

首都直下地震モデル検討会

第 1 回会合

震度分布の推計手法等について

平成 2 4 年 5 月 1 1 日

I. 震度分布の推計手法

中央防災会議（2003）の震度計算は、強震波形計算によって求められた地表の震度と経験的手法によって求められた地表の震度とを比較検討し、強震波形計算による結果を主体に、それにより表現できていないところについては、経験的手法による結果も加えて、最終的な震度分布を求めている。

本検討会の震度計算においても、基本的に同様の方法をとることとし、強震波形計算による結果に経験的手法による結果を重ね合わせることで、震度分布を求めることとした。

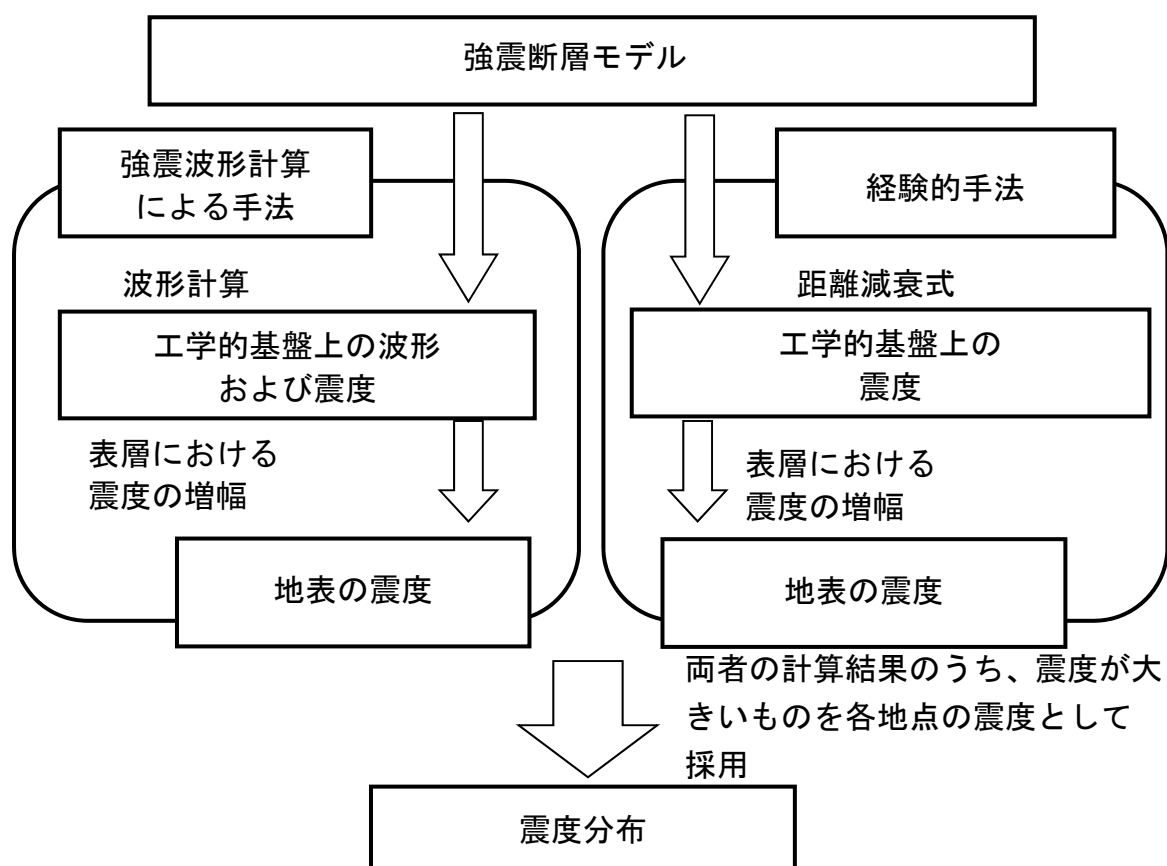


図1 震度分布の推計手法（概要）

1. 地盤モデル

