

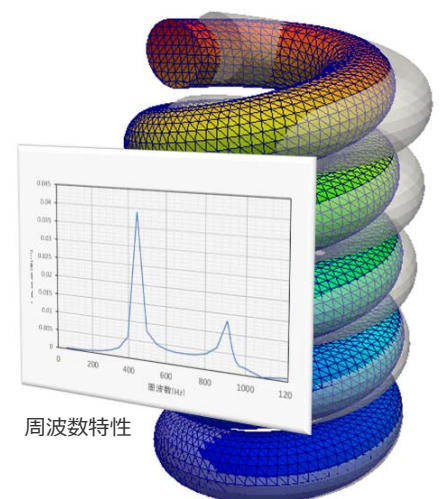
構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTRご紹介セミナー

2018年 6月 5日(火)開催

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..... 1 研究主席 原田 昌紀
13:40~14:40 (60分)	ユーザー事例のご紹介「半導体露光装置におけるナノメータオーダの構造解析」 株式会社ニコン 研究開発本部 神山 隆英 様 (資料の掲載はございません)
14:40~14:50 (10分)	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR のご紹介..... 7 主管研究員 袁 熙
14:50~15:10 (20分)	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR の振動関連の解析機能のご紹介..... 13 主任研究員 尾川 慎介
15:10~15:20 (10分)	休憩
15:20~15:40 (20分)	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR による振動解析の事例のご紹介..... 23 主任研究員 清野 多美子
15:40~16:05 (20分)	ライトニングトーク 39 ~MPCについて、HEATING LINE 機能のご紹介、FrontISTR Commons のご紹介 Advance/FrontSTR の開発フロー、船体の振動について~ 当社担当社員 5名
16:05~16:25 (20分)	汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP のご紹介 65 主管研究員 徳永 健一
16:25~16:35 (10分)	価格および関連サービスご紹介、質疑応答 79 営業部 小林 寛城 ※一部非公開です

memo



周波数特性



アドバンスソフト株式会社のご紹介

第1事業部 原田 昌紀

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー
2018年6月5日（火）
アドバンスソフト株式会社

会社概要

名称 アドバンスソフト株式会社
(英文社名 AdvanceSoft Corporation)

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

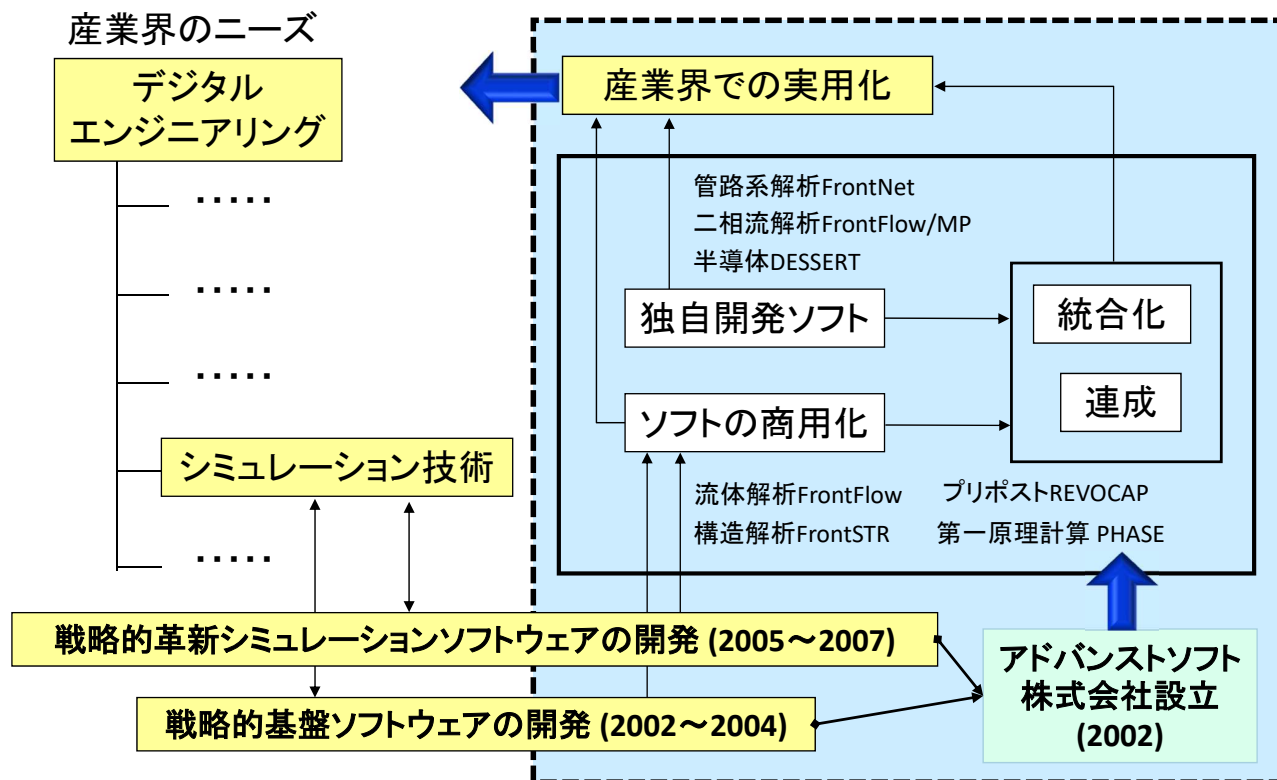
設立 2002年(平成14年)4月24日

資本金 3,724万円

社員数 106名(2018年5月21日時点)

事業部	部	業務概要
第1事業部	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の開発など
	技術第2部	・プリポスト・可視化システム・連成システム開発、構造解析、音響解析エンジニアリングなど
	技術第6部	・次世代TCADシステムの開発 ・環境関連の開発、解析業務
第2事業部	技術第4部	・混相流に係わる次世代流体システム開発など
第3事業部	技術第3部	・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7部	・J-PARCに係わるプロジェクトの実施等
第4事業部	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 ・発電・化学プラントやライフライン等の管路系流体解析エンジニアリング業務、次世代流体解析システム保守・販売サポート
研究開発部門		・防災シミュレーション ・材料システム開発 ・ナノシミュレーション ・リスク研究開発 ・原子力安全解析
総合企画部		・スーパーコンピューティングサービス ・コンサルティングサービスの提供
営業部		・お客様窓口

アドバンスソフトとは

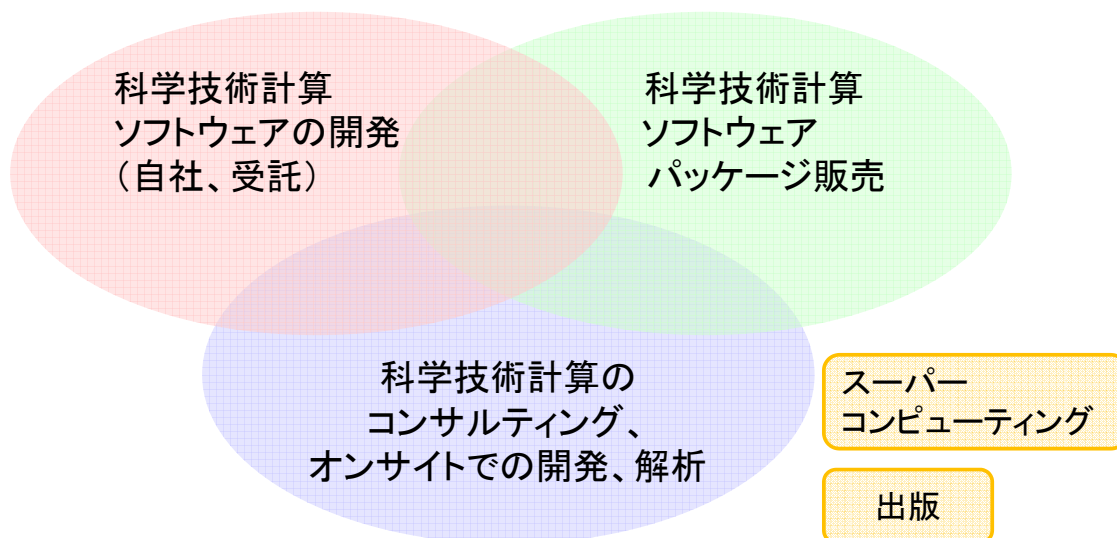


Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

3

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。

Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

4

事業分野



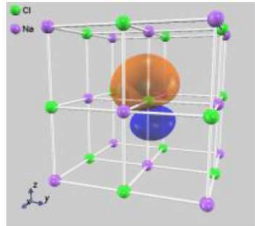
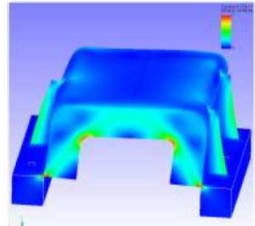
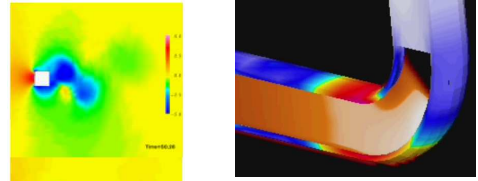
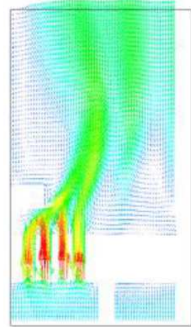
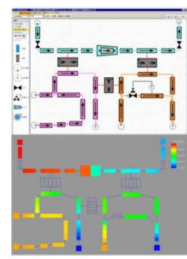
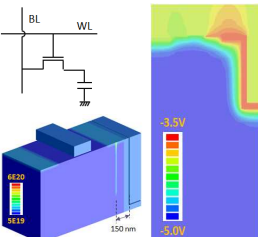
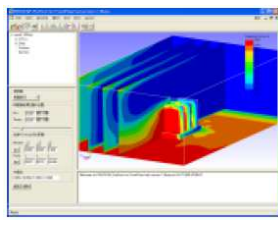
様々な産業分野におけるあらゆるフェーズで直面する課題に対し、
科学技術計算によるソリューションをご提供します。

アドバンスソフトのパッケージソフトウェア

ソフトウェア名称	解析内容
Advance/PHASE	第一原理計算ソフトウェア
Advance/FrontSTR	構造解析ソフトウェア
Advance/FrontNoise	音響解析ソフトウェア
Advance/TCAD	半導体プロセス・デバイスシミュレータ
Advance/ParallelWave	電磁波解析ソフトウェア
Advance/REVOCAP	構造解析・流体解析プリポストプロセッサ
Advance/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

※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

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

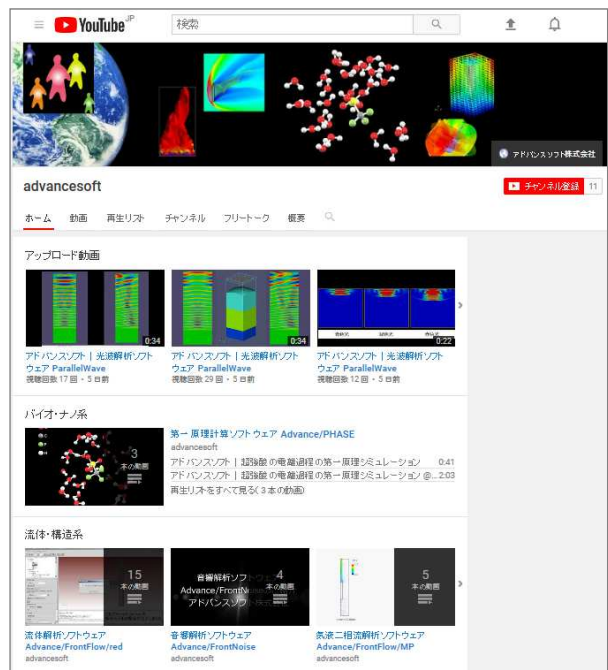
※上記は主要パッケージを掲載しています。詳細は弊社HP(www.advancesoft.jp)をご参照ください。

Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

facebook、YouTubeでも関連記事を掲載中

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

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



Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

株式会社 ニコン

神山 隆英 様

「半導体露光装置におけるナノメータオーダの構造解析」

資料掲載はございません。

[構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR の紹介]

第1事業部 袁熙

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー
2018年6月5日（火）
アドバンスソフト株式会社

本日の流れ

- Advance/FrontSTRの開発経緯
- Advance/FrontSTRの概要
- アドバンスソフトによるAdvance/FrontSTRの開発
- まとめ

Advance/FrontSTRの開発経緯

2005~2007: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

(<http://www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/project/rss/software.html>)

ハイエンド計算モデル ウェア援用構造解析 システムによる汎用 連成シミュレーション	FrontSTR HEC-MW	FrontSTR hecmmw-PC-Cluster	<ul style="list-style-type: none"> FEM解析、ソルバ、可視化等の並列解析用ライブラリ群
---	--------------------	-------------------------------	--



FrontSTR	有限要素計算
HECMW	メッシュ管理、ソルバー
Revocap	GUIやその他ツール

- ・ 大規模超並列を着目した有限要素法ソフト
- ・ 静的解析・動的解析・固有値解析・熱伝導解析
- ・ 線形弾性解析のみ(熱伝導解析は温度依存性を考慮)

2009~2012: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

(<http://www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/riss/project/>)



- ・ 非線形(材質非線形、幾何非線形、接触非線形)
- ・ 周波数応答解析
- ・ アセンブリ機能、リファイナー機能(REVOCAPを使用)

Advance/FrontSTRの開発経緯

2012~2018: FrontISTR研究会(<https://www.frontistr.com/>)

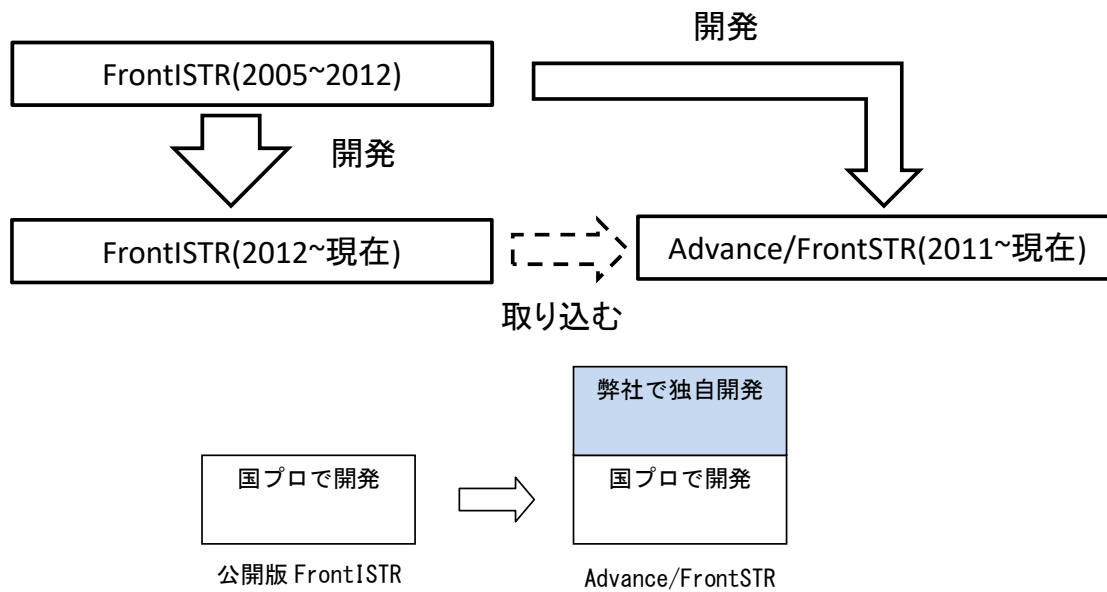
2018年4月2日: FrontISTR Commons発足(<https://www.frontistr.org/>)

当法人は、研究機関、企業等に所属する研究者及び技術者並びに生涯学習を目的とする個人に向け、FrontISTRの利用を促進することにより、産業競争力の維持・強化に貢献することを目的とする。

