

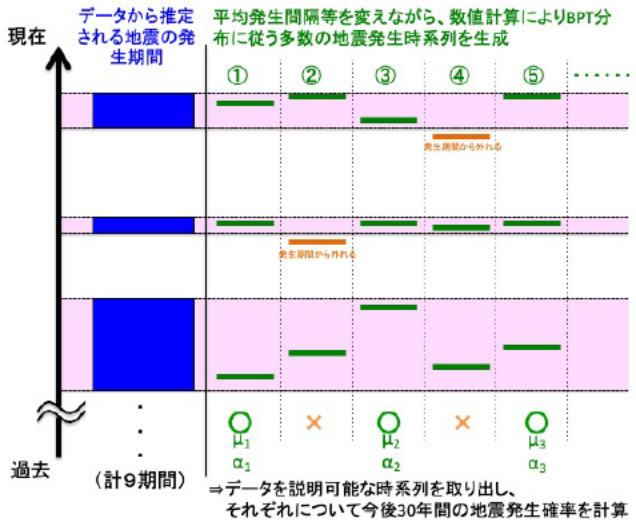
1. モンテカルロ法の導入

- ・活断層地震や海溝型地震の発生確率は、地震調査委員会の長期評価として、地震の発生確率モデルとしてBPT分布やポワソン分布を用いて、地震発生履歴から最尤法で確率モデルのパラメータを推定し発生確率を算定している。
 - ・歴史記録や地形・地質記録によるものには地震発生履歴の時系列のデータに幅があるものがあり、単純に最尤法で発生確率を算定することができない。
- ⇒地震発生 の 時期の幅などに合わせて、乱数を発生させて、多数の地震発生履歴の時系列をシミュレーションし、得られた多数の時系列のそれぞれに最尤法で確率モデルのパラメータを推定して、そのパラメータの平均値などを利用して、発生確率を算出する。この乱数を用いたシミュレーション方法がモンテカルロ法。

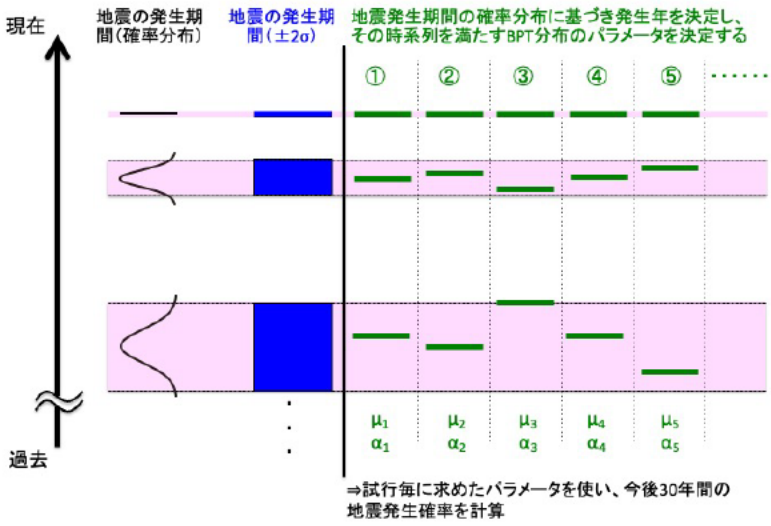
・BPT分布 $f(t, \mu, \alpha) = \sqrt{\frac{\mu}{2\pi\alpha^2 t^3}} \exp\left\{-\frac{(t-\mu)^2}{2\mu\alpha^2 t}\right\}$

