

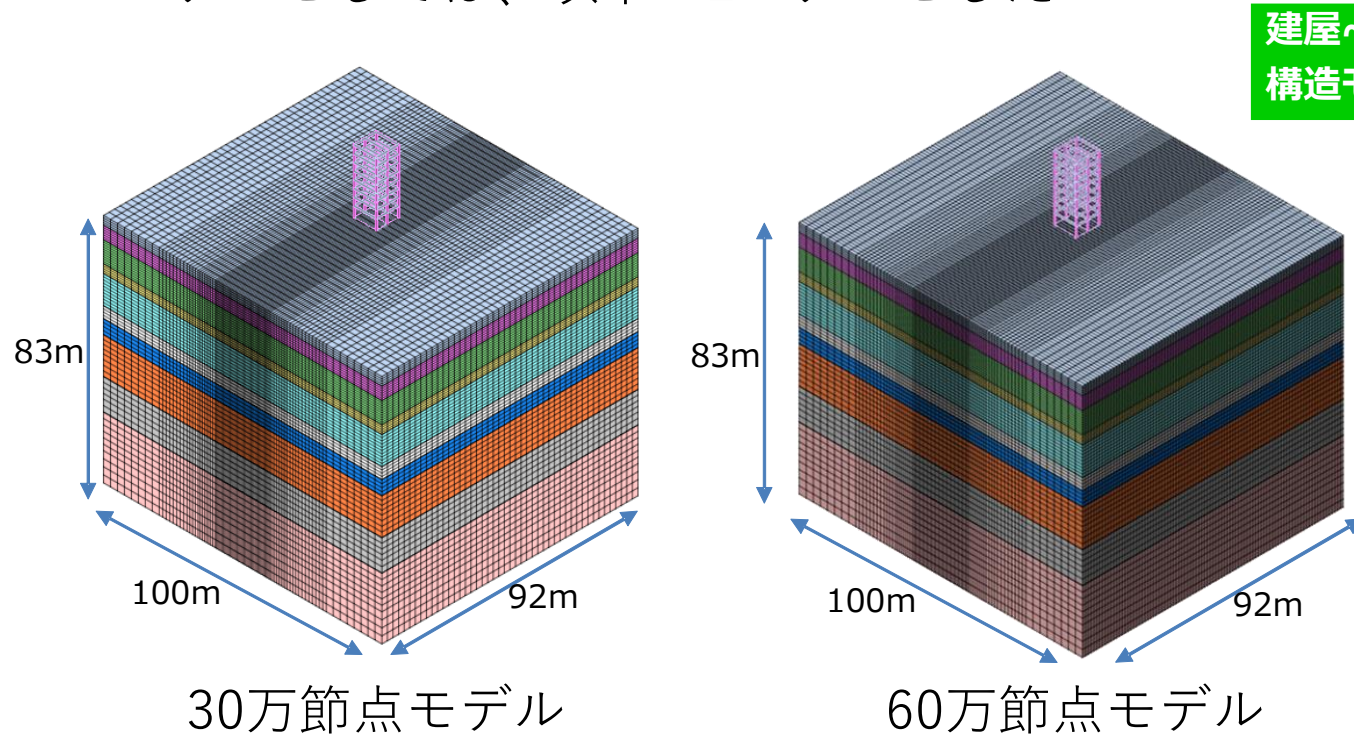
Soil Plus大規模動的解析における 並列計算のベンチマークテスト

伊藤忠テクノソリューションズ(株)
科学システム本部 Soil Plusサポート

●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

使用ハードウェア

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

【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

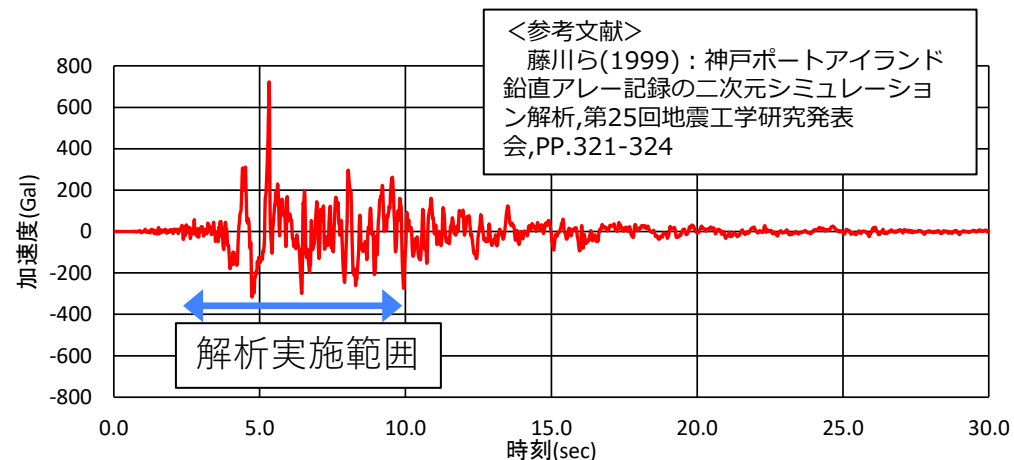
線形梁要素

■ 境界条件

