

3. 事業の成果

3.1. 南海トラフ地震の多様な震源モデルの調査・作成

(1) 事業の内容

(a) 事業の題目

南海トラフ地震の多様な震源モデルの調査・作成

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	部門長	藤原 広行
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	森川 信之
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	前田 宜浩
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	契約研究員	岩城 麻子

(c) 事業の目的

南海トラフで発生するマグニチュード8級の地震を対象とした長周期地震動ハザードマップ作成のための震源モデルを作成する。

(2) 事業の成果

(a) 事業の要約

地震調査研究推進本部（以下、地震本部）による「南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）について」において示されている震源域の例に従い、過去の「長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」において設定されたマグニチュード8級の地震を対象とし、様々なアスペリティおよび破壊開始点位置を考慮した多数の震源モデル（計60以上）に対して、Iwaki et al. (2016) の方法（パラメータ）により破壊伝播速度、すべり量、すべり角の不均質性を付与した震源モデルを作成した。

「東海」域と「南海」域が同時に活動することによりマグニチュード9級となる地震に対して、上記のマグニチュード8級の地震と同様の手法により破壊不均質性を付与した複数の震源モデルを試作した。破壊不均質性を付与しない震源モデルによる長周期地震動シミュレーション結果との比較を周期2～10秒で行い、マグニチュード9級の地震に対する破壊不均質性付与の効果を確認した。

(b) 事業の成果

1) マグニチュード8級の地震の震源モデル

「南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）」（地震調査委員会、2013）では、図 3.1-1 に示される領域区分に基づいた図 3.1-2 の 15 通りの発生様式および震源域が示されている。このうち、「東海」域と「南海」域においてマグニチュード8級の地震が別々に発生する様式は4通りであり、震源域は「東海」と「南海」それぞれ2通りずつとなっている。本検討では、「東海」と「南海」が別々の4通りの震源域に、「東海」と「南海」の浅部のみが同時に活動する地震（Mw8.4）の地震を追加した5通りの震源域で発生する地震を対象と

した。これらの震源域に関して、平成 25 年度長周期地震動予測地図作成等支援事業（文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所、2014）において図 3.1-3 に示されるアスペリティ（強震動生成域）および破壊開始点位置の不確かさを考慮した検討が行われている。その中では、地震調査委員会の強震動予測手法（「レシピ」）の考え方に基づいた震源モデルが設定されている（表 3.1-1）ものの、破壊過程の不均質性が付与されていなかった。そこで、これらの震源モデルに対して相模トラフ巨大地震を対象とした長周期地震動評価 2016 年試作版（地震調査委員会、2016）で採用されている、Iwaki et al. (2016) の検討に基づく破壊伝播速度等の不均質性（表 3.1-2）の付与を行った。さらに、長周期地震動評価 2016 年試作版の考え方に基いて、破壊開始点位置を図 3.1-1 で区分されている領域内の中央付近とするケースを追加した。結果として、表 3.1-3 に示す 112 ケースの震源モデルを作成した。不均質性の付与にあたっては一様分布に従う乱数を用いた。このとき、各ケースで用いる乱数を代えている。

