

南海トラフの地震の長期評価について

平成13年9月27日
地震調査研究推進本部
地震調査委員会

地震調査研究推進本部は、「地震調査研究の推進について ―地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策―」（平成11年4月23日）を決定し、この中において、「全国を概観した地震動予測地図」の作成を当面推進すべき地震調査研究の主要な課題とし、また「陸域の浅い地震、あるいは、海溝型地震の発生可能性の長期的な確率評価を行う。」とした。

地震調査委員会では、この決定を踏まえつつ、これまでに、12地域の14の活断層帯の評価を終えて公表してきた。また、海域に発生するプレート間大地震（海溝型地震）として、宮城県沖地震について長期評価を行い、公表した。

今回、宮城県沖地震に続いて、プレート間大地震である南海トラフに発生する地震について、現在までの研究成果及び関連資料を用いて評価し、別添のとおりとりまとめた。

南海トラフの地震の長期評価

四国から駿河湾までの太平洋沿岸を含む南海トラフ沿いの地域では、ここを震源域として大地震が繰り返し発生していることが知られている。本報告書は、南海トラフ沿いのうち図1に示す四国沖から浜名湖沖までの領域X及び領域Yを対象とし、長期的な観点で地震発生の可能性、震源域の形態等について評価してとりまとめたものである。評価に当たっては、これらの領域に発生した地震について行われた調査研究の成果を参考にした。

ここでは、便宜上、領域X付近を中心にして発生する地震を南海地震、領域Y付近を中心にして発生する地震を東南海地震^{*1}と呼ぶ。なお、図1の領域Zは、1944年の東南海地震（昭和東南海地震）の際に破壊せずに残ってしまった部分を含む領域であり、想定東海地震はこの領域を概ね震源域とするとされている（中央防災会議東海地震に関する専門調査会、2001）。地理的には、領域Xは足摺岬（高知県）沖～潮岬（和歌山県）沖、領域Yは潮岬沖～浜名湖（静岡県）沖、領域Zは浜名湖沖～駿河湾にそれぞれ概ね該当する。

この報告書では、想定東海地震の発生が懸念されていることを前提とした。

1 地震の発生位置及び震源域の形態

南海トラフに発生する地震は、主に、四国や紀伊半島が乗っている陸のプレートの下へ太平洋側からフィリピン海プレートが沈み込むことに伴って、これら2つのプレートの境界面（以下「プレート境界面」という。）が破壊する（ずれる）ことによつて発生する。また、時によってはプレート境界面から枝分かれした陸のプレート内の高角の断層（以下「分岐断層」という。）も含めて破壊し（図2参照）、海底での上下地殻変動を大きくすることや局地的に強い揺れを生じさせる可能性もある。

<過去の震源域について>

過去の南海地震の震源域については、次のとおり（表1参照）。西端は、足摺岬の東で止まった可能性が高い事例（1946年）及び足摺岬の西にまで及んだ可能性がある事例（1707年）がある。東端は、潮岬の東で止まった事例（1854年、1946年）及びY領域にまで及んだ（東南海地震が同時発生した）可能性が高い事例（1605年、1707年）がある。

過去の東南海地震の震源域については、次のとおり（表1参照）。西端は、潮岬の東で止まった事例（1854年、1944年）及びX領域にまで及んだ（南海地震が同時発生した）可能性が高い事例（1605年、1707年）がある。東端は、浜名湖の沖合で止まった可能性が高い事例（1944年）及び領域Zまで及んだ可能性がある事例（1707年、1854年等）がある。

<次の地震の発生位置及び震源域の形態について>

次の地震の発生位置（領域）及び震源域の形態は、過去の地震のうち資料が十分揃っている1498年の東南海地震（明応東海地震）以降に発生した地震の状況、プレート境界面の深さの推定結果、地殻変動の現状、及び地殻構造等の調査結果から総合的に判断して、図3のようになる可能性が高いと考えられる（表3-1及び表3-2参照）。また、南海地震及び東南海地震が同時発生した場合にも図3の領域が両者の震源域となると考えられる。

2 地震活動

歴史地震の記録や観測成果の中に記述された、津波の記録、震度分布等に基づく調査研究の成果を吟味し、南海地震及び東南海地震に該当すると評価（同定）した結果及びそれを踏まえた次の地震の評価結果は次のとおりである。

*1 「東南海地震」という用語は1944年に発生した地震について使われてきた。この地震以前に領域Y付近を中心にして発生した地震の震源域は領域Zまでを含むことが多く、「東海地震」と呼ばれている。例えば、1854年に発生した地震は安政東海地震と呼ばれる（地震調査委員会、1999）。しかし、ここでは、想定東海地震との区別を明確にするために、「東南海地震」と呼ぶことにした。以下読み易さに配慮して鍵括弧を省いた。

