

伊方原発の地震動想定の問題点

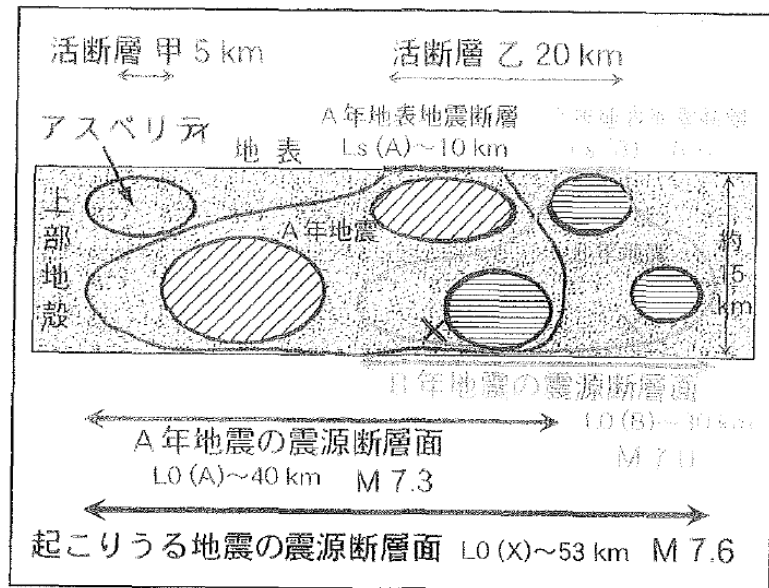
2014年7月8日 松山地裁

弁護士 内山成樹

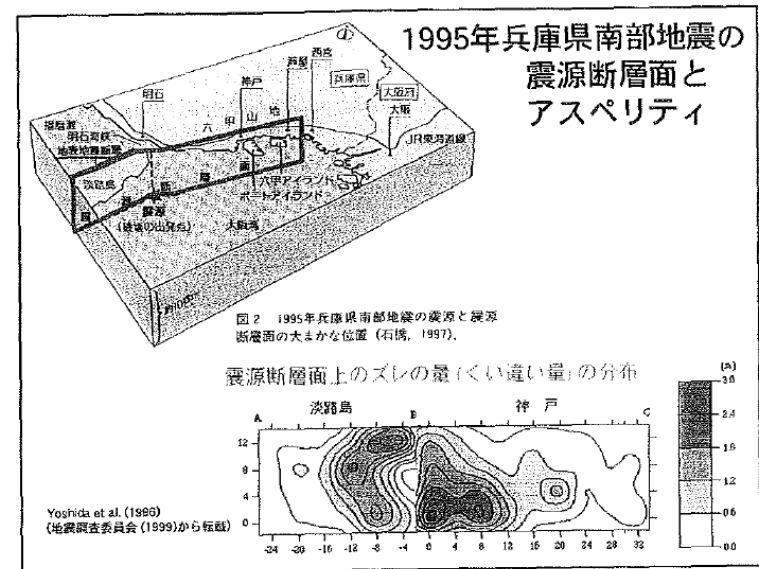
基本的知見など

震源断層面とアスペリティー

模式図



現実の震源断層面とアスペリティー



アスペリティー(強く固着し、大きな地震動を発生させる領域)

南海トラフの巨大地震モデル検討会では「強震動生成域」という。

それ以外の領域は「背景領域」と呼ばれる。

アスペリティの実体は良く分かっていない

両側の地盤の性質や凹凸などの形状によって、固着する部分

固着しない部分が決まってくるものと思われる

アスペリティの場所や大きさはどれだけかは実際に地震が起こ

ってみなければわからない

マグニチュード

地震の大きさを示すもの

気象庁マグニチュード(Mj)とモーメントマグニチュード(Mw)

気象庁マグニチュードは、周期5秒までの強震計の最大振幅を用いて計算するもの。大きな値になると飽和して、それ以上大きな値とならない。東北地方太平洋沖地震のような巨大地震では、モーメントマグニチュードが用いられる。速報性はあるが、物理的意味合いは薄い。

モーメントマグニチュードは物理量である地震モーメント(M_0)から算出
(モーメント 力×長さ 単位はdyne・cm)

$$\log M_0 = 1.5M_w + 9.1$$

東北地方太平洋沖地震の9.0のマグニチュードは、モーメントマグニチュードである。

応力降下量

断層面で、応力(歪み)が蓄積され、ある時一気に解放される
それが地震

応力が降下した分、地震動のエネルギーとして発散される。

・・・応力降下量(単位はMPa メガパスカル)

距離が短いと短周期の地震動として地表面に到達する。

原発は堅牢な構造物なので、固有周期は短周期

⇒ 近いアスペリティの発する地震動が最も影響を与える。

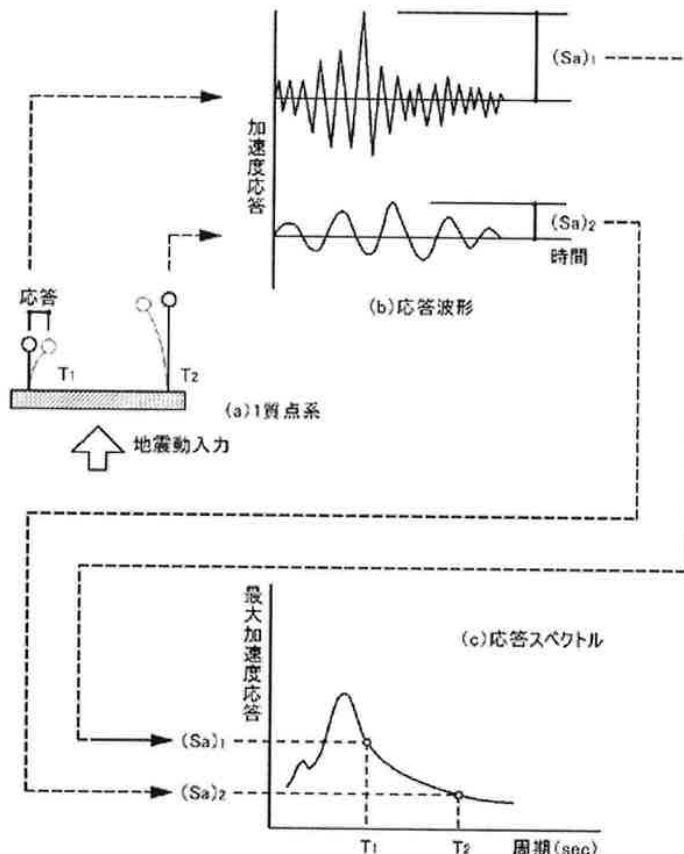
短周期レベルの地震動の大きさは、直近アスペリティ
の応力降下量とおおむね比例関係となる

応答スペクトル

応答スペクトルとは

ある地震のある一定時間続く地震動が、ある固有周期の物体に最大どれだけの振動をもたらすのかを、固有周期ごとに並べたもの

Ex 3分間の地震で、ある固有周期の物体が最大どれだけ揺れるか



地震動には、いろいろな波が含まれている

物体には、強震しやすい周期の波がある
＝固有周期

共振しやすい波が多いと大きく揺れる

揺れ ＝ 応答

ある時間継続する地震での揺れ

3分とか5分の地震で、最大どれだけ揺れるか

新・地震動のスペクトル解析入門(鹿島出版会)

から抜粋(一部修正)

地震動は、ある時間継続し、物体に振動を与え続ける

たとえば東北地方太平洋沖地震で、各固有周期の物体が最大どれだけ揺れたかを並べたもの＝応答スペクトル

横軸が地震動の周期 縦軸が地震が揺れている間の加速度や速度の最大応答(物体の揺れの最大値)

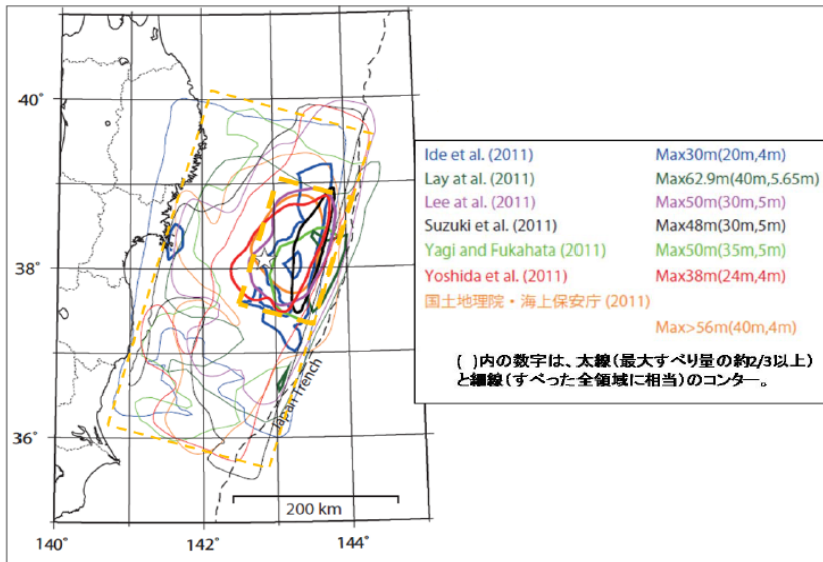
最大応答をもたらす周期を避けて耐震設計するのが原則

地震現象についての基本的認識

地震という自然現象は本質的に複雑系の問題で、理論的に完全な予測をすることは原理的に不可能なところがあります。また、実験ができないので、過去の事象に学ぶしかない。ところが地震は低頻度の現象で、学べき過去のデータがすくない。私はこれらを「三重苦」と言っていますが、そのために地震の科学には十分な予測の力はなかったと思いますし、東北地方太平洋沖地震ではまさにこの科学の限界が現れてしまったと言わざるをえません。

(だから)予測の結果には非常に大きな誤差が伴います。

(瀬瀬 「科学」2012年6月号)



図IV.10 東北地方太平洋沖地震の地震波形及び地殻変動による震源過程解析結果（関係論文をもとに気象庁気象研究所作成）

見解はバラバラ

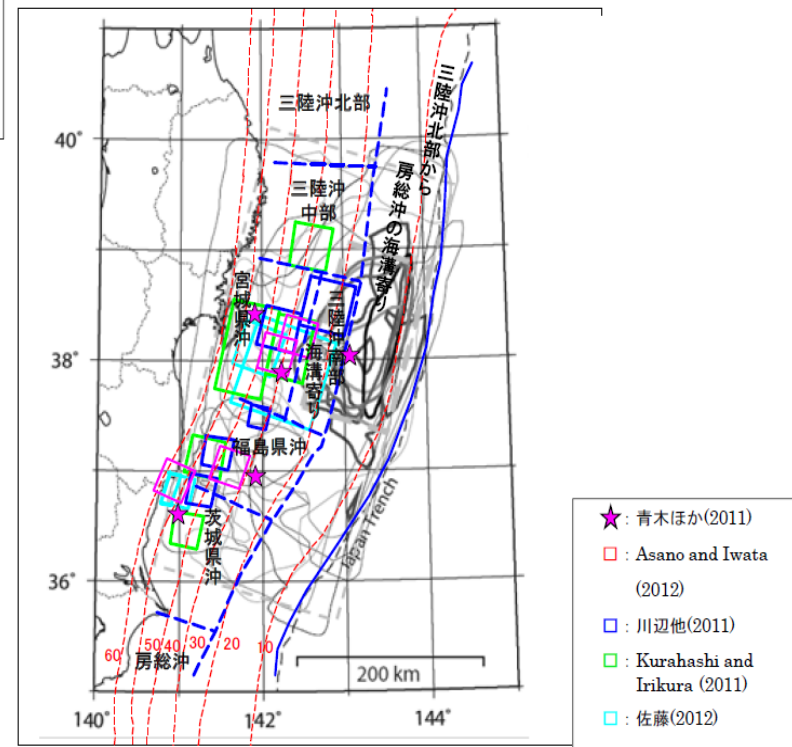


図6. ○ 東北地方太平洋沖地震の地震波形及び地殻変動による震源過程解析結果と強震動生成域

地震は地下深くで起こる現象

直接地下の断層面で観測（観察）できない。
地表からいろいろ観測して推定するだけ。

⇒ すでに起きた地震でも、正確には分からない。
東北地方太平洋沖地震でもその実相は完全にはわかっていない。

まして将来起こる地震の推定は、極めて困難

特に、詳細な地震のデータは強震計が発明されて以降数10年のデータ
日本では1955年兵庫県南部地震以降の1997年以降のものが主なデータ

地震現象自体、バラツキが極めて大きい
過去の事象で推定
極く少ないデータで、地震動を推定

⇒ もともと誤差 **大** さらにデータの少なさによる誤差も **大**

では、どうやって地震動の推定をしているのか

データを収集して傾向を導く＝平均像を求める

平均像からのかい離は大きい＝地震現象のバラツキ 大

(平均像から大きくかい離する値が現実にある)

平均像なら それからどれだけかい離し、最大どこまで達するかを問題とすべき

基本的に日本の原発の耐震設計は平均像で行っている。しかし、誤差は大きい。

この点の誤差 一切考慮されてこなかったし現在も考慮されていない

これが日本の原発の耐震設計上の最大の問題

原発の耐震設計を平均像ではではない

(原発の耐震設計上の第1原則)

またデータが少ない(数10年、20年弱のデータ)

⇒ 過去最大(既往最大)で耐震設計をしてはならない

(原発の耐震設計上の第2原則)

具体的に日本の原発の耐震設計はどのようにしているか

原発の耐震設計の流れ

- (1) 断層位置や長さ等の各種調査
特に断層の幅の推定には大きな問題（地震発生層問題）
中央構造線の断層が、どの深さまで動くかははっきりしない（推定誤差 大）
データが少ないこと
いつも同じ深さまで動くとは限らないこと
- (2) 基準地震動 S_s の策定
（将来起こる可能性のある地震（ないし地震動・強震動）の予測）
- (3) 基準地震動 S_s に対して、構造物が破壊されないように設計
＝地盤が接している部分に基準地震動を入力
構造物を数値的なモデルで表して、基準地震動を受けた構造物が、どのような挙動を示すかをシミュレーション

