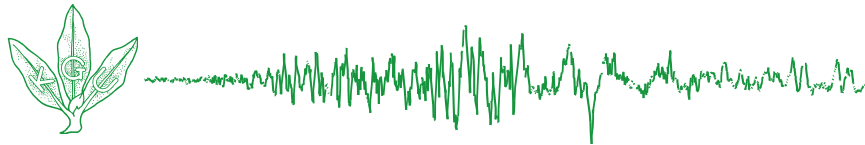


成層地盤の地震応答解析 に関する事例



関東学院大学
吉田 望

フラインドテスト

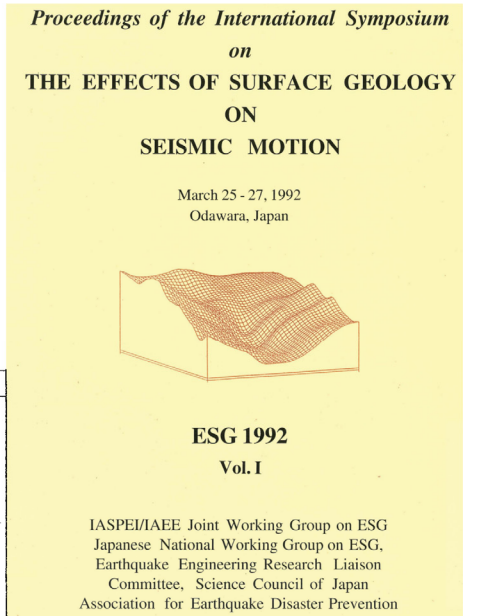
■ 足柄

- 強震(非線形)のシミュレーション

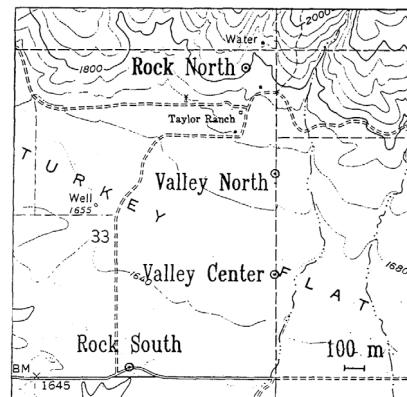
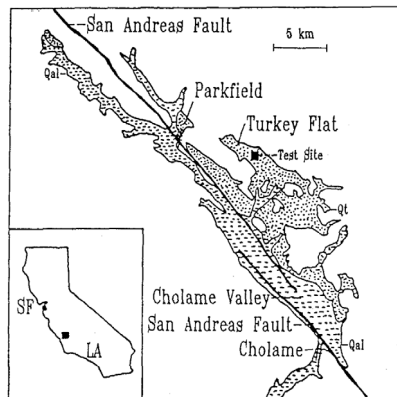
■ Turkey Flat

- 硬質地盤, 弱震

Country	Ashigara Valley	Turkey Flat
Canada	1	1
China	2	3
Czecho-Slovakia	1	2
France	2	3
Germany	1	1
Italy	3	1
Japan	27	7
Mexico	1	1
New Zealand	2	1
United States	4	8
Total	44	28

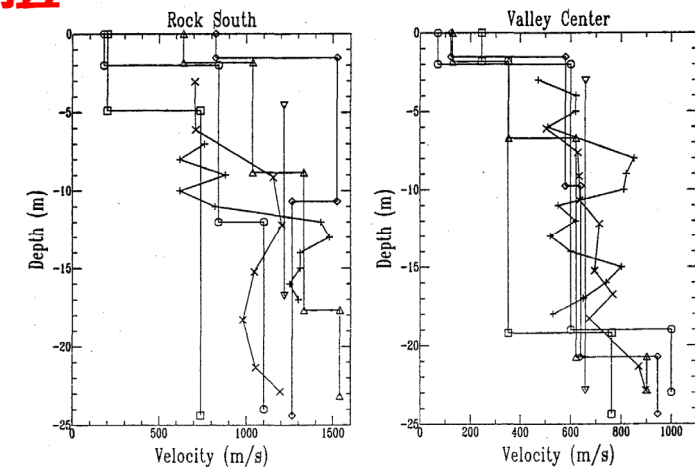


Turkey Flat



■ Parkfield, El Centroの近く

地盤調査

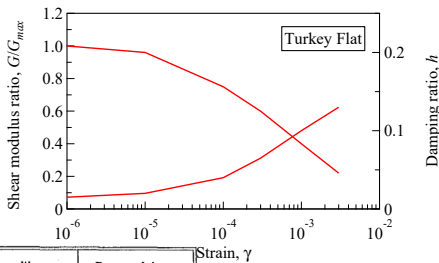


■ 何を信用するのか？

- Downholeで差が出るのはよくわからない
- ▶ 走時曲線は示されたのか？

標準地盤モデル

■ ごく浅い表層のみ
非線形？



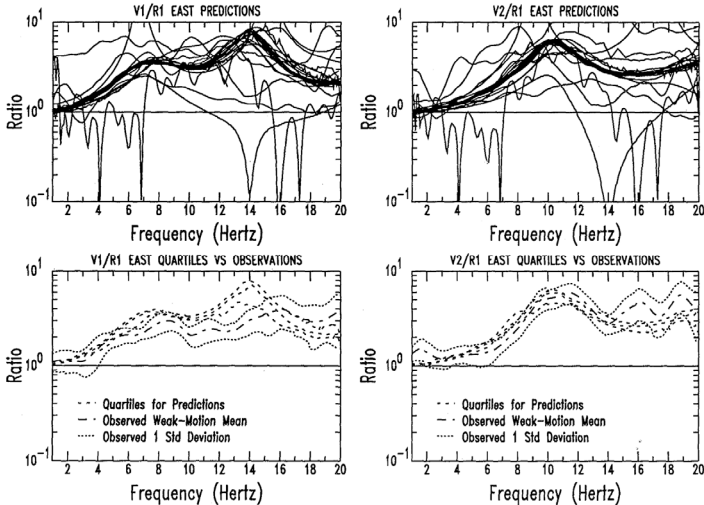
Depth Range (m)	Shear Wave Velocity (m/sec)	Compression Wave Velocity (m/sec)	Density (gm/cm ³)
0 - 2.4	135	320	1.50
2.4 - 7.6	460	975	1.80
7.6 - 21.3	610	975	1.90
Below 21.3	1340	2715	2.20

