

報告書「長期的な地震発生確率の
評価手法について」に対する意見募集の結果
及び寄せられた意見に対する
長期評価部会の考え方について

平成13年6月1日

地震調査研究推進本部 地震調査委員会
長期評価部会

報告書「長期的な地震発生確率の評価手法について」
に対する意見募集の結果
及び寄せられた意見に対する長期評価部会の考え方について

地震調査委員会長期評価部会は、報告書「長期的な地震発生確率の評価手法について」を公開し、平成13年3月16日から26日までの間、意見募集を行った。その結果、地震及び関連分野の研究者・技術者10名、一般住民及びその他の方1名の計11名から22件の意見が寄せられた。当部会では、それらを基に同報告書を再検討し、一部字句の修正を行い、地震調査委員会へ報告した。

公表した長期評価部会報告書に対して寄せられた意見、これらの意見に対する地震調査委員会長期評価部会の考え方、意見に基づいて検討した事項、地震調査委員会への報告内容等を以下に示す。

目次

- 1．寄せられた意見の概略及びそれに対する長期評価部会の考え方・・・・・・・・・・ 2
- 2．意見に基づいて長期評価部会が検討した事項・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
- 3．「長期的な地震発生確率の評価手法について」の公開と意見募集について・ 12
- 4．試案に寄せられた意見の全文・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
- 5．報告書「長期的な地震発生確率の評価手法について」・・・・・・・・・・・・ 19

付録 長期的な地震発生確率についての解説（地震調査委員会事務局作成）

1. 寄せられた意見の概略及びそれに対する長期評価部会の考え方

寄せられた意見の全文は第4節に掲載した。意見は大きく分けて次の3種類に分類できる。以下では、分類毎に、寄せられた意見の概略及びそれに対する長期評価部会の考え方を下にゴシック体で示す。また、地震調査委員会事務局には、この報告書の公表に合わせて、長期的な地震発生確率についての解説を準備するように指示してある。その解説において、報告書の内容の理解促進のために、事実関係を補うようにするとともに、質問への回答も、可能な限りその中に示すことにした。

なお、以下の意見の中に付した下線は編集時に引いたものである。

(1) 技術的事項

(1-1) B P T分布モデルの採用に関する意見に対する部会の考え方・・・ 2

(1-2) B P T分布モデルの解説に関する意見に対する部会の考え方・・・ 4

(1-3) 検討に用いたデータに関する意見に対する部会の考え方・・・ 5

(2) 報告書の表現・事実の確認に係わる事項

(2-1) 誤りや理解しにくい記述に関する意見に対する部会の考え方・・・ 6

(2-2) 計算結果に関する質問に対する部会の考え方・・・ 8

(3) その他事項

(3-1) 試案の公開方法に関する意見に対する部会の考え方・・・ 8

(3-2) 「地震動予測地図」への適用に関する意見に対する部会の考え方・・・ 9

(3-3) その他の意見に対する部会の考え方・・・ 10

(1) 技術的事項

(1-1) B P T分布モデルの採用に関する意見に対する部会の考え方

物理的解釈が理解しやすいという特長から判断したこと、及びこの特徴等からB P T分布モデルを当面採用していくことが妥当としたことについて、肯定的な見方（意見1、意見20）が示された。

一方において、実際の地震発生の仕組みがB P T分布で想定している物理現象であるかどうかという議論が必要との意見（意見20）があった。また、B P T分布モデルの採用について、当面の採用であることや、他の分布モデルにも優れた特徴があることの認識を「妥当な統計モデル」における記述だけでなく、「はじめに」の部分でも明確にするようにという主旨の意見（意見13）もあった。

前者の意見については、当該手法を長期評価で適用するに際して、プレート運動による定常的な応力蓄積及びブラウン運動として表現される応力場の擾乱の2つの観点から適用可能かどうか吟味することとしており、この中で意向を反映させていく。但し、主要な活断層帯の活動及びプレート間地震については第一近似としてこのような考え方で適用できると考えている。また、後者の意見については、「はじめに」の記述が「妥当な統計モデル」の記述に整合するように、ご意見に沿って修正することで、意向を反映させる。

意見 1

氏名：大竹政和

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：BPT モデルの採用について

意見： 地震発生間隔の統計モデルとして、BPT 分布を用いるのは概ね妥当と判断し、この方針を支持する。しかし、少数の専門家を除いて BPT 分布は一般に馴染みの薄いものであり、『長期的な地震発生確率の評価手法について』に、読者の理解を助けるための解説を付されるよう希望する。(以下略)

意見 2.0

氏名：菅井径世

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：確率分布モデルについて

意見： 端折って書くようで恐縮ですが、よろしく御理解お願い致します。力学的な観点から適切な分布モデルを選択するという趣旨に賛成です。分布形がどんな力学現象を表しているかという議論のみ出なく、実際の地震発生のメカニズムの本質がその現象であるかどうかという議論が必要だと思います。この点について、どの分布形がよいかということについて、私自身は結論を出せていませんが大変興味があります。

意見 1.3

氏名：高橋 道夫

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：「はじめに」

意見： 「はじめに」(2頁)の第3段落では対数正規分布の持つ問題点がことさら強調されていて、「問題点を解決する新たな手法をとりまとめた」(第4段落)、あるいは「今後この手法は長期評価部会における長期評価に利用されていく」(第5段落)とある。これらはあたかも、対数正規分布等は棄てられ、新たな手法(BPT分布)一本でいくかのような書きぶりである。一方、3.1.1節(17頁)の第6段落以降では、分布の良否を判断する3つの基準を用いて各分布の特長を検討した結果、「総合的には、BPT分布が優れている」、あるいは、BPT分布を「当面採用していくことが妥当である」と、控えめである。また、3.3節(25頁)の1でも「他の統計モデルも優れた特徴がある」と、これまた控えめに述べられている。

