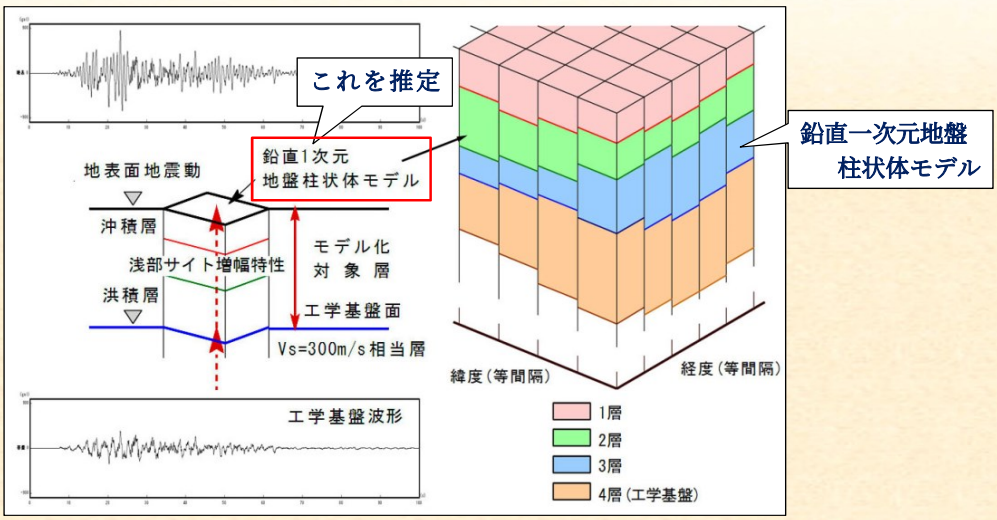
三次元地質モデルを利用した地震動予測の一手法

1. はじめに
2. 地震動予測手順と三次元地質モデル
3. 三次元地質モデルと地震動予測結果
4. おわりに

中田 文雄
(NPO)地質情報整備活用機構

1.はじめに代えて

★地震時に表層地盤がどのくらい揺れるか，を推定するには鉛直一次元地盤柱状体モデルを沢山推定する必要がある。

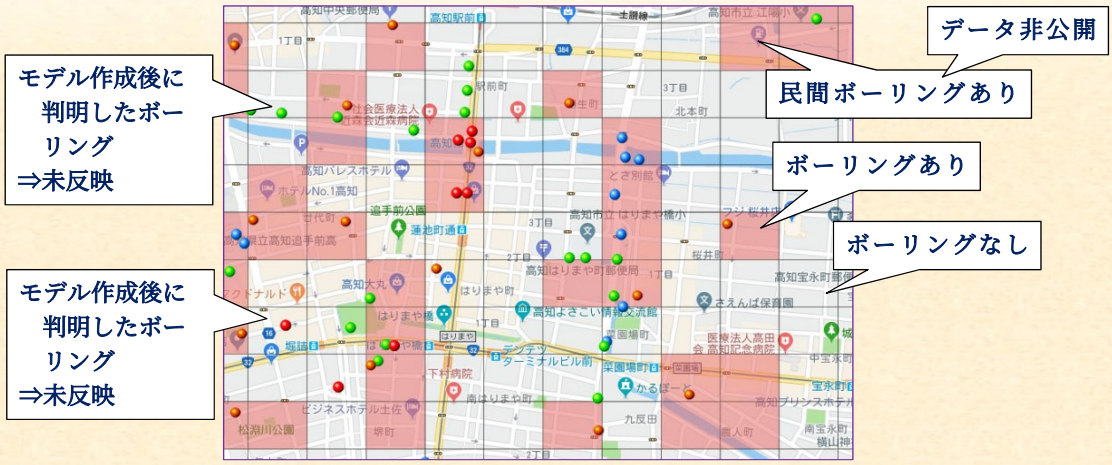


★モデルサイズは，通称125mメッシュあるいは250mメッシュが採用されることが多い。

1.はじめに代えて

★マイクロゾーニングのために，地盤のメッシュモデルを作成する際の最大の問題点。

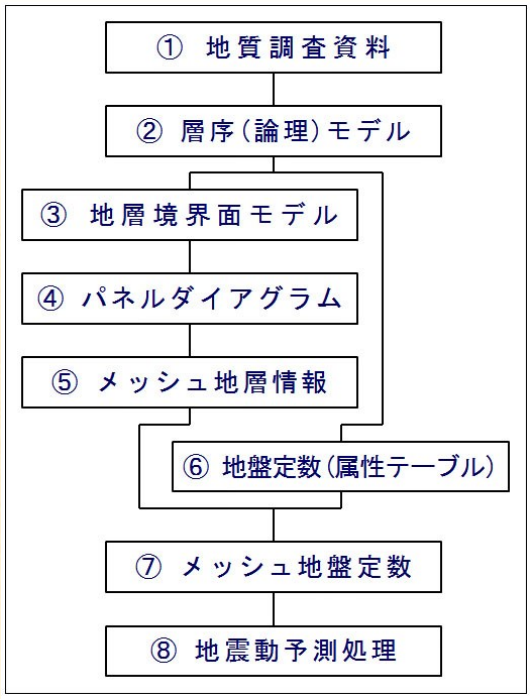
⇒メッシュの全てで ボーリング調査が実施されていない。