谷中央

Depth Range (m)	Shear Wave Velocity (m/sec)	Compression Wave Velocity (m/sec)	Density (gm/cm ³)
0 - 2.1	150	305	1.55
2.1 - 5.5	275	915	1.75
5.5 - 11.0	610	975	1.90
Below 11.0	1340	2715	2.20

谷北

標準地盤に対するFourierスペクトル



最大応答

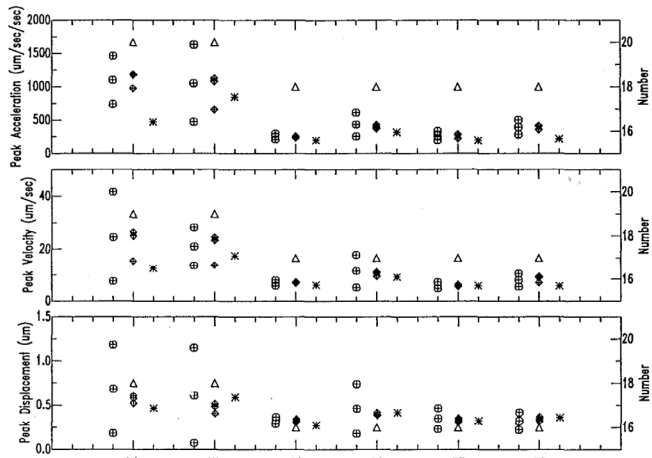
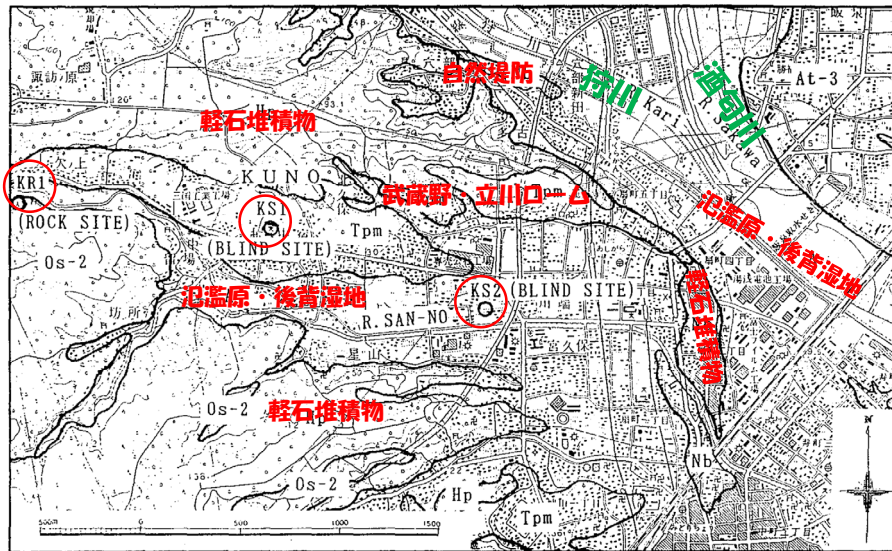


Figure 2. East component peak value statistics for R1 based predictions
Left Axis: + = Mean and +/- 1 Std Deviation; * = Actual Values
Right Axis: Δ = Number of Values in Statistics

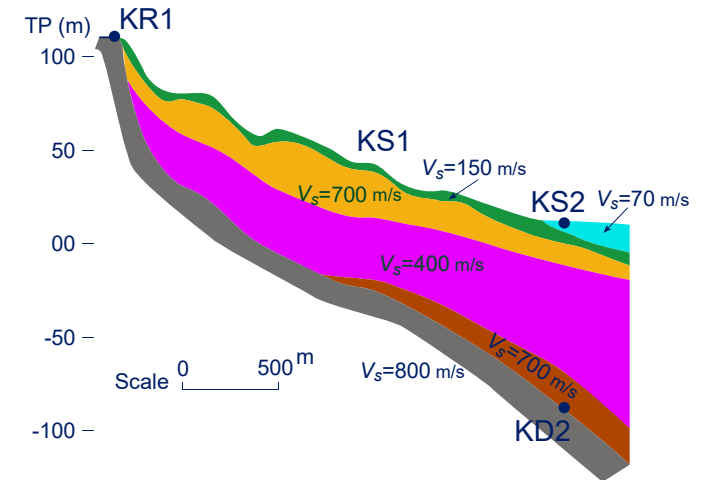
まとめ

- 28の応募
 - 方法(8種類), 地盤モデル(標準+6独自)
- 半分は中央値の10%(50%)に集中
 - Reasonable estimation
- 谷中央部では計算は過大評価
- スペクトル比の形状とピーク周期は一致
 - 標準モデルが良かった
- 地盤モデルが重要

