



4 震源断層モデル等の構築

首都直下地震プロジェクト23年度第1回運営委員会資料

東京大学地震研究所

鳥取大学大学院工学研究科・京都大学防災研究所

防災科学技術研究所・東京工業大学大学院総合理工学研究科

東京大学大学院理学系研究科・北海道大学大学院工学研究科

九州大学大学院理学院理工学研究科

研究の目的

- プレート境界地震，スラブ内地震のそれぞれについて，地震発生場所の絞込み，地殻やプレートを含む地下構造モデルの構築，さらには震源断層モデルの構築等を行う．また，地震の破壊成長とスケーリング，スラブ内地震による強震動予測，高速な地震動予測手法などの研究を行い，震源断層モデルや強震動予測の高精度化につなげる．
- 観測点の地盤・設置環境調査を実施することにより，面的な地震動分布の推定精度向上につなげる．
- 広帯域強震動生成に関係するすべり分布や応力降下量，破壊様式といった震源断層のパラメータの把握とその地域性・深さ依存性についての分析を行う．
- 首都圏の浅部地盤および深部地盤の既存の地盤モデルを収集・整理するとともに，新しいデータの追加を図り，表層から地震基盤に至る切れ目のない3次元地盤モデルの作成を行う．

平成23年度の成果

- (1)～(3)で得られたデータ等を総合して、プレート境界地震、スラブ内地震のそれぞれについて、首都直下地震の強震動予測を行った。また、地震の破壊成長とスケーリング、スラブ内地震による強震動予測、高速な地震動予測手法などの研究を行った。
- 面的な地震動分布の推定精度向上のために、観測点の地盤・設置環境調査を実施した。
- 広帯域強震動生成に関係するすべり分布や応力降下量、破壊様式といった震源断層のパラメータの把握とその地域性・深さ依存性についての分析を行った。
- 首都圏の浅部地盤および深部地盤の既存の地盤モデルを収集・整理するとともに、新しいデータの追加を図り、表層から地震基盤に至る切れ目のない3次元地盤モデルの作成を行った。



4-1 強震動予測手法と地下構造モデル に関する調査研究

首都直下地震プロジェクト23年度第1回運営委員会資料

瀬瀬一起¹⁾・古村孝志¹⁾・三宅弘恵¹⁾・増田徹¹⁾・香川敬生²⁾

¹⁾東大地震研・²⁾鳥取大学

平成23年度の成果

- 「1. 地震計を用いた自然地震観測によるプレート構造調査」により得られた速度構造やプレート構造, 想定震源域を活用して, 首都圏に影響を及ぼす地震による広帯域地震動を計算した.

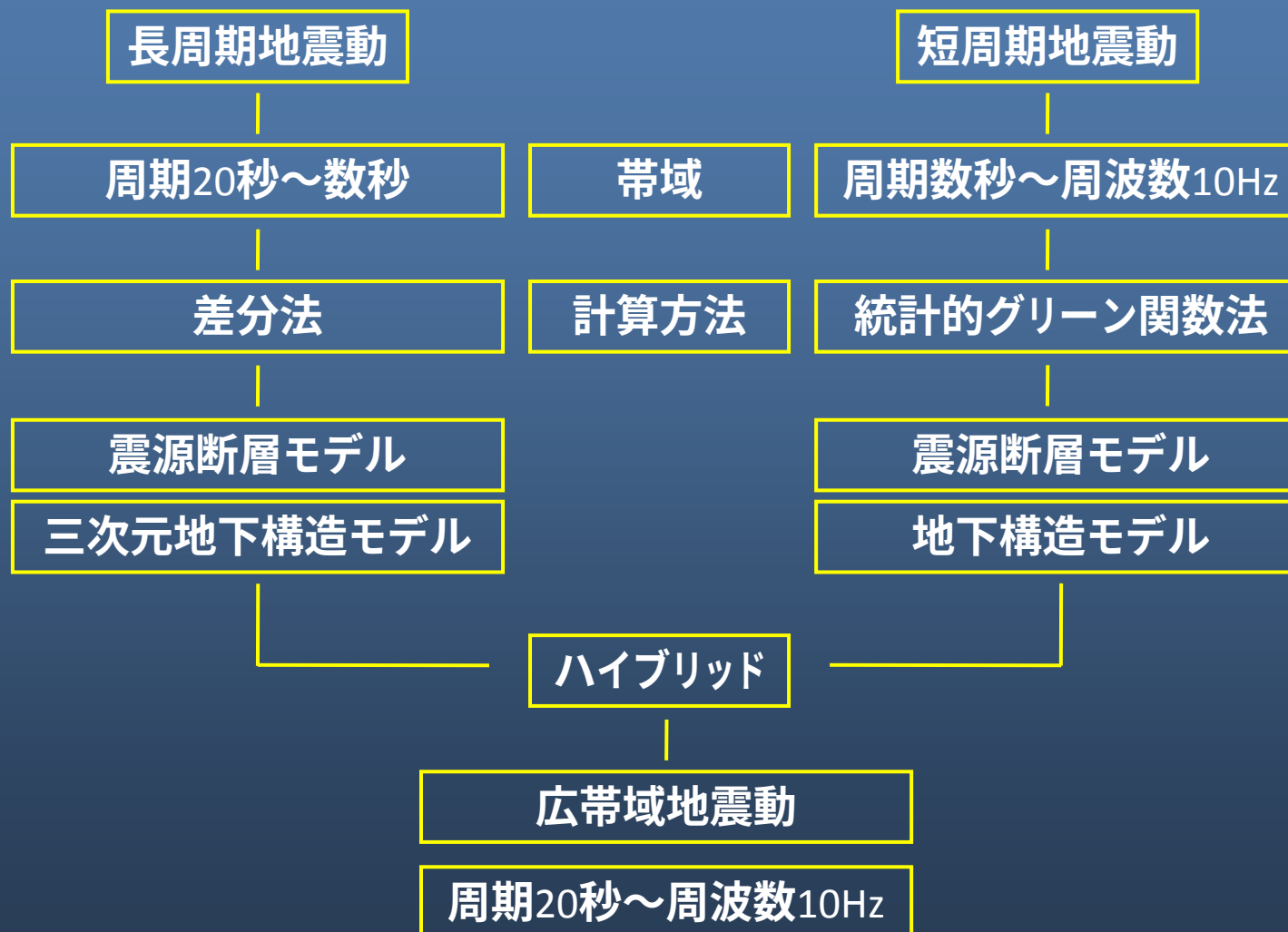
震源断層モデルの構築

プレート構造モデルの改訂
震源断層位置の取り込み
断層パラメータの設定

広帯域地震動の計算

差分法による長周期地震動
統計的グリーン関数法による短周期地震動

高精度広帯域地震動の計算



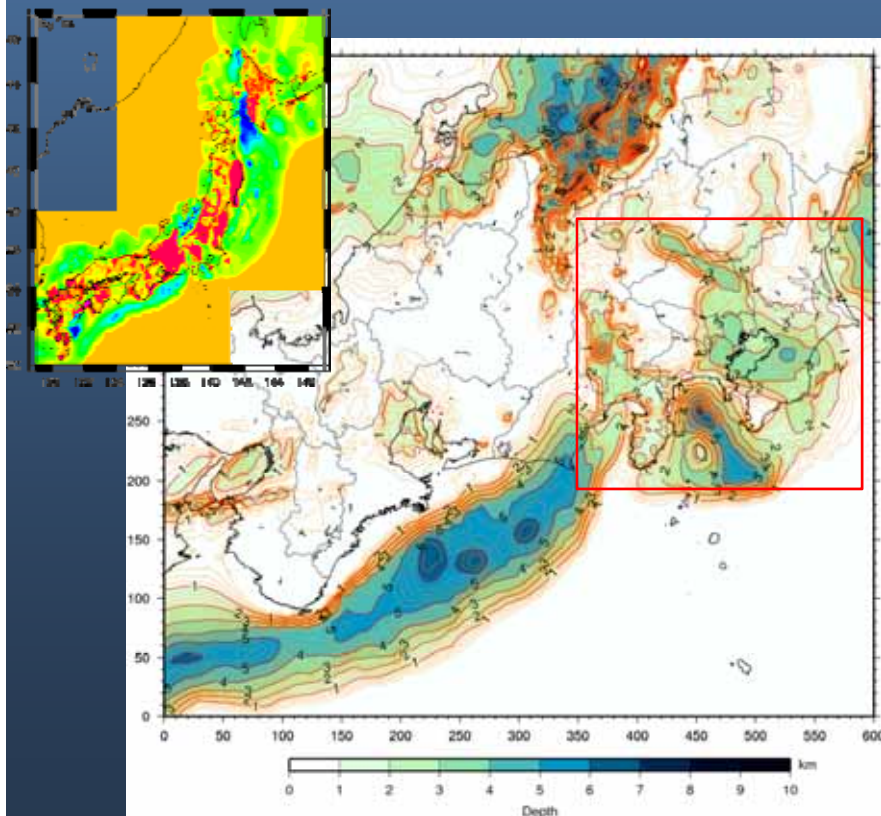
地下構造モデル

全国1次地下構造モデル (長周期地震動予測地図等に活用)

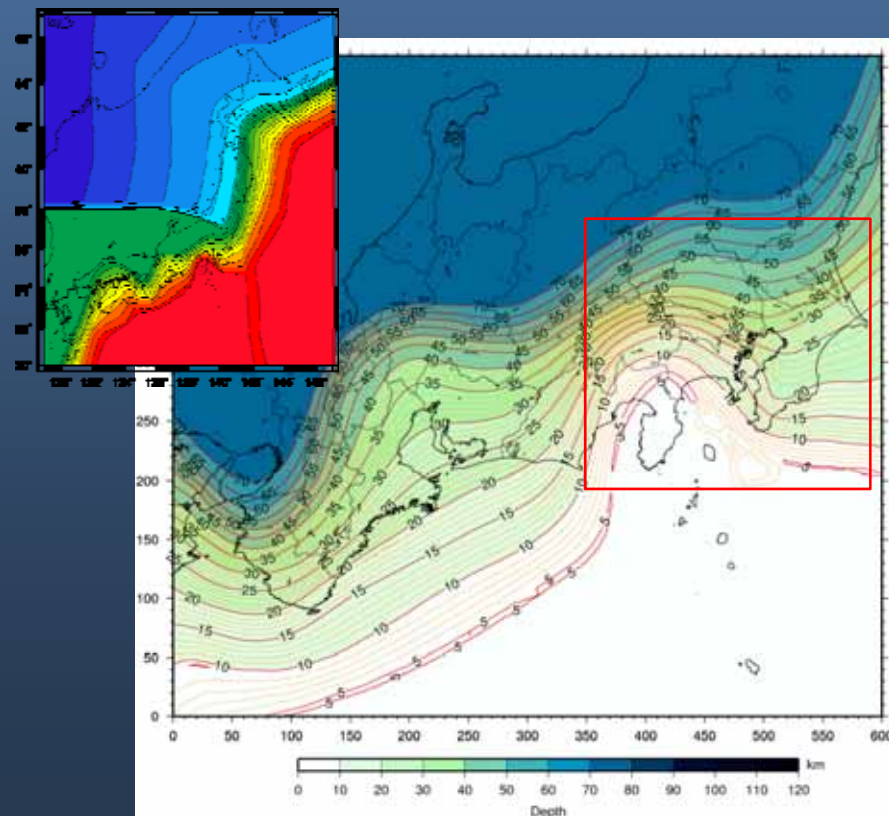
物理探査・ボーリング・地質構造・重力異常データ等に基づくモデルを
自然地震のスペクトルや波形、シミュレーションにより精緻化されたモデル

地表～工学的基盤～地震基盤～上部地殻・下部地殻・上部マントル
付加体及びプレート構造 (海洋性地殻・海洋性マントル)

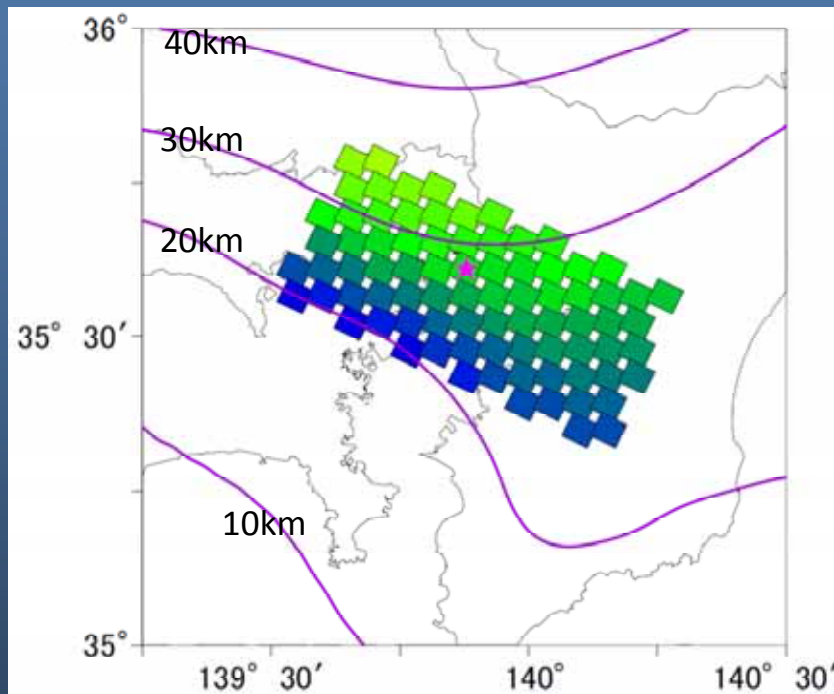
地震基盤



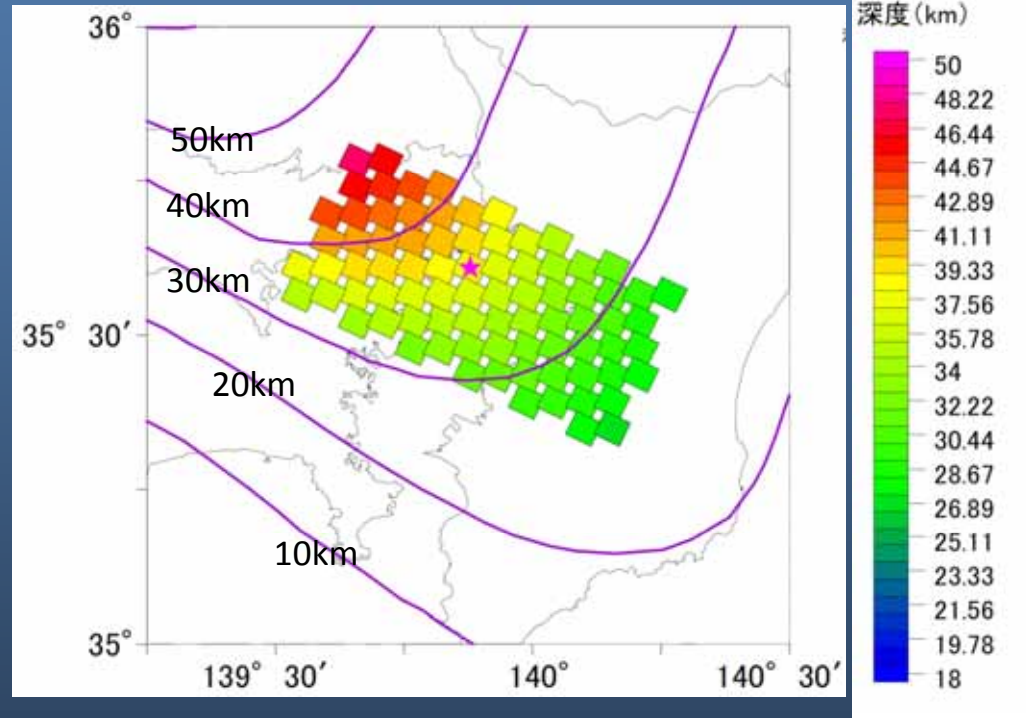
フィリピン海プレート



震源断層モデル



本研究
紫の線は、全国1次地下構造モデル
によるフィリピン海プレート上面深度



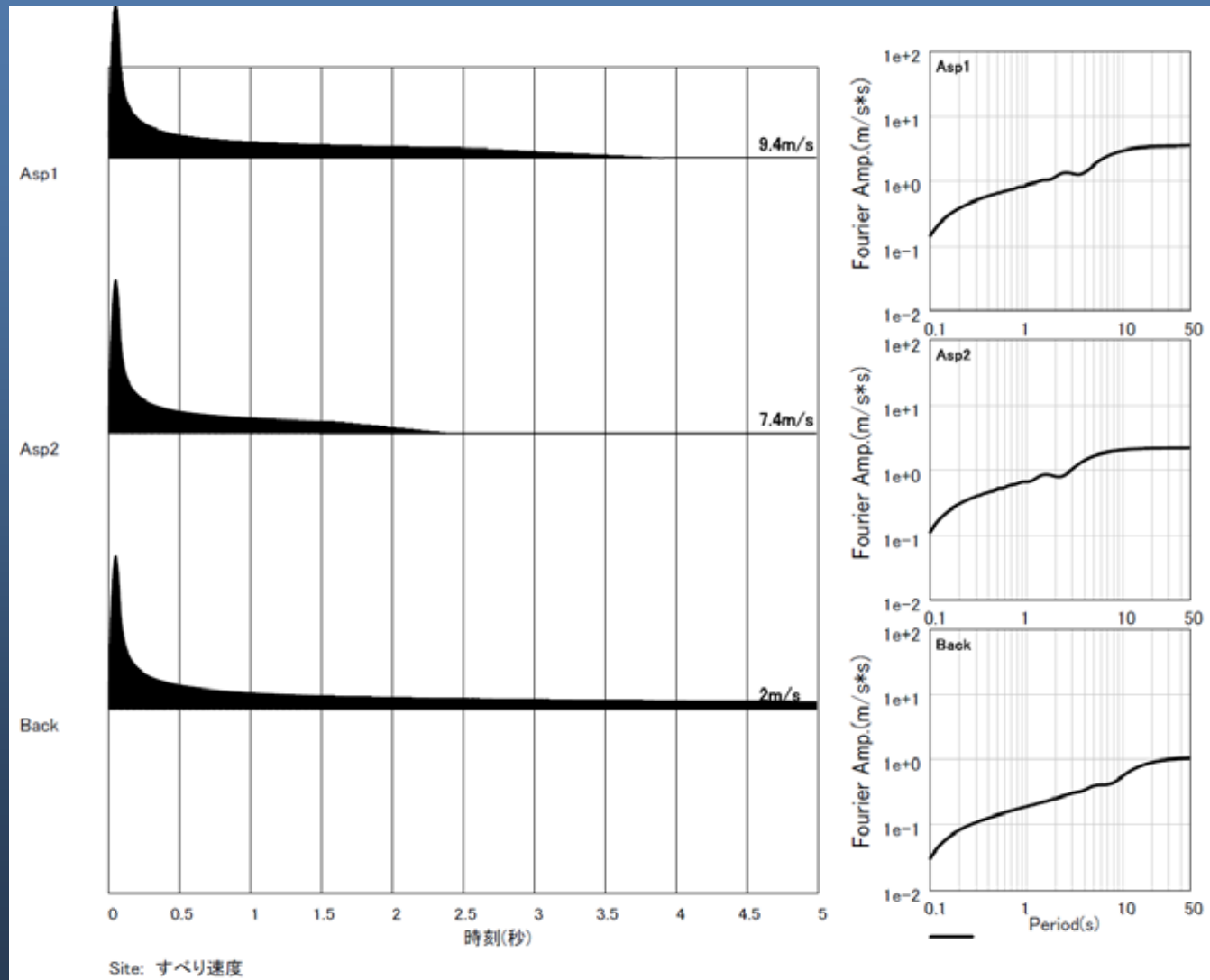
中央防災会議(2004)
紫の線は、Ishida(1992)による
フィリピン海プレート上面深度

震源時間関数 (差分法)

Asp1
 $Tr=2.55s$

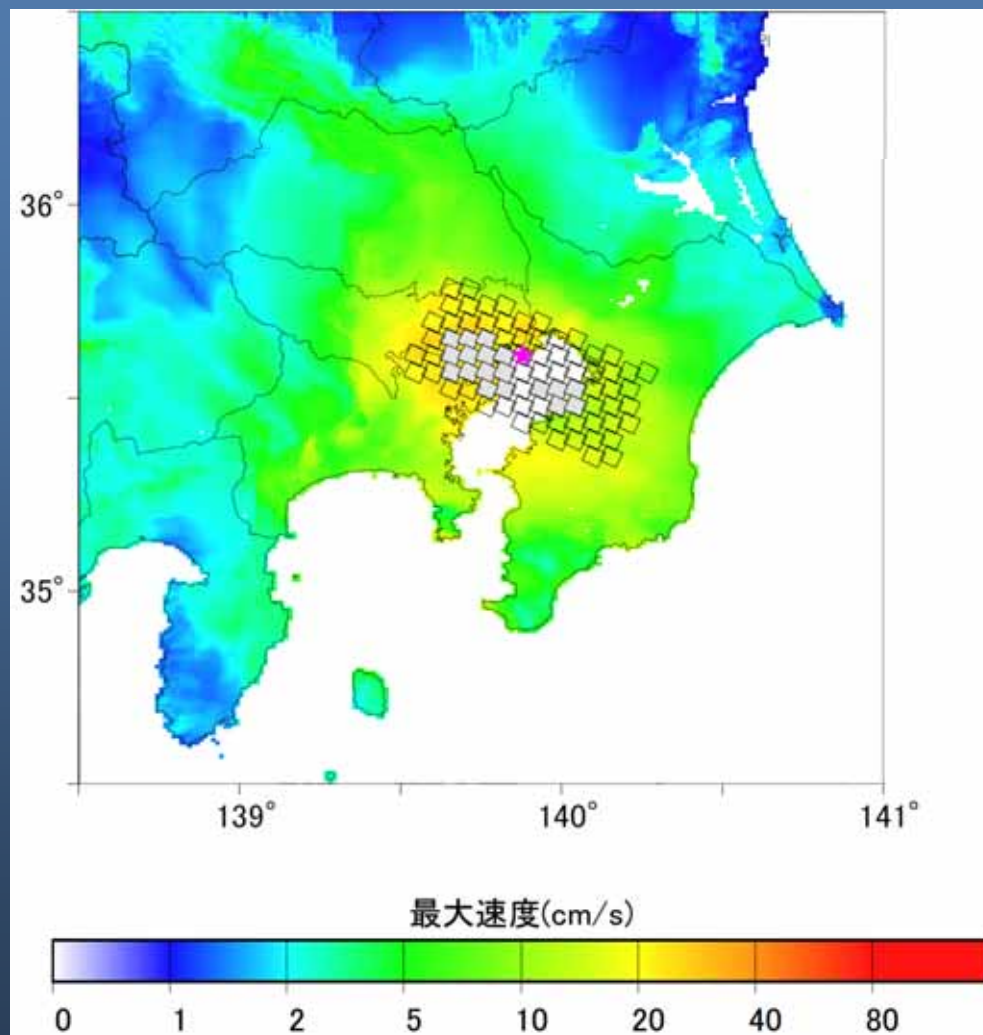
Asp2
 $Tr=1.58s$

背景
 $Tr=5.61s$



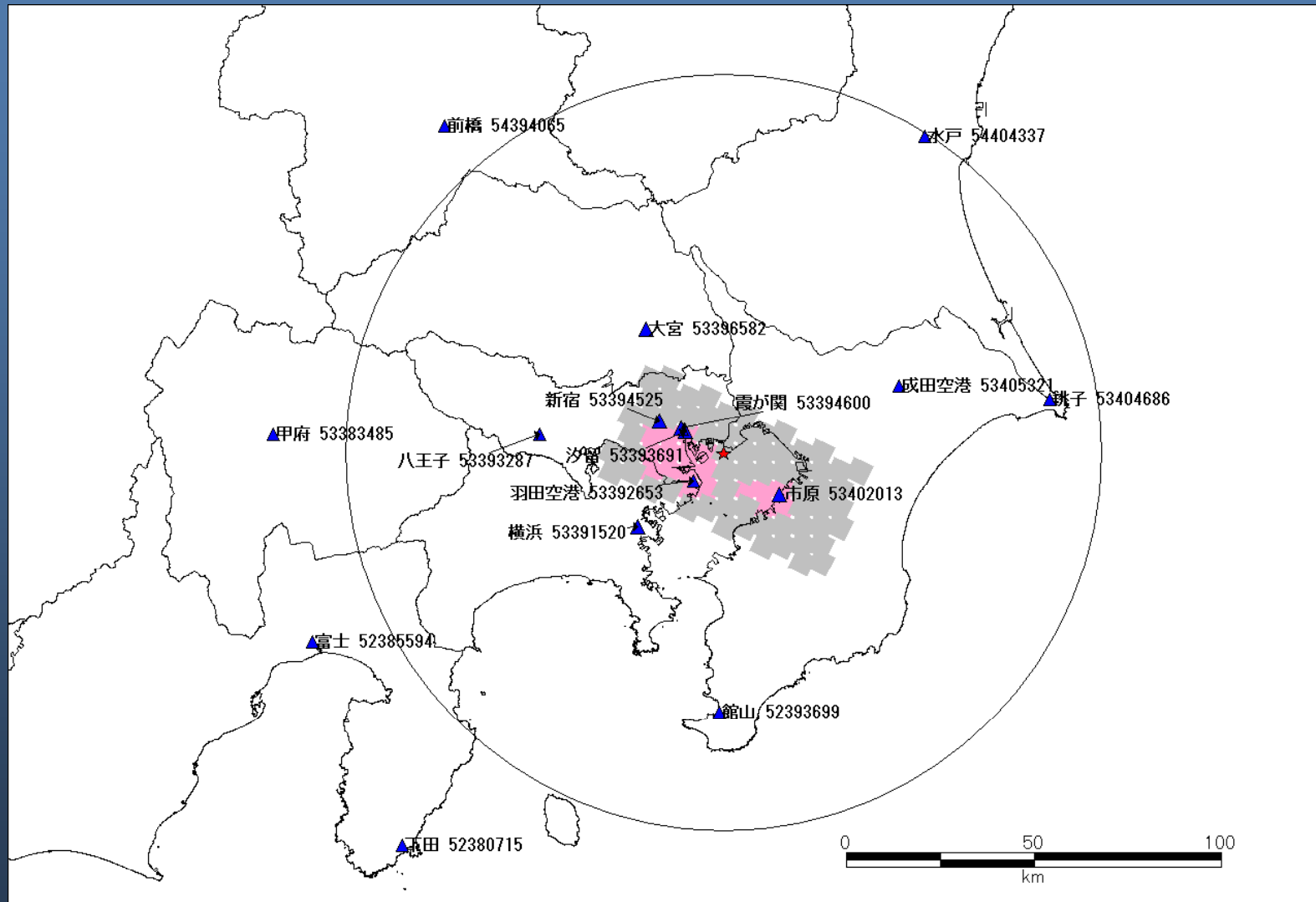
中村・宮武(2000)

