

第3章

全体討論

3.1 予知と予測の使い分けはあるのか、どうか

神沼 それでは最初にまず、溝上先生との関わりが深い東海地震についての現状について議論し、次に、島村先生のお話をふまえて、地震のサイエンスに関わる議論をし、そして最後に、これが最も難しいテーマですが、社会への対応について考えてみたいと思います。

なお、私は防災と地震予知はまったく別物だと考えています。阪神・淡路大震災でも、学者が地震を予知しなかったと批判されていますが、予知しようがしまいが、地震が起これば被害が生じるわけですから、今日はあくまでも、地震予知に限定して考えていきたいと思います。

合庭 言葉の問題ですが、予知と予測が使われていますが、その使い分けはどうなのでしょう。

神沼 一応、予知連や判定会議などが使う予知は、場所と時間と大きさの特

定が条件です。場所については、県単位もしくは県の半分くらいを前提としていましたが、最近はどうでしょう。東海地震では、もっと広いかも知れませんね。

溝上 かなり広い地域をとる人もいますね。震源域をどこまでとるかで違ってきますね。またプレートのセグメントの形状やプレートの沈み込み帯での温度などの境界条件にも依存しますから、それがずれると、かなり違ってきます。

神沼 大きさについては、太平洋岸ではマグニチュード8、内陸では、マグニチュード7以上くらいがひとつの目安になっています。
ご質問の趣旨に即して言えば、予知と予測は使い分けていないと思います。最初に言いましたように、予知は、場所と時間が問題ですが、短期予測、すなわち、数日以内に地震が起こると予測するのが、地震予知の定義とされています。時期には短期（数日）、中期（数週間）、長期（数ヶ月）とあり、予知というからには、そういう要素が必要と思われてきました。しかし実際には、東海地震の例でも見られるように、いろいろな例外などもあり、これには行政的な要素も入ってきて、問題が複雑になっています。

合庭 言葉から受ける印象では、予測は一定の法則性に基づいて行われ、予知は自然現象などの前兆などに基づいた、あまり法則性・合理性のないものかなとも思えるのですが。

神沼 まさに、先ほどの講演で、鳥村先生が地震学には物理学がないとおっしゃっておられるように、地震学にはまだ予知の方程式がないわけです。そこが天気予報とは大きく違う点だと思います。

溝上 2つの言葉は日本語では曖昧ですね。通俗的な用語が予知で、科学的

だから予測とも言いがたい。

保坂 一般的な予知、予測という言葉のイメージから離れて、「地震予知」という四文字熟語として限定的に使われている場合には、それなりの科学的根拠のもとに使われているのではないのでしょうか。

高岩 同じ地震予知という言葉でも、アカデミックに使われる場合、行政的な用語として使われる場合、さらにもっと社会一般的に使われる場合など、3つくらいのコンテキストがあり、本来はそれぞれ区別されて使われるべきですが、それが曖昧になっていると思います。

3.2 東海地震の判定会の流れについて

神沼 それでは、そういう問題も意識しながら、ディスカッションに入っていきたいと思います。東海地震に関して、溝上先生のお話がありましたが、私なりの理解で、一連の流れを説明すると、次のようになります。

毎年9月1日になると、どこかで異常が発生したという前提のもとに模擬判定会議が招集されます。会長の溝上先生がパトカーで会場に到着され、会議の様子が昼のニュースで紹介されたりします。その判定会で「異常あり」、すなわち東海地震が起こる可能性が高いと判定されたら、判定会が長官に諮問して、長官が総理大臣に報告し、警戒宣言が発令されます。それに基づいて、新幹線や高速道路が止まります。これが、私が理解している一連の流れです。

判定会が判定して、警報を社会に出すに際して、いろいろな混乱が生じるのではないかと、その点を気にしていました。地震予知には物理学的な法則があるわけではないので、地震学者の間でも意見が分かれるでしょう。溝上先生のお話では、最終的な判定を一挙に出す前

に、異常があればそれについてのデータを公表し、情報を漸次出していく、という考え方が示されました。このあたりから議論を進めていければと思いますが、このことについて疑問や質問などがありましたら、どうぞ。

井口 東海地震の年代別の一連の流れがありますが、関東大震災はその範疇に含まれるのでしょうか。

溝上 南海トラフの地震というグループには、関東地震は入っていません。フィリピン海プレートの沈み込み帯を伊豆半島の東側にまで範囲を広げて見ると、相模トラフが入ってきますので、相模トラフを震源とする巨大地震である元禄、大正の関東地震などが含まれてきます。

井口 東海地震は南海トラフに起因する地震ということですか。

溝上 そうです。駿河・南海トラフの沈み込みによる巨大地震の一つということになります。もう少し目を広げますと、関東地震は、ちょうど伊豆半島からテーブルクロスが垂れ下るようなイメージです。伊豆半島は、沈み込むプレートの上にくっついていますが、浮力がついているために、自分自身が肥大化して、本来は沈み込むプレートと一緒に沈み込むはずのものが、浮いたまま本州に衝突しています。プレートは伊豆半島の東と西の両側に垂れ下がり、西側では東海地震を引き起こし、もう一方の東側では関東地震を引き起こす。いずれも同じフィリピン海プレートの動きから引き起こされる地震です。

井口 2つの考えられる地震のうち、東海地震だけがひきあいに出されるのはどうしてなのでしょう。予知という点から見て、東側の関東地震との違いがあるのかどうか。

溝上 それはこういう理解だと思います。東海地震は今後いつ起きるかわかりませんが、過去には100年から150年の間隔で繰返し発生しています。1854年に安政東海地震という巨大な地震が起こりました。その後、熊野灘一帯を震源とする東南海地震が1944年に発生しました。その時の断層運動によってフィリピン海プレート境界は浜名湖の西側までは割れましたが、それより東側の東海地方は割れ残り、空白域として歪みの蓄積が継続し1845年から現在まで150年近く経過しています。そのため東海地方では歪はすでに臨海状態に達しています。しかし東南海地方では1944年の東南海地震の直後から、次の地震に向けての歪みがたまりはじめていますが、まだ現時点では同規模の地震を引き起こす歪みはたまっていません。しかし今世紀前半での発生が懸念されており、現時点から対応を考えていこうとしているわけです。