足柄フラインとテストサイト表層地盤



断面図

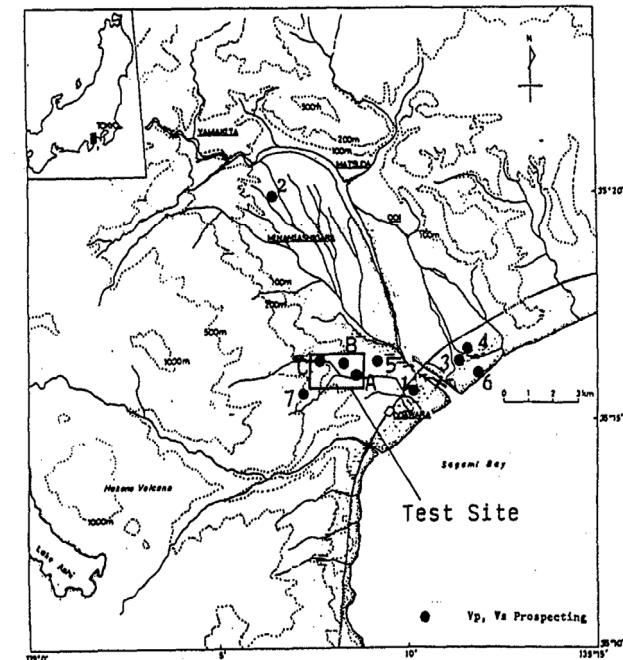


■ 多次元の効果は無い

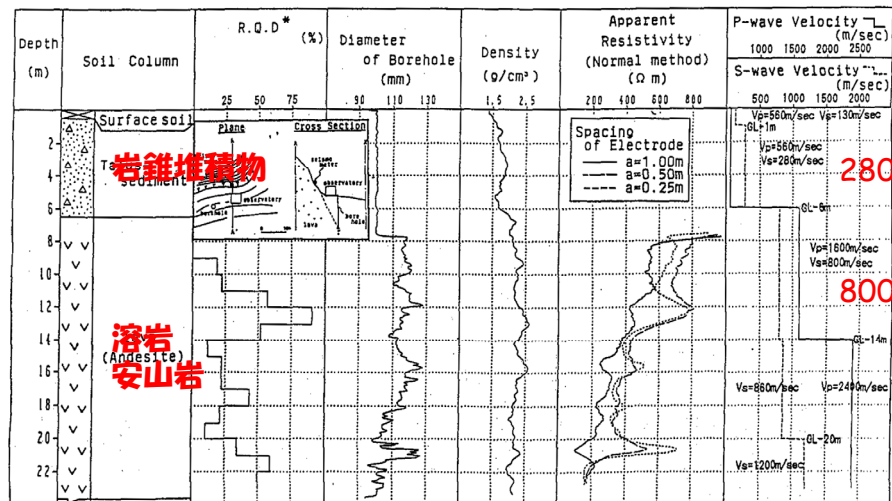
地下構造探査

- 屈折法
 - 爆破地震動
- 検層
 - PS検層, 電気検層, 密度検層
- 浅部反射法
- 深部反射法
- 土質試験
 - 土質, N値, Vs
 - 繰返しせん断試験
 - ▶ 共振法, おじい試験機 → G-γ関係

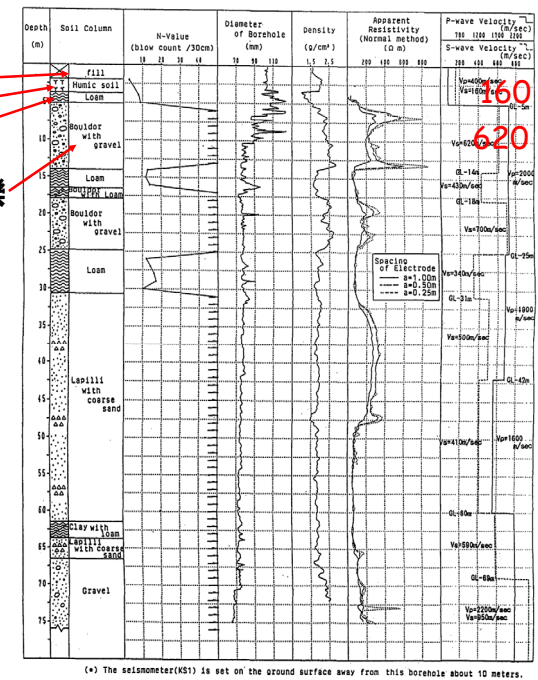
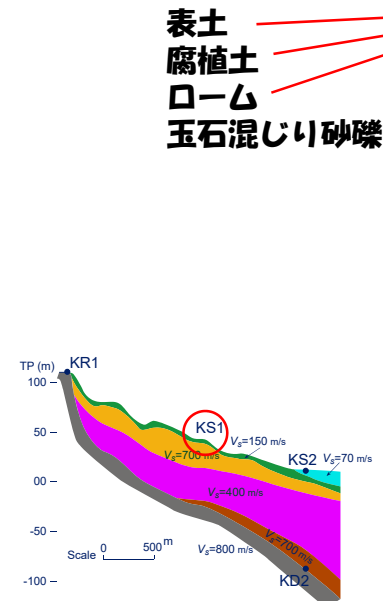
調査位置



