

12-2 「相模トラフ沿いの長期評価（第二版）」について

Review of “Long-term evaluation of subduction earthquakes along Sagami trough (2nd edition)”

吉田康宏（気象大学校），佐竹健治（東京大学地震研究所）

Yasuhiro Yoshida (Meteorological College), Kenji Satake (Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

1. はじめに

地震調査委員会では2011年東北地方太平洋沖地震の発生を受けて、従来の海溝型地震の長期評価の見直しを図り、地震の多様性や情報の不確実性を考慮した新たな手法を用いて評価の改訂を行っている。2014年には相模トラフ周辺で発生する大地震の発生可能性について「相模トラフ沿いの地震活動の長期評価（第二版）¹⁾」として公表された。本稿では2014年の評価が2004年に公表された前評価²⁾と比較して、どのような点に着目して改訂を行ったかを、確率評価の部分に焦点をあてて紹介する。

2. 相模トラフ沿いで次に発生する地震の確率評価の考え方

相模トラフ沿いで発生する地震で大きな被害をもたらすと考えられる地震として以下の2つのグループに分ける。1つがフィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生する1923年の大正関東地震に代表されるM8クラスの地震と、フィリピン海プレートや太平洋プレートの沈み込みに伴い発生するプレートの沈み込みに伴うM7程度の地震である。以下ではこの2つのタイプの地震について確率評価の考え方を具体的に見ていく。

2-1. 相模トラフ沿いのM8クラスの地震

相模トラフ沿いのM8クラスの地震の平均発生間隔は300年以上と非常に長いため、歴史記録として知られている地震は数回と数少ない。房総半島の離水地形（海岸段丘³⁾や浜提列^{例えば4)}や津波堆積物^{例えば5)}などの地形・地質記録を用いて発生可能性の評価を行った（第1図）。これら地形・地質記録には約6,000年前の地震まで記録されているが、浜提列の中には離水後浸食されて消失しているものもあると考えられ、すべての地震の痕跡が残っているとは限らない。そこで、浸食で消失されている可能性の低いと考えられる2,400 cal y BP～5,400 cal y BPの3,000年間、9回の地震を用いて評価を行った。

仮定した確率分布は地震調査委員会採用しているBPT分布⁶⁾である。地形・地質記録では地震発生年は点として決まらず幅を持つ。この不確実性をきちんと評価するため、以下のようにモンテカルロ法を用いて地震の発生可能性を評価した^{例えば7)}。①BPT分布のパラメータである平均発生間隔(μ)とばらつき具合を示す指標(α)を、 μ を200～600年、 α を0.0～1.0の範囲で乱数を発生させて作成する。②①で作成した μ と α を持つBPT分布を満たす地震の時系列(乱数)を発生させる。③この時系列のうち、地質記録から推定されている地震発生時系列を満たすものだけを取り出してくる。

以上のようにして取り出した時系列の確率分布パラメータ(μ と α)の度数分布を示したのが第2図である。参考まで3回の歴史記録(1923年大正関東地震、1703年元禄関東地震、1293年永仁関東地震)を用いて計算した μ と α の値なども示してある。このように地形・地質記録を満たす発

生時系列は μ が 300~500 年程度、 α が 0.15~0.6 程度と大きくばらついており、1つの値で代表できるような分布でないことがわかる。

では次に上で求めた地形・地質記録を満たす発生時系列の BPT 分布のパラメータを用いて、今後 30 年間に地震の発生する確率を計算した。第 3 図に 30 年発生確率のヒストグラムを示す。発生確率が非常に低い (0.0~0.1 %) 値を示すものが一番多くなっており、確率値が上がるにつれ割合は減少していく。このことより、このタイプの地震が発生する可能性はかなり低いことがわかる。しかし 95 % の信頼区間を考えると確率のばらつきは 0~5 % 程度となり、不確実性を考慮すると頻度は低いとはいえ、5 % 程度の確率が求まる可能性もあることがわかる。

