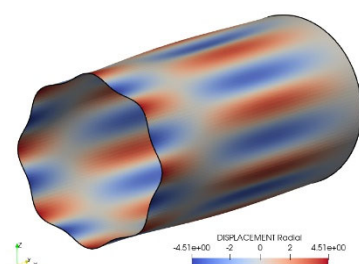


# オンラインセミナー 構造解析ソフトウェア Advance / FrontSTR 最新動向

2023年10月30日(月)開催

## プログラム

1.	アドバンスソフト株式会社のご紹介 主催者あいさつ .....	1
2.	Advance/FrontSTR のご紹介とバージョンアップの予定 .....	5
3.	地盤材料構成モデルの修正 Cam-Clay モデルを利用した事例紹介 .....	13
4.	座屈機能の事例紹介 .....	21
5.	Advance/FrontSTR の熱伝導解析事例 .....	27
6.	Advance/FrontSTR 並列解析手順のデモ .....	37
7.	構造音響弱連成について .....	41
8.	ParaView による大規模可視化 .....	53
9.	構造解析受託解析のご紹介 .....	63
10.	汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP_PrePost のご紹介 .....	67
11.	関連サービスのご紹介 .....	77





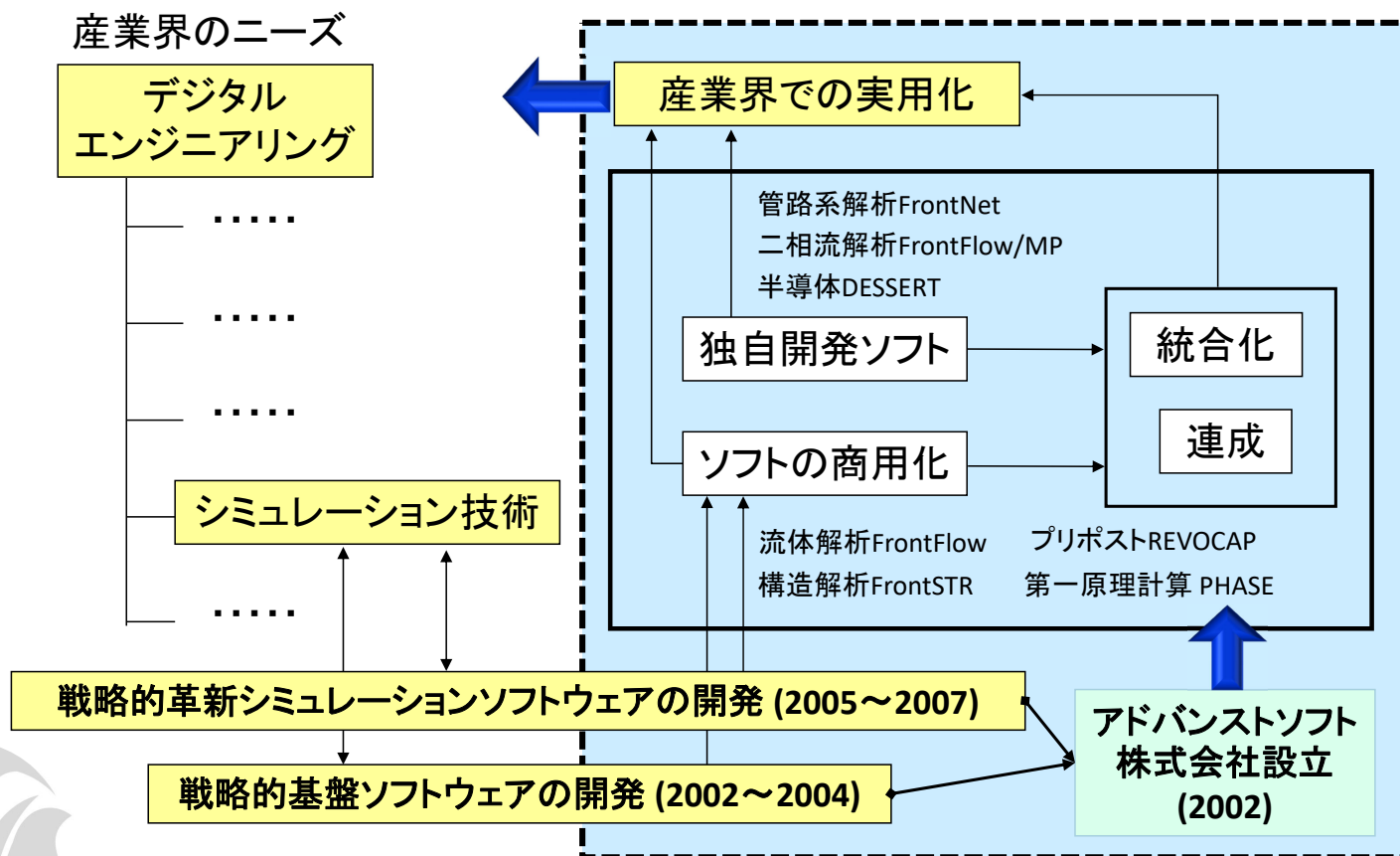
# アドバンスソフト株式会社のご紹介

## 構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR 最新動向セミナー

2023年10月30日（月）開催

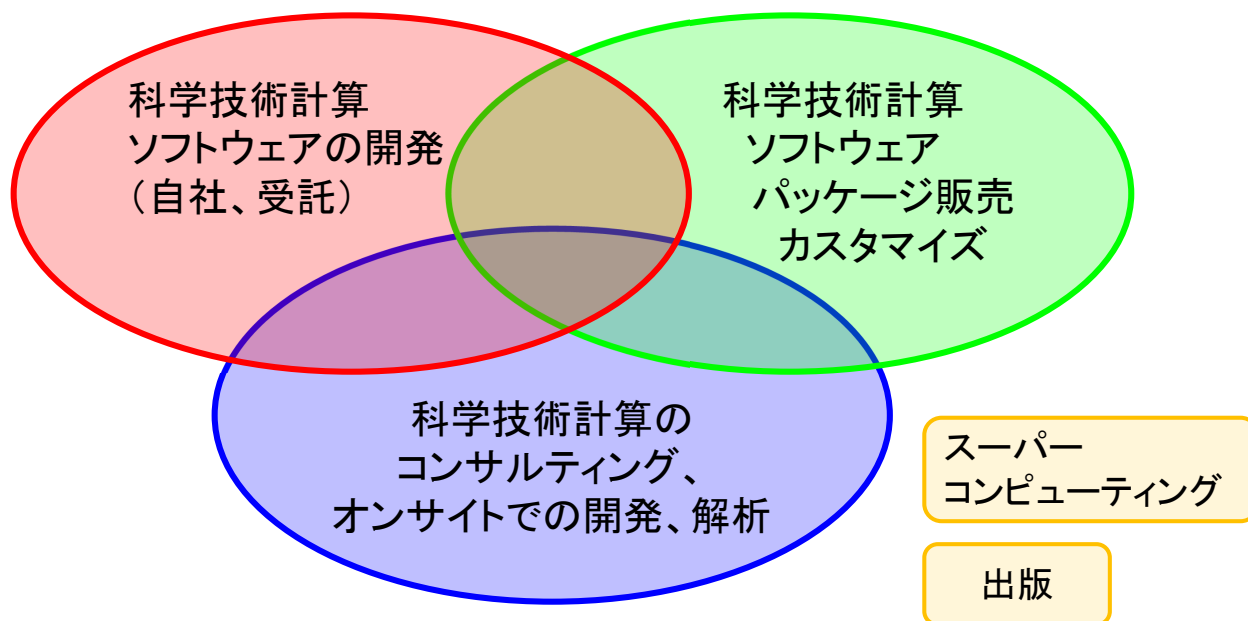
アドバンスソフト株式会社

# アドバンスソフトとは



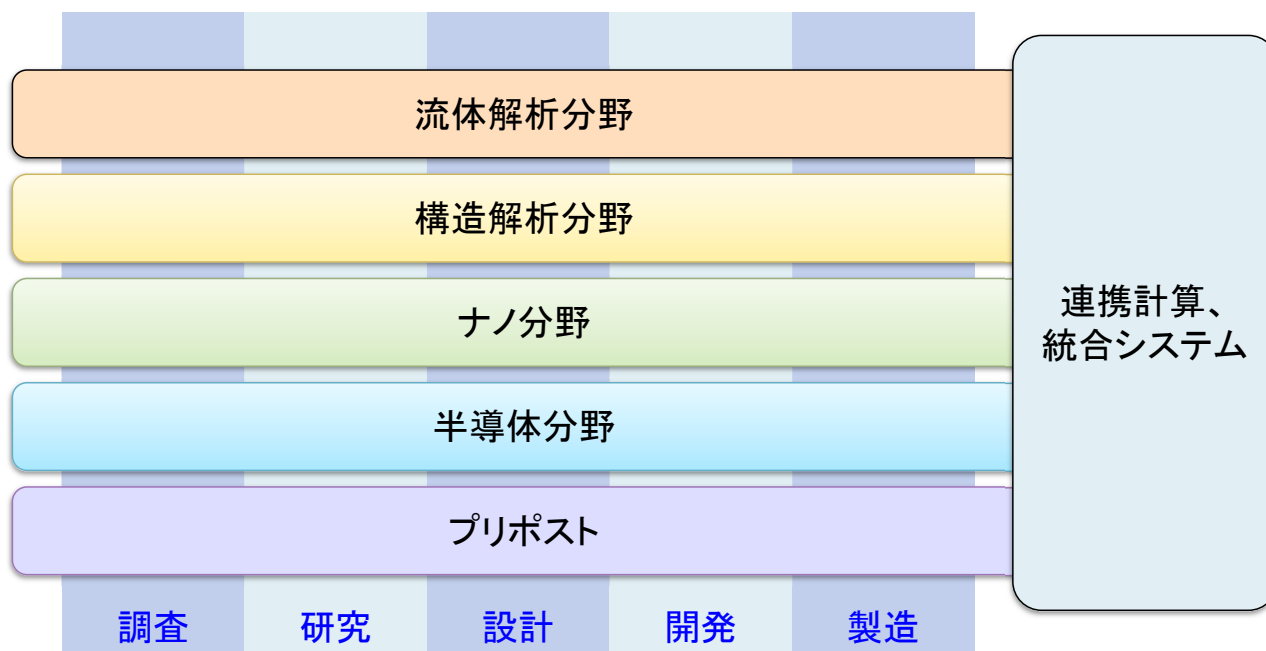