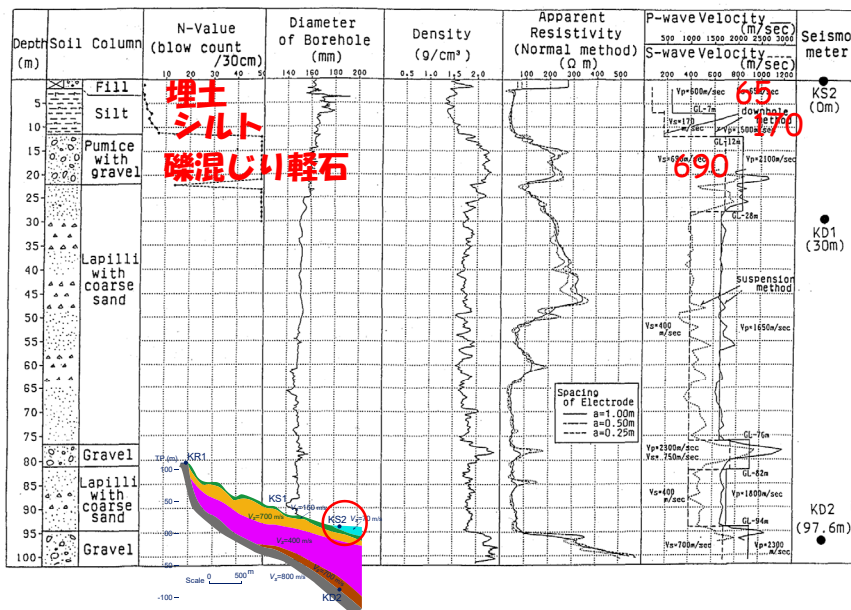
KR1(岩盤サイト)



KS1



KS2



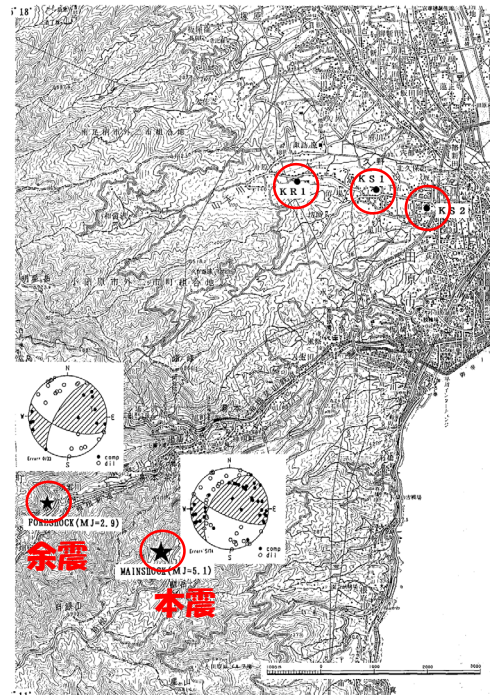
地震

■ 1990/8/5

- $M=5.1$
- 震央距離7.6~8.4km

■ 1990/8/5

- $M=2.9$
- 震央距離7.6~9.0km



本震(KR1, NS)

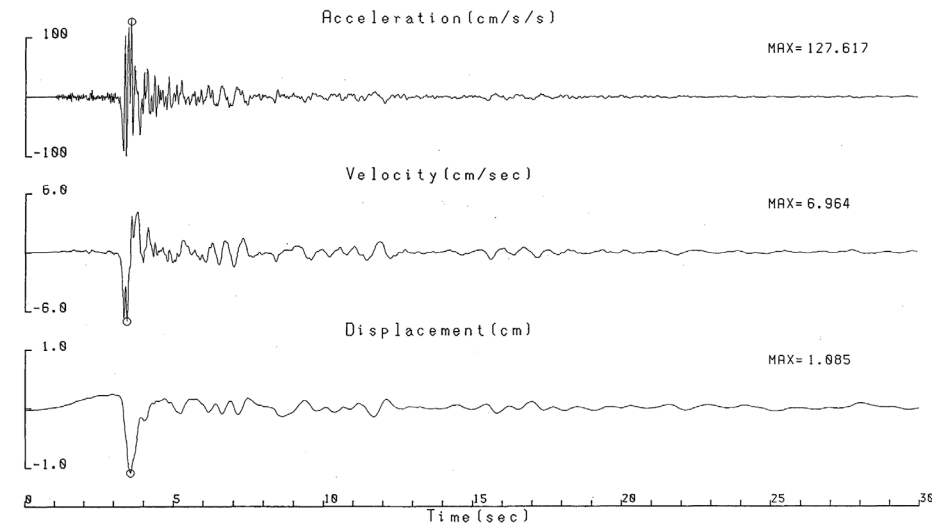
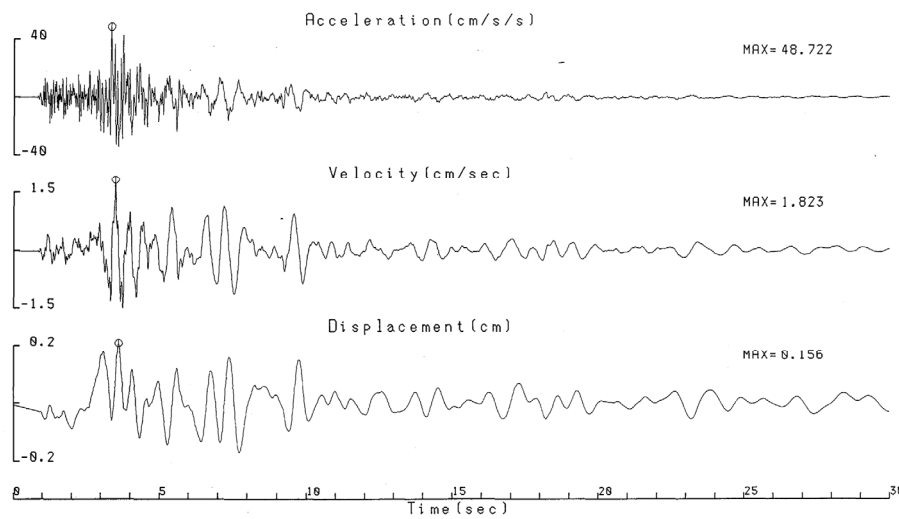
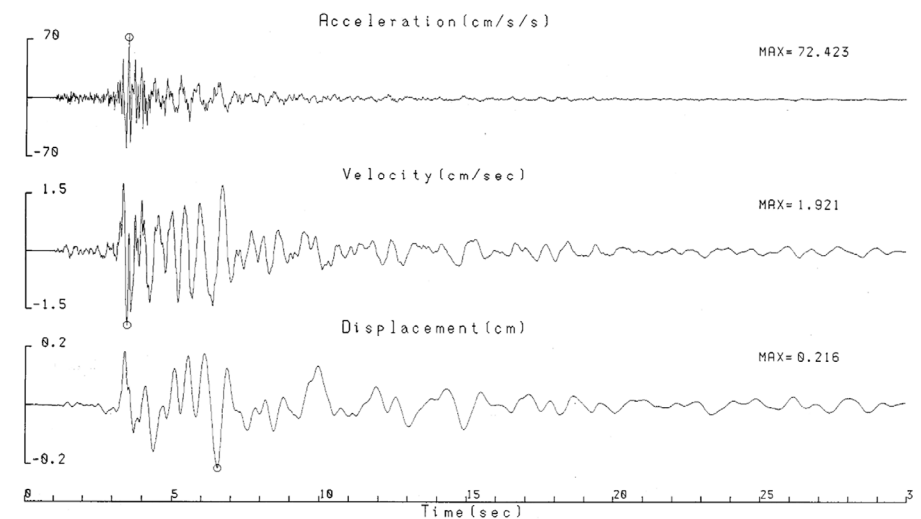