南関東を襲う地震でしかも震源が南関東の足元に存在するものは二種類あります。一つは関東地震で、これが一度起きると、おそらく南関東の歪みはほぼ全面的に解消され、70年くらいは静かな時期が続くでしょう。70年くらいたつとまた歪みが回復し、次のステージに移って地震活動が活発化します。そうしてさらに70年たつと地震活動がさらに活発化し、およそ200年くらいのサイクルで再び関東地震が発生します。したがって関東地震の発生は、百数十年後のことでしょう。その時点ではすべての状況が大きく変わり、全く我々の予想をはるかに越えた世界が生まれていることでしょう。

もう一つは、安政の江戸地震のようなマグニチュード7前後の直下型地震が起きる可能性があります。これは関東地震と比べると、そのエネルギーは約30分の1ですが、場所柄、甚大な被害が生じる懸念があります。つまり、直下型地震はいつ起きるかわからないので、その予知はおそらく無理だろうとされているわけです。

平田 2つの地震の見通しが違うのはどういうことでしょうか。直下型地震

は非常に複雑な現象で、どこで起きるか分からないわけですか。

溝上 関東地方の下には太平洋プレートという地表に近い順番にいうと、北アメリカプレート、フィリピン海プレート、太平洋プレートという3枚のプレートが重なり合っており、それぞれの内部や境界で生じる動きは非常に複雑で、歪の蓄積とそれによる地震発生のポテンシャルの上昇の評価はできるとしても、予知というレベルではとてもないわけです。ですから、東海地震とは区別しなければいけない。

3.3 「直前予知」の段階で情報が発信される

磯部 東海地震では判定会議による一連のシナリオがあるわけですが、月単位、週単位の予測は東海地震ですら難しいとすれば、判定会では、ある計測パラメーターがそろったときには、そういう流れになるということですね。

溝上 判定会議の召集は、気象庁が東海地方に設置した16点の歪み計のうちの3点以上が隣同士で順次ノイズレベルの約3倍に達し、地下のプレート境界が東海地震を発生させる向きに滑り始めた可能性が認められた場合、長官が自動的に召集します。

プレート境界の歪みと動きのパターンを三次元的に計算し、どこにどういう歪みがたまって、どういうずれ動きが始まるかという事例をいくつも想定しています。しかし実際にはずいぶん幅がありますから、何ヶ月も前から正確にいつ発生するかは言えません。ですから、気象庁はそのような何ヶ月も前から予報を出すという意味で、東海地震の予知をしようとしているわけではないのです。例えば天竜、静岡、川根などいくつかの観測点で、あたかもへびが鎌首を持ち上げるように歪計の記録にいっせいに異常な動きが現れ動きはじめたたとすると、そ

のときにメッセージを出すことになります。

磯部 先ほどグラフで示されましたが、横軸の時間のパラメーターの信頼度はどの程度なのでしょうか。

溝上 メッセージを出してから、地震が起きるまでの間に、どのくらい時間があるかが問題です。できれば少なくとも数時間の時間を稼ぎたいわけです。特に、津波から避難する時間を稼ぎたいのです。駿河湾の沿岸では2分から5分で、極端な場合には1分で津波がきますから、通常の津波警報を聞いてから逃げたのでは、沿岸の人は間に合わないでしょう。わずかの時間でもよいから、地震発生に先だってメッセージを出したいわけです。

東南海地震の頃よりは、検知能力は3ケタもしくはもっと向上していますが、あるレベル以上の異常が発生したら、それを地下のプレート境界の動きと連動させて計測する仕組みが構築されているので、それによって異常が確認されれば、「観測情報」という情報がまず発信されます。このまま異常が加速しつつ継続すれば、地震につながる可能性はあることを公表し、時間経過を追っていきます。その過程はすべて公表されるので、経過を見ている人には事態の推移がわかるでしょう。

神沼 公表するときの名前は何と言うんですか。地震情報ですか。

溝上 東海地方の状況について気象庁から発する情報は、「東海地方の地震・地殻変動に関する情報」といいます。この情報は南関東についての状況とともに毎週詳しく発表されます。この他に「解説情報」、「観測情報」、「判定会招集情報」、および「地震予知情報」という4つの情報が段階的に発信されます。最後の「地震予知情報」は内閣総理大臣が発信する「警戒宣言」と連動する仕組みになっています。今年の4月に

は震度 5.5 強の地震が起きましたが、その地震のメカニズムやプレート境界との相対的位置から見て、かなり大きな揺れは伴ったが、直接東海地震につながる地殻変動は見られない、したがって東海地震と直接関係するとは思えない、という「解説情報」を出しました。

それに対して観測情報は、「今、こんな変化が生じています。まだ変化は小さいけれども、このまま加速していけば、大変な事態になるかもしれないので、情報収集につとめ、連絡体制を密にしてほしい」という情報を行政、企業などに出します。これは法律で決まっています。そのうちに、どんどん値が増幅していくと、その都度気象庁は情報を出します。それをプロットしていくと、異常事態が広く周知されます。衆人監視のもとで異常事態を迎えることになるので、気象庁も最終メッセージを出すタイミングが後手に回らないよう十分な監視を行う社会的責任を負っています。

一方、津波の避難のための時間のゆとりも持たせたいので、確実に最終ステージに入ったという状況を見定めた上で、なるべく早く、正確にタイミングをとらえてメッセージを出す必要があります。

