

南海トラフ地震と日本の地震予知研究

加藤照之

(神奈川県温泉地学研究所*)

■はじめに

近い将来襲来が予想される大きな地震として南海トラフ地震と首都直下地震が指摘されています。両方とも日本の社会に大きな影響を与える可能性があるのですが、とりわけ南海トラフ地震は関東から南西諸島までの日本の広い領域に大きな影響を与えることが想定されています。南海トラフ地震の予測は、日本の地震予知研究史の源流から今までを貫く、一本の大河のような重要な存在でこれまでも多くの研究者が携わり、政府の防災対策も巻き込んできました。私もそのような歴史の目撃者、そしてささやかながら当事者であったと言えるかもしれません。今回は、南海トラフ地震を中心に、日本の地震予知研究を振り返ってみたいと思います。

■日本の地震予知研究のはじまりと今村明恒

日本の地震予知研究は 1891 年の濃尾地震の後に国が立ち上げた震災予防調査会の活動に始まります。その報告書の最初には「本会の調査事業はその名称の如く地震の災害を予防すべき手段を調査するにあり、さらにこれを言えば一面においては地震を予知する方法有りや否やを探求し…」(字体は筆者が現代仮名遣いに変換しました。以下、同)と書かれています。もちろん、ほかにも地震の実態を解明するための様々な科学的探究を行うことが列挙されているのですが、少なくとも地震予知が当時の地震研究者の第一の目標であったことは間違いのないところだろ

うと思います。

このころ、地震学の大家として既に名をはせていたのが東京帝国大学の大森房吉教授です(図 1)。大森も地震予知には多大な興味を持っており、地震予知の大家としても評価を得ていました。一方、彼の下にもう一人地震予知の実現に熱意のある助教授がいました。今村明恒です(図 1)。大森と今村が関東地震をめぐる論争をしたことはご存じの方も多いいと思います。長くなるので詳しい説明はやめますが、今村が東京を襲う大地震の発生について警鐘を鳴らしたことが大きな騒ぎとなったことから大森がそれを鎮静化させるために今村の警鐘を否定するようなメッセージを出して今村と対立したのです。このことで二人の関係は険悪になりましたが、結局関東地震が発生し、結果的に論争は今村に軍配がかります。大森はその直後病に倒れ、

今村が大森のあとを継ぐことになりました。

■今村の予言と挫折

今村の地震予知の考え方は「地震は繰り返す」というものでした。これは今にも通じる考え方です。東京を襲う地震に関しても彼は江戸の歴史で地震が繰り返し発生したことを知って警鐘を鳴らしたのです。東京を襲う地震に対する警鐘が上司でもあり先輩でもあった大森によって否定され、そして実際に発生したのですから、今村にとっては心底悔しかったことでしょう。

今村が次に目をつけたのは「南海道大地震」でした。西南日本の太平洋岸では古来大きな地震が繰り返し発生してきたことを彼は知っていたのです。彼は 1933 年の雑誌「地震」に投稿した論文(今村, 1933)で、南海道沖(今風にいうならば南

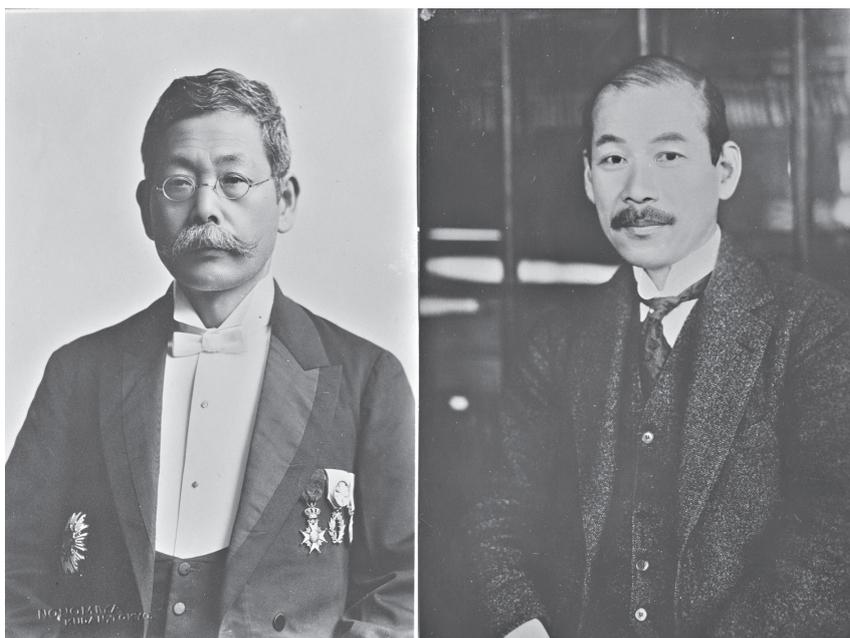


図 1 (左) 大森房吉, (右) 今村明恒 (画像提供: 国立科学博物館)

* 現所属: 大正大学地域構想研究所

海トラフ) 沿いに 1361 年、1498 年、1605 年、1707 年、1854 年と 5 回にわたって大地震が繰り返したことを指摘し、地震間には室戸半島や紀伊半島などの先端が内陸に比べて沈降する傾動が、地震時に急激に反動して隆起することを地震の繰り返しに伴う現象であることを述べ、結論で次のように述べています：“南海道大地震津波は今後も繰り返すか否か、単に過去の沿革を見ただけでも、それは一つの大きな謎でなければならぬ。読者もし予が半島の傾動に関する所説を翫味されたなら、謎はさらに深刻さを増すであろう。もし強いて楽観してこれに備えることなきに於いては、万一の場合、かの関東大地震と三陸大津波が併発するが如き苦患に陥ることなきを保し難い。実に寒心に堪えない次第である。”。ここでいう半島の傾動運動とその反動は、今ではプレートテクトニクスによって明確に理解されていますが、当時はまだ原因が解明されていない謎でした。しかしながら、彼は現象を正しく理解し、そして次の南海道大地震の予知（現代風に言えば長期地震予知）に成功していたのだといえるでしょう。

