

## 地震被害率の確率的評価方法

建設省土木研究所 正員 栗林 栄一  
 同上 〇正員 羽立 隆幸  
 , 正員 干場 良信

### 1 まえがき

地震時の災害想定においてはすくなくとも物的被害を予測することが必要である。被害の予測には東京都防災会議による被害の絶対数を推計する方法も考えられるが、母集団に対する被害数の比率すなわち地震被害率を予測する方法も考えられる。地震被害率の予測法には、例えば資産損害率（木造家屋・公共施設等の資産額に対する被害額の比率）および家屋震害率（全戸数に対する全壊戸数に半壊戸数を加えた戸数の比率）の地震別「被害率～マグニチュード～震央距離」関係式を用いる方法がある。この方法では、地震種別およびマグニチュード、震央距離を与えれば任意の地震の被害率が求まる。しかしながら、その被害率がどの程度の非超過確率をもち、生じうるか目安はない。本報告ではその方法を考察した。

### 2 「被害率～マグニチュード～震央距離」関係式

前述した関係式は下記のとおりである。ただし、 $M$ は地震のマグニチュード、 $\Delta$ は震央距離(km)、地震工は

$$\text{被害率}^m D_{EII} \left\{ \begin{array}{l} \text{資産損害率}^m D_{EII} \left\{ \begin{array}{l} P_{D_I} = 7.9 \times 10^{-7} \times 10^{0.62M - 0.0028\Delta} : \text{地震工} \quad (1) \\ P_{D_{II}} = 1.9 \times 10^{-6} \times 10^{0.62M - 0.0028\Delta} : \text{〃 II} \quad (2) \end{array} \right. \\ \text{家屋震害率}^m D_{EII} \left\{ \begin{array}{l} H_{D_I} = \frac{1}{164} \times 10^{-2} \times 10^{0.625M + 0.025\Delta M - 0.272\Delta} : \text{地震工} \quad (3) \\ H_{D_{II}} = \frac{1}{73} \times 10^{-2} \times 10^{0.576M + 0.026\Delta M - 0.248\Delta} : \text{〃 II} \quad (4) \end{array} \right. \end{array} \right.$$

相対的に良好な地震（第三紀層、洪積層）、地震工は相対的に不良な地震（沖積層）である。

### 3 評価方法

#### 3.1 その工

上記の(1), (2), (3), (4)式にマグニチュードと震央距離を与えれば、任意の地震に生じる被害率が求まる。いま、ある期間に発生した被害地震のマグニチュードと震央を与えて、対象地区の被害率を求めて、その相対度数の分布を図示してみる。（図-1, 2参照）

図-2より地区別には若干の傾向の違いが認められるが、分布の型は $P_{D_{EII}}$ 、および $H_{D_{EII}}$ とも同じようである。

図-1の個々の被害地震の $^m D_{EII}$ に対する非超過確率は、図-1に示すように期間は固定しているから、図-2の相対度数の分布をそのまま用いればその累積相対度数となる。また、一例として図-2の相対度数の分布に Truncated Gibrat 分布を適合させた場合には、次式のよう求められる。

$$P_0 = \int_{-\infty}^{^m D_{EII}} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma \alpha^{^m D_{EII}}} \exp \left\{ -\frac{(\log ^m D_{EII} - m)}{2\sigma^2} \right\} d(^m D_{EII}) \quad (5)$$

$$\alpha = \int_{D_{II}}^{1.00} \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left\{-\frac{(\log^{2H} D_{II} - m)^2}{2\sigma^2}\right\} d(\log^{2H} D_{II}) \quad (6)$$

ここに、 $P_{II}$ は非超過確率、 $\log^{2H} D_{II}$ は被害地震に対する $\log^{2H} D_{II}$ 、 $\sigma$ および $m$ はGibrat分布の母数である。 $\alpha$ はGibrat分布の $\log^{2H} D_{II}=1.00$ までの積分値であり、現実には、 $\log^{2H} D_{II} > 1.00$ にはならないことから補正係数である。

