

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR、 汎用プリポストプロセッサAdvance/REVOCAP 最新動向セミナー

2012年12月18日(火)開催
アドバンスソフト株式会社



本日のプログラム

- 13:30～13:40(10分) 主催者あいさつ アドバンスソフト株式会社のご紹介
取締役副社長 松原 聖
- 13:40～14:10(30分) 招待講演～オープンソース構造解析ソフトFrontISTRのCoDesign～
東京大学 大学院 新領域創成科学研究科 人間環境学専攻 教授 奥田 洋司 様
- 14:10～15:00(50分) ユーザー様のご講演～Advance/FrontSTRの大規模接触解析への適用～
独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 情報・計算工学センター 篠原 主勲 様
- 15:00～15:10(10分) 休憩
- 15:10～15:35(25分) Advance/FrontSTR Ver.4.1の新機能と今後の開発スケジュール
第一事業部 松原 聖、袁 熙
- 15:35～16:00(25分) リファイナを利用した大規模解析事例および並列接触解析
第一事業部 末光 啓二
- 16:00～16:15(15分) プリポストプロセッサAdvance/REVOCAP Ver.3.1の概要と特長のご紹介
第一事業部 徳永 健一
- 16:15～16:30(15分) 構造解析および流体解析ソフトウェアとの連成が可能な音響解析ソフトウェア
Advance/FrontNoise
第一事業部 松原 聖
価格および関連サービス紹介
営業部 河口 洋子
- 16:30～16:45(15分) 質疑応答



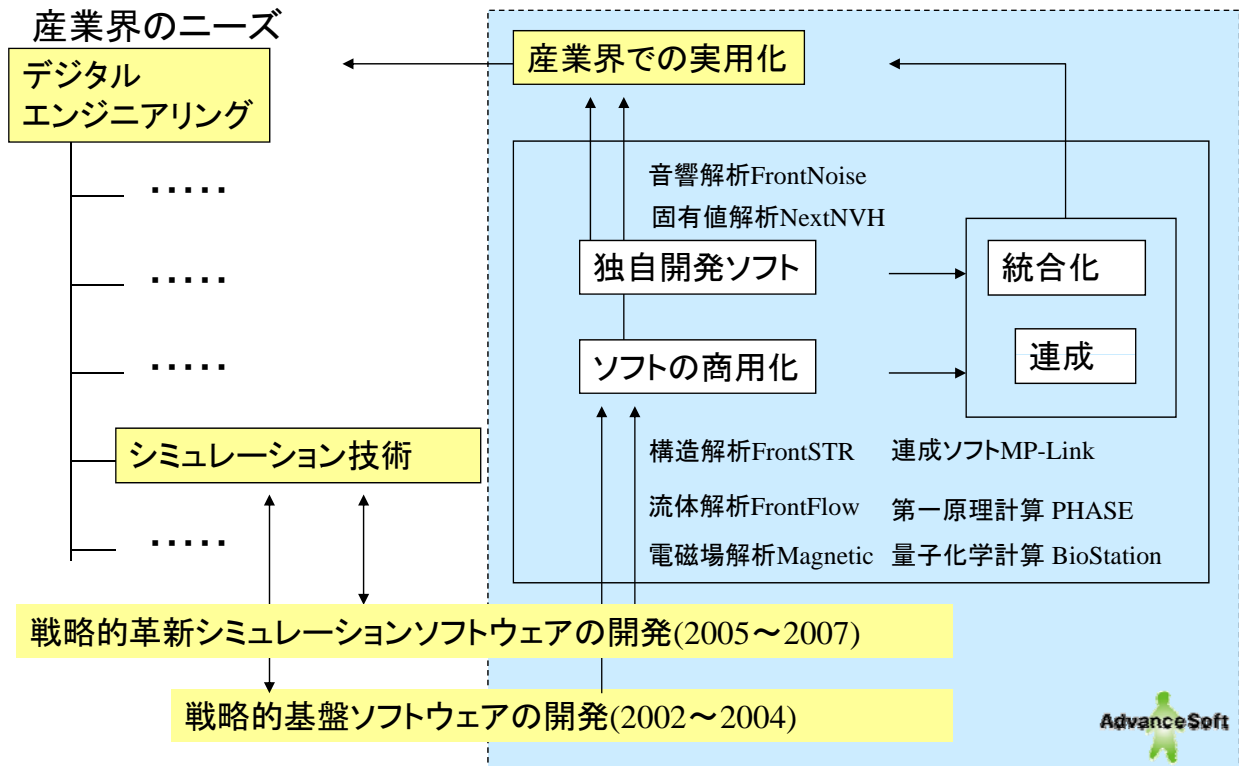
アドバンスソフト株式会社について

2012年12月18日(火)開催
第1事業部

構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR、汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP 最新動向セミナー



アドバンスソフトとは

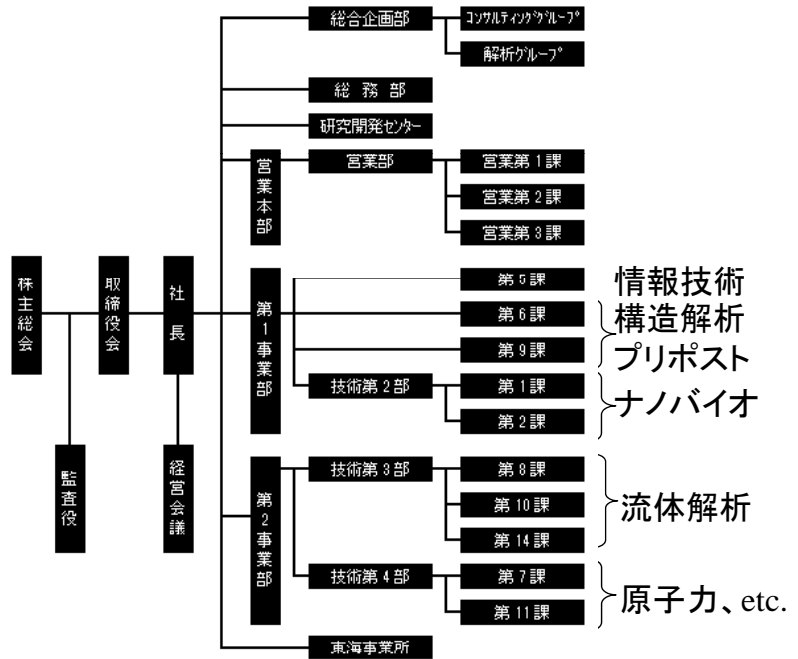


構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR、汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP 最新動向セミナー



会社概要

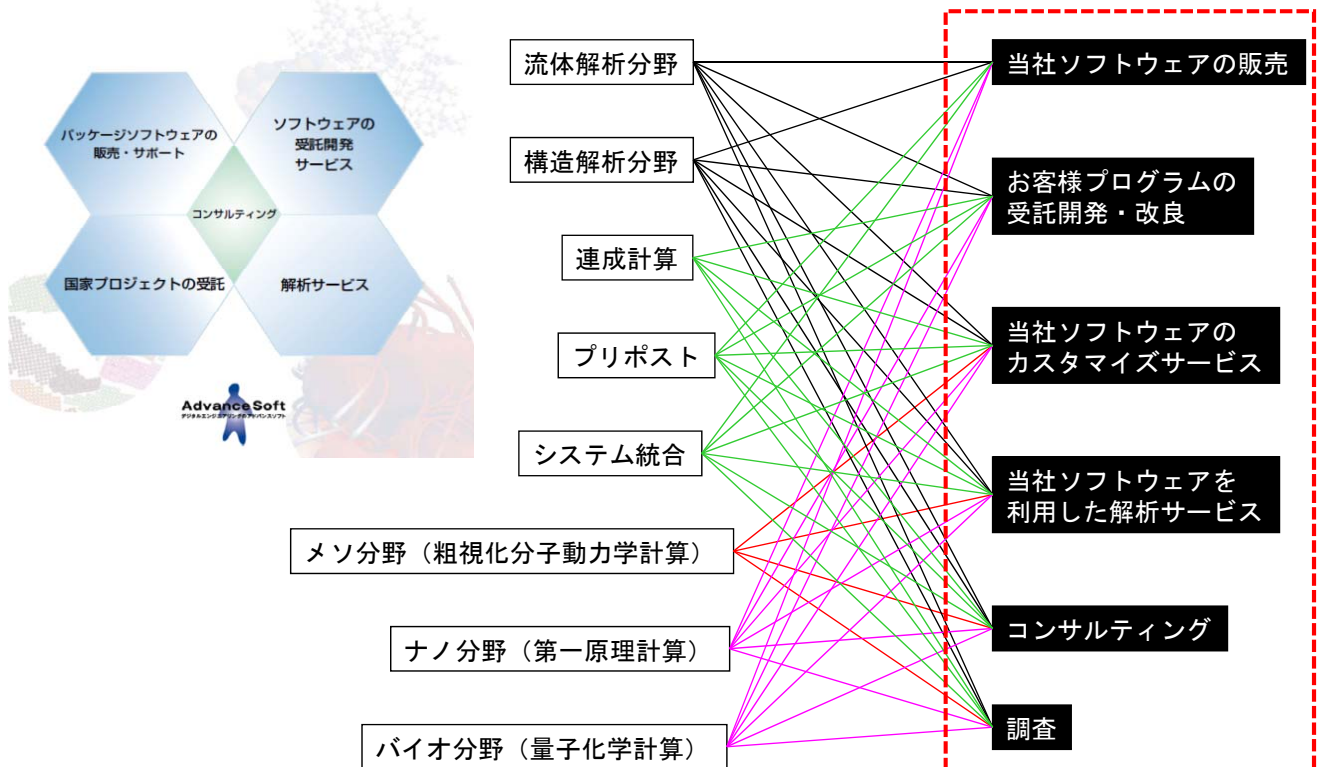
名称 アドバンスソフト株式会社
英文名 AdvanceSoft Corporation
本社 〒107 - 0052
 東京都港区赤坂1丁目9番
 第16興和ビル南館 7階
 TEL: 03 - 5570 - 1680
 FAX: 03 - 5570 - 1684
設立 2002年（平成14年）4月24日
資本金 3,724万円
従業員数 63名（2012年12月4日現在）



構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR、汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP 最新動向セミナー



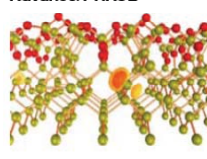

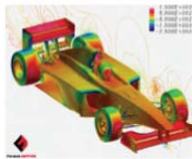
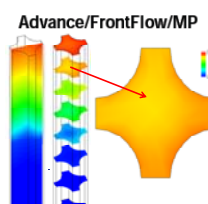
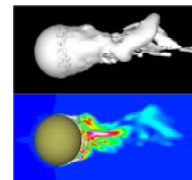
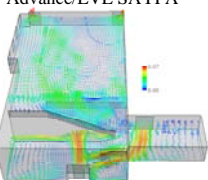
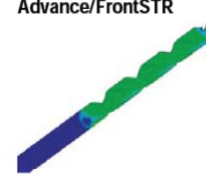
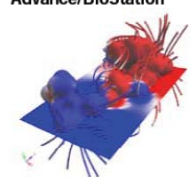
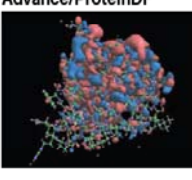
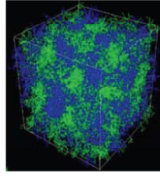
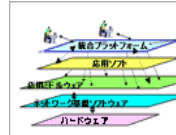
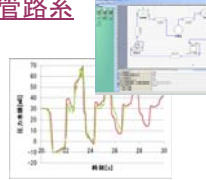
アドバンスソフトの事業分野と事業内容



構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR、汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP 最新動向セミナー



アドバンスソフトのパッケージソフトウェア

<p>ナノ</p> <p>Advance/PHASE</p>  <p>Advance/TFLAGS</p> 	<p>流体</p> <p>Advance/FrontFlow/red</p>  <p>Advance/FrontFlow/MP</p>  <p>Advance/FrontFlow/FOCU</p>  <p>Advance/EVE SAYFA</p> 	<p>構造</p> <p>Advance/FrontSTR</p> 
<p>バイオ</p> <p>Advance/BioStation</p>  <p>Advance/ProteinDF</p> 	<p>メゾ</p> <p>Advance/OCTA</p> 	<p>統合プラットフォーム</p> <p>Advance/PSE Workbench</p>  <p>Advance/FrontNet</p> 

構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR、汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP 最新動向セミナー



facebook、YouTubeでも関連記事を掲載中



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

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



構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR、汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP 最新動向セミナー

<<奥田 洋司 (おくだ ひろし) 様>>

(略歴)

1985年 東京大学工学部原子力工学科卒業
1990年 同大学院博士課程修了、工学博士
1990年 東京大学講師、工学部精密機械工学科
1994年 東京大学助教授、工学部システム量子工学科
1996年 横浜国立大学助教授、工学部生産工学科
2000年 東京大学助教授、工学系研究科システム量子工学専攻
2003年 人工物工学研究センターへ配置換
2005年 東京大学教授、人工物工学研究センター
2012年 大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻へ配置換
現在に至る

(研究分野)

並列有限要素法による構造・流体解析、ハイパフォーマンス・コンピューティング、固体地球シミュレーション、科学技術計算ミドルウェア、技術普及シミュレーション、知識伝搬モデリング、などの研究・教育に従事。イノベーション基盤シミュレーションソフトウェア「FrontISTR / HEC-MW」開発グループリーダー。

(所属学会)

日本機械学会、日本計算工学会、日本応用数理学会、日本原子力学会、日本シミュレーション学会、日本流体力学学会、SIAM

(受賞)

1996年 日本機械学会研究奨励賞
2001年 International Conference on High Performance Computing and Networking Europe (HPCN2001), Best Paper Award
2003年 International Conference on Computational Science (ICCS2003), Best Paper Award
2004年 日本機械学会計算力学部門業績賞
2005年 日本計算工学会論文賞
2007年 日本機械学会フェロー
2009年 JACM Fellow Award

(著書)

- (1) 計算力学シミュレーションハンドブック –超ペタスケールコンピューティングの描像-(丸善)(共編)
- (2) 並列有限要素解析[I],[II](培風館)(共編著)、ペタフロップスコンピューティング(培風館)(共編著)
- (3) 計算力学[VII]計算力学における超並列計算法(養賢堂)(共編著)
- (4) 有限要素法流れの解析(朝倉書店)(共著)、計算力学(岩波書店)(共著)、ほか。

オープンソース構造解析ソフト FrontISTRのCoDesign

奥田 洋司

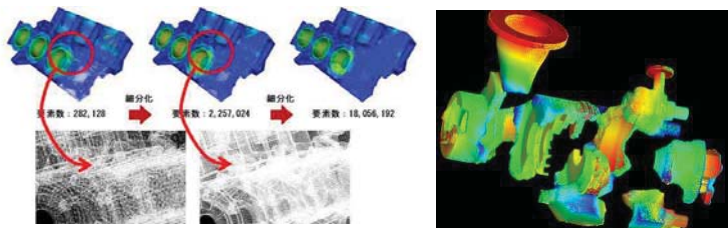
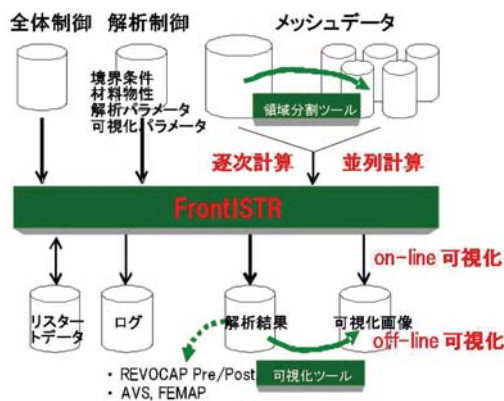
東京大学大学院 新領域創成科学研究科 人間環境学専攻
okuda@k.u-tokyo.ac.jp



Front ISTR ver.4.1 大規模アセンブリ構造対応構造解析ソルバー

- ・大規模並列FEMの基盤に, 充実した非線形構造解析機能を実装
- ・先進性と実用性を兼ね備えた構造解析ソフトウェア

並列環境を意識しないシンプルな解析手順



スパコンからノートPCまで

線形静解析	熱応力解析を含む
非線形静解析	材料非線形: 超弾性/弾塑性/熱弾塑性/粘弾性/クリープ等方/移動/複合硬化 幾何学的非線形: Total Lagrange法/Updated Lagrange法 境界非線形(接触): Lagrange乗数法、有限すべり、摩擦
線形動解析	陽解法/陰解法
非線形動解析	陽解法/陰解法 非線形静解析と同等の材料非線形/幾何学的非線形/境界非線形(接触)機能
固有値解析	ランチョス法、変形後解析機能
熱伝導解析	定常/非定常(陰解法)
要素タイプ	四面体/六面体/五面体/シェル/トラス 1次/2次、非適合モード、選択の次数低減積分
解析支援	境界条件ステップ制御、リスタート、ユーザーサブルーティン、並列接触解析用パーティショナ

研究開発の狙い

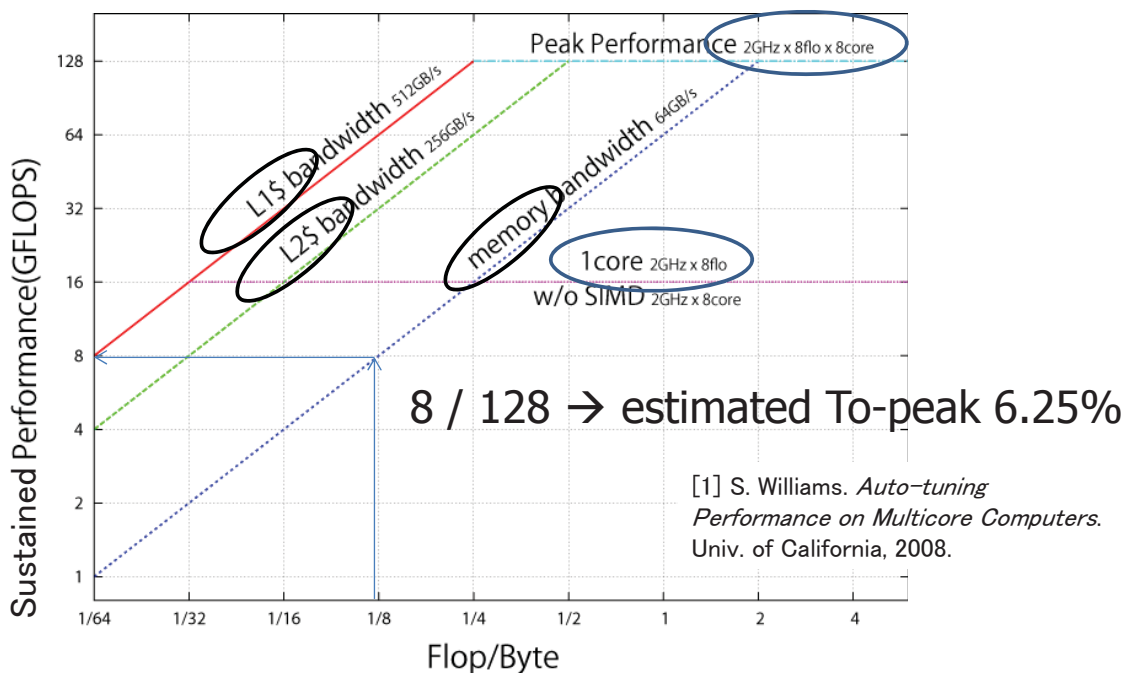
- 未来のニーズに挑戦できる「先進性」
 - 先端的スパコンへの対応
 - 実機まるごと解析(アセンブリ構造体)に必要な10億～100億メッシュ規模までの解析を実現
 - 拡張性の高いFEMミドルウェアと構造解析アプリ

- 目の前のニーズに対応できる「実用性」
 - 充実した非線形解析機能
 - 超並列計算機, オフィス環境, CAEクラウド

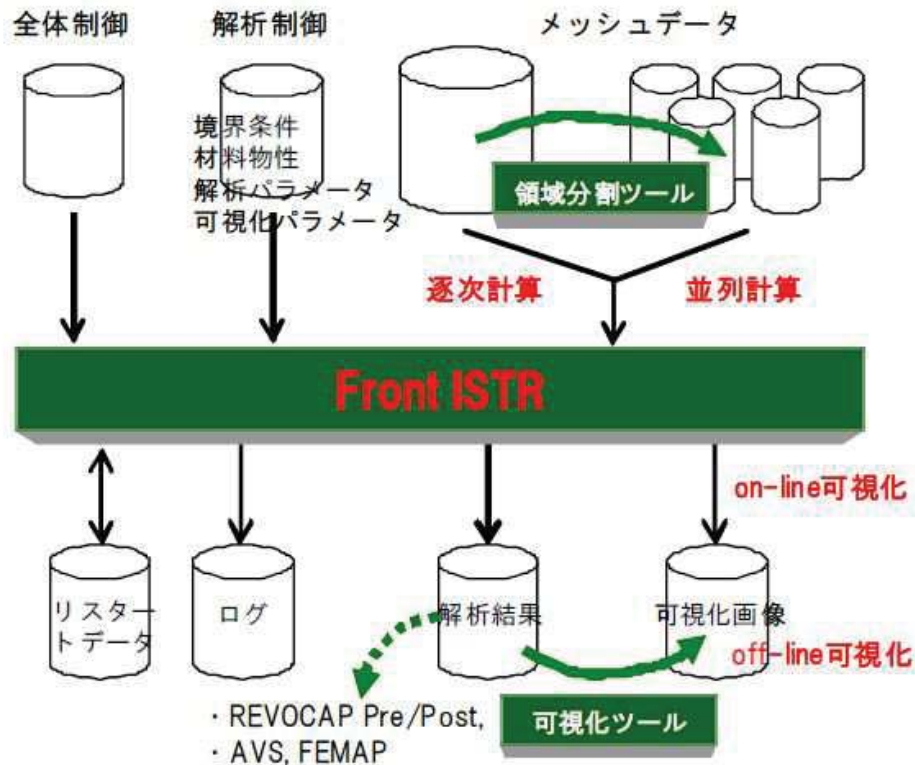


Performance Model

- The K-computer's roofline model based on William's model[1].
- Sustained performance can be predicted w.r.t. applications' Flop/Byte ratio.

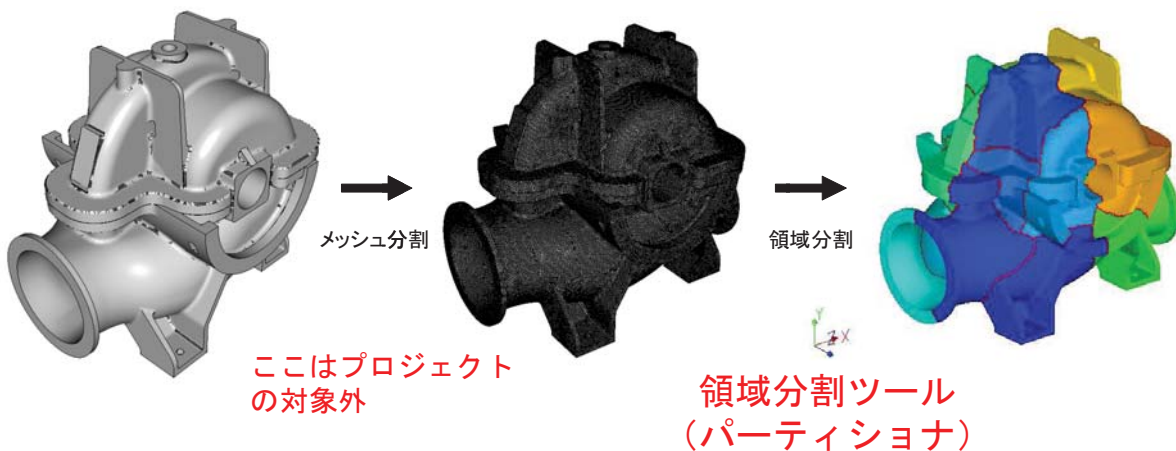


並列環境を意識しないシンプルな解析手順



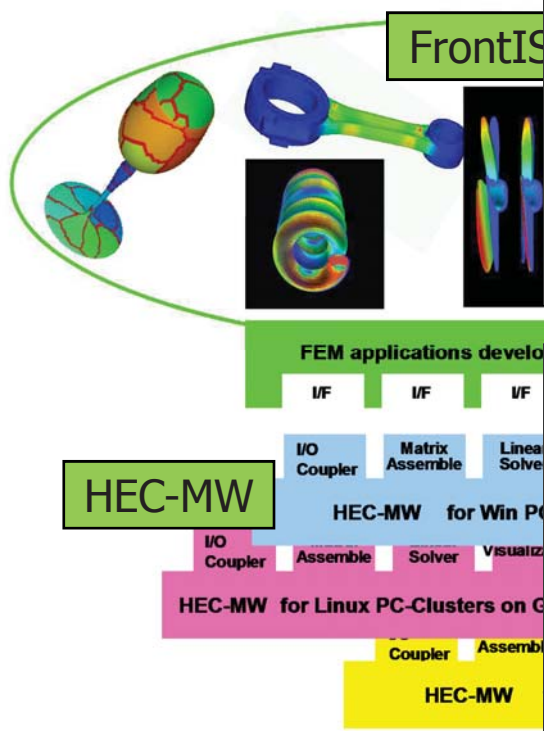
SPMD(Single Program Multiple Data)プログラミングにより、メッシュデータを領域分割ツール（同梱）で分割するだけで並列計算が実行されます。

領域分割に基づく並列解析



- ・フラットMPI : ノード間もノード内もMPI (領域数:多)
- ・ハイブリッド並列 : ノード間MPI, ノード内OpenMP (領域数:少)

FrontISTR built on HEC-MW



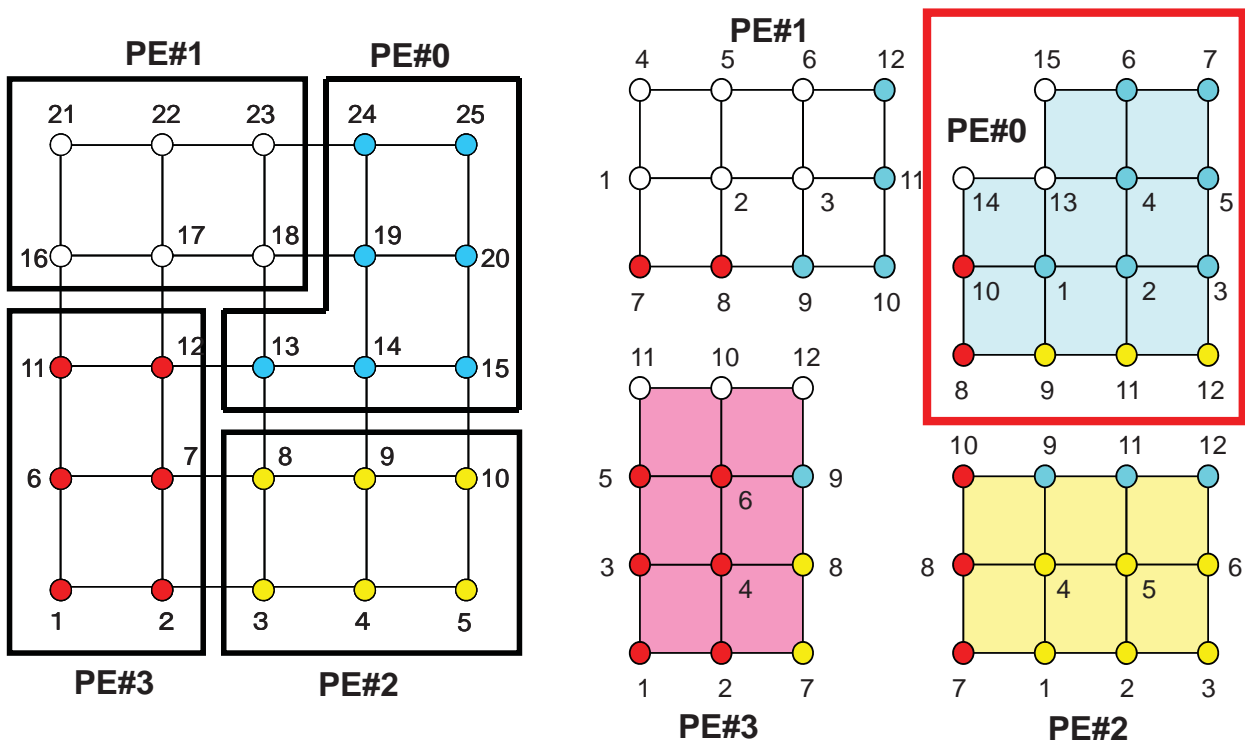
- Nonlinear analysis functions
 - Hyper-elasticity/Thermal-elastic-plastic/Visco-elastic/Creep, Combined hardening rule
 - Total/Updated Lagrangian
 - Finite slip contact, Friction

- Advanced features of parallel FEM
 - Hierarchical mesh refinement
 - Assembly structure
 - Up to $O(10^5)$ nodes
- Portability
 - From MPP to PC
 - CAE cloud

Nonlinear structural analysis functions have been deployed on a parallel FEM basis: HEC-MW.

