

構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR + Advance/REVOCAP とCube-it・ ParaViewの利用方法

総合企画部 コンサルタントグループ 加藤 国男

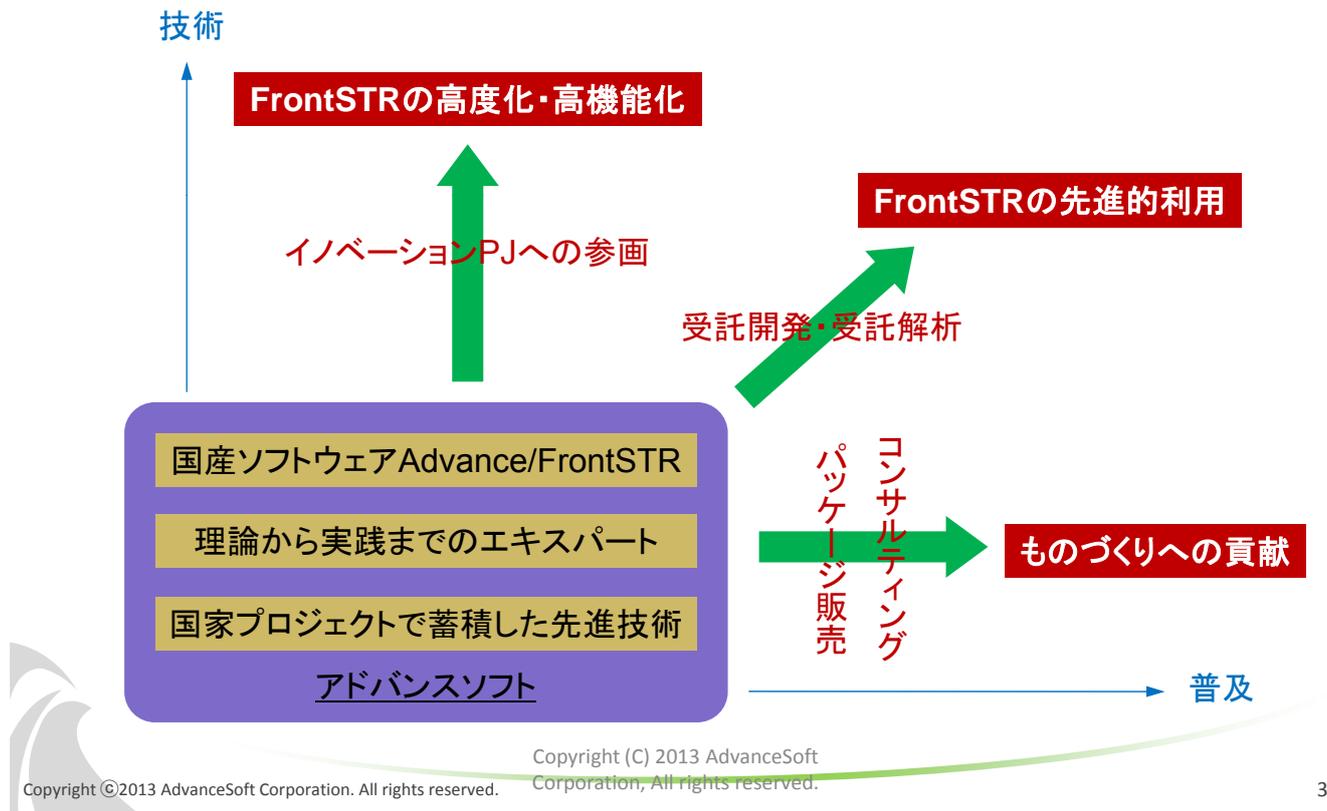
アドバンスソフトのプリ・ポストプロセッサご紹介セミナー
2013年8月27日(火)
アドバンスソフト株式会社



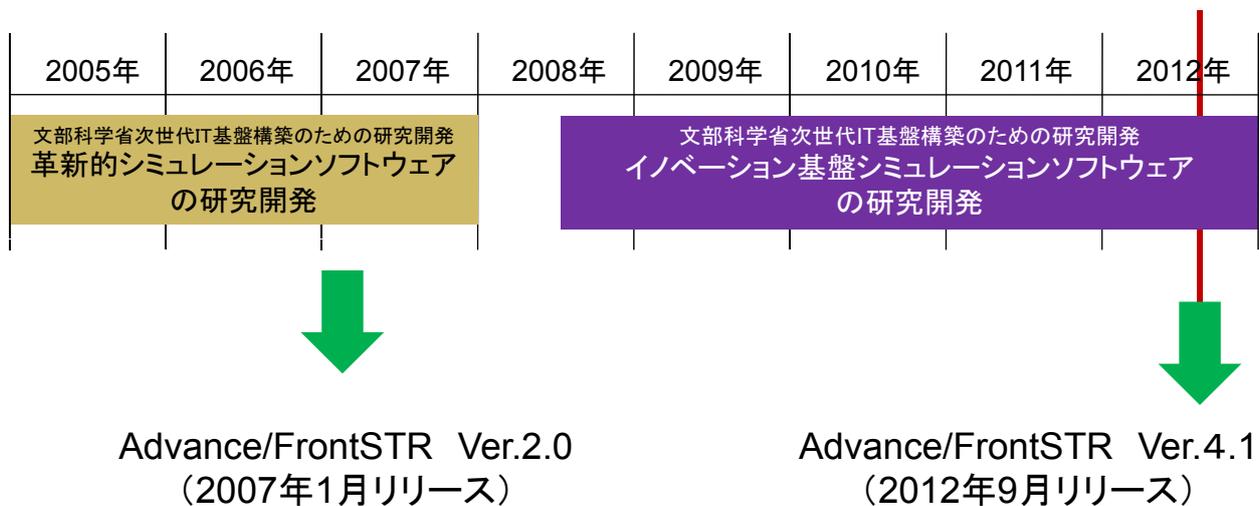
構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR とは



構造解析分野に関する当社の取組み

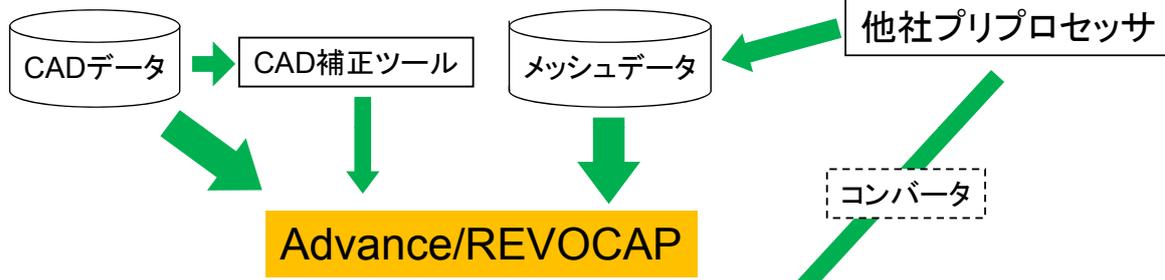


Advance/FrontSTRの開発経過



Advance/FrontSTRによる解析環境

プリ処理



解析実行

Advance/FrontSTR

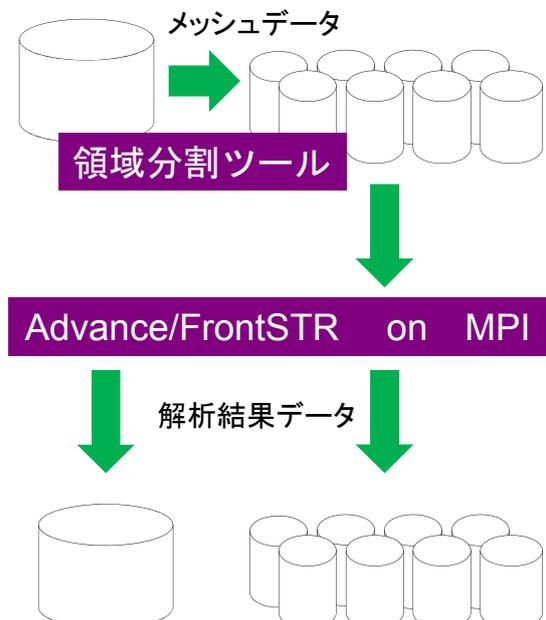
ポスト処理

Advance/REVOCAP

他社ポストプロセッサ
FEMAP、AVS

各種計算機に対応するスケーラビリティ

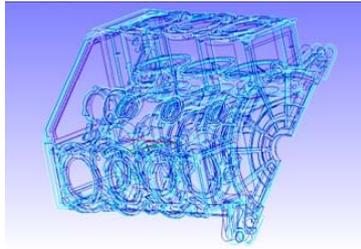
Advance/FrontSTR の並列化方式



Advance/FrontSTR の動作環境

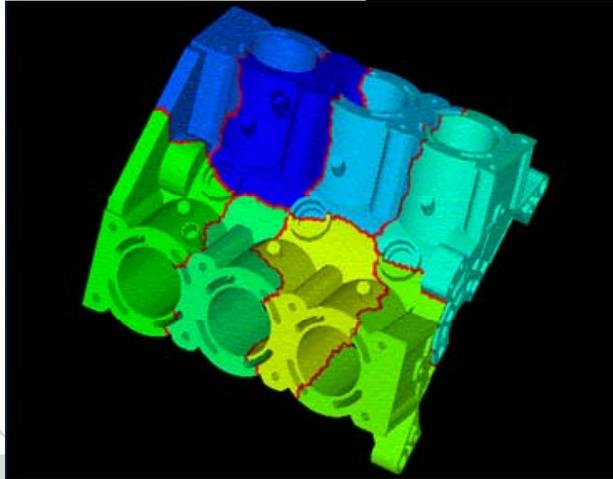
- ・Windows XP, Vista, 7
32ビット/64ビット
- ・Linux 64ビット
- ・スパコン
 東京大学さま HA8000
 九州大学さま PRIMERGY
 FOCUSさま BX922S2

領域分割の例(熱応力解析)