それぞれの震源モデルについて、防災科学技術研究所から公開されている地震動シミュレーター-GMS（青井・他、2004）で使用する形式のファイルを作成した。

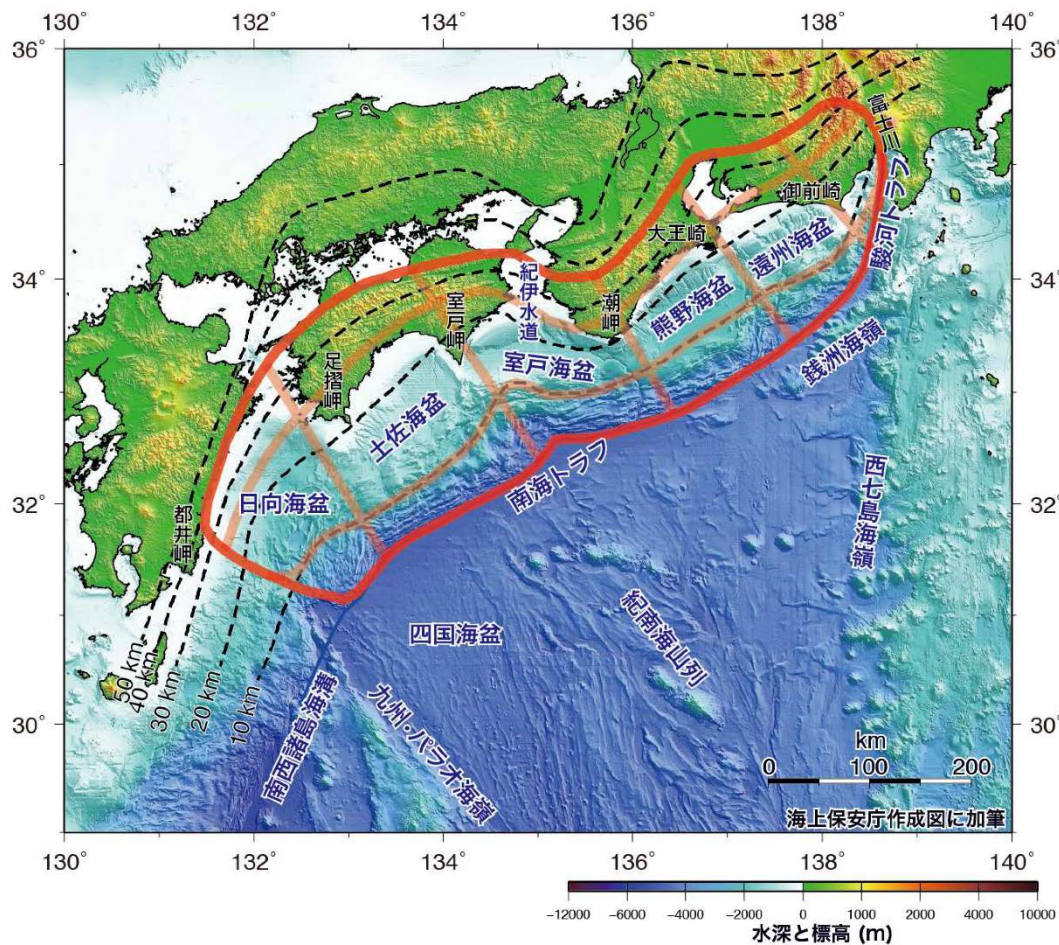


図 3.1-1 長期評価における南海トラフの評価対象（地震調査委員会、2013 より）。

	深さ	推定破壊域					スケーリング則から 推定されるMw	
		Z	A	B	C	D		E
東海・南海地 域が連動する パターン	浅部							8.8
	中部							
	深部							
	浅部							9.0*1
	中部							
	深部							
	浅部							9.0
	中部							
	深部							
	浅部							9.1*2
	中部							
	深部							
	浅部							8.7
	中部							
	深部							
	浅部							8.9
	中部							
	深部							
浅部							8.8	
中部								
深部								
浅部							9.0	
中部								
深部								
浅部							8.7	
中部								
深部								
浅部							8.9	
中部								
深部								
浅部							8.4	
中部								
深部								
東海・南海地 域の2地震が 時間差をおい て発生するパ ターン	浅部							8.7, 8.3
	中部							
	深部							
	浅部							8.5, 8.3
	中部							
	深部							
	浅部							8.7, 8.2
	中部							
深部								
浅部							8.5, 8.2	
中部								
深部								

