

平野における高周波数帯域まで適用できる  
強震動評価技術の開発

 構造計画研究所  
KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

地球シミュレータ産業利用シンポジウム2012

2012.10.11

株式会社 構造計画研究所

## 発表の流れ

1. はじめに(背景・目的)
2. 1923年関東地震のシミュレーション(前年度成果)
3. ランダム媒質の導入による計算精度の向上
4. 今後の展望
5. 産業戦略利用プログラムを利用して

47

## 1. はじめに

### 背景

2011年東北地方太平洋沖地震  
女川町

地震

地震動  
津波  
土砂崩れ

#### 被害の低減

被害の事前予測と対策が不可欠

→ 高精度な被害予測

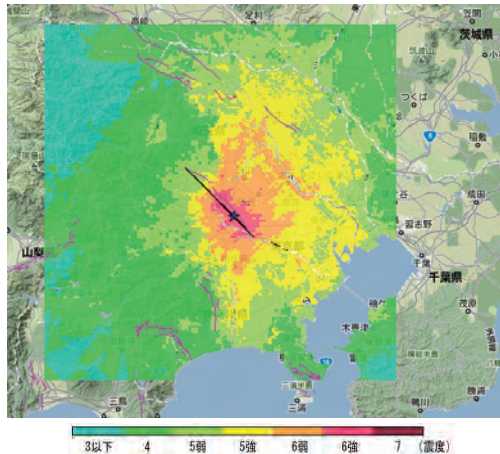
地震動評価が基礎となる

# 背景：地震動評価とは（防災）

## 地震が起きたらどんな揺れになるか？

### 地震動評価の一例

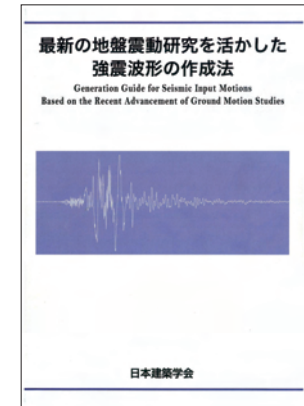
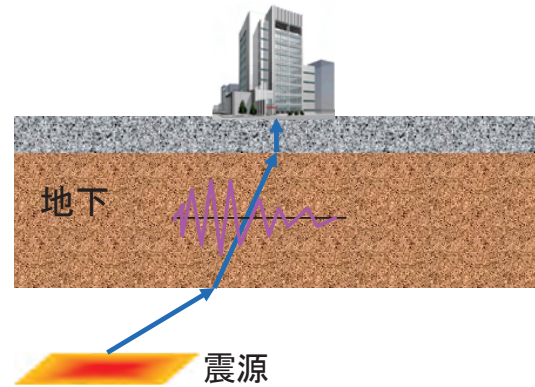
立川断層帯(M6.8)で地震が起きた場合に予想される震度分布



地震ハザードステーション  
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>

# 背景：地震動評価とは（設計）

## 重要な建物の設計 → 入力地震波を作成し、設計を行う



2009年3月刊行  
 編集：日本建築学会

48

# 課題と目的

## 大規模平野での強震動評価技術の開発 (高周波数帯域の地震動計算へ適用)

大規模平野  
 (関東平野, 大阪平野等)



- ・社会、経済の中心
- ・長周期地震動等のリスク

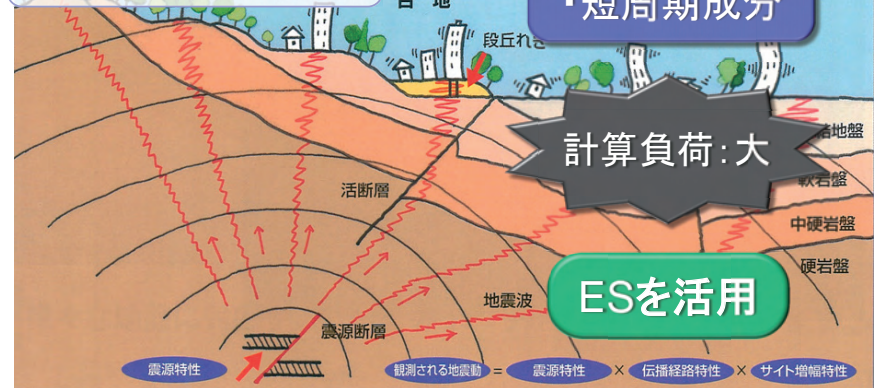
- ・大規模構造
- ・様々な周期の波

評価したい

# 課題と目的

## K-FDM3D 地震波の伝播解析

- ・大規模構造
- ・短周期成分



$$\text{観測される地震動} = \text{震源特性} \times \text{伝播経路特性} \times \text{サイト増幅特性}$$



## シミュレーションの概要

### 1923年関東地震

- ・「関東大震災」を引き起こした地震
- ・マグニチュード7.9
- ・死者10万人以上

諸井孝文, 武村雅之, 関東地震(1923年9月1日)による木造住家被害データの整理と震度分布の推定, 日本地震工学会論文集第2巻, 3, 35-71, 2002

