

FrontISTRの機能追加及び 地殻変動地震動解析への応用

EduScience

EduScience Research Institute Corporation
株式会社エデュサイエンス総合研究所
代表取締役 董 勤喜

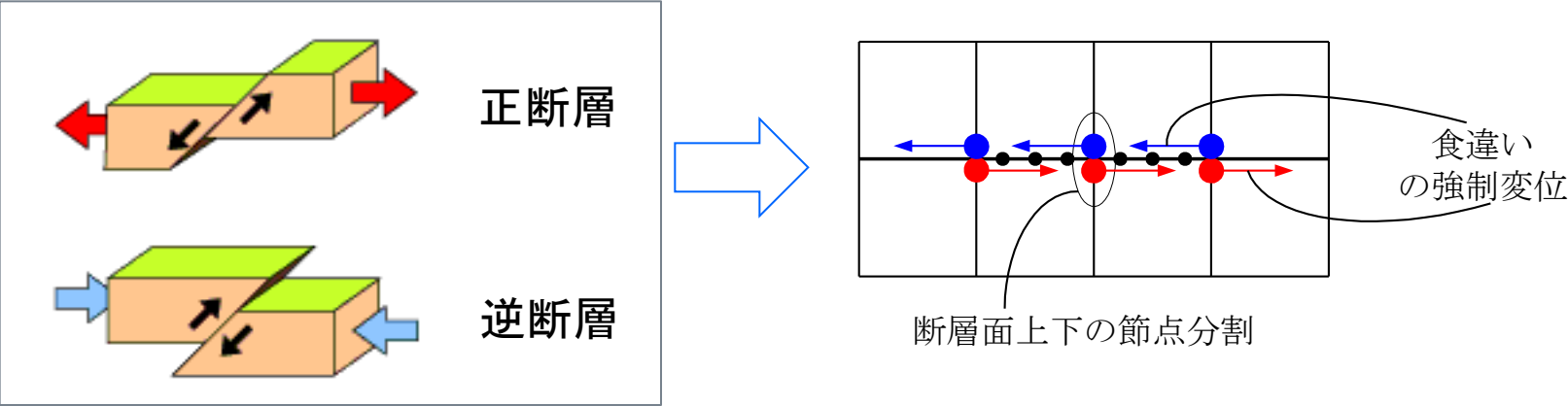


Research Center of Computational Mechanics, Inc.

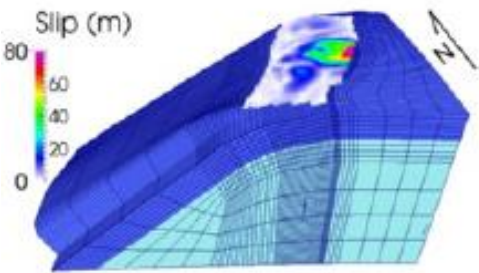
株式会社計算力学研究センター
技術営業部 柴山 恭

FrontISTRの機能追加

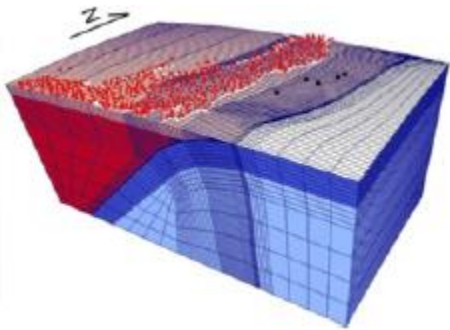
◆断層すべりを表現できるSplit-node法の機能



東北地方太平洋沖地震の断層すべり分布と日本列島陸地GPSと海底観測点分布
(Hu et al. Earth, Planets and Space 2014, 66:106-115より)



