

長期的な地震発生確率の評価手法について

東京大学地震研究所 島崎邦彦*

はじめに

地震調査研究推進本部に設置された地震調査委員会の下部組織であり、私が部会長を務める長期評価部会は、掲題の評価手法について平成 11 年 1 月に報告書をまとめ、公表しました。以前、地震災害予測研究会委員としていろいろな勉強をさせていただき、このたび研究報告会（平成 11 年 7 月）で掲題の講演をする機会を与えていただいたので、その内容を R I S K 誌用に加筆したものがこの原稿です。

1. 地震調査研究の背景と課題

吉野先生からご紹介いただきましたとおり、「長期評価部会」というところでまとめた冊子が皆様のお手元にあると思います。まず多少背景の説明をさせていただきます。それからその内容について、3つの部分に分かれていますので、それぞれについて順次説明したいと思います。

地震調査研究推進本部は、1995 年兵庫県南部地震の後に総理府のもとにできた組織ですが、これに関しては私が細かい説明をするより、インターネットで見ただけであればと思います。アドレスは <http://www.jishin.go.jp/main/welcome.html> です。比較的頻繁に更新されて、最新の結果が公表されていますので、是非ここで最新の情報を捕まえていただきたいと思います。このホームページの中に、平成 10 年の 4 月 23 日に発表された地震調査研究の推進についての文書があります。「地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策」という文書です。このような施策の立案は、地震調査研究推進本部の仕事の一つとして定められています。当面推進すべき地震調査研究として、とりあえず 4 つが挙げられています。ここで当面というのは 10 年くらい、当面というにはやや長いような気がします。こういった体制で推進すべきかとかは別に書かれておりますので、ここでは課題だけを簡単にご説明いたします。

順番の逆で、下からいきますと、まず「地震予知のための観測研究の推進」、いわゆる地震予知計画として第 7 次まで観測、調査、研究が行なわれてきました。第 8 次という形の継続はなくなり、地震予知のための新たな観測研究計画という形で、平成 11 年度から発足しております。この計画の推進です。次は、「大規模地震対策特別措置法に基づく地震防災対策強化地域」、長い名前ですが、いわゆる東海地域ですね、その観測等の充実という課題です。それから、次は「リアルタイムによる地震情報の伝達の推進」です。地震発生直後でかつ地震波到達以前、あるいは地震発災直後の地震情報の伝達、いわゆる「リアルタイム地震学」と、最近呼ばれている分野です。最後に、これからそのごく一部に関わってお話するところの、「活断層調査、地震の発生可能性の長期評価、強震動予測等を統合した地震動予測地図の作成」です。なお、ここで挙げられているのは、現時点での調査研究とい

* 東京大学地震研究所教授、元地震災害予測研究会委員

うことでして、今後検討してさらに新しい分野等が加わっていくと思います。

「活断層調査、地震の発生可能性の長期評価、強震動予測等を統合した地震動予測地図の作成」の中が5つに分けられています。1番目が、陸域及び沿岸域の地震の特性の解明と情報の体系化、2番目が海溝型地震の特性の解明と情報の体系化で、地震の起こる場所を陸域及び沿岸域と海溝とに分けているということですね。3番目が地震発生可能性の長期確率評価と呼ばれておりまして、これが今日お話することに一部対応しています。4番目が強震動予測手法の高度化、5番目が地下構造調査の推進ということで、長期的な意味での地震発生可能性を評価するという、そして最終的には地震動を予測して、いわゆるハザードの推定をするということです。リスク、すなわち建物等の被害については、別の組織の取り扱い事項となっています。



図1 基盤的調査観測の対象となる活断層（詳細はホームページ参照）

推進本部には政策委員会と地震調査委員会とがあります。私自身は地震調査委員会に属してありまして、その下にある長期評価部会の部会長を務めております。兵庫県南部地震の後でいわれたことの一つは、現在ある地震学の知識で役立てられるものは、役立てられるようにするという事です。これまで学術的な調査は行なわれていましたが、事業的規模では行なわれていなかった活断層の調査が、全国で行なわれるようになりました。先ほどの項目で「陸域及び沿岸域の地震の特性」とありますが、この活断層の調査に対応します。政策委員会で、日本の主な100の活断層を調査すべきと決められています。これらの活断層を図1に示しました。ホームページを見ていただくと、現在どこが調査中であるか、あるいはどこが終わっているのかということが、きれいな図で示されています。先ほど申しました長期評価部会の下に活断層分科会というのがありまして、活断層分科会で評価した結果が、順次長期評価部会、地震調査委員会と上がってきます。

