

## 議事概要

※第 276 回長期評価部会・第 97 回海溝型分科会（第二期）・第 8 回長期確率評価手法検討分科会（第二期）合同会（令和 7 年 3 月 18 日（水）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。

- ・ 日本海中南部の海域活断層の長期評価（第一版）―近畿地域・北陸地域北方沖―
- ・ 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名誉教授
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 地震予測研究グループグループリーダー
	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 地質調査総合センター活断層・火山研究部門 名誉リサーチャー
	奥村 晃史	国立大学法人広島大学名誉教授
	加納 靖之	国立大学法人東京大学地震研究所准教授
	汐見 勝彦	国立研究開発法人防災科学技術研究所 巨大地震災害研究領域地震津波発生基礎研究部門長
	宍倉 正展	国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター連携推進室国内連携グループ長
	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 研究共創推進本部先進防災技術連携研究センター長兼務
	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
	汐見 勝彦	* 国立研究開発法人防災科学技術研究所 巨大地震災害研究領域地震津波発生基礎研究部門長
	宍倉 正展	* 国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター連携推進室国内連携グループ長

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  
 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帯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

#### 長期確率評価手法検討分科会（第二期）

主査 佐竹 健治\* 国立大学法人東京大学名誉教授  
 委員 汐見 勝彦\* 国立研究開発法人防災科学技術研究所  
 巨大地変災害研究領域地震津波発生基礎研究部門長  
 寺田 吉彦 大阪大学大学院基礎工学研究科システム創成専攻准教授  
 西村 卓也\* 国立大学法人京都大学防災研究所教授  
 野村 俊一 早稲田大学商学学術院会計研究科准教授  
 林 豊 気象庁気象研究所地震津波研究部第四研究室長  
 \*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

専門家 森川 信之 国立研究開発法人防災科学技術研究所  
 巨大地変災害研究領域地震津波複合災害研究部門上席研究員

事務局 吉田 和久 文部科学省研究開発局地震火山防災研究課地震火山室長  
 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）、鈴木、太田（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

### 審議状況の報告

佐竹部会長：海域活断層評価手法等検討分科会の審議状況の報告をお願いします。

事務局（吉田（健））：（参考資料 1-1 議事要旨（案）読み上げ）

佐竹部会長：この後、議題の中で取り上げるが海域活断層分科会の審議は2月7日と3月17  
 日で、昨日の議事要旨はまだ資料にないが、岡村主査から何か補足あるか。

岡村主査：今の時点では特になし。後で議論をお願いしたい。

佐竹部会長：議事要旨について何かご質問よろしいか。内容についてはこの後で報告があるため、そこでまた審議したい。

(意見なし)

## 海域活断層の長期評価について

### -日本海中部の海域活断層の長期評価について-

佐竹部会長：海域活断層の長期評価について、事務局より説明いただく。

事務局（吉田（健））：(参考資料 5-1、5-2 に沿って説明)

岡村委員：説明に少し間違いがあったので補足する。参考資料 5-1 の p. 8 の特性表に基準面という欄がある。何を基準に変位量を測定したかについて、G の記載があるが、これは段丘と説明したが最終氷期の侵食面である。高分解能の音波探査のデータがあり、その断面上で最終氷期の変位量を見た。下の方の 5e、5c の記載は段丘の記号である。一番下の Ta はこの評価のために勝手につけた記号であり、これだけ見ても意味が分からないため、削除した方が良く考えている。参考資料 5-1 の p. 19、能登半島北岸断層帯の説明で、宍倉（2020）と記載したが共著論文のため、宍倉ほか（2020）が正しい。評価手法は日本海南西部とほぼ同じだが、能登半島北岸断層帯だけは 2024 年 1 月 1 日の能登半島地震を最新イベントとして BPT で評価したため、ここはほぼ 0%になることが今までと大きく異なる箇所になる。以上でご議論をお願いしたい。

佐竹部会長：断層線自体は去年の 8 月に公表された。今回は確率評価のために、まずネットスリップを 2 つの方法で検討したこと、活断層を特定しない地震については地震活動のカタログ期間を変えるなどの検討をした。確率評価に関しては、BPT が使える海域活断層はほとんどないと思うが、能登半島北岸断層帯については例外的に BPT を用いたと説明があった。ネットスリップの算出について、断層すべり角からの横ずれ／縦ずれ比と広域応力場を用いた Wallace-Bott 仮説からの算出の二つの方法を試しているが、どの程度異なるのか。

事務局（振興会）：海域活断層評価手法等検討分科会では二つの手法で審議をし、算出される断層すべり角から横ずれ／縦ずれ比の比較を行った。基本的には大きな差はない結果になったが、西部の横ずれを主体とする断層の一部で、横ずれ／縦ずれ比が若干異なる結果が得られている。①のメカニズム解の断層すべり角から算出する方法を選んだ経緯として、日本海南西部ではメカニズム解から算出された横ずれ／縦ずれ比を用いたことが挙げられる。

佐竹部会長：広域応力場も基本的には過去の地震に基づいて推定している。（参考資料 5-1 p. 35）活断層を特定しない地震について、パターン①～④でかなり結果が違った。当然、能登半島地震が入っているため、パターン①は現在までの地震を使うと、2020 年以降の能登半島の地震が入るため b 値も a も変わることになるのか。

事務局（振興会）：そうである。パターン①は、基本的に今の内陸の地域評価で用いられている手法で、気象庁震源の一元化以降の 1997 年の 10 月以降から b 値を推定する。その推定

