

震度分布の検討状況について

1 第4次地震被害想定における対象地震

第4次地震被害想定では、駿河トラフ・南海トラフ沿いで発生する地震と相模トラフ沿いで発生する地震のそれぞれについて、レベル1（発生頻度が比較的高く、発生すれば大きな被害をもたらす地震）とレベル2（発生頻度は極めて低いが、発生すれば甚大な被害をもたらす、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの地震）の地震の震度分布を推計することとしている。

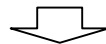
駿河トラフ・南海トラフ沿いで発生する地震については、レベル1の地震として東海・東南海・南海地震（1707年宝永地震、1854年安政東海地震、想定東海地震）、レベル2の地震として南海トラフ巨大地震を想定対象地震としている。

これまでレベル1の地震の検討は、中央防災会議(2003)の東海・東南海・南海地震の3連動地震の強震断層モデルを用いてきたが、この強震断層モデルについては、国による見直しが報道されている。

駿河トラフ・南海トラフ沿いのレベル1とレベル2の地震では、地震の規模や地震動の継続時間は異なるものの、本県に大きな影響を及ぼす震源域は共通しており、地震動の強さについては本質的に同じと考えられる。そのため、本想定レベル1の地震の検討は、中央防災会議(2003)モデルの見直しがなされるまで、内閣府(2012)の南海トラフ巨大地震の4つのケース（基本ケース、陸側ケース、東側ケース、西側ケース）のうち、中央防災会議の東海地震、東南海・南海地震の検討結果を参考に強震動生成域が設定されているとされる基本ケースにより行うものとする。（図1）。

今後、中央防災会議(2003)モデルの見直し結果が公表された場合には、公表内容を確認し、別途レベル1の地震動としての震度分布を検討する。

区分	レベル1の地震	レベル2の地震
駿河トラフ・南海トラフ沿いで発生する地震	東海・東南海・南海地震 (1707年宝永地震、1854年安政東海地震、想定東海地震) (中央防災会議(2003)モデル)	南海トラフ巨大地震 (内閣府(2012)モデル)
相模トラフ沿いで発生する地震	1923年大正型関東地震	1703年元禄型関東地震



区分	レベル1の地震	レベル2の地震
駿河トラフ・南海トラフ沿いで発生する地震	東海・東南海・南海地震 (1707年宝永地震、1854年安政東海地震、想定東海地震) (内閣府(2012)南海トラフ巨大地震の 基本ケース)	南海トラフ巨大地震 (内閣府(2012)の基本ケース、陸側ケース、東側ケース)
相模トラフ沿いで発生する地震	1923年大正型関東地震	1703年元禄型関東地震

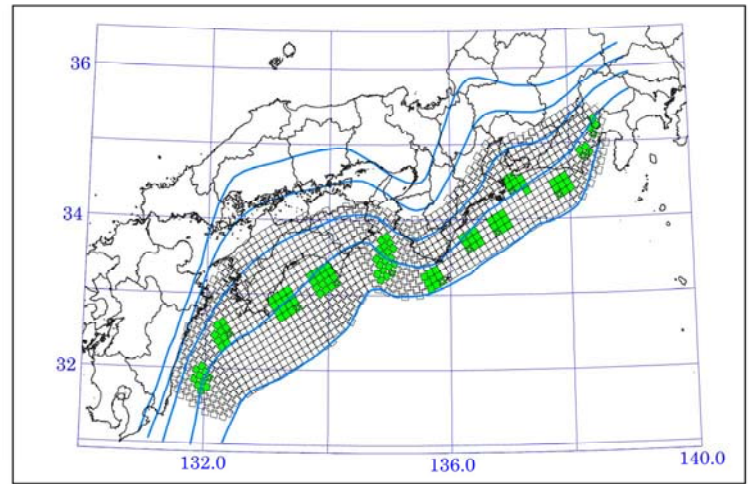
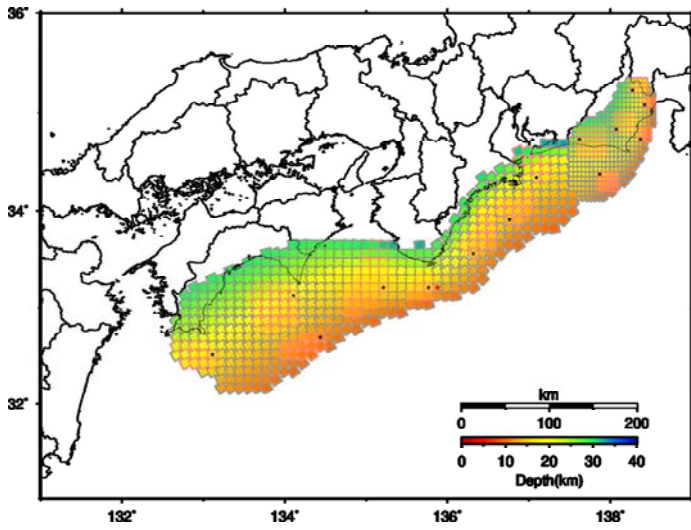


図 強震動生成域の設定の検討ケース(基本ケース)

図1 東海+東南海+南海地震の3連動地震と南海トラフ巨大地震（基本ケース）の震源断層モデル
（左：3連動地震、右：南海トラフ巨大地震）

2 地盤モデルの修正

地盤モデルについては、内閣府(2012)の地盤モデルを基にボーリングデータの追加や地盤調査結果の反映等により詳細化を図った静岡県版の地盤モデルの構築を行っている。前回の分科会以降、谷埋堆積物に代表されていた一部の丘陵部の見直し、山地部における風化部の見直しを行い、モデルの修正を行っている(図2)。