このようにして一番最初に評価・公表した糸魚川-静岡構造線活断層系の例が図2の朝日新聞の記事に載っています。まず最初に「M8級地震の可能性」と大きく書いてありまして、その横のほうに、「ただし今後数百年以内に」というコメントがついています。新聞によっては、松本市の商工会議所の談話が載っているものもありまして、数百年というのは、お茶の話にもならないという、そういったコメントでした。実際、わかりやすいようにということを中心に心がけたつもりですが、数百年というのは今考えて見ればわかり難かったかなとも思っています。ではなぜこの数字が出てきたかということをおし上げますと、基本的にこの調査の結果は、主観的な意味では危ない断層だというイメージです。実際に文章にして公表する際に、できることならばこのような評価が実際の防災行動に結びつくようなものにしたいと、そういう思いがありました。具体的には地震発生の可能性について述べるわけですが、「可能性がある」という表現ではちょっと弱いのではなかろうか、「可能性が大きい」という表現にしたいという議論がありました。それでは可能性が大きいというのは、一体どのくらいの確率であると、

長野・山梨通る活断層

政府の地震調査研究推進本部は十一日、長野県松本市付近を通る牛伏等(こぶくし)断層をめぐり糸魚川-静岡構造線上の約五百五十キロの区間について「現在を含め今後数百年以内に、マグニチュード(M)8程度の規模の地震が発生する可能性が高い」という見解を明らかにした。

推定された。「稀日本紀」には、七六二年に華濃・飛騨・信濃で大地震が起きたことが記録されている。過去二万年の活動歴を調べると、約千年おきにM8級の活動を繰り返している。

糸魚川-静岡構造線は日本列島の中部を南北に横断する大断層として知られている。

M8級地震の可能性

通産省地質調査所が活断層を掘削して、地震のずれの速度などを調べた。それにより、約千二百年前に長野県白馬村と山梨県小淵沢町までの間の約五百五十キロの区間で地震が発生し、その規模はM8級の可能性が高いと推定された。「稀日本紀」には、七六二年に華濃・飛騨・信濃で大地震が起きたことが記録されている。

政府の調査本部
掘削調査で指摘

ただし「今後数百年以内に」



とがわかった。これらのことから同本部は「平均的な活動間隔を過ぎている」と判断した。地震は、襲撃した長野県小谷村から甲府県西側の山梨県柳井町に及ぶ約五百五十キロの活断層のどの部分で起きるか特定できないと述べている。

図2 地震の可能性を報じた朝日新聞記事(1996.9.12)

一般の方は考えるのだろうか、大きいというからには、まあ50%以上でなければいけないのではなかろうか、と考えました。それでは50%を超えるのは、今後どれくらいの期間をとったら良いかということで、出てきた数字が数百年です。数百年以内に発生する可能性が高いという表現、そういう評価に落ち着いたわけです。

ところが数百年という数字が出てきた途端に、それは先のことだ、ずっと数百年大丈夫なんだと、こう思われてしまうようです。夏休みの宿題みたいに、「最後にやればいいんだ」ということがあるようで、「現在を含む今後」という表現も入れたのですが、実際、大きなインパクトにはなりません。いろいろな方からご意見を伺って、やはり数十年というような単位の評価が必要であるという結論になりました。数十年の単位では、「可能性が高い」というのはちょっと憚られる。実際にどういう表現をするか、「高くないことはない」とか、言葉で表すには制約があります。やはり数値を使うほかはないだろうということで、例えば「今後30年以内の発生確率」を用いることになったのです。以上がごくおおざっぱな現在までの経過です。

2. 試案に対する意見とそれに対する考え

次に、この冊子(「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」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」)について簡単に説明いたします。長期評価部会のもとに長期確率評価手法検討分科会を設けまして、そこで具体的な審議をした結果を平成10年の5月に公開しました。2ヶ月ほどの間に、ご意見をさまざまな方からいただきまして、そのご意見を検討して、取り入れるものは取り入れて、修正して改訂試案としました。腹のところを見ていただきますと、青いページが2枚入って3つの部分に分かれています。最初の部分がいただいたご意見とそれに対するお答え、真ん中が改訂試案、最後の部分が事務局作成のやさしい解説です。