図-1には、対象地区別の非超過確率を示した。全般的にA、C、D地区の非超過確率がB地区のそれよりも大きい。

### 3.2 そのII

ここでは地震の発生をPoisson過程とし、また、マグニチュードおよび震央距離を確率変数として一年間の非超過確率を次式で定義する。

$$P = \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ 1 - \frac{1}{\sigma} \sum_{i=1}^k \lambda_i \right\} \lambda^k e^{-\lambda/k} \quad (7)$$

ここに、 $P$ は一年間の非超過確率、 $\lambda$ は条件付き確率、 $\lambda$ は一年間の地震発生回数、 $\lambda_i$ は $i$ 番目のソースの一年間の平均発生回数であり、 $\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ となる。

ここで、マグニチュードおよび震央距離の確率分布は上記の条件付き確率に考慮する。すなわち、 $\lambda$ は一つのソースで地震が発生するという事象の基に、与えた基準の被害率を超過する条件付き確率と定義したが、後述の(8)式によるマグニチュードの確率分布は別としても、震央距離の確率分布は以下に示す階層モデルによって異なっている。すなわち、 $\lambda$ は(9)式で求められるが、

$$\left. \begin{aligned} F_m(M) &= \frac{1}{1 - e^{-\beta(M-M_0)}} \left\{ 1 - e^{-\beta(M-M_0)} \right\} \\ f_m(M) &= \frac{\beta}{1 - e^{-\beta(M-M_0)}} e^{-\beta(M-M_0)} \end{aligned} \right\} (8)$$

ここに、 $F_m(M)$ ; マグニチュードの確率分布関数  
 $f_m(M)$ ; " の確率密度関数

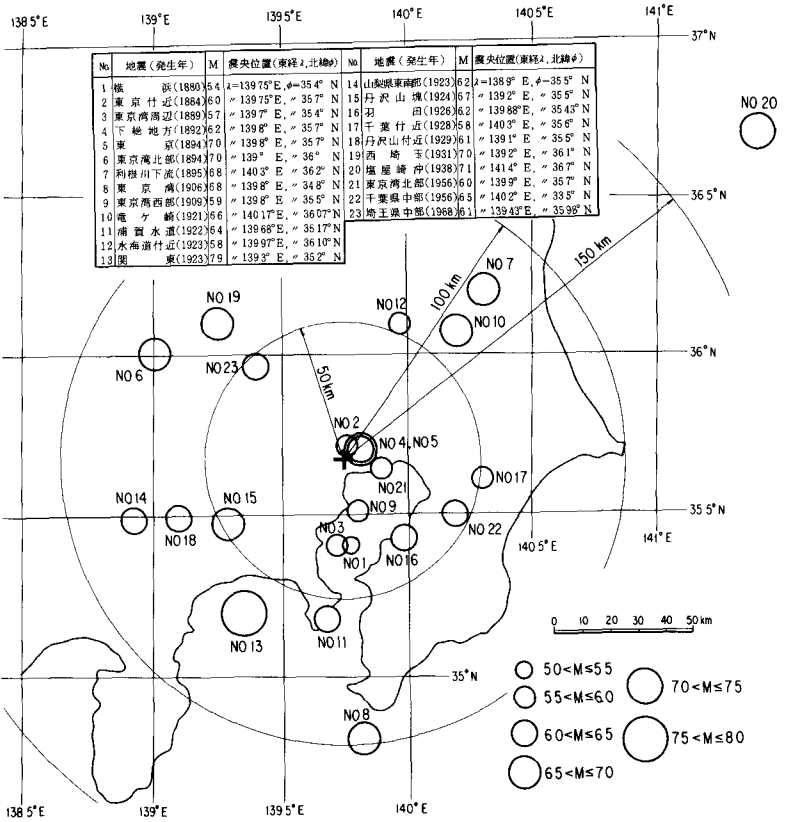
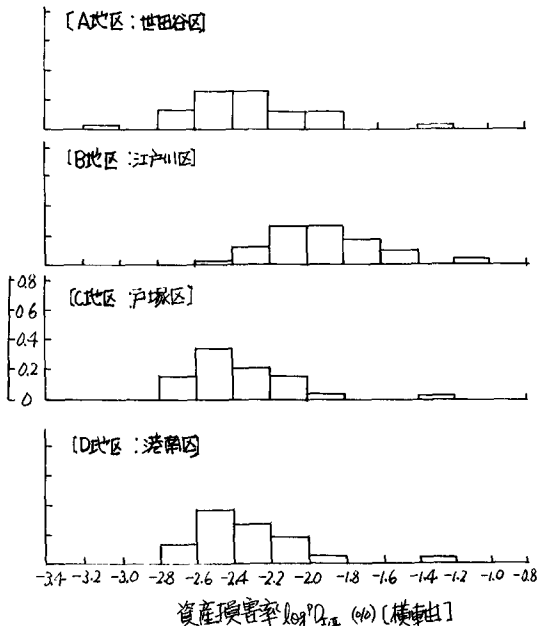


