

# 1 超高層建築物等の安全対策に関する検討

## (1) 設計用長周期地震動の設定に関する検討

(株)大崎総合研究所  
(財)日本建築防災協会

# 検討実施体制

(独立行政法人建築研究所と共同研究)

(財)日本建築防災協会内に、以下の検討委員会と二つのWGを設置して検討した。

## 1. 長周期地震動の設定に関する検討委員会

・委員長:西川孝夫(首都大学東京名誉教授) ほか20名

## 2. WG

### (1) 地震動WG

・主査:大川出(建築研究所) ほか15名

### (2) 建物応答WG

・主査:斉藤大樹(建築研究所) ほか16名

## 背景と目的

2003年十勝沖地震で発生した石油タンク火災を契機として、長周期地震動の構造物への影響が懸念されており、長周期地震動の影響を受けやすい、超高層建築物や免震建築物等の固有周期の長い建築物における耐震設計を高度化するための検討が必要になっている。

現行の建築基準法における入力地震動と応答に関する基準の合理化を図ることを目的とし、新たな知見を基に解決方法等の検討を行う。

# 検討項目

(イ)海溝型地震及び内陸地殻内地震における長周期地震動の評価手法の検討

(ロ)地下構造と震源特性及び地震動特性の対応に関する検討

(ハ)設計用地震動の原案の作成

(ニ)建築設備に与える影響に関する検討

## 全体計画とH20年度の実施項目

H20年度:(イ)と(ロ)に基づき、(ハ)の設計用地震動の原案(第1次案)を作成

H21年度:上部構造の応答特性の検討を行いつつ、設計用地震動の検証、改良を行う

H22年度:(ニ)の検討を行い、設計用地震動の提案を行う。

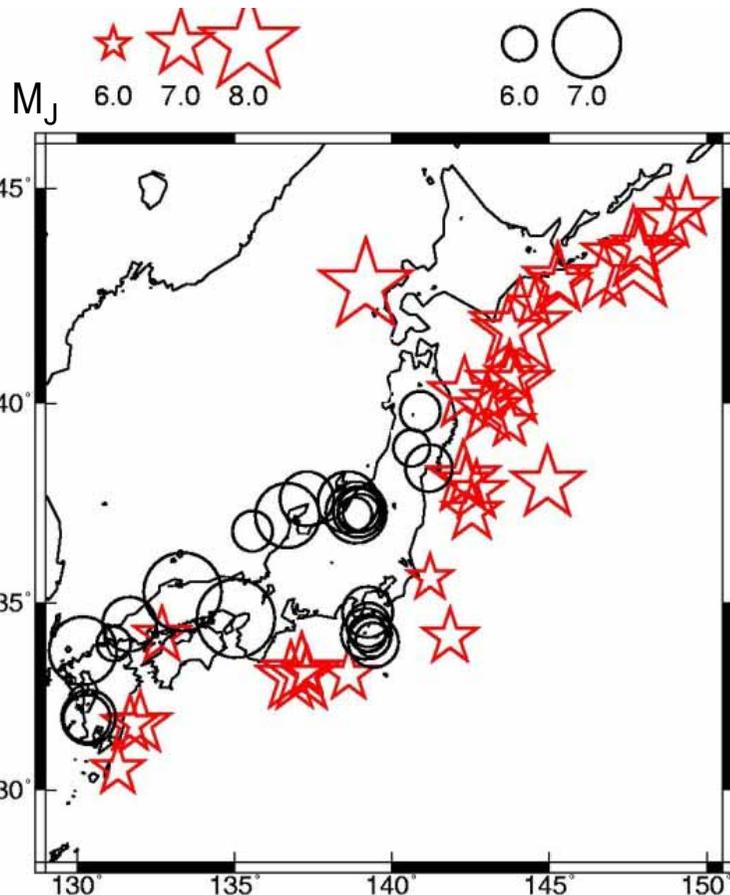
# 回帰式(経験式)に基づく手法の特徴と検討概要

地震規模、断層面、破壊開始点と計算地点が与えられれば簡便に長周期の時刻歴波形が作成できる。

- 1) 日本全国の強震記録の収集・整理(周期0.1~10秒)
- 2) 振幅特性(減衰定数5%と1%の加速度応答スペクトルとエネルギースペクトル)の回帰式作成
- 3) 位相特性 = 経時特性(群遅延時間の平均値と標準偏差)の回帰式作成
- 4) 回帰式を用いた想定地震に対する時刻歴波形の作成
  - ・想定南海地震の此花(大阪平野)
  - ・想定東海・東南海地震の名古屋と津島
  - ・想定東海地震の新宿
- 5) 超高層建物モデルの応答の試算

# 回帰式作成に用いる地震と強震観測点

海溝型地震(34個) 地殻内地震(31個)

