

2 地震予知と社会

溝上 恵

2.1 地震情報に関するいろいろな問題

2.1.1 複雑な問題をはらむ「地震予知」

本日のテーマは、「地震予知と社会」だが、私自身は、日頃から地震予知という言葉はあまり使わない。というのも、私は学生の頃に、「地震予知という言葉は、安易に口走るものではない」という先生のもとで学んだからである。地震予知は、観測と理論の両面から見て大変むずかしい未解決の課題が多い。さらに、社会との接点を考えると、地震予知を地震防災対策に取り入れるには十分に慎重であるべきだ。

予知という言葉の意味はさまざまだ。内陸地震のくり返し間隔は数千年とといったものである。このように長い時間スケールで考える長期的予測は大きな不確実性をもっているので、それを手がかりにして現実の防災計画を立てるには、誰しも躊躇するであろう。やがて大地震が起きるというような長期予測を聞いてすぐさま右住左住するのはじつに愚である。信頼性の高い長期予測が行えると地震規模、震源域が絞り込み込めるので短期予知を試みるきっかけができ、観測網を展開してみようということになる。短期予知は、長期予測なしでは成り立たない。そのため短期予知の可能性を否定した上での長期予測は、半ばその意義を失ってしまうことになる。短期予知さらに先に

は直前予知がある。直前予知の事例としては、気象庁による東海地域における24時間連続観測があげられる。その実質的な内容は、「東海地震」という特定の地震を絞り込んだ上で行われる高精度の監視観測である。いま、大地震発生に向けての歪みの蓄積がすでに臨界状態に達している断層が予め知られているとしよう。その断層付近で、地震活動や地殻変動に大きな異常が発生し始め、このまま異常が加速していくと何日、何時間後には大地震が発生する可能性が高いと考えられるような場合が考えられる。このように、何日、何時間といった短い時間スケールで考える予知を直前予知というが、東海地震についての実態は予知ではなく地震発生の早期検知である。

長期的予測と直前予知では、観測・調査の手法や情報内容が大きく異なる。このように予測・予知の内容は多様であるが、予知情報に対する社会や受け止め方も千差万別だ。どのような場合であれ、予知情報を防災に役立てるには、情報そのものの信頼性と精度が十分に高いことが必要であり、さらに情報の受け手側が地震の本性をきちんと把握していることが前提になる。

地震観測では、地下深部で発生したシグナルを観測装置を通じて見る。地下深部で起きている微細な現象を高感度観測でとらえようとすると、さまざまなノイズが混入しシグナルをとらえる邪魔となる。このノイズをどうやって除去するかということが、地下深部で起きている現象の実態を正確に把握するための要となる。また、単に観測だけの問題ではなく、観測データを解析する時の切り口の違い、つまりデータをどのような角度から見のかによって、浮き彫りにされ目に映る現象の姿も変わる。このような状況を考えると、地震現象の実体そのものは一つでも、観測を通じて見るものは相対的な映像の域を出ないものと考えべきであろう。

さらに、大方の研究者は、主観やスペキュレーションを加えて話す傾向が強いので、個々の研究者の話をいちいち真に受けるわけにはいかない。研究者は、自らの作業仮説を立て、それを立証するために観測データを解析するが、その作業仮説そのものには理解し難いものがあったり、解析手法に一貫性がない場合が多い。個々の研究者の主張には、なにかにつけ曖昧なものが実に多い。「曖昧だ」というのが適当でなければ、「多様だ」と言い換えてもよい。したがって、社会と接点を持つ地震予知にかかわる情報は、個人的な

研究レベルの結果に過度に左右されてはならない。社会と接点を持つ予知情報は、十分な科学的検証と行政的責任が担保された場合にのみ、発信されるべきである。

2.1.2 地震情報を社会に還元する時につきまとう問題とは

ここでは観測事実を社会に還元する場合の問題について話す。最近では、観測事実のアウトプットは、関連機関のホームページを開けば、ほとんど即刻にしてメディアや行政はもとより個人でも入手できるようになった。しかし、そのアウトプットは内容の質、量、重要度などの点で、大幅な差違があり、十分な知識がないと正しい評価や取捨選択ができない。たとえ余り有るほどの情報を提供されても、ただ持て余すだけの結果となりかねない。また、現代は情報化社会であればこそ、真に信頼性の高い情報はきわめて限られていることを知っておくべきである。新聞やテレビの情報のほとんどが真実とは大きく異なっている場合があることを私たちは日常的に経験している。さらに、観測機関からメディアや行政へ、さらに一般市民へと情報が伝わる場合には、あれこれと余分な情報が付加されて、客観的事実が曲げられてしまうことも多い。さらに皮肉なことは、予知にかかわる情報は、それを発信する研究者にとっては彼等の研究成果を社会へ還元したという口実となる。それは防災行政当局にとっては彼等の行政対応が科学的根拠を持っているという理由づけとなり、一般市民にとっては応々にして「今すぐ地震は起こらないだろう」という安心情報となる。この3者の奇妙な馴れ合い関係は、地震防災に対する危機意識の弛緩と形式的な防災計画の蔓延を生み出している。

したがって、「地震予知と社会」というテーマは、情報の受け手である一般社会がどの程度まで知的に成熟しているかを評価することにもつながる。そのため、このテーマは、地震学者の手には負えない難しい問題をあまりにも多く含んでいる。そのため、私の本心としては、この種のテーマは社会学者か誰かにまかせるべきものだと思っている。しかし、実際に大地震が起こりそれによる被害を目の当たりにすると、やはり何とかしなくてはと思う。「地震予知と社会」のテーマに対する私の対応には、この「何とかしなくては」という意識が絡まっている。しかし、何か気の利いた答や解決法を持つ

ているわけではない。

観測事実と情報は必ずしも一体となって伝わらない。その最も単純で卑近な例の一つとして、有感地震情報についての誤解がある。現在気象庁が発表する震度情報は、震度計による計測震度であるが、計測震度が導入される以前は体感震度階によっていた。体感震度という有感地震とは、文字通り地震の揺れが体に感じられることを意味する。しかし、計測震度では、震度計が震度1以上の揺れを観測した地震を有感地震という。そのため、「どどこで有感地震が多発している」という報道は、震度計が自動的に震度1以上の地震を多数カウントしていることを意味する。しかし、誰一人として地震の揺れを体感していない場合がある。

また、気象庁が震度計のある地点に設置した直後から、有感地震回数が急に増えたため、「小さな地震が多発し始めた」というニュースが流される場合がある。しかし、地震活動レベルが実際に高まったわけではなく、新たに震度計を設置したところ、その付近で日頃から発生している小さな地震をとりこぼしなくカウントするようになったにすぎない場合がある。「有感地震回数の増加」という単純な観測事実ですら、メディア関係者の知識レベルの低さを理由に必ずしも正確な意味が伝わるとは限らない。ましてや複雑な地震、地殻変動現象について、「観測事実」をわかりやすく正確な「地震情報」に翻訳して伝えることは容易なことではない。

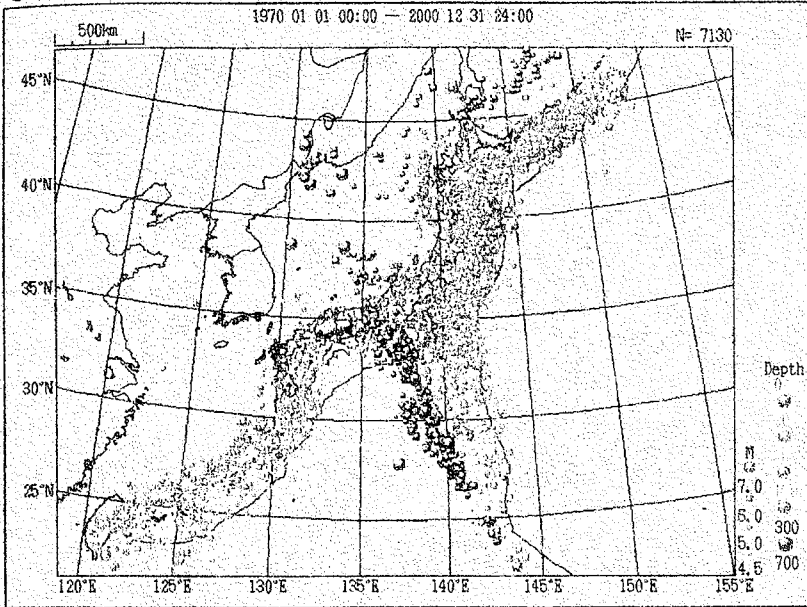
2.2 地震防災

2.2.1 「大地震はいつどこで起きるかわからない」を前提にした地震防災計画

日本は世界有数の地震大国であり（図2.1）、いつどこで大地震が起きるかわからない。そのため、国内のどこかに安全な逃げ場を求めるのは愚かなことであり、それぞれの地域の状況に応じて日頃から災害の予防に万全を期すべきであり、もし大地震が発生し被害が生じた場合には、すぐさま救急、