(a) すべり分布



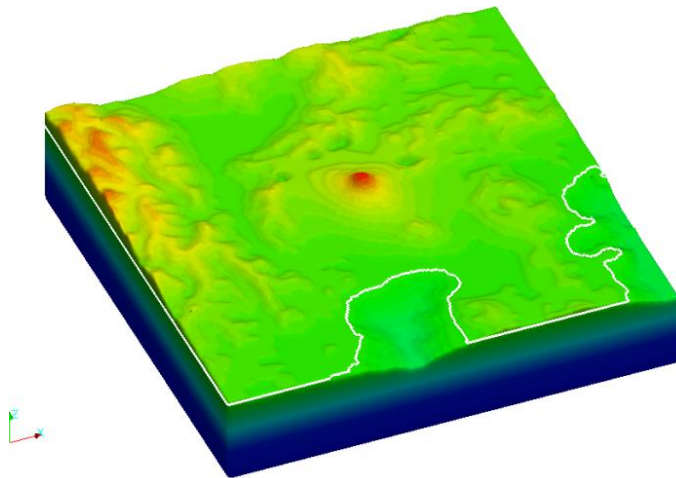
(b) 観測点分布

3

FrontISTRの機能追加

◆浅い断層に対応する点震源の処理機能

神戸地震の浅い断層の場合、地形を考慮した地震動解析は通常为正六面体でメッシュ分割が不可能であり、震源から一般の六面体要素の等価節点荷重を変換する機能を追加した。



(a) 地形分布の例



(b) 5つの断層形状

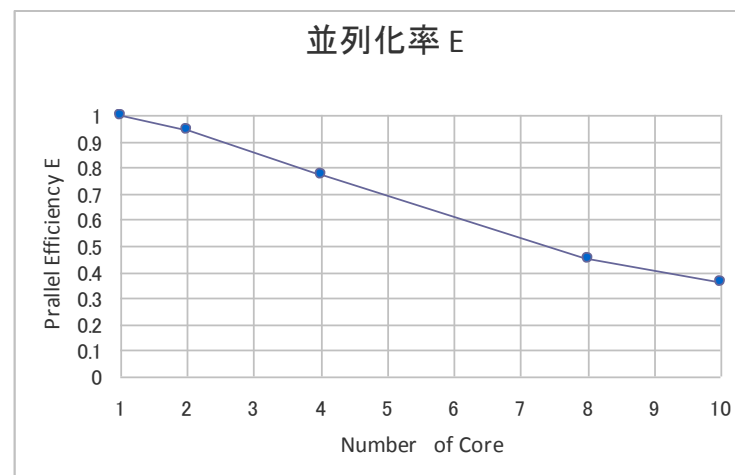
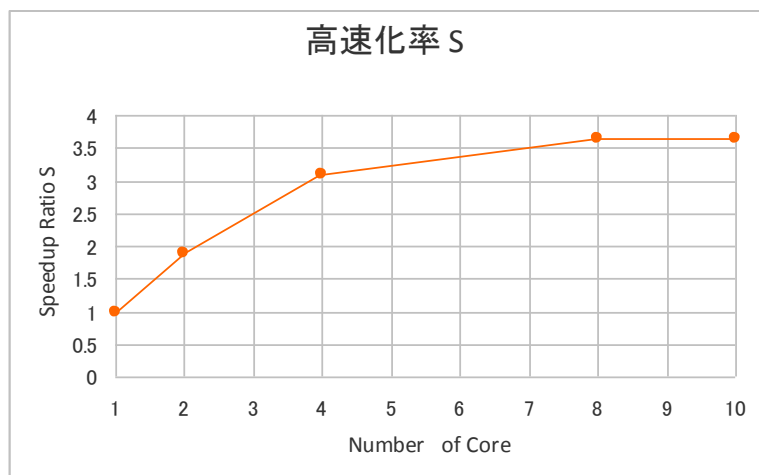
(平井ほか, 地震工学論文集により)