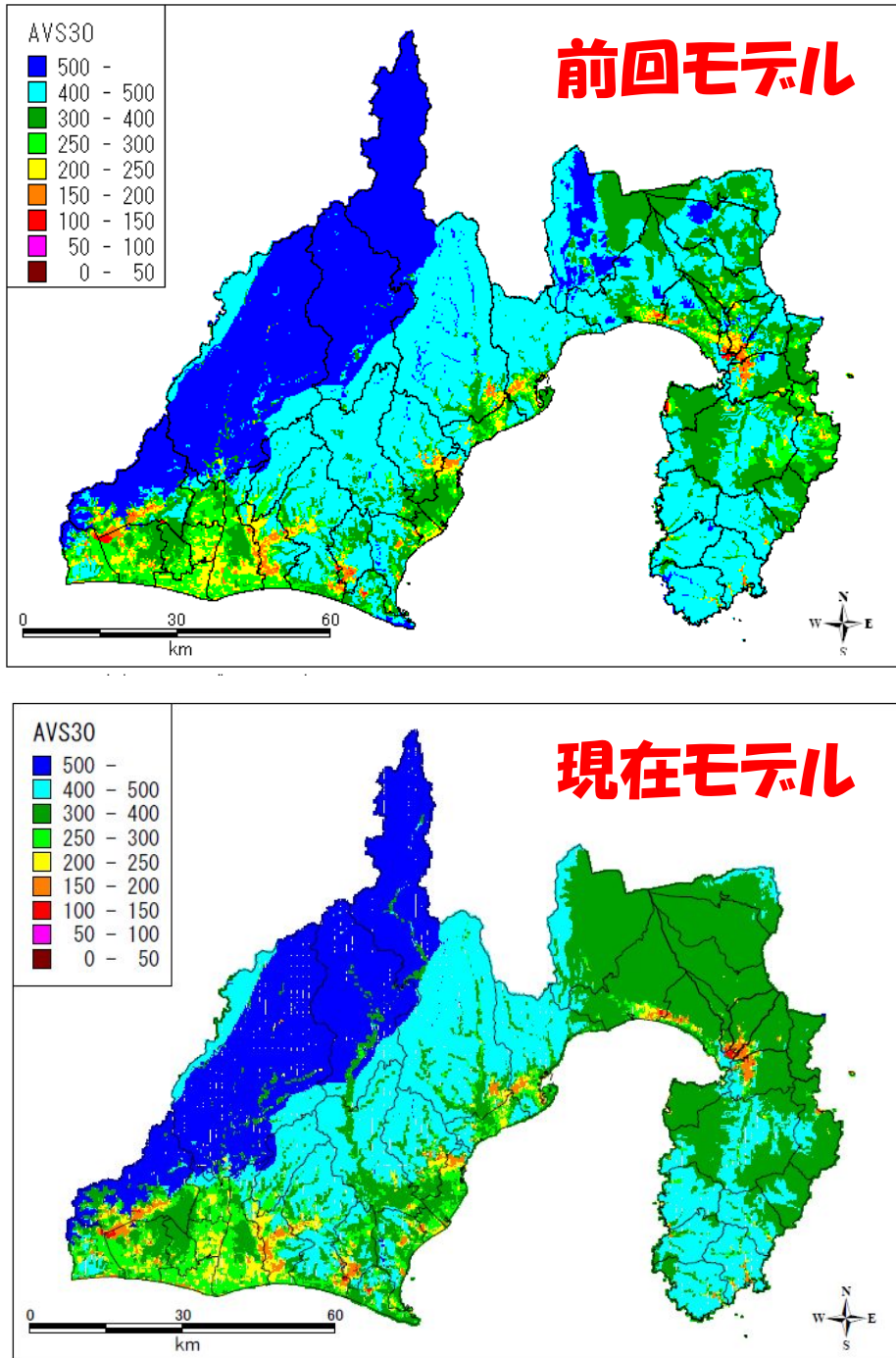


図2 前回分科会(3月15日時点)と現在の地盤モデル(AVS30)の比較
(上: 前回(3月15日時点)モデル、下: 現在モデル)

3 震度分布の検討

(1) 駿河トラフ・南海トラフ沿いで発生する地震

内閣府(2012)による南海トラフ巨大地震の各ケース(図3)について、修正後の地盤モデルを用いて震度分布の再計算(線形計算及び非線形計算)を行った。

震度分布図(図4-1~図4-4)を見ると、県内の震度分布は各ケースの強震動生成域の配置で大きく変わることがわかる。

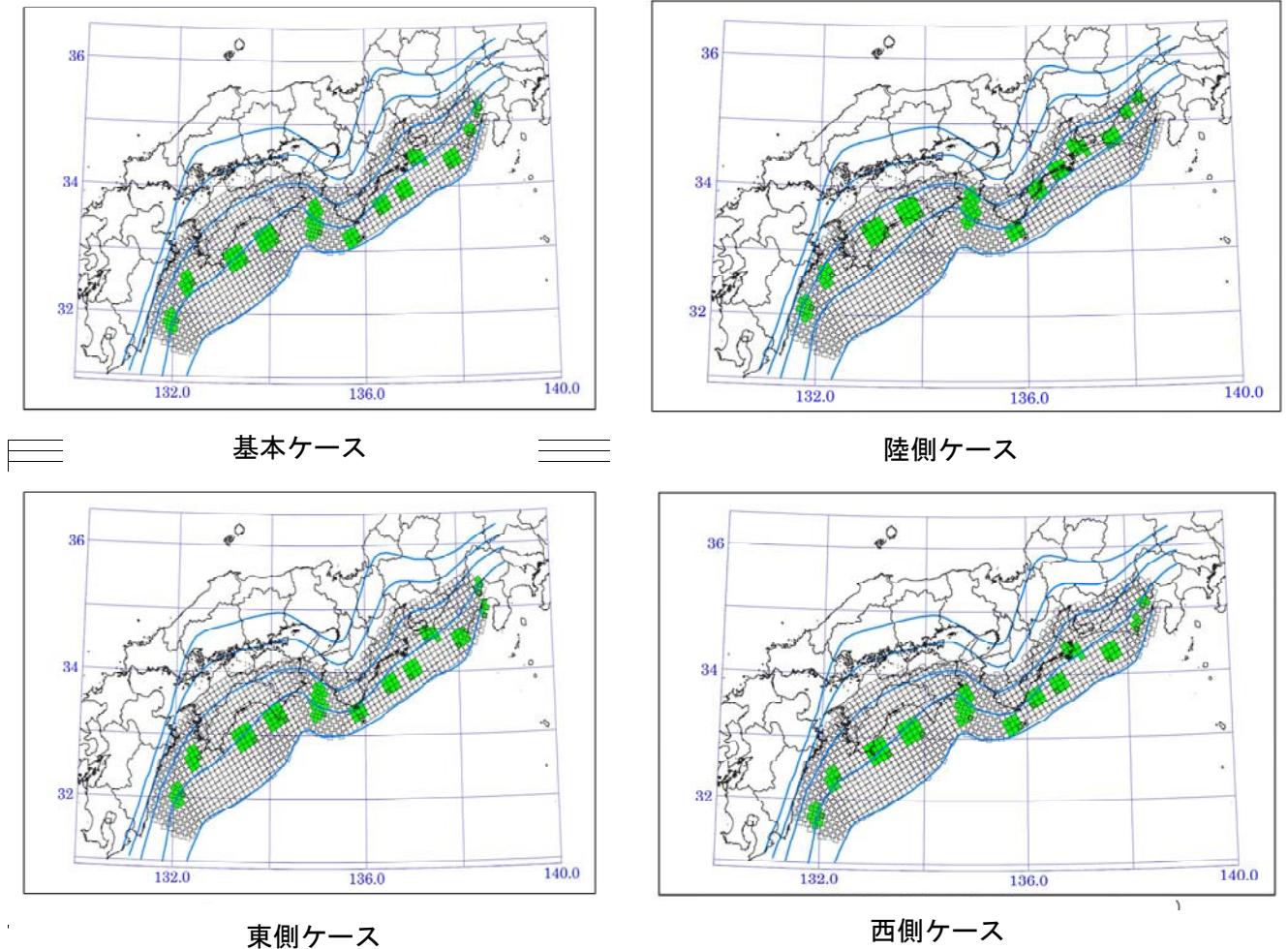
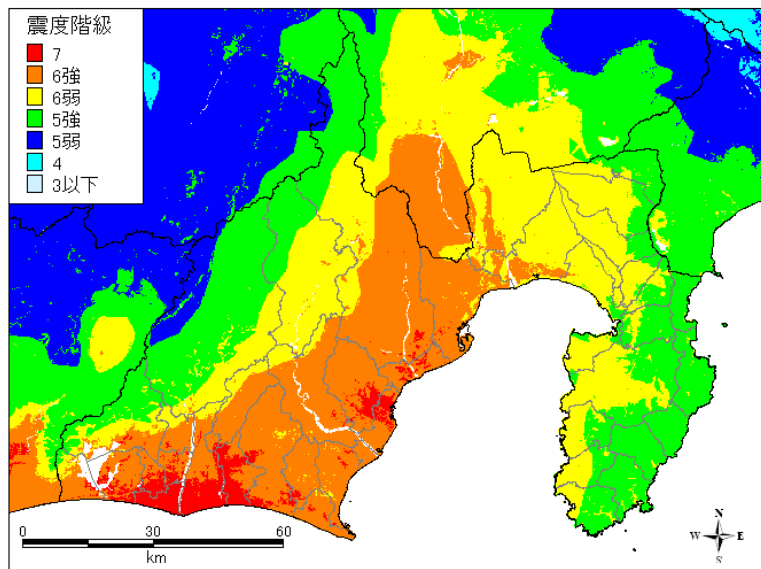


