

## 活断層の活動履歴に関する情報を考慮した地震危険度評価

清水建設 奥村 俊彦\*  
清水建設 石川 裕\*\*  
京都大学 亀田 弘行\*\*\*

兵庫県南部地震以後、低頻度巨大災害の発生源としての活断層が広く注目されており、活断層による地震危険度をより詳細に評価していく必要性が生じている。このような状況から、現在、全国の主要断層の調査が実施あるいは予定されており、今後、活断層に関する情報が格段に増えるものと期待される。本研究では、まず、こうした活断層の調査結果を積極的に活用していくことを念頭に、地震危険度評価に必要なパラメータと活断層情報の関連を整理した。次いで、活断層の活動履歴に関する情報量に応じた地震発生確率の算定方法を提案するとともに、地震危険度評価への適用を図った。そして、神戸を対象とした計算例に基づき、活動履歴に関する情報が更新されることによる地震危険度の変化を考察した。

### 1. はじめに

兵庫県南部地震以後、活断層の活動に起因する低発生頻度の地震外力の扱いに関して様々な議論が交わされてきた。これらの議論の結果を踏まえて発表された土木学会の「土木構造物の耐震基準等に関する第二次提言」<sup>1)</sup>では、内陸の断層破壊に起因する断層近傍の地震動の影響を考慮することの必要性が明言されている。また、筆者らは、神戸を対象とした地震危険度解析を実施し<sup>2)</sup>、活断層を考慮した地震危険度評価の必要性ならびに低頻度巨大外力の評価における活断層の役割をを明らかにしてきた。さらにその後の検討<sup>3)</sup>から、全国の主要都市の多くにおいて活断層の影響が無視できないことも明らかになっており、今後は活断層による地震危険度をより詳細に評価していくことが必要となっている。

ところが、個々の断層での地震の発生は数百年から数千年以上の間隔で繰り返すといわれており、工学で対象とする数十年から百年程度の期間内の地震危険度の評価精度を向上させるためには、平均地震発生間隔や前回の活動時期を考慮したモデル化を行うとともに、こうしたパラメータの精度を高めていく必要がある。兵庫県南部地震以後、国や地方自治

体によって全国の主要活断層の調査が実施あるいは予定されており、調査結果の一部はすでに公表されている(例えば文献4))。今後、活断層の調査が進められるにつれて、活動履歴に関するもののみならず、活断層に関して多くの新しい知見が得られるものと期待される。以上の状況を踏まえると、こうした活断層の調査結果を積極的に反映した地震危険度の評価方法を構築する必要があると考えられる。

本研究では、まず活断層に関する情報と地震危険度評価の関連を整理し、情報量に応じた地震危険度評価の枠組みについて述べる。次いで、今後増えると思われる活断層の調査結果のうち活動履歴に関するものに的を絞り、その情報量に応じた地震危険度評価の方法論を述べるとともに適用事例によりその有用性を示す。

### 2. 活断層に関する情報と地震危険度評価

地震危険度評価のうち、地震発生モデルに関する基本的な情報として、(a)地震の発生場所(どこで)、(b)地震の規模(どのような大きさの)、(c)地震の発生時期(いつ)の3つが挙げられる。活断層に関する種々の情報に基づきこれらの基本情報を推定するフローを示したものが図-1である。フローの左側は活断層の資料や調査結果から得られる1次情報であり、これらの情報を集約したり経験的な関係式を用いるなどして2次情報が得られ、最終的に地震危険度評価に必

キーワード：活断層、活動履歴情報、地震危険度評価

\* 清水建設 和泉研究室, (03) 3508-8101  
\*\* 清水建設 技術研究所, (03) 3820-5532  
\*\*\* 京都大学 防災研究所, (0774) 38-4040

要な情報が導かれる。

現在、一般に利用可能な活断層の情報源として「新編 日本の活断層」<sup>9)</sup>がある。ここには、活断層の位置、長さ、確実度、活動度、平均変位速度などの情報がまとめられている。これ以外にも、地質調査所発行の「地質図」、国土地理院より最近発行された「都市圏活断層図」なども活断層の位置を知る上での情報源となる。一方、最近精力的に実施されている活断層の調査方法としては、トレンチ掘削調査、ボーリング調査、反射法探査などがあり、断層の位置、前回およびそれ以前の活動時期、活動間隔、1回の地震での食い違い量など様々な情報が得られている。

さて、図-1に示した3つの基本情報の推定に関して、従来の一般的な方法と今後の展望を対比させて簡単にまとめると以下ようになる。

(a) 地震の発生場所

工学的な地震危険度評価における地震の発生場所に関する情報は、1回の地震で活動する断層群あるいはセグメント（震源断層）を設定することであり、フローからもわかるように全体に関わる最も基本的なものである。従来は、日本の活断層<sup>9)</sup>や松田の起震断層<sup>10)</sup>などを参照することが多かったが、断層群やセグメントの設定には多くの不確定性が含まれており、トレンチ調査に基づく同時活動区間の情報など、今後の調査結果に期待するところが大きい。ただし、震源断層と活断層（地表のずれ）の関係は未だ明確ではなく、また、一つの断層帯においても活動サイクルごとに異なったセグメントが連動して活動する可能性が指摘されているなど<sup>4)</sup>、最も基本的な情報でありながらその推定が最も困難な部分でもある。

