

(47) 大地震の断層面の大きさを考慮した日本列島の地震危険度マップ

東電設計(株)

正会員 安中 正

東京海上火災保険(株)

正会員 矢代晴実

1. まえがき

確率論的地震危険度解析には地震動推定に関する不確定性やばらつきを考慮できるという利点がある。日本列島全体の地震危険度マップがこれまでに数多く提案されているが、最大加速度に対する断層面の大きさや震源深さの影響、推定式のばらつきを考慮しているものはあまりない。最大加速度の推定において大地震の断層面の大きさを適切に考慮することは不可欠であり、地震の震源深さの影響も重要である¹⁾。推定式のばらつきも地震危険度の推定結果に大きく影響する²⁾。関東及び周辺地域に関してはこれらの影響を考慮した確率モデルが提案されている³⁾。本研究では、断層モデルが推定されている大地震については断層面の大きさを考慮して最大加速度を推定する方法を用い、地震データに基づき日本列島の地震危険度マップを作成した。そして、その結果を全ての地震を点震源とした場合のマップ及び活断層データに基づくマップと比較した。

2. 断層面の大きさを考慮した最大加速度推定式

安中・他¹⁾により提案されている下記の推定式を用いた。

$$\log A = 0.627M + 0.00671H - 2.212 \log D + 1.711$$

$$D = R + 0.35 \exp(0.65M)$$

ここで、 A は水平2成分の平均最大加速度 (cm/s^2)、 M はマグニチュード、 H は断層面中央の深さ (km)、 R は地点から断層面までの最短距離 (km) である。定数 (1.711) は地点表面のS波速度が300~700m/sの地点に対する平均的な値であり、S波速度がこれよりも大きい場合は補正が必要である。推定式のばらつきは対数正規分布の形で考慮した。ばらつきの標準偏差 (β) は自然対数で0.5とし、地震ハザード曲線の計算では $\pm 10\text{-}\beta$ の範囲まで考慮した。断層面の大きさを考慮する場合、これまでは H を最短距離を与える断層面上の点の深さとしていた¹³⁾が、 H に関する項がマグニチュードに関する項の補正項であり、地点との位置関係に依存しないとした方が自然と考えられることから、断層面中央の深さに変更した。この式による1891年濃尾地震 ($M=8.0$) と1923年関東地震 ($M=7.9$) の最大加速度分布を図-1に示す。図中の数字の単位は cm/s^2 であり、断層面の水平投影も示している。

3. 地震データに基づく地震危険度マップ

通常地震危険度解析では、過去の地震活動の特徴や活断層分布、サイスモテクトニクスなどを考慮して地震活動のモデル化を行なう。ただし、そのように作成した地震発生モデルを用いた場合と地震カタログで与えられている過去の一定期間の地震活動がそのまま繰り返すと仮定したモデル(地震カタログモデル)を用いた場合で地震危険度の評価結果にあまり大きな違いがないことが関東及び周辺地域に関して示さ

