
FOCUSスパコンでの TDAPⅢ Cluster Edition ベンチマーク性能評価

2022年12月

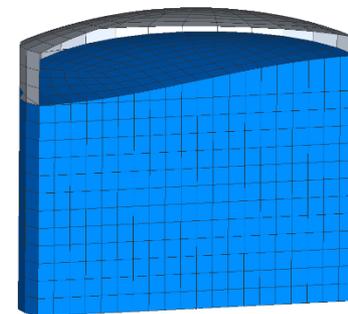
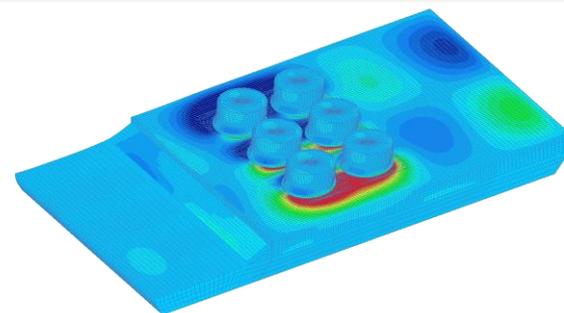
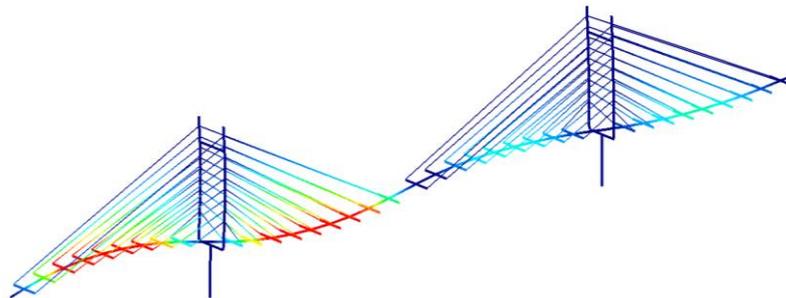
株式会社 アーク情報システム

TDAPⅢ 概要

- 土木/建築分野を対象とした3次元非線形時刻歴応答解析プログラム
- 静解析から動解析まで、一連の解析をサポート
- 土木・建築分野に特化した要素群、材料非線形モデルを数多くサポート
- 非線形動解析のための、各種減衰機能を用意

【適用対象例】

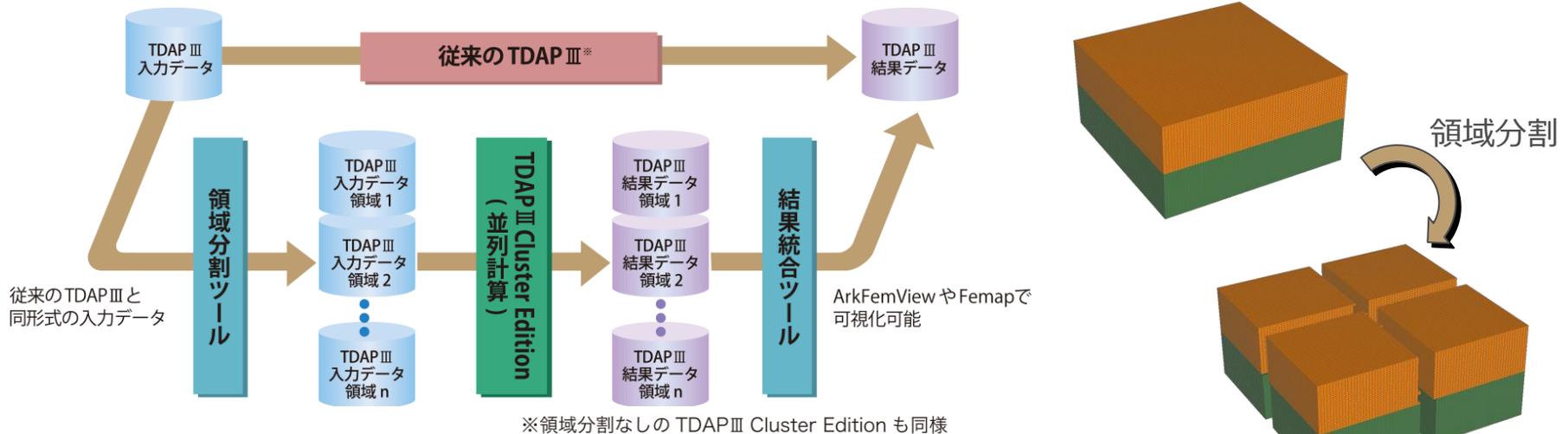
- 地中埋設構造物
- 原子力関連施設等重要構造物
- 橋梁・橋脚
- 高速道路
- トンネル
- 液体タンク
- 水道施設
- 高層建築物