この法人は、次の事業を行う。

- (1) FrontISTRの開発、維持管理、配布 <https://github.com/FrontISTR/FrontISTR>
- (2) 研究会、セミナー等の開催
- (3) 解析データの収集、維持管理
- (4) 情報発信、コミュニケーション活動
- (5) 利用支援としてのソフトウェアサポート、カスタマイゼーションのサポート
- (6) 産業応用支援としての講師、コンサルタント、技術者の派遣又は紹介
- (7) 会誌、書籍等の発行
- (8) その他、当法人の目的を達成するために必要な事業

Advance/FrontSTRの開発経緯



Advance/FrontISTRはその長所と短所とも継承している

Advance/FrontSTRの開発経緯

FrontISTRの強み: 超並列解析

(http://www.multi.k.u-tokyo.ac.jp/FrontISTR/files/FrontISTR_leaflet.pdf)

表1 「京」における大規模ハイブリッド並列解析

Refine 回数	ノード数	コア数	並列方式	計算時間	Work ratio	対ピーク性能
0	128	1,024	FlatMPI	3.8 h	74.7 %	4.7 %
			Hybrid	4.5 h	57.6 %	3.3 %
1	1,024	8,192	FlatMPI	5.7 h	88.0 %	5.0 %
			Hybrid	8.6 h	60.3 %	3.3 %
2	8,192	65,536	FlatMPI	13.7 h	82.6 %	4.2 %
			Hybrid	21.7 h	50.3 %	-

(節点数2,513,793,437、線弾性解析)

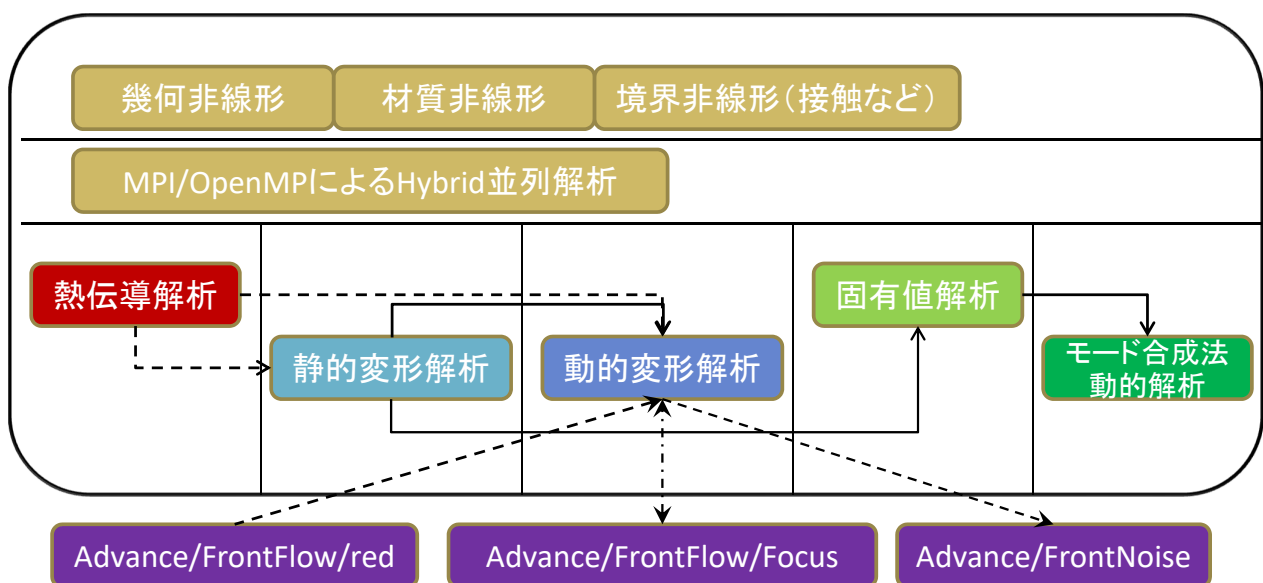
FrontISTRの弱点: 線形弾性解析を考慮した基本設計

- ・ 静的通信管理: 接触など通信パターン変化問題に向かない
- ・ 静的なデータ構造: Adaptive mesh, 亀裂、接触問題などに向かない
- ・ BCRSマトリクス構造: 1,2,3,4,6自由度のみ対応、自由度混在処理困難

Advance/FrontSTRの開発経緯

- **FrontISTRの強み: 日本製**
 要望を応じ細かく対応できる
 「京」や「地球シミュレーター」など日本国内スーパーコンピューターの対応
- **Advance/FrontSTRの強み**
 自社ソフト(Advance/FrontFlow, Advance/FrontNoise)を用いた連成解析
- **Advance/FrontSTRの強み**
 低価格で超並列解析機能を提供

Advance/FrontSTRの概要



———→ In core - - - - -→ Out of core < - - - - -→ カプラ經由

アドバンスソフトによるAdvance/FrontSTRの開発

- 機能拡張
 - 汎用ソフトとしての機能: 要素、材質など
 - FrontISTR機能の取り入れ
 - ユーザ要望
- ユーザビリティの向上
 - 入出力機能の修正、拡張
 - マニュアル、テストケースの整理など
- 弱点の解消

FrontISTRの弱点: 線形弾性解析を考慮した基本設計

- 静的通信管理: 接触など通信パターン変化問題に向かない
- 静的なデータ構造: Adaptive mesh, 亀裂、接触問題などに向かない
- BCRSマトリクス構造: 1,2,3,4,6自由度のみ対応、自由度混在処理困難

Advance/FrontSTR6.0の開発予定

- 輻射係数の温度依存(機能拡張)
- 加熱線機能(ユーザビリティ)
- 動摩擦係数を考慮(機能拡張)
- MPCを熱解析にも対応させる(機能拡張)

まとめ

- 日本製超並列できる汎用有限要素法ソフトバンクである。
- 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。

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 振動関連の解析機能の紹介

第1事業部 尾川 慎介

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー
2018年6月5日（火）
アドバンスソフト株式会社

内容

- Advance/FrontSTR に含まれる振動に関連する解析
– ソフトウェアの設定との対応関係は次の通り

意味	SOLUTION TYPE
時刻歴応答解析	DYNAMIC
固有値解析	EIGEN
モーダル法時刻歴応答解析	MODAL
周波数応答解析	STEADY STATE DYNAMIC

時刻歴応答解析

- 時間変化する荷重に対する変形などを調べたいとき
- 基礎方程式

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = F$$

- ここで、
 - M: 質量マトリクス
 - C: 減衰マトリクス (本ソフトウェアは Rayleigh 減衰のみ: $C = \alpha M + \beta K$)
 - K: 剛性マトリクス
 - u: 変位ベクトル
 - F: 荷重ベクトル

時刻歴応答解析

- 陽解法(中央差分法)

$$M\ddot{u}_t + C\dot{u}_t + Ku_t = F_t$$

- 加速度と速度を変位の中央差分で表現する

$$\ddot{u}_t = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{u_{t+1} - u_t}{\Delta t} - \frac{u_t - u_{t-1}}{\Delta t} \right) = \frac{u_{t+1} - 2u_t + u_{t-1}}{(\Delta t)^2}$$

$$\dot{u}_t = \frac{u_{t+1} - u_{t-1}}{2\Delta t}$$

時刻歴応答解析

- 陽解法 つづき
- 変位ベクトルを整理して解く

$$\left(\frac{1}{(\Delta t)^2} M + \frac{1}{\Delta t} C \right) u_{t+1} = F_t + (\dots) u_t + (\dots) u_{t-1}$$

$$u_{t+1} = \left(\frac{1}{(\Delta t)^2} M + \frac{1}{\Delta t} C \right)^{-1} (F_t + (\dots) u_t + (\dots) u_{t-1})$$

- 計算コストが陰解法より小さい(特に減衰なしのとき)
- タイムステップ幅 Δt を十分小さくしないと誤差や発散に

時刻歴応答解析

- 陰解法 (Newmark β 法、HHT法)

$$M\ddot{u}_{t+1} + C\dot{u}_{t+1} + Ku_{t+1} = F_{t+1}$$

- 速度と変位をパラメータ β, γ を使って表現する

$$\dot{u}_{t+1} = \dot{u}_t + [(1 - \gamma)\ddot{u}_t + \gamma\ddot{u}_{t+1}]\Delta t$$

$$u_{t+1} = u_t + \dot{u}_t\Delta t + \left[\left(\frac{1}{2} - \beta \right) \ddot{u}_t + \beta\ddot{u}_{t+1} \right] (\Delta t)^2$$

- このとき、加速度は

$$\ddot{u}_{t+1} = \frac{u_{t+1} - u_t}{\beta(\Delta t)^2} - \frac{\dot{u}_t}{\beta\Delta t} - \left(\frac{1}{2\beta} - 1 \right) \ddot{u}_t$$

時刻歴応答解析

- 陰解法 つづき
- 変位について整理する

$$\left(\frac{1}{\beta(\Delta t)^2} M + \frac{\gamma}{\beta \Delta t} C + K \right) u_{t+1} = F_t + M(\dots) + C(\dots)$$

- 左辺の u , 右辺の F に未知数があり、
左辺の行列も単純ではないため、
Newton-Raphson 法での反復計算を行う。

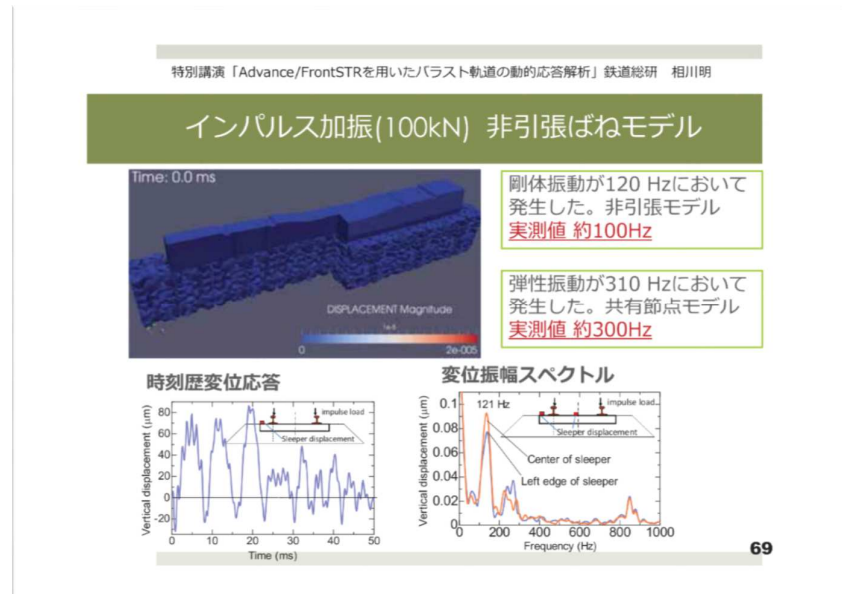
時刻歴応答解析

- 陰解法 つづき
- Newmark β 法: $t + \Delta t$ での平衡を満足する
 - $\gamma = 1/2, \beta = 0$: 中央積分法
 - $\gamma = 1/2, \beta = 1/2$: 線形加速度法
 - $\gamma = 1/2, \beta = 1/4$: 本ソフトウェアのデフォルト ($\beta \geq 1/4$ で無条件安定)
- Hilber-Hughes-Taylor (HHT) 法: $t + \alpha \Delta t$ での平衡を満足する
 - α は β, γ を制約するパラメータで、定義は下の通り
 - $\alpha = 1$: 数値減衰なし (Newmark β 法)
 - $\alpha = 2/3$: 数値減衰最大

$$\beta = \frac{(2 - \alpha)^2}{4}, \gamma = \frac{3}{2} - \alpha; \left(\frac{2}{3} \leq \alpha \leq 1 \right)$$

時刻歴応答解析の事例

- 『Advance/FrontSTRを用いたバラスト軌道の動的応答解析』
鉄道総合技術研究所 相川様(2015年11月 弊社セミナー)



Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

9

固有値解析

- 自由振動する周波数やそのときの変形を調べたいとき
- 減衰なし、外力なしの基礎方程式

$$M\ddot{u} + Ku = 0$$

- 周波数領域に変換して解く

$$(K - \omega^2 M)\phi = 0$$

- ここで、
 - ω : 固有角振動数
 - ϕ : 固有ベクトル

Implicitly Restarted Arnoldi 法 (IRAM) を
本ソフトウェアでは採用している

固有値解析

- 参考:手法について
- 密行列
 - べき乗法: 行列ベクトル積の計算と正規化を繰り返す
 - Jacobi 法: 行列の相似変換を繰り返して対角化する
 - Householder 変換 (対称) or Hessenberg 形式 (非対称) + QR 法: 行列を三重対角行列を経由して上三角行列から計算する
- 疎行列
 - Lanczos 法 (対称): 三重対角 → QR → Ritz ベクトルを逆変換
 - Arnoldi 法 (非対称): Hessenberg → QR → Ritz ベクトルを逆変換
 - Jacobi-Davidson 法 (対称、非対称): 中間固有値や近接固有値を精度良く計算したいとき

モーダル法時刻歴応答解析

- モードの重ね合わせとして時間軸の解析をしたいとき
- モードによる変位の表現

$$u(t) = \sum_i b_i(t) \phi_i$$

- 基礎方程式に代入して変形する

$$\sum_i M \ddot{b}_i \phi_i + \sum_i C \dot{b}_i \phi_i + \sum_i K b_i \phi_i = F$$

$$\sum_i M \phi_i (\ddot{b}_i + (\alpha + \beta \omega_i^2) \dot{b}_i + \omega_i^2 b_i) = F$$

モーダル法時刻歴応答解析

- つづき
- 両辺に ϕ^T (固有ベクトルの転置) をかける

$$\phi^T \sum_i M \phi_i (\ddot{b}_i + (\alpha + \beta \omega_i^2) \dot{b}_i + \omega_i^2 b_i) = \phi^T F$$

- 固有ベクトルの直交性を利用し、次の式を b_i について解く

$$\phi_i^T M \phi_i (\ddot{b}_i + (\alpha + \beta \omega_i^2) \dot{b}_i + \omega_i^2 b_i) = \phi_i^T F$$

- 重ね合わせの原理が成り立つ (線形) ときのみ適用できる
- 計算に使用するモードの数によって答えが変わる

周波数応答解析

- 強制振動 (周期的な荷重など) の応答を調べたいとき
- 定常状態における運動方程式

$$M\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + Ku(t) = F(t)$$

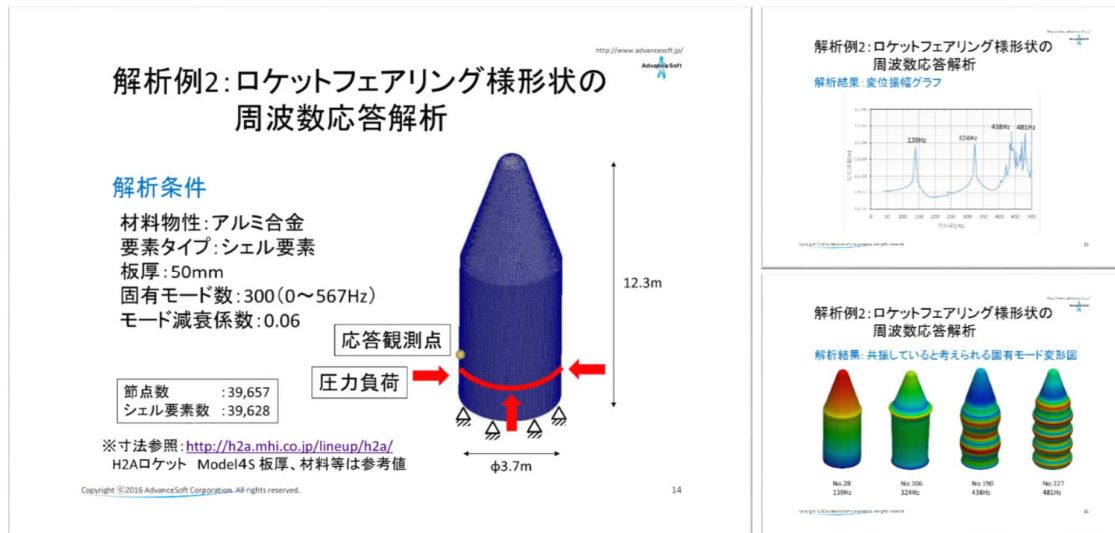
- u, F をオイラーの公式で変換して直接解く方法もあるが...

