

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2回
議事録

内閣府政策統括官（防災担当）

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2回）
議事次第

日 時：平成28年10月13日（木）10:00～12:27

場 所：中央合同庁舎8号館3階災害対策本部会議室

1. 開 会

2. 議 事

（1）平成25年以降に得られた新たな科学的知見

- ・主にシミュレーションの知見に基づいた南海トラフの震源域で見られる現象とその評価（堀委員）
- ・東日本大震災・熊本地震以降の地震予知研究の進展（長尾委員）
- ・シンポジウム「南海トラフ巨大地震の予測に向けた観測と研究」結果報告（山岡座長）

（2）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

（3）南海トラフで見られる現象のモニタリングと調査研究の方向性

3. 閉 会

○森本（事務局） それでは、定刻になりましたので、ただいまより「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2回会合を開催させていただきます。

委員の皆様におかれましては御多忙の折、御出席いただきましてありがとうございます。

前回同様、本日も文科省、気象庁、国土地理院から御出席をいただいております。よろしく願いいたします。

本日、お手元に配付させていただいている資料でございますが、議事次第、座席表、委員名簿、資料1～6になってございます。なお、本日お配りしている資料は全て公開ということで考えてございます。よろしく願いいたします。

申しわけございません。マスコミの方はこれで退室をお願いしたいと思います。

（報道関係者退室）

○森本（事務局） 前回の調査部会で御了解いただきましたけれども、本会議は傍聴可能としてございます。別室でテレビ中継の形でございいただくことにさせていただいてございまして、前回もあったのですけれども、この卓上のマイクで音声を拾ってお届けする形になってございますので、発言の際にはマイクをちょっと顔に近づけていただいて、赤くなっていることを御確認いただければと思います。よろしく願いいたします。

議事要旨でございますけれども、山岡座長に御確認いただいた後、速やかに公表させていただきます。議事録につきましても、委員の皆様にも御確認いただいた後、お名前を記載した形で、できるだけ速やかに公表させていただく予定としておりますので、よろしく願いいたします。

それでは、ここからは進行を山岡座長にお願いさせていただきます。よろしく願いいたします。

○山岡座長 それでは、議事に入ります。

本日は、まず前回の調査部会で情報提供いただいた堀委員から、震源域で見られる現象の評価を中心に追加の情報提供をお願いしております。

堀さん、よろしく願いいたします。

○堀委員 ありがとうございます。

前回の補足という形で少し、今回の議論になります震源域で見られる現象とその評価、あるいはモニタリングにかかわる部分での追加補足説明をさせていただきたいと思います。

（PP）

まず、大規模地震の多様性にかかわる部分に関して、シミュレーションのほうから見えてきている部分について少し補足ですけれども、こちらの図に示していますように、トラフ軸まですべりが及ぶ場合、及ばない場合、及ばなければ少し小さ目の規模になるけれども、東北の地震のようにトラフ軸まで及ぶと大きな地震になる、あるいは紀伊半島の東側が歴史的に見られたように先に起こる場合だけではなくて、西から始まる場合や誘発される場合。それから、最近、安政東海地震が実は熊野灘まで及ばなかったのではないかということが言われていますけれども、シミュレーションでも海保さんのすべり欠損の結果を

導入すると、遠州灘までで破壊がとまるような場合も出てきている。こういったさまざまな多様性があるということについて、まず補足したいと思います。

(PP)

それから、現象の評価ということについてですけれども、これはどのように予測を考えるかということで、前回も御説明したもののもう少し補足になります。以前から議論になっているように、決定論的な予測はできない。確率論的な予測をすべきで、そちらについては井出委員からもお話があったように、ETASをベースにしたものであれば現在でもできるということで、こういったことは今後やっていくことになると思いますが、それ以外に現状をモニタリングして、その評価をその都度していくということが、もう一つの予測の形だろうと考えていて、それは実際に地下で起こっていることの推移をデータ解析することによって、その場その場で理解し、説明する。それはデータ解析だけではなくて、シミュレーションと組み合わせたりすることで、その後、起こり得る推移について、さまざまな観点で検討することになります。

この現状と評価ということについて、これはこれまできちんとお話ししていなかった部分になると思いますが、評価に当たって2つのいろいろ見える現象を区別する必要があるあって、1つは、地震発生の際の準備が整っている、あるいは整いつつあることを示す地殻活動、地震活動や地殻変動と、実際にもう地震の発生のきっかけになる、前駆すべりとかもそうですが、そういったものと区別する必要があるだろうと。これは仮説ではありますけれども、例えばM9の地震が発生するためには、その場の準備、エネルギーが蓄積しているであるとか、場が十分均質化している、そういったことが必要であって、その状態になって適切なトリガーがかかって初めて地震が起こる。もちろん、整っているからといって必ずその規模になるという意味ではない。そういう意味で、規模は確率的に決まるということですが、そういったことで、観測される現象全て直前の予知・予測に結びつけるのではなくて、場の状態が整っているかどうかということを見る必要がある。

(PP)

具体的に言いますと、これは前回の資料でも示されていたことで、東北の地震の前に10年とか数年ぐらいのオーダーで見えてきたような現象、地震活動の静穏化であるとかb値の低下、あるいは潮汐との相関、固着が剥がれるようなことというのは、かなり（長い）年オーダーの変化なわけで、こういったものは準備をあらわすような地殻活動として評価する必要があるあって、これは現在、長期評価ということが行われていますけれども、30年確率が出されていますが、いろいろ直感と合わないといったことも言われています。それは地震の長期評価というのが地震の履歴、サイクル、繰り返し間隔に基づいて統計モデルを使って確率を出しているわけですが、もともと100年とか、内陸地震だと1,000年とかの非常に長い発生間隔のものに対して30年という短い確率を出しているので、確率が非常に低くなったりして、直感と合わないということがあります。

ですので、数十年とか10年というようなオーダーの予測をしようと思うと、こういった

場の準備をあらわすような活動を評価して、その結果に基づいた切迫度といったものを評価する。言ってみれば中期評価のようなものですが、そういう形でこういった現象は扱うのがいいのだろうと考えています。

(PP)

それから、地震の発生につながるほうの現象に関して、これも前回ある程度御説明したのになりますけれども、小規模な地震が起きて、その後に余効すべりが伝播して大地震に至るといったようなことが、単純なモデルでのシミュレーションでもそういったものがありますし、南海トラフのシミュレーションで、例えば日向灘でM7クラスの地震が起きて、余効すべりが伝播して行って、西側を破壊する。この西側の地震の後で、また余効すべりが伝播して行って、次に東海側で地震が発生するというように、余効すべりや固着の状態が推移していくことによって、次の地震に至る。それこそモニタリングをして、データ解析で追跡して、その後の推移を検討するといったことに、こういった現象は使えるだろう。

(PP)

そういったことは、実は4月1日の紀伊半島沖の地震が起きて、その後、余効すべりが広がるということが起きていったと考えられていまして、これはシミュレーションの結果ですが、左側が今回起きたことに近いと思われることでして、地震の後、余効すべりが浅い側だけに広がって、数年たつとシミュレーションではもう一度固着することになるわけですが、一方で、もしもう少し固着の状態が弱い状態で地震が起こると、深い側にも余効すべりが広がって行って、数年後には大きな地震に至るといったようなシミュレーションも出ています。

(PP)

このどちらに実際近かったかというのは、真上でDONETの水圧観測をしていて、そこでどういう変動が期待されるかといいますと、真上の観測点では地震時に沈降して、その後、余効変動でも沈降するということが期待されるのに対して、大きな地震につながる場合は、深い側にも余効すべりが広がるということで、地震時は沈降するのですが、余効すべり、余効変動は隆起するようなことが見られます。

実際どうだったかというのと、DONETで見ている、地震時にも沈降して、その後も沈降する。つまり、左側に近いような状態だということで、これはこのまま収束するだろうと我々は考えています。こういった真上で観測していることによって、推移を見ていくということが必要になると考えています。

(PP)

それから、東海地震の判定基準とされるような前兆、ゆっくりすべりが起きた場合についての補足ですが、震源域の内部で起こるゆっくりすべり、これはシミュレーションの結果として前回も示したものです。この場合は地震の前にもゆっくりすべりが加速するようなことが起こるのですが、実はそれまでに、これは地震の繰り返し間隔をゼロから1で示していて、7割とかのところでも、ゆっくりすべりが一旦加速して、また減

速するようなことも起こる。つまり、必ず加速すればそのまま地震に至るとは限らない。こういう場合もあり得るということで、こういったことが起きたときにどのぐらいこの現象が大地震につながる可能性があるかということの評価するのは、今後の課題ということになると思います。

(PP)

それから、先ほどの震源域の内部でしたけれども、震源域の深部延長でのゆっくりすべり、これも前回少しお話ししましたけれども、具体的な絵を示していなかったので、ここでお示しします。地震が起こる発生域はここまでの深さなのですけれども、それに対して深い側で大きなすべり。ここですと、10メートル、20メートル近いすべりが、今、深部で見られているようなゆっくりすべりに比べて非常に大きなすべりが起こるような場合は、これがきっかけ（になる）、これが大地震をトリガーするような可能性が高いと考えます。こういったものが起こり得るわけですが、そう簡単に何度も起こるわけにはいかない。すべりの遅れがそんなにたくさんはためられないので、空振りをするとしても数十年に1回、サイクルの中で1回あるかないかということで、実際、閾値とか空振りの確率について評価するのは今後の課題ですが、こういった大きなゆっくりすべりが起こる可能性もあるということが示されています。

(PP)

そういうことと関係すると思われる一つの現象ですが、これは南海地震の前に広域にかなりいろいろな場所で隆起が起きた可能性がある。水位が変わったということが地震の起こる数時間前に報告されていて、こういった広域で同期して起こるような現象は、今はまだメカニズムがわからないわけですが、こういったことは深部でゆっくりすべりが起きて、かつ、浅いところで局所的な隆起がおきて、これは北海道のほうで起きたとされている局所的な隆起現象ですが、こういったものが組み合わさることによって説明できるかもしれない。これはまだ仮説の段階ですが、そういったことが検討されているところです。

局所的な地殻変動というのは、以前から水準測量でも必要だと言われていて、ただし、水準測量はかなり地震の前後長い期間の変動ですので、いつ起きたかはわからないわけですが、こういったことが今、研究されつつあるところです。

(PP)

最後に、モニタリングにかかわるところについて御説明しておきますけれども、前回宿題とさせていただいていたことで、モニタリングの方の資料6の8ページ、9ページを見ていただきますと、プレート間のすべりの検知能力ということで、前は8ページの陸域のひずみの観測点による検知能力だけが示されていたわけですが、これに対して実際に今、DONETで海域のひずみの観測を2点で行っていて、あと1点計画されているものがあるので、その3点を追加した場合にどのような検知能力になるかということが9ページに示されていて、このように海域でひずみの観測を行うことによって、かなり検知能

力が上がるということがはっきり示されていて、これがどういう観測によるものかということも簡単に御紹介したいと思います。

これはDONET1といって、熊野灘に設置されているもので、リアルタイムで連続的に地震計あるいは水圧計、それから「ちきゅう」を使って掘削をして約1キロメートルの深部に観測器を設置して観測したもので、この中で地震計と傾斜計、間隙水圧をはかることができるようになっていて、こういったデータがとれるかといいますと、例えば地震とは直接関係ないですが、ゆっくり地震が浅い側で起きると、それに応ずるような形で伸張場になり、ひずみが広がるような変形が起きていることが観測されたり、あるいは4月1日の地震の直後からは、圧縮するような変動がまず見られて、これはこの場所で4月1日の地震が起きて、余効すべりが浅い側に広がったと思われていて、それはここで観測していると圧縮するような変形をしていて、その後、浅い側でこのゆっくり地震が活発になったのですけれども、それに対応して今度は広がるような、エクステンションになるような変形をしている。これは余効すべりが深い側で起きたことに対して、圧縮して浅い側で滑ったことによってテンションになっているといったものがはっきりと観測された。

こういったものが観測されることによって、先ほどのような検知能力が海域でも高くなるということで、こういった観測網をさらにDONETのほかのところにも広げていく必要があるだろうと考えているところです。

以上です。

○山岡座長 どうもありがとうございました。

それでは、質疑に移りたいと思いますけれども、御質問、御意見がある方は、よろしくお願いします。

1つは、堀さんの3枚目、確率論的予測のところにも小さい字で書いてあるCSEPというか、ふだんの地震活動のモデルを構築して、それから外れた現象に基づく確率利得と書いていますが、これはもうちょっと詳しく言うとどういうことですか。

○堀委員 CSEPというのは、それこそIASPEIの報告のころにも話題になっていましたが、地震活動の予測をずっと普段から、日本では公開されていないですけれども、普段の地震活動から、この後どういう地震が起こる確率があるかということの評価して、実際にそれが結果としてどのぐらいの成績で合っていたかということ、いろいろな手法で比較することが行われていて、これは言ってみれば普段の地震活動が一体どのぐらいで、それをどのぐらい正確にいろいろなモデルで予測できているかということの評価をされていると私は理解しています、それが普段の状況での地震活動。それから外れたような現象を何か、前震活動であるとか、前震というのは、それは本当に前震かどうか、その時点でわからないですけれども、あくまでもモデルに当てはめて前震の確率がどのぐらいということ。そういったことによって、大地震が発生する確率が、ETASとか、普段の地震活動をあらゆるモデルから期待される確率に対してどのぐらい上がるのかということ、ほかの現象に基づいて加えるといったことを想定しています。

○山岡座長 もう一つだけいいですか。その下に2つを区別する必要と書いてあって、場の準備とトリガーに区別する。こういう考えをするかどうかは結構重要なポイントだと私は思うのです。トリガーに関しては余り議論がない。場が整っているということに関しては、もう少し丁寧に言わないといけないのではないかと思っているのは、例えばもうちょっと小さい地震だったら、多分、どのようになったら場が準備されているか、よくわからない。とにかくきっかけでぽこぽこ落ちる。