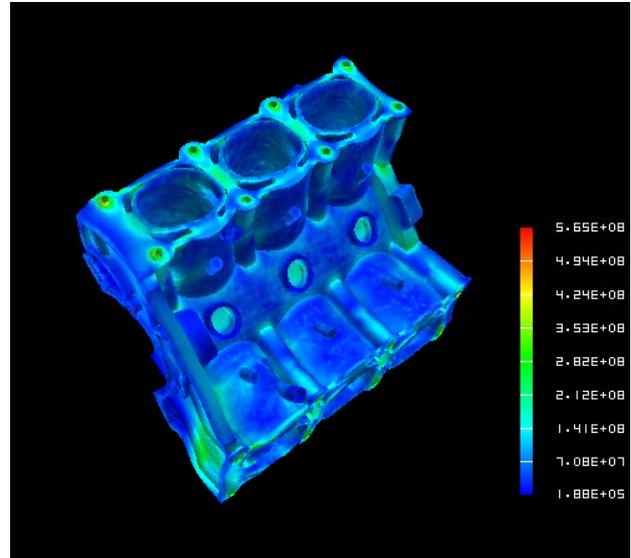


CADモデル

熱伝導解析 → 温度分布 → 線形静解析

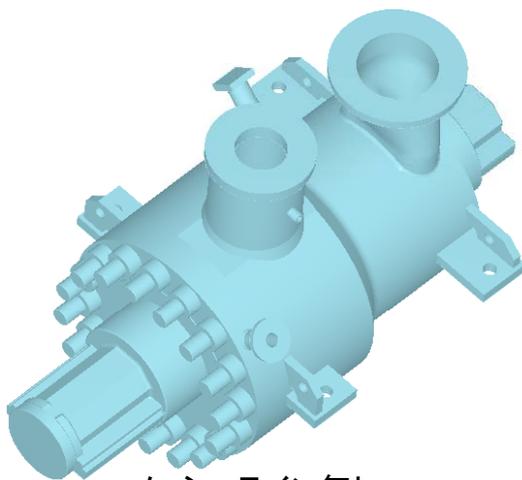


領域分割モデル



ミーゼス応力分布

大規模解析(1億自由度)の事例(1)



メッシュライン無し

節点数 : 36,728,129
要素数 : 26,289,770
自由度 : 110,184,387
要素 : 四面体2次

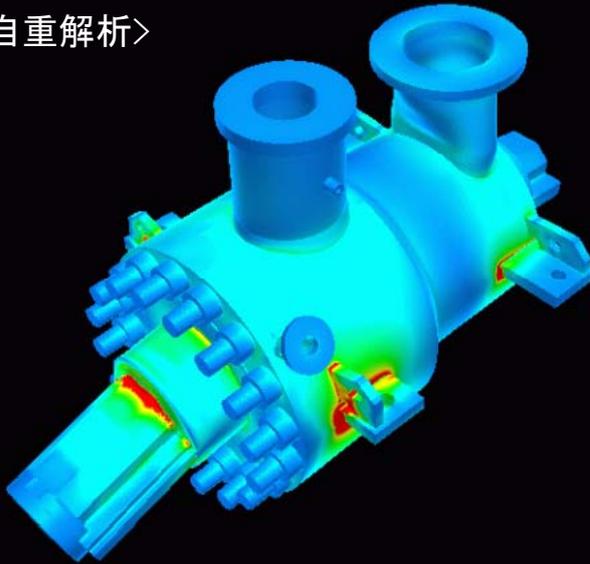


メッシュライン有り

解析事例提供: 東京大学奥田洋司教授
(株)日立プラントテクノロジー

大規模解析(1億自由度)の事例(2)

<自重解析>



ミーゼス応力分布

計算機:
CPU: Intel Itanium2 1.4GHz
32PE 使用
使用メモリ: 120GB
計算時間: 27.3 (h)
CG反復回数: 10,249

<内圧解析の場合>
計算時間: 24.0 (h)
CG反復回数: 8,557

<HEC-MW可視化処理>
計算機:
CPU: Intel Xeon 2.8GHz
32PE 使用
Rendering処理枚数: 12枚
処理時間: 1時間弱

Copyright (C) 2013 AdvanceSoft Corporation, All rights reserved.

Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

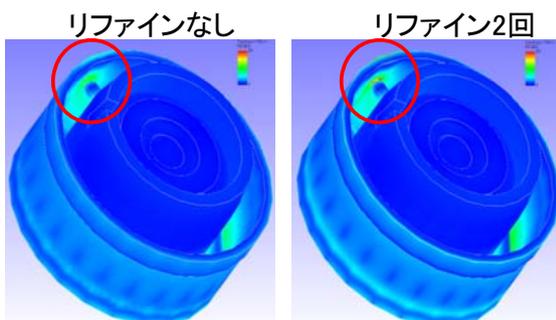
並列性能の計測(大規模)

解析対象

静応力解析(四面体二次要素)

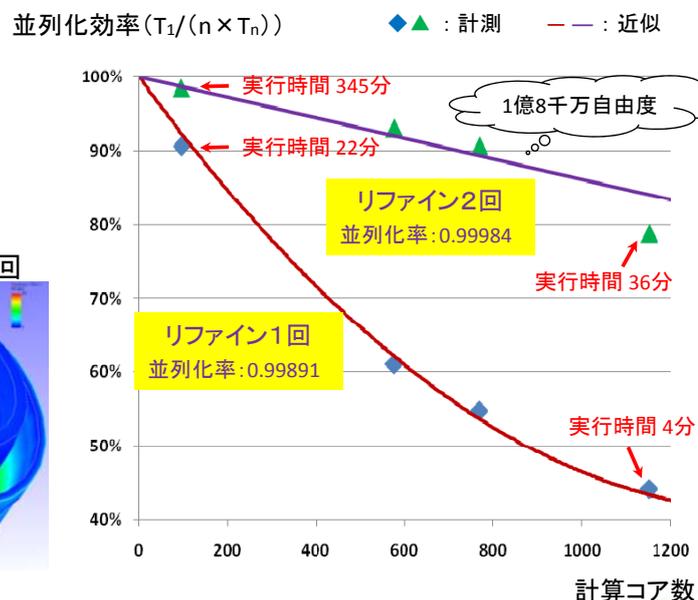
リファイン	要素数	節点数
なし	684,807	1,008,911
1回	5,478,456	7,707,758
2回	43,827,648	60,089,084

解析結果(ミーゼス応力分布)



使用計算機

計算科学振興財団さま FOCUSスパコン

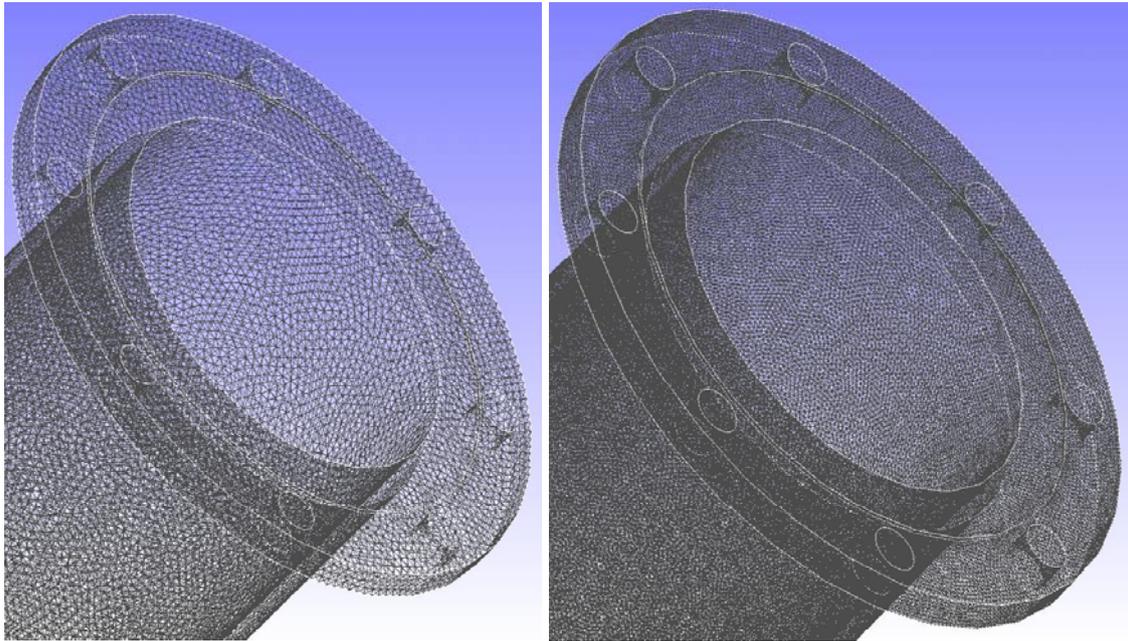


Copyright (C) 2013 AdvanceSoft Corporation, All rights reserved.

Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

REVOCAP_Refinerのメッシュ細分化機能

オリジナル $\xrightarrow{8倍規模}$ リファイン

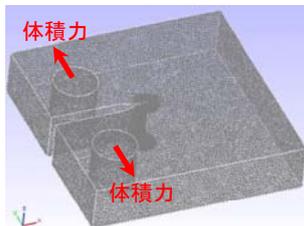


REVOCAP_Refinerによる応力集中解析例

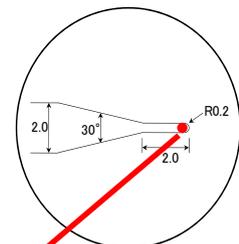
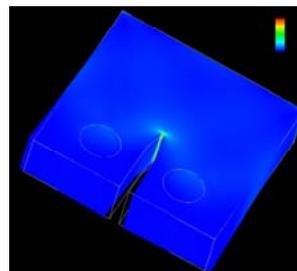
解析対象

CT試験片

静応力解析 (四面体二次要素)



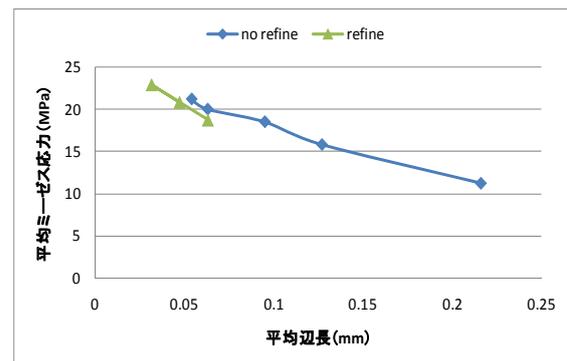
解析結果



厚さ方向の平均

解析ケース

密度係数	細分化	要素数	節点数	平均辺長
2	0	273,078	387,347	0.216
4	0	303,544	429,049	0.127
4	1			0.063
4	2			0.032
6	0	507,346	704,253	0.095
6	1			0.048
8	0	1,147,920	1,561,353	0.063
11	0	2,247,912	3,029,807	0.054



