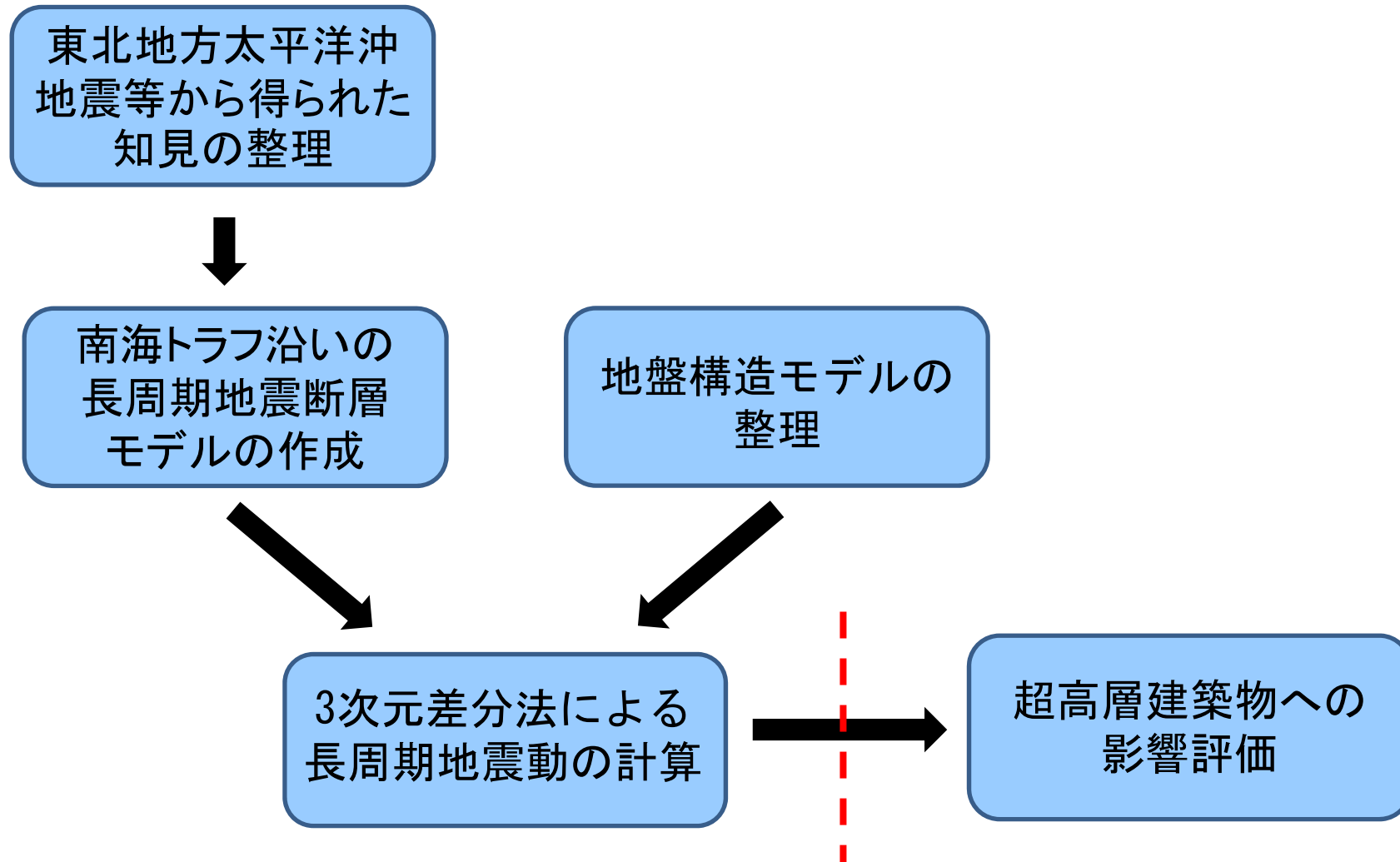


内閣府における 長周期地震動の検討 (内閣府検討結果の概要)

平成27年12月17日 内閣府の公表資料一覧

- (1) 南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告
- (2) 南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告 図表集
- (3) 別冊①－1 南海トラフ沿いの過去地震の強震断層モデル及び津波断層モデル
- (4) 別冊①－2 南海トラフ沿いの過去地震の強震断層モデル（図表集）
- (5) 別冊①－3 南海トラフ沿いの過去地震の津波断層モデル（図表集）
- (6) 別冊② 統計的グリーン関数法を用いた震度分布の推計手法
- (7) 別冊③ 三次元差分法を用いた長周期地震動の推計手法
- (8) 別冊④ 長周期地震動の推計結果 ～長周期地震動による地表の揺れ～
- (9) 別冊⑤ 長周期地震動の推計結果 ～擬似速度応答スペクトル～
- (10) 別冊⑥ 長周期地震動の推計結果 ～超高層建築物における最上階の揺れ～

検討の流れ



長周期地震動の検討対象とする地震

【過去地震】

中央防災会議(2003)と同じく、**過去地震**については

* 1707年宝永地震(M8.6)

* 1854年安政東海地震(M8.4) * 1854年安政南海地震(M8.4)

* 1944年昭和東南海地震(M7.9) * 1946年昭和南海地震(M8.0)

の**5地震を長周期地震動を検討する対象**とする。

【最大クラスの地震】

最大クラスの地震についても長周期地震動の推計を行う。最大クラスの地震の断層モデルは、東北地方太平洋沖地震の震源過程解析から得られた科学的知見を基に、**5つの過去地震で強震動を生成した領域を包絡する形で設定**する。

長周期地震動の発生を検討する**最大クラスの地震の発生頻度**については、津波堆積物等の資料が十分でなく、直接的な評価はできないが、一般的には、地震規模が大きいほど頻度が低くなるため、検討対象とした**5つの過去地震に比べて発生頻度は更に低い**。

東北地方太平洋沖地震等から 得られた知見の整理 (1)

【概要】

複雑な断層の破壊過程によって生じる

* 強震動

* 津波

* 長周期地震動

のすべてを統一的に表現する震源断層モデルを構築することは困難

本検討では、これまでに構築した

「強震断層モデル」、「津波断層モデル」とは別に、
長周期地震動を推計するための「長周期地震断層モデル」を構築

* 強震断層モデル、津波断層モデルは下記で検討済み

内閣府 南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について（第一次報告）、平成24年3月31日

東北地方太平洋沖地震等から 得られた知見の整理 (2)

①海溝に近い側に大きな津波を発生させた断層すべり量の大きな領域
(大すべり域及び超大すべり域)が存在する。

周期20秒から数百秒以上の地震動は、概ね大すべり域、超大すべり域
に対応する領域から発生している。

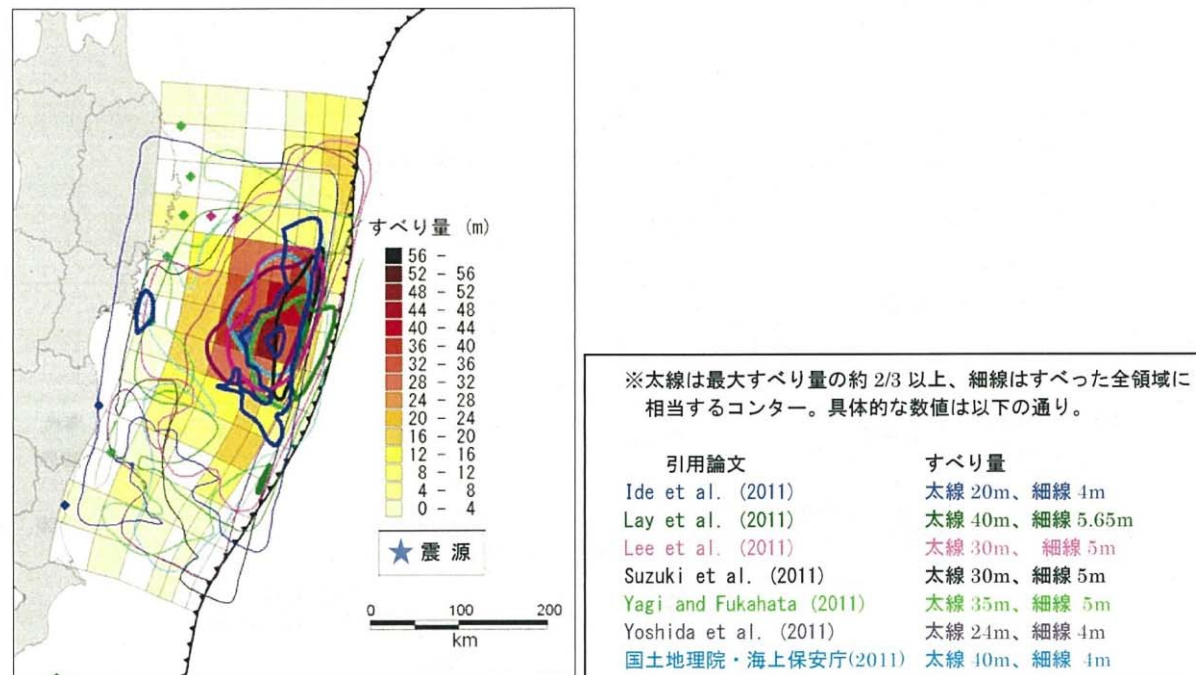


図4. 東北地方太平洋沖地震における断層のすべり量分布

東北地方太平洋沖地震等から 得られた知見の整理 (3)

