

微細構造モデリングツール Advance/REVOCAP_PorousModelerの紹介 主任研究員 徳永 健一

アドバンスソフトのプリ・ポストプロセッサご紹介セミナー
2015年4月16日（木）開催
アドバンスソフト株式会社

1. 概要

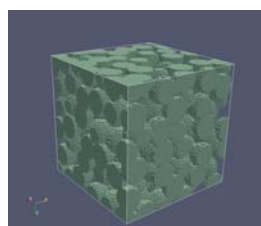
- アドバンスソフトのプリポストサービスの一環として、CADなどで形状を作成してメッシュを作成する以外の、プリ処理（解析モデル作成）のアプローチを紹介する。
- 物理現象や、測定機械から得られた情報を用いて、解析用のモデルを作成する
 - 粉体、繊維などを充填したモデル★
 - 解析結果から得られた空間上で与えられた分布（固相分布）
 - 地盤、標高等地理情報に基づくモデル
 - MRIなどで測定された物体の断面スライス画像★
 - 3Dスキャナーで測定された物体からの距離の情報
- 既存の解析モデルを詳細解析のために要素を分割する
 - 全体の分割
 - 局所的な分割（領域指定、解適合）

2. 背景

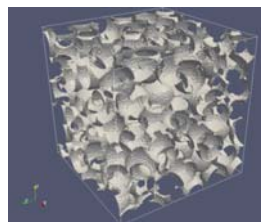
- 微細な構造の解析: ニーズはあったが、難しかった
 - 燃料電池
 - コンクリート
 - 繊維強化プラスチック
 - 3Dプリンタ
 - 焼結
- 今まで難しかった原因
 - ① 細かい構造を表現する形状モデル、メッシュの作成が煩雑
 - ② 作成したメッシュの規模が大きすぎて、解析が困難
- 解決策
 - ① ⇒以下で紹介します
 - ② 大規模並列計算に対応した解析ソフトウェアを利用する

3. 微細構造のモデリング

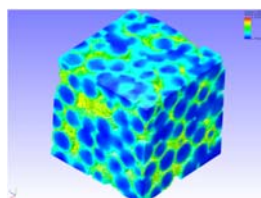
1. **マクロな情報**(粒径、体積比、アスペクト比等)から**自動的に**微細構造を作成する



2. 微細構造から幾何的な情報を使って形状パラメータを求める
(屈曲度、細孔分布、接続情報、三相界面長等)

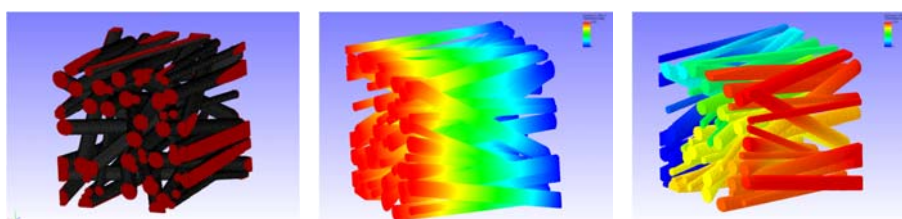


3. 構造解析、流体解析の結果から、マクロ的な量を計算する
(熱伝導率、電子導電率等)