まず、最初の部分についてご説明します。大変多くのご意見をいただいております、ご意見一つ一つにちゃんとお答えするという形にはなっておらず、やや不十分かと思いますが、幾つかにまとめた上で、お答えを、あるいはこちらの考えを述べさせていただくという体裁をとっています。最後にすべてのご意見、49をまとめて付けてあります。

まず長期評価の方針に関するご意見ということですが、こういった形で評価することに關しては、大変肯定的なご意見をいただきました。ただ、全体の流れで一体これはどういうことなのか、良くわからんというようなご意見もございました。そういう意味で、ただいま背景をご説明しました。この冊子をまとめたときは基本的な施策がまだ審議段階でした。ただ、大枠はそれほど変わっておりません。この長期確率はいろいろな意味で防災に役立つ資料として使っていただく基になるものですが、全体の動きとしては最終的に地震動を予測してハザードの推定をすることになっています。

試案の公開について、こういった公開で混乱が起きたのではないかなというようなご意見とか、試案の内容が非常に専門的で理解するのが難しいというようなご意見をいただいております。確率の数値については、新聞などで大きく取り上げられたりしましたが、特に混乱があったようには聞いておりません。一方、試案の内容はやや専門家向けで、一般の方向けとは言い難い、大変難しい数式等が入っております。これは申しわけなかったと思います。そこで一般の方にもわかっていただけるよう、事務局のほうでやさしい読み物風

の解説を作りました。それがこの冊子の最後の部分です。

次は、防災関係の方から多かったのですが、実際こういうものを出されてもどうやって対応したらいいのか、それをちゃんと考えてからやるべきではないかというご意見がありました。防災関係者と議論が不十分なことは確かでございます、もう少し制度的に、中央防災会議と地震調査研究推進本部の間で情報交換を行なう等、そういった形で連携を良くしていくという方向にあります。ただ、地震調査委員会では、社会的に不安を起すような結果をいわずらに発表する、そういった考えはございませんが、対策がちゃんと整うまではデータを公表しないという立場をとるつもりはありません。直ちに情報が利用できる環境が整っていなくとも、最終的に地震により被害を受ける可能性のある国民一般には、その可能性が伝えられるべきであろうという考えで発表する立場をとっています。もちろん、どのような防災行動をとったら良いのかということに関しては、私どもも協力して一緒に考えたいと思っています。

次はデータに関するご意見です。これはやや細かいことになりますが、私どもがお恥ずかしい誤りをおかしたところがあり、直しました。地震の発生時に紀元前を使っていますが、西暦1年の前が紀元前1年で、0年というのは当然ありません。計算するとき単に引き算をして間違いをしたなどがあり、そういったところを直しております。

最後に、長期評価の手法に関するご意見があります。ここで用いた統計モデルについて、現段階で決めてしまうのはどうだろうか、そしてそれをコンセンサスがあるように使うのはどうだろうかというご心配です。私どもは、これからご説明しますが、何もこれがもう決まりであるというようなことは考えておりません。実際この改訂版についても、改訂試案という形を取らせていただきました。現在まだ十分なデータがありませんので、さらにデータが増えた時点で検討するという立場をとっています。それから、データのばらつきに関するご意見がいろいろあります。また、実際の評価に関するご意見、例えばランク化したらどうか、実際に評価を役立てるにはそれが必要だとのご意見です。Aランク、Bランク、Cランク、のようにですね。Aランクは「数年オーダーで緊急に対策をする」、Bランクは「数十年オーダー」、Cランクは「長期的に予想する」などです。何かわからない数字を出すよりは、危ないのだとか、中くらいに危ないのだとか、そういうわかりやすい指標にするべきではないかというご意見が防災関係の方には強くあるようです。ただ、これは防災に携わる方にご判断いただきたい面でもあります。私どもではそのための基礎的な資料を作ったという立場でして、実際にそれをどう役立てていただけるかというのは、もちろん私どももいろいろ考えてゆきたいと思いますが、防災関係の皆様、あるいは今日ここに来られている皆様がどういう形で使われるかによります。全然役に立たないというご意見もあるかもしれませんが、使ってもらえるならば使っていただきたい、使えるような形にしたいと考えております。ランク付けというようなことはむしろ防災のほうで考えて、あるいはこれから考えていただきたい、そう思います。いろいろ飛ばしたところもありますが、以上がいろいろのご意見に対するお答え、あるいはコメントなどです。