# 事業内容

## 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。

# ソフトウェアご紹介

<p>第一原理計算ソフトウェア <b>Advance/PHASE</b></p> <p>密度汎関数理論に基づき、物質の性質を原子・分子レベルから解析する第一原理計算ソフトウェアです。</p>	<p>ナノ材料 GUI 付属</p> <p>ナノ材料解析統合 GUI <b>Advance/NanoLabo</b></p> <p>材料解析ソフトウェア QuantumESPRESSO と LAMMPS に対応した統合 GUI です。</p>	<p>流体解析ソフトウェア <b>Advance/FrontFlow/red</b></p> <p>非圧縮性から圧縮性流れまで、広範囲で複雑な流れに対応した汎用 3 次元流体解析ソフトウェアです。</p>	<p>流体</p> <p>圧縮性流体解析ソルバー <b>Advance/FOCUS-i</b></p> <p>非構造格子に対応した圧縮性流体解析ソルバーです。特に遷音速や超音速の流れに適しており、高い並列化効率で計算出来ます。</p>
<p>大規模 3 次元 TCAD システム <b>Advance/TCAD</b></p> <p>超微細半導体デバイスからパワーデバイスまで、高度な機能と使いやすい GUI を備えた 3 次元 TCAD システムです。</p>	<p>半導体デバイス GUI 付属</p> <p>ニューラルネットワーク分子動力学システム <b>Advance/NeuralMD</b></p> <p>Neural Network Potential に基づいた分子動力学のソフトウェアです。第一原理計算の結果を教師データとして分子力場を作成します。</p>	<p>流体</p> <p>気液二相流解析ソフトウェア <b>Advance/FrontFlow/MP</b></p> <p>沸騰と凝縮を伴う気液二相流の流動特性や伝熱特性を 3 次元で解析するソフトウェアです。</p>	<p>流体</p> <p>管路系流体過渡解析ソフトウェア <b>Advance/FrontNet</b></p> <p>配管や流体機器から成る管路系内流体に対する 1 次元過渡解析の実用的なソフトウェアです。</p>