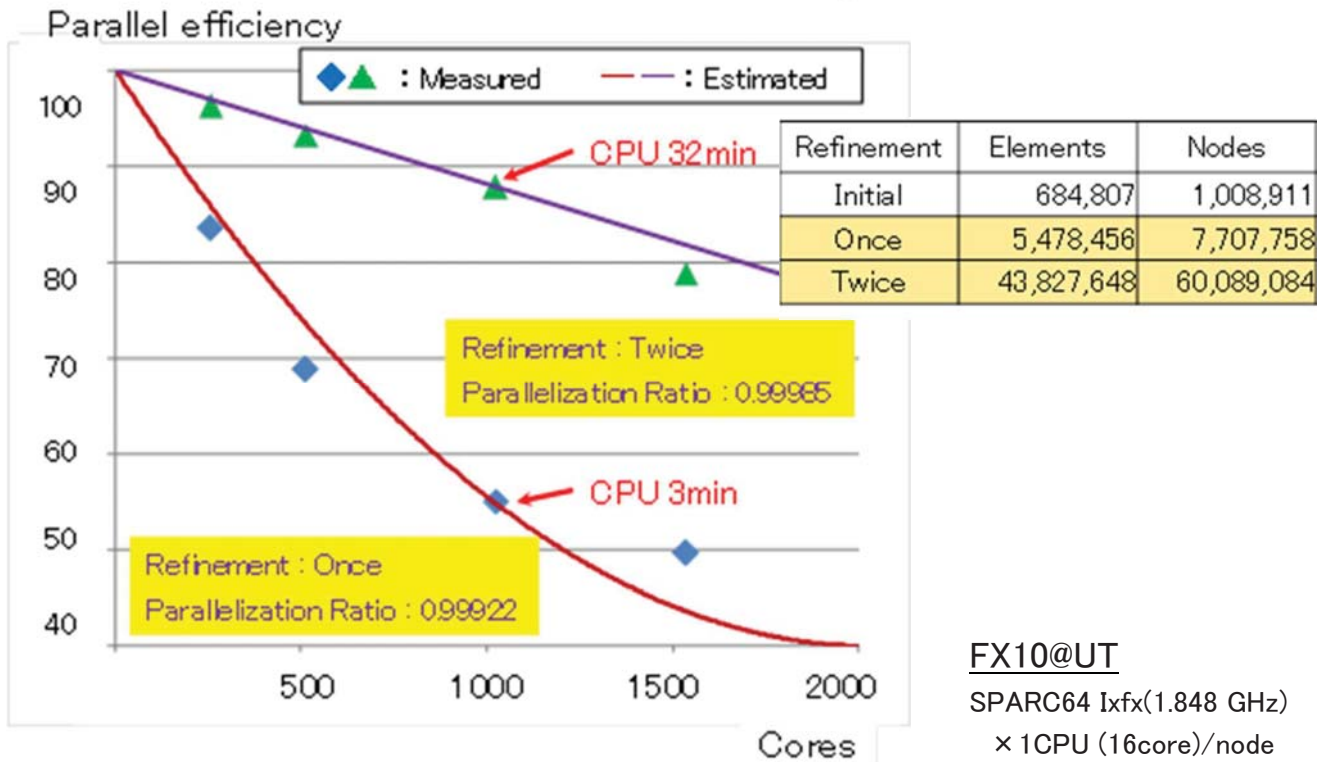
Local Data Structure

Node-based Partitioning
internal nodes - elements - external nodes



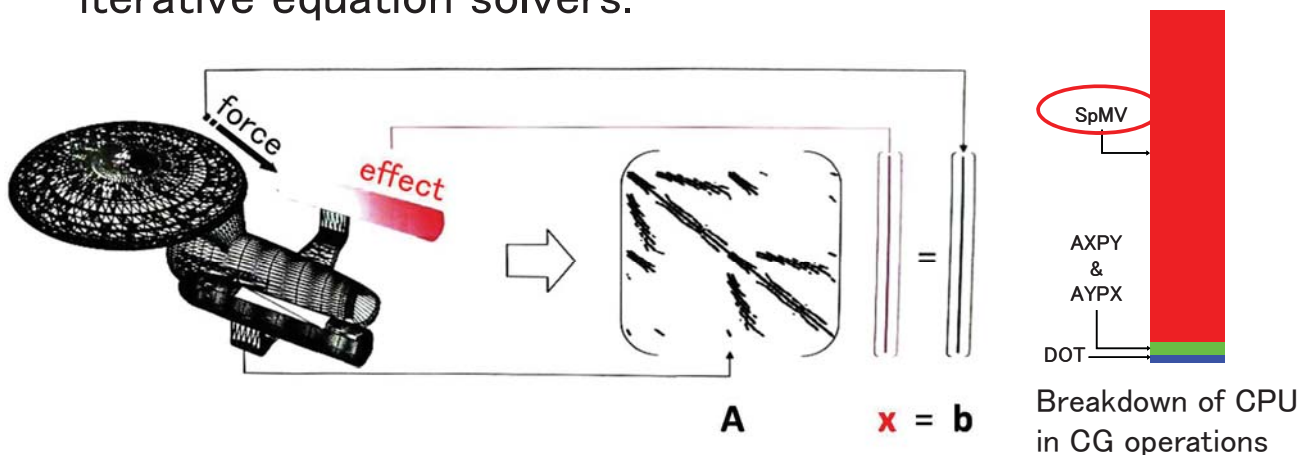
Strong Scale with Refiner

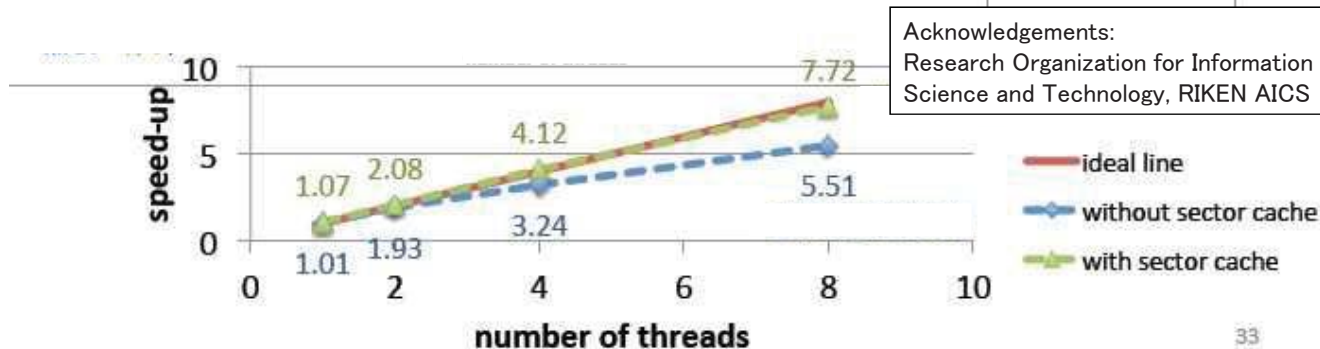
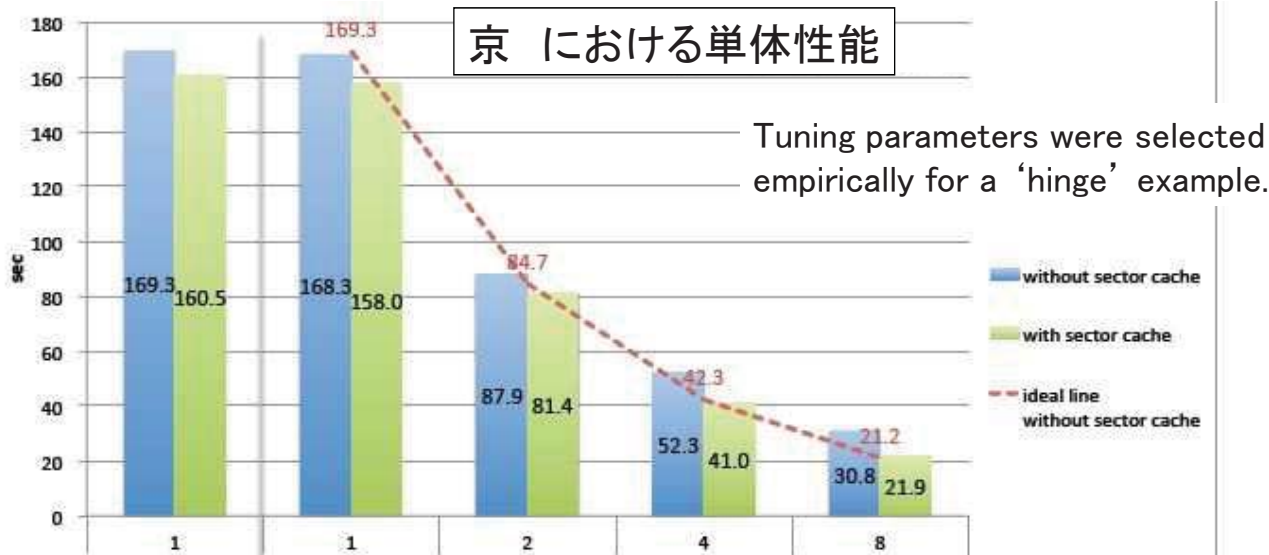
- Static linear analysis of machine part
- 2nd order tetra element
- PCG ($\epsilon=10^{-6}$)



FEM, Iterative Solvers and SpMV

- In FEM, continuous media is discretized and converted to a system of linear equations.
- Matrices are sparse and usually stored in compressed format, such as CSR.
- SpMV (sparse-matrix vector product) is a hotspot for iterative equation solvers.





33

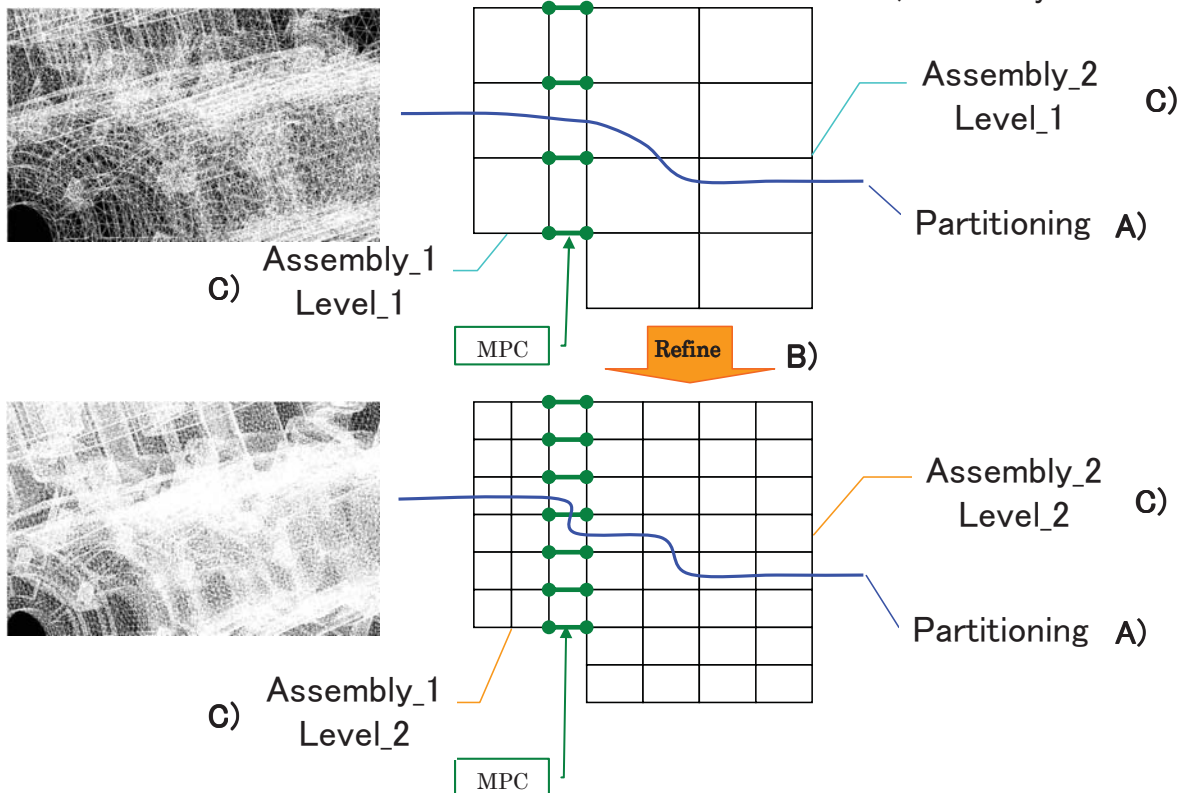
RISS Research and Development of Innovative Simulation Software

FrontISTR Ver.4.1 の先進的特長

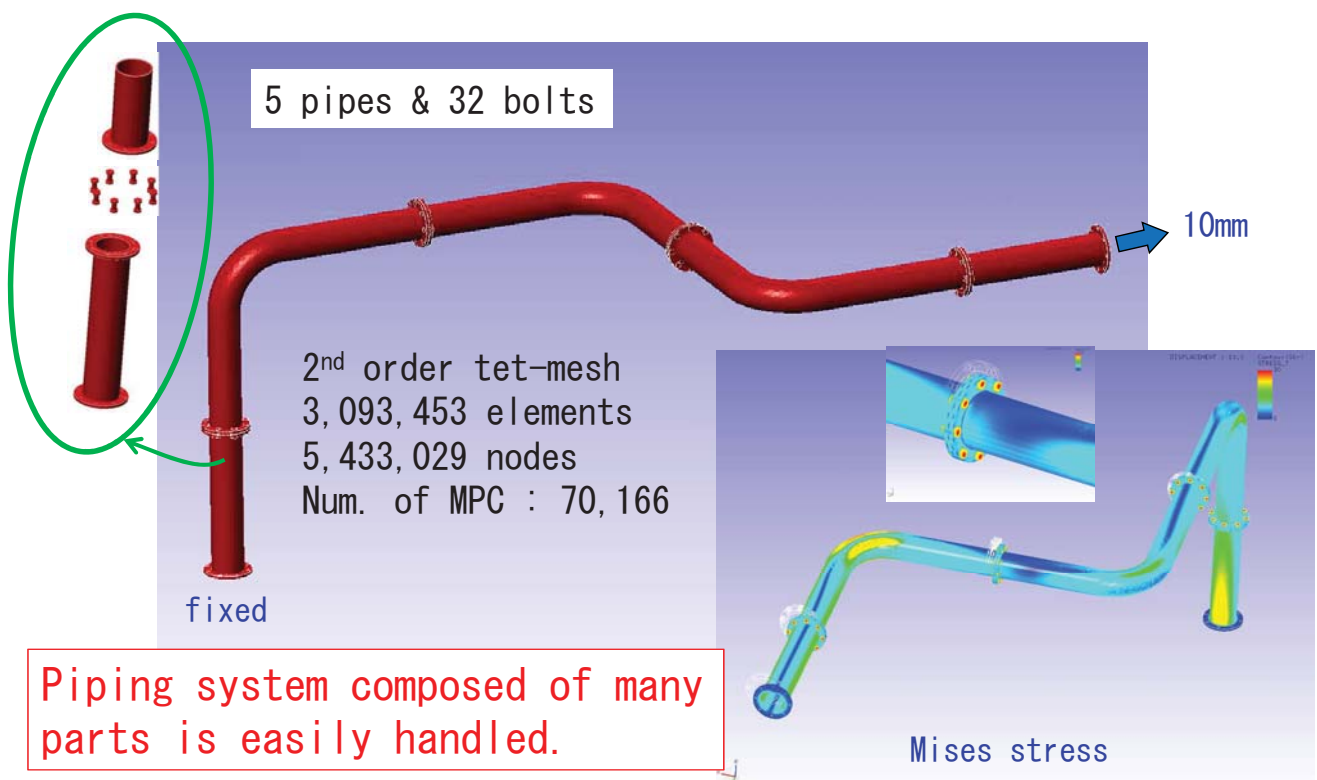
階層メッシュ 細分化	大規模高精度モデルをREVOCAP_Refinerにより容易に自動作成
アセンブリ構造	接合面ペア指定とMPC処理付反復法による柔軟な部品アセンブル
マルチグリッド 解法	階層メッシュ利用による反復法ソルバーの収束加速
大規模ノード数 対応	局所化データ構造により、 $O(10^5)$ ノードまで並列性能を発揮
並列ソルバー	各種前処理付き反復法(領域分割)／直接法(行列分割および領域分割(MUMPSへのインターフェース))
並列可視化	サーフェス／ボリュームレンダリング、on-line可視化
連成解析	REVOCAP_Couplerを介したFrontFlowとの流体・構造連成解析

Data structure for assembly structures with parallel and hierarchical gridding

- A) Partitioning (MPI ranks)
- B) Hierarchical level
- C) Assembly model



Assembled Structure: Piping composed of many parts



産業応用(に限らないが)における課題

技術的課題

- 充実した非線形解析機能(トータルなシステムとしての完成度)
- 並列直接法(線形ソルバー)
- プログラミング柔軟性と演算性能の妥協点
- メモリウォール問題
- グリッド・クラウド
- 不確実性の考慮(メッシュ不整を含む)

Logistics

- 恒常的な維持管理
 - 問い合わせ対応、WEB管理、プログラム管理、データ管理
- 利用技術、プログラミング情報のドキュメント化(日英)と継承
- 改良に向けた産官学連携プロジェクト
 - 競争的資金、共同研究
 - 委託開発ではなく共同開発
 - 秘密保持と公開性
- 認証コード化

FrontISTR Ver.4.1 の構造解析機能一覧

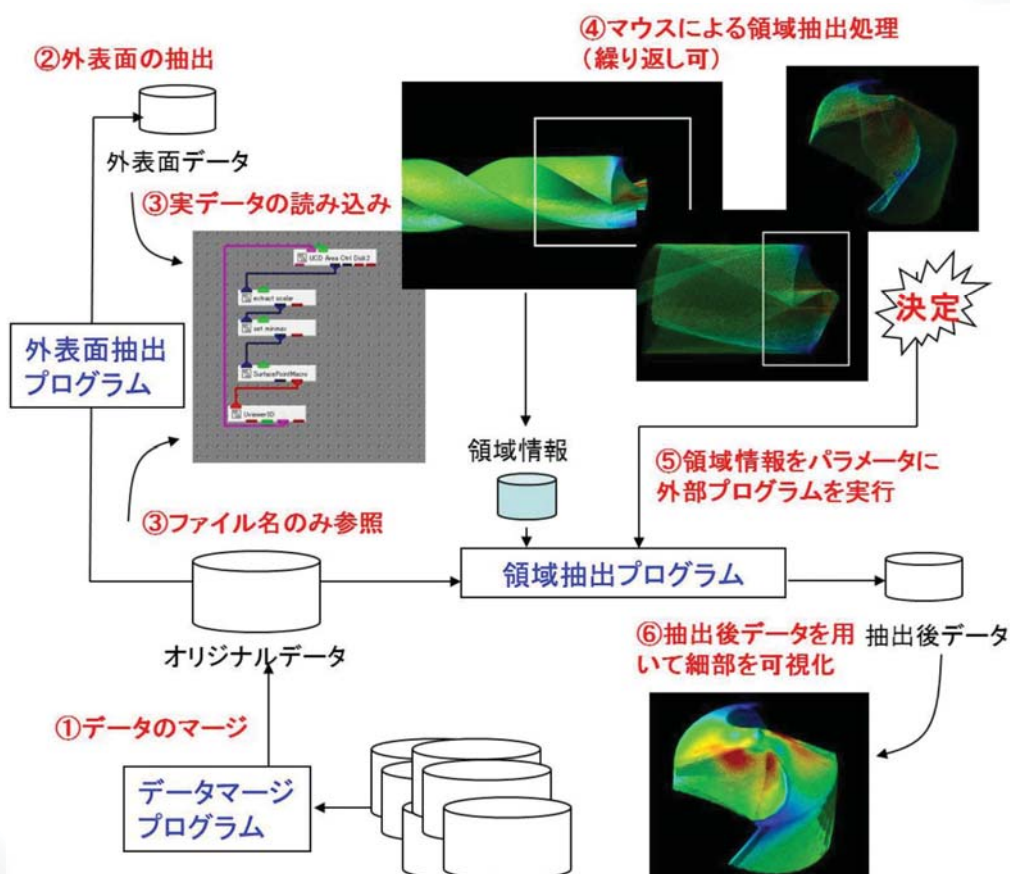
線形静解析	熱応力解析を含む
非線形静解析	材料非線形: 超弾性/弾塑性/熱弾塑性/粘弾性/クリープ 等方/移動/複合硬化 幾何学的非線形: Total Lagrange法/Updated Lagrange法 境界非線形(接触): Lagrange乗数法、有限すべり、摩擦
線形動解析	陽解法/陰解法
非線形動解析	陽解法/陰解法 非線形静解析と同等の材料非線形/幾何学的非線形/境界非線形(接触)機能
固有値解析	ランチョス法、変形後解析機能
熱伝導解析	定常/非定常(陰解法)
要素タイプ	四面体/六面体/五面体/シェル/トラス 1次/2次、非適合モード、選択的次數低減積分
解析支援	境界条件ステップ制御、リスタート、ユーザーサブルーティン、並列接触解析用パーティショナ

実施中の大規模実証例題(＊)

- 高速鉄道のレール・車輪間の接触挙動評価
- 船体ブロック溶接やキャスクなど大規模構造物の残留応力評価
- 複合材料伝動ベルトの接触挙動評価
- 接触荷重・熱荷重下における電子機器の構造信頼性評価
- 発電用大型蒸気タービン動翼の流体・構造連成
- 充填ゴムのひずみ評価
- 脳動脈瘤などの生体系非定常流体・構造連成
- 地震時における地盤・原子力建屋の動的挙動評価
- 複雑構造押し出し成型の効率化

・(＊)企業との共同研究の枠組み等を通じて実施、予定を含む
 ・一部、HPCI「京」、地球シミュレータの産業利用枠や一般公募枠を利用。センター支援による最適化(行列保持形式の変換)
 ・引き続き、ユーザー会との連携、共同研究テーマの提案を歓迎します。