またそうした事前の異常を伴わないで地震が起きた場合はメッセージを出すことは不可能です。また、仮に 1 時間前に異常を見地して予知情報が出て、それが的中した場合でも、防災上から見れば東海地震は突発的に起きたのとあまり変わらないと言う人もいます。ですから、静岡県としては、東海地震は突発的に起きるという前提で捉えて、防災の仕組みを作っています。それは、もしこういう状態になったら、せめて津波の被害を少なくしたいという、きわめて限定的な条件のもとに組まれた事前予防措置ということになります。ですから、地震が起きた後の救援対策には非常に熱心ですが、事前の予防対策は実はさらに重要なことなのです。人命はいったん地震が起こってしまったからでは救うことはきわめて困難なものだということは阪神大震災での最も大きな教訓です。

3.4 判定の最終責任者と行政責任をめぐって

平田 判定の最終決定は誰がするのですか。

溝上 気象庁長官です。長官が判定会の判定を受けて判断し、総理大臣が宣言を発令します。判定文は、判定会長名で出されます。

柴崎 たぶんこうした行政の組織では、長官がある基準にのっとって判定会を召集した段階で、諮問を行うはずなんですね。諮問に対してメンバーは答申を行いません。つまり、おそらく聞かれたことに対して答えるだけなんです。そこで非常に重要なのは、どういう意図で諮問を行っているかですね。最後に何を決意して、何を公表するか。それは長官の責任になるわけですね。

溝上 そのメッセージについては非常に単純な標準パターンが用意してありまして、地震が来るという緊急事態に即応できるようになっています。判定会の主な役割は、私の理解では、極限状況での対応だけではなく、それ以前に、たとえばこの歪みに対してこういう対応をとってほしいとか、この観測点の地下の動きに特に注意してほしい、あるいは、どこそこの研究者はこういう研究をしているからぜひ呼んで話を聞いてほしいなど、日頃の支援体制なのです。

神沼 先ほどの観測情報は、形式上は判定会を召集する以前の情報とされていますが、実際には、その段階で判定会のメンバーの意見が反映されているわけですね。

溝上 どういう流れのどの段階でどう決意するかですね。私は月に何度も静

岡県の防災局などに行きますから、担当者に状況の説明をし、具体的な情報交換もしています。日常的なレベルで情報交換をしていないと、突然警戒宣言を出してもどうしようもありませんから。

いよいよ状況が切迫したときには、われわれもすでに待機しているはずです。召集の手続きはあくまでも法律上のものであり、実際の行動はもっと随分早くからとられると思います。それに、もっと言えば、われわれがいなくても気象庁自体が、事態の状況判断ができる能力を持っていますし、実際にはその能力を十分に持っています。

平田 実際の判定は多数決で行なわれるなど、決め方は決まっているのですか。

溝上 多数決というかたちでは必ずしもありません。招集基準は各地点のノイズレベルが3倍になったものが3点そろうのが基準ということで、個人的主観によりません。

神沼 その場合、隣接する3点ならいいが、遠くのばらばらの3点ならどうなのかなど、ルールはあるのですか。

溝上 それは歪計の異常に先駆してGPS観測に異常が広域的に現れるのでそれも勘案しなければなりません、基本的には隣接した3点に順番に現われることが原則です。飛び離れた点に現われた場合は、相当疑問符が打たれます。あらゆる手段を講じて精度を上げようと努力していますが、島村さんが指摘されたように物理学も計測技術も完全なものではないので、われわれがしているのは何ヶ月も前から発生時点をピタリと当てるような地震予知ではありません。断層が動きはじめ加速してすべりはじめていることを、確認した上でメッセージを出します。仮にそれが結果として外れるとしても、現在のわれわれの知見からして、明らかに巨大地震の発生が切迫していると思われるにもかか

ならず沈黙していることは社会的犯罪であるという考え方のもとに判断のもとに、法律に基づいてメッセージを出すことになっています。

平田 隣接する3点でどんどん変化が生じていても、地震が起きない事態は考えられるわけですか。

溝上 突然変化が止まるということもあるかもしれません。もしプレート境界がすべりはじめて加速しており、ノイズレベルも10倍、20倍になった場合、その時点でも0.01%かの確率で止まることもある可能性にかけるか、津波を伴う巨大地震が起きるとみるか、ですね。

平田 それは科学的判断ではなく、人間的なというか、別の判断になりますね。

溝上 主観的な判断は極力排除しますが、究極的には、プレート境界地震が起きる場所といつプレート境界が滑り始めるかというものの予測を立てることです。その準備過程が相当進み、歪みも臨界状況に達し、日頃の地震活動にも明らかな変化が現われ、地震のメカニズムも変化してきたことを確認することを前提にせざるをえないでしょうね。

3.5 判定会の判断が与える社会への影響について

高岩 判定会が判定するのは、サイエンティフィックなレベルの判断なのか、それとも行政判断をしなければならない状況に達した場合の判断なのか。行政的な判断をしなければならない状況に至らないと、長官には伝えないわけですね。

溝上 行政判断をすることは求められていません。最終的に行政的な判断

は長官がします。われわれは、ノイズレベルなどからサイエンティフィックな判断をするだけですが、それがどこまで完璧かと言われれば、まだ十分ではありませんが。

高岩 長官がサイエンティフィックなステートメントをもらった場合、的確な行政判断ができる能力があるかどうか、ですが。

溝上 もちろん長官個人ではなく、その下に、気象庁のよりすぐった優秀な地震研究者を集めた部局があります。そういう意味では、人的資源が非常に重要です。彼らは、プレート境界の地震についてよく勉強し、最新の状況をいつも把握する努力をしています。

平田 それだけ優秀な人材がいるなら本来、判定会は必要ないのに、行政責任をとりたくないために、判定会という組織を使って学者に言わせようとしている面もあるのでは。

溝上 そういう面もあるかもしれませんが、一方で判定会には、委員だけではなく、他の省庁関係機関の研究者も加わっています。できるだけ幅広く意見を募りたいというのが基本です。われわれは行政責任はとらないわけですから、行政的責任気象庁当局や内閣府は、つきつめれば法律上は警戒宣言を出す総理に帰着します。以前は分かりませんが、最近では東海地震はオールジャパンで考えようという立場をとっています。責任は行政官がとるので、われわれは自由に発言してほしいと言われていて、その立場が崩れると、われわれが行政的なことを考えざるをえなくなります。それはまったくありません。