今村は南海道大地震の直前予知のため、戦時中で資金も乏しかった中、私財を投じて西南日本に 7 つもの観測所を作り、観測を続けたのです。しかしながら、資金は十分でなく、また戦争も激しさを増し、次第に観測を休止せざるを得ない状況に追い込まれていきました。このような戦争の混乱の中で 1944 年の東南海地震が、そして戦後の 1946 年に昭和南海地震が発生したのです。今村はこうして南海道大地震（東南海地震と南海地震）の直前予知にも失敗し、そしてその 2 年後に亡くなったのです。

戦中・戦後という科学的な活動が

最も困難な時期に地震が発生したことはまさに歴史の皮肉とでもいえるべきものかもしれません。もし観測が継続されて地震前のデータが豊富に残されていたら、あるいは地震が少し時期をずらして発生していたら、仮に直前予知には失敗したとしても、今日にも通用する極めて重要なデータがとられていたことと思います。実は、今村はそのようなデータを少しだけ残すことができました。その一つは 1944 年東南海地震直前に行われていた水準測量の結果です。彼は地理調査所（現在の国土地理院）に依頼して静岡県の掛川市付近で水準測量を行っていました。この地震の直前に水準儀に異常が生じたことが記録として残されたのです（越山、1976）。この測量成果は、この後に述べるように、後の地震予知事業の中で東海地震だけは地震予知が可能として予知体制が敷かれた時に、唯一の科学的根拠とされたのです。結局東海地震も予知はできないとの判断が下されてしまったのですが、このような経験を得ることができたことは今村の残した功績と言ってもよいかもかもしれません。

■ 地震予知研究の展開

今村の亡きあと、しばらく地震予知研究の動きはありませんでしたが、1960 年代に入ってにわかには復活します。その端緒は、記録に残るところでは地震学会であったようです。詳細は泊（2015）に譲りますが、日本地震学会の有志によっていわゆるブループリントが作成されます。これに基づいて国家的な地震予知計画の立案が進められます。1964 年新潟地震や 1965 年頃から活発化した松代群発地震など、社会的影響が大きかった地震が相次いだことも地震予知計画の推進を後押ししたようです。

1970 年代に入ると、にわかには脚光をあびたのが米国コロンビア大学のショルツ教授の提唱したダイラタンシーモデルです。これは力を受けた岩石が破壊する前に断層周辺の空隙が増大し、そこに水などの流体が滲入して断層上の応力低下を引き起こし、断層面が滑る、という仮説でした。この仮説に基づけば、米国で観測された地震直前の断層周辺の地震波速度の低下や新潟で 1964 年新潟地震前に観測された地殻変動がよく説明できる、というものでした。この仮説が地震予知を推進していた日本の研究者に大きな力を与えていました。

私が東大地震研に大学院生として入学したのはちょうどそのような時でした。たまたま大学院 3 年（博士課程 1 年）の時にこのショルツ先生が地震研を訪れたことから知己を得て、後に私がコロンビア大学に留学する機会をえることができました。

次に登場したのが駿河湾地震説です。これは当時東京大学理学部地震学教室の助手だった石橋克彦博士によって提唱された仮説です。石橋博士は、歴史地震や、当時盛んに取り入れるようになったプレートテクトニクス、急速に進展しつつあった震源過程論などに基づく地殻変動断層モデルなどを駆使し、安政東海地震の再来が近く、その震源域が駿河湾に入る可能性があり、もしそうなれば重大な災害が発生すると警告しました。これがメディアにも大きく取り上げられ、国会でも議論されて、「大規模地震対策特別措置法」（いわゆる大震法）の成立と国による地震予知体制の確立が進むことになりました。東海地震を予知するために、気象庁に「地震防災対策強化地域判定会」（以下、判定会）が設置され、判定会委員は毎月招集されて東海地

方のデータの検討を行うほか、毎年9月1日には東海地震予知を前提とした訓練が行われることになりました。このように、1970年代は地震予知が比較的楽観視され、期待も大きかった時代だったと思います。

■ 地震予知の挫折と 東北地方太平洋沖地震

1980年代に入ると折からのバブル景気などもあって地震予知研究は順調に進んだかに見えました。このころ、全国の地震観測網にテレメータ導入などが進んで監視体制が次第に高度化する一方、GPSなどの新技術も少しずつ導入され、日本の地震・地殻変動の観測体制が次第に充実してきたともいえます。一方、東大に米国から赴任してこられたグレー教授が「反地震予知」を声高に唱え始めたことは、地震予知研究コミュニティにとっては目の上のたんこぶのように思えたことだったように思います。

こうして、1995年を迎えます。この年の1月17日に発生した兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）は地震予知関係者に大きなショックを与えました。淡路島から神戸市直下に延びる活断層が動いて6500人近い人命が失われました。地震予知ができなかったばかりか、“関西には地震は起こらないと思っていた”というような言説が流されるなど、地震関係者は大きな挫折を味わうことになりました。

この地震をきっかけに、政府はそれまでの地震予知体制を抜本的に改革し（これには当時の田中真紀子科技庁長官が大きな力を発揮しました）、総理府（のちに文科省）に地震調査研究推進本部（地震本部）を創設し、地震・地殻変動の観測体制を、それまでの大学・国家機関の2本立てだったものを統合して一本化

し、活断層等の長期評価のプロジェクトを立ち上げることになりました。この断層の長期評価で、はじめて「今後30年以内の地震の発生確率はXX%」という確率予測が使われることになりました。

地震発生の確率予測には、基本的に地震（特に大きな地震）が同じ断層で繰り返し発生する、という考え方が用いられました。これは最初に述べた今村明恒の直観にも等しいような考え方を、地震学として正式に認めたということに他なりません。もちろん、同じ地震が繰り返すといっても活断層の場合はその周期は千年～1万年を超えるような長い周期をもっていますので、歴史記録で前の地震がわかっている場合はほとんどありません。そこで、断層を掘削したり露頭の調査を行って、昔の断層が動いた時の地層の痕跡を見つけ、そこでとれる試料の年代測定を行って繰り返し周期を推定することになりました。しかし、このような手法では誤差が大変に大きいため、意味のある確率を導き出すことはとても困難なことです。また、確率の値をどう解釈すればよいのか、という疑問に科学者はなかなか適切な答えを見いだせていないように思います。