世界の地震の1割は日本周辺で発生している。

○1970～2000年に発生したM4.5以上の震源分布図



(気象庁作成)

図 2.1 日本は地震大国

救援のための初動を立ち上げる。この地震発生前の予防と発生直後の救急、救援という2本立の防災対策がわが国の地震防災計画の基本となっている。

しかし、地震観測やGPSによる地殻変動観測が大きく進展し、どの地域で大地震の発生に向けての準備(歪みの蓄積)が整ってきたかある程度推定できるようになってきた。そのため、大地震はいつ、どこで起きるかまったく見当がつかないという考え方は徐々に変わりつつある。地震発生の危険度を評価し、それがある程度高いと推定される場合には、危険度の高い地震を特定し、その地震による被害想定を行う。このように、最近では地震防災計画に様々な戦略的要素が盛り込まれるようになってきた。その背景には、

地震現象についての基礎的研究と地震災害の軽減にかかわる工学的研究の進展が深くかかわっている。

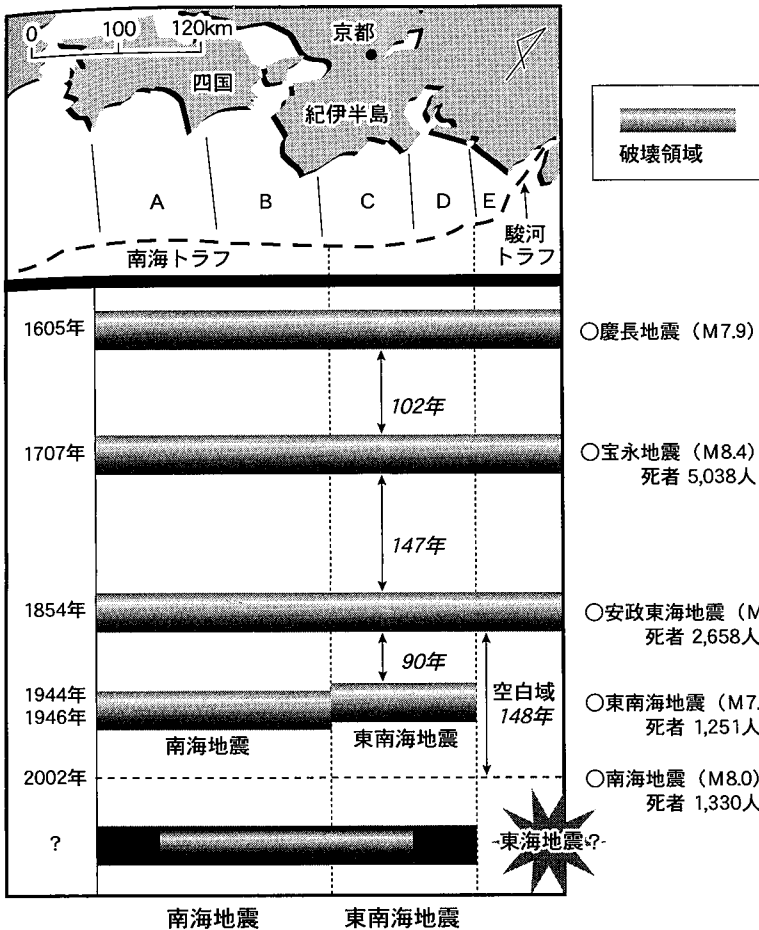
2.2.2 先進的な地震学者、今村明恒の業績

今村明恒（1870—1948年）は、具体的な戦略をもって地震予知に立ち向かった最初の地震学者であった。亡くなる4年前の1944年には東南海地震、2年前の1946年には南海地震が発生した（図2.2）。彼は関東地震が相模湾を震源として発生すること、関東地震の発生により、帝都東京は壊滅的な被害を被るであろうと予測した。まさに凶星であった。

巨大地震の前兆として彼が着目したのは次のような現象である。太平洋沖を震源とする巨大地震の発生には、100年ないし200年という準備期間がある。この準備期間には、太平洋に突き出た半島の先端（房総半島野島崎、三浦半島油壺、御前崎、紀伊半島潮岬、室戸岬など）では、1年間に5mm前後の割合の永年的で緩慢な地盤の沈降が続いている。巨大地震が切迫すると、この沈降運動の速度は鈍化し、やがて停滞する。これは巨大地震の短期的前兆であり、その後間もなくして半島の先端部は急激に跳ね返って隆起し巨大地震が発生する。巨大地震がくり返す度ごとの地盤の隆起が累積し、半島の先端部には海岸段丘という特徴的な地形が実際に形成されている。

これは、現在のプレート理論によると次のように説明される。沈み込む海のプレートが陸のプレートの先端部を引きずり込んでいる。それによる歪みの蓄積が臨界レベルに達すると、陸と海のプレートの境界が滑って断層運動が発生し、陸のプレートの先端部が急激に跳ね返って巨大地震が発生する。最近では、このようなプレート理論に基づく精緻なモデルが作られ、それによる数値シミュレーションが行われるようになり、東海地震の直前予知に活用されている。

今村明恒は、私財を投じて、水準測量・潮位観測・傾斜計観測・地震観測など当時のあらゆる観測手法を駆使して、南海地震の前兆現象の検出を試みた。しかし、不幸にして太平洋戦争が勃発し観測の続行もままならず、今村の努力は南海地震発生直前で観測資材の不足などにより挫折した。今村は、「長年の努力も水泡に帰した」といい残して南海地震の2年後に他界し



○東海地震

東南海地震（1944）で歪みが解放されず、安政東海地震（1854）から約150年間大地震が発生していないため、相当な歪みが蓄積されていることから、いつ大地震が発生してもおかしくないとみられている。

○東南海・南海地震

おおむね100～150年の間隔で発生しており、今世紀前半での発生が懸念されており、中部圏、近畿圏などの防災対策を早急に確立していく必要がある。

図 2.2 東海地震と東南海・南海地震（中央防災会議資料）

た。南海トラフの巨大地震の予知の試みは、成功を目前にしていたのである。現在の東海地震の直前予知への試みは2度目の挑戦ということになる。

2.2.3 巨大地震の切迫性を想定した防災計画

「日本は世界有数の地震大国であり、いつどこで大地震が起きるかまったくわからない」といって、地震についての最近の知見を活用することもなく、ひたすら受け身の姿勢に終始することは適当でない。中央防災会議では、南関東、東海および東海・南海の各地方における巨大地震発生サイクル、震源域および巨大地震の準備期間に発生する直下型地震の発生様式を組み込んだ地震防災計画を国策として立てている。

プレート境界を震源域とするマグニチュード $M8$ クラスの巨大地震については、その発生メカニズムや発生間隔についての研究が進み、その発生時期を長・中期的に推測できるようになった。南海トラフの巨大地震は100年ないし150年の間隔でくり返し発生する。1944年に東南海地震 ($M7.9$)、1946年に南海地震 ($M8.0$) が発生したことから、今世紀前半には次のサイクルの巨大地震の発生が推測され、中部圏、近畿圏などの防災対策を早急に確立していく必要が指摘されている。

一方、浜名湖以東の東海地方では、1944年東南海地震で歪みが解放されず、地震空白域として取り残された (図2.2)。つまり、東海地方では1854年安政東海地震 ($M8.0$) から約150年間巨大地震が発生していないため、歪みの蓄積はすでに臨界状態に達しており、いつ巨大地震地震が発生してもおかしくない。これが想定東海地震である。この地震が発生すると、震源域が沿岸陸部から海域に跨っているため、静岡県沿岸などでは津波が2-3分で襲ってくる。したがって、直前予知の「ある」か「なし」かで人的被害に大きな差が出る。中央防災会議の最近の報告によると、東海地震が発生すると阪神・淡路大震災を大幅に上まわる死者が出ると予想されるが、予知の「ある」場合には死者の数は1/4にまで減少することが明らかとなった。東海地震については、「大規模地震対策特別措置法」に基づき、気象庁は24時間連続の監視観測を行い、直前予知の達成を目指している。また、今世紀の前半中に東南海および南海地震が発生する可能性が高く、これらの巨大地震