2. 手法の模式図

相模トラフ沿いのM8クラス

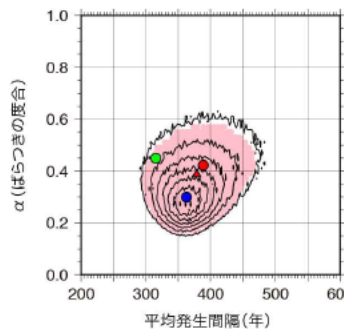


千島海溝の超巨大地震と東北地方太平洋沖地震型



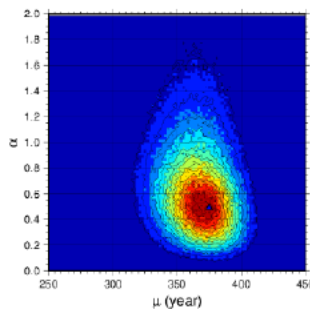
2. 地震発生履歴の時系列データとモンテカルロ法による30年確率など

No	相模トラフ		歴史記録	千島海溝		藻散布沼		千島海溝		霧多布湿原		東北地方太平洋型	
	cal B.P.	中点		1 σ	cal B.P.	1 σ	cal B.P.	1 σ	cal B.P.	1 σ	cal B.P.	慶長三陸	亨徳
1	5400 - 5300	5350	1293	1340 - 1220	670 - 280	2011	2011						
2	5000 - 4800	4900	[1495]	1720 - 1420	1400 - 750	1611	1454						
3	4800 - 4250	4525	1703	2370 - 2090	1495 - 1430	869	869						
4	4250 - 3950	4100	1923	2570 - 2260	1930 - 1600	4-5世紀	4-5世紀						
5	3800 - 3600	3700		2820 - 2670	2450 - 2270	BC4-3世紀	BC4-3世紀						
6	3300 - 3100	3200			2600 - 2360								
7	3050 - 2850	2950			2720 - 2500								
8	2750 - 2700	2725											
9	2500 - 2400	2450											
μ	250-480 (68%) 180-590 (95%)		220と410 [202, 208, 220]	375	337	554 (80-810 95%)							
α				0.49	0.79	0.05と0.2-0.3							
30年 確率	0-0.6% (68%) 2014. 11			7-37% 2017. 1. 1	7-17%	ほぼ0% 2019. 1. 1							

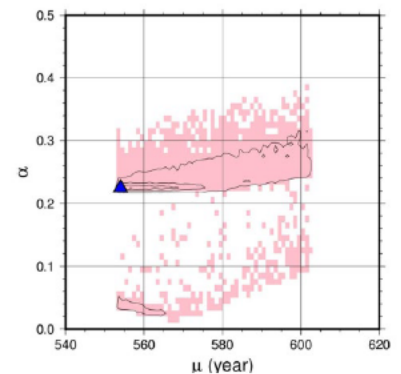
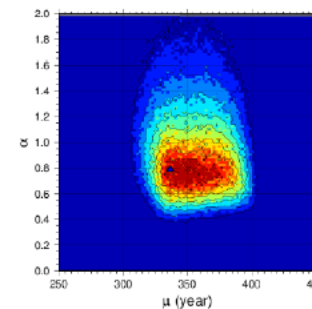


【歴史記録】
● 歴史記録3地震
【地形・地質データ】
(i)発生幅の中心で評価
● 地形・地質記録
(ii)発生幅の中ばらつかせて評価
▲ 地形・地質記録(中央値)
● 地形・地質記録(平均値)
● 地形・地質記録(68%)
コンター間隔は100
N=576,023

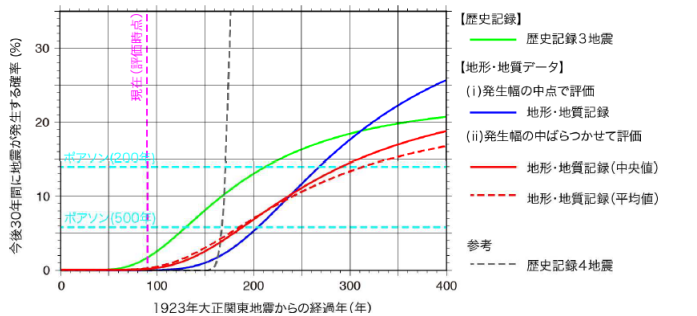
地形・地質データから推定された、相模トラフ沿いの地震の平均繰り返し間隔(年)とばらつきの指標(α)。ピンクの部分はモンテカルロ法により信頼区間68%で推定したパラメータの範囲。参考として、歴史記録(3地震)データより求めた値も示す。



