

## 強震動予測手法に関するベンチマークテスト(その11:統計的グリーン関数法、ステップ5・6) Benchmark Tests for Strong Ground Motion Simulations (Part 11:Stochastic Green's Function Method, Step 5 & 6)

加藤 研一<sup>1\*</sup>, 久田嘉章<sup>2</sup>, 大野 晋<sup>3</sup>, 野畑有秀<sup>4</sup>, 森川 淳<sup>1</sup>, 山本 優<sup>5</sup>

KATO, Kenichi<sup>1\*</sup>, HISADA Yoshiaki<sup>2</sup>, OHNO Susumu<sup>3</sup>, NOBATA Arihide<sup>4</sup>, MORIKAWA Atsushi<sup>1</sup>, YAMAMOTO Yu<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 小堀鐸二研究所, <sup>2</sup> 工学院大学, <sup>3</sup> 東北大学, <sup>4</sup> 大林組, <sup>5</sup> 大成建設

<sup>1</sup> Kobori Research Complex Inc., <sup>2</sup> Kogakuin Univ., <sup>3</sup> Tohoku Univ., <sup>4</sup> Obayashi Co., <sup>5</sup> Taisei Co.

### 1. はじめに

統計的グリーン関数法は高振動数帯域までの強震動波形を簡易に計算できるため、現在、国や自治体による強震動の面的評価や建設地点のサイト波の評価などに広く用いられている。しかしながら、乱數位相を用いた小地震動の作成法や、重ね合わせ法などに関して多様な手法が提案されており、手法間の相違が計算結果に及ぼす影響を把握する必要がある。本ベンチマークテストでは、参加者が各々保有する計算コードを用い、同一条件の震源・伝播・地盤モデルに基づいて強震動計算を行う。それらの結果を相互比較し、統計的グリーン関数法を適用する際の留意点を、乱數位相の使用に起因する計算結果の差の観点から整理した。

### 2. ステップ1~4のベンチマークテスト結果の概要

ベンチマークテストは3年計画で実施中であり、初年度にあたる2009年度は半無限および2層の平行成層地盤を対象として計6名の参加者のもと、点震源を対象としたステップ1、面震源を対象としたステップ2の2段階のベンチマークテストを実施した。震源の放射係数は振動数に対して一定としてSH波のみを対象とした。2層地盤についてはSH波の鉛直平面波入射を仮定して地盤増幅特性を評価した(加藤他, 2011)。2010年度のステップ3(点震源)とステップ4(面震源)ではより複雑な解析条件を設定し、計5名が参加した。ステップ1、2との相違はSH波に加えてSV波も考慮し、振動数依存の震源の放射係数と基盤からの斜め入射を考慮した点である。その結果、上下動も励起されることになり、3成分の地震動波形の提出を条件とした。応答スペクトルの計算結果は概ね一致したが、乱數位相の影響により違いが見られる周期帯もある。なお、1名は平行成層地盤の厳密なグリーン関数を用いて参加している。この結果は周期約1秒以上の長周期側において他の参加者に比べて異なる傾向を示し、遠方10kmで顕著となっている。設定した震源が点震源では2km、面震源では2~6kmと浅いこともあり、表面波の影響と考えられる。もともと統計的グリーン関数法は実体波を対象としており、手法としての制約も理解した上での適用が重要と指摘した(加藤他, 2012)。

### 3. ステップ5、6のベンチマークテスト結果の概要

これまでは仮想の地盤と地震を用いたが、2011年度は1923年関東地震を取り上げ、実地盤と実地震を対象としたベンチマークテストを4名の参加者で実施した。解析条件を表1に、断層面と観測点の位置関係を図1に示す。震源のモデル化はSato et al. (2005)のすべり分布を基に特性化したモデルと、すべり分布をそのまま用いた不均質モデルを設定し、後者は任意の提出とした。ステップ5は特性化したアスペリティ内の1小要素を対象としたテストであり、岩盤上の浅川(ASK)と関東平野内の越中島(ECJ)の2地点を計算対象とした。S51モデルでは乱數位相を予め与えたことから参加者間の結果は一致し、震源の放射係数の与え方や斜め入射による地盤増幅の計算法が各々正しいことを確認した。

