

# 地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会 第2回長期確率評価手法検討分科会（第二期） 議事概要

1. 日 時 令和6年9月26日（木） 13時30分～15時40分
2. 場 所 研究開発局会議室1及びウェブ会議のハイブリッド形式による開催
3. 議 題 (1) 長期確率評価手法について  
(2) その他
4. 配付資料  
(本資料)  
長手II2-(1) 第1回長期確率評価手法検討分科会（第二期）議事要旨（案）  
長手II2-(2) 不確実性を考慮した評価方法（寺田委員資料）  
  
(参考資料)  
参考資料1-1 [choushu2] メーリングリストにおける議論
5. 出席者  
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  
地震津波防災研究部門副部門長  
寺田 吉壱 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  
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  
宮澤 理稔 国立大学法人京都大学防災研究所教授  
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  
岡 岳宏 気象庁地震火山部管理課地震調査連絡係長  
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  
吉本・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）

## 6. 議事

佐竹主査：（開会）第2回長期確率評価手法検討分科会（第二期）を開催する。まず、事務局から連絡事項などをお願いする。  
事務局（上野（寛））：【出席者確認】対面出席は、佐竹主査、寺田委員、林委員。本日は、西村委員が欠席である。平田地震調査委員会委員長も参加している。

事務局（吉本）：[配付資料の確認]

事務局（上野（寛））：[第1回長期確率評価手法検討分科会（第二期）議事要旨（案）の確認]

会議終了までに修正がなければ確定したい。

→本会議終了までに修正の意見はなく、案のとおり承認された。

### 議題1 長期確率評価手法について

佐竹主査：不確実性を考慮した評価方法～考えられる幾つかの評価方法と時間予測 BPT モデル～について、寺田委員に説明頂き、議論したい。

寺田委員：（長手Ⅱ2-(2)に基づき説明）

佐竹主査：丁寧にご説明いただいた。質問等ある方はご発言いただきたい。

平田委員長： $\gamma$ の定義式を見せていただきたい。

寺田委員：（長手Ⅱ2-(2)、16 ページで）今、隆起量と闘地が比例関係にあるとして、隆起量  $(u)$  が閾値  $(\tau)$   $\times$  比例係数  $(a)$  となっている。このときに  $\gamma$  は、背後にある確率過程がブラウン運動に起因する係数  $(\sigma)$  と、比例係数  $(a)$  を掛けたものになる。

平田委員長： $\gamma$  が小さすぎる原因是、ブラウン運動が殆どないということなのか。

寺田委員：その通りである。

佐竹主査：定性的には  $\alpha$  と同じような（定義か）。

寺田委員：そうである。隆起量と関係した値が  $\alpha^2$  になっている。

平田委員長： $\alpha$  に比例するが、隆起量にも依存する。つまり隆起量が非常に大きい場合には、駄目になるということか。ブラウン運動がほとんど効かずにリニアにローディングする方が、大きい場合にはうまくいかない。

寺田委員：その通りである。その（隆起量が非常に大きい）場合には、ノイズが殆どないため、期待値どおりに地震が発生するモデルになってくる。

平田委員長：意味について、理解した。

宮澤委員：（15 ページの）確率過程の  $\eta$  はいわゆるドリフト係数であり、隆起速度に対応している。 $\gamma$  の話は拡散係数に関連するという理解で宜しいか。

寺田委員：そうである。

宮澤委員： $\gamma$  が小さい場合に不安定になるのは理解できる。 $\gamma$  の設計が非常に重要になってくる。 $\gamma$  の値を逆に大きく取りすぎると、別の問題が生じるのか。

寺田委員： $\gamma$  の値を大きく取りすぎると、予測分布のばらつきが大きくなるため、意味のある予測がしづらくなってくる。つまり、予測分布の裾が広くなってしまい、大きい  $\gamma$  を設定すると、平坦になっていく。

宮澤委員：設定された  $\gamma$  はどのような基準で値を与えたのか。

寺田委員：今回はかなり広めに  $\gamma$  を設定した。これまでに使っていた  $\alpha$  の値が 0.3 までの値であり、それに合わせて  $\gamma$  も上限を 0.3 にして、下限は安定的に推定するために、あまり小さすぎないところで止めている。最尤推定量ともあまり外れない値に抑え、安定して推定可能な、できるだけ小さい値を選んでいる。