$$(-\omega^2 M + i\omega C + K)u e^{i\omega t} = F e^{i\omega t}$$

- 本ソフトウェアではモーダル法時刻歴応答解析と同様に固有値の情報を利用して解く

周波数応答解析の事例

- 『Advance/FrontSTRによる周波数解析応答の事例紹介』
弊社 清野(2016年10月 弊社セミナー)



まとめ

- 時刻歴応答解析
 - 入力: 時間変化する荷重
 - 出力: 変位、速度、加速度、ひずみ、応力、反力
 - 周波数特性を見る場合はフーリエ変換などを使用する
- 固有値解析
 - 入力: なし
 - 出力: 固有振動数、固有ベクトル

まとめ

- モーダル法時刻歴応答解析
 - 入力: 時間変化する荷重、固有値解析の結果
 - 出力: 変位など
 - 固有値解析と併用して時刻歴応答を高速に解析する
- 周波数応答解析
 - 入力: 周期的な荷重、固有値解析の結果
 - 出力: 変位などのゲインと位相

参考文献

- 弊社『アドバンスシミュレーション』
 - Vol. 4, Advance/FrontSTR Ver. 3.0 の非線形解析機能について (2010)
 - Vol. 8, 解析機能の拡張 (2011)
 - Vol. 13, 構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR Ver. 4.1 (2012)
- 固有値解析の手法
 - 固有値計算法, 理研AICS, 今村俊幸 (2014)
http://www.r-ccs.riken.jp/r-ccssite/wp-content/uploads/2014/03/sps14_enshu2-1.pdf
 - 行列計算における高速アルゴリズム 大規模固有値問題の数値解法, 神戸大学, 山本有作 (2013)
<http://www.cms-initiative.jp/ja/events/0627yamamoto.pdf>

構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTRによる 振動解析の事例紹介

第1事業部 主任研究員 清野 多美子

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー
2018年6月5日（火）
アドバンスソフト株式会社

本日紹介する解析事例

- ① 大規模固有値解析の並列性能
- ② 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

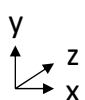
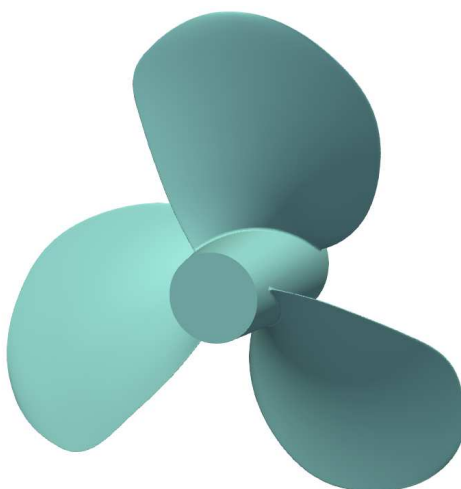
解析事例①

大規模固有値解析の並列性能

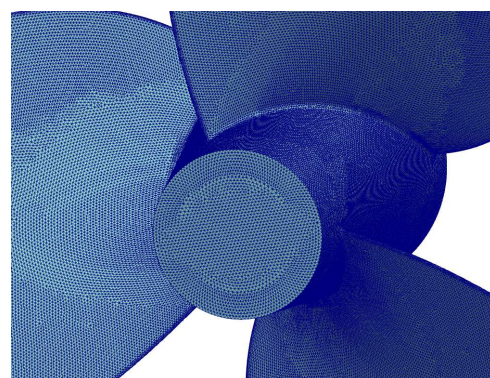
解析事例①: 大規模固有値解析の並列性能

解析モデル形状

ストロングスケーリング (strong scaling) による測定



回転軸の後端面: 完全拘束
回転軸上の点: UX, UY拘束



メッシュ図 節点数: 115万
要素数: 649万

- 材料物性:
 - ✓ ヤング率: 70[Gpa]
 - ✓ ポアソン比: 0.345
 - ✓ 密度: 2690[kg/m³]

解析事例①: 大規模固有値解析の並列性能

計算サーバーのスペック

クラスタ名	DELL PowerEdge R610, R730
CPUモデル名	Xeon E5-2650 v4 @ 2.20GHz
1CPUあたりのコア数	12
1ノードあたりのコア数	24(2CPU)
1ノードあたりの搭載メモリ	128GB
ノード数	10

※OpenMPは使用していません

解析事例①: 大規模固有値解析の並列性能

解析条件

- ケース1
 - ✓ 前処理: マルチグリッド
 - ✓ 線形ソルバ: CG法
 - ✓ 固有値出力数: 6
- ケース2
 - ✓ 前処理: ILU(0)
 - ✓ 線形ソルバ: CG法
 - ✓ 固有値出力数: 6

解析事例①: 大規模固有値解析の並列性能

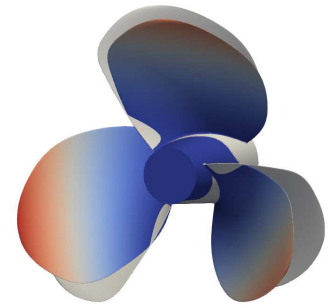
ストロングスケールによる計算時間

ケース1: マルチグリッド

コア数	CPU数	領域あたり節点数	計算時間[s]	速度向上率
12	1	102200	3009.55	1
24	2	52500	1436.27	2.10
48	4	27200	760.74	3.96
96	8	14200	463.91	6.49
144	12	9800	369.73	8.14
192	16	7200	337.05	8.93

ケース2: ILU(0)

コア数	CPU数	領域あたり節点数	計算時間[s]	速度向上率
12	1	102200	16056.22	1
24	2	52500	9244.3	1.74
48	4	27200	4278.04	3.75
96	8	14200	2148.59	7.47
144	12	9800	1543.19	10.40
192	16	7200	1207.38	13.30

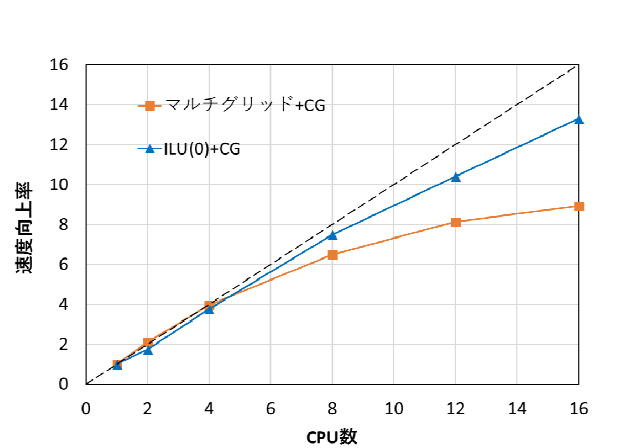


第1モード変形図

※領域あたりの節点数には重複を含む

解析事例①: 大規模固有値解析の並列性能

ストロングスケールによる並列性能

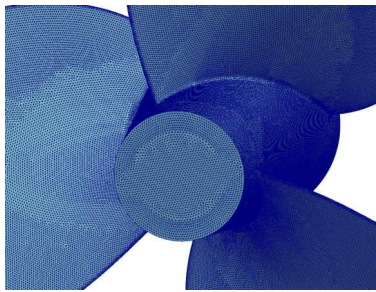


計算時間は、マルチグリッド+CG法が速い。
並列性能は、ILU(0) + CG法が良い。

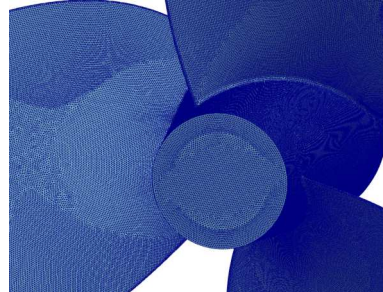
※CG法が収束しない場合は、直接法を用いる。ただしCG法の数倍のメモリを必要とするため、メモリのスワップに要注意。

解析事例①: 大規模固有値解析の並列性能

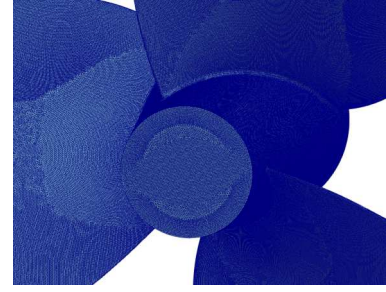
モデル規模による比較



節点数: 115万
要素数: 649万



節点数: 243万
要素数: 1,390万



節点数: 417万
要素数: 2,410万

メッシュ図

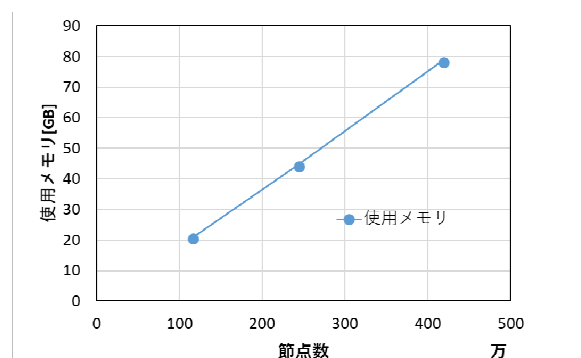
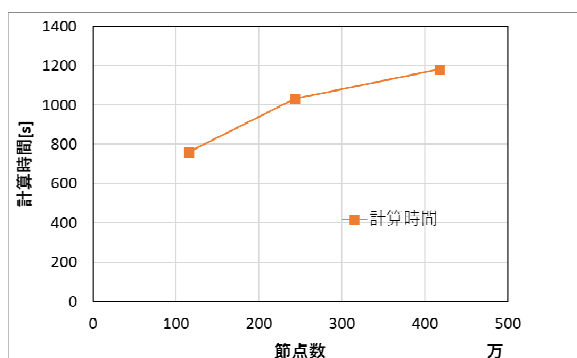
解析事例①: 大規模固有値解析の並列性能

モデル規模による計算性能の比較

領域あたりの節点数を同等とするようにコア数を設定

節点数	要素数	コア数	CPU数	領域あたり節点数	メモリ使用量	Total(s)
115万	649万	48	4	27200	21GB	760.74
243万	1390万	96	8	28900	44GB	1032.73
417万	2410万	192	16	25200	79GB	1180.54

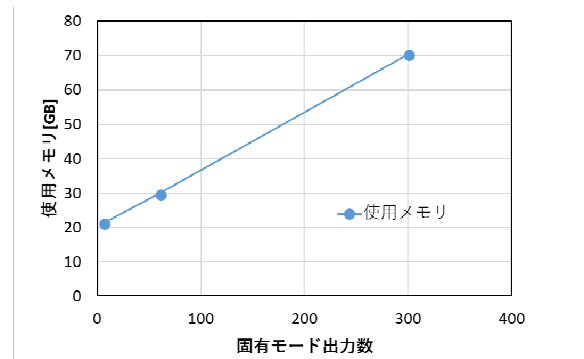
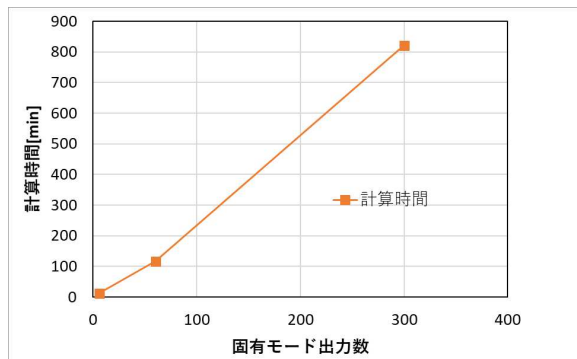
※領域あたりの節点数には重複を含む



解析事例①: 大規模固有値解析の並列性能

固有値出力数による計算性能の比較

節点数	要素数	コア数	固有値出力数	メモリ使用量	計算時間[s]
115万	649万	48	6	21GB	760.74
			60	30GB	7049.47
			300	70GB	49334.59



解析事例①: 大規模固有値解析の並列性能

まとめ

- Advance/FrontSTRによる大規模モデルの固有値解析を実施し、モデル規模や計算時間、並列性能に関する性能調査結果を紹介した。
- モデルの境界条件や形状、メッシュなどにもよるが、大規模モデルでの固有値計算実施時には、本発表による数値を参考にしたい。
- CG法で収束しない場合は、直接法での計算も可能であるが、CG法に比べて数倍のメモリを要するため、メモリのスワップなどに十分に注意する必要がある。

解析事例②

減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

Advance/FrontSTRで使用できる時刻歴応答解析

直接時間積分法

- 入力: !SOLUTION, TYPE=DYNAMIC
- 線形／非線形問題に対応
- すべての振動数に狙った減衰比は与えられない

モーダル法(モード合成法)

- 入力: !SOLUTION, TYPE=MODAL
- 線形問題のみ
- 一般的に直接時間積分法よりも計算時間が短い
- 使用する固有モードにより精度が変わる(モード打ち切り誤差)

解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

Advance/FrontSTRで利用できる減衰のパラメータ

直接時間積分法

- レイリー減衰
- 入力: !DAMPING

モーダル法(モード合成法)

- モード減衰
 - 入力: !MODAL_DAMPING, TYPE=DIRECT
- レイリー減衰
 - 入力: !MODAL_DAMPING, TYPE=RAYLEIGH

解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

減衰について

減衰振動の運動方程式:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t) \quad \dots \text{式(1)}$$

- m : 質量
- c : 粘性減衰係数
- k : ばね定数

解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

レイリー減衰とは

もともとは数学的に計算を安定させるために考えられた
仮想的な減衰

$$[C] = \alpha[M] + \beta[K] \quad \dots \text{式(2)}$$

粘性減衰
マトリックス

質量
マトリックス

剛性
マトリックス

レイリー減衰パラメータ

α : 質量比例減衰係数

β : 剛性比例減衰係数

解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

モード減衰とは

固有モードごとに定義できる減衰比

- 臨界減衰係数:
減衰係数の臨界値
これ以上大きくなると振動しない

$$c_c = 2\sqrt{mk} \quad \dots \text{式(3)}$$

- 減衰定数(減衰比):

建築物における減衰比の参考値:
コンクリート構造: 0.03~0.05
鋼構造: 0.02~0.03

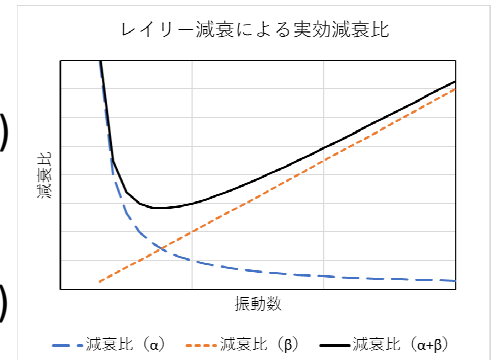
$$h = \frac{c}{c_c} \quad \dots \text{式(4)}$$

解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

レイリー減衰係数とモード減衰比の関係

固有角振動数: $\omega_i = \sqrt{\frac{k}{m}} \dots \text{式(5)}$

モード減衰比: $\zeta_i = \frac{\alpha}{2\omega_i} + \frac{\beta\omega_i}{2} \dots \text{式(6)}$

