

1 2 - 4 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年～2005年) Short-term slow slip events detected by the strainmeters in Tokai region in the period from 1984 to 2005

気象研究所
Meteorological Research Institute

1. はじめに

2005年7月20～22日にかけて、愛知県を震央とする低周波地震が発生した際、気象庁の歪計で短期的スロースリップイベント(以下SSE)によるものと考えられる歪変化が観測された。過去の歪計記録を調査したところ、短期的SSEに伴うと見られる歪変化が繰り返し発生していることがわかった。また、多成分歪計による観測を開始した1999年以降の歪変化を調査したところ、低周波地震の発生地域と歪変化パターンに対応関係があった。

2. 短期的SSEによる歪変化の過去調査

気象庁では愛知県から静岡県にかけて19点の歪計を設置し、静岡県が設置した2点の歪計と合わせてデータを監視している。第1図にこれらの歪計の配置を示す。このうち愛知県から静岡県西部にかけての蒲郡、佐久間、浜北などで2005年7月に歪変化が観測された(気象庁・気象研究所, 2006)。同じような歪変化が過去にも観測されていないかの調査を行った。

歪観測点のうち体積歪計は1980年代初めに観測を開始しているものの、明瞭な変化が見られた佐久間の多成分歪計が設置されたのは1999年である。また、気象庁において定常の震源決定作業の際、低周波地震のフラグを付けるようになったのは1999年9月以降である。そこで、利用できるデータに応じて、調査期間を2つの期間ⅠとⅡに分けた。期間Ⅰは、蒲郡の歪記録が安定し気圧計も設置された1984年7月以降1999年8月までの約15年間である。期間Ⅱは現在とほぼ同じ条件で調査が可能な1999年9月から2005年8月までの6年間である。期間Ⅰについては、2005年7月にわずかながら縮みの歪変化が現れた伊良湖の歪変化の有無を合わせて確認した。期間Ⅱについては低周波地震フラグが利用できるため、低周波地震回数を参照しながら各観測点で歪変化が見られるか記録の確認を行った。埋設深度の浅い歪計には、降水時に縮み、その後緩やかな伸びの歪変化が見られるので、降水による変化の疑いがある事例は除外した。調査の結果検出された歪変化の時期などを第1表に示す。歪変化の発生回数は、期間Ⅰの15年間に11回、期間Ⅱの6年間に20回であった。

期間Ⅰについては低周波地震のフラグは利用できないが、津波地震早期検知網の地震計の展開により観測点密度が高くなった1995年以降の3例については、トリガ記録の中に低周波微動・地震が含まれているかどうか確認した。その結果、3例いずれも愛知県に震源を持つ低周波地震を含む微動が発生していた。

3. 短期的SSEの発生領域と歪変化パターン

歪変化は主に3つのタイプに分類でき、第2図上段にそれぞれの歪変化の例を示す。どのタイプでも複数の観測点で歪変化が見られるが、多成分歪計についてはいずれのタイプでも全成分に変化が見られた佐久間を中心に図示した。第2図下段に低周波地震の震央分布を、全期間のものを灰色で、各図で歪変化の期間に発生したものを黒色で示す。この地域で発生する低周波地震は3つのク

ラスターに分かれるように見え、ここでは西から順に領域 A, B および C と呼ぶことにする。3 つの歪変化のタイプと低周波地震の活動領域 A~C との間には対応関係が見られる。

両者の関係を説明するため、低周波地震の各活動領域のプレート境界上に置いた断層面ですべりが発生したとして、Okada(1992)の計算式を用いて地表付近の歪変化を求めた。第 2 表に領域ごとに設定した断層パラメータを示す。断層面の水平位置、幅及び長さは低周波地震の震央分布と概ね一致するようにした。各断層すべりから計算された歪場の特徴は、観測されたタイプ A, B および C の歪変化の特徴をほぼ満足させており、短期的 SSE として観測された歪変化が低周波地震の震央付近で発生したプレート境界上のすべりによって説明できることを示している。

