

西松建設 (株) 正員 ○ 戸松 征夫
 東京大学生産技術研究所 正員 片山 恒雄

1. システムの概要

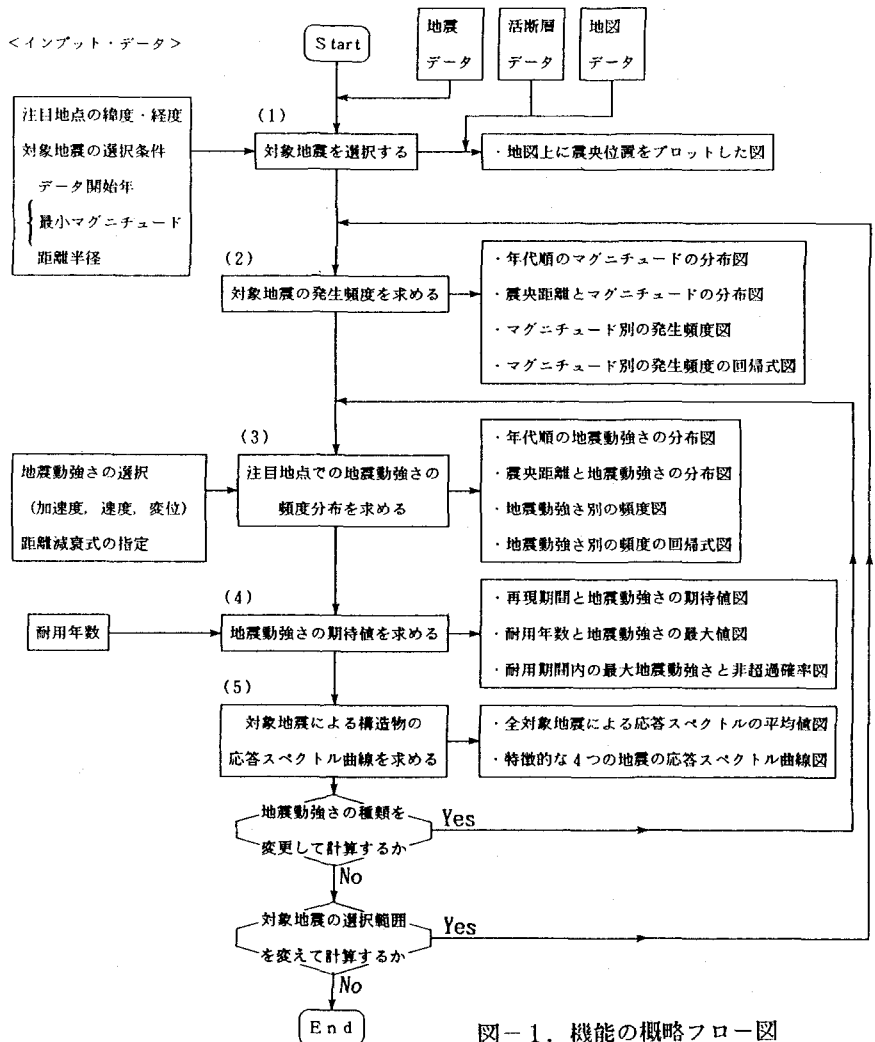
地震危険度解析グラフィック・システム ERISA-G (イライザ ジー) を開発した¹⁾。ERISA-G の開発目的は、日本で起きた過去の地震発生データを分析し、将来発生すると考えられる地震動の強さや構造物の応答スペクトルを統計的に解析し、その解析結果を設計資料として利用しやすいように、グラフィック表示することにある。ERISA-G という名前は、Earthquake RISK Analysis - Graphics の略称である。

システムは大型計算機と電話回線で結んだグラフィック端末を用いて、各種情報を対話形式で得られるように設計されている。システム・ソフトは約4000行のFORTRAN プログラムと汎用プロット・サブルーチン²⁾ からなり、データ・ベースとして地震、活断層、および日本地図情報を持っている。解析結果が図またはライプリンタ出力として得られ、図は最大で39種類のグラフ出力となる。

2. システムの機能

システムの機能の概略を図-1に示す。解析は、まず、(1)注目地点周辺に発生した地震を地震データ・ベースから選択し、これを活断層と共に地図上に表示する。また、(2)対象地震の発生頻度を求める。次に、(3)注目地点での地震動強さ(加速度、速度、変位)を距離減衰式により計算し、地震動強さの頻度分布を求める。さらに、(4)地震動強さを統計解析し、再現期間と期待値の関係を耐用期間内の最大地震動強さを求める。また、(5)対象地震による構造物の応答スペクトル曲線を計算する。