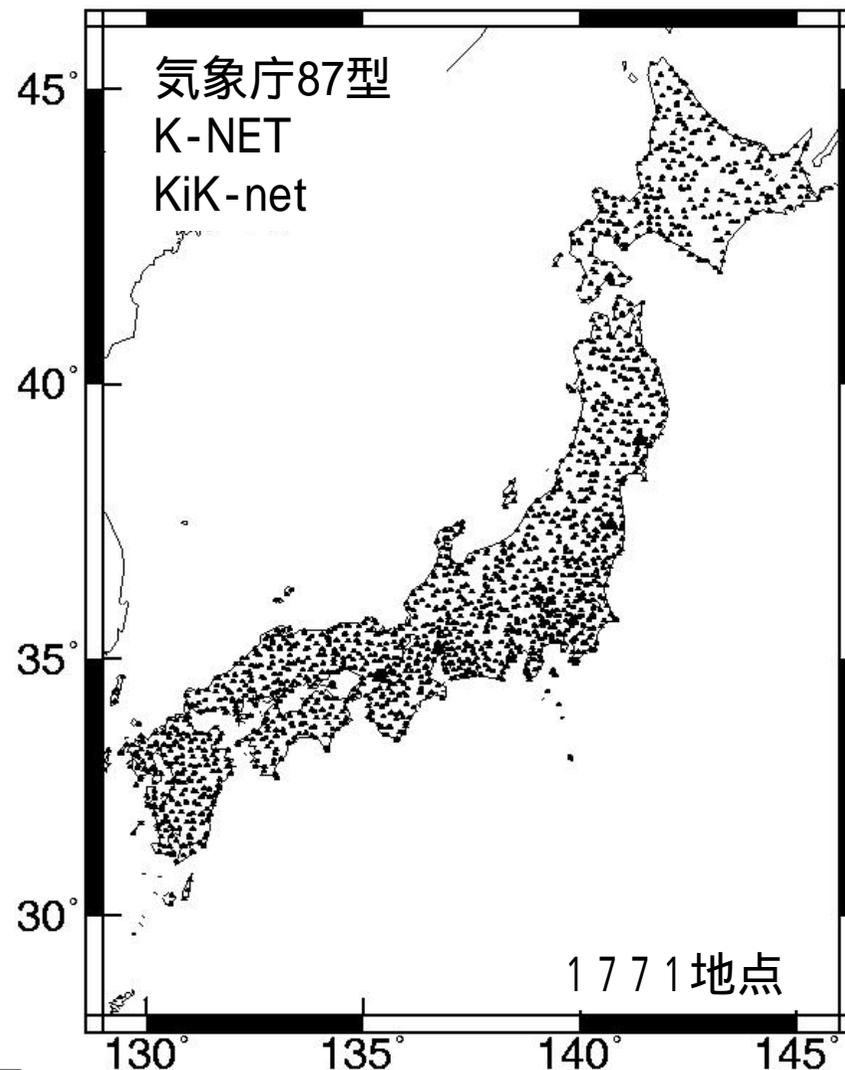


1987年から2007年7月の地震

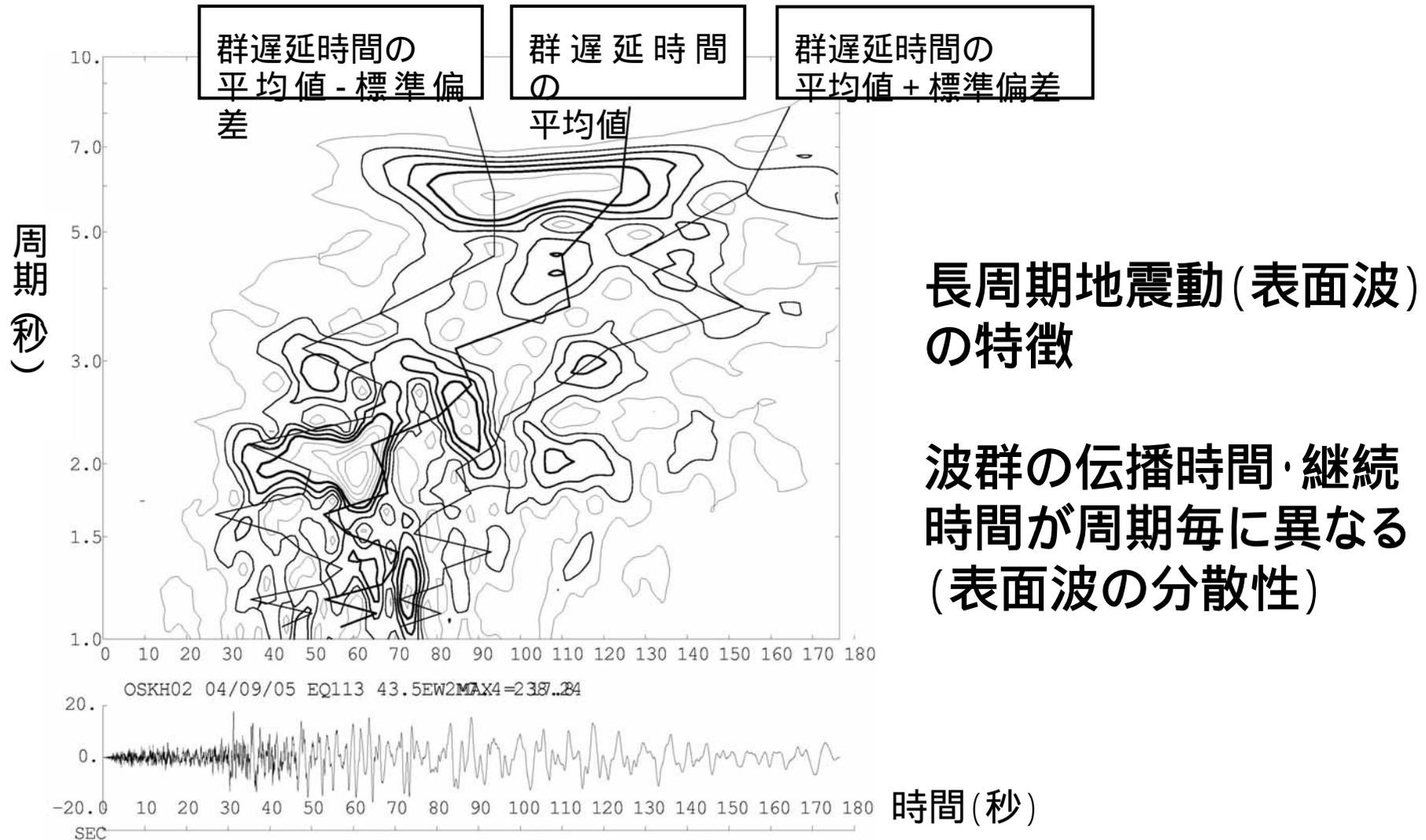
6.5 M<sub>J</sub> 8.2、震源距離 400kmの海溝型地震

6.0 M<sub>J</sub> 7.3、震源距離 350kmの地殻内地震

震源深さ 60km



# 経時特性の回帰分析に用いる 群遅延時間の平均値と標準偏差



長周期地震動(表面波)  
の特徴

波群の伝播時間・継続  
時間が周期毎に異なる  
(表面波の分散性)

2004年紀伊半島沖地震(M<sub>w</sub>7.4)の此花(OSKH02)での速度波形と非定常ス<sup>7</sup>ペクトル

# 回帰モデル

- 1) 減衰定数1%と5%の加速度応答スペクトルとエネルギースペクトルを $Y(T)$ とする

$$\log_{10} Y(T) = a(T)M_w + b(T)R - \log_{10}(R^{p(T)} + d(T)10^{0.5M_w}) + c(T) + c_j(T)$$

