

## 議事概要

※第 272 回長期評価部会・第 93 回海溝型分科会（第二期）合同会（令和 6 年 9 月 2 日（月）開催）の議事概要より、以下の公表資料に関する部分を抜粋。

- ・南海トラフの地震活動の長期評価（第二版一部改訂）
- ・長期的な地震発生確率の評価手法について（追補）

### 出席者

#### 長期評価部会

部会長 佐竹 健治 国立大学法人東京大学地震研究所特別研究員  
委 員 飯沼 卓史 国立研究開発法人海洋研究開発機構海域地震火山部門地震津波予測研究開発センター  
伊藤 弘志 海上保安庁海洋情報部技術・国際課地震調査官  
岡村 行信 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
奥村 晃史 国立大学法人広島大学名誉教授  
宍倉 正展 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
鈴木 康弘 国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学  
堤 浩之 同志社大学理工学部環境システム学科教授  
西村 卓也 国立大学法人京都大学防災研究所教授  
藤原 広行 国立研究開発法人防災科学技術研究所研究主監  
山崎 晴雄 首都大学東京（現 東京都立大学）名誉教授  
矢来 博司 国土地理院地理地殻活動研究センター長  
吉田 康宏 気象庁気象研究所地震津波研究部第二研究室主任研究官

#### 海溝型分科会（第二期）

主査 西村 卓也 \* 国立大学法人京都大学防災研究所教授  
委員 石川 直史 海上保安大学校教授  
宍倉 正展 \* 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
谷岡勇市郎 国立大学法人北海道大学大学院理学研究院特任教授  
中尾 茂 国立大学法人鹿児島大学学術研究院理工学域理学系教授

日野 亮太 国立大学法人東北大学大学院理学研究科教授  
藤江 剛 国立研究開発法人海洋研究開発機構  
海域地震火山部門地震発生帶研究センターセンター長  
宗包 浩志 国土地理院地理地殻活動研究センター地殻変動研究室長  
吉田 康宏\* 気象庁気象研究所地震津波研究部第二研究室主任研究官  
\*長期評価部会兼任の委員

委員長 平田 直 国立大学法人東京大学名誉教授  
事務局 上野 寛 文部科学省研究開発局地震火山防災研究課地震調査管理官  
吉田 健一 文部科学省研究開発局地震火山防災研究課調査官  
清水 淳平 気象庁地震火山部地震火山技術・調査課調査官  
岡 岳宏 気象庁地震火山部管理課地震調査連絡係長  
越智久巳一 国土地理院測地観測センター地震調査官  
都筑三千夫 国土地理院測地観測センター火山情報活用推進官  
上野（貴）（文部科学省研究開発局地震火山防災研究課地震火山室）  
地震予知総合研究振興会\*の担当者（以下「振興会」）

\*委託事業「地震調査研究推進本部の評価等支援事業」の受託者

## 議 事

### 海溝型地震の長期評価について

佐竹部会長：海溝型地震の長期評価について、事務局から説明をお願いする。

事務局（上野寛）：（参考資料 2-1、2-2 に沿って説明）

佐竹部会長：海溝型分科会（第二期）の方は初めてだが、前回の長期評価部会で参考資料 2-1（2 ページ）にある今後の方向性を議論した。その結果、室津港の隆起データについては海溝型分科会（第二期）との合同会で審議し、一方で、データの誤差を考慮した計算手法については新たに長期確率評価手法検討分科会（第二期）を作つて審議することが承認されて進んでいる。海溝型分科会（第二期）の方には、全体像が分かり難いかと思うが、よろしいか。

日野委員：（参考資料 2-2 の 3 ページ）橋本ほか（2024）の『万変記』では 2.1-2.4m と書いてあるが、文章の中をよく読まないと、考えようによつては 2.1m かも知れないし 2.4m かも知れない。その間の値がないという範囲の書き方かもしれないし、後で議論する誤差をどう考えるかに関わる。あるいは計測誤差の見積もりもある。橋本ほか（2024）の計測誤差の見積もりは 0.3~0.5m で、これは我々が普通に考える誤差に近いとみなせる。あとは水深計測で、道具の解釈次第で 0.8 倍なのか 1 倍なのかという二者択一になるのか、幅を取るのかというところが、全体としてわかりにくかった。それが整理できているのであれば、もう一度説明をお願いしたい。

