

神奈川県

正員 安田 実

東京大学生産技術研究所

正員 久保 慶三郎

東京大学生産技術研究所

正員 片山 恒 雄

1. 研究の目的

本研究は、活断層を震源と考え、日本内陸の活断層の分布に基づいて、線震源モデルによる地震危険度を求めようとするものである。

2. 活断層データ

本研究の危険度解析のための活断層データとしては、活断層研究会による「日本の活断層—分布図と資料」¹⁾に掲載されている活断層のうち、活断層であることが確定、あるいは推定されるもの約2000個を用いた。ここで活断層とは、第四紀以降に新しいことのあるものとして定義されている。

計算機のためのデータベースとするため、活断層は折線で近似し、各活断層には、活動の程度を示す活動度に対応する平均変位速度を与えた。これは地震の発生率を決定する際の重要なデータとなる。

3. 地震の特性

ここでは、本研究のために必要な諸式と値を示す。

3-1 $m-l$ 式

地震マグニチュード m と、断層のサイズ長さ l (km)との間の関係としては、本研究で新たに求めた

$$m = 0.678 \ln l + 4.77 \quad \dots\dots (1)$$

という式を用いた。

3-2 $\bar{a}-m$ 式

m と、断層の平均変位速度 $\bar{a}$ (m)との間には、

$$\ln \bar{a} = 0.585m - 3.645 \quad \dots\dots (2)$$

の関係がある。この式も新たに求めたものである。

3-3 Attenuation式

地表面最大加速度 a (cm/s^2)と、断層からの最短距離 r (km)との間には、Donovan²⁾によって

$$a = 1320 e^{0.58m} (r+25)^{-1.52} \quad \dots\dots (3)$$

が与えられている。

3-4 地震マグニチュードの確率密度関数 $f_m(m)$

Richterによって、マグニチュード m 以上の地震

の発生個数 $N(m)$ に関して、 a_0, b_0 を定数として

$$\log N(m) = a_0 - b_0 m \quad \dots\dots (4)$$

が与えられているが、これを用いて

$$f_m(m) = \frac{b_0 \ln 10 \cdot e^{-b_0(m-m_0) \ln 10}}{1 - e^{-b_0(m_u-m_0) \ln 10}} \quad \dots\dots (5)$$

が求められる。ここで m_u はマグニチュードの上限値、 m_0 は工学的に意味のあるマグニチュードの下限値であり、それぞれ8.0, 4.5とした。

b_0 の値は、Hattori³⁾の求めた値を基に、全国を0.7, 0.8, 0.9の3つの値で代表させた。

3-5 E-m式

m と地震エネルギー E (erg)との間には、

Gutenberg-Richterによって

$$\log E = 1.5m + 11.8 \quad \dots\dots (6)$$

の関係が与えられている。

4. 線震源モデルによる地震危険度評価式の誘導

4-1 一般式

注目地点の周囲に、震源となる活断層が n 個あるとし、 i 番目活断層でのマグニチュード m_0 以上の地震の発生率を $2i$ (回/年)、 i 番目活断層で地震が起まるときに、注目地点で加速度 A (cm/s^2)が a ある値 a (cm/s^2)を越える確率を $g_i(a)$ とすると、1年間に注目地点で加速度 A が a を越える確率 $P(A>a)_{1年}$ は

$$P(A>a)_{1年} = \sum_{i=1}^n g_i(a) 2i \quad \dots\dots (7)$$

となる。

また、加速度 a を越える地震の再現期間 T_a (年)は

$$T_a = 1 / \sum_{i=1}^n g_i(a) 2i \quad \dots\dots (8)$$

となる。

4-2 $g_i(a)$ の決定

活断層の注目地点から最も近い部分が a より大きくなり、注目地点に影響を与える最小のマグニチュードを m_1 、注目地点から最も遠い部分が a より大きくなり、注目地点に影響を与える最小のマグニチュード

を m_2 とし、 i 番目活断層で $M_w = 7.0$ の地震が発生するという事象を $E_i(m)$ とすると、 $g_i(a)$ は

$$g_i(a) = \int_{m_0}^{m_2} P[A > a | E_i(m)] f_{iH}(m) dm \\ = \int_{m_1}^{m_2} P[A > a | E_i(m)] f_{iH}(m) dm \\ + 1 - F_{iH}(m_2) \quad \dots\dots (9)$$

