

## (122) 地震発生データの相違が地震危険度分布図に及ぼす影響

西松建設株式会社 正員 ○ 戸松 征夫  
東京大学生産技術研究所 正員 片山 恒雄

### 1. まえがき

わが国の地震危険度解析には河角<sup>1)</sup>の先駆的研究があり、その後、後藤・亀田<sup>2)</sup>、服部<sup>3)</sup>や片山<sup>4)</sup>による研究など種々の危険度図が提案されている。これらのうち幾つかの研究成果は北川<sup>5)</sup>により総括され、新耐震設計法<sup>6)</sup>の設計震度の地域係数に反映されている。最近、地震危険度に関して見直しの必要がでてい

すなわち、

①地震カタログが改訂されたことにより、従来からの地震危険度がどう変わってくるか。

②日本全国スケールでなく、もっときめ細かく地震危険度を求められないか。

①は、1982年に気象庁から精度の高い地震カタログが発表されたことを契機とし、北沢ら<sup>7)</sup>の研究があるが、従来の危険度図との相違を判断する資料にはならない。②には、ERISA-G<sup>8)</sup>やSERM<sup>9)</sup>など電算機を利用したシステムがある。たとえば、ERISA-Gは、注目地点の地震危険度に関する種々の情報をきめ細かく取り出し、専門技術者の判断の手助けをすることを目的としているが、場所によっては、おかしな解析結果が得られることがある。

一般に、ある地点の地震危険度は次の要因に影響される。

①地震発生データ、②距離減衰式、③地盤条件、④計算手法、⑤危険度の評価指標

危険度の評価指標には、加速度、速度、変位の別や、再現期間の長さの違いなどが考えられる。本報告では①に関する検討を行い、②、③、④、⑤には次の条件を用いる。

②距離減衰式：道路橋示方書<sup>10)</sup>の式による。

③地盤条件：地点ごとに考慮せず、標準的な基盤（せん断弾性波速度300m/s以上）を考える。

④計算手法：地震動強さの累積頻度を1次式で回帰し、再現期間に対応する期待値を計算する。

⑤危険度の評価指標：再現期間100年の最大加速度期待値で表す。

### 2. 地震カタログによる危険度分布の違い

#### 2.1 地震発生データ

日本付近の地震発生データをまとめた地震カタログには、気象庁の地震月報、宇津の表、理科年表の表、宇佐美の被害地震総覧などがある。これらの地震カタログの性質を調査した結果から<sup>11)</sup>、本報告では気象庁カタログおよび宇津カタログを用いる。気象庁カタログは、地震月報別冊<sup>12)</sup>による1926年から1960年までの地震と、地震月報による1961年から1983年までの地震とを併せ、M5以上の6241個を選んでいる。宇津の表は1885年から1980年までのM6以上と被害地震を再調査してまとめられたものである<sup>13)</sup>。これと地震月報による1981年から1984年までの地震とを併せ、M6以上の1794個を宇津カタログと称する。

#### 2.2 2種のカテゴリによる危険度分布

気象庁カタログと宇津カタログを用い、全国を緯度20分、経度30分のメッシュ点に分け、合計520点で期待値を求め等高線を引く。計算結果をそれぞれ図-1と図-2に示す。両図で、100galの等高線は日本列島を大きく北東から南西へ2分し、岐阜県西部から鳥取にかけて張り出し、四国中央部で凹んでいる。この線は、秋田から新潟北部にかけてと北海道の北部にも現れている。細かくみると、両図で異なる場所も多く、その主な点と原因を挙げると、

