

地震本部総合部会への報告

建設会社の一研究者の立場から

K-NET・KiK-net記録の活用例と期待したいこと

平成24年5月18日

(株)竹中工務店 技術研究所

小林 喜久二

地震動特性を規定する要因と課題

1

《地震動特性を規定する要因》

〔地震動特性〕＝〔①震源特性〕×〔②伝播経路特性〕×〔③地盤特性〕

①震源：大振幅の地震波を射出

②伝播経路：震源から射出された地震波は距離とともに減衰

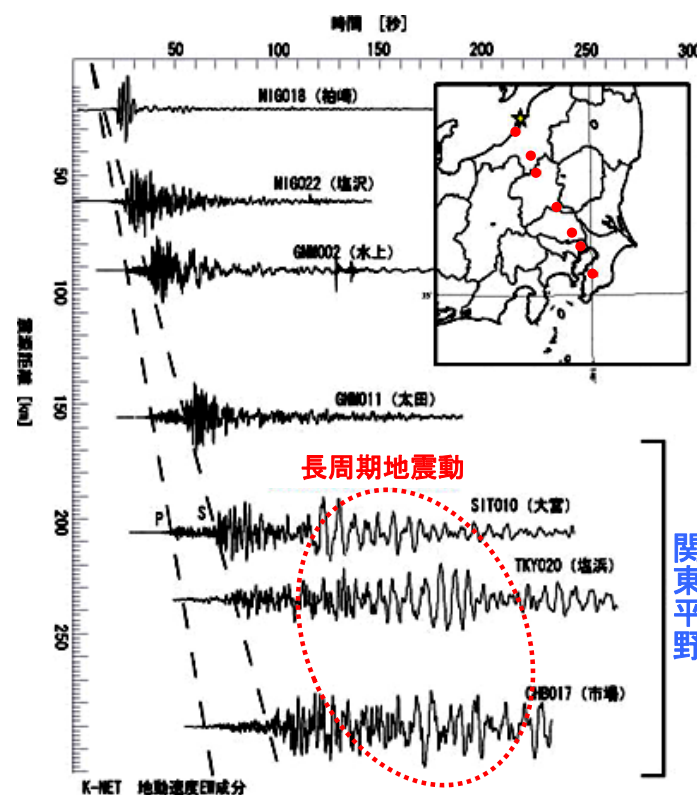
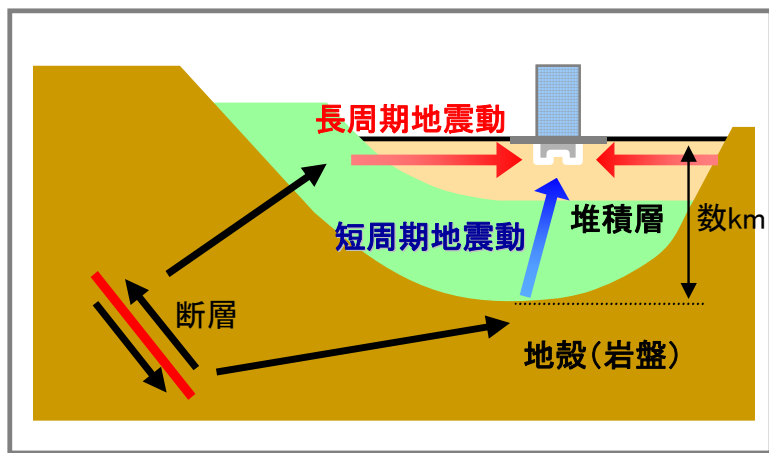
③堆積地盤：伝播経路で減衰した地震波は堆積層内で大きく増幅



《課題》 ①～③の特性の解明

《③の重要性》

- ①と②の詳細な検討は基本的に③の解明があって初めて可能
- ③は強い地域性があり、被害に大きく影響
- 全国的に密度の高い地下構造調査が必要



地震研究所HPの図に加筆

《課題》

- 従来の地下構造調査は、原位置で大規模な調査が必要。
- そのため、多大なコスト・期間を要し、高密度の全国的な調査が困難。



《考えた解決策》

《中小地震の地表の地震記録を用いた地下構造推定》

この方法が可能になれば、以下のような利点が期待される。

- K-NET等、全国の観測点で蓄積されている記録の有効活用が図れる。
- 新たに原位置調査をする必要がないため、低コスト・短期間で推定可能。
- したがって、全国的な調査にも貢献できる。