構造計画研究所 Copyright © 2007 KOZO KIKAKU ENGINEERING INC. All Rights Reserved. <http://www.kke.co.jp> 9

## シミュレーションの概要

### 1923年関東地震(M7.9)の地震波の伝播を評価

- 震源から基盤・地表までの地盤を3次的にモデル化
- 波動伝播理論に基づいた3次元有限差分法(3DFDM)

構造計画研究所 Copyright © 2007 KOZO KIKAKU ENGINEERING INC. All Rights Reserved. <http://www.kke.co.jp> 10

## 評価結果：アニメーション

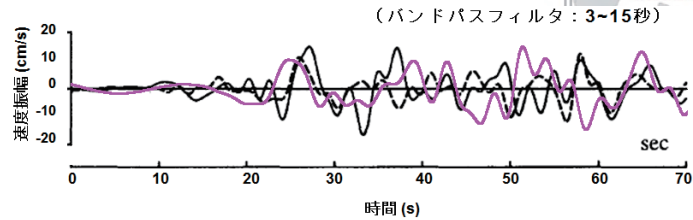
### 13.80sec

構造計画研究所 Copyright © 2007 KOZO KIKAKU ENGINEERING INC. All Rights Reserved. <http://www.kke.co.jp> 11

## 結果の評価：観測記録との比較

### 計算結果を実際に観測された波形と比較

#### 観測記録を概ね再現



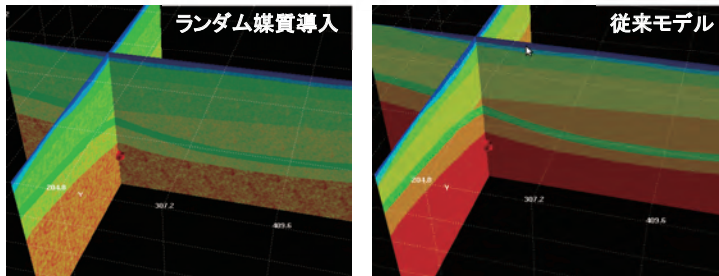
- : 観測速度波形
  - : 本研究 (特性化震源モデルを用いた計算結果)
  - : 壇・佐藤(1998)による経験的グリーン関数法の結果
- (壇一男, 佐藤俊明, 断層の非一様すべり破壊を考慮した半経験的波形合成法による強震動予測, 日本建築学会構造系論文集, 509, 49-60, 1998)

## 3. ランダム媒質の導入による計算精度の向上

## ランダム媒質を導入した計算：概要

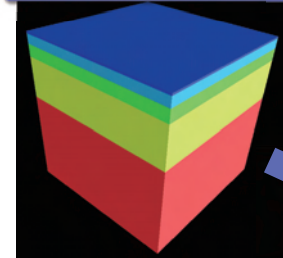
### より短周期(0.5秒)までを対象とした計算を実施

- 対象地震：関東平野で起こった中規模地震(Mw=4.6)
- 地下構造モデル：
  - ① 格子分割を細かくし、細かな構造をモデル化
  - ② 地層内のランダムな不均質性(ランダム媒質)を導入

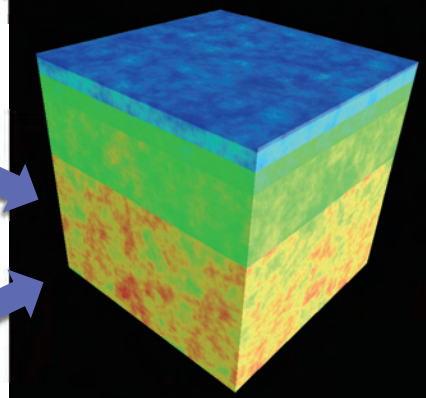


## ランダム媒質

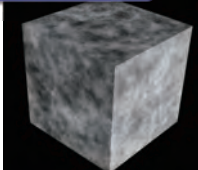
均質媒質(地下の層構造)



