

# Rescale版Soil Plus ベンチマークについて

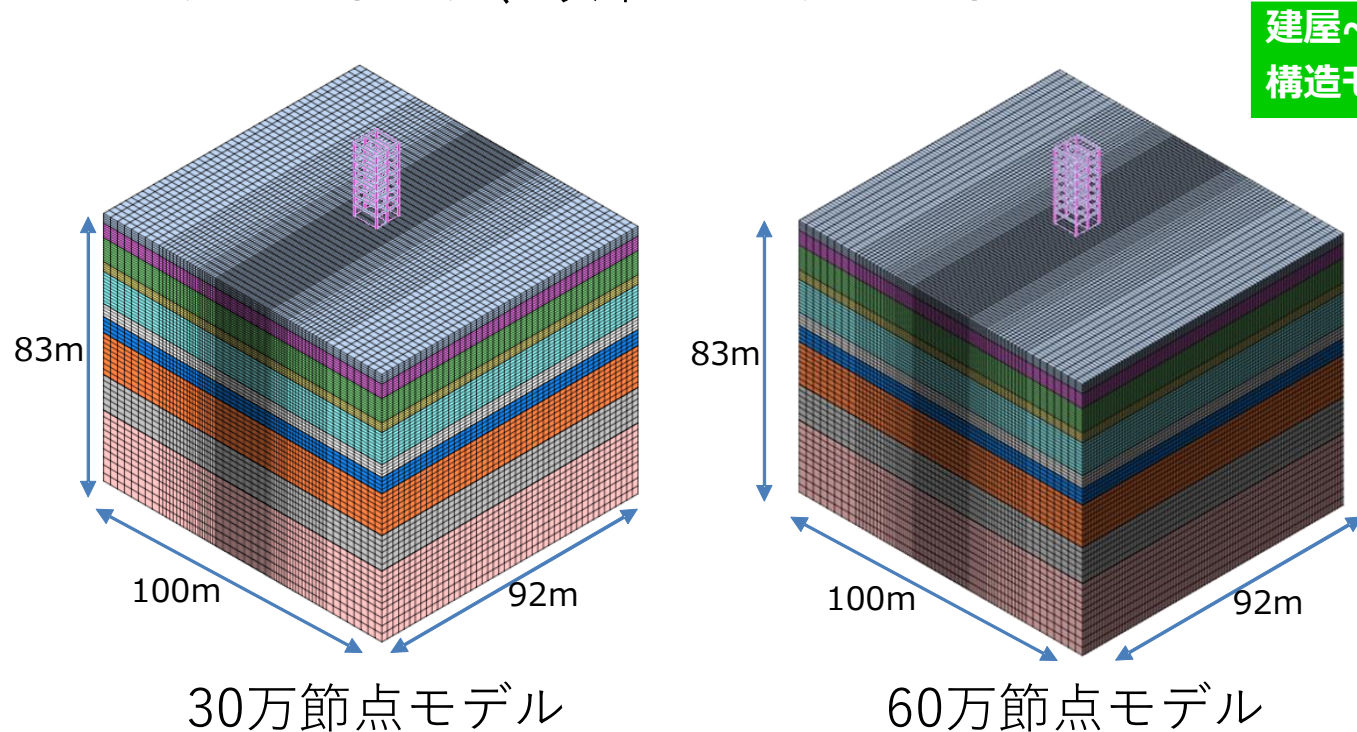
伊藤忠テクノソリューションズ(株)  
科学システム本部 科学エンジニアリング第2部

2022年8月

## ●概要

モデル規模、解析手法を組み合わせ、並列数の違いによる計算速度、利用環境コストの確認をおこなった

モデルとしては、以下の2モデルとした



## 解析ケース

No	ソルバー	モデル	並列数
1	直接ソルバー	30万節点モデル	8並列
2			16並列
3			32並列
4	反復ソルバー	30万節点モデル	8並列
5			16並列
6			32並列
7	直接ソルバー	60万節点モデル	8並列
8			16並列
9			32並列
10	反復ソルバー	60万節点モデル	8並列
11			16並列
12			32並列