平田 行政側としては、判定会が地震が来ると判断したら、実際の対応をせざるをえないし、逆に、判定会がエクスキューズになりうる。

溝上 仮に、やや曖昧な状況があったとしましょう。そのときは、判定会のメンバーと、気象庁、科学技術庁などのメンバーと議論が戦わされるでしょう。もはや判定会の委員だけで決められる状況ではありません。ですから、かなり幅広い情報を集め、さまざまなところとコンタクトをとり、最善の意見の集約を早くやることが重要です。そのときにある程度中心的な役割を担うのは、やはり判定会の委員でしょうが、非常に裾野が広がっています。9月1日だけ、そういう訓練をしているのではなく、日頃から情報を流し、どのくらい早く集まれるかの訓練もしています。そういう意味では、最近はずいぶん様変わりしましたね。

3.6 天気予報のデータ開示体制を地震に応用する可能性について

永山 歪みの値はどの程度公開しているのですか。完全に公開してもらえば、気象予報士のように訓練を積んだ人間なら、自分で判断できる時代です。それが一番いいと思うんです。つい先日も、私はある場所の天候が気になって、3日前から3時間ごとにアメダスのデータをずっと見ていましたが、最近ピンポイントでかなり正確に予測できます。それはデータを公開しているからです。また気象予報士の重要性もよく分かりました。あれは自分の判断と責任で予報を出しているものであり、気象庁に頼っているわけではありません。それが地震についてもできないかと思うんです。

まずプレートテクトニクスの理論からして、物理学はないとしても、現象論としては正しいんですよね。そうすれば、図の立ちあがりの幅が1年か、1週間か、1日かの問題だけでしょう。気象は2、3日の幅で予測しなければならぬので、そのデータを1日くらい前から集め

れば、予想できます。それと同じことが、地震でも現象が起こっている段階で判断できるのではないのでしょうか。それは予知ではなく、すでに生じている現象が、どのくらいの時間幅で地震となって現われるかという予測の問題だと思うんです。それはデータだけの問題だと思います。とすれば、それを公開して、みんなで判断するようにしたほうが、その地域の企業にとっても個人にとっていいわけですよ。

ですから僕は、現在の気象予報のように、なるべく細かくデータポイントをもうけて、精度を高くするために、できるだけ多くの歪み計を全国にばらまいて常時データをとって公開するのが一番いいと思うんですが。

溝上 メンテナンスの問題もありますが、歪み計は24時間体制で人間が計測しています。

永山 人間が計測しているんですか。気象のように、自動的に計測するわけにはいかないんですか。

神沼 おっしゃる意味はわかりますが、天気予報と地震予知には違いがあるんです。天気予報には物理があります。現在の状態を方程式に入れれば、数時間後のデータを天気図に表示できます。ところが地震はシミュレーションによって変わってきますから、未来予知の物理は、残念ながら地震学にはないんです。だから地震予報士という制度はまだできていない。

先ほど指摘された、多くの歪み計をばらまくということについては、国土地理院がGPS（Global Positioning System：人工衛星を利用する測位システム）を使って始めようとする方向は出ています。しかしまだ地震学が遅れているわけです。

永山 予測の曲線を正確に描くことは無理にしても、立ち上がりの幅はわか

るんじゃないですか。僕が言っているのは、どこで立ち上がるかではなくて、あくまでも立ち上がりの幅です。

神沼 それがシミュレーションによってずいぶん違うわけです。

溝上 それは、非常にゆっくりとした時間経過で立ち上がる場合と、1時間以内の速いスピードで立ち上がる場合といろいろあるわけです。

永山 それを判断する理論はあると思うんですが。

神沼 それがないんです。だから難しい。

高岩 具体的にはどのくらいのスケールの幅があるんですか。

溝上 人間が事前に捕捉して、津波の被害を逃れるためには数時間の幅が必要です。それ以上速く立ち上がった場合は、地震発生は防災的には突発に近くなり、正確な予報してもあまり大きな効果が期待できないわけです。日常的な情報公開はパソコンのホームページでは見られますがインターネットをつないでいない各家庭にまでいくようにはなっていません。自治体の防災機関関係には届くようになっているでしょう。

永山 隠す必要はないと思いますね。もっとオープンにしたらいい。

神沼 隠しているわけではなく、そういうシステムができていないだけじゃないかな。

溝上 歪み計のデータで判断してもらえば一番いいんでしょうが、その方向ですべてのデータを公開するような手順が少しずつ進んでると思いますよ。東海地方の地殻変動データはインターネットで刻々変化を見

ことができます。地震はまさに即時サービスをしています。各機関（気象庁、地震研究所、防災科学技術、研究所など）。

永山 それは非常にウェルカムですね。この問題については、誰かに全部を任せるといふ時代ではないと思うんですよ。たとえば、これから地震が起きるといふ情報ではなく、20時間前には確率40%で、15時間前には30%など、刻々と変わるデータを紹介してもらったほうがずっといいですね。そうすると、誰かが判定するといふ必要はなくなります。

島村 ナマのデータは、いろいろ暴れるんですね。たとえば雨の影響がすぐ出る場合と、地中にしみこんで何日も遅れて結果が出る場合などいろいろあります。ですからナマのデータで異常数値が現われたとしても、それをすべて補正するのはほとんど不可能です。

