

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1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1回）
議事次第

日 時：平成28年9月26日（月）10:00～12:32

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) 調査部会の設置と検討内容について

(2) 調査部会報告書（平成25年公表）の改訂方針について

(3) 平成25年以降に得られた新たな科学的知見

- ・ ゆっくり地震とプレート運動のゆらぎ確率評価への応用可能性

井出哲 東京大学大学院理学研究科 教授

- ・ 地震モデルとシミュレーションから得られた科学的知見

堀高峰 海洋研究開発機構グループリーダー

(4) 震源域で見られる現象と防災への活用を視野に入れたその評価

(5) 南海トラフで見られる現象のモニタリング

3. 閉 会

○廣瀬（事務局） それでは、定刻となりましたので、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1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、御多忙の中、御出席いただきましてありがとうございます。本日の司会進行を務めさせていただきます、内閣府防災担当調査企画担当の廣瀬でございます。よろしくお願いいたします。

会議の開催に当たりまして、内閣府審議官の羽深より御挨拶を申し上げます。よろしくお願いいたします。

○羽深（内閣府審議官） 内閣府審議官の羽深でございます。皆様におかれましては、御多忙のところ委員をお引き受けいただきまして、まことにありがとうございます。第1回の会合の開催に当たりまして、一言、御挨拶を申し上げます。

今月9日に中央防災会議の防災対策実行会議のもとにワーキンググループを設置し、南海トラフ沿いで観測される現象とその評価に基づいて、大地震発生前にどのような防災対応を実施すべきであるのか等について議論を開始したところでございます。

具体的な議論を進めるに当たっては、南海トラフ沿いの地震の予測可能性や地震発生前にどのようなことが観測され得るのかという科学的知見を踏まえる必要がございます。委員の皆様には、南海トラフ地震の予測可能性についての報告書を平成25年に取りまとめたいただいたところですが、本調査部会では平成25年以降の最新の科学的知見の整理を行うとともに、防災対応への活用という観点から、観測されるさまざまな現象について大規模地震の予測可能性に関する科学的な知見の整理を行うことを目的とさせていただいております。皆様には忌憚のない御意見、活発な御議論をお願い申し上げまして、御挨拶とさせていただきます。よろしくお願いいたします。

○廣瀬（事務局） ありがとうございます。

それでは、本調査部会の委員の皆様を御紹介させていただきます。

本調査部会の座長をお願いしております、名古屋大学大学院環境学研究科教授、山岡耕春委員でございます。

東京大学大学院理学系研究科教授、井出哲委員でございます。

東海大学海洋研究所所長・教授の長尾年恭委員でございます。

国立研究開発法人海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター地震津波予測研究グループ・グループリーダー、堀高峰委員でございます。

東北大学大学院理学研究科教授、松澤暢委員でございます。

なお、京都大学防災研究所教授の橋本学委員は、本日、御都合により欠席との御連絡をいただいております。

それでは、山岡座長から一言、御挨拶をいただきます。座長、よろしくお願いいたします。

○山岡座長 この会の座長を仰せつかりました、名古屋大学の山岡と申します。

私は先日9月9日に開催されました南海トラフ沿いの地震観測評価に基づく防災対応検討ワーキングの委員でもありまして、前回のワーキンググループを受けてこの会を開催す

ることをそこで議論させていただき、座長をお引き受けすることに決まりました。ここでは科学的知見に基づいて地震の前にどういうことが起きるか、あるいは予測可能性、どのぐらいの確率で物が言えるかということを議論したいと思っております。

ワーキンググループにおきましては、幾つか印象深い、私の心に残ったことがあって、1つは最後に松本大臣から言葉があって、大震法にとらわれずに議論してほしいという言葉がございました。また、高知県の知事からは、とにかく私たちはいつ起きてもいいように一生懸命防災対策をやっているという言葉もいただき、一生懸命皆さん防災に対応されているということも理解しております。

また、防災関係の先生からは、熊本の地震では最初の地震があって、それより一回り大きい地震があったということで、ある意味それが犠牲者を減らしたことでもあると言われていて、何か事前に情報が出るということが犠牲者を減らすこともあり得るということです。そういうことが確実にあるというわけではもちろんございませんけれども、どういうことができるかということの基礎となるような議論をここでさせていただいて、上の委員会である意味、地に足のついた議論ができるような報告ができればと考えております。

ということで、委員の先生方は忌憚なき御意見をいただければと思っております。どうぞよろしくお願いいたします。

○廣瀬（事務局） ありがとうございます。

本日は議論を円滑に進めさせていただくために、文部科学省、気象庁、国土地理院からも御出席をいただいております。よろしくお願いいたします。

続いて、お手元に配付している資料を確認させていただきます。議事次第、座席表、委員名簿、資料1～8がございます。資料が不足している場合は事務局までお知らせいただければと思います。

それでは、マスコミの方はここで一旦、御退室をお願いいたします。

（報道関係者退室）

○廣瀬（事務局） 議事に入ります前に、会議、議事要旨、議事録及び配付資料の公開について御報告を申し上げます。

会議は原則傍聴可とさせていただきます。別の会議室において、これはテレビ中継をしておりますので、その中継を傍聴いただきたいと思います。よろしいでしょうか。

マイクが反応しますと、これがマイクが拾っているということでございますので、少し手前に引いてもらって少し大き目にしゃべっていただくと、マイクが拾ってくれますので、向こうでも十分聞き取れると確認しております。よろしくお願いいたします。

続きまして、議事要旨、議事録についてでございます。議事要旨につきましては、議論の要点のみを記載したものを事務局で作成しまして、山岡座長に御確認いただいた後、速やかに公表したいと考えてございます。

議事録につきましては、委員の皆様は御確認いただいた後に発言いただいた方のお名前

も記載した形で、できるだけ速やかに公表したいと考えております。

議事要旨、議事録についてはこのような方針でよろしいでしょうか。

(「異議なし」と声あり)

○廣瀬(事務局) よろしくお願ひいたします。

最後に資料についてでございます。基本的に資料も公開することにしたいと考えてございます。今回の資料にはございませんが、審議の途中に内容が含まれる等によって、公開することで非常に混乱が大きいということがあるものにつきましては、委員の皆様にお諮りの上で机上配付ということも考えたいと思います。これにつきましては、会議で個別に相談させていただきたいと思っております。

本日はそのような趣旨の資料が事務局としてはないと思っておりますので、全て公開でさせていただきたいと思っております。

以上が会議の公開等の対応でございます。よろしいでしょうか。

(「はい」と声あり)

○廣瀬(事務局) では、よろしくお願ひいたします。

ここからの進行は、山岡座長にお願いしたいと思っております。座長、よろしくお願ひいたします。

○山岡座長 それでは、議事に入りたいと思っております。

まずは本調査部会の設置の趣旨や審議の進め方について、事務局からの御説明をお願いいたします。

○佐藤(事務局) 事務局より説明させていただきます。資料1と資料2で御説明いたします。

まず資料1をご覧ください。資料1は9月9日の親会議であるワーキンググループで考えている論点ということで出させていただいたペーパーでございます。こちらに沿ってまず説明させていただきます。

親会議の論点として、大きく分けて2つ。まず左側は地震発生予測についてと、右側はそれを受けた防災対応のあり方はどうあるべきかということだと考えております。

まず左側を説明いたします。大きく分けてさらに2つに分かれて、現状の地震発生予測の可能性・確度はどうなのか。小さい○として調査・研究の進展を踏まえると、確度の高い地震発生予測の可能性は現在あるのかどうかということと、観測網の発達によりさまざまな現象を捉えられるようになってきているが、どのような異常が観測され得るのか。また、どのような評価が可能であるのか。

こちらにつきましては、先ほど審議官からの挨拶の中でございましたが、3年前に報告書をまとめていただいているところではありますが、まず今時点のものを1つまとめるということと、実際にそういう異常な現象が観測されたときにどういう評価ができるのかという観点も含めて今回、議論をしていただきたいということで考えております。

その下、対象とするエリアはということで、東海地震だけでなく広い範囲での大規模地

震の切迫性が指摘されており、また、地震発生後に津波到達まで時間的猶予がない地域が多く、甚大な被害が予想される南海トラフ全域を対象とすべきではないかと書かせていただきました。こちらはいわゆる大震法では東海地震だけを対象としておりますが、今やそのような東海地震を単独とするのはおかしいのではないかとということと、なぜ南海トラフなのかということ、津波到達までの時間的猶予がないとか、被害が大きいとか、そういったことを考えて、防災対応としてまず対策すべきエリアとしては南海トラフなのではないかということを書かせていただいております。

その下に2つ〇で書かせていただきましたが、課題としましてさらなるデータの蓄積が必要なのではないかとということと、評価体制を強化すべきなのではないかということを書かせていただきました。こちらの左側の「地震発生予測について」につきまして、この調査部会で議論をしていただきたいと思いますと考えております。

右側の防災対応のあり方のほうですが、こちらは親ワーキングで議論をする内容でございますが、そういった恐らく地震発生の予測可能性に不確実性は必ず伴うという結論になると想像しておりますが、それを踏まえた上でどのような緊急的な防災対応を実施するのが適切なのかということで、津波が数分で到達する地域の住民や要配慮者の避難は必要なのかどうかとか、地震動や津波に対して鉄道等の運行停止は必要なのかどうかというあたりを議論したいと考えております。

もう一つ、枠組みといたしまして下に書かせていただきましたが、そのような防災対応を実施するためには現在の大震法のような仕組みが必要なのか。そうではなくて、その他の一般災害と同様の仕組みで対応できるのではないかとというあたりを議論したいと考えております。

資料2でございます。こちら前回のワーキンググループで使わせていただいた資料ですが、今回の左側の論点を検討するに当たり、この調査部会を設置させていただきたいというペーパーでございます。読み上げさせていただきます。

1. 設置趣旨

地殻変動等の観測データとその評価に基づいて、防災・減災のために、大地震発生前にどのような防災対応を実施すべきであるのか等について検討を行うために、中央防災会議防災対策実行会議のもとに、「南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ」を設置した。

南海トラフ防災対応ワーキングでの議論は、「南海トラフ沿いの地震の予測可能性」や「地震発生前にどのようなことが観測されうるのか」という科学的知見を踏まえた上で進める必要がある。

平成25年5月に中央防災会議防災対策推進検討会議「南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ」に調査部会を設置し、南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性についての報告書がまとめられているところであるが、それから3年以上が経過し、この間に地震発生予測に関連する新たな研究成果が発表されてきている。

このため、前回報告書にそれ以降の新たな知見を追加するとともに、南海トラフ沿いの地震について、地震発生の多様性を踏まえ、さまざまな事象が観測された場合の地震発生の可能性についても検討を行い、現時点における大規模地震の予測可能性についての科学的な知見の整理を行うことを目的として、「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」を設置する。

本調査部会の検討結果は、南海トラフ防災対応ワーキングに報告する。

裏にスケジュールを書かせていただきましたが、今日が「4. スケジュール」の第1回目、来月もう一回、とりあえず今のところこういう予定を考えており、それを11月に予定している本ワーキンググループの第2回で、調査部会の取りまとめ内容を報告したいと考えております。

続きまして、資料なしで恐縮なのですが、9月9日のワーキンググループで出た主な意見を簡単に紹介させていただきたいと思っております。

全体的な説明としまして、東南海・南海地震から70年たった今では、東海地震を特別扱いするのは変なのではないかという意見が出されています。仮に東海地震が単独で起こった場合に、数時間先か数年先かわからないが、東南海・南海地震の発生の可能性が高い状況になる。そのときにどう対応していくべきなのかということについて考える必要があるのではないかという意見が出されております。

観測と予知研究に対する意見としまして、この調査部会の要望といたしまして、今後、観測網を整備すれば予測の確度がどうなるのかということも検討してもらいたいという意見が出されています。それから、観測のあり方については、推本の調査観測計画部会の計画を参考にすべきという意見が出されております。

研究についてですが、少しでも地震予知の可能性、確度を高められるように研究を進めるべきであるという意見も出されています。

次に、情報の提供のあり方やその意義について。住民の命を守るためには、少しでも地震発生の危険度が高まっているのなら、事前に情報を出すべきである。熊本地震では連続地震だったおかげで、本震のときに家にいなかった方が多く、死者が激減している。その事実は、何か情報を出していただければ圧倒的に被害が減ることを証明したものであるもので、科学的な限界があっても少しでも情報を出す方向は捨てないでほしいという意見が出されています。

また、例えば南海トラフの一部の地域だけ地震が起こったときに、割れ残った方がどうなるのかというのは、その地域の住民にとって重要でありますし、また、SNSなどでうわさ話が出ると思われるので、それに対して何らかの根拠のある情報を早く出すべきという意見があります。その一方で、異常な現象が観測されたときに、余りにも社会的影響が大きい規制をかけると、逆に情報を出しにくくなることがあるかもしれないという意見も出されています。

情報の出し方としては、地震発生の確率の数字の相場観の共有が必要であるという意見

が出されています。また、地震予測の情報の出し方によっては、地震発生後の活動要領も変わってくるので、地震発災後の対応の見直しを行うべきという意見が出されています。

最後に防災対応についてですが、不確実な地震発生予測の情報だとしても、それに基づいてできる防災対応があるはずだという意見がされている一方で、仮に20%の確率で地震が起こるといったときに、80%のほうになってしまった場合にはどうするかということも議論すべきであるという意見が出されています。

一般の人に地震予知を過信させてはならないという意見が出されています。

それから、過去の歴史から見て東南海地震が起きたときに、次に南海地震が来ることはわかるが、それがいつ来るのかわからない状況の中で、一体どうやって防災対応をするのかというのは、今の地震法ではない考え方なので議論すべきであるという意見が出されています。その一方で、今の地震予測の確度では1年や5年、地震が起こらなくても困らない防災対策しかできないのではないかというような意見も出されています。

