



アドバンスソフト技術セミナー
構造解析ソフトウェアの現状と開発計画
～これまでの当社の取組みと開発ロードマップ～

構造解析計算手法に関する技術動向と今後の計画

アドバンスソフト株式会社
技術第5部 主事研究員
後藤 和哉

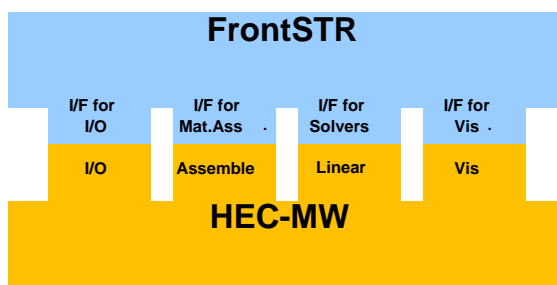
4.

HEC-MWについて

HEC-MWとは？

- FrontSTRの基盤ライブラリ

- 入出力
- メッシュデータ管理
- 線形ソルバー
- 領域分割
- 可視化など



- 並列化や計算性能にかかわる部分は、HEC-MWの中に閉じている
- 構造解析コードの開発では、並列化などを意識せず、解析機能の開発に専念できる



開発方針

アセンブリ構造の丸ごと解析を行いたい

現象の解明、設計の評価

- さらなる大規模解析の実現

- モデル作成の限界をどうするか

PCで扱うことのできる規模: 数千万節点程度

これを超えると境界条件の設定などが難しい

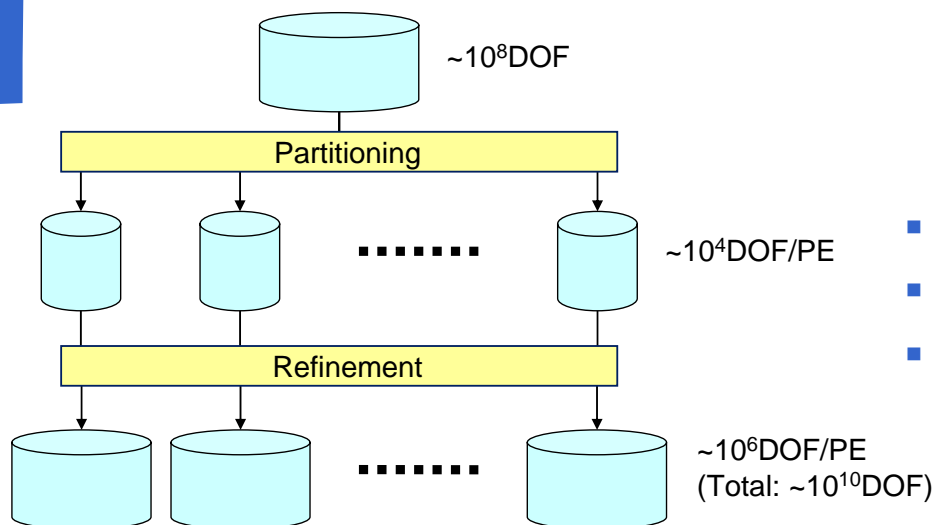
- 以下の機能を開発中:

1. 並列メッシュ細分化
2. マルチグリッド法の導入
3. MPCの改良



3

並列メッシュ細分化



- モデル作成

メッシュ分割
境界条件設定
最大1億自由度程度
(PCで扱える範囲)