4. 解析例(1)FrontSTR

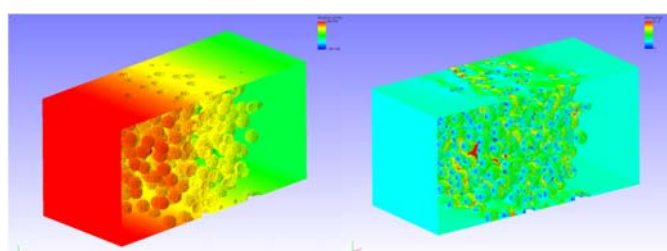
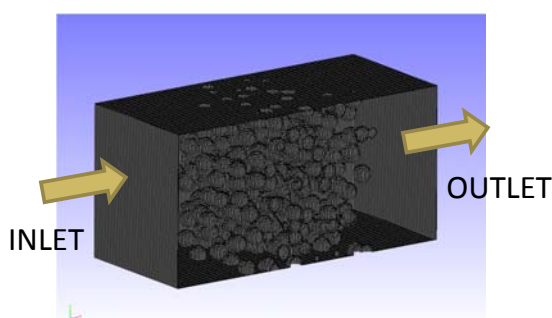
- 繊維を充填したモデル
 - 1本1本が空間に充填されて配置している
 - 詳細な構造を表現するとメッシュ数が増える
 - 大規模並列対応の構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTRを利用する
- Advance/FrontSTRによる熱伝導解析例
 - 繊維が充填されている方向によって熱伝導の様子が異なることを観察することができる



4. 解析例(2)FrontFlow/red

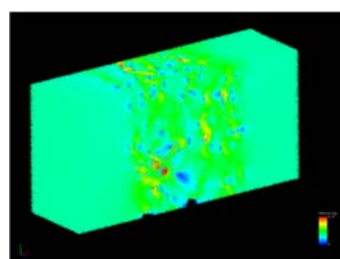
Advance/FrontFlow/redで微細構造のモデルを解析する例

計算例(微小粒子が充填されている)



圧力値

速度

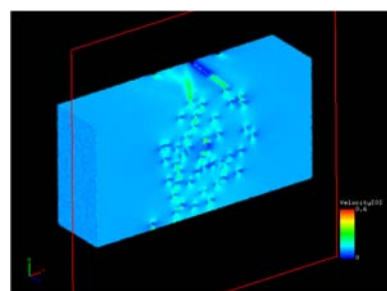
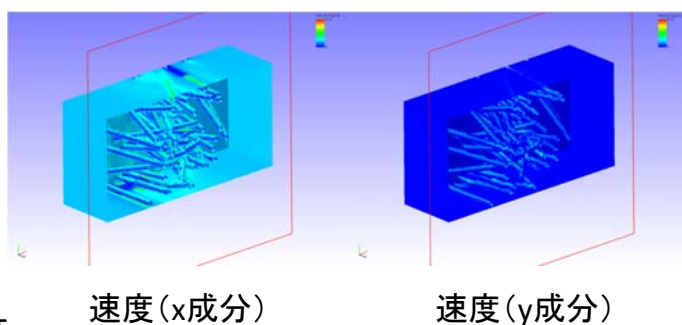
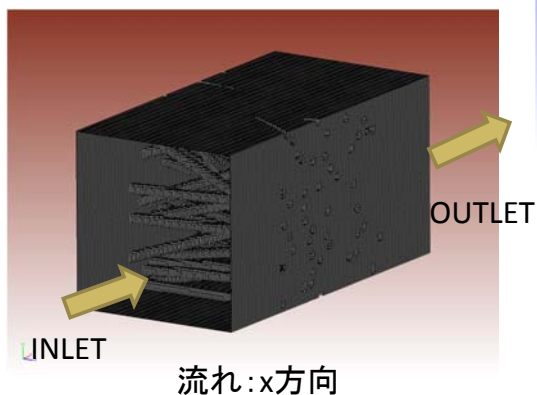


断面の速度(ボリュームレンダリング)