PCクラスターによる並列性能の計測

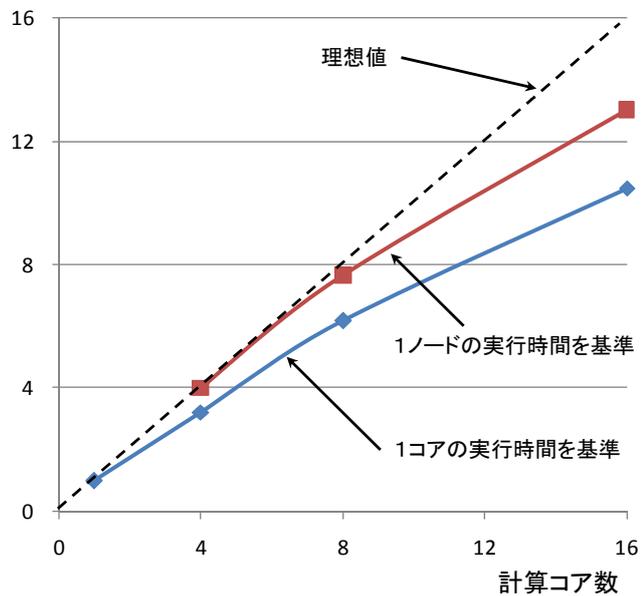
使用計算機

PCクラスター
CPU:AMD Opteron 2.4GHz
2CPU × 2core / ノード
メモリ: 16GB / ノード

解析対象

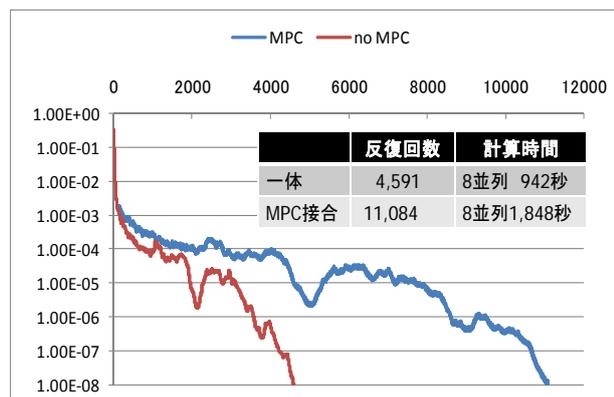
静応力解析
要素数: 684, 807
節点数: 1, 008, 911

増速率 (T_1/T_n)



アセンブリ構造解析機能

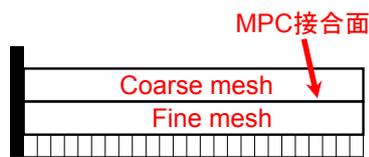
- 独自のMPC自由度消去法ソルバーを導入
- ↓
- 反復法による大規模アセンブリ構造解析の収束性が飛躍的に改善



アセンブリ構造解析機能の基本検証

解析対象

片持ち梁
静応力解析

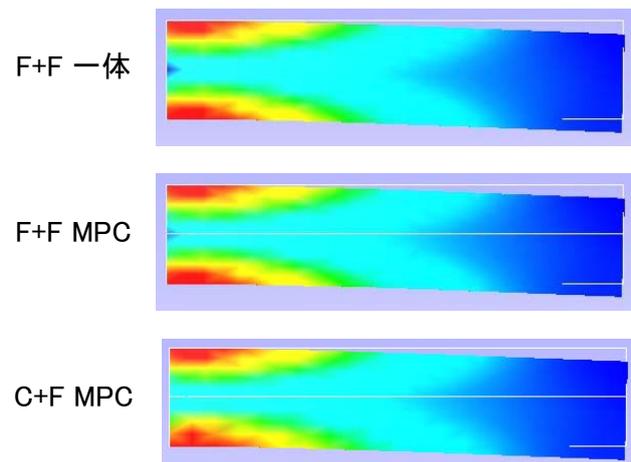


要素 タイプ	Coarse mesh		Fine mesh	
	要素数	節点数	要素数	節点数
四面体一次	1,600	525	3,125	936
四面体二次	1,600	3,001	3,125	5,546
六面体一次	640	1,025	1,250	1,836

解析結果

要素 タイプ	解析 ケース	MPC 節点数	最大 変位
四面体一次	F+F 一体	—	25.87
	F+F MPC	156	25.87
	C+C MPC	105	25.07
	C+F MPC	156	25.46
四面体二次	F+F 一体	—	27.55
	F+F MPC	561	27.55
	C+C MPC	369	27.51
	C+F MPC	561	27.53
六面体一次	F+F 一体	—	27.56
	F+F MPC	306	27.56
	C+C MPC	205	27.52
	C+F MPC	306	27.54
理論解			27.74

四面体二次要素のミーゼス応力分布



Copyright (C) 2013 AdvanceSoft Corporation, All rights reserved.

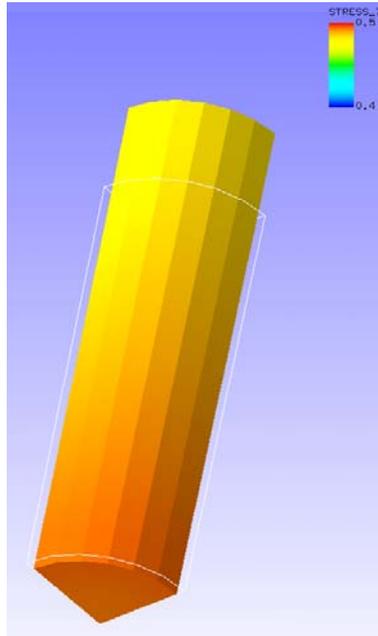
15

材料・幾何学的非線形解析機能

- 超弾性材(解法: Total Lagrange法)
構成式: neo-Hooke, Mooney-Rivlin, Arruda-Boyce
- 弾塑性材(解法: Update Lagrange法)
降伏関数: Mises, Mohr-Coulomb, Drucker-Prager
硬化則:
等方硬化則(二直線近似、多直線近似、Swiftの式、
Ramberg-Osgoodの式)
移動硬化則(線形)
複合硬化則(二直線近似等方硬化則+線形移動硬化則)

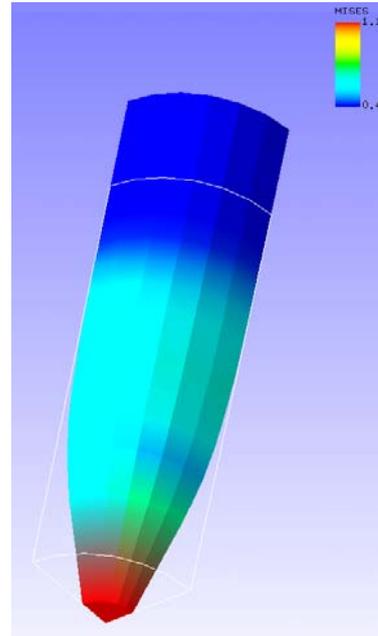
材料・幾何学的非線形解析の事例

超弾性解析



ミーゼス応力分布

弾塑性解析



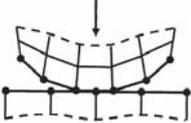
ミーゼス応力分布

Copyright (C) 2013 AdvanceSoft Corporation, All rights reserved.

Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

接触解析機能

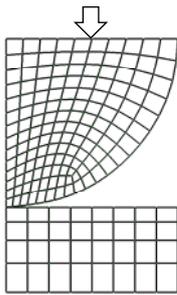
- 多点拘束 (MPC) 利用による接触解析
接触状態の変化なし、微小すべり、摩擦なし
- 拡張ラグランジュ乗数法による接触解析
微小すべり / 有限すべり、摩擦なし / あり

Lagrange法	Penalty法	拡張Lagrange乗数法
接触力 $F = \lambda$ λ : Lagrange未定係数	接触力 $F = P * g$ P : Penalty常数	接触力 $F^{k+1} = (\lambda^k + P * g^k)$ λ^k : 常数とみなす
<ul style="list-style-type: none"> ・厳密な接触状態 ・変数を追加 	<ul style="list-style-type: none"> ・変数は増えない ・近似的な接触状態 ・方程式の求解条件が悪くなる 	<ul style="list-style-type: none"> ・変数は増えないが、更新計算が必要 ・近似的な接触状態であるが、コントロール可能
		

Copyright (C) 2013 AdvanceSoft Corporation, All rights reserved.

Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

接触解析の事例

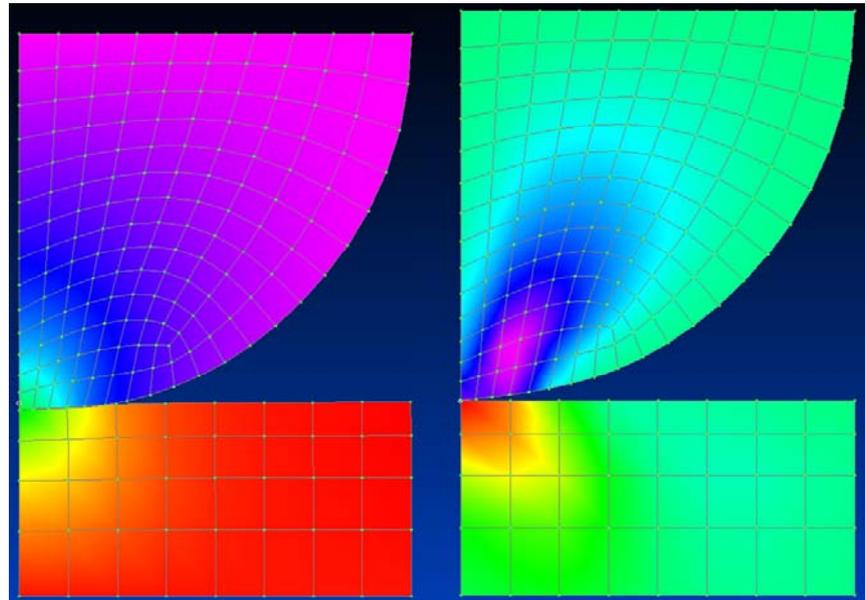


接触領域の幅

円柱半径8mmに対して
理論解: 1.36mm
FrontISTR: 1.36 ± 0.2mm

最大せん断応力

理論解: 14.2MPa
FrontISTR: 15.6MPa



Y方向変位分布

せん断応力分布

Copyright (C) 2013 AdvanceSoft Corporation, All rights reserved.