Fig. 2a

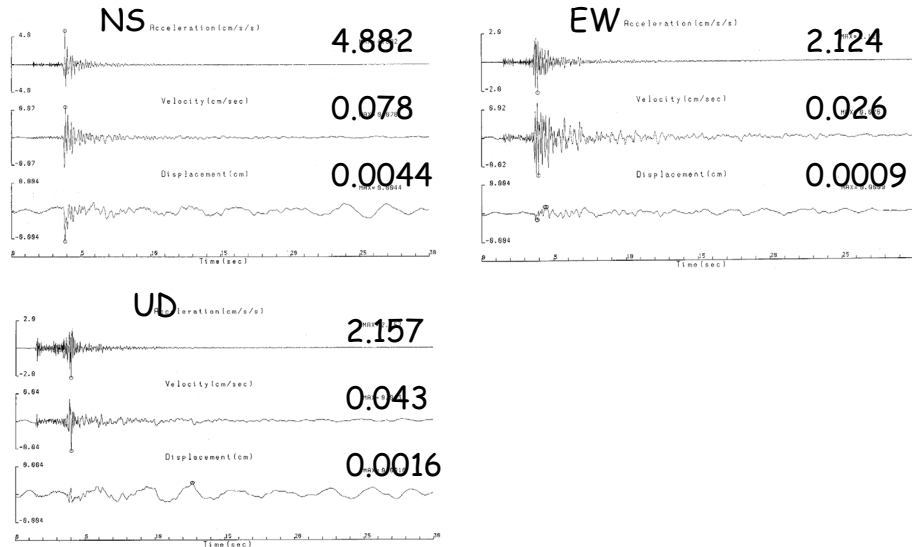
本震(KR1, UD)



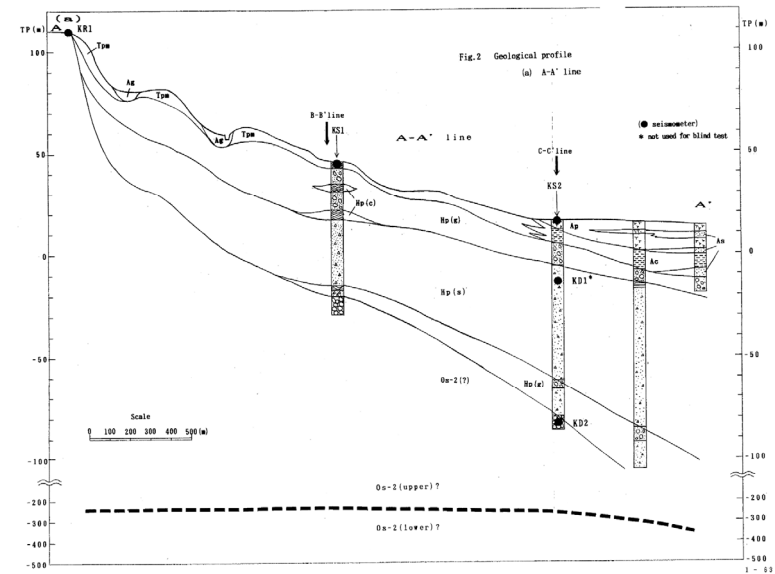
本震(KR1, EW)