<p>大規模電磁波解析ソフトウェア <b>Advance/ParallelWave</b></p> <p>マクスウェル方程式を FDTD 法で 3 次元的に解く電磁波解析ソフトウェアです。アンテナの電波解析から光の干渉や回折を考慮した光波解析まで幅広く適用できます。</p>	<p>光波・電磁波</p> <p>構造解析ソフトウェア <b>Advance/FrontSTR</b></p> <p>固体の変形や熱伝導を、有限要素法を用いた 3 次元で解析するソフトウェアです。</p>	<p>流体</p> <p>大気拡散影響予測システム <b>Advance/Emerg</b></p> <p>大気拡散物質の挙動予測と影響評価のためのソフトウェアシステムです。</p>	<p>AI・機械学習</p> <p>深層学習用ツール <b>Advance/iMacLe</b></p> <p>機械学習のうち、ニューラルネットワークによる深層学習に特化、最小限の機能に絞込んだ比較的軽いツールです。</p>
<p>汎用プリポストプロセッサ <b>Advance/REVOCAP</b></p> <p>解析の一連の流れをスムーズに行う事を実現した汎用プリポストプロセッサです。</p>	<p>プリポスト</p> <p>音響解析ソフトウェア <b>Advance/FrontNoise</b></p> <p>環境騒音、機器内の共振等における音場を有限要素法を用いた 3 次元で解析するソフトウェアです。</p>	<p>自社による開発 (国プロ含む) 開発チームによる質の高いサポートサービス カスタマイズや機能追加も応相談 並列数無制限 (追加料金なし)</p>	

# ソフトウェアの解析事例

解析事例Webページをご覧ください。

アドバンスソフト 事例集

検索

<http://case.advancesoft.jp>

- ソフトウェア名からだけでなく、産業分野別、解析分野別の検索が可能となりました。
- 最新の事例を掲載しました。今後も逐次最新事例を紹介します。

産業分野別	解析分野別
自動車・運輸	流体
材料・化学	爆発・燃焼
産業機械	構造
航空宇宙	振動音響
エレクトロニクス	ナノ・バイオ
建設土木	プリポスト
原子力	半導体デバイス
エネルギー	光・電磁波
環境・防災	

