

1) 東海地震の監視とプレート境界の前兆滑り

東海地震は海溝型地震であり、陸と海のプレートの境界を震源域として発生する。プレートの境界では、陸のプレートの下に海のプレートが沈み込むことにより陸のプレートの先端部が下方に引きずりこまれ、陸のプレートの先端部に歪が蓄積する。その歪が限界に達すると陸のプレートの先端部がプレートの境界面に沿って急激に跳ね返る。これが海溝型地震の発生メカニズムである。東海地震の震源域の大きさと歪の蓄積量から、東海地震はM(マグニチュード)8の巨大地震と考えられる。地震発生に向けて蓄積された歪はすでに限界に達しているが、東海地震が何時発生するか、その「時点」を地震発生の何年も何ヶ月も前に特定することはできない。東海地震の発生を事前に察知する方法は、東海地震の震源域となるプレート境界の動きを24時間連続で監視し、プレート境界が加速的に滑り始めたことを早期検知することである。

東海地震に先行するプレート境界の加速的な滑りを「先行滑り」、「前兆滑り」または「プレスリップ」という。前兆滑りの開始は、数千万～1億分の1という小さな歪の変化を歪計観測網によって検知可能である。前兆滑りの検知から東海地震発生までの時間は、前兆滑りの加速性の度合いにもよるが、数時間から長くても1日程度と考えられる。前兆滑りが検知された場合、東海地震発生までの時間的余裕はきわめて限られているので、日頃から避難行動などを迅速に行う手順を決めておくことが大切だ。前兆滑りが検知されても、時間の余裕がほとんどなく、東海地震が突発的に発生したと同じ状況になることも想定される。従って、東海地震についても、他の地震と同様に家屋の耐震性を確保するなどの「予防対策」と地震発生の直後に救急・救援活動を速やかに立ち上げる「応急対策」の二本柱が対策の要であることに何らの変わりもない。

2) GPS観測によるプレート境界のスロースリップの検知

何千年という間隔で繰り返す内陸地震に比べると、海溝型地震である東海地震は100～150年の間隔で繰り返し発生する。これは主として歪の蓄積速度の違いによると考えられる。前回の東海地震は1854年安政東海地震であり、すでに150年以上が経過している。安政東海地震は、熊野灘から駿河湾の湾奥までを震源域として発生した。1944年東南海地震は浜名湖から駿河湾にかけてのプレート境界は滑らないまま取り残された。そのため、浜名湖から駿河湾にかけてのプレート境界を震源域とする地震である「想定東海地震」の切迫性が石橋らによって指摘された。これは、4半世紀前のことで、その当時は現在のように詳しい観測・研究が行われておらず、東海地震の震源域は駿河湾とその周辺であろうという推測の域を出なかった。その後、微小地震観測が進められ東海地方のプレート境界の形状の詳しい立体的像が明らかになった。歪計観測がハードとソフトの両面で進展し、連続的な高精度の歪変化が実現された。さらに東海地震の監視に新風を吹き込んだのが国土地理院による1990年代からのGPSによる地殻変動観測である。東海地方の中長期的な地殻変動の監視といえば、御前崎の沈降の変化を水準測量の繰り返しで追跡するに留まっていたが、GPSによる観測の導入によってプレート運動に伴う東海地方の地殻変動が時間・空間的に詳しく追跡可能となった。

2000年6月、伊豆諸島の三宅島が噴火した。この噴火活動に伴って三宅島から神津島にいたる北西—南東方向に約30kmの地殻の割れ目に大量のマグマが貫入し、割れ目を押し広げた。このマグマの貫入により広域にわたり異常な地殻変動が生じ、南関東地方では茨城県の霞ヶ浦、栃木県まで、一方、東海地方では浜名湖付付近にまで及んだ。南関東地方の地殻は北東方向に押し込まれるように動き、東海地方の地殻は