①全国的に図-1のほうがやや高い：図-1でマグニチュード範囲を5まで含めていることによる。

②関東南部や九州中部で図-2の方が高い：図-1はカタログの年代範囲が図-2より短いため、1925年以前の地震が落ちていることによる。

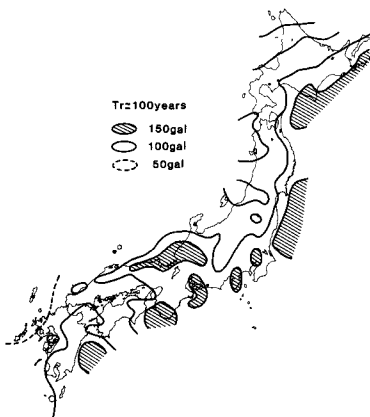


図-1 気象庁カタログによる  
危険度分布図

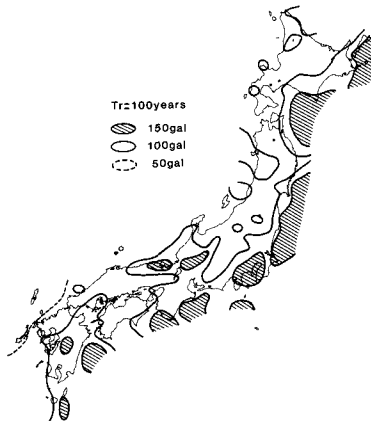


図-2 宇津カタログによる  
危険度分布図

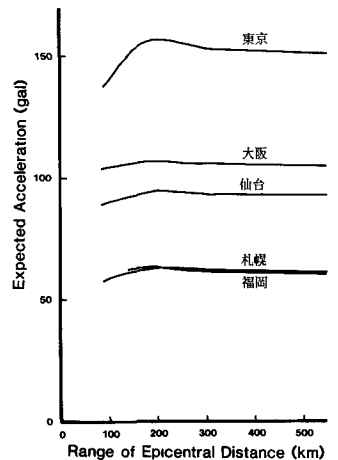


図-3 震央距離範囲の違い  
による期待値の変化

③福井から鳥取にかけて図-1が高い：1926年以降の地震による期待値の増加は図-1の方が大きい。

### 3. 地震発生データの条件による危険度の違い

危険度解析結果は、地震カタログが同じでも年代範囲、マグニチュード範囲、震央距離範囲、深発地震の扱い、前震・余震の扱い、加速度の下限値などに影響される。そこで、宇津カタログを用い、震央距離範囲、深発地震と前震・余震の扱いの影響を比較する。ここで、年代範囲を1885年以降に、マグニチュード範囲をマグニチュード 6.0以上に定めている。加速度の頻度回帰式を計算する時の下限値は 25galとしてある。

#### 3.1 震央距離範囲

震央距離範囲を限り、期待値への影響の少ない地震群をあらかじめ除くと解析処理が容易になる。このため、震央距離範囲を、100km, 150km, 200km, 300km, 500km の5ケースとし期待値を比較する。

計算を札幌、仙台、東京、大阪、福岡の5地点で行ない、結果を図-3に示す。図-3によると、300km以上で期待値はほぼ一定値になる。また、震央距離範囲が狭すぎると考慮すべき地震まで落ちてしまい期待値が下がる。このために、狭くできる限度は 150kmである。ただし、これらの距離限界は目安であって、マグニチュード範囲、使用する距離減衰式や加速度の下限値などが変われば変化する。(図-1と図-2は震央距離範囲を 300kmにとってある。)

#### 3.2 深発地震の扱い

深発地震の加速度を距離減衰式により計算すると大きな加速度になる場合があるが、実際には、これらが被害地震となることは少ない。宇津カタログによれば、震源深さ 100km以上の地震の中で家屋の崩壊や道路の損壊などの小被害以上を生じたものは、1909年の宮崎県の地震 (M=7.6, D=150km)と1911年の喜界島近海地震 (M=8.0, D=100km)の2例である。この2例を含み、深発地震とした深さ 100km以上の地震数は 357個である。

計算地点を前述の5都市、および図-2で期待値が高くなった若狭湾(N35.67, E135.5)と九州中部(N32.33, E131.0)の7地点とし、深発地震を含む場合と落とした場合で比較する。両ケースは共に前震・余震を含み震央距離範囲を 300kmとしてある。計算結果を表-1の左2欄に示す。期待値の変化は、5都市で5%以下と小さく、若狭湾と九州中部で40%以上と大きい。九州中部近辺では、先に挙げた1909年の宮崎県の地震が起こり、これが変化の原因となっている。一方、若狭湾近辺には、深発地震がカタログに5個あり、これが原因している。これらの深発地震は危険度解析で落とすのが妥当とみられる。

#### 3.3 前震・余震の扱い

大地震に伴う前震や余震を単独の地震として扱くと、地震危険度が過大に評価される恐れがある。前震や

余震の影響を調べるため、本震（マグニチュードM）の前後2ヶ月の間に、次式<sup>14)</sup>で計算される余震域（半径Lkm）に入るものを前震・余震と考える。

$$\log L = 0.5M - 1.8$$

この仮定によると、1つの例外〔1945年の三河地震(M=6.8)が東南海地震(M=7.9)の余震とみなされてしまう例〕を除いて、前震・余震を余分に落とすことなく除くことができる。落とされた地震数は377個である。