私見では、この控えめな姿勢こそが妥当であり、「はじめに」は適切に書き改めるのがよからう。その理由を以下で述べる。(以下略)

また、地震の規模と発生頻度の関係を直接的に表現する確率モデルを開発することの提案(意見1.6)があった。今回提示した手法は、ほぼ同一の断層面又はプレート境界面が、平均の1/2から2倍程度のばらつきはあるものの同程度の時間間隔で、平均の1/2から2倍程度のばらつきはあるものの同程度のずれが生ずる(大地震が起こる。)という経験則に着目したものである。このような経験則の根拠になったような地震に比べ、規模が小さい地震や沈み込んだプレート内の地震等については、長期評価部会としては震源を予め特定しにくい地震の評価に関する手法を検討する際に、合わせて検討することになっている。この検討においては、地震の規模と発生頻度の関係を用いた手法も含めて検討することになっている。

さらに、このことについては、付録「長期的な地震発生確率についての解説」の中で地震調査委員会事務局が説明する。

意見 16

氏名：辻 明彦

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：

意見： 更新過程の考え方は、信頼性理論における機械部品や材料の寿命分布、故障率の解析に応用されているが、そこでは故障や破壊の発生間隔が取り扱い対象であり「規模」は問われない。しかし、地震の確率を取り扱う場合には、地震の「規模」に対応した発生間隔こそが問題である。今回の報告では、「陸域の主要な活断層や海域のプレート境界で発生する大地震を念頭において」いるので、ある程度の規模以上の地震を対象としているようであるが、その場合でも地震のエネルギーにはかなりのばらつきがあるであろう。

これに対しては「発生する地震の規模（マグニチュード）や地震による揺れの大きさ（震度、最大加速度等）を含めた最終的な長期確率評価のためには、ここに示した手法を用いた評価だけでなく、断層の形状の評価、強震動評価といった作業が必要である」としているが、更新過程モデルを地震の規模を含めた確率評価に結びつけていく方法や可能性については明確でない。

もっぱら発生間隔を取り扱う更新過程のような確率モデルより、グーテンベルク・リヒター則のように、地震の規模と発生頻度の関係を直接的に表現する確率モデルを開発する方向で研究を進めた方がよいのではないか？

(1-2) B P T 分布モデルの解説に関する意見に対する部会の考え方

B P T 分布で利用されている の統計的性質は、次のようになります。 t の分散を $\text{Var}(t)$ とすると、

$$\text{Var}(t) = (\mu)^2 \quad \text{ここで } \mu \text{ は } t \text{ の平均。}$$

与えられたデータからは、最尤法により、次のようになります（報告書の付録 A 参照）。

$$\sigma^2 = E[T_i] \cdot E[(1/T_i)] - 1$$

ここで $E[\cdot]$ は括弧内の変数の相加平均。

このような説明など、B P T 分布モデルの特徴等について説明が十分でなく、さらに解説（意見 1、意見 17）が必要であるという意見があった。説明をさらに充実させる方向で修正することにする。また、共通の を求めるに際して、最尤法を適用していることについて、方法の特徴を理解しておくようにという主旨の意見（意見 2）があった。共通の は当面使っていくことにしているものの、暫定値であり、ご意見の主旨を踏まえて対応していくこととする。

なお、地震調査委員会事務局には、この報告書の公表に合わせて、長期的な地震発生確率についての解説を準備するように、指示した。その解説において、報告書の内容のうち、事実関係を補うようにする。また、意見とともに寄せられた質問への回答も、可能な限りその中に示すこととする。

意見 1

氏名：大竹政和

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：BPT モデルの採用について

意見： 地震発生間隔の統計モデルとして、BPT 分布を用いるのは概ね妥当と判断し、この方針を支持する。しかし、少数の専門家を除いて BPT 分布は一般に馴染みの薄いものであり、『長期的な地震発生確率の評価手法について』に、読者の理解を助けるための解説を付されるよう希望する。(以下略)

意見 2

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：31 ページ 付録 A A.2 パラメータの決定

意見： BPT 分布の最尤推定値が記されていますが、この方法で求まる値は不偏推定量ではありません。共通の値 $=0.24$ を求めた際は、22 個のデータを使って、5 個のパラメータを決めているので、自由度 17 のデータで値を決めていることに相当します。正規分布の場合であれば、3 % 程の差ですから、 $=0.24$ そのまま使っても大局的には問題ないと思います。

意見 1.7

氏名：奥村俊彦

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：2.1 更新過程

意見： 今回の資料で「当面採用していくことが妥当」とされている BPT 分布のパラメータの一つに、 σ があります。の説明として、資料では「活動間隔のばらつき」と書かれていますが、これでは、 σ が「単にばらつきを支配するパラメータ」なのか、それとも一般的になじみのある指標である標準偏差あるいは分散と密接な関係があるものなのかが明確ではありません。上記いずれの場合にも、 σ が標準偏差あるいは分散とどのような関係にあるのかが記載されていると理解しやすいのではないのでしょうか。表 2.1 に「分布の標準偏差」または「分布の分散」の欄を追加するか、あるいは本文中に記載していただくことを希望します。(以下略)

