

四国地方の地震および 地震動データベースの構築

大江 欽二郎¹・沢田 勉²・山村 猛³・辻原 治⁴

¹学生員 徳島大学大学院 工学研究科 (〒770 徳島市南常三島町2-1)
²正会員 工博 徳島大学教授 (〒770 徳島市南常三島町2-1)
³正会員 工修 四国建設コンサルタント (〒770 徳島市佐古六番町5番29号)
⁴正会員 工博 和歌山工業高等専門学校 (〒644 御坊市名田町野島77)

四国地方の地震被害予測の基本となる地震および地震動に関するデータベースを構築した。地震に関するデータベースでは、西暦679年以降に四国地方に被害をもたらした地震を抽出するとともに、四国地方に大地震を生起すると考えられる活断層も考慮しデータベース化した。

地震動データベースでは、最大加速度予測と加速度波形の予測を行った。最大加速度の予測では福島モデルを、加速度波形の予測では杉戸モデルを用いて地表での予測地震動を算出し、それぞれをデータベース化した。さらに、Visual Basicによりこれらのデータベースを視覚化するとともに、データベースの検索システムを構築した。

Key Words : data base, Geographical Information Systems, maximum acceleration, prediction of earthquake motion

1. はじめに

ある地域の地震被害予測を精度よく行うためには、入力となる地震動の特性を的確に把握することが重要である。地震動特性は強度、継続時間、スペクトル特性等により表現され、これらは地震被害と密接に関係する。構造物の地震被害予測では、これらの特性をあらかじめ予測しておき、それをデータベースとして格納しておくことが必要である。本報告では、四国地方の地震被害予測の基本となる地震および地震動に関するデータベースを構築する。

本データベースは、地理情報システム (GIS) をベースにして構築され、四国地方の地震および地震動に関する情報が Visual Basic により視覚化される。

2. データベースの構成

図-1にデータベースの構成を示す。図に示すように、本データベースは地震関連データベースと地震動関連データベースより構成される。地震関連データベースは、過去の地震に関する情報と活断層の情報からなる。また地震動関連データベースは、四国各地の最大加速度の分布および加速度波形の予測からなる。これらのデータベースは Windows 95 上で作動する Visual Basic 2.0 を用い

て構築され、国土地理院発行の数値地図 (FDマップ) 上に表示される。

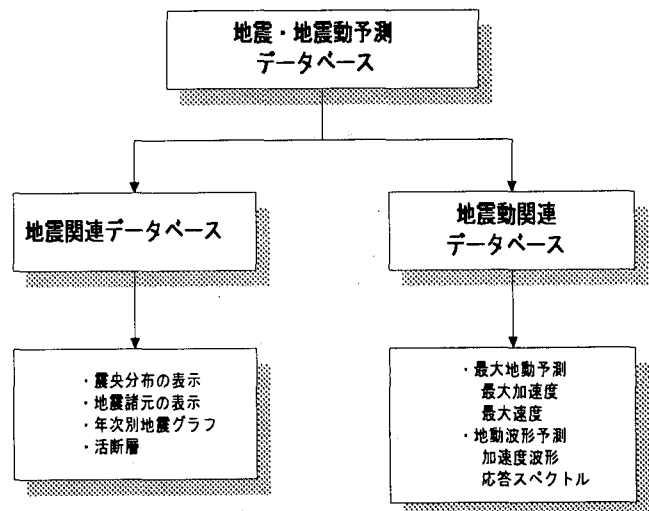


図-1 データベースの構成

3. 地震関連データベース

地震被害予測を行う場合、対象とする地域に起こりうる地震がどのようなものであるかを適切に想定しなければならない。地震関連データベースは、想定地震を設定

するために必要な過去の地震や活断層の情報から構成される。

(1) 過去の地震に関する情報

地震の辞典¹⁾、日本被害地震総覧²⁾、理科年表³⁾などに記載されているデータをもとに、四国地方近辺で西暦679～1995年の間に発生した $M=5.0$ 以上の地震987個を抽出し、それらをデータベース化した。地震の諸元は、発生年月日、震央位置、震源深さおよび地震規模により表される。これらのデータは、Visual Basicを用いて数値地図上で視覚化される。図-2は、過去の地震に関するデータベースの検索例である。ただし、1885年から1995年に発生した被害地震のみを示した。図中の黒丸は地震の震央位置であり、地震規模(マグニチュード)は丸の大きさにより表される。地震の震央位置をマウスによりクリックすると、その地震に関する情報(発生年月日、震央の緯度・経度、マグニチュード等)が画面右のウィンドウに表示される。このデータベースでは、図-3に示すような地震マグニチュードの年次別グラフを表示することもできる。