宮澤委員：承知した。

佐竹主査：尾形先生の不確実性を考慮しない解析での最尤推定量が 0.06 になるのか。これよりは大きく、 $\alpha$  と  $\gamma$  は異なるが 0.3 を上限として設定したということか。

寺田委員：その通りである。

平田委員長： $\alpha$  と  $\gamma$  の話に戻ってしまうが、今まで用いていた、 $\alpha = 0.24$  は、発生間隔のばらつきから決めていた。先程の説明によると、 $\gamma$  は発生間隔のばらつきと隆起量とに関係している。隆起量をこの程度（26 ページの値）であるとすると、 $\alpha$  に換算するといつぐらいになるのか。

寺田委員：今回の  $U_3 = 1.15$  を代入すると、この（28 ページの右図で）赤い丸が 0.04 ぐらいの値に対応している。

平田委員長：その値は大分小さい。時間予測モデルがよく成り立っているところのデータで計算するため、変動係数が小さくなることを意味している。それは良いことなのか。

佐竹主査：不確実性考慮なしを採用すると、31 ページで 30 年確率が 100 % 近くになる。

平田委員長：それはそうである。時間予測モデルがぴったり成り立つと言っているので、当たり前である。やはり不確実性を入れないと駄目である。不確実性、つまり変動量が大きい場合には殆どブラウン運動に近くなるが、ポアソン過程に収束することはないのか。確率密度関数は指數関数にはならないのか。

野村委員：BPT 分布に関して指數分布と一致するようなケースはないという認識である。BPT 分布で変動係数  $\alpha$  を指數分布と同じ 1 にすることはできるが、それでも指數分布と同じ形にはならない。

平田委員長：Exponential の上が 2 乗になっているため、絶対に（ならない）。

野村委員：32 ページで、不確実性を考慮して隆起量の 1 万個の乱数から 1 万個のパラメータの推定値を得たということが、ここで得られた  $\gamma$  はどの程度の範囲に分布されているか。

寺田委員：今、分からぬいため、すぐには回答できない。多少時間をいただければこの場で確認したい。

平田委員長：野村委員の質問の意図はどこにあるのか。大きいのか小さいのかということか。

野村委員：おそらく非常に小さい値から大きい値まで、ある程度分布していると思うが、事前分布を与えると考えたときに、 $\gamma$  をどのくらいの範囲に設定し得るかに対して一つの指標になり得ると考えた次第である。21 ページの手法は、私の認識では、千島海溝沿いの地震活動の長期評価の方式に近いものと考えている。千島海溝沿いで採用した手法に倣った方法になるのではないかと考えている。

寺田委員：今確認したが、（ $\gamma$  の範囲は）かなり小さい。0 に近い値から 0.27～0.28 ぐらいまでを取っている。ヒストグラムを確認したが、やはり小さい方に偏った分布となっている。

野村委員：了解した。 $\gamma$  の事前分布の 0.3 近くまで分布しているイメージと理解した。

佐竹主査：野村委員の指摘した千島海溝沿いの評価では、変数は隆起量ではなく発生時なのだが、基本的に分布を決めてその中で乱数を発生させて  $\alpha$  を推定している。考え方としては近い。

平田委員長：相模トラフ沿いの方も（変数は）発生時で同じ評価手法である。

佐竹主査：相模トラフ沿いも千島海溝沿いと同様である。地震時の隆起量を用いた予測は南

海トラフ沿いだけである。

平田委員長：他の地域における評価では地質などのデータを使っており、発生時刻が不確実であるために、ばらつかせている。今の（寺田委員の）説明だと、これまでの予測で使った $\alpha$ に対応する値が隆起量のデータから設定されると、ずっと小さくなることについて、野村委員は良いと考えるか、それとも、今までと全く異なる考えになっているのか。