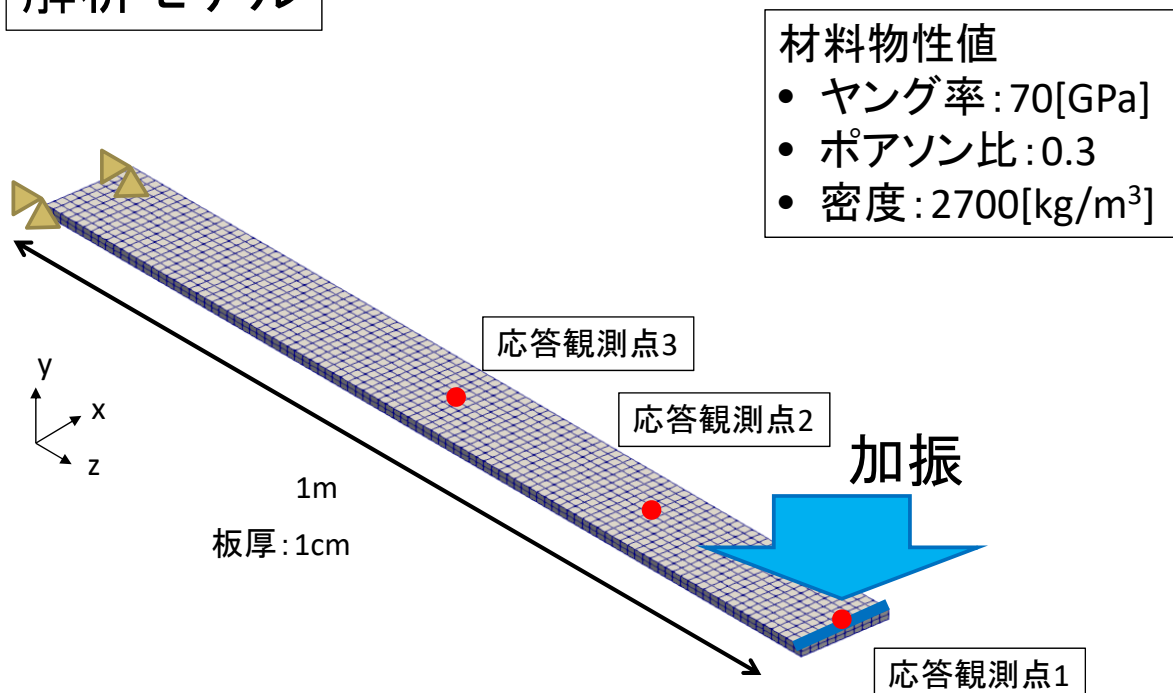


α, β : レイリー減衰係数

※質量比例減衰 α は低周波数領域で、剛性比例減衰 β は高周波数領域で減衰への影響が大きくなる

解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

解析モデル



解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

直接時間積分法の解析条件

- ✓ 線形時刻歴応答解析
- ✓ 時間積分ソルバ:HHT法
- ✓ 前処理:SSOR
- ✓ 線形ソルバ:CG法
- ✓ 時間刻み:0.01[s]

解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

モーダル法の解析条件

- ✓ モーダル法時刻歴応答解析
- ✓ 固有値出力数:20
- ✓ 前処理:SSOR
- ✓ 線形ソルバ:CG法
- ✓ 時間刻み:0.01[s]

解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

モーダル法で使用する固有モード

✓ 有効質量の確認

0.logファイルに出力されます。

TOTAL MASS = **2.7000E+00** モデル全体の質量

NO. EFFECTIVE MASS

1 1.417540E-12 1.654390E+00 7.202451E-14

2 7.716275E-11 5.084052E-01 3.284514E-11

3 1.656863E+00 3.060811E-11 3.796211E-08

4 7.628312E-08 5.709556E-10 2.306140E-14

5 2.785179E-11 1.748936E-01 7.052100E-10

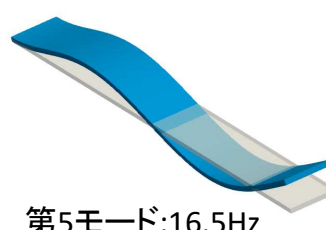
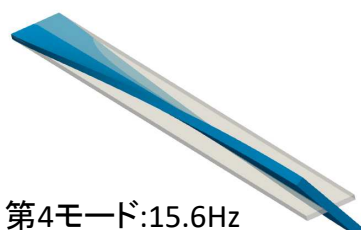
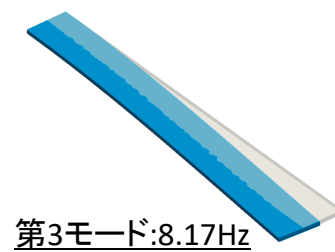
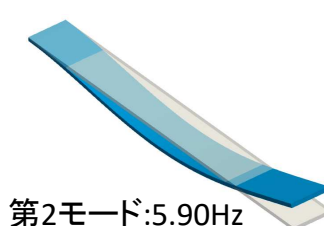
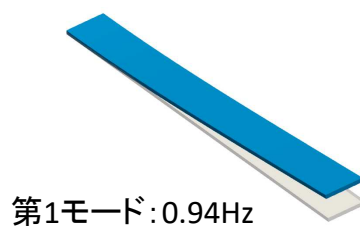
... X Y Z

TOTAL: 2.552747E+00 **2.578440E+00** 2.187665E+00

加振方向(Y軸)の有効質量比: **95.5%**

解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

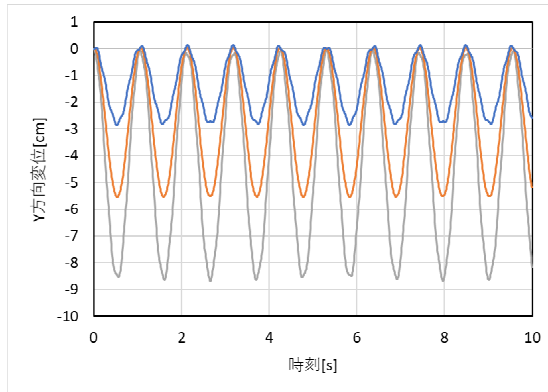
固有モード変形図



解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

減衰なしの計算結果

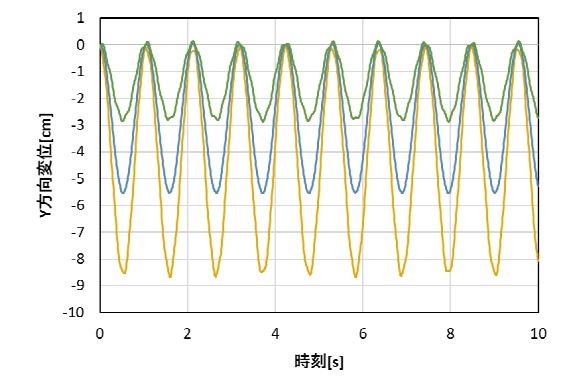
一定荷重で加振(強制振動)



直接時間積分

計算時間: 4468秒

一致



モーダル法

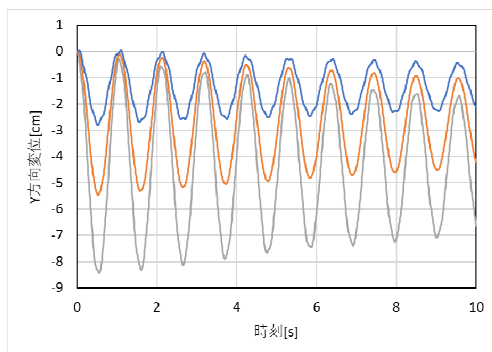
計算時間: 560秒

計算時間は1/8

解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

減衰ありの計算結果1

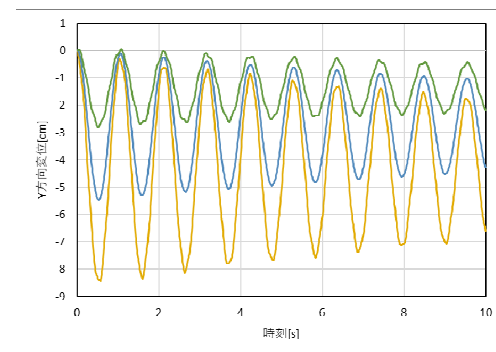
一定荷重で加振(強制振動)



レイリー減衰 $\alpha=0.1$

直接時間積分

一致



レイリー減衰 $\alpha=0.1$ に相当する
モード減衰比を各モードに与えた

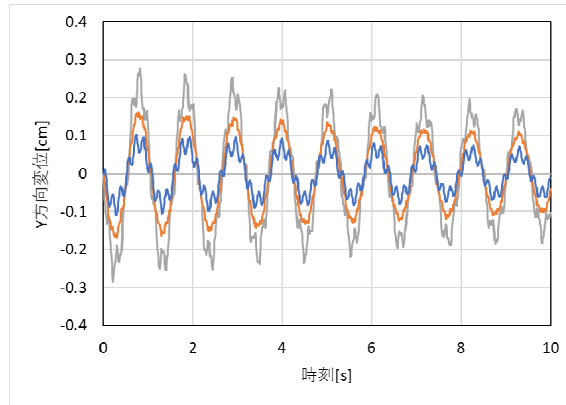
No.1: $\zeta = 8.44e-3$
No.2: $\zeta = 1.35e-3$
...
No.20: $\zeta = 3.59e-5$

モーダル法

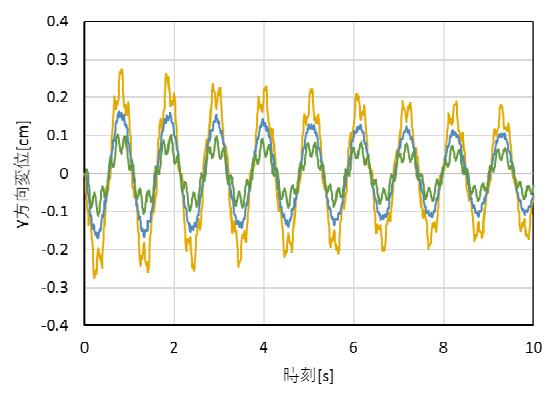
解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

減衰ありの計算結果2

インパクト荷重による加振(自由振動)



レイリー減衰 $\alpha=0.1$



レイリー減衰 $\alpha=0.1$ に相当する
モード減衰比を各モードに与えた

直接時間積分

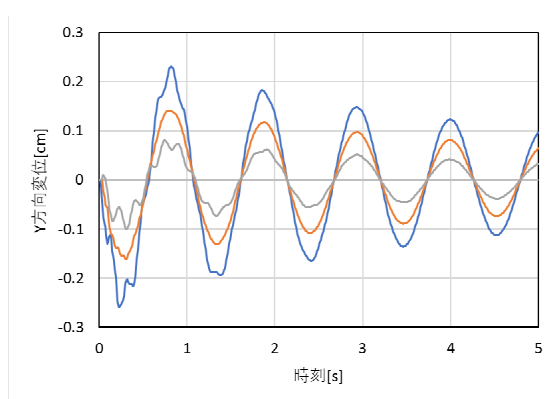
ほぼ一致

モーダル法

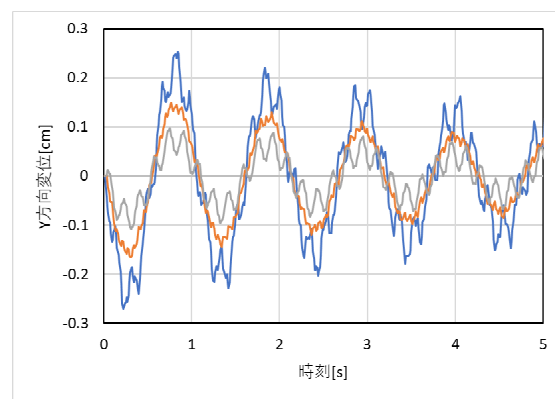
解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

減衰ありの計算結果3

インパクト荷重による加振(自由振動)



モード減衰比: 全モードに $\zeta=0.03$



モード減衰比: 第1モードのみに $\zeta=0.03$

第1モードが最も寄与する振動は
減衰するが、それ以外は減衰しない。

モーダル法

解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

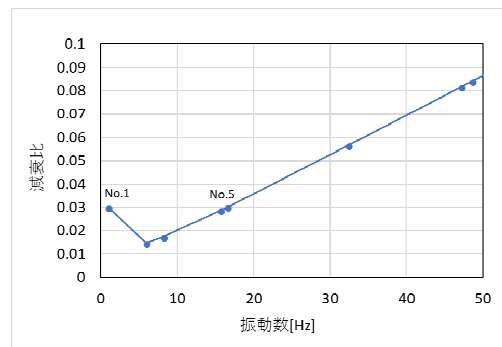
モード減衰比からレイリー減衰係数を求める

i 番目および j 番目の固有角振動数 ω_i, ω_j のモード減衰比が ζ_i, ζ_j であるとする。式(6)に値を代入して連立方程式を解くと、レイリー減衰係数は下記の式で表される。

$$\alpha = \frac{2\omega_i\omega_j(\zeta_i\omega_j - \zeta_j\omega_i)}{\omega_j^2 - \omega_i^2} \quad \dots \text{式(7)}$$

$$\beta = \frac{2(\zeta_j\omega_j - \zeta_i\omega_i)}{\omega_j^2 - \omega_i^2} \quad \dots \text{式(8)}$$

第1モードと第5モードの減衰比を $\zeta=0.03$ としたとき、 $\alpha=0.336, \beta=5.47e-4$ となる。振動数に対する減衰比は下図のようになる



解析事例②: 減衰を含む板の振動時刻歴応答解析

まとめ

- Advance/FrontSTRによる直接時間積分法とモーダル法による時刻歴応答の振動解析事例を示し、使用できる減衰の種類とその使用法に対する紹介を行った。
- 直接時間積分法では非線形が扱える、直感的に分かり易いという利点がある反面、減衰比を特定して与えることができない難点がある。
- モーダル法では、計算時間が速い、減衰比を与えやすいという利点があるが、利用は線形問題に限られ、モード打ち切り誤差により結果の精度が変わる。

Advance/FrontSTRにおけるMPC

第1事業部 研究員 鈴木将之

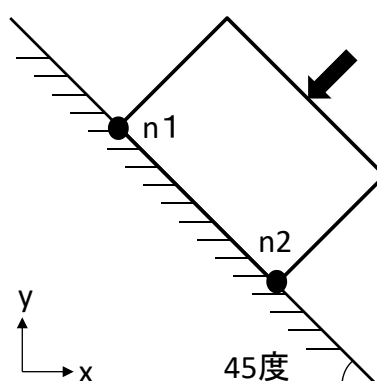
構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー
2018年6月5日（火）
アドバンスソフト株式会社

多点拘束(MPC)とは

- 多点拘束(multiple point constraints, MPC)は節点の関係を設定します。
- 例えば、メッシュ作成時点で共有節点にすることが難しい問題に対し、解析中に節点同士的位置を同じくするために使用されます。
- 多自由度拘束(multiple freedom constraints, MFC)とも。厳密には節点の自由度同士の関係を設定するためです。

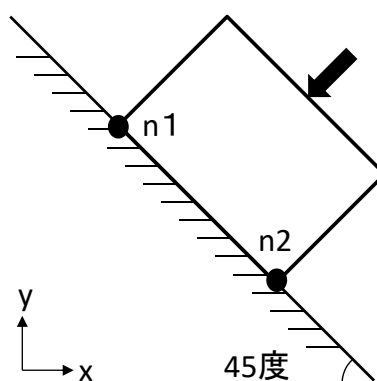
MFC例

- 45度の斜面に接する節点に対し、拘束条件をつけたい場合



MFC例

- 45度の斜面に接する節点に対し、拘束条件をつけたい場合
以下のようなMPCを設定します(2@n1は節点n1の自由度2)。
- $2@n1 = -1@n1 + C$
- $2@n2 = -1@n2 + C$



MPC、要素の追加と接触との違い

- 要素の追加による関係性の定義では、節点が必要です。対し、MPCと接触は節点がなくとも関係性を定義することができます。
 - 例えばMPCでは節点と要素重心の関係性を定義することができます。
- 接触は節点と、節点または要素が接触したときのみ関係性が考慮されます(反力が生じます)。対し、MPC及び要素の追加では離れていても関係性が考慮されます。
- 要素の追加では、バネ係数などにより関係性を様々に変更することができます。

Advance/FrontSTR Ver 5.1以前のMPC組み込み

- 直接法はペナルティ法による付加
 - 剛性行列の成分に大きなウェイト(ペナルティ)をかけます。
 - 線形問題を $Ku = f$ 、MPC条件式を $Au = b$ とすると、
 - $(K + A^TWA)u = f + WA^Tb$
- 反復法はMPC-CG法による付加
 - 反復法収束判定前にMPCによる代入を行い、反復法収束判定時のみMPCを考慮します。
 - Advance/FrontSTR Ver 5.1以前およびFrontISTR独自の手法です。