Advance/FrontSTR Ver.4.1 の機能一覧 1

利用可能な解析	
変形解析	静解析 動解析
	・ 直接積分法 中央差分法 / Newmark-β 法 / HHT 法
	・ モード解析 時刻歴応答解析
熱伝導解析	定常 / 非定常解析 (陰解法)
固有値解析	ランチョス法 / その他改良法
非線形解析機能 (変形解析)	
幾何学的非線形	Total Lagrange 法 / Updated Lagrange 法
境界非線形 (接触)	Augmented Lagrange 法 / 有限すべり / 摩擦
材料非線形 (温度依存性を含む材料)	
	弾性材料 弾性 / 超弾性 / 粘弾性
	非弾性材料 弾塑性 (等方 / 移動 / 複合硬化) / 粘塑性 / 熱弾塑性

Advance/FrontSTR Ver.4.1 の機能一覧 2

要素ライブラリ	
ソリッド要素	四面体／六面体／プリズム／ピラミッド⇒各要素 1次／2次 適合要素／B-bar 要素など
シェル要素	三角形／四辺形 ⇒ 各要素 1次／2次 MITC 要素
梁要素	1次／2次／3次／MITC 要素
トラス要素	1次／2次／3次
その他	接触要素／マス要素／ギャップ要素(熱解析用)
大規模解析支援	
アセンブリ構造対応	
メッシュ自動細分化(リファイナー機能)	
並列接触解析機能	



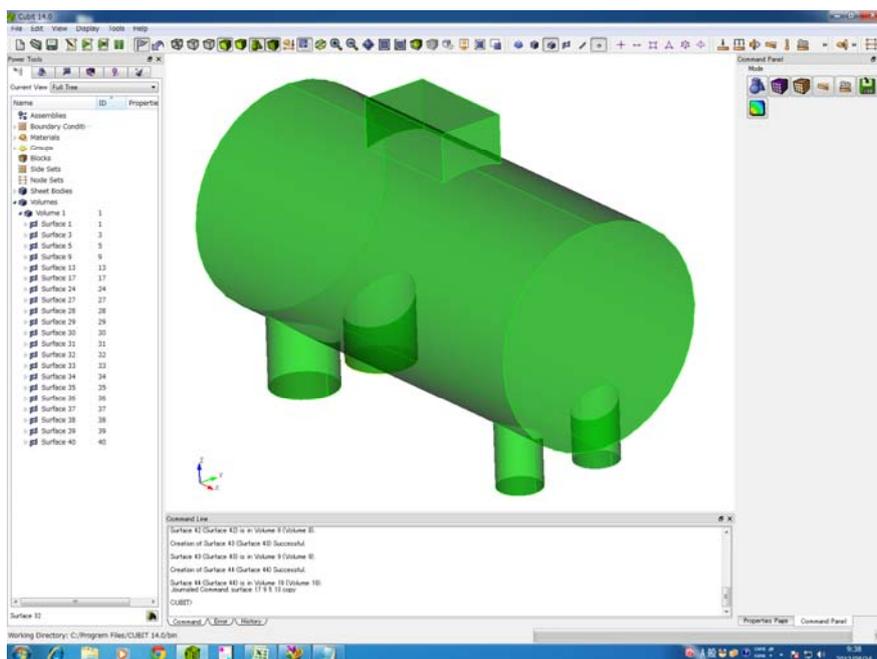
操作の流れ

- 1. Cube-it にてヘキサメッシュを作成
- 2. REVOCAPにて境界条件・荷重条件を設定
- 3. FrontSTR にて解析
- 4. REVOCAPにて収束履歴・積分点の値等確認
- 5. ParaView にて解析結果の可視化