最後に地形・地質記録を満たす時系列を取り出してきて、イベントの発生間隔の頻度分布を第 4 図に示す。発生間隔の長い地震については発生可能性を確率で示しても理解しにくい。シミュレーションの結果ではあるが、地震の発生間隔としてどのような値があるかを示すことにより、何年くらいで次の地震が発生する可能性が高いかを示すことができる。平均値は 362 年であるが、95 % の信頼区間で 180~590 年程度でばらつくことがわかる。第 4 図をみると、発生間隔頻度のヒストグラムは 2 つのピークを持っているようにみえる。これは使っているデータには異なるタイプのイベントが混じっている可能性を示している。このような異質なデータの除去は今後の課題であると考えられる。

2-2. プレート沈み込みに伴う M7 程度の地震

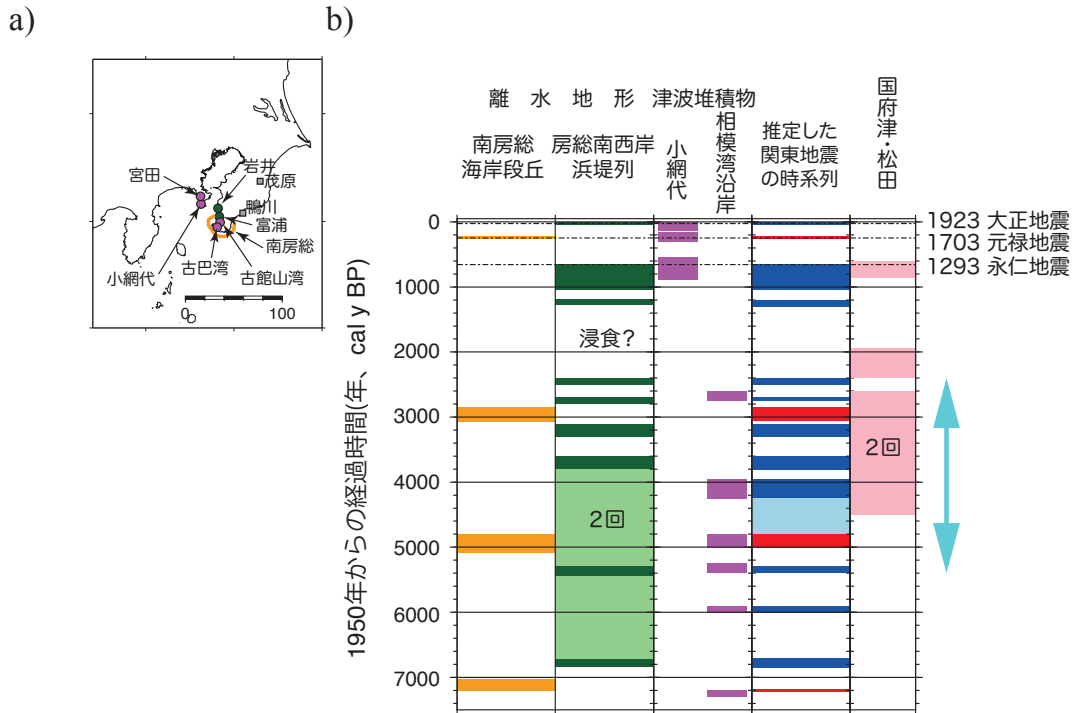
ここで評価を行う M7 程度の地震は、地殻内で発生する浅い地震や上記で評価した M8 クラスの地震は除き、主に南関東の地下で発生している同地域に被害を及ぼすようなすべての M7 クラスの地震を対象としている。第 5 図に西暦 1700 年以降に同地域で発生した M6 以上の地震の MT 図を示す。前回評価²⁾では近代的な地震観測開始前は震源の深さ精度が悪いことを考慮して、1885 年以降の地震を対象とした。地震活動が定常的であれば期間を区切って評価しても問題ないが、第 5 図からわかるように M7 程度以上の地震は定常的に発生しているのではなく、大正関東地震前の数十年間に集中していることがわかる。このように M7 程度の地震は相模トラフ沿いの M8 クラスの地震と連動して静穏期と活動期に分かれている可能性がある。そこで今回は 1703 年元禄関東地震以降であれば被害地震の記録はすべて残っているだろうと考え、静穏期と活動期が両方含まれている 1703 年と 1923 年の 220 年間に注目して評価を行った。平均発生間隔を求めると、この間に 8 回地震が発生していることより 27.5 年となる。この値を用いてポアソン過程を仮定して今後 30 年間にこのタイプの地震が発生する確率を計算すると約 70 % となる。ただし現在は静穏期にあるが、今後次の関東地震に向けて地震活動が活発化する可能性もあると注釈をつけた。