<過去の地震について>

南海トラフ沿いに発生した大地震については、684年の地震まで遡って確認された研究成果がある。しかし、1498年より前については、資料の不足により、地震の見落としの可能性が高い。以下ではこのことを考慮した。

過去の南海地震については、1498年以降現在までの約500年間に5回発生した可能性があると考えた。但し、1498年の頃については、南海地震がこの時期に発生した可能性が高いと判断したものの、史料に記述されている特定の地震を同定できなかったことから同定できたのは4回であった。1605年以降の4回の地震は、その発生間隔は92.0年から147.2年までの範囲にあり、平均発生（活動）間隔は114.0年となる。最新の発生が1946年12月21日であることから、最新発生からの経過時間は2001年1月1日現在で54.0年となり、平均発生間隔の約半分が経過したことになる。また、南海地震については、高知県室戸半島先端の室津港の地震時の隆起のデータ及び地震発生間隔からの研究成果等を踏まえると、限界応力値に達すると地震が発生するモデル（時間予測モデル）が適用可能と考えた。

過去の東南海地震については、1498年以降現在までの約500年間に5回発生したと同定した。これら5回の地震は、その発生間隔は89.9年から147.2年までの範囲にあり、平均発生（活動）間隔は111.6年となる。最新の発生が1944年12月7日であることから、最新発生からの経過時間は2001年1月1日現在で56.1年となり、平均発生間隔の約半分が経過したことになる。

南海地震と東南海地震の発生時期の関係は、次のとおり（表2参照）である。1605年以降については、上述のとおりどちらについても4回の発生を同定したが、この全ての場合について、両者の発生間隔が2年以内であった（同時2例、32時間1例、2年1例）。発生に時間的にずれがあった2例は、ともに東南海地震が先に発生した。1498年より前については、1096年～1099年頃（表1備考参照）について、東南海地震が1096年12月（畿内・東海道の地震）に、南海地震が1099年2月（南海道・畿内の地震）にそれぞれ発生したと同定した。これらの発生の時間的ずれは2年2か月であった。

過去の地震の規模は、次のとおり（表2参照）である。東南海地震についてはM7.9～8.4(Mt^{*1}8.1～8.5)、南海地震についてはM8.0～8.4(Mt8.1～8.3)、両者が同時発生の場合にはM7.9^{*2}～8.6(Mt8.2～8.4)であったと考えた。

南海トラフにおける大地震の発生様式は多様であった可能性がある。1605年の地震（慶長地震）では、津波による被害については多くの記述があるものの、強震動による建物の倒壊などの被害は知られておらず、この地震についてはいわゆる津波地震^{*3}であったと考えた。

なお、684年以降現在までの間に、南海地震は東南海地震との同時発生も含めて、少なくとも9回M7.9～8.6(1498年はM不明)の地震が発生した可能性があり、東南海地震は南海地震との同時発生も含めて、少なくとも7回M7.8～8.6の地震が発生した

*1 Mtは「津波マグニチュード」のことである。地震の規模を表すマグニチュード(M)は、地震波(地震動)の大きさ(揺れの大きさ)の分布を使って算出するのに対して、Mtは、津波の高さの分布を使って算出する地震の大きさの指標である。Mtを決める計算式の係数は、MtがモーメントマグニチュードMwと同じになるように決められている(Abe, 1981)。津波の遡上高をデータとして工夫して用いることで、潮位観測データがない歴史地震にも適用可能(阿部, 1999)であり、歴史地震のMwを推定する上で信頼性が高い。なお、Mwは、震源の物理学的な規模を表す地震モーメントという量から決められるマグニチュードである。

この報告書で示す過去の地震のMの値は、1884年以前のものについては近代観測によらず被害などから推定されたものであり、必ずしもそれ以後のMと十分に整合性が取れているとは限らない。一方において、Mtは比較的信頼性が高い津波に関する記述に基づいていることから、相互の大小を比較する上でより信頼性が高いと考えられる。

*2 「M7.9」は、1605年の慶長地震の値であり、この地震は、後述する「津波地震」であった。このため、震源域の広さ、津波の大きさ、及び震源域でのすべり量の大きさの割に、地震動が小さく、マグニチュードが小さい値となっている。