3.7 歪み計の観測体制とコストをめぐる

溝上 歪み計を見る専門家は気象庁にもごく少数しかいないんです。歪み計のことをよく知っていて、埋め込まれた地盤についても詳しく知り尽くしていなければならない、神様のような存在です。しかしなかなかそれでも一定の法則で、降雨の影響を完全に取り去ることはできないので、地点、地点で経験を積み重ね、補正していくしかないんです。そこはやはり、人間の観測の技が求められます。判定会よりも、むしろそこが効きますね。

島村 雨のように上から降ってくるものは、ミリ単位で正確に測れます。しかし、さっき言ったように、それでデータの補正が正確に出来るものではないんです。

高岩 観測者のくせや個性もあるわけですね。判定会の委員は、それも見ておられる。

溝上 そうです。判定会の委員も一人一人個性がありまして、専門が違いますから、素早く判断する人もいれば、慎重に判断する人もいます。そういう中で、誰がどう見ても極限だという判断ならやむをえないということですね。

永山 1人の観測者はどのくらいの範囲を観測しているんですか。観測点ごとに人間がいるわけですか。

溝上 気象庁の場合、モニターは総合的に行われており、観測者は広い観測室で、全国の地震、火山、津波を監視していますから、東海地方に限定せず、作業がオーバーラップしています。

永山 今の観測点を維持するには、どのくらいの予算がかかるんですか。コストは歪み計のコストですか。

溝上 設置のコストですね。地表におくものは安いんですが、地中に埋めるものは高いんです。

神沼 関東地方の岩槻市では、観測孔を3kmから4kmくらい掘っています。

溝上 東海ではそれほど深くなく、せいぜい何百mでしょう。それで1億円くらいでしょうか。島村さんは2000億円の予算とおっしゃいましたが、内訳を見ると、8割以上が防災名目の砂防ダムなど土木建築です。

島村 それに対して大学関係は年額二十数億円。気象庁はそれと同額か、

もっと少ないくらい。だから予算が限られている気象庁にとっては、地中の観測点の穴を増やすのは大変なことですね。

溝上 気象庁はひまわりを持っているから、それでほとんどの予算をとられます。気象庁は気象がメインで、地震・火山関係は本当にマイナーです。職員の数も30対1以下くらいですし、お金もなく発言権も少ないようです。

3.8 前兆現象と地震の物理学について

神沼 では次に島村先生の話に関連する、前兆現象のとらえ方、地震の物理学があるかどうかなどについてご意見はありませんか。

磯部 以前から、パラメーターはどのくらい含まれているかに関心があります。すべり、摩擦係数などいろいろありますね。普通はその中のメインのパラメーターをとって、本質を探っていこうとするわけですが、地震の場合は、どのくらいのパラメーターを考えなければいけないのでしょうか。

溝上 一番効くのは温度という意見が多いですね。特に、プレートがくっついていてところは、やがて歪みがたまって反転するわけですから、深さ10~30kmの温度状態が大きな意味をもってきます。しかしそういう深い地下の温度を測定するのは、非常に困難です。ですから結局、プレートの沈み込む形状をきちんと抑えて、10~30kmの等深度線ではさまれた分が固着している、その温度がちゃんとわかり、摩擦係数が初期条件として把握できるにこしたことはないわけです。実際に地震が起きてみれば分かるかもしれませんが、事前になんとか少しでも詳しい状況を把握したいわけです。

磯部 温度とおっしゃるのは、温度によって影響される条件が場所ごとに違う、ということですか。

溝上 そうです。30km 以上深い部分では、固着というより、粘性の流動体的になって、いわゆる弾性的な不安定すべりは起こさない。したがって、地震を起こすメカニズムには寄与しない、ということになります。浅いところでは、圧力の条件にもよりますが、まだ固着していない。その幅でゾーニングできますが、さらにその中に、強く固着した部分がパッチ状にいくつか存在しています。大きな地震ではそれが次々と断層運動を起こして急激に滑るわけです。そのアスベリチイがいくつに分割され、どこに潜んでいるかが克明に分かることが理想ですが、それを知るのは至難の業なんですね。

磯部 ローカルな地震ではなく、東海地震のようにかなりパターンがはっきりしている地震でもそうですか。

溝上 東海地震でも、方向も傾斜角も違うプレートのスラブ・セグメントが短冊状に連なっています。さらに言えば、ゆっくり動いて津波を引き起こす震源域と、急激にずれ動いて短周期の地震を引き起こす震源域とが別々に、東海地震の震源域を構成しているわけです。そういうところまでは分かっていますけど、もっと細かいところはどうか検討中で四苦八苦している状態です。

たとえば、諏訪盆地、伊豆半島など各地点でどの程度の震度だったかは、安政の東海地震で分かっているので、その分布をいろいろ変えたとき、一番フィッティングの良いものを探る。それによって、ある地域では津波を起こし、ある地域では強い揺れを起こすなどいくつかのパターンに按配して、過去の揺れの大きさになるべく合わせるようにしています。

このように、全体のプレート理論の中に、現実のパラメーターを投入

するとき、地震、歪観測、GPS 観測などの精密観測データに加えて過去の地震の揺れの大きさ、津波の高さ、伝播の特性などを入れ込み、現実にあうようにしていくのがせいぜいでしょう。超深層ボーリングによる観測や深海圧観測網も近い将来は構築されるでしょうが、それまでに東海地震が起きてしまう可能性が高い。

柴崎 以前、宇宙線とその応用の研究をしている研究者の講演を聞いたのですが、宇宙から降ってくるニュートリノの量を計測すると、地球の水平面で測った場合、火山のマグマの状態などが驚くほどよく分かるという指摘がありました。それを垂直面で測り、地下の状況を探るのは無理なんじゃないかな。

高岩 どこで測るか、ですね。地球の裏側で測るか。

磯部 たとえば物理で密度を測る場合、重力場でなんとかしようなど、現在の観測手段でなんとかしようというのが基本的な発想だと思いますが。

溝上 それは正攻法の攻め手であることはまちがいないですね。密度を評価する場合も、地震波を使うしかないと思いますが、地表面近くではいろいろな方法があるものの、深さ 10km の、しかもマクロではなく、局所、局所ごとの媒体の違いで調べようとすると、理論的な方法はあるが、実際はなかなかそう簡単ではない。

