

## (4) 不確かさ考慮の考え方

### b. 海洋プレート内地震・プレート間地震

# 不確かさの考慮 < 海洋プレート内地震 >

## < 応答スペクトル・断層モデルによる評価 >

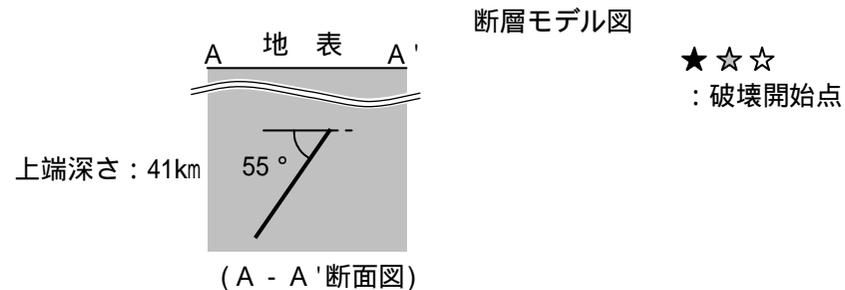
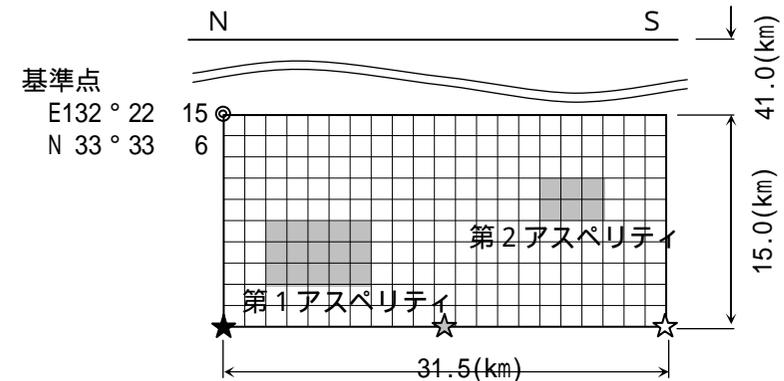
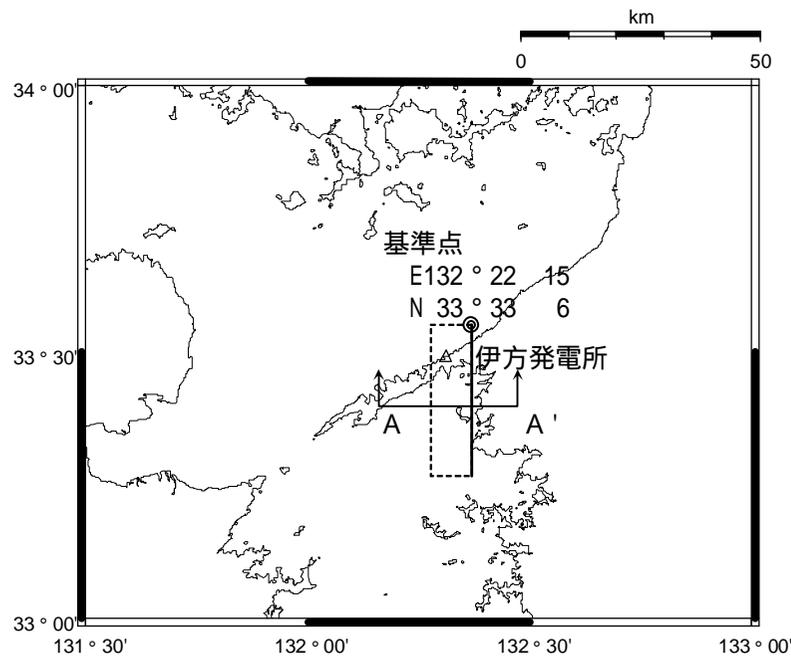
検討用地震

1649年安芸・伊予の地震

不確かさの考慮

地震発生位置の不確かさを考慮して敷地真下での発生を想定し、さらに地震規模として既往最大の規模であるM7.0(1854年伊予西部)を採用  
 加えて断層モデルでは、破壊伝播方向の不確かさを考慮して破壊開始点を3箇所を設定

これらを予め基本モデルに織り込む



断層面は2001年芸予地震のYagi & Kikuchiモデルを参考に設定

# 不確かさの考慮<プレート間地震>

## <応答スペクトル・断層モデルによる評価>

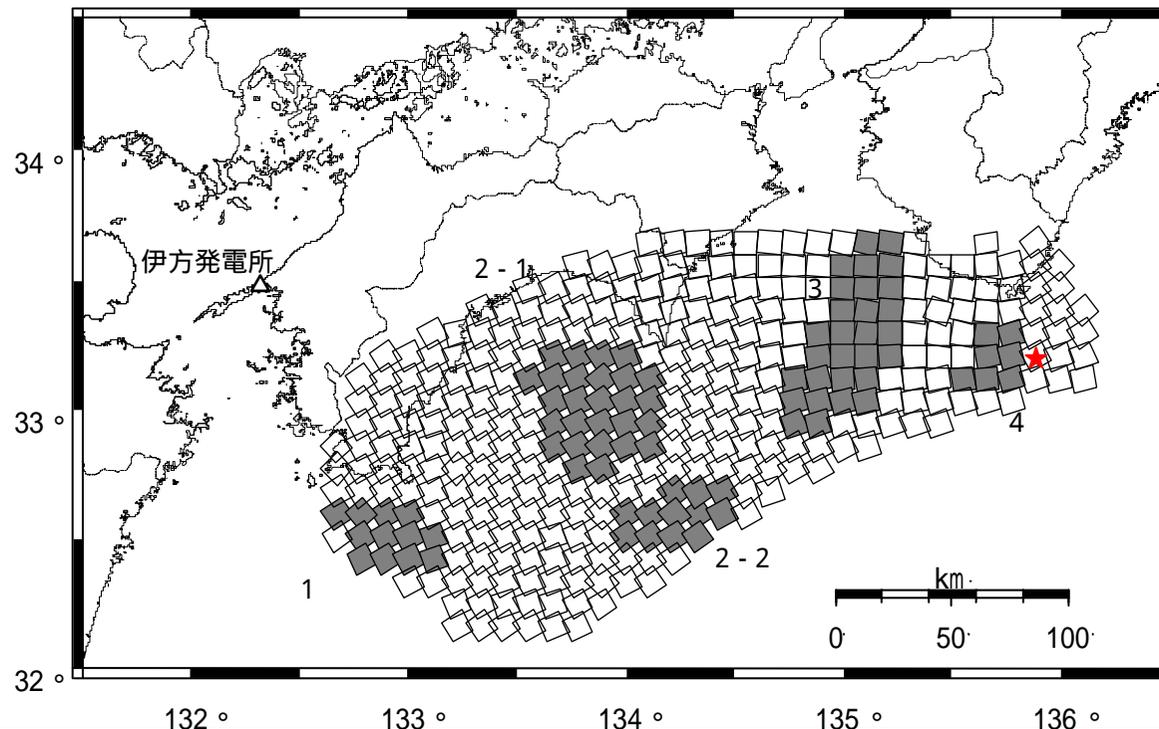
検討用地震

想定南海地震(中央防災会議)

不確かさの考慮

中央防災会議(2003)の想定南海地震モデル(M8.6)は過去最大規模の宝永地震(M8.6)や安政南海地震の各地の震度分布を再現できるモデルであることから**同モデルを採用することで震源規模および震源要素の不確かさを考慮することとする。**

断層モデルを用いた地震動評価において**破壊開始点はアスペリティの破壊が敷地に向かう方向となるように設定。**



★ : 破壊開始点

図中の番号はアスペリティ番号

# 不確かさ考慮の考え方(海洋プレート内・プレート間)

5.地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

## 海洋プレート内地震

No.	検討ケース	基本震源モデルの設定条件				備考
		地震規模	断層面の位置	破壊開始点	アスペリティの位置	
-	検討用地震 1649年安芸・伊予の地震	M6.9	1649年の地震の震央位置	-	-	
0	基本震源モデル 想定敷地下方のスラブ内地震	M7.0 既往最大	敷地真下	破壊開始点：3箇所	2001年芸予地震を基にした配置	基本モデルに予め不確かさを織り込み、十分保守的な評価を行っていると考えられるため、不確かさケースは想定しない

: 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

: 検討用地震の選定では断層最短距離を用いた距離減衰式で影響評価を行ったため想定していない

破壊開始点3ケースは、断層北下端、中央下端、南下端

## プレート間地震

No.	検討ケース	基本震源モデルの設定条件				備考
		地震規模	断層面の位置	破壊開始点	アスペリティの位置	
-	検討用地震 想定南海地震 (中央防災会議による断層モデル)	M8.6 既往最大 宝永クラス	中央防災会議による断層モデル	-	-	
0	基本震源モデル 想定南海地震 (中央防災会議による断層モデル)	M8.6 既往最大 宝永クラス	中央防災会議による断層モデル	破壊が敷地に向かうケース：1箇所	中央防災会議による断層モデルの位置	基本モデルにおいて地震規模や破壊開始点について、十分保守的な評価を行っていると考えられるため、不確かさケースは想定しない

: 検討用地震の選定では断層最短距離を用いた距離減衰式で影響評価を行ったため想定していない

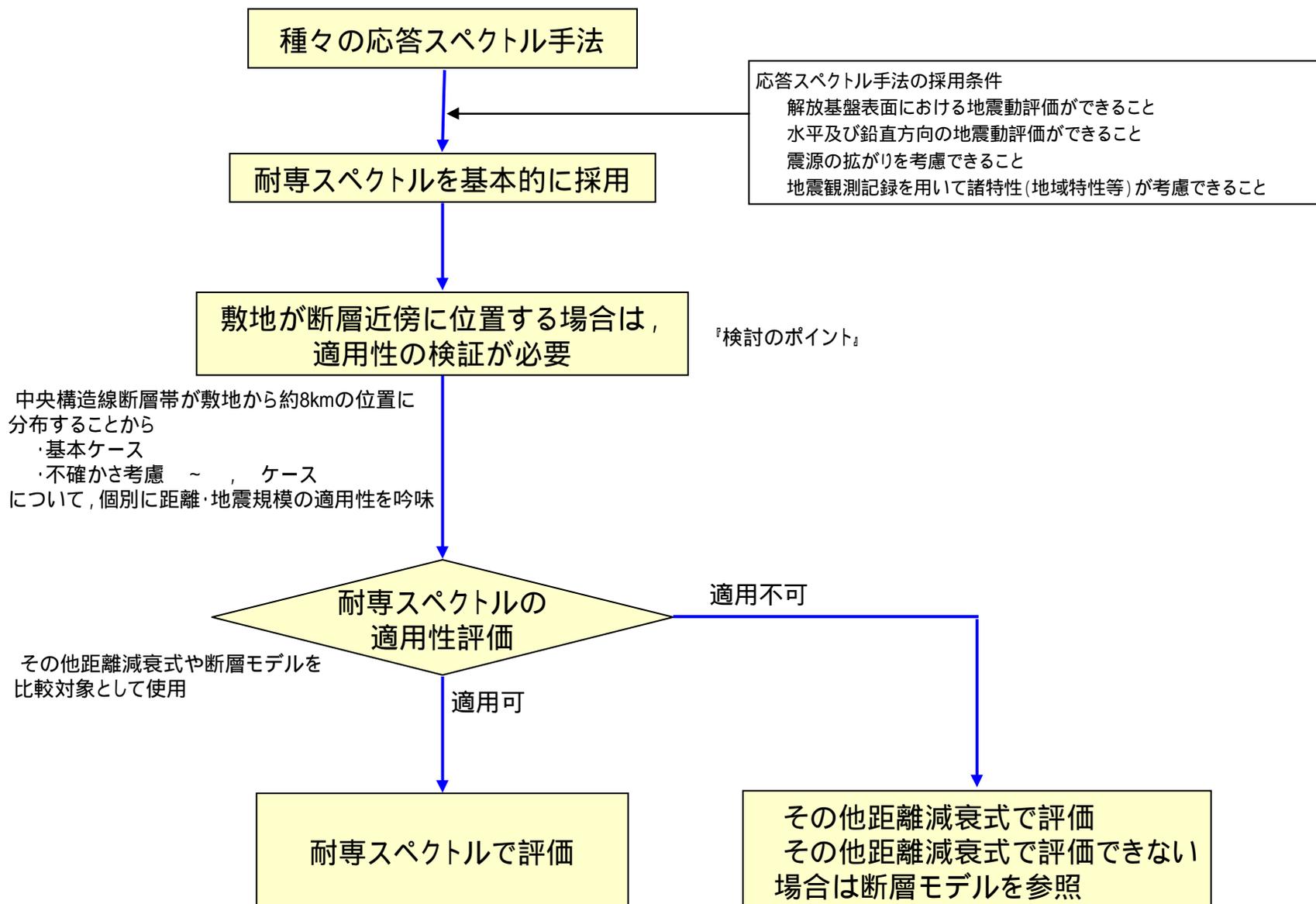
敷地への影響度合いを勘案して不確かさ考慮の考え方を整理した。ここで想定した不確かさケースについての地震動評価結果は前掲したとおりであり、この結果に基づいて基準地震動Ssを策定した。

## 5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### 5.1.3 内陸地殻内地震(中央構造線断層帯)の地震動評価

#### (1) 応答スペクトルに基づく手法

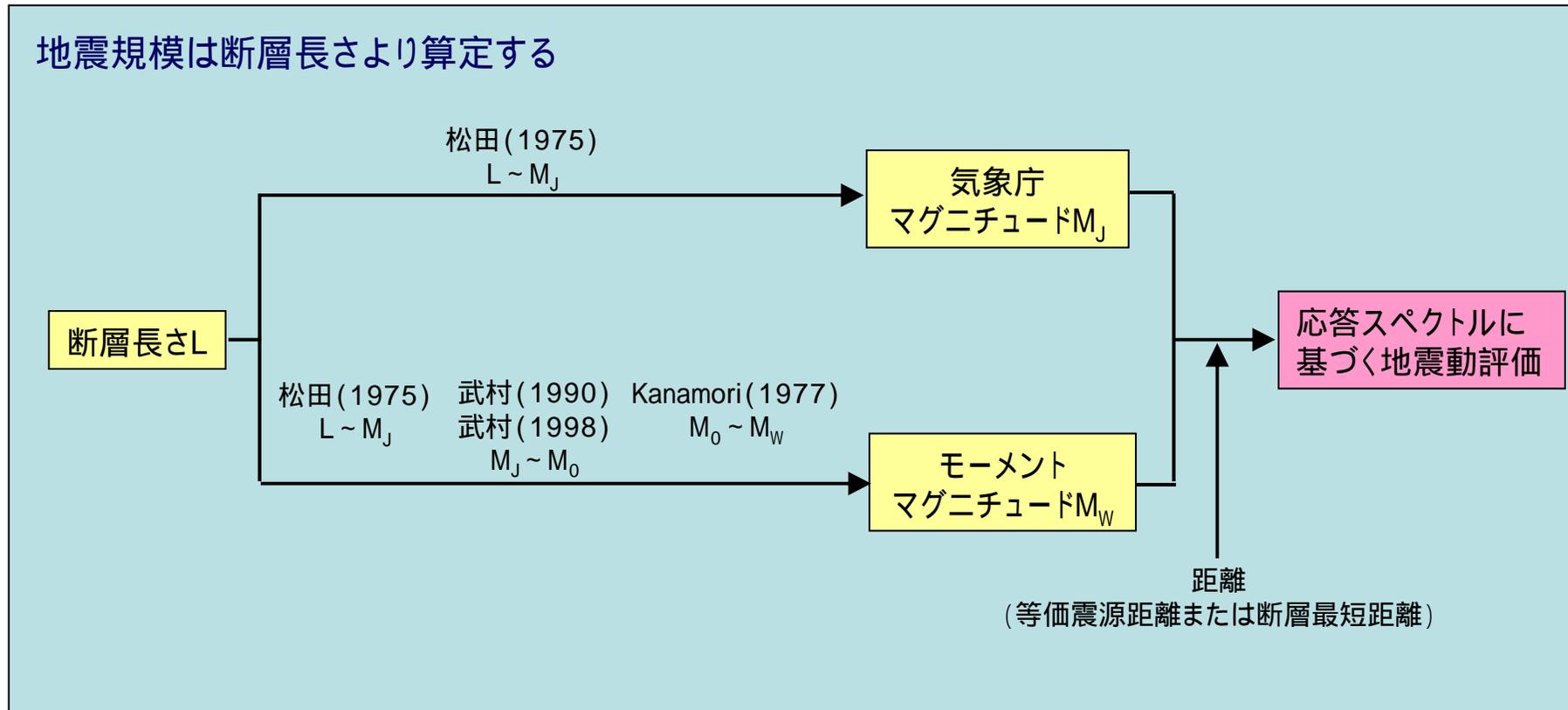
# 応答スペクトル手法による評価の流れ



## a.評価方針

# 応答スペクトル手法におけるパラメータ設定

5. 地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動



距離として等価震源距離を採用する場合は、断層の不均質破壊を考慮して算出する

# 主な応答スペクトル手法

5. 地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

敷地での地震動評価に適用が考えられる主な応答スペクトル手法(距離減衰式)を以下に示す。

距離減衰式一覧

距離減衰式	データベースの対象地域	地震タイプ	主なパラメータ	Mの範囲	距離の範囲	地盤条件・種別	その他
耐専スペクトル [Noda et al.(2002)]	国内	主に太平洋沿岸の60km以浅の地震	Mjma 等価震源距離 Vs, Vp 地盤の卓越周期	Mj5.5 ~ 7.0	28 ~ 202km (震源距離)	500 Vs 2700 m/s	NFRD効果を考慮可能 水平動・鉛直動を評価可能
Kanno et al.(2006)	主に国内	内陸 プレート間 プレート内	Mw 断層最短距離 震源深さ、Vs30	5.5 ~ 8.2	1 ~ 500km	100 Vs30 1400 m/s	Vs30による補正が可能
Zhao et al.(2006)			Mw 断層最短距離 震源深さ	5.0 ~ 8.3	0.3 ~ 300km	Soft soil ~ Hard rock (Hard rock Vs=2000m/s)	
内山・翠川(2006)			日本周辺	Mw 断層最短距離 震源深さ	5.5 ~ 8.3	300km以内	150 Vs30 750m/s
Abrahamson and Silva(2008)	主に国外	内陸	Mw 断層最短距離 Vs30, 断層上端深さ	4.27 ~ 7.9	0.07 ~ 200km	100 Vs30 2000m/s	Vs30による補正が可能
Boore and Atkinson(2008)			Mw 断層面の地表投影面への最短距離、Vs30		0.1 ~ 400km	NEHRP分類A ~ E	Vs30による補正が可能
Campbell and Bozorgnia(2008)			Mw 断層最短距離 Vs30, 断層上端深さ		0.1 ~ 200km	150 Vs30 1500m/s	Vs30による補正が可能
Chiou and Youngs(2008)			Mw 断層最短距離 Vs30, 断層上端深さ		0.07 ~ 70km	100 Vs30 2000m/s	Vs30による補正が可能
Idriss(2008)			Mw 断層最短距離、Vs30		4.5 ~ 7.7	0.3 ~ 200km	450 Vs30 900m/s

Vs30: 表層30mにおけるS波速度の平均値



## データベース諸元

対象地震	主に国内
データベースに含まれる地震タイプ	内陸地殻内 プレート間 プレート内
地震タイプの考慮方法	浅発地震と深発地震の回帰式を提案 (深さ30kmがしきい値)
データベースにおけるMwの範囲	5.5 ~ 8.2 <sup>1</sup>
データベースにおける断層最短距離の範囲	1 ~ 500km <sup>1</sup>
データベースにおける地盤種別	100 Vs30 <sup>2</sup> 1400 m/s <sup>1</sup>
備考	Vs30 <sup>2</sup> の値によりサイト補正が可能

データベースに含まれる主な内陸地震	
1971 San Fernando	R
1979 Imperial Valley	S
1989 Loma Prieta	R
1992 Landers	S
1994 Northridge	R
1995 兵庫県南部	S
1999 Kocaeli	S
1999 Duzce	S
2000 鳥取県西部	S

S: 横ずれ断層, R: 逆断層

1 論文中の図表等から読み取った値

2 表層30mにおけるS波速度の平均値

原論文ではスペクトルの短周期側は0.05秒まで評価。本検討では, PGAとして示されている値を周期0.02秒での値と読み替えて0.02秒までのスペクトルを評価した

【本敷地に適用する場合の地盤条件】

データベースの上限値Vs30=1400m/sにおいて地震動評価を行う

## データベース諸元

対象地震	主に国内(1968 ~ 2003年)
データベースに含まれる地震タイプ	内陸地殻内 プレート間 プレート内
地震タイプの考慮方法	地震タイプを直接入力 震源深さも入力 (15km以深で深さ依存)
データベースにおけるMwの範囲	5.0 ~ 8.3 <sup>1</sup>
データベースにおける断層最短距離の範囲	0.3 ~ 300km <sup>1</sup>
データベースにおける地盤種別	SC (Rock) SC (Hard soil) SC (Medium soil) SC (Soft soil)
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>SC (Rock)地点の中にHard rock地点(平均せん断波速度は1020 ~ 2200m/s)を12箇所含む</li> <li>Hard rock(Vs=2000m/s)の補正係数を提示</li> <li>Hard rock ~ SC の地盤条件をパラメータとして選択</li> </ul>

<sup>1</sup> 論文中の図表等から読み取った値

原論文ではスペクトルの短周期側は0.05秒まで評価。本検討では、PGAとして示されている値を周期0.02秒での値と読み替えて0.02秒までのスペクトルを評価した

## 地盤種別(Zhao et al.(2006))

Site Class Definitions Used in the Present Study and the Approximately Corresponding NEHRP Site Classes

Site Class	Description	Natural Period	V <sub>30</sub> Calculated from Site Period	NEHRP Site Classes
Hard rock			V <sub>30</sub> > 1100	A
SC I	Rock	T < 0.2 sec	V <sub>30</sub> > 600	A + B
SC II	Hard soil	0.2 = T < 0.4 sec	300 < V <sub>30</sub> = 600	C
SC III	Medium soil	0.4 = T < 0.6 sec	200 < V <sub>30</sub> = 300	D
SC IV	Soft soil	T = 0.6 sec	V <sub>30</sub> = 200	E + F

## 地盤種別ごとの記録数(Zhao et al.(2006))

Source Type	Unknown	SC I	SC II	SC III	SC IV	Total for Each Source Type
<b>Japan</b>						
Crustal	32	427	401	137	288	1285
Interface	9	373	540	186	400	1508
Slab	22	668	530	210	295	1725
Total for each site class	63	1468	1471	533	983	4518
<b>Iran and Western USA</b>						
Crustal		24	73	93	6	196
Interface		2	7	3		12
Total for each site class		26	80	96	6	208
<b>Totals for each site class from all regions</b>						<b>Grand Total</b>
	63	1494	1551	629	989	4726

## データベースに含まれる 主な内陸地震

1978 Tabas	R
1995 兵庫県南部	S
2000 鳥取県西部	S
Western USA 20地震	R&S

S:横ずれ断層, R:逆断層

**【本敷地に適用する場合の地盤条件】**

**Hard rock Vs=2000m/s  
において地震動評価を行う**

## データベース諸元

対象地震	1968～2003年に日本周辺で発生した地震
データベースに含まれる地震タイプ	内陸地殻内 プレート間 プレート内
地震タイプの考慮方法	震源深さで考慮 (30km以深で深さ依存)
データベースにおけるMwの範囲	5.5～8.3 <sup>1</sup>
データベースにおける断層最短距離の範囲	300km以内 <sup>1</sup>
データベースにおける地盤種別	150m/s Vs30 <sup>2</sup> 750m/s <sup>1</sup>
備考	・Vs30 <sup>2</sup> が500m/s程度の工学的基盤における地震動評価が可能 ・Vs30 <sup>2</sup> の平均値は550m/s, 再頻値は500～525m/s

1 論文中の図表等から読み取った値

2 表層30mにおけるS波速度の平均値

データベースに含まれる  
主な内陸地震

1995 兵庫県南部  
2000 鳥取県西部  
2003 宮城県北部

### 【本敷地に適用する場合の地盤条件】

内山・翠川(2006)によりVs30=500 m/s相当層での地震動評価を行う

松岡・翠川(1994)が基準地盤とするS波速度600m/s相当層からS波速度500m/sおよび1500m/s相当層への増幅度をそれぞれ求める

求めたそれぞれの増幅度の比(増幅率)を, の評価結果に掛ける

**Vs30=1500m/sにおいて地震動評価を行う**

## データベース諸元

対象地震	主に国外
地震データベース	NGA <sup>1</sup> データベースより選択
データベースに含まれる地震タイプ	内陸地殻内
データベースにおけるMwの範囲	4.27 ~ 7.9 <sup>2</sup>
データベースにおける断層最短距離の範囲	0.07 ~ 200km <sup>2</sup>
データベースにおける地盤種別	100 Vs30 <sup>3</sup> 2000m/s <sup>2</sup>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Vs30<sup>3</sup>の値により補正が可能</li> <li>・ただし, Vs30 1500m/sでサイト係数が一定となる</li> </ul>

データベースに含まれる主な地震	
1971 San Fernando	R
1979 Imperial Valley	S
1989 Loma Prieta	R
1992 Landers	S
1994 Northridge	R
1995 兵庫県南部	S
1999 Kocaeli	S
1999 Chi-Chi	R
1999 Hector Mine	S
1999 Duzce	S
2002 Denali	S

S:横ずれ断層, R:逆断層

1 Next Generation Attenuation

2 論文中的の図表等から読み取った値

3 表層30mにおけるS波速度の平均値

### 【本敷地に適用する場合の地盤条件】

サイト係数が一定となるVs30=1500 ~ 2000m/sにおいて地震動評価を行う



# Boore and Atkinson (2008)

データベース諸元

対象地震	主に国外
地震データベース	NGA <sup>1</sup> データベースより選択
データベースに含まれる地震タイプ	内陸地殻内
データベースにおけるMwの範囲	4.27 ~ 7.9 <sup>2</sup>
データベースにおける断層最短距離 <sup>3</sup> の範囲	0.1 ~ 400km <sup>2</sup>
データベースにおける地盤種別	NEHRPによる分類 <sup>4</sup> A ~ E
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Vs30<sup>5</sup>の値により補正が可能</li> <li>・Vs30<sup>5</sup>が1300m/s以下の場合に適用可とされている</li> </ul>

- 1 Next Generation Attenuation
- 2 論文中的の図表等から読み取った値
- 3 断層地表投影面からの最短距離
- 4 National Earthquake Hazards Reduction Program
- 5 表層30mにおけるS波速度の平均値

NEHRP分類	
A	1500m/s < Vs30
B	760m/s < Vs30 1500m/s
C	360m/s < Vs30 760m/s
D	180m/s < Vs30 360m/s
E	Vs30 180m/s

データベースに含まれる主な地震	
1971 San Fernando	R
1979 Imperial Valley	S
1989 Loma Prieta	R
1992 Landers	S
1994 Northridge	R
1995 兵庫県南部	S
1999 Kocaeli	S
1999 Chi-Chi	R
1999 Hector Mine	S
1999 Duzce	S
2002 Denali	S

S:横ずれ断層, R:逆断層

## 【本敷地に適用する場合の地盤条件】

Vs30適用の上限Vs30=1300m/sにおいて  
地震動評価を行う



## データベース諸元

対象地震	主に国外
地震データベース	NGA <sup>1</sup> データベースより選択
データベースに含まれる地震タイプ	内陸地殻内
データベースにおけるMwの範囲	4.27 ~ 7.9 <sup>2</sup>
データベースにおける断層最短距離の範囲	0.1 ~ 200km <sup>2</sup>
データベースにおける地盤種別	150 Vs30 <sup>3</sup> 1500m/s (Applicabilityとして記載)
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Vs30<sup>3</sup>の値により補正が可能</li> <li>・ただし, Vs30 = 1100m/sでサイト係数が一定となる</li> </ul>

データベースに含まれる主な地震	
1971 San Fernando	R
1979 Imperial Valley	S
1989 Loma Prieta	R
1992 Landers	S
1994 Northridge	R
1995 兵庫県南部	S
1999 Kocaeli	S
1999 Chi-Chi	R
1999 Hector Mine	S
1999 Duzce	S
2002 Denali	S

S:横ずれ断層, R:逆断層

1 Next Generation Attenuation

2 論文中的の図表等から読み取った値

3 表層30mにおけるS波速度の平均値

### 【本敷地に適用する場合の地盤条件】

サイト係数が一定となるVs30=1100 ~ 1500m/s  
において地震動評価を行う



## データベース諸元

対象地震	主に国外
地震データベース	NGA <sup>1</sup> データベースより選択
データベースに含まれる地震タイプ	内陸地殻内
データベースにおけるMwの範囲	4.27 ~ 7.9 <sup>2</sup>
データベースにおける断層最短距離の範囲	0.07 ~ 70km <sup>2</sup>
データベースにおける地盤種別	100 Vs30 <sup>3</sup> 2000m/s <sup>2</sup> (Applicabilityとして 150m/s Vs30 1500m/sと記載)
備考	・Vs30 <sup>3</sup> の値により補正が可能 ・ただし, Vs30 1130m/sでサイト係数が一定となる

## データベースに含まれる主な地震

1971 San Fernando	R
1979 Imperial Valley	S
1989 Loma Prieta	R
1992 Landers	S
1994 Northridge	R
1995 兵庫県南部	S
1999 Kocaeli	S
1999 Chi-Chi	R
1999 Hector Mine	S
1999 Duzce	S
2002 Denali	S

S:横ずれ断層, R:逆断層

1 Next Generation Attenuation

2 論文中の図表等から読み取った値

3 表層30mにおけるS波速度の平均値

### 【本敷地に適用する場合の地盤条件】

サイト係数が一定となるVs30=1130 ~ 1500m/s  
において地震動評価を行う

## データベース諸元

対象地震	主に国外
地震データベース	NGA <sup>1</sup> データベースより選択
データベースに含まれる地震タイプ	内陸地殻内
データベースにおけるMwの範囲	4.5 ~ 7.7 <sup>2</sup>
データベースにおける断層最短距離の範囲	0.3 ~ 200km <sup>2</sup>
データベースにおける地盤種別	450 Vs30 <sup>3</sup> 900m/s <sup>2</sup>
備考	・Vs30 <sup>3</sup> 900m/sの場合は一定の補正係数を掛け合わせる

データベースに含まれる主な地震	
1971 San Fernando	R
1979 Imperial Valley	S
1989 Loma Prieta	R
1992 Landers	S
1994 Northridge	R
1995 兵庫県南部	S
1999 Kocaeli	S
1999 Chi-Chi	R
1999 Hector Mine	S
1999 Duzce	S

S:横ずれ断層, R:逆断層

- 1 Next Generation Attenuation
- 2 論文中の表から読み取った値
- 3 表層30mにおけるS波速度の平均値

【本敷地に適用する場合の地盤条件】

Vs30 900m/sにおいて地震動評価を行う

## 地震動評価に用いる応答スペクトル手法の選定

本検討における応答スペクトル手法の採用条件を以下のように考えて、各々の距離減衰式を評価する。

解放基盤表面における地震動評価ができること

水平及び鉛直方向の地震動評価ができること

震源の拡がりを考慮できること

地震観測記録を用いて諸特性(地域特性等)が考慮できること

距離減衰式	距離減衰式の採用条件			
	解放基盤表面における地震動評価ができること	水平及び鉛直方向の地震動評価ができること	震源の拡がりを考慮できること	地震観測記録を用いて諸特性(地域特性等)が考慮できること
耐専スペクトル [Noda et al.(2002)]	(Vs=2200m/s)			
Kanno et al.(2006)	(Vs30=1400m/s)	- (水平のみ)		
Zhao et al.(2006)	(Vs=2000m/s)	- (水平のみ)		
内山・翠川(2006)	(Vs30=500m/s)	- (水平のみ)		
Abrahamson and Silva(2008)	(Vs30=2000m/s)	- (水平のみ)		
Boore and Atkinson(2008)	(Vs30=1300m/s)	- (水平のみ)		
Campbell and Bozorgnia(2008)	(Vs30=1500m/s)	- (水平のみ)		
Chiou and Youngs(2008)	(Vs30=1500m/s)	- (水平のみ)		
Idriss(2008)	(Vs30=900m/s)	- (水平のみ)		

:松岡・翠川(1994)の増幅度を用いることによりVs30=1500m/sでの評価が可能

これより、耐専スペクトルを基本的に用いる。

## 敷地が断層近傍に位置する場合

しかしながら、敷地が中央構造線断層帯近傍に位置することから…



新耐震指針に基づく既設原子力施設の耐震安全性の評価結果に対するワーキング・グループとしての検討のポイントについて(案)

耐特委第20-2-5号(平成21年6月12日)

『応答スペクトルによる手法は経験的手法であり、**用いられたデータの質・量によってその適用範囲を慎重に吟味することが重要である**。特に震源が敷地に近い場合にはより慎重な対応が必要となる。』

『震源が敷地に近い場合の地震動評価に際しては、**適用可能な各種の応答スペクトルによる手法を用いた評価結果や断層モデルに基づく地震動評価結果等を踏まえ、総合的な判断を行う必要がある**。』



検討のポイントに鑑み…

回帰データと評価条件を照らし合わせて適用性を吟味した上で、各種の応答スペクトルによる手法や断層モデルの結果と比較し、総合的に応答スペクトル評価を行う。

## *b.適用性の検証*

### *距離・地震規模の検証*

耐専スペクトルやその他距離減衰式のデータベースに立ち返って、想定ケースに適用が可能かどうかを吟味する

# 検証に用いる応答スペクトル手法

敷地での適用性の検証に用いる距離減衰式と、評価を行う地盤条件を示す。

どの距離減衰式も敷地の解放基盤表面のVs=2600m/sまでは対応していないので、適用範囲内で最も硬い地盤条件で地震動を算定する。

各距離減衰式のデータベース諸元

距離減衰式	データベース諸元					今回地震動の推定 に設定した対象地盤の せん断波速度 (Vs30) [最も硬い地盤で推定]
	対象地域	地震タイプ	Mwの範囲	断層最短距離 の範囲	地盤種別	
耐専スペクトル	国内	主に太平洋沿岸の60km以内の浅い地震	M <sub>J</sub> 5.5 ~ 7.0	28 ~ 202km (震源距離)	500 Vs 2700 m/s	2200m/s (Vs)
Kanno et al.(2006)	主に国内	内陸 プレート間 プレート内	5.5 ~ 8.2	1 ~ 500km	100 Vs30 <sup>1</sup> 1400 m/s	1400m/s
Zhao et al.(2006)			5.0 ~ 8.3	0.3 ~ 300km	Soft soil ~ Hard rock (Hard rock Vs=2000m/s)	2000m/s (Vs)
内山・翠川(2006)	日本周辺		5.5 ~ 8.3	300km以内	150 Vs30 <sup>1</sup> 750m/s	1500m/s
Abrahamson and Silva(2008)	主に国外	内陸	4.27 ~ 7.9	0.07 ~ 200km	100 Vs30 <sup>1</sup> 2000m/s	1500 ~ 2000m/s <sup>2</sup>
Boore and Atkinson(2008)				0.1 ~ 400km	NEHRP分類A ~ E	1300m/s
Campbell and Bozorgnia(2008)				0.1 ~ 200km	150 Vs30 <sup>1</sup> 1500m/s	1100 ~ 1500m/s <sup>2</sup>
Chiou and Youngs(2008)				0.07 ~ 70km	100 Vs30 <sup>1</sup> 2000m/s	1130 ~ 1500m/s <sup>2</sup>
Idriss(2008)				0.3 ~ 200km	450 Vs30 <sup>1</sup> 900m/s	900m/s <sup>2</sup>