についてもそろそろ防災対策を立てる必要がある。

一方、南関東を直撃する巨大地震は、相模トラフを震源域とする関東地震である。1923年大正関東地震 ($M 7.9$) では、首都東京は壊滅し、関東一円で死者行方不明は14万2千人を超えた。1703年(元禄16年)には、相模トラフを震源域として元禄関東地震 ($M 7.9-8.2$) が発生したが、この地震は大正関東地震と同じタイプの巨大地震である。つまり、関東地震はほぼ200年間隔でくり返し発生すると推測される。1703年元禄関東地震の後、南関東一円では地震活動の静穏な期間が70年—80年間続いた。これは関東地震の発生によって南関東一円の歪みが解放されたことによる。

元禄関東地震から80年ほど経った1780年頃から、南関東一円の地震活動は徐々に活発化してきた。やがて南関東直下地震の代表例である1855年安政江戸地震 ($M 6.9$) が江戸川河口付近の直下で発生し、1万人を超える死者が出たといわれる。その後も1894年東京地震 ($M 7.0$) が発生するなど地震の活動期が続き、1923年大正関東地震につながった(図2.3)。

1703年元禄関東地震から1923年大正関東地震にいたる220年間の地震活動の経過の特徴から考えると、南関東直下の地震活動は、おおむね次の3期に区分される。

(第1期)：関東地震の発生から約70—80年間は、関東地震の発生により南関東一帯の歪みが解放されるため、地震が発生しにくくなり、地震活動の静穏期となる。

(第2期)：次の70—80年間は、歪みの蓄積がある程度(関東地震の発生に必要な歪みの蓄積量の約 $1/3$ 以上)まで回復し、各地で地震活動が徐々に活発化してくる。 $M 7$ 前後の直下型地震が発生する可能性も念頭におく必要がある。

(第3期)：南関東の各地で地震活動が一段と活発化する。軽微な被害を伴う地震が多発し、 $M 7$ クラスの直下型地震が複数回発生し、関東地震が再来する。

中央防災会議は南関東直下地震がある程度の切迫性を有する時期に入ったものと評価し、平成4年8月に「南関東地域直下の地震対策に関する大綱」を決定し、国は、アクションプランを作成するなど地震防災対策を進めると

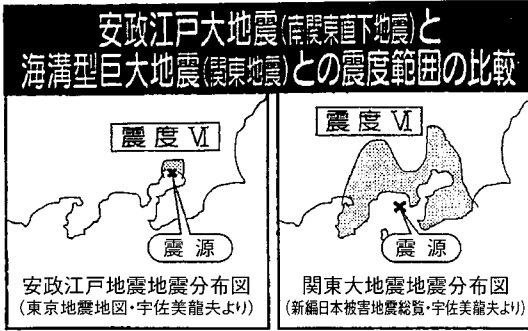


図 2.3 安政江戸大地震（南関東直下地震）と海溝型巨大地震（関東地震）との震度範囲の比較

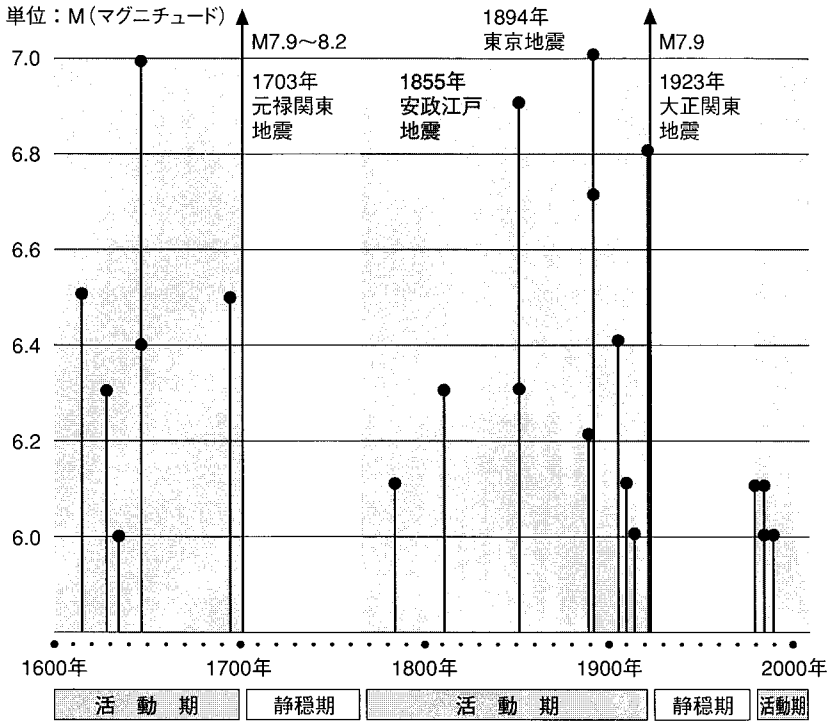


図 2.4 東京圏直下の地震活動の推移と元禄および大正関東地震（力武，1990 に加筆）
 東京圏：北緯 35.2～35.8 度、東経 139.5～140.0 度の範囲。
 地震活動：M 6 以上。
 元禄関東地震および大正関東地震の後の 60～70 年間は地震活動の静穏期であり、その静穏期がすぎると M 6～M 7 の地震が発生する活動期に入る。現時点はすでに活動期に入っている。

ともに南関東の各地方公共団体に対して地震被害想定、地域危険度測定などの実施とそれに基づく防災対策を立てるよう促した（表 2.1）。

南関東は北アメリカプレートに乗っているが、その下にはフィリピン海プ

表 2.1 南関東地域における地震発生の切迫性について

地震のタイプ	南関東地域直下の地震	相模トラフ沿いの地震 (海溝型巨大地震)
規模	マグニチュード7程度	マグニチュード8程度
地震発生 の切迫性	<p>発生は、ある程度の切迫性を有している</p> <p>(理由)</p> <p>南関東地域は、ユーラシアプレート、フィリピン海プレート、太平洋プレートが互いに接し、複雑な応力集中が生じている。</p> <p>南関東地域では、プレートの沈み込みによって蓄積された歪エネルギーの一部が海溝型の巨大地震の発生に先立ちいくつかの直下の地震により放出されている。関東大地震の発生後すでに約70年を経過している。</p>	<p>発生の可能性については切迫していない。</p> <p>今後100年か200年先には発生する可能性は高い。</p> <p>(理由)</p> <p>歪みの蓄積は関東大地震規模の地震を発生させる程度には進行していない。</p>
予想される震源域	特定できない（南関東全域の地下）	相模トラフ沿い
一つの地震の発生により震度VIとなる地域	平均的にみれば半径30km程度（さらに局地的になる可能性もある）	（関東大地震ではおおむね半径60km程度）
地震予知の見通し	前兆現象の把握が困難であり、現状では予知は非常に難しい。	予知は可能と思われるが、前提条件としては今後の観測体制の整備が不可欠である。
過去の被害地震の例	安政江戸地震（1855年） 東京地震（1894年）	元禄地震（1703年） 関東大地震（1923年）

(注) 昭和63年6月27日中央防災会議地震防災対策強化地域指定専門委員会検討結果中間報告及び平成4年8月21日同専門委員会検討結果報告より要約

プレートが沈み込みさらにその下に太平洋プレートが沈み込んでいる。つまり南関東のプレート構造は、3枚のプレートが互いに境界を接しつつ重なり合うという複雑な姿をしている（図2.5）。南関東で大きな被害を生む主な地震は、 $M8$ クラスの巨大地震である関東地震がその代表であるが、その他に $M7$ 前後の直下型地震もあることを忘れてはならない。この直下型地震は、関東地震の発生に必要な歪みの約 $1/3$ の歪みが蓄積された時点から発生し始める。南関東の直下には3枚のプレートが重なり合っているが、直下型地震はそれぞれのプレートの内部とプレートの境界を震源域として発生する。そのため、直下型地震はプレートの構造との関係からみて五つのタイプに区分される。このように直下型地震のタイプは多様であり、さらに地震が発生する可能性のある場所は南関東の全域にわたり、しかも地表近くから深さ数十キロメートル以上の深さにわたるため、直下型地震の直前予知は現在のところ不可能である。ただし、関東地震から約80年が経過し、地下の歪

