

アドバンスソフトの構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR最新動向セミナー

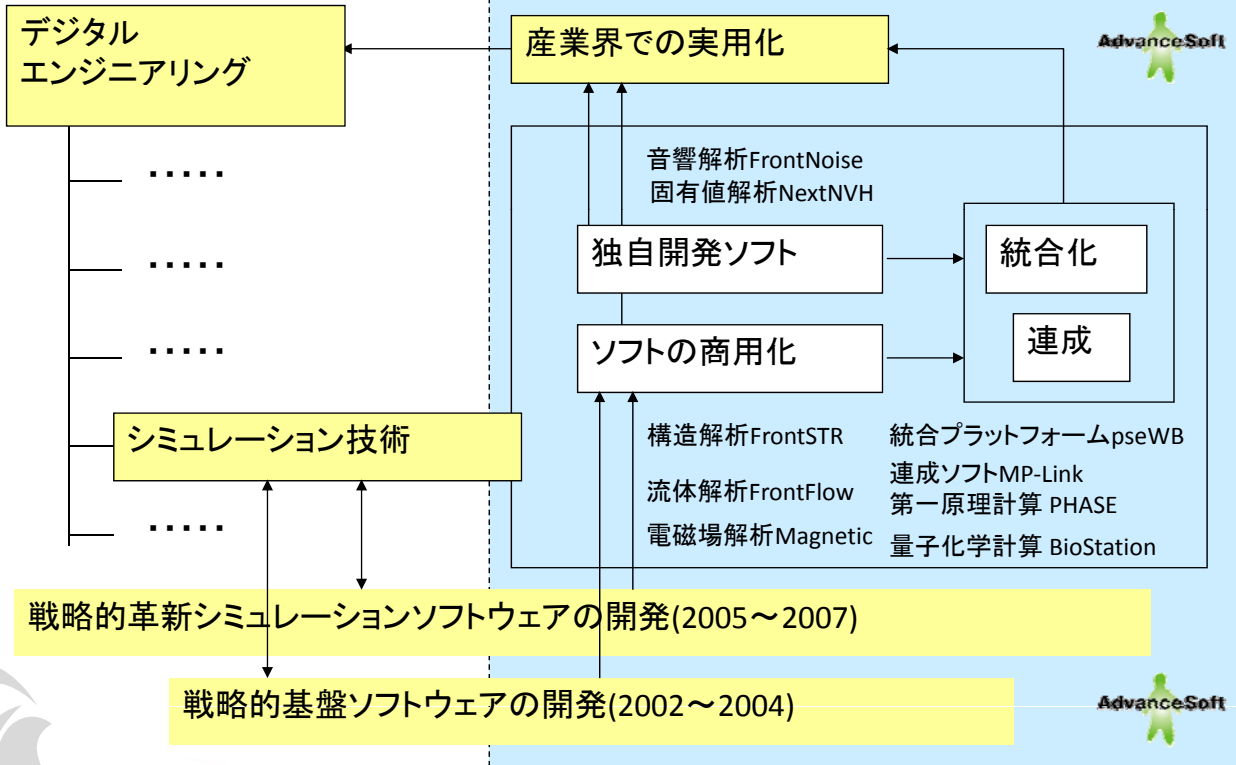
2013年11月12日(火)開催
アドバンスソフト株式会社

本日のプログラム

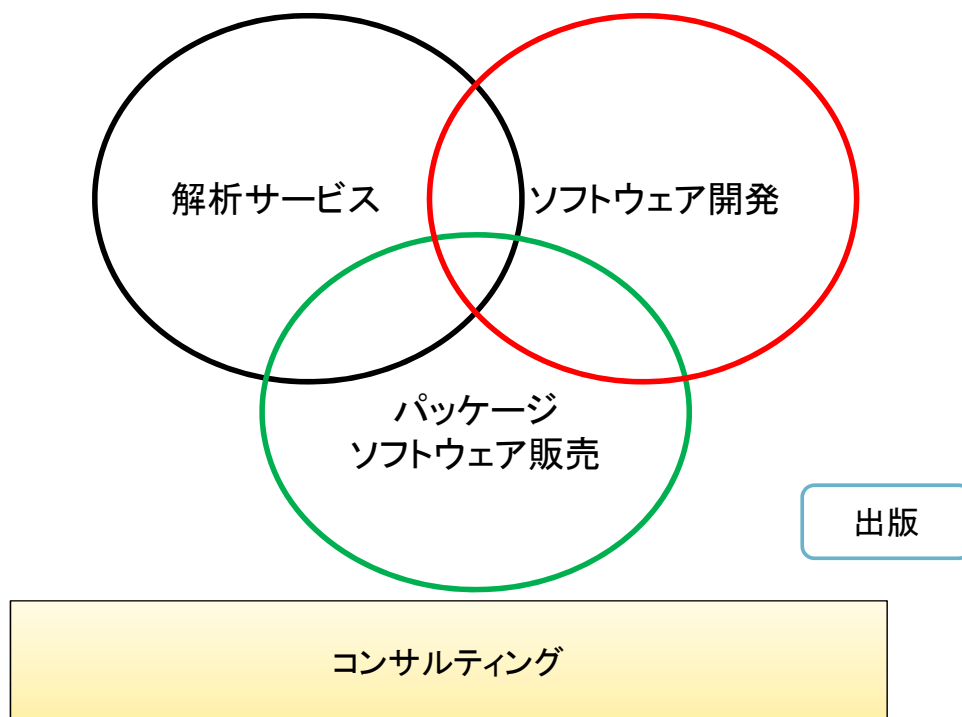
- 13:30～13:45 ご挨拶～アドバンスソフトの会社概要、製品ラインナップ～
- 13:45～14:15 構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR Ver5.0の新機能
- 14:15～14:45 構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR の大規模解析と
連成解析への取り組み
- 14:45～15:00 休憩
- 15:00～15:20 構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR の例題ご紹介
- 15:20～15:35 プリポストプロセッサAdvance/REVOCAPの概要と
特徴のご紹介
- 15:35～15:50 価格および関連サービスご紹介
- 15:50～16:05 質疑応答

アドバンスソフトとは

産業界のニーズ



事業内容



流体解析分野

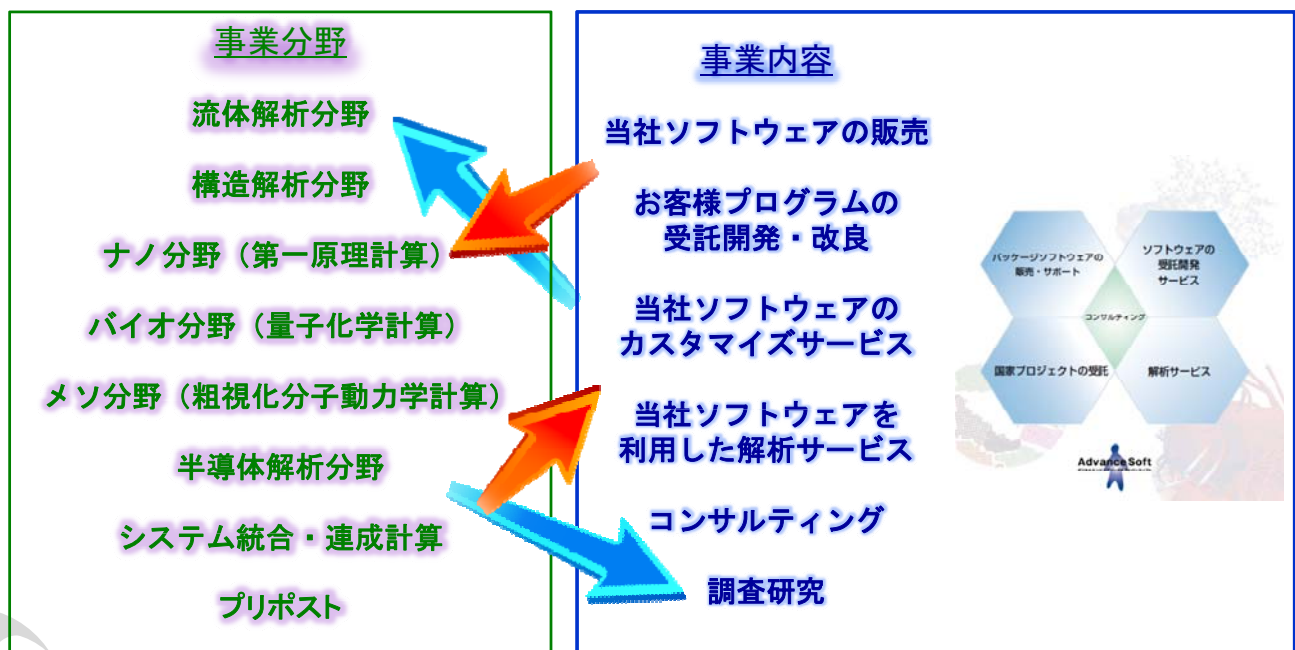
構造解析分野

ナノ分野

半導体分野

プリポスト分野

事業分野と事業内容



ソフトウェア名称	解析内容
Advance/PHASE	第一原理計算ソフトウェア
Advance/FrontFlow/red	流体解析ソフトウェア
Advance/FrontFlow/MP	気液二相流解析ソフトウェア
Advance/FrontFlow/FOCUS	高速流・爆発解析ソフトウェア
Advance/FrontNet	管路系1次元流体解析ソフトウェア群
Advance/FrontSTR	構造解析ソフトウェア
Advance/FrontNoise	音響解析ソフトウェア
Advance/REVOCAP	構造解析・流体解析プリポストプロセッサ
Advance/DESSERT	半導体デバイスシミュレータ

※上記は主要パッケージを掲載しています。詳細は弊社HPをご参照ください。

汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP と 流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red

Advance/FrontFlow/redの特長

① 文部科学省のプロジェクトで開発したFrontFlow/redをアドバンスソフトが改良・実用化したソフトウェア → 国産のソフトウェア

世界トップ水準のシミュレーションソフトウェアを作る国家プロジェクト

「戦略的基盤ソフトウェアの開発」プロジェクト (2002~2004年度)
「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発」プロジェクト(2005~2007年度)

東大生産技術研究所が中核拠点

FrontFlow/red Ver3.0(フリー版)

← アドバンスソフトが
主要な開発を担当

Advance/FrontFlow/red Ver5.0(現在)

← アドバンスソフトが
改良・実用化

② ラージ・エディ・シミュレーション (LES) による流体解析

③ 開発技術者によるお客様のサポート

④ 柔軟なカスタマイズ対応 → お客様が必要とする機能の追加

大規模・並列計算を低コストで実現するカスタマイズ性の高い国産ソフト

機能一覧

物理モデル	<p>基本機能：定常/非定常/非圧縮性/圧縮性/低 Mach 数近似/強制対流/自然対流/固体-流体間の熱伝導 (固体内部の熱伝導材を含む)</p> <p>乱流モデル：LES (標準 Smagorinsky モデル、Dynamic Smagorinsky モデル) / DES (RANS は SST モデルあるいは Spalart-Allmaras モデル) / DNS / 低レイノルズ数型 k-ε モデル / 高レイノルズ数型 k-ε モデル / RNG k-ε モデル / Chen k-ε モデル / SST モデル / 壁面近傍一定 / 低レイノルズ数効果考慮した 2 層ゾーンモデル (Enhanced Wall Treatment)</p> <p>輻射：有媒体放射 / モンテカルロ法 / ソーン法</p> <p>ガス燃焼・化学反応モデル：素反応 (逆反応、三体反応、圧力依存、ユーザー定義) / 渦割断 / 総燃焼 (スス生成を含む) / flamelet モデル</p> <p>表面反応モデル：素反応 / Sticking 吸着モデル / LHER 表面総燃焼モデル / Bohm プラズマモデル / マルチサイト (保存、非保存型アルゴリズム) / マルチ反応メカニズム / マルチバルク成長</p> <p>物性値：一変数 / Sutherland モデル / 簡略化モデル / kinetic theory / 実在ガスモデル / 物性値テーブル参照機能</p> <p>粒子追跡機能 (Eulerian-Lagrangian 2way)：固体粒子と流体 (気体でも液体でも可) の二相流 / 液滴と気体の二相流 / 液滴燃焼モデル</p> <p>弾性 (乱流音)：Lighthill-Curle モデル / Ffowcs Williams and Hawkings モデル</p> <p>多孔質体モデル：タルシール / ヘビ系則</p> <p>自由表面：VOF 法 (RANS と併用) / 表面張力 / 壁の滑り性 / LEVEL SET 法</p> <p>圧縮性二相流機能：キャビテーション (均質流モデル) / 圧縮性自由表面 (Ghost Fluid 法) ※カスタマイズにて対応いたします。</p>
メッシュ	6 面体 (ヘキサ) / 4 面体 (テトラ) / 3 角柱 (プリズム) / 4 角錐 (ピラミッド) / これらメッシュの混合 / 不連続幾何格子 / 厚みの薄い壁 (メッシュジェネレーター駆動)
メッシュ移動	スライディングメッシュ機能 (不連続幾何格子) / 移動格子 / メッシュ追加・削除
疎散化	有限体積法 / 節点中心法 / セル中心法
行列ソルバー	ICG 法 / BICGSTAB 法 / 複数マテリアル AMG
アルゴリズム	SIMPLE 法 / Rhie-Chow 補間法による圧力振動の抑制 / Muzafarjia の手法による拡散項の精度向上
時間積分法	Euler 陽解法 / Euler 陽解法 / 2 次精度 Crank-Nicolson 法 / 2 次精度 Adams-Bashforth 法 / 3 次精度 Adams-Moulton 法 / 4 次精度 Runge-Kutta 陽解法
無次元計算ソルバー	Operator Splitting Method / ODE ソルバー
移動項の高階化スキーム	1 次精度風上差分 / 2 次精度風上差分 / 2 次精度風上差分 + リミタ (TVD 法) / 2 次精度中心差分 / 3 次精度風上差分 + リミタ (TVD 法) / 2 次精度中心差分および 3 次精度風上と 1 次精度風上のブレンド
並列計算	領域分割法による並列計算 / 並列数を変えたリスタート (省メモリ化)
解処理	省メモリ化
メッシュ生成	Advance/REVOCAP / 市販メッシュャーとの連携についてはお気軽にご相談ください。
可視化ツール	Advance/REVOCAP / ParaView / 市販可視化ソフトとの連携についてはお気軽にご相談ください。
ユーザーインターフェース	初級版 (流体と粒子) / 複相流解 / 製品のスライス面 / 運動解のスライス面 / エネルギーのスライス面 / 燃焼速度 / 気相反応 / 表面反応 / 移動格子 / 輸送係数 / 実在ガスモデルのパラメータ拾取 / 種類特定 / パスト処理
OS	Linux / Windows / 等 (* Windows 版は並列計算に対応していません。)

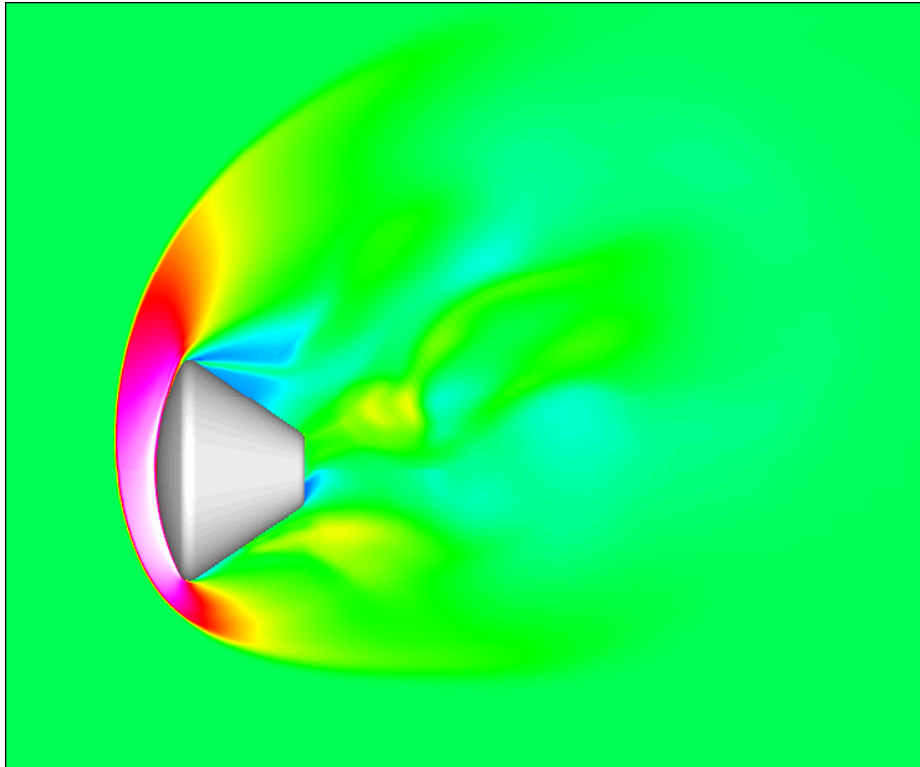
※赤い文字は Advance/FrontFlow/red Ver. 5.1 からの新機能

汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP と 高速流解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/FOCUS

Advance/FrontFlow/FOCUSの基本機能

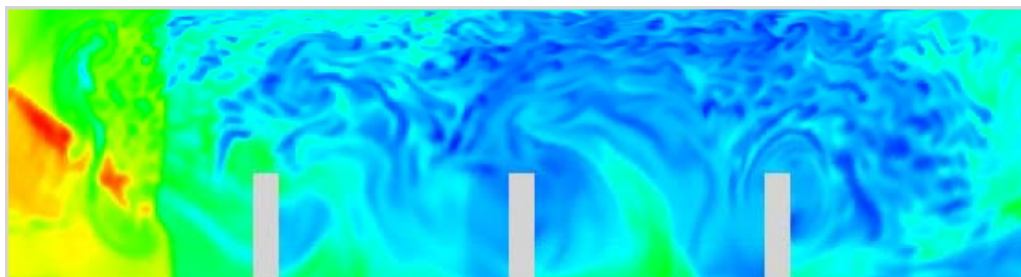
- 時間積分
 - オイラー陰解法(LU-SGS陰解法、LU-ADI陰解法)
 - 2次または4次精度ルンゲ-クッタ陽解法
- 移流項
 - 種々の衝撃波捕獲スキーム
 - 3次精度TVD補間
 - 5次精度WENO補間
- 燃焼モデル
 - 火炎モデル
 - 層流火炎モデル(高野モデル)
 - 乱流燃焼速度モデル
- RANS
 - Baldwin-Lomax 0方程式モデル
 - Spalart-Allmaras 1方程式モデル
 - 標準k-ε 2方程式モデル
- LES
 - Smagorinskyモデル
 - Dynamic Smagorinskyモデル
 - DES

速い流れの解析



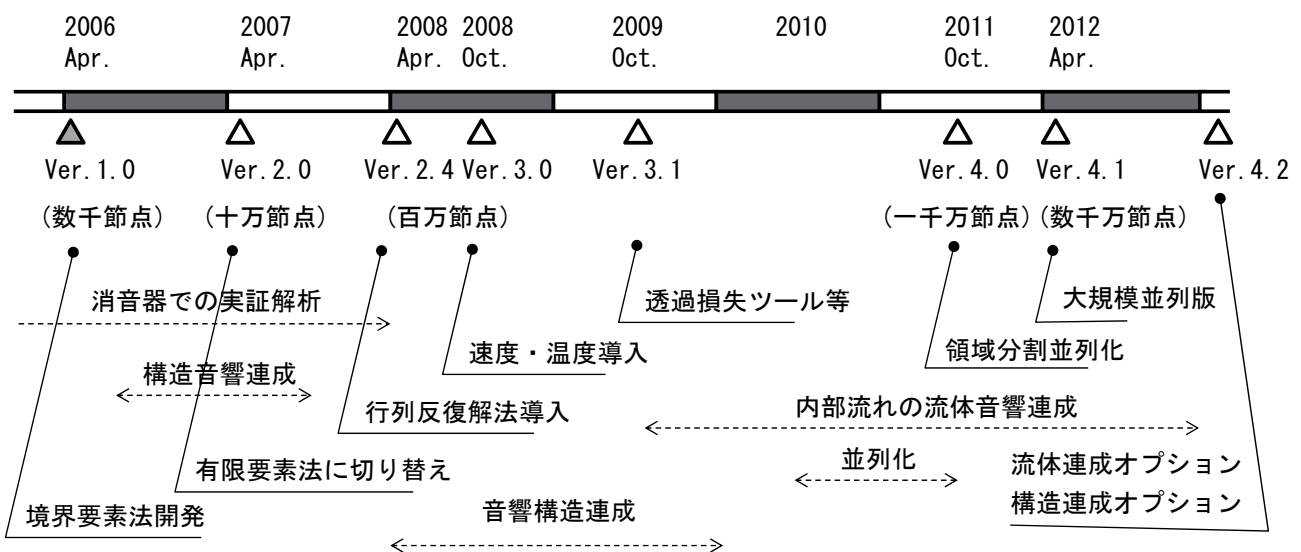
温度分布
(マッハ数 $M=3$ 、レイノルズ数 $Re=4 \times 10^6$ 、迎角 $\alpha=20^\circ$
形状については次のURLを参照下さい <http://www.astronautix.com/craft/orioncm.htm>

