

ロジックツリーの重みのアンケート結果(平成 20 年度)

「手引き」本編で提示したロジックツリーの分岐の重みを設定するため、以下の概要でアンケート調査を実施した。

- 配布先 (39 名)
 - 土木学会原子力委員会津波評価部会 委員及び幹事 34 名
 - 外部専門家 5 名
- 回収数 34 (回収率 87%) 各設問について 10~28 名の回答を得た

重みの設定手続きは以下の手順で行った。

①選択肢ごとに重みを合計する。

地震学者の重みを×4倍とした。ただし、8章(津波推定値のばらつき)は単純平均とした。

②ドント方式により 0.05 刻みで重みを配分する。

選択肢ごとの得票数(重みの合計)を 1, 2, 3... の順に自然数で割ってゆき、割った数の大きい方から 20 位までに議席(0.05 の重み)を割り振った。このことにより、切り上げ、切り捨ての判断を不要とした。

次ページ以降に調査票と集計結果を示す。重みの集計結果は回答欄に記載したが、平成 16 年度に同様のアンケートを実施した際に同様の設問があった場合には、その際の集計結果を調査票の一部として提示した。[] つきの数字は、平成 16 年度の集計結果である。

ロジックツリー重みづけ調査票に集計結果を記入した。回答欄に集計結果に基づく重み（案）を記載している。

括弧なし—地震学者の比重を4倍とした全体加重平均（今回の結果）

ただし、8章のみ全体の単純平均

[]—H16年度の集計結果（加重平均方法は今回と同様）

いずれもドント方式で0.05単位としたものである。

ロジックツリー重みづけ案 調査票（集計結果）

■目的

本調査は、確率論的津波ハザード解析に適用するロジックツリー分岐の重み設定案を作成するために実施するものです。認識論的不確定性に由来するロジック分岐の重みづけの妥当性を高めるためには、複数の専門家のご意見を集約することが必要であり、貴殿にも専門家の立場からご回答をお願いいたします。

なお、調査結果は集約後、土木学会原子力土木委員会津波評価部会における審議に反映されます。

■記入要領

① ご専門に関わりのある項目についてのみご回答をお願いいたします。

② 各節とも、「基礎データ」及び「調査票」より構成されています。回答をご記入いただくのは、「調査票」の太枠で囲んだ「重み」及び「特記事項」欄です。

③ 「重み」欄には、項目ごとに合計が1となるよう小数または分数で、現状でのご判断をご記入ください。「より確からしい」とお考えの見解について重みが大きくなるよう、数値を配分してください。

なお、平成16年度に実施した同様のアンケートにおいても同じ質問を設けていた場合、回答結果を統計処理した平均的重みを、[]内に参考情報として記載しています。

④ 「特記事項」欄には、必要に応じて判断の根拠あるいは補足をご記入ください。特に、重みに偏りを設定した場合には、その理由をできるだけお書きください。

(回答例)

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=8.2) 下段：すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	
			3.3	3.7	4.2	4.7	5.2	5.9	6.6	
a.	既往最大を上	0.5								[0.30]
b.	回る地震が発	0.3								0.15 [0.25]
c.	生ずる	0.5								0.7 [0.15]
d.	既往最大を上	0.3								0.15 [0.20]
e.	回る地震は発 生しない	0.5								[0.10]
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計	1.0
この海域では、ほぼ同規模の地震が繰り返されていることを考慮した。										

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

はじめに

あらかじめご承知いただきたい事項を以下にとりまとめました。ご回答に先立ちご一読ください。

■津波ハザード解析とは

地震の位置、規模、発生頻度、発生様式等を確率分布として表現することにより、将来発生する津波による水位の超過頻度を求めるための解析。ある問題について、認識論的不確定性（Epistemic Uncertainty；知識やデータの不足による見解の相違）が存在する場合、そのひとつに絞り込むのではなく、ロジックツリーを用いて、異なる見解の結果に反映することができる。津波ハザード解析の結果は、フラクタイル（多数の専門家のうち同意する者の割合を表す）ごとのハザード曲線として得られる。

ハザード解析は、地震動の確率論的評価の分野で用いられる手法であり、津波への適用は、本研究やJNES（原子力安全基盤機構）などにより行われている。

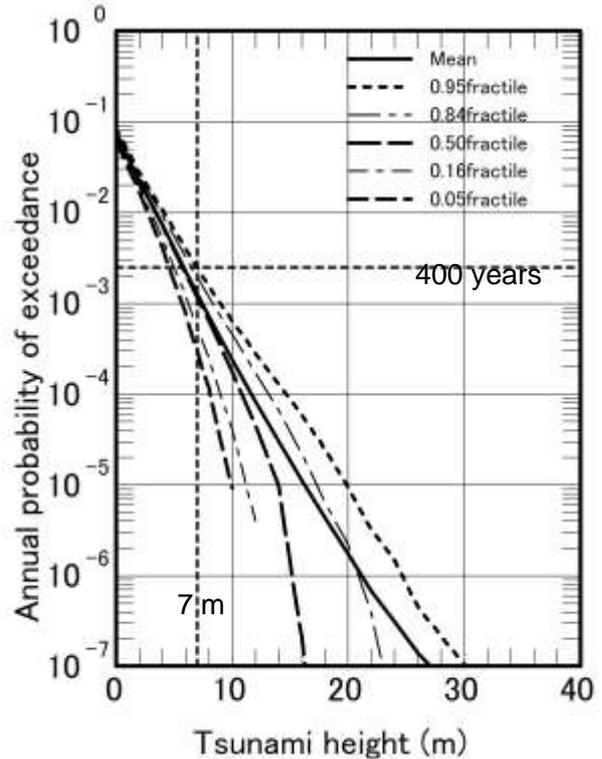


図 1 津波ハザードの評価例

■ロジックツリーとは

認識論的不確定性を表すために、異なる見解を「分岐」で表示したもの。これを用いることにより、多数の異なるシナリオを想定することができる。分岐ごとの重み（確からしさ）を設定する必要があるが、適切な重み付けのためには、専門家の意見を集約することが望ましいとされる。

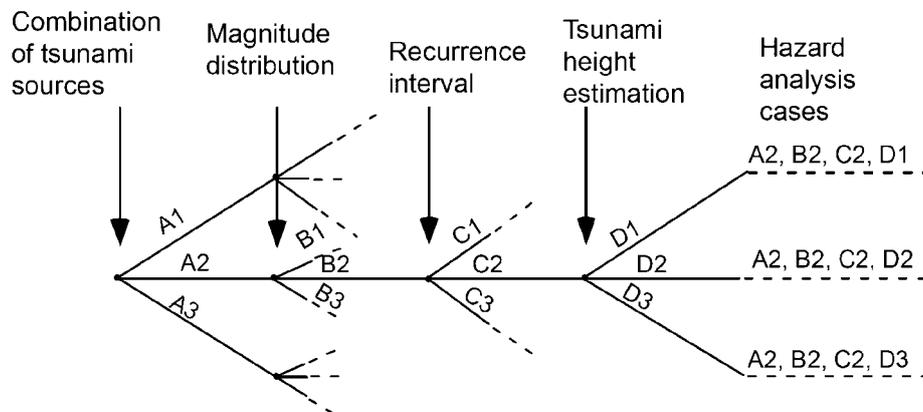


図 2 ロジックツリーの構造例

■地震規模の考え方

本研究では、津波高の確率分布を求めることを目的としているため、「既往津波の痕跡高を説明できる断層モデルのモーメントマグニチュード M_w 」を基本に、過去及び将来の地震規模 M_w を設定する。調査票中で「津波モデルの M_w 」と呼んでいるものがそれで、既往津波の再現シミュレーションをもとに定めた M_w である。

津波モデルの M_w の検討経緯は、「原子力発電所の津波評価技術」（土木学会，2002；以下「津波評価技術」）に記載してある。該当箇所は以下のページ及びその周辺である。

- ・ 日本海溝沿い及び千島海溝（南部）沿い海域 p.2-53
- ・ 南海トラフ沿い海域 p.2-63, 2-66
- ・ 日本海東縁部海域 p.2-67

■マグニチュード範囲の考え方

処理の複雑さを避けるため、マグニチュードの確率分布形は一様分布とする。問題は、記録が残っている地震の既往最大規模が、

- ・ それ以上大きい地震は起きない上限か
- ・ それを超える地震が将来起きえるのか

という判断と

- ・ 将来発生する地震規模はどの程度の範囲で振れるか(不確実性大のとき 0.5 の幅, 不確実性小のとき 0.3 の幅とした)

という視点から、次の5とおりの分岐を設定した。

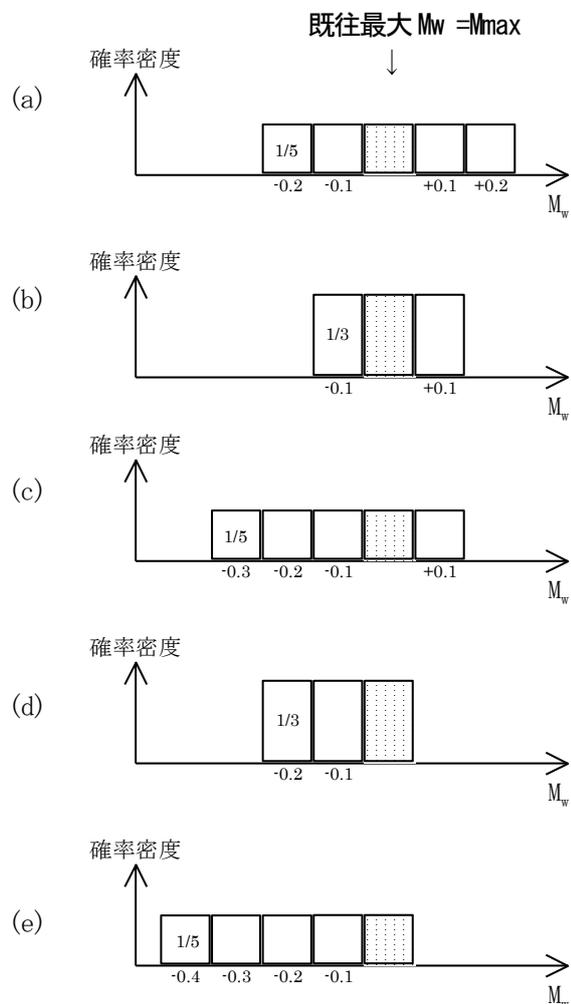


図 3 設定したマグニチュード分布の分岐

■活動域区分

「津波評価技術」で検討した確定論的津波評価のための海域区分をもとに、地震調査推進研究本部地震調査委員会による最近の研究成果を加味して設定している。

なお、調査票中で「推本」とは、特に断りのない限り、以下の文献のいずれかを指す。

- ・ 日本海東縁部の地震活動の長期評価について（平成15年6月20日）
- ・ 千島海溝沿いの地震活動の長期評価について（平成15年3月24日、平成15年8月14日訂正、平成15年11月12日変更）
- ・ 千島海溝沿いの地震活動の長期評価（第二版）について（平成16年12月20日）
- ・ 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価について（平成14年7月31日、平成14年9月11日訂正、平成15年7月29日訂正、平成15年11月12日変更、平成17年1月12日訂正）
- ・ 南海トラフの地震の長期評価について（平成13年9月27日）
- ・ 宮城県沖地震の長期評価（平成12年11月27日、訂正：平成13年3月14日、平成15年11月12日変更）
- ・ 長期的な地震発生確率の評価手法について（平成13年6月8日）

■想定対象期間

津波ハザード解析では、超長期にわたる大地震の平均的な発生状況を推定することを基本とする。「超長期」とは、1万年オーダーの地質学的時間を想定している。

超長期の平均的な発生状況と、最新の地震活動からの経過時間を合わせて考慮し（BPT分布）、今後数十年間の発生確率を求めることも可能である。この考え方にもとづく設問は、「5. BPT分布を用いた評価方法」だけである。

□調査票目次

1. 日本海溝・千島海溝（南部）沿い海域の大地震	6
2. 南海トラフ沿い海域の大地震	36
3. 日本海東縁部海域の大地震	61
4. 海域活断層に想定する津波	72
5. 南米沖の大地震	75
6. 北米カスケード沈み込み帯の大地震	81
7. BPT分布を用いた評価方法（海域共通）	83
8. 津波推定値のばらつき	86
9. 連動型超巨大津波の可能性	90
10. 地震の発生間隔	91

これらの海域について、以下の設問にお答えください。

1-1 十勝沖(KT1)及び根室沖(KT2)のプレート間逆断層地震についてお聞きします。

この海域では、3つのパターンの地震が発生したとされています。

パターン	発生年	津波モデルの Mw	既往最大 Mw (=Mmax)	「推本」による地震規模
十勝沖(KT1)単独	2003	8.1 (国土地理院)	8.2	M8.1 前後
	1952	8.2 (「津波評価技術」)		
根室沖(KT2)単独	1973	8.0*	8.1	M7.7 程度
	1894	8.1 (1973 より Mt で 0.1 大きい) **		
KT1,KT2 が連動	17 世紀	8.6 (佐竹ら,2004)	8.6	M8.3 程度

*)検潮記録のみの場合、痕跡高は検潮記録による津波高さの2倍として換算しています

***)1894年について Tanioka et al. (2007)は Mw=8.2 と推定しています (剛性率 5.0 で換算)

津波の痕跡高を再現できる断層モデル

モデル	長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	上端深さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 $\times 10^{10} \text{N/m}^2$	$M_0 \times 10^{20} \text{N}\cdot\text{m}$	M_w	スケーリング則
KT1 単独 2003	92.0	90.0	4.84	15.7	241	23	124	5.0	20.0	8.13	L,W,D 比例
KT2 単独 1973	60.0	100.0	4.4	1	230	27	101	5.0	13.2	8.01	L,W,D 比例
KT1,KT2 が連動 17 世紀	200.0	100.0	5.0	17.0	228	20	90	5.0	100.0	8.60	L,W,D 比例
	100.0	100.0	10.0	17.0	228	20	90	5.0			

Q.1-1-1 十勝沖(KT1)の地震規模についてお答えください。

この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=8.2) 下段：すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	
			3.3	3.7	4.2	4.7	5.2	5.9	6.6	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.25[0.30]
b.		0.3							0.25[0.25]	
c.		0.5							0.30[0.15]	
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3							0.15[0.20]	
e.		0.5							0.05[0.10]	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.1-1-2 根室沖(KT2)の地震規模についてお答えください。

この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=8.1) 下段：すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	
			3.1	3.4	3.9	4.3	4.9	5.5	6.1	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.25[0.40]
b.		0.3							0.25[0.25]	
c.		0.5							0.30[0.15]	
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3							0.10[0.15]	
e.		0.5							0.10[0.05]	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.1-1-3 十勝沖(KT1)+根室沖(KT2)連動地震の地震規模についてお答えください。

この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.6) 下段：すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	
			4.2	4.7	5.3	5.9	6.7	7.5	8.4	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.35[0.40]
b.		0.3								0.20[0.15]
c.		0.5								0.25[0.20]
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3								0.15[0.20]
e.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.5								0.05[0.05]
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

1-2 十勝～根室沖のやや浅いスラブ内逆断層地震(KTR1)についてお聞きします。

この海域では、過去にやや浅いスラブ内逆断層地震は知られていません。しかし、この海域の北東側では、1994年北海道東方沖地震と1958年択捉島沖地震が発生（ともに地震のMw8.3）しています。1994年北海道東方沖地震の津波モデルMwは8.4です。

津波の痕跡高を再現できる断層モデル

モデル	長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	上端 深さ (km)	走向 (°)	傾斜 角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 × 10 ¹⁰ N/m ²	M ₀ ×10 ²⁰ N・m	M _w	スケー リング 則
KTR1 1994	160	80	5.78	10	230	77	128	7.0	51.8	8.41	L,W,D 比例

Lは断層長さ、Wは断層幅、Dはすべり量を表す。以下同様。

Q.1-2-1 十勝～根室沖でやや浅いスラブ内逆断層地震(KTR1)の発生可能性についてお答えください。

この海域で超長期の間に M8 級のスラブ内逆断層地震が発生する可能性についてうかがいます (Mw8 を下回る小規模地震は対象外とします)。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	過去に発生例がない KTR1 ではスラブ内逆断層地震は発生しない	0.25 [0.25]
②	KTR1 は活動的でスラブ内逆断層地震が発生する	0.75 [0.75]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.1-2-2 十勝～根室沖のやや浅いスラブ内逆断層地震(KTR1)の地震規模についてお答えください。

Q.1-2-1 の分岐②を前提としたとき、この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。なお、Mmaxは1994年北海道東方沖地震相当の8.4とします。

パ ターン	既往最大との関 係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.4) 下段：すべり量(m)								重み【ご記入くださ い】
			8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6		
			3.6	4.1	4.5	5.1	5.7	6.4	7.2		
a.	既往最大を上回 る地震が発生す る	0.5									0.30 [0.35]
b.		0.3								0.15 [0.20]	
c.		0.5								0.25 [0.20]	
d.	既往最大を上回 る地震は発生し ない	0.3									0.10 [0.10]
e.		0.5									0.20 [0.15]
特記事項【できるだけご記入ください】										重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

1-3 三陸沖北部(JTN1)のプレート間逆断層地震についてお聞きします。

この海域では、過去に以下の地震が発生しています。

海域	津波モデル	発生年	津波モデルの Mw	既往最大 Mw (=Mmax)	「推本」による地震規模
三陸沖北部プレート間(JTN1)	一様すべりモデル	1856	8.4	8.4	M8.0 前後
		1968	8.4		
	不均質モデル	1856	8.5	8.5	
		1968	8.5		

津波の痕跡高を再現できる断層モデル (一様すべりモデル)

海域	長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	上端深さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 × 10 ¹⁰ N/m ²	M ₀ × 10 ²⁰ N・m	M _w	スケーリング則
JTN1 1968	126.875	130.2	5.96	1	192	20	77	5.0	49.2	8.39	L,W,D 比例

津波の痕跡高を再現できる断層モデル (不均質モデル)

海域	面積 (km ²)	平均すべり量 (m)	上端深さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 × 10 ¹⁰ N/m ²	M ₀ × 10 ²⁰ N・m	M _w	スケーリング則
JTN1 1968	29711.2	4.17	13-60		9-26		5.0	61.9	8.46	面積一定

Q.1-3-1 三陸沖北部(JTN1)のプレート間逆断層地震の津波推定に用いる断層モデルについてお答えください。

この海域で将来発生する津波の基準断層モデルとして、以下のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	一様すべりモデルを用いる	0.40
②	不均質モデルを用いる	0.60
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

補足

それぞれの断層モデルの設定方法は以下のとおりである（図 6 参照）。両モデルでは傾斜角等が異なっている。

一様すべりモデルを用いる方法：

1968 年津波に対する一様すべりモデルを矩形で単純化したモデルを基準モデルとする。M_w が変化する場合には、スケーリング則（断層長さ \propto 幅 \propto すべり量）を適用し、モデルを設定する。

アスペリティを考慮したモデルを用いる方法：

1968 年津波に対する不均質モデルを基準モデルとする。M_w が変化する場合には、断層面積は一定として、各小断層のすべり量に同じ倍率を掛けることにより、モデルを設定する。

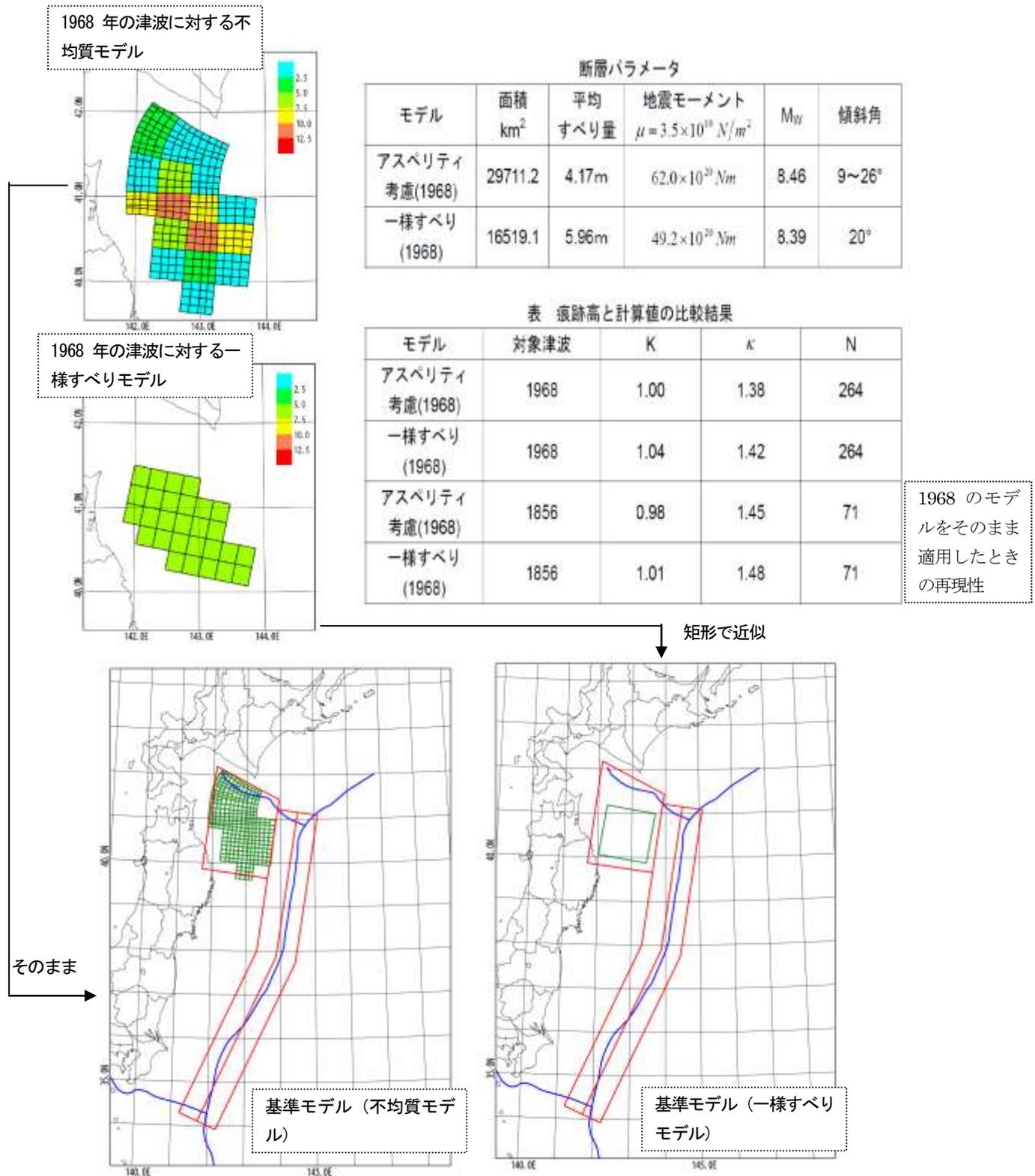


図 6 三陸沖北部プレート間大地震の断層モデル

Q.1-3-1-1 三陸沖北部(JTN1)のプレート間逆断層地震についてお答えください。

一様すべりモデルを用いることを前提に、この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.4) 下段：すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	
			3.8	4.2	4.8	5.3	6.0	6.7	7.6	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.30[0.25]
b.		0.3							0.25[0.25]	
c.		0.5							0.30[0.20]	
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3							0.10[0.20]	
e.		0.5							0.05[0.10]	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.1-3-1-2 三陸沖北部(JTN1)のプレート間逆断層地震についてお答えください。