1 Vs30: 表層30mにおけるS波速度の平均値

2 この間の地震動は一定値として算出される

伊方発電所敷地のS波速度: 2600m/s

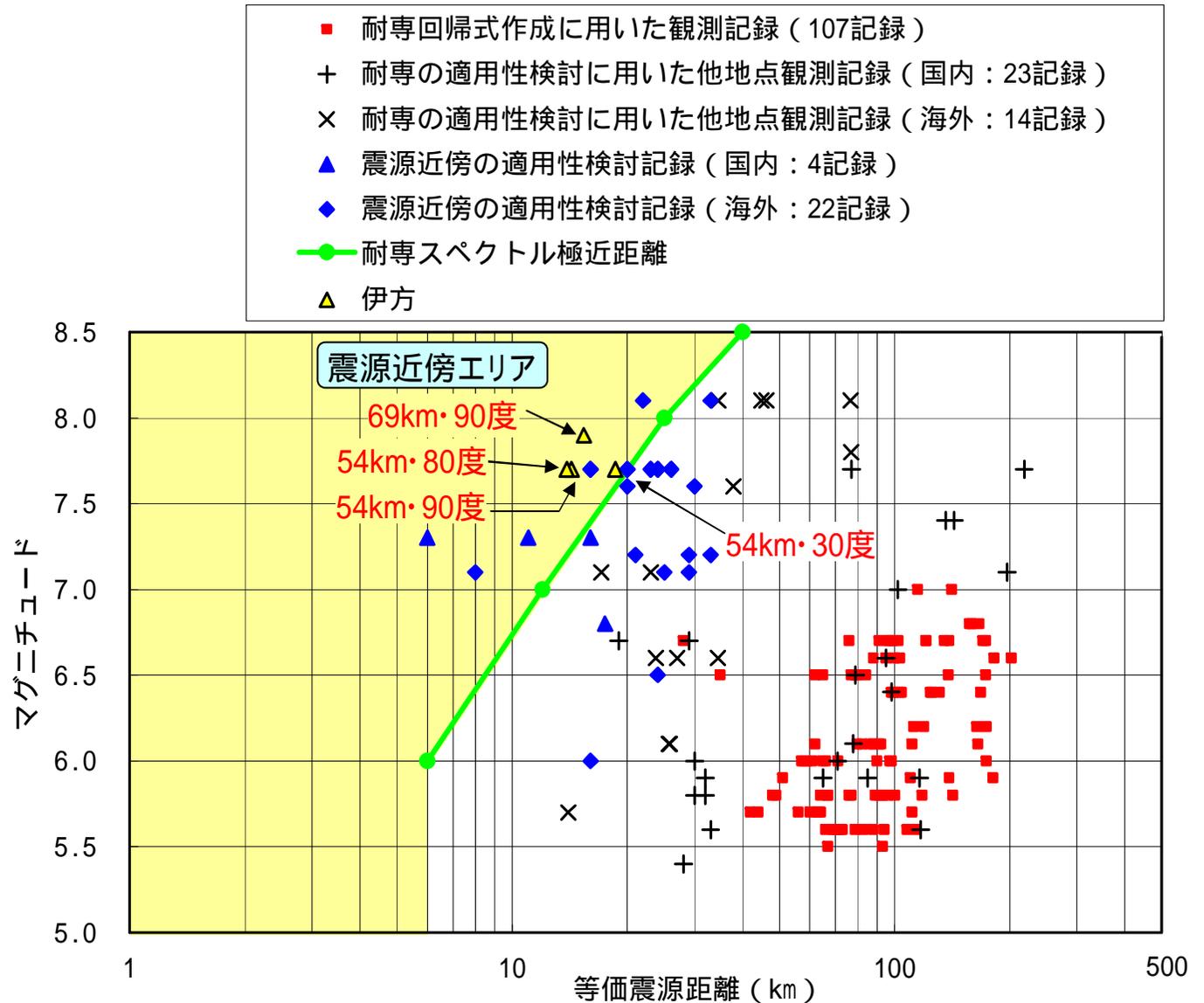
## 【耐専スペクトル】

回帰式作成に用いたデータ ( ) と比較すると中央構造線断層帯における検討ケースは大幅な外挿となる

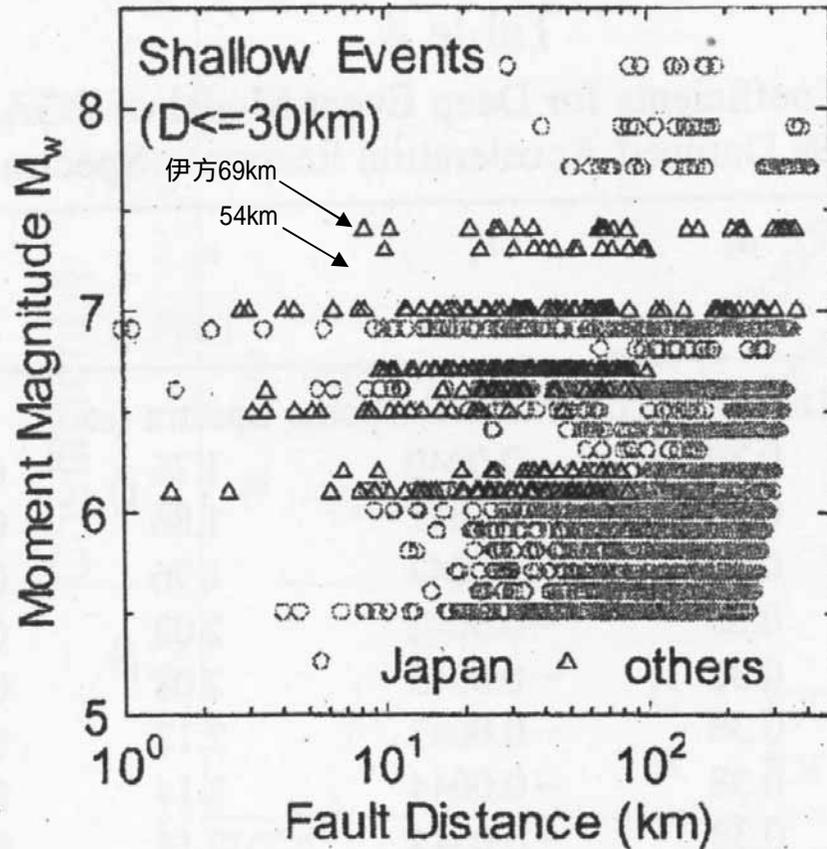
コントロールポイントが示されている極近距離までは適用可能と考えられるが、今回の検討ケースはこれを外れる

全ケースとも、震源近傍エリアとなるため、その他の距離減衰式や断層モデルの結果と比較して適用性を検証する

54km・90度, 69km・90度, 54km・80度のケースは、極近距離のラインとの乖離が大きく、かつ震源近傍の適用性の検討を行った観測記録( ) もない範囲である

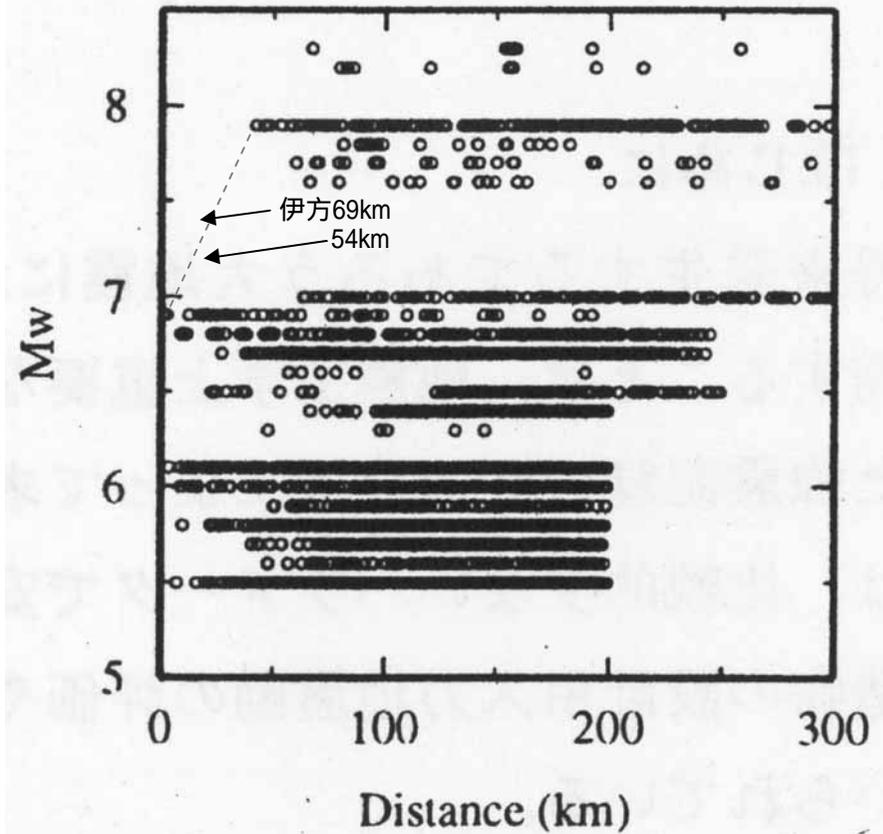


【Kanno et al.(2006)】



Mw7.4 Kocaeli  
 Mw7.3 Landers  
 Mw7.0 Loma Prieta, Duzce  
 Mw6.9 Kobe

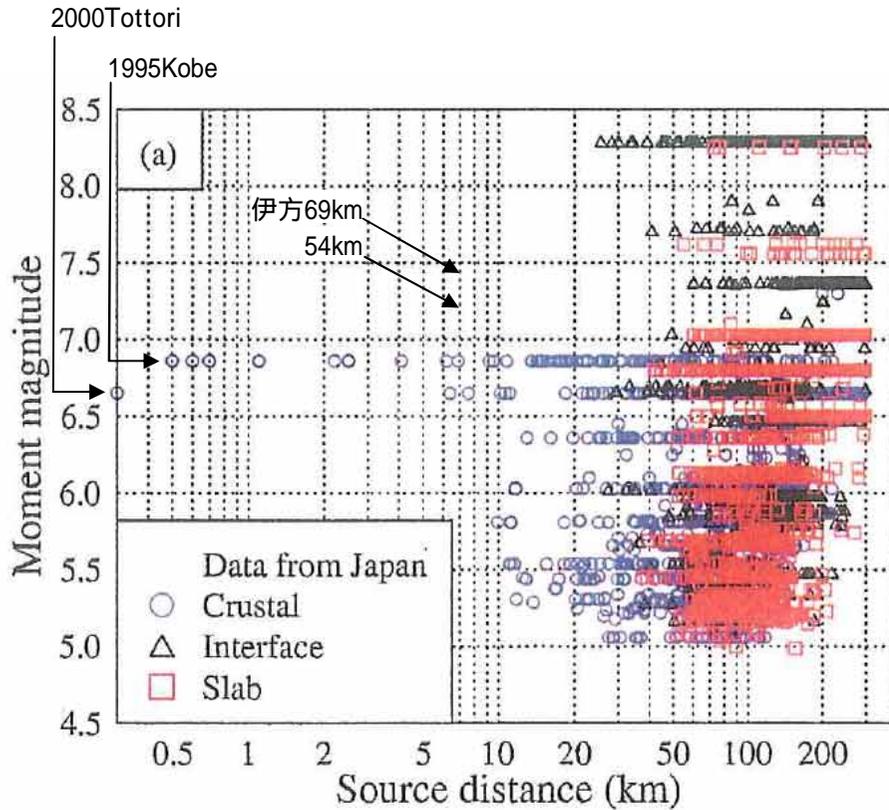
【内山・翠川(2006)】



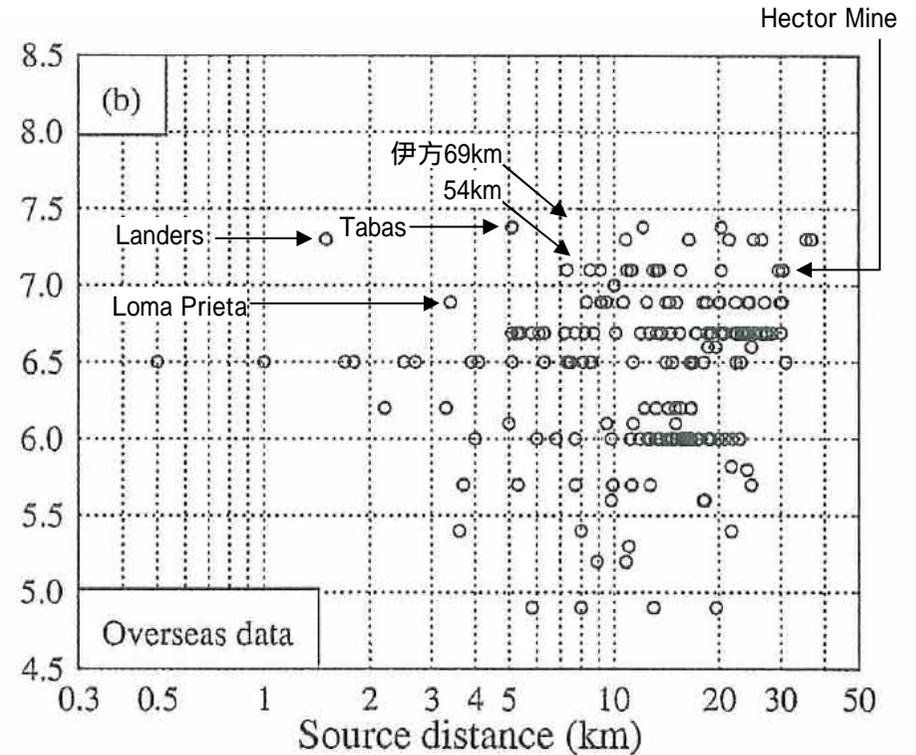
Mw7.9 十勝沖  
 Mw7.0 2003宮城県沖  
 Mw6.9 兵庫県南部  
 Mw6.8 鳥取県西部

図中の破線や等は当社加筆  
 これより、54km、69kmのケースは  
 外挿評価になると判断される

[Zhao et al.(2006)]



日本の記録



国外の記録

【Abrahamson and Silva(2008)】

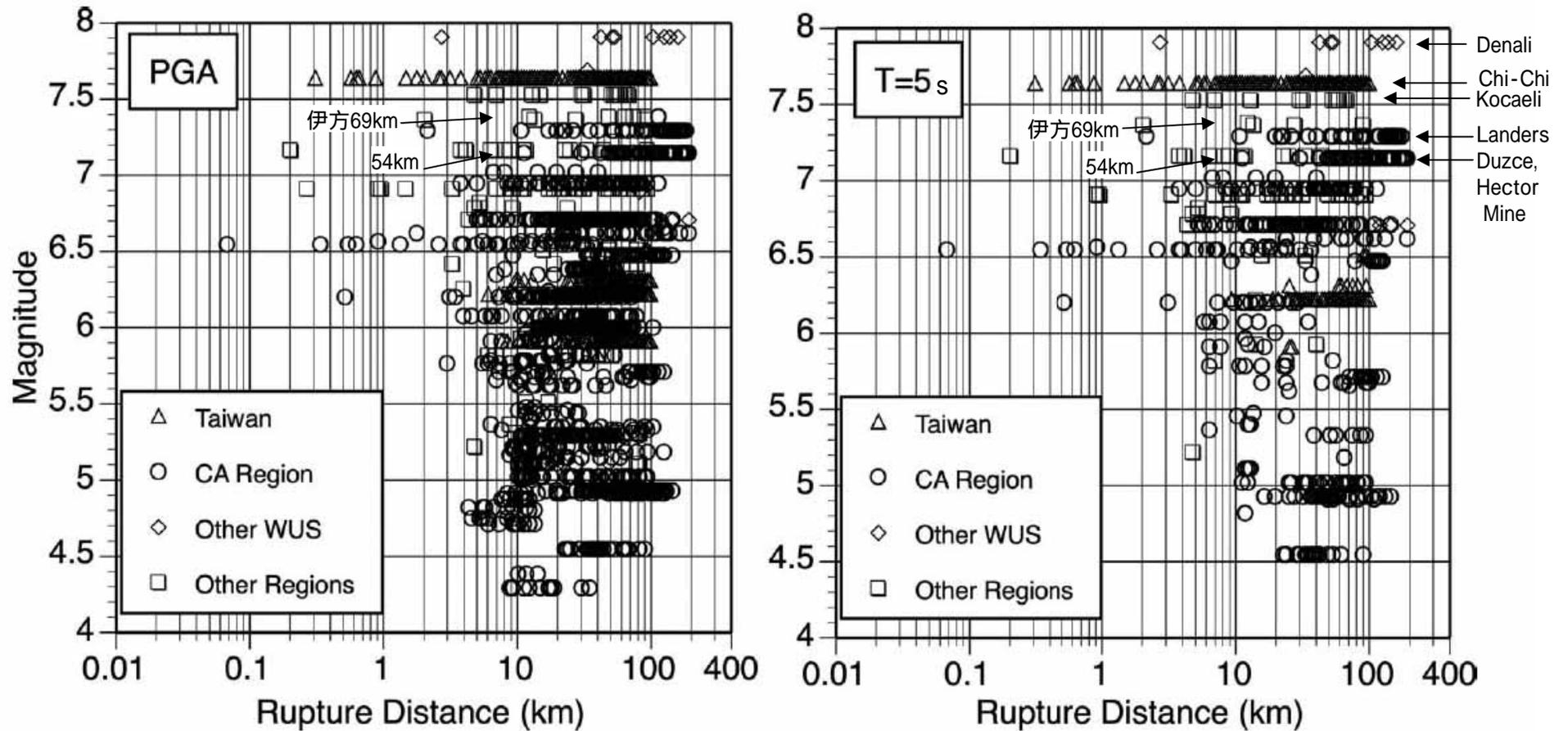
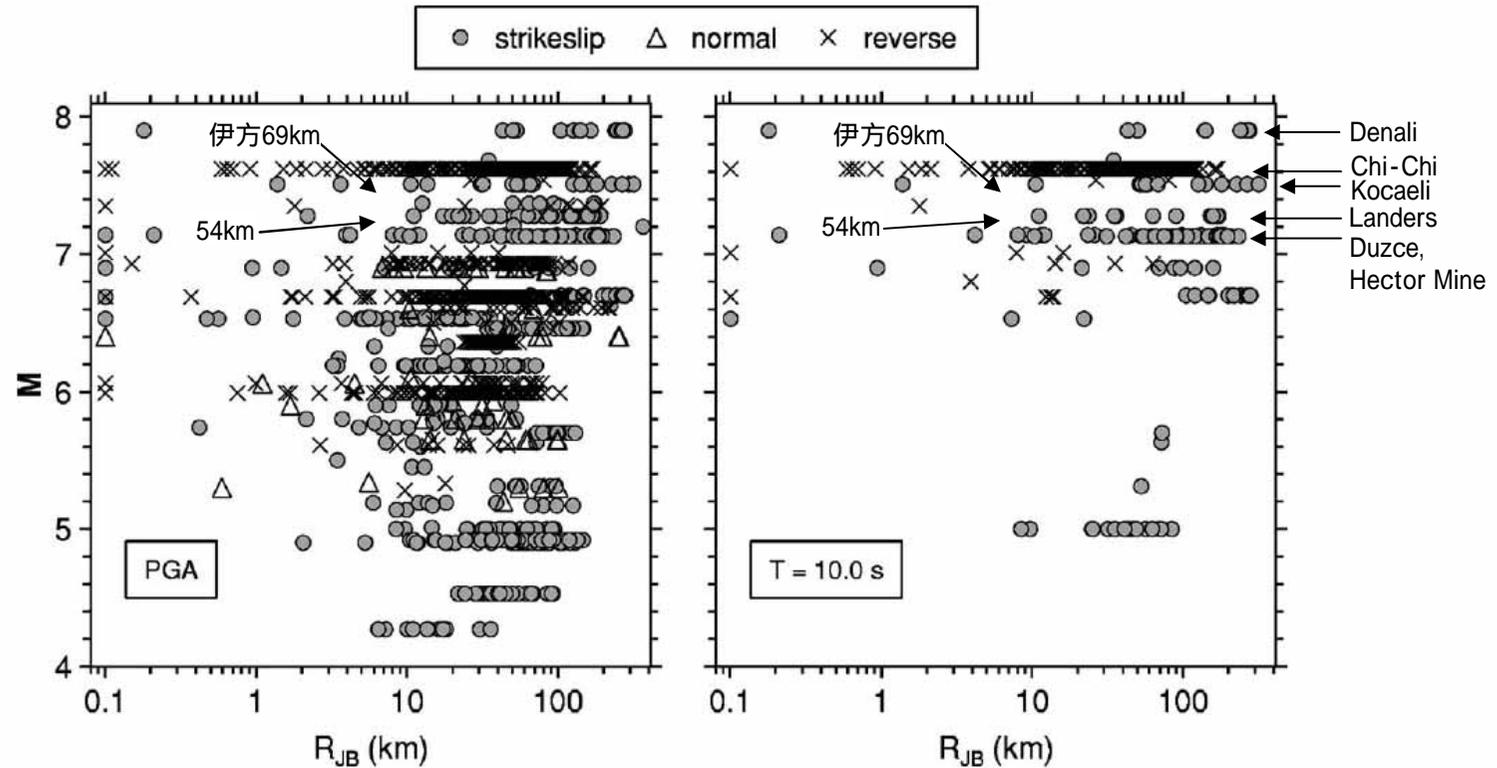


Figure 2. Distribution of magnitude-distance pairs for PGA and T=5 sec.

【Boore and Atkinson(2008)】



**Figure 2.** Distribution of data used to derive our regression equations for PGA and for PSA at a period 10.0 s, differentiated by fault type (points with  $R_{JB}$  less than 0.1 km plotted at 0.1 km). The overall distributions for periods less than about 4 s are similar to those for PGA, although there are fewer recordings (the number of available recordings decreases noticeably for periods longer than 2 s).

【Campbell and Bozorgnia(2008)】

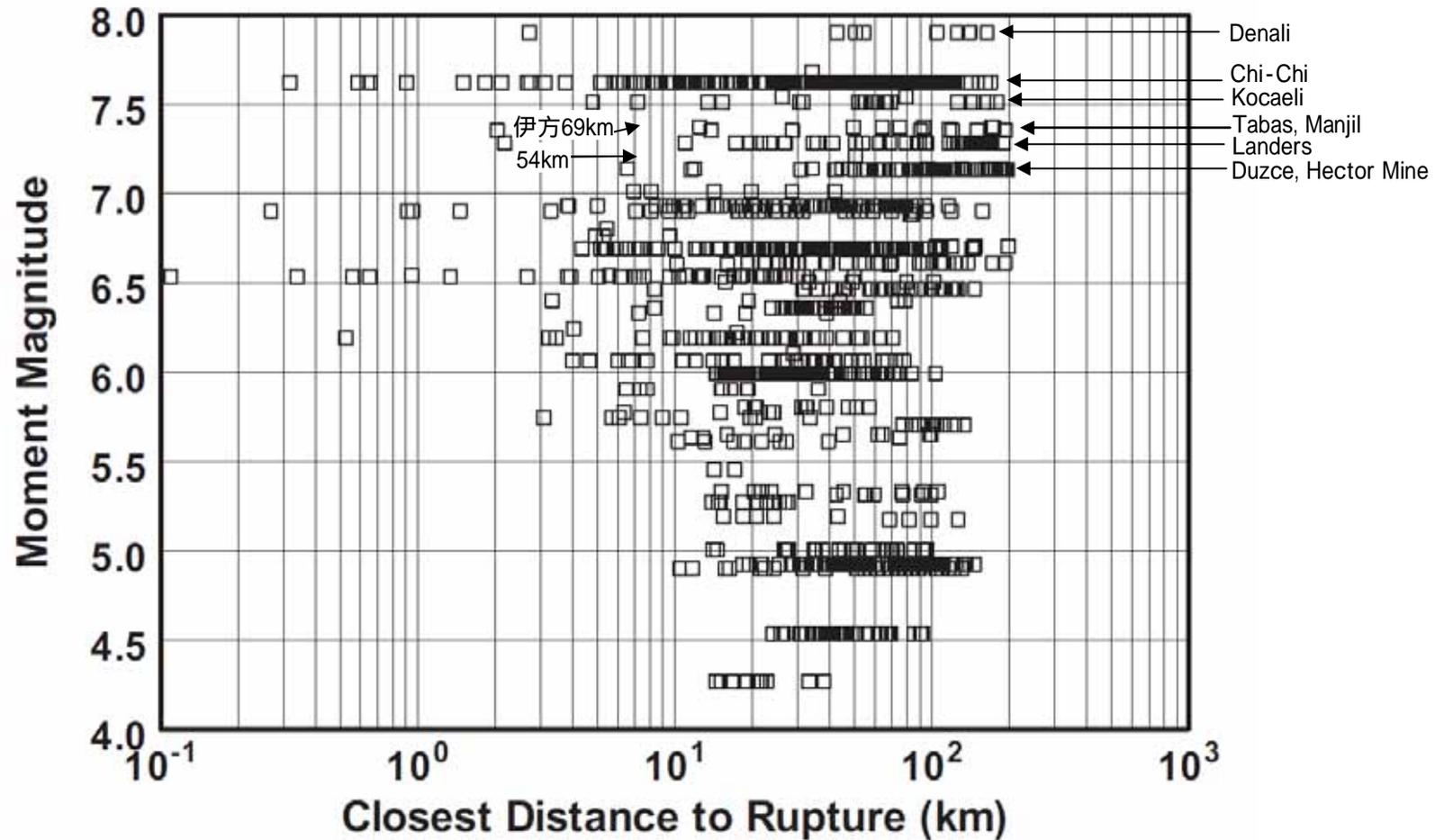
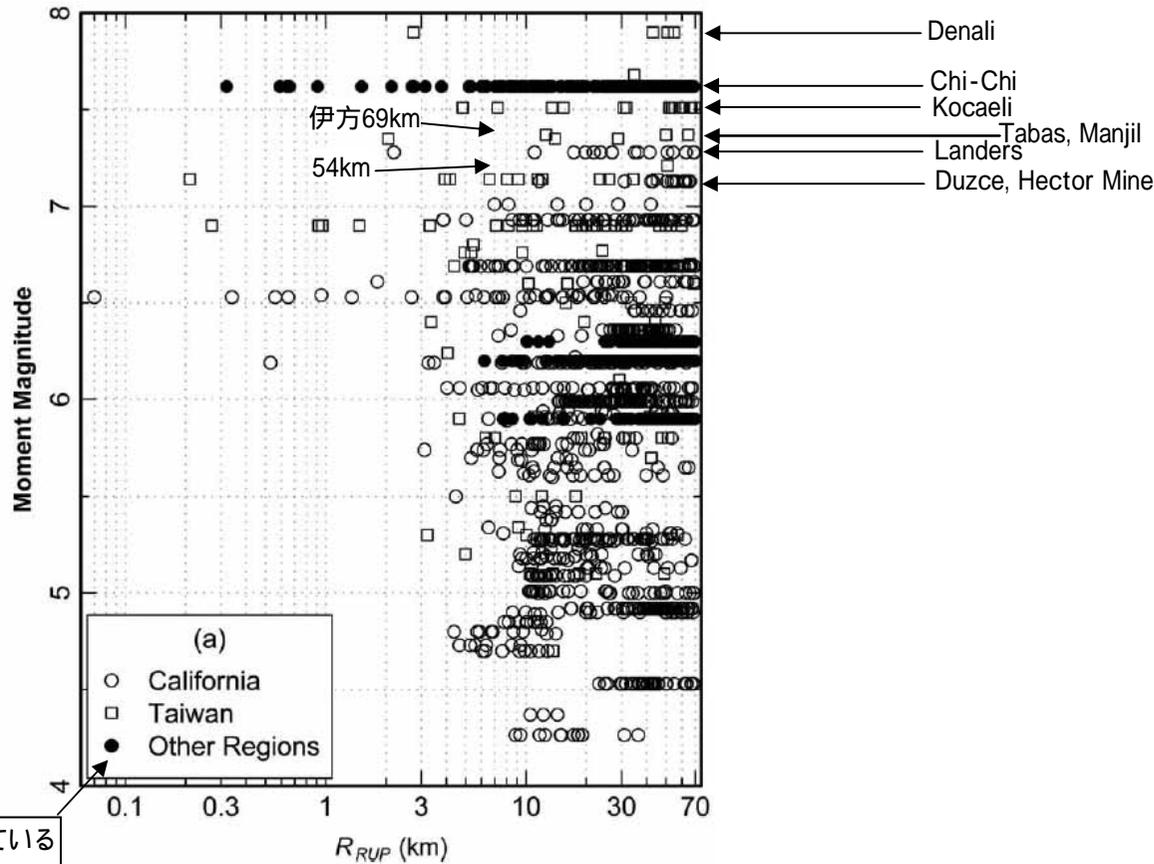


Figure 1. Distribution of recordings with respect to moment magnitude (M) and rupture distance ( $R_{RUP}$ ) for the database used in this study.

## 【Chiou and Youngs (2008)】



凡例が入れ違っている  
: Taiwan  
: Other Regions  
が正しいと思われる

**Figure 1.** (a) Magnitude-distance-region distribution of selected recordings. (b)  $V_{S30}$ -magnitude-region distribution of selected recordings.  $V_{S30}$  ranges for NEHRP site classes are indicated by the vertical dashed lines.

【Idriss(2008)】

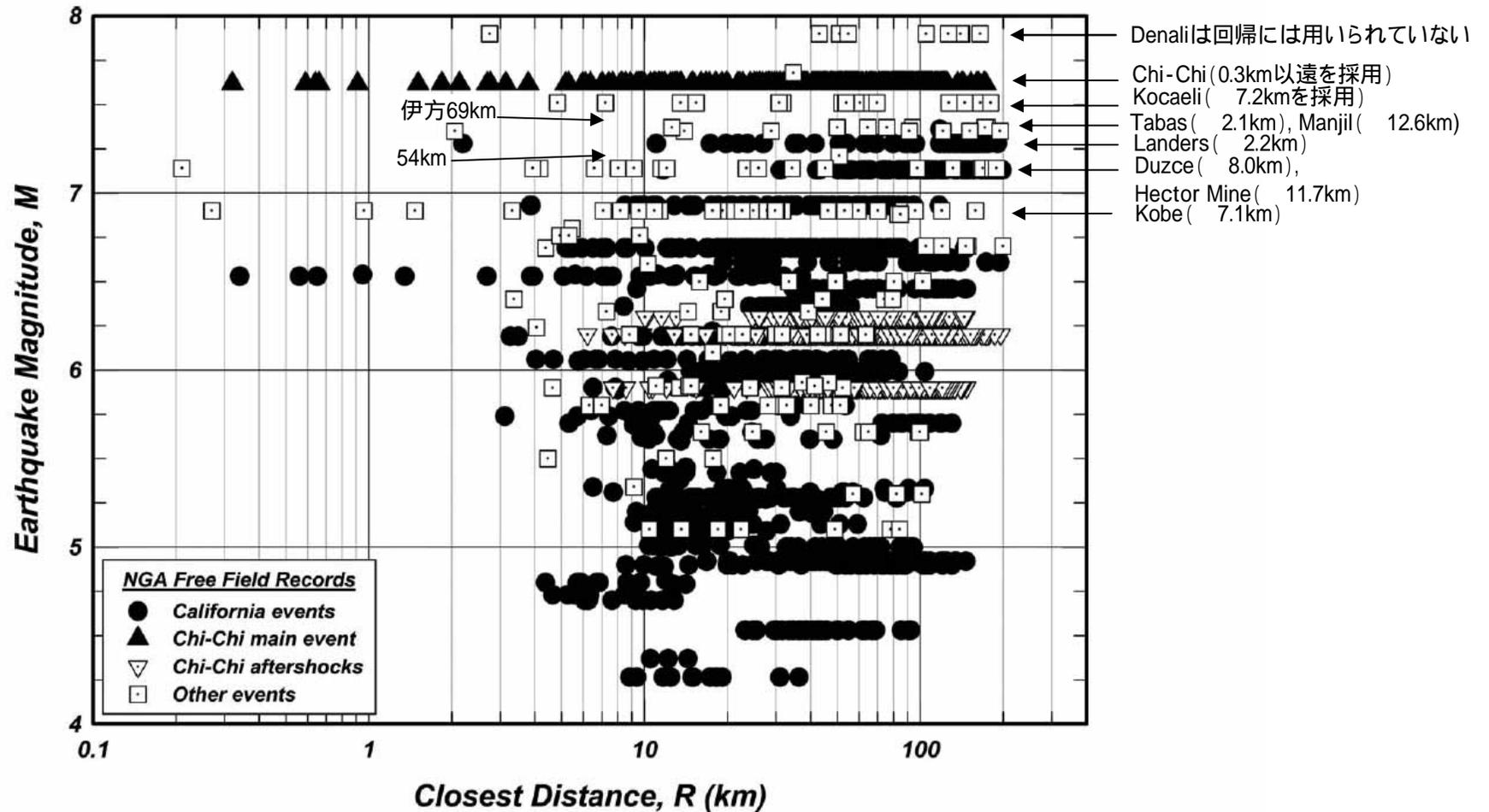


Figure 1. Magnitude-distance distribution of free-field records included in the PEER Flatfile.

