

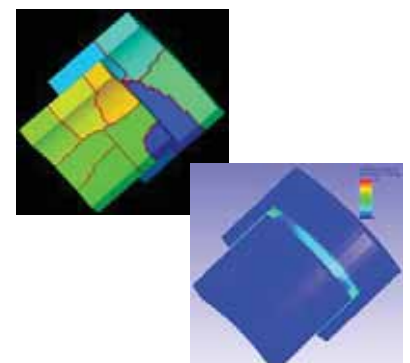
構造解析ソフトウェア Advance/ FrontSTR最新動向セミナー

2014年12月12日(金)開催

プログラム

13:30~13:45 (15分)	アドバンスソフト株式会社の会社概要、製品ラインナップ 代表取締役社長 松原 聖
13:45~14:45 (60分)	特別講演「鉄道分野における構造解析と Advance/ FrontSTR への期待」(※資料は非公開です。) 大阪産業大学 工学部 交通機械工学科 教授 赤間 誠 様
14:45~15:10 (25分)	構造解析ソフトウェア Advance/ FrontSTR Ver. 5.1 の新機能 主任研究員 袁 熙
15:10~15:35 (25分)	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 主任研究員 大家 史
15:35~15:50 (15分)	休憩
15:50~16:10 (20分)	構造解析ソフトウェア Advance/ FrontSTR を用いた計算事例のご紹介 研究員 尾川 慎介
16:10~16:30 (20分)	汎用プリポストプロセッサ Advance/ REVOCAP の概要と特長のご紹介 主任研究員 徳永 健一
16:30~16:45 (15分)	価格および関連サービスのご紹介、質疑応答 営業部 東田 想太
memo	

 AdvanceSoft



アドバンスソフト株式会社の会社概要、製品ラインナップ

代表取締役社長 松原 聖

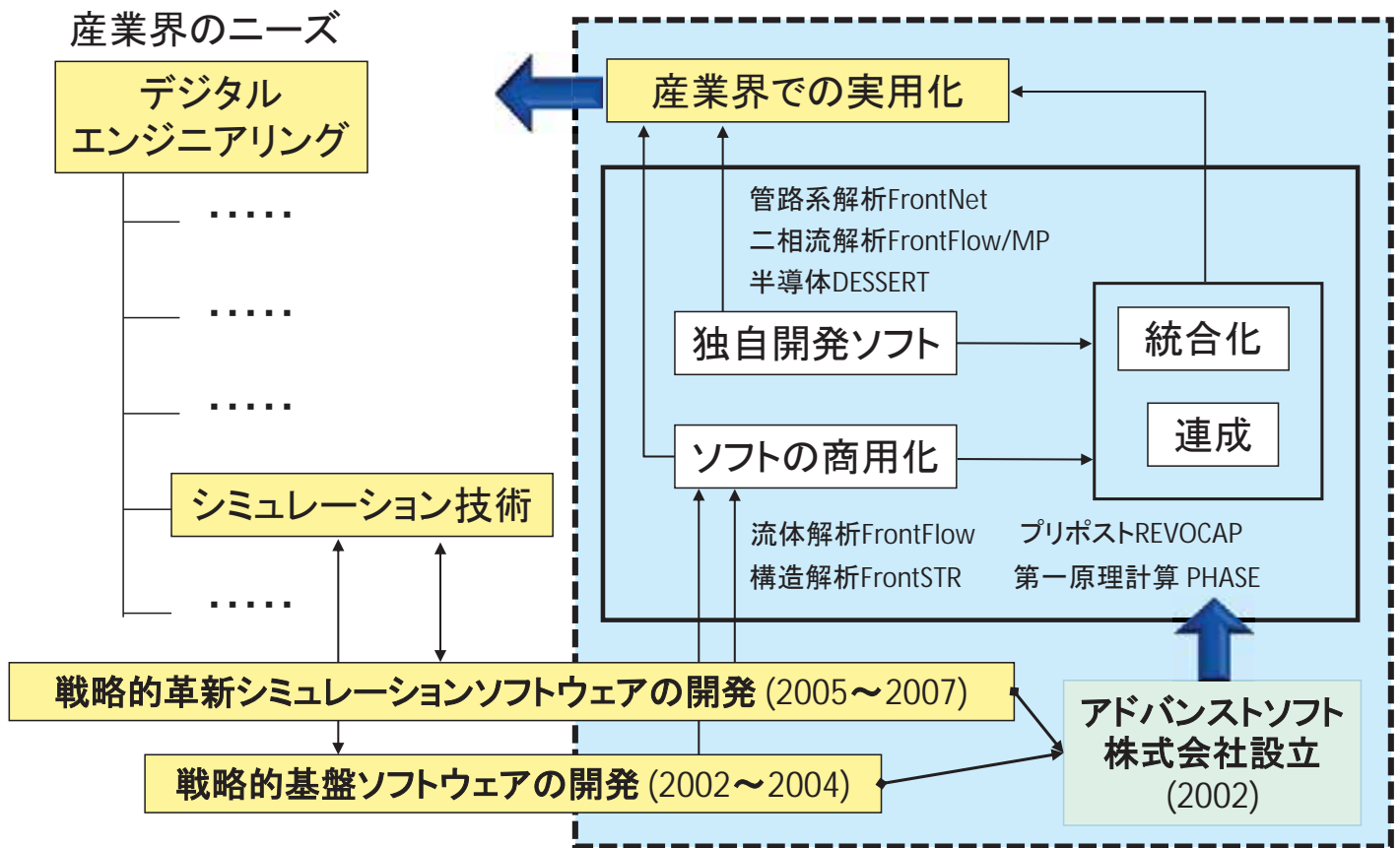
構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR 最新動向セミナー
2014年12月12日（金）
アドバンスソフト株式会社

会社概要

<p>名 称 アドバンスソフト株式会社 (英文社名 AdvanceSoft Corporation)</p> <p>本 社 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台4-3 新お茶の水ビル17階 TEL: 03-6826-3970 FAX:03-5283-6580</p> <p>設 立 2002年(平成14年)4月24日</p> <p>資本金 3,724万円</p> <p>社員数 77名(2014年12月12日現在)</p>
--

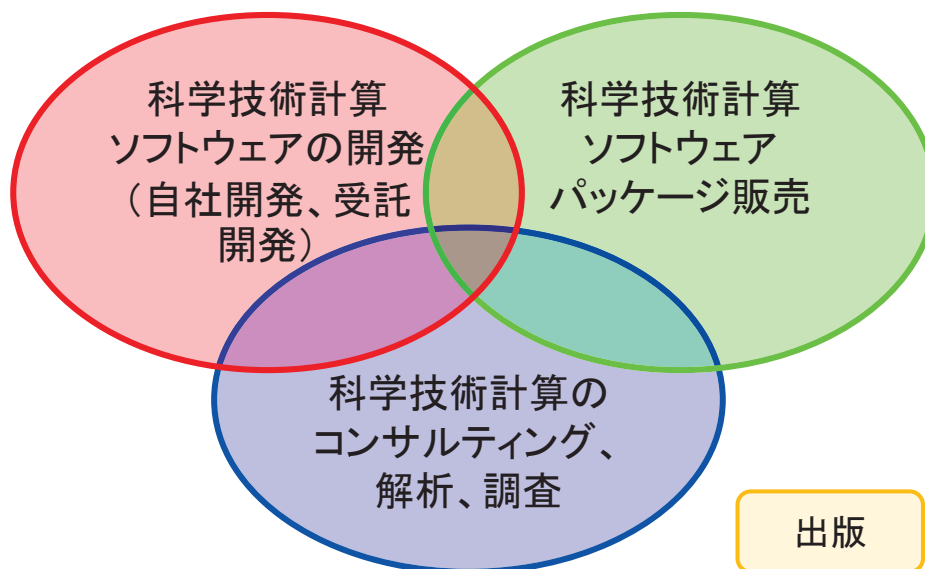
事業部	部	業務概要
第一事業部	事業部付	防災シミュレーション・連成システム開発など
	技術第1部	ナノ材料の第一原理計算、量子化学計算やメソ領域、半導体・T-CAD等に係る解析・開発など
	技術第2部	<ul style="list-style-type: none"> • プリポスト、可視化システム、連成システム開発など • J-PARCIに係わるプロジェクトの実施など • 構造解析エンジニアリングなど • 次世代TCADシステムの開発など
第二事業部	事業部付	二相流解析および原子力安全解析など
	技術第3部	<ul style="list-style-type: none"> • 混相流に係わる次世代流体システム開発など • 乱流、燃焼、化学反応等に係わる次世代流体システム開発など
	技術第4部	<ul style="list-style-type: none"> • ガス、液体パイプライン、農業用パイプライン、液体ロケットエンジン等の管路系流体解析・開発 • 火災・爆発に係わる防災リスク解析・開発など
	技術第5部	原子力・エネルギー利用に係る安全性解析など
—	総合企画部	<ul style="list-style-type: none"> • コンサルティングサービスの提供など • 解析サービスの提供など
営業本部	営業部	お客様窓口
東海事業所		お客様窓口

アドバンスソフトとは



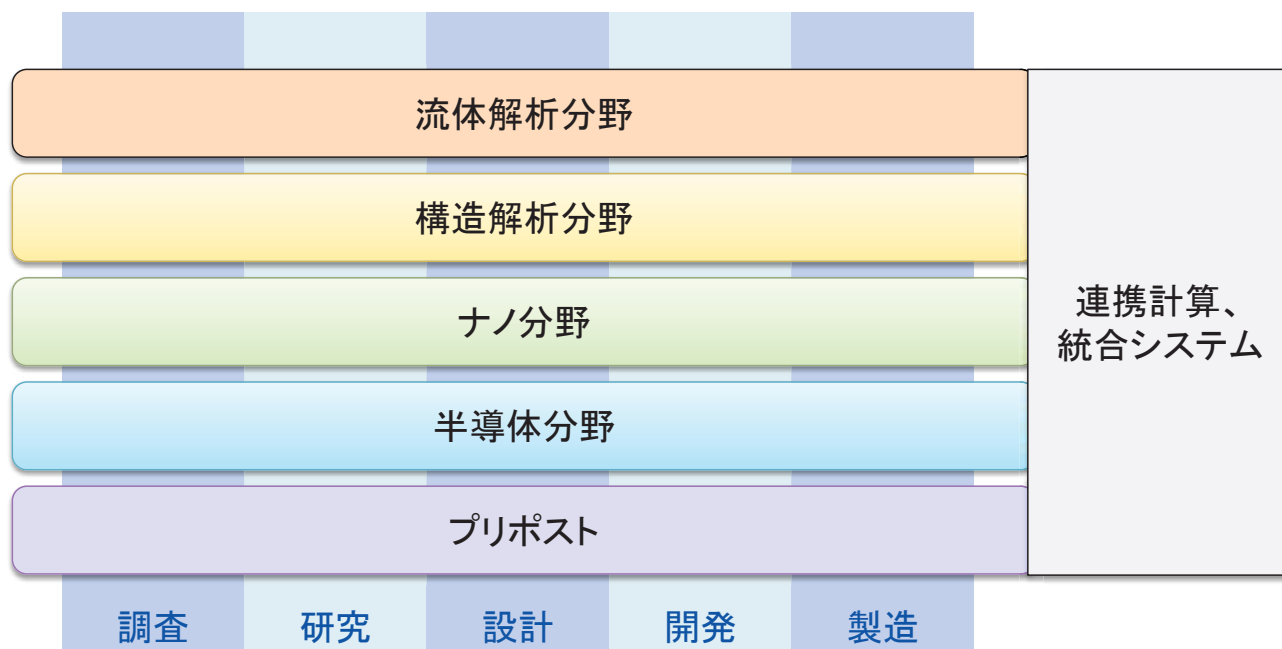
事業内容

アドバンスソフトがご提供するサービス



科学技術計算ソフトウェアの開発を基礎とした、科学技術計算に関する様々なソリューションをご提供します。

事業分野



産業の主要な分野のあらゆるフェーズで直面する課題に対し、
科学技術計算によるソリューションをご提供します。

アドバンスソフトのパッケージソフトウェア

<p>流体</p> <p>Advance/FrontFlow/red Advance/FrontFlow/FOCUS</p> <p>Advance/FrontNetシリーズ</p> <p>Advance/FrontFlow/MP</p>	<p>構造</p> <p>Advance/FrontSTR</p>	<p>ナノ</p> <p>Advance/PHASE</p>
<p>半導体</p> <p>Advance/DESSERT</p>	<p>プリポスト</p> <p>Advance/REVOCAP</p>	

※上記は主要パッケージを掲載しています。詳細は弊社HP(www.advancesoft.jp)をご参照ください。

アドバンスソフトのパッケージソフトウェア

ソフトウェア名称	解析内容
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/PHASE	第一原理計算ソフトウェア
Advance/DESSERT	半導体デバイスシミュレータ
Advance/REVOCAP	構造解析・流体解析プリポストプロセッサ

※上記は主要パッケージを掲載しています。詳細は弊社HP (www.advancesoft.jp) をご参照ください。

facebook、YouTubeでも関連記事を掲載中

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

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

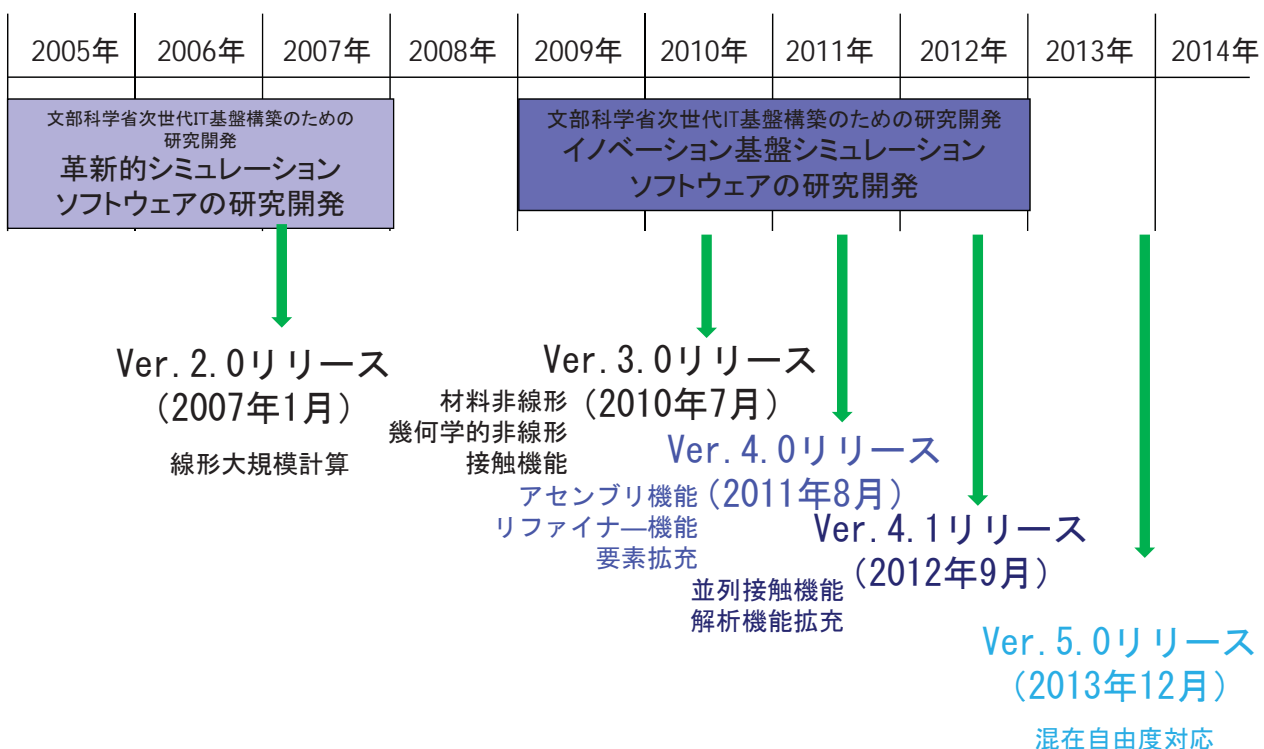


[Advance/FrontSTR Ver5.1の新機能]