FrontISTRの機能追加

◆長周期地震動解析へのレイリー減衰導入

質量比例減衰を用いた地震動解析と同等解析時間で陽解法にレイリー減衰を導入した。

◆粘性吸収境界・無限要素の追加

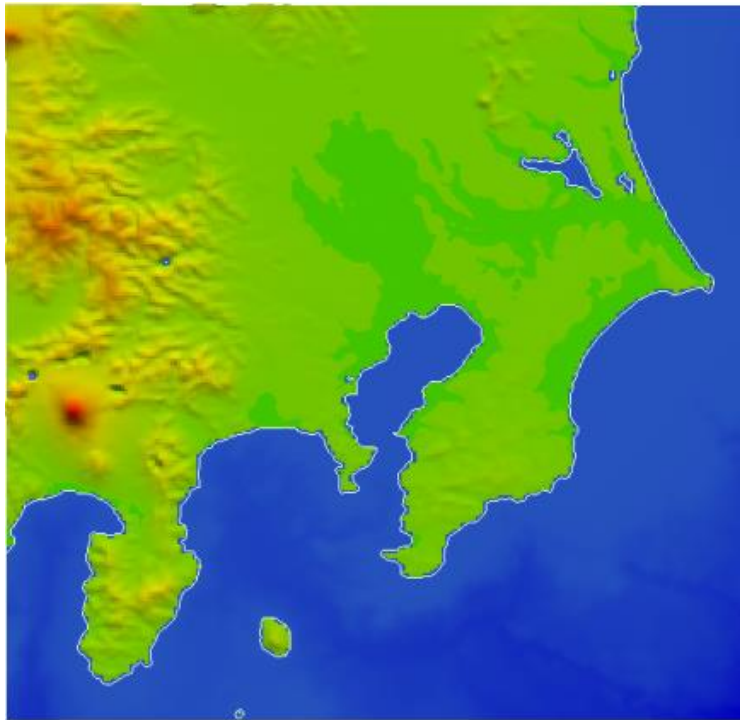


約3000万自由度、6000 steps、8 CPU (3.0GHz)での計算時間は約2時間

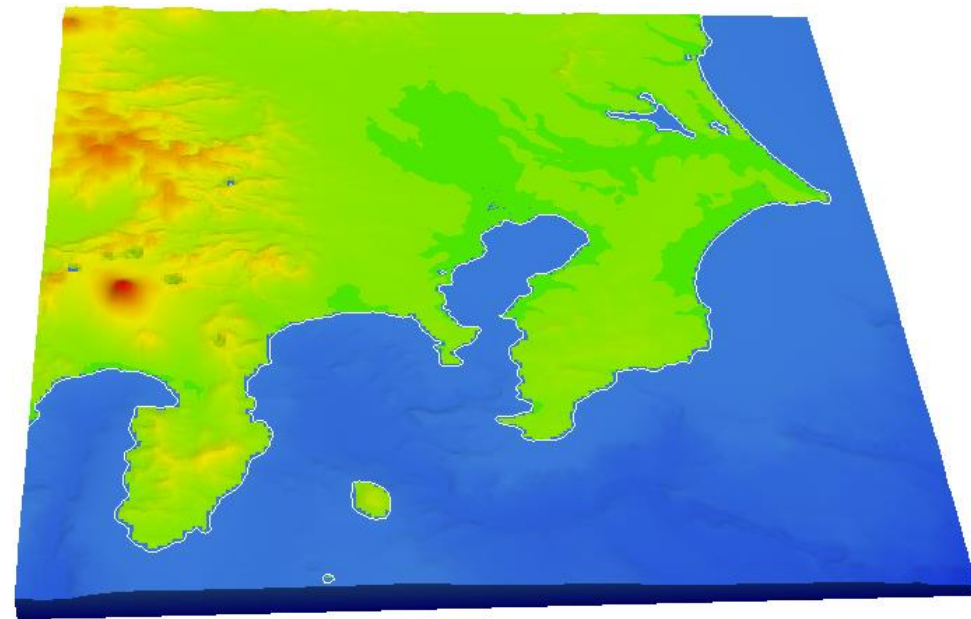