- ② 周期10秒程度或いはそれより短い周期の地震動は、大すべり域、超大すべり域よりも陸域側の領域で発生すると考えられる。このような強震動を発生する領域は、強震動生成域 (SMGA : Strong Motion Generation Areas) と呼ばれている。

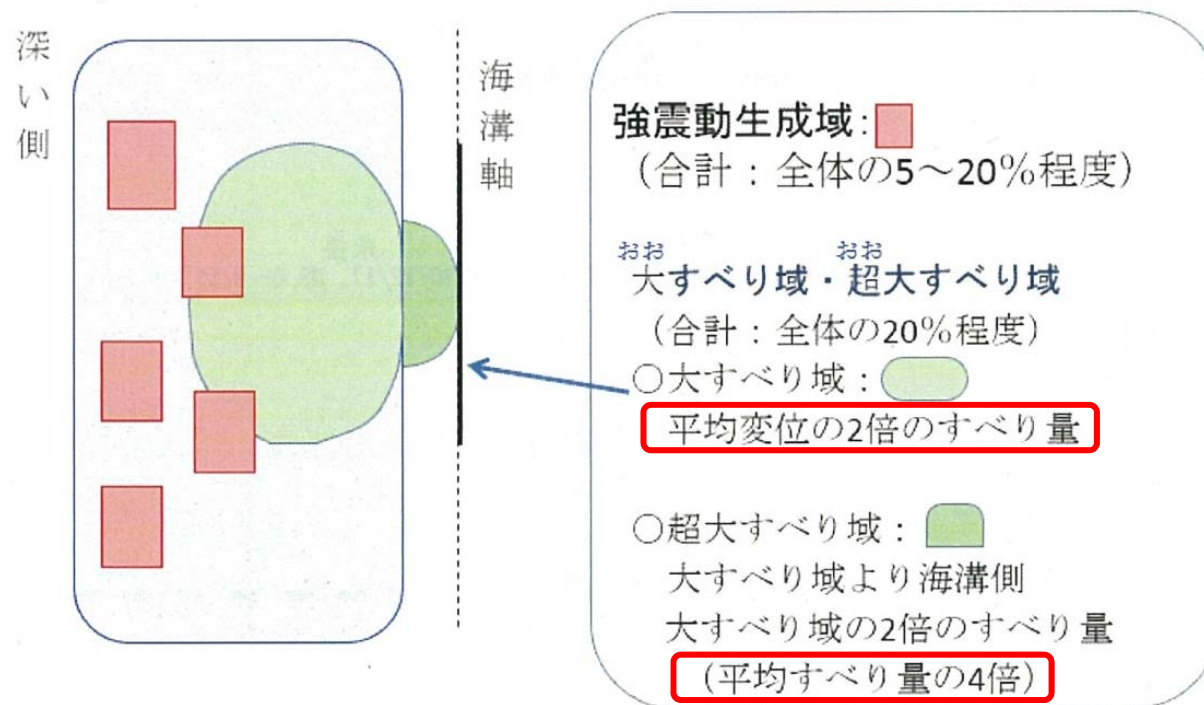


図5. 強震動生成域と大すべり域・超大すべり域

東北地方太平洋沖地震等から 得られた知見の整理 (4)

- ③川辺・他(2012)、Kurahashi&Irikura(2013)等による解析では、**周期2~10秒程度の長周期地震動は震源断層全体ではなく、「強震動生成域のみから生成される」というモデルによって観測記録を再現できる。**

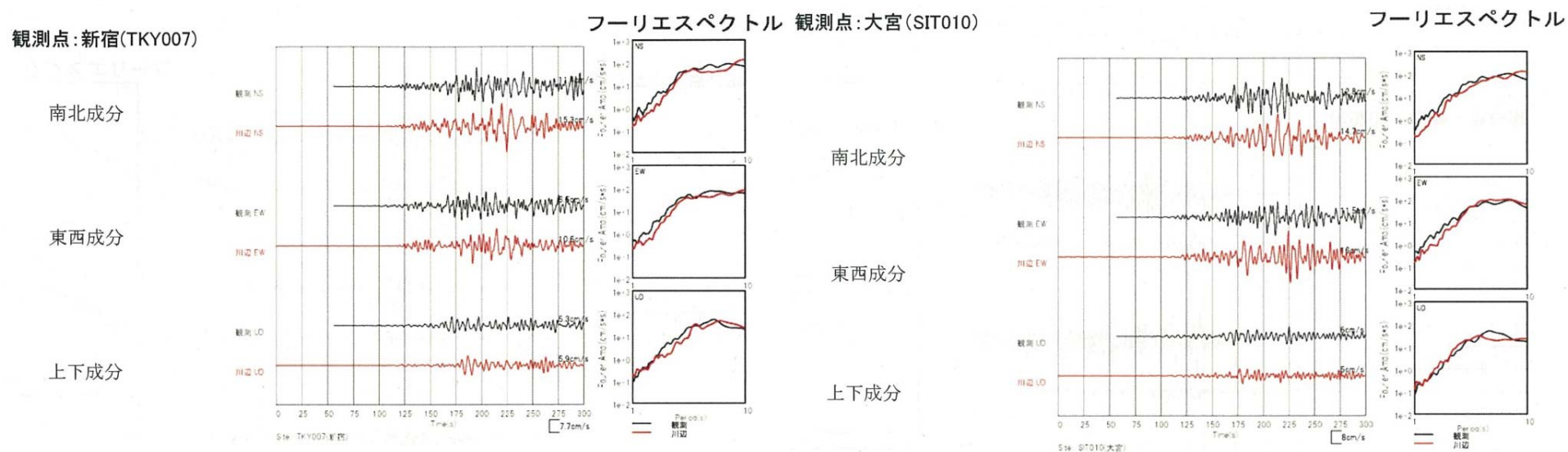
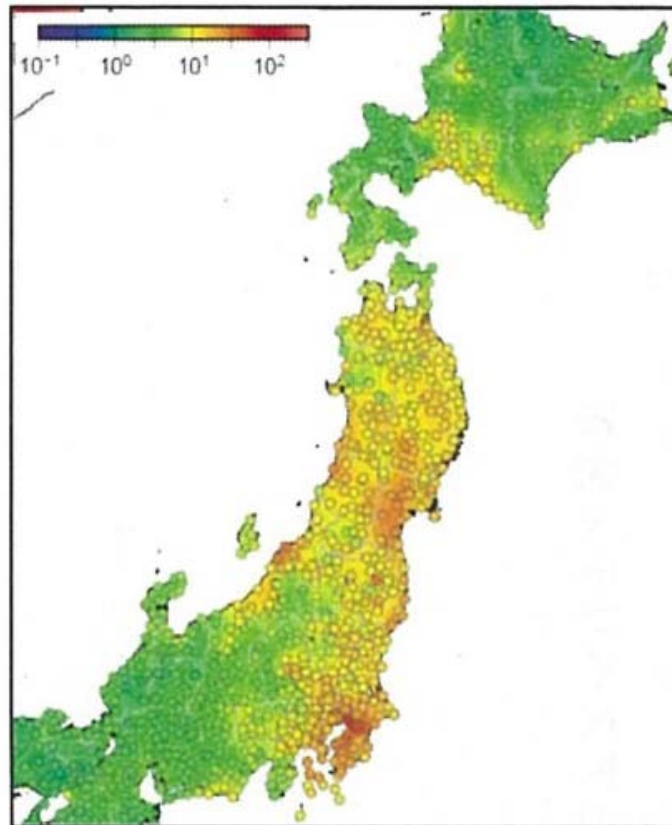
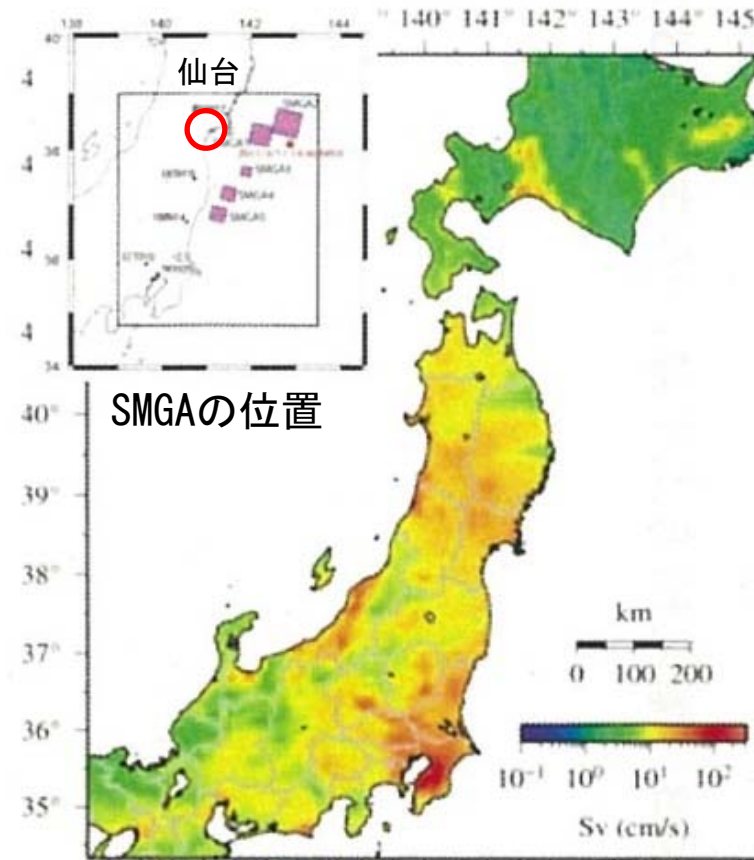