された  $b$  値を用いて、1919 年以降の M5 以上の地震に対してフィッティングする方法である。

佐竹部会長：ここで問題は 2024 年までの地震を用いると、能登半島の 2020 年以降の群発的な地震が入る。それを除くのがパターン④か。

事務局（振興会）：参考のために 2020 年 11 月まででカタログを切って、つまり群発的活動が始まる前に限定して、参考として算出したものがパターン④である。

佐竹部会長：パターン①と④では  $b$  値がだいぶ変わるのか。

事務局（振興会）： $b$  値は若干変わるが、それよりも M5 以上の地震数が東部で大分変わる。

佐竹部会長：両方ともか。パターン①を採用することになっているが、数字としては 30%と 7%は随分違う。

岡村委員：今、議論しているスライド（参考資料 5-1、p. 35）は地震活動からの確率である。

地震活動から見るとどうかという長期評価ではいつもつける資料であり、これが本評価の主体ではない。p. 33 が活断層に基づく長期評価結果という扱いになる。

佐竹部会長：陸域の地域評価の場合、両方出している。

岡村委員：両方出していることは理解している。中国地方では活断層の確率がかなり低かったため、地震活動の推移を用いた評価を使ったのだろう。ここでは、能登半島地震の影響が大きいため、それを含めた数字は活断層評価とは大きく異なるのは当たり前だと思う。とりあえず、活断層評価の値を見ていただきたい。

佐竹部会長：活断層評価に関して言うと、能登半島北岸断層帯に対しては BPT で評価した場合はほぼ 0%であるが、これまで日本海中部の地震活動で比べた p. 26 を見ると東部が最も高い。能登半島北岸断層帯を BPT で評価することはこれまでにないパターンと思うが、BPT にすると平均活動間隔に幅があるが、それをどこにしようが、ほぼ 0%だと思う。

宍倉委員：元々の論文（宍倉ほか（2020））では、そもそも離水年代がまだ一つ一つ出ていなかった状態だったが、最近調査して、年代も少しずつ出ている中で、L3 面が 2~3000 年前の年代に見えているため、ここで示している平均活動間隔でそれ程齟齬はないため、問題ないと感じている。

佐竹部会長：ここで示すとは、2000 年のことか。

宍倉委員：そうである。平均 2000 年で、1500 年や 3000 年も含めて、このように示されていることは、特に大きな問題はない。

佐竹部会長：特に、評価文の方は非常に多くの分量がある。皆さんに読んでいただき、3 月 28 日までに意見を寄せていただきたい。今後の予定はどのようなになっているか。

事務局（吉田）：いただいた意見を踏まえ、また海域活断層評価手法等検討分科会で審議しつつ分科会の意見もメール等でいただき、そのあと内容を見ながら考えていきたい。

佐竹部会長：地震調査委員会にあげるのはまだ先になるか。

事務局（吉田）：早ければ 5 月の地震調査委員会に上げたい。その前に長期評価部会で見いただく。

佐竹部会長：来年度のなるべく早く、去年の暫定版が 8 月のため、それから 1 年以内で出した方が良くだろう。

飯沼委員：細かな点だが、参考資料 5-1 の p. 3 で西部区域に対する表現が二つある。どちらが正しいのか。近畿北方沖～北陸北方沖と近畿北方沖・北陸西部沖になっている。

事務局（吉田）：近畿北方沖・北陸西部沖が正しい。

飯尾委員：了解した。

佐竹部会長：他、よろしいか。

（意見なし）

佐竹部会長：資料がかなり多くの分量であるため、また皆さんの方でご覧いただき、意見があれば事務局にお知らせいただきたい。

## <<海溝型分科会（第二期）・長期確率評価手法検討分科会（第二期）の委員は入室>>

### 海溝型地震の長期評価について

#### -前回の宿題と今回の論点-

佐竹部会長：海溝型地震の長期評価について、前回予告したすべり量依存 BPT モデルに用いるパラメータ  $\beta$  の検討について、まずは事務局より説明いただく。

事務局（太田）：（参考資料 7-1、p. 2-13 に沿って説明）

#### -すべり量依存 BPT モデルに用いるパラメータ $\beta$ についての検討-

事務局（太田）：（参考資料 7-1、p. 14-に沿って説明）

佐竹部会長：隆起速度の逆数のパラメータ  $\beta$  をどうするかを説明いただいた。これは地球物理的なパラメータで、沈降と隆起が合っていないため値はベイズ推定をするが、両方できれば良いのだが、分散までは難しそうである。分散については我々の知識から推定する立場で説明いただいた。何をどう推定するかは地球物理的な問題である。この推定方法は長期確率評価手法検討分科会（第二期）の委員からもこのような方法で良いか、ご意見いただきたい。

野村委員：事前分布の考え方として、決定的な  $\beta$  を決められる知識があればシャープな分布を用いれば良いが、今回の議論からは、かなり幅広に考えるべきという考えもあると思う。とり得る範囲を全て含むように幅広な分布にするのが合理的な考え方ではないか。

佐竹部会長：事前分布の設計についてと推定自体については地球物理的な方法になると思う。

平田委員長：今の議論のポイントは、地震時の隆起と地震の発生間隔から求められる隆起量の事前知識が我々にはどの程度あるかを、かなり丁寧に議論した。時間予測モデルが成り立っていれば、あっさりいくが、そもそも地震間の沈降量と、誤差があったとしても観測されている地震時の隆起量との関係が完全には合っていない。もちろんオーダー的に、あるいは定性的には合っており、地震の間に沈降し地震時に隆起する。しかし、それが時間予測モデルから期待される値とは完全には整合していないところが一つのポイントである。そのため、それを統計モデルで求める手法として事務局から提案されたベイズ推定を用いることになった。ただし、ベイズ推定は観測からの情報量が多ければ平均と標準偏差が求まるが、現在のデータ数とデータの誤差では求まらない。発散するという意味はいく