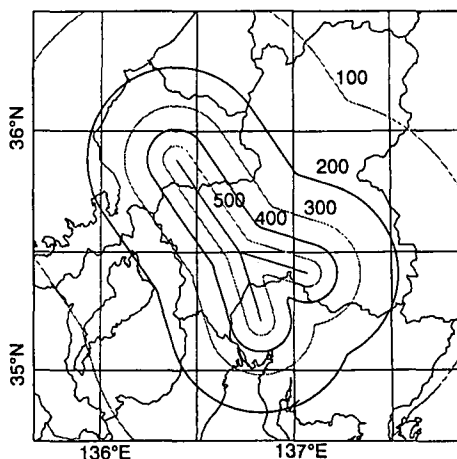


図-1(1) 1891年濃尾地震の最大加速度分布

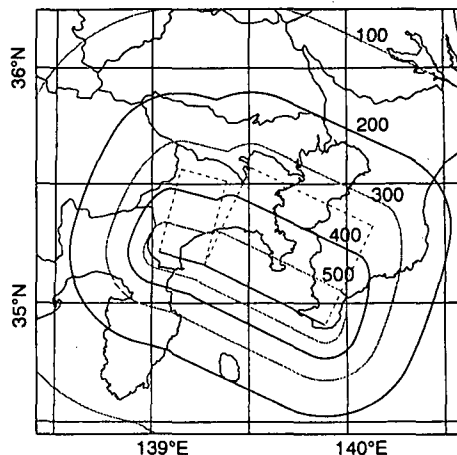


図-1(2) 1923年関東地震の最大加速度分布

れている²⁾。この結果に基づき、日本列島全体の地震危険度マップの基本的な傾向を比較的簡単に把握できることから、地震カタログモデルの考え方をを用いて地震危険度マップを作成した。検討に用いた地震データの震央分布を図-2に示す。1601年1月～1994年4月の期間のマグニチュード5.5以上、震源深さ120km以下の地震の震央分布であり、1601～1884年の地震については宇佐美によるカタログ⁴⁾、1885～1925年は宇津によるカタログ⁵⁾⁶⁾⁷⁾、1926年以降については気象庁によるカタログを用いている。これらの地震の中で、断層モデルが推定されている地震の断層面の分布を図-3に示す。地震断層モデルは佐藤により整理されているもの⁸⁾を中心に、1993年釧路沖地震($M_{JMA}=7.8$)や1993年北海道南西沖地震($M_{JMA}=7.8$)などそれ以後に提案されているモデルを追加した。

地震データに基づく地震危険度マップを図-4に示す。ケースEQ1Pは1885年1月～1994年4月のデータを用い、すべての地震を点震源とした場合、ケースEQ1Fは1885年1月～1994年4月のデータを用い、図-3の断層モデルを用いて大地震の断層面の大きさを考慮した場合、ケースEQ2FはケースEQ1Fと同様に大地震の断層面の大きさを考慮しているが、期間がより長い1601年1月～1994年4月のデータを用いた場合である。また、大地震の断層面の大きさを考慮することの影響を明確にするためにケースEQ1FとケースEQ1Pの再現期間100年の最大加速度の差の分布を図-5に示す。