この他に、必要に応じて、対象地震の年代範囲、マグニチュード



範囲、距離範囲をしぼり込む機能や、対象地震を年代順、マグニチュード順、震央距離順などに並べかえてリストを出力する機能がある。

3. データ・ベース

データ・ベースのうち、活断層は「日本の活断層」³⁾による約2000個、地図情報は200万分の1の地図から読み取った約2万点のデータからなる。これらは、現在、震央分布図に参考表示するのみである。地震データ・ベースは表-1の2種の地震カタログから選択して使用することができる。地震危険度解析は、使用する地震発生データの違いにより、その結果に大きな違いが生じる。従来の地震危険度解析では、地震発生データは理科年表や気象庁の地震月報のデータ⁴⁾に基づくことが多かった。最近になって、明治以降の地震の見直し作業が行われ、宇津カタログ⁵⁾や気象庁カタログの改訂版⁶⁾として発表されている。最近のカタログは、震源位置やマグニチュードの精度が改善されており、本システムではこれらを用いている。明治以前の地震データは宇佐美カタログ⁷⁾によっている。

表-1. 地震データ・ベース

カタログ名	宇津・宇佐美カタログ	気象庁カタログ
年代 (西暦)	679年~1980年	1926年~1983年
	マグニチュード	4.5 ~ 8.6
経度	123' ~ 149'	128' ~ 150'
	宇佐美カタログはこれより狭い	
緯度	22' ~ 47'	30' ~ 48'
	宇佐美カタログはこれより狭い	
資料	1885年以降を宇津カタログ ⁵⁾ 、それ以前を宇佐美カタログ ⁷⁾ によりつなぎ合せてある。但し、経度あるいは緯度の不明な地震は落してある。	1960年以前を地震月報別冊 ⁴⁾ 、それ以降を地震月報 ⁴⁾ によりつなぎ、M4.5以下の地震を除いてある。また、経度あるいは緯度の不明な地震は落してある。
地震数	1,900	18,900

4. 解析機能と事例

4-1 対象地震の選択

検討の開始に際して、注目地点の緯度・経度、使いたい地震データの開始年、扱う地震の最小マグニチュード、解析の対象としたい距離半径を対話形式で入力する。図-2は、静岡市を例として、西暦679年以降、マグニチュード6以上、半径150km以内の地震の震央と活断層の分布を重ねて示したものである。1884年以前は宇佐美カタログ、1885年以降は宇津カタログを用いた。これらの条件の下で見付けられた地震は102個である。以降の危険度解析には、この102個の地震を基本資料として用いる。

4-2 対象地震の発生頻度

対象地震の発生頻度を解析する。102個の地震を年代順に並べ、マグニチュードを示したものが図-3であり、古い年代の地震に記録もれがあることがわかる(ここで示す例では、このことを特に考慮していない)。図-3の右上に示されているように、1498年のM8.6の地震(宇佐美カタログのNo.068)が最大である。

4-3 地震動強さの頻度分布

まず、地震ごとに地震動強さを求める。地震のマグニチュードと震央距離、および注目地点の地盤条件が

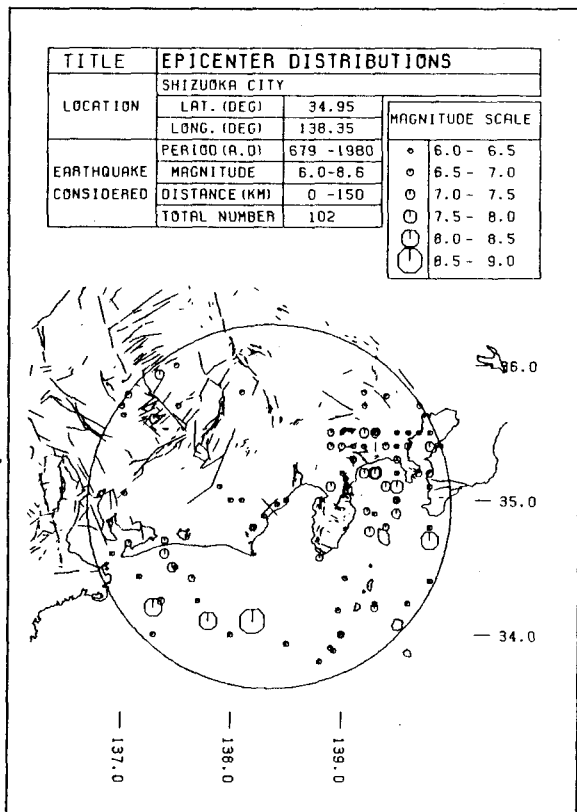


図-2. 震央分布図

ら地震動強さを推定する経験式は幾つも提案されている。ERISA-G は、代表的な距離減衰式の中から、技術者が適切と思うものを選ぶことができるようになっている。地震動強さとしては加速度ばかりでなく、速度や変位の解析も可能である。図-4 は、加速度の頻度分布を棒グラフで示したので、建設省土木研究所⁸⁾で提示された加速度の距離減衰式のうち、軟弱地盤を対象とした経験式を使っている。次いで、それらの累積頻度分布を求め、対数グラフ上で一次回帰式、回帰係数を計算する。図-5 は加速度累積頻度の回帰直線を示したもので、縦軸を地震の年間発生回数で示している。係数A、Bを他の地点と比較して、この地点の地震の数と強さの傾向を把握することができる。