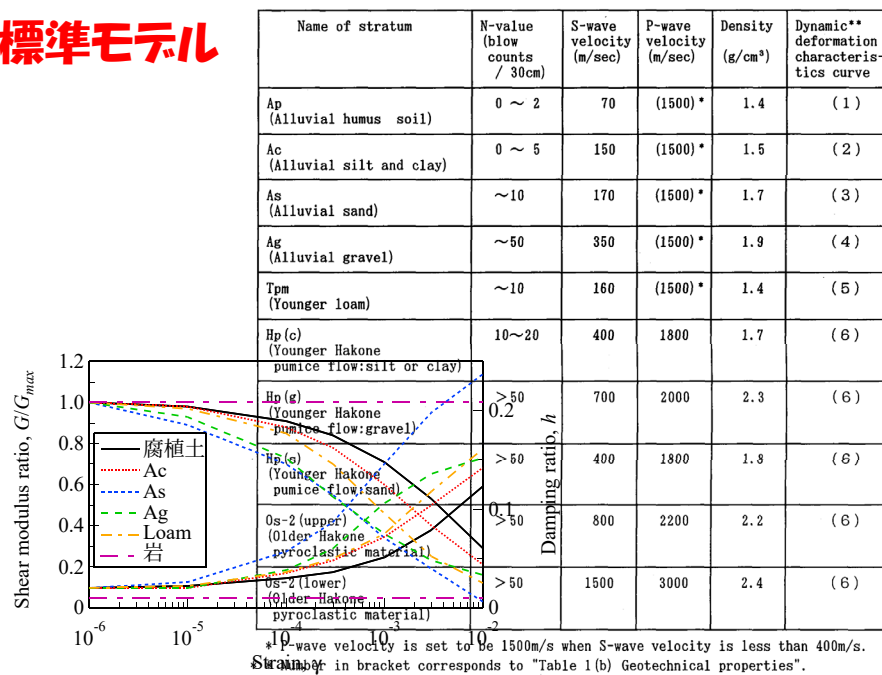
余震(KR1)