1990年代の後半から本推定法の研究に着手

地震記録を用いた地下構造推定法の概要

3

地表観測記録

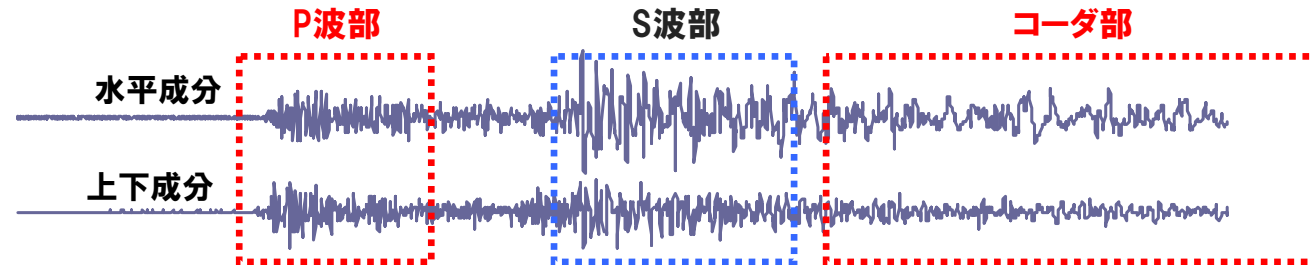


地下構造に依存する 物理量の評価

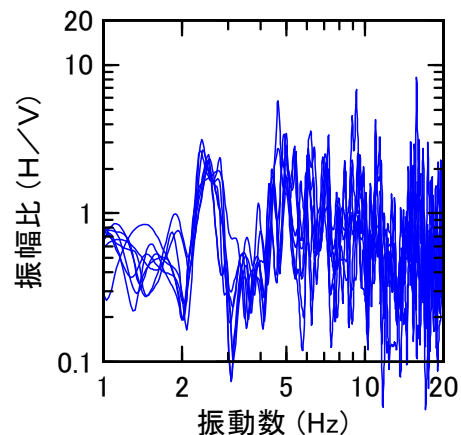
複数地震の
観測データ
から評価し、
平均値を使用



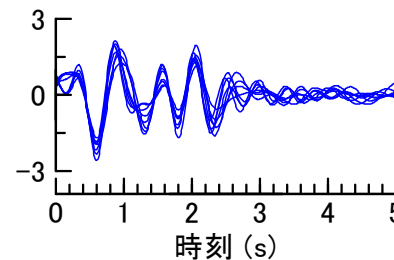
観測物理量の逆解析



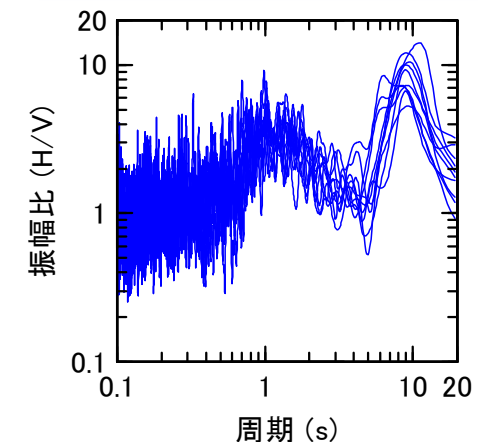
① 水平/上下スペクトル比



② レシーバー関数



③ 水平/上下スペクトル比



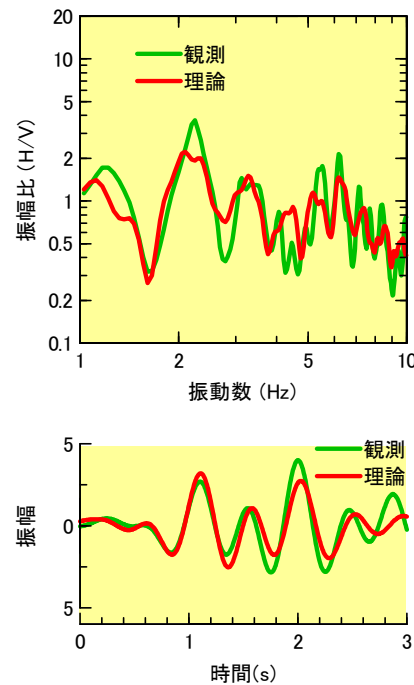
2009年以前：物理量①、②を同時逆解析
2010年以降：物理量①、②、③を同時逆解析