南東方向に引き出されるように動いた。その後、この異常な地殻変動は、南関東地方では終息した。しかし、東海地方では2000年8月頃からプレート境界が浜名湖付近を中心として定常的な北西方向とは逆の南東方向にほぼ一定の速度でゆっくりと滑り出し、現在もずれ動き続けていることがGPSによる観測で明らかとなった。このプレート境界のゆっくり滑りは「スロースリップ」と呼ばれ、その滑りの大きさの累積と範囲を掛け合わせた量は、すでにM7.1の地震による大きさに相当する量に達した。このような浜名湖を中心としたスロースリップは、その東隣に横たわる東海地震の想定震源域における歪エネルギーの増加を促進し、東海地震の発生を促す結果を生んでいる。これがGPSによる最近の観測結果である。浜名湖の北東部一帯では、スロースリップの発生により地殻がゆっくりと隆起し、その中心部の隆起量は約5cmに達している。このスロースリップと同時に浜名湖付近の地震活動が低下し始め、現在まで引き続けている。これらの異常な地殻変動と地震活動の状況は、東海地震発生の中期的な前兆である可能性があり目が離せない。

3) 歪計によるプレート境界の短期的滑りの検知

気象庁は東海地方から伊豆半島にかけて高感度の歪計を設置し、地殻の歪変化を24時間連続で監視している。この歪計観測により2005年7月20～23日にかけて異常な歪変化が検知された。この歪変化は東海地震の想定震源域の西隣に当たる愛知県東部と静岡県西部に設置された蒲郡、佐久間および浜北の観測点で検知された。歪変化は微小ながらも、複数点で同時に観測され、その変動量が愛知県の地下のプレート境界で滑りが起きた場合に想定されるものと整合している。従って、すべての観測量が完全に説明されているわけではないが、愛知県の地下のプレート境界がゆっくりと滑った現象が歪計の観測網で検知されたものと考えられる。また滑りが起きている可能性があるかと推定される場所と低周波地震という特殊な地震の発生場所を重ねると、両者はほぼ一致している。また歪変化が発現した時期と、低周波地震が活発化した時期はほぼ一致する。歪変化が落ち着いた後は、低周波地震の発生数も少なくなっている。

今回の数日スケールのゆっくり滑りは地震の規模に換算するとモーメントマグニチュードMw5.8となる。1999年にまでさかのぼってデータを精査したところ現在までに18回も今回と同様な現象が起きていることが明らかになった。今回の歪変化より15～20%程度大きいと、東海地震情報の第一段階の「観測情報」が気象庁からは発表される場所であった。従来からGPSにより観測されていた東海地方のスロースリップとの関連性については、歪計によって検知される滑りが起きた後に、スロースリップの速度が大きくなる傾向が見られる。

今回の現象は、①歪計でプレート境界のゆっくり滑りが明瞭に検知されたこと。②東海地震の前兆滑り（プレスリップ）の推定方法と同じ手段で、滑りが起きた場所を特定できたこと。③ゆっくり滑りと低周波地震の発生について、両者の場所と時間が一致したこと。などの3点が重要なポイントである。①、②は気象庁の東海地方における地殻活動の監視能力がきわめて高いレベルに達していることを示している。③は、従来から指摘されていた、愛知県の低周波地震とGPSにより検知されるゆっくり滑りとは両者の滑りの範囲が重なり合っている部分があり、両者の相関関係について今後詳しく検討する必要がある。

