

三次元地質モデルを利用した地震動予測の一手法

中田 文雄*

One approach of the seismic ground motion prediction using a three-dimensional geological model

Fumio NAKADA*

*特定非営利活動法人地質情報整備活用機構 Geological Information Utilization and Promotion Initiative
URL: <https://www.gupi.jp/> E-mail: nakadaf@gupi.jp

キーワード：三次元地質モデル，地盤定数，地震動予測，マイクロゾーニング
Key words : Three-dimensional geological model, Constant of Ground, Prediction of Seismic Ground Motion, Micro-zoning

1. はじめに

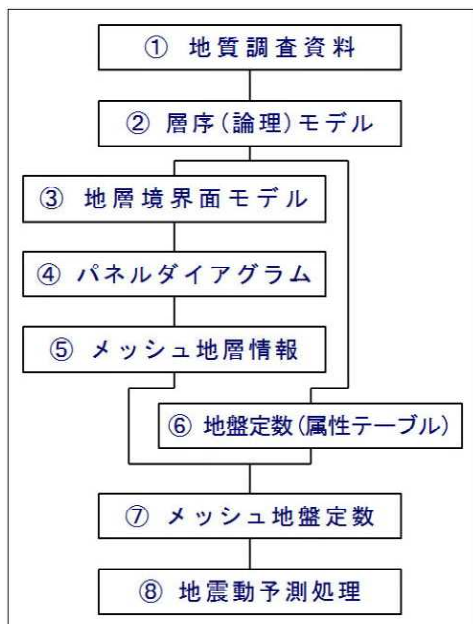
マイクロゾーニングを目的として，地震時の地表の揺れの大きさ(以下，地震動)などを予測する場合には，例えば8分の1地域メッシュに区分した動的な地盤モデル(例：鉛直一次元柱状体モデル)を対象範囲の全てで推定する必要がある。通常，動的な地盤モデルは，ボーリング調査結果から誘導するが，全てのメッシュでボーリング調査が実施されていることはまずあり得ない。このため，隣接するメッシュで実施された単数～複数のボーリング調査結果を引用せざるを得ない。しかし，欠落のある全てのメッシュについて，隣接するメッシュの柱状図や土質試験結果を参照することになるため，極めて非効率的な作業であると言える。

筆者は，三次元地質モデルから動的な地盤モデルを推定する方法を利用しているが，前述の方法より効率的であると考えため，本文でその概要を紹介する。

2. 地震動予測手順と三次元地質モデル

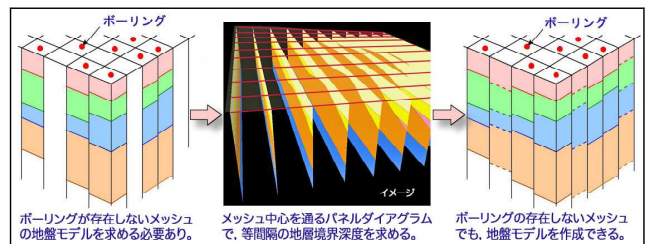
(1) 地震動予測手順

第1図は，本文で紹介する地震動予測の手順であるが，紙面の都合上重要なポイントのみ記述したい。



第1図 地震動予測手順(イメージ)

- ③地層境界面モデル：いわゆる「サーフェスモデル」のことであるが，3D-CG用語と混同することがあるので，本文では使用しなかった。
- ④パネルダイアグラム：地層境界面モデルから任意に切断された断面。通常はイメージモデルであるが，本文では「再利用可能なデータ」として扱った。
- ⑤メッシュ地層情報：④から等間隔に算出した各地層の上面標高または各地層の厚さ(第2図参照)。
- ⑥地盤定数(属性テーブル)：地層ごとにまとめた動的な土質定数であって，地層と共通のキーワードを持つ。



第2図 メッシュ地層情報の推定(イメージ)