3. 終わりに

以上のように第二版の評価では地震発生の多様性や不確実性をなるべく考慮して評価を行った。しかしながら GNSS などの地殻変動データから求められるすべり欠損や、スロースリップの影響、隣接する東北地方で発生した 2011 年東北地方太平洋沖地震の影響などを定量的に考慮することはできなかった。今後はシミュレーションの結果などを取り入れ、統計だけでなく物理モデルも考慮した評価を目指す方向性が重要であると思われる。

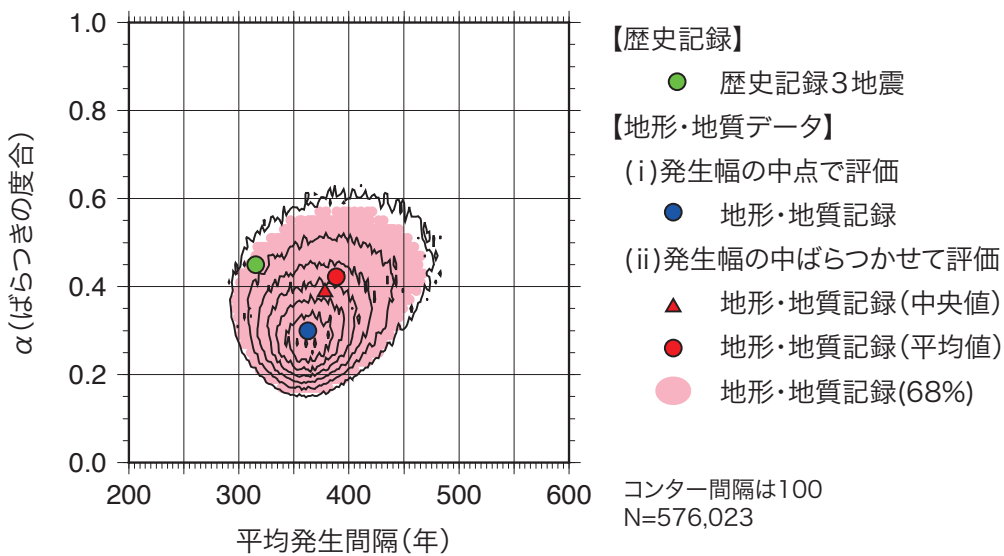
参考文献

- 1) 地震調査委員会, 2014, 相模トラフ沿いの地震活動の長期評価 (第二版), 81pp.
- 2) 地震調査委員会, 2004, 相模トラフ沿いの地震活動の長期評価, 58pp.
- 3) 中田高・木庭元晴・今泉俊文・曹華龍・松本秀明・菅沼健, 1980, 房総半島南部の完新世海成段丘と地殻変動, 地理学評論, 53-1, 29-44.
- 4) 穴倉正展・鎌滝孝信・高田圭太・鈴木敬一・岡村行信, 2005, 房総半島南西部における離水浜堤列の調査—大正型関東地震の発生年代の推定—, 活断層・古地震研究報告, 5, 51-68.
- 5) Shimazaki, K., H. Y. Kim, T. Chiba, and K. Satake, 2011, Geological evidence of recurrent great Kanto earthquakes at the Miura Peninsula, Japan, Jour. Geoph. Res., 116, B12408, doi:10.1029/2011JB008639.
- 6) 地震調査委員会, 2001, 長期的な地震発生確率の評価手法について, 99pp.
- 7) Stein R. S., S. Toda, T. Parsons, and E. Grunewald, 2006, A new probabilistic seismic hazard assessment for greater Tokyo, Phil. Trans. R. Soc. A, 364, 1965-1988.