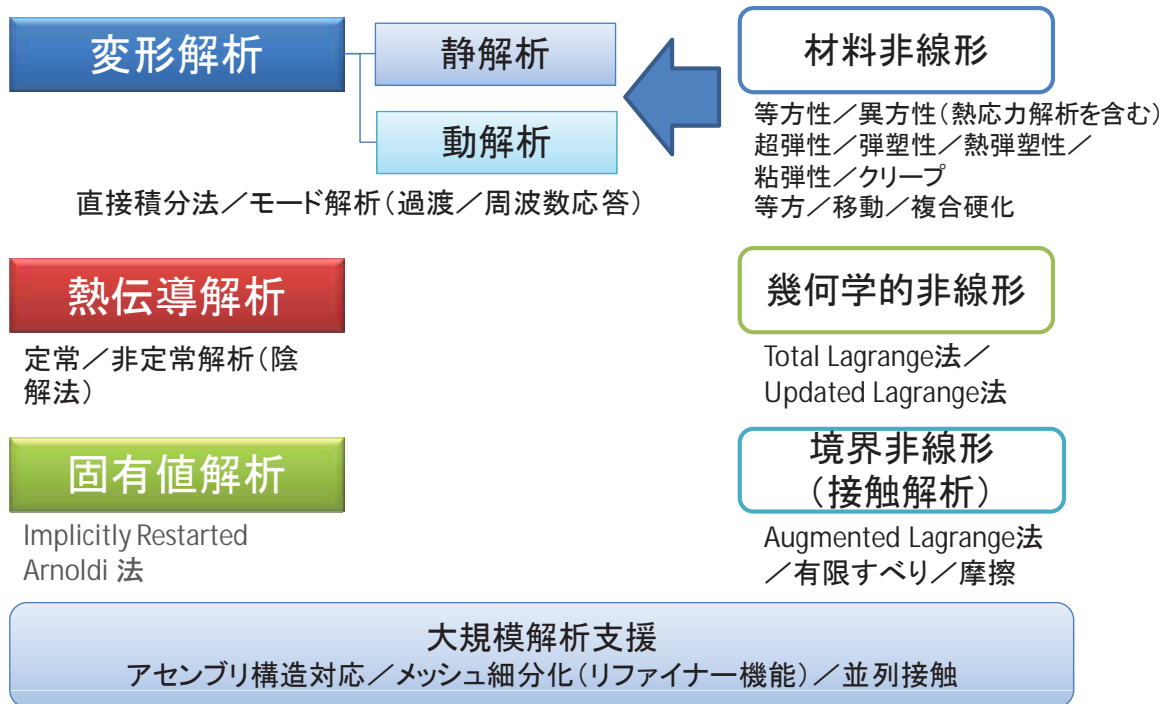
第1事業部 袁熙

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR 最新動向セミナー
2014年12月12日 (金)
アドバンスソフト株式会社

Advance/FrontSTRの開発経緯

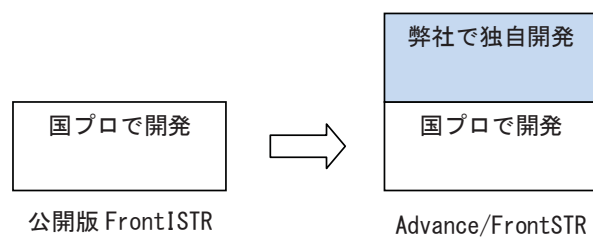


Advance/FrontSTRの機能



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	過渡/周波数応答解析	周波数応答解析, 並列不可
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	選択不可

(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、Mooney-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 Mooney 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	弾性材料
境界条件	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	十面グループの静水圧, 追従力	
減衰	モード減衰	○	—
	材料減衰	○	—
その他	局所座標	○	—
	外部計算結果の読み込み	○	—

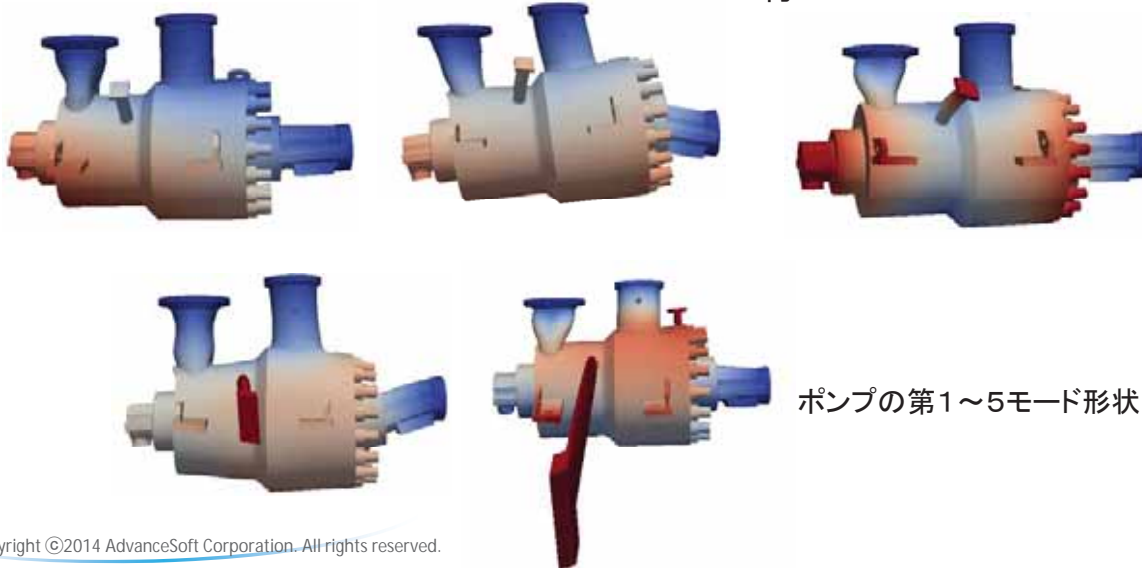
Advance/FrontSTR5.1の新機能

固有値解析関連	
	並列計算対応
モード合成法(過渡/周波数解析)	
	モード減衰 !MODAL DAMPING
	並列計算対応
要素材質	
	一方方向材質 !NO TENSION, !NO COMPRESSION
境界条件	
	移動荷重 !MLOAD
	粘性(無反射)境界など !BOUNDARY
	初期応力の定義 !INITIAL CONDITION, TYPE=STRESS
	外部解析結果の読み込み !IMPORT

固有値解析/モード解析の並列化

テスト問題: ポンプの固有値解析
節点数: 311580: 要素数: 1368583

計算時間
(OS: CentOS 5.7
CPU: Intel X560@ 2.80GHz
MPI_Wtimeより測定)
・ 1CPU 約342s
・ 4CPU 約134s



ポンプの第1～5モード形状

!MODAL DAMPING

モード別の減衰設定が可能になる

- 直接減衰: $C_i = \zeta C_{ci}$
ユーザは減衰比 ζ を指定する必要がある
- Rayleigh減衰: $\zeta_i = \frac{1}{2}(\frac{\alpha}{\omega_i} + \beta\omega_i)$
減衰比 ζ は各モードのRayleigh係数から計算され、ユーザは各モードのRayleigh係数を指定する必要がある。

この機能はモード合成法による過渡解析(!MODAL DYNAMICS)と周波数解析(!STEADY STATE DYNAMICS)を対応。

一方方向材質

!NO TENSION, !NO COMPRESSION

- 圧縮(引張)力を受けない材料を定義
- 例え圧縮変形できないトラス要素はケーブル要素となる

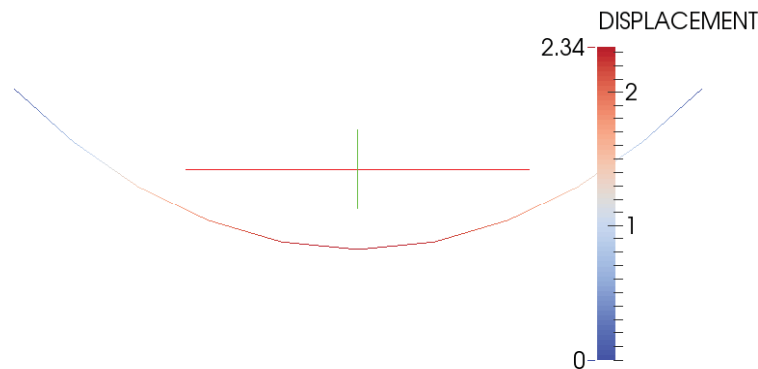


図: 懸垂線形状と水平状態からの変位量
(この解析は初期応力有する大変形問題である)

!GBOUNDARY

- ばね境界 (TYPE=SPRING)
節点初期位置からの移動量と比例する弾性拘束
- 節点の粘性拘束 (TYPE=DASHPOT)
節点速度と比例する粘性拘束
- 無反射面境界 (TYPE=VISCO)

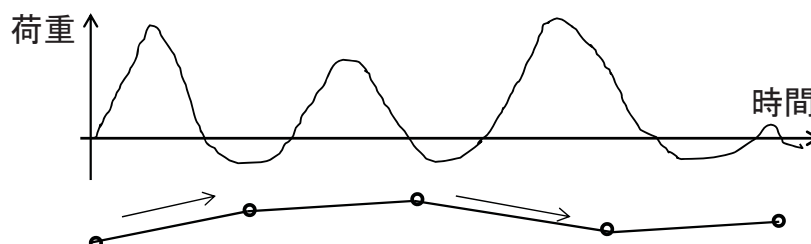
LysmerとKuhlemeyerが提唱した標準粘性境界条件 (standard viscous boundary) は界面法線方向の振動は接線方向へ吸収する境界条件である。

$$\sigma + \alpha_p \rho V_p \frac{\partial u}{\partial t} = 0 \quad \tau + \alpha_s \rho V_s \frac{\partial v}{\partial t} = 0$$

ここでは、 σ と τ は境界面法線方向と接線方向の応力、 u と v は境界面法線方向と接線方向の相対変位、 V_p と V_s はP波とS波の速度、 α_p と α_s は無次元係数である。一般的には $\alpha_p = \alpha_s = 1.0$

!MLOAD

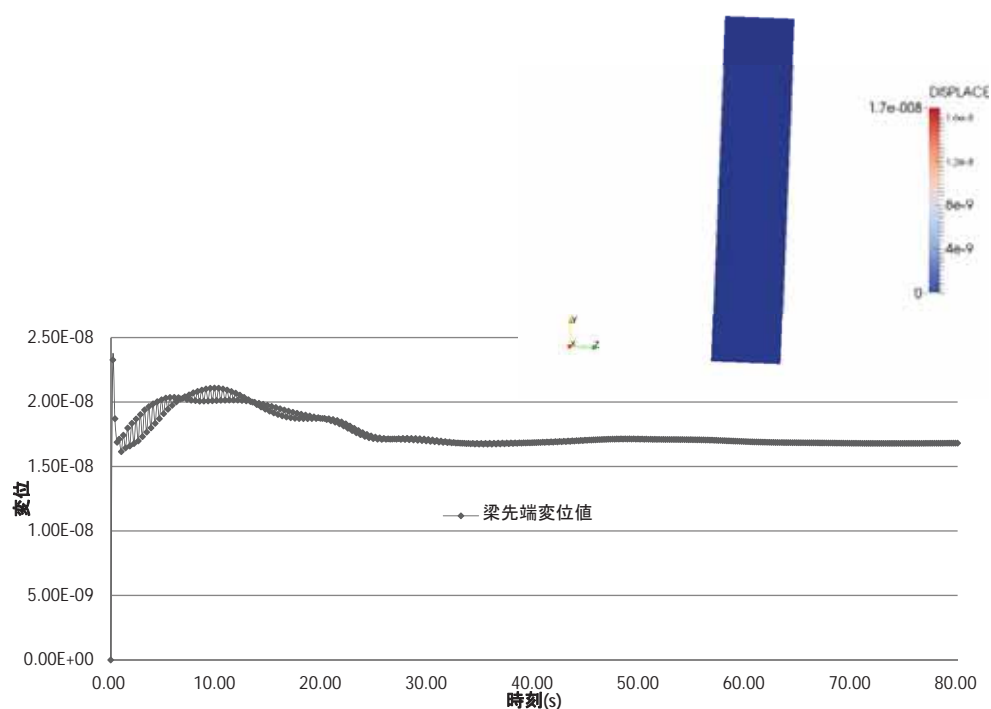
- 走行荷重: 車や電車などの移動荷重を対応する
- 作用点は節点groupを沿って移動し、荷重値は時系列で入力する必要がある



外部解析結果の読み込み !IMPORT

- 外部ファイルから時系列で定義した荷重や拘束条件を読み込む。
- 上記時系列情報からFrontSTR内の解析ステップ情報(時間など)自動的に設定される。
- 読み込んだ荷重情報を自動的にFrontSTRメッシュにマッピングする。
- 現時点でAdvance/Frontflow/redのみ対応している。

!IMPORT:Advance/Frontflow/redとのFSI連成解析



本発表のまとめ

- Advance/FrontSTRの機能と特徴
- Ver.5.1で新規導入した機能

ご清聴ありがとうございました

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

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR 最新動向セミナー
2014年12月12日（金）
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

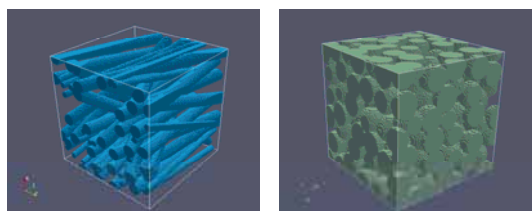
大規模解析への取り組み

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



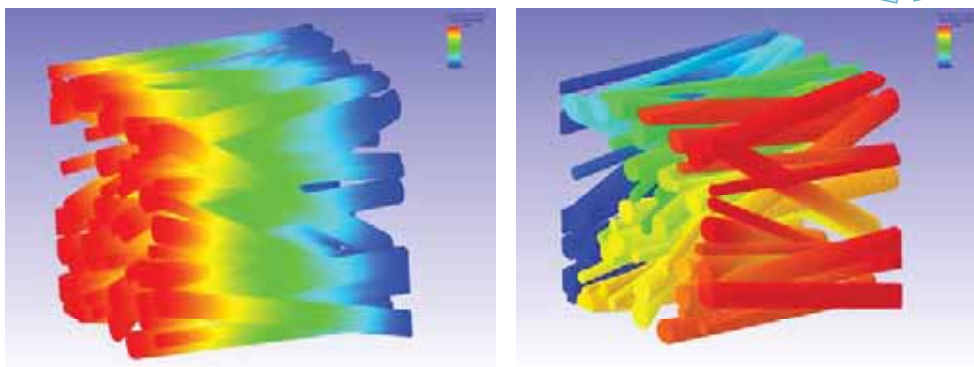
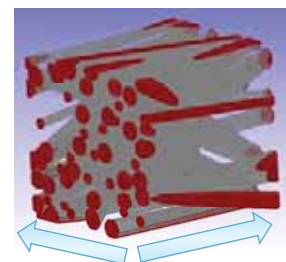
モデルの工夫より
まず解いてみる



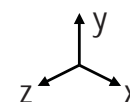
微細モデルの例 ファイバーモデル

– 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

– 目的

- バラスト劣化の解明

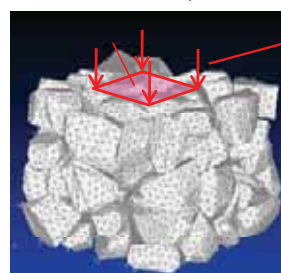
– モデル作成

- 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

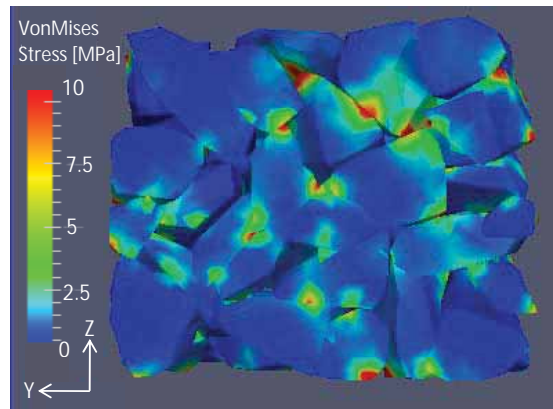
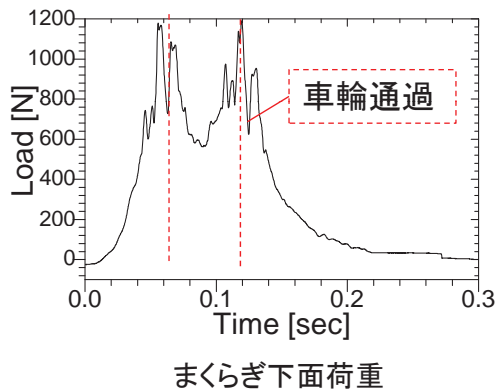


荷重点

バラスト軌道の数値解析

– 荷重条件と応力コンター

参考文献: A. Aikawa (鉄道総合技術研究所), Determination of Natural Modes of Ballast Layer, Proceeding of the Ninth International Conference on Engineering Computational Technology, Vol.9, paper No.19, pp.1-19, Civil-Comp Press, 2014.