図6-1. 東北地方太平洋沖地震における長周期地震動の再現
川辺¹・倉橋²モデル 観測波形 (黒) と推計結果 (赤)

東北地方太平洋沖地震等から 得られた知見の整理 (5)



観測結果



川辺ほか(2012)*の SMGA モデル

図7. 東北地方太平洋沖地震における長周期地震動（周期10秒）の推計

東北地方太平洋沖地震等から 得られた知見の整理 (6)

- ④ 超大すべり域を含む断層モデルを用いて地震動を推定した結果、周期10秒の長周期地震動が広範囲にわたり過大評価になった。



周期10秒程度までの長周期地震動の断層モデルに、超大すべり域を含むことは適切でない

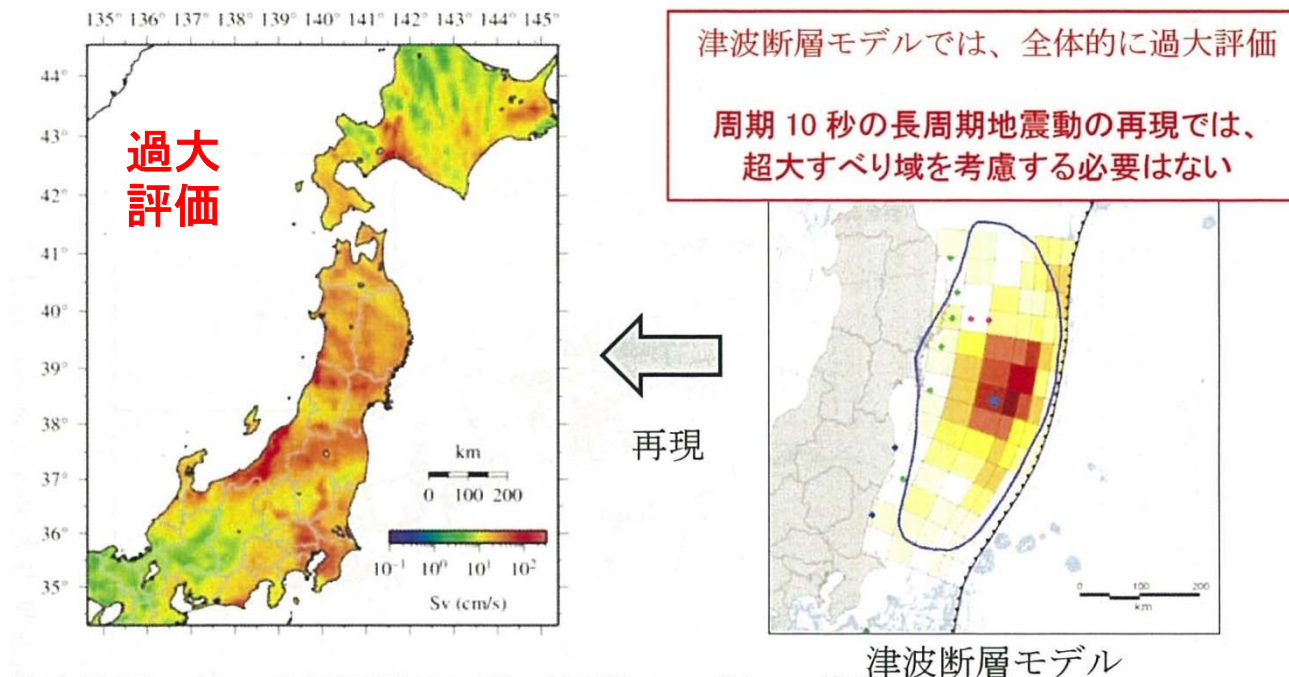
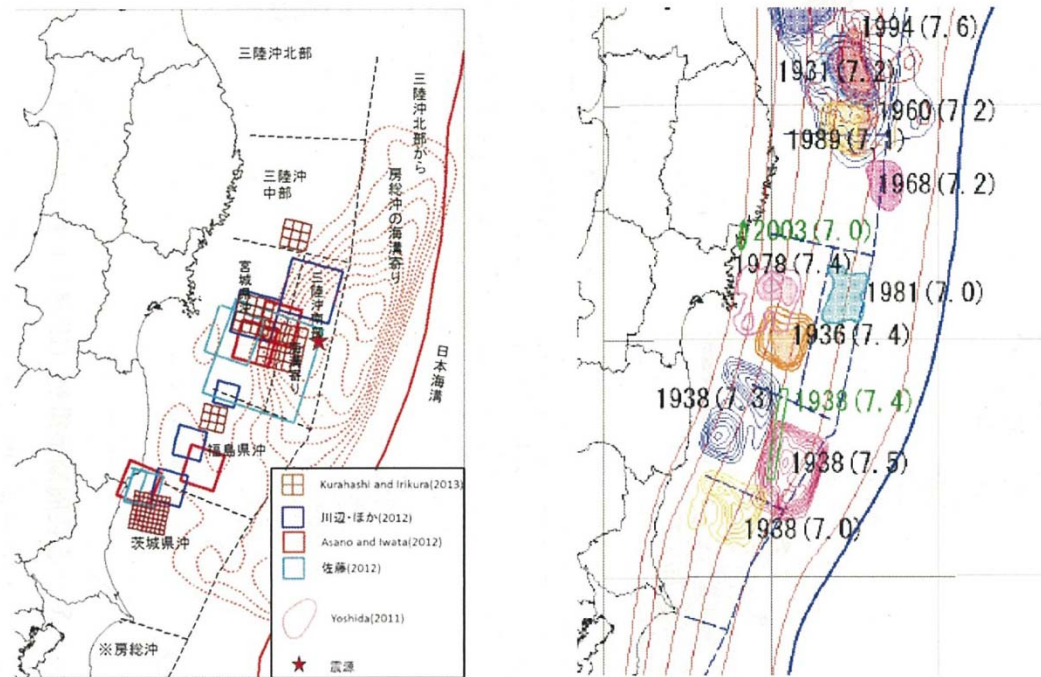


図7. 東北地方太平洋沖地震における長周期地震動（周期10秒）の推計

東北地方太平洋沖地震等から 得られた知見の整理 (7)

- ⑤東北地方太平洋沖地震の強震動生成域は、過去に発生したM7~8クラスの地震の強震動を発生させた領域と概ね近い位置にある。



東北地方太平洋沖地震における
強震動生成域とすべり量分布

「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する
専門調査会」(H18)で検討したアスペリティ分布

図8. 東北地方太平洋沖の強震動生成域とアスペリティ分布

東北地方太平洋沖地震等から 得られた知見の整理 (8)

⑥ 下記パラメータ間には相似則(スケーリング則)が成立する

* 地震モーメントと断層面積 [例えば室谷・他(2012)]

* 強震動生成域毎の地震モーメントと面積 [横田・他(2012)]