不均質モデルを用いることを前提に、この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	上段：Mw の範囲 (Mmax=8.5) 中段：平均すべり量(m),下段：最大すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	
			1.2	1.7	2.4	3.4	4.8	6.7	9.5	
			3.4	4.9	6.9	9.7	13.7	19.4	27.4	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5							0.20	
b.		0.3						0.25		
c.		0.5						0.30		
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3						0.15		
e.		0.5						0.10		
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

1-4 宮城県沖(JTN2)及び三陸沖南部海溝寄り(JTN3)のプレート間逆断層地震についてお聞きします。

この海域では、3つのパターンの地震が発生したとされています。

パターン	発生年	津波モデルの Mw	既往最大 Mw (=Mmax)	「推本」による地震規模
宮城県沖(JTN2)単独	1978	7.7* (津波評価技術)	7.7	M7.5 前後
	1936	—		
	1897	—		
	1861	—		
	1835	—		
三陸沖南部海溝寄り(JTN3)単独	1897	7.8 (津波評価技術)	7.8	M7.7 前後
JTN2,JTN3 が連動	1793	8.2 (津波評価技術)	8.2	M8.0 前後

*)検潮記録のみの場合、痕跡高は検潮記録による津波高さの2倍として換算しています

津波の痕跡高を説明できる断層モデル

パターン	長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	上端深さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 × 10 ¹⁰ N/m ²	M ₀ × 10 ²⁰ N・m	M _w	スケーリング則
JTN2 単独 1978	26	65	4.0	25	190	20	85	7.0	4.73	7.72	L,W,D 比例
JTN3 単独 1897	120	30	3.5	1	205	20	90	5.0	6.30	7.80	L,W,D 比例
JTN2,JTN3 が連動 1793	210	70	4.0	10	205	15	90	5.0	29.4	8.25	L,W,D 比例

Q.1-4-1 宮城県沖(JTN2)単独の地震規模についてお答えください。

この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=7.7) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	
			2.5	2.8	3.1	3.5	3.9	4.4	4.9	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.25[0.20]
b.		0.3							0.15[0.15]	
c.		0.5							0.25[0.25]	
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3								0.15[0.30]
e.		0.5							0.20[0.10]	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.1-4-2 三陸沖南部海溝寄りプレート間(JTN3)単独の地震規模についてお答えください。

この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=7.8) 下段：すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	
			2.2	2.5	2.8	3.1	3.5	3.9	4.4	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.35[0.45]
b.		0.3							0.20[0.30]	
c.		0.5							0.25[0.15]	
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3							0.10[0.10]	
e.		0.5							0.10[0.00]	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.1-4-3 宮城県沖(JTN2)+三陸沖南部海溝寄りプレート間(JTN3)連動地震の地震規模についてお答えください。

この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.2) 下段：すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	
			2.4	2.7	3.0	3.4	3.8	4.3	4.8	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.35[0.40]
b.		0.3							0.25[0.20]	
c.		0.5							0.30[0.20]	
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3							0.05[0.15]	
e.		0.5							0.05[0.05]	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

1-5 福島県沖(JTS1)のプレート間逆断層地震についてお聞きします。

この海域では、過去に以下の地震が発生しています。

海域	発生年	津波モデルの Mw	既往最大 Mw (=Mmax)	「推本」による地震規模
福島県沖プレート間 (JTS1)	1938 群発	7.9* (プレート間逆断層地震; 「津波評価技術」)	7.9	M7.4 前後 複数続発

*)検潮記録のみの場合、痕跡高は検潮記録による津波高さの2倍として換算しています
矢沼・都司(2007)のモデルによった場合、同様の考え方で Mw=7.5 となります

津波の痕跡高を説明できる断層モデル

海域	長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	上端深さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 × 10 ¹⁰ N/m ²	M ₀ × 10 ²⁰ N・m	M _w	スケーリング則
JTS1 1938 ベース	100	60	2.7	30	200	10	95	5.0	8.10	7.87	L,W,D 比例

Q.1-5-1 福島県沖(JTS1)のプレート間逆断層地震についてお答えください。

この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=7.9) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】	
			7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1		
			2.0	2.2	2.5	2.8	3.1	3.5	3.9		
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5									0.30[0.20]
b.		0.3									0.20[0.30]
c.		0.5									0.30[0.20]
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3									0.05[0.10]
e.		0.5									0.15[0.20]
特記事項【できるだけご記入ください】										重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

1-6 三陸沖～房総沖海溝寄りのプレート間大地震(JTT)についてお聞きします。

この海域では、過去に以下の地震が発生しています。津波の痕跡高を再現できるモデル（一様モデル）を比較すると、北部では南部のモデルよりすべり量が大きくなっています。

海域	津波モデル	発生年	津波モデルの Mw	既往最大 Mw (=Mmax)	「推本」による地震規模
三陸沖北部から房総沖の海溝寄りのプレート間大地震(JTT)	一様すべりモデル	1611	8.3	8.3	Mt 8.2 前後
		1896	8.3		
		1677	8.3 (電力検討修正)		
	不均質モデル	1611	8.4	8.4	
		1896	8.3		

注) 験潮記録が得られない津波では信頼性の高い不均質モデルを作成できないため、1677年については不均質モデルを作成していない。

津波の痕跡高を説明できる断層モデル（一様すべりモデル）

海域		長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	上端深さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 $\times 10^{10} \text{N/m}^2$	$M_0 \times 10^{20} \text{N}\cdot\text{m}$	M_w	スケールリング則
JTT	三陸沖 1896ベース	210	50	9.7	1	192	20	78	3.5	35.6	8.30	幅に限界あり
	房総沖 1677ベース	280	50	6.5	1	205	20	95	3.5	31.9	8.27	幅に限界あり

津波の痕跡高を説明できる断層モデル（不均質モデル）

海域		面積 (km ²)	すべり量 (m)	上端深さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 $\times 10^{10} \text{N/m}^2$	$M_0 \times 10^{20} \text{N}\cdot\text{m}$	M_w	スケールリング則
JTT	三陸沖 1896ベース	9748.5	10.7					3.5	36.5	8.31	面積一定

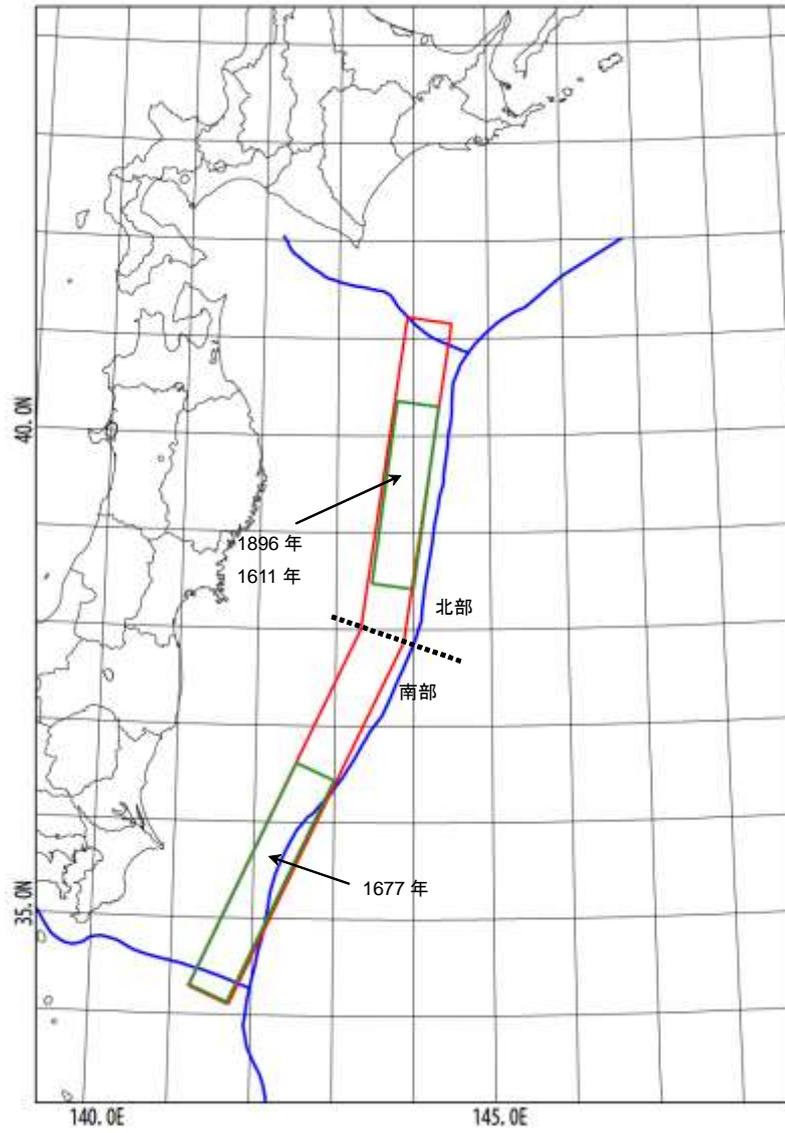


図 7 既往の津波地震の発生域

Q.1-6-1 三陸沖～房総沖海溝寄りの津波地震活動域(JTT)についてお答えください。

この海域で超長期の間に Mt8 級の津波地震が発生する可能性についてうかがいます。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	過去に発生例がある三陸沖(1611年, 1896年の発生領域)と房総沖(1677年の発生領域)でのみ過去と同様の様式で津波地震が発生する	0.40
②	活動域内のどこでも津波地震が発生するが、北部領域に比べ南部ではすべり量が小さい (北部赤枠内では 1896 モデルを移動させる。南部赤枠内では 1677 モデルを移動させる)	0.35
③	活動域内のどこでも津波地震 (1896 年タイプ) が発生し、南部でも北部と同程度のすべり量の津波地震が発生する (赤枠全体の中で 1896 モデルを移動させる)	0.25
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

補足

①は、津波地震が発生するのは特別な領域であるという認識に基づいている。これまでに海溝寄りの津波地震が発生している領域では、その陸側で M8 クラスの典型的なプレート間地震が発生していない (図 5 参照)。北緯 39° ~40° の陸側 (三陸沖中部)、北緯 36° 付近より南側 (房総沖と茨城県沖南部) では M8 クラスの典型的なプレート間地震が発生していない。谷岡・佐竹(1996)は、三陸沖に関してこの傾向を指摘し、プレート境界の性質 (粗い、なめらか) による説明を行っている (参照)。

②は、巨大低周波地震としての津波地震はどこでも発生する可能性があるが、南部では津波を大きくする低速度くさび型堆積物がみられないため、北部の場合ほど大きな津波を生じないという認識に基づいている。このことは、1677 年房総沖地震津波のすべり量が 1896 年明治三陸地震津波のすべり量ほど大きくない (表 1 参照) ことと整合している。

Tanioka and Seno (2001)は、海溝軸近傍の未固結堆積物の影響を無視できないとして、その影響を考慮する方法を示している (図 9)。モデル A はバックストップの水平変動により斜面上の堆積物のみ上昇するモデル、モデル B はバックストップの水平変動により堆積物全体が一様に上昇するモデル、モデル C は堆積物がゴムの様な振る舞いをするとして、有効ポアソン比 0.49 として数値計算で上昇量を計算したモデ

ルである。追加的上昇を考慮しない場合、観測された検潮記録を再現するために必要なすべり量は 10.4m であるが、追加的上昇を考慮すると、観測された検潮記録を再現するために必要なすべり量はモデル A で 6.7m、モデル B で 6.6m、モデル C で 5.9m となることを示している。この結果によると堆積物の存在は津波を 5 割から 8 割程度大きくする効果がある。

低速度くさび型堆積物について、Tsuru et al. (2002) は、北部の前弧地域の上に広範囲に分布しているが、南部では見られないことを指摘している (図 10 参照)。

③は、巨大低周波地震としての津波地震はどこでも同じように発生し、低速度くさび型堆積物の影響はそれほど大きくないという認識に基づいている。

表 1 既往津波の痕跡高を説明できる断層モデル (一様すべりモデル ; 再掲)

	発生年	長さ (km)	幅 (km)	すべり 量 (m)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 ×10 ¹⁰	M ₀ ×10 ²⁰	M _w モデル
北部	1896 年	210	50	9.7	20	75	3.5	35.6	8.30
南部	1677 年	280	50	6.5	20	95	3.5	31.9	8.27

剛性率 μ の単位は N/m²、地震モーメント M₀ の単位は N・m である。

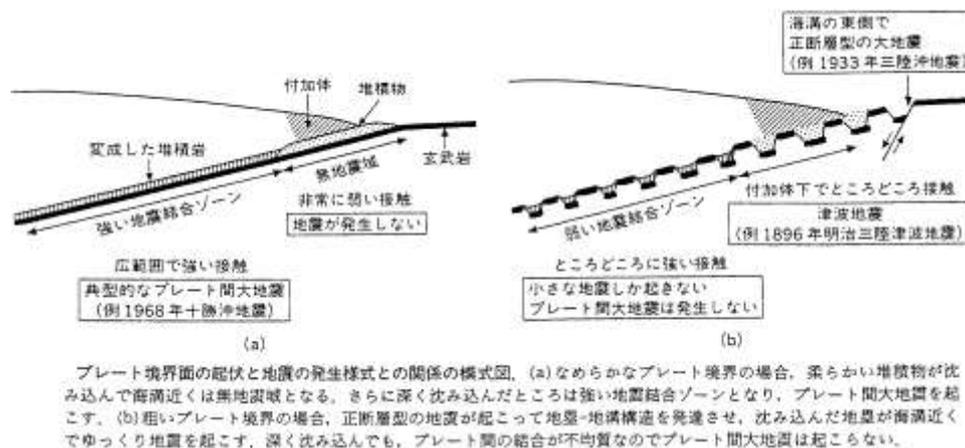


図 8 1896 年明治三陸津波と 1933 年昭和三陸津波の発生様式 (谷岡・佐竹, 1996)

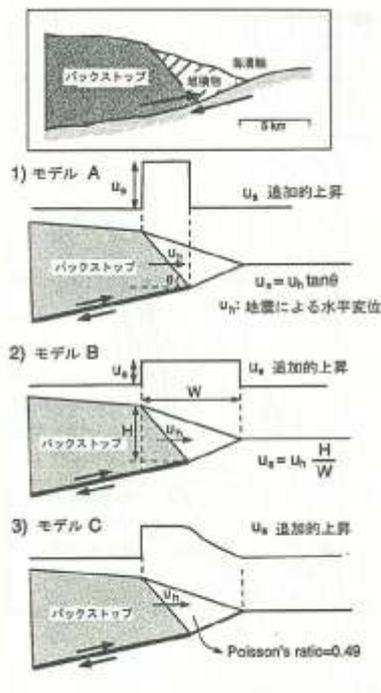


図 9 Tanioka and Seno (2001)による未固結堆積物の影響の考慮方法 (谷岡・佐竹, 2003)

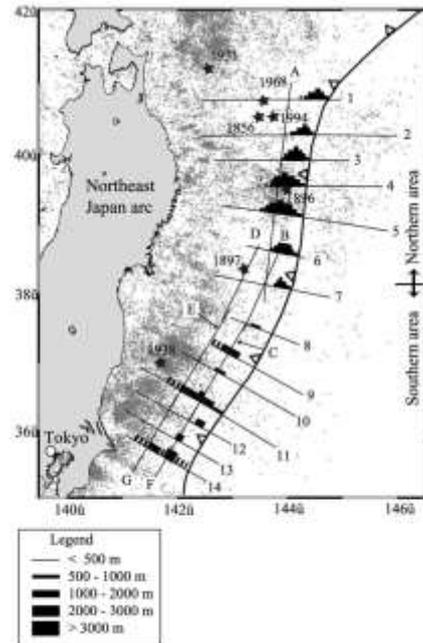


Figure 17. Map view of the low velocity sedimentary units observed on MCS sections in the Japan Trench margin. Small dots represent background seismicity taken from JMA (Japan Meteorological Agency) HypoCatalog.

図 10 低速度堆積ユニットの厚さの地域的変化 (Tsuru et al., 2002)

Q.1-6-2 Q.1-6-1 の分岐①を前提としたとき、三陸沖海溝寄り津波地震(JTT)北部 (三陸沖) の津波推定に用いる断層モデルについてお答えください。

この海域で将来発生する津波の基準断層モデルとして、以下のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	一様すべりモデルを用いる	0.45
②	不均質モデルを用いる	0.55
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

補足

それぞれの断層モデルの設定方法は以下のとおりである (図 11 参照)。

一様すべりモデルを用いる方法：

1896 年津波に対する一様すべりモデルを基準モデルとする。Mw が変化する場合には、幅に境界 (50km) があるというスケーリング則を適用し、モデルを設定する。

アスペリティを考慮したモデルを用いる方法：

1896 年津波に対する不均質モデルを基準モデルとする。Mw が変化する場合には、断層面積は一定として、各小断層のすべり量に同じ倍率を掛けることにより、モデルを設定する。