(1-3) 検討に用いたデータに関する意見に対する部会の考え方

共通の σ の値を検討する際に利用したデータについて意見（意見 1.9、意見 2.1）があった。用いたデータは評価の途中段階にあり、暫定ということで示している。共通の σ については、当面利用していくものの、今後もデータの更新などとあわせて引き続き検討を行っていく。また、丹那断層については、原論文は y B P でなく西暦年代になっているのでそれに合わせるようにする。

意見 1.9

氏名：伏島祐一郎

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：3.1.2 BPT 分布に用いるばらつきのパラメータ

意見： 活断層の繰り返し活動のデータのうち、阿寺断層、跡津川断層、長野盆地西縁断層系の 3 つはイベントの年代を、年代幅の midpoint としています。これに対して、丹那断層のイベントの年代は文献によっていますが、文献では年代幅の midpoint ではなく、堆積速度一定を仮定して年代を推定しています。検討されているばらつきは、年代推定手法による誤差も含んだものと考えられますので、手法は統一すべきではないでしょうか。また、前者 3 断層と後者とは、暦年較正方法が違っているようですが、これも統一すべきではないでしょうか。

意見 2 1

氏名：菅井径世

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：確率分布モデルについて

意見： 端折って書くようで恐縮ですが、よろしく御理解お願い致します。データが平均再来間隔の短いものに片寄っているのが実情だと思います。片寄っている理由は推察できるのですが、それならば、AIC のような解析を行うより、平均再来間隔とばらつきとの関係を図示したり、データの信頼性を比較したりする方が先のように思いました。

(2) 報告書の表現・事実の確認に係わる事項

(2-1) 誤りや理解しにくい記述に関する意見に対する部会の考え方

記述に関して誤りや理解しにくい部分について意見（意見 4 ～ 1 2）があった。意見の主旨に沿って修正する。

意見 4

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：第 1 章 長期確率評価の考え方（4 ページ下から 8 行目）

意見：

原文：個々の断層に個々の値を適用する

修正案：個々の断層にそれぞれの値を適用する。

意見：原文でも十分通じるのですが、このような短い文中で「個々の」が繰り返されると少し変な感じです。

意見 5

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：第 1 章 長期確率評価の考え方（5 ページ上から 1 行目）

意見：

原文：平均ずれ速度を利用するなどにより、

修正案：平均ずれ速度を利用して、

意見：原文でも通じるのですが、前後を読むと不自然です。

意見 6

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：第 1 章 長期確率評価の考え方（図 1 . 1 , 6 ページ左上の枠内）

意見：

原文：取り込んで検討(2.3.2

修正案：取り込んで検討(2.3.2)。

意見：右括弧が落ちている。

意見 7

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：第 2 章 2 . 1 . 3 確率の数値評価（9 ページ上から 7 行目）

意見：

原文：十分小さければ{ }はほとんどの について は 0 で、

修正案：十分小さければ、{ }はほとんどの について =0 で、

意見：読点を入れて読みやすくした方がよい。

意見 8

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：第3章 3.1.1 統計モデルの比較（17 ページ上から 9 行目）

意見：

原文：今後評価が行われることになるものである。

修正案：今後評価が行われる予定である。

意見：表現が回りくどい。

意見 9

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：付録 B（33 ページ下から 7 行目）

意見：

原文：暫定値 $\lambda=0.24$ を用いた場合を考えてみる。

修正案：暫定値 $\lambda=0.24$ を用いて、今後 100 年以内の地震発生確率を求める。

意見：原文では確率計算する期間が分からないので、期間を明示する。

意見 1 2

氏名：青木 元

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：P.33 の最後の段落において

意見： P.33 の最後の段落において、12%と読み取れる確率は「今後 100 年以内に地震が発生する確率」である旨をどこか（2～3 行目あたり）に明記しておいた方がよい。このままだと、第 2 段落で出てきた 30 年確率と誤解される。

意見 1 0

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：付録 B（33 ページ下から 5 行目）

意見：

原文：右下に数え進めて三本目の曲線が

修正案：右下に数えて 2 本目の曲線が

意見：原文では平均活動間隔 4000 年の線に対応する。

意見 1 1

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：確率の誤差評価（23-24 ページ）

意見： 24 ページに掲載されている図 3.1 は、23 ページに記されている方法で計算した結果から、100%以上の部分と 0%以下の部分を削ってあります。このままでは、読者に誤解を与えるので、本文（23 ページ）にその旨を記すべきです。例えば、文末に「なお、ここで紹介した方法は確率の誤差を近似的な方法見積もったものであり、誤差範囲として 100%を超える部分や 0%を下回る部分がある。図ではそれらを削除して表示してある。」

(2-2) 計算結果に関する質問

BPT 分布の計算について、市販されているある表計算ソフトを用いて式の順番どおり計算を行うと、報告書に示した値と異なるものになる場合がある。原因は、同ソフトでは 7.5×10^{-8} より小さい数値は「桁落ち」を起こすためである。このことについての質問(意見 1 4)があった。

意見 1 4

氏名：石川 裕

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：10 ページの表 2.1

意見： 以下は意見というより、質問です。

10 ページの表 2.1 の信頼度関数を用いて、BPT 分布の場合の地震の発生確率を計算してみた所、付録 C に記されている確率値と微妙に合いません。

以下、計算結果。() は付録 C に記されている値。

- ・宮城県沖： 10 年：23% (26%)
20 年：78% (81%)
- ・糸静線： 30 年：13% (14%)
50 年：21% (23%)