このことから、各強震動生成域の地震モーメントは、このスケーリング則を用いて設定する。

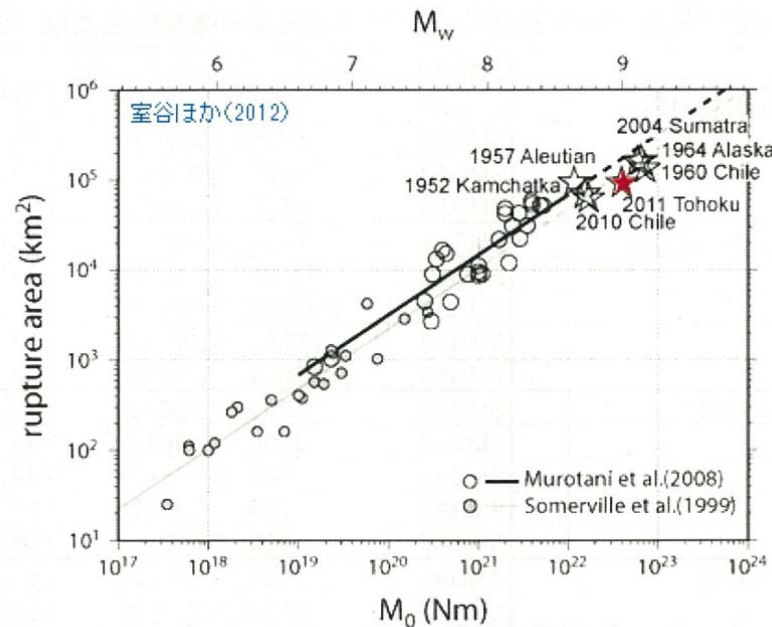


図9. 地震全体の地震モーメントと断層面積のスケーリング則

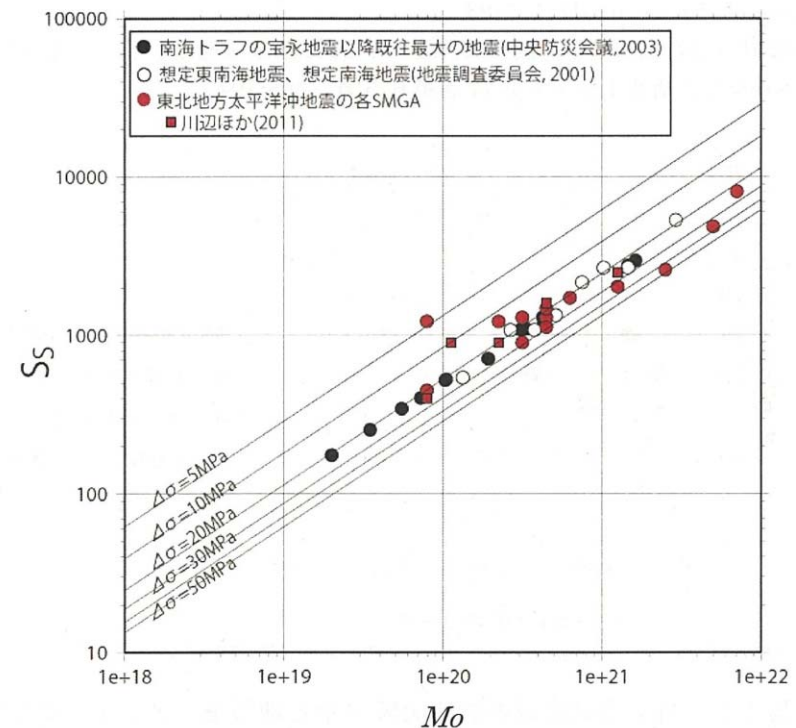


図10. 各強震動生成域の地震モーメントと面積のスケーリング則

東北地方太平洋沖地震等から 得られた知見の整理 (9)

- ⑦ 強震動生成域の応力降下量は、その面積等の大小によらず、概ね15~30MPaである。そこで、
- * 過去地震の再現に用いる強震動生成域の応力降下量：15~30MPa
 - * 最大クラスの地震に用いる強震動生成域の応力降下量：最大30MPaが適切と考えられる。

【応力降下量】
地震断層に蓄えられた応力は、地震の発生によって解放される。この蓄えられた応力の解放量のこと

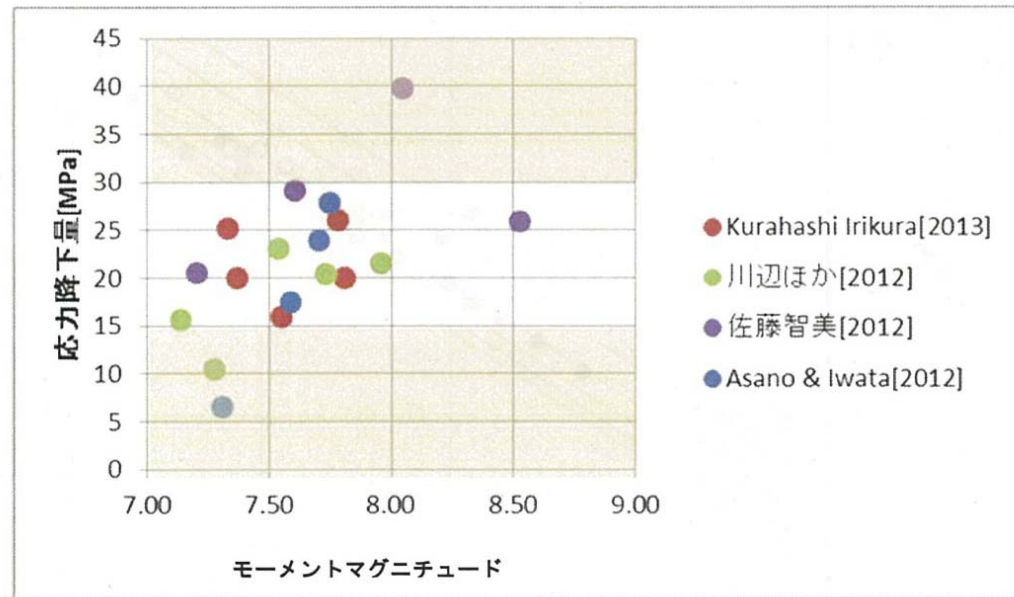


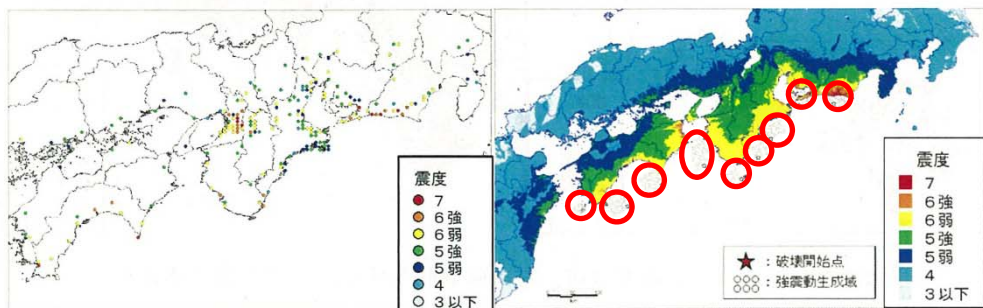
図 1 1. 各強震動生成域の応力降下量と地震モーメントとの関係 13

長周期地震断層モデルの作成

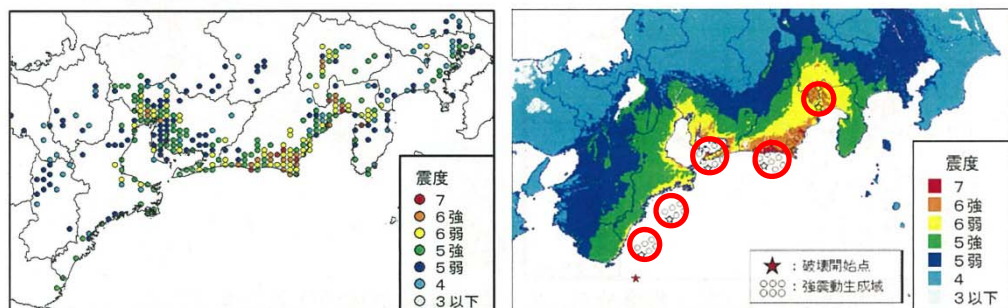
【モデル作成の基本方針】

- * 今回検討する長周期地震断層モデルは、**強震動生成域のみのモデル**を用いる。
- * 過去地震の長周期地震断層モデルとして設定する強震動生成域の位置は、統計的グリーン関数法で**震度分布を再現する強震動生成域と同じ位置**とする。
- * 応力降下量は全ての強震動生成域で**30MPa**とする。
- * **最大クラスの地震**による長周期地震動を推計するための断層モデルの強震動生成域は、5つの**過去地震の強震動生成域を全て包絡するように**設定する。
- * 過去地震の強震動生成域は、同様の位置にあっても面積が異なる場合がある。この場合、最大クラスの地震の強震動生成域の**面積は最大のもの**を採用する。また、応力降下量は30MPaとする。

