

地震の発生確率を考慮した防災対策に関する基礎的考察*

A Basic Study of Prevention of Earthquake Disaster Based on Probabilities of its Occurrence

照本清峰**

Kiyomine Terumoto

1. はじめに

ハード面の防災対策は地域の危険度を知ることから始まる。また対策を立てるためには、どの地区がどのようなことに対して脆弱かを知る必要がある。そして被害を軽減する上では相対的に弱い地区から優先的に整備していくことが有効となってくる。

また、地域の危険度を評価するときには、被害を及ぼすと考えられる断層に対してその活動による被害と発生確率を考慮することが考えられる。すなわち、地域の周辺にある活断層が活動した場合を想定し、それぞれにおいて地域の中で区分された地区ごとに被害量を求め、それらを近未来に起こるであろう確率をかけることにより被害量の期待値を求める。それを地区ごとに足し合わせることで相対的に危険地区を見いだすことが可能となる。阪神・淡路大震災にも見られるように、巨大地震が起これば甚大な被害が起こることが予測されるが、そのような地震が起こることはまれである。その発生確率を考慮することで、地域の危険度を総合的に判断できるとともに、それに基づいて対策を立てることが社会経済的にも有効になってくると考えられる。

そこで本研究では徳島県をケーススタディとして地震の被害予測と発生確率から求められる震災ポテンシャルを評価し、それに基づいた防災対策について考察することを目的とする。

2. 想定地震の設定と地震被害予測結果

(1) 想定地震の設定

徳島県に甚大な被害を率いすと考えられる地震について、3つのケースを想定した。想定地震1は南海トラフ沿いを震源とする海溝型地震タイプであり、歴史的にも繰り返し被害をうけてきているタイプである。想定地震2は日本でも著名な活断層の一つである中央構造線活断層系の井口・父尾・引野・神田・鳴門の各断層及び鮎喰川断層系が連動して動くことを想定した。

想定地震3も想定地震2と同様、中央構造線断層系の三野・池田の各断層セグメントが活動するケースを想定した。図1に震源断層位置図を示す。被害予測については、建物、延焼、死者、罹災者の各被害について予測を行った。表1に全県の各被害の予測結果を示す。

表1 想定地震のマグニチュードと被害予測結果

想定地震	M	建物被害棟数	焼失棟数	死者数	罹災者数
想定地震1	8.4	17244	0	3	43354
想定地震2	7.7、7.5	109264	8108	7019	224887
想定地震3	7.7	95227	3406	4551	197771

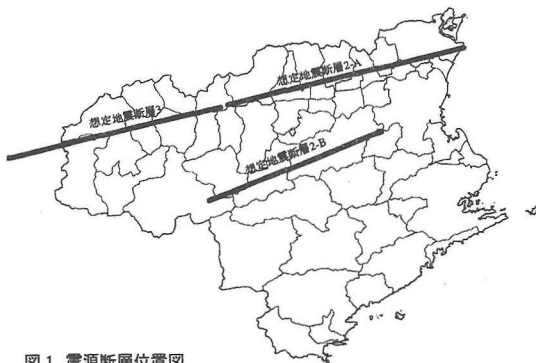


図1 震源断層位置図

*Keywords 防災計画 地域計画 調査論

**正会員、修士(都市科学)、まちづくり計画研究所

(東京都新宿区西早稲田 2-5-13ITO ビル

Tel 03-5273-2581)

3. 発生確率の推定

地震の発生確率は、その断層の平均再来間隔、最新活動時期、平均ずれ速度等のパラメータを用いて評価することができる。本研究では、想定地震ごとに解明されているパラメータに応じた方法により発生確率を求めた。また、発生確率は求める時間間隔を設定しなければならない。ここでは、実際に防止対策を講じるときに必要な年数や建物・土地利用等のサイクルを考え、30年に設定する。