基準地震動 S_s が耐震設計の全ての要め

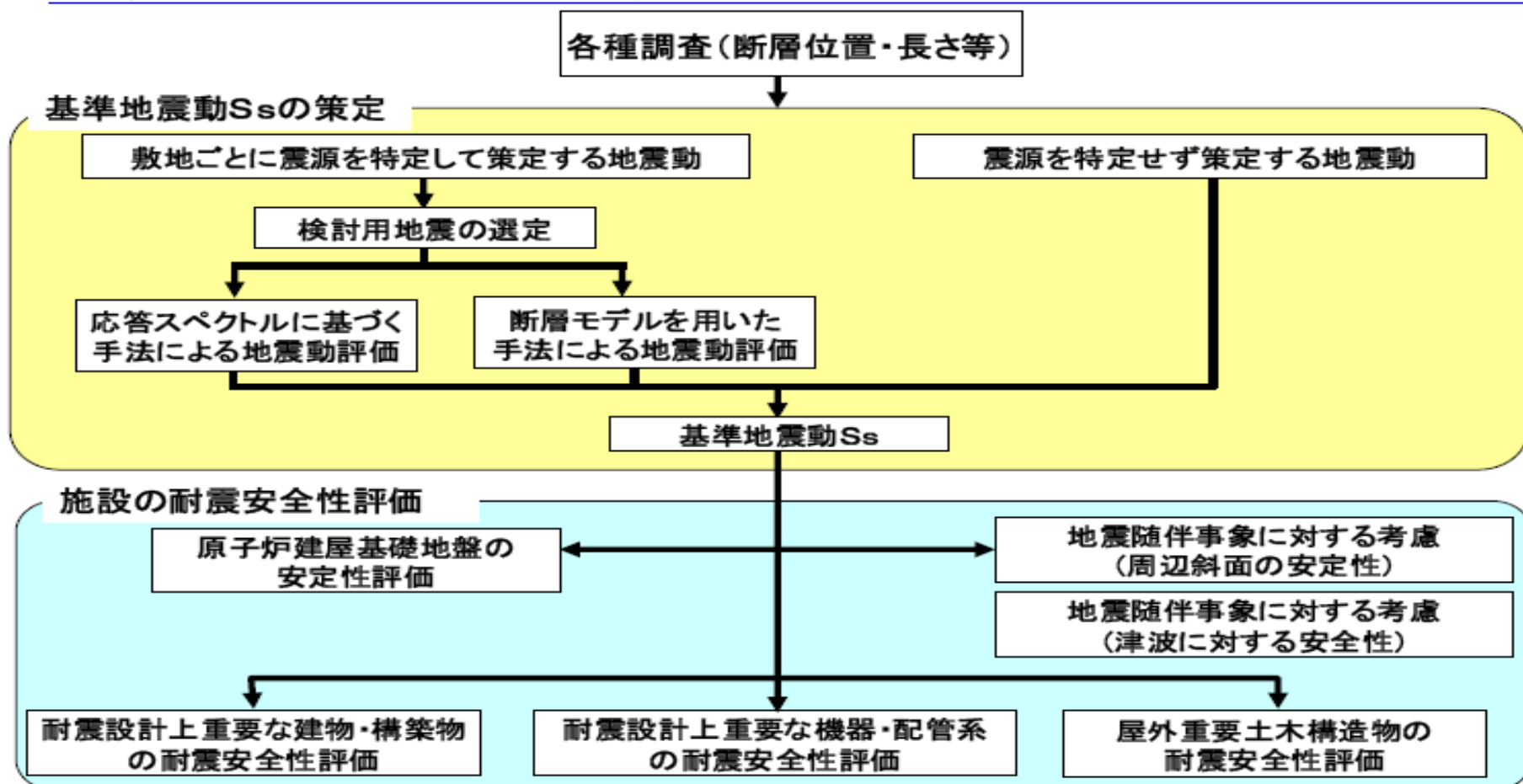
本来、想定できる最大地震動でなければならない

原発の耐震設計の流れ

2. 耐震安全性評価の基本方針

2007. 4. 4
耐震・構造設計小委員会

耐震安全性評価全体フロー

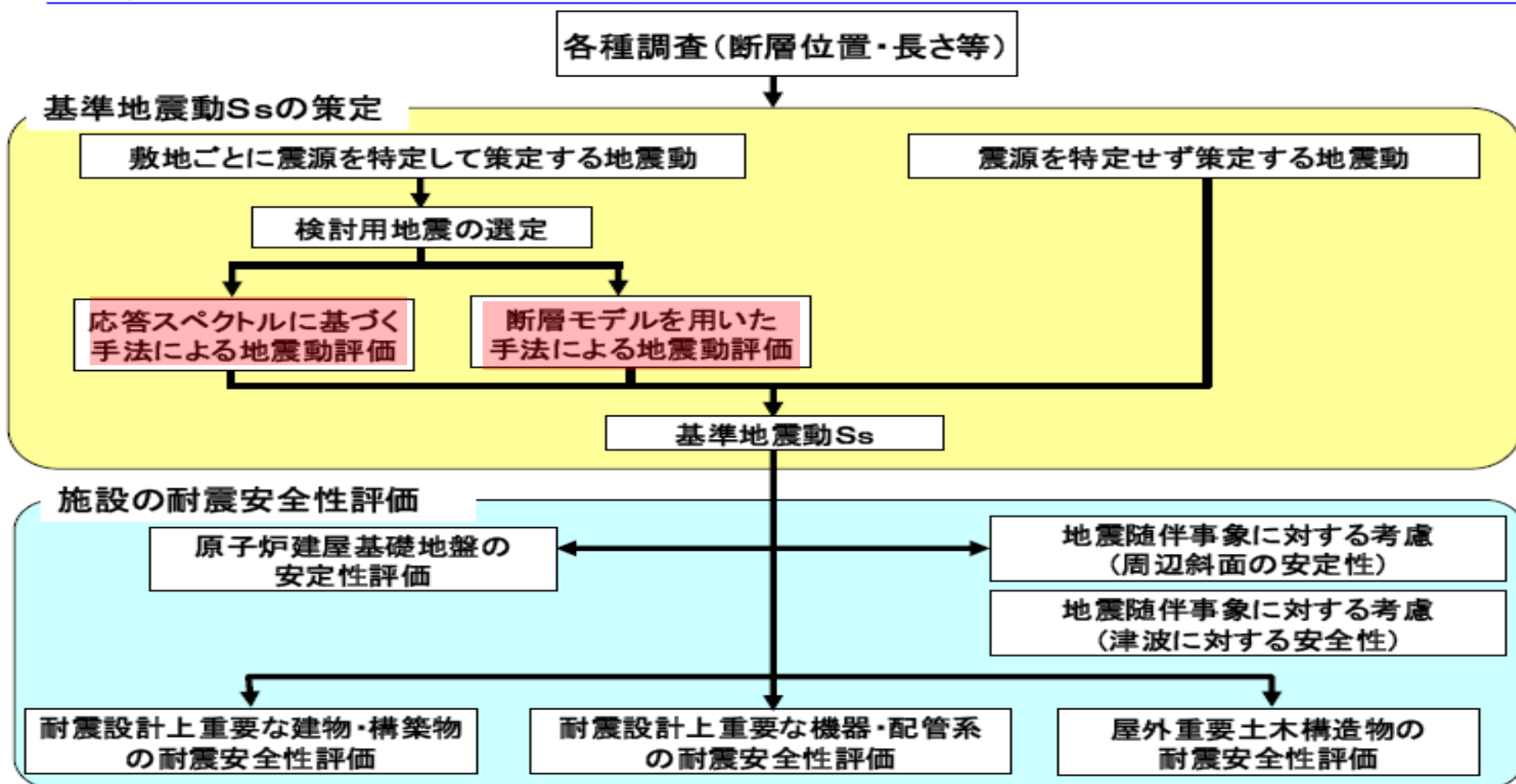


原発の耐震設計の流れ

2. 耐震安全性評価の基本方針

2007. 4. 4
耐震・構造設計小委員会

耐震安全性評価全体フロー

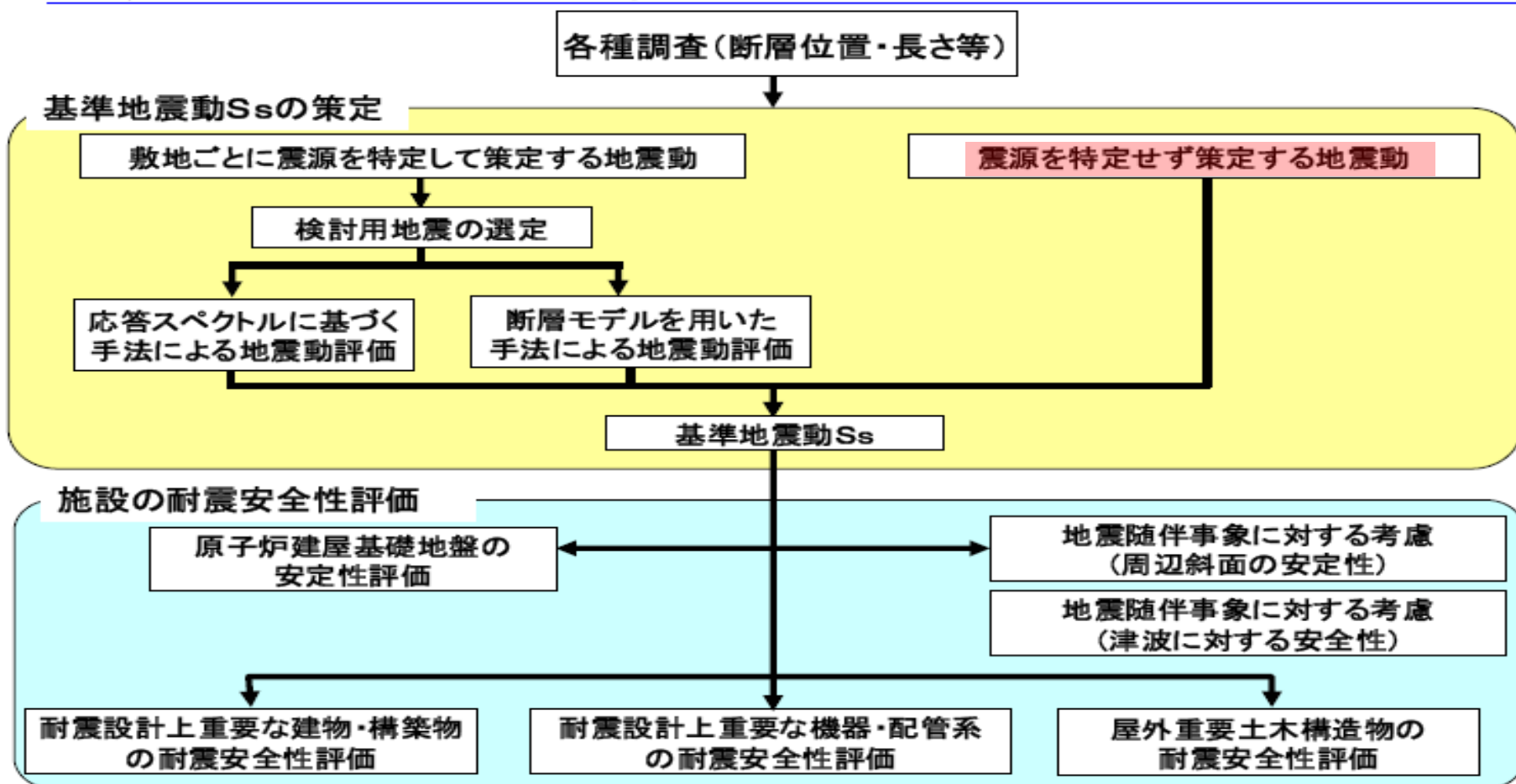


原発の耐震設計の流れ

2. 耐震安全性評価の基本方針

2007. 4. 4
耐震・構造設計小委員会

耐震安全性評価全体フロー



応答スペクトルに基づく手法

代表的な応答スペクトルに基づく手法 耐専スペクトル

44地震 107観測点の記録による

代表的な応答スペクトルに基づく手法 耐専スペクトル

44地震 107観測点の記録による

そのほかに野田他(2002)の応答スペクトルなどがある

社団法人 日本電気協会 原子力発電耐震設計
専門部会（耐専）最新の経験的地震動評価法に
ついて審議され、基準地震動の合理的な策定方
法が取りまとめられた。

- ・ 1999年 地震基盤から定義した解放基盤の
地震動評価手法を提案
- ・ 2001年～ 内陸地殻内地震の適用性検討
- ・ 2002年 OECD/NEAワークショップ^oへ発表
- ・ 2005年 内陸地殻内地震、スラブ内地震の
適用性を追加

応答スペクトルに基づく手法は

地震動評価の手法の1つ

多数の地震の地震動観測記録から

地震の規模、敷地との距離によって分けて

地震動の平均像を求めたものを用いる手法

1-1 なぜ経験的方法が必要か

◆耐専スペクトル

- 距離減衰式に基づく地震動の経験的評価法

◆経験的方法

- 基本式 : $S(T) = f(M, X)$

◆経験的方法の必要性

- 実観測記録に基づいて設定
 - ◆ 実現象の平均像を忠実に再現
- 断層モデルを用いた場合も経験式で確認
 - ◆ 例: 強震動評価のレシピ

1-1 なぜ経験的方法が必要か

◆耐専スペクトル

- 距離減衰式に基づく地震動の経験的評価法

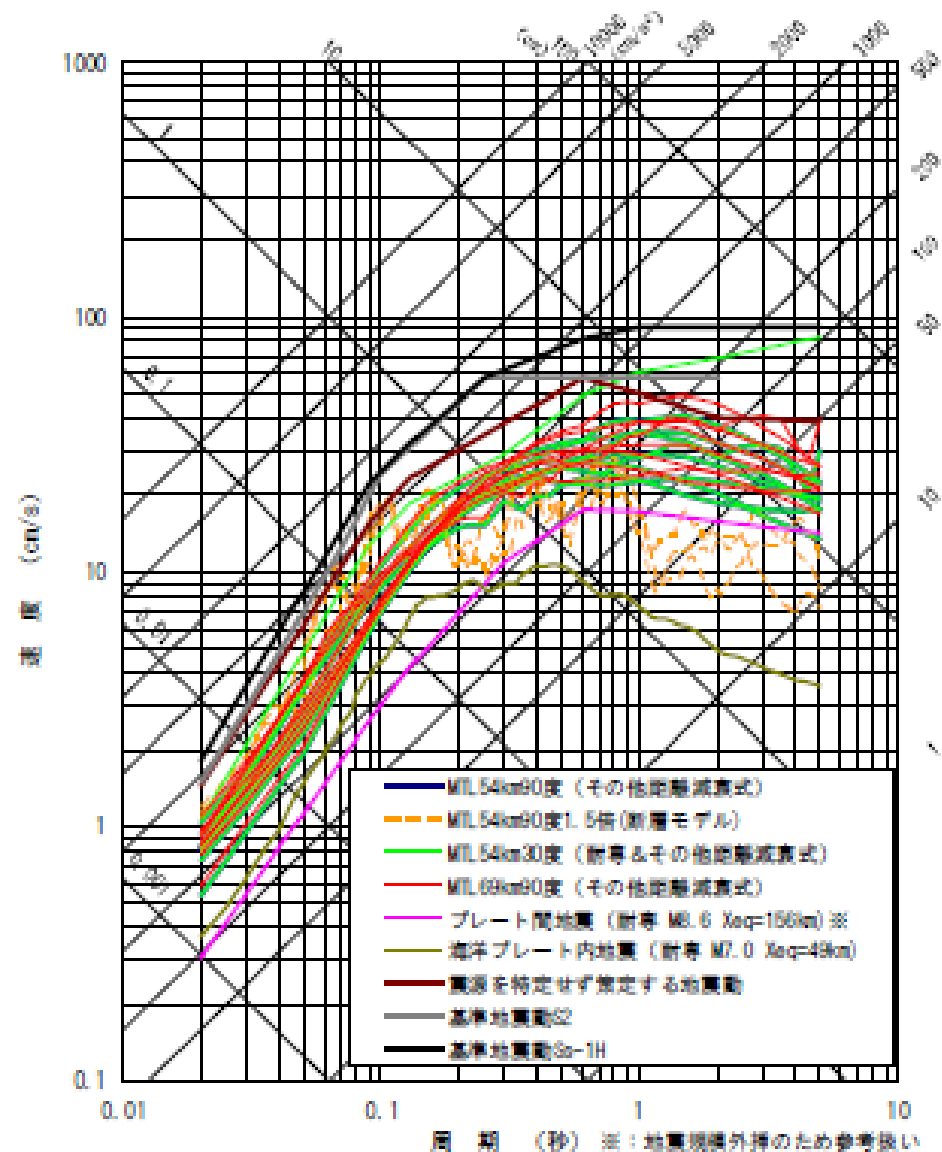
◆経験的方法

- 基本式： $S(T) = f(M, X)$

◆経験的方法の必要性

- 実観測記録に基づいて設定
 - ◆ 実現象の平均像を忠実に再現
- 断層モデルを用いた場合も経験式で確認
 - ◆ 例：強震動評価のレシピ

応答スペクトルに基づく
手法の具体例
(応答スペクトル図)

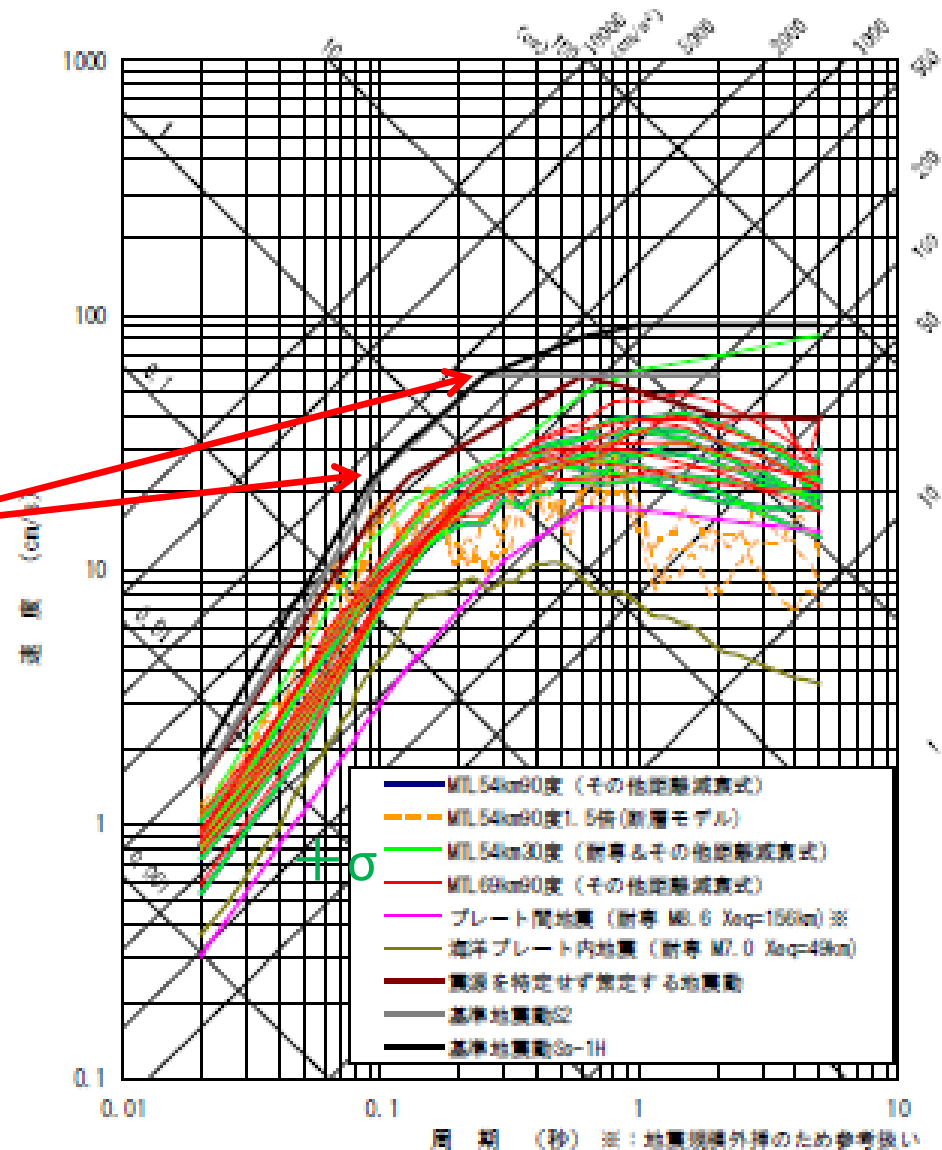


NS方向

コントロールポイント

コントロールポイントを
決めることによって描く

ではどうやって決めるか



1) 地震基盤の
コントロール
ポイント

	M	X _{eq} (km)	コントロールポイントの座標 pS _v (cm/s)							
			A	B	C	D	E	F	G	H
			TA(s)	TB(s)	TC(s)	TD(s)	TE(s)	TF(s)	TG(s)	TH(s)
			0.02	0.09	0.13	0.30	0.60	1.00	2.00	5.00
極近距離	8.5	40	1.62	18.44	27.32	47.87	68.05	64.66	53.52	40.06
	8	25	1.69	20.05	28.96	48.22	67.80	65.25	52.51	38.35
	7	12	1.40	17.20	24.84	33.86	43.42	36.42	25.15	17.85
	6	6	1.04	12.82	18.51	21.84	23.17	17.41	9.64	3.88
近距離	8.5	80	0.73	7.36	11.43	22.92	34.79	32.58	27.60	21.96
	8	50	0.67	7.45	11.17	20.05	28.65	27.06	22.70	17.19
	7	20	0.78	9.44	13.64	19.10	24.83	20.69	14.46	10.37
	6	8	0.77	9.45	13.65	16.23	17.18	12.73	7.16	2.89
中距離	8.5	160	0.26	2.22	3.67	9.45	15.17	14.83	13.64	12.26
	8	100	0.32	3.08	4.86	10.27	16.04	14.96	12.73	10.37
	7	50	0.23	2.65	4.01	6.02	7.64	6.68	4.87	3.64
	6	25	0.21	2.49	3.60	4.54	4.84	3.98	2.07	0.86
遠距離	8.5	200	0.18	1.44	2.43	6.87	11.17	11.17	10.67	10.04
	8	200	0.10	0.80	1.35	3.82	6.21	6.21	5.93	5.58
	7	125	0.046	0.43	0.70	1.34	1.81	1.59	1.26	1.05
	6	78	0.041	0.45	0.65	0.95	1.03	0.80	0.49	0.22

1) 地震基盤の
コントロール
ポイント

	M	X _{eq} (km)	コントロールポイントの座標 pS _v (cm/s)							
			A	B	C	D	E	F	G	H
			TA(s)	TB(s)	TC(s)	TD(s)	TE(s)	TF(s)	TG(s)	TH(s)
			0.02	0.09	0.13	0.30	0.60	1.00	2.00	5.00
極近距離	8.5	40	1.62	18.44	27.32	47.87	68.05	64.66	53.52	40.06
	8	25	1.69	20.05	28.96	48.22	67.80	65.25	52.51	38.35
	7	12	1.40	17.20	24.84	33.86	43.42	36.42	25.15	17.85
	6	6	1.04	12.82	18.51	21.84	23.17	17.41	9.64	3.88
近距離	8.5	80	0.73	7.36	11.43	22.92	34.79	32.58	27.60	21.96
	8	50	0.67	7.45	11.17	20.05	28.65	27.06	22.70	17.19
	7	20	0.78	9.44	13.64	19.10	24.83	20.69	14.46	10.37
	6	8	0.77	9.45	13.65	16.23	17.18	12.73	7.16	2.89
中距離	8.5	160	0.26	2.22	3.67	9.45	15.17	14.83	13.64	12.26
	8	100	0.32	3.08	4.86	10.27	16.04	14.96	12.73	10.37
	7	50	0.23	2.65	4.01	6.02	7.64	6.68	4.87	3.64
	6	25	0.21	2.49	3.60	4.54	4.84	3.98	2.07	0.86
遠距離	8.5	200	0.18	1.44	2.43	6.87	11.17	11.17	10.67	10.04
	8	200	0.10	0.80	1.35	3.82	6.21	6.21	5.93	5.58
	7	125	0.046	0.43	0.70	1.34	1.81	1.59	1.26	1.05
	6	78	0.041	0.45	0.65	0.95	1.03	0.80	0.49	0.22