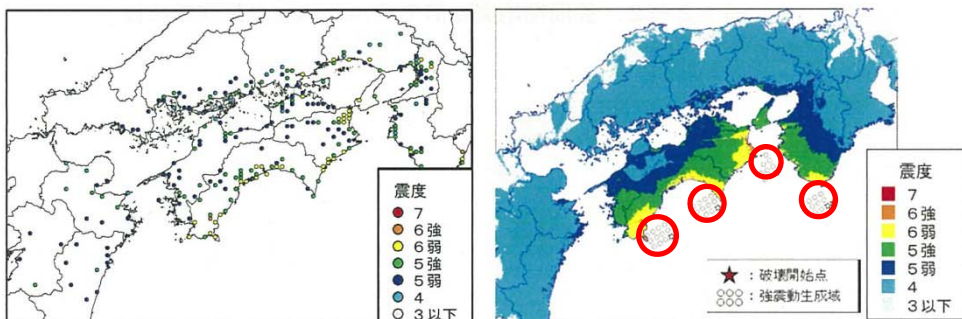
過去地震の強震動生成域の位置 (1)



宝永地震 (左: 震度分布、右: SMGA の位置と推計震度)



安政東海地震 (左: 震度分布、右: SMGA の位置と推計震度)



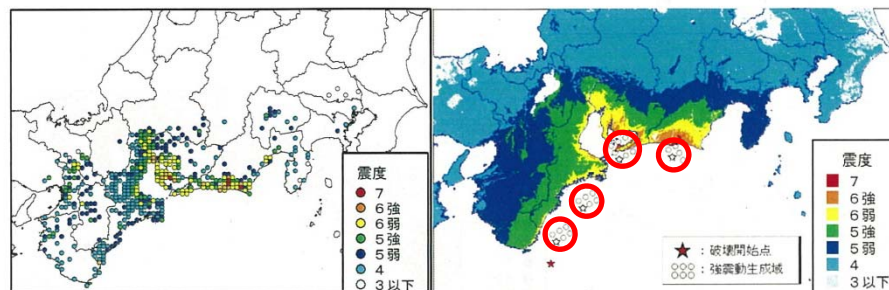
安政南海地震 (左: 震度分布、右: SMGA の位置と推計震度)

震度分布を再現する
強震動生成域の位置を求める

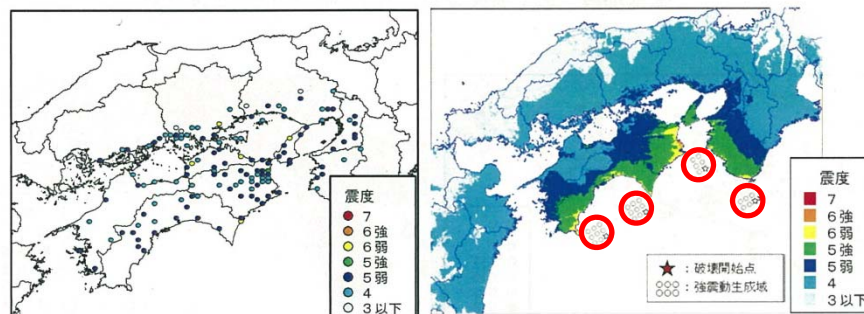
【手法: 統計的グリーン関数法】

- 左: 観測記録や古文書から推定される震度分布
- 右: Simulationによる震度分布
- : 強震動生成域の位置

過去地震の強震動生成域の位置 (2)

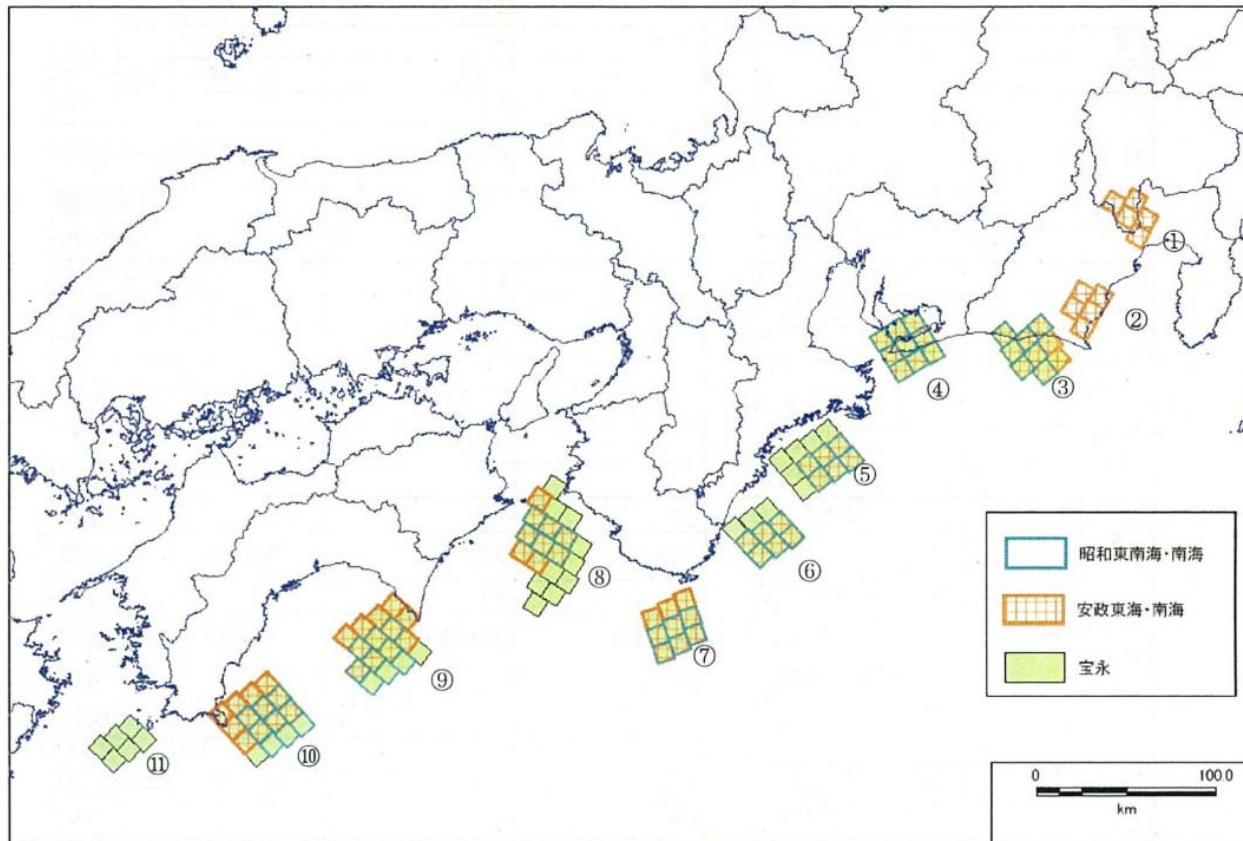


昭和東南海地震 (左: 震度分布、右: 強震動生成域の位置と推計震度)



昭和南海地震 (左: 震度分布、右: 強震動生成域の位置と推計震度)

最大クラスの地震の 強震動生成域の位置



最大クラスの地震

- 【最大クラスの地震】
- * **位置** : 5つの過去地震の強震動生成域を全て包絡する位置
 - * 個数 : 11個
 - * **面積** : 面積が**最大**のものを採用する。

その他の震源パラメータ (1)

【破壊伝播の揺らぎの導入】

実際の地震における断層破壊は、断層面の不均質性等により、破壊伝播速度や破壊の大きさが場所により異なる。本検討では、乱数を用いて

(1) 破壊伝播速度に揺らぎを与える

(2) すべり量に揺らぎを与える

ケースについて検討した。



上記(1)が複雑な破壊過程を効果的に表現できる



(1) を採用

- ① 60通りの揺らぎを与え、地震動を推計
- ② 地震動の推計値及び推計値のばらつきが平均的な範囲に収まる5通りを抽出
- ③ 5通りの推計結果を平均化した値を採用

