

第I部門 中期的な地震発生確率の算定法について

京都大学工学部

京都大学大学院工学研究科

京都大学大学院工学研究科

学生員 ○玉井達毅

正会員 清野純史

フェロー 土岐憲三

1. はじめに¹⁾

1995年の兵庫県南部地震を契機に、活断層による直下型地震への対策が急務となる一方、国の地震調査研究推進本部によって、全国の内陸の活断層調査が行われ、各活断層について長期的な地震の発生確率が推定されるなど、想定地震の発生確率を算定することが非常に重要な意味を持つようになってきた。

本研究では、京都に甚大な被害を及ぼすと考えられる内陸型の断層について、その長期的発生確率を算定して危険度解析を行うとともに、中期的な発生確率算定のために地震先行現象等の新たな情報を取り入れ、これによる想定地震の発生確率の更新を図る。

2. 長期的地震発生確率の評価手法

2001年6月、国の地震調査研究推進本部、地震調査委員会によって「長期的な地震発生確率の評価手法について」が公表され¹⁾、地震発生長期予測に広く利用されている。これによると、想定される地震の長期的な発生確率は、想定地震の活動間隔がBrownian Passage Time分布(以下「BPT分布」という)に従うという仮定の下で、平均活動間隔、活動間隔のばらつきを用いて計算される。本研究でも同様の手法を用いて長期的な地震発生確率を求める。この分布の確率密度関数は以下の式に従う。

$$f(t) = \{\bar{T}/(2\pi\sigma^2 t^3)\}^{1/2} \exp\{-(t - \bar{T})^2/(2\bar{T}\sigma^2 t)\} \quad (1)$$

図1は平均活動間隔4,500年の想定地震が従う確率密度関数である。 $f(t)$ が求まると、地震の前回発生年からの経過時間 T まで地震が発生していない条件のもとで、 T 以後の時間 ΔT 以内に地震が発生する確率(条件付き確率) $P(T, \Delta T)$ は次のように求められる。

$$P(T, \Delta T) = \int_T^{T+\Delta T} f(t)dt / \int_T^{\infty} f(t)dt \quad (2)$$

3. 京都周辺の長期的地震発生確率と危険度解析

本研究では、京都に甚大な被害を及ぼすと考えられる内陸型地震として花折断層系、西山断層系、黄檗断層系による地震の3つを想定する。各想定地震のパラメータを表1に示す。式(1)及び(2)を用いて各想定地震の発生確率を算定した結果が図2である。図中の総合確率は想定地震のうちどれか1つでも発生する確率である。図3は今後 T 年間の間に想定地震が発生し、さらに評価地点において最大加速度が α^* (gal)を超える確率である。なお、距離減衰式は福島・田中式²⁾を用い、ばらつきは対数標準偏差0.5の対数正規分布でモデル化した³⁾。

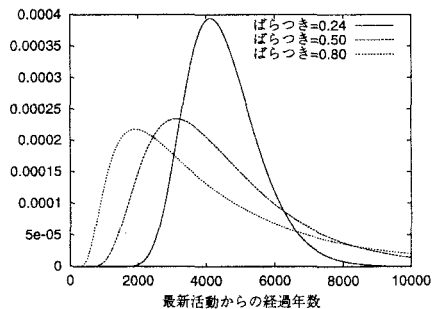


図1: 平均活動間隔4,500年、確率密度関数

表1: 想定地震のパラメータ

断層系	花折断層系	西山断層系	黄檗断層系
長さ(km)	47	42	25
想定マグニチュード	7.6	7.5	7.1
最新活動時期	2,500年前	2,000年前	12,000年前
平均活動間隔	4,500年	3,500年	8,000年
平均活動間隔のばらつき	0.24	0.24	0.5

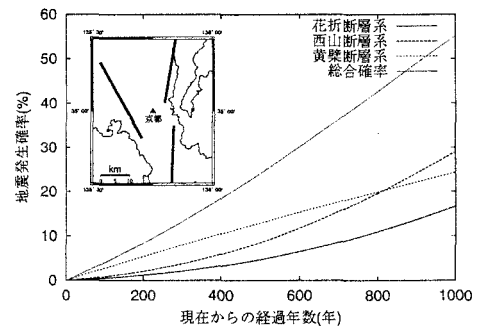


図2: 各想定地震の位置と地震発生確率

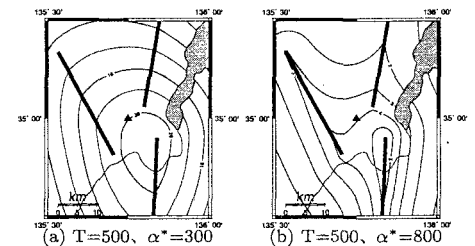


図3: T 年間に α^* (gal)を超す地震発生確率

¹⁾ Tatsuki TAMAI, Junji KIYONO, Kenzo TOKI

4. 先行現象の導入による中期的地震発生確率の算定

BPT分布モデルによって算定された長期的地震発生確率は図2からもわかるように今後100年で数%となり、一般市民に安心情報と受け取られる可能性がある。このように活動間隔が1,000年以上のオーダーを持つ内陸活断層に対し、今後50~100年の予測を立てるのは困難といえる。そこで本研究では、異常地殻変動という新たな情報が観測された条件の下で、BPT分布により計算される想定地震の長期的な地震発生確率(事前分布)をベイズの定理を用いて更新を図る。簡単な流れを図4に記す。