描画ポリゴン数が増加する場合も、ボリュームレンダリングを用いれば高速に描画可能

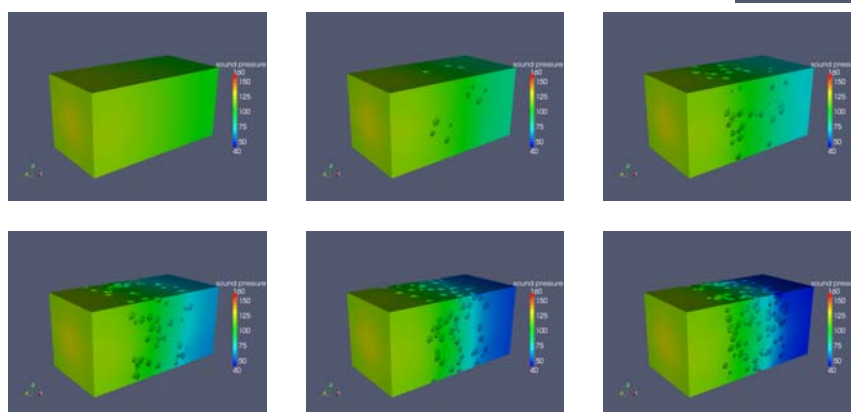
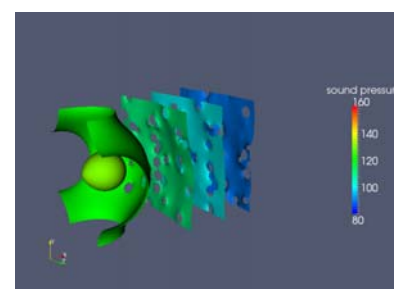
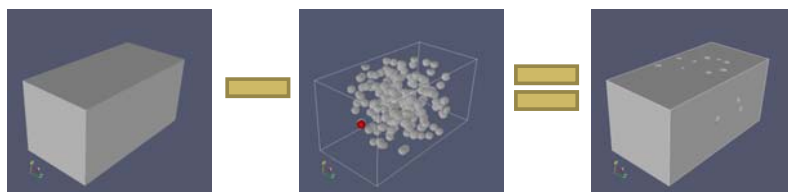
4. 解析例(3) FrontFlow/red

- 計算例(微細繊維)



4. 解析例(5) 音響解析

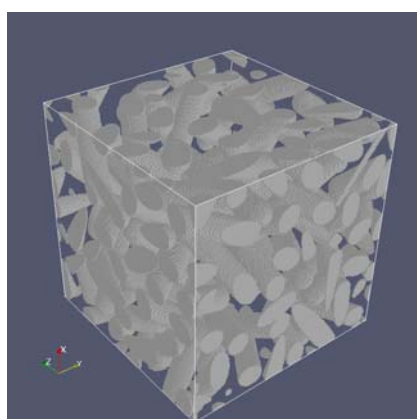
空間領域から微小球体を除いた領域での音響解析
 微小球体の手前(赤い点の位置)に点音源を置いた



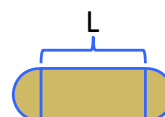
5. 微細構造の熱伝導解析例

- 熱伝導率が低いマトリクス(樹脂等)に熱伝導率の高いコア(炭素繊維等)が充填されている場合、コアの形状による影響をシミュレーションで推定する
(Advance/FrontSTRで計算)

上面:熱伝達



側面:断熱



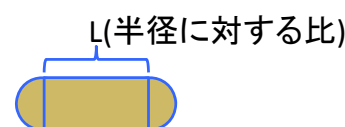
コア密度一定の条件で
Lを変えた時の熱伝達を解析
コアの半径は0.005

熱伝導率
マトリクス: 100.0 [W/(m·K)]
コア: 0.3 [W/(m·K)]