地震記録を用いた地下構造推定法の検証

4

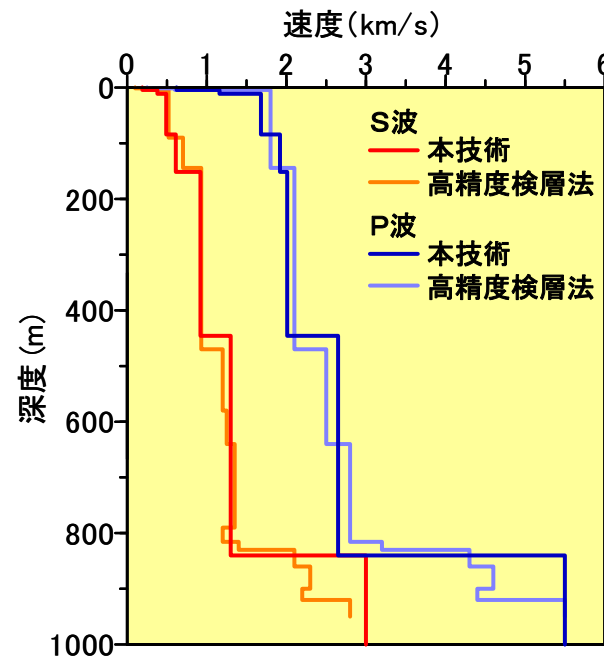
【基本仮定の検証例】

- 逆解析による水平/スペクトル比とレシーバー関数の理論値は観測値とよく対応
- 方法論における基本仮定の妥当性を確認



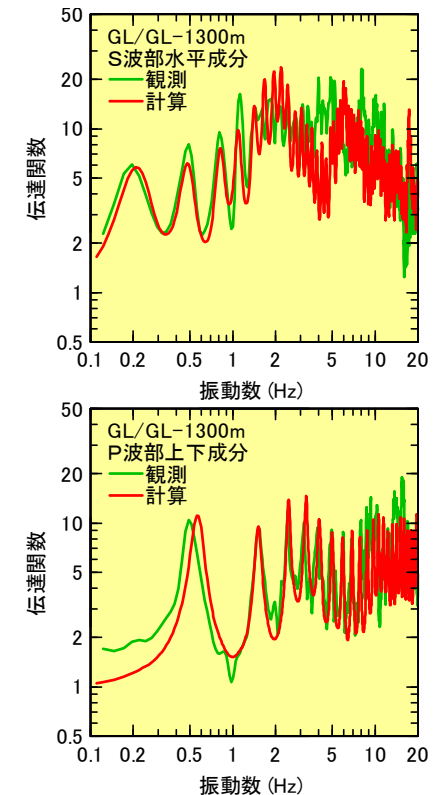
【速度構造の推定精度の検証例】

- 深層ボーリングを利用した高精度な検層法により、地殻までの速度構造が詳細に推定されている地点で、推定精度を検証
- 推定モデルは検層モデルとよく整合



【減衰構造の推定精度の検証例】

- 地表とGL-1300mで地震観測が行われているKiK-net観測点で地下構造を推定し、推定モデルから地表とGL-1300m間の伝達関数を計算し、観測値と比較
- 観測値と計算値はよく対応し、減衰モデルの妥当性を確認