操作手順例



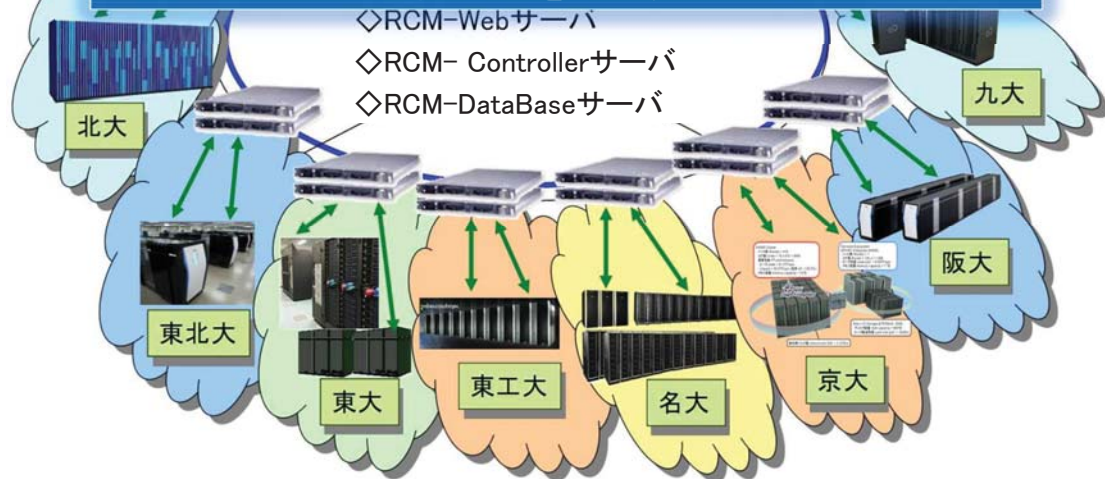
第17回計算工学講演会 2012年5月29-31日 京都教育文化センター

スパコンCAEクラウド概念図

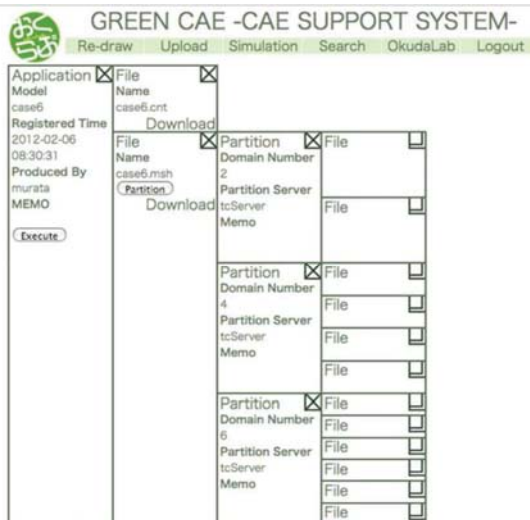
RCMの基本機能

- ・テンプレートによる作業の自動化
- ・データベースをもとにしたファイルの管理・バックアップ
- ・ユーザ管理
- ・サーバ群の操作

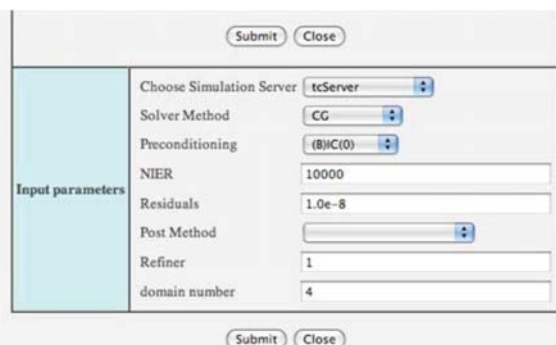
XML要素で書かれたジョブ (job要素) を組み合わせてテンプレートと呼ばれる作業フローを作成する。



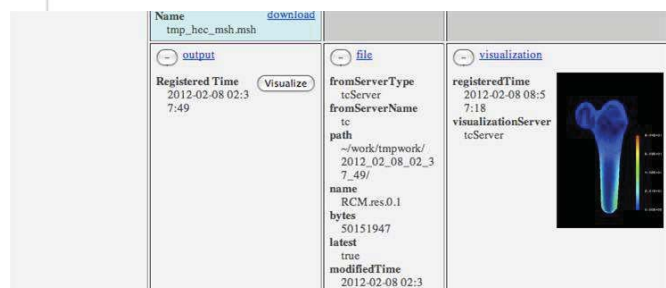
FrontISTR 各コンポーネントの実行画面サンプル



独自UIによるパラメータ入力画面



解析パラメータ入力



解析結果DBのサムネイル表示

並列FEM(FrontISTR) 各コンポーネント



メッシュ登録

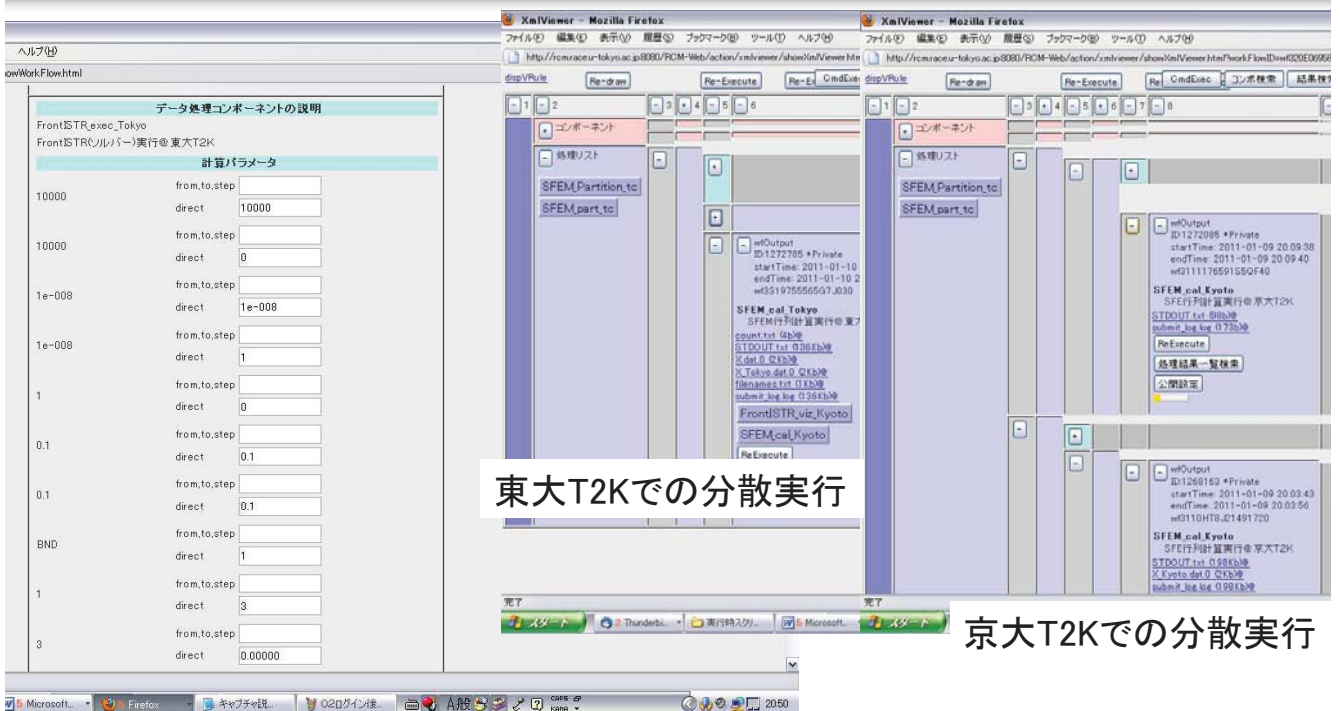


領域分割



ソルバー設定

並列FEM(FrontISTR)の複数拠点分散実行



東大T2Kでの分散実行

京大T2Kでの分散実行

FEM計算パラメータの設定

産業応用(に限らないが)における課題

技術的課題

- 充実した非線形解析機能(トータルなシステムとしての完成度)
- 並列直接法(線形ソルバー)
- プログラミング柔軟性と演算性能の妥協点
- メモリウォール問題
- グリッド・クラウド
- 不確実性の考慮(メッシュ不整を含む)

Logistics

- 恒常的な維持管理
 - 問い合わせ対応、WEB管理、プログラム管理、データ管理
- 利用技術、プログラミング情報のドキュメント化(日英)と継承
- 改良に向けた産官学連携プロジェクト
 - 競争的資金、共同研究
 - 委託開発ではなく共同開発
 - 秘密保持と公開性
- 認証コード化

<<篠原 主勲（しのはら かずのり） 様>>

（略歴）

・2011年度より、独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 情報・計算工学センターに着任。
人工衛星の構造解析全般に従事。

・2008年10月～2011年3月（財）神奈川県科学技術アカデミー常勤研究員

・神奈川県内の産・学・公が一体となって地域課題に取り組む地域産学公結集共同研究事業のプロジェクトの一つである「次世代パワーエレクトロニクス」の研究員として、パワーデバイスの信頼性評価技術の研究に従事する。

・経済産業省 平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業（平成21年度補正予算事業）において、自動車用インバータのモジュール等の温度特性評価用小型熱衝撃試験機の開発に従事する。

・2006年11月～2008年9月 東京大学 IML 研究機関研究員

形状最適化に関する研究：非定常性を有する流れ場でも最適化解析可能な随伴変数法による形状最適化手法を提案した。

・イノベーション普及学についての研究：物理現象のひとつである拡散現象を模倣し、有限要素法によるシミュレーション技術を駆使することで、社会現象のひとつであるイノベーション普及の定量化を試みた。

2006年9月 東京大学 奥田洋司教授のご指導の下、東京大学大学院工学系研究科博士課程を修了し、博士(工学)の授与を受ける。

（研究分野）

・計算力学、数値流体、最適設計、接触・摩擦解析、有限要素法

（所属学会）

日本計算工学学会(正会員)、日本機械学会(正会員)、エレクトロニクス実装学会(正会員)

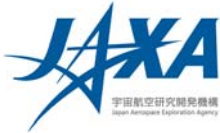
（受賞）

なし

（著書）

・篠原主勲，流れ場に置かれた構造物の随伴変数法による形状最適化，博工第6375号，2006.

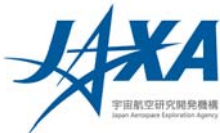
・Kazunori Shinohara, Hiroshi Okuda, Time Dependent Shape Optimization Using Adjoint Variable Method for Reducing Drag, Atmospheric Turbulence, Meteorological Modeling and Aerodynamics, Nova Science Publishers, (2010), pp.343-428（査読有）



【製品説明会】構造解析ソフトウェア
Advance/FrontSTR、汎用プリポストプロセッサ
Advance/REVOCAP 最新動向セミナー
日 時 2012年12月18日(火) 13:30~16:45
会 場 トスラブ山王(山王健保会館) 2階 会議室

Advance/FrontSTRの 大規模接触解析への適用

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
情報・計算工学センター
篠原主勲



目次



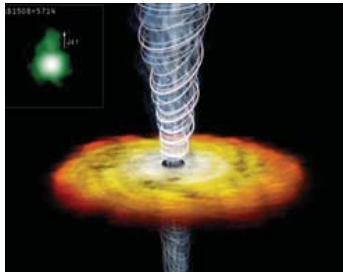
No .1

1. 背景(物理学者、天文学者の願望)
2. 課題(柔軟構造物の計測評価技術の難しさ)
3. 目的(有限要素解析を用いた柔軟構造物の評価技術の確立)
4. 展開構造物
5. 接触部のひずみ分布の検証(文献との比較を通して)
6. 変位のヒステリシスの再現性(文献との比較を通して)
7. スライドヒンジ動的接触解析の評価
8. 回転ヒンジ静的接触解析の評価
9. Advacen/FrontSTRの現状の問題点(動的接触解析と並列化)
10. 陰解法による大規模接触摩擦解析は実現可能か?
11. Advance/FrontSTRの優位性
12. 現状の展開構造物の開発について
13. アドバンスソフトに期待すること!

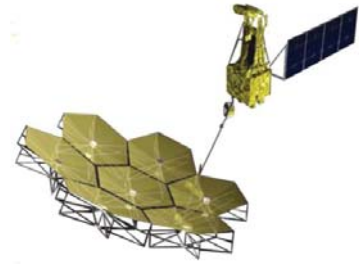
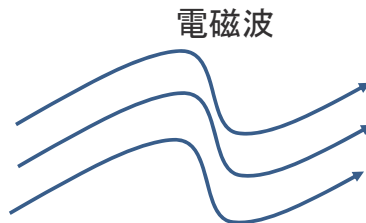


電波天文衛星 (Astro-G開発)の目的: 銀河核(回転する銀河の中心)やブラックホールなどを観測し、その構造や物理現象の解明

観測方法: ブラックホールは電磁波(X線など)を発することがわかっている。この電磁波の観測が宇宙現象解明につながる。



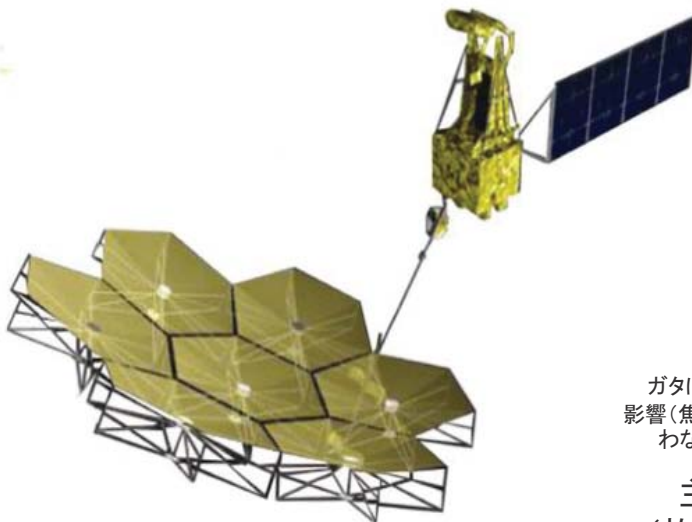
ブラックホール



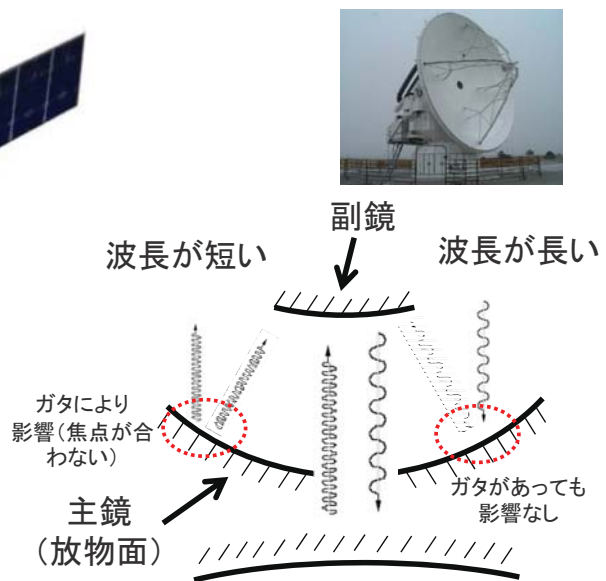
電波天文衛星(Astro-G)

ASTRO-G打ち上げ中止。

高精度展開アンテナの技術課題が明らかになり、科学目的の達成が困難。費用と開発期間の超過が予想。2011年に計画を中止



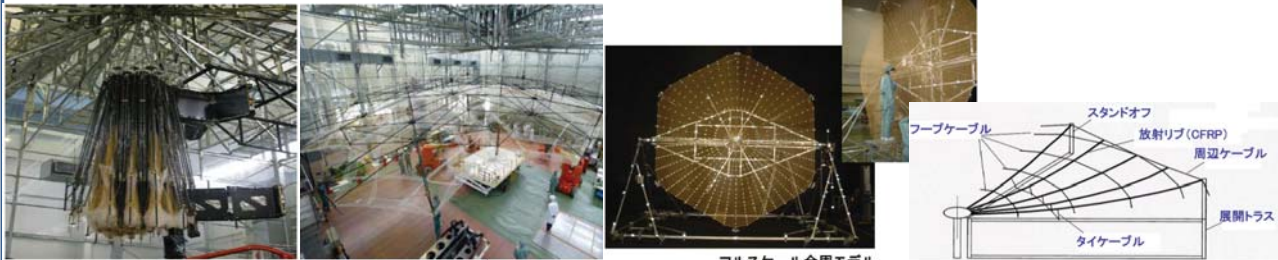
電波天文衛星Astro-G



- ・高周波数領域では、電波の波長が小さいため、微小な鏡面の凹凸の影響で不具合が発生
- ・展開非再現性の影響で、パラボラアンテナの開閉の繰り返して、少しずつガタが助長。

(参考文献) 電波天文衛星 (ASTRO-G) の状況について, 2011, http://www.jaxa.jp/press/2011/08/20110824_sac_astro-g.pdf

- ・地球上から宇宙空間まで衛星を輸送するため、衛星のパラボラアンテナを折りたたみ、ロケット上部のフェアリング内に収納。
- ・宇宙空間でフェアリングから衛星を分離。パラボラアンテナを展開。



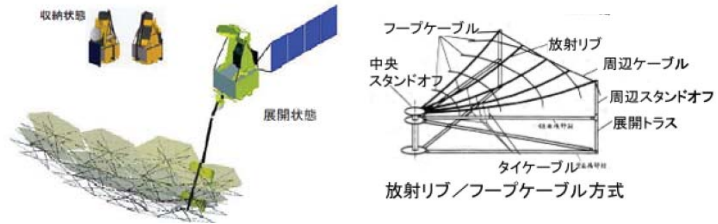
- ・部材間をヒンジやケーブルなどの張力のつり合いでパラボラアンテナ形状を維持する柔軟構造物。そのため結合部やケーブルなどの微小な変化がパラボラ鏡面精度に影響

(参考文献) 電波天文衛星 (ASTRO-G) の状況について, 2011, http://www.jaxa.jp/press/2011/08/20110824_sac_astro-g.pdf

1. 背景(物理学者、天文学者の願望)
2. 課題(柔軟構造物の計測評価技術の難しさ)
3. 目的(有限要素解析を用いた柔軟構造物の評価技術の確立)
4. 展開構造物
5. 接触部のひずみ分布の検証(文献との比較を通して)
6. 変位のヒステリシスの再現性(文献との比較を通して)
7. スライドヒンジ動的接触解析の評価
8. 回転ヒンジ静的接触解析の評価
9. Advacen/FrontSTRの現状の問題点(動的接触解析と並列化)
10. 陰解法による大規模接触摩擦解析は実現可能か?
11. Advance/FrontSTRの優位性
12. 現状の展開構造物の開発について
13. アドバンスソフトに期待すること!



非常に柔軟な構造物にもかかわらず、特殊環境下での高精度な計測を必要。



(1) ガタの計測評価困難: ずれ量(変位量)の絶対値が極めて小さいため、現状では計測が困難。(設計要求:0.4mm rms)(現状では、トラス鏡面を非接触式(V-STARS)、レーザー変位計により、変位計測→精度保障が困難な試験)

(2) 宇宙環境構築困難: 無重力状態や真空状態を地上で行うことが困難。基本は地上で計測するしかない。



大規模シミュレーション技術を駆使した結合部ガタ評価技術を確立。

(参考文献) 電波天文衛星 (ASTRO-G) の状況について, 2011, http://www.jaxa.jp/press/2011/08/20110824_sac_astro-g.pdf

計算上での問題点: ガタの計算モデル化は、数学的には不連続部分で、もっとも取扱いが困難で、シミュレーションによる計算で不得意。



解決策: 構造物結合部のガタを有限要素法による接触・摩擦解析可能? もし可能だと仮定したら。。。。。。。。

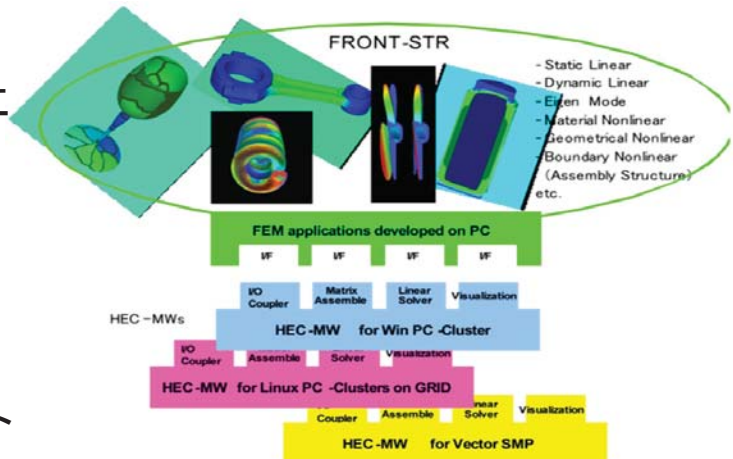


恐らく、大規模メッシュを用いて、高精度に位置を計算する必要があるだろう。でも並列化計算は、オペレーションが煩雑で敷居が高い。もっと簡易に使いたい。どうしよう。。。。。。。。?



構造解析大規模並列化強力支援ツール: ハイエンド計算ミドルウェア HEC-MW (HPC-MW) をベースに開発された Advance/FrontSTR を用いれば、すべてが解決!!

Advance/FrontSTRは文部科学省の国家プロジェクトにおいて東京大学 奥田洋司教授とアドバンスソフト株式会社が共同で開発したプログラムを、引き続きアドバンスソフト社が独自に改良整備し販売する汎用構造ソフトウェア



(参考文献) 東京大学奥田研究室
<http://nihonbashi.race.u-tokyo.ac.jp/>

検証事項(目的):

- (1) 接触解析手法により、どの程度の応力分布が再現?
- (2) 接触解析より、展開非再現性で再現可能?
- (3) 接触面(ガタ)が時々刻々変化する動的接触摩擦解析の再現?

・奥田洋司編者, 並列有限要素法解析 II, 培風館,(2008).

・袁熙, Advance/FrontSTR Ver. 3.0 の非線形解析機能について, アドバンスシミュレーション, 4(2011), pp.6-59.

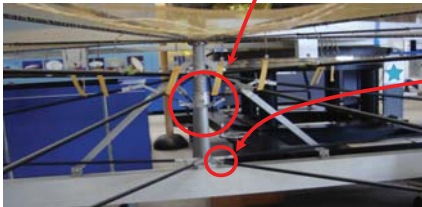
1. 背景(物理学者、天文学者の願望)
2. 課題(柔軟構造物の計測評価技術の難しさ)
3. 目的(有限要素解析を用いた柔軟構造物の評価技術の確立)
4. 展開構造物
5. 接触部のひずみ分布の検証(文献との比較を通して)
6. 変位のヒステリシスの再現性(文献との比較を通して)
7. スライドヒンジ動的接触解析の評価
8. 回転ヒンジ静的接触解析の評価
9. Advacen/FrontSTRの現状の問題点(動的接触解析と並列化)
10. 陰解法による大規模接触摩擦解析は実現可能か?
11. Advance/FrontSTRの優位性
12. 現状の展開構造物の開発について
13. アドバンスソフトに期待すること!



展開構造物の結合部は、スライドヒンジと回転ヒンジに大別。



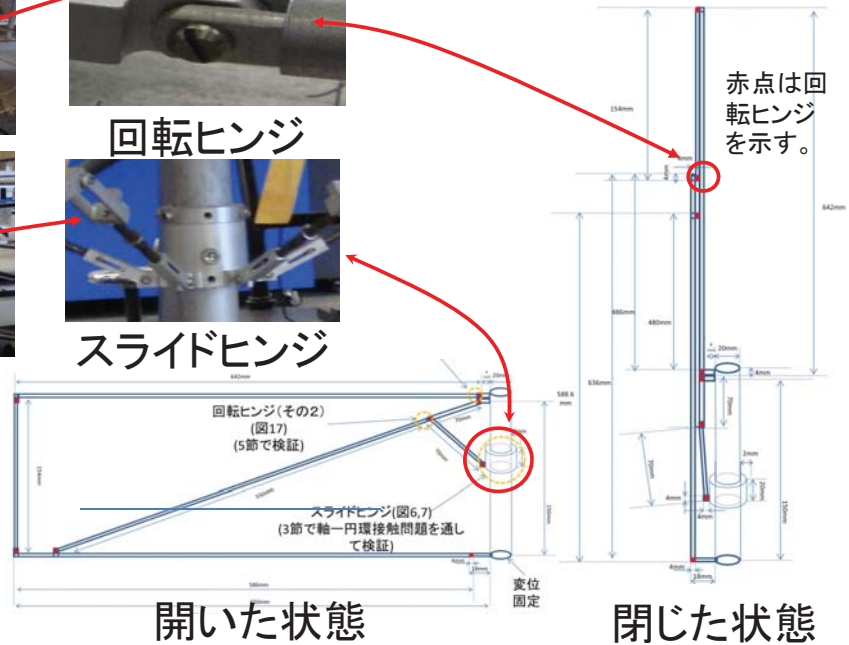
回転ヒンジ



スライドヒンジ

展開構造物全体

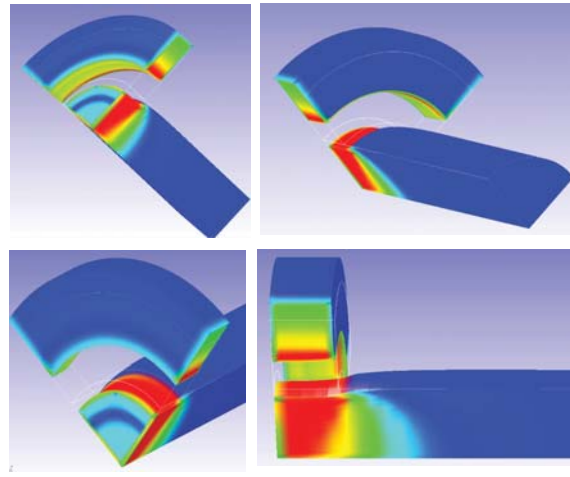
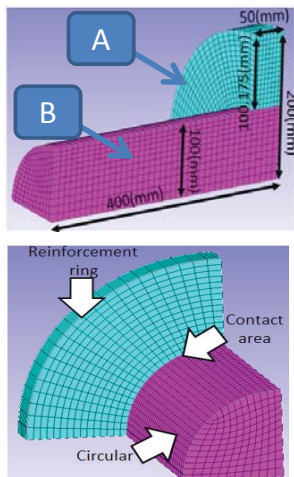
ヒンジの組み
合わせで開閉
機構を構成



1. 背景(物理学者、天文学者の願望)
2. 課題(柔軟構造物の計測評価技術の難しさ)
3. 目的(有限要素解析を用いた柔軟構造物の評価技術の確立)
4. 展開構造物
5. 接触部のひずみ分布の検証(文献との比較を通して)
6. 変位のヒステリシスの再現性(文献との比較を通して)
7. スライドヒンジ動的接触解析の評価
8. 回転ヒンジ静的接触解析の評価
9. Advacen/FrontSTRの現状の問題点(動的接触解析と並列化)
10. 陰解法による大規模接触摩擦解析は実現可能か?
11. Advance/FrontSTRの優位性
12. 現状の展開構造物の開発について
13. アドバンスソフトに期待すること!



