時間予測モデルを用いたＢＰＴ分布による長期確率評価手法について

事務局資料

2024/09/09（月）

長２７１－参考資料３より抜粋

今後の方向性 ~~（案）~~

現状のまとめ

- 南海トラフの長期評価について、現時点では大きな改訂を行う知見はないと思われる。
- 時間予測モデルそのものを否定できている新たな知見はないものの、時間予測モデルを用いた発生確率計算に用いていた隆起量データが誤差付きで推定され、そのデータの精度は以前のものより、よくなっていると思われる。
- 時間予測モデルを用いた式には、データの誤差は考慮されていない。

＜今後の議論の方向性 ~~（案）~~ ＞

- 室津港の隆起量データについて確認
  ⇒長期評価部会・海溝型分科会の合同会で審議

この分科会ではこの部分について審議

- データの誤差を考慮した長期発生確率を計算する式について審議
  ⇒新たに「長期確率評価手法検討分科会（第二期）」を設置し、審議

- 新たなデータと新たな計算式を用いて、時間予測モデルから計算される発生確率を更新
  ⇒長期評価部会・海溝型分科会の合同会で審議

- 「南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）について」を改訂

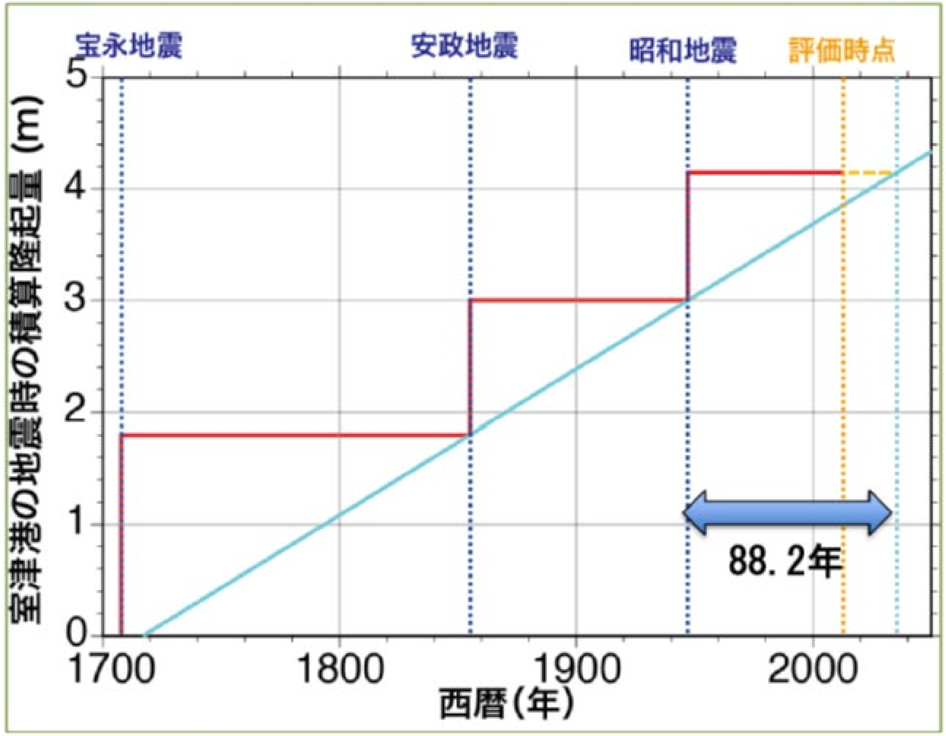
時間予測モデルについて

南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）の概要資料（平成25年5月）を抜粋・修正
https://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/nankai_gaiyou.pdf

時間予測モデルでは、前地震の規模（すべり量）と次地震までの時間間隔が比例する

南海トラフにおける地震の発生履歴	
1361	正平地震
1498	明応地震
1605	慶長地震
1707	宝永地震
1854	安政地震
1944 1946	昭和地震

過去3回の地震の発生時期と規模のデータを用いて、時間予測モデルを構築



昭和の地震の規模が小さかったため、時間予測モデルでは、次の地震までの間隔は短く、88.2年と推定される

時間予測モデルに用いる室津港の隆起量データについて

Shimazaki and Nakata(1980)に使われた室津港の隆起データは以下のとおり。
1707年宝永地震：　1.8m
1854年安政地震：　1.2m
1946年昭和南海地震：　1.15m

要　旨　　橋本ほか(2024)より抜粋

2013年地震調査委員会は南海トラフ沿いの大地震の今後30年間の発生確率を60～70％と評価した。この評価に際しては，公表前から強い批判，特に時間予測モデルの採用について，があったが，2001年評価と同様に久保野家文書に記された室津港の水深データを用いて評価がなされた。本論文において，原典となった久保野家文書を吟味したところ，複数の問題点が見つかった。すなわち，測深の精度を評価するための情報の欠如している。また，開港以来，ほぼ毎年工事が行われてきたことが確認された。既存の史料の情報および近年の潮位観測結果と総合すると，1707年宝永地震に伴う隆起は，1.4～2.4 m の範囲と推定される。社会は，この不確定性を認識し，活用法を再検討する必要がある。