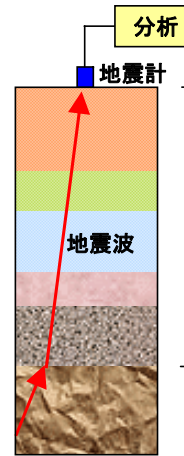


地震記録を用いた地下構造推定法と従来法

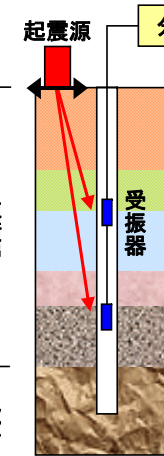
5

- 強震動予測には速度構造だけでなく減衰構造も重要となる。
- 従来の各技術は、減衰構造の情報を得ることができない。
- 本推定法は、強震動予測に必要なすべての情報を方法論的には得ることができる。
(密度はS波速度と密度の経験式を作成し、S波速度に連動させて推定)

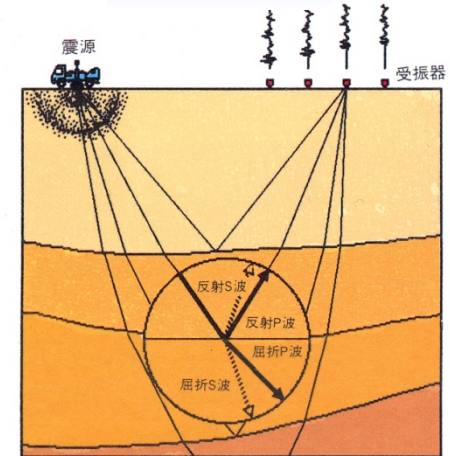
【本推定法】



【PS検層法】



【反射法】



手 法		必要条件	地震動 評価への 適用性	調査できる地盤情報			コスト	期間
				S波速度 構造	P波速度 構造	S波・P波 減衰構造		
従 来 技 術	PS検層法	・ 人工地震 ・ 地殻に至るボーリング	別途 検証が 必要	○	○	×	高 ↑ ↓ 低	長 ↑ ↓ 短
	反射法	・ 人工地震		△	○	×		
	屈折法	・ 数kmオーダーの 地表測線の展開		×	○	×		
	微動アレイ 探査法	数kmの範囲における 約10地点の同時観測		○	×	×		
本推定法		地震観測記録	特に 必要なし	○	○	○	低	短

関東平野の3次元地下構造の推定(その1)