3. 発生確率の説明

そこで冊子に青いページが入りまして、改訂試案のひとまとまりがあります。もとの試案として出しましたときは「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」

という題目でした。改訂試案では名前が変わって、「及びその適用例」の部分が抜けております。手法を説明するときに何も例がなくでは説明のしようがないので、幾つかの例を試案に付けました。それらの例は、主に既に論文にあるものをそのまま使っていて、細かく1件1件のデータの評価をしておりません。あくまでも現時点で存在するものに適用したらこのような結果になるということに過ぎません。しかしややもすると、数字が、特に報道等々では、あたかも決定的な数字のように扱われがちです。それはやはり困るので、題名自体から適用例を除き、評価手法についてという形で改訂試案としました。

改訂試案のご説明の前に、事務局で作ったやさしい説明のところをご覧いただきたいと思います。前書きのところに、ばらつきについて書いてあります。例えば活動間隔が150年というような断層があるとします。実際南海地震などは150年とか、あるいは100年とか、その程度で地震が繰り返し発生します。平均値（厳密に言えば、算術平均ではなく幾何平均）が150年だとしても、実際には短かったり長かったりする、ということが書いてあります。活動間隔が、仮にたくさん観測できたとします。10回、100回あるいは1,000回観測できたとする、このうちの約70%は大体150年の5分の4倍から4分の5倍に収まるだろう、そのくらいのばらつきがあります。これは1（標準偏差）のつもりです。全体の90%は、大体3分の2倍から2分の3倍に収まる。すなわち90%確かな場合では、平均が150年でも100年後かもしれないし、230年後かもしれない。それくらいの幅があるということですね。実際130年の幅は、人間の一生に比べれば、かなり長いのです。しかし、これは海溝で比較的頻繁に起こる地震の場合でして、陸の活断層で起こる地震の場合は、繰り返しの間隔が1000年あるいはそれ以上の長さですので、ばらつきは大変に長いことになるわけです。なかなか日常感覚からはついていけないところがあると思われるかもしれませんが、しかし、確率を用いて表現することによって、他の場合との比較が可能になるなど、役に立つことがあります。

良い例かどうかわかりませんが、条件付き確率を説明するのにおみくじの例が挙げられています。おみくじが10本あって、吉が9本、凶が1本あるとしましょう。最初におみくじを引いて凶が出る確率は10本に1本だから10%です。だけど最初に引いたら凶ではなかったとき、2回目を引いたらどうなるかという、2回目は9本のうちの1本で、確率が11%変わってきます。このように、ある時点までに地震が起こらなかったという条件のもとに、その後の例えば30年間に地震が発生する確率（条件付き確率）が、ここで用いられている地震の発生確率です。他には集積確率があります。先ほどの続きですが、その次も吉で、3回とも吉ということもありえます。3回吉を引いた頃には、30%くらい凶を引く確率になっているわけで、それを集積確率と呼ぶのだと説明されています。

確率で比較的親しみやすいのは、天気予報の降水確率だろうと思います。何%のところまで傘を持っていくのか、人によってさまざまでしょうが、例えば30%とか、確率の値に対するある種の感覚を皆さんがお持ちでしょう。ただ、地震の場合は、雨に濡れるのとは大違いで、同じような感覚では扱えないと思います。ある程度似たものとして、頻度の低い災害が挙げられています。例えば消防白書等を引用して30年間の確率で見ますと、火災で罹災する確率は約2%です。それから道路交通事故で死者や負傷者になる確率は、30年で大体20%になります。こういった数字と比較して、長期予測による地震の発生確率の理解を進めたいということが、ここには書いてあります。

4. 改訂試案について

最後に、改訂試案の内容の幾つかをごく簡単に説明させていただきます。まず地震の発生を時間軸上の点という、非常に簡単なデータとして扱っています。それをいろいろな統計モデル、いわゆる「更新過程」、地震が発生すると全てが破算になって、その後の地震発生はいつも同じ確率分布で表わされるという仮定のもとで考えます。例えば対数正規だとかガンマだとか、ワイブルだとか、おなじみの分布を使います。二重指数分布というのはやや馴染みがないかもしれませんが、岩石に応力をかけると、遅れ破壊という現象が見られます。応力をかけてもすぐ破壊するわけではなく、その破壊の危険度、すなわち瞬間瞬間に破壊が生ずる可能性ですが、それが応力の指数関数になることが明らかになっています。応力は時間とともに単調に比例して増加するという仮定をしますと、二重指数分布が得られます。もちろんまるっきりでたらめに起こるといふ、ポアソン過程も考えます。