★上図で，ボーリングデータの無いメッシュの地盤モデルは，どうやって推定すれば良いのか。

☆現状は，周囲の複数のボーリングデータから推定する。

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

③ 地層境界面モデル： いわゆる「サーフェスモデル」。

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した断面.

・通常；イメージモデル。

・本文；再利用可能なデータ。

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)。

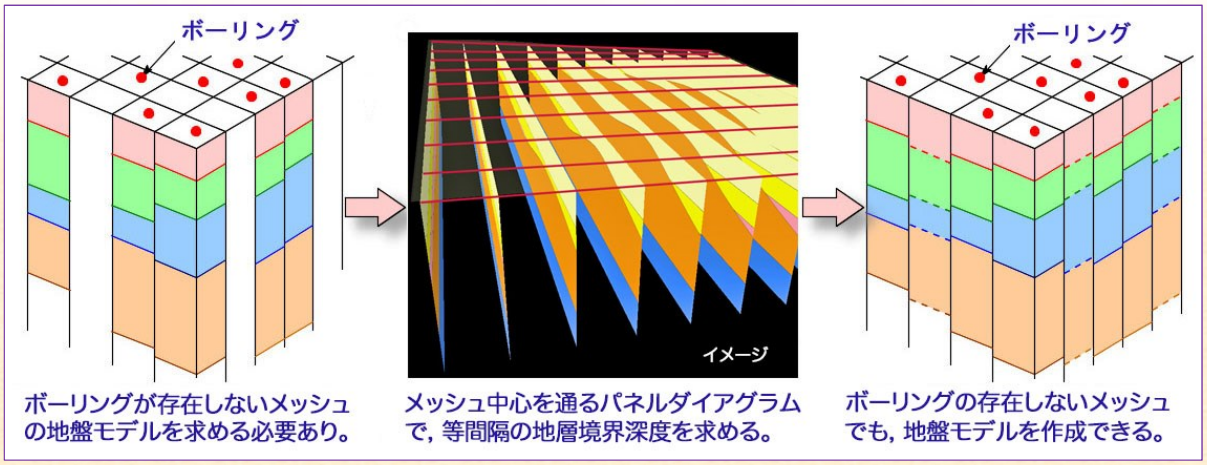
⑥ 地盤定数(属性テーブル)： 地層ごとにまとめた動的な土質定数。

地層と共通のキーワードを所有する。

注 三次元モデルの推定方法は省略。

2.地震動予測手順と三次元地質モデル

メッシュ地層情報の推定(イメージ)