計算地点を前述の7地点として、前震・余震を落とした場合について計算し、含む場合と比較する。計算

結果は表-1に載せてある。期待値の変化を、表-1の右2欄で比べると、5都市と九州中部で5%以下であり若狭湾で10%に達する。若狭湾周辺には1927年の北丹後地震に伴う余震が4個あり、その震央距離が40km内外にあるため期待値の変化が生じる。表-1から予想されることは、前震・余震の扱いにより期待値が変化するとしても、その変化量は深発地震の影響よりも小さい点である。

#### 4. 全国危険度分布の計算

図-1、図-2は、使用した地震発生データの条件が適切でない。そこで、条件をかえて、危険度分布を計算し直し、2.2節と同様にして全国の期待値の等高線を求める。地震カタログには、気象庁カタログと宇津カタログを使用し、深発地震と前震・余震を落しておく。気象庁カタログの深発地震と前震・余震は、宇津カタログと同じ方法で落としてあり、数はそれぞれ1640個、1414個である。震央距離範囲は300kmにしてある。

##### 4.1 加速度期待値の分布

図-4に気象庁カタログによるものを、図-5に宇津カタログによるものを示す。両図の期待値を比較すると分布は似ており、①全国的なレベルは近いが、②関東南部や九州で図-5が高く、③福井や鳥取で相違がある。すなわち、図-4と図-5との相違は、使用カタログのマグニチュード範囲が違うことより、年代範囲の影響が大きいためとみられる(2.2節の①、②、③参照)。従って、図-5は使用カタログの年代範囲が図-4より長いので、相対的に優れた分布図と判断される。

##### 4.2 回帰式勾配の分布

地震動変位の実測値に関する頻度回帰式の勾配mは石本・飯田の係数と呼ばれ、1.7~2.0程度になるのが一般的とされている<sup>14)</sup>。加速度の計算値に関するmは、使用する距離減衰式や地盤条件により異なって当然であるが、今回の計算によると、多くの場所で、1.5~3.9の範囲にある。また、mが1.0以下と小さい地域で期待値が高くなる傾向がある。mが大きすぎたり小さすぎたりする所は、加速度の頻度分布が異常と判断され、詳しい解析を個別に行なうことが必要となる。図-5で黒くぬりつぶした地域は、mが1.0以下または4.5以上の所を示し、期待値を求める上での要注意地域である。

##### 4.3 前震・余震を含めた危険度図

次に、前震・余震の影響を全国で調べる。使用するカタログは宇津カタログから深発地震を落したものであり、図-5の計算と比べ前震・余震の条件が違うのみである。得られた期待値を図-5と比較すると、場所により数gal程度の上下はあるものの、ほとんど同じ分布になる。従って、全国的には、前震・余震を含むことによる影響は少ない。また、カタログ上で前震・余震の判定をするのは難しいので、これらを含んだまま使用することは適切な処理と考えられる。

##### 4.4 既往の危険度図との比較

本報告で計算した危険度図はすべて基盤の期待値で表されており、地表で表された河角、後藤・亀田などの図とは分布が似ていない。しかし、図-5は岩盤で表された服部の図(図-6)と似た分布である。服部は、1885年から1973年までの気象庁データを用い、1925年以前は信頼性が低いとして独自にマグニチュードを補

表-1 データ条件による期待値の違い

地点	前震・余震を含む		前震・余震を落とす (深発地震を落とす)
	深発地震を含む	深発地震を落とす	
札幌	62.4gal	60.2gal	61.0gal
仙台	93.3	91.5	92.8
5都市	152.7	152.4	150.9
東京	106.2	102.1	106.2
大阪	61.5	59.1	58.6
福岡			
若狭湾	180.8	139.0	125.0
九州中部	177.0	87.5	90.1

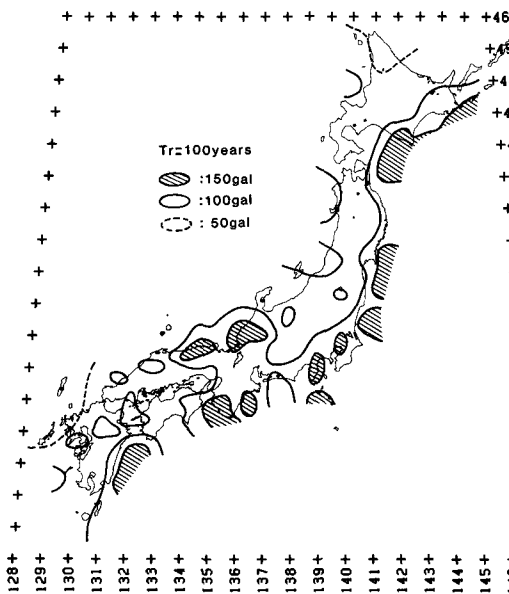


図-4 気象庁カタログによる危険度分布  
(深発地震, 前震・余震を落とす)