$T$ : 固有周期

$M_w$ : モーメントマグニチュード

$R$ : 断層最短距離

回帰係数:  $a(T)$ ,  $b(T)$ ,  $d(T)$ ,  $p(T)$ ,  $c(T)$ ,  $c_j(T)$

なお、 $c(T)$ は周期1秒以上で地震基盤相当のFKSH19(都路)での係数

- 2) 群遅延時間の平均値と標準偏差を $Y(T)$ とする

$$Y(T) = A(T) M_0^{1/3} + B(T)X + C_j(T)$$

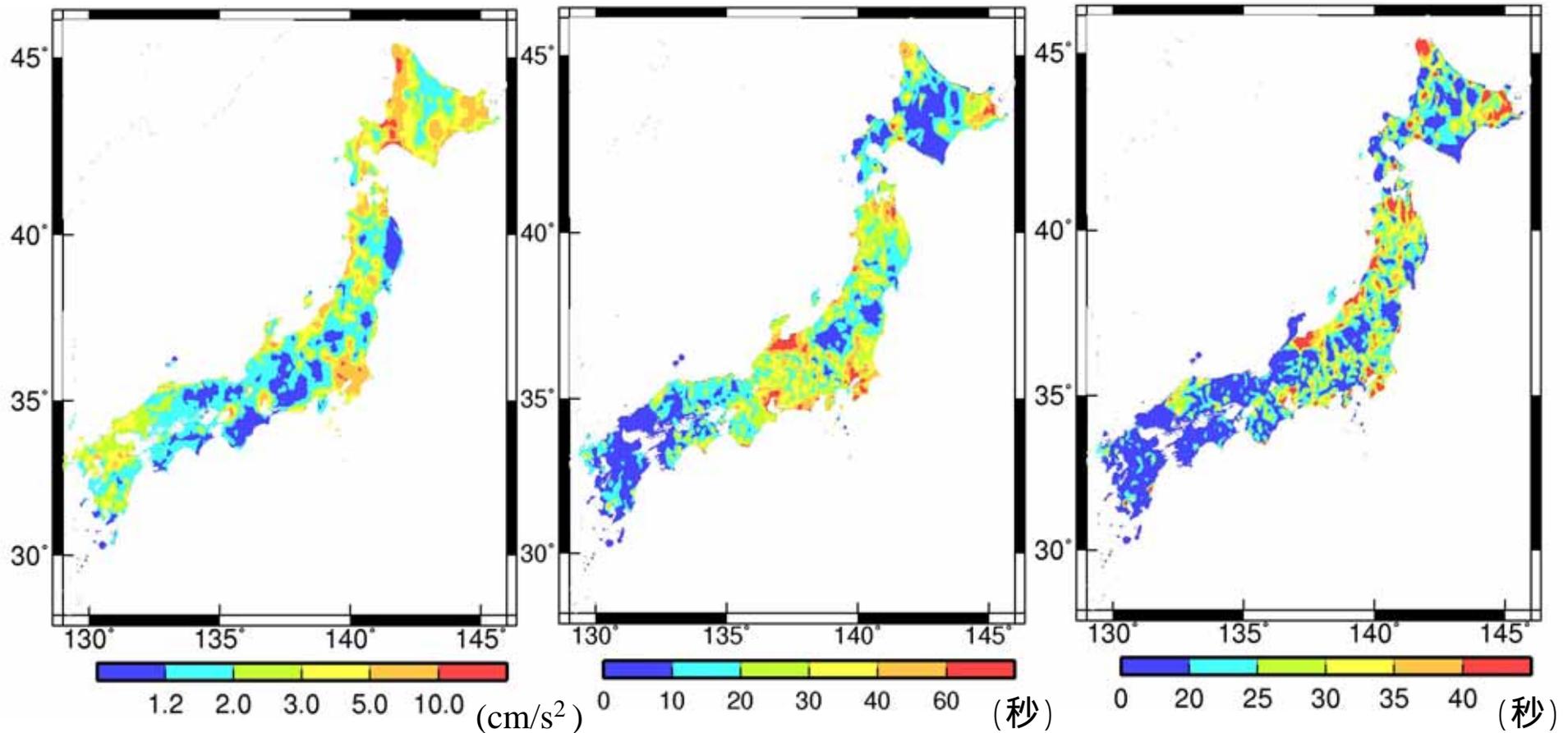
$M_0$ : 地震モーメント

$X$ : 震源距離(破壊開始点からの距離)

回帰係数:  $A(T)$ ,  $B(T)$ ,  $C_j(T)$

ここで、 $10^{c_j(T)}$ と $C_j(T)$ が**サイト係数**(地点での固有の特性)いずれの回帰式でも**回帰誤差** $e$ が得られる

# 回帰分析に基づく周期5秒でのサイト係数 (海溝型地震: 水平成分)



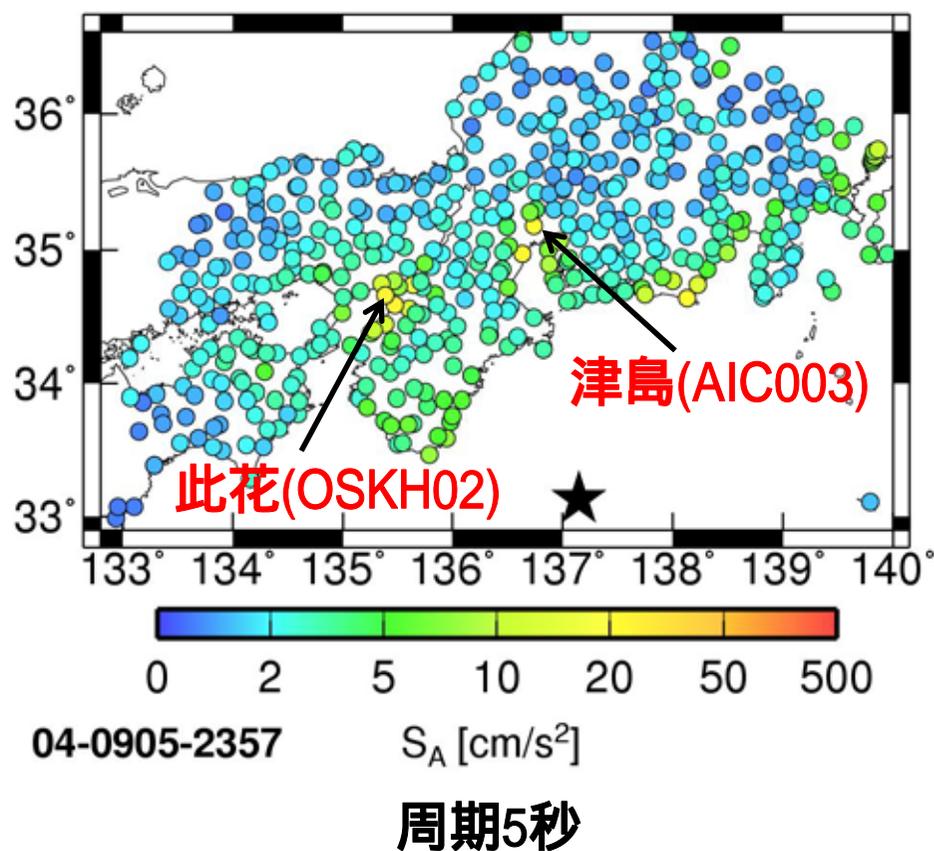
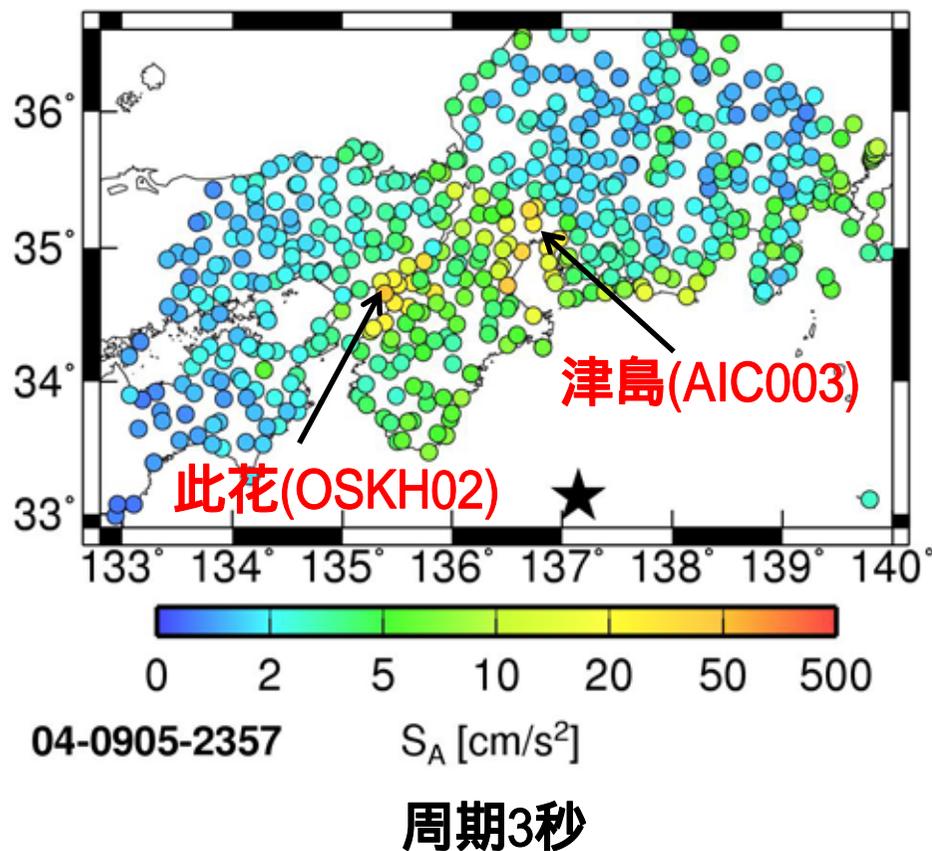
加速度応答スペクトル(h5%)  
地震基盤からの地盤増幅率

