

南海トラフ沿いの大規模地震の
予測可能性に関する調査部会
(第3回)

本調査部会報告書
改訂の骨子案

平成28年11月1日

内容

目次の改訂案	1
6. 地震活動の統計データに基づく地震発生確率の予測	2
8. 南海トラフ沿いの大規模地震の規模と発生時期の予測可能性に関する科学的知見	3
9. 南海トラフの震源域で見られる現象と防災への活用を視野に入れたその評価	5
ケース 1 に対する評価	7
ケース 2 に対する評価	10
ケース 3 に対する評価	13
ケース 4 に対する評価	15
10. 南海トラフの震源域で見られる現象のモニタリングと調査研究の方向性	17
(1) 地震発生予測に向けたモニタリングのあり方	17
(2) 地震発生予測に向けた調査研究のあり方	18

目次の改訂案

1. はじめに
2. 東海地震対策と観測体制の現状等
3. 地震予測に対する国際的な認識と取り組み
4. 地震の前駆すべりと考えられた事例等
5. 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震から得られた科学的知見
6. 地震活動の統計データに基づく地震発生の確率予測
7. 地震モデルとシミュレーションから得られた科学的知見
8. 南海トラフ沿いの大規模地震の規模と発生時期の予測可能性に関する科学的知見
9. 南海トラフの震源域で見られる現象と防災への活用を視野に入れたその評価
10. 南海トラフの震源域で見られる現象のモニタリングと調査研究の方向性
11. おわりに

赤字：新規項目

■：内容の加筆

6. 地震活動の統計データに基づく地震発生確率の予測

報告書の本文に新たに以下の内容を追加する。

6. 地震活動の統計データに基づく地震発生の確率予測

将来の地震発生予測を、確率論的に評価する手法について整理した。

現在運用されているものに、地震調査研究推進本部による「長期評価」で用いられている長期的な地震発生確率と、気象庁による地震発生後の地震活動の見通しに関する情報を評価する際に用いられている短期的な地震発生確率とがある。

前者は、ある断層（帯）（海域の大地震を含む。）に着目して、その断層の平均活動間隔・最新活動時期等を用いて確率を推計するもので、後者は、地震活動の推移に関する統計的な経験式に基づき、最新の地震活動の規模別の頻度と地震発生数の時間減衰などのパラメータを推定し、今後の活動を確率的に推計するものである。

しかし、これらはいずれも、過去の地震活動と同じことが発生した場合に適合するものであり、必ずしも将来に発生する地震を精度高く予測できるものではないことに留意する必要がある。

短期的な地震発生確率の予測手法については、世界の多くの研究者により様々な手法が提案されているが、その予測精度の比較が難しいことから、2006年に国際共同プロジェクト CSEP（Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability）が立ち上げられ、現在、複数モデルによる予測性能比較実験が行われるなど、評価手法の検証が進められている。

地震の発生予測は確率的に行われるべきものではあるが、過去の地震活動のデータのみ依存する統計手法で表現するには、発生事例が少ない規模の大きな地震では特に難しい面があり、応力変化等の物理モデルも取り入れた新たな確率モデルの構築に向けた調査研究の推進が重要となる。

8. 南海トラフ沿いの大規模地震の規模と発生時期の予測可能性に関する科学的知見

現行の調査部会報告書における「7. 南海トラフ沿いの大規模地震の規模と発生時期の予測可能性に関する科学的知見」および「おわりに」をまとめ、新たに「8. 南海トラフ沿いの大規模地震の規模と発生時期の予測可能性に関する科学的知見」として整理する。なお、今回の検討を踏まえて、新たに「11. おわりに」を追加するが、この内容は次回調査部会以降に審議予定。

8 . 南海トラフ沿いの大規模地震の規模と発生時期の予測可能性に関する科学的知見

以上の知見を踏まえ、南海トラフ沿いの大規模地震の規模と発生時期の予測可能性に関する科学的知見を整理した。

南海トラフ沿いのプレート境界において発生した過去の大規模地震には多様性が認められ、震源断層域が広がる範囲、すなわち地震の規模は確率的にしか評価できないと考えられる。このため、その範囲を事前に高い確度で示すことは極めて難しい。しかし過去の地震の発生履歴を考慮すると、豊後水道付近から紀伊半島沖付近までの領域及び紀伊半島沖付近から遠州灘もしくは駿河湾までの領域を震源断層域として同時に、もしくは時間差を持って発生するなど様々な場合が考えられる。