佐竹部会長：個別の論文の議論になるが、橋本ほか（2024）の論文についての意見である。

事務局（上野寛）：最初に指摘の『万変記』の2.1～2.4mに関しては論文中に何も載っていないかったので、その誤差についてどう与えるかの議論が難しい。水深計測に用いられた道具の解釈次第で0.8倍する必要があるという点も、測定する器具が2種類あり、どちらを使って計測したかが分からぬため、0.8倍したほうが良い可能性があるという解釈であり、ここでは0.8倍した場合も加味して最小値が小さくなっている。0.8倍しなくとも良い場合は1.7mでも良いということになる。最大値の2.4mに関しても、『万変記』を用いた記述のため、『万変記』まで戻らないと解釈は難しい。

日野委員：『万変記』の記述に関しては分からぬため、ここである種の仮定をすることを合意することから始めていく。先ほどの道具についてだが、2通りあるが、計測するときにそれを混ぜて使ったわけではなくて、どちらかだとすれば、1倍ないしは、0.8倍となる。

事務局（上野寛）：混ぜて使っていた可能性もあるかもしれないが、普通に考えると、同じ尺の竿で計測していると思う。

日野委員：地震前と地震の後を比べているので、地震前の尺と地震後の尺が違うと、また難解になる。

佐竹部会長：いずれにせよ、橋本ほか(2024)の主張は範囲として1.4～2.4mにあるということであり、 $1.9 \pm 0.5\text{m}$ ではない。

日野委員：これは一つの測定値と扱って、後で時系列からレートを求めるときの誤差の値に直接関係してくるだろう。

西村委員：参考資料2-1の4ページに平均隆起速度イメージの図がある。時間予測モデルを使うという前提においては、この図のように安政とか昭和で起こった地震のときの積算隆起量の値が使われる。つまり、隆起量の推定には昭和南海地震のデータは入ってこない。もし、このイメージの通りに予測するのであれば、昭和南海地震の隆起量の議論はこの部会でするべきがない。逆に、Slip-Predictable的に上方でフィッティングする場合は、昭和南海地震の隆起量のデータも効いてくる。どのように平均隆起量を計算するかの考え方により、どのデータを使うかも決まってくるが、そのあたりは決まっているか。

事務局（上野寛）：Time-Predictable Modelで、線を引く場合には昭和南海地震の隆起量は線の上になるので使わない。ただし、次の地震発生日を決めるときには使う。

西村委員：理解した。平均隆起速度には関わらないが、次の地震の時期を予測するため、やはり、隆起量をここで議論しておく必要があることを理解した。

佐竹部会長：基本的にはTime-Predictable Modelを使うことからは外れないことで良いか。

事務局（上野寛）：その方針は変えるつもりはない。データが大幅に変わり、時間予測モデルが成り立たないならば別だが。（参考資料2-1の4ページの図は）宝永地震のデータ誤差だけを加味したものだが、隆起量が最大ケースでも最小ケースでも、3点で線を引いているが、時間予測モデルは破綻していない雰囲気はある。

平田委員長：時間予測モデルを使うか否かについても議論して欲しい。BPTを使うことについて異論はないと理解しているので、BPTを使うか否かの議論はしなくて良い。しかし、

BPT の中に含まれている二つのパラメータをどのように求めるかについては議論してほしい。これまでも BPT モデルは、データから最尤法で平均発生間隔  $\mu$  (資料上の T) とばらつき ( $\alpha$ ) を求めてきた。これがすぐに考え付く方法である。しかし、実際にはサンプル数が非常に限られているため、発生間隔以外のデータや物理的なモデルも使って、 $\alpha$  とか  $\mu$ 、ここ (参考資料 2-1 の 5 ページ) でいう T を決めるようになった。データがある物理モデルの中でこれまで一番有力であったのが時間予測モデルである。けれど、今、議論されているようにデータの測定誤差がある。また、どのデータやモデルを使うかの、ある意味で認識論的な不確実性がある。この認識論的な不確実性を評価するのは非常に難しいが、評価しない限り議論は進まない。測定値の持っている統計的な誤差は、それなりに評価できる。かつ、認識論的な不確実性も考慮したものを議論して欲しい。平均発生間隔 (T) と不確実性を表すばらつきのパラメータ ( $\alpha$ ) の不確実性が与えられたら、BPT を使って事後確率を計算することについては、長期確率評価手法検討分科会 (第二期) で検討している。長期評価部会と海溝型分科会 (第二期) の合同会では、T と  $\alpha$  のばらつきがどの程度かを様々な方法で考えて欲しい。今まででは、長期評価部会と調査委員会で、データを選んで各手法で計算した確率を表にし、複数の答えを出し、それを前回の「南海トラフの地震活動の長期評価 (第二版)」では政策委員会と調査委員会が合同で議論した。今回は、調査委員会として、この合同会で、様々な不確実性を含めた形の区間推定をするところまで議論して欲しい。例えば、Time-Predictable Model だけを使うとか、Slip-Predictable Model だけを使うことにこだわる必要はない。様々な手法で T と  $\alpha$  を推定したら、どの程度の幅になるかを議論して、その幅が合理的な範囲に狭まっていけば良い。その議論をして欲しい。古いデータについて誤差・不確実性があることは仕方がないが、どの程度の不確実性があるかを議論して欲しい。