NGAデータベースを表示しており, Idriss(2008)が回帰に用いていない記録も含まれている

# 距離と地震規模の観点から評価した適用性

5. 地震動評価  
 5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

	54km・90度	54km・90度・1.5倍	54km・30度	69km・90度	54km・80度
耐専スペクトル					
Kanno et al.(2006)					
Zhao et al.(2006)					
内山・翠川(2006)					
Abrahamson and Silva(2008)					
Boore and Atkinson(2008)					
Campbell and Bozorgnia(2008)					
Chiou and Youngs(2008)					
Idriss(2008)					

○:適用可(データが比較的豊富), △:適用可, □:外挿となるため慎重な検証が必要  
 ×:応力降下量を説明変数に組み込んでいないため考慮した評価ができない

## b.適用性の検証

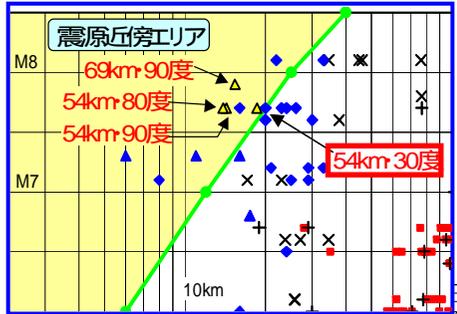
### 地震動レベルの検証

耐専スペクトルによる地震動評価結果とその他距離減衰式による地震動評価結果を比較して、  
各々の応答スペクトル手法の適用の可否を吟味する。

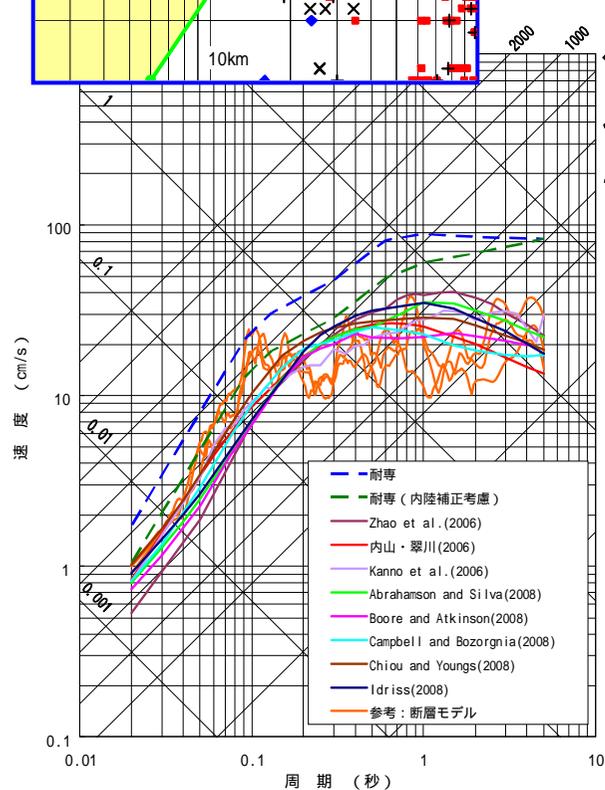
その際には、断層モデルによる結果も比較対象として参照する。

# 54km・30度 $(M_j 7.7, M_w 7.2)$

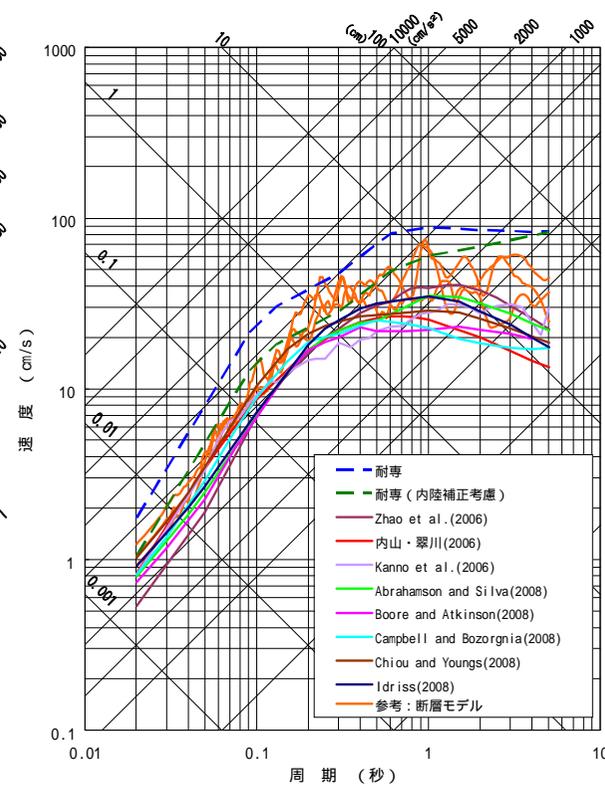
まず、震源近傍エリアではあるが耐専スペクトルが適用できる可能性が最も高いと考えられる54km・30度のケースについて、耐専スペクトルの適用性の検証を行う



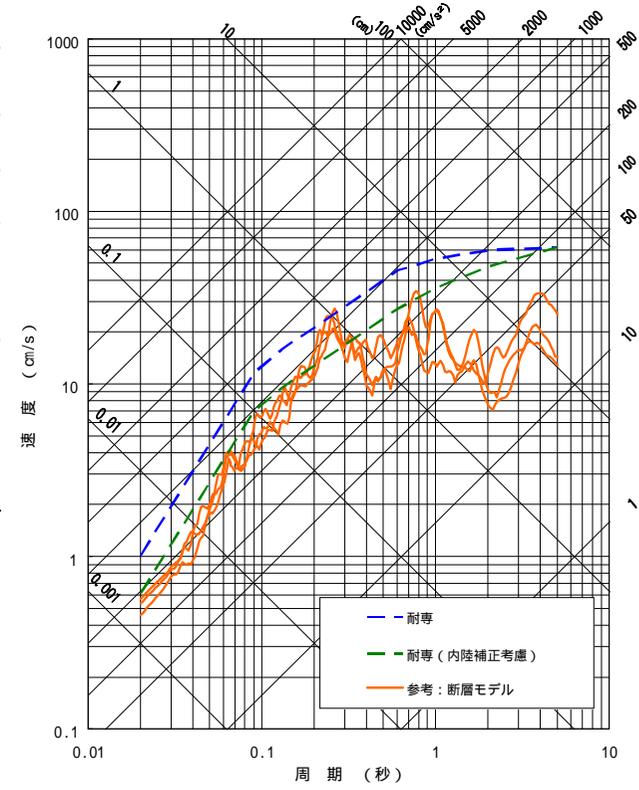
中央構造線断層帯の評価において、54km・30度のケースで適用性を検証したところ、耐専による評価は、内陸補正を考慮してもその他距離減衰式よりもやや大きめの地震動を与える結果となった。  
 その他距離減衰式の結果は、断層モデルの結果ともほぼ整合的である。



NS方向



EW方向

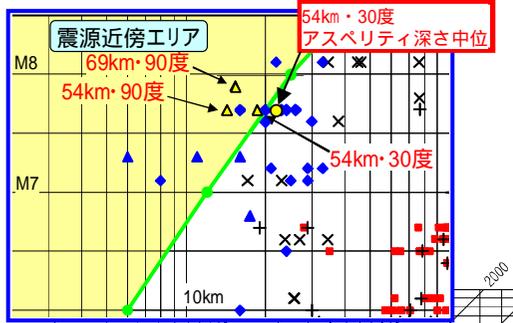


UD方向



# 54km・30度 (アスペリティ深さ中位)

次に、54km・30度ケースでアスペリティ深さを中位とすると、耐専スペクトルの適用が可能と思われる条件となるため、このケースについて適用性の検証を行う

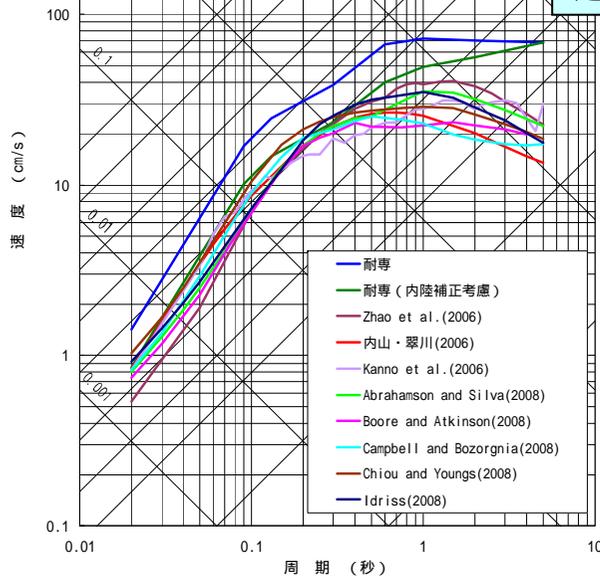


54km・30度・アスペリティ深さ中位のケースにおいて、耐専スペクトルによる地震動(内陸補正を考慮)はその他距離減衰式と整合的な結果となった。

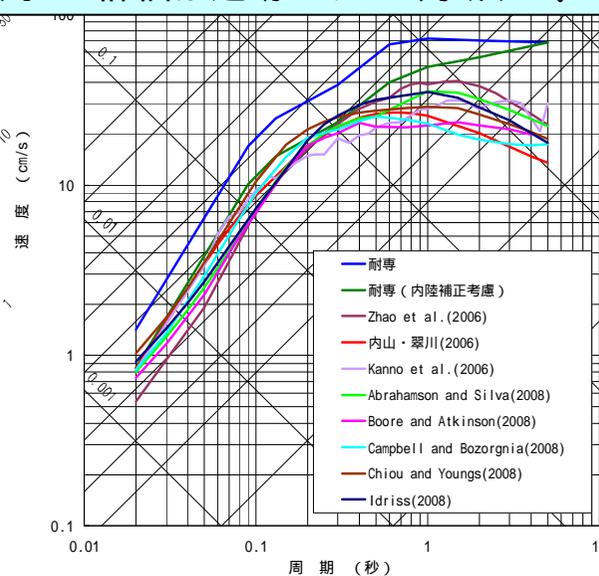
原子力安全委員会会合 において、『断層近傍の観測記録に対する耐専スペクトルの適用性を検証したところ、内陸補正を適用すると概ね観測記録を説明できた』との報告がなされている。

：原子力安全委員会 耐震安全性評価特別委員会 地震・地震動評価委員会 「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関する専門家との意見交換会 資料第1-2号

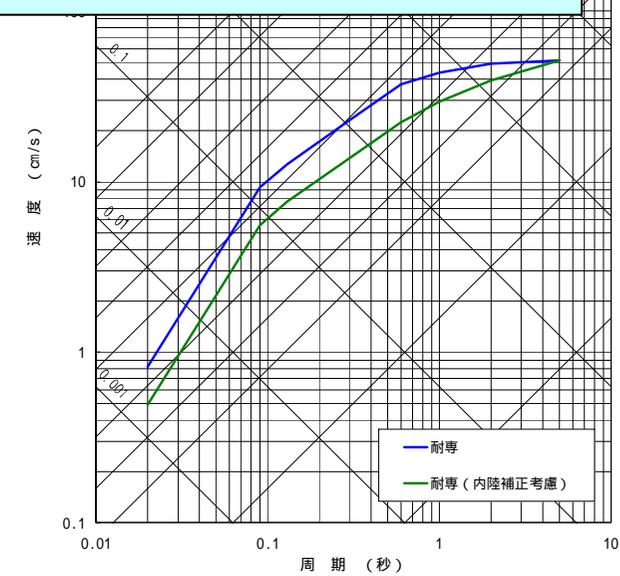
これらより、中央構造線断層帯の耐専スペクトル評価においては内陸補正を適用した評価が適切であると判断する。



NS方向



EW方向



UD方向



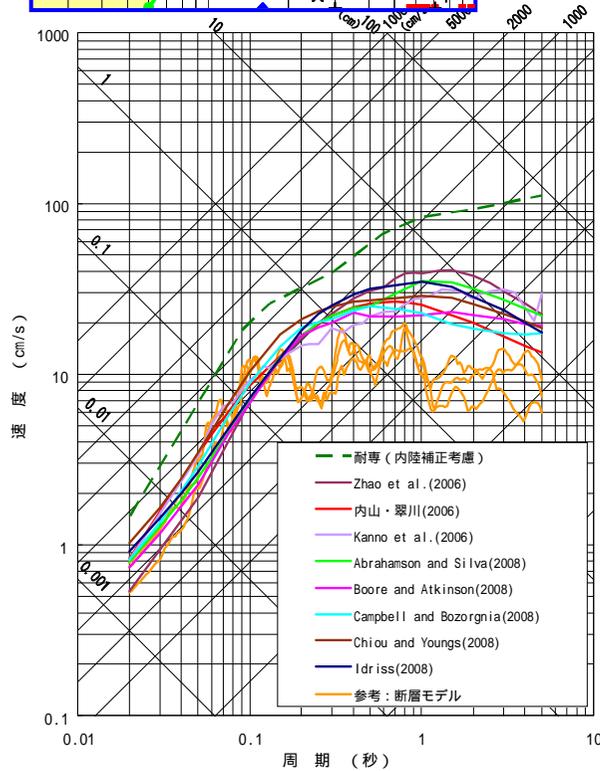
# 54km・90度 $(M_J7.7, M_W7.2)$

## 内陸補正を適用して、90度ケースの適用性検証を行う

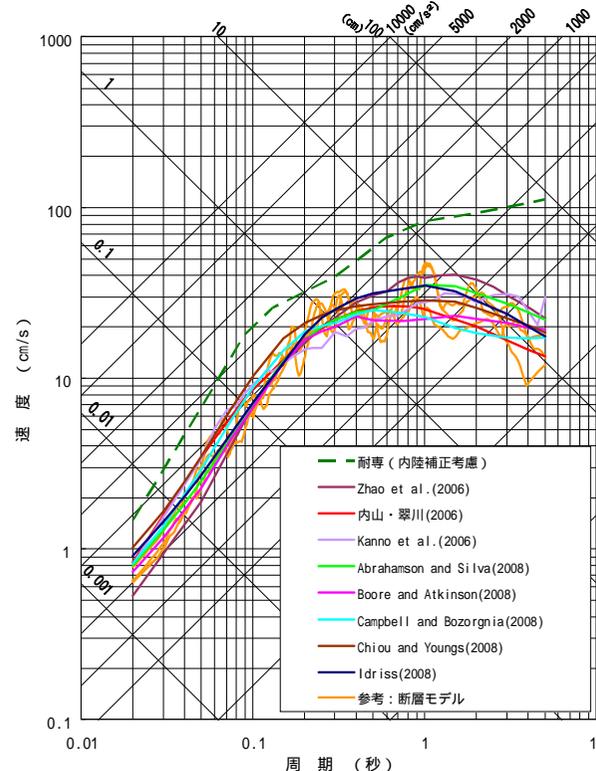


耐専スペクトルによる評価は、その他距離減衰式よりも大きい地震動が算出され、過大評価となっており、適用は適切ではないと考えられる。これは、54km・30度のケースよりも敷地がより震源に近い位置での評価となるためと考えられる。

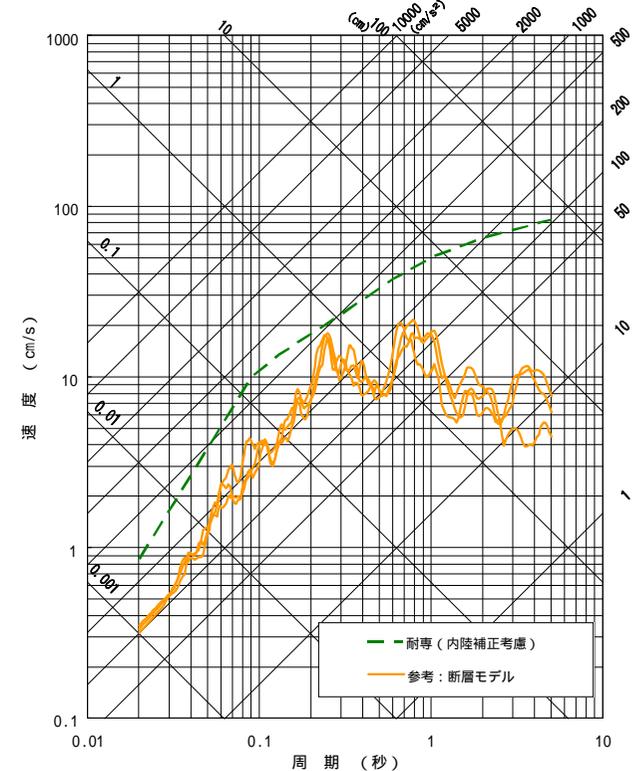
その他距離減衰式の結果は、断層モデルの結果ともほぼ整合的である。



NS方向



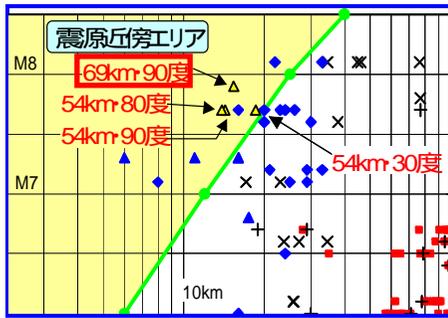
EW方向



UD方向



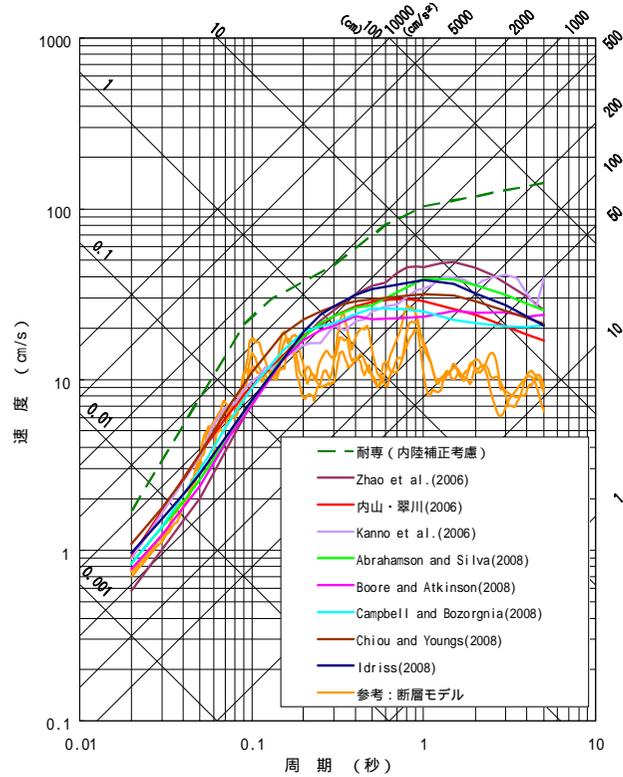
# 69km・90度 ( $M_J7.9, M_W7.4$ )



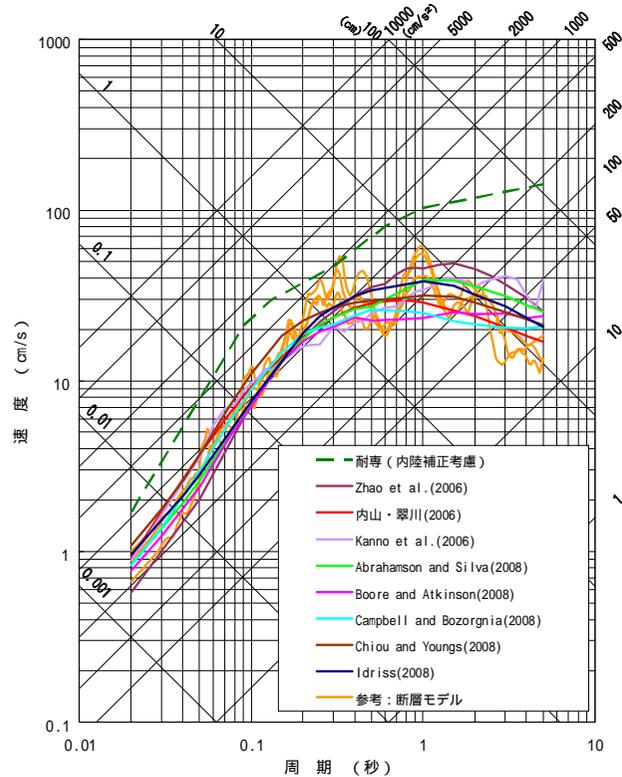
54km・90度ケースと同様の傾向である

耐専スペクトルによる評価は、その他距離減衰式よりも大きい地震動が算出され、過大評価となっており、適用は適切ではないと考えられる。

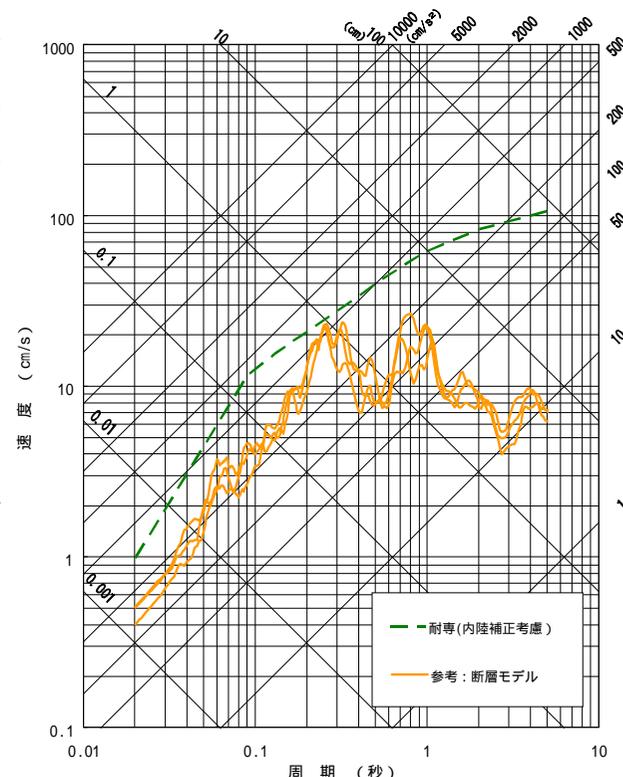
その他距離減式の結果は、断層モデルの結果ともほぼ整合的である。



NS方向



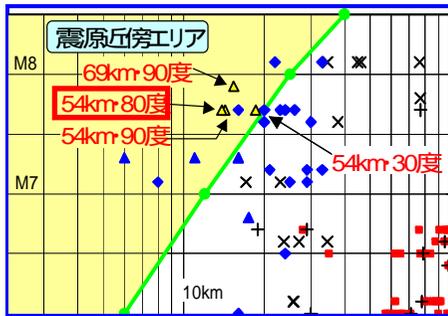
EW方向



UD方向



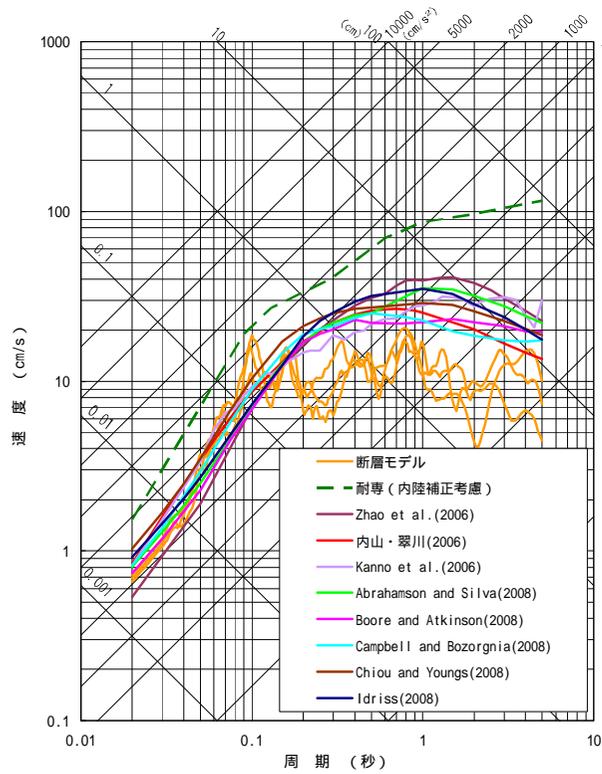
# 54km・80度 ( $M_J7.7, M_W7.2$ )



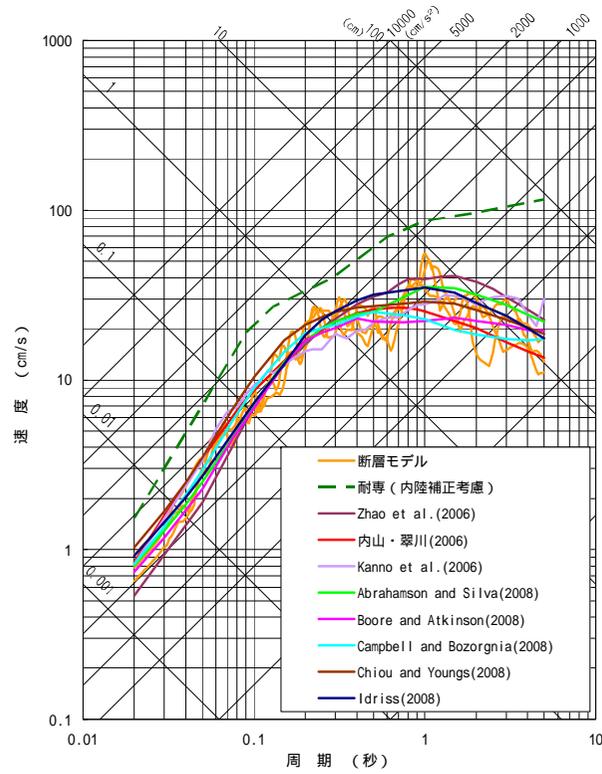
54km・90度ケースと同様の傾向である

耐専スペクトルによる評価は、その他距離減衰式よりも大きい地震動が算出され、過大評価となっており、適用は適切ではないと考えられる。

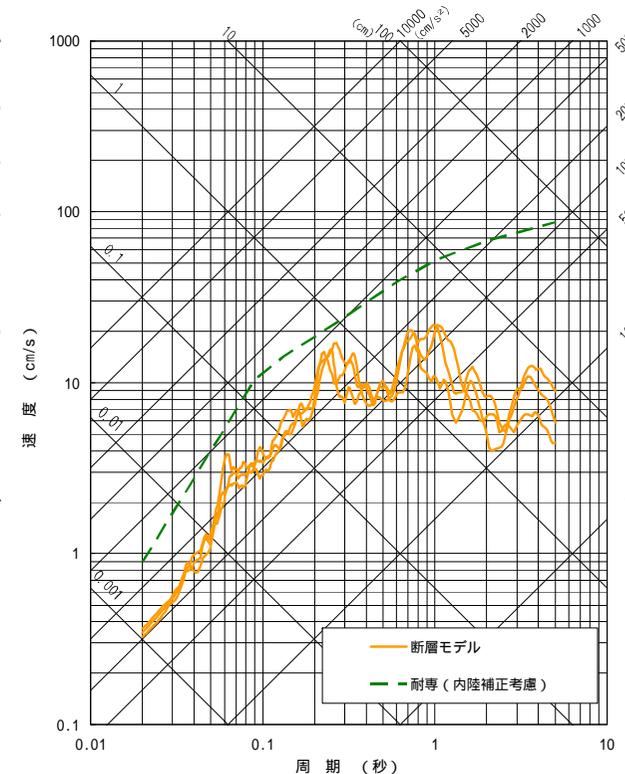
その他距離減衰式の結果は、断層モデルの結果ともほぼ整合的である。



NS方向



EW方向



UD方向



# 適用性の検証結果

応答スペクトル手法(距離減衰式)の適用性の検証結果を以下にまとめる。  
耐専スペクトルについては、中央構造線断層帯の評価には内陸補正を適用する。

	54km・90度	54km・90度・1.5倍	54km・30度	69km・90度	54km・80度
耐専スペクトル (内陸補正考慮)	×	×		×	×
Kanno et al.(2006)					
Zhao et al.(2006)					
内山・翠川(2006)					
Abrahamson and Silva(2008)					
Boore and Atkinson(2008)					
Campbell and Bozorgnia(2008)					
Chiou and Youngs(2008)					
Idriss(2008)					

:適用可, ×:適用不可

:応力降下量を説明変数に組み込んでいないため考慮した地震動評価ができない。54km・90度のケースでは、断層モデルとその他距離減衰式の結果が整合的であることから、応答スペクトル手法で応力降下量1.5倍を考慮した地震動レベルは、応力降下量1.5倍を考慮した断層モデルの結果とほぼ同レベルと推定される。

## C.地震動評価

# 地震動評価に用いる応答スペクトル手法

応答スペクトルに基づく地震動評価には以下の手法を採用することとする。

検討ケース		採用する手法	
		水平動の評価	鉛直動の評価
基本ケース	54km・90度	その他距離減衰式	なし (断層モデルを参考)
不確かさ考慮	54km・90度・ 応力降下量1.5倍	なし (断層モデルを参考)	なし (断層モデルを参考)
不確かさ考慮	54km・30度	耐専スペクトル (内陸補正を考慮する)	耐専スペクトル (内陸補正を考慮する)
不確かさ考慮	69km・90度	その他距離減衰式	なし (断層モデルを参考)
不確かさ考慮	54km・80度	その他距離減衰式	なし (断層モデルを参考)

その他距離減衰式: Kanno et al.(2006), Zhao et al.(2006), 内山・翠川(2006), Abrahamson and Silva(2008), Boore and Atkinson(2008), Campbell and Bozorgnia(2008), Chiou and Youngs(2008), Idriss(2008)

適用できる応答スペクトル手法がない場合には, 断層モデルによる結果を参考とする



## 5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### 5.1.3 内陸地殻内地震(中央構造線断層帯)の地震動評価

#### (2)断層モデルを用いた手法

## 断層モデルによる基準地震動 $S_s$ の策定の流れ

### 要素地震の検討(敷地観測記録の分析)

敷地における観測記録を分析したところ、中央構造線断層帯付近で発生した内陸地殻内地震の記録はない。

発生位置やメカニズムは異なるものの適切な規模の地震記録が得られている。

経験的グリーン関数法の要素地震としては、2001年の地震と1991年の地震が考えられるが、周期特性等から2001年の地震が選定された。

しかしながら、2001年の地震は、NS成分の周期0.1秒付近にピークがあり、かつ長周期側のパワーが少ない特徴を有する。

要素地震として適切な地震記録がない

しかしながら、敷地での観測記録があり、サイト特性等を既知として評価できる経験的グリーン関数法は有用であると考えられる。そこで、経験的グリーン関数法でも地震動評価を行うこととする。ただし、2001年の地震の短周期領域にラディエーションの卓越はみられないため、ラディエーションの補正はしない。

また、ハイブリッド合成を行い、長周期側には理論地震動を採用する

「5.1.6 要素地震に関する検討」に詳述

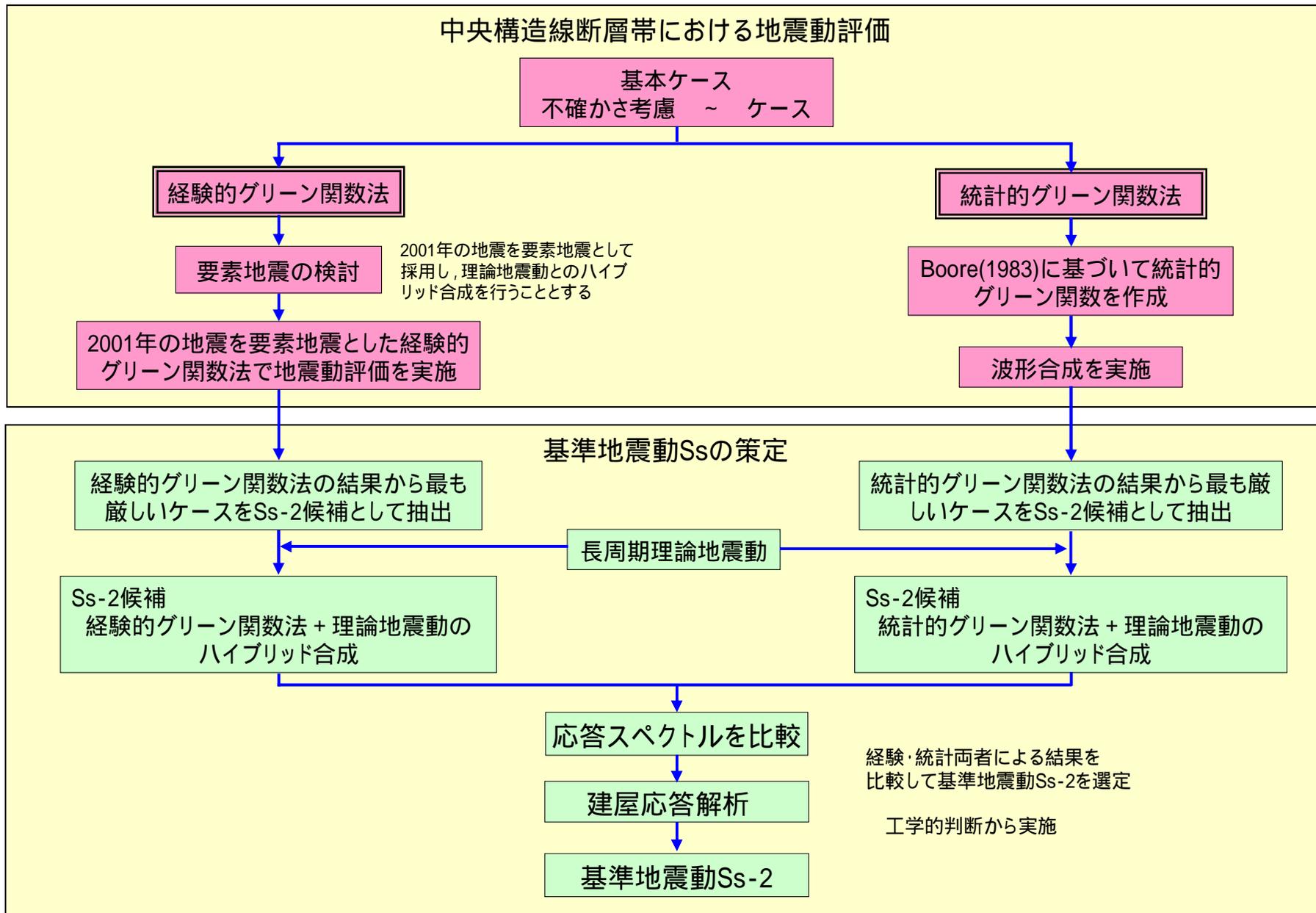
### 解析方針

統計的グリーン関数法で地震動評価を行う

2001年の地震を要素地震とした経験的グリーン関数法で地震動評価を実施

# 断層モデルによる基準地震動Ss策定の流れ

5. 地震動評価  
 5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動



## a. 評価方針

「新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確認に当たっての基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準について」

平成18年9月20日 原子力安全・保安院

新「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性評価における評価手法及び確認基準の解説[資料2 - (4)]における記載

## 2. 基準地震動 $S_s$ の策定

(4) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討のうち、断層モデルを用いた手法による地震動評価

解説 2) 断層モデルを用いた地震動評価手法

- ・検討用地震について地震動を評価する際、敷地において要素地震として適切な観測記録がある場合には経験的グリーン関数法によることとし、無い場合は統計的グリーン関数法によることを原則とする。
- ・地震動を評価する際には、ハイブリッド合成法による地震動評価も併せて行い、経験的グリーン関数法あるいは統計的グリーン関数法の結果の妥当性を確認する。

➡ 敷地で地震観測を実施していることから、経験的グリーン関数法の採用の可否を検討する  
(観測記録の分析を行う)

## b.適用性の検証

## 適用性の検証(要素地震の分析)

### 要素地震の検討 「5.1.6 要素地震に関する検討」に詳述

敷地における観測記録を分析したところ、中央構造線断層帯付近で発生した内陸地殻内地震の記録はない。

発生位置やメカニズムは異なるものの適切な規模の地震記録が得られている。

経験的グリーン関数法の要素地震としては、2001年の地震と1991年の地震が考えられるが、

- ・2001年の地震はNSの長周期を除けば統計的グリーン関数と整合的
- ・1991年の地震は、NS・EWともに周期0.5秒以上のパワーに乏しい
- ・2001年の地震のNS成分は、主要機器の固有周期がある周期0.1秒付近にパワーを有する(この周期帯で統計的グリーン関数よりも大きい)

ことから2001年の地震が適切と判断された。

しかしながら、2001年の地震は、NS成分の周期0.1秒付近にピークがあり、かつ長周期側のパワーが少ない特徴を有する。

要素地震として適切な地震記録とはいえないことから、統計的グリーン関数法で評価を行うこととする。

しかしながら、敷地での観測記録があり、サイト特性等を既知として評価できる経験的グリーン関数法は有用であると考えられる。

そこで、経験的グリーン関数法でも地震動評価を行うこととする。

ただし、2001年の地震の短周期領域にラディエーションの卓越はみられないため、ラディエーションの補正はしない。

また、ハイブリッド合成を行い、長周期側には理論地震動を採用する

## C.地震動評価

# 地震動評価ケース

5. 地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

## 不確かさ考慮

No.	検討ケース	基本震源モデルの設定条件			不確かさを考慮するパラメータ			Mj	
		アスペリティ 深さ	アスペリティ 平面位置	破壊 開始点	断層長さ (km)	応力 降下量	断層 傾斜角	松田式	入倉・三宅
0	基本震源モデル	断層上端	地質調査 結果より	3ケース	54	レシピ	90°	7.7	7.3
1	応力降下量の 不確かさ考慮	断層上端	地質調査 結果より	3ケース	54	レシピ×1.5倍	90°	7.7	7.3
2	地質境界断層の 知見考慮	断層上端	地質調査 結果より	3ケース	54	レシピ	北傾斜30°	7.7	7.8
3	断層長さの 不確かさ考慮	断層上端	地質調査 結果より	3ケース	69	レシピ	90°	7.9	7.5
4	130km連動 (カスケード)	断層上端	地質調査 結果より	断層東下端	126 (カスケード)	レシピ	90°	-	7.5
5	角度のばらつきを 考慮	断層上端	地質調査 結果より	3ケース	54	レシピ	南傾斜80°	7.7	7.3

□ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

□ : 不確かさを考慮するパラメータ

破壊開始点3ケースは、断層西下端、中央下端、東下端  
連動ケースにおける破壊開始点は、破壊が敷地に向かってくる位置(断層東下端)に設定

## 念のための検討 基準地震動Ssの妥当性を確認するために実施

No.	検討ケース	基本震源モデルの設定条件			不確かさを考慮するパラメータ			Mj	
		アスペリティ 深さ	アスペリティ 平面位置	破壊 開始点	断層長さ (km)	応力 降下量	断層傾斜角	松田式	入倉・三宅
1	360km連動 (カスケード)	断層上端	地質調査 結果より	断層東下端	370 (カスケード)	レシピ	西部:90° 東部:30~43°	-	8.4
2	130km連動 (スケーリング)	断層上端	地質調査 結果より	断層東下端	126 (スケーリング)	レシピ	90°	-	7.9

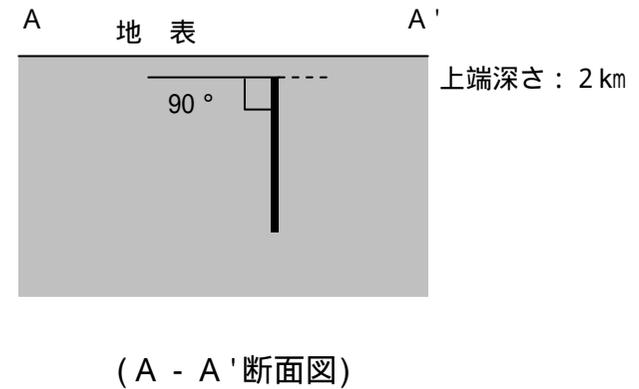
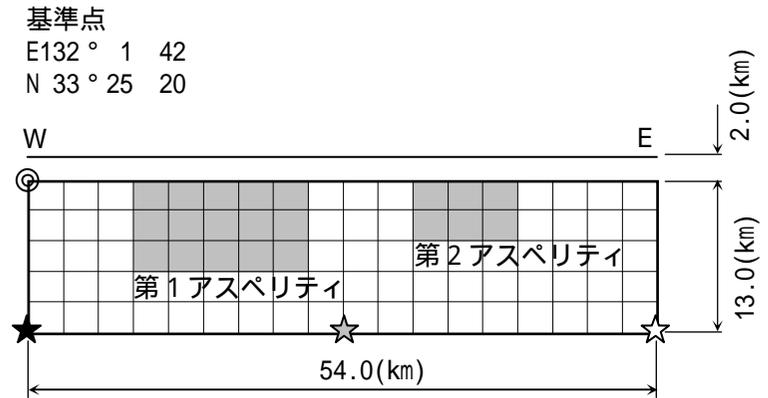
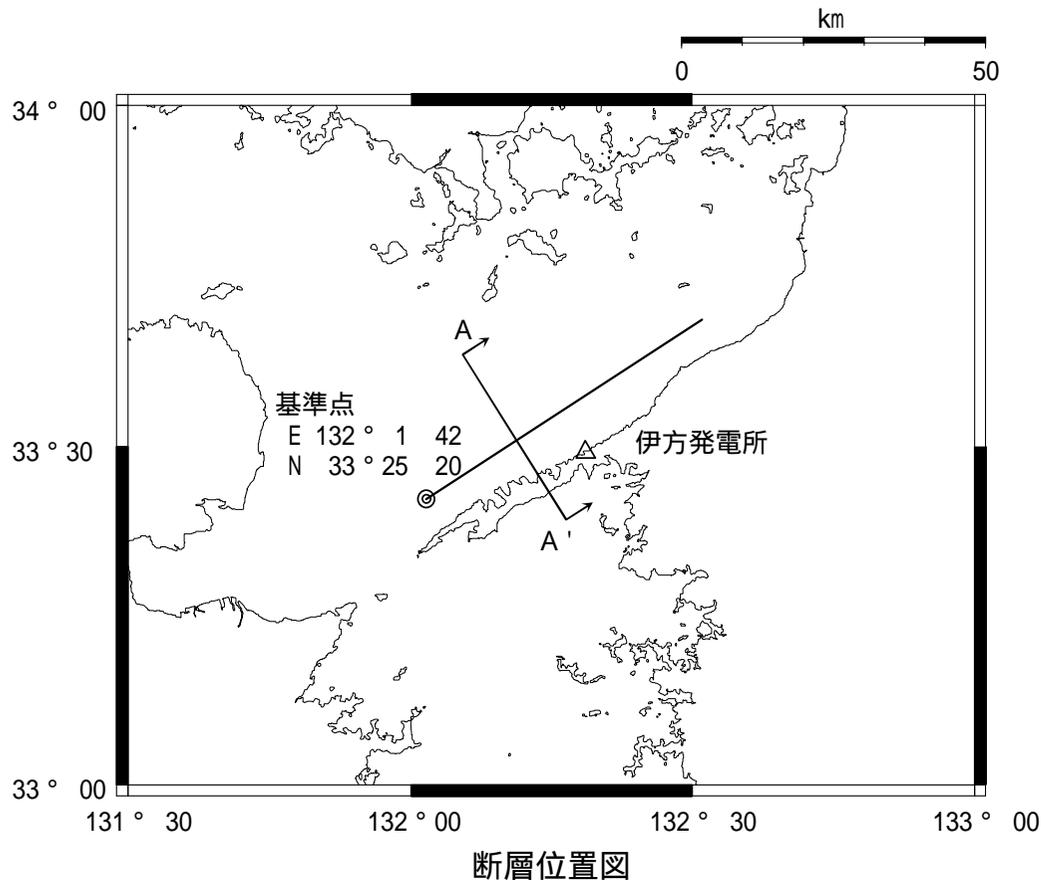
経験的グリーン関数法は全ケースについて実施。統計的手法は基本ケースおよび不確かさ ~ ケースについて実施。連動ケースおよび不確かさ の統計的手法による評価は、本報告書補正にて対応する。

# 基本ケース・不確かさ考慮 54km・90度

5.地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

## 【断層諸元】

- 断層長さ : 54km
- 断層傾斜角 : 90°
- アスペリティ位置 : 上端
- 破壊開始点 : 断層西下端, 中央下端, 東下端

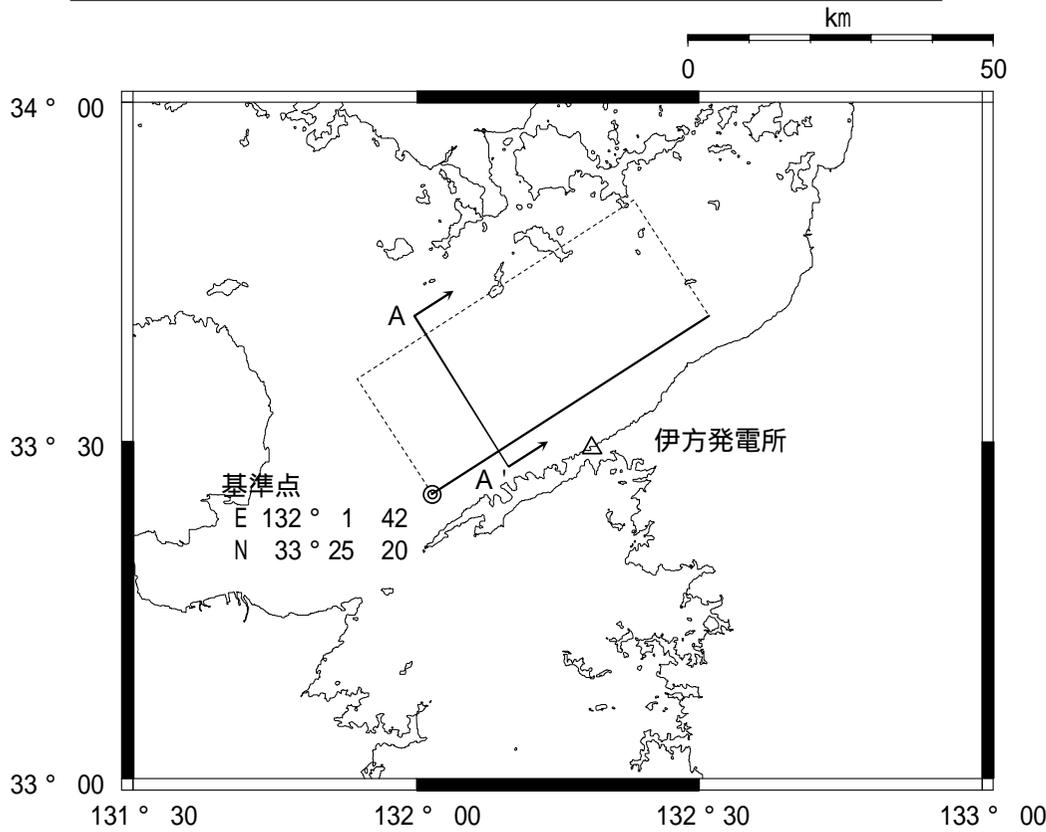


# 不確かさ考慮 54km・30度

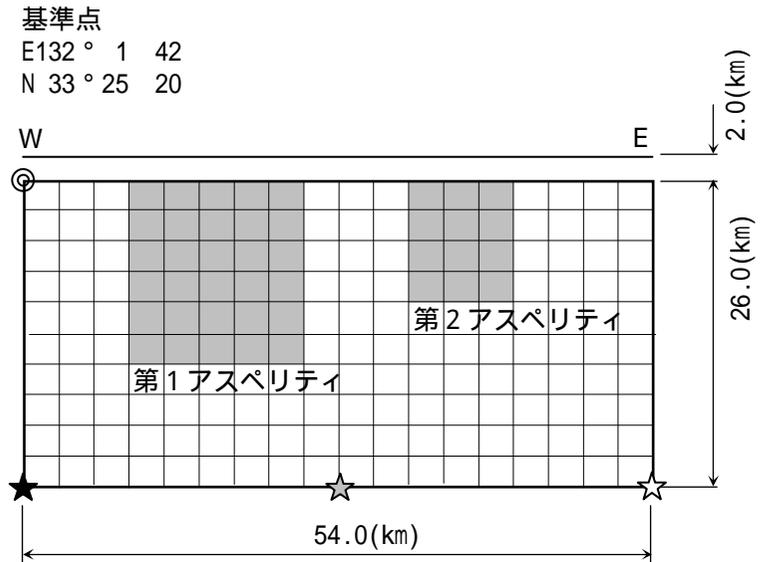
5.地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

## 【断層諸元】

- 断層長さ : 54km
- 断層傾斜角 : 北傾斜30°
- アスペリティ位置 : 上端
- 破壊開始点 : 断層西下端, 中央下端, 東下端

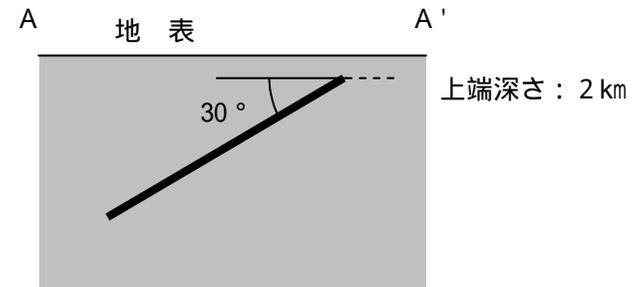


断層位置図



☆☆☆ : 破壊開始点

断層モデル図



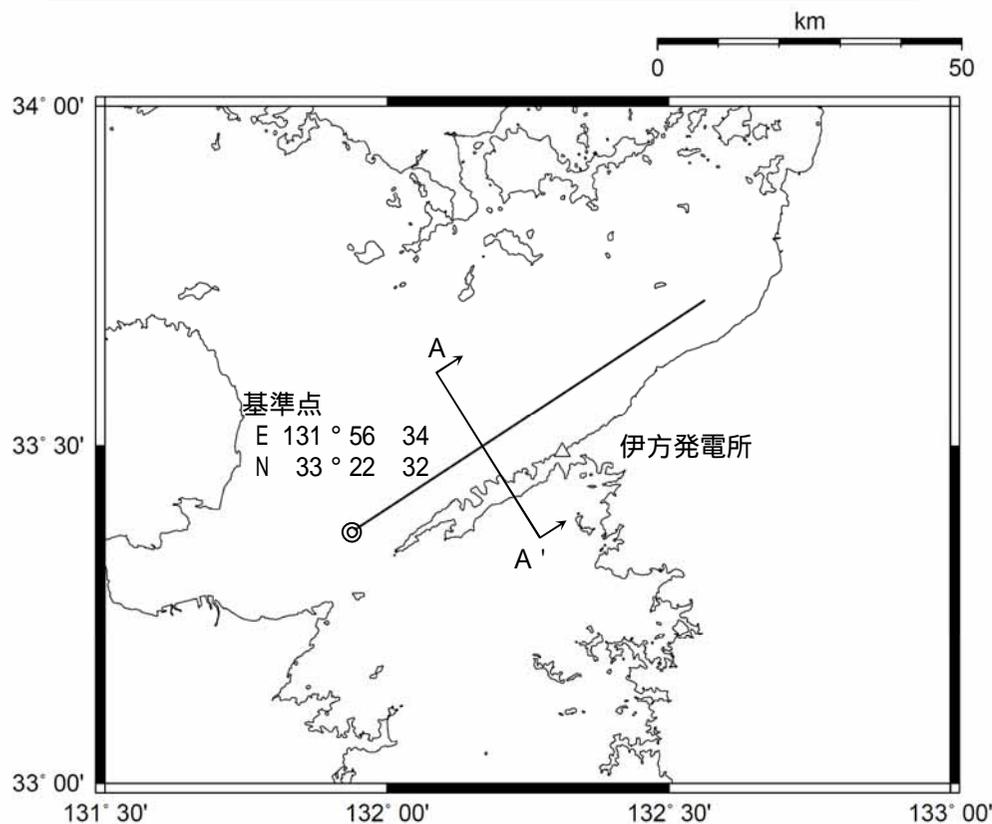
(A - A'断面図)



# 不確かさ考慮 69km・90度

5.地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

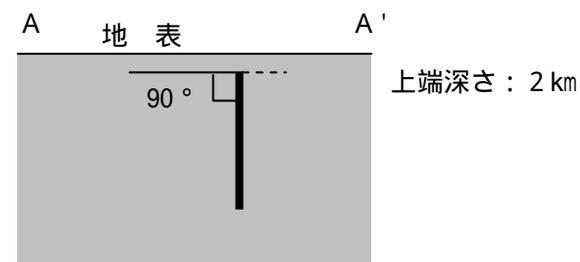
- 【断層諸元】
- ・断層長さ : 69km
  - ・断層傾斜角 : 90°
  - ・アスペリティ位置 : 上端
  - ・破壊開始点 : 断層西下端, 中央下端, 東下端



断層位置図



断層モデル図



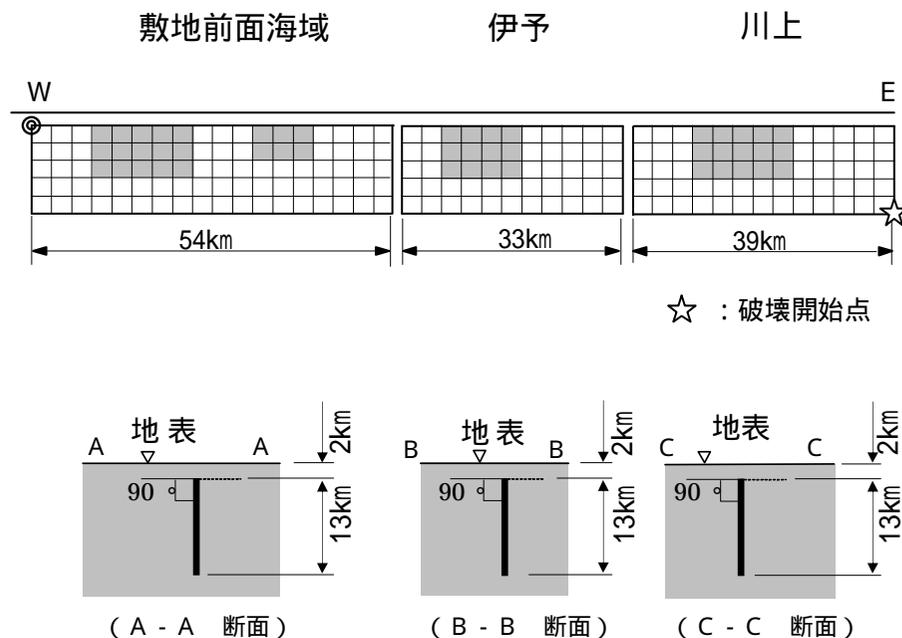
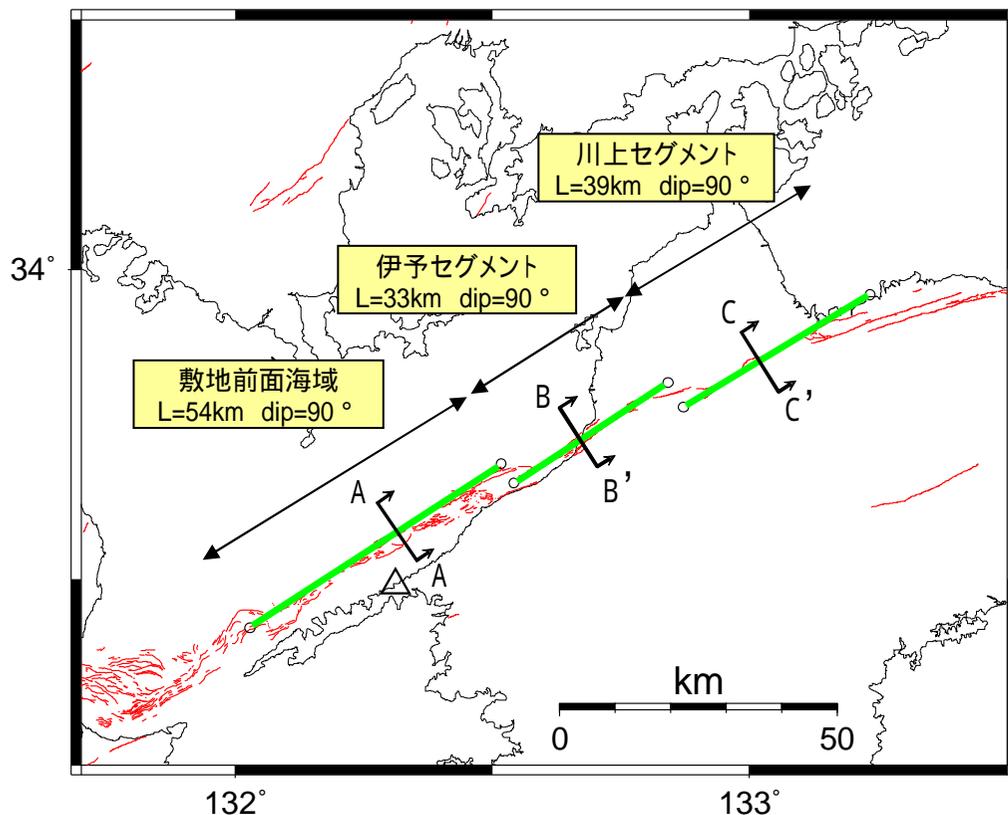
(A - A'断面図)



# 不確かさ考慮 130km連動モデル(カスケード)

5.地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

- 【断層諸元】
- 断層長さ : 126km (セグメント毎に地震規模を評価)
  - 断層傾斜角 :  $90^\circ$
  - アスペリティ位置 : 上端
  - 破壊開始点 : 断層東下端 (破壊が敷地に向う方向)



# 不確かさ考慮 54km80度

5. 地震動評価  
 5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

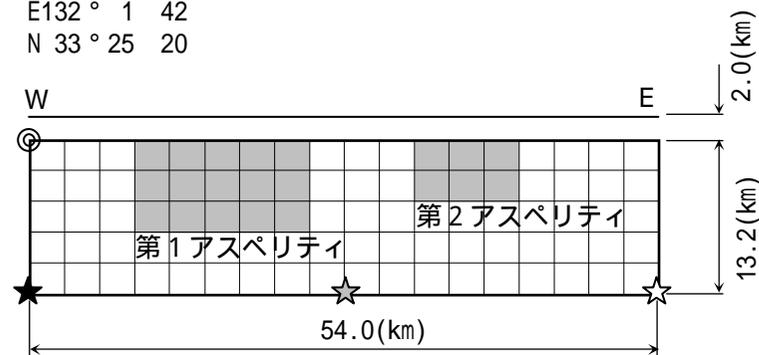
## 【断層諸元】

- 断層長さ : 54km
- 断層傾斜角 : 80°
- アスペリティ位置 : 上端
- 破壊開始点 : 断層西下端, 中央下端, 東下端

基準点

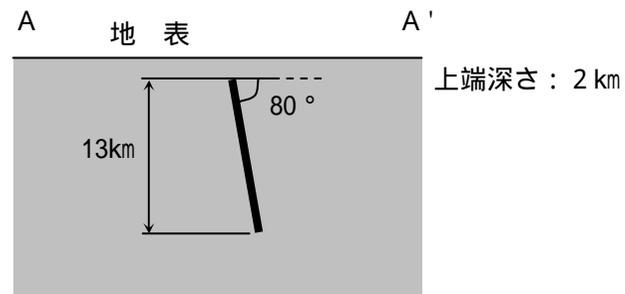
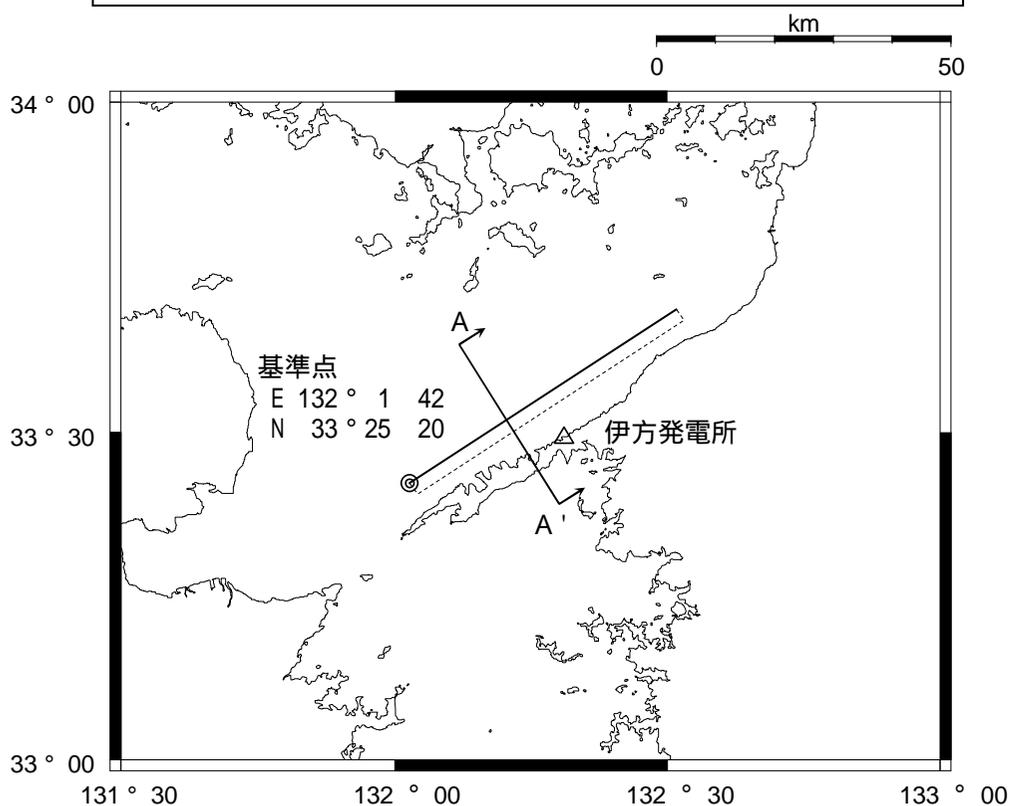
E 132° 1' 42"

N 33° 25' 20"

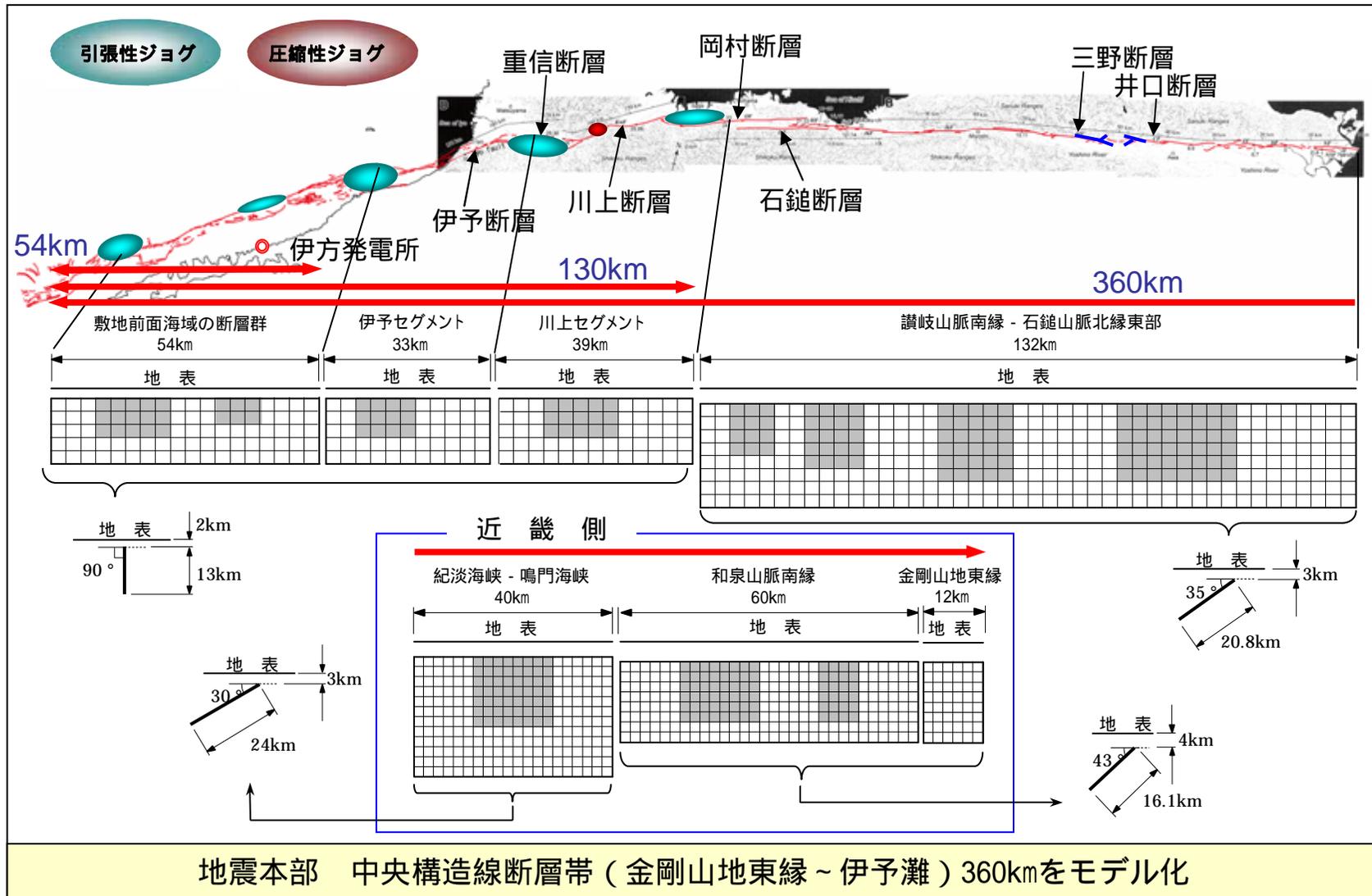


☆☆☆ : 破壊開始点

断層モデル図

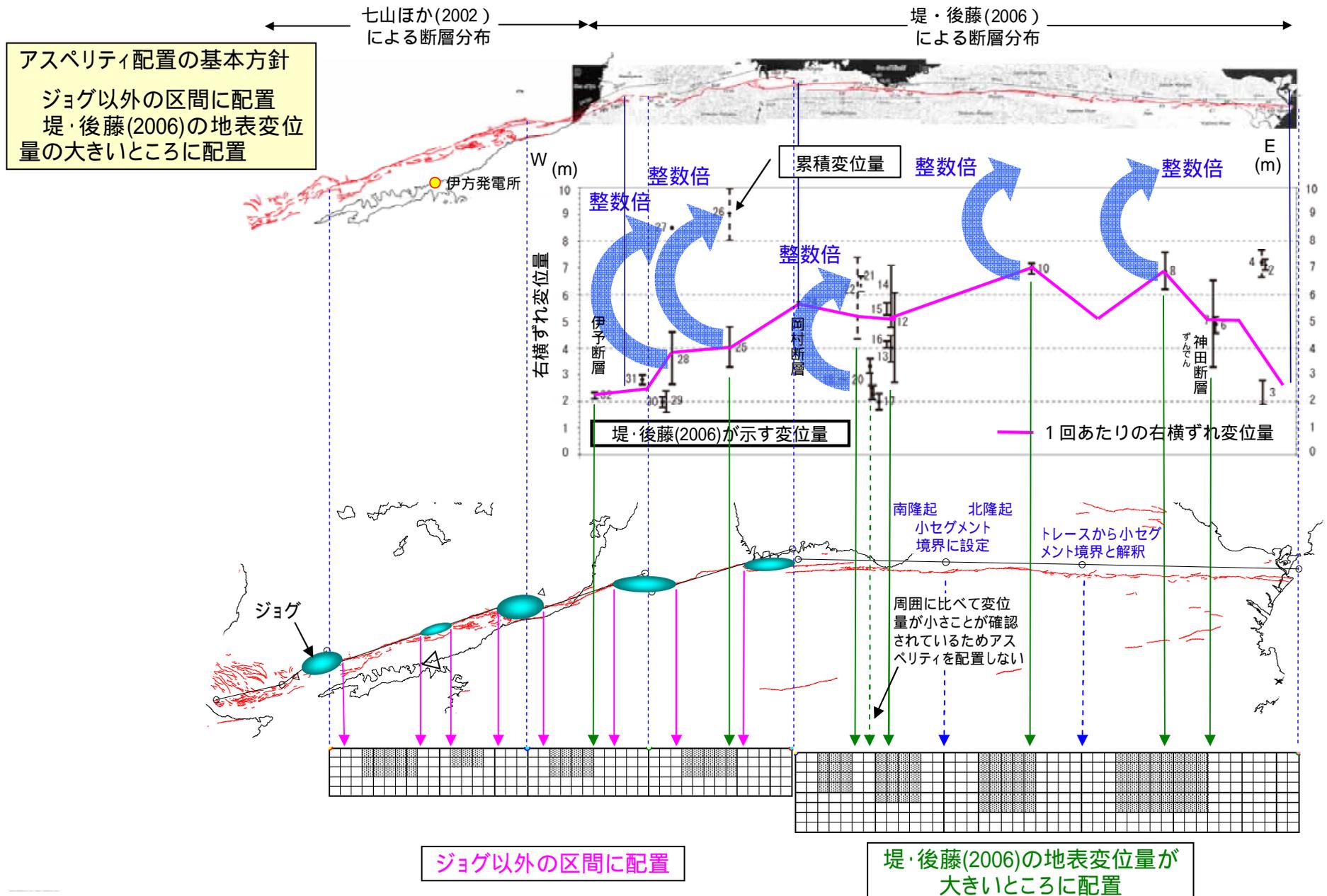


(A - A'断面図)



金剛山地東縁, 和泉山脈南縁は, 地震本部(2005)強震動評価のモデルに準拠  
 紀淡海峡 - 鳴門海峡, 讃岐山脈南縁 - 石鎚山脈北縁東部の巨視的パラメータは, 地震本部(2006)確率論的地震動予測地図のモデルに準拠  
 破壊開始点は和泉山脈南縁と紀淡海峡 - 鳴門海峡のセグメント境界下端

# アスペリティの配置



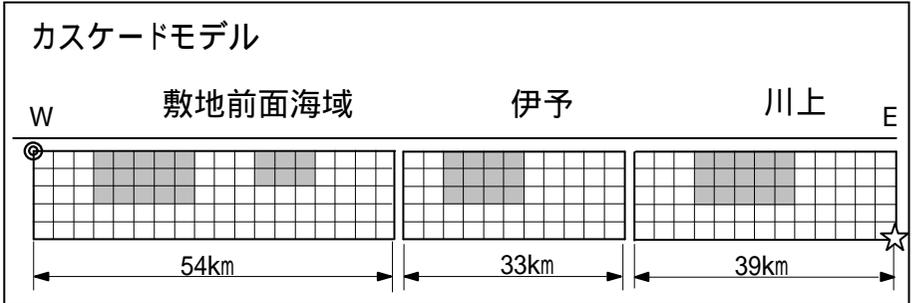
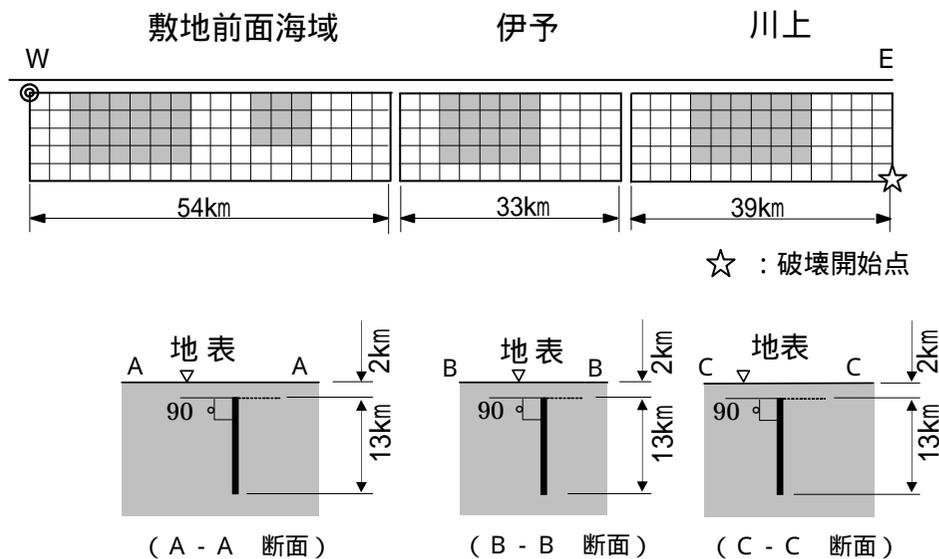
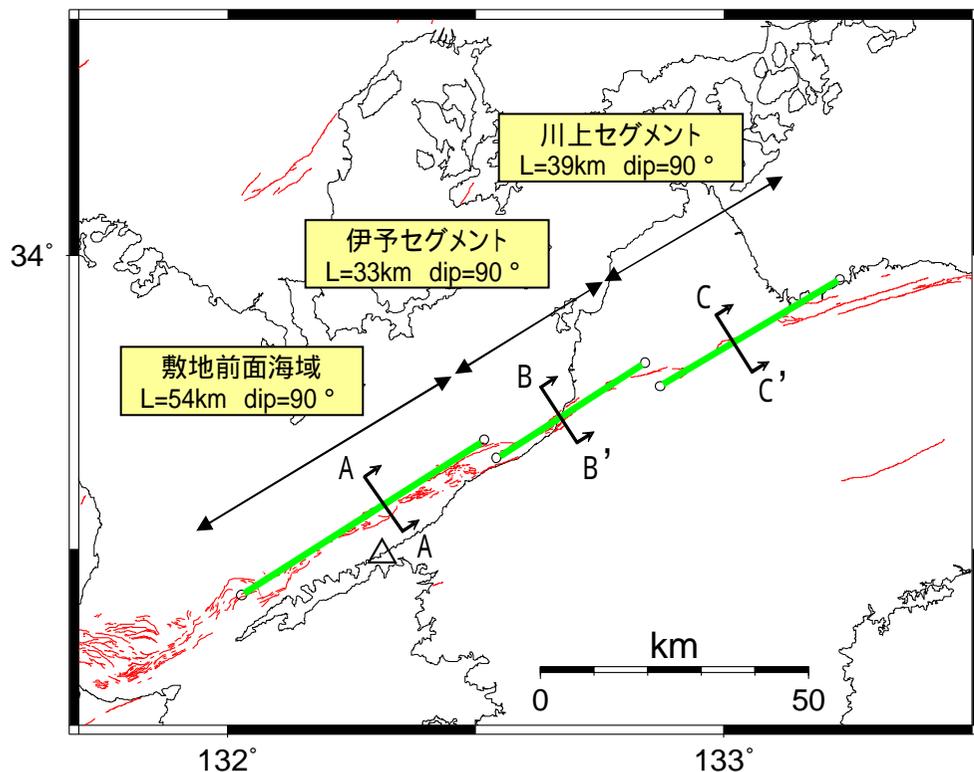
# Ss妥当性確認