長周期地震動の最大速度分布



三次元差分法最大速度分布
(水平2成分の最大値)

広帯域地震動を計算した地点



計算地点

広帯域地震動の波形例

フーリエスペクトル

5%速度応答スペクトル

霞が関

NS

EW

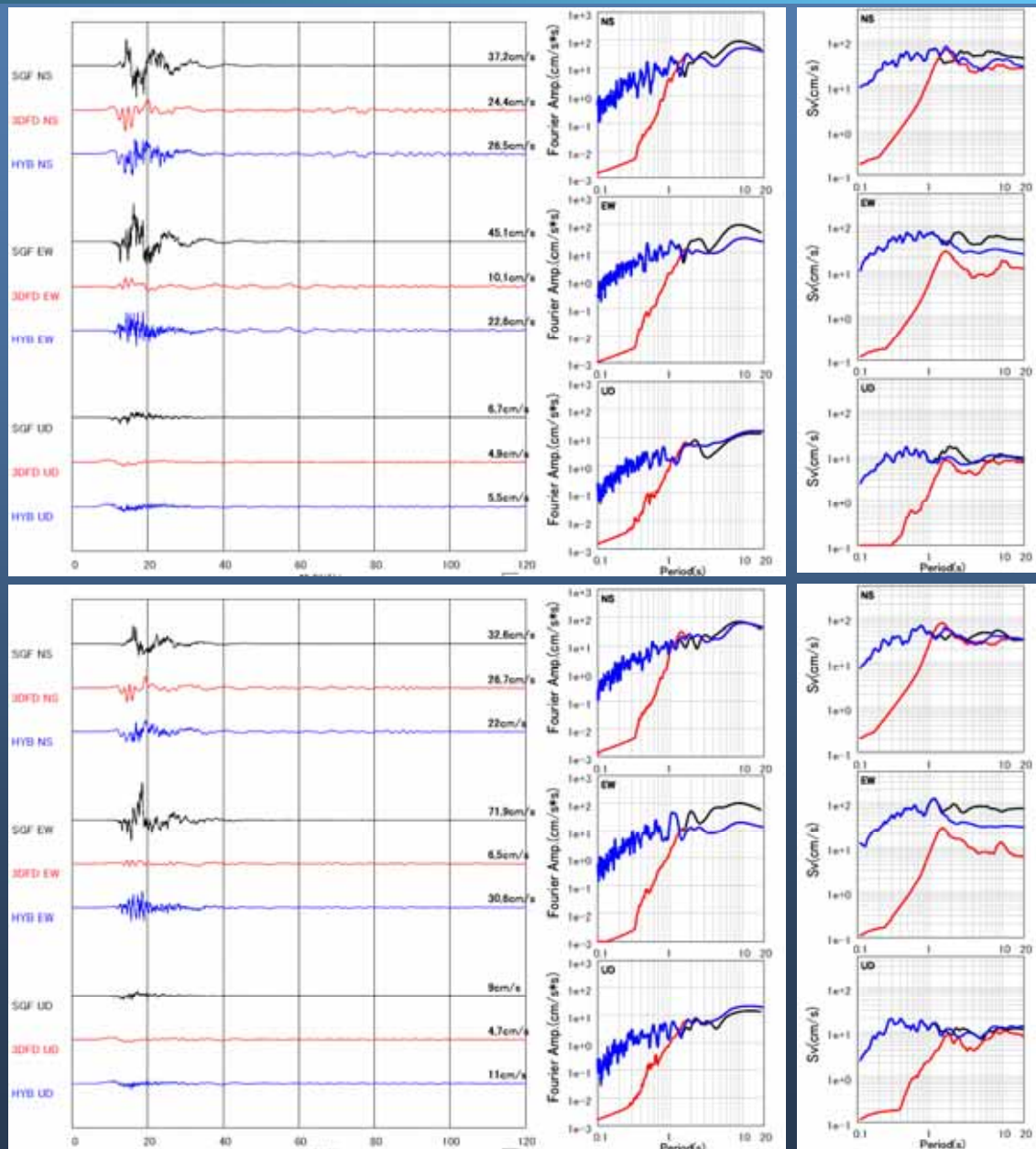
UD

新宿

NS

EW

UD



ハイブリッド法結果
速度波形

統計的G法

3次元差分法

ハイブリッド法

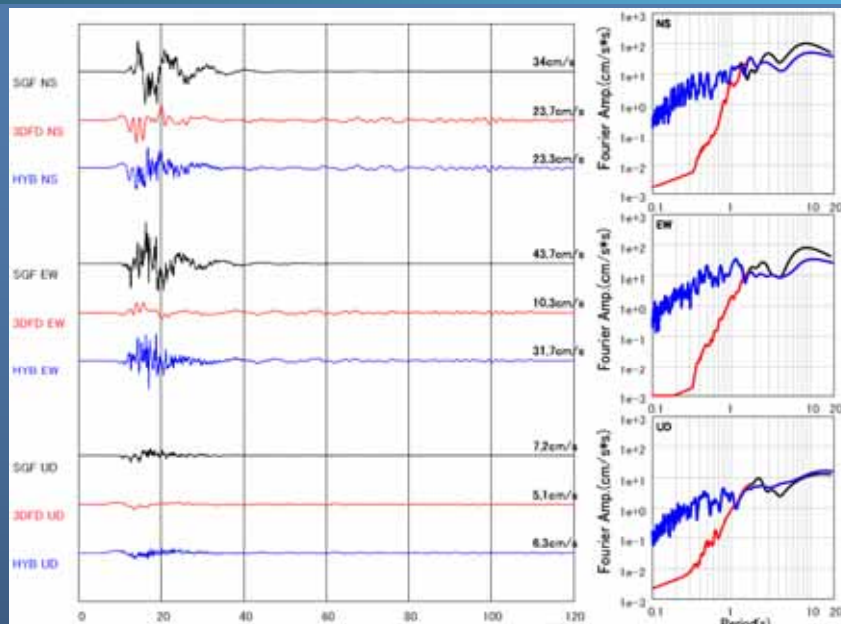
広帯域地震動の波形例

フーリエスペクトル

5%速度応答スペクトル

汐留

NS

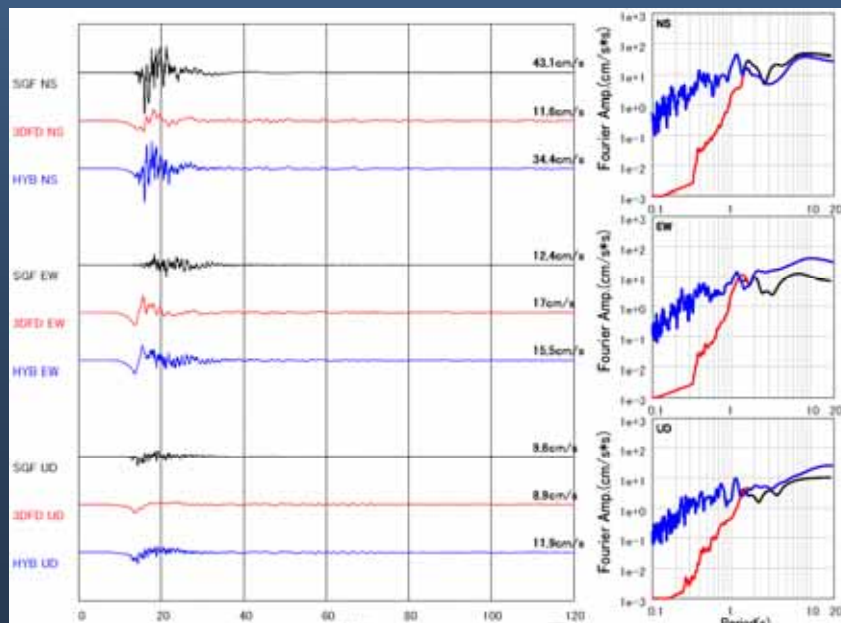


EW

UD

横浜

NS



EW

UD

ハイブリッド法結果
速度波形

統計的G法

3次元差分法

ハイブリッド法

広帯域地震動の波形例

フーリエスペクトル

5%速度応答スペクトル

霞が関
NS

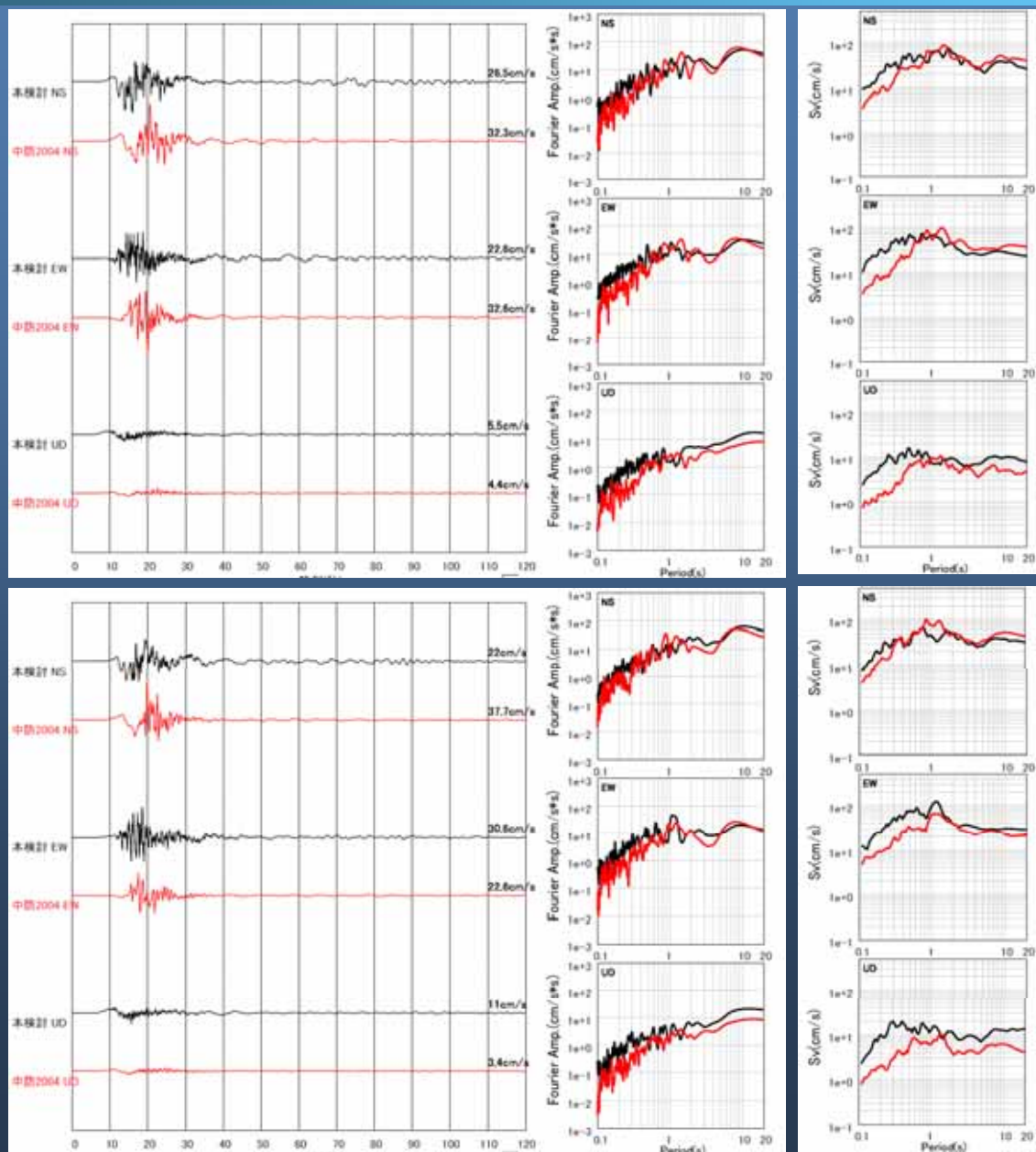
EW

UD

新宿
NS

EW

UD



ハイブリッド法結果
速度波形

中央防災会議の
結果との比較

本研究

中央防災会議

広帯域地震動の波形例

フーリエスペクトル

5%速度応答スペクトル

汐留

NS

EW

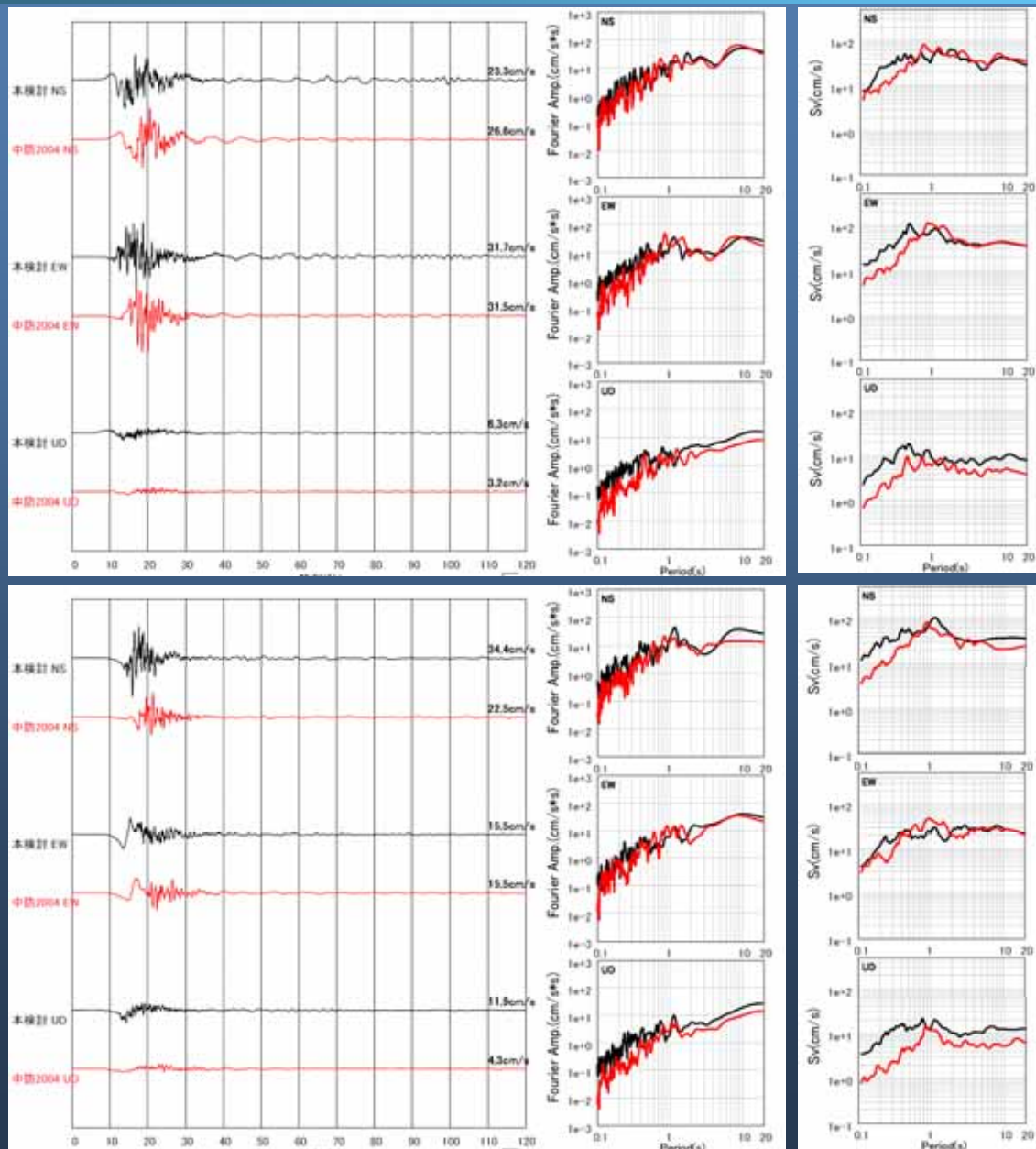
UD

横浜

NS

EW

UD



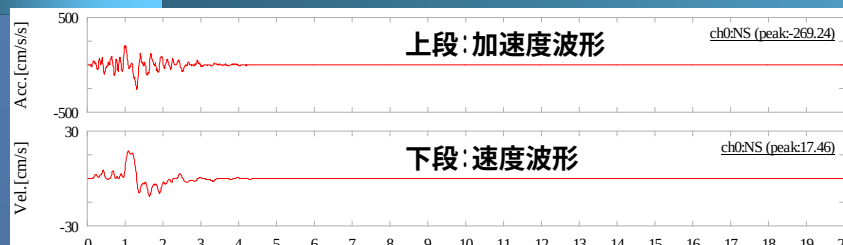
ハイブリッド法結果
速度波形

中央防災会議の
結果との比較

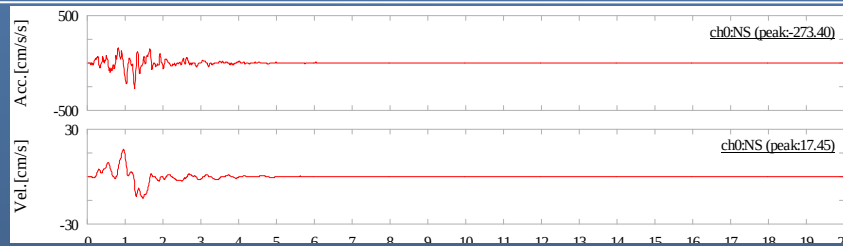
本研究

中央防災会議

要素波形の比較 (SGF)



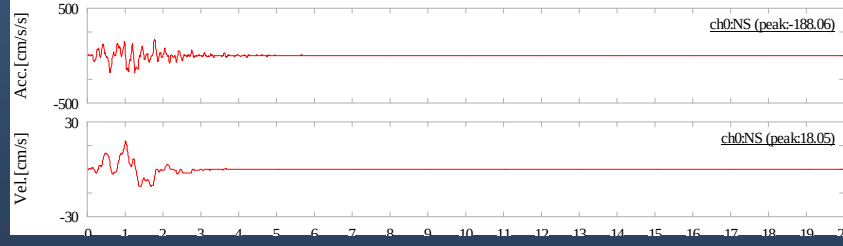
SEED1



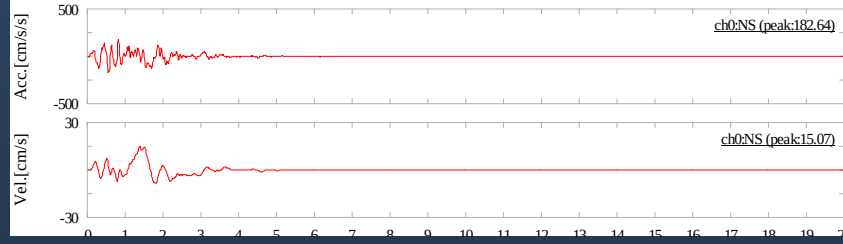
SEED2



SEED3



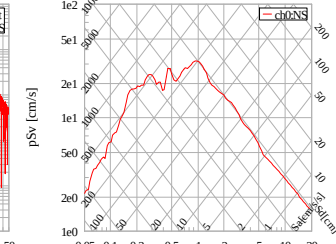
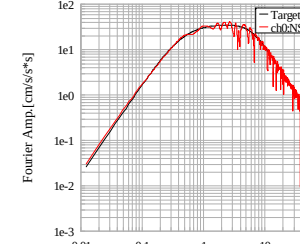
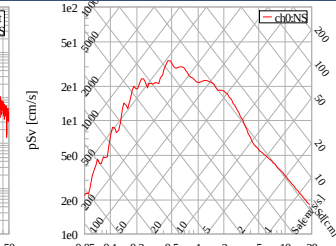
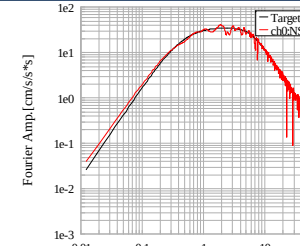
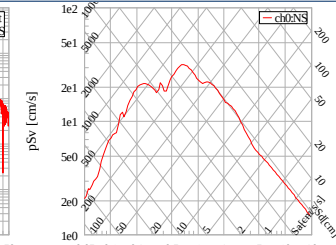
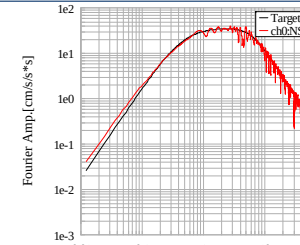
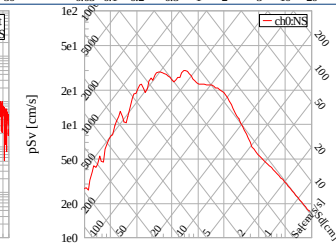
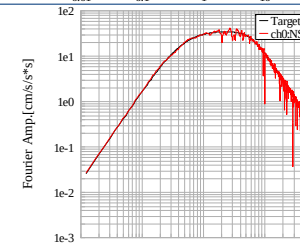
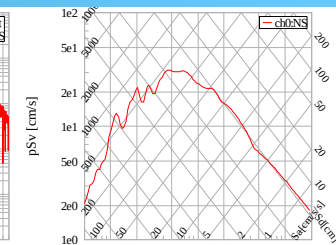
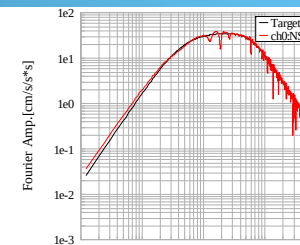
SEED4