*3 「津波地震」とは、断層が通常よりゆっくりとずれて、人が感じる揺れが小さくても、発生する津波の規模が大きくなるような地震のことである。この報告書では、Mtの値がMの値に比べ0.5以上大きい(阿部, 1988参照)か、津波による顕著な災害が記録されているにも係わらず顕著な震害が記録されていないものについて津波地震として扱うことにした。これにより、南海トラフに発生した地震のうち、1605年2月3日の慶長地震が津波地震となる。なお、津波地震の例として、1896年の明治三陸地震津波を引き起こした地震が有名である。

可能性がある、とそれぞれ考えた。

<次の地震について>

次の南海地震と東南海地震の発生時期の関係は、過去の事例（発生時期のずれは2年程度以内）を踏まえ、同時又は相互に近接して発生するかのどちらかである可能性が高いと考えられる。後者の場合には、東南海地震、南海地震の順番で発生する可能性が高いと考えられる。

また、次の南海地震発生までの1946年の地震からの間隔は、1946年の地震における応力の解放量が過去の南海地震の平均的なそれに比べ小さいと考えられることから、時間予測モデルに基づき、過去の平均発生間隔114.0年よりは短いと推定される。一方、次の東南海地震発生までの1944年の地震からの間隔は、過去の東南海地震が南海地震の発生と同時に相互に近接して発生してきていること、次の南海地震発生までの間隔が114.0年よりは短いと推定したこと、及び昭和東南海地震のマグニチュードがそれ以前のものより小さめであったことから、過去の平均発生間隔111.6年よりは短い可能性が高いと推定される。時間予測モデルによると、次の南海地震及び東南海地震の発生の可能性は年々高まっており、今後30年以内の発生確率は、南海地震で40%程度、東南海地震で50%程度に達すると推定される。今後10年以内から今後50年以内の長期発生確率は、表4-1及び表4-2のとおりである。なお、南海地震に比べ東南海地震は、応力の解放量の推定の信頼度が低いことから、これらの確率の値は南海地震のものを基準にして理解することが適当である。

地震の規模は、個別に発生した場合では、南海地震はM8.4前後^{*1}となると考えられる。また、東南海地震はM8.1前後となると考えられる。さらに、同時に発生した場合では、M8.5前後となる可能性が高いと考えられる。さらに、津波地震となる可能性もあると考えられる。なお、1946年の南海地震は過去の事例の中でもマグニチュードが小さかったことに注意する必要がある。

3 今後に向けて

強震動予測に必要な震源の特性の評価は別途早急に行うことにしている。

また、仮に想定東海地震が発生せずに推移した場合には、領域Zは次の東南海地震発生の際に同時に破壊する可能性も出てくるが、この点については、適当な時期に再検討する必要がある。

一方、南海トラフ沿いの大地震の発生の前後に、中部圏を含む西日本で、地震活動が活発化した事実やそのことを示す調査研究成果が複数あることに注意しておく必要がある。

なお、ここでの長期評価の結果を踏まえて、長期的な地震発生時期、強震動等の予測精度の向上のため、当該地域について調査観測体制の強化が望まれる。また、「地震の起こる時期を、警報を出せるほどの確かさで予知することは、異常な地殻の変動等の現象が現れた場合に予知できるとされている『東海地震』を除き、現在の科学技術の水準では一般的に困難」（地震調査研究推進本部, 1999）であり、また、地震予知の実用化への目途は現段階においても立っていない（測地学審議会地震火山部会, 1997）。このことは南海地震及び東南海地震についても同様である。このようなことから、南海トラフ沿いの地震の前・後の海域の異常な地殻変動を捕捉する手法の開発など新たな技術開発や、さらなる学術的知見の蓄積を行っていくことにより、南海地震及び東南海地震についても、地震予知に向けての努力を着実に継続することが望まれる。

*1 Mの数値の推定のばらつきについて、地震調査委員会では「程度」及び「前後」を使用し、「程度」は「前後」よりばらつきが大きい場合に使用してきた。

表1 南海トラフ沿いの大地震の震源域の目安

(凡例：○=ほぼ全域が震源域：△=一部が震源域。)

発生日 グレゴリオ暦(ユリウス暦)	地震名 (通称)	領域 X	領域 Y	領域 Z	備考
1498年9月20日(9月11日)	明応東海地震		○	△	南海地震では1605年より前、東南海地震については1498年より前について、それぞれ発生した地震の検討に利用しうる資料が不足し、地震の見落としの可能性が高いと判断。 領域 X 付近を中心とした領域では、1605年より前については、1498年、1361年、1099年、887年、684年に地震が発生。 領域 Y 付近を中心とした領域では、1498年より前については、1360年、1096年に地震が発生。
1605年2月3日	慶長地震	○	○	△	
1707年10月28日	宝永地震	○	○	△～○	
1854年12月23日 1854年12月24日	安政東海地震 安政南海地震	○	○	○	
1944年12月7日 1946年12月21日	昭和東南海地震 昭和南海地震	○	○	(想定東海地震)	