日本海溝と南海トラフの沈み込み帯を比較すれば、南海トラフのほうが、単純な固有地震モデルではないが、相対的には固有地震モデルに近いと考えられる。すなわち、南海トラフ沿いの地震では、日本海溝沿いの地震に比べて、現状の観測技術で検知し得る前駆すべりが生じる可能性が相対的に高いと考えられる。しかし、南海トラフについても破壊単位が複数あると考えられ、規模や発生時期に関する確度の高い予測は難しく、検知限界を下回るすべりからいきなり地震に発展することや、あるいは検知されたとしても地震が発生しないことがあり得る。

現在の科学的知見からは地震の規模や発生時期を高い確度で予測することは困難である。一方、観測データの変化に基づいてプレート境界のすべり等の固着状態の変化が検知できれば、不確実性は伴うものの地震発生危険性が相対的に高まっているという事は言及できそうである。このようなプレート間の固着状態変化の典型例であるゆっくりすべりは、過去には、継続時間のごく短いものから5～6年にわたり観測されたものまでである。

おわりに

~~本調査部会では、南海トラフ沿いの大規模地震の発生の予測可能性について、現時点における科学的知見を収集・整理した。本報告の主なポイントは、次のとおりである。南海トラフ沿いの大規模地震の発生の予測可能性についての主なポイントは、次のとおり整理される。~~

[南海トラフで発生する地震の多様性]

- 過去の事例から見て、南海トラフの地震の発生には多様性がある。駿河湾から四国沖にかけての複数の領域で同時に発生、もしくは時間差をおいて発生するなどの様々な場合が考えられる。

[地震の規模や発生時期の予測の可能性]

- 地震の規模や発生時期の予測は不確実性を伴い、直前の前駆すべりを捉え地震の発生を予測するという手法により、地震の発生時期等を確度高く予測することは、一般的に困難である。
- 南海トラフ域は、日本海溝域と比べると、現状の観測技術で検知し得る前駆すべりが生じる可能性が相対的に高いと考えられる。その場合でも、前駆すべりに基づく地震の規模や発生時期に関する確度の高い予測は難しく、検知限界を下回るすべりからいきなり地震に発展することや、あるいは検知されたとしても地震が発生しないことはあり得る。
- ゆっくりすべりが拡大しているなど、プレート間の固着状態に普段と異なる変化が観測されている時期には、不確実ではあるが、地震が発生する危険性が普段より高まっている状態にあるとみなすことが出来る。
- ~~過去の地震活動の統計データから導かれる経験式を用いた手法により、精度面では未だ課題はあるものの、当面の活動の推移について確率を算出することができる(確率が高くとも地震が発生しない場合や、その逆の場合もあり得ることに留意)。~~
- いずれの場合においても、南海トラフ沿いのいずれの領域で地震が発生するか、あるいは複数の領域で同時に発生するかなど、発生する地震の領域や規模の予測は困難である。

以上からわかるとおり、現在の科学的知見からは、確度の高い地震の予測は難しい。ただし、ゆっくりすべり等プレート間の固着の変化を示唆する現象が発生している場合、ある程度規模が大きければ検知する技術はある。検知された場合には、不確実ではあるものの地震発生の可能性が相対的に高まっていることは言えるであろう。

9. 南海トラフの震源域で見られる現象と防災への活用を視野に入れたその評価

- 南海トラフ沿いで発生する大規模地震には多様性があり、駿河湾から日向灘にかけての複数の領域で同時に発生、もしくは時間差をおいて発生するなどの様々な場合が考えられる。
- 歴史資料から見ると、昭和東南海地震、昭和南海地震の発生前に前震が発生した記録はないが、南海トラフ沿いで過去に発生した大規模地震の多様性を考えると、東北地方太平洋沖地震で見られたような前震が発生する可能性も否定できない。
- 南海トラフ沿いの領域は、東北地方太平洋沖地震が発生した日本海溝沿いの領域と比べると、相対的に固有地震モデルに近いと考えられることから、現状の観測網で検知し得る前駆すべりが生じる可能性が相対的に高いと考えられる。このことから、東北地方太平洋沖地震で先行して観測されたものと同様の現象が、南海トラフでも観測される可能性がある。
- 前駆すべりを捉えるための観測網が整備されている地域は限られており、現在のところ、大規模地震の前駆すべりと評価できる確実な観測事例は確認されてはいない。しかし、地震発生シミュレーションによると、すべりが次第に進行し、大規模地震の発生に繋がる前駆すべりとなるケースも想定されていることから、南海トラフ沿いで大規模地震につながるような前駆すべりが観測される可能性は否定できない。
- 南海トラフの震源域で実際に何らかの現象が見られた場合、刻々と変化していく状況に対して、リアルタイムの観測データの収集と即時的な解析に基づく現象の評価が求められる。しかしながら、現時点では、その現象の評価手法や手順、具体的な評価内容が整理されておらず、防災対応が場当たりのものとなることが懸念されるため、最新の科学的知見から可能な評価を予め整理しておく必要がある。