4-4 地震動強さの期待値

累積頻度分布の回帰式を基にして、地震動強さの期待値を求める。年間発生回数の逆数が再現期間Tであり、再現期間内に丁度1回起きる強さが地震動強さの期待値になる。図-6 は、再現期間と加速度期待値の関係を示している。さらに、構造物の耐用年数tを指定し、t年間に再現期間Tの地震動が生じない確率を非超過確率Qで表すと、次の関係がある⁹⁾

$$Q = (1 - 1/T)^t$$

この式と図-6の関係とから、耐用期間内の最大地震動が求められる。図-7 は、耐用年数と最大加速度の関係を非超過確率をパラメータとして示している。この結果により、将来、来襲すると考えられる地震動強さを、耐用年数と非超過確率の関係から推定することができる。

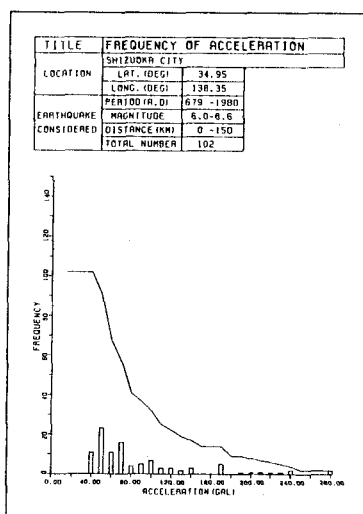


図-4. 加速度頻度分布図

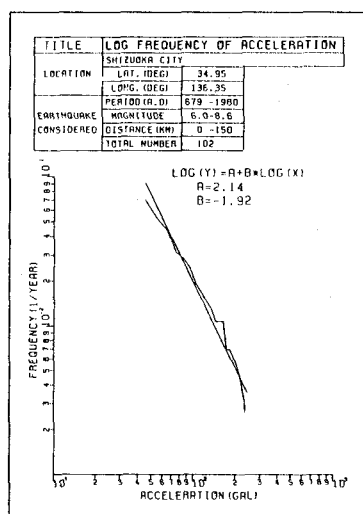


図-5. 加速度回帰式図

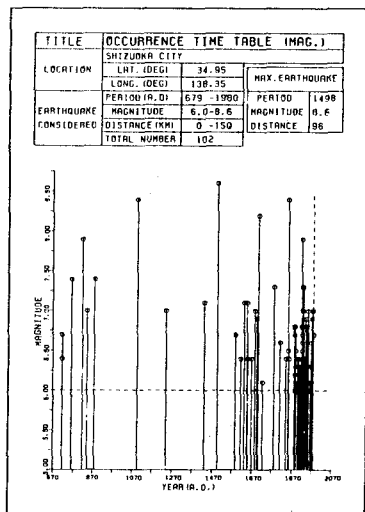


図-3. 年代順マグニチュード分布図

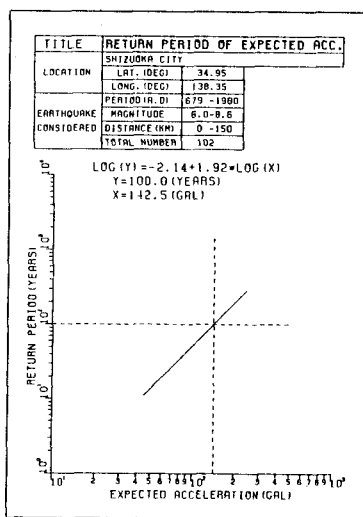


図-6. 再現期間と加速度期待値図

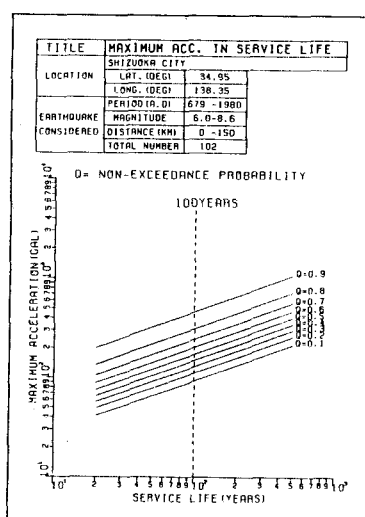


図-7. 耐用年数と最大加速度図

4-5 応答スペクトルの計算

片山¹⁰⁾あるいは大崎¹¹⁾による応答スペクトルを地震ごとに計算する。片山の応答スペクトルは「新耐震設計法(案)¹²⁾」の応答スペクトルと同一であり、地震のマグニチュードと震央距離、および注目地点の地盤条件から経験式により求められる。速度および変位スペクトルは加速度スペクトルを周期で割って求められる。そこで、対象地震すべてに関する応答スペクトルの平均値のプロットや、特徴的な地震を選んでその地震による応答スペクトル曲線のプロットを行う。図-8は、加速度応答スペクトルの分布幅と平均値を示している。この応答スペクトル図により設計用地震力の目安を把握することができる。

大崎による応答スペクトルは、地震のマグニチュードと震源距離から、地盤条件が岩盤として求められる。

5. システムの今後

ERISA-Gにより、地震危険度に関する豊富な情報を短時間にわかりやすく表示することが可能である。システムは稼働しており、ハードな部分は完成に達していると考えられる。このようなシステムは一定の処理ルーチンで利用されるものではなく、技術者が適宜判断しながら、対話的に進めるべきツールとなるものであろう。このためには、技術者の判断をうながすためのガイドラインを提示すべく、次の検討が必要とされる。