*1: 内閣府(2011) 強震動計算モデル

*2: 内閣府(2011) 津波計算モデル

図 3.1-2 長期評価において例示されている南海トラフ地震の発生様式（地震調査委員会、2013より）。

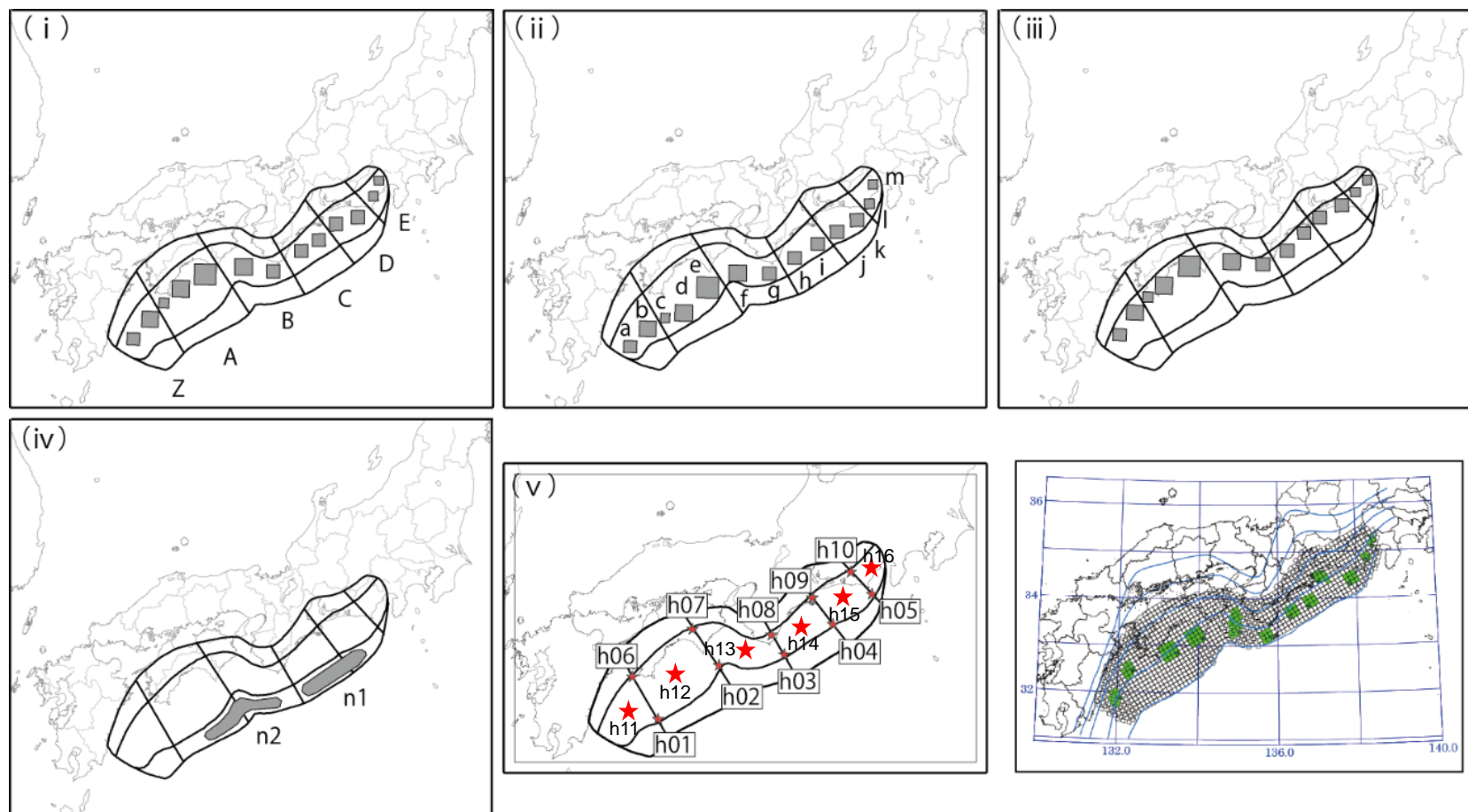


図 3.1-3 本検討で設定したアスペリティ（強震動生成域； i ～ iv）および破壊開始点位置（ v ）（文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所， 2014 に基づく）。

表 3.1-1 本検討で対象とした地震の震源パラメータ（文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所，2014 に基づく）。

ケース名		SO010	SF010	AS010	TS010	AO100
地震モーメント[Nm]		3.5×10^{21}	5.0×10^{21}	8.9×10^{21}	1.3×10^{22}	5.9×10^{21}
モーメントマグニチュード		8.3	8.4	8.6	8.7	8.4
平均応力降下量 [MPa]		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
平均すべり量 [m]		4.3	4.9	5.9	6.7	5.1
アスペリティ実効応力 [MPa]		15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
h	面積 [km ²]	970	970	1,050	1,050	—
g	すべり量 [m]	9.3	11.2	10.1	12.0	—
i	面積 [km ²]	960	960	1,670	1,670	—
f	すべり量 [m]	9.3	11.1	12.0	12.7	—
j	面積 [km ²]	1,030	1,030	2,540	2,540	—
e	すべり量 [m]	9.6	11.5	15.7	18.7	—
k	面積 [km ²]	1,040	1,040	1,650	1,650	—
d	すべり量 [m]	9.7	11.5	12.6	15.1	—
l	面積 [km ²]	—	550	540	540	—
c	すべり量 [m]	—	8.4	7.2	8.6	—
m	面積 [km ²]	—	540	—	1,430	—
b	すべり量 [m]	—	8.3	—	14.0	—
n	面積 [km ²]	—	—	—	900	5,710
a	すべり量 [m]	—	—	—	11.1	11.3
背景	面積 [km ²]	16,020	20,370	29,800	39,120	22,830
	すべり量 [m]	3.0	3.4	4.1	4.7	3.6
	実効応力 [MPa]	1.5	1.3	1.5	1.2	3.0