問題は、ここで言うとM9と書いてありますけれども、通常で言うと固有地震という言葉が当てはめられたり、あるいはその断層における最大の地震という言葉が当てはめられたりするけれども、そういうものを少し特別なものとして扱って、場の準備が整うという考え方をするのかと、私はそう読んだのですが、その辺はどのようにお考えですか。

○堀委員 別に固有地震的というわけではないですけれども、例えばM9の地震の準備というのは、すべり遅れがずっと蓄積していく。GEONETでも見えている。ああいうことが続いていくことによって蓄積されるだろうと。GEONETで見ているのは、その瞬間、瞬間で、今、すべりおくれがどのぐらいのレートで蓄積しているかということだけですけれども、そうではなくて、その場所で実際に歪エネルギーとしてどのぐらい蓄積しているかとか、トリガーが与えられればもう地震が起こるような準備が整っているかどうかというのは、その場所がちゃんと情報として持っているはずだと。これは仮説ですけれども、そのように考えます。

○山岡座長 それはモニタリングとモデリングをすることで推測をするというイメージだと思えばいいですか。

○堀委員 そうですね。ただ、モデリングがどこまでできるかというのは未知数で、ようやくこういった現象が恐らく場の準備状況を示しているのだろうと考えられる例だというだけで、まだはっきりと、これがそういう現象で、こういったものが捉えられれば確かに場の準備が整っていることを示しているというところまでは、まだ言えないと思います。

○山岡座長 私ばかりしゃべるといけないので、どなたか。

橋本さん。

○橋本委員 同じところなのですが、仮説に従って、何か大きなことを動かしているのかという問題はまずあると思うので、それは後で議論してもらえばいいと思うのだけれども、場の均質化というのは初めて聞く言葉なのですが、どういうイメージを持っておられますか。

○堀委員 済みません、何も説明していなかったですね。例えばb値の変化ということなどもそうだと思うのですが、地震が起こると余震活動、非常に小さい地震から大きい地震までたくさん起こるけれども、大地震の前はb値が低下するというのは、より大きな地震のほうが起こりやすくなっている状況だと思うのです。そういう状況は、何かきっかけがあったときに、より大きな地震が起こりやすいような状況になっていっている、ふだんは非常に不均質で、ちょっとしたきっかけで破壊が始まっても小さい地震で終わるよ

うな状況。それがだんだん、そういった小さい地震とかも起こしながら、その場所というのがより大きな単位で破壊ができるような状態に遷移していつているのではないかと考えていて、そのように考えると、例えばb値のこういった変化も理解できるのかなど。

○橋本委員 それは要するに臨界ですね。

○井出委員 普通は言葉として臨界と言います。均質とは余り言わない。

○橋本委員 均質というと、質というのは何かという定義がまずあって、それがあまねくひとしいということと言わないといけないので、臨界現象でいいと思うのです。臨界現象でも、例えば強度とかは不均質なはずなので、それはちょっとこの均質化という言葉とは違うような気がします。

○堀委員 言葉の使い方がまずかったかもしれないです。

○山岡座長 ほかに。

○井出委員 今の話は本当にサイエンスとして非常におもしろいのです。仮説として非常におもしろいところですが、臨界状態というのが地震の直前にならないと達成されないのかという問題があるわけです。バネ・ブロックモデルなどをやったら、ほとんどずっと臨界状態なわけですね。巨大地震の後のちょっとした間だけ臨界状態ではなくなるかもしれないけれども、その後はほとんどずっと臨界状態なのです。

だから、地震の準備というのは、巨大地震が起こって、例えばM9の東北が起きて、実際にそういう研究が出ていますけれども、たかだか20~30年でまた次の地震の準備が完了してしまうようだと、その準備ができていくかというのは、ほとんどいつも準備はできているという話になってしまって、予測能力はほとんどないということにもなるわけですね。それも一つの仮説なわけです。

もう一つ別の仮説があって、橋本さんがおっしゃるように、幾つもまだ我々はサイエンスの部分でわからないことがいっぱいあるものであるということは確認しておかないといけないと思います。

○堀委員 それはおっしゃるとおりです。ただ、前回、いろいろな現象が東北の地震の前に見られましたということとを並べていて、それをそのまま同じように扱うような形になっていたのも、それはこういう形で別に考える必要があるのではないかと。それは別枠の話ですねということを確認したかったということです。

○山岡座長 要するに、トリガーとは切り離して考えるということですね。

○堀委員 そうです。

○山岡座長 わかりました。

よろしいでしょうか。

どうぞ。

○松澤委員 私も基本的には賛成なのですが、神戸の地震の前からずっと議論されているのは、応力降下というのは、かかった応力に比べて十分小さいかどうかという問題があって、3.11の地震から見てプレート境界は相当弱いと私は思っているのですが、

いまだにそれに対する反論とかがあるわけです。この間の学会でも松浦さんは結構強度は大きかったという説を唱えていらっしやいましたし、もし強度が大きいとすると、応力降下量は大きしたことなくて、先ほどの話ではないけれども、数十年後にはまた準備が整った状態になってしまうかもしれないということに対して、どうやったら反証を得られるのかということも考えていかなければいけないのかなと。

データは随分たまってきたのだけれども、いまだに決着がついていない問題だと思います。

○堀委員 1つは、トリガーするような現象がしょっちゅう起きて、例えば今回の地震学会で川崎さんとかも言われていましたけれども、例えば（ダイナミックな）表面波が伝播してくるとか、それで意外とトリガーされないという話をしていました。きっかけは常に与えられているけれども、それで大きい地震になることはめったになくて、ということは一つ考えられる。例えば東北でもそうですけれども、三陸はるか沖の破壊開始地付近ではしょっちゅう地震が起きているのだけれども、それが本当にM7とかM8に発展している場合とそうではない場合はあるわけです。そういったことをきちんと整理して行って、トリガーがどういうときに起きていて、どういうときに起きていないのか。それと、その場の準備の状態というものもきちんと。だから、これは研究としてきちんとやっていかなければいけないという部分ではあると思います。

○山岡座長 どうもありがとうございました。

場の問題については、まだ議論の余地が残っているということで了解をしました。

次に行きたいと思います。次は、「東日本大震災・熊本地震以降の地震予知研究の進展」と題して長尾委員から情報提供いただきたいと思います。

それでは、長尾委員、よろしくお願いします。

○長尾委員 東海大学海洋研究所の長尾です。

(PP)

大それたタイトルで、私が全部これを行っているわけではないのですが、1つは、前回の山岡委員会の報告書以降に追加されたような文献、あるいは我々がサーベイランスをして、これは重要ではないかと思われるようなものを、まず今日は特に地震学的な手法あるいはGNSS-TECの変化、そういうものを取り上げてございます。

(PP)

1つ結論としては、それまで単に何らかの先行現象、何か異常があったら地震があったというようなことの発表が非常に、いわゆる先行現象の研究が多かったのですが、それをちゃんと検討してみますと、幾つかの手法あるいはアルゴリズムに明らかに統計的有意性がある。問題は、その統計的有意性がある現象は見つかったからと言って、これを使ってすぐ予測には結びつかない。例えばここでVHF帯電波伝搬異常というのを書いてあります。これは北海道大学の非常にプレリミナリーな結果を言いますと、10年間でえりも観測点の周りでマグニチュード5以上の地震が約20個起きている。それに対してランダムに予知を

すると、打率で言うと1割が当たる。ところが、VHF帯の電波伝搬の情報を機械的に加えて、これはある状態が12分以上続いたという、機械的に 3σ というものを与えまして、その情報を使うと打率が3割5分になる。今まで1割しか打っていなかった打者が突然3割5分打つということは、これは意味があるアドバイスだっただろう。ただし、それを使っても実際には65%の地震はまだ外れているという状態です。ですから、統計的有意性というものは、あることは非常に重要ですがけれども、それによってすぐ予測ができるものではないということ。

ほかにも気象庁の柿岡地磁気観測所のデータの解析など、明らかに統計的には有意だというものが見つかっております。

あと、地震活動度変化では、例えばKeilis-BorokらのM8ですとか、あるいはほかの手法でも、有意性というものが出ているものがございます。

2番目として、これは北大の日置先生が発見された現象ですが、GPS-TECの変化が直前にあったということ。これは「(現時点では)」と括弧つきですけれども、論文の段階では今、8例中8個で、それ以降の11例中11個に関して、同じ現象が見つかったということです。

もう一つ、地震活動度の解析において、昔から言われていますが、統計物理学的なアプローチが活発化しております。これは基本的には長距離相関という概念を地震活動度解析に導入しているということで、ギリシャのグループ等は、地震というものは第2種相転移と彼らは考えていまして、臨界に近づいたかというときには相関距離が伸びるという、これが唯一、臨界であることの定義だと彼らは言っていて、それを導入しています。

結論として、今のところ我々は、巨大地震というものはやはり偶然には発生しない。やはり準備の場というものがありますから、極論として、M9が起きた次の日にも当然、全く地震は偶然なのだからM9が起きるといふ議論にはならないだろうと考えております。

(PP)

あと、中長期で、これは気象研究所さん等でも既に何らかの資料がこの委員会にも出ていると思いますので、例えばBouchonらによって明瞭な、プレート間の地震に関しては前震というようなものが明らかに存在する。あと、Lippielloという方たちのグループの論文で、実は余震だけではなくて前震も同様な空間分布を持っている。これは後ほど説明します。

あとは、地下水ですとかラドン等の異常が先行現象の候補として有力なものが出ていますと考えております。

(PP)

論文リストをつけてございます。

(PP)

これは既に皆さん、御存じだと思いますので割愛しますが、プレート間地震において加速といいますか、前震活動というものが見つかったという論文です。

(PP)

あと、Lippielloたちの、これは解析手法についての適切な言葉がないのですけれども、仮に地震密度解析と我々は名づけましたが、本震発生前後の地震活動を比較しますと、前震も余震も同じような空間的性質を持っているということで、もしこの彼らの仮説が正しければ、余震活動は本震の大きさを反映しているだけではなくて、その前の地震活動域、いわゆる前震というものが本震の大きさを事前に知っている可能性があるということです。これはカリフォルニアのデータで彼らは使って論文を発表したものです。

(PP)

あとは個々の先行現象ですけれども、これは『Scientific Reports』に私どものグループで書いたものですが、地震発生の3カ月ほど前から、深さ2,000メートルの井戸で水位が10メートル以上低下していた。水温も1～2度下がっていたということ。

同様のデータがないかということで、私どもで調べてみますと、実はこのデータがこの部分です。これと同じものです。

それに対して、仙台市が、地盤沈下の監視のために井戸を40本ほど持っております。そのデータが公開されていますので、調査を行ないました。40本中で同じような変化を示した例が1例だけあったのですが、重要なことは、40本あっても、この五葉温泉と同じようなトレンドを示したものは1例しかなかったということで、これだけを用いて、やはり先行現象だった可能性は高いと考えていますが、すぐにこれが予知にどうのこうのということにはつながらないと考えています。

(PP)

実際には、この五葉温泉というのはこの場所にありますがけれども、我々としては、齒磨きチューブモデルといいますか、ストレスリリースが起きて水位が低下したのなら、拡張場になったのではないかと考えております。実際に一番近くのGPS観測点を調べてみますと、ほぼ同じ時期から、これは経度がそれまでは西向きに移動していたものが、トレンドが3カ月ほど前から東向きに変わっているということがありまして、わずかな変化ですけれども、水位のほうは非常にこれが大きく、いわゆる自然界の増幅器としてあらわれたと我々は考えております。

(PP)

あと、水中ラドン濃度で、これはもともと脇田先生がお始めになったものです。実は30年間以上、こういう形で伊豆半島で水中ラドンを測定したところ、非常に明瞭な変動が得られた。実はこのCという区間が、この井戸は1978年の伊豆大島近海地震のときに、例えばひずみですとか、ラドン水位とか、複数の前兆があらわれたというので、長らく大学の予知研究のパンフレットの表紙を飾っていたといいますか、これ以降こういう共通の異常がなかったというので、この井戸は、そういう変化は実はここでマスクされてしまう程度の変化なのですけれども、今回はこういうものが得られた。これは実際には2010年11月、12月からの変化です。もちろん、この変化があったからといって、井戸が1本ですから、

どこで何が起きると言うことはできませんけれども、東北地方は何らかのシグナルを発信していたのだと。ただし、残念ながら、この井戸も最近聞きましたら、維持できなくなって観測を中止したということで、今後はこれ以上のデータが出てこないということをお伺いしております。

(PP)

あと、短期的な先行現象としては、日置さんが発見した現象ですとか、あるいは地磁気観測、今回この2点は詳しくは触れませんが、そういうものの発表が、3.11の前にいろいろなことがあったということが出ております。

地磁気に関しては、統計的有意性、特に私どもの前回の報告書の段階では、自分たちの観測点のデータだけだったのですが、今回これを柿岡についても検証したということで、これでも同様の、いわゆる地震の前にある種の異常があるということがわかりました。

一番重要なのは、例えば静穏化現象にしる、ラドンにしる、異常があったという結果は我々はすぐ出せるのですけれども、問題は、異常というものからそれを予測して、それを確率利得ですとか、成績がどうかということの評価するためには、予測に変換しなければいけないのです。今この作業を私どもの予知研究の課題でやっております。こういうことはこれから、事後に単なる「異常がありました」で、その後に地震が起きたり起きなかったりという現状の次のステップとして、評価をするための予測マップというもを作成する事を複数の手法で現在、取りかかっております。

(PP)

これは論文リストです。

(PP)

実は日置さんたちは、GPSデータが使える、モーメントマグニチュード8.2以上の地震全てを調べたところ、地震の1時間から数十分前にこういう折れ曲がりがあるということを発見しました。最初の論文が、地震前と地震後のデータを使っていたために、フィッティングカーブのとり方でこれは人為的なものではないかという批判が非常に強くありました。現在は、地震前だけのデータを使って折れ曲がり进行评估する。これはAICを使って、ここに折れ曲がりがあることを評価する。そういう手法に変わっております。