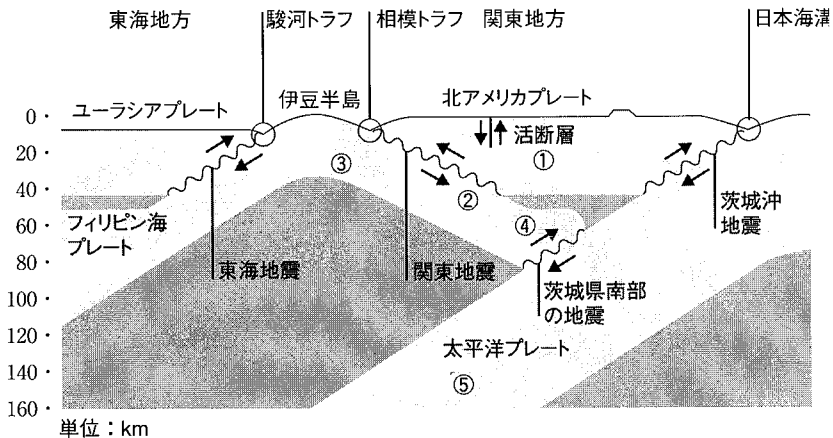


図2.5 プレート構造の模式図と地震のタイプ模式図は関東地方から東海地方にかけての東西断面で見たもの

- ①北アメリカプレート内の地震（地殻浅部の活断層、伏在断層の運動による地震）
- ②北アメリカプレートとフィリピン海プレートの境界で起きる地震
- ③フィリピン海プレートの内部で起きる地震
- ④フィリピン海プレートと太平洋プレートの境界で起きる地震
- ⑤太平洋プレートの内部で起きる地震

みは関東地震の発生に必要な歪みの1/3のレベルをすでに超えていることを十分に念頭に置いて防災対策を急ぐことが必要である。さもないと阪神・淡路大震災の二の舞を演じることになるだろう。

現在、南関東の地震活動は一見したところ静穏にみえるが、1980年から92年にかけてM6クラスの地震が7回も立て続けに発生するという異常な状況が見られた。これは大正関東地震に伴う余震活動が終息して以来最初の、約50年ぶりの直下地震活動の大きなピークであった。

これらの直下型地震は、①1980年の千葉県中部の地震(M6.1)、②83年茨城県南部の地震(M6.0)、③同年山梨県東部の地震(M6.0)、④85年茨城・千葉県境の地震(M6.1)、⑤87年千葉県東方沖地震(M6.7)、⑥88年東京都東部の地震(M6.0)、⑦92年東京湾南部の地震(M5.9)などである(図2.6)。これらには東京で震度5の揺れとなった地震が2回含まれており、そのうちの一つは東京で56年ぶりの震度5を記録した。このことから、この一連の活動が大正関東地震の余震活動が収まって以来、初めての顕著な直下型地震の活動であったことを示している。

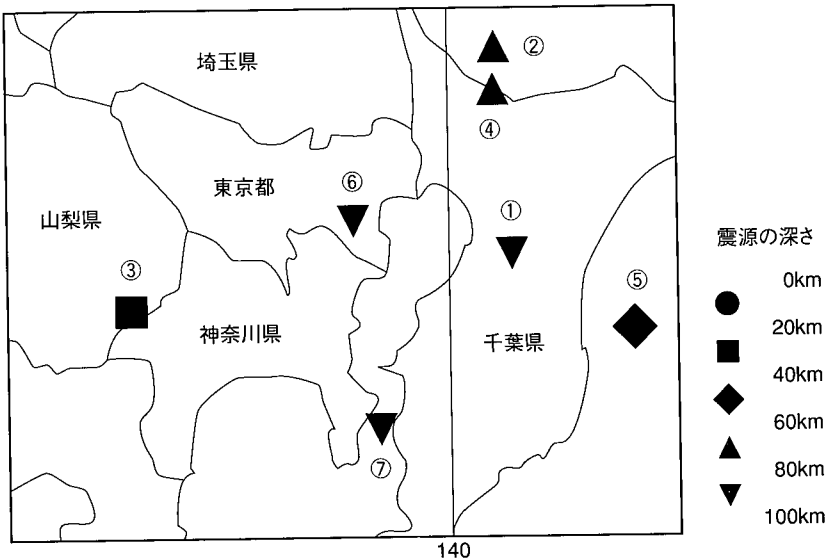


図2.6 1980年から1992年にかけて連動的に南関東直下で発生したM6クラスの地震

これら $M 6$ クラスの直下型地震は、たまたま震源が数十キロあるいはそれ以上深いか、人口が集中する首都圏から離れていて幸いにも大きな被害にはつながらなかった。しかしこれらの地震では、首都圏の交通が大幅に乱れ機動隊が出動したり、都市ガス供給のマイコンメータの自動安全装置が作動してガスが止まり東京ガスに問い合わせの電話が殺到したり、新宿副都心の超高層ビルがやや長周期で大きく揺れて、52階（地上200m）にあるレストランの客がパニック状態に陥るなどといった、大都市特有の影響が出た。1987年の千葉県東方沖地震では、震源が九十九里沿岸であるにもかかわらず房総から東京湾奥部の埋立地など広域にわたり、地盤の液状化が発生した。東海道新幹線や首都圏の鉄道各線がストップし、高速道路が大渋滞し、電話回線がつながらなくなるなど、都市機能に重大な支障が生じた。死者2名、重軽傷者138名を出したこの地震は、首都圏から離れた場所で発生したものの、来るべき首都圏直下地震への警鐘であるという声が上がった。

最近に発生した南関東の直下地震には、次のような三つの特徴がある。第1に、時間の経過とともに地震の規模= M の大きい地震が発生するようになること。第2に、数十キロ以上の範囲にわたり $M 5\sim 6$ の地震が、数ヶ月以内くらいの短い期間内で連動的に発生すること。第3に、 $M 6$ クラスの地震の震源は、おおむね大正関東地震の $M 6\sim 7$ クラスの余震が発生した地域と重なり合うことである。

第1の特徴は、南関東直下のプレート内およびプレート境界には破壊強度の低い部分が存在し、それらの強度の高低の序列にかかわるもの、第2の特徴は、プレート間の力学的な相互作用にかかわるもの、第3の特徴は、 $M 6\sim 7$ の地震を引き起こす既存の断層の存在場所にかかわるものである。これらの特徴は、来たるべき南関東の直下地震の監視のポイントと考えられる。

南関東直下地震は、南関東の足下で発生する $M 7$ 前後の地震であるが、それらは次の関東地震までに複数回発生するであろう。南関東直下地震は、長中期的に見て発生の危険度が高まってきたことは予測できるが、南関東一円のどこで何時発生するか特定できない。

したがって、南関東直下地震は、必ず突発的に発生することを前提に、防

災対策を立てる必要がある。ここで注目すべきことは、南関東直下地震の切迫性が指摘されるまでは、相模トラフを震源域とする $M8$ クラスの巨大地震である関東地震の再来を前提にした防策のみがとられ、直下型地震の切迫性は念頭に置かれていなかったことである。つまり、相手を取り違えた対策がとられていたわけである。今後は、現時点で切迫性の高い地震が何か絞り込み、それに対して効果的な対策を立てる傾向がいつそう高まるであろう。

2.3 東海地震

2.3.1 東海地震の直前短期予知と「いわゆる予知」との違い

東海地震はプレート境界を震源域とするマグニチュード8クラスの巨大地震である。このタイプの地震を引き起こす断層運動は、まずプレート境界のゆっくりとした滑りで始まり、やがてその滑りは急激に加速・拡大し、最終的には大規模な断層運動となって地震発生にいたる。プレート境界を震源域とする巨大地震の始まりは、「前兆滑り」という局部的で急速に加速拡大する断層運動である。この「前兆滑り」に伴う地殻変動は、GPS や高感度の歪み計によりとらえられる。「前兆滑り」が加速的に拡大・進行するならば、短時間で全面的な断層破壊につながり「東海地震」が発生する。東海地震の直前予知とは、「前兆滑り」を可能な限り早期にとらえ、地震発生の直前にその発生時点を予測し、警報を発信することである。東海地震の直前予知は、「前兆滑り」の検知を手がかりとする手法であるため、この手法特有の「長所」および「短所・限界」を伴う。

直前予知の「長所」は、観測と理論の両面からその実在性と特質が確認されている「前兆滑り」という普遍的な現象を拠り所としている点である。「前兆滑り」は、東海地方に現在展開されている歪み計観測網とGPS観測網によって検出できる可能性がきわめて高い。「前兆滑り」が始まった時点で、東海地震は、すでに準備過程を終えて発生過程に突入している。「前兆滑り」が始まると、歪みの異常変化は時々刻々と加速し、その異常はより広

