

# はじめに

## 相模トラフの地震の長周期地震動評価

前田宜浩・岩城麻子・森川信之(防災科研)

今井隆太(みずほ情報総研)・青井真・藤原広行(防災科研)

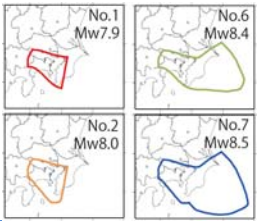
11回名古屋大学－防災科研研究交流会@名古屋大学減災館

- 2つの相模トラフの海溝型地震(関東地震)を対象
  - 1923年 大正関東地震 (M7.9) : T-type
  - 1703年 元禄関東地震 (M8.2) : G-type
- 震源モデルに関する不確かさを考慮した評価
  - 過去地震の再現計算ではない
- 3次元差分法による長周期地震動シミュレーション
  - 破壊伝播の不均質性を考慮した特性化震源モデル
  - 浅部・深部統合地盤モデル
- 解析周期帯は2秒以上

## 特性化震源モデル

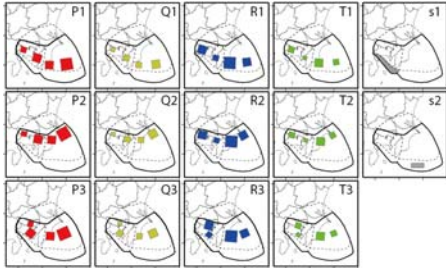
### 巨視的断層パラメータ

- 震源域: 4パターン
- No.1 & 2 : T-type
- No. 6 & 7 : G-type
- 平均応力降下量: 3MPa



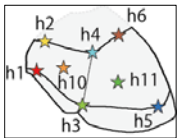
### 微視的断層パラメータ

- アスペリティ: 12パターン (中部セグメント: 深さ10~30km)  
2パターン (浅部セグメント: 深さ~10km)
- すべり速度関数:
  - 中村・宮武(2000)の関数 (中部セグメント)
  - Smoothed ramp 関数 (浅部セグメント)



### その他のパラメータ

- 破壊開始点: 8パターン
- 破壊伝播速度: 2.7km/s



⇒ 408個の特性化震源モデルを作成  
他のパラメータは“レシビ”に基づいて設定

## 破壊伝播不均質

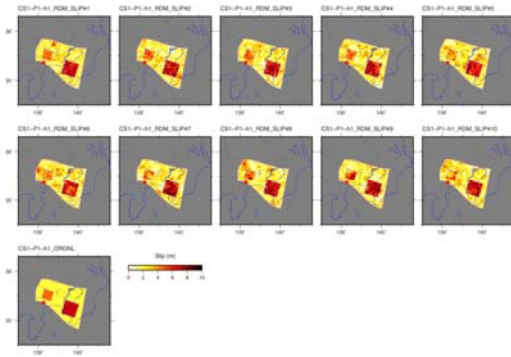
- 特性化震源モデルはアスペリティサイズよりも小さなスケールの不均質性を含まないため、短周期地震動が過小評価となる可能性がある。
- 特性化震源モデルのすべり量、破壊伝播速度、すべり角にマルチスケール不均質性(関口・吉見, 2006)を付与する。不均質性の強さは2003年十勝沖地震を対象とした検討(Iwaki et al., 2016)から求めたもの。
- 各特性化震源モデルに別々の不均質性を付与する。

Table Fluctuation of parameter

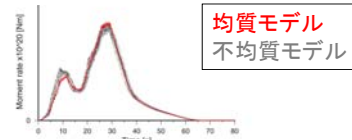
Parameter	Fluctuation of parameters
Slip	$\pm 0.5D_{ave}$
Rupture velocity	$\pm 0.4 \text{ km/s}$
Rake angle	$\pm 45^\circ$