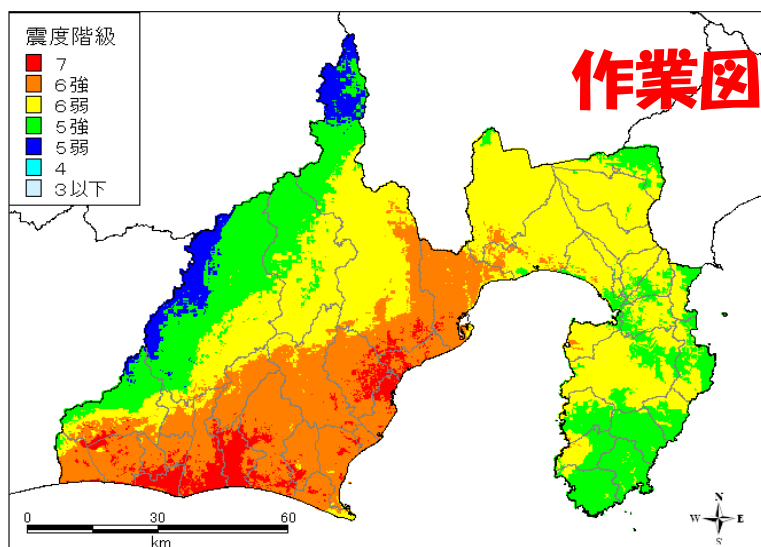
図3 南海トラフ巨大地震の強震断層モデル(内閣府(2012))

レベル2(基本ケース) 地表震度

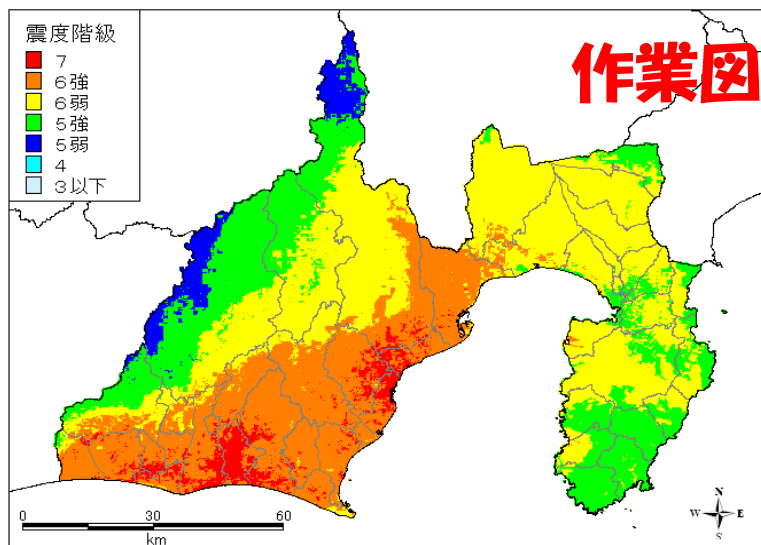


内閣府(2012)

レベル2(基本ケース) 地表震度



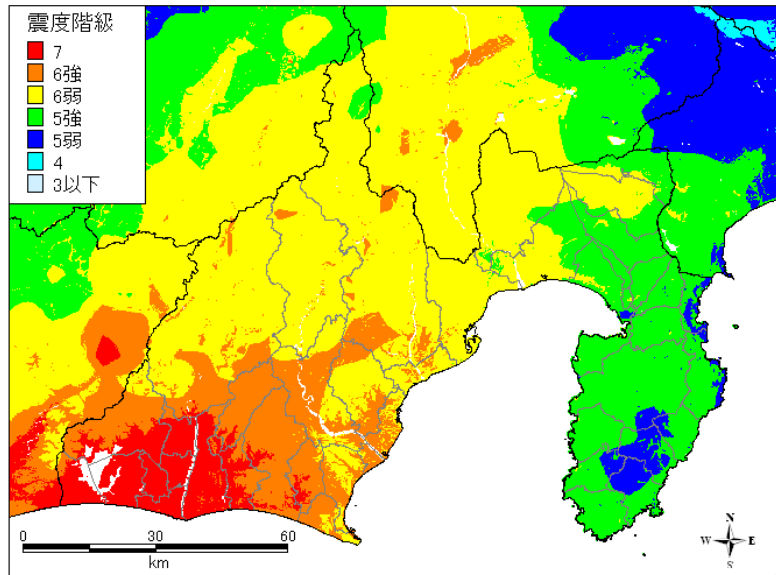
線形



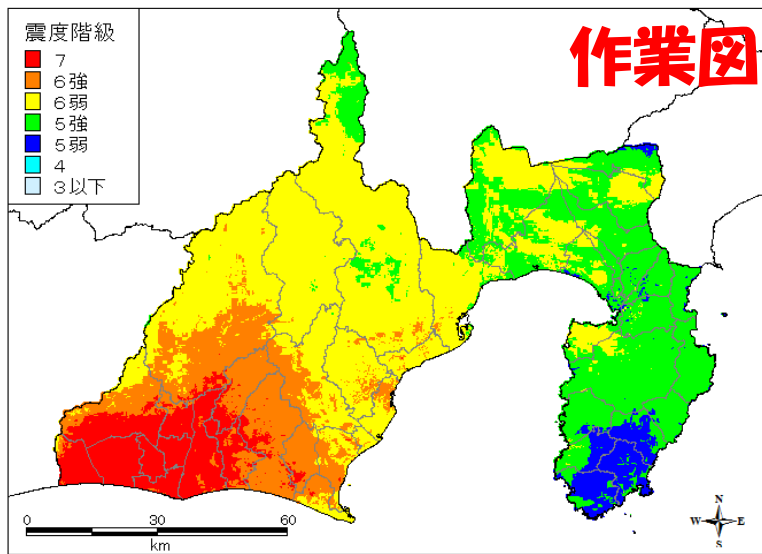
非線形

図 4-1 南海トラフ巨大地震の想定震度分布図 (基本ケース: 作業図)
 上: 内閣府 (2012) 公表資料 中: 線形計算によるもの 下: 非線形計算によるもの

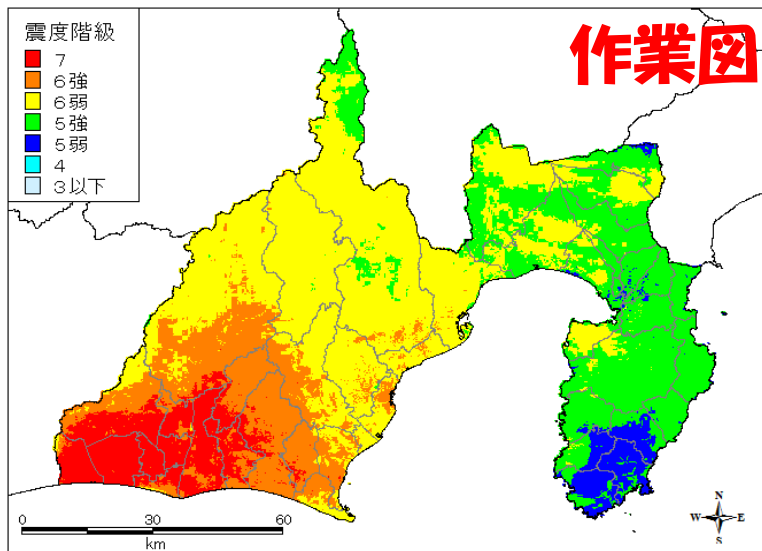
レベル2(陸側ケース) 地表震度



内閣府(2012)