以上を踏まえ、南海トラフで観測される可能性がある現象で、且つ大規模地震につながる可能性がある現象として社会が混乱するおそれがある事例の中で4つのケースを想定して、現状の科学的知見に基づく評価手法と評価の手順、具体的な評価内容を検討し、整理した。

ここで想定したケースは、科学的に想定される現象のなかで、社会的な判断が求められると思われる典型的な事例に対し、科学的にどのような評価が可能かを検討するためのものとして想定した事例であり、将来、ここで想定したとおりのシナリオで現象が発生するとは限らないことに留意する必要がある。

(ケース 1)

過去の地震の発生状況を踏まえ、南海トラフが同時に破壊する事例ではなく、先に東側の領域が破壊する地震が発生し、その後、時間差をおいて西側の領域が破壊する地震が発生する場合を想定

(ケース 2)

南海トラフで前震現象の事例は確認されていないが、東北地方太平洋沖地震と同様、南海トラフで、社会的にも注目される比較的規模の大きな地震※が発生した場合を想定

※M8～9クラスの大規模地震が発生した場合に前震と考えられる規模の地震

(ケース 3)

南海トラフで、東北地方太平洋沖地震に先行して観測されたものと同様の現象が多種目観測され、ニュースで報道される等、社会的にも注目される状況となっている場合を想定

(ケース 4)

これまでに観測された事例ではないものの、最近の知見によるシミュレーションモデルで計算される事例の中で、地震発生前に特に境界面でのすべりが大きく、前例のない事例として、社会的にもモニタリング的にも注目される現象を想定した場合。具体的には、東海地震の判定基準とされるようなプレート境界面でのすべりが見られた場合を想定

それぞれのケースの評価の基本的な考え方を、次ページ以降の「各ケースにおける評価例」の審議も踏まえて、整理する予定。

※大規模な地震が発生する可能性が高いと評価した場合、リアルタイムでのモニタリングを行い、一定の期間に大規模な地震が発生しない場合には、その可能性が低くなったか否かを評価することが必須となる。

このため、可能性が高まったとの評価と同時に、可能性が低くなったとの評価体制及びその基準等についても検討が必要となる。

各ケースにおける評価例

ケース 1 に対する評価

過去の地震の発生状況を踏まえ、南海トラフが同時に破壊する事例ではなく、先に東側の領域が破壊する地震が発生し、その後、時間差をおいて西側の領域が破壊する地震が発生する場合を想定

○発生した地震の破壊域（震源断層）とすべり領域の拡大等の即時的な評価

- ・地震観測及び地殻変動観測の結果から断層の破壊域を推定
- ・南海トラフにおける割れ残りの領域の評価（割れ残り領域が割れた場合の震度分布、津波高の推計を含む）
- ・地震観測及び地殻変動観測により余震活動、余効すべりを把握し、その状況の標準的な収束傾向との比較・評価
- ・併せて、クーロン応力変化による地震活動の促進域・抑制域の把握と、観測された地震活動や地殻変動との対比による評価

○過去の大規模地震発生 of 統計データに基づく評価

- ・南海トラフで部分的に割れた最新 2 事例（1854 年安政東海地震、1944 年昭和東南海地震）では、残る領域で大規模地震が続発した。これ以前の割れ残り事例でも、ほぼ全ての事例で大規模地震が続発した可能性が高い。
- ・南海トラフで大規模地震が続発するまでの時間差には、ばらつきがある。
 - ※1854 年安政東海地震 ⇒ 32 時間後に安政南海地震が発生
 - ※1944 年昭和東南海地震 ⇒ 2 年後に昭和南海地震が発生
- ・全世界で発生した大規模地震の統計によれば、隣接領域で大規模地震が続発する場合（3 年以内に 31 事例）、続発するまでの期間は 3 日以内に 30% 程度（9 事例）、4 日以降 7 日以内に 5% 程度（2 事例）、8 日目以降 1 ヶ月以内に 15% 程度（4 事例）。