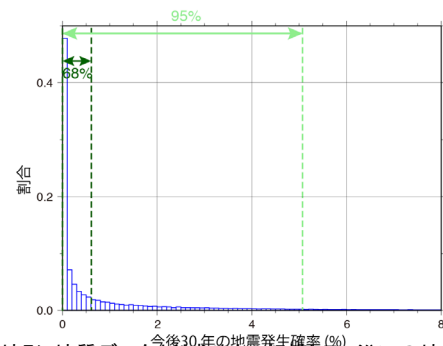
津波堆積物の堆積年代からシミュレーションにより求めたBPT分布のパラメータ(平均発生間隔 μ とばらつき示す α)の頻度分布。左が霧多布湿原、右が藻散布沼のデータから求めた分布を表す。最頻値を青の三角で示す。また、カラスケールの値は最頻値から並べたとき、各々の区間が上から何パーセント以内に入っているかを示している。



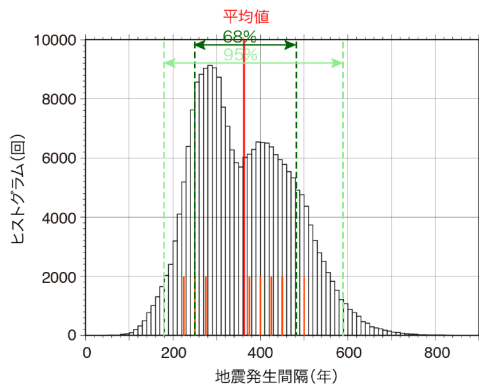
歴史・地質データから推定された、平均繰り返し間隔(μ)とばらつきの指標(α)
10万個の地震時系列を作成した。 μ を1年毎、 α を0.01毎にbinに分けて集計した。最頻値については、 μ は554年、 α は0.23となり(図中の▲)、適合する地震時系列の数は約450個であった。等値線は適合する地震時系列の数を100個毎に引いた。ピンク色の部分はモンテカルロ法により信頼区間68%で推定したパラメータの範囲



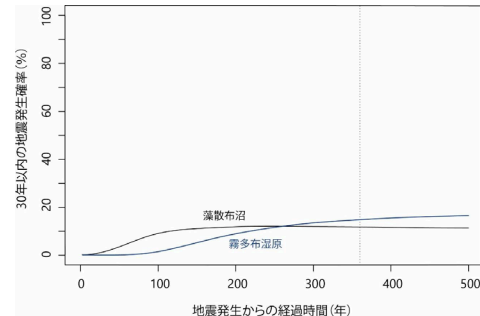
今後30年間に相模トラフのM8クラスの地震が発生する確率の時間変化。2014.1.1(現在)の時点で90年経過でも緩やかな上昇を示す。赤線が青線に比べ緩やかなのは、 α が大きいため。歴史地震(4地震)では160年経過で、急激に上昇する。



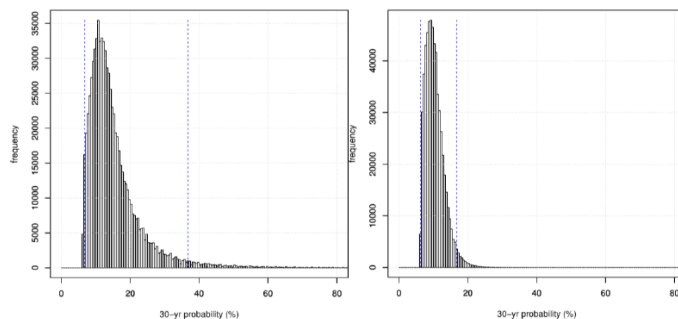
地形・地質データより求めた、相模トラフ沿いの地震の30年確率の頻度分布図。確率値の68%及び95%の信頼区間を濃緑破線及び薄緑破線で示す。