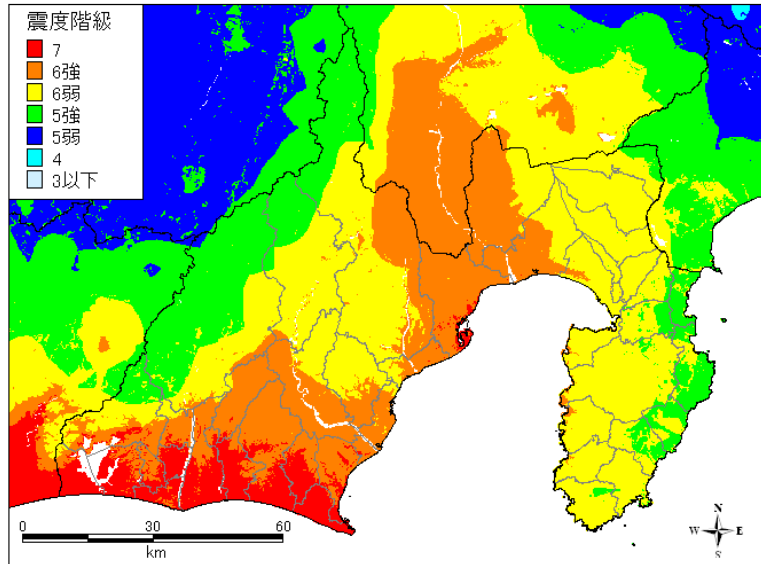
線形



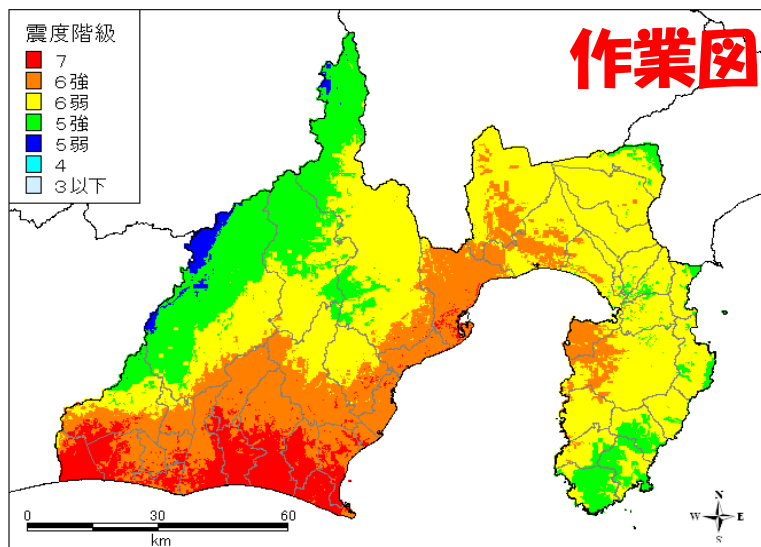
非線形

図 4-2 南海トラフ巨大地震の想定震度分布図 (陸側ケース: 作業図)
 上: 内閣府 (2012) 公表資料 中: 線形計算によるもの 下: 非線形計算によるもの

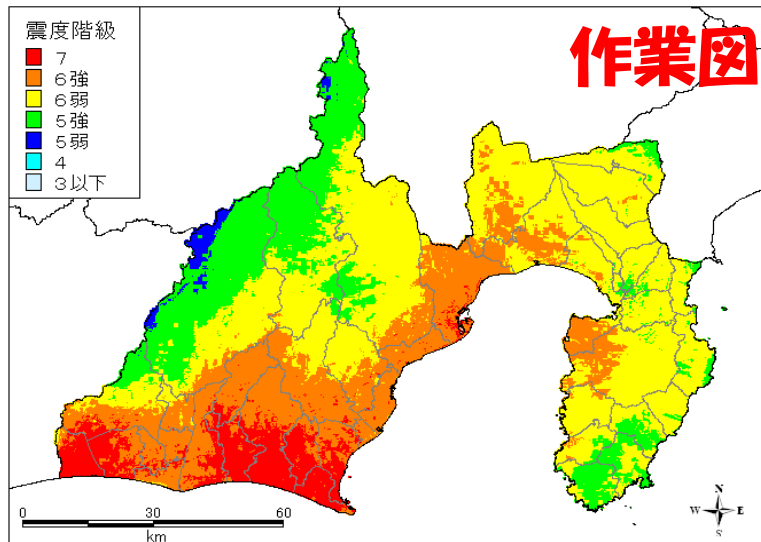
レベル2(東側ケース) 地表震度



内閣府(2012)



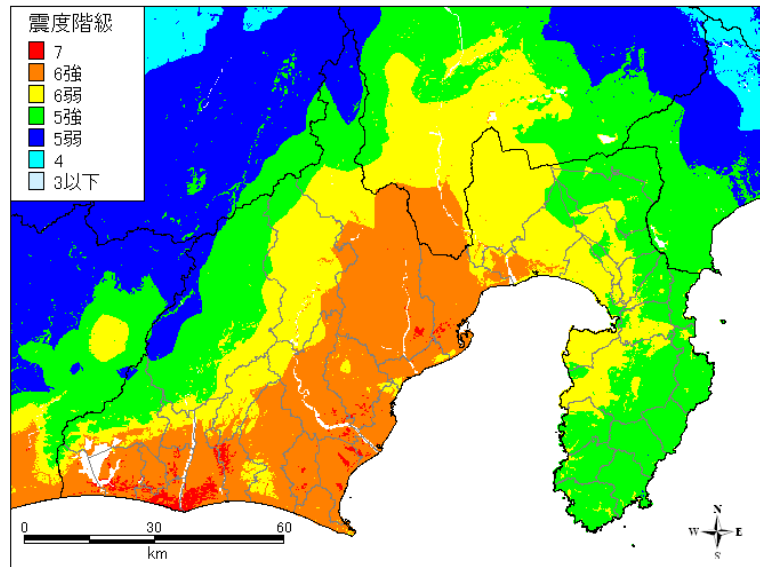
線形



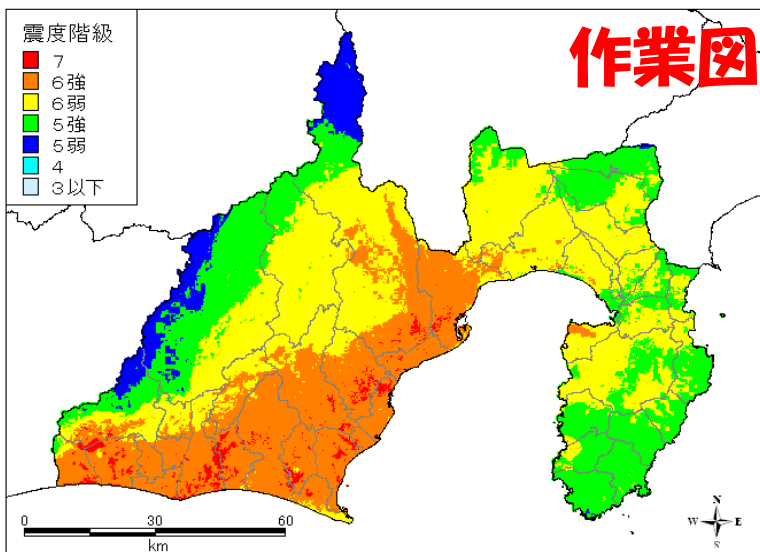
非線形

図4-3 南海トラフ巨大地震の想定震度分布図(東側ケース:作業図)
 上:内閣府(2012)公表資料 中:線形計算によるもの 下:非線形計算によるもの

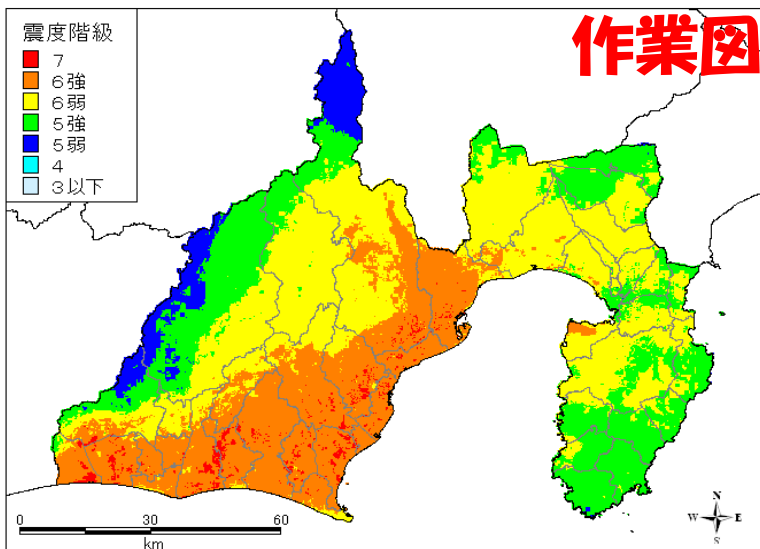
レベル2(西側ケース) 地表震度



内閣府(2012)