佐竹部会長：(参考資料 2-1 の 5 ページ) 時間予測モデルと言っても、一番下の記載にあるように実は BPT に入れている。Time-Predictable は時間が決まってしまうので、確率も何もないはずである。少なくとも今の評価は Time-Predictable で一意的に時間を出す。それを BPT の T ( $\mu$ ) の平均値のばらつきとして出して、最終的には BPT で確率を出す。そのときの T ( $\mu$ ) に Time-Predictable を使うのが現在の評価になる。

佐竹部会長：もう一度、今後の方向性に戻る。平田委員長からも説明のあったデータの誤差を考慮した方法、計算式については長期確率評価手法検討分科会 (第二期) で別途議論をするが、その与えるべき誤差については、長期評価部会と海溝型分科会 (第二期) の合同会で審議する。特に、Time-Predictable を使うにあたっては室津港の隆起量が唯一のデータになっている。この誤差について議論して欲しいというのが事務局の意向である。さらに具体的に言うと、宝永地震、あるいは安政地震、昭和南海地震の（隆起量の）誤差がどの程度か、その誤差はどのような性質なのか、正規分布なのか一様分布なのか、この辺りについての意見が欲しい。特に昭和南海地震については水準測量のため誤差はおそらく小

さいが、橋本ほか（2024）は、満潮時の水位が10cmあるため10cmの誤差としているが、それでいいのか、あるいは他の水準データから考慮できないかを審議したい。参考資料2-2については、個別の論文のまとめである。先ほど、橋本ほか（2024）については日野委員からも質問があったが、他の論文についても質問あるいは補足等あるか。まず宝永地震については、橋本ほか（2024）が唯一の論文か。

事務局（上野寛）：その認識である。

佐竹部会長：（参考資料2-2の3ページ）橋本ほか（2024）では、宝永地震の隆起量について、様々な誤差を考慮すると1.4～2.4mが最大の幅であるというのが結論である。安政地震については、分からぬのか。

事務局（上野寛）：『土佐國大地震并御城下大火事且大汐入之實録之事』には0.9～1.2mの隆起が記されてはいるのだが、橋本ほか（2024）に解釈はない。この値をそのまま使ってもいいのかもわからない。表に安政地震に関する記載がある。（橋本ほか（2024）の論文395ページを画面共有）「安政地震に関する記載」の中に、「0.9～1.2mと記されていることは、計測誤差の範囲を示唆する」と書かれているが、最終的な結論には出ていないため、この値は信用してはいけないのか、どう考えるのが良いか分からぬ。

佐竹部会長：前の方に、今村（1930b）とあるが。

事務局（上野寛）：今村（1930b）が、1.2mの根拠である。Shimazaki and Nakata（1980）以降の評価の根拠であるとしている。

平田委員長：写真の上に「三・四尺地形高く成り候而」と書いてある。これは3.4か、3または4なのか、3～4なのか。三・四というのは、三が0.9で四が1.2で良いか。

事務局（上野寛）：その解釈で良い。

平田委員長：三ないし四尺が、原文だと思う。これが信用できるかどうかについては古文書や歴史地震の専門家に読んでもらう必要があるが、例えば、唯一データとしてこれしかないのであれば、この3ないし4というのが一つの誤差を表している。昔のことなので、3尺なのか4尺なのかは区別できないというのが私の解釈だがそれで良いのではないか、少なくともそういうデータがあるということである。

佐竹部会長：宝永地震のときに隆起量の誤差が大きいことを、橋本ほか（2024）は指摘している。誤差をどう与えるかが一つの議論だが、安政地震の時はどうなのか。「三・四尺」の記述から、一尺しか誤差がないということでいいのか、あるいは宝永地震で様々なファクターによって誤差が最大1m程度の幅があるので、安政地震もその程度あるのかということなど、議論して欲しい。

平田委員長：宝永地震より、安政地震の方がはっきりしているのは信じがたい。

佐竹部会長：三・四尺と書いてあるので、一尺しか誤差がないとするのは、通じないと思う。

事務局（上野寛）：古文書についてどなたか意見をうかがえる先生がいるのであれば、次回、お呼びして、この部分をどう判断したかの意見を聞くのも良いかと思う。事前に聞いておくでも構わない。

佐竹部会長：宝永地震の方は橋本ほか(2024)でいろいろ調べているが、安政地震はこれしかデータがない。また、今村(1930b)には主観が入っているのではないかという問題があった。