(b) 地震の規模

従来は、断層の長さから経験的に推定する方法が一般的に用いられてきたが、トレンチ調査による1回の地震時のくい違い量から経験的に推定することも可能である。前者の場合には、(a)の地震の発生場所の情報に依存することになる。

(c) 地震の発生時期

1回の地震時のくい違い量と平均変位速度から平均発生間隔を推定するのが従来の一般的な方法である。また、これまでは活動履歴が既知の断層がごく少数であったこともあり地震の発生時系列をポアソン過程でモデル化することが多かった。今後は、トレンチ調査の結果から発生間隔が直接推定されるケースが多く出てくるものと考えられる。また、活動履歴に関する情報が蓄積されつつある状況では、地震の発生時系列として時間依存性を考慮したモデル化に移行していくものと考えられ、このためには発生間隔の分布や前回の活動時期の情報が必要となる。

以上、地震危険度評価に必要な基本情報の推定方法について述べたが、図-1からも明らかのように各基本情報を推定するための情報源は複数あり、しかも相互に関連しあうものが少なくない。また、それらの情報は今後、活断層調査が実施されるにつれて追加あるいは更新されていくものと考えられる。さ

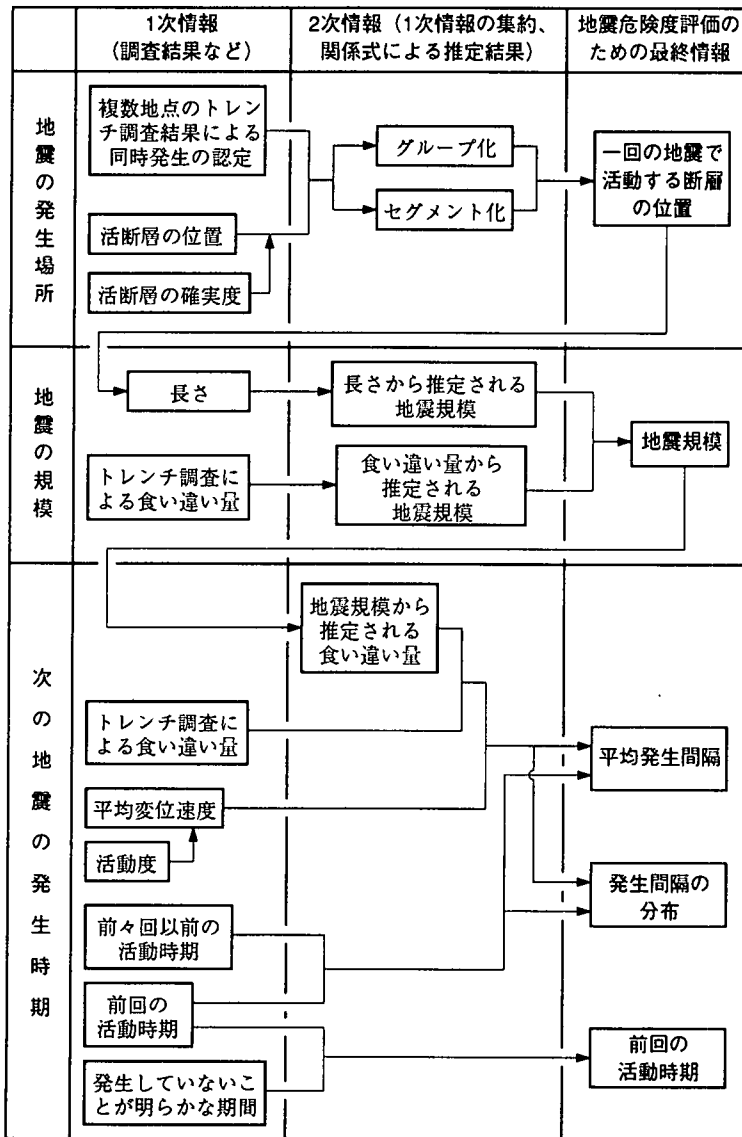


図-1 地震危険度評価のための基本情報推定のフロー (地震発生モデル)

らに、1次情報そのものは相応のばらつきを含むものであり、下位の情報を推定する際に用いる関係式にもばらつきがあるため、最終情報にも相当のばらつきが含まれる。したがって、各種の情報を幅広く取り込み、情報の更新につれて精度の向上が図られるような地震危険度評価の総合的な枠組みを構築する必要がある。

以下では、地震の発生時期の推定（工学的な地震危険度評価では着目する期間内の地震発生確率の算定）に関わる部分に問題を限定し、活動履歴の情報量に応じた地震危険度評価手法に関して論じることとする。

### 3. 活動履歴の情報量に応じた地震発生確率の算定方法

#### (1) 活動履歴の情報量に応じた活断層の分類

松田<sup>7)</sup>は活断層のトレンチ調査結果などをもとに主な断層の活動履歴をまとめている。これによれば、活動履歴に関して得られている情報は活断層ごとにさまざまであるが、前回の活動時期に関する情報によって活断層を以下の3つに分類することが可能である。