火炎の伝播の解析例



汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP と 音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise

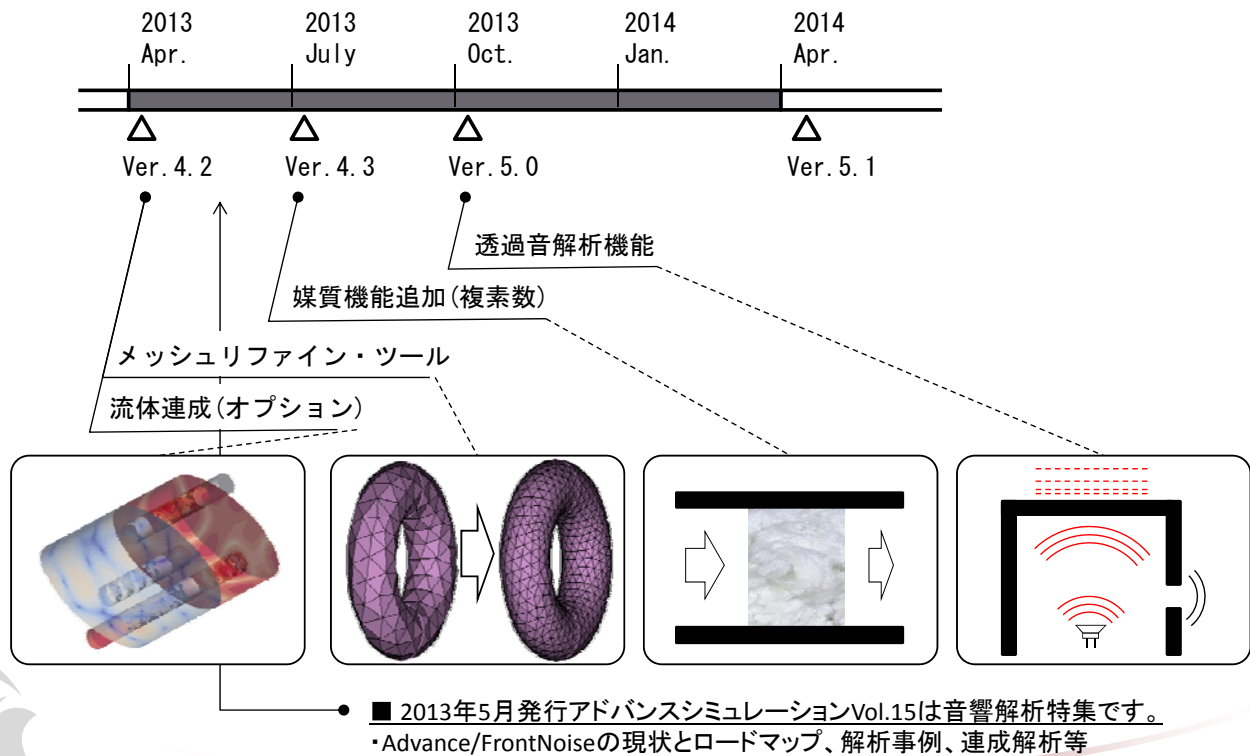
Advance/FrontNoiseの開発経緯



■ 技術雑誌: アドバンスシミュレーション

- [1] 桑原匠史, "Advance/FrontNoiseを用いた音響解析" Vol.2(2010.9)
- [2] 松原聖・桑原匠史, "Advance/FrontNoiseによる大規模解析" Vol.9(2011.10)
- [3] 松原聖, "Advance/FrontNoiseによる大規模解析一統報一" Vol.13(2012.10)
- [4] 松原聖・戸田則雄, "Advance/FrontNoiseによる構造音響および流体音響連成解析" Vol.14(2013.1)

今後のバージョンアップ予定



さらに強化されたプリポストプロセッサ

- アドバンスソフト株式会社は幅広い分野のシミュレーションソフトウェアとその解析環境を支援する**プリポストプロセッサ「Advance/ REVOCAP」**を開発、販売しております。
- この度 **Advance/REVOCAP** と並んで、米国サンディア国立研究所で開発された**「Cubit」**をベースにしたM&T社**「Cube-it CFD」**をアドバンスソフトの製品ラインナップに加え、販売してまいります。また、フリーソフトウェアとして広く普及している可視化ソフトウェア**「ParaView」**の利用者向けの**「ParaView利用サポートサービス」**を開始いたします。

facebook、YouTubeでも関連記事を掲載中

<http://www.facebook.com/advancesoft.jp>



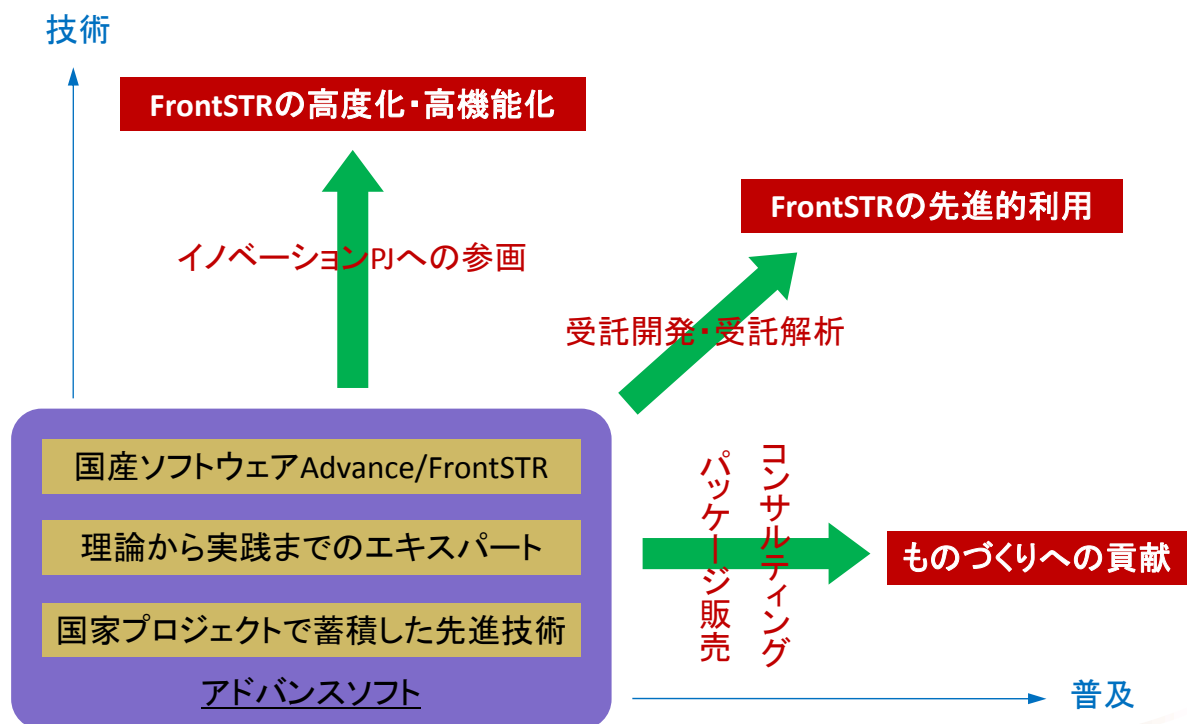
<http://www.youtube.com/user/advancesoft>



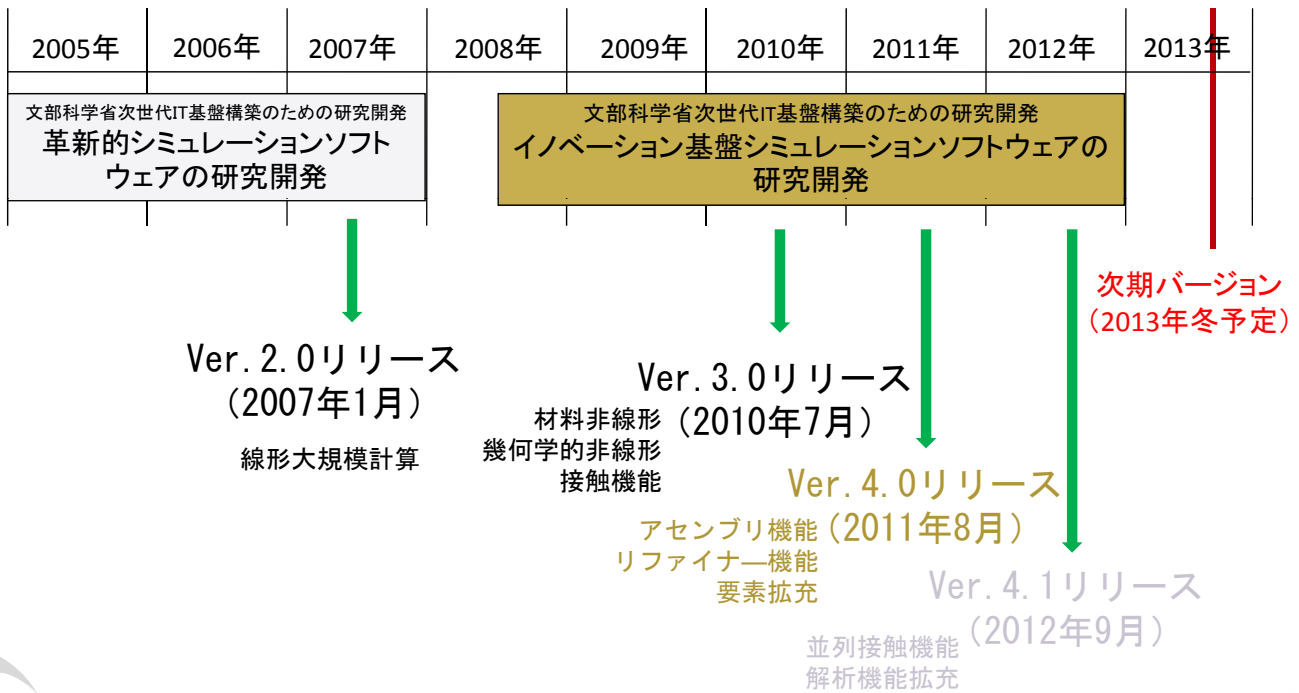
アドバンスソフトは、高度な技術力、開発力、人材を武器に、最先端理論を応用した解析シミュレーションソフトウェアを開発・販売しています。受託解析、受託開発、パッケージソフトウェア、コンサルティング等多様なソリューションを通じて、お客様の問題解決に即戦力として貢献します。

構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR

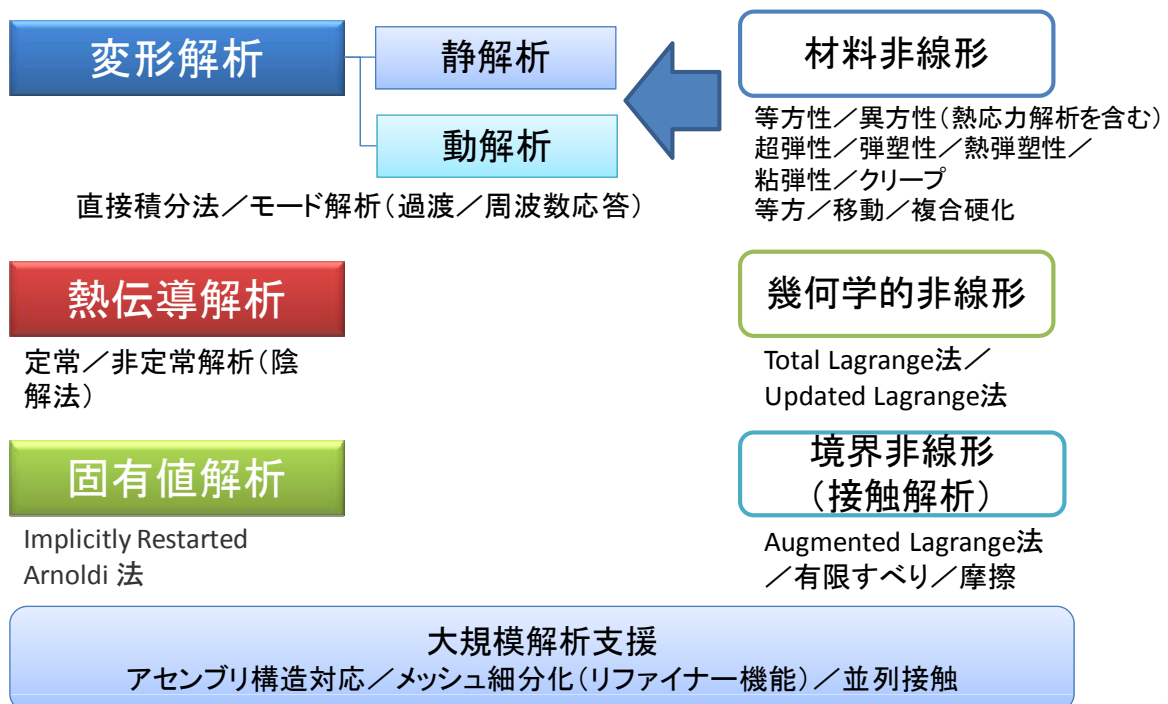
構造解析分野に関する当社の取組み



Advance/FrontSTRの開発経緯

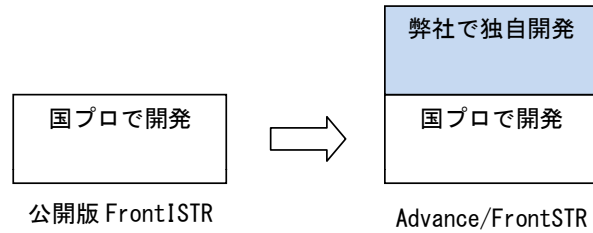


Advance/FrontSTRの機能



公開版からの発展状況

- 弊社技術者も参加して公開版 FrontISTRの開発を行っています。公開版の開発内容はすべて Advance/FrontSTRに反映されています。さらに Advance/FrontSTRでは独自拡張や修正を加えています。



項目	内容	Advance/FrontSTR	公開版FrontISTR
変形解析—動解析	直接積分法	中央差分法、Newmark-β法 HHT法	中央差分法、Newmark-β法
	モード解析	○	—
接触解析	並列接触解析	○	—
ソリッド要素	ピラミッド要素	○	—
	低減積分要素	○	—
	要素タイプ選択 (非適合要素、B-bar要素)	ユーザー指定	自動

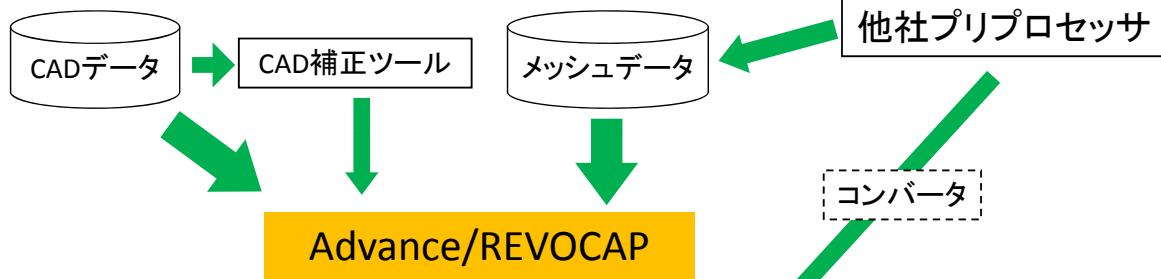
(続く)

公開版からの発展状況(続き)

項目	内容	Advance/FrontSTR	公開版FrontISTR
構造要素	シェル要素	2次要素、非線形解析にも対応	1次要素、線形解析のみ対応
	梁要素	○	—
	トラス要素	○	—
特殊要素	質量要素	○	—
	慣性モーメント要素	○	—
材料	超弾性材料	Neo-Hookeモデル、Moonne-Rivlinモデル、Arruda-Boyceモデル、Yeohモデル、Ogdenモデル、Polynomialモデル、Reduced-Polynomialモデル、Hyperfoamモデル	Neo-Hookeモデル Moonne-Rivlinモデル Arruda-Boyceモデル
	温度依存性	弾性材料(弾性/超弾性/粘弾性)、非弾性材料(弾塑性、粘弾性、熱弾塑性)に対応	弾塑性材料のみ対応
	異方性材料	弾性材料、熱膨張係数	—
境界条件	初期条件の設定	温度、速度、加速度	温度
	AMPLITUDE(時系列データ)の設定	境界条件ごとに設定可能	STEPごとに設定(境界条件ごとには不可)
	DLOAD	+面グループの静水圧	
	DLOAD	+追随力	
その他	局所座標	○	—

Advance/FrontSTRによる解析環境

プリ処理



解析実行

Advance/FrontSTR

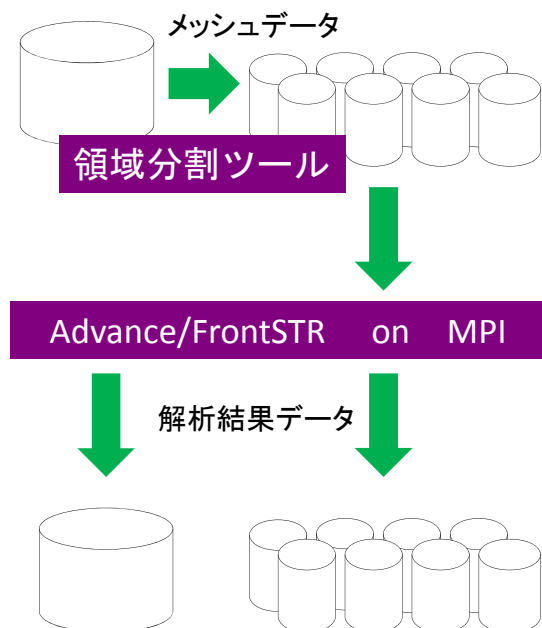
ポスト処理

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

本日のセミナーでのご紹介内容

- Advance/FrontSTRのトピックス
 - 混在自由度解析
 - 直接法による並列接触解析
- Advance/FrontSTRの特長
 - 大規模解析
 - 連成解析
- Advance/FrontSTRの例題
- プリポストプロセッサAdvance/REVOCAP
- 価格と関連サービス



構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR Ver.5.0の 新機能

第1事業部 末光啓二

アドバンスソフトの構造解析ソフトウェア
Advance/FrontSTR最新動向セミナー
2013年11月12日(火)
アドバンスソフト株式会社

Advance/FrontSTR Ver. 5.0 の新機能

- (1) 混在自由度解析
- (2) 直接法による並列接触解析

混在自由度解析の概要

- 6自由度要素(シェル、ビーム)と3自由度要素(ソリッド、トラス)が混在するメッシュデータによる解析
- すべての解析種別に対応(接触解析は現在作業中)
- 線形ソルバーは反復法(CG法)と直接法の双方を使用可能
- 制約事項として、使用できる反復法の前処理手法は対角ブロックスケーリングに限定

メッシュデータの記述要領

- 特別な規約なし

```
!ELEMENT, TYPE=SQUAD4, EGRP=SHELL1
  3001, 3001, 3003, 3103, 3101
  3003, 3003, 3005, 3105, 3103
  3005, 3005, 3007, 3107, 3105
  3007, 3007, 3009, 3109, 3107
```

.....

```
!ELEMENT, TYPE=CHEXA8, EGRP=SOLID1
  1, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
  2, 2, 3001, 3101, 3, 6, 11, 12, 7
  3, 4, 3, 13, 14, 8, 7, 15, 16
  4, 3, 3101, 3201, 13, 7, 12, 18, 15
```

.....