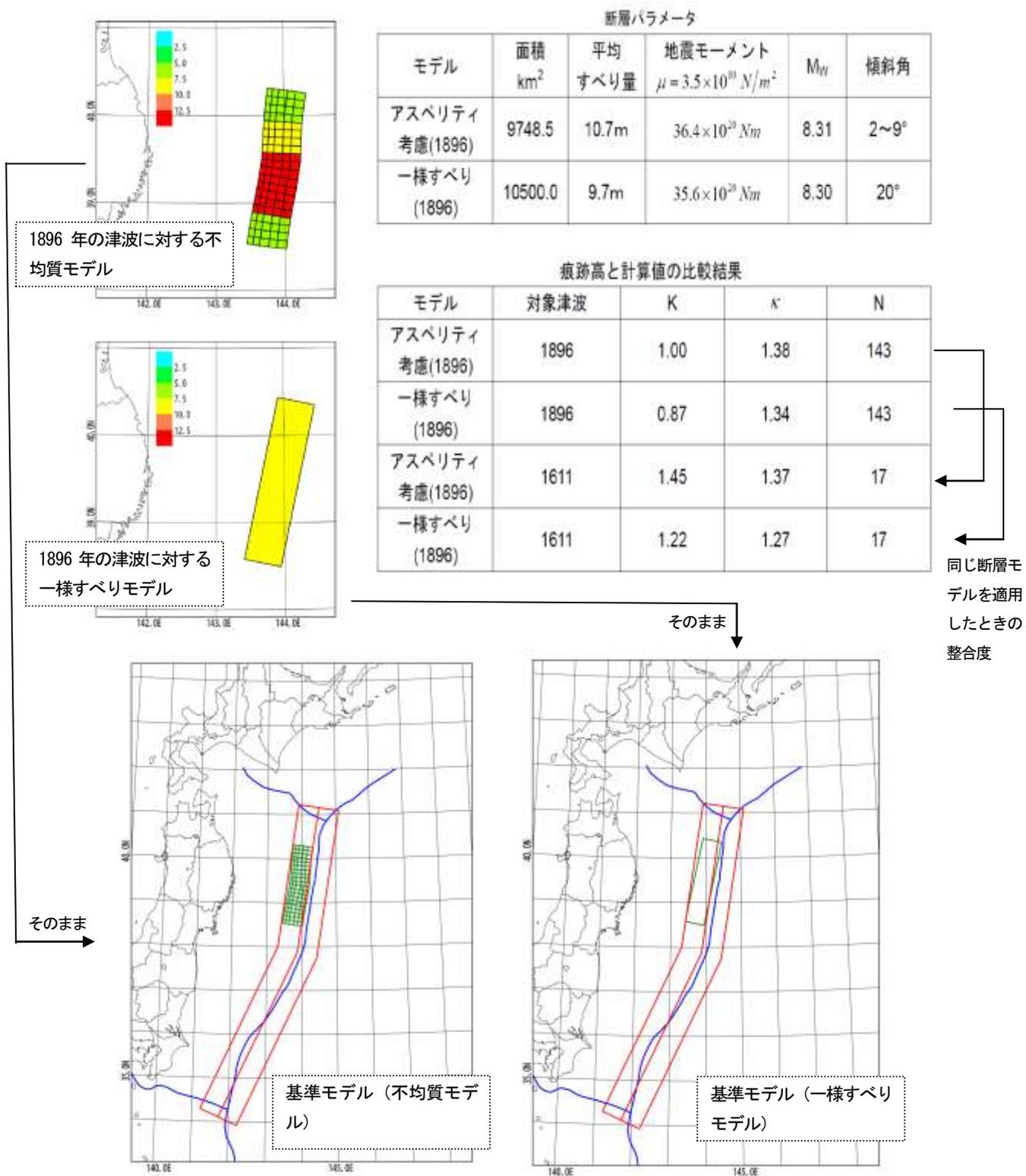


図 11 三陸沖南部津波地震の断層モデル

地震規模に関する Q.1-6-3-1 から Q1-6-5-2 の設問は、Q1-6-1 と Q1-6-2 の分岐に応じ、以下のように構成されています。

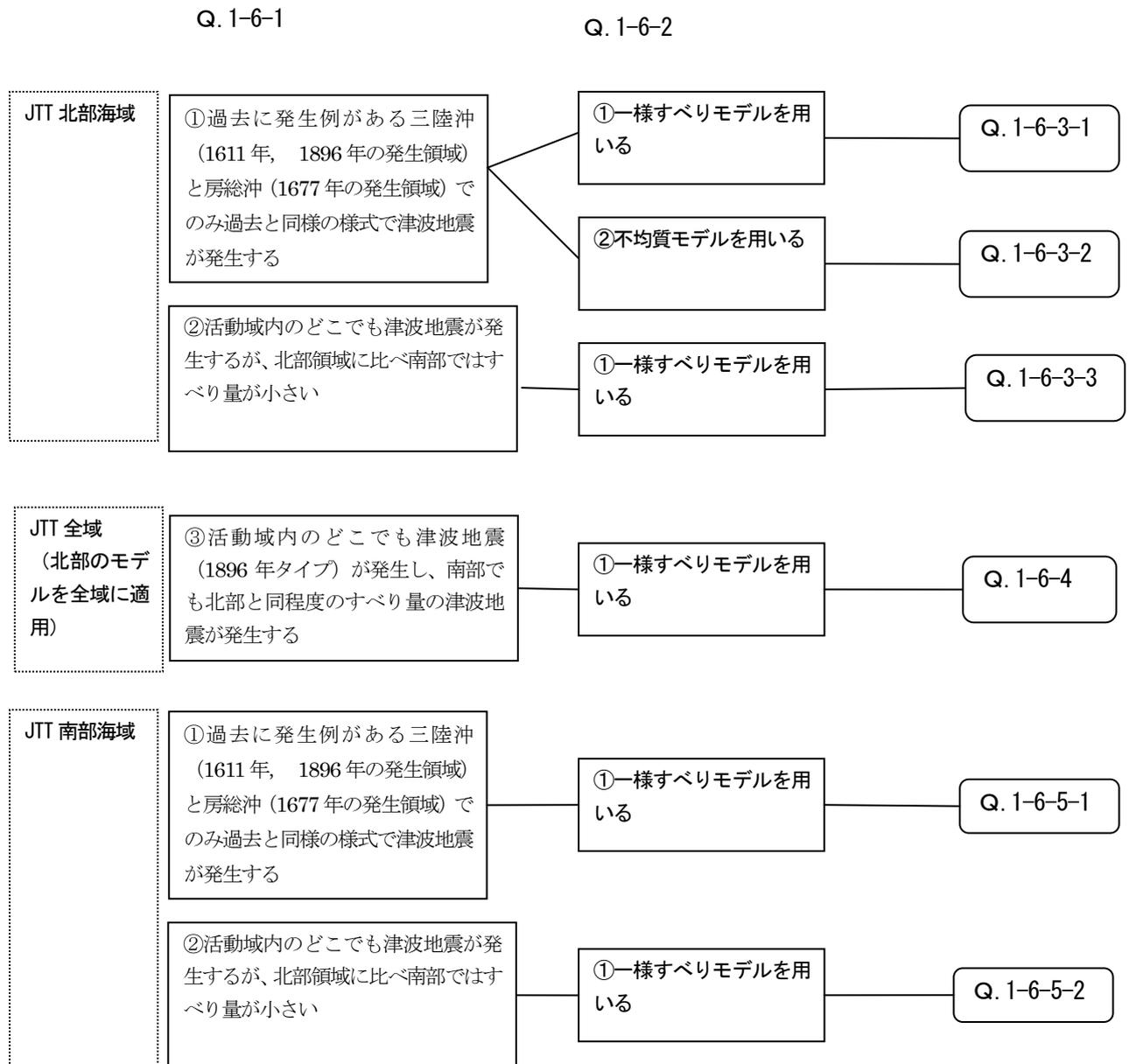


図 12 地震規模に関する設問の構成 (JTT)

Q.1-6-3-1 Q.1-6-1の分岐①を前提とし、一様すべりモデルを用いるとき、三陸沖～房総沖海溝寄りの津波地震活動域(JTT)のうち1896年の波源域の地震規模についてお答えください。

この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=8.3) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	
			4.9	5.8	6.9	8.1	9.7	11.5	13.7	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.30
b.		0.3							0.25	
c.		0.5							0.25	
d.	既往最大を上回る	0.3							0.10	
e.	地震は発生しない	0.5							0.10	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q.1-6-3-2 Q.1-6-1の分岐①を前提とし、不均質モデルを用いるとき、三陸沖～房総沖海溝寄りの津波地震活動域(JTT)のうち1896年の波源域の地震規模についてお答えください。

この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	上段: Mwの範囲 (Mmax=8.4) 中段: 平均すべり量(m), 下段: 最大すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	
			3.7	5.2	7.4	10.4	14.7	20.8	29.3	
			5.6	7.9	11.2	15.8	22.3	31.4	44.4	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.30
b.		0.3							0.20	
c.		0.5							0.30	
d.	既往最大を上回る	0.3							0.10	
e.	地震は発生しない	0.5							0.10	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q.1-6-3-3 Q.1-6-1の分岐②を前提とし、一様すべりモデルを用いるとき、三陸沖～房総沖海溝寄りの津波地震活動域(JTT)北部海域の地震規模についてお答えください。

この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲(Mmax=8.3) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	
			4.9	5.8	6.9	8.1	9.7	11.5	13.7	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.35
b.		0.3							0.20	
c.		0.5							0.25	
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3							0.10	
e.		0.5							0.10	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計	1.0

Q.1-6-4 Q.1-6-1の分岐③を前提とし、一様すべりモデルを用いるとき、三陸沖～房総沖海溝寄りの津波地震活動域(JTT)全体の地震規模についてお答えください。

この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。なお、この場合、1896年の一様すべりモデルを適用するものとします。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲(Mmax=8.3) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	
			4.9	5.8	6.9	8.1	9.7	11.5	13.7	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.35
b.		0.3							0.15	
c.		0.5							0.25	
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3							0.10	
e.		0.5							0.15	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計	1.0

Q.1-6-5-1 Q.1-6-1の分岐①を前提とし、一様すべりモデルを用いるとき、三陸沖～房総沖海溝寄りの津波地震活動域(JTT)のうち1677年の波源域の地震規模についてお答えください。

この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。ただし、断層モデルは一様すべりモデルとします。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=8.3) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	
			3.4	4.1	4.9	5.8	6.9	8.2	9.7	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.40
b.		0.3							0.15	
c.		0.5								0.30
d.	既往最大を上回る	0.3								0.05
e.	地震は発生しない	0.5								0.10
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計	1.0

Q.1-6-5-2 Q.1-6-1の分岐②を前提とし、一様すべりモデルを用いるとき、三陸沖～房総沖海溝寄りの津波地震活動域(JTT)南部海域の地震規模についてお答えください。

この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。なお、この場合、1677年の一様すべりモデルを適用するものとします。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=8.3) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	
			3.4	4.1	4.9	5.8	6.9	8.2	9.7	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.40
b.		0.3							0.15	
c.		0.5								0.30
d.	既往最大を上回る	0.3								0.05
e.	地震は発生しない	0.5								0.10
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計	1.0

1-7 三陸沖～房総沖海溝寄りのプレート内正断層地震(JTNR)についてお聞きします。

この海域では、過去に以下の地震が発生しています。

海域	発生年	津波モデルの Mw	既往最大 Mw (=Mmax)	「推本」による地震規模
三陸沖北部から房総沖の海溝寄りのプレート内大地震（正断層型）(JTNR)	1933	8.4（津波評価技術）	8.4	M8.2 前後

津波の痕跡高を説明できる断層モデル

海域	長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	上端深さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 × 10 ¹⁰ N/m ²	M ₀ × 10 ²⁰ N・m	M _w	スケーリング則
(JTNR) 1933	185	50	6.6	1	180	45	270	7.0	42.7	8.35	幅に限界あり

Q.1-7-1 三陸沖～房総沖の海溝寄りのプレート内正断層地震活動域(JTNR)についてお答えください。

この海域で超長期の間に M8 級のプレート内正断層地震が発生する可能性についてうかがいます。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	これまでに発生したことが知られている領域のみで発生する	0.25
②	津波地震が発生している 2 つの領域に隣接する沖合側領域で発生する	0.20
③	南部では発生せず、北部ではどこでも発生する	0.20
④	活動域内のどこでも発生する	0.35
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

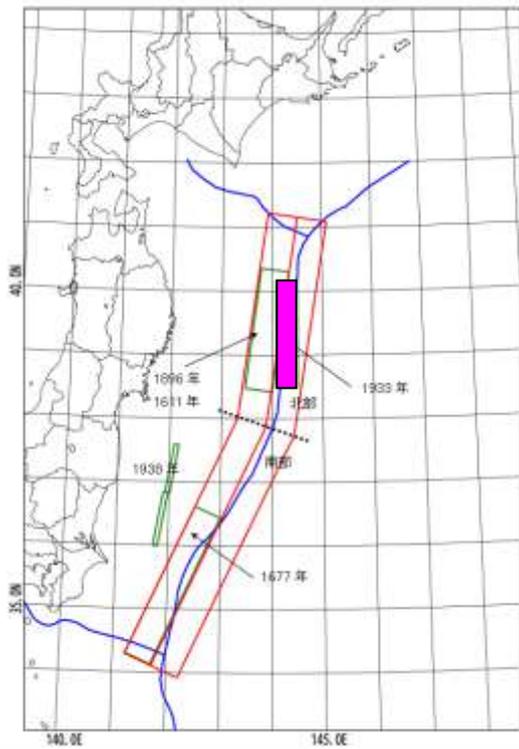
補足

①は、巨大正断層型地震が発生するのは特別な領域であるという認識に基づいている。

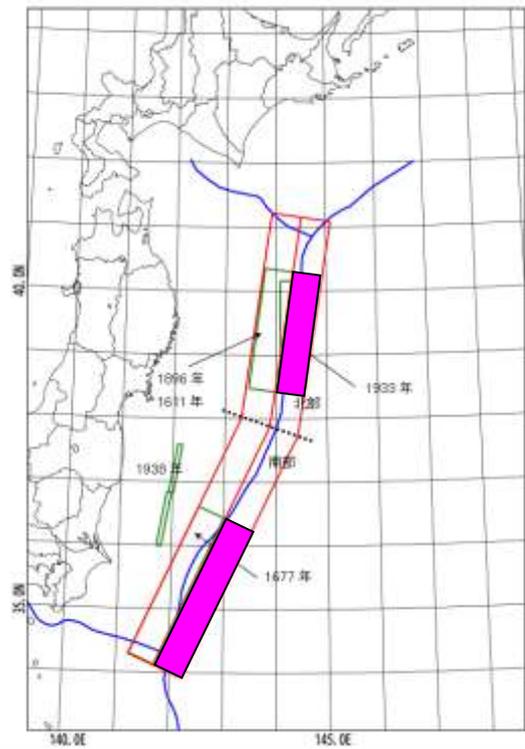
②は、アウターライズで発生する正断層型地震（プレート内大地震）は、プレート間大地震とペアで、プレート間大地震が発生した後に発生する場合が多いこと（Lay et al. (1989)）に基づいている（図 13 参照）。

③は、1938 年福島県沖の群発大地震の際に、正断層型地震（プレート内大地震）が陸に近い場所で発生しているような南部では、海溝寄りで大きな正断層型地震（プレート内大地震）は発生しないという認識に基づいている。

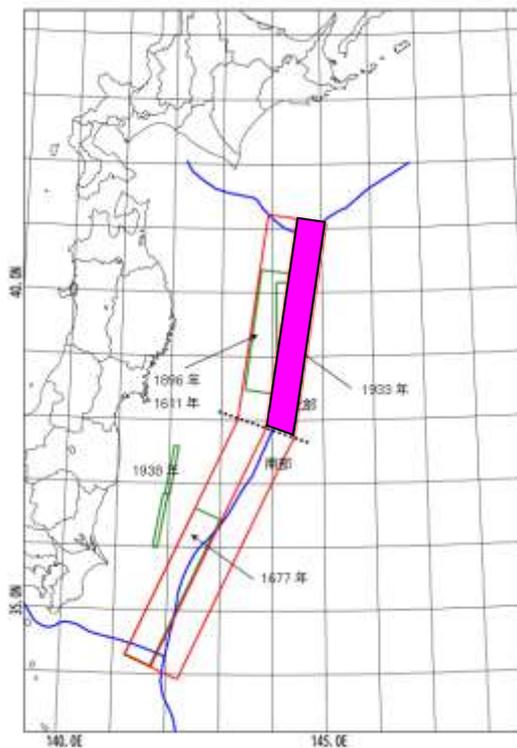
④は、正断層型地震（プレート内大地震）は、どこでも同じように発生するという認識に基づいている。



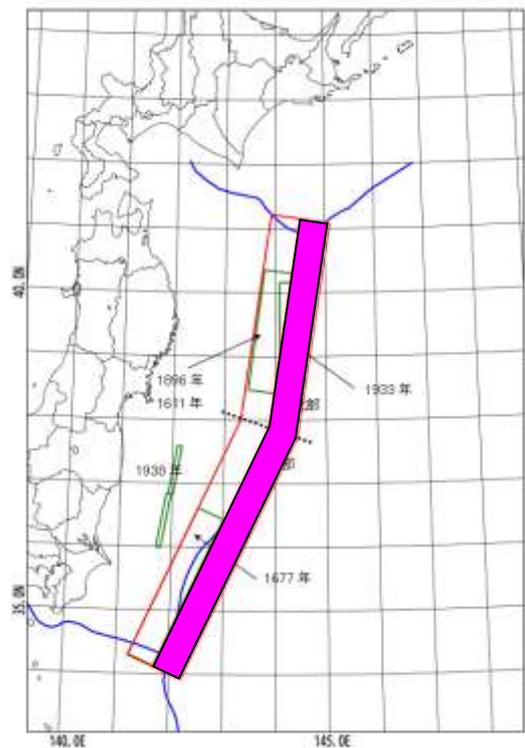
① これまでに発生したことが知られている領域のみで発生する



② 津波地震が発生している2つの領域に隣接する沖合側領域で発生する



③ 南部では発生せず、北部ではどこでも発生する



④ 活動域内のどこでも発生する

図 13 三陸沖～房総沖の海溝寄りの津波地震の発生位置 (Q.1-7-1 との対応)

Q1-7-2 三陸沖～房総沖の海溝寄りのプレート内正断層地震活動域(JTNR)の地震規模についてお答えください。

Q1-7-2-1：Q.1-7-1の分岐①を前提としたとき

1933年に津波地震の発生している海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=8.4) 下段：すべり量 (m)							重み【ご記入ください】
			8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	
			3.6	4.3	5.1	6.0	7.2	8.3	10.1	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.25
b.		0.3							0.25	
c.		0.5							0.30	
d.	既往最大を上回る	0.3							0.10	
e.	地震は発生しない	0.5							0.10	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q1-7-2-2：Q.1-7-1の分岐②を前提としたとき

1611年及び1896年に津波地震の発生している領域に隣接する北部海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=8.4) 下段：すべり量 (m)							重み【ご記入ください】
			8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	
			3.6	4.3	5.1	6.0	7.2	8.5	10.1	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.35
b.		0.3							0.20	
c.		0.5							0.30	
d.	既往最大を上回る	0.3							0.05	
e.	地震は発生しない	0.5							0.10	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q1-7-2-3 : Q.1-7-1 の分岐②を前提としたとき

1677年に津波地震の発生している領域に隣接する南部海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。この海域では、過去に正断層型の大地震が発生していないため、将来発生する地震のマグニチュード範囲をお聞きます。

パターン	中心Mw (=Mmax)	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=8.4) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】	
			7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5		8.6
			3.0	3.6	4.3	5.1	6.0	7.2	8.5		10.1
a-1.	8.4	0.5									0.25
b-1.		0.3									0.15
a-2.	8.3	0.5									0.20
b-2.		0.3									0.05
a-3.	8.2	0.5									0.15
b-3.		0.3									0.05
a-4.	8.1	0.5									0.10
b-4.		0.3									0.05
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0		

Q1-7-2-4 : Q.1-7-1 の分岐③を前提としたとき

JTNR 北部海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=8.4) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	
			3.6	4.3	5.1	6.0	7.2	8.5	10.1	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.30
b.		0.3								0.20
c.		0.5								0.30
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3								0.10
e.		0.5								0.10
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q1-7-2-5 : Q.1-7-1 の分岐④を前提としたとき

JTNR 全体で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。
現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.4) 下段 : すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	
			3.6	4.3	5.1	6.0	7.2	8.5	10.1	
a.	既往最大を上回る	0.5								0.35
b.	地震が発生する	0.3								0.20
c.		0.5								0.25
d.	既往最大を上回る	0.3								0.10
e.	地震は発生しない	0.5								0.10
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計	1.0

1-8 貞観型 (JTS2) の地震についてお聞きします。

この海域では、過去に以下の地震が発生しています。なお、貞観型の津波は、他の領域で想定する津波との関係が不明であるため、他の領域の津波とは独立に発生するものとして取り扱います。

海域	発生年	津波モデルの Mw	既往最大 Mw (=Mmax)	「推本」による地震規模
貞観型 (JTS2)	869	8.5 (長さ 100km または 200km) (佐竹ら,2008)	8.5	—

表 2 869 年貞観津波の基準断層モデル

モデル	長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	上端深さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 × 10 ¹⁰ N/m ²	M ₀ × 10 ²⁰ N・m	M _w	スケーリング則
①	100	100	10.0	31	202	18	90	7.0	70.0	8.50	L,W,D 比例
②	200	100	7.0	15	202	18	90	5.0	70.0	8.50	L,W,D 比例

補足

澤井・他 (2006,2007) は、仙台平野、石巻平野で 869 年貞観津波の堆積物が確認されており、貞観津波が明治・昭和三陸地震や 1611 年慶長地震の津波より大規模であった可能性を指摘している。また、約 2700~2300 年前以降、少なくとも 2 回の巨大津波の堆積物がみられるとしている。

佐竹・他(2008, 投稿中)では、869 年貞観津波以下の 2 モデルのいずれのプレート間地震でも、869 年の津波が説明できるとしている (図 14 参照)。

① 長さ 100km

② 長さ 200km

なお、同論文によれば、津波シミュレーションによる痕跡の再現性は以下のとおりである。

・浸水距離と最奥の津波堆積物の位置との比較 (8 地域)

モデル①: 距離の比の平均 0.99 標準偏差 0.08

モデル②: 距離の比の平均 0.99 標準偏差 0.09

・遡上高さと最奥の津波堆積物の標高との比較 (8 地域)

モデル①: 高さの比の平均 1.04 標準偏差 0.21

モデル②: 高さの比の平均 1.09 標準偏差 0.34

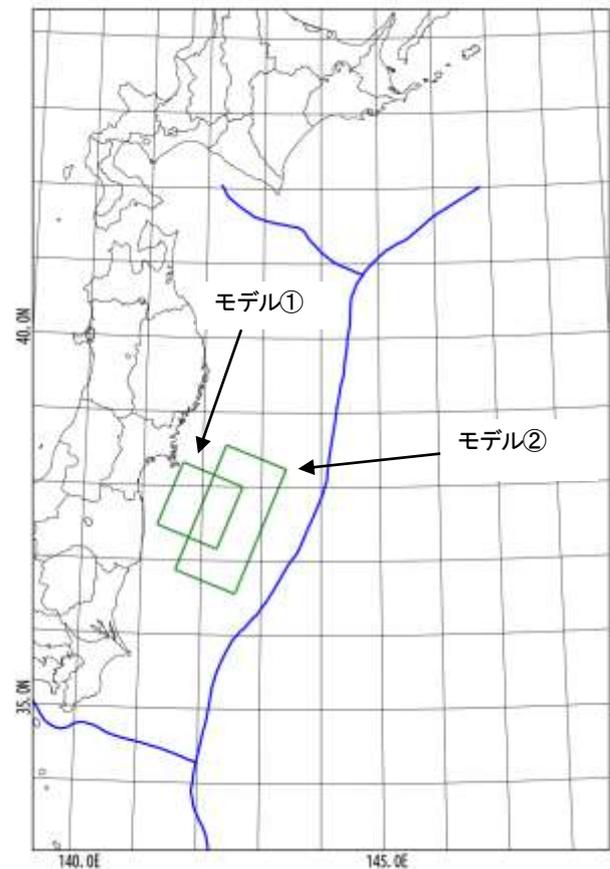


図 14 貞観型津波の基準断層モデル

Q.1-8-1 貞観型(JTS2)のプレート間逆断層地震の断層モデルについてお答えください。

この海域で想定する津波の断層モデルとして、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	モデル①（長さ 100km）の方が適切である	0.45
②	モデル②（長さ 200km）の方が適切である	0.55
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