- ① 地震断層の出現などにより歴史地震との対応が明確で、前回の活動時期が明らかなもの

- ② 「現在よりX年前以降に活動した」あるいは「現在よりX<sub>1</sub>年前からX<sub>2</sub>年前の間に活動した」といった程度の情報が得られていて前回の活動時期が漠然と明らかなもの
- ③ 前回の活動時期が明らかなでないもの

なお、複数の活動の痕跡が認められる場合には、前回の活動時期のみならず地震の平均発生間隔とそのばらつきの情報が得られることが期待され、これらの情報は、以下に述べる算定モデルにおいて、地震の発生間隔の分布関数  $F_T(t)$  の設定に反映されることになる。

#### (2) 地震発生確率の算定モデル

一般に、前回の活動からの経過時間が  $t_0$  である条件下で、現在から  $\tau$  の期間に次の地震が発生する確率  $P(E; \tau, t_0)$  は次式で表される。ただし、 $F_T(t)$  は地震の発生間隔  $T_r$  の分布関数である。

$$\begin{aligned}
 P(E; \tau, t_0) &= P(t_0 + \tau \geq T_r > t_0 | T_r > t_0) \\
 &= \frac{P(t_0 + \tau \geq T_r > t_0)}{P(T_r > t_0)} \\
 &= \frac{F_T(t_0 + \tau) - F_T(t_0)}{1 - F_T(t_0)} \quad (1)
 \end{aligned}$$

上式を算定する場合、断層の活動履歴に関する情報に応じて、前回の活動からの経過時間  $t_0$  の設定が異なる。タイプ①の断層の場合は  $t_0$  が確定値となるが、

| ①：前回の活動時期が明らかな断層   | ②：前回の活動時期が漠然と明らかな断層   | ③：前回の活動時期が不明の断層  |
|--|---|--|
|  |   |  |
| <p>①の断層では、前回の地震からの経過時間が確定値 <math>t_0</math> となる。したがって、期間 <math>\tau</math> に地震が発生する確率は次式で算定される。</p> $P(E; \tau) = P(E; \tau, t_0)$ | <p>②の断層では、前回の地震からの経過時間 <math>T_0</math> が確率変数となり、<math>t_g \sim (t_g - t_h)</math> の範囲をとり、<math>T_0</math> の確率密度関数は <math>T_r</math> の分布に依存して算定される。期間 <math>\tau</math> に地震が発生する確率は次式となる。</p> $P(E; \tau) = \int_{t_h}^{t_g} P(E; \tau, t_0) f_{T_0}(t_0) dt_0$ | <p>③の断層では、前回の地震からの経過時間 <math>T_0</math> が確率変数となり、その上限値 <math>t_g</math> も不明 (<math>\infty</math>) である。ただし、前回の地震から現在までの経過時間がある値（例えば <math>T_r</math> の平均値 + <math>7\sigma</math>）を超えていないと仮定して <math>t_g</math> を設定すれば②の考え方が適用できる。</p> |
| <p><math>T_r</math>: 地震の発生間隔 (確率変数)<br/> <math>t_0</math>: 前回の地震からの経過時間 (確定値)<br/> <math>\tau</math>: 現在からの期間</p>                  | <p><math>T_0</math>: 前回の地震からの経過時間 (確率変数)<br/> <math>t_g</math>: 前回の地震からの経過時間の上限値<br/> <math>t_h</math>: 歴史上地震が発生していないことが確かな期間 (他は①と同じ)</p>  | <p><math>t_g</math>: 前回の地震からの経過時間の上限値 (不明) (他は②と同じ)</p>  |

図一 2 活動履歴の情報量に応じた地震発生確率の算定方法

タイプ②では上限値  $t_g$  と歴史期間  $t_h$  の範囲で変動する。さらにタイプ③では  $t_0$  の範囲が  $t_h$  でしか押さえられず、これはタイプ②で  $t_g$  が無限大の場合に相当する。これらをまとめたものが図-2であり、現在から  $\tau$  の期間での地震の発生確率  $P(E; \tau)$  は断層のタイプごとにそれぞれ以下の式で表される。

$$\text{タイプ①: } P(E; \tau) = P(E; \tau, t_0) \quad (2)$$

$$\text{タイプ②, ③: } P(E; \tau) = \int_{t_h}^{t_g} P(E; \tau, t_0) f_{T_0}(t_0) dt_0 \quad (3)$$

なお、式(3)の  $T_0$  の確率密度関数  $f_{T_0}(t_0)$  は、地震の発生間隔  $T_r$  の分布関数  $F_{T_r}(t)$  を用いて次式で表される。

$$f_{T_0}(t_0) = (1 - F_{T_r}(t_0)) / \int_{t_h}^{t_g} (1 - F_{T_r}(t)) dt \quad (4)$$

本研究の提案手法の特徴は、タイプ①のように従

来からモデル化の対象となってきた場合のみならず、②や③のような曖昧な活動履歴情報を有する場合についても考慮していることにある。そして、断層タイプ①と③は、ともに②の特殊なケースとして扱われており、活動履歴の情報に応じた連続的なモデル化がされている。

