

## 1 2 - 5 長期的・短期的スロースリップに先行して現れた深部低周波微動活動の変化 Deep Low-Frequency Tremor Activity Change prior to Slow-Slip Events

気象庁気象研究所

Meteorological Research Institute, JMA

長期的及び短期的スロースリップが観測される際に、深部低周波微動活動が活発化することが知られている(例えば, Ozawa *et al.*, 2004; 石垣・他, 2005; Obara and Hirose, 2006). ここでは、長期的及び短期的スロースリップに先行して現れたとみられる微動の活動変化について述べる。

### (1) 東海長期的スロースリップ

2000年からの東海長期的スロースリップ発生時に、深部低周波微動活動の活発化が認められた。しかしながら、深部低周波地震・微動の検知はHi-net整備後に本格的に始まったものであり、東海長期的スロースリップ発生以前の活動状況は不明のままであった。

活動状況を把握する一つの方法として、F-net 旭観測点(第1図)における1997年以降の連続波形を用いて愛知県東部における微動活動を調査した。1~4Hzの振幅レベル変化に注目して微動を検出し、震源リストを用いて地震発生の時間帯を除いた。その結果を第2図に示す。同図(a)には一元化处理震源の低周波地震の1日あたりの地震回数も示す。同図(c)が、旭観測点において検出した1日あたりの微動継続時間である。通常地震活動の影響はほぼ除去できているが、2000年6月の神津島-三宅島群発地震活動の影響は除去しきれていない。しかしながら2000年から2005年までの東海スロースリップ進行期において、微動活動が活発であった様子が認められる。

ここで活動状況を表現する方法の一つとして、微動継続時間(第2図(c))に加えて、同図(d)に微動の活動間隔を示す。微動活動がみとめられなかった期間の長さの対数を縦軸にとって、その期間を横線、次の活動の始まった時期を黒丸で示す。このように微動休止期間の間隔で見ると微動回数を見るよりも、活動の盛衰を概観する上で効果的であることが分かる。東海長期的スロースリップは2000年に始まったとされている(Kobayashi *et al.*, 2005; Miyazaki *et al.*, 2006)が、第2図(d)において、1999年から微動活動の変化が始まっている様子が認められる。

### (2) 豊後水道長期的スロースリップ

2003年8月から12月に豊後水道において長期的スロースリップが観測された(Ozawa *et al.*, 2004)。その期間を含む一元化处理震源の低周波地震に基づく微動の活動間隔を第3図に示す。長期的スロースリップ進行期において、微動活動間隔の短縮が認められる。第3図の領域3において2003年のはじめのころより活動間隔が次第に短縮している様子が認められる。これが確かかどうかは震源カタログにおいて微動活動をもらさず検知できていたかに依存はするものの、豊後水道長期的スロースリップに先行して、微動活動が変化していた可能性がある。また、2003年12月からは微動活動の活動間隔が次第に延びてきている様子が認められる。すべり領域の固着状態等の状態変化を反映している可能性がある。

### (3) 短期的スロースリップ

第3図の領域1において、2001年8月、2002年2月、2002年8月などに微動の活動間隔が次第に短縮していることが認められる。これらはいずれも四国西部において短期的スロースリップが発生した(Obara and Hirose, 2006)時期にあたる(矢印)。観測されている短期的スロースリップによる地殻変動は、数日から1週間ほどの継続時間を持つ。微動活動間隔の短縮は約1ヶ月かけて起きていて、観測されている短期的スロースリップによる地殻変動に先行している。短期的スロースリップには1ヶ月ほどの先駆的準備期間があるとみられる。

愛知県東部における多成分歪計による地殻変動観測結果と微動の活動間隔の変化を第4図に示す。領域1, 2は、小林・他(2006)による領域C, B+Aにほぼ対応する。2005年5月・2005年7月・2007年9月などに、微動活動間隔が次第に短縮した後に短期的スロースリップが発生している現象が認