Advance/FrontSTR Ver 5.2以降の MPC組み込み

- 直接法も反復法も自由度消去法
 - MPC条件式内のスレーブ項行と列を他の項の行と列へ足し合わせ、スレーブ項を消去します。
 - 線形問題を $Ku = f$ 、MPC条件式を $Au = b$ とすると、
 - $A^T K Au = A^T (f - Kb)$

自由度消去法例

- 以下の線形問題に対し、 $u_2 = 2u_1$ (u_2 がスレーブ項)を組み込む例を示します。

$$- \begin{bmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & -4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 13 \\ 3 \\ -9 \end{bmatrix}$$

- 剛性行列は以下のように変形されます。

$$- \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & -4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & -4 \end{bmatrix}$$

- 荷重ベクトルは以下のように変形されます。

$$- \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 13 \\ 3 \\ -9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 19 \\ 0 \\ -9 \end{bmatrix}$$

MPC手法比較

	自由度消去法	ペナルティ法	MPC-CG法
メリット	他手法に比べ解法の影響を受けにくい	線形問題への組み込みが非常に容易	線形問題への組み込みを必要としない
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 剛性行列・荷重ベクトルの行基本変形を行うため、組み立てが他手法に比べ遅い MPC設定に制約がある 	<ul style="list-style-type: none"> 少数の係数が相対的に大きくなり、反復法での収束性が他手法に比べ悪い 	<ul style="list-style-type: none"> 線形ソルバと分離できない(5.2以降は外部ソルバを使用している) CG法のみ
Advance/FrontSTRにて使用可能解法	直接法・反復法(5.2以降)	直接法(5.1以前)	CG法(5.1以前)

Ver 5.2以降におけるMPC制約

- !EQUATIONに設定された末項をスレーブ項といたします。
 - 以下に示すMPC条件式(1@4 = 1@3)のうち、1@4がスレーブ項です。


```
!EQUATION
2
3, 1, 1.0, 4, 1, -1.0
```
- 5.2以降のMPCには以下の制約がございます。
 - スレーブ項は他の条件式に含めてはいけません。以下にスレーブ項(1@4)が他の条件式に含まれる例を示します。


```
!EQUATION
2
3, 1, 1.0, 4, 1, -1.0
2
4, 1, 1.0, 5, 1, -1.0
```

結論と今後の展望

- Ver 5.2以降では自由度消去法によるMPC付加を行うことができます。
- Ver 5.2ではスレーブ項の制約が追加されました。
- Ver 5.2にてソルバや行列構造を大きく変更いたしましたため、他のMPC付加手法を実装することが可能になりました。今後のご要望によっては以下のMPC付加手法を実装する予定です。
 - ペナルティ法
 - ラグランジュ未定乗数法 (直接法のみ)

!HEATING LINE : 加熱線の定義

応用：
ぎょう鉄
溶接



(From: 生産と技術, 第60巻, p83)

使い方：
!HEATING LINE
電流、電圧、入熱効率、トーチ移動速度
トーチ始点座標、終点座標、入熱源幅

FrontISTR Commons の紹介

第1事業部 徳永 健一

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー
2018年6月5日（火）
アドバンスソフト株式会社

FrontISTR Commons とは

<https://www.frontistr.org/>

2018年4月に発足した、以下の目的で活動する社団法人です。

(定款より)

当法人は、研究機関、企業等に所属する研究者及び技術者並びに生涯学習を目的とする個人に向け、FrontISTR の利用を促進することにより、産業競争力の維持・強化に貢献することを目的とする。

「コモンズ」とは

- FrontISTRとその関連分野について、研究・教育的資産、技術的・経験的知見、ソフトウェア資産、を「共有」する
- 計算科学ならではの分野横断的な技術交流、個別企業の産業競争力強化、ひいてはイノベーション創出の「場」
- FrontISTRの継続的な改良・維持・管理と、産官学間でのマッチングを促進することで、「コモンズの悲劇（リソースの枯渇）」を防ぐ

(FrontISTR Commons 設立記念シンポジウムより)

FrontISTR Commons の活動

1. FrontISTR の開発、維持管理、配布
 2. 研究会、セミナー等の開催
 3. 解析データの収集、維持管理
 4. 情報発信、コミュニケーション活動
 5. 利用支援としてのソフトウェアサポート、カスタマイゼーションのサポート
 6. 産業応用支援としての講師、コンサルタント、技術者の派遣又は紹介
 7. 会誌、書籍等の発行
 8. その他、当法人の目的を達成するために必要な事業
- (FrontISTR Commons ホームページより)

Advance/FrontSTR との関係

Advance/FrontSTR はオープンソースの FrontISTR をもとに開発されています。革新プロジェクト、イノベーションプロジェクトでは、当社も FrontISTR の開発に参加し、その後も研究会の参加などを通じて、情報共有や開発に関する議論などを行っています。

社団法人 FrontISTR Commons には当社徳永が理事として参加しています。当社も法人として賛助会員となる予定です。

FrontISTR Commons 入会のお誘い

種別	対象	年会費	備考
正会員	個人	¥5,000	
学生会員	学生の個人	¥0	社会人ドクターは対象外
賛助会員	個人または法人	¥100,000/口	

(FrontISTR Commons ホームページより)

会員特典（会費内）

項目	登録ユーザ （無料）	正会員・ 学生会員	賛助会員
ソース・マニュアルの入手	○	○	○
研究会ドキュメント・データへのアクセス		○	○
研究会への参加		○	○（1口につき1名）
QAサポート		○	○
開発リクエスト（開発会議への参加）			○（1口につき1名）
研究会HPからのリンク			○

（FrontISTR Commons ホームページより）

会員特典（会費外）

項目	登録ユーザ（無料）	正会員・学生会員	賛助会員
ハンズオンセミナーへの参加	○	○	○

（FrontISTR Commons ホームページより）

Advance/FrontSTR ユーザーのメリット

- FrontISTR と Advance/FrontSTR は共通部分も多く、研究会に参加することによって理解を深めることができます。
- 共通部分については、FrontISTR でも機能の検証が行われています。
- FrontISTR で実施されたデバッグ等は Advance/FrontSTR にも反映されます。
- 他の FrontISTR ユーザーとの技術交流ができます。

- Advance/FrontSTR 独自の機能や当社のサポートなどを必要とされる方は、Advance版をご利用ください。
- 大学との共同研究や、成果を公開して広く使ってもらいたい場合はオープンソース版をご検討ください。
 - 当社は FrontISTR の開発（共同研究）もサポートいたします。

Advance/FrontSTR の 開発フロー

第1事業部 尾川 慎介

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー
2018年6月5日（火）
アドバンスソフト株式会社

Before

- 2013, 2014年ごろ
- Subversion でのバージョン管理で、ブランチは基本 1 つ（作業用ブランチの概念はほとんどない）
- Trac もあったがほとんど使われていない、記憶が頼り
- ビルド環境（コンパイラやライブラリのバージョン、コンパイルオプションなど）は個人任せ
- コミット前のテストは存在したが、実施は個人任せで、精度は視力任せ（要目 grep）

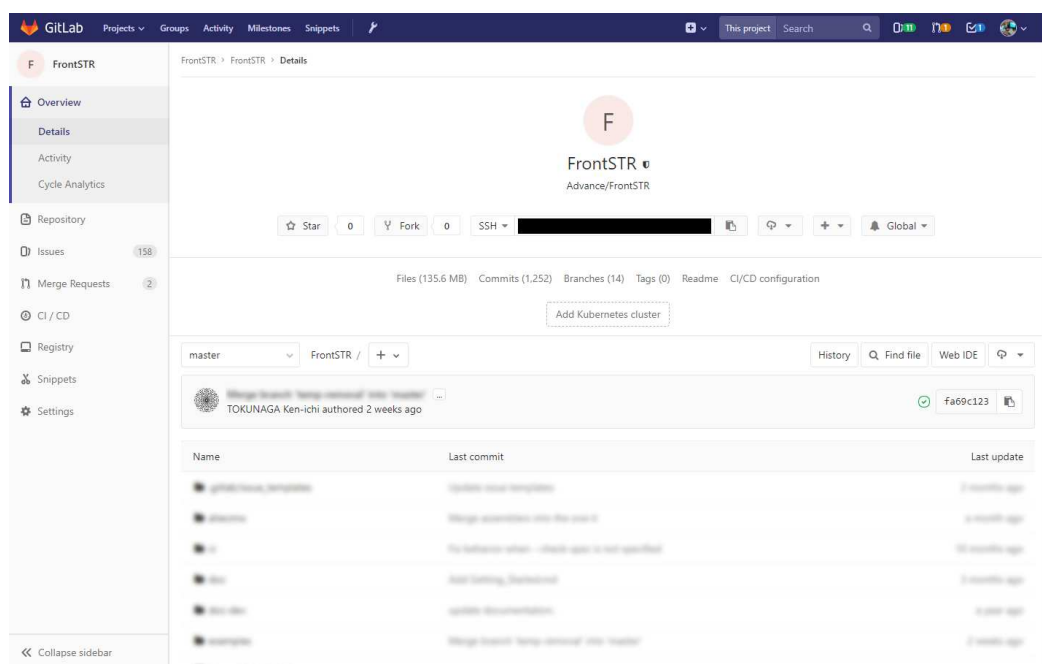
改善

- GitLab を導入し、きちんと使う
- 記憶ではなく記録として残す
- 標準的な開発環境を定義し、その環境で検証する

Git と GitLab への移行

- 2015-2017年
- 全社的な波に合わせて
- とりあえずソースコードをブラウザでも見られるように、git svn でポーリングして git push する仕組みを作った（人間は Subversion で checkout, commit する）
- 昨秋の 5.2 リリースで Git に完全移行

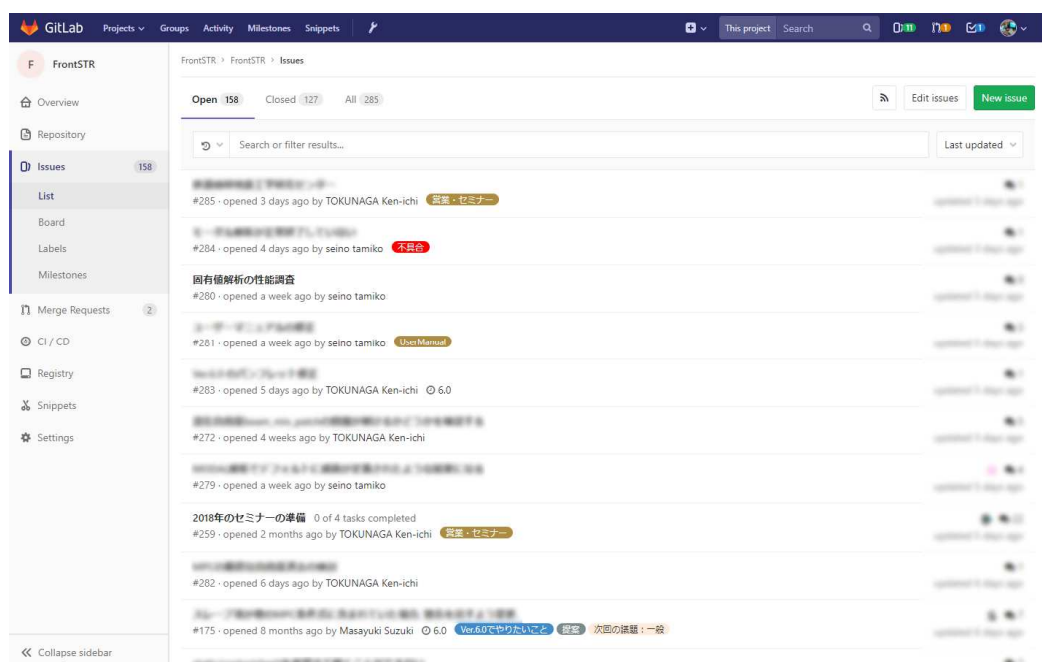
GitLab のプロジェクトのメイン画面



開発会議の実施

- 2016 年から
- 最初は紙の資料を印刷して持ち込んでいたが、いつからか GitLab の Issues を見ながら議論するようになった
- Issue の使い方はレベルが高くないかもしれないが
 - 長い目で見るということで...
(登録前の検索、適当な頻度で更新、ラベル付け、分ける、閉じる)
- 副次的な効果として、メンバーが関与する別のプロジェクトでも、「ただのソースコード置き場」からステップアップした使い方をするように

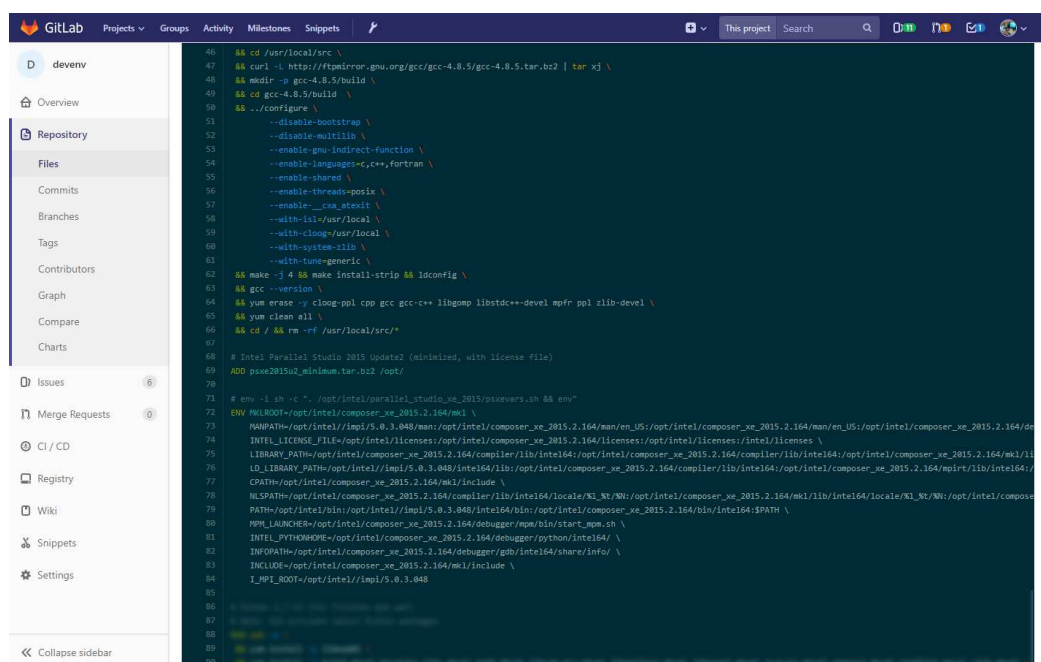
Issues での議論



開発環境の標準化

- 2016 年ごろ
- コンパイラやライブラリのバージョン: Docker でコンテナ化
 - 全社のマシンは管理者権限がないので難しい
 - 各メンバーも残念ながら専従ではない
 - メンバー共有マシンも認証や管理のコストが...
 - とりあえず、開発環境全部入りの Docker image を作成した (Dockerfile は 300 行くらい)
- コンパイルオプションを含むビルドの自動化: waf
 - もう少し人気が出ると思っていたが...
 - いずれ CMake に変更するかも