あと、変化量というものがバックグラウンドのTECとモーメントマグニチュードに関係があるということで、少なくとも9月30日の予知協議会が主催したシンポジウムでの中谷さんの発表で、こういうことが述べられていると思います。

(PP)

もう一つ、先ほど言いましたが、今の地震活動度モデルでETASというものがチャンピオンであろうと。もう一つ、新しいというか、いろいろな人が前から言っていますけれども、やはり臨界現象という考えを入れていくのが、よりいいのではないかと、幾つかのグループが試みを行っています。

(PP)

論文リストで幾つか御紹介いたしますけれども、Sarlisほかという論文は、私どもとギリシャのグループとで一緒にやっております。長距離相関という概念を使って、あるパラメーターを追跡していくと、地震発生時期と場所が数カ月のオーダーで推定できるのではないかという事です。

(PP)

1つ、Shebalinたち、これはロシアのグループ、亡くなりましたけれどもUCLAにいたKeilis-Borokたちのグループと一緒にやっていましたが、例えばこういう地域の地震活動で断面をとりますと、当然、地震はのべつまくなしに起きているわけです。

(PP)

ところが、これに対して長距離相関という概念を用いて、彼らはチェーンという概念を入れていきます。

(PP)

そうしますと、ほとんどの地震活動は消えて、いわゆる無相関という形で、こういうチェーンがごく一部に残るようになるという形で、彼らはこのチェーンが起きた後に、その中のどこかで起きる。どこで起きるということまでは彼らはこの手法だけでは予測できないと言っています。ただし、東北でのべつまくなしに起きている地震がこれだけ減ってしまうという事実は、ある意味、驚くべきものだと思います。

実際にどういうものをチェーンと定義しているかというのは、例えば本州、北海道ですと、ターゲットマグニチュード7.2とかでやります。気象庁データを使って、80年以降のデータだと、例えばマグニチュード3.5以上の地震が20日以内に、50キロ以内に発生したときには、チェーン、一つのつながりと認めて、次々その条件を満たす地震が起きているということをチェーンとみなしています。

あとはチェーンの長さに関して、例えばターゲットマグニチュードを8にすると、このチェーンの長さは1,800キロとか非常に大きなものになります。これは7.2だとこれぐらいだという形で、こういう解析を彼らは取り入れています。

(PP)

そのとき、例えば3.11の場合、彼らはこういう予測をして、非常に大きなチェーンがあらわれたとあって、これはチェーンがあらわれてから9カ月ぐらいを予測範囲として、果たしてこれに意味があるかないかは別問題ですが、少なくともこういう現象があったと報告しています。

あと、M8でもこのときにはウォーニングが出ていたということ。それから、M8の中で静穏化というものを使って場所を絞り込むメンドシノ・シナリオというのがありますが、それで東北沖のかなり狭い範囲に、M8だけですと直径が1,200キロ、ほとんど日本全域をカバーしてしまうので、これはその程度の予測でしかないわけですが、それにおいて100キロ、200キロというところまで場所を絞り込めるのだということを彼らは主張しております。

これはある意味、マップになっていますし、それから、この予測の有効期限もいつということがわかっていますので、非常に評価がやりやすいわけです。異常が出たというのではなくて、異常に基づいて予測を彼らが出して、これはいつからいつまで有効で、この範囲ということになっていますから、それに対する評価というものは、現在、進めている段階です。

(PP)

もう一つ、ナチュラル・タイムですが、PNASに出た2つの論文は、87年以降のJMAのカタログを使いまして、7.6以上の地震が6つ発生しています。それに対して最適なチューニングを行ったものです。ですから、ある意味、全ての地震の前に異常があらわれています。ただし、これは今、言いましたように、チューニングをしていますから、当然うまくいっていて当たり前というものです。

もう一つは、場が臨界に近づくときにどういう現象が起きるかというのは、例えば磁性体のイジングモデルというものでは非常によくわかっているわけですが、ギリシャのグループは、地震もこのイジングモデル等と一緒に、第2種相転移というもので説明できるのだと主張しています。とすると、同じようなパラメーターを追跡することで、地震活動、地震場というものが臨界かどうかということが言えると主張しています。

そうしますと、彼らは $\kappa 1$ という臨界を示すパラメーターの分散、 β というものは標準偏差みたいなものですが、その分散を見て、それが一番小さくなったときに地震が起きるのだということで、まず時間的に非常にローカルミニマムをとりながら、だんだん30年間で日本列島全体が臨界に近づいたというのが最初の論文です。

ただ、それだと場所がどこかわかりませんので、空間的にどこがクリティカルになっているかということで、これが2本目の論文です。

(PP)

ナチュラル・タイムは、ランダムに起きる地震で、これを全部等間隔で時間をゼロから1にしてしまうという形で、地震発生の間隔を無視しております。マグニチュードだけを保存しているという形で、結局、彼らはいろいろな現象の固有のセルフクロックというものがあるので、それによって時間が進むのだと。要するに、イベントが起きたときにしか時間は進まない。そういうことから、彼らはこの概念を思いついたようです。

(PP)

実際にPNASの2015年の論文では、JMAカタログで使って、こういうところにミニマムがあらわれたという形で、これが3.11ですけれども、日本列島全体でこの範囲といっても、これは基本的には東北に地震が多いですから、こういうところに大きな予報円できているわけですが、こういう形で場所が絞り込めるというものが彼らの論文です。

少なくとも、これら全て、我々は正しいとは考えておりませんが、こういう新しいナチュラル・タイムという時間概念を使った解析というものは、十分今後検証していく価値があるのではないかと考えています。

(PP)

それから、熊本地震に関して、これは南海トラフの地震ではないですが、現在これはEPSのアンダーレビューで1回目のやりとりが終わって、レフリーの方たちは2人とも好意的なので、多分出版されると思います、4つの手法を熊本地震の前後の地震活動に適用しました。

1つは、b値の解析で、M6.5あるいはM7.3の地震のところでb値がもともと小さい場所で発生したということがわかりました。あとは時間変化なのですけれども、実はほとんどありません、M6.5が起きてからは非常に大きく低下したのですが、それまでに前駆的なb値の低下というものは認められませんでした。

(PP)

もう一つ、静穏化に関しては、2つのアルゴリズムで、RTMというものと、それからz値を使ってみました。その結果、前の年の11月に薩摩半島沖でM7.1が起きていますが、どうもこの2つの地震が非常に広域的な静穏化と関係していたのではないかと考えております。

これはRTMですが、リージョン、タイム、マグニチュードに関するいわゆる重みつき解析法ですが、ふだんほとんどゼロのところをふらつきまして、下のほうに行くにしたがってマイナスの値。例えばマイナスが8を超えるということは、時間的にも、空間的にも、地震の大きさ的にも 2σ を同時に超えているときにマイナス8という値になります。このときはマイナス20を超えるような値が得られた。ここで2つの地震が発生しております。現在これはもちろんもとに戻っています。

同じくz値でも、この場所で計算しますと、やはり静穏化があらわれていまして、少なくとも2つの手法でほぼ同様な静穏化が抽出できたと考えております。

(PP)

地震密度解析ですが、一番重要なのは、余震においてこういう分布が成り立つというのは、Lippielloだけではなくていろいろな研究がございますが、実は熊本地震の前、3年間ですとか6年間、12年間、7.3の震央を中心にして計算しますと非常にきれいなべきの分布が見える。特に3年ほど前から非常にきれいなべきのが見えて、その範囲は50キロぐらいまで広がっているように見える。ということは、M6.5では、もしこれが震源域全体のエリアとすると小さ過ぎます。M7以上の地震の準備過程が整っていたとも考えられます。ですから、こういう手法を今後、我々としては、例えば活断層系で1キロ置きに計算するなどということは非常に簡単ですから、常時モニターしていくことによって、もしかすると将来の地震発生につながるような可能性は指摘できる。あるいは準備過程が本当に整ってきたのかということが言えるのではないかと考えております。

今これがアンダーレビューの論文です。

(PP)

もう一つ、これを「への字」と我々は言っていますけれども、折れ曲がり、べきで下

がるどころのピークの点がどうも将来のマグニチュードと関係があるのではないかということで、これはアスペリティーモデルを仮定した、マグニチュードとアスペリティーのサイズなのですけれども、色がついていないのが熊本地震以前のデータで日本のものを使ったもの。この3つが熊本地震なのですが、今のところ、その過程が、大まかに準備過程というものと、我々が新しく見つけたと考えています Δr_c という、どこがべきのピークになっているかという場所の距離と、それからアスペリティーの大きさがほぼ等しいのではないかと。ここはまだ仮説ですからわかりませんが、今後いろいろな過去の地震についても解析していきたいと考えています。

(PP)

もう一つ、私ども東海大学と気象研究所とで、駿河湾内でOBSを用いてここ数年観測をして、3カ月に1回データ回収しておりますが、実は想定東海地震のお膝元の駿河湾というものは、これまでに海底ケーブルが置かれたことがないわけです。

(PP)

この理由は、当然、陸域から十分駿河湾の中が監視できるという前提だと思いますが、実際にこの部分で観測をしてみますと、これは同じ時期の3カ月間のデータなのですが、気象庁の一元化カタログでは、例えばこの3カ月は600個ぐらい決まっていた。それに対して、このOBS3点を入れてやりますと、約1万個決まって、15~20倍ほどの地震を観測することができます。実は駿河湾内、あるいは南海トラフというのは、基本的には陸から見るとサイスミシティーは低いと言われておりますが、やはりDONETにしる、こういうOBS観測をしてみると、かなりサイスミシティーが高い。実際にETASモデルを適用したいと思っても、もとのデータがないとETASそのもの、例えばカタログもできませんし、モデルからずれているということもわかりませんので、やはり観測体制というものの整備で、駿河湾内に例えば3点ぐらいでも、これは将来の観測体制の議論になるのですけれども、こういうものをオンラインで、DONETのような本格的なものでもなくても十分ですから、例えば昔、釧路沖の海底ケーブルでやったジョイントマックスのシステムとか、そういうものやってみるべきだと考えています。

(PP)

現在としては、こういう形でいろいろな現象を組み合わせることによって、発生時期とか場所が絞れることがわかってきました。GNSS-TECに関しては、今のところ、必要十分条件と必要条件是満たしていると考えています。

次回、資料提供として、地磁気データの最新のをアップデートさせていただきたいと思います。

以上です。

○山岡座長 ありがとうございます。

ちょっと長かったので、短く質問、コメントがあればお願いします。

どうぞ。

○井出委員 申しわけないのですけれども、これはやはり最新というよりは、臨界状態であるということとか、ナチュラル・タイムとか、はっきり言って1990年代からずっと言っていることなので、それを今新しく出てきたような話をされると、ちょっと違和感があります。

○長尾委員 新しいデータに適用したという、その点だけです。

○山岡座長 それ以降の研究の進展という意味では、今、言った側面があると思いますが、統計的有意性があるというけれども、これをどう使うかというのはまだ研究途上であるという感じです。

○長尾委員 日置さんのGNSS-TECであれば、例えば準天頂とかバイドゥというもの、これは監視システムだけの問題ですから、そういうものも本当に有効と考えられれば見ていくということも一つのアイデアではないかと考えています。

○山岡座長 よろしいでしょうか。

どうぞ。

○松澤委員 熊本地震のほうなのですけれども、b値の話で、確かにM6.5の地震の直後はb値が下がったのですけれども、2000年ごろに起こったM5のときにもb値が小さくて、このときも結局、何も起こらなかったもので、M6.5のときにちょっと油断したという経緯がじつはあるのです。このM5と今回は違うと、何か別のパラメーターで比較できるものがあるのですか。

○長尾委員 今やっておりますが、ここですぐに答えはないです。

○松澤委員 もう一つ、z値のほうなのですけれども、直前に確かに静穏化を示していますけれども、せいぜい1か2以下で、むしろマイナスのほうがずっと目立っているというのは、ここはどんどん活発化していて、本震の前にいきなり静穏化したみたいな形に見えるのですけれども、そういう理解でいいのですか。

○長尾委員 それでいいと思います。

○山岡座長 ありがとうございます。

何かありますか。

○横田（事務局） 事務局的に、今日の話の部分を確認しておきたいと思いますが、いろいろな形での研究がされていて、適用できる事例も増えているようではあるけれども、まだ研究として、今これを全部使えるというよりは、今後こういう研究に期待するということが趣旨という理解でよろしいですか。

○山岡座長 ささまざまな事例は得られている。ただ、まだ実用的というよりは、実施の前に見るといろいろありますというのが現状だと思います。

○横田（事務局） ささまざまな分野で、あるいはさまざまな手法を用いて幾つかの研究を進めていく、そういうことに期待するという理解でしょうか。

○井出委員 ずっと期待し続けてきたわけなのですけれども、同じ状態である。

○橋本委員 基本的にこの科学のコミュニティーの中で、こうなったらどうだという線を

引こうと頑張っている段階であって、いつまでたっても妥当な境界が引けないわけです。それを認識してもらわないといけない。多分これは1,000年、2,000年、あるいは万年かかるはずなので、それくらいのものだと思ってもらったほうがいいです。

○横田（事務局） 期間がどうかは別として、努力は必要だと思うし、研究に期待すると。

○山岡座長 それはこういう現象があるというので、少なくとも整理にはなるかなと。

よろしいでしょうか。

それでは、次は、先日、東京大学地震研究所の地震・火山噴火予知研究協議会が主催して、地震学会が共催したシンポジウムが9月30日に開催されましたけれども、それについての結果を簡単に御報告させていただきたいと思います。私のほうから報告します。資料は資料3です。プログラムに基づいて簡単に1行ぐらいつつ、どんな話がなされたかということをお話しします。