## Rescaleの使用ハードウェア

Coretype	メモリ (GB/core)	ストレージ (GB/core)	CPU
エメラルド	4.00	36.00	Intel Xeon Platinum P-8124 (Skylake) @ 3.0 GHz

※エメラルドはミドルクラスのハードウェア

## 【地盤+梁モデル】

### ■ 解析節点数,要素数,自由度数

モデル	節点数	要素数	自由度数
30万節点モデル	305,501	291,720	884,720
60万節点モデル	604,455	583,176	1,781,301

### ■ 地盤要素

R Oモデルによる非線形性を考慮

### ■ 構造要素

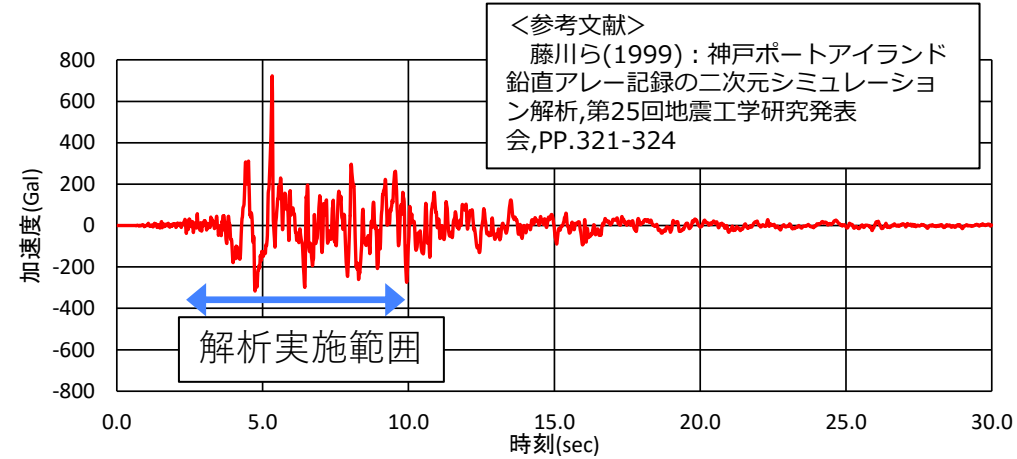
線形梁要素

### ■ 境界条件

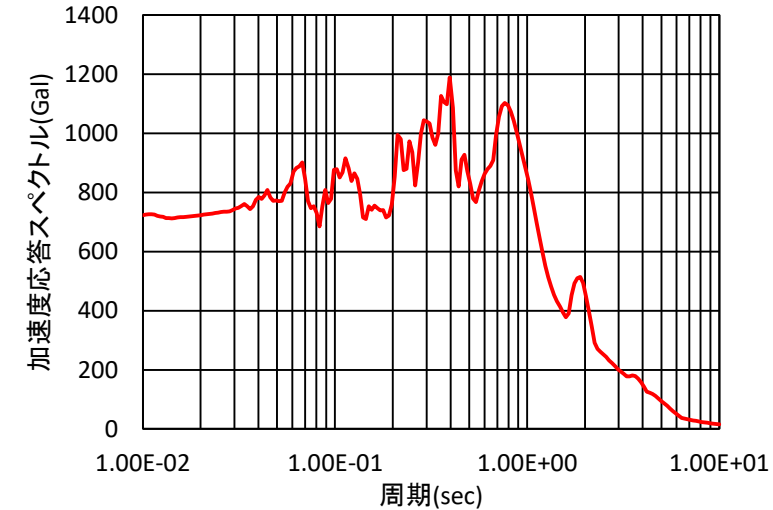
- ・ 底面境界は固定条件  
(観測波形による E + F 入力)
- ・ 側方境界は水平ローラー