そして大震法に基づく警戒宣言については、警戒宣言を解除する議論も必要であるという意見がされています。

こちらの今、読み上げましたものにつきましては、現在、委員の方に確認中でございます。確認がされ次第、ホームページで公開する予定でございます。

以上で終わります。

○山岡座長 どうもありがとうございました。

本調査部会は、新たな知見を追加するということと、さまざまな現象が観測された場合に、それぞれ地震につながる発生の可能性について検討するというようなことが議論の中心になると思われれます。それに対しての幾つかのワーキンググループの御意見あるいは期待というところが、最後に御説明いただいたと思っております。

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たします。今の事務局の質問、解説につきまして何かございますでしょうか。

○井出委員 今、御意見の中で出ていて割と特徴的だなと思われたのが、例えば仮に地震発生の確率が20%だとしてもという発言が出て、20%というのは恐らく今の科学の実力としたらあり得ないぐらいの数字が最初から出てしまっているのに違和感を非常に感じます。恐らく言えるのは2%とか、それもどうかなというあたりの話になるはずで、ですから親委員会での議論で余り法外な数字を基準に話されないほうがいいと思います。

○山岡座長 そのあたりもここでコンセンサスを得る必要があるかなと思っております。

ほかに何か、どうぞ。

○長尾委員 1つ、逆に言うと質問をしたいのですが、実は私も今、想定東海地震の震源域の真上で仕事をしているということで、地元のメディアあるいは特に地方新聞のメディアが、大震法が地震予知を前提としているからいけないんだというそういう論調で取材を受けます。そのあたりが本当は実際には大震法というのは万が一、昭和19年、21年のようなことが起きたときに、どう伝えるかというはずで、決して新幹線をとめるとかそ

ちらが主体ではなかったはずなのですが、そのあたりの誤解が非常に大きいと思うのですが、親委員会のほうではそれはどういう認識なのか。

要は大震法は地震予知ができるからできたという考えの人が多いのか、あるいは単に手順を決めたものなのか、そのあたりがメディアの方は相当思い込みがあって、実は静岡県なんかでも予知を前提とした訓練はほとんどやっていないというか、突発を想定してやっているわけです。その辺の認識の違いを教えていただければと思います。

○廣瀬（事務局）　そういう意味では、委員の先生方がどういう認識を持っていただいているかということまで、事務局のほうでは把握ができてございません。今、長尾委員がおっしゃったように、マスコミのほうでそのような報道があることも承知しておりますし、個別の事案はともかくとして、一部のところだけを強調したような記事については、防災行政を担当する内閣府としては全体像をお示しするべきかなと思っております。今回のテーマとさせていただいたのも、まず今の技術的、科学的にどうかということと、それを踏まえた防災対応にも、井出委員もおっしゃったようにある意味、実力がどの程度あって、それに見合う防災対応はどうあるべきか、総合的に議論をしたいと思っておりますので、この議論を通じて委員の先生方にも御理解いただかないといけない部分もあるかと思っております。また、広くマスコミに公開させていただいているのも、その趣旨が国民の方々にも伝わらばということで取り組んでいるところでございまして、御懸念の部分につきましては、議論を通じて理解を求めていただきたいと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

○山岡座長　ありがとうございます。

ほかにございますか。いいですか。

それでは、続いて平成25年に公表した調査部会報告の改訂方針案について、事務局から御説明をお願いいたします。

○池田（事務局）　資料3に沿って御説明をさせていただきます。

平成25年に公表しました報告書の構成を右側に示しておりますが、今回の報告書では25年以降の新たな科学的知見を追加するとともに、8ポツ、9ポツで書いておりますが、現状の地震発生予測に関する知見を踏まえて、震源域で見られる現象と防災への活用を視野に入れてどういった評価ができるかということ新たに御審議いただきたいと思います。と考えております。

9ポツでは中長期的な話になるかと思っておりますけれども、今後のモニタリングと調査研究の方向性についても御審議をいただきたいと思いますということで、報告書の見直しの方針はこのように考えております。

説明は以上です。

○山岡座長　ありがとうございました。

資料3のところでは赤の文字で書かれたところだと思います。特に重要なのは8ポツと9ポツの2つの場所で、震源域でどのような現象が見られ得るかということと、それが見られたときにどのくらいの評価ができるか。将来の地震発生可能性に関してどのくらいの評

価ができるかというところを中心に議論をする。それをもとに今後のモニタリングの調査研究の方向性についても、これも防災、災害軽減というところを視野に入れて、その観点から議論をすることが、この作業部会の基本的なミッションであると御説明がありました。が、いかがでしょうか。このあたりについて御質問があればお願いします。

○堀委員 今のこの8番に関してですけれども、これはかなり広い観点が必要な、特に防災への活用を視野に入れたその評価となると、これは資料2で御説明いただいた今回、検討する内容からかなり踏み込んだというか、広いことまで求められることになるようにこの文言だけ見ると受けとれるのですけれども、どのようなことを期待されているのでしょうか。

○山岡座長 まずは事務局から。

○池田（事務局） こちらの表現については、誤解を与えるかもしれないので修正も可能ですけれども、科学的知見からどういったことが言えるかという評価にとどめておまして、それを受けてどういった防災対応が必要かということは、親ワーキングで議論いただくこととなります。想定される現象に対して科学的知見からどういった評価ができるかということ、8ポツに盛り込みたいというのが事務局の今の改正案の趣旨でございます。

○堀委員 資料2の範囲の中でということですね。

○山岡座長 先ほどの資料1で言うと、基本的には左側を議論するのであるけれども、一応は防災対応のことも念頭に置きつつ、左側をメインにということだと私は理解しました。ほかに何かございますでしょうか。

○横田（事務局） 1つ補足しておきます。きっと網羅的に書くのではないかと感じられたということです。それを全て網羅的にこの場で議論し尽くすのは無理ではないか。難しい。我々のほうはその中の主なものとか、幾つかの切り口で議論できるようなものを整理しておきたいということにして、その他、検討課題はこういうことが残っているという部分であれば、今後の課題としてそれを記載して扱わせてもらえればと思いますので、そういう形でよろしいでしょうか。

○堀委員 はい、ありがとうございます。

○山岡座長 どうぞ。

○井出委員 防災への活用を視野に入れたという表現はともかくとして、私はここでだから重要なことは、先ほどの発言とも重なるのですけれども、ですから極めて困難とか、そういうことを言ってもしょうがないのだということだと認識しています。それは例えば3日確率で1%というものを我々は出せるのか、10%というものを出せるのか、そういうことを議論するのであれば、この8番の項目としては適切だと考えます。

○山岡座長 親委員会とのすり合わせは、ある種の相場観というか、我々、地震をやっている研究者から言うと、このぐらいだろう、何%ぐらいだろうというところの共通認識を持つことが大事で、片方は50%ぐらいと期待しながら、こちらは10%の議論をしている。そこで議論がかみ合わないの、かみ合う議論のためにここで評価をするというふうに思

っていただければいいかなと。ただ、それにしてもその後の観測、調査研究の方向性というのは、それでも多少こういうことをすれば例えば5%から6%、それはちょっとあれですけれども、多少はよくなるのか、そういうことも9ポツのところで議論することになると思います。そういう認識でよろしいでしょうか。

○廣瀬（事務局） 今、座長に言っていただいたように、事務局といたしましては親ワーキングのほうからもこの調査部会で報告いただいたものに対しまして御指摘、こういう観点から防災の活用を考えるのだけれども、どうだというお話があれば、もう一度そこでは御議論をやっていただきたいということもあるかと思っています。資料1の左側と右側は完全に分かれているわけではなくて、矢印も一方的にはなっていますが、そこにはフィードバックもあると理解をしておりますので、その意味で防災の活用とあえて入れさせていただいたと御理解いただければと思います。

○山岡座長 防災への活用の意味するところを今、解説いただいたということで、大体いいですね。理解していただいたということでよろしいでしょうか。

それでは、続いて平成25年以降の新たな科学的知見に基づく報告書別冊への加筆案について、事務局から説明をお願いいたします。

○池田（事務局） 資料4-1と資料4-2に沿って説明をさせていただきます。

こちらについては25年以降の新たな科学的知見ということで、非常に網羅的に整理をする必要がございますので、事務局として事前に情報を収集した上で、8月29日に今、御出席いただいている委員の方々に、事前の勉強会ということで情報提供をいただいております。その際に使用した資料ですので、改めて前回御説明したものは説明を割愛させていただきますが、資料4-2の8ページをご覧ください。地震の前駆すべり等で考えられる事例ということで、震源の移動の事例が研究成果として報告されておりますので、それを追加しています。

具体的には、2014年4月のチリで起きたイクケ地震において、同年1月上旬から地震活動の活発化が見られておりまして、3月中旬以降に地震の活動域がゆっくりと移動して、最終的に本震の震源域に向かって移動していたという事例が報告されております。この内容を別冊に新たに追加することとしたいと考えております。

それから、16ページをご覧ください。東北地方太平洋沖地震の解析で見られた現象ということで、マンツルの粘弾性の影響についてということなのですが、実際に地震が起きたときに地殻変動の観測、真ん中の左側の図が本震に伴う地殻変動と、右側が本震1年後の余効変動を示していますが、赤の矢印が実際に観測された地殻変動で、青色の矢印については粘弾性を考慮したモデルで推計した結果ということで、粘弾性を考慮することで、よりよく説明ができていくということが示されております。

この2つの内容を前回の打ち合わせ会から追加しておりまして、実際の資料4-1でも14ページ一番下にイクケ地震前に見られた地震活動ということで追記しております。

19ページで東北地方太平洋沖地震の解析から得られたものということで、粘弾性を考慮

した地形について加筆をしております。こちらについては内容が膨大になりますので、本調査部会でお気づきの点を御指摘いただくとともに、会議後でも結構ですので、事務局までお知らせいただければ、次回の調査部会で修正したものを改めて御審議いただければと思います。

説明は以上です。

○山岡座長 ありがとうございます。

幾つか最新の知見のところを項目として追加していただいたということです。委員の先生方それぞれ御専門で詳しいところ、あるいは地震予知連等で扱われたこともありますので、おおむね御存じのことだと思えます。個別のことについて何かお気づきの点があったら、いつでも事務局にお願いしたいということと、ここでは全体の扱いについて議論をしてくださいますということですが、いかがでしょうか。今の事務局からの説明について何か質問、意見がありましたらお願いします。あるいはまだ足りないからこういうこともつけ加えてくれということがもしありましたら、それは個別に気がついた段階で送っていただければ、最終的には入れられると思えます。

○長尾委員 ここで例えば新しい成果あるいは追加の成果として報告する場合に、論文ベースでいくのか。今、地震研究所でやっています「災害の低減に貢献するための地震火山観測研究計画」という、いわゆる予知研究計画でオンゴーイングのものが相当あるのです。それはこれから論文化する訳ですが、これらをどこまで入れていいのか。

例えば実は始まる前に井出さんとも話しましたが、私と今、東大地震研の中谷准教授とで先行現象の部会長と副部会長をやっておりますが、確率予測でいこうということは間違いないのですが、ようやく単なる異常が出たとか、何か現象があったというものを予測という形に置きかえてみると、統計的有意性が明らかにある現象が存在する事がわかりました。それから、ランダムな予知に比べてゲインが高いものが出てきています。ところが、まだこれは論文化されていないのです。まさにこの取りまとめの時期が微妙な時期で、その辺でどこまで入れていいかという問題を悩んでいるところです。

○山岡座長 どうしたらよいですか。事務局の見解を。

○横田(事務局) この別冊は基本的には論文ベースのものを取りまとめておく。ただし、今、言われましたオンゴーイングの部分については、そういうことが調査研究されているところだとか、そういうことはちゃんと記述をしておこうと思えます。

もう一点、この調査部会で議論するに当たって論文にはなっていないのですけれども、先生方から話題提供をいただいて、それに基づいて議論を進めていたほうが良いということがあれば、一部話題提供という形で提供いただいて、先生方と議論をさせていただいて、それをどう書き込むのかということについては、御意見をいただきながら対応するというのは1つ考えております。

○長尾委員 現在進行形の研究の図をお見せすることは可能ですが、問題はそれがまだメディアあるいはウェブで公開できる段階ではないと思えますので、その辺の対応をよろし

くお願いします。

○横田（事務局） 特に今回、公開の部分があるので、研究途中のものをお見せするのがもっと難しくなります。そういう部分については別途勉強会ということで先生方から個別に教えていただくという場を持ちまして、それをどう取り扱ったらいいのかということについても御相談させていただくということで進めたいと思います。よろしいでしょうか。

○長尾委員 はい、結構です。

○山岡座長 原則はいつもできるだけ議論の中に取り入れていきたいということですので、判断に困ることがありましたら事務局と相談ということでお願いします。

○堀委員 まさにきょう発表する内容の中に、建議の計画の中で昨年度の報告書に載っていたような図なども含まれているのです。それはまだ論文になっていないものなわけですが、そういうものはどういう扱いにするのか。

○横田（事務局） そのこの事前の調整を十分にしていなくて申しわけございません。きょういただいている資料の中で、ここは非公開だ、公開したらまずいんだというところについては、あらかじめお話をいただきたいと思いますし、今後これを掲載するに当たりまして削除するなどの措置をしたいと思うのですが、この中に何枚か。

○堀委員 非公開というか、その図自体は世の中に公表されているものなのです。

○横田（事務局） 問題ないです。

○堀委員 今のお話が論文をベースにとということで、それ以外のものはというふうに受けとれたので確認をしたかったのです。

○横田（事務局） きょうは委員からの話題提供という中で、その部分を提示して先生方の中で議論をいただくという種類のものと位置づけていますので、そこは結構でございます。

○山岡座長 別冊資料に載せるのは論文ベースで載せて、この議論の中はそれに限らずであるということでもいいと思います。よろしいですか。

では、次に進めさせていただきたいと思います。続きましては新たな科学的知見として、井出委員からゆっくり地震とプレート運動のゆらぎ、確率評価への応用可能性と題しての情報提供をいただきます。こちらの内容は前回の打ち合わせ会で一度御紹介をしていただいておりますけれども、正式の会議の場で改めて御紹介をいただくというものでございます。

それでは、井出委員、よろしくをお願いします。

○井出委員 私が今回、話題提供させていただくのは、ゆっくり地震と、それをもとにしたプレート運動のゆらぎみたいなものが最近見えてきておりまして、それが確率評価への応用可能性があるということを紹介したいと思います。