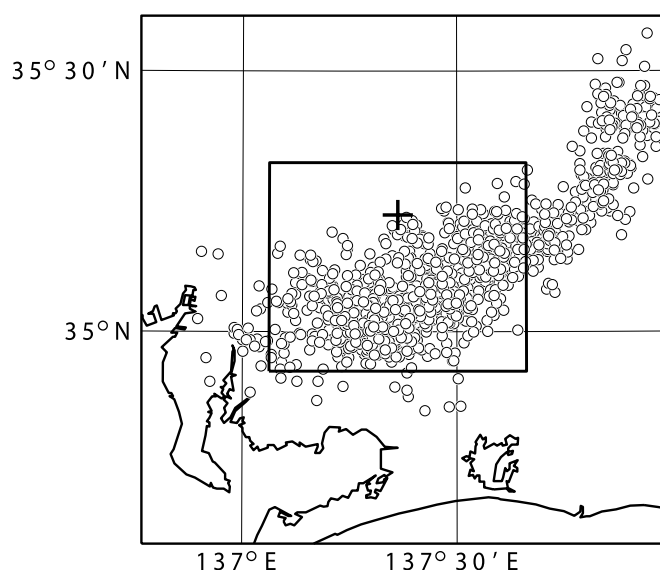
められる。但し、そのような微動活動の変化が認められない短期的スロースリップもある。イベントごとの微動活動の特徴の違いなどにも起因する可能性がある。

#### 謝辞

本調査には、防災科学技術研究所 F-net 旭観測点の波形、及び防災科学技術研究所、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、産業技術総合研究所地質調査総合センター、東京都、静岡県、神奈川県温泉地学研究所、横浜市、海洋科学技術センター及び気象庁のデータを、気象庁・文部科学省が協力して処理した結果を使用している。

