

2.4 深部地盤モデルの作成結果

千葉県および周辺地域の深部地盤構造モデルとしては、東工大の山中モデル（山中・山田,2006）を基礎モデルにして、他のモデルを参照しつつ、これを地震動の観測データにより修正し、地盤の卓越周期を調整して用いることとした（図 2.2-1(1)）。モデル作成の手順を以下にまとめて述べる。

① 基礎モデルの修正 : モデルの卓越周期と観測データの R/V スペクトルの比較

既往の地震の観測波形から地震動の R/V スペクトルを作成し、これと震源モデルと地盤モデルを用いて求めた理論 H/V スペクトルを比較して、両者が相違しモデルの修正を要する地点を抽出し、それらの相違を生じた要因を各観測地点で検討する。

モデル計算との比較に用いる地震（複数）は、震源の位置や特性の影響が小さくなるように、千葉県地域を囲むように震央が位置するように選定する。

② 観測地点における 1 次元速度構造のチューニング

モデルの修正が必要な観測地点について、モデル計算による理論 H/V スペクトルの固有周期と観測波形の R/V スペクトルでのピーク周期が同程度になるように、各観測地点における深度方向の速度構造を修正する。この際、深部地盤の影響が限定的と考えられる周期 1 秒未満は対象とせず（観測 R/V スペクトルのピークが 1 秒以下で、地下構造モデルの理論 H/V スペクトルが 1 秒以下の場合はモデルを修正しない）、周期 1 秒以上のピークが一致することを優先して作業を行う。

③ 速度構造の 3 次元展開・修正

各観測地点でチューニングされた速度構造データを用いて、速度構造の鉛直方向断面などを作成しつつ、3 次元的に速度構造を修正する。

④ 深部地盤モデルの妥当性の検証

修正した地盤モデルを用いて、代表的な地震について地震波の理論計算を行い、実際に観測された波形と比較して、モデルの妥当性を検討する。この場合も、モデルの妥当性を判断する根拠としては、理論 H/V スペクトルの固有周期と観測波形の R/V スペクトルでのピーク周期が同程度になることを用いるが、さらに、観測波形自体の再現性も考慮する。モデル計算結果と観測結果に重要な乖離があれば、前述の③ないし①に戻り、修正作業を継続する。

今回実施した深部地盤モデル作成作業では、上記の一連の作業に加えて、以下の作業を行った。

- 基礎モデルに、各地震観測地点での修正を加えると、全体に凸凹の多いモデルになる。これは、基礎モデルの境界面が平滑化されていないことによる。
- この状況をふまえ、基礎モデルをスムージングし、それに各観測地点での修正を加えて、今回使用する深部地盤モデルとして調整した。

基礎モデルは4層構造となっており、S波速度は上位層から順に0.4～0.6、1.0、1.5、3.0km/sとなっている。表層（第1層）のS波速度分布を図2.4-1に、各速度層についての深度分布図を図2.4-2に示す。