● TDAPⅢは、大成建設株式会社と株式会社アーク情報システムの共同開発製品です。

TDAPⅢ Cluster Edition 概要

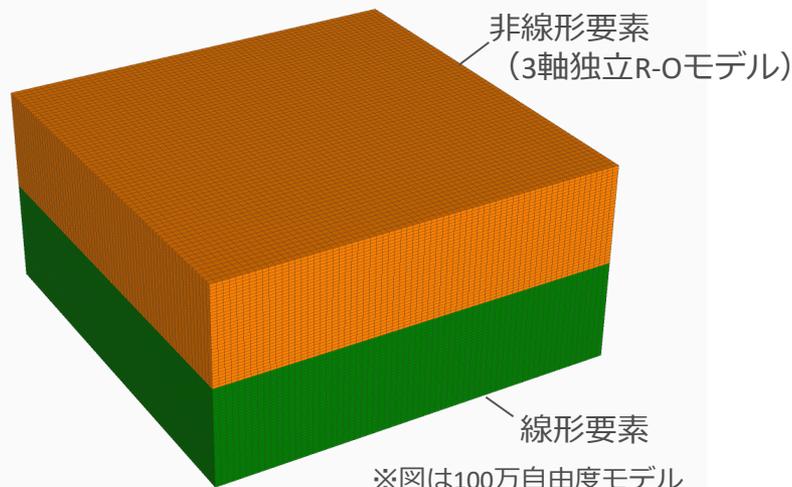
- 領域分割法に基づくMPI並列計算に対応したTDAPⅢ (3次元非線形時刻歴解析プログラム)
- 従来はメモリ不足などで解けない大規模モデルの解析が可能
- 計算時間の大幅短縮が可能
- 従来のTDAPⅢ入力データをそのまま利用可能



● TDAPⅢ Cluster Edition は、大成建設株式会社と株式会社アーク情報システムの共同開発製品です。

ベンチマーク実施概要

- 3次元地盤の非線形時刻歴応答解析を対象
 - 101時間ステップの実行時間を計測
 - 1ノードあたり最大8プロセスとして計測
- ※FOCUSスパコン zシステムは40コア/ノード



- 非線形要素と線形要素の要素数比率は1:1
- モデル底面に底面粘性境界を設定
- モデル側方に側方粘性境界を設定
- 基盤より地震加速度を入力

【補足】

本ベンチマークでは、領域分割後の各分割領域に非線形要素が均等に含まれるように注意した。特定の分割領域に非線形要素が集中する場合は、その分割領域の計算処理がボトルネックとなり並列化効率が低下する可能性があるので注意する必要がある。

ベンチマーク実施概要

● 計測環境

	FOCUSスパコンシステム
OS	CentOS 7.9
ノード数	24
CPU	Intel(R) Xeon Gold 6230 @ 2.10GHz
コア数/ノード	40
メモリ/ノード	192 GB
ノード間通信	Infiniband-EDR (100Gbps) ×1/ノード