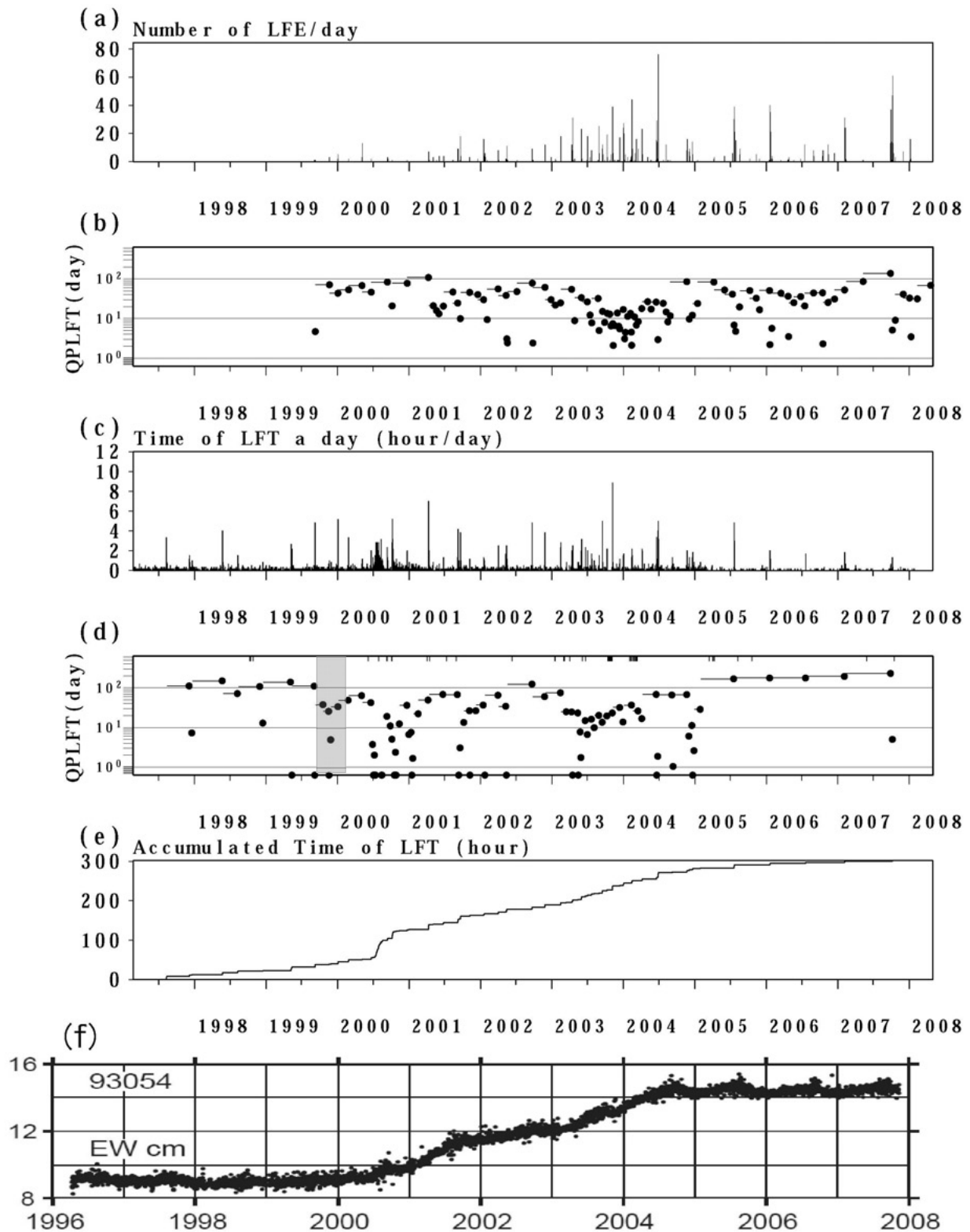
#### 参考文献：

- 1) 石垣祐三・勝間田明男・鎌谷紀子・中村浩二・小沢慎三郎(2005)：低周波地震活動と活動様式及び東海スロースリップとの関係，*験震時報*，68，81-97.
- 2) Kobayashi, A., A. Yoshida, T. Yamamoto, and H. Takayama (2005): Slow slip in the focal region of the anticipated Tokai earthquake following the seismo-volcanic event in the northern Izu Islands in 2000, *Earth, Planets Space*, 57, 507-513.
- 3) 小林昭夫・山本剛靖・中村浩二・木村一洋(2006)：歪計により観測された東海地域の短期的スロースリップ(1984—2005年)，*地震* 2，59，19-27.
- 4) 国土地理院 (2004)：中国・四国・九州地方の地殻変動，*地震予知連絡会会報*，72，552-574.
- 5) 国土地理院 (2008)：東海地方の地殻変動，*地震予知連絡会会報*，79，244-323.
- 6) Miyazaki, S., P. Segall, J. J. McGuire, T. Kato, and Y. Hatanaka (2006): Spatial and temporal evolution of stress and slip rate during the 2000 Tokai slow earthquake, *J. Geophys. Res.*, 111, B03409, doi:10.1029/2004JB003426.
- 7) 小原一成・廣瀬仁(2004)：深部低周波微動とスロースリップイベント，*地震予知連絡会会報*，72，575-581.
- 8) Obara, K. and H. Hirose (2006): Non-volcanic deep low-frequency tremors accompanying slow slips in the southwest Japan subduction zone, *Tectonophysics*, 417, 33-51, doi:10.1016/j.tecto.2005.04.013.
- 9) Ozawa, S., Y. Hatanaka, M. Kaidzu, M. Murakami, T. Imakiire, and Y. Ishigaki (2004): Aseismic slip and low-frequency earthquakes in the Bungo channel, southwestern Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L07609, doi:10.1029/2003GL019381.