線形



非線形

図 4-4 南海トラフ巨大地震の想定震度分布図 (西側ケース: 作業図)
 上: 内閣府 (2012) 公表資料 中: 線形計算によるもの 下: 非線形計算によるもの

<補足資料：応答計算方法の相違による影響>

上記の線形計算と非線形計算結果による地表計測震度の値の差分を図5に示す。天竜川、狩野川などの流域の沖積低地では、非線形計算結果が線形計算結果をやや下回っている（最大で震度差-0.9）が、顕著な相違はない。そこで、人的・物的被害等に用いる震度分布については、より地盤の非線形性を反映していて、施設の耐震性評価等にも有効とされる非線形計算による震度分布を用いることとする。

レベル2(基本ケース) 震度差(非線形-線形)

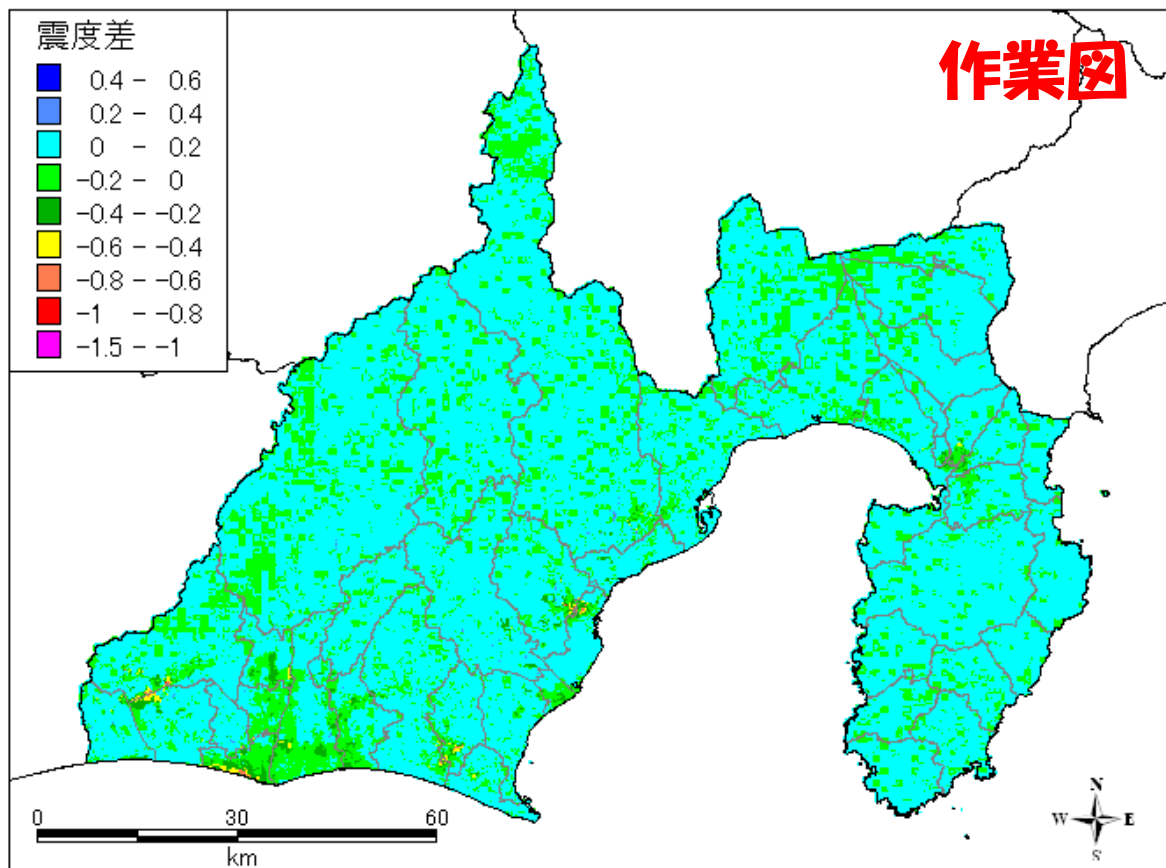


図5 応答計算方法の相違による震度差の分布(非線形-線形/基本ケース)

(2) 相模トラフ沿いで発生する地震

相模トラフ沿いで発生する地震として、静岡県内での地震動による被害が大きい元禄型関東地震 (Mw8.2) と大正型関東地震 (Mw8.1) に相当する震源の断層モデルを設定する。

これらの相当する既往の震源モデルとして、最新の知見を反映している行谷ほか (2011) のモデル、神奈川県や東京都の被害想定調査で採用されている強震断層モデルについて検討した。

1) レベル1の地震 (大正型関東地震)

神奈川県(2009)の被害想定調査では、Sato et al(2005)によるインバージョン結果 (図6) を基に震源モデルを構築している (図7)。

オリジナルの神奈川県(2009)モデルを用いた地震動の計算結果では、静岡県で予測される揺れは、諸井・武村 (2002) (図8) の推定震度分布に比べてやや小さめであった (前回分科会にて報告)。そこで、今回、神奈川県(2009)モデルのMwを8.0に大きくしたモデルを作成した。このモデルによる静岡県で予測される揺れは、神奈川県(2009)モデルによるものより諸井・武村 (2002) の推定震度分布に近いものとなっている。よって、このモデルを大正型関東地震の震源モデル (表1、図9) とする。

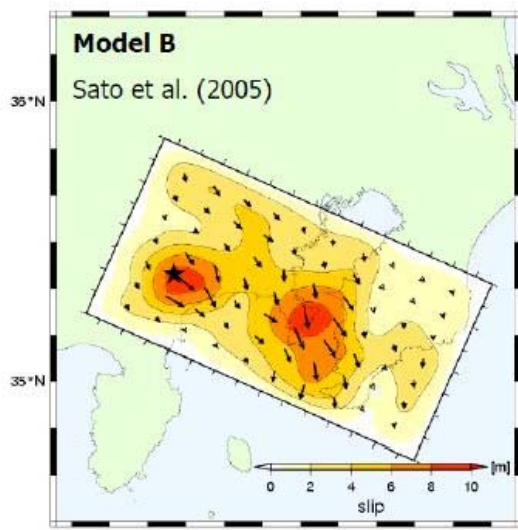


図6 Sato et al. (2005)による
1923年大正関東地震の震源
インバージョン結果

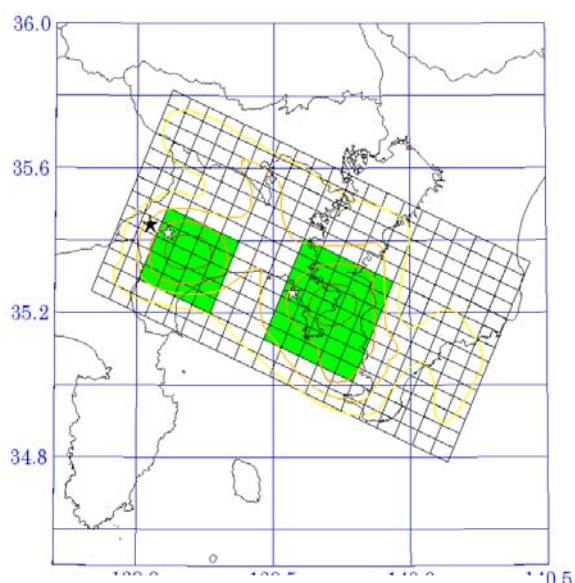


図7 南関東地震の震源モデル
(神奈川県(2009))