アブストラクトもありますので見ていただければいいのですけれども、最初は私が全体の初めの話をして、前回までの、3年前の部会の総括と、そのときの議論に期待するとして、確率利得あるいは社会と協力するために予測の予知率は一体どのぐらいになるかを知りたいということをお話ししました。

2つ目、地理院の矢来さんは、GNSSのプレートによるプレート境界のすべりの検出限界についてお話をいただいたということです。

3つ目、防災科学技術研究所の齊藤さんは、特に動力的破壊シナリオを用いて、地震、津波の早期検知・予測をするという話をしていました。

信州大学の榎本さんは、電磁気学的モデルをお話ししましたけれども、私の認識として結構印象があったのは、一番最初に、認識科学と設計科学、基礎研究と予測防災の研究というようになっていく研究を見ていくといいのではないかなというようなお話をされております。

その次、名古屋大学の山中さんは、昭和東南海地震のモデルでKikuchi et al.で想定東南海地震の震源域が決まっているけれども、それはちょっと疑問があるというような話をされています。

東北大の趙さんは、トモグラフィーのデータをもとにして、南海トラフで言うと、日向灘や紀伊半島沖は9が大きくて、ロー・ポワソン・レシオであって、破壊開始点となりやすいのではないかなというような議論をされました。

産総研の宍倉さんは、古地震研究の意義を述べられて、特に南海トラフの内閣府が公表した最大クラスというものが過去5,000年間は今のところは証拠がないというようなお話でした。

中谷さんは、これはちょっと都合が悪くて地震研の亀さんが代読をされたわけですが、この方が一番的中率とか地震の現象に基づく確率原因というところを中心にお話しされていました。特に前震というものは結構確率原因が高くて、前震ぐらいは使えるだろうというようなことがありまして、ここでは前田さんの方法もお話をされて、ゲインが380

だったとかいうようなこともお話をされております。

仮定に基づくところではありますけれども、先ほど堀さんのお話にあった、いわゆる非常に大きなプレスリップがプレート深部で発生した場合、もしこういうことがあればアラームを出すべきであるというようなお話をされております。

特にこの中谷さんの話は、結構ここの議論にも重要なので、できれば事務局のほうでもう少し詳しい資料を集めていただければありがたいと思います。

小原さんは、スロー地震と巨大地震について、スロー地震をどう考えるか。プレート境界地震のアナロジー、それから、ストレスメーターとして使えるのではないかというような考え方を述べられました。

海上保安庁の石川さんは、GPSアコースティックで、要するに音響結合方式の海底地殻変動を計測するというので、最近論文に出された南海トラフの固着域の話をされております。

これはある種のモデルに基づいていることでもあるので、ブロック運動などを考慮すると若干違いが出る可能性があるという話もされております。

産総研の松本さんは、南海地震前の地下水・地殻変動異常についてお話をされました。非常に検知率、出現率は低いけれども、広範囲に分布したと報告されているというようなお話をされています。

ゲラーさんは、予知と予測の話をされましたが、私が一番最初にコメントしたことで、もうそれが答えになっているということだと私は思いました。

京都大学の西村さんですけれども、定性的に地震が起こりやすいというようなアナウンスをすることは可能であるけれども、なかなか確率は低いだろうということ。それから、スロースリップイベントが大地震をトリガーした例が幾つかあるというようなお話もされております。

東大地震研の加藤愛太郎さんは、特にチリの地震についてお話をされていて、段階的な固着の剥がれが起きたということ。それから、それでも地震の直前に加速的な変化は起きていないということをお話しされております。

気象研の前田さんは、幾つかの現象について、例えば地震活動静穏化、潮汐との関係、b値、前震活動などについてレビューをされて、東北地方太平洋沖地震の前には数々の現象が認められた。これは後から見直したためかもしれないけれども、数々の現象が認められたというお話をされています。

東大の井出さん、隣の方ですけれども、結論としては、ETASモデルを用いた余震トリガリングの予測、これが現在の地震確率の実力であるというのが結論だったと理解しております。

JAMSTECの堀さん、委員の方ですけれども、リアルタイムモニタリングについてまとめられております。きょうのお話に大体網羅されているので、特にこれ以上お話しはしません。

東大の社会科学方面から田中さんが、不確実性のある情報をどのように使うのかというテーマでお話をされております。

最後に内閣府の森本企画官がお話をされて、今回の内閣府の防災対応検討ワーキンググループの解説をしていただいたということでございます。

それ以外にも、私は今回きちんとメモをとらなかったのですが、ポスターセッションについても幾つか重要なことが発表されました。

時間も余りないので、ここで私の紹介を閉じさせていただきたいと思います。

それでは、何か御質問とか補足がありましたら、お願いします。よろしいですか。

アブストラクトに一応載っておりますので、これを資料として見ていただければいいと思います。

では、次に行きたいと思います。次は、新たな科学的知見に基づく報告書別冊の改訂案について、ここから先は事務局からの説明ですけれども、事務局から御説明をお願いしたいと思います。

○池田（事務局） 資料4に沿って御説明させていただきます。別冊につきましては、これまでの検討会や事前の打合会で新たな知見を追加する作業を進めておまして、前回、第1回調査部会でお示ししたのものからの追加事項だけ御報告します。

8ページをご覧ください。ラクイラ地震の件について、その後の進捗があったということで、山岡座長からメモをいただいておりますので、その内容を追加しております。

23ページ、シミュレーションのところですが、これも堀委員から、これまで御紹介いただいた内容を踏まえて加筆いただいております。

この場でも結構ですし、会議が終わってからでも結構ですので、お気づきの点があれば御指摘いただければと思います。よろしくをお願いします。

○山岡座長 ありがとうございます。

ラクイラの件に関しては、科学者6人に無罪、行政担当者のみ有罪というのが、今年のちょうど今ごろ確定したということが書かれております。

その他、もし今、何か御質問があれば、お願いします。

なければ、お読みいただき、また気がついたところがありましたら、事務局へ御連絡いただきたいと思います。よろしいですか。

○井出委員 この会議の最初のところにも言ったのですが、定量的なことを恐らく書かなくてはいけないと思うのですが、それは今回、追加されていないのですね。

○横田（事務局） まだです。

○井出委員 では、これは今後追加するということですね。

○山岡座長 それをこの後に少し議論したいと思います。よろしいですか。

それでは、次に「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」について、御審議をいただきたいと思います。

まずは事務局から御説明ください。

○池田（事務局） 資料5に沿って説明をさせていただきますが、その前に、本調査部会で使う地震の用語について整理をさせていただきたいと思っております。

（PP）

ディスプレイをご覧ください。調査部会の名前にも使っております大規模地震につきまして、ここでの整理としましては、南海トラフで過去に100～150年間隔で起きてきたような規模の大きな地震、それから、それらを超える最大クラスの地震を想定しているということで、下のほうで矢印を見ていただくと、大体7の後半から9ぐらいまでを大規模地震と使っています。それから、巨大地震については、特にこの調査部会の資料では使っていないですけれども、一般によく使われている言葉で、内閣府の南海トラフの巨大地震モデル検討会で整理したものでは、最大クラスの地震としてマグニチュード9程度の地震で整理をしております。

それから、比較的規模の大きな地震ということでは、大規模地震には及ばないけれども、マグニチュード7クラスの地震で、その後大規模地震が起きた場合には前震に相当する規模ということで整理をさせていただいております。この考え方に基づいて、資料5を説明させていただきます。

（PP）

まず、南海トラフ地震の多様性ということで、第1回調査部会でも指摘をいただいておりますので、改めて過去の地震の発生履歴を記載しております。こういった多様性がある中で、井出委員からは、こういったケースを想定するというがっちりとしたシナリオを固めたものをするべきではないということをお指摘いただいておりますので、そういった多様性を踏まえた上で、その中でも特に社会的な混乱が発生するような事例に対して、我々がこういった評価をできるのかと、具体的なケースを想定して、評価の仕方を検討させていただきたいと思っております。

（PP）

それが2ページ目に書いてあるもので、4つ挙げております。これは第1回調査部会でもお示ししておりますが、ケース①としては、大規模な地震が東側もしくは西側で発生した場合で、割れ残りが生じている場合。

ケース②としては、それより比較的規模の大きな地震ということで、1ランク地震の規模としては小さいですが、その後、大規模地震が起きたときには前震と考えられるような規模の地震が起きた場合にどうするか。

ケース③としては、東日本大震災のときに先行して多種目の異常現象が確認されておりますが、同様の現象が南海トラフで見られた場合にどのような評価ができるかということです。

ケース④としては、現在、東海地震に対してやられているような、ひずみ計の観測により、こういった情報が出せるかということを検討したいと考えております。

（PP）

1 ページめくっていただきまして、具体的な事例別に御紹介をさせていただきます。

ケース①としては、1854年の安政東海地震タイプのを想定して、こういった地震が起きたときに、我々がどう評価できるかということを検討いただきたいと思います。地震の震度分布と津波高の推計結果を載せていますが、こちらについてはあくまで仮定で計算したもので、例えば静岡県、愛知県で最大震度7、神奈川県、和歌山県にかけて震度6弱以上と広範囲で強い揺れが観測されて、さらに津波についても最大で15メートル、広い範囲で5メートル以上が観測されている。こういった状況において、東側では既に緊急災害対策本部が設置されて、応急対応のオペレーションが進んでいるという状況が想定されますけれども、加えて、割れ残っている西側について、大規模地震の発生のおそれがあるのではないかと社会的な不安が高まるということが想定されるわけです。

こういった状況において、東側の地震活動に対する防災情報を出しつつ、西側へどういった評価ができますかということを検討したいと考えております。

(PP)

4 ページ目に現象のモニタリングとその評価内容を記載しています。

上から2つの○については、既に行われているものですが、地震観測ですとか地殻変動の観測に基づいて、地震の破壊領域を推定して、その後の余震活動ですとか余効変動によって拡大領域を把握するというような作業を行います。これらに加えまして、今回新たにこういったことが検討できないかと加えているものですが、まず、推定された地震の破壊領域に基づきクーロン応力変化を計算するというので、右下に例として示しておりますが、こういったひずみの蓄積で地震の促進領域が把握できるのではないかと。また、堀委員から御説明いただいておりますシミュレーションを用いた現象の理解とその後の予測について活用ができないか。それから、井出委員から提案をいただいております時空間ETASの今後の活動の見通しの検討ということで、こちらについては試算したものがございまして、ディスプレイを見ていただければと思います。

(PP)

こちらは、東北地方太平洋沖地震の2日前に起きた前震の発生後における時空間ETASの計算結果で、メッシュとしては0.1度掛ける0.1度ということで、大体10キロ四方のメッシュ毎にマグニチュード8以上の地震がその後1日間で発生する数の期待値を推計しております。凡例はログでとっておりますので、例えば赤いところで見いただくと、 10^{-6} というオーダーになっています。黄色、青になるほど発生の期待値が下がってくるというような事例で、この結果として、東北地方太平洋沖でさらに大きな地震が2日後に発生している。そのときの推計の事例です。

(PP)

次のスライドは、南海トラフの巨大地震を想定した場合ということで、こちらについては過去の統計データがありませんので、現時点での地震活動を用いて、仮に現時点で安政東海地震タイプの地震が起きた場合にどういう推計になるかというものを計算したもので

す。以降、対象としているほかの南海トラフ地震の計算結果もご紹介します。

(PP)

こちらは昭和東南海タイプの地震です。

(PP)

これ以降は前震タイプになるので、また前震タイプの検討の際に御紹介させていただきます。

(PP)

もう一つ、地震発生後の経過時間に応じて、時空間ETASの結果がどのように変わってくるかということも推計しております。こちらもおくまで試算ですけれども、東北地方太平洋沖地震が発生後でM7以上の数の期待値を計算したものです。こちらについては赤いところが 10^{-5} のオーダーで、こちらは1日後、次が3日後、7日後です。この程度までは余り大きく変わりませんが、次に1カ月後、半年後、だんだん確率としては下がってくるというような結果になっておりまして、こういった時空間ETASの計算を随時行うことで、警戒すべき期間ですとかそういった評価に使えないですかということをお審議いただきたいと思っております。

(PP)

資料5に戻っていただきまして、時空間ETASの次の過去の大規模地震に関する統計資料に基づく評価ということで、5ページ目に統計資料をまとめております。評価としては、1900年以降に観測されたマグニチュード8以上の地震、これは92事例ありますけれども、これを母数としまして、その隣接領域、50～500キロの範囲を隣接領域と言っていますが、その領域でマグニチュード8.0プラス・マイナス1の地震が連続した事例を評価しています。

4つグラフがありますが、左上のグラフをまず見ていただくと、92事例あるうちで3年以内に隣接領域で連続した地震の数ということで、3年後までに33%程度の割合で地震が連続していることが分かります。

発生から1カ月の期間を拡大して見たものが右側のグラフになりまして、発生から3日間で10%程度、1カ月で16.3%が連続している、というような評価になっています。これは世界全体の地震を見た一般的な評価でありますけれども、南海トラフで言うと、過去の発生履歴を解析する限りは、同時に広域の震源域が破壊されている、もしくは多少の時間をあけて両方が割れるというような過去の発生履歴がございますので、例えばマグニチュード8以上の地震が起きたときに隣接領域で連続した31事例を母数として改めて評価をしてみたらどうかというのが、その下の段になります。3年以内にその31個で評価していますので、100%になるのですが、それを1カ月で拡大したものが右下のグラフです。必ず連続するという評価をした場合であれば、3日以内に30%の確率で地震が起きるだろう。それから、1カ月でも50%ぐらいの割合になるというものです。

(PP)

こういった検討材料を用いて、ケース①に対してどのような評価ができるかというのを

まとめたものが6ページになります。

南海トラフの東側で発生した地震に関する情報については、既に気象庁等で多くの情報が出ているということで、ここを特に議論するものではなく、その下の枠囲み、南海トラフの西側の割れ残った領域に対する評価案について御審議をいただきたいと考えています。