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

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)

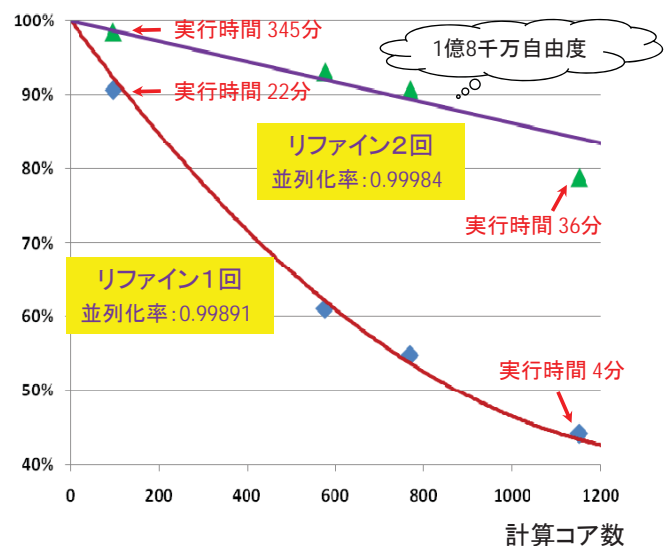
リファイン	要素数	節点数
なし	684,807	1,008,911
1回	5,478,456	7,707,758
2回	43,827,648	60,089,084

使用計算機

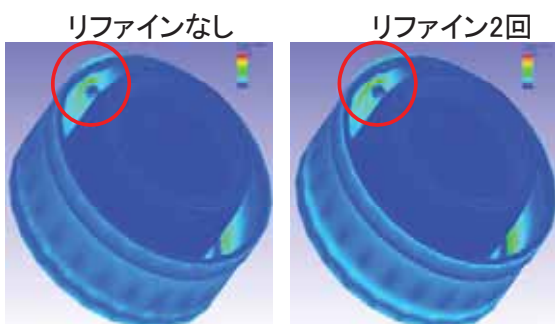
計算科学振興財団さま FOCUSスパコン

並列化効率($T_i / (n \times T_n)$)

◆▲ : 計測 - - : 近似

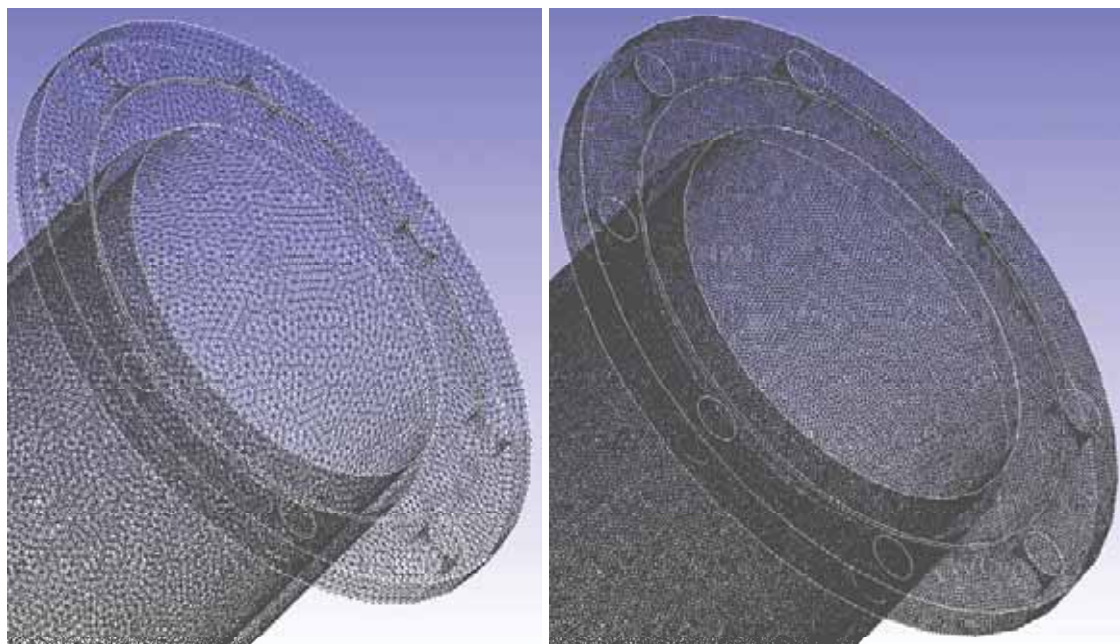


解析結果(ミーゼス応力分布)



REVOCAP_Refinerのメッシュ細分化

オリジナル → 8倍規模 リファイン



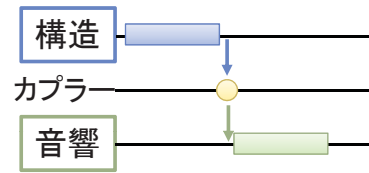
連成解析への取り組み

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

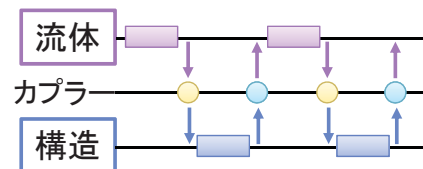
- 片方向連成

- データ受け渡しは一回のみ
- 構造⇒音響、流体⇒構造など



- 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or音響（モード解析モジュール組込）
- 流体⇔構造、音響⇔構造

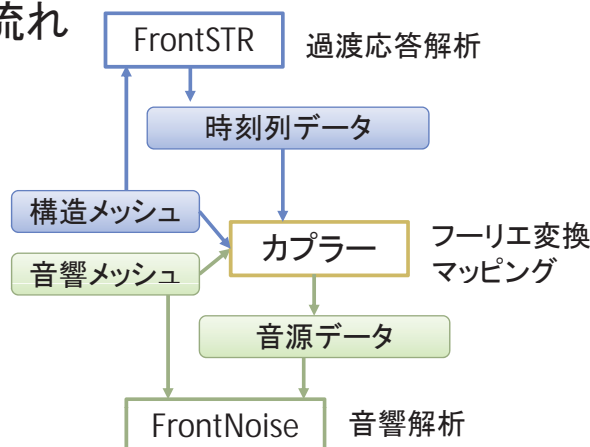
片方向連成

- 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



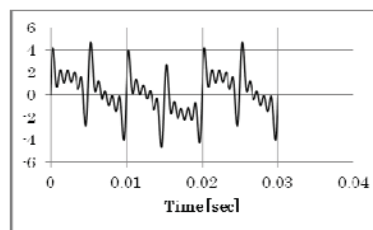
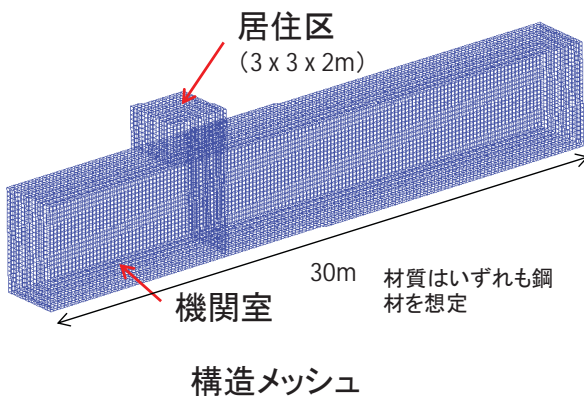
構造音響片方向連成 船舶居住区騒音

- 機関室の振動による居住区における騒音解析
 - 居住区における騒音を一定レベル以下へ⇒規約解析

要素タイプ	四角形1次要素
節点数	13884
要素数	13950

解析条件

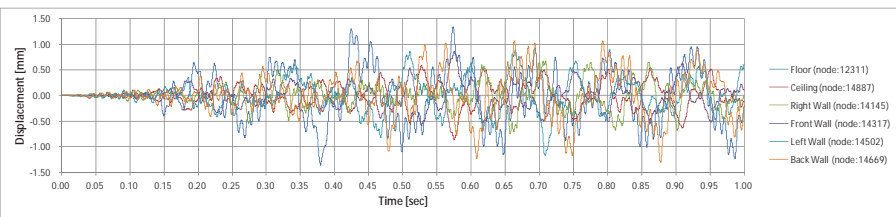
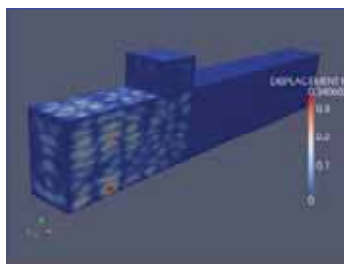
- 結果: 過渡応答解析⇒FFT⇒音源へ
- 周波数上限1kHz
 - 金属中音速(5000m/sec)からメッシュサイズ決まる⇒0.2m
- 過渡応答解析の定常状態
 - 0.0-1.0(sec)の0.1(sec)を用いる
 - FFTで10Hz精度得るため0.1(sec)必要
 - FFT上限1kHzから $\Delta t=0.1$ (msec)



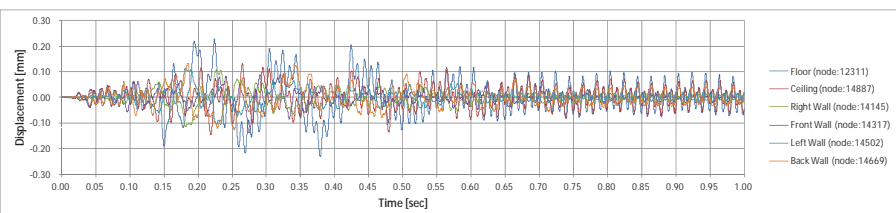
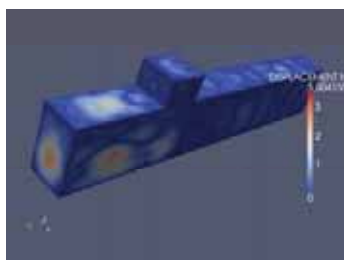
機関室の加振力 (拡大)

構造音響片方向連成 船舶居住区騒音

- 解析結果



変位コンターとグラフ: 減衰なし

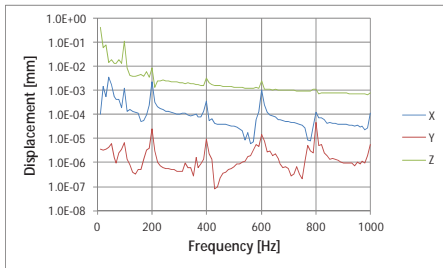


変位コンターとグラフ: 減衰あり(レーリー減衰 $\alpha=10.0, \beta=1.5e-5$)

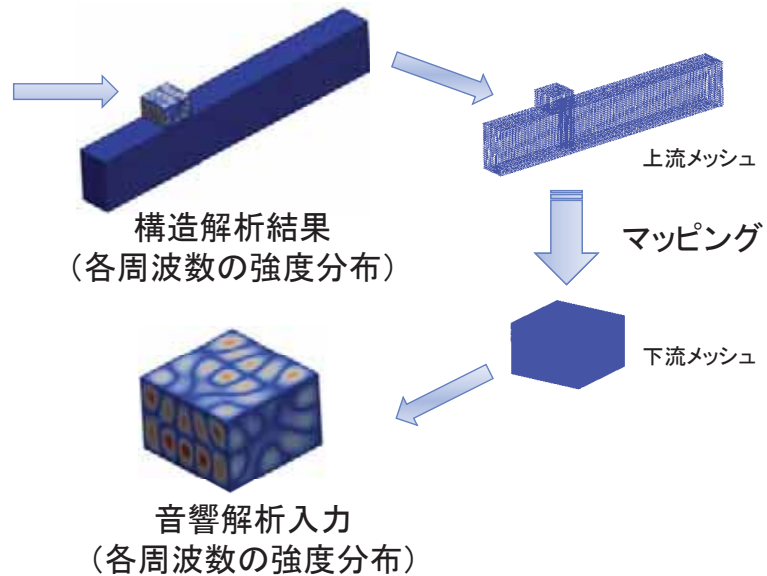
構造音響片方向連成 船舶居住区騒音

• マッピング

- 構造解析結果(過渡応答)をFFT
- メッシュの相違を吸収し、音源データとする。



各節点のFFT結果

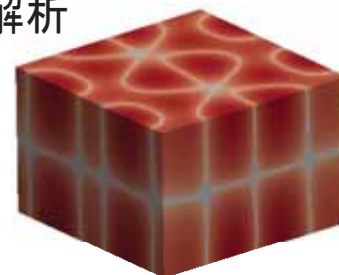


構造音響片方向連成 船舶居住区騒音

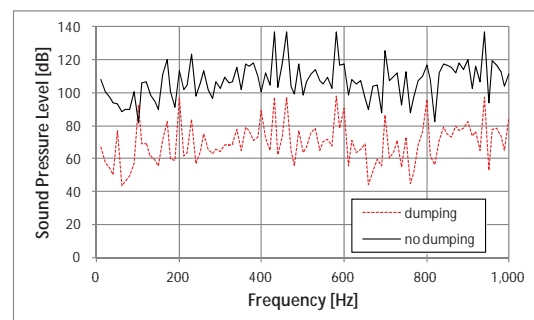
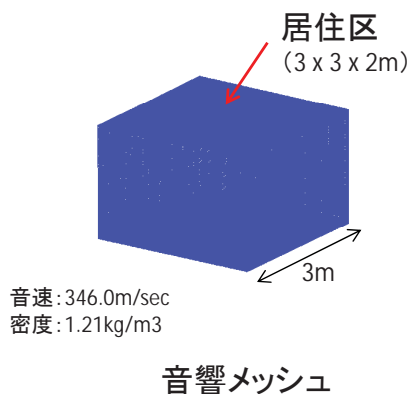
• 音響解析結果(Advance/FrontNoise)

- 10Hzから1kHzまで10Hz刻みで解析

要素タイプ	四面体1次要素
節点数	271000
要素数	1431041



300Hzの音圧レベルコンター

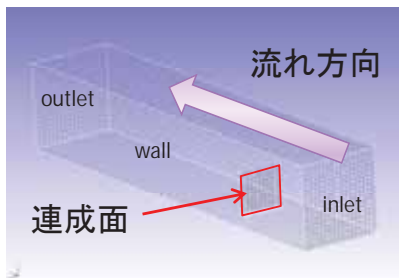


居室中央における音圧レベル(スペクトル)