(2) 三次元地質モデルと使用したモデラー

三次元地質モデルは，「CIM に対応するための地盤情報共有基盤開発(全地連，2016)」で無償提供されている「サンプルデータその2(TEST-6)」を使用した。以下にその諸元を略記する。

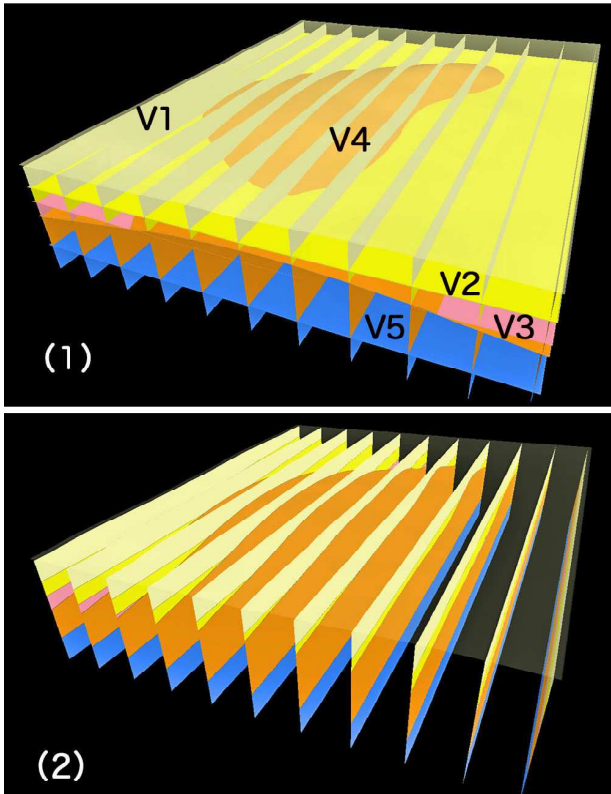
- ・サイズ：直交座標系の X 軸(南北)；120m，Y 軸(東西)；100m。メッシュ間隔；2m。区分数；61 × 51。
- ・地層数；5層
- ・モデラー：CIM に対応するための地盤情報共有基盤開発(全地連，2016)のウェブサイト

3. 三次元地質モデルと地震動予測結果

(1) 三次元地質モデル

第3図(1)は，地層境界面モデルとパネルダイアグラムを重ねて表現したイメージである。各地層上面の形状を表すワイヤフレームに，その地層を代表するカラーリングを施した。

第3図(2)は，パネルダイアグラムだけを表現したイメージである。地質断面図を見慣れた筆者にとって，地層境界面が重なり合って，階層の形状を見ることのできない地層境界面モデルよりも，こちらの方が良く理解しやすいよ



第3図 三次元地質モデル(表示例)

うに感じている。MRI などによる人体の断層イメージに近いせいであろう。

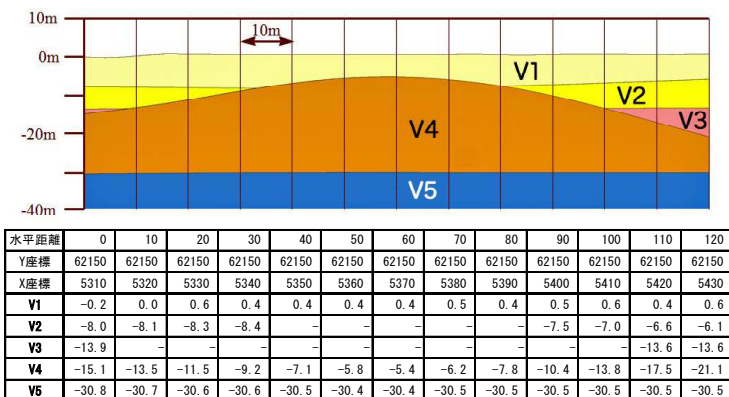
(2)メッシュ地層情報

第4図に、Y座標 62150m のパネルダイアグラムを例示した。専用ツールを開発して、第4図(1)の断面図に記入した等間隔の縦線位置における各地層の上面標高を求め、第4図(2)のテーブルデータを作成した。間隔は10mの計13点である。パネルダイアグラムを全部で11面作成したので、合計143点のメッシュ地層情報が得られた。

