

(86) 地震危険度マップ作成時の緯度経度の分割ピッチの設定について

電源開発株式会社 正員 有賀 義明
(株) 開発計算センター 正員 浅賀 裕之
東京工業大学 正員 大町 達夫

1 はじめに

アジア・アフリカ・中南米地域の技術的開発可能包蔵水力は、現在、年間約1040万GWhと推定されているが、その既開発率は約12%に過ぎない。一方、これらの地域は、地球環境問題、人口問題、食料問題が顕在化している地域でもある。そのため、これらの地域において、クリーンな自然エネルギーである水力エネルギーを開発し活用して行くことは、地域の生活環境の改善を図るために、更には、地球の調和ある発展を図って行くためにも重要なことであると考えられる。こうした背景から、海外における水力発電プロジェクトの耐震設計に役立てるために、国際技術協力の場での活用を主目的とした地震危険度解析プログラムの整備を行った。本稿では、確率論的手法に基づき地震危険度マップを作成する際に、解析条件の一つである評価対象地域の緯度経度の分割ピッチが地震危険度マップの結果にどのような影響を及ぼすかについて比較検討した結果を報告する。

2 海外プロジェクトのための地震危険度解析プログラムの整備

発展途上国における水力発電プロジェクトの耐震設計に活用することを主目的として、地震危険度解析プログラムの整備を行った。プログラムの主な特徴はつぎのとおりである。①歴史地震データに基づき、統計確率解析による地震危険度解析を実施する。②任意の再来周期に対する地震動期待値は、確率分布関数にGumbel(1958)の極値統計理論の第3漸近分布を適用して推定する。③距離減衰式は、可能な限り評価対象地域に関して提案された式を適用することが望ましいので、国内外で提案された距離減衰式をできるだけ多く活用できるようにしている。加速度については3.5の式を、速度、変位についてはそれぞれ1.3、8の式を任意に選択して使用することができる。また、必要に応じて、随時、距離減衰式の追加・削除が可能である。④歴史地震データとして、海外地点に関してはNOAAの地震データファイルを使用する。国内地点に関しては気象庁地震データ、宇佐美カタログ、宇津カタログ等を自由な組合せで使用することができる。⑤世界の任意の地点の任意の再来周期に対する地震動期待値を推定することができる。⑥世界の任意の地域の任意の再来周期に対する地震危険度マップを評価作成することができる。⑦地震危険度マップは、図法・投影法に制約されることなく図化することができ、海岸線・国境線を自由に表現することができる。⑧震源断層に基づく地震危険度評価が可能である。これに関連して、震源断層の長さや地震のマグニチュードの関係式として国内外で提案された1.1の式を使用することができる。⑨携行型パソコン(Dyna-Book J-3100)のためのソフト整備も実施しており、発展途上国の現地において地震危険度解析を実施することが可能であり、また、相手国技術者等の研修・教育に活用することが可能である。

3 検討方法

世界の代表的な地震地帯の中から、ここでは、米国カリフォルニア地域(北緯30.00°~40.00°、西経110.00°~128.00°)とトルコ国(北緯35.00°~42.00°、東経25.00°~43.00°)の2地域の評価検討例を紹介する。これらの地域を対象に、緯度経度の分割ピッチを2.0度、1.0度、0.5度、0.2度、0.1度に変化させて、格子状の各分割線交点での地震危険度解析を実施して、2地域の地震危険度マップを作成した。地震危険度マップの図化対象範囲の外側500kmの領域も地震危険度解析の対象範囲とした。任意の再来周期に対する期待値を推定するための確率分布関数は、Gumbelの極値統計理論の第3漸近分布を適用して計算した。距離減衰式は、Esteve & Rosenbluethの式(1963年: $\log A = 2.041 + 0.347M - 1.6 \log R$)を使用した。歴史地震データは、NOAAの地震データファイルから、1900年から1987年までの期間の地震記録を抽出して解析を行った。地震危険度マップ作成に要する演算処理時間は、緯度経度の分割線の交点の数と地