群遅延時間の平均値  
波群の伝播時間の遅れ

群遅延時間の標準偏差  
波群の継続時間

↑ 富山・能登半島付近は観測点がないため精度が低い

# 2004年紀伊半島沖地震 (Mw7.4)の観測記録の 周期3秒と5秒での加速度応答スペクトルの分布図

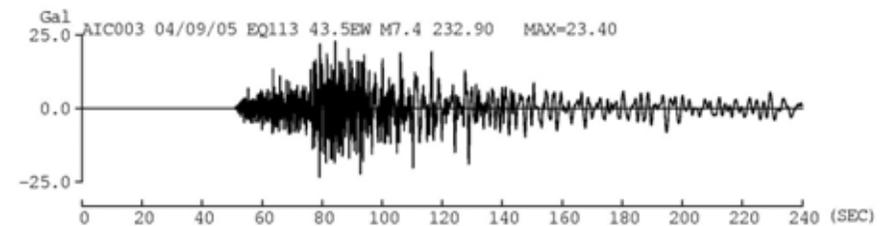
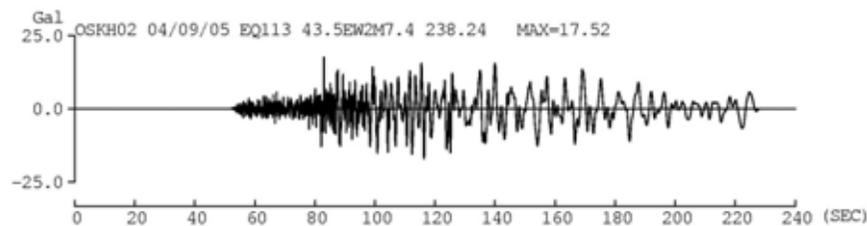


NS成分

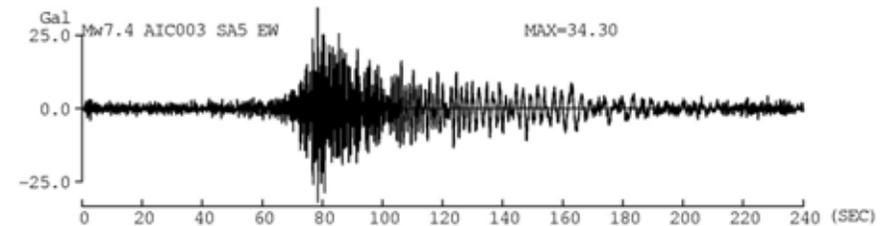
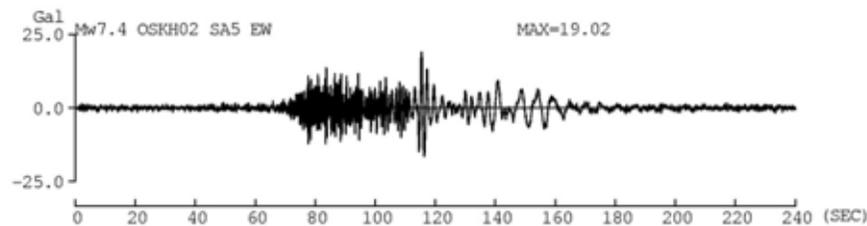
# 2004年 紀伊半島沖地震の観測波形と 回帰式に基づく計算波形の比較

此花 (OSKH02)

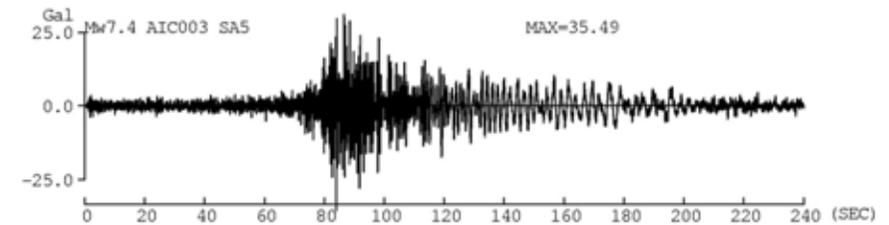
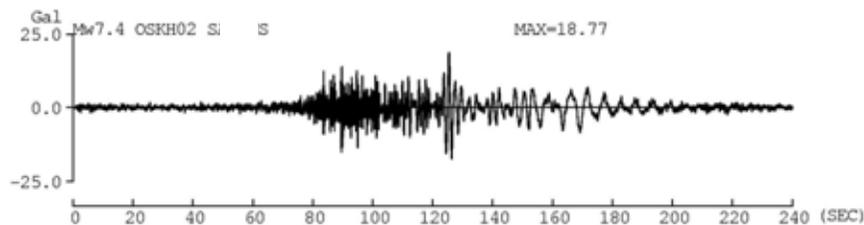
津島 (AIC003)