BPT 分布の信頼度関数の式の中で、 $\exp(2/ \text{**}2)$ は相当大きな数値、 $(-u2(t))$ は限りなく 0 に近い数値になりますが、計算を行う上で何か注意する点があるのでしょうか？お教え願えれば幸いです。

(3) その他事項

(3-1) 試案の公開方法に関する意見に対する部会の考え方

意見公募期間について、短いという意見(意見 3、意見 1 8)が複数寄せられた。

改訂試案を作成した際には、長期評価の方針を初めて提示したことでもあり、技術的な観点の意見だけでなく、防災上の利用の観点からの意見を寄せてもらうことも想定していた。このため、地方公共団体等の防災機関の方にも内容の吟味をしていただく時間を確保する観点から、募集期間を約 2 ヶ月とった。今回は、改訂試案を技術的な観点で見直した報告書であり、主として技術的な観点の意見を寄せていただくことを想定していた。このため、2 週間弱の時間でもこの種の分野の研究者・技術者であれば意見を寄せていただけるものと考えた。今回寄せられた意見は 1 1 名 2 2 件であった(改訂試案の際には、1 8 名 4 9 件)。

意見 3

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：

意見： 分科会委員長の島崎先生をはじめ、報告作成に当たられた方々のご努力に敬意を表します。しかし、公開期間が 1 0 日間では短すぎると思います。次の機会には、意見収集に 1 ヶ月間程度は取って下さい。

意見 1 8

氏名：石川有三

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：

意見： 「長期的な地震発生確率の評価手法について」を公開され意見募集をされていますが、公開されたのが3月16日で締め切りが同26日という実質10日間だけの募集期間です。これは年度末という忙しい時期にこのような短期間の意見募集は多くの意見を本当に募集しているのかと疑ってしまいます。ホームページでの募集は、その存在が知られるまである程度時間がかかります。私はあるメーリンググループで知ったのですが、せめて地震学会のニュースレターに案内を出して意見募集を行う程度の期間をもうけて貰いたいと思います。

(3-2)「地震動予測地図」への適用に関する意見

「地震動予測地図」の作成に適用されることを念頭においての意見（意見15）も寄せられた。ご指摘に従って報告書に加筆する。

意見 1 5

氏名：石川 裕

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：「3.3 長期確率評価によって得られる確率の数値の理解に向けて」に関して

意見： 図 1.1 のフローでは、活動履歴が不明な活断層については、断層長などから推定された U と V からポアソン過程または BPT 分布により将来のある期間における地震の発生確率を計算することとなっています。活断層は活動間隔が 1000 年以上のものが大半ですから、活動履歴が不明な活断層については、例えば将来 50 年程度の期間に対する地震発生確率は基本的に数%以下（多くは 1%以下）という小さな数値にしかありません。ポアソン過程の場合、この確率は時間軸によらず一定の値となりますから、その意味でこの確率は一種の「平均的な確率」と考えられます。本来、活動履歴が不明な活断層の中には地震発生の切迫度が高いものと低いものが混在しているはずですが、残念ながら現時点ではそれを見分けることができないのが実情かと思えます。このため、長期確率評価としては上述の「平均的な確率」しか評価し得ないのは致し方ないところと思えます。

一方、長期確率評価の結果は現在作業が進められている地震動予測地図に反映されると理解しておりますが、その際、活動履歴が不明な活断層の地震発生確率として上記の「平均的な確率」をそのまま用いてもよいのでしょうか？特に確率論的な予測地図（ハザードマップ）では、活断層の地震発生確率がストレートに結果に反映されますので、その値をどのように設定するかは重要な問題です。ハザードマップでは、活断層の活動間隔に比べるとはるかに短い、将来の数十年程度の期間が対象となると考えられます。その際、（われわれは見分けることができない）切迫性高い活断層に対して、上述の「平均的な確率」をそのまま用いることは工学的に危険側の判断（実際には高い確率であるにもかかわらずそれを過小評価してしまう）をもたらすことにはならないでしょうか？したがって、ハザードマップ作成においては、活動履歴が不明な活断層の地震発生確率については、別の観点から確率を付与するといったことを考えるべきと思いますが、いかがでしょうか？

以上に述べた論点はいわゆる工学的判断の問題ですから、長期確率の評価手法とは別次元の話かもしれません。ただ、資料の 3.3 に「長期評価によって得られる確率の数値の理解に向けて」という非常に有用な論点が記述されておりますので、その中に「長期確率評価の結果を地震動予測地図へ展開していく際の課題」についても項目に加えていただき、部会の皆さまのご見解を開示していただければ幸いです。

(3-3) その他の意見

地震に関する調査研究の成果の積極的公表に係わる意見（意見22）があった。但し、今回公表した報告書と直接関わらないものであった。

（参考：時期、場所、規模という地震予知の3要素のうち、地震の起こる時期を、警報を出せるほどの確かさで予知することは、異常な地殻の変動等の現象が現れた場合に予知できるとされている「東海地震」を除き、現在の科学技術の水準では一般的に困難である。このような状況においても、地震に関する調査研究の成果を防災に活用できるように、地震調査委員会は、地震発生に関する長期評価の結果を公表するとともに、地震活動の現状についても、毎月定例的に評価し、その結果を公表している。また、被害地震発生等に際しては、臨時に評価を行い、直ちにその結果を公表している。このように、現在の科学技術のレベルを踏まえて、ご意見の主旨に沿った態勢は整備されている。）