表 1 大正型関東地震の震源断層パラメータ (左: 神奈川県 (2009) モデル、右: 静岡県による改変後のモデル)

項目	数値	備考
緯度(°)	34.7861	
経度(°)	140.1360	
上端深さ(km)	3.76	Sato et al.(2005)
走向θ(°)	294	
傾斜角δ(°)	16	
すべり角λ(°)	143	Sato et al.(2005)のすべり分布から平均して求めた値
長さL(km)	130	
幅W(km)	70	Kanamori(1971)
面積S(km ²)	9100	S=LW
平均すべり量D(m)	3.64	D=M ₀ /μ/S
地震モーメントM ₀ (Nm)	9.94E+20	Sato et al.(2005)
モーメントマグニチュードM _w	7.93	logM ₀ =1.5M _w +9.1 [Kanamori(1977)]
高周波断層周波数f _{max} (Hz)	6.0	鶴久・他(1997)、兵庫県南部地震の解析値
S波速度Vs(km/s)	3.7	笠原(1985)
平均密度ρ(g/cm ³)	2.9	Ludwig et al.(1970)
剛性率μ(N/m ²)	3.00E+10	Sato et al.(2005)
平均応力降下量Δσ(MPa)	2.8	Δσ=7π ^{1.5} /16×M ₀ /S ^{1.5}
破壊伝播速度V _f (km/s)	2.6	Sato et al.(2005)
全リアスライベ	地震モーメントM _{0a} (Nm) 総面積S ₀ (km ²) 平均すべり量D _a (m)	M _{0a} =μD _a S ₀ Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値 D _a =2.01D [Somerville(1999)]
アスベリ1	地震モーメントM _{0a1} (Nm) 総面積S _{a1} (km ²) すべり量D _{a1} (m)	M _{0a1} =M _{0a} S _{a1} ^{1.5} /ΣS _{a1} ^{1.5} Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値 D _{a1} =M _{0a1} /μ/S _{a1}
アスベリ2	地震モーメントM _{0a2} (Nm) 総面積S _{a2} (km ²) すべり量D _{a2} (m)	M _{0a2} =M _{0a} S _{a2} ^{1.5} /ΣS _{a2} ^{1.5} Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値 D _{a2} =M _{0a2} /μ/S _{a2}
アスベリ1+2	地震モーメントM _{0a} (Nm) 総面積S ₀ (km ²) すべり量D ₀ (m)	M _{0a} =M _{0a1} +M _{0a2} Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値 D ₀ =M _{0a} /μ/S ₀
背景領域	地震モーメントM _{0b} (Nm) 総面積S _b (km ²) すべり量D _b (m) 応力降下量Δσ _b (MPa) ライズタイムT _{0b} (s)	M _{0b} =M ₀ -M _{0a} S _b =S-S _a D _b =M _{0b} /μ/S _b Δσ _b =7π ^{1.5} /16×M _{0b} /S _b ^{1.5} T _{0b} =aW ₀ /V _r α=0.25~0.6 [片岡(2003)]よりα=0.25とした
全リアスライベ	地震モーメントM _{0b} (Nm) 総面積S _b (km ²) 平均すべり量D _b (m)	M _{0b} =μD _b S _b Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値 D _b =2.01D [Somerville(1999)]
アスベリ1	地震モーメントM _{0b1} (Nm) 総面積S _{b1} (km ²) すべり量D _{b1} (m)	M _{0b1} =M _{0b} S _{b1} ^{1.5} /ΣS _{b1} ^{1.5} Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値 D _{b1} =M _{0b1} /μ/S _{b1}
アスベリ2	地震モーメントM _{0b2} (Nm) 総面積S _{b2} (km ²) すべり量D _{b2} (m)	M _{0b2} =M _{0b} S _{b2} ^{1.5} /ΣS _{b2} ^{1.5} Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値 D _{b2} =M _{0b2} /μ/S _{b2}
アスベリ1+2	地震モーメントM _{0b} (Nm) 総面積S _b (km ²) すべり量D _b (m)	M _{0b} =M _{0b1} +M _{0b2} Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値 D _b =M _{0b} /μ/S _b
背景領域	地震モーメントM _{0c} (Nm) 総面積S _c (km ²) すべり量D _c (m) 応力降下量Δσ _c (MPa) ライズタイムT _{0c} (s)	M _{0c} =M ₀ -M _{0a} -M _{0b} S _c =S-S _a -S _b D _c =M _{0c} /μ/S _c Δσ _c =7π ^{1.5} /16×M _{0c} /S _c ^{1.5} T _{0c} =aW ₀ /V _r α=0.25~0.6 [片岡(2003)]よりα=0.25とした