(a) 観測加速度波形

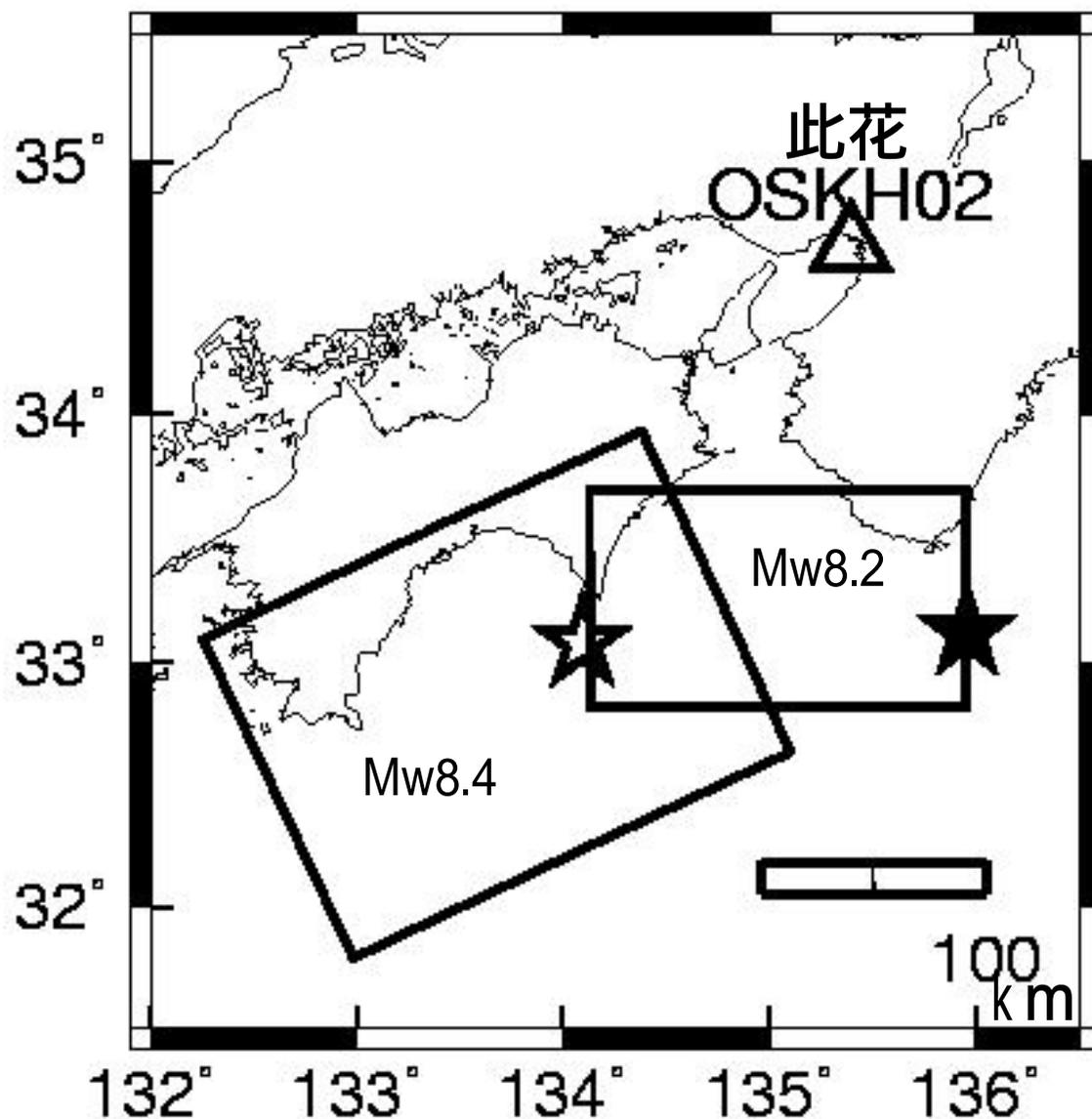


(b) 加速度応答スペクトルの回帰式: 平均、 群遅延時間の回帰式: 平均



(c) 加速度応答スペクトルの回帰式: 平均、 群遅延時間の回帰式: 平均 + 回帰誤差

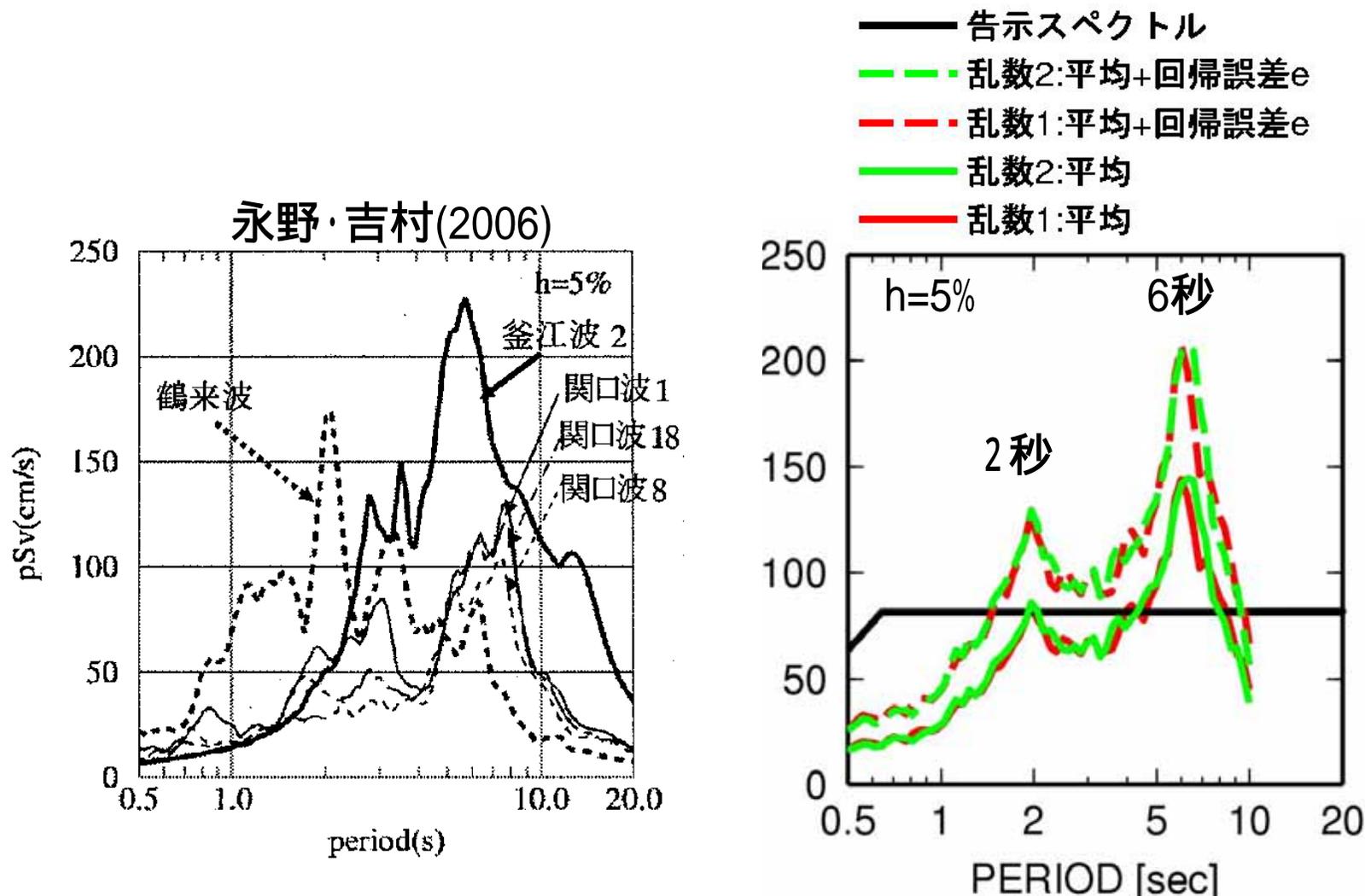
# 想定南海地震 (Mw8.5) の断層面と計算地点 (此花)