事務局（上野寛）：今村(1930b)は年を間違えているのではないかという指摘も論文内にあった。

佐竹部会長：Hashimoto(2022a)では、宝永地震は±50cmぐらいの隆起量の誤差にして、安政地震も±50cmの誤差にしたのではなかつたか。

事務局（上野寛）：(Hashimoto(2022a)GRLの論文2313ページを画面共有) Fig.3の黒い線がShimazaki and Nakata (1989)の線で、1.4~2.4mの幅を与えていたのが宝永地震で、さらに安政地震も幅を与えていたが、これがどういう意味かが分からぬ。同じように±0.5m程度として、おおよそ1mの幅を与えていた。宝永地震と同じような誤差を与えるのが適当としているのかは分からぬ。昭和南海地震については、先ほど10cmの誤差ということだが、ここに10cm分がグレーで過大評価と書かれている。

西村委員：宝永地震と安政地震の誤差が同じというやり方もあると思う。参考資料2-2の3ページで、橋本ほか(2024)では、この誤差がどういう原因で生じているかが書いてある。まず、地震間の余効変動の補正で20~40cmぐらいの誤差が出ている。また、それぞれの竿に起因する0.8倍という誤差から出てきている。それによっては、必ずしも安政地震の誤差が同じとは言えない。例えば、3~4尺という測定がいつ行われたのか分からぬが、地震の直前と直後に行われた測定だとすれば、この地震間の補正に必要とするものがこの計測には入ってこない。つまり、その部分は考慮する必要はないかもしないし、竿の問題も、地震の直前直後に計測したのであれば、竿を間違えることはおそらくない。そもそも、竿を尺に変換しているので、適正に計測されるとすれば、そこを考える必要がない。ただ、全く同じ誤差というのも違うのではないかと思う。もう少し測定状況が分かるのであれば、その部分を古文書に詳しい方に読んでいただくのはあると思う。その辺りを検討する必要があるのではないか。

佐竹部会長：確かにそうである。宝永地震の誤差の原因を定量化すれば、安政地震は必ずしも同じ誤差を使わなくても良いという意見である。それに関連はしないが、地震前後ということも含めると今度は昭和南海地震については、水準測量を地震前と地震後の期間を含んで行っているため、その誤差がある。昭和南海地震の、参考資料2-2、5ページ目以降について、何か質問あるか。沢村(1953)は、水準測量ではなく、地震発生のかなり直前と直後で満潮時と以前の満潮の痕跡の差を測定している。

事務局（上野寛）：(参考資料2-2の6ページ)8月30日に測定、地震発生が12月26日なので間は空いているが、7~8ヶ月である。宝永地震は50年経って測定を行ったので、余効変動の補正是必要だとしていたが、8ヶ月と考えると1年間数mmとなると補正の必要はあるか否かも含めて話が出てくる。

佐竹部会長：沢村(1953)は111cmを超えていたが、その後の水準測量では、もっと小さい

値か。

事務局（上野寛）：沢村（1953）をよく読むと、室津港から見て3kmほど南にある津呂での測定値であり、大きめに見積もられた可能性はあるかもしれない。他の論文、例えば Satake(1993) や、Sagiya and Thatcher(1999) では、80cm 程度の値である。これは、地震前の coseismic もが含まれていて補正していない。

佐竹部会長：Sagiya and Thatcher (1999) も Satake (1993) も同じだと思うが、水準路線データであるため、環閉合によって誤差は小さくなるようにしている。四国と本州は繋がれていないため、それぞれ独立の値である。Satake (1993) はベースラインである四国の多度津が動いていることも未知数にして、インバージョンすると 44.6cm の結果が出て、それを足した。

事務局（上野寛）： $46.9 \pm 36.8\text{mm}$  が多度津の絶対値であり、相対的な  $753.3\text{mm}$  に足して、およそ  $80\text{cm} \pm 36.8\text{mm}$  となる。

佐竹部会長：Sagiya and Thatcher (1999) は検潮で補正しているか。

西村委員：高松基準の水準データと、高松には検潮と潮位のデータがあり、それが地震時  $7\text{cm}$  沈降であったのでそれを補正する。論文の中では、それぞれ独立に扱って、あえて絶対変位に直すことはしていない。水準点は同じ高松市内にあるが、必ずしも高松の検潮所まで水準点がいっているわけではないため、その間を繋いで本当にいいのかという問題はあるが、大雑把には約  $80\text{cm}$  程度という計算になる。もちろん 15 年間の地震前の変化は入っていないため、他のやり方と同じようにその沈降速度を年  $4\text{mm}$  とか  $8\text{mm}$  として入れると、 $10\text{cm}$  から  $20\text{cm}$  程度を、それにプラスしなければならないため、 $90\sim100\text{cm}$  程度になる。一方で、水準のデータを使っている論文で、宮下(1989)は地震間の変動の補正を入れたやり方であり、善通寺に対して  $106.2\text{cm}$  となっている。