震度分布の推計に用いる地盤モデル（浅い地盤構造モデル及び深い地盤構造モデルにより構成）は、最近の科学的知見を踏まえ、以下の考え方により、構築することとした。

なお、この震度分布の推計は、概ね3秒より短い周期の地震動を対象としており、いわゆる長周期地震動については別途検討が必要である。

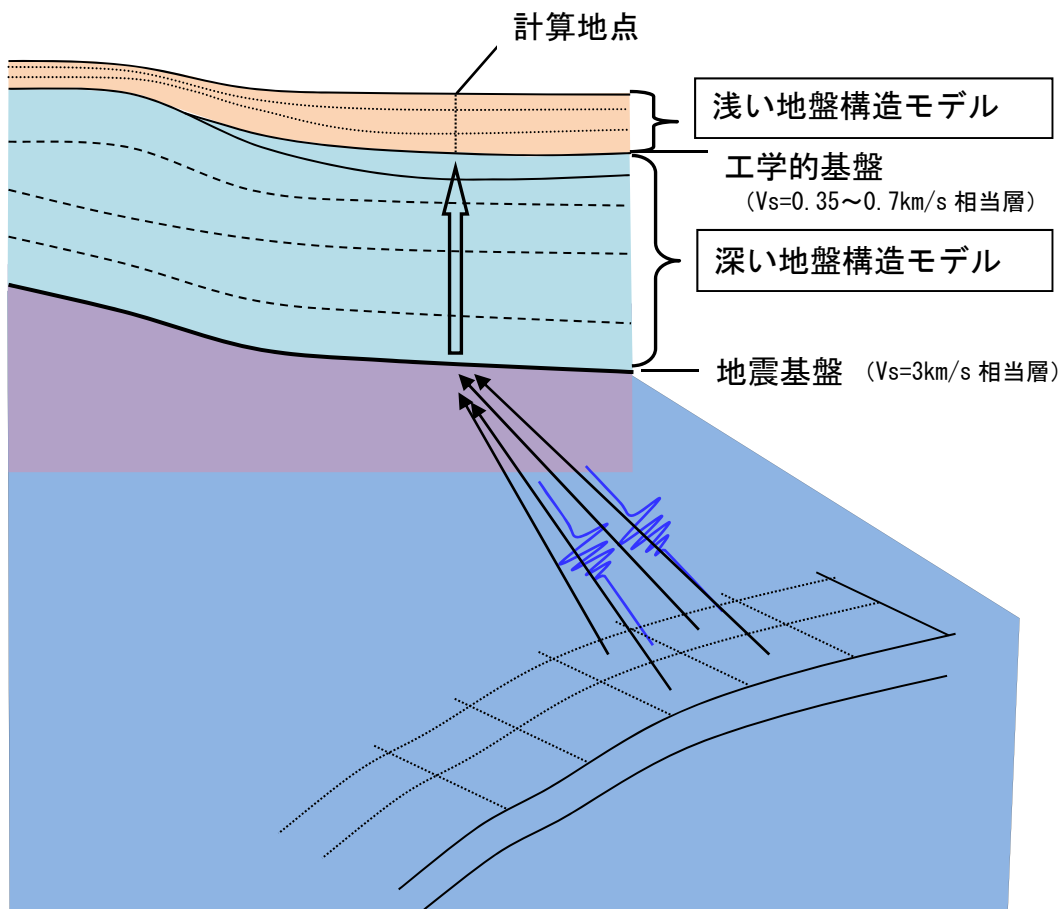


図2 工学的基盤における強震波形計算の概念

①浅い地盤構造モデル

i) 浅い地盤のメッシュサイズ

工学的基盤（平均 S 波速度が 0.35~0.70km/s に相当する地層）よりも浅い地盤の地盤モデル（以下「浅い地盤構造モデル」という。）について、これまで中央防災会議（2003）では、既存のボーリングデータや国土地理院の微地形区分図等から、1km メッシュ（基準地域メッシュ）の浅い地盤構造モデルを作成していた。