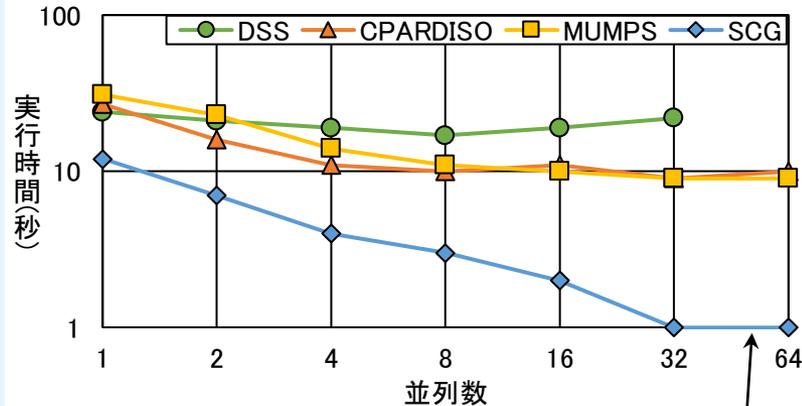
● 計測ケース

モデルサイズ	1万自由度、10万自由度、100万自由度、500万自由度
ソルバー	Intel MKL DSS、Intel MKL Cluster PARDISO、MUMPS SCG (点ヤコビ前処理付きCG法)
並列数	1、2、4、8、16、32、64

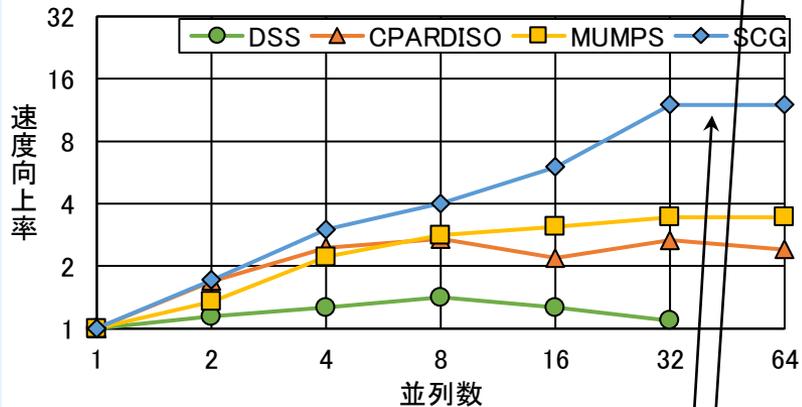
※DSSはMPI並列処理に対応していないため領域分割せずスレッド並列とし、32並列まで計測

ベンチマーク結果 (1万自由度)