目的: 本報告ではスライドヒンジを対象に、現状の接触解析手法の計算精度を検証するため、従来の文献の接触応力分布と比較。



物性値

- ・ヤング率:210.0(Gpa)
- ・ポアソン比:0.3

メッシュデータ

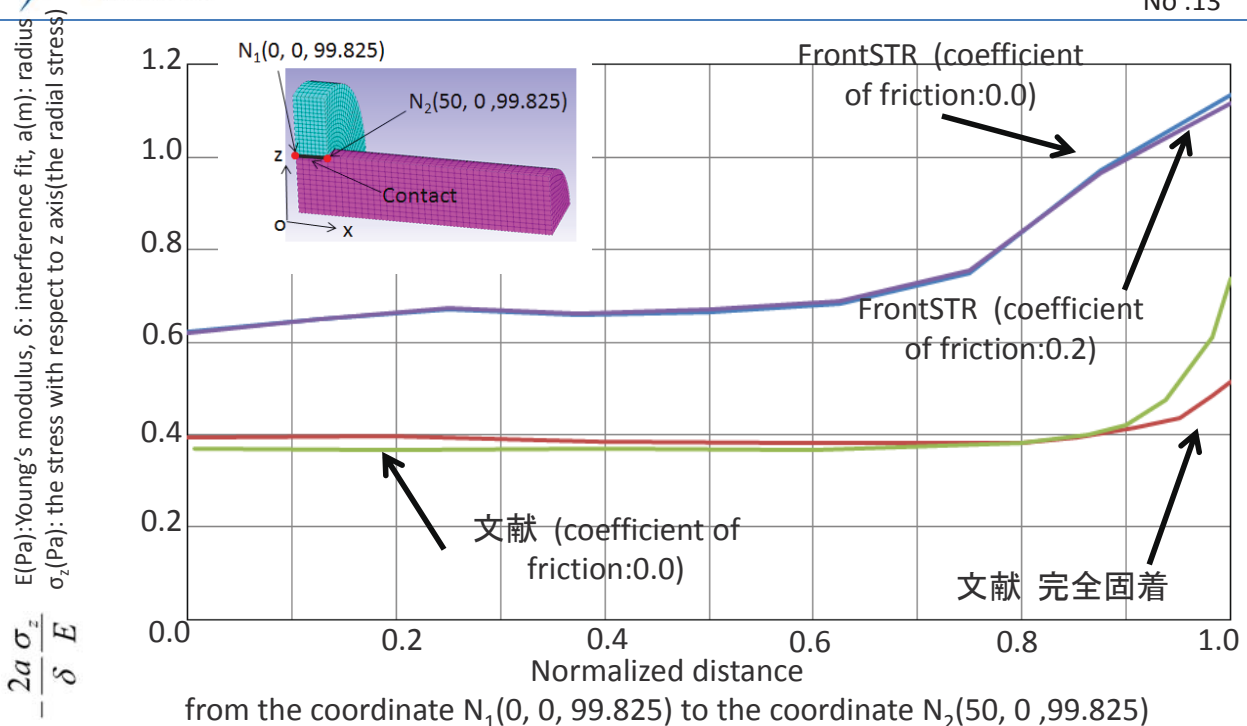
- 節点数:10159
- 要素数:8360

形状データ

- 干渉量:0.175(mm)

図 メッシュ図

図 変形と応力分布



接触中心部で応力分布は等分布で推移、端部で上昇。定性的には一致。

文献 岡本紀明, 大型タービン発電機口の焼ばめ部品における非可逆的挙動の解明, 日本機械学会, 1997.

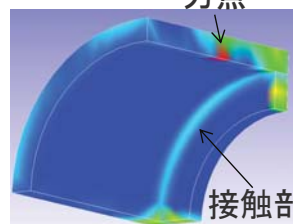
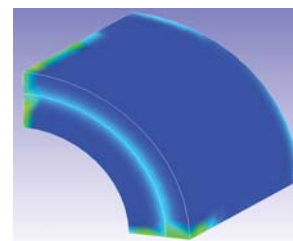
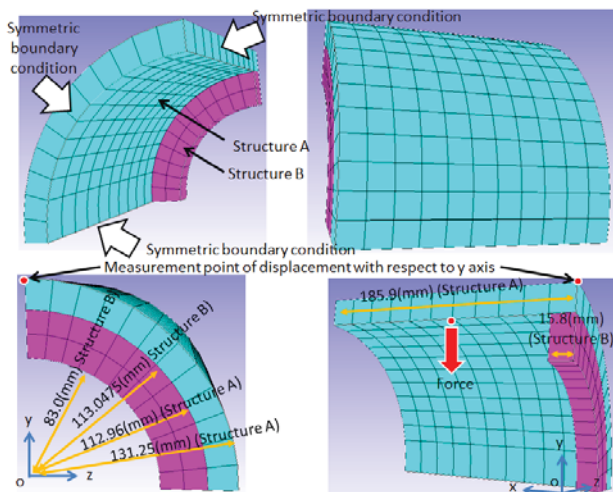
1. 背景(物理学者、天文学者の願望)
2. 課題(柔軟構造物の計測評価技術の難しさ)
3. 目的(有限要素解析を用いた柔軟構造物の評価技術の確立)
4. 展開構造物
5. 接触部のひずみ分布の検証(文献との比較を通して)
6. 変位のヒステリシスの再現性(文献との比較を通して)
7. スライドヒンジ動的接触解析の評価
8. 回転ヒンジ静的接触解析の評価
9. Advacen/FrontSTRの現状の問題点(動的接触解析と並列化)
10. 陰解法による大規模接触摩擦解析は実現可能か?
11. Advance/FrontSTRの優位性
12. 現状の展開構造物の開発について
13. アドバンスソフトに期待すること!



6. 非可逆的挙動の評価

(計算モデルと境界条件)

目的: 摩擦の影響で発生する変位の非可逆的挙動を計算。パラボラアンテナの展開非再現性を再現するときに必要な摩擦現象



物性値
・ヤング率:210.0(Gpa)
・ポアソン比:0.3

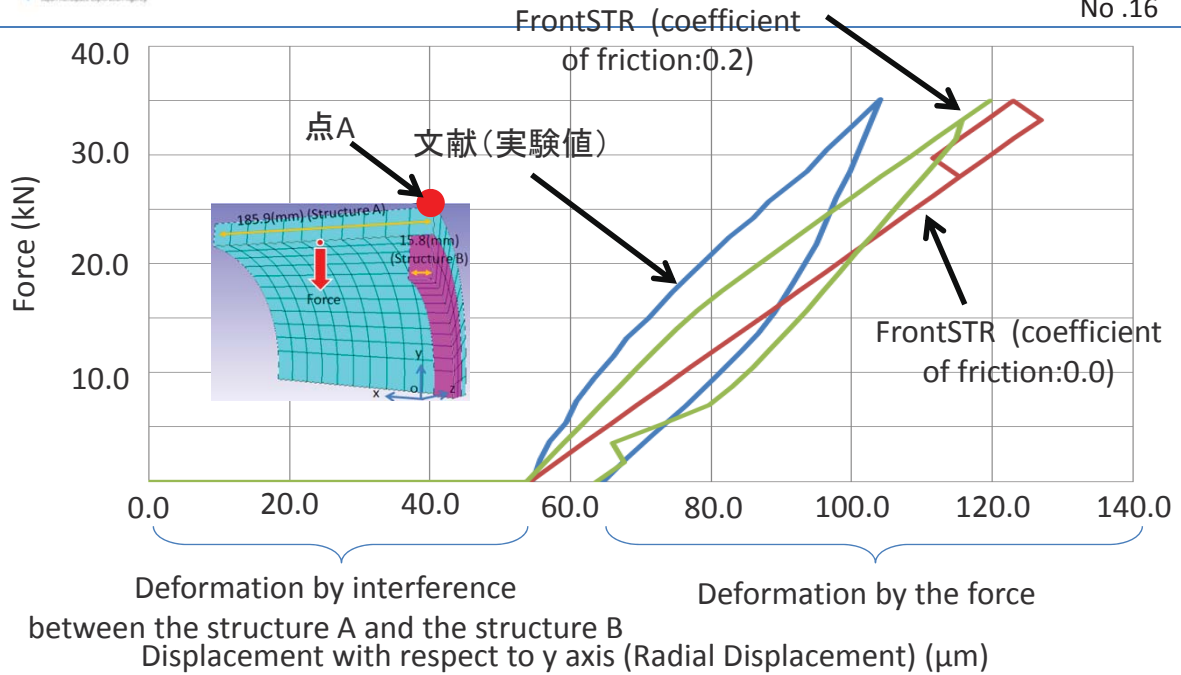
メッシュデータ
節点数:390
要素数:156

形状データ
干渉量:0.0875(mm)

図 メッシュ図

図 変位コンター図

・力を負荷し、その後その力を除荷したときの変位の挙動を解析。接触面の位置のずれ量を計算。



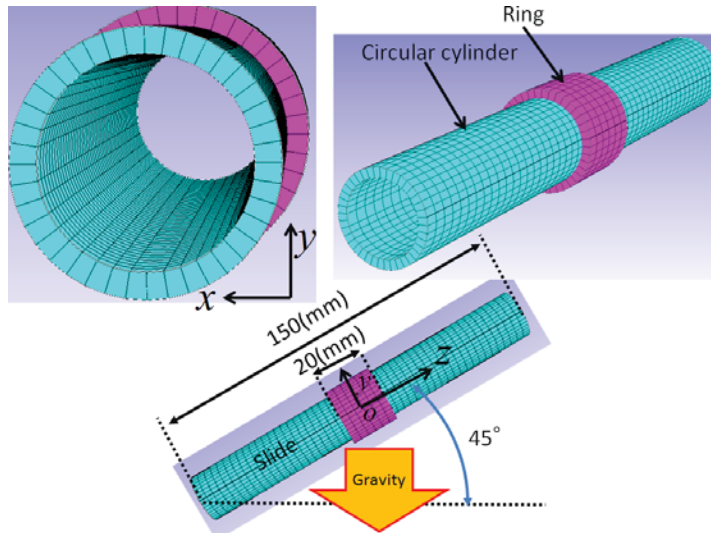
非可逆的な挙動より、パラボラアンテナ開閉で生じる展開非再現性を、計算上で再現可能

・岡本紀明, 大型タービン発電機口の焼ばめ部品における非可逆的挙動の解明, 日本機械学会, 1997.

1. 背景(物理学者、天文学者の願望)
2. 課題(柔軟構造物の計測評価技術の難しさ)
3. 目的(有限要素解析を用いた柔軟構造物の評価技術の確立)
4. 展開構造物
5. 接触部のひずみ分布の検証(文献との比較を通して)
6. 変位のヒステリシスの再現性(文献との比較を通して)
7. **スライドヒンジ動的接触解析の評価**
8. 回転ヒンジ静的接触解析の評価
9. Advacen/FrontSTRの現状の問題点(動的接触解析と並列化)
10. 陰解法による大規模接触摩擦解析は実現可能か?
11. Advance/FrontSTRの優位性
12. 現状の展開構造物の開発について
13. アドバンスソフトに期待すること!



目的: パラボラアンテナスライドヒンジ(摺動部)をモデル化するため、接触面が時々刻々変化する動的接触解析の評価技術確立



物性値

- ・ヤング率:210.0(GPa)
- ・ポアソン比:0.3

メッシュデータ

- 節点数:4640
- 要素数:2240

外力:重力負荷。

摩擦係数:0.0

- ・動的な接触各時間ステップで接触面を検知しながら、円環形状がすべり落ちるかどうかを検討

目的: 時間ステップで接触面を検知しながら、円環形状がすべり落ちるかどうかを検討

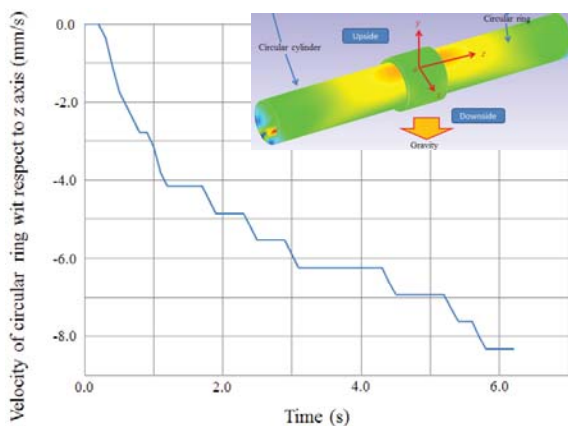


図 すべり速度(z方向速度)

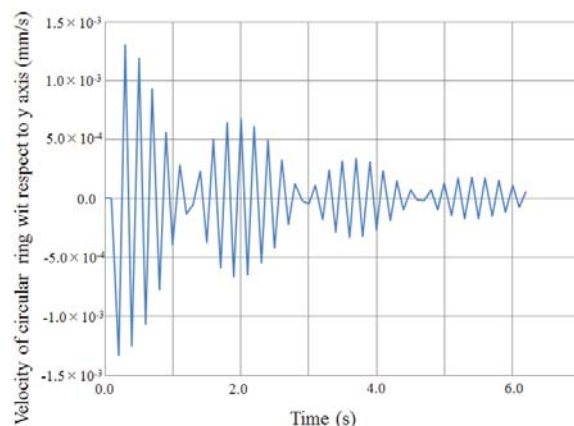


図 上下速度(y方向速度)

- ・時間が経過するにつれて、接触の面圧が上昇
- ・円筒の上下で短い時間ではあるが、片あたりしながら円環がすべり落ちる

動的接触解析によるひずみ分布と比較するため、リングがすべり始める前の静的接触解析を計算

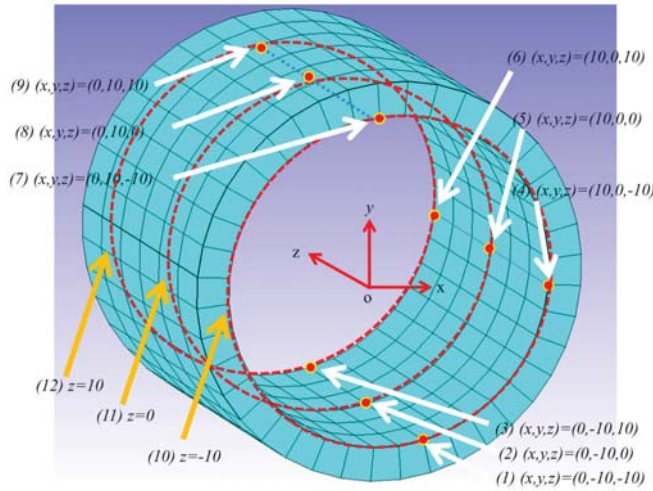


図1 メッシュ図

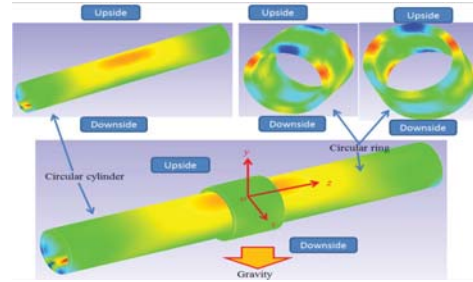


図2 移動前の応力コンター図

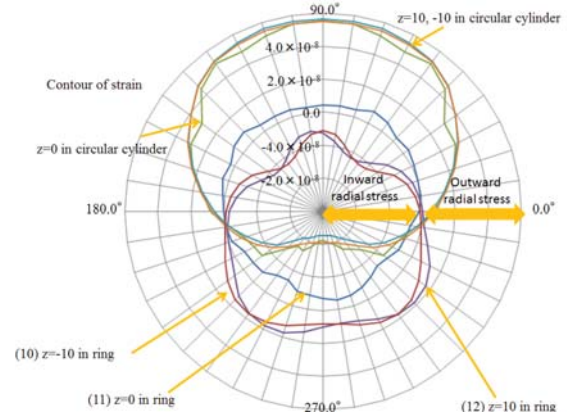


図3 ひずみ分布

リングが円筒に沿って滑っている過程を、接触解析で計算。主に、リングのひずみと比較して、円筒のひずみが多い。そのため、円筒の断面形状が微小に変化

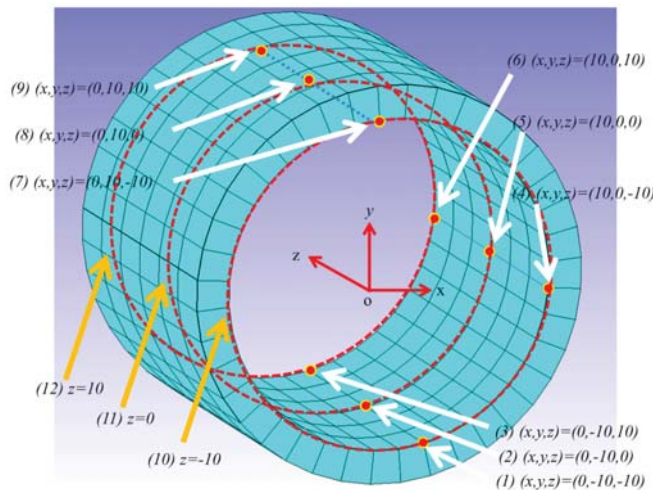


図1 メッシュ図

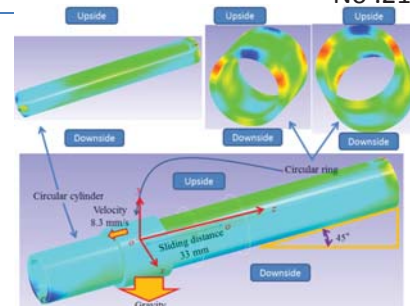


図2 移動後の応力コンター図

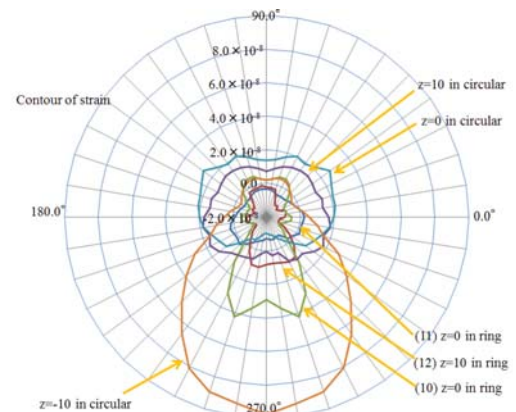


図3 ひずみ分布

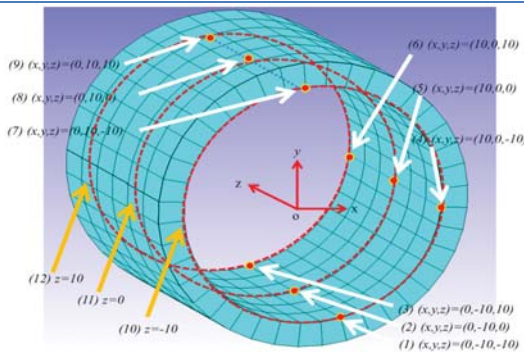


図1 メッシュ図

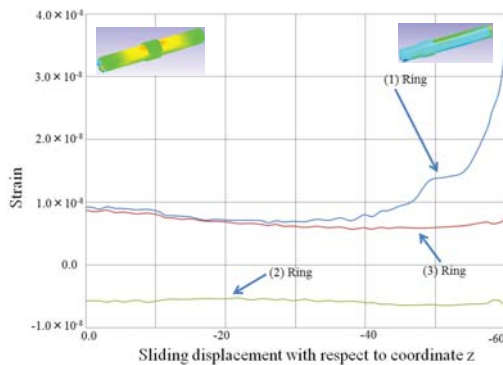


図2 図1(1)-(3)のポイントにおける半径方向ひずみ時刻歴

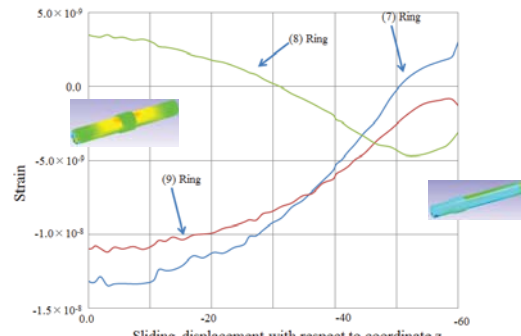


図3 図1(7)-(9)のポイントにおける半径方向のひずみ時刻歴

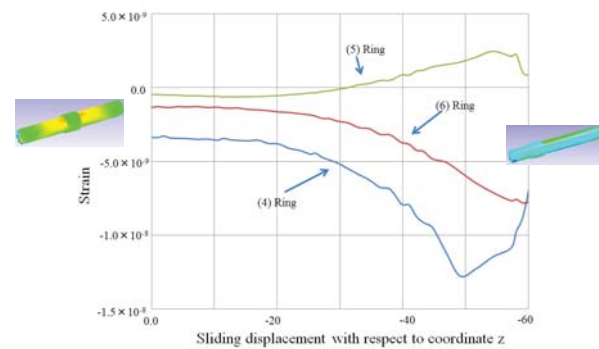


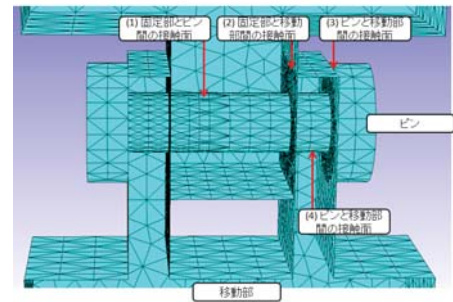
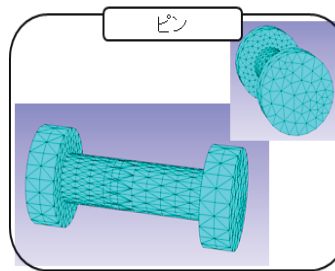
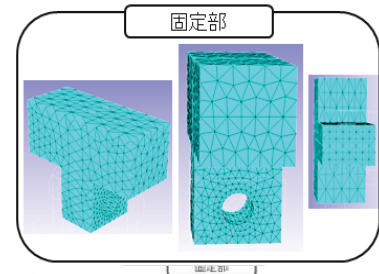
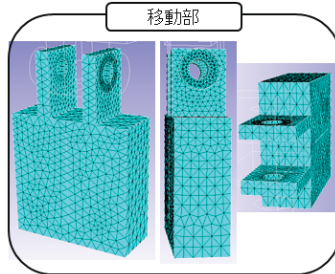
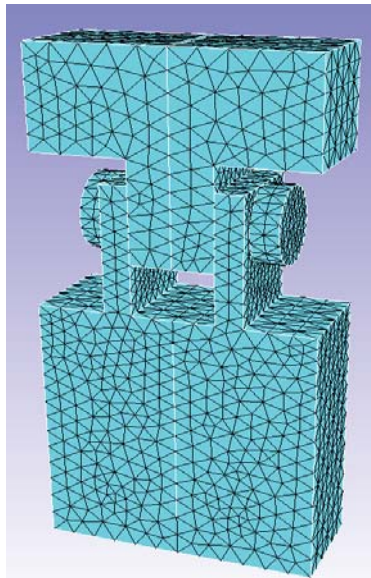
図4 図1(4)-(6)のポイントにおける半径方向ひずみ時刻歴

1. 背景(物理学者、天文学者の願望)
2. 課題(柔軟構造物の計測評価技術の難しさ)
3. 目的(有限要素解析を用いた柔軟構造物の評価技術の確立)
4. 展開構造物
5. 接触部のひずみ分布の検証(文献との比較を通して)
6. 変位のヒステリシスの再現性(文献との比較を通して)
7. スライドヒンジ動的接触解析の評価
8. 回転ヒンジ静的接触解析の評価
9. Advacen/FrontSTRの現状の問題点(動的接触解析と並列化)
10. 陰解法による大規模接触摩擦解析は実現可能か?
11. Advance/FrontSTRの優位性
12. 現状の展開構造物の開発について
13. アドバンスソフトに期待すること!