★パネルダイアグラムデータから，全メッシュの地盤モデルを推定する。
※ただし，推定できるのは 地層の境界面形状のみ で，各地層の属性値(地盤定数)は別途推定する必要があるが，本発表では言及しない。

2.地震動予測手順と三次元地質モデル

(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： CIMに対応するための地盤情報共有基盤開発(全地連，2016)」のウェブサイトで無償提供されている「サンプルデータその2(TEST-6) 」

☆データ諸元：

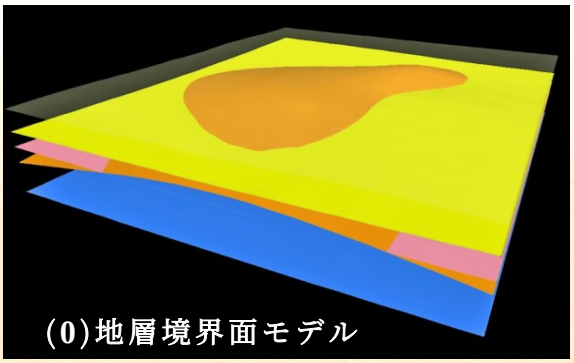
・サイズ：直交座標系のX軸(南北)；120m，Y軸(東西)；100m.
メッシュ間隔；2m. 区分数；61×51. 地層数；5層

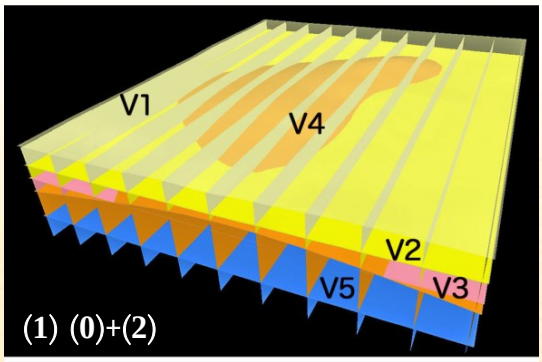
☆モデラー：OCU-GeoModeller をカスタマイズ(上記サイトで公開)。

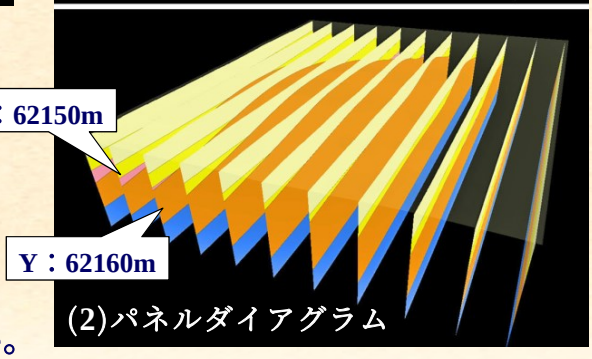
エンジン：升本，根本
Web連携：北尾，中田

記号	地層名	地層番号	地層境界面番号
			S5
V1	A層	b5	S4
V2	B層	b4	S3
V3	C層	b3	S2
V4	D層	b2	S1
V5	E層	b1	