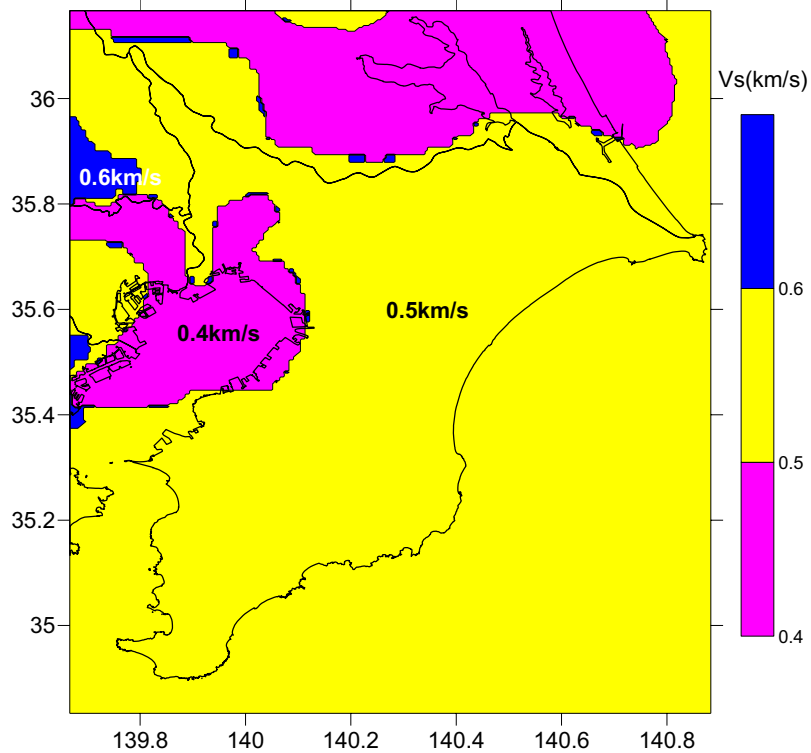


図 2.4-1 深部地盤モデル（基礎モデル）の表層（第1層）のS波速度分布

基礎モデルでは各速度層の境界面が平滑化されていないため、各速度層の境界面を平滑化（スムージング）して使用することとした。スムージング後の各速度層の深度分布図を図2.4-3に示した。

図2.4-4には図2.4-2に示した基礎深部地盤モデルから計算される一次固有周期の分布図を示す。

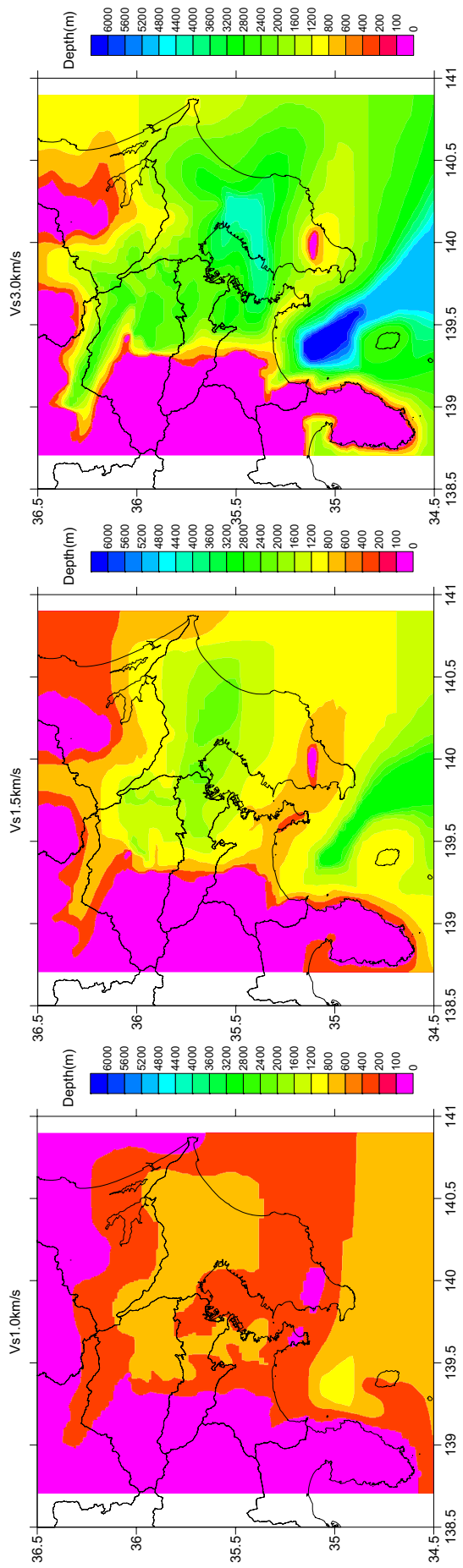


図 2.4-2 基礎モデル (山モデル)