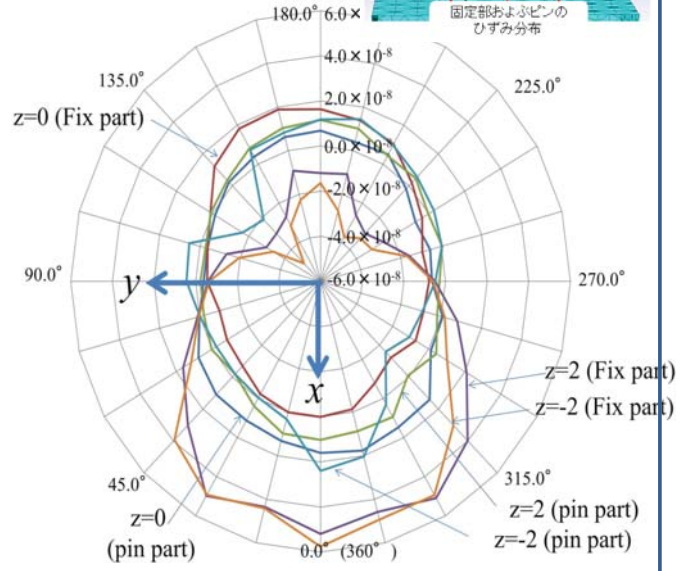
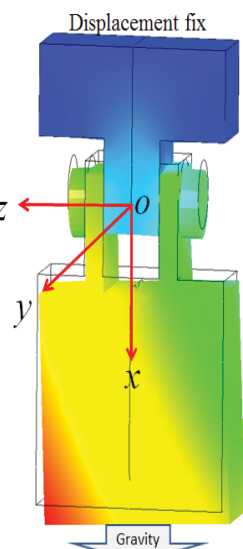
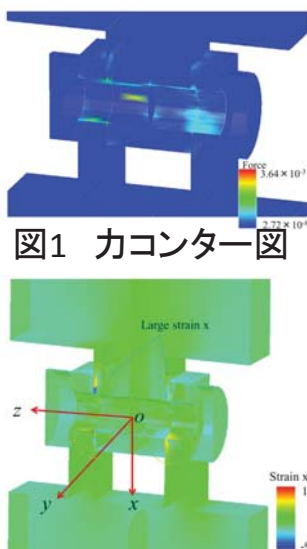
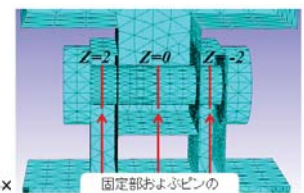
目的: パラボラアンテナ回転ヒンジの接触面が微小に変化する静的接触解析の評価技術を実施

物性値: ヤング率:210.0(GPa), ポアソン比:0.3
メッシュデータ: 節点数:7260, 要素数:31440
外力: 重力負荷, 摩擦係数:0.0



・ピン結合部での接触面を検知しながら、自重解析が実施可能かどうか検討。

重力の方向に対して、図に示すように回転ヒンジを設置する。ピン結合部での接触面を検知しながら、自重解析が実施可能かどうか検討。



重力の方向に対して、図1に示すように回転ヒンジを設置する。ピン結合部での接触面を検知しながら、自重解析が実施可能かどうか検討。

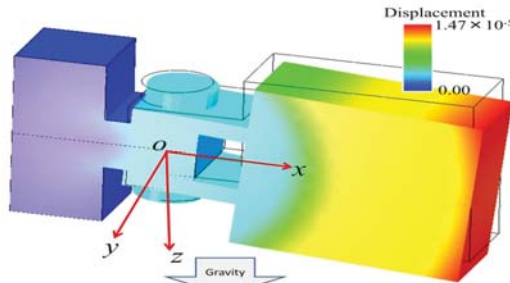


図1 変位コンター図

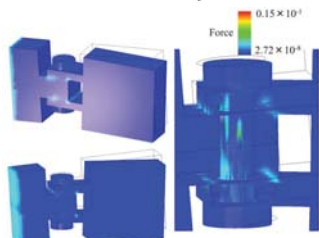


図2 カコンター図

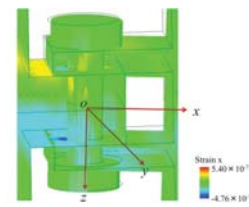


図3 ひずみコンタ(X)

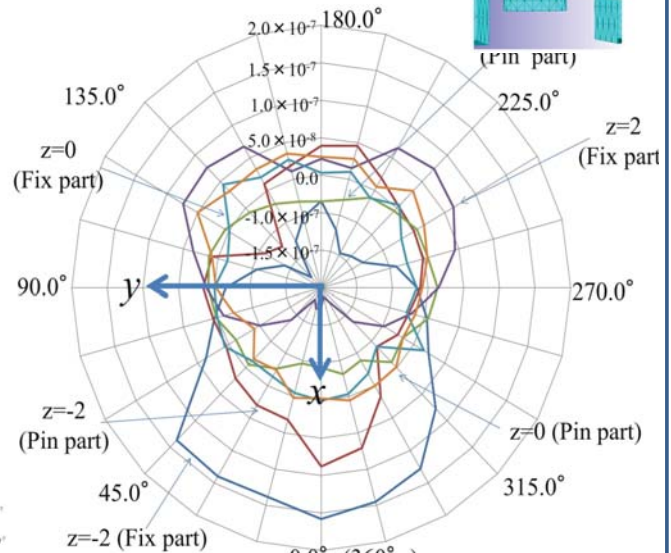


図4 半径方向のひずみ分布

1. 背景(物理学者、天文学者の願望)
2. 課題(柔軟構造物の計測評価技術の難しさ)
3. 目的(有限要素解析を用いた柔軟構造物の評価技術の確立)
4. 展開構造物
5. 接触部のひずみ分布の検証(文献との比較を通して)
6. 変位のヒステリシスの再現性(文献との比較を通して)
7. スライドヒンジ動的接触解析の評価
8. 回転ヒンジ静的接触解析の評価
9. Advacen/FrontSTRの現状の問題点(動的接触解析と並列化)
10. 陰解法による大規模接触摩擦解析は実現可能か?
11. Advance/FrontSTRの優位性
12. 現状の展開構造物の開発について
13. アドバンスソフトに期待すること!



Newton-Raphson法

$$u_{n+1} = u_n + \Delta u$$

u:変位, Δu:変位の修正量

$$R_{n+1} = F_{n+1} - Q_{n+1}(u_{n+1})$$

R:残差, F:外力(ここでは、定数) Q:内力

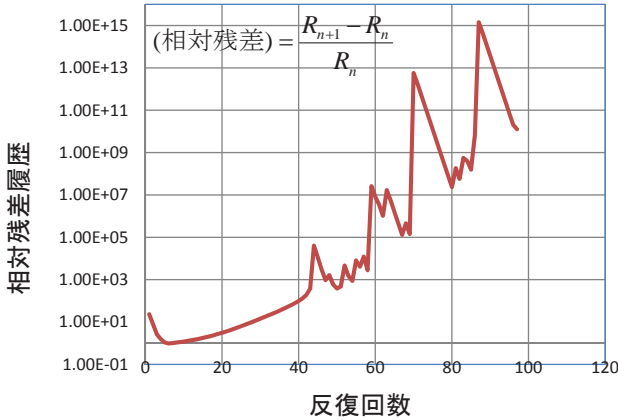
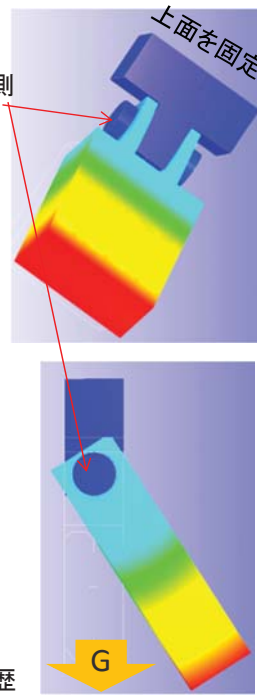


図 Newton-Raphson法におけるFrontSTR相対残差履歴



```

ISOLUTION,TYPE=DYNAMIC
BOUNDARY,GRPID=1
FINI,1,0,0
BOUNDARY,GRPID=2
FINI,1,1,888853
FINI,2,2,6,748819
BOUNDARY,GRPID=3
FINI,1,0,0
BOUNDARY,GRPID=4
FINI,1,0,20956
FINI,2,2,0,74998
ISOLID,GRPID=1,M
ALL,GRAV,9.8,1,0,0,0,0,M
ISOLID,SECTION,EGRP=H2,MATERIAL=MAT1
IMATERIAL,NAME=MAT1
ELASTIC
2,0,0,0,0,3
IDENTITY
7,0,0,0
ISOLID,SECTION,EGRP=E1,MATERIAL=MAT2
IMATERIAL,NAME=MAT2
ELASTIC
2,0,0,0,0,3
IDENTITY
7,0,0,0
/CONTACT,GRPID=1,INTERACTION=FSLD, FORKCTOL=0.0, DISTOL=1.0e-6
CPFLD,0
/CONTACT,GRPID=2,INTERACTION=FSLD, FORKCTOL=0.0, DISTOL=1.0e-6
CPFLD,0
/CONTACT,GRPID=3,INTERACTION=FSLD, FORKCTOL=0.0, DISTOL=1.0e-6,PENALTY=1.0e+6,TPENALTY=1.0e+6
CPFLD,0
/CONTACT,GRPID=4,INTERACTION=FSLD, FORKCTOL=0.0, DISTOL=1.0e-6
CPFLD,0
/CONTACT,GRPID=5,INTERACTION=FSLD, FORKCTOL=0.0, DISTOL=1.0e-6
CPFLD,0
/CONTACT,GRPID=6,INTERACTION=FSLD, FORKCTOL=0.0, DISTOL=1.0e-6
CPFLD,0
/CONTACT,GRPID=7,INTERACTION=FSLD, FORKCTOL=0.0, DISTOL=1.0e-6
CPFLD,0
/CONTACT,GRPID=8,INTERACTION=FSLD, FORKCTOL=0.0, DISTOL=1.0e-6
CPFLD,0
/STEP,ALIGNED=ON,MANITER=1000
BOUNDARY,1
BOUNDARY,2
BOUNDARY,3
BOUNDARY,4
LOAD,1
CONTACT,1
CONTACT,2
CONTACT,3
CONTACT,4
/DYNAMICMETHOD,HHT,ALPHA=0.98
0,0,0,4
/STEP,ALIGNED=ON,MANITER=1000
BOUNDARY,1
LOAD,1
CONTACT,1
CONTACT,2
CONTACT,3
CONTACT,4
CONTACT,5
CONTACT,6
CONTACT,7
CONTACT,8
/DYNAMICMETHOD,HHT,ALPHA=0.98
0,0,0,2
/SOLVER,METHOD=CG,PRECIND=3,ITERLOG=YES,TIMELOG=NO
3000,0
1.0e-10,1,0
    
```

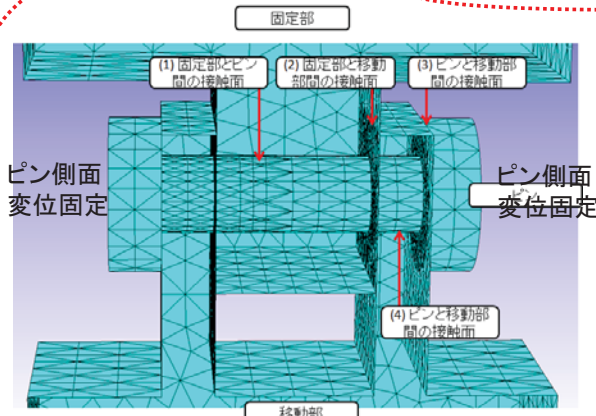
図 FrontSTR制御ファイル(cnt)

接触面が時々刻々変化する解析においては、残差が収束しない。
 ・ソルバーは前処付きCG法を選択。(接触剛性マトリックスは非対称行列だがFrontSTRでは対称化の処理を施す)

重み付き残差方程式 (ただし任意関数u*は仮想変位δuとする)

$$\begin{aligned}
 & - \int_{\Omega} \rho \alpha_i \delta \Delta u_i d\Omega - \int_{\Omega} \rho c_j \frac{\partial v_i}{\partial X_j} \delta \Delta u_i d\Omega + \int_{\Omega} \rho q_i \delta \Delta u_i d\Omega \\
 & + \int_{\Omega} D_{ijkl} \Delta^L E_{kl} \delta \Delta^L E_{ij} d\Omega + \int_{\Omega} S_{ij} \delta \Delta^L E_{ij} d\Omega + \int_{\Omega} S_{ij} \delta \Delta^L E_{ij} d\Omega \\
 & + \int_{\Gamma_B} T_i \delta \Delta u_i d\Gamma_B + \int_{\Gamma_C} T n_i (\delta \Delta u_i^{(1)} - \delta \Delta u_i^{(2)}) d\Gamma_C = 0 = R
 \end{aligned}$$

時間微分項(F) 移流項(F) 重力項(F) 内部応力項(Q) 外力項(F) 接触項(F) 残差

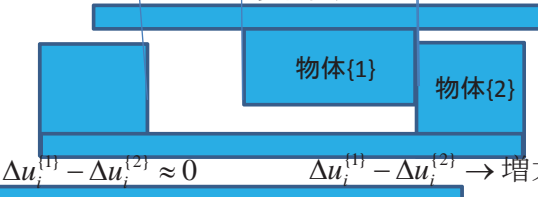


$$\Delta u_i^{(1)} - \Delta u_i^{(2)} \rightarrow 0 \quad \Delta u_i^{(1)} - \Delta u_i^{(2)} \rightarrow 0$$



接触していると考え、どちらの隙間もほぼ0となるようにしているが、ところが、...

$$\Delta u_i^{(1)} - \Delta u_i^{(2)} \rightarrow \text{増大} \quad \Delta u_i^{(1)} - \Delta u_i^{(2)} \approx 0$$



$$\Delta u_i^{(1)} - \Delta u_i^{(2)} \approx 0 \quad \Delta u_i^{(1)} - \Delta u_i^{(2)} \rightarrow \text{増大}$$

両端の接触間の隙間を0にしようとすると残差Rが0に収束せず。

ピンの両端固定をはずしても、うまくいかず。

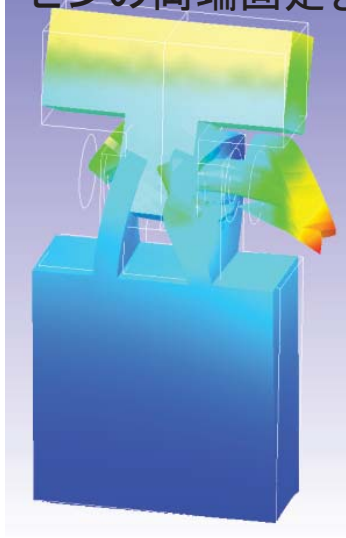


図 十分な収束が得られなかったことが原因と考えられるピンの大変形

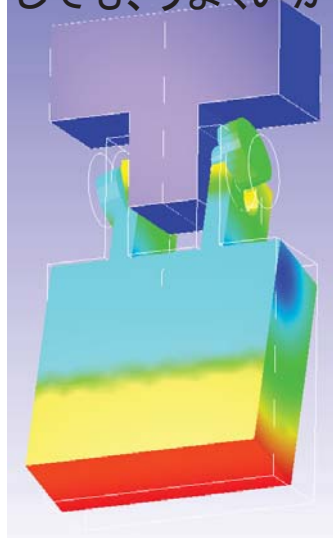


図 ピンがはずれる



図 ピンが吹っ飛ぶ

FrontSTRには、接触から非接触への接触力閾値や接触領域判断閾値、ペナルティ係数、収束閾値など、複数のパラメータを人為的に設定する必要がある。今後は、これらの最適値を探し出し、全自動化する必要があると思われる。

動的接触解析における並列化はソルバーの未収束を発生



図 3領域分割

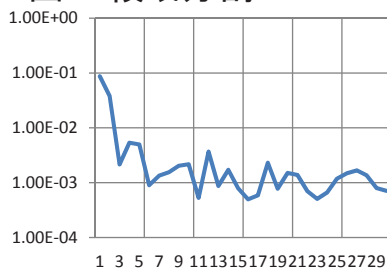


図 相対残差履歴(3CPU)



図 5領域分割

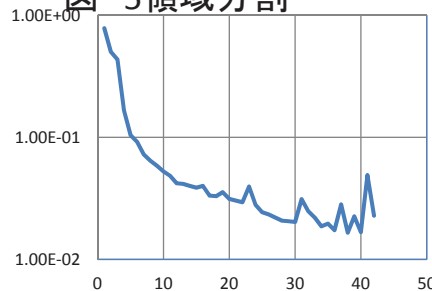


図 相対残差履歴(5CPU)



図 6領域分割

計算できず。。。。

図 相対残差履歴(6CPU)

・ソルバーは前処付きCG法を選択。(接触剛性マトリックスは非対称行列だがFrontSTRでは対称化の処理を施す)
 ・6CPUの場合では、NaNのエラー表示。どこかで0割が発生していると思われる。
 ・並列化しても残差履歴はいっしょのはず。接触面が時々刻々変化するため、接触情報(マスター面の情報とスレーブ節点の情報)のデータ通信に不具合があると思う。

単一CPU、重力方向に対する角度(15度以下)を微小に設定、ピン部の変位を一部拘束、さらに摩擦力0とすることで、接触面に変化を引き起こさないようにすれば、計算可能。

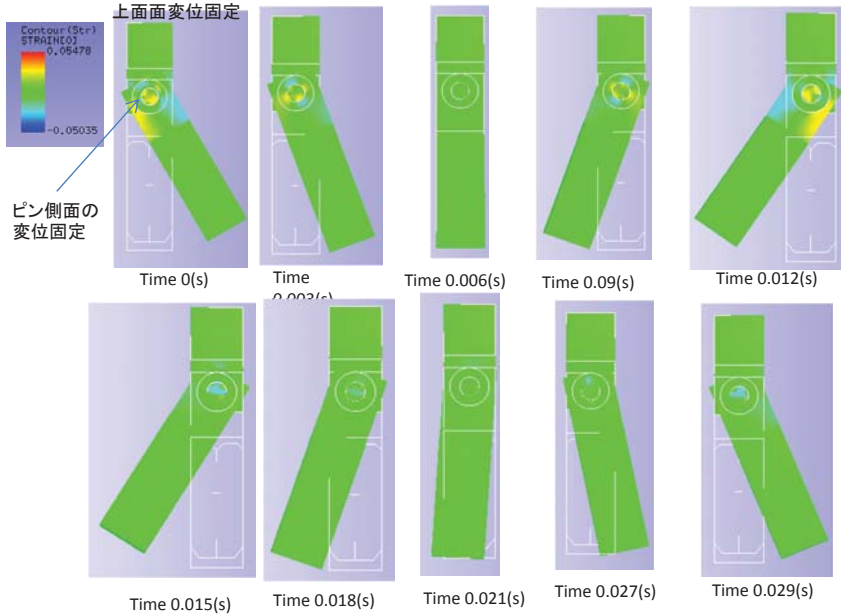


図 自由振り子時のひずみコンター図

```

IVERSON
1
IDAMPING, ALPHA=0.1
ISOLUTION, TYPE=DYNAMIC
IBOUNDARY, GRPID = 1
FIX1, 1,3, 0,0
IBOUNDARY, GRPID = 2
FIX6, 1,1, -1,80853
FIX6, 2,2, 6,749819
IBOUNDARY, GRPID = 3
FIX7, 2,3, 0,0
IDLOAD, GRPID=1*M
ALL, GRAY, 9,8, 1,0, 0,0, 0,0*PM
ISOLID SECTION, EGRP=ALL, MATERIAL=MAT1
IMATERIAL, NAME=MAT1
IELASTIC
2,0965, 0,3
IDENTITY
7,85e-6
ICONTACT, GRPID=1, INTERACTION=SSLID, FORCETOL=1000.0, DISTTOL=0.01
CP1,0,0
ICONTACT, GRPID=2, INTERACTION=SSLID, FORCETOL=1000.0, DISTTOL=0.01
CP2,0,0
ICONTACT, GRPID=3, INTERACTION=SSLID, FORCETOL=1000.0, DISTTOL=0.01
CP3,0,0
ICONTACT, GRPID=4, INTERACTION=SSLID, FORCETOL=1000.0, DISTTOL=0.01
CP4,0,0
ICONTACT, GRPID=5, INTERACTION=SSLID, FORCETOL=1000.0, DISTTOL=0.01
CP5,0,0
ICONTACT, GRPID=6, INTERACTION=SSLID, FORCETOL=1000.0, DISTTOL=0.01
CP6,0,0
ICONTACT, GRPID=7, INTERACTION=SSLID, FORCETOL=1000.0, DISTTOL=0.01
CP7,0,0
ICONTACT, GRPID=8, INTERACTION=SSLID, FORCETOL=1000.0, DISTTOL=0.01
CP8,0,0
ISTEP, NLGEOM=ON
BOUNDARY, 1
BOUNDARY, 2
BOUNDARY, 3
LOAD, 1
CONTACT, 1
CONTACT, 2
CONTACT, 3
CONTACT, 4
IDYNAMIC, METHOD=HHT, ALTHA=0.98
0,1, 0,2
ISTEP, NLGEOM=ON
BOUNDARY, 1
BOUNDARY, 3
LOAD, 1
CONTACT, 1
CONTACT, 2
CONTACT, 3
CONTACT, 4
IDYNAMIC, METHOD=HHT, ALTHA=0.98
0,0,0, 1,0
ISOLVER, METHOD=CG, PRECOND=3, ITERLOG=YES, TIMELOG=NO
100000,2
1,0e-10,1,0
/RESTART, FREQUENCY=1, FILENAME=I9restart
/WRITE, LOG
/WRITE, VISUAL, FREQUENCY=1
/SSUML, method=FS
/lsurface, num=1
/lsurface_type=COMPLETE, REORDER_AVS
/END
    
```

図 FrontSTR制御ファイル(cnt)

1. 背景(物理学者、天文学者の願望)
2. 課題(柔軟構造物の計測評価技術の難しさ)
3. 目的(有限要素解析を用いた柔軟構造物の評価技術の確立)
4. 展開構造物
5. 接触部のひずみ分布の検証(文献との比較を通して)
6. 変位のヒステリシスの再現性(文献との比較を通して)
7. スライドヒンジ動的接触解析の評価
8. 回転ヒンジ静的接触解析の評価
9. Advacen/FrontSTRの現状の問題点(動的接触解析と並列化)
10. 陰解法による大規模接触摩擦解析は実現可能か?
11. Advance/FrontSTRの優位性
12. 現状の展開構造物の開発について
13. アドバンスソフトに期待すること!



問題点 計算時間の低減

・時間積分アルゴリズムの計算時間軽減方法(陽解法、陰解法?)

・陽解法

長所:どのような接触問題に対しても計算可能。

欠点:クーラン条件($C < 1$)により、タイムステップの取り方に制約。

(メッシュ解像度が小さいと、 Δ が小さい。節点数100万規模で極めて小さいタイムステップが必要。例えば、時間刻み幅“ $\Delta t = 10 \times 10^{-10}$ ”で1分間計算したいとすると、 6×10^{10} 回の反復計算→非現実的)

$$C = \frac{c\Delta t}{\Delta} \quad \Delta[\text{m}] \text{は空間格子幅, } \Delta t[\text{sec}] \text{は時間刻み, } c[\text{m/sec}] \text{は速度}$$

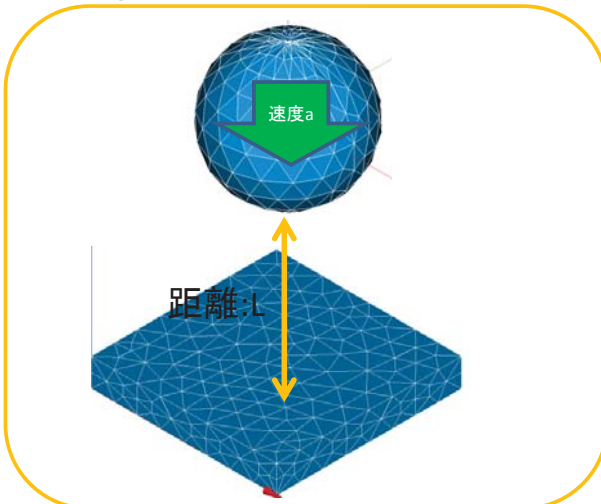
・陰解法

長所:タイムステップを長くとることができる。(計算時間低減)

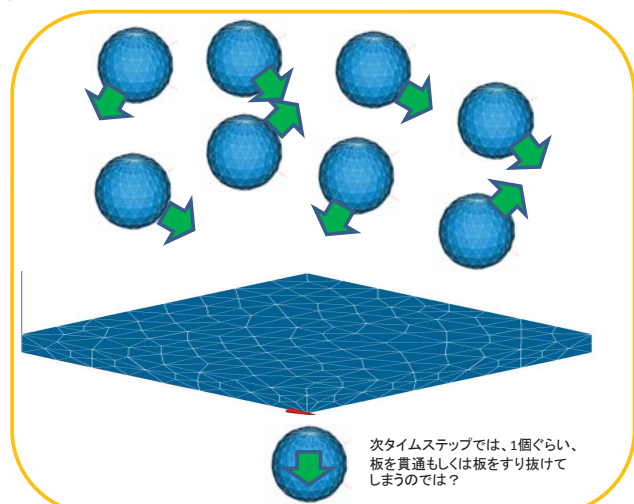
欠点:接触状況によって、行列の条件数が悪化(数値発散)→**解の収束を改善するため、前処理、ソルバーの観点から研究が現在進行中。**

・汎用ソフトでさえも、陰解法によるアプローチならば、接触状況によっては、解が収束しない場合があるため、一般には陽解法を適用

球と板の2つの物体が衝突する場合を考える。



物体と球が衝突(接触)する時間帯がわかるので、それに合わせて、タイムステップを調整することで、陰解法により解を求めることができると思う。



上記のように複数の物体と球が衝突(接触)する場合、衝突(接触)の時間帯がわからない。この場合に陰解法で大幅なタイムステップを取ることが可能なのだろうか。(貫通、もしくはすり抜けてしまうと思う。)

すり抜けてしまったとしても、すり抜ける前のタイムステップに戻り、陰解法で計算を進めることはできるのだろうか?

1. 背景(物理学者、天文学者の願望)
2. 課題(柔軟構造物の計測評価技術の難しさ)
3. 目的(有限要素解析を用いた柔軟構造物の評価技術の確立)
4. 展開構造物
5. 接触部のひずみ分布の検証(文献との比較を通して)
6. 変位のヒステリシスの再現性(文献との比較を通して)
7. スライドヒンジ動的接触解析の評価
8. 回転ヒンジ静的接触解析の評価
9. Advacen/FrontSTRの現状の問題点(動的接触解析と並列化)
10. 陰解法による大規模接触摩擦解析は実現可能か?
11. Advance/FrontSTRの優位性
12. 現状の展開構造物の開発について
13. アドバンスソフトに期待すること!



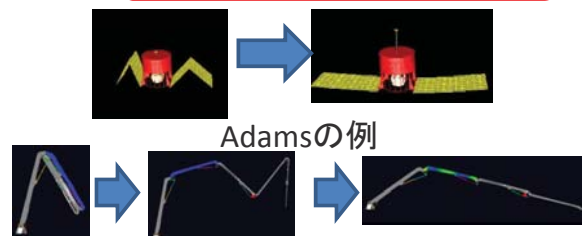
- ・ソフトウェアの比較を行った。どのソフトウェアも大規模並列化を行うと、高コスト!
- ・Advance/FrontSTRに大規模接触摩擦並列化技術が実現すれば優位!