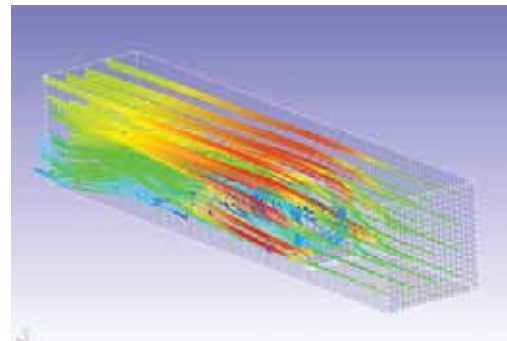
流体構造片方向連成

- Advance/FrontFlow/red ⇒ Advane/FrontSTR

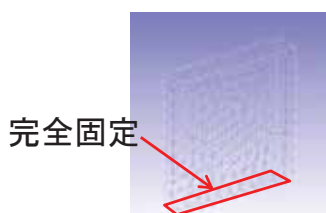
– 流れ内にある板の変形



流体メッシュ

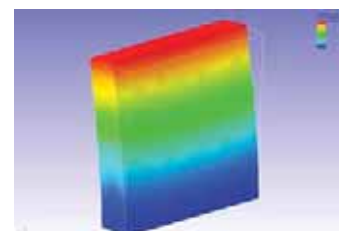


流体解析結果 (流線: 速度)



構造メッシュ

- FFr: ユーザーサブルーチン機能で連成面指定 ⇒ 連成用データ出力
- FSTR: 制御ファイルにて連成用データ指定



構造解析結果 (変形図コンター)

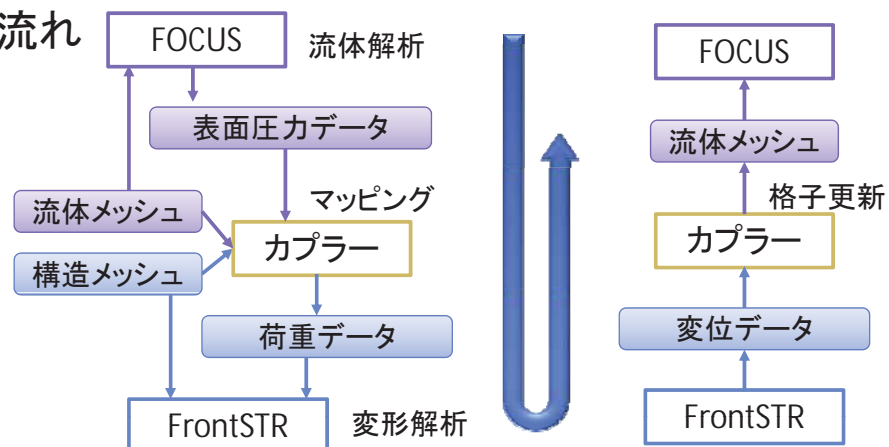
双方向連成の例 流体構造連成

- 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。

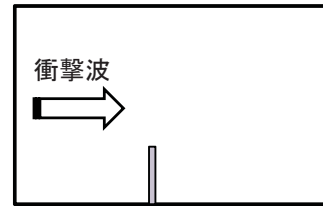
– 解析の流れ



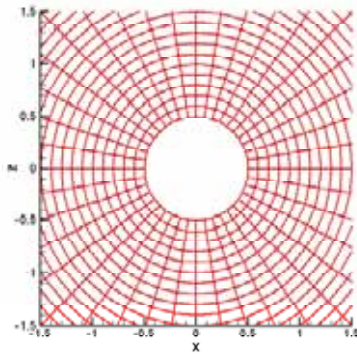
流体構造連成 モデル

• 解析モデル

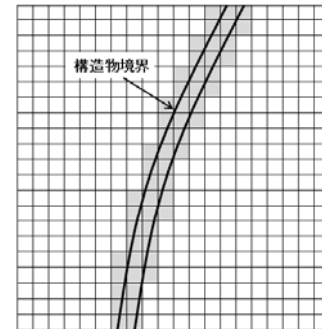
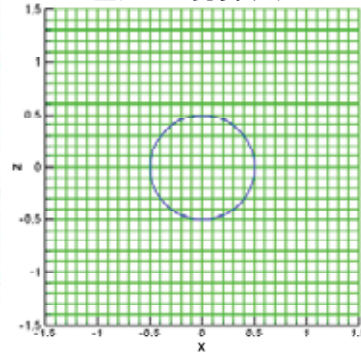
- 衝撃波が通過し壁を変形させる
- 境界条件の扱い



境界適合格子



埋込み境界法



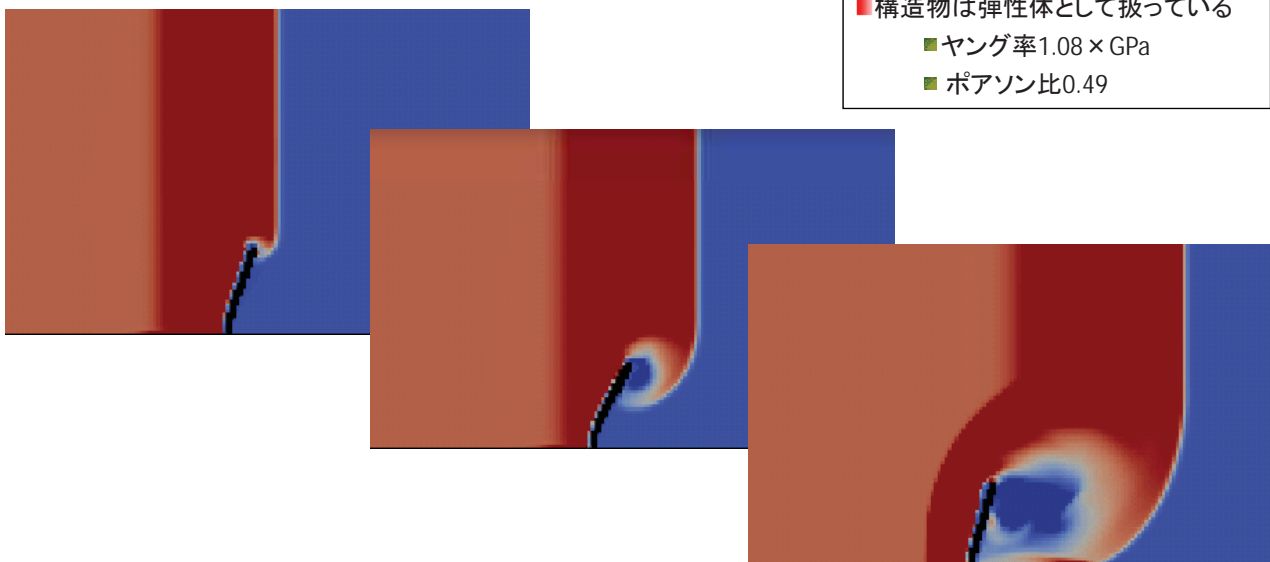
- 境界適合格子の場合は物体に沿う格子を用いる
- 埋込み境界法 (Immersed Boundary法、IB法) では物体境界が流体計算の格子へ埋め込められる

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

• 大変形を伴う連成解析

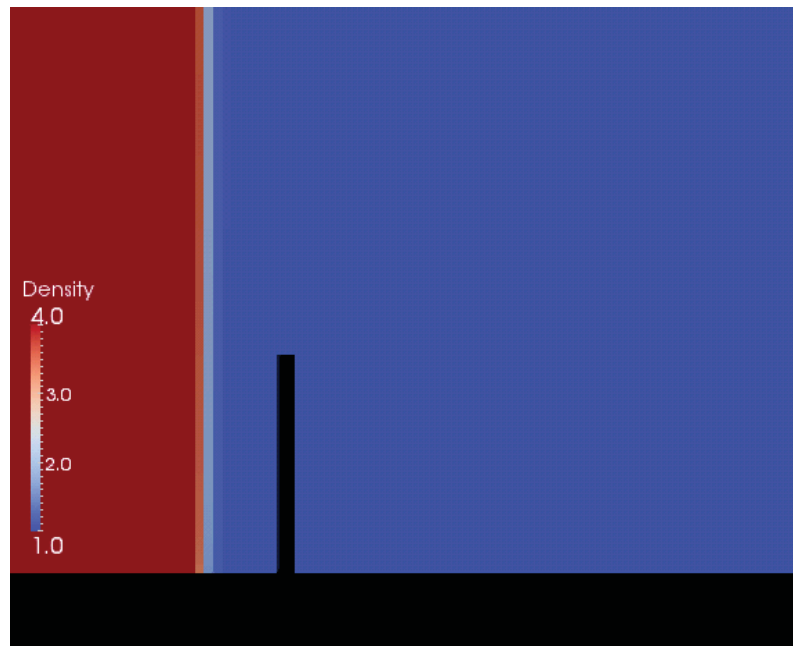
- 衝撃波で部材が折れ曲がる様子



- 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

流体構造連成 解析結果

- 衝撃波を受ける壁(大変形を伴う連成解析)

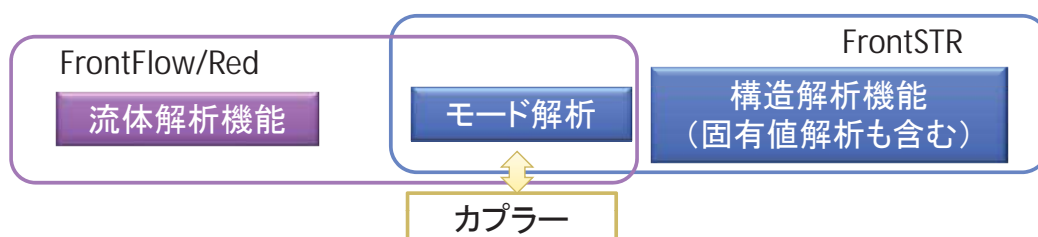


モード解析を利用した双方向連成

- Advance/FrontFlow/red ↔ Advance/FrontSTR

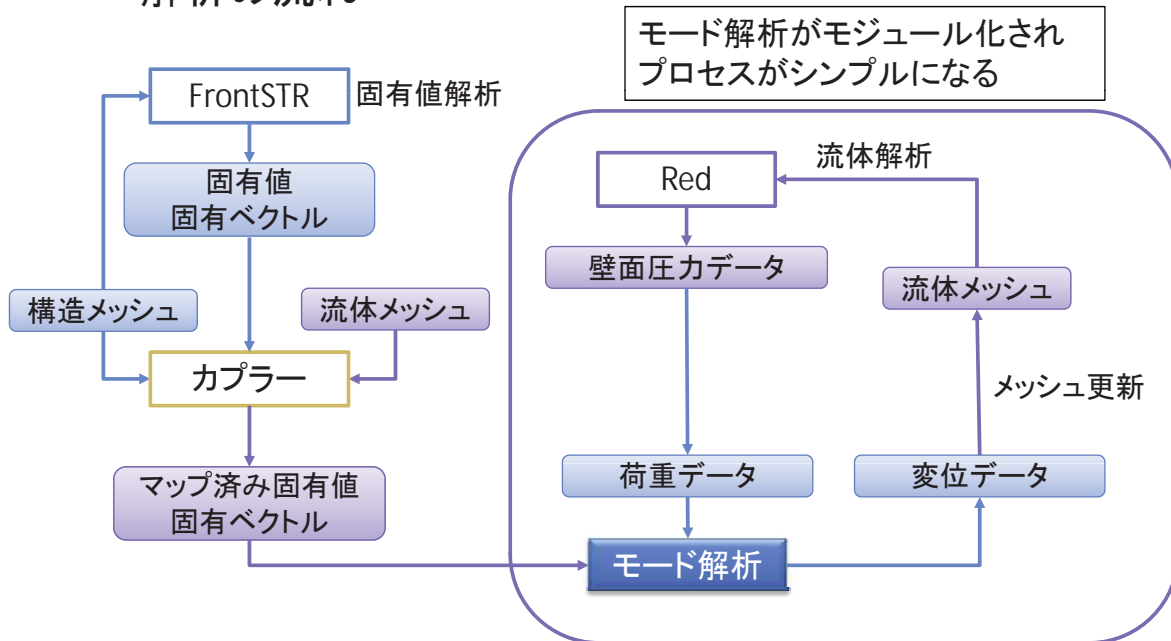
– 概要

- 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



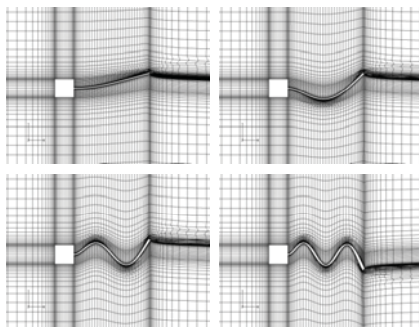
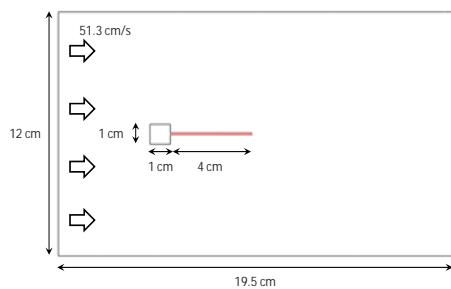
モード解析を利用した双方向連成

- Advance/FrontFlow/red ↔ Advance/FrontSTR
 - 解析の流れ



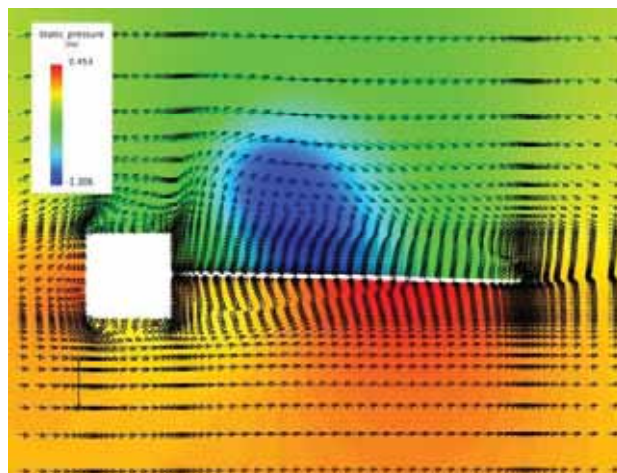
モード解析利用流体構造双方向連成

- 解析結果



モード図

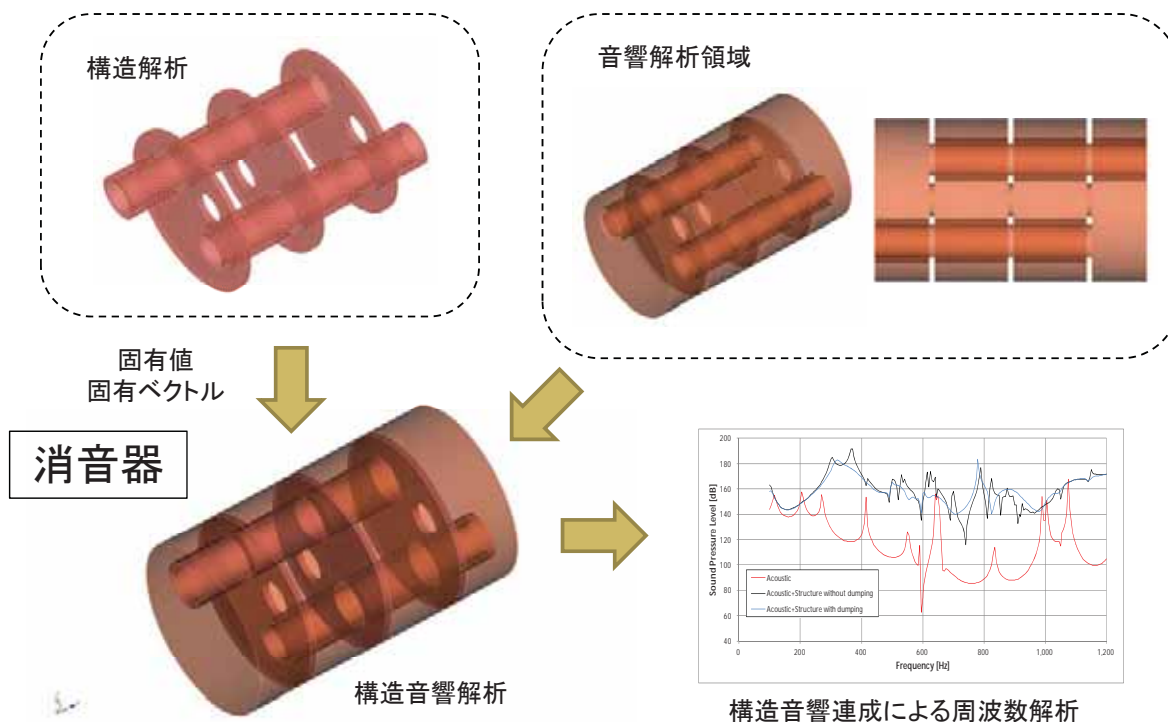
振動板の振動モード(固有値と固有ベクトル)をAdvance/FrontSTRで求め、Advance/FrontFlow/redで流れの解析と同時にモード解析を行う。