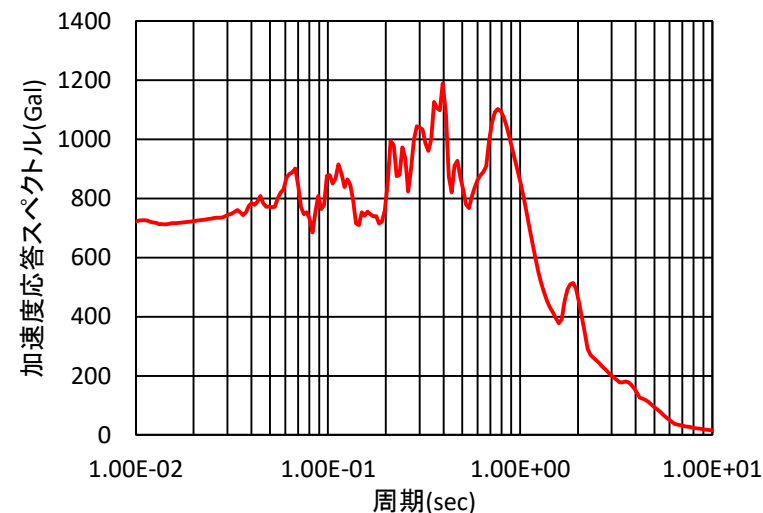
- ・ 底面境界は固定条件
(観測波形による E + F 入力)
- ・ 側方境界は水平ローラー

■ 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 β 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

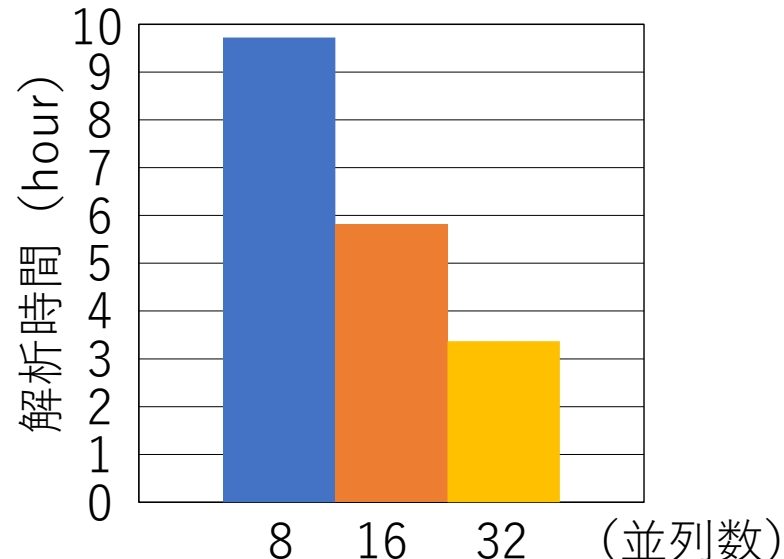
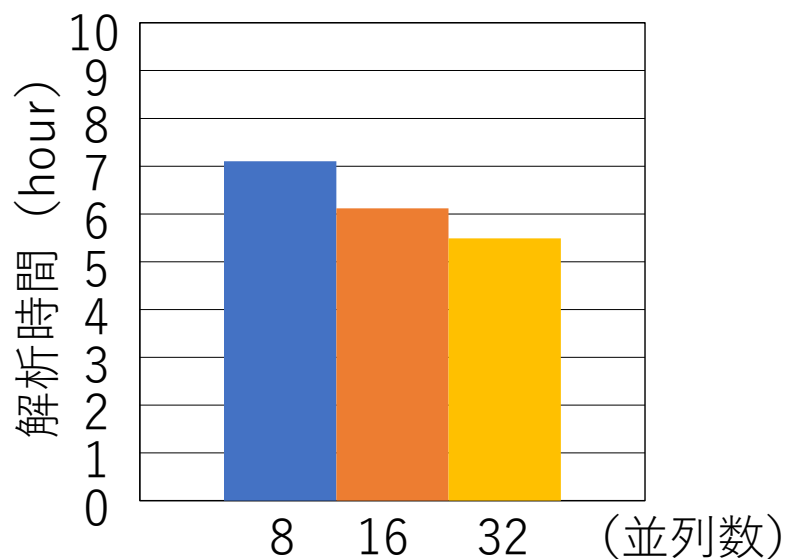
- ・解の収束性が保証されておらず、悪条件のマトリックスでは収束解を得るために必要な反復回数が増え、計算速度が増大する、もしくは解けないケースがある
- ・並列時の分割の仕方により得られる収束解が異なる