(1) 断層データの設定

想定地震1については、歴史的に知られているデータを元に設定した。想定地震2については、岡田(1992, 1993)にしたがって設定した。想定地震3については、現状でのトレンチ調査などによる結果は見られないが、平均再来間隔は平均変異速度の関係から想定地震2とほぼ同様と考え、最新活動時期は不明なまま設定することにする。表2にそれぞれのデータを示す。

表2 断層データ

想定地震	最新活動時期	平均再来間隔
想定地震1	1946	113.67
想定地震2	1596	1600
想定地震3	不明	1600

(2) 確率密度関数モデル

(a) 想定地震1

想定地震1の海溝型地震においては、Working Group on California Earthquake Probabilities(1988)にしたがって確率密度関数を用いる。これは、カリフォルニア州の活断層の確率予測がなされるときに用いられたものであり、ログノーマル関数で表される。

$$f(T) = \frac{1}{T\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\{\ln(T) - (\ln\bar{T} + w)\}^2}{2\sigma^2}\right] \quad \dots ①$$

$$\ln(\bar{T}) = \ln(T_{ave}) + w \quad \sigma : \ln(T/\bar{T}) \text{の標準偏差}$$

Tは最新時期からの経過時間、また、 T_{ave} は観測され

た地震の発生の平均再来時間、wはNishenko and Bulandが世界の海溝型地震の多くの例を調査して求めた値で-0.0099である。図2に確率密度関数を示す。

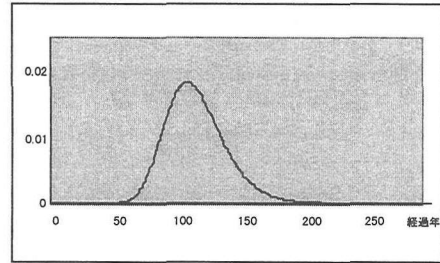


図2 想定地震1確率密度関数

(b) 想定地震2

想定地震2は、隈元(1998)にしたがって確率密度関数を設定し、②式のようにワイブル関数で表される。これは日本の内陸型活断層のトレンチ調査結果より求められた値である。

$$g(T/T_{ave}) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} (T/T_{ave})^{\alpha-1} \exp\left\{-((T/T_{ave})/\beta)^\alpha\right\} \quad \dots ②$$

$$\alpha = 2.04 \quad \beta = 1.13$$

(c) 想定地震3

想定地震3は最新活動時期が不明なため、地震の発生確率は時間的に不変としたポアソン過程を適用し、発生確率を求める。

(3) 発生確率の推定

想定地震1の発生確率は、最新活動時期から T_1 年経過後の条件付き確率となる。現在(=1998)から d (=30年)後までの発生確率について求めると①より

$$\Pr\{T_1 \leq T \leq T_1 + d\} = \frac{\int_{T_1}^{T_1+d} f(T) dt}{\int_{T_1}^{\infty} f(T) dt} \quad \dots ③$$

となる。想定地震2についても同様の方法で求められる。想定地震3の発生確率は時間経過に依存しないと設定したため、発生間隔と d から求められる。表3に各想定地震の発生確率推定結果を示す。

表3 想定地震の発生確率推定値

想定地震	発生確率推定値
想定1発生確率	6.35%
想定2発生確率	0.73%
想定3発生確率	1.88%

4. 震災ポテンシャル評価

(1) 評価式

地区別の被害量及び想定地震の発生確率から建物、延焼、死者、罹災者の各被害について、想定地震ごとの期待値を足し合わせた総合被害期待値を求める。総合被害期待値は次式で決められる。また、それぞれの全県の算出結果を表4に示す。

$$H=Pr_1H_1+Pr_2H_2+Pr_3H_3$$

- H: 総合被害期待値 H₁: 想定地震1被害量
H₂: 想定地震2被害量 H₃: 想定地震3被害量
Pr₁: 想定地震1の d(=30)年後までの発生確率
Pr₂: 想定地震2の d(=30)年後までの発生確率
Pr₃: 想定地震3の d(=30)年後までの発生確率