まず1パラグラフ目は、過去の発生履歴を踏まえて、東側で大規模地震が発生した場合、時間差を置いて南海地域、西側でも連動して大規模地震が発生する可能性が高いという評価をしております。

また、2パラグラフ目については、クーロン応力変化ですとか、時空間ETASの解析結果を使って、今後、何日程度の危険性が高いというような評価ができるかどうかということをお審議いただければと思います。

「また」以降は、統計データを使った場合に隣接領域で発生する領域としては、今後、3日以内に30%、1週間程度で35%程度、1カ月以内に50%となっている。今回発生した地震の震源域の隣接領域である南海トラフの西側でも、大規模地震が発生する可能性が特に高いと考えられ、警戒が必要であるとしています。

ケースごとに御意見をいただきたいと思っておりますので、説明はここで一旦中止します。

○山岡座長 ありがとうございます。

最初に2ページのところでケース①～④ということですが、過去の例にもあって、いろいろな方が一番懸念しているのが、例えば紀伊半島に対して片方だけがM8クラスの地震が起きたときに、一体それはどう考えるかというところがケース①だと思います。

特に6ページ目のこのような評価ができないかと。例えば気象庁が何か情報を出したら、こういう評価になるだろうということを想定して事務局が書いていただいたのだと思いますけれども、これについて御意見をいただければと思います。

どうぞ。

○橋本委員 6ページの2パラグラフ目と3パラグラフは混乱を招きますね。2パラグラフ目は、割と短期間のうちに可能性が低くなるということを裏で言っていて、3パラグラフ目は、長くなればまた確率が上がってくるということをおっしゃっているので、こういう混乱した文章は出せないですね。

全体的に言って、過去に起きている事例なので、過去に起きている事例を気象庁が出す場合でも、何らかの形で過去にこういうことが起きているというのを出せば、それで十分ではないかと私は思っているのです。このケースに関しては、はっきり言って気象業務法で全部対応できるようにすべきだと思っている。場合によっては3年とか、5年とか、それくらい後にしか起きない場合もあるわけですから、余り強制力のあることはできないと思っております。

1パラグラフ目と最終の4パラグラフ目を出すことは、これは多分、みんなある程度合意できると思うのだけれども、2、3については、こういう矛盾するようなものを出すのは反対です。

○山岡座長 予測の情報というよりは、過去このようになっていましたという事実を述べるというイメージかなと私は思ったのですけれども。

何かありますか。

○横田（事務局） 矛盾というか混乱という部分は、一つは表現の仕方で、時間とともに発生確率がどんどん高くなっていくという言い方をしておいて、もう一つは、時間とともに増加率が減っていくという部分の出し方を少し整理しないと混乱するよということなので、文章表現はそこを丁寧に、混乱しないように直したいと思います。

○山岡座長 だんだん増加率が減るのは、ある意味、当たり前なので、むしろこういうところでは、過去、こういう例がこれだけの例のうち、このぐらいありましたということは重要ななと思っています。

○橋本委員 私もそれは同感です。それ以上のことは多分無理だと思う。

○横田（事務局） 多分、今の議論のポイントは、増加率が減っていく部分に対して、初期の段階と、それから、徐々に増加率が減っていくのだけれども、起きなかったら高まっていることは事実なのですね。そういう意味で、早い段階から徐々に減っていく。だけれども、だんだん期間が経ると日常的に近づくのではないかと。そういう中で、どのように警戒のあり方を考えていくのかということが論点かなと思うので、文書表現は少し直そうと思います。

○山岡座長 警戒の呼びかけは、ここのマターなのかしらと思ったのと。

○横田（事務局） 警戒の呼びかけを考えてもらうに当たり、必要となる科学的なデータなど。今の書き方はちょっと混乱を招くかなということですよ。

○山岡座長 基本、過去の例は非常に明快なので、一般的な物理的法則と、それから、過去の例として定量的にこのぐらいであるということは資料を整理していただいたとおりでと思います。だから、ここはそのぐらいしか、これはこれでいいと思いますぐらいしか言えないのではないかと思います。

○井出委員 もう一つ言えば、ETASというのは要は過去の経験の蓄積なわけで、そういう意味でも、ETASも含めて過去の経験に関して言うということで、先ほどの絵などとはとてもインプレッシブで、なかなかいいなと、すばらしいと思いました。

○山岡座長 あれは0.1度刻みなので、 10^{-6} という形になってはいますがけれども、範囲とか時間スケール、マグニチュードを変えることによって、あの割合が変わるので、ある意味で相場観を持っていただくには非常にいいデータかなと。

○橋本委員 あの絵に関してはやはりちょっとクレームがあるのだけれども、あれだと震源域の周りだけになったら困るわけで、実際に南海のほうの震源域は、場合によっては青いですね。それだと逆に安心情報を与えてしまうのだよね。

○井出委員 だけれども、我々の実力が今、あれなのです。

○橋本委員 それは同意します。だから、使うほうはそういうことをちゃんと理解してもらった上で、住民にもちゃんと理解してもらった上で、このように使いますという、そこ

の契約というか取引かな。そういったものがあって初めてやるべきだと思います。

○山岡座長 わかりました。

ETASでやるとこうなります。けれども、過去の例を見るとこうなりますというのが事実としてある。それである種の相場観というか、どのぐらいの割合で過去起きているかというのも大体数字が見えてくるということで、これはこのままで、こういう形でいいのではないかな。

どうぞ。

○堀委員 まず1つ、ETASとかに関しては、CSEPでもそうですけれども、ETASだけではなくて複数のいろいろなモデルを使ってやられているわけです。例えばCFFを考慮したようなものもあって、つまり隣に与える影響を考慮したもので予測しているものもあるので、1つだけでというのはよくなくて、複数のモデルできちんと並べる必要はあると思います。

あと、ここでは全く触れられていないですけれども、実際に今、震源域でどういうことが起こっているかということに関しては、リアルタイムでわかる解析された結果についてもきちんと情報として出していく必要があると思います。

○山岡座長 モニタリングに関しては、次の大きいところに関係するのですね。そちらで議論したいと思います。

○堀委員 あともう一つ、前回も言いましたけれども、内陸地震のことも忘れないようにするというのとは一つ重要なことなので、ETASでももちろん内陸は出ていますけれども、東側が破壊しました、隣が危ないですということばかりにならないで、きちんと内陸地震に対する評価も、例えば東南海の後の三河地震とか、過去の事実という意味でも、内陸地震に対する警戒もきちんと入れる必要があると思います。

○横田（事務局） 議論の確認をしておこうと思いますが、どういうモニタリングをするかという部分については、現象のモニタリングとその評価の最初の4ページの上のほうに書いてあるのですが、こういうことをした結果がというのをちょっとはしょって書いたところがあるので、そういうことをちゃんとしているのだと。

それから、ほかにもいろいろあるので、できるだけそれらも計算したほうがいいよと。まだ全部をフォローし切れるほど短期間で追いかけていないので、そういうことがあるということを含めて今後の中に入れてみたいと思います。

それから、現象としての部分について、橋本委員からありましたように、2つの数字が出て混乱しないような表現の仕方にして、事実関係をちゃんと丁寧に示す、誤解がないように示すということです。

最後、堀委員から言われた内陸のほうの部分は、あえて今回はそこに触れていないのは、もともと大きな地震が起きて、それに対処している、その周辺の中でいろいろなことが言われているだろうと思って、その中に踏み込まなかったのが、西側の大きな地震についてどう見えるかということだけに注目したところがあるので、全体的な注意の呼びかけに

については、気象庁の通常出す情報も含めながら、誤解が起きないように形で、ワーキングのほうに投げるときにはそういうことも整理してみようと思いますが、そういう形でまとめてみたいと思いますけれども、よろしいでしょうか。

○山岡座長 それでは、②でお願いします。

(PP)

○池田（事務局） ケース②、前震と思われるような規模の地震が発生した場合ということで、7ページからです。こちらも震度分布、津波高については仮に計算したもので、三重県南東沖でマグニチュード7.5の地震が発生して、三重県及び和歌山県の沿岸部で最大震度6弱、広い範囲で震度4以上が観測され、津波についても、和歌山県で5メートル以上が観測されている場合にどうするかというケースです。これについては、南海トラフで比較的規模の大きな地震が発生したのだということがメディアで大きく報道されて、それが大規模地震の前兆なのではないかといううわさが広まり、社会的な混乱が発生するということが想定されます。そういった場合にどういった評価が可能かということで、起きた7.5の地震に対する評価に加えまして、前震とした場合に大規模地震に対してどのような評価ができるかということを御審議いただきたいと思っております。

(PP)

現象のモニタリングとその評価については、先ほどの規模の大きな地震と同じですけれども、上から5つ目の丸印に前駆的な現象か否かの評価というものを加えておりまして、こちらについて、地震活動ですとか地殻変動の状況から、前震や前駆すべりの可能性を評価するというものを加えております。

また、時空間ETASについても、前震と思われる規模で計算したのもございますので、ディスプレイをご覧いただければと思います。

(PP)

これは、平成21年8月11日に東海地震の観測情報が初めて出されたマグニチュード6.5の地震時の時空間ETASの結果です。マグニチュード8以上で同じように0.1度、10キロ四方の格子で計算をしたものです。

(PP)

次が、ことし4月1日に三重県南東沖で起きた地震、マグニチュードは同じ6.5です。

(PP)

もう一つ、特に発生した地震はありませんけれども、南海地域でマグニチュード7を想定した場合には、このような結果になりますということを試算したものです。

(PP)

資料5に戻っていただきまして、9ページからは、同じように統計資料に基づく評価ということで、1900年以降に観測されたマグニチュード7以上の地震1,319事例ありますが、それを母数として、同じ領域でさらに大きな地震が発生した統計データです。

左側が3年間の時系列で見たものですけれども、ご覧になってわかるとおり、マグニチ

ュード7クラスの地震が起きたときに、その後、さらに大きな地震というのは非常に数が少ないということがわかります。3年で見ても3.9%程度です。さらに右側のグラフに移っていただいて、30日で拡大した場合で見ると、3日以内に22事例、1.7%、1カ月で31事例、2.4%となっております。

その下のグラフについて、最初の地震を前震と評価できた場合について、その後、続発した地震52事例について評価をしたもので、3年間の52事例で見えていますので、グラフで見ると3年間で100%となっております。それを30日で拡大してみると、3日以内に22事例、42%、1カ月で60%程度という割合で続発していることが統計資料から整理できます。

(PP)

こういった資料を踏まえまして、ケース②に対する評価ということで、同じように上のほうは既存の情報発表スキームの中で気象庁等から必要な情報が出されている。

それを踏まえて、その下の四角で囲んであるところですけども、南海トラフの大規模地震に対する評価ということで、こういったことができるか。まず1つ目のパラグラフでは、地震活動と地殻変動の状況から、今回の地震が前駆すべりとなって大規模地震が発生することも想定されるので、今後の推移を注意深く監視する必要があるというような文言にしております。

2つ目のパラグラフは、先ほどと同じように、クーロン応力変化と時空間ETASに基づいて、こういった警戒を呼びかけられるかという文言になっています。

3つ目のパラグラフは、統計データに基づく評価です。南海トラフのM7地震以上の前震は過去に観測されていないけれども、今回の地震を前震であると評価した場合には、今後3日以内に40%、1週間以内に50%、1カ月以内に60%の確率で地震が発生する。

こういったことを踏まえて、今後何日程度は特に警戒が必要だということが評価できるということを御審議いただければと思います。お願いします。

○山岡座長 ありがとうございます。

いずれにしても、それほど高くないということが、少なくとも9ページのデータでは示されているということと、それに対してこういう評価があり得るという想定が10ページ目にありますが、御意見、御質問をお願いします。

○橋本委員 これは前震であると評価したというのではなくて、あくまで前震であるとみなす場合ですね。その辺は難しいですね。本震が起きるまで、前震かはわからないのだから。

○山岡座長 9ページの下の方の図は、どちらかというと、要するにどのあたりで起きやすいかということを示しただけなので、上の図だとよくわからないからちょっと拡大したというふうに考えてもいいのかなと私は思っています。

それから、普通はそうなのだけれども、南海トラフは入っていないですよというか、南海トラフはほとんどそういう地震が起きていないので。

○横田（事務局） 過去起きたことがないと書いたつもりですね。

○池田（事務局） 評価文の下から2つ目のパラグラフで「南海トラフでは、大規模地震の前にM7.0以上の前震は過去に観測されていないが」と書いています。

○山岡座長 わかりました。

プレート境界の地震についてだけ、9ページの図というのはつくれるのですか。これは全部ひっくるめているのですか。

○池田（事務局） 全部ひっくるめています。

○横田（事務局） そうしたら、努力してみましようか。

○山岡座長 ちょっと努力してください。たしかチームでやったときには内陸の地震のみをピックアップしたと思うので、プレート境界だとどういう感じというのは、データとしてはあってもいいかなと思うのです。

○横田（事務局） うまく整理できるか。

○井出委員 同じですよ。先ほどのETASとこれは単に裏返しですからね。どちらからどちらを見るか。本震から余震を見るのか、本震から前震を見るのかで、基本的には同じ式で両方計算するものを裏表見ているだけのような話ですね。

○山岡座長 それはそれでよいのですけれども、一応事例として、データとしては大事だと思う。

○井出委員 事例も選ぶでしょう。

○山岡座長 プレート境界は難しい。

○横田（事務局） 多分難しいと思うのだけれども、とりあえず努力だけはしてみたいと思います。

もう一つ、最初に橋本委員から、これは実は左のモニタリングのところで前駆的な現象か否かの評価というのは、いわゆる前震かどうかとか、そういう評価はできるのでしょうかということを今回の議論のポイントにしているので、そうすると、できませんと。