### (3) 活動履歴の情報量に応じた地震発生確率の算定

地震の平均発生間隔が1,000年と推定される断層を対象に、活動履歴の情報に応じて地震の発生確率が推移する様子を示したものが図-3である。地震の平均発生間隔の分布関数  $F_{T_r}(t)$  の設定に関しては未だに十分なデータが得られているとは言い難く、今後の検討課題であるが、ここでは島崎の検討結果<sup>9)</sup>に基づき、実際のデータとの整合性が最も良いとされている対数正規分布を仮定した。なお、変動係数は0.3とし、タイプ③の場合には、 $t_g$  を  $T_r$  の中央値 + 標準偏差の7倍として与えた。

まず、図-3(a)を見ると、情報がほとんど得られていないタイプ③の場合、工学で対象とする50~100年程度の期間の地震発生確率がポアソン過程と同程度となり、時間的な不確定性を最大としたモデルであるポアソン過程に整合することを示している。ところが、前回の活動が1,000~2,500年前であるとの情報が得られてタイプ②になることにより、50~100年間の地震発生確率は約3倍となり、危険度の高い断層となる。そして、前回の活動が1,000年前であることが特定されてタイプ①になると確率は若干低減す

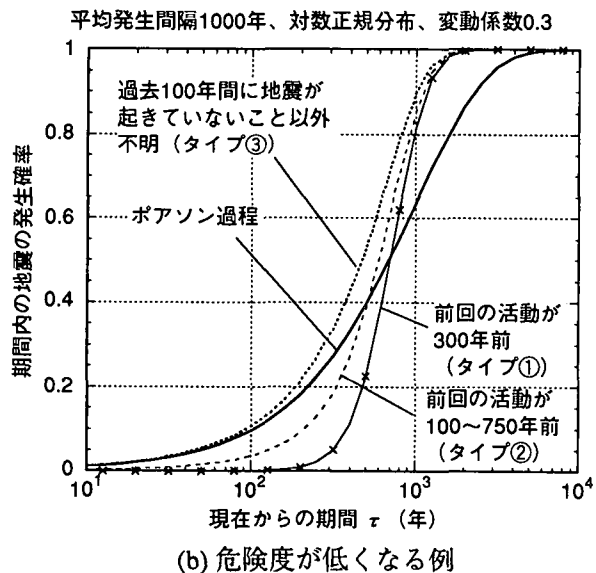
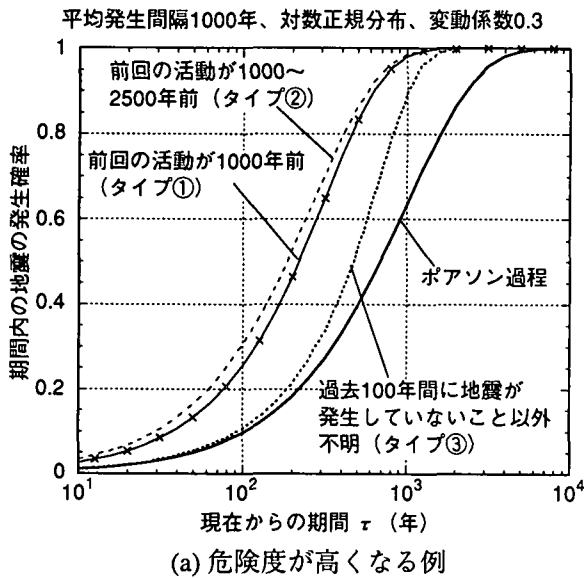


図-3 活動履歴の情報を考慮した地震発生確率の算定結果

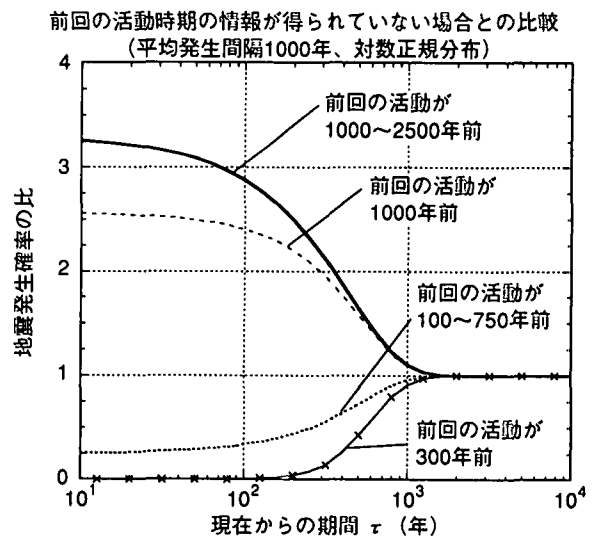


図-4 活動履歴情報による地震発生確率の変化 (タイプ③の結果に対する比)

る。一方、図-3(b)では、比較的最近地震が発生しているとの情報が得られることで、地震発生確率が急激に低減する様子が示されている。以上の結果を、タイプ③の場合に対する地震発生確率の比として表したものが図-4である。将来の期間を非常に長くとした場合には、活動履歴によらず次回の地震が発生する確率が高くなり、いずれの結果もほぼ同じとなるが、工学で対象とする100年程度以下の期間に対しては、活動履歴情報の内容が、活断層の危険度の評価に大きく影響することがわかる。

