

活断層のグループ化・セグメント化が確率論的地震ハザード評価に与える影響について

岐阜大学工学部

○廣瀬 正憲

岐阜大学工学部

学正会員 大野 朗義

岐阜大学工学部

正会員 能島 暢呂

岐阜大学流域圏科学研究センター

正会員 杉戸 真太

岐阜大学流域圏科学研究センター

正会員 久世 益充

1. はじめに

地震調査研究推進本部（以下「推本」）によって平成 17 年 3 月に「全国概観地震動予測地図」が公表された。確率論的地震動予測地図は、あらゆる地震源の影響を考慮して将来の一定期間内において予想される地震動強度とその発生確率の関係を地図化したものであり、地震リスクマネジメントや性能規定型設計の実務に重要な情報を提供するものである。しかし、その予測精度の向上のためには解決すべき課題が多く残されている。本研究では、活断層のグループ化（活断層全体が同時発生すると仮定）とセグメント化（別々に発生すると仮定）の問題と活断層の長期確率評価の問題に焦点を絞って、確率論的地震動予測に与える影響に関する基礎的検討を行った。

2. 断層のセグメント化の検討

確率論的地震動予測で考慮される地震は、主要 98 断層帯に発生する固有地震、海溝型地震、その他の地震（長期評価の対象外の地震）に分類されている。このうち前二者の地震に対しては、平均活動間隔と最新の活動時期の評価結果に基づいて、将来の地震発生確率の長期評価が行われている。ここで、複数の断片的な活断層をグループ化するかセグメント化するかを判断（活動区間の定義方法）は、想定される地震規模および地震頻度の評価に直接的な影響を及ぼす。現在の主要 98 断層帯の長期評価では、活動区間が最長で評価されている場合が多い。

松田式 (1)(2) による経験則に基づくと、断層長さ $L(\text{km})$ よりマグニチュード M と断層のすべり量 $D(\text{m})$ が求められ、さらに平均変位速度 $S(\text{mm}/\text{年})$ を用いて式 (3) より平均活動間隔 $T(\text{年})$ が求められる。

$$\log_{10} L = 0.6M - 2.9 \quad (1)$$

$$\log_{10} D = 0.6M - 4.0 \quad (2)$$

$$T = 1000D/S \quad (3)$$

以上より、 L の値が大きいほど M および D の値が大きくなり、 S の値が同一であれば T の値も大きくなる。活動区間を最長とすると、最大規模の M を考慮することになる一方、 T の値が大きくなるので、将来の一定期間における地震発生確率を小さく評価することになる。つまり、グループ化すると大規模の地震が低頻度で発生することを前提にする一方、セグメント

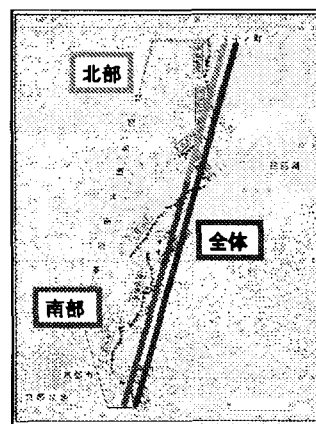


表 1

	グループ化	セグメント化	
		北部	南部
$L(\text{km})$	59	22	37
M	7.8	7.1	7.5
$D(\text{m})$	4	1.8	2.9
$S(\text{mm}/\text{年})$	1.4	1.4	1.4
$T(\text{年})$	3200	1280	2094
最新活動時期	2600年前	2600年前	2600年前
発生確率(%)	1.9	15.1	7.2

図 1 琵琶湖西岸断層帯¹⁾

化すると小規模の地震が高頻度で発生することを前提にすることになる。

3. 琵琶湖西岸断層帯のケーススタディ

ここでは主要 98 断層帯の中から、図 1 に示す琵琶湖西岸断層帯を例としたケーススタディを示す。推本ではこの断層帯全体が 1 つの区間として活動するものとしてハザード解析が行われている。琵琶湖西岸断層帯の全長は 59km で S が平均 1.4mm/年と推定されている。断層帯全体が同時に活動すれば $M = 7.8$, $D = 4.0\text{m}$, 30 年発生確率は平均ケース（平均活動間隔と最新の活動時期の推定幅の中央値を採用したケース）で 1.9 % と推定されている。ところが過去の活動履歴によると、複数の区間に分かれて活動する可能性も否定できない。本研究では、セグメント化された活断層の長期確率を、上述の松田式により評価した場合と、産業技術総合研究所（以下「産総研」）による評価値を採用した場合について、比較を行う。

(1) 松田式による活断層の長期確率を用いた場合

琵琶湖西岸断層帯の勝野断層以北を北部 (22km)、比良断層以南を南部 (37km) にセグメント化し、全体と同じ S の値を用いると、松田式より、北部で $M = 7.1$, $D = 1.8\text{m}$, 30 年発生確率 15.1 %, 南部で $M = 7.5$, $D = 2.9\text{m}$, 30 年発生確率 7.2 % となる。

まず、京都市役所における地震ハザード曲線の比較を図 2 に示す。セグメント化した場合は、グループ化した場合に比べて、0.2 % 程度を境にして低確率での最大速度レベルは下回るものの、高確率での最大速度レベルは上回っていることが分かる。