(PP)

まず前回の調査部会で報告書を出した25年の段階で、幾つか重要なポイントはあったのですが、私が特に重要だと思っているのはこの3つで、1つは地震の発生時期を確

度高く予測することが困難ということと、南海トラフ域と日本海溝域の違いみたいなものがあるだろうという話と、さらに一番最後として不確実ではあるが、地震が発生する危険性がふだんより高まっている状態はあるだろう。その3つだと思っておりまして、きょうの話はこの3番目に関する部分を紹介します。

(PP)

まずプレート境界地震を我々はどう理解しているかといいますと、こういうプレートが沈み込んでいるところに、この後、堀さんがもう少し具体的な話をされますが、基本的にはこのプレートのジオメトリー、形状を仮定して、その上での摩擦法則を仮定して、プレートが沈み込む一定速度を与えたときにどう振る舞うかということが計算されております。

そのときに摩擦則、いろいろあるのですけれども、今、地震物理学のほうでこれを使ったら1つ間違いはないだろうと考えてられているのはRate-&State-friction law、日本語にしますと速度状態依存摩擦則ということになります。

このRate-&State-friction lawでは、面のすべり速度が面にかかる力の指数関数のような形で掛けると、別の言い方をすれば面のすべり速度の対数というのは面にかかっている力の1次関数になっている。そういうことがわかっております。ただし、これは実験から出てくるのです。こういう岩石実験をやって、本物の岩石に圧力をかけて動かすと、そのときにすべり速度と応力との線形関係、これは縦軸が応力、横軸がすべり速度ですけれども、この線形関係。これは右肩下がりですけれども、右上になったり下になったり、そういうことがあるわけで、そういうものを数値計算の中では我々は利用しております。

(PP)

そういう数値計算的なモデル的な研究と別に、観測をずっと我々やっておりますと、最近の非常に優秀な観測網によって南海ではさまざまな奇妙な現象が見つかっています。一まとまりにするとゆっくり地震という名前になってしまうのですけれども、いろいろ微動であるとか低周波地震、スロースリップなどと呼ばれるやや時定数の異なる現象が日本で言ったら長野県から紀伊半島を渡って四国という形で分布しております。この分布域がまさに我々が将来起こるであろうと思っている南海トラフの巨大地震の領域と重なる。というか、過去3回起こったここでの巨大地震の震源域を表示しておりますが、その下端付近で起こっていることがわかっていて、こういうゆっくり地震と巨大地震の関係性というものが今、非常に注目されているところであります。

(PP)

これがゆっくり地震はどんなものかという一例で、深部微動のものですけれども、これは丸一日のもので、丸一日の間に非常に細かい地震動がひっきりなしに起こる。これは四国の例です。このようなことが地下で起こっていることが最近、我々はよく見えるようになってきたわけです。

(PP)

そういう微動の中に特徴的なものがありまして、きょうまずここで紹介するのは岡山の

下です。小豆島と対岸の間の地下30キロぐらいの深さで起こっている微動について、特に詳しく紹介したいと思います。この微動は右に表示してあるように、赤でくくっている部分が微動なのですけれども、それ以外のノイズと比べても非常にそこに信号があるのだからだかわからない程度の現象です。

(PP)

ただ、そういうものを性能のよい観測網で震源決定してやると、震源はこういうところに求まりまして、ここで一緒に表示しているのは宇野や高松の検潮所での験潮記録と、実際に微動がどのタイミングで起きたかということと比較すると、非常にはっきりとした関係が浮かび上がってくるわけです。

この図は横軸に9年間の潮の満ち引きです。平均をとっていますけれども、干潮、満潮の繰り返しを表示しております。そのときに微動が起きたタイミングが赤い点々で示されていて、これくらいのものであれば、どんなに疑い深い人でもこれは潮汐の干潮のときに微動が起こっていると結論せざるを得ないくらい非常にはっきりした関係が出てきます。そのように潮汐の、この地点ですと干潮で微動が起こる。微動というのは基本的にはプレート境界のすべり運動なので、干潮のときにプレート境界が動くということが観測事実からかなりはっきり示せるわけです。

(PP)

これをもう少し細かく詳細に見てやりますと、tide levelがある一定の分布関数を持つものに対して、微動の発生というのはまた別の分布関数を持ちます。これを割り算してやると横軸にtide level、干潮・満潮、ここはほとんど干潮しか書いていません。マイナス側しか書いておりませんが、干潮のときに実際に微動がどのように起こるか。縦軸は微動発生数ですけれども、言いかえればその場所でのプレート境界のすべり速度と見なすこともできます。マクロが線形、赤丸が指数分布、セミログであらわしております。

ちなみにtide levelというのは言ってみれば上にあるマスをあらわしていて、これは応力なわけで、横軸はすべり速度。すなわち、ここから浮かび上がってくるものはプレート境界における応力とすべり速度の関係。これは一番最初に紹介しました岩石実験から出てくるものと基本的には同じ形をしておりまして、対数のすべり速度が応力の1次関数であるという実験と調和的なものが、いよいよ深さ30キロの深いところでも見えるようになってきたということです。

(PP)

観測量としての潮汐というのは、地球科学の中ではめちゃくちゃよく予測できるものの1つで、これは予測ではなくて実際には観測量ですけれども、観測量から先ほどの経験式を組み合わせることで微動の発生数を計算することができる。これは見てのとおり微動は冬に多い。冬のほうがプレート境界がいっぱい動いているということを示唆しています。これは実際の観測データともよく一致しているわけです。

(PP)

こんなことが何で起こるのかというと、潮汐というのは振幅にしたら非常に小さなものです。地震のときの応力変化の大体1,000分の1というのが潮汐応力変化の相場でありまして、しかもそれが少しだけ変わるのです。振幅がちょこっと変わる。オシレートしているものの振幅がちょこっと変わるのですけれども、プレート境界に指数型のレオロジー、摩擦法則が働いていますと、ちょこっとの応力の変化に対して非常に激しく反応する。ストレスがちょこっと上がっただけでSlip Rateがぐぐっと上がるようなことが起きて、その結果、これとこれの効果を足し合わせると、プレート境界のSlip Rateはほんのちょっと振幅変化によって増幅されるように変化します。そういうことが期待されます。

ということは我々今までプレート境界の深部というのは、一定速度で沈み込むということをよく仮定していたのですけれども、それは大体一定速度ということは言えるのですが、例えば1日の間でも1カ月の間でも1年の間でも、それなりに加速、減速を繰り返しているというプレート境界の運動の描像が浮き上がってきます。

(PP)

これはもちろん日本だけではなく、例えばこれは台湾の例ですけれども、台湾の場合にはちゃんとshear stressに置き直しておりますが、shear stressがtideで変化するに合わせて微動が発生しているというのがわかり、先ほどと同じような摩擦則が見えます。

同じようなことは例えばパークフィールドであるとか、カスケードであるとか、これはカスケードの例ですけれども、プレート境界の摩擦パラメーター推定として今、そういうこともできるようになってきました。

(PP)

こういうプレート境界での摩擦というものがわかってくると、これはプレート境界の深部でのすべりの直接的な描像なわけですが、それを長期に予測することも原理的には可能になってきます。

(PP)

これは例えばいろいろなところの潮位のデータを見てみると、ともに経験式を入れたものと、そのほか南海地域の幾つかの経験式を入れたものでそんなにかわらないということは、この地域でも潮位変動がある程度の一定の規則性を持っていることをあらわしています。この規則性にあらわれているのが、ここからこのピークが18.6年なのですけれども、こういうものは長く観測していると非常によく見えるもので、この場合には18.6年というのは月と太陽の軌道がずれていることによる18.6年の超長周期潮汐の周期が出ているのですが、こんなものが見えてくるわけです。

(PP)

これが18.6年くらいで、ですからプレート境界のゆらぎみたいなものもあっていいのだらうと思ってみますと、それ以外に我々が実はいろいろ研究していた中に、世界中の沈み込み帯で定常的な地震活動レベルがどの程度変化するかという研究をしたことがあります。この研究では日本周辺ですと北海道、東北、南海と地域を分けて、それぞれのバック

グラウンドの地震活動というもの、ちょっときょうは専門的なので詳細は省きますけれども、計算します。そうすると何らかのゆらぎが出てくるわけです。この黄色い点々が背景地震活動のようなものです。この背景地震活動の揺らぎ、例えば南海だとこのあたりで上がって下がって、上がって下がって、この辺は上がっているわけです。

(PP)

これは変なものが書いてありますけれども、先ほどの予測です。プレート境界の摩擦法則と実際のtideの観測値から計測したプレート境界の速度の揺らぎというのは、この赤で計算されています。それと地震の発生、バックグラウンドの発生数を見ると、例えばこういうところでは非常によく一致しているのですが、それ以外のこういうところとか、時間が短くて完全な対応を見ることはなかなか難しいのですが、上に18.6年というものを代入しておきますと、18.6年の区切りで合わせると、大体こういうものが長期の周期が浮かび上がってくる。ですから1944年、1946年の地震なんかは、こういう周期性と一致しているように見えるだろうということになります。

ただし、気をつけなければいけないのは、とは言ってもこれはせいぜいニアで表示しているのでしたっけ。せいぜい倍とかそういうレベル。小さなものであるということも強調しておく必要があるのですが、不確実であって、小さいのですが、地震が発生する危険性がふだんよりも高まったり低まったりするということが起こっているわけです。

(PP)

こんなことを例えば我々は今回、南海を問題にしていますから、一体どういう意味があるのかと考えてみますと、1つは18.6年周期みたいなものは本当にあるのかという問題になります。1944年、1946年はこういうタイミングで起きていまして、これは縦軸にフェーズをとっています。ある最大値からのフェーズずれがゼロのところというのが、この縦軸のゼロのところ、上下はそれぞれ前後ろにずれているところなんです。過去に起こった地震の発生のフェーズを見てみると、このあたりに入っていて、これはさすがに余り強くはないです。ですからlikelyぐらいの話なのですが、そんなものがあるかもしれないねという程度の話です。

一方で、またもう一つよく知られているのは、南海の地震は冬によく起こるということです。これは昔からよく言われていて、統計的に有意なのですが、その理由が明らかでなかったのです。ただ、今回微動は冬に起きやすい、プレート境界は冬によくすべっているということが摩擦法則の観察、tideの観察から言えるのであれば、その理由を物理的な合理性をもって説明できるということが言えることになります。

(PP)

以上、まとめますと、ゆっくり地震の発見、分析によって、今まで実験室で見られるような摩擦則がプレート境界でいよいよ推定できるようになってきたという進展がありました。それは実は潮汐応力によってプレート境界が結構大きく変動する可能性を示唆してい

ます。間違いなくプレート境界は一定速度で沈んでおらず、それはすなわち地震発生確率の年周変動、長周期的な変化というものがあるということ。また、それを物理学的な根拠をもって推定できるということを示唆しております。

ただし、重要なことは全てもちろんこういう予測は確率的なものです。例外というのは必ずあります。それから、大きさもそんなに大きいものでは現在ありません。ですから決定的に言えることとして、また、確率的にでも言えることとしても、余り大きなことが現状で言えるわけではないということを経験して強調しておきたいと思っております。

以上です。

○山岡座長 井出さん、どうもありがとうございました。

それでは、まず質疑に移りたいと思っておりますけれども、御質問のある方はよろしくお願ひします。長尾さんとかいいですか。

○長尾委員 資料を読ませていただきましたのでここでは質問ありません。

○山岡座長 基本的に起きやすい、起きにくいということは傾向として非常に見られるけれども、当然それは確率的なものであるということが結論だと思っております。ただ、我々にとってもこれだけのことが言えるということは、これだけで十分私は驚きではあるのですけれども、それでも予測というよりもまだまだというよりは、確率的なものであるということでもあります。よろしいですか。どうぞ。

○横田（事務局） 先ほどの潮汐との関係を調べるというときに、ちょうど瀬戸内海の真上に直接的なものがあつたので、関係が極めて見やすかつた。距離が離れるとその分ちょっと補正した形での解析になるのですか。

○井出委員 はい。現時点ではもちろん影響が大きいところは、例えば海洋潮汐だったらもちろん振幅に効きますけれども、固体潮汐だと海とは関係ないので別に海だろうが陸だろうが、そんなに短距離で変わるものではないです。今、計算しているのは固体潮汐と海洋潮汐の重ね合わせで、海洋潮汐に関してはおっしゃるとおり真上で変わっている瀬戸内海という非常に理解しやすい。ただ、海洋で言ったらもちろん南海地域のほとんどは海の中なわけですし、実際に海洋の変動なんかの影響する可能性。我々が今回、計算しているのはあくまでも周期的な潮汐だけですけれども、もう少し長期的なものも含めて考える必要があるのではないかと。ですから海に近いか、南海であるということは結構重要だと考えております。

○山岡座長 どうぞ。

○長尾委員 非常におもしろいのですけれども、問題は実は黒潮というのは非常に重たい海水で、たまたま私は海洋学部におりますが、1メートルぐらい潮位が変わります。例えば八丈島では黒潮の蛇行がどこを通過しているかで、そういう効果を過去50年位だったら海上保安庁にデータがあると思っておりますから、そういうことを入れるともっと相関が高くなるというか、可能性はどうでしょうか。

○井出委員 これの研究に関連して、この後、私の共著者の田中さんが別の論文を書いて

いるのですけれども、そこには潮汐効果というものも入れております。現状で黒潮効果をエクспリシットに入れているわけではないのですけれども、既に黒潮に関しては蛇行と地震の発生に関して何らかの関係があるのではないかという、もちろん事例が少ないので極めてスペキュレーティブと言わざるを得ないのですが、そういう例もありまして、確かに何回において黒潮のマスがあっちに行ったりこっちに行ったりするというのは無視ではないのではないかと考えております。