#### 4. 活動履歴に関する情報を考慮した地震危険度評価の定式化

筆者らが前回実施した地震危険度評価<sup>2)</sup>では、全ての地震の発生時系列をポアソン過程でモデル化してハザード曲線を算定するとともに、活断層を含む各地震域の貢献度に基づいて確率論的想定地震を設定した。3. で示した地震発生確率  $P(E; \tau)$  を用いて地震危険度を評価する際のハザード曲線および貢献度は、ポアソン過程の場合の拡張としてそれぞれ以下のように定式化される。

##### (1) ハザード曲線

ハザード曲線  $p_0(y; \tau)$  は、サイトにおいて現在から期間  $\tau$  の間に地震動の強さ  $Y$  が少なくとも1回  $y$  を超える確率であり、次式で表される。

$$p_0(y; \tau) = 1 - \prod_k \{1 - P_k(y; \tau)\} \quad (5)$$

ただし、 $P_k(y; \tau)$  は地震域  $k$  で発生する地震によって期間  $\tau$  の間に地震動の強さ  $Y$  が  $y$  を超える確率であり、非ポアソン型の場合には、期間  $\tau$  の間に2回以上地震が発生する確率が無視できると仮定して

$$P_k(y; \tau) = P(E_k; \tau) \cdot P(Y \geq y | E_k) \quad (6)$$

となる。ただし、 $P(E_k; \tau)$  は地震域  $k$  で期間  $\tau$  の間に次の地震が発生する確率であり、先に示した活断層のタイプ別に式(2)、(3)で与えられる。また、 $P(Y \geq y | E_k)$  は地震域  $k$  で地震が発生したときに地震動の強さ  $Y$  が  $y$  を超える確率である。一方、ポアソン過程の場合には地震域  $k$  での年あたり地震発生数を  $\nu_k$  として

$$P_k(y; \tau) = 1 - \exp\{-\nu_k \cdot P(Y \geq y | E_k) \cdot \tau\} \quad (7)$$

となる。

##### (2) 地震域の貢献度

地震域の貢献度  $c_k(p_0; \tau)$  は、サイトにおいて期間  $\tau$  の間にある強度レベル  $y(p_0)$  を越える地震動が生じた場合に、その地震が地震域  $k$  で発生したものである可能性を表したものであり、次式で表される。

$$c_k(p_0; \tau) = \frac{P_k(y(p_0); \tau)}{\sum_k P_k(y(p_0); \tau)} \quad (8)$$

ただし、 $P_k(y(p_0); \tau)$  は地震域  $k$  で発生する地震で期間  $\tau$  の間に地震動の強さ  $Y$  が  $y$  を超える確率である。

上記の定式化は、ポアソン過程と非ポアソン型のモデルが混在する場合にも成立する。なお、ポアソン過程の場合の定式化については、文献9)に詳細に述べられているので、そちらを参照されたい。

#### 5. 地震危険度の評価例

以上に述べた手法を用いて、神戸を対象とした地震危険度解析を実施した。ただし、ここでは活動履歴情報に応じた地震危険度の変化を見ることを目的とするため、活断層データのみに基づく解析とした。解析で使用した活断層データは、文献2)で用いたものと同様に松田による起震断層<sup>6)</sup>を直線でモデル化したものであるが、上町断層帯を追加するなど一部内容を見直してある。図-5に神戸周辺の主な活断層の分布を示す。