1) 地震基盤の
コントロール
ポイント

	M	X _{eq} (km)	コントロールポイントの座標 pS _v (cm/s)							
			A	B	C	D	E	F	G	H
			TA(s)	TB(s)	TC(s)	TD(s)	TE(s)	TF(s)	TG(s)	TH(s)
			0.02	0.09	0.13	0.30	0.60	1.00	2.00	5.00
極近距離	8.5	40	1.62	18.44	27.32	47.87	68.05	64.66	53.52	40.06
	8	25	1.69	20.05	28.96	48.22	67.80	65.25	52.51	38.35
	7	12	1.40	17.20	24.84	33.86	43.42	36.42	25.15	17.85
	6	6	1.04	12.82	18.51	21.84	23.17	17.41	9.64	3.88
近距離	8.5	80	0.73	7.36	11.43	22.92	34.79	32.58	27.60	21.96
	8	50	0.67	7.45	11.17	20.05	28.65	27.06	22.70	17.19
	7	20	0.78	9.44	13.64	19.10	24.83	20.69	14.46	10.37
	6	8	0.77	9.45	13.65	16.23	17.18	12.73	7.16	2.89
中距離	8.5	160	0.26	2.22	3.67	9.45	15.17	14.83	13.64	12.26
	8	100	0.32	3.08	4.86	10.27	16.04	14.96	12.73	10.37
	7	50	0.23	2.65	4.01	6.02	7.64	6.68	4.87	3.64
	6	25	0.21	2.49	3.60	4.54	4.84	3.98	2.07	0.86
遠距離	8.5	200	0.18	1.44	2.43	6.87	11.17	11.17	10.67	10.04
	8	200	0.10	0.80	1.35	3.82	6.21	6.21	5.93	5.58
	7	125	0.046	0.43	0.70	1.34	1.81	1.59	1.26	1.05
	6	78	0.041	0.45	0.65	0.95	1.03	0.80	0.49	0.22

平均像 = 大小いろいろな値がある その平均

→ どれだけ平均から最大かい離するか

最大どこまで大きな値があるか

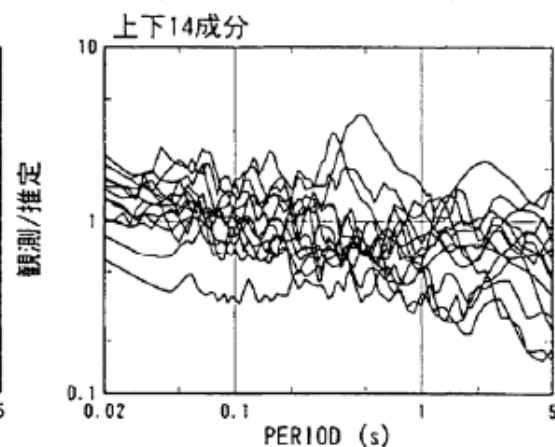
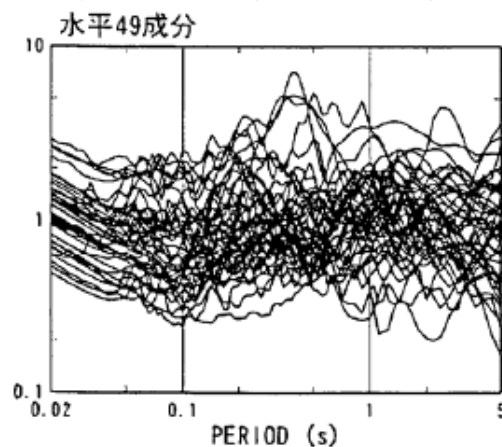
それを本来問題にしなければ
原発の耐震設計はできない

平均からのかい離 = 誤差(残差)

近年の内陸地殻内地震による残差

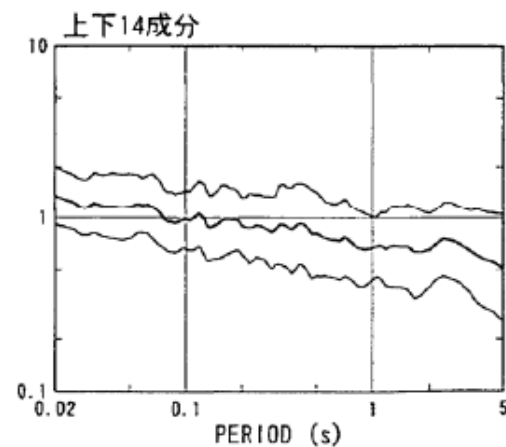
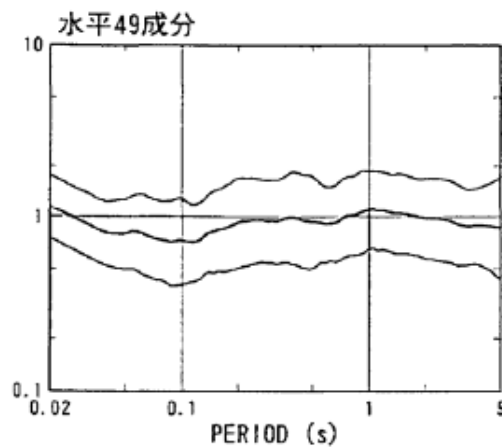
各地震

観測／推定



平均値

観測／推定



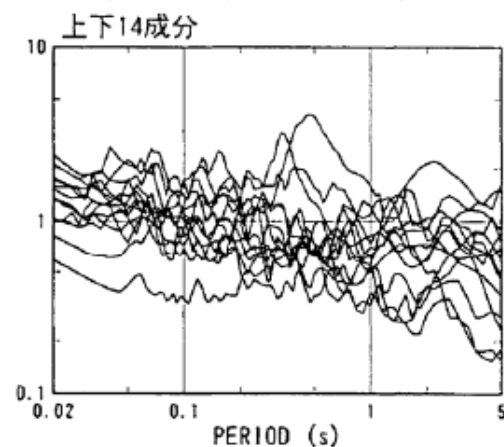
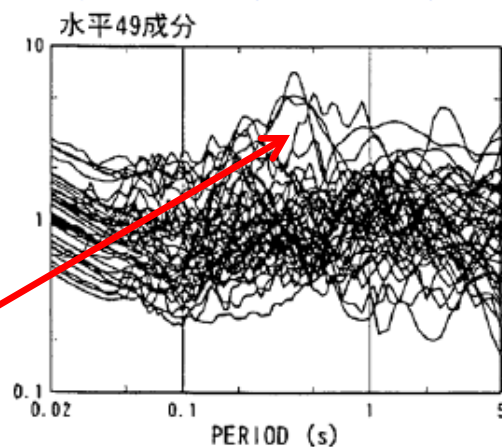
水平動

上下動

近年の内陸地殻内地震による残差

各地震

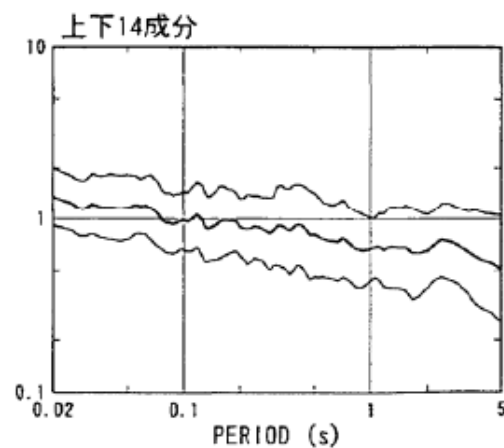
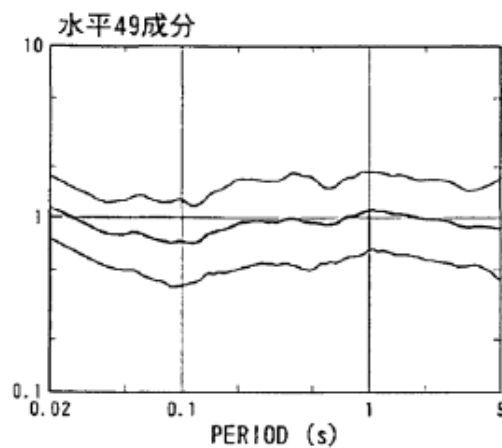
観測／推定



1本1本の線が現実に行った地震を示す

平均値

観測／推定



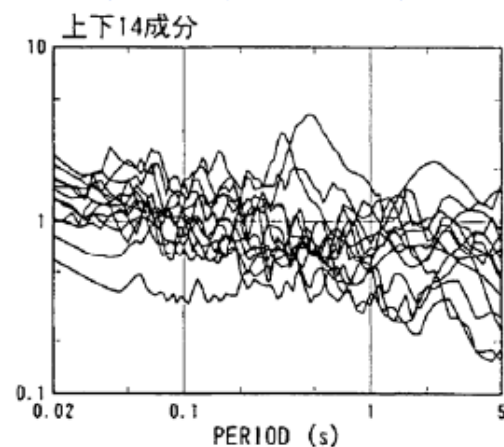
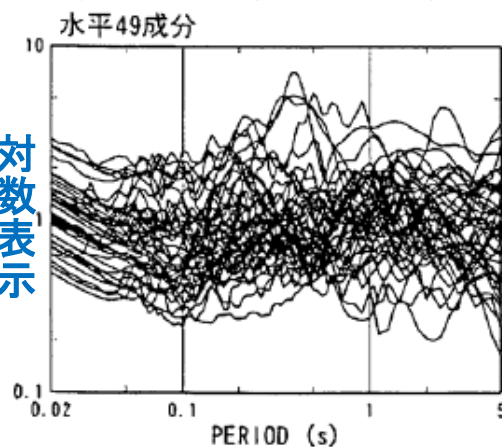
水平動

上下動

近年の内陸地殻内地震による残差

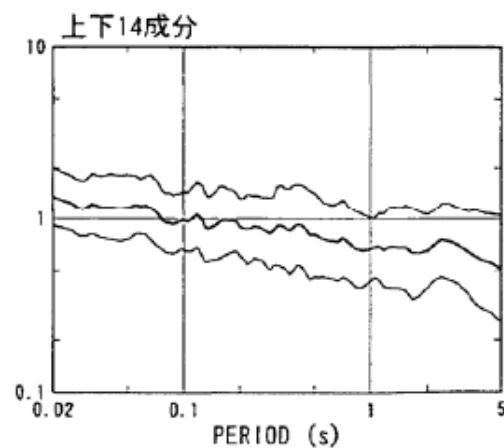
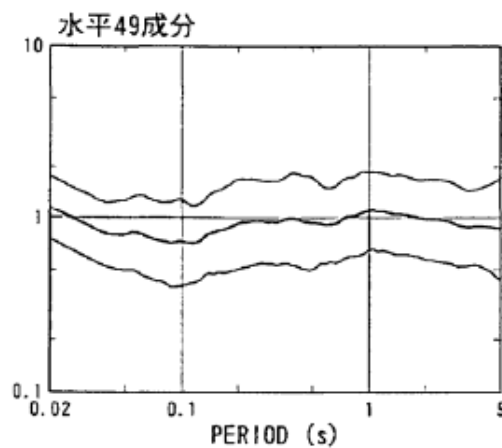
各地震

観測／推定
対数表示



平均値

観測／推定



水平動

上下動

近年の内陸地殻内地震による残差

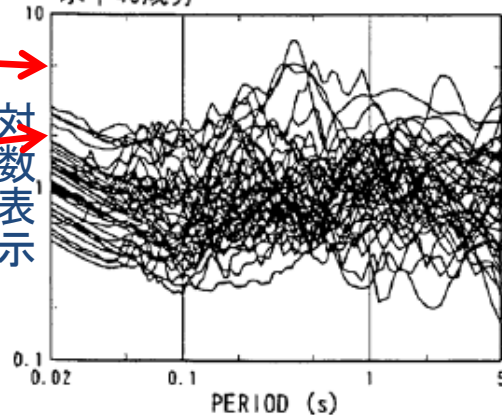
5倍

2倍

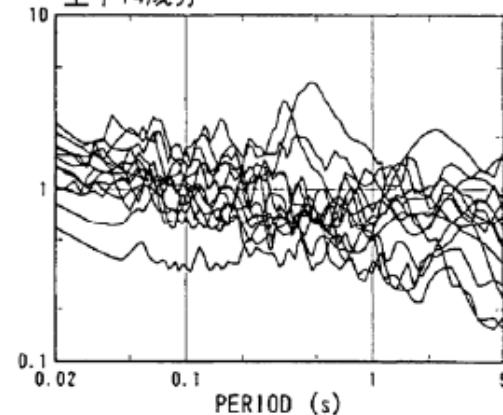
各地震

観測／推定
対数表示

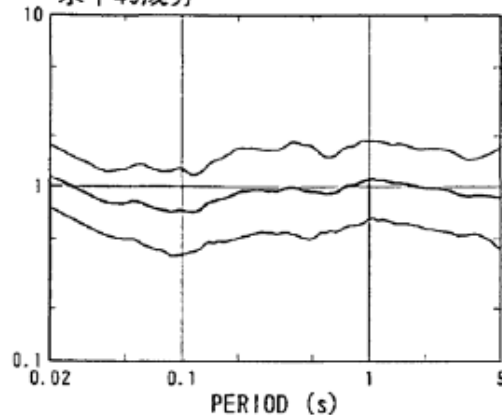
水平49成分



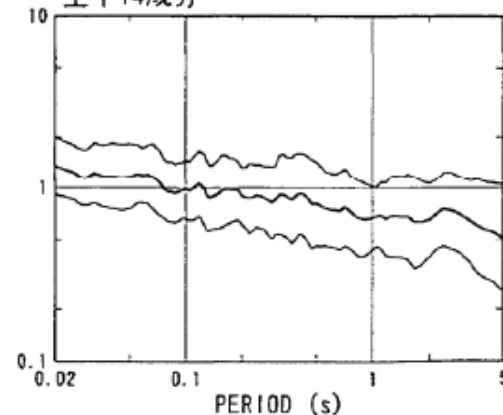
上下14成分



水平49成分



上下14成分



平均値

観測／推定

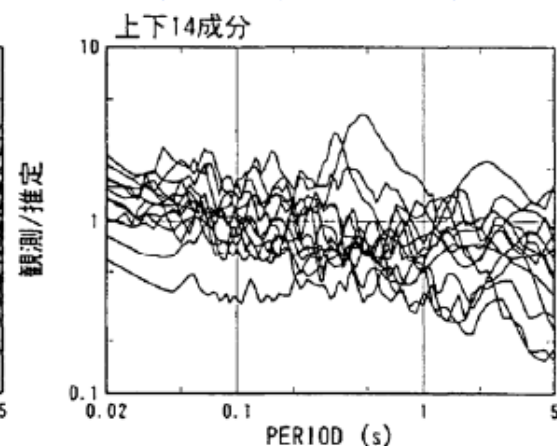
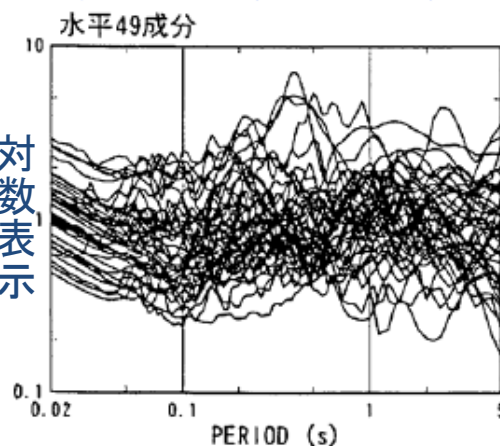
水平動

上下動

近年の内陸地殻内地震による残差

各地震

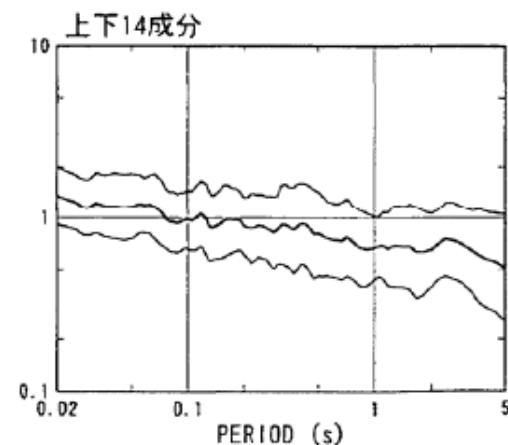
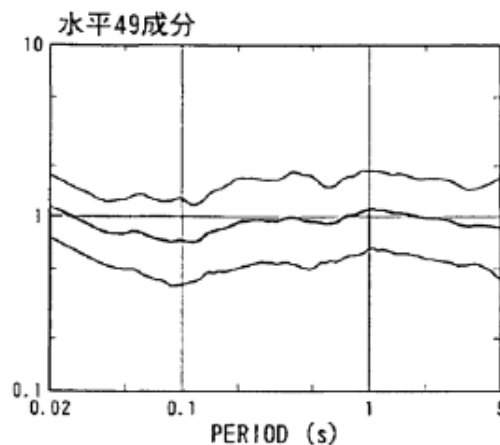
観測／推定
対数表示



ほぼ3～4倍に達し
5倍を大幅に超え8倍に達するものもある

平均値

観測／推定



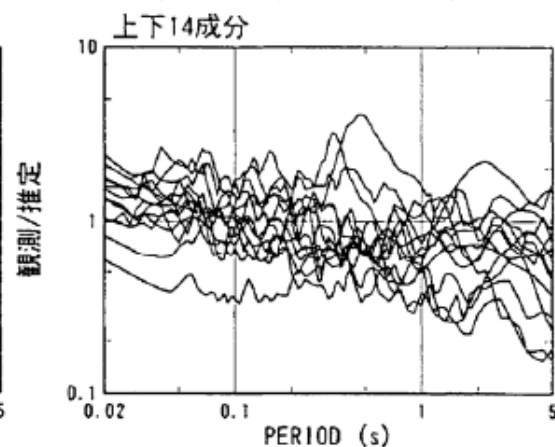
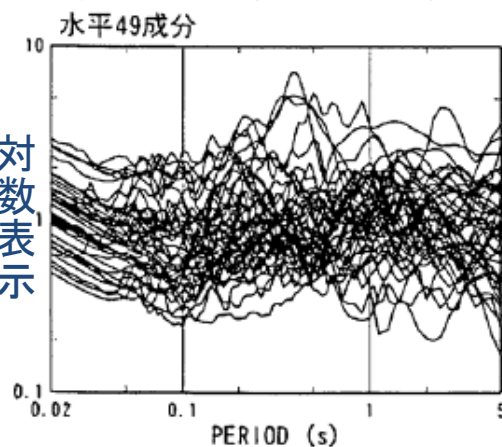
水平動

上下動

近年の内陸地殻内地震による残差

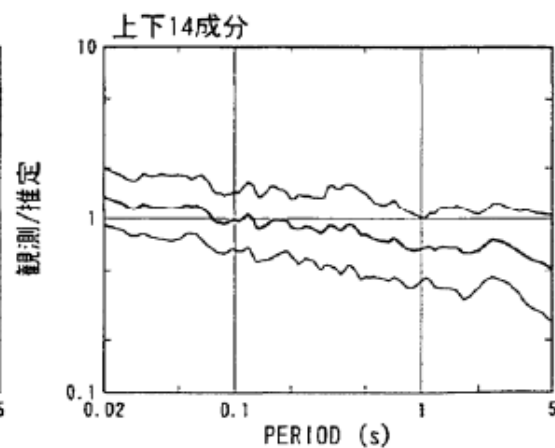
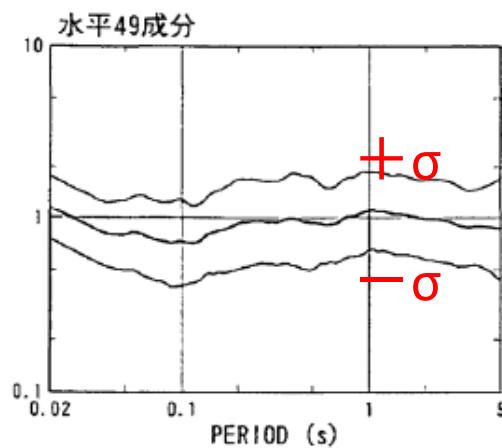
各地震