Dockerfile の一部



```

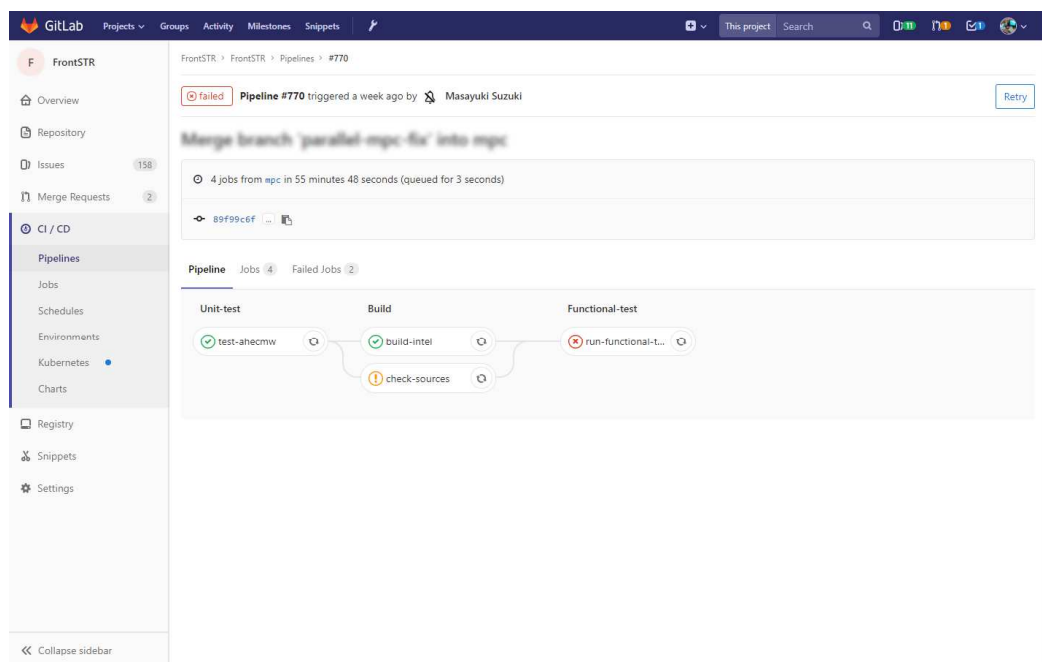
46 $&& cd /usr/local/src \
47 $&& curl -L http://ftpmirror.gnu.org/gcc/gcc-4.8.5/gcc-4.8.5.tar.bz2 | tar xj \
48 $&& mkdir -p gcc-4.8.5/build \
49 $&& cd gcc-4.8.5/build \
50 $&& ./configure \
51 --disable-bootstrap \
52 --disable-multilib \
53 --enable-gnu-linker-plugin \
54 --enable-languages=c,c++,fortran \
55 --enable-shared \
56 --enable-threads-posix \
57 --enable___cxa_atexit \
58 --with-isl=/usr/local \
59 --with-cloog=/usr/local \
60 --with-system-ldlib \
61 --with-tune=generic \
62 $&& make -j 4 $&& make install-strip $&& ldconfig \
63 $&& gcc --version \
64 $&& yum erase -y cloog-ppl cpp gcc gcc-c++ libgomp libstdc++-devel mpfr ppl zlib-devel \
65 $&& yum clean all \
66 $&& cd / $&& rm -rf /usr/local/src/*
67
68 # Intel Parallel Studio 2015 update2 (minimized, with license file)
69 ADD psxe201502_minimum.tar.bz2 /opt/
70
71 # env -i sh -c ". /opt/intel/parallel_studio_xe_2015/psxevars.sh $&& env"
72 ENV MKLRROOT=/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl \
73 MANPATH=/opt/intel/imp/5.0.3.048/man:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/man/en_US:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/man/en_US:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/man/en_US:/opt/intel/licenses:/opt/intel/licenses \
74 INTEL_LICENSE_FILE=/opt/intel/licenses:/opt/intel/licenses:/opt/intel/licenses:/opt/intel/licenses \
75 LIBRARY_PATH=/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/compiler/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/compiler/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64 \
76 CPATH=/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/include \
77 HELSPATH=/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/compiler/lib/intel64/local/x86_64/mkl:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64/local/x86_64/mkl:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64/local/x86_64/mkl:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/lib/intel64/local/x86_64/mkl \
78 PATH=/opt/intel/bin:/opt/intel/imp/5.0.3.048/intel64/bin:/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/bin/intel64:$PATH \
79 MPIL_LAUNCHER=/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/debugger/mpm/bin/start_mpm.sh \
80 INTEL_PYTHONHOME=/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/debugger/python/intel64/ \
81 INSPATH=/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/debugger/gdb/intel64/share/info/ \
82 INCLUDE=/opt/intel/composer_xe_2015.2.164/mkl/include \
83 I_MPI_ROOT=/opt/intel/imp/5.0.3.048
84
85
86
87
88
89
90

```

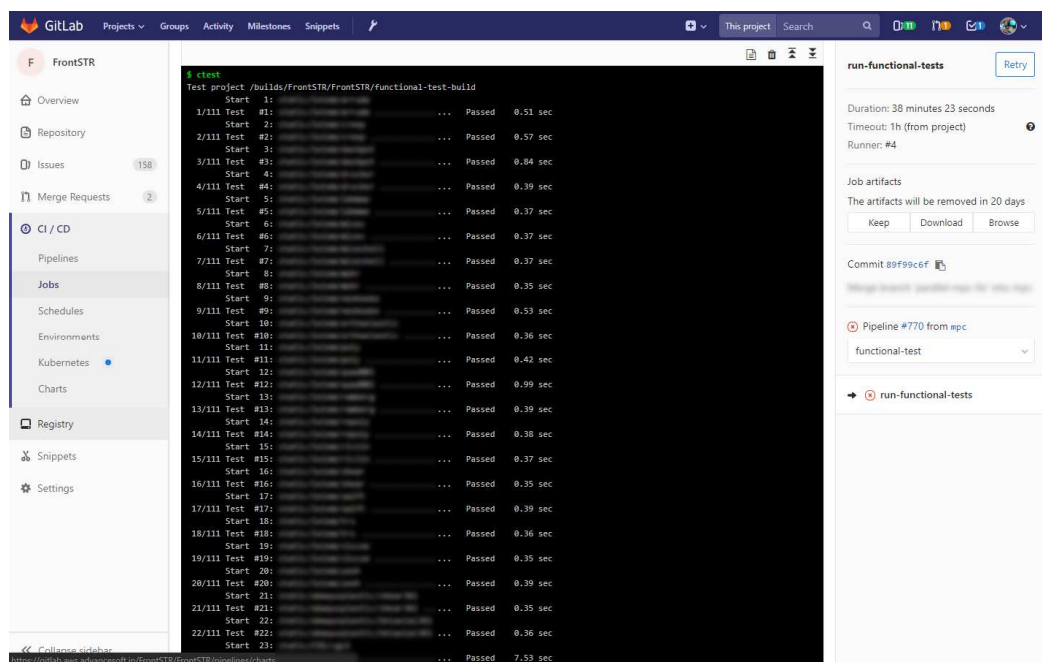
CI の導入

- 2017 年から
- FrontISTR 時代からあるものを含めて約 300 の例題で検証
 - これは目 grep のときと変わらない
 - ブランチへのプッシュ後に自動実行される(進歩)
 - 主要な値は丸め誤差程度かをスクリプトで評価(進歩)
- 逐次計算の静解析(要素や物性)に偏っているのが課題
- 私見だが、速度や並列性能評価は節目で十分
 - CI のために贅沢なサーバーを用意する必要はない

CIの結果概要



CIの結果詳細



船舶の居室の振動解析

第1事業部 第2部 加藤国男

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー
2018年6月5日（火）
アドバンスソフト株式会社

1. 背景

- 2014年IMO(国際海上機構)にて、「船員の健康保持のため、船内騒音コード」が議決され、船舶の機関室等から発生する騒音による船室で一定以下に抑えるよう要請された。
- 2017年7月1日より、船内騒音コードが新造船に適用され、試運転時第三者(日本の場合:日本海事協会)が騒音値を計測し、騒音検査記録簿に記載し、騒音検査記録簿を船内に保管するようになっております。

2. 解析の目的

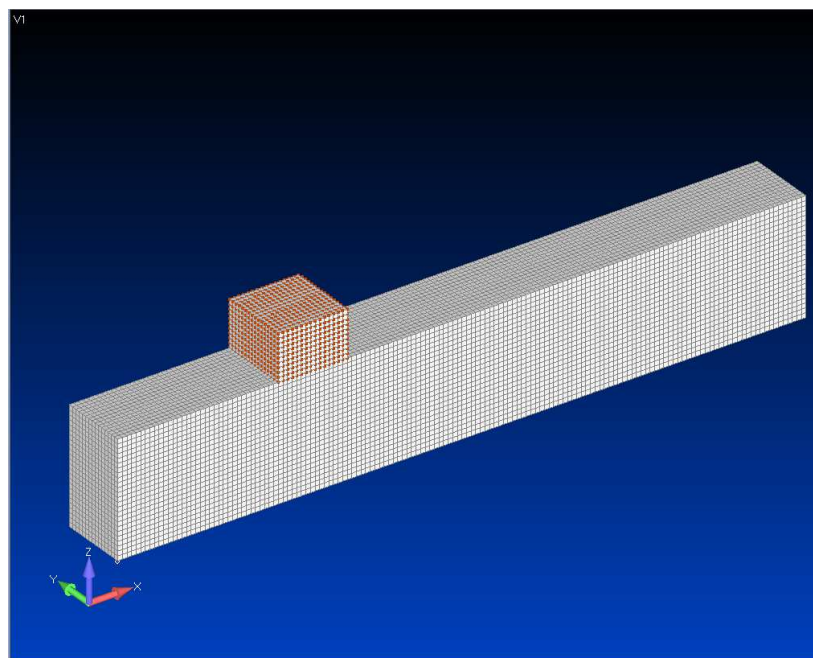
- 船舶の基本設計(船型図、一般配置図、鋼材配置図、メインエンジン仕様等)終了時に、メインエンジンのより起動する船室等の床、壁、天井の振動を動的振動解析にて算出する。
- 振動解析の結果を起振力として、音響解析にて船室等の騒音を算出し、IMO基準をクリアーしているか確認する。
- クリアーしていない場合は、鋼材配置を検討する。例えば、機関台／フレーム／ガーダー等の補強、船室の防音対策の検討等

3. 船室の床、壁、天井の振動解析

3-1 振動解析条件

- 実船での解析は顧客の承認を得るのが困難であったので、簡単な箱船で解析
- 船舶のメインエンジンは1500r.p.m.くらいの回転数で、これは25Hzである。振動は、 $25\text{Hz} \times n$ (n は整数)くらいで騒音が出てくるとして、 $n=1, 20$ でピークを持たせる。すなわち、音源は、 $q(t)=\sin(50\pi t)+\sin(100\pi t)+\dots+\sin(1000\pi t)$ とする。この振動をAdvance/FrontSTRで解く。1kHzまでを解析対象とする(どの音あたり)。
- 解析精度を上げるため、鋼材の減衰も考慮
- 構造解析はサイズ0.2mのシェル要素(1万節点)、 $\Delta t=1e-4$ 秒で1万タイムステップ、最後の0.1秒の着目した全壁面の解析結果を使用する。

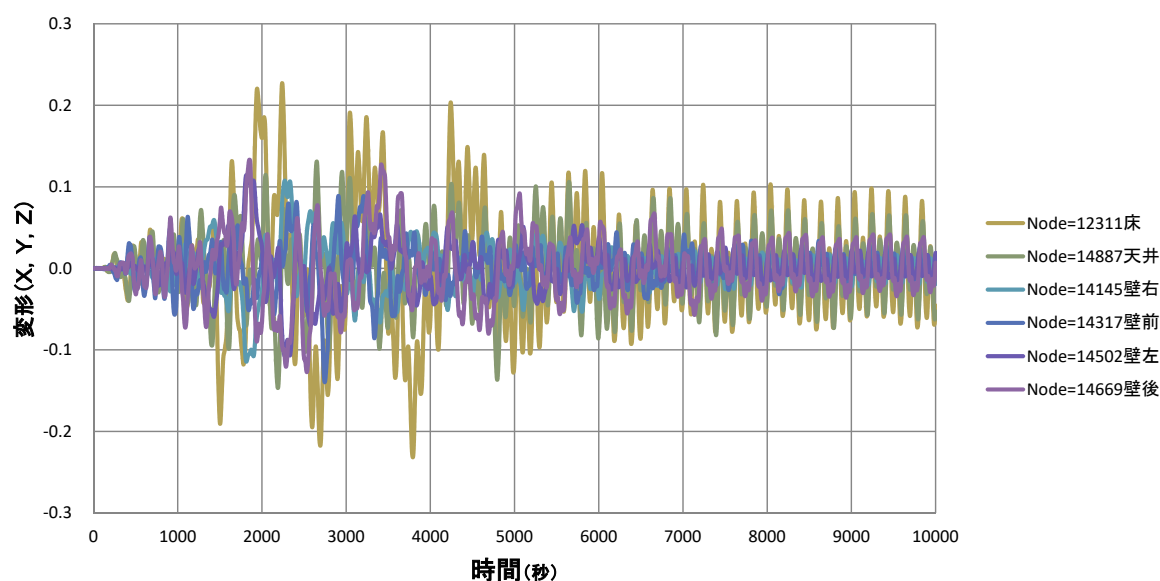
3.2 解析モデル



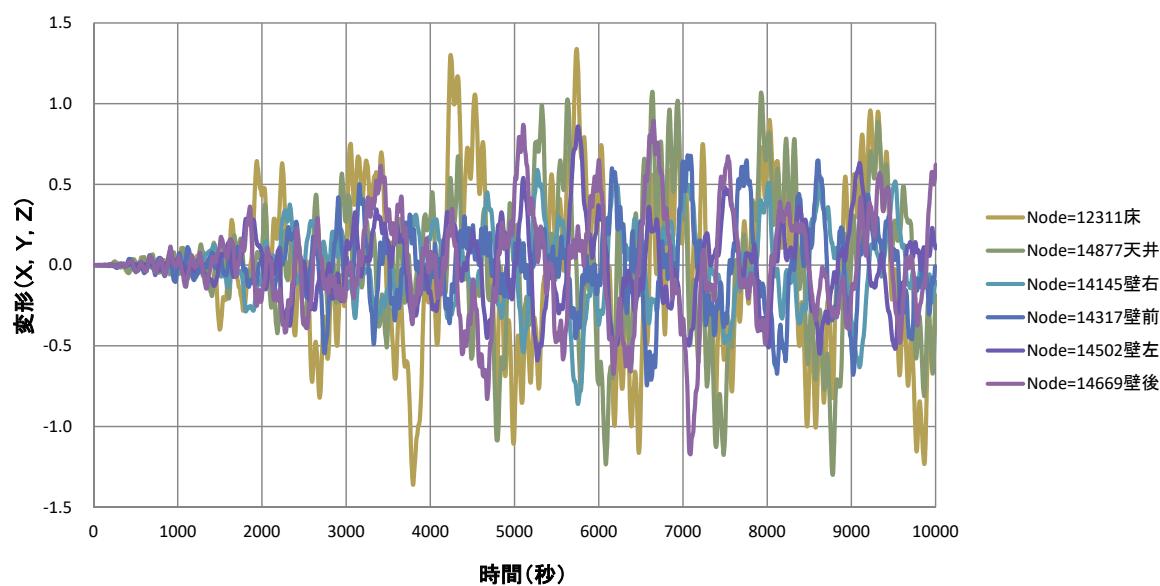
- 船体（長さ = 30m、幅 = 3m、深さ = 5m）
- 居住区（長さ = 3m、幅 = 3m、高さ = 2m）
- 四変形シェル要素（一次モード）、板厚10mm、
- ・ノード数 = 13,884
- ・エレメント数 = 13,950
- 時間 0.0秒～1.0秒、0.0001秒毎：10000ステップ
- 物性 ヤング率 = 210.0e+3 N/mm**2
- ポアソン比 = 0.3
- 密度 = 7.8e-9 g/mm**3
- 荷重 機関台分(22点) 集中荷重 500 N
- 拘束 船体下部4点
- Rayleigh減衰、 α : 質量比例減衰係数、 β : 剛性比例減衰係数
 $\alpha = 10.0$ $\beta = 1.5e-5$

3.3 振動解析結果

観測点の時系列結果(Damping)



観測点の時系列結果(NoDamping)