### ■ 解析条件

- ・ 入力地震波  
神戸ポートアイランド  
GL-83mの観測波
- ・ 非線形解析手法  
Newmark  $\beta$ 法 ( $\beta = 1/4$ )  
初期剛性法  
反復計算5回
- ・ 積分時間間隔  
0.002秒
- ・ 解析時間  
6秒 (3000ステップ)
- ・ 並列数  
8コア、 16コア、 32コア



時刻歴加速度



加速度応答スペクトル(h=5%)

## ●直接法ソルバー（共有メモリ型、領域分割）による並列計算

- ・連立方程式の直接消去法に基づく数値計算手法
- ・並列計算時は、全体モデルに対してメモリ共有型の並列処理で連立方程式を解く
- ・連立方程式を解いた後の、要素応力のリカバリー、非線形処理については、モデル領域を分割し、各領域に対してCPUを分けて並列に処理を実施する

### メリット

- ・方程式に特異性がない限り、常に計算可能、安定性が高い
- ・並列時の分割により得られる答えは変わらない

### デメリット

- ・メモリ使用量が大きく計算コストが大きい
- ・並列効果は反復法に比べると小さい傾向

## ●反復法ソルバー（領域分割）による並列計算

- ・初期推定値を計算し、収束計算により解を得る数値計算手法
- ・並列計算時は、モデル領域を分割し、各分割領域ごとにCPUを分けて連立方程式を解く処理から要素応力、非線形処理までを並列で処理する

### メリット

- ・メモリ使用量が大きく計算コストが小さい
- ・良条件のマトリックスでは直接法よりも早く計算可能
- ・直接法よりも並列効果も大きい傾向

### デメリット

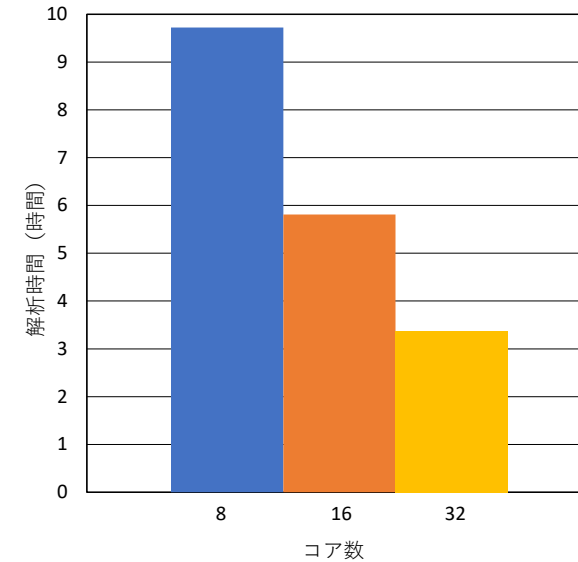
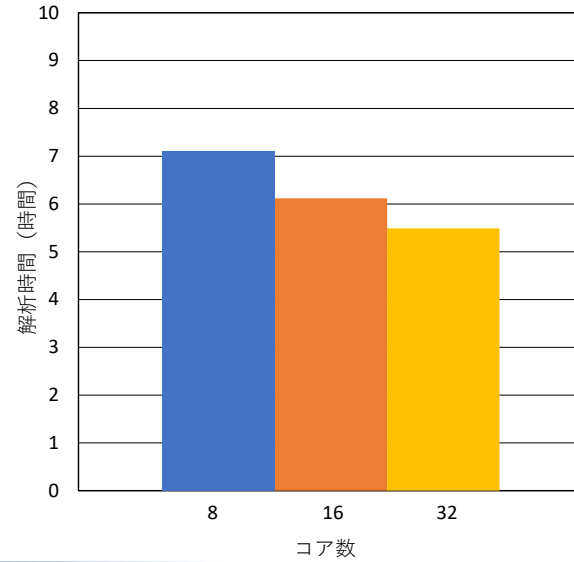
- ・解の収束性が保証されておらず、悪条件のマトリックスでは収束解を得るために必要な反復回数が増え、計算速度が増大する、もしくは解けないケースがある
- ・並列時の分割の仕方により得られる収束解が異なる