〇室津港の隆起量データの誤差に関することについては、長期評価部会・海溝型分科会（第二期）で審議
・宝永地震、安政地震の隆起量：余効変動による誤差、潮汐による誤差、測定方法による誤差
・昭和南海地震の隆起量（港測深データ）：測定位置による誤差、測定方法による誤差、余効変動の誤差
・昭和南海地震の隆起量（水準測量）：測定位置による誤差、余効変動の誤差
・最終的に、各データの重みも考慮して、平均隆起速度とその誤差について見積もることを目標

長期確率評価手法検討分科会（第二期）に当面検討してもらいたい事項の確認

「長期的な地震発生確率の評価手法について」より抜粋

2.2 時間予測モデルの利用

2.2.1 概要

時間予測モデルとは，地震直前の応力レベルが一定である，すなわち断層の破壊強度が時間によらず一定というモデルである。定性的には，大きな地震の後では次の地震までの間隔が長く，小さな地震の後では間隔が短いということになる。このモデルは，世界各地の，同じ震源域から発生する地震の発生間隔のデータをよく説明するとされている[25, 26]。このモデルにたった場合，最新の活動（地震発生）時のずれの量と長期的な断層のずれ速度とから，最新の活動から次の活動までの期待される経過時間を次のようにして求めることができる。すなわち，最新の活動時のずれの量をU_{last}とし，長期的な断層のずれ速度をＶとすると，その期待される経過時間$T_{t.p.}$は次式で求められる。

$$T_{t.p.} = U_{last}/V \cdots (2.22)$$

上式から，物理的な制約によって，モデルの確率密度関数に内在するパラメータのうちの一つが固定されることとなる。したがって，同一の確率密度関数を用いたとしても，地震発生時刻の系列はもはや更新過程ではなくなるが，最新の活動に関するデータだけが分かっている場合に更新過程に代わるものとして用いることができる。

データが複数知られている場合には，Ｖを使わずに$T_{t.p.}$を求めることができる。例えば，最新の地震とその一つ前の地震発生時を，それぞれt_{last}，t_{penult}とし，ずれの量をそれぞれU_{last}，U_{penult}とすれば，

$$T_{t.p.} = (t_{last} - t_{penult})U_{last}/U_{penult} \cdots (2.23)$$

と求められる。この場合には更新過程と時間予測モデルを別々に適用して，両者の結果を比較検討することも可能となる。

2.2.2 確率の数値評価

確率密度関数 f(t)の関数形としては， 2.1.2で述べた分布等が用いられるが，ここでは地震発生確率がＴに依存する場合の例としてＢＰＴ分布と対数正規分布を，地震発生確率がＴに依存しない場合の例として指数分布を扱う。

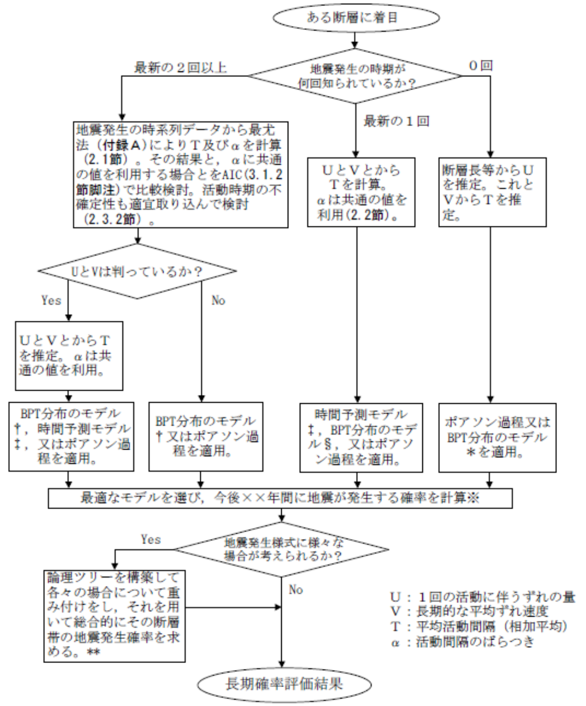
●ＢＰＴ分布

$$f(t) = \{\bar{T}/(2\pi\alpha^2 t^3)\}^{1/2} \exp\{-(t-\bar{T})^2/(2\bar{T}\alpha^2 t)\},\ t \geqq 0 \cdots (2.24)$$

ただし，$\bar{T}$は活動間隔の相加平均（最尤推定値）

２つのパラメータ（Ｔ(μ)、α）のばらつきがある場合の式の作成

- ずれの量に関するデータ（Ｕ）の誤差がある場合の時間予測モデルから計算される発生確率の式の作成
  ＝ベイズ信用区間（95%or98%）推定も考慮した
  抽象的な式のイメージ（アルゴリズム）の作成
- Ｔ（μ）については、正規分布／一様分布を想定
- αのばらつきが分かっている場合／分かっていない場合でも対応できるような式



†：地震発生の時系列データにBPT分布を適用（2.1節）。その時系列のαは，他と異なることが明らかな場合を除き，共通の値を採用する
‡：時間予測モデルを適用してＴを計算。αは仮定（2.2節）。
§：他の資料から平均活動間隔を推定し，BPT分布を適用できる場合もある。
＊：歴史時代に活動していないことが確実な場合には，その情報を入れて取り扱う（2.3.1節の応用）。
※：最新活動時期に不確定性がある場合の取り扱いも可能（2.3.1節）。
**：「重み付け」は個別に検討を行うことが必要。
「総合的にその断層帯の地震発生確率を求める」に際しては当面文献[16]の第2.4節参照。

図１．１　長期確率評価の流れ