ここで扱っているデータセットはいろいろなものがありますが、主なものを挙げますと南海地震、それから宮城県沖地震、これら海溝型の地震のほか、阿寺断層、跡津川断層、丹那断層、長野盆地西縁断層という、最近トレンチ調査等でわかっている比較的繰り返しの地震数の多い陸域の活断層を対象にしています。特にトレンチ調査では発生時がはっきり確定できませんので、推定されている範囲内の中点で起きているという仮定を設けております。いろいろなモデルがあつて、いろいろなデータがあるのですが、そこからどういう風を選ぶかという、赤池情報量基準(AIC)で判定をしています。

AICをご存知でない方がいらっしゃるかもしれませんので、ややまずい説明をさせていただきます。まず、尤度という概念があります。例えばある事象がどのような分布に従うかがわかっていると、平均値がいくらだとか、ばらつきがいくらだとか、そういうパラメータもわかっているとします。この場合、ある事象の確率、例えば繰り返しの間隔のデータがT1, T2, T3年となる確率が何%かが、次のような式で表せます。

$$\text{確率} = \Pr(T_1, T_2, T_3 | \text{Tav}, \quad)$$

これは一般的な確率の計算式で、確率の計算のときは分布がわかっていると、パラメータもわかっていると考えるわけです。そして実際の事象の確率が、例えばサイコロで1が出るということが何%かと確率が計算できるというわけです。ところが同じ式なのですが、見方を変えると尤度になります。

$$\text{尤度} = \Pr(\text{Tav}, \quad | T_1, T_2, T_3) = \Pr(T_1, T_2, T_3 | \text{Tav}, \quad)$$

尤度の場合には実際に起こったことが目の前にあつて、例えば南海地震であれば、何年と何年とに発生したという事実があるわけですね。その事実に対して「どういったパラメータを与えたらその事実が最も発生しやすくなるか」という形になるわけですので、確率の場合パラメータとして与えられたものが、尤度では変数になります。そして、最も実際の事実を起こりやすくするパラメータを選ぶのが、最尤推定です。尤度を最大にする、あるいは対数尤度を最大にするパラメータを、最も尤もらしいパラメータとして選ぶということが一般にされています。

AICの考え方は、やや不正確な言い方をしますと、上記を拡張した考えでして、パラメータを選ぶのではなくて、今度は分布を選ぶ、モデルを選ぶ場合の基準です。実際、既にデータはあるわけで、起こってしまった事実は目の前にある。そのデータを最も良く説明するパラメータを求めるのが最尤推定ですが、最も良く説明するモデル、あるいは分布を

求めるというのが、AIC の考え方です。ですから最も良く説明するパラメータの値（最尤推定値）を当然選び、尤度を比較します。それだけではなく、パラメータの数が、いわば罰則的にそこに加わります。

$$AIC = -2 \times (\text{最大対数尤度}) + 2 \times (\text{パラメータ数})$$

データ数と同じ数のパラメータがあればどんなデータであれ、完全に再現できるモデルが作れます。パラメータが少なくかつ最も良く説明できれば、それが最も良いモデルということができます。パラメータの数の2倍という、いわば罰則を設けて、AIC の値が小さいほどデータが良く説明できるモデルであると判断します。AIC に関する注意は、AIC の絶対値ではなく、その差が重要だということです。差が2あれば、パラメータ1個分に相当しますから、かなり有意な差と考えられます。

図3は南海地震の例ですが、横軸が地震の発生間隔、縦軸が累積の頻度になっています。もちろんポアソンでは全然合わないのですが、二重指数ですと間隔が短い場合の頻度が比較的大きく、データとの差が大きくなります。対数正規とガンマは、比較的似たような傾向を示し、データと合っています。