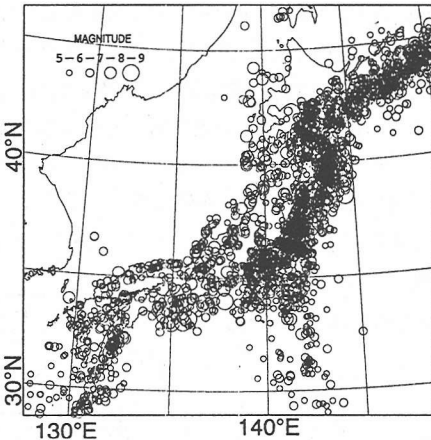


図-2 検討に用いた地震の震央分布

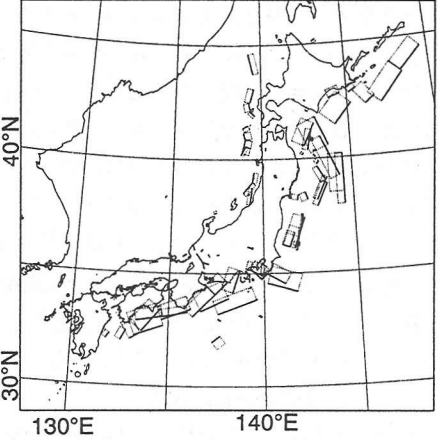


図-3 検討に用いた地震断層面の分布

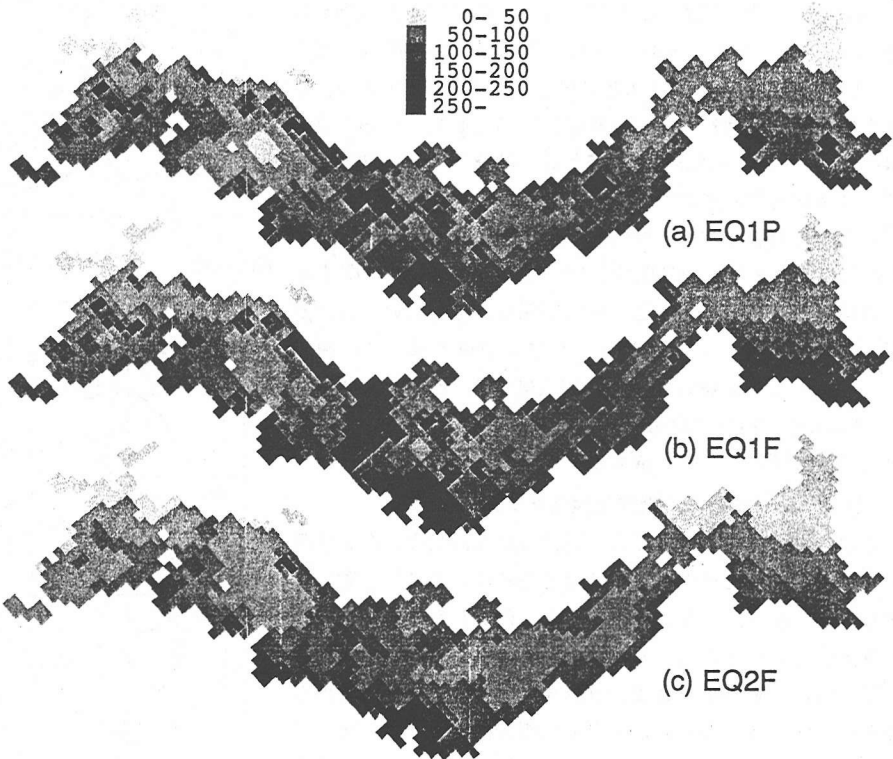


図-4 地震データによる再現期間100年の最大加速度分布 (数字の単位は cm/s^2)

最大加速度の推定には震源深さが必要であるが、震源深さが数字で与えられていない期間がある。震源深さが区分により与えられている1885～1925年について

はVS (very shallow) と区分されて

いる地震の震源深さは10km、S (shallow) と区分されているものは50kmとした。また、震源深さが全く与えられていない1601～1884年の地震については震源深さを全て10kmとした。

図-4のケースEQ1Fによると、最大加速度の大きな領域は南関東と伊豆付近、紀伊半島南部、北海道南東部、愛知・岐阜・福井、近畿地方北部などである。この中で、北海道南東部、愛知・岐阜・福井、近畿地方北部については期間が長いケースEQ2Fでは明瞭でない。北海道南東部では古いデータが欠けているため、愛知・岐阜・福井と近畿地方北部では最近の約100年間に比較的にまれな大地震が発生したためにこのような差が生じていると考えられる。ケースEQ1FとEQ2Fでは全般にEQ1Fの値の方が大きい。ただし、図からは判断できないが、飛騨地方から新潟、近畿地方から中国地方にかけてはEQ2Fの方がやや大きくなっている。ケースEQ1FとEQ1Pの分布の基本的な傾向は同じであるが、大きさには違いがある。図-5によると、断層面が海域に多数分布していることを反映して、両者の差は太平洋沿岸地域、東北地方日本海沿岸地域で大きく、100gal以上の違いがある領域が存在する。

4. 活断層データに基づく地震危険度マップ

活断層研究会による新しい活断層データ⁹⁾を用いて地震危険度を計算した。用いたデータは100万分の1の活断層図による活断層データを(有)ジオデータサプライが数値化したものである。解析に用いた活断層の分布を図-6に示す。陸上活断層だけでなく、海底活断層も用いた。