震データ数に大きく依存するが、ここでは、分割ピッチを 0.1 度に設定した時の計算時間の制約から、マグニチュード 5.0 以上の歴史地震を解析評価対象とした。

4 検討結果

カリフォルニア地域の地震危険度マップの作成に使用した歴史地震データの震央を図-1 に示す。緯度経度の分割ピッチを 2.0 度に設定した時のカリフォルニア地域の再来周期 200 年に対する加速度期待値のコンターマップを図-2 に示す。同様に、緯度経度の分割ピッチを 1.0 度、0.5 度、0.2 度、0.1 度に設定した時の結果を、それぞれ図-3、図-4、図-5、図-6 に示す。図中、加速度期待値のコンターは、50gal、100gal、200gal、400gal を図化の対象としている。緯度経度の 2.0 度は、距離に換算すると約 200km に相当するが、図-2 より明らかなように、緯度経度の分割ピッチを 2.0 度に設定した場合、再来周期 200 年に対する加速度期待値のコンターは粗く、加速度期待値は最大 100gal 程度にとどまっている。緯度経度の分割ピッチを 1.0 度にした場合も、全体的には同様の結果となっている（図-3 参照）。緯度経度の分割ピッチを 0.5 度にする、加速度期待値のコンターは密になり、加速度期待値の数値は 200gal を越えるようになる（図-4 参照）。分割ピッチを更に細かく 0.2 度、0.1 度に設定して行くと、コンターは更に密になって行く（図-5 参照および図-6 参照）。

次に、トルコ地域の地震危険度マップの作成に使用した歴史地震データの震央を図-7 に示す。緯度経度の分割ピッチを 2.0 度に設定した時の、トルコ地域の再来周期 200 年に対する加速度期待値のコンターマップを図-8 に示す。同様に、緯度経度の分割ピッチを 1.0 度、0.5 度、0.2 度、0.1 度に設定した時の結果を、それぞれ図-9、図-10、図-11、図-12 に示す。これらの図からも、緯度経度の分割ピッチが 2.0 度あるいは 1.0 度の場合は加速度期待値のコンターがかなり粗く解析精度があまり高くないこと、緯度経度の分割ピッチが 0.5 度になるとコンターマップとしては比較的に見易くなること、緯度経度の分割ピッチが 0.2 度の場合はコンターがかなり密になること、緯度経度の分割ピッチが 0.1 度の場合は全体的には 0.2 度の場合とあまり結果が変わらないこと等を理解することができる。

5 考察

統計確率解析に基づき地震危険度マップを作成する場合、地震危険度マップの作成結果は、評価対象地域に対する緯度経度の分割ピッチの設定に応じて、大きく変化する。緯度経度の分割ピッチを 2.0 度、1.0 度、0.5 度、0.2 度、0.1 度の 5 ケース設定して比較評価した結果、緯度経度の分割ピッチは、2.0 度、あるいは 1.0 度では粗すぎること、0.1 度ではやや密であるとの結果を得た。緯度経度の分割ピッチを粗くすると、重要な歴史地震があっても、緯度経度の分割線の交点（個々の地震危険度解析が実施されるポイント）から遠くに離れていると、地震危険度が過少評価されてしまうことになる。また、緯度経度の分割線の交点が、たまたま、大きな歴史地震の震央域に一致してしまうと地震危険度マップの様相が特定の地震に大きく支配されてしまうことになる。一方、分割ピッチを密にすると、過去の主要な歴史地震の影響が地震危険度マップの中に十分に反映されるようになり、解析精度は向上する反面、分割ピッチを密に設定し過ぎるとマップが複雑になり、かえってマップが見難くなることもある。また、分割ピッチを密にした場合は、演算処理時間が長くなるというデメリットも出てくる。地震危険度マップを作成する際の緯度経度の分割ピッチについては、評価対象領域の広さ、歴史地震データの多少、耐震設計の重要性、要求される解析精度等に応じて、それぞれの評価対象地域に対して最適な設定がなされるべきものであると考えられるが、実施した比較検討の結果では、実用的には 0.5 度～0.2 度の設定で良いのではないかと考えることができた。

【参考文献】1) 日本建築学会：地震動と地盤、p63, 1983 2) E. J. グンベル：極値統計学、産技術センター新社 3) Esteva, L. and Rosenblueth, E.: Espectros de Temblores a Distancias deradas y Grandes, Proc. Chilean Conference on Seismology and Earthquake Engineering, VOL. 1, University of Chile (1963) 4) 服部定育：世界地震活動地域における地震危険度 Map、建築研究報告、No. 88, Feb, 1980