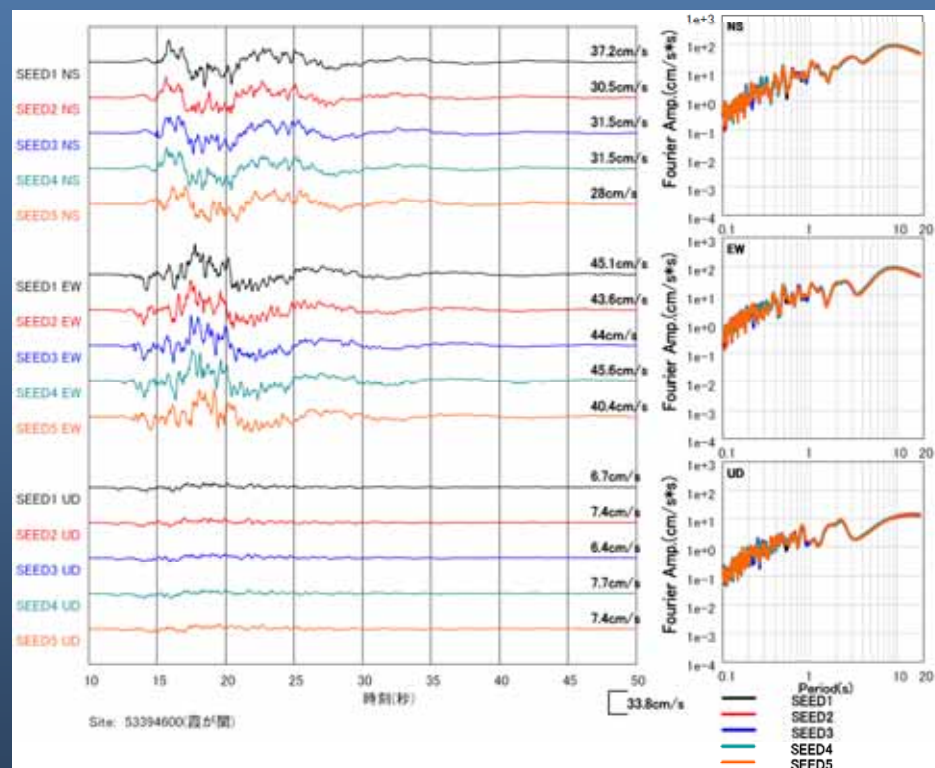
SEED5

フーリエスペクトル

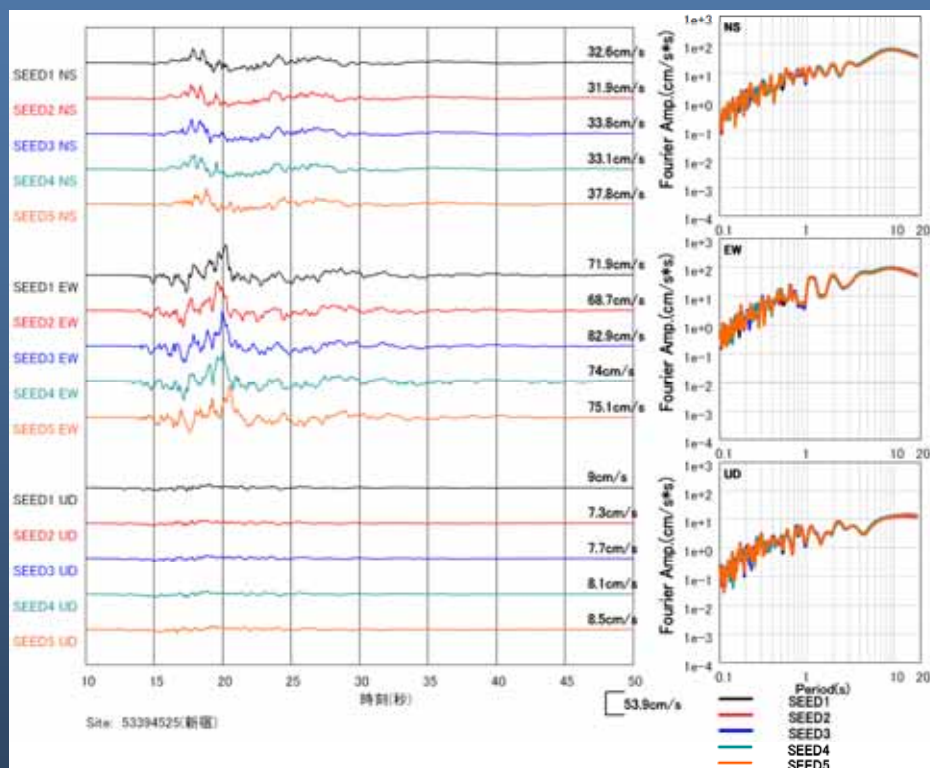
5%応答スペクトル



統計的グリーン関数法 要素波の影響

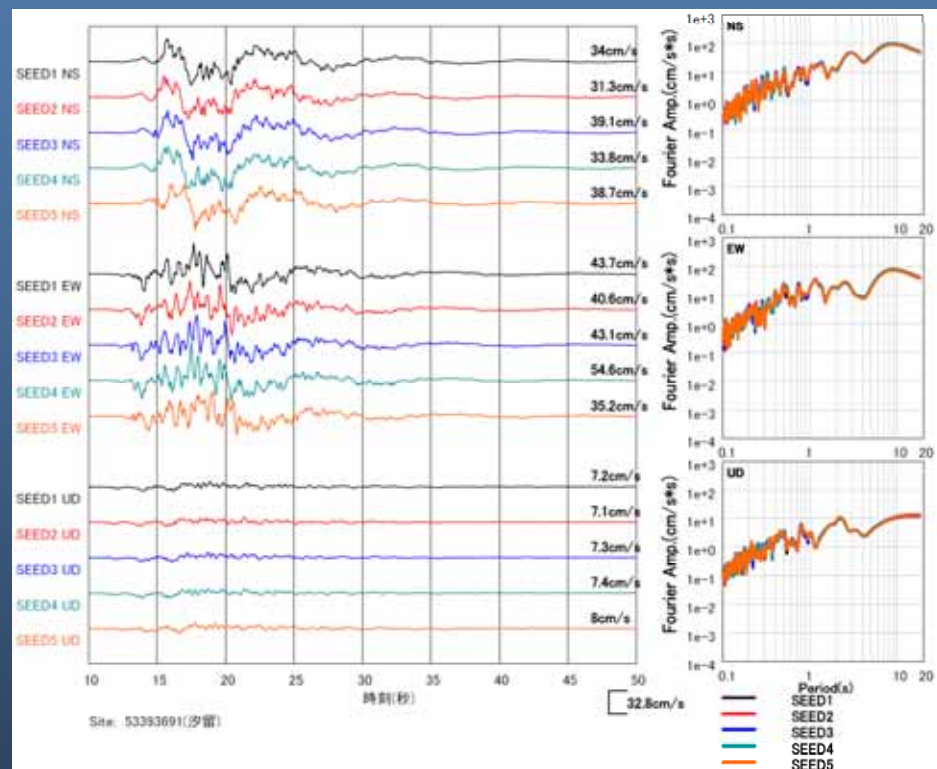


霞が関

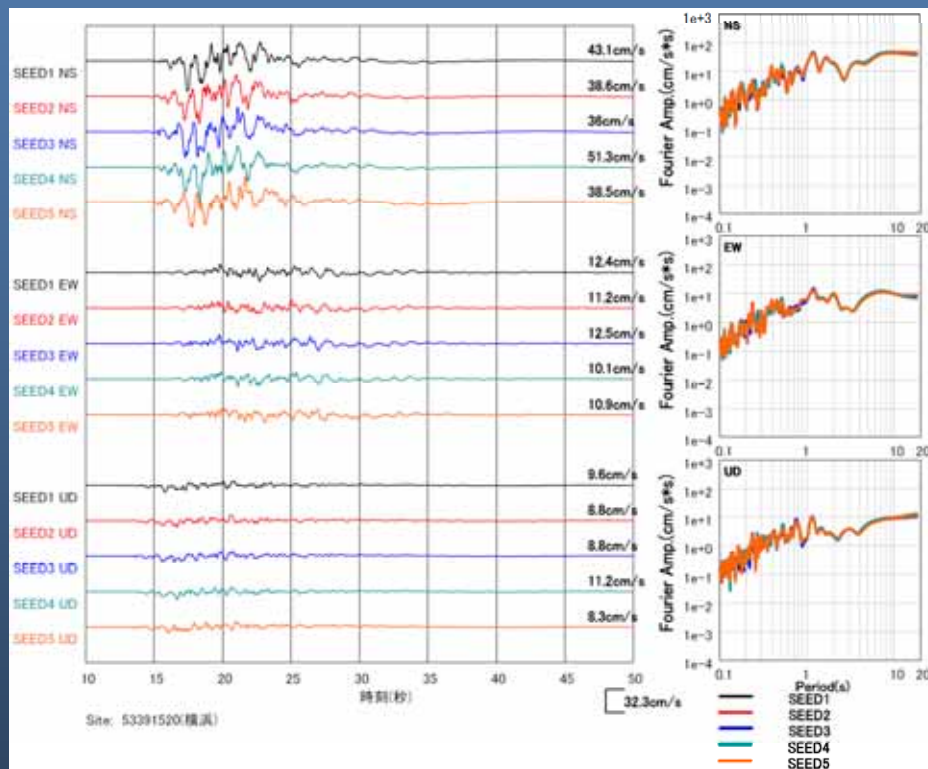


新宿

統計的グリーン関数法 要素波の影響



汐留



横浜

平成23年度の計画

- 構築された震源断層モデル, および地下構造モデルとプレート構造などに基づき, プレート境界あるいはプレート内の地震に対して高精度広帯域強震動予測を行う.
- 予測計算された波形データ等をサブプロ間連携のために提供する.



首23-4-2

4-2 震源断層モデルの高度化 に関する調査研究 (京都大学防災研究所)

平成23年度第1回首都直下地震防災・減災特別プロジェクト運営委員会 (23.9.5)

研究目的

首都直下で発生するスラブ内地震等の強震動予測のための震源断層モデルを高度化することを目的とする。

平成22年度までの成果

スラブ内地震の断層破壊領域，アスペリティ領域と地震規模との経験式を構築した。

それらの経験式に基づいて，強震動予測のための特性化震源モデル構築法を提案した。

2001年芸予地震，2003年宮城沖，1987年千葉県東方沖地震をターゲットとして，いくつかのシナリオ設定の下で，経験的グリーン関数法，統計的グリーン関数法により強震動シミュレーションを行い，観測記録と比較することによって，特性化震源モデルの妥当性検証を行った。モデルパラメータ設定に関して，アスペリティの応力降下量に関する深さ依存性の可能性を指摘した。

平成23年度の計画と進捗状況

強震動予測のためのスラブ内地震の特性化震源モデルの検証を踏まえ、モデル構築手法の提案を行う

具体的には

- 1) 2011年4月11日宮城沖のスラブ内地震のシミュレーションを行い、応力降下量特性を調べる。
- 2) 1) と平成22年度までに行ってきた手法の検証に基づいて、モデル構築手法の提案を行う。

進捗状況

- 1) についての分析を行った。
→2003年宮城沖と同じく、平均震源パラメータでは予測地震動レベルが観測を下回る。

スラブ内地震の特性化震源モデル

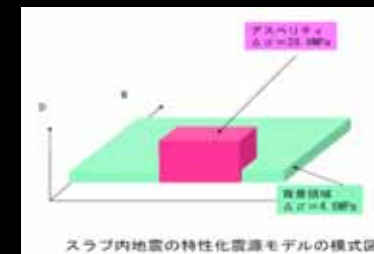
全体面積 (S)およびアスペリティ面積 (S_a) と地震モーメントの関係

$$S = 6.57 \times 10^{-11} M_0^{2/3}$$

$$S_a = 1.04 \times 10^{-11} M_0^{2/3}$$

特性化震源モデル

アスペリティの応力降下量 28.9 MPa
全体領域の平均応力降下量 4.6 MPa



- [1] 地震規模を設定する.
- [2] 経験式から断層面積, アスペリティ総面積を決める.
- [3] 震源断層は正方形 (長さ と 幅が等しい) とする.
- [4] 震源断層の走向, 傾斜角, すべり角は想定地域のメカニズムを用いる.
- [5] アスペリティと破壊様式の設定を行う.

(オプション)

全体領域 (1/1.4倍), アスペリティ領域 (1/1.64倍) (標準偏差分) 小さくした (応力降下量を大きくした) 平均+標準偏差モデル

➡アスペリティ 56 MPa, 全体 7.6 MPa

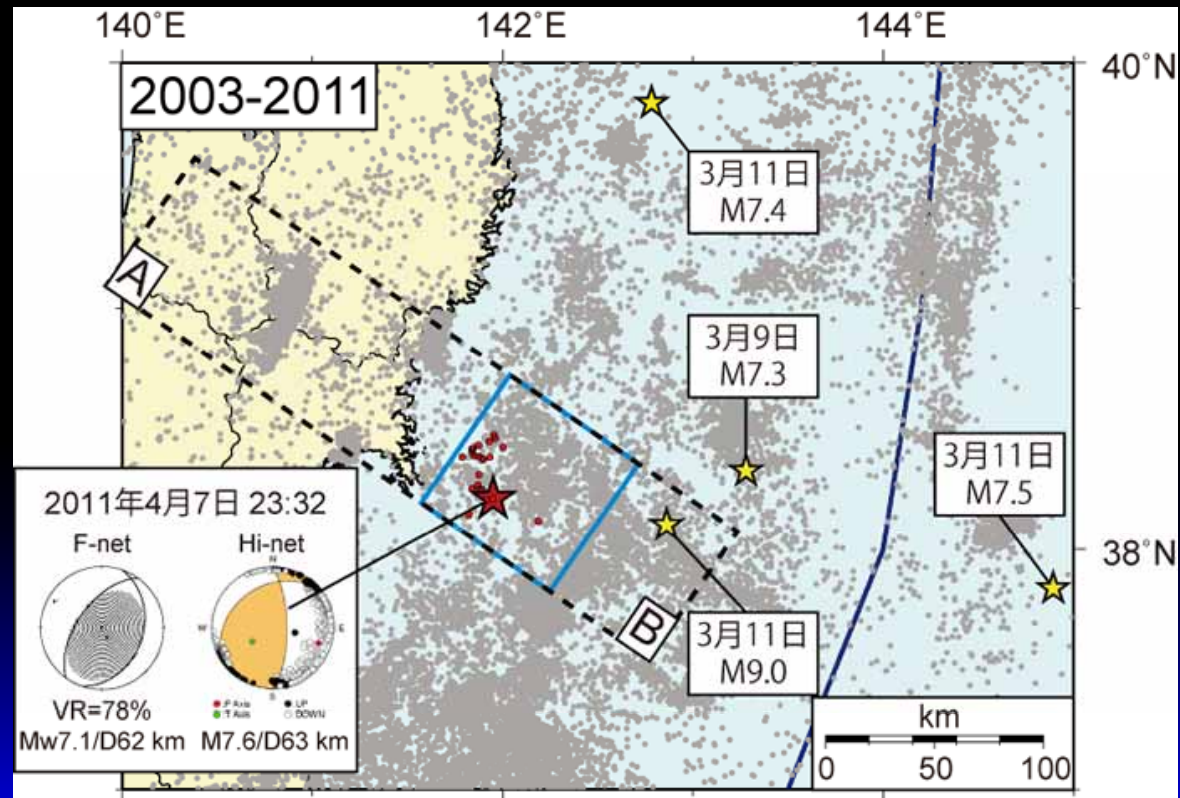
2011年宮城県沖の地震

■ 2011年4月7日23:32(JST)

M_{JMA} 7.4, 深さ65.9km (JMA)

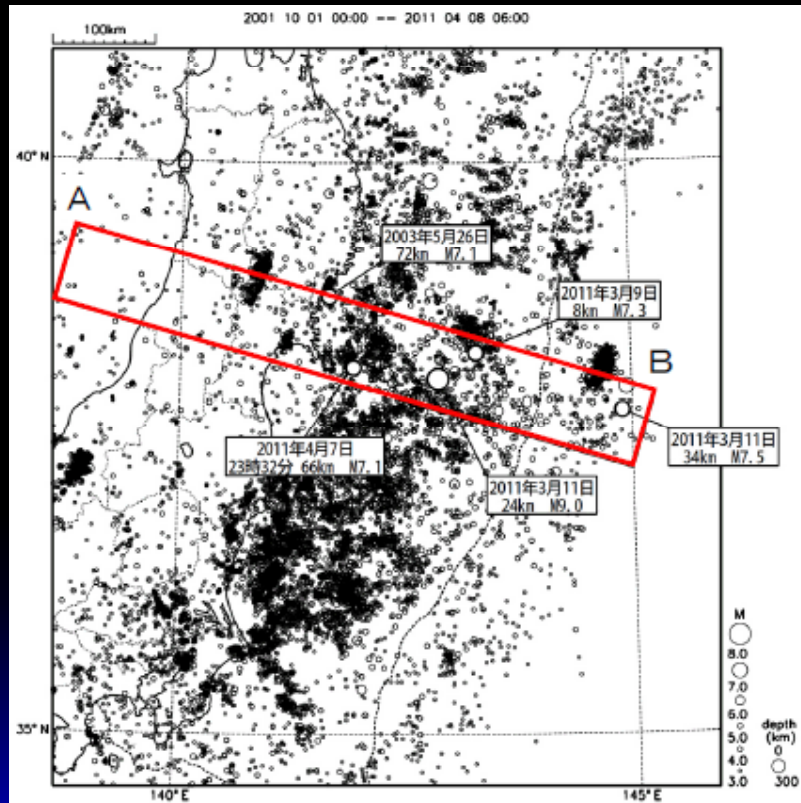
■ 逆断層型・ M_w 7.1 (F-net)

■ 震源位置, メカニズム解, 余震分布から, 太平洋プレート内部のスラブ内地震.



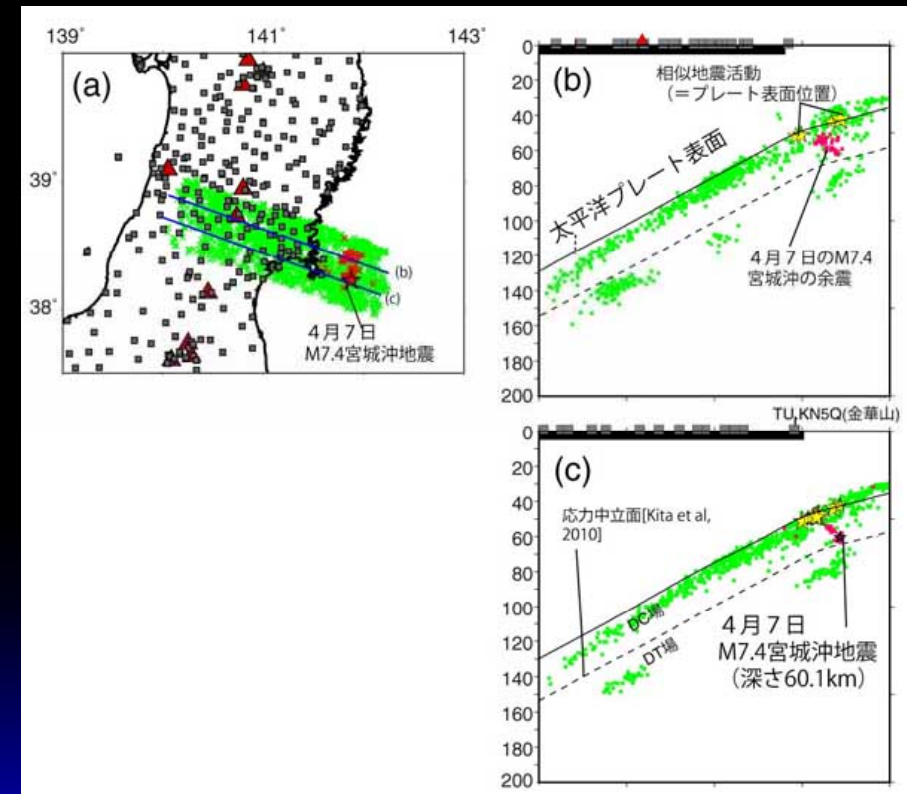
2011年宮城県沖の地震の概要

■2011年東北地方太平洋沖地震の破壊開始点（JMA）より，陸より深い位置で発生．2003年5月26日のスラブ内地震よりは海より．



気象庁(2011)

■二重深発面を分ける中立面 (Kita et al., 2010) の上（Compression領域）で発生したスラブ内地震．



東北大学地震火山観測研究センター, 2011)

断層モデル (平均+
標準偏差モデル)

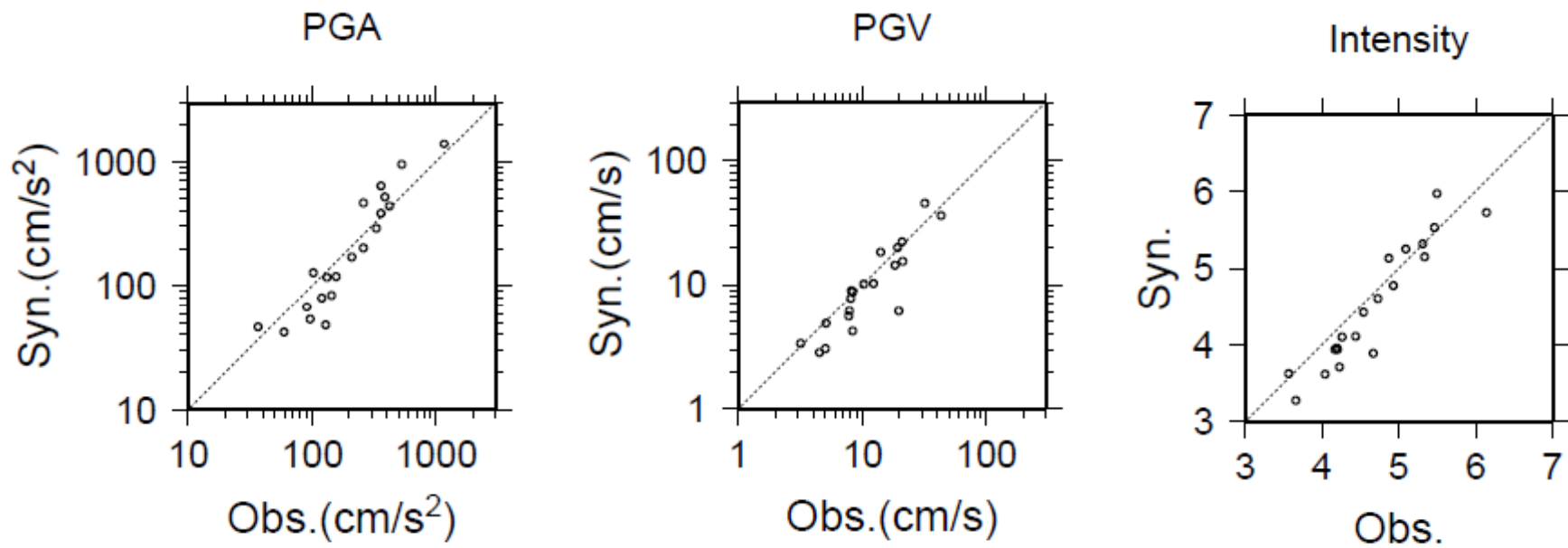
平均+標準偏差モデル
Mw 7.1

全体領域 615 km^2
アスペリティ領域 83 km^2

応力降下量
アスペリティ 56 MPa
全体 7.6 MPa



小地震 4月11日18時42分
Mw 5.4 (F-net)



震源距離が短いK-NET,KiK-netの合成・観測の比較
(平均+標準偏差モデル)

平成23年度の計画と進捗状況

強震動予測のためのスラブ内地震の特性化震源モデルの検証を踏まえ、モデル構築手法の提案を行う

具体的には

- 1) 2011年4月11日宮城沖のスラブ内地震のシミュレーションを行い、応力降下量特性を調べる.
- 2) 1) と平成22年度までに行ってきた手法の検証に基づいて、モデル構築手法の提案を行う.