範囲にわたり出現するようになる。この時点に立ち至ると、誰がどのような解釈に立ってデータを見ても、東海地震が目前に切迫しているという緊急事態の到来を悟らざるを得ない。

「前兆滑り」が検知されると、気象庁長官は、内閣総理大臣にその旨を報告し、警戒宣言の発令を要請する。内閣総理大臣は直ちに閣議を招集し、警戒宣言を発令するかどうかの検討を行うが、社会的反応を危惧して政治的判断で警戒宣言の発令を遅らせたり、控えたりするようでは取りかえしのつかない結果を招くであろう。「前兆滑り」の検知による直前予知とは、地震発生の早期検知であり、いわゆる「予知」ではない。いわゆる「予知」は、何をもって前兆現象するのかその根拠と前兆検知の方法が確立されていないため、大きな不確定さを伴う。一方、「前兆滑り」の検知による直前予知では、時間の経過とともに「前兆滑り」によるシグナルが加速的に増大するため、地震発生時点の予測の確度が時々刻々と高まっていく。

「前兆滑り」が検知された時点では、すでに東海地震に向けてプレート境界に沿った断層運動が始まっている。したがって、「前兆滑り」の検知から大規模な断層運動に至るまでの限られた時間が、緊急的な防災対応を事前に行うために用いうる時間ということになる。歪み計をより高密度に展開すれば、「前兆滑り」をより早期に検出できるようになる。しかし、それにも当然限界がある。

さて、東海地震について24時間連続の監視体制をとっていない場合には、たとえ十分な時間的余裕を伴って「前兆滑り」が出現した場合であっても、「予知情報」は発信されない。したがって、東海地震は何の警報もまったくないまま、突発的に襲ってくることになる。東海地方の太平洋沿岸では、東海地震発生の直後から2-3分後に大津波が襲ってくるので事前の警戒宣言を受けて避難するという方法をとらない限り、数多くの死傷者が出ることになる。

2.3.2 「前兆滑り」に伴う地殻変動の早期検知

フィリピン海プレートと東海地方を乗せた陸のプレートの境界がカップリングしている固着域に緩みあるいは剥がれが生じ、やがて前兆滑りが始まる

と、東海地震の発生に向かって事態が加速的に進行していく。固着域の真上には、地震計、歪み計、GPSなどの観測網が設置され、24時間連続で監視観測が続けられている(図2.7)。前兆滑りの発生は、その極初期の段階でGPS観測によって検知される。前兆滑りが加速、拡大し、ある程度の段階に達すると歪み計に異常な変動が記録される。さらに前兆滑りが加速、拡大すると、歪み計に記録された異常変動の振幅も加速的に増大する(図2.8)。それと同時に、異常変動を記録する歪み計が1点だけではなく、2点、3点と隣接する点に広がっていく。現在、東海地方には19ヵ所に歪み計が埋設されているが、それぞれの歪み計によって異常であると判別される変動レベルが長年の観測データから解析・調査されている。これら各地点における歪み計の異常検知能力を考慮すると、歪み計設置点の直下で前兆滑りが発生した場合、前兆滑りの検知から東海地震発生までの時間を推定できる(図2.9a)。

歪み計の異常検知能力は、設置点の地下構造、地表付近の地盤特性、気象条件(降雨があると記録が雑音で乱れ検知能力が低下する)などにより異なる。

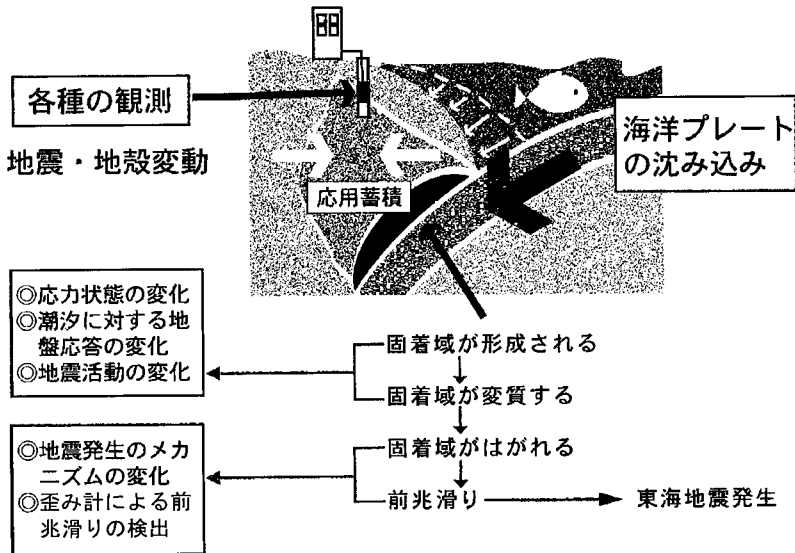


図 2.7 地殻変動と観測の内容

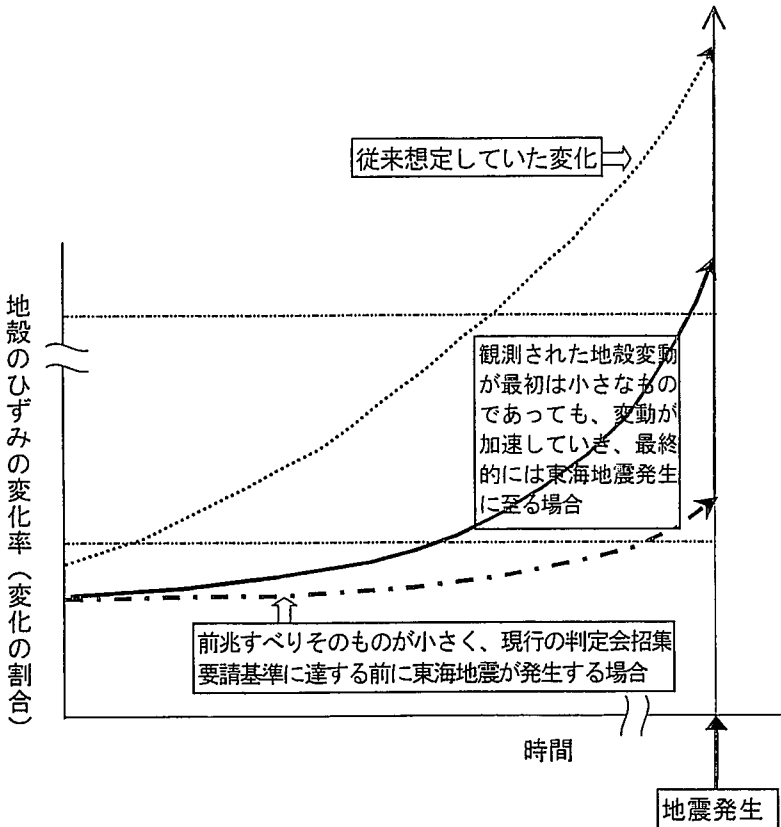


図 2.8 前兆滑りに伴う地殻の歪の時間的变化

る。歪み計の観測網としての検知能力の高低は、歪み計の設置密度の高低に依存する。歪み計は太平洋沿岸地域に集中して設置されており、東海地方西部の内陸地域にはほとんど歪み計が設置されていない。また海域にはまったく歪み計が設置されていない。そのため、内陸面や海域直下のプレート境界で前兆滑りが発生した場合には、それを早期に検知することは困難であり、さらなる歪み計観測網の整備充実が必要である。