- 領域分割

- 並列で細分

- トータルで10～100億自由度程度までの解析を実現する



4

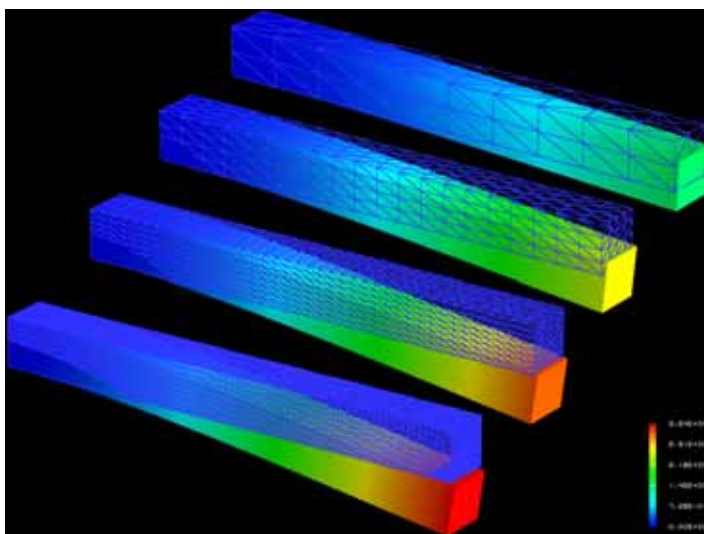
並列メッシュ細分化ツール(Refiner)

- **メッシュの細分にはREVOCAP_Refinerを用いる**
 - メッシュ細分、および、それに伴う、節点グループ、要素グループ、面グループの更新機能あり
 - 複数段の細分化に対応
 - 現時点で対応している要素タイプは四面体1次のみだが、四面体2次、六面体1次などにも順次対応予定
 - CADデータへのフィッティングにも対応予定
- **HEC-MWで再構成するデータ:**
 - 境界条件
 - 通信テーブル
 - MPC情報など
- **Refinerを用いた流体構造連成計算にも取り組んでいる**



5

解析例



- **片持ち梁モデル**
- **要素タイプ:四面体1次**
- **荷重:上面に一様分布荷重**
- **Rifine:なし、1段、2段、3段の4ケース**
- **シリアルおよびパラレル(2PE,3PE)にて計算**

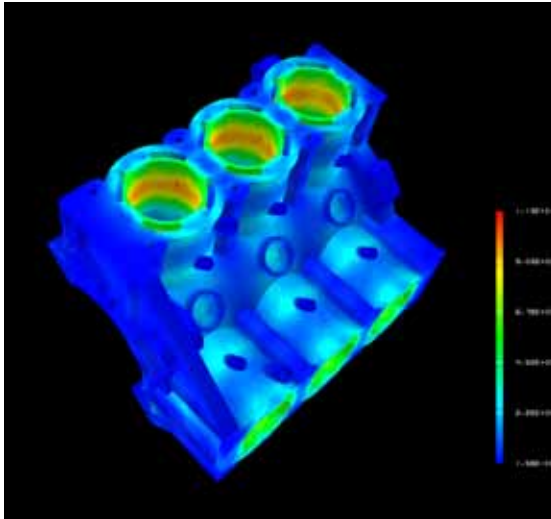
- 色は変位の大きさ
- 四面体1次要素のせん断ロッキングの様子が分かる

Refine 段数	節点数	要素数	計算時間 (秒)	CG反復回数	たわみ(解 析解=100)
0	99	240	0.09	61	38.8
1	525	1,920	0.57	137	69.1
2	3,321	15,360	6.21	315	89.1
3	23,409	122,880	75.67	665	96.9



6

解析例



- V6エンジンモデル
- 要素タイプ:四面体1次要素
- 荷重:シリンダー内部一様圧力
- Refine:なし、1段、2段
- 並列:8PE

Refine 段数	節点数	要素数	計算時間	CG反復回数
0	約7万	約28万	約20秒	994
1	約56万	約245万	約5分	2018
2	約450万	約2000万	約1時間半	4189