# 並列効果の比較

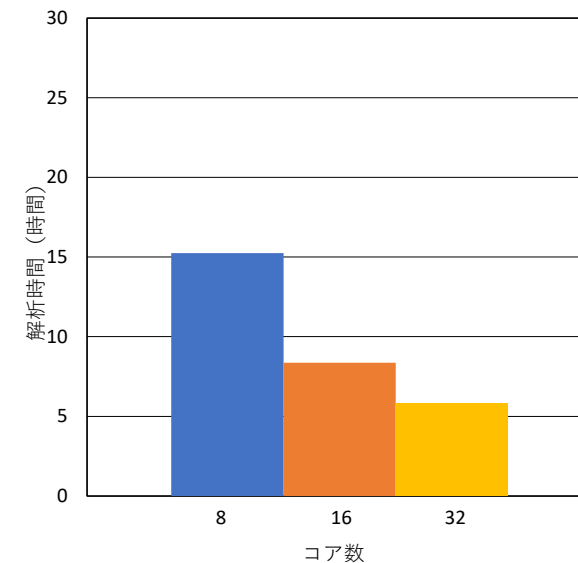
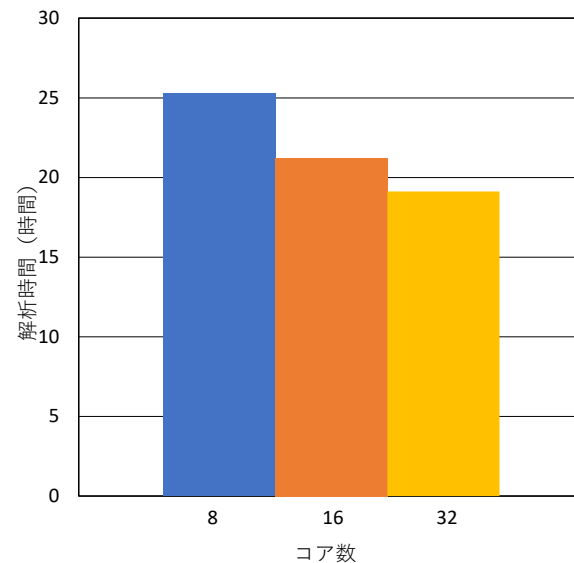
## 直接ソルバー

## 反復ソルバー

30万節点モデル



60万節点モデル



# Soil Plus大規模オプションの並列計算手法(付属資料)

## ●特徴のまとめ

並列計算手法	並列効率/ 計算速度	計算 安定性	メモリ 容量	適用可能な 解析モデル	並列計算の方法
反復ソルバー (領域分割)	△ ~ ◎	△	◎	△	分割した領域ごとにマトリクスを作成し計算を実施する。分割した領域間の収束計算が発生する
	<ul style="list-style-type: none"> <li>各領域のモデルが小さくなるので1ステップあたりの計算時間が短縮</li> <li>反復ごとに各領域間の力の釣合いをチェック</li> <li>※収束性によって計算時間が大きく変動し、解析時間が掛かる可能性あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>分割領域間で収束計算を実施</li> <li>※ほとんどの場合、デフォルトの設定で十分な精度が得られるが、収束解が得られることが必ず保証されるものではない</li> </ul>	使用メモリが少ない	広域な範囲の地盤等のソリッド要素を対象とした解析であれば解析時間の効率化が期待できる	
直接ソルバー (共有メモリ型、 領域分割)	○	○	○	○	マトリクスの作成は全体で一つとなる。応力計算は分割した領域ごとに実施する。応力値が求まると、1つに集約され、再度マトリクスが作成される。
	領域分割なしの直接ソルバーによる並列計算に対して並列率が高い	反復法に対して計算安定性が向上	メモリの使用量はモデル規模に依存してある程度必要となる	ビーム要素やシェル要素(回転自由度あり)を用いた解析モデルについても解析時間の効率化が期待できる	