表2 南海地震及び東南海地震の震源域で発生した地震のマグニチュード等

地震発生年	南海地震					東南海地震					同時発生	
	地震発生年/月/日 (津波地震：その旨明記)	前回の地震からの経過年数 (年)	地震規模			地震発生年/月/日 (津波地震：その旨明記)	前回の地震からの経過年数 (年)	地震規模			地震規模	
			M _{注2}	Mt _{注3}	Mw _{注4}			M _{注2}	Mt _{注3}	Mw _{注4}	M _{注2}	Mt _{注3}
1498(明応)	(データセットに含めなかった)					1498/9/20 ^{注1} (1498/9/11)	/	8.3	8.5	/	/	/
1605(慶長)	1605/2/3 (津波地震)	/	/	/	/	(南海地震と同時発生)	106.4	/	/	/	7.9	8.2
1707(宝永) ^{注5}	1707/10/28	102.7	/	/	/	(南海地震と同時発生)	102.7	/	/	/	8.6	8.4
1854(安政)	1854/12/24	147.2	8.4	8.3	/	1854/12/23	147.2	8.4	8.3	/	/	/
1944～1946(昭和)	1946/12/21	92.0	8.0	8.1	8.2 ～ 8.5	1944/12/7	89.9	7.9	8.1	8.1 ～ 8.2	/	/

注1:天正十年九月十八日[1582年10月4日]まではユリウス暦で表現し、その翌日の天正十年九月十九日[1582年10月15日]以降は現行のグレゴリオ暦で表現することが推奨されている(早川・小山,1997)。ここでは発生年の間隔を計算する上での便宜を考慮して、グレゴリオ暦で示したものの、ユリウス暦による月日を括弧に入れて示した。

注2:Mの欄は宇津(1999)の表に記述されたMを採用することとした。1884年以前のMの値は近代観測が行われる前の時点のものであり、1885年以降のものに比べ信頼性が劣る。宇津(1999)は、「1884年以前の震央の緯度・経度とマグニチュードは宇佐美(1996)の書物によるが、同書に範囲として示されているものは範囲の中央値を記入し、また分数は小数に直し小数点以下1桁で打ち切った。」としている。また、宇津(1999)は、「1885～1980年の震源とマグニチュードは宇津の表による。」としている。但し、1707年10月28日の地震については宇佐美(1996)ではM8.4とされ、宇津(1999)はM8.6としつつもその根拠を示していない。この地震は、1854年の南海地震(安政南海地震)と東南海地震(安政東海地震)が同時に起こったのと同程度以上の大きさであることを示唆する研究成果(相田,1981a,1981b)があり、これらの地震のマグニチュードから得られるエネルギーを足し合わせ、それをマグニチュードに換算したものと考えた。

注3:Mtは津波マグニチュード(前出)。

注4:Mwはモーメントマグニチュード(前出)。昭和南海地震及び昭和東南海地震のMwは、各種研究成果(例えば、相田,1979; Ishibashi,1981; Kato,1983; 相田,1981b)を踏まえ、地震モーメント等を利用して推定し、それらの最大値と最小値を採用することとしてそれを示した。なお、菊地・山中(2001)を踏まえると、Mw7.9となるが、検討範囲が利用可能なデータの制約から限定されていることから、この値は参照するにとどめた。

注5:1707年の地震については、2つの地震が1～2時間の差で発生したという見方もある(例えば、飯田,1981)。その場合、一方は南海地震(宝永南海地震)であり、M8.4・Mt8.4とされ、他方は東南海地震(宝永東海地震)であり、M8.3・Mt8.1であるとされている(Mは震度分布に基づく飯田,1981による。Mtは阿部,1999による。)。しかし、各地における地震動の発現時だけからは2つの地震であると断定は困難とされている(宇佐美,1996)ことから、ここでは同時発生扱いとした。