らでも尤度を大きくすることができるということだ。しかし、それは合理的でないため、我々の事前知識として、隆起量のデータを知らない場合に、何を知っているかを事務局が整理した内容が先程の説明である。そもそも地震間に沈降するのはプレートが沈み込んでいるからである。これについて異論はない。100%カップリングしている場合に、フィリピン海プレートの収束速度、あるいはプレートの傾きを仮定して、最も早く沈降する場合の沈降量の絶対値の最大値が 18mm/year になる。100%カップリングしていないことも事実であるし、色々な要因があるから実際にはそれより小さいかもしれないが、それよりは大きくはならない。また、沈降速度の最小値はデータがあるため分かる。ポイントはこの間のどこかにはあるが、それについては分からないという立場でベイズ推定する。統計モデルでは色々なパラメータがあるがそれを周辺化するという意味は、積分して消去してしまい平均値と標準偏差だけの関数にして、標準偏差の範囲を与えて平均値を数値的に求める。これを次に寺田委員から紹介いただけるが、その方法で評価したらどうかということがこれまでの議論である。当たり前として 18mm/year より大きいことはないとの提案に賛成したが、様々な専門知識に基づいて、そんなことはないという意見があれば願います。

佐竹部会長：参考資料 7-1 の p. 16 で、我々の知識だと  $V$  が 5~18mm/year の間である。それより小さいことも大きいこともないことが我々の知識であり、それを事前分布として計算することについて、地球物理的にあるいは地学的に問題があるか。p. 12 の隆起速度・沈降速度のまとめを見ると、隆起速度は 12~13mm/year、沈降速度は 5~10mm/year で合わない。隆起速度はプレートの沈み込み速度と角度を考えれば、18mm/year より大きいことはないとして端の値にした。あるいはもっと絞れるのであればその方が良い。室戸の隆起については色々な例が出ていた。例えば p. 9 の永年隆起は、吉川ほか(1964)で論文はかなり古いが残留隆起、前奎(2001)の海域活断層による地殻変動があり、プレート間地震による隆起とは別の要因とする意見であるが、この辺はいかがか。どちらか決める必要はないのかもしれないが、最近の研究ではどうか。

宋倉委員：海岸の隆起痕跡の観察事実に基づく、今はやはり前奎(2001)の考え方になる。室戸に関しては少なくとも、このように時々大きく隆起してそれが累積する。ただし、参考資料 7-1 の p. 9 の図をよく見ると、例えば過去 1000 年にしろ、1000 年~2000 年前の間にしろ、若干右肩下がりに黒太線になっているのは、少しずつ隆起が残留していることでもある。つまり完全に 1000 年、2000 年に 1 度だけ隆起するのではなく、その間も若干は隆起が残っている。ただし、これは 1000 年で数 10cm もない程度のため、隆起速度にすると 0. 数ミリ/year 程度である。大局的には、稀の大きな隆起でそれが累積しているという考え方になると思う。

佐竹部会長：一方で沈降速度とは合わないところがある。参考資料 7-1 の p. 12 で水準測量、潮位、GNSS の観測期間は多少違うが、隆起速度より小さいことは共通している。

西村委員：隆起速度と沈降速度が合わないのは事実である。ただし、水準測量も潮位も GNSS も基本的には最近 100 年間のデータしかない。地震の 1 サイクルの間で沈降速度が変わっている場合はそれを全て期間としてカバーしているわけではないことに問題がある。例えば参考資料 7-1 の p. 11 のように粘弾性緩和のモデルを考えると、地震サイクルの間に沈

降速度が数 mm 変わる。特に前の地震から時間が経つと沈降速度が増加していくようなパターンが推定されているため、現在、測地で見ている時間の幅では、それよりももっと大きい沈降速度が今後、使えるかもしれない。その可能性もあるとすると、今、隆起と沈降速度が釣り合っていないが、もしかすると釣り合うかもしれない。つまり、p.13 の隆起と沈降との考え方①②③の中では②の考え方を取り、その最大値・最小値を今の観測データには関わらない形で推定するのは、我々の知見を生かすという意味でも妥当な方法だと思う。

佐竹部会長：そもそも今回の議論のきっかけとなった橋本ほか（2024）の論文の中でも、沈降速度と合わないことは指摘しつつも根拠になっていた。

加納委員：橋本ほか（2024）では、隆起速度と沈降速度が合わないという事実は指摘したがどうしたらよいかは述べていない。今日の議論で、それをカバーするために最大がこれ以上にはならないところが示されたと理解した。歴史資料からでは沈降速度は分からないのはどうしようもない。

事務局（上野）：寺田委員の計算結果も見ながら議論したい。

佐竹部会長：今  $\beta$  の分散として 0.24 がわかってきた。その値を使って寺田委員に確率を計算していただいたので、説明をお願いします。

#### -確率試算した結果についての検討-

寺田委員：（参考資料 7-2 に沿って説明）

佐竹部会長：参考資料 7-2 の p.5 で平均値はどれか。

寺田委員：平均値は赤線で、30 年だと 74.69%。ただし、こちらにもヒストグラムを書いてみると参考資料 7-2 の p.4 のように平均と最頻値みたいなものは、かなりずれている。その点は少し注意が必要である。30 年の場合、右で頻度が高くなり、ばらつきがかなり大きいので、小さい方にもずっと裾を引いている。

平田委員長：参考資料 7-2 の p.4 の一番右側の図で、30 年間の確率にすると 95%の信用区間は点線の中で、平均値、つまり期待値が赤い線になっているが、最尤値のような概念で言うと、一番右の部分が最も高くなる。

寺田委員：その通りである。この分布のモードを計算すると少し平均とはずれる形になる。

平田委員長：中央の 2045-1-1 のヒストグラムも、一番右がやや上がってくるが、時間が経つにつれて分布は非常に高いところが急激に増えていくという理解で良いか。