標準断面



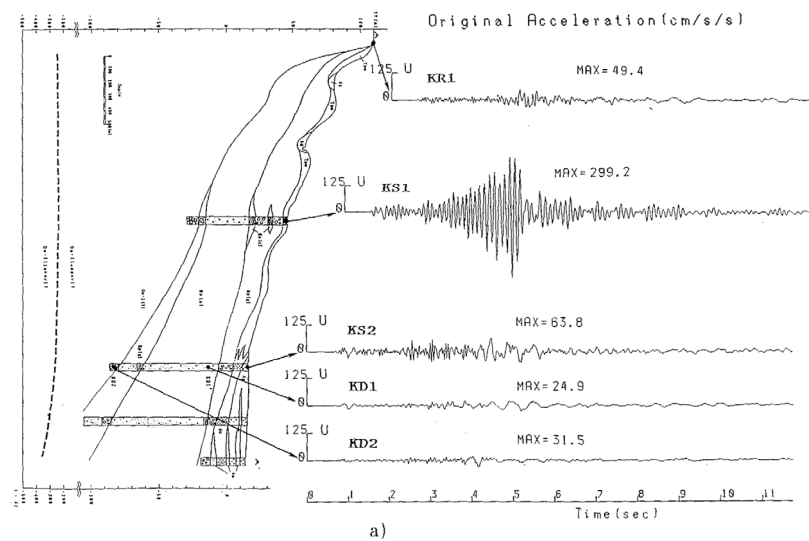
標準モデル



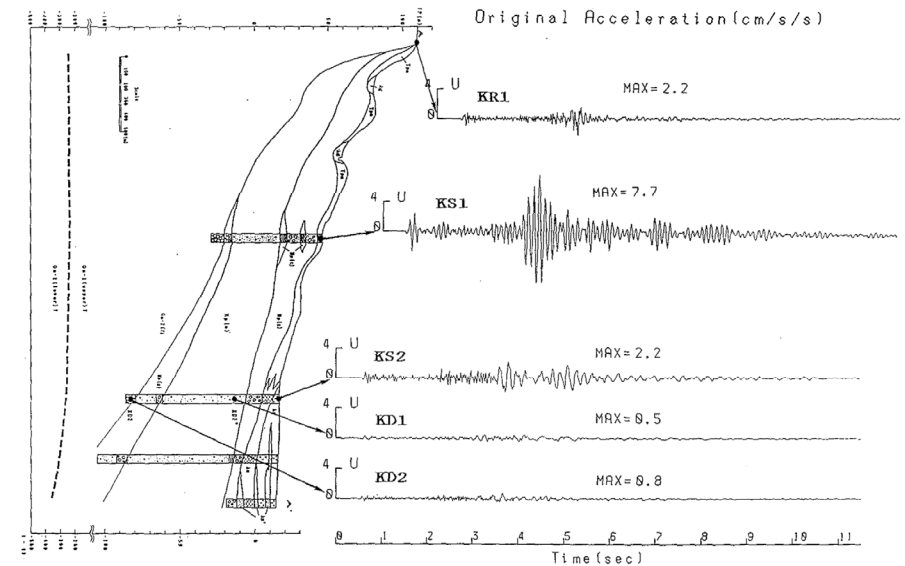
その他のデータ

- 地形
- 反射法
 - 深層, 浅層
- 検層
 - Downhole, Suspension, 密度, 電気
- 繰返しせん断試験
- 微動

観測結果 強震



観測結果 弱震



解析手法

■ 波動伝播 42

- 空間モデル 1D, 2D, 1D+2D, 3D
- 材料 連続体, 離散化
- 構成モデル 線形, 等価線形, 非線形
- 入射波入力

■ 非波動伝播 2

- 統計的方法
- 微動手法

波動伝播

■ 1D

- 等価線形 17
- 線形 1
- Haskell 6
- FDM非線形 3
- 粘弾性 1

■ 2D

- FEM
 - ▶ 弾性 1
 - ▶ 等価線形 3
 - ▶ 弾塑性 3

● 差分

- ▶ 線形 1
- ▶ 非線形 1

- 粘弾性 1
- 波数 2
- ハイブリッド 1

■ 1D+2D

- 等価線形+離散化波数法 2
- Haskell+Love波 1
- 離散化価数法+FEM 1

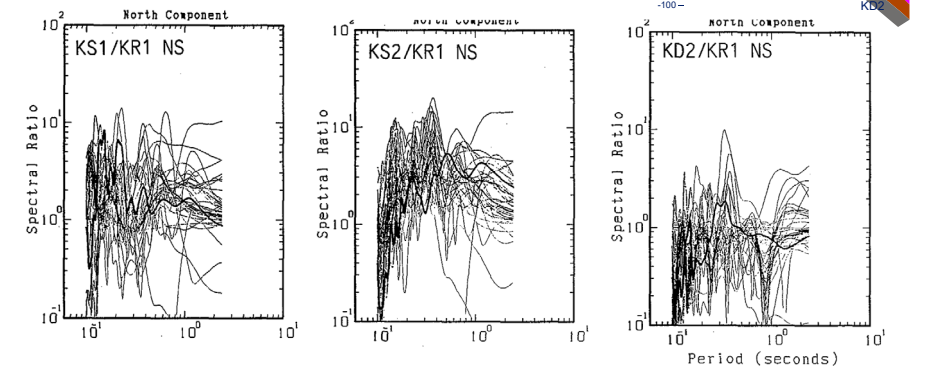
■ 3D

- 2DFEM+等価線形 1

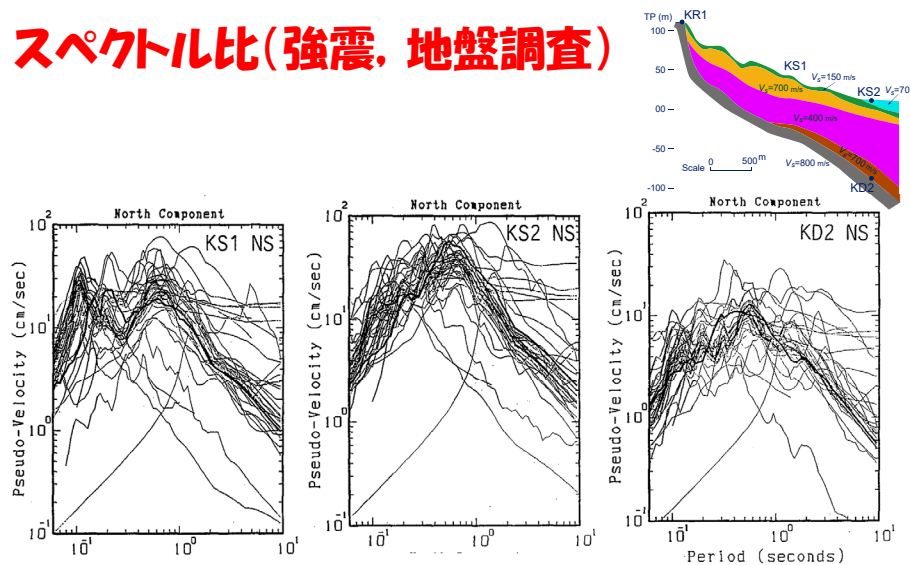
波動入射

- KR1 27
- KR1より逆増幅 10
- ソースの影響
 - Haskell source method 1
 - Ben-Menabem source method 1
 - Gaussian white noise 2
 - Barrier method 1

スペクトル比(強震, 標準地盤)

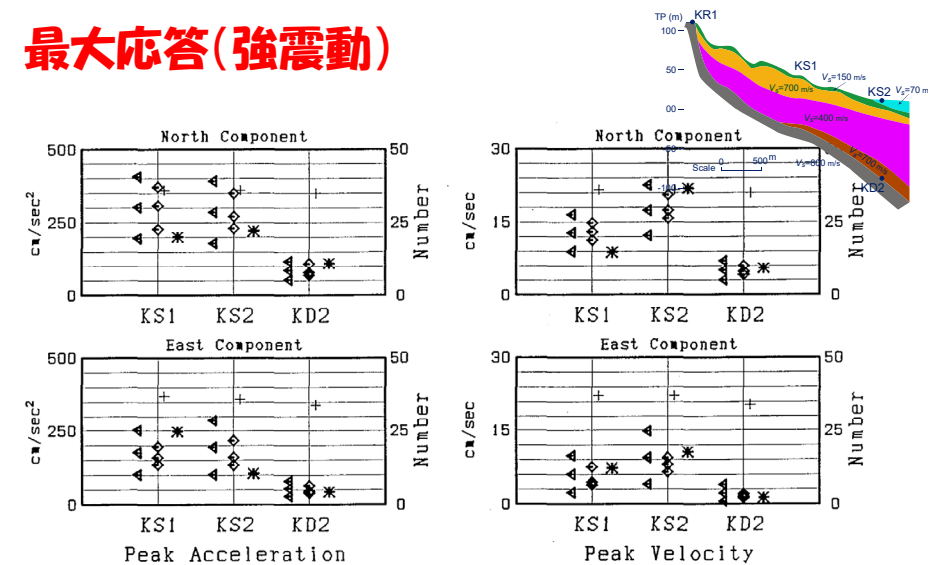


スペクトル比(強震, 地盤調査)