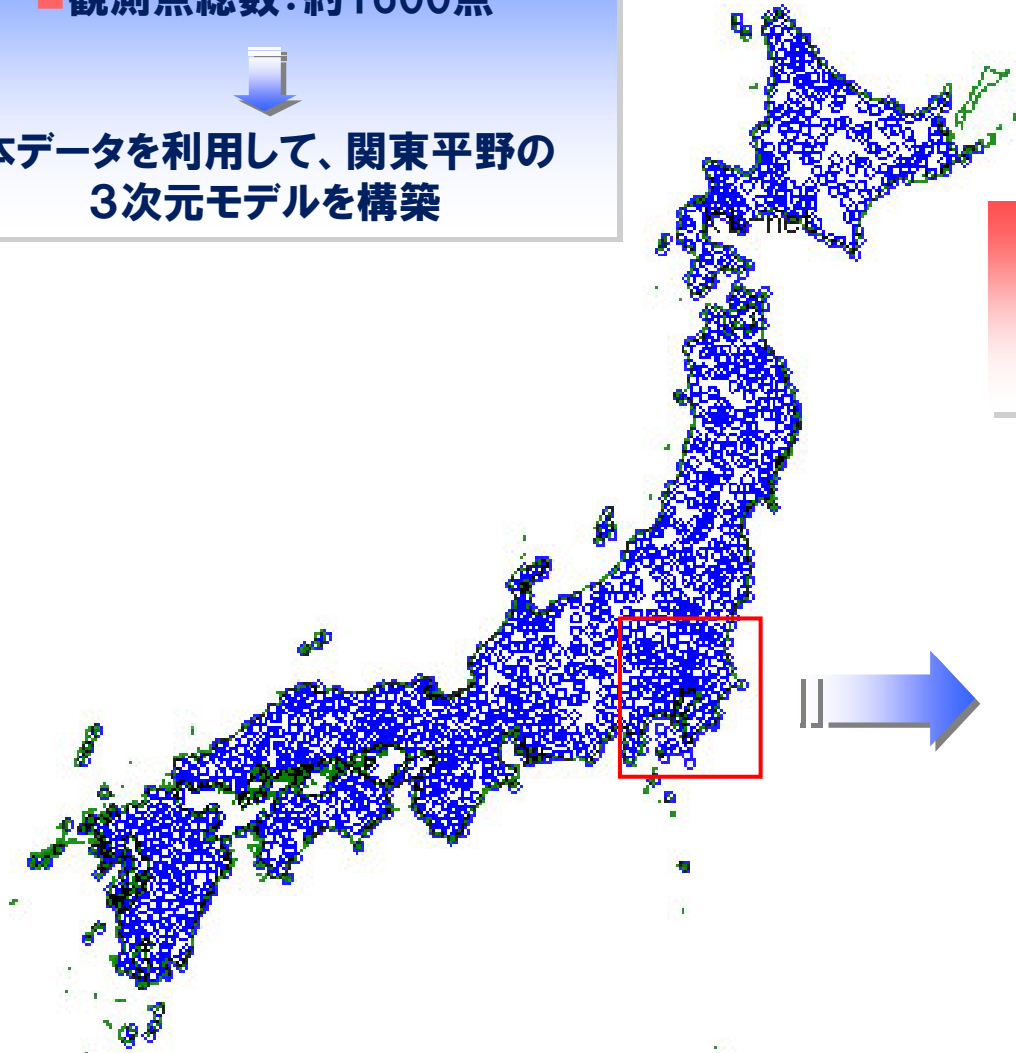
6

K-NET・KiK-net観測点の配置

■観測点総数:約1600点

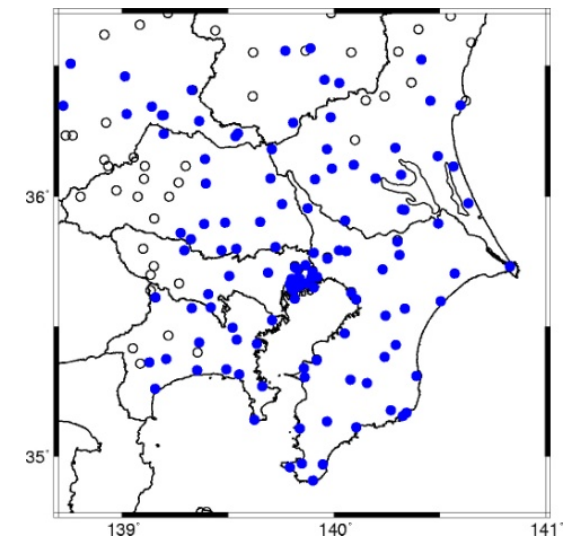