進捗状況

- 1) についての分析を行った.
 - 2003年宮城沖と同じく、平均震源パラメータでは予測地震動レベルが観測を下回る.
 - 深さ依存性,もしくは平均と平均+標準偏差パラメータによるモデル構築手法提案を行う

強震観測研究の高度化に関する 調査研究

(独) 防災科学技術研究所

本研究の目的

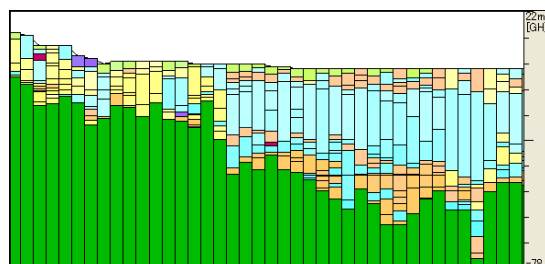
観測点の地盤・設置環境調査を実施することにより、面的な地震動分布の推定精度向上のための調査を実施する。さらに、自然地震観測によるプレート構造調査のために設置される中感度地震観測網と、既存のK-NET、KiK-net、自治体震度計等のデータを併合処理することにより、強震動の面的分布を高精度に推定するための研究を実施する。

平成23年度の実施計画

平成22年度までに実施した、千葉県北部、茨城県南部地域を中心に、単点による微動観測結果や微動アレイ観測結果、既往の地盤モデル等をもとに、既存の強震観測点に基づく面的な地震動分布の推定精度の高度化について検討を行う。

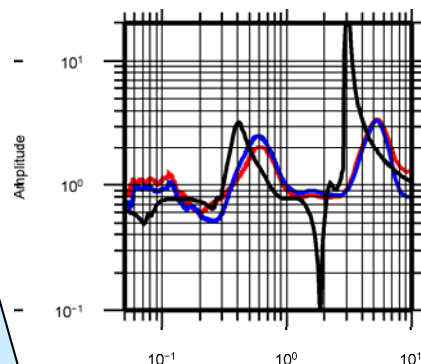
本研究における強震動の面的分布高精度化のための 地盤構造モデルの作成方法

既存地盤データの収集
微動観測・ボーリング掘削



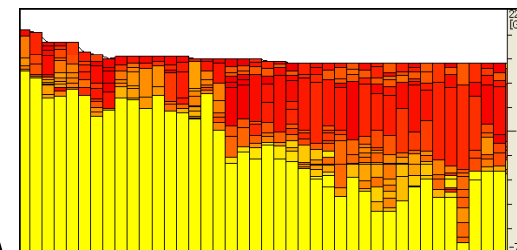
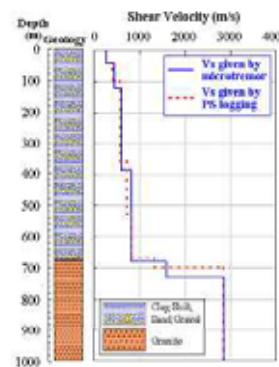
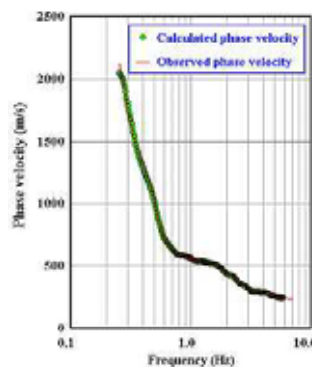
浅部・深部統合初期地盤
モデル (約50mメッシュ)

常時微動 (単点)



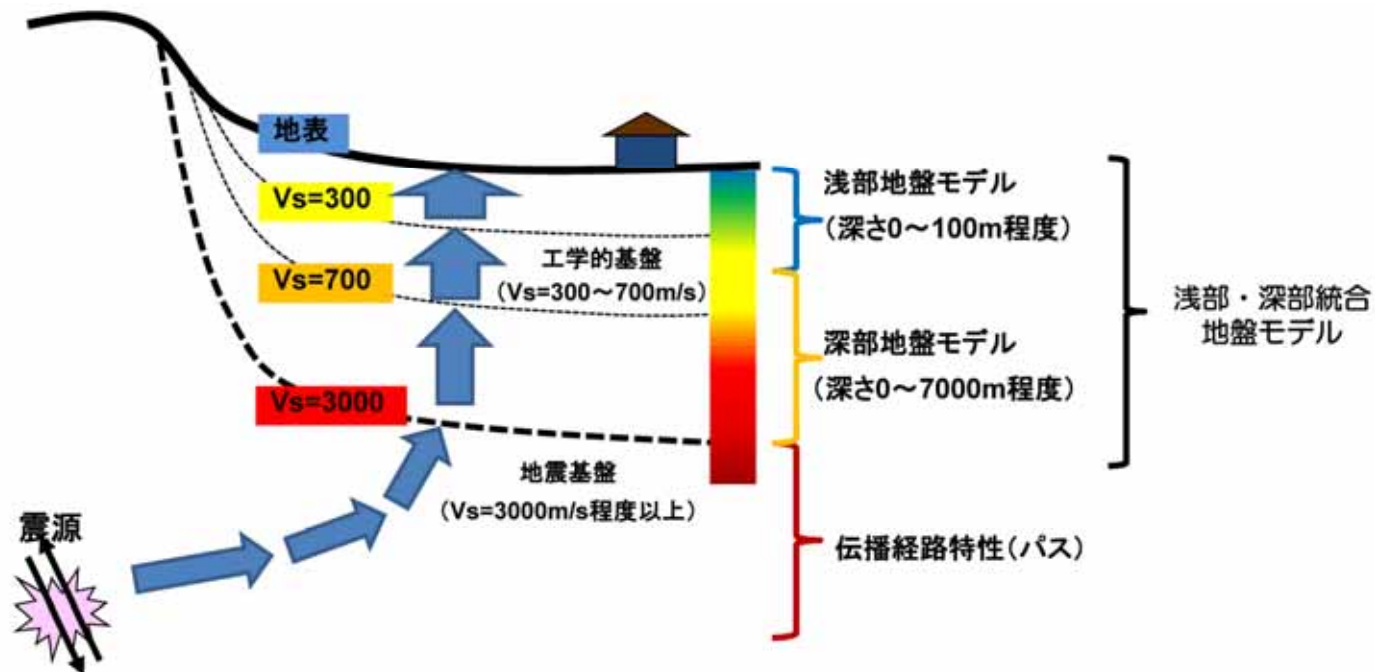
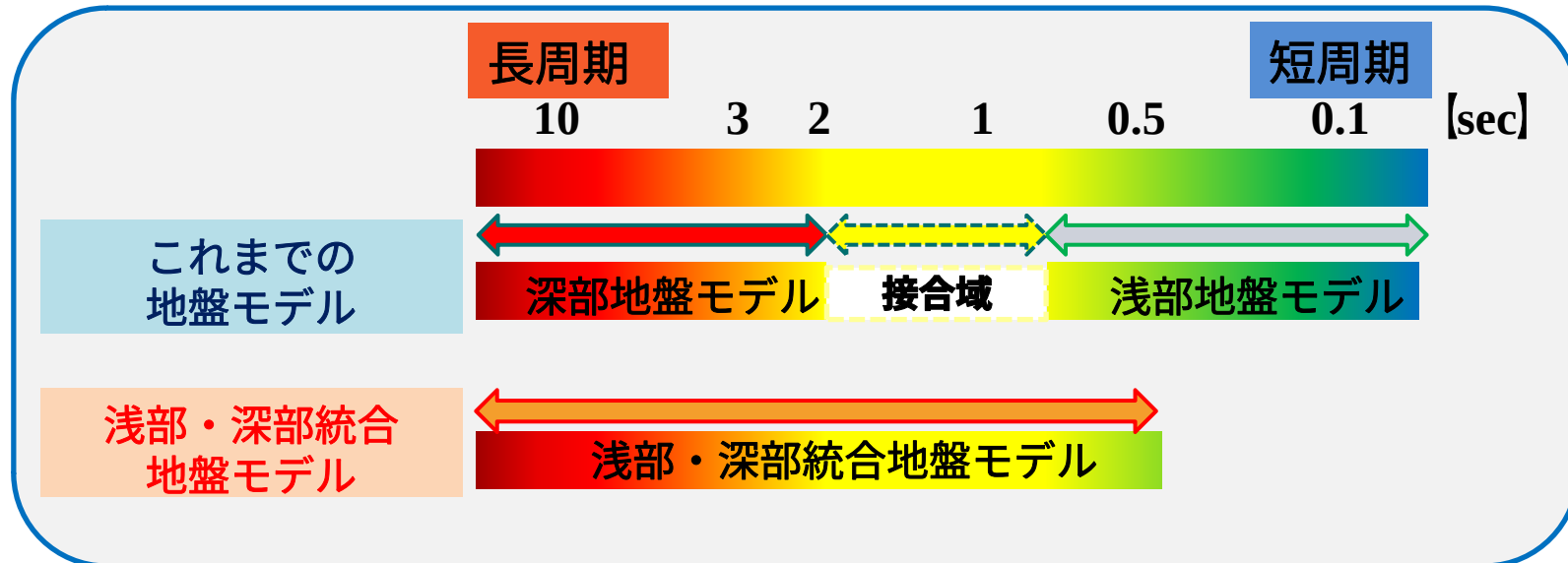
微動のH/Vスペ
クトル比 (赤・青)
初期地盤モデル
による理論H/V
スペクトル比 (黒)

常時微動 (アレイ)

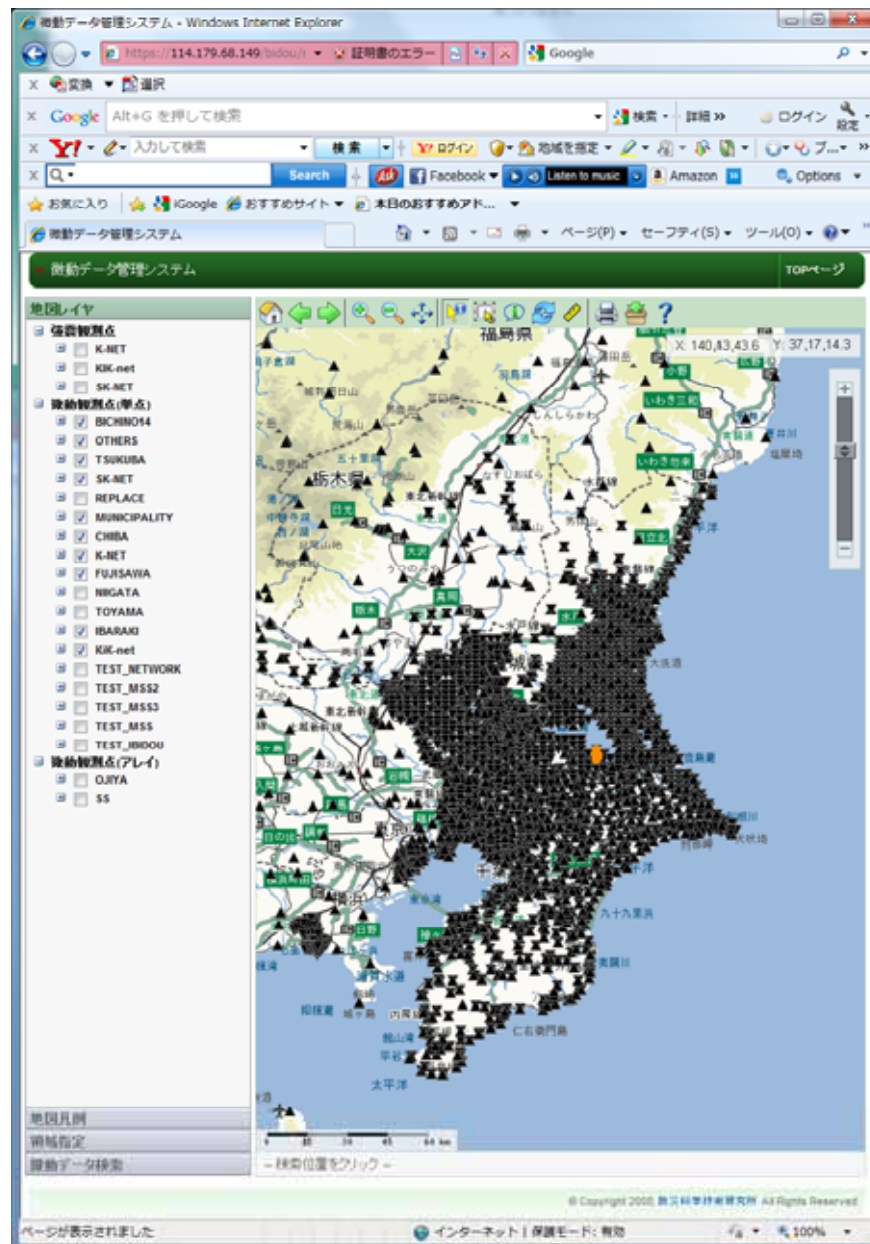


チューニングされた浅
部・深部統合地盤モデ
ル (最終結果)

地盤のモデル化周期特性概念図



微動観測データの収集とデータベース化

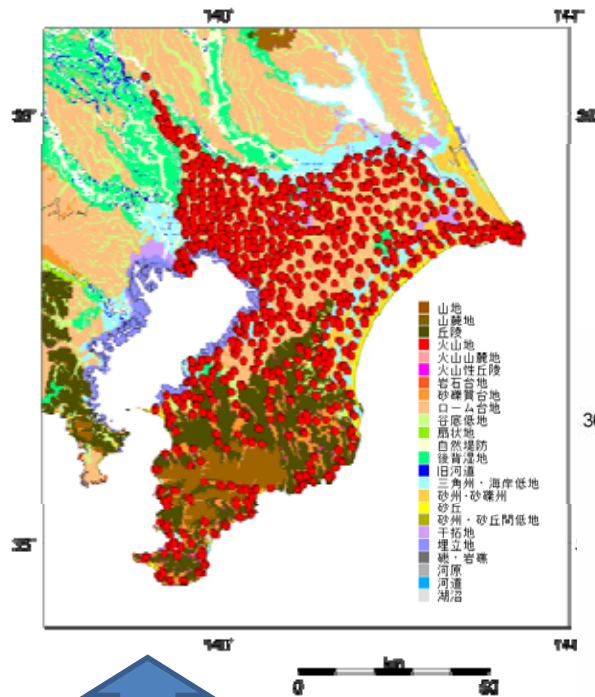


特に、茨城県南部
と千葉県北部は、
高密度にデータ収
集されている

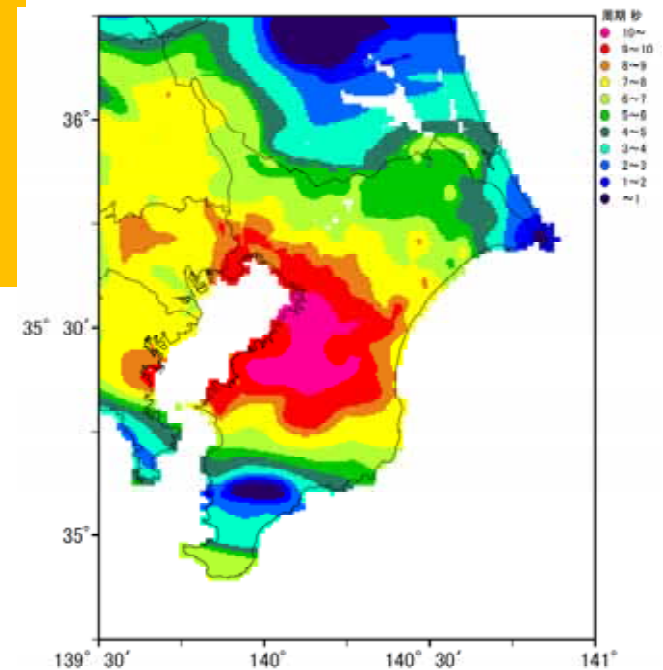
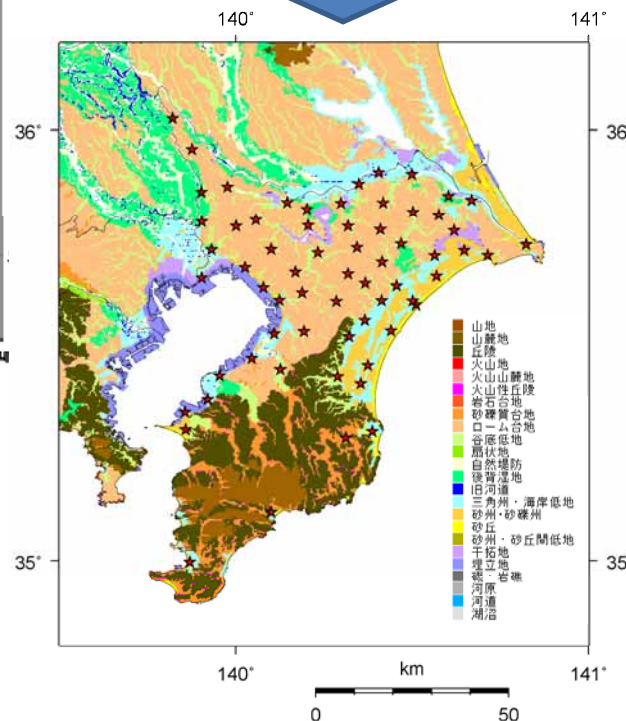
初期地盤モデルと常時微動観測位置

これまでに観測した常時微動観測結果と千葉県モデル（２００８）を初期地盤モデルとして検討実施。

**地震観測地点における
微動アレイ (67箇所)
R=400,200,100,50,25m
対象周期5秒～0.2秒
5～10km間隔**



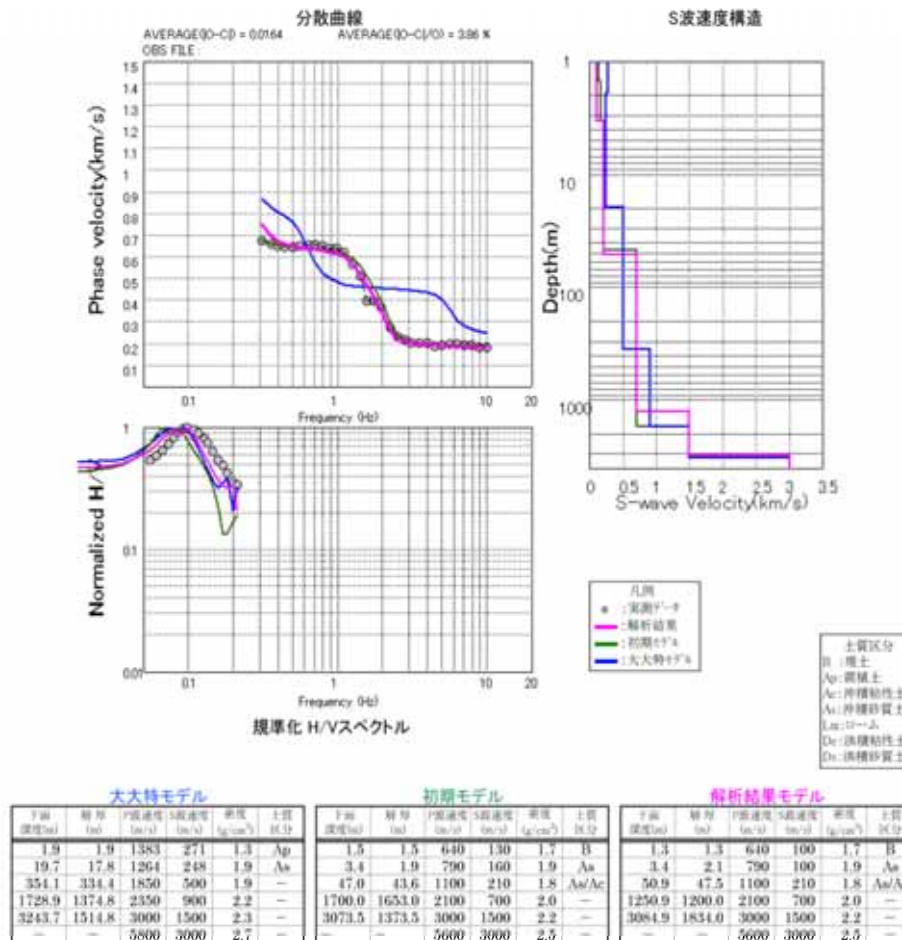
**単点微動 (770箇所)
約2 km間隔**



千葉県モデル(2008)
(地震基盤相当層の固有周期)

観測位相速度と地震動のR/Vスペクトル比の ジョイントインバージョン

千葉県長生村 (自治体観測点)



$$E_{PV} = (1/N^{PV}) \sum_{j=1}^{N^{PV}} \left[w(f_j) \left(C^O(f_j) - C^C(f_j) \right) / C^O(f_j) \right]^2$$

$$w(f_j) = 1.0 (f_j > 1.0 \text{ Hz})$$

$$w(f_j) = f_j * 0.5 + 0.5 (f_j \leq 1.0 \text{ Hz})$$

$$E_{HV} = (1/N^{HV}) \sum_{j=1}^{N^{HV}} \left[\left(\frac{HV^O(f_j)}{HV_{\max}^O} - \frac{HV^C(f_j)}{HV_{\max}^C} \right) \right]^2$$

$$E = 0.5E_{PV} + 0.5E_{HV}$$

残差Eを最小にする。

N : データ数、PV: 位相速度

HV: H/Vスペクトル比

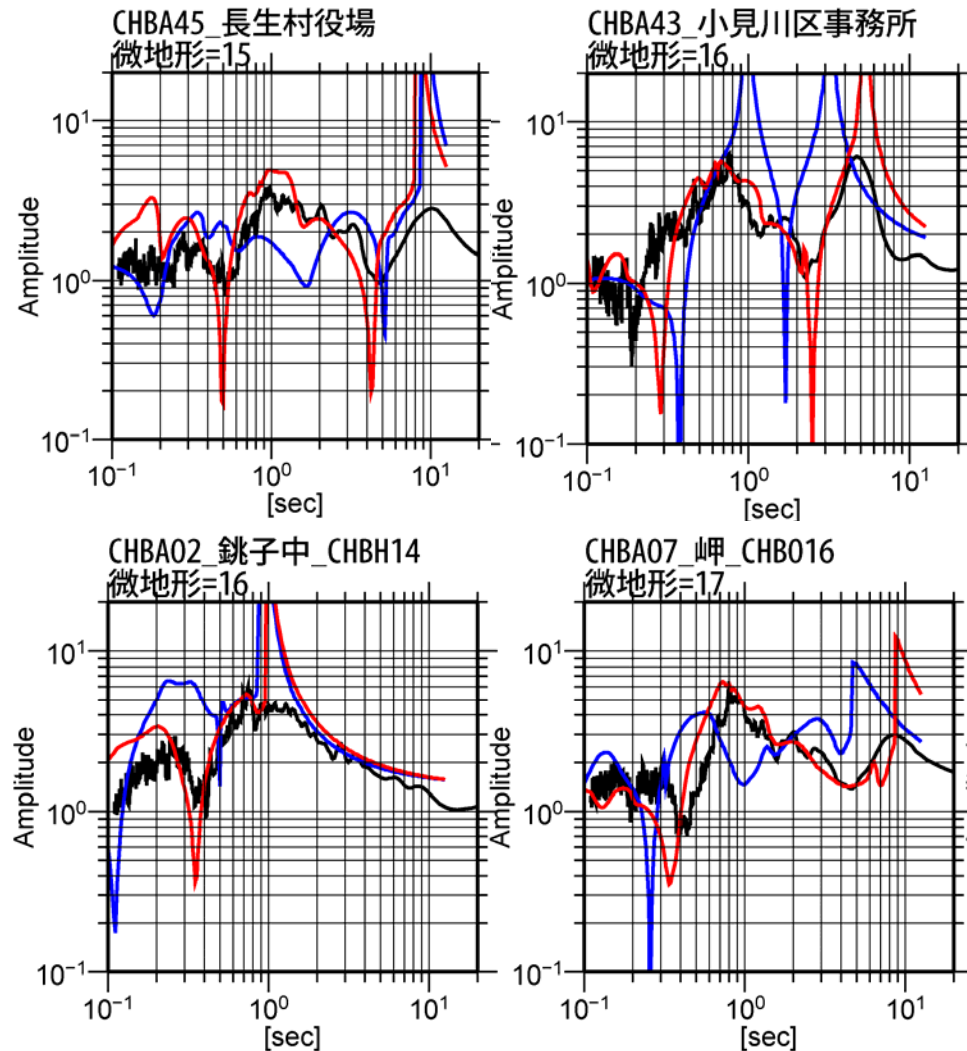
$C^O(f)$: j番目の周波数 f_i における
レイリー波の観測位相速度

$C^C(f)$: j番目の周波数 f_i における
レイリー波の計算位相速度

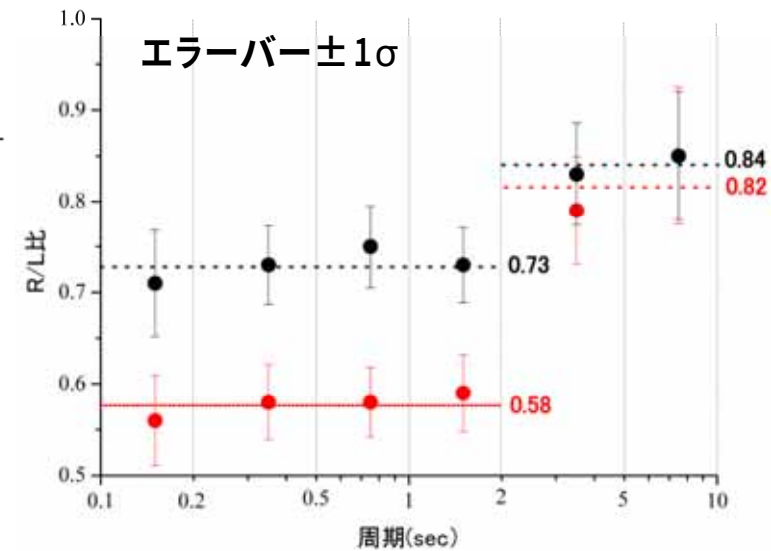
$w(f)$: 周波数によるウェイト

大大特モデル: 三宅ほか (2006) の地盤モデル

理論H/Vと地震動R/Vスペクトル比の比較とモデル化



地震記録があるアレイ観測点全点
における
R (レイリー波) / L (ラブ波) 比



● 地震動のR/V

● 微動のH/V

- 地震動のR/Vスペクトル比
- 修正前の地下構造による理論H/Vスペクトル比 (4次モード合成)
- 修正後の地下構造による理論H/Vスペクトル比 (4次モード合成)

浅部地盤モデルの拡張

計算された地盤構造モデルの物性値 (Vs速度) を同じ層相に展開

同じ層相を計算時に簡略化 (微動モデル)

CHBA11 成田 (初期モデル)