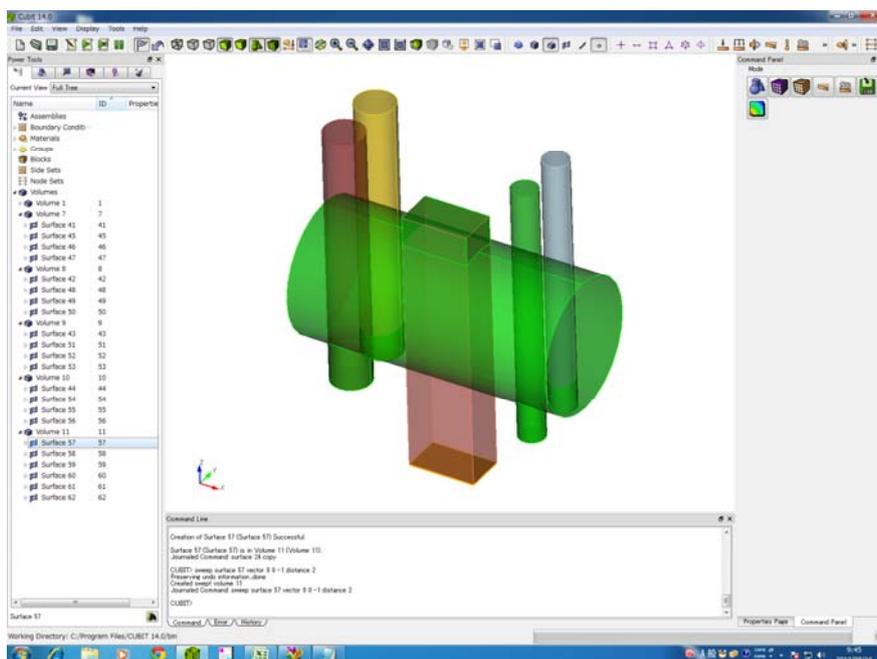


1. Cube-it にてヘキサメッシュを作成

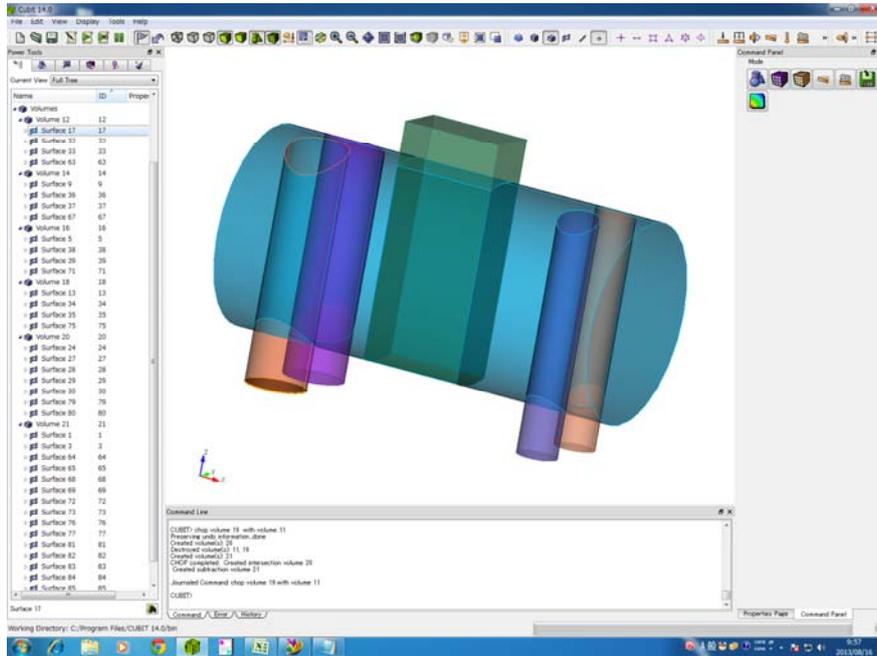
1.1 Geometry(IGES) 入力



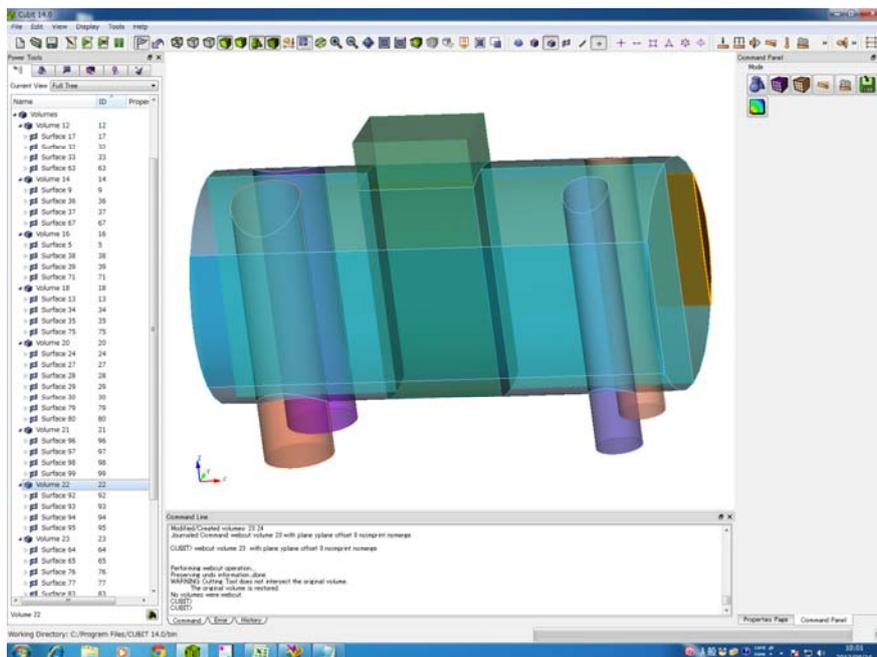
1.2 Copy & Sweep



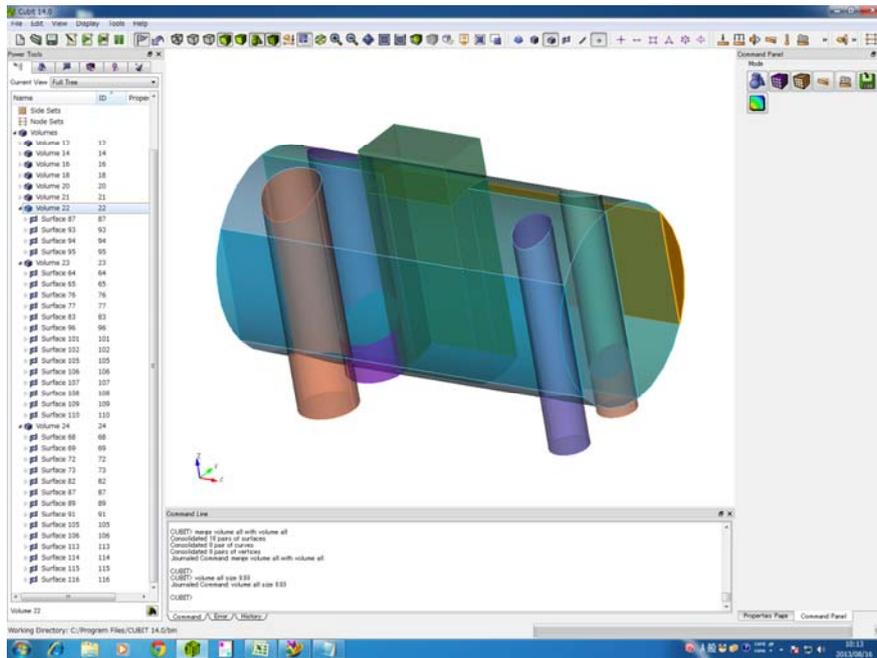
1.3 Chop volume



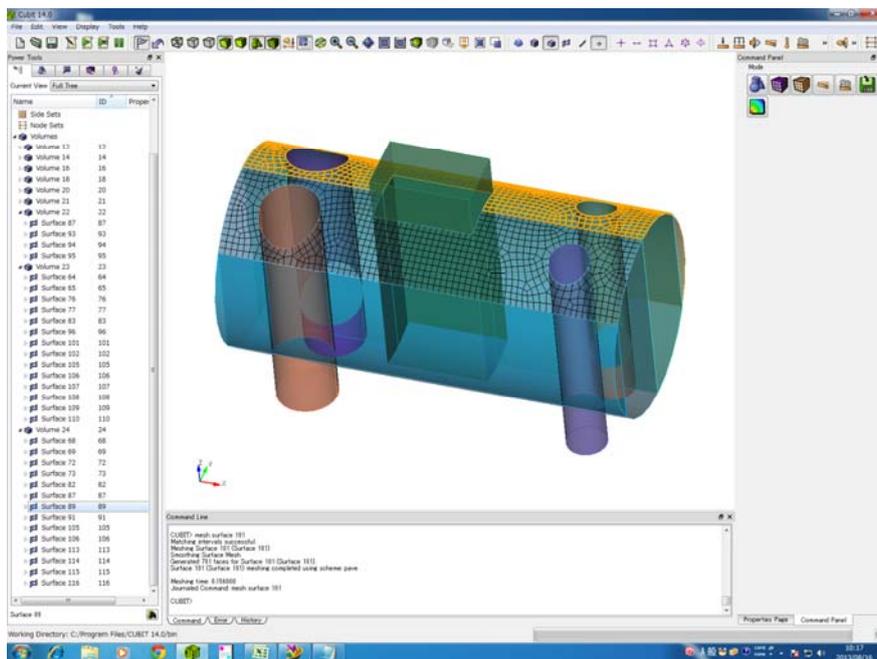
1.4 Webcut volume



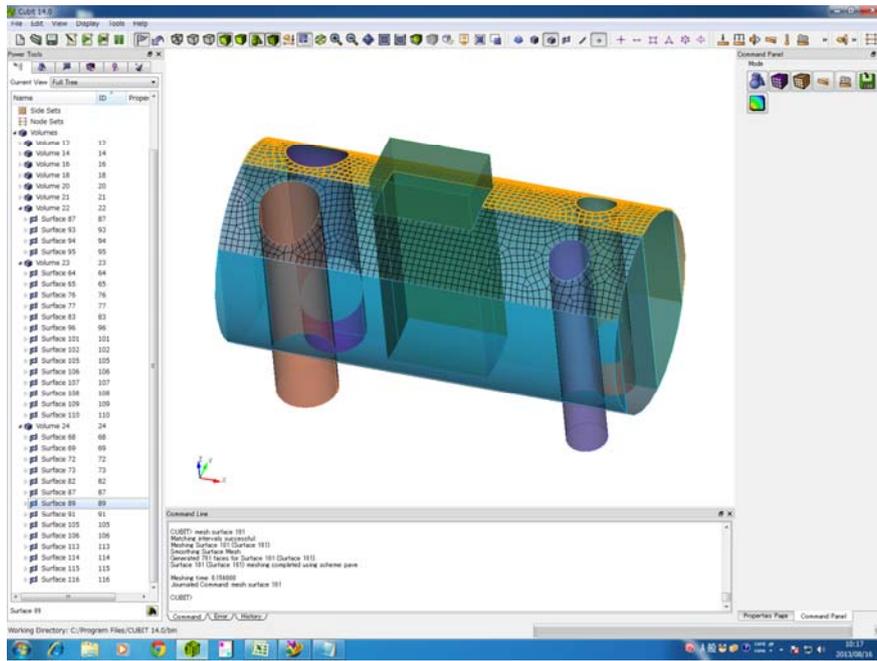