■ 実行時間 & 速度向上率



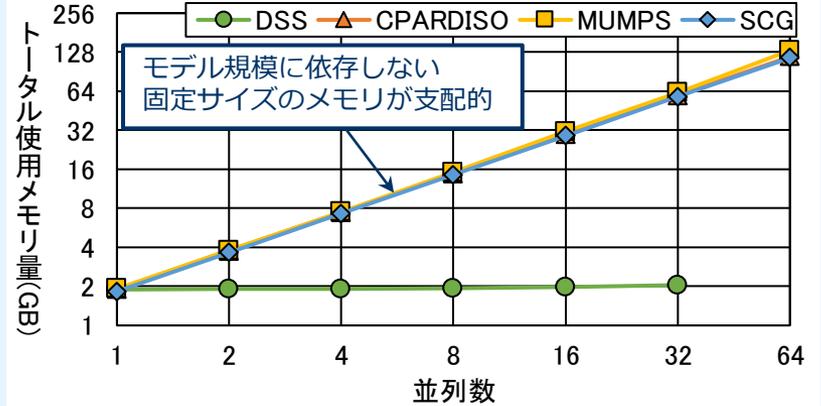
(a) 実行時間



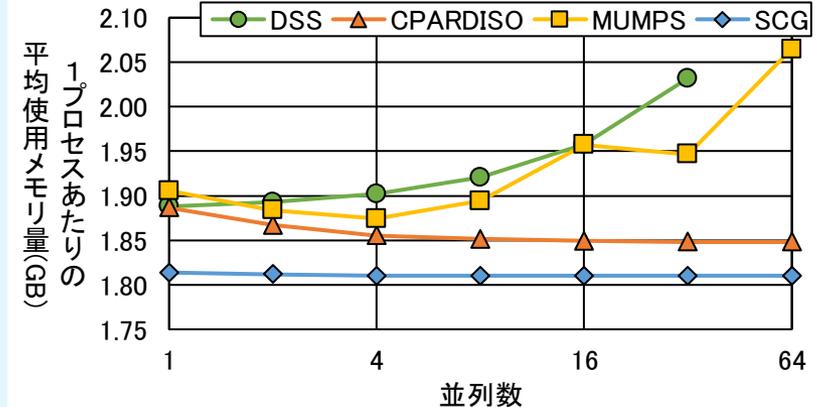
(b) 速度向上率

※32並列以上は計算時間が短く適切に測定できなかった

■ 使用メモリ量



(a) トータル使用メモリ量

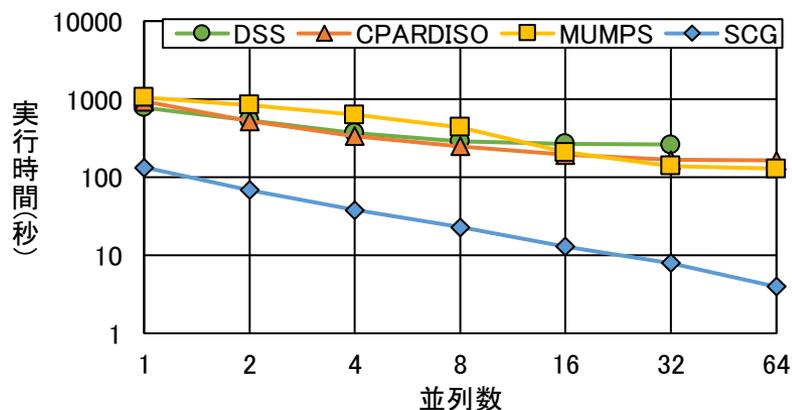


(b) 1プロセス当たりの平均使用メモリ量※1

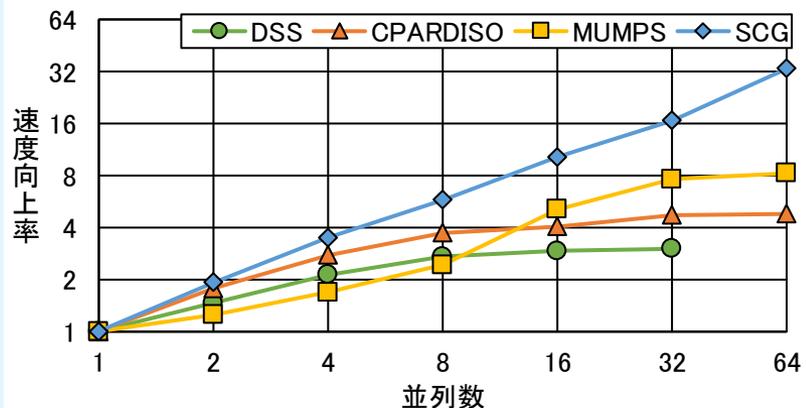
※1 DSSはスレッド並列のためトータル使用メモリ量とする

ベンチマーク結果 (10万自由度)