FrontISTRの機能追加

◆ 地形を考慮した地盤DBを読み込む機能

最新版FrontISTRに対して、深部地下構造及び地形を考慮した地下構造DBを読み込む機能を追加した。



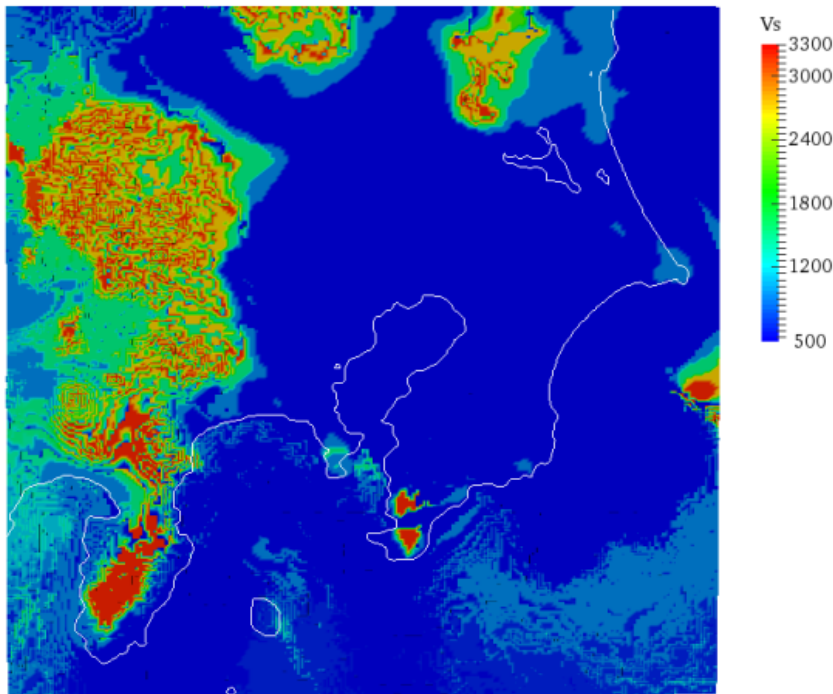
(a) 関東地域の地形分布



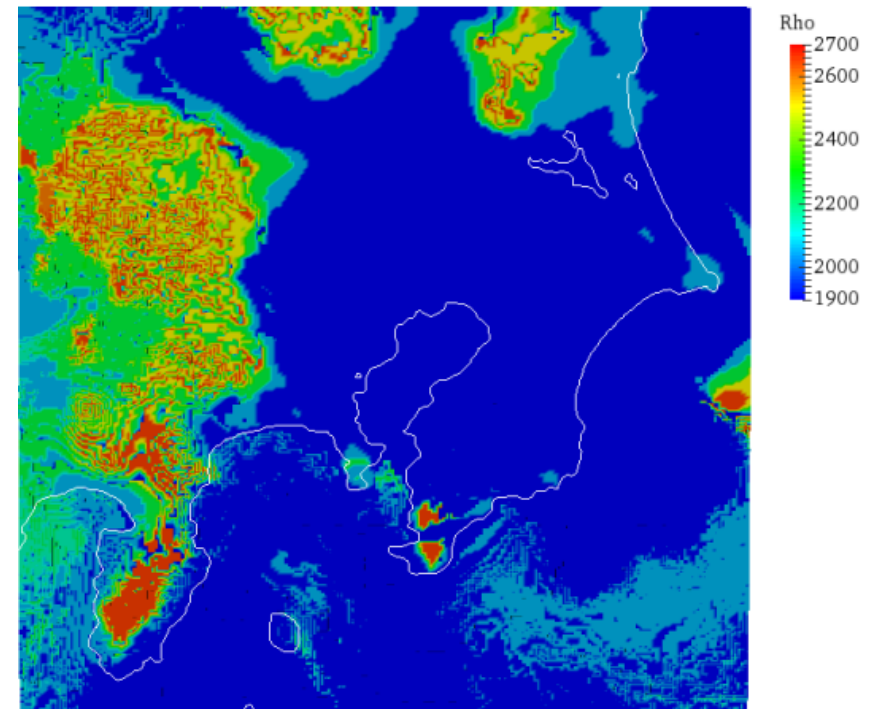
(b) 関東地域地下10Kmまでのモデル

FrontISTRの機能追加(つづく)