Q.1-8-2 モデル①を用いるとき貞観型(JTS2)のプレート間逆断層地震についてお答えください。

この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。なお、貞観型の津波は、他の領域で想定する津波とは独立に発生するものとします。

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.5) 下段：すべり量 (m)							重み【ご記入ください】
			8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	
			6.3	7.1	8.0	9.0	10.0	11.3	12.6	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.25
b.		0.3							0.20	
c.		0.5							0.25	
d.	既往最大を上回る	0.3								0.15
e.	地震は発生しない	0.5								0.15
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q.1-8-3 モデル②を用いるとき貞観型(JTS2)のプレート間逆断層地震についてお答えください。

この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。なお、貞観型の津波は、他の領域で想定する津波とは独立に発生するものとします。

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.5) 下段：すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	
			4.4	5.0	5.6	6.3	7.0	7.9	8.9	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.25
b.		0.3							0.20	
c.		0.5								0.30
d.	既往最大を上回る	0.3								0.10
e.	地震は発生しない	0.5								0.15
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計	1.0

2. 南海トラフ沿い海域の大地震

南海トラフ沿い海域は、図 15 のような 3 つの波源域で、繰り返し津波を発生しています(図 16、図 17)。以後、「南海」は四国～紀伊半島沖の波源域を、「東南海」は熊野灘一带の波源域を、「東海」は想定東海地震の波源域として示される駿河湾～遠州灘東部に至る波源域を示すものとします。

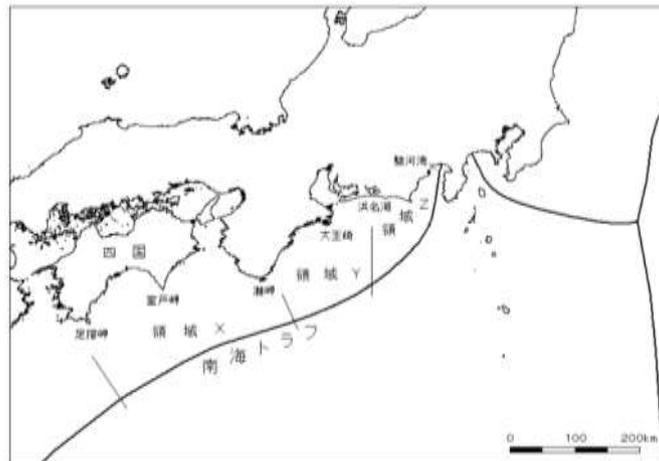


図 15 南海トラフ沿い海域の波源 (推本,2001)

過去の津波に関しては、表 3 の△の波源域の活動に対する見解が分かれています。

表 3 南海トラフの地震の波源域

地震	波源域			備考
	南海	東南海	東海	
1498 年	○			南海地震と(東海+東南海)に時間差があったとする
1605 年	○	○	△	
1707 年	○	○	○	
1854 年		○	○	安政東海地震
	○			安政南海地震
1944 年		○		
1946 年	○			
2yyy 年			△	

○：波源域 △：分岐によっては波源域とする

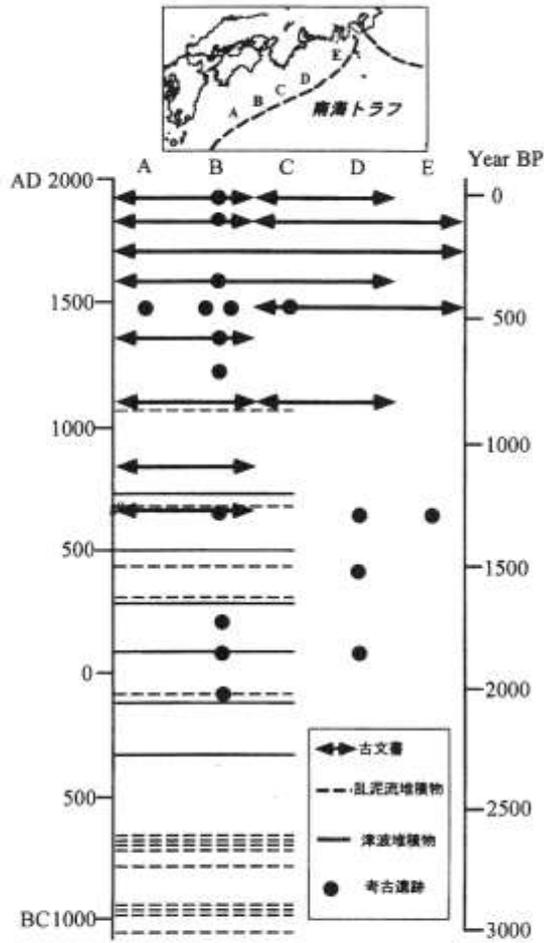


図1 過去3千年の巨大地震の年代。寒川(1992)に加筆データについては、本号の論文を参照。考古遺跡(寒川)、津波堆積物(佃・岡村・松岡)、乱泥流堆積物(池原)に基づき筆者がまとめたもの。

(a) 安藤(1999)

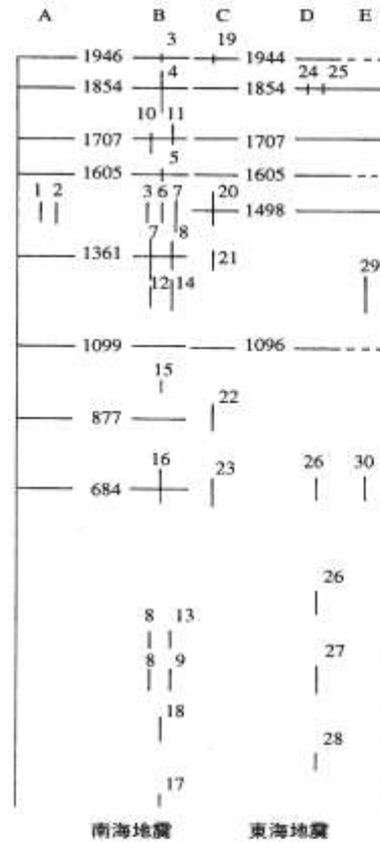
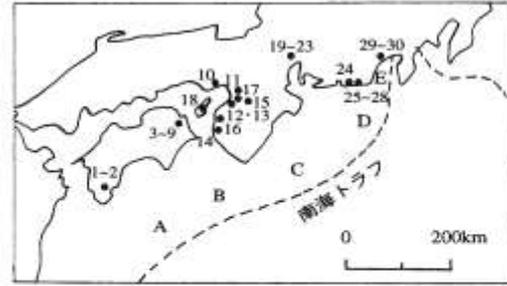


図1 南海地震と東海地震の発生時期。西暦は史料から求めた発生時期。縦線は遺跡で検出された地震跡の年代幅を示す。1. アソノ、2. 船戸、3. 宮ノ前、4. 神宅、5. 黒谷川古城、6. 古城、7. 中島田、8. 黒谷川宮ノ前、9. 黒谷川郡須、10. 小阪邸跡、11. 池島福万寺、12. 石津太神社、13. 下田、14. 藤並、15. 笠尾、16. 川辺、17. 田井中、18. 下内膳、19. 東福徳寺、20. 尾張国府跡、21. 門間沼、22. 地藏越、23. 田所、24. 御殿二之宮、25. 袋井宿、26. 坂尻、27. 鶴松、28. 原川、29. 上土、30. 川合

(b) 寒川(1999)

図 16 南海トラフで発生した歴史地震の破壊域 (1)



第1図. 南海トラフで発生した歴史地震の破壊域。宇佐美 (2003), 桑川 (2004) に基づく。
 Fig. 1. Rupture zones of historical earthquakes in the Nankai Trough, based on Usami (2003) and Sangawa (2004).

(c) 小松原ほか(2007)

図 17 南海トラフで発生した歴史地震の破壊域 (2)

2-1 南海トラフの地震の発生様式についてお聞きします。

これらの設問は、セグメントごとの発生頻度に関係します。

Q.2-1-1 想定東海地震単独の発生について

東海地震単独として発生した過去の事例は見いだされていませんが、東海単独を考慮する際の発生頻度をハザード解析に持ち込むため、東海単独発生を考慮する場合には、次のイベントを東海単独として取り扱うこととします。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐(1)-1	考え方	重み【ご記入ください】
①	東海地震は単独発生を考慮する	0.25
②	東海地震は連動でのみ発生する	0.75
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

Q.2-1-2 1605年慶長地震の破壊域について

1605年慶長地震において、南海および東南海の波源域については各種論文からの共通認識として、破壊したとされています。しかし、想定東海地震の波源域まで破壊が及んでいたかについては評価が分かれています(図 16、図 17)。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐(1)-2	考え方	重み【ご記入ください】
①	1605年慶長地震の波源域は駿河トラフを含む	0.40
②	1605年慶長地震の波源域は駿河トラフを含まない	0.60
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

Q.2-1-3 1498年明応地震の破壊域について

1498年明応地震の破壊域の認識は、「東海」が破壊したのかについての共通認識は得られておらず、今なお評価が分かれています(図 16、図 17)。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐(1)-3	考え方	重み【ご記入ください】
①	1498年明応地震の波源域は駿河トラフを含む	0.55
②	1498年明応地震の波源域は駿河トラフを含まない	0.45
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

補足

1498年以降を対象とした場合、Q2-1の分岐に応じ、波源域別の発生頻度は表4のようになる。

表4 波源域別の発生頻度（1498年以降）

分岐			単独または連動毎の発生頻度						計	波源域別発生頻度		
東海単独の発生	1605年波源域	1498年波源域	東海単独	東南海単独	南海単独	東海+東南海	東南海+南海	全域		東海	東南海	南海
ある	全域	全域	1	1	3	2	0	2	9	5	5	5
		東南海+南海	1	2	3	1	0	2	9	4	5	5
	東南海+南海	全域	1	1	3	2	1	1	9	4	5	5
		東南海+南海	1	2	3	1	1	1	9	3	5	5
ない	全域	全域	0	1	3	2	0	2	8	4	5	5
		東南海+南海	0	2	3	1	0	2	8	3	5	5
	東南海+南海	全域	0	1	3	2	1	1	8	3	5	5
		東南海+南海	0	2	3	1	1	1	8	2	5	5

注) 東海単独ありの場合、想定東海地震を東海単独としてカウントしている。

2-2 南海トラフにおける断層モデル設定の考え方についてお聞きします。

Q.2-2-1 南海トラフの津波に適用する波源モデルについてお聞きします

南海トラフ沿いの歴史津波の再現モデルに関しては、矩形断層による一様すべりモデルや小断層の集合で構成される不均質モデルが提案されています。そこで、ハザード解析に際して、波源モデルについての分岐を考えます。以下のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐(2)-1	考え方	重み【ご記入ください】
①	矩形断層による一様すべりモデルを用いる	0.40
②	不均質モデルを用いる	0.60
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

補足

①は図 18(a)の矩形モデルに基づいて津波を予測するものであり、各矩形のすべり量は一律と仮定する。
②は図 18 (b)の小断層集合モデルに基づいて津波を予測するものであり、アスペリティが考慮されている。

判断の前提として、①と②の方法により、既往津波がどのようにモデル化されるかを以下に示す。

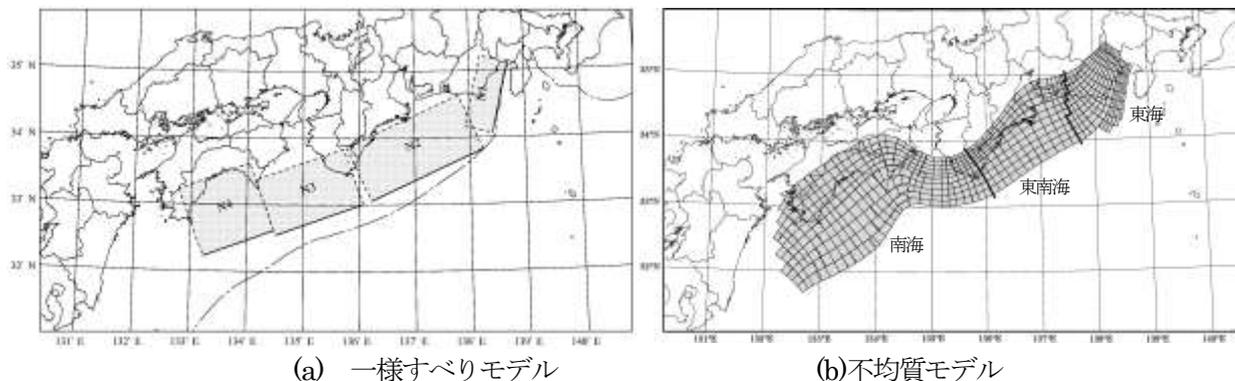


図 18 南海トラフの波源モデル

図 18(a)の一様すべりモデルは、プレート境界面に沿って断層面を設定したモデルで、すべり量を適切に設定することにより、既往津波の痕跡高分布を説明出来ることを確認している（「津波評価技術」p.2-62 参照）。

図 18 (b)の不均質モデルでは、プレート境界深度に沿って設定した小断層群を用いて、次の手順で既往の歴史地震による津波を説明できるすべり量分布を作成した（図 19）。

- ・ 1946 年昭和南海，1944 年東南海の検潮記録，痕跡高，地盤鉛直変位分布をもとにインバージョン解析を実施してアスペリティ位置を設定
- ・ アスペリティ位置は地震毎に共通であるとの認識のもとに（東海波源域については，中央防災会議によるアスペリティ位置を参考に設定），1854 年安政東海・安政南海，1707 年宝永地震津波の痕跡記録を良好に再現出来るようにすべり量のバランスを調整。

表 5 南海トラフの既往地震津波の再現モデル

地震	モーメント・マグニチュード Mw										再現性			
	東海		東南海		南海			全域			一様すべり		不均質	
	一様すべり	アスペリティ	一様すべり	アスペリティ	一様すべり			アスペリティ	一様すべり	アスペリティ	K	κ	K	κ
	N1		N2		N3	N4	全体							
1707 年宝永地震	8.1	8.3	8.5	8.3	8.4	8.5	8.7	8.6	8.8	8.8	1.07	1.36	1.07	1.37
1854 年安政東海地震	8.1	8.3	8.4	8.2	-			-	8.5	8.5	1.11	1.48	1.05	1.48
1854 年安政南海地震	-	-	-	-	8.3	8.5	8.6	8.6	8.6	8.6	1.11	1.43	1.00	1.32
1944 年東南海地震	-	-	8.4	8.1	-			-	8.4	8.1	1.05	1.59	1.14	1.44
1946 年昭和南海地震	-	-	-	-	8.3	8.3	8.5	8.5	8.5	8.5	1.06	1.60	0.99	1.42
最大 Mw	8.1	8.3	8.5	8.3	8.4	8.5	8.7	8.6	8.8	8.8	-	-	-	-
推本による地震規模	-		M8.1		M8.4 前後			-			-		-	
中央防災会議モデル	8.2		8.4		8.7			8.8			-		-	

注) $\mu = 5.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ として M_0 を算出

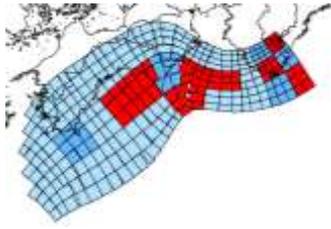
一様すべりモデルの再現性は、「津波評価技術(2002)」により、不均質モデルの再現性は本検討による

表 6 南海トラフの一様すべりモデルの諸元

セグメント	面積 (km ²)	L (km)	W (km)	d (km)	θ (°)	δ (°)	λ (°)	
東海	N1	6000	120	50	5	193	20	71
東南海	N2	20500	205	100	5	246	10	113
南海	N3	15500	155	100	8	251	12	113
	N4	15000	125	120	11	250	8	113

表 7 南海トラフの不均質モデルの諸元

波源域	面積 (km ²)	d (km)	θ (°)	δ (°)	λ (°)
東海	12840	2~28	190~248	10~26	55~129
東南海	20520	10~28	216~263	8~20	85~139
南海	51850	10~28	212~303	5~19	98~180



沿岸各地の検潮記録，痕跡高，地盤変動量を再現するようにインバージョン解析を実施してすべり量分布を設定

N	96
K	0.99
κ	1.42
D_{ave}	2.42m
Mw	8.47

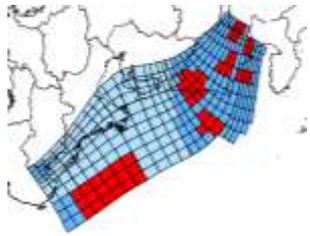
(a) 1946 年昭和南海地震津波



沿岸各地の検潮記録，痕跡高，地盤変動量を再現するようにインバージョン解析を実施してすべり量を設定

N	64
K	1.14
κ	1.44
D_{ave}	1.80m
Mw	8.11

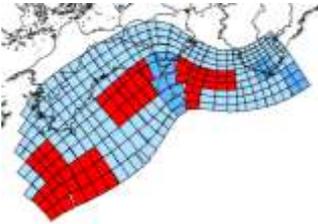
(b) 1944 年東南海地震津波



上記の 1944 年東南海の波源モデルに中央防災会議モデルによるアスペリティ位置を参考に設定した東海波源モデルを加え，痕跡高を再現するようにすべり量を調整して設定

N	85
K	1.05
κ	1.48
D_{ave}	3.83m
Mw	8.47

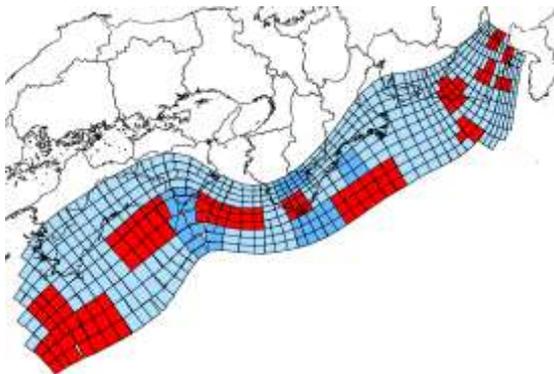
(c) 1854 年安政東海地震津波



上記の 1946 年昭和南海の波源モデルに，足摺岬～愛媛県沿岸の痕跡高を再現するために南西部にアスペリティを追加し，沿岸各地の痕跡高をバランス良く再現するようにすべり量を調整して設定

N	42
K	1.00
κ	1.32
D_{ave}	4.08m
Mw	8.62

(d) 1854 年安政南海



上記の 1944 年東南海および 1946 年昭和南海の波源モデルに中央防災会議モデルによるアスペリティ位置を参考に設定した東海波源モデルを加え，さらに四国南西部および九州沿岸の大きな痕跡高を再現するように南海波源域南西部にアスペリティを追加し，沿岸各地の痕跡高を再現するようにすべり量を調整して設定。

N	49
K	1.07
κ	1.37
D_{ave}	4.10m
Mw	8.75

(e) 1707 年宝永地震津波

D_{ave} : 平均すべり量

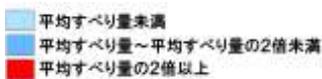


図 19 不均質モデルによる既往津波の波源モデル

Q.2-2-2 南海トラフにおける連動時のスケーリング則について

現在の知見からみて次のいずれの考え方が適切か、重みでお答えください。

分岐②-1	考え方	重み【ご記入ください】
①	単位セグメントのすべり量の平均が、単独で破壊した場合に比べ、連動した場合の方が大きくなる(連動依存モデル)	0.65
②	単位セグメントのすべり量の平均が、単独で破壊した場合も連動した場合も同じである(連動非依存モデル)	0.35
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

(補足)

①は、連動型の地震の場合地震規模が大きくなるという認識に基づいており、南海トラフ沿いにおいて想定される6つの地震毎に最大Mwを想定する必要がある。

②は、連動する場合も単独破壊の場合でも、各セグメントの各セグメントの地震モーメント放出量は同じであるとの認識に基づいており、連動型巨大地震の規模は3つの波源域毎に設定したMwの機械的組み合わせによって設定される。

Mwは既往津波の再現モデルを基本として想定されるが、①に対する分岐では、再現モデルで検討されていないタイプの地震のMwも必要となる。そこで、現状のモデルとスケーリング則の関係をもとに設定する。

表5の波源モデルに、次式で示す地震モーメント(M₀)と断層面積(S)との間にスケーリング則

$$M_0 = \frac{S^{3/2}}{2.436} \Delta\sigma$$

が成り立つと仮定して、平均応力降下量(Δσ)を算出すると

一様すべりモデル : Δσ=3.21~4.69 (3.84) MPa

不均質モデル : Δσ=1.24~2.55 (1.86) Mpa (括弧内は平均値)