その後、内陸の活断層だけでなく、海溝沿いに発生する巨大地震の確率予測も同じように行うようになりました。海溝沿いの巨大地震は繰り返し周期が100年～200年程度と、内陸の活断層に比べてはるかに短いため、歴史的な記録が比較的豊富に得られます。とりわけ、東海から四国にかけての西南日本の太平洋側は文書記録が充実しているため、海溝型巨大地震は1300年以上昔にさかのぼって、繰り返し周期が知られています。これが最初に述べた今村の地震予知への情熱を呼び起こした

わけなのです。ただ、これらの海溝沿いに発生する巨大地震も、内陸地震と同様必ずしも同じ間隔で発生するわけではなく、繰り返し周期は短かったり長かったりします。そのような不確定性をきちんと確率論を用いて評価し、数理科学的な手法を用いて平均的な繰り返し周期とその揺らぎの大きさを推定するのです。これは科学の進歩の結果と言ってもよいでしょう。

一方で東北地方から北海道にかけての太平洋岸でも沈み込む太平洋プレートに沿って巨大地震が発生します。こちらでも西南日本と同様に確率的長期予測が行われてきましたが、歴史記録の数が少ないことに加え、M8クラスのプレート間地震が西南日本ほどには多くなく、その発生形態も宮城県沖や福島県沖などのようにM7クラスの地震が発生する領域もあるなどプレート境界で発生する巨大地震の発生メカニズムが複雑で、西南日本ほどは地震の発生や繰り返しのメカニズムは詳しくは理解されていなかったように思います。東北地方太平洋沖地震が発生する直前までは、東北地方の沖合いでの地震発生に関しては、一番危険性がひっ迫しているのは宮城県沖のプレート間地震の長期評価で、2010年1月1日を起点として30年以内でM7.5前後の地震の発生確率が99%というようなものでした。

こうした中、2011年3月9日に宮城県沖でM7.3のプレート間地震が発生しました。この地震を、想定していた地震（あるいはそれよりもちょっと小さな地震）ととらえた研究者もいたと思います。ところが、その2日後にM9.0超巨大地震が発生したのです。東北地方の沖合では、想定される地震の発生域も「三陸沖中部」「三陸沖南部海溝より」「宮城県沖」「福島県沖」など細かく

分かれており、想定される地震は最大でも M8 程度でした。東北の地震はこれらのうち6つの領域をまたがるように大きな震源域となりマグニチュードも大きくなったのです。西南日本では南海地震や東南海地震が連動して動くことが知られていたのですが、東北ではそのようなことが想定されておらず、まさに“想定外”の地震となりました。

こうして、神戸の地震に続いて東北の地震でも地震の科学的な予知ができませんでした。日本の地震学の研究者、とりわけ私も含む国の地震予知研究を推進してきた研究者は大きな失望感にとらわれたといって差し支えないでしょう。これを受けて、日本地震学会では(当時私は副会長)“地震学の今を問う”と題する、いわば地震予知ができなかったことへの“大反省会”ともいえるシンポジウムを2011年10月に開催しました。このシンポジウムの翌年私は日本地震学会の会長になりました。シンポジウムで出た意見をふまえ、学会として今後とるべき行動計画を提示することになりました。そのうちのひとつが地震予知にたいする見解を出すことでした。ここで、学会として初めて“地震予知は科学の現状では極めて困難である”ことを表明することになりました。

それまでも、すでに研究者の間では地震予知は現時点では不可能であるとの見解は大多数の賛同を得ていたと思います。それでも、“予知はできない”とする見解を学会として表明することに大きな抵抗を示す研究者もいたようです。また、特に東海地震は地震予知を前提とした法律が作られて、気象庁を中心とする地震予知体制ができあがっており、なかなか地震予知を前提としない体制へ移行するのは困難であったようです。それでも、この“地震予知は現

在では不可能”という見解はメディアでもとりあげられ、次第に国民の中に浸透していったように思います。このような状況の中で、次に懸念すべき M9 クラスの巨大地震として急速に話題として取り上げられたのが“南海トラフ地震”でした。

■ 南海トラフ地震の長期評価と被害想定

海溝沿い巨大地震の長期評価は地震本部の長期評価部会海溝型分科会というところで行っています。長期評価部会ではじめて南海トラフ地震(南海地震と東南海地震)の発生時期予測が行われたのは2001年です。この時には、既に確率予測が導入されていたのですが、東海地震だけは予知が可能としてその部分の評価は行われておらず、実質的に南海地震

と東南海地震のそれぞれについての予測となっていました。しかしながら、2011年の東北地方太平洋沖地震を受けて、南海トラフ地震の予測にも大きな考え方の変化がありました(地震調査研究推進本部、2013)。ここでは、東海地震も確率予測の一部に取り入れられました。また、これらをそれぞれ独立に予測するのではなく、同時発生や時間差をおいて発生するなど、多様な発生形態を考慮したうえで確率予測を行ったのです。南海トラフの領域としては東から想定東海地震、想定東南海地震、想定南海地震と3つのセグメントにわかれています。ここではさらに東南海、南海地震のセグメントをそれぞれ2つに分割し、さらに津波堆積物等の調査から震源が日向灘の一部にかかることが推定され西側