物性物理の研究の応用として、地球深部の研究は出てきていますね。地球内部の大きな不連続面で、高音高圧の物質の変化をとらえる実験的・理論的研究は進んでいるんですが、地殻や地球の表層付近で、しかも動いている変動体の局所的な状況の分析は難しいですね。まして地震予知の有効な情報となると、そこまできわめつけるのは、さらに難しい。今一番知りたいのは、断層面の物理的性状とその応力状態で

す。これがなかなか分からない。

東海地震で心掛けるべきことは、予知が当たる当たらないというよりは、待ち受けていて正確なデータを取り、繰り返す巨大地震の本性を逃さないことだと思います。残念ながら、1944年、1946年は戦時中、戦争直後で、データをとることができず、幻の地震として逃してしまっただけです。そういう口惜しさもあります。

保坂 東海地震は、百数十年のサイクルがあるように見えますが、原理的に数式化して、あの値を出せるんですか。逆ですよ。地震はそれぞれ固有の表情があるとすれば、百数十年で物理式のパラメーターをやっと決められた、ということですね。

溝上 長期予測はたてられるわけです。つまり年表の繰り返し間隔を時系列として統計的に評価して、一番起こりやすい時期を確率的に予測することができます。長期予測の場合、いつ起きるかは眼目ではなく、この程度の間隔で起きるだろうということを予測します。ただ、本当にいつ起きるかの防災的に必要な情報を得るための精密な観測と、統計的な確率的な情報をうるためのデータ整理や調査とは本質的に違います。

保坂 長期予測の場合、時間間隔を特定する物理学は必要ない、と。

3.9 地震の物理学とデータとの関係

平田 地震の物理学はあるはずですね。データが足りないだけなんじゃないですか。

溝上 いや、必ずしもそうばかりではないと思いますね。地震現象は破壊現

象の一つであり破壊現象は極端に言えば、ガラスの板を作ってその両端を支え、重りをのせて、それがいつこわれるかということですから。しかし、データがまだまだ不足していることは誰しもが認めています。

平田 でもガラスの全面にセンサーをつけ、逐一全部モニターすれば、それはわかりますね。

保坂 破壊の方程式はないとしても、その瞬間の方程式と歪みの方程式はできるのではないですか。

溝上 ガラスの板にひびが生じて割れ始めれば分かりますよ。だけど、ひびが一つも入っていない直前の段階は、いくらセンサーを置いても何も出てこないでしょう。

高岩 ダイナミックな地殻変動が生じはじめてから、どうするか、ということですね。

溝上 そういう点では、断層がすべりはじめると、厳密な意味では、もう東海地震は起きているわけです。全面的な破壊に至っていないだけ、人間の身体に感じられないだけで、歪み計や地震計の観測値では破壊発生の明らかな証拠が次々に現われてきている。その段階ですから、リアルタイム地震学のさらに少し先の“直前地震学”とも言えます。しかし本当の地震予知は、事前、すなわち地震が起きる相当前に、規模、場所をあたかも天体の運行を予測するように予測することです。東海地震は、そのような手法とはまったく異なり地震が起こり始めた事実を早期に発見するという手法をとっています。

神沼 起きはじめてから、というのが、学問の現状では、せいっぱいとい

うことですね。起きはじめる前に知らされるということはない。

溝上 こうした方法により東海地震の予知情報が出た時点では、そこに住んでいる人間の感覚としては、何の変化もないわけですから、防災上は予知と同様の効果を発揮しています。われわれにできるのは、ぎりぎりの早期での事後予知でしかない。これこれの理論的にいえば、いつどこで地震が起きるという事前予知とは一線を画しておく必要があります。それは神様の世界です。われわれは神様ではないから、人間ができるせいっぱいのことは、ぎりぎりの事後予知なんですよ。

磯部 地震物理学というベーシックなサイエンスを研究している人は何人くらいいますか。地震学者全体の中で、何割くらいの割合を占めているんでしょうか。

島村 地震学者をどう数えるかによりますね。

神沼 島村さんはよく、地震予知といっても、地震学会の中で、地震予知の発表はほとんどないとおっしゃっています。それが事実なんですけど、先日の鹿児島での地震学会では、地震予知と社会との関わりを意識した特別セッションがあり、そこでは40~60くらい発表がありました。今、日本で地震予知に関心があるのは、また関心を持たざるをえないのは、島村さんのように実際に観測している人たちで、予知できるかどうかは別として、活動をモニターする必要があるわけです。そういう人たちが、大雑把に言って百人程度でしょうか。ちなみに地震学会の会員は、二千人を超えています。ですから、全体に占める割合は10%以下で、通常地震学会の大会では、地震予知に関する発表はほとんどありません。

島村 式を立ててモデルを作ろうとしているのは、数人はいると思います。

本当に原始的なモデルを除けば、やっている本人も、そのモデルだけが正しいと思っているわけではなく、それが一番問題なのです。モデルが正しければパラメーターを入れていけばいいんですが、そのモデルの根底が正しいか、まちがっているか、何が足りないかを誰も評価出来ないわけです。

溝上さんの場合はもっと切羽詰っていますから、東海地方ではプレート
トの状況などがかなり分かっていますが、もっと基本的な、どこにど
うエネルギーがたまって破壊に結びつくかということは一般的には決
して分かってはいないですね。

溝上 非常に難しいのは、気象庁では、100年か200年で破壊が生じ、また歪みがたまってくるというサイクルを前提にしていますが、それを修正しようとする、局所での現象説明とは別に、理論的に全部のサイクルをトータルできちんと説明するものがようになってくるわけで、これは現在研究がかなり進みつつありますが非常に難しいです。