地形を考慮した地盤物性値の分布



(c) 関東地域のS波分布



(d) 関東地域の密度分布

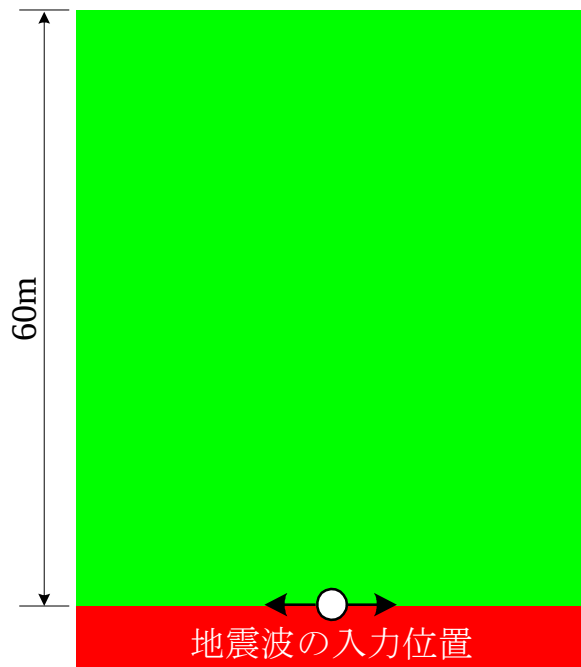
領域分割機能の確認

モデル	要素	自由度 (億)	メッシュ生成		8分割	
			時間(分)	メモリ (GB)	時間(分)	メモリ (GB)
1	4,6面体	0.33	3.0	2.0	3.9	3.7
2	4,6面体	0.52	6.0	3.2	7.4	6.2
3	4,6面体	2.55	12.0	15.4	30.0	32.0
4	4,6面体	4.10	23.0	24.6	63.0	58.0

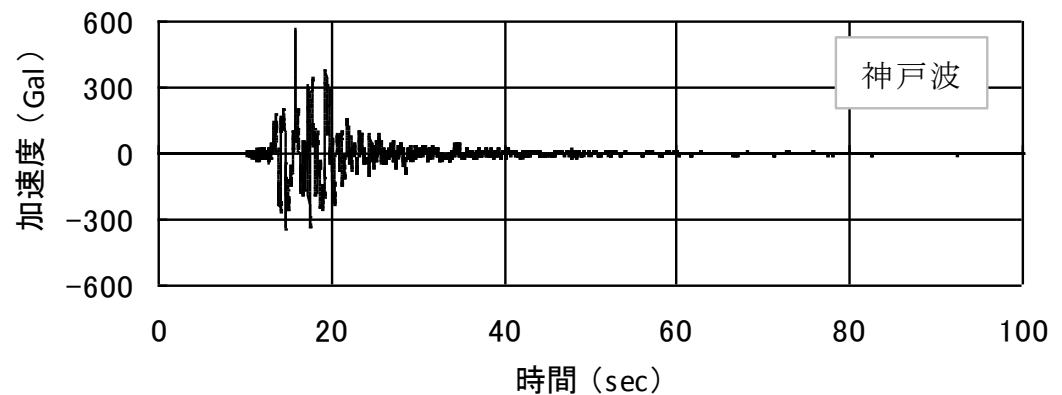
FrontISTRの機能追加

◆大規模並列線形弾性地震応答解析機能

最新版FrontISTRに対して、解析モデルの加速度入力機能を追加し、大規模並列の陽解法と陰解法にも対応した。



解析地盤モデル ($V_s=400\text{m/s}$)



入力地震動 (ポートアイランド)

出力点: 地表面位置

土木学会年次大会「第69回年次学術講演会」 「減衰の設定方法が長周期地震動評価に与える影響」より

地盤増幅率(理論解との比較)