2.3.3 GPS、歪み計による異常検出から判定会召集までのシナリオ

東海地方に展開されている GPS（衛星利用の汎地球測位システム）観測

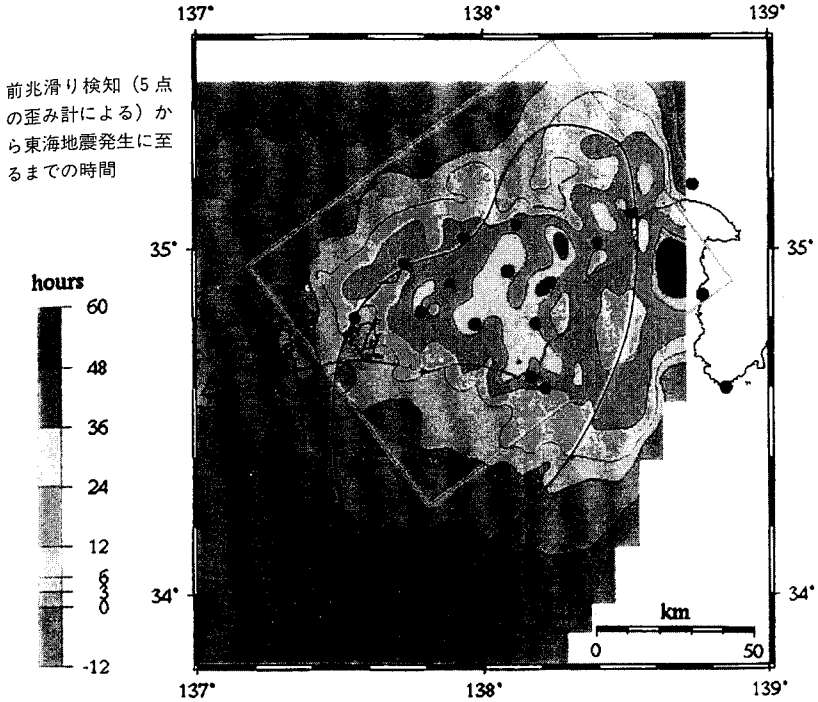


図 2.9a 前兆滑りが検知されてから東海地震が発生するまでの時間（各地点の直下で前兆滑りが発生した場合のシミュレーションによる）
 内陸部ではおおむね東海地震発生の 12 時間以上前に前兆滑りが検知可能である。

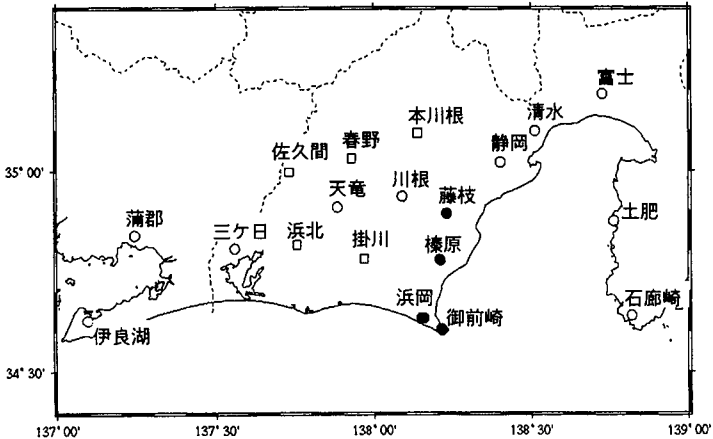


図 2.9b 東海地域に設置している体積歪み計の配置図

によって、従来から引き続いてきた傾向とは異なる地殻変動が始まり、さらにそれが加速してきたとしよう。それと呼応して御前崎の沈降が停滞し、さらに隆起に転じる傾向を示すようになると、いよいよ東海地震が目前に迫ってきたことを、誰もが実感するようになる。では、東海地震発生の一〜二日程前には、地殻岩石歪み計（体積歪み計あるいは単に歪み計ともいう）にどのような異常変動が現れ、それが東海地震に直結する「前兆滑り」による変動であると判断されるのだろうか。

現在、東海地方には19点からなる歪み計観測網が設置され、そのデータは24時間連続、リアルタイムで監視されている。異常検知の最初の段階では、これらの19観測点（図2.9b）のうち、互いに隣接しあった2点以上の観測点で、短時間のうちに相前後してノイズレベル（あらかじめ各観測点について調査してある）を超える異常変動がとらえられる。しかし、この段階では異常変動の大きさは、あらかじめ定められている判定会召集要請基準のレベルには達していない。この観測データの異常に直面し、気象庁の現業観測室には、にわかに緊張感が漲ることとなる。この状況は、その後の歪みの変化や地震活動の推移によっては、判定会召集という事態に至る可能性があるからだ。

このような状況で、さらに歪み変化が加速的に進行していく場合には、気象庁は東海地方の地殻活動の状況についての情報を、「観測情報」として状況の進行に応じて昼夜を問わずくり返し発表することになる。「観測情報」に対して、行政、企業、一般市民はどのような行動をとるべきであろうか。現状では、引き続き発表される「観測情報」を聞き漏らさないようにすること、緊急事態を念頭において連絡態勢を整えることが求められている。

しかし、「観測情報」は、必ずしも地震の発生が切迫していることを意味していないので、「観測情報」をどのように理解し、活用すべきかは、今後各方面の意見をふまえた議論に待つところが多い。

歪み計によるデータは、その変化の大きさにより、

- ①レベル0：変化がノイズレベルの範囲内にあり、異常なしと判断される。
- ②レベル1：ノイズレベルの最大値に相当し、異常の出現と認識される。

観測者は、その後の変化の推移を特段の注意を払って監視する。

- ③レベル2：明らかな異常であり、課長連絡基準として定められている。レベル2に達すると、観測者は担当課長（地震予知情報課・課長）に連絡・通知する。状況によっては、気象庁は初動対応に踏み切る可能性がある。
- ④レベル3：ノイズレベルの最大値の3倍に相当し、判定会召集要請基準として定められている。

3観測点で同時にレベル3に達すると、判定会が自動的に召集される（図2.10）。

静岡県中部の深さ20—30 kmのプレート境界が、ゆっくりと滑り始めた（前兆滑りの発生）という想定によるシミュレーションによる1998年9月1日の防災は次のようなシナリオで実施された。

- ①レベル1の歪み変化が、8月30日23時44分に藤枝で、31日04時37

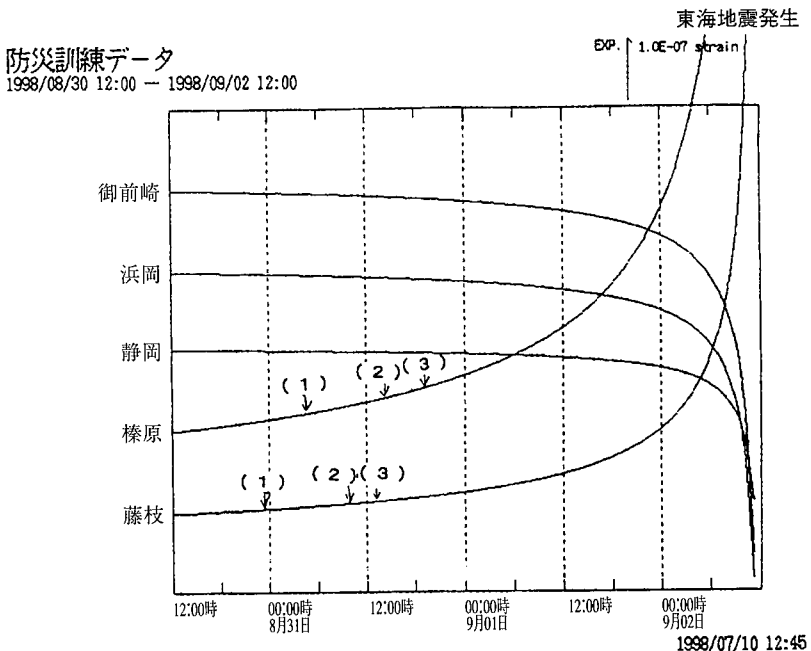


図 2.10 東海地震発生直前の歪み変化（防災訓練用のシミュレーションデータ）

分に榛原で、31日10時41分に川根でそれぞれ観測される。

- ②レベル2の歪み変化（課長連絡基準）が、31日10時04分に藤枝で、31日16時34分に榛原で、9月1日03時33分に天竜でそれぞれ観測される。
- ③レベル3の歪み変化（判定会召集要請基準）が、8月31日12時56分に藤枝で、19時46分に榛原で、9月1日06時09分に天竜で、それぞれ観測される。
- ④3観測点で同時にレベル3の歪み変化が観測されたため、9月1日06時20分、判定会召集が自動的に決定される。

2.3.4 東海地方およびその周辺における最近の異常変動

国土地理院のGPSによる地殻変動観測によると、定常的な地殻変動の水平成分は北西ないし西北西に向いている。ところが、2000年6月26日から始まった三宅島の火山噴火活動に伴って異常変動が発生した。この異常変動は三宅島、神津島、新島周辺を中心として、南関東では霞ヶ浦付近、東海地方では浜名湖付近にまで及んだ。この噴火活動に伴った異常変動は収束に向かったが、2001年3月頃から新たな異常変動が東海地方で観測されるようになった。この異常変動のベクトルの向きは南東方向であり、この方向は北西方向の定常的な変動と逆向きである（図2.11）。この異常変動は、プレート境界が東海地震を引き起こす方向にゆっくりとすべり始めたことを示している。このプレート境界のすべりはゆっくりと一定速度で進行しており（図2.12）、現時点では2-3cmで加速性を示していないため、すぐさま東海地震の発生に結びつくものとは考えられない。しかし、この異常変動が今後加速すると、歪み計の観測データにも異常が現れてくる可能性がある。