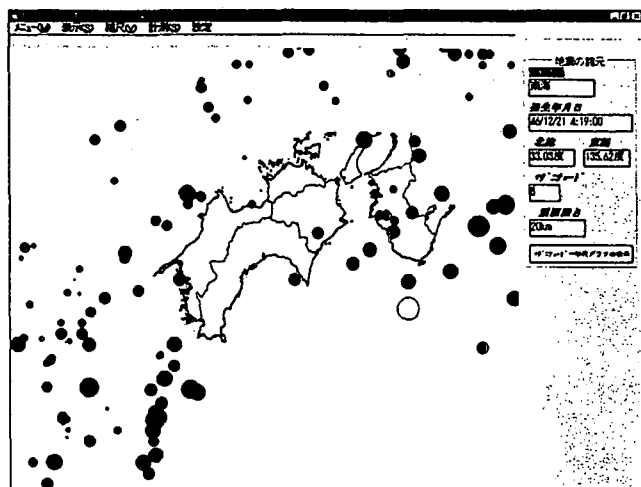


図-2 四国付近における過去の地震の震央分布図と地震諸元の検索例

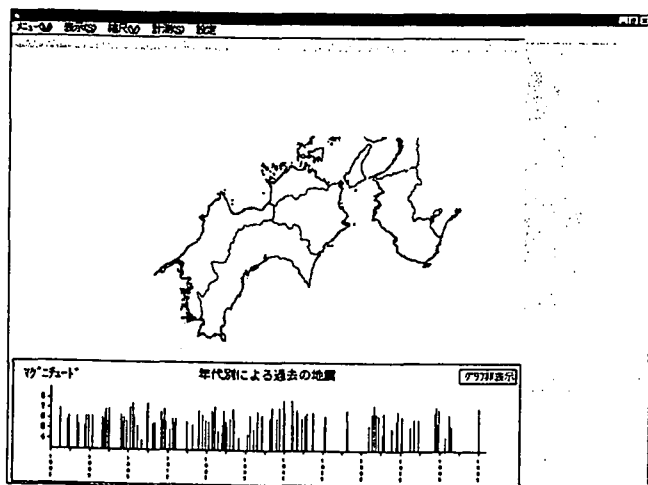


図-3 地震マグニチュードの年次別グラフ

(2) 活断層に関する情報

過去に地震を発生させた痕跡のある活断層は、地震発生の場所と規模に関する有力な手がかりを与え、過去の地震の情報と同様、データベース化する必要がある。

活断層の諸元は断層位置、確実度、活動度、断層規模(長さ)等によって表される。四国地方に存在する活断層を、文献4)および5)より抽出し、表-1の様式に従ってデータベース化した。

表3-1 活断層データの例(鳴門断層の場合)

断層名	鳴門断層		
断層系名	中央構造線		
断層形態	断層崖		
確実度	I	活動度	A
長さ	12 (Km)	平均変位速度	—
走行	ENE	傾斜	W
上下変位	N	変位量	300 (m)
緯度	—	経度	—

これらの活断層データは、数値地図上に表示され視覚化される。図-4は、徳島県における活断層データの検索例である。図中の所定の断層をマウスによりクリックすると、その活断層に関する詳しい情報(断層位置、活動度、断層規模等)が、画面右に示すように表示される。

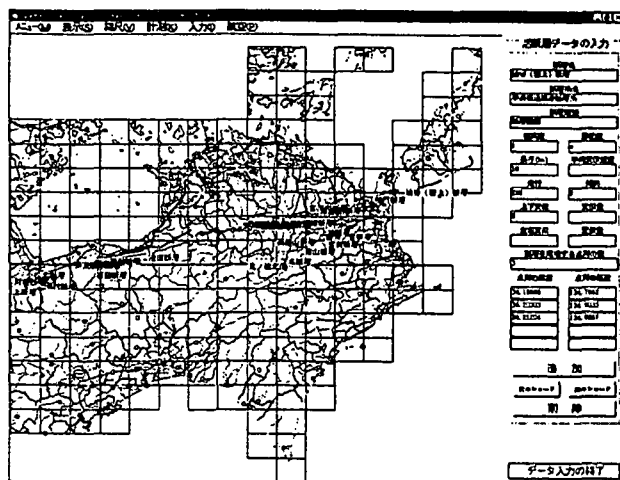


図-4 徳島県における活断層の検索例

4. 地震動予測手法の概要

地震動予測データベースでは、四国地方の最大加速度分布図と四国の県庁所在地における加速度波形を予測することが必要である。ここでは、これらの予測手法について簡単に述べる。