意見22

氏名：加藤正文

立場：一般住民、その他

該当箇所：地震予知情報の公開について

意見：多くの国民が地震予知情報の公開を切望しています。

社会的な混乱を避けるために、情報公開は慎重にすべきであるとお考えもあるようですが、豊富な予知情報（必ずしも一致しない千差万別のご見解があるかと存じます）の中から国民が主体的に判断できることの方が、社会的な混乱も避けられ、万一の場合の人的・物的な損害も少なくすむように思います。

公的な研究機関のみならず、民間の研究機関におかれても、もう少しオープンな予知情報の公開が行われるよう態勢を整えて頂きたく存じます。

2. 意見に基づいて長期評価部会が検討した事項

寄せられたご意見を踏まえて、次のように修正した。しかし、提案している手法に変更はない。

- B P T分布モデルの採用について、当面の採用であることや、他の分布モデルにも優れた特徴があることの認識を、「はじめに」の部分でも明確にし、「妥当な統計モデル」の記述と整合するようにした。
また、共通の の値を検討する際に利用したデータのうち、丹那断層については、原論文はy B Pでなく西暦年代になっているのでそれに合わせるようにした。
- 記述に関して誤りや理解しにくい部分について修正した。
- 本報告書に示した手法を「地震動予測地図」の作成に適用する際に、ポアソン過程の利用における心構えを報告書に加筆した。

実際の地震発生の仕組みがB P T分布で想定している物理現象であるかどうかについては、当該手法を長期評価で適用するに際して、プレート運動による定常的な応力蓄積及びブラウン運動として表現される応力場の擾乱の2つの観点から適用可能かどうか吟味することとする。但し、主要な活断層帯の活動及びプレート間地震については第一近似としてこのような考え方で適用できると考えている。

経験則の根拠になったような地震に比べ、規模が小さい地震については、長期評価部会としては震源を予め特定しにくい地震の評価に関する手法を検討する際に、合わせて検討する。また、この検討においては、地震の規模と発生頻度の関係を用いた手法も含めて検討する。

共通の の値を検討する際に利用したデータについては暫定的なものであり、共通の については、当面利用していくものの、今後もデータの更新などとあわせて引き続き検討を行う。

3. 「長期的な地震発生確率の評価手法について」の公開と意見募集について 意見募集は以下の要領で行った。

「長期的な地震発生確率の評価手法について」の公開と 意見募集について

平成13年3月16日
地震調査研究推進本部地震調査委員会
長期評価部会

地震調査研究推進本部（本部長：文部科学大臣）の地震調査委員会は、地震防災対策特別措置法（平成7年6月16日法律第111号）第7条第2項第4号に基づき、関係行政機関や大学から地震に関する調査結果等を収集、整理、分析し、これに基づき総合的な評価を行っている。同委員会は評価の柱の一つとして、地震活動の長期評価を掲げている。これは、数十年以上にわたる長期的な観点から将来の地震活動度を探ろうとするもので、そのために、同委員会はその下に長期評価部会（以下「部会」という。）を設置している。

部会は、長期評価の一環として、平成9年11月に「長期確率評価手法検討分科会」（以下「分科会」という。）を設置し、陸域の主要な活断層や海域のプレート境界で発生する大地震を念頭において、これらの発生間隔・最新発生時期等を用いて、その長期的な発生可能性を確率という数字で評価する手法を検討した。その作業の結果は、「試案 長期的な地震発生確率の評価手法及びその適用例について」として平成10年5月13日に公表・意見公募し、さらにそれに対する意見を踏まえ、「改訂試案 長期的な地震発生確率の評価手法について」（中間報告）として平成11年1月13日に公表した。

総合的に見て最も適当と判断した手法について、問題点があることから、その後も分科会は検討を続け、このたび最近の研究成果も踏まえ、この問題点を解決する新たな手法をとりまとめた。本報告書は、そのとりまとめ結果であり、今後この手法は部会における長期評価に利用していくことにしている。このため、その内容を長期評価部会として公開し、下記のとおり意見を募集する。

なお、この報告書の中には、長期的な評価結果を公表した活断層等について、その発生確率を適用例（付録C）として掲載してある。これは、試算値として既に公表していたものを、新しい手法で再検討したものであり、ここでは評価結果としての数値を提示したものである。

記

1. 公開/意見募集期間 平成13年3月26日まで
2. 公開方法
 - ・インターネットの地震調査研究推進本部ホームページ上で公開
URLは <http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/01a/chouki.htm>
です。17日早朝から利用可能です。
 - ・郵送による資料送付も可能（270円切手を貼付したA4版返信用封筒を同封して請求）
3. 意見送付要領
 - ・意見は自由形式。但し、1通のメールまたは1枚の用紙には一つの意見に限る。
 - ・報告書のどの部分に対する意見かを明確にすること。
 - ・意見には氏名、連絡先、立場を明記のこと。氏名、立場、意見は公開する。
匿名希望の場合はその旨を明記すること。
 - 「連絡先」は住所または電子メールアドレス
 - 「立場」は次の中から選択
 - (1)防災関係者 (2)報道関係者 (3)地震及び関連分野の研究者・技術者
 - (4)一般住民及びその他の方
4. 資料請求/意見送付先等 E-mail : herp@mext.go.jp
住所 : 〒100-8959 東京都千代田区霞が関3丁目2-2
文部科学省研究開発局地震調査研究課長期確率担当
電話 : 03-3503-8162 FAX : 03-3503-8169