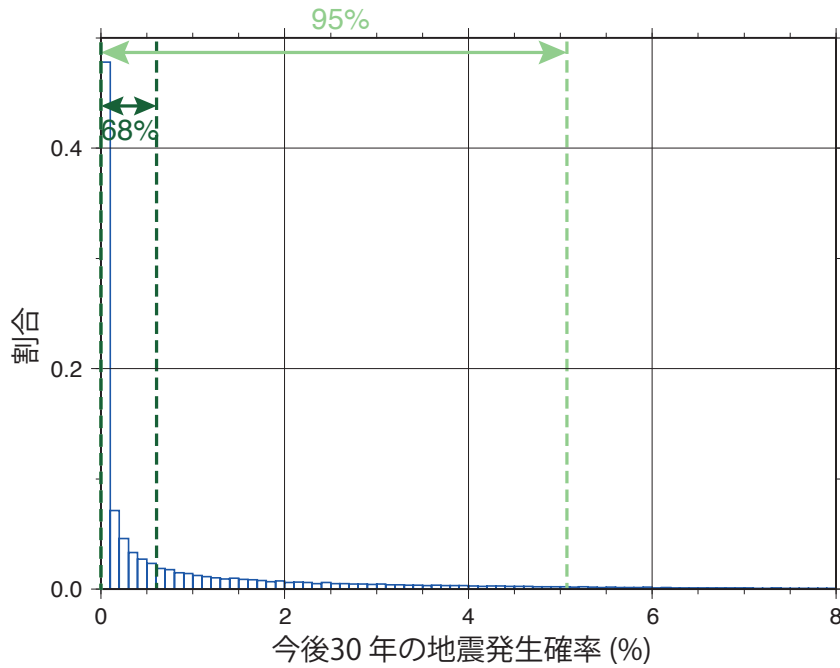
第1図 a) 離水地形や津波堆積物など過去地震の痕跡の発見場所 (緑: 浜堤列, 紫: 津波堆積物, 橙: 海岸段丘). b) 離水地形, 津波堆積物等による相模トラフで発生した過去の地震の発生履歴. 水色矢印は平均発生間隔を推定した期間を示す.

Fig. 1 a) Locations of the evidence for paleoseismic events (Green: breach ridges, Purple: tsunami deposits, Orange: Holocene uplifted terraces). b) Timing and recurrence interval of past large earthquakes along Sagami trough detected by Holocene emerged shoreline and tsunami deposits. Cyan arrow denotes the period used in the evaluation.



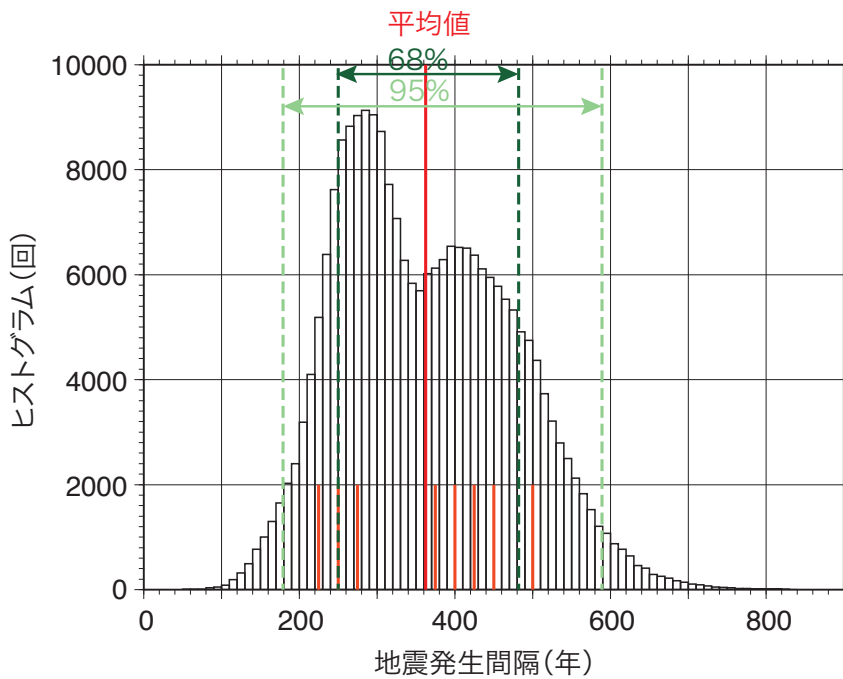
第2図 地形・地質データから推定された, 相模トラフ沿いM8地震の平均繰り返し間隔(年)とばらつきの指標(α). ピンクの部分はモンテカルロ法により信頼区間68%で推定したパラメータの範囲.