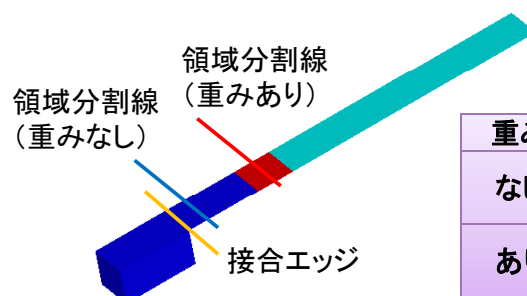
6自由度要素と3自由度要素の接合

- 節点を共有する場合
 - 6自由度要素の回転変位を内部で自動的に拘束
- 多点拘束 (MPC) で接合する場合
 - 解析制御データの !BOUNDARY で回転変位を明示的に拘束指定

領域分割の特徴

- 均一自由度の場合 (従来)
 - 節点数を均等に領域分割
- 混在自由度の場合
 - 節点自由度数を重みにして領域分割

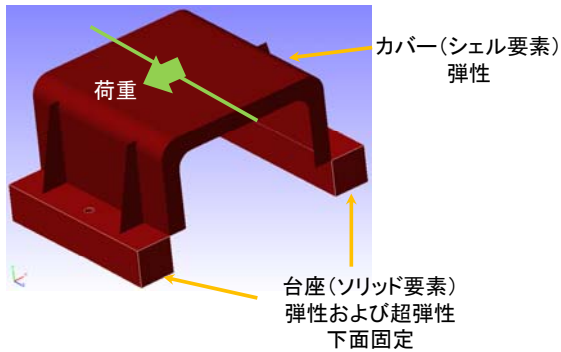
六面体要素数: 8
節点数: 27
四角形要素数: 20
節点数: 33
実質節点数: 57



重み	項目	領域0	領域1
なし	節点数	27	30
	自由度数	90	180
あり	節点数	33	24
	自由度数	126	144

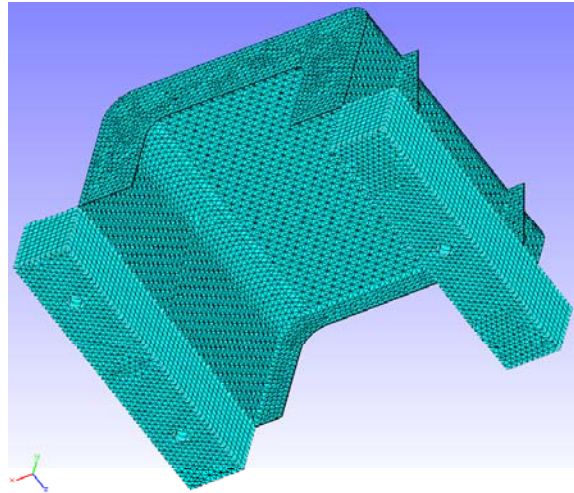
混在自由度解析例

解析モデル

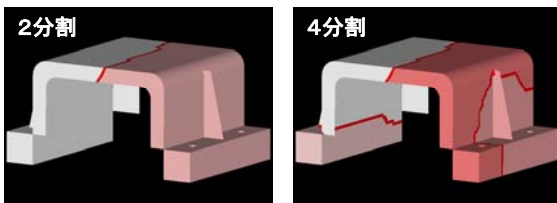


メッシュ規模

- ・カバー
 - 三角形要素 要素数: 15,565
 - 節点数: 7,937
- ・台座
 - 三角柱要素 要素数: 23,720
 - 節点数: 14,487
- 共有節点数: 1,317



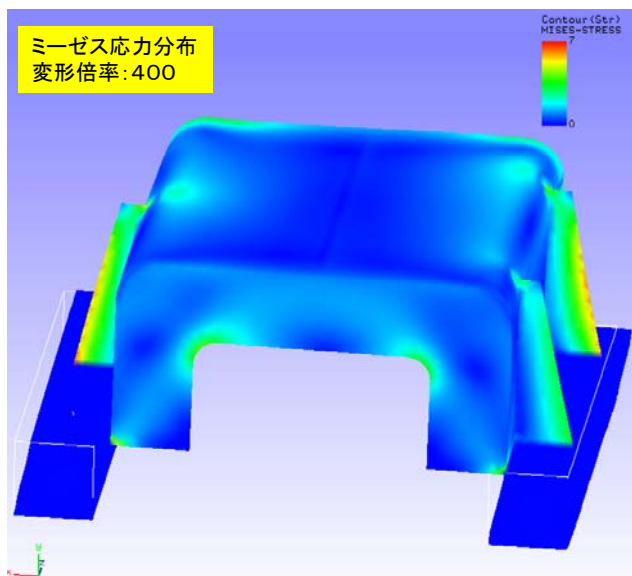
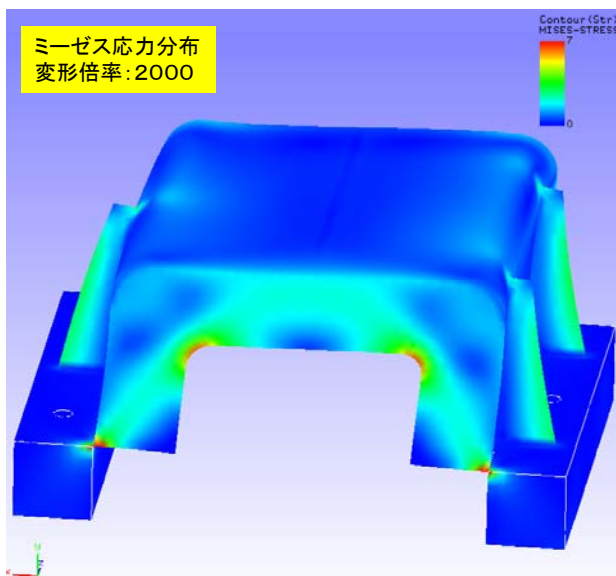
領域分割



混在自由度解析結果

台座: 弾性

台座: 超弾性



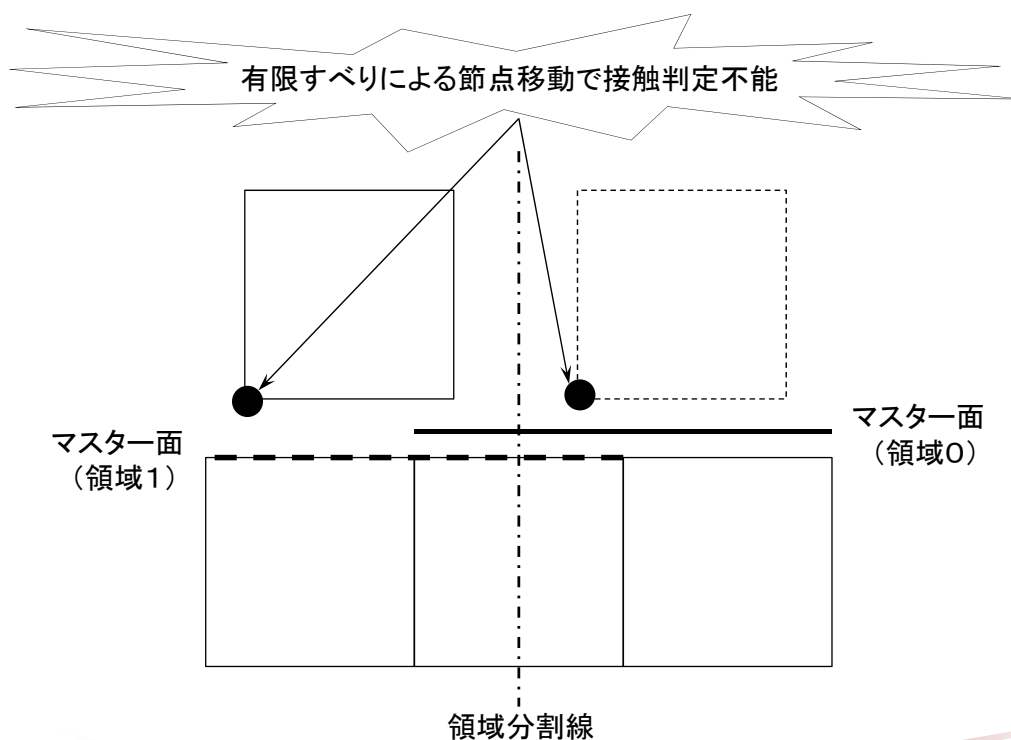
実行時間(秒)の比較

	弾性	超弾性
反復法 (逐次)	246	2,030
反復法 (2並列)	125	1,017
反復法 (4並列)	77	623
直接法 (逐次)	12	26

(1) 混在自由度解析

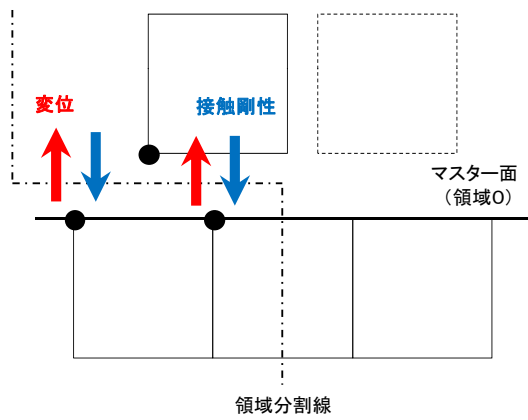
(2) 直接法による並列接触解析

接触解析の並列化に対する問題点

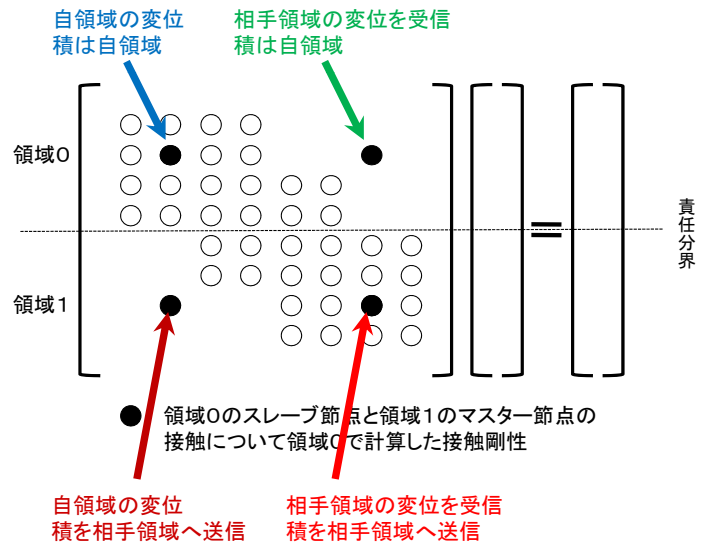


並列接触解析の実装要領

並列化方式



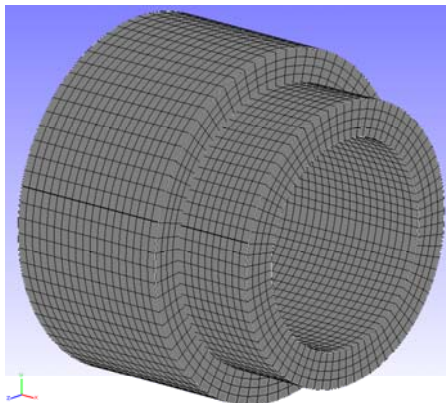
実装方法



拡張Lagrange法
反復法(CG法)に対応済
新たに、直接法に対応

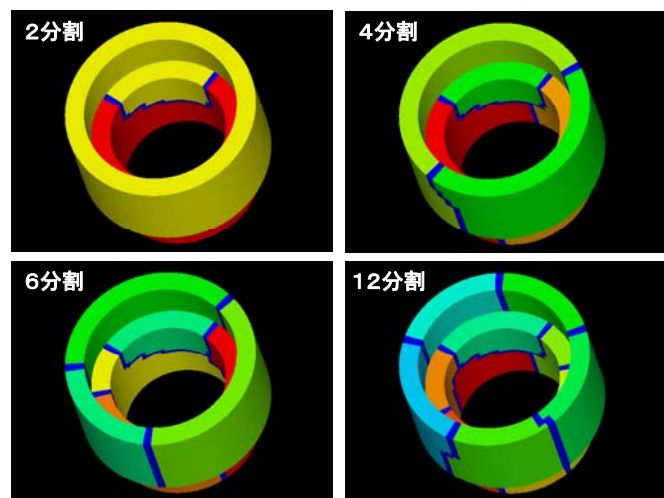
並列接触解析例

解析モデル(2重円筒の押し込み)



領域分割

・スレーブ節点の重みを2として領域分割



メッシュ規模

六面体1次要素

モデルA

要素数: 11,552 節点数: 15,180

モデルB

要素数: 92,416 節点数: 106,632

モデルC

要素数: 739,328 節点数: 795,600

使用計算機

CPU: Intel Xeon X5660 2.8GHz (6core)

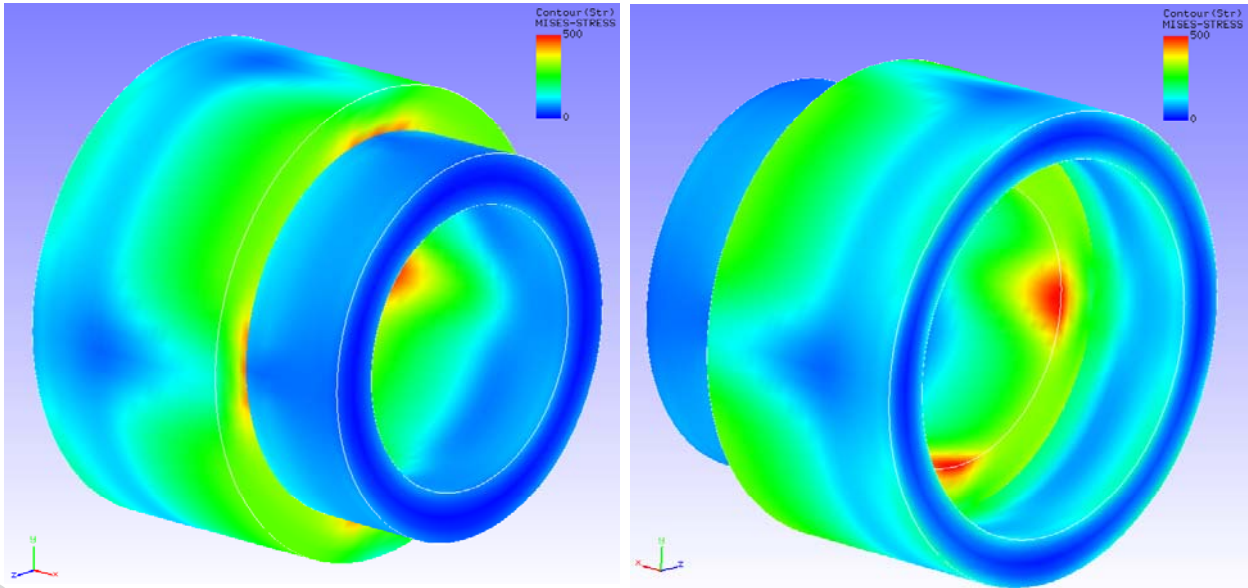
ノード構成: 2CPU

メモリ: 96GB/ノード

OS: CentOS release 5.9

並列接触解析結果

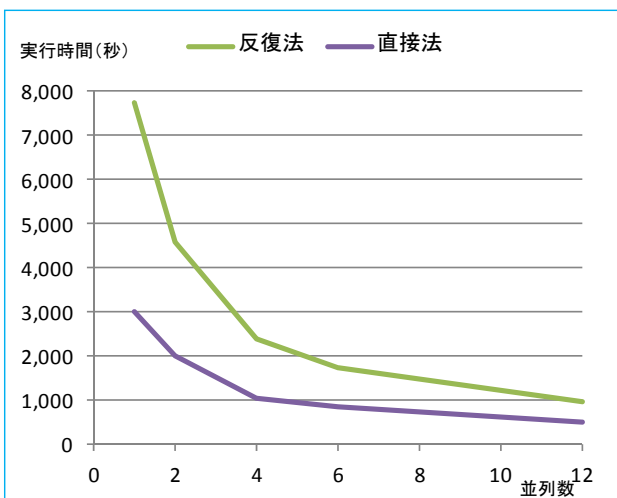
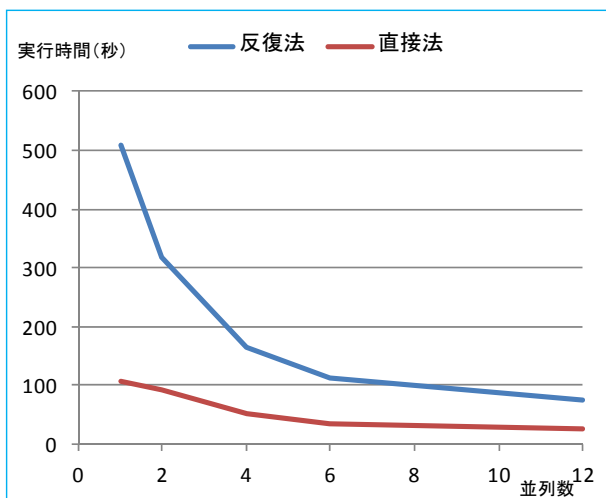
ミーゼス応力分布



実行時間の比較

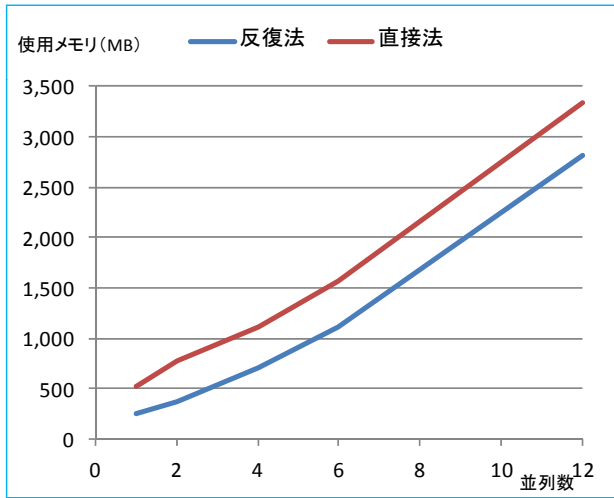
モデルA (節点数:15,180)

モデルB (節点数:106,632)

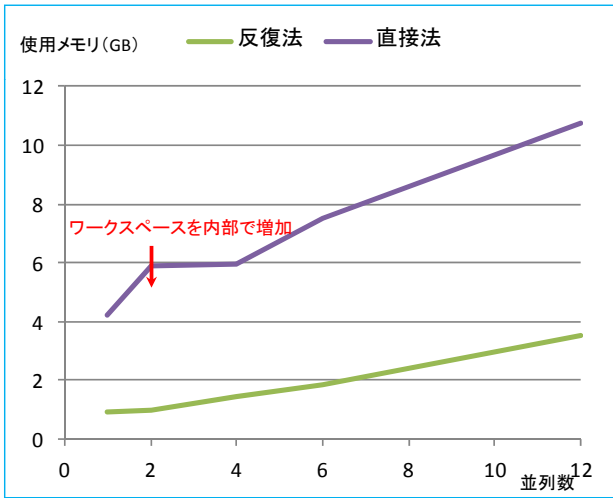


総使用メモリの比較

モデルA (節点数:15,180)

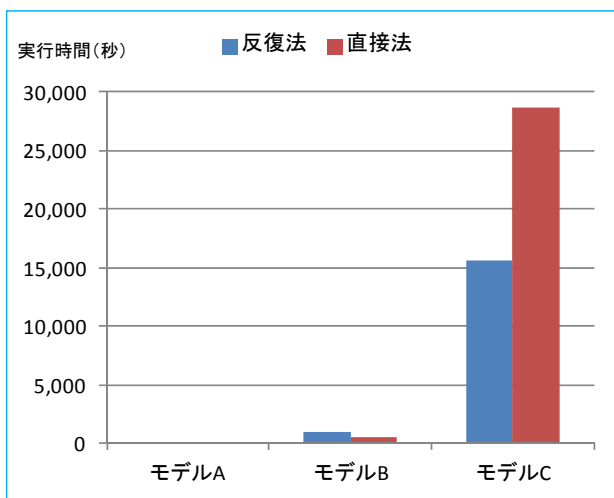


モデルB (節点数:106,632)