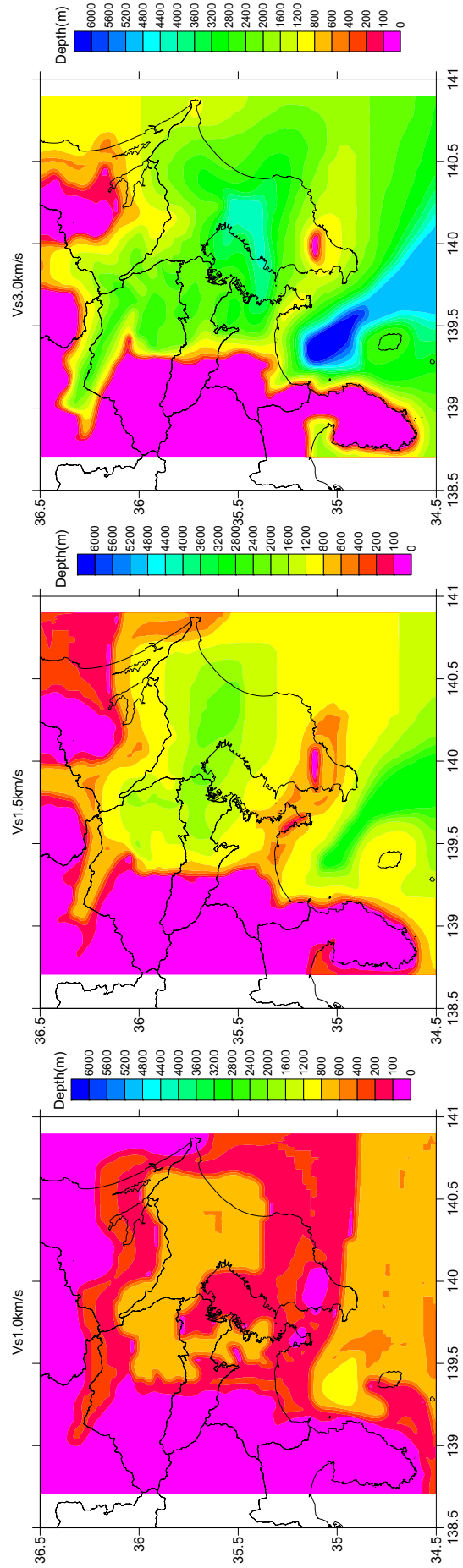


図 2.4-3 スムージング後のモデル

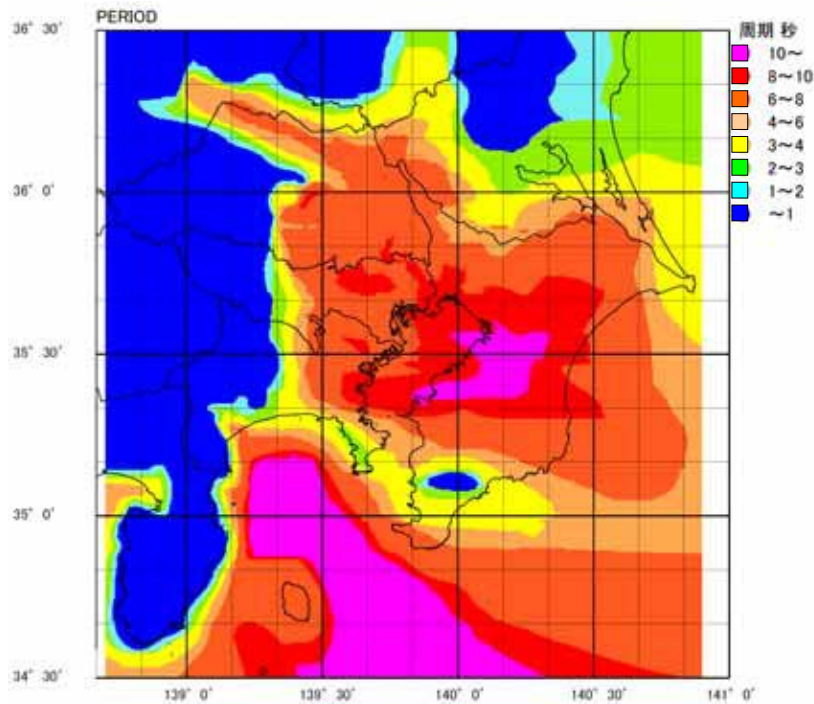


図 2.4-4 深部地盤モデル（図 2.4-2）から計算される一次固有周期の分布

次に、図 2.4-5 に示すような流れで深部地盤モデルを修正する。

まず、図 2.4-6 に深部地盤モデルの修正に用いる観測点の分布を地質図及び微動アレイ観測点の位置と共に示す。観測点は千葉県強震観測網（KKNetChiba）及び（独）防災科学技術研究所による K-NET、KiK-net で、観測点数はそれぞれ 74、30、10 点である。