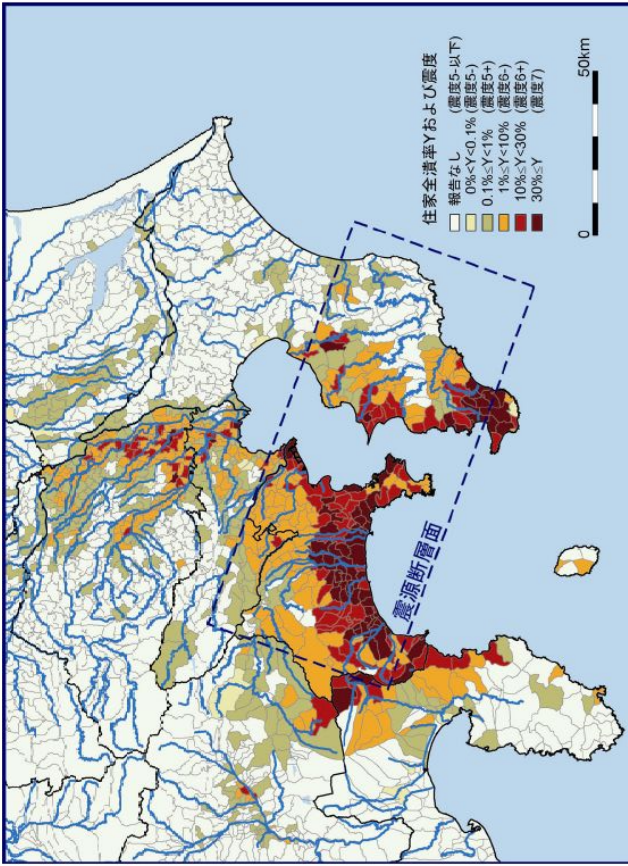


図8 諸井・武村(2002)による大正関東地震の推定震度分布

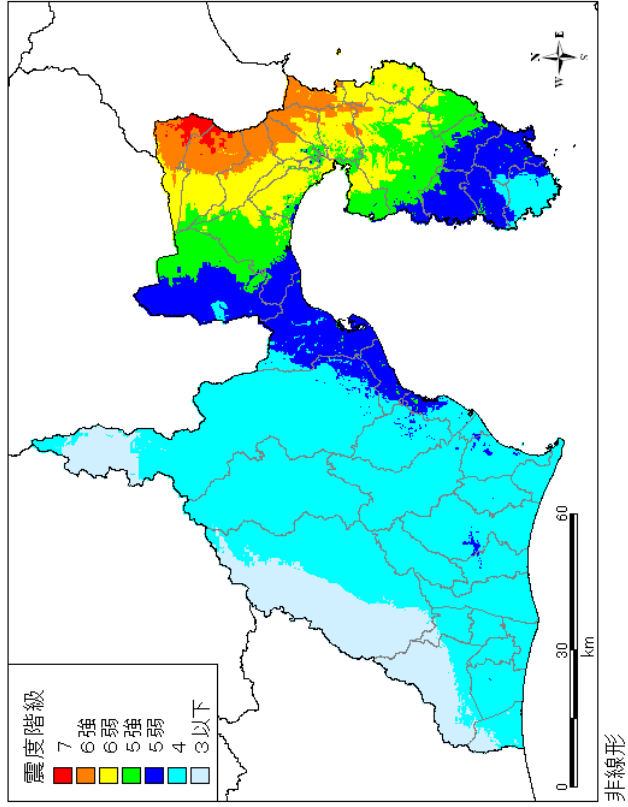
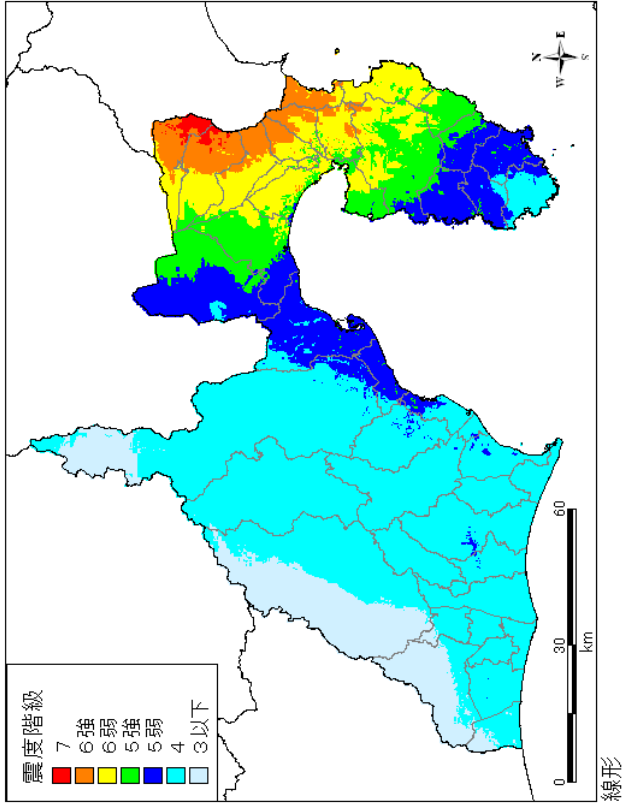


図9 大正型関東地震の推定震度分布(作業図)
(上:線形計算 下:非線形計算)

2) レベル2の地震（元禄型関東地震）

元禄型関東地震については、その震度分布の情報の精度が期待できないこと、今までに得られているデータでは、震度分布が大正地震と類似していることなどから、東京都(2012)では大正地震の震源モデルを基にしている。東京都(2012)モデルでは、元禄地震に関する最近の研究成果である行谷ほか(2011)によるすべり量分布モデルを参照して、神奈川県(2009)と同様に Sato et al(2005)によるインバージョン結果(図6)を基に震源モデルを構築している。このモデルでは、大正地震モデルでは背景領域であった房総半島南部にアスペリティを追加している(行谷ほか(2011)において、房総地域におけるすべり量が8m以上と解析されている小断層をアスペリティと解釈)(図10)。

今回、東京都(2012)モデルから房総半島東方沖のアスペリティを除いたもの(Mw8.05≒8.1)を元禄関東地震相当の震源モデルとする(表2、図11)。

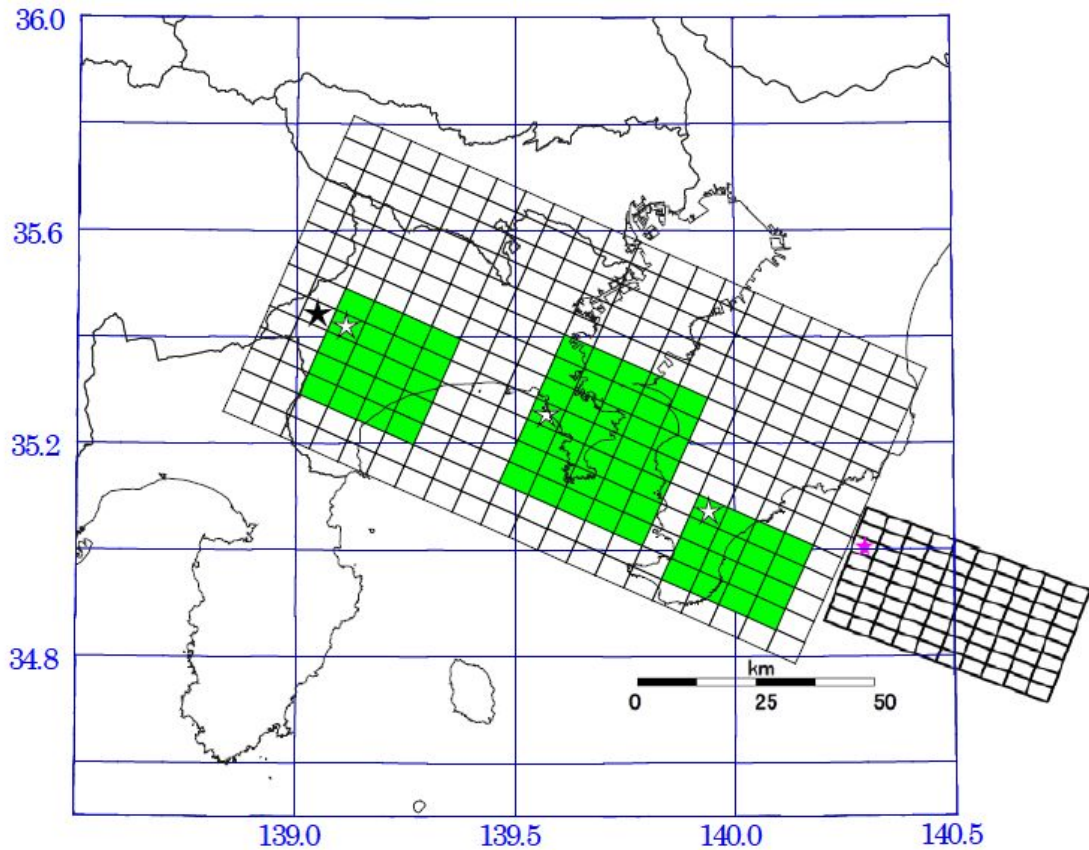
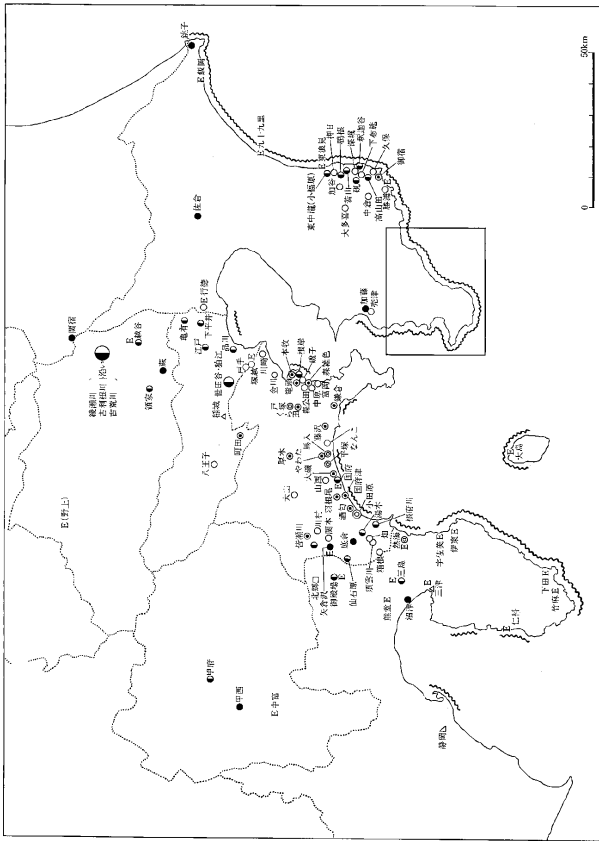