今回行った解析の条件は表-1に示しており、

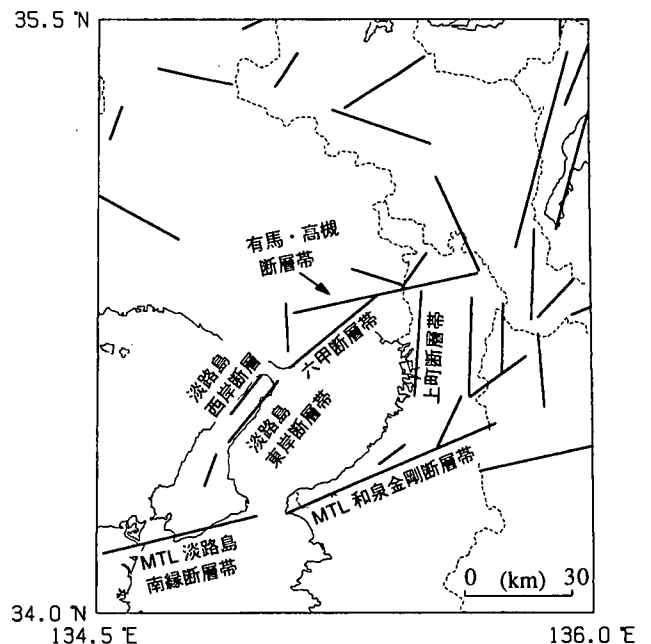


図-5 神戸周辺の主な活断層の分布

表一 解析ケース

| ケース No. | 特徴                         | 時間軸の原点 | 用いた活動履歴情報の内容                                       |  |  |  |                                    |
|---------|----------------------------|--------|--|--|--|--|------------------------------------|
|         |                            |        | 六甲断層帯  | 有馬・高槻断層帯   | 淡路島西岸断層  | 淡路島東岸断層帯   | その他の活断層                            |
| ケース1    | ポアソン過程                     | —      | $t_r = 3,200年^{*4}$                                | $t_r = 8,300年^{*4}$                              | $t_r = 2,200年^{*4}$                                | $t_r = 3,500年^{*4}$                              | $t_r^{*4}$                         |
| ケース2    | 兵庫県南部地震前, 活動履歴情報なし         | 1995年  | タイプ③<br>$t_r = 3,200年^{*4}$<br>$t_h = 100年$        | タイプ③<br>$t_r = 8,300年^{*4}$<br>$t_h = 100年$      | タイプ③<br>$t_r = 2,200年^{*4}$<br>$t_h = 100年$        | タイプ③<br>$t_r = 3,500年^{*4}$<br>$t_h = 100年$      | タイプ③<br>$t_r^{*4}$<br>$t_h = 100年$ |
| ケース3    | 地震前、1996年11月時点と同等の知見ありと仮定  | 1995年  | タイプ①<br>$t_r = 3,200年^{*4}$<br>$t_0 = 3,200年^{*2}$ | タイプ①<br>$t_r = 2,500年^{*1}$<br>$t_0 = 399年^{*1}$ | タイプ①<br>$t_r = 2,000年^{*1}$<br>$t_0 = 1,945年^{*1}$ | タイプ①<br>$t_r = 2,000年^{*1}$<br>$t_0 = 399年^{*1}$ | タイプ③<br>$t_r^{*4}$<br>$t_h = 100年$ |
| ケース4    | 兵庫県南部地震後, 1996年11月時点の知見を反映 | 1996年  | タイプ①<br>$t_r = 3,200年^{*4}$<br>$t_0 = 1年^{*3}$     | タイプ①<br>$t_r = 2,500年^{*1}$<br>$t_0 = 400年^{*1}$ | タイプ①<br>$t_r = 2,000年^{*1}$<br>$t_0 = 1年^{*3}$     | タイプ①<br>$t_r = 2,000年^{*1}$<br>$t_0 = 400年^{*1}$ | タイプ③<br>$t_r^{*4}$<br>$t_h = 100年$ |

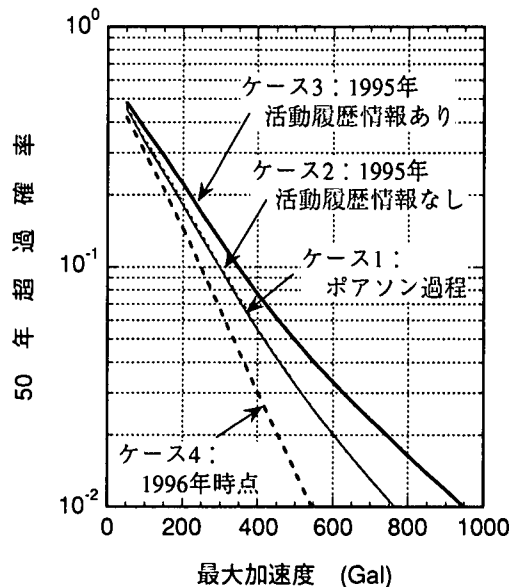
\*1: 地質調査所による調査結果<sup>4)</sup>を参考に設定。  
 \*2: 前回の活動以降、平均発生間隔と同一の期間が経過していると仮定して設定。  
 \*3: 兵庫県南部地震で活動。  
 \*4: 平均発生間隔  $t_r$  を断層の長ささと活動度から設定。

ケース1はポアソン過程に基づく解析、ケース2～4は活動履歴情報を考慮した解析である。ケース2およびケース3はともに兵庫県南部地震発生直前の時点を対象としたもので、ケース2は各断層の活動履歴情報が得られていない場合、ケース3は1996年11月時点と同等の調査結果を事前に知り得たと仮定した場合である。また、ケース4は兵庫県南部地震発生後の1996年時点のもので、最近の知見を反映したものである。活動履歴情報のうち、有馬・高槻断層帯、淡路島東岸断層帯および淡路島西岸断層に関するものは、地質調査所による調査結果<sup>4)</sup>を参考に設定した。六甲断層帯に関してはトレンチ調査が未実施のため、平均発生間隔を断層の長ささと平均変位速度から算定し、前回の活動時期は兵庫県南部地震の発生を踏まえて設定した。すなわち、ケース3では前回の活動からの経過期間が平均発生間隔と同じであると仮定し、ケース4では兵庫県南部地震で六甲断層帯の全体が活動したものと仮定した。なお、ケース2～4では、3.と同様に地震の発生間隔の分布を変動係数0.3の対数正規分布でモデル化している。また、解析の対象期間は時間軸の原点から50年とした。

表一は、活動履歴情報を考慮した活断層について、時間軸の原点から50年間の地震の発生確率を比較したものである。活動履歴情報が得られていないケース1あるいはケース2と比較して、ケース3では