# 130km連動モデル(スケーリング)

5.地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

- 【断層諸元】
- 断層長さ : 126km (全断層面積から地震規模を評価)
  - 断層傾斜角 : 90°
  - アスペリティ位置 : 上端
  - 破壊開始点 : 断層東下端 (破壊が敷地に向う方向)

壇・他(2001)の短周期レベルに一致するようにアスペリティ面積の比率を設定 (アスペリティの面積比は34%)



# パラメータ表

基本ケースと不確かさモデル ~ , その1

5. 地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

断層パラメータ	記号	基本ケース (54km90度)	不確かさ考慮 (1.5倍)	不確かさ考慮 (54km30度)	不確かさ考慮 (69km90度)	不確かさ考慮 (54km80度)	根拠
断層位置	-	東経:132° 1' 42" 北緯:33° 25' 20"	東経:132° 1' 42" 北緯:33° 25' 20"	東経:132° 1' 42" 北緯:33° 25' 20"	東経:131° 56' 34" 北緯:33° 22' 32"	東経:132° 1' 42" 北緯:33° 25' 20"	
走向		N57E	N57E	N57E	N57E	N57E	
傾斜角		90°	90°	北傾斜30°	90°	南傾斜80°	
断層長さ	L	54.0 km	54.0 km	54.0 km	69.0 km	54.0 km	
断層幅	W	13.0 km	13.0 km	26.0 km	13.0 km	13.2 km	
断層面積	S	702.0 km <sup>2</sup>	702.0 km <sup>2</sup>	1404.0 km <sup>2</sup>	897.0 km <sup>2</sup>	712.8 km <sup>2</sup>	
断層上端深さ	H	2.0km	2.0km	2.0km	2.0km	2.0km	
破壊伝播形式	-	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状	
応力降下量		2.6MPa	2.6MPa × 1.5	3.6MPa	3.1MPa	2.6MPa	楕円クラック
地震モーメント	M <sub>0</sub>	2.74 × 10 <sup>19</sup> N・m	2.74 × 10 <sup>19</sup> N・m	1.10 × 10 <sup>20</sup> N・m	4.48 × 10 <sup>19</sup> N・m	2.83 × 10 <sup>19</sup> N・m	入倉・三宅(2001)
モーメントマグニチュード <sup>1)</sup>	M <sub>w</sub>	6.9	6.9	7.3	7.0	6.9	Kanamori(1977)
気象庁マグニチュード <sup>1)</sup>	M <sub>j</sub>	7.3	7.3	7.8	7.5	7.3	武村(1998)
剛性率	μ	4.0 × 10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup>					
平均すべり量	D	98 cm	98 cm	195 cm	125 cm	99 cm	D=M <sub>0</sub> /(μ S)
S波速度		3.5 km/s					
破壊伝播速度	V <sub>R</sub>	2.5 km/s	Geller(1976)				
短周期レベル	A <sup>1)</sup>	1.36 × 10 <sup>19</sup> N・m/s <sup>2</sup>	2.04 × 10 <sup>19</sup> N・m/s <sup>2</sup>	2.66 × 10 <sup>19</sup> N・m/s <sup>2</sup>	1.83 × 10 <sup>19</sup> N・m/s <sup>2</sup>	1.38 × 10 <sup>19</sup> N・m/s <sup>2</sup>	4 (S/ ) <sup>1/2</sup> . <sup>2</sup>



# パラメータ表

基本ケースと不確かさモデル ~ , その2

5. 地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

断層パラメータ		記号	基本ケース (54km90度)	不確かさ考慮 (1.5倍)	不確かさ考慮 (54km30度)	不確かさ考慮 (69km90度)	不確かさ考慮 (54km南傾斜80度)	根拠
全アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a}$	$1.21 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$1.21 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$4.82 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$1.97 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$1.24 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$M_{0a} = \mu D_a S_a$
	面積	$S_a$	154.4 km <sup>2</sup>	154.4 km <sup>2</sup>	308.9 km <sup>2</sup>	197.3 km <sup>2</sup>	156.8 km <sup>2</sup>	$S_a = S \times 22\%$
	平均すべり量	$D_a$	195 cm	195 cm	391 cm	250 cm	198 cm	$D_a = 2.0 \times D$
	実効応力	$\sigma_a$	11.8 MPa	17.7 MPa	16.3 MPa	14.0MPa	11.9MPa	$\sigma_a = \sigma / 0.22$
第1アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a1}$	$9.81 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$	$9.81 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$	$3.92 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$1.60 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$1.01 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$S^{1.5}$ 比で配分
	面積	$S_{a1}$	112.3 km <sup>2</sup>	112.3 km <sup>2</sup>	224.6 km <sup>2</sup>	143.5 km <sup>2</sup>	114.0 km <sup>2</sup>	$S_{a1} = S \times 16\%$
	平均すべり量	$D_{a1}$	218 cm	218 cm	437 cm	279 cm	222 cm	$D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
	実効応力	$\sigma_{a1}$	11.8 MPa	17.7 MPa	16.3 MPa	14.0 MPa	11.9 MPa	$\sigma_{a1} = \sigma_a$
第2アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a2}$	$2.25 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$	$2.25 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$	$9.01 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$	$3.68 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$	$2.32 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$	$S^{1.5}$ 比で配分
	面積	$S_{a2}$	42.1 km <sup>2</sup>	42.1 km <sup>2</sup>	84.2 km <sup>2</sup>	53.8 km <sup>2</sup>	42.8 km <sup>2</sup>	$S_{a2} = S \times 6\%$
	平均すべり量	$D_{a2}$	134 cm	134 cm	267 cm	171 cm	136 cm	$D_{a2} = M_{0a2} / (\mu S_{a2})$
	実効応力	$\sigma_{a2}$	11.8 MPa	17.7 MPa	16.3 MPa	14.0MPa	11.9 MPa	$\sigma_{a2} = \sigma_a$
背景領域	地震モーメント	$M_{0b}$	$1.54 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$1.54 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$6.14 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$2.51 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$1.58 \times 10^{19} \text{ N}\cdot\text{m}$	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	面積	$S_b$	547.6 km <sup>2</sup>	547.6 km <sup>2</sup>	1095.1 km <sup>2</sup>	699.7 km <sup>2</sup>	556.0 km <sup>2</sup>	$S_b = S - S_a$
	平均すべり量	$D_b$	70 cm	70 cm	140 cm	90 cm	71 cm	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
	実効応力	$\sigma_b$	2.4 MPa	3.5 MPa	3.3 MPa	2.8MPa	2.4 MPa	$\sigma_b = 0.2 \times \sigma_a$



# パラメータ表

不確かさ考慮 , 妥当性確認

130km連動モデル(カスケード/スケーリング)

## 5. 地震動評価

5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

断層パラメータ	記号	130kmカスケードモデル				根拠	130kmスケーリングモデル		
		敷地前面海域の断層群	伊予セグメント	川上セグメント	全体(約130km)		全体(約130km)	根拠	
断層位置(断層西端)	-	東経:132° 1' 42" 北緯: 33° 25' 20"	東経:132° 32' 28" 北緯: 33° 39' 21"	東経:132° 52' 16" 北緯: 33° 46' 42"	東経:132° 1' 42" 北緯: 33° 25' 20"	【基本方針】 地震本部レシビのアスぺリティ面積22%の手法を適用	東経:132° 1' 42" 北緯: 33° 25' 20"	【基本方針】 短周期レベルが壇・他(2001)に等しくなるように設定  アスぺリティ面積を34%として構築	
走向		N57E	N57E	N59E	N57E ~ N59E		N57E ~ N59E		
傾斜角		90°	90°	90°	90°		90°		
断層長さ	L	54.0 km	33.0 km	39.0 km	126.0 km		126.0 km		
断層幅	W	13.0 km	13.0 km	13.0 km	13.0 km		13.0 km		
断層面積	S	702.0 km <sup>2</sup>	429.0 km <sup>2</sup>	507.0 km <sup>2</sup>	1638.0 km <sup>2</sup>		1638.0 km <sup>2</sup>		
断層上端深さ	H	2.0km	2.0km	2.0km	2.0km		2.0km		
破壊伝播形式	-	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状		同心円状		
応力降下量		2.6 MPa	1.9 MPa	2.1 MPa	-		楕円クラック		4.5 MPa
地震モーメント	M <sub>0</sub>	2.74E+19 N・m	1.02E+19 N・m	1.43E+19 N・m	5.19E+19 N・m		入倉・三宅(2001)		1.49E+20 N・m
モーメントマグニチュード	M <sub>W</sub>	6.9	6.6	6.7	7.1	Kanamori(1977)	7.4	Kanamori(1977)	
気象庁マグニチュード	M <sub>J</sub>	7.3	6.9	7.0	7.5	武村(1998)	7.9	武村(1998)	
短周期レベル	A	1.36E+19 N・m/s <sup>2</sup>	7.99E+18 N・m/s <sup>2</sup>	9.49E+18 N・m/s <sup>2</sup>	-	4 (S/ ) <sup>1/2</sup> . . . <sup>2</sup>	2.81E+19 N・m/s <sup>2</sup>	壇・他(2001)	
巨視的パラメータ	地震モーメント	M <sub>0a</sub>	1.21E+19 N・m	4.50E+18 N・m	6.29E+18 N・m	2.29E+19 N・m	M <sub>0a</sub> =μ D <sub>a</sub> S <sub>a</sub>	1.00E+20 N・m	M <sub>0a</sub> =μ D <sub>a</sub> S <sub>a</sub>
	面積	S <sub>a</sub>	154.4 km <sup>2</sup>	94.4 km <sup>2</sup>	111.5 km <sup>2</sup>	360.3 km <sup>2</sup>	S <sub>a</sub> /S=22%	550.4 km <sup>2</sup>	S <sub>a</sub> /S=34%
	平均すべり量	D <sub>a</sub>	195 cm	119 cm	141 cm	158 cm	D <sub>a</sub> =2.0×D	456 cm	D <sub>a</sub> =2.0×D
	応力降下量	a	11.8 MPa	8.9 MPa	9.7 MPa	-	a = /0.22	13.3 MPa	a = /0.34
	地震モーメント	M <sub>0a1</sub>	9.81E+18 N・m			9.81E+18 N・m		3.35E+19 N・m	
	面積	S <sub>a1</sub>	112.3 km <sup>2</sup>			112.3 km <sup>2</sup>		171.5 km <sup>2</sup>	
	平均すべり量	D <sub>a1</sub>	218 cm			218 cm		489 cm	
	実効応力	a <sub>1</sub>	11.8 MPa			11.8 MPa		13.3 MPa	
	地震モーメント	M <sub>0a2</sub>	2.25E+18 N・m			2.25E+18 N・m		7.70E+18 N・m	
	面積	S <sub>a2</sub>	42.1 km <sup>2</sup>			42.1 km <sup>2</sup>		64.3 km <sup>2</sup>	
微視的パラメータ	平均すべり量	D <sub>a2</sub>	134 cm			134 cm		299 cm	
	実効応力	a <sub>2</sub>	11.8 MPa			11.8 MPa		13.3 MPa	
	地震モーメント	M <sub>0a3</sub>		4.50E+18 N・m		4.50E+18 N・m		2.58E+19 N・m	
	面積	S <sub>a3</sub>		94.4 km <sup>2</sup>		94.4 km <sup>2</sup>		144.1 km <sup>2</sup>	
	平均すべり量	D <sub>a3</sub>		119 cm		119 cm		448 cm	
	実効応力	a <sub>3</sub>		8.9 MPa		8.9 MPa		13.3 MPa	
	地震モーメント	M <sub>0a4</sub>			6.29E+18 N・m	6.29E+18 N・m		3.32E+19 N・m	
	面積	S <sub>a4</sub>			111.5 km <sup>2</sup>	111.5 km <sup>2</sup>		170.4 km <sup>2</sup>	
	平均すべり量	D <sub>a4</sub>			141 cm	141 cm		487 cm	
	実効応力	a <sub>4</sub>			9.7 MPa	9.7 MPa		13.3 MPa	
評景領域	地震モーメント	M <sub>0b</sub>	1.54E+19 N・m	5.73E+18 N・m	8.01E+18 N・m	2.91E+19 N・m	M <sub>0b</sub> =M <sub>0</sub> -M <sub>0a</sub>	4.90E+19 N・m	M <sub>0b</sub> =M <sub>0</sub> -M <sub>0a</sub>
	面積	S <sub>b</sub>	547.6 km <sup>2</sup>	334.6 km <sup>2</sup>	395.5 km <sup>2</sup>	1277.7 km <sup>2</sup>	S <sub>b</sub> =S-S <sub>a</sub>	1087.6 km <sup>2</sup>	S <sub>b</sub> =S-S <sub>a</sub>
	平均すべり量	D <sub>b</sub>	70 cm	43 cm	51 cm	57 cm	D <sub>b</sub> =M <sub>0b</sub> /((μ S <sub>b</sub> ))	113 cm	D <sub>b</sub> =M <sub>0b</sub> /((μ S <sub>b</sub> ))
	実効応力	b	2.4 MPa	1.8 MPa	1.9 MPa	-	b=0.2× a	2.7 MPa	b=0.2× a
その他の震源パラメータ	剛性率	μ	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	-	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	-
	平均すべり量	D	98 cm	60 cm	71 cm	79 cm	D=M <sub>0</sub> /((μ S))	228 cm	D=M <sub>0</sub> /((μ S))
	S波速度		3.5 km/s	3.5 km/s	3.5 km/s	3.5 km/s	-	3.5 km/s	-
	破壊伝播速度	V <sub>R</sub>	2.5 km/s	2.5 km/s	2.5 km/s	2.5 km/s	Geller(1976)	2.5 km/s	Geller(1976)



# パラメータ表

妥当性確認 360km連動モデル(カスケード)

5.地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

断層パラメータ	記号	四国西部130km				四国東部130km		紀淡海峡・鳴門海峡	和泉山脈南縁	金剛山脈東縁	全体 (約360km)	
		敷地前面海域の断層群	伊予セグメント	川上セグメント	合計(約130km)	讃岐山脈南縁 - 石鎚山脈北縁東部						
巨視的 パラメータ	断層位置(断層西端)	-	東経:132° 1' 42" 北緯: 33° 25' 20"	東経:132° 32' 28" 北緯: 33° 39' 21"	東経:132° 52' 16" 北緯: 33° 46' 42"	東経:132° 1' 42" 北緯: 33° 25' 20"	東経:133° 15' 22" 北緯: 33° 56' 17"	東経:134° 38' 20" 北緯: 34° 12' 47"	東経:135° 3' 14" 北緯: 34° 16' 14"	東経:135° 40' 50" 北緯: 34° 25' 10"		
	走向		N57E	N57E	N59E	N57E - N59E	N77E	N79.1E	N74E	N16W		
	傾斜角		90°	90°	90°	90°	35°	30°	43°	43°		
	断層長さ	L	54.0 km	33.0 km	39.0 km	126.0 km	132.0 km	40.0 km	60.0 km	12.0 km	370.0 km	
	断層幅	W	13.0 km	13.0 km	13.0 km	13.0 km	20.8 km	24.0 km	16.1 km	16.1 km	-	
	断層面積	S	702.0 km <sup>2</sup>	429.0 km <sup>2</sup>	507.0 km <sup>2</sup>	1638.0 km <sup>2</sup>	2745.6 km <sup>2</sup>	960.0 km <sup>2</sup>	966.0 km <sup>2</sup>	193.2 km <sup>2</sup>	6502.8 km <sup>2</sup>	
	断層上端深さ	H	2.0 km	2.0 km	2.0 km	2.0 km	3.0 km	3.0 km	4.0 km	4.0 km	-	
	破壊伝播形式	-	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状	
	応力降下量		2.6 MPa	1.9 MPa	2.1 MPa	-	4.7 MPa	3.0 MPa	4.2 MPa	-	-	
	地震モーメント	M <sub>0</sub>	2.74E+19 N・m	1.02E+19 N・m	1.43E+19 N・m	5.19E+19 N・m	4.19E+20 N・m	5.13E+19 N・m	5.19E+19 N・m	6.07E+18 N・m	5.80E+20 N・m	
	モーメントマグニチュード	M <sub>W</sub>	6.9	6.6	6.7	7.1	7.7	7.1	7.1	6.5	7.8	
	気象庁マグニチュード	M <sub>J</sub>	7.3	6.9	7.0	7.5	8.3	7.5	7.5	6.9	8.4	
微視的 パラメータ	短周期レベル	A	1.36E+19 N・m/s <sup>2</sup>	7.99E+18 N・m/s <sup>2</sup>	9.49E+18 N・m/s <sup>2</sup>	-	3.97E+19 N・m/s <sup>2</sup>	1.76E+19 N・m/s <sup>2</sup>	2.10E+19 N・m/s <sup>2</sup>	3.65E+18 N・m/s <sup>2</sup>	-	
	全アス ペリティ	地震モーメント	M <sub>0a</sub>	1.21E+19 N・m	4.50E+18 N・m	6.29E+18 N・m	2.29E+19 N・m	2.62E+20 N・m	2.26E+19 N・m	3.05E+19 N・m		3.38E+20 N・m
		面積	S <sub>a</sub>	154.4 km <sup>2</sup>	94.4 km <sup>2</sup>	111.5 km <sup>2</sup>	360.3 km <sup>2</sup>	859.4 km <sup>2</sup>	211.2 km <sup>2</sup>	283.5 km <sup>2</sup>		1714.4 km <sup>2</sup>
		平均すべり量	D <sub>a</sub>	195 cm	119 cm	141 cm	158 cm	764 cm	342 cm	344.4 cm		-
		応力降下量	a	11.8 MPa	8.9 MPa	9.7 MPa	-	14.9 MPa	13.9 MPa	14.4 MPa		-
	第1アス ペリティ	地震モーメント	M <sub>0a1</sub>	9.81E+18 N・m			9.81E+18 N・m	1.49E+19 N・m		2.25E+19 N・m		
		面積	S <sub>a1</sub>	112.3 km <sup>2</sup>			112.3 km <sup>2</sup>	84.6 km <sup>2</sup>		189.0 km <sup>2</sup>		
		平均すべり量	D <sub>a1</sub>	218 cm			218 cm	440 cm		382 cm		
		実効応力	a <sub>1</sub>	11.8 MPa			11.8 MPa	14.9 MPa		14.4 MPa		
	第2アス ペリティ	地震モーメント	M <sub>0a2</sub>	2.25E+18 N・m			2.25E+18 N・m	4.21E+19 N・m		7.96E+18 N・m		
		面積	S <sub>a2</sub>	42.1 km <sup>2</sup>			42.1 km <sup>2</sup>	169.3 km <sup>2</sup>		94.5 km <sup>2</sup>		
		平均すべり量	D <sub>a2</sub>	134 cm			134 cm	622 cm		270 cm		
実効応力		a <sub>2</sub>	11.8 MPa			11.8 MPa	14.9 MPa		14.4 MPa			
第3アス ペリティ	地震モーメント	M <sub>0a3</sub>		4.50E+18 N・m		4.50E+18 N・m	6.87E+19 N・m					
	面積	S <sub>a3</sub>		94.4 km <sup>2</sup>		94.4 km <sup>2</sup>	234.4 km <sup>2</sup>					
	平均すべり量	D <sub>a3</sub>		119 cm		119 cm	732 cm					
	実効応力	a <sub>3</sub>		8.9 MPa		8.9 MPa	14.9 MPa					
第4アス ペリティ	地震モーメント	M <sub>0a4</sub>			6.29E+18 N・m	6.29E+18 N・m	1.37E+20 N・m					
	面積	S <sub>a4</sub>			111.5 km <sup>2</sup>	111.5 km <sup>2</sup>	371.1 km <sup>2</sup>					
	平均すべり量	D <sub>a4</sub>			141 cm	141 cm	922 cm					
	実効応力	a <sub>4</sub>			9.7 MPa	9.7 MPa	14.9 MPa					
背景領域	地震モーメント	M <sub>0b</sub>	1.54E+19 N・m	5.73E+18 N・m	8.01E+18 N・m	2.91E+19 N・m	1.57E+20 N・m	2.87E+19 N・m	2.14E+19 N・m	6.07E+18 N・m	2.42E+20 N・m	
	面積	S <sub>b</sub>	547.6 km <sup>2</sup>	334.6 km <sup>2</sup>	395.5 km <sup>2</sup>	1277.7 km <sup>2</sup>	1886.2 km <sup>2</sup>	748.8 km <sup>2</sup>	682.5 km <sup>2</sup>	193.2 km <sup>2</sup>	4788.4 km <sup>2</sup>	
	平均すべり量	D <sub>b</sub>	70 cm	43 cm	51 cm	57 cm	208 cm	123 cm	101 cm	101 cm	-	
	実効応力	b	2.4 MPa	1.8 MPa	1.9 MPa	-	3.0 MPa	2.8 MPa	3.2 MPa	3.2 MPa	-	
その他の 震源パラ メータ	剛性率	μ	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	3.12E+10 N/m <sup>2</sup>	3.12E+10 N/m <sup>2</sup>	3.12E+10 N/m <sup>2</sup>		
	平均すべり量	D	98 cm	60 cm	71 cm	79 cm	382 cm	171 cm	172 cm	101 cm		
	S波速度		3.5 km/s	3.5 km/s	3.5 km/s	3.5 km/s	3.5 km/s	3.4 km/s	3.4 km/s	3.4 km/s		
	破壊伝播速度	V <sub>R</sub>	2.5 km/s	2.5 km/s	2.5 km/s	2.5 km/s	2.5 km/s	2.4 km/s	2.4 km/s	2.4 km/s		

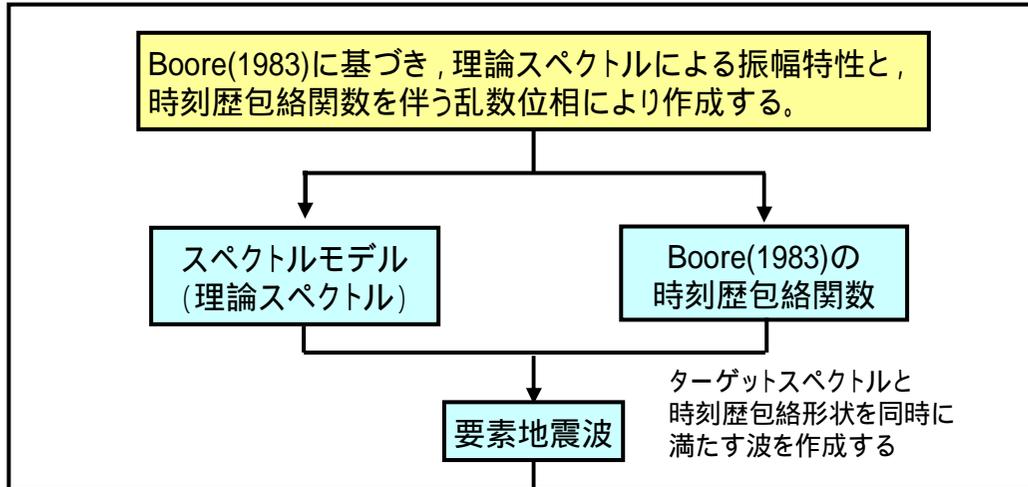
## 統計的グリーン関数法による地震動評価

### 統計的グリーン関数(要素地震波)の作成

# 統計的グリーン関数の作成

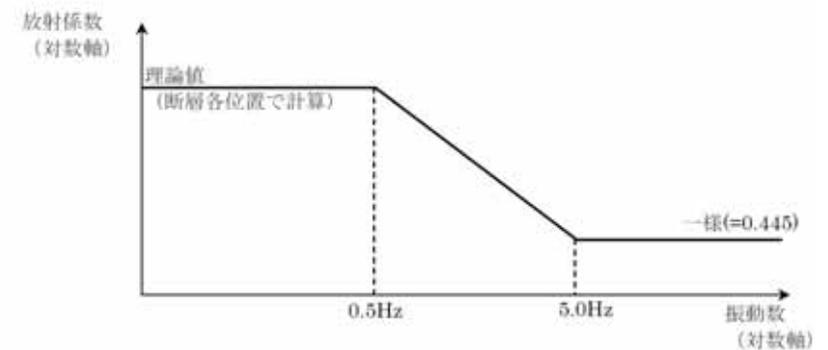
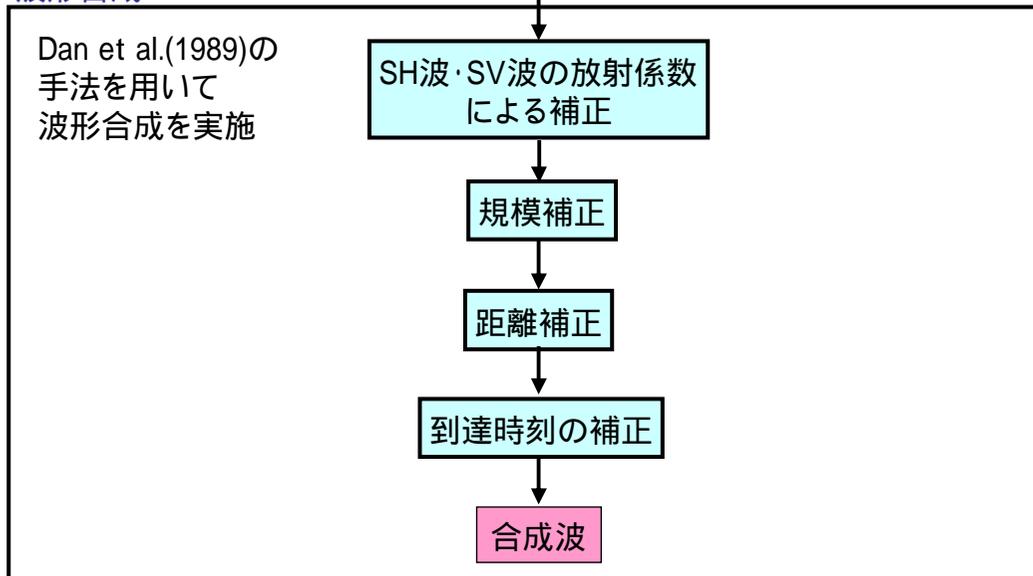
## 統計的グリーン関数(要素地震波)の作成と波形合成

### 統計的グリーン関数の作成



統計的グリーン関数は、敷地解放基盤表面のVsが2.6km/sと地震基盤相当であることから、解放基盤表面で作成する。  
 (地盤モデルと一次元波動論による解析は行わない)

### 波形合成



放射係数の周波数依存特性の概要図

## 統計的グリーン関数の作成

### スペクトルモデル(水平)

下式に基づく点震源の理論スペクトルにより、敷地の解放基盤表面(せん断波速度2600m/s, 密度3.0g/cm<sup>3</sup>)で作成する。

$$A(f) = \frac{F}{4\pi\rho\beta^3} \times \frac{M_0(2\pi f)^2}{1+(f/f_c)^2} \times \frac{1}{r} \times 2 \times \frac{1}{\sqrt{1+(f/f_{\max})^m}} \times e^{-\frac{\pi f r}{Q(f)\beta}} \times \sqrt{\frac{\rho\beta}{\rho_s\beta_s}}$$

$$2\pi f_c = 2\beta \sqrt{\frac{\pi\lambda\sigma}{M_0}}$$

### パラメータ

F: S波の放射特性係数=1.0

(後段で、断層各位置と敷地との位置関係より算出した理論値を乗じて補正する)

: 震源における地盤密度=3.265g/cm<sup>3</sup>

: 震源におけるS波速度=3.5km/s

M<sub>0</sub>: 地震モーメント=4.0e+16Nm

f<sub>c</sub>: コーナー周波数

r: 震源距離=40km

: 円形断層の半径=1.56km(断層モデルのメッシュサイズから決定)

: 応力降下量=7/16 × Mo/ r<sup>3</sup>=4.473MPa(円形クラック式)

f<sub>max</sub>: 高周波遮断振動数=6Hz

m: 高周波遮断後の勾配=4

Q(f): Q値=150f<sup>0.75</sup> 中村・植竹(2002)

s: 観測点における地盤密度=3.0g/cm<sup>3</sup>

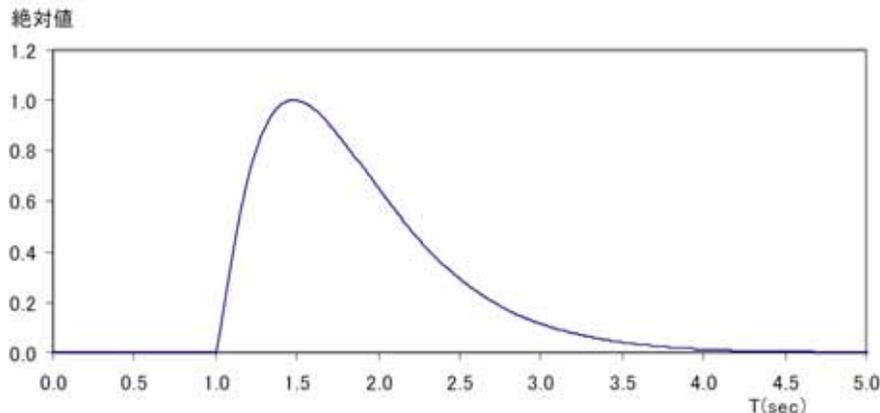
s: 観測点におけるS波速度=2.6km/s

# 統計的グリーン関数の作成

## 時刻歴包絡関数 [Boore (1983)]

$$BENV(t) = C \cdot t^b \cdot \exp(-ct) \cdot H(t)$$

t: 時間  
 BENV(t): 包絡関数  
 H(t): ステップ関数  
 C: 基準化係数,  $C = [e / (p \cdot Tw)]^b$ , e: 自然対数  
 $Tw = 2Td$   
 $Td = f_c^{-1}$ ,  $f_c$ : コーナー周波数  
 $b = -p \cdot \ln q / [1 + p(\ln p - 1)]$   
 $p = 0.2, q = 0.05$   
 $c = b / (p \cdot Tw)$

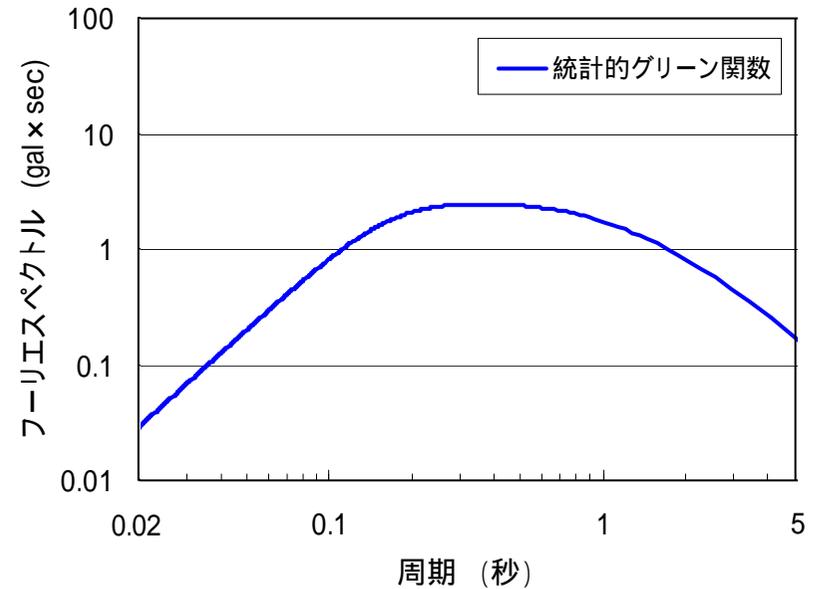


今回のパラメータによる時刻歴包絡関数  
(先頭に1秒間の無信号時間を追加)

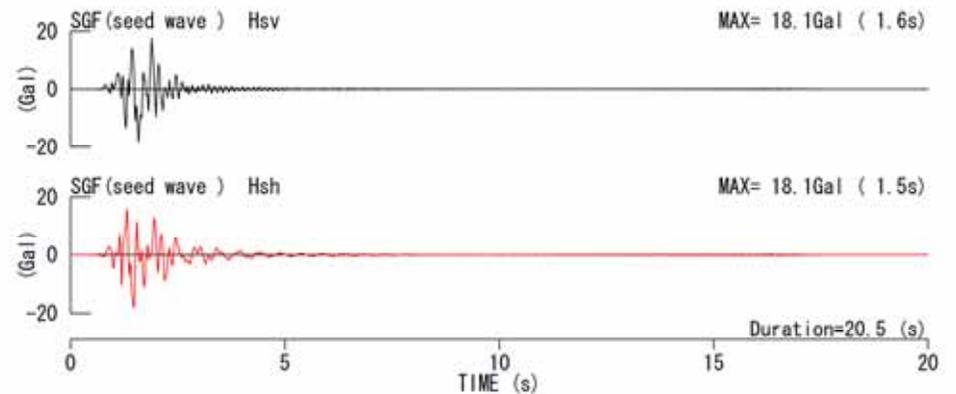
地震動の位相は乱数を採用するものの、変位波形がベル型となる位相を選択し、さらに変位の最大値発生時刻が平均的なものを採用した。(次ページに詳述)

## 作成した統計的グリーン関数

フーリエスペクトル



時刻歴波形



## 統計的グリーン関数の作成

### 統計的グリーン関数選定における判定基準

以下に示す香川(2004)の手法を参考にして、統計的グリーン関数の選定を行っている。

#### 【香川(2004)の作成手順】

ターゲット・スペクトルへの適合度と時刻歴包絡関数への適合度を同時に満たすよう繰り返し計算を行う。

コーナー周波数 $f_c$ よりも高周波数成分をハイカット・フィルターで落とし、積分して変位波形を作成する。

そして、この変位波形の最大値発生時刻 $T_{max}$ が、設定値から期待される時刻から大きくはずれるものを棄却する。ここでは、設定値の前後0.2秒を閾値とした。