寺田委員：そうである。右に裾を引いていたものが、徐々に左に裾を引く分布に移っていくという形になる。

平田委員長：大変興味深い。25 年くらいでどんどん発生しやすくなることを示している。どういうことかは理解したが、どのように表現したり説明したりするかは、また難問が一つ出てきた。

寺田委員：別途、得られたサンプリングの結果から、最頻値を計算することも可能なため、一度そちらも計算してみたい。

平田委員長：色んな箇所に不確実性を入れると、最後の結果の解釈は難しくなってくるが、

これが現実である。我々の知識はこの程度の不確実さがあることが非常によく分かる。海溝型分科会(第二期)と長期評価部会の委員の皆さんの意見を聞かせて欲しい。最後には地震調査委員会でのクレジットで出るため、もちろん地震調査委員会の委員の意見は聞くが、専門的な議論は長期確率評価手法検討分科会(第二期)、海溝型分科会(第二期)、長期評価部会で十分に尽くして欲しい。私は色々な会議に参加して意見は聞いているため、非常に合理的な手法が提案されていると考えているが、色々な観点から議論をお願いする。

佐竹部会長： $\sigma_\beta=0.24$  の場合を先ほど出していたが、これは絶対その中には入る値であるが、もう少し小さい値 0.195 でも計算されたが、幅はあまり変わらないということか。

寺田委員：少し小さくなってはいると思う。

平田委員長：30年確率値が 23.27%から 27.23%になっている。

佐竹部会長：もし、この分散がもっと小さいことが分かれば、この幅はさらに狭まるが、なかなか難しそうである。

野村委員： $\sigma$  に関してだが、周辺尤度最大化に基づく  $\beta$  の平均は 0.95 で良いと思うが、正規分布を仮定しているため、この分散であれば大丈夫だとは思いますが、理論上  $\beta$  が負になることもありうるわけか。

寺田委員：正確には切断正規分布を使っており、0 で  $\beta$  を打ち切るようにしている。

野村委員：承知した。例えば、別の考え方として  $\gamma$  に対しては移動  $\gamma$  分布を当てはめて一定の範囲をうまく取れるように設定されたと思うが、これに関しても平均 0.95±いくつという考え方だと、先程の事務局からの提案で最終的に  $\beta$  が 0.56~2 の範囲を取り得るように設計するという思想から、対称性で見ると、少しずれてしまう。移動  $\gamma$  分布を使えば、 $\beta$  が 0.56~2 の範囲でうまく分布するように設計できるかと思うが、それは考えられるか。

寺田委員：考えることは可能である。ただ、その場合のモデルが少し複雑になる。周辺尤度で決定すべきパラメータがもしかしたら増えてしまう可能性がある。また、逆に解釈的に事前分布のどの辺なのかの説明がまた分かり難くなるという難しさがあり、シンプルな切断正規分布を持ってきた。

野村委員：そうであれば、異論はない。 $\sigma_\beta=0.24$  にするか 0.195 にするかは、考えどころである。

佐竹部会長： $\gamma$  の分布と  $\beta$  の分布で違う関数をとるという質問だったと思う。

平田委員長：野村委員から指摘があったように、どのような事前確率分布にするかは、任意性が非常に大きいため、最も単純な正規分布で且つ、負にはならないように切断正規分布を用いる。もう一つの対極は、一様分布にする考えもあると思う。ただし、ある範囲で完全に切断することはやはり不自然である。常識的に考えて正規分布にして、しかもそれ以上はないと我々の先見的な知識を最優先したため、 $3\sigma$  にした。色々な評価で  $2\sigma$  を用いているから、 $2\sigma$  でも良いという考えもあると思う。しかも、この最後の数字はほとんど問題にならない。地震調査委員会がよく用いる理屈で有効数字を一桁にする。20%、30%で 10 違うが、実際上大して違わない。これはほとんど決めの問題で、むしろ野村委員の感覚で、どちらが良いと意見いただければ、それに決まる。ただし、今回決めたら、しばらくは変えられない。ここの議論でまた新しい考え方があれば変えても良いが、一旦決めたら



しばらくは変わらない。ぜひ、見識のある方にご発言いただいて決めていただければ良い。  
地震調査委員会ではそれは議論しない。専門家がこれで良いとしたと私は主張する。

佐竹部会長：長期確率評価手法検討分科会（第一期）から参加されている林委員、意見あるか。

林委員：今回の提案は、地震時の隆起量は次の地震までの発生間隔に関係する量とするモデルである。もし隆起量と次の地震発生までの間隔が関係がないとすれば、今回のモデルを使った場合と単純に更新過程を使った場合と、大差がないような結果にならざるを得ない。どうしたら検証できるか疑問である。

佐竹部会長：すべり量依存 BPT と普通の BPT との比較をして、どちらが良いか、あるいは違うと言えるかを検証できるかの質問で良いか。

林委員：そういう方法があるかどうかの質問である。

寺田委員：非常に大事なポイントだと思う。データがあればいくらかでも比較する方法が考えられるが、現状のこの非常に限られたデータだと、やはりなかなか難しい。隆起量のない発生履歴のデータをうまく計算で組み込むことができれば、現状、このベイズ推定のフレームワークにそのデータまでを含めるのは計算上の困難性がありできてない。それができれば多少データが増えるため、ご指摘のような検証もできると思う。

佐竹部会長：公表されているこれまでの評価は時間予測だが、BPT でも計算している。どの発生履歴を使うかによって結構、結果が変わるが、確か 23~100%の間には入っている。