続発地震の発生頻度（日平均発生数）を、最初の地震から 2 年経過（731～1095 日）した時点を基準に比較すると、3 日以内の発生頻度は約 400 倍、4 日目以降 7 日目までは約 60 倍、8 日以降 14 日目までは約 50 倍である。なお、15 日目以降 30 日目の発生頻度は、10 倍以下である。

○最新の地震活動に基づく地震発生確率の算出

- ・最新の地震活動に基づき、時空間 ETAS などの統計モデルを用い、震源域、周辺域及び割れ残った未破壊領域における大規模地震の発生確率を算出

- ・地震活動の推移に併せて逐次計算を実施し、最新の地震発生確率を算出
⇒ 現段階で評価に利用可能か？今後の精度向上に期待か？

○シミュレーション等による現象の理解

- ・モデルやパラメータの違いによる複数のシミュレーションを実施
- ・シミュレーション結果と観測データとの比較に基づく現象の理解
⇒ 現象の理解については、現段階で評価に利用可能か？
⇒ 幅を持った将来予測は、今後のシミュレーションの精度向上に期待か？

※現象は時々刻々と変化していくため、リアルタイムの観測データの収集と即時的な解析を継続的に実施し、現象の変化の把握に努め、社会が混乱を来さないよう、適時適切な情報の発表に努めることが重要である。



現時点でケース1が発生した場合の評価は？

[ケース1で想定される評価例]

南海トラフの東側の領域でMw8.6（仮）の地震が発生（地震発生直後）

- ・震度、津波、今後の地震活動等への警戒の呼びかけ
- ・南海トラフの西側の領域は未破壊の状態で割れ残っており、この領域で地震が発生すると、Mw8.6（仮）の大規模な地震となる可能性がある。
- ・西側領域で想定される地震が発生した場合の震度分布、津波高の推計結果に基づく警戒の呼びかけ
- ・地震活動や地殻変動の進行状況の評価と地震発生確率の算出
 - 地震が発生した東側の地震活動や地殻変動に加え、西側の震源域との境界付近（潮岬からその沖）の領域における地震活動と地殻変動の状況を把握し、活動の集中や拡大が見られているか否かを評価
 - シミュレーションを用いたプレート境界のすべりの進行状況の説明モデルとの比較による現象の理解と把握
 - 西側の震源域との境界付近における地震発生確率の算出
- ・南海トラフの西側で大規模地震が発生する場合、その規模、発生時期について、確度の高い予測は困難であるが、過去に隣接領域で大規模地震が連続した事例を基にすると、最初の地震発生から2年目以降1年間の発生頻度（日平均発生数）を基準とした場合、最初の3日間の発生頻度は約400倍、4日

以降 7 日目までで約 60 倍、8 日以降 14 日目までで約 50 倍、15 日以降 30 日目からは 10 倍以下となる。

- ・ 現在進行している現象と過去の統計データ等を基にした予測は難しいものの、現在、東側と西側の震源の境界付近での応力が高まっており、過去の統計データを基に判断すると、今後 1~2 週間程度、特に最初の 3 日間は、今回東側で発生した地震に引き続き、隣接する西側の領域を震源域とする大規模な地震が発生する可能性が高い。

[ケース 1 で想定される評価例] : 発生可能性が低くなった場合 (※)

南海トラフの東側の領域で $M_w 8.6$ (仮) の地震が発生 (大規模地震が発生しないまま 1~2 週間程度が経過)

- ・ 南海トラフの東側を震源域とする地震による余震、津波等への警戒の呼びかけ (周辺域の内陸での地震も含む)
- ・ 地震活動や地殻変動の進行状況の評価と地震発生確率の算出

— 地震が発生した東側の地震活動や地殻変動に加え、西側の震源域との境界付近 (潮岬からその沖) の領域における地震活動と地殻変動の状況を把握し、活動の集中や拡大が見られているか否かを評価

⇒ (例) 地震活動や地殻活動は次第に低減し、それらは東側を震源域とする余震と余効変動によるものと評価され、且つ西側の震源域に地震活動や地殻活動が拡大していない。