しかしながら、最近の研究によって、浅い地盤構造モデルの構築に不可欠である微地形区分が 250m メッシュで整備されてきていることを背景として、本検討会では、震度分布の推計を 250m メッシュで行うこととし、今回の推計に用いる浅い地盤構造モデルを、測量基準を世界測地系とした 250m メッシュ（4 分の 1 地域メッシュ、緯度間隔 7.5 秒、経度間隔 11.25 秒）で新たに作成することとした。

ii) AVS30 の設定

浅い地盤の各メッシュにおける AVS30 については、従前と同様に、地質調査資

料（ボーリング及び PS 検層のデータ）を基に、地質調査資料に欠ける部分については微地形区分図を基にして求めることとした。

a) 地質調査資料による設定

南海トラフの巨大地震モデル検討会においては、新たに浅い地盤構造モデルを構築するに当たり、国土交通省、独立行政法人防災科学技術研究所、各地域の地盤協議会等、地方公共団体から、ボーリング及び PS 検層のデータを収集した。今回の浅い地盤構造モデルの構築のために使用したボーリング本数は、約 49 万本（従前の約 3.8 倍）、PS 検層本数は、約 2800 本（従前の約 1.2 倍）である。

本検討会においても、このボーリングデータ及び PS 検層データから既往の関係式を用いて、それぞれの AVS30 を求めることとし、同一 250m メッシュ内に複数のボーリングデータや PS 検層データがある場合には、以下の表 1 に示す優先順位に従って採用することとした。

表 1 250m メッシュ内の AVS30 の採用優先順位

優先順位	AVS の算出区分
1	PS 検層 掘進長 30m 以上のデータによる AVS30
2	PS 検層 掘進長 10-30m データによる AVSn から推定した AVS30
3	ボーリング 掘進長 30m 以上のデータによる AVS30
4	ボーリング 掘進長 10-30m データによる AVSn から推定した AVS30

その際、同種の優先順位に複数のデータがある場合には、最小の値を採用することとした。

b) 微地形区分図による設定

250m メッシュの微地形区分図については、若松・松岡（2011）を用いることとし、これをもとに微地形区分と AVS30 の関係を整理した。微地形区分と AVS30 の関係については、以下の 3 つの関係式について検討し、微地形区分ごとに最も妥当なものを採用することとした。

・中央値式：

収集した PS 検層による AVS30 対数値の中央値を推定値とした場合

・松岡・他（2005）方式：

松岡・他(2005)を参考にして AVS を推定する説明変数として、標高、傾斜、先第三系・第三系の山地・丘陵からの距離を考慮した場合

・藤本・翠川（2003）及び中央防災会議（2003）方式

藤本・翠川（2003）及び中央防災会議（2003）を参考にして AVS30 を推定する説明変数として標高を考慮した場合

その結果、岩石台地、砂礫質台地、ローム台地、谷底低地、扇状地の微地形区分には松岡・他（2005）方式を、その他の微地形区分には中央値式を適用することとした。また、資料の数値のバラツキを加味し、それぞれ求められた式（ μ 式）の値から準偏差を差し引いた値を用いる式（ $-\sigma$ 式）を用いることとした。なお、山地（先第3系）の資料には周辺域の柔らかい地盤の資料も混在している可能性があることから、山地（先第3系）の $-\sigma$ 式は μ 式と同じとした。

②深い地盤構造モデル

地震基盤（平均 S 波速度が 3km/s に相当する層）から工学的基盤（平均 S 波速度が 0.35～0.70km/s に相当する地層）までの間の地盤の地盤構造モデル（以下「深い地盤構造モデル」という。）について、これまで中央防災会議（2003）では、いくつかの領域での弾性波探査、常時微動探査により得られている成果から、地震基盤及び工学的基盤の深さの平均的な分布を内挿して速度構造を求めることで、深い地盤構造モデルを作成してきた。

しかしながら、深い地盤構造モデルについては、地震調査委員会において、その後検討が進められ、2009 年に地震動予測地図作成の一環として実施してきた強震動評価のための全国深部地盤構造モデル（いわゆる「全国 0.5 次モデル」）が、2011 年 1 月に「全国 0.5 次モデル」を改良した、「全国 1 次地下構造モデル（暫定版）」が公表されている。

これを踏まえ、南海トラフの巨大地震モデル検討会では、深い地盤構造モデルは、地震調査委員会による「全国 1 次地下構造モデル（暫定版）」を基本とすることとし、濃尾平野地域については、「全国 1 次地下構造モデル（暫定版）」と「全国 0.5 次モデル」と少し乖離があることから、独立行政法人産業総合技術研究所を中心としたグループによる 3 次元地盤構造モデル（堀川・他 2008）を用いて一部修正したものを用いることとした。本検討会においても、この一部修正したモデルを用いることとし、最新の研究成果がある場合、点検の上、修正を検討することとする。