※ケース名と震源域との対応は表 3.1-3 を、a～n は図 3.1-3 (ii, iv) を参照

表 3.1-2 震源モデル付与した破壊過程の不均質性（地震調査委員会，2016 に基づく）。

パラメータ	考慮するゆらぎ（不均質性）の範囲
すべり量の不均質性	$\pm 0.5 D_{ave}$ (D_{ave} は平均すべり量)
破壊伝播速度の不均質性	$\pm 400 \text{m/s}$
すべり角の不均質性	± 45 度

表 3.1-3 本検討で作成したマグニチュード 8 級の地震の 112 震源モデル。

ケース名	震源域 図 3.1-3 参照	破壊開始点位置	アスペリティ (強震動生成域)	ケース数
SO010	CD 中部	8	3	24
SF010	C～E 中部	9	3	27
AS010	AB 中部	8	3	24
TS010	Z～B 中部	9	3	27
AO100	A～D 浅部	5	2	10

2) マグニチュード9級の地震の震源モデル

「東海」域と「南海」域が同時に活動するマグニチュード9級のうち、「最大クラスの地震 (Mw9.0)」に対してマグニチュード8級と同様の破壊過程の不均質性 (表 3.1-2) を付与した震源モデルを2通り作成した。震源パラメータを表 3.1-4 に示す。アスペリティの配置は「中部」領域内の浅い方 (図 3.1-3 (ii)) とした。なお、表 3.1-2 に示されたパラメータの数値はマグニチュード8級の地震に対する妥当性は検証されている (Iwaki et al., 2016) もの、マグニチュード9級の地震に対しては未検証であるため、ここでのマグニチュード9級の地震の震源モデル化および長周期地震動シミュレーションはあくまでパラメータスタディとして実施するものである。

この震源モデルを用いて三次元有限差分法による地震動シミュレーションを行った。計算条件については、3.3節と同じとした。濃尾平野における周期5秒および10秒の速度応答スペクトル分布を図 3.1-4 に、破壊過程の不均質性が平成25年度長周期地震動予測地図作成等支援事業による結果を図 3.1-5 に示す。両者はほぼ同程度か本検討の方がやや大きい結果となっている。マグニチュード9級の地震においてもマグニチュード8級の地震同じモデル化手法であれば同程度の影響が現れると考えられる。