# 破壊伝播不均質

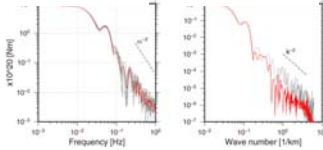
• 特性化震源モデルにすべり量の不均質性を付与した例



• モーメントレート関数



• 震源スペクトル



# 地震波伝播シミュレーション

• 3次元差分法

- 不連続格子を用いた差分法 (Aoi & Fujiwara 1999)
- GMS (青井ほか, 2004)

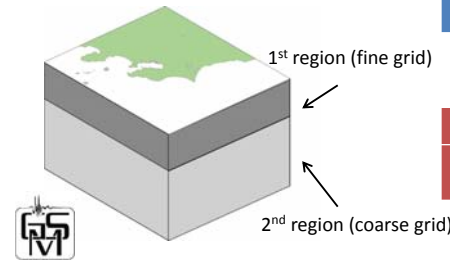
解放工学的基盤 ( $V_s=350\text{m/s}$ )  
での評価

• 計算環境

- TSUBAME @ Tokyo Tech
- HA8000-tc/HT210 @ NIED

Structure model

# of grids	1 <sup>st</sup> region	3525 × 3177 × 151
	2 <sup>nd</sup> region	1175 × 1059 × 617
grid size	1 <sup>st</sup> region	100m x 100m x 50m
	2 <sup>nd</sup> region	300m x 300m x 150m



Calculation

time interval	0.004167 sec
time steps (duration)	96000 step (400 s)

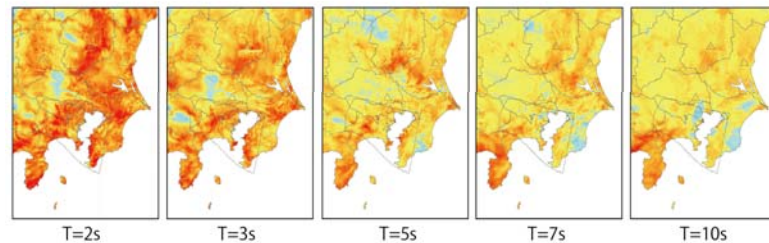
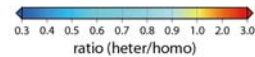
# 破壊不均質性導入の効果

対象ケース:

- 震源域: No.1 (T-type)
- アスペリティ配置: P1
- 破壊開始点: h1

- 20組のスペクトル比の平均
- 20個の不均質付与モデル
  - 1個の特性化震源モデル

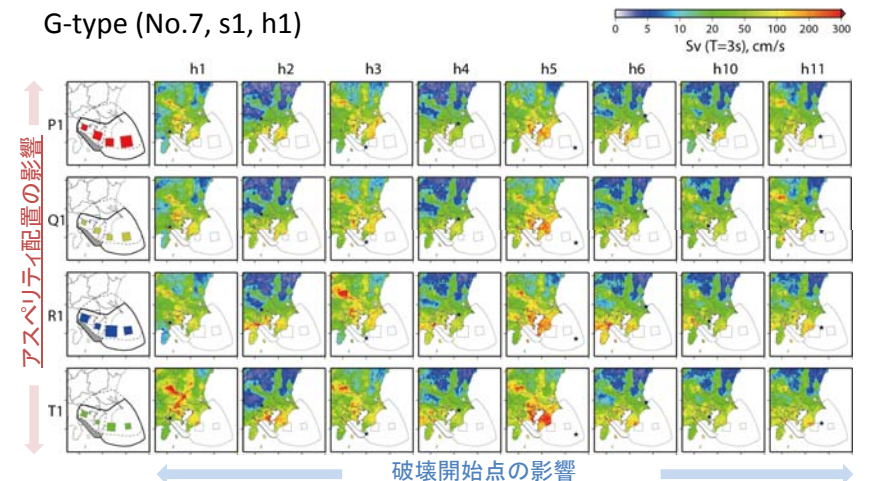
Heterogeneity



- ほぼ全領域で振幅は増大
- 特に短周期帯で影響が大きい

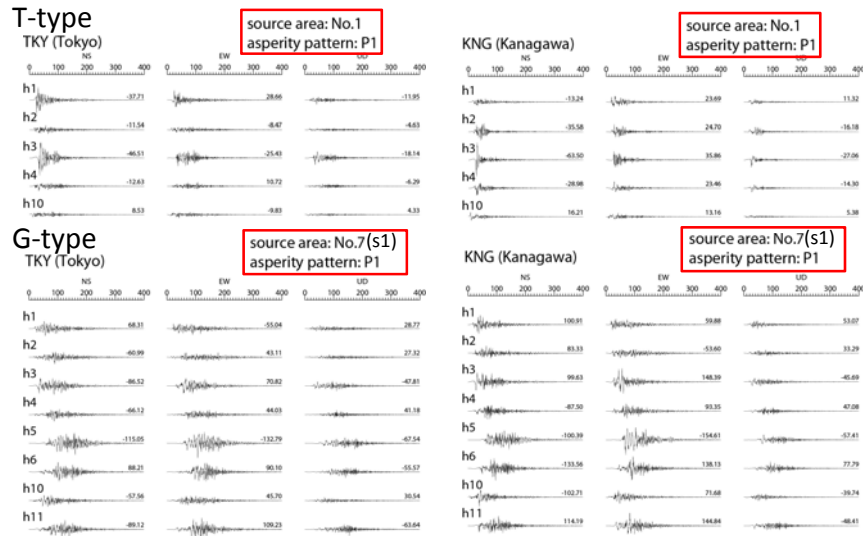
# 相対速度応答(周期3秒、5%減衰)の分布

G-type (No.7, s1, h1)