○山岡座長 よろしいでしょうか。どうぞ。

○松澤委員 確認ですけれども、潮汐による微動の発生は確率利得として2倍ぐらいという理解でよろしいですか。

○井出委員 どのレベルでしょうか。16ページのこういう絵で言ったら。

○松澤委員 8ページの図でもいいのですけれども。

○井出委員 これは確率利得と何を、ポアソンを基準としたら2倍どころでは全然ないですね。

○松澤委員 どのぐらいになりますか。

○井出委員 ちゃんと計算していないのですけれども、そのあたりは、だからここら辺まで来ると恐らく確率で有意性などを問うのがそもそも無意味なぐらいははっきりしているので、余りちゃんと計算していないです。ですからそれは有意性などが問題になるぐらいに利得などを計算すると意味があるのですが、ここで例えば10の何乗とか言ってもほとんど意味のない数字になるので、それは計算しておりません。

○山岡座長 だからランダムに比べると圧倒的に有意である。これだけ見れば明らかであるというぐらいなことだと思いますが、確率利得という議論をするときには何を基準にするかをもう少し議論しないといけないので、そこら辺はまたどこかで話題になると思います。

○松澤委員 いわゆる先ほどの相場観みたいな話をするとき、確率利得の考え方は人で違うと思うので、これでどのくらいかなというのを知りたかったです。

○井出委員 済みません、計算していないというのが簡単な答えです。

○山岡座長 よろしいですか。一応これは内容は理解したということで、次に行きたいと思います。次も新たな科学的知見として、堀委員から地震モデルとシミュレーションから得られた科学的知見として題して情報をいただきます。それでは、委員よろしくお願ひします。

○堀委員 JAMSTECの堀です。

私からは、地震のモデルとシミュレーションから得られた知見ということでお話をしたいと思います。

この資料の中で、まず最初に少し真ん中あたりから話をしたいと思います。シミュレーションによる予測可能性というところから、まず最初にお話をしておきたいと思います。この後、シミュレーションを使っていろいろ地震の前にどのような現象が起こるかという

ことに関する知見については御紹介させていただきますけれども、その予測可能性ということではいろいろな議論がありまして、それに対して我々シミュレーション研究をしている者として、どのようにシミュレーションを生かそうと思っているかというところを誤解のないようにお伝えしておきたいと思って、まずここからお話をさせていただきたいと思えます。

下のほうのシミュレーションによる予測可能性ですけれども、まずは例えば海底の地殻変動であるとか、そういったものがデータとして観測をしていて、そこから何か変化が起きたら、まずは地下で何が起きているかの把握をモニタリングするということがあります。その先に何が起ころかを知りたいということで予測ということになるわけですけれども、これは起きている現象、その時点で理解、説明できないかということを考え、つまり今でも出てきたデータの変化に基づいて解析をして、その結果を見て人間が頭で考えて、この後、何が起ころのか。例えば3.11の前、3月9日のM7が起きたときに、この地震が起きて、その後、何が起きるのだろうかということは結果を見て考えたりするわけですけれども、そのときにただ考えるだけではなくて、その現象を理解した上で何が言えるかということ、そのところにシミュレーションを活用できないかということを考えています。

(PP)

例えばこのデータに基づいた変化があったときに、それはその後、例えば地震が起きるのか、ゆっくりすべりになるのか。あるいはゆっくりすべりが起きた後に地震なのか、あるいはそれとも変化がないただのノイズなのかといったことを検討するために、いろいろなシミュレーションをあらかじめ計算しておくといったことも考えるわけですけれども、こういうことというのは予測ということが強調されがちなのですが、むしろこのデータとして見えている変化が、一体地下で何が起きているかの現象を把握して、それが今、我々が持っている知見でどういうことを意味しているのかということ網羅的に可能な限り調べる。

その際に観測データに近いいろいろな候補を挙げていったときに、その重みづけをしたりするわけですけれども、いろいろな誤差とか不確定性、正しいモデルを我々が完全に知っているわけではもちろんないので、決定論的な予測はもちろんあり得ないですし、さらには確率を評価するためには本当に全てを網羅した上でないと確率は計算できないわけですが、この「ただし」以下にも書いてあるように、非常に問題の自由度は高いですし、不確定な部分が大きいので、本当の意味で網羅的に調べることはできなくて、必ずバイアスがかかったようなものしかシミュレーションからは出すことはできないわけです。

ここで我々としては現状をモニターして、その場で起きていることがどういうことを意味しているのかを理解する。それが一番の目的であるということ強調しておきたいと思えます。ですので、シミュレーションによる何か予測をしたとして、その結果だけに基いて判断するというような、先ほどの確率予測といったものとは切り離して考えるべきものだ我々はしては考えていて、予測よりもむしろリアルタイムにモニターをして地下の

状態をきちんと把握して、それがどういう意味を持っているかを理解する。その都度、その都度理解していくことが重要だと考えています。

(PP)

その意味でシミュレーションによる予測可能性の次に書いてあることですがけれども、モニタリングをして、その場を理解をしていく。それを現状ではいろいろな研究者がそれぞれ自分たちの手法で解析をして、その結果を論文にしてといった形で行っているわけですがけれども、そうではなくて何らかの統一的なモデルに基づいて例えば震源分布を解析したり、あるいはきょうの話題の中心であるプレート境界での固着あるいはすべりがどういう変化をしているかということを通のフレームできちんと解析をして、その結果を出して、その結果に基づいて検討していく。その検討していくときの1つの情報としてシミュレーションも加えるという、むしろモニタリングとその場の理解というものをいかに共通のフレームワークの中でしっかりやっていくのか。個々の研究者の研究をして解析をした結果を発表するというだけではないレベルにしていくということが大事だと思っています。そういう位置づけの中でシミュレーションとその予測は考える必要があると思っています。というのがまず最初の前提の話です。

(PP)

最初のほうに戻ってシミュレーションからの知見ということでお話をしたいと思います。まずプレート境界の地震というものをどうモデル化するか。これはシミュレーションだけではなくて、先ほどの地下で何が起きているかをどう理解するか、現状を把握するかというときにもベースになっている考え方になるわけですがけれども、南海地震あるいは東北の地震も含めて、プレート境界の巨大地震というのは基本的にプレートの境界というものがあって、そこである部分は固着して、あるいはすべっているような状態で、そこでひずみが限界に達する、応力が限界に達するとすべって地震を起こす。あるいは最近ではこれは高速なすべり、地震波を出すようなものだけではなくて、先ほど井出さんのお話にもあったようなゆっくりしたすべりも含めた現象が起きている。またひずみをため直す。

(PP)

こういったプロセスはどういうふうにあらわして理解するかということをやっているわけですがけれども、このプレート境界のくっついたりすべったりということは摩擦法則としてモデル化をしています。摩擦則というのは岩石の実験に基づいて得られたものをベースにしているわけですがけれども、ここで1つ重要なことは、これは地震だけが起きるモデルではなくて、固着している状態であるとか、そこでどこがどうすべっているとか、地震発生前の準備過程やゆっくりしたすべり、そういったもの。ゆっくりすべりというのは東海のスロースリップイベントであるとか、地震の後の余効すべりとか、そういったものも含んだモデルになっているということが1つ重要になります。それによって固着の状態の変化とか、ゆっくりすべりといったものがどういうことが起きて地震につながるかといったことを、こういったものを使って理解しようと。例えば南海トラフに関して、摩擦がど

のように変化するかということを入れた上で、シミュレーションをするといったことをしています。

(PP)

こういったものを活用することによって、地震の前にどういったことか理解が進んでいるかということについて、この後、報告書の中で挙げられている項目、前駆すべりについて、地震のモデルと前駆すべりの検知可能性、地震発生時期と関係する現象、地震発生に至る多様さ、最後の規模の話がありますけれども、そのことについてシミュレーションから得られている知見について、時間が限られていますので、かいつまんで御紹介をしたいと思います。

まず前駆すべりについて前回報告をしたときには、かなり断定的なことを書いていて、破壊エネルギーが破壊単位の大きさに依存して、破壊単位が大きいほど破壊エネルギーも大きい。そういうところでは大きい前駆すべりが、大きな地震には大きな前駆すべりが伴うことが理論的に言えるといったことを言っていたわけですが、最近のシミュレーション、最近と言っても2012年の論文で示されていますが、M8とかM9というのは再来間隔は長くて、そういった地震というのは沈み込んでいる断層の深部で応力集中している、その応力にきちんと耐えられるような破壊エネルギーが大きい必要があるということが数値シミュレーションから示されていて、こういったことから大きな前駆すべりが理論的には予想されるということが示されています。

(PP)

次のページですけれども、下のほうの図を見ていただきますと、これは前回の報告書の中で地震のモデルとして非常に単純な固有地震、毎回同じ規模の地震を同じ間隔で繰り返す地震で、こういった場合には非常に顕著なプレスリップが期待される。前駆すべりが期待されるわけですが、一方でこういった小さい破壊の単位から大きなものまでが混在した階層的な不均質なモデルがあって、そういった場合には地震の始まりに当たる前駆すべりが小さいところで始まると、それが連鎖して大きなものにまで発展するので、こういった場合にはプレスリップが見えない。

実際の現象というのはこの間にあるのだけれども、実際にどこにあるかということがはっきりしないので、前駆すべりが検知できるかどうかは現時点ではまだ評価できないということを報告書では述べていたわけですが、この概念的なモデルに対して例えばそれこそこれの中間的なというか、少し単純化したモデルとして階層的な、大きな階層と小さな階層、2つだけがあるようなモデルでシミュレーションをした結果、幾つか前駆すべりにかかわること、あるいは地震の発生前の多様性に関する知見が得られていますので、ここで紹介したいと思いますが、1つ重要なことは、この階層的な不均質、つまり小さい破壊が起きて、それが連鎖して大きな破壊に至るような場合においても、前駆すべりが生じる場合もある。生じない場合ももちろんあるわけですが、そういうことが出てきているので、二元的にどちらに近いのかというロジックではない説明が必要になるのかなと思っ

ています。

(PP)

その前駆すべり、こういったモデルでこういった現象が起きるのかということですが、まずは単独で小さい破壊が起きたときには、こういった波が出るわけですが、これは単独で破壊が起きた場合ですが、それに対して小さいこれと同じようなイベントが起きて、その後、大きな破壊に連鎖するような場合でも、ここの部分に小さい破壊が起きていて、その始まり方というのは全く小さい破壊のときと同じようなことがこの場合は起きているわけですが、一方で先に大きなこちらの破壊の単位のほうが、前駆すべりを起こしてから実際に破壊が起こるような場合もあって、その場合には立ち上がりの部分が変わってくるといったことが見えるということで、階層的な不均一なモデルでも前駆すべりが起こる場合があって、どちらに近いかだけが問題ではないということが1つポイントとして挙げられます。

(PP)

地震発生時期と関係する現象に関してですが、こちらに関して、まず1つは先ほどの前駆すべりの起こり方というのは、まさしくそこを仮定した場合にはこのような形で起きるけれども、別の摩擦則を仮定すると前駆すべりの起こり方が違ってくる。例えば下の場合には加速する領域が広いままなのですが、別の法則を使った場合にはより狭くなっているような場合もあって、こちらがモデルとしてどのようなものを選択するかも変わってくるということで、現状で実際のプレート境界がどちらであるかということがまだはっきりしていないので、こういったこともあるために現状ではどういう規模が起きるかを評価というのはまだできていない状況にあります。

(PP)

これまで南海トラフの地震というのは、どちらかというと同じような規模の地震が繰り返して、M8は起きていて、M7というのは余り知られていないということもあって、固有地震に近いのではないかということが言われていたわけですが、最近、海上保安庁さんのほうで海底の地殻変動データを使ったデータの解析から固着している領域というのがべた一面、南海トラフどこでも固着しているわけではなくて、強いところがあるということが見えてきています。

4月1日に起きた地震というのも、比較的弱い固着のすぐ縁のあたりを震源にしてM6.5の地震が起きていて、こういったものが起きるということは、必ずしも南海トラフというのが非常に固着が強いということとは限らなくて、東北で見られたような地震の前に前震が起きて、さらにすべりが広がって本震に至るといった、そういった現象も起こるような場所である可能性もありまして、実際、真上ではかっていた船との水圧系の変化を見ても、地震の後に顕著な余効変動が見られるといったことも観測されていますので、こういった固着が強いというだけではなくて、弱い場所もあるということを考えに入れたモデル化というのは進んでいるところです。

あとは地震の前という、前駆すべりのことがどうしても東海のことであって注目されがちなのですが、こういったシミュレーションの中で見えてくる1つのこととして、小さい破壊が起きた後に余効すべりが発生して、それが伝播した先で大破壊が起こるといような場合には、実は単独で小さい破壊が起きた後の余効すべりとは違った起こり方を余効すべりがしているということをこの図は示していて、ふだんであれば余効すべりはどんどん減速していくわけですが、余効すべりが高いすべり速度レベルを保った状態であるということが示されていて、小破壊が起きた後の余効すべりの起こり方を見ることによって、大破壊が近づいているかどうかを見ることができる。

例えば今回は6.5の地震が起きた後、余効すべりがあって、そのまま静まったわけですが、この余効すべりの起こり方が仮に同じようなイベントがまた起きた場合に、違った余効すべりの起こり方をするというようなことがあると、こういった大地震の発生が近づいているかどうかということの指標になる可能性があると考えています。

(PP)

そういった余効すべりが大きな地震の前に大きくなるというのは、3.11の前にも観測で見られていて、シミュレーションでもそういったことが示されています。

大地震の発生に至る多様さとして前駆すべりが起こる起こらない、あるいはゆっくりすべりが起きて、それが加速する場合もあればしない場合もある。そういったことがいろいろな場合が示されている。ここで一々、一つ一つの説明をする時間はないですが、同じ摩擦のパラメーターで繰り返し地震を起こした中であっても、実際に破壊からそのまま大きな破壊に至る場合もあれば、大きな前駆すべりが起きた後で大きな破壊に至る場合もあるなど、いろいろなパターンが生じるということがわかってきています。

(PP)