その時点では、異常の進行状況に対応して、あらかじめ用意されている東海地震の直前予知に向けての手順で「観測情報」、「判定会召集情報」、「予知情報」が順次に発信される。

東海地方では、1996年から97年にかけて東海地震の想定震源域の周辺および内部でM5前後の地震が連続的に発生した（図2.13）。また、2001年4月3日には、静岡県中部の地震（M5.1）が発生した。これらの地震の震

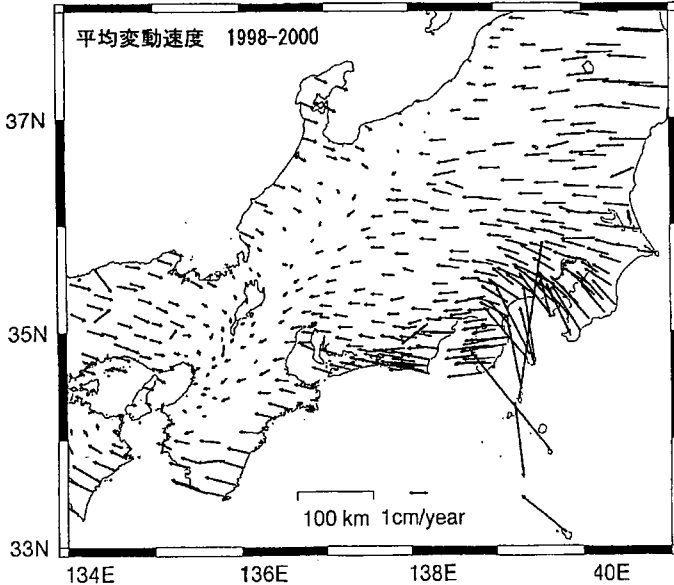


図 2.11 a プレート境界のゆっくり滑りが始まる前の定常的な地殻変動 (水平成分の平均変動速度)

源の深さと発震機構解などからみて、日頃発生している地震とは異なる性質の地震であると考えられる。これらの地震は、東海地震の震源域に対応するプレート境界の固着域の縁辺部に剥がれ（あるいは緩み）が生じてきたことを示唆している。一方、御前崎の沈降の速度の増加・減少は、東海地震に向けての歪みの蓄積の進行状況を推定するための手がかりの一つである。御前崎の沈降についての最近のデータを見ると、沈降速度が約 30% 減少しているという評価がある。この沈降速度の減少も、固着域に緩まないしは剥がれが生じてきたことを示唆する。御前崎の沈降速度が減少、停滞し、その後それが引き続くならば、やがて御前崎は反転・隆起し東海地震が発生する。このシナリオを念頭において監視を行う必要がある。

御前崎の沈降についての最近のデータに基づいて、きわめて近い将来に東海地震が発生する可能性がある」と指摘する研究者もでてきた。時々刻々の観測データは、研究者のみならず広く一般に公開されている。そのため、東海地方の地震活動や地殻変動の観測事実そのものは容易に知ることができる。

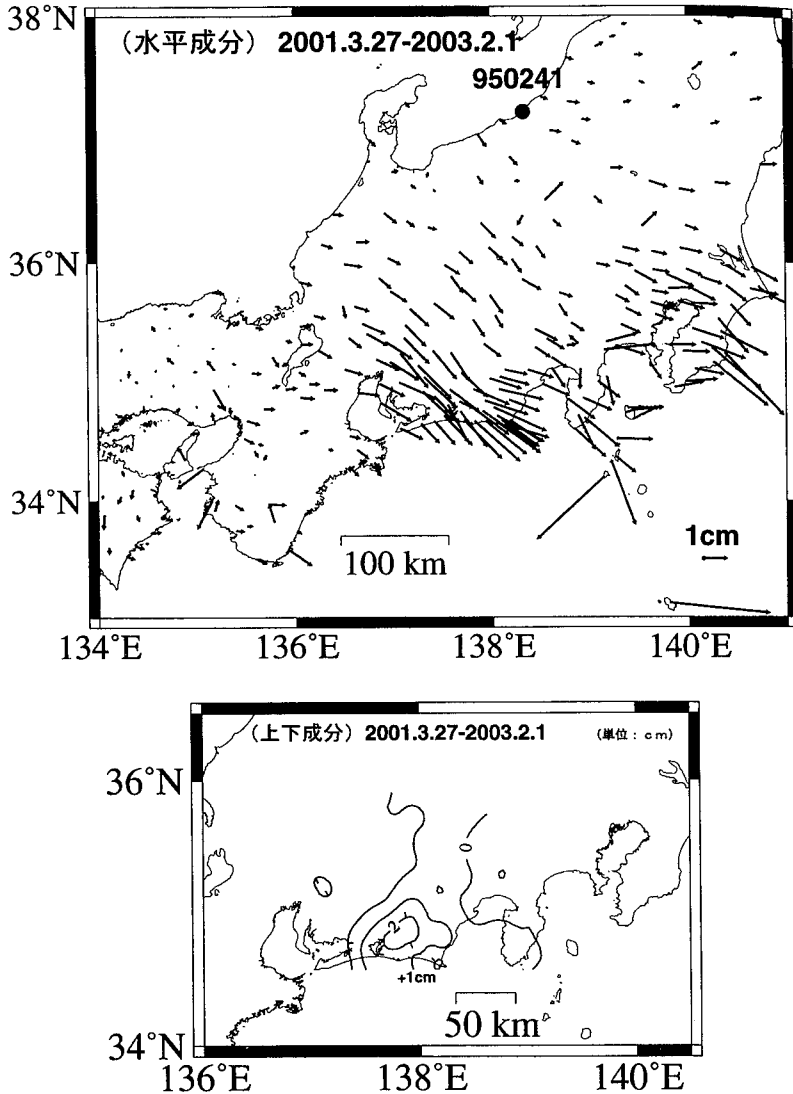


図 2.11 b 平均的な地殻変動からのずれ (精密暦) (2001 年 3 月 27 日—2003 年 2 月 1 日)
 (上図) と水平変動 (上図) から推定される上下変動 (下図) (国土地理院資料による)

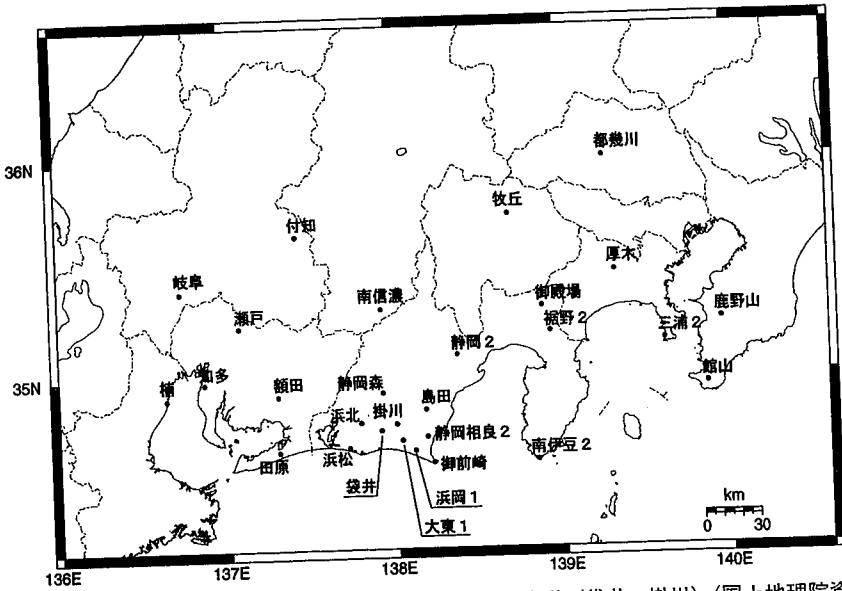
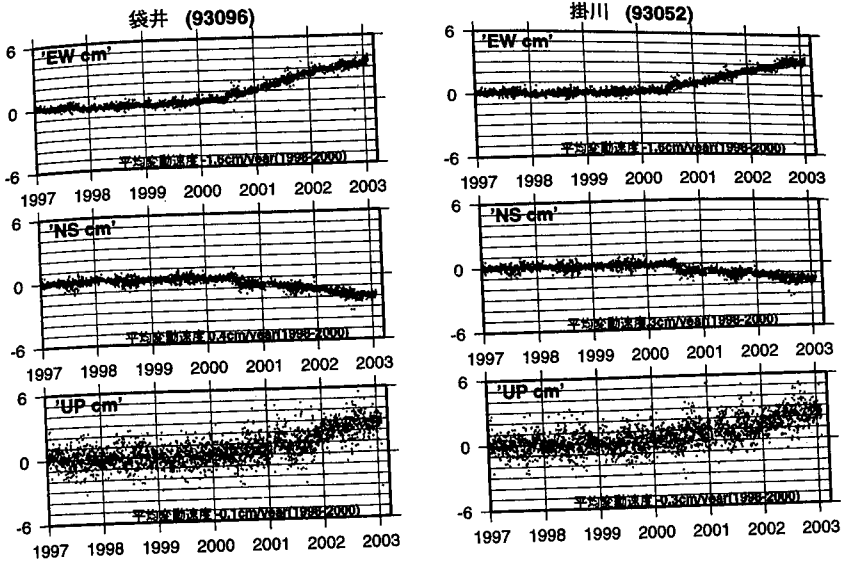