3.三次元地質モデルと地震動予測結果







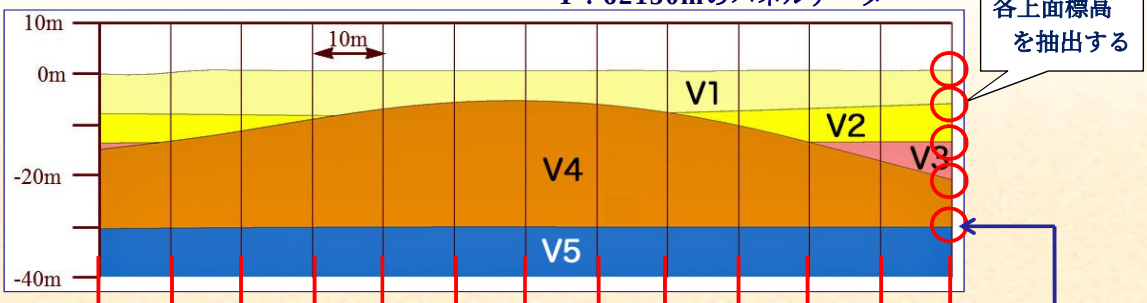
(1)三次元地質モデル

☆直感的な見やすさ：
(0)＜(2)
⇒ MRI や CTなどの表現方法に近いためであろうか。
※ (0)では下位の境界面が見えない。

3.三次元地質モデルと地震動予測結果

(2)メッシュ地層情報

Y：62150mのパネルデータ



水平距離	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Y座標	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150
X座標	5310	5320	5330	5340	5350	5360	5370	5380	5390	5400	5410	5420	5430
V1	-0.2	0.0	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.4	0.6
V2	-8.0	-8.1	-8.3	-8.4	-	-	-	-	-	-7.5	-7.0	-6.6	-6.1
V3	-13.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-13.6	-13.6
V4	-15.1	-13.5	-11.5	-9.2	-7.1	-5.8	-5.4	-6.2	-7.8	-10.4	-13.8	-17.5	-21.1
V5	-30.8	-30.7	-30.6	-30.6	-30.5	-30.4	-30.4	-30.5	-30.5	-30.5	-30.5	-30.5	-30.5

☆パネルダイアグラムは データとして保存。
⇒任意場所での全ての境界標高(層厚)が容易に得られる。

3.三次元地質モデルと地震動予測結果

(3)地盤定数(属性テーブル)

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

工学基盤

水平距離	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Y座標	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150	62150
X座標	5310	5320	5330	5340	5350	5360	5370	5380	5390	5400	5410	5420	5430
V1	-0.2	0.0	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.4	0.6
V2	-8.0	-8.1	-8.3	-8.4	-	-	-	-	-	-7.5	-7.0	-6.6	-6.1
V3	-13.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-13.6	-13.6
V4	-15.1	-13.5	-11.5	-9.2	-7.1	-5.8	-5.4	-6.2	-7.8	-10.4	-13.8	-17.5	-21.1
V5	-30.8	-30.7	-30.6	-30.6	-30.5	-30.4	-30.4	-30.5	-30.5	-30.5	-30.5	-30.5	-30.5

工学基盤

☆V1～V5は，同じ層を示すキーワード。
☆属性テーブルは，同一地域では原則として一種類。
☆しかし，変化の激しい地域 や 広範囲 では 複数が必要。
　⇒これが難しい(土質試験データ不足など)。

3.三次元地質モデルと地震動予測結果

鉛直一次地盤柱状体モデル(見本：イメージ)

六次メッシュ	4730-2485-142	2	座標系
経　度	130.567867	41019.3	Y座標
緯　度	31.569500	-158533.9	X座標
標　高	-0.7	5mDEMより	特 記

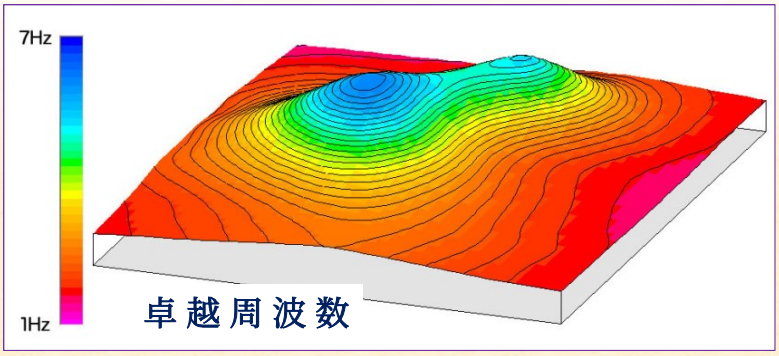
速度層	深度 (m)	層厚 (m)	地質名		Vs (m/s)	Vp (m/s)	減衰常数 h	湿潤密度 (Kg/cm^3)	非線形 特　性	平均粒径 D50(mm)	細粒分 FC(%)
V1	-0.2	0.2	b	表　土　層	100	500	0.03	1.60	砂質土	0.35	10
V2	-8.0	7.8	Kl	甲突層層	150	750	0.03	1.70	砂質土	0.35	10
V3	-13.9	5.9	Si	しらす	200	1,000	0.02	1.60	粘性土	0.03	70
V4	-15.1	1.2	Yj	与次郎層	350	1,600	0.04	2.00	礫質土	2.00	0
V5	-30.8	15.7	Km	花倉層相当層	400	2,000	0.04	2.10	礫質土	2.00	0