表二 主要活断層の50年間の地震発生確率の変化

| ケース No. | 六甲断層帯                | 有馬・高槻断層帯             | 淡路島西岸断層              | 淡路島東岸断層帯             |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ケース1    | $1.6 \times 10^{-2}$ | $6.0 \times 10^{-3}$ | $2.3 \times 10^{-2}$ | $1.4 \times 10^{-2}$ |
| ケース2    | $1.6 \times 10^{-2}$ | $5.9 \times 10^{-3}$ | $2.3 \times 10^{-2}$ | $1.4 \times 10^{-2}$ |
| ケース3    | $4.3 \times 10^{-2}$ | $< 10^{-6}$          | $6.4 \times 10^{-2}$ | $< 10^{-6}$          |
| ケース4    | $< 10^{-6}$          | $< 10^{-6}$          | $< 10^{-6}$          | $< 10^{-6}$          |



図一 6 50年間のハザード曲線の比較

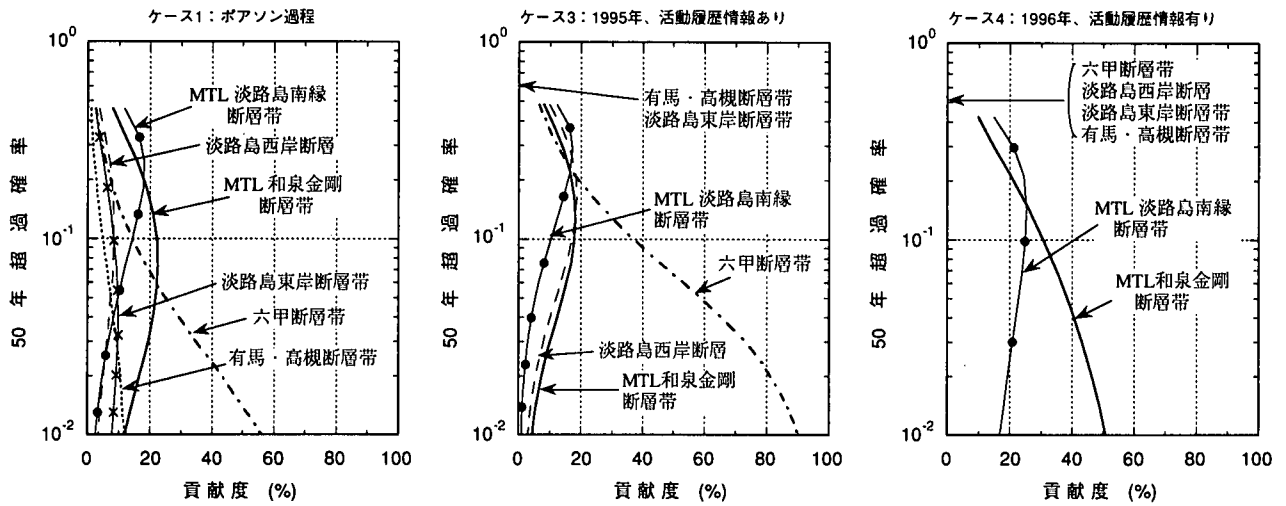


図-7 ケース1, 3, 4の主要活断層の貢献度の比較

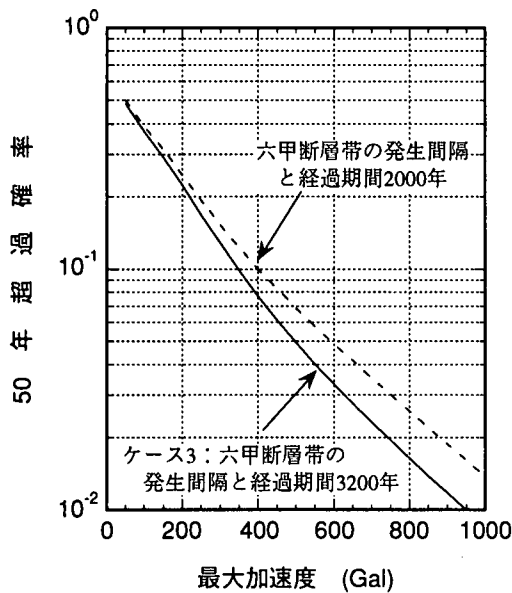


図-8 六甲断層帯の平均発生間隔を変化させた場合のハザード曲線の比較

六甲断層帯と淡路島西岸断層の地震発生確率が3倍弱に増加するとともに、1596年の地震により活動した有馬・高槻断層帯と淡路島東岸断層帯の地震発生確率は激減する。ケース4は、兵庫県南部地震発生後を時間軸の原点としており、表に示した4つの断層での地震発生確率はいずれも非常に小さい。

図-6は福島・田中<sup>10)</sup>による最大加速度の距離減衰式を用いた場合のハザード曲線を比較したもので、図の縦軸は、時間軸の原点から50年間の超過確率で表示している。まず、ケース1とケース2のハザード曲線はほぼ重なっており、3.でも述べたように活動履歴情報が得られていない場合にはポアソン過程でモデル化した場合と整合する。これらのケースでは