図-1 東京に被害を及ぼした地震(1880~1968)



$\beta$  ; Guttenberg-Richter の経験式の係数  
 $M_u, M_0$  ; マグニチュードの上限値, 下限値

$$P_A = \int_{M_0}^{M_u} P_A f_m(M) dM \quad (9)$$

ここに、 $P_A$  ;  $M_u \geq M \geq M_0$  の地震が発生したと云う事象の基に、与えた基準の被害率を超過する条件付き確率

(9)式の $P_A$ は、例えば図-4に示す断層モデルによって異なっていることである。 $P_A$ の確率分布は図-4の $H, R_0, R_f, R_k$ に関係して決められるのである。しかしながら、その考へ方には各種の考へ方があり今後の調査研究に待つこととして、ここでは、 $P_A$ は各ソースとも一定として非超過確率を計算した。

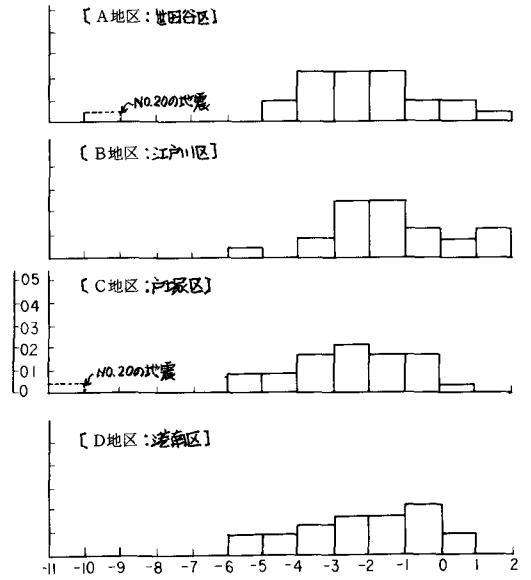
図-5には、一例として $\lambda = 1 \sim 10, \nu = 0.01 \sim 0.20$ を仮定したときの非超過確率を示した。

#### 4 あとがき

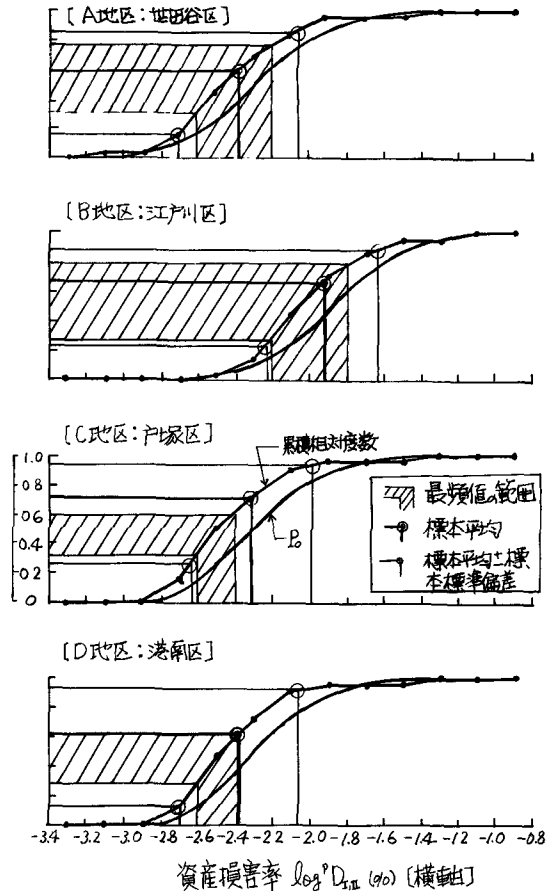
本報告では資産損害率および家屋震害率の確率的評価方法を示した。今後は、-ヤのII-アも具体的な事例を示して、さらに修正発展させて、地震災害の軽減に寄与したい。