1.5 Imprint Merge



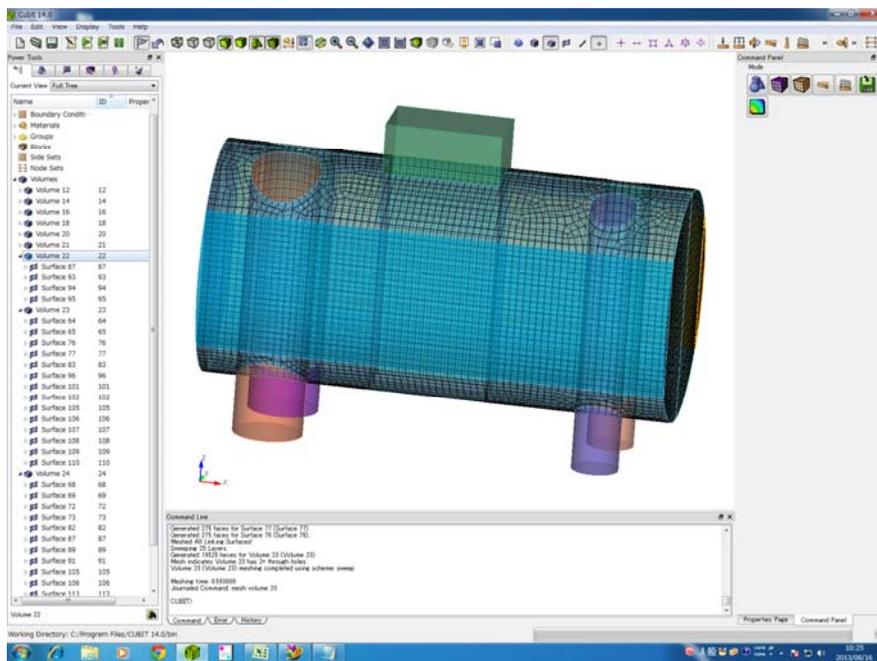
1.6 Pave



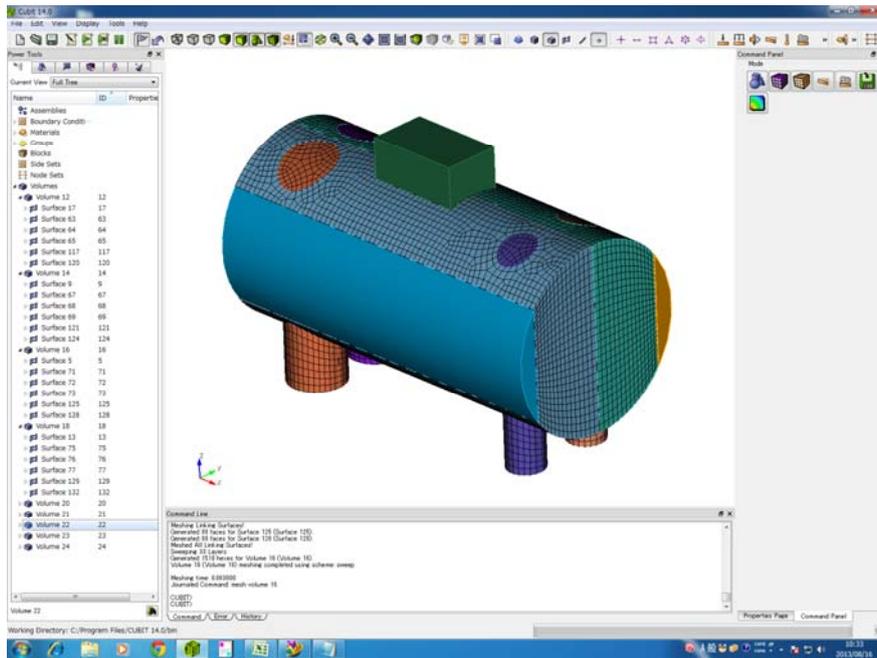
1.7 Mesh



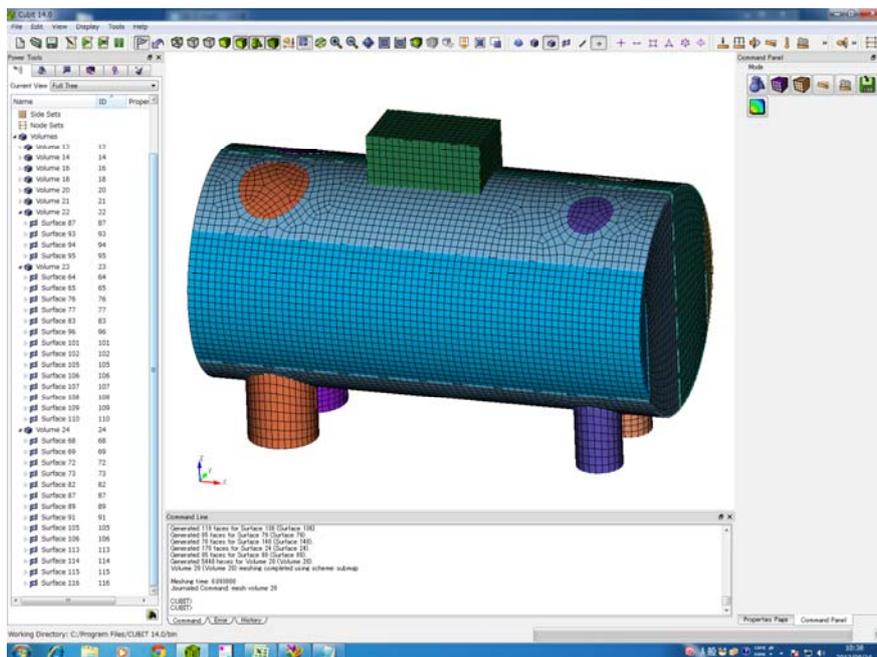
1.8 Sweep



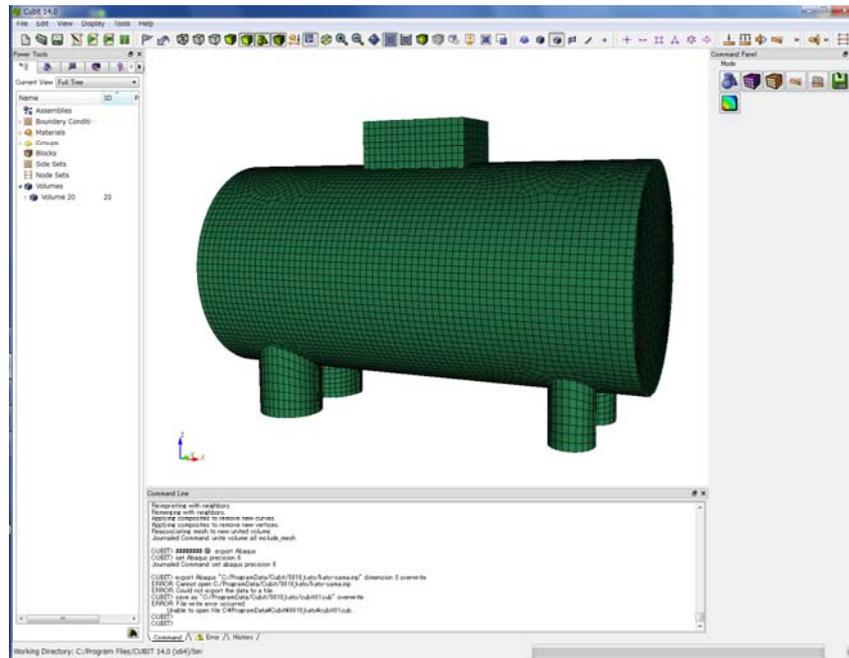
1.9 Mesh & Sweep



1.10 Mesh Volume

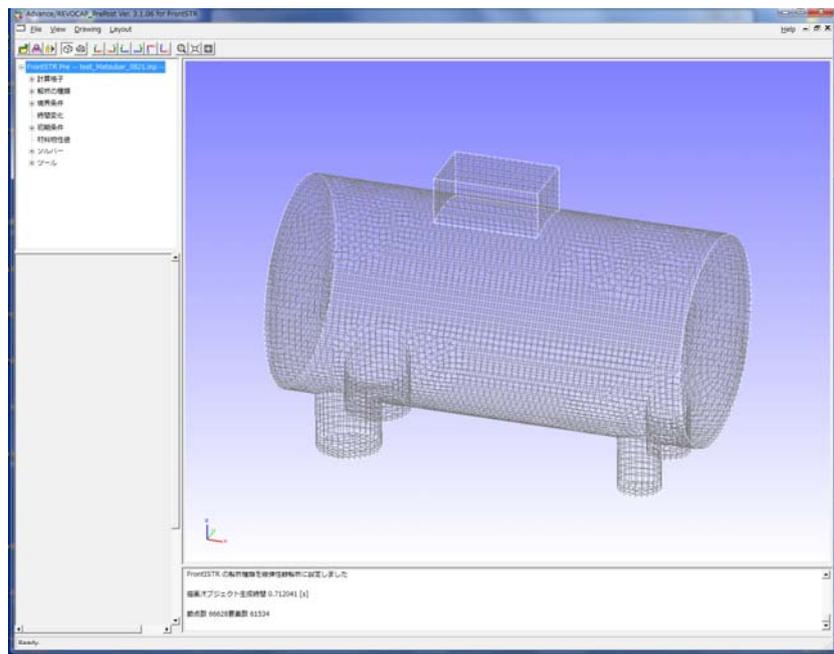


1.11 まとめ (Unite Volume)