図 2.12 GPS により観測された東海地方の異常地殻変動（袋井、掛川）（国土地理院資料による）2000 年 6～8 月頃から南東方向へのゆっくりとした変動が一定速度で進行している。

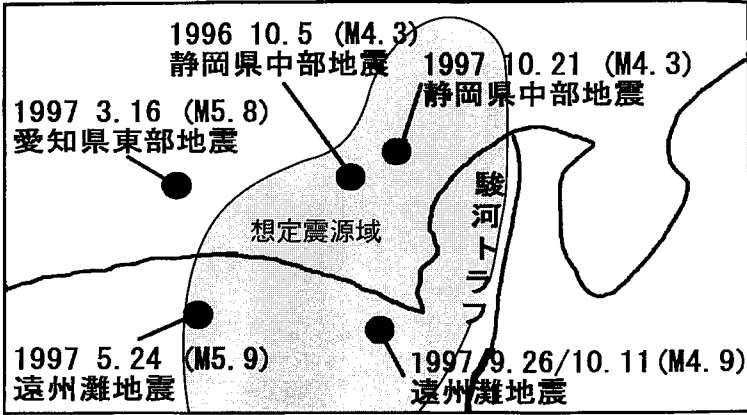
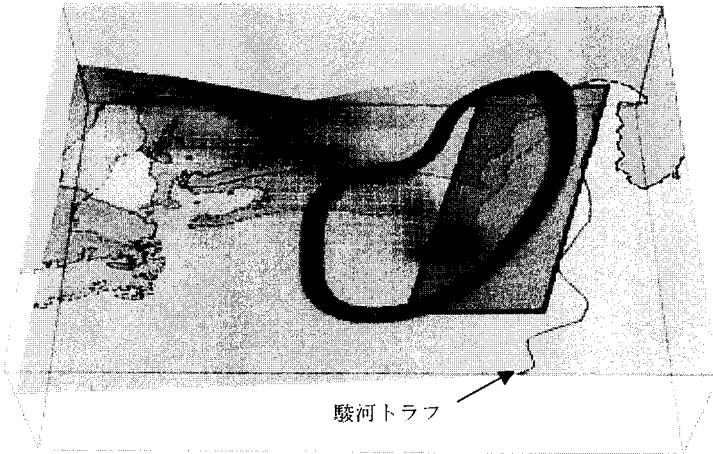


図 2.13 東海地方で1996年から97年にかけて連続的発生した地震



: 新たな想定震源域

 : 中央防災会議(1979)による想定震源域

図 2.14 東海地震の想定震源域

しかし、その観測事実が何を意味しているか評価することは、観測、解析にかかわる当事者にとっても容易なことではない。

最後に、最近新たに見直された東海地震の想定震源域（図 2.14）と東海

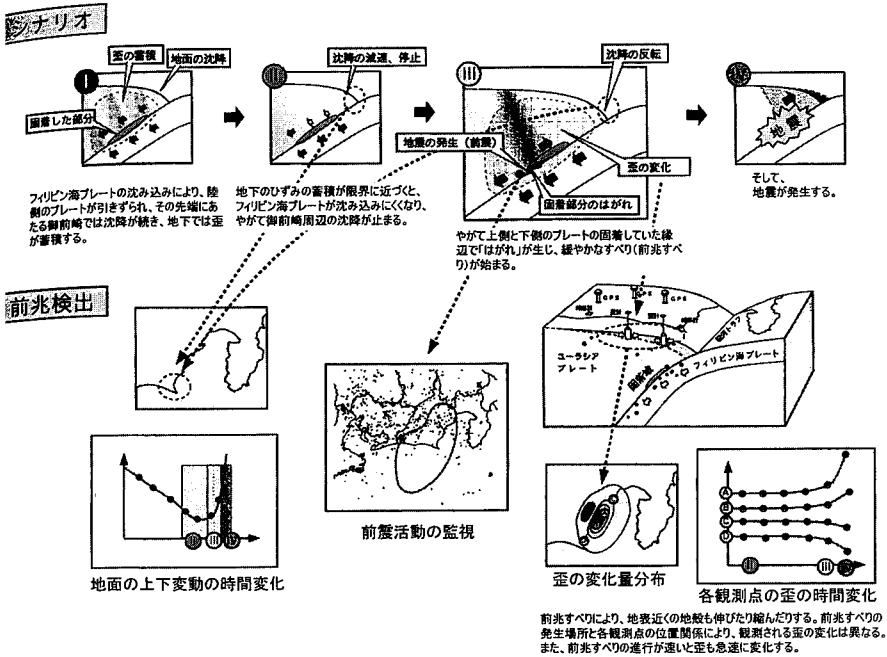


図 2.15 東海地震発生シナリオと前兆滑り等の早期検知体制（気象庁資料）

地震発生シナリオと前兆滑り等の早期検知体制（図 2.15）を示す。

2.4 まとめ

- 1) 現在一般に使われている「地震予知」という用語の意味は多様である。一般社会に向けて防災情報発信される「予知情報」があるとするれば、それは科学的根拠と行政的責任をとともに担保するものでなくてはならない。
- 2) 科学的な「観測事実」を、わかりやすく正確な「情報」として一般社会に伝えることは必ずしも容易なことではない。したがって、「予知に関わる観測事実」を「防災情報」として活用するためには、観

測・研究者、行政、マスメディア、一般市民などが広く協力し合い、有効な情報伝達システムを構築する必要がある。

- 3) 地震大国である日本では、いつどこで大災害を生む地震が発生するかわからない。しかし、地震発生のしくみの研究や観測技術の進展によって、地震のタイプを区別し、それぞれのタイプの地震について、どの程度まで発生の準備が整ってきたかを評価できる事例も現れてきた。そのため、切迫性の高い地震に的を絞りと、地震発生までの時間と被害範囲・程度を予め考慮に入れた戦略的な防災対応がとられるようになってきた。そのため、最近では、地震モデルを設定し、それによる地震被害想定に基づいて防災計画が立てられる場合が多くなってきた。
- 4) 東海地震の直前予知は、プレート境界における「前兆滑り」の早期検知によるものである。したがって、直前予知の情報が出される時点では、すでに東海地震はその発生段階に入っている。その意味で、東海地震の直前予知は、地震発生の前にその発生を言い当てるいわゆる「予知」とは本質的に異なっている。「前兆滑り」の早期検知による直前予知は、地震発生の早期発見による手法であるため、予知情報の発信から地震発生までの時間的余裕が短い。この短所（限界）を補うためには、観測態勢の充実、情報発信の方法の改善、情報の受け手である一般市民が地震情報への関心と理解を高めることなどが必要である。
- 5) 「前兆滑り」の早期検知は、これまで主として歪み計による観測に依存してきた。しかし、90年代に入ってからGPS観測が広く導入され、「前兆滑り」の検知に先立って広域的な地殻変動の異常を検知できるようになった。東海地震にかかわる各情報（解説情報、観測情報、判定会召集報など）は観測事実に基づいて、異常現象の現れ方に応じて順次に発信される。「地震予知情報」は、想定震源域のプレート境界で「前兆滑り」が検知、確認された時点で直ちに発信される。