# 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 紹介とバージョンアップの予定

第2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  
2023年10月30日（月）  
アドバンスソフト株式会社

## Advance/FrontSTRの開発経緯

- 2005～2007年度：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>)

<a href="#">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</a>	FrontSTR HEC-MW	FrontSTR hecmw-PC-Cluster	・ 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年度：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/>)

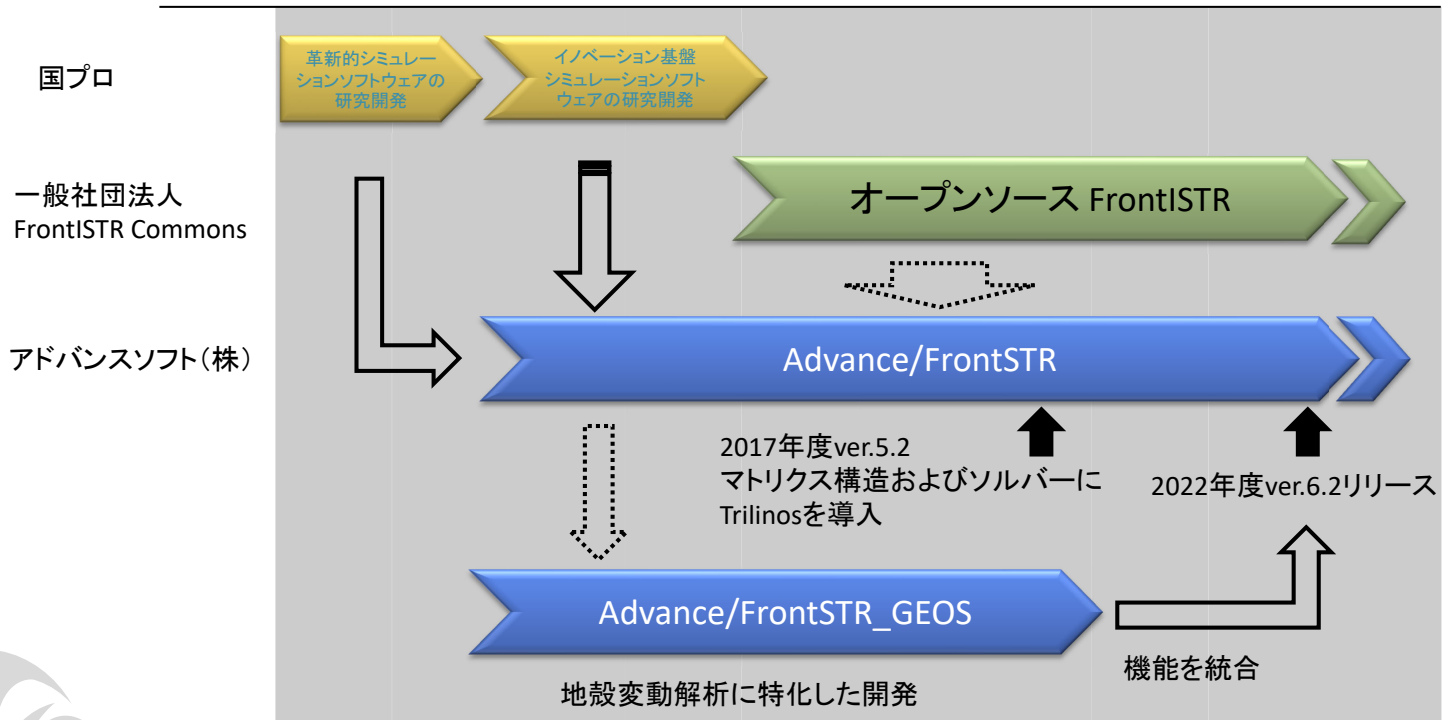
- ・ 非線形(材質非線形、幾何非線形、接触非線形)
- ・ 周波数応答解析
- ・ アセンブリ機能、リファイナー機能(REVOCAPを使用)