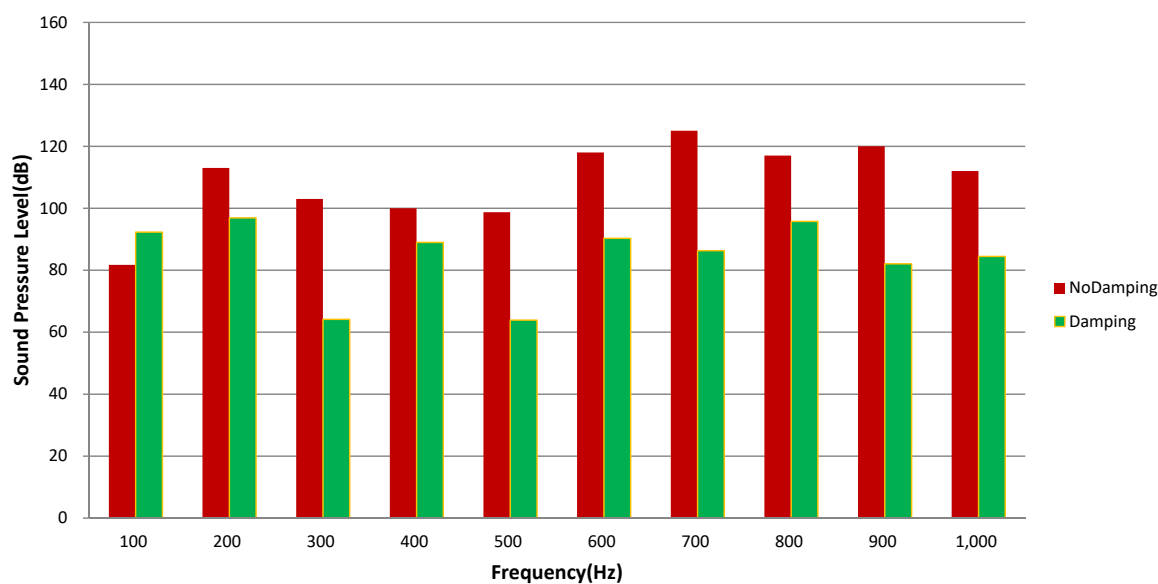
- 観測点(船室)の時系列結果は、減衰の有無でその変形は、鋼材を伝わっていく振動は、大幅に異なる。

減衰あり:-0.2m~0.2m

減衰なし:-1.2m~1.2m

4. 音響解析

居室中央部における音圧レベル



- 船室中央の音圧レベルは、周波数(Hz)により

減衰あり: 60~95 dB

減衰無し: 80~125 dB

の相違があり、実船の場合は過去の計測値を参考として鋼材の減衰係数(α 、 β)を設定すべきである。同じ鋼板でも造船所によりその工作法により若干の差がある。

まとめ

- 解析時に減衰を考慮すると、居室の天井／床／壁の変形は大幅に減少し、居室の中央の騒音も減少する。
- 騒音の国際基準—居室の基準をクリアしてない場合には、居室の内装の改良により、騒音を減少させることも可能であるが、効果は小さい。
船体構造を改良(機関台の補強、居室の梁の補強等)して、
振動を再計算し、基準をクリアすることが解析方法がFEMであるので容易にできる。
- モーダル法は構造が持っている振動的な特性(固有モード)を求める解析であり、演算時間は短縮可能であるが、居室の振動の如く、周波数の大きな解析(~1kHz)には適切ではない。

Advance/REVOCAP のご紹介

第1事業部 徳永 健一

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー
2018年6月5日（火）
アドバンスソフト株式会社

Advance/REVOCAP とは

有限要素法、有限体積法を用いた解析ソフトウェアのための汎用プリポストプロセッサです。

特に当社の解析ソフトウェアについて、専用の入力GUIを備え、解析者の手間を削減することができます。

- Advance/FrontFlow/red
- Advance/FrontSTR
- Advance/FrontFlow/MP
- Advance/FrontFlow/FOCUS
- Advance/FrontNoise

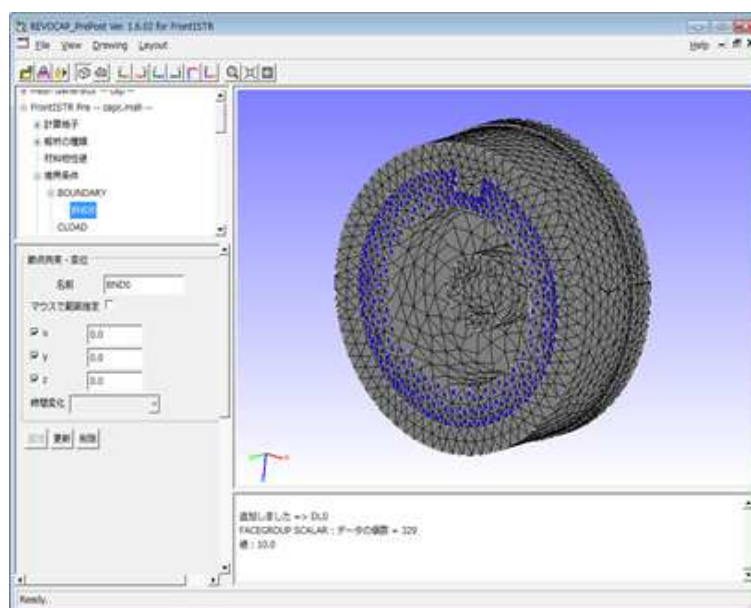
に対応しています。

国プロ版からの経緯

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。

基本機能

- メッシュ生成機能
- 境界条件設定機能
- 材料物性値編集機能
- 解析条件設定機能
- 結果可視化機能



開発経緯

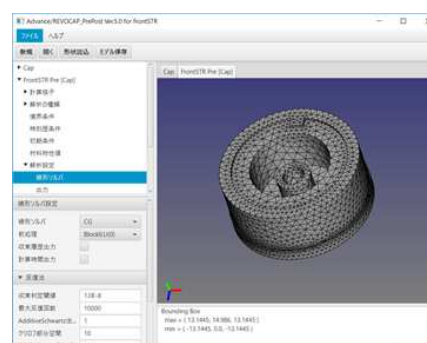
	2005 ~ 2007	2008 ~ 2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
革新プロジェクト版 REVOCAP_MESH, REVOCAP_Visual	⇒								
イノベーション プロジェクト版 REVOCAP_PrePost		⇒							
商品版 Advance/REVOCAP		Ver.2	Ver.3	Ver.3 .1	Ver.3 .2	Ver.3 .3	Ver.4 .0	Ver.4 .1	Ver.4 .2
主な機能追加		FFr 版	FSTR 版	シェ ル対 応	FOC US 版	MP 版	Nois e版	FFr 版	

Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Ver.5 の予定

- GUI の基本ライブラリを変更
- 設計を最初から見直し
- 使い勝手やデザインは現在のものを踏襲
- 入出カルーチンを高速化
- マルチプラットフォーム（Windows、Linux、Mac）

以下の説明（図）では一部 Ver.5 のものが含まれています。



Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

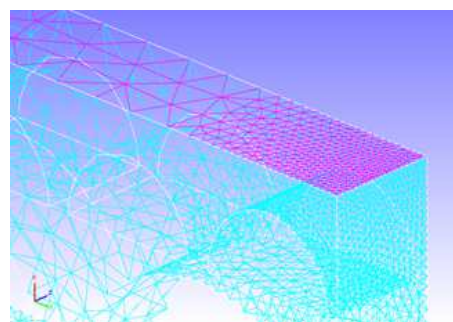
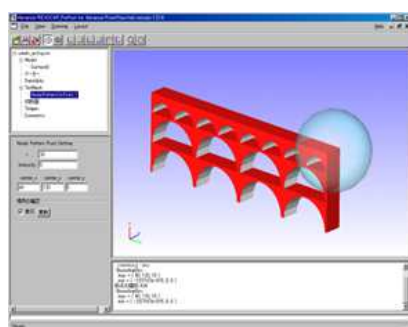
全体の操作手順（入出力）

入力	出力	データフロー	ユーザーが行う作業	備考
CADデータ		形状	形状データの読み込み	REVOCAPIには形状の作成機能はついていません
		↓	形状データの修正	ポリゴンの向き修正、隙間を埋める等
		↓	メッシュ粗密定義	
		メッシュ	メッシュ生成	
メッシュデータ		メッシュ	メッシュ読み込み	CADデータではなくメッシュデータから始める場合
		FEMモデル	境界条件設定	
		↓	解析条件設定	
	FEMモデル	↓	解析モデルの出力	
FEMモデル	解析結果ファイル	↓	解析の実行	Advance/FrontSTRを実行します
解析結果ファイル		解析結果	結果ファイルの読み込み	
		解析結果	結果の可視化	画面上に表示

Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

メッシュ生成

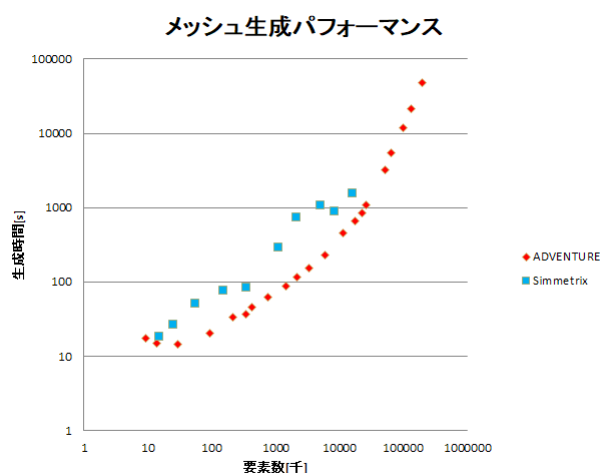
- 形状データから自動的に四面体要素のメッシュを生成します
- メッシュ生成エンジン
 - ADVENTURE_TetMesh
 - Simmetrix
- 粗密制御機能
 - 場所の指定（球の内部、円柱の内部など）
 - 倍率の指定（周りの要素に対する比）



Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

メッシュ生成の性能

- PC上で最大2億要素弱のメッシュが生成できる（64GBメモリ搭載マシンで）
- 1000万要素なら10分程度で生成できる
 - Windows7 64bit Corei7 3.6GHz

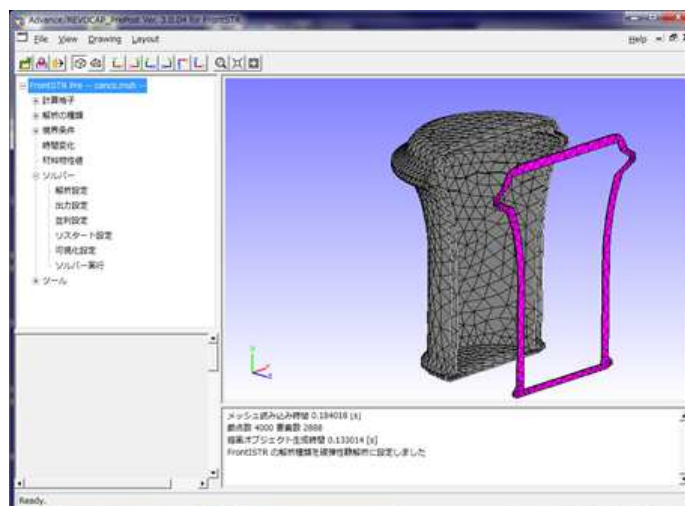


Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

メッシュの読み込み

Advance/REVOCAP は読み込んだメッシュを自動的に角度を閾値に面を分割します。メッシュデータを読み込む場合は、四面体だけではなく、六面体、三角柱、四角錐を含めたメッシュに対応しています。

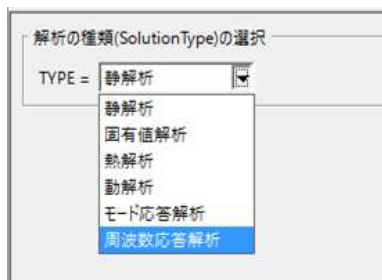
3D表示画面上で境界面をマウスでつかむようなインターフェイスを採用しています。



Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

FrontSTR の解析の種類を選択

- 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、周波数応答解析から選択
 - 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
 - ステップごとに非線形解析の反復回数を指定します
 - ステップごとの有効な境界条件の設定を行います

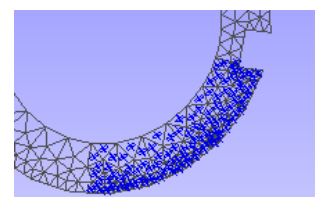
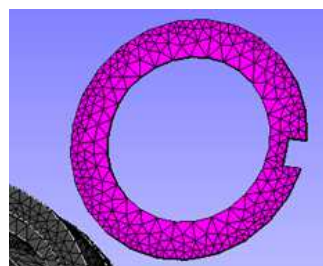
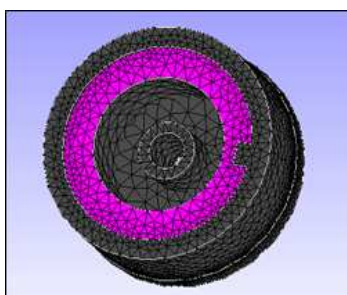


Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

FrontSTR の境界条件設定

Advance/REVOCAPAdvance/ では以下のように境界条件を与えることができます。

- 分割された面に境界条件を与える
- マウスで選択した範囲に境界条件を与える
- 球または直方体で与えられた範囲に境界条件を与える

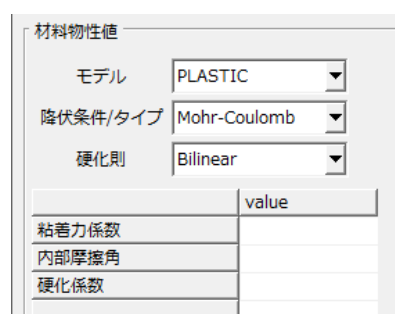


Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

FrontSTR の材料物性値設定

Advance/REVOCAP では材料データベースが備わっています。
 以下のようにして材料の定義を行います。

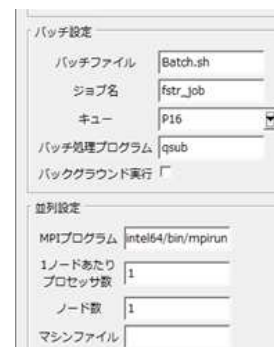
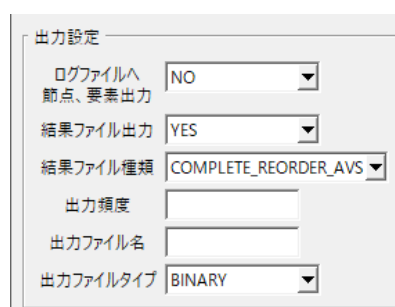
- 材料物性値をデータベースに登録する
- 材料物性値を領域に割り当てる



FrontSTR の解析条件設定

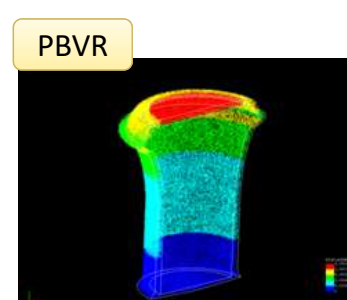
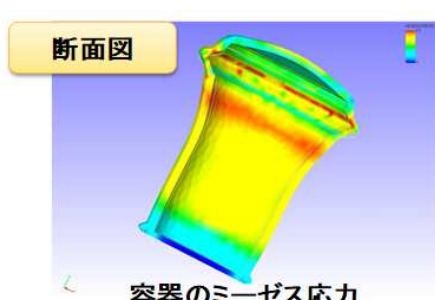
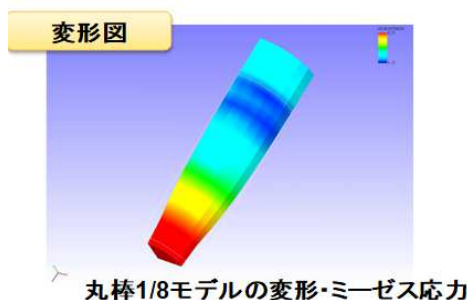
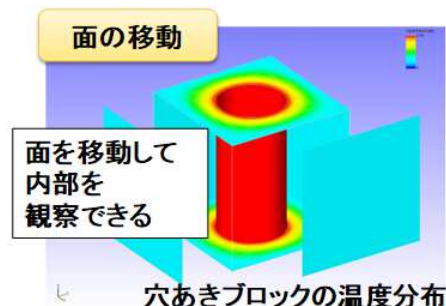
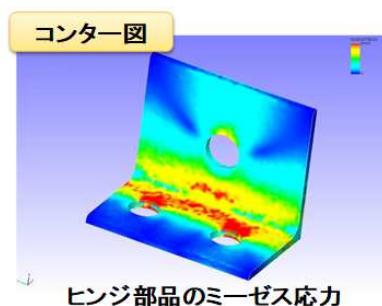
その他の解析に必要なパラメータの設定を行います。