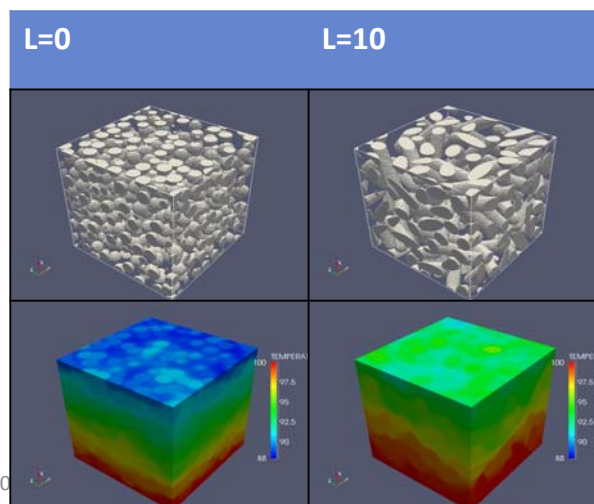
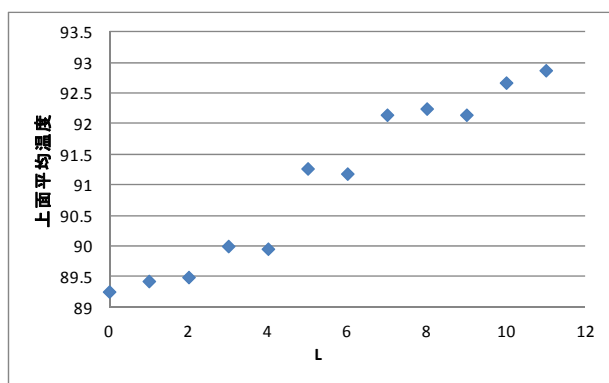
下面:一定温度(100°C)

5. 計算結果

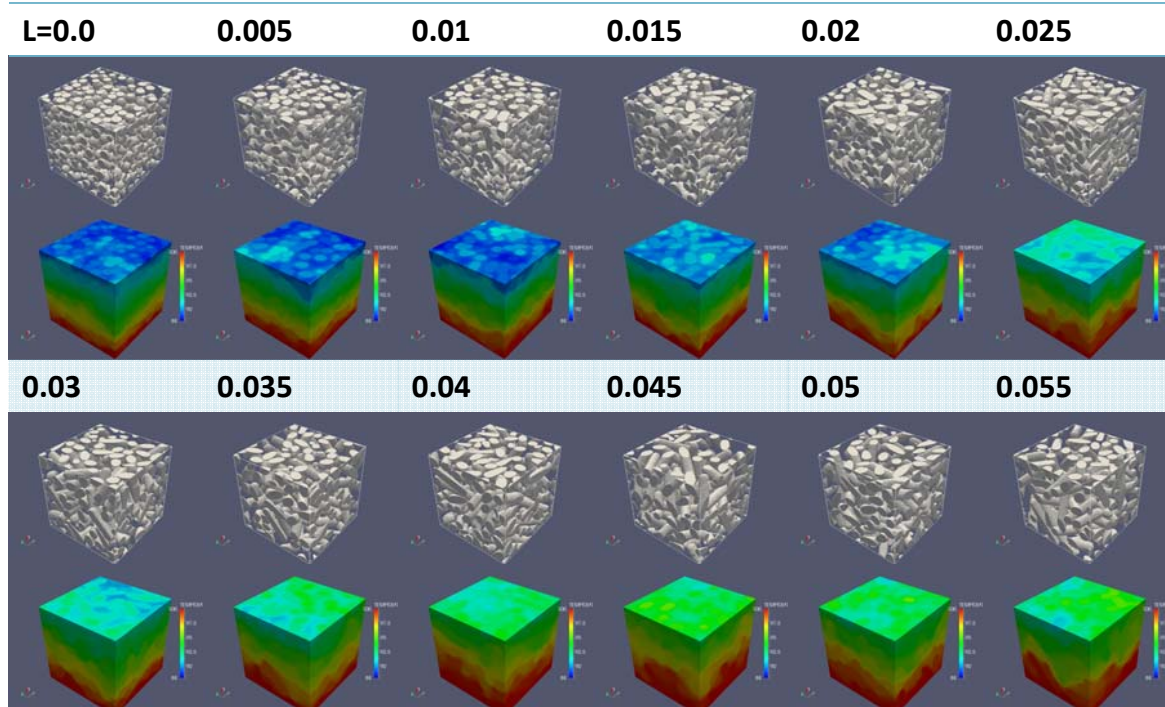
- 熱伝導率の低いマトリクス(例:樹脂)に熱伝導率の高いコア(例:金属)が一定割合で充填されている場合のコアの形状の効果の評価
- 下面一定温度、上面熱伝達境界、側面断熱