本データを利用して、関東平野の
3次元モデルを構築



地下構造推定地点の位置

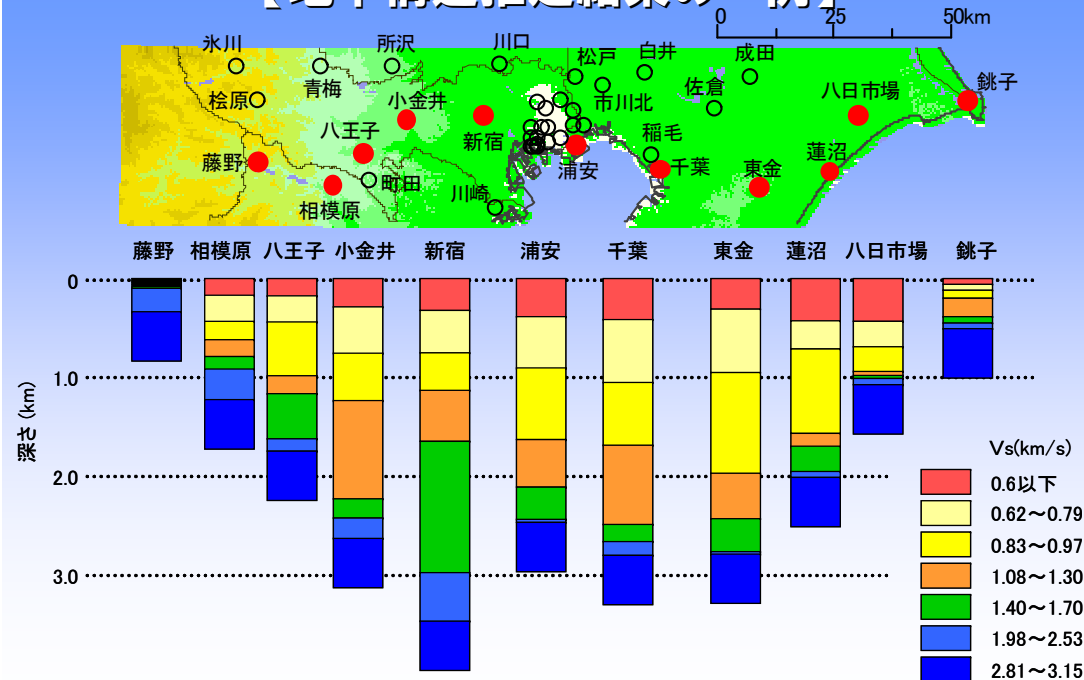
平野内に位置する120観測点
(青丸)で地下構造を推定



関東平野の3次元地下構造の推定(その2)