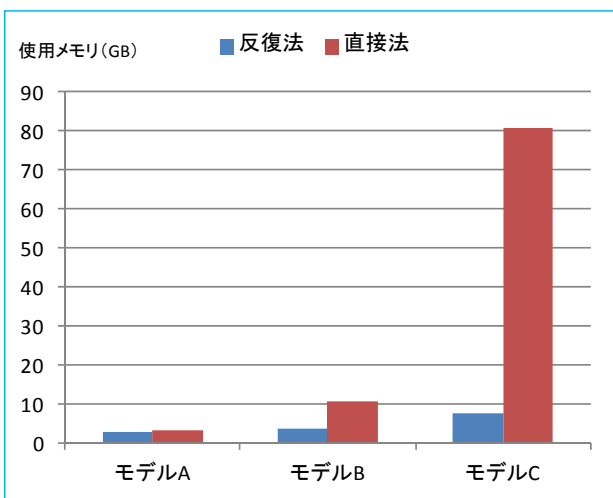


各モデルに対する比較

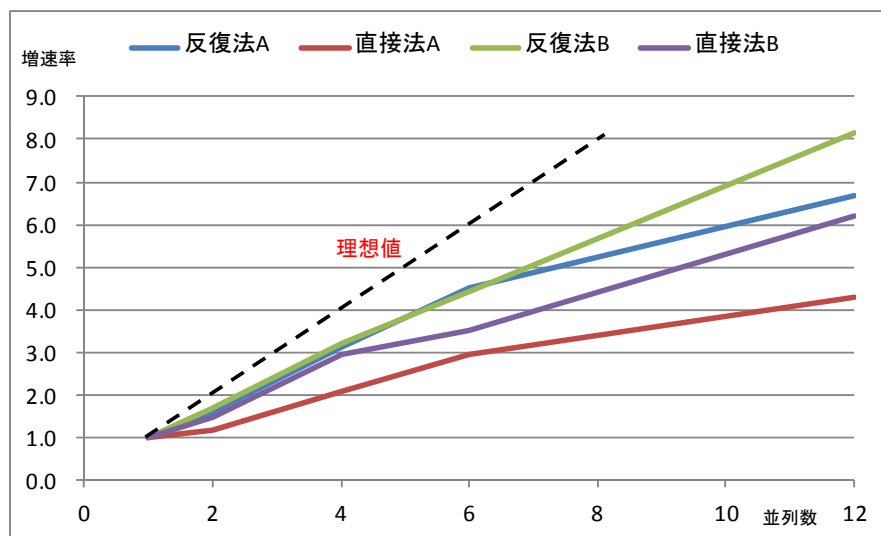
実行時間(12並列)



総使用メモリ(12並列)



並列効率の比較



本発表のまとめ

- Advance/FrontSTRにおいて、混在自由度解析を可能とした。
- 今後の課題は、反復法の収束性向上と実用解析による有用性の検証
- Advance/FrontSTRにおいて、直接法による並列接触解析を可能とした。
- 今後の課題は、大規模解析に向けた反復法の複数ノード並列性能の向上

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR の大規模解析と連成解析への取り組み

第1事業部 技術第2部 第9課 大家 史

アドバンスソフトの構造解析ソフトウェア
Advance/FrontSTR最新動向セミナー
2013年11月12日(火)
アドバンスソフト株式会社

本日の内容

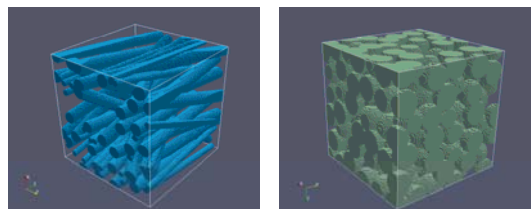
- 大規模解析への取り組み
 - 単に大きなモデルを扱うのではなく、その有用性について示す
- 連成解析への取り組み
 - 連成の組み合わせとその方法について紹介

大規模解析への取り組み

大規模解析の有用性

- CAD補正をシンプルに済ませる
 - 細かいパーツもそのままメッシュにする
- 解析上の応力集中を回避する
 - 溶接部分や面取り部分
- 微細モデルをそのまま解析する
 - 繊維モデルや粒状モデルの性質を検証

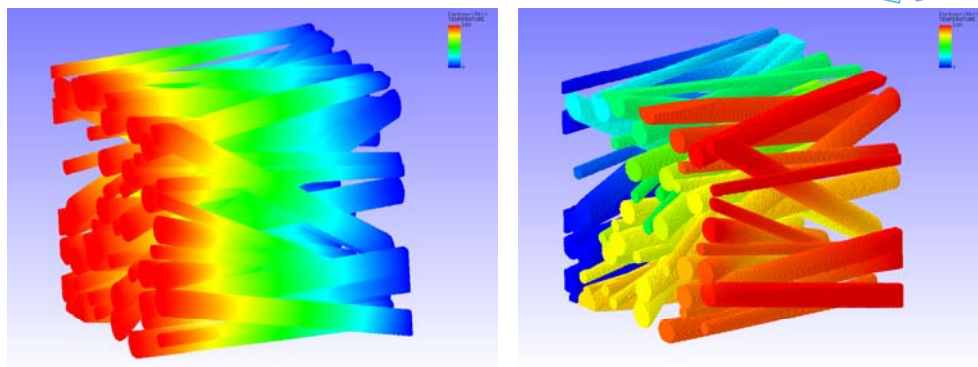
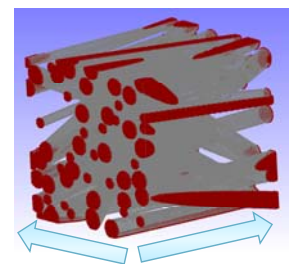
モデルの工夫より
まず解いてみる



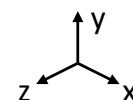
微細モデルの例 ファイバーモデル

– ファイバーモデルの熱伝導解析

- 節点数 2837355, 要素数 2425850
- 両端面に0度と100度を設定した定常解析
- Z方向およびX方向の解析を行った



Z方向は均一な分布だが、X方向はつながりにより局所的な分布が表われる



バラスト軌道の数値解析

• 微細モデルの実例 提供: 鉄道総合技術研究所軌道力学研究室

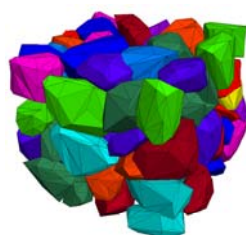
– 目的

- バラスト劣化の解明

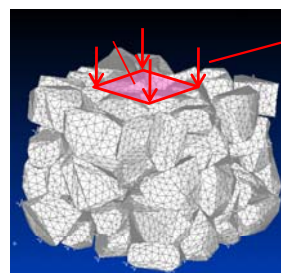
– モデル作成

- 3次元デジタイザで複数の碎石形状取得
- DEMにより締め固めを行ったものをFEMモデル化

締め固め (DEM)



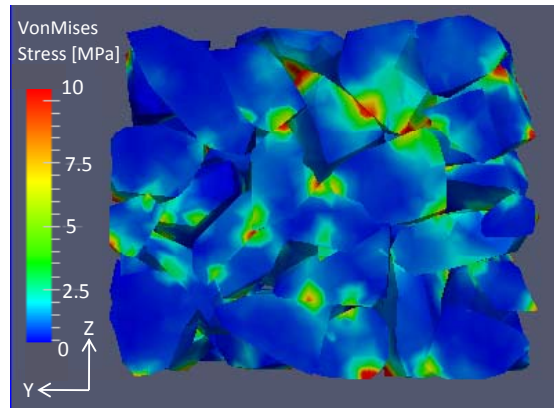
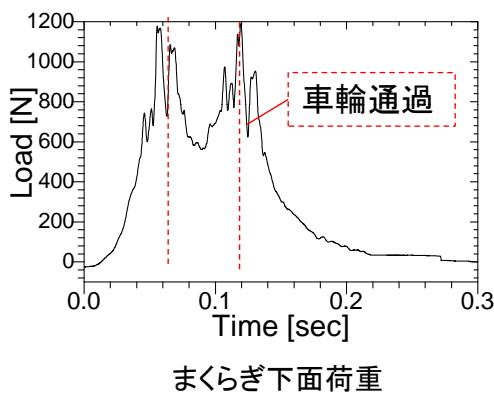
FEMモデル



荷重点

バラスト軌道の数値解析

– 荷重条件と応力コンター



ミーゼス応力コンター

応力解析により砕石稜角部に非常に大きな応力が作用する



モデルを大きくして検討予定

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)

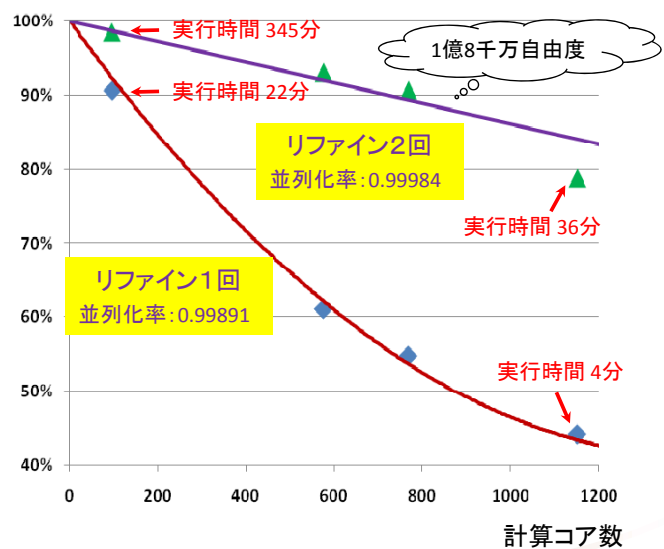
リファイン	要素数	節点数
なし	684,807	1,008,911
1回	5,478,456	7,707,758
2回	43,827,648	60,089,084

使用計算機

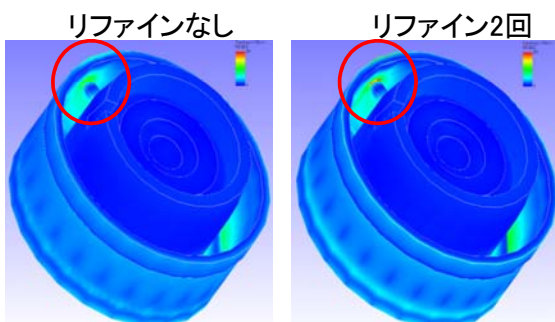
計算科学振興財団さま FOCUSスパコン

並列化効率($T_1/(n \times T_n)$)

◆▲ : 計測 - - : 近似

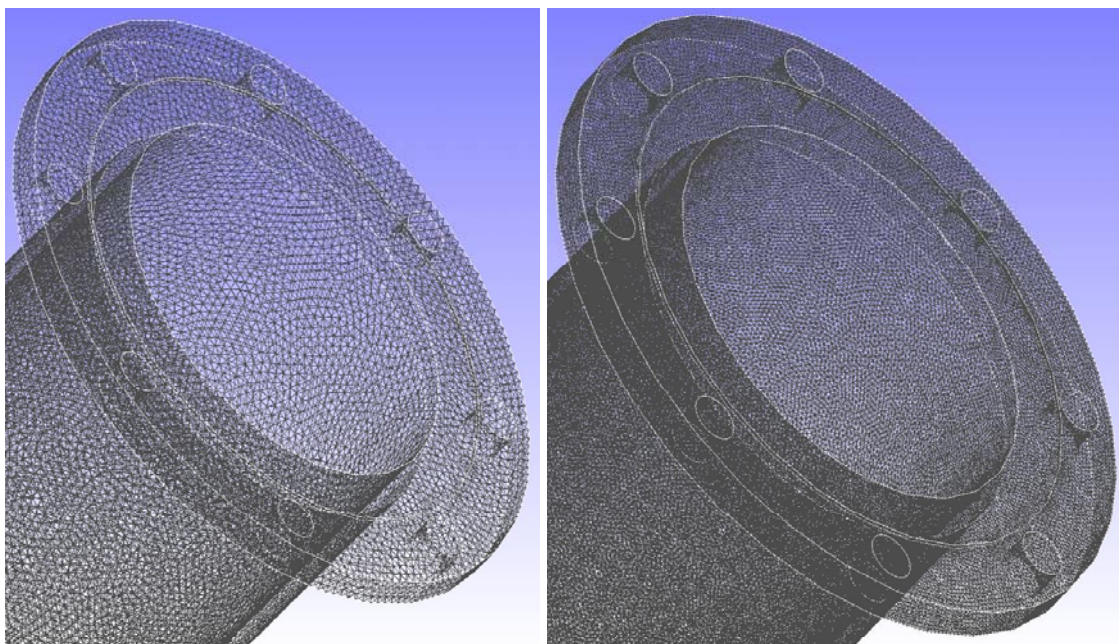


解析結果(ミーゼス応力分布)



REVOCAP_Refinerのメッシュ細分化

オリジナル $\xrightarrow{8倍規模}$ リファイン

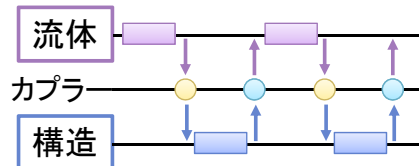
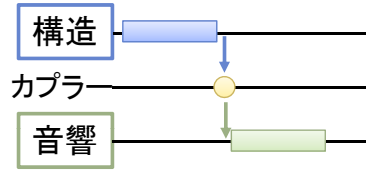


連成解析への取り組み

連成解析のバリエーション

流体、構造、音響解析間での連成解析

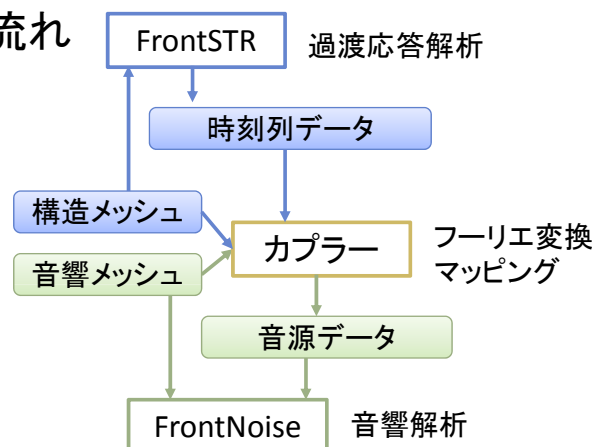
- 片方向連成
 - データ受け渡しは一回のみ
 - 流体⇒構造、構造⇒音響など
- 双方向連成
 - データ受け渡しはステップごと
 - 流体⇔構造など
- モード解析を利用した双方向連成
 - 固有値解析＋流体解析(モード解析モジュール組込)
 - 流体⇔構造



片方向連成の例 構造音響連成

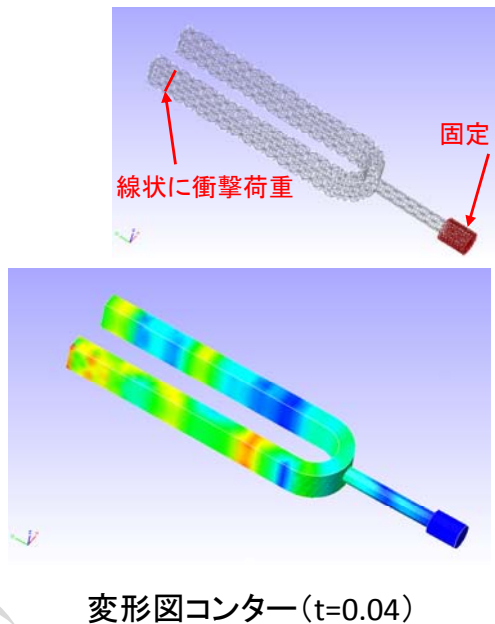
- Advance/FrontSTR⇒Advane/FrontNoise
 - 概要
 - 構造解析で求めることができた構造物表面の振動を周波数領域に変換し、音響解析の音源とする
 - 構造解析領域の外側を音響解析の解析領域となる

解析の流れ

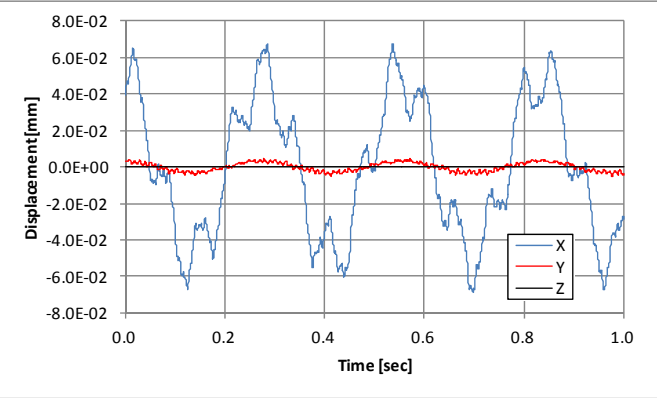


構造音響連成 構造解析

• 解析モデルと結果



音叉モデル
 節点数:10447 要素数:6030
 材質:鋼
 Newmark-β法 Δt=0.0004(s)
 0.0~5.0(s)間解析し、4.0~5.0(s)を利用

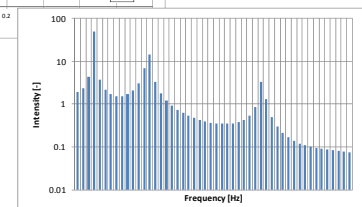
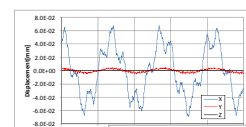
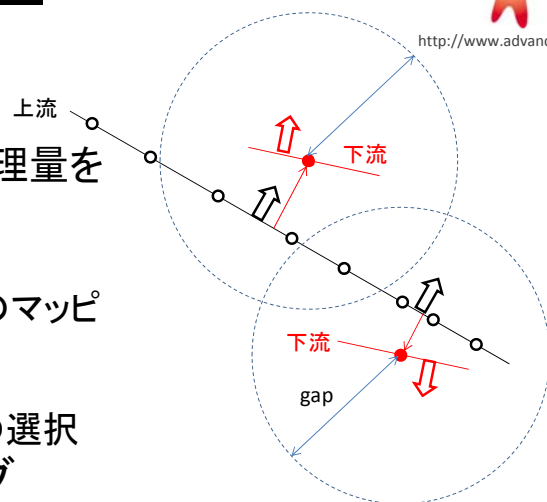


表面節点上の時刻歴応答

構造音響連成 カプラー

• マッピング

- 格子系から異なる格子系に物理量を補間して渡すこと
- 面から面へのマッピング
 - 上流の面から下流の節点へのマッピング
 - ギャップの概念の利用
 - 法線方向を利用する/しないの選択
- 体積から体積へのマッピング
 - 上流の節点から下流の節点へのマッピング
 - 近接点探索、バケット法を利用
 - 数百万節点から数百万節点のマッピングで1時間程度で処理可能