活断層で発生する地震のマグニチュードと発生間隔は固有地震モデルの考え方にに基づき推定した。活断層のグループ化は(有)ジオデータサプライによるものをそのまま用いた。活断層の長さは、活断層を等間隔の点群で表現してその主軸の方向を求め、その主軸方向に投影した点群の範囲から決定している。この方法により複数のセグメントから構成されている活断層の長さを適切に評価できる。地震のマグニチュードと発生間隔を求めるために用いた式は下記の通りである。

$$\log L = 0.6M - 2.9^{10)}$$

$$\log M_0 = 2\log L + 23.58^{11)}$$

$$dM_0/dt = \mu LWS$$

ここで、Lは断層の長さ、Mはマグニチュード、 M_0 は地震モーメント、 dM_0/dt はモーメント放出速度、 $\mu = 3.3 \times 10^{11} \text{ dyne/cm}^2$ は剛性率、Wは断層の幅、Sは平均すべり速度である。断層面は鉛直断層とし、断層上縁の深さは0kmとした。また、断層の幅は断層の長さの半分とし、幅の上限を20kmとした。陸上活断層のSは断層の活動度(A,B)に基づき、Aの場合が5mm/年、B

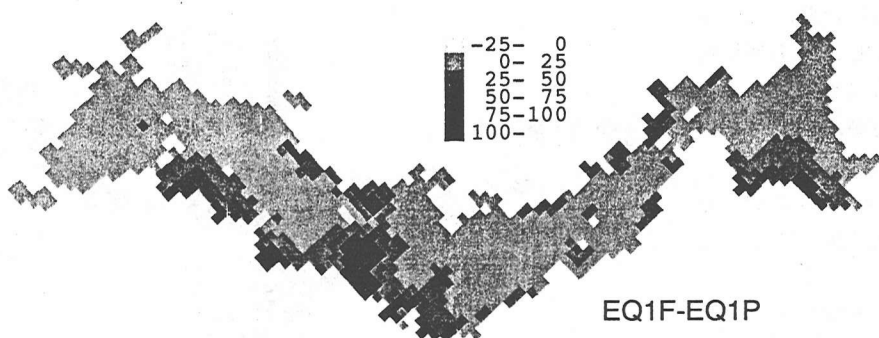


図-5 大地震の断層面の大きさを考慮した場合と考慮しない場合の再現期間100年の最大加速度の差の分布 (数字の単位は cm/s^2)

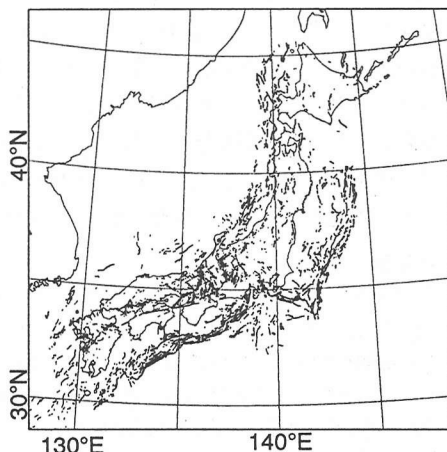


図-6 検討に用いた活断層の分布

の場合が0.5mm/年とした。海底活断層については、崖高が200m以上の場合を活動度Aに、200m以下の場合を活動度Bに等しいとした。

活断層データを用いた場合（ケースAF）の再現期間100年の最大加速度分布を図-7に示す。また、ケースEQ1FとケースAFの再現期間100年の最大加速度の差の分布を図-8に示す。

図-7の結果は、以前の活断層データ¹²⁾を用いた解析

結果¹³⁾とほぼ同じパターンを示しているが、海底活断層を考慮したことにより相模湾と駿河湾の周辺の値が大きくなっている点に少し違いがある。図-8では、ケースEQ1Fの方がケースAFよりも全般的に大きな値となっているが、飛騨地方を中心にした中部地方や近畿地方中部のように活断層による地震が支配的な地域ではAFの方が大きくなっている。愛知・岐阜・福井でEQ1Fの方がかなり大きくなっているのは、前述したようにこの地域で最近の約100年間に比較的にまれな地震が発生したためと考えられる。通常の地震活動があまり活発でない地域では、100年程度の地震データから長期的な危険度を予測するのは困難と考えられる。