4) 東海地震関連情報の発表

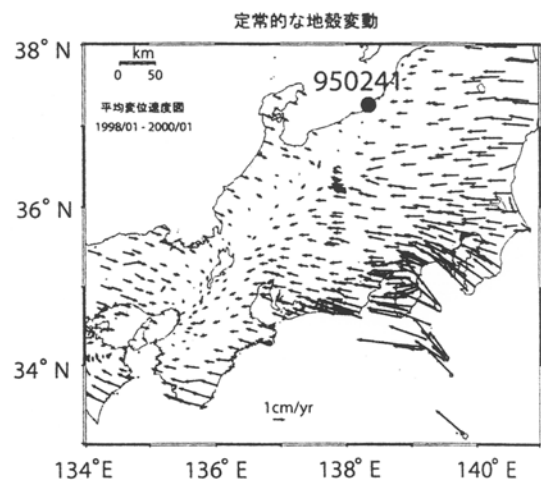
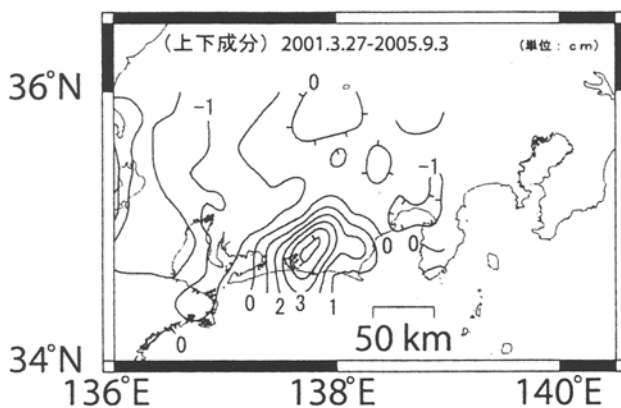
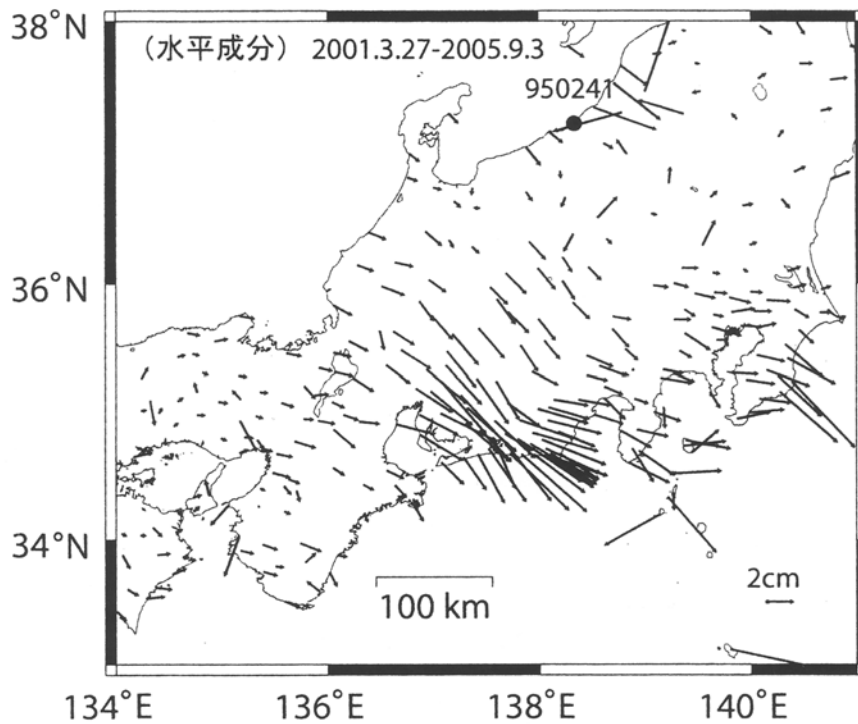
短期的スロースリップの実例について検知可能なことが確認された。さらにMw5.2相当の小規模な短期的スロースリップでも検知可能であることが判明した。その結果、歪計観測データに基づいて東海地震関連情報（観測情報、注意情報、予知情報）を発表する仕組みが十分に実用段階に達している確実な証拠が得られた。ただしここで念頭に置く必要があることは、短期的スロースリップは、低周波地震が発生する帯状の地域と一致することである。この低周波地震が発生する帯状の地域は、東海地方から紀伊半島、四国地方に