陽解法の解析条件

時間積分: 中央差分法と後退差分法

減衰: レイリー減衰

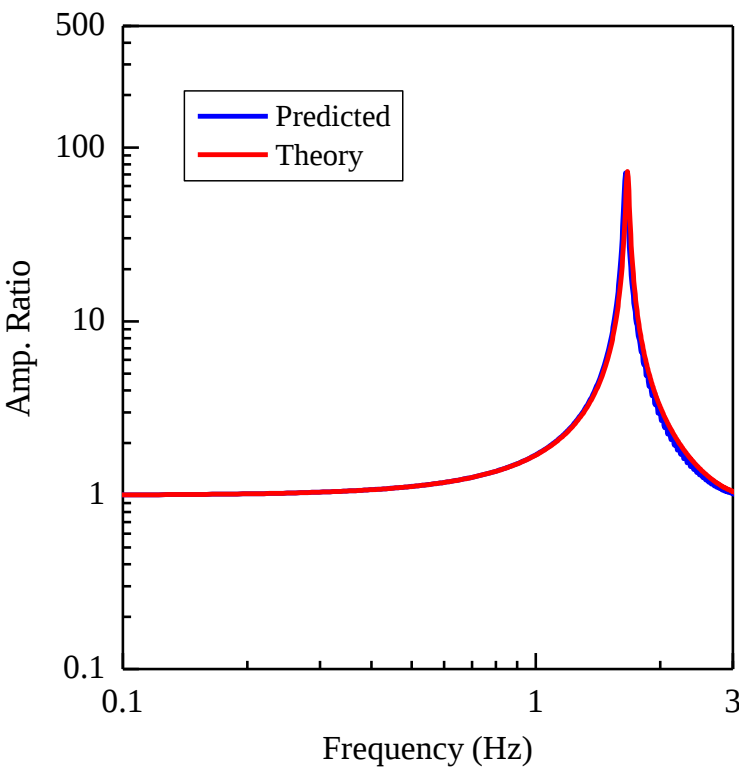
$\alpha = 0.048661$

$\beta = 0.001228$

保証周期: 1秒程度

時間増分: 0.01秒

地盤: 3等分割(各地層厚: 20m)



陽解法を用いた地盤増幅率は理論解とほぼ一致の結果が得られた。両者のピーク値の差は1.5%以下となった。

土木学会年次大会「第69回年次学術講演会」「減衰の設定方法が長周期地震動評価に与える影響」より

兵庫県南部地震を対象とした長周期地震動解析

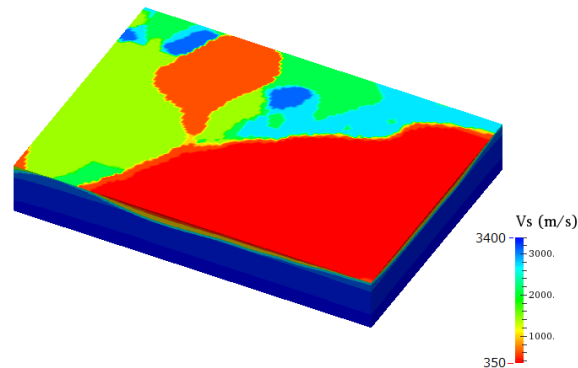
解析の概要

- 解析領域: 北緯 $34.4375 \sim 34.8750^\circ$, 東西: $134.75 \sim 135.50^\circ$
深さ: 40km
- メッシュ分割: 四面体と六面体要素
- 地盤構造: J-SHISの1Km分解能の3次元不均質地下構造
- 震源断層: 5つの断層を512個の小断層に分割