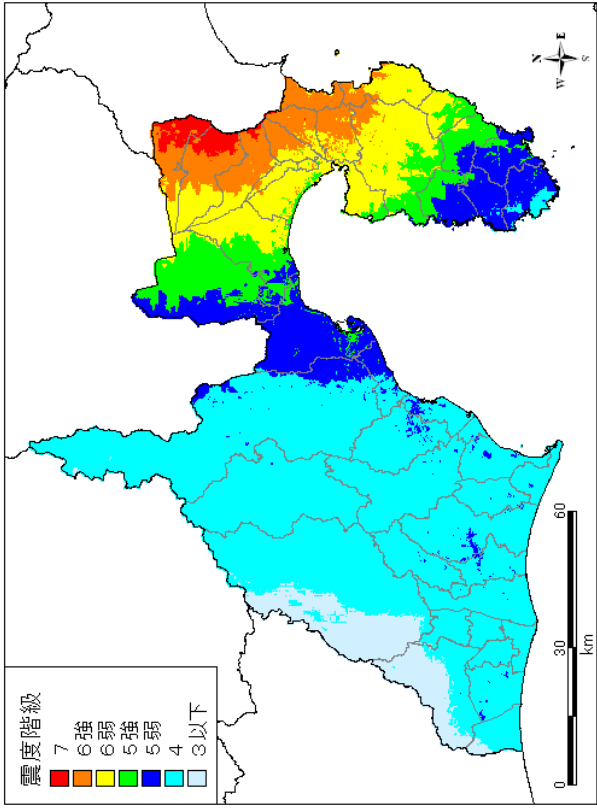
図10 元禄関東地震の震源モデル（東京都）

表2 元禄型関東地震の震源断層パラメータ (左: 東京都 (2012) モデル、右: 静岡県による改変後のモデル)

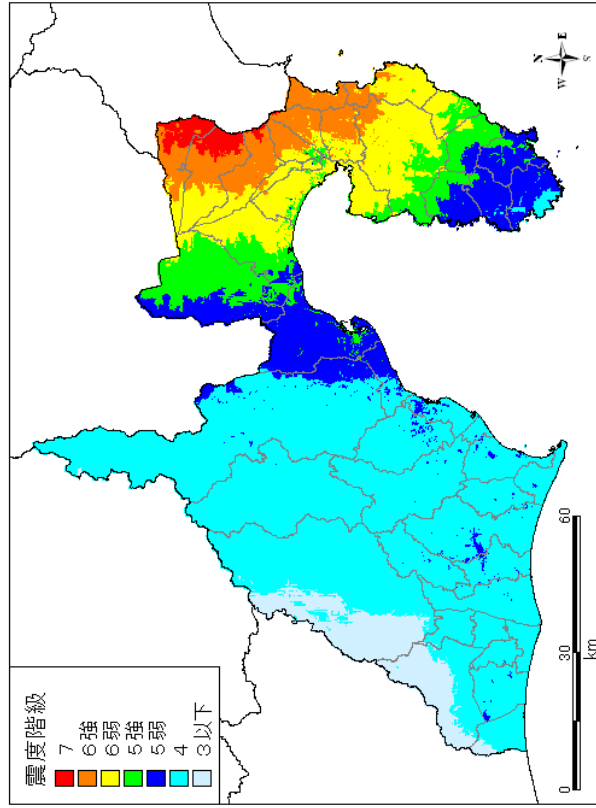
項目	数値	備考
緯度(°)	34.7861	
経度(°)	140.1360	
上端深さ(km)	3.76	Sato et al.(2005), 行谷ほか(2011)
走向(°)	294	
傾斜角δ(°)	16	
すべり角λ(°)	143	Sato et al.(2005)のすべり分布から平均して求めた値
長さL(km)	130	
幅W(km)	70	Kanamori(1971)
面積S(km ²)	9100	S=LW
平均すべり量D(m)	5.49	D=M ₀ /μ/S
地震モーメントM ₀ (Nm)	1.50E+21	Sato et al.(2005)
モーメントマグニチュードM _w	8.1	logM ₀ =1.5M _w +9.1 [Kanamori(1977)]
高周波断層波数f _{max} (Hz)	6.0	鶴久・他(1997)、兵庫県南部地震の解析値
S波速度V _s (km/s)	3.7	笠原(1985)
平均密度ρ(g/cm ³)	2.9	Ludwig et al.(1970)
剛性率μ(N/m ²)	3.00E+10	Sato et al.(2005)
平均応力降下量Δσ(MPa)	4.2	Δσ=7π ^{1/2} /16×M ₀ /S ^{1/2}
破壊伝播速度V(km/s)	2.6	Sato et al.(2005)
全リテスライ	7.65E+20	M ₀ =μD _s S ₀
地震モーメントM ₀ (Nm)	2307.5	Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値
総面積S ₀ (km ²)	11.04	D _s =2.01D [Somerville(1999)]
平均すべり量D _s (m)	4.39E+20	M ₀ =M ₀ S ₀ ^{1/2} /ΣS _{0i} ^{1/2}
地震モーメントM ₀ (Nm)	1137.5	Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値
総面積S ₀ (km ²)	12.87	D _s =M ₀ /μ/S _{0i}
すべり量D _s (m)	27.9	Δσ _s =7π ^{1/2} /16×M ₀ /S _{0i} ^{1/2}
応力降下量Δσ _s (MPa)	6.73	T _{rad} =αW ₀ /Vr α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした
レイズタイムΔT _{rad} (s)	1.90E+20	M ₀ =M ₀ S ₀ ^{1/2} /ΣS _{0i} ^{1/2}
地震モーメントM ₀ (Nm)	650	Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値
総面積S ₀ (km ²)	9.73	D _s =M ₀ /μ/S _{0i}
すべり量D _s (m)	27.9	Δσ _s =7π ^{1/2} /16×M ₀ /S _{0i} ^{1/2}
応力降下量Δσ _s (MPa)	4.81	T _{rad} =αW ₀ /Vr α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした
レイズタイムΔT _{rad} (s)	1.36E+20	M ₀ =M ₀ S ₀ ^{1/2} /ΣS _{0i} ^{1/2}
地震モーメントM ₀ (Nm)	520	Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値
総面積S ₀ (km ²)	8.70	D _s =M ₀ /μ/S _{0i}
すべり量D _s (m)	27.9	Δσ _s =7π ^{1/2} /16×M ₀ /S _{0i} ^{1/2}
応力降下量Δσ _s (MPa)	3.85	T _{rad} =αW ₀ /Vr α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした
レイズタイムΔT _{rad} (s)	6.20E+20	M ₀ =M ₀ S ₀ ^{1/2} /ΣS _{0i} ^{1/2}
地震モーメントM ₀ (Nm)	1500	行谷ほか(2011)
総面積S ₀ (km ²)	12	D _s =M ₀ /μ/S _{0i} V _s =3.5 ρ 2.8(純粋のS波速度と密度の平均)
すべり量D _s (m)	26.0	Δσ _s =7π ^{1/2} /16×M ₀ /S _{0i} ^{1/2}
応力降下量Δσ _s (MPa)	5.77	T _{rad} =αW ₀ /Vr α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした
レイズタイムΔT _{rad} (s)	7.35E+20	M ₀ =M ₀ S ₀ ^{1/2} /ΣS _{0i} ^{1/2}
地震モーメントM ₀ (Nm)	6792.5	S ₀ =S ₀
総面積S ₀ (km ²)	3.61	D _s =M ₀ /μ/S _{0i}
すべり量D _s (m)	3.2	Δσ _s =7π ^{1/2} /16×M ₀ /S _{0i} ^{1/2}
応力降下量Δσ _s (MPa)	13.46	T _{rad} =αW ₀ /Vr α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした
レイズタイムΔT _{rad} (s)		
背景領域		



(参考図) 元禄関東地震の震度分布
 (出典：日本被害地震総覧；宇佐美, 1987)



線形



非線形

図 11 元禄型関東地震の震度分布 (作業図)
 (上：線形計算 下：非線形計算)