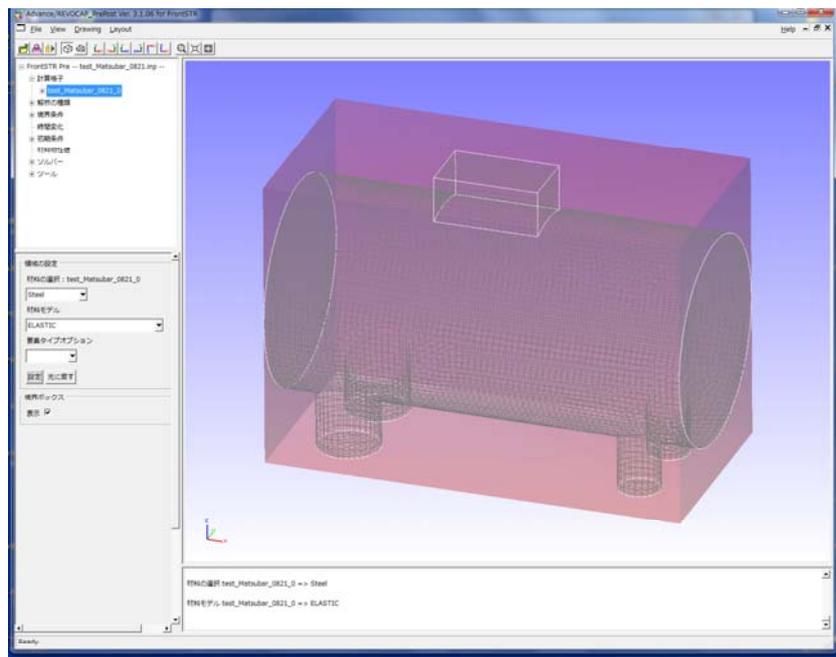


2. REVOCAPにて境界条件・荷重条件を設定

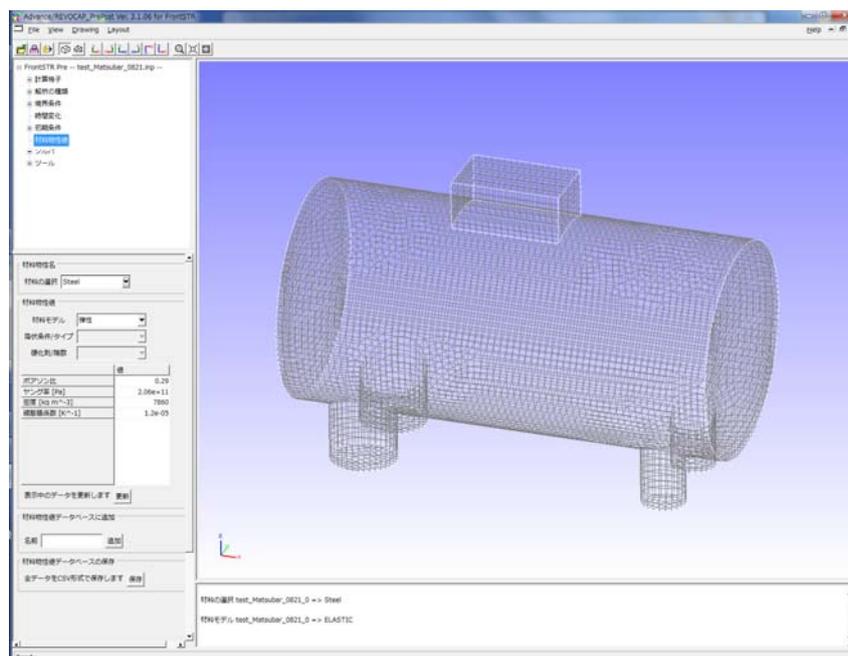
2.1 ABAQUSデータインポート



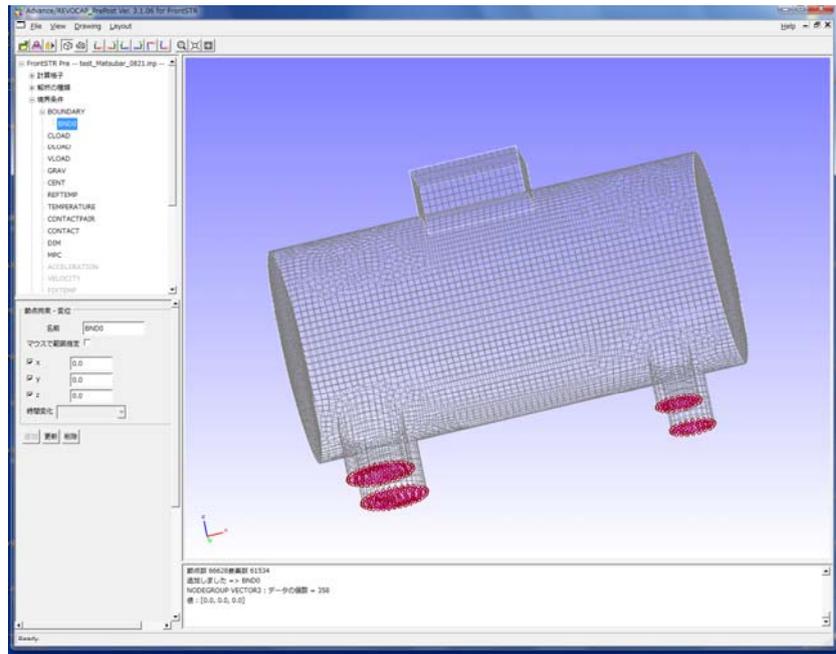
2.2 材料の選択



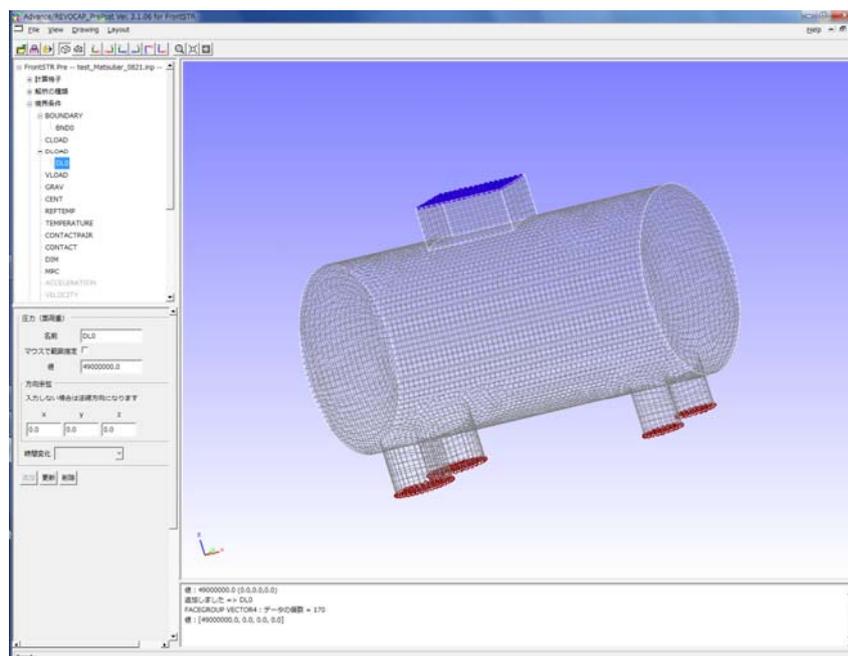
2.3 材料物性値の選択



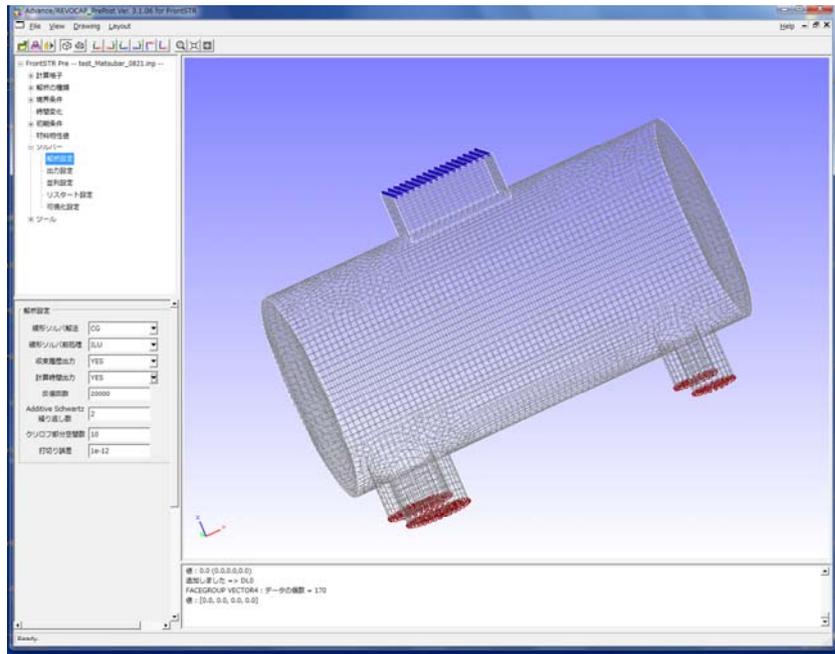
2.4 拘束条件の設定



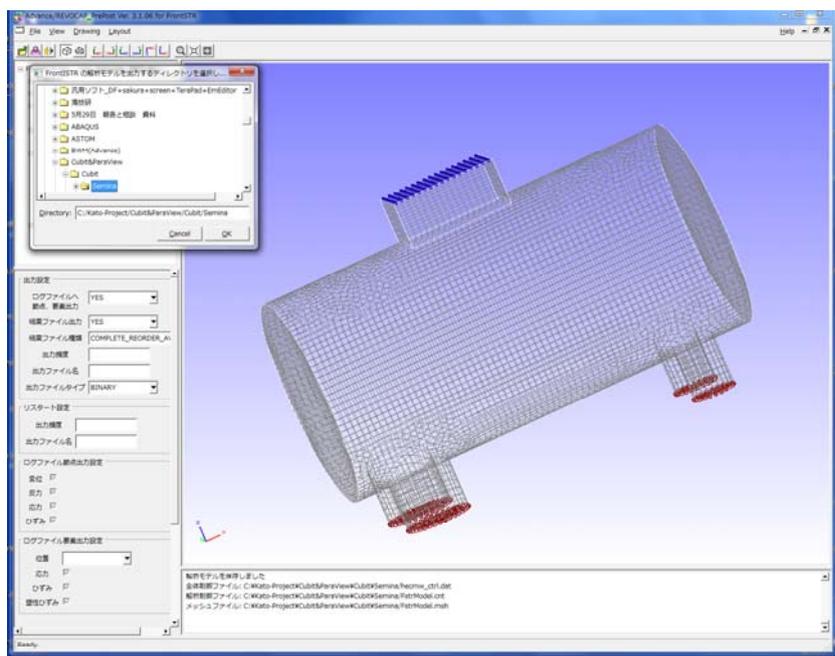
2.5 荷重条件の設定



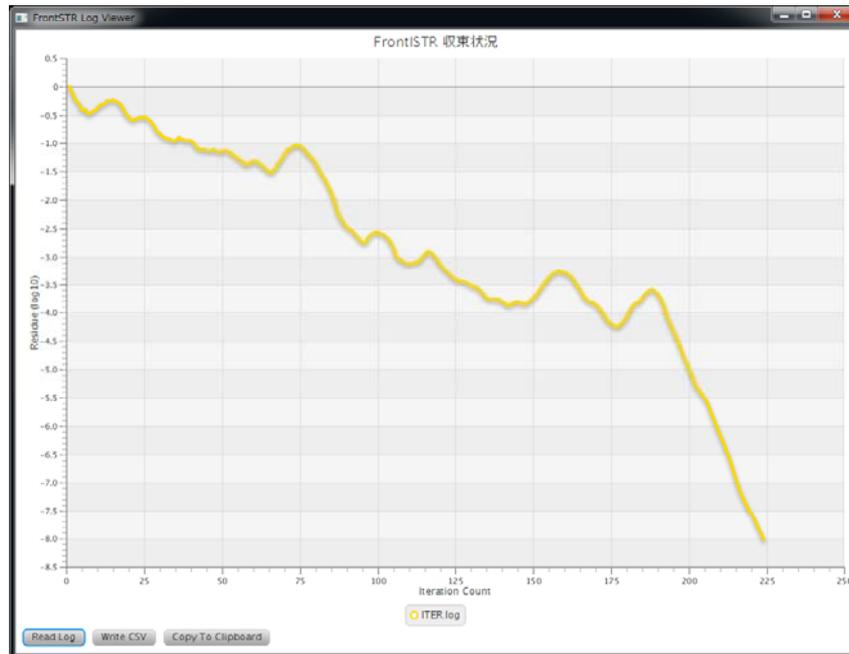
2.6 解析設定



2.7 解析モデルの出カディレクトリ選択

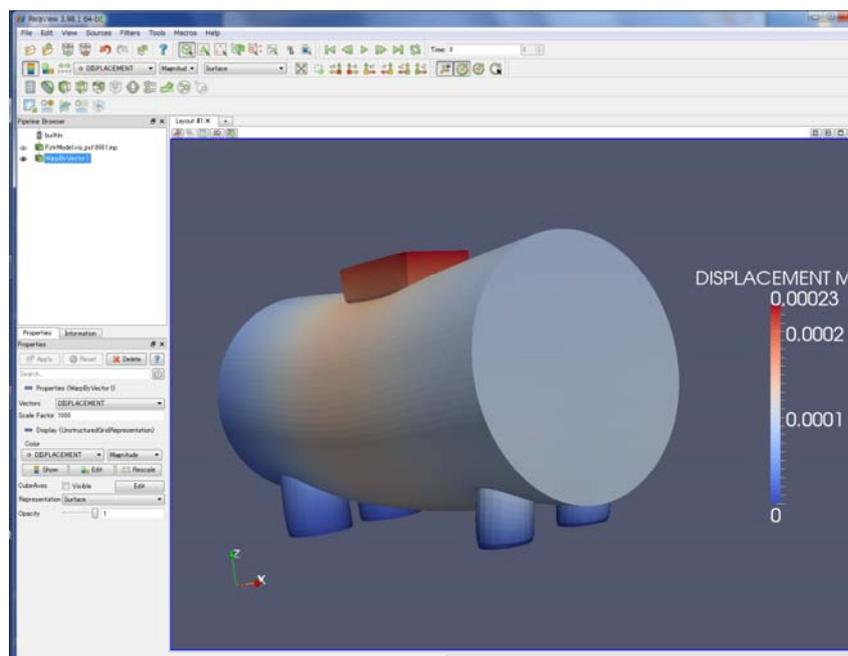


4. REVOCAPにて収束履歴・積分点の値等確認