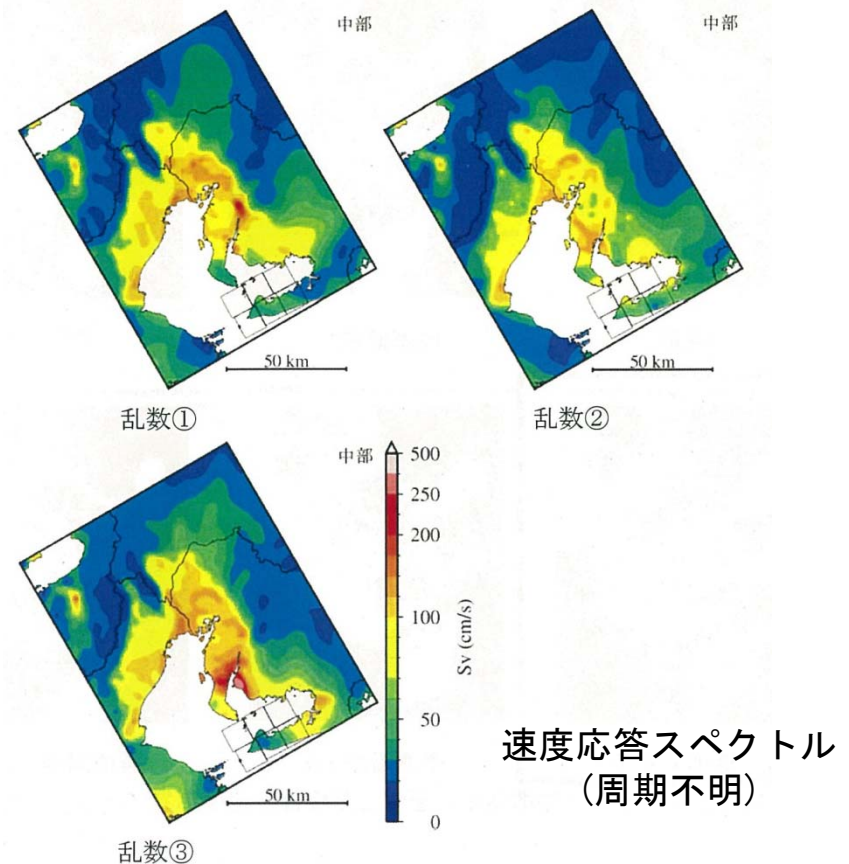


図2.4-3. 破壊伝播の揺らぎによる影響

その他の震源パラメータ (2)

【破壊開始点の位置の違いの影響】
 破壊開始点が異なると、長周期地震動の伝播の様子が異なるため、
 * 破壊開始点
 が異なった場合の例についても試算する。

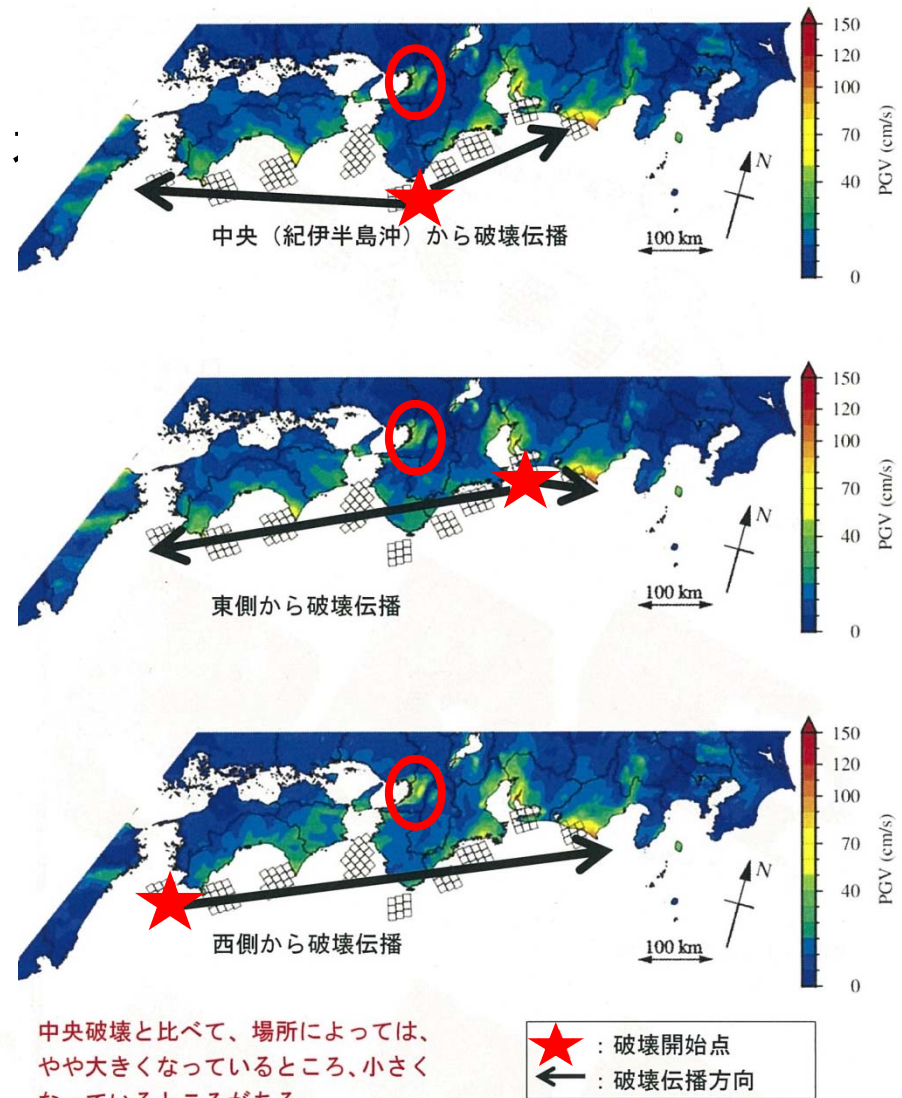
破壊開始点

- * 中央破壊 (紀伊半島沖)
- * 東破壊 (知多半島沖)
- * 西破壊 (足摺岬南西沖)

最大速度分布

※宝永地震で評価

図 2 7. 破壊開始点の違いによる影響



中央破壊と比べて、場所によっては、やや大きくなっているところ、小さくなっているところがある。

地下構造モデル

文科省 地震調査研究推進本部
より公開されている

全国一次地下構造モデル(暫定版)
(2012)