並列効果の比較

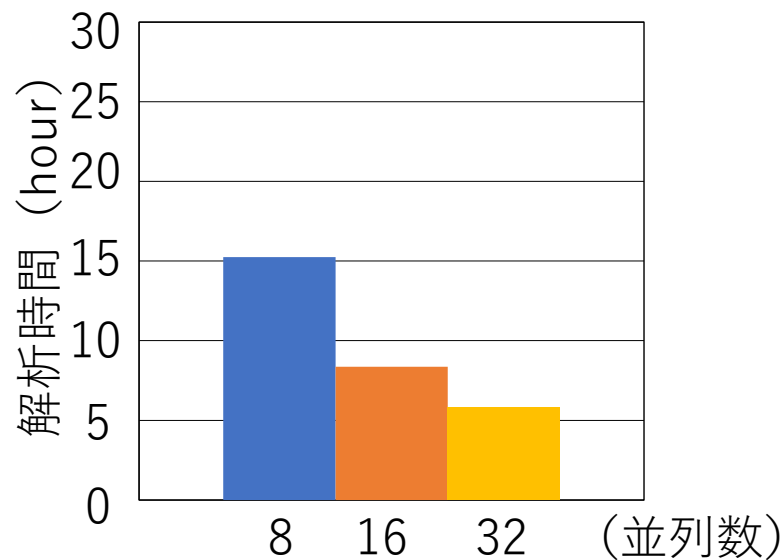
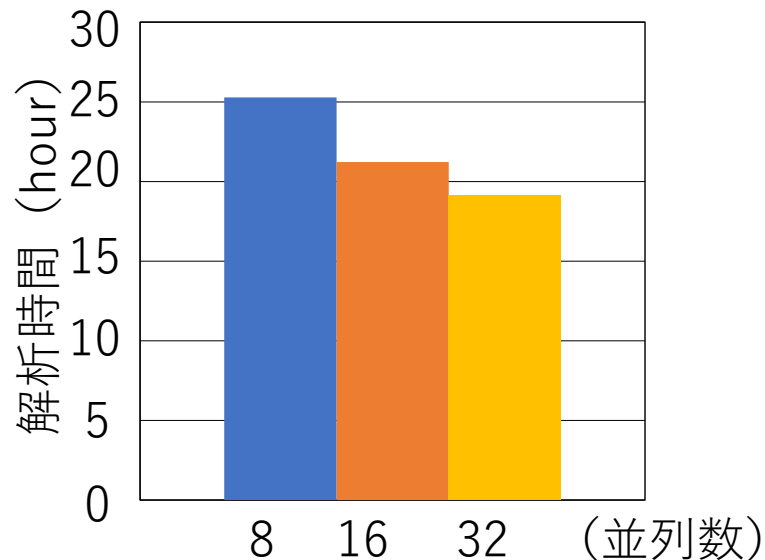
直接ソルバー

反復ソルバー

30万節点モデル



60万節点モデル



●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
	・ 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 ・ 反復ごとに各領域間の力 の釣合いをチェック ※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	・ 分割領域間で収束計 算を実施 ※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	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	