「設定値から期待される時刻」としては、例えばBooreの包絡関数から算定される最大値発生時刻 $T_p$ が用いられ、以下の条件を満たさないものを棄却する。

$$T_p - 0.2 < T_{max} < T_p + 0.2$$

さらに、変位波形の最大値( $D_{max}$ : 正の値)と最小値( $D_{min}$ : 負の値)について、以下の条件を満たさないものを棄却する。

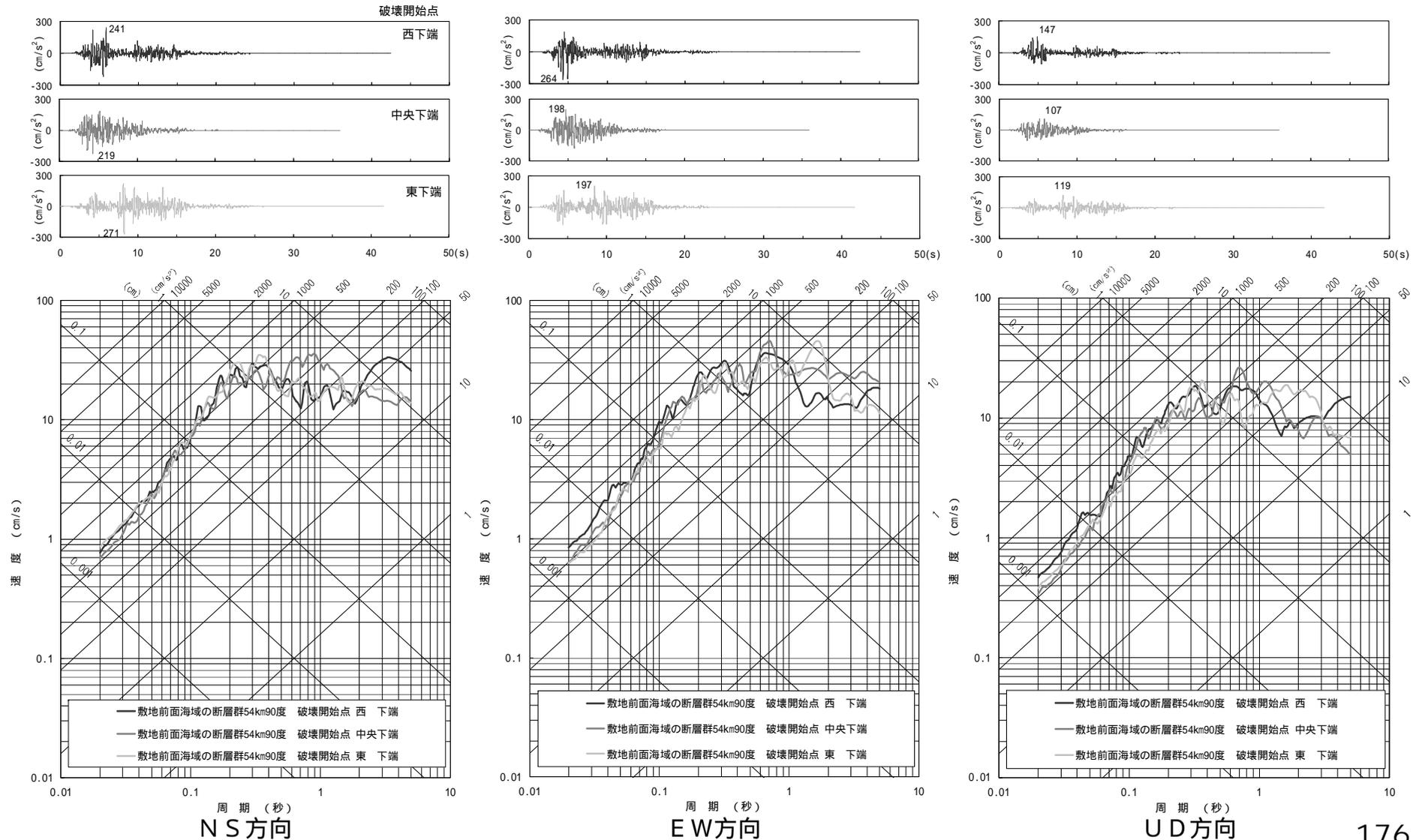
$$1 - \epsilon < D_{max} / (D_{max} - D_{min}) < 1 + \epsilon \quad (\text{ここで } \epsilon = 0.2)$$

これにより、正の方向にベル型の形状を持つ変位波形のみが採用される。

## 統計的グリーン関数法による評価結果

### 評価結果(基本ケース)

基本ケース(54km・90度)の評価結果を示す。



# 評価結果

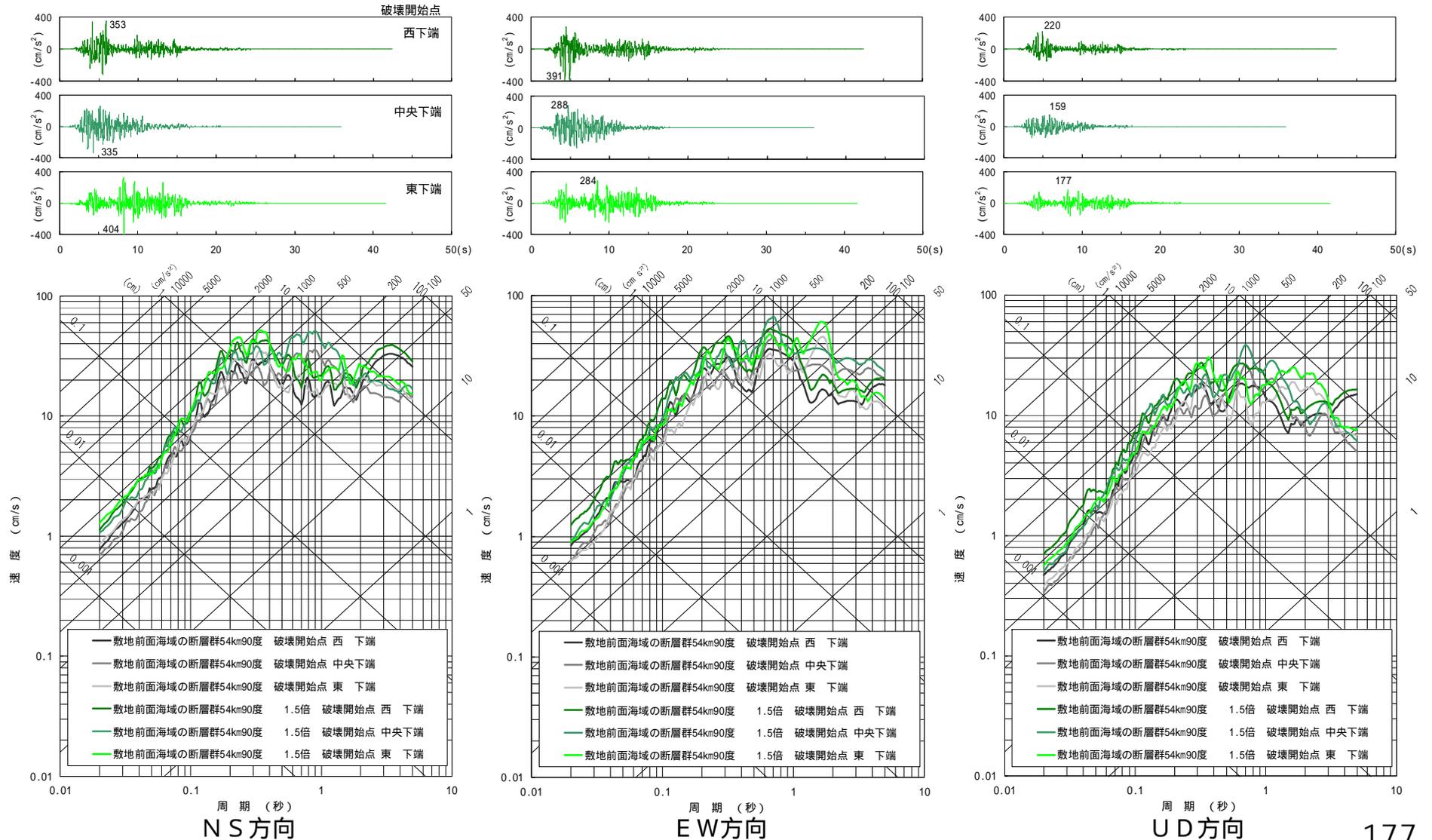
不確かさ考慮 (54km・90度・応力降下量1.5倍)

## 5. 地震動評価

5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### 評価結果(基本ケースとの比較)

不確かさ考慮 (54km・90度・応力降下量1.5倍) の評価結果を, 基本ケース(54km・90度) と比較する。



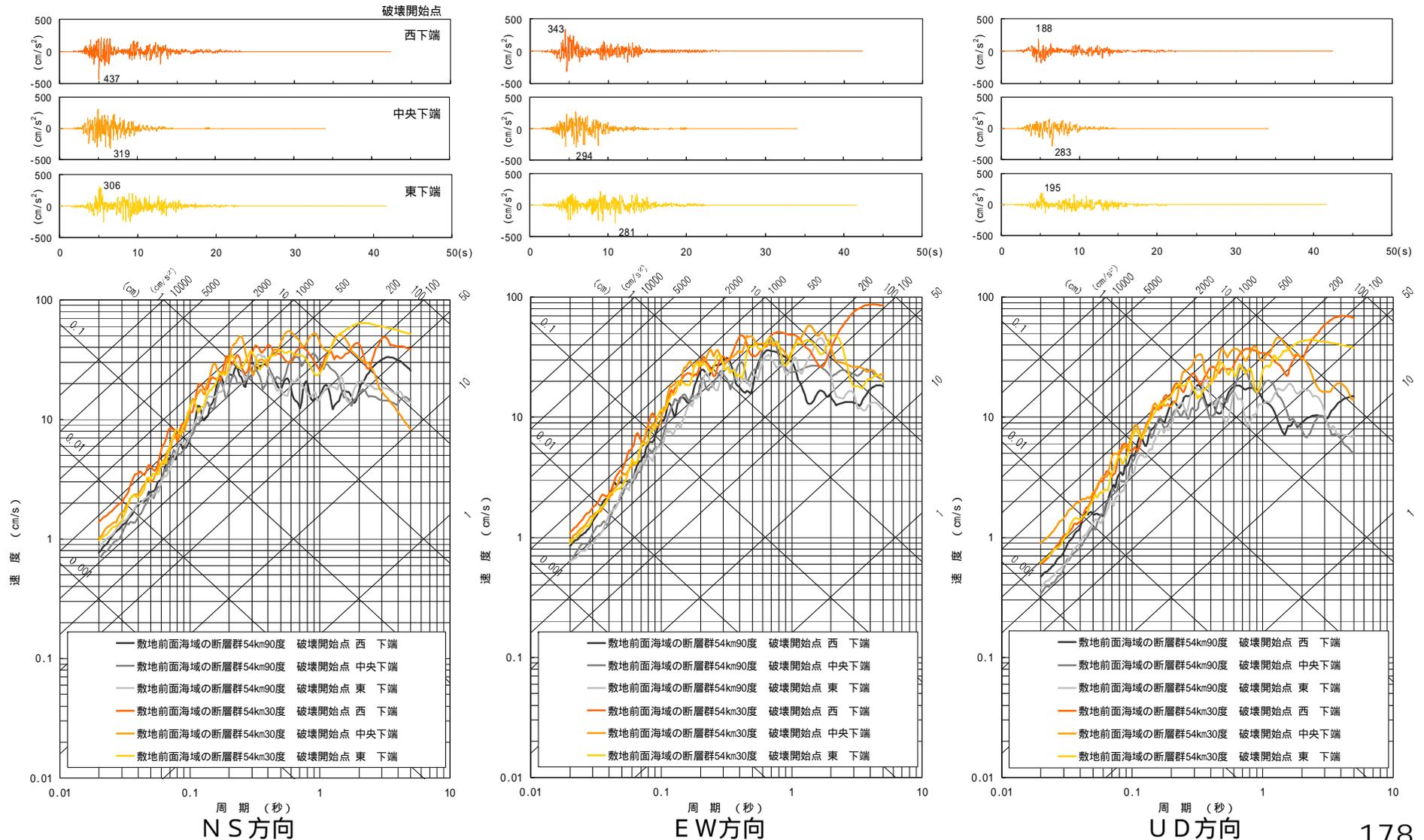
# 評価結果

不確かさ考慮 (54km・30度)

5.地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

## 評価結果(基本ケースとの比較)

不確かさ考慮 (54km・30度)の評価結果を,基本ケース(54km・90度)と比較する。



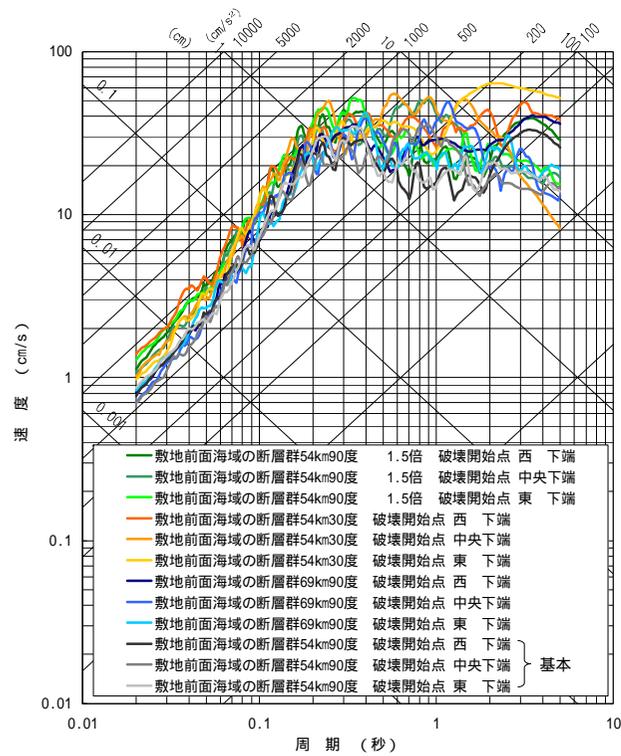


# 評価結果

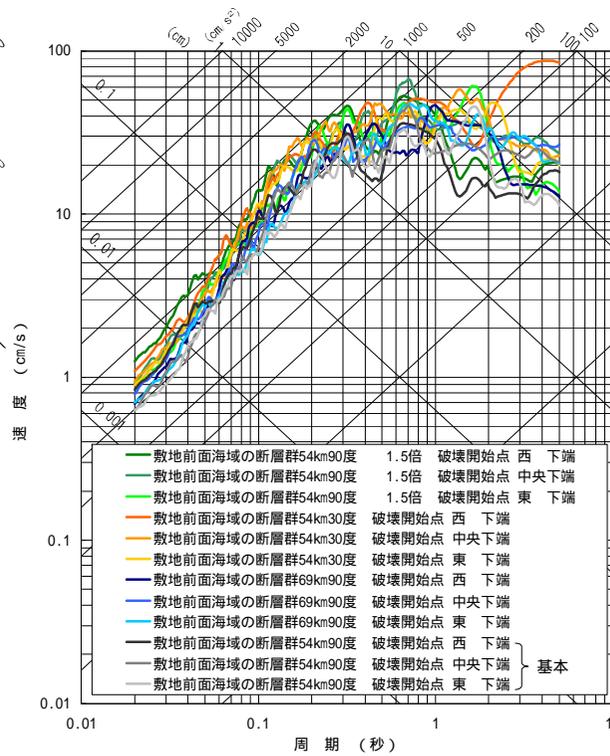
## 5. 地震動評価 5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### 評価結果(不確かさの影響度合いの評価)

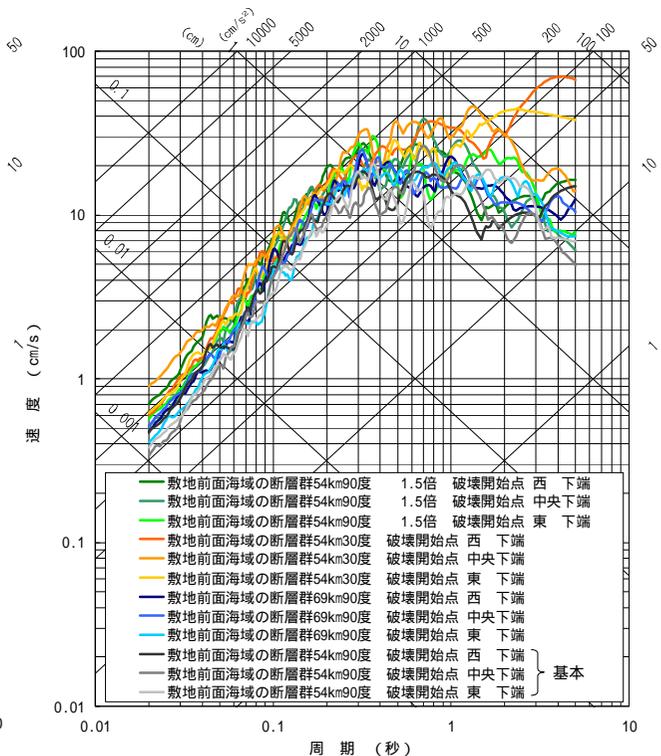
中央構造線断層帯評価における, 不確かさケースを比較する。これより, 地震動に与える影響は,  
基本ケース < 69km・90度 < 54km・90度・応力降下量1.5倍 < 54km・30度  
と評価される。



NS方向



EW方向



UD方向



## 経験的グリーン関数法による地震動評価

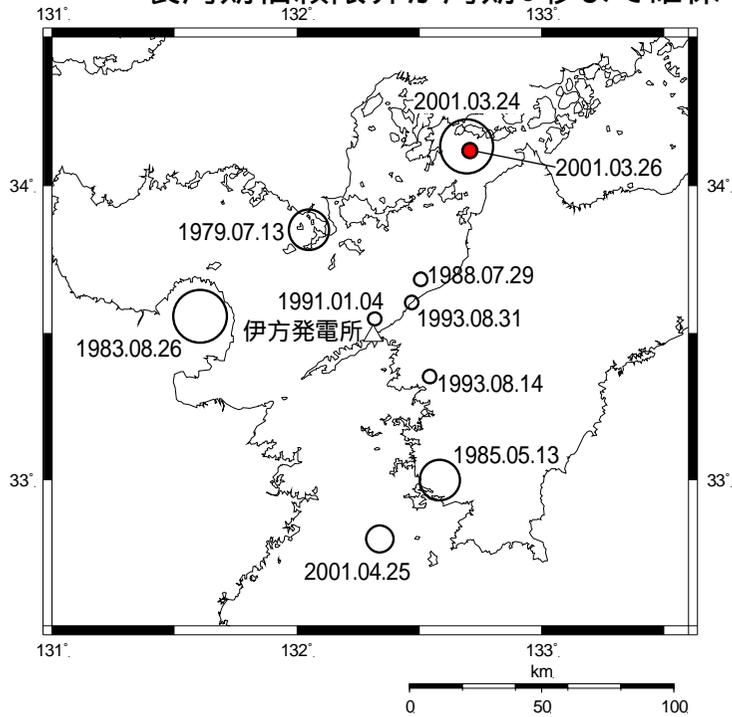
### 要素地震の選定および補正

# 要素地震

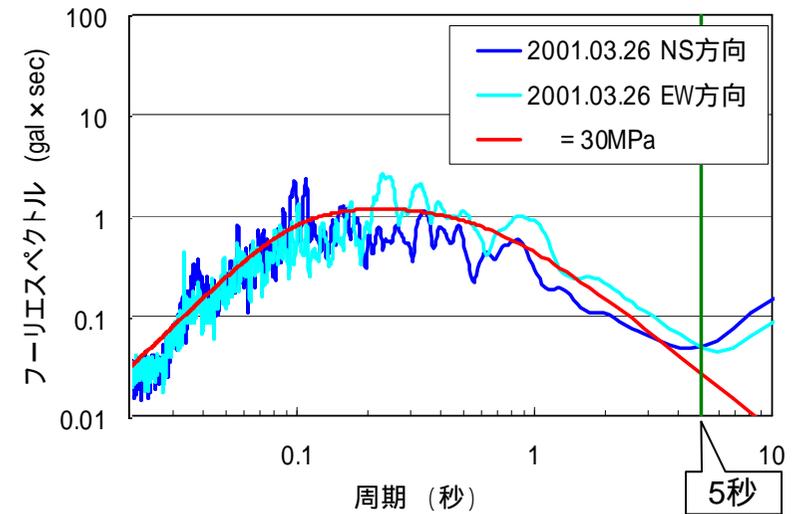
5. 地震動評価  
 5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

## ➤ 要素地震の選定および選定基準

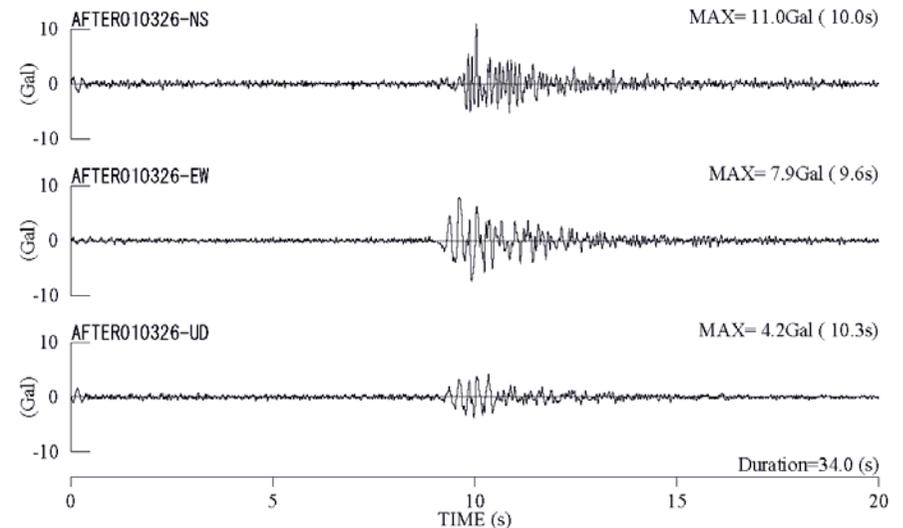
伝播特性を勘案し、伊予灘側に震源がある地震  
 長周期信頼限界が周期5秒まで確保できる記録



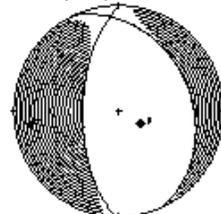
凡例	
6.5	$M < 7.0$
6.0	$M < 6.5$
5.5	$M < 6.0$
5.0	$M < 5.5$



## 要素地震の時刻歴波形



2001/03/26,05:41



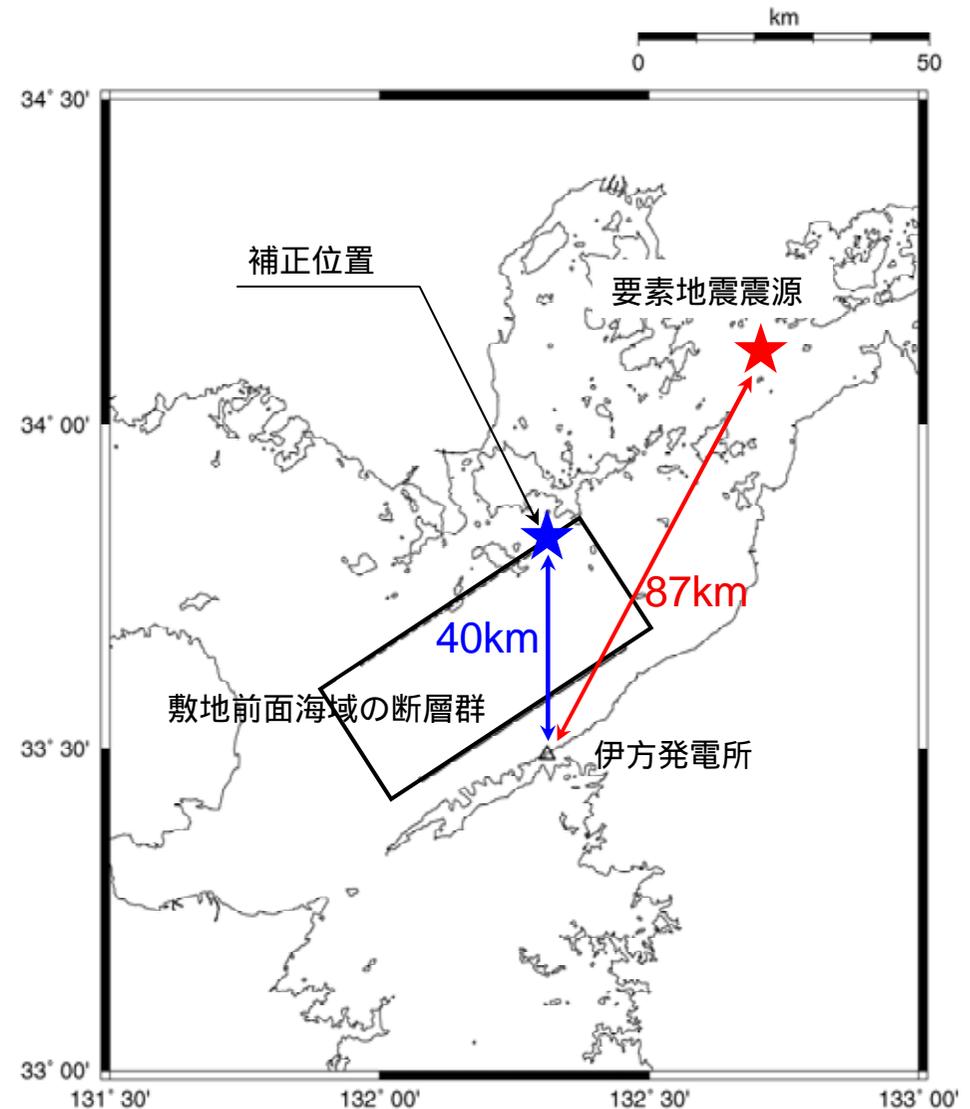
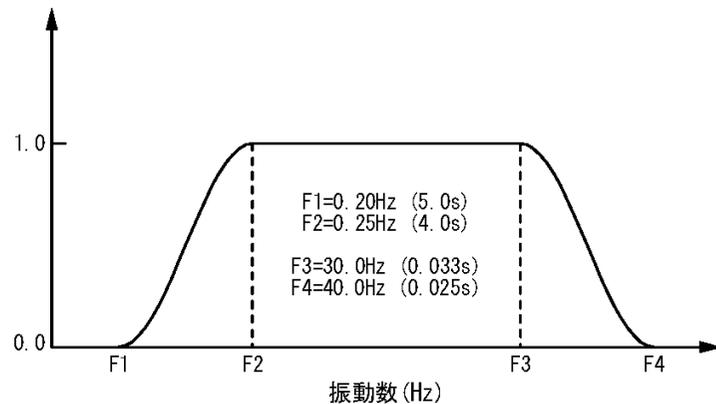
34.1N 132.7E 38km Mw5.1  
 strike: 335 dip: 31 slip: -113  
 mxx: -0.36 mxy: 0.91 mxz: 0.45  
 myy: 4.07 myz: -2.55 mzz: -3.71  
 unit: 1e+16 moment: 4.76e+16 Nm

## ➤ 要素地震の補正 (発生位置の補正)

本来の震源位置から想定する断層面内に幾何減衰と内部減衰を考慮して距離補正する。

Q値はサイトにおける海洋プレート内地震の観測記録から同定したものを使用する。

## ➤ 要素地震の補正 (観測記録に対するフィルター処理)



## ➤ 要素地震の補正(媒質の補正)

観測地震は、対象地震とは媒質の異なるスラブ内で発生した地震であるため、密度やせん断波速度を考慮して、壇・佐藤(1998)によりスラブ内から内陸地殻内の媒質へ補正する

	スラブ内	内陸地殻内
せん断波速度	4.0km/s	3.5km/s
剛性率	$5.28 \times 10^{10} \text{N/m}^2$	$4.00 \times 10^{10} \text{N/m}^2$
密度	$3.3 \text{g/cm}^3$	$3.265 \text{g/cm}^3$
応力降下量	30MPa	22.7MPa
地震モーメント	$4.76 \times 10^{16} \text{Nm}$	$3.61 \times 10^{16} \text{Nm}$
断層面	1.569km × 1.569km	同左
平均すべり量	36.6cm	同左

$$\sigma_d = \sigma_s \times \frac{\rho_d \cdot \beta_d^2}{\rho_s \cdot \beta_s^2} = \sigma_s \times \frac{\mu_d}{\mu_s}$$

$$M_{od} = M_{os} \times \frac{\rho_d \cdot \beta_d^2}{\rho_s \cdot \beta_s^2} = M_{os} \times \frac{\mu_d}{\mu_s}$$

$\sigma_s$ : 応力降下量(スラブ内地震)

$\sigma_d$ : 応力降下量(内陸地殻内地震)

$\rho_s$ : 密度(スラブ内地震)

$\rho_d$ : 密度(内陸地殻内地震)

$\beta_s$ : せん断波速度(スラブ内地震)

$\beta_d$ : せん断波速度(内陸地殻内地震)

$\mu_s$ : 剛性率(スラブ内地震)

$\mu_d$ : 剛性率(内陸地殻内地震)

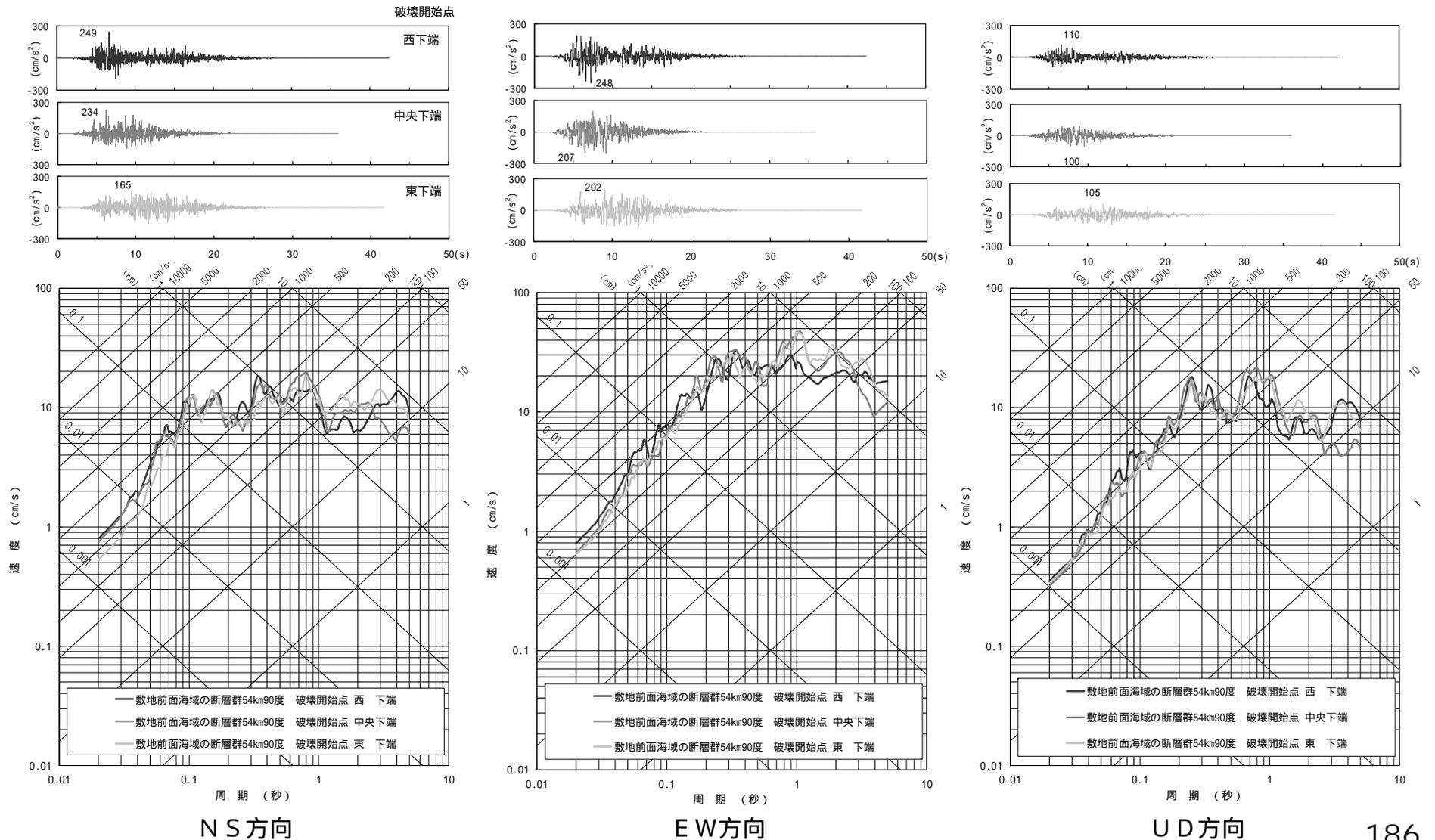
$M_{os}$ : 地震モーメント(スラブ内地震)

$M_{od}$ : 地震モーメント(内陸地殻内地震)

## 経験的グリーン関数法による評価結果

### 評価結果(基本ケース)

基本ケース(54km・90度)の評価結果を示す。



# 評価結果

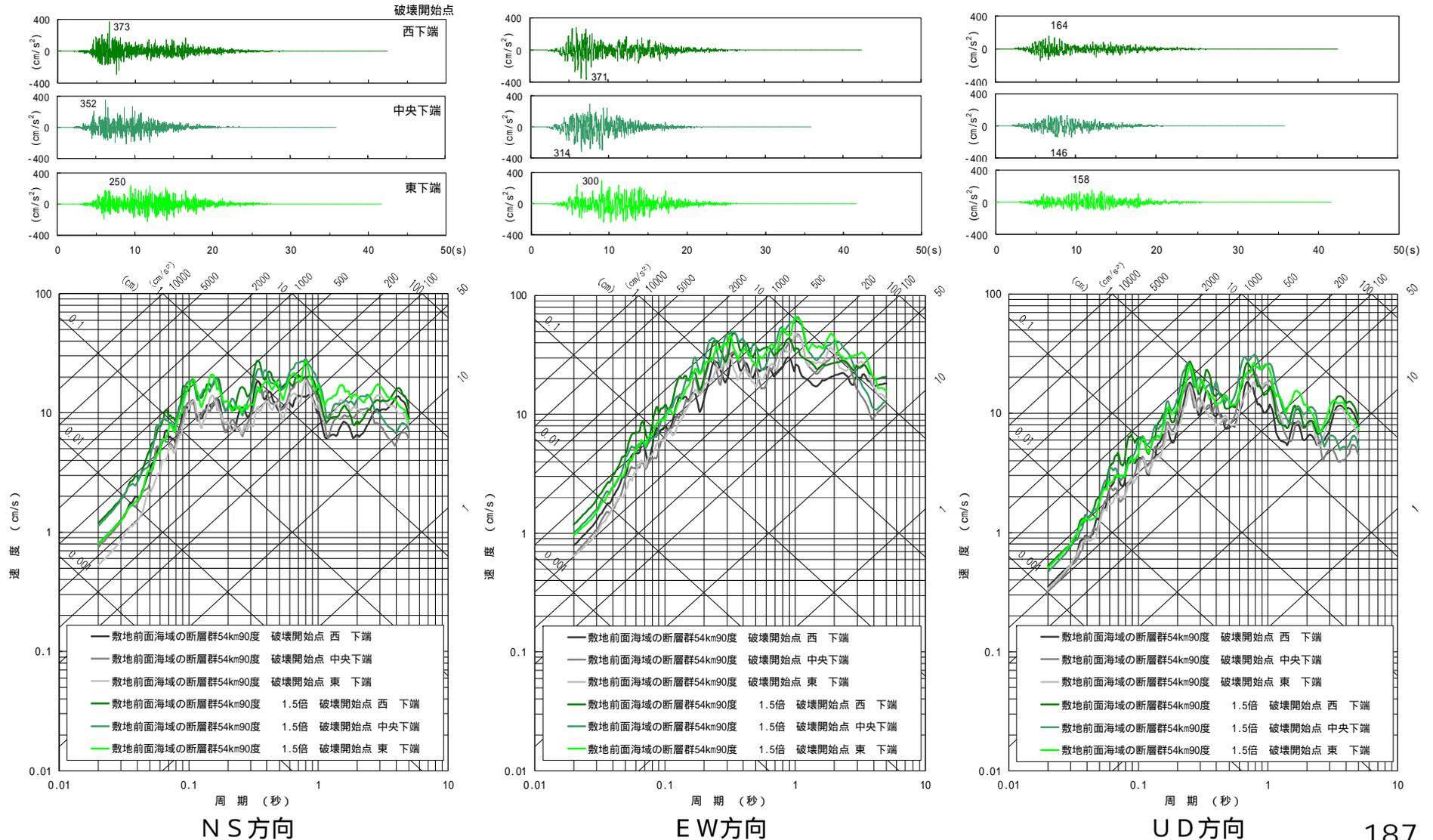
不確かさ考慮 (54km・90度・応力降下量1.5倍)