観測／推定
対数表示



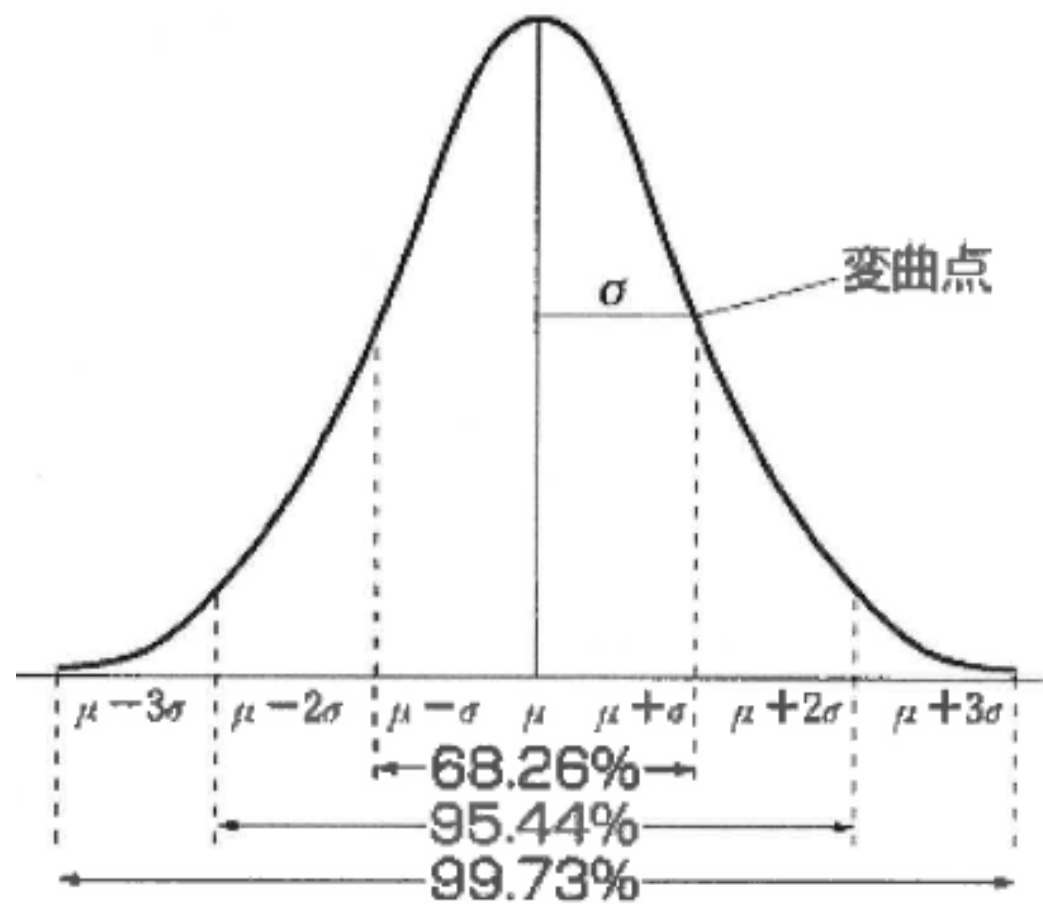
平均値

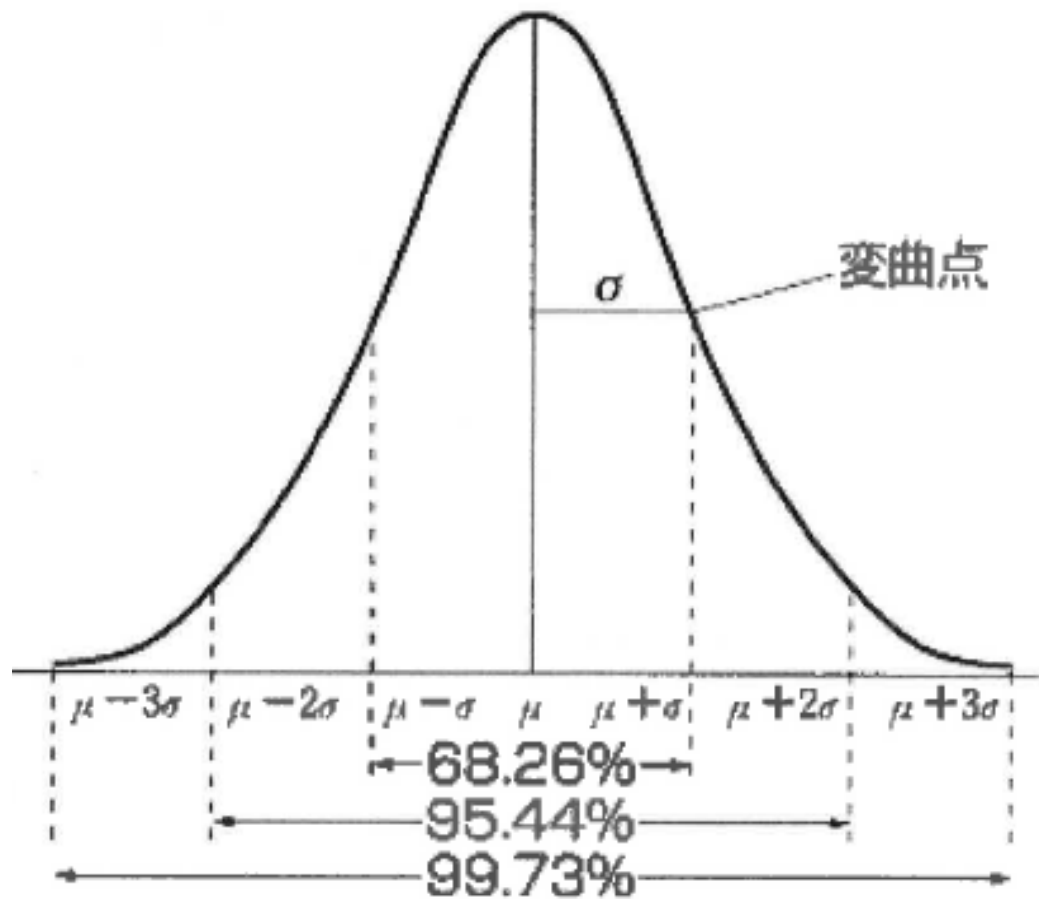
観測／推定



水平動

上下動





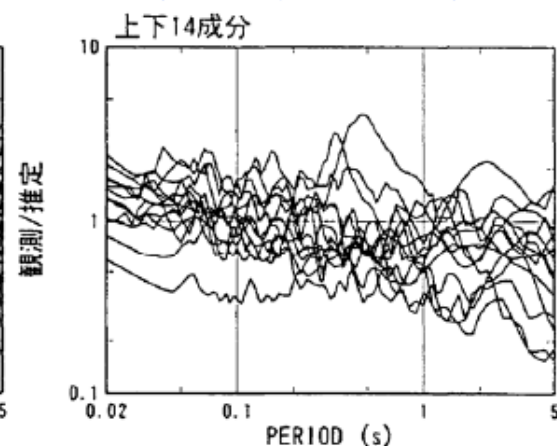
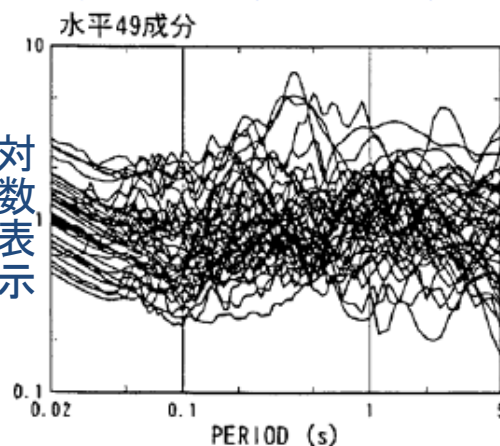
＋σを超えるもの $(100 - 68.26)/2 \div 16(\%)$

+2 σ を超えるもの 2.3% +3 σ を超えるもの 0.14%

近年の内陸地殻内地震による残差

各地震

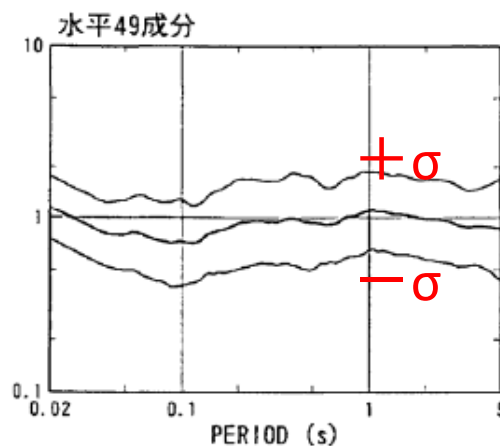
観測／推定
対数表示



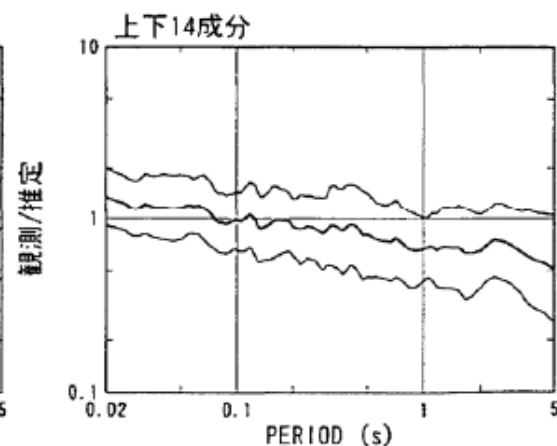
$+ \sigma =$ ほぼ2倍
2倍を超えるものもだいたい16%あることになる

平均値

観測／推定



水平動

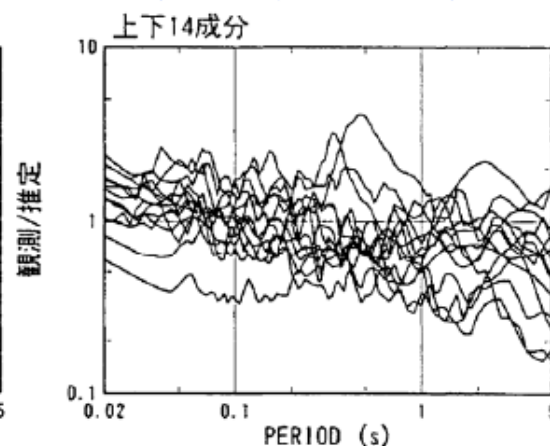
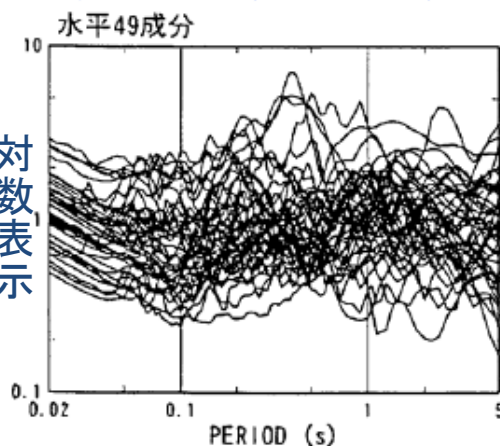


上下動

近年の内陸地殻内地震による残差

各地震

観測／推定
対数表示

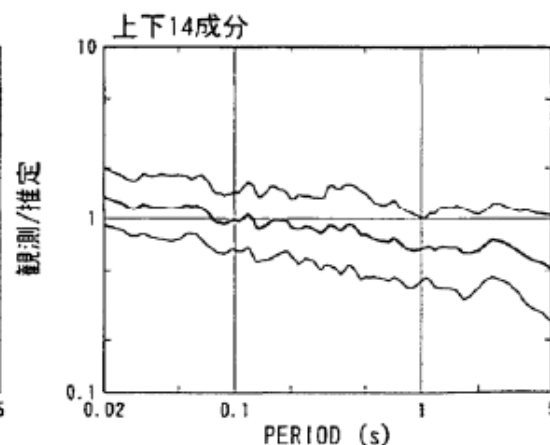
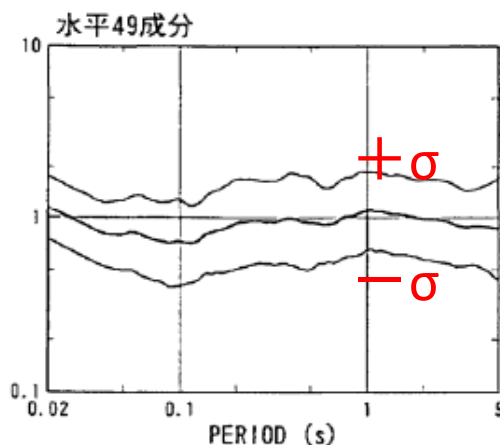


$+\sigma$ = ほぼ2倍

2倍を超えるものもだいたい16%ある $+\sigma$ 程度では全く不足！

平均値

観測／推定



水平動

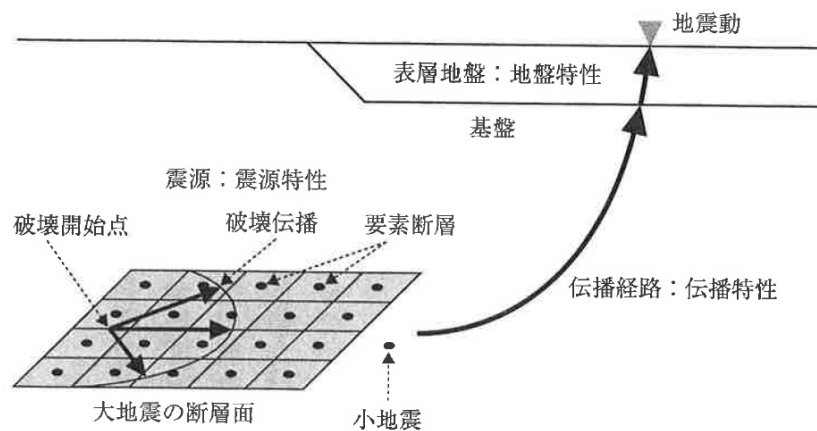
上下動

2σ (4倍)を超えるもの 2.3% それでも不足→ 3σ (8倍)もしくはそれ以上

断層モデルを用いた手法

断層モデルを用いた手法とは

- 1 震源断層面と断層パラメータの設定
(断層モデルの設定)
- 2 震源断層面を多数の小区画に分け、それぞれの区画で破壊の進行とともに時間をおいて発生する振動がどれだけの大きさかを推定、その後、まわりの地盤に伝播し、それが地表面に達するまでの地震動の減衰を距離減衰式(グリーン関数)を用いて算出、それらを重ね合わせて地表面の地震動の大きさを導く



「地震の揺れを科学する」(山中浩明編)

小地震の記録



小地震の震源特性と大地震の要素断層の震源特性との相違の補正

大地震の要素断層からの地震波



各要素断層からの地震波

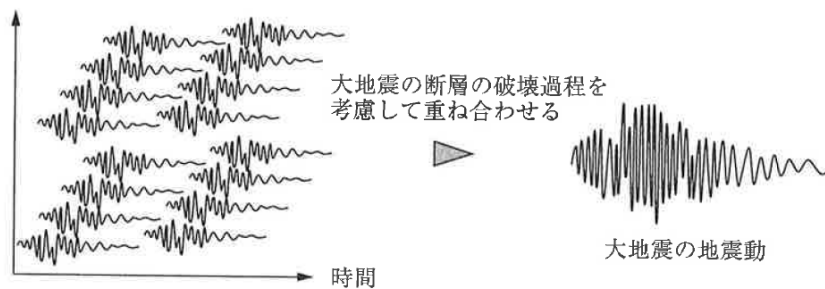


図 5-5 半経験的方法の模式図

スケーリング則を用いて推定

断層面で発生する地震動の推定には、いくつかのスケーリング則が用いられる

スケーリング則とは

＝地震規模が大きくなると各種の量も大きくなる

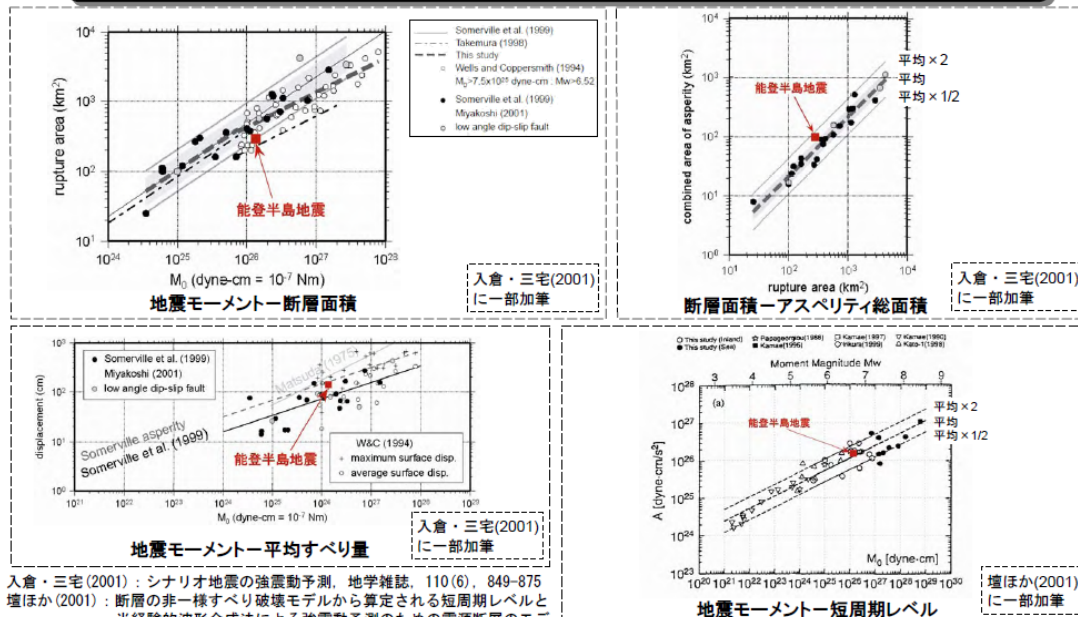
平成19年能登半島地震でのスケーリング則

断層モデルによるシミュレーション解析を用いた検討⑦

能登半島地震のシミュレーション解析結果と地震調査委員会の強震動予測レシピー等で用いられている断層パラメータとの関係

2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
2-5. 平成19年能登半島地震の知見を踏まえた検討 31

他の内陸地殻内の同程度の地震に比べ断層面積がやや小さく、アスペリティ総面積、すべり量及び短周期レベルが大きい傾向がある。



入倉・三宅(2001): シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, 110(6), 849-875
壇ほか(2001): 断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, 545, 51-62