野村委員：南海トラフ沿いで時間予測モデルベースでばらつきを推定すると小さくなることは私も認識している。その小さい値を適用することが良いのかどうかは、実質的に始めと終わりが分かっている発生間隔が2つしかないことを考えると、次のイベントまでの発生間隔のばらつきはもっと大きくなる可能性は十分にある。最尤推定量をそのまま用いることは、やはり平均周りに集中し過ぎるのではないかと考えている。

佐竹主査：37ページで、 $\gamma$ は0.08、最尤推定量に近い値から0.3で一様分布と仮定しているが、これはある程度、妥当ということか。

野村委員：一定の説明はつくと思うが妥当かと言われると難しい。小さい値で（事後分布が）問題になることは間違いないが、大きい値がどこまで考えられるかである。0.3は一つの考え方にはなると思うが、前回、私が説明したベイズ推定のケースでは1.0まで考えている。より無情報な分布として考えるのであれば、よい大きい値まで考えることも勿論ある。上限を大きくする程、ポアソン過程により近い振る舞いとなる。今のベイズ推定の信頼区間で最大100%となっているが、もう少し大きい $\gamma$ まで考えれば、100%という極端な予測は出づらくなると考えている。

平田委員長：寺田委員、この上限をもっと大きくすることに合理性はあるのか。

寺田委員：確率の方であるか。

平田委員長： $U_2$ ではなく次のページの $\gamma$ の方である。

佐竹主査： $\gamma$ の上限をもっと大きくするとどうなるか。今、野村委員の説明したようになるのか、どのような感じで幅が広がって（しまうのか）。

寺田委員：信用区間の幅は広がることになる。広がるが赤い平均も青い線に近づいていく。非常に大きい値を取り入れるとすれば、その傾向が更に大きくなる。いくつかは試しているが例えば1.0にしてみると（寺田委員の手持ちPC画面での確認）、仮に適当に入れた設定である。ここ（ $\gamma$ の上限の設定）は、議論が必要だと思う。

平田委員長： $\gamma$ と $\alpha$ の関係の式をもう一度見せて欲しい。

寺田委員：これが $\alpha$ の2乗に対応している。

平田委員長： $\gamma$ は $\beta$ と $u$ に関係している。 $u$ はデータがあるためにあまり変えられない。 $\beta$ も変えることはできない。この全体は0.24の2乗程度になるまでは $\gamma$ を大きくすると、およそ結果は同じになる筈である。そして、野村委員の考えていた $\alpha$ はどこから出てきたかというと、時刻歴の二つだけではなく、もっと多く使って出てきた値になるのか。

野村委員：どちらでの $\alpha$ についての話か。

平田委員長：どのようにしてBPTの $\alpha$ を決めたかについてである。宝永-安政-昭和だけで $\alpha$ を最尤法的に決めた場合には、値は小さくなる。それでも0.24程度になるのか。

野村委員：前回の南海トラフ沿いの地震活動の長期評価の資料ではいくつかのケースに対し

て最尤法で  $\alpha$  を求め、0.2 が最も  $\alpha$  が小さい値として、採用されている。0.2 に加え、これまでに内陸活断層などで使われている 0.24 も加えて、0.2 と 0.24 の両方で確率が評価されたと認識している。

佐竹主査：南海トラフ沿いの地震活動の長期評価（第二版）の確率計算に使用する地震の組合せにおいてケース 3 は 6 地震、ケース 5 が（宝永、安政、昭和の）3 地震だけを用いた場合である。ケース 5 から最尤法により推定される  $\alpha$  は 0.34 と大きい値である。

野村委員：大きい値は寺田委員の方法が平均活動間隔が隆起量に比例する形で、そこからのばらつきを求めるため小さくなる。こちら（野村委員の手法）では隆起量は関係なく、活動間隔だけを見てばらつきを求めるという相違がある。

佐竹主査：今、寺田委員が  $\gamma$  の上限を 1 にした結果を（見せている）

寺田委員：（寺田委員の手持ち PC 画面を共有）実線が事後予測分布の累積分布関数であり、点線が事後分布によるばらつきを書いている。一番大きい幅の点線が今の（映る画面の）ページで、かなり幅が広がっている。