(1) 最大加速度の予測方法

四国地方の各地点での最大加速度 A_{max} の予測には、次に示す福島による距離減衰式を用いた⁶⁾。

$$\log A_{\max} = \log C(GC) + 0.51M_J - \log(R + 0.006 \cdot 10^{0.51M_J}) - 0.0033R + 0.59 \quad (1)$$

ここで、 M_J =気象庁マグニチュード、 R =断層距離(断層から当該地盤までの最短距離、km)である。また、 $C(GC)$ は地盤種別に関する係数で、露頭岩盤で0.6、I・II種地盤で1.0、III種地盤で1.4である。

(2) 加速度波形の予測方法^{7), 8)}

四国の県庁所在地の地表における加速度波形の予測では、杉戸らによる基盤加速度波の作成方法および地盤応答解析法を用いた。基盤加速度波形は、震源断層をいくつかの要素断層に分割し、各要素断層からの要素波を観測地点で重ね合わせるにより作成した⁷⁾。重ね合わせる要素波は、次式より求められる。

$$x(t) = \sum_{k=1}^m \sqrt{2G_x(t, \omega_k) \Delta \omega} \cdot \cos(\omega_k \cdot t + \phi_k) \quad (2)$$

ここで、 $G_x(t, \omega_k)$ =非定常スペクトル、 $\omega_k=k$ 番目の角振動数、 $\phi_k=0 \sim 2\pi$ のランダムな位相角である。非定常スペクトル $G_x(t, \omega_k)$ は次式よりモデル化される。

$$\sqrt{G_x(t, \omega)} = \sqrt{G_x(t, 2\pi f)} = \begin{cases} 0 & ; 0 < t < t_s \\ \alpha_m(f) \left(\frac{t - t_s(f)}{t_p(f)} \right) \exp \left\{ 1 - \frac{t - t_s(f)}{t_p(f)} \right\} & ; t_s < t \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 $t_s(f)$ =非定常スペクトルの開始時刻、 $t_p(f)$ =非定常スペクトルのピークに対する時刻、 $\alpha_m(f)$ =ピークの値である。これらのパラメータは、地震マグニチュード(M)、震央距離(Δ)および振動数(f)の関数としてモデル化され、モデルを規定する各係数は回帰分析より決定される。要素波としては、上述のモデルの $M=6$ に対するものを用いる。

次に、このようにして作成した基盤加速度波を入力として地盤応答解析を行い、地表での加速度波を求めた。地盤応答解析では、杉戸らによる周波数特性を考慮した等価ひずみによる方法を用いた(文献8)参照)。

5. 地震動関連データベース

前節の予測手法をもとに、四国地方の最大加速度と県庁所在地の地表加速度波形を予測し、それらをデータベース化した。予測の対象とした想定地震は次の3つである。

想定地震1：南海トラフで発生する $M=8.4$ の地震(1854年の安政南海地震)⁵⁾。

想定地震2：中央構造線の鳴門、神田、引野、父尾および井口断層(延長54 km)で発生する $M=7.7$ の地震⁹⁾。

想定地震3：中央構造線の三野、池田断層(延長52 km)で発生する $M=7.7$ の地震⁹⁾。

(1) 最大加速度の予測

四国地方の各地点での最大加速度を予測し、それをデータベース化するとともに、数値地図に等高線表示した。最大加速度の予測では、四国の各地点の地盤条件(地盤種別)の情報が必要であるが、現在のところ全ての地点での地盤種別は既知ではない。そこで、各地点の地盤種別が、露頭岩盤、I・II種地盤およびIII種地盤であると仮定して、地盤種別ごとに最大加速度を予測し、それを等高線で表示するという方法をとった。図-5および6は、それぞれ想定地震1および2によるI・II種地盤での最大加速度の検索例を示したものである。

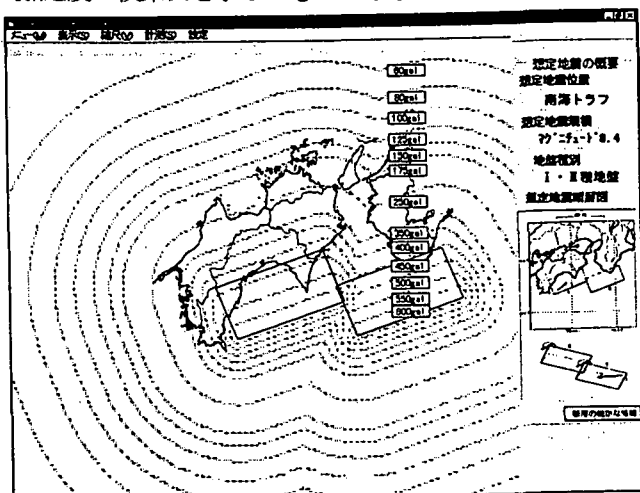


図-5 四国地方の最大加速度分布図の検索例
(想定地震1)