ステップ6は面震源とし、S61モデルでは特性化震源モデルに基づいて図1の4地点で計算結果を比較した。参加者間の結果はステップ4に見られた乱數位相に基づくばらつき範囲内で一致した。計算結果を距離減衰式による平均的なスペクトル振幅と比較したところ、周期0.2秒以下の短周期帯域は良く一致した。一方、周期0.2秒以上は計算結果が距離減衰式に比べて一様に小さい傾向を示した。今後、同時に実施中の理論的手法や数値解析手法のベンチマークから評価される長周期帯域との比較も含め、ハイブリッド法を適用する際の留意点を整理する予定である。より詳細な解析条件と計算結果は<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/test/home.htm>にて公開されている。

謝辞：本プロジェクトは文部科学省・科学費・基盤研究(B)「設計入力地震動作成のための強震動予測手法の適用と検証」(平成21-23年度)の研究助成で行われ、日本建築学会・地盤震動小委員会および工学院大学・総合研究所・都市減災研究センターとの連携のもとに行われています。

### 参考文献：

加藤ほか(2011)、強震動予測に関するベンチマークテスト - 統計的グリーン関数法の場合(その1)、日本建築学会技術報告集、第17巻、第35号、49-54。

加藤ほか(2012)、強震動予測に関するベンチマークテスト - 統計的グリーン関数法の場合(その2)、日本建築学会技

SSS26-03

会場:304

時間:5月20日 09:30-09:45

術報告集、第18巻、第38号、67-72.

Sato, H., N. Hirata, K. Koketsu, D. Okaya, S. Abe, R. Kobayashi, M. Matsubara, T. Iwasaki, T. Ito, T. Ikawa, T. Kawanaka, K. Kasahara, S. Harder, Earthquake source fault beneath Tokyo, Science, 309, 462-464, 2005.

キーワード: 強震動予測手法, ベンチマークテスト, 統計的グリーン関数法, 乱数, 点震源, 断層モデル

Keywords: Strong motion prediction methods, Benchmark tests, Stochastic Green's function method, Random numbers, Point source, Fault model

表1 統計的グリーン関数法の解析条件一覧

モデル名	ステップ5 (点震源)		ステップ6 (面震源)	
	S51 (必須)	S52 (必須)	S61 (必須)	S62 (任意)
対象地震	1923年関東地震(Mj7.9)のアスぺリティ		1923年関東地震(Mj7.9)	
震源のモデル化	アスぺリティ内の1要素を点震源として用いる		Sato <i>et al.</i> (2005)のすべり分布の特性化モデル	Sato <i>et al.</i> (2005)のすべり分布を使用した不均質モデル
地盤	関東平野の3次元深部地盤モデル (長周期地震動予測モデル、2009試作版) を用い、観測点直下の平行成層地盤を使用			
減衰	あり			
乱数位相	指定	各自の乱数位相3パターン		
有効振動数	0~20Hz			
出力点	4地点(岩盤サイト: 浅川、堆積層サイト: 清瀬、越中島、本郷)			

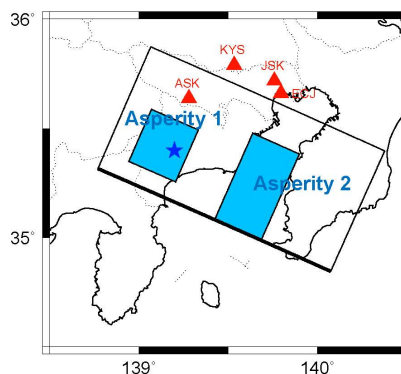


図1 1923年関東地震の特性化震源モデルと計算点位置