第1破壊開始点  
第2破壊開始点

[鶴来・他(2005)を参照]

# 既往の予測波と本事業の予測波の 擬似速度応答スペクトルの比較(南海地震の此花)



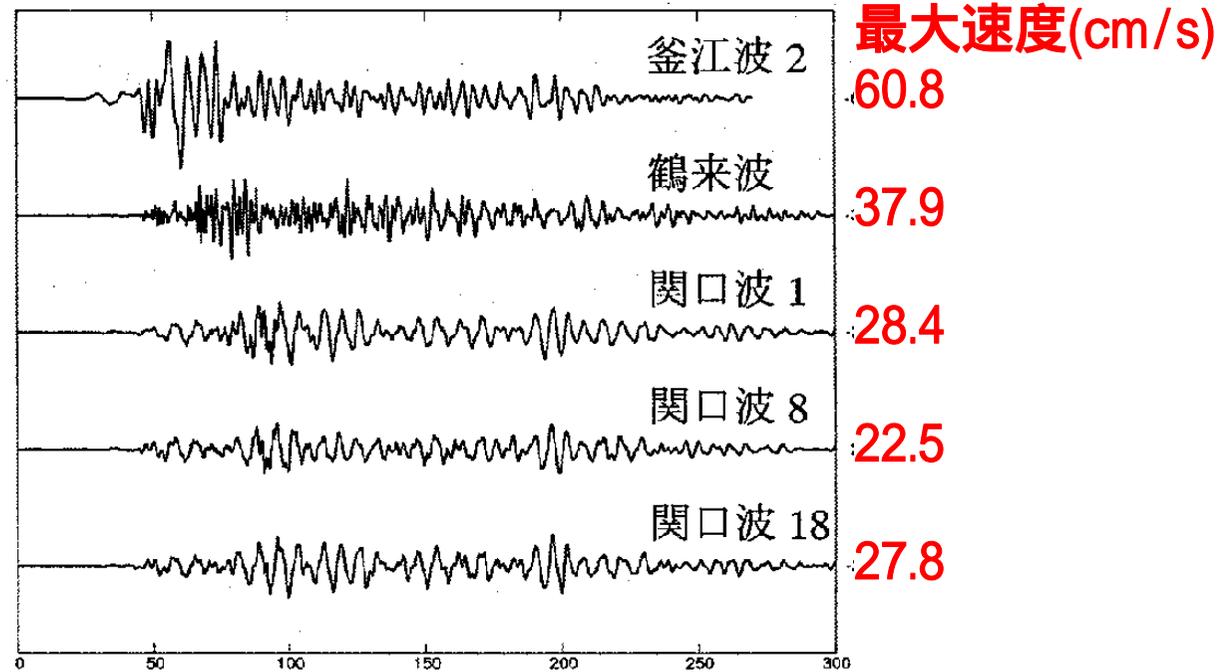
既往の予測波: NS成分  
(長周期は三次元有限差分法)

本事業の予測波  
(回帰式)

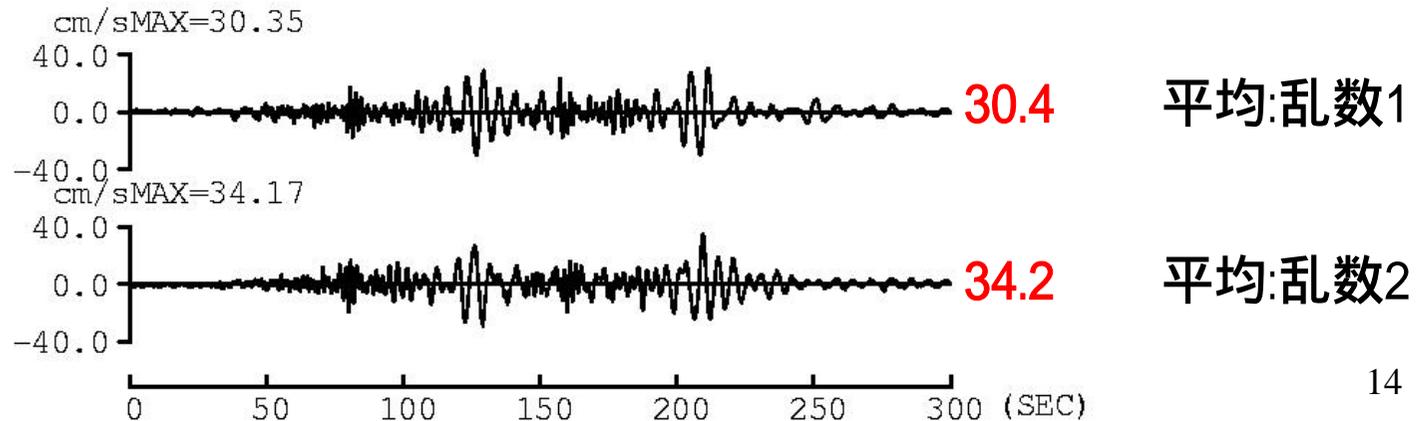
# 既往の予測波と本事業の予測波の速度波形の比較(南海地震の此花)