7

【地下構造推定結果の一例】



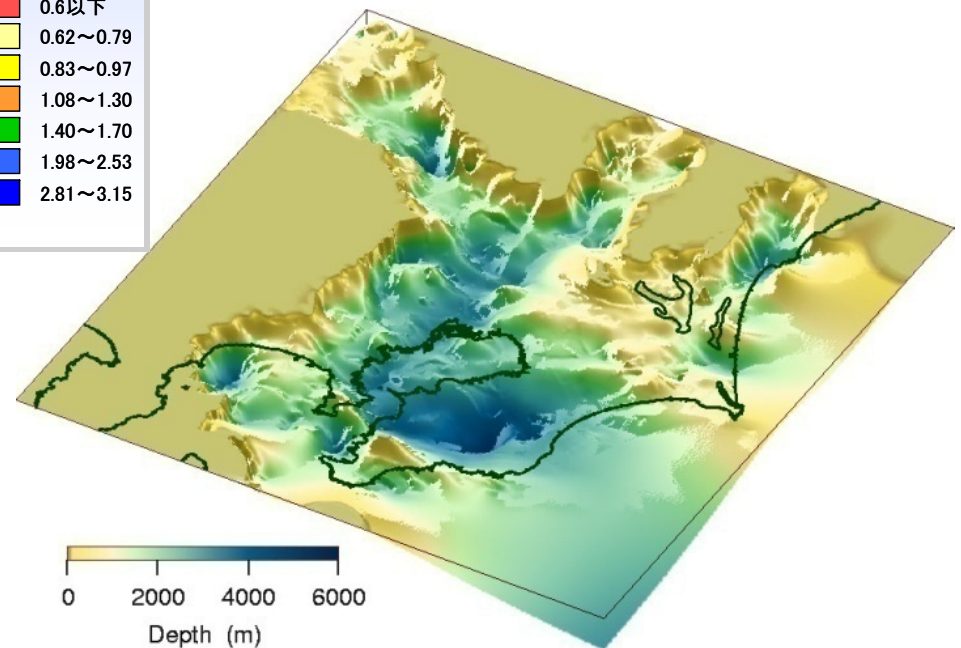
【3次元モデルの構築】

- 推定した120観測点のモデルを元に空間補間を行い、3次元モデルを構築
- 空間補間法として、新たに重力異常データを空間補間のパラメータに利用する方法を考案

【モデルの特徴】

- 堆積層の厚さは千葉県の中中部地域で最も厚く約6km、首都近辺の地域では約3kmと推定
- モデルの特徴は既往の知見とも整合

【基盤面の鳥瞰図】



関東平野の3次元モデルの精度の検証例

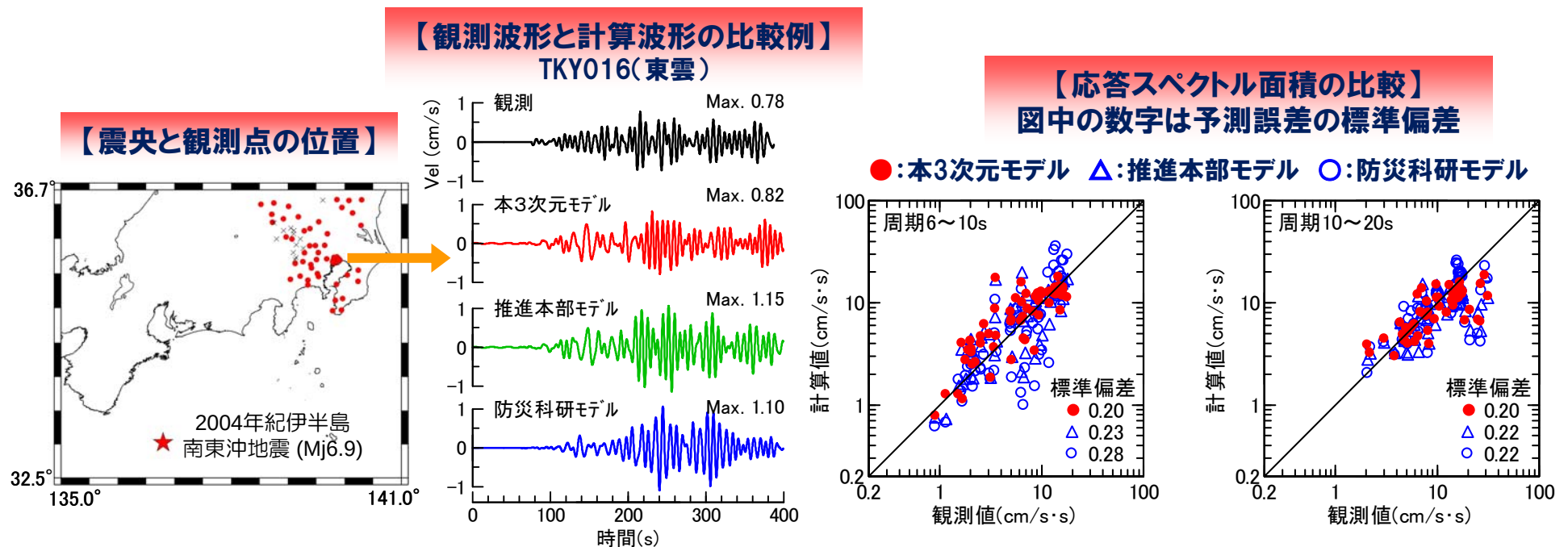
8

●検証方法

- ・2004年紀伊半島南東沖地震 (Mj6.9) の長周期地震動のシュミレーション
- ・本3次元モデル(関東平野以外の領域は推進本部モデルを使用)と地震調査研究推進本部及び防災科学技術研究所の3次元モデルのシミュレーション精度を比較

●検証結果

- ・本3次元モデルは、既往の多くの調査結果を総合して構築された推進本部及び防災科研のモデルよりも観測波形の再現性がよい
- ・ただし、まだまだ改良の余地があり、高度化が必要