となる。

再現モデルにおける波源の面積と地震モーメントの関係、さらに一様すべりモデルおよび不均質モデルにおける平均応力降下量をそれぞれ、4MPaおよび2MPaと仮定した場合の波源の面積と地震モーメントの関係を図20に示す。

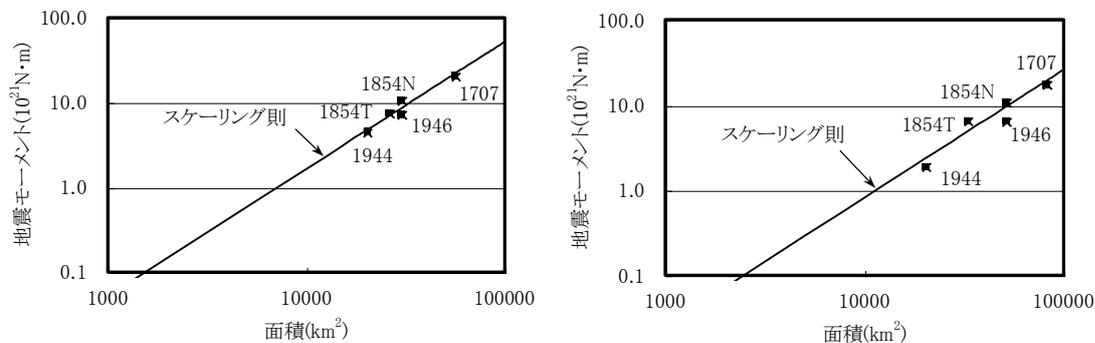


図20 波源の面積と地震モーメントの関係

2-3 南海トラフの固有地震のマグニチュード範囲についてお聞きします。

2-2-1, 2-2-2 の分岐の組み合わせ毎に、最大 Mw (Mmax) および与えられた Mw によるすべり量分布の設定方法が異なります。分岐の組み合わせと設問の関係は、次のとおりです。

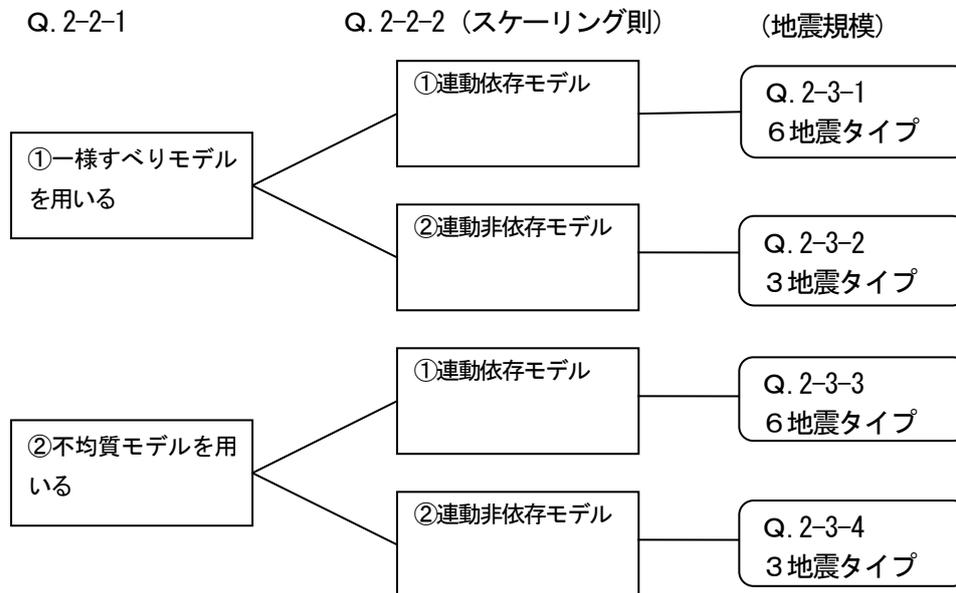


図 21 南海トラフの地震規模に関する設問の構成

連動依存モデルにおいては、想定する必要がある地震のタイプは、

- a) 東海単独
- b) 東南海単独
- c) 南海単独
- d) 東海+東南海
- e) 東南海+南海
- f) 東海+東南海+南海

の6つです。連動非依存モデルでは、

- a) 東海単独
- b) 東南海単独
- c) 南海単独

の3つを想定し、d)~f)はこれらの組み合わせで設定します。

2-3-1 連動依存モデルにおける一様すべりモデルの場合(2-2-1①, 2-2-2①)

表 5 で示した再現モデルおよび図 20 のスケーリングモデルによる Mw から Mmax を設定し、表 8 に示します。

表 8 連動依存モデル・一様すべりモデルにおける Mmax

	再現モデル	スケーリングモデル*)	採用 Mmax
東海単独	—	7.9	7.9
東南海単独	8.4(1944)	8.4	8.4
南海単独	8.5(1946) 8.6(1854)	8.5	8.6
東海+東南海	8.5(1854)	8.5	8.5
東南海+南海	—	8.8	8.8
東海+東南海+南海	8.8(1707)	8.8	8.8

*) 平均応力降下量：4MPa で算出

連動依存モデルにおける一様すべりモデルの Mw 分布として、現在の知見からみていずれが適当か、重みでお答えください。

Q.2-3-1-1 東海単独地震 (N1) の規模についてお答えください

パターン	採用 Mmax との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=7.9) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	
			0.7	1.1	1.5	2.1	3.0	4.2	5.9	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.20
b.		0.3							0.20	
c.		0.5							0.30	
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3							0.20	
e.		0.5							0.10	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q.2-3-1-2 東南海単独地震 (N2) の規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.4) 下段: すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	
			1.2	1.7	2.5	3.5	4.9	6.9	9.8	
a.	既往最大を上回る 地震が発生する	0.5								0.15
b.		0.3								0.20
c.		0.5								0.30
d.	既往最大を上回る 地震は発生しない	0.3								0.15
e.		0.5								0.20
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q.2-3-1-3 南海単独地震 (N3+N4) の規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.6) 下段: すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	
			1.6	2.3	3.3	4.6	6.6	9.3	13.1	
a.	既往最大を上回る 地震が発生する	0.5								0.15
b.		0.3								0.25
c.		0.5								0.30
d.	既往最大を上回る 地震は発生しない	0.3								0.15
e.		0.5								0.15
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q.2-3-1-4 東海+東南海地震 (N1+N2) の規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.5) 下段: すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	
			1.3	1.9	2.7	3.8	5.3	7.5	10.7	
a.	既往最大を上回る 地震が発生する	0.5								0.15
b.		0.3								0.25
c.		0.5								0.30
d.	既往最大を上回る 地震は発生しない	0.3								0.15
e.		0.5								0.15
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q.2-3-1-5 東南海+南海地震 (N2+N3+N4) の規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=8.8) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	
			2.0	2.8	3.9	5.5	7.8	11.1	15.6	
a.	既往最大を上回る 地震が発生する	0.5								0.25
b.		0.3								0.20
c.		0.5								0.25
d.	既往最大を上回る 地震は発生しない	0.3								0.15
e.		0.5								0.15
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q.2-3-1-6 東海+東南海+南海地震 (N1+N2+N3+N4) の規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=8.8) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	
			1.8	2.5	3.5	5.0	7.0	9.9	14.0	
a.	既往最大を上回る 地震が発生する	0.5								0.25
b.		0.3								0.30
c.		0.5								0.25
d.	既往最大を上回る 地震は発生しない	0.3								0.10
e.		0.5								0.10
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

(補足)

連動依存モデルから設定されるのは、波源全体の Mw である。一様すべりモデルの場合の東海単独 (N1 セグメント) や東南海単独 (N2 セグメント) の場合は問題ないが、南海単独 (N3+N4 セグメント) や連動の場合においては、各セグメントのすべり量の設定方法は、再現モデルを参考として基準化する。表 9 は矩形モデルの場合における波源モデル毎に N1~N4 の各セグメントの地震モーメントの配分を再現モデルを基本に設定したものである。各セグメントのすべり量は、設定した波源全体での地震モーメントを、表 9 の配分に従って各セグメントに割り振りすべり量を設定する。なお、南海単独における N3 と N4 の組み合わせについては、1946 年昭和南海のモデルが 1854 年安政南海および 1707 年宝永との相違が大きいため、2 種類による組み合わせを想定する (それぞれ確率 0.5 とする)。

表 9 連動依存モデルを一様すべりモデルに用いる場合の各セグメントの地震モーメントの配分割合

地震の形態	各セグメントの Mo の配分				備 考
	N1	N2	N3	N4	
南海単独	—	—	0.54	0.46	1946 昭和南海
			0.37	0.63	1707 宝永, 1854 安政南海の再現モデルの平均より算出
東海+東南海	0.20	0.80	—	—	1707 宝永, 1854 安政東海の再現モデルの平均より算出
東南海+南海	—	0.39	0.24	0.37	1707 宝永の再現モデルの配分
東海+東南海+南海	0.08	0.36	0.22	0.34	1707 宝永の再現モデルの配分

2-3-2 連動非依存モデルにおける一様すべりモデルの場合(2-2-1①, 2-2-2②)

既往最大の Mw (=Mmax) は, 表 5 に示した各セグメント毎の最大 Mw より表 10 の通り設定されます。連動非依存モデルにおける一様すべりモデルのすべり量は, 各セグメント毎に設定される Mw から, セグメント毎に独立に設定します。

表 10 一様すべりモデルにおける Mmax の設定

セグメント		再現モデルの 既往最大 Mw(=Mmax)	「推本」による 地震規模
東海	N1	8.1	—
東南海	N2	8.5	M8.1 前後
南海	N3	8.4	N3+N4 で M8.4 前後
	N4	8.5	

連動非依存モデルにおける一様すべりモデルの Mw 分布として、いずれが適切か、重みでお答えください。

Q.2-3-2-1 N1 セグメントの規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.1) 下段: すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	
			1.5	2.1	3.0	4.2	5.9	8.4	11.8	
a.	既往最大を上回る 地震が発生する	0.5								0.15[0.25]
b.		0.3								0.30[0.30]
c.		0.5								0.20[0.20]
d.	既往最大を上回る 地震は発生しない	0.3								0.20[0.25]
e.		0.5								0.15[0.00]
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.2-3-2-2 N2 セグメントの規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.5) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	
			1.7	2.5	3.5	4.9	6.9	9.8	13.8	
a.	既往最大を上回る 地震が発生する	0.5								0.15[0.10]
b.		0.3							0.30[0.20]	
c.		0.5							0.20[0.20]	
d.	既往最大を上回る 地震は発生しない	0.3								0.25[0.25]
e.		0.5								0.10[0.25]
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.2-3-2-3 N3 セグメントの規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.4) 下段:すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	
			1.6	2.3	3.2	4.6	6.5	9.1	12.9	
a.	既往最大を上回る 地震が発生する	0.5								0.15[0.10]
b.		0.3							0.30[0.20]	
c.		0.5							0.20[0.20]	
d.	既往最大を上回る 地震は発生しない	0.3								0.20[0.25]
e.		0.5								0.15[0.25]
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.2-3-2-4 N4 セグメントの規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.5) 下段: すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	
			2.4	3.3	4.7	6.7	9.4	13.3	18.8	
a.	既往最大を上回る 地震が発生する	0.5								0.15[0.10]
b.		0.3							0.30[0.20]	
c.		0.5							0.20[0.20]	
d.	既往最大を上回る 地震は発生しない	0.3							0.20[0.25]	
e.		0.5							0.15[0.25]	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

2-3-3 連動依存モデルにおける不均質モデルの場合(2-2-1②, 2-2-2①)

2-3-1 同様に 6 つの地震タイプに対する Mmax を、表 5 で示した再現モデルおよび図 20 のスケーリングモデルによる Mw から設定して表 11 に示します。

表 11 連動依存モデル・不均質モデルにおける Mmax

	再現モデル	スケーリングモデル*)	採用 Mmax
東海単独	—	8.0	8.0
東南海単独	8.1(1944)	8.2	8.2
南海単独	8.5(1946) 8.6(1854)	8.6	8.6
東海+東南海	8.5(1854)	8.4	8.5
東南海+南海	—	8.7	8.7
東海+東南海+南海	8.8(1707)	8.8	8.8

*) 平均応力降下量：2MPa で算出

連動依存モデルにおける不均質モデルの Mw 分布として、以下のいずれが適切か、重みでお答えください。

Q.2-3-3-1 東海単独地震の規模についてお答えください

パターン	採用 Mmax との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.0)							重み【ご記入ください】
			中段:平均すべり量(m), 下段:最大すべり量							
			7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	
			0.5	0.7	1.0	1.4	2.0	2.8	3.9	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.20
b.		0.3							0.25	
c.		0.5							0.30	
d.	既往最大を上回る	0.3								0.15
e.	地震は発生しない	0.5								0.10
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計	1.0

Q.2-3-3-2 東南海単独地震の規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (M _{max} =8.2)							重み【ご記入ください】
			中段:平均すべり量(m), 下段:最大すべり量							
			7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	
			0.6	0.9	1.2	1.7	2.4	3.5	4.9	
			2.2	3.1	4.3	6.1	8.6	12.2	17.2	
a.	既往最大を上回る	0.5								0.20
b.	地震が発生する	0.3								0.25
c.		0.5								0.25
d.	既往最大を上回る	0.3								0.15
e.	地震は発生しない	0.5								0.15
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q.2-3-3-3 南海単独地震の規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (M _{max} =8.6)							重み【ご記入ください】
			上から Mw, 平均すべり量(m), 最大すべり量 (1944 タイプ), 最大すべり量(1854, 1707 タイプ)							
			8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	
			1.0	1.4	1.9	2.7	3.9	5.4	7.7	
			4.7	6.6	9.3	13.1	18.5	26.2	37.0	
			3.3	4.7	6.7	9.4	13.3	18.8	26.6	Mw 平均すべり量 最大すべり量(1944) 最大すべり量(1854,1707)
a.	既往最大を上回る	0.5								0.20
b.	地震が発生する	0.3								0.20
c.		0.5								0.20
d.	既往最大を上回る	0.3								0.15
e.	地震は発生しない	0.5								0.25
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q.2-3-3-4 東海+東南海地震の規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 ($M_{max}=8.5$)							重み【ご記入ください】	
			中段:平均すべり量(m), 下段:最大すべり量								
			8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7		
			1.1	1.5	2.1	3.0	4.2	6.0	8.5		
			3.0	4.3	6.0	8.5	12.0	17.0	23.9		
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5									0.15
b.		0.3									0.25
c.		0.5									0.30
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3									0.15
e.		0.5									0.15
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0		

Q.2-3-3-5 東南海+南海地震の規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 ($M_{max}=8.7$)							重み【ご記入ください】	
			中段:平均すべり量(m), 下段:最大すべり量								
			8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9		
			1.0	1.4	2.0	2.8	3.9	5.5	7.8		
			3.5	4.9	6.9	9.7	13.7	19.4	27.4		
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5									0.25
b.		0.3									0.25
c.		0.5									0.25
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3									0.15
e.		0.5									0.10
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0		

Q.2-3-3-6 東海+東南海+南海地震の規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (M _{max} =8.8)							重み【ご記入ください】	
			中段:平均すべり量(m), 下段:最大すべり量								
			8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0		
			1.2	1.7	2.4	3.4	4.8	6.8	9.6		
			4.2	5.9	8.3	11.7	16.6	23.4	33.1		
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5									0.25
b.		0.3									0.25
c.		0.5									0.25
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3									0.10
e.		0.5									0.15
特記事項【できるだけご記入ください】										重みの合計	1.0

(補足)

不均質モデルにおけるすべり量の決め方も、基本的には一様すべりモデルの連動の場合と同じである。すなわち、全体で設定される地震モーメントに対する各小断層毎の地震モーメントの割合を固定と考える。この割合については、

$$\text{地震モーメント比} = \frac{\text{再現モデルにおける各小断層の地震モーメント}}{\text{該当する波源域全体の地震モーメント}}$$

から設定する。モデルが複数あり、地震モーメント比が地震によって大差ない場合は平均値を用い、相違の大きい場合はそれぞれのモデルを取り入れる。

図 22 に地震モーメント比から作成した平均すべり量に対する各小断層のすべり量の比を示す。対象となる 6 つの地震タイプにおいて、南海地震 (1707 年および 1854 年, 1946 年) では地震モーメント比の相違が大きかった。そこで、南海単独モデルについては、1946 年タイプと 1854 年および 1707 年の平均モデルの 2 つのタイプについて考えることとした (それぞれ確率 0.5 とする)。

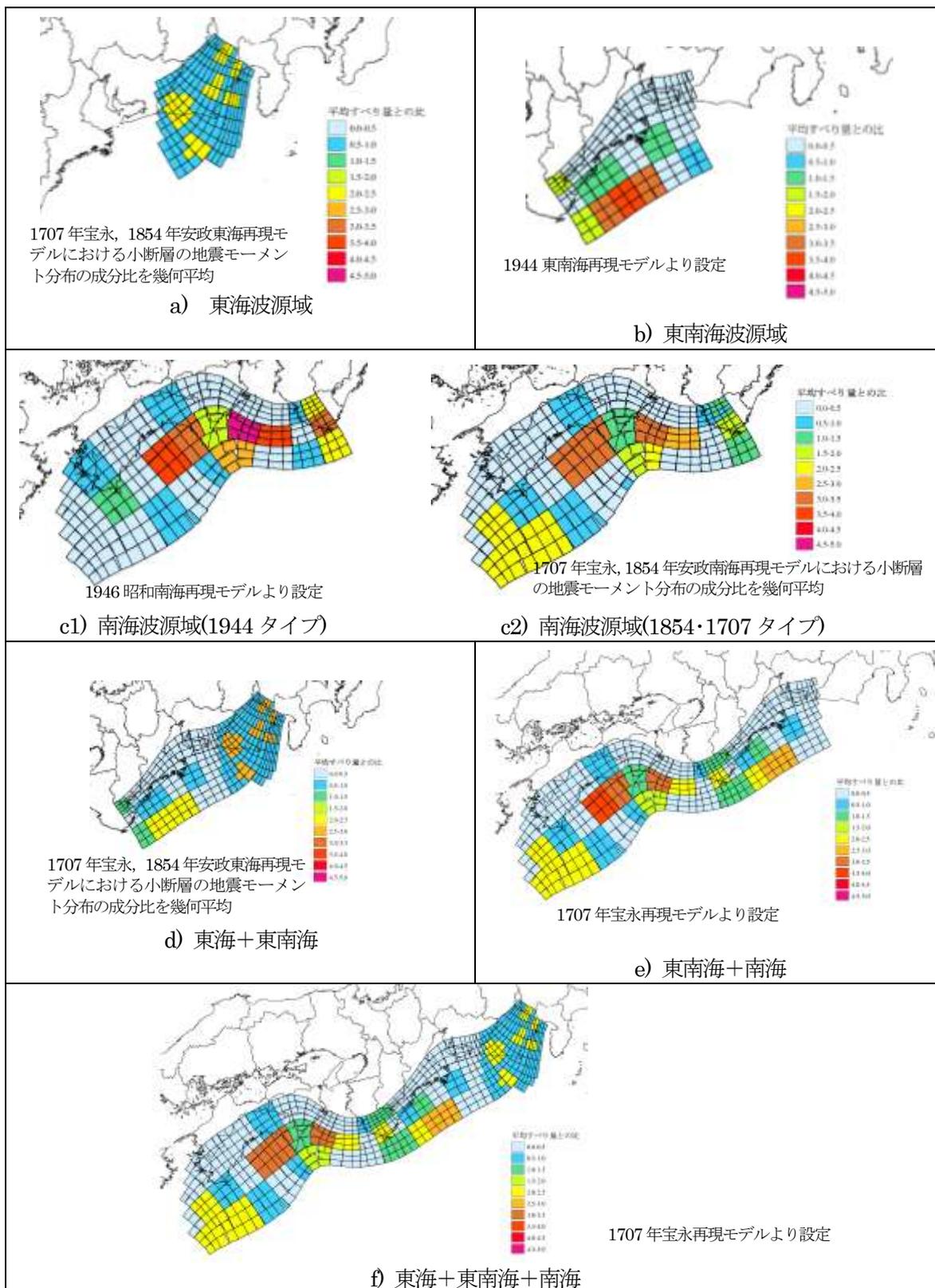


図 22 単独および連動地震における地震モーメントの成分比の幾何平均から設定した小断層の平均すべり量に対する比

2-3-4 連動非依存モデルにおける不均質モデルの場合(2-2-1②, 2-2-2②)

既往最大の Mw (=Mmax) は、表 5 に示した各波源域毎の最大 Mw より表 12 の通り設定されます。連動非依存モデルにおける不均質モデルのにおけるすべり量は、2-3-2 で示した連動依存モデルの不均質モデルにおける

- a) 東海単独
- b) 東南海単独
- c) 南海単独

の組み合わせで設定されます。すなわち、各波源域毎に設定される Mw から算出される波源域毎の地震モーメントを、

図 22 における a), b), c1), c2) に従ってすべり量に変換して設定する。南海の波源モデルについては、c1) と c2) の両者について考えることとします (それぞれ確率 0.5)。