寺田委員：これまでの評価はこの推定した範囲の中に全て入っている。

佐竹部会長：それは、これまでの時間予測モデルでの範囲である。

寺田委員：単純な BPT の結果は今日の資料に含まれていないが、その際もベイズ推定をするのであれば、結局、BPT 分布の平均と変動係数の事前分布をどのように定めるのかの問題がある。それによって区間の幅が延び縮みするため、そこを単純に比較するのは難しい。最尤推計値による予測分布と一緒に書いてみるなどとは可能である。それは改めて計算して、追記する。

平田委員長：参考資料 7-1 の p. 13 に①隆起速度の過大評価、②沈降速度の過小評価、③モデルの不成立とまとめられている。第 2 版のときの知見と変わっておらず、Slip Size Dependent 時間 BPT モデル自体が成立しないという知見は得られていないのが我々の認識である。これは研究者に頑張ってもらう必要がある。いろいろ検討したが、これが成り立っているか成り立っていないかの新しい知見は第 2 版から増えていないというのが私の理解だ。

寺田委員：今の話を受けてだが、時間だけですべり量のないデータだと考えて通常の BPT モデルを考えることと、今回の SSD-BPT モデルを考えることは必ずしも矛盾するものではないことが一点ある。（長 275 海Ⅱ96 長手Ⅱ7 参考資料 4-1）SSD-BPT モデルの変動係数の説明をした資料で数値実験をお見せしたときに、SSD-BPT モデルと隆起量に  $\gamma$  分布を仮定して、時間のデータだけを周辺化して見た場合に、BPT 分布とほぼ同じ分布が得られた。そういう意味では SSD-BPT モデルと BPT は大きく乖離したモデルではないことは注意が必要である。p. 4 が、SSD-BPT モデルで時間データを発生シミュレートしたデータで、発生間

隔だけを見てヒストグラムを作成すると黒で示すヒストグラムになる。このヒストグラムに BPT モデルを無理やり当てはめると、青とヒストグラムがほぼ一致することが見て取れる。BPT モデル自体も結構、非負の分布としては、それなりに表現力もあるため、こういった単峰性の分布だとよく近似するような BPT モデルを取ってくることができる。発生間隔だけでどちらのモデルが良いかを判断するのはかなり難しい。もしデータが多くあれば、クロスバリデーション的な考え方で発生間隔の予測という意味で評価できるが、今回、データを 1 つ抜くと、ほとんど推定できないものになる。もう少しデータが増えてくると、予測の観点から 1 つ前の地震の隆起量を用いて予測した方が良いなど、そういったことが分かってくると思う。

林委員：どちらが良いかを判定することが、今のところできそうもないため、一方のモデルからの出力値だけを使うことが、あまり推薦できないと逆に言わざるを得ない。

佐竹部会長：今回、SSD-BPT で 95%信頼区間で幅が広くなり、BPT も同じようにやってみると、おそらく両方とも幅は被るのだろう。

寺田委員：そのような形になると思う。

佐竹部会長：これまでは幅は考えてないため、時間予測モデルと BPT でかなり数字が違ったが、信頼区間できちんと考えると、どちらでもかなり重なってしまうことになるのかと思う。

野村委員：議論の中で周辺分布が SSD-BPT と BPT で大体同じになるのは、全くその通りだが、予測したときにどうなるかという意味では違いが出てくる。直近の地震における隆起量が次の地震までの平均間隔に影響し、さらにばらつきを決める  $\gamma$  は SSD-BPT モデルですべり量を考慮する方がばらつきを狭くしてシャープに予測できるため、予測自体には影響はしてくる。確かに両方のモデルで予測したときにどうなるかは、確かに一度比べてみる価値はある。

日野委員： $\beta$  の分布の話に戻りたい。参考資料 7-1 の p. 17 の別紙 1 で、これを  $\beta$  の事前分布として置いたと理解して良いか。

事務局（太田）：これは時間予測モデルにデータの確率分布を考慮した場合に、どういう隆起速度が最尤値になるかを調べたものである。隆起速度に対して、対数尤度をプロットしている。ここに書いている幅はプレートモデル等で見積もった幅や観測の幅を上にした上で、これぐらいの範囲だということを比較した。これは SSD-BPT モデルではなくて時間予測モデルの枠組みのため参考程度の資料である。事前分布自体は、周辺尤度最大化でベイズの枠組みで決めるという手法になっている。

平田委員長：計算は正規分布である。

日野委員：正規分布だから平均（mean）があって、平均から 5~18 を  $3\sigma$  にしているということは、平均から  $1.5\sigma$  小さい方を取ると 5 になるというイメージで良いか。

平田委員長：そうである。

日野委員：そこを確認したかった。実際は、粘弾性緩和の影響があり今の沈降速度が過小評価なのかもしれないと知りつつも、事前分布を与えた場合に、かなり信頼のある実測値が分布の中で小さいほうの極端な値になってしまうのは、不自然というか気になる。ガウシ

アンではなく、例えばピークを持たない一様分布で、もう少し現在の実測値の確率は上げた方がよいのではないかと思う。もう一つ、粘弾性緩和によって沈降速度が変わることをもし認めるのであれば、今想定している SSD-BPT モデルはロジックとして少し調子が悪いのではないかが気になる。その辺はどう整理されているかがいたい。

事務局（太田）：沈降速度の下限を実測値で決めているが、これは確かに幅を実測で決めると気持ち悪いところは確かにあるかと思う。 $\beta$ は $V$ の逆数になるため、幅を考えると下限値は大きく効いてくるファクターである。そのため、実測ではなく、仮定した値を入れるのは避けたという理由がある。