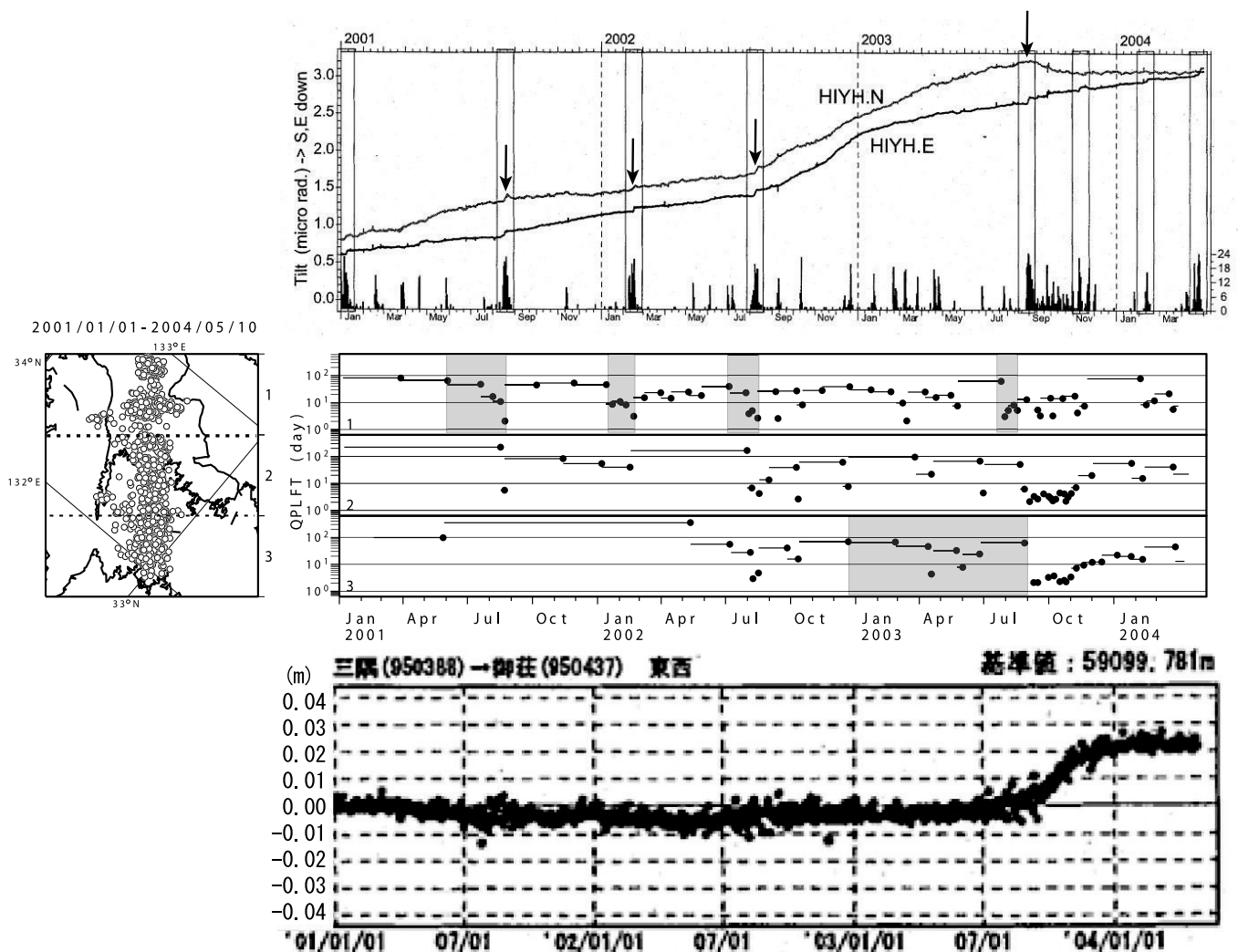
第 1 図 F-net 旭観測点の場所(十字) と周辺の深部低周波地震活動 (白丸)。四角の範囲の震源を第 2 図(a)，(b)を表示する際に用いている。

Fig.1 Location map of Asahi station (cross) and the area (rectangle) to check low-frequency earthquake (LFE) activity for Fig. 2 (a) and (b).