汎用ソフト	価格	拡張性	利便性	機能性(並列化)	展開構造物などの実績
MSC Nastran (構造解析ソフト)	×(年間ライセンス1000万、買取約2000万)→◎ 現状では、JAXA保有	△(ソース公開はない。ユーザーサブルーチンなどを用いて組み込むことは可)	○(前処理、後処理にPatranが使える。)(Gridgenメッシュ作成可)	△(6CPUまで可)	△(Nastran単体でも展開構造物を解析できる可能性があるが困難を伴う)→○(M450万追加オプション要。MSC Nastran Advanced Nonlinear (SOL400))
MSC Marc (構造解析ソフト)	×(年間ライセンス1000万、買取約2000万)→◎ 現状では、JAXA保有	△(ソース公開はない。ユーザーサブルーチンなどを用いて組み込むことは可)	◎(接触条件の定義について全自動化)(前処理、後処理にPatranが使える。ただしMarc Mentalが一般的。)(Gridgenメッシュ作成不可)	△(8CPUまで可)	○(Marc単体でも展開構造物を解析できる可能性がある。)
MSC Adams (機構解析ソフト)	×(年間ライセンス1000万、買取約2000万)→◎ 現状では、JAXA保有	△(ソース公開はない。ユーザーサブルーチンなどを用いて組み込むことは可)	△(前処理、後処理にAdams/View/Pre/Post Processor)(Gridgenメッシュ作成不可)	△(6CPUまで可)	◎(Marc-Adamsの解析で展開機構解析ができる可能性大(下のAdamsの例参照))
SIMULIA Abaqus (構造解析ソフト)	×(年間ライセンス630万、買取約1820万)	△(ソース公開はない。ユーザーサブルーチンなどを用いて組み込むことは可)	○(Abaqus CAEの機能より、前処理、後処理可能。価格込み)(Gridgenメッシュ作成不可)	△(4CPUまで可)	○(展開構造物の実績あり。ただし、下の絵の折りたたまれた板が開閉するタイプの簡単なもの。)
Ansys (構造解析ソフト)	×→△(年間ライセンス900万、買取約1900万(ただし年間保守費用でさらに+200万)→ただし交換によっては、200万円以内で年間ライセンス購入できる可能性あり)	△(ソース公開はない。ユーザーサブルーチンなどを用いて組み込むことは可)	○(前処理、後処理可能。価格込み)(Gridgenメッシュ作成不可)	△(8CPUまで可)	△(実績なし。できるかどうかは不透明)
Altair RADIOSS (構造解析ソフト)	○(年間ライセンス140万、買取ライセンス350万、年間保守60万)	△(ソース公開はない。ユーザーサブルーチンなどを用いて組み込むことは可)	◎(前処理、後処理可能。価格込み)(Gridgenメッシュ作成不可)	△(4CPUまで可)	△(実績なし。できるかどうかは不透明)
Altair MotionSolve (機構解析ソフト)	○(年間ライセンス140万、買取ライセンス350万、年間保守60万)	△(ソース公開はない。ユーザーサブルーチンなどを用いて組み込むことは可)	◎(前処理、後処理可能。価格込み)(Gridgenメッシュ作成不可)	△(4CPUまで可)	○(展開構造物の実績あり。)
Advance/FrontSTR (構造解析ソフト)	◎(年間ライセンス100万、買取300万)	○(ソース公開はない。ただし、国プロ公開バージョンFrontSTRより、おおよそのプログラム内容を把握することが可能。)	×(メッシュ作成にFEMAPが必要)(Gridgenメッシュ作成不可)	×(並列化調整中)→◎(調整後、CPU制限なし)	×(回転ヒンジできず。抜本的な修正要)

改善期待!!

・Nastranについて10年前におなじような展開構造物の解析を行ったが失敗。陽解法で0.001の時間刻み幅で、数分間を計算したいとのニーズがあった。当時のパソコンの性能では困難(並列化の機能もなかった)。(自由度数はおおよそ10万程度。)

・調査結果から、MSC Adamsを除いて、衛星のバドル(展開構造)の開閉ぐらいしか、現状では計算できない。(当時は、NastranやMarcでも、展開機構の解析は困難)→現在でも、展開構造物の具体的な事例はなく、どこのソフトウェアも困難。



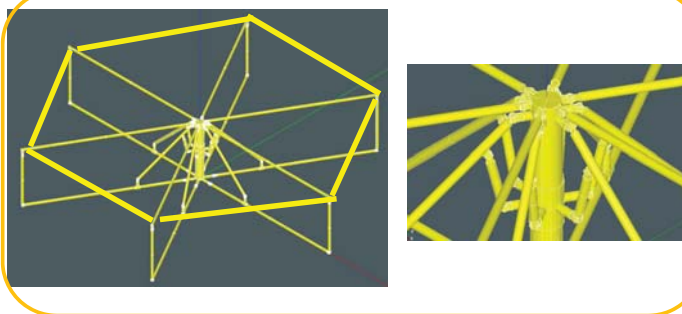
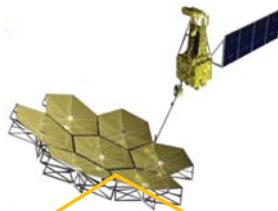
1. 背景(物理学者、天文学者の願望)
2. 課題(柔軟構造物の計測評価技術の難しさ)
3. 目的(有限要素解析を用いた柔軟構造物の評価技術の確立)
4. 展開構造物
5. 接触部のひずみ分布の検証(文献との比較を通して)
6. 変位のヒステリシスの再現性(文献との比較を通して)
7. スライドヒンジ動的接触解析の評価
8. 回転ヒンジ静的接触解析の評価
9. Advacen/FrontSTRの現状の問題点(動的接触解析と並列化)
10. 陰解法による大規模接触摩擦解析は実現可能か?
11. Advance/FrontSTRの優位性
12. 現状の展開構造物の開発について
13. アドバンスソフトに期待すること!



現状での展開構造物の 試行計算

No.39

現在も展開構造物の解析方法について断続的に研究開発を進めている。



大規模詳細メッシュを用いて、スライドヒンジおよび回転ヒンジの接触部のガタの影響を高精度に予測したいため、将来的、Advance/FrontSTRに期待。

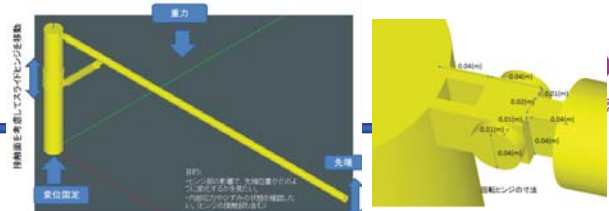


図 サブ試験(step data)

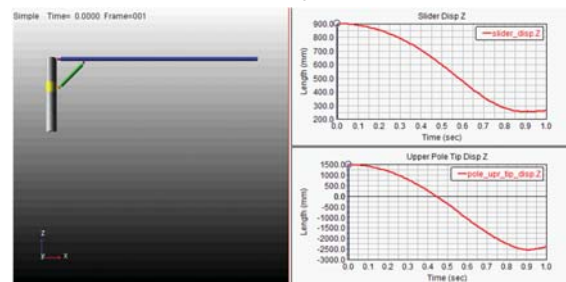


図 サブ試験(摩擦なし)

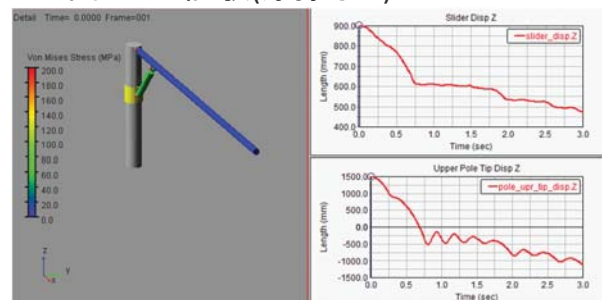


図 サブ試験(摩擦あり。摩擦係数1.0)

1. 背景(物理学者、天文学者の願望)
2. 課題(柔軟構造物の計測評価技術の難しさ)
3. 目的(有限要素解析を用いた柔軟構造物の評価技術の確立)
4. 展開構造物
5. 接触部のひずみ分布の検証(文献との比較を通して)
6. 変位のヒステリシスの再現性(文献との比較を通して)
7. スライドヒンジ動的接触解析の評価
8. 回転ヒンジ静的接触解析の評価
9. Advacen/FrontSTRの現状の問題点(動的接触解析と並列化)
10. 陰解法による大規模接触摩擦解析は実現可能か?
11. Advance/FrontSTRの優位性
12. 現状の展開構造物の開発について
13. **アドバンスソフトに期待すること!**



- ・ロバストに収束可能なソルバーの開発より、動的接触解析を実現してほしい!! (動的接触解析の分野においては、MSC Marcもしくは、SIMULIA Abaqusが先行)
- ・陰解法による大規模並列接触摩擦解析を実現してほしい!! (すべての汎用有限要素法ソフトウェアについて、現状ではこの解析は実現できていない。なにかしらの致命的な問題がある。)
- ・企業に優しい価格コスト体系を実現してほしい!! (特に、CPU×ライセンスなどの価格体系は、困る。)
- ・CAD機能(特にAdvance/REVOCAP)を追加してほしい!!

最後に、このような機会を頂いたことに、アドバンスソフトの皆様(松原聖様、河口洋子様、袁熙様)に感謝を申し上げます。

Advance/FrontSTR Ver4.1 の新機能と 今後の開発スケジュール

**2012年12月18日(火)開催
第1事業部**



ソフトウェアの概要



Advance/FrontSTRの開発経緯

2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Ver. 2.0リリース
(2007年1月)
線形大規模計算

Ver. 3.0リリース
(2010年7月)
材料非線形
幾何学的非線形
接触機能

Ver. 4.0リリース
(2011年8月)
アセンブリ機能
リファイナー機能
要素拡充

Ver. 4.1リリース
(2012年9月)
並列接触機能
解析機能拡充

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

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



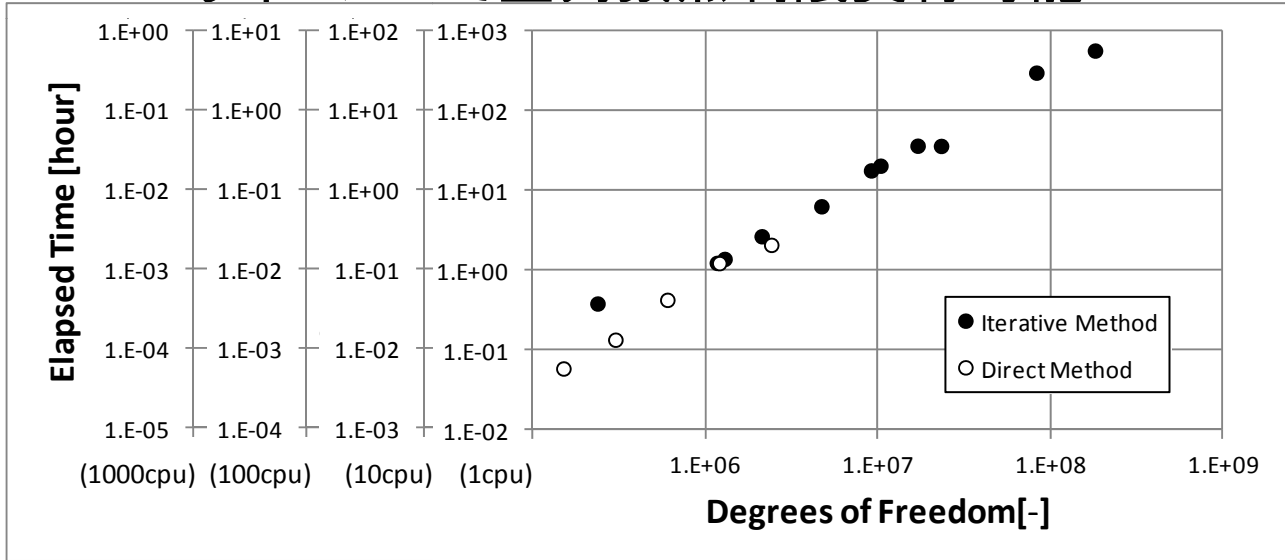
Advance/FrontSTRの特長

- 大規模並列計算が可能で、高い並列効率
 - 例えば、静解析で2億自由度を1000コア 30分
- 多くのCPU(コア)を利用しても、追加料金がかからないシンプルな価格体系
- 低価格にもかかわらず、必要な機能を提供
 - 例えば、接触解析、アセンブリ構造、リファイナー
- 開発者によるサポートおよびカスタマイズサービスを提供



Advance/FrontSTRによる 高速な処理

- 1ライセンスで並列数無制限実行可能



これまでの当社取り組み(雑誌「アドバンスシミュレーション」)

分類	タイトル	著者	巻	発行年
ソルバ	Advance/FrontSTR Ver. 3.0の非線形解析機能について	袁熙	Vol.4	2010.11
	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTRの概要	松原聖	Vol.8	2011.07
	Advance/FrontSTR Ver.4.0解析機能の拡張	袁熙	Vol.8	2011.07
	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR	松原聖・袁熙・末光 啓二 ・大家 史・徳永 健一	Vol.10	2011.12
	接触解析のための複合要素の開発	袁熙	Vol.8	2011.07
	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR Ver. 4.1	袁熙・松原 聖・大家 史	Vol.13	2012.01
	非線形弾性力学の現状と構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR内の実装	袁熙	Vol.13	2012.01
プリポスト	Advance/FrontSTR用 汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAPの紹介	徳永健一	Vol.8	2011.07
	要素分割に関する技術ノート	徳永健一	Vol.8	2011.07
	連成解析のためのデータ連携ツール Advance/MPLinkVer.1.7	菊池愛子・戸田 則雄	Vol.4	2010.11
大規模計算	Advance/FrontSTRの部品アセンブリ解析機能	末光啓二・徳永健一	Vol.8	2011.07
	Advance/FrontSTRのメッシュ細分化機能「リファイナー」	末光啓二・徳永健一	Vol.8	2011.07
	大規模固有値計算プログラムAdvance/NextNVH	松原聖・桑原匠史	Vol.4	2010.11
	Advance/FrontSTRの固有値解析機能のベンチマーク解析	松原聖・大家史	Vol.8	2011.07
	構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTRの直接法ソルバの並列性能	大家史・松原聖	Vol.9	2011.01
	Advance/FrontSTRによるリファイナーを利用した大規模解析	末光 啓二・徳永 健一 ・松原 聖・加藤 国男	Vol.13	2012.01
	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTRによる並列接触解析	末光 啓二・袁熙	Vol.13	2012.01

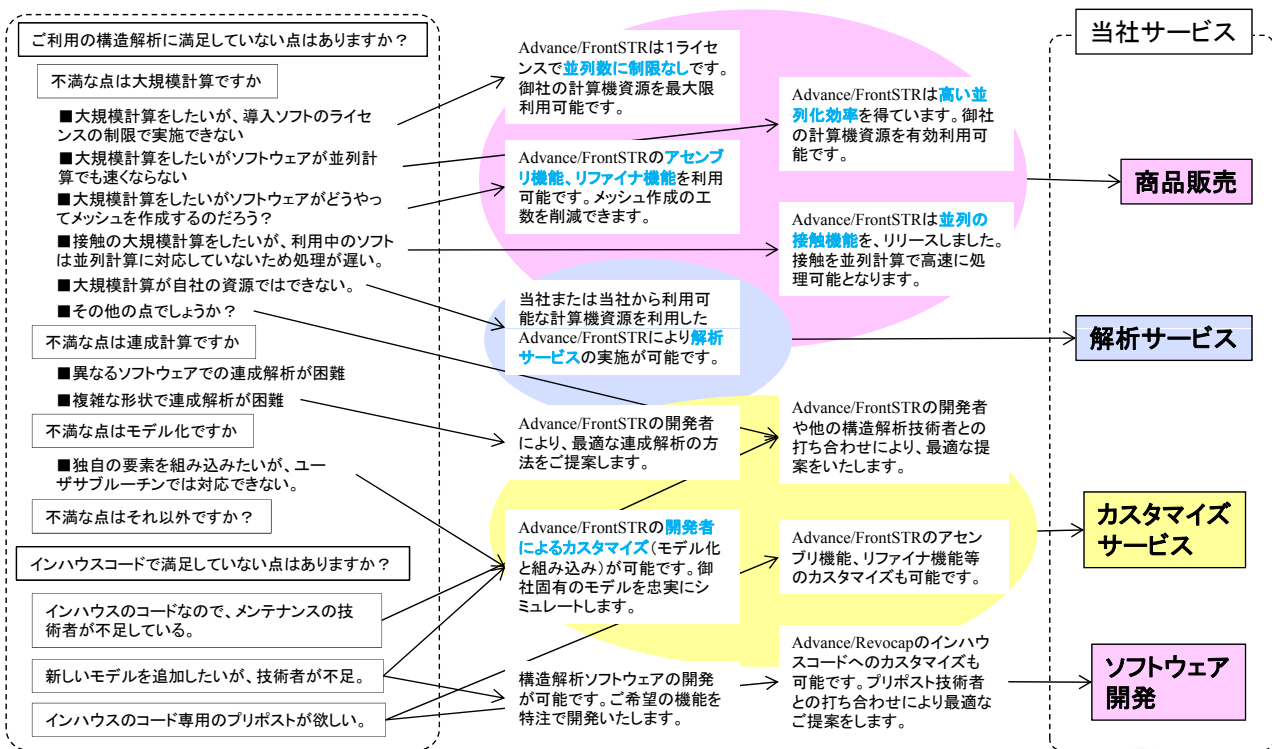


Advance/FrontSTRを利用したサービス

- **ソフトウェア販売・保守**
 - 大規模並列計算が可能で、高い並列効率。
 - 多くのCPU(コア)を利用しても、追加料金がかからないシンプルな価格体系。
 - 低価格にもかかわらず、非線形材料等の非線形計算および大規模計算に必要な機能を提供。
- **解析サービス**
 - 当社計算機での解析が可能です。
 - また、当社計算機以外でのご利用も可能です。例えば、FOCUS スパコン上でのAdvance/FrontSTRがご利用可能です。
- **カスタマイズサービス**
 - 開発者によるカスタマイズが可能です。
 - お客様独自のモデルを利用した大規模解析が可能になります。
- **ソフトウェア開発**
 - 構造解析およびプリポスト技術者によりヒアリングののち、最適な方法をご提案させていただきます。



現状のソフトで満足していない点がありますか？



お客様から解析依頼されたひとつの事例

- お客様で導入されている市販の構造解析ソフトウェアを利用して、これまで2次元解析を実施して設計を行ってきた(数万~数十万要素)。この一連の設計の中で、3次元効果を確認したい設計事例が出てきた。
- ところが、①要素数が膨大になるばかりではなく、メッシュを作成しても、②ライセンスを追加し、③新たな計算機環境を導入しなければ、解析できないことが分かった。



- 当社の大規模解析の実績に対して、問い合わせいただいた。
 - ①は、Advance/FrontSTRのリファイナーで解決
 - ②は、Advance/FrontSTRの並列無制限で解決
 - ③は、当社の計算機環境を利用することで解決
- 従来の2次元の解析と同等の精度を得るために、リファイナを利用して7000万自由度のモデルを作成し、当社の計算機環境で48コア・メモリ388GBの資源を利用することにした。
- 最大規模の1ケースにつき、数時間の計算機処理時間で解析を行う目的が立った。そこで、試算を含めて数ケースのパラメータスタディを行うことができ、設計の目的を達成することができた。



お客様から解析依頼されたひとつの事例(続き)

ケース名	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
要素	四面体1次	四面体2次	四面体2次	四面体2次
要素数	3,147,621	3,147,621	13,526,568	25,180,968
節点数	545,170	4,281,602	14,148,053	26,314,949
自由度数	1,635,510	12,844,806	42,444,159	78,944,847
リファイン	0回	0回	1回	1回
使用CPU数	12CPU	12CPU	12CPU	48CPU
使用メモリ	96GB以下	96GB以下	96GB以下	192GB以下
処理時間	57秒	2174秒	16993秒	8842秒
収束判定値	1.0e-5	1.0e-5	1.0e-5	1.0e-5
反復回数	619	1,494	2,274	2,735

収束判定値については、あらかじめ、1e-5、1e-8、1e-12で結果を確認し、この収束判定条件で問題ないことを確認している。→雑誌記事に詳細を記載している。



今後の予定

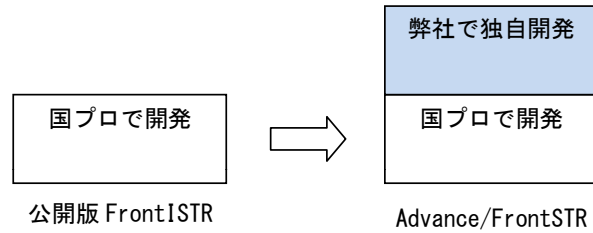
- プリポストとの連携強化
- 材料非線形、接触解析の収束性の強化
- 連成機能(流体解析、音響解析)の強化

- その他、お客様からのニーズに対して、優先して開発を進めております。

新規機能の紹介

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



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	+追従力	
その他	局所座標	○	—



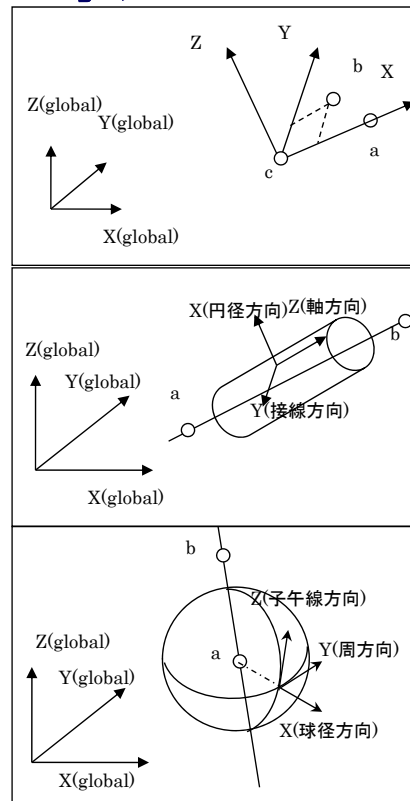
Advance/FrontSTR Ver.4.1での拡充機能

- Ver.4.1で新規導入した機能
 - 接触並列計算
 - 局所座標系の導入
 - 材料異方性
 - 粘弾性材料の温度依存性
 - その他(追従力など)



局所座標系の導入

- 対応している座標系種類
Cartesian座標(R)、円柱座標(C)、球座標(S)
- 使う方法
拘束条件の表示
異方性材質の表示
- 拘束条件の表示
!TRANSFORM, NGRP = NG1, TYPE = R
0.8, 0.2, 0.1, 0.1, -0.2, 0.9
- 異方性材質の表示
!ORIENTATION, NAME = <name>, TYPE = R,
DEFINITION=COORD/NODESなど
0.8, 0.2, 0.1, 0.1, -0.2, 0.9
!SOLID SECTION, ORIENTATION=<name>
異方性方向は座標、節点番号などから定義可能



材料異方性

現時点二種類のみ

- ・ 熱膨張
- ・ 直交異方弾性

```
!EXPANSION, TYPE=ORTHOTROPIC  
0.8, 0.2, 0.1
```

```
!ELASTIC, TYPE=ORTHOTROPIC  
1000.0, 1000.0, 1000.0, 0., 0., 0.1, 100.0, 100.0, 100.0
```



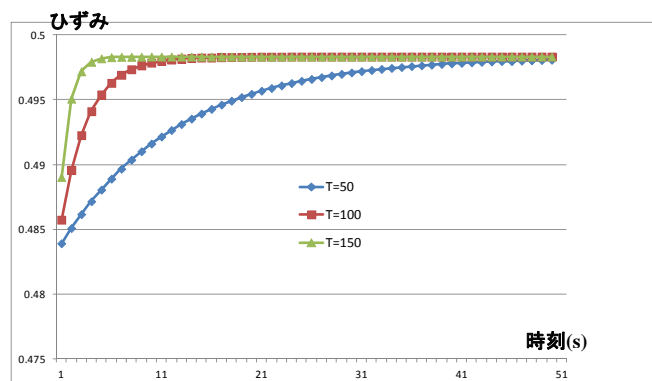
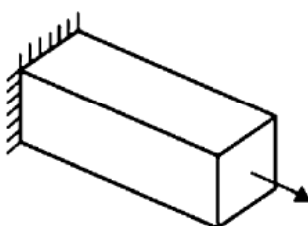
粘弾性材料の温度依存性

熱レオロジー単純化(TRS)モデルを導入、現時点二種類

- ・ Williams-Landell-Ferry形式
- ・ Arrhenus形式

```
!VISCOELASTIC  
0.901001112, 0.99  
!TRS, DEFINITION=WLF  
0., 4.92, 215
```

テスト例題: 温度依存クリープ挙動



本発表のまとめ

- Advance/FrontSTRの機能と特徴
- Ver.4.1で新規導入した機能
- 今後の開発予定



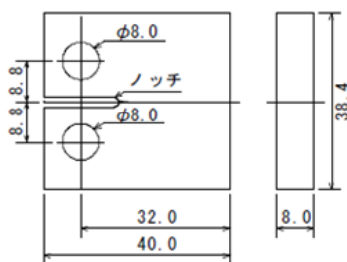
リファイナを利用した大規模解析事例および並列接触解析

第1事業部
末光 啓二

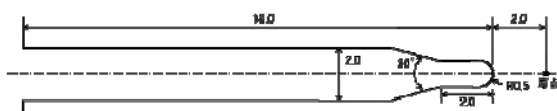


リファイナを利用した大規模解析の事例モデル

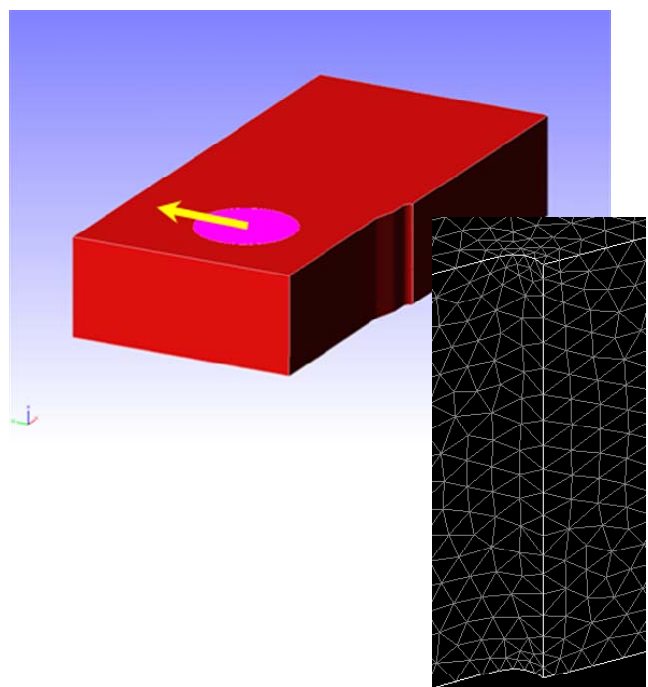
平面図 (ASTM D5045-93に準拠)



ノッチ部詳細 (先端部形状は本解析用)



材質 : スチール



解析規模および実行性能

解析に使用したメッシュ規模

No.	リファイン	要素数	節点数
1	0	830,903	1,140,334
	1	6,647,224	9,017,227
	2	53,177,792	71,569,589
2	0	1,280,262	1,748,022
	1	10,242,096	13,859,575
	2	81,936,768	110,141,661
3	0	4,356,671	5,874,743