平田委員長：一様分布だと頼めば寺田委員は計算してくださるが、おそらく大きくは変わらない。もちろん統計的な細かい数字は違うが、我々の求めようと思っている枠組みでは変わらない。長期確率評価手法検討分科会（第二期）で以前、データの誤差をどうするかについて、正規分布か一様分布か、軟化一様分布にするか議論した。テーパーを切った方がよいのかもしれないが、実際上はあまり変わらないため、パラメータ二つできちんと決まる分布で、ただし負にはならないという拘束条件は付ける程度の話である。ロジックとして合わないという意見は、これは確定的に決めるのであればロジックが非常に重要だが、確率分布として、つまりその枠組み以外の擾乱が多くあることも既に組み込んである。つまり、粘弾性緩和のような影響も含めてこれだけの不確実性があることをモデルに組み込んだと説明すれば、別に不自然ではない。

日野委員：隆起速度 $V$ の揺らぎそのものが他にも色々なファクターがあり、それらを確率過程として表現する、粘弾性緩和はその中の一つと考えていると思ったが、 $V$ の揺らぎの中であまりに大きい気がする。倍半分の世界だから良いのか。その中である意味極端な値になっている。つまり、これより小さいこともあり得ないところに設定してしまっている。結果として変わらないのは、それはそれで説明として大事だが。

平田委員長：本当はもっとドメイン（専門領域）の知識があり、隆起量そのもののデータを使わないで、この幅だと言えるのであれば、ベイズの枠組みとしては最も良い。ただし、さんざん議論したが、そもそも隆起量から推定されている沈降量と現在の観測されている沈降量が一致しないことが本質的な問題である。つまり我々がモデル化できていない部分がかなりあるため広めにとるのが今の考えである。 $V$ の範囲をもっと、あるいは $V$ 分の1の範囲がもっと狭くて良いという積極的な意見があれば、採用したい。現状は誰も具体的な対案を出してないため、なるべく広めを取っている。

日野委員：基本的には難しいと回答をいただいたと思っている。例えば、橋本ほか（2024）で $V$ を過去の隆起速度に合わせて計算するのは合わない、つまり乖離しているという指摘に対して、その乖離をうまく丸めるような説明になっているかが不安で質問した。

平田委員長：それは非常に気にしている。しかし、合わないのは当たり前である。当たり前ではあるが、地震間に沈降するのは事実で、それは合理的に説明できる。しかし、沈降は単純に地震間の完全弾性体のプレートの沈み込むだけでは説明できない。色々な要素があり測地学的な沈降と地質学的な沈降、そもそも海面の変動がある。我々が正確に理解できない要素が多くあるため、それをベイズ統計で推定した。しかし、そのときの幅はベイズ

統計を用いても求められないため、何とか我々の知識で設定したい。しかし、それは分からないことが多いため、あまり狭く設定できない。反対がない程度に広くするのが、事務局提案である。

日野委員：つまり、モデル設定が悪いのではなくて、二つの合わない実測値があるのは、これは不確実性が大きいからであると説明するということか。

平田委員長：そうである。我々の持っている知識は、全てをモデル化できない程度しかないということ。

日野委員：納得してもらえるかは分からないが理解した。

西村委員：粘弾性緩和の影響で説明する場合、やはり今の測地から得られている沈降速度は基本的に前回の地震から 70～90 年のデータのため、どちらかといえば地震サイクルの例えば 150 年の地震サイクルの前半側にバイアスを持ったデータである。今後、例えば 50 年沈降が続いたとすると、もしかすると今の観測量よりは逆に大きい方にバイアスがかかったデータになるかもしれないことが、Li et al. (2020) には示されている。それが、どこまで大きいかは、正直あまり大きくない気もするが、今の観測データが全体の範囲の中で小さい方に偏っていること自体はそのような考え方でも説明できるのではないかと考えて先程の発言をした。

佐竹部会長：寺田委員に確認だが、参考資料 7-2、p. 2 の統計結果で、 $\mu_\beta$  を周辺尤度の最大化によってデータから決定すると 0.95 なので、これは隆起速度にすると 10mm/year 程度で、これは先程の最尤値よりも小さくなるのは、 $\beta$  の事前分布にひっばられているということか。

寺田委員：こちらはデータから事前分布の平均を決定するために見ている。全く隆起量の不確実性を考えない場合の最尤推定値が 0.8 程度なので、それよりは結構大きい値になる。

佐竹部会長：V にすると小さくなる。それが結果的には沈降速度は 5～10mm/year の中の端になっているのか。

事務局（上野寛）： $\mu_\beta = 0.95$  は V に換算すると 10.5mm/year 程度である。参考資料 7-1p. 17 の別紙の図で説明すると、隆起速度の左側の沈降速度の観測に近い値。それを宝永地震や安政地震のデータに当てはめたのが右の図である。10.5mm/year のため、図に 10mm/year とか 11.7mm/year の記述があるがその間のどこかで合わせている。データの方では最もこの周辺尤度の最大で求まった値になる。

事務局（太田）：日野委員からのご指摘で気がついたのだが、p. 16 で「この幅を±3 シグマとする」としたが、mean からの幅が  $3\sigma$  なので、幅ではなく、「半径を 3 シグマとする」が正しい表現である。 $\beta = 0.56 \sim 2$  であり、この幅を  $3\sigma$  ではなく、半径というか「片幅を  $3\sigma$  とする」。そうすると 99.7% がほぼこの幅の中に入るという範囲で設定している。

飯沼委員： $(2-0.56)/6$  で 0.24 がでてのことか。

事務局（太田）：そうである。

飯沼委員：そうすると、真ん中は 1.28 で V にすると 7.8mm/year になるという理解で良いか。

平田委員長：それを用いているわけではない。幅だけを用いて動かしている。幅と平均値が良く分かっているならば、正規分布としてそれを用いたかった。しかし、それはやり過ぎであ