を基に、水平動(H)と上下動(V)の
周期ごとの振幅比(H/Vスペクトル)
に着目して地下構造モデルの点検
と一部修正を行った。

【修正を行った地域(〇)】

- * 首都圏
- * 中部圏
- * 四国地域

関西圏については修正は行われていない

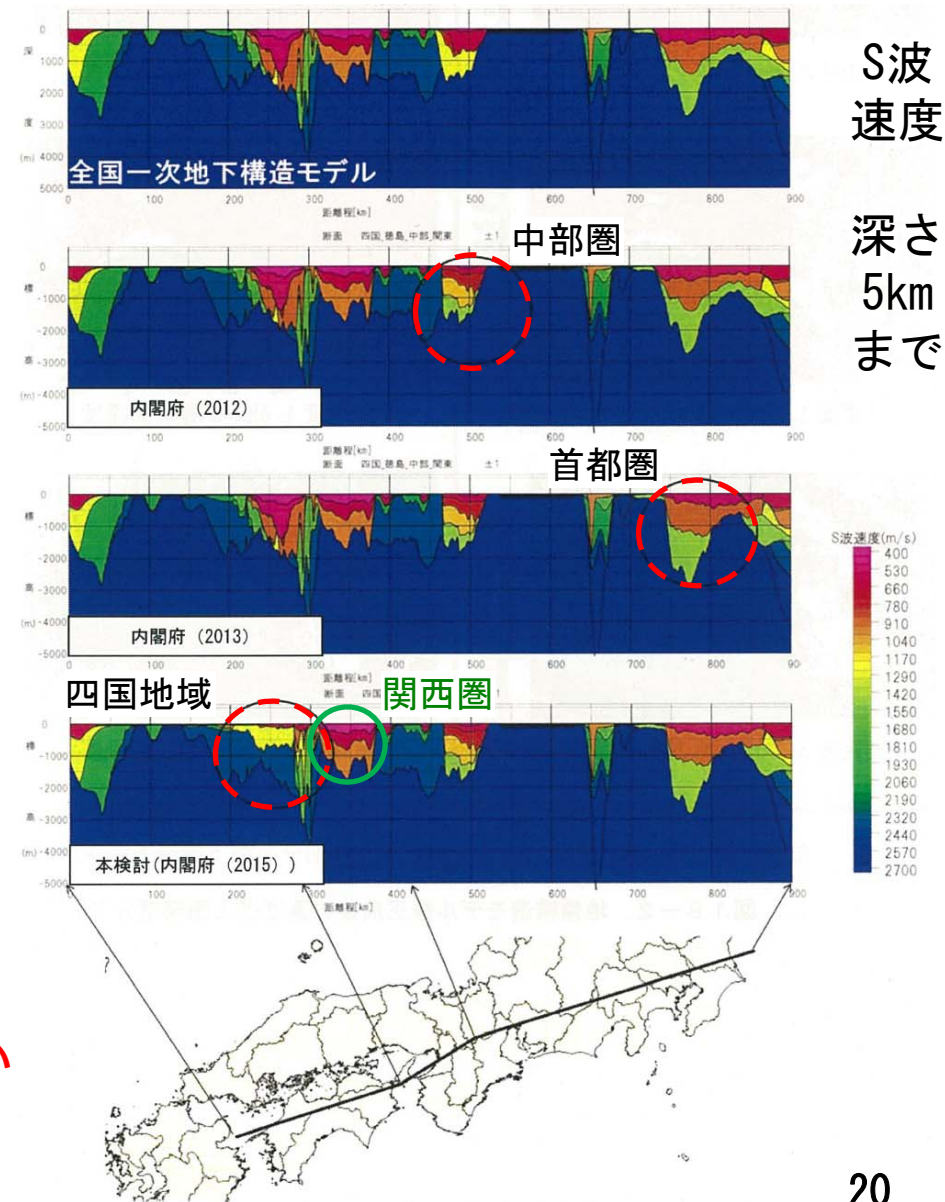


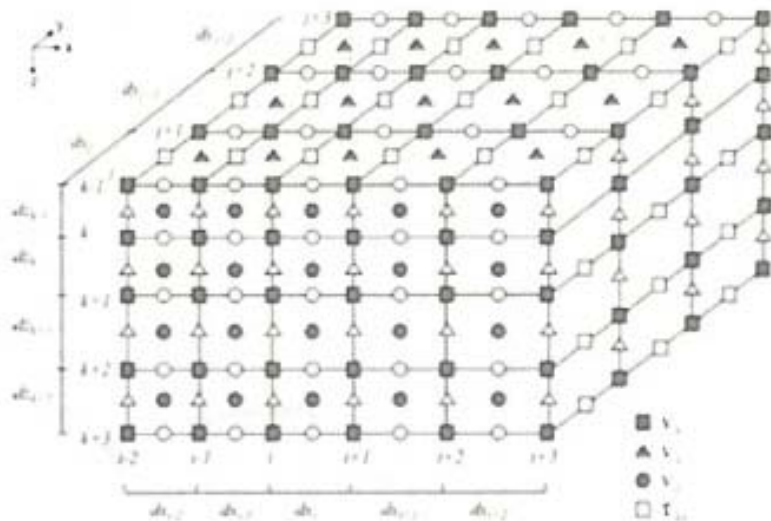
図19-1. 地盤構造モデルの断面図

地震動推計手法

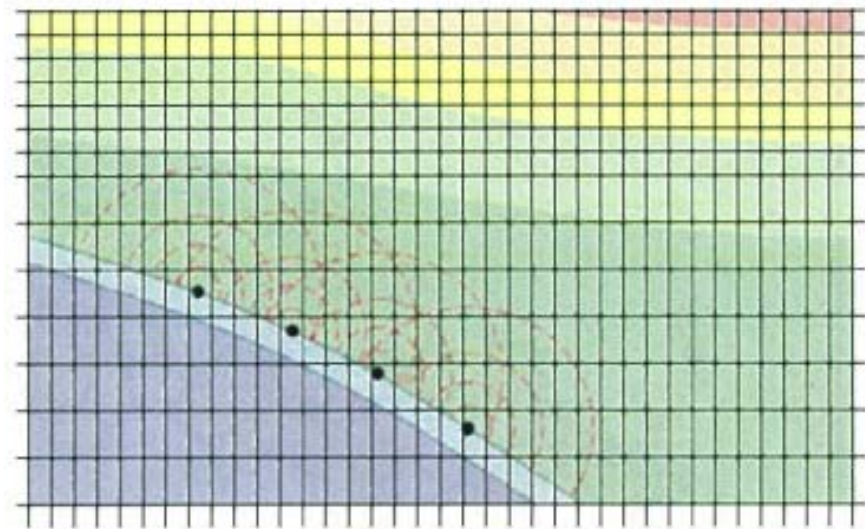
厚い堆積層などで増幅する表面波を含めた長周期地震動を推計するため、弾性体の運動方程式を逐次数値計算的に解くことで地震動を求める3次元差分法を用いる。

3次元差分法においては、地盤構造モデルを格子の集合体のモデルに置き換え、各格子の粒子速度と応力を逐次計算する。

対象周期：2～10秒程度



離散化した地盤構造



地震動推計結果と観測記録の比較

【3次元差分法による推計手法の妥当性の評価】

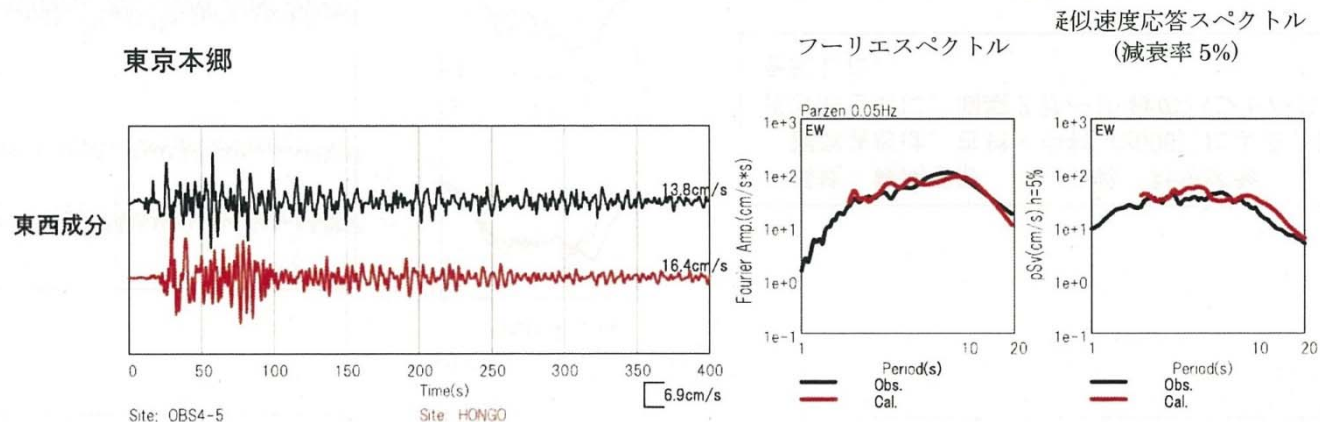
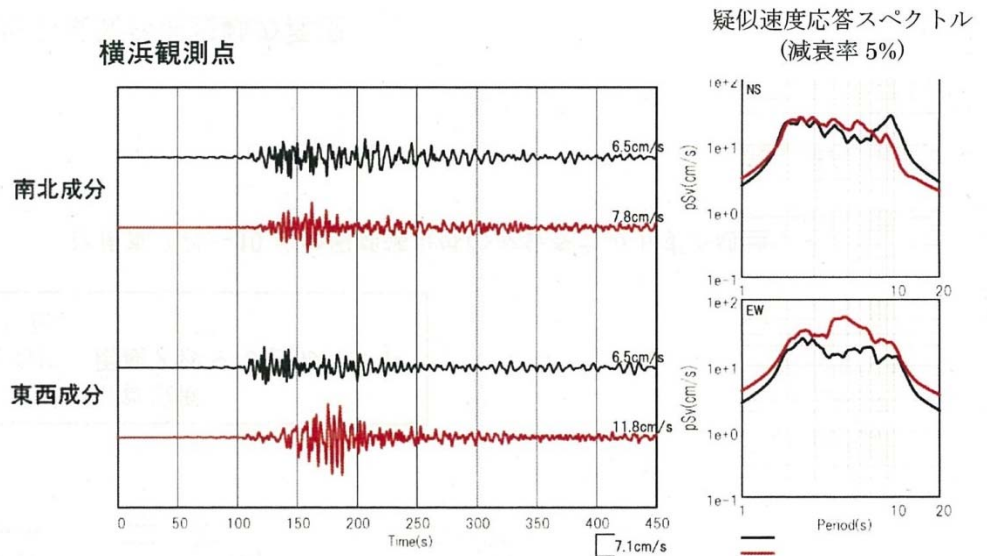
比較的記録が残っている

* 昭和東南海地震

* 大正関東地震[横田・他(1989)]