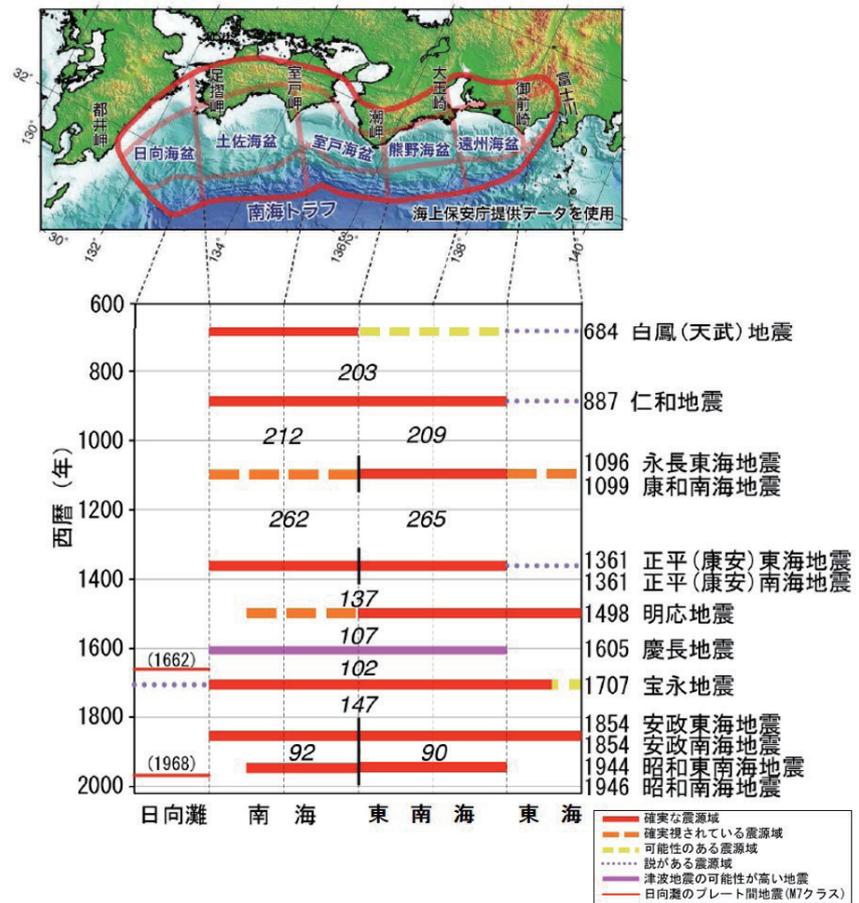


図2 南海トラフ地震の想定震源域(上)と歴史上発生してきた南海トラフ地震の震源域(下)(地震調査研究推進本部, 2013, を一部改変)。

の日向海盆に一つのセグメントを増設し、合計6つのセグメントを設定しました。また、深さ方向にも、(1) すべりが生じると大きい津波が発生する可能性のあるトラフに近い深さの浅い領域、(2) 従来大地震の震源域になると評価されてきた中間部の固着が強い領域、そして(3) 従来の震源域の深部から深部低周波微動と呼ばれる特殊な地震の発生する領域の3つの領域に分割して、全体が滑るとM9地震となるような考えうる最大の地震を想定することになりました(図2)。この広い領域では古来100~200年の繰り返し間隔でM8クラスの地震が様々な形態で発生してきました。最古の記録は684年白鳳時代の地震にさかのぼります。図2では確実な震源域を実線で、“確実視されている”あるいは“可能性のある”震源域を破線で示しています。この図を見ると1361年正平(康安)東海・南海地震の前後で繰り返し間隔が、以前は200年以上であるのに対し、それより後は100年前後が多いことがわかります。古い地震ほど残っている記録が乏しいことを考えると、正平地震以後の6つの地震で予測する方が確実と考えられ、これらから次の地震の発生確率を算出することになりました。この算出に用いた地震は、1933年に今村が考察したのと全く同じ5回の地震に、昭和に発生した地震を加えたものなのです。それはともかく、これら6つの地震もその発生形態は多様であり、次に起こる地震がどれかわからないことから、それらを個別に評価することはできません。発生の多様性の一例は図3に示されています。この図は南海トラフのどの部分が破壊するかの例を示していますが必ずしも全部を尽くしているわけではありません。ただ、ここで注意すべきなのは、南海トラフ地震

がM9となるのはほとんどの部分が破壊する場合で、それは起こりうる地震のうちほんの一部に過ぎないということです。このことは覚えておく必要があります。また、いくつかのケースは一度に地震を起こすのではなく、時間差をおいて発生する場合があります、ということを示しています。このことも覚えておく必要があります。南海トラフ全域でそれらの多様な形態のうちどれかが起こると考えて算出した、2021年1月1日現在を起点として30年以内に発生する確率が70~80%となりました。

た。被害想定を行う場合は危機管理の観点から最悪の地震を考えますので、これらのうち最大のM9クラスの地震となる場合を想定して行われているということなのです。

一方、国として防災を担当する部局は総理府に設けられている中央防災会議という組織です。この中に「南海トラフ地震対策検討ワーキンググループ」が作られ、その中の調査部会で南海トラフ地震が予知できるかどうか、について検討が行われました。その結果、“現在の科学的知見からは地震の規模や発生時期を

	深さ	推定破壊域					スケールリンク則から推定されるMw	
		Z	A	B	C	D		E
東海・南海地域が運動するパターン	浅部							8.8
	中部							
	深部							
	浅部							9.0 ¹
	中部							
	深部							
	浅部							9.0
	中部							
	深部							
	浅部							9.1 ²
	中部							
	深部							
	浅部							8.7
	中部							
	深部							
	浅部							8.9
	中部							
	深部							
浅部							8.8	
中部								
深部								
浅部							9.0	
中部								
深部								
浅部							8.7	
中部								
深部								
浅部							8.9	
中部								
深部								
浅部							8.4	
中部								
深部								
東海・南海地域の2地震が時間差をおいて発生するパターン	浅部							8.7, 8.3
	中部							
	深部							
	浅部							8.5, 8.3
中部								
深部								
浅部							8.7, 8.2	
中部								
深部								
浅部							8.5, 8.2	
中部								
深部								

図3 想定される震源域の一例(地震調査研究推進本部, 2013)

高い確度で予測することは困難である”との見解が出されました（中央防災会議、2013）。ここで国としてはじめて地震予知は困難である、と認めるに至りました。一方、南海トラフ地震の一部を構成する東海地震はそれまで地震予知は可能、との立場から予知の体制がとられてきたことから、その体制の変更が迫られました。気象庁には前記の通り判定会が設置され、毎月東海地域に異常がないか検討する定例会が開催されていましたが、2017年10月からこの判定会に「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」という名称が付加されることになり、観測データの検討領域が東海から南海地域にまで拡大しました。実は判定会という名称はまだ存続していますが、これは前記の大震法がまだ存続しているためにこのようなことになっているのだらうと思います。