る。我々のドメイン（専門領域）の知識では平均値は分からないが、この幅ぐらいは分かるとしてベイズ的に探索した。結果的に中庸のところに求まった。

事務局（太田）：真ん中が 11.5mm/year で、10.5 はそれより少し小さい方に寄るが、そこまで変わらない程度の値である。

平田委員長：それすら分からなければ、やはり良く分からないということである。その議論をなるべく正確にここで行った。

事務局（上野寛）：0.195 という数字は、参考資料 7-1、p. 15 で 18mm/year ではなく 12mm/year で計算した場合の値である。 $\gamma$ 、 $\beta$  が大きい小さい場合、どの程度この形（参考資料 7-2 p. 2）が変わるのかを比較のために計算していただいた。

事務局（太田）：（参考資料 7-1p. 15）傾斜角の 15 度を 10 度にして計算すると 12mm/year になり、それで計算すると 0.195 になる。

事務局（上野寛）： $3\sigma$  にしたことによって、あり得ないというところまでにしたいので、傾斜角 15 度で 18mm/year と最大値を設定した。

佐竹部会長：結果的にはあまり変わらない。

事務局（上野寛）：そうである。変わらない。

佐竹部会長：（参考資料 7-2 p. 4）最後の寺田委員の説明で、30 年確率であれば 20%~100%だが、もし $\sigma$ を小さくすることができれば、かなり狭くすることができる。しかし、それは難しい。

平田委員長：参考資料 7-2 の p. 4 のヒストグラムでは右端が一番大きくなっている衝撃的な結果である。

野村委員：30 年確率で右の 1.0 にヒストグラムにピークがあるのは $\beta$ というより $\gamma$ の問題で、不確実なパラメータの中で $\gamma$ が非常に小さい場合もありうるという考えでやっている。 $\gamma$ が小さい場合、本当に狭い範囲で、将来の狭い時期でしか地震が発生しないことになるため、30 年以内に 100%地震が発生する予測になるのではないか。自分が計算したわけではないので推測であるが、寺田委員から見てこの確率 1 になっている場合はやはり $\gamma$ が低くなっているケースではないか。

寺田委員：これに関しては $\gamma$ だけというわけではない。 $\beta$ も事後分布がたとえば 0.95 まわりにシャープになるといったことは、データが少ないので無いので、複合的な要因、たとえば $\beta$ が小さい値も事後分布的には取り得る値なのでそういった影響も入ってきていると思う。

佐竹部会長：30 年の場合だけこのようになるのは、10.5mm/year を用いる、いわゆる Time Predictable Model を用いると、これまでの発生間隔より長くなるのか。

寺田委員：参考資料 7-2 の p. 5 を見た方が分かりやすい。不確実性を考慮せずに、完全に最尤推定、つまり $\beta$ が 0.8 程度でさらに $\gamma$ の推定値も非常に小さい値を取ると、ピンク色の予測分布になる。20 年程度でもほぼ 100%近くなる。

佐竹部会長：20 年では右の先ほどのピークの位置に変わり、それを超えるからか。

寺田委員：そうである。20 年では 100%の位置にピークがあるわけではなく、徐々に確率は高くなっていくため、最後の事後分布的なもので、この条件付き確率の事後分布を考えると

右の方に山がシフトしていき、100%の方が高くなっていく形になる。それは非常に自然なもので、どんな状況であれ時間が経つにつれて、そのような形になっていく。その形が完全に左に裾を引いた形になるのが早いか遅いかは、データがどの辺に平均があるのかに関わってくる。

平田委員：これは後の話だが、最後に示していただいたヒストグラムを今は10年ごとにプロットしているが、クリティカルなところで1年ごとに分布を見せると、見る人は大変興味深い。

寺田委員：それは、既にデータとしては格納している。

平田委員：我々には非常に興味深い。

佐竹部会長：24～25年辺りから右側はもう今の30年と同じような形になるだろう。

寺田委員：p. 4で、20年と30年で分布の形状としてはかなり違う。

平田委員：20年でも一番右が高い。

寺田委員：20年では、0の方も少し上がっている。これは有界な区間を考えているので仕方がない。今、非常に分散が大きい事前分布を使っているため、データが少なくて事後分布はそこまでシャープにはならない。その影響で少し両端が上がってしまい、中心が左から右にずれるに従い端の上がり方が変化していく。そのため、10年確率を見ると、今度は0の方が高くなっている。

平田委員：1年ごとでなくても、20年と30年の間に25年の分布があれば十分で、むしろ30年の後、35年、40年を見せれば、もう間もなく地震が発生する雰囲気は伝わり大変良いと思う。今日の議論で私は理解が深まった。有益な議論であった。

佐竹部会長：できれば普通のBPTとも比較したいが、BPTをどうするのかは長期確率評価手法検討分科会（第二期）でまた議論しなければならないため、その試算をしていただくことになるかもしれない。よろしいか。事務局も良いか。

平田委員：3シグマでいいのか。反対はなかったと理解した。

事務局（上野寛）： $\pm 3\sigma$ で大きめの傾斜角15度のパターンで $\sigma_\beta=0.24$ 。

佐竹部会長：ここはいかがか、先程の18mm/yearの根拠は、傾斜角15度であるが、15度の強い根拠はない。

平田委員長：根拠はないので、少なくとも一番多いと思ってもその値だ。

佐竹部会長：12mm/yearで $\sigma_\beta=0.195$ で計算し12mm/yearでも結果は変わらなかった。上限はプレートの沈み込み速度で決めている為、上限を15度に設定した。15度になると18mm/yearになり幅は0.245だが、そこまでせず10度であれば、上限は12mm/yearで0.195になり、少し幅が狭くなる。それでも良いという方はいるか。