平田委員長：しかしながら高い方の確率は 100% にはならない。これは、30 年というのは 0.3 か。

寺田委員：横軸の 1.0 が 30 年を示す。

平田委員長：そうなると確率は非常に高く、90% 程度になる。

寺田委員：そうである。30 年予測の場合、おそらくほぼ 100% からかなり低い 40% までになる。

平田委員長：実際にそうなのかもしれない。しかしながら、最尤値というか、最も高くなる確率値が算出される。変動係数を大きくすれば幅が大きくなるのは常識のことと一致する。その変動係数をどこまで大きくするかというの検討する必要がある。

寺田委員：その通りである。

佐竹主査：これは BPT の  $\alpha$  の話と繋がってくる。

平田委員長：結局は  $\alpha$  の話になってくる。

野村委員：私から 1.0 と言ったが、 $\alpha$  は私なりの一定のロジックで 0～1 までと設定した。 $\gamma$  は直接変動係数を表す訳ではなく、隆起量で倍されて変わってくる。1 までにするという根拠はなかなかつけづらい。

平田委員長：宮澤委員。何か意見はないか。

宮澤委員：グラフを見ていて、予測自体は切断逆ガウス分布を用いており、今まで地震が起きていないというところでは合理性があると思う。ただし、しばらく想定する地震が起きて、その時点で同じようなグラフを書くと、急激な立ち上がりになってしまふことになる。このようなグラフを仮に 20 年、30 年後に書いた場合、それまでの間に地震が起きたとするとかなり急激な立ち上がりになると思うが、その分布自体が合理的かどうかは判断しにくい。この点について、何か考えはあるか。

寺田委員：今、（計算して）仮にそのグラフを表示する。

宮澤委員：作業されている間に、そういった急激な立ち上がりがある場合に、30 年確率は相当高くなるが、5 年や 10 年の短い期間に対する確率は逆に小さく見積もられてしまわな

いのかという点に対してもコメントがあればいただきたい。

寺田委員：もう一度お願ひしたい。

宮澤委員：（作業されているため）後程確認したい。

佐竹主査：逆ガウス分布は、普通の BPT でもこれまで起きてないという条件を入れた場合、時間が経過した場合はどうなるのか。野村委員は何か経験あるか。

野村委員：最新活動からの経過時間の情報も、まだ次に起こるまでの経過期間に殆ど達していない場合は、殆ど情報としてないが、平均程度に至るか、あるいは超えるかという期間になるとより平均間隔をのばして、ばらつきにも多少関係してくる。

佐竹主査：しかし、逆ガウスというなら、他の予測も全て BPT で計算しなければならなくなるのではないか。野村委員が指摘したように、経過期間に達しないと大きな影響はないが、いわゆる満期になっている地震に対しては（大きく）変わる可能性がある。

平田委員長：トランケートというのは BPT を単にトランケートしたのではないか。つまり、始まりの位置の立ち上がりが大きくなっていないのではないか。単に確率密度関数のマイナスの部分を 0 にしただけであり、0 からピークに向かって急激に上がるような関数ではないと思ったが、違うのか。

寺田委員：30 年後まで地震が発生していない情報によって、どのような推計結果になるのか、すぐに分からない。今、計算をやり直している。

平田委員長：寺田委員に質問だが、切断逆ガウスというのは普通の逆ガウスのマイナスの部分を単に 0 にしただけの分布という理解で良いか。

寺田委員：そうである。正規化定数を少し変える。積分して 1 になるよう調整しただけである。そのため、それ程変な推定にはならない。（PC 画面の計算結果を見せて） $\gamma = 1.0$  のままであるが。

宮澤委員：（寺田委員の PC 画面を見て）やはり、立ち上がりは一番上のピンクの形になる。

寺田委員：ピンクは最尤推定のものである。最尤推定の方は、 $\gamma$  の推定値がそもそも非常に小さいので、このように（画面のピンク線に）なる。ベイズ推定にすると、そこまで小さい値にはならない。この辺りはもう 1 度、時間のあるときに落ち着いてまとめたい。

宮澤委員：このような形になるのではないかと思っていたが、確認できて良かった。もう一つ、先程質問したのは、この図面ではなく資料で示された図面で、切断逆ガウス分布を使うと 30 年確率は高くなるが、逆に 5 年、10 年確率というのは確率としては非常に低く見えてしまう。過去に推定した時と異なる確率値になることは原理的に分かるが、しっくりとこない。私の考えが間違っているのか、こういった求め方だと当然出てくるものなのか、コメントをお願いしたい。