地震先行現象としての異常地殻変動とは、土地の異常隆起等が観測された際、その時点からある時間(先行時間)が経過した後に地震が発生する現象であり、有名な事例としては、新潟地震(M=7.5,1964)等がある。その先行時間の従う分布として本研究では対数正規分布と仮定した。対数平均、対数標準偏差を計算における先行時間の入力データは、力武⁴⁾により得られたデータを用い、対数平均=-2.10、対数標準偏差=4.80を得た。

なお、本研究では、長期的地震発生確率に先行現象を取り入れたものを「長期」に対して「中期」と呼び、これがベイズの定理における「事後分布」に相当することになる。

事前分布として本研究では、平均活動間隔の異なる、宮城県沖地震($\bar{T} = 37.1$ 年)、南海地震($\bar{T} = 157.8$ 年)、花折断層系による地震($\bar{T} = 4,500$ 年)の3つの地震について解析を行った。

図5に解析結果を示す、(a)の宮城県沖地震について、事前の確率は今後5年で約5%程度であるのに対し、現在に異常地殻変動が観測されたという新たな情報を取り入れた事後の確率は約45%となり大幅に更新されているのがわかる。同様に(b)、(c)についても事前の確率分布が更新されているのがわかる。

5. 結論

京都周辺において、危険度レベルを満足する想定地震の発生確率は断層近傍より各断層に囲まれた領域の方が高められることがわかる。しかしながら、長期的地震発生確率は、繰り返し時間が短く、しかも歴史的な発生年代が比較的容易に推定できる海溝型地震への適用は妥当性が高いものと思われるが、地震発生間隔が数千年以上となる場合が多い内陸型の地震に対してはその確度が高いとは言えない。

この場合、統計的な推定値は他の判断材料で補うことが重要であり、本研究ではその一例として異常地殻変動を採用した。結果からわかるように、新たな情報の入手によって長期確率が更新され、中期的地震発生確率として、より身近で切迫度の高い情報として地震発生確率の活用が可能であると思われる。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：長期的な地震発生確率の評価手法について、2001
- 2) Fukushima, Y and Tanaka, T : A new Attenuation Relation for Peak Horizontal Acceleration of Strong Earthquake Ground Motion in Japan, Simizu Tech. Res. Bull, No.10, pp1-11, 1991
- 3) 亀田 弘行・石川 裕・奥村 俊彦・中島 正人：確率論的想定地震の概念と応用, 土木学会論文集, No577, pp75-87, 1997
- 4) Rikitake, T : Earthquake precursors, Bulletin of the Seismological Society of America. Vol.65, No5, pp1133-1162, 1975

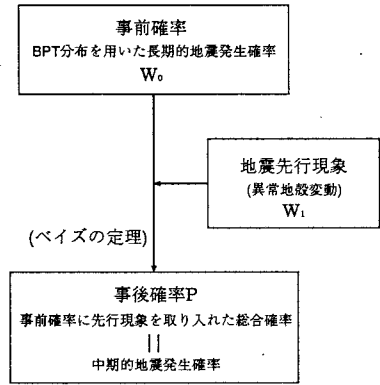
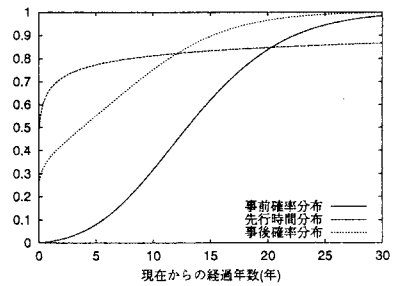
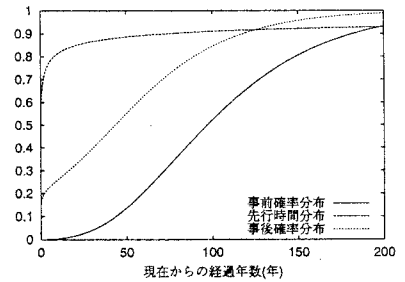


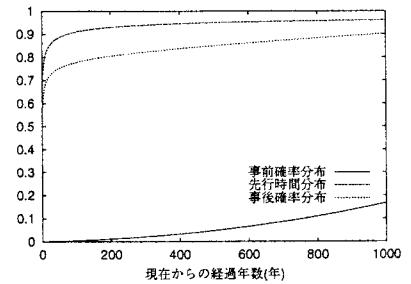
図4: 先行現象の導入方法



(a) 宮城県沖地震



(b) 南海地震



(c) 花折断層系

図5: 想定地震の事前分布と事後分布