4. 試案に寄せられた意見の全文

寄せられた意見の全文を、立場順、氏名の五十音順に掲載します。

- (1) 地震及び関連分野の研究者・技術者から寄せられた意見・・・・・・・・・・ 13
- (2) 一般住民及びその他の方から寄せられた意見・・・・・・・・・・ 18

(1) 地震及び関連分野の研究者・技術者から寄せられた意見

意見 1

氏名：大竹政和

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：BPT モデルの採用について

意見： 地震発生間隔の統計モデルとして、BPT 分布を用いるのは概ね妥当と判断し、この方針を支持する。しかし、少数の専門家を除いて BPT 分布は一般に馴染みの薄いものであり、『長期的な地震発生確率の評価手法について』に、読者の理解を助けるための解説を付されるよう希望する。

[参考] (案) を通読して、十分に理解できなかった点と希望を以下に記す。

- (1) 2.1.2 統計モデル：確率密度関数 (2.1) がどのようにして導出されるのか、とくに、そのパラメータが地震発生要因とどのように結びついているのか不明。参考文献 [25] には導出過程の説明がなく、同文献に引用されている [10] も入手困難。(案) では、「物理的解釈が容易」であることをこの分布の利点としているので、特段の配慮を願いたい。
- (2) 3.1.1 統計モデルの比較：表 3.7 では日本の地震についてモデル間の比較をしているが、外国の地震ではどうなるのだろうか。WGCEP などに取り上げた事例についても、検討が行われているならばその結果を示して欲しい。
- (3) 3.1.1 統計モデルの比較：BPT 分布では、対数正規分布と異なり、経過時間が大きくなっても地震発生確率が顕著に下がり始める欠点がない、とされている。これは、解析事例から見出された経験則なのか、それとも理論的に証明できる性質なのか、明示して欲しい。

意見 2

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：31 ページ 付録 A A.2 パラメータの決定

意見： BPT 分布の最尤推定値が記されていますが、この方法で求まる 値は不偏推定量ではありません。通の値 $=0.24$ を求めた際は、22 個のデータを使って、5 個のパラメータを決めているので、自由度 17 のデータで 値を決めていることに相当します。正規分布の の場合であれば、3 %程の差ですから、 $=0.24$ そのまま使っても大局的には問題ないと思います。

意見 3

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：

意見： 分科会委員長の島崎先生をはじめ、報告作成に当たられた方々のご努力に敬意を表します。しかし、公開期間が 10 日間では短すぎると思います。次の機会には、意見収集に 1 ヶ月間程度は取って下さい。

意見 4

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：第 1 章 長期確率評価の考え方 (4 ページ下から 8 行目)

意見：

原文：個々の断層に個々の値を適用する

修正案：個々の断層にそれぞれの値を適用する。

意見：原文でも十分通じるのですが、このような短い文中で「個々の」が繰り返されると少し変な感じですが。

意見 5

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：第 1 章 長期確率評価の考え方（5 ページ上から 1 行目）

意見：

原文：平均ずれ速度を利用するなどにより，

修正案：平均ずれ速度を利用して，

意見：原文でも通じるのですが、前後を読むと不自然です。

意見 6

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：第 1 章 長期確率評価の考え方（図 1.1, 6 ページ左上の枠内）

意見：

原文：取り込んで検討(2.3.2)

修正案：取り込んで検討(2.3.2)。

意見：右括弧が落ちている。

意見 7

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：第 2 章 2.1.3 確率の数値評価（9 ページ上から 7 行目）

意見：

原文：十分小さければ{ }はほとんどの について は 0 で、

修正案：十分小さければ，{ }はほとんどの について =0 で，

意見：読点を入れて読みやすくした方がよい。

意見 8

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：第 3 章 3.1.1 統計モデルの比較（17 ページ上から 9 行目）

意見：

文：今後評価が行われることになるものである。

修正案：今後評価が行われる予定である。

意見：表現が回りくどい。

意見 9

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：付録 B（33 ページ下から 7 行目）

意見：

原文：暫定値 $\alpha=0.24$ を用いた場合を考えてみる。

修正案：暫定値 $\alpha=0.24$ を用いて，今後 100 年以内の地震発生確率を求める。

意見：原文では確率計算する期間が分からないので、期間を明示する。

意見 10

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：付録 B（33 ページ下から 5 行目）

意見：

原文：右下に数え進めて三本目の曲線が

修正案：右下に数えて 2 本目の曲線が

意見：原文では平均活動間隔 4000 年の線に対応する。

意見 1 1

氏名：岡田正実

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：確率の誤差評価（23-24 ページ）

意見： 24 ページに掲載されている図 3.1 は、23 ページに記されている方法で計算した結果から、100%以上の部分と 0%以下の部分を削ってあります。このままでは、読者に誤解を与えるので、本文（23 ページ）にその旨を記すべきです。例えば、文末に「なお、ここで紹介した方法は確率の誤差を近似的な方法見積もったものであり、誤差範囲として 100%を超える部分や 0%を下回る部分がある。図ではそれらを削除して表示してある。」

意見 1 2

氏名：青木 元

立場：地震及び関連分野の研究者、技術者

該当箇所：P.33 の最後の段落において

意見： P.33 の最後の段落において、12%と読み取れる確率は「今後 100 年以内に地震が発生する確率」である旨をどこか（2～3 行目あたり）に明記しておいた方がよい。このままだと、第 2 段落で出てきた 30 年確率と誤解される。