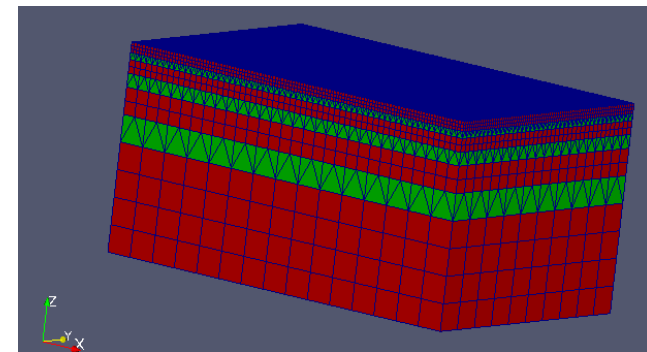


(a) 解析領域

平井ほか, 地震工学論文集により



(b) 地下構造のS波分布



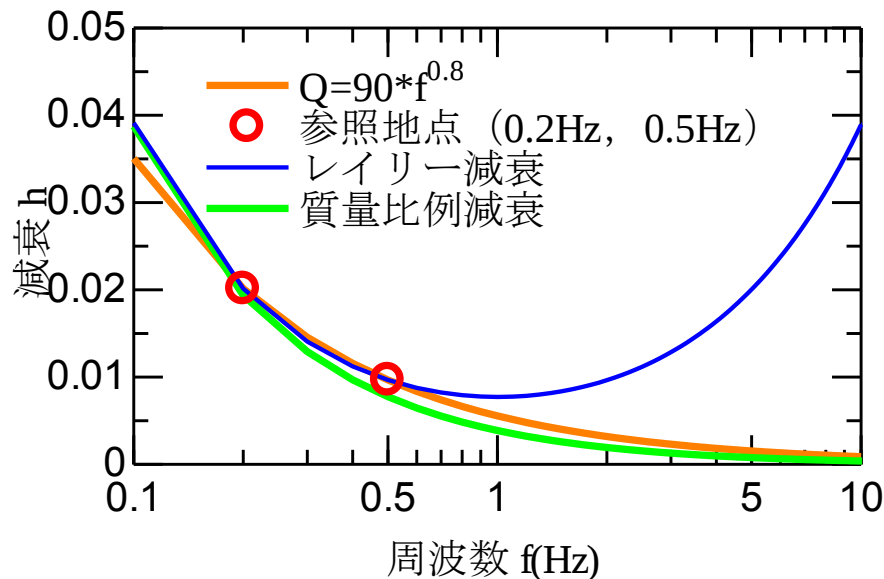
(c) 地下構造のメッシュ分割

土木学会年次大会「第69回年次学術講演会」「減衰の設定方法が長周期地震動評価に与える影響」より

兵庫県南部地震を対象とした長周期地震動解析(続き)

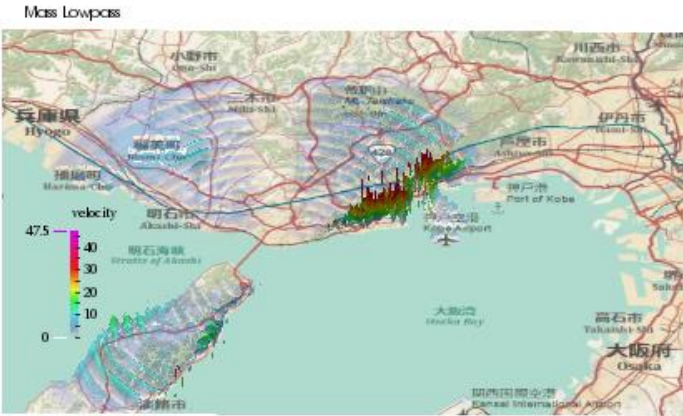
解析条件

- 伝播経路: $Q=90f^{0.8}$
- レイリー減衰係数: $\alpha=0.048661$, $\beta=0.001228$
- 保証周期: 2秒
- 解析規模: 約3,150万自由度
- 計算時間: WS Xeon 3.00GHz, 8CPU, 10,000Step, 約1.7時間



土木学会年次大会「第69回年次学術講演会」
「減衰の設定方法が長周期地震動評価に与える影響」より

地震波伝播の様子(地表面速度3成分のスナップショット)