表4 被害期待値の推定

想定地震	建物被害期待値	焼失被害期待値	死者被害期待値	罹災者被害期待値
想定地震1	1095	0	0	2752
想定地震2	801	59	51	1650
想定地震3	1786	64	85	3708
総合	3682	123	137	8110

(2) 被害率と被害危険度による相対的評価

被害の危険性を評価する指標として、地区別の被害量をその地区の全数で除す被害率と、地区の面積で除す被害危険度で評価する2つの方法が考えられる。被害率は全数から見た被害の割合を、被害危険度は地区にどれだけの危険性があるかを示す。例として、図3(1)(2)に建物被害率と建物被害危険度、図4(1)(2)に死者率と死者被害危険度の全県の被害ランク図を示す。ランク分けについては、求めた地区

別の被害量をもとにどの地区が相対的に見て危険性が高いかを見いだすため、表5のように危険度の高い地区から上位になるようにランク分けした。

また、図5(1)(2)に建物被害率と建物被害危険度、死者被害率と死者被害危険度の散布図を示す。

表5 ランク分布図

ランク	地区数
ランク5	2(9地区)
ランク4	5(22地区)
ランク3	15(65地区)
ランク2	25(104地区)
ランク1	53(228地区)

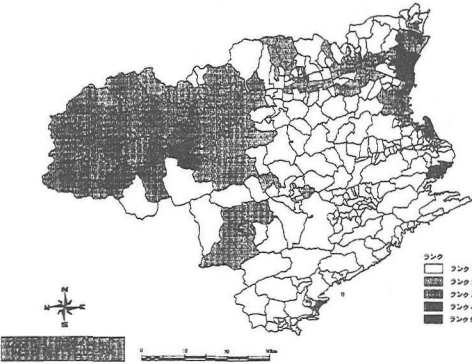


図 3(1)建物被害率ランク図

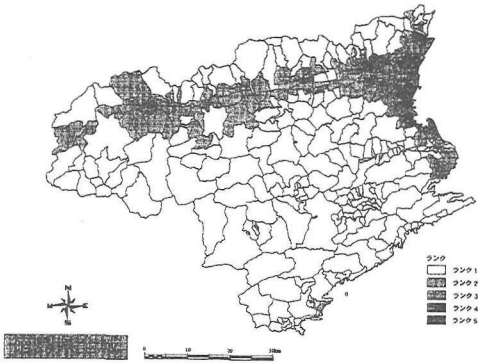


図 3(2)建物被害危険度ランク図

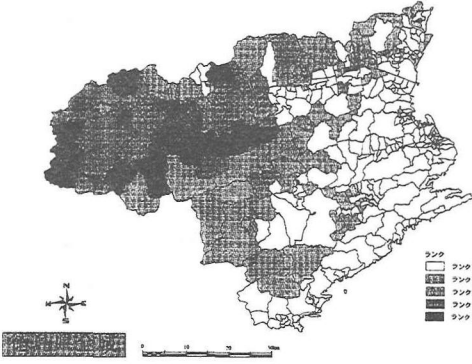


図 4(1)死者被害率ランク図

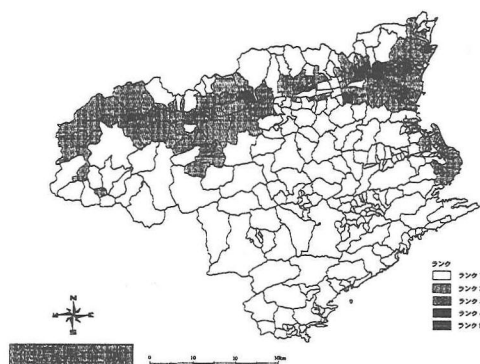


図 4(2)死者被害危険度ランク図

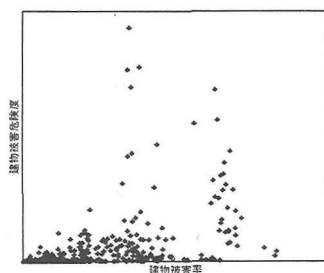


図 5(1)建物被害率と被害危険度散布図

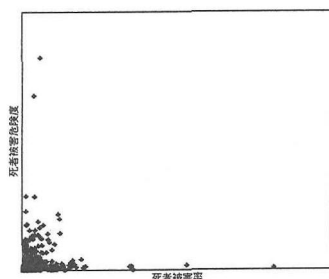


図 5(2)死者被害率と被害危険度散布図

(3)評価に基づく考察

想定地震ごとの被害では、想定地震1の海溝型地震に比べて内陸直下型の想定地震2、3の被害が大きくなることが予測される。しかし、発生確率では比較的発生間隔の短い想定地震1が大きい確率となる。これらを総合的にみた結果、例えば建物被害期待値では3682棟であり、これらについて震災ポテンシャルが高い地区から優先的に整備していくことが望まれる。また、被害率と被害危険度の関係でみると、被害率では建物、死者被害とも県西部で震災ポテンシャルが高くなるが、被害危険度では県東部の市街地で震災ポテンシャルが高くなることがわかる。散布図からも被害率と被害危険度で危険性が高くなる地区がわかれることがわかる。被害率が高い

地区では個別の整備を、被害危険度が高い地区では面的な整備を進めていくことが被害を軽減する上で望まれる。