— シミュレーションを用いたプレート境界の余効的なすべりの進行の把握

⇒ (例) シミュレーションによるモデルでも西側への滑りの拡大が見られていない。

— 西側の震源域との境界付近における地震発生確率の算出

⇒ (例) 西側の領域で地震が発生する可能性は、東側の地震発生直後に比べ低くなっている。

- ・ 過去の事例等を基にすると、南海トラフ沿いで部分的に割れた場合、時間をおいて残る領域が破壊する大規模地震が必ず発生しており、その可能性は依然として残っている。
- ・ 地震の発生時期の予測は困難であり、いつ発生してもおかしくない。
- ・ 西側領域で想定される地震が発生した場合の震度分布、津波高の推計結果を改めて説明

(※) 地震活動の変化や地殻変動が標準的な収束傾向とは異なる傾向で進行している時点では、評価の見直し (警戒レベルの引き下げ) は行わず、引き続き活動の推移を厳重にモニタリングする。

ケース 2 に対する評価

南海トラフで前震現象の事例は確認されてはいないが、東北地方太平洋沖地震と同様、南海トラフで、社会的にも注目される比較的規模の大きな地震^{*}が発生した場合を想定

※M8～9 クラスの大規模地震が発生した場合に前震と考えられる規模の地震

○発生した地震の破壊域（震源断層）とすべり領域の拡大等の即時的な評価

- ・地震観測及び地殻変動観測の結果からの断層の破壊域を推定
- ・地震観測及び地殻変動観測により余震活動、余効変動等を把握し、その拡大の有無を評価
- ・併せて、クーロン応力変化による地震活動や地殻変動の促進域・抑制域の把握と、観測された地震活動や地殻変動との対比による評価
- ・南海トラフで大規模地震が発生した場合の震度分布、津波高の推計

○過去の大規模地震発生統計データに基づく評価

- ・南海トラフ沿いで過去に発生した大規模地震について、M7 クラスの比較的規模の大きな前震となる地震が発生した事例は確認されていない。ただし、近代的な観測体制が整備されて以降に発生した南海トラフ沿いの大規模地震は、1944 年昭和東南海地震、1946 年昭和南海地震のみであり、この例だけで M7 クラスの前震は起きないと判断することはできない。
- ・世界全体で発生した地震で見ると、M7 クラスの地震が前震となり、さらに規模の大きな地震が発生する割合は 3 年以内に 4%程度である。
- ・M7 クラスの地震が前震となる場合（3 年以内に 52 事例）、続発するまでの期間は 3 日以内に 40%程度（22 事例）、4 日以降 7 日以内に 5%程度（3 事例）、8 日以降 1 ヶ月以内に 10%程度（6 事例）。

続発地震の発生頻度（日平均発生数）を、最初の地震から 2 年経過（731～1095 日）した時点を基準に比較すると、3 日以内の発生頻度は約 700 倍、4 日以降 7 日目までは約 70 倍、8 日以降 14 日目までは約 50 倍、15 日以降 30 日目までは約 10 倍であり、これ以降では 10 倍以下となる。

○最新の地震活動に基づく地震発生確率の算出

- ・最新の地震活動に基づき、時空間 ETAS などの統計モデルを用いて、震源域、周辺域及び割れ残った未破壊領域における大規模地震の発生確率を算出
- ・地震活動の推移に併せて逐次計算を実施し、最新の地震発生確率を算出
⇒ 現段階で評価に利用可能か？今後の精度向上に期待か？

○シミュレーション等による現象の理解

- ・モデルやパラメータの違いによる複数のシミュレーションを実施
- ・シミュレーション結果と観測データとの比較に基づく現象の理解
 - ⇒ 現象の理解については、現段階で評価に利用可能か？
 - ⇒ 幅を持った将来予測は、今後のシミュレーションの精度向上に期待か？

○前駆的な現象か否かの評価

- ・余震活動や地殻変動が標準的な収束傾向にあるか否かの評価
- ・発生した地震のアフタースリップが異常かどうかの評価
 - ⇒地震活動、地殻活動の状況から前震や前駆すべりの可能性を評価可能か？

※現象は時々刻々と変化していくため、リアルタイムの観測データの収集と即時的な解析を継続的に実施し、現象の変化の把握に努め、社会が混乱を来さないよう、適時適切な情報の発表に努めることが重要である。



現時点でケース2が発生した場合の評価は？

[ケース2で想定される評価例]