■ 実行時間 & 速度向上率

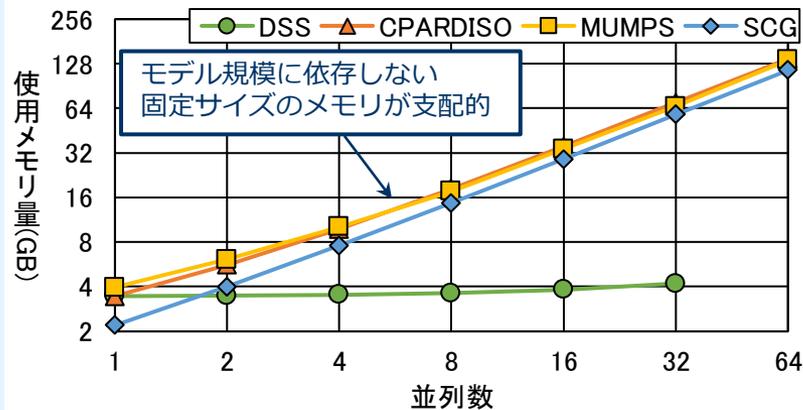


(a) 実行時間

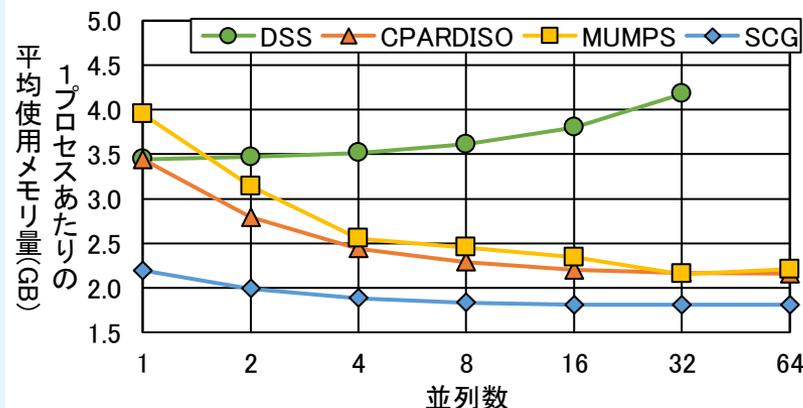


(b) 速度向上率

■ 使用メモリ量



(a) トータル使用メモリ量

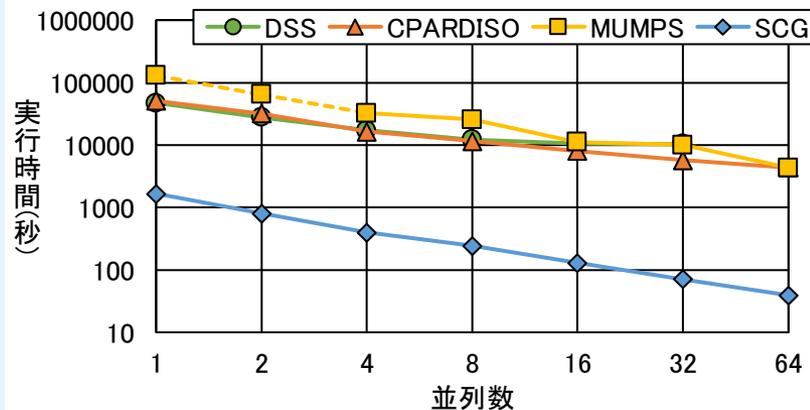


(b) 1プロセス当たりの平均使用メモリ量※1

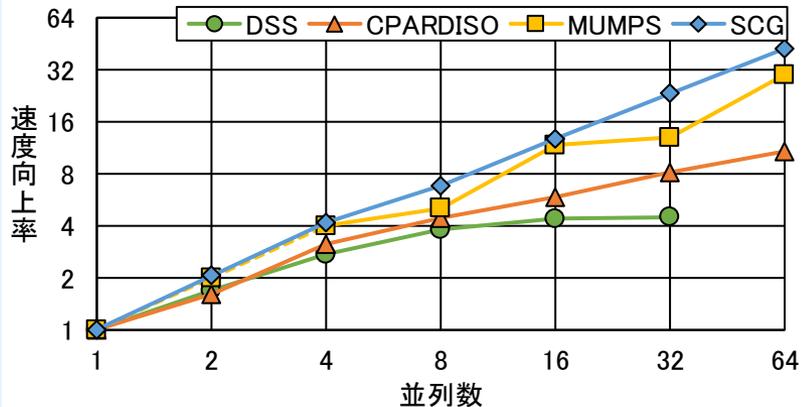
※1 DSSはスレッド並列のためトータル使用メモリ量とする

ベンチマーク結果 (100万自由度)