それから、ここまで示した前駆すべりというのは、震源域の中で起こるものだったわけですが、そうではなくて震源域の深い側の延長、これが深さ方向で、ここが地震が起こる場所なのですが、その深い側で前駆すべりが起こるようなモデルもあって、これは既に2003年ごろに提案されたものなのですが、これは最近、ゆっくり地震のモデルとしては用いられているのですが、前駆すべりとしての性質の検討は進んでいなくて、これは先ほどコメントをして資料を加えていると言っていたのですが、追加をまだしていなかったので入っていないですが、昨年度の報告書の中で示されていますが、こういった前駆すべりとしての性質の検討が今、進んでいまして、南海トラフのような場合にこちらで1日、2日前から大きな前駆すべりが起こる場合があり得ることが調べられつつあります。

(PP)

地震発生に至る多様さとして、前回の報告書では東海の地震が単独では起きなかったということだけがシミュレーションの結果の中で触れられているのですが、例えば海保さんの結果を受けたシミュレーションでは、東海からの発生というものが見られていた

りしますし、南海トラフの地震のサイクルのシミュレーションの中では西から破壊が壊れる。いわゆる南海地震のほうが先に起きて、東海・東南海が後に起こるような場合というのも見られていまして、そういう場合も歴史上は知られていないですけれども、シミュレーションとしては出てきているので、そういうこともシナリオとしては考える必要がある。あとは、そういった場合に仮に日向灘、ここではM7クラスの地震が起きますけれども、その地震が準備が整った状態で起こると、かなり南海地震が早まるということもあり得ることが示されています。

(PP)

地震の規模の予測に関することですけれども、1つは同じような規模が繰り返し起こる、釜石沖ではM5クラスの地震がずっと繰り返し、非常に規則的に起こっていたのですが、そこで3.11が起きて、余効すべりがこの震源域を伝播したのですけれども、そのときにマグニチュードが1近く大きくなるような地震が起きて、ばたばたと小さな地震が起きたのですが、そういったことがシミュレーションでも似たような状況が再現することができています。

また、どのぐらいの規模の地震が起こるかということは、すべり欠損の分布からある程度見えている。このように青で示された部分がよく固着してすべりをとめているわけですが、そういうところと過去に起きたすべりというのは整合しているわけですが、そういったところでどういう地震が起きるのかシミュレーションをして、津波高をそれに基づいて計算することによって妥当な規模の予測はできているかということ、これは直前のことではなくて事前の評価ですけれども、そういうことを行うことがシミュレーションとしてはできるようになってきた。

一方で、すべりおくれがたまっているところで地震が起こることだけを考えていると、それだけではまずくて、地震の前に余りすべりおくれしていないところでも、過去にすべりおくれをちゃんとためていたことによって大きなすべりを起こすような場合があるということも示されていることになります。

(PP)

以上ですけれども、最後にもう一度強調しておきますが、予測ということ以上にリアルタイムで観測されるデータをしっかりモニタリングして、それが何を意味しているのか、プレート境界と固着あるいはすべりが起きているのか、それがどういう意味を持つのかということその場で逐次理解して、その情報を発信していくということが一番重要になっていて、そこでシミュレーションの技術を活用していく。そのための技術として計算科学で上のほうになりますけれども、非常に高速に3次元の不均質構造での計算、地殻変動の計算などができるようになってきていますので、そういうものをベースにして、その場その場の解析を行うことができれば、地下の状態をしっかりモニタリングしながら今、起きていることはどういうことかということ、1つの解析結果だけではなくて、曖昧さを考慮した多数のシナリオの中から理解していくということが重要だと思っています。

ただし、その場合には、繰り返しですけれども、確率のようなものが出せるわけではなくて、我々の理解として今、起きていることはこういうことがあり得るということを列挙するようなものになると考えています。

以上です。

○山岡座長 ありがとうございます。

それでは、御質問、御討議ありましたらよろしくお願いします。要するに10年、20年前に比べると観測が確実に進歩してきて、さらに堀委員のおっしゃるところによると、それによって何が起きているかということが徐々に解釈できるようになってきた。それをもっと推し進めると、ちょっと先に何が起こりそうかぐらいは言えるかもしれない。

○堀委員 そうです。それを言えるとしたときに、何か1つの答えがぽんと出てくるというような類いのものではなくて、いろいろな起こり得るバリエーションを並べた上で、かつ、大事なことはそれが別にシミュレーションとか解析結果が出てくれば、我々はどうしたって毎回その結果を見て考えなければいけないわけです。そのときの考えるときに頭で考えるだけでは不十分なところを補うためのものである。だからそのシミュレーションがあるから、それで考えるのをやめてしまったり、それが全てであるかのように思ってしまうのは非常に危険なわけで、あらわせていない要素が非常にたくさんあるわけですから。

○山岡座長 ありがとうございます。非常に多岐にわたるといえるか、資料を用意していただきありがとうございます。

コメント、質問がありましたらよろしくお願いします。

○井出委員 私もこういうシミュレーション研究の重要性というのは非常に認識して、ただ、堀さんが指摘されているように、これは基本的には説明し、理解するためのシミュレーションである。それはもちろん高精度化することは非常に重要ですが、地震の予測という点に関して言えば、先ほどまさに議論をした防災への活用を視野に入れたというところに関しての貢献は、極めて小さいと言わざるを得ないということを一応、確認したいと思います。

○山岡座長 堀さん、いかがですか。

○堀委員 予測というものをどういうふうに理解するかということにもよると思うのです。あとはどういう形で貢献するかということにもよると思うのです。何か予測をして、それがそのままその結果を見て判断するものに使われるという目的のものではない。それにはとても使えるものではない。

○山岡座長 確率が評価できるわけではない。ただ、今、何が起きているかをできるだけリアルタイムに把握しようというものであるということ。

○堀委員 そうです。むしろそちらのほうが重要で、シミュレーションはプラスアルファ。

○山岡座長 その先をどうするかというよりは、今、何が起きているかを頭で考えるだけではなくて、計算によって明確化しようということですか。

○堀委員 結局、今、地下で起きていることをその場で理解するということは、すなわち

すぐ先で何が起きそうかということを考えることとほぼ同じなわけなので、そこが大事なのだらうと思います。

○山岡座長 ありがとうございます。

ほかに、どうぞ。

○横田（事務局） シミュレーションの部分での現在の實力といたしますか、それは別として、将来期待されるもので見ると、1つの思考過程は1回のシミュレーションでできるけれども、場の状態を先ほど井出先生がおっしゃったような確率的な表現とか、さまざまなものを入れていくと複数の思考過程をこれから計算ができて、将来起こり得る現象について幅を持って何らかのものが言えるようになる可能性があるかもしれない。今すぐではないかもしれないけれども、こういうシミュレーションが進んでいくとモデル的に幾つかの複数の思考過程を見ながらアンサンブル的に整理をするとか、そういうことで見える可能性はある1つの大きな研究の柱だと。

○山岡座長 少しポジティブにあえて言うと、例えばこれは心配する現象なのか、心配しなくていいというぐらいの判断ができるかどうか。

○堀委員 その判断をこれだけに基づいてするというのは無理です。それはあくまでもその判断をするときには、本当にいろいろな可能性をここで出てくるもの以外のものも含めて当然考えて判断するわけです。そのときのプラスアルファの情報として、でもそれはプラスアルファと言うとすごいネガティブな印象にとられるかもしれないのですけれども、非常に重要なサポートにはなると思っているのですが、すぐそこで気をつけなければいけないのは、そのモデルというのは常に我々が理解しているものを100としたときに、そのうちの60とか40とか、どこまでモデル化できているかというのはその時点その時点、これは将来的にも当然モデルも進化していきますし、我々の理解も進化していくわけですが、常に我々の理解よりもおくれたところをずっとついて発展していくわけです。だから必ずバイアスがかかった予測しかできないのです。だけれども、それがわかった上でそこから出てくるものを、そのモデルではあらかし切れない部分をきちんと人間が考えることをあわせた上で、今、何が起きているかを判断する。

○山岡座長 わかりました、ありがとうございます。今、起きていることを判断する上で有効なツールになる。

○堀委員 そういう位置づけだと思います。

○山岡座長 どうもありがとうございました。

特に御議論は、堀さんのところはこんなところかなと思いますので、続いて今回新たに検討する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ます。まず事務局から説明をお願いいたします。

○池田（事務局） 資料7に沿って御説明させていただきます。

資料3でご説明しましたとおり、今回の調査部会では、新たに震源域で見られる現象と防災への活用を視野に入れた評価ということで項目を盛り込むこととしておりまして、そ

の項目にどういった評価を盛り込めるかということをご議論いただきたいと思っております。

南海トラフの震源域で想定される現象として、具体的に4つ挙げております。これは過去に発生した地震の履歴ですとか、大規模地震の解析結果から想定されるものということで具体的に4つ挙げていまして、1つ目が南海トラフの東側または西側で大規模地震が発生して、他方が割れ残った場合。それから、大規模地震というわけではないですが、比較的規模の大きな前震と考えられる地震が起きた場合にどう評価するか。それから、東北地方太平洋沖地震で先行して多数の現象が観測されておりますが、そういった現象が多種目で南海トラフの想定震源域で観測された場合に地震の発生の高まりを評価できるかどうか。東海地震の現在ひずみ計で行っている判定基準とされるような前兆すべりが見られた場合に、どういった評価ができるのでしょうかということをご具体的に4つ書いております。また、これに限らず、それ以外にも何か想定される現象があるのであれば、その点についてもどのような評価が可能かを御審議いただきたいと考えております。

こういった現象が震源域で見られた場合に、矢印の下で書いておりますが、地震の発生規模ですとか発生場所、マグニチュード、警戒を要する期間、エリアなどについてどのような評価ができるのでしょうかということをご審議いただきたいと思っております。

(PP)

1ページめくっていただいて、それぞれの事象について事務局で整理した資料を御説明させていただきます。

まず東側又は西側で割れ残りが起きた場合ということで、過去の大規模地震の南海トラフの発生履歴を見ますと、発生過程が2通りに大別されるということで、宝永地震などのように震源域のほぼ全域が同時に破壊される場合、それから、東側または西側が破壊されて、間もなく割れ残りが破壊される。安政東海地震の場合には32時間後に安政南海地震が発生しております、昭和東南海地震の場合には2年後に昭和南海地震が発生している。このように今後、割れ残りが起きたと想定した場合に、その割れ残った領域に対する大規模地震の想定をどのように評価できますでしょうか。

(PP)

4ページからは、過去に発生した地震を統計的に整理した資料でございまして、世界全体で1900年以降に発生したマグニチュード8以上の地震に対して、その後、マグニチュード±1の地震が発生した事例を、その続発する地震が発生するまでの期間で整理をしたものでございます。

左側のグラフですけれども、3年間で区切ってございまして、ちょっと傾向がよくわかりにくいので最初の地震発生後、1カ月のものを右上に拡大して示しております。地震発生直後、2、3日については非常に震度が大きくなることが見てとれますが、ただ、サンプル数が非常に少ないので、その次に参考としてマグニチュードの規模を1つ下げて、マグニチュード7以上の地震で同じように整理したものが5ページになります。傾向としては

同じですが、よりサンプル数が大きくなっていますので、この傾向を見る限り、ポアソン分布に従っているように見えますということをお示しした資料になります。

(PP)

次のページですが、前震と考えられる規模、比較的規模の大きな地震が発生した場合についても統計的な観点から整理をしております。こちらのグラフについてはマグニチュードが7以上の地震が発生した後に、それよりさらに規模の大きな地震が同じ領域で発生した事例です。グラフの見方は先ほどと同じように記載をしております。こちらについても発生後30日について、より拡大した図で示しております。

ΔM の値の頻度分布のところの説明をし忘れましたが、こちらについては最初の地震に対して続発した地震のマグニチュードの規模を ΔM として、そのヒストグラムを書いておりますので御参考にしていただければと思います。

7ページですけれども、2011年の東北地方太平洋沖地震で先行して観測された事象ということで、左のグラフに整理をしております。青で記載しているところは地震活動の活発化ですとか静穏化がどの程度の期間から発生していたかというところを整理しております。紫色のグラフは小繰り返し地震の発生について整理したもので、緑色のところはゆっくりすべりですとか余効変動の発生期間を示しております。電離層の電子数ですとか地下水の異常についても先行して現象が発生した期間を記載しております。右側のグラフでは東北地方太平洋沖地震で先行して観測された事象の期間と現象が確認された数を示しております。こういった異常な現象が多種目で観測された場合にどういった評価ができますかという参考にしていただければと思います。

(PP)

続いて、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、8ページのスライドは気象庁のホームページに掲載されているものですが、前兆すべりが起きて、それをひずみ計で観測して、ひずみの変化に基づいて地震発生前に地震予知情報を発表する。このようなゆっくりすべりが急速に進展して東海地震が発生するというシナリオを想定して、観測が現在行われているというものです。

9ページについては、ひずみ計の変化に応じた情報の発表基準のイメージ図を掲載しております。

(PP)

こういった事象に対して10ページに御審議いただきたい内容としては、まずすべりが加速して大規模地震が発生するような場合に、そのような加速をどの程度前に観測することができるのかということ。それから、このすべりの加速を観測した場合に、加速の程度ですとか変化の状態を踏まえてどういった評価ができますかということ。続いて、現行の地震予知情報の発表基準のようなものが見られた場合にどういった評価ができるでしょうか。過去にこのような観測事実として確認されていない現象ではありますけれども、そういった事象に対してどういった評価ができますかということで、御意見をいただければと考え

ております。

その下は、これまでの判定会の招集ですとか、情報の発表基準の変遷を整理した参考資料になります。

(PP)

最後のスライドは、これまで具体的に挙げてきた現象以外にも想定される現象があれば、どのような現象が想定されますかということと、そういった想定される現象に対して、現状の科学的知見でどういった評価ができますかということで御意見をいただければと思います。

説明は以上です。

○山岡座長 どうもありがとうございました。

ここでは南海トラフの震源域で想定される現象を整理して、それについてどう評価できるか。評価ができないというものももちろんありますけれども。

まだありますか。ごめんなさい。

○池田（事務局） 済みません、補足で先ほどの割れ残りの場合と前震が起きた場合で、ターロン応力の変化の図を計算として求めたものを参考に用意しています。プレートの形状などが古いものを使っているところがありますので、あくまで今回は試算として御紹介をさせていただきます。暖色系の領域については地震を促進する領域で、寒色系の領域が地震を抑制する領域ということで計算したものがございますので、定量的な評価としてこういったものも使えますかということもあわせて御議論いただければと思います。