Fig. 2 Contour map of probability distribution for the mean inter-event time (μ) and aperiodicity (α) for M8 class subduction zone earthquakes. Pink shaded area shows 68 % confidence area.



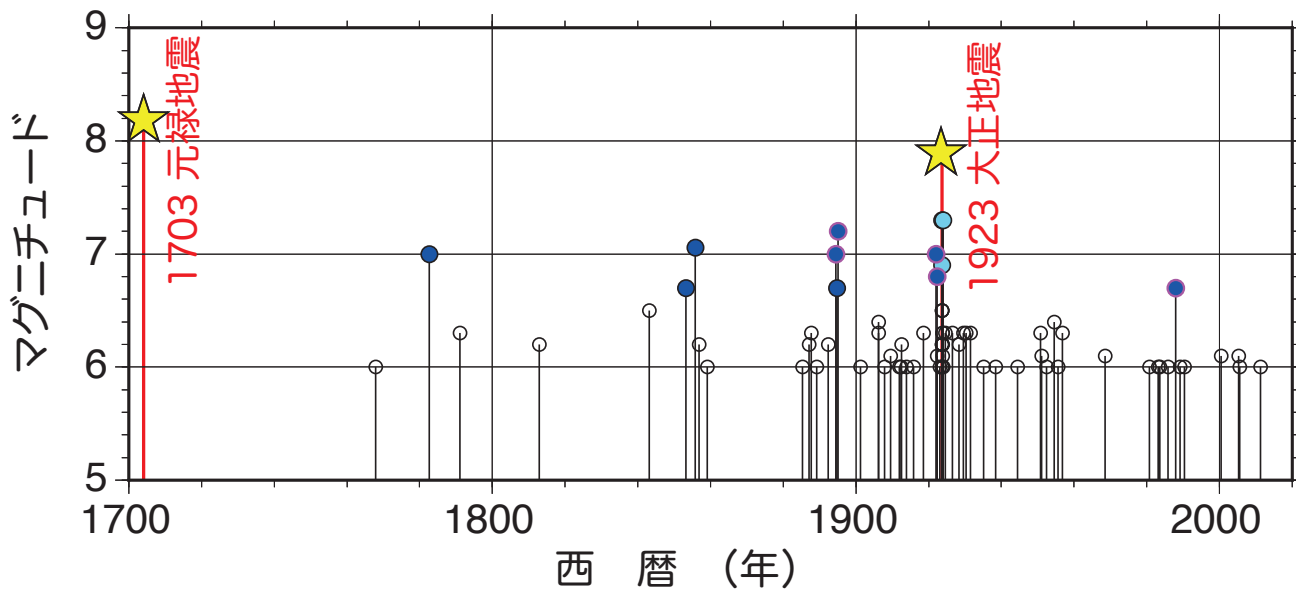
第3図 地形・地質データより求めた，相模トラフ沿いの地震の30年確率の頻度分布図．確率値の68%及び95%の信頼区間を濃緑破線及び薄緑破線で示す．

Fig. 3 Distribution of 30 year probability for M8 class subduction zone earthquakes today. 68 % and 95 % confidence intervals are shown in broken lines.



第4図 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 midpoint 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．短い橙の線は発生幅の midpoint で計算した発生間隔．

Fig. 4 Distribution of inter-event time estimated by geomorphological and geological data. Solid and broken line represent mean and 68 % and 95 % confidence intervals, respectively. Orange short lines represent the intervals between centers of event age ranges.



第5図 プレーートの沈み込みに伴うM7程度の地震（元禄関東地震以降，M6以上）とプレート境界で発生するM8クラスの地震．青丸は本評価で対象とした地震，赤で縁取りした丸は前回評価対象とした地震を示す．

Fig. 5 MT diagram for magnitude 7 class earthquakes associated with the plate subduction along Sagami trough after A.D. 1,700. Stars denote M8 class subduction zone earthquakes along Sagami trough. Blue circles represent the targeted earthquakes in the present evaluation. Circles edged with red color mean the targeted earthquakes in the previous evaluation.