4. 短期的 SSE の発生頻度と長期的 SSE との関係

1999 年 9 月から 2005 年 8 月まで (期間 II) の 6 年間における短期的 SSE の地震モーメント積算図を第 3 図に示す。すべり量以外の断層パラメータは第 2 表に示したもので固定し、期間を通して同じ条件として相対的な推移を見るため、すべてのイベントで変化が見られた佐久間の二つの主歪に合うようにすべり量を求めた。この図から 2003 年から 2004 年前半にかけての期間に短期的 SSE が活発化していたことがわかる。

より長期間の発生頻度を見るため、1984 年 7 月から 2005 年 8 月までの約 21 年間について、蒲郡において観測された歪変化量の積算値を第 4 図に示す。蒲郡の歪変化が短期的 SSE のタイプ A のみに対応して同じ場所がすべっているとすると、蒲郡の歪変化量により領域 A における短期的 SSE 活動の相対的な推移を把握することができる。この図では、蒲郡と同時に伊良湖でも歪変化が認められる場合だけを取り出し、データの一貫性を保つため 1999 年 9 月以降についても同じ基準でイベントを抽出している。この図から、1999 年 9 月以降だけではなく、少なくとも調査期間である 1984 年 7 月以降に短期的 SSE が繰り返し発生していたこと、1987 年から 1989 年にかけての期間にも発生頻度が増加していたことがわかる。

愛知県の短期的 SSE 領域のすぐ南東側にあたる浜名湖直下付近では、2000 年秋から長期的 SSE が発生した (Ozawa *et al.*, 2002)。先に示したように、1984 年以降、短期的 SSE の発生は 1987~1989 年及び 2003~2004 年に活発化した。長期的 SSE については、2000 年秋からのイベントの他に、1980~1982 年、1988~1990 年の期間にも発生していた可能性が指摘されている (Kimata *et al.*, 2001; 小林・吉田, 2004)。両者の盛衰を照らし合わせると、厳密には時期が一致してはいないものの、長期的 SSE の発生時期とほぼ同じ時期に短期的 SSE も活発化しており、両者の間に何らかの関係があることを示唆している。

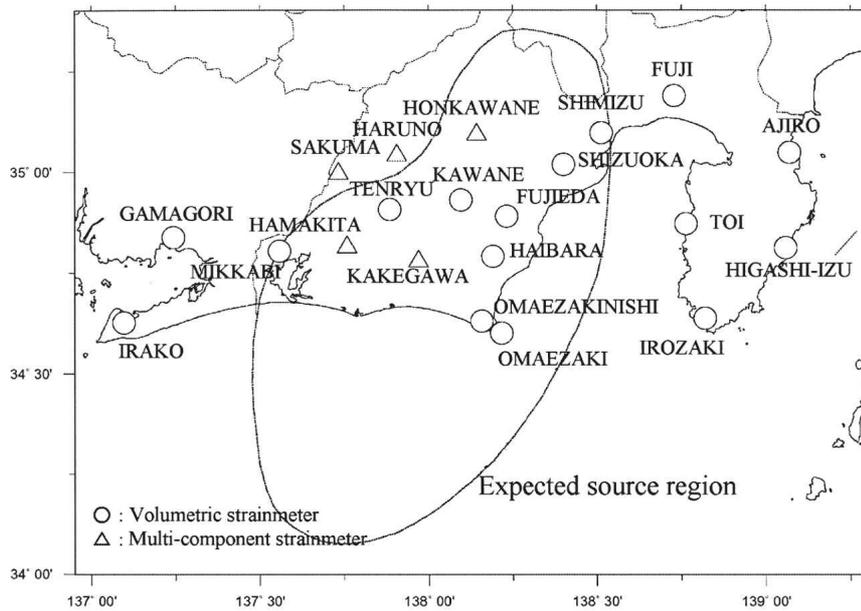
(小林昭夫)