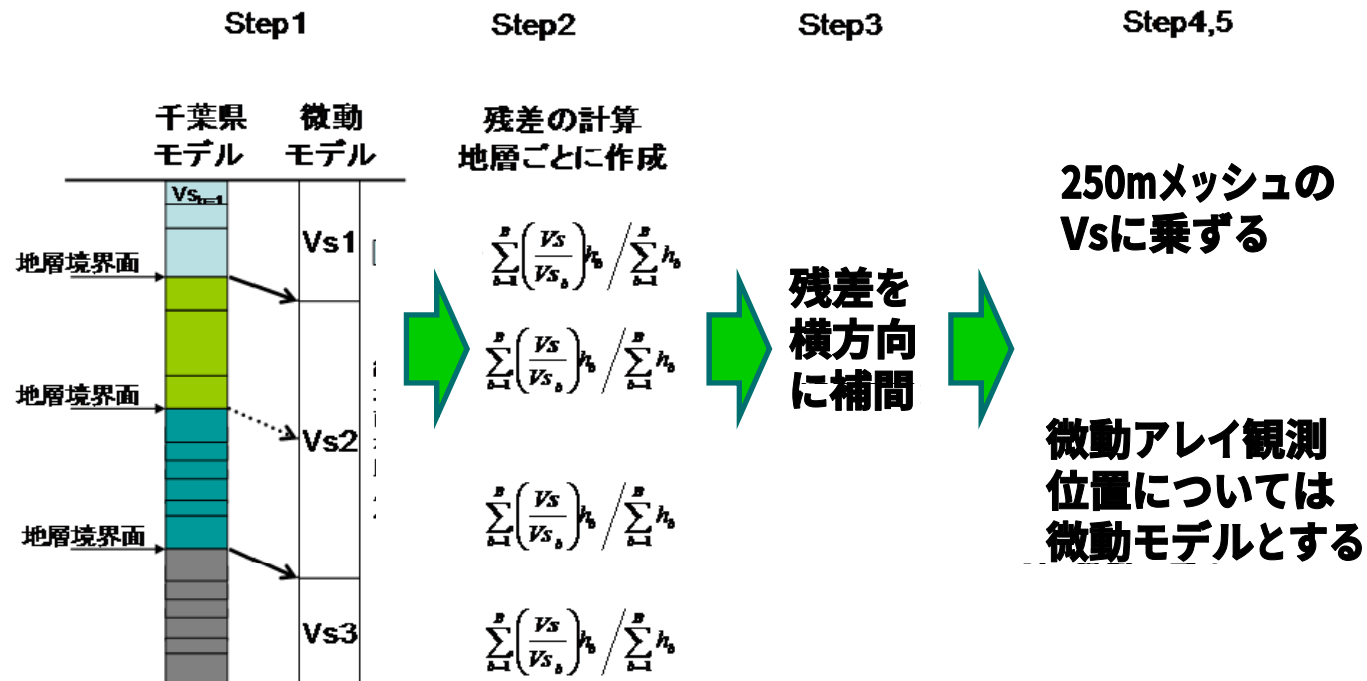
下端深度 (m)	層厚 (m)	P波速度 (m/s)	S波速度 (m/s)	密度 (g/cm3)	土質記号
1.7	1.7	607	119	1.7	B
3.2	1.5	906	178	1.5	Dc1
4.6	1.4	946	185	1.7	Dc1
6	1.4	1045	205	1.7	Dc1
7.5	1.5	1631	320	1.9	Ds1
9	1.5	1729	339	1.9	Ds1
10.5	1.5	1703	334	1.9	Ds1
12.4	1.9	1294	254	1.8	Dc2
14.3	1.9	1337	262	1.8	Dc2
16.2	1.9	1370	269	1.8	Dc2
18.1	1.9	1404	275	1.8	Dc2
20	1.9	1436	282	1.8	Dc2
21.9	1.9	1468	288	1.8	Dc2
23.8	1.9	1539	302	1.8	Dc2
25.6	1.8	1869	367	1.9	Ds2
104.1	78.5	1801	353	1.9	Ds2
360	255.9	1800	500	1.9	-
908.5	548.5	2100	700	2	-
1355.8	447.3	2400	1000	2.1	-
1462.4	106.6	3000	1500	2.2	-
-	-	5600	3000	2.5	-

CHBA11 成田 (編集後初期モデル)

下端深度 (m)	層厚 (m)	P波速度 (m/s)	S波速度 (m/s)	密度 (g/cm3)	土質記号
1.7	1.7	610	120	1.7	B
6	4.3	970	190	1.6	Dc
10.5	4.5	1700	330	1.9	Ds
23.8	13.3	1400	280	1.8	Dc
104.1	80.3	1800	360	1.9	Ds
360	255.9	1800	500	1.9	-
908.6	548.6	2100	700	2	-
1355.9	447.3	2400	1000	2.1	-
1462.5	106.6	3000	1500	2.2	-
-	-	5600	3000	2.5	-

双方向に変換可能

浅部地盤構造モデル展開方法

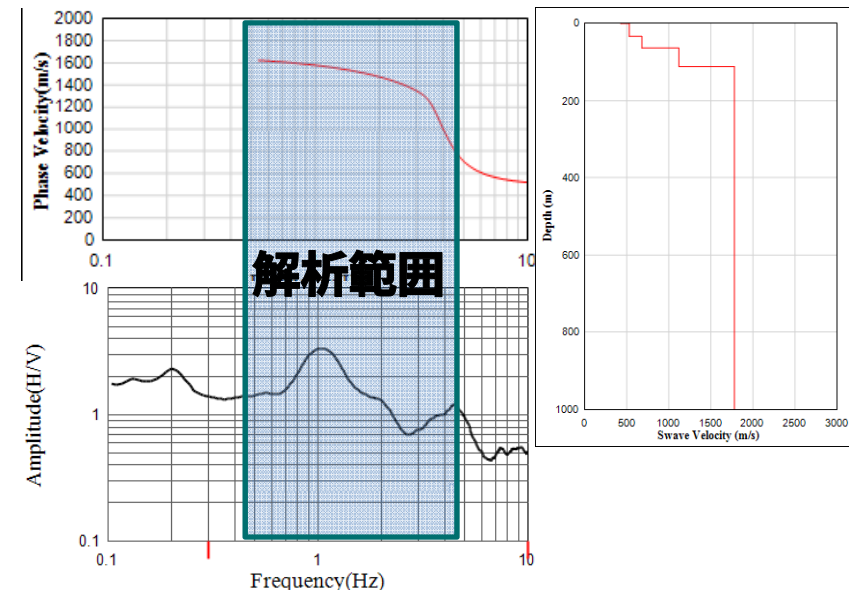


微動のH/Vスペクトル比と地盤モデルの位相速度を用いたジョイントインバージョン

修正された浅部・深部統合地盤モデル
と単点のH/Vスペクトル比による
ジョイントインバージョン

計算結果をモデルに展開
(主に浅部地盤モデルの拡張)

浅部・深部統合地盤モデルの再構築



$$\text{残差 } F = \frac{w_R}{I_R} \sum_{i=1}^{I_R} \left(\frac{c_{mi}^R - c_{Si}^R}{c_{mi}^R} \right)^2 + \frac{w_{HV}}{I_{HV}} \sum_{i=1}^{I_{HV}} \left(\frac{(H/V)_{mi} - (H/V)_{Si}}{(H/V)_{mi}} \right)^2 \quad (\text{周期 } 0.2 \leq T \leq 2.0(\text{s}))$$

c_R : 浅部・深部地盤モデルのレイリー波理論位相速度

H/V : (R/L比=0.73:4次モード合成)

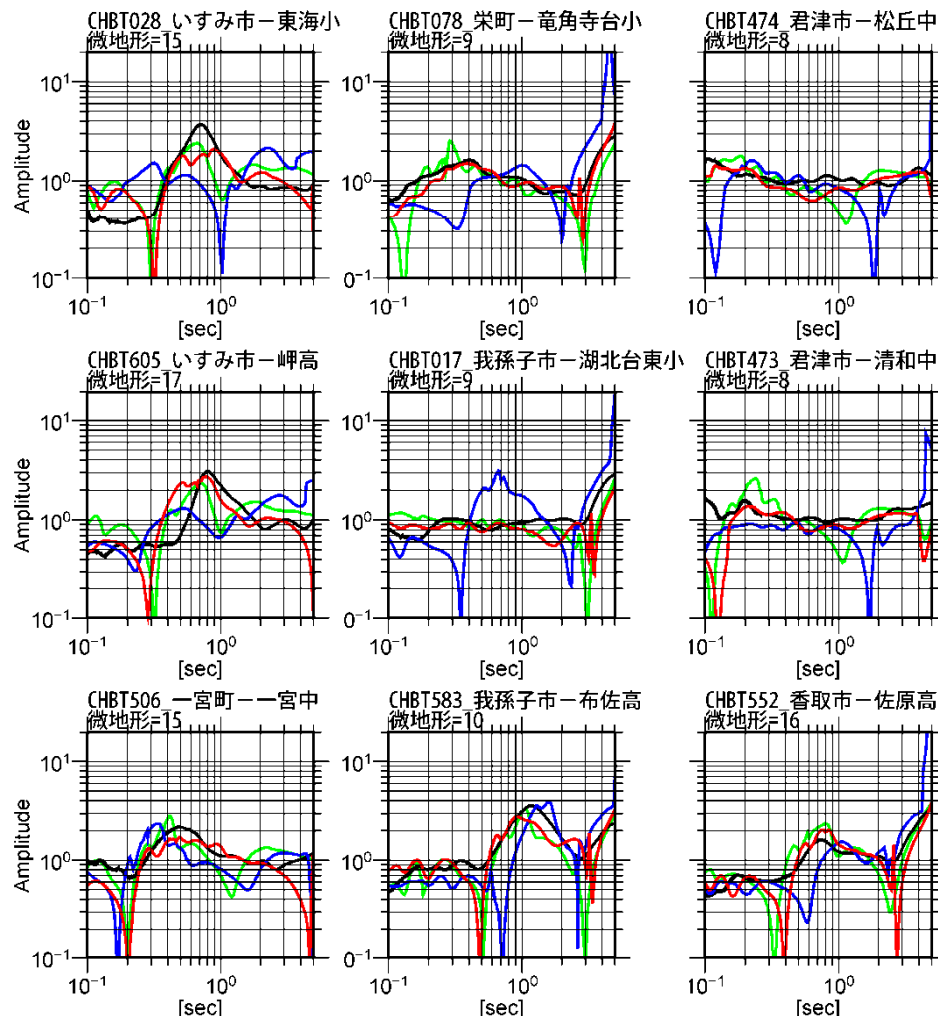
I_R, I_{HV} : それぞれのデータ个数

m, S : 観測値, 理論値

w は重みであり、 $w_R=1.0, w_{HV}=1.0$

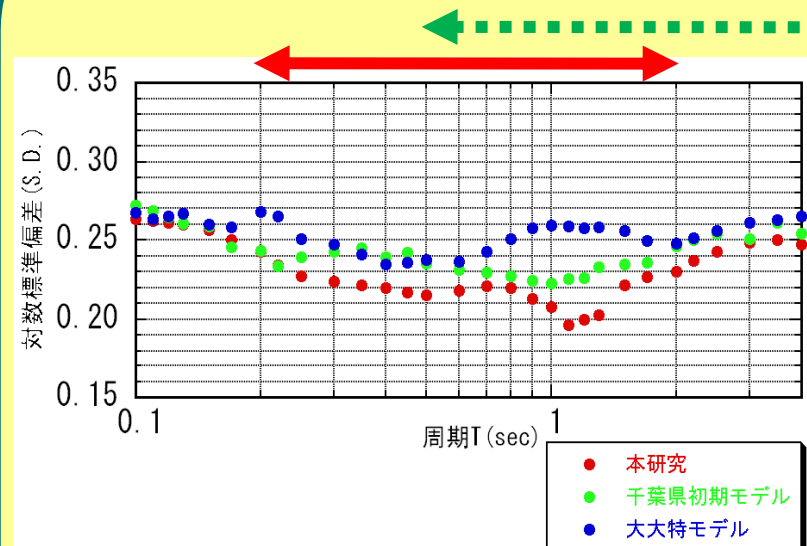
ジョイントインバージョン結果

単点微動のH/Vスペクトル比と 各地盤モデルの理論H/Vスペクトル比



本研究(赤) 初期モデル(緑) 既往地盤モデル三宅・他(2006)
(大大特モデル)(青)・微動H/Vスペクトル比

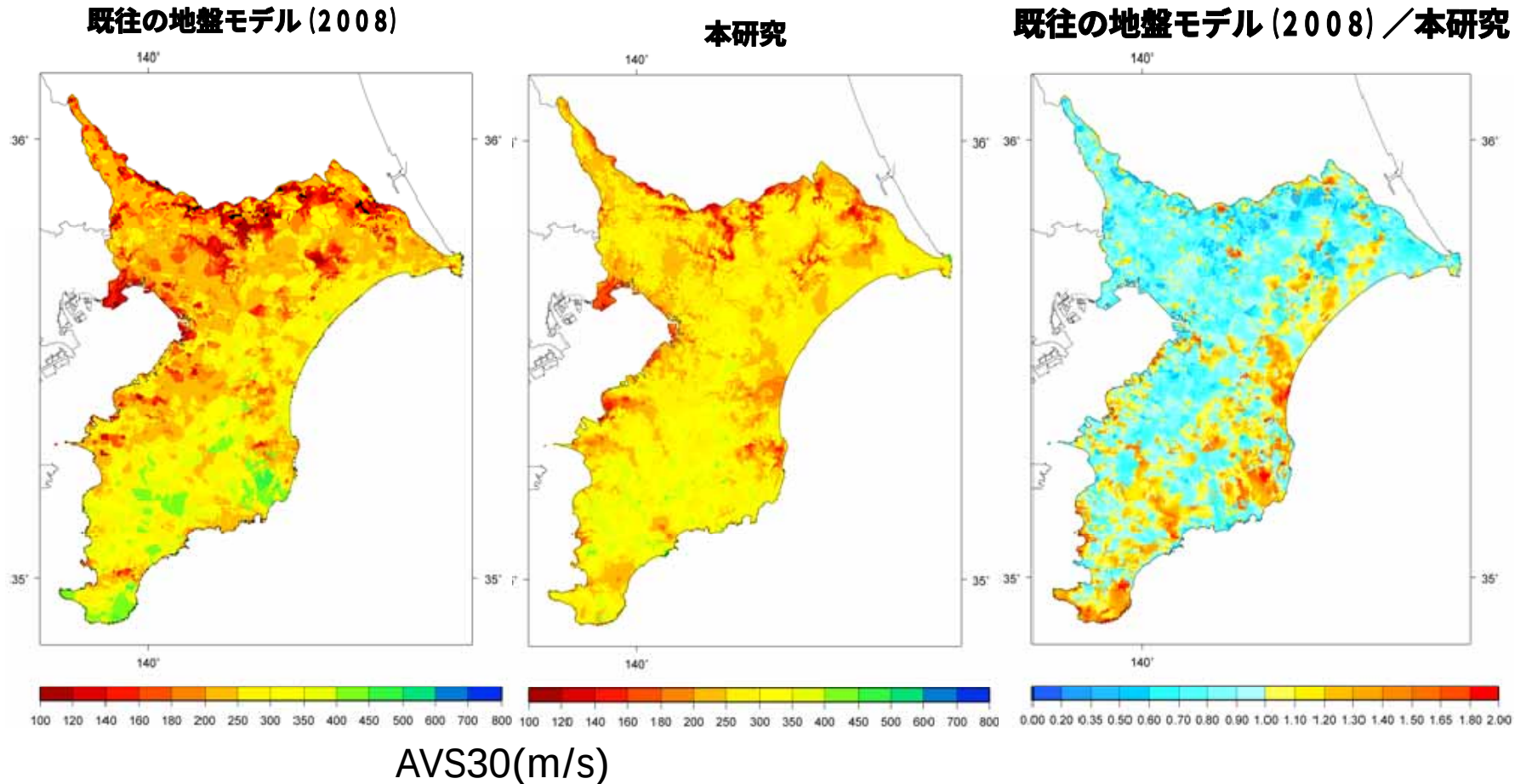
微動観測結果と各モデルの 理論値の差の対数標準偏差



微動のH/Vによるチューニング区間
地震動のR/Vと観測位相速度による
地盤モデルチューニング区間

特に1秒付近の周期
特性が改善

浅部・深部統合地盤モデルの作成結果 AVS30の比較



深さ30mの平均S波速度は、千葉県北西部で
既往地盤モデルに比べ V_s 速度大

まとめ

各観測点のデータから面的な地震動分布を推定するために必要な、観測点毎の地盤増幅特性及びそれらを面的に補間する手法に関する研究として、今までに作成された関東地域の浅部および深部地盤モデルを用い、主に地震記録と微動観測記録によるジョイントインバージョンと面的空間補間を実施、現状の地盤のモデル化の精度の検証および、観測結果を満たすように、主に工学的基盤以浅の地盤モデルの修正を行った。

<結果>

特に、工学的基盤以浅の地盤構造に起因すると考えられる1秒付近の周期特性およびS波増幅特性が改善した。

今後の予定

微動観測記録 (アレイ・単点) をさらに収集し、データベースへの登録を実施するとともに、補足の微動観測を主に茨城県南部地域で実施、地盤モデルを対象に強震動の面的分布を高精度に推定するための地盤モデルの検討を実施する予定である。

4-4 地盤構造モデルの高度化に関する調査研究

既存の首都圏の浅部地盤の3次元モデルを収集・整理し、それらの特徴を把握した上で、データの密度が低い地域で浅部地盤データを追加し、より高精度の3次元モデルを作成する。深部地盤についても、既存のモデルから3次元モデルを作成する。両者を矛盾なく接続するために、中間的な深度の地盤情報を地震記録の分析等から抽出する。これらを総合して表層から地震基盤に至るシームレスな3次元地盤モデルを提案し、広帯域地震動予測に資する。

東工大 翠川三郎, 山中浩明, 三浦弘之,

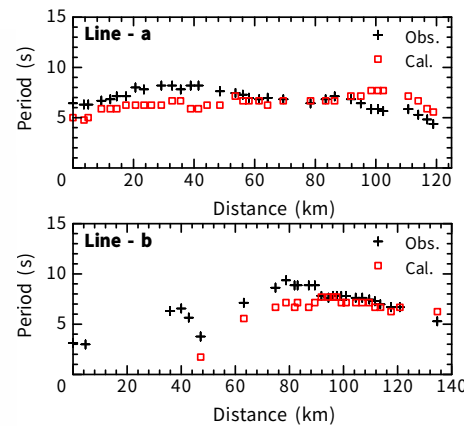
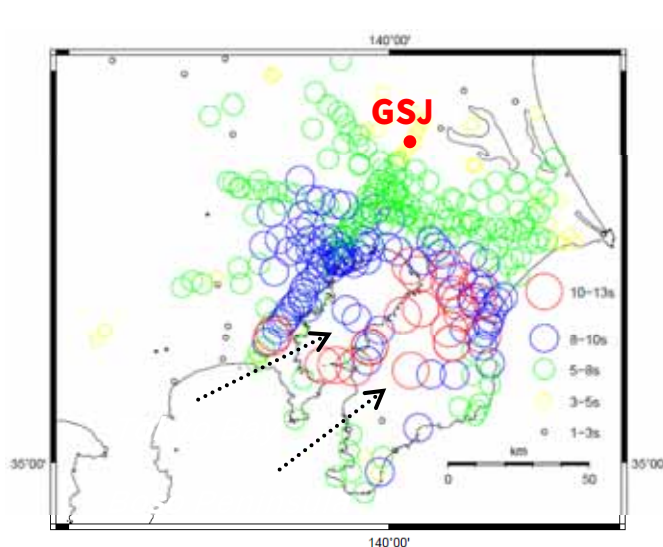
津野 靖士, ヤダブ・ダカール

研究協力者: 海洋研究開発機構 大堀道広

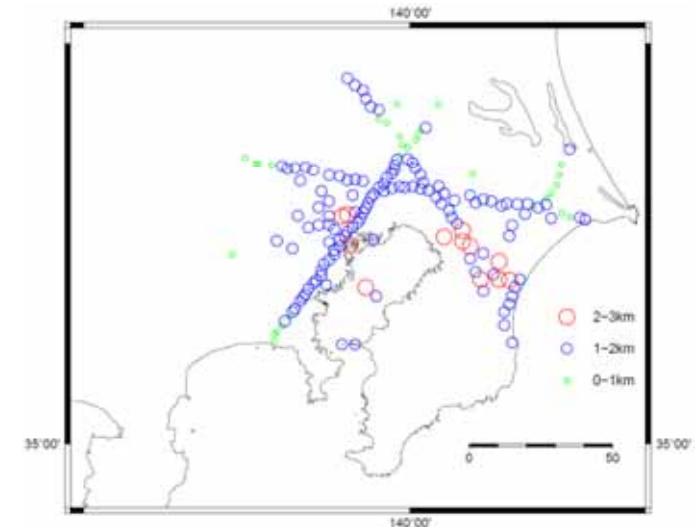
平成23年度の実施予定内容

- 1) 首都圏に展開されている中感度稠密地震観測 (MeSO-net) で得られた観測記録を用いて、水平/上下スペクトル比などの地盤構造に関する情報を抽出結果に基づいて深部地盤構造モデルを改良する。
- 2) これまでに収集した地盤モデルのデータを統合し、地表から地震基盤までの深部地盤モデルを再構築する。また、モデルの修正状況に応じて微動観測などを実施する。
- 3) 得られた3次元深部地盤モデルを用いて地震波干渉法によるグリーン関数のシミュレーションを行い、深部地盤モデルの妥当性を検証する。
- 4) これまでの研究成果のうち深部地盤モデルを提供し、他グループの地下構造モデルの改良の研究成果取りまとめに協力する。

MeSO-netデータを用いた首都圏に於けるH/Vスペクトル比の卓越周期と初期的逆解析結果 (遺伝的アルゴリズム)



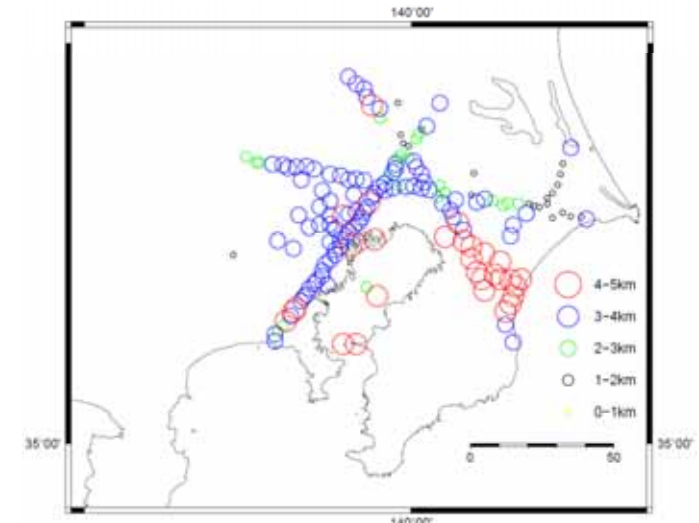
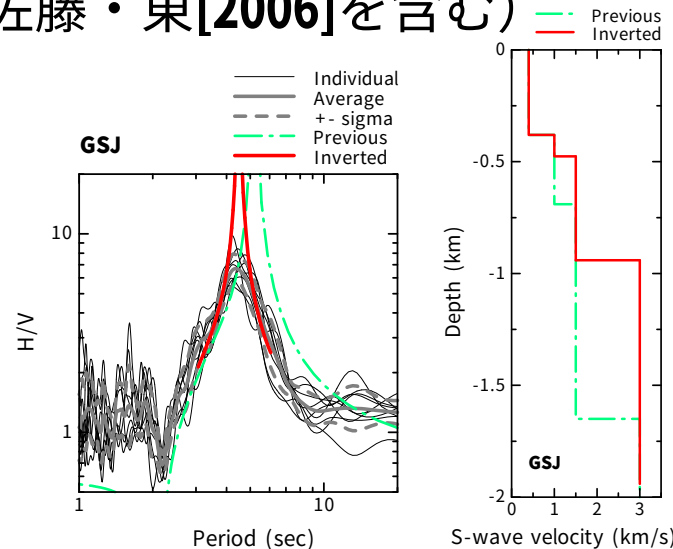
観測と理論による
卓越周期の比較



Vs 1km/s とVs 1.5km/s
の境界面深度

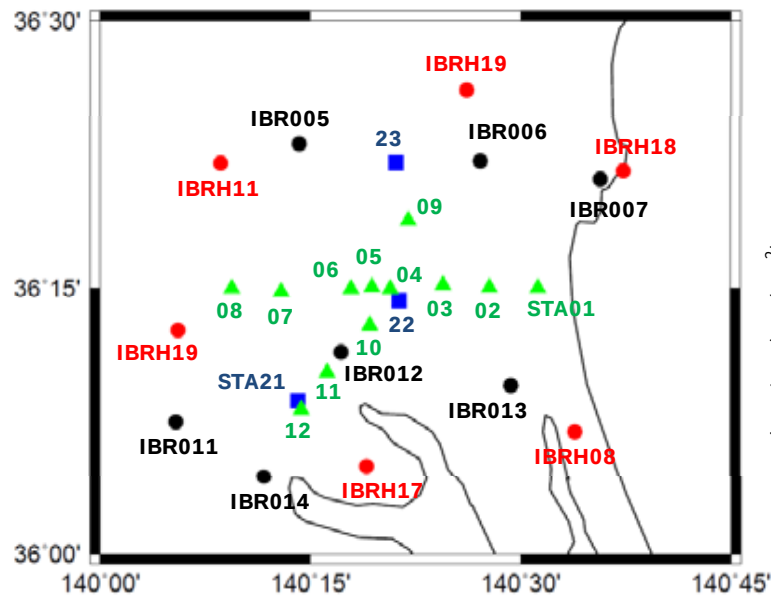
首都圏に於ける地震動コードH/Vスペクトル比の卓越周期分布 (佐藤・東[2006]を含む)