- 行列ソルバの設定をする
- 計算環境に応じたジョブスクリプトを自動的に生成する



結果の可視化

- コンター図
- 面の移動
- 変形図
- 断面図
- PBVR



Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

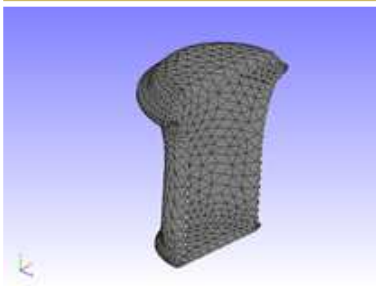
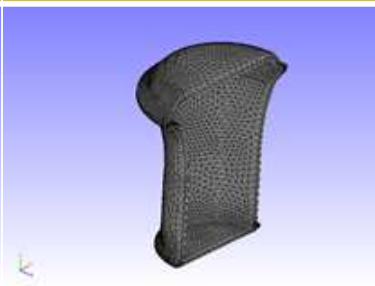
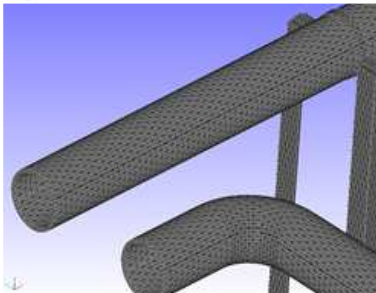
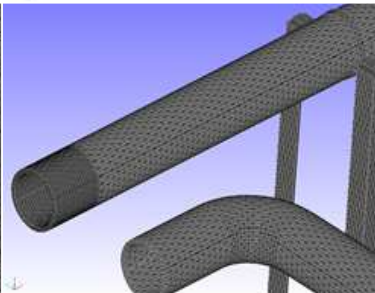
Advance/REVOAP Ver.5 スペック

項目	内容
動作環境	Windows 10 (64bit), Redhat Enterprise Linux 6 以上(64bit)
形状モデル読み込み	IGES(5.3), STEP, STL, OFF
メッシュ生成	四面体自動メッシュ生成, 2次要素, 粗密制御
計算格子読み込み	HECMW形式 (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
境界条件設定	節点拘束、集中荷重、分布荷重、接触、温度、熱流束、熱伝達
解析条件設定	材料物性値 (簡易データベース)、ステップ解析、出力設定、ソルバー設定
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、プログラマブルシェーダー
推奨PCスペック	メインメモリ4GB以上 (大規模モデルを扱う場合は64GB以上)、ビデオメモリ500MB以上 (大規模モデルを扱う場合は2GB以上)

Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Advance/REVOCAP_Refiner

FEMモデルの細分化を行うツール、ライブラリです。

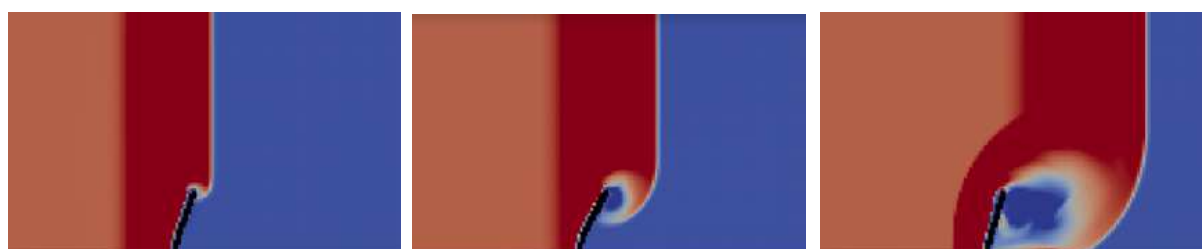
オリジナル	細分後	備考
		<p>解析ソフトに組み込んで、要素を細分する</p>
		<p>外部ツールとして利用する場合は局所細分に対応している</p>

Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Advance/REVOCAP_Legato

– 双方向連成解析エンジン

- 非構造格子FEM（Advance/FrontSTR）と構造格子系の流体解析ソフトウェア（Advance/FrontFlow/FOCUS）の双方向連成解析を実現します。

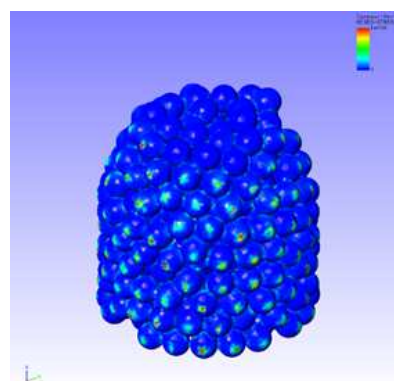


Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

Advance/REVOCAP_PorousModeler

－ 微細構造モデリングツール

- 多孔質体、繊維、粉体などを、そのままの構造でFEMなどで解析するためのメッシュを作成します。
- 複雑形状の内部への粉体充填構造のメッシュ作成も可能です。



固有値解析の手順(1)

Ver.5 の画面で解析の手順を説明します。

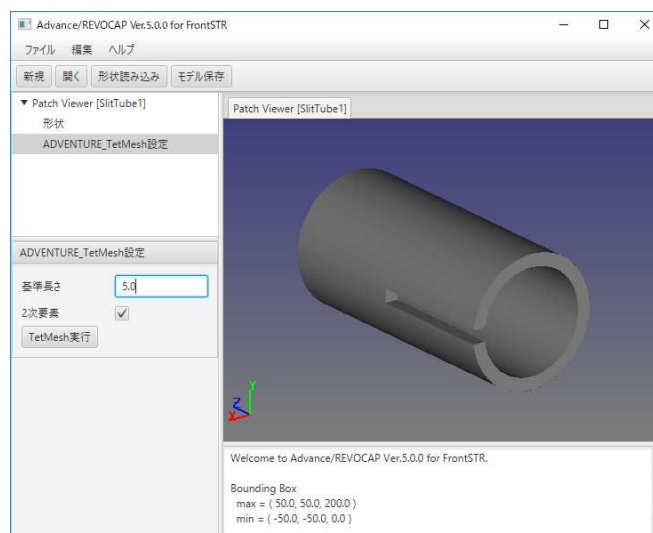
解析概要

項目	内容
形状	スリットの入ったパイプ形状
材料物性値	アルミ
境界条件	パイプの一端を固定
固有値解析	6固有値出力

固有値解析の手順(2)

– 形状の読み込み

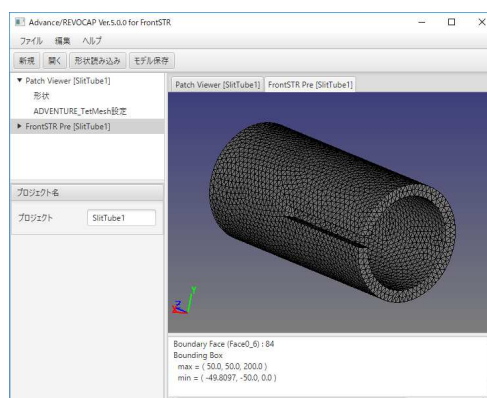
- 形状データを読み込みます



固有値解析の手順(3)

– メッシュの作成

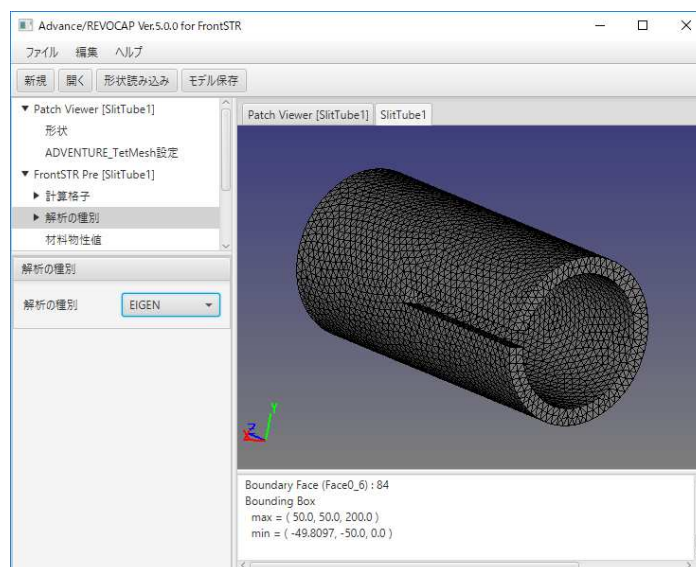
- メッシュ生成 ADVENTURE_TetMesh の設定画面に移動します
- 基準長さを 5.0 (パイプ厚の1/2程度)
- 2次要素の設定を有効にします
- 実行して成功するとメッシュが表示されます



固有値解析の手順(4)

– 解析の種類

- 固有値解析を選択します

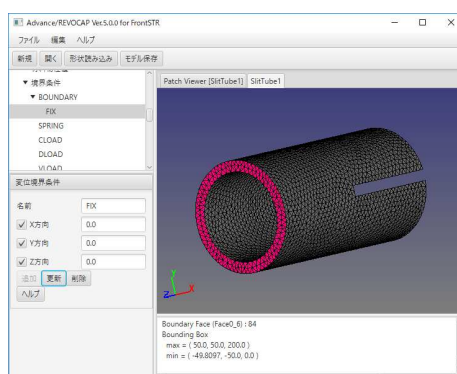


Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

固有値解析の手順(5)

– 境界条件の設定

- パイプの端の面を選択します
 - BOUNDARY 境界条件の設定画面に移動します
 - 全ての方向を 0 で拘束します
 - 名前を付けて追加ボタンを押します
- ステップ解析でこの境界条件を有効にします

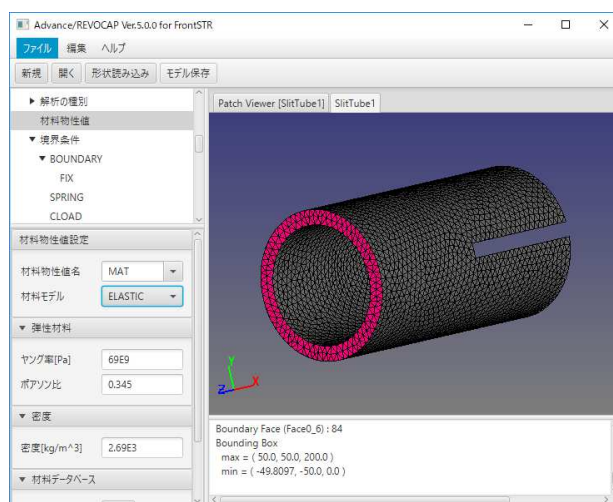


Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

固有値解析の手順(6)

– 材料物性値の設定

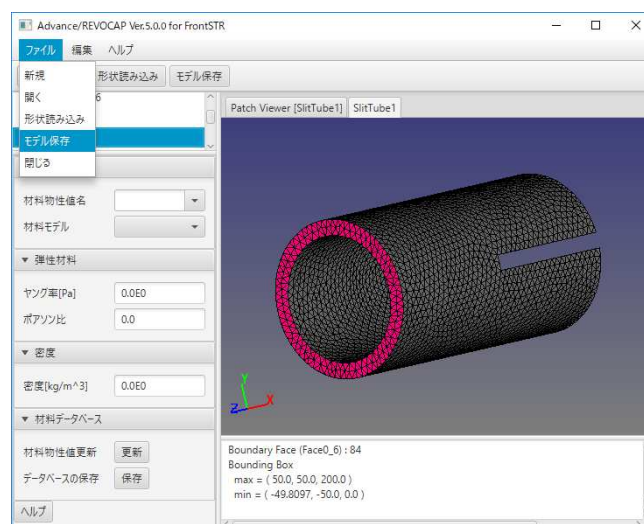
- データベースで材料物性値の値を編集します
- メッシュの設定画面で、領域に材料を割り当てます



固有値解析の手順(7)

– 解析モデルの出力

- フォルダーを選択してモデルを出力します



固有値解析の手順(8)

解析の実行

- 出力したフォルダーの中身一式を計算サーバーに移動します
- 計算サーバーの端末で実行します

```
$ fstr
```

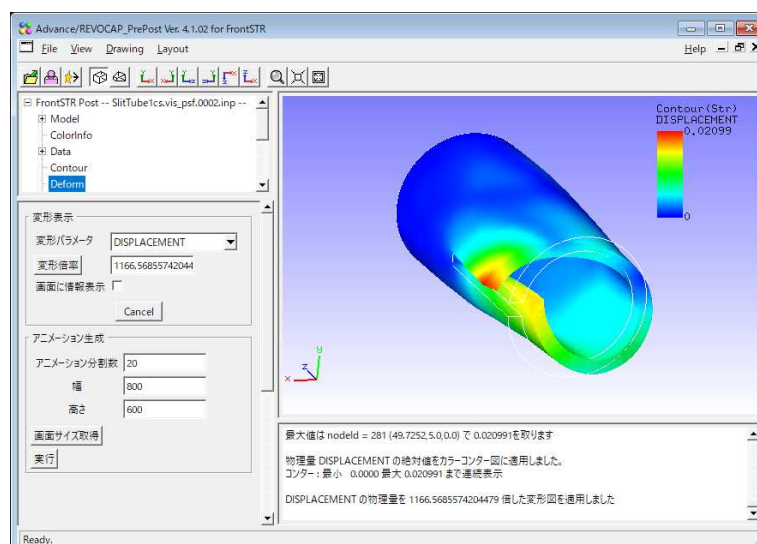
並列計算をする場合は以下のようにします。

```
$ mpirun -np 8 fstr
```

いずれの場合も、共用計算機で実行する場合は、スケジューラなどの運用に従ってください。

固有値解析の手順(9)

- 結果の可視化(※この画面は Ver.4 です)
 - 計算サーバーから計算結果を移動します
 - コンター図と変形図を作図します



終わりに

ご清聴ありがとうございました。

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

お問い合わせ先: ご担当営業まで
TEL:03-6826-3971 FAX:03-5283-6580
E-mail:office@advancesoft.jp

動作環境

- ✓ Advance/FrontSTR
対応OS
 - ・ RedHat Enterprise Linux6 (64bit)以上計算機: デスクトップPC、PCクラスタ
- ✓ Advance/REVOCAP for FrontSTR
対応OS
 - ・ Windows 7、Windows 10(32 bit、64 bit 環境対応)
- ✓ Cube-it FEA、Pro
対応OS
 - ・ Windows7、Windows 10(32bit、64bit)
 - ・ RedHat Enterprise Linux 64bit
- ✓ ParaView
対応OS
 - ・ Windows7、Windows 10(32bit、64bit環境対応)※上記以外の環境で御検討の場合はご相談ください

動作環境

外部スパコンでご利用される場合

- ・FOCUSスパコン
 - * 計算科学振興財団様所有及び利用申請先
- ・地球シミュレータ(大規模共有メモリシステム UV2000)
 - * 海洋研究開発機構様所有及び利用申請先
- ・スーパーコンピュータ「京」
 - * 理化学研究所様所有、高度情報科学技術研究機構様利用申請先)

アドバンスソフトの開発・解析サービス

お客さまのご要望に応じて科学技術計算ソフトウェアの
新規開発、機能追加、受託解析等のサービスを行ないます。

例えば解析業務の場合



1. 流体・構造・ナノ関連など幅広い分野のソフトウェアを開発し、解析経験豊富な技術者がお客さまのご要望をお伺い致します。

2. 最適な解析方法をご提案し、見積仕様書を作成致します。

3. 解析内容、納期、料金等、お客さまのご了承が得られましたら、作業を実施致します。

4. 解析結果の可視化をはじめ、評価や考察を行ない、報告書を作成致します。





Advance/FrontSTR、Advance/REVOCAP は、東京大学生産技術研究所革新的シミュレーション研究センターが実施した文部科学省次世代 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」プロジェクトおよび「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」プロジェクトの成果（ソフトウェア）をアドバンスソフトが商品化したものです。アドバンスソフトはこれらのプロジェクトに参加しソフトウェアの開発を担当しましたが、その成果を独自に改良して商用パッケージソフトウェアとし、販売保守を行っております。

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。