謝辞

地震震源データは、国土地理院、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、防災科学技術研究所、海洋開発研究機構、産業技術総合研究所、青森県、東京都、静岡県、神奈川県温泉地学研究所、横浜市、および気象庁の観測データを気象庁・文部科学省が協力して処理した、気象庁一元化震源カタログを用いました。以上、記して感謝します。

参 考 文 献

- 1) Kimata et al., 2001, EOS Trans., **82**(47), F266 (2001).
- 2) 気象庁・気象研究所, 連絡会報, **75**, 431-437 (2006).
- 3) 小林・吉田, 測地学会誌, **50**, 209-212 (2004).
- 4) Okada, Bull.Seism.Soc.Am., **82**, 2, 1018-1040 (1992).
- 5) Ozawa et al., Science, **298**, 1009-1012 (2002).



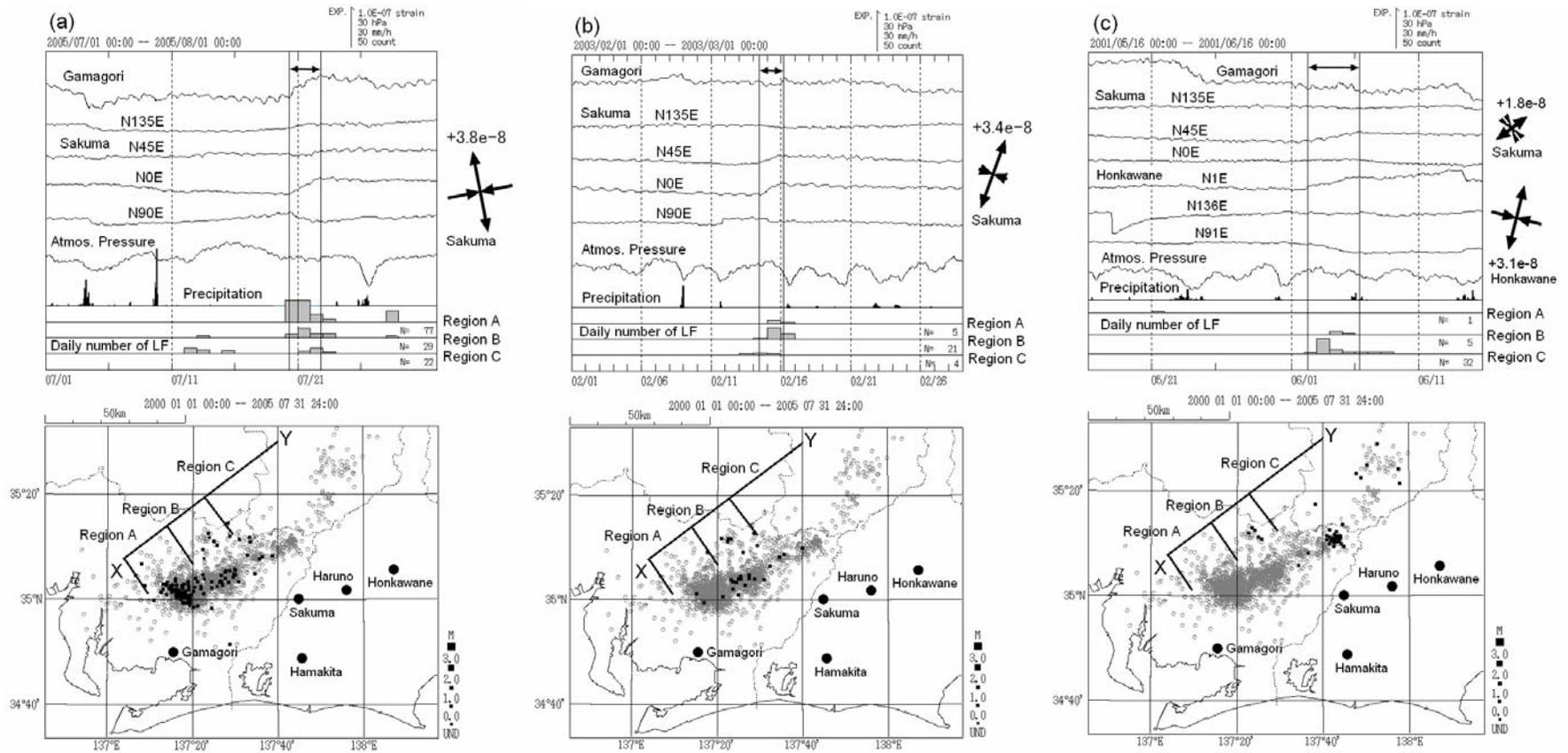
第 1 図 東海地域の歪計配置図

Fig.1 The location of strainmeters in the Tokai area. Circles and triangles denote volumetric strainmeters and multi-component strainmeters, respectively. The area enclosed in the center represents the expected source region of the anticipated Tokai earthquake.

	Start	End	Slip (mm)	Type	Gamagori	Irako
1984	8/13	8/14			2.3e-8	○
1986	12/ 3	12/5			3.8e-8	○
1987	5/ 8	5/12			4.0e-8	○