(3)地盤定数(属性テーブル)

第1表は、本文のために作成した架空の地盤定数である。第1表に記載した「記号」と第4図に記載した「記号」は同じ地層を表している。従って、第4図の地層上面標高値と第1表の地盤定数を組み合わせると、地震動の予測計算が可能となる。

なお、V2は軟弱層とし、V4を工学基盤と仮定した。



第4図 メッシュ地層情報例(各層の上面標高)

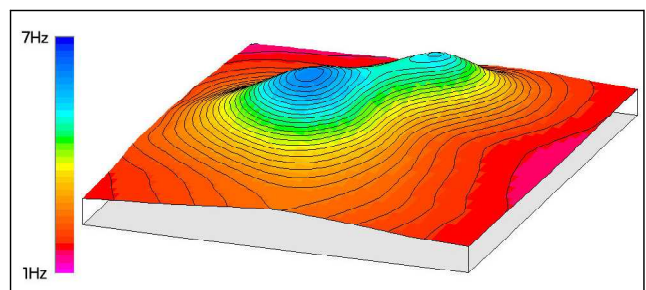
第1表 地盤定数(属性テーブル) [架空値]

記号	年代	Vs (m/s)	Vp (m/s)	減衰常数 h	湿潤密度 (Kg/cm ³)	非線形特性	平均粒径 D50 (mm)	細粒分 FC (%)
V1	沖積層	100	500	0.03	1.6	砂質土	0.35	10
V2	沖積層	150	750	0.03	1.7	砂質土	0.35	10
V3	沖積層	200	1,000	0.02	1.6	粘性土	0.03	70
V4	更新統	350	1,600	0.04	2.0	礫質土	2.00	0
V5	更新統	400	2,000	0.04	2.1	礫質土	2.00	0

(4)地震動予測結果

合計143点について「S波の浅層地盤重複反射理論」に基づいて、地表面の卓越周波数を推定した。ただし、工学基盤面の模擬地震動を使用しない簡易版である。

結果を第5図に示す。卓越周波数の三次元形状は、第3図(1)に示すV4層(工学基盤層)の三次元形状と、軟弱層を想定したV2層の三次元形状と調和的であったと評価している。



坂本他(2012)を利用して3D可視化
第5図 地表面の卓越周波数(推定値)

4. おわりに

地層境界面モデルとパネルダイアグラムの作成を除き、143点メッシュ地層情報の算出・整理と卓越周波数の予測計算に掛かった時間は、約半日間であった。

三次元地質モデル(地層境界面モデル)が構築された後の処理を担う「自動処理化ツール」は未開発であるが、その可能性は十分にある。自動処理化ツールを使用するならば、ボーリング調査の追加など新しい知見によって三次元地質モデルが改定される都度、地震動予測も迅速に実施できるようになるであろう(実際に行うかどうかは、予算面その他の条件が必要だろう)。

なお、本文では紙面の都合上、三次元地質モデルの見せ方についての記述ができなかった。文献(中田, 2018)を参照されたい。

文 献

一般社団法人全国地質調査業協会連合会(2016) CIMに対応するための地盤情報共有基盤開発, <https://geonews.zenchiren.or.jp/cim3d/Documents/Document.html>

坂本正徳・野々垣 進・升本真二(2012) Terramod-BS: BS-Horizonを組み込んだ地層境界面推定・表示 Visual Basicプログラム, <http://www.jsgi.org/download.html>

中田文雄(2018)三次元仮想空間映像による三次元地盤モデルの表現, 地質と調査, 2018年第1号, pp.53-58. <https://www.zenchiren.or.jp/geocenter/geo-se/index.html>