解析結果

モード解析利用構造音響双方向連成

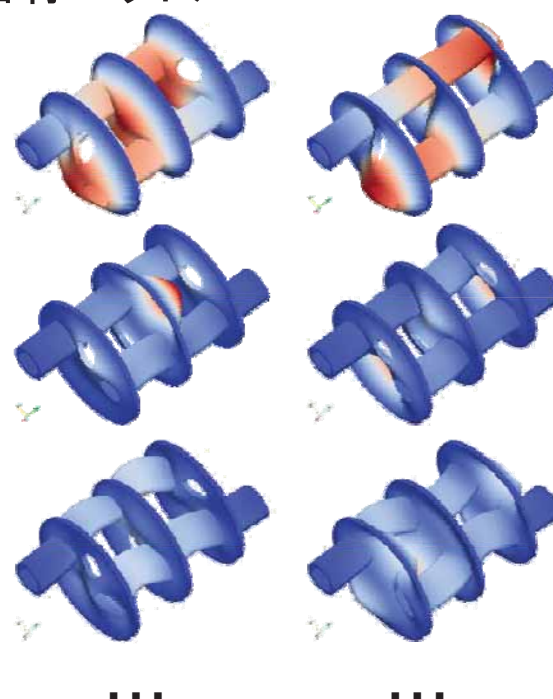
- Advance/FrontSTR ↔ Advance/FrontNoise



モード解析利用構造音響双方向連成

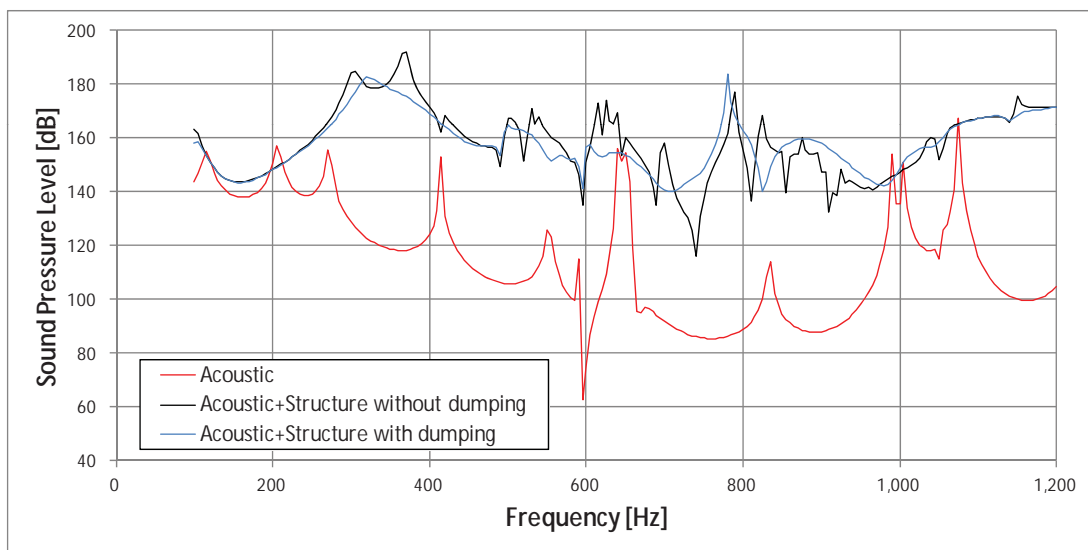
- 構造解析で得た固有値・固有ベクトル

No.	固有値	周波数 Hz	No.	固有値	周波数 Hz
1	5.37E+06	369	16	2.13E+07	734
2	6.80E+06	415	17	2.58E+07	809
3	1.06E+07	517	18	2.85E+07	849
4	1.11E+07	530	19	2.91E+07	859
5	1.17E+07	543	20	2.98E+07	869
6	1.32E+07	577	21	2.99E+07	870
7	1.36E+07	588	22	3.04E+07	878
8	1.46E+07	609	23	3.16E+07	894
9	1.52E+07	620	24	3.24E+07	906
10	1.54E+07	624	25	3.26E+07	909
11	1.57E+07	631	26	3.29E+07	913
12	1.60E+07	637	27	3.35E+07	921
13	1.67E+07	650	28	3.44E+07	934
14	1.91E+07	696	29	3.60E+07	954
15	1.96E+07	704	30	3.65E+07	961



モード解析利用構造音響双方向連成

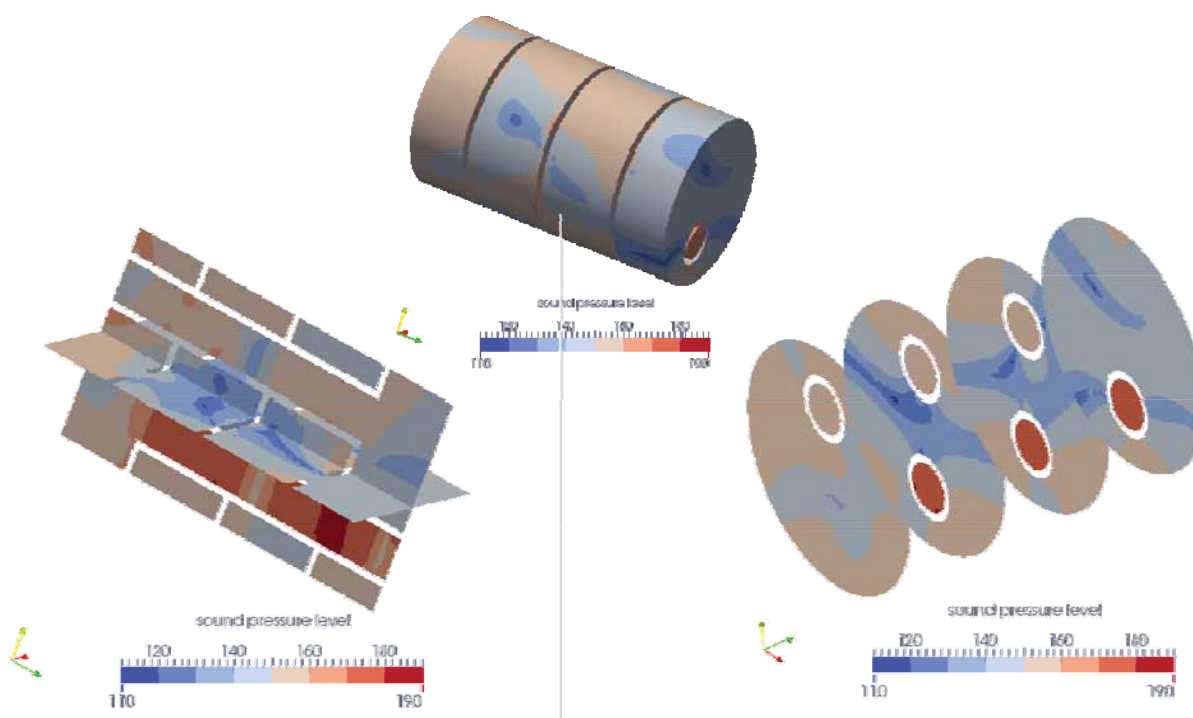
- 3ケースの解析結果の比較



※ 入力の音源はテスト用に与えているため、ここでは、音圧レベルの相対的な値に意味がある。すなわち、音圧レベルの絶対的な値は意味を持たない。

モード解析利用構造音響双方向連成

- 解析結果(減衰あり)



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
 - Advance/FrontSTR⇒Advane/FrontNoise: 船舶居住区騒音
 - Advance/FrontFlow/red⇒Advane/FrontSTR
 - 双方向連成
 - Advance/FrontFlow/FOCUS⇔Advance/FrontSTR: 衝撃波
 - モード解析を利用した双方向連成
 - Advance/FrontSTR⇔Advance/FrontFlow/red
 - Advance/FrontSTR ⇔ Advane/FrontNoise: 消音器

構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR を 用いた計算事例のご紹介

第1事業部 尾川 慎介

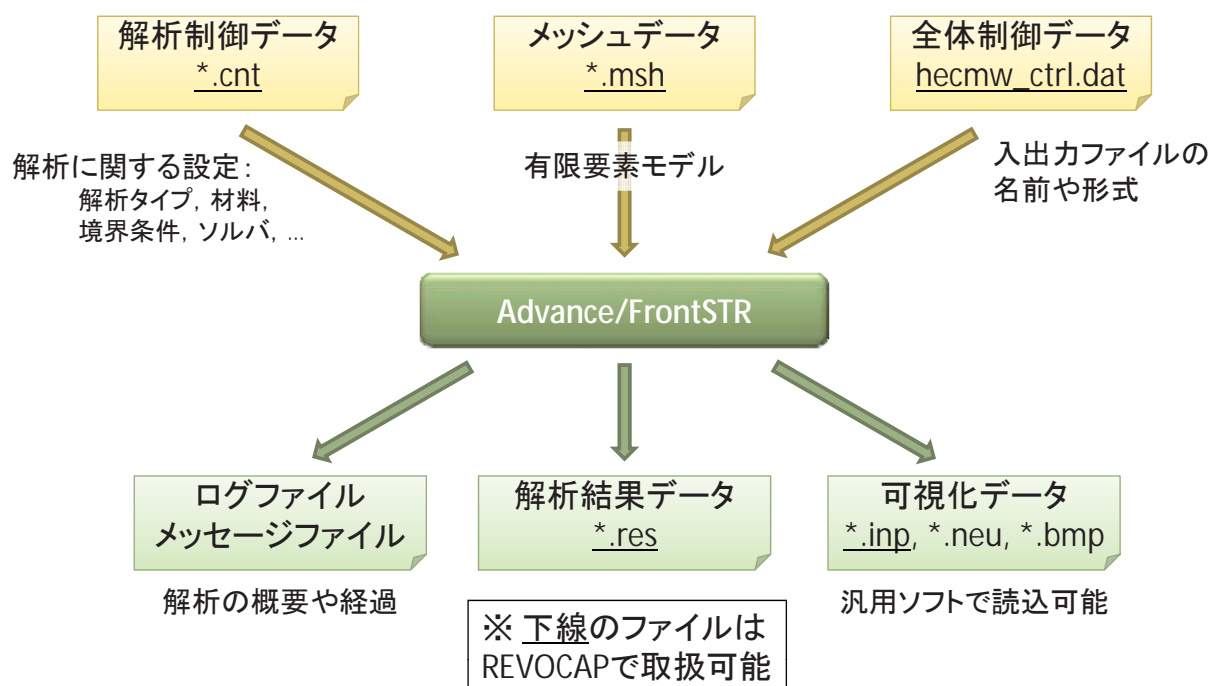
構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR 最新動向セミナー
2014年12月12日（金）
アドバンスソフト株式会社

本日の内容

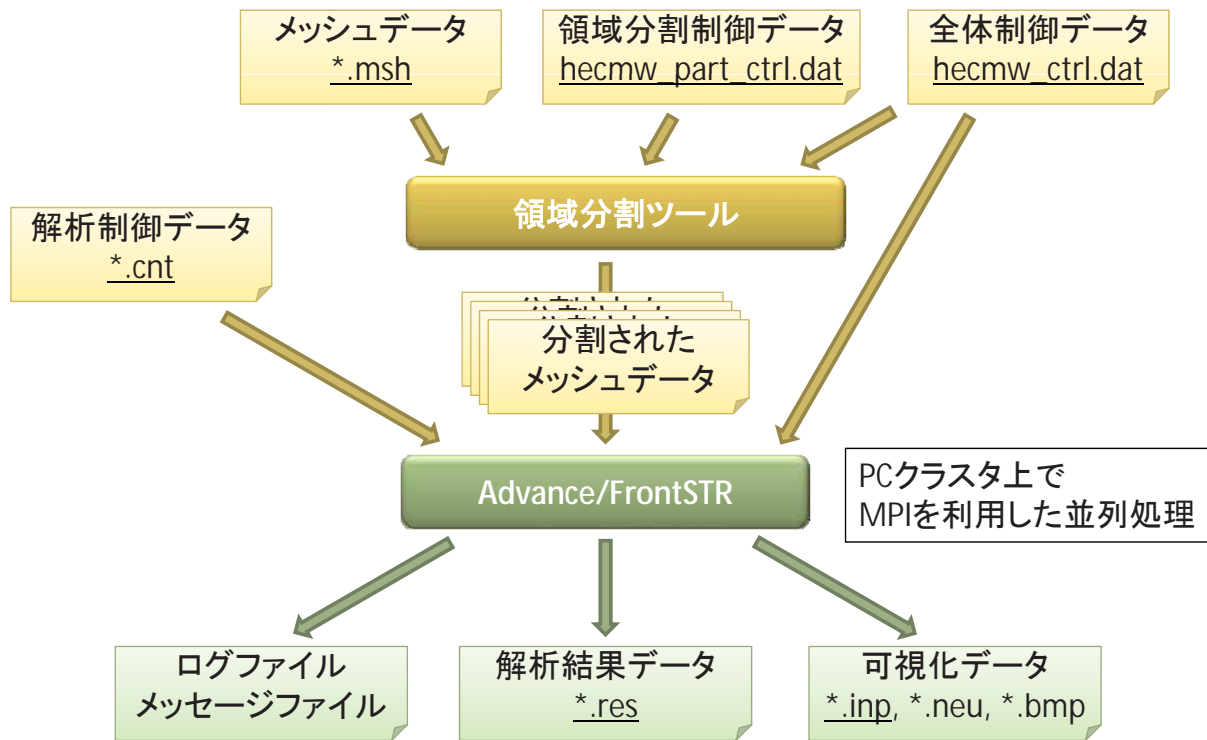
- Advance/FrontSTR の機能
 - 解析の流れ
 - 解析の種類と機能
- 例題: RC構造物の動解析
 - 入力ファイルの記述方法
 - 解析結果と性能評価
- まとめ

Advance/FrontSTRの機能

解析の流れ(逐次処理)

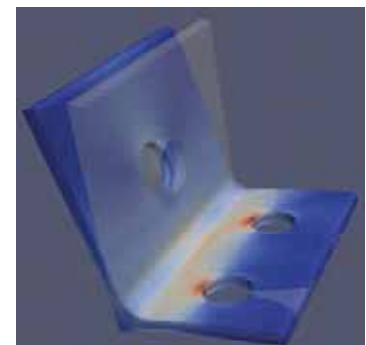
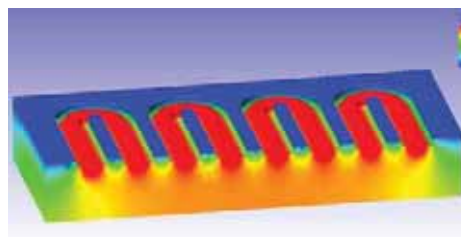


解析の流れ(並列処理)



解析の種類

- 静解析
 - 線形
 - 非線形(接触を含む)
- 伝熱解析
 - 定常
 - 非定常
- 動解析
 - 時刻歴応答
 - 固有値(モード)
 - モード合成法

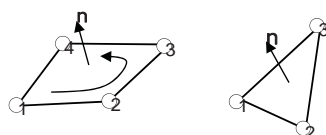
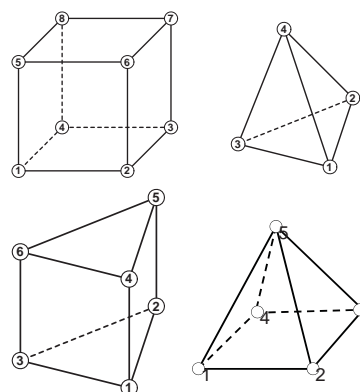


要素

- ソリッド
 - 六面体(2), 四面体(2), プリズム(2), ピラミッド(2)