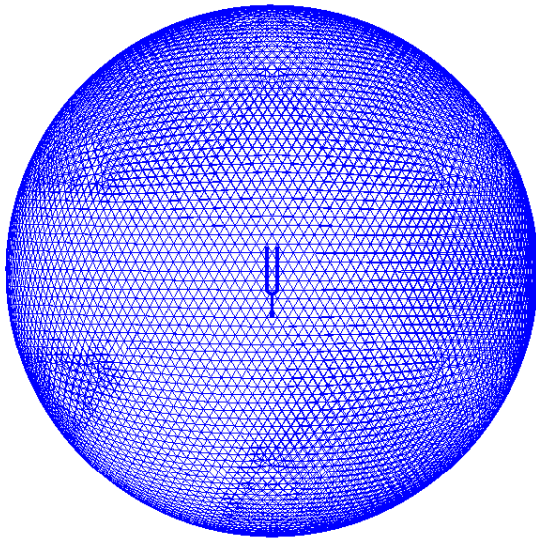


• フーリエ変換

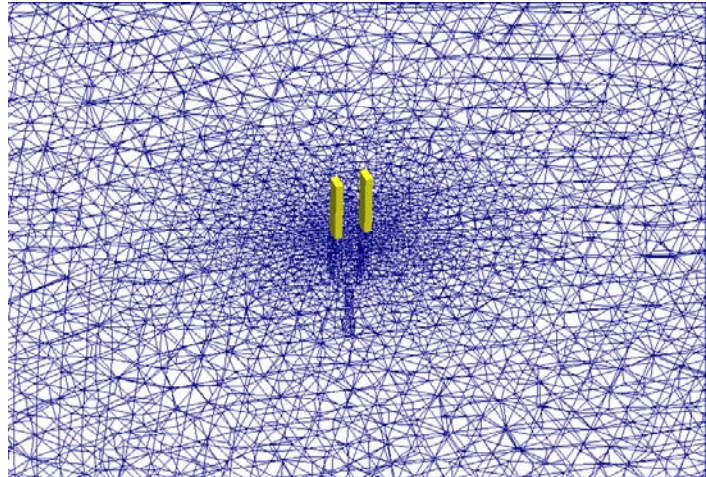
- 時刻歴データ⇒周波数データ

構造音響連成 音響解析

- 音響解析モデル

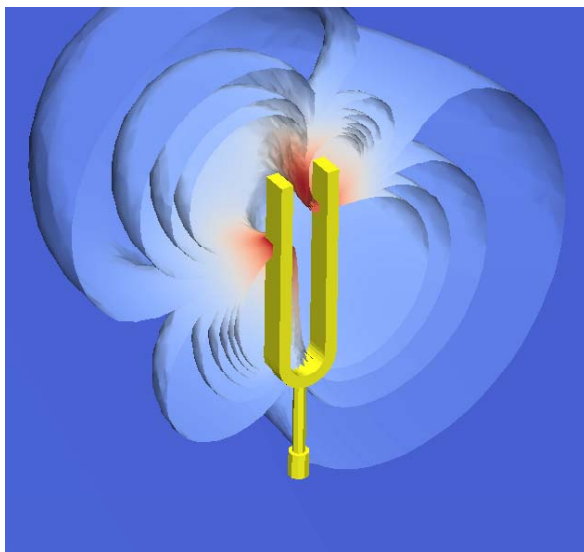


形状を模擬するため、および、音源の再現性を高めるために、音叉付近のメッシュを細分化

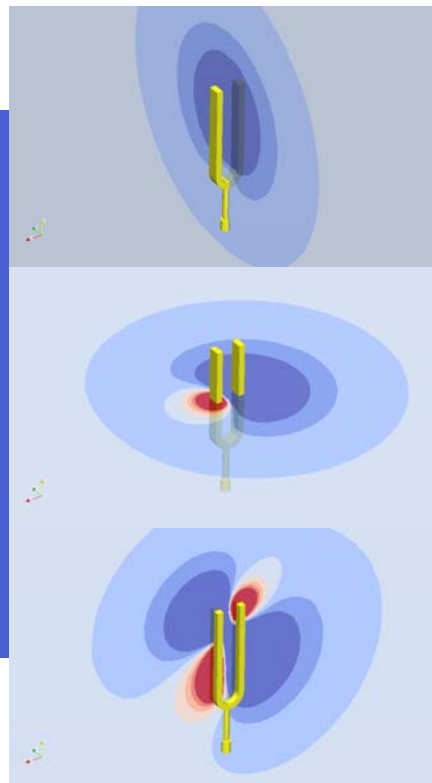


構造音響連成 音響解析

– 100Hz解析結果



音響速度ポテンシャル



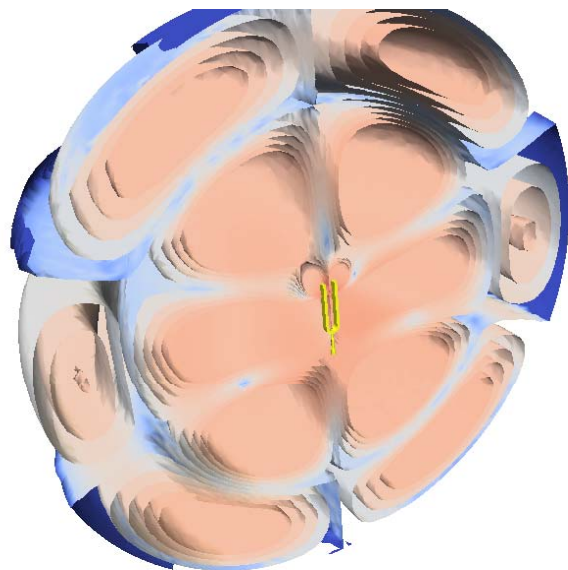
X方向断面

Y方向断面

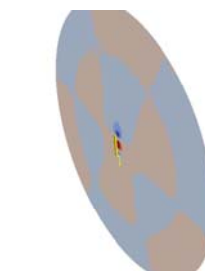
Z方向断面

構造音響連成 音響解析

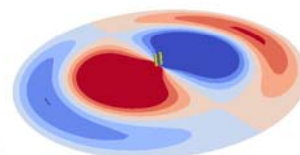
– 1000Hz解析結果



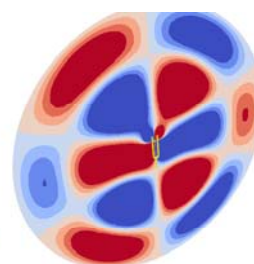
音響速度ポテンシャル



X方向断面



Y方向断面



Z方向断面

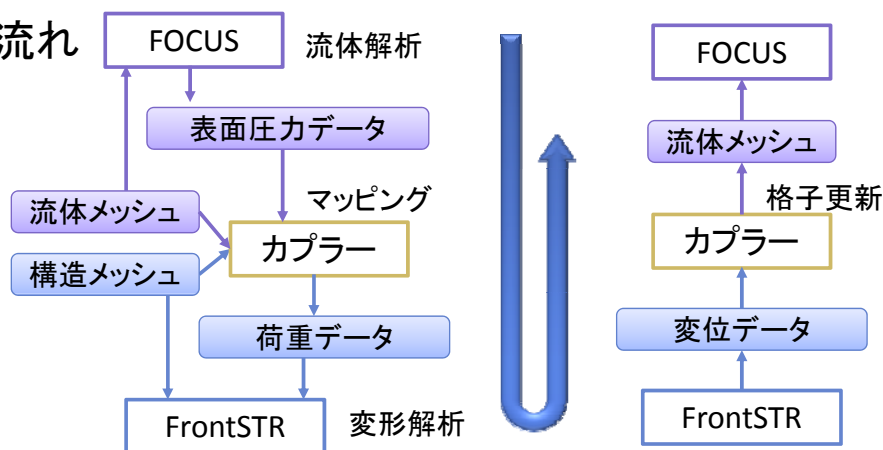
双方向連成の例 流体構造連成

- Advance/FrontFlow/FOCUS ⇔ Advance/FrontSTR

– 概要

- 流体解析で求めることができた構造表面の圧力をカプラーにより変換し、構造解析の荷重とし、変形解析を行う。
- 変形した表面の情報から、流体の格子情報を更新する。

– 解析の流れ

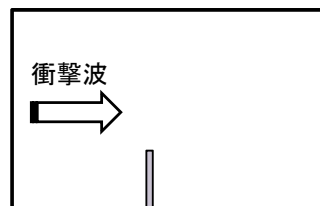


流体構造連成 モデル

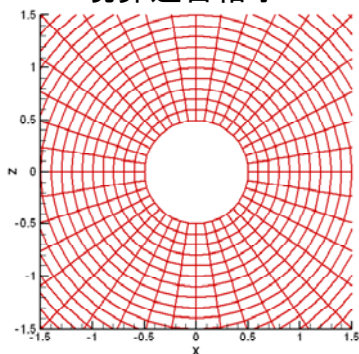
- 解析モデル

- 衝撃波が通過し壁を变形させる

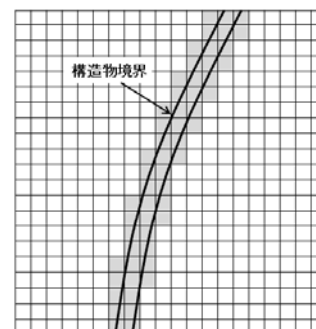
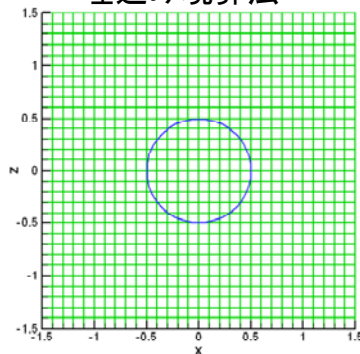
- 境界条件の扱い



境界適合格子



埋込み境界法



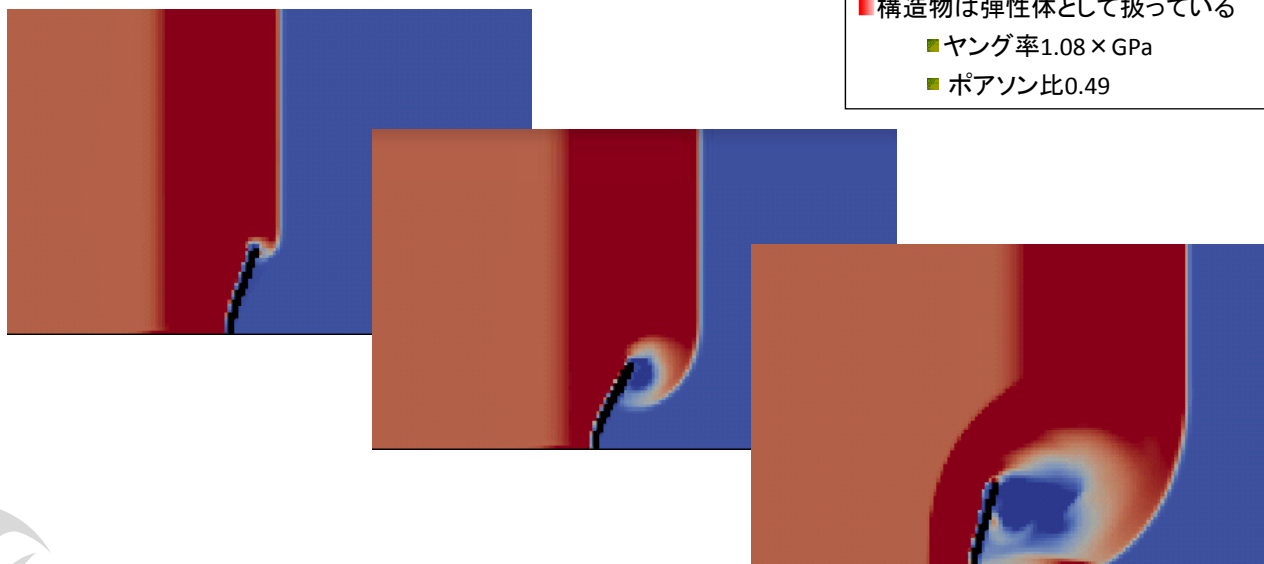
- 境界適合格子の場合は物体に沿う格子を用いる
 - 埋込み境界法 (Immersed Boundary法、IB法) では物体境界が流体計算の格子へ埋め込められる

埋込み境界法での境界壁のイメージ

流体構造連成 解析結果

- 大变形を伴う連成解析

- 衝撃波で部材が折れ曲がる様子



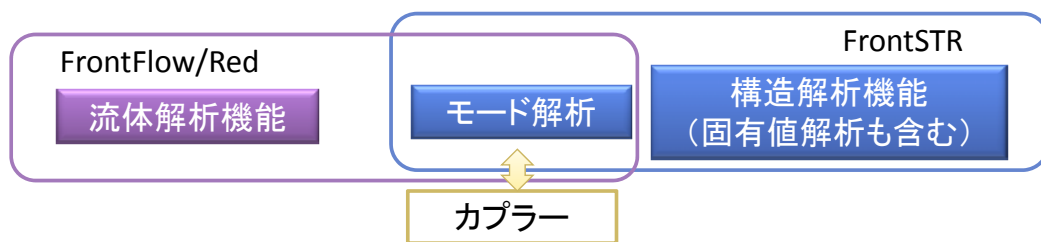
- 圧力比10の衝撃波が通過した際の構造物の様子
 - 格子数は12万要素を用いた
 - 構造物は弾性体として扱っている
 - ヤング率 $1.08 \times \text{GPa}$
 - ポアソン比 0.49

モード解析を利用した双方向連成

• Advance/FrontFlow/Red ⇔ Advance/FrontSTR

– 概要

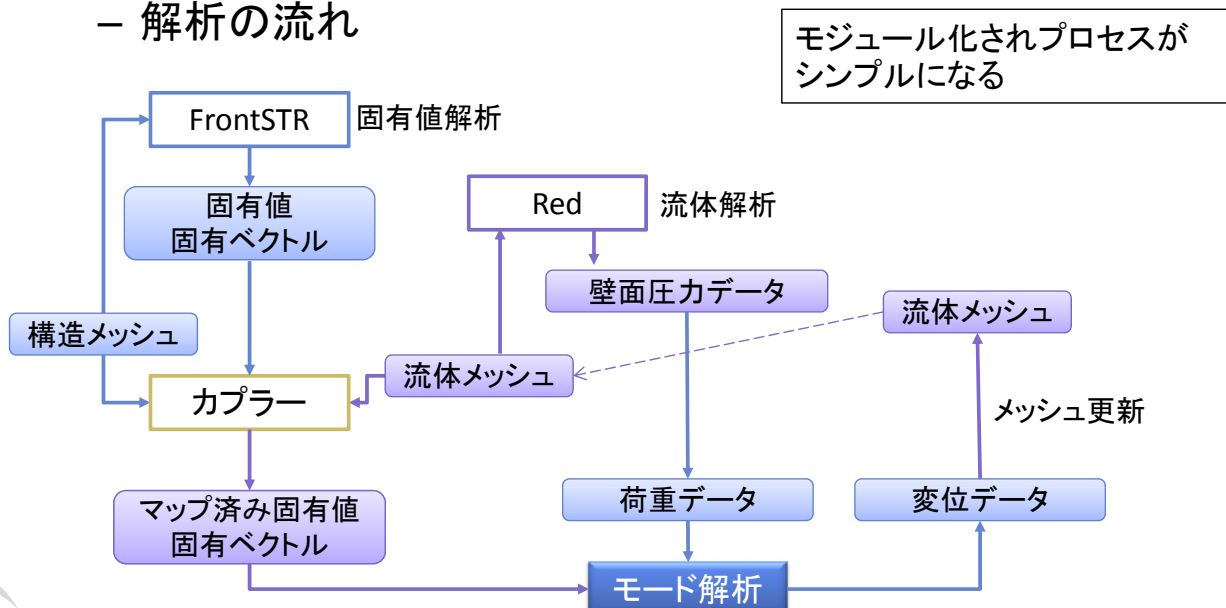
- 構造解析部分のみで固有値解析を行い、固有値・固有ベクトルをあらかじめ算出しておく。これを流体ソルバに入力する。
- モード解析部分をモジュールとして分離し、流体ソルバに組込む
- 流体解析を行い、構造表面の圧力データから、構造解析用の荷重を算出する。
- 組込まれたモジュールでモード解析を行い変形量を得る
- メッシュを更新する



モード解析を利用した双方向連成

• Advance/FrontFlow/Red ⇔ Advance/FrontSTR

– 解析の流れ



まとめ

- 大規模解析への取り組み
 - モデル化の工夫よりとりあえず解いてみる
 - 微細モデルへの適用
 - 実例: バラスト軌道の数値解析
- 連成解析への取り組み
 - 片方向連成
 - 例: 音叉 Advance/FrontSTR⇒Advane/FrontNoise
 - 双方向連成
 - 例: 衝撃波 Advance/FrontFlow/FOCUS⇔Advance/FrontSTR
 - モード解析を利用した双方向連成
 - 例: 構造物後流渦による流路変形
Advance/FrontSTR⇒Advance/FrontFlow/red



Advance/FrontSTRの 例題ご紹介

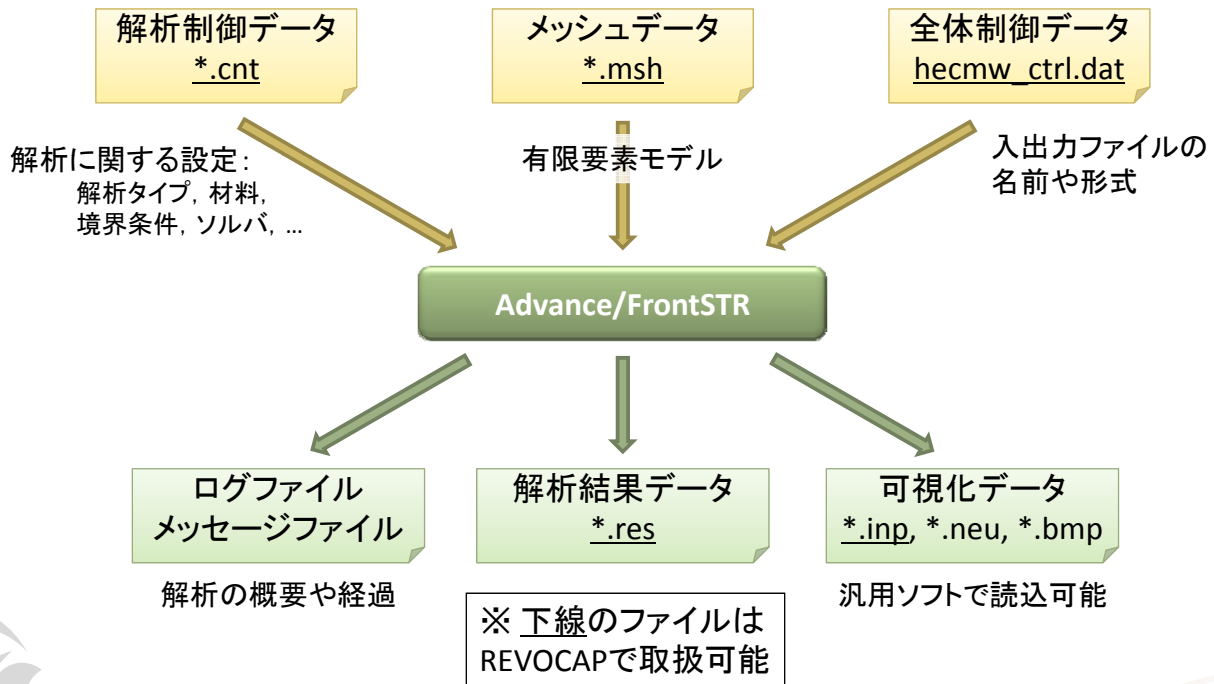
第1事業部 技術第2部 第9課 尾川 慎介

アドバンスソフトの構造解析ソフトウェア
Advance/FrontSTR最新動向セミナー
2013年11月12日(火)
アドバンスソフト株式会社

内容一覧

- 逐次処理による解析
 - 例題1: 連成解析
 - 解析制御データの記述例
 - 熱伝導解析と弾性静解析(熱応力解析)の連成
 - 例題2: アセンブリモデルの解析
 - 局所座標系
 - マージ、多点拘束、接触ペア
- 並列処理による解析
 - 領域分割
 - PCクラスタ上での計算性能
- まとめ

逐次処理による解析



メッシュデータの記述例

```
# A compact di sc
! VERSION, VER=AFSTR40
! NODE
1, 120.00, 0.0, 0.0
2, 119.98, 2.0943, 0.0
3, 119.92, 4.1879, 0.0
...
! ELEMENT, TYPE=CTETR10, EGRP=di sc
1, 1, 2, 92, 10001, ...
...
! NGROUP, NGRP=data_layer
1
2
3
...
! END
```

メッシュデータ(イメージ)

```
# 入力ファイルの基本書式
# コメント
! 命令, 属性=値, 属性=値
設定内容
```

節点や要素、
それらのグループを定義する

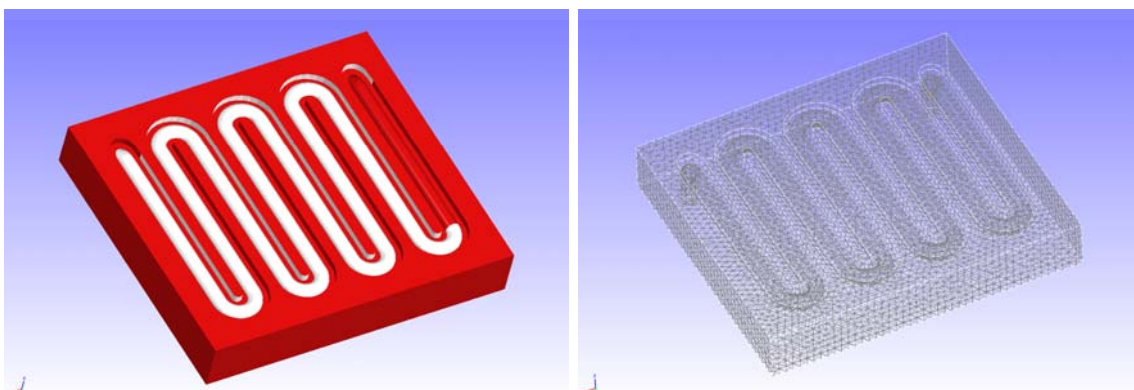
利用可能な要素タイプ

- ソリッド
 - 六面体: CHEXA8, CHEXA20
 - 四面体: CTETR4, CTETR10
 - プリズム: CPRIS6, CPRIS15
 - ピラミッド: CPYRA5, CPYRA13
など
- シェル
 - 三角形: STRIA3, STRIA6
 - 四辺形: SQUAD4, SQUAD8
など
- 梁: B2, B3, B4
- トラス: T2, T3, T4
- 特殊要素
 - 質量: MASS
 - 慣性モーメント: ROTARYI
 - 6節点ギャップ: GPRIS6
 - 8節点ギャップ: GHEXA8