L	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
上面平均温度	89.26	89.43	89.5	90	89.96	91.27	91.19	92.15	92.25	92.15	92.67	92.88



5. 計算結果可視化



Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

11

6. 分布が与えられた時のメッシュ生成

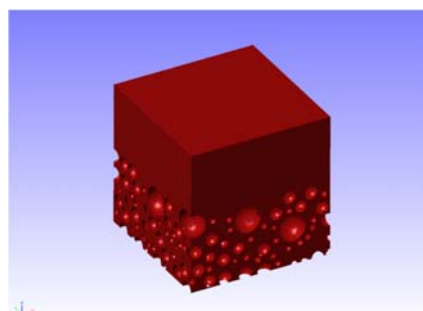
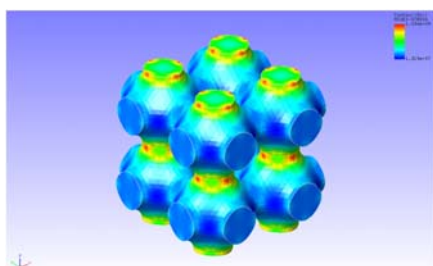
従来の方法

CAD形状⇒三角形パッチ⇒(自動メッシュ生成)四面体

と比べて、よりrobustなメッシュ生成手法

形状を物体表面からの符号付きの距離の情報として与えられた時に、距離が負の領域のメッシュを自動生成する

- 半径 r の球体: $d(x,y,z)=x^2+y^2+z^2-r^2$ の値が負になる領域
- 三角形パッチから計算した距離分布
- 数式で与えられる結晶構造
- 二相流解析の結果の固相分布の値



球体をランダム充填した外側の領域

材料科学の分野で現れる三重周期極小曲面の一種SchwarzP曲面

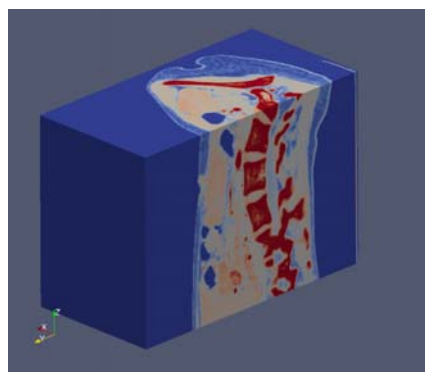
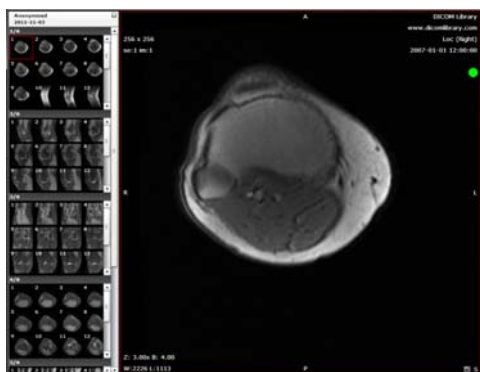
Copyright ©2015 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

※現在開発中

12

7. スライス画像から3Dモデル作成(1)