平田委員長：他の評価では $2\sigma$ を用いているため、そこは説明できる。

佐竹部会長： $\sigma_\beta$ の値を決めるに当たり、今は上限を18mm/yearにしている。つまり、 $3\sigma$ にするため、 $\sigma_\beta=0.24$ を用いたが、 $3\sigma$ を $2\sigma$ にして12mm/yearにすると、 $\sigma$ が大きくなって幅がもっと広がる。極端な話、30年で0～100%になる。

平田委員長：私は今の事務局提案で良い。

佐竹部会長：基本的にこういう形でよい。

(意見なし)

寺田委員：(1年ごとに) 変化させていったヒストグラムを画面共有する。「Time」と書いているのが今年の1月1日を0にして、100年を1単位として見たものである。

平田委員長：25年は0.25か。この辺りからどう見ても地震は発生する。

佐竹部会長：事務局的には30年よりもっと長い期間、50年とかも計算するのか。

事務局（上野寛）：50年はもうほぼ100%にしかない。

佐竹部会長：毎年 of 年次更新で計算する場合は、海溝型は10、30、50年であるため、50年も必要である。

-評価文の改訂作業について-

佐竹部会長：評価文の改訂イメージについて、事務局より説明いただく。

事務局（上野（貴））：（参考資料8に沿って説明）

佐竹部会長：これは南海トラフの評価の小改訂で第2版になる。第2版の改訂とは別に手法も別添として出す。2月の地震調査委員会で中間報告をしたときに松澤委員から意見があったことを紹介しておいた方が良いのではないかと。

事務局（上野寛）：松澤委員から地震調査委員会後にメールでいただいた意見が三つあった。安政南海地震と昭和南海地震の規模が、安政地震の方が大きいのかという話もあった。隆起量的には安政南海地震と昭和南海地震でそんなに変わらないが、規模がM8.4と8.0でかなり違う。この時点で時間予測モデルとして成り立つとした場合、規模などは大丈夫かという話もあった。

佐竹部会長：隆起量の分布が昭和南海地震の方が幅が狭い。安政南海地震と宝永南海地震は幅が広く、それを見ると、安政南海地震の方が昭和南海地震よりも小さい可能性が確率的には出てくる。それはいいのかということもあった。

事務局（上野寛）：その通りで、安政南海地震の方が裾野が広い誤差分布になっているため、昭和南海地震の方が規模が大きくなる形になるが、それはデータの確実さの誤差の範囲の幅として、それは仕方がないのだろうと考えている。昭和南海地震より確実に大きいとして切断分布のような形を考えても良いが、そこまで考えるほどではないと考えている。もう一つは、そもそも昭和南海地震はM8.0で安政南海地震のM8.4と比べると一回り小さい地震ではないか。2005年宮城県沖地震は一回り小さい地震として、固有地震ではないと評価したこともあり、昭和南海地震はそもそも固有地震の規模の地震ではなかったとするアイデアもあるのではないかと話があった。

佐竹部会長：Time Predictable Modelであれば、大きさは考慮できるわけか。

事務局（上野寛）：それは関係なくはなるが、割れ残っている考え方である。安政南海地震がM8.4で昭和南海地震がM8.0なので、昭和南海地震はそもそも中途半端で、まだ割れ残りがあるのではないかとこの考え方もある。もう一つは室津港の隆起量データだけではなく、第一版のときに用いた他のデータで、すべり量依存BPTモデルで試すべきではないかという意見があった。すべり量依存BPTでは $\beta$ や $\gamma$ の事前分布が必要になってくる。今回は隆起量に反対する沈降量で、事前分布がかるうじて得られたわけだが、断層面積やすべり量

の事前分布を得ることが難しいため、この提案は難しいと考えている。

平田委員長：そういったことは、ぜひ研究をしていただきたいため、報告書に研究を促すことを書けば良い。寺田委員には実は新しい研究をして新知見を出していただいたが、(地震調査委員会下の会議は)我々の持っている色々な人の研究の知見を整理する場である。その辺りは今後の課題などに様々な意見があり問題点を整理して、それを研究していただきたいときちんと記載する。ただし固有地震モデルはあまり成り立たないと前回も述べている。それはもうスコープを超えている。皆さんが考えていることを記載しておけばいいと思う。

事務局(上野寛)：それに関係するが、今回は報告書の一部改訂だが、今回はすべり量依存 BPT モデルで確率だけ議論したため、その部分しか変更しない予定でいるが、第 2 版が出てからすでに 10 年程度経つため、今後に向けての章に第 3 版に向けて検討した方が良いことに対する知見があれば情報をお寄せいただければ、今後に向けての章にもう少し色々な追記ができるのではないかと考えている。よろしくお願いします。

佐竹部会長：よろしいか。

(意見なし)

事務局(上野)：今回ある程度、考え方としてはフィックスしたと考えている。また BPT で 95% 信頼区間と比べたいなどの意見があったが、比べても大枠の方針は変わらないため、次回は長期評価部会、海溝型分科会(第二期)との合同会かもしれないが、報告書の確認と BPT95%信頼区間との比較を議論できれば良いと考えている。それと同時に地震調査委員会では、審議状況として前回、簡単に中間報告をしたが、今後、詳しい形で地震調査委員会に上げていきたい。一方、まだどのように審議してもらうかの方針は決まっていないが、両論併記や確率に幅が出ることにに関して、どのように広報していくかの観点で広報検討部会でもこの課題を挙げていきたいと考えている。

佐竹部会長：今後の方針についても説明があった。まだ細かい点はある、最終的にはまだだが方針としては定まってきた。何か皆さんから意見はあるか。

(意見なし)

佐竹部会長：それでは海溝型地震の長期評価についても以上とする。

以 上