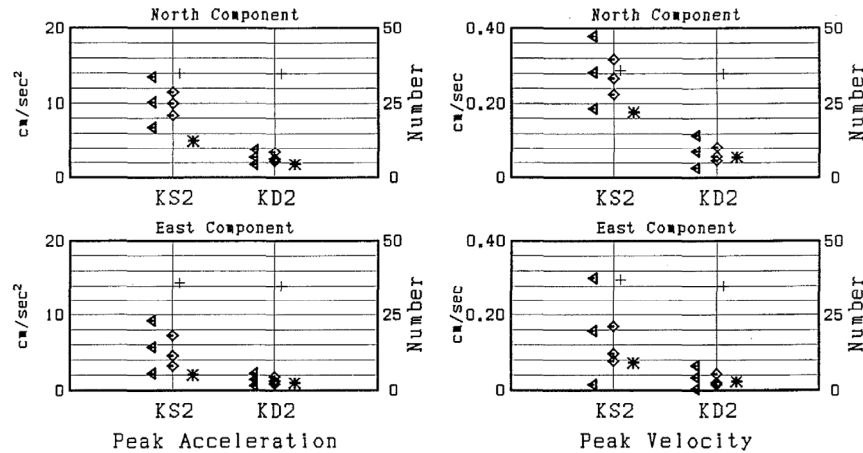
- 標準モデルはできが悪かった！

最大応答(強震動)



- NS: 過大評価
- EW: 過小評価・過大評価

最大応答(弱震)



■ 過大評価

普通の発想

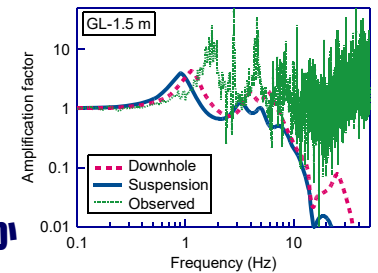
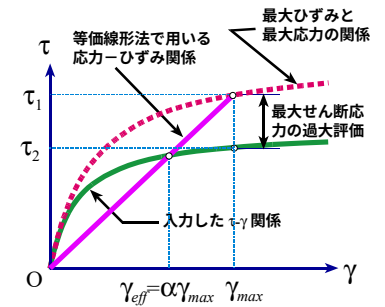
■ SHAKE($\gamma_{eff} = \alpha \gamma_{max}$)

● 強震時: 過大評価

● 弱震時: 過小評価

■ そうはなっていない

■ なぜ, SHAKEでばらつくのか



何が違いを生むのか?

■ 地盤モデルが違っている

- 標準モデルは適切ではなかった
- ▶ それなら, 違うところで揃うはず

■ 構成モデルが適切でない

- 弱震でも違い

■ 入力地震波の設定が悪い

- KR1 27
- KR1より逆増幅 10
- ▶ どこが基盤?

基盤の違いの影響

■ SHAKEの解析(6個)

No.	最大加速度 (gal)						入力条件	備 考
	KS 1		KS 2		KD 2			
	NS	EW	NS	EW	NS	EW		
A	304	134	237	153	90	50	KR1 (obs) -----800m/s	
B	327	140	259	135	69	39	KR1 (decon) --1500m/s	
C	197	98	229	130	125	59	KR1 (obs) -----800m/s	PCバージョン
D	383	177	286	184	88	43	KR1 (obs) -----1500m/s	
E	466	231	365	372	112	98	KS1 (decon) /KR1--1500	スペクトル 比
F	335	151	261	174	74	47	KR1 (decon) ---800m/s	
観測値	201	248	221	106	110	44	(obs: 観測波、decon:デコンボリューション)	

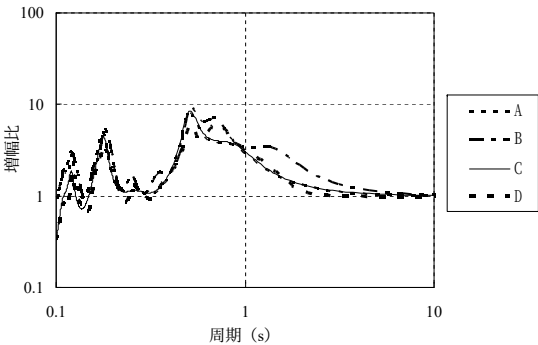
再検討

No.	最大加速度 (gal)				入 力 条 件		備 考
	K S 1		K S 2				
	N S	E W	N S	E W	波 形	入力基盤層	
A	304	134	237	153	KR1 (obs)	OS-2 upper: 800m/s	
ア	300	134	237	151			
B	327	140	259	135	KR1 (decon)	OS-2 lower: 1500m/s	
イ	346	162	258	170			
C	197	98	229	130	KR1 (obs)	Hp(s, g) : 800m/s	PC1-ジョン
ア	218	101	156	115			
D	383	177	286	184	KR1 (obs)	OS-2 lower: 1500m/s	
ア	386	172	311	186			
E	466	231	365	372	KS1 (decon) / KR1	OS-2 lower: 1500m/s	スペクトル 比
ウ	484	534	556	729			スペクトル 比
F	335	151	261	174	KR1 (decon)	OS-2 upper: 800m/s	
イ	336	152	256	170			

- **ア**: KR1の振幅調整
- **イ**: 基盤に戻す
- **ウ**: KR1, KS1とのweak motionのスペクトル比

No.	入力条件	
	地点	入力基盤層
A	KR1 (0m) → KS2	800m/s (os-2 upper)
B	KR1 (0m) → KS2	1500m/s (os-2 lower)
C	KR1 (800m/s) → KS2	800m/s (os-2 upper)
D	KR1 (800m/s) → KS2	1500m/s (os-2 lower)

■ 逆増幅ではそれほど差が出ない



まとめ

- 地盤モデルが重要
- 弱震でもばらつきが多い
 - 原因不明
- 強震でもばらつきが多い
 - 非線形の一般的傾向が見えない
 - ▶ SHAKE: 加速度の過大評価, 高振動数領域の増幅の過小評価
- 基盤に下ろす必要性
 - 判らなかった