○橋本委員 できません。これは多分、モニタリングと絡むのだけれども、先ほどの堀さんの話と一緒に、これが起きたことによって、この周りでいろいろな動きがあるかどうかというのは書き込まないといけませんね。

○山岡座長 それは多分重要なことです。

基本的には前震と本震の関係も、本震と余震の関係も同じ統計則で書けるということなので、ある種のトリガリングだというのが今の一般認識だと私は理解しています。だから、前震を前震であるかどうかは判断できないけれども、やるべきことは、その地震が起きた後にどういう現象が起きているかをきちんとモニタリングすることが大事であるというのが認識だと思います。

○井出委員 研究ベースではやっていますね。前震の違いがあると言っている人も、研究ベースではもちろんいるのですけれども、しかし、まだ我々が全員納得するレベルではわかっていないということです。

○横田（事務局） この評価案の最初の部分は、あえて前駆すべりか、あるいは前駆と言わずにすべりの状態で、それが進行しているかどうかということ、これはモニタリングのつもりで書いたもので、そこにあえて「(前震)」と書いているのだけれども、こういう表現は使わない。

それから、今、橋本委員が言われたことは、ちょっと表現は不十分だったかもしれませんが、クーロン応力、その他の部分を含めて、それがどのように進展しているのか、広がっているのかというようなことは整理をして、誤解がないような表現にして、ゆえに今後さらに大きいのが起こるかどうかみたいな書き方のところを整理する。事実としては、こういうことをモニタリングしていくことは重要だということがわかるようなものにする。

最後の部分は、仮に前震だった場合にはということ、あくまでも前震というのは評価が難しい。過去のデータから見た場合にはと、その言葉の使い方は十分注意して書いていく。そういう形で整理をしたいと思います。

○山岡座長 言葉の使い方は、実際に動き始めて、動くかどうか知りませんが、注意を呼びかけるときに考えていただければいいことなので、ここで認識すべきことは、この9ページのデータのようなものが過去に起きていることであるということと、何日程度は特に警戒が必要かどうか。これも問題なので、例えば一方的に人間は1週間ぐらいしか耐えられないと思うと、前震だと想定して1週間以内に起きるのはせいぜい半分ぐらいであるといふうにしか言えないのです。だから、これもこのデータをもとにして、どのように呼びかけるかは、実際にこれを使うと判断されたときに考えていただくのがいいかなと私は思います。

だから、ここでは9ページのような情報として、これで十分なのか、あるいはもうちょっと欲しいのかということぐらいかもしれません。私としては、プレート境界ができるかどうかわかりませんが、ちょっと努力をしてくださいというのが一つです。

ほかに何かありますか。

○松澤委員 M7以上にしているので、多分、プレート境界がほとんどだろうとは思っています。

もう一つ、南海では今までM7の前震という例がないので、やっても無駄という意見もあるかもしれませんが、一方で、もしM7が起こったら、経験のないことが起こっているわけなので、それはとんでもないことが起こっていると考えべきだと思うので、そういう面では、過去にほかの場所ではあるけれども、M7以上が起こったときにこういうことが起こっていますよと、そういう情報を流すことは多分重要だろうと思います。

○山岡座長 南海トラフで前震が起きていないということを確認できるのは、多分昭和だけですかね。1回しか例がないので、これはあるともないとも言えない。要するに、南海トラフに着目してこのような表はつくれません。なので、よそのものを借りてきて、仮につくってみるとこのぐらいになりましたというのが、この意味するところであるということによろしいかと。

○横田（事務局） 前回の資料のときには、今の言われた部分を最初のところで丁寧に、仮にという形で書いていたのですけれども、そのときも、多様性があるので何が起こるか分からない、その中の一例にもし起きたときに、起きたこともないようなことがあったらどうするのだというようなつもりで書いているので、ある種、もしかすると復習になるかもしれない。

○山岡座長 だから、あり得るけれども、確率としては数%ぐらいであると。あと、どのぐらい警戒するかは、社会的なところでこれとにらめっこしながら考えていくのもありかなと私は思います。

どうぞ。

○堀委員 今、M7以上だからプレート境界という松澤さんの。

○山岡座長 多分ほとんどプレート境界ではないかというのが松澤さん。

○堀委員 それは断定できないのではないかと。つまり、紀伊半島南東沖であるとか、駿河湾の下で起きた地震とか、いろいろあるので、そこはプレート境界とか断定はしない方がいいかと思います。

○横田（事務局） トライしてみます。

○山岡座長 よろしいでしょうか。事務局、こんな感じでここはよろしいですか。

それでは、③です。

○池田（事務局） 11～14ページは、前震の過去に大きな地震が起きたときの参考として載せておりますので、御参考までということです。

（PP）

ケース③について、15ページからです。

2011年東北地方太平洋沖地震で先行して観測された現象ということで、複数観測をされていると。右側のグラフは、それぞれの異常が何種目で、観測されている期間がどの程度あったかというものを評価したものです。こういった異常現象について、南海トラフで複数観測された場合には、東北地方太平洋沖地震と同じ現象が見られているということで、南海トラフの大規模地震の前兆ではないかということが指摘される。それをもって社会的な混乱が発生するということが想定されます。

こういった状況において、どのような評価が可能かということで、まず発生している現象とその原因の解析、それから、その現象に対して今後、大規模地震の発生予測の可能性を評価できるかということです。

（PP）

ケース③に対する評価案としては、まず発生している現象に対する評価ということで、こういった観測がされていますということを述べて、プレート間の固着状態のふだんと異なる変化が観測されている時期には、ここは報告書の記載内容と同じにしていますが、不確実ではあるが、地震が発生する危険性がふだんより高まっている状態にあるとみなすことができるというような整理にしております。

これを踏まえて、南海トラフの大規模地震に対する評価ということで、現在観測されている現象については、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で、プレートの固着状態の変化を示唆する可能性があるということを書いております。

その次に、プレートの固着やそのすべりの変化の推移を注意深く監視する必要がある。

ただ、一番最後のパラグラフですけれども、報告書のまとめと同じように、このような現象が観測されても、確度の高い予測は困難であるというような整理しております。

このケースに対して、このような評価でよろしいでしょうか。

○山岡座長 ありがとうございます。

15ページについては、前回も解説があったので、特にいいと思いますが、このようなことがあったときに、ワンボイスとは言いませんけれども、このような評価の考え方でいいかというのが16ページです。これについてはいかがでしょうか。

○堀委員 きょうの話題提供でも触れましたけれども、特に年オーダー以上で見られている現象に関しては、ここで扱う問題というよりは、むしろ長期評価の改善とかの少し長い時間スケールで評価をしている枠組みがあるわけなので、そちらでどのように扱うかを考えていくほうがいいのではないかと私は思います。

○山岡座長 それでも、今の議論は、社会的に関心が高まって、いろいろな人がいろいろなことを勝手に言い始めると混乱するので、どういう考え方が標準的かというのをここで議論しましょうというので、その点でもう一回コメントをお願いします。

標準的にこの考え方でいいか。要するに、こういう現象があって、地震が起きるとしても、年単位の現象であろうと。なので、これをもって直ちに起きる、あるいはどこで起きるということを予測するのは現時点の科学では困難ですという言い方でいいか。そういう意味です。

○堀委員 そこはそうだと思います。

○橋本委員 我々はリスクマネジメントをやるのではないので、アセスメントだけなので、私はこれ以上のことは言えないと思います。

○山岡座長 ありがとうございます。

特にこれについては、このような言い方で結構だということですか。

○長尾委員 やはり過去に何が起きたかということの説明が、具体例が非常に重要だと思うのです。そうしないと、特に地元だといろいろな推測が出てきてクエスチョンマークのついた報道とかが出ますから、やはり一番重要なのは、過去にこういうことが起きたという事例をちゃんと正しく啓発するようなことが大事だと伺います。

○橋本委員 それは伝え方でしょう。

○長尾委員 伝え方の問題です。

○山岡座長 とりあえず意見として伺いますが、これはリスクマネジメントで、このマターかどうかはちょっと微妙なところですが、でも、いずれにせよ、我々、今ここで整理すべきとしては、過去の事例としてこういうのがあったとして整理しておくことは大事だと

いうことであります。事例の整理はここのお仕事ですので、伝える部分というよりは、こういう過去の事例がありました、その事例に基づいても年単位の現象であるということが言えるということによろしいのではないですか。よろしいですか。

では、ケース④をお願いします。

(PP)

○池田（事務局） ケース④については、東海地震の判定基準とされるような前兆すべりが見られた場合ということで、第1回の調査部会でも、こういったものはまだ見られていなくて、仮定の話だという御指摘はいただいています、仮にこういったものが観測された場合には、大規模地震の発生が差し迫っているとして社会的な混乱が発生するおそれがありますので、こういった場合についても、どういった評価ができるかということをお審議いただきたいということです。

(PP)

18ページのスライドについては、堀委員から御説明いただいたとおり、一番下のところを見ていただいて、急激な変化があっても地震が発生していない事例があるし、急激な変化で大規模地震につながるという事例もシミュレーションの結果としては出てきている。

(PP)

そういった中で、19ページをごらんいただいて、ケース④に対する評価ということで、南海トラフの大規模地震に対する評価。複数のひずみ計で有意な変化が観測されていて、その変化は次第に大きくなって、すべりが進行している。これは観測された事象に基づいて書いています。

これを踏まえて、第2パラグラフですが、このような事例は、過去に観測されたことがなく、この後の推移を予測することは困難であるが、シミュレーションを用いた解析によれば、このようなひずみの変化が見られた場合には、必ずしも大規模地震が発生するとは限らないが、大規模地震に至る可能性も示されている。

こういったことを踏まえて、規模の大きな地震について、規模や時期を確度高く予測することは困難であるものの、南海トラフの大規模地震の発生の可能性は否定できないというような評価にしております。

○山岡座長 ありがとうございます。

これはモデルに依存しているので、こういうことが起きるかどうかは本当はよくわからないということで、かつ、まだ観測されたことは余りないということに対して、この作業部会ではどういう立場をとるかという問題だと思うのです。だから、この評価案はある意味で言うと、仮定に仮定を重ねているので、なかなか評価しにくいなという気はします。

それは私の印象ですが、ちょっと御意見をいただければと思います。

○井出委員 2番目が果たして必要かということですね。これは一体何を言っているのだろうかという文章になっているので。

○山岡座長 これで言うと、先日の会議で中谷さんの発表にあったみたいに、深部の固着

の境界、低周波微動域において非常に大きなスロースリップが仮に発生するようなことがあったとしたら、これはあるかもしれないと言っている人がいるので、あったとしても、やはり同じようなことになるのですね。いずれにせよ、過去に例はないけれども、仮にそういうことがあったと言えるのでしょうかという議論なので、なかなかここは評価が難しい。だから、ここでできることは。

○井出委員 サイエンスとして言えることはない。

○山岡座長 理論的にはあり得るけれども、確認されていない現象であるとしか言いようがないですね。

○井出委員 そうですね。それはいいと思います。

○横田（事務局） 1つですが、今のすべりの場所がどこかという推測はされるはずなので、それをきちんと書いて、深いところにあるのか、どこにあるのか、それがどの程度かという事実はきちんと書く。

第2パラグラフは何だというと、実は、過去に経験したこともないし、シミュレーションでも必ず起きるとも言っていないし、さてどうしましょうという悩みを書いただけなので、この悩んでいることをどうしましょうか。

○山岡座長 スロースリップであろうが、先ほど言ったような前震的な現象であろうが、いずれにしろトリガリングであることは間違いないので、そういう現象が起こると、より大きな地震を発生させる可能性があることは間違いない。その割合とか過去の例もほとんど何もデータがないので、これ以上何も言えない。でも、仮に起こったら、仮に起こったらといってもここではしようがない。

○横田（事務局） 仮に起こったら、これは多分、データを見ている気象庁の担当者は腰を抜かすぐらい、とんでもないことがびゅっと目の前で見えるわけですよ。もし本当に起きたら。

○井出委員 そのことなのですけれども、今の判定基準だったら、こういうものではなくて、ほんのちょこっとのところで判定基準クリアになりますね。そこら辺がちょっと微妙で、本当にこれは多分、こうきてしまったら、今の判定基準ですらない、もっとすごいことですね。今の判定基準ということを書くのだったら、これは割と偶然にも実際に起きかねないことですね。だから、ちょっと書き方に注意が必要かなと思います。今の判定基準は、実はこういうことが起こるといえるものではないのです。

○山岡座長 わかりました。そうすると、判定基準というよりは、従来観測されているものに比較して非常に大きな。

○井出委員 極めて大きな異常現象。

○山岡座長 特にスロースリップのような現象が観測され得るかということと、観測され得るかということに対して、ここはどう考えるかでもいいのかしら。そういうふうも含めていいのでしょうか。

○横田（事務局） 全体の中で18ページを見ていただいて、実は今回、物すごくこうなっ

た事例がたまたまあって、起きない例もあったので、そこだけ書いたのですが、ちょっとゆっくりしたものがその上にもあるのですね。2段目、3段目のところで、ちょっとゆっくりな変化はあるのだけれども、地震が起きていない。

もう少し小さい変化だと、今、井出委員が言うように判断できないかもしれないけれども、それとさらに大きいものというのは、2段階に分けて、各層かもしれないけれども、それをどのように評価できるかということについては整理だけして、もう一度議論いただくかと思いますが、よろしいでしょうか。

○井出委員 今回のケース4は一応定量かされているということで、それは結構ランダムにでも起こってしまうことがある話だと私は理解したので。

○山岡座長 ぎりぎりというレベルね。

堀さんはどうですか。シミュレーションをやった本人です。何かコメントありますか。

○堀委員 今回のこのケースに関しては、特にさらに加えることはないですが、井出さんも言われたように、偶然にでも超えてしまうようなレベルと、そうではないという話をきちんと分けたことが必要だと思います。