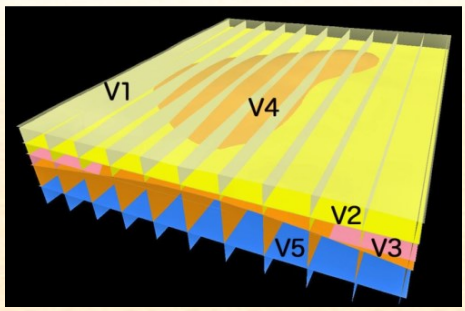
工学基盤

☆数　量： 11パネル × 13点 ＝ 143個
☆モデル： V2層；軟弱層を想定
　　V4層；工学基盤層を想定

3.三次元地質モデルと地震動予測結果

(4)地震動予測結果(表層地盤のみ)

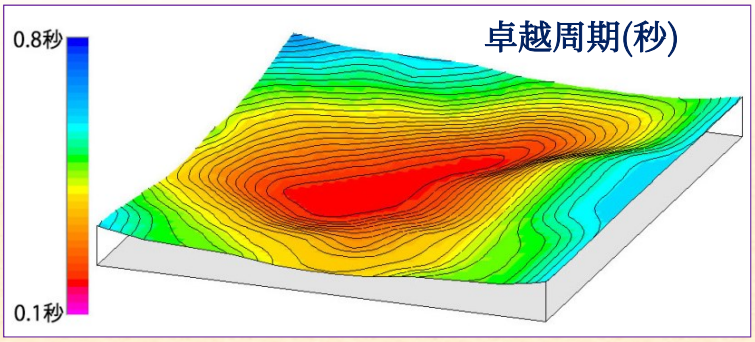


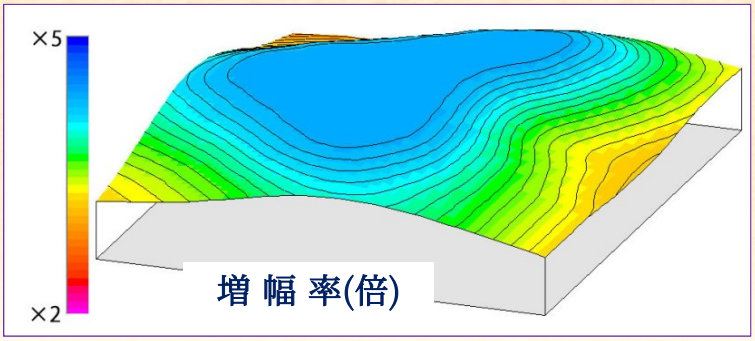


☆S波の浅層地盤重複反射理論により，地表面の卓越周波数を推定。
　　ただし，工学基盤面の模擬地震動を使用しない簡易版。
☆卓越周波数の三次元形状は，以下に示す各層の三次元形状と調和的。
　－V4層の工学基盤層とV2層の軟弱層－