○山岡座長 よろしいでしょうか。

まずは御質問があればお願いします。基本はどういう現象があり得るかということと、それに対しての評価がどうできるかということ、あるいはできないかということだと思います。いずれにせよプレート境界での現象は急激な地震であれ、ゆっくりとした現象であれ、プレート境界のすべりあるいはずれ動きというものであろうと思いますし、それを観測とシミュレーションで把握をするところがベースになると思っております。

あと、我々の経験がそれほど南海トラフに対して、南海トラフはたくさん過去に起きておりますけれども、例えば前震とか、そういうものに対してもほとんど経験がないということですので、世界で得られたものを少しここでは整理していただいていると理解しています。

このあたり、どこからでもいいのですけれども、御意見をお願いしたいと思います。

○松澤委員 2ページのところで南海トラフの発生過程が2通りに大別されているのですが、地震調査委員会のほうではもっと複雑なことが起こり得るとして評価していますが、その位置づけなどはここではどうされるのですか。

ここでは全体を破壊するか、東と西の2つが時間差を置いて壊れるという2パターンしか書かれていないように見えるのですけれども、地震調査研究推進本部の地震調査委員会の評価はもっと複雑なパターンもあり得るとして評価していると思うのです。

○横田（事務局） もともと前回の議論の中で多様ということは言っているのですが、今回その多様な部分を全部網羅的に書いたのではなくて、過去の事例から見て東が割れた、西が割れた、その東の割れ方も多分多様だし、西の割れ方も多分多様かもしれないし、ほかもあるかもしれないのですが、今回は過去あったものだけを書いたつもりの部分なので、今のような注意事項も含めながら今後の評価の中に入れていけばと思うのですが、このポイントは、少なくとも東か西かどちらかが割れたときに片側も起こる可能性があるのではないかと。そういうことを思いながらどのように考えていくのか。直近をどう考えるのか、例えば過去2年という長さがあったけれども、そういうものをどう見るのかとか、そういう目で議論をいただければという素材を用意したということです。

○松澤委員 要は一部を破壊したときに、その後どういうシナリオが考えられるかということを中心にちゃんと検討しなさいという理解でよろしいですか。

○山岡座長 そうですね。要するにプレート境界で発生する現象としてM8クラスが片方で起きた場合、M8に至らないけれども、もう少し小さい地震が起きた場合、あとはスロースリップとかゆっくりとしたすべりが発生している場合と、大きく分けるとそんなところかなと思います。

以前は議論としてはプレート境界でのすべりというところできたいと思うのですがけれども、常識的にはそういうことが起きればふだんよりは少し大きな地震が起きやすくなるということは当然言えて、観測によってそれが継続しているか、例えばスロースリップとか、先ほどの堀さんの話で言うとアフターズリップもそうですけれども、そういうものが継続しているということは一応わかる。ここまでは多分コンセンサスが得られて、ではその後どうなるかというのは、なかなか現状では確定的なことを言うのは当然困難であるところだと思っております。ただ、そういうことが起きているという情報は当然出せるであろう。だから今、何が起きているかというところまでは頑張ればいける。ただ、それが次どうなるかというところは確定的なものは難しいですね。

○堀委員 確定的なことは絶対に言えない。先ほども観測とシミュレーションと言われましたが、観測とデータ解析です。リアルタイムに起きていることをしっかり把握して、地震だけではなくてゆっくりすべりとか余効すべりなども含めて起きるわけですから、それをとにかくリアルタイムに観測して解析して、今、何が起きているかということを逐次出すしかないわけです。出した上で、そういうことが起きているときには過去、南海トラフを含めて世界中でこんなことが起きています。あるいはシミュレーションからするとこういうことが起き得ますということを列挙する。我々ができることはそういうことです。

○山岡座長 そうですね。だからなかなかスロースリップとか、スロースリップが起きているときに、その後何が起きているかというところは、まだ十分なデータは世界中でもありません。だから今のところあるのは少し小さ目の地震、事務局で言うと4～6ページぐらいのところは統計的に世界中のものは集められるけれども、ではスロースリップが起きたときに何が起きるかというところは、こういう図は現状では十分にはつくれない。

多分、集められたときにそう認識されたと思っておりますが、それが現状である。だから今、表示されている Δ CFFを見る限りは、地震を促進する方向に働くことは当然ではあるけれども、これだけではどのくらい確率が上がったということは示す根拠は今のところなからうというのが現状ですね。私は今のところそういう認識なのですが、もう少し一声か、あるいはそれとも言い過ぎということがありましたらお願いします。

○井出委員 ただ、こういうものが出て、確率を言うことに関しては今できない。そのとおりですけれども、近未来だとは思っています。スロースリップなどもどんどん見つかったりして、今、逆に言うと何ができるかという、できることはあって、ETASで全部予測を出すということです。東側があれだけ壊れたら時空間ETASを使ったらどこでどれくらいの確率が上がって、それが時間とともに減っていく。だからここにあらわした図というのは基本的にはETASに入っているものです。ETASに入っているようなもので確率的にそれぞれの地域で、どの時間枠で何%ということは、今の実力で我々是可以するのです。だから本気で気象庁あたりで日本版カスタマイズドETASみたいなものをつくると、南海については現状できる。それが役に立つかということは置いておいて、現状でそれぞれの地域に対してどの程度の確率があるかということは地震活動ベースで既にできます。

ただ、そこに足りないのは応力の情報とかスロースリップの情報とか、まだ幾つも入っていない情報がある。そういうものを我々は今後の研究でどうやって組み込んでいくかというのは、研究者が真剣に考えることだと思います。

○山岡座長 スロースリップの情報が入っていないというのは、スロースリップが把握できていないということなのか、式の中に取り込めていないとか。

○井出委員 簡単に言ったら式の中に取り込めていないですけれども。

○山岡座長 でもスロースリップと言えども急激ではないにしろ、プレート境界の応力変化だから、それはそれで難しそう。むしろ把握できていないことのほうが影響が大きい。

○井出委員 把握できていないのはもちろん致命的ですけれども、把握はモニタリング精度の問題であって、基本的にはモニタリング精度を上げることによって把握はできるものであって、そういうものも全部まとめてETAS的なものをストレスベースであらわすようなことができれば、統一的なものができますね。それが可能かどうか現時点では言えないけれども、少なくとも近い将来に我々がチャレンジすることではあるでしょう。

○山岡座長 どうぞ。

○松澤委員 ETASでやる場合に、バックグラウンドのサイスミスティーが全くないような段階で規模の予測はできますか。

○井出委員 前震とか全くなかったら確実に外れると思います。そういう意味で言ったら。

○山岡座長 それはそうですよね。いきなり起きることに限っては当然、何も予測はできない。ただ、そこは基本的にはコンセンサスで、いきなり起きるということはここにはある意味、議論をしないということがコンセンサスだと私は思っているの、必ず前兆があ

るという前提でここでは議論はしていない。これはすごく大事ですね。なので、何かあったときに次に何が起きるかというところは。

○井出委員 それに関してETASベースにするということはどういうことかという、シナリオベースにしないということです。ここもこうやっていると幾つものシナリオを頭に描いてしまうのだけれども、そのとおりに自然が起こることなんて期待しないほうがいいわけです。こういうどこかが割れ残ったときに次にどこかがとってそこをずっと見ていたら、全然違うところで地震が起こるなんてことはあるわけです。そういう場合のシナリオというのははっきり言ったら害になるわけです。だからシナリオベースにしないでETASで確率が出るのだったら、既存の我々ができることは極めて限られているのですが、そういうものできちんと組み上げていったほうが防災などに使えるものになるのではないかと思います。

○山岡座長 どうぞ。

○長尾委員 今の突然起きたというその突然という意味が、観測網がなくて突然なのか、本当に何もなかったのか。実は駿河湾というのは想定東海地震が言われてから一度も、1つも駿河湾内は陸から監視できるということで海底ケーブル地震計がないのです。例えばそこで我々が3年か4年か連続でOBSを使って解析してみますと、気象庁が3カ月で600個地震を決めたときに1万個も決まるのです。そうすると1万個決まるとb値の変化とか、そういうものも全部求める事が可能になります。

問題は突然というものが我々の努力が足りないせいと、本当に自然が突然起こすものと、もう一つは今、9月30日の予知協議会の話ですけれども、M8が起きたときに例えば6メートルぐらいコサイスマックにする。そのときに3分の1ぐらいすべったという、例えば2メートルぐらいのすべりが深部で今の観測網なら確実にわかるだろう。そういうときに何も言わないのはおかしいだろうし、昭和の東南海・南海のときには観測網はないですからそういうことはわからないですけれども、もしそういうことが今、起きたときに将来どういことが観測されて、そのときはどう言うべきかなんていうことはきっと協議しておいたほうがいいのではないかと。

実際には深部で2メートルのすべりが終わったときとしても、例えば3回のうち1回しか地震は発生しない。ですが、今のところ我々は東南海・南海では100%で2回とも起きている事を考えると、そのような異常がもし起きたときの伝え方とか、そういうものが科学的には今どういうところまで言える。それを行政がどう生かすというようなことで議論していただけるといいと思うのです。

○山岡座長 ここでは起きたときにどの程度起きれば把握できるかという評価をまずして、恐らくそれは情報を出すべきとなると思いますが、それはどちらかという上委員会の議論がある。だからこの委員会ではどちらかという、どのぐらいのことが起き得るか、あるいは起きたときに把握ができるか。

○長尾委員 それで実際に昭和19年、21年のときの現象を説明するとどれぐらいのことが

起きているから、それが実際に起きたと仮定できるから、それが今の観測網でどう見えるかということがこの委員会だと思います。

○山岡座長 それはその後、何かモニタリングのところで、資料8で少しそれが議論できると思います。

○横田（事務局） その前に、今の井出委員からの話で、多様性がある中で今、何か事が起きたら一番難しいのは、M8クラスと書いたのはもしかすると半分ぐらいしか割れていないかもしれないし、何が起きているかもしれない。そういう現象が起きてしまった後、次に我々はどういうことを考えながら行動していくのだろうか。先ほどからの議論は、それが起こるとその後どういう現象が進んでいるのかということを中心に把握しながら、すべりが進行しているのかとか、現状の観測網でどこまで見えるのかとか、そういうものを把握しながらリアルタイムでその状況をきちんと説明していく。

もう一つは、社会的にどういう心配をしないといけないのだろうかという心配の程度は、向こうのワーキンググループで議論してもらおうとしても、起きた過去の現象、それから、シミュレーションなのか何かわからないけれども、そういう問題も考えられる幾つかのものを用意して、それがシナリオ的になり過ぎると危ないということは御指摘のとおりだと思うのだけれども、幾つかの何かを用意しておかないと、なかなか考えられないと思うので、シナリオというものにかわるものを。

○井出委員 今、通じていなかった部分があるのですがけれども、ここで言っている恐らく確率評価というのは、シナリオというよりはある意味、今後起きる地震のサイズごとに確率評価みたいなものはできるわけで、そういう意味でそれをシナリオと言うのだったらシナリオと言ってもいいかもしれませんが、どこでとって、そこにどこかにフォーカス、地域的にフォーカスを当てるのはよろしくない。

○横田（事務局） 多様性を持たせながら、それぞれの部分でどういうことが起き得る可能性がどの程度考えられるのか。そういうことで具体的なものが示されると少し議論がしやすくなるかなと。

○井出委員 マグニチュード9に行く話と、7で次のものがどこかで起こる話というのは少し違うのだけれども、それは両方とも今の我々の実力で計算できるのです。確率として出せるのです。それはやっただけではないかと思っています。

○廣瀬（事務局） 1点だけ補足なのですが、一番最初に南海トラフの東側、西側の割れ残りの議論、厳密性はともかくとして、なぜこれを挙げさせていただいたかといいますと、防災の取り組みをやっている以上は当然、東側、西側が割れたら既に救命救急のオペレーションあるいは応急対応のオペレーションが既に入っている状況になる。その状況の中で反対側に対してどういうことが言えるのか。割れた地域に対する余震的な話はどうなのか。これは内閣防災としては、防災上どのようなことを情報発信し、部隊をどのように派遣するか、様々な支援体制をどのようにとるのか等、非常に大事なテーマになるかなと思ってございます。2つ目のテーマも、今、気象庁を中心に観測網があって、震度何の地震、マ

グニチュード何とすぐテロップが流れる。そういう状況下で、情報がいろいろ流れていく中、不安に思われる方はたくさんいらっしゃるだろう。そういうところは我々が防災上の備えという意味にもなるかもしれませんが、どのように情報を出せるのか。そういうところで先生方のお知恵を借りたいという思いがございまして、あえて少しデフォルメしてわかりやすい資料を出させていただきました。特定のシナリオをやるというよりは、そもそも防災に生かすという観点でわかりやすいケースとして、どのようなことが発生し、住民の方々がどのように、あるいは首長さんがどのように判断されるのかということからすると、今回のようなケースが非常に大事なかなということで、項目として挙げさせていただいております。

○山岡座長 どうぞ。

○堀委員 そういう意味でこの図とも関係しますけれども、必ず入れてほしいのは内陸の地震との関係です。つまり昭和のときもそうですが、東南海地震が起きて、その後、三河地震が起きて、それから南海地震なわけで、三河地震というのはかなり被害が大きかったものでもありますので、南海トラフ、南海トラフと言ってプレート境界のことばかりを見ていて、そうしたらいきなり足元で地震が起こるということもあり得るわけなので、ETASでの評価のときももちろんそうなのですけれども、プレート境界の南海トラフの地震だけではなくて、同時に内陸地震もケアすることがすごく重要で、その対策を考える意味でも。