使用計算機

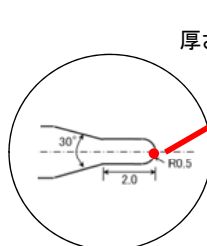
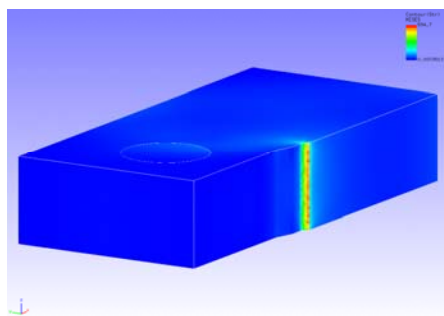
CPU	Intel Xeon X5670 2.93GHz
ノード構成	2CPU (2×6コア)
メモリ	48GB/ノード
ネットワーク	InfiniBand QDR

実行性能

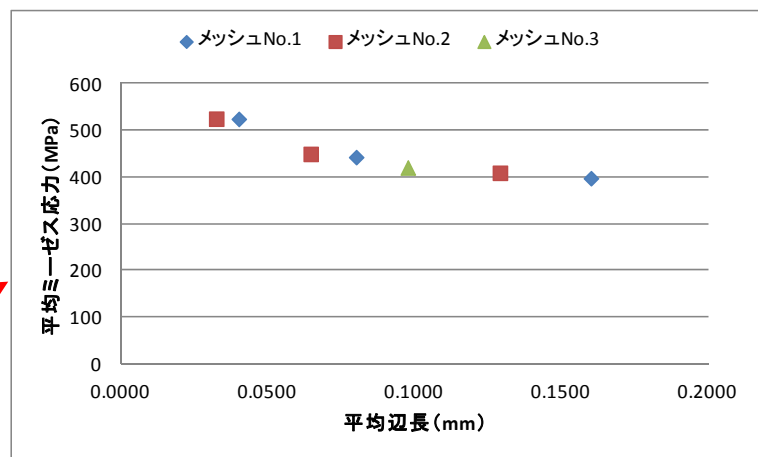
No.	並列数	経過時間(分)	CG法時間(分)	反復回数
1-0	72	2.0	1.9	1284
1-1	144	13.8	13.4	2371
1-2	144	205.1	202.8	4667
2-0	72	4.2	4.0	1864
2-1	144	23.3	22.7	2714
2-2	144	373.2	369.7	5337
3-0	72	16.6	16.1	2430



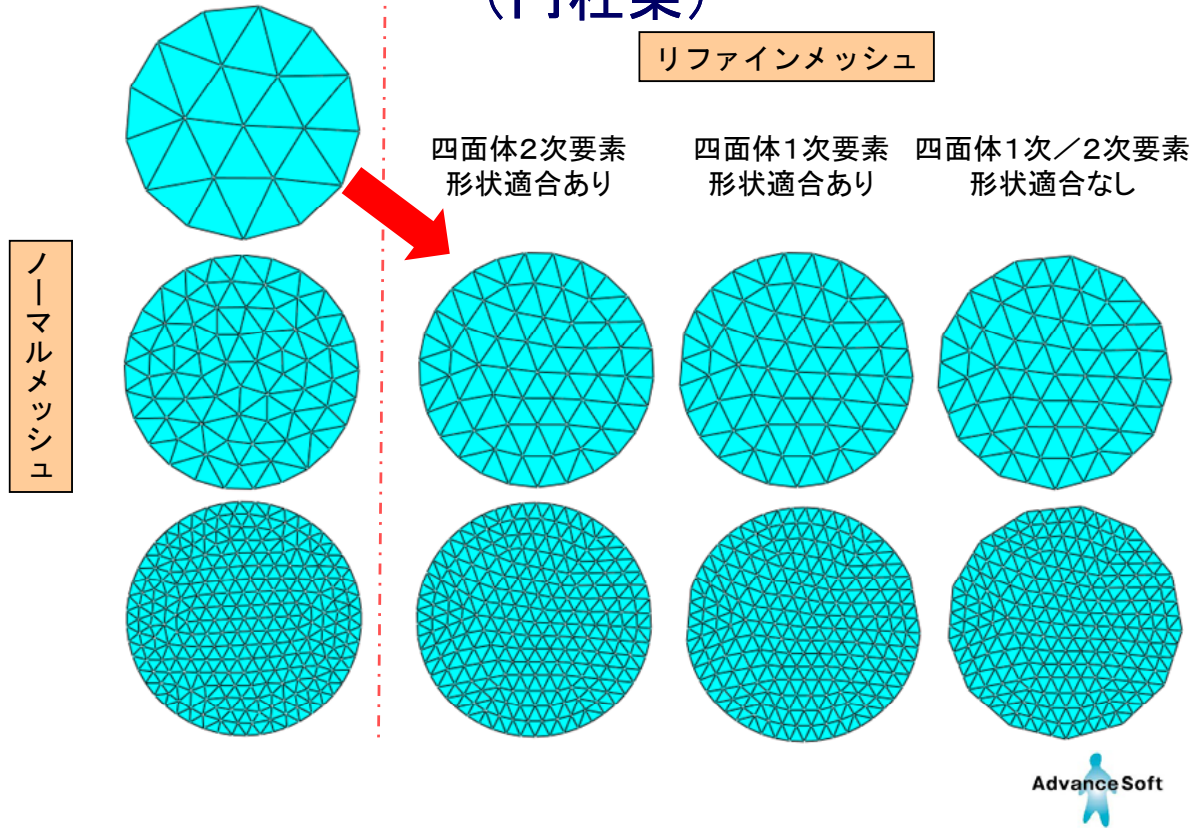
メッシュサイズによる応力集中解析結果の変化



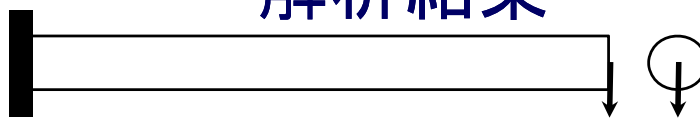
厚さ方向の平均



リファイナの形状適合機能の適用例 (円柱梁)

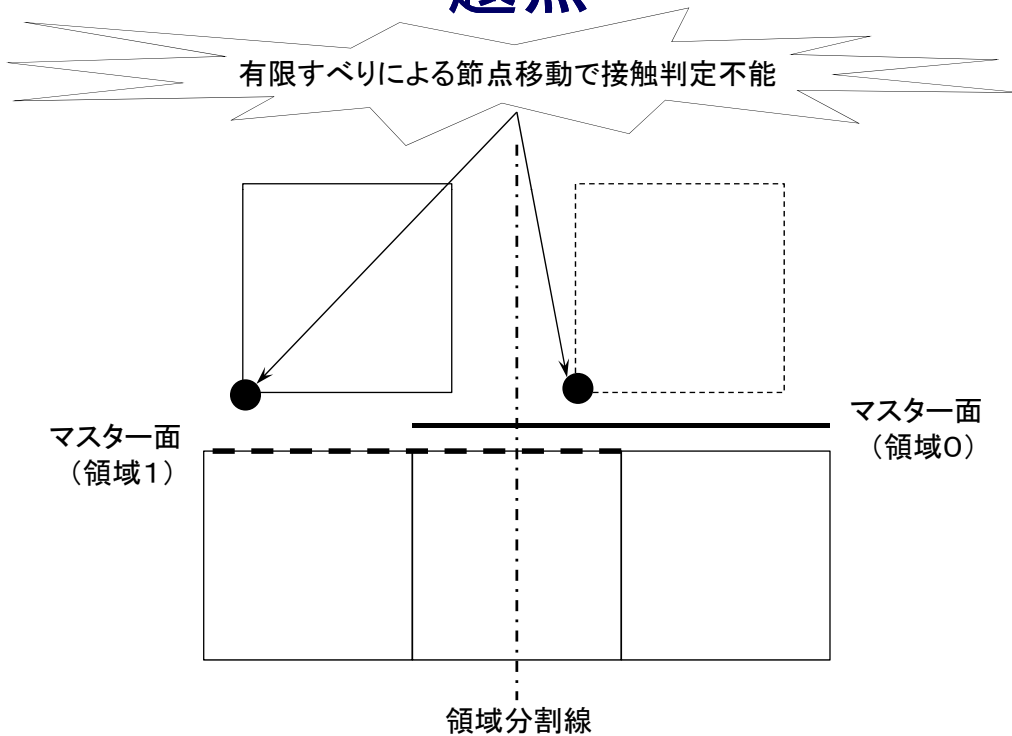


形状適合機能による円柱片持梁の 解析結果

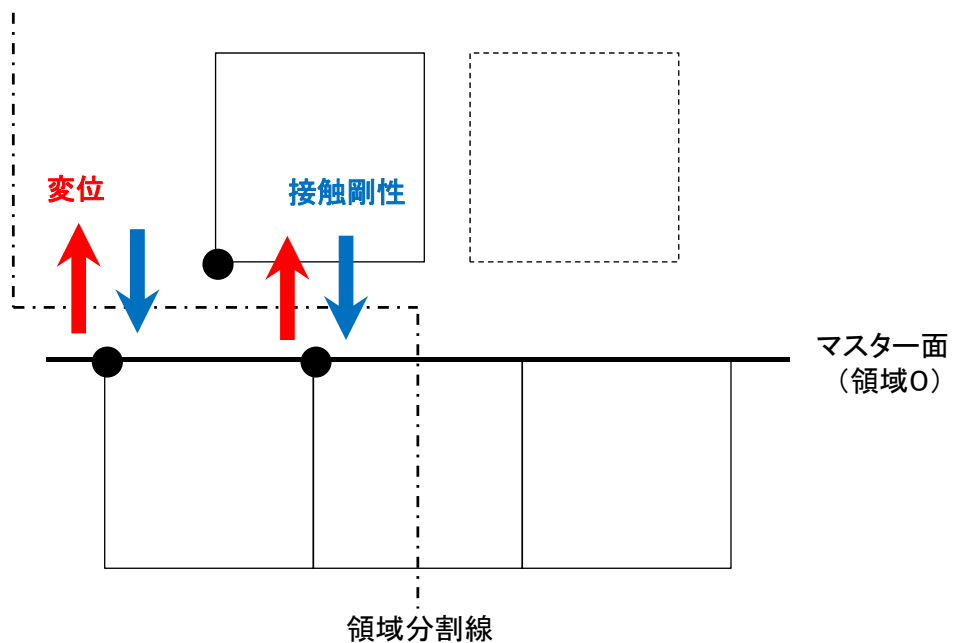


	粗いメッシュ	中間のメッシュ		細かいメッシュ			
	Normal	Normal	Refine 適合なし	Refine 適合あり	Normal	Refine 適合なし	Refine 適合あり
要素数	2,894	21,076	23,152	23,152	167,747	185,216	185,216
節点数	5,127	32,553	35,813	35,813	239,067	266,473	266,473
たわみの対真円理論解比	106.1%	101.4%	106.4%	99.6%	100.5%	106.7%	100.0%
断面二次モーメントの 真円比	93.3%	97.9%	93.3%	99.5%	99.4%	93.3%	99.9%
断面二次モーメント補正 したたわみの対理論解比	98.9%	99.3%	99.2%	99.2%	99.9%	99.6%	99.8%

接触解析の並列処理化に対する問題点

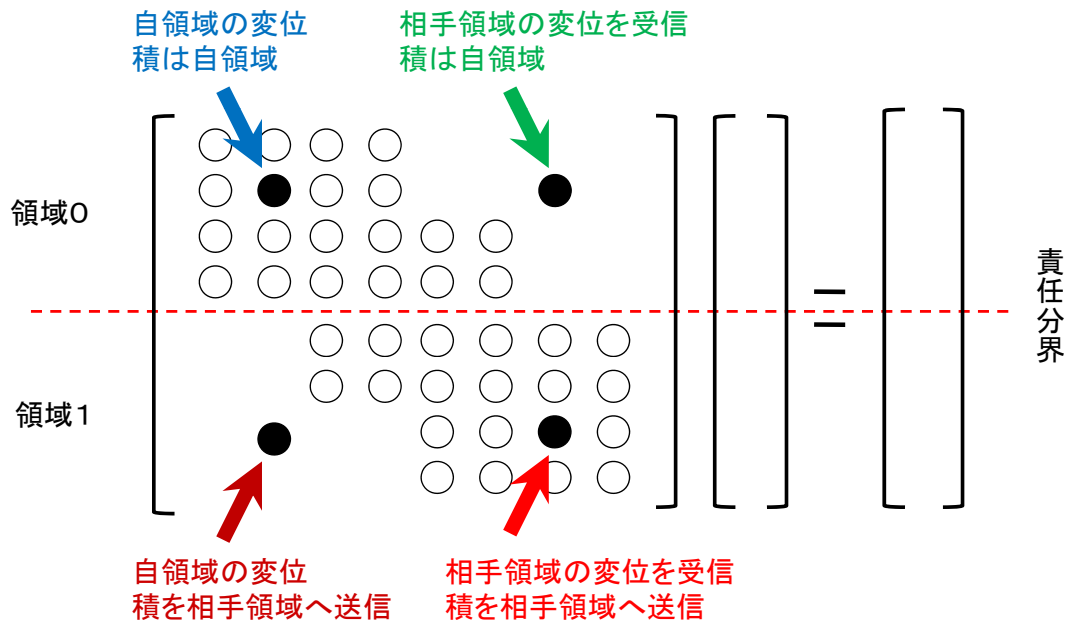


接触解析の並列処理化の基本概念



並列接触解析における行列・ベクトル積

● : 領域0のスレーブ節点と領域1のマスター節点の接触について領域0で計算した接触剛性



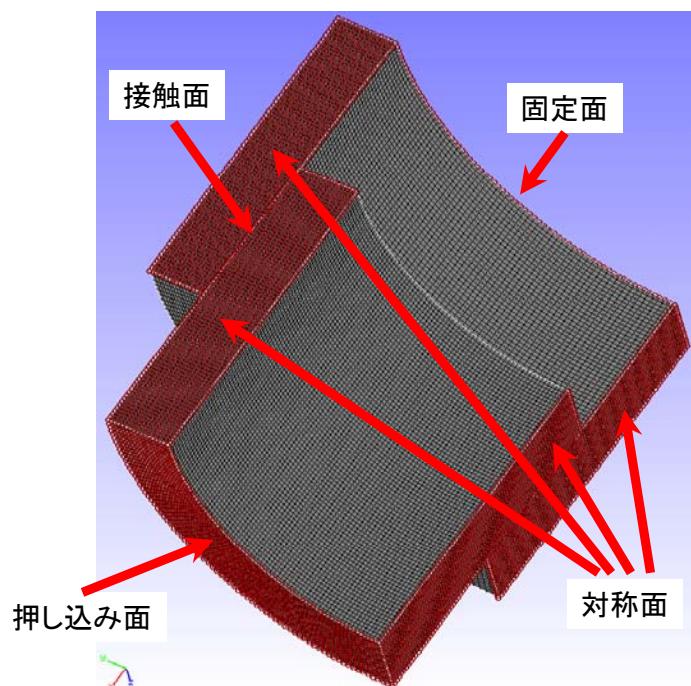
並列接触解析の事例モデル

解析対象

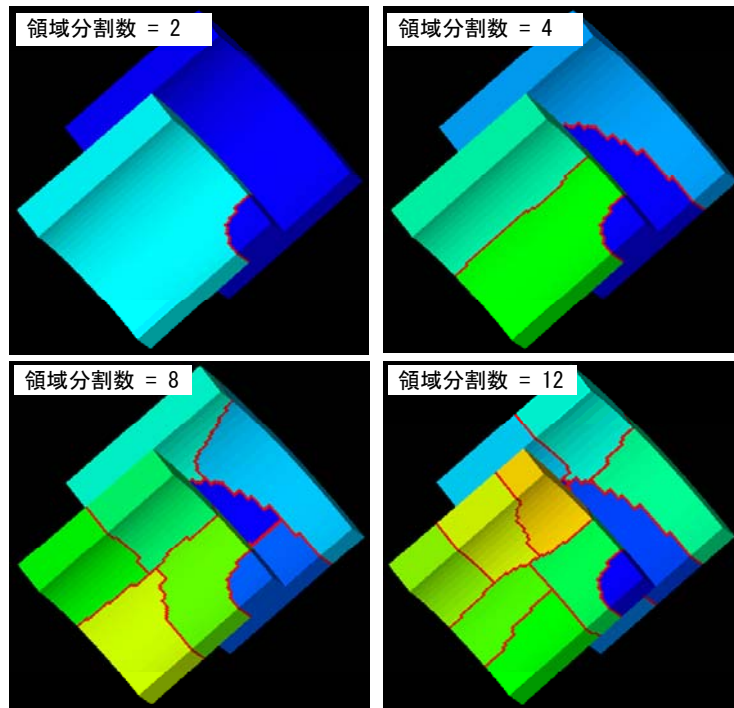
- ・2重円筒の押し込み
- ・円周を4分割したモデル

メッシュ規模

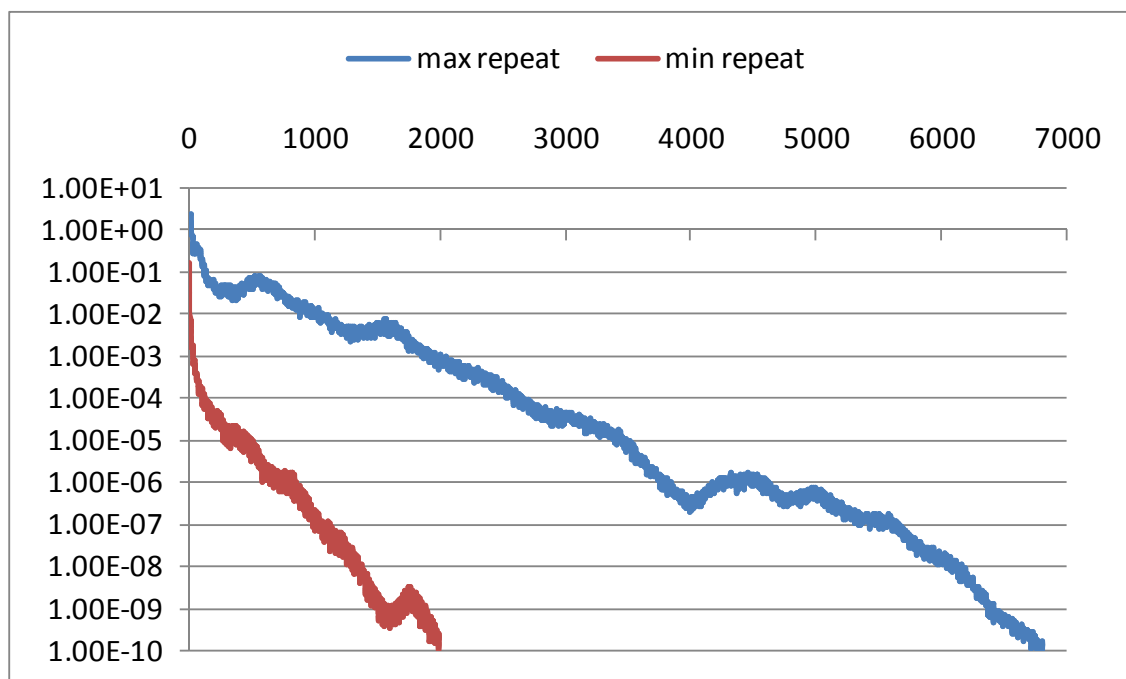
- ・六面体1次要素
- ・要素数: 184,832
- ・節点数: 201,586



各並列数におけるメッシュ領域形状



CG法(反復解法)の収束状況



並列数による実行性能の比較

使用計算機

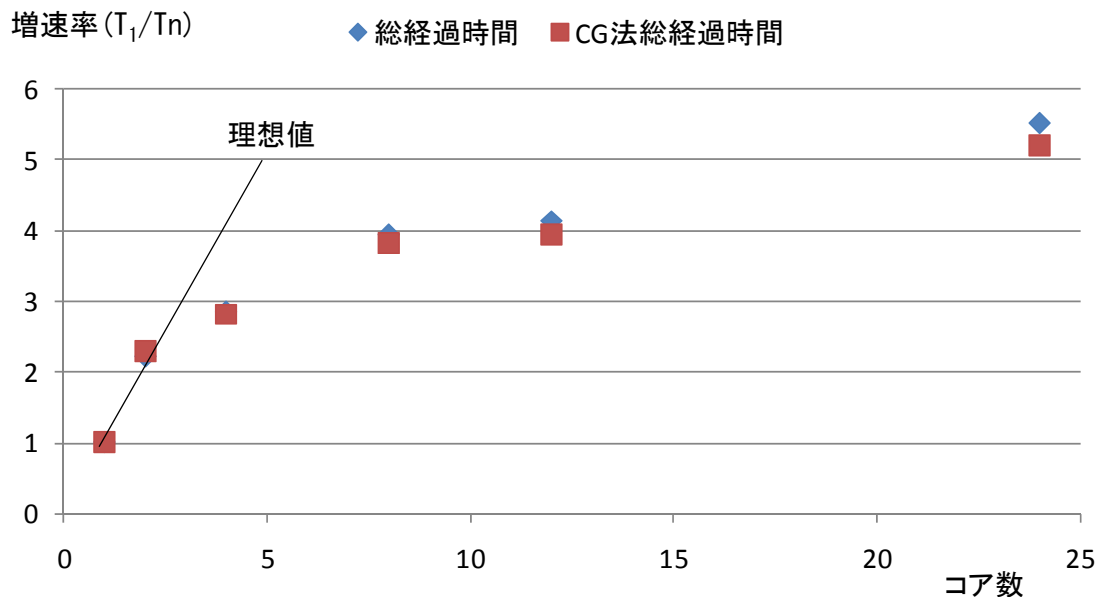
CPU : Intel Xeon X5660 2.80GHz
 ノード構成 : 2CPU(2×6コア)
 メモリ : 96GB/ノード
 OS : CentOS release 5.7
 コンパイラ&MPI * Intel

コア数	総経過時間 (分)	CG法		
		総経過時間	平均反復回数	平均work ratio
1	245.8	221.6	4069	96.0%
2	110.9	96.3	4064	95.0%
4	86.1	78.6	4065	96.2%
8	62.3	57.9	4064	96.1%
12	59.2	56.1	4062	95.8%
24	44.5	42.6	4060	91.9%

注: work ratio = (全体経過時間 - 通信経過時間) / 全体経過時間



並列接触解析の実行性能



本発表のまとめ

- REVOCAP_Refinerの形状適合機能による解析精度の向上可能性を示した。
- 今後の課題は、実用解析による有用性の検証
- Advance/FrontSTRにおいて、並列接触解析を可能とした。
- 今後の課題は、並列処理性能の改善
スレーブ節点は領域分割の対象であるが、
接触探索をマスター面全体に対して実施
⇒ バケット法による接触探索の高速化

Advance/FrontSTRのプリポストプロセッサ Advance/REVOCAPの概要と Ver.3.1新機能の紹介

2012年12月18日(火)開催
第1事業部

第5課 2012年12月18日 構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR、汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP 最新動向セミナー



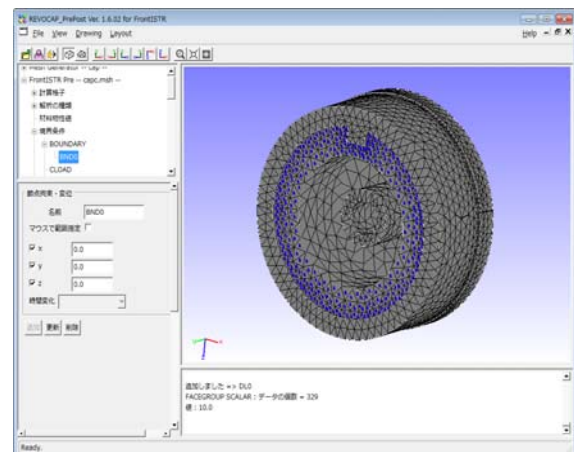
Advance/REVOCAPとは

有限要素法、有限体積法を用いた構造解析ソフト及び流体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の専用の入力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。

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。



第5課 2012年12月18日 構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR、汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP 最新動向セミナー



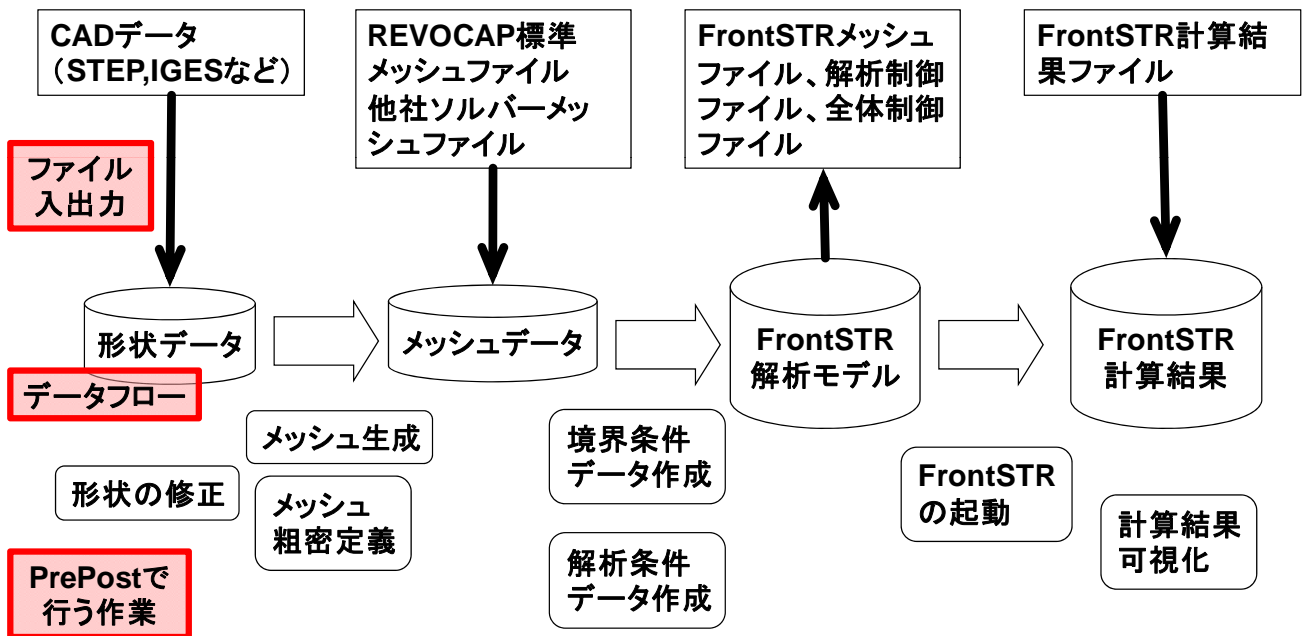
Advance/REVOCAPの開発経緯

- 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)
- 2011年8月
Advance/REVOCAP Ver.2.3 をリリース(Avance/FrontSTR Ver.4.0、
Advance/FrontFlow/red Ver.4.1 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(Advance/FrontSTR Ver.4.1、シェル解析対応版)