■ “南海トラフ地震”の 予測に対する国の防災対応

さて、こうして南海トラフ地震の長期評価すなわち、地震発生の確率予測が出されました。このことは何を意味するのでしょうか。今村は南海道大地震の長期予知を行った、と述べました。長期評価の確率予測は、まさにこの長期予知を確率論を用いて行った、ということにほかなりません。予知では“いつ”“どこで”“どの大きさの”地震が起きる、ということを正確にいいあてることですが、それができないので、あいまいさを含む確率という概念を用いて将来“いつころに”“どのあたりで”“どのくらいの大きさの”地震が発生するか、をあらわしたというわけです。

あいまいではありますが、これは地震に関連する現在知りうる情報を数理科学的に厳密に評価するとこのようになる、という現状を表してい

ることに他なりません。今後さらに調査が進めば、この確率はもっと精度のよいものに改良されていくに違いありません。ひょっとすると、次第に確率が精度良くなり、地震発生の直前にその発生をいいあてることができるかもしれません。その時こそ、“地震予知はできる”と言えるようになるかもしれませんね。相当遠い将来かもしれませんが、地震研究者はそれを目指しているのです。

さて、現状に立ち戻って、このようなあいまいさを含む評価から、我々は次に何をすべきでしょうか。まずは、この南海トラフ地震のモデルに基づいて、そのような地震が発生した場合、どのような震度分布になるのか、そして、その震度分布からどこでどのような災害が発生するのか、を予測する被害予測を行わなくてはなりません。そうして、予測される被害をできるだけ軽減するための様々な行政的施策を講じ、住民にその地域で起こりうる災害を知ってもらい備えてもらう、すなわち防災を促進するというわけです。

ただし、ここで推定した“確率予測”はいうなれば予知における長期予知であって、防災に役立つ直前予知に相当するものではありません。直前予知は地震直前の前兆現象をとらえて避難等の行動を促すものですから、より具体的な警報等を発出する必要があります。前節最後に紹介した中央防災会議のワーキンググループの報告には地震予知の否定と同時に、次のような注釈があります：“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できる。”

そこで、中央防災会議では、先のワーキンググループの報告を受けて、

どのような現象が観測された場合に防災対応が可能か、について検討がなされました（中央防災会議・防災対策実行会議、2017）。検討の結果、次の3つの場合について、防災対応をとることとなりました：1）半割れ（大規模地震）／被害甚大ケース、2）一部割れ（前震可能性地震）／被害限定ケース、3）ゆっくりすべりケース／被害なしケース。これらの場合を図4に示します。そして、これらの現象が判明した際に国（気象庁）が発出するメッセージが検討されました。図5にその内容を示します。

最初の1）半割れケースというのは図4で時間差をおいて東南海地震（東海地震も含む可能性がありま）と南海地震が発生するという場合です。歴史的には東南海地震が発生し、遅れて南海地震が発生することが知られていてその逆は経験していないので、次回もたぶんこの順番で起こる可能性は高いと考えられていますが、これはあくまでも仮説です。いずれにせよ、この場合はまず最初にM8クラスの地震が発生することだと思います。そのようなさなかに、同じくらいのM8クラスの地震の発生が高まる、という情報を出すわけですから、社会に与える影響は極めて大きいものと想像されます。もちろん、だからといってそのような情報を出すべきでない、とも言えません。また、これまで歴史的に経験している時間差は、安政の場合が32時間、昭和の場合が2年です。こんなに時間差が違うのでは、32時間くらいで起こってくれば警告も意味があるかもしれませんが、2年待つというのは防災を実践する立場からは大変な困難を生じることだと思います。中央防災会議防災対策会議(2018)では世界の事例で

は M8.0 以上の地震発生後 1 週間以内に M8 クラス以上の地震が発生したのは 103 事例中 7 事例、すなわち十数回に一回程度ということです。このように確率は低いが発生すると大規模な災害が想定されるというような場合、どのような体制をとって危機管理をどのようにするか、社会の知恵が求められていると思います。次の 2) 一部割れのケースはまさ

に東北地方太平洋沖地震の時のように M7 程度の地震が前震として起こる、という時です。もしこれで次に大きな地震が来ると警告が出されるのであれば、予知に近い成功ということになるかもしれません。M7 クラスの地震が発生しているわけですから、その時点である程度の被害は出ている可能性はありますが、南海トラフ沿いに住む住民では緊張

感が高まっていることは事実です。この場合の防災上の効果は大きいと考えられます。ただ、この場合でもそのような大地震が発生する確率が高いかということでもないようです。2018 年の同報告では、世界の事例で M7.0 以上の地震発生後 1 週間以内に M8 クラスの地震が発生したのは 1437 事例中 6 事例、すなわち数百回に一回程度、とのことですので、ほとんど起こらないといった方がよいかもしれない程度なのです。

最後の 3) は少し説明が必要です。ここで示されている“ゆっくりすべり”という現象はすでに日本だけでなく世界各地のプレート沈み込み帯で観測されています。きっかけは日本で国家的規模の GPS 観測網が国土院によって 1990 年代後半に整備されたことにあります。この観測網のおかげで日本列島の地殻の動きが日々追跡できるようになりました。これによって“おかしな動き”が捉えられたのは 1997 年の頃だったと思います。四国から九州にかけての地域で GPS 観測点の動きがそれまで、沈み込むフィリピン海プレートに押されるように北西に向かって動いていた地殻がその動きをとめたように見えたのです。私は最初、その動きは GPS 観測点が季節的な影響か何かで動いていてプレート運動に関連するような地殻変動ではないのではないか、と思ったのですが、そうではなく、四国と九州に挟まれた豊後水道直下のプレート境界がゆっくりとすべった結果だということがわかったのです (Hirose 他、1999)。それまでの常識ではプレート間にたまったひずみは地震によって解放される、ということだったのですが、実はゆっくりと滑ることで解放されるということがわかったのです。いうなれば“ゆっ