南海トラフの震源域内でMw7.5（仮）の地震が発生（地震発生直後）

- ・震度、津波、今後の地震活動等への警戒の呼びかけ
- ・南海トラフでM8クラスの地震が発生した場合の震度分布、津波高の想定
- ・地震活動や地殻変動の進行状況の評価と地震発生確率の算出
 - ―地震発生領域周辺の地震活動と地殻変動の状況と標準的な収束傾向との比較
 - ―シミュレーションを用いたプレート境界の余効的なすべりの進行の把握
 - ―地震発生領域周辺における地震発生確率の算出
- ・今回の地震が前震となって、今後、さらに規模の大きな地震が発生する可能性があることから、地震活動と地殻変動の推移を厳重に監視する必要がある。
- ・同じ領域で大規模地震が発生する場合、その規模や発生時期について、確度の高い予測は困難であるが、過去に同じ領域でさらに規模の大きな地震が発生した事例を基にすると、最初の地震発生から2年目以降1年間の発生頻度（日平均発生数）を基準とした場合、最初の3日間の発生頻度は約700倍、4日以降7日目までで約70倍、8日以降14日目までで約50倍、15日以降

30日目までは約10倍となる。

- ・現在進行している現象や過去の統計データ等を基に判断すると、今後、更に規模の大きな地震が発生する場合には、今後1～2週間程度、特に最初の3日間は、発生の可能性が高い。

[ケース2で想定される評価例]：発生可能性が低くなった場合（※）

Mw7.5（仮）に引き続き大規模地震が発生しないまま1～2週間程度が経過

- ・余震への警戒の呼びかけ（周辺域の内陸での地震も含む）
- ・地震活動や地殻変動の進行状況の評価と地震発生確率の算出
 - －地震発生領域の地震活動や地震活動と地殻変動の状況を把握し、活動の集中や拡大が見られているか否かを評価
 - ⇒（例）地震活動や地殻活動は次第に低減し、それらは余震と余効変動によるものと評価され、活動領域の拡大は見られていない。
 - －シミュレーションを用いたプレート境界の余効的なすべりの進行の把握
 - ⇒（例）シミュレーションによるモデルでも引き続きの大規模地震につながる滑りの拡大は見られてない。
 - －西側の震源域との境界付近における地震発生確率の算出
 - ⇒（例）地震活動は次第に低減しており、地震の発生確率も、地震発生直後に比べ低くなっている。
- ・過去の事例等を基にすると、引き続き大規模地震が発生する可能性は低くなつたと評価。
- ・しかし、南海トラフの地震は、いつ発生してもおかしくないことを改めて説明。

（※）地震活動、地殻変動とも低減し、発生した地震の余震活動、余効変動によるものと評価された場合であって、地震活動の変化や地殻変動が標準的な収束傾向とは異なる傾向で進行している時点では、評価の見直しは行わず、引き続き活動の推移を厳重にモニタリングする。

ケース3に対する評価

南海トラフで、東北地方太平洋沖地震に先行して観測されたものと同様の現象が多種目観測され、ニュースで報道される等、社会的にも注目される状況となっている場合を想定

○観測されている現象の即時的な評価（地震活動と地殻変動に関連する場合）

- ・地震観測及び地殻変動観測により、低周波地震（微動）とゆっくりすべりとの対応を評価
- ・プレート間の固着状態の変化を示唆する現象かを評価
- ・シミュレーションを用いた現象の再現による評価
 - ⇒ 比較的規模の大きな地震が発生した場合は、ケース2へ
 - ⇒ ひずみの大きな変化が見られた場合は、ケース4へ

○過去の大規模地震で先行して観測された現象との比較

- ・2011年東北地方太平洋沖地震等で先行して観測された多数の現象との比較

※現象は時々刻々と変化していくため、リアルタイムの観測データの収集と即時的な解析を継続的に実施し、現象の変化の把握に努め、社会が混乱を来さないよう、適時適切な情報の発表に努めることが重要である。



現時点でケース3が発生した場合の評価は？

[ケース3で想定される評価例]

東北地方太平洋沖地震の先行現象と同様の現象が複数観測される

- ・現在、東北地方太平洋沖地震で先行して見られた現象と同様の現象が観測されている。
- ・東北地方太平洋沖地震では、先行して観測された現象が5種目以上となっから地震の発生までに1年以上の期間を要した。
- ・現在観測されている現象から、直ちに南海トラフ沿いで大規模地震が発生するか否かを判断することはできない。
- ・ただし、これらの現象は、南海トラフ沿いにおけるプレート間の固着状態の変化を示唆する現象である可能性があり、その場合には、大規模地震が発生