寺田委員：宮澤委員の述べられた直感に合うものを考えるという観点でいくと、条件付きの切断逆ガウスを使わずに、そのまま逆ガウスで事後予測分布を出すと、確率が 0 からスタートしないため、直感的なものに近くなると考えている。現在以降からしか地震が発生しないことを考えるため、どうしても立ち上がりが小さく推定されることはご指摘の通りである。

宮澤委員：今回は切断逆ガウスを提案しており、それ自体は非常に合理的な仮定である。も

ちろん今まで発生していないことも、合理的な仮定であると思ったが、随分と結果の見え方が変わってしまう。この点に関して、時点更新でこうなるといった説明で良いのかもしれないが、最終的に今、パソコンのモニター（で示すグラフ）のような分布になった時に、その分布をどのように理解すれば良いのか。数日とは言わないが短い時間の単位で確率値が非常に大きくなる点は、何か誤解を与えるかねないのではないか危惧したところである。

佐竹主査：そもそも累積分布を出す場合に、今が0というのが良いのか。

寺田委員：条件付きとするかどうかの違いだけである。今まで発生していないことを条件付けると、今、この瞬間での発生確率は0になるが、そこが確かに伝わりづらい。条件付きで考えずに、このような累積分布を出すことはできる。もしかしたらそちらの方が受け入れられやすいかもしれません、議論の余地がある。

宮澤委員：今、導入されている手法を普通の逆ガウス分布にして求めることもそれ程難しいことではないのか。

寺田委員：この資料には（図などを）入れていないが、それは計算している。

宮澤委員：了解した。簡単にできるというのであれば、また結果の方を見せていただきたい。確率値を見てどちらを採用するという話ではなく、どういうものか確認したい。

林委員：全く異なる質問だが、ある程度隆起量の不確実性が大きくなってくると、隆起量と次の地震までの発生間隔に関係があるとする仮定がどこかの段階で破綻する。つまりその仮定をせず、隆起量は関係ないと考えた方が活動の観測値に合うという場合もありえる。そこを検定する方法は何かありますか。つまり、時間予測モデルが適用できる程度のばらつきなのか、適用できないようなばらつきのデータしか得られていないのか判断できると良い。

寺田委員：いずれにしても、データがそもそも少なすぎるため、そこまで踏み込んだ解析が（できないのではないか）。データが多ければ、モデルとデータの乖離などが議論できると思うが、現状では難しいそうな印象である。データが少ないため、推定にも不確実性を入れると安定化しない。今、観測されているデータだけからこれまでのことを言うのは少し難しい。実は、不確実性を考慮した場合の周辺尤度が評価できないという問題がある。周辺尤度が高くなってしまう問題があるため、妥当な比較にならない。不確実性を考えない場合にはどちらが当てはまるか、どのようなモデルが良いのか等について、周辺尤度を見て安定的に判断できる。

野村委員：私は、前回の会合（第1回長期確率評価手法検討分科会（第二期））でロジックツリーという方法も考えられるとの話をした。隆起量に一様に不確実性を発生させるのではなく、ケースとしてこのケースとこのケースが考えられる。それぞれに対する確率にどの程度の重みを与えるとした上でそれぞれのケースで、 $\gamma$ を推定して適用する考え方もある。（考え方の）ベースが変わるために、やり方が変わってしまうかもしれない。

佐竹主査：例えば、36ページ目で、 $U_1$ も $U_2$ も隆起量の不確実性に一様分布を仮定している。今、長期評価部会の方で検討しているが、 $U_1 \sim U_{\text{unif}}(1.4, 2.4)$ は良いかも知れないが、 $U_2$ は一様分布というより、1.0と1.4のバイモーダルのような形になる可能性がある。