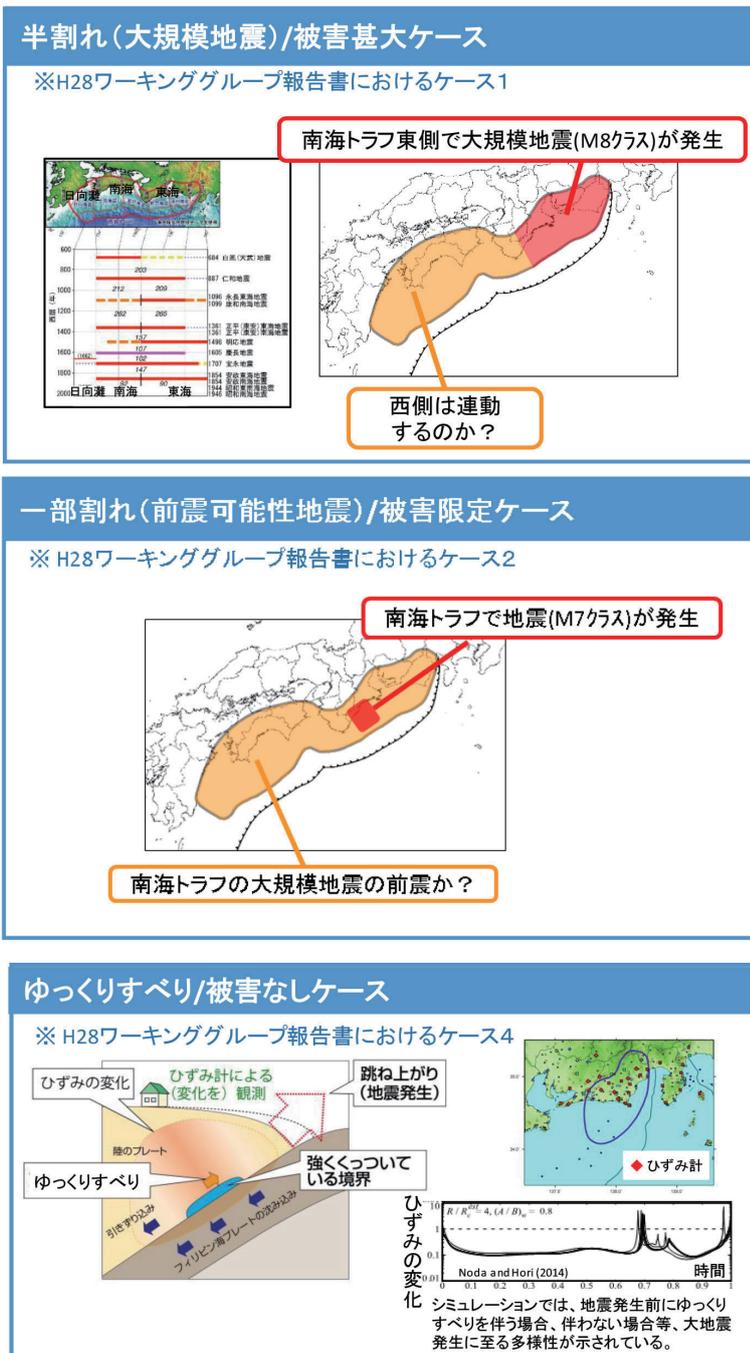


図 4 1) 半割れケース, 2) 一部割れケース, 3) ゆっくりすべりケース (中央防災会議, 2018)

くり起こった地震”ということもできるでしょう。地面が揺れているわけではないのですが… “ゆっくりすべり”はその後いろいろところで発見されることになったのですが、大きな問題を引き起こしたのが、2000年頃から始まった東海地方浜名湖付近直下のプレート間で始まったゆっくりすべりです。当時はまだ、東海地震は予知できる、として気象庁に判定会が活動していて、私自身もその委員を務めていましたので、この浜名湖直下のゆっくりすべりが東海地震の前兆現象なのではないかと、大いに緊張感を高められました。このゆっくりすべりは数年間続いて2005年頃には終息したので、ほっとしたのを覚えています。しかし、当然のことながら、これは繰り返されます。2013年頃から再び活動がありました。こうなると、この

ようなゆっくりすべりがきっかけとなって南海トラフ地震を発生させるかもしれない、と考えるのは当然のことだと思います。このようなことから、3)のケースも取り入れられたのです。

さて、ではこのような3つの現象が捉えられたときに、国はどのような防災対応をとるのでしょうか。ここでは、内閣府が2019年に作成した「南海トラフ地震の多様な発生形態に備えた防災対応ガイドライン【第一版】」（内閣府、2019）に基づいて解説します。まず、24時間の監視体制を敷いている気象庁が警報・注意報を発令します（図5）。まず、南海トラフの想定震源域内で大きな地震が起こるケース1)と2)は一緒に考えられます。マグニチュードは、多少の誤差も考えてM6.8を基準とし、M6.8以上の地震が震源域

内で発生した場合、2つのケースすなわち、地震がM8クラスであればケース1)をM7クラスであればケース2)と分類します。一方、ゆっくりすべりは気象庁が監視するひずみ計（気象庁のほか静岡県、産業技術総合研究所が東海地域～四国地域に設置）で有意な変化が観測され、想定震源域内のプレート境界で通常と異なるゆっくりすべりが発生している可能性がある場合など、南海トラフ地震との関連性の検討が必要と認められる変化が観測される場合です。これらの現象が把握できると気象庁はその事実を、現象把握から最短で30分後くらいに「南海トラフ地震臨時情報（調査中）」を発表し、同時に前述した、判定会から代わった「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」を招集します。ここで、現象が改めてケース1)、2)、