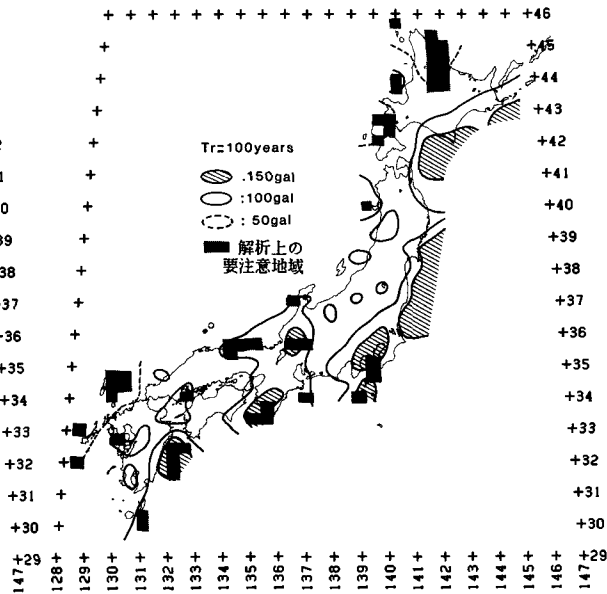


図-5 宇津カタログによる危険度分布  
(深発地震, 前震・余震を落とす)

正し、金井<sup>15)</sup>による距離減衰式を使って加速度期待値を計算している。

### 5. あとがき

地震発生データの条件をかえて、地震危険度の相違を調べ、次の結論を得た。

- (1) 地震危険度解析のために使用する地震発生データは、宇津カタログが適している。これを使った解析結果は、服部の解析結果と大きく違わなかった。
- (2) 地震危険度を解析するための地震カタログは、深発地震を落とし、前震・余震を含んだままのものを使うのが望ましい。また、対象とする地震の震央距離範囲は、使用する距離減衰式にもよるが、150km以上にするるとよい。300km以上は考慮しても影響が少ない。
- (3) 地震発生データの条件を種々にかえて比較計算した結果、図-5

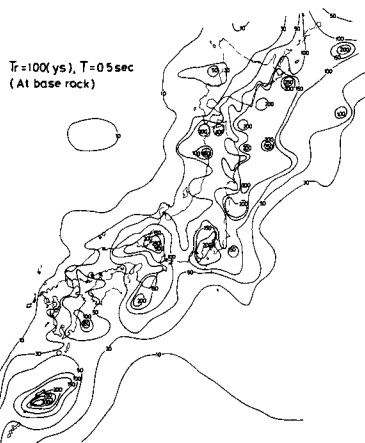


図-6 服部による地震危険度図

は妥当な条件に基づく危険度図と判断された。また、図-5には解析上の要注意地域を示した。

ここで距離減衰式や計算手法などについては、詳しく比較検討していない。また、1885年以前の地震発生データは生かしていない。これらは、今後に残した問題点である。さらに、危険度分布を気象庁の震度分布や観測所のデータと比較することが望まれる。

<参考文献> 1)Kawasumi,H.:地震研究所彙報,1951. 2)後藤尚男・亀田弘行:土木学会論文報告集,1968. 3)Hattori,H.:BIISEE,1975. 4)片山恒雄:第15回地震工学研究発表会,1979. 5)北川良和:第8回地盤振動シンポジウム,1980. 6)建設省:土木研究所資料,1977. 7)北沢社介・上部達生・檜垣典弘:港湾技研資料,1984. 8)戸松征夫・片山恒雄:第9回土木電算機利用シンポジウム,1984. 9)山田恭平・亀田弘行・杉戸真太・後藤尚男:第17回地震工学研究発表会,1983. 10)道路協会:道路橋示方書V耐震設計編,1980. 11)戸松征夫・片山恒雄:地震学会春季大会,1985. 12)気象庁:地震月報別冊第6号,1982. 13)宇津徳治:地震研究所彙報,1982. 14)宇津徳治:地震学,1977. 15)Kanai,K.:地震研究所彙報,1958.