林委員：ロジックツリーと不確実性を考慮したものという組み合わせで考えた方が良いのか

もしれないということか。

佐竹主査：ロジックツリーというのは、例えば、一様分布ではなくて二つの正規分布があり、それに重みをつけるみたいなイメージで良いか、野村委員。

野村委員：もっと具体的に過去論文で提案された隆起量 1.4m、2.4m、元の（前回の評価で使った）1.8m をそれぞれエキスパートの判断で 1.8m が 50% 程度あり得る、1.4m が 20% 程度あり得るといった考え方で、離散的にいくつかの候補値に確率の重み付けをして計算する形である。

平田委員長：離散的に計算して事後確率分布などが例えば二つ、三つできたとして、それをどうするのか、足し合うのか、掛けるのか。

野村委員：ロジックツリーでは、最終的にはそれぞれのケースで求めた確率予測を、重みづけした確率でかけて加重平均する形である。まず、事後分布自体も作らない形になる。勿論、 $\gamma$ について分布を用意することはできる。

佐竹主査：隆起量の不確実性については、長期評価部会で議論している。次は合同会にするのか。

事務局（上野（寛））：（長期評価部会・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）合同会にして、ロジックツリーの考え方の方が良いのかどうかを議論したい。

佐竹主査：不確実性については、一定の評価、何らかの案が出せると思うため、どのような状況かを共有できる。隆起量はそこ（合同会）でデータを見ての議論になるかもしれない。 $\gamma$  は  $\alpha$  の問題と同じであり非常に重要だというのが、長手 II 2-(2) の寺田委員の結論もある。

平田委員長：元に戻るが、36 ページで  $U_2$  は、1.0～1.4 の間の一様分布ではなく、離散的に、例えば 1.0 と 1.4 という情報をこのベイズ推定の枠組みに組み込むことはできるのか。

寺田委員：現実的には可能だが、使用しているソフトウェアが簡単に対応できるか試したことではない。おそらくは大丈夫である。

平田委員長：そのやり方だと、1.0 と 1.4 の正規分布を足したようなバイモーダルな分布で、それぞれの幅を狭くして、ピークが二つある分布を与える。それと、ロジックツリーでは結果が異なるのか。

野村委員：正規分布でばらつかせるやり方で、ばらつきが小さい限りは、ロジックツリーも最終的に確率の荷重平均をするため、予測は大きくは変わらないのではないか。ロジックツリーの場合には 95%（信頼区間）のような幅での評価は難しくなる。

平田委員長：地震調査委員会は伝統的に確率を何%～何% の幅で評価している。それは、（資料にある）信頼区間ではない。少なくとも今は最高密度区間（を取り入れること）は、良いと考える。

汐見委員：最高密度区間を用いており、R のパッケージを使ったという説明だったが、計算としては 11 ページの記載のような、ヒストグラムを描いたときに密度の高い方から 95% を取るという理解で良いか。

寺田委員：その通りである。

汐見委員：了解した。

平田委員長：今のヒストグラムで、これは確率密度関数が得られて、この面積 95% になる区間を最高密度区間と呼ぶのか。

寺田委員：そうである。厳密な定義は最も区間が狭くなるような密度区間である。この（計算）パッケージでは、区間が分割することはないのだが、非常に厳密に求める最高密度区間は、もしも二つの山がある場合は、密度の高い区間を取るため、分かれた二つの区間で、被覆確率 95% の区間を持ってくる。このパッケージの関数は单一区間という縛りのもとで計算をしている。

平田委員長：最高密度区間は統計学では良く使われる概念なのか。

寺田委員：そうである。特に、分布関数のばらつきを見ると、これも実際にベイズ推定した場合の 10 年後の条件付き確率のばらつきであるが、裾を引いたような分布になっている。30 年後とかで考えると、完全に山が残っていることになる。対称な分布ではなくなってしまう。そのような場合には、最高密度区間を取ることがある。通常の 95% 信頼区間の場合も両側の 2.5% を考えるのではなく、1% と 4% のように非対称に取る場合がある。例えば、双子地震の評価の論文では、計算の簡便性のため、両側の 2.5% を考え Clopper-Pearson の信頼区間を用いているが、区間が狭くなるような 95% 信頼区間を計算することもある。ただし、計算が大変であるため、そういう場合にも使っていないことが多い。