意見 1 3

氏名：高橋 道夫

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：「はじめに」

意見： 「はじめに」（2 頁）の第 3 段落では対数正規分布の持つ問題点がことさら強調されていて、「問題点を解決する新たな手法をとりまとめた」（第 4 段落）、あるいは「今後この手法は長期評価部会における長期評価に利用されていく」（第 5 段落）とある。これらはあたかも、対数正規分布等は棄てられ、新たな手法（BPT 分布）一本でいくかのような書きぶりである。一方、3.1.1 節（17 頁）の第 6 段落以降では、分布の良否を判断する 3 つの基準を用いて各分布の特長を検討した結果、「総合的には、BPT 分布が優れている」、あるいは、BPT 分布を「当面採用していくことが妥当である」と、控えめである。また、3.3 節（25 頁）の 1 でも「他の統計モデルも優れた特徴がある」と、これもまた控えめに述べられている。

私見では、この控えめな姿勢こそが妥当であり、「はじめに」は適切に書き改めるのがよからう。その理由を以下で述べる。

まず、対数正規分布モデルは物理学的説明がなされていないという指摘があるが、多くの分布のある種の極限は正規分布になることが知られていることから、その分布はいろいろな現象の第 1 近似としては物理的意味もあるものと考えられる。

次に、対数正規分布の確率が下がり始める性質が問題にされている。この性質は確かに愉快ではない。しかし、確率が下がり始める時点での累積確率はすでに 99.9%を上回って、ほとんど 100%になっている。つまり、確率が下がり始めるのは、千回に 1 回も起きないような希なことが起きるとき、ということになる。現在までに得られている数少ない（しかも多分、精度の悪い）データから、そこまで希な現象をも説明できる精緻なモデルが出来るとは期待できないので、確率が下がり始める現象はモデルの適用限界を越えたところの話だと考える。

AIC は統計モデルを選択するときの物差しとなるものであるが、表 3.7（20 頁）によると 5 つのモデルの AIC に決定的な差が見られないのも大きな理由である。

平成 11 年 1 月 13 日付けの改訂試案には「4 つのモデルに特に差異が見られないのであれば、直感的に理解しやすい対数正規分布を用いることが妥当」（4.1 節）と述べられているが、BPT 分布の場合もまさにこの程度の控えめな姿勢こそが望ましいと感じる。つまり、長期評価部会による今後の長期評価では、BPT 分布モデルを利用していくのは結構であるが、その「手法は適宜見直していく」（3.3 節 1 ; 25 頁）という姿勢が大事であると考えられる。

意見 1 4

氏名：石川 裕

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：10 ページの表 2.1

意見： 以下は意見というより、質問です。

10 ページの表 2.1 の信頼度関数を用いて、BPT 分布の場合の地震の発生確率を計算してみた所、付録 C に記されている確率値と微妙に合いません。

以下、計算結果。() は付録 C に記されている値。

- ・宮城県沖： 10 年：23% (26%)
20 年：78% (81%)
- ・糸静線： 30 年：13% (14%)
50 年：21% (23%)

BPT 分布の信頼度関数の式の中で、 $\exp(2/ \text{**}2)$ は相当大きな数値、 $(-u_2(t))$ は限りなく 0 に近い数値になりますが、計算を行う上で何か注意する点があるのでしょうか？お教え願えれば幸いです。

意見 1 5

氏名：石川 裕

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：「3.3 長期確率評価によって得られる確率の数値の理解に向けて」に関して

意見： 図 1.1 のフローでは、活動履歴が不明な活断層については、断層長などから推定された U と V からポアソン過程または BPT 分布により将来のある期間における地震の発生確率を計算することとなっています。活断層は活動間隔が 1000 年以上のものが大半ですから、活動履歴が不明な活断層については、例えば将来 50 年程度の期間に対する地震発生確率は基本的に数%以下（多くは 1%以下）という小さな数値にしかありません。ポアソン過程の場合、この確率は時間軸によらず一定の値となりますから、その意味でこの確率は一種の「平均的な確率」と考えられます。本来、活動履歴が不明な活断層の中には地震発生の切迫度が高いものと低いものが混在しているはずですが、残念ながら現時点ではそれを見分けることができないのが実情かと思えます。このため、長期確率評価としては上述の「平均的な確率」しか評価し得ないのは致し方ないところと思えます。

一方、長期確率評価の結果は現在作業が進められている地震動予測地図に反映されると理解しておりますが、その際、活動履歴が不明な活断層の地震発生確率として上記の「平均的な確率」をそのまま用いてもよいのでしょうか？特に確率論的な予測地図（ハザードマップ）では、活断層の地震発生確率がストレートに結果に反映されますので、その値をどのように設定するかは重要な問題です。ハザードマップでは、活断層の活動間隔に比べるとはるかに短い、将来の数十年程度の期間が対象となると考えられます。その際、（われわれは見分けることができない）切迫性高い活断層に対して、上述の「平均的な確率」をそのまま用いることは工学的に危険側の判断（実際には高い確率であるにもかかわらずそれを過小評価してしまう）をもたらすことにはならないのでしょうか？したがって、ハザードマップ作成においては、活動履歴が不明な活断層の地震発生確率については、別の観点から確率を付与するといったことを考えるべきかと思えますが、いかがでしょうか？

以上に述べた論点はいわゆる工学的判断の問題ですから、長期確率の評価手法とは別次元の話かもしれません。ただ、資料の 3.3 に「長期評価によって得られる確率の数値の理解に向けて」という非常に有用な論点が記述されておりますので、その中に「長期確率評価の結果を地震動予測地図へ展開していく際の課題」についても項目に加えていただき、部会の皆さまのご見解を開示していただければ幸いです。