事務局（上野寛）：善通寺と Satake(1993) の多度津は数 km 離れている程度だが、宮下(1989) は善通寺をベースにすると  $106.2\text{cm}$ 。Satake(1993) は多度津に対して相対値が  $753.3\text{mm}$  で値は、大きく違っている。

西村委員：追加だが、宮下(1989)の最南端の室戸というのは、本当に室戸岬に近い場所の水準点の値なのか疑問だ。水準データがある室津港に近い場所と比較すると、室津港と室戸の最南端の上下変動は  $10\text{cm}$  程度違う。そこも考慮した方がいい。

事務局（上野寛）：参考資料 2-2 の 7 ページの図で距離と隆起のパターンの傾きも見えている。

佐竹部会長：宮下(1989)にもあるように、南に行くほど隆起量は大きい。室戸岬で一番最先端の場所は大きいが、室津港はそれより北側にあり、その距離で  $10\text{cm}$  程度違う。

西村委員：（水準測量の生データの参考資料を提供）水準測量の生データは一等水準点の成果収録として Web でも出ている（基準点成果等閲覧サービス）。水準点ごとの隆起量、1929 年と 1947 年の測量の差は、この資料に出ている。資料の 2 ページ目で、室戸の先端である 5141 とか室津港のあたりの 5143 とか 5144 あたりで  $10\text{cm}$  程度差があると言ったのは、

この数字である。

佐竹部会長：室津に一番近い水準点はどこなのか。

事務局（上野寛）：（事務局画面共有資料）国土地理院の基準点成果等閲覧サービスを使って作成した図であり、室津港がこの+印で示されている辺りである。南に行くにつれて、数字が小さくなり一番南が 5141、5142、5143、5144 の基準点を記載している。このような位置関係である。

佐竹部会長：一番近い水準点は 5144 か。西村委員の資料では、5144 と 5141 で 10cm 程度下がるということだったか。

事務局（上野寛）：5141 が 945.6mm、5144 が 803.4mm か。14cm（140mm）程度。

佐竹部会長：どの値を使うべきかと、例えば、沢村（1953）と、その後の誤差がどのくらいかを考慮するということだ。

事務局（上野寛）：室津港で直接測ったのが沢村（1953）だと思っていたが、論文に「津呂」と書いてある。例えば、津呂だと基準点の 5142 が一番近いため、室津港に近い 5144 との差で水準をみると補正ができるかもしれない。

日野委員：昭和南海地震の隆起量はデータソースが実は二つあって、一つは水準データ。その水準データの扱い方が違う三つの論文、宮下（1989）、Satake（1993）、Sagiya and Thatcher（1999）がある。これらは、元データに戻れるため、やり直すという手間はあるが、統一した見方で誤差評価をするなり、あるいは調査委員会としてこの値でやると決められる。問題は、沢村（1953）で、これは水準データではなくて独立のデータである。これを水準に合わせるときに、測定場所と測定時期が違うという問題がある。その違いをどのように補正するかを整理すること、そして測定値そのものの信頼性（評価）もある。

事務局（上野寛）：（参考資料 2-2 の 11～12 ページ）第 5 管区海上保安本部海洋情報部のデータでは、室戸港から 3km 離れているが、津呂港は 0.78m の隆起と記載がある。「一般には海岸線の状況からして 1 メートル程度の隆起が行われたものと思われる」という文章がよく分からぬが、水準測量ではなく、おそらく港の高さを測ったのだと思われる。

佐竹部会長：この「地理調査所水準標の測定では」というのは、誰が測定したのか分からぬ。海上保安庁が測定したのだと思うが。

日野委員：（参考資料 2-2 の 6 ページ）沢村（1953）は、津呂と書いてある隆起量にハイライトされているが、色々な場所で測定していることがこのページだけでも分かる。最終的には、昔の地震と比較する必要があるから、室津のあたりに値を落とす必要があるが、場所が違う情報を使うため、ある種の内挿をして、室津に当てはめる場合に、このように計測値の分布情報があると、当時の計測精度がどの程度かなど、そのような用途にも使えるのではないか。水準測量とは違うデータだが、地震後、比較的すぐの値であり、地震前後の時間が短いので積極的に使いたい。データの良さを活用できるアイディアがあればいいと思う。とりあえず地図にデータを落として、見た目の consistency があるかどうか見てみるのはどうか。