5. あとがき

断層モデルが推定されている大地震の断層面の大きさを考慮して地震データに基づき日本列島の地震危険度マップを作成した。大地震の断層面の大きさを考慮した場合と点震源とした場合の解析結果を比較し、大地震の断層面の大きさの影響を無視できないことを示した。また、地震データに基づく地震危険度マップと活断層データに基づく地震危険度マップの違いを明らかにした。本研究は、日本列島全体の地震発生モデルを開発するための予備的検討である。より精度の高い地震危険度評価を行なうためには、地震データと活断層データを適切に組み合わせ、両者を統合したモデルを作成する必要がある。また、最大加速度推定式の問題では、推定式の地域性の有無、地盤条件の影響などを明らかにする必要がある。

参考文献

- 1) 安中・他(1987) 第19回地震工学研究発表会, 129-132.
- 2) Annaka and Ohki(1991) Proc. 10th WCEE, I, 363-368.
- 3) Annaka and Nozawa(1988) Proc. 9th WCEE, II, 107-112.
- 4) 宇佐美(1987) 新編日本被害地震総覧.
- 5) 宇津(1979) 地震研究所彙報, 54, 253-308.
- 6) 宇津(1981) 地震研究所彙報, 56, 111-137.
- 7) 宇津(1982) 地震研究所彙報, 57, 401-463.
- 8) 佐藤(1989) 日本の地震断層パラメーターハンドブック.
- 9) 活断層研究会(1991) 新編日本の活断層.
- 10) 松田(1975) 地震, 2, 28, 269-283.
- 11) Yamanaka and Shimazaki(1990) J. Phys. Earth, 38, 305-324.
- 12) 活断層研究会(1980) 日本の活断層.
- 13) 戸松・他(1983) 第17回地震工学研究発表会, 21-24.

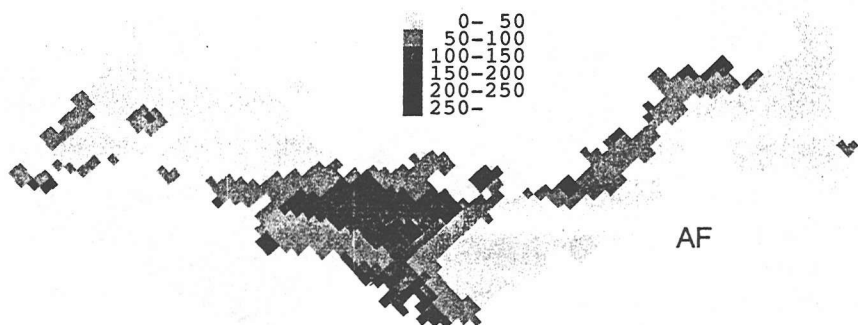


図-7 活断層データによる再現期間100年の最大加速度分布（数字の単位は cm/s^2 ）

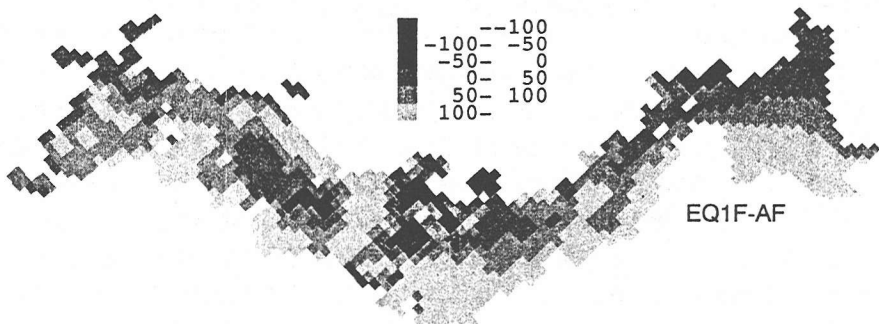


図-8 地震データと活断層データによる再現期間100年の最大加速度の差の分布（数字の単位は cm/s^2 ）