

(49) 地震と都市危険度

宮崎大学工学部 正原隆典, 堀 一

1. まえかき 戦後の日本には近代化の波が押し寄せ、便利さに代表される都市の魅力のため、人々は都市で生活するようになり、都市は超過密になってきた。人家が立ちこみ、近代的都市生活を支えるための設備、施設の量は異常なまでにもふくれ上がった。このようにして、都市の便利さは極度に向上した反面、便利さの代償として、無意識であるかのように、我々は覆滅の危険を受け入れ、都市空間にこれを蓄積してきたように思われる。日常時においても、超過密化した都市では、悲惨な事故が多い。では、地震国日本の各都市は地震という異常事態時においてどれだけの危険性を有しているのか。この点に関して、著者は、我が国の過去の震害資料を都市の単位で見直し、都市に住む人の地震に対する危険度の定量化を試みたので、ここに報告する。本報告の危険度 (Seismic Risk) としては、各都市に住む人の地震による死亡の度合を採用し、各都市に住む人の1年間に地震によって死亡する平均的確率 (地震死亡期待確率) を考察の対象とした。

2. 震害と都市の過密度 地震による死者人口の統計は、過去の震害資料の中でも比較的明らかな資料であること、震害規模を表わす1つの尺度と考えられることなどの理由から、震害量として、地震による死者人口を都市の単位で考えて、我が国の震害資料から、次の3つの統計量の間関係を検討した。すなわち、(1) 死者人口/人口、(2) 人口密度 (人口/km²)、(3) 気象庁震度。左記3つの統計量は都市 (郡、市、町) の単位で得られているので、次のような情報と考えられる。すなわち、ある震度Iの地震E_Iがある人口密度PDの都市を襲った時のその都市に住む人の地震死亡確率 P[F|PD, E_I] の情報であると考えられる。表-1に示す地震と都市の過去の震害統計から、上記3つの統計量の間関係が図-1のように得られた。表-1に示す地震と各都市においては、死者数、震度の統計の明らかな地震と都市の組合せを文献[1]から集収した。各都市の震度は、文献[1]に示されている木造家屋の全潰数あるいは倒壊率を参考にして決め表-1に示している。地震当時の各都市の人口密度につ

Table 1 Earthquakes and Regions Used in the Analysis

ては、各都市の図書館を通して調査を行なった。地震に起因する津波による震害は、震度との直接的関係がつけにくいこと、被害地域が限られることなどの理由から、表-1と図-1では、津波震害は除外している。都市という狭い範囲の地域で地震動の強さ (震度) を検討したか、木造家屋の倒壊率、墓石転倒率は狭い地域で変動している場合が多く、表-

| Earthquakes | Region | JMAI | Earthquakes | Region | JMAI | |
|-----------------------|---------------------|------|---|------------------|---------------|-------------|
| 1894 Shonai | 10* Nishitagawa-Gun | VI | 1935 Shizuoka | 26 Shizuoka-Shi | V | |
| 1894 Tokyo-Wan-Hokubu | 22 Tokyo-Shi | V | 1936 Kawachi-Yamato | 32 Osaka-Shi | IV | |
| | 23 Yokohama-Shi | V | | 1943 Tottori | 4 Tottori-Shi | VII |
| 1896 Rikuu | 11 Hiraga-Gun | VI | 5 Iwami-Gun | | VII | |
| | | | 6 Kidaka-Gun | | IV | |
| 1909 Anegawa | 24 Sakata-Gun | V | 27 Higashi-Haku-Gun | | V | |
| | | | 13 Tokyo-Shi | VI | 1945 Mikawa | 20 Hazu-Gun |
| 1923 Kanto | 14 Yokohama-Shi | VI | 1948 Fukui | 7 Fukui-Shi | VII | |
| | 15 Yokosuka-Shi | VI | | 8 Yoshida-Gun | VII | |
| | 31 Tokyo-Shi | IV | | 9 Sakai-Gun | VII | |
| 1924 Tanzawa-Sankai | 25 Yokohama-Shi | V | 1962 Miyagi-Ken-Hokubu | 21 Tajiri-Cho | VI | |
| | | | | 28 HuruKawa-Shi | V | |
| 1925 Kita-Tajima | 16 Toyooka-Cho | VI | 1964 Niigata | 29 Niigata-Shi | V | |
| | 17 Hachijyo-Cho | VI | | 1978 Miyagi-Ken- | 30 Sendai-Shi | V |
| | 18 Nitta-Cho | VI | | | | |
| 1927 Kita-Tango | 19 Kumano-Gun | VI | Note: Gun = District * Numeral correspond to those in Fig. 1 Shi = City Cho = Town JMAI= the Japan Meteorological Agency Intensity | | | |
| | 1 Yosa-Gun | VII | | | | |
| | 2 Naka-Gun | VII | | | | |
| | 3 Takeno-Gun | VII | | | | |