○横田（事務局） 今の部分は過去に中部圏、近畿圏というので巨大な地震が起こる発生前後、内陸での直下の地震が過去も起きているので対策が必要だというのは意識していますので、それを今回の検討の中にどの程度入れていくかというのは議論させてもらえればいいかなと思います。それはもともと意識がありますということを行っていますので、その書き方あるいは評価の仕方をどのようにするかということも一緒に議論してもらえればと思います。

○堀委員 あとコメントですけれども、プレートの加速とか、どうしてもプレート境界で起きる現象というものが注目されがちなのですが、東海の地殻変動もそもそも掛川のものもプレート境界でなかった可能性、もっと局所的だったかもしれないという指摘もあったり、あるいは南海地震の前か後かわからないですけれども、局所的な地殻変動も観測されていますので、プレート境界にだけ何かが起こるというわけではない。もちろん地震活動とかいろいろ周りになっているわけですが、地殻変動もプレート境界以外で事前に起こる可能性があるので、そういった現象に対しても起きた場合にどう考えるかということ、まだ現時点の我々の知見で大地震の前にこういうことが起きて、それが大地震にこうつながりますという理解ができていないわけではないですけれども、そういった現象が起こることも視野に入れる必要があると思っています。

○山岡座長 それはその他どのような現象が想定されるかという意味で、プレート境界以外で何か局所的な地殻変動が起きる。それは応力状況によってそういうことも起き得ると考えているのですか。

○堀委員　そうですね。破壊が起こる前というのは、それまでずっと変形するところが変形して、破壊に至るわけですが、既存の弱面がはっきりして、そこでほとんどの現象が起きるような場合というのは、プレート境界が既存の弱面そこだけで事前の現象がいろいろ起こると思うのですけれども、南海トラフはかなり固着が強いということを考えると、プレート境界だけではなくてむしろ周りのところで弱いところが先に破壊する。その破壊も地震とは限らなくて、ゆっくりした局所的な変形として起こることもあり得るので、そういったことは念頭に置くべきである。

それは単に理論的にか実験とかで岩石破壊で起こるというだけではなくて、例えば前回の南海地震の前に体験談として船が夜戻ってこようとしたら入れなかった。つまり地殻変動が恐らく海底が隆起するようなことが起こっていた可能性があって、それがかなり広域に、でもどこでも同じではなくて、場所ごとにそれが起こった地域もあれば、起こっていない地域もあるということが報告されています。そういうことが今の我々の知見ではきちんと説明ができないわけですが、ただ、前日の夜にそういうことが起きたということがかなり証言として言われているようなことを踏まえると、そういった我々が説明できないような変動が実際に観測された場合にどう考えるかということは、検討しておく必要があるのではないかと考えています。

○山岡座長　これは逆に言うと、やや想定を超えたことが起きる。プレート境界に限らないような現象も頭に入れておいたほうが良いということですが、でも実際にそういうものが起きたときにどう評価するか、なかなか難しそうな気がしますし、何が起きているかは恐らく今の観測、解析だと比較的、例えば半日ぐらいで結論が出ると思いますが、それでもこれがどういうふうになるかというのを理解するのは結構難しそうです。ただ、そういうものがあり得ると頭に入れておいて、将来の課題として少し科学が進んだらそういうものにも取り組むということはあるかもしれない。ただ、検証のためなのか、どう判断するのか難しそうです。

○横田（事務局）　整理をさせてもらってもいいでしょうか。現在できることと、将来的な部分と分けて議論を整理しておくことと、それから、議論はプレートの境界の運動だけに注目しているけれども、その波及が内陸とかそういうところに波及している、あるいはそちらの波及の、どちらが鶏か卵わかりませんが、内陸も視野に入れて全体をモニタリングできるようにして、プレート境界の動きだけではなくて内陸の周辺の動きも含めて捉えられるようなモニタリングの仕方が重要になる。これは次の部分で議論することになりますが、それから、そういうものが出たときにどう評価するかというのは、今の実力と将来的な課題ということで整理させてもらおう。そういう理解でよろしいですか。

○堀委員　はい。もちろん研究対象として研究していることであるので、将来それに対してきちんと答えられるように研究を進めます。

○山岡座長　もう一つ、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あるのですけれども、東海地震の判定基準と今までされてきた、今もされておりますが、

それについてのコメントを少し、ちょっと議論をしたほうがいいと思うのですが、これをどう考えるか。これもスロースリップの一環として全部ひっくるめるのかどうか。

○井出委員 今の科学の実力で、これを何であるかということを行うことはほとんど無理なのですが、一般的なスロースリップなり応力変化が地震活動にどれだけの影響を持つかということをもう少し定量化すれば、近未来にこういう観測があった場合に生かすことはできる。それくらいの位置づけで、現時点で何かのオペレーションに入れるべき情報ではないと思います。

○山岡座長 少なくとも現在の判定基準のような前兆すべりというものがあるかどうかもちろんわかりませんが、それは観測と解析によってどこでどの程度のすべりが発生しているかということは恐らくわかるだろう。そこまでは言える。そこから先はなかなか難しい。

○井出委員 科学を超えた判断として何かあるというのは。

○山岡座長 ただ、例えばそれがもう少し深部の低周波地震あるいはスロースリップだといつも起きている。ただ、いつもと違う場所で起きたということを想定しているのです。だからこれはいつもと違う場所でスロースリップが起きたということは言える。そこぐらいまでは言える。

○井出委員 でも東海はスロースリップだったわけですね。

○山岡座長 そうですね。だから前回の東海スロースリップは何事も起こらずに終わりました。

○井出委員 何も言わなくて正解だったということになっていますが。

○山岡座長 でも情報は出ていく。ただ、いずれにせよそういう現象が起きること地震に対しての準備は進んでいるという理解だけはあるので、そのぐらいですかね。要は先ほどの堀さんの図で言うと、ふだんは固着域にかかる応力が増加しているというところが、その一環であるということは理解できるということだと思います。

○堀委員 1ついいですか。この東海の前駆すべりでよく話題になるのは、どちらかというと起きるか起きないかということなわけですが、今、話をしているのは起きた場合ですね。震源域の中で想定しているようなM8に対して、我々がその程度だと思えるようなサイズの大きい側に相当するようなすべりがもし起きてしまったとすると、それは今の我々の科学的な知見から言って、そのまま終わるということを考えるのは難しいと思うのですけれども。

○井出委員 東海スロースリップをどう考えるかなのではないですか。

○堀委員 東海スロースリップは震源域よりも深いところで起きていますね。そうではなく、まさに震源域の中で起きた場合にどう考えるか。

○山岡座長 固着域の中でというものです。

○堀委員 これは今、定量的に幾つということがわからないですけれども、かなり大きなことが起きないと判定基準には達しないようになっていたと思うのですが、そこは先ほど

までの議論とは少し違う面があるのではないかと思うのです。

○井出委員 それはだからそういうすごいことが起こった仮定の話ですよ。

○堀委員 仮定です。

○井出委員 すごい仮定なのですけれども。

○堀委員 仮定したことを言えと言われているので。

○井出委員 だけれども、我々として実際にスロースリップは浅いところでもいろいろなところで地震を起こさずに終わっていますので、だから科学で判断しろと言われたらやはりそれは終わることもあるし、そのまま行くこともあるというふうになってしまうのではないですか。

○長尾委員 ただ、超ど級のものが起きたときには、要するにそれが昭和19年、21年にそういうことがあったかもしれない。次に同じ事が起きるかわからないわけですがけれども、そういうときに多分、自然に今の法律でも対応できるし、きっと何か情報が出せるのではないのでしょうか。非常に大きな、当然判定会の基準もあるわけですから。

○山岡座長 起きているという情報は出せる。

○長尾委員 現在はそのひずみ計だけを使っていますけれども、例えばシミュレーションで深部低周波微動の間隔がどんどん詰まってくるとか、ところが、どれだけ詰まったら起きるかとか起きないとか、我々は経験がないわけです。だからその辺の新しい知見と、例えば判定基準みたいなものに何を入れていくか。

あとは実は三河地震というのは非常に重要な地震で、あのときは地元の『わすれじの記』という蒲郡市がまとめたものによると、沖合で大砲をアメリカ軍が打っているのではないとか、非常に顕著なのは発光現象。これは当時、灯火管制でそんなことをやっていたら捕まっていたわけです。ですから松代地震以外でもそういうものがあって、現在では全く科学の俎上に載っていないものも防災という観点から取り入れていくとか、何らかの非常にソリッドなシステムだけではなくて、多分単独の手法で、前兆すべりだけで判断することはきっと無理でしょうから、例えばそういう深部低周波微動ですとか、あるいはサイスミスティーとか、いろいろなものをこれからまた、今の観測網ならひっかかるべきものがあると思いますので、そういうことを考えていく必要があるのかなと思っています。

○山岡座長 それは現象のモニタリングというところで少し議論したいと思います。三河地震に関しては前震活動があったということもあるので、そういうものを総合して議論していくことになると思います。

さらに何かありますか。

○横田（事務局） まだ1つだけありますが、東北地方太平洋沖地震の前に見られたような複数例の現象が見られたとき、だんだん数が増えていく。そうすると先ほどの片側でオペレーションをしているとか、M7クラスで世の中の人知って騒いでいると同じようなことが、あれも見えた、これも見えたといって結構世の中が騒いでいるかもしれない。そのような現象が起きたときにどのような評価が可能なのだろうかということについて、意見

交換ができればと思います。

○松澤委員　こういうのって必ず大地震が起こった後には前兆だったかもしれないという話になって、このうちのどれが本当の意味の前兆かというのは非常に難しいのです。地震前の固着の緩みというのもGPSの観測は1990年の半ばからしかないのも、もしかしたらそこらは正常で、1990年代に異常に固着していたのではないかという気もするのです。その時期、地震活動が静穏化していましたし、ある意味、そちらの静穏化のほうが本当の意味の前兆だったかもしれないということで、これを全て真実だと思って取り組むのは危険かなという気がします。

もう一つ厄介なのは時定数の問題で、結果的に3月9日の地震から3月11日の地震を予見できなかったのですが、3月9日の地震はある程度予見されていたのです。気象庁とか東北大の人たちは、あの辺で群発が起こったら結構マグニチュード7の地震が起こる可能性が高いと思っていたわけで、だからそれも数時間後に起こるパターンから、今回みたいに数日後に起きるパターンまで非常にあるわけなので、先ほど言った東南海・南海みたいなものが起こったときに数時間なのか1カ月後なのか、数年後なのかというのは本当に全てあり得るだろうと思うのです。そういうことも考えていったときに何ができるかというのは、済みません、今のところアイデアはないです。

○横田（事務局）　先ほどからの何が起きていますかモニタリングしたり整理したりする中で、こういう異常が先行すると思われるような他の現象が起きたとすると、何が起きていますかの事実把握と、その原因と思われる部分の解析と、それとあわせてトータルでの評価につながるかどうかの考え方を整理してみる。これは異常の数だけで書いているので、それぞれ整理して、ここで言われているものがどういうものに相当するのかみたいなことは整理をして、議論の俎上に載るようにしてみましようか。

○山岡座長　いずれにしろ私は、後から見るとこういうものが見えたというのは、まさにそのとおりですけども、重要なのは、こういうものをきちんとモニタリングできているということが多分大事です。だから先ほどのプレート境界のすべりだけではなくて、例えばここで言う潮汐との相関とか、いろいろなものが定常的にモニタリングできていて、今どういう状況かということがされていることはすごく大事だと思います。

ただ、それを用いて今後どうなるかを議論するのは、さすがに結構苦しいと私は思いますけれども、いずれにせよ必要なものはモニタリングされているということが大事であろう。現状はまだここまで、これは研究ベースで後で見えてきたことだと私は思いますけれども、この中で幾つかのものは、業務ベースでモニタリングしていくことが全てのベースになると思います。

○松澤委員　この間の4月1日の地震、前は東海の判定基準にひっかからないから何となく無視されたけれども、今まで経験したことがないような地震が起こったわけで、今後こういう形でもって非常に漠とした形でもってやろうとしたときには、それも評価対象に挙がってくると思うのです。我々のオペレーションのシミュレーションとしては、あれが起

こったときに何が言えただろうかというのが結構いいシミュレーションになるのかなと思ったのです。

それで、堀委員にお聞きしたいのですが、ああいう地震が起こって、スケールアップしていった大きい地震に至る可能性はあるのですか。

○堀委員 もちろんあると思います。

○山岡座長 だからあれで終わったというのは、幸運にも終わったかもしれない。終わったことが何を意味するかもいろいろな考え方があって、そこまで機が熟していなかったという言い方もできます。

○横田（事務局） 堀委員のシミュレーションを見ると、もしそういうことが起きたときに余効変動的な動きだとか、その他の変化に違いが見られるかもしれない。見えないかもしれないし、そういう意味で可能性があるものとしてどういうものを捉えておくのかとか、そういうことについては議論の整理ができていて、モニタリングのところも議論になるかもしれませんが、いいかなと思うのが1つと、きょうでなくても、後ほど昔の加藤・平澤らのモデルではスロースリップのことは言っているけれども、捉え方が少し変わってきましたとかいうことを先ほど説明されたのですが、そういうことがあると言われて、その後、深く入らなかったなので、その考え方などは今後の部分で後ほどまた丁寧に教えてもらえればと思います。

○山岡座長 あと、事務局のところにはすべりの加速というキーワードが幾つかあるのですけれども、これに関して御意見をいただきたいのですが。

○堀委員 加速ということにこだわっているのはかなり問題だと思っていて、これはシミュレーション、いろいろなパターンの中でもそうなのですけれども、別に必ずしも加速をするわけではないし、東北のときもそうです。3.11の地震が起きて余効すべりがあって、でもその伝播の仕方が普通に余効すべりが減衰してというところもあったけれども、本震側のほうは逆に余効すべりのような減速はしないでそのまま広がっていった。でも別に加速はしていない。その加速というキーワードがないと前駆すべりではなくて破壊に至るものではないというような形になっていると思うのですが、そこは加速にこだわらないでどういうことが残るかというのは考える必要があると思います。

○山岡座長 だから加速はしないけれどもとまらないとか、いろいろなことがあり得るのです。だから3.11のときは3月9日から11日まではとにかく余効すべりというのか、それが地震活動の伝播から継続をしたということが言えている。だから必ずしも加速をすることが全てではないということは大事だと思います。