50年超過確率が5% (ポアソン過程では再現期間1,000年に相当) の最大加速度は400Gal程度である。一方、兵庫県南部地震の発生以前にある程度の活動履歴情報が既知であったと仮定したケース3では、六甲断層帯と淡路島西岸断層の地震発生確率が高くなるために地震危険度も高くなり、50年超過確率が5%の最大加速度は500Gal程度に上昇する。逆に、1996年を原点としたケース4では、表-2に示した4本の活断層の影響が小さくなるため、地震危険度も低くなる。

図-7は、ケース1, 3および4における主要断層の貢献度を示したものである。活動履歴情報が考慮されていないケース1では、50年超過確率が6%以下の範囲で六甲断層帯の貢献度が最も大きくなるが、ケース3では50年超過確率が20%以下で六甲断層帯の貢献度が最も大きく、貢献度の値そのものもケース1よりはるかに大きくなっており、かなり低いリスクレベルから最も注意しなければならない断層として抽出されることがわかる。逆に、兵庫県南部地震発生後のケース4では、六甲断層帯などいくつかの主要断層の影響がなくなることで、活動度の高い中央構造線 (MTL) の2本の断層帯の貢献度が相対的に大きくなっている。

最後に、ケース3に対して、六甲断層帯の平均発生間隔を淡路島西岸断層と同じ2,000年と仮定した場合のハザード曲線を示したものが図-8である。両者ともに前回の活動からの経過期間は平均発生間隔と同じであり、いつ活動しても不思議ではない状態を想定しているが、平均発生間隔の推定値が短くなることで地震危険度が高くなる傾向が窺える。すなわち、前回の活動からの経過時間と平均発生間隔の比から

見て同程度に要注意と判断されても、工学的な地震危険度はかなり異なる場合があり、平均発生間隔の値の評価も重要であることが指摘できる。

## 6. おわりに

本研究は、活断層に関する調査が推進されている現状を踏まえ、これらの調査結果を地震危険度の評価に積極的に反映させることを念頭に置いて実施したものである。まず、活断層に関する情報と地震危険度評価に必要な情報の関連を整理した上で、活動履歴に関する情報量に応じた地震発生確率の算定方法ならびに地震危険度の評価手法を提案した。これにより、曖昧な活動履歴情報であってもそれらを取り込むことの重要性を示すとともに、神戸を対象とした適用例から兵庫県南部地震の発生前後および活動履歴情報の有無による地震危険度の変化を定量的に示した。しかしながら、現時点においては、活断層に関する情報にかなりの不確実性が含まれており、活動履歴情報のみならず発生位置と地震規模に関するものも含めて情報の更新に柔軟に対応できる総合的な地震危険度評価の枠組みを構築する必要があると考えている。

## <参考文献>

- 1) 土木学会：土木構造物の耐震基準等に関する第二次提言，1996.1.
- 2) 石川裕・奥村俊彦・亀田弘行：活断層を考慮した神戸における地震危険度評価，土木学会阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集，pp. 61-68, 1996.1.
- 3) 石川裕・奥村俊彦・亀田弘行：レベル2地震動の評価のための活断層を考慮した確率論的想定地震，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集 第1部(B), I-B250, pp. 500-501, 1996.9.
- 4) 栗田泰夫・寒川旭・鈴木康弘・吉岡敏和：有馬-高槻-六甲断層帯の活動履歴と1995年兵庫県南部地震，兵庫県南部地震の地質学的背景，第11回地質調査所研究講演会資料，技術資料No.265，財団法人日本産業技術振興協会，pp. 4-8, 1996.11.6.
- 5) 活断層研究会編：[新編]日本の活断層—分布図と資料，東京大学出版会，1991.
- 6) 松田時彦：最大地震規模による日本列島の地震分帯図，地震研究所彙報，Vol. 65, pp. 289-319, 1990.
- 7) 松田時彦：陸上活断層の最新活動期の表，活断層研究，13, pp.1-13, 1995.
- 8) 島崎邦彦：大地震の発生確率：統計的手法，地震災害予測の研究 昭和62年度報告書，損害保険料率算定会，pp. 93-107.
- 9) 亀田弘行・石川裕：ハザード適合マグニチュード・震央距離による地震危険度解析の拡張，土木学会論文集，第392号/1-9, pp. 395-402, 1988.
- 10) Fukushima, Y. and Tanaka, T.: A New Attenuation Relation for Peak Horizontal Acceleration of Strong Earthquake Ground Motion in Japan, Shimizu Technical Research Bulletin, No.10, pp.1-11, 1991.

# Probabilistic Seismic Hazard Analysis Considering Information on Fault Activity History

Toshihiko Okumura, Yutaka Ishikawa, Hiroyuki Kameda

A method is proposed for seismic hazard assessment considering the past activity history of active faults. In addition to the precise information, the vague information on the elapsed time since the last event can be used in this proposed method. The results of the numerical example indicate that even the vague information is valuable and may drastically increase/decrease the probability of earthquake occurrence, and that the contribution factor of each fault to the certain hazard level, as well as the seismic hazard itself, changes depending on the past activity history of the faults.