しかしこれらはすべて平均像を求めるものでしかない

断層モデルを用いた手法における地震動推定手法

データを集めて法則を導く
ここではスケーリング則が用いられる

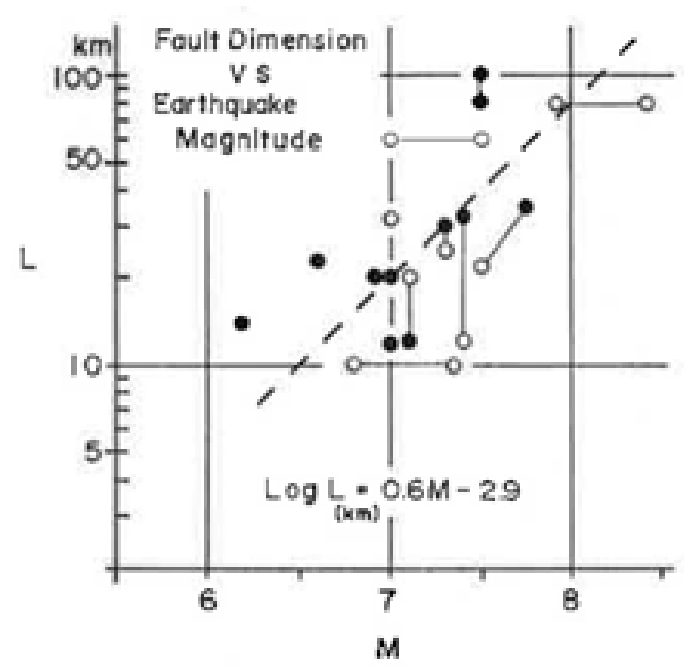
しかし傾向をみつける程度
バラツキが大きい＝誤差が大きい

スケーリング則の誤差問題

以前の耐震設計で用いられていた松田式も スケーリング則の関係式

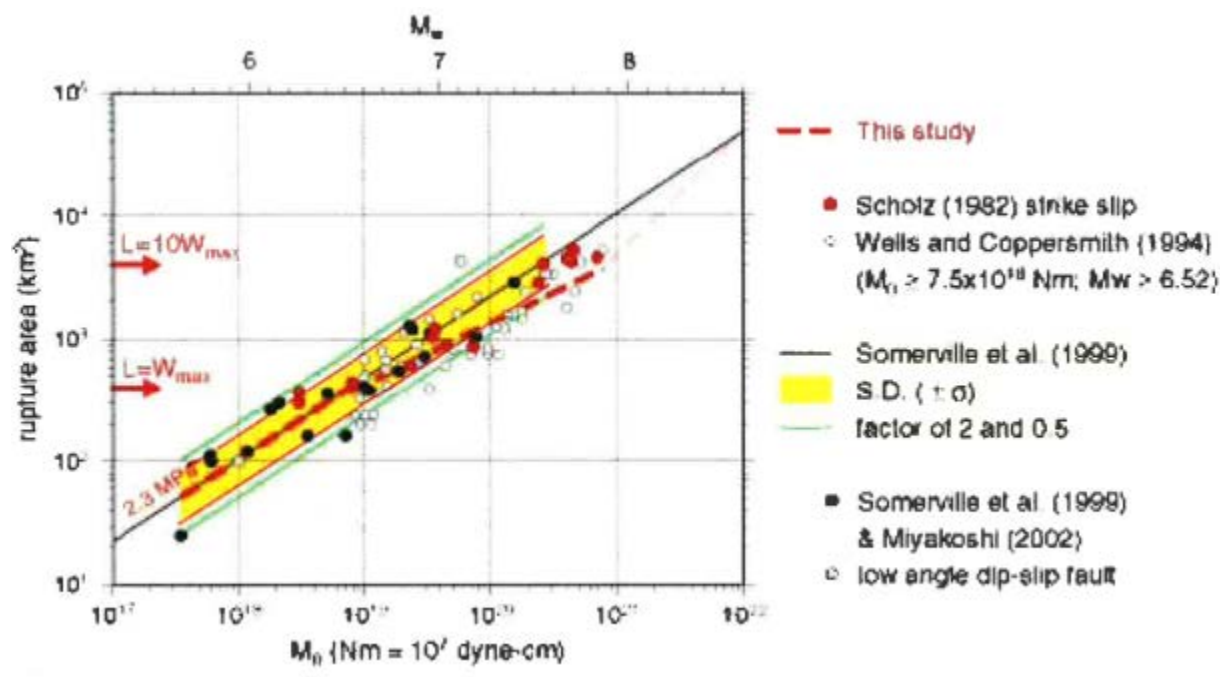
以前の耐震設計では松田式が使われていた
(断層の長さとマグニチュードの関係式)

しかしその誤差は一切考慮されなかった



断層面積と地震モーメントの関係式

松田式の断層長さの代わりに断層面積
マグニチュードの代わりにモーメントマグニチュード
(地震モーメント)

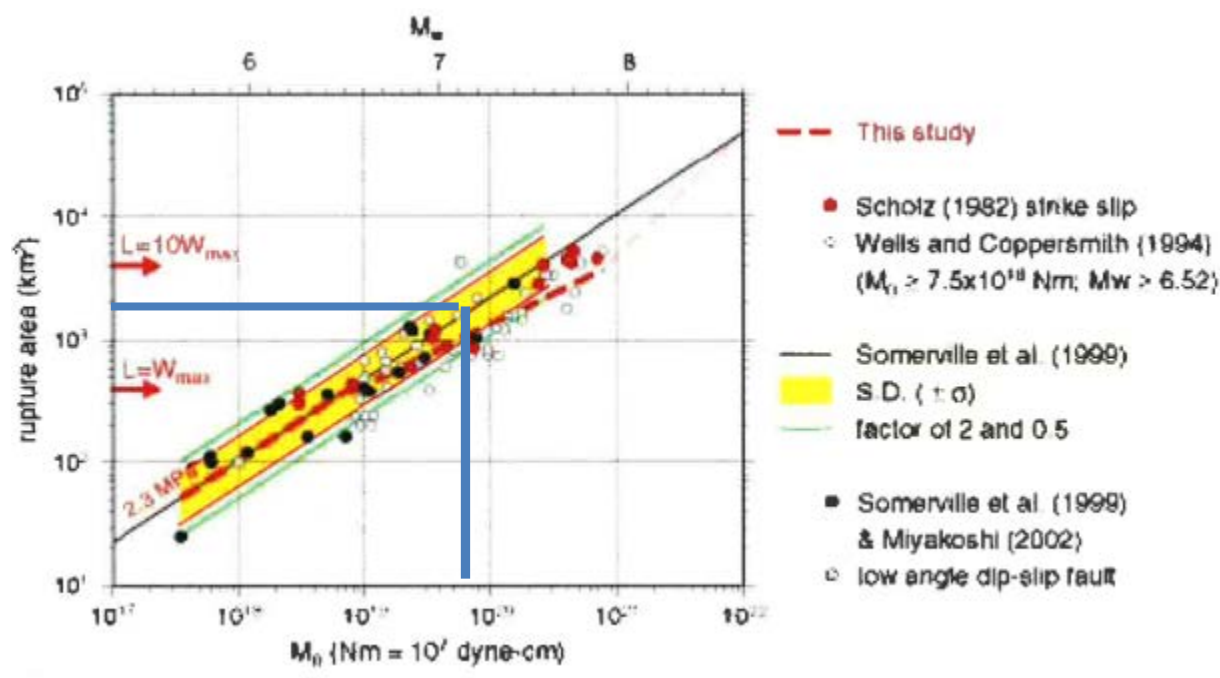


松田式と同じような式
スケーリング則の関係式 やはり誤差が大きい

断層面積と地震モーメントの関係式

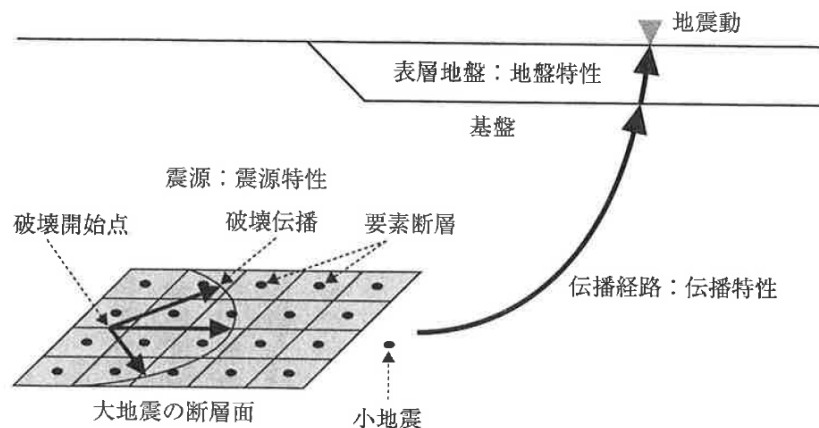
松田式の断層長さの代わりに断層面積

マグニチュードの代わりにモーメントマグニチュード
(地震モーメント)



断層の面積が決まれば、地震モーメント M_0 が決まる

伝播特性を示すグリーン関数にも大きな誤差がある



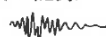
「地震の揺れを科学する」(山中浩明編)

伝播特性＝グリーン関数

経験的グリーン関数

近くの小地震をそのまま
グリーン関数にする方法

小地震の記録

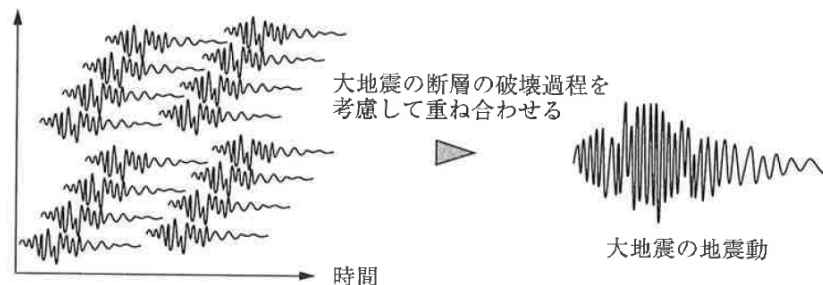


小地震の震源特性と大地震の要素断層の震源特性との相違の補正

大地震の要素断層からの地震波



各要素断層からの地震波



統計的グリーン関数

近くに適当な小地震がない
とき他の地震の距離減
衰式の平均を使う方法

グリーン関数には大きな
誤差(不確かさ)がある

図 5-5 半経験的方法の模式図

強震動予測レシピ(入倉レシピ)

断層モデルによる強震動予測に際しては、想定する震源断層を設定し、その規模や破壊シナリオを構築する必要がある。しかしながら、その方法に関しては設定者に依存しばらつきの大きなものとなりがちであった。そこで、モデル化に際しての任意性を少しでも小さくするために、入倉孝次郎京都大学名誉教授らによって提案されたものが、「強震動予測のためのレシピ」と呼ばれる非一様断層破壊シナリオの設定マニュアルである。