観測点 **GSJ** に於ける逆解析結果 (S波速度を山中・山田モデルより拘束)

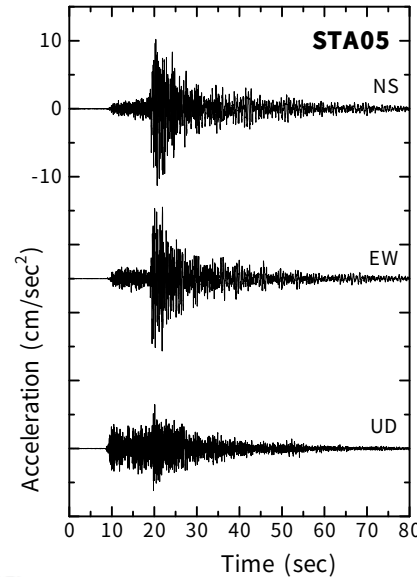


基盤面 (Vs 3km/sec) 深度

茨城県中部（東茨城台地とその周辺地域）に於ける 東北太平洋沖地震 (Mw 9.0) の余震観測

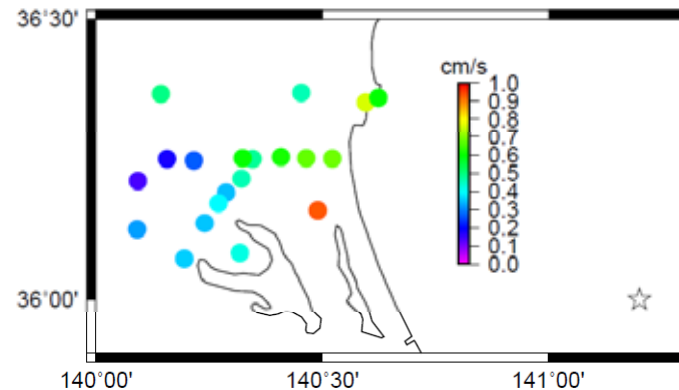
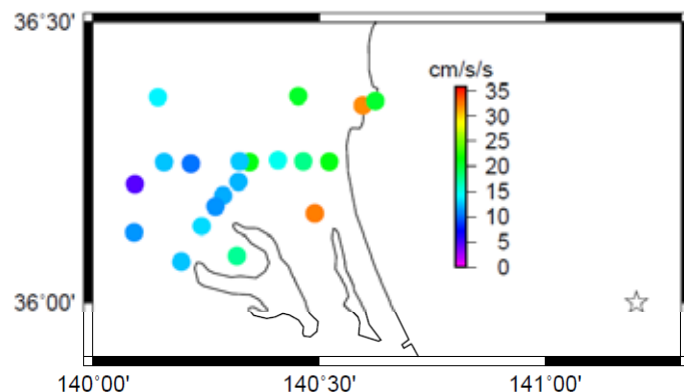


余震観測点と定常観測点



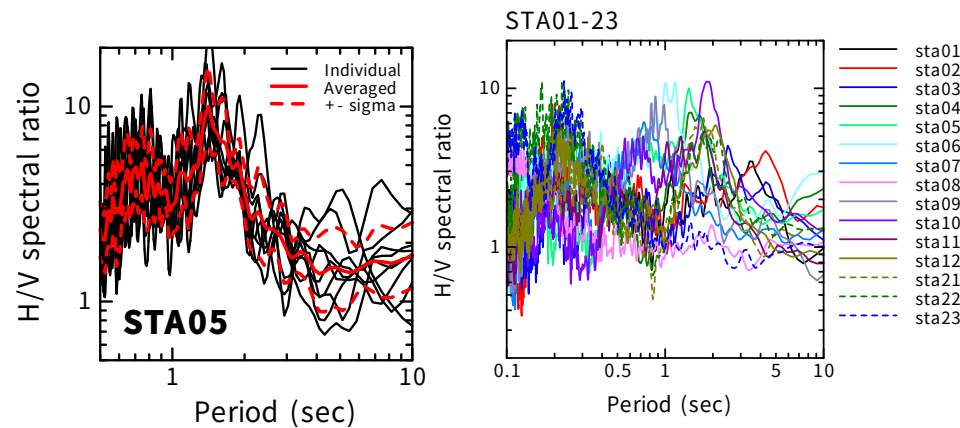
茨城県中部で3日間
の余震観測を12地
点で実施し，中小地
震および微動データ
を取得した。

STA05で観測された地震記録
(2011年5月14日茨城県沖地震 Mj 4.8)

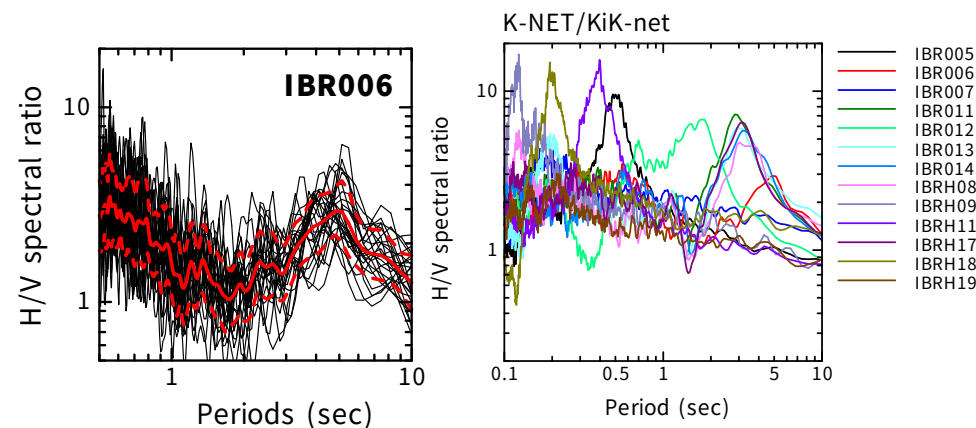


最大加速度と最大速度分布 (2011年5月14日茨城県沖地震 Mj 4.8, D 20km)₄₇

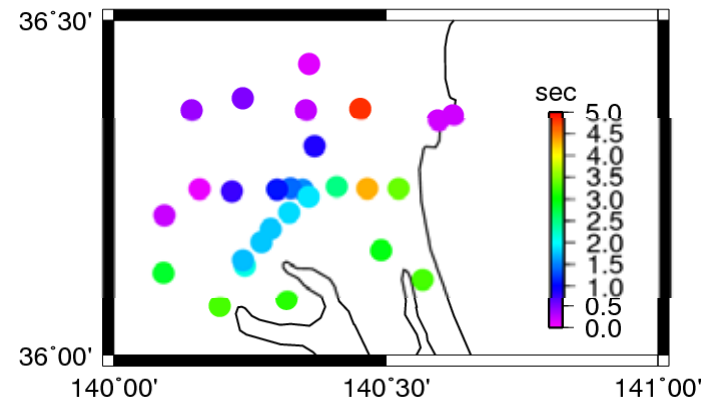
余震観測の地震動コードのH/Vスペクトル比と地震波干渉法から求めた微動のRayleigh波群速度



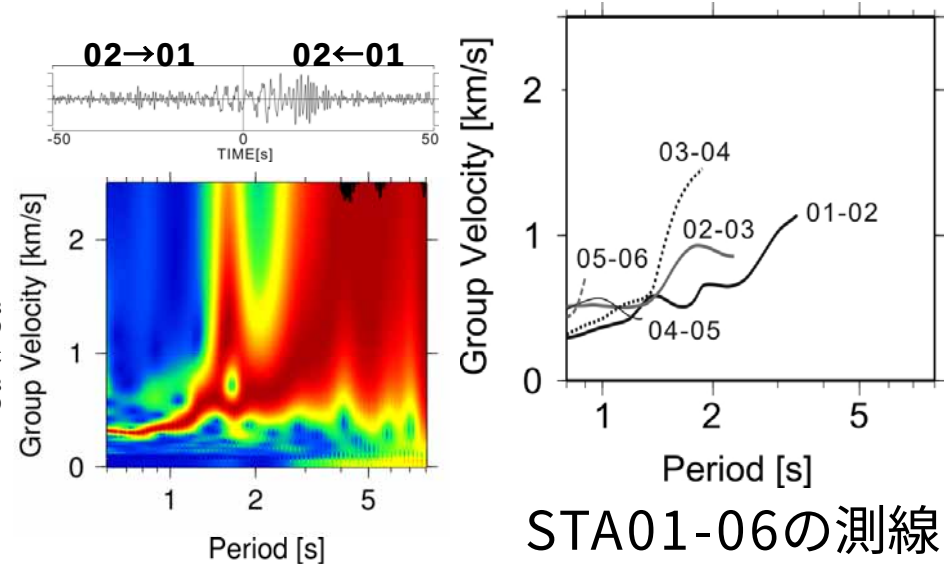
余震観測点でのH/Vスペクトル比



K-NET及びKiK-net観測点でのH/Vスペクトル比



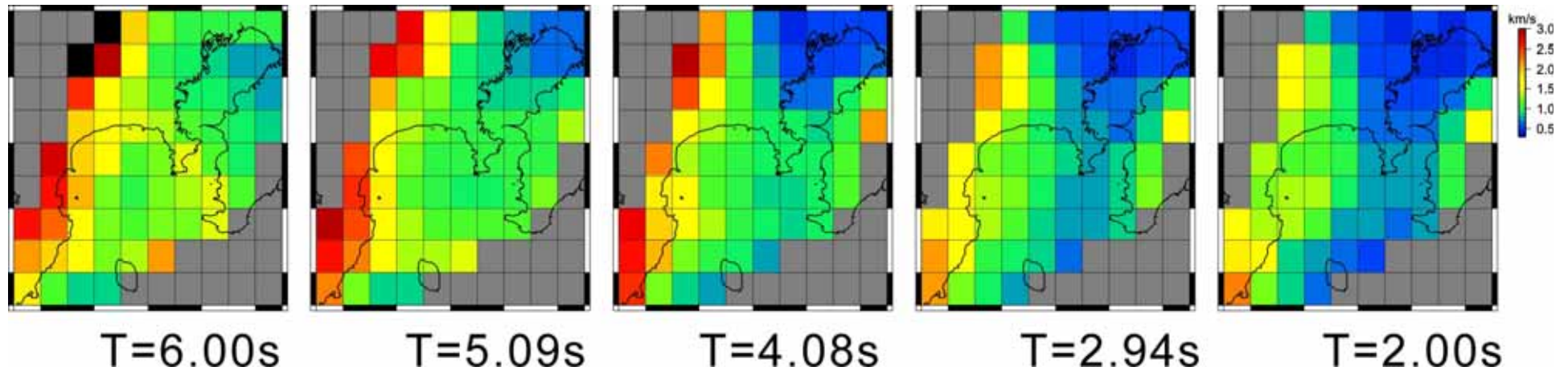
H/Vスペクトルの卓越周期分布



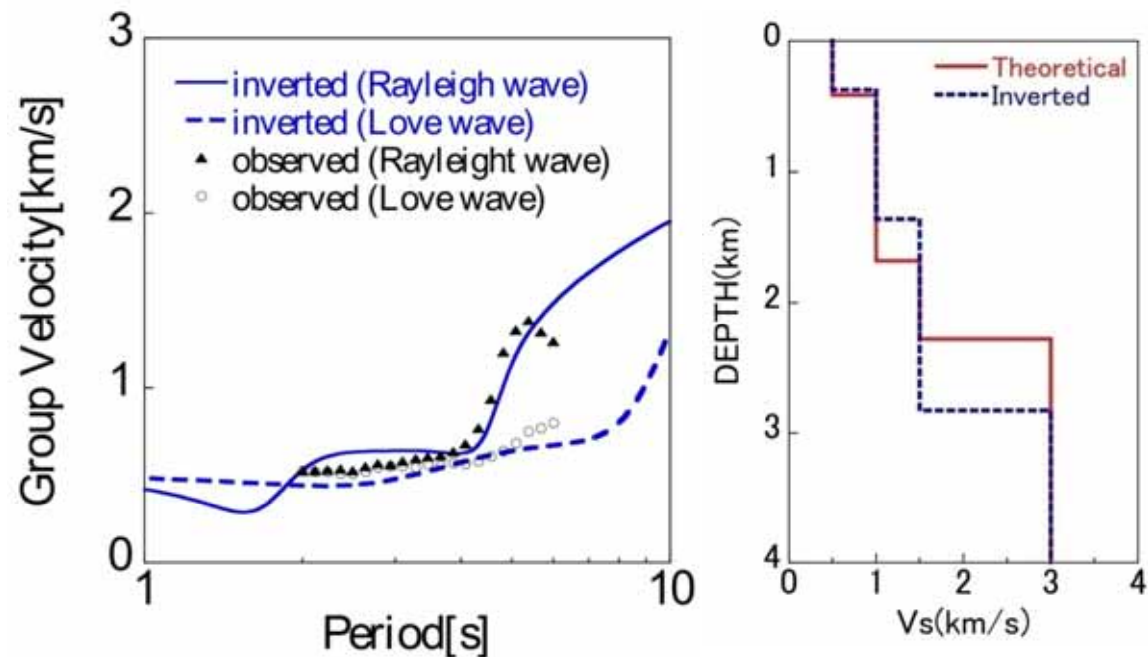
STA01と02の相互相関関数と得られた群速度

STA01-06の測線に於けるRayleigh波群速度

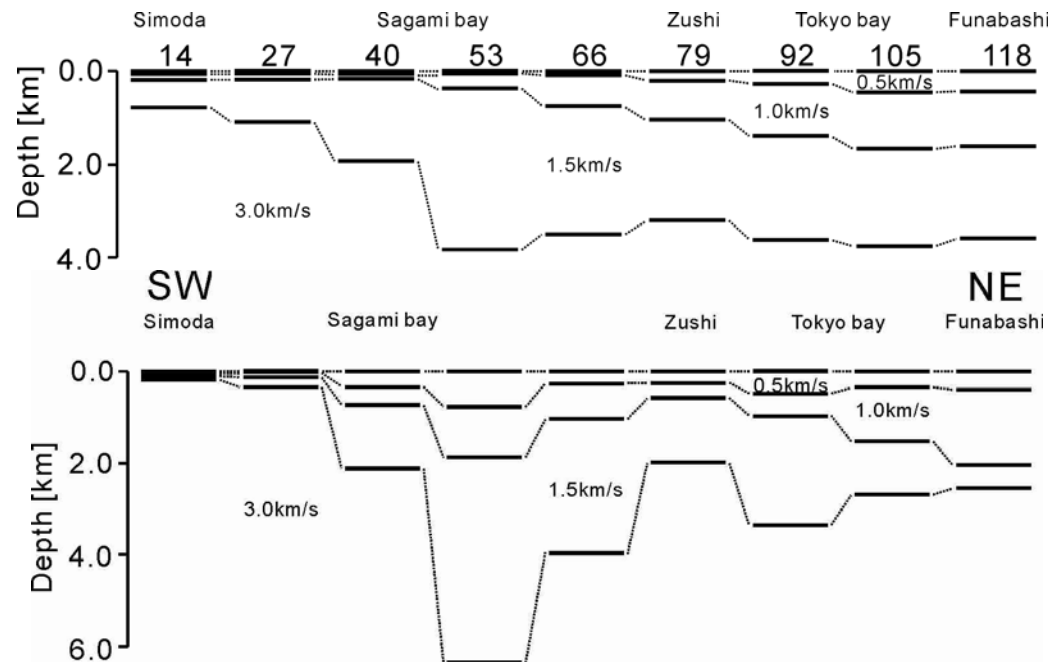
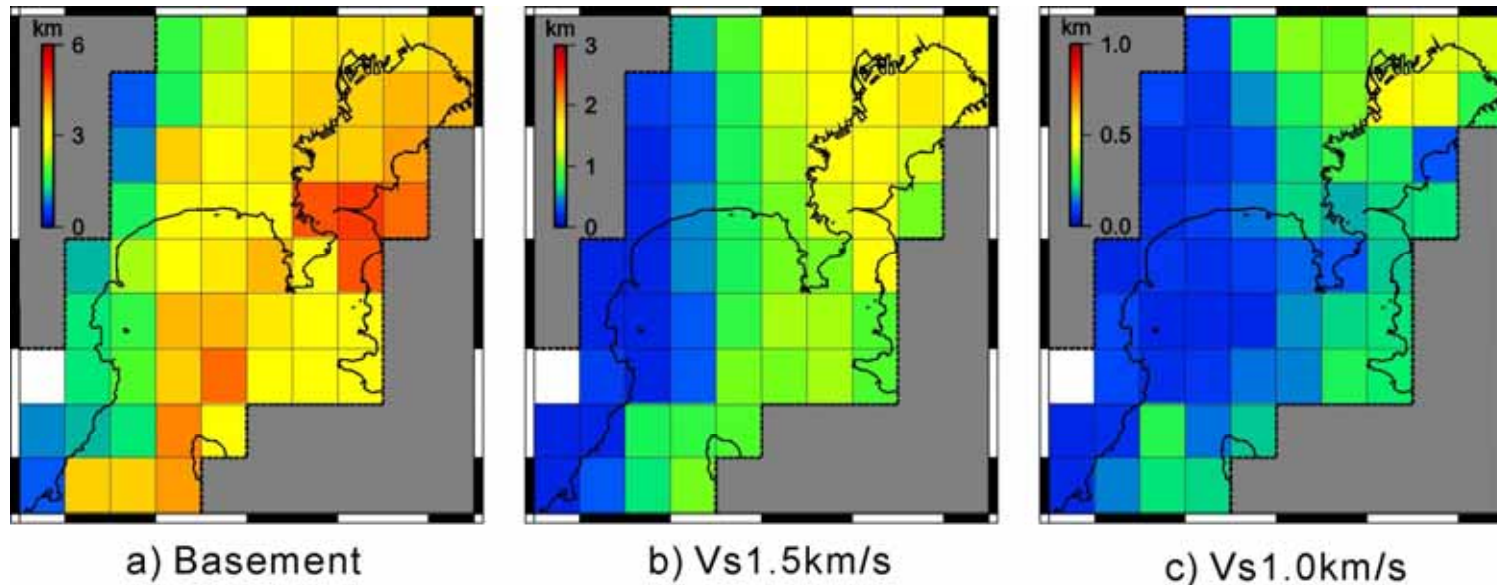
南関東での地震波干渉法によるレイリー波の群速度のトモグラフィ解析結果



各セルで得られた群速度の逆解析による1次元モデル



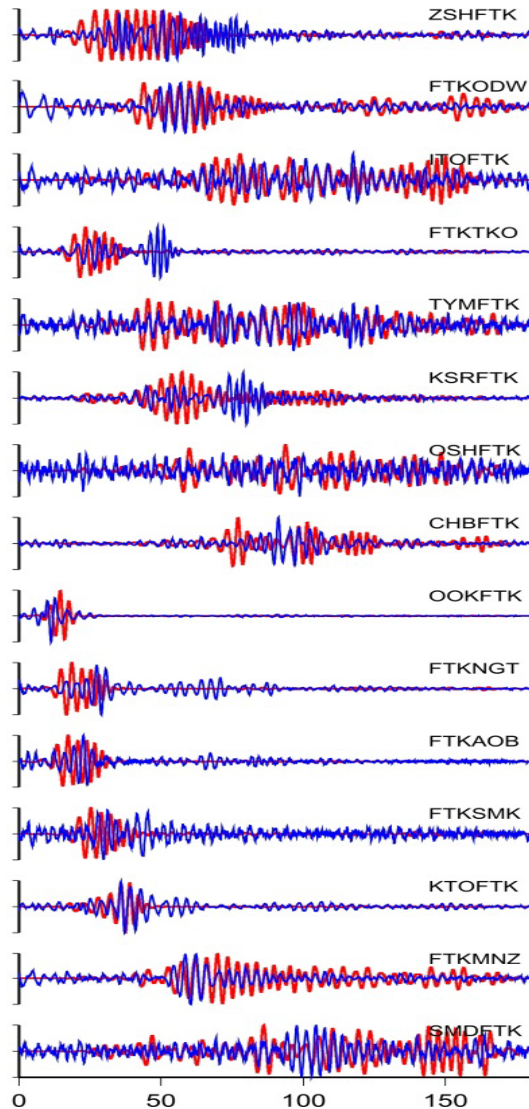
逆解析結果に基づく南関東のS波速度構造モデルの推定



地震干渉法による表面波の逆解析モデル

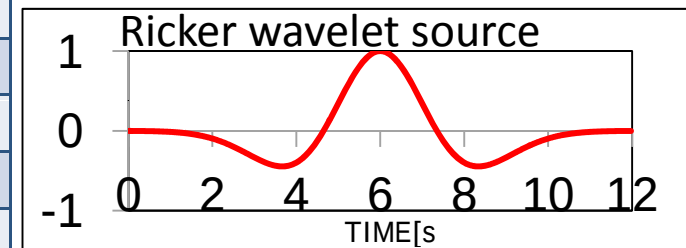
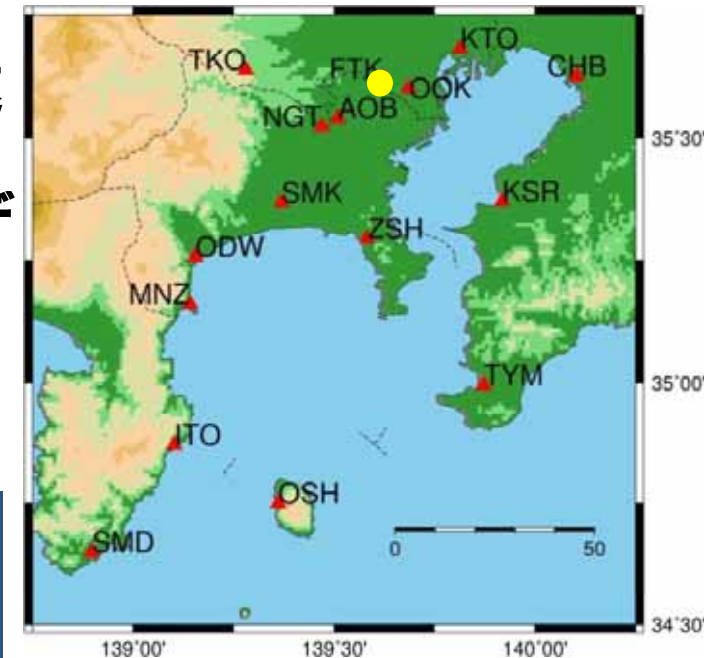
山中・山田
(2006) による
モデル

地震波干渉法およびシミュレーションによるグリーン関数との比較



FTKの地表に点震源を置いて各地点での上下成分の速度波形を計算。盆地モデルは、山中・山田の三次元モデルを用いた。相対的に波形形状は一致する地点が多く、モデルは概ね適切。

layer	Vp [km/s]	Vs [km/s]	Rho [g/cm ³]	Q
1	1.7-1.9	0.4-0.6	1.9	100
2	2.4	1.0	2.1	100
3	3.2	1.5	2.3	150
4	5.6	3.0	2.5	300
5	6.0	3.3	2.7	500
6	6.8	3.74	2.9	600
7	7.6	4.18	3.2	1000
8	8.1	4.5	3.4	1000
9	8.3	4.57	3.5	1000



