

歴史地震を用いた地震発生モデルに関する一考察

京大工学部 亀田弘行 同 学生員 尾崎洋一郎

1. まえがき

本研究は耐震設計における地震荷重設定の重要因子である地震危険度の定量的評価のために、従来のモデルより現象に忠実に考えられる地震発生過程のモデルを、京都を例にとり提案したものである。解析には震度Ⅴ以上の被害地震に関する歴史資料を用いた。一般に、古い時代の地震資料ほど信頼度が低いと考えられるが、京都の歴史性、資料の採否における詳細を検討により、京都の歴史地震資料の信頼度がかなり高いという判断から、時代による資料の加重評価は行わない。

2. 複合ポアソン過程による地震発生モデル

地震の発生がポアソン過程に適合すれば、各地震間の再帰時間の分布関数は指数分布として表わされる。京都の歴史地震資料^{(1),(2)}から地震発生の再帰時間分布を求め、指数分布との適合を調べるために、指数確率紙⁽³⁾にプロットすると直線上に分布するが、ある再帰時間 t_0 を境界として特徴的な折れ曲がりが見られる。(図.1) 発生率 λ なるポアソン過程において、長さ t_0 の期間地震が発生しない場合に発生率が λ_2 に増加し、その状態で地震が発生すると再び発生率が λ_1 に戻るような過程(ただし $\lambda_2 > \lambda_1$)を考え、これを複合ポアソン過程とよぶことにすると、複合ポアソン過程における再帰時間の分布関数は次式で表わされ、図.1のように実際のデータとよく適合する。

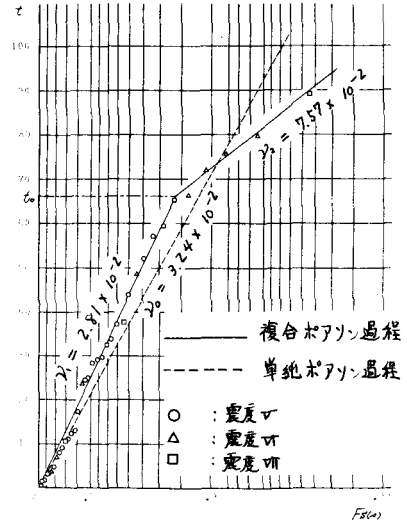


図.1 指数確率紙上の再帰時間の分布 (データ: EA)

$$F_r(t) = \begin{cases} 0 & ; 0 \leq t < a \\ 1 - e^{-\lambda_1(t-a)} & ; a \leq t < t_0 \\ 1 - e^{-\{\lambda_2(t-a) - (\lambda_2 - \lambda_1)(t_0 - a)\}} & ; t_0 \leq t \end{cases} \quad (1)$$

ただし $\lambda_2 > \lambda_1$

京都の歴史地震資料を、震度Ⅴ以上の37の地震(データEA; 827Ⅷ11 ~ 1936Ⅱ21)、震度Ⅵ以上の10の地震(データE₀; 887Ⅷ26 ~ 1830Ⅷ19)、範囲20年に属する地震を一括して1つの地震群と考えた震度Ⅴ以上の22の地震群(データE₄; 827Ⅷ11 ~ 1933Ⅲ7)の3種のデータに編成した。それぞれについて再帰時間をプロットし、回帰分析によってパラメータを求めた結果を表.1に示した。データEAについては図.1も参照されたい。図.1において点線で示したのは、単純ポアソン過程に対応する再帰時間の分布関数である。

3. 将来における被害地震の発生確率

地震の発生が、地殻に蓄積されたひずみエネルギーの解放によって起こることから、地震の発生が長期間見られなければ、その期間における蓄積エネルギーの増加によって、地

震が発生しやすい状態になっていることが考えられる。これを地震の発生過程における発生率の増加によって表わすことで、複合ポアソン過程を地震の発生過程として用いた。

(1)式で示した所(t)は期間tまでの地震の発生確率をも表わし次式のように書ける。

$$F_T(t) = P(X_t \geq 1) = 1 - P(X_t = 0) \quad \text{--- (2)}$$

また、複合ポアソン過程では過去における最後の地震の発生時期と現在までの、地震の発生している期間の長さを解析に反映させることが可能で、この点が単純ポアソン過程と異なる。データEA, E_Gについてこの複合ポアソン過程を用いた地震の発生確率がデータEAに単純ポアソン過程を用いた震度V以上の地震の発生確率を図.2に示した。