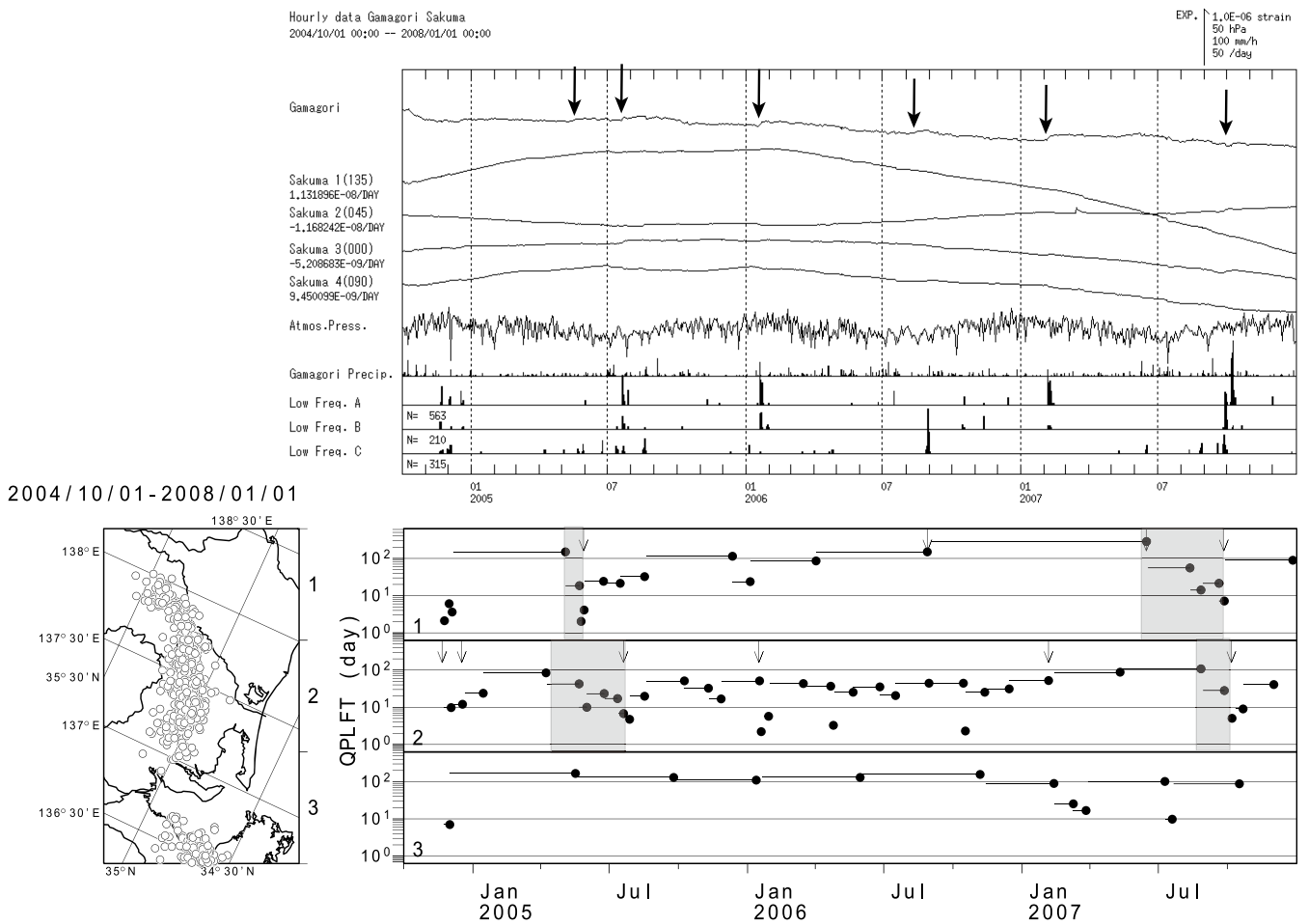
第2図 東海長期的スロースリップに関連する深部低周波微動活動の変化. (a)一元化処理震源における1日あたりの深部低周波地震の数, (b)同震源に基づく微動活動休止間隔(QPLFT), (c)F-Net 旭観測点でとられた1日あたりの微動継続時間, (d) (c)に基づく微動の活動間隔, (e)同積算時間, (f)GEONET 浜松観測点における地殻変動(国土地理院, 2008). 1999年からの微動活動変化を灰色網掛けにより示す.

Fig. 2 Low-frequency tremor (LFT) activity change relating to the Tokai long-term slow-slip event. (a) Number of detected LFEs in the JMA LFE catalog within a day in the region denoted by a rectangle in Fig. 1, (b) activity interval/quiescent period of LFT (QPLFT) based on the LFE, (c) LFT duration in a day detected from the seismic data at Asahi, (d) QPLFT obtained from the LFT detected at Asahi, (e) accumulated duration of the LFT detected at Asahi, and (f) detrended east-west movement of the Hamamatsu GEONET station (Geographical Survey Institute, 2008). LFT activity change before the observed crustal deformation due to the Tokai slow-slip event (SSE) is indicated by a gray rectangle.



第 3 図 四国西部における一元化处理震源カタログに基づく深部低周波微動の活動間隔(QPLFT)の変化. 図中段に地図の各領域の活動間隔の変化を示す. 図上段には小原・廣瀬(2004)による傾斜変化, 下段には GEONET による地殻変動(国土地理院, 2004)を示す. 地殻変動に先行しているとみられる微動の活動間隔が短縮を網掛けにより示す.

Fig.3 Crustal deformation and LFT activity in western Shikoku and the Bungo channel. The upper panel indicates tilt change and the LFT in the western Shikoku observed by Obara and Hirose (2004). Short-term SSEs are indicated by arrows. The QPLFT in the region is presented in the center. The lower graph depicts the detrended crustal deformation observed by the GPS network (Geographical Survey Institute, 2004) relevant to the long-term SSE in the Bungo channel. LFT activity changes prior to the crustal deformations by SSEs are indicated gray rectangles.



第 4 図 愛知県東部における地殻変動と一元化処理震源カタログに基づく深部低周波微動の活動間隔(QPLFT)の変化. 矢印は小林・他(2006)による短期的スロースリップ発生期. 2005年5月・2005年7月・2007年9月などにおいて, 短期的スロースリップに先行する活動間隔の短縮(網掛け)現象が見られる.

Fig.4 Crustal deformation and LFT activity in Aichi Prefecture. The upper panel indicates strain change. Short-term SSEs are indicated by arrows. The QPLFT in the region is presented in the lower. LFT activity changes prior to the short-term SSEs are indicated by gray rectangles.