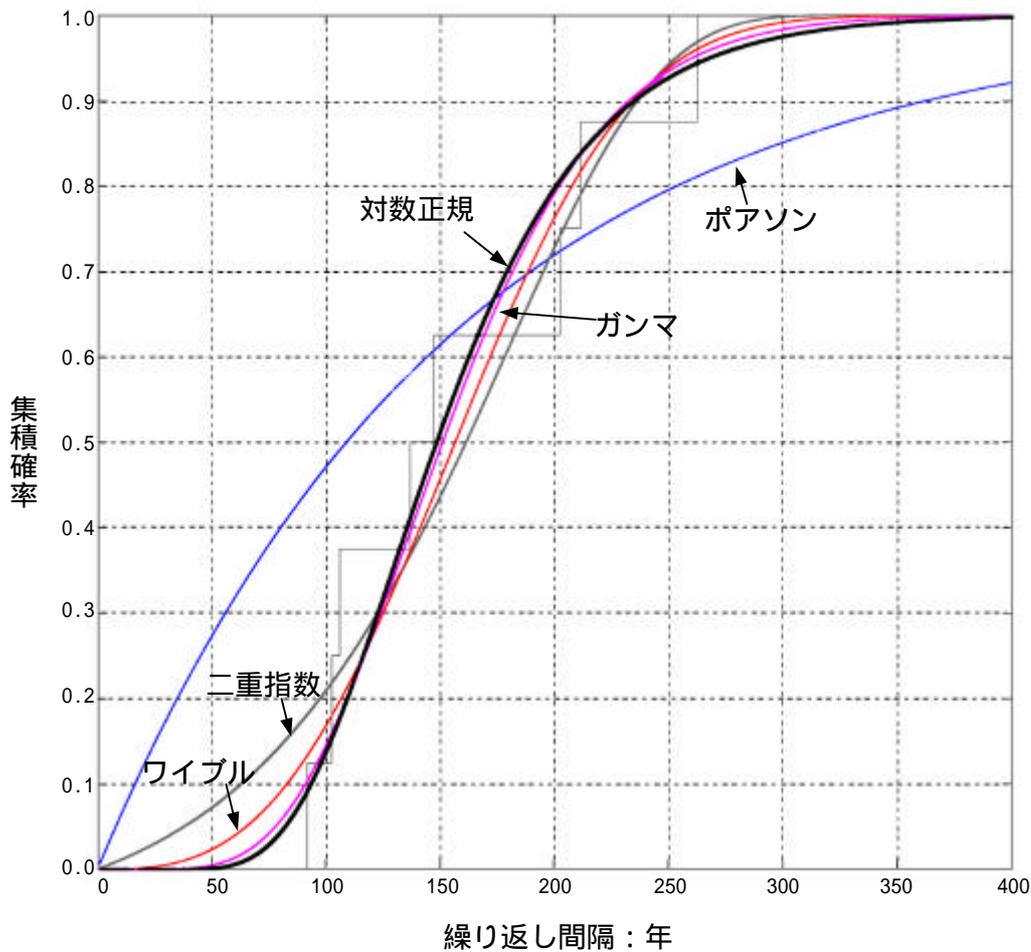


図3 南海地震（歴史地震）の間隔の累積分布と統計モデルのあてはめ

表1 AICの比較

AIC	ポアソン過程	対数正規	ワイブル	ガンマ	二重指数
南海地震	99.0	90.2*	91.1	90.5	92.5
宮城県沖地震	99.0	75.9*	77.7	76.1	80.2
阿寺断層	87.0	80.4	78.2	79.8	77.3*
跡津川断層	72.5	63.3*	63.6	63.3	63.9
長野盆地西縁断層	130.0	115.8*	116.7	116.0	117.8
丹那断層	82.6	71.6	71.6	71.5*	71.9

表1はいろいろなデータに対しAICがどう求まったかということを示しています。南海地震以外の場合についても結果が示されており、どのデータに関してもポアソン過程はあてはまらないことがわかります。地震がでたらめに発生する場合にあてはまるのですが、実際のデータはやや規則性を持っていますので、当然あてはまりません。AICが大変大きな値になっています。それで、それ以外はどうかというと、基本的には対数正規とガンマは、似たような振る舞いをしておりまして、二重指数がやや離れていて、ワイブルがその中間というような感じがします。アスタリスク*がついているのが最小である、まあ最も良いモデルということになりますが、良く見ていただくと、他のモデルとの差が有意でない場合もあります。ややおおざっぱに言えば、どれもそんなに変わらないと結論されます。