7

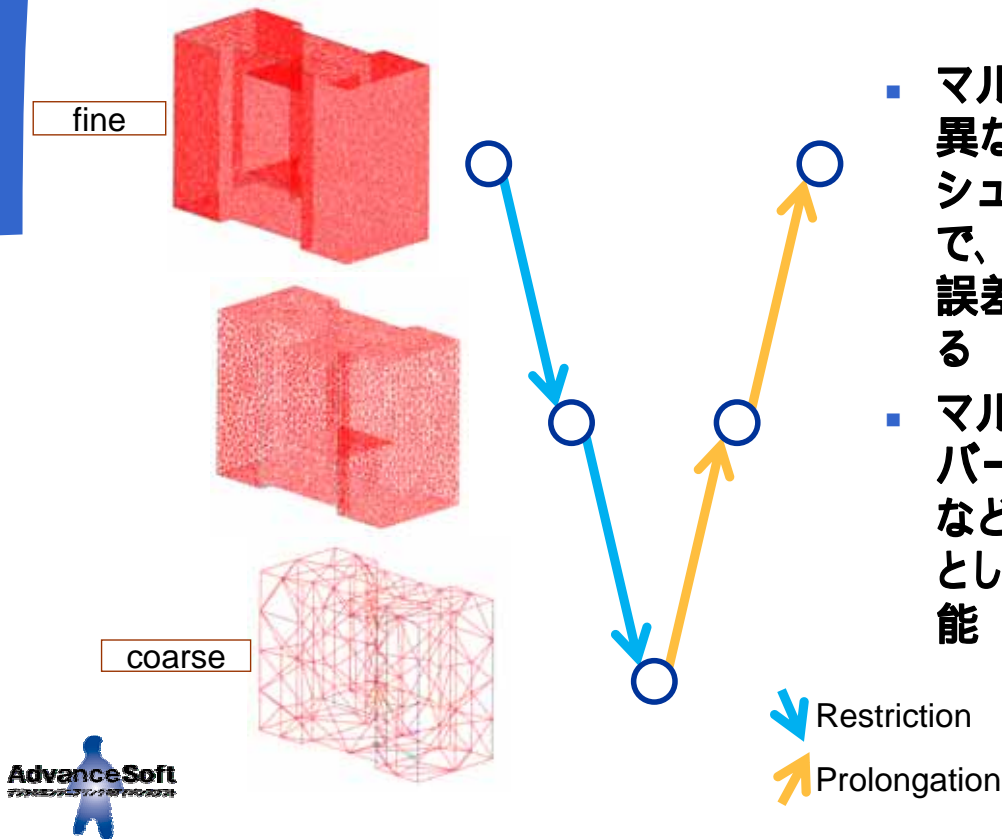
マルチグリッド法

- 通常の反復法では、要素サイズに比例した波長を持つ誤差成分の減少は早いですが、そこから大きく外れた波長成分の収束は遅い
- メッシュを細かくすると長波長成分の収束が遅くなるため、規模の増大以上に計算量が増大する
 - メッシュ細分化の解析例では、細分化を1回行うごとに、反復回数は約2倍になっている
 - モデル規模は細分化1回あたり約8倍
 - 全体の計算量の増加は、細分化1回あたり約16倍
- Refinementにより、粗～密の多階層のメッシュを保持する
- これらを利用して、幾何学的マルチグリッド法を適用することで、反復法ソルバーの収束加速が見込める



8

マルチグリッド法



- マルチグリッド法では、異なる要素サイズのメッシュを同時に用いることで、幅広い波長成分の誤差を同時に減少させる
- マルチグリッド法はソルバーとして、また、CG法などの反復法の前処理として利用することが可能

9

MPCの改良

- アセンブリの表現にはMPCを用いる
- 大規模並列計算では反復法線形ソルバーの利用が前提
- ペナルティ法は実装が容易な反面、収束しにくい
- ラグランジュ乗数法は実装が煩雑
- 全体剛性行列を修正しない自由度消去アルゴリズムを導入し、プロトタイプを作成してテストを行った
- 収束性、計算時間、並列性能ともに、良好な結果が得られた

単一メッシュとしてモデル化した場合とほぼ同等の収束
1反復あたりの計算時間の増加も5%程度と小さい

その他

- **多数コアCPU対応アルゴリズム**

CPUの多数コア化が進んでいる

FEMのソルバーではメモリアクセスが多く発生する

- メモリバンド幅に制限される
- コア数に応じたスピードアップが得られない

メモリへのアクセス方法を工夫することによりスピードアップを狙う

- **節点自由度混在**

節点自由度の異なる要素の混在したモデルの解析に対応する

ソリッドとシェル、ビームなど