- 医療用画像などのスライス画像から解析モデルを作成する



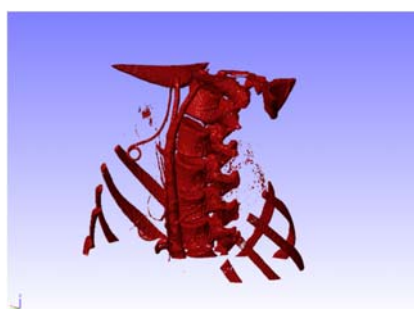
<http://www.dicomlibrary.com/> より

スライス画像

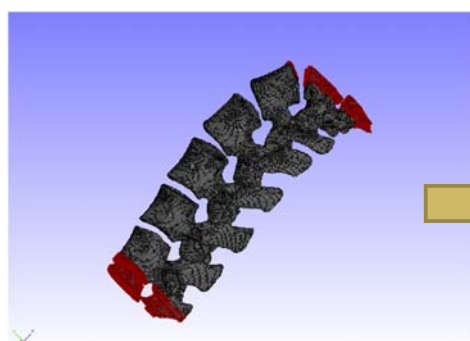
3次元の輝度分布

7. スライス画像から3Dモデル作成(2)

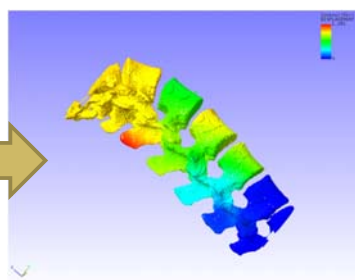
3次元の輝度分布



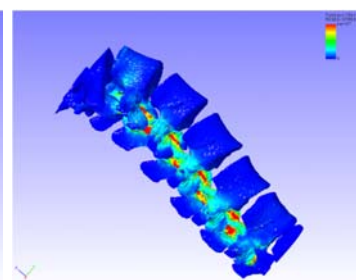
メッシュ抽出



有限要素法モデル作成



変形



MISES応力

Advance/FrontSTRで構造解析

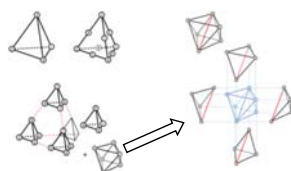
データは<http://www.dicomlibrary.com/> で公開されているものを利用

8. 解析モデルの要素分割

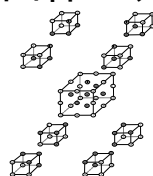
- REVOCAP_Refiner

- 高精度、高解像度の解析を行うために、既存の解析モデルの要素分割を行うツール

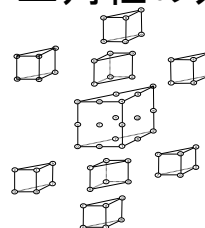
- 四面体の分割



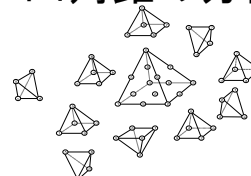
- 六面体の分割



- 三角柱の分割



- 四角錐の分割

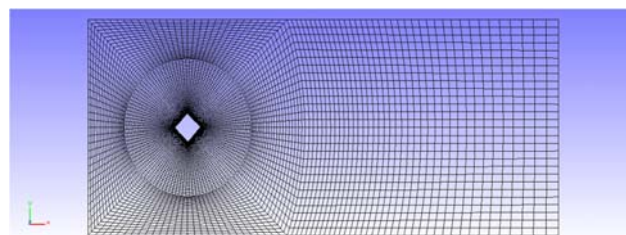
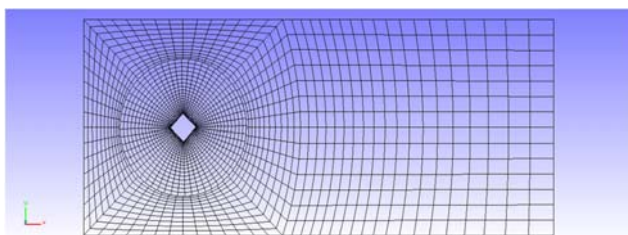


8. 解析モデルの要素分割(解析例)