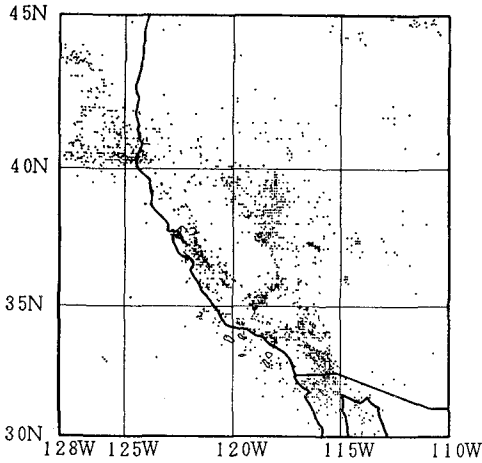


図-1 カリフォルニア地域の解析に用いた地震の震央

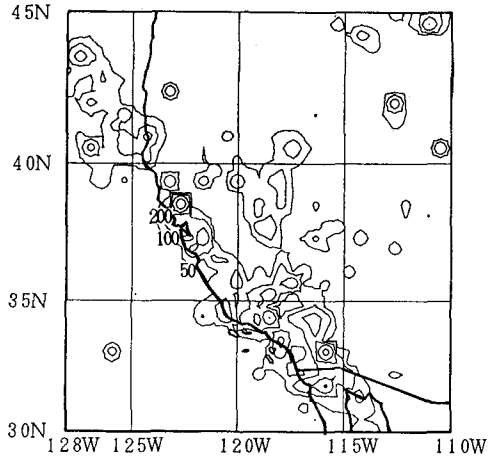


図-4 カリフォルニア地域の加速度期待値コンター (分割ピッチ: 0.5度、再来周期200年)

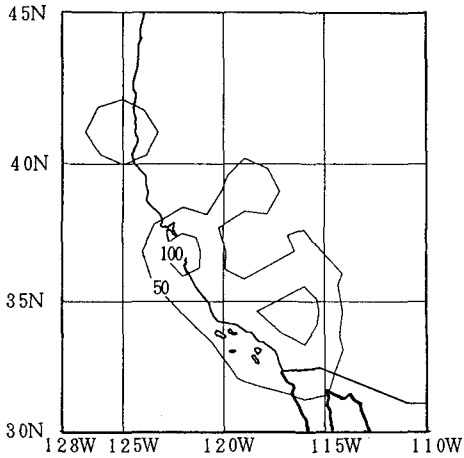


図-2 カリフォルニア地域の加速度期待値コンター (分割ピッチ: 2.0度、再来周期200年)

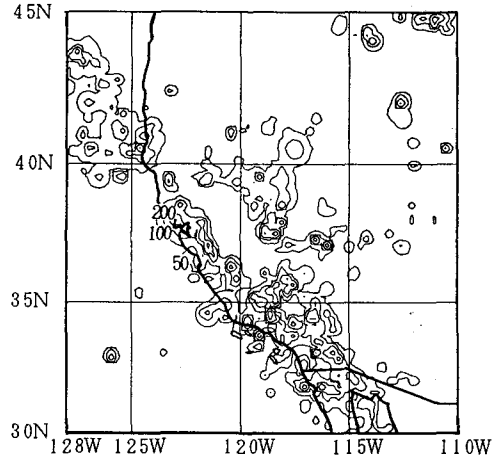


図-5 カリフォルニア地域の加速度期待値コンター (分割ピッチ: 0.2度、再来周期200年)

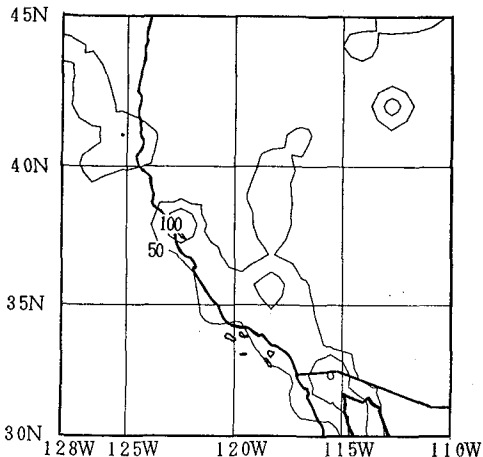


図-3 カリフォルニア地域の加速度期待値コンター (分割ピッチ: 1.0度、再来周期200年)

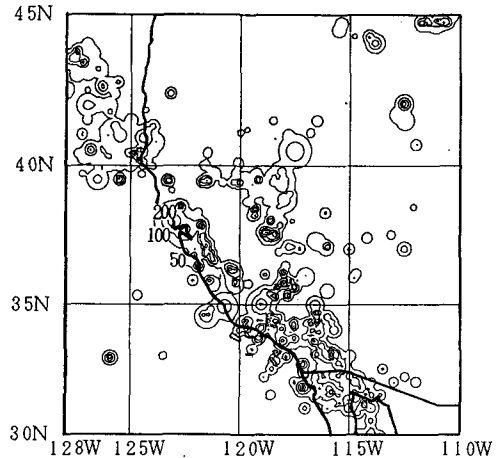


図-6 カリフォルニア地域の加速度期待値コンター (分割ピッチ: 0.1度、再来周期200年)