東大地震研究所の首都圏地震観測網

MeSO-net観測点の利用

【MeSO-netの概要】

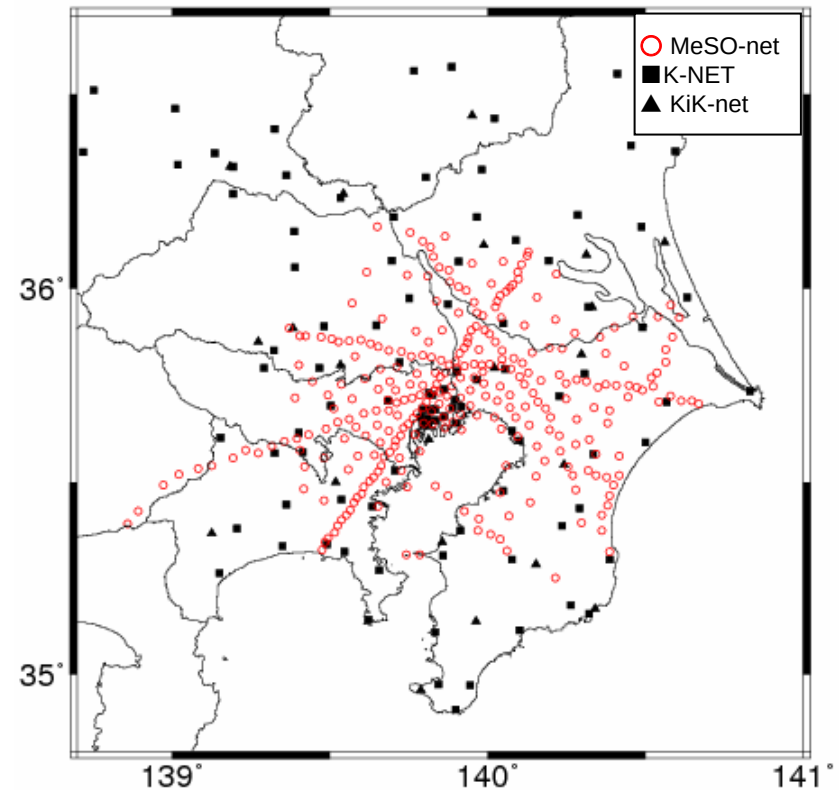
- 首都圏のプレート構造や震源断層の調査を目的として構築された。
- 観測点数：296観測点（2011年現在）

- MeSO-net観測点で地下構造推定を行えば、地下構造の推定地点数が大幅に増加。
- 本推定により関東平野の3次元モデルのさらなる高精度化が予想され、首都圏の地震防災に大きく貢献すると期待。
- 本年度から、地震研究所との共同研究として検討を開始。

【MeSO-net観測点の配置】

○：MeSO-net観測点（2011年現在）

■ ▲：地下構造を推定したK-NET・KiK-net観測点



①日本全国の堆積層3次元モデルの再構築

- 現在の公開モデルは研究や実務に広く活用
しかし、精度の向上が課題

《方策》

- K-NET・KiK-net観測点の地下構造推定
(約1,600点)

1年間に200点推定したとしても
全観測点を推定するには
8年の期間が必要

- 国のプロジェクトとして、チームを編成し、
地域を分担して実施

- 全国の既往の地盤調査結果等と合わせた
総合的な検討

- モデル化の基本方針策定

- 3次元モデルの再構築

K-NET・KiK-net
観測点の配置



【期待される効果】

- 長周期地震動対策、耐震設計、広域
の地震防災対策の高度化
- 地震・地震動関連の研究の進展

②K-NET観測点の増設

- 大都市が位置する堆積平野内におけるK-NET観測点の密度を2倍以上に。
- 大地震時の建物被害の原因究明に、K-NET・KiK-netの記録は不可欠。
- 平野の3次元モデルの高度化や長周期地震動の特性解明に不可欠。

④表層地盤モデルの充実と公開

- 工学的基盤以深の全国的な深部地盤モデルは本本部から公開され、活用されているが、表層地盤モデルも期待。
- 圧倒的に数の多い低層・中層建物の耐震対策には表層地盤モデルが必要。
- 地震防災の研究の進展に不可欠。

③地盤・建物連成系の地震観測の充実とデータ公開

- 本観測は従来、民間で実施することが多いが、観測データ・建物データは建築主の所有になるため、多くが未公表。
- データ公開は耐震設計の合理化に不可欠であり、その仕組み作りが必要。
- 建物系は地盤系に比べて、圧倒的に観測点が少なく、観測の充実は研究的にも設計的にも必要。

⑤建物の耐震安全性評価指標の整備

- 建築主が建物の耐震安全性を見極める方法がないため、大地震への備えよりもコストが優先されることが多い。
- そのため、技術の進歩が閉塞状態に陥る危惧もある。
- E-ディフェンスの大規模実験やこれまでの被災例から、分かり易い評価指標を整備し、普及が必要。