表3-1 南海地震の発生位置、震源域の形態、発生間隔等

項目	特性	根拠
(1) 地震の発生位置 (領域)の目安 (2) 震源域の形態 (3) 断層面の分布	図3 紀伊半島・四国が乗っている陸のプレートとフィリピン海プレートの境界面(低角逆断層型)。時により高角の分岐断層を含む。 図3(深さは、沿岸寄りでは約30km、トラフ寄りでは約10km。)	フィリピン海プレートの上面の深さが10km~30kmの範囲を各種構造モデルを踏まえて推定し、それを南北の両端とした。 また、1707年以降の南海地震の各種震源モデルの震源域の全体を中心にしつつ、バックスリップモデルや観測された地殻変動も参照して東西端を判断。
(4) (地震時における陸のプレートの震源断層面における)平均的なずれの向き	N125° E~N131° E (北から時計回りに計った角度; 図3)	フィリピン海プレートの陸のプレートに対する相対運動方向(Seno <i>et al.</i> , 1993; Miyazaki & Heki, 2001)から算出
(5) 発生間隔等	平均発生間隔 114.0年 昭和南海地震(1946年12月21日)から次回までの標準的な発生間隔 90.1年 最新発生時期から2001年1月1日現在までの経過時間 54.0年	時間予測モデルにおいて、室津港での隆起量に換算した応力蓄積速度として、過去2回の南海地震での室津港のデータから求めた0.01304m/年及び昭和の南海地震の際に1.15mの隆起が観測されていることを用いると、次回までの活動間隔は88.2年となる。同様にして、震源断層長、震源域で推定されるずれ量等からも発生間隔が求まる。これらについて信頼性も考慮して、選択・平均化すると90.1年が求まり、これを採用。
(6) 次の地震の規模	M8.4前後。東南海地震と同時発生した場合にはM8.5前後。	過去発生した地震のMt、Mw等を参考にし、震源域の形態を踏まえて判断。

表3-2 東南海地震の発生位置、震源域の形態、発生間隔等

項目	特性	根拠
(1) 地震の発生位置 (領域)の目安 (2) 震源域の形態 (3) 断層面の分布	図3 本州が乗っている陸のプレートとフィリピン海プレートの境界面(低角逆断層型)。時により高角の分岐断層を含む。 図3(深さは、沿岸寄りでは約30km、トラフ寄りでは約10km。)	フィリピン海プレートの上面の深さが10km~30kmの範囲を各種構造モデルを踏まえて推定し、それを南北の両端とした。 また、1498年以降の東南海地震の各種震源モデルの震源域の全体を中心にしつつ、バックスリップモデルや観測された地殻変動も参照して東西端を判断。
(4) (地震時における陸のプレートの震源断層面における)平均的なずれの向き	N125° E~N131° E (北から時計回りに計った角度; 図3)	フィリピン海プレートの陸のプレートに対する相対運動方向(Seno <i>et al.</i> , 1993; Miyazaki & Heki, 2001)から算出
(5) 発生間隔等	平均発生間隔 111.6年 昭和東南海地震(1944年12月7日)から次回までの標準的な発生間隔 86.4年 最新発生時期から2001年1月1日現在までの経過時間 56.1年	時間予測モデルにおいて、震源断層長、震源域で推定されるずれ量等から求めた発生間隔について、それらの信頼性も考慮して、選択・平均化し86.4年が求まり、これを採用。
(6) 次の地震の規模	M8.1前後。南海地震と同時発生した場合にはM8.5前後。	過去発生した地震のMt、Mw等を参考にし、震源域の形態を踏まえて判断。

表 4 - 1 次の南海地震の発生確率等

項目	将来の地震発生確率等*	備考
今後10年以内の発生確率 今後20年以内の発生確率 今後30年以内の発生確率 今後40年以内の発生確率 今後50年以内の発生確率	10%未満 20%程度 40%程度 60%程度 80%程度	時間予測モデルによる「前回から次回までの標準的な発生間隔」90.1年及び発生間隔のばらつき α 0.20~0.24をBPT分布モデル(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2001)に適用して発生確率を求めた。
地震後経過率	0.60	経過時間54.0年を発生間隔90.1年で除した値。

注*：評価時点は全て2001年1月1日現在。

表 4 - 2 次の東南海地震の発生確率等

項目	将来の地震発生確率等*	備考
今後10年以内の発生確率 今後20年以内の発生確率 今後30年以内の発生確率 今後40年以内の発生確率 今後50年以内の発生確率	10%程度 30%程度 50%程度 70~80%程度 80~90%程度	時間予測モデルによる「前回から次回までの標準的な発生間隔」86.4年及び発生間隔のばらつき α 0.18~0.24をBPT分布モデル(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2001)に適用して発生確率を求めた。応力の解放量の推定の信頼度が低いことから、その精度は十分ではない。但し、東南海地震は南海地震と同時に発生するか、相互に時間的に近接して発生するかのどちらかである可能性が高いと考えられることに留意する必要がある。
地震後経過率	0.65	経過時間56.1年を発生間隔86.4年で除した値。

注*：評価時点は全て2001年1月1日現在。