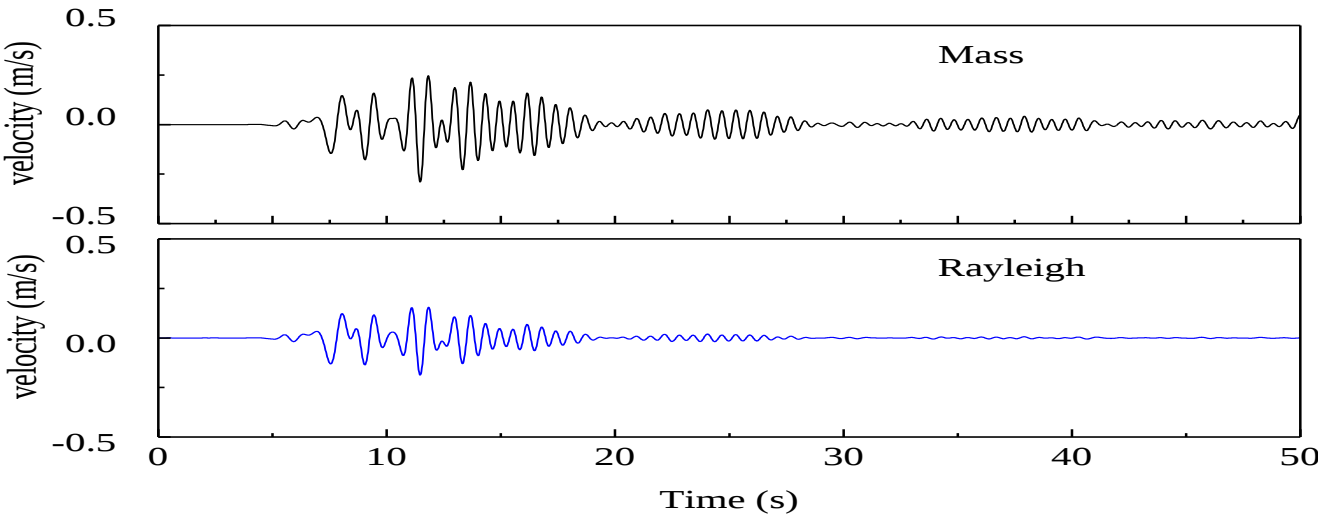
Time: 10.0 s



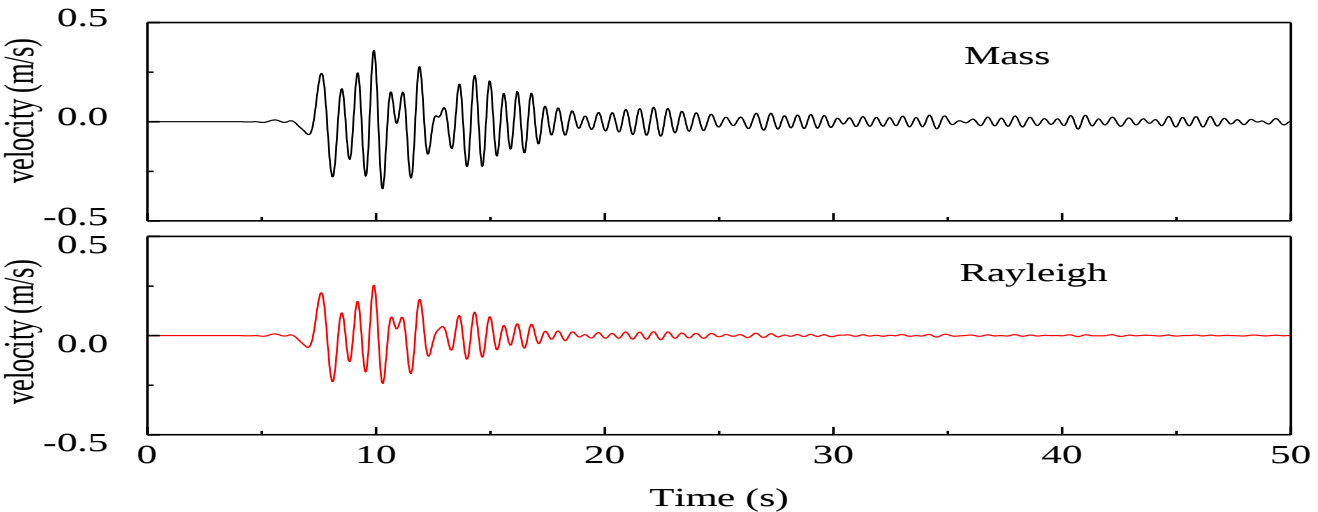
Time: 20.0 s

土木学会年次大会「第69回年次学術講演会」「減衰の設定方法が長周期地震動評価に与える影響」より

観測点での速度波形(鷹取)



(a) NS成分



(b) EW成分

土木学会年次大会「第69回年次学術講演会」 「減衰の設定方法が長周期地震動評価に与える影響」より

まとめ

領域分割については、データ読み込み部分の修正をすることで、4億自由度まで対応できることを検証した。

FrontISTRは、機能追加と改良、理論検証(Verification)をすることで、さまざまな分野で応用が可能な優れたソフトウェアであるということを確認した。

機能を追加した際は実現象との検証(Validation)を行う必要があるが、その際には、各分野での専門家のご助言が重要と考えている。

謝辞

FrontISTRの改良においては、東京大学奥田先生にご助言をいただきました。感謝いたします。

防災科学技術研究所のJ-SHIS¹⁾ の地盤データを用いました。

1) 防災科学技術研究所 HP : <http://www.j-shis.bosai.go.jp>

ご質問

FrontISTRの改良、メッシュ生成等のご相談、ご不明な点、ご要望等ございましたらお気軽にお問い合わせください。



Research Center of Computational Mechanics, Inc.

株式会社計算力学研究センター

技術営業部 柴山 恭

TEL: 03-3785-3033

E-mail: shibayama@rccm.co.jp