panels). The dotted line at about 4th day after the mainshock indicates the possible change-point (Δ AIC = -0.2) time.



第4図 2005年1月20日までのM7.1釧路沖の地震の余震の累積数対経過時間図および時空間図、左側3図は通常の時間経過、右側3図は赤理論累積曲線に変換された時間。変化点時刻の点線は13日位で有意 ($\Delta AIC = -19.8$)。

Fig. 4 The aftershocks ($M \leq 2.0$) of the M7.1 Kushiro-Oki earthquake through January 20, 2004. The cumulative numbers against time with MT plot (top panels) and space-time plots (bottom four panels). The dotted line at about 13rd day after the mainshock indicates the change-point ($\Delta AIC = -19.8$).