6. おわりに

本研究では地震の被害予測と発生確率から震災ポテンシャル評価を行い、それに基づき防災対策を考察した。地震被害予測は多数の自治体で行われているが発生確率の推定はまだほとんど行われていない状況がある。これは全国の活断層はその位置は詳細にまとめられているが、最新活動時期や平均再来間隔、さらにはセグメントやグルーピングなど未解明な部分が多いためである。しかし、今後活断層のこういった情報は全国的に解明されていくものと思われる。これらの解明が進めば、本研究で行った評価の精度も増すとともに、どの地域でもこのような評価方法は有効になってくると考えられる。また、活断層情報から発生確率が求められるようになれば、保険料率や耐震設計において参考になるだけでなく、住民の安全性に対する合意形成においても役立つと考えられる。その意味でもこれらの解明が望まれるとともに、巨大地震に対してすべての対策を講じておくことが不可能だとすると、発生確率のあいまいさをも考慮した防災対策を講じていくことを考えていかなければならない。

謝辞

本研究は徳島県地震防災アセスメントで得られたデータをもとに行いました。また、東京都立大学の中林先生、山崎先生、隈元先生には貴重な意見をいただきました。望月先生には貴重な意見と研究を行う場を与えていただきました。記して深謝します。

<主な参考文献>

- (1)活断層研究会,新編日本の活断層,東京大学出版会(1991)
- (2)岡田篤正,中央構造線活断層系の活動区の分割試案,地質学論集 vol.40,日本地質学会(1992)
- (3)地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会(試案),長期的な地震発生確率の評価手法及びその適用例について(1998)
- (4)隈元崇,活断層のトレンチ調査結果を用いて推定した日本の内陸地震の長期危険度評価,地震2報,第50巻別冊(1998)
- (5)中林一樹,災害危険評価に基づく都市計画のあり方,国際防災会議,INDNR(1993)
- (6)徳島県,徳島県地震防災アセスメント報告書(1997)
- (7)S.P.Nishenko and R.Buland,A generic recurrence interval distribution for earthquake forecasting,Bull. of the seis. society of America,vol.77,Num.4(1987)
- (8)Working Group on California Earthquake Probabilities, Probabilities of large earthquakes occurring in California on the San Andreas fault,U.S.G.S.Open-File Report 88-398(1988)