ランダム媒質



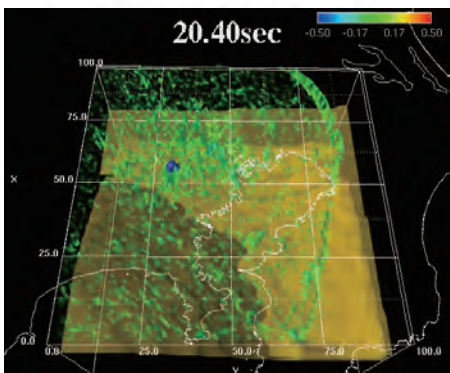
ランダム性



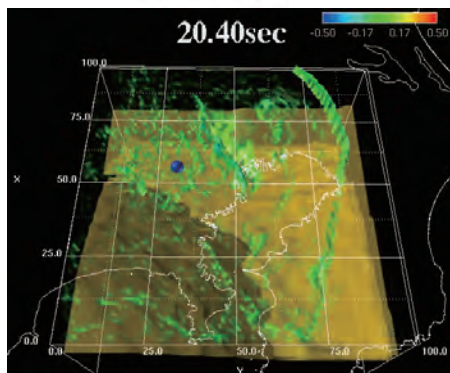
→ 短い周期の波形計算の精度向上

# 評価結果：アニメーション

ランダム媒質導入モデル



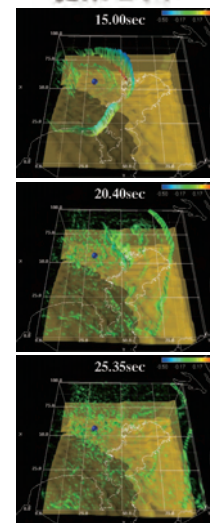
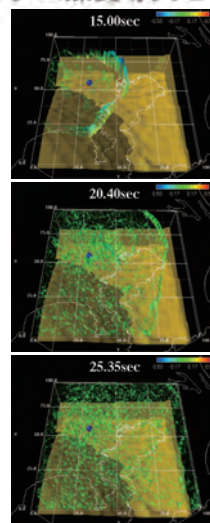
従来モデル



# 評価結果：波動伝播の様子

ランダム媒質導入モデル

従来モデル



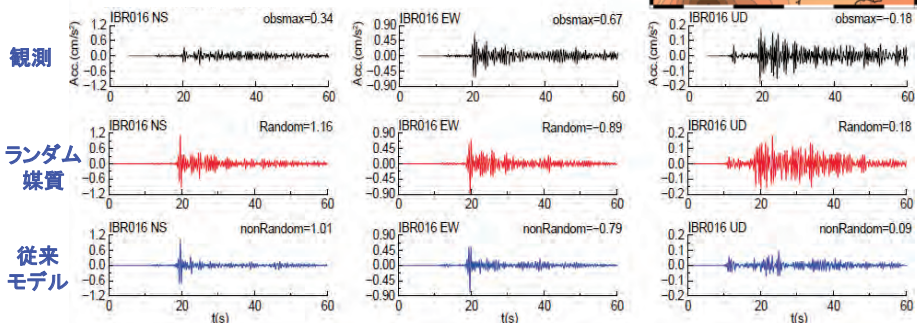
地震動が伝播するにつれランダム媒質の影響大(後続波の生成)

# 結果の評価：観測記録との比較

計算結果を実際に観測された地震波形と比較

観測記録の再現性が向上

K-NET観測点 (IBR016: 茨城県取手市)



# 4. 今後の展望

## 今後の展望

### 地球シミュレータを用いるメリット

大規模計算の実現  
(巨大地震、広域評価)

業務の大幅な効率化  
(計算時間の短縮)

- 防災・減災ビジネスの拡大  
※既に業務を受注
- 防災・減災に関する研究開発の推進



## 5.産業戦略利用プログラムを利用して

## 産業戦略プログラムを利用して

ESを利用することで、大規模および高精度の地震波伝播シミュレーションを実施する環境を構築できた

→ サービスの差別化、防災・減災への貢献

### ■ 2年間のトライアルユース + 1年間の有償利用

→ プログラム移植・最適化には多くのトライ&エラー

### ■ 良いネットワーク環境

→ リモートアクセス, ファイル転送

### ■ 専門のスタッフの丁寧な指導

→ 短時間, 高効率

## 最後に

独立行政法人 海洋研究開発機構の関係者様、  
先生方には大変お世話になりました。  
特に、研究員の廣川様には、懇切丁寧な対応  
をしていただき、作業を効率的に進めることが  
出来ました。  
記して感謝申し上げます。