現時点のAFSTR

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

# Advance/FrontSTRの開発経緯

年度 2005 2007 2009 2011 2013 2015 2017 2019 2021 2023



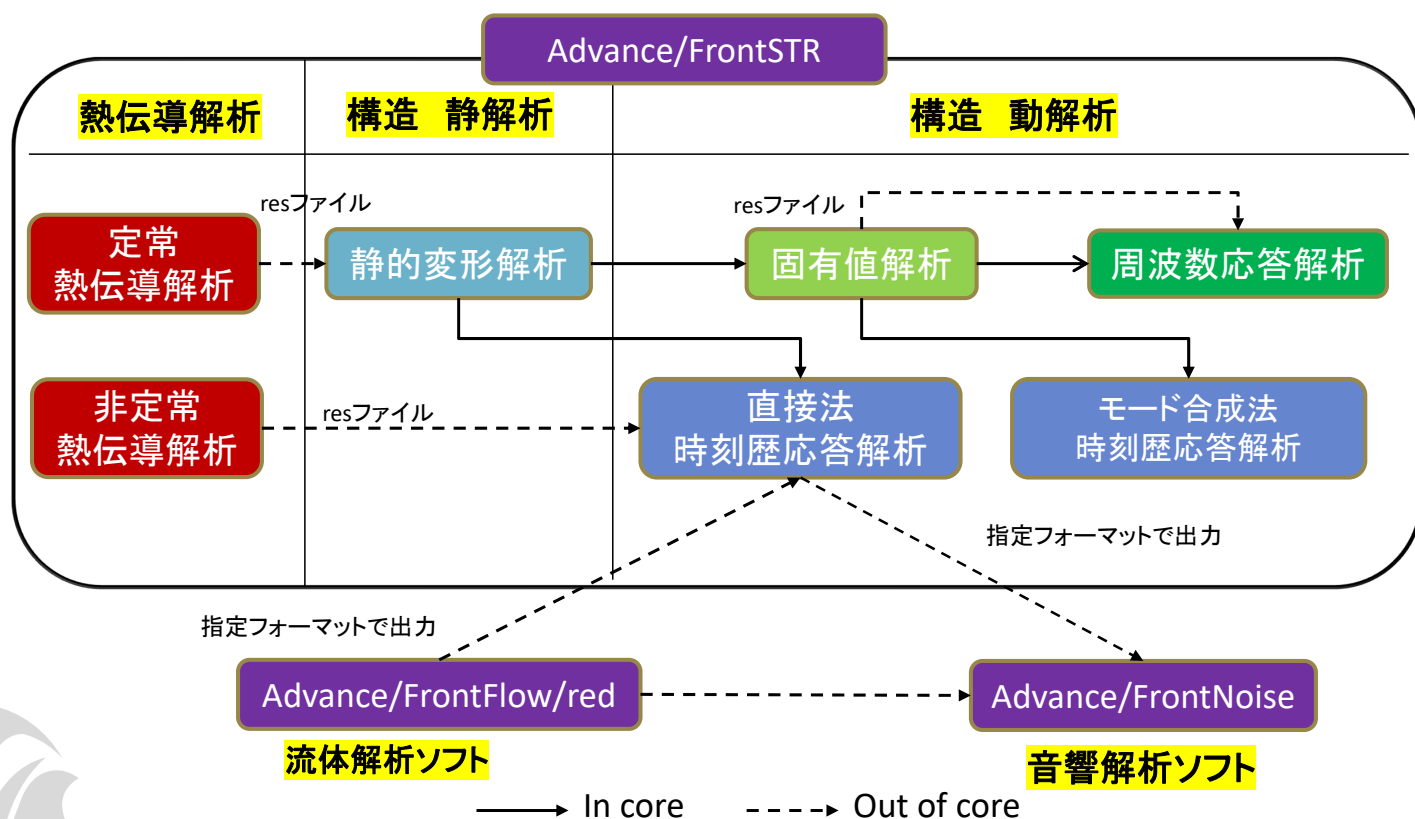
# Advance/FrontSTRのリリース履歴

Version	リリース日	主な機能
Ver.2.0	2007年1月	Advance版のリリース、MPC条件
Ver.3.0	2010年7月	材料非線形(弾塑性、超弾性)、幾何学的非線形、接触
Ver.4.0	2011年8月	材料非線形(粘弾性、粘塑性)、時刻歴応答解析、シェル要素、梁要素、トラス要素
Ver.4.1	2012年9月	温度依存性材料、異方性材料、局所座標系
Ver.5.0	2013年12月	混在自由度対応
Ver.5.1	2014年12月	並列固有値解析、モード合成法
Ver.5.2	2017年5月	Trilinosソルバー、AMG前処理
Ver.6.0	2019年6月	VTK出力、熱解析MPC対応、動摩擦力
Ver.6.1	2020年11月	異方性塑性降伏関数、熱解析相変態材料、非線形Euler梁、静-動連続解析
Ver.6.2	2022年6月	コンクリートモデル、膜要素、回転変位境界条件、地殻変動解析用モデル作成機能 (Advance/FrontSTR/GEOS機能の一部)
Ver.6.3	未定	コンクリート水和反応、GEOS機能のアップデートなど => 本紹介

# Advance/FrontSTR:利用可能な解析

解析種別	概要	機能の概略
静解析	変形解析	
動解析	直接積分法(陽解法) 直接積分法(陰解法) 固有値解析 モード合成解析	中央差分法 Newmark-β法、HHT法 Implicitly Restarted Arnoldi法 時刻歴応答解析、周波数応答解析
熱伝導解析	定常解析 非定常解析(陰解法)	相変態材料
線形座屈解析	座屈荷重と座屈モードを求める	新規機能