周期2秒以上を対象

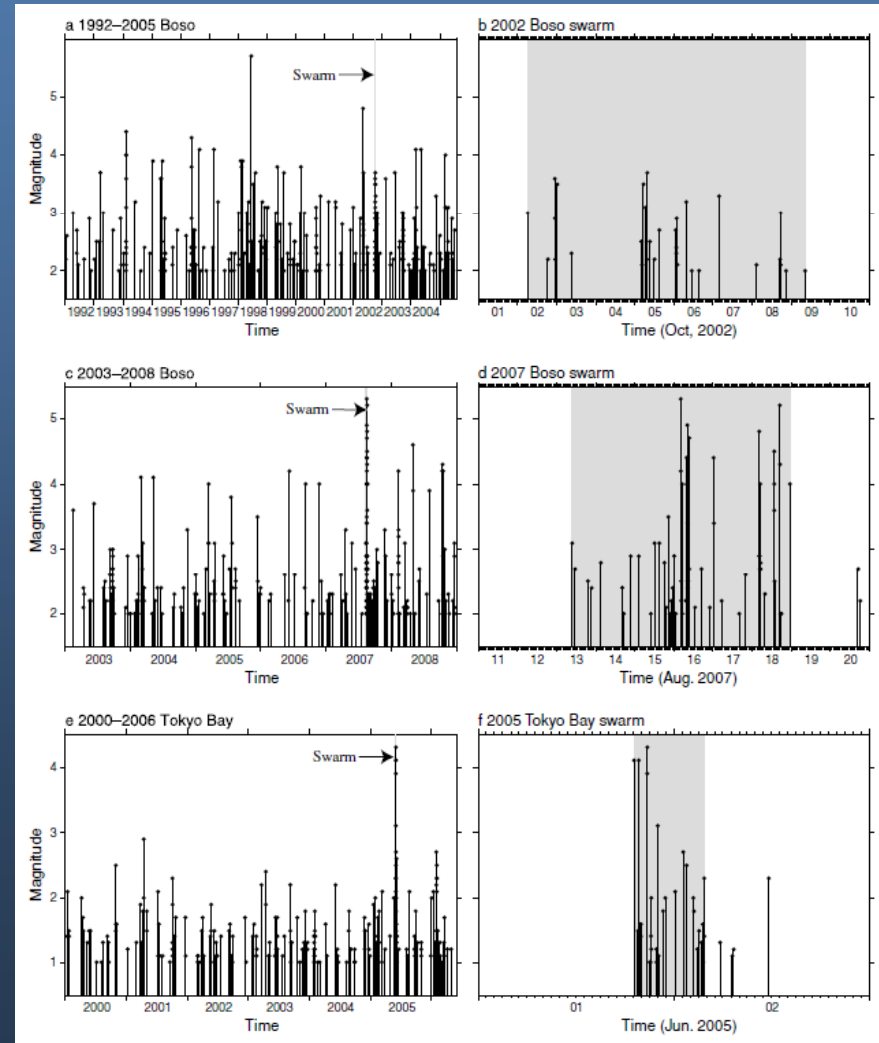
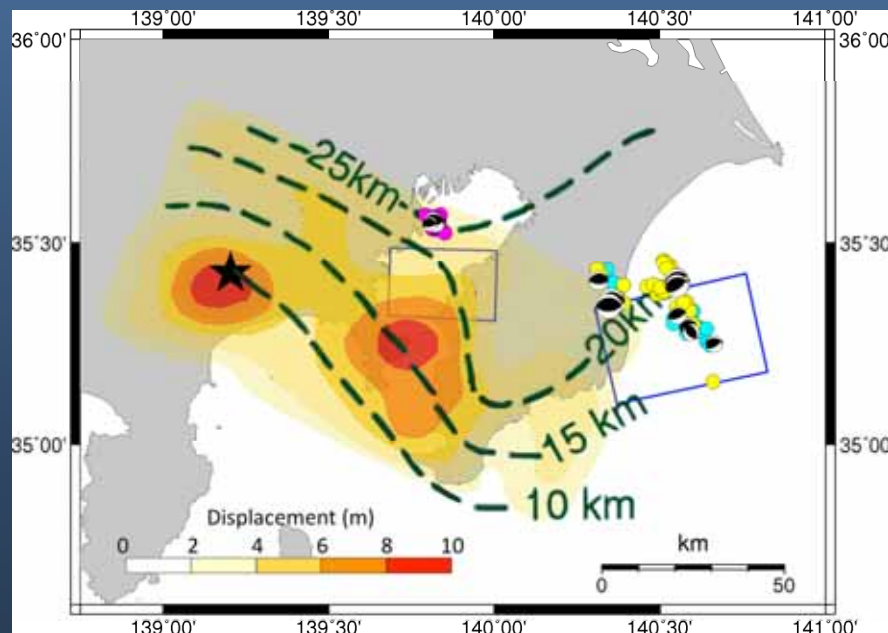
今後の予定

- MeSO-netの地震記録のコーダ部分の上下水平スペクトル比の一致が悪い地域のモデルを修正する。
- 茨城県中部では，地震観測データが追加できたので，より詳しいS波速度構造を推定する。
- 地震波干渉法によるグリーン関数のシミュレーションによるモデルの妥当性を定量的に評価する。
- 今までの蓄積した首都圏の深部地盤モデルのためのデータの取りまとめを行い，堆積層の三次元修正モデルを他グループに提供する。

地震の破壊成長とスケーリング (東大・理・地惑)

- H22年度までの成果1
 - 首都直下のゆっくり地震発生可能性検討

房総半島のスロースリップは群発地震を伴う。
東京湾直下でも同様な群発地震が起きている。
両者の地震活動の特徴を比較した。
(Okutani and Ide, EPS, 2010)



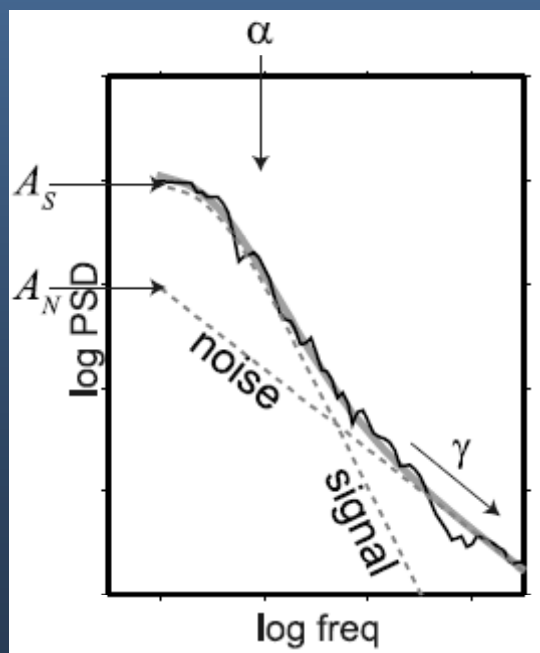
地震の破壊成長とスケーリング (東大・理・地惑)

■ H22年度までの成果2

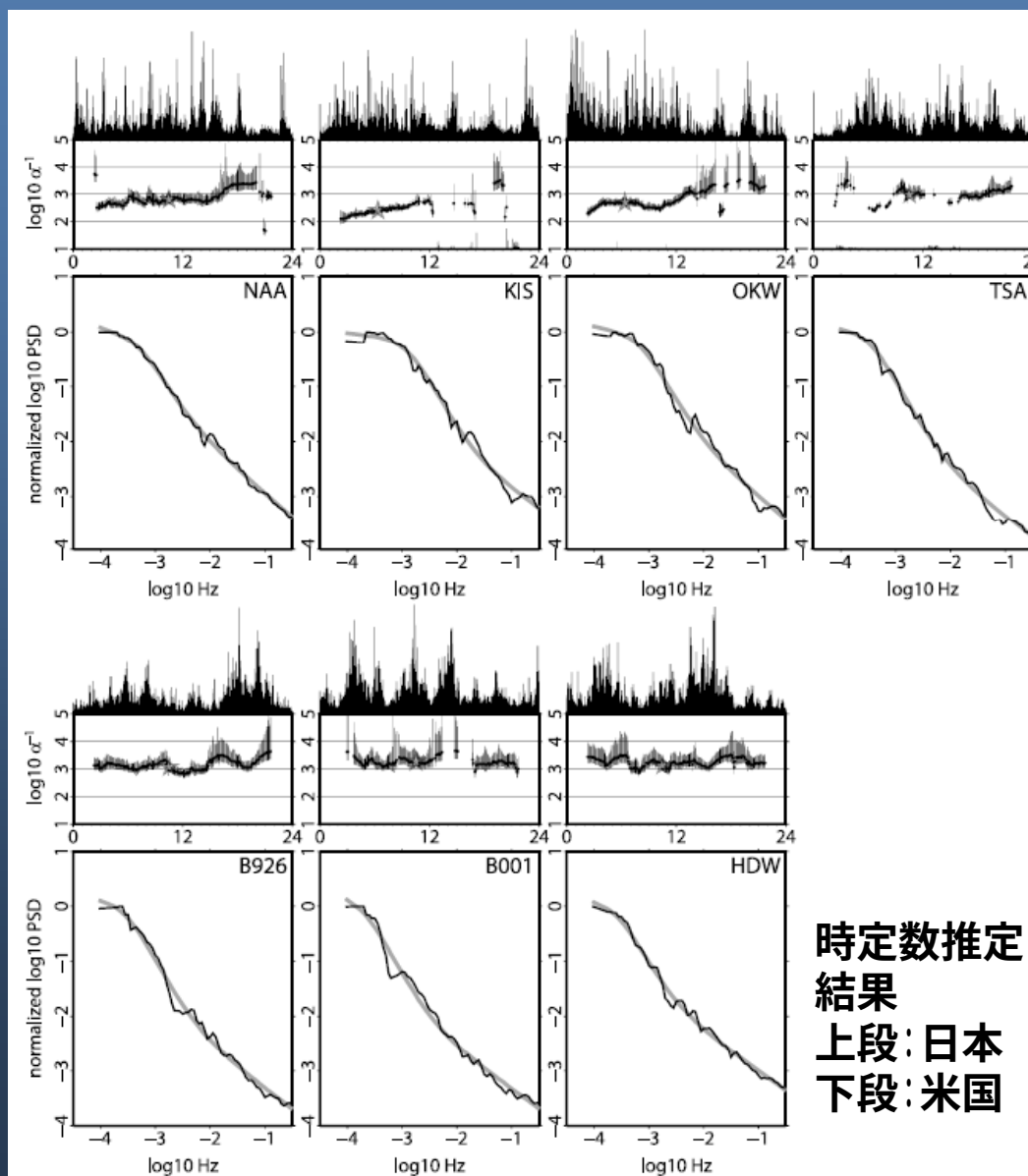
■ 微動活動の定量化

ゆっくり地震のスケーリングを調べるために、微動活動の時定数の定量化を行った。その上で日本とアメリカの微動活動の特徴を比較した。

(Ide, JGR, 2010)



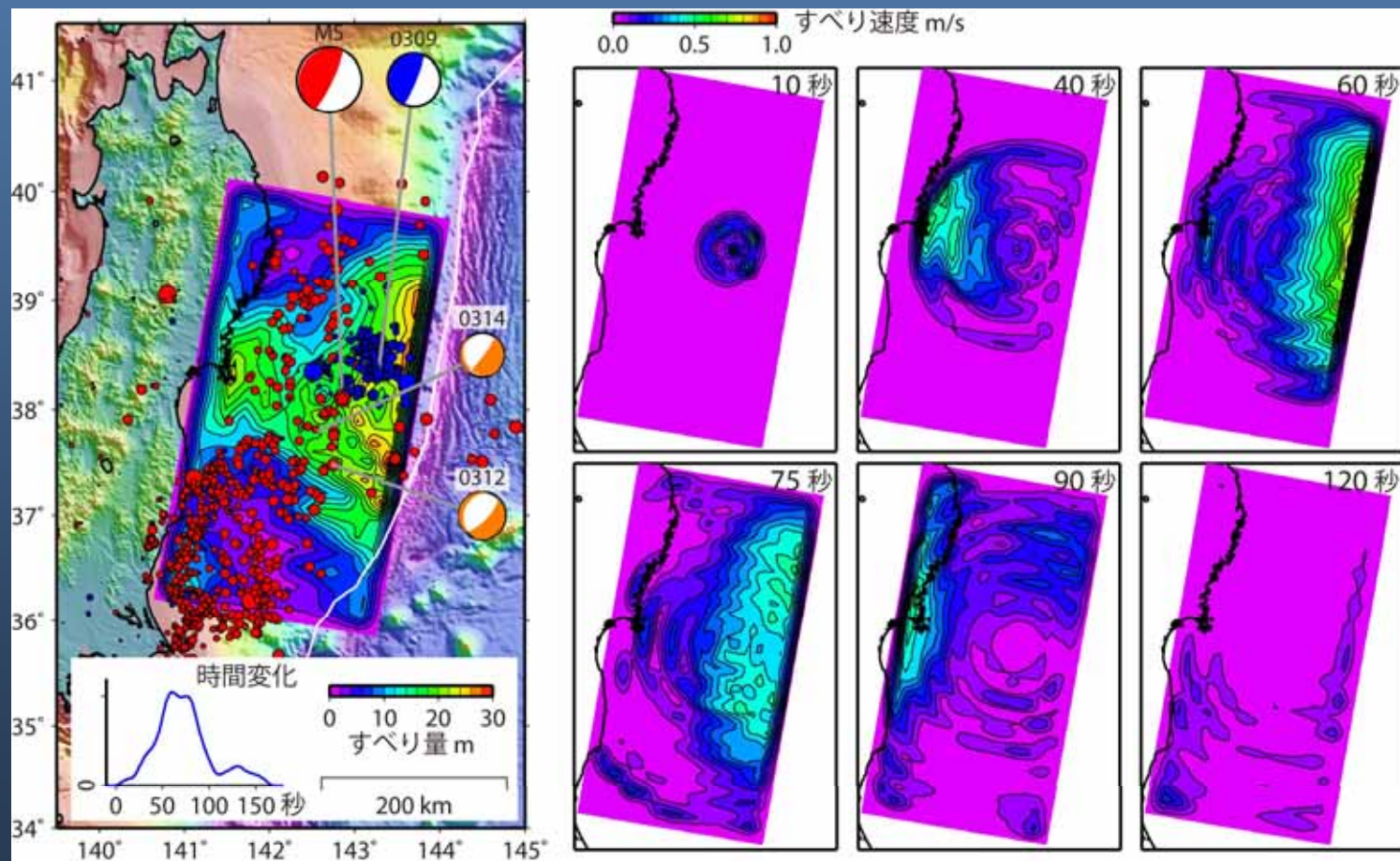
微動エンベロープのスペクトルから
時定数パラメータを抽出する



時定数推定
結果
上段: 日本
下段: 米国

地震の破壊成長とスケーリング (東大・理・地惑)

- H23年度の実施計画
 - 微動解析の解析例を増やす
 - 東北地方太平洋沖地震の破壊過程解析



運営委員会 発表資料

北大 高井・笹谷

運営委員会
平成23年度9月05日

研究目的

スラブ内地震は、内陸地殻内地震やプレート間地震に比べて、短周期地震波を強く励起することが知られている。この特性を考慮した強震動予測手法の高度化が望まれている。このために、以下の項目について研究する。

- スラブ内地震の震源特性評価の高度化**
- 地盤の非線形応答評価の高度化**

平成23年度の計画と進捗状況

■計画:

2005年三陸沖アウターライズ地震 ($M_w 7.0$) の強震動特性と震源モデルに関する研究

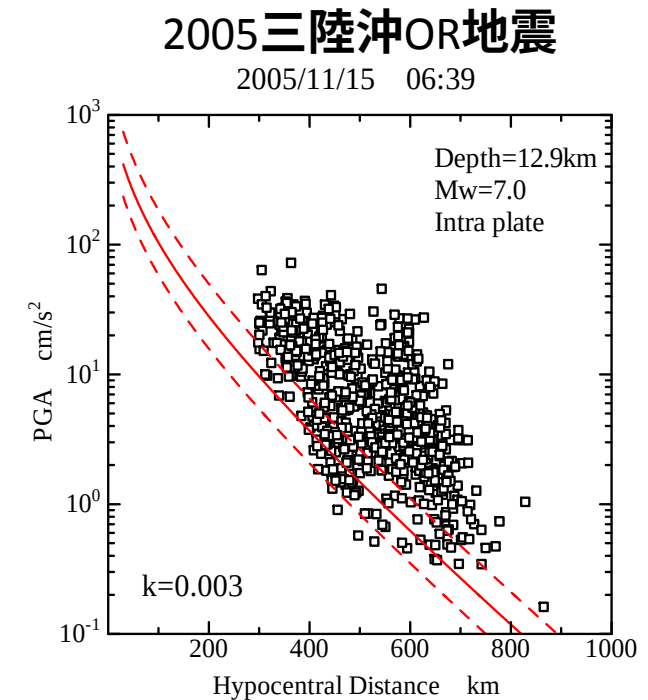
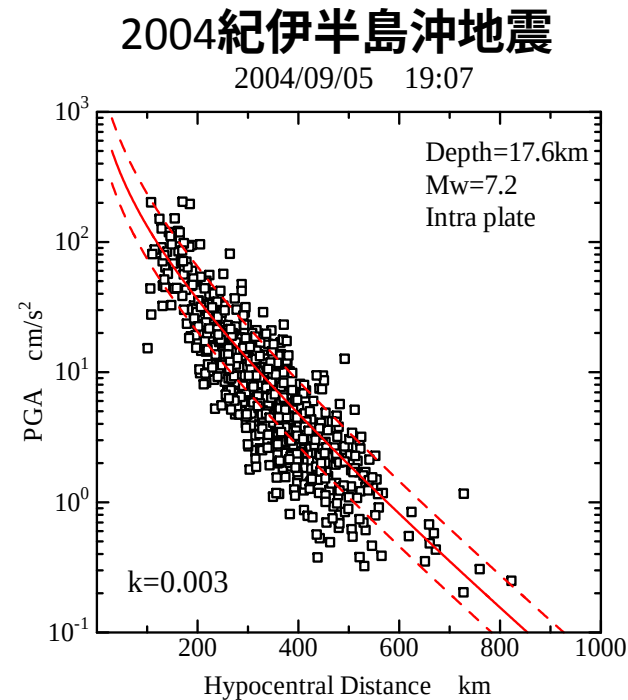
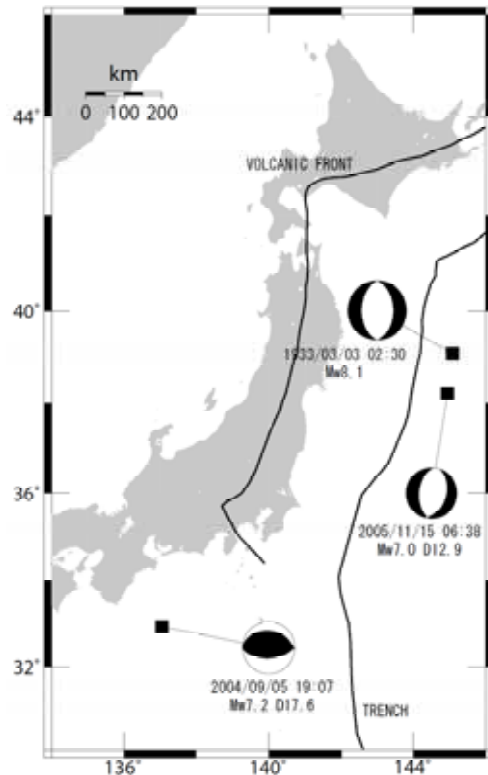
- ・強震動特性: PGA及び擬似速度応答 ($T=0.1\sim 5.0s$) の距離減衰関係の検討
- ・震源モデル: EGF法による震源モデルの構築

■研究成果:

- ・既存の距離減衰関係よりもはるかに大きなPGA及び短周期 ($T=0.1s$) の擬似速度応答値を有する。
- ・震源が浅いにもかかわらず、スラブ内地震と同様に、大きな応力降下量を有する。

強震動の特性①

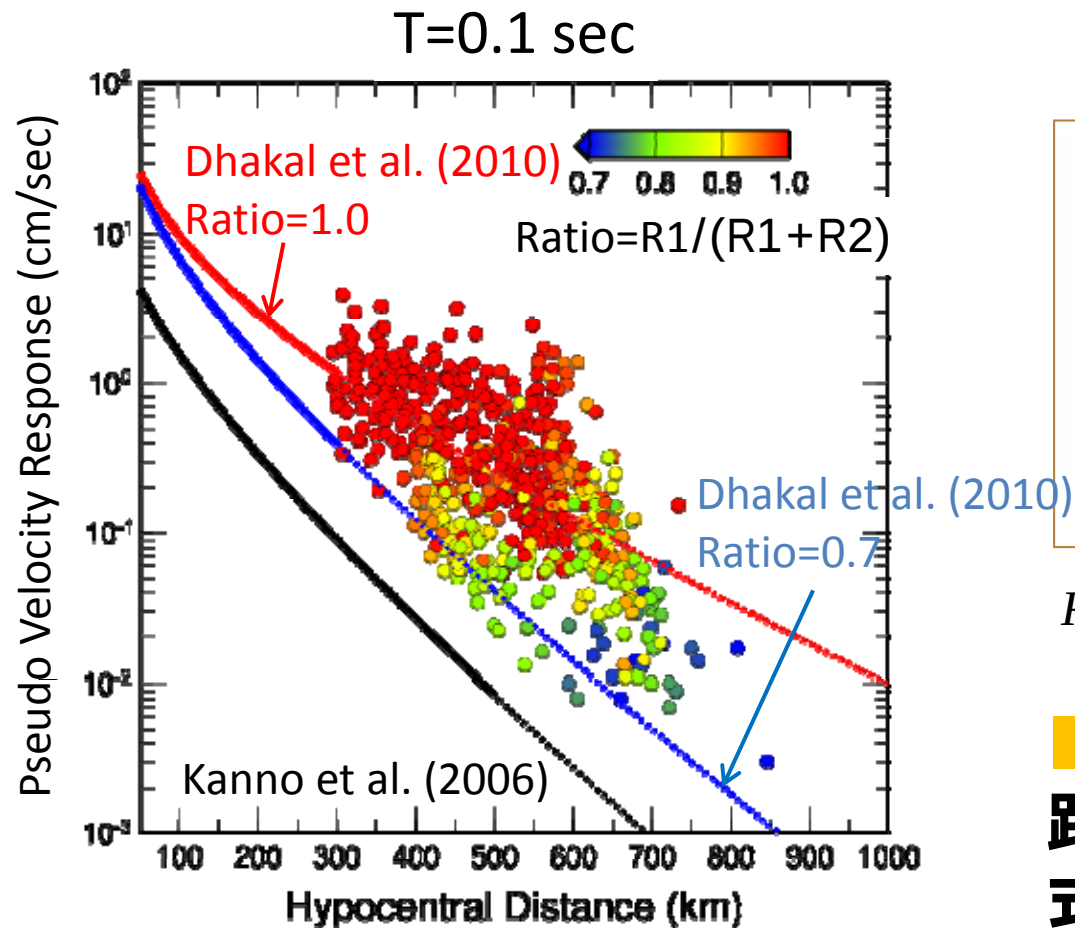
2005年三陸沖アウターライズ (OR) 地震と 2004年紀伊半島沖地震によるPGAの距離減衰関係の比較



赤線: 司・翠川(1999)の経験式

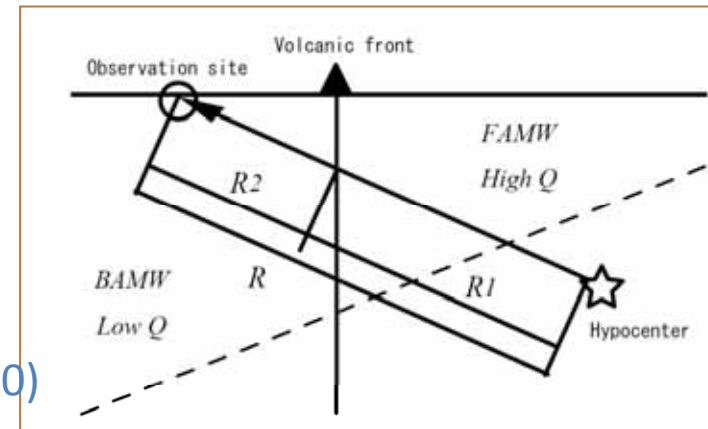
■ 三陸沖OR地震のPGAは、司・翠川による経験式よりもはるかに大きなPGAを有する。

強震動の特性②



周期0.1sの擬似速度応答の距離減衰関係。
既存の経験式による予測値も示されている。

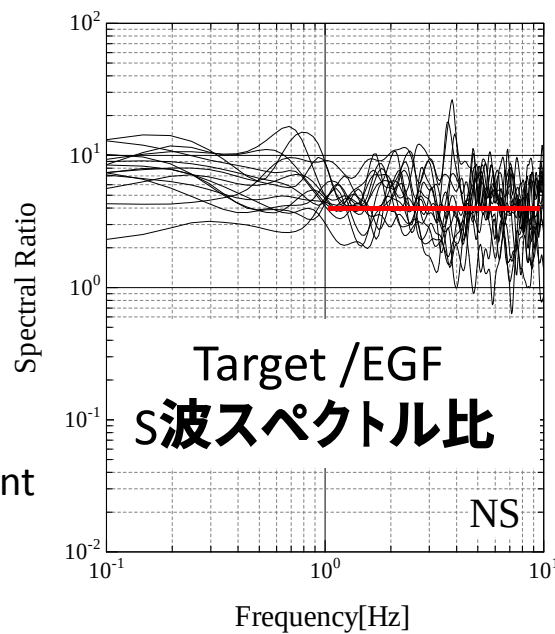
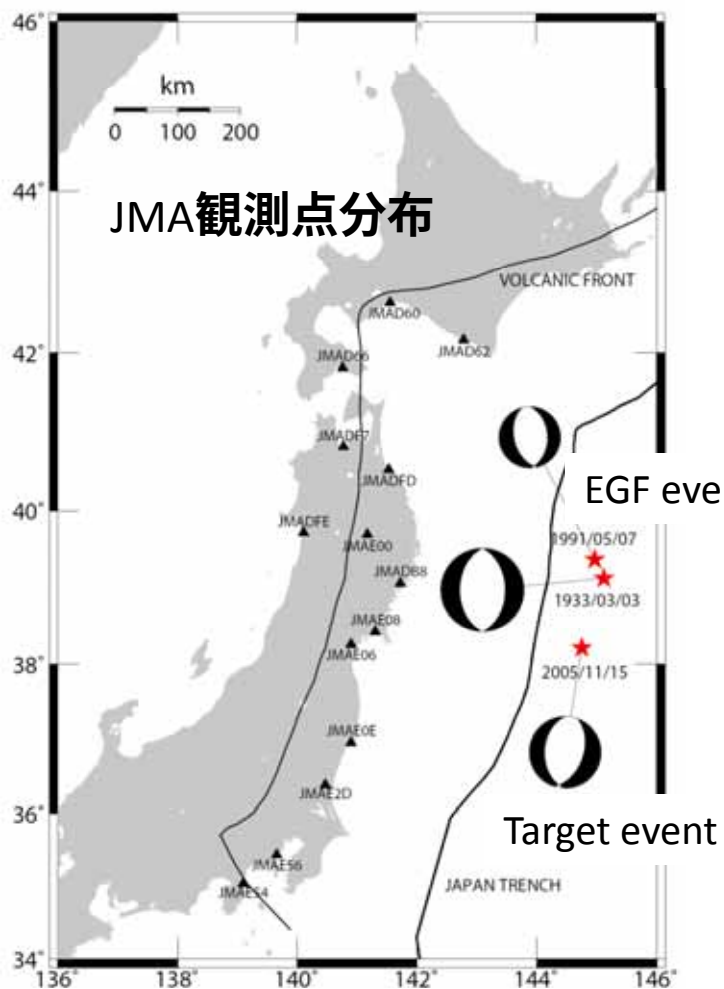
パラメタRatioの説明



$$Ratio = R1 / (R1 + R2) : 1.0 \sim 0.0$$

- 周期0.1sの擬似速度応答の距離減衰関係は、既存の経験式よりも大きな値を有している。
- 同一距離で比較すると、前弧側の観測値 (Ratio=1.0) の方がはるかに大きい値を示す。