図.1に見られるようにデータEAでは、再帰時間がt₀以上になった場合に発生する地震はすべて震度VI以上の地震である。これも再帰時間が大きくなり地殻に蓄積されたエネルギーが大きくなったために生じた結果として考える。この特性を利用して次のように定式化を行ない、データEAについて震度VI以上の地震の発生確率を求めた。

$$P(N_T \geq 1) = P(N_T \geq 1, X_{t_0} = 0) + P(N_T \geq 1, X_{t_0} \geq 1) \quad \text{--- (3)}$$

上式中、N_Tは震度VI以上の地震の発生回数、λ₁, λ₂はそれぞれ発生率λ₁, λ₂で発生する震度V以上の地震数である。式の展開は級数の関係で省略する。(3)式をEAに用いた結果とE_Dに先で述べた複合ポアソン過程を用いた結果、およびE_Dに単純ポアソン過程を用いた結果を図.3に示した。

	λ ₁ (回/年)	λ ₂ (回/年)	λ ₀ (回/年)	t ₀ (年)	α (回)
E _A	2.81 × 10 ⁻²	7.57 × 10 ⁻²	3.24 × 10 ⁻²	65.5	0
E _D	6.19 × 10 ⁻³	2.07 × 10 ⁻²	9.34 × 10 ⁻³	171.3	0
E _G	2.83 × 10 ⁻²	7.13 × 10 ⁻²	3.63 × 10 ⁻²	66.7	24.0

表.1 複合ポアソン過程での各パラメータの値

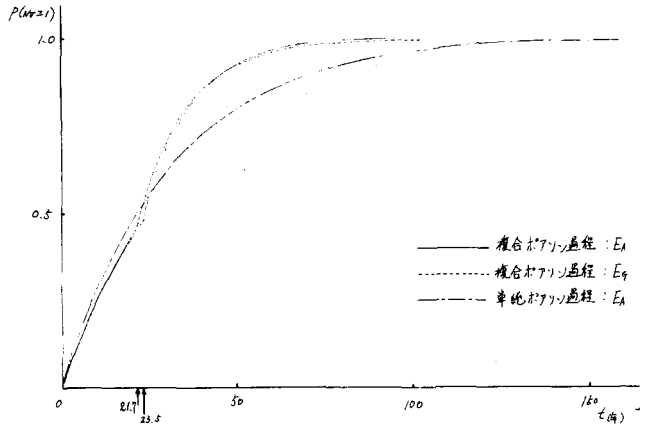


図.2 震度V以上の発生確率

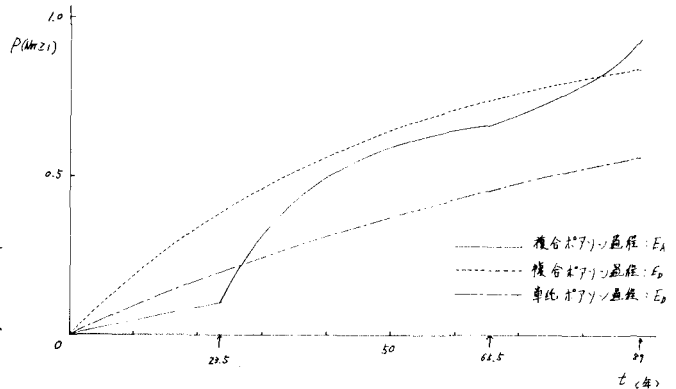


図.3 震度VI以上の発生確率

(1) 宇佐美 義夫「資料 日本被害地震総覧」。(2) 宇佐美 久本「京都が震度V以上の地震に襲われる確率」地震研究所要報, 49巻
 (3) Ang, A. H. S., Tang, W. H.: 伊藤 孝・亀田 弘行 訳「土木・建築のための確率・統計の基礎」