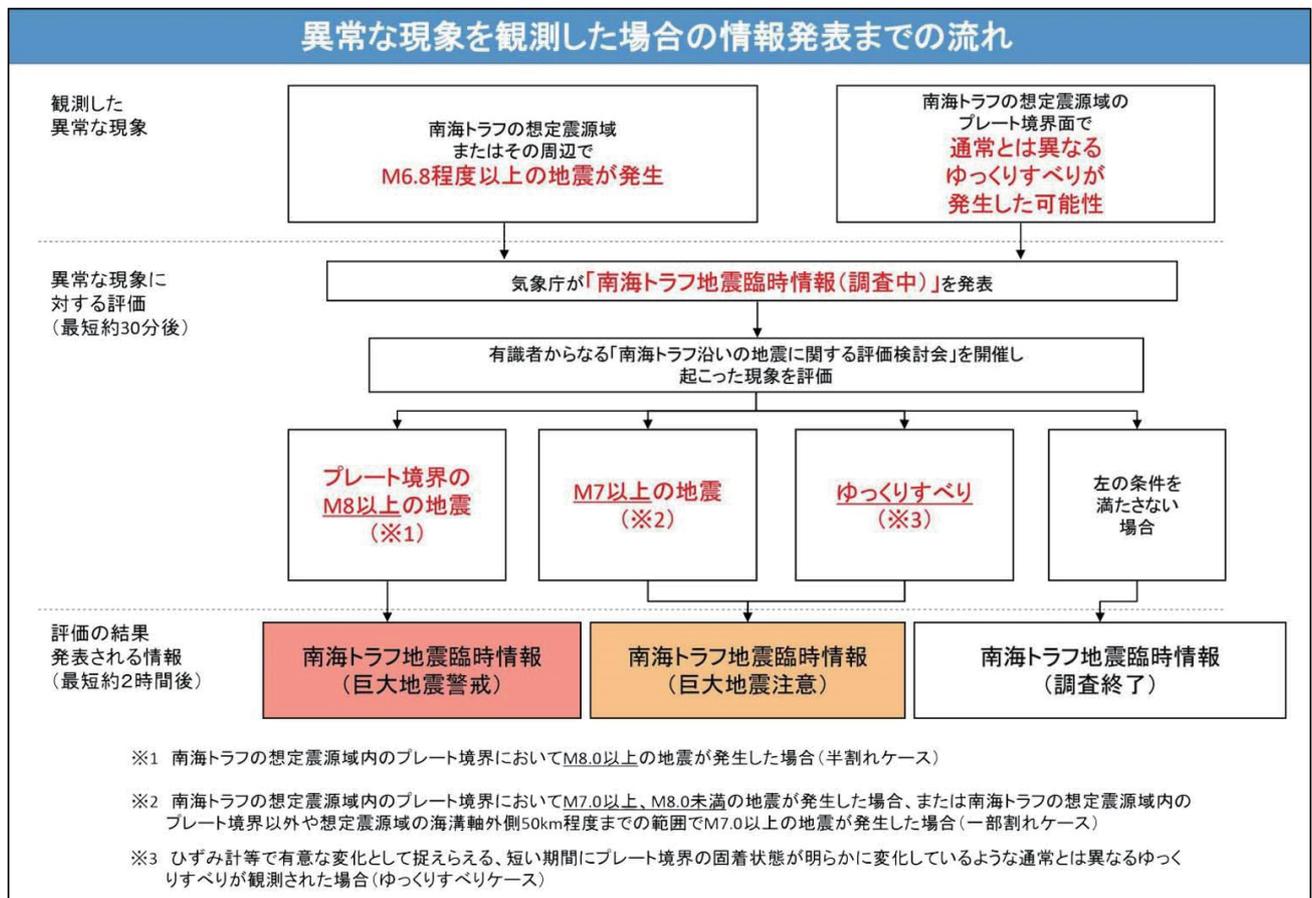


図5 気象庁による警報・注意報の情報発表までのフロー（中央防災会議、2019）

3) のどれに相当するかが判定され、ケース1) であれば「南海トラフ地震臨時情報(巨大地震警戒)」を、ケース2) またはケース3) であれば「南海トラフ地震臨時情報(巨大地震注意)」を現象把握から2時間後くらいまでに発表します。もし、これらのケースに当てはまらないという判定が下されれば「南海トラフ地震臨時情報(調査終了)」が発表されて終了します。

■ 我々はどうすべきなのか?

では、このような発表がなされると、地方自治体、住民や企業はどのように防災対応をとるのでしょうか。それを示したのが図6です。ケース1) の場合は“巨大地震警戒対応”を、ケース2) 及び3) の場合は“巨大地震注意対応”をとることになり

ます。詳細は図に記載されていますのでお読みいただければと思いますが、いくつか重要な点があります。まず、中央防災会議のこの文書が「ガイドライン」となっていることからわかるように、防災対応の具体的な内容は関係する地方公共団体、指定公共機関、企業、住民等自らが作成する、ということです。想定される被害は場所や状況によって大きく異なりますので、国が全部を決めることはとうていできません。例えば、ケース1) の場合はすでに起こった地震の被災地でもありますので、その影響が及ばなかった地域とは全く異なった状況に置かれることになります。また、ケース2) の前兆的な地震や、ケース3) のゆっくりすべりが発生している場合は、その領域の近くとそこから遠くではやはり異なる対応が求められるでしょう。これらの

様々な状況に応じたきめ細かな対応はすぐにはできませんので、時間をかけてそれぞれの地域にあった災害対応の計画を立案していくことが必要です。

次に重要なのは、これらの警報や注意報は時限がある、ということです。前節で述べたように、巨大地震発生の可能性が高まった状態で、本当に発生する確率はとても低いのです。したがって、なかなか地震が発生しない場合、このような警報・注意報をいつまでも出し続けるわけにはいきません。ではどのくらいの長さ出しておくべきでしょうか。これは大変難しい問題です。警報を解除したとたんに地震が発生するなどのことが起こると責任問題が生じます。また、警報を解除するということは、社会に対して安心情報となりかねません。だからといって警報を出しつ