表 12 一様すべりモデルにおける Mmax の設定

波源域	再現モデルの 既往最大 Mw(=Mmax)	「推本」による 地震規模	中央防災会議モデル
東海	8.3	—	8.2
東南海	8.3	M8.1 前後	8.4
南海	8.6	M8.4 前後	8.7

連動非依存モデルにおける不均質モデルの Mw 分布として、いずれが適切か、重みでお答えください。

Q.2-3-4-1 東海地震の規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.3)							重み【ご記入ください】
			中段:平均すべり量(m), 下段:最大すべり量							
			7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	
			1.4	2.0	2.8	3.9	5.5	7.8	11.0	
a.	既往最大を上回る 地震が発生する	0.5								0.20
b.		0.3								0.20
c.		0.5								0.25
d.	既往最大を上回る 地震は発生しない	0.3								0.15
e.		0.5								0.20
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計	1.0

Q.2-3-4-2 東南海地震の規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.3)							重み【ご記入ください】
			中段:平均すべり量(m), 下段:最大すべり量							
			7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	
			0.9	1.2	1.7	2.4	3.5	4.9	6.9	
			3.1	4.3	6.1	8.6	12.2	17.2	24.3	
a.	既往最大を上回る 地震が発生する	0.5								0.25
b.		0.3								0.20
c.		0.5								0.25
d.	既往最大を上回る 地震は発生しない	0.3								0.10
e.		0.5								0.20
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q.2-3-4-3 南海地震の規模についてお答えください

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.6)							重み【ご記入ください】
			上から Mw, 平均すべり量(m), 最大すべり量 (1944 タイプ),最大すべり量(1854, 1707 タイプ)							
			8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	
			1.0	1.4	1.9	2.7	3.9	5.4	7.7	
			4.7	6.6	9.3	13.1	18.5	26.2	37.0	
			3.3	4.7	6.7	9.4	13.3	18.8	26.6	
a.	既往最大を上回る 地震が発生する	0.5								0.20
b.		0.3								0.20
c.		0.5								0.30
d.	既往最大を上回る 地震は発生しない	0.3								0.10
e.		0.5								0.20
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

Q.2-4 南海地震と東南海地震の次の地震までの平均発生間隔についてお答えください。

南海トラフ沿いの南海地震と東南海地震の平均発生間隔は、1096年以降のデータを用いた場合が121年±1σ（114年，129年）と評価されています（補足参照）。これに対し、現時点での評価に関しては、時間予測モデルを用いた評価が地震調査研究推進本部により行われており、南海地震に関しては、次の地震までの平均発生間隔が90.1年、東南海地震に関しては、次の地震までの平均発生間隔が86.4年と評価されています。しかし、時間予測モデルの評価に用いられているデータは多様であり、「決定的」とはいえません。

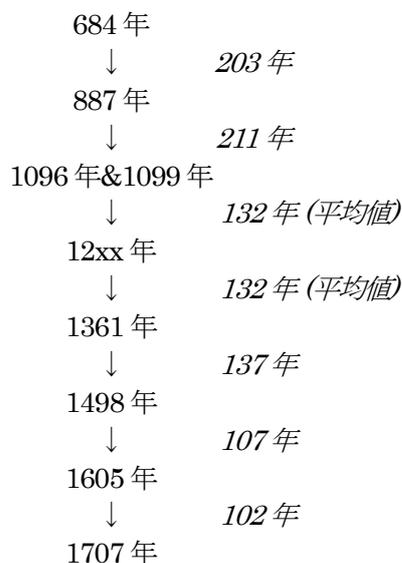
南海地震と東南海地震の**次の地震までの平均発生間隔**として、現在の知見からみて下記の2つのモデルのいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
① 平均的モデル	121年±1σ（114年，129年）	0.40
② 時間予測モデル	南海（90.1年）、東南海（86.4年）	0.60
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

補足

南海トラフでは、684年以降多くの歴史地震が記録されている。このうち、10世紀以前の発生間隔は200年以上あり11世紀以降に比べて長い。しかし、近年の地質学的や津波堆積物等の調査より、現在10世紀後半の地震の可能性も指摘されており、10世紀以前の記録については未発見のイベントのある可能性が高い。そこで、平均発生間隔は、多くの文献における共通認識として得られている1096年以降の地震から算出する。

1096年以降で考えると、以下の8回のイベントが約850年の間に発生している。ここで、12xx年は、13世紀の地震として取り扱われているものである。従って、平均発生間隔は、 $850/7=121.4$ 年（年月日まで考慮して、121.1年）となる。ハザード解析においては、南海トラフとしての平均発生間隔は、121年とし、これに対して平均発生間隔の誤差は±1σ（114年，129年）を考慮することとする。



↓ 147年
1854年
↓ 91年
1944年&1946年
↓ ???年
2yyy年

3. 日本海東縁部海域の大地震

日本海東縁部海域については、地震の発生履歴や地質学的知見、推本による活動域区分等をもとに、図のような活動域区分を行っています。

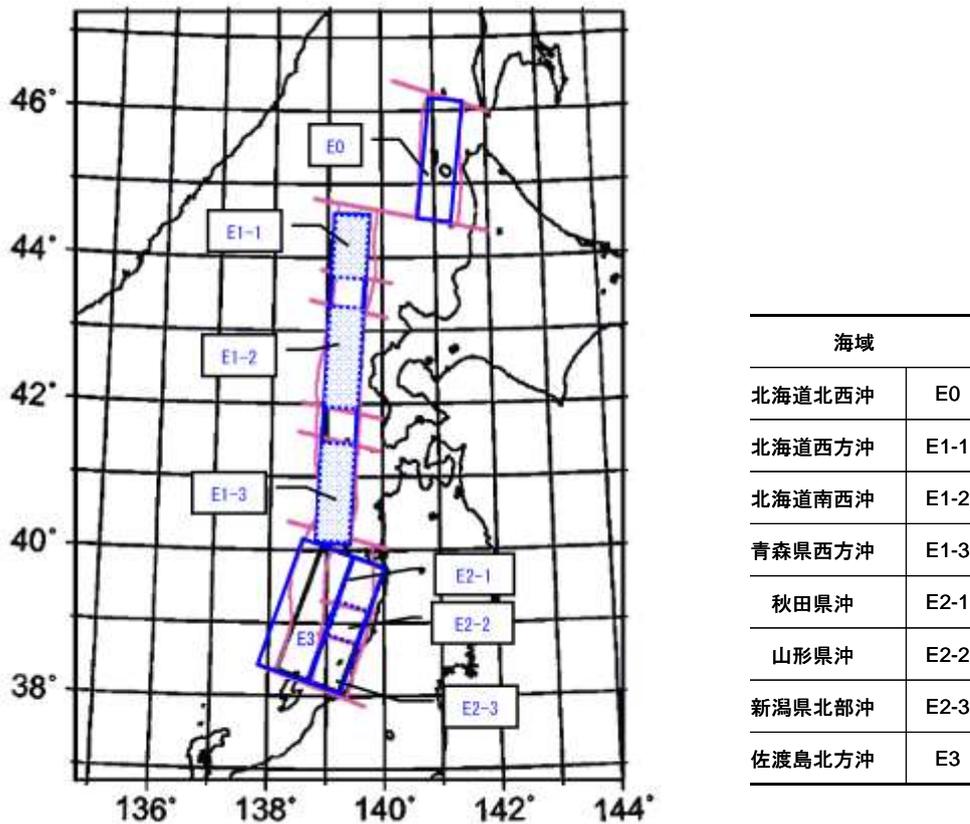


図 23 日本海東縁部海域の大地震活動域区分

「津波評価技術」では、以下のモデルを日本海東縁部の基準断層モデルとしています。

表 13 日本海東縁部の基準断層モデル

モデル	長さ (km)	幅 (km)	すべり 量 (m)	上端深 さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり 角 (°)	剛性率 × 10 ¹⁰ N/m ²	M ₀ ×10 ²⁰ N・m	M _w	スケーリ ング則
高角	120	17	8.7	0	歪集中帯 に平行	60	90	3.5	6.3	7.8	幅に限界 あり
低角		30	5.0			30					

3-1 北海道北西沖海域(E0)についてお聞きします。

この海域では、過去に大地震の明確な記録は残っていません。

海域	発生年	津波モデルの Mw	既往最大 Mw (=Mmax)	「推本」による地震規模 (信頼度)
北海道北西沖(E0)	なし	—	—	M7.8程度 (D)

既往地震がない海域では、既往最大 Mw である Mmax が決められないため、パターン a (Mmax-0.2~Mmax+0.2) ,b (Mmax-0.1~Mmax+0.1) の2つのマグニチュード分布を想定し、この中心となるマグニチュードを仮に Mmax と呼ぶことにします。

Q.3-1 北海道北西沖海域(E0)のマグニチュード分布についてお答えください。

この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれがより適切か、重みでお答えください。

パターン	中心 Mw (=Mmax)	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.4) 下段: すべり量(m)								重み【ご記入ください】
			7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	
			3.7	4.3	5.2	6.1	7.3	8.7	10.3	12.2	
a-1.	7.8	0.5									0.45[0.45]
b-1.		0.3									0.10[0.10]
a-2.	7.7	0.5									0.25[0.15]
b-2.		0.3									0.05[0.05]
a-3.	7.6	0.5									0.15[0.10]
b-3.		0.3									0.00[0.00]
a-4.	7.5	0.5									0.00[0.10]
b-4.		0.3									0.00[0.05]
特記事項【できるだけご記入ください】										重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

3-2 北海道西方沖～青森県西方沖海域(E1)についてお聞きします。

この海域では、過去に以下の地震が発生しています。

海域	発生年	津波モデルの Mw	既往最大 Mw (=Mmax)	「推本」による地震規模 (信頼度)
北海道西方沖(E1-1)	1940	7.7	7.7	M7.5 前後 (B)
北海道南西沖(E1-2)	1993	7.8	7.8	M7.8 前後 (B)
青森県西方沖(E1-3)	1983	7.7	7.7	M7.7 前後 (B)

Q.3-2-1 E1 の活動域区分についてお答えください。

E1 領域内で (超長期にわたる) 将来に発生する大地震を想定するにあたり、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	E1 (E1-1 北端～E1-3 南端) は一体の活動域で、活動域内のどこでも大地震が発生する	0.35 [0.30]
②	E1 は E1-1, E1-2, E1-3 というそれぞれ独立の活動域に分割され、別々の活動域をまたがる破壊は生じない	0.65 [0.70]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.3-2-2 E1 の地震規模についてお答えください。

Q.3-2-1 の分岐①を前提としたとき、この海域全体で (超長期にわたる) 将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。なお、Mmax は 7.8 とします。

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=7.8) 下段: すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	
			4.3	5.2	6.1	7.3	8.7	10.3	12.2	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.45 [0.40]
b.		0.3							0.20 [0.20]	
c.		0.5							0.20 [0.25]	
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3							0.10 [0.10]	
e.		0.5							0.05 [0.05]	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.3-2-3 E1-1の地震規模についてお答えください。

Q.3-2-1の分岐②を前提としたとき、この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=7.7) 下段：すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	
			3.7	4.3	5.2	6.1	7.3	8.7	10.3	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.35[0.25]
b.		0.3								0.20[0.30]
c.		0.5								0.25[0.20]
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3								0.15[0.15]
e.		0.5								0.05[0.10]
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.3-2-4 E1-2の地震規模についてお答えください。

Q.3-2-1の分岐②を前提としたとき、この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=7.8) 下段：すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	
			4.3	5.2	6.1	7.3	8.7	10.3	12.2	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.35[0.25]
b.		0.3								0.25[0.30]
c.		0.5								0.25[0.20]
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3								0.10[0.15]
e.		0.5								0.05[0.10]
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.3-2-5 E1-3の地震規模についてお答えください。

Q.3-2-1の分岐②を前提としたとき、この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=7.7) 下段: すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	
			3.7	4.3	5.2	6.1	7.3	8.7	10.3	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.40[0.30]
b.		0.3								0.25[0.30]
c.		0.5								0.20[0.20]
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3								0.10[0.10]
e.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.5								0.05[0.10]
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

3-3 秋田県沖～新潟県北部沖海域(E2)についてお聞きします。

この海域では、過去に以下の地震が発生しています。

海域	発生年	津波モデルの Mw	既往最大 Mw (=Mmax)	「推本」による地震規模 (信頼度)
秋田県沖(E2-1)	なし	—	—	M7.5 程度 (C)
山形県沖(E2-2)	1833	7.8	7.8	M7.7 前後 (B)
新潟県北部沖(E2-3)	1964	7.5	7.5	M7.5 前後 (B)

Q.3-3-1 E2 の活動域区分についてお答えください。

E2 領域内で (超長期にわたる) 将来に発生する大地震を想定するにあたり、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	E2 は一体の活動域で、活動域内のどこでも大地震が発生する	0.55 [0.45]
②	E2 は E2-1,E2-2,E2-3 というそれぞれ独立の活動域に分割され、別々の活動域にまたがる破壊は生じない	0.45 [0.55]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.3-3-2 E2 の地震規模についてお答えください。

Q.3-3-1 の分岐①を前提としたとき、この海域で (超長期にわたる) 将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。なお、Mmax は 7.8 とします。

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=7.8) 下段：すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	
			4.3	5.2	6.1	7.3	8.7	10.3	12.2	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.35 [0.35]
b.		0.3							0.25 [0.20]	
c.		0.5							0.20 [0.25]	
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3							0.10 [0.10]	
e.		0.5							0.10 [0.10]	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.3-3-3 E2-1の地震規模についてお答えください。

Q.3-3-1の分岐②を前提としたとき、既往地震の知られていないE2-1海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	中心Mw (=Mmax)	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=8.4) 下段: すべり量(m)								重み【ご記入ください】
			7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	
			3.7	4.3	5.2	6.1	7.3	8.7	10.3	12.2	
a-1.	7.8	0.5									0.30[0.20]
b-1.		0.3									0.05[0.00]
a-2.	7.7	0.5									0.30[0.30]
b-2.		0.3									0.05[0.00]
a-3.	7.6	0.5									0.20[0.15]
b-3.		0.3									0.05[0.00]
a-4.	7.5	0.5									0.05[0.20]
b-4.		0.3									0.00[0.15]
特記事項【できるだけご記入ください】										重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.3-3-4 E2-2の地震規模についてお答えください。

Q.3-3-1の分岐②を前提としたとき、この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=7.8) 下段: すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	
			4.3	5.2	6.1	7.3	8.7	10.3	12.2	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.25[0.25]
b.		0.3								0.20[0.30]
c.		0.5								0.35[0.15]
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3								0.10[0.15]
e.		0.5								0.10[0.15]
特記事項【できるだけご記入ください】										重みの合計 1.0

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.3-3-5 E2-3の地震規模についてお答えください。

Q.3-3-1の分岐②を前提としたとき、この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=7.5) 下段：すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	
			2.6	3.1	3.7	4.3	5.2	6.1	7.3	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.40[0.25]
b.		0.3								0.25[0.35]
c.		0.5								0.20[0.15]
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3								0.10[0.15]
e.		0.5								0.05[0.10]
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

3-4 佐渡島北方沖海域(E3)についてお聞きします。

この海域では、過去に大地震の明確な記録は残っていません。

海域	発生年	津波モデルの Mw	既往最大 Mw (=Mmax)	「推本」による地震規模 (信頼度)
佐渡島北方沖(E3)	なし	—	—	M7.8程度 (D)

Q.3-4 佐渡島北方沖海域(E3)のマグニチュード分布についてお答えください。

既往地震の知られていない E3 海域で (超長期にわたる) 将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれがより適切か、重みでお答えください。

パターン	中心 Mw (=Mmax)	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.4) 下段: すべり量(m)								重み【ご記入ください】	
			7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0		
			3.7	4.3	5.2	6.1	7.3	8.7	10.3	12.2		
a-1.	7.8	0.5										0.35[0.35]
b-1.		0.3										0.10[0.10]
a-2.	7.7	0.5										0.25[0.15]
b-2.		0.3										0.05[0.05]
a-3.	7.6	0.5										0.25[0.20]
b-3.		0.3										0.00[0.00]
a-4.	7.5	0.5										0.00[0.15]
b-4.		0.3										0.00[0.00]
特記事項【できるだけご記入ください】											重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

3-5 日本海東縁部の想定津波に適用する断層モデルのスケーリング則についてお聞きします。

「津波評価技術」では、日本海東縁部の基準断層パラメータ設定方法は以下のとおりとしています。

断層長さ	スケーリング則に基づき、 M_w から求める。
幅	地震発生層の厚さ(15km)を考慮し傾斜角に応じて決める。
すべり量	$\log M_0(N \cdot m) = 1.5M_w + 9.1$, $D = M_0 / \mu LW$ により算出する。
上縁深さ	0km とする。
走向	海底地形の走向に基づき設定する。
傾斜角	30~60° とする。西傾斜と東傾斜の双方を考慮する。
すべり角	90° とする。
剛性率	$3.5 \times 10^{10}(\text{N/m}^2)$ とする。
スケーリング則	幅(地震発生層厚さ)に上限あり。 スケーリングの変曲点を境に、 M_w が大きいとき武村(1998)の関係 $\log L(\text{km}) = 0.75M_w - 3.77$, $L \propto D, W = \text{const.}$ が、 M_w が小さいとき $W = \frac{2}{3}L, L \propto W \propto D$ の関係が成り立ち、両者が連続的に接続するものとする。

上述の方法では、地震モーメントは断層長さにより決まり、結果的に面積が小さくなる高角の断層の方が大きなすべり量をもちます。一方、推本の地震動予測手法(「レシピ」)などでは、

$$M_0[\text{N} \cdot \text{m}] = \left(S[\text{km}^2] / 4.24 \times 10^{-11} \right)^2 \times 10^{-7}$$

(Wells and Coppersmith(1994)などのデータに基づく入倉・三宅(2001)の提案式、
地震モーメント $7.5 \times 10^{18} \text{N} \cdot \text{m}$ 以上の地震に適用する)

を適用する場合があります。これは、余震域や地殻変動データなどの種々の方法で決められた内陸地震の断層面積と地震モーメントの関係で、この関係では、地震モーメントに断層面積が対応します。この関係では、すべり量は傾斜角に依存しません。

Q.3-5 日本海東縁部の想定津波に適用する断層モデルのスケーリング則についてお答えください

現在の知見からみて、いずれの考え方が適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	地震モーメントは断層長さにより決まる（「津波評価技術」の式）	0.45
②	地震モーメントは断層面積により決まる（「強震動レシピ」の式）	0.55
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

補足

モーメントマグニチュードから①の式により断層長さを求め、②の式により断層面積を求めると、両者の比（断層面積／断層長さ）はほぼ 28km となる。

したがって、断層幅が 28km より小さい場合には、②の式による断層長さは①の式による断層長さより大きくなり、断層幅が 28km より大きい場合には、②の式による断層長さは①の式による断層長さより小さくなる。すべり量の関係は、幅が同じなので、断層長さの関係と逆になる。

日本海東縁部で用いられる、傾斜角 60°、地震発生層の厚さ 15km の場合の断層幅は約 17km なので、②の式によるすべり量の方が①の式によるすべり量よりも小さくなる。傾斜角 30°、地震発生層の厚さ 15km の場合の断層幅は 30km なので、②の式によるすべり量の方が①の式によるすべり量よりもわずかに大きくなる（図 24 参照）。

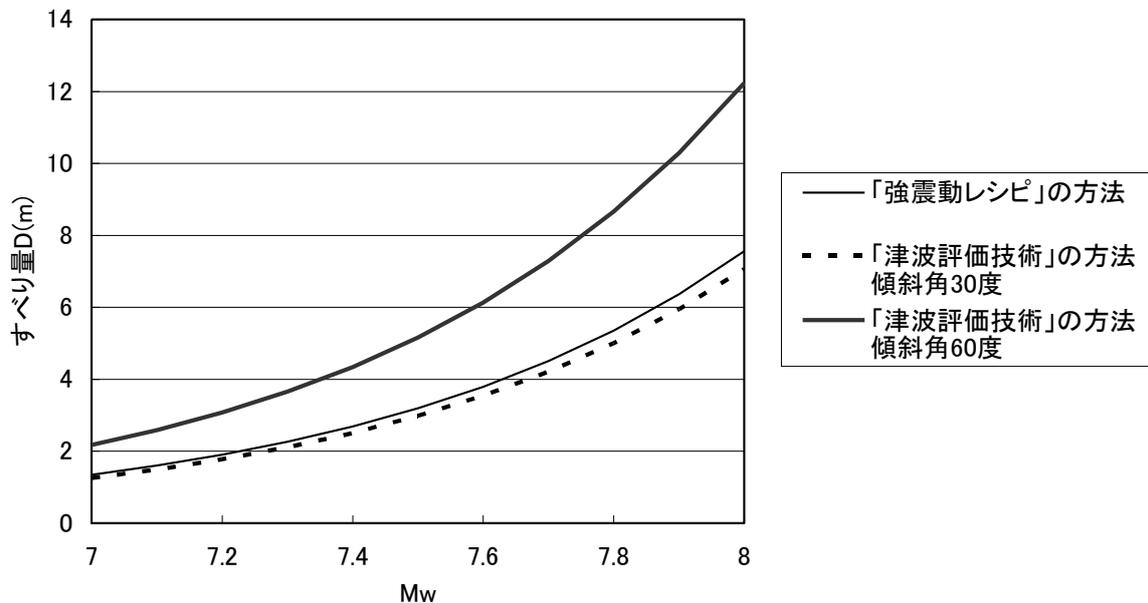


図 24 スケーリング則によるすべり量の違い（日本海東縁部）

（注）地震発生層厚さ 15km, 剛性率 $3.5 \times 10^{10} (\text{N/m}^2)$ で計算している

4. 海域活断層に想定する津波

4-1 海域活断層の連動の考え方についてお聞きします

上部地殻内に発生する活断層に関しては、活動セグメントごとに固有の変位量があり、それらが連動破壊しても個々の活動セグメントのすべり量は変化しないとする考え方と、活動セグメントが連動した場合には総延長に応じて変位量が大きくなる、とする2つの対立する考え方が地震発生予知に用いられています。