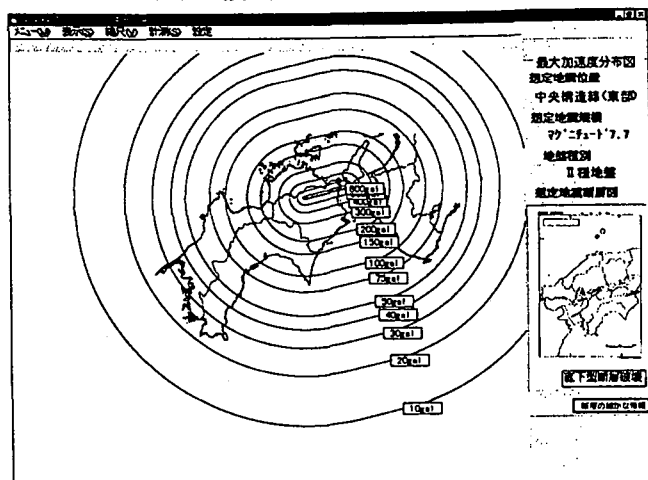


図-6 四国地方の最大加速度分布図の検索例
(想定地震2)

(2) 加速度波形の予測

四国の県庁所在地(徳島, 高松, 松山, 高知)の地表における加速度波形を前節の杉戸による方法を用いて予測し, データベース化した. 図-7は, 想定地震1による徳島市での地表加速度波形(露頭岩盤, I種, II種, III種地盤における波形)と応答スペクトルの検索例を示す.

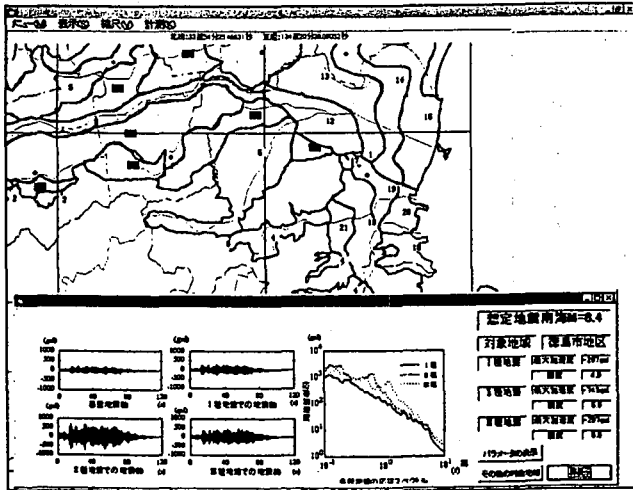


図-7 地表の加速度波形の検索例
(想定地震1, 徳島市)

6. おわりに

四国地方の地震被害予測の基本となる地震および地震動に関するデータベースを構築した. 地震関連データベースでは過去の地震と活断層の情報をデータベース化し, 地震動関連データベースでは福島による距離減衰式と杉戸による加速度波形の予測手法を用いて, 四国における地震動を予測し, それらをデータベース化した. さらに, GISとVisual Basicを用いて, これらのデータベースをパソコンの画面上に表示し, 視覚化した.

以上のように, 本データベースの大枠は現在までに構築されてきたが, 改良すべきいくつかの問題点も残っている. 今後, これらの問題点を改良し, より充実したデータベースの構築を目指したい.

謝辞: 本研究における地震加速度波形の予測では, 杉戸らによる基盤加速度波の予測モデル(EMP II Bモデル)および地盤応答解析法(FDELモデル)を用いた. これらの解析プログラムは岐阜大学・杉戸真太教授より借用したものである. 記して深甚なる謝意を表する次第である.

参考文献

- 1) 宇津徳治: 地震の事典, 朝倉書店, 1988年4月.
- 2) 宇津美龍夫: 日本被害地震総覧, 東京大学出版, 1981年.
- 3) 国立天文台: 理科年表, 丸善出版, 1994年.
- 4) 活断層研究会: 日本の活断層, 東京大学出版, 1995年.
- 5) 佐藤良輔: 日本の地震断層パラメータ・ハンドブック, 鹿島出版会, 1995年.
- 6) 福島美光: 地震波の発生・伝播の理論を背景とした入力地震動の経験的予測式.
- 7) 杉戸真太: 非定常強震地震動の統計的予測モデル, 構造工学論文集, 1985年.
- 8) 杉戸真太・合田尚義・増田民夫: 周波数特性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析に関する一考察, 土木学会論文集, No. 493/Ⅲ-27, pp. 49-58, 1994年.
- 9) 土木学会四国支部: 四国地方の地震防災に関する研究, 1996年.