事務局（上野寛）：多くの測定値があるので、水準データと比較できる形でプロットしてみると  
ということか。

佐竹部会長：昭和南海地震については、水準の方は地震前後の期間が長いという問題、沢村（1953）は場所の問題があるが、その両方を整理すると誤差というか値の範囲が見積れるのではないかというところか。宝永地震は、橋本ほか（2024）が誤差の様々な原因を定量化というか、どの程度あるかを指摘している。安政地震はどのように測定したかという問題があるが、地震前後（の測定）であれば、むしろ昭和に近く、必ずしも宝永地震と同じ誤差にすることはないという意見があった。平均変位速度の話もあったか。

事務局（上野寛）：平均変位速度を求める際に、この三つの地震のデータによる誤差が正規分布なのかボックスカーナーなのか、最小二乗法でやることになるとと思うのだが、それぞれのデータの重みをどうするかなどを決めるために、データの質を見なければいけないというのが今回の議論の主旨である。質を求めるためには、例えば昭和南海地震の場合は、（第5管区海上保安本部が）港で測ったもの、水準測量と沢村（1953）のデータ等、様々な比較をすれば、絞れるのではないか。宝永地震は、橋本ほか（2024）をそのまま採用するのか、1.4～2.4mとあるが、±0.3～0.5mの計測誤差という記載もあるため、それを踏まえて、誤差を与えるのかどうか。安政地震に関しては、1.2mのままか、0.9～1.2mの幅でいくか。ただし、その重みを小さくするという議論などに繋がっていくのではないかと考えている。

佐竹部会長：本日、事務局から関連する論文等を出したが、それ以外にも関連する情報があれば、提供してほしい。

鈴木委員：今日、どこまで決めるのかということが気になった。最初の宿題では1.4～2.4mで良いかと問われていて、例えば0.8倍は、私はやりすぎと思う。誤差の幅が相当広いというのが橋本先生の主張のため、その通りの幅を採用する必要はない。まだ、議論は終わっていないので、今日は仮置きで数字を決めるので良いのかを聞きたい。

事務局（上野寛）：今日は、宿題が出ると思っていた。先ほどの昭和南海地震についてデータの取りまとめなど宿題を受けて、次回以降に回答したいと考えている。宝永地震に関しては、鈴木委員の意見のように0.8倍の部分など、この文献に関しては議論のあるところだと聞いていたため、まだフィックスしなくていいと考えている。しかしながら、宝永地震については、今は橋本ほか（2024）しかないと、論文の値を基に計算することを最初にやってみたい。さらに、他に文献が出てくるようであれば、それはそのときに考えることになるが、宝永地震に関して、本日、フィックスするつもりはない。宿題をいただけたうれしい。

佐竹部会長：結局、宝永地震の隆起量について、誤差の幅を出すのに、例えば計測誤差の見積りが0.3～0.5mとしているが、一番大きなものは引用している二つの文献『手鏡』と『万葉記』で大きな差があるということ。

事務局（上野寛）：安政地震の0.9～1.2mという数字は、橋本ほか（2024）によると、そのときの気象・海象など様々な情報が欲しいが、その情報がないため採用には至らないという雰

囲気である。他に知見のある先生方に意見を聞くというのもありかと思う。

奥村委員：それぞれの（データの）値の質を評価して重み付けを考えるとの説明だが、どのような方法で最終的な値を決めるのか。最終的にはどのような  $T$  と  $\alpha$  を与えるのか。その方法論がはっきりしない。基本的には、実際に自然現象という真実に起きた値は一つしかないため、その一つの値を推定する。しかし、様々な誤差が伴うから、それぞれの報告されている値に重み付けをして、一つの誤差範囲を求めるというような方法になると理解して良いのか。

事務局（上野寛）：基本的にその理解で良い。最終的に、例えば宝永地震の  $1.4 \sim 2.4\text{m}$  を  $1.9 \pm 0.5\text{m}$  で考えることはおそらくないと思うが、 $1.4 \sim 2.4\text{m}$  の重みを大きくして、 $0.3 \sim 0.5\text{m}$  の重みを下げる形でデータとして与える。どのような時間予測モデル線を引くかは、また様々な知見が必要となってくると思う。

奥村委員：委員の皆さんのお意見でこの数字を採用すると決める方法もあるが、むしろ重みづけをしていくのであれば、ロジックツリーのような方法もある。見積もりに関して、例えば昭和南海地震であれば、Satake(1993)にどれだけのウェイトを置くのかといった方法をとった方がすっきりする。議論の中で良いとする値を決めるのは、説得力がない。最初に平田委員長が認識論的不確実性を扱うと意見したが、原子力分野では、このような場合にはロジックツリーを使う。アメリカのハザードマップでもロジックツリーは取り入れられている。