※ 複数あるものは右側がより高次の要素

例題1: 連成解析

- 紹介する内容
 - 解析制御ファイルの記述例
 - 定常熱伝導解析と弾性静解析の連成
- 解析モデル: 金属管が埋め込まれた樹脂



例題1: 熱伝導解析 1

```
# 伝熱解析の解析制御ファイル
! VERSION
4
# 解析タイプの設定                熱伝導解析を指定する
! SOLUTION, TYPE=HEAT
# 解析結果ファイル、可視化ファイル出力
! WRITE, RESULT
! WRITE, VISUAL
# 境界条件
! FIXTEMP, GRPID=1
cool_surf, 10.0
heater_surf, 100.0
# 計算ステップ
! STEP
BOUNDARY, 1
! HEAT
0.0
# つづく
```

メッシュデータで定義された
節点グループ cool_surf に含まれる
節点の温度を 10, heater_surf の温度を
同様に 100 とする境界条件を作成する

初回の解析ステップに
前述の境界条件を適用する

定常解析であることを指定する

※ 単位系は整合性がとれていれば任意

例題1: 熱伝導解析 2

```
# つづき
# 材料の定義
! MATERIAL, NAME=copper
! ELASTIC
129.8e+3, 0.343
! EXPANSION
1.0e-5
! DENSITY
8.9e-6
! CONDUCTIVITY
0.372
! SPECIFIC_HEAT
419.0
# 要素グループと材料の関連付け
! SOLID_SECTION, EGRP=heater, MATERIAL=copper
! SOLID_SECTION, EGRP=base, MATERIAL=epoxy
# つづく
```

材料 copper の物性値を定義する
・温度依存性も考慮可能
・記述順序が指定されている場合もある

材料 epoxy の物性値を定義する(略)

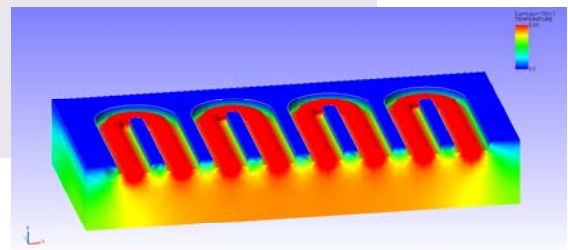
メッシュデータで定義された
要素グループに含まれる要素の材料を指定する

例題1: 熱伝導解析 3

```

# つづき
# ソルバの設定
# 直接法を使用する場合
! SOLVER, METHOD=DI RECT, I TERLOG=YES, TI MELOG=YES
#
# CG法を使用する場合
#! SOLVER, METHOD=CG, PRECOND=1, I TERLOG=YES, TI MELOG=YES
# 10000, 2
# 1. 0e-08
#
# 可視化制御データ
! VI SUAL, method=PSR          UCDファイル (*.inp) の出力方法を指定する
! surface_num = 1
! surface 1
! output_type = COMPLETE_REORDER_AV5
#
! END

```

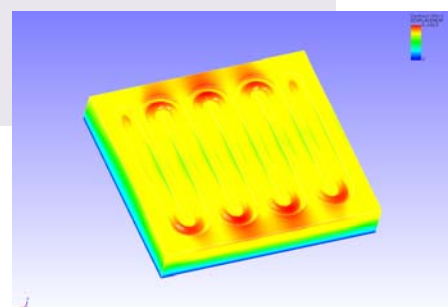


例題1: 弾性静解析

```

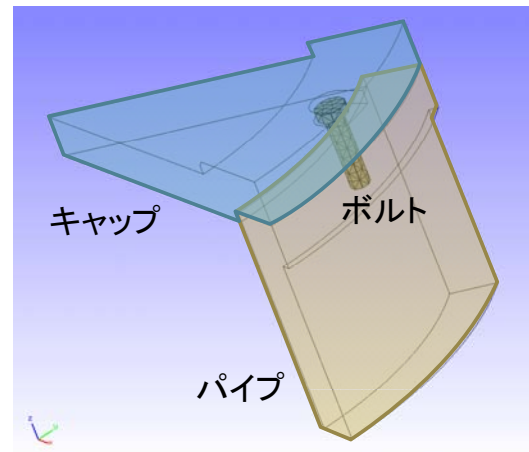
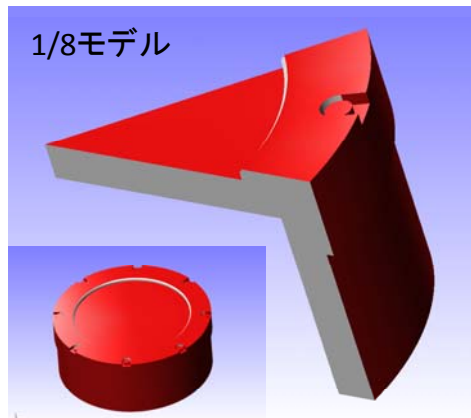
...
# 解析タイプ
! SOLUTION, TYPE=STATIC      静解析を指定する
...
# 初期条件と境界条件
! I N I T I A L  C O N D I T I O N, TYPE=TEMPERATURE
ALL, 20.0                    すべての節点の初期温度を 20 とする
! B O U N D A R Y, G R P I D=1
fix, 1, 3, 0.0                節点グループ fix の1, 2, 3 (= x, y, z) 方向の
                              変位を拘束する境界条件を作成する
! T E M P E R A T U R E, G R P I D=1, R E A D R E S U L T=heat_analysi s
# 計算ステップ
! STEP
BOUNDARY, 1
LOAD, 1
! S T A T I C
...

```



例題2: アセンブリモデルの解析

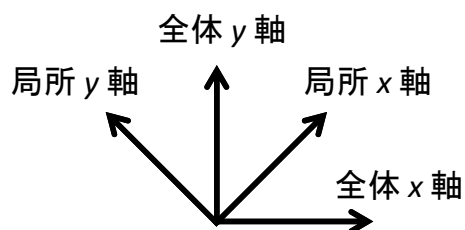
- 紹介する内容
 - 局所座標系: 対称性を利用した境界条件の設定
 - マージ、多点拘束、接触ペア: それぞれの効果
- 解析モデル: パイプ終端部(パイプ・キャップ・ボルト)



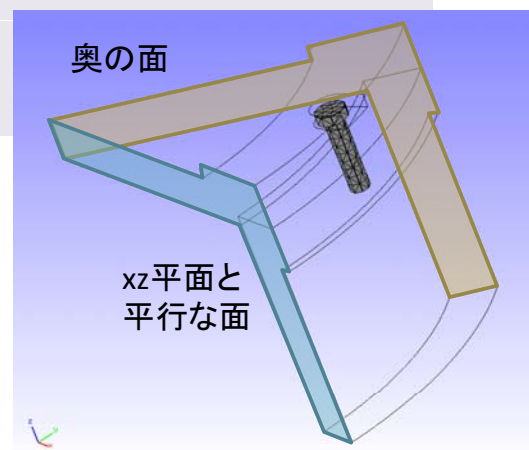
例題2: 局所座標系

- 奥の面は xz 平面を z 軸まわりに45度回転した面
- この面に含まれる節点を、面に垂直な方向に拘束したい

```
# 節点グループに含まれる節점에局所座標系を定義する
! TRANSFORM, NGRP=rad45_plane, TYPE=R
1.0, 1.0, 0.0, -1.0, 1.0, 0.0
# 局所座標系のy軸方向の変位を拘束する
! BOUNDARY, GRPID=1
rad45_plane, 2, 2, 0.0
```

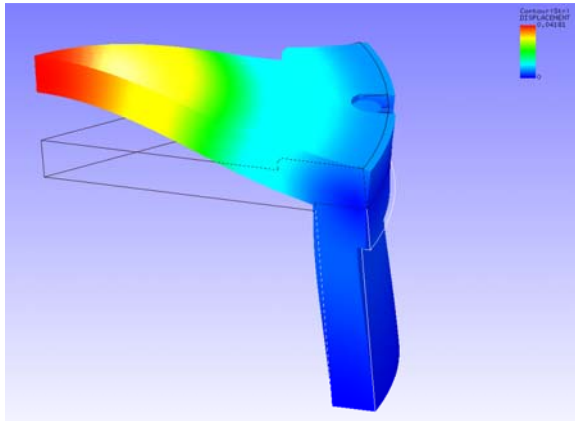


※ 円柱座標系、球座標系も利用可能

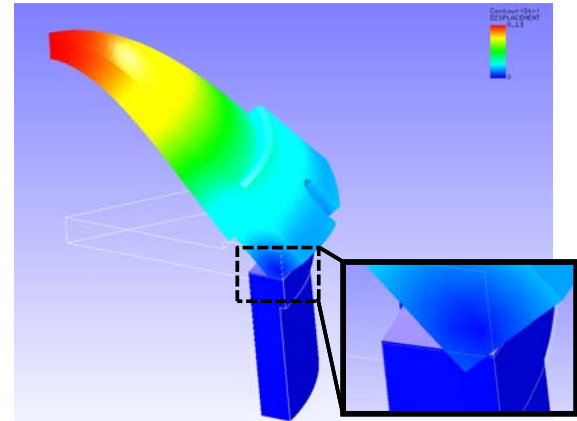


例題2: マージ

- プリポストで隣接面の節点を統合する
- 解析例: パイプに内圧が作用している場合



すべての隣接面を固定した場合
(溶接による接合に近い)

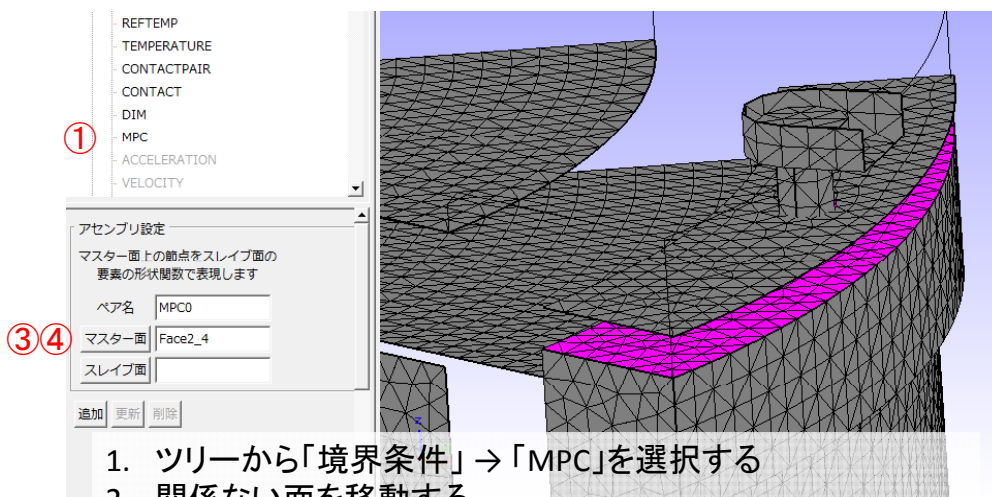


締結部のみを固定した場合
(オーバーラップが発生!)

※ コンター図は500倍の変位分布 (以降も同様)

例題2: 多点拘束 (MPC)

- メッシュを変更せずに節点の位置関係を拘束できる
- REVOCAPで指定可能 (解析結果はマージと同じ)



1. ツリーから「境界条件」→「MPC」を選択する
2. 関係ない面を移動する
3. 一方の面をクリックして選択し、「マスター面」をクリックする
4. もう一方の面を同様に「スレイブ面」に設定し、「追加」する

例題2: 接触ペアの追加

- オーバーラップを防ぐ
- REVOCAPで指定可能

より動きにくい面 →
より動きやすい面 →

CONTACTPAIR
CONTACT
DIM
MPC
MPC0
ACCELERATION

接触ペア
接触ペア名 CP0
マスター面 Face0_1
スレイブ面 Face2_4
追加 更新 削除

CONTACT
DIM
MPC
MPC0

接触
名前 CONTACT0
すべり
法線方向閾値
接線方向閾値
法線方向ペナルティ
接線方向ペナルティ

この接触条件で有効な接触ペア
接触ペア名 CP0
摩擦係数 0.0
追加 削除

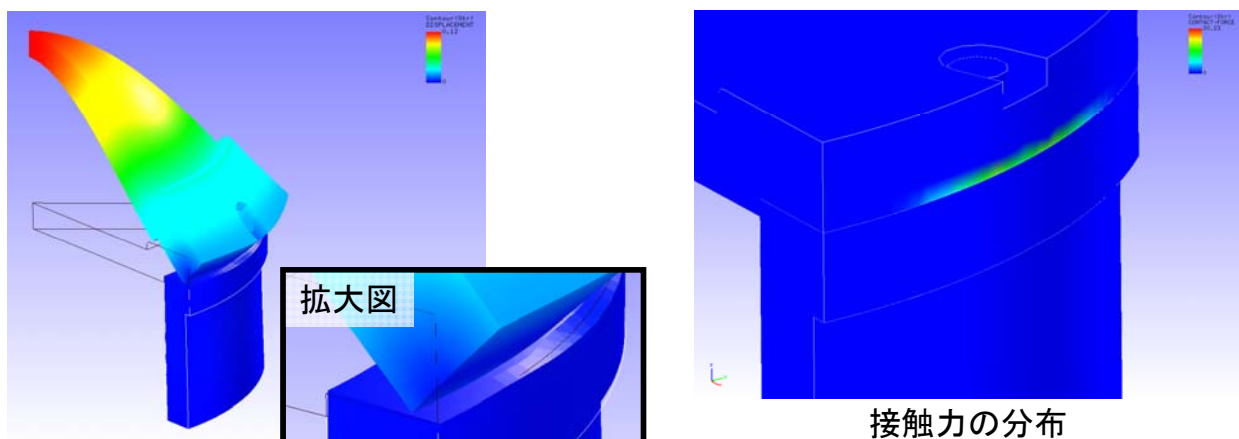
接触ペア名 摩擦係数
CP0 0.0
追加 更新 削除

Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

15

例題2: 接触ペアを追加した解析

- オーバーラップが発生しなくなった
- 締結部に近い一部の領域が接触している



ボルト部を拘束し、接触ペアを追加した場合






16

例題2: 直接指定する場合

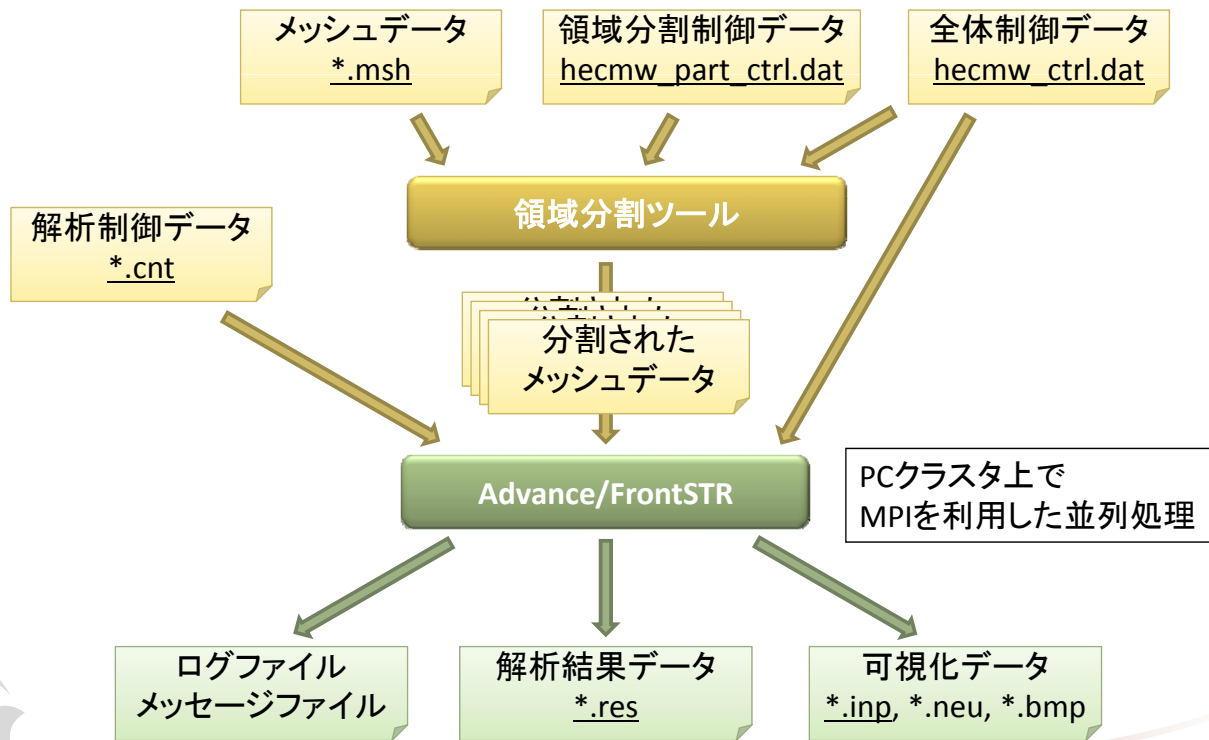
```
# メッシュデータ
# 多点拘束 (節点100, 200のx, y方向をそれぞれ拘束する場合)
! EQUATION
2
100, 1, 1.0, 200, 1, -1.0
2
100, 2, 1.0, 200, 2, -1.0
# 接触ペア (masterは面グループ、slaveは節点グループ)
! CONTACT_PAIR, NAME=CPO, TYPE=NODE-SURF
slave, master
```

```
# 解析制御データ
# 接触ペアの境界条件を定義
! CONTACT, GRPID=1
CPO, 0.0
# 接触ペアの境界条件を解析ステップに追加
! STEP
CONTACT, 1
```

チュートリアルガイドの例題

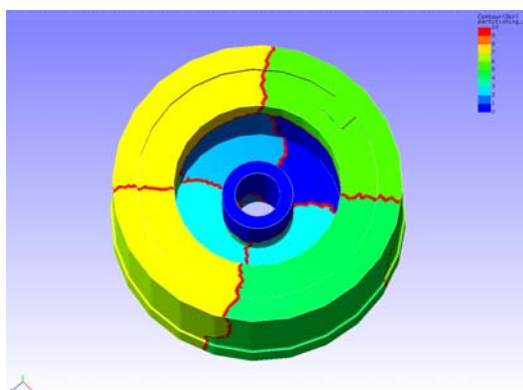
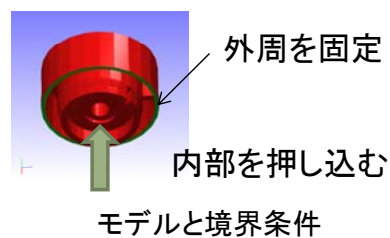
解析種別	モデル名	要素タイプ	要素数	節点数
 ← 弾性静解析	ヒンジ	四面体一次	579,772	121,850
 ← 超弾性解析 弾塑性解析 粘弾性解析 クリープ解析	シリンダー	六面体一次	432	629
 ← 超弾性解析 固有値解析	スプリング	四面体二次	46,454	78,771
 ← 弾塑性解析	カン	四面体二次	7,236	14,119
 ← 接触解析	Hertz	六面体一次	168	408
 ← 接触解析	押し込み	六面体一次	2,888	4,000
← 弾性動解析 非線形動解析	片持ち梁	四面体二次	240	525
← 熱伝導解析	ブロック	六面体一次	32,160	37,386

並列処理による解析

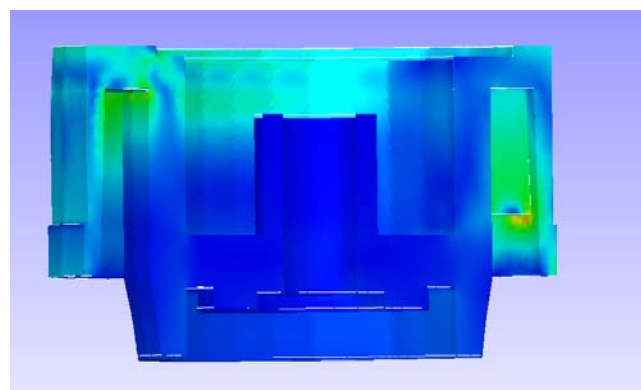


並列処理：領域分割

- 弾性静解析
 - 節点数: 1,008,911
 - 要素数: 684,807
- 領域分割と解析結果



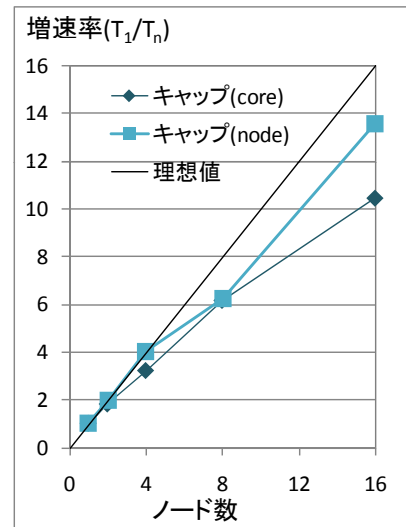
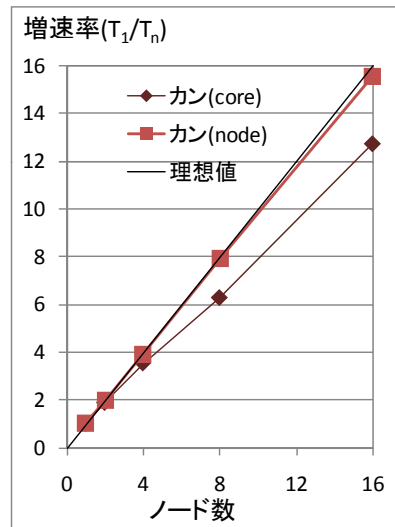
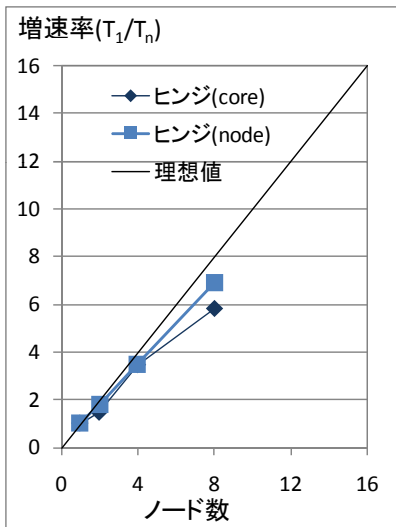
領域分割の結果(8分割)