これに関連して、きょうも話題提供の中でお話ししましたが、今のは過去に起きた例ではない話ですけれども、南海地震の前に起きたとされる現象、地表で前の日の晩に起きたとされる現象で、それと今回の大きな深部でのすべりが関係しているかもしれませんが、それはあくまでも仮説の話なので何とも言えません。ただ、昭和のときにも、あと安政でも起きたとされている潮位の変化みたいなことがもし広域に起きた場合、それはここで言っている話とはまた別で、過去に起きたとされていることに、我々の近代観測では観測されたデータはないですけれども、南海の地域で起きたとされるいろいろな証言があったりするような現象に相当するような現象が起きた場合にどうするかということは、一つ別のものとして考える必要がある。

○橋本委員 それはリスクマネジメントの話だから、今は我々の科学で解釈できるかどうかで議論すべきあって。

○山岡座長 ただ、リストアップぐらいはしておく必要があって、それは我々の科学では判断できませんと一言書けばいいと思います。

要するに、今回で言うと、ケース①～③は経験されたことであって、これに関しての評価は一応できます。ケース④に関しては経験したことがないけれども、理論的にはあるかもしれないと。

○井出委員 というか、ランダムにいつてしまうかもしれない。

○山岡座長 その評価をする。

最後に堀さんがおっしゃったことは、こういうことが報告されているとリストは出しておいて、けれども、現状では評価するだけのデータはないと一言書いておけばいいのではないですか。

○橋本委員 というか、基本的にそういうドキュメンテーションのものは、例の4分割表

での議論ができていないわけで、まずそういう評価をすべき。科学としての俎上に乗るデータではないとまず評価して、そこから先どうするかは、もう上部の委員会が決める。

○山岡座長 それで結構だと思います。だから、カテゴリーとしては、経験していて、科学で理論的にも説明できることで、理論的にはありそうだけれども、実際にはなかなかまだちゃんと検証されていないこと。

○橋本委員 違う。理論的にもあるかどうかわからない。

○山岡座長 そう。だから、それともう一つのカテゴリーとしては、過去に近代的観測が行われる前のものとして報告はされているけれども、科学的な評価がなされていないものと。ちょっと気にはなるけれども。

○橋本委員 科学的評価ができない。

○山岡座長 現状ではできていないものというカテゴリー分けにする。

○横田（事務局） 今、議論になっている部分は、資料6の一番最後、13ページ、実は我々はまだ資料の収集も、その評価も何もしていないので、それがモデルから見てどういうことだったのかの評価もしていないので、そういう資料を集めて整理していくことがまず重要だということにして、これからの話かなど。びっくりはするのですけれどもね。

○橋本委員 問題なのは、大地震の前のものだけを集めると、4分割表の1種類しか評価できない。本当は経年的にどういうことが起こってきたか、同じ現象が起きても地震が起きていない可能性もあるわけです。だから、そこをちゃんと押さえないと、科学の俎上に乗らない。そういうことをちゃんと認識して使っていただかないと、全て科学でできていると思われるのは非常に私としては心外な問題です。

○横田（事務局） 今、言われたことと同じつもりでこれを評価する必要があると書いたのが、資料6の一番後ろなので、今後の課題ということにさせてもらえれば。

○山岡座長 課題にはならないかもしれないけれども、こういうことが起きたらどうするのだという議論がワーキンググループであったときに、それは科学的には評価できていませんよという言い方ができるような資料があればいいと私は思います。

○横田（事務局） では、資料5としては、過去、伝承されているように幾つかあった場合の取り扱いと、それから、それを受ける形で、この資料6でそれをさらに調査するかどうかみたいな形の提案としてまとめると。

もう一点だけ。堀さんのきょう言われたもう一つの深いところでのシミュレーションの事例をどう取り扱ったらいいかみたいなことは、後で聞いて、次回のときに整理して出したいと思います。

○山岡座長 あと最大30分延長させてください。

それでは、次、私のシナリオから予定が大分おくられているのですけれども。

どうぞ。

○松澤委員 最初のほうに説明があった巨大地震の定義なのですけれども、それは多分、地震学のほかの方々の定義と全然違うので、かえって混乱を招くと思います。

○山岡座長 これは余り出さないほうがいいですね。M8が巨大地震というのが一般的な認識なので、余りこれを出すと混乱するから。

○井出委員 M9は超巨大ですね。

○松澤委員 しょうがないので超巨大と言っているだけで、余り格好よくないから名前を変えればいいのですけれども。

○横田（事務局） これは前回、南海トラフの巨大地震として最大クラスを考えたので、いろいろな資料の中では最大クラスは全部巨大地震と整理されている。あくまでもこのワーキングとして、あるいはほかの過去の南海トラフの資料などをまとめたときに整合をとれるようにするとこうなりますということで、これはこれで。

今、言われた、世の中と違うという部分についてどうするかは、ちょっと相談させてください。

○松澤委員 多分、もともとは7.8以上というのは、表面波マグニチュードが飽和してしまって規模がよくわからないものを全部巨大地震にしたのではないかと思うのです。

○横田（事務局） 法律がつくられたときから大規模地震になって、いつも巨大地震と大規模地震というのは一緒か、一緒ではないかという議論があつて。

○山岡座長 わかりました。よろしいですか。

それでは、次に行きます。「南海トラフで見られる現象のモニタリングと調査研究の方向性」について御審議をいただきます。

事務局から御説明をお願いします。

○池田（事務局） 資料6に沿って説明させていただきます。

(PP)

この部分は、第1回調査部会で余り議論できませんでしたので、同じ資料を掲載しております。1ページ目が南海トラフで発生している現象の概念図です。

(PP)

2ページ目が、その現象に対してどういった観測が行われているかを整理しています。

(PP)

1ページめくっていただいて、南海トラフ全域の観測網。3ページは、陸域を中心としたもの。

(PP)

4ページは、DONETですとか海底地殻変動観測の例を示しております。

(PP)

5ページ以降に、こういった観測網によってどういった検知力があるかということで、地震の検知力は最近の地震観測事例を持ってきておりますが、海域ではちょっと検知力が低いということを見ていただければと思います。

(PP)

それから、GNSS観測の検知力についても、国土地理院から提供いただいたものを掲載

しております。

(PP)

7ページ目については、DONETの整備によって、地震と津波の検知力はどのように改善するかというものを、地震調査研究推進本部の資料から引用しております。

(PP)

それから、ひずみ計の検知力についても、第1回調査部会で示しておりました。

(PP)

先ほどの堀委員からの説明で、DONETにひずみ計を設置するということを御紹介いただいておりますので、そのひずみ計を使った場合にどういった改善が見られるかということとを9ページに記載しております。

ただ、DONETのひずみ計の利用については、まだ技術的な開発が必要ということで、注意書きとして記載をしております。

(PP)

その他、地震活動、地殻変動以外にも、地下水の観測ですとか、長尾先生から御紹介いただいた電離層のモニタリングなど、そういったものがなされています。

(PP)

そういったものを踏まえて、11ページは資料5からの再掲になりますが、現象のモニタリングとその評価のために、必要となる内容を記載しています。

(PP)

こういった現状を踏まえまして、今後、モニタリングをどう強化していく必要がありますかということ整理したのが、12ページになります。

まず1つ、地震活動のモニタリングに関しては、陸域については南海トラフ全域をおおむねカバーしている。ただ、観測項目によっては不足しているものがあるのではないかと、強化の必要性について御意見をいただきたいと思っております。

海域についても観測が整備されて、強化されつつありますけれども、まだ不十分で、さらなる強化が望まれるというような評価案にしております。

地殻変動のモニタリングについては、ひずみ計、傾斜計については観測網が十分ではない。それから、内陸の想定震源域を中心とするさらなる観測の強化が望まれるという記載にしております。

また、海域については、地殻変動の観測にも有効なので、リアルタイム化とあわせて観測の強化が望まれる。

それから、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て、可能なものからリアルタイム的なデータ収集が望まれるという整理にしております。

(PP)

13ページには、地震発生予測に向けた今後の調査研究ということで整理しておりますが、シミュレーションによる評価として、堀委員から言われているとおり、まずは現象の理解

を深めることで利用する。

2つ目で、複数のシミュレーションを持って、今後の短期的な現象の推移について、幅を持って予測して、将来の予測として使えるようにするということ。

それから、それ以外の地下水ですとか電離層の変化についても、物理モデルとして説明して、理解を深める必要があるとしています。

(PP)

最後に、先ほど横田から申し上げました過去資料の収集が必要だということで、資料5のところで説明が不足しておりまして済みません。資料5の一番最後のまとめのところで、こういったモニタリングの観測データについて、評価のもととなる観測データをリアルタイムで公開する体制が必要ではないかということも記載しております。これらを含めて御審議いただければと思います。

○山岡座長 ありがとうございます。

これはきょう、堀さんが主張されているところと結構関係するのですけれども、リアルタイムのモニタリングによって固着状態の変化を把握するとか、そういうところの議論がされているところですが、特にポイントは、11～13ページあたりの書きぶりについて御意見をいただければと思いますが、いかがでしょうか。資料5の一番最後のまとめのところもあるのですけれども、特にモニタリングに関して何か。

どうぞ。

○井出委員 最近もすばらしいデータがどんどん上がってきて、モニタリングの能力、我々もどんどん上がっているのですけれども、モニタリングについて私がいろいろなところで言っているのは、こういうデータはすばらしいのだけれども、非常にアクセスできないので、一部の人が使って研究している。これは調査研究という意味においては非常にマイナスで、いろいろな人がデータを見ることで、データのクオリティーも改善する。

Hi-netがすばらしいのは、あれはもう全世界に公開して、いろいろな人があれをチェックしているからすばらしいデータで、どんどん成果が上がっている。それに対して、幾つかここにも紹介されているデータの中には、全く公開されていないものもあるわけですね。これはほとんど研究ベースになってしまっていて、そういうものを公開するということで、新しい利用法が見つかり、新しいモニタリングの方法も見つかるわけで、問答無用でこういうものはどんどん公開するべきだと思います。

○山岡座長 いかがでしょうか。私も基本的に賛成で、日本で言うと、Hi-netだけではなくて、GEONETのデータが非常に有効に活用されているのは、そういうところがあったと思っています。

○橋本委員 多分、モニタリングは総論ではどなたも反対する人はいないと思います。だけれども、モニタリングの有効活用として一番確実性が高いのは、緊急地震速報と津波警報なので、これをおろそかにしてはいけないという、その1点だけで、あとは私は余り役に立たないと思うので、ここだけちゃんとやっていただければ、私はそれでいいと思

ます。

○山岡座長 そこら辺はコストの問題も当然かかわってくると思うのですが、橋本さんはそうおっしゃいますけれども、ここの議論で言うと、すべりと固着のモニタリングというところがもう一つポイントだと思うのです。そこに関してはいかがですか。

○橋本委員 できるとは思うのだけれども、先ほどの事例解析のロールプレイングみたいなことをやったけれども、結局最終的に我々はそれが将来にどうつながっていくかということができないわけですから、評価が極めて困難という状況なのです。

プレート境界面というのも、本当はもっとちゃんと議論しないといけないのだけれども、プレート境界面が1枚であるというモデルの仮定に基づいて、それですべりが広がっているとか、おさまってきているとかいうことは、情報としては出せると思います。でも、あくまでもそれは大きな仮定のもとだということを忘れてはいけません。

我々でできることは、現象がどうなっているか、進行しているか、止まりつつあるかと、それ以上のことは言えないと思います。

○山岡座長 いかがですか。そこら辺の、どこまで言えるかというのは、いろいろあります。

○井出委員 定量的には言えない。定性的には言える。

○橋本委員 定性的にはいろいろ言えるけれども、ただ、定性的なことを言うことが本当にいいことかという別な問題があって、それは科学の側で議論すべきだと思うし、出せる情報はこんなものだよということを認識した上で使うほうが使ってもらわないといけない。先ほどから何度も繰り返していますけれども、ユーザーサイドが、製品が粗悪なものかどうかのちゃんと理解してくださいよということです。

○堀委員 もちろんそのとおりです。でも、最大限出せるものを出すということが基本の理解で、あとは、シミュレーションはもちろん不十分な点がいろいろあるわけですが、目の前でとにかく何か現象が起きて、進行していっていると、それは必ずそれに対してそれをどう理解して、その後どういうことになるかを考えざるを得ない状況になるわけです。それに対していろいろなでき得る限りのものを出していく。それがもちろん不十分なものであって、使ってもらう側にきちんと理解していただくことは当然ですが、その中で出せるものは出していくということなのだろうと思っています。

○山岡座長 井出さんがおっしゃった、データを公開して研究に使っていただくというのも非常に重要で、その一方で、ここで議論するのは、リアルタイムにどこまで出せるかということも非常に重要です。研究だとどうしても時間おくれがあって、今回には何も言えないけれども、次には何か言えるかもしれないということを考えつつ研究するのですが、リアルタイムの部分についてはいかがですか。データの収集、データの公開、リアルタイムの解釈と解説。何が起きているだろうかということの理解をどこまでリアルタイムでやるのか、あるいはやるべきかとか、そういうことについてです。

○堀委員 まさにリアルタイムでやらないと意味がないと思っています。つまり、リアル

タイムにあって、それをその場で解釈するからこそ、どこまで予測と言えるかどうかは別ですけれども、現状把握というものが、何かが全部終わってしまった後で解釈をするということではなくて、現在進行形の状況に対して理解をきちんと説明していくということが大事。

○山岡座長 ある程度責任がある組織が。ただ、そうであったとしても、橋本さんの言葉をかりるまでもなく、この資料6で言うと、例えば2ページのような基本的な考え方に基づいて理解しようとしているというところは前提としてあるということ。だから、現在は、こういう考え方をもとにいろいろと理解している。シミュレーションもこういう考え方をもとにやっているということで、それこそこれがひっくり返ることが将来ないとは限らないのだけれども、現在、多くの地震学者はこれが結構信用できるモデルだと思ってやっているというのが現状です。