佐竹部会長：いくつかの論文があり、その中でどの重みを取るかは、まさにロジックツリーである。それを専門家の意見分布で決める。例えば、先ほども議論した水準データや沢村(1953)の測定データ、地震直後の測定がより信頼できるとなれば、ロジックツリーでその重みをどうするか議論しないといけない。最終的には、参考資料 2-1 の 4 ページのグラフで、次の地震はどこになるかを BPT の U (最新の活動時のずれの量) と V (長期的な断層のずれ速度) の誤差を含めた  $T$  を求める。 $T$  の誤差と  $\alpha$  を考慮して BPT を使いたい。つまり、BPT で今後 30 年間で発生確率  $70 \sim 80\%$  と評価しているが、それは  $\alpha$  が  $0.2 \sim 0.24$  というだけで  $70 \sim 80\%$  という幅が決まっている。けれども、それ以外の  $\alpha$  あるいは  $T$  にもばらつきがあれば、その幅も変わってくる。 $T$  の誤差を求めるためには、U と V の幅が必要になる。

石川委員：ロジックツリーを使い、 $T$  と  $\alpha$  を求めるという話があったが。前回の「南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）」では、 $T$  と  $\alpha$  を求めるときに時間予測モデルだけではなく、正平地震以降の過去に発生した地震の平均発生間隔を使ったものも並列で出して、最終的に地震調査委員会と政策委員会の合同会議で決めたという話だった。今回は、そうではなくて地震調査委員会側で議論した一つのものを出せという宿題と認識した。そうであれば、最終的に  $T$ 、 $\alpha$  を出すときに、時間予測モデルだけではなく、平均発生間隔、あるいは Slip-Predictable Model や、他の最近の（確率の）研究もあるかもしれないが、時間予測モデル以外のモデルも含めて、例えば発生履歴などの重みづけをして、様々なモデル

も含めた総合的な  $T$ 、 $\alpha$  を出すと認識した。そこまで、時間予測モデルだけではなく、幅広く議論をするのかを確認したい。

平田委員長：私の希望は、石川委員の発言通りである。ロジックツリーを使うのも良いし、様々な最新の手法を使って、つまりエキスパート・オピニオンの集合を作るとというのが最終的な調査委員会の使命である。 $T$  と  $\alpha$  が何々分布と正確にわからなくても、可能性があるもの全てを事前確率として与えて、それが最終的な確率になるのが一番理想的な姿である。ただし、技術的に本当にできるのかは難しいため、ある時点では、ある値に決めなければいけないという判断があると思っている。そのため、時間予測モデルは一つの候補ではあるが、Slip-Predictable Model などや、単純に過去の地震発生履歴だから最尤法的に決められた値というのもあると思う。1 度は（様々な予測手法）の議論をして、しかし、今回は時間の問題もあるため、将来の課題として今できる範囲では、これとこれしかないという結論になるのかもしれない。しかし、調査委員会としてやるべきことは、BPT を使うかどうかまでは踏み込まない。BPT の  $T$  と  $\alpha$  をどのように求めるかは、現在の知見を全て使った方が良い。事務局の考えと私の考えは若干違うかもしれない。

事務局（上野寛）：事務局は両論併記を考えていた。平均発生間隔から求めた確率値と、最新の知見から得られたデータと式から求めた時間予測モデルからの確率値との両論併記を考えている。基本的には平均発生間隔からの確率値は、時点更新する形である。10 年経っているので確率が上がるが、そちらの確率と時間予測モデルからの確率値の両方を出すイメージで考えている。審議状況によってはどのように変わるかは、会議の議論次第である。

佐竹部会長：先ほどの平田委員長の発言だが、時間予測モデルは最終的には BPT である。つまり、時間予測なのか過去の履歴なのかではなくて、その両方を合わせて、BPT で  $T$  と  $\alpha$  を求めることは、前回「南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）」を出すときに、様々なケースで検討して  $\alpha$  を最尤法で決定したから、それも参考にする。もちろん最尤法についても 1 度議論した方が良いが、それについては新たなデータがあるとか、手法が「南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）」の時から変わることはない。最終的に  $T$  と  $\alpha$  を前回に検討した手法も含めて BPT で予測すると、Time-Predictable Model だとどのような結果で、従来の方法だとどのような結果かという二つの結果ではなく、一つの BPT で幅を広げるということもできるのではないか。