3.三次元地質モデルと地震動予測結果

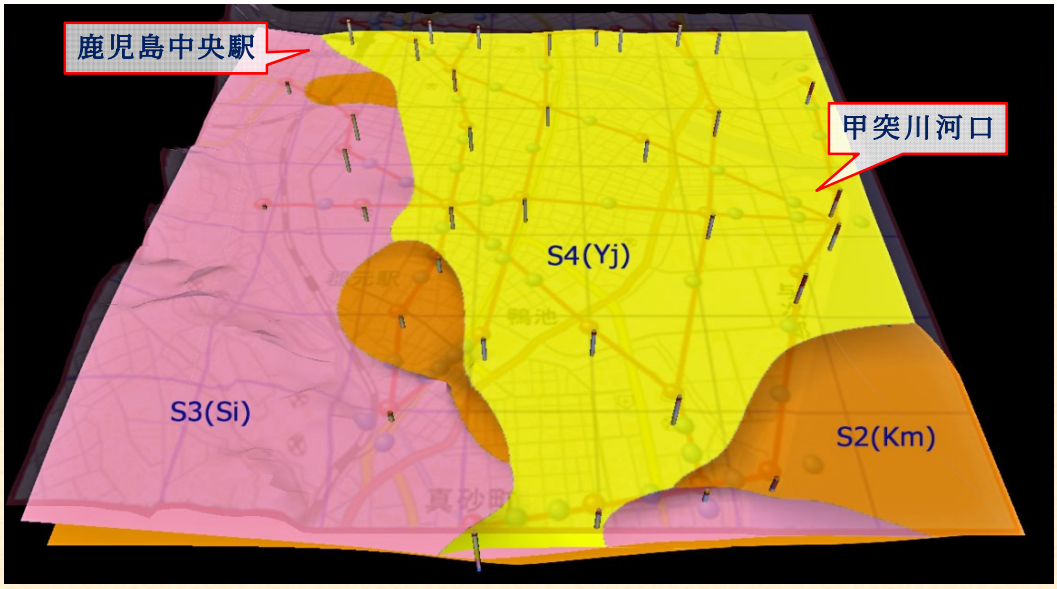
(4)地震動予測結果(表層地盤のみ)





☆動的属性値が各層で1つの場合，表層地盤の卓越周期などは，軟弱層の三次元形状に支配される。
　　－当たり前－
☆属性値の水平・垂直の各分布を把握することが極めて重要だが，現状では土質試験データが極めて少ないという課題がある。
☆ボーリング：土質試験
　＝1：1 が望ましい。