断層モデルの高度化に関する検討
原子力安全基盤機構平成19年4月

アスペリティがある＝非一様
断層の上で破壊が次々伝播していくシナリオ

レシピ＝誰がやっても同じようにできる＝平均像を求めるもの

step1からstep9(もしくはstep7)まで順番に値を決めていく

強震動予測レシピの概要

「強震動予測レシピ」(入倉のレシピ)の各段階

STEP1 断層破壊面積の設定

STEP2 地震モーメント(M_0)の設定

STEP3 平均応力降下量の設定

STEP4 アスぺリティの総面積の設定

STEP5 アスぺリティの応力降下量の設定

STEP6 アスぺリティの個数と配置の設定

STEP7 アスぺリティの平均すべり量比の設定

STEP8 アスぺリティの実効応力と背景領域の実効応力の設定

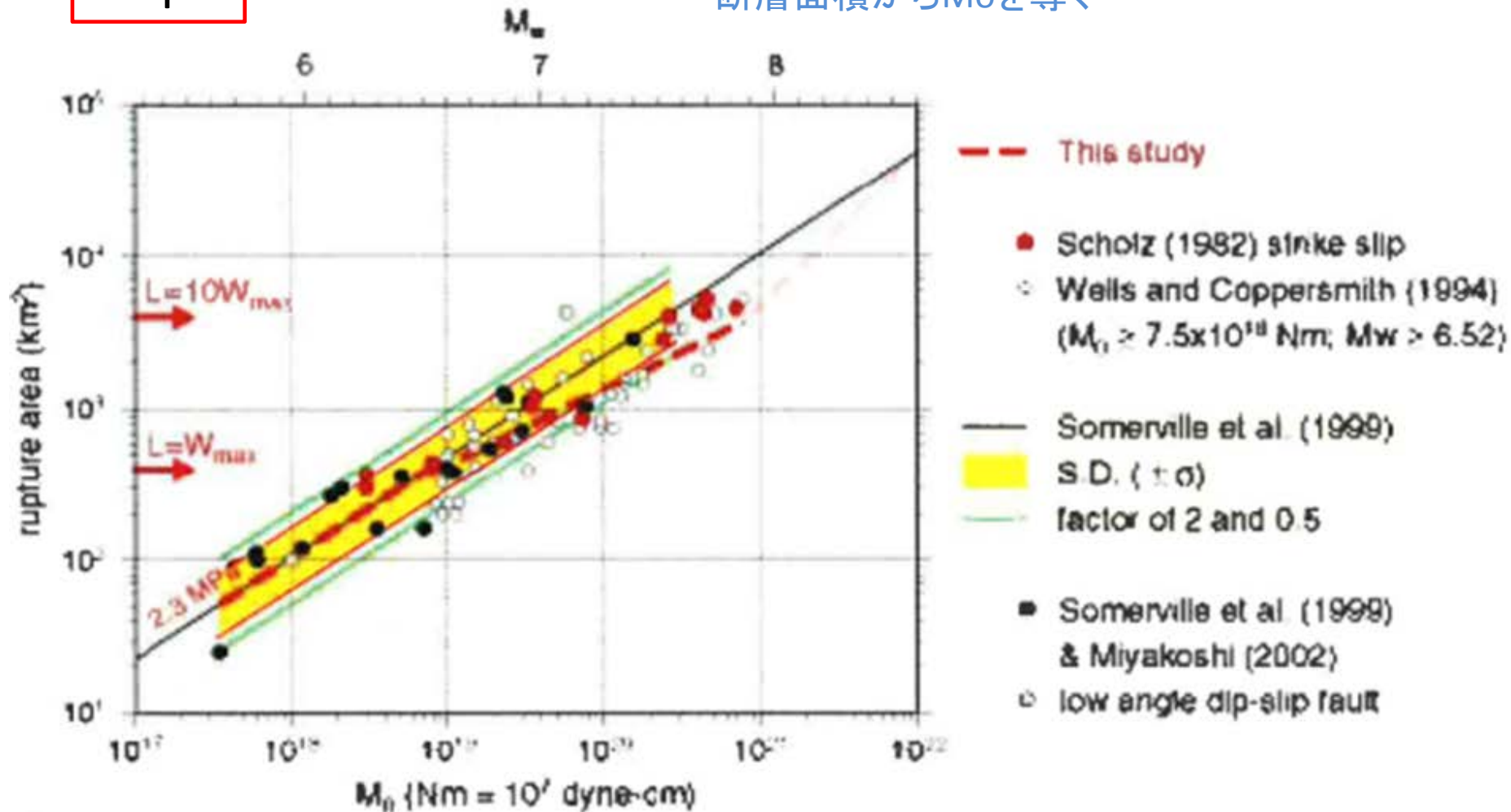
STEP9 すべり速度時間関数の設定

STEP2,STEP4はスケーリング則の適用

スケーリング則には大きな不確かさ(誤差)がある

Step2

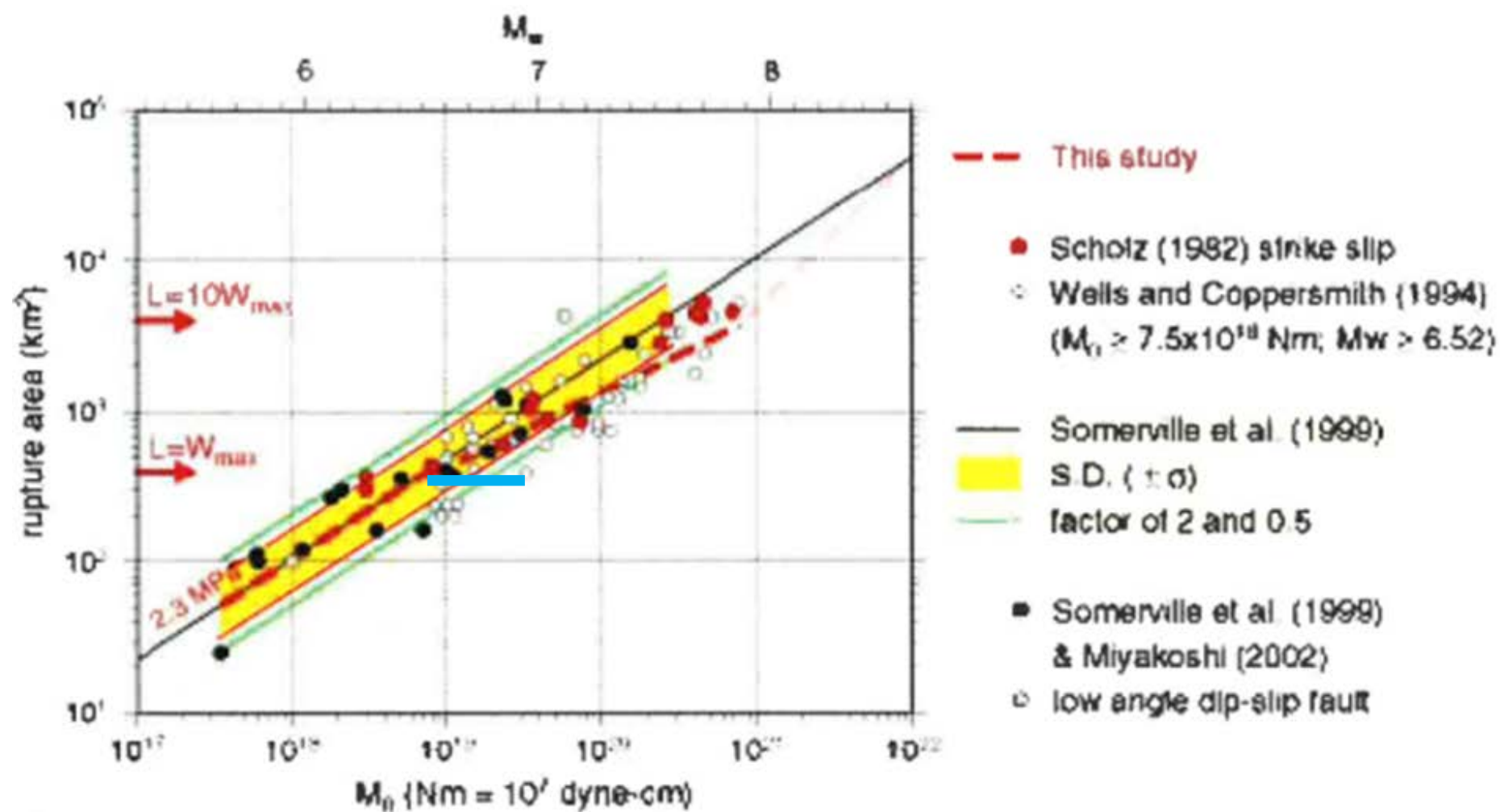
断層面積から M_0 を導く

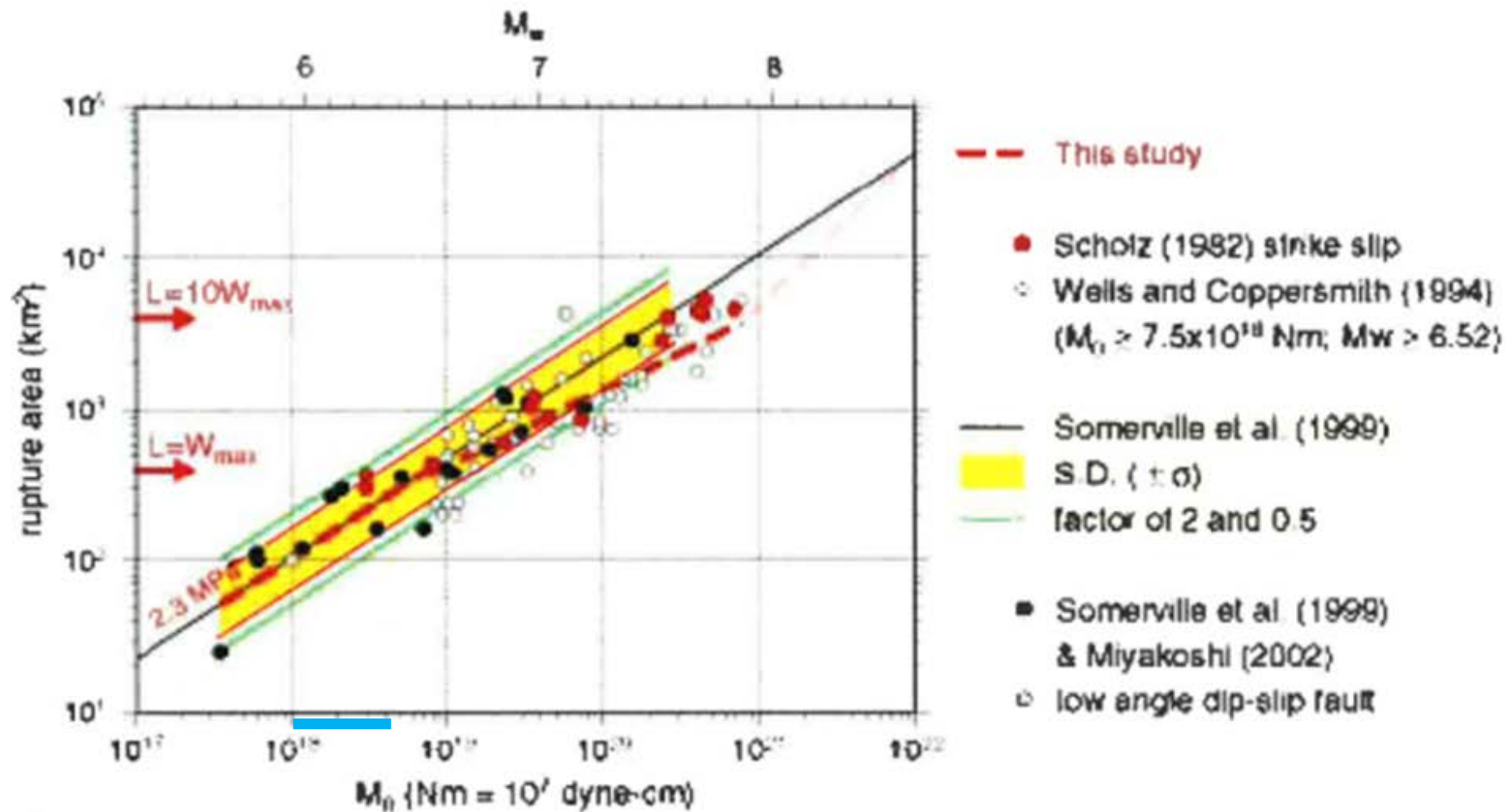


平均で耐震設計

中越沖地震の結果、1.5倍とされたが、それでも不足

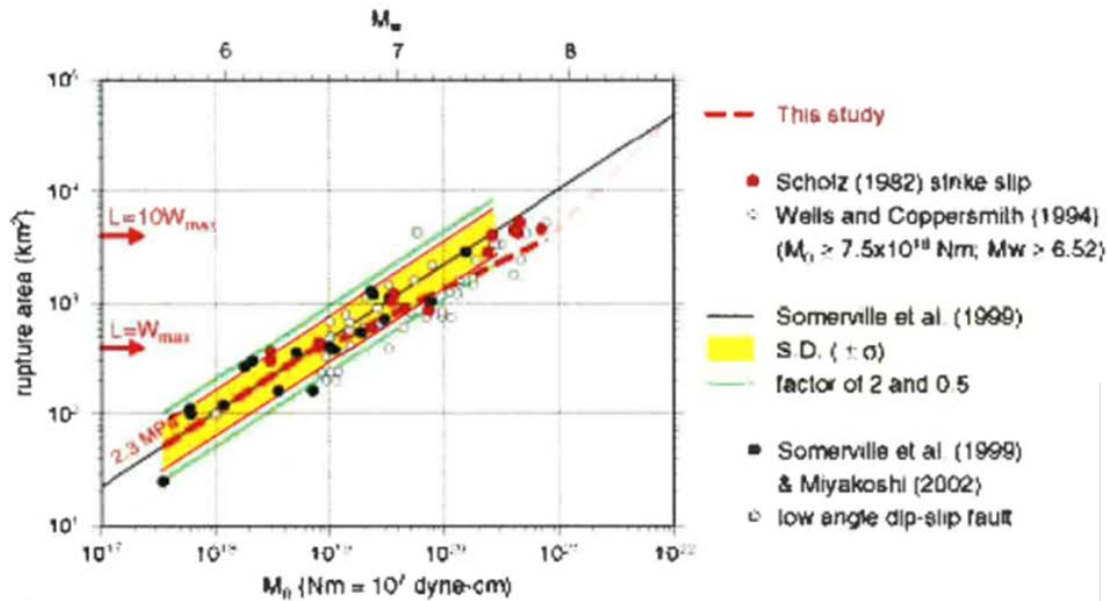
(黄色の領域の端の赤線は M_0 での平均の2分の1と2倍の線 内山加筆)





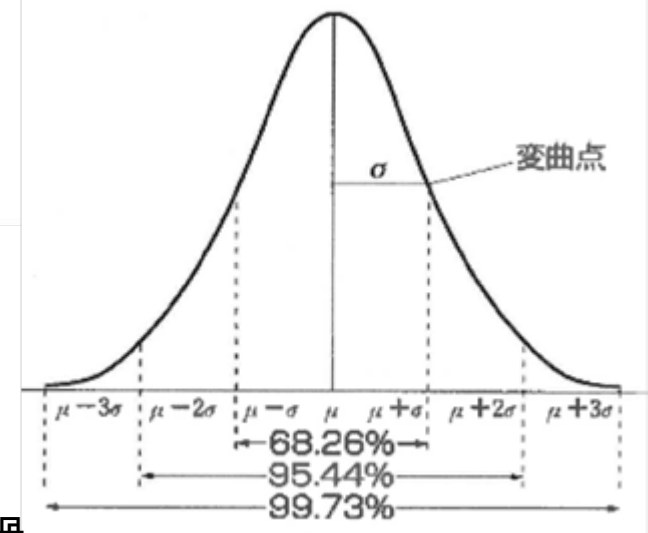
平均像の4倍の M_0 となる地震がある

スケーリング則の誤差問題



黄色の範囲が「 $\pm \sigma$ 」=68.28%の範囲
 その右端が平均の2倍
 平均の2倍の値でも約16%の地震では超過

2σ = 平均の4倍の値でも、約2.3%の地震で平均を超過



原発の耐震設計では
平均像からのかい離がどれだけか＝誤差 全く考慮されない

平均値をもとに耐震設計をしている
中越沖地震をもとに1.5倍にするだけ
平均値では原発の安全性は確保できない

誤差を考慮するなら標準偏差で何 σ まで想定するかの問題となる

標準偏差(+ σ)でも2倍、+2 σ で4倍
しかし、原発でそれで足りるか
+2 σ でも2.3%がそれを上回る

M_wや地震モーメントM₀は地震のエネルギーを示す

Step3

次は面積当たりどの程度の歪の解放があるかを見る
＝平均応力降下量

M₀と面積から、ある関係式によって導く

次にアスペリティの応力降下量を導く

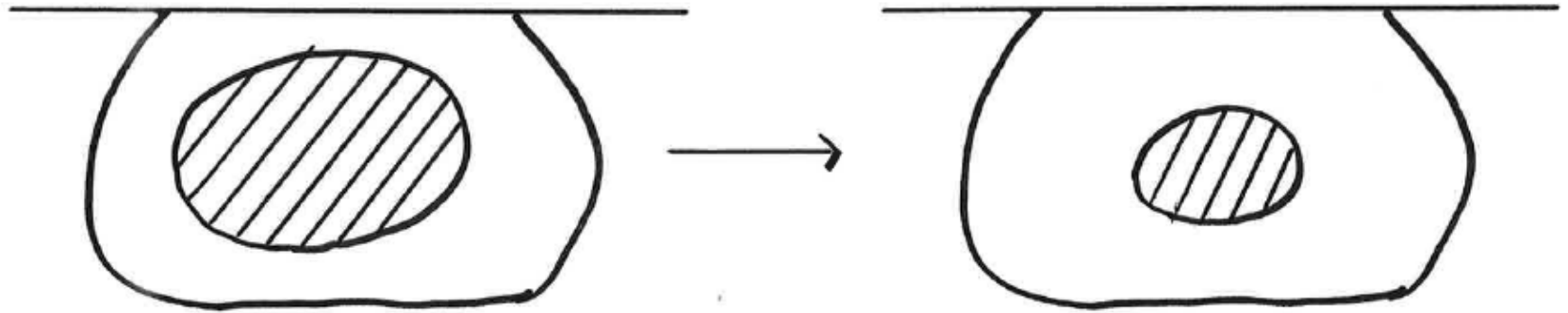
Step4,step5

全ての歪みはアスペリティにだけたまっていると考える

アスペリティが全体の半分なら

アスペリティの応力降下量は平均応力降下量の2倍の応力降下量

アスペリティの面積比



アスペリティ 大

蓄積された歪みが薄まる

→ 発生する地震動は小さい

アスペリティ 小

歪みが凝縮される

→ 地震動が大きい

アスペリティの面積比はどうやって導くか ここでもスケーリング則

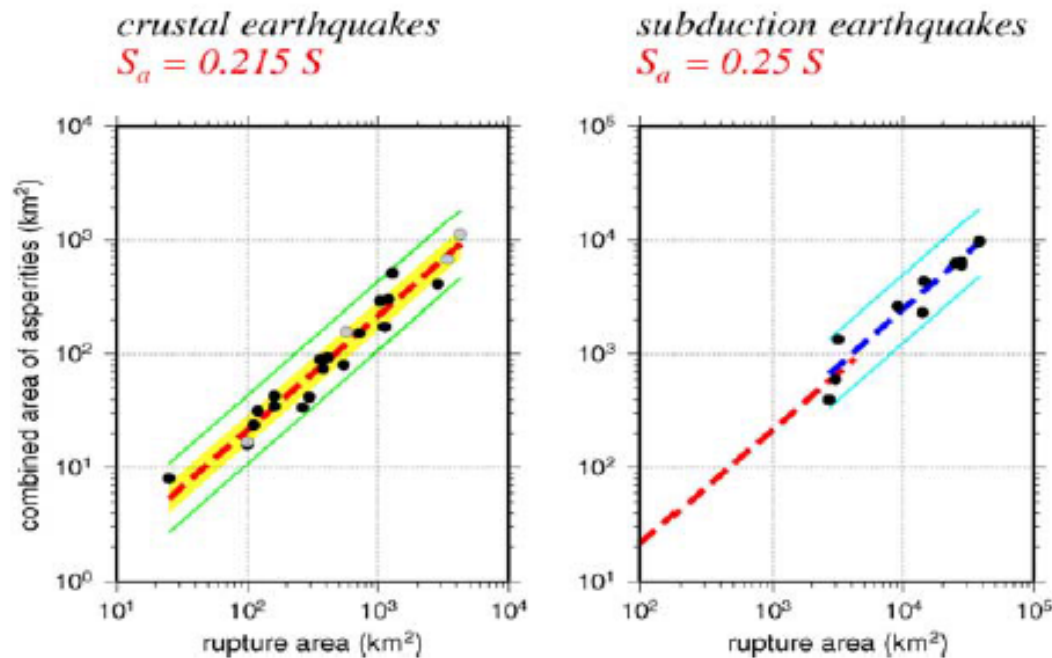


図 3. アスペリティ総面積と破壊域（断層面積）の経験的關係（入倉, 2004）。左図：内陸活断層地震。右図：海溝型地震。影部は標準偏差± σ を示す。細実線は平均に対する2倍と1/2倍を示す。

2014年3月29日付愛媛新聞より

原発耐震設計上の大問題＝地震動推定の誤差問題

どの手法も、もともと過去の事象を集めての推定しかなく、誤差は莫大

応答スペクトルに基づく手法でも断層モデルを用いた手法でも
莫大な誤差が存在することは、議論の余地なく明らかな問題

それを取り上げた途端、地震動は何倍にもなってしまう
1桁以上大きな地震動も想定する必要がある

⇒ この誤差問題 原発推進側は無視するしかなかった

しかし、この問題の議論を避けることはできない

伊方原発の基準地震動

基準地震動Ssの最大加速度振幅

基準地震動Ssの最大加速度振幅

基準地震動Ss					最大加速度 振 幅 (cm/s ²)
震源を特定して策定する地震動	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss	設計用模擬地震波	水平動	Ss-1H	570
			鉛直動	Ss-1V	330
	断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss	敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 応力降下量1.5倍・西破壊	水平動NS	Ss-2-1NS	486
			水平動EW	Ss-2-1EW	470
			鉛直動UD	Ss-2-1UD	216
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 応力降下量1.5倍・前面中央破壊	水平動NS	Ss-2-2NS	447
			水平動EW	Ss-2-2EW	415
			鉛直動UD	Ss-2-2UD	194
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 破壊伝播速度	水平動NS	Ss-2-3NS	287
			水平動EW	Ss-2-3EW	294
			鉛直動UD	Ss-2-3UD	163
震源を特定せず策定する地震動	2004年北海道留萌支庁南部の地震 基盤地震動の基準化波	水平動	Ss-3H	620	
		鉛直動	Ss-3V	320	



基準地震動Ssの最大加速度振幅

基準地震動Ssの最大加速度振幅

基準地震動Ss					最大加速度 振 幅 (cm/s ²)
震源を特定して策定する地震動	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss	設計用模擬地震波	水平動	Ss-1H	570
			鉛直動	Ss-1V	330
	断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss	敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 応力降下量1.5倍・西破壊	水平動NS	Ss-2-1NS	486
			水平動EW	Ss-2-1EW	470
			鉛直動UD	Ss-2-1UD	216
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 応力降下量1.5倍・前面中央破壊	水平動NS	Ss-2-2NS	447
			水平動EW	Ss-2-2EW	415
			鉛直動UD	Ss-2-2UD	194
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 破壊伝播速度	水平動NS	Ss-2-3NS	287
			水平動EW	Ss-2-3EW	294
			鉛直動UD	Ss-2-3UD	163
震源を特定せず策定する地震動	2004年北海道留萌支庁南部の地震 基盤地震動の基準化波	水平動	Ss-3H	620	
		鉛直動	Ss-3V	320	



570ガル × 4 = 2280ガル × 8 = 4560ガル × 10 = 5700ガル

基準地震動Ssの最大加速度振幅

基準地震動Ssの最大加速度振幅

基準地震動Ss					最大加速度 振 幅 (cm/s ²)
震源を特定して策定する地震動	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss	設計用模擬地震波	水平動	Ss-1H	570
			鉛直動	Ss-1V	330
	断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss	敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 応力降下量1.5倍・西破壊	水平動NS	Ss-2-1NS	486
			水平動EW	Ss-2-1EW	470
			鉛直動UD	Ss-2-1UD	216
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 応力降下量1.5倍・前面中央破壊	水平動NS	Ss-2-2NS	447
			水平動EW	Ss-2-2EW	415
			鉛直動UD	Ss-2-2UD	194
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 破壊伝播速度	水平動NS	Ss-2-3NS	287
			水平動EW	Ss-2-3EW	294
			鉛直動UD	Ss-2-3UD	163
震源を特定せず策定する地震動	2004年北海道留萌支庁南部の地震 基盤地震動の基準化波	水平動	Ss-3H	620	
		鉛直動	Ss-3V	320	



すでに1.5倍している。平均値は1.5分の1 = 324ガル

324 × 4 = 1296ガル × 8 = 2592ガル × 10 = 3240ガル

基準地震動Ssの最大加速度振幅

基準地震動Ssの最大加速度振幅

基準地震動Ss					最大加速度 振 幅 (cm/s ²)
震源を特定して策定する地震動	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss	設計用模擬地震波	水平動	Ss-1H	570
			鉛直動	Ss-1V	330
	断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss	敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 応力降下量1.5倍・西破壊	水平動NS	Ss-2-1NS	486
			水平動EW	Ss-2-1EW	470
			鉛直動UD	Ss-2-1UD	216
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 応力降下量1.5倍・前面中央破壊	水平動NS	Ss-2-2NS	447
			水平動EW	Ss-2-2EW	415
			鉛直動UD	Ss-2-2UD	194
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 破壊伝播速度	水平動NS	Ss-2-3NS	287
			水平動EW	Ss-2-3EW	294
			鉛直動UD	Ss-2-3UD	163
震源を特定せず策定する地震動		2004年北海道留萌支庁南部の地震 基盤地震動の基準化波	水平動	Ss-3H	620
			鉛直動	Ss-3V	320

震源を特定せず策定する地震動

留萌支庁南部地震の地震動は十分考慮されるのか

規制の体系

規則



規則の解釈



審査ガイド(内規)

「震源を特定せず策定する地震動」についての 新基準の「規則の解釈」での規定

「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定すること。

規準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド

1.3 用語の定義

- (6)「震源を特定せず策定する地震動」とは、敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内の地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないことから、敷地近傍における詳細な調査の結果にかかわらず、全ての敷地（対象サイト）において共通的に考慮すべき地震動であると意味付けた地震動をいう。

いくら調査してもわからない断層が潜んでいる
→それを全サイト共通に考慮

2. 基本方針

基準地震動の策定における基本方針は以下の通りである。

- (3) 「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に各種の不確かさを考慮して、敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定されていること。

4.2 地震動評価

4.2.1 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集

- (1) 震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震を検討対象地震として適切に選定し、それらの地震時に得られた震源近傍における観測記録を適切かつ十分に収集していることを確認する。
- (2) 検討対象地震の選定においては、地震規模のスケーリング（スケーリング則が不連続となる地震規模）の観点から、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」を適切に選定していることを確認する。
- (3) また、検討対象地震の選定の際には、「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」についても検討を加え、必要に応じて選定していることを確認する。