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、荷重、体積力、多点拘束、接触など
- 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

Advance/REVOCAPを使って解析を行う手順



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

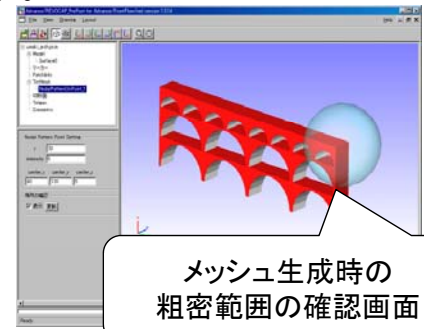
Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(2)

● 粗密制御機能

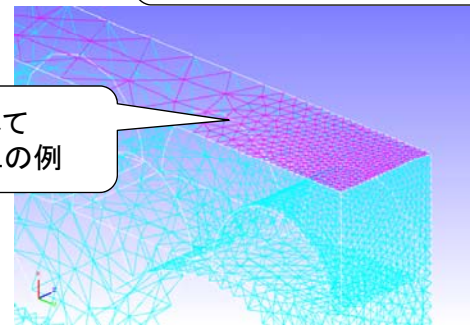
- 四面体自動生成の際の要素の大きさの粗密を与えます。
- 形状の近傍を細かくする
- 物理量の変化が大きいところを細かくする

● 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



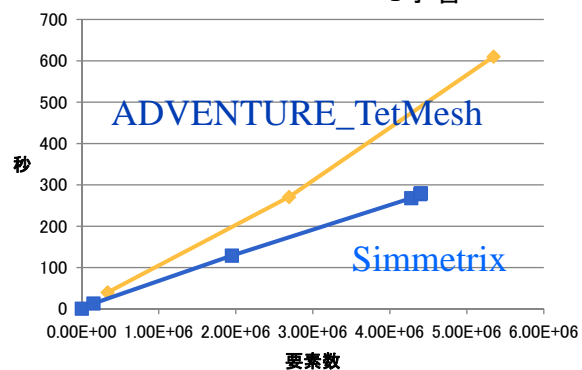
AdvanceSoft

Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(3)

- メッシュ生成のパフォーマンス測定
- ADVENTURE_TetMeshを使った場合
 - 840万要素で20分程度
 - メモリに対する上限が高い
- Simmetrixを使った場合
 - 450万要素で5分程度
 - メッシュ生成速度が速い
- 大規模メッシュ生成
 - 64bit 版 メモリ8GB環境
 - 1800万要素のメッシュ生成30分



T字管

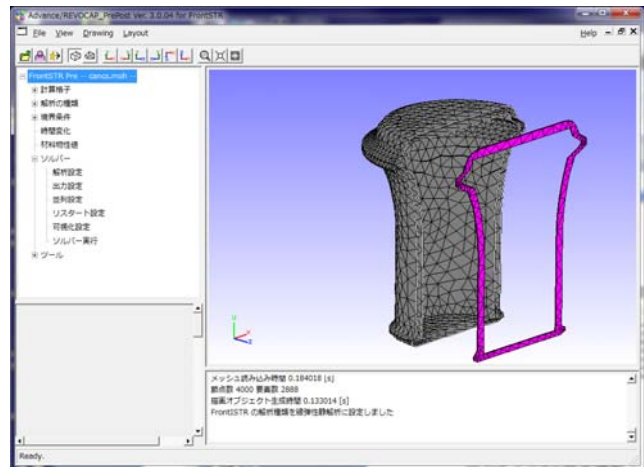


OS: Windows XP
 CPU: Intel Core2 Duo 2.66 GHz
 Memory: 3 GB

AdvanceSoft

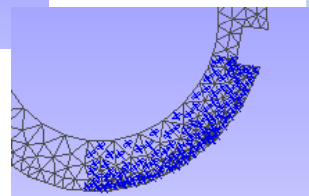
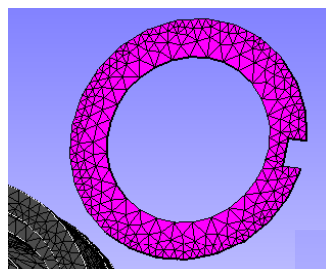
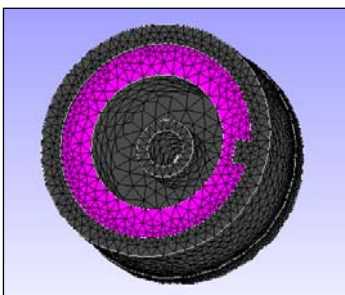
Advance/FRONTSTRの解析モデル作成(1)

- 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



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



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

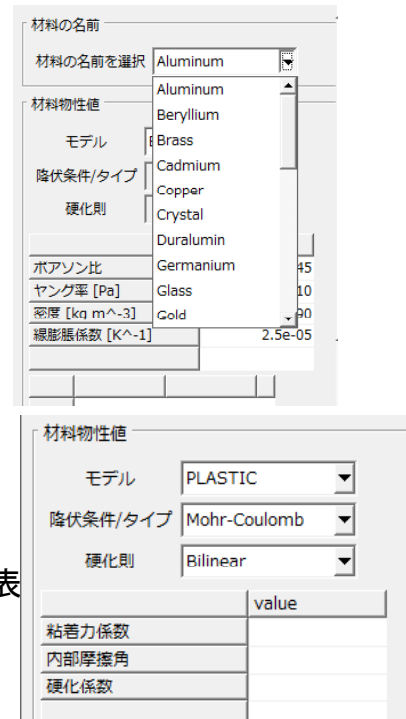
- 弾性静解析ならそのまま利用可能
- 独自のデータの追加可能
- Excel でデータベースの編集可能

● 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

● 領域への割り当て

- 3D画面上で直観的に確認しながら



Advance/FRONTSTRの解析モデル作成(4)

● 解析条件設定

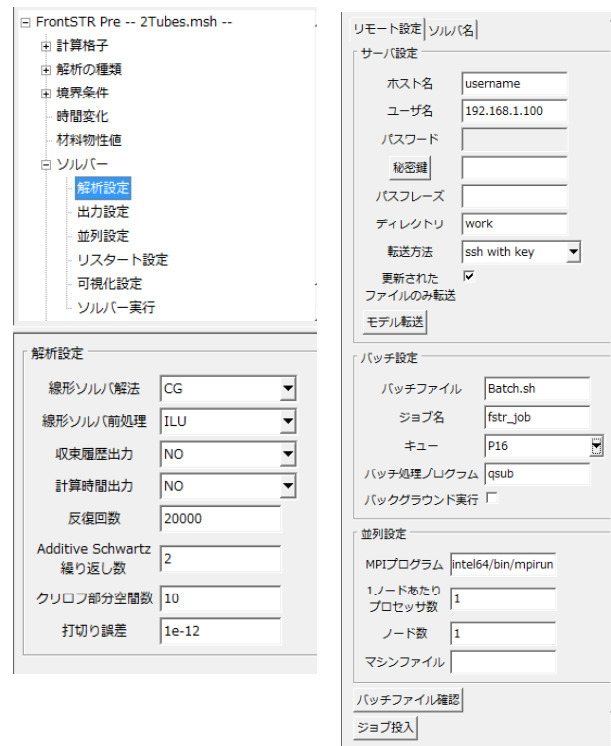
- 線形ソルバーのパラメータ設定
- 並列解析のパラメータ設定

● 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

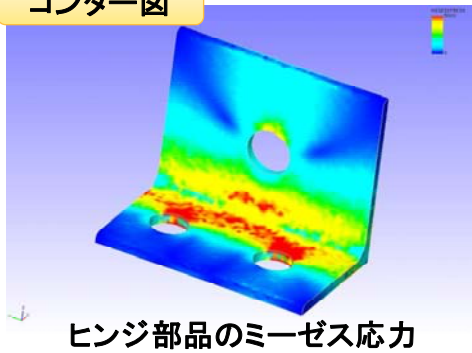
● 並列計算機へファイル転送機能

- 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

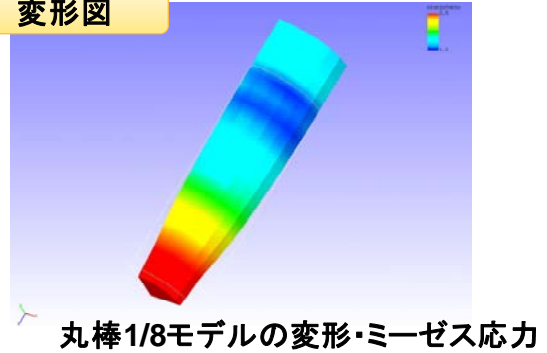


Advance/FrontSTRの計算結果可視化

コンター図

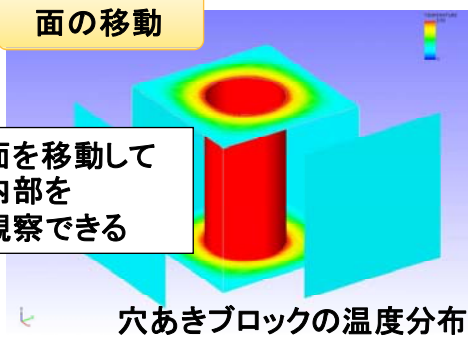


変形図

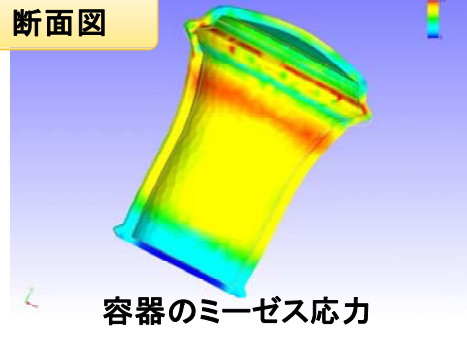


面の移動

面を移動して
内部を
観察できる

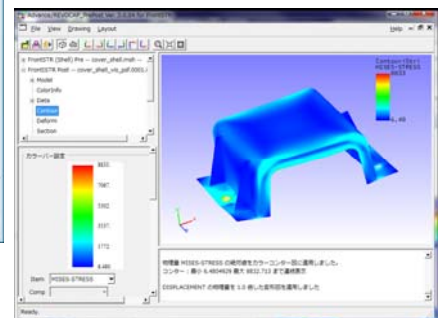
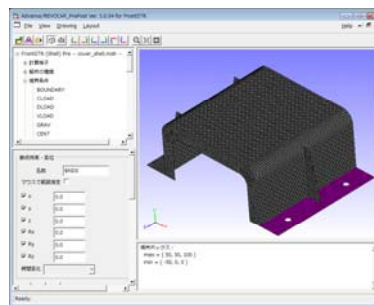
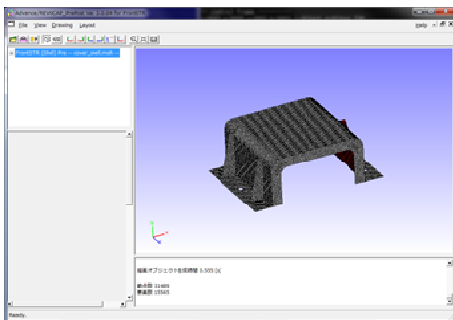
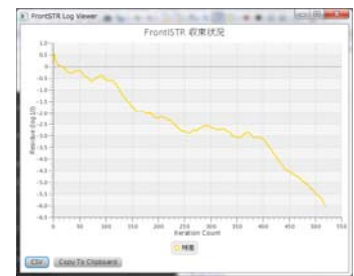


断面図



Advance/REVOCAP Ver.3.1の新機能(1)

- シェル解析モデルの作成に対応
 - シェル格子ファイルを読み込んで、境界条件の設定
 - シェルモデルの計算結果の可視化
- 残差履歴のグラフ表示機能



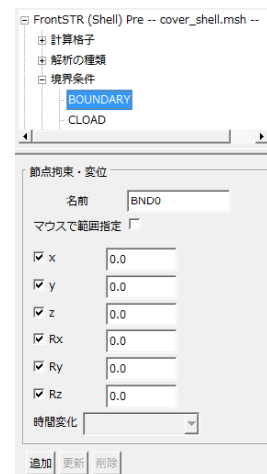
Advance/REVOCAP Ver.3.1の新機能(2)

- シェル解析の概要
 - 車のボディ、ファンの翼面のような薄物の解析に適している
 - 同様の形状をソリッド要素でモデリングする場合に比べて
 - 要素が少なくて済む
 - 収束が改善する
- シェル解析について未対応の機能
 - シェルメッシュ生成機能(Non-Manifoldモデルなど)
 - シェルとソリッドの混在モデル



Advance/REVOCAP Ver.3.1の新機能(3)

- Advance/REVOCAPでシェル解析の設定方法
 - ソリッド解析の場合とほぼ同様
 - ソリッド解析の場合と異なるところ
 - 荷重を与えるときに面の表裏に注意する
 - Advance/REVOCAPでは異なる色で描画
 - 拘束条件で6自由度設定
 - 領域設定でシェルの断面厚さを設定
- シェル解析のポスト処理
 - ソリッド解析の場合と同様
 - カラーコンター
 - 変形



Advance/REVOCAP 今後の予定

- **マイナーバージョンアップ Ver.3.2**
 - Ver.3.1のバグフィクス
 - 入力インターフェイスの拡充
 - チュートリアル追加
- **次期バージョンVer.4.0へ向けて(計画中)**
 - メッシュ生成エンジンの追加
 - 外部ポスト処理エンジンとの連携
 - 流体・構造・音響など多様な連成解析への対応



Advance/REVOCAPの基本情報

動作環境	Windows7 (32bit, 64bit)、Windows Vista、WindowsXP、Linux(CentOS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	FrontFlowGF形式、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)
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、流れ場ベクトル、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)



構造解析および流体解析ソフトウェアとの連成が可能な 音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise

2012年12月18日(火)開催
第1事業部



当社における連成解析の実績

- 当社では、構造解析、流体解析、音響解析のソフトウェアのソースコードをハンドリングできる技術を有しており、お客様の具体的な問題に対して連成解析の実績を積んできました。
 - 流体→構造; 流れによるプラント構造物の振動解析
 - 流体→音響; 流れにより発生した音源の音響解析
 - 構造→流体; 振動源の流体挙動への影響評価
 - 音響→構造; 音源の構造物強度への影響評価
 - 構造→音響; 構造物の振動に起因する音響解析
- ここでは、構造および流体解析ソフトウェアの結果を音響解析ソフトウェアの音源として利用する構造音響および流体音響連成解析について説明します。



音響解析



Advance/FrontNoiseで可能な音響解析

- 音の伝播する領域、解析対象とする周波数を定めます。
- その領域を有限要素のメッシュを作成します。境界条件として、解析領域内の音源の周波数と強さを与えます。また、壁等には境界条件を与えます。
- 指定された周波数に対して、解析領域内すべての点における音響ポテンシャル(音圧、粒子速度)を求めることができます。
- 解析の後処理として、空間の音圧レベルや対象機器の透過損失等を求めることができます。
- 対象とする周波数の数だけ解析を行います。
- 一般的に音源が不明な場合には音響解析はできません。



音響解析の基礎方程式

基礎方程式

$$\nabla^2 \Psi(x,t) = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Psi(x,t)}{\partial t^2}$$

$$V(x,t) = \text{grad}(\Psi(x,t))$$

$$P(x,t) = -\rho \frac{\partial \Psi(x,t)}{\partial t}$$

周波数領域での基礎方程式

$$\nabla^2 \varphi(x) + k^2 \varphi(x) = 0 \quad \text{in } \Omega$$

$$k = \frac{2\pi\nu}{c}$$

境界条件(混合境界条件)

$$\alpha(x)\varphi(x) + \beta(x)\frac{\partial \varphi(x)}{\partial n} = f(x) \quad \text{on } \partial\Omega$$



音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise

項目	内容
基礎方程式	(1) 音響ポテンシャルに関する波の方程式を周波数空間に変換した方程式 (2) 空間的に分布する場の流れおよび空間的に分布する音響伝播媒体を考慮可能
解析領域	内部領域、および、外部領域(外部領域での外部境界は ρc 境界で与える)
物性値等	速度 場の速度を指定可能(デフォルト: 速度0) 温度 場の温度(音の伝播媒体)を要素毎に指定することが可能(デフォルトは均一媒体)
境界条件	面での音源 面(壁境界)に対して、周波数毎に音圧または粒子速度を設定可能
	点音源 節点に対して、単極子、双極子、または、四重極子のパラメータを設定可能
	音響インピーダンス 面(壁境界)に対して、周波数毎に音響インピーダンスを設定可能
外部境界	面(外部境界)に対して、 ρc 境界を設定可能(音響インピーダンスを与える機能)
数値解法	離散化手法 有限要素法
	利用可能な要素 四面体一次要素
	並列計算 自動領域分割によりMPIで並列化
	行列解法 GMRES系列の反復法
大規模計算実績	4億要素・8000万節点(四面体一次要素)
解析結果	周波数毎の音響ポテンシャル、音圧、音圧レベルを、バイナリ形式でファイル出力
プリポスト	Advance/FrontNoiseに対応したプリポストの正式リリース版はありません。お持ちのプリポストとの接続については、ご相談ください。



構造音響連成解析



Advance/FrontNoiseでの境界条件の取り扱い

$$\alpha(x)\varphi(x) + \beta(x)\frac{\partial\varphi(x)}{\partial n} = f(x)$$

境界条件	$\alpha(x)$	$\beta(x)$	$f(x)$	備考
時系列圧力	$i\omega\rho$	0	$-p_i(x)$	流体音響連成
時系列速度	0	1	$v_i(x)$	構造音響連成
時系列 変位・加速度	0	1	$-i\omega u_i(x), -\frac{1}{i\omega}a_i(x)$	構造音響連成
インピーダンス	$i\omega\rho$	$-Z$	0	
完全反射	0	1	0	デフォルト
完全吸収	$i\omega\rho$	ρc	0	ρc 境界



構造解析結果の音響解析への利用(含予定)

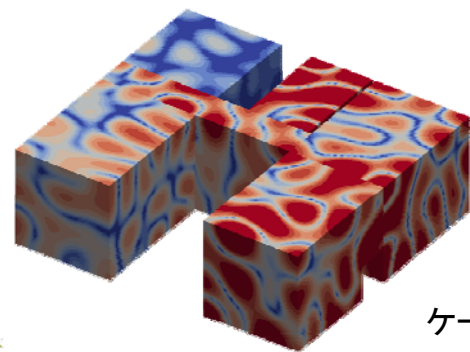
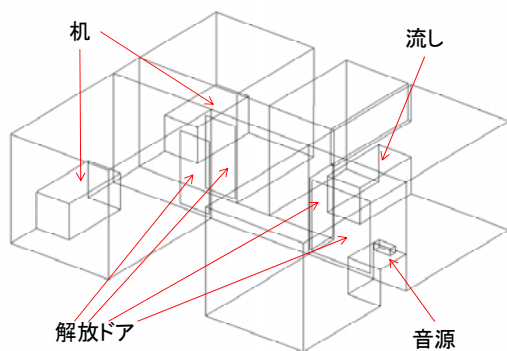
- i. 構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTRの時系列ファイルをもとに音源となる可能性のある場所から出力する。
- ii. 解析結果をフーリエ変換する。
- iii. 構造メッシュから音響メッシュに物理量をマッピングする。
- iv. 係数を乗じて、境界条件を作成する。
- v. 音響解析を実施する。

上記項目のうち、iii)~v)はすでにリリース済である。ただし、i)とii)については未リリース。

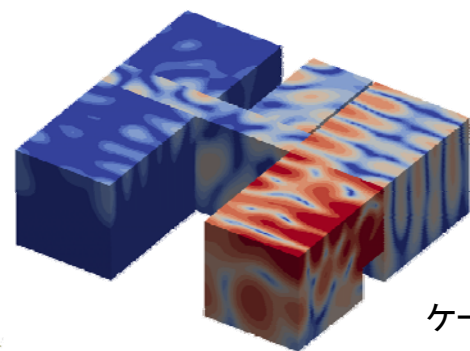


構造解析結果を音源とした音響解析例

■ 室内の音圧レベルの解析



ケース1



ケース2

ケース名	音源	床	壁
ケース1	構造解析	完全反射	完全反射
ケース2	構造解析	完全吸収	完全反射



流体音響連成解析



Advance/FrontNoiseでの音源の取り扱い

音源	単独の音源	分布する音源
点音源	基礎方程式の右辺のソース項として与える。	同左
	音源条件として*.bcnファイル、*.bcqファイルとして与える。 【Ver.4.0以降】	同左
二重極音源	1点を指定することで、二重極音源の計算条件を設定する。 入力ファイルを変換するツールpsgenを提供する。 【Ver.4.0以降】	壁の境界条件として、取り扱う。圧力または粒子速度の境界条件として入力する。 境界条件として*.bcsファイル、*.bcvファイルを与える。 【Ver.1.0以降】
四重極音源	1点を指定することで、四重極音源を計算条件を設定する。	空間に分布する音源として取り扱う。 Lighthillテンソルの2階微分の音源を点音源として設定する。
	入力ファイルを変換するツールpsgenを提供する。 【Ver.4.0以降】	流速からLighthillテンソルの2階微分に変換し、*.bcnファイルと*.bcqファイルを作成するツールを提供。 【Ver.4.2以降】



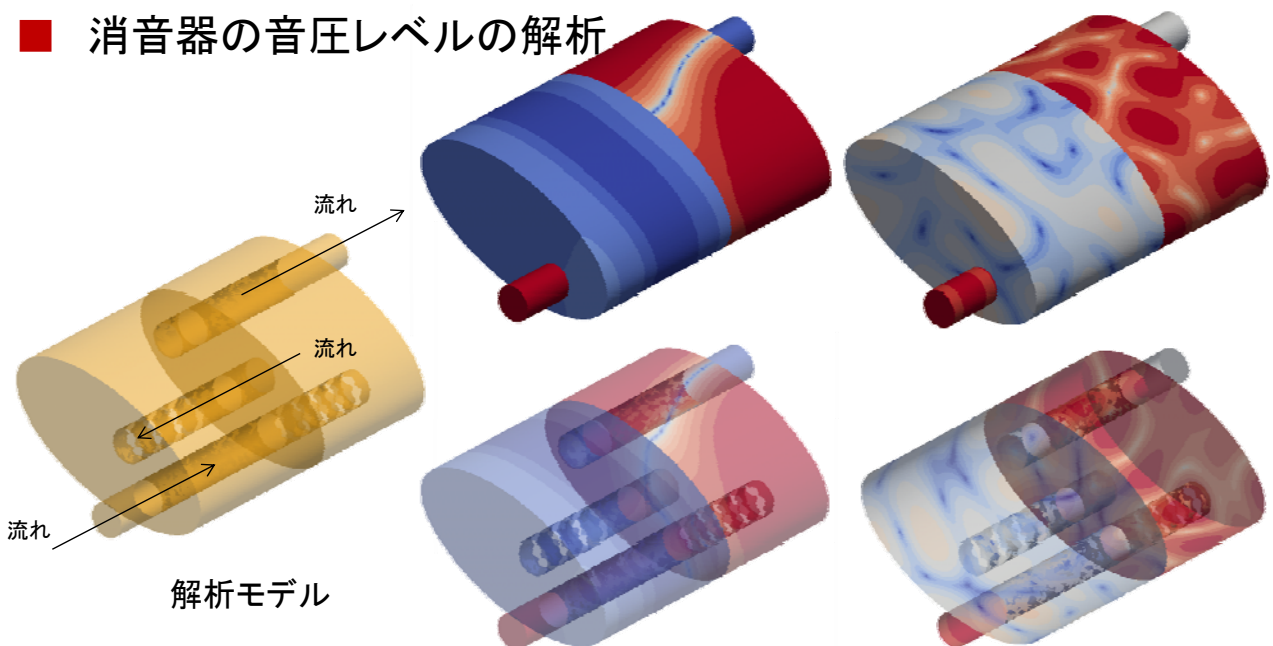
流体解析結果の音響解析への利用(四重極)

- i. 流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/redの時系列ファイルを音源となる可能性のある場所では出力する。
 $T_{ij} = \rho v_i v_j$
- ii. 速度からLighthillの乱流応力テンソルを求める。
- iii. 乱流応力テンソルの2階微分を求める。
 $\frac{\partial^2 T_{ij}}{\partial x_i \partial x_j}$
- iv. 乱流応力テンソルの2階微分をフーリエ変換する。
- v. 流体メッシュから音響メッシュに物理量をマッピングする。
- vi. 係数を乗じて、基礎方程式の右辺に加える。
$$\nabla^2 \varphi + k^2 \varphi = -i \frac{1}{\rho c k} \frac{\partial^2 T_{ij}}{\partial x_i \partial x_j}$$
- vii. 音響解析を実施する。



流体解析結果を音源とした音響解析例

■ 消音器の音圧レベルの解析



500Hz

2kHz



まとめ

- ハードウェアの性能向上により、構造および流体解析を利用した音源の解析が実用的になるにしたいが、そのポスト処理としての音響解析のニーズが増えてきた。
- 当社の音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoiseでは従来から取り組んできた音響の大規模解析の適用により、流体音響連成が可能となった。
- 構造および流体音響連成の実績を重ね、その解析手順を音響解析ソフトウェアのツールとして整備した。
- 今後とも、多様な解析ソフトウェアのソースコードをハンドリングできる当社の利点を生かして、ユーザー様からのニーズに応えた連成解析を実施していく予定である。

- 構造解析 : Advance/FrontSTR
- 流体解析 : Advance/FrontFlow/red
- 音響解析 : Advance/FrontNoise

- プリポスト : Advance/REVOCAP