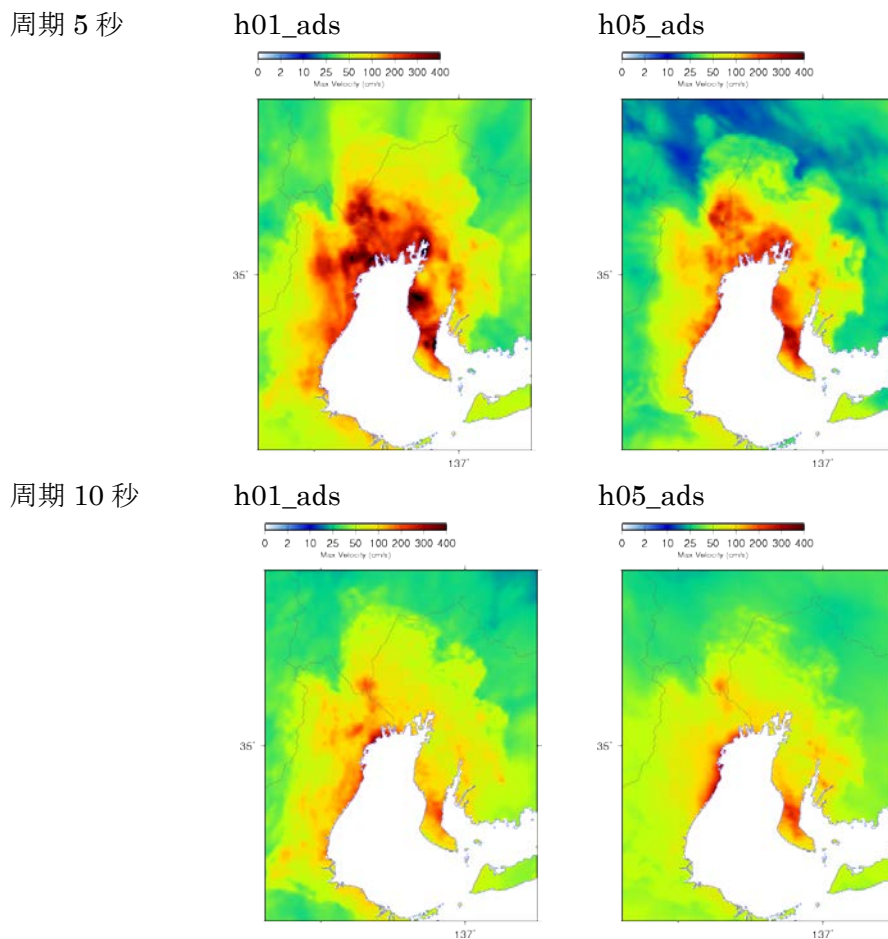


図 3.1-4 本検討での試算による工学的基盤上での速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%)。