# Advance/FrontSTR:連成解析機能



# Advance/FrontSTR:非線形解析機能

非線形の種別	概要	
幾何学的非線形	Total Lagrange法、Updated Lagrange法	
境界非線形(接触)	拡張ラグランジュ乗数法、微小滑り/有限すべり、摩擦	
材料非線形	弾性材料	超弾性、粘弾性
	非弾性材料	弾塑性(等方/移動/複合硬化など)、粘塑性、異方性塑性降伏関数、コンクリートモデル <b>Modified Cam-Clayモデル</b>

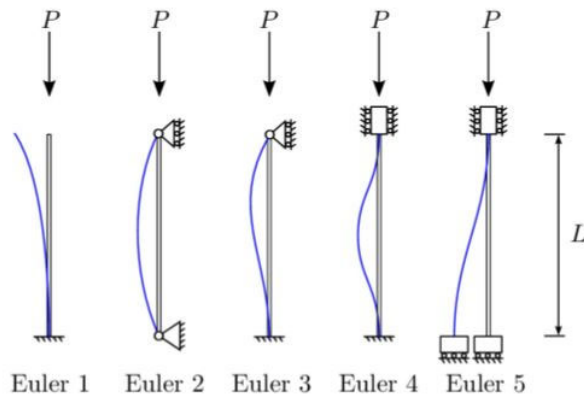
# Advance/FrontSTR:要素ライブラリ

種別	概要説明
ソリッド要素	四面体、六面体、プリズム、ピラミッド(以上、1次および2次) 非適合モード、B-bar要素、低減積分要素
シェル要素	三角形、四辺形(以上1次および2次) MITC要素
膜要素	三角形、四辺形(以上、1次および2次)
梁要素	Euler-Bernoulli、Timoshenko、縮退梁
トラス要素	1次/2次/3次
その他	質量要素、慣性モーメント要素、熱伝導解析用ギャップ要素

\*すべて幾何学非線形、材料非線形対応(Euler梁とTimoshenko梁が材料非線形未対応)

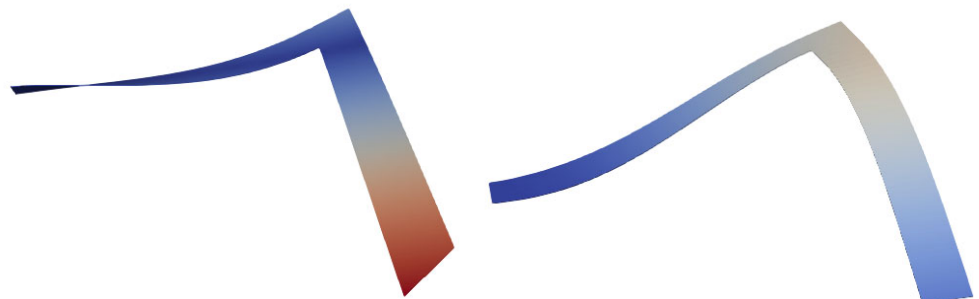
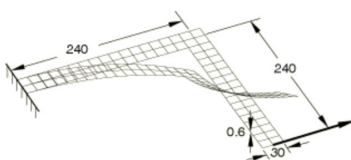
# 線形座屈解析機能

- ・ 座屈とは：構造物に荷重を徐々に負荷するときに、ある荷重で急に大きく変形する現象
- ・ 座屈解析：構造物を不安定にさせる臨界荷重（座屈荷重）と座屈する際にモデルがとる形状（座屈形状）を求める



# 線形座屈解析機能

- ・ 線形座屈解析(座屈固有値解析)：座屈前の変形が線形であると仮定した条件での座屈解析。  
数学的には分岐点  $(\mathbf{K}_L - \lambda \mathbf{K}_G)x = \mathbf{0}$  を探す計算になる。
- ・ 線形座屈解析：求められる物理量：座屈力と座屈形状(座屈モード)