Q.4-1-1 海域活断層の破壊区間長とすべり量の関係の一般性についてお答えください

活断層系の一部が破壊する場合と全体が破壊する場合の破壊区間長とすべり量の関係について、現在の知見からみて、以下のいずれの考え方が適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	破壊区間長とすべり量の関係に一般法則がある	0.60
②	一般的な法則はなく、場所により異なる	0.40
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

Q.4-1-2 海域活断層の連動の考え方についてお答えください

Q.4-1 の①を前提としたとき、活動セグメント区分が明らかで、一部の破壊と全体の破壊を過去に生じた履歴が明らかな活断層系がある場合、いずれの考え方が適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	各セグメントのすべり量の変動は単独破壊の場合も連動破壊の場合も変わらない	0.45
②	各セグメントのすべり量の平均値は、破壊区間全体の長さに依存する	0.55
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

4-2 海域活断層の連動時のスケーリング則についてお聞きします

Q.4-1-2 が①のときは、活動セグメントの長さとするべき量を関係づける経験式（栗田,1999）を適用することができます。②の場合について、以下の設問にお答えください。

Q.4-2 Q.4-1-2 が②のとき海域活断層に想定する津波に適用する断層モデルのスケーリング則についてお答えください。

現在の知見からみて、いずれの考え方が適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	地震モーメントは断層長さにより決まる（「津波評価技術」の式）	0.45
②	地震モーメントは断層面積により決まる（「強震動レシピ」の式）	0.55
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

補足

「津波評価技術」では、海域活断層の活動区間長と地震モーメントは、3-5 に示した日本海東縁部と同様の武村(1998)に基づくスケーリング則で関係づけられている。②は推本で用いられる「強震動レシピ」の式を指している。したがって、本設問の意図は Q3-5 と同様である。ただし、「強震動レシピ」では、地震モーメント $7.5 \times 10^{18} \text{N} \cdot \text{m}$ (Mw6.5 相当) を境に、以下の2式を使い分けている。

- ・ 震源断層の面積が大きい地震

Wells and Coppersmith(1994)などのデータに基づく入倉・三宅 (2001) の提案式

$$M_0 [N \cdot m] = (S [km^2] / 4.24 \times 10^{-11})^2 \times 10^{-7}$$

- ・ 震源断層の面積が小さい地震

過去の大地震の強震記録を用いた震源インバージョン結果をもとにして Somerville et al. (1999) が回帰した式

$$M_0 [N \cdot m] = (S [km^2] / 2.23 \times 10^{-15})^{1.5} \times 10^{-7}$$

海域活断層では傾斜角は一般に高角であるため、②の式によるすべり量の方が①の式によるすべり量よりも小さくなる（図 25 参照）。「津波評価技術」では、傾斜角不明な活断層については、傾斜角 $45 \sim 90^\circ$ の範囲で評価することを基本としている。

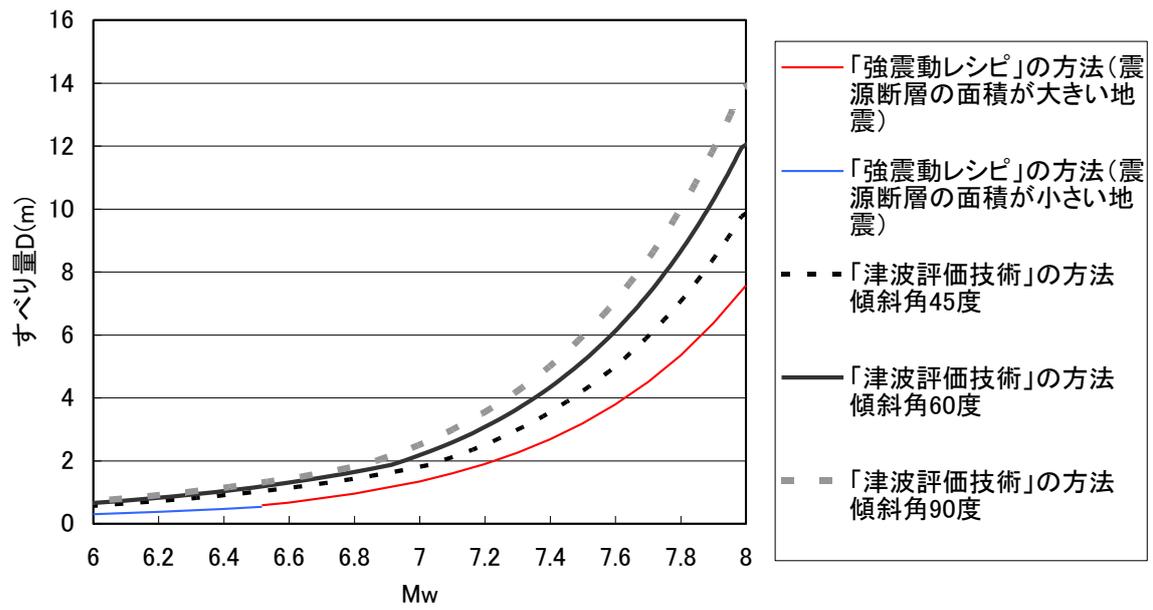
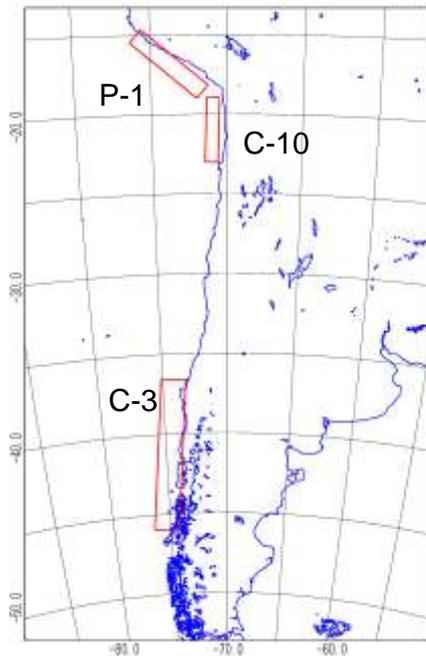


図 25 スケーリング則によるすべり量の違い (海域活断層)

(注) 地震発生層厚さ 15km, 剛性率 $3.5 \times 10^{10}(\text{N/m}^2)$ で計算している

5. 南米沖の大地震

南米沖海域については、過去に比較的大きな津波を発生した記録のある地震活動域として、C-3、C-10（いずれもチリ沖）、及びP-1（ペルー沖）の3活動域を設定しています。



Nishenko(1991)による南米沖の各セグメントの平均発生間隔

セグメント	長さ	過去の地震	備考
C-3	700～1000km	1575年12月16日	平均発生間隔 128±16年
		1737年12月24日	
		1837年11月7日 (Mt9.2)	
		1960年5月22日 (Mw9.4)	
C-10	—	1877年5月9日 (Mt9.0)	平均発生間隔 111年、264年
P-1	400km	1604年11月24日	平均発生間隔 264年
		1868年8月14日 (Mt9.0)	

5-2参照

活動域別既往最大モーメントマグニチュード

活動域	コード	対象津波	Mw	備考
南米チリ南部沖	C-3	1960	9.5	K&C
	C-3	1960	9.3	B&W
	C-3	1837	8.8	
南米チリ北部沖	C-10	1877	8.8	
南米ペルー沖	P-1	1868	9.0	

(注) K&Cは、Kanamori, H. and J. J. Cipar (1974)、B&Wは、Barrientos, S.E. and S.N. Ward (1990) のモデルをそれぞれ表す。

図 26 南米沖の大地震活動域

5-1 C-3 海域についてお聞きします。

この海域では、過去に約 130 年間隔で地震が繰り返し発生しています。1960 年の地震は、その中で最大級と考えられます（「津波評価技術」P.2-44）。ただし、1960 年規模の地震の発生間隔は 300 年程度であるという研究成果が発表されています（補足参照）

津波の痕跡高を説明できる断層モデル

対象地震とモデル	長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	上端深さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 × 10 ¹⁰ N/m ²	M ₀ × 10 ²⁰ N・m	M _w	スケーリング則
1960年 K&C モデル	800	200	24	1	10	10	90	5.0	1920	9.46	L,W,D 比例
1960年 B&W モデル	850	180	14.6	1	7	20	105	5.0	1117	9.30	L,W,D 比例
1837年	479	101	8.22	1	7	20	105	5.0	200	8.80	L,W,D 比例

注) K&Cは、Kanamori, H. and J. J. Cipar (1974)、B&Wは、Barrientos, S.E. and S.N. Ward (1990) のモデルをそれぞれ表す。

B&W モデルの方が、傾斜が高角で、すべり量が小さめのモデルとなっている。原子力発電所の津波評価においては、サイトにより、両モデルのいずれかが用いられている。

Q.5-1-1 C-3 の地震発生パターンについてお答えください。

次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	地震の発生間隔は 130 年程度であり、その中で大きめの地震も小さめの地震も発生する	0.30
②	1960 年規模の地震の発生間隔は 300 年程度であり、その間にやや規模の小さい地震が発生する	0.70
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

(補足)

宍倉・他(2006)は、チリ地震震源域中央付近マウジン川河口周辺の湿地におけるトレンチ掘削調査の結果から、合計 8 層の津波や地盤の沈降の痕跡を見つけている。それらの年代は以下の通りである。

- ・イベント A : 1960 年チリ地震
- ・イベント B : AD1450~1620 (1575 年の地震)
- ・イベント C : AD1280~1390
- ・イベント D : AD1020~1180
- ・イベント F : AD430~660
- ・イベント H : BC80~AD220

以上の結果から、約 300 年間隔で、1960 年チリ地震のような巨大地震が発生したと推定されている。歴史記録にある 1737 年と 1837 年の地震の痕跡が確認されなかったのは、これら 2 つの地震が 1960 年チリ地震よりも規模が小さく、地層に痕跡を残すほどの津波や地殻変動を伴わなかったためと考えられている。ただし、日本での津波の記録については、1960 年と 1837 年の記録はあるが、1737 年と 1575 年については記録されていない。

宍倉・他(2006)は、チリ地震震源域で見られる違った規模の地震の繰り返しについて、「通常は別々のセグメントで起こっている地震が、まれに(数百~数千年に一度)複数セグメントが連動して長大な震源域をもつ巨大地震となっている」例の 1 つと指摘している。

分岐①は、固有地震のマグニチュード幅の範囲の変動で上記のような現象が生じていると解釈する立場である。

分岐②は、分岐②は、複数セグメントの連動により 1960 年規模の地震が発生し、連動しない場合には規模の小さな地震が発生するというモデルと調和的である。ただし、C-3 の海域でどのようなセグメント区分があるかは明確でない。

なお、1837 年のマグニチュードは、図 27 の結果と、日本での痕跡が 1~2m という評価に基づき設定した。

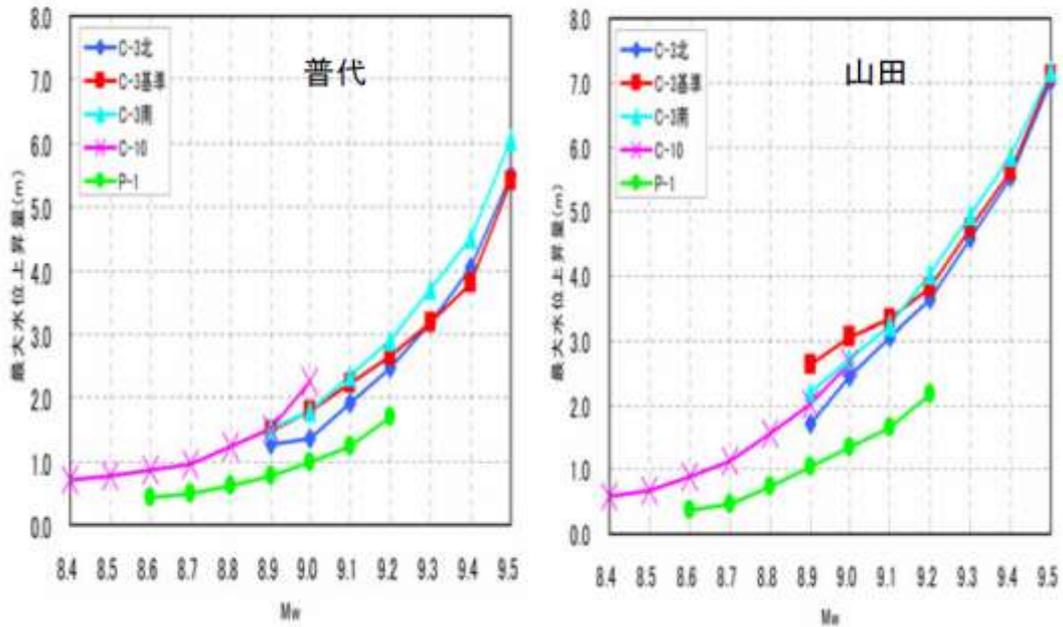


図 27 数値シミュレーションによる南米沖の津波の Mw と日本沿岸（普代・山田）における水位の関係

Q.5-1-2 Q.5-1-1 が①のとき C-3 の地震規模についてお答えください。

この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。なお、Mmax は使用する波源モデルに依存して 9.5 あるいは 9.3 とします。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mw の範囲 (Mmax=9.5 or 9.3) 下段：すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	
			9.2	10.4	11.6	13.0	14.6	16.4	18.4	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.05[0.15]
b.		0.3							0.20[0.20]	
c.		0.5							0.25[0.20]	
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3							0.20[0.20]	
e.		0.5							0.30[0.25]	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.5-1-3 Q.5-1-1 が②のとき C-3 の地震規模 (Mw が大きめの地震) についてお答えください。

この海域で (超長期にわたる) 将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。なお、Mmax は使用する波源モデルに依存して 9.5 あるいは 9.3 とします。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mw の範囲 (Mmax=9.5 or 9.3) 下段 : すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	
			9.2	10.4	11.6	13.0	14.6	16.4	18.4	
			9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	
			15.9	17.9	20.1	22.5	25.3	28.3	31.8	
a.	既往最大を上	0.5								0.20
b.	回る地震が発	0.3								0.20
c.	生ずる	0.5								0.25
d.	既往最大を上	0.3								0.20
e.	回る地震は発 生しない	0.5								0.15
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計	1.0

Q.5-1-4 Q.5-1-1 が②のとき C-3 の地震規模 (Mw が小さめの地震) についてお答えください。

この海域で (超長期にわたる) 将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mw の範囲 (Mmax=8.8) 下段 : すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	
			5.2	5.8	6.5	7.3	8.2	9.2	10.4	
a.	既往最大を上回る	0.5								0.30
b.	地震が発生する	0.3								0.20
c.		0.5								0.20
d.	既往最大を上回る	0.3								0.15
e.	地震は発生しない	0.5								0.15
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計	1.0

5-2 C-10 海域についてお聞きします。

この海域では、1877 年イキケ地震津波が発生しています。この地震の規模を、活動域の長さをもとに $M_w=8.8$ と推定し、これを M_{max} とします。数値シミュレーションでは、日本で 1960 年チリ地震の 0.3 ~0.4 倍の水位が得られました。この海域では、地震の発生履歴が明確でないため、周辺海域の履歴 (Nishenko,1991) から、110 年あるいは 260 年を設定します。

津波の痕跡高を説明できる断層モデル

	長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	上端 深さ (km)	走向 (°)	傾斜 角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 × $10^{10}N/m^2$	M_0 × 10^{20} N・m	M_w	スケーリ ング則
南米 C-10	450	95	7.74	1	2	20	105	5.0	165	8.75	

Q.5-2-1 C-10 の地震規模についてお答えください。

この海域で (超長期にわたる) 将来発生する地震のマグニチュード (M_w) の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mw の幅	Mw の範囲 ($M_{max}=8.8$) 下段: すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	
			5.2	5.8	6.5	7.3	8.2	9.2	10.4	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.35 [0.40]
b.		0.3								0.25 [0.20]
c.		0.5								0.25 [0.25]
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3								0.10 [0.10]
e.		0.5								0.05 [0.05]
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.5-2-2 C-10 の平均活動間隔についてお答えください。

この海域で (超長期にわたる) 将来の平均活動間隔を設定するにあたり、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	南方 (チリ側) 海域の活動間隔に近い (110 年)	0.50 [0.50]
②	北方 (ペルー側) 海域の活動間隔に近い (260 年)	0.50 [0.50]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

5-3 P-1 海域についてお聞きします。

この海域では、1868 年アrika地震津波が発生しています。この地震の規模を、活動域の長さをもとに $M_w=9.0$ と推定し、これを M_{max} とします。数値シミュレーションでは、日本で1960年チリ地震の0.3～0.4倍の水位が得られました。

津波の痕跡高を説明できる断層モデル

	長さ (km)	幅 (km)	すべり量 (m)	上端 深さ (km)	走向 (°)	傾斜 角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 × $10^{10}N/m^2$	M_0 × 10^{20} N·m	M_w	スケーリン グ則
南米 P-1 1868 年	603	128	10.37	1	310	20	50.7	5.0	400	9.00	L,W,D 比例

Q.5-3-1 P-1 の地震規模についてお答えください。

この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(M_w)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	M_w の幅	M_w の範囲 ($M_{max}=9.0$) 下段: すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	
			6.5	7.3	8.2	9.2	10.4	11.6	13.0	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.30[0.35]
b.		0.3							0.25[0.20]	
c.		0.5							0.30[0.30]	
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3							0.10[0.10]	
e.		0.5							0.05[0.05]	
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

6. 北米カスケード沈み込み帯の大地震

Nishenko (1991)はこの海域における大地震の平均発生間隔は500~600年であるが、間隔のばらつきは大きく100年から1000年程度までであること、最新の地震は西暦1618~87年と推定されることを指摘しています。Clague (1997)は、7個の地震が200年以下から700-1300年間隔で発生し、平均約500年であるとしています。

その後、最新の地震が1700年1月26日(現地時間)に発生し、日本にも大きな津波が襲来したことが都司・他(1998)などにより明らかにされてきています。

1700年の津波を再現できるモデルは、以下のとおりです。

- ・Satake et al. (2003) による「Long-Narrow」モデル

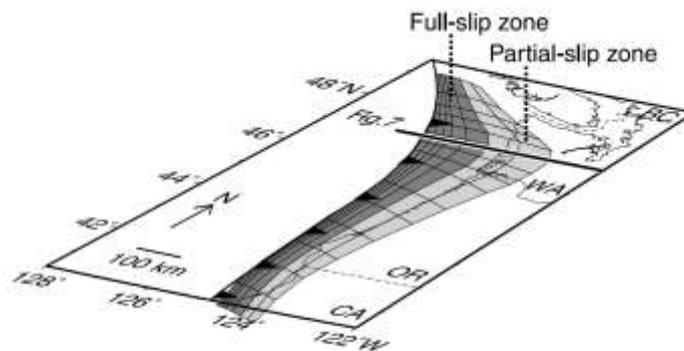


Figure 6. Three-dimensional view of the fault geometry used in the Long-Narrow model (modified from Wang et al. [2001]).