1988	4/26	4/29			7.8e-8	○
1988	10/21	10/24			2.9e-8	○
1989	10/18	10/21			5.0e-8	○
1993	2/ 3	2/ 5			3.4e-8	○
1994	1/10	1/18			9.1e-8	○
1995	8/16	8/21			4.1e-8	○
1997	8/ 8	8/16			12.8e-8	○
1998	8/ 7	8/ 9			4.3e-8	○
1999	9/ 7	9/ 9	---	A	4.7e-8	×
2000	2/26	2/27	12	A	2.6e-8	×
2001	4/10	4/13	35	A	3.1e-8	○
2001	6/ 2	6/ 5	14	C	×	×
2001	9/ 6	9/ 9	26	B	×	×
2002	9/22	9/24	23	B	×	×
2002	11/26	11/27	22	A	3.9e-8	×
2003	2/14	2/16	47	B	×	×
2003	5/30	6/ 3	41	A	4.7e-8	×
2003	9/16	9/17	14	B	×	×
2003	10/ 9	10/11	25	B	×	×
2003	11/ 6	11/ 8	23	A	4.3e-8	○
2004	1/ 1	1/ 3	38	B	×	×
2004	2/13	2/17	18→25	C→A	3.9e-8	○
2004	4/ 3	4/ 7	19	B	×	×
2004	6/26	7/ 2	38	A	7.7e-8	○
2004	11/21	11/26	19	B	×	×
2004	12/17	12/19	27	A	3.2e-8	○
2005	5/28	5/30	6	C	×	×
2005	7/20	7/22	45	A	6.0e-8	○

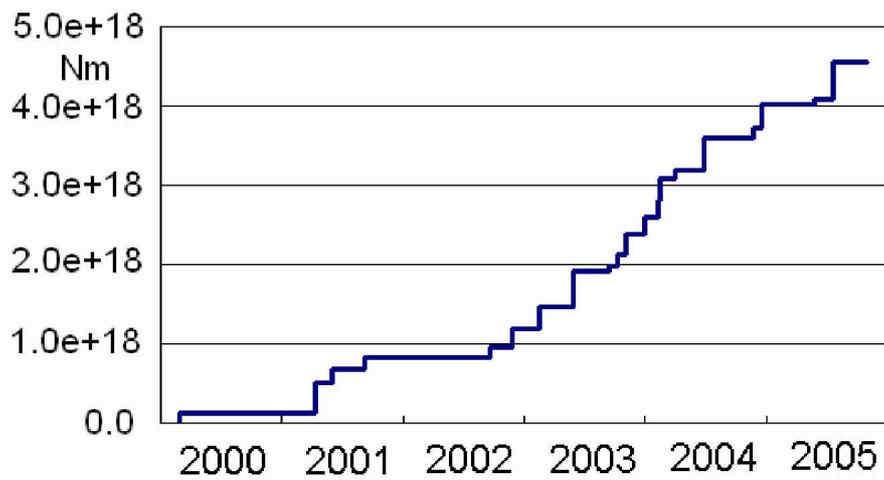
第1表 短期的 SSE に伴うと見られる歪変化. 歪変化の開始, 終了日, 推定したすべり量, 歪変化のタイプ, 蒲郡における歪変化量, 伊良湖における歪変化の有無を示す. C → A は変化のタイプが途中で変わったことを示す.