- シェル
 - 三角形(2), 四辺形(2)

- 梁(3)
- トラス(3) など



※ 括弧内の数字は高次要素の最大次数

材料特性

- 弾性
- 弾塑性
 - 降伏関数 Mises, Mohr-Coulomb, Drucker-Prager
 - 硬化則 等方硬化、移動硬化、複合硬化
- 超弾性
 - 8種類のモデル
- 粘弾性
- 熱特性

- 異方性や温度依存性も考慮可能

境界条件

- 変位
- 荷重(集中・分布)
- 速度
- 加速度
- ばね (弾性拘束)
- ダッシュポット (粘性拘束)
- 接触
- 温度
- 熱流束(集中・分布)
- 熱伝達
- 輻射

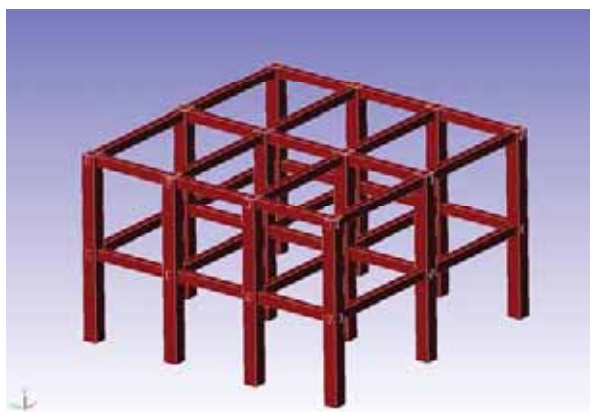
チュートリアルガイドの例題

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

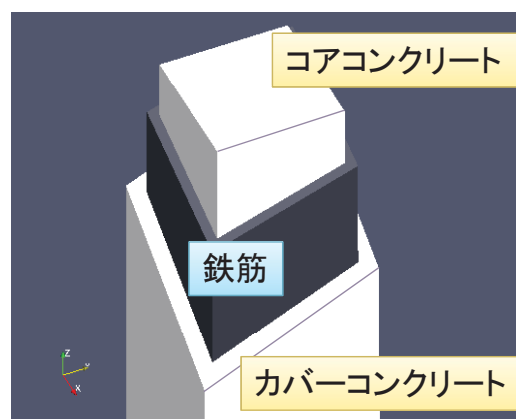
例題: RC構造物の動解析

RC構造物の動解析

- 解析モデル: RC造ラーメン構造(12m × 12m × 8m)
- 東北地方太平洋沖地震の揺れ(加速度)を負荷



モデルの形状



柱や梁の断面

メッシュデータ

```

! HEADER, VER=AFSTR40
frame_2f
! NODE
  1, 220.00000, -250.00000, 0.00000
  3, 250.00000, -300.00000, 0.00000
 10, 220.00000, -300.00000, 3359.43660
...
! ELEMENT, TYPE=CHEXA8, EGRP=P1
74869, 16176, 90602, 1094, 91127, 290, 1385, 1239, 2484
74870, 290, 1385, 1239, 2484, 1389, 1384, 1092, 2483
...
! NGROUP, NGRP=FIX
  1, 3, 220, 731, 874, 1169, 1756, 1757, 2047, 8283, 8286
 8573, 8792, 9366, 9586, 10469, 10470, 10907, 11199, 11341
...
! END

```

節点の定義

- ・節点番号
- ・座標

要素の定義

- ・要素番号
- ・頂点の節点番号

節点グループの定義
(境界条件指定用)

- ・節点番号

```

# 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

```

解析制御データ (1)

```

! VERSION
  4
# 解析タイプの設定
! SOLUTION, TYPE=DYNAMIC
# 可視化ファイルを出力
! WRITE, VISUAL, FREQUENCY=5
# 加速度の時間変化の定義
! AMPLITUDE, NAME=FU_EW
  0, 77.53524124
  0.01, 42.20125372
  0.02, 106.91387
...
! AMPLITUDE, NAME=FU_NS
...
! AMPLITUDE, NAME=FU_UD
...
# つづく

```

動解析を指定する

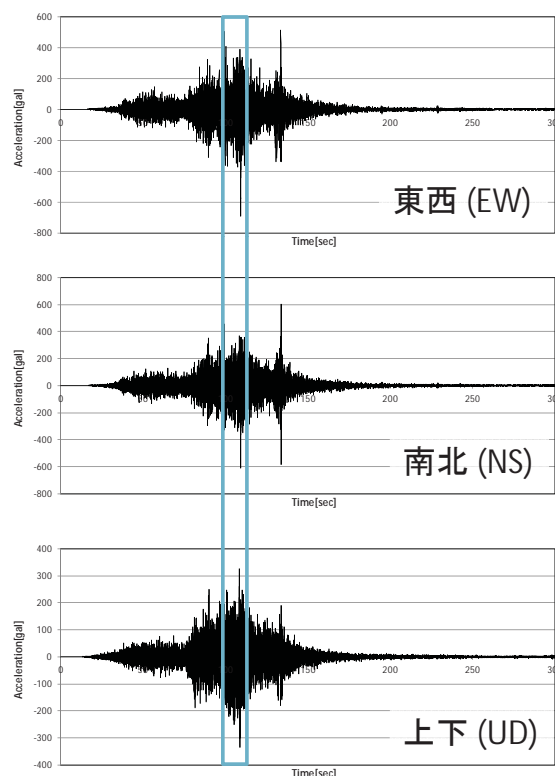
5タイムステップごとに出力

東西方向の加速度の時間変化
1列目が時刻、2列目が加速度 (gal)

南北方向・上下方向も同様に指定

加速度データ

- 防災科学技術研究所K-NETで提供されている値を使用した
<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/quake/>
- 2011年3月11日14時46分
観測点:大熊(福島県)
- 揺れの大きな100-115秒(枠内)の波形のみを入力して計算した



解析制御データ (2)

```

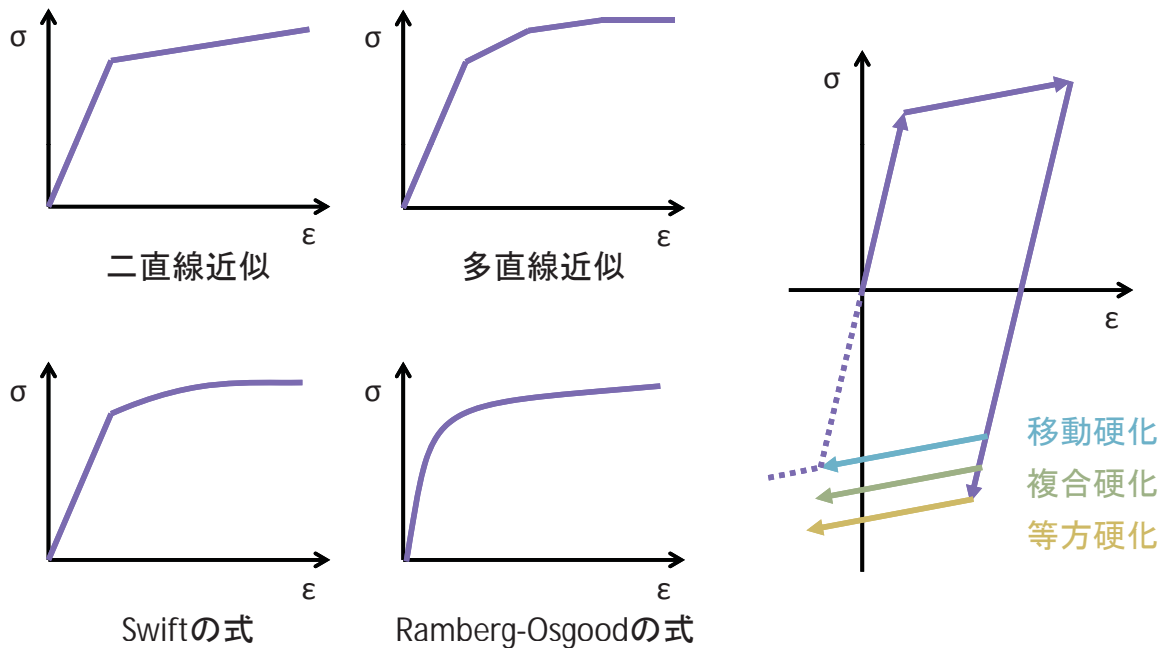
# つづき
# 材料の定義
! MATERIAL, NAME=M1
! ELASTIC, TYPE=ISOTROPIC
  30500., 0.2
! DENSITY
  2.3E-9
! PLASTIC, YIELD=DRUCKER-PRAGER, HARDEN=BILINEAR
  120.0, 20.0, 0.01

#
! MATERIAL, NAME=M2
! ELASTIC, TYPE=ISOTROPIC
  206000., 0.3
! DENSITY
  7.86E-9
! PLASTIC, YIELD=MISES, HARDEN=BILINEAR
  345.0, 0.01
...
# つづく
    
```

材料M1(コンクリート)の物性を定義する
 $E=30.5 \text{ GPa}$, $\nu=0.2$, $\rho=2.3 \times 10^{-9} \text{ ton/mm}^3$
 降伏関数 Drucker-Prager
 粘着力120, 内部摩擦角20度, 硬化係数0.01

材料M2(鉄筋)の物性を定義する
 $E=206 \text{ GPa}$, $\nu=0.3$, $\rho=7.86 \times 10^{-9} \text{ ton/mm}^3$
 降伏関数 Mises
 降伏応力 345MPa, 硬化係数0.01

利用可能な硬化則



解析制御データ (3)

```

# つづき
# 底面の拘束
! BOUNDARY, GRPID=1
FIX, 1, 3, 0.0
# 加速度の負荷
! DLOAD, GRPID=2, AMP=FU_EW
ALL, GRAV, 10.0, 1.0, 0.0, 0.0
! DLOAD, GRPID=3, AMP=FU_NS
ALL, GRAV, 10.0, 0.0, 1.0, 0.0
! DLOAD, GRPID=4, AMP=FU_UD
ALL, GRAV, 10.0, 0.0, 0.0, 1.0
#
# 要素グループと材料の関連付け
! SOLID_SECTION, EGRP=P1, MATERIAL=M1
! SOLID_SECTION, EGRP=P2, MATERIAL=M1
! SOLID_SECTION, EGRP=P3, MATERIAL=M2
...
# つづく
    
```

節点グループFIX(モデル底面)に所属する節点の変位を拘束

(1)で定義した値を全節点(ALL)に各方向の加速度として負荷
10.0は単位換算のための係数

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

解析制御データ (4)

```

# つづき
!STEP
BOUNDARY, 1          (3) で定義した境界条件を適用する
LOAD, 2
LOAD, 3
LOAD, 4              動解析のパラメータを指定する
!DYNAMIC, METHOD=NEWMARK  時間刻み0.01秒、解析終了時間15秒
0.01, 15
#
# ソルバの設定
!SOLVER, METHOD=DI RECT, ITERLOG=YES, TIMELOG=YES
#
# 可視化制御データ          ソルバの種類と、ログ出力の有無を指定する
!VISUAL, method=PSR
!surface_num = 1          可視化ファイルの出力方法を指定する
!surface 1
!output_type = COMPLETE_REORDER_AVS
#
!END

```

全体制御データ(逐次処理)

```

# hecmw_ctrl.dat
!MESH, NAME=fstrMSH, TYPE=HECMW-ENTIRE
rc_frame.msh          メッシュデータの名前
!CONTROL, NAME=fstrCNT
rc_frame.cnt          解析制御データの名前
!RESULT, NAME=fstrRES, IO=OUT
rc_frame.res          解析結果データの名前
#
# for visualizer
#
!MESH, NAME=mesh, TYPE=HECMW-ENTIRE
rc_frame.msh          メッシュデータの名前
!RESULT, NAME=result, IO=IN
rc_frame.res          解析結果データの名前
!RESULT, NAME=vis_out, IO=OUT
rc_frame              可視化ファイルの名前 (basename)

```

全体制御データ(並列処理)

```
# hecmw_ctrl.dat
! MESH, NAME=part_in, TYPE=HECMW-ENTIRE
rc_frame.msh
! MESH, NAME=part_out, TYPE=HECMW-DIST
rc_frame.dist
#
! MESH, NAME=fstrMSH, TYPE=HECMW-DIST
rc_frame.dist
! CONTROL, NAME=fstrCNT
rc_frame.cnt
! RESULT, NAME=fstrRES, IO=OUT
rc_frame.res
#
! MESH, NAME=mesh, TYPE=HECMW-DIST
rc_frame.dist
! RESULT, NAME=result, IO=IN
rc_frame.res
! RESULT, NAME=vis_out, IO=OUT
rc_frame
```

メッシュデータ(分割前)の名前

メッシュデータ(分割後)の名前
(basename)

メッシュデータ(分割後)の名前

メッシュデータ(分割後)の名前

領域分割制御データ(並列処理)

```
# hecmw_part_ctrl.dat
! PARTITION, TYPE=NODE-BASED, METHOD=PMETIS, DOMAIN=12,
UCD=part.inp
```

(1行に記述する)

パラメータの内容

TYPE	分割方法の指定
METHOD	分割アルゴリズムの指定
DOMAIN	分割数
UCD	分割結果の可視化ファイル

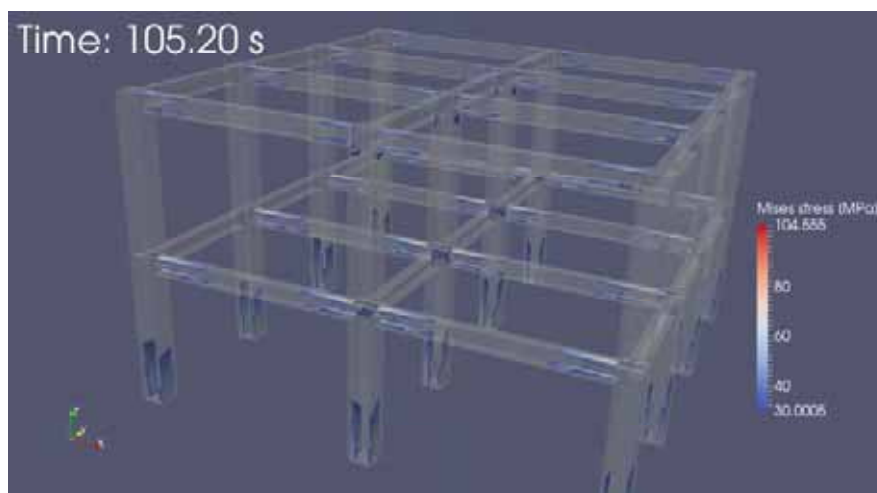
解析の実行

- 逐次処理の場合

```
$ cd /path/to/work
$ fstr
```

- 並列処理の場合

```
$ cd /path/to/work
$ hecmw_part
$ mpi run -n 12 fstr
```

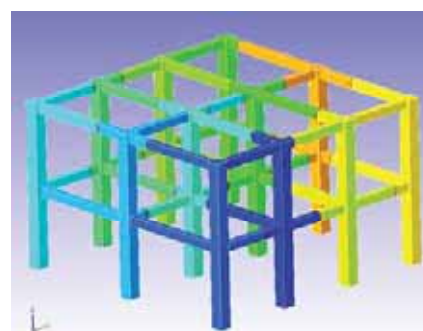


性能評価

- 節点数 640,496 (約380万自由度)
- 要素数 535,176

- 1ステップの実行時間

- 逐次処理: 412.6 秒
- 並列処理(12並列): 55.7 秒
- 並列加速率: 約7.4倍
- 並列化率: 約94%



領域分割の結果(12分割)

計算機構成

OS	CentOS 5.7
CPU	Xeon X5660 (2.8GHz) × 12
RAM	8GB DDR3 × 12

まとめ

- Advance/FrontSTRの機能
 - さまざまな種類の静解析、動解析、伝熱解析が計算できる
 - 逐次処理と並列処理はほぼ透過的に取り扱える
- RC構造物の動解析
 - 種々の降伏関数や硬化則を指定することができる
 - 本解析における並列化率は約94%であった
- 参考:『アドバンスシミュレーション』Vol.19 p.107 (2014/10)