広がっている。従って、対をなして発生する低周波地震と短期的スロースリップは、東海地震の発生と調節的な関係があるとはいいたい。

しかし、歪計による短期的スロースリップに発生規模の拡大や加速性が生じ、それに伴いGPSによる長・中期的スロースリップが想定震源域の内部に拡大し加速性するような場合には東海地震の発生が切迫していると判断することになる。これまでに検短された短期的スロースリップの継続時間は2～6日程度であることを考慮すると、東海地震関連情報の発表の決断を下すための時間的余裕は限られる。

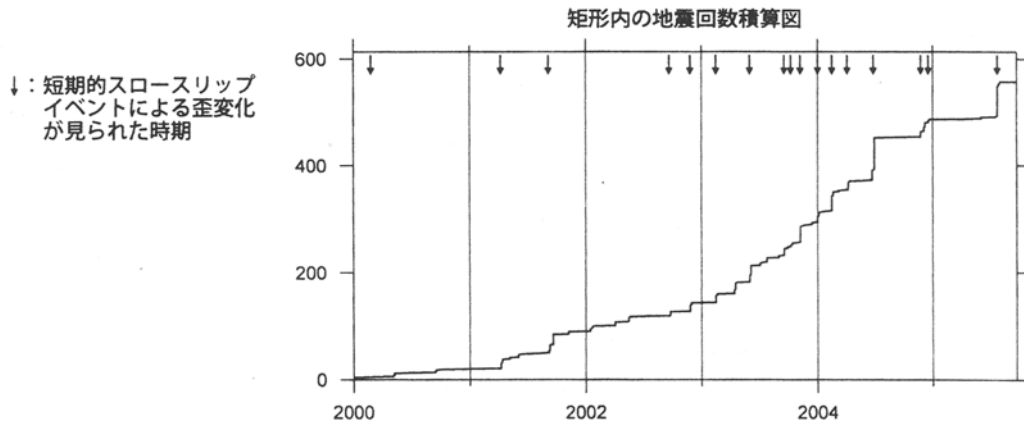
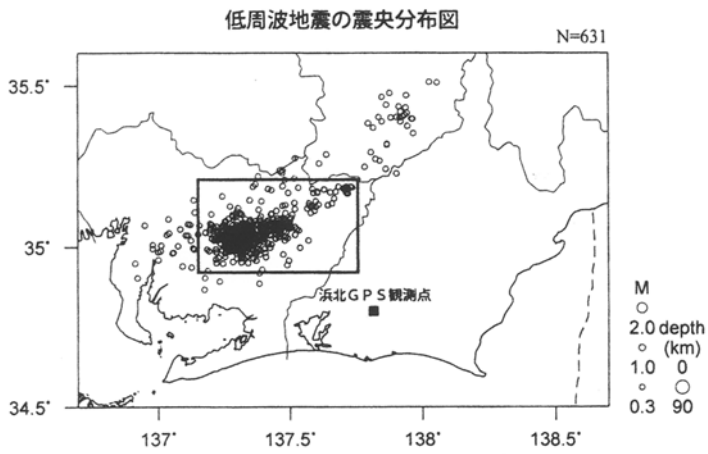
平均的な地殻変動からのずれ(最終解)

- 平均的な変動として、1998年1月～2000年1月までのデータから平均速度及び年周変化を推定し、時系列データから除去している。
- 2003年以降の上下成分は年周補正を行っていない。
- 2004年9月5日に発生した紀伊半島南東沖の地震による地殻変動の影響を暫定的に取り除いている。
- 2004年10月23日に発生した新潟県中越地震による地殻変動の影響は取り除いている。