- する危険性が普段よりも高まっている状態にあると考えられる。
- 今後、大規模地震の前震となるような比較的規模の大きな地震の発生やプレート境界面のすべりの拡大など大規模地震の前駆すべりに発展する可能性もあるため、南海トラフ沿いの地震活動及び地殻変動の状況等を注意深く監視する必要がある。

ケース4に対する評価

これまでに観測された事例ではないものの、最近の知見によるシミュレーションモデルで計算される事例の中で、地震発生前に特に境界面でのすべりが大きく、前例のない事例として、社会的にもモニタリング的にも注目される現象を想定した場合。具体的には、東海地震の判定基準とされるようなプレート境界面でのすべりが見られた場合を想定

○プレート境界面上のすべりの即時的な推定

- ・観測されているひずみ変化から、南海トラフの境界面上のすべりを推定

○すべり領域の拡大等の即時的な評価

- ・地震観測及び地殻変動観測により地震活動、ゆっくりすべり等を把握し、その領域の拡大や移動及び現象の加速の有無を評価

○シミュレーション等による現象の理解

- ・モデルやパラメータの違いによる複数のシミュレーションを実施
- ・シミュレーション結果と観測データとの比較に基づく現象の理解
 - ⇒ 現象の理解については、現段階で評価に利用可能か？
 - ⇒ 幅を持った将来予測は、今後のシミュレーションの精度向上に期待か？

※現象は時々刻々と変化していくため、リアルタイムの観測データの収集と即時的な解析を継続的に実施し、現象の変化の把握に努め、社会が混乱を来さないよう、適時適切な情報の発表に努めることが重要である。



現時点でケース4が発生した場合の評価は？

[ケース4で想定される評価例]

複数のひずみ計で大きな変化を観測

- ・現在、複数のひずみ計で過去に観測されたことがない、大きな変化が観測されている。
- ・観測されているひずみの変化に基づく解析により、南海トラフ沿いでは、プレート間の大きなすべりが進行していると考えられる。
- ・プレート間の大きなすべりが進行しているということは、大規模地震発生の

危険性が相対的に高まっていると言える。

- ・更に今後、プレート間の大きなすべりがさらに進行し、前駆すべりとなって南海トラフ沿いの大規模地震の発生に至る可能性がある。
- ・このため、ひずみの変化の推移を厳重に監視するとともに、南海トラフ沿いの地震活動及び地殻変動の状況等を注意深く監視する必要がある。
- ・すべりの位置とその大きさを推定

—すべりの位置が想定震源域内で、且つ数日での積算すべり量が、例えばモーメントマグニチュード7程度以上（要検討）の大きなすべり量の場合には、大規模な地震をトリガーする可能性が高いのでは？

—すべりの位置が想定震源域内で、且つすべり速度が、例えば1 m/日以上（要検討）を超えると、大規模な地震をトリガーする可能性が高いのでは？

—特に、すべりの位置が想定震源域内の深部で、そのすべり量が普段見られているものに比べかなり大きな場合（どの程度の変化量か、要検討）には、大規模地震をトリガーする可能性が高いのでは？

⇒ すべりの位置とその変化量等を踏まえ、どのように評価するか？

[ケース4で想定される評価例]：発生可能性が低くなった場合（※）

複数のひずみ計で大きな変化を観測

- ・複数のひずみ計での変化がどのような状況になると、その可能性が低くなったと評価するか

—急激な変化が収まり、横ばいの状況になった？

—急激な変化を始める前の状態と同じ状況になった？

—急激な変化を始める前の状態と同じ状況になり、2～3日が経過？

⇒ 大規模な地震が発生しない場合、どのような状況になるとその可能性が低くなったと判断するか？

※大規模な地震の発生の可能性が高まったとの評価、大規模な地震の発生の可能性が低いとの評価をいかに判断するかについて、その評価体制及び基準についての検討が必要

10. 南海トラフの震源域で見られる現象のモニタリングと調査研究の方向性

- 現在の科学的知見からは確度の高い地震発生予測は困難であるが、一方で、観測データの変化に基づいてプレート境界のすべり等の固着状態の変化が検知できれば、不確実性は伴うものの地震発生の危険性が相対的に高まっているということは可能である。
- 近年の地震活動や地殻変動等の観測網の充実により、プレート間の固着状態の変化を示す様々な現象が観測されてきている。特に、南海トラフ沿いは、我が国で最も観測網が整備されており、大規模地震の前駆すべりを検知し得る可能性が相対的に高いと考えられる。
- さらに、2011年東北地方太平洋沖地震等の解析などの調査研究の進展から、大規模地震の発生に至るまでの現象に対する理解が深まってきている。南海トラフ沿いでプレート間の固着状態の変化を示唆する現象が観測された場合には、その現象を正しく理解し、地震発生の危険性の高まりを評価することで、その後の防災対策に活かすことが重要である。
- 本調査部会では、大規模地震につながる可能性がある現象として社会が混乱するおそれがある事例の中で、4つのケースを想定してその評価手法を整理したが、防災への活用を視野に入れた評価を行う際には、いずれのケースにおいても、進行している現象を適切にモニタリングし、即時的な解析により現象を理解することが不可欠である。