2. AVS30 と震度増分について

地表の震度は、工学基盤における震度から浅い地盤で増幅される震度の増分を加えて算出する。この震度増分は、地盤の非線形性により、震度が大きくなると震度増分が小さくなる。横田・他（2005）は、数値計算により非線形性を加味した AVS30 と震度増分の関係式を作成し、中央防災会議（2003）でもこの関係式を用いて地表の震度分布を求めてきた。

南海トラフの巨大地震モデル検討会において、浅い地盤のメッシュサイズを 250m にするに当たり、収集したボーリング資料と同一区画内にある震度の観測データを比較し、震度増分の関係式の点検を行っている。結果、図 3 に示すとおり、震度増分の関係式は従来から用いている関係式で問題ないことが確認された。

したがって、本検討会においても、工学的基盤の震度から地表の震度の推定は、従来と同じく、横田・他（2005）による AVS30 と震度増分の関係式を用いる。

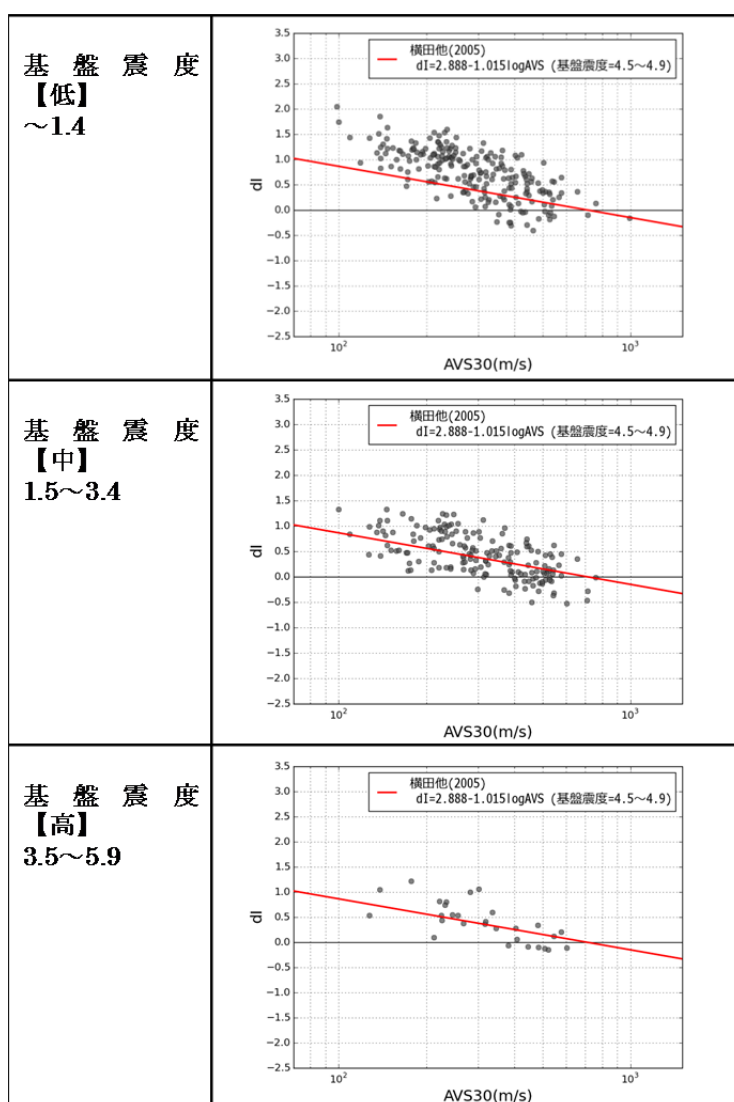


図 3 AVS30 と震度差の関係

3. 強震波形計算手法による震度の推計

強震波形の計算は、以下の方法による。

(1) 統計的グリーン関数法

強震波形の計算に当たっては、工学分野での活用も念頭におき、工学的基盤 ($V_s = 350 \sim 700 \text{m/s}$) までは、地震学的に想定される振幅スペクトルに確率的な位相を与えて作成した小地震波形をグリーン関数とし、設定された断層モデルに従い波形合成を行う、いわゆる統計的グリーン関数法を用いる。