1に示した各都市の震度には、不確定な点も多い。しかし、このようにして決められた3つの統計量を図-1のようにプロットしてみると震度の決定が困難である。各都市は図-1の各震度の境界(図-1の実線)に位置していた。これに対処する都市は、表-1の番号で、5, 6, 12, 23に対応する。最近の宮城県沖地震における仙台市は、図-1の番号30に対応するが、図-1による仙台市は震度Vの上の地震動強さを受けたものと読みとれる。このようなことから、図-1に引いた各震度の境界線はほぼ適当であると考えられる。図-1に示す被害は、地震による構造物破壊、火事など津波を除く原因の輻射結果である。現時点では、死亡原因の輻射のしかたは明らかでないが、図-1の結果から、同じ強さの震度Iを受けた場合においても、都市が過密(人口密度が高いことに対応する)なほど被害率 $P[F|PD, \bar{E}I]$ (死者数/人口)が高くなることわかる。例えば、震度VIIの下の地震動強さを持つ地震が人口密度 $1,000(\text{人}/\text{km}^2)$, $7,000(\text{人}/\text{km}^2)$ の2つの都市を襲った場合、死亡率 $P[F|PD, \bar{E}I]$ はそれぞれ 10^{-4} , 10^{-3} となる。

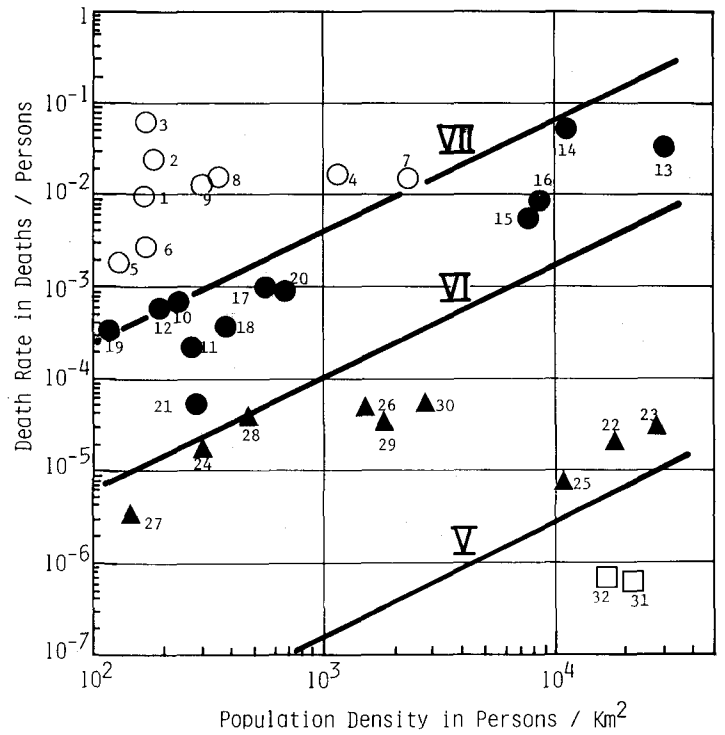


Fig. 1 Correlation among Death Rate, Intensity and Population Density of Urban Area Obtained from Past Earthquakes in Japan

3. 地震死亡年期期待確率 図-1に示すような特徴を有する我が国の各都市に住む人の地震による死亡確率 $P[F|PD, \bar{E}I]$ に、各都市周辺の地震環境(Seismic Hazard)を考慮することにより、都市の地震危険度(Seismic Risk)であるところの都市に住む人の地震死亡年期期待確率 P は次のようにして求められる。すなわち、 T 年間で人口密度 PD の都市が震度Iの地震 $\bar{E}I$ に襲われた場合の死亡確率は、 $P[F|PD, (E|T)]$ と表現できるので、地震死亡年期期待確率 P (死者数/人口/年)は、条件つき確率の定理により次のようにして求まる。

$$P = P[F|PD, (E|T)] P[E|T] = P[F|PD, \bar{E}I] P[\bar{E}I] \dots \dots \dots (1)$$

$P[F|PD, \bar{E}I]$ は図-1のように、 PD と $\bar{E}I$ の関係として得られているので、 $P[\bar{E}I]$ が与えられると(1)式から、ある都市に住む人の地震死亡年期期待確率 P を得ることができる。 $P[\bar{E}I]$ に関しては、各種の評価方法があり、不明な点も多いが、ここでは、地震の発生をポアソン過程として、日本各地の地震環境を整理された片山博士[2]の研究結果を用いた。研究結果はすでに報告されているが[2]、片山博士の御好意によりお借りできたデータに基づいて解釈を行なった。なお、片山博士の結果は加速度応答スペクトルSAの形で得られているため、これに次のような補正をして $P[\bar{E}I]$ に必要な T 年間期待震度 $\bar{E}I$ を求めた。すなわち、 $T=75$ 年、減衰定数5%、地盤条件2のSAの値を1.7で除し、地表面加速度も推定し、更に、加速度と震度の関係を使って、75年間で期待される震度Iの地震 $\bar{E}I$ を求めた。以上述べた震害度 $P[F|PD, \bar{E}I]$ (Vulnerability)と地震環境 $P[E|T]$