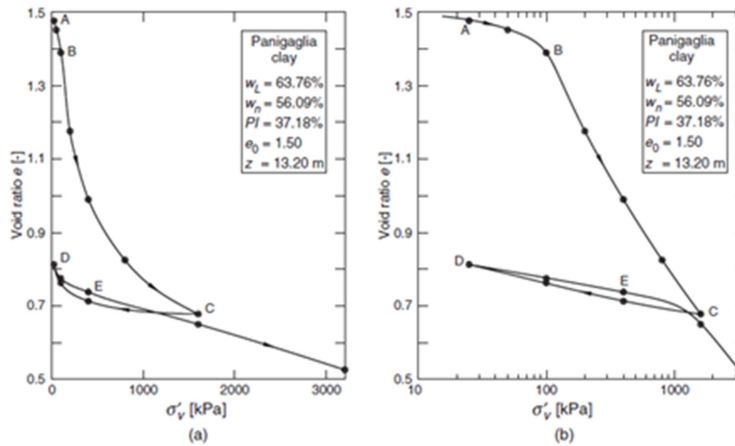
モード1

モード2

- ・ 非線形座屈解析：座屈発生前後の幾何学非線形と材料非線形を考慮した解析手法  
Advance/FrontSTRがまだ実装していない。

# Modified Cam-clayモデル

- ・ 広く使われている粘性土の構成式  $\Rightarrow$  !CLAY\_PLASTICIT材質の導入
- ・ 典型的な多孔質材料なので、多孔質材弾性材とペアで使用する  $\Rightarrow$  !POROUS\_ELASTICの導入
- ・ 圧力受ける時しか剛性がないので、圧力初期条件を設定する必要がある  $\Rightarrow$  !GEOSTATICステップの導入



# Modified Cam-Clayモデル:弾塑性領域

体積ひずみ増分  $d\varepsilon_v$

**弾性領域**

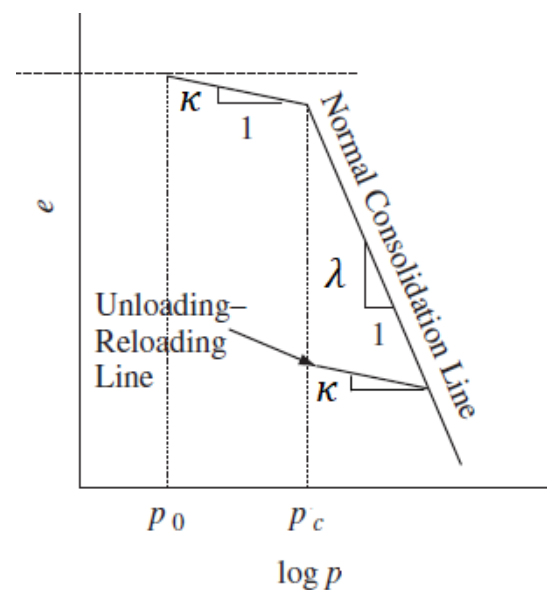
$$d\varepsilon_v^e = -\kappa^* d(\ln p); \quad \kappa^* = \frac{\kappa}{1 + e_0}$$

**弾塑性変形領域**

$$d\varepsilon_v = d\varepsilon_v^e + d\varepsilon_v^p$$

$$= -\kappa^* d(\ln p) - (\lambda^* - \kappa^*) d(\ln p_c)$$

with  $\lambda^* = \frac{\lambda}{1 + e_0}$



間隙比eとlog(p)の関係

引用: アドバンスシミュレーション 2023.7 Vol.30, p171

# Modified Cam-Clay降伏関数

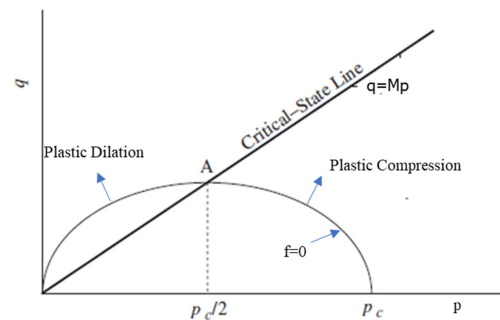
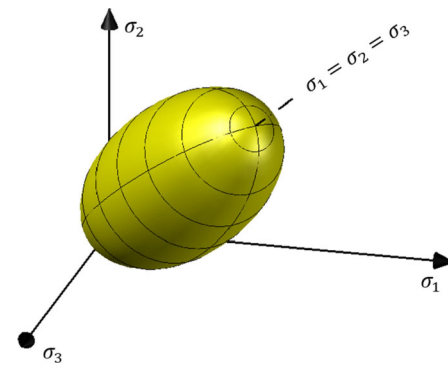
Cam-Clay降伏関数

$$F = \frac{q^2}{M^2} + (p - a)^2 + a^2$$

with

- M: 臨界状態の応力比
- a: 降伏面の大きさ
- p: 静水圧
- q: 偏差応力の相当応力

$$a = a_0 \exp\left(-\frac{1}{\lambda^* - \kappa^*} \varepsilon_v^p\right)$$



Cam-Clay降伏面

# Modified Cam-Clayモデル:使い方

- ・ 多孔質材弾性材単独で使用可能
- ・ 初期応力の設定が必須である
  - ① Initial Conditionとして設定
  - ② Geostatic計算ステップ経由して設定



詳細は計算事例で紹介

# そのほか

- ・ 出力機能の強化: 主応力の出力、指定要素Groupの出力
- ・ 資料の修正や追加
- ・ Tutorial計算ケースの追加
- ・ バグ修正

など

# まとめ

- ・ 日本製超並列できる汎用有限要素法ソフトウェアである。
- ・ 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

# 地盤材料構成モデルの修正Cam-Clayモデル を利用した事例紹介

第2事業部 清野 多美子

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR 最新動向セミナー  
2023年10月30日（月）  
アドバンスソフト株式会社