意見 16

氏名：辻 明彦

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：

意見： 更新過程の考え方は、信頼性理論における機械部品や材料の寿命分布、故障率の解析に応用されているが、そこでは故障や破壊の発生間隔が取り扱い対象であり「規模」は問われない。しかし、地震の確率を取り扱う場合には、地震の「規模」に対応した発生間隔こそが問題である。今回の報告では、「陸域の主要な活断層や海域のプレート境界で発生する大地震を念頭において」いるので、ある程度の規模以上の地震を対象としているようであるが、その場合でも地震のエネルギーにはかなりのばらつきがあるであろう。

これに対しては「発生する地震の規模（マグニチュード）や地震による揺れの大きさ（震度，最大加速度等）を含めた最終的な長期確率評価のためには，ここに示した手法を用いた評価だけでなく，断層の形状の評価，強震動評価といった作業が必要である」としているが，更新過程モデルを地震の規模を含めた確率評価に結びつけていく方法や可能性については明確でない。

もっばら発生間隔を取り扱う更新過程のような確率モデルより，グーテンベルク・リヒター則のように，地震の規模と発生頻度の関係を直接的に表現する確率モデルを開発する方向で研究を進めた方がよいのではないかと？

意見 17

氏名：奥村俊彦

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所： 2.1 更新過程

意見： 今回の資料で「当面採用していくことが妥当」とされている BPT 分布のパラメータの一つに、
があります。 の説明として、資料では「活動間隔のばらつき」と書かれていますが、これでは、
が「単にばらつきを支配するパラメータ」なのか、それとも一般的になじみのある指標である標準偏差あるいは分散と密接な関係があるものなのか明確ではありません。上記いずれの場合にも、
が標準偏差あるいは分散とどのような関係にあるのかが記載されていると理解しやすいのではないのでしょうか。表 2.1 に「分布の標準偏差」または「分布の分散」の欄を追加するか、あるいは本文中に記載していただくことを希望します。

< 意見の補足 >

BPT 分布そのものが、資料で検討されている他の分布と比較して広く知られたものではなく、理学・工学の分野で用いられている確率統計の教科書等を参考にすることができないこと、参考文献として挙げられているものに、入手困難なものが含まれていること、そして、（改訂試案）の時点では、更新過程のモデルのパラメータが我々に馴染みの深い統計量と簡単な関係にあることが重要との認識を示されていたこと、の3点を考え合わせて、上記意見を提出するものです。

意見 18

氏名：石川有三

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：

意見： 「長期的な地震発生確率の評価手法について」を公開され意見募集をされていますが、公開されたのが3月16日で締め切りが同26日という実質10日間だけの募集期間です。これは年度末という忙しい時期にこのような短期間の意見募集は多くの意見を本当に募集しているのかと疑ってしまいます。ホームページでの募集は、その存在が知られるまである程度時間がかかります。私はあるメーリンググループで知ったのですが、せめて地震学会のニューズレターに案内を出して意見募集を行う程度の期間をもうけて貰いたいと思います。

意見 19

氏名：伏島祐一郎

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：3.1.2 BPT分布に用いるばらつきのパラメータ

意見：活断層の繰り返し活動のデータのうち、阿寺断層、跡津川断層、長野盆地西縁断層系の3つはイベントの年代を、年代幅の midpoint としています。これに対して、丹那断層のイベントの年代は文献によっていますが、文献では年代幅の midpoint ではなく、堆積速度一定を仮定して年代を推定しています。検討されているばらつきは、年代推定手法による誤差も含んだものと考えられますので、手法は統一すべきではないでしょうか。また、前者3断層と後者とでは、暦年較正方法が違っているようですが、これも統一すべきではないでしょうか。

意見 20

氏名：菅井径世

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：確率分布モデルについて

意見：端折って書くようで恐縮ですが、よろしく御理解お願い致します。力学的な観点から適切な分布モデルを選択するという趣旨に賛成です。分布形がどんな力学現象を表しているかという議論のみ出なく、実際の地震発生メカニズムの本質がその現象であるかどうかという議論が必要だと思います。この点について、どの分布形がよいかということについて、私自身は結論を出せていませんが大変興味があります。

意見 21

氏名：菅井径世

立場：地震及び関連分野の研究者・技術者

該当箇所：確率分布モデルについて

意見：端折って書くようで恐縮ですが、よろしく御理解お願い致します。データが平均再来間隔の短いものに片寄っているのが実情だと思います。片寄っている理由は推察できるのですが、それならば、AIC のような解析を行うより、平均再来間隔とばらつきの関係を図示したり、データの信頼性を比較したりする方が先のように思いました。

(2) 一般住民、その他から寄せられた意見

意見 22

氏名：加藤正文

立場：一般住民、その他

該当箇所：地震予知情報の公開について

意見：多くの国民が地震予知情報の公開を切望しています。

社会的な混乱を避けるために、情報公開は慎重にすべきであるとお考えもあるようですが、豊富な予知情報（必ずしも一致しない千差万別のご見解があるかと存じます）の中から国民が主体的に判断できることの方が、社会的な混乱も避けられ、万一の場合の人的・物的な損害も少なくすむように思います。

公的な研究機関のみならず、民間の研究機関におかれても、もう少しオープンな予知情報の公開が行われるよう態勢を整えて頂きたいと存じます。

5 . 報告書「長期的な地震発生確率の評価手法について」

次頁以下に報告書の全文を掲載します。