ミーゼス応力コンター図(断面)

並列処理: 計算性能 (CG法)

計算環境: Linux(CentOS), AMD Opteron 2.4GBx4コア 16GB 16ノード



節点数
121,850



節点数
14,119

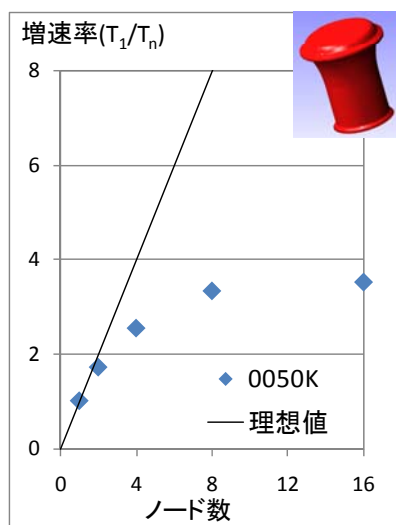


節点数
1,008,911

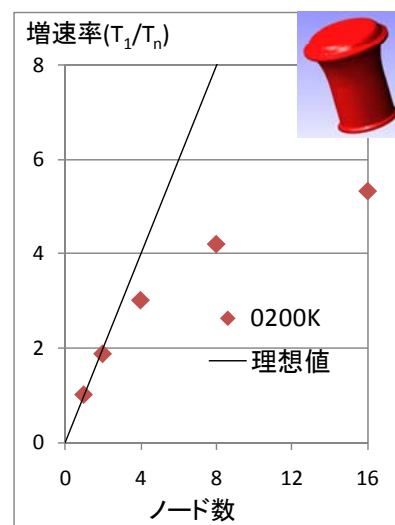
ノード分散した方(node)が、マルチコア(core)で並列化するより高速

並列処理: 計算性能 (直接法)

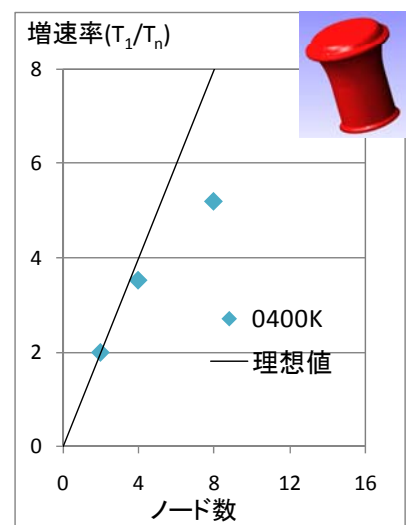
計算環境: Linux(CentOS), AMD Opteron 2.4GBx4コア 16GB 16ノード



節点数 54,558



節点数 214,436



節点数 386,074

同形状で節点数が異なるモデルの解析

上記PCクラスタで795,552節点(約240万自由度)の解析が可能であることを確認

まとめ

- 例題による紹介
 - 入力ファイルの記述方法
 - 連成解析、局所座標系、マージ、多点拘束、接触ペアの利用方法
 - 製品付属のチュートリアルには他の例題を掲載している
- PCクラスタでの並列処理時の実行性能
 - ノードを分散した方がパフォーマンスがよい
 - 240万自由度を直接法で解析可能
- 最後に
 - REVOCAPとセットで使うと設定作業の手間が大幅に削減される



プリポストプロセッサ Advance/REVOCAPの 概要と特徴のご紹介

第1事業部 技術第2部 第5課 徳永 健一

アドバンスソフトの構造解析ソフトウェア
Advance/FrontSTR最新動向セミナー
2013年11月12日(火)
アドバンスソフト株式会社

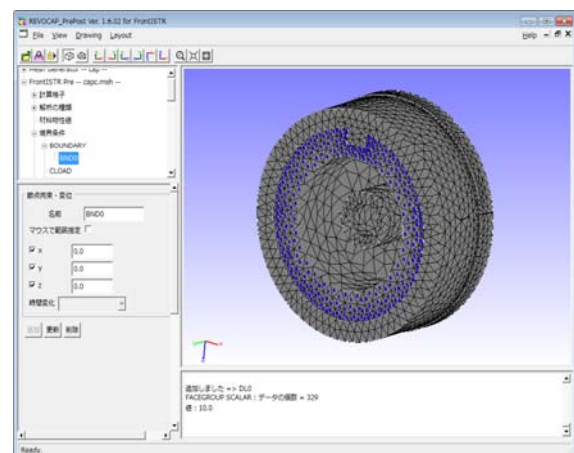
Advance/REVOCAPとは

有限要素法、有限体積法を用いた流体・構造・音響解析ソフトのための汎用プリポストプロセッサです。

特にAdvance/FrontFlow/redとAdvance/FrontSTRの専用入力GUIを備え、解析者の手間を削減します。

その他、Advance/FrontFlow/MPおよび Advance/FrontNoise に対応しています。近日Advance/FrontFlow/FOCUS対応版をリリース予定です。

文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発」プロジェクトで開発された、連成解析用のプリポストプロセッサ REVOCAP_Visual、および文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」で開発されたREVOCAP_PrePostをアドバンスソフトが機能を拡張して商品化したものです。



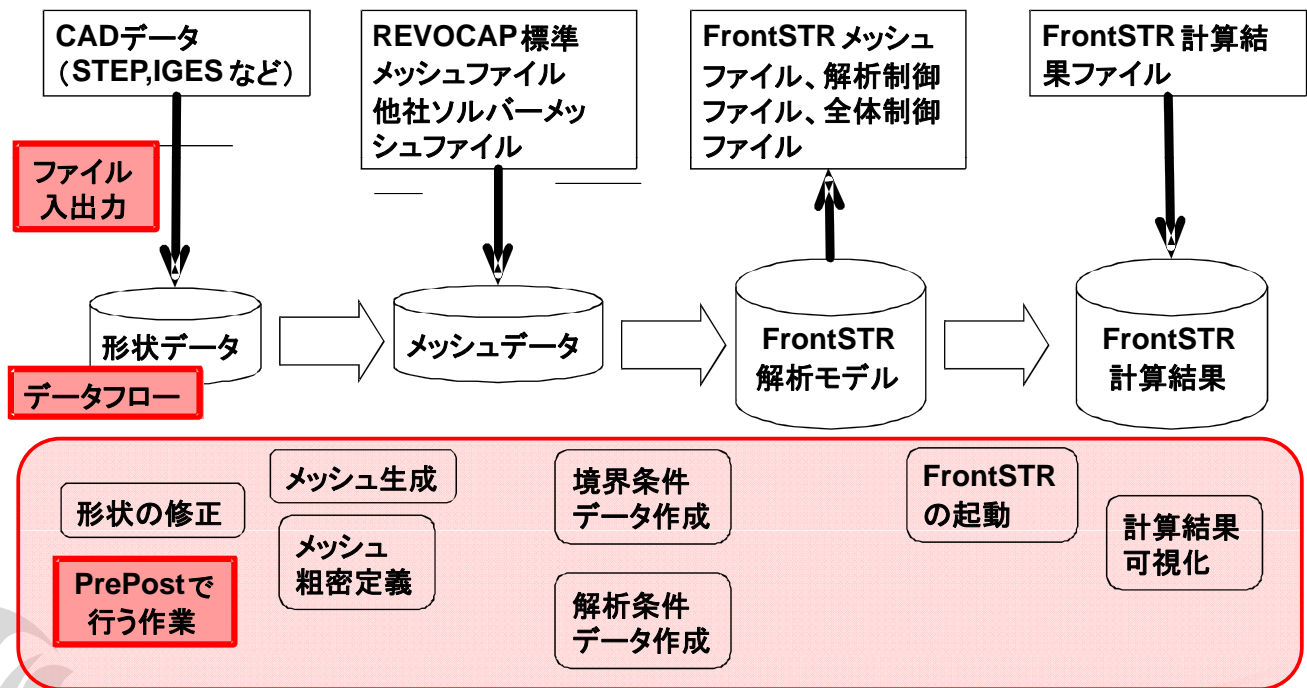
Advance/REVOCAPの開発経緯

- **2005年度～2007年度**
「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発」革新的汎用連成シミュレーション REVOCAP で連成解析用のプレポストプロセッサREVOCAP_Mesh、REVOCAP_Visual を開発
- **2008年度～2011年度**
「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」大規模アセンブリ構造対応マルチ力学シミュレータ REVOCAP で大規模アセンブリ構造対応プレポストREVOCAP_PrePost を開発
- **2009年7月**
アドバンスソフトの独自改良版として、Advance/FrontFlow/red対応
プリポストプロセッサ**Advance/REVOCAP** Ver. 2.0 をリリース
- **2010年7月**
Advance/REVOCAP Ver. 2.2 をリリース(Avance/FrontSTR 対応版)
- **2012年7月**
Advance/REVOCAP Ver.3.0 をリリース(Avance/FrontFlow/red Ver.5.0、Windows64bit対応版)
- **2012年12月**
Advance/REVOCAP Ver.3.1 をリリース(Avance/FrontSTR Ver.4.1、シェル解析対応版)
- **2013年11月**
Advance/REVOCAP Ver.3.2 をリリース予定(Avance/FrontFlow/red Ver.5.1対応版、FrontNoise対応版)
- **2014年初め(予定)**
Advance/REVOCAP Ver.3.3 をリリース予定(Avance/FrontSTR Ver.5.0、混在自由度対応版)

Advance/REVOCAP for FrontSTRの基本機能

- **メッシュ生成機能**
 - STL、IGES、STEP形式の形状データファイルから四面体要素を自動生成します
- **境界条件設定機能**
 - 拘束(**局所座標系**)、荷重、体積力、多点拘束、接触など
 - シェル、**混在自由度**対応
- **材料物性値の編集と設定**
 - 簡易材料データベース
 - 非線形材料(塑性、超弾性、粘弾性)に対応したパラメータ入力
- **解析条件設定機能**
 - 線形ソルバ、出力、並列等の設定
- **ポスト処理**
 - カラーコンター、変形、断面
 - アニメーション作成支援
 - **混在自由度モデルの可視化**

Advance/REVOCAPを使って解析を行う手順



Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

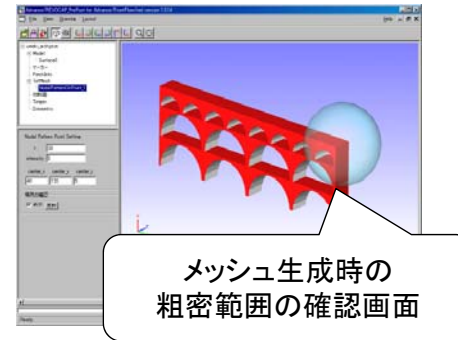
Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(1)

- 形状データ(IGES、STEP、STL)から自動的に四面体メッシュを生成します。
- 手順
 1. モデルデータの読み込み
 2. モデルの修正
 3. メッシュ生成パラメータの設定
 4. メッシュ生成
- メッシュ生成エンジン
 - ADVENTURE_TetMesh
 - Simmetrix

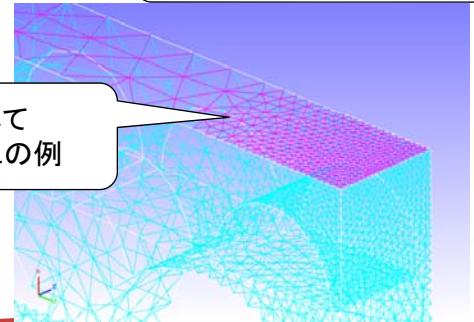
Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(2)

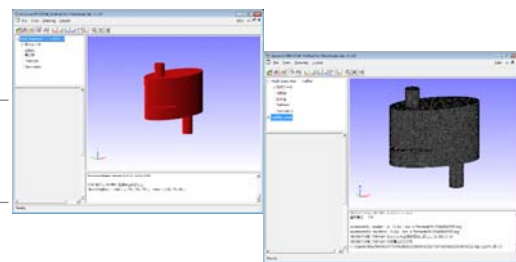
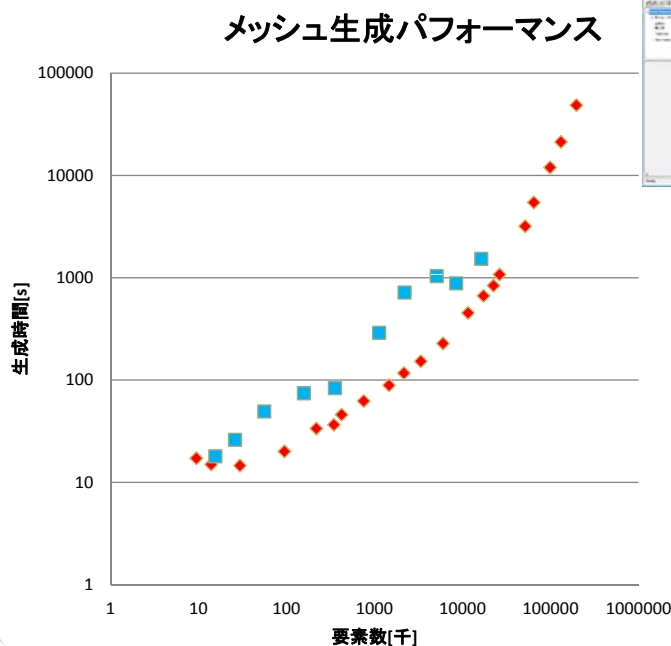
- 粗密制御機能
 - 四面体自動生成の際の要素の大きさの粗密を与えます。
 - 形状の近傍を細かくする
 - 物理量の変化が大きいところを細かくする
- 粗密制御の方法
 - 場所の指定
 - ある点の周り(球の内部)
 - ある線分の周り(円柱の内部)
 - 倍率の指定
 - 周りの要素に対する倍率



粗密を定義して生成したメッシュの例



Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(3)

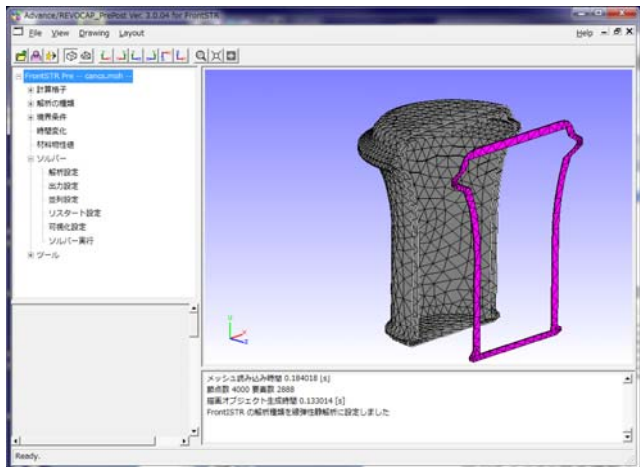


8分で100万要素、
最大1.9億要素のメッシュを
PCで生成可能

Windows7 64bit Core i7 3.6GHz 16GB
/ 3.2GHz 64GB (7000万要素以上)

Advance/FRONTSTRの解析モデル作成(1)

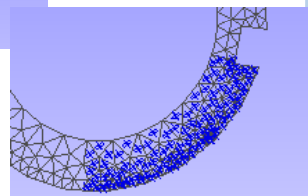
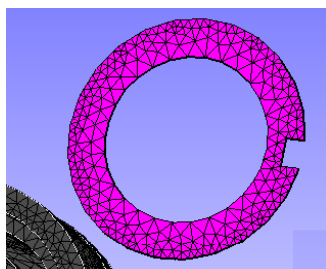
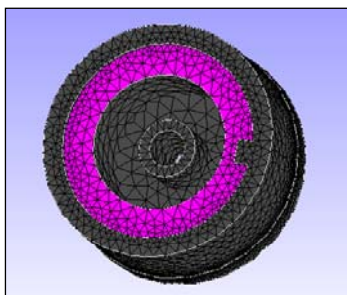
- 解析モデルの読み込み
 - Advance/REVOCAPで生成したメッシュ以外に、他社製ソルバーの解析モデルについても読み込みに対応
 - 四面体、六面体、三角柱および混合要素に対応
- モデル操作インターフェイス
 - モデルを面ごとにマウスでドラッグ可能
 - 境界条件を与える面を直観的に操作できる



Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Advance/FRONTSTRの解析モデル作成(2)

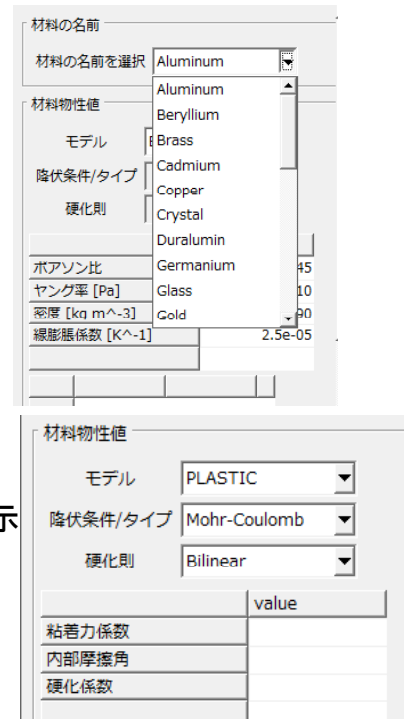
- 境界条件の設定解析
 - 設定項目は行う解析ごとにツリー状に整理されています
- 拘束条件、荷重条件の設定
 - 3D画面上でマウスで選択した面に境界条件を与えます
 - 3D画面上で面をドラッグして、その一部分をマウスで選択して与えることもできます



Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Advance/FrontSTRの解析モデル作成(3)

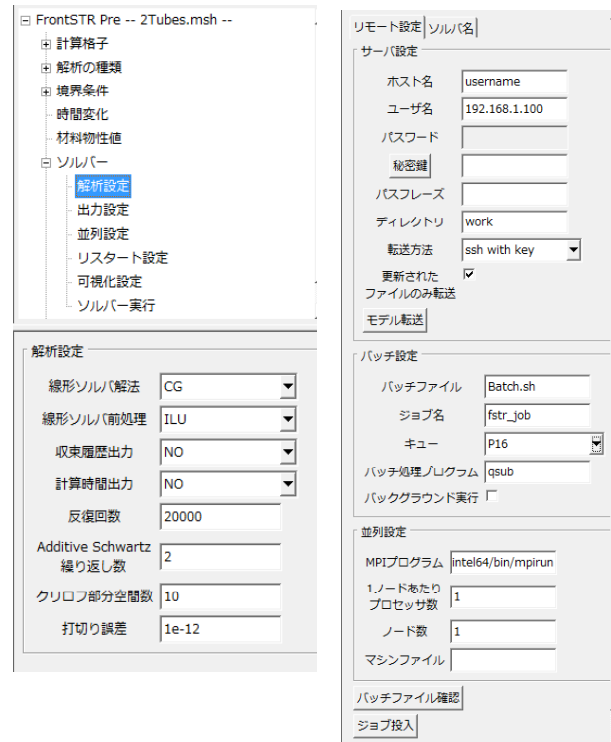
- 材料物性値の設定方法
 - ① 材料データベースの編集
 - ② 領域への割り当て
- 材料データベース
 - 弾性静解析ならそのまま利用可能
 - 独自のデータを追加可能
 - Excel でデータベースの編集可能
- 材料データベースの編集
 - 材料モデルに必要なパラメータだけを表示
- 領域への割り当て
 - 3D画面上で直観的に確認しながら



Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Advance/FrontSTRの解析モデル作成(4)

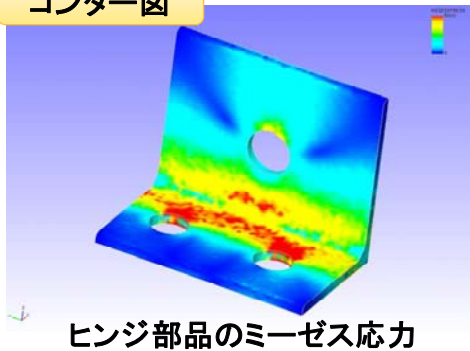
- 解析条件設定
 - 線形ソルバーのパラメータ設定
 - 並列解析のパラメータ設定
- 並列計算機上のスクリプト生成
 - 計算機環境に応じたバッチスクリプトを自動生成
 - 標準的なPBS環境、システムに応じたカスタマイズ可能
- 並列計算機へファイル転送機能
 - 解析モデルとスクリプトを転送してジョブを投入するところまで自動化



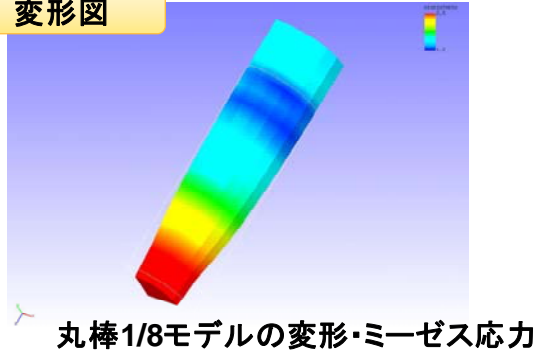
Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Advance/FrontSTRの計算結果可視化

コンター図

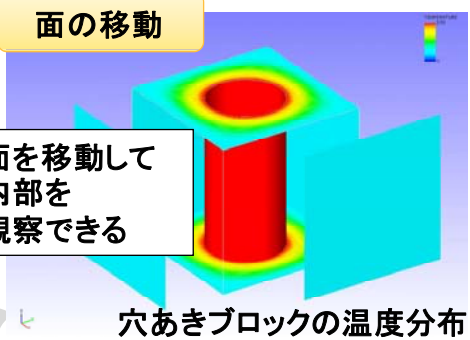


変形図

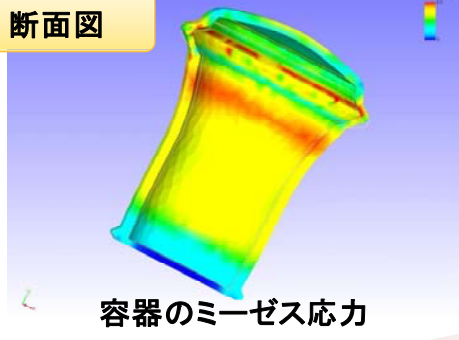


面の移動

面を移動して
内部を
観察できる



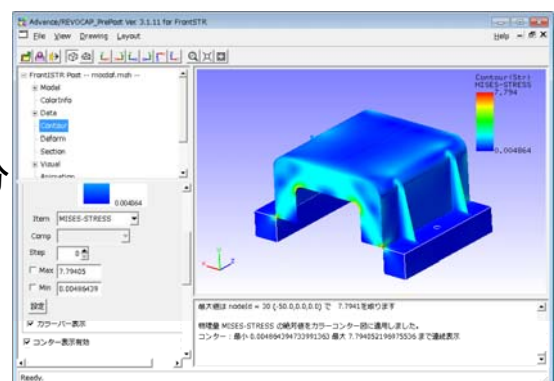
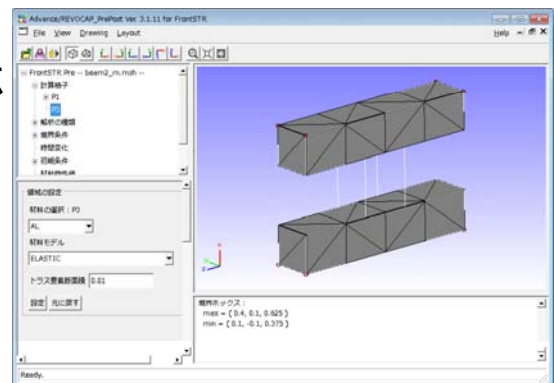
断面図



Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Advance/REVOCAP Ver.3.3の新機能

- トラス要素を含むモデルへの対応
 - メッシュの読み込み
 - セクションにおけるトラスの設定
- 混在自由度のモデルへの対応
 - シェル、ソリッド混在モデルの境界条件設定
 - 混在モデルの可視化
 - シェル要素に関する変位の回転成分の可視化

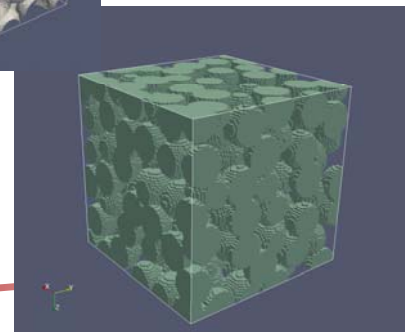
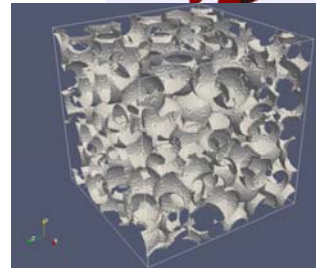
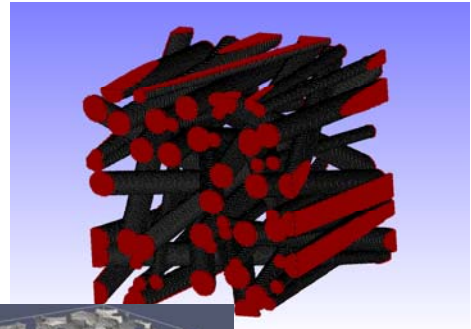


2014年初
リリース予定

Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Advance/REVOCAP 今後の予定

- 大規模モデルの可視化への新たなアプローチを提案
 - 粒子ベースのボリュームレンダリング
- 微細構造のモデリング
 - 今まで近似的に扱っていたものに対して、直接シミュレーションで解析する
 - 繊維
 - 多孔質体
 - 幾何形状の作成、境界条件の設定など新たな方法を提案

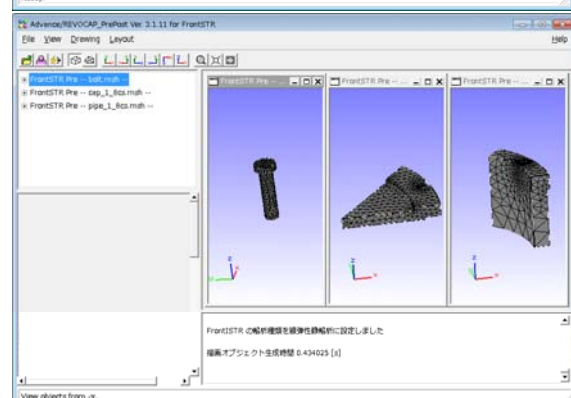
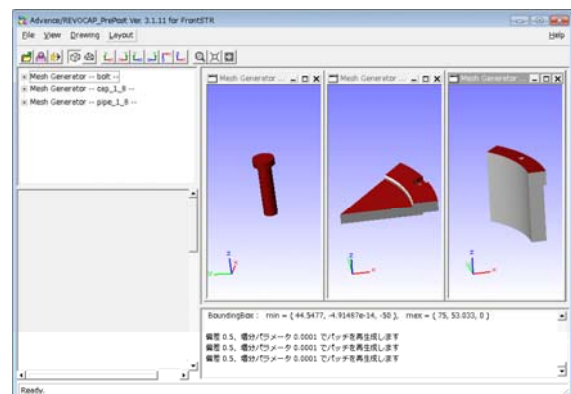


Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

例題: アセンブリモデルの解析モデルの作成(1)

- CAD形状(3部品)
 - ボルト
 - パイプ
 - キャップ

ここではアセンブリモデルの例として3つのモデルそれぞれをメッシュ生成してその後には結合する

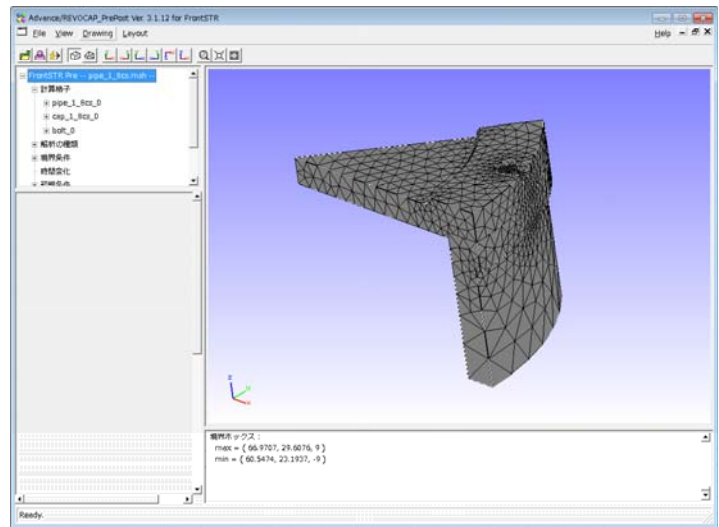


Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

例題: アセンブリモデルの解析モデルの作成(2)

- 3つのメッシュを結合する
 - ボルト
 - パイプ
 - キャップ

最初に読み込んだモデルにメッシュを追加していく



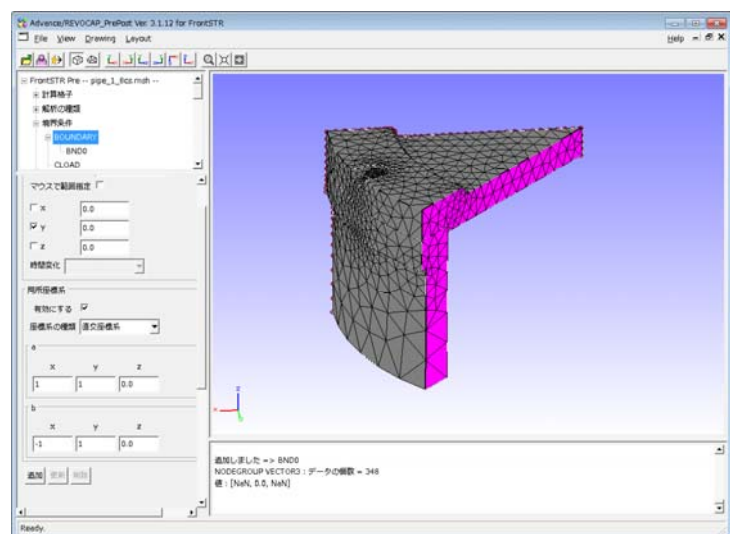
例題: アセンブリモデルの解析モデルの作成(3)

1/8 モデルの対称境界条件を与える

XZ 平面と平行な面の境界条件
⇒Y方向だけ拘束する

XZ平面をZ軸周りに45° 回転した面に平行な面の境界条件
⇒局所座標系を定義して
A(1,1,0)
B(-1,1,0)
の座標系のY方向だけ拘束する

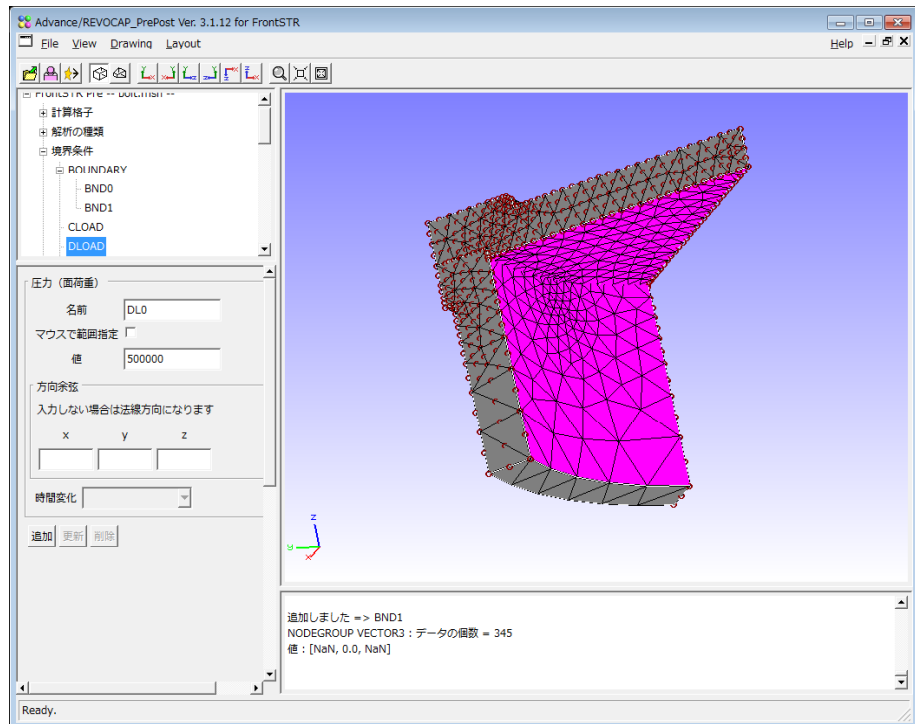
Z方向の下面を固定



例題：アセンブリモデルの解析モデルの作成(4)

缶に内圧を与える

DLOADで0.5MPa

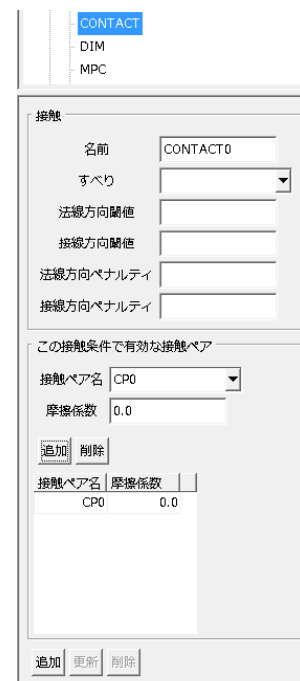
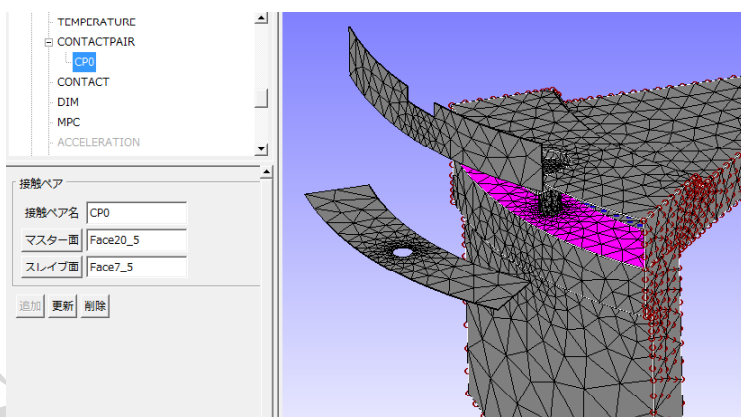


例題：アセンブリモデルの解析モデルの作成(5)

接触条件を与える

②接触ペアに対する接触条件を定義する

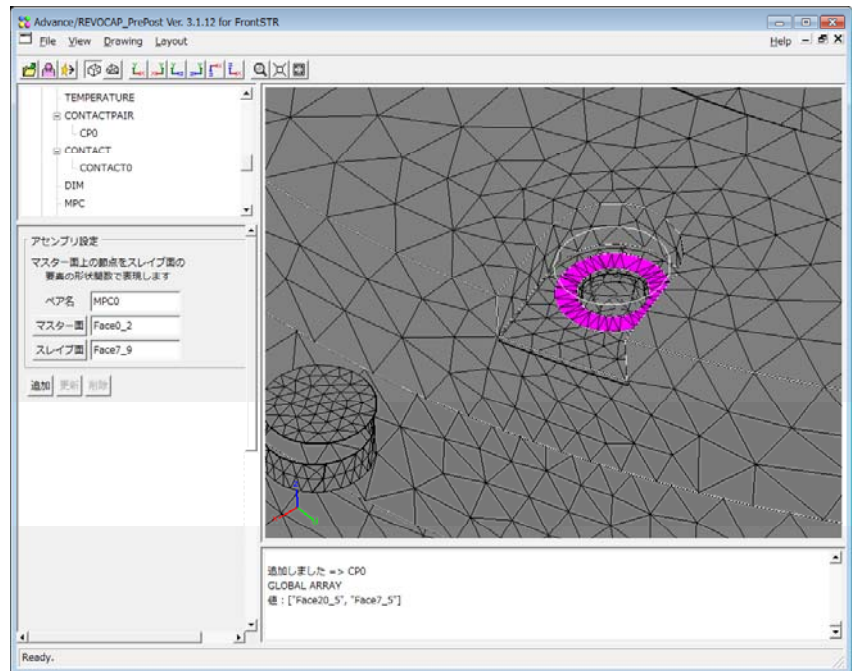
- ①パイプとキャップの間を接触ペアに定義する
- パイプをマスター(動かない方)
- キャップをスレイブ(動く方)にする



例題: アセンブリモデルの解析モデルの作成(6)

MPC(多点拘束)条件を与える

ボルト締結部について、ボルトの締め付け下面とキャップのボルトの凹部をマスター面、スレイブ面に設定する

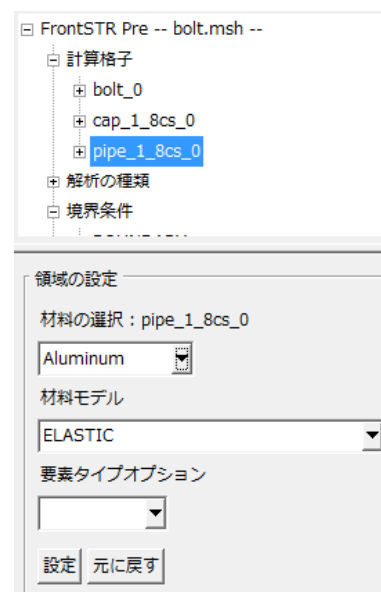


例題: アセンブリモデルの解析モデルの作成(7)

ボルト、パイプ、キャップそれぞれに材料物性値を与える

パイプ、キャップをアルミニウム、ボルトをステンレスとする

既存の材料データベースの値を利用する



例題：アセンブリモデルの解析モデルの作成(8)

境界条件についてステップ解析の設定を行う。
ここではすべての境界条件を有効にする1ステップの解析を行う。

最後にメニューからモデルの保存を行って解析モデルを保存する

名前	種類
AFstrJob.sh	Shell Script
FstrModel.cnt	CNT ファイル
FstrModel.msh	MSH ファイル
hecmw_ctrl.dat	DAT ファイル
propDB.yaml	YAML ファイル



ステップ

名前: STEP0

非線形解析:

収束判定閾値:

非線形最大反復回数:

静的解析

時間増分:

計算時間:

最小荷重成分:

最大荷重成分:

このステップで有効な条件の設定

定義済みの境界条件

全て追加↓ 追加↓ 取り消し↑ 全て取り消し

このステップで有効な境界条件

BND0

BND1

DL0

更新 削除

Advance/REVOCAPの基本情報

動作環境	Windows7 (32bit, 64bit)、Windows Vista、Linux(GentOSなど、詳細はお問い合わせください)
形状モデル読み込み	IGES(5.3)、STEP、STL
メッシュ生成	四面体自動メッシュ生成、押し出しメッシュ生成、2次要素対応、粗密制御対応
計算格子読み込み	HECMW形式、(その他各種のフォーマットに対応いたします。詳細はお問い合わせください。) 四面体、六面体、三角柱、四角錐、三角形(シェル)、四角形(シェル)、トラス
プリ処理	境界条件設定機能、解析条件設定機能、材料物性値簡易データベース機能、ステップ解析設定機能、メッシュ品質チェック機能
ポスト処理	カラーコンター、等値面、ベクトル、切断面、変形、アニメーション作成
推奨PCスペック	メインメモリ2GB以上(1千万要素以上の大規模モデルを扱う場合は16GB以上を推奨します) 空きHDD500MB以上 ビデオメモリ256MB以上(大規模モデルを扱う場合は1GB以上)



警告

このレポートに収録されている文章および内容については、ご自身のために役立つ用途に限定して無料配布しています。このレポートを、販売、オークション、その他の目的で利用するには、著作権者の許諾が必要になります。このレポートに含まれている内容を、その一部でも著作権者の許諾なしに、複製、改変、配布を行うことおよびインターネット上で提供する等により、一般へ送ることは法律によって固く禁止されています。