となる。

図1のように長さ L_i の活断層 AB と、注目地点 S を与えると、 m_1 は (3) 式より決まり

$$m_1 = \frac{\exp\left\{\frac{a(\sqrt{h_0^2 + l_a^2} + 25)^{1.52}}{1320}\right\}}{0.58} \quad \dots\dots (10)$$

m_2 は (1) 式と (3) 式より決まり、次の m_2 に関する方程式

$$h_0^2 + [L_i + l_a - \exp\{(m_2 - 4.77)/0.678\}]^2 \\ = \{a e^{-0.58 m_2} / 1320\}^{1.52} - 25 \quad \dots\dots (11)$$

の解として求まる。

$m_1 < m < m_2$ のときの $P[A > a | E_i(m)]$ は、(1) 式と (3) 式を用いて

$$P[A > a | E_i(m)] = \frac{\sqrt{\left\{\left(\frac{a e^{-0.58 m}}{1320}\right)^{1.52} - 25\right\}^2 - h_0^2 - l_a^2}}{L_i - \exp\left(\frac{m - 4.77}{0.678}\right)} \quad \dots\dots (12)$$

と求められる。

以上 (9), (10), (11), (12) 式より $g_i(a)$ が求まる。

4-3 $2i$ の決定

(4) 式の左辺を1年あたりの個数 $N_i(m)$ とし、 Q_0 も1年あたりの値 Q_{0i} とすれば $2i$ は

$$2i = N_i(m_0) = 10^{Q_{0i} - b_0 m_0} \quad \dots\dots (13)$$

として求まる。

そこで、長さ L_i の活断層の発生させうる最大のマグニチュード m_m 式 (1) 式より

$$m_m = 0.678 L_i + 4.77 \quad \dots\dots (14)$$

と求まり、 m_m に対する平均変位量 $\bar{d}_m$ が (2) 式から、発生エネルギー E_m が (6) 式から求まり、活断層によって平均変位速度 S_i ($m/1000$ 年) が与えられるが、活断層に毎年蓄積されるエネルギー e_i が

$$e_i = E_m / (\bar{d}_m \times 10^{-3} / S_i)$$

$$= S_i \cdot 10^{1.5 m_m + 11.8 - 3.645 - 0.585 m_m} \quad (15)$$

となる。

また、Richteren の式と (4) 式より e_i は

$$e_i = \int_{m_0}^{m_m} \left(-\frac{dN_i(m)}{dm}\right) 10^{1.5 m + 11.8} dm \\ = \frac{b_0 e^{(Q_{0i} + 11.8) L_{10}}}{1.5 - b_0} \left\{ e^{(1.5 - b_0) m_m L_{10}} - e^{(1.5 - b_0) m_0 L_{10}} \right\} \quad \dots\dots (16)$$

となる。(15) 式と (16) 式より、 Q_{0i} が決まり、従って、(13) 式より $2i$ が決定される。

4-4 まとめ

以上で $g_i(a)$ 、 $2i$ が求まり、任意の加速度レベルに対して (7) 式によって $P(A > a)$ が求まる。(8) 式によって T_a が求まる。

5. 日本の内陸型地震の危険度

2で述べたデータと、4で述べた式を用いて、日本の内陸型地震の危険度図 (75年地表面最大加速度) が図2のように求まった。図2は、過去の地震の震央分布、後藤・亀田の危険度図⁴⁾、片山の危険度図⁵⁾と比較検討した結果、東京周辺を除いて妥当なものであることがわかり、本研究の手法の有用性が示された。

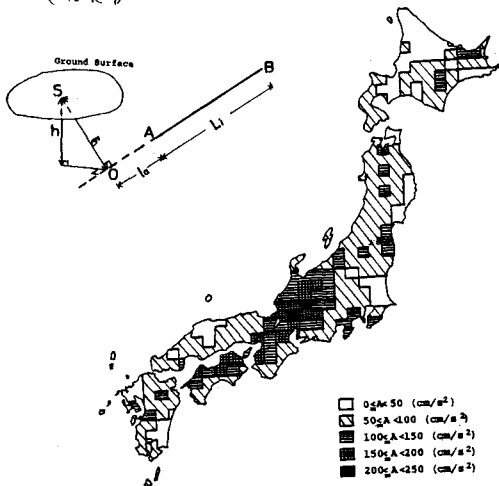


図 5-1 日本の内陸型地震の危険度 (75年地表面最大加速度)

— 参考文献 —

- 1) 東京大学出版会, 1980年2月
- 2) Donovan, N.C., "Earthquake Hazards for Buildings", Feb, 1973
- 3) Hattori, S., "Seismicity in and around Japan-Regional Distribution of b Value in $\log N = a - bM$ ", 1974
- 4) 後藤・亀田, "地震時における最大地動の確率論的研究", 1968
- 5) Katayama, T., "Seismic Risk Analysis in Terms of Acceleration Response Spectra", 1979