EGF法による震源のモデル化



CとNの推定

$$cN^3 = M_o / m_o = 33$$

$$cN = A_o / a_o = 4.2:$$

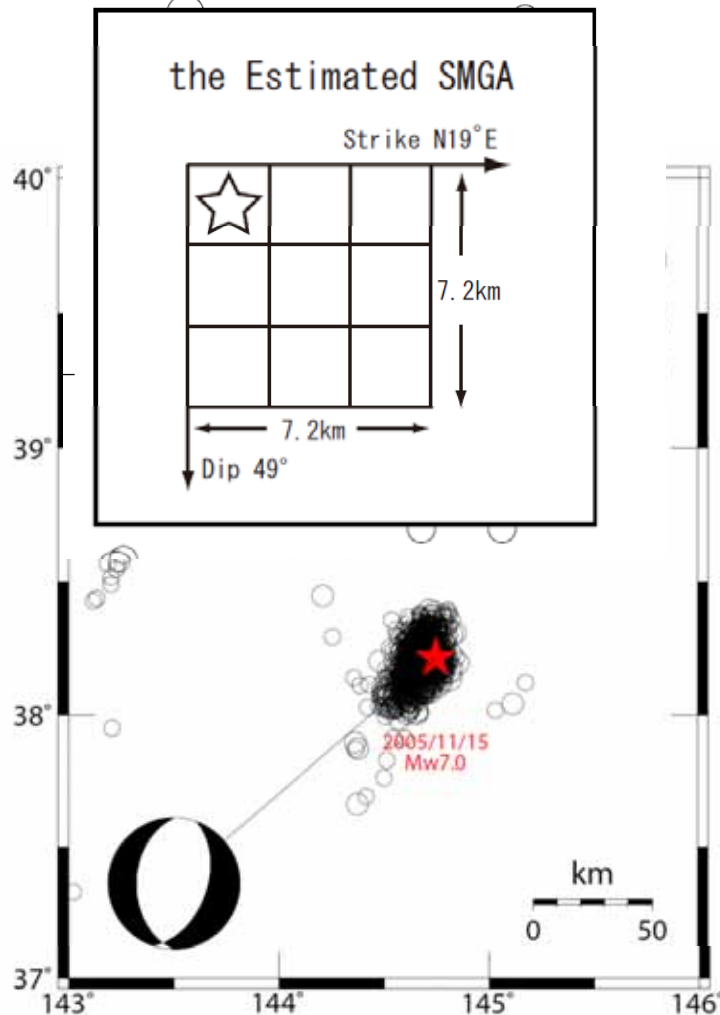
$$f = 1 \sim 10 \text{ Hz}$$

$N=3$ (自然数)

$c=1.3$

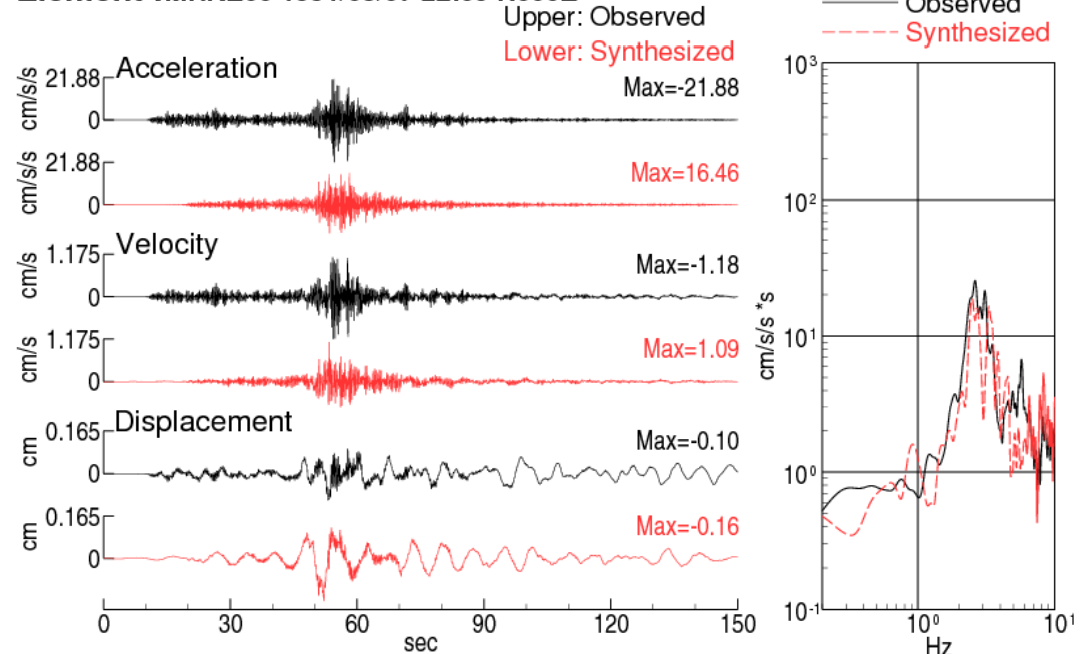
震源情報		
	Target event	EGF event
Origin time (JST)	2005/11/15 6:39	1991/5/7 22:09
Latitude	38.2	39.5
Longitude	144.75	144.51
Depth (km)	12.9	15.0
Mw	7.0	6.0
Seismic moment (Nm)	3.7x10**19	1.12x10**18

推定された断層モデル (SMGA)



メカニズム解と余震分布

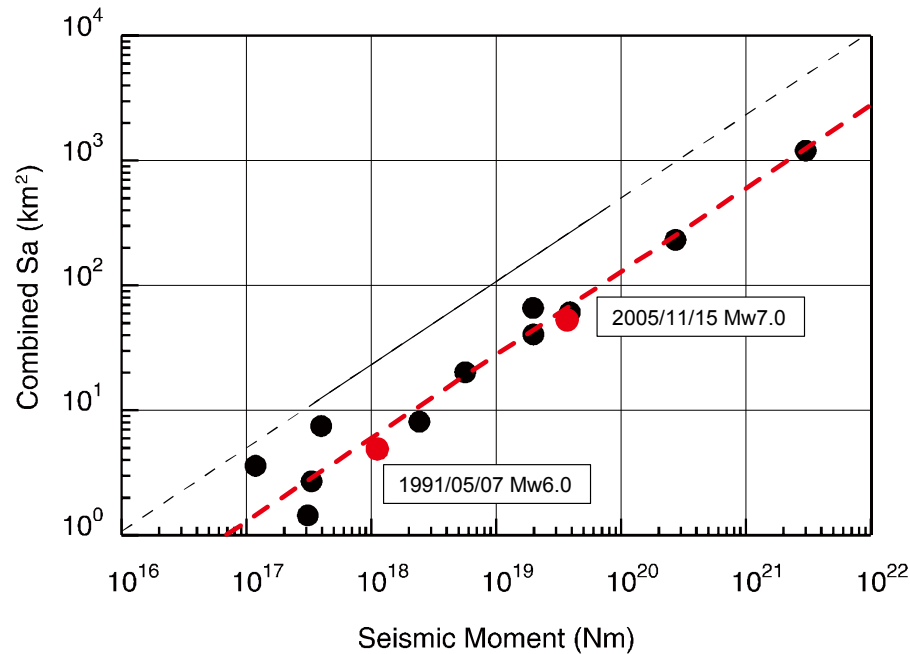
Target : JMAE00 2005/11/15 06:39 N000E
Element : MRKE00 1991/05/07 22:09 N000E



上: 観測波形と合成波形の比較例
下: 推定されたSMGAパラメタ

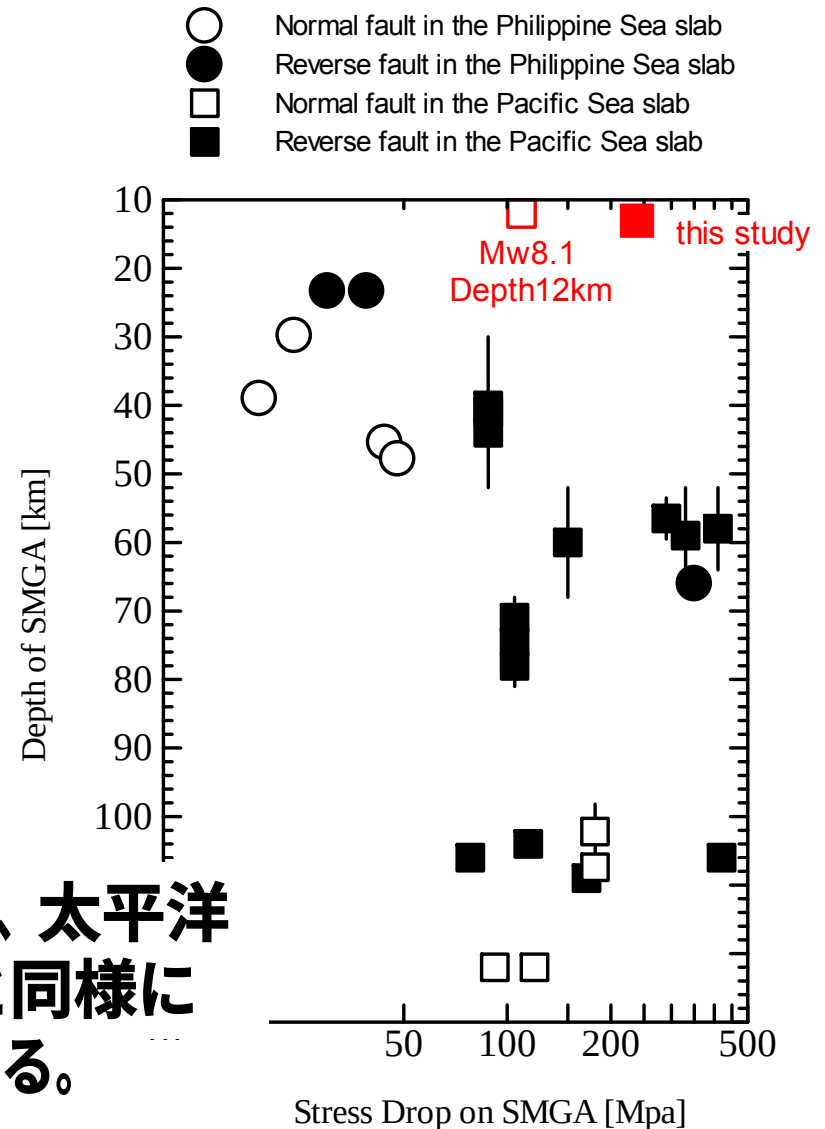
	Length(Width)	Size	Rise time	Vr
	[km]	[km**2]	[sec]	[km/s]
SMGA	7.2	52	0.52	2.1

断層パラメタの特徴



■ **スラブ内地震の S_a (SMGA)- M_o 関係 (笹谷・他、2006) と同様な関係を示す。**

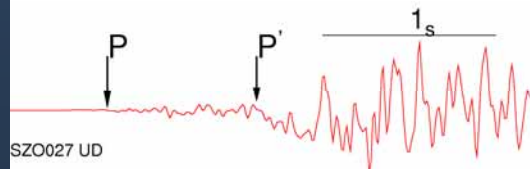
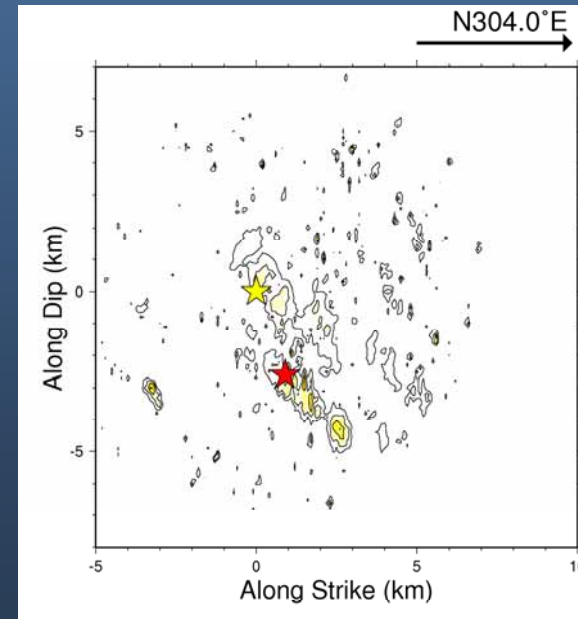
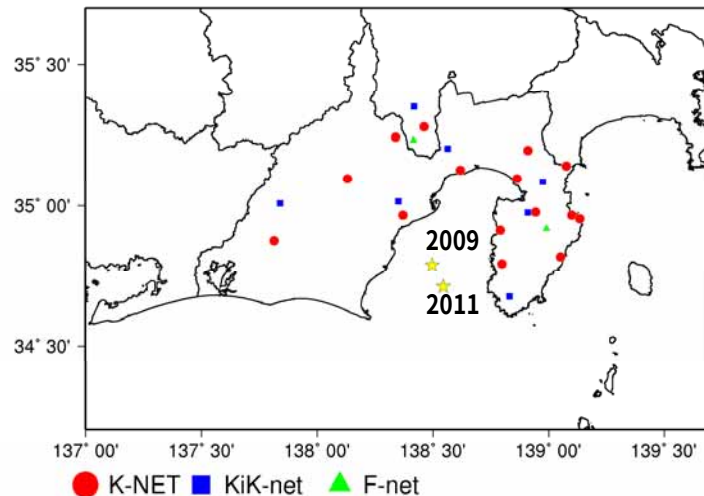
■ **浅い地震にも関わらず、太平洋プレートのスラブ内地震と同様に大きな応力降下量を有する。浅野・岩田(2010)に加筆。**



リアルタイム強震動予測 (九大・理)

■ H23年度の進捗状況

- これまで解析してきた2009年駿河地震 (M6.5) の震源のすぐ南西で今年8月1日同様のスラブ内地震 (M6.2) が発生したことを受けて急遽、この地震の破壊の初期ステージの解析を実施した。このイベントの記録には、明らかな初期破壊、主破壊フェーズが見られる。F-net CMT解の断層面を仮定し、主破壊開始点の位置を同定するとともに加速度波形記録のP波部から破壊開始直後2秒間の放射強度を断層面上にマッピング(ソース・イメージン



2011年駿河湾地震 破壊開始後2秒間のソース・イメージング

黄星：震源； 赤星：推定された主破壊開始点

リアルタイム強震動予測 (九大・理)

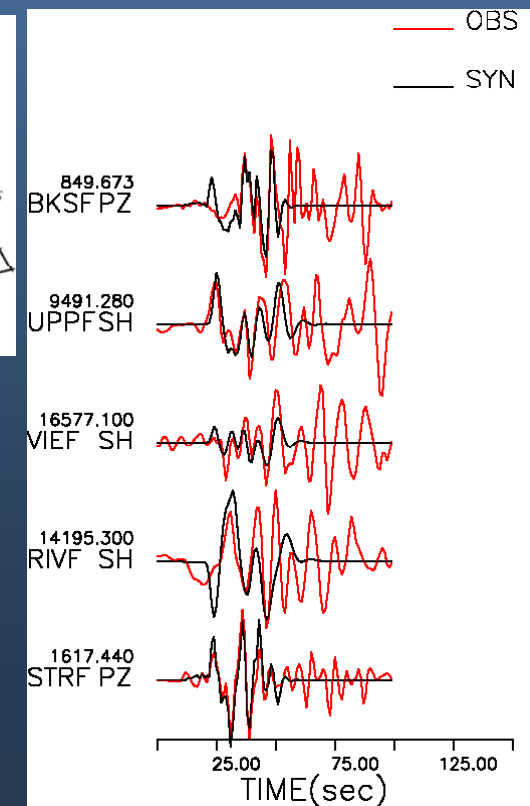
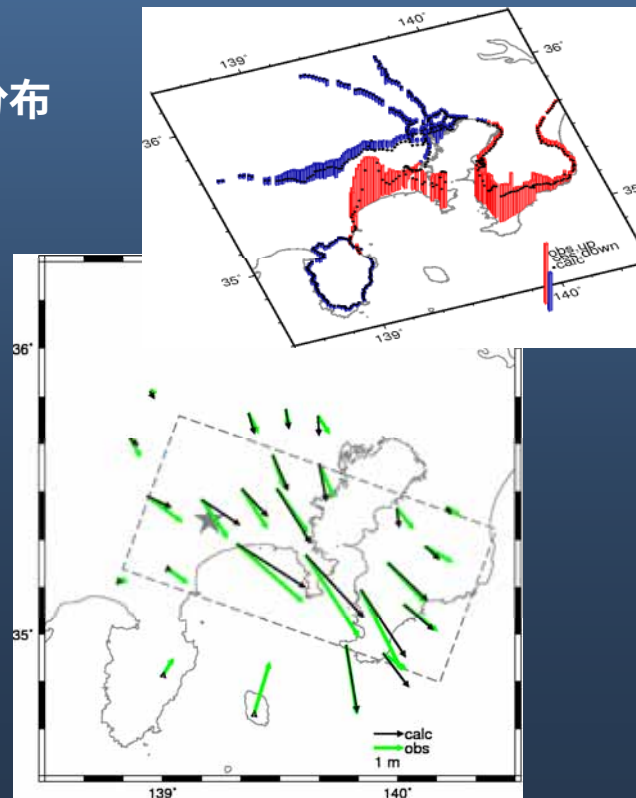
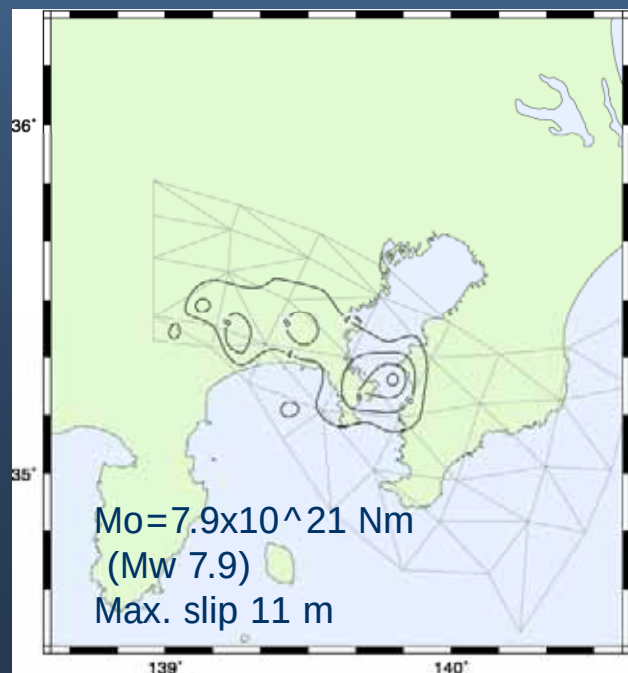
■ H23年度の今後の実施計画

2011年駿河湾地震の初期破壊-主破壊過程の解析を進めるとともに、今年度の当初計画で実施中の高速な地震動予測を実現するために必要な高速な地震動シミュレーション法の開発を進める。
また、最終年度にあたり、これまでの成果をまとめる。

相模トラフ沿いのアスペリティの解明 (鹿児島大・理)

- これまでの成果
- 既存のフィリピン海スラブ上面の形状モデルを統合し、解析のための断層面形状モデルを作成.
- 元禄地震の測地学的データに対するインバージョンを行い、滑り分布を得た (暫定的、改善の余地あり).
- 関東地震では遠地地震波形データと測地学的データの同時インバージョンに成功し、滑り分布を得た.

曲面状の断層面と関東地震の滑り分布



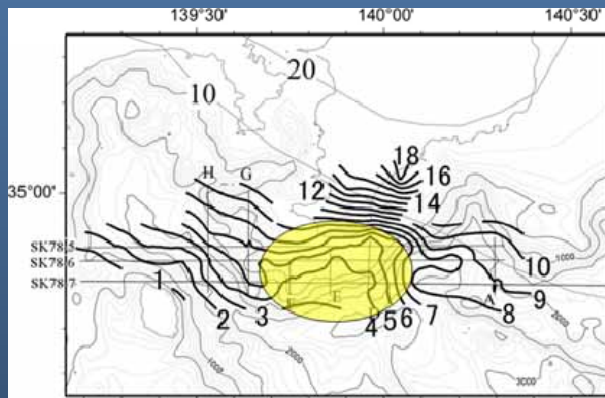
相模トラフ沿いのアスペリティの解明 (鹿児島大・理)

■ H23年度

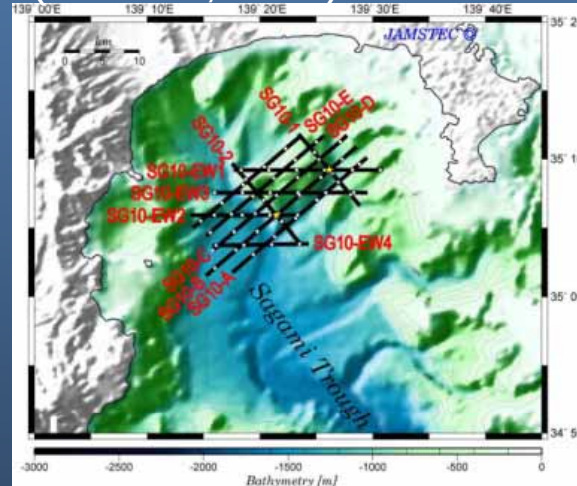
■ 断層面形状モデルの再検討

■ フィリピン海プレート上面に関する最近の研究を反映

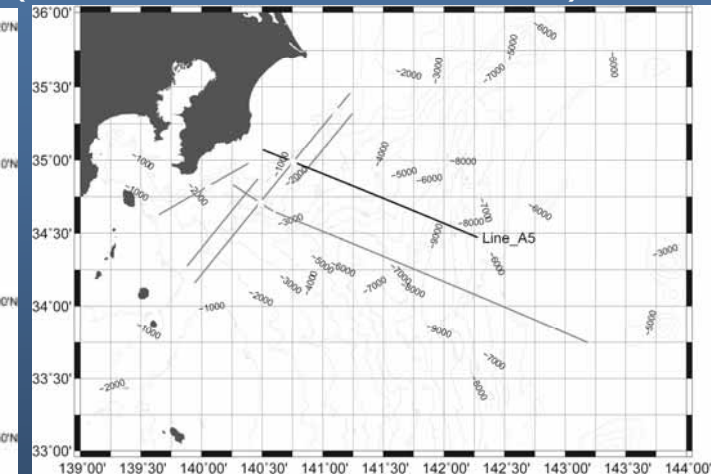
房総半島南端に沈み込む海山
(Tsumura et al., 2009)



相模湾測線
(No et al., 2010)



房総沖測線
(Miura et al., 2008,2009,2010)



■ 求められた滑り分布に関する議論

- 沈み込んだ海山との関係
- スロー・スリップ・イベントの滑り分布との相補関係
- 滑り欠損分布、プレート間カップリングとの比較
- 反射法探査における反射強度や地震波トモグラフィーのポアソン比との比較

今後の計画

- 首都直下のプレート境界地震、スラブ内地震について、高精度広帯域地震動予測を行い、波形データ等を提供する。
- 強震動生成の震源過程、破壊の成長過程、破壊伝播過程の詳細を把握し、震源モデルの高度化を図る。
- 観測点の地盤・設置環境調査を実施することにより、面的な地震動分布の推定精度向上につなげる。
- 広帯域強震動生成に関係するすべり分布や応力降下量、破壊様式といった震源断層のパラメータの把握とその地域性・深さ依存性についての分析を行う。
- 首都圏の浅部地盤および深部地盤の既存の地盤モデルを収集・整理するとともに、新しいデータの追加を図り、表層から地震基盤に至る切れ目のない3次元地盤モデルの作成を行う。