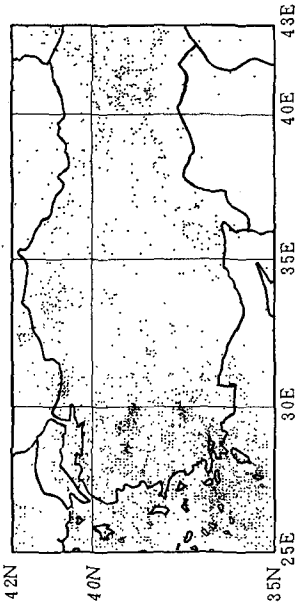


図-7 トルコ地域への解析に用いた地震の震央

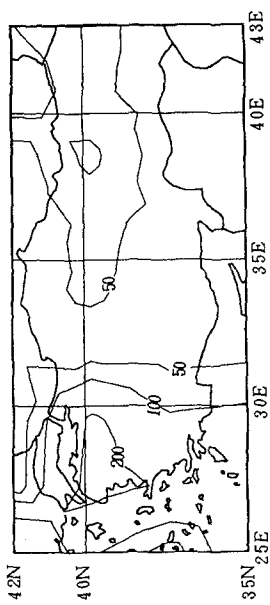


図-8 トルコ地域の加速度期待値コンター (分割ピッチ: 2.0度、再来周期200年)

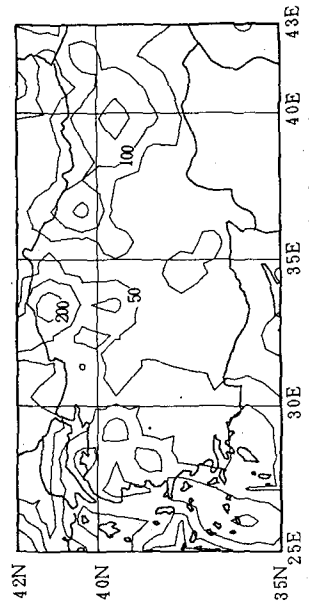


図-9 トルコ地域の加速度期待値コンター (分割ピッチ: 1.0度、再来周期200年)

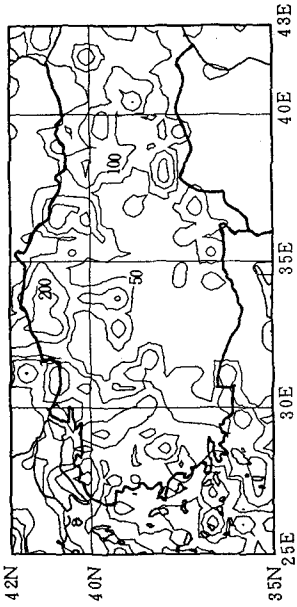


図-10 トルコ地域の加速度期待値コンター (分割ピッチ: 0.5度、再来周期200年)

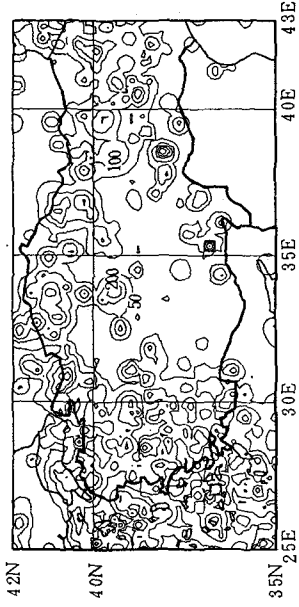


図-11 トルコ地域の加速度期待値コンター (分割ピッチ: 0.2度、再来周期200年)

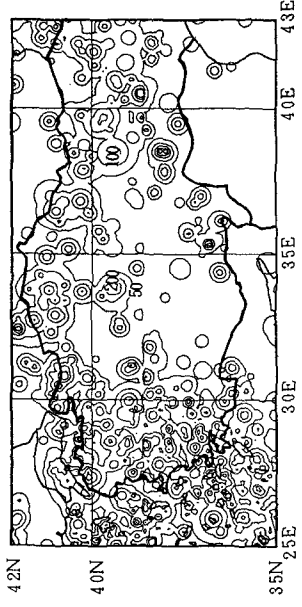


図-12 トルコ地域の加速度期待値コンター (分割ピッチ: 0.1度、再来周期200年)