平田委員長：ロジックツリーで大きく異なる仮定があると、バイモーダルになる可能性があるが、今の場合はないと思う。最高密度区間は良いと思うが、宮澤委員はどのように考えるか。

宮澤委員：区間を狭められることに関して良いと思った。平田委員長が発言したことに関連するが、地震調査委員会は確率値を幅付きで公表するときに、その幅の意味については今まで説明していなかった。特に、今回の南海トラフに関しては、どのようになるかは分からぬが、このような情報も一緒に出すと良い。本来であれば分布を示すことが、確率について理解している人には良い。そうでなければ、数字だけが独り歩きする。本当に、分布を一緒に出すのが良いのかは別にしても、このような情報が確率の幅にどのように効いているのか、あるいはどのような意味で幅を取っているかといった説明に使えると良いのではないか。少し異なる観点からのコメントだが、考えを述べた。

佐竹主査：これまででも、南海トラフ地震の評価でも 70～80% と書いている。その幅が変わることには、しっかりととした説明が必要である。どういった幅であるのかについて、説明する必要がある。

平田委員長：確率の幅は非常に分かり難い。もっと直接的に、例えば、何年後に起きるという頻度分布が本当は重要である。確率密度関数のような情報で良いのではないか。何年における確率という最尤値とその分布（幅）があれば。

佐竹主査：それは、最後の 37 ページの右側の図で、例えば、（横軸）0.3 を見たら一番上から下のところに右側で、実際のところが一番高くなるという意味であるか。

平田委員長：その通りである。

寺田委員：これは完全な平均のため、一番高いところであれば、また別になる。

平田委員長：37 ページの左側の図も密度関数である。普通に考えれば、あと何年後に発生する可能性が何%であるというヒストグラムがあり、95%の範囲内で発生するのが、何年から何年の間と示すのが本当は分かり易い。

寺田委員：(手持ち PC 画面を示し) これが、20 年後までに起こる確率の事後分布によるばらつきを表したヒストグラムである。横軸が確率である。確率の分布は分かりづらいが。

平田委員長：地震調査委員会はこの考え方で、何%から何%と言っていた。

佐竹主査：しかし、この（分布の）どこからどこを取るかは、はっきりしていない。

平田委員長：95%信頼区間などにすれば良い。

野村委員：平田委員長の先程のご意見は何年後に起こるかに関する予測で良いか。

平田委員長：今までの地震調査委員会では、これ（確率の分布）が頭の中にあって評価しているが、普通の考え方で言うと、何年後に発生する可能性が何%として、ヒストグラムのようになっている。普通の人には、例えば、何年から何年の間に 95% の確率で地震が発生すると言った方が理解しやすい。

野村委員：そうであれば、先程まで共有されていたスライド（37 ページ）の左側の確率密度関数そのもので、最高密度区間は求められる。

佐竹主査：特定のところを見る場合には確かに左側の方が良いが、地震動予測地図を作るときには、地域同士を比較する。右側のグラフの 0.3 などで切った確率値で比較しなければ、地域同士の相互比較ができない。

平田委員長：全く違う議論をした。今の議論は忘れて結構である。

佐竹主査：最後（38 ページ）に寺田委員が纏めた問題点、一つは  $\gamma$  をどうするかが課題である。ここ（37 ページ）で示したのはモンテカルロで計算したときの幅である。これが根拠ではあるが、上限をどうするか。下限はある。今日、様々な意見が出たが、 $\gamma$  の上限の設定が課題である。隆起量（u）については、海溝型分科会（第二期）と長期評価部会の方から、ユニフォームの方が良いのか、正規分布、あるいはロジックツリーが良いのかに関しては検討する。そこは少し議論の材料が出せると思う。

事務局（上野（寛））：事務局の当初の想定では、本日、審議して、10 月 11 日の長期評価部会・海溝型分科会（第二期）との合同会において、まず寺田委員から本分科会で考えた手法として説明を行い、モデルを考える上での留意点などの議論も受けた上で、長期評価部会・海溝型分科会（第二期）でデータの質、いわゆる一様分布なのか正規分布なのかも含めて議論する。合同会において、どのようなデータでどのようになりそうかを見て、さらにフィードバックとして本分科会で、現在、長期評価部会と海溝型分科会（第二期）で議論しているデータでは、例えばロジックツリーの方が良いのではないかという形で審議を進めるのが良いと思っていたが、いかがか。