具体的には、直感的に対数正規がわかりやすいので、これを使ってはどうかという提案をしています。もちろん、どれでなくてはいけないということはなく、どれを使ってもよろしいと思います。逆にいうとデータ数がまだ十分ではなく、モデルの違いがわかるほどはデータがないといったほうが良いのかもしれないかもしれません。もちろんでためでないことは確かなのですが、どのモデルがとりわけ良いかということになると、それほど違いはないということになります。

陸の活断層で起こる地震の繰り返し間隔について、対数正規を使ってさらに考えて見ました。平均的な繰り返し間隔は断層毎に違うのですが、ばらつきの程度はひよっとしたら皆同じとみなしてもいいのではないかとことです。対数正規の場合は簡単に共通のばらつきを計算することができますが、共通のばらつきは λ として大体0.23という値となります。それで4つの活断層について共通のばらつきがあるとして0.23を用いた場合と、それぞればらつきが違うのだとした場合についてAICを比べると、前者が326.9、後者が331.1と、共通としたほうがかなり有意にAICが小さくなります。ですから共通と考えて構わないというのが答えです。これは今あるデータに限るわけですが、十分データが集まるまでは、この $\lambda = 0.23$ を陸の活断層で起こる地震に関してあてはめるというのが、当面の適用として考えられるのではないかと提案しています。

実際に危険率、各瞬間での地震発生の可能性、を見ていくと、どんなカーブが得られるかが図4に示されています。これは4つの活断層それぞれで、最後の地震より前のデータを用い、最後の地震の発生時まで危険率がどのくらいまで変化したかを調べたものです。ポアソン過程の場合の危険率と変わらないところでもう発生しているものもありますし、もちろん十分時間が経ってから発生しているものもあります。もう少し数が集まりませんと分布にあてはまっているのかどうか判断が難しいようです。