を対象として、観測記録と推計結果を比較した。

観測記録を概ね再現できることを確認した。



上: 昭和東南海地震
横浜

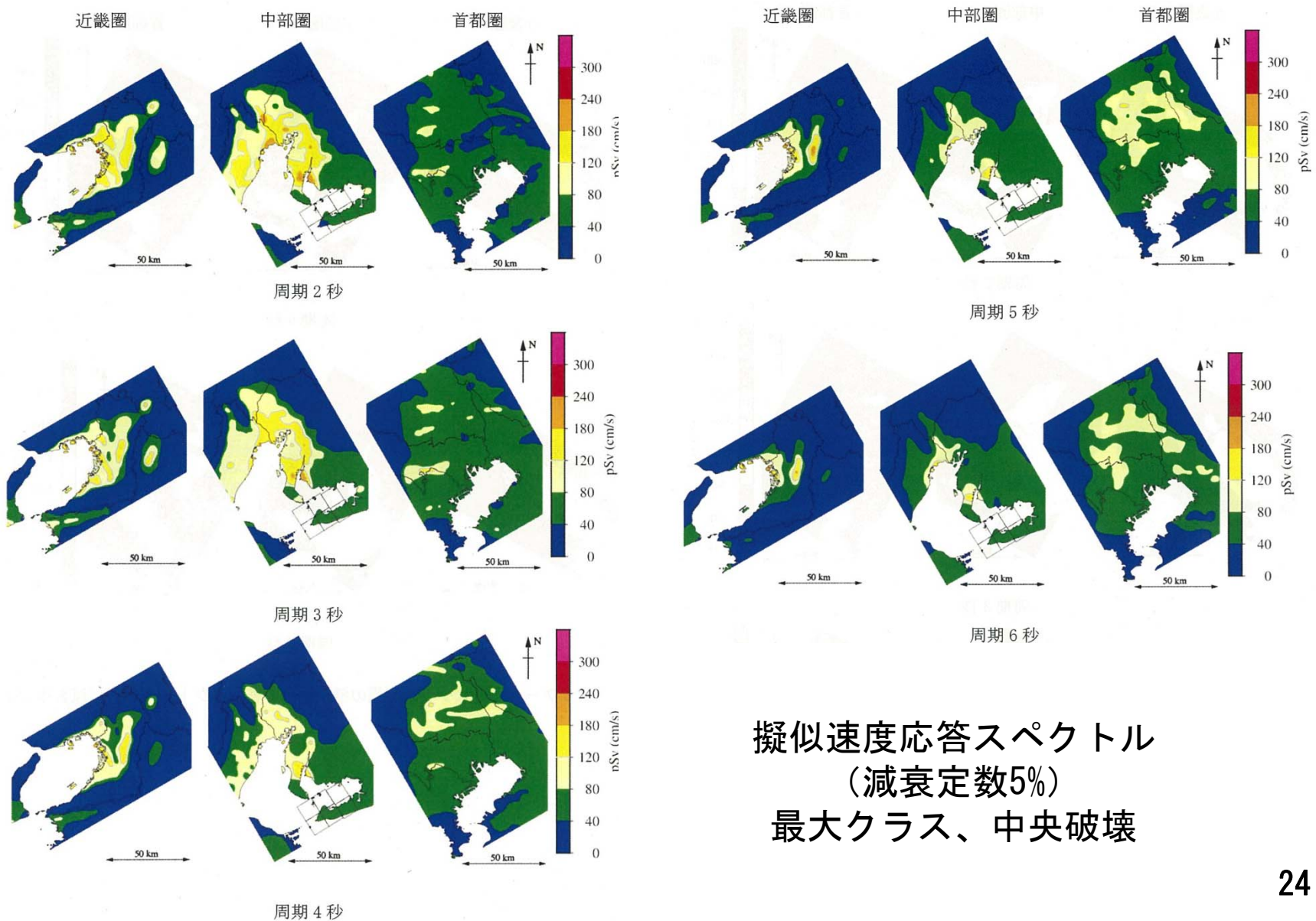
左: 大正関東地震
東京 本郷

黒: 観測、赤: 推計

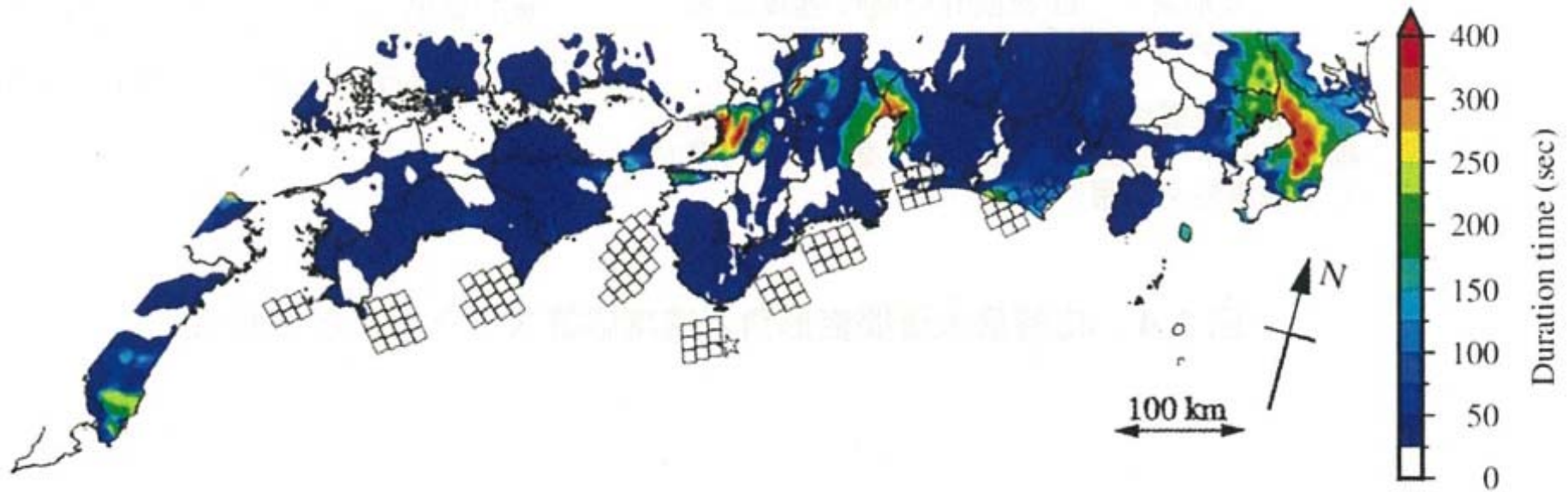
内閣府における検討の概要

手 法		3次元差分法
対象周期		2～10秒
震源モデル (最大クラス)	破壊領域	強震動生成域 (SMGA) のみ
	強震動生成域配置	過去5地震の震度分布を再現する位置を求め、それらを包絡する位置に配置する
	地震モーメント	5.1×10^{21} (N·m) (Mw:8.4)
	応力降下量 (SMGA)	30MPa
	破壊開始点	中央破壊, 西破壊, 東破壊の3通り
	破壊過程のばらつき	下記2つの方法の試算し, ①を採用 ①破壊伝播速度に揺らぎを与える方法 ②断層すべり量に揺らぎを与える方法 全60ケース 推計値および推計値のばらつきが平均的な範囲に収まる5通りをまず抽出し, さらにその5通りを平均化する
地下構造モデル	大局的モデル	推本 全国一次地下構造モデル(暫定版)(2012) 一部地域については修正
	大阪堆積盆地	上記に含まれている構造 [Kagawa et al. (2004)]
	地表面のせん断波速度	工学的基盤 (350～700m/sec)

結果(擬似速度応答スペクトル)



結果(継続時間)



最大クラスの地震

周期2~10秒のバンドパスフィルター処理後
速度値が5cm/s以上、かつPGA最大値の10%以上

留意事項

- ①本報告で行った長周期地震動の推定結果は想定される地震発生パターン
の一例に基づく結果であり、必ずしも次に発生する地震を特定したもの
ではない。
- ②その地域の概ねの揺れの程度を推定したものであって、特定の場所の揺
れを詳細に表現したものではない。
- ③長周期地震動を推計する際の注意点として、地震動の干渉によって強い
場所と弱い場所が交互に現れることがあげられ、その場所や範囲につい
ては、推計に用いる地盤構造モデルによって大きく変わる。
- ④個別の建築物への影響を評価する場合には、建築物の構造や立地場所の
地下構造など更なる詳細なデータに基づき評価することが必要となる。
- ⑤実際の地震では強震動生成域以外の背景領域からも微弱ではあるが地震
動が発生しており、長周期地震動の継続時間がより長くなることも考え
られる。

本報告の位置づけ

長周期地震動による超高層建築物等への影響は、個々の建築物の構造特性により大きく異なる。このため、具体的な長周期地震動対策については、本報告を参考にして、今後、関係省庁等において、詳細な検討が進められることを期待する。

【最大クラスの地震の位置づけ】

建築物の耐震対策における検討で対象とする地震は、一般的に、その使用期間や使用目的等を踏まえて検討される。この際、最大クラスの地震を対象とすることは、建築主及び設計者の判断に委ねられている。本検討における最大クラスの地震による長周期地震動の推計結果については、建造物の使用期間や使用目的等を踏まえて参考とされたい。

終了