Table 1 Summary of short-term slow slip events detected by the strainmeters installed by JMA in the Tokai region. Start and end dates of an event, amount of estimated slip, type of strain change, amount of strain change at Gamagori, and existence of strain change at Irako are shown. Symbols ○ and × denote existence and non-existence of significant strain change, respectively. C → A shows a change of strain type from C to A.



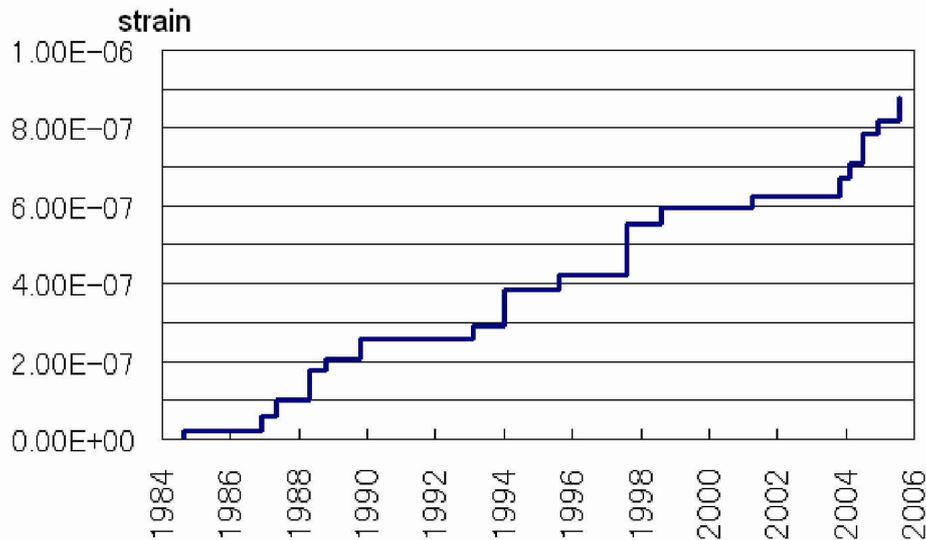
第2図 (a) 2005年7月の歪変化 (タイプA). (b) 2003年2月の歪変化 (タイプB). (c) 2001年6月の歪変化 (タイプC). (下) 低周波地震の震央分布. 灰色は2000年1月から2005年7月の震央, 赤色は歪変化の期間に発生したもの.

Fig.2(a) Type A strain changes in July 2005. (b) Type B strain changes in February 2003. (c) Type C strain changes in June 2001. (Bottom) Distribution of the low frequency earthquakes. Gray marks denote epicenters in the period from January 2000 to July 2005 and black marks denote epicenters of each top figure.



第3図 短期的SSEのモーメント積算図

Fig.3 Cumulative seismic moment release by the short-term slow slip estimated from data at Sakuma.



第4図 蒲郡における歪変化量の積算図

Fig.4 Cumulative curve of episodic changes of volumetric strain observed at Gamagori.

Type of strain change	Latitude (deg)	Longitude (deg)	Depth (km)	Strike (deg)	Dip (deg)	Rake (deg)	Length (km)	Width (km)
A	34.94	137.38	30	289	16	164	18	15
B	35.02	137.50	32	282	16	157	12	12
C	35.13	137.76	36	260	16	135	20	15

第2表 計算に使用した断層パラメータ

Table 2 Fault parameters assumed to explain three types of strain changes.