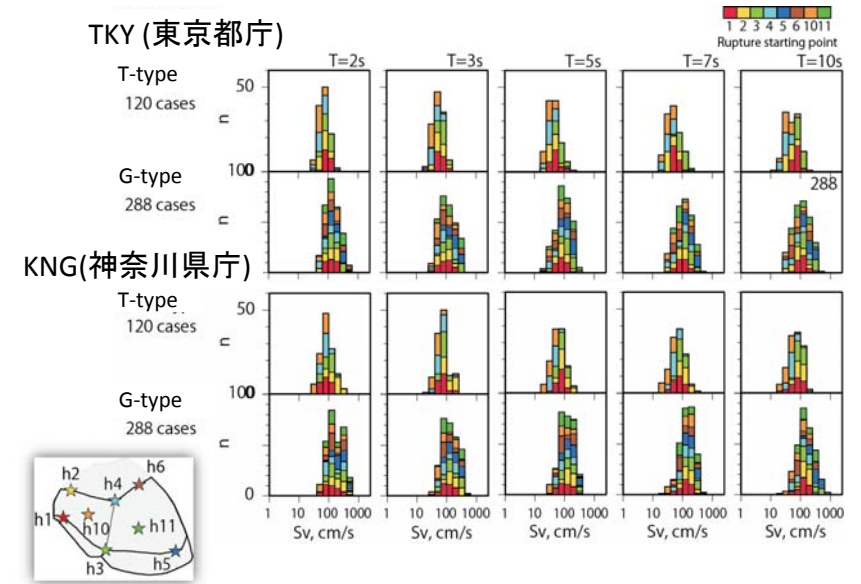


破壊開始点の違いが速度応答の分布に大きな影響を及ぼしている

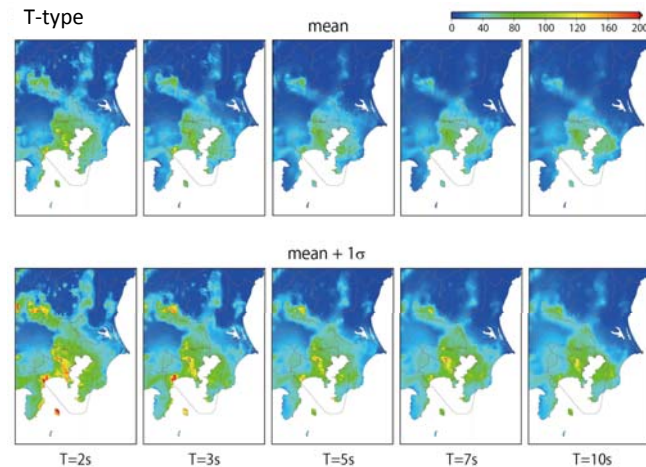
# 速度波形:破壊開始点の影響



# 相対速度応答(5%減衰)の頻度分布

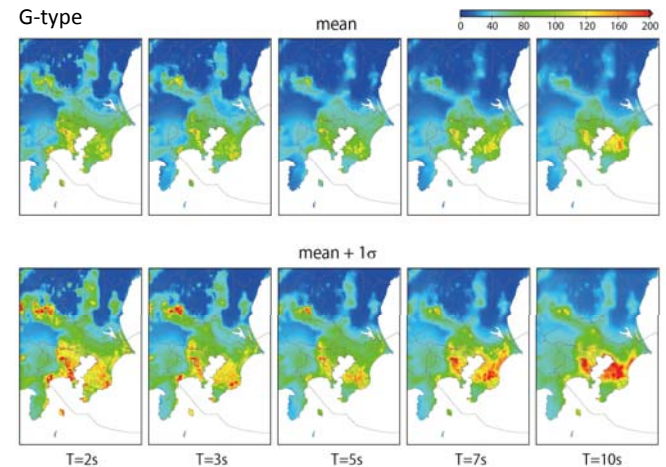


# 相対速度応答(5%減衰)分布 (T-type: 120 ケース)



平均値では、大部分の領域は100cm/s以下。平均+標準偏差では、局所的に150cm/sを超える領域がみられる。

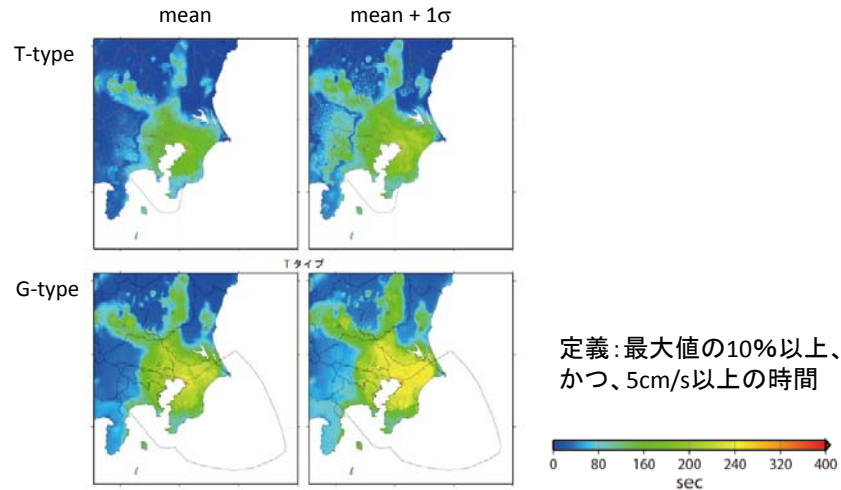
# 相対速度応答(5%減衰)分布 (G-type: 288 ケース)



平均では 150cm/s、平均+標準偏差では 200cm/s を超える領域がみられ、周期帯域によって分布が変化している。



## 継続時間の分布



Tタイプの平均で2分程度、Gタイプの平均+標準偏差では4分以上だが、どのような定義にするかが重要。

## 震源パラメータの感度解析

- ① アスペリティの実効応力
- ② すべり速度関数
- ③ 破壊伝播速度

### ① アスペリティの実効応力

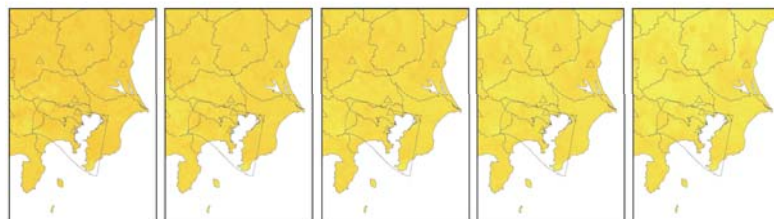
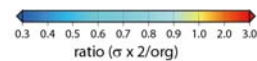
対象ケース:

- 震源域: No.1(T-type)
- アスペリティ配置: P1
- 破壊開始点: 全ケース(5か所)

5組のスペクトル比の平均:

- アスペリティの実効応力を2倍
- 5つの破壊開始点

Effective stress of asperities



- 振幅は増大するが、空間的な変化は小さい

### ② すべり速度関数

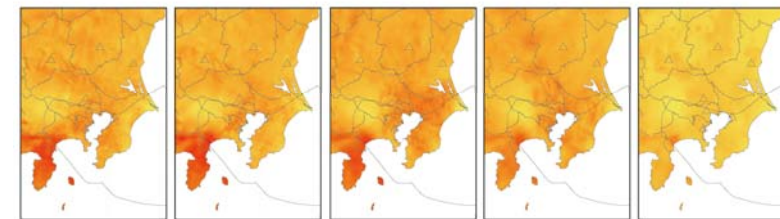
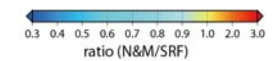
対象ケース:

- 震源域: No.7(G-type)
- アスペリティ配置: 全ケース(24通り)
- 破壊開始点: 全ケース(8か所)

192組のスペクトル比の平均:

- 浅部セグメントのすべり速度関数を Smoothed ramp関数から、中村・宮武(2000)の関数に変更

Slip velocity time function of shallowest asperity



- 振幅は増大する。特に短周期帯において影響が大きい。

### ③破壊伝播速度

対象ケース:

震源域: No.1(T-type)

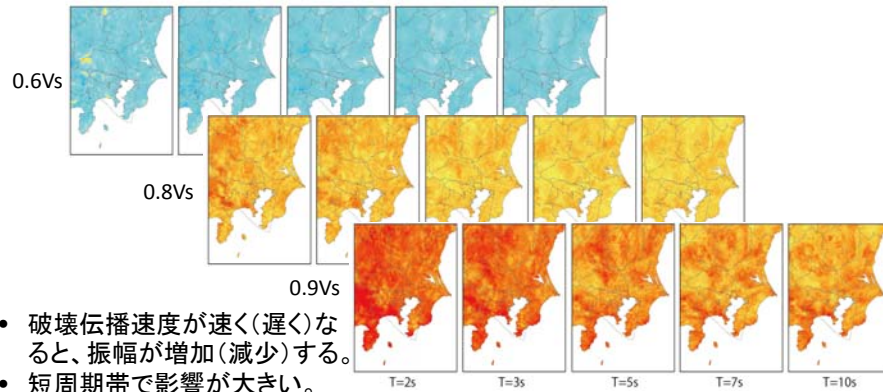
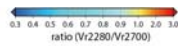
アスペリティ配置: P1

破壊開始点: 全ケース(5か所)

5組のスペクトル比の平均:

- 平均破壊伝播速度: 0.9Vs, 0.8Vs, 0.6Vs

- 5つの破壊開始点



- 破壊伝播速度が速く(遅く)なると、振幅が増加(減少)する。
- 短周期帯で影響が大きい。

### まとめ

- 大正関東地震、元禄関東地震の二つの震源域(T-type、G-type)を対象として、アスペリティ配置と破壊開始点の不確かさを考慮して設定した多様な震源モデルを用いた長周期地震動評価を行った。
- 地震動の分布に対して、アスペリティ配置の違いよりも破壊開始点の違いによる影響の方が強い。
- 相対速度応答(減衰5%)の分布は、T-typeでは、平均値では、大部分の領域は100cm/s以下。平均+標準偏差では、局所的に150cm/sを超える領域がみられる。
- G-typeでは、平均で150cm/s、平均+標準偏差で200cm/sを超える領域がみられる。
- アスペリティの実効応力、すべり速度関数、破壊伝播速度の影響について検討。レシピによる平均的なパラメータ設定の範囲を超えた検討も重要。