## 5. 地震動評価

5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### 評価結果(基本ケースとの比較)

不確かさ考慮 (54km・90度・応力降下量1.5倍) の評価結果を, 基本ケース(54km・90度) と比較する。



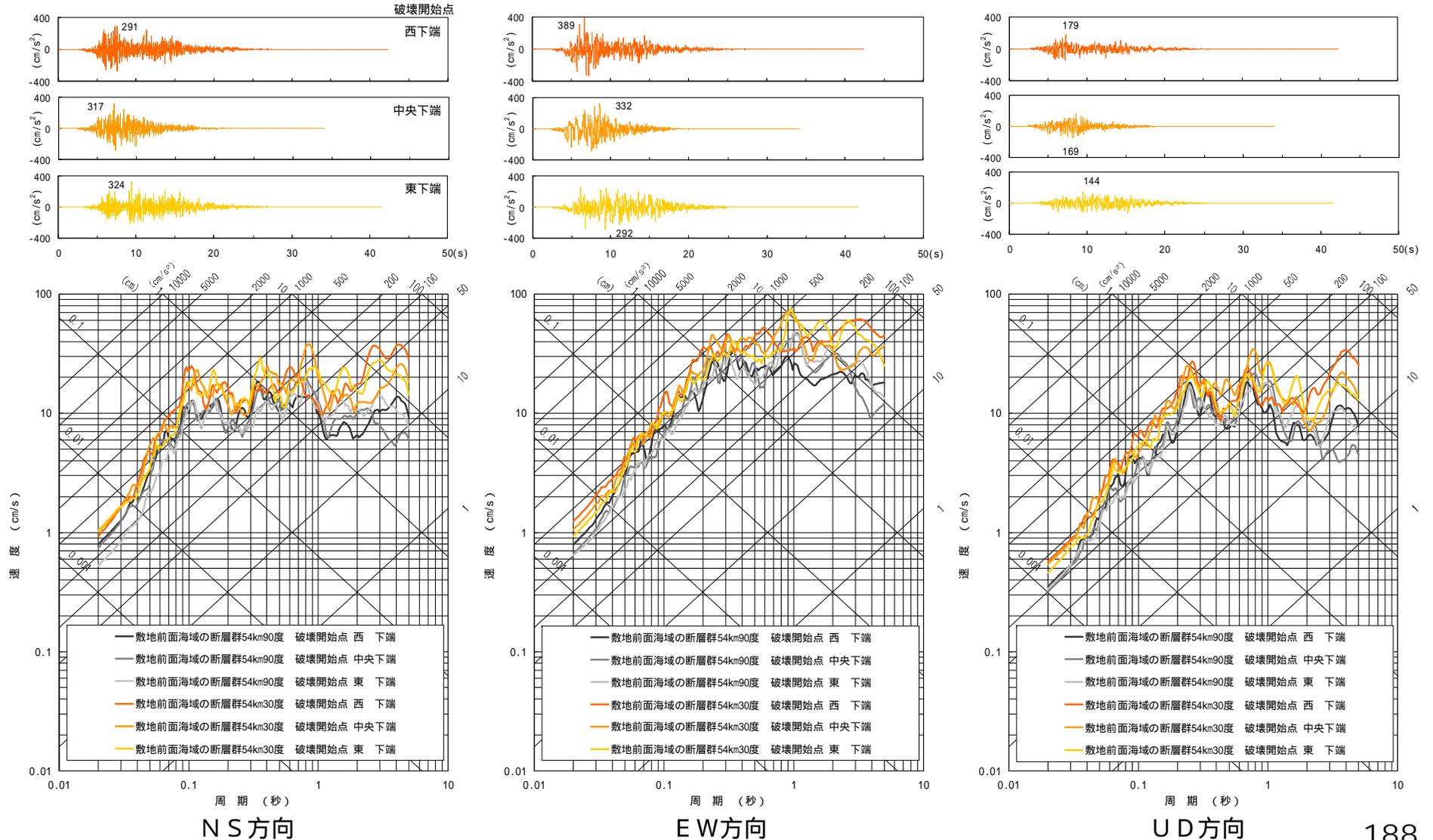
# 評価結果

不確かさ考慮 (54km・30度)

5. 地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

## 評価結果(基本ケースとの比較)

不確かさ考慮 (54km・30度)の評価結果を,基本ケース(54km・90度)と比較する。



# 評価結果

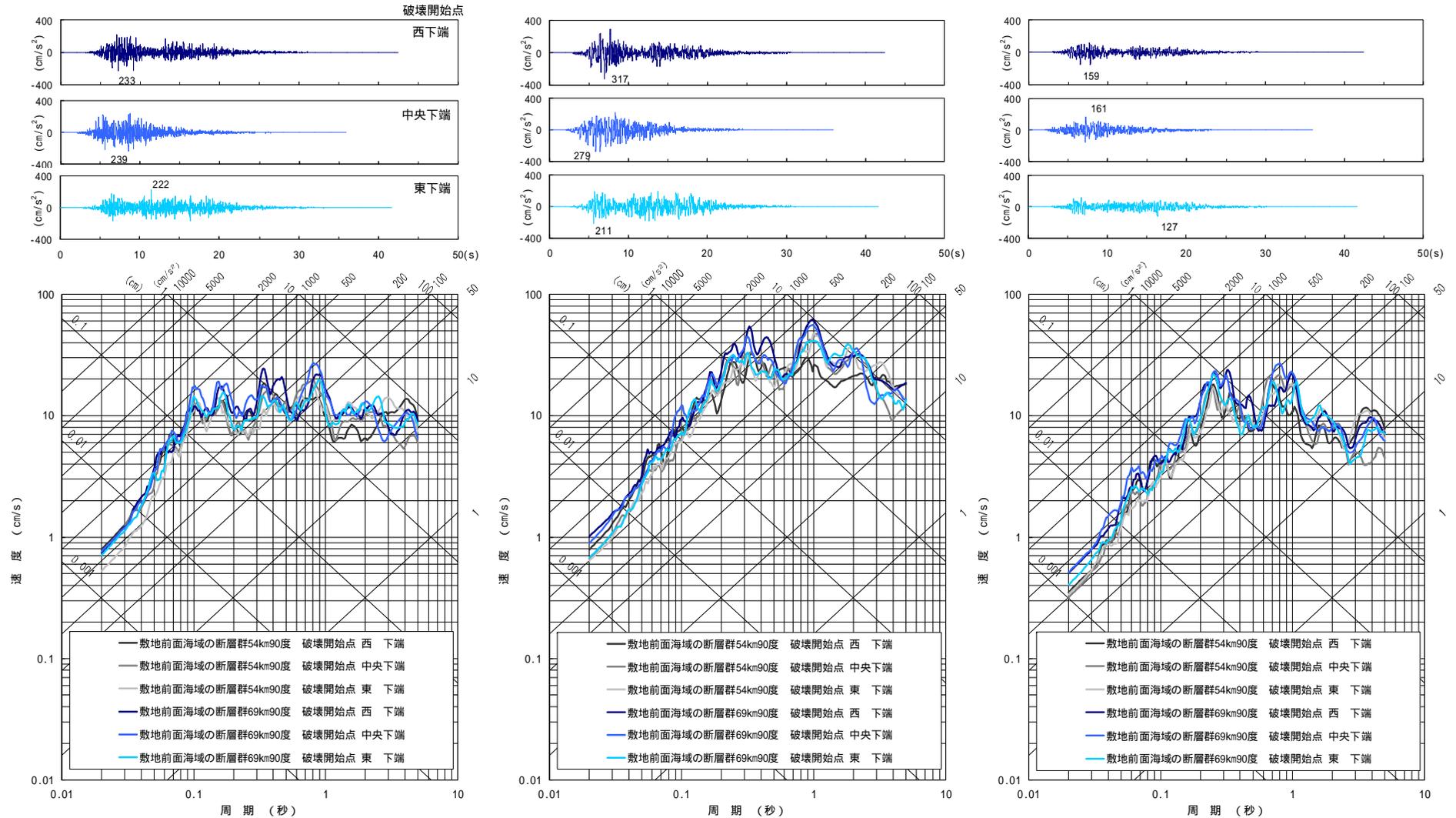
不確かさ考慮 (69km・90度)

## 5. 地震動評価

5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### 評価結果(基本ケースとの比較)

不確かさ考慮 (69km・90度) の評価結果を, 基本ケース (54km・90度) と比較する。



NS方向

EW方向

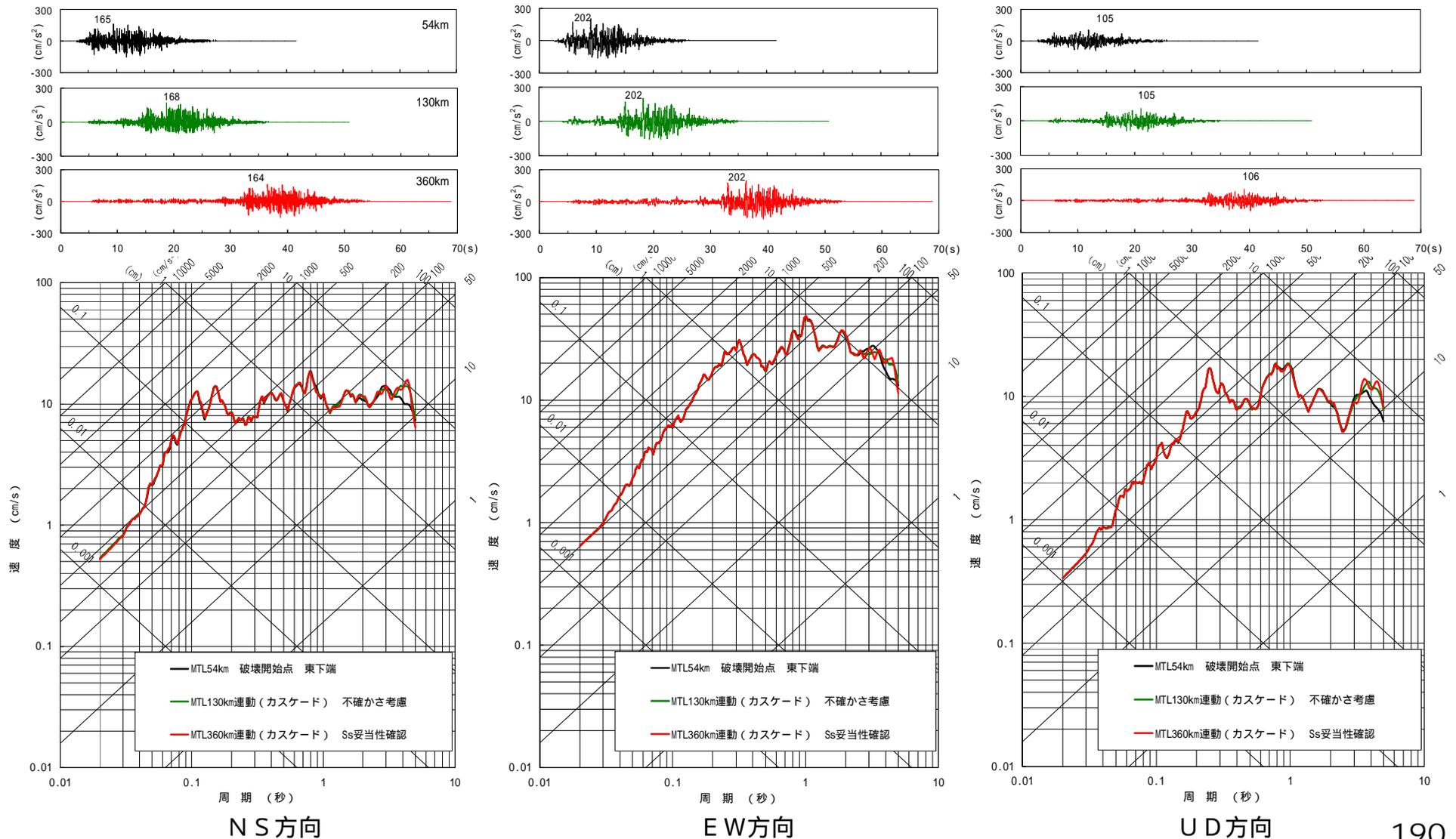
UD方向

# 評価結果

不確かさ考慮 (130km連動モデル・カスケード) 妥当性確認 (360km連動モデル・カスケード)

## 評価結果

不確かさ考慮 (130km連動モデル・カスケード), 妥当性確認 (360km連動モデル・カスケード)とも, 断層長さを変えても地震動は大きくは変わらないことを確認した。(全て東方から西方への破壊を想定して比較)



# 評価結果

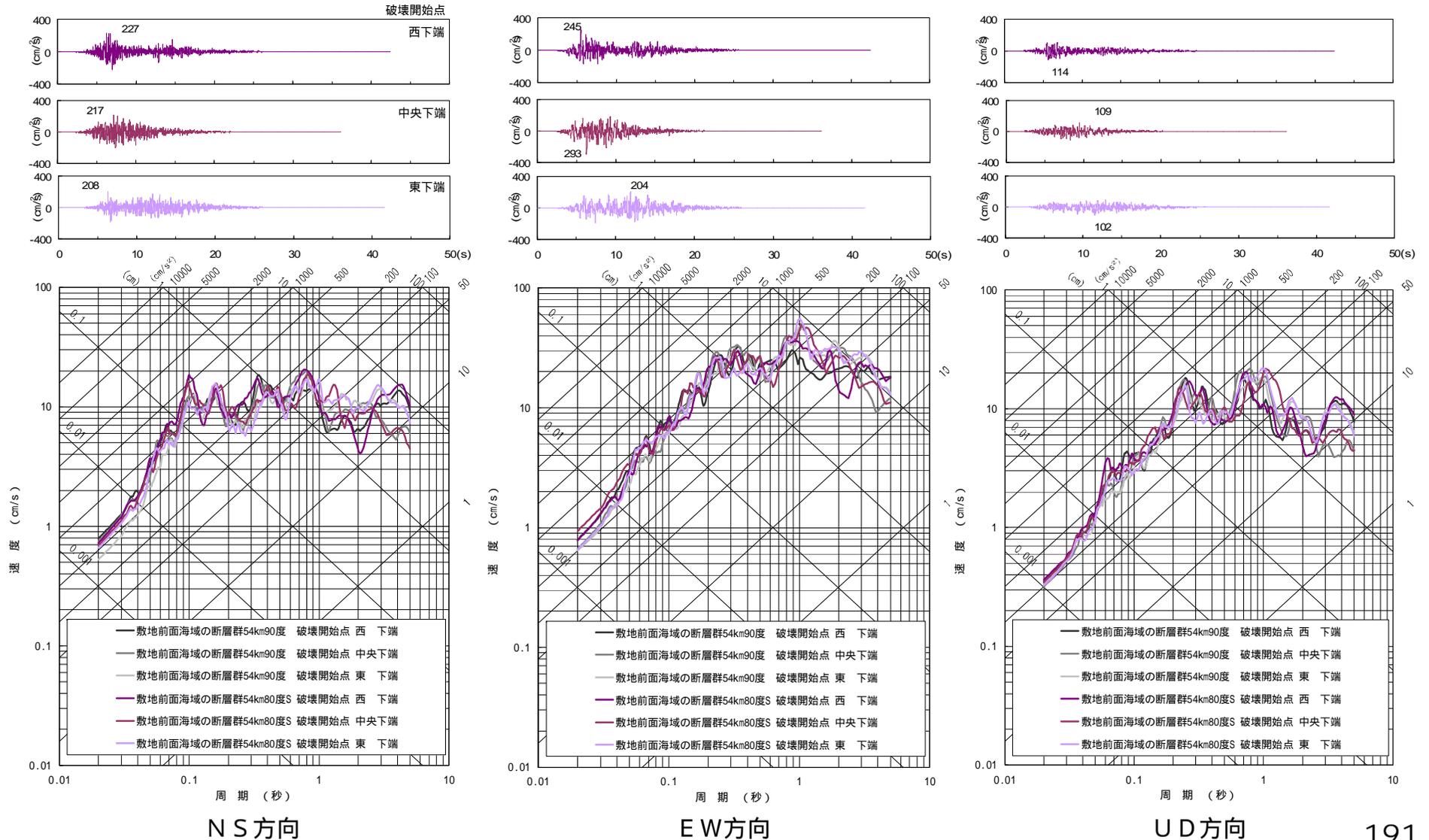
不確かさ考慮 (54km・80度)

## 5. 地震動評価

5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### 評価結果(基本ケースとの比較)

不確かさ考慮 (54km・80度) の評価結果を, 基本ケース (54km・90度) と比較する。



# 評価結果

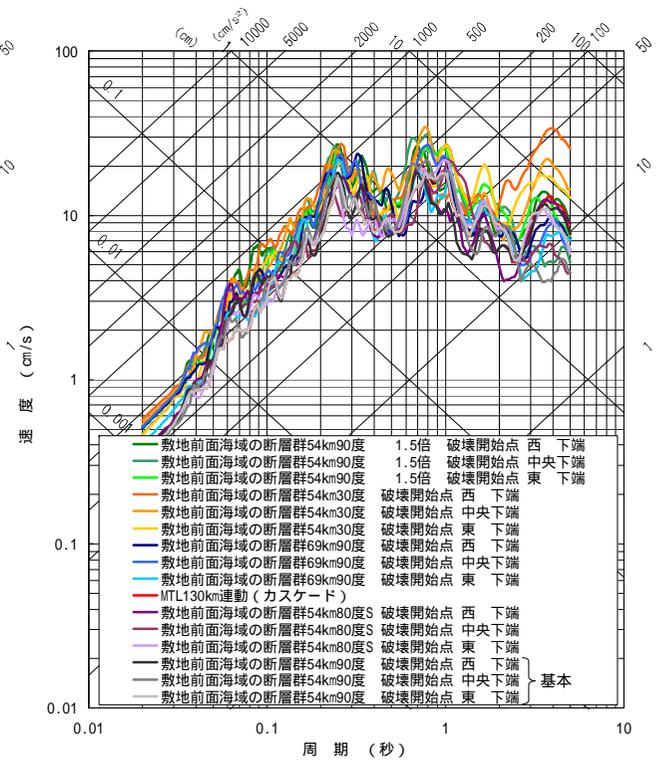
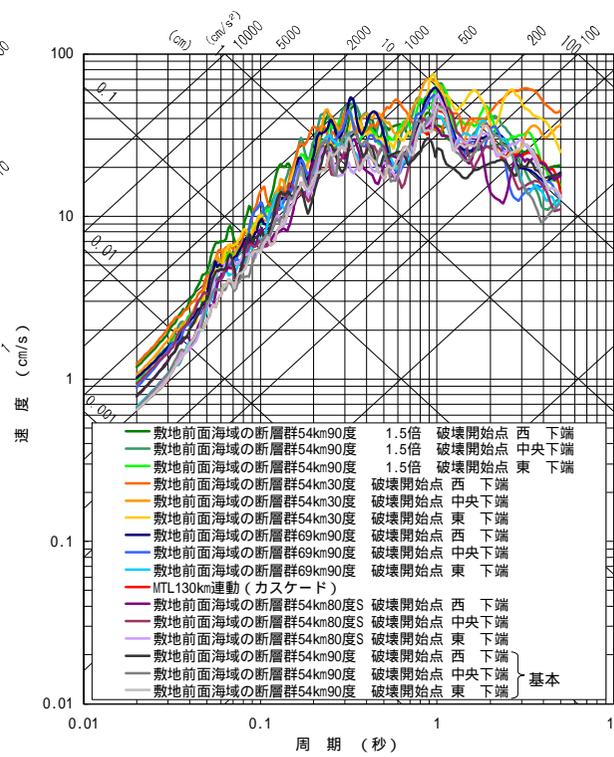
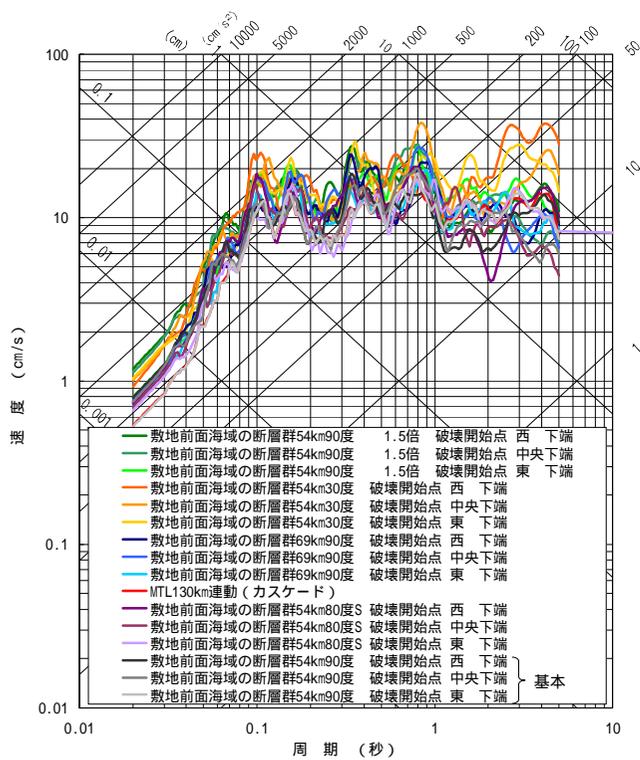
## 5. 地震動評価 5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### 評価結果(不確かさの影響度合いの評価)

中央構造線断層帯評価における, 不確かさケースを比較する。これより, 地震動に与える影響は,

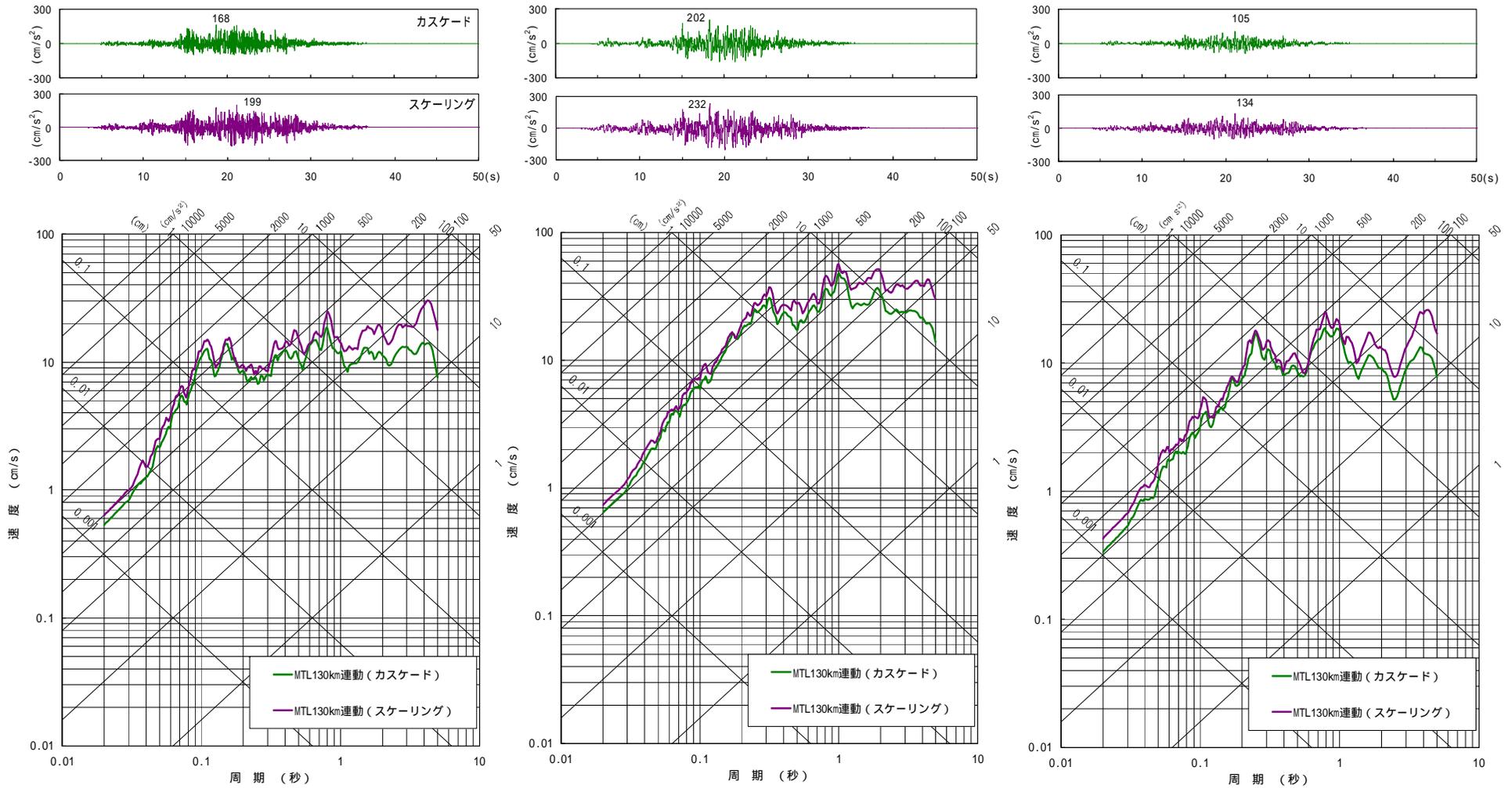
基本ケース 54km・80度 < 130km連動(カスケード) < 69km・90度 < 54km・90度・応力降下量1.5倍 54km・30度

と評価される。



### 評価結果

130km連動モデル(スケーリング)を, 130km連動モデル(カスケード)と比較して示す。破壊伝播方向は東から西に向かう破壊を想定した。



NS方向

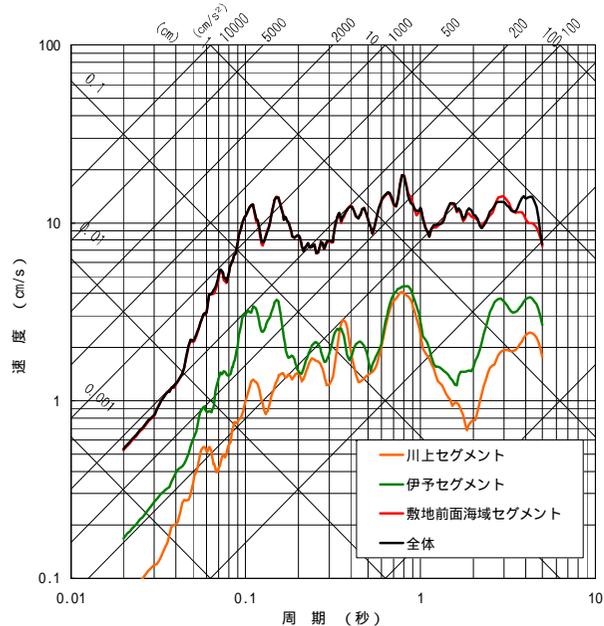
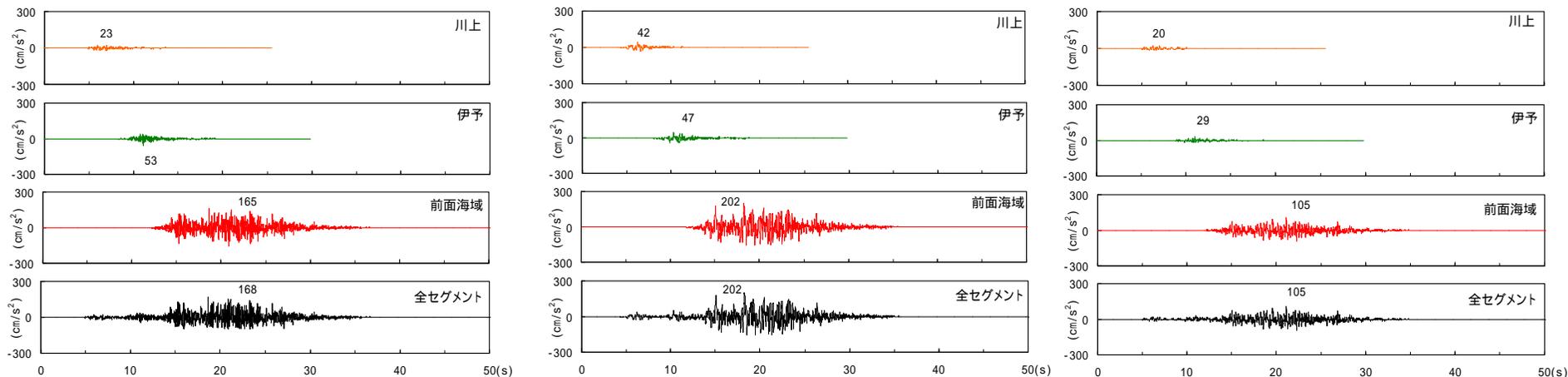
EW方向

UD方向

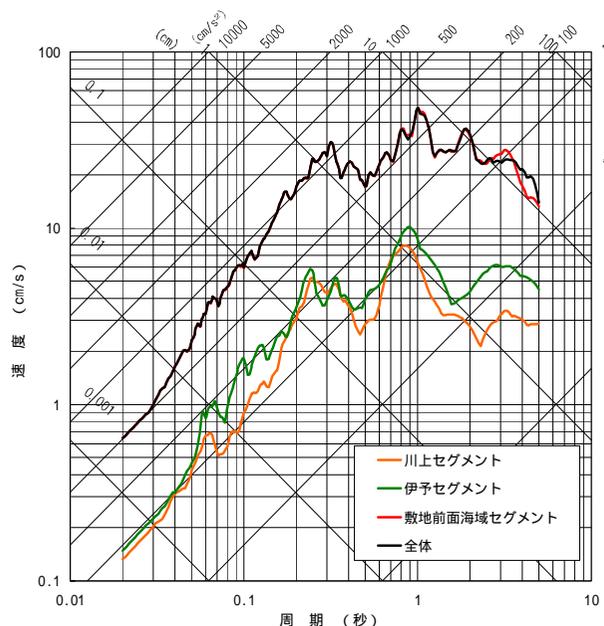
# 130km連動モデル(カスケード) 個々のセグメントの寄与

5. 地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

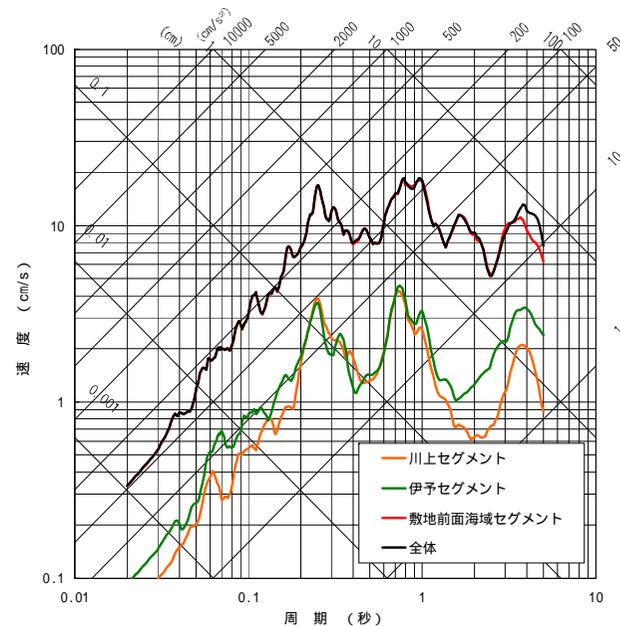
個々のセグメントの影響を確認するため、セグメント毎の地震動を抽出して表示する。これより、130kmカスケードモデルにおいて、敷地での地震動は、前面海域セグメントによる地震動が支配的であることがわかる。



NS方向



EW方向

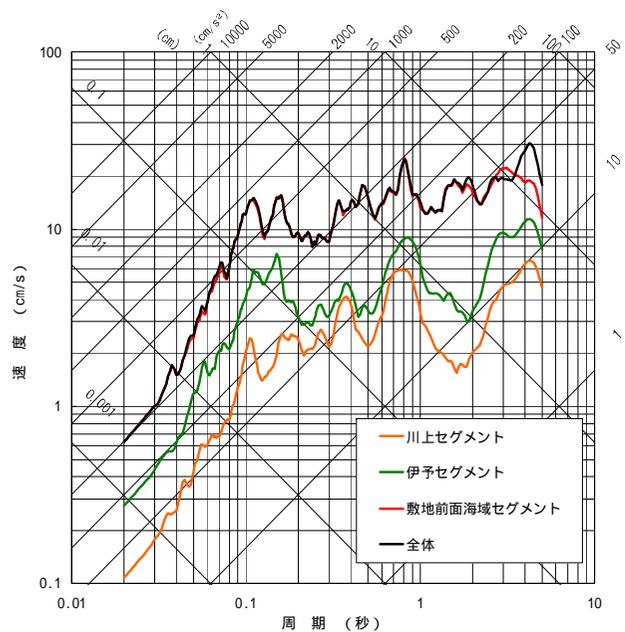
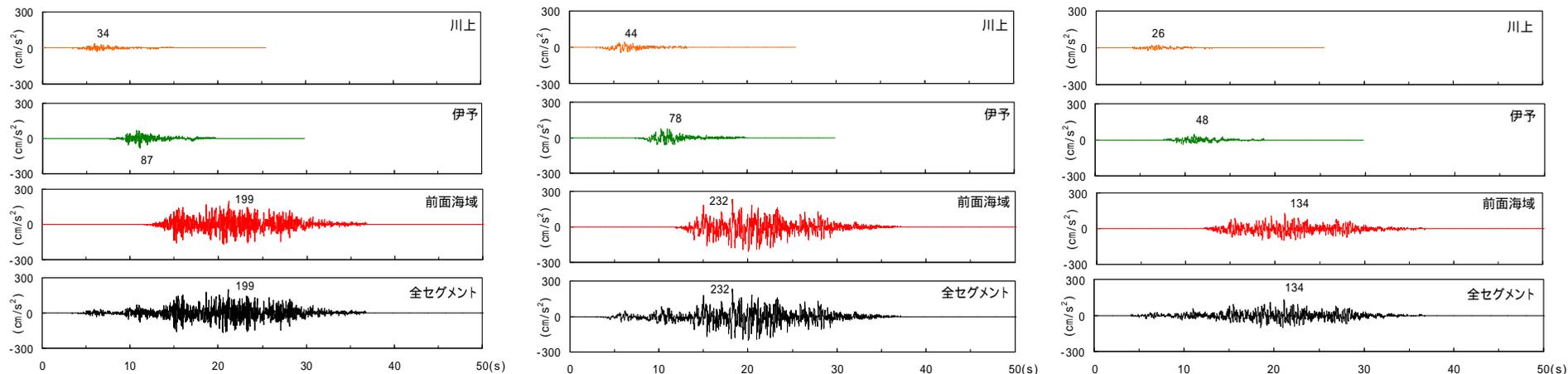