3.10 必要なのは、研究体制、人員、予算の拡充か

永山 やはり気象と関係していると思うんですよ。1年のサイクルは確実に分かります。現在の天気についても、数日前のデータを集めれば、非常に高い精度で分かります。ですから、地球全体についての基本的な方程式はないにしても、ローカルな領域についてはたぶん方程式はあるんでしょう。

平田 モデルがあつて式があるかもしれないけれど、そのモデルが正しいかどうかは検証しなければいけない。

永山 モデルは正しいけれど、観測データが得られない、ということで

しょう。

島村 いいえ、正しいモデルはないんです。あるいは検証出来ない。

永山 たくさんの観測データを集めて全体を捉えるモデルはないんですか。摩擦係数、温度、岩石の分布の状態などが分からないというのは、観測の問題ですよ。これらのパラメーターがあれば、それをコンピュータで計算させることによって、現在の気象予測みたいに非常に精度の高いデータが得られると思います。

高岩 正しいモデルを作るのに必要な観測データが何か自体が、よく分かっていないんです。

溝上 新しい地震予知の計画が出て、それを構築した人の論文をたまたま読みました。それによると、ちょうど気象予報のように、地球表面を細かいメッシュで切り、歪みのたまる状況を観測する。メッシュごとのデータを方程式に入れれば、高気圧・低気圧の配置が時間ごとに変わっていくように、歪みの分布がわかる。それを推し進めていけば、南関東直下の首都圏直撃の地震が、後7年くらいしたら、どこで発生するか候補地を絞り込むことができる、というものです。われわれ、それほど理論的ではない人間から見ても、それはたぶん無理だろうと思えます。自然現象の複雑さに目をつむった形式論的な方法論としては、メッシュを細かくしていき、方程式にデータを入れていけばできるんでしょうが……。

平田 エネルギーのたまり方だけがパラメーターであれば、こんなに簡単なことはないわけですね。でもたぶんそうではなく、パラメーターはもっとたくさんあるんでしょう。

高岩 長期予測なら有効かもしれないけれど、実際に地殻が動きははじめた状況では無理でしょうね。

磯部 たしかにモデルが問題だと思いますが、人数が少ないのも問題ですね。要するに、人数が足りないと、ある観測データを説明するようなモデルはなかなか登場しない。本来なら、もう少し長い目でみるなら、もっと多くの研究者をつぎこんでいく体制が大事ではないでしょうか。

神沼 先日の地震学会の特別セッション以降の雰囲気は、今おっしゃったような意味でのモデルの構築に進もうという流れはあるようです。ようやくそれが出てきた、というのが現状です。

3.11 曖昧な領域を扱う社会科学

平田 たしかに地震物理学は曖昧な感じがしますが、似たようなテーマもあります。たとえば、地球環境問題にしても、そのシミュレーションはもっと曖昧で、それに基づいて予測して、議定書の議論などを行っています。人間の生活に近い問題は、そういう曖昧さが普通であり、でも社会との関わりで何かを言わなければならないという状況が、むしろ一般的なような気がします。社会科学も同様で、政治予測にしても、過去の例に基づいて予測する曖昧さをぬぐいきれません。だから地震物理学も、もっと厳密さを求めても出口がないんであって……。

永山 いや、僕はこと地震に関しては、それには反対だな。地震は地球の固体现象であり、なぜ僕が気象にこだわるかということ、気象衛星ができて、天気予報の時間短縮と精度の向上が進み、全体の観測システムががらっと変わったからですよ。

平田 でも逆に言えば、百年後の研究はできない。

永山 それはできないのは当然で、だから地震が起きる直前の話に限定しているんですよ。問題は、決定的な観測方法があれば、天気予報のようにがらっと変わる可能性があるかどうか、なんです。で、もし決定的な観測方法があれば提案するなど、専門家としてもっとすべきことを発言すべきだと思うんですよ。仮に1千億円かかったとしても、それだけの意義があると思われるなら、予算を投入するよう要求すべきだと思います。どうも、予知とか、社会との関わり方などにひきずられすぎているようで、学問として、もっとちゃんとすべきことがあると思います。

島村 観測する立場から言うと、あらゆる観測を試みてきましたが、なかなか成果が出ないんです。それが困る。つまり、たとえ1千億円の予算をもらっても、こういう観測をすれば、必ず地震予知に成功するデータが得られるという確証がないのです。

永山 地震が地殻現象であるなら、地殻を見るしかないと思うんですが。

溝上 その前に、われわれの悩みは、海底なんですね。海底の観測網はほぼゼロですよ。しかし実は固着域は海底に伸びています。特に、南海、東南海ではそうですね。

永山 海底については観測していないんですか？

溝上 まったく観測していないわけではないですが、定常的な観測網はないんです。

島村 海底では気象庁が海底ケーブル式海底地震計を御前崎から先 200km

の海底に設置していますが、その設置はたしか1977年頃で、すでに老朽化しています。ただ、仮に日本中に同じような仕組みを100台設置したから地震予知が出来るかという、誰も保障が出来ない。現実には陸上でも、もっとはるかにたくさんの地震計が何も反応しないうちに、大地震が起こった例はいくらでもあるわけですから。ですから、これこれの予算を投入して、装置を設置して観測しても、必ず成果がでるとい保障がないんです。基本的なモデルもないわけですから。

神沼 だから、地震予知が最初に発足したのは、どういう方法をとれば、地震予知ができるかどうかを見極めるところからなんです。それがまた見極められていないというのが実情なんです。

井口 東大宇宙線研究所の戸塚先生の指摘によれば、スーパーカミオカンデに近い割石温泉では、何十年も温泉の温度を測っていたが、その温度変動に新潟地震などの多くの地震が対応していたということです。先ほど温度の話ができましたが、日本中にある多くの温泉は観測網として利用できないのでしょうか。