#### 参考文献

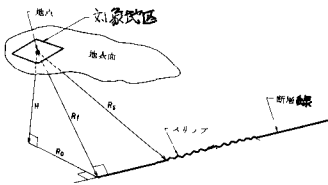
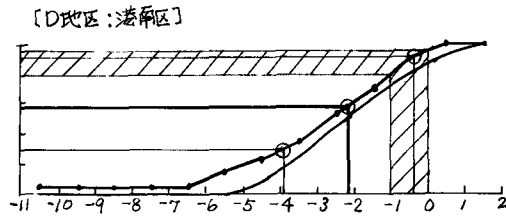
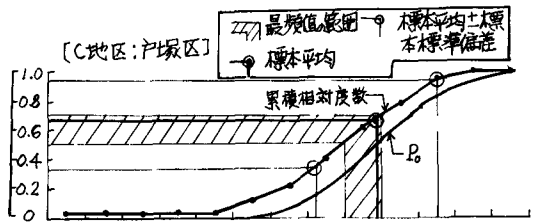
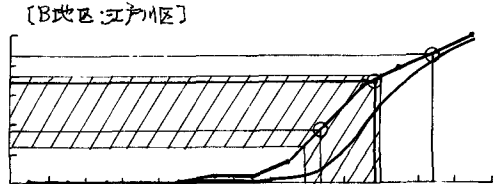
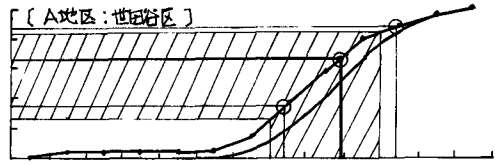
- 1) 東京都防災会議；東京区部における地震被害の想定に関する報告書(概要)，昭和53年5月
- 2) 建設省土木研究所；地震による資産別損害の分布性状に関する調査解析，土木研究所資料第1297号，昭和53年1月
- 3) 栗林栄一・河立隆幸・干場良信；地震被害の分布性状，土木技術資料，昭和51年9月
- 4) 建設省土木研究所；地震対策の現状と課題，土木研究所資料第1341号，昭和53年2月
- 5) 宇佐美龍夫；資料日本被害地震総覧，東京大学出版会，昭和50年3月



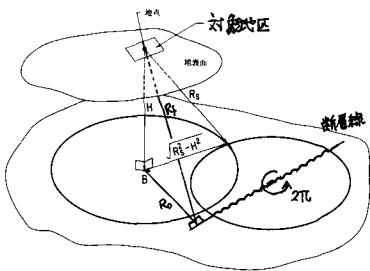
家屋震害率  $\log D_{II} (\%)$  (横軸)  
 図-2 相対度数 [縦軸] の分布



- 6) 東京大学地震研究所; 国説日本の地震 1872-1972 年, 昭和48年3月
- 7) 河前広; 地震災害, 共立出版K.K, 昭和48年10月
- 8) A. Der Kiureghian and A. H-s. Ang; A FAULT-RUPTURE MODEL FOR SEISMIC RISK ANALYSIS, Bulletin of the Seismological Society of America. Vol.67, NO.4, pp.1173-1194, August 1977



(a) 固定した断層モデル



(b) 固定した上断層モデル

図-4 断層モデルの概念図

図-3 非超過確率 (縦軸) - そのI -  
 家屋被害率  $\log_{10} D_{max} (a)$  [横軸]

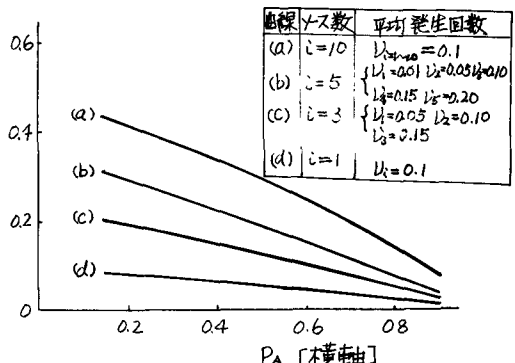


図-5 非超過確率 (縦軸) - そのII -