収集対象とされた地震

表-1 収集対象となる内陸地殻内の地震の例

No	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14, 08:43	Mw6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/06, 13:30	Mw6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/03/12, 03:59	Mw6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/03/26, 17:31	Mw6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/07/26, 07:13	Mw6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/08/11, 03:12	Mw6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/05/13, 14:38	Mw6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/09/03, 16:58	Mw5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/03/15, 22:31	Mw5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/06/25, 18:50	Mw5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/03/19, 18:56	Mw5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/02/25, 16:23	Mw5.8
13	2004北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14, 14:56	Mw5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20, 06:11	Mw5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/03/10, 02:25	Mw5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/07/05, 19:18	Mw5.0



4.2 地震動評価

4.2.1 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集

- (1) 震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震を検討対象地震として適切に選定し、それらの地震時に得られた震源近傍における観測記録を適切かつ十分に収集していることを確認する。
- (2) 検討対象地震の選定においては、地震規模のスケーリング（スケーリング則が不連続となる地震規模）の観点から、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」を適切に選定していることを確認する。
- (3) また、検討対象地震の選定の際には、「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」についても検討を加え、必要に応じて選定していることを確認する。

(2)はどこの原発でもだから、伊方でも問題となる。

〔解説〕

- (1) 「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」は、断層破壊領域が地震発生層の内部に留まり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震で、震源の位置も規模もわからない地震として地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震（震源の位置も規模も推定できない地震（Mw6.5 未満の地震））であり、震源近傍において強震動が観測された地震を対象とする。
- (2) 「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」は、震源断層がほぼ地震発生層の厚さ全体に広がっているものの、地表地震断層としてその全容を表すまでには至っていない地震（震源の規模が推定できない地震（Mw6.5 以上の地震））であり、孤立した長さの短い活断層による地震が相当する。なお、活断層や地表地震断層の出現要因の可能性として、地域によって活断層の成熟度が異なること、上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する場合や地質体の違い等の地域差があることが考えられる。このことを踏まえ、観測記録収集対象の地震としては、以下の地震を個別に検討する必要がある。
- ① 孤立した長さの短い活断層による地震
 - ② 活断層の密度が少なく活動度が低いと考えられる地域で発生した地震
 - ③ 上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域で発生した地震

「地表地震断層が出現しない可能性のある地震」について

全国共通に考慮すべき地震(震源の位置も規模も特定できない地震)

Mw6.5未満の地震

〔解説〕

- (1) 「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」は、断層破壊領域が地震発生層の内部に留まり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震であり、震源の位置も規模もわからない地震として地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震(震源の位置も規模も推定できない地震 (Mw6.5 未満の地震)) である。

収集対象とされた地震

表-1 収集対象となる内陸地殻内の地震の例

No	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14, 08:43	Mw6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/06, 13:30	Mw6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/03/12, 03:59	Mw6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/03/26, 17:31	Mw6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/07/26, 07:13	Mw6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/08/11, 03:12	Mw6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/05/13, 14:38	Mw6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/09/03, 16:58	Mw5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/03/15, 22:31	Mw5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/06/25, 18:50	Mw5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/03/19, 18:56	Mw5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/02/25, 16:23	Mw5.8
13	<u>2004北海道留萌支庁南部地震</u>	2004/12/14, 14:56	Mw5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20, 06:11	Mw5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/03/10, 02:25	Mw5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/07/05, 19:18	Mw5.0

「観測記録」は、実際に観測された記録

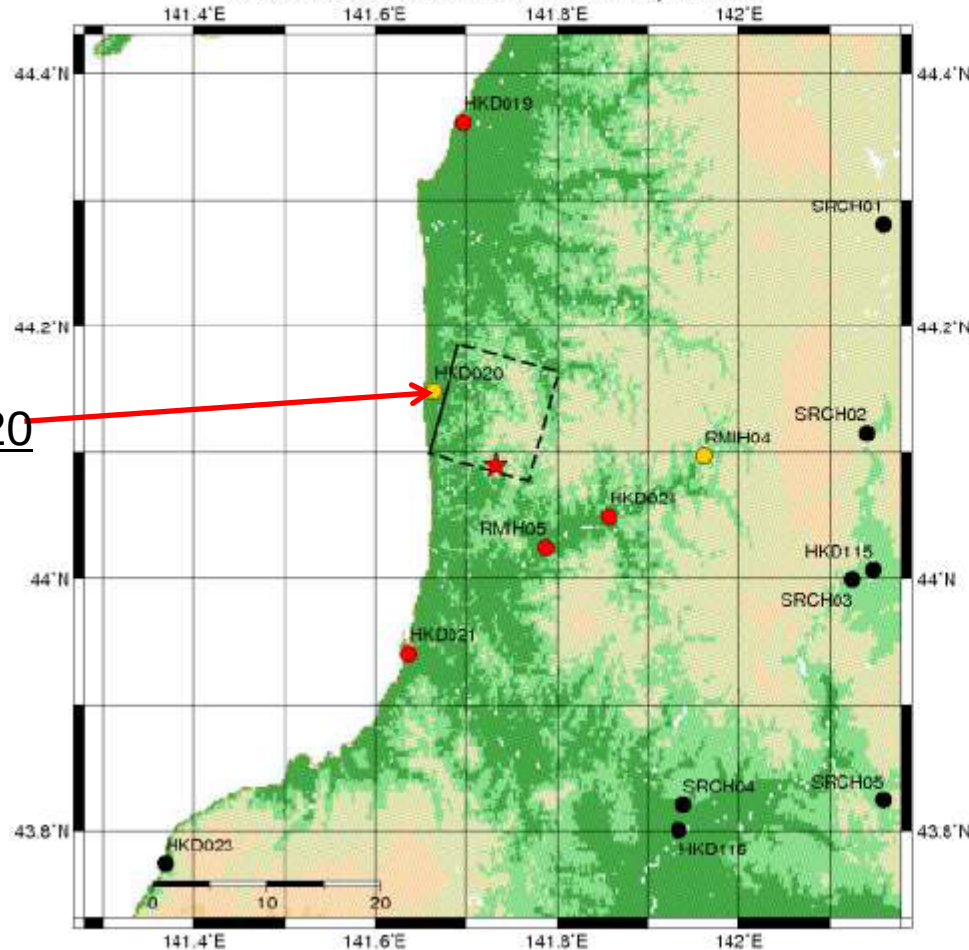
- 全ての地震動をカバーできるほどの強震計の密度ではない
- わずか17年間の観測記録でしかない

こんな程度の記録で確実なことが言えるはずがない

2004年留萌支庁南部地震

2004年北海道留萌支庁南部地震 (Mw5.7)

2004/12/14 14:56 2004 Rumoi Mw5.70 Dep=5.30km



HKD020

観測点の選定条件

- 断層最短距離: 20km以内
AVS30 < 500m/s以下
- 断層最短距離: 20km以内
AVS30 > 500m/s以上

たまたま観測点が断層面を延長した地点の直近にあった。

RUMOI_Rake90_Vr2.7_Hyb_T1_EW

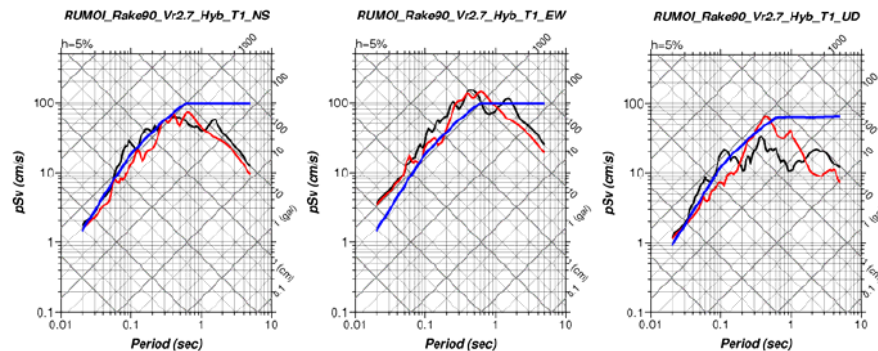
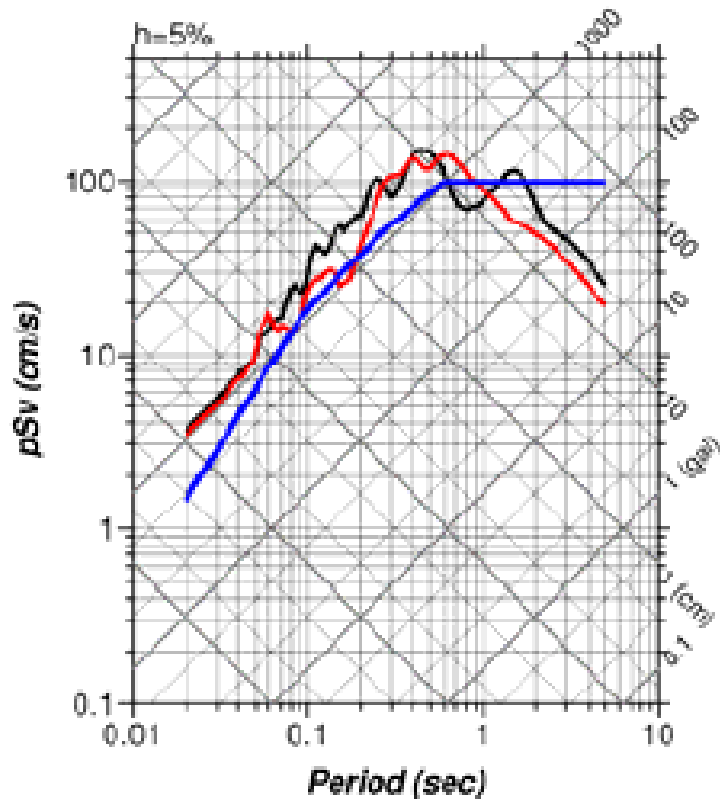


図 2.2-3(2) HKD020 におけるハイブリッド波形 (赤) と観測波形 (黒) による
疑似速度応答スペクトルの比較 (青: 加藤スペクトル)
左: NS、中: EW、右: UD

わずかMw5.7(Mj6.1)の地震

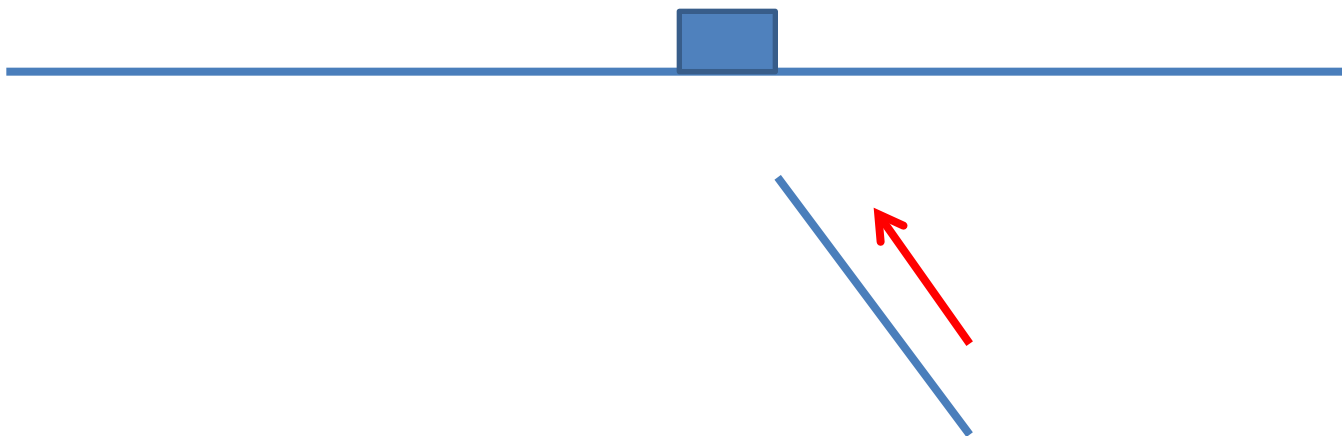
地震動1000ガル超

応答スペクトル2000ガル程度

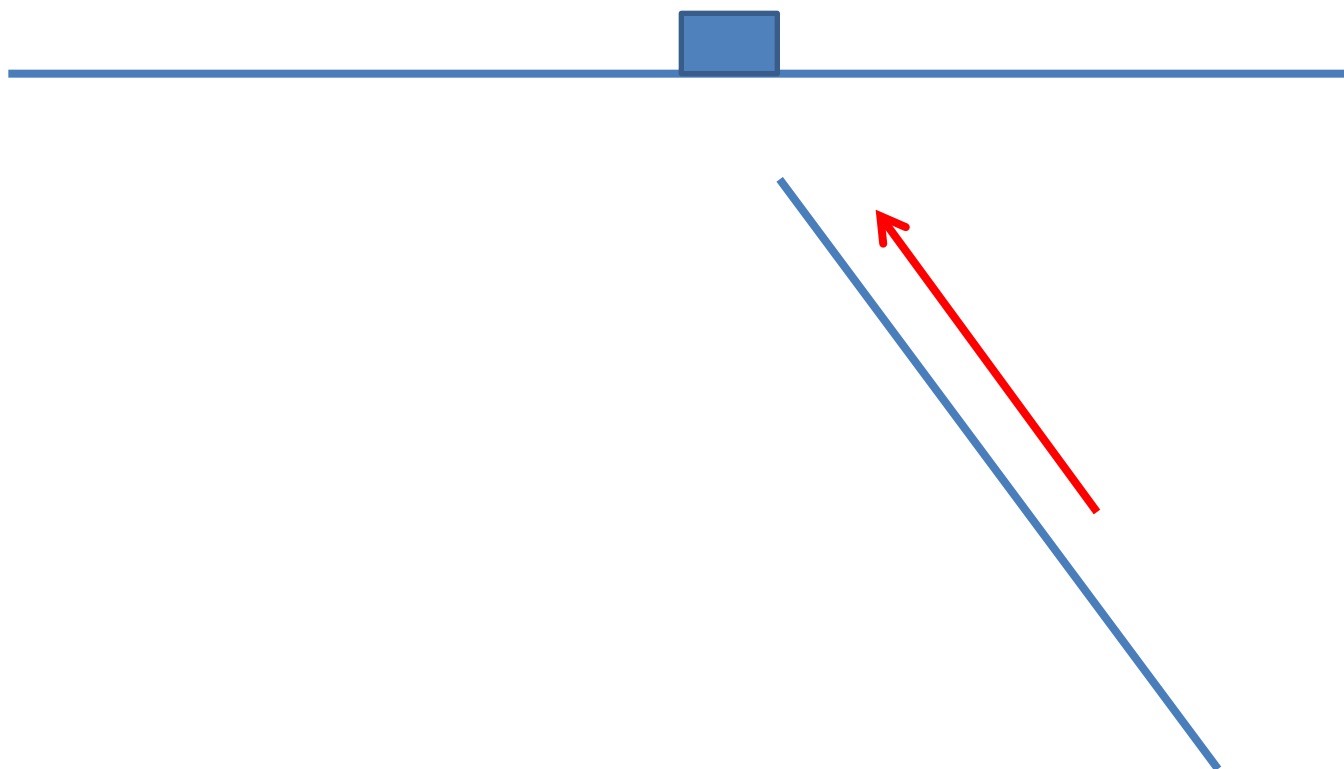
NFRD効果

破壊伝搬方向に観測点があるときに
地震動が重なって増幅する効果

ディレクティビティと以前は言っていた



破壊伝播効果(NFRD効果)とは



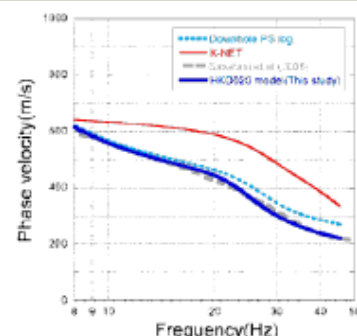
地震波の重なる長さが増える分、地震動も大きくなる

留萌支庁南部地震は、地盤の影響による増幅がある

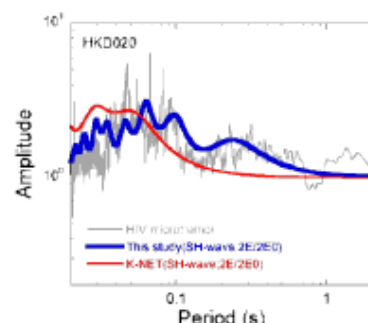
伊方発電所「地震動評価 震源を特定せず策定する地震動(コメント回答)」

港町観測点の地盤モデル

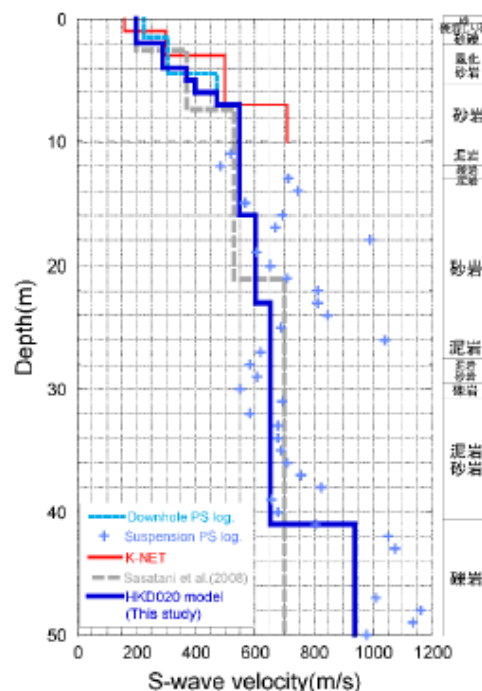
- 佐藤ほか(2013)では、ダウンホール法によるPS検層結果のS波速度が500m/s以下の深さ6mまでについて、笹谷ほか(2008)による位相速度を説明できるようにS波速度を若干修正し、港町観測点(HKD020)の地盤モデルを作成した。
- 港町観測点の地盤モデルによるSH波の理論増幅特性の卓越周期は、微動H/Vスペクトルの卓越周期と周期0.02秒程度のごく短周期までよく対応している。一方、K-NET地盤情報によるSH波の理論増幅特性は、微動H/Vスペクトルの卓越を説明できていない。
- 以上から、本研究による港町観測点の地盤モデルは、より妥当なモデルであると結論付けられる。



HKD020におけるレイリー波位相速度の比較



HKD020における微動H/Vスペクトルと地盤モデルに基づくSH波の理論増幅特性の比較



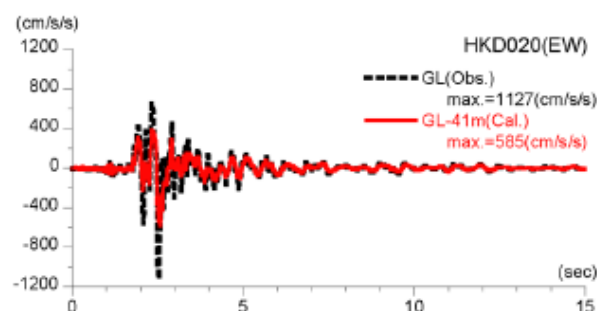
HKD020における地盤速度構造 (S波速度構造)の比較

HKD020における地震動評価モデル

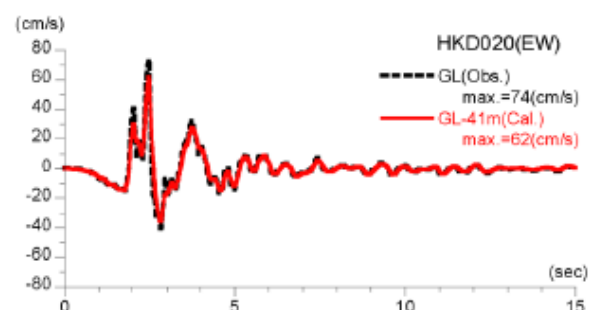
上面深度 (m)	P波速度 V_p (m/s)	S波速度 V_s (m/s)	密度 ρ (10^3 kg/m 3)	層厚 H(m)	減衰定数 h	非線形特性
0	457	200	1.90	0.5	0.02	砂
0.5		200	2.00	0.5	0.03	微塵シリ砂
1		200	2.00	1.0	0.02	礫1
1.5	952	200	2.00	1.0	0.02	礫1
2		290	2.00	1.0	0.01	礫2
3		290	2.00	1.0	0.01	風化砂岩1
4		370	2.00	1.0	0.01	風化砂岩2
5		400	2.00	1.0	0.01	風化砂岩2
6	1722	473	2.00	1.0	0.01	—
7		549	2.00	9.0	0.01	—
16		604	2.06	7.0	0.01	—
23		653	2.06	18.0	0.01	—
38	2215	—	—	—	—	—
41		938	2.13	—	0.01	—