溝上 私が地震前後に温泉の温度が下がるのを体験した例で言うと、通常は冷たい地下水と温泉のたまりがあるが、地殻が割れたことにより、両者が非常に接近して、冷たい水が入ってきて、急激に温度が下がるという現象のようです。地表付近の強い揺れに伴い、地下水脈に大きな変化が生じて、圧力や温度が変わったりすることが多いようです。地下深いところでの現象を、地表で測る温度で推測するのは非常に難しいですね。むしろラドンのような化学的な変化のほうが信憑性がありそうですが。

3.12 地震予知に関する基本的なバックグラウンドとは

平田 このワークショップの当初の目的は、地震予知ができるかどうかについて、対照的な意見をお持ちのお二人にご意見をお伺いすることでしたが、聞いてみますと、基本的なバックグラウンドの理解にはほとんど差はないですね。

溝上 私はまだ、いわゆる天体の運行を予測するような地震予知は無理だと思います。気象庁がそんなとんでもないことをやろうとしてはいないと思いますよ。それよりプレートが巨大地震に向けて滑り始めた時にそれを早期発見し、素早く対応することを考えています。非常に厳密には、われわれの目に映るかどうかは別として、断層運動が始まった時点からを想定しています。それは、運動が始まる前とは全然別の世界ですから。そういう意味では、東海地震地震の予測は、明らかに事後です。いわゆる地震予知はきわめて難しいと思います。しかし決して不可能なことだとは思っていませんので今後大いに研究を進めるべきでしょう。

神沼 それでは、最後に、今回のワークショップのテーマである、社会との関わりについて、また社会への情報の投げかけについて、何か追加することがございましたらお願いします。

溝上 情報の受け渡しは、実に難しいと思います。予知という基本的な概念ですら、なかなか伝えることが難しい。私は、今しよっちゅう、いろいろなところでプレートの滑りの早期発見による“事後予知”とっています。

またもう一つ、東海地震の全体像もまだよく理解されていない。東海地震と兵庫県南部地震のメカニズムの違いつまり海溝型のプレート境界の巨大地震と内陸の地殻内地震の地震としての性状のさまざまな違いもわからない人が多く、混乱しています。内陸型、海溝型の違いなども含めて、社会に広くさまざまなタイプの地震があることを広めていくしかないわけです。そのためには、細かい話をして、それがどこまで理解されているか確認することもしなければなりません。

たまたま私は静岡に月に何度も行き、県知事、市長、防災対策担当者などの他、一般市民の方々によく会いますが、初めの頃は一般市民の方々は、海溝型と内陸型の違いなどの認識は浅く、意志疎通もそれほどうまくいきませんでした。しかし、繰り返しデータを見せながらレクチャーしているうちに、だんだん理解が深まってきて、新聞記事もそういう視点で書くようになりました。たとえ地震像の細部にわたる物理モデルは曖昧であっても、科学的には良く知られている範囲での地震像については共通認識を持っておかないと、情報を伝えようにも知識ベースがないと、伝えられないという結果になります。

島村 今日話したかったことは、地震予知計画が始まる前から、私たち地震学者はあらゆる観測をしようとしてきたし、また実際に観測もしてきましたが、どうしても決定的な地震予知関連の信号が検知出来なかった、ということです。もちろんこれからもその努力は続けます。また溝上さんがおっしゃるように、実際に地震が起きれば、その段階で膨大なデータがえられるはずで、そういう意味では、日本人は、貴重な実験を大きな犠牲を払いながらしているという感じではあると思います。

皆さんが誤解されないように申し上げておけば、阪神・淡路大震災を起こした兵庫県南部地震のマグニチュード7.2だったということです。この程度の地震は日本周辺で年に数回は起きている珍しくない地震です。それがたまたま大都会、それも有名な神戸型の開発で作られ

た弱い都市圏を襲い、また淡路島の古くて脆弱な密集した日本家屋を襲ったことに不幸があったわけです。阪神・淡路大震災のときの地面の最大加速度は、1993年に起こった釧路沖地震のそれよりは小さいのに、釧路沖地震の死者は2名、阪神・淡路大震災は6400名の死者を出してしまったのです。

そういう意味では、地震の大きさと被害の大きさは決して比例しない。阪神淡路大震災を起こすくらいの地震まで予知することは不可能です。私たちも、日夜努力しているものの、実際は難しく、途方にくれているというのが現実です。少しずつ努力しているつもりですが、それがなかなか目に見えるようなかたちでは進まない。

その反面、学問関係で数百億円、人間を何百人も増やした責任がありますので、科学者としては謙虚に反省しつつ、成果を正直に社会に逐一報告していくべきだと思います。しかし、これまではどちらかと言えば、ほおかむりをして、次の研究のための予算をとったりしています。また神戸の後の反省も、国全体としてほおかむりをしてしまった感があります。批判派の人たちは、どこまで成果が出るかわからない研究に金をつぎ込むのはよくないと批判をしています。

これは地震予知に限らず、科学と社会、科学と政治の問題ですが、どんな予算でどんな研究をしているか、その結果何が分かって、何がまだ分かっていないかを明示し、社会にフィードバックしていくことが、その学問でも非常に大事ではないか、それが社会に対する領収書ではないかと思っています。

神沼 ありがとうございます。私が昨年話をしたとき、日本に地震予知、火山噴火予知の専門家はあるか、という質問を受けましたが、日本には、地震予知を名乗る専門家はいませんと申し上げました。その背景が今日のお話でお分かりいただけたと思います。また地震予知に王道はないということも、ご理解いただけたと思います。

それでは、われわれ一人一人が社会に対してどういう情報を出すか。

溝上先生のように現場で非常に苦勞をされている立場からの出し方もあれば、気軽に出す立場の人もいます。ふだんは何をどう発表しても、学問の自由ですが、世の中に大きなインパクトを与える情報は慎重に控えなければならない。それは学問の自由以前の問題だと思います。そのことも以前申し上げたつもりです。

この「科学と社会」というテーマでは、今後もそのことについて議論を深めていければと思います。

本日はどうもありがとうございました。