谷岡委員：（参考資料 2-1 の 4 ページ）Time-Predictable Model で宝永地震の平均隆起速度を変えたときの図を見ると、赤になったとき（隆起量最少ケース）で誤差がつくと Slip-Predictable に入ってきたようである。つまり、隆起量が小さくなった場合には、Slip-Predictable Model に合ってくる雰囲気である。しかし、他は、おそらく Time-Predictable Model の方が良い。つまり、このような特徴を説明して、Time-Predictable Model の方が良いこと、宝永地震に 1m の誤差が入ったとしても、やはり Time-Predictable Model の方が良くなっている。だから Time-Predictable Model で、ばらつきを入れた BPT にするという根拠としては、そういうのを示した方が良いのではないか。

吉田委員：「南海トラフの地震活動の長期評価（第一版）」では時間予測モデルがどの程度、正しいかの検証をしている。それを再度行うのも良いのではないか。例えば、宝永地震と安政地震で Time-Predictable Model をフィットさせて昭和南海地震がどのくらい予測できているかなど、他のデータ、地殻変動だけではなくて、滑り量を求めたものも含めて、様々な方法でどのモデルが一番フィットするかを検証した。「南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）」では検証しなかったが、今回もそういう検証をして、Time-Predictable Model が一番良いのか、そうでなければ、他のモデルを採用というふうにしてみてはどうか。

佐竹部会長：第一版での検証も、約 20 年前の話である。

伊藤委員：今回、室津港のデータに着目する理由というのは、3 回の地震のときの隆起量がわかつていて、それを地震の規模に変換できるという認識で良いか。

佐竹部会長：そうである。

伊藤委員：室津港の隆起量が、地震の規模に対して同じ程度の比率で反映しているという根拠というか担保が必要になると思うが、その辺の議論はあるのか。

佐竹部会長：それは、Time-Predictable Model に対しての批判の一つではある。つまり、室津港の隆起量が地震の全体の規模を表すとするのは、大きな仮定ではある。もちろんその仮定に基づいて考えていいのかは、Time-Predictable Model に対しての批判の一つである。

伊藤委員：了解した。

飯沼委員：余効変動の扱いについて確認したい。Time-Predictable Model のステップ量に使うのは pure な co-seismic な上下変位で良いか。余効変動の分は誤差として見積もることになると思うが、昭和南海地震の余効変動量を宝永地震などに適用する場合、地震の規模が違うため、それで本当に良いのかという疑問がある。それを線形でして良いのかにも疑問が残る。

事務局（上野寛）：（参考資料 2-2 の 3 ページ）昭和南海地震後約 30 年間の余効変動量による沈降が 4mm と 8mm。小さい値と大きい値を使っているのは、どの数字を使えばいいのか分からないところもあるのだろう。昭和南海地震の沈降速度を宝永地震に当てはめるのはいかがなものかということか。

飯沼委員：そうした時に生じる誤差もモデル計算すれば理解できなくはないと思う。そうした知見を取り入れても良い。

鈴木委員：そもそも Time-Predictable Model も Slip-Predictable Model も適応してはいけないという可能性についても議論した方が良いのではないか。一言で言うと多様性である。それは、今日でなくて良いが、合同会での議論が終わるまでには議論した方が良いと思う。

事務局（上野寛）：今回の改訂は、小改訂をイメージしている。南海トラフの長期評価の全体を見直すというイメージではない。室津港の隆起量が得られた為、時間予測モデルの確率値を見直すということが発端である。時間予測モデル自体を見直すとなると、時間予測モ

デルが否定されている文献が無いという整理なので、今回はそこまで踏み込まなくても良いと思っている。ただし、室津港の積算隆起階段グラフを作成する場合に時間予測モデルが全く成り立ないのであれば、話は別である。

佐竹部会長：前回の「南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）」では、解説の方に、過去の履歴だけに基づく BPT と、Time-Predictable Model の両方を書いてある。地震調査委員会と政策委員会の方で Time-Predictable Model を採用することになったが、前回も両論併記ではあった。Time-Predictable Model だけを出したわけではない。ただ、一方で BPT の方は、前回から大きな変わりはない。つまり、発生時期については誤差が無い。もちろん発生時期はどれを採用するかが問題で、前回も様々なデータケースをやったが、どれを採用するかを決めれば T の方は誤差が無い。 $\alpha$  は最尤法で求めたので、 $\alpha$  には問題はある。BPT については、第二版からそんなに変わらないと思っている。BPT についても新たな知見があれば、意見をお願いする。今回、新たに議論するのは Time-Predictable Model に適用する誤差で、必ずしも数値だけを左右して前回の BPT を無視するということではない。

事務局（上野寛）：本日の議論を受けて宿題となったことを、振り返りとして近いうちに提出する。他に宿題や事務局への依頼がある場合は追加して欲しい。

佐竹部会長：次回の合同会は 10 月 11 日である。今日の意見を事務局の方でも整理して欲しい。

以上