○横田（事務局） 補足しておきますと、気象庁の今の評価は特に加速というワードは明瞭に入っていないくて、量の大きさだけです。先ほどからの御議論の中で2つ分けておきたいと思うのですが、今後、南海トラフでいろいろ議論するに当たってのデータの見方とか多様性がある中で、南海トラフ全域を見ていくその多様性がある中で、こういうものをどう捉えていくのかという形の整理と、先ほど長尾委員とか堀委員から出た、仮にこういう

ことが起きた場合どうするのか、どういうことを考えるのか。そういうことが起こるのかどうかというのは別として、仮に起きた場合どう捉えるのか。それは社会のほうで考えるべきであるという御意見が。

○井出委員 仮と言っても、今までどこかで観測されたことがあるのだったら我々はそれを考える必要があるけれども、世界のどこでも観察されたものがないことを考えろというのは、ゴジラが来たときにどうするんだとかそういう話になってしまうのではないかと思うのです。

○横田（事務局） それがこの論点の中に書いてある、これまで実証されていないとか観測されていない部分で、理論的に少し考えられる部分。そういう部分をどのように捉えていくかというの、議論の検討の仕方の部分で議論させてもらえればと思います。きょうではなくて次回に。

○山岡座長 今の井出委員のゴジラの話ではないけれども、そこは結構重要で、世界のいろいろなところで観測されたものについてどう評価するかということと、それだと必ず想定を超えたことがあるかもしれないので。

○井出委員 それはサイエンスでカバーできないことになってしまわないか。

○山岡座長 そういうことが仮に起きたときに、どういう評価をするかとか、それはまた別途考えていただきたい。だからここでは起きるかもしれないけれども、世界中で起きていないものは何とも議論しようがないと私は思います。

○堀委員 一般論として言うのは難しいと思うのですけれども、例えば足摺であるとか、西側から破壊が始まるような場合を想定しておく。それは歴史上は知られていないけれども、それは境界条件、四国がよく固着をされていて日向灘のほうは余り固着していないという状況の中で、西側というのは応力集中しやすいわけです。だからそちらから破壊が始まっても全然おかしくない。けれども、過去にははっきり西が始まりだったというのはわかっていないわけですが、でもそういう場合はきちんと考えておく。そこで何が起きたらということを考えておくというのが例えば1つとしてはあると思うのです。それは先ほど言われたこととは大分違うことだと思うのです。

○山岡座長 もちろん違います。今まで南海トラフでは10回ぐらいろいろと歴史はあるけれども、それはたかだかそれだけしかなくて、それこそ2000年に1回の現象というのはさっぱりわからない。観測されてないわけだし、それから、前震活動があったかどうかなんていうのは過去1回分しかわからないわけですから、あり得るけれども観測されていないだけなのか、そもそも余りありそうにないのかということろはきちんと区別して、ここでは議論をしたほうがいいかなと思います。今の堀委員のはあり得るけれども、過去に観測されていないという現象であると理解して、そういうものは当然、科学的には想定に入れられると思っています。

○井出委員 ただ、岩石実験でつくることができるのかもしれませんが。そういう意味で本当に観測されないのかと私は先ほど強く言い過ぎたかなと思ったのです。

○山岡座長 そこは一番微妙なところですね。だから自然界と岩石実験との条件の違いをどこまで認識するかということなので、要するに理論地震学みたいところから予言されるものと、実際に観測されるものとの線引きが一番難しいところかなと思います。それはもちろん防災上も難しいところかなと。過去に観測されたものをもとに防災対策をとるほうが比較的説得力があるので、理論的に予言されたものをもとに防災をするのは、なかなか難しいところがあるような気もするのです。だからそこら辺の議論ではきちんと線引きをしておいたほうがいいかなと思いました。

もう時間オーバーをしてしまったので、最後に資料8に行かせてください。

○池田（事務局） 資料8について簡単に御説明をさせていただきます。

現状、起きているプレート境界上の活動をどうモニタリングするかということで、幾つか対応性が見られているものを整理して、それを踏まえて今後どう観測していくかということと議論したいということで、1ページ目に書いてある4つの事象について整理しております。短期的ゆっくりすべりと深部低周波地震、短期的ゆっくりすべりと浅部低周波地震、東北地方太平洋沖地震で見られた地殻変動と地震活動の関係、房総沖で見られるゆっくりすべりと地震活動の関係ということです。

1ページめくっていただいて南海トラフ沿いで今、申し上げた活動がどのような領域で起きているのかということのを概念図として示しております。

その下のグラフは、プレートに対してどのような領域で低周波地震が起きていて、ゆっくりすべりがどういったところで確認されているか。これらの現象に対して、どういった観測が必要かということ整理したものです。

4ページ以降は、現状の観測網ということで地震計、ひずみ計、GNSS、海域の観測を整理しております。

プレート間のすべりの検知力については、ひずみ計3点で検知ができる領域ということで、下限のモーメントマグニチュードの値をプロットしたものが8ページになります。それ以外の地震活動についても、最近の観測記録を表示しておりますけれども、海域での小さな地震の検知にはまだまだ課題があるということをお確認いただければと思います。

10ページ以降は、実際に確認されている地殻変動と地震活動の関係ということで、11ページにはひずみ計の解析から検知された短期的ゆっくりすべりと深部低周波地震活動について、時空間的に対応性がみられるという事例を示しております。

12ページについては、ゆっくりすべりと浅部低周波地震の対応を見ておきまして、DONETで観測された波形から推定される低周波地震に対して、実際のGNSSの観測のひずみ計の変化が見られている領域に整合性があるのではないかとということで指摘をされている事例です。

続いて、房総沖で見られるゆっくりすべりと地震活動ということで、左下のグラフは房総沖で過去の発生した地震のMT図を示していますが、カラフルな領域については活発化している。例えば2011年の場合で見ますと、その上の図になりますが、赤の矢印で示してあ

る領域については、GNSSの観測から推定されるゆっくりすべりの領域と、右側にその期間に発生した地震のMT図を示していますが、地震活動が活発化しているところで地殻変動の変化も整合的に見られている。右側については2014年1月のものですが、傾斜計の変化と地震活動にも対応性が見られることが確認されております。

14ページは東北地方太平洋沖地震で見られた地震活動と地殻変動の関係ということで、左側については小繰り返し地震の解析から推定されるゆっくりすべりの活発化の領域について、右側の図で8番と11番と書かれた領域でゆっくりすべりが活発化しているということが確認されておまして、これについてはGNSSの観測についても同じような領域でゆっくりすべりが推定されるということで、整合性が見られるという整理がなされております。

こういった整理を踏まえまして15ページの矢印の下ですけれども、現在の南海トラフのモニタリングの体制は現状で十分でしょうか。もし不十分であれば、どのような観測をどの領域で強化すべきでしょうかということをお聞きいただき、また、堀委員から御説明いただいたとおりシミュレーションの活用も視野に入れた場合に、どのような観測が必要であるかということについて御意見をいただければと思います。よろしく申し上げます。

○山岡座長 ありがとうございます。

まずは御質問があればお願いします。一番最後の15ページのところのプレート境界の動きを捉えるには、現在の南海トラフのモニタリング体制は十分か。十分かと言われれば、十分ではないという答えしか多分ないと思うのですが、少し具体的にどういうふうにかたいたらいいかということだと思っております。それがどの観測をどの領域で強化するということと、シミュレーションとあわせてプレート境界で起きている現象を理解するためにはどういう観測が必要かということだと思っておりますが、いかがでしょうか。どうぞ。

○堀委員 もちろん十分ではないと思っています。

1つわかりやすいのは、8ページのひずみの観測点が陸域にあることによって、どれだけ検知能力が上がっているかというのは見えていると思いますけれども、海はここでは入っていないので、6.4とか5とかでないとい検知できないという違いが見えていますけれども、ここでは入っていないのでぜひ次回には紹介したいと思っておりますが、7ページのDONETの観測点で言うと、赤のDONET1の中のトラフ軸よりも海側の左隣になるところです。4月1日の地震の少し海側のところですが、そこでは間隙水圧、傾斜、つまりひずみを観測する観測点をリアルタイムでDONETにもつながっていてモニタリングをしておまして、そこでは4月1日の地震の後のゆっくりした変動であるとか、そういったものは明瞭に観測されていますので、次回できればこの8ページに相当するような検知能力で、どれだけ1点があることで違うかというものを示したいと思っておりますけれども、そういうリアルタイムでひずみのモニタリングを海域で行えることでかなり違ってくる。それはそのプレート境界での固着とかすべりの状況をしっかりモニタリングするという意味で、それがあるとないのとで全然違うということがはっきり言えると思っております。

○山岡座長 どうぞ。

○松澤委員 それに絡んでですけれども、8ページは昔、気象庁さんがやられたものよりもかなりマグニチュードの下限が下がったような気がするのですが、多分、時定数をどのぐらいを想定するかでかなり変わってくると思うのですけれども、これはどのぐらいの時定数を想定しているのですか。

○気象庁 橋本地震予知情報課長 2～3日か1週間程度の時定数でやっています。多成分ひずみ計なんかが入っていますので、さらに以前ごらんになられたものよりかは小さなものまで検知できるようになっていると思います。

○松澤委員 前は多分、数時間から半日ぐらいの時定数を検知できるかという観点だったと思うのですけれども。

○気象庁 橋本地震予知情報課長 今回は結構長い時定数で見えています。

○松澤委員 どちらかという、本当のレベルと近いような時定数で、東海のとくに心配していたのが数時間とか半日とか、長くても3日とか、そういうことだったので、当時はそういう形でもって時定数で見えていたと思うのです。

○横田（事務局） 松澤委員が言われているのは大分前のものです。あのときから観測点が大分ふえていますので、かなり変わっています。

○松澤委員 それは知っていますけれども、時定数が結構効くはずなので。

○横田（事務局） そうです。その部分は一度、次のときに堀委員の示されると言われる海域の部分の検知力とあわせて、もう一度その時定数もわかるようにして整理しておきたいと思います。

○山岡座長 そうですね。だからこれとDONETをあわせて見ていただくと、どのぐらい広がるか。検知限界が下がる領域が広がるかというのがわかると思いますので、資料としては重要ですから、ぜひお願いします。

もう一つ、堀さんにコメントなのですが、シミュレーションなどと同化モデルを合わせると、こういう検知能力とか理解能力というのは変わるものなののでしょうか。

○堀委員 きょうも説明したとおり、シミュレーションとか同化ということ以前に、プレート境界でのデータ解析という意味でということにもなると思うのですけれども、やはりひずみも含めて地殻変動をきちんと観測できることが重要。それをリアルタイムで連続で見ることが重要。それを海域で震源域の広がりでも面的に捉えることができるかどうかで、プレート境界の状態のモニタリングがどこまでできるのか全然違ってくる。

○山岡座長 これはプレート境界のすべりの検知力ですけれども、それにワンステップ、シミュレーションの技法を使わないと見えないような、あるいは見えるというようなパラメーターというのは何かあるのですか。応力変化とか、強度変化とか、難しそうな感じではありますけれども。

○堀委員 要するにどこが固着して、どこがすべって、それがどう軸が変化しているかということですね。それが陸からぼんやりとして見ていると、それこそ応力の変化とも関係しますけれども、ぼんやりとした分布だと応力集中なんてどこもしないわけです。だけ

れども、真上できちんと見ればここまですべっているけれども、こちらはすべっていないというコントラストがきちんと見えるわけで、それはどれだけ応力集中しているかということに直接関係してきますので、そういう意味で真上できちんと空間分解能を上げることがすごく大事になると思います。

○山岡座長 空間分解能を上げることが海域をモニタリングすることによってあらわれてくる。それは応力集中が見えることにつながるかもしれない。

どうぞ。

○長尾委員 1つ、予算ということ为例えば無視すれば、結局、海底GPSをどうしても完結的な船とか海面とつなぎますね。JAMSTECさんなんかでは要するに深海底でブルーのレーザーは非常に届く。そういう機械でひずみをはかるという、いわゆるGPS基線長変化みたいなことは原理的にはできるようになっているらしいので、それは面的なカバレッジという意味では、海底ケーブルを生かすという意味では、そういう新たな発想もあるのではないかな。海で基線長変化を常時モニタリングする。そういうことも技術的には可能。ただ、非常に測器は高いとも伺っています。

○山岡座長 これは技術的な新しい技術もどんどん取り入れてという議論もしても構わないですね。

○長尾委員 結局どれだけシミュレーションでも有効でということでしょうね。コストパフォーマンスで。

○山岡座長 ありがとうございます。

大体時間が30分オーバーしてしまったので、まだ必ずしも十分な議論ができていないと思いますが、またもし言い足りないところが恐らくあると思うので、そういうときはまた事務局に直接メール等をお願いをして、次回の議論に反映させていただくという形で進めさせていただきたいと思いますが、いかがでしょうか。きょうはまだ問題がかなり大きいので、あっち行ったりこっち行ったりというところもございましたが、一通り全体像を眺めたということのできたと思っています。

一応、時間となったということで、本日の審議はこれでとしたいと思います。皆様、活発な御議論をいただき、どうも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。

○廣瀬（事務局） 皆さんどうもありがとうございました。

次回は10月に今、御議論いただきました資料7と資料8を掘り下げた議論をしていただきまして、資料3の目次の形でまとめさせていただくように準備をさせていただきたいと思います。お忙しいと思いますが、ぜひよろしく願いいたします。

また、資料4-1につきましてはお気づきの点がございましたら、あるいはほかの資料でも結構でございます。随時、事務局に教えていただければと思います。

議論が白熱したので恐らく回数が足りないだろうと今、事務局で話をしておりまして、改めて日程調整をさせていただきまして、当初、最初の会で2回ぐらいで終わらず勢いの

ような事務局の気持ちでありましたが、とても厳しそうだとおこがましいので、日程調整を再度させていただきたいと思ひます。

資料を郵送される方は、お手元に置いていただければと思ひます。

それでは、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。ありがとうございました。