■ 実行時間 & 速度向上率



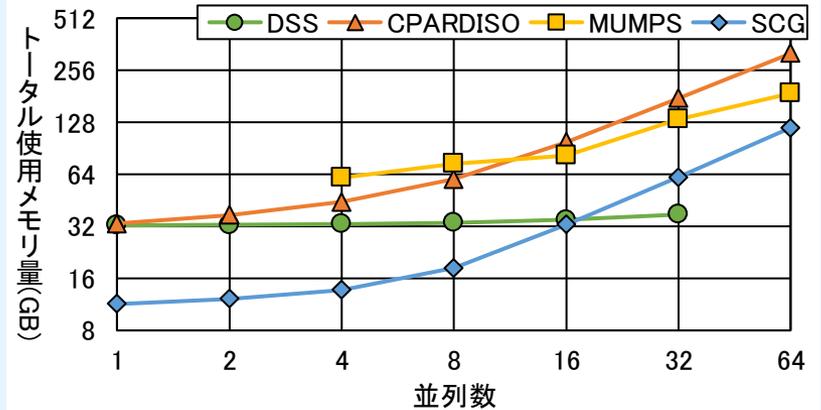
(a) 実行時間



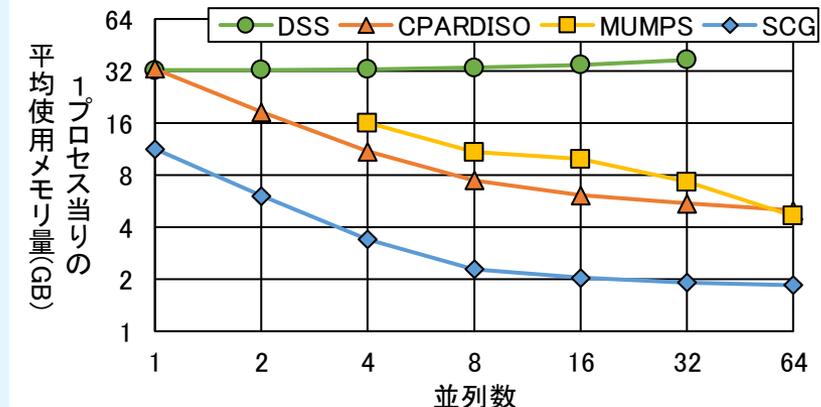
(b) 速度向上率

※MUMPSは1,2並列でメモリ不足のため4並列結果から推測

■ 使用メモリ量



(a) トータル使用メモリ量



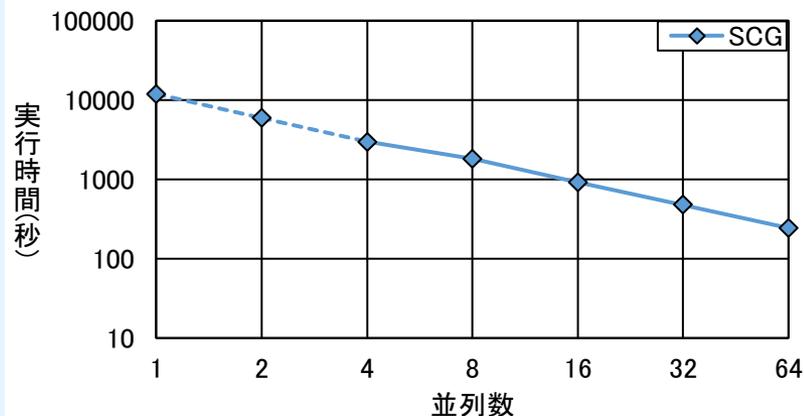
(b) 1プロセス当りの平均使用メモリ量※1

※1 DSSはスレッド並列のためトータル使用メモリ量とする

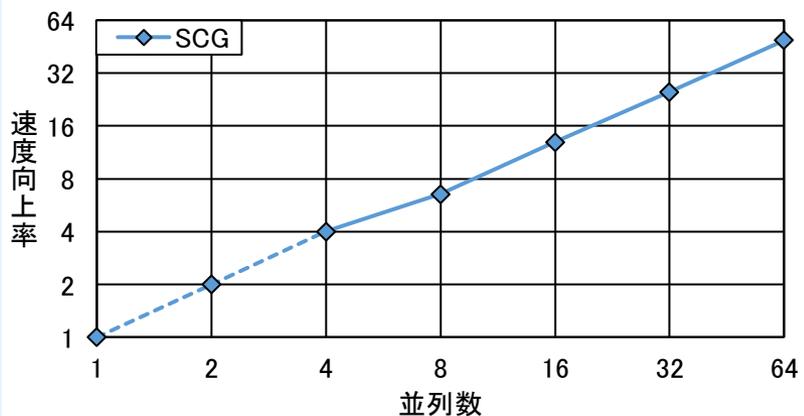
ベンチマーク結果 (500万自由度)