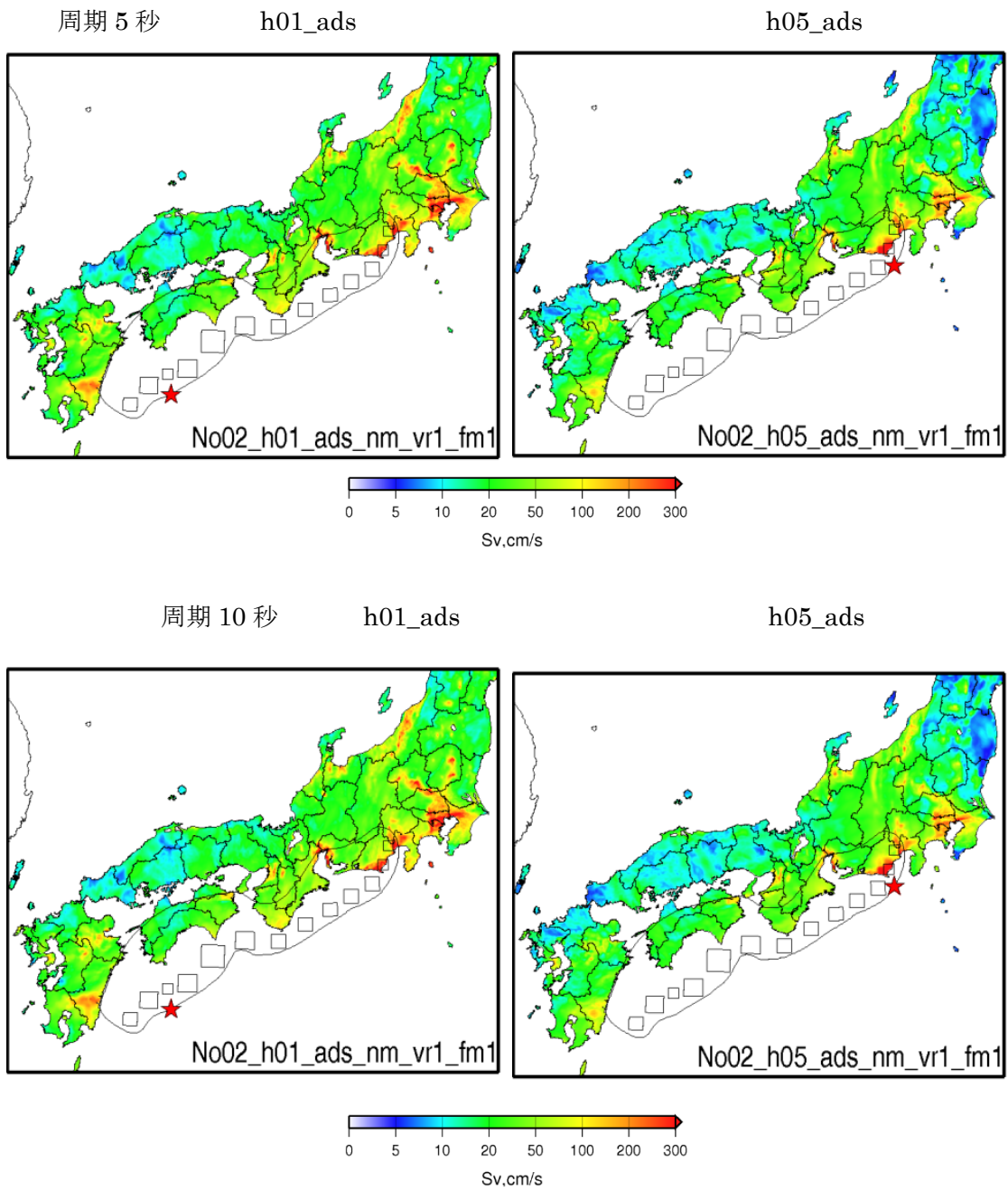


図 3.1-5 平成 25 年長周期地震動予測地図作成等支援事業における同じ震源タイプの速度
 応答スペクトル分布（減衰定数 5%）。

表 3.1-4 本検討で対象としたマグニチュード 9 級の地震の震源パラメータ文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所，2014 に基づく。

地震モーメント [Nm]		4.5×10 ²²			
モーメントマグニチュード		9.0			
平均応力低下量 [MPa]		3.0			
平均すべり量 [m]		10.1			
アスペリティ実効応力 [MPa]		22.3			
a	面積 [km ²]	900	h	面積 [km ²]	970
	すべり量 [m]	18.3		すべり量 [m]	19.0
b	面積 [km ²]	1,430	i	面積 [km ²]	960
	すべり量 [m]	23.1		すべり量 [m]	18.9
c	面積 [km ²]	540	j	面積 [km ²]	1,030
	すべり量 [m]	14.2		すべり量 [m]	19.6
d	面積 [km ²]	1,650	k	面積 [km ²]	1,040
	すべり量 [m]	24.8		すべり量 [m]	19.7
e	面積 [km ²]	2,540	l	面積 [km ²]	550
	すべり量 [m]	30.7		すべり量 [m]	14.3
f	面積 [km ²]	1,670	m	面積 [km ²]	540
	すべり量 [m]	24.9		すべり量 [m]	14.2
g	面積 [km ²]	1,050			
	すべり量 [m]	19.8			
背景	面積 [km ²]	95,610			
	すべり量 [m]	8.2			
	実効応力 [MPa]	1.3			

※a～n は図 3.1-3 (ii, iv) を参照

(c) 結論ならびに今後の課題

南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）で例示されている震源域のうち、「東海」域と「南海」域が別々に活動する地震として示されている 4 通りの震源域に、両領域の浅部のみが活動する地震の 5 通りの震源域を対象として、アスペリティ（強震動生成域）および破壊開始点の不確かさを考慮し、さらに Iwaki et al. (2016) に従ってすべり量、破壊伝播速度、すべり角に関する不均質性を付与した 112 ケースの震源モデルを作成した。

また、マグニチュード 9 級の南海トラフの「最大クラス」の地震を対象としてマグニチュード 8 級の地震と同じ破壊過程（すべり量、破壊伝播速度、すべり角）の不均質性を付与した 2 ケースの震源モデルを作成した。

マグニチュード 9 級の地震に対する本検討の方法、値による不均質性付与の妥当性は検証できていない。ただし、検証対象となり得る強震動記録が得られている地震は平成 23 年東北地方太平洋沖地震のみであるが、震源モデルの検証を行うためには周期 2～3 秒まで検証された震源域（海域）を含む地下構造モデルも必要である点に留意が必要である。

(d) 引用文献

Iwaki, A., T. Maeda, N. Morikawa, S. Aoi and H. Fujiwara (2013): Kinematic source models for long-period ground motion simulations of megathrust earthquakes: validation against ground motion data for the 2003 Tokachi-oki earthquake, *Earth Planets Space*, 68:95.

地震調査委員会 (2013) : 南海トラフの地震活動の長期評価 (第二版).

地震調査委員会 (2016) : 長周期地震動評価 2016 年試作版－相模トラフ巨大地震の検討－.

文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所 (2014) : 平成 25 年度長周期地震動予測地図作成等支援事業 成果報告書.