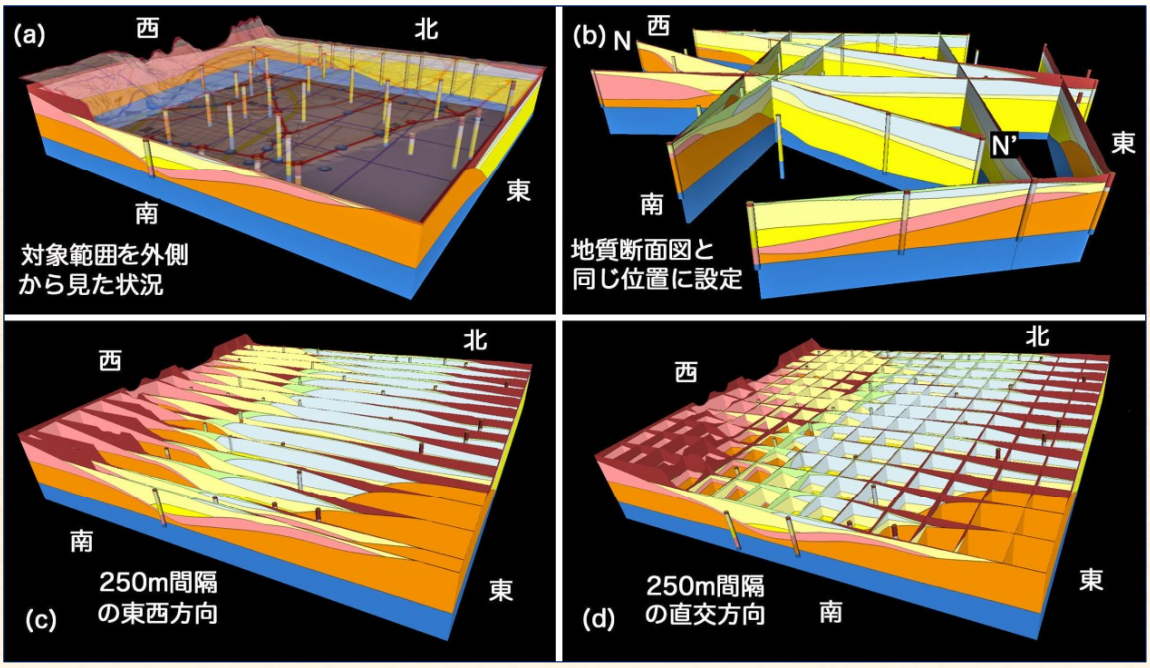
【参考】鹿児島市での推定事例



☆地層境界面モデルは，ボーリングデータから9本の地質断面図を作成し，三次元的に拡張した。

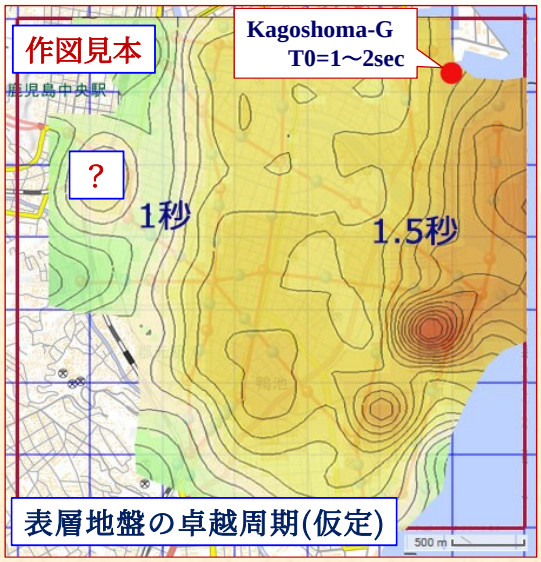
【参考】鹿児島市での推定事例

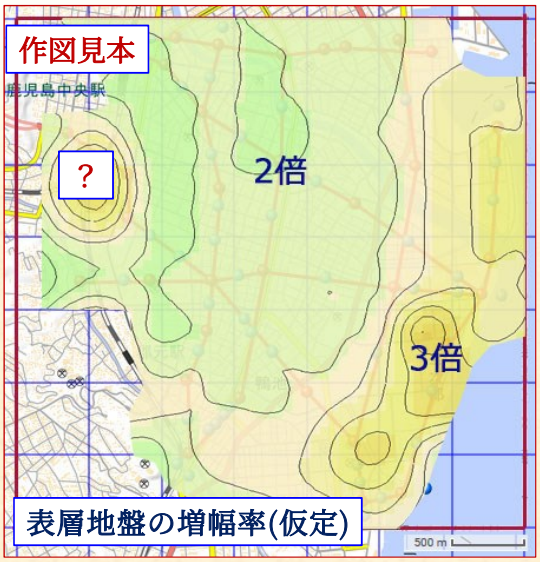
パネルダイアグラムの作例



パネルを密着させると視認性が悪くなるので，その塩梅が難しい。

【参考】鹿児島市での推定事例





☆地盤定数は 架空値 とした。理由は，土質試験結果が少ないため。

4. おわりに

☆143点の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かった時間は，約半日間であった。

［地層境界面モデルとパネルダイアグラムの作成を除く］

☆ 三次元地質モデル(地層境界面モデル)が構築された後の「自動処理化ツール」は未開発。が，可能性は十分にある。

☆自動処理化ツールの使用により，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，地震動予測も自動的に推定される。

［実際に行うかどうかは，予算面その他の条件が必要］

［ハザードマップの場合，印刷・配布・周知と住民の理解が鍵］