- ① 地震危険度に及ぼすファクターの地域的な比較検討
- ② 地震データ・ベースの検討(特に、古い地震の扱い)

また、ツールとして改善すべき次の点が挙げられる。

- ③ マン・マシン・インタラクションによる判断をうながすためのきめ細かい対応
- ④ グラフィック情報のカラー化による情報の多様化

<参考文献>

- 1) 戸松・片山：地震危険度解析グラフィック・システム (ERISA-G)の開発, 土木学会第39回年次学術講演会概要・第I部, 859-860, 1984.
- 2) HITAC：汎用図形出力ルーチン集 GPSL/GPSL-S機能編, 1981.
- 3) 活断層研究会：日本の活断層, 東大出版会, 1980.
- 4) 気象庁：地震月報(月刊誌), 1961~1983.
- 5) 宇津徳治：日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表 1985年~1980年, 地震研究所彙報, Vol. 57, 401-463, 1982.
- 6) 気象庁：改訂日本付近の主要地震の表(1926年~1960年), 地震月報別冊第6号, 1982.
- 7) 宇佐美龍夫：資料日本被害地震総覧, 東大出版会, 1975.
- 8) 川島, 相沢, 高橋：強震記録の重回帰分析による地震動の最大加速度, 最大速度および最大変位の推定式, 土木技術資料, Vol.26, 80-85, 1984.
- 9) 伊藤, 尾坂：土木工学大系-15-設計編, 彰国社, 1980.
- 10) Katayama, T.: An Engineering Prediction Model of Acceleration Response Spectra and its Application to Seismic Hazard Mapping, E.E.S.D., Vol.10, 149-163, 1982.
- 11) 大崎順彦：設計用入力地震動, コンクリート工学, Vol.19, No.7, 11-16, 1981.
- 12) 建設省：新耐震設計法(案), 建設省, 1977.

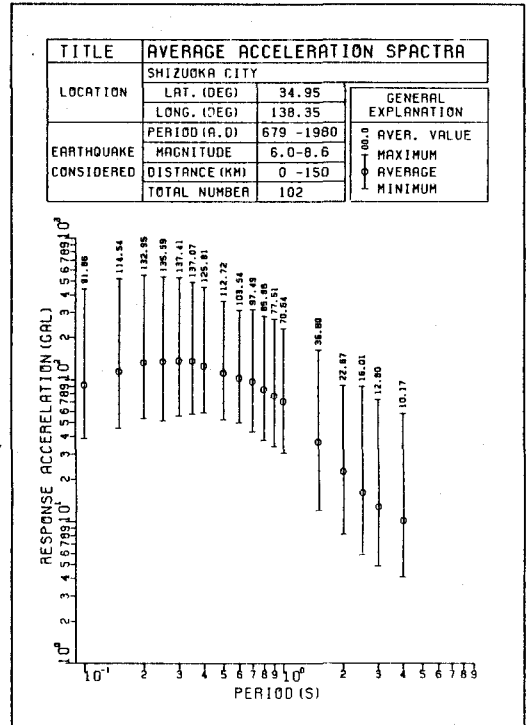


図-8. 加速度応答スペクトル平均値図

このためには、技術者の判断をうながすためのガイドラインを提示すべく、次の検討が必要とされる。