※MUMPS ,DSS,CPARDISOは全ケースメモリ不足

■ 実行時間 & 速度向上率



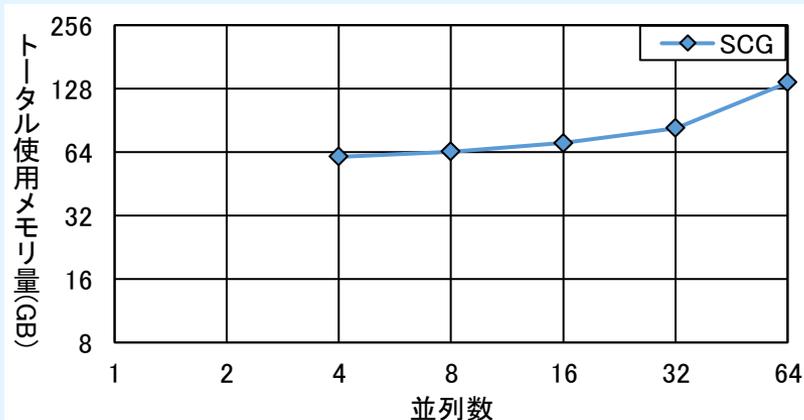
(a) 実行時間



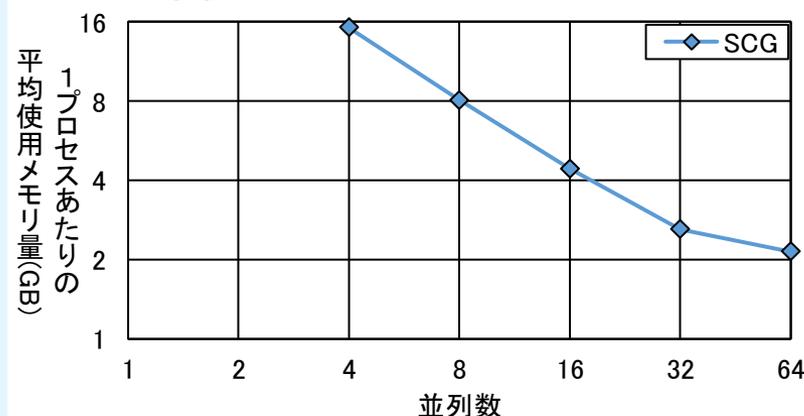
(b) 速度向上率

※SCGは1,2並列でメモリ不足のため4並列結果から推測

■ 使用メモリ量



(a) トータル使用メモリ量



(b) 1プロセス当たりの平均使用メモリ量

まとめ



- 本テストケースでは、モデルサイズが大きいほど、並列化による速度向上が見られた。
- 直接法ソルバー（MUMPS, Cluster PARDISO, DSS）に比べて、反復法ソルバー（SCG）で高い速度向上率が得られた。本テストケースでは、速度向上率は、反復法SCGソルバー64並列の場合12.00～49.17倍、直接法MUMPSソルバー64並列の場合3.44～29.92倍であった。
- 反復法ソルバーでは解けない（収束しない）解析では直接法ソルバーを使う必要がある。本テストケース結果から、直接法ソルバーでも比較的高い速度向上率が得られることが確認できた。

【謝辞】

本ベンチマークではFOCUSスパコンを無償利用させていただきました。ここに深く感謝の意を表します。

TDAPⅢに関するお問い合わせ先：



株式会社 **アーク情報システム**

〒102-0076 東京都千代田区五番町4-2 東プレビル
TEL: 03-3234-9232(営業直通) FAX: 03-3234-9403

補足：モジュールサイズ

- TDAPⅢ Cluster Editionには、使用するメモリサイズに応じたモジュールサイズごとに実行ファイルが存在する。
- モジュールサイズごとに固定長配列のサイズも異なるため、使用する実行ファイルのモジュールサイズにより使用メモリ量が変化する。
- 本ベンチマークでは全てのテストケースにおいて、モジュールサイズが16384MBの実行ファイルを使用した。
- 並列数に応じてモジュールサイズを適切に選択すれば、使用メモリ量を少なくすることが可能である。