佐竹主査：ロジックツリーになるかどうかは分からず、そうなればという話である。次回は合同会である。今日のベイズ推定、時間予測モデルと BPT による推定と、色々なモデルについて説明していただいたが、36 ページ、37 ページの形でまとめられる。ただし、 $U_2$  の不確実性は正規分布、一様分布を用いて推定するが、何が良いか（を選ぶに）はインプットが必要である。 $\gamma$  については、まだどうするかについては議論が必要である。 $U_2$  の不確実

性の分布と、 $\gamma$ はどうするかの議論があるが、こういう形を使ってそれらが分かればこういう形で求められることを示す。少なくとも  $U_2$  については、(離散型で) インプットして、それが必要なのかどうなのかも含めて、再度ここで議論するというイメージ良いか。

平田委員長：最後の 36 ページと 37 ページは、不確実性を考慮した場合としない場合だが、ミスプリがある。

寺田委員：37 ページの方は考慮していない場合を参考までに示した。

平田委員長：これは、あくまで参考で、基本的には不確実を考慮するというのが 36 ページ。

これがある意味、結論で良いと思う。この時に  $\gamma$  が小さい場合に不安定になるのはその通りだが、 $\gamma$  が小さいことは時間予測モデルが決定論的に成り立つことに近い。合理的に  $\gamma$  の下限は、決められると思う。あまりそれを強調しない方が良い。むしろ  $\gamma$  が大きい方が問題である。普通の  $\alpha$  に比べると今議論している  $\alpha$  は小さい。時間予測モデルを用いると  $\alpha$  が小さくなるのは、尾形先生の論文にも書いてある通りで理解できる。これを野村委員の意見も参考にしてどの程度まで大きくするのか。小さい方は気にしなくて良いと思うが、どうだろうか。

佐竹主査：最尤推定値が 0.06 であったか、その辺が下限と思ったが、野村委員、いかがか。

野村委員：現実的にそれよりも更に小さい  $\gamma$  は考えづらいため、下限として適切と考える。

平田委員長：計算上は  $\gamma$  が大きい場合には不安定にならず、幅が広がるだけである。幅が広がることを世間は許さないかもしれないが、数学的には妥当であると思われる。

佐竹主査：幅だけではなくて、平均も変わるものではないか。

寺田委員：そうである。

平田委員長：非対称のために幅が広がる。

野村委員：上限を明確に決めずに尾形先生のように指数分布とする方法も考えられる。

平田委員長：賛成する。

寺田委員：了解した。下限を与えた切断指数分布にすれば安定して推定することができ、試したい。ただし、その際にも指数分布のチューニングパラメーターをどうするかといった問題がある。

平田委員長：それは、今までの 0.2、0.4 等を（使ってみる）。

寺田委員：理解した。それが期待値になるようにする。

佐竹主査：今日の議論を整理して、次回の合同会で簡単に今日の資料の最後のまとめだけで良いので説明して欲しい。先程の議論のように問題点もあるが、 $u$  について議論をして方向性を示す方針で良いか。

事務局（上野（寛））：野村委員と寺田委員と打ち合わせをして、次回の合同会の資料に活かしたい。

## 議題 2 その他

佐竹主査：次回 10 月 11 日（金）は本来は長期評価部会と海溝型分科会（第二期）と合同であったが、長期確率評価手法検討分科会（第二期）も合同で実施する。この分科会の委員も参加するが、長期評価部会や海溝型分科会（第二期）の委員も務めている方もいるため、

実質的には寺田委員、野村委員、林委員が加わるだけである。他に委員の方で何か最後に意見はあるか。よろしいか。次回もハイブリッドで、10月11日（金）10時～12時である。

平田委員長：最先端の統計学を使っているため、事務局も良く勉強し理解して欲しい。

佐竹主査：今日の資料はかなり整理されている。順番に見ていくと理解できる。他に意見はないか。

（意見なし）

佐竹主査：それでは以上で第2回長期確率評価手法検討分科会（第二期）を閉会する。

以上