汎用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 徳永健一

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR 最新動向セミナー
2014年12月12日（金）
アドバンスソフト株式会社

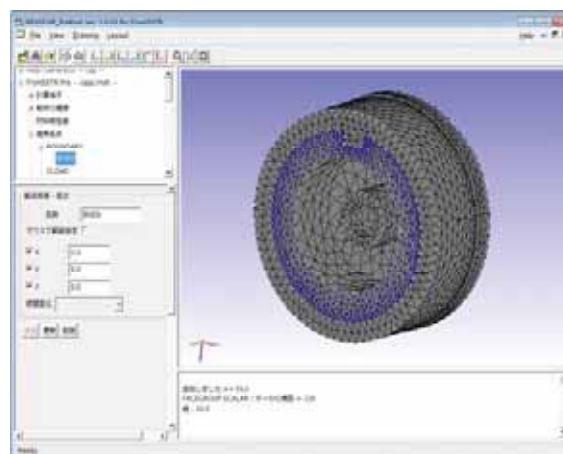
Advance/REVOCAP とは

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、Advance/FrontFlow/FOCUS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。



Advance/REVOCAPの開発経緯

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
革新PJ REVOCAP_Mesh REVOCAP_Visual	→			連成解析用プレポストプロセッサ							
イノベーションPJ REVOCAP_PrePost				→			大規模アセンブリ構造対応プレポストプロセッサ				
アドバンス版 Advance/REVOCAP					▲ 7月 v2.0 FFr	▲ 7月 v2.2 FSTR	▲ 8月 v2.3 FFr FSTR	▲▲ 7月 V3.0 FFr FSTR	▲▲ 12月 V3.1 FSTR シェル	▲ 2月 V3.2 FFr FOCUS Noise	▲ 4月 V4.0 FFr MP FSTR

V.4.0リリースは予定です。

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

Advance/FrontFlow/redとの連成解析設定

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

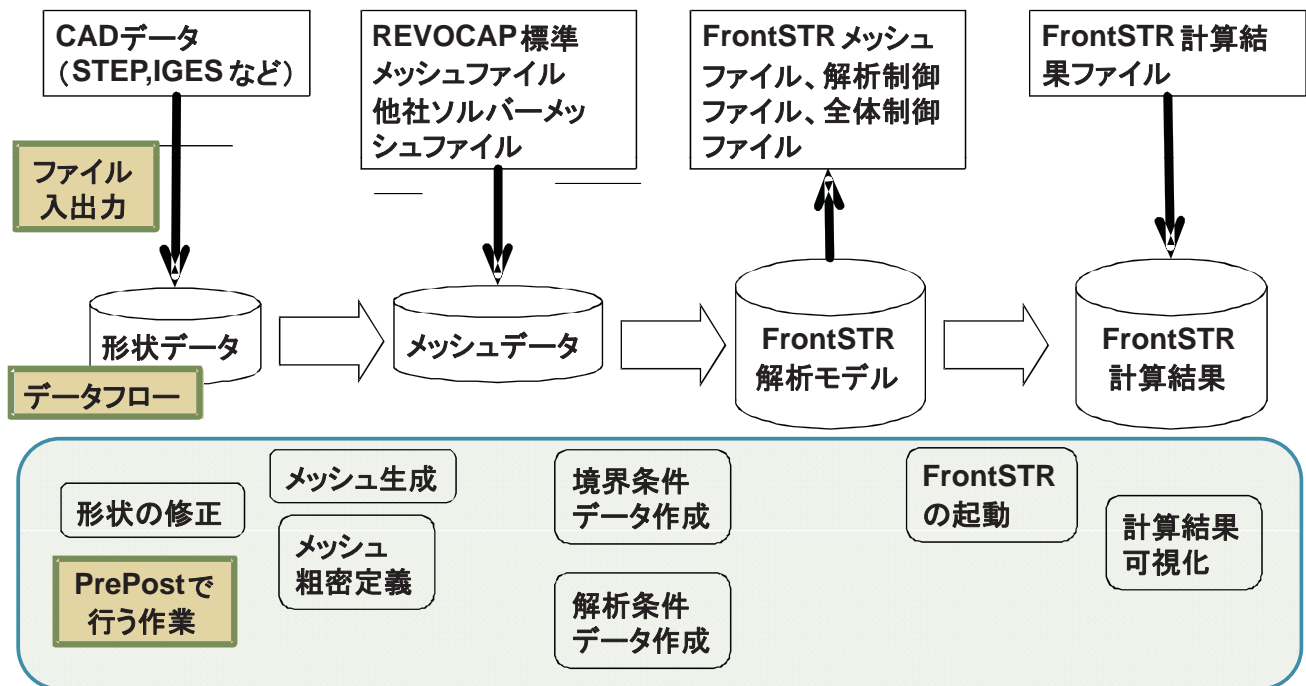
ポスト処理

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



Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(1)

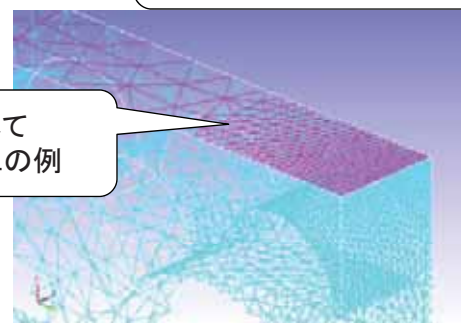
- 形状データ(IGES、STEP、STL)から自動的に四面体メッシュを生成します。
- 手順
 1. モデルデータの読み込み
 2. モデルの修正
 3. メッシュ生成パラメータの設定
 4. メッシュ生成
- メッシュ生成エンジン
 - ADVENTURE_TetMesh
 - Simmetrix

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します。
 - 物理量の変化が大きいところを細かくします。
- 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

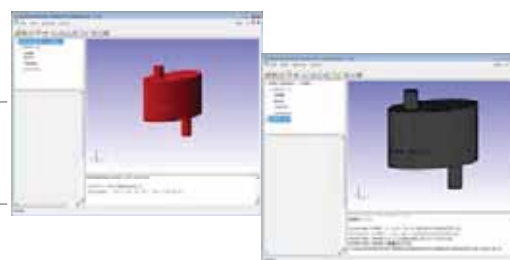
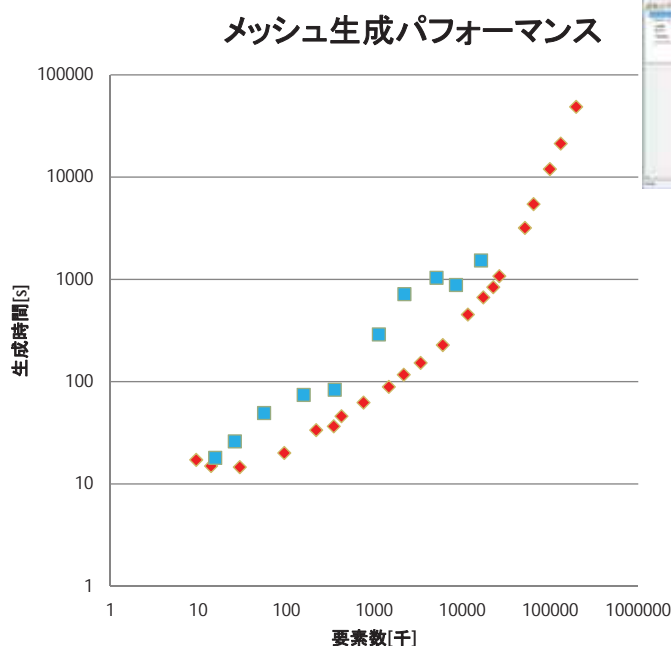


メッシュ生成時の粗密範囲の確認画面



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)



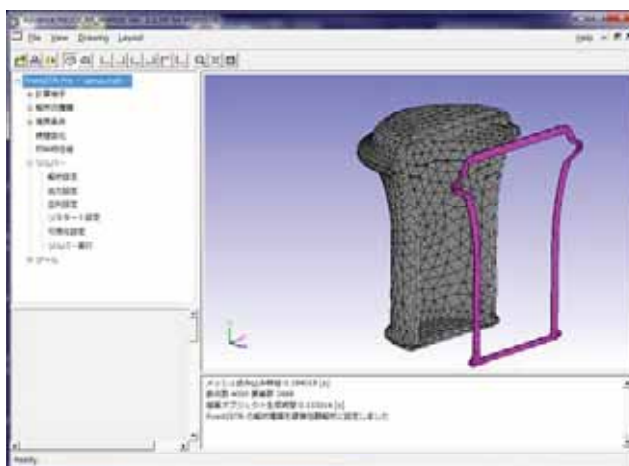
◆ ADVENTURE
■ Simmetrix

8分で1000万要素、
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)

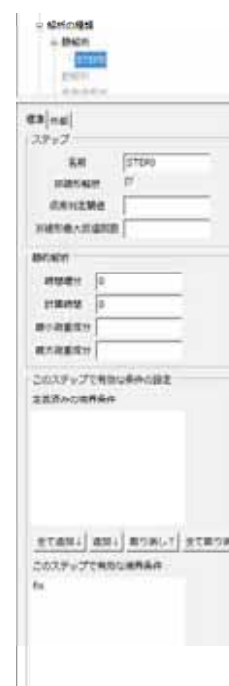
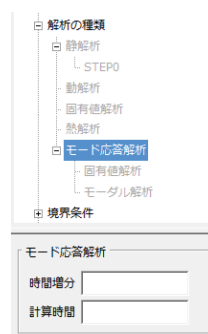
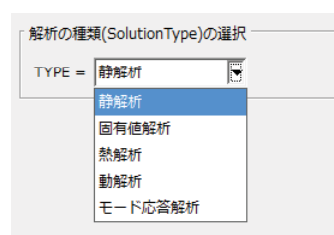
Advance/FrontSTRの解析モデル作成(1)

- 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



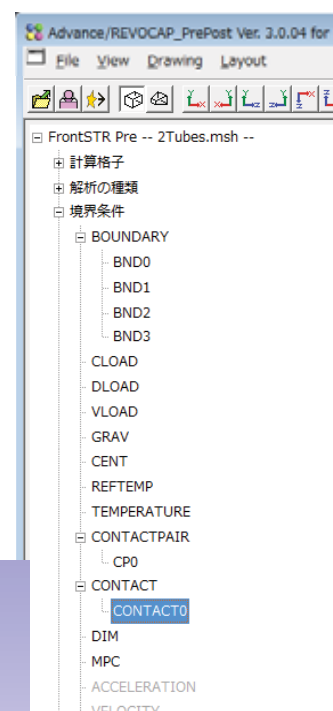
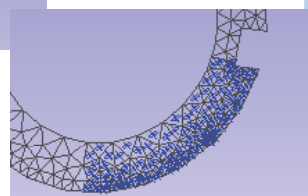
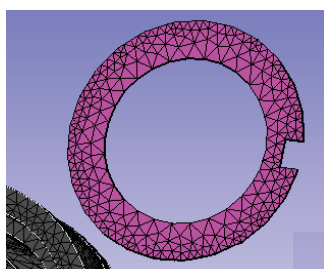
Advance/FrontSTRの解析モデル作成(2)

- 解析の種類を選択
 - 静解析、固有値解析、熱解析、動解析、モード応答解析から選択
 - 解析ごとに定義できる境界条件が変化します。
- それぞれの解析に関する固有の設定を行います
- 解析ごとのステップの設定を行います
 - ステップごとに有効とする非線形解析の反復回数を指定することができます。
 - ステップごとの有効な境界条件の設定は境界条件の定義後に行います。



Advance/FrontSTRの解析モデル作成(3)

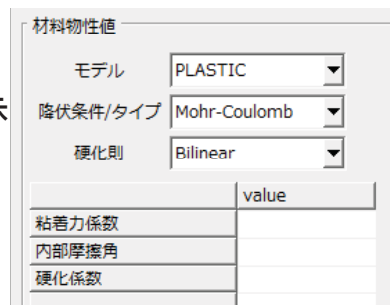
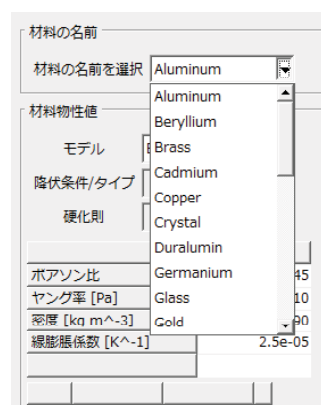
- 境界条件の設定解析
 - 設定項目は行う解析ごとにツリー状に整理されています
- 拘束条件、荷重条件の設定
 - 3D画面上でマウスで選択した面に境界条件を与えます
 - 3D画面上で面をドラッグして、その一部分をマウスで選択して与えることもできます



Copyright ©2014 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Advance/FrontSTRの解析モデル作成(4)

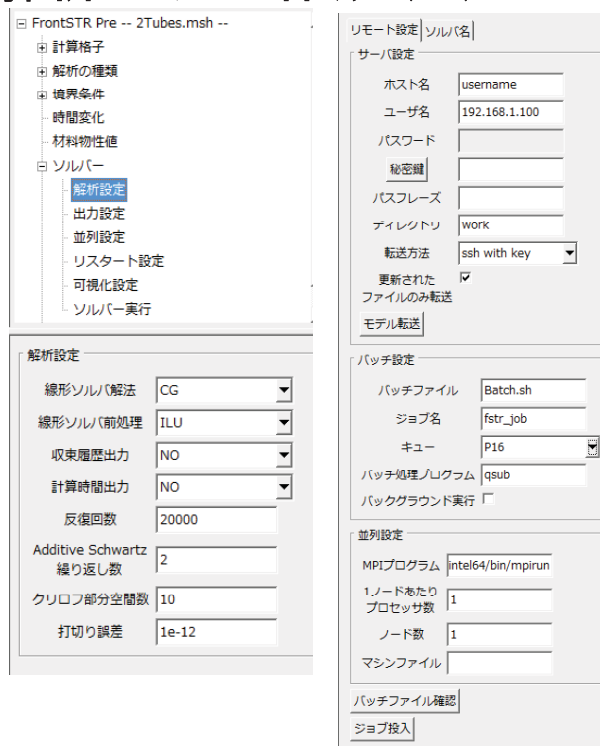
- 材料物性値の設定方法
 - ① 材料データベースの編集
 - ② 領域への割り当て
- 材料データベース
 - 弾性静解析ならそのまま利用可能
 - 独自のデータを追加可能
 - Excel でデータベースの編集可能
- 材料データベースの編集
 - 材料モデルに必要なパラメータだけを表示
- 領域への割り当て
 - 3D画面上で直観的に確認しながら



Copyright ©2014 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

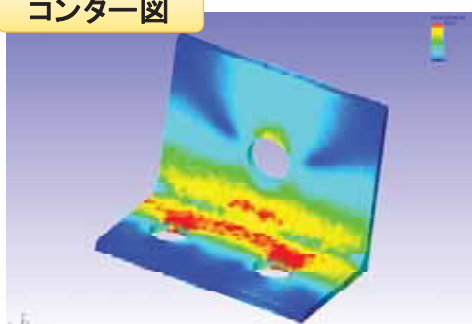
Advance/FrontSTRの解析モデル作成(5)

- 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(1)

コンター図



ヒンジ部品のミーゼス応力

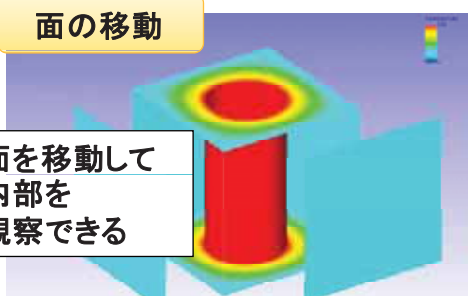
変形図



丸棒1/8モデルの変形・ミーゼス応力

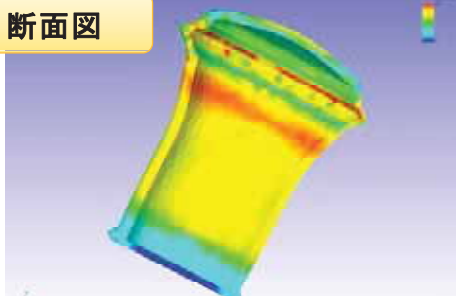
面の移動

面を移動して
内部を
観察できる



穴あきブロックの温度分布

断面図



容器のミーゼス応力

Advance/FrontSTRの計算結果可視化(2)