(2) 断層近傍での強震動の強さの飽和効果

強震断層域の広がりを考慮した理論的考察によれば、強震動スペクトルは、断層に近い場所では振幅の増幅はない。即ち、断層近傍では地震動の強さが飽和した状態となる。また、工学的基盤においても、強い地震波が入力した場合には、弱い地震波に比べ減衰が大きくなる特性(非線形性)を持つ。

このため、中央防災会議でのこれまでの検討で用いた手法と同じく、震源直上等の震源域からの距離が小さいところでは、経験的手法と同様、 $1/(R+C)$ [R : 断層最短距離、 C : 定数] で地震波の振幅が減衰するとして強震波形を計算し、地震動が震源近傍で飽和するようにした。ただし、 C はある距離から徐々に減じ、一定の距離でゼロとなり、 $1/R$ の距離減衰にスムーズにつながるようにする。

このパラメータ C の値が適切でない場合には、震源近傍の震度を過小評価或いは過大評価することになる。今回の検討では、中央防災会議(2003)での検討手順と同じく、震源近傍の震度の減衰の様子が、距離減衰式による減衰の様子と概ね類似になるよう調整した。南海トラフの巨大地震モデル検討会では、まず、平均応力降下量 3.0MPa を適用した強震断層モデルで C を調整した上で、この値を平均応力降下量 4.0MPa のモデルにも適用することとした。震源近傍直上等の強震波形の計算方法については、本検討会においても引き続き検討が必要である。

(3) 地表における震度の推定

地表における震度は、工学基盤の地震波形から震度を計算し、AVS30 と震度増分の関係式を用いて推定する。

4. 経験的手法による震度の推計

(1) 距離減衰式

震源からの距離にしたがい地震の揺れの強さがどの程度減衰するかを示す経験的

な式を用いて震度を簡便に推定する手法（経験的手法）は、断層の破壊方向、地殻構造などの影響を正確には表現できないが、これらの結果を包括した概観的な震度分布を推計しているとも見ることが出来る。強震波形計算による手法は、設定した断層の破壊過程や地殻構造等を表現しているが、地盤条件等により地震波が集中するような場合や局所的に地震動が大きくなるような条件が考慮できていない場合がある。

このことから、震度分布の評価に当たっては、強震波形計算のみでなく、経験的手法も考慮して震度を吟味するのが適切と考える。

（２）経験的手法のパラメータの評価

中央防災会議（2003）によると、経験的手法は M_w 8 より大きな地震に対して適用できるように作成されたものではないが、そのような地震についても過去の地震の震度分布と比較すると、全体的な距離減衰の関係は成立していると考えられ、想定された東海・東南海・南海地震は M_w 8.7 の地震であるが、その地震に適用した経験的手法のパラメータ M_w は 8.0 であった。

今回の 2011 年東北地方太平洋沖地震の震度分布に適用された経験式のパラメータ M_w は 8.2～8.3 と評価されている。南海トラフの巨大地震モデル検討会で想定の地震の規模は、東北地方太平洋沖地震と同じ M_w 9.0 であることから、南海トラフの巨大地震の検討の経験的手法に用いるパラメータ M_w は、東北地方太平洋沖地震の経験式のパラメータ M_w と同じ 8.3 を用いることとした。本検討会においても、経験式のパラメータ M_w をいくつにするか検討が必要である。

（３）地表における震度の推定

地表における震度は、経験的手法による平均的な工学基盤の震度から、強震波形計算の手法と同じく、AVS30 と震度増分の関係式を用い地表の震度分布を求める。

Ⅱ. 長周期地震動の検討について

従前の震度分布は、概ね3秒より短い周期の地震を対象として推計されたものであり、今後、被害想定を実施するに当たって、いわゆる長周期地震動についても検討する必要がある。

現在、地震調査委員会は長周期地震動の検討を進めているが、長周期地震動の記録波形が少ないなど、作成したモデルの精度の検証等に課題が多く残されている状況にある。

南海トラフの巨大地震モデル検討会では、地震調査委員会と連携して、長周期地震動の推計に必要な地盤モデルと強震断層モデルの検討を進めることとしており、本検討会でも地震調査委員会、南海トラフの巨大地震モデル検討会と連携し、検討を進めることとする。