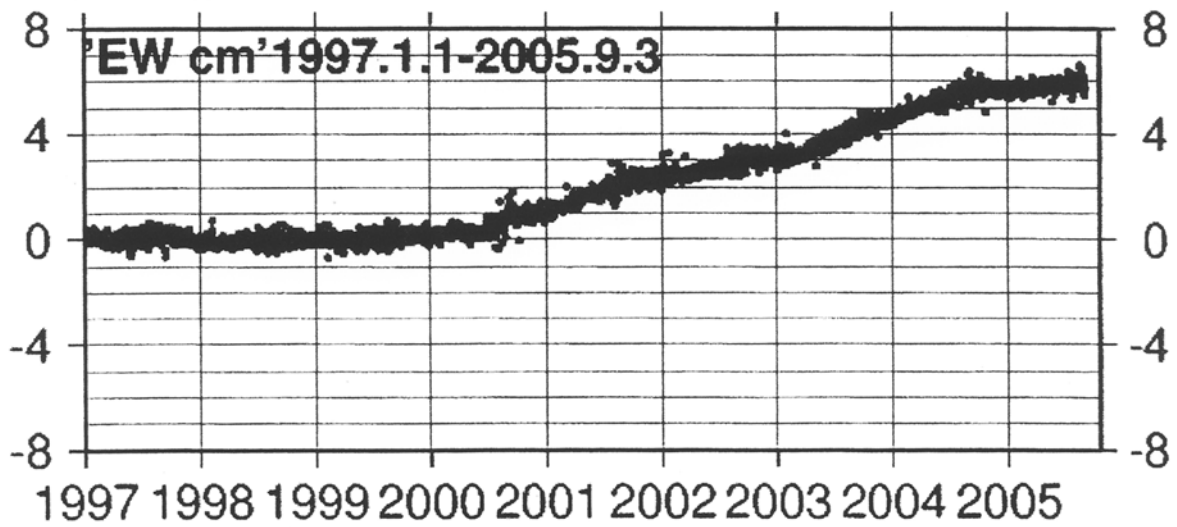


低周波地震活動とスロースリップ

1997/1/1~2005/9/20 $M \geq 0.3$

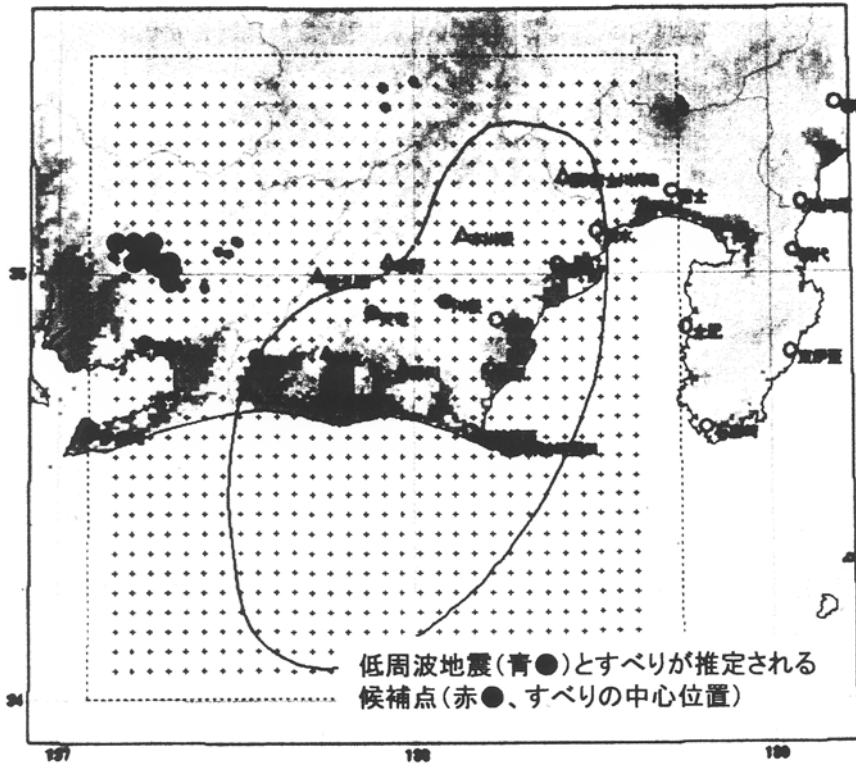


浜北GPS観測点の東西成分
(トレンド除去)