UD方向

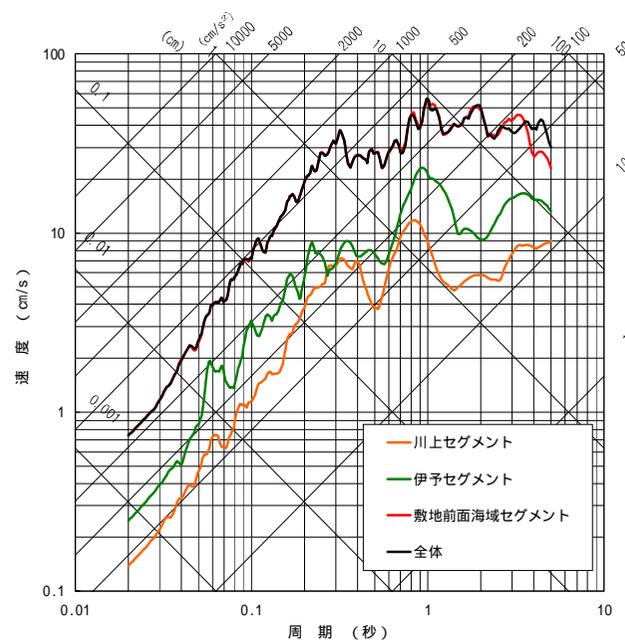
# 130km連動モデル(スケーリング) 個々のセグメントの寄与

5. 地震動評価  
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

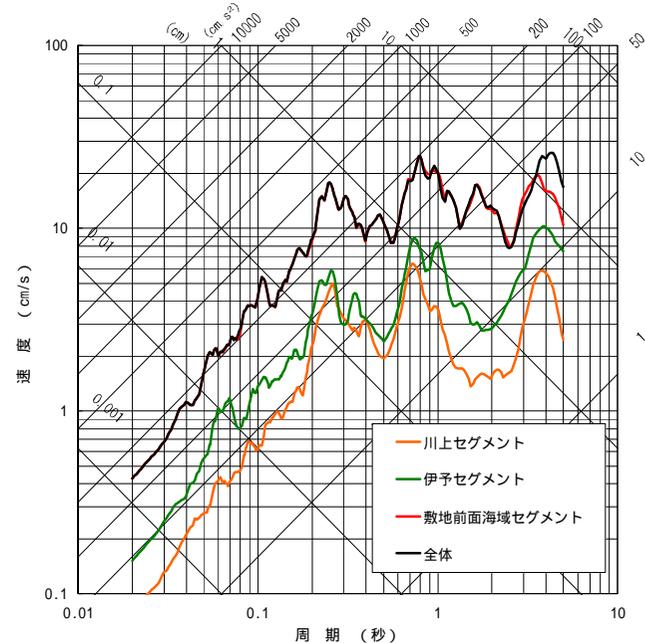
個々のセグメントの影響を確認するため、セグメント毎の地震動を抽出して表示する。これより、130kmスケーリングモデルにおいて、敷地での地震動は、前面海域セグメントによる地震動が支配的であることがわかる。



NS方向



EW方向

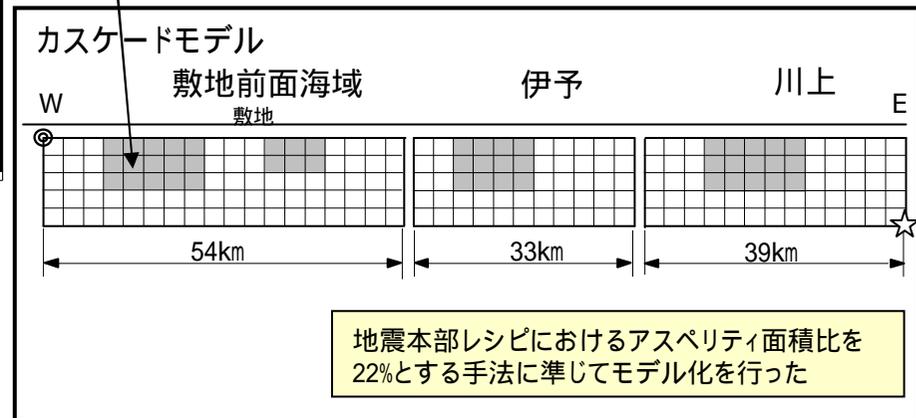
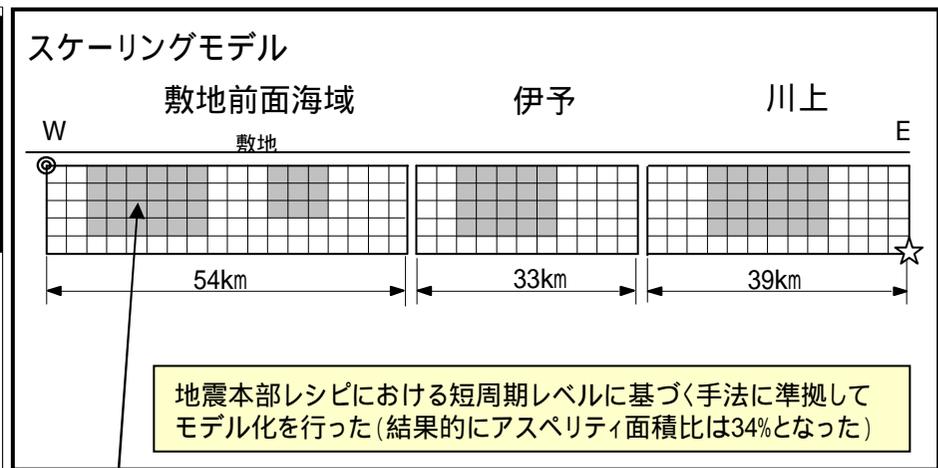
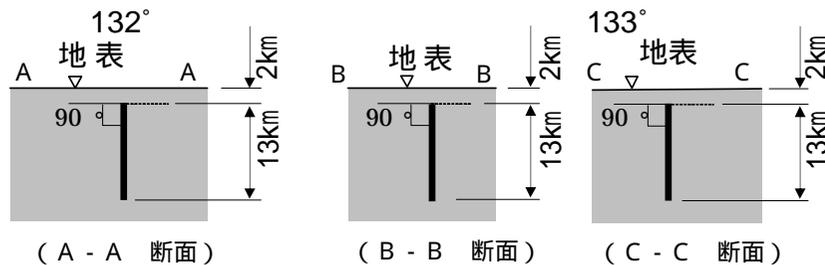
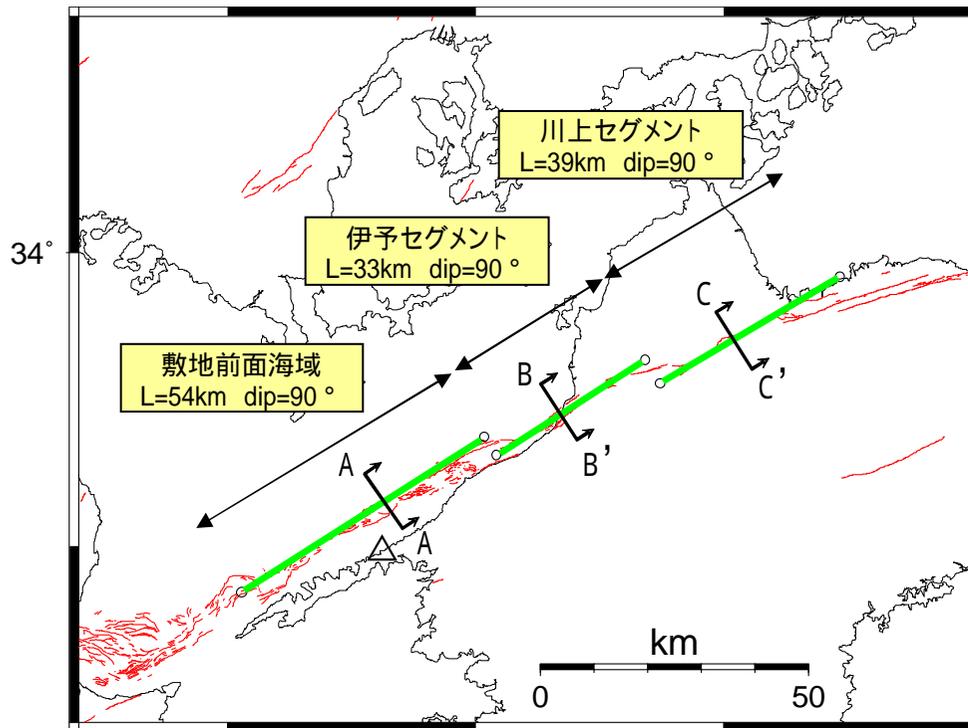


UD方向

# カスケードモデルとスケーリングモデルの比較

- 【断層諸元】
- 断層長さ : 126km
  - 断層傾斜角 :  $90^\circ$
  - アスペリティ位置 : 上端
  - 破壊開始点 : 断層東下端 (破壊が敷地に向う方向)

敷地とアスペリティの位置関係(最短距離など)は, スケーリングモデルとカスケードモデルとで大きくかわるものではない



# パラメータ表 130km連動モデル(カスケード/スケーリング)

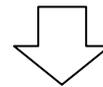
## 5. 地震動評価 5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

断層パラメータ	記号	130kmカスケードモデル				130kmスケーリングモデル				
		敷地前面海域の断層群	伊予セグメント	川上セグメント	全体(約130km)	根拠	全体(約130km)	根拠		
断層位置(断層西端)	-	東経:132° 1' 42" 北緯: 33° 25' 20"	東経:132° 32' 28" 北緯: 33° 39' 21"	東経:132° 52' 16" 北緯: 33° 46' 42"	東経:132° 1' 42" 北緯: 33° 25' 20"	【基本方針】 地震本部レシビのアスぺリティ面積22%の手法を適用	東経:132° 1' 42" 北緯: 33° 25' 20"	【基本方針】 短周期レベルが壇・他(2001)に等しくなるように設定  アスぺリティ面積を34%として構築		
走向		N57E	N57E	N59E	N57E ~ N59E		N57E ~ N59E			
傾斜角		90°	90°	90°	90°		90°			
断層長さ	L	54.0 km	33.0 km	39.0 km	126.0 km		126.0 km			
断層幅	W	13.0 km	13.0 km	13.0 km	13.0 km		13.0 km			
断層面積	S	702.0 km <sup>2</sup>	429.0 km <sup>2</sup>	507.0 km <sup>2</sup>	1638.0 km <sup>2</sup>		1638.0 km <sup>2</sup>			
断層上端深さ	H	2.0km	2.0km	2.0km	2.0km		2.0km			
破壊伝播形式	-	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状		同心円状			
応力降下量		2.6 MPa	1.9 MPa	2.1 MPa	-		楕円クラック 4.5 MPa		無限長地表垂直横ずれ	
地震モーメント	M <sub>0</sub>	2.74E+19 N・m	1.02E+19 N・m	1.43E+19 N・m	5.19E+19 N・m		入倉・三宅(2001) 1.49E+20 N・m		入倉・三宅(2001)	
モーメントマグニチュード	M <sub>W</sub>	6.9	6.6	6.7	7.1	Kanamori(1977) 7.4	Kanamori(1977)			
気象庁マグニチュード	M <sub>J</sub>	7.3	6.9	7.0	7.5	武村(1998) 7.9	武村(1998)			
短周期レベル	A	1.36E+19 N・m/s <sup>2</sup>	7.99E+18 N・m/s <sup>2</sup>	9.49E+18 N・m/s <sup>2</sup>	-	4 (S/ ) <sup>1/2</sup> . . . <sup>2</sup>	2.81E+19 N・m/s <sup>2</sup>	壇・他(2001)		
巨視的パラメータ	地震モーメント	M <sub>0a</sub>	1.21E+19 N・m	4.50E+18 N・m	6.29E+18 N・m	2.29E+19 N・m	M <sub>0a</sub> = μ D <sub>a</sub> S <sub>a</sub>	1.00E+20 N・m	M <sub>0a</sub> = μ D <sub>a</sub> S <sub>a</sub>	
	面積	S <sub>a</sub>	154.4 km <sup>2</sup>	94.4 km <sup>2</sup>	111.5 km <sup>2</sup>	360.3 km <sup>2</sup>	S <sub>a</sub> /S=22%	550.4 km <sup>2</sup>	S <sub>a</sub> /S=34%	
	平均すべり量	D <sub>a</sub>	195 cm	119 cm	141 cm	158 cm	D <sub>a</sub> =2.0 × D	456 cm	D <sub>a</sub> =2.0 × D	
	応力降下量	a	11.8 MPa	8.9 MPa	9.7 MPa	-	a = /0.22	13.3 MPa	a = /0.34	
	第1アスぺリティ	地震モーメント	M <sub>0a1</sub>	9.81E+18 N・m			9.81E+18 N・m		3.35E+19 N・m	
		面積	S <sub>a1</sub>	112.3 km <sup>2</sup>			112.3 km <sup>2</sup>		171.5 km <sup>2</sup>	
		平均すべり量	D <sub>a1</sub>	218 cm			218 cm		489 cm	
		実効応力	a <sub>1</sub>	11.8 MPa			11.8 MPa		13.3 MPa	
	第2アスぺリティ	地震モーメント	M <sub>0a2</sub>	2.25E+18 N・m			2.25E+18 N・m		7.70E+18 N・m	
		面積	S <sub>a2</sub>	42.1 km <sup>2</sup>			42.1 km <sup>2</sup>		64.3 km <sup>2</sup>	
平均すべり量		D <sub>a2</sub>	134 cm			134 cm		299 cm		
第3アスぺリティ	地震モーメント	M <sub>0a3</sub>		4.50E+18 N・m		4.50E+18 N・m		2.58E+19 N・m		
	面積	S <sub>a3</sub>		94.4 km <sup>2</sup>		94.4 km <sup>2</sup>		144.1 km <sup>2</sup>		
	平均すべり量	D <sub>a3</sub>		119 cm		119 cm		448 cm		
第4アスぺリティ	地震モーメント	M <sub>0a4</sub>			6.29E+18 N・m	6.29E+18 N・m		3.32E+19 N・m		
	面積	S <sub>a4</sub>			111.5 km <sup>2</sup>	111.5 km <sup>2</sup>		170.4 km <sup>2</sup>		
	平均すべり量	D <sub>a4</sub>			141 cm	141 cm		487 cm		
評価領域	地震モーメント	M <sub>0b</sub>	1.54E+19 N・m	5.73E+18 N・m	8.01E+18 N・m	2.91E+19 N・m	M <sub>0b</sub> =M <sub>0</sub> -M <sub>0a</sub>	4.90E+19 N・m	M <sub>0b</sub> =M <sub>0</sub> -M <sub>0a</sub>	
	面積	S <sub>b</sub>	547.6 km <sup>2</sup>	334.6 km <sup>2</sup>	395.5 km <sup>2</sup>	1277.7 km <sup>2</sup>	S <sub>b</sub> =S-S <sub>a</sub>	1087.6 km <sup>2</sup>	S <sub>b</sub> =S-S <sub>a</sub>	
	平均すべり量	D <sub>b</sub>	70 cm	43 cm	51 cm	57 cm	D <sub>b</sub> =M <sub>0b</sub> /((μ S <sub>b</sub> ))	113 cm	D <sub>b</sub> =M <sub>0b</sub> /((μ S <sub>b</sub> ))	
	実効応力	b	2.4 MPa	1.8 MPa	1.9 MPa	-	b=0.2 × a	2.7 MPa	b=0.2 × a	
その他の震源パラメータ	剛性率	μ	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	-	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	-	
	平均すべり量	D	98 cm	60 cm	71 cm	79 cm	D=M <sub>0</sub> /((μ S))	228 cm	D=M <sub>0</sub> /((μ S))	
	S波速度		3.5 km/s	3.5 km/s	3.5 km/s	3.5 km/s	-	3.5 km/s	-	
	破壊伝播速度	V <sub>R</sub>	2.5 km/s	2.5 km/s	2.5 km/s	2.5 km/s	Geller(1976)	2.5 km/s	Geller(1976)	

敷地に最も影響を与える第1アスぺリティの応力降下量の差は1 ~ 2割程度

敷地に最も影響を与える第1アスペリティに設定している応力降下量は、スケーリングモデルの方が、1～2割程度大きい。

敷地とアスペリティの関係(最短距離など)は、カスケードモデルとスケーリングモデルで大きく変わるものではない。



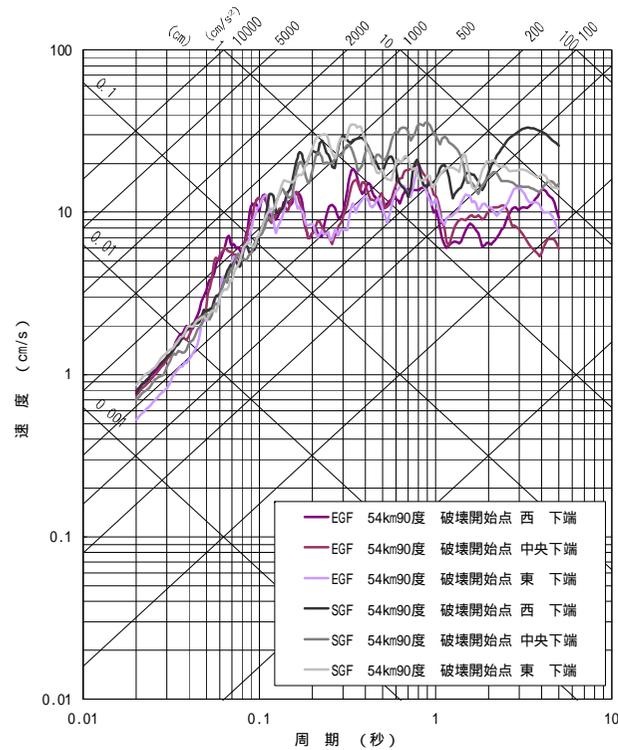
計算された結果は、スケーリングモデルがカスケードモデルに対して、全体的に1～2割程度大きい結果となっており、設定したモデルと整合的であると考えられる。

## 統計的グリーン関数法による結果と経験的グリーン関数法 による結果の比較

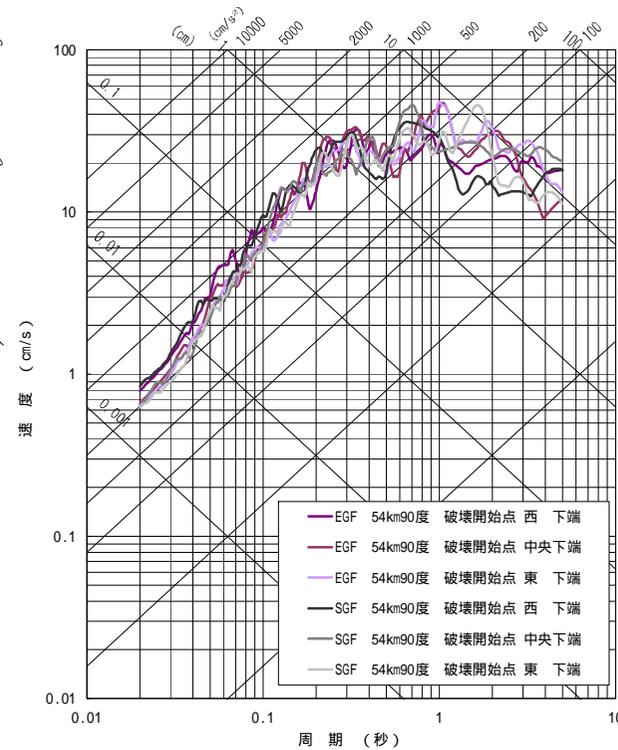
# 統計的手法と経験的手法の比較

## 基本ケース

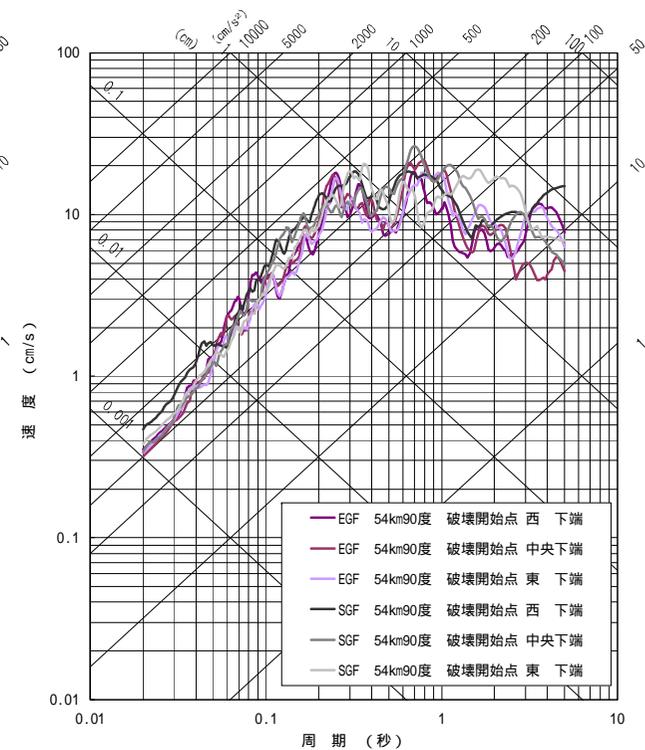
基本ケース(54km90度)について、経験的グリーン関数法(EGF)で評価した結果と統計的グリーン関数法(SGF)で評価した結果を比較する。



NS方向



EW方向

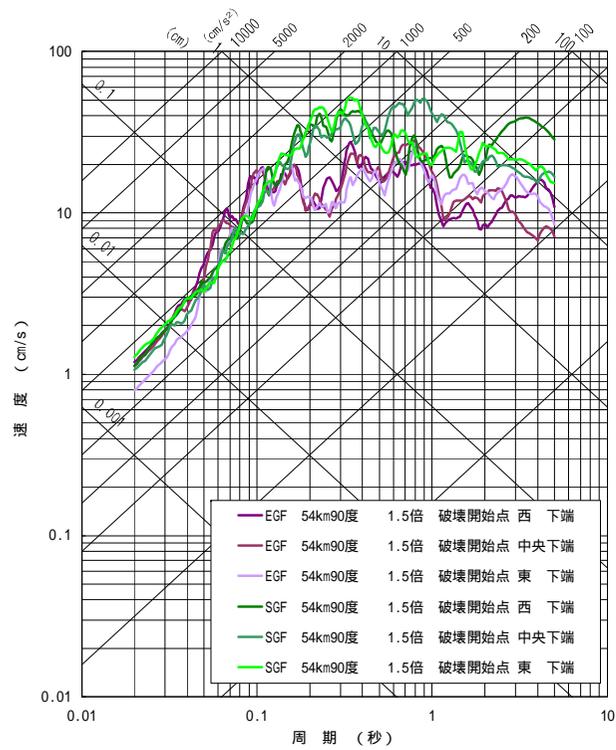


UD方向

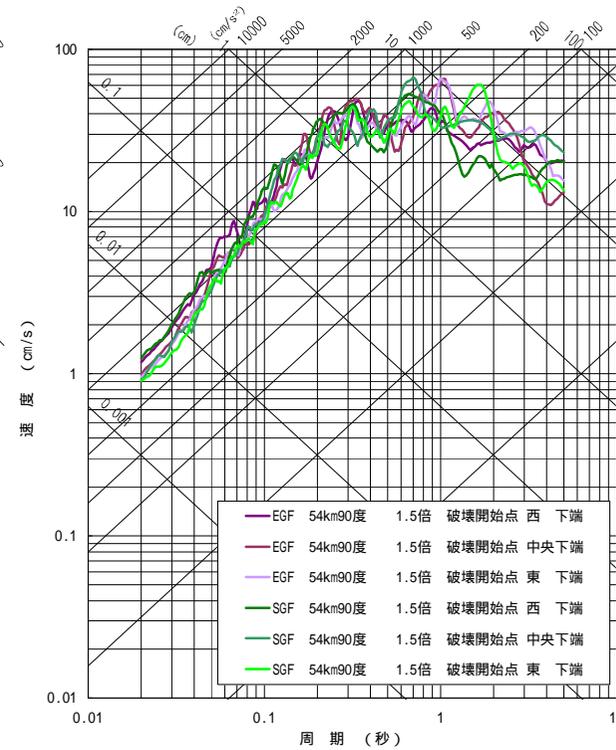
# 統計的手法と経験的手法の比較

5. 地震動評価  
 5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

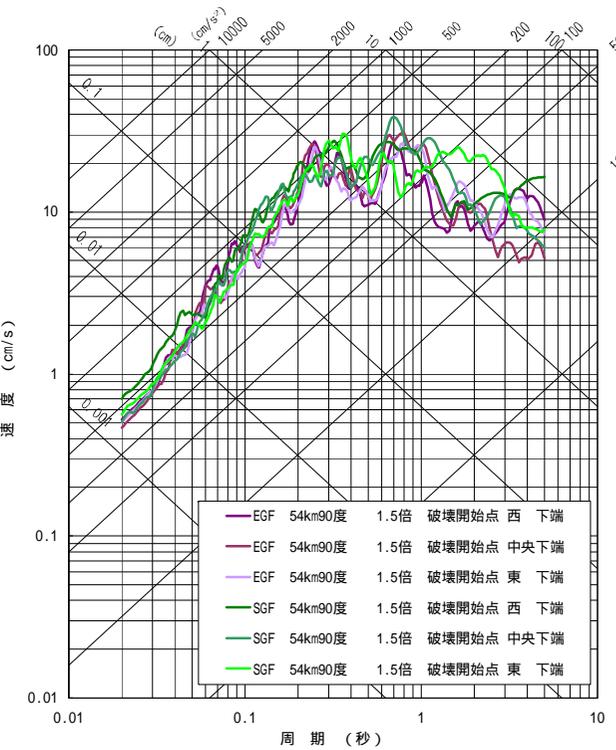
不確かさ考慮 (54km・90度・応力降下量1.5倍)



NS方向



EW方向



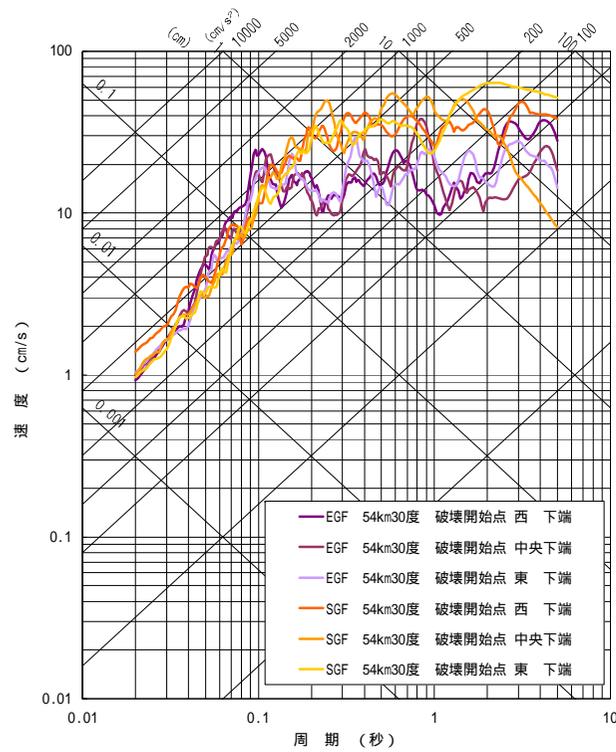
UD方向



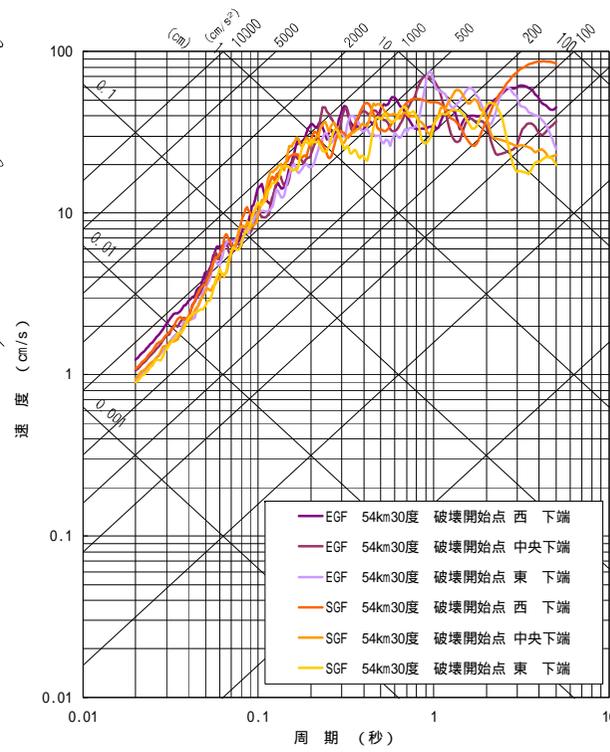
# 統計的手法と経験的手法の比較

5. 地震動評価  
 5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

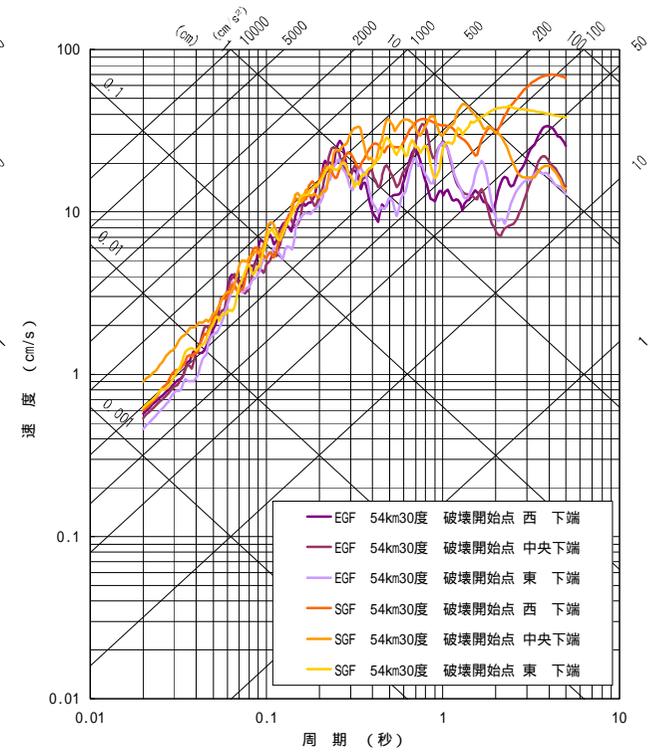
不確かさ考慮 (54km・30度)



NS方向



EW方向



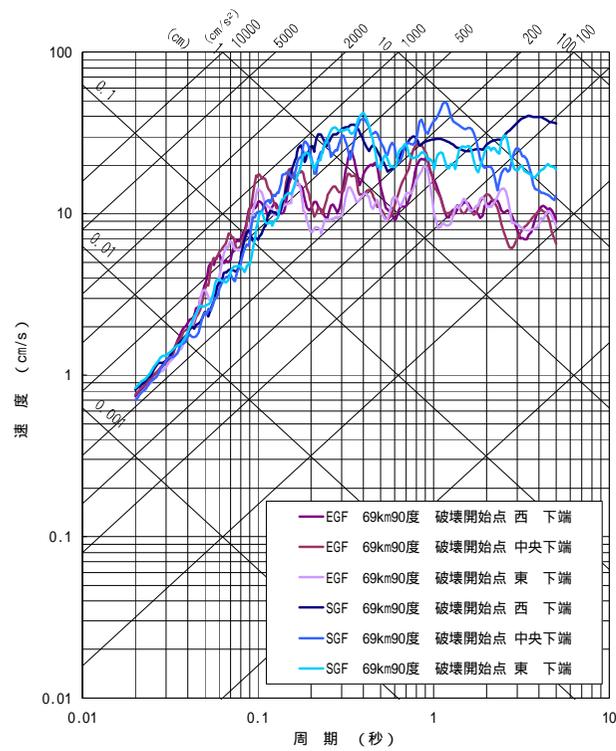
UD方向



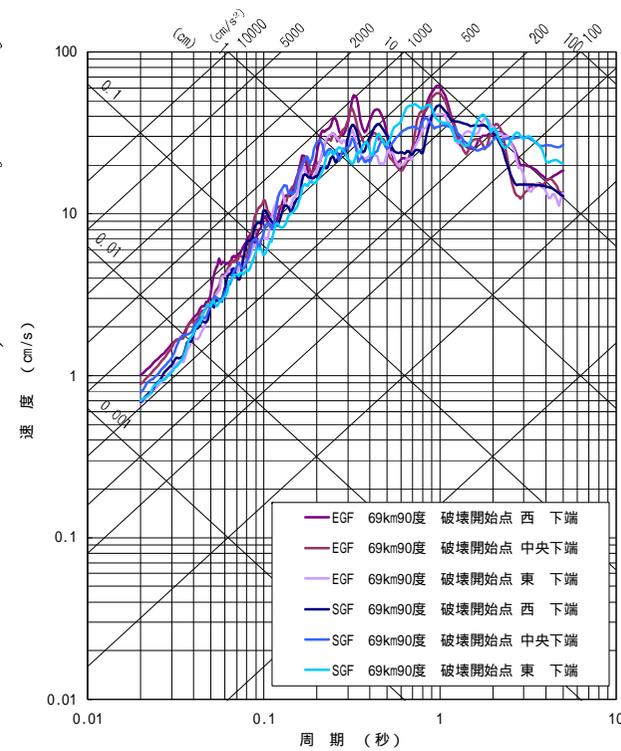
# 統計的手法と経験的手法の比較

5. 地震動評価  
 5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

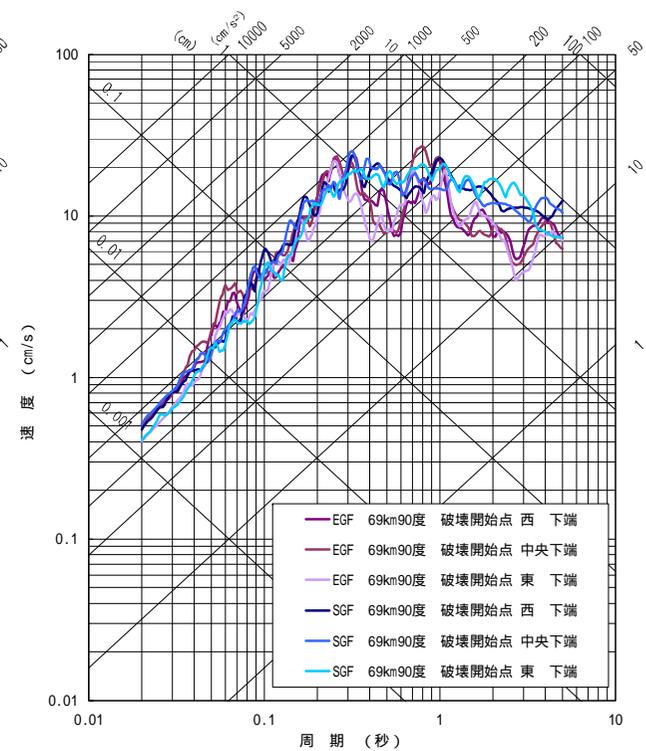
不確かさ考慮 (69km・90度)



NS方向



EW方向



UD方向