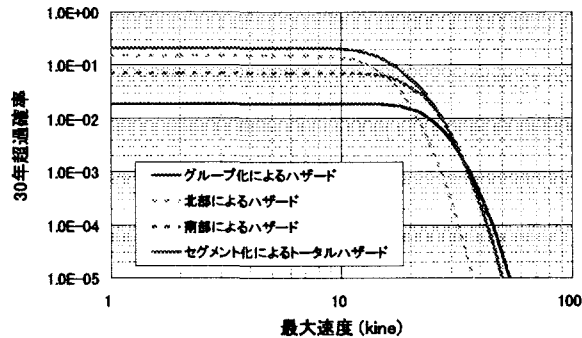


図2 地震ハザード曲線の比較(京都市役所地点)

次に、最大速度 30kine の 30 年超過確率のハザードマップの比較を図 3 に示す。セグメント化した場合、断層近傍の一部(北部と南部の境界周辺)において超過確率が最大となっており、グループ化した場合を大きく上回っている。これはセグメント化により 30 年発生確率が高く評価されたことの影響が強く現れたためである。一方、遠方においては、 M の大きいグループ化の超過確率の方が大きくなっている。図 4 に、最大速度 20kine および 30kine の 30 年超過確率の比(セグメント化/グループ化)を示す。20kine の場合、比は全域で 1 を上回っており、特に北部周辺で比が大きい。一方、30kine の場合、比が 1 を上回る領域は断層近傍に限られ、20kine の場合よりもやや南部にシフトしている。以上より、セグメント化およびグループ化の判断が評価結果に及ぼす影響の程度は、断層の M と地震発生確率、活断層と評価地点との相対的な位置関係、考慮する地震動強度レベルなどに依存し、複雑に変化することが示された。

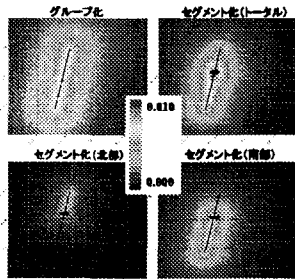


図3 推本データによる 30kine 超過確率

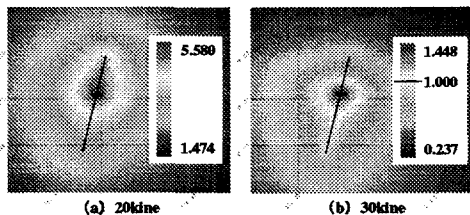


図4 超過確率の比(セグメント化/グループ化)

(2) 産総研による評価値を採用した場合

産総研は平成 17 年 10 月、「全国主要活断層活動確率地図²⁾」を公表した。全国の主要活断層を活動セグメントに分類したうえで、それぞれについて今後 30 年以内の活動確率を算出しており、複数のセグメントが連動する場合の評価はしていない。また M は評価の対象外となっている。琵琶湖西岸断層帯(産総研では「琵琶湖西岸起震断層」)

琵琶湖西岸起震断層」)は、饗庭野セグメントと比良セグメントに区分されており、饗庭野では活動確率 4.85 %、 $D = 5.7\text{m}$ 、比良では活動確率 1.23 %、 $D = 5.0\text{m}$ とされている。産総研の値を用いた最大速度 30kine の 30 年超過確率を図 5 に示す。本研究では、産総研で評価対象外とされた M を、式 (1) により算出した。図 3 と比較すると、図 5 の方が全体的にハザードレベルが低くなっている。一方詳細を見ると、北部(饗庭野)の方が南部(比良)より 30 年超過確率が大きくなっている。これは北部の L が表 1 のものより長く M が大きくなり、30kine のレベルでは活動確率の高い北部の方が影響が大きくなるということである。

なお D が実データにより特定されない場合には、推定式 (4) が用いられている。松田式 (1)(2) より導かれる式 (5) と比較すると、同じ L に対して D が大きく算出される。これは、平均変位速度 S が同じであれば平均活動間隔 T が長めに評価され、活動確率が小さめに評価されることを意味している。

$$D_{mode} = L_{seg}/8.6 \quad (4)$$

$$\begin{pmatrix} L_{seg} & : & \text{活動セグメント長 (km)} \\ D_{mode} & : & \text{単位変位量最頻値 (m)} \end{pmatrix}$$

$$D = L/12.6 \quad (5)$$

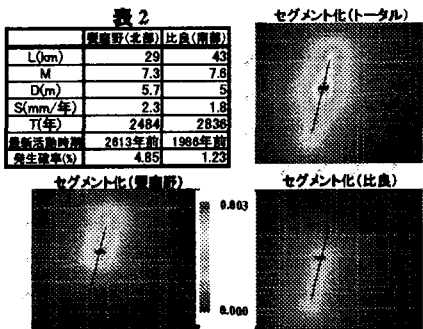


図5 産総研データによる 30kine 超過確率

4. おわりに

レベル 1 地震動は、発生確率が相対的に高いレベルで設定されるため、活断層をグループ化して評価された地震ハザード曲線に基づいた場合、設計地震動を過小評価する恐れがある。レベル 2 地震動も含めて適切な外力評価を行うには、例えば図 2 の上側包絡線を採用するなど、安全側の評価となるような工夫が必要となろう。また新潟県中越地震のように、主断層近傍で大きな余震が発生するようなケースにおいては、地震の繰り返しにより、セグメント境界付近で被害が悪化することも考えられる。セグメント化の効果を考慮し、地震ハザードを適切に評価することが求められる。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：琵琶湖西岸断層帯の長期評価について。平成 15 年 6 月 11 日
- 2) (独)産業技術総合研究所 地質調査総合センター：構造図 (14) 全国主要活断層活動確率地図説明書。平成 17 年 9 月 30 日
- 3) 宮腰淳一、鈴木康弘、壇一男、神田順：活断層の長期評価における不確定なパラメータとそれが地震ハザードに与える影響の検討、日本地震工学会大会 - 2005 梗概集, pp.330-331.2005 年 11 月