なお、千葉県強震観測網（KKNetChiba）で 3 点（MOB_SN、ONJ_SN、SKR_SN）、KiK-net で 1 点（CHBH19）の観測点において今回対象とした地震の記録は得られていない。

また、深部地盤モデルの修正に用いる地震として、千葉県強震観測網（KKNetChiba）では Mj5.0 以上、K-NET、KiK-net で Mj5.5 以上の震源深さが 50km 以浅のものを選んだ。このようにして選択した 64 個の地震の震央分布を図 2.4-7 に示す。

各観測点において観測された対象地震の全ての観測記録について H/V スペクトルを計算し、その平均値を対象観測点の観測 H/V スペクトルとし、図 2.4-4 に示した深部地盤モデルの一次固有周期と各観測点の観測 H/V スペクトルの卓越周期の比較を図 2.4-8 に示す。

千葉県内の各観測点における観測 H/V スペクトルの卓越周期の特徴として、図 2.4-9 から全般に卓越周期が 5~10 秒程度である観測点が多いが、房総半島南部の KYO_SN（鋸南町）や TAT_SN（館山市）、CHB020（鴨川）及び CHB005（銚子）や CHBH14（銚子中）では卓越周期が 1 秒前後と短周期となっている。

また、房総半島南部の TMU_SN（富浦町）や CHB021（白浜）、CHBH16（鴨川）などでは観測 H/V スペクトルにおいて明瞭な卓越周期が認められない観測点も見受けられる。

さらに、深部地盤モデルの一次固有周期と各観測点の観測 H/V スペクトルの卓越周期を比較した図 2.4-8 から銚子付近や房総半島南端で両者の相違が大きくなっており、深部地盤モデルを修正する必要があることがわかる。その他の地域では両者に差が認められる観測点はあるもののあまり大きな相違ではなく、深部地盤モデルの微調整でよいと推察される。

なお、基礎モデル（山中・山田,2006）は、微動アレイ観測に基づき作成されたものであるため、観測点の位置が微動アレイ観測の位置に非常に近い場合には図 2.4-11 に示したように深部地盤モデルから計算される H/V スペクトルの卓越周期と観測 H/V のそれとが少々異なっているにもかかわらず修正は不要であると判断した。

以上の H/V スペクトルの比較による深部地盤モデルの修正結果を表 2.4-1 に全観測点についてまとめて示す。

表 2.4-1 にまとめた結果を基に、各観測点についての各速度層の修正量を計算し、Kriging による空間補間の方法により H/V チューニングによる各層上面深度の修正量の分布として求めた結果を図 2.4-14 に示す。

図 2.4-14 から銚子付近の緑～青色の領域では初期モデルの層境界の深度を全般に浅くする修正（チューニング）が行われ、逆に房総半島南部の橙～赤色の領域では層境界の深度を全般に深くする修正（チューニング）が行われたことがわかる。

次に、スムージング後の初期モデルに図 2.4-14 の修正量を加えることにより修正（チューニング）後の深部地盤モデルを求め図 2.4-15 にスムージング後の初期モデル（すなわち、チューニング前のモデル）と共に示した。

観測 H/V スペクトルの卓越周期の分布図を地質図及び微動アレイ観測点の位置と共に図 2.4-16 に、スムージングしたチューニング前の深部地盤モデルから計算される H/V スペクトルの卓越周期分布図を同様に図 2.4-17 に、チューニング後の深部地盤モデルから計算される H/V スペクトルの卓越周期分布図を同様に図 2.4-18 に示す。

前にも述べたように図 2.4-16 と図 2.4-17 を比較すると銚子付近や房総半島南端で両者の相違が大きくなっており、図 2.4-16 と図 2.4-18 を比較することによりその相違が小さくなり両者の分布がほぼ同様となるようにモデルの修正（チューニング）ができたことがわかる。