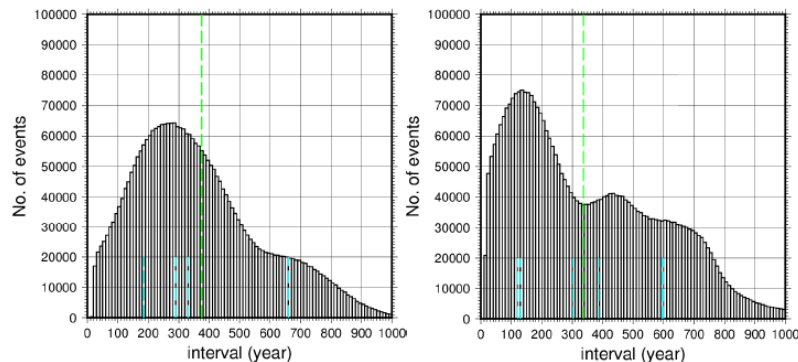
地形・地質データより推定した相模トラフ沿いの地震の発生間隔の頻度分布図。平均値を赤太線、発生幅の中心で評価した場合の発生間隔を短い橙太線、発生間隔の68%及び95%の信頼区間を濃緑破線及び薄緑破線で示す。



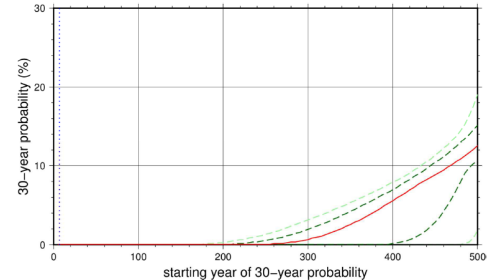
今後30年間に超巨大地震(17世紀型)が発生する確率の時間変化の一例。シミュレーションによりパラメータ(平均発生間隔(μ)とばらつき(α))を多数設定しているため、本来、多様な曲線を描くことができるが、上図は最頻値(霧多布 $\mu=375$ 年, $\alpha=0.49$ 、藻散布 $\mu=337$ 年, $\alpha=0.79$) (図6の▲印)を使用した。また評価(2017年1月1日)時点の経過時間を縦点線で表してある。



今後30年間に超巨大地震(17世紀型)が発生する確率の分布。横軸が30年の発生確率、縦軸がその頻度を示す。95%の信頼区間を青の点線で示してある。左が霧多布湿原、右が藻散布沼のデータから求めた分布を表す。

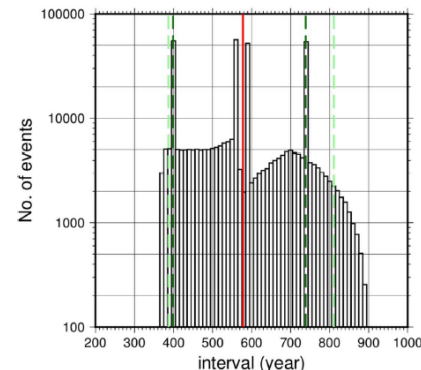


シミュレーションにより求められた時系列の発生間隔の頻度分布。左が霧多布湿原、右が藻散布沼のデータから求めた分布を表す。縦に入っている緑の破線が図4-18で描かれている最頻値の値、水色の破線がイベントが $\pm 1\sigma$ の中央で発生したと仮定したときの地震発生間隔の値を示す。



今後30年以内に超巨大地震(東北地方太平洋沖型)が発生する確率の時間変化。赤実線は確率の中央値、濃緑破線及び薄緑破線は確率値の68%及び95%の信頼区間を示す。縦の点線は2019年1月1日時点を示す。

Histogram of intervals



歴史・地質データより推定した発生間隔の頻度分布図。10万個の地震時系列を用い、各時系列で4つの発生間隔があるため、計40万個のデータを用いている。赤実線は発生間隔の中央値、濃緑破線及び薄緑破線は発生間隔の68%及び95%の信頼区間を示す。