連続体を不透明で自己発光する粒子群で表現する
PBVR法を用いたボリュームレンダリング

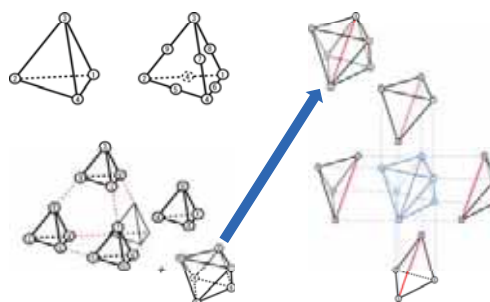
- ポリゴンをレンダリングしないため、高速に描画可能
- レンダリングする粒子数は自由に制御できるので、大規模解析の概要を高速に描画することができる
- 断面を描画する場合も断面用のポリゴンを生成しないために即座に表示できる



メッシュ細分化ツールREVOCAP_Refiner

従来の機能:

- ✓解析モデルの要素を細分して、全体の解像度を2倍にする(要素数は8倍になる)
- ✓境界条件を自動的に更新する
- ✓Advance/FrontSTRに組み込まれて、ソルバー内部で計算領域ごとに細分を行う
- ✓複数回繰り返すことにより、解像度を4倍、8倍(要素数は64倍、512倍)することができる



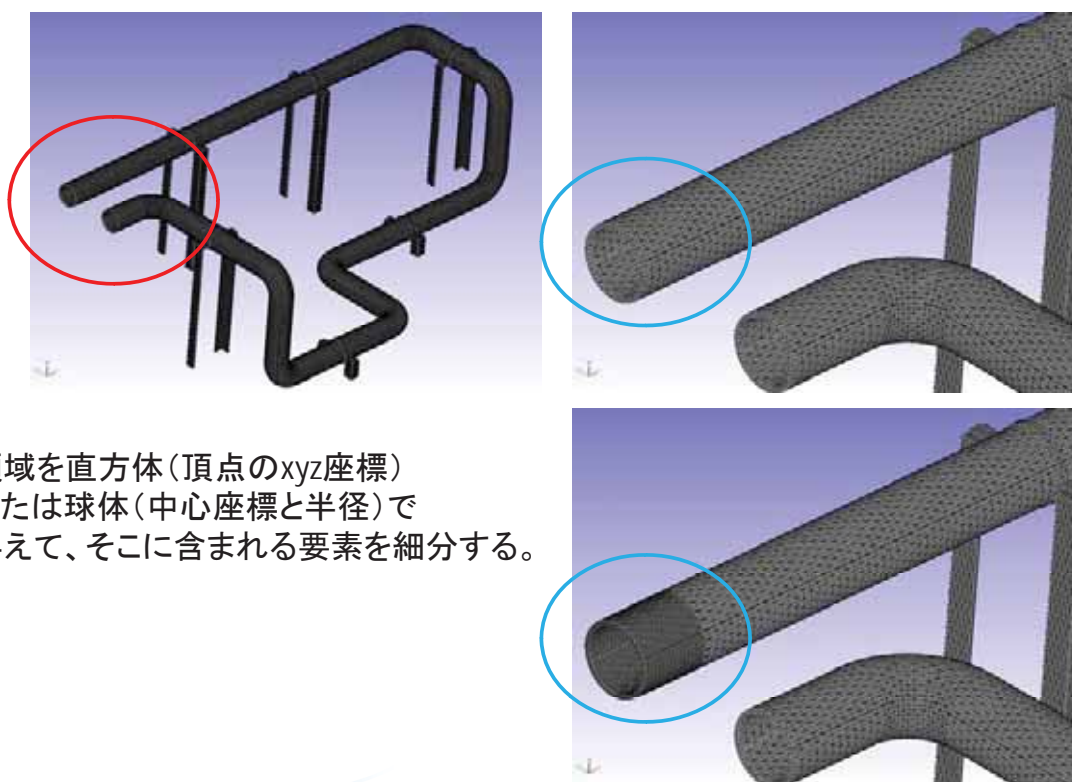
REVOCAP_Refinerの機能強化

今回ご紹介する機能

- ✓メッシュの細分を外部ツールとして実行する※
 - ✓領域を指定してその部分だけ局所的に細かくする(領域指定)
 - ✓計算結果を参照して、ある条件を満たすところだけを細かくする(解適合格子)
-
- ✓局所的に細分しても要素の接続は保たれる(細分の有無で値を交換するインターフェイス面は不要)
 - ✓六面体はできるだけ六面体のままで細分する
 - ✓局所細分後に要素の形状が悪化する場合は局所的に円滑化を行う(現在開発中)

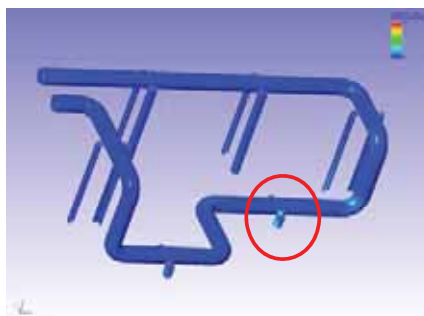
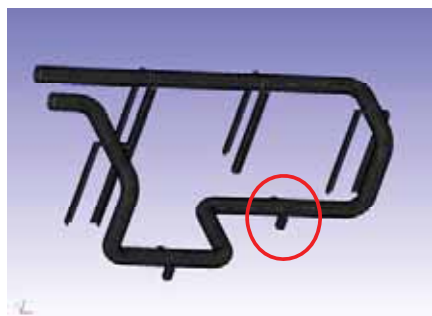
※外部ツールは汎用プリポストプロセッサAdvance/REVOCAPの一部として提供されます。

局所細分機能の例(四面体・領域)

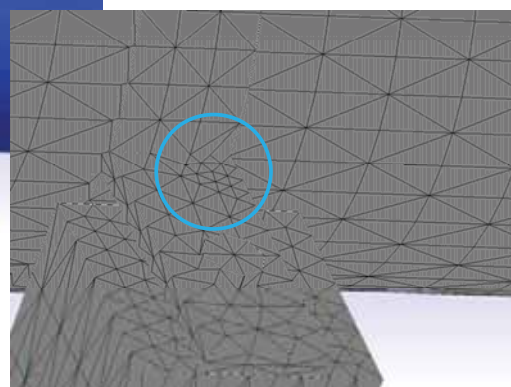
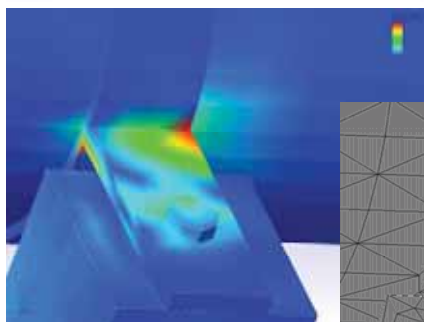
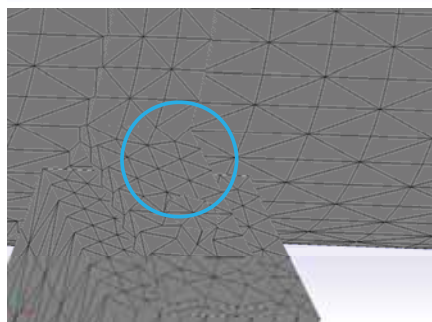


領域を直方体(頂点のxyz座標)
または球体(中心座標と半径)で
与えて、そこに含まれる要素を細分する。

局所細分機能の例(四面体・解適合)

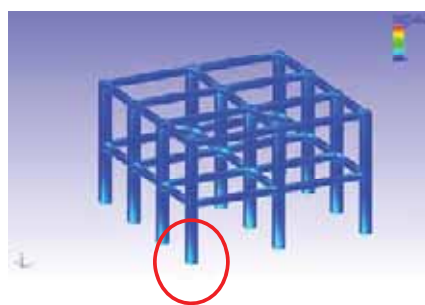
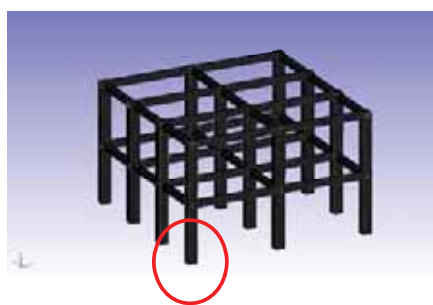


物理量と閾値を与えて、閾値以上の値を持つ要素を細分する。

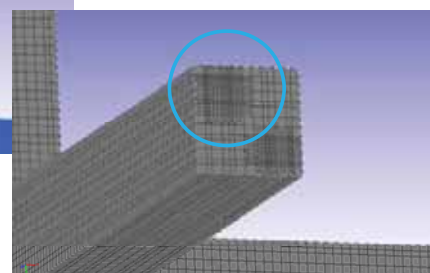
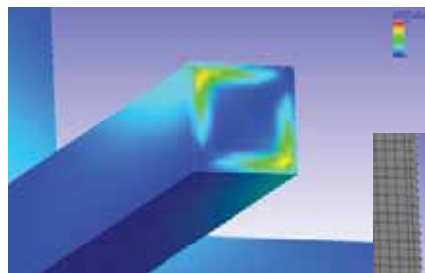
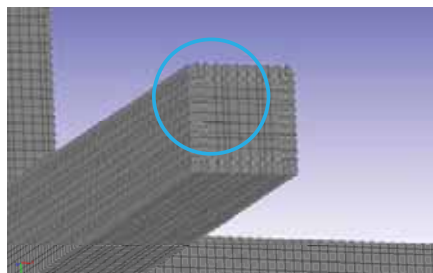


MISES-STRESS

局所細分機能の例(六面体・解適合)



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



MISES-STRESS

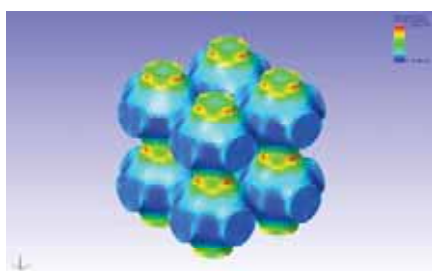
距離分布が与えられた時のメッシュ生成※

従来の方法

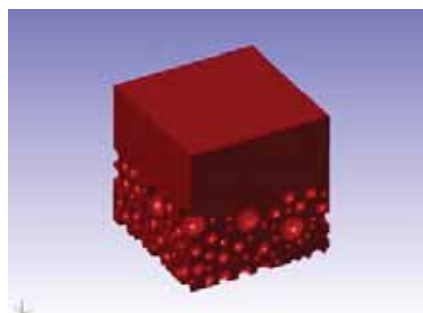
CAD形状⇒三角形パッチ⇒(自動メッシュ生成)四面体
と比べて、よりrobustなメッシュ生成手法

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

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



材料科学の分野で現れる三重周期極小曲面の一種SchwarzP曲面

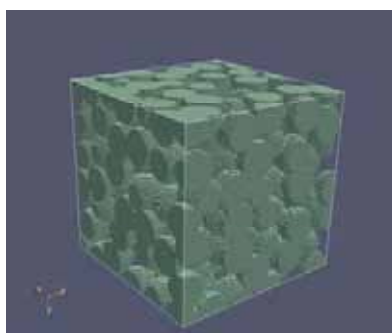
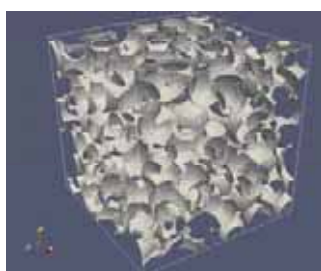


球体をランダム充填した外側の領域

微細構造モデリング

今まで近似的に解析されていた、繊維強化樹脂、多孔質体などを連続体モデルとして扱って直接シミュレーションで解析するためのメッシュを作成する

大規模解析を得意とする Advance/FrontSTRの利点を活かすためのモデリングツール※

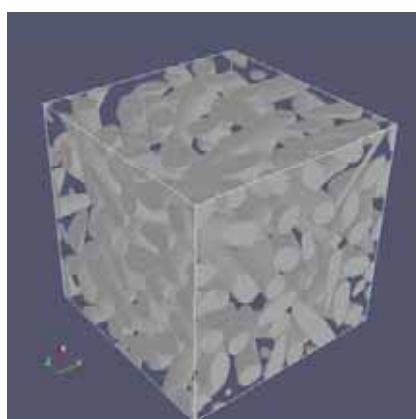


※汎用プリポストプロセッサAdvance/REVOCAPとは別の製品
Advance/REVOCAP_PorousModelerとしての提供になります

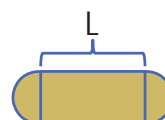
微細構造の熱伝導解析例

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

上面: 熱伝達



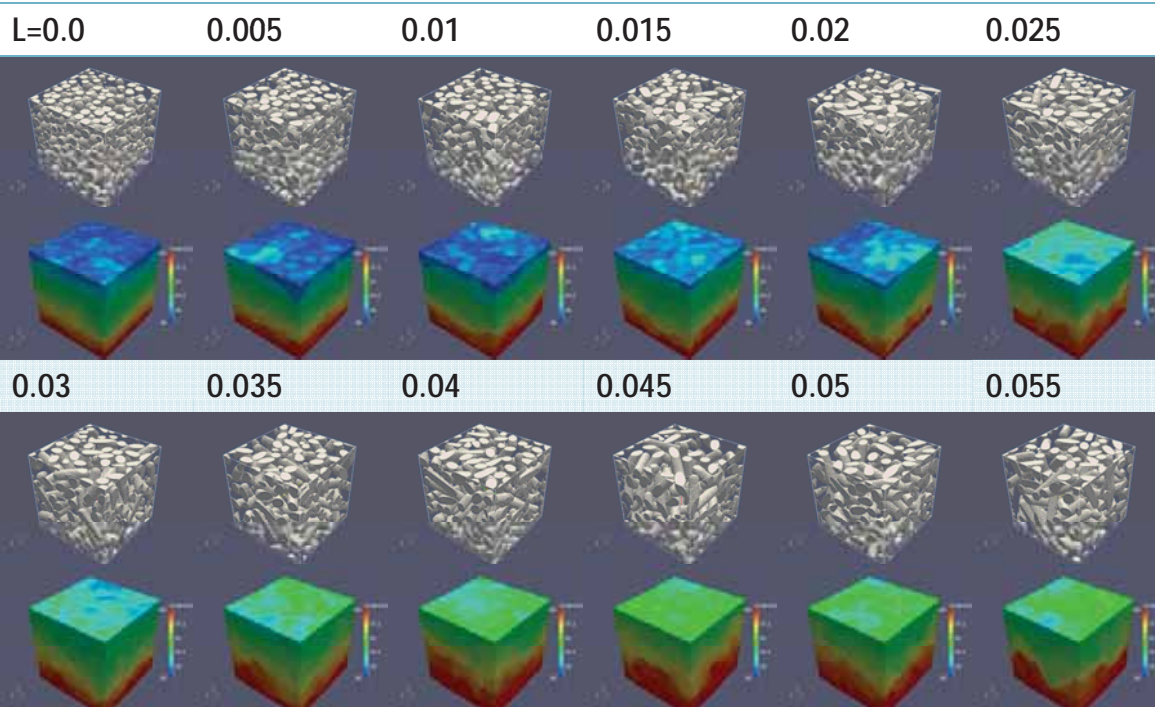
側面: 断熱



コア密度一定の条件で
Lを変えた時の熱伝達を解析
コアの半径は0.005

下面: 一定温度

計算結果例



Advance/REVOCAPの基本情報

動作環境	Windows7 (32bit, 64bit)、Windows Vista、その他の環境をご希望の場合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、外部メッシュ細分、解適合格子生成
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、ボリュームレンダリング
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です。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。