基盤地震動の評価結果(水平方向)

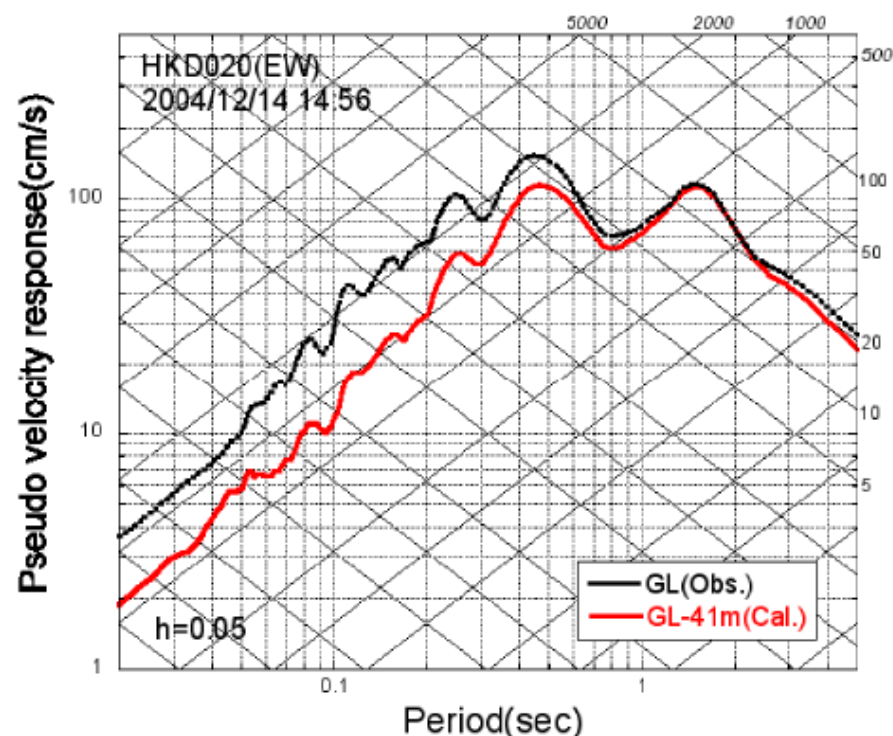
- 等価線形解析により、深さ41mにおける基盤地震動を評価した結果、最大加速度は**585cm/s²**となり、地表観測記録の約1/2となった。
- 一方、最大速度は地表の4/5程度(62cm/s)であり、2004年留萌地震時における港町観測点のサイト特性は最大速度よりも最大加速度の増加に影響を及ぼした可能性が指摘されている。



評価された基盤地震動と地表観測記録の比較



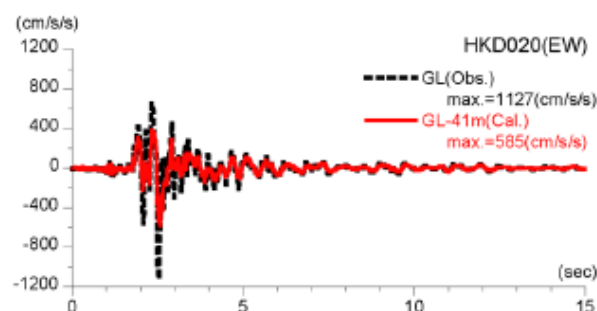
速度に変換した基盤地震動と地表観測記録の比較



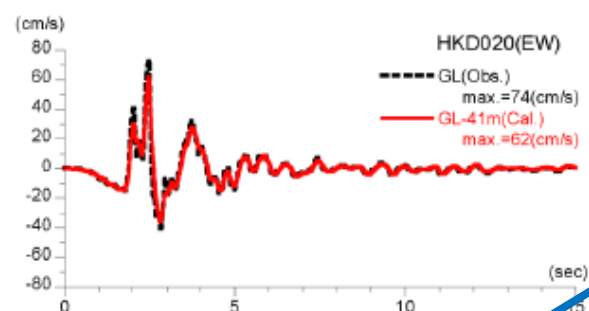
擬似速度応答スペクトルの比較

基盤地震動の評価結果(水平方向)

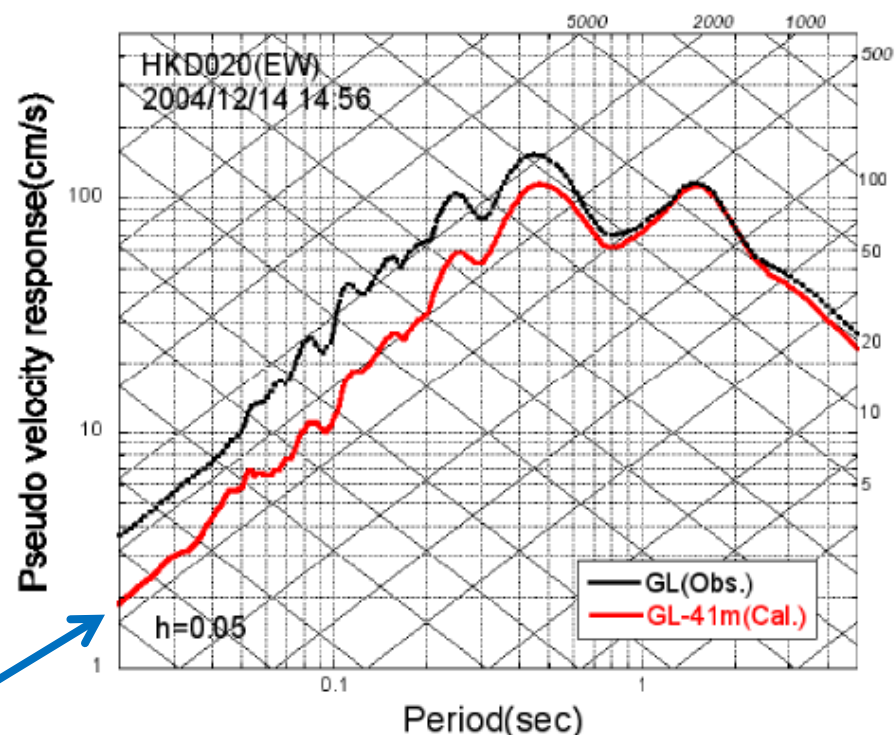
- 等価線形解析により、深さ41mにおける基盤地震動を評価した結果、最大加速度は**585cm/s²**となり、地表観測記録の約1/2となった。
- 一方、最大速度は地表の4/5程度(62cm/s)であり、2004年留萌地震時における港町観測点のサイト特性は最大速度よりも最大加速度の増加に影響を及ぼした可能性が指摘されている。



評価された基盤地震動と地表観測記録の比較



速度に変換した基盤地震動と地表観測記録の比較



擬似速度応答スペクトルの比較

四国電力の策定する「震源を特定せず策定する地震動」

4. 「震源を特定せず策定する地震動」の策定

「震源を特定せず策定する地震動」の策定

- 2004年北海道留萌支庁南部地震の基盤地震動についての検討結果を踏まえ、水平方向については、最大加速度 609cm/s^2 、鉛直方向については、最大加速度 306cm/s^2 の基盤地震動を震源を特定せず策定する地震動に反映する。
- 震源を特定せず策定する地震動は、原子力発電所の耐震性に求められる保守性を勘案して、2004年北海道留萌支庁南部地震の基盤地震動(水平方向: 609cm/s^2 、鉛直方向: 306cm/s^2)の加速度時刻歴波形を水平方向 620cm/s^2 、鉛直方向 320cm/s^2 に基準化(位相特性を変えずに振幅特性のみ変更)した地震動として考慮する。

四国電力の策定する「震源を特定せず策定する地震動」

4. 「震源を特定せず策定する地震動」の策定

「震源を特定せず策定する地震動」の策定

- 2004年北海道留萌支庁南部地震の基盤地震動についての検討結果を踏まえ、水平方向については、最大加速度 609cm/s^2 、鉛直方向については、最大加速度 306cm/s^2 の基盤地震動を震源を特定せず策定する地震動に反映する。
- 震源を特定せず策定する地震動は、原子力発電所の耐震性に求められる保守性を勘案して、2004年北海道留萌支庁南部地震の基盤地震動(水平方向: 609cm/s^2 、鉛直方向: 306cm/s^2)の加速度時刻歴波形を水平方向 620cm/s^2 、鉛直方向 320cm/s^2 に基準化(位相特性を変えずに振幅特性のみ変更)した地震動として考慮する。

仮に地震動増幅があっても

そもそも本当に増幅するのか

中越沖地震では、軟弱地盤があったために地震動は減衰したとされている

この見解を前提としても

- 1 増幅がないはぎとり波でも、加藤のスペクトルを超えている
特に、原発で重要な短周期領域(周期0.2秒から0.5秒)で
地震動としても**609ガル!**
それを若干上乘せしても620ガル
- 2 留萌支庁南部地震はわずかMw5.7の地震でしかない
- 3 それはやはり破壊伝播効果(NFRD効果)のため
- 4 それがMw6.5(16倍)になったら、それだけで極めて大きな地震動となるはず

素朴な疑問

Mw5.7の地震で、これほど大きな地震動をもたらしたのであれば

Mw6.5未満の地震では最大どこまで大きな地震動が来るのか

これを検討せずに「震源を特定せず策定する地震動」は導けない

Mw5.7の地震に耐えられれば良いというわけにはいかない

素朴な疑問

Mw5.7の地震で、これほど大きな地震動をもたらしたのであれば

Mw6.5未満の地震では最大どこまで大きな地震動が来るのか

これを検討せずに「震源を特定せず策定する地震動」は導けない
Mw5.7の地震に耐えられれば良いというわけにはいかない

今、四国電力がやっているのは
Mw5.7程度の直下の地震には耐えられるということではない

基準地震動Ss-3留萌支庁南部地震の知見から求めている

620ガル

Mw6.5未満の地震の地震動は

留萌支庁南部地震の地震動の何倍となる可能性があるか

Mw6.5の地震とMw5.7の地震の比較

断層面積S	地震モーメント M_0	平均応力降下量	アスペリティの応力降下量	モーメントマグニチュードMw
60.483679	4.46684E+24	2.31337E+22	1.05153E+23	5.7
381.62621	7.07946E+25	2.31337E+22	1.05153E+23	6.5

Mw6.5の断層面積とMw5.7の断層面積

入倉レシピによれば

Mw5.7の地震の断層面積 60.5km^2
Mw6.5の地震の断層面積 381.6km^2

$$381.6/60.5 = 6.31 \text{ (面積比)}$$

正方形の断層モデルを考える $\Rightarrow$ 1辺の長さはそれをルートする

$$\text{ルート}6.31 = 2.51$$

Mw6.5の地震断層は、Mw5.7の地震断層の1辺の長さの2.5倍
その分地震動が多く重なる $\rightarrow$ さらに地震動が2.5倍になる

壇ほか(2001)の式

壇ほか(2001)の式(短周期レベルAと M_0 との関係)

$$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$$

Mw6.5の地震の M_0 (地震モーメント)はMw5.7の地震の M_0 の約16倍
(マグニチュードが0.2あがるたびに M_0 は2倍となる)
ただし正確には15.85倍(入倉レシピの計算結果)

M_0 が15.85倍だと壇ほか(2001)の式によれば、Aは15.85の1/3乗倍
(1/3乗=3乗根 1/2乗=平方根=ルート)

$$15.85 \text{ の } 1/3 \text{ 乗} = 2.51$$

Mw6.5未満の地震の最大地震動は、Mw5.7の地震の地震動の2.5倍となる

地震波の重なる長さが増える分、地震動も大きくなる

Mw5.7 の地震とMw6.5の地震を比べると
平均像で考えれば

Mw6.5未満の地震はMw5.7の地震の最大約2.5倍の地震動

しかし、平均像の地震とは限らない

2.5倍にとどまらず、もっと大きくなる可能性がある

地震動は留萌支庁南部地震の2.5倍として

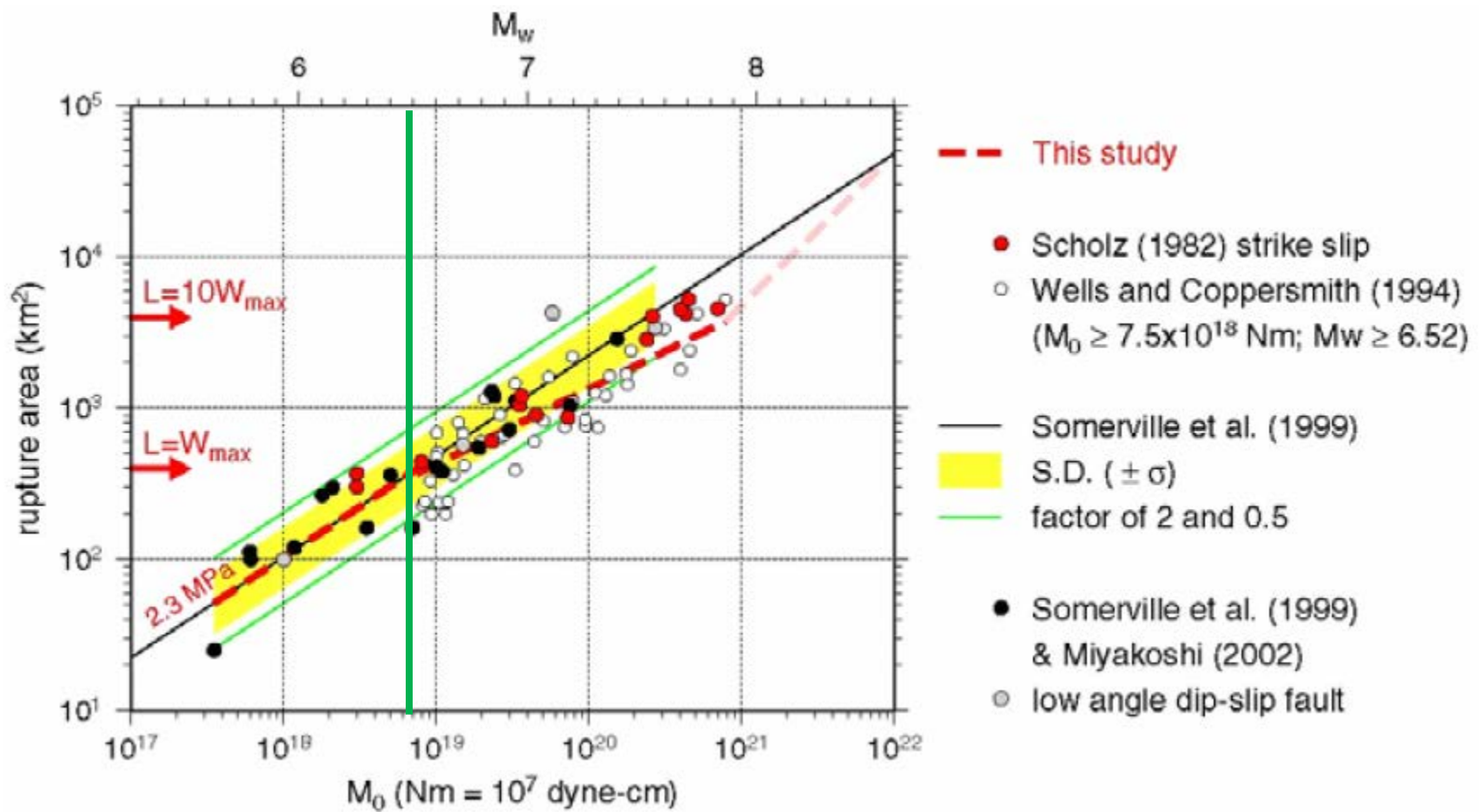
$$620 \times 2.5 = \underline{1550 \text{ガル}}$$

$$\text{短周期での応答スペクトル} \quad 1300 \times 2.83 = \underline{3250 \text{ガル}}$$

しかしこれは平均像でのものしかない

さらにたとえば、断層面積が平均的地震より小さいなどを考える必要

震源断層面の面積が平均的値の $1/2$ の場合の地震動



同じ M_0 でみると(縦軸でみると)平均より1/2以下の断層面積 S のものもある
そこで、面積を1/2として考える

平均応力降下量は何倍となるか

Step 3: 平均応力降下量 ($\Delta \bar{\sigma}_c$)

クラック理論 [Eshelby (1957)]^(2.5) に基づき設定する。

$$\Delta \bar{\sigma}_c = \frac{7\pi^{1.5}}{16} \cdot \frac{M_0}{S^{1.5}}$$

地震モーメント M_0 は一定

⇒ 断層面積 S が1/2となると平均応力降下量は2の1.5乗倍となる
2の1.5乗 = 2.83

S(面積)が1/2となると平均応力降下量は2.83倍となる

留萌支庁南部地震の2.5倍が最大ではない

平均的地震とは限らない影響も考える必要がある

留萌支庁南部地震の知見で足りるか

Mw6.5未満の地震の最大地震動をとる必要がある

少なくとも2.5倍の地震動を想定し
さらに不確かさの考慮として断層面積が小さい地震
なども考える必要がある

2500ガルを優に上回る地震動を考える必要がある

留萌支庁南部地震の知見で足りるか

しかも

もともとわずか17年の記録に基づく議論でしかない

12～13万年の期間を考えればさらに大きくなるはず

「適切かつ十分な記録収集」

・・・せめて何万年かの記録がなければ十分ではない

記録がわずかしかなことによる不確かさ(誤差)
これをどう評価するかの問題がある

さらに何倍かすることも必要

伊方原発のSsは

留萌支庁南部地震の知見からとして基準地震動を

620ガルと想定

しかし、それではあまりにも過小

議論を避けてはならない(求釈明)

原発の耐震設計は、平均像で行って良いのか。もし平均像で行ってはいけないとするなら、平均像からのかい離は最大限考慮すべきなのではないか。最大限考慮しなくても良いなら、どこまで考慮すべきか。またその根拠は何か。

原発の耐震設計を過去最大の値、事象をもとに行って良いのか。過去最大(既往最大)を超える事象を考慮しなくてよいとするなら、その根拠は何か。

基礎となるデータが少ないことによる誤差を最大限考慮すべきではないか。データが少ないことによる誤差を考慮しなくて良いとするなら、その根拠は何か。
もしこの点の誤差を考慮するなら、どのような根拠に基づき、どのように考慮するのか。