既往の  
予測波  
:NS成分

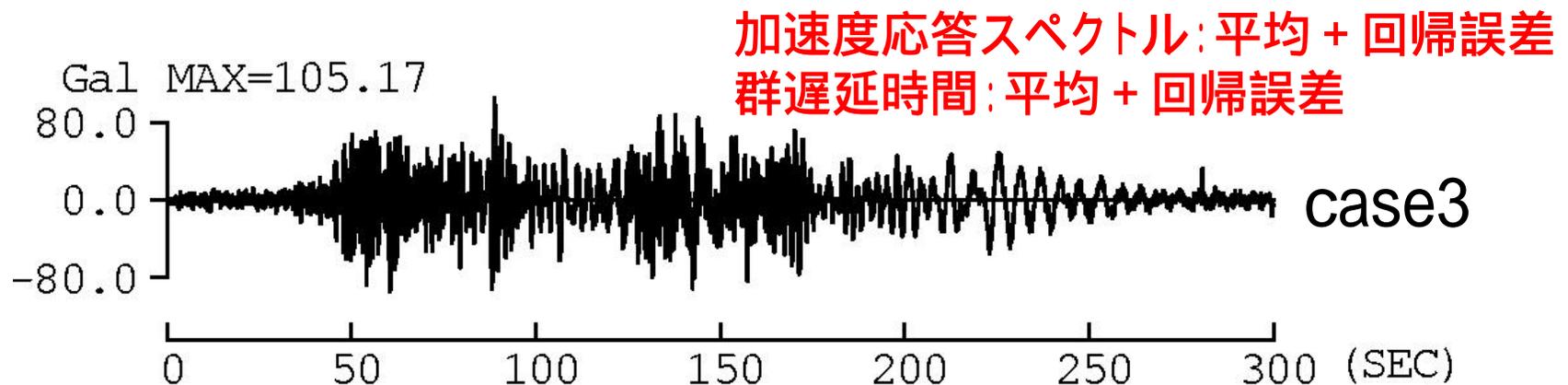
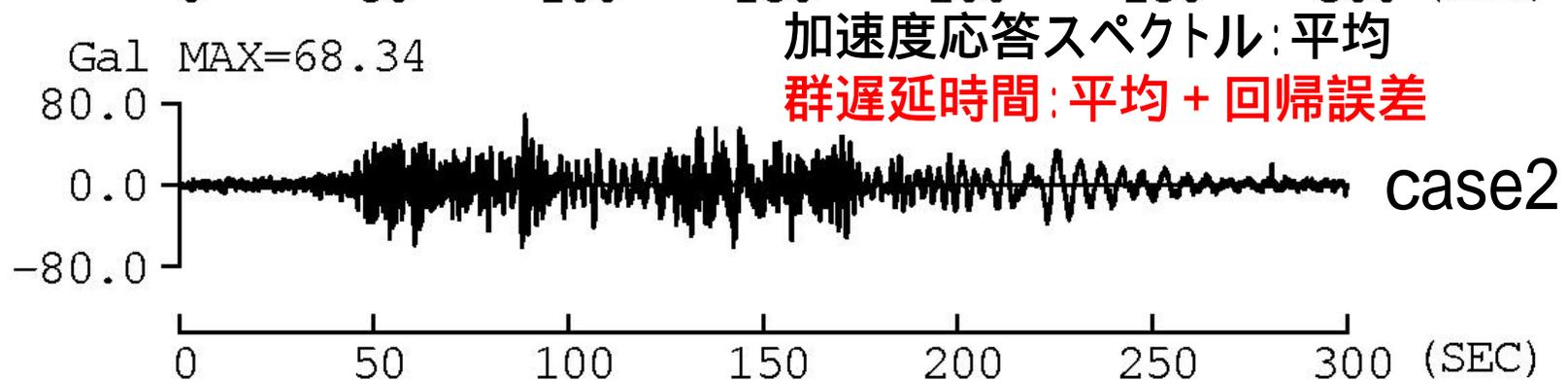
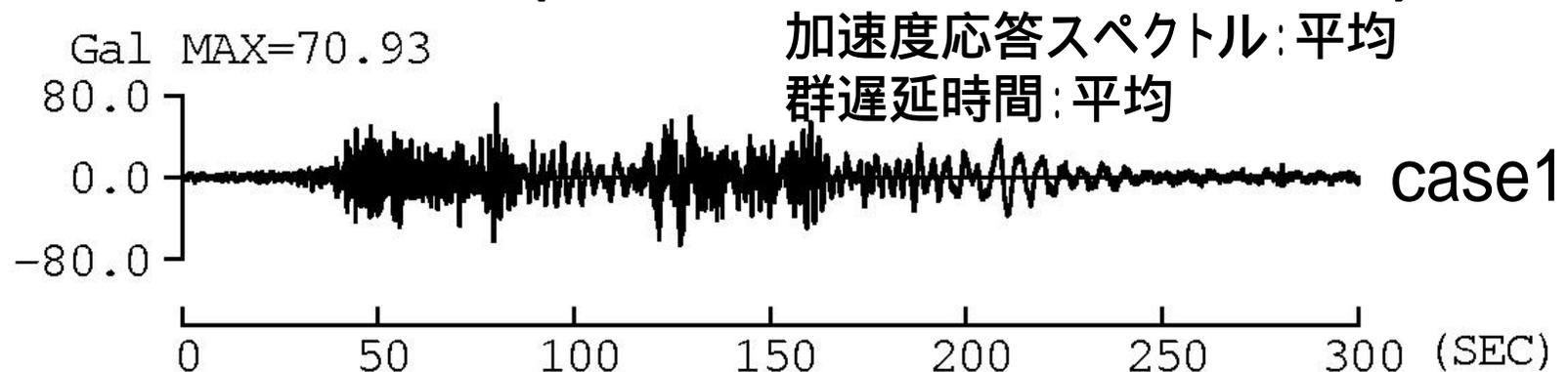
(永野・吉村,2006)



本事業の  
予測波



# 仮想の超高層建物への入力動とした 加速度波形(南海地震の此花:乱数2)



# 超高層建物(鋼構造30階)解析モデル諸元

表1 部材断面

柱	外周部	-600 × 600 × 19 × 19 ~ -600 × 600 × 50 × 50
	その他	-600 × 600 × 19 × 19 ~ -600 × 600 × 45 × 45
梁	外周部	H-850 × 200 × 16 × 19 ~ H-850 × 250 × 16 × 25
	その他	H-850 × 200 × 16 × 19 ~ H-850 × 300 × 16 × 25

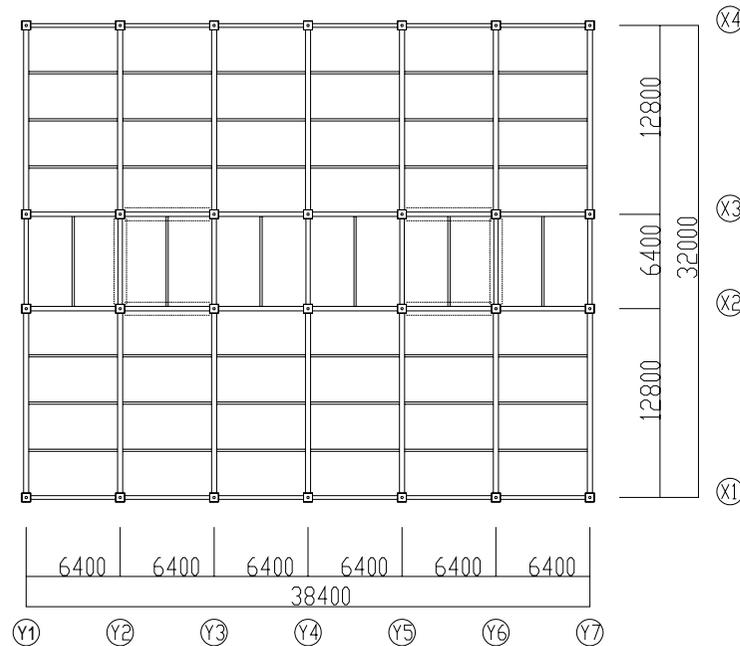
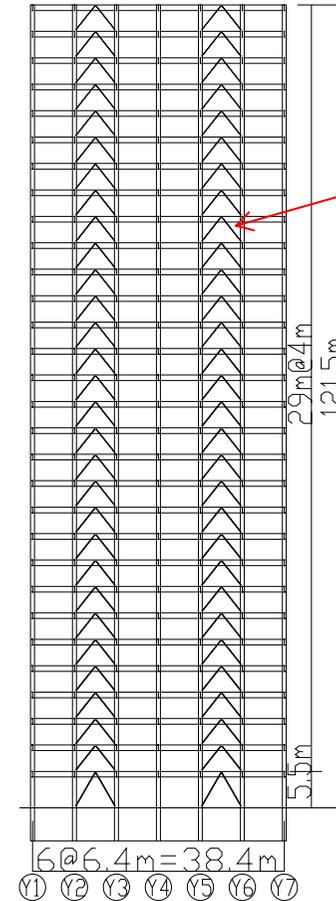