Table 2 Fatality Probability / Year by Earthquakes Except Tsunami

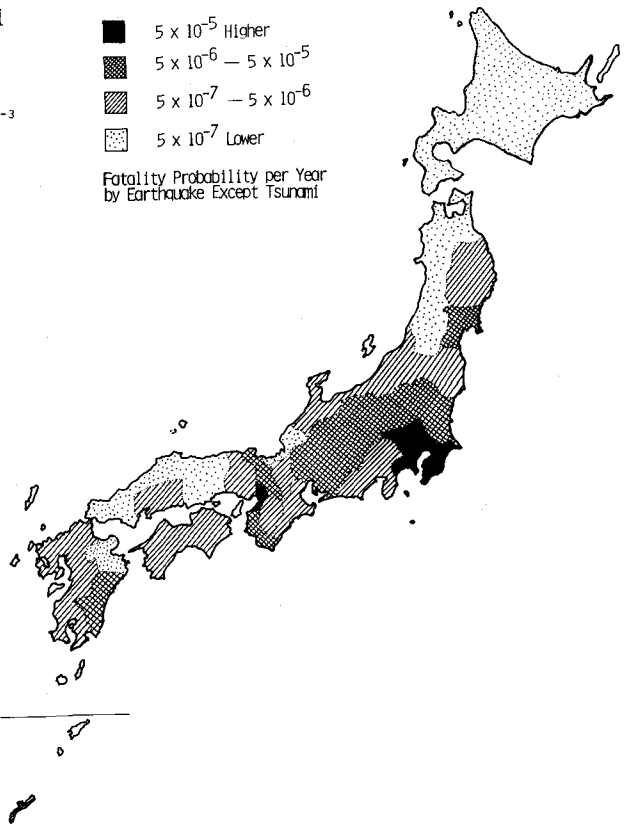
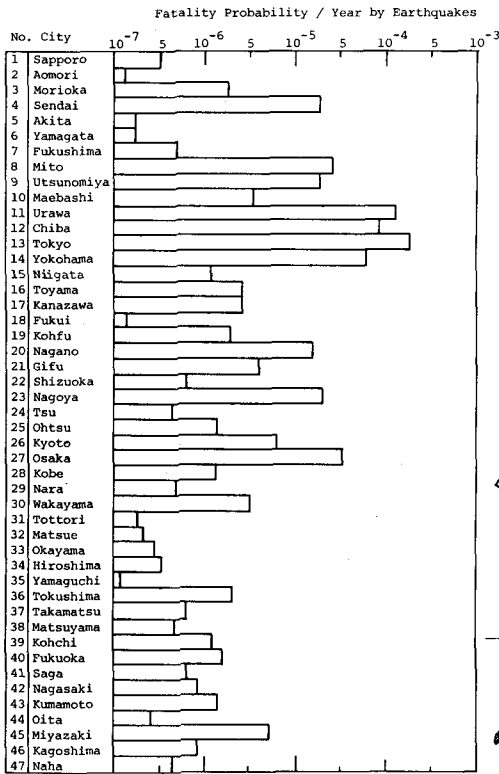


Fig. 2 Distributions of Fatality Probability / Year by Earthquakes Except Tsunami over the Whole Area of Japan

(Seismic Hazard) を(1)式に従ってかけ合わせることにより、わが国の都道府県の行政庁所在地について、地震死亡年期待確率 P (死者数/人口/年) を計算した結果を表-2のグラフに示す。表-2に示す各都市の地震死亡年期待確率を図-2に示す4つのグループにわけ色分けすると図-2のような地図が得られる。図-2では行政庁所在地の地震死亡年期待確率 P を対する都道府県の P として図示してある。一般に、行政庁所在地の人口密度は各都道府県の中で最も高いので、各都道府県の中では、行政庁所在地の $P[FI PD, \bar{E}I]$ が最も高くなることおよび、各都道府県の中では、75年間を期待される地震確率 $P[\bar{E}I]$ はほぼ一定であることの2つを考慮すると、図-2に示す4つの色分けは、ほぼ各都道府県の最高値を示したものと考えられる。表-2あるいは図-2によると、東京・千葉・大阪における地震死亡年期待確率は最も高く、 $10^{-5} \sim 10^{-4}$ (死者/人口/年) のオーダーであることがわかる。一般に、交通事故による年死亡確率は、 10^{-4} のオーダーであると言われることを考え合わせると、東京・千葉・大阪に住む人の地震危険度 (Seismic Risk) は高いと言えよう。表-2、図-2の結果については、今後、さらに検討を進めなければならないが、我々の地震に対する危険度を大局的に把握するのに役立つときに、危険物を取り扱う構造施設の立地計画を考える時、1つの定量的資料を与えてくれるものと思われる。 $P[\bar{E}I]$ の計算に際して、貴重な解析資料を提供していただいた東京大学生産技術研究所、片山恒雄助教、並びに、地震当時の都市の人口密度の資料を下さった図書館の関係者に感謝する次第である。

[1]. 宇佐美龍夫 “資料日本被害地震総覧” 東京大学出版会 1975.

[2]. 片山恒雄 “構造物周期も考慮した地震危険度の全国的分布” 第15回地震工学研究発表会, pp.93~96, 1979