防災対応の流れ			
	プレート境界のM8以上の地震 ^{※1}	M7以上の地震 ^{※2}	ゆっくりすべり ^{※3}
発生直後 「ゆっくりすべりケース」は検討が必要と認められた場合	● 個々の状況に応じて避難等の防災対応を準備・開始		● 今後の情報に注意
(最短) 2時間程度	巨大地震警戒対応 ● 日頃からの地震への備えを再確認する等 ● 地震発生後の避難では間に合わない可能性のある要配慮者は避難、それ以外の者は、避難の準備を整え、個々の状況等に応じて自主的に避難 ● 地震発生後の避難で明らかに避難が完了できない地域の住民は避難	巨大地震注意対応 ● 日頃からの地震への備えを再確認する等 (必要に応じて避難を自主的に実施)	巨大地震注意対応 ● 日頃からの地震への備えを再確認する等
1週間	巨大地震注意対応 ● 日頃からの地震への備えを再確認する等 (必要に応じて避難を自主的に実施)	● 大規模地震発生の可能性がなくなったわけではないことに留意しつつ、地震の発生に注意しながら通常の生活を行う	● 大規模地震発生の可能性がなくなったわけではないことに留意しつつ、地震の発生に注意しながら通常の生活を行う
2週間 ^{※4}	● 大規模地震発生の可能性がなくなったわけではないことに留意しつつ、地震の発生に注意しながら通常の生活を行う		
すべりが収まったと評価されるまで			
大規模地震発生まで			

※1 南海トラフの想定震源域内のプレート境界においてM8.0以上の地震が発生した場合(半割れケース)

※2 南海トラフの想定震源域内のプレート境界においてM7.0以上、M8.0未満の地震が発生した場合、または南海トラフの想定震源域内のプレート境界以外や想定震源域の海溝軸外側50km程度までの範囲でM7.0以上の地震が発生した場合(一部割れケース)

※3 ひずみ計等で有意な変化として捉えられる、短い期間にプレート境界の固着状態が明らかに変化しているような通常とは異なるゆっくりすべりが観測された場合(ゆっくりすべりケース)

※4 2週間とは、後発地震警戒対応期間(1週間)+後発地震注意対応期間(1週間)

上表内の対応は標準を示したものであり、個々の状況に応じて変わるものである

図6 住民、企業の防災対応の流れ(中央防災会議, 2019)

ばなしにすると避難が長期化したり、学校が休みになったり企業が休業するなどして社会に多大な損害が出てしまいます。避難勧告等が発令された場合、社会的に影響が出るまでの期間については自治体アンケートなどで調査した結果、「3日程度」、「1週間程度」との回答が多かったようです。このことから、図6に示すようにその限度を一週間とし、警報、注意報が発令されてから一週間経過して大地震が発生しなければ警戒対応を注意対応に、また注意対応を解除する、ということになります。また、警戒対応から注意対応になった場合は2週間経過で解除ということになります。一方、ゆっくり滑り場合は注意対応は継続して出されており、すべりが収まったと評価された時点まで継続する、とのことです。こうした警報・注意報の継続期間を念頭に置いた災害対策が求められています。

ずいぶん複雑で難しい対応策をとらないといけなく感じられる方も多いと思います。東海地震予知ができることとされて、予知を前提とした体制が敷かれていた時はこれよりはるかに単純で、前兆が検出されて警戒宣言が出ると2、3日で地震が発生する“ことになっていた”ので、新幹線をとめたり、学校を休業したりすることができたのですが、このように地震発生の可能性が高まったというようなあいまいな情報では、できることが限られますし、期間をどうしても長くとらざるをえません。このような状況では想定被災地の経済活動全部をストップさせるなどのことは無理だろうと思います。そのようなことから、図6に書かれているように、「警戒」対応であっても、とるべき対策は“日頃からの地震へ

の備えを再確認すること”、“地震発生後の避難では明らかに避難が完了できない地域の住民は避難”などのかかなり限定的な対応にとどまらざるを得ない、というのが現時点でのガイドラインになっています。

たぶん、各地方の自治体や関連企業はこのガイドラインから防災対策を考え、実行する必要に迫られることと思いますが、短時間で理想的なものを作り上げるのは難しいように思います。30年以内の発生確率が70-80%というのはそう遠い将来ではありません。今からすぐにでも少しずつ住民等との対話を重ねて、よりよい対応策を作っていくことが望まれます。

■ 最後に

南海トラフ地震を一つのエピソードとして日本の地震予知研究の歴史を駆け足で紹介してきました。最後にもう一度今村の論文に戻ります。今村(1933)は“南海道沖大地震”が近く発生することを深く懸念してその論文の最後に次のように記しています。

“地震(津波も)は自然現象である。人力では之を抑えることは出来ない。震災は地震が人の生命財産に及ぼす災害である。我々の知識と努力によってはこれを免れ得べきものである。南海道沖大地震津波が何時襲って来ても、何らの災害が起ころめ様用意して置こうではないか”。この“南海道沖大地震”を“南海トラフ地震”に置き換えれば、そのまま本稿の結語となるでしょう。今村がこの論文を著したのは彼がとても悔しい思いをした関東地震からちょうど10年の1933年です。それから11年、13年を経て東南海地震、南海地震が発生しました。そして今

年は我々がとても悔しい思いをした2011年の東北地方太平洋沖地震からちょうど10年です。果たして今から11年後、13年後に我々はどのような経験をして過去を振り返るのでしょうか。

■ 参考文献

- 中央防災会議, 2013, 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(報告), 南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について, 11頁.
- 中央防災会議・防災対策実行会議, 2017, 南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応のあり方について(報告), 47頁.
- 中央防災会議防災対策会議, 2018, 南海トラフ沿いの異常な現象への防災対応のあり方について(報告), 61頁.
- Hirose, H., K. Hirahara, F. Kimata, N. Fujii, and S. Miyazaki, 1999, A slow thrust slip event following the two 1996 Hyuganada earthquakes beneath the Bungo Channel, southwest Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 3237-3240.
- 今村明恒, 1933, 南海地震に就いて, *地震*, 5, 607-626.
- 地震調査研究推進本部, 2013, 南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)について, 16頁.
- 越山敏郎, 1976, 国土地理院広報, 第100号別冊, 7-8.
- 内閣府, 2019, 南海トラフ地震の多様な発生形態に備えた防災対応検討ガイドライン【第一版】, 138頁.
- 泊次郎, 2015, 日本の地震予知研究130年史-明治期から東日本大震災まで-, 671頁.