○長尾委員 多分この部会ではないのかもしれませんが、結局、全てのデータが公開になると、例えばなみふるのメーリングリストで起きているような議論ですとか、いろいろなことが出てきたときに、我々はモデルだから言えませんということは言えなくて、何らかのリアルタイムでの解析結果、あるいはその時点での解釈を出さざるを得ない状況に追い込まれると思うのです。その辺は、科学で言えることと、あとはリスクマネジメントとして上の部会が言うことと、かなり分けないといけないのかということ。ただし、上の部会なり誰かが、内閣府が発表できるような基礎情報を提供するのはいかがでしょうか。

○山岡座長 ここは現在の科学の実力について整理をして、報告をするという話ですから、それはいいと思います。いずれにしろ、リアルタイムに情報を出すということが大事ななどは思っています。

どうぞ。

○松澤委員 1つだけよろしいですか。先ほど堀さんが紹介してくれた研究だと、浅いところでスロースリップイベントが見つかったらすごいのですが、その場所が必ずしもプレート境界かどうか、まだ押さえられているわけではないので、そういうことすらもまだよくわかっていないということもちゃんと述べるべきだと思います。

○山岡座長 ありがとうございます。

もう一つ、11ページの現象のモニタリングとその評価について、いろいろと今でもある程度ルーチン的というか、業務的にできそうなことがリストアップされておりますが、これについて、いかがですか。例えばこういうのは業務的にどんどんやることはよかろうと。ただ、それが予測に使えるかどうかは今のところは明らかになっていないとか、そういう言い方になるかもしれないですが、これについて、いかがですか。この辺の必要性みたいなところですか。

○橋本委員 クーロン応力変化は、ちょっと最近、私は懐疑的に見ているのです。特に遠目のところは小さくなって、同じようなパターンになるのだけれども、近いところというのはやはり無理ですね。

それから、これは大体、不均質構造があつたりしない均質弾性体のものでやっているから、遠目の値もどれだけ信用できるかという問題があつて、実際、私も昔やったけれども、逆にクーロンストレスが下がったところで地震活動が起きることもあつて、余りこれで何か動かすというのではなくて、その辺の壁に張っておくぐらいのもののイメージかなと思うのです。

○山岡座長 私は、言い方は多少違うけれども、ある程度業務的に進められるものはずっと進めていて、何かあつたときに参考にするぐらいかなと。何かあつたときの参考って、何かあつたときの参考にするのかわかりませんが。

○橋本委員 あくまで内部資料という形です。

○山岡座長 出しても構わないと思うけれども、これで何かを評価するのは。

○橋本委員 こういうものが世の中に出ると、要らぬ誤解を招きそうな気がする。

○井出委員 ここの一番最後「警戒を要する領域と期間とを評価」、これは明らかに逸脱していますね。

○山岡座長 ただ、今まで割と研究ベースで進められてきたので、これをもう少し業務ベースで見ていくことがいいのではないかと私は思っているのです。ある程度研究ベースで、手法が確立されてきたものについては常時行っていて、いろいろな委員会か、ひょっとしたら推本かもしれませんし、よくわかりませんが、こういうデータはどうかといったときに、ぱっと出せるようにしておくというのは、あり得るかもしれないです。

定量的な評価には恐らく使えないけれども、どういうことが起きたか、あるいはどういう原因で起きたかということをお納得するためには、こういうデータは常時用意しておくことが必要かもしれないと私は思います。

○堀委員 私もそれに賛成なのと、あと、クーロン応力は確かにいろいろ問題があるのはおっしゃるとおりです。ただ、我々の今回の役割は現時点でのということなので、なかなか難しいですけども、大事なことは、その時点、その時点での我々の知見をきちんとある程度、単なる一研究のレベルではなくて、ある程度コンセンサスが得られたものに関してその情報を出していくというところがすごく大事で、それは常にリバイスされていく。研究の進展に基づいていいものに置きかわっていくという前提で、今の時点ではこういうものですよというものをきちんと説明をつけて出していくということが大事だと思います。

○山岡座長 あと、13ページの今後の調査研究のあり方というところについても、御意見をいただければと思います。

過去資料の収集については、当然のことながら、南海トラフにおいても収集できる時間が限られているので、空間スケールも含めて世界中の情報をまとめて整理するということが大事かなと思います。

何かありますか。

○井出委員 あと、こちらに書いてあるのに、こちらに書いていないのはおかしいから、恐らくETAS的アプローチのアップグレードは常に図るというのは、ここに入れておくべ

きですね。

○山岡座長 ETAS的というのはどういうふうを書く。

○井出委員 ETAS的、一般的に地震活動ベースの確率予測でいいかな。地震活動ベースの確率予測手法については、現在アベラブルなのは恐らくETAS程度だけれども、今後、例えばCFFだって入れられるわけですね。

○山岡座長 地殻変動のデータもそこに取り込むとか。

○井出委員 だから、ちゃんとアップグレードをどんどんやっていくというのが必要だと思います。

○松澤委員 先ほど長尾さんがおっしゃったように、ETASを使おうとすると、普段から地震活動がある程度存在していることが必要で、そのためには小さな地震をも検知できるシステムが極めて重要なので、そういう意味でも、それはこの地震活動のモニタリングのところでそういうことも入れていただいたほうがいいかと思います。

○堀委員 私もそこはぜひお願いしたいと思います。

○山岡座長 海域の観測は、まだ不十分であると12ページに書いてあって、この表現ですね。これも本当にコストとの関係なので何とも言えないのですが、ここでコストの話はしないので、まだ不十分であると。では、どこまでいったら十分かということ、それはまた難しい問題ですが、少なくとも現在の手法で言うと、ひずみ計を入れることによってプレート境界の浅いところまで含めたすべりをモニタリングすることはできることがわかったということで、そういう現在の進捗状況を理解しつつ、さらなる強化を進めるべきであると。さらなる強化が望まれる。

○堀委員 それに関して2点あるのですけれども、不十分という意味で、例えば3ページの観測網で、四国の沖には何もないわけです。そういう意味で、空間的な広がりとして不十分、リアルタイムに観測できるものがないというのが1つ。

あと、コストの話はしないという話があったのですけれども、先ほど資料の説明の中で9ページですけれども、わざわざ言われて、ちょっとこれは補足しなければいけないと思ったのですが、「海域の観測点追加は更なる技術開発が必要」というのは、広域に展開するためにはコストダウンが必要で、そのためには技術開発が必要だと。現時点でここに示されている3点を実現することは、技術的な問題はないです。ただ、これを多点で展開しようとする、コストを抑えなければいけないという意味での技術開発が必要だということは一応言っておく必要があるかと思ったので。

○山岡座長 ありがとうございます。

○橋本地震課長 済みません、この図が出ているときに。

前回、ひずみ計の時定数があったのですけれども、前回、2～3日と答えてしまったのですが、この図は24時間のひずみ変化に基づいてつくられているということで訂正させていただきます。

○山岡座長 24時間の時定数におけるノイズレベルと比較したということですね。

○橋本地震課長　そうです。

○山岡座長　わかりました。ありがとうございます。

かなり議論は煮詰まってきたというか、議論していただいたと思うのですが、あと全体にもし意見がありましたらということで、よろしいですか。

○横田（事務局）　きょうの意見の中で1つだけ確認しておきたいことがございまして、リアルタイムの公開のところなのですが、資料5に書いてあるところ。今、我々、観測データはリアルタイムの公開をして、その上は総合評価を含めて全体が評価できるようにしないといけないので、その評価体制の検討も必要かもしれないというところにとどめているのですが、先ほどの話は、それぞれ解析結果もリアルタイムで出せるようにしていくべきだということを、さらに厳しい課題だけれども、そういうことも含めて書いておく必要があると。

○山岡座長　堀さんの話を代読すると、要するにシミュレーションは何が起きているかを理解するという意味だったので、それをできるだけリアルタイムに近いスピードで、何が起きているかを出せるようにするということ。

○堀委員　データ解析をリアルタイムでやるというのが、まずやるべきことです。

○井出委員　自動化はできると思いますよ。

○横田（事務局）　自動的な解析手法の開発を進めて、そういうものをリアルタイムで公開していくようにすべきだと、そういう形なら実現可能性がある。わかりました。

○山岡座長　どうぞ。

○廣瀬（事務局）　先ほどから橋本委員からあった、リスクアセスメントとリスクマネジメントという話ですが、きょうの最初のは、割れ残りになっているのですけれども、資料にも書かせてもらったように、半割れをしているので、割れた方のオペレーションは既に進んでいます。

恐らく社会のほうでリスクマネジメント、あるいは実際のオペレーションをするという話になったときに、資料5の20ページを今日は説明しませんでしたけれども、やはり救命救助や食料の備蓄を考えると、3日間であったりとか、7日間であったりとか、一定程度の期間、半分が割れている状態でその部隊をどのように展開するのか。今、我々の応急活動要領は、南海トラフ全体が割れたときにはこうしますとなるのですけれども、例えば半分になったとき、本当にどういうことができるのか。マネジメント、あるいは実際のオペレーションという意味では我々のほうが考えないといけないことであり、ワーキングのほうに検討いただくことになるのですけれども、それに当たって、一定の期間でどのように評価いただけるかということで、ここに数字が3とか7とか出してきたのは、そういうことだと御理解いただいて、社会というか、キャッチボールをやっていただければと思います。

次回、改めて議論いただいて、それでワーキングのほうに、一度、科学的な知見はこういう状況ですというお話をさせてもらった中で、またそこで少し、どういうものがもう少

し必要かということは御議論いただくこともあるかなと思っております。次回はそういう方向できょうの御議論を踏まえてまとめさせていただきたいと思っておりますけれども、そんなことでよろしいですか。

○山岡座長 結構だと思います。

○廣瀬（事務局） 特に、最初に井出委員から、定量的という表現を入れてありますかという話があったと思います。やはり防災対応をとるには一定程度定量的ということは、恐らく根拠としては必要だと思う一方で、防災をつかさどる機関としては、割り切るという言葉はよくないと思うのですけれども、やはりこの期間は注意しないといけないと、いろいろな要素を総合的に判断することは必要かと思っております。先ほどおっしゃっていた、誰が責任者で、どういう仕組みで、どう判断するかということになると思うのですけれども、そこに当たって一定程度の相場観といいますか、そういうものがないとなかなか議論が進まないというのもあって、数字をあえて出ささせていただいたのは、そういう趣旨だと御理解いただければと思います。

○山岡座長 ありがとうございます。

定量的なところがないと、ここの役割を果たせないと思うので、きょうで言うと、南海トラフはすぐに言えるわけではないけれども、物理的な考え方と世界の例を合わせて、こんなものであるというところが出たのはよかったかなと。だから、それを参考にしつつ、マネジメントをどうするかということだと思います。

○井出委員 定量的に関して言えるのはETASだけだというのは、それは多分、どうですか。

○堀委員 そうですね。あと、プラスアルファで、異常現象に対する確率利得をどう評価するかという、そちらの話ですね。

○井出委員 定量性で言えるのはETASだけであるというのは、多分、今回ぜひ入れていただきたいことに入ると思います。

○堀委員 ETASというか、こだわっていますけれども、地震活動度に基づいた確率予測。

○井出委員 ETAS的なものと言っていいと思います。地震活動ベースの確率予測。

○山岡座長 将来的には、そこに地殻変動を取り込むことはあり得るという意味ですね。

○井出委員 あり得る。将来的にそれをアップグレードする可能性はいっぱい残っているけれども、現状できることは、そのレベルではないか。

○横田（事務局） 資料6の13ページの「シミュレーションによる評価」というところでまとめて、今のようなものも全部と思いながら書いたところがあったのですが、先ほどの御指摘のように、地震活動の確率予測に関する評価の技術的な進展の部分と、それからシミュレーション技術によるものという、今のところは2つ分けておいて、それぞれの利用と進展ということがわかるようにしていく。

それから、定量的に現在評価できる、数値として出せる形になっているのは確率評価的な部分だけなので、その部分。ただ、それもあくまでも現在のデータに基づくもので、十

分注意が必要だということでございます。

○堀委員 この辺、きょうの資料の何枚目だったか忘れてしまったけれども、そこで整理したものなので、それも踏まえて、この13ページのところは、今おっしゃったように確率予測のほうをきちんと入れた形でまとめていただければ。

○横田（事務局） 将来はシミュレーションの中に確率も入れたモデルの進展のつもりで書いたところがあるけれども、そこはちょっと分けておくというぐらいで、今すぐではなさそうなので。

○堀委員 前回も今回も強調していますけれども、そこはきちんと分けるべきです。

○横田（事務局） 分けておくということにしておきましょうか。わかりました。

○橋本委員 先ほどの事務局からの話ですけれども、リスクマネジメントにどう用いるかという話になるのですが、やはりそれで量的なものが出されていると思うのですが、我々が判断できるのは、量的なものに対して、科学的にオーケーかどうかというだけであって、それ以上のものはできないですね。それを無理にでも決めろと言われると、それは断固拒否する。そういうことになると思います。

やはり決めるのはちゃんとした責任のある人がちゃんと決めるということで、我々が出せるのは多分幾つかのシナリオであって、そのシナリオのどれをチョイスするかは、マネジメントする人が責任を持ってやるということになると思います。

○山岡座長 最後、御意見を伺っているということだと思いますが、もう大体時間が尽きてきましたし、きょうのところは大體御意見を伺ったと思いますので、これできょうの質疑はおしまいにしてよろしいでしょうか。

では、本日の審議はこれまでとしたいと思います。皆様、活発な御議論をいただき、ありがとうございました。

では、進行を事務局にお返しいたします。

○森本（事務局） 本日はどうもありがとうございました。

次回の調査部会ですけれども、今、11月上旬で調整中でございますので、決まり次第、また御連絡をさせていただきます。よろしく願いいたします。

以上をもちまして本日の会議を終了させていただきます。どうもありがとうございました。