図2 梁伏図



制振ブレース  
設置位置

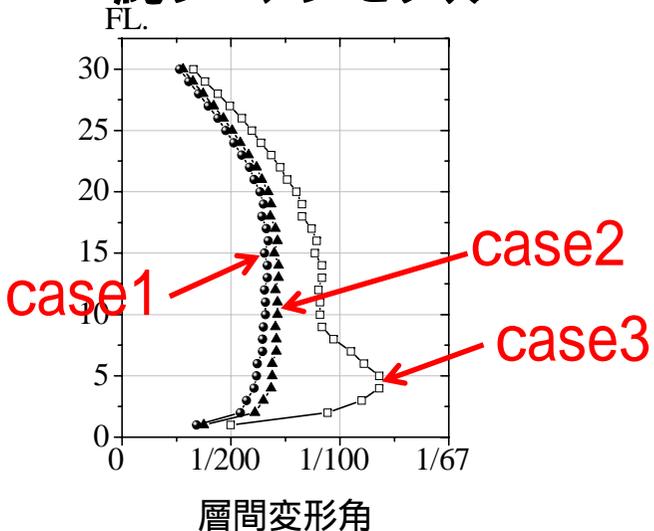
対象建物は、鋼構造  
30層純ラーメン架構  
(純ラーメンモデル)  
と、その架構(主架  
構)に履歴減衰型制  
振ブレースを付与し  
た制振架構(制振モ  
デル)とする。

図3 軸組図

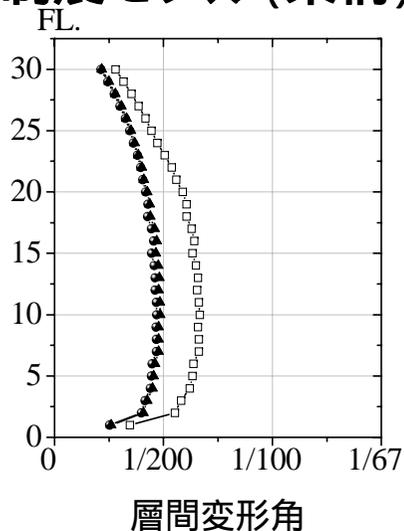
解析モデル	1次固有周期 (秒)	弾性限耐力	終局耐力	制振ブレースの 降伏耐力
純ラーメンモデル	3.36	0.14	0.17	-
制振モデル	3.08	0.14	0.17	0.01

# 想定南海地震の此花での予測波 入力時の層応答分布

純ラーメンモデル

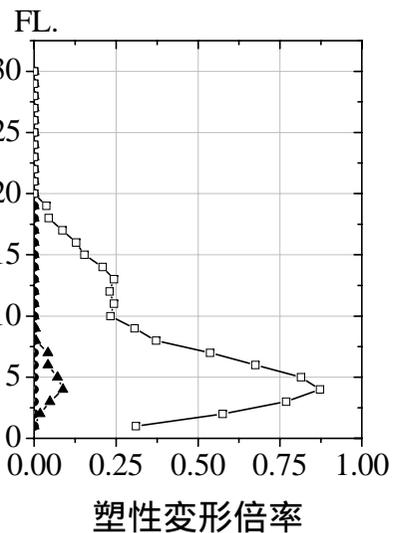


制震モデル(架構)

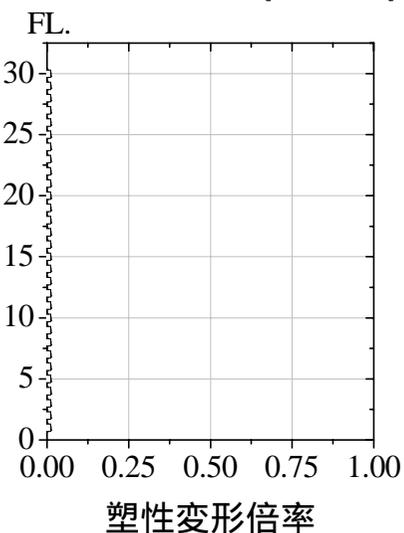


- case3の地震波に対する応答値が大きい。
- 純ラーメンモデルでは、最大層間変形角が1/100を超えた。
- 制振部材を付加することで応答が小さくなった。また、架構の損傷が抑えられた。

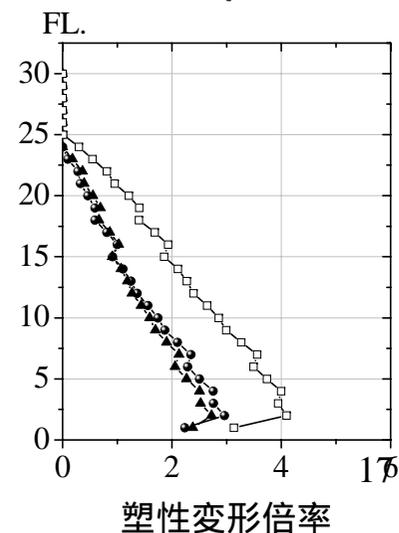
純ラーメンモデル



制震モデル(架構)



制震モデル(制震部材)



## 建築設備に与える影響に関する検討(昇降機)

- ・昇降機耐震設計・施工指針の推移をまとめた。
- ・長周期地震動によって発生したエレベータの被害をまとめた。
- ・長周期地震動に対するエレベータの対策を調査した。

現在、千葉県北西部を震源とする地震(2005年)の被害や2008年9月の法令改正を契機に、「昇降機耐震設計・施工指針」の見直しがされており、その中で、長周期地震動の対策について盛り込まれる予定である。

# まとめと今後の課題

・地震記録に基づきスペクトルと経時特性の回帰モデルを作成した。堆積層が厚い地域で長周期地震動の振幅が大きくなり継続時間が延びる特徴がモデル化できた。

このモデルでは、回帰に用いるデータの記録時間が十分長いことが重要であり、今後、このような記録を補充し改良していく必要がある。また、観測点のない地点での評価のために面的な補間が必要である。

・巨大海溝型地震に対する時刻歴波形を作成し、三次元有限差分法等に基づく既往の予測波形とばらつきの範囲内で整合することを示した。

今後、設計用長周期地震動作成手法として広く利用されるためには、具体的な手順の明確化あるいは簡便化が必要がある。

・作成した時刻歴波形を、超高層建物モデルに入力し応答性状の試算を行った。

今後は、超高層建物の安全裕度や構造応答クライテリアの検討を行い、設計用長周期地震動の策定にフィードバックしていく必要がある。