	面積 (km ²)	すべり量 (m)	上端深さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	剛性率 × 10 ¹⁰ N/m ²	M ₀ ×10 ²⁰ N·m	M _w	スケーリング則
北米カスケード沈み込み帯 1700年	1100km ×74km	14.0					5.0	570	9.10	L,W,D 比例

図 28 Satake et al. (2003) による 1700 年北米カスケード地震のモデル

Q.6-1-1 北米カスケード海域の地震規模についてお答えください。

この海域で（超長期にわたる）将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。なお、Mmaxは9.1とします。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=9.1) 下段：平均すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	
			8.8	9.9	11.1	12.4	13.9	15.6	17.6	
a.	既往最大を上回る	0.5								0.30
b.	地震が発生する	0.3								0.25
c.		0.5								0.25
d.	既往最大を上回る	0.3								0.10
e.	地震は発生しない	0.5								0.10
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計	1.0

7. BPT 分布を用いた評価方法（海域共通）

これまでの設問では、超長期を想定した分岐についてお尋ねしました。一方、超長期の平均的な活動間隔と最新活動履歴をもとに、BPT 分布を用い、今後の一定期間の活動確率を求めることも可能です。

7-1 連動の評価手法についてお聞きます。

BPT 分布を用いた評価を行うとき、複数のセグメントが同時に活動する可能性のある海域（例えば十勝沖+根室沖、宮城県沖+三陸沖南部プレート間）では、連動確率を評価する必要があります。

連動確率を評価するための方法として、「確率論的地震動予測地図の試作版（地域限定—北日本）」（地震調査研究推進本部,2002）では、以下の方法を採用しています。

【方法1】「推本試作版」手法

- (i) 対象期間に同時に発生する確率を求める
- (ii) 求めた確率に連動率を掛ける

別な方法として、WGCEP(Working Group on California Earthquake Probabilities)の方法をもとにした、以下を採り上げます。

【方法2】「修正 WGCEP」手法

- (i) 連動地震には過去の平均的な発生確率の半分
- (ii) 単独地震には発生確率×単独率
- (iii) 残りの部分は地震数が最小になるように配分

両手法の違いは、セグメントの破壊確率が高くない場合に顕著になります。

表 14 連動の評価例（十勝沖+根室沖；2003 年十勝沖地震発生前の評価をもとに、今後 30 年の破壊確率を変化させた）

方法	推本試作版		修正WGCEP	
	十勝	根室	十勝	根室
セグメント				
破壊確率 今後30年	58%	21%	58%	21%
単独破壊 確率	56.0%	19.0%	54.5%	17.5%
連動破壊 確率	$0.58 \times 0.21 \times 1/6$ =2.0%		$0.21 \times 1/6$ =3.5%	

方法	推本試作版		修正 WGCEP	
	十勝	根室	十勝	根室
セグメント				
破壊確率 今後 30 年	98%	98%	98%	98%
単独破壊 確率	82%	82%	82%	82%
連動破壊 確率	$0.98 \times 0.98 \times 1/6$ = 16%		$0.98 \times 1/6$ = 16%	

方法	推本試作版		修正 WGCEP	
	十勝	根室	十勝	根室
セグメント				
破壊確率 今後 30 年	20%	20%	20%	20%
単独破壊 確率	19.3%	19.3%	16.7%	16.7%
連動破壊 確率	$0.20 \times 0.20 \times 1/6$ = 0.7%		$0.20 \times 1/6$ = 3.3%	

Q.7-1 連動確率の評価手法についてお答えください。

今後数十年間の連動確率を評価するにあたり、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	「推本試作版」手法の方が連動確率を適切に評価できる	0.50[0.50]
②	「修正 WGCEP」手法の方が連動確率を適切に評価できる	0.50[0.50]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

7-2 経過時間分布の α 値についてお聞きします。

BPT 分布では、最後に地震が発生してから次に地震が発生するまでの経過時間 t の分布関数は、

$$f(t; \mu, \alpha) = \left\{ \mu / (2\pi\alpha^2 t^3) \right\}^{1/2} \exp \left\{ - (t - \mu)^2 / (2\mu\alpha^2 t) \right\}$$

与えられます。この分布の平均は μ 、分散は $(\mu \alpha)^2$ です。推本による α の推定値が 0.2~0.4 程度であることから、 α に関するロジックツリー分岐として、0.2、0.3、0.4 の 3 分岐を与えることにします。

推本による α 値の推定結果

対象	α
南海	0.367
宮城県沖	0.177
阿寺	0.293
丹那	0.213
跡津川	0.165
長野盆地西縁	0.250

このとき、海域ごとの大地震発生確率（2004 の年初を起点とした 50 年間）の算定例は、以下のとおりです。

海域	平均発生間隔 最新発生時期	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.4$
十勝沖	$\mu=75$ 年 2003.09.26	2.7%	11%	20%
根室沖	$\mu=79$ 年 1973.06.17	58%	58%	0個:41% 1個:58% 2個:1%
三陸沖北部	$\mu=96$ 年 1968.05.16	32%	41%	46%
宮城県沖	$\mu=37$ 年 1978.06.12	0個:0% 1個:43% 2個:57%	0個:1% 1個:46% 2個:53%	0個:3% 1個:47% 2個:48% 3個:2%
三陸沖南部	$\mu=100$ 年 1897.08.05	97%	87%	1個:74% 2個:1%
海域	平均発生間隔 最新発生時期	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.4$
東海	$\mu=180$ 年 1854.12.23	66%	54%	47%
東南海	$\mu=110$ 年 1944.12.07	52%	54%	53%
東南海 (時間予測)	$\mu=96$ 年 1944.12.07	90%	80%	73%
南海	$\mu=110$ 年 1946.12.21	48%	51%	52%
南海 (時間予測)	$\mu=90$ 年 1946.12.21	83%	75%	69%

Q.7-2 経過時間分布のばらつきについてお答えください。

今後数十年間の大地震発生確率を評価するにあたり、BPT 分布の α 値として、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。なお、重みは全海域共通で与えるものとします。

ただし、十分な地震の繰り返し記録が存在し、個別に α 値を評価できる場合には、その値を優先してよいものとします。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	$\alpha=0.2$	0.45[0.40]
②	$\alpha=0.3$	0.30[0.35]
③	$\alpha=0.4$	0.25[0.25]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

8. 津波推定値のばらつき

津波の数値シミュレーションを実施して得られた水位には、誤差が含まれていると考えられます。既往津波の痕跡高と計算値のばらつきを表す指標 κ は、数値シミュレーションの結果、以下のように求められました。

一様すべりモデルの場合

海域	地震津波	κ	比較した痕跡点数
日本海溝沿い	1933 年昭和三陸	1.40	572
	1896 年明治三陸	1.45	257
	1968 年十勝沖	1.41	273
南海トラフ	1946 年南海	1.60	159
	1944 年東南海	1.58	43
	1854 年安政東海	1.47	89
	1854 年安政南海	1.42	60
	1707 年宝永	1.35	61
日本海東縁部	1993 北海道南西沖	1.47	216
	1983 日本海中部	1.48	209
南米沖	1960 チリ	1.37	764

(11 津波の中央値: 1.453、中央値 \pm 標準偏差: 1.380 ~ 1.529)

不均質モデルの場合

海域	地震津波	κ	比較した痕跡点数
日本海溝沿い	1896 年明治三陸	1.38	143
	1611 年慶長三陸	1.37	17
	1968 年十勝沖	1.38	264
	1856 年安政三陸	1.45	71
南海トラフ	1946 年南海	1.42	96
	1944 年東南海	1.44	64
	1854 年安政東海	1.48	85
	1854 年安政南海	1.32	42
	1707 年宝永	1.37	49

これをもとに津波推定値のばらつきに関する分岐を設定します。さらに、計算値と真の値の比が対数正規分布に従うとしたとき、非常に確率の小さい事象が現実には生じるかどうかの判断を加え、以下のような分岐を設定します。

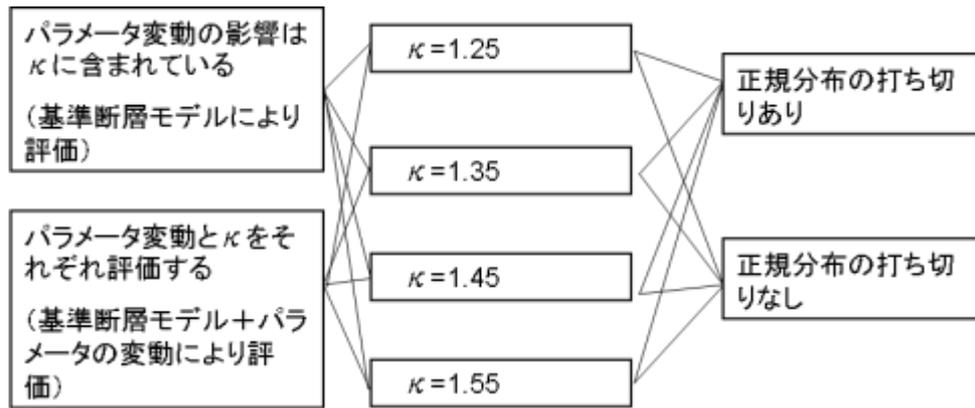


図 29 津波推定値のばらつきの分岐案

Q.8-1-1 方法の選択についてお答えください。

津波高さ分布の推定方法として、現在の知見からみて下記の2つの方法のいずれが適切か、重みでお答えください。ただし、本設問は、一様すべりモデルを前提とします。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
① 方法1	パラメータ変動の影響は κ に含まれている	0.40[0.4]
② 方法2	パラメータ変動と κ をそれぞれ評価する	0.60[0.6]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

(補足)

特定の場所で特定の規模の地震（津波）が発生した場合に対象地点における津波高さの確率分布をどのように評価するかという問題に関する質問です。

「方法1」は、「原子力発電所の津波評価技術」に基づき設定した基準断層モデル（1つのモデル）による数値計算値を中央値として、その確率分布を、 κ をばらつきとした対数正規分布で評価する方法です。

「方法2」は、実際に発生する断層モデルは基準断層モデルを中心にばらつきとして、①断層モデルパラメータの変動を考慮して複数のモデル（発生確率付）を設定し、②各モデルによる津波の確率分布を、数値計算値を中央値、 κ をばらつきとした対数正規分布で評価し、③最後に全体の確率分布を、各モデルの発生確率を重みとした確率分布の重み付き平均で評価する方法です。断層モデルパラメータの変動は、「原子力発電所の津波評価技術」の確定論的評価で考慮した変動を「1標準偏差」程度として設定します。

Q.8.1-2 方法1を前提とした場合の津波推定値のばらつきについてお答えください。

方法1を用いる場合、津波シミュレーションで得られた水位に含まれるばらつきを推定するにあたり、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。ただし、本設問は、一様すべりモデルを前提とします。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	$\kappa=1.25$ に相当する誤差を含む	0.10[0.10]
②	$\kappa=1.35$ に相当する誤差を含む	0.30[0.35]
③	$\kappa=1.45$ に相当する誤差を含む	0.45[0.40]
④	$\kappa=1.55$ に相当する誤差を含む	0.15[0.15]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.8.1-3 方法2を前提とした場合の津波推定値のばらつきについてお答えください。

方法2を用いる場合、津波シミュレーションで得られた水位に含まれるばらつきを推定するにあたり、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。ただし、本設問は、一様すべりモデルを前提とします。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	$\kappa=1.25$ に相当する誤差を含む	0.40[0.40]
②	$\kappa=1.35$ に相当する誤差を含む	0.35[0.35]
③	$\kappa=1.45$ に相当する誤差を含む	0.20[0.20]
④	$\kappa=1.55$ に相当する誤差を含む	0.05[0.05]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

Q.8-1-4 アスペリティモデルを前提とした場合の津波推定値のばらつきについてお答えください。

不均質モデルを用いる場合、津波シミュレーションで得られた水位に含まれるばらつきを推定するにあたり、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	$\kappa=1.25$ に相当する誤差を含む	0.30
②	$\kappa=1.35$ に相当する誤差を含む	0.40
③	$\kappa=1.45$ に相当する誤差を含む	0.25
④	$\kappa=1.55$ に相当する誤差を含む	0.00
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

Q.8-2 正規分布の打ち切りについてお答えください。

津波シミュレーションで得られた水位に含まれるばらつきが対数正規分布に従うとしたとき、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	$\pm 2.3\sigma$ で打ち切り（正規分布の両端 1%は現実には起こらない）	0.75[0.75]
②	打ち切りは不要（非常に大きなばらつきも現実に起き得る）	0.25[0.25]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

9. 連動型超巨大津波の可能性

2004年12月に発生したスマトラ島沖地震以後、日本周辺海域でも同様の連動型超巨大津波が発生する可能性があるかが議論されています。現状では、そのような津波が過去に発生した証拠は得られておらず、すぐに確率論的津波ハザードの中に取り入れる状況ではないと判断していますが、将来の津波ハザード評価の高度化の参考とするため、連動型超巨大地震および津波の可能性についてご意見を記載願います。

Q.9-1 連動型超巨大津波の可能性について、ご意見があればご自由にお書きください。

[自由記述欄]

10. 地震の発生間隔

本研究では、平均発生間隔については、データに基づき分岐と重みを設定することを基本とします。基本的な考え方と各海域における設定を以下に示します。

■基本的な考え方

固有地震の平均発生間隔の誤差

固有地震の平均発生間隔がデータに基づいている場合には誤差に基づき分岐を設定するのが自然である。

分布の平均の真値が x で相加平均が x_0 の場合、 $x_0 - x$ の平均値はゼロ、標準偏差は

$$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

となる。 σ は x の標準偏差である。平均発生間隔のデータ数が少ないことから、標準偏差として前述した一般的な値を用いれば、データ数に応じた推定値の信頼度（誤差）が評価できる。

対数正規分布で中央値を T_m とし、発生間隔のデータが 1 個の場合、ばらつきにより推定値の信頼区間（±標準偏差の範囲）は

$$\sigma_{\ln}=0.2 \text{ の場合} : 0.82T_m \sim 1.22T_m$$

$$\sigma_{\ln}=0.3 \text{ の場合} : 0.74T_m \sim 1.35T_m$$

$$\sigma_{\ln}=0.4 \text{ の場合} : 0.67T_m \sim 1.49T_m$$

となる。もし、データが 5 個あるとすると

$$\sigma_{\ln}=0.2 \text{ の場合} : 0.91T_m \sim 1.09T_m$$

$$\sigma_{\ln}=0.3 \text{ の場合} : 0.87T_m \sim 1.14T_m$$

$$\sigma_{\ln}=0.4 \text{ の場合} : 0.84T_m \sim 1.20T_m$$

となり、データが 1 個の場合よりも推定値の信頼区間が狭くなる。

ポアソンとした場合の誤差

平均発生間隔がポアソンとして与えられる場合もデータ数で決まる標準偏差の評価に基づいて、信頼区間を評価することが可能である。

ポアソン変数の分散は発生頻度が大きくなると平均発生頻度に等しくなり、発生頻度 X の信頼区間は

$$X \pm \sqrt{X}$$

で表現される。 X が小さい場合の誤差は Weichert(1980)により与えられている（図 30 及び表 15 参照）。例えば、400 年間で 3 個の地震が発生している場合、3 個の信頼区間は表 15 から 1.37～5.92 となる。これは平均発生頻度がこの程度の範囲ならば、400 年間という 1 つのサンプルで 3 個発生することが充分考えられるということである。これを考慮すると、平均発生間隔の信頼区間は 68 年～292 年程度となる。

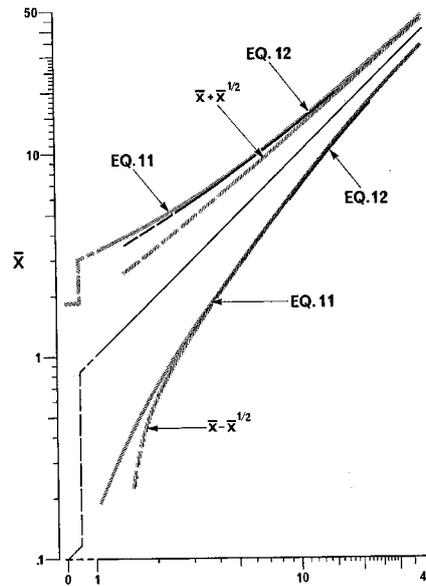


FIG. 1. ± 1 S.D. confidence intervals, 15.9 and 84.1 percentiles, for an estimated average \bar{x} of a Poisson variable, calculated from equations (11) and (12) and from $\bar{x} + \sqrt{x}$.

図 30 Weichert(1980)によるポアソン変数の信頼区間

表 15 Weichert(1980)によるポアソン変数の信頼区間

CONFIDENCE INTERVALS FOR POISSON MEAN, N^*		
μ_U	N	μ_L
1.84	0	0
3.30	1	0.173
4.64	2	0.708
5.92	3	1.37
7.16	4	2.09
8.38	5	2.84
9.58	6	3.62
10.8	7	4.42
12.0	8	5.23
13.1	9	6.06
14.3	10	6.89

* Lower and upper ± 1 S.D. confidence intervals, i.e., 15.9 and 84.1 percentiles use μ_L and μ_U from equation (11). Above $N = 9$, use Figure 1 or $N - N^{1/2}$ for the lower bound and $N + 3/4 + (N + 1/2)^{1/2}$ from equation (12).

■日本海溝沿い及び千島海溝（南部）沿い海域の大地震の発生間隔の設定

本研究においては、発生間隔に関するデータの有無に応じて前述の基本的考え方を適用し、日本海溝沿い及び千島海溝（南部）沿い海域では、以下のように設定している。

対象	データ	平均発生間隔の誤差による分岐	ポアソン変数の誤差による分岐
津波地震 全域	400年間に3個	—	70, 130, 290
津波地震 三陸沖	400年間に2個 発生間隔285年	210, 280, 380	—
津波地震 房総沖	400年間に1個 発生間隔326年以上	270, 400, 590	(120, 400, 2300)
正断層地震 全域	400年間に1個	—	120, 400, 2300
正断層地震 三陸沖	400年間に1個 発生間隔330年以上	270, 400, 590	(120, 400, 2300)

海域	データ	分岐	平均発生間隔(推本)
十勝沖	発生間隔2個	60, 75, 92年	約77.4年
根室沖	発生間隔1個	59, 79, 110	約77.4年
やや浅い プレート内	ポアソンの	87, 200, 570 (長さ比考慮)	164年間に2回
三陸沖北部 プレート間	発生間隔3個	81, 96, 110	約97.0年
宮城県沖	発生間隔5個	32, 37, 42	37.1年
三陸沖南部 海溝寄りプレート間	発生間隔1個	78, 100, 142	105年程度
福島県沖 プレート間	発生間隔335年以上	280, 400, 580	400年に1回以下

■ 日本海東縁部の大地震の発生間隔の設定

日本海東縁部では、大きさの知られている地震が各活動域に 0~1 個しかいないため、これをもとに平均発生間隔を知ることは困難である。推本では、タービダイト（地震時に大陸棚斜面のような海底斜面を、海底地滑りのようにしてできた陸源堆積物）の分析結果をもとに、平均発生間隔を推定しており、本研究においてはこれをもとに平均発生間隔を設定するものとする。

推本の平均発生間隔と、津波ハザード解析における発生間隔の考え方を表 16 に示す。

表 16 推本の平均発生間隔と津波ハザード解析における発生間隔（日本海東縁部）

海域	平均発生間隔(推本)	根拠	分岐の考え方
北海道北西沖	3900 年程度	約 2100 年前と約 6000 年前に 2 個のイベント	発生間隔データ 1 個
北海道西方沖	1400 ~ 3900 年程度	(連続性)	一様分布 (1400-3900)
北海道南西沖	500 ~ 1400 年程度	6 個のイベントの平均が約 1400 年	一様分布 (500-1400)
青森県西方沖	500 ~ 1400 年程度	3 個のイベントの平均が約 500 年	一様分布 (500-1400)
秋田県沖	1000 年程度以上	(2列への配分)	一様分布 (1000-1500)
山形県沖	1000 年程度以上	(2列への配分)	一様分布 (1000-1500)
新潟県北部沖	1000 年程度以上	(2列への配分)	一様分布 (1000-1500)
佐渡島北方沖	500 ~ 1000 年程度	中嶋 (2003)	一様分布 (500-1000)

このうち、北海道北西沖及び秋田県沖～新潟県北部沖の発生間隔は、以下のように解釈した。

- 北海道北西沖の発生間隔は、推本評価では 2100 年前と 6000 年前の 2 回である。これは 6000 年間で 2 個であることから、データ 2 個の信頼区間は（ポアソンとして）0.708～4.64 となる。こうした考えに基づけば、1300 年に 1 回、3000 年に 1 回、8500 年に 1 回の 3 分岐を設定すればよい。
- 秋田県沖、山形県沖、新潟県北部沖の 1500 年は、推本が佐渡島北方沖で設定している 500 年間隔と同等の発生間隔が、3 領域全体で生じるとしたときの領域ごとの間隔を採用したものである。

■南米沖の大地震の発生間隔の設定

南米沖の C-3 領域では、過去の地震の履歴から、平均発生間隔を 128 ±16 年とする。

C-10 領域では、地震の履歴が明確でないため、周辺海域の履歴 (Nishenko, 1991) から、110 年あるいは 260 年と設定する。

P-1 領域では過去 2 回の履歴から、平均発生間隔を 264 年とする。

セグメント	長さ	過去の地震	備考
C-3	700～1000km	1575 年 12 月 16 日 1737 年 12 月 24 日 1837 年 11 月 7 日 (Mt9.2) 1960 年 5 月 22 日 (Mw9.4)	平均発生間隔 128±16 年
C-10	—	1877 年 5 月 9 日 (Mt9.0)	平均発生間隔 111 年、264 年
P-1	400km	1604 年 11 月 24 日 1868 年 8 月 14 日 (Mt9.0)	平均発生間隔 264 年

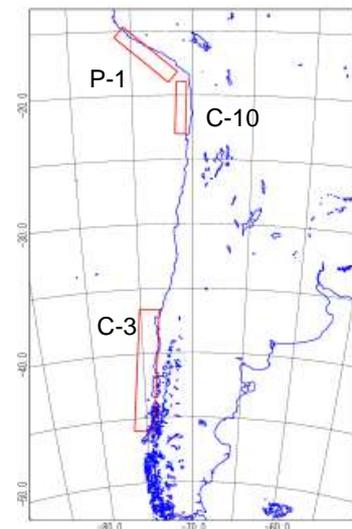


図 31 南米沖の主な大地震の履歴と活動域 (図 26 再掲)

■北米カスケード沈み込み帯の大地震の発生間隔の設定

北米カスケード沈み込み帯の大地震については、Clague(1997)による「7 個の地震が 200 年以下から 700-1300 年間隔で発生し、平均約 500 年である」に従って平均発生間隔を設定する。

Q.10-1 各海域の平均発生間隔の設定について、ご意見があればご自由にお書きください。

[自由記述欄]

最後に、設問自体の設定を含め、ご意見があればご自由にお書きください。

[自由記述欄]

以上で質問は全て終了です。ご協力ありがとうございました。

お手数ですが、お名前をご記入ください。

ご所属

お名前