細分前

細分後

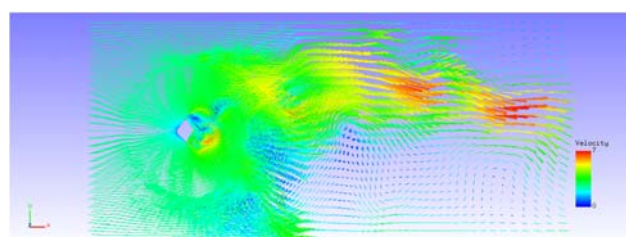
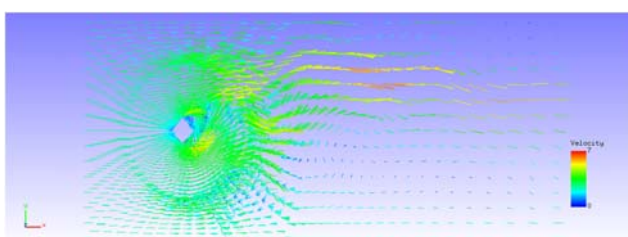
計算格子



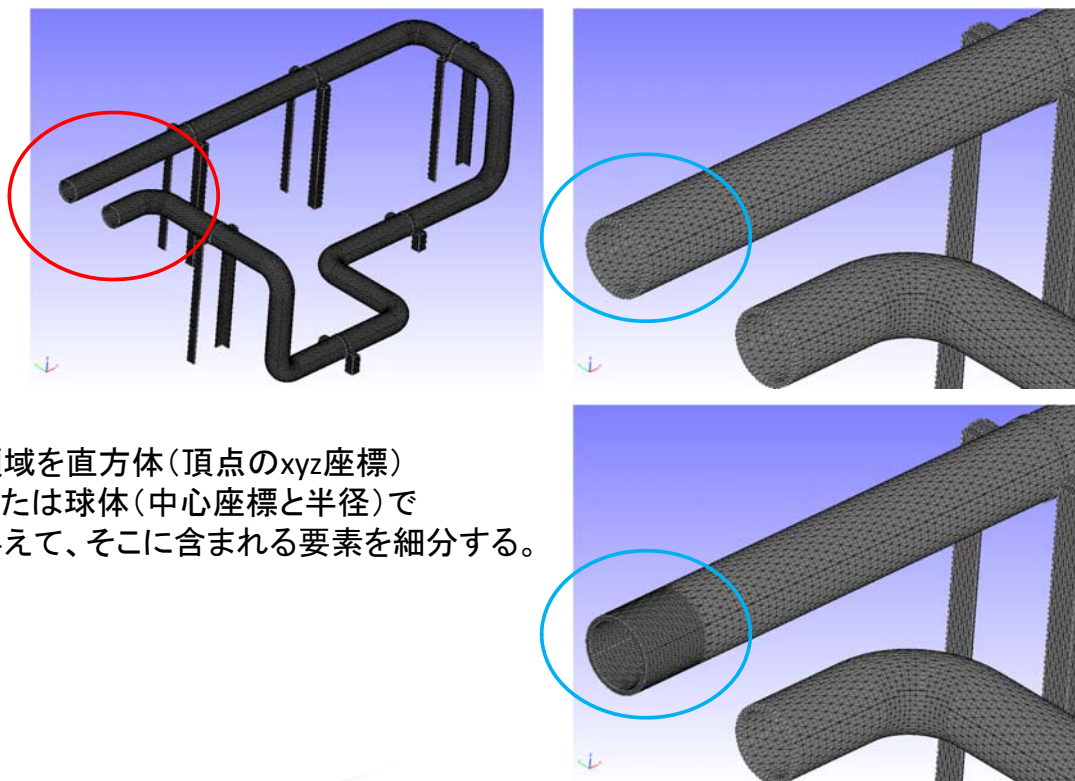
節点数 = 25927
要素数 = 22260

節点数 = 192486
要素数 = 178080

0.3sec後のVelocity

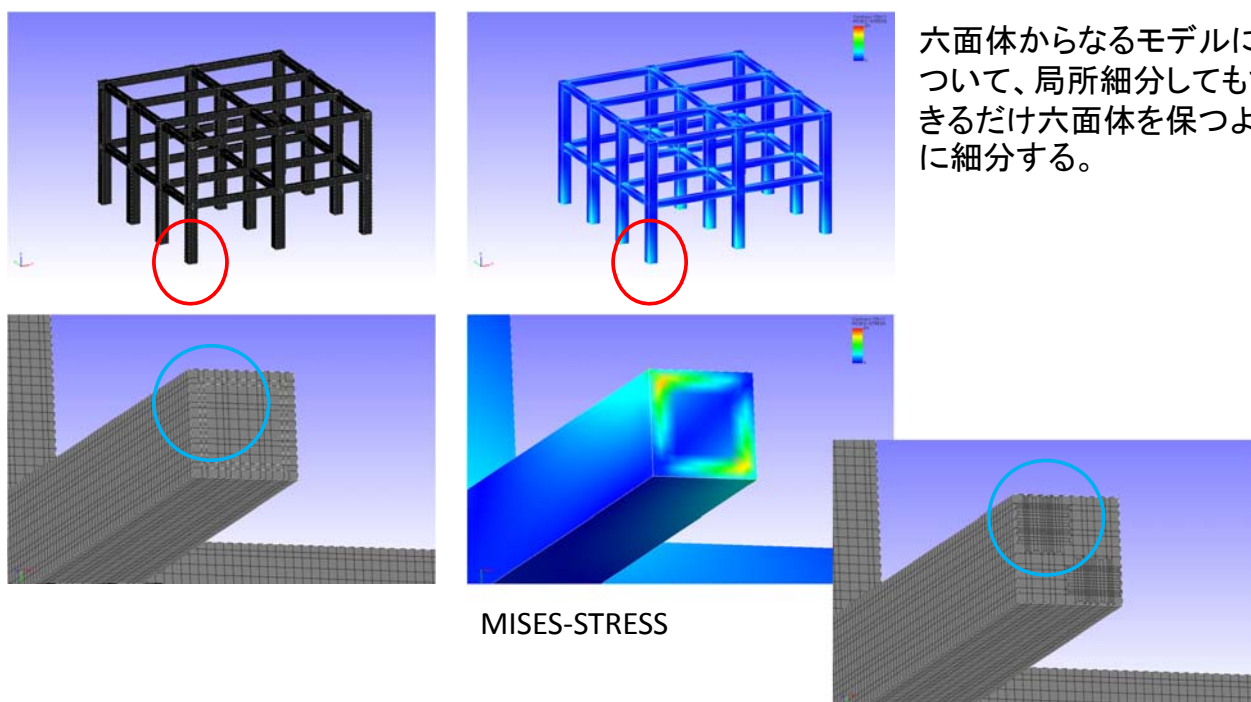


8. 解析モデルの要素分割(局所細分)



領域を直方体(頂点のxyz座標)
または球体(中心座標と半径)
与えて、そこに含まれる要素を細分する。

8. 解析モデルの要素分割(解適合)



六面体からなるモデルに
ついて、局所細分してもで
きるだけ六面体を保つよう
に細分する。

MISES-STRESS

9. まとめ

- 微細構造の解析モデル作成ソフトウェア
⇒ **Advance/REVOCAP_PorousModeler** として商品化
 - 粉体、繊維の充填モデルの解析モデル作成
 - マクロパラメータ(粒径、充填率など)を与える
 - 形状情報の出力(細孔分布、界面面積、接続情報など)
 - 構造解析(Advance/FrontSTR)、流体解析(Advance/FrontFlow/red、Advance/FrontFlow/MP)、音響解析(Advance/FrontNoise)用のモデルの出力
- 解析モデルの要素分割ツール⇒国プロで開発した **REVOCAP_Refiner** の改良版を解析ソフトウェアに組み込み、またはプリポストプロセッサ **Advance/REVOCAP** の一部として提供
 - Advance/FrontSTR: 組み込んで利用可能
 - Advance/FrontFlow/red: 周辺ツールとして提供