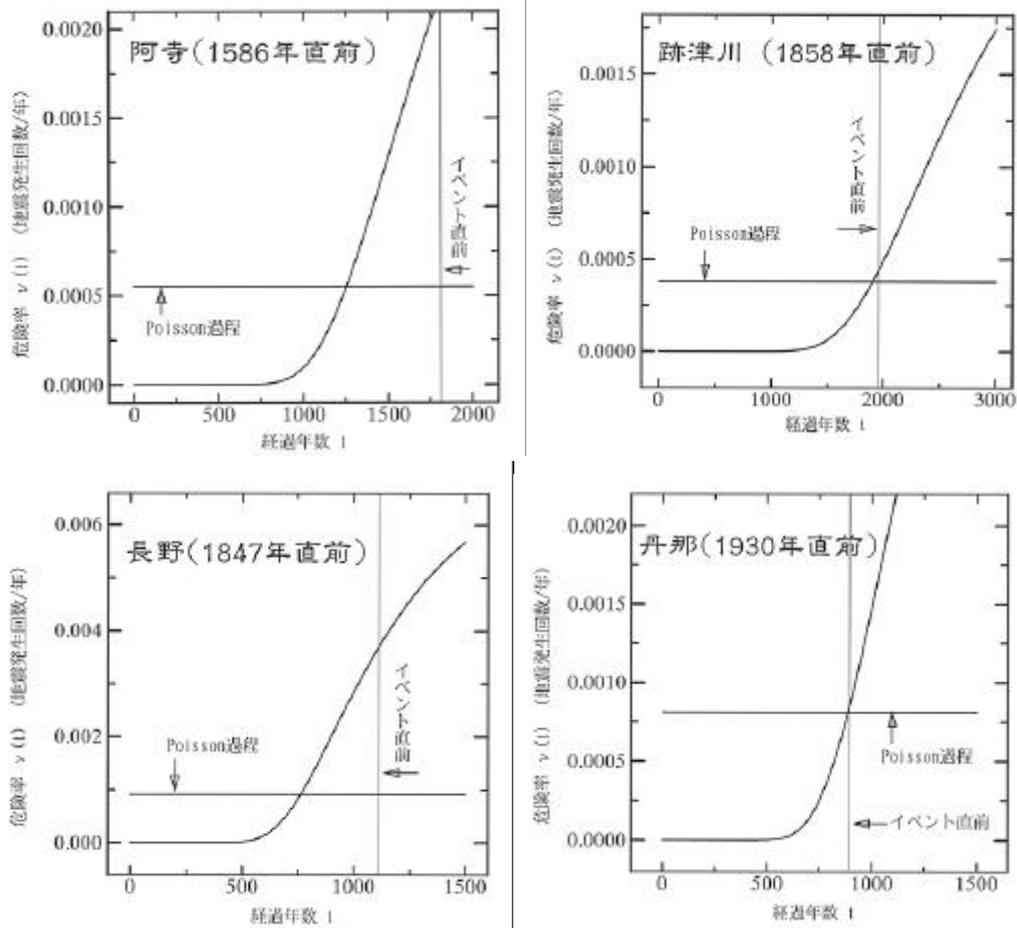


図4 4つの活断層での最新の地震までの危険率の変化
 イベント直前の矢印のついた縦線が、最新の地震の発生時を示す。
 横線はポアソン過程の場合の危険率で時間によらず一定である。

表2 最新の地震の発生時点における地震発生確率
 (ただし牛伏寺断層に関しては現時点での値)

断層	30年確率	集積確率	/Pois.	/Max
阿寺	6.5%	57%	4.0	0.55
長野	1.1%	59%	4.0	0.57
跡津川	1.4%	10%	1.2	0.17
丹那	2.8%	9%	1.1	0.17
野島	4-9 %	54%	4.2	0.47
牛伏寺	14 %	82%	6.1	0.68

(説明) 30年確率：その時点から30年間に地震が発生する確率
 集積確率：その時点までに地震が発生している確率
 /Pois.：30年確率とポアソン過程の場合の30年確率との比
 /Max：30年確率と30年確率の最大値(このような値になるまで地震が発生しないことは実際上ほとんどない)との比

表2はそれ以外の例も幾つか集めて作って見たものですが、30年の確率にして数%、これは低い値ですが、数が一桁でも結構実際には発生するということがわかります。野島断層は、兵庫県南部地震が発生した断層ですけど、4~9%です。先ほどお話しした糸魚川-静岡構造線活断層系の中央部にあたる牛伏寺(ごふくじ)断層ですが、比較的大きな値、1.4%が出ています。表には集積確率、それまでに起こっていてもいいはずという確率も示されています。これは、たくさん数が集まると一様分布をするはずですが、表を見ると、50%台と10%付近に集中していますが、まだ数が少ないのでなんともいえないところです。前にも申しましたが、繰り返しの間隔がかなり長いものですから、30年間の発生確率はそんなに大きな値にはなりません。対数正規を使っていますので、一応確率の最大値が計算できます。それとの比をとったものが表の最後の列に示されています。野島断層の4~9%というのは数としては小さいのですが、そもそもそんなに大きな数にはなりません。倍になるのがやっとだというくらい、結構大きな数に、もうなっているのですよということを、この列の値0.47は示しています。

対数正規ですと、時間が経つと確率が減るので、物理的ではないというコメントをいただいています。実際に陸の活断層などの場合ですと、そういった最大値になるということは殆どありません。非常に時間が経ってしまった場合にはなりますが、集積確率で考えると99.995%というようなほとんど実現しない状態です。そこまでなれば、むしろこういった分布ではあてはまらないと考えた方が良く思われますので、特に適用上困るということはないと思います。人によっては、そういう風に外れた状態になって、ワイブル分布などでは確率が100%に近くなるのは逆におかしいのではないかと、そういう議論をする人もいます。

最終的には、防災を考える上での一つの指標として使っていただければと思っているのですが、果たして十分信頼できる値になっているかという議論もあるでしょうし、また大変わかり難い、どう使っていいのかわからないという議論も一方ではあるかと思っています。現在、個々の例に関しては、一つ一つのデータを吟味して評価するということにまだ至っておらず、計算をしたに過ぎない場合が多いのです。こういった形で計算すると、確かに数%という小さい数ですが、0.1%に満たない活断層もたくさんありますので、そういった活断層と比較していただければ、現状でどこに注目して、どこが注目しなくてもいいというようなことの目安にはなりうるのではないかと考えています。それで一般の方から、どういうふうに個人の防災に役立つのかといわれると、返答に困るのですが、先ほどありましたような火災とか交通事故ですとか、そういったものとの比較で、対応を考えていただくのが良いと思っています。基本的にはそういった個々の対応より、むしろ全体的に見て、現在どの断層から手当てをしたほうがいいのかとか、そういった面で役に立つのではないかと考えています。

参考資料

地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会、「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」」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」, 148pp., 1999.