③低周波地震の発生場所と発生時期との関係

2005 7/14 00 - 2005 07/21 23:59



すべりが起きている可能性があると推定される場所と低周波地震の発生場所を重ねると、上ようになる。

ほぼ、すべりが起きている可能性のある場所と、低周波地震の発生場所は一致している。

また、下の図のようにひずみ変化が発現した時期と、低周波地震が活発化した時期はほぼ一致する。ひずみ変化が落ち着いた後は、低周波地震の発生数も少なくなっている。

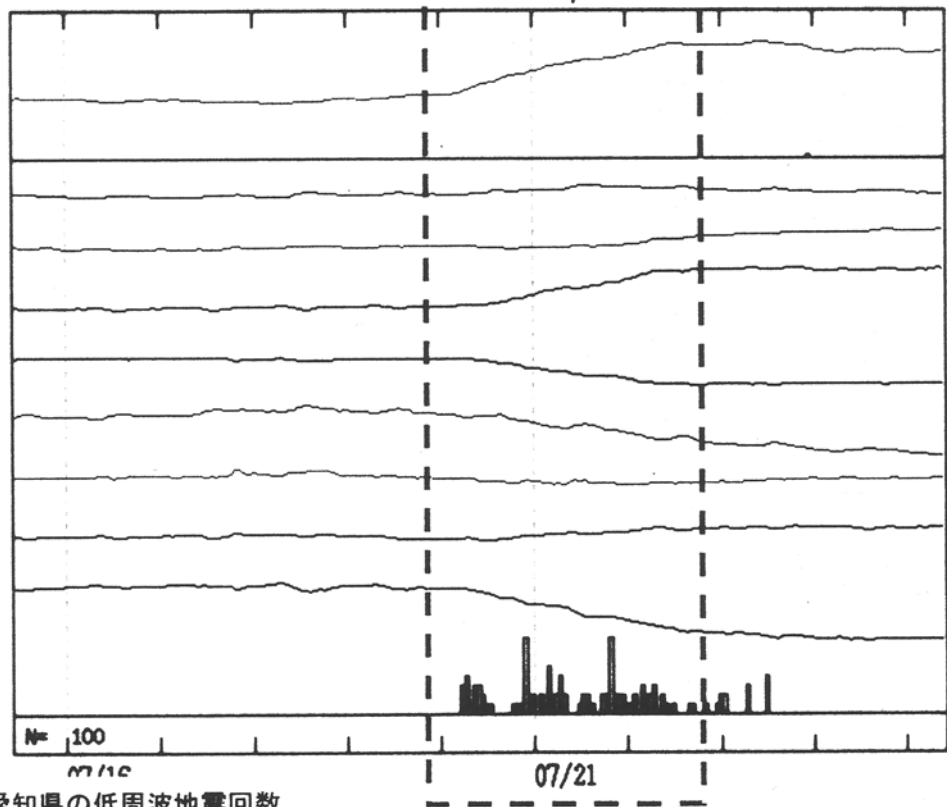
歪 (補正時間値)

2005/07/15 10:00 - 2005/07/25 10:00

DP. 1.0E-07 strain 10 count/hour
20 hPa
80 mm/hour
200 nT

- 蒲郡歪LP
-5.580000E-10/DAY
- 蒲郡歪剛
- 佐久間歪1(N135E)
1.240000E-08/DAY
- 佐久間歪2(N045E)
-1.350000E-08/DAY
- 佐久間歪3(N000E)
-3.800000E-08/DAY
- 佐久間歪4(N090E)
9.850000E-08/DAY
- 浜北歪1(N004E)
1.380000E-08/DAY
- 浜北歪2(N094E)
-1.030000E-08/DAY
- 浜北歪3(N229E)
2.480000E-08/DAY
- 浜北歪4(N139E)
1.030000E-08/DAY

愛知低周波地震回数



ひずみの時系列と愛知県内の低周波地震回数

(気象庁作成)