以上を踏まえ、今後の地震発生予測に向けたモニタリングおよび調査研究のあり方について検討した。

(1) 地震発生予測に向けたモニタリングのあり方

- ・プレート間の固着状態の変化を示すゆっくりすべり（地殻変動）と地震活動には、複数の事例で対応性が確認されていることから、特に地殻変動と地震活動の重点的なモニタリングが必要である。
- ・プレート間の固着が強い南海トラフ沿いでは、大規模地震の発生前には、プレート境界だけでなく、内陸でも地殻変動や地震活動等に何らかの変化が生じる可能性も含めて変化を検知できるモニタリング体制が必要である。
- ・地殻変動の観測について見ると、高感度で短期的な地殻変動を捉えることが

可能なひずみ計については十分な観測網となっていない。特に愛知県から四国にかけての内陸の想定震源域を中心に更なる観測の強化が望まれる。

- ・プレート間の固着状態を常時モニタリングするには、陸域の観測だけでは不十分であり、想定震源域直上の海域のモニタリングの強化が不可欠である。特に南海トラフの西側の領域の観測が不足しており、強化が必要である。
- ・海域の観測網の強化は、高感度で地殻変動に対応する現象を捉えることに加え、大規模地震発生時の破壊領域の把握や、緊急地震速報・津波警報の迅速化・高精度化にも効果的である。
- ・過去に大規模地震に先行して観測された現象は、それ単独では地震発生予測の評価が行えるものではないが、プレート間の固着状態の変化を示唆する現象の可能性がある。大規模地震発生の危険性の高まりを示唆する現象と評価されるものについては、常時モニタリングしておくことが重要である。
- ・プレート間の固着の変化を捉えるためにも、観測網の高密度化に加え、可能なものからリアルタイム的なデータの収集・監視を行うとともに迅速な解析を実施することが望まれる。この際、関係する各機関は、互いの解析結果を共有し、比較・評価することが重要である。
- ・観測データについて、研究ベースで公開されていないものがあるが、それらを公開することで、解析技術の高度化や新しい利用方法、モニタリング方法が見つかることに繋がることから、積極的に公開することが重要である。
- ・観測データのリアルタイム公開と併せて、解析の自動化による即時的な公開を目指すことも重要である。

(2) 地震発生予測に向けた調査研究のあり方

- ・観測データとシミュレーションモデルを統合したデータ同化によって、実際の現象を適切に再現する技術の進展が、現在進行している現象の理解を深めるために必要である。
- ・シミュレーションモデルを用いて、今後の短期的な現象の推移を多数計算し、一定の幅を持った将来の予測として使えるようにすることが重要である。
- ・大規模地震の発生前に起きた様々な現象が各地域で伝承されている事例もあり、これらについても資料を収集・整理し、シミュレーションによる現象の再現を通じて、現象の理解を深めることも検討することが重要である。
- ・大規模地震の発生前に見られる地下水や電離層の変化についても、物理モデルとして説明し、その理解を深めることも重要である。
- ・地震活動の統計データに基づく地震発生確率の予測手法の更なる高度化が望まれる。過去の地震活動のデータのみ依存する統計手法で表現するには、発生事例が少ない規模の大きな地震では特に難しい面があり、応力変化等の

物理モデルも取り入れた新たな確率モデルの構築に向けた調査研究の推進が重要となる。

- 発生が極めて稀な大規模地震の理解を深めるためには、過去にどのような地震が発生してきたかを把握することが重要である。このため、古文書の収集や津波堆積物調査の実施等により、過去資料の充実を図るとともにそれら資料を適切に解釈する調査研究の促進により、大規模地震の理解を深める必要がある。
- 東北地方太平洋沖地震で先行して観測された現象に限らず、現在の知見では説明できないような現象を解釈できるような研究も必要である。