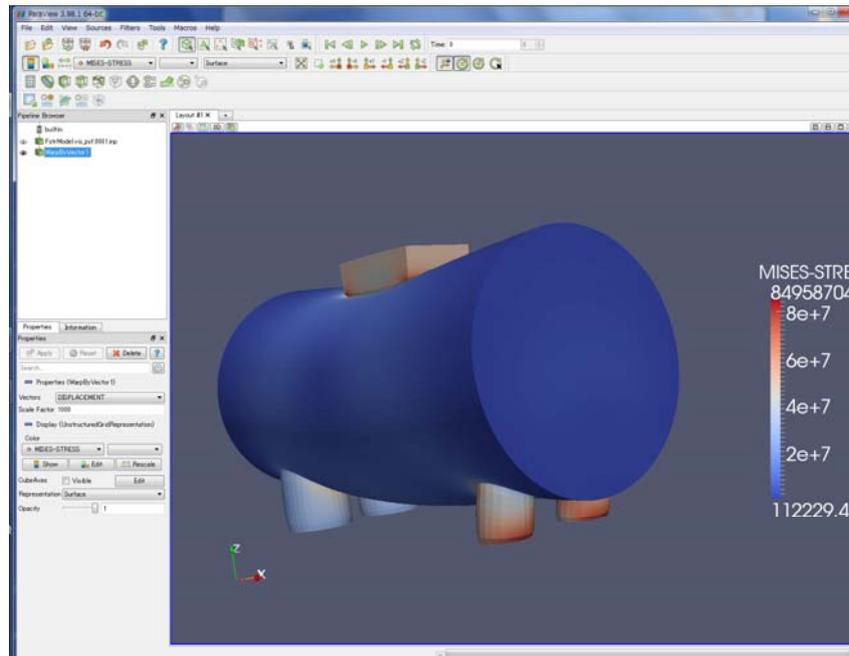


5. ParaViewにて解析結果の可視化

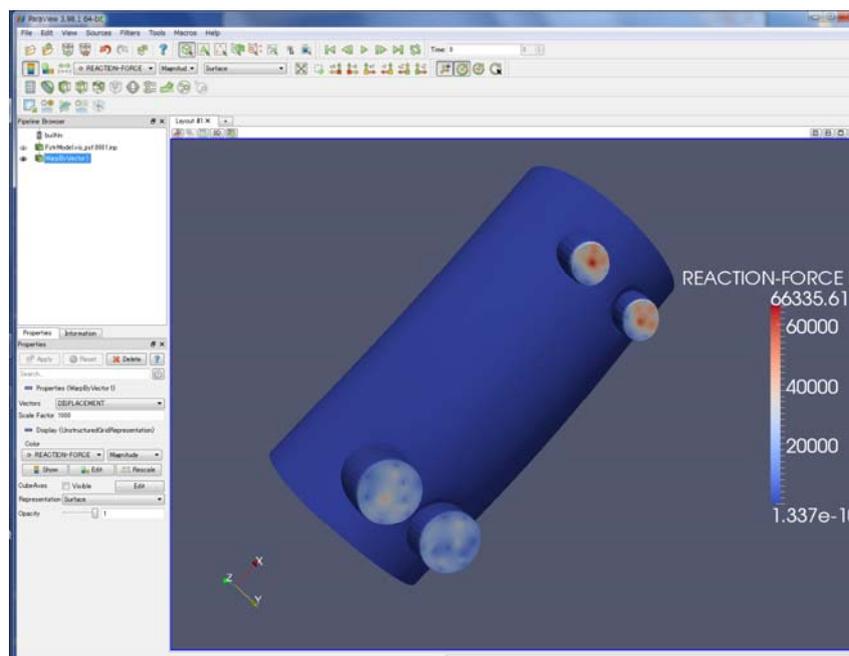
5.1 DISPLACEMENT



5.2 MISES STRESS

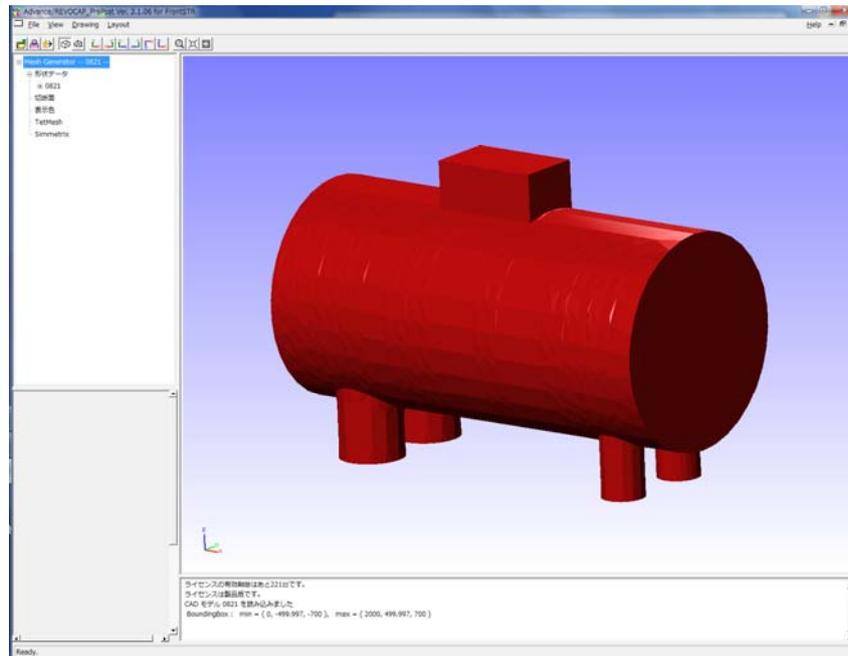


5.3 REACTION

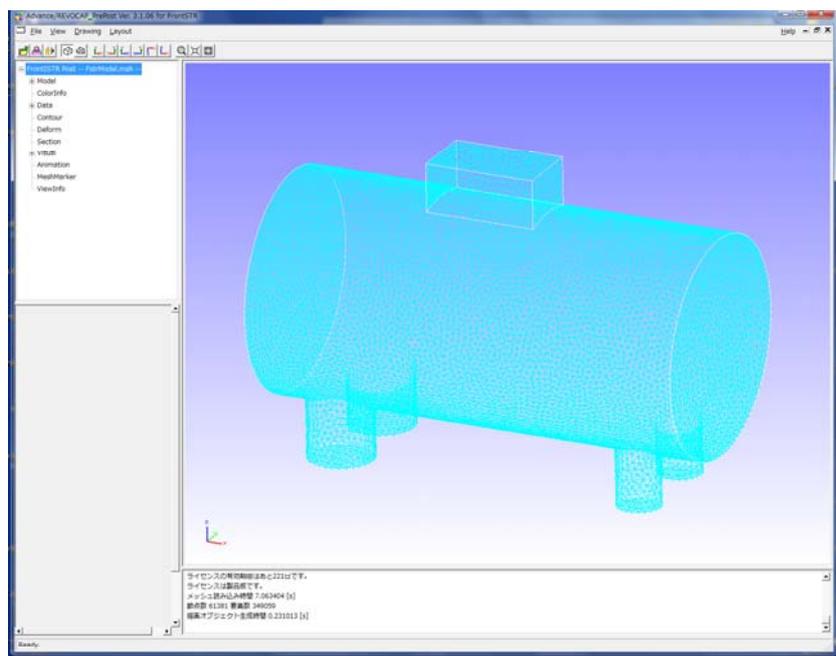


6. REVOCAPのみにてメッシュ生成・解析・結果確認をする例

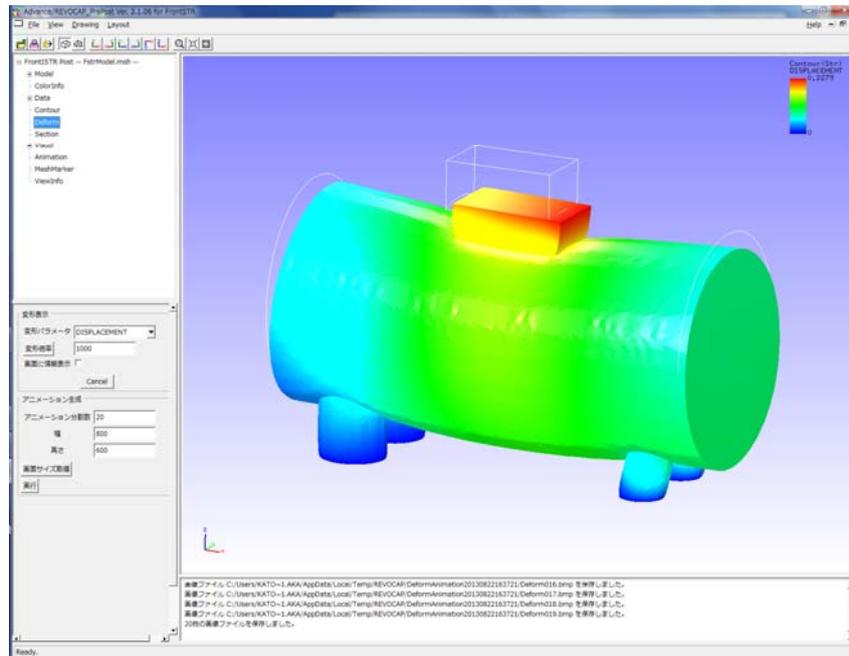
6.1 CAD(IGESファイル)入力



6.2 メッシュ生成(四面体)

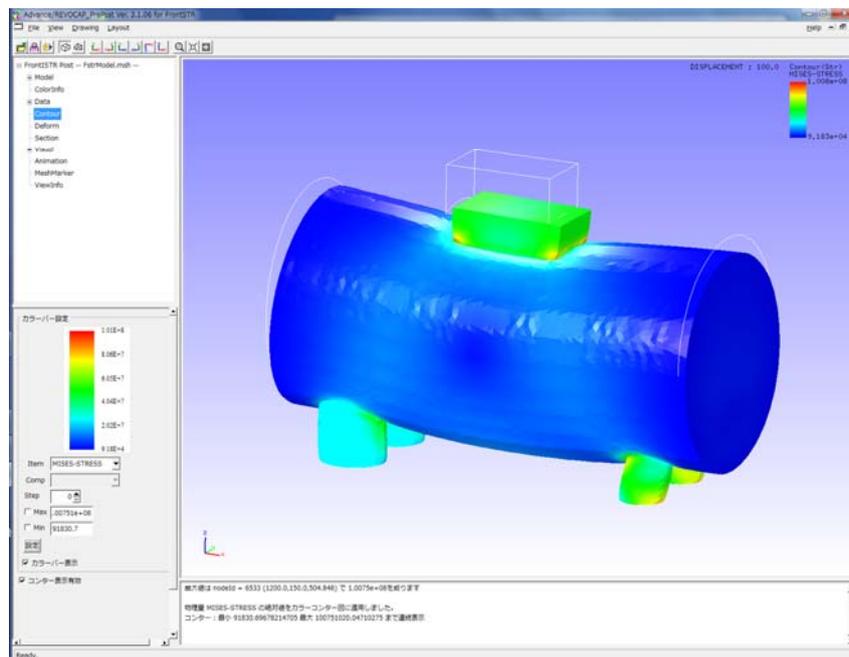


6.3 解析結果 (Displacement)



変形(mm)
 Tet=0.228
 Hex=0.23

6.4 解析結果 (Mises Stress)



応力Pa(xE+8)
 Tet=1.01
 Hex=0.85
 許容応力
 鋼: 4.1E+8 Pa