## 塑性材料モデル

Advance/FrontSTR v6.2で搭載済みの塑性材料モデル

### 降伏関数

- MISES
- **MOHR-COULOMB**
- **DRUCKER-PRAGER**
- HILL



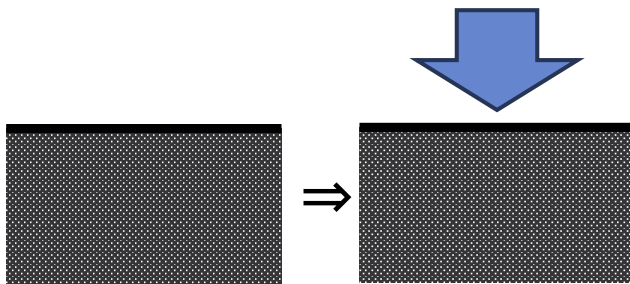
### 硬化関数

- 等方硬化
- 二直線モデル
- 多直線モデル
- Swift式
- 移動硬化
- 複合硬化

過圧密状態の土の力学挙動表現のみを対象としているため、  
正規圧密状態の土には適用できない。

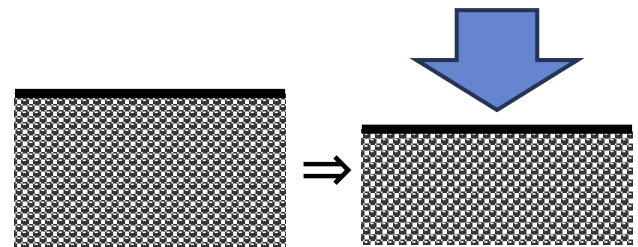
# 土の変形

## 過圧密状態



過去に現在の有効土被り圧よりも大きな荷重で圧密されている状態。沈下しにくい。締め固め等。

## 正規圧密状態



現在の有効土被り圧が最大荷重で平衡している状態。新たな荷重が負荷されれば、圧密沈下が進む。自然堆積されたままの地盤等。

# 修正Cam-Clayモデルの材料特性

- 粘性土の変形解析に適用
- 正規圧密状態
- 多孔質材の弾性変形構成式とCam-Clay弾塑性構成式により定義

多孔質材の間隙比 $e$ :  $e = V_{void}/V_{solid}$

$V_{void}$ : 空隙または液体の体積,  $V_{solid}$ : 固体粒子の体積

多孔質材の体積が $V_0$ から $V$ まで変化した際の体積比 $J$ :

$$J = \frac{V}{V_0} = \frac{1+e}{1+e_0}$$

この時の体積ひずみおよび体積ひずみ増分:

$$\varepsilon_v = \ln J; \quad d\varepsilon_v = \frac{dV}{V}$$

# 多孔質弾性モデル

体積ひずみ増分  $d\varepsilon_v$

## 弾性領域

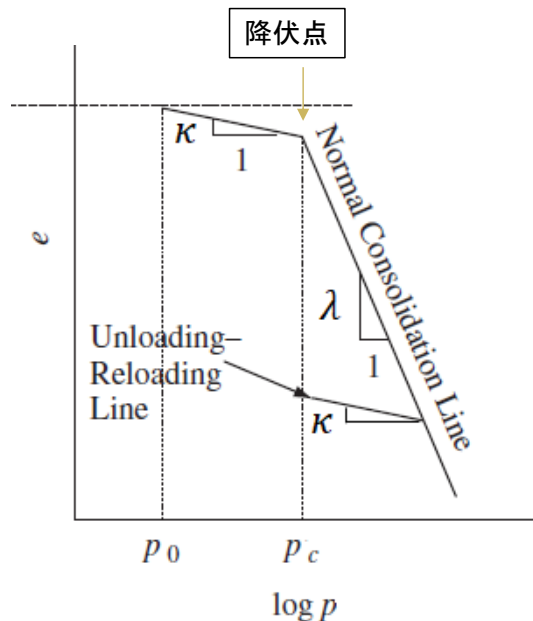
$$d\varepsilon_v^e = -\kappa^* d(\ln p); \quad \kappa^* = \frac{\kappa}{1 + e_0}$$

## 弾塑性変形領域

$$d\varepsilon_v = d\varepsilon_v^e + d\varepsilon_v^p \\ = -\kappa^* d(\ln p) - (\lambda^* - \kappa^*) d(\ln p_c)$$

with  $\lambda^* = \frac{\lambda}{1 + e_0}$

- $\varepsilon_v$ : 体積ひずみ
- $\kappa$ : 対数体積弾性率
- $p$ : 静水圧
- $\lambda$ : 対数体積塑性率



間隙比  $e$  と  $\log(p)$  の関係

引用: アドバンスシミュレーション 2023.7 Vol.30, p171

# 修正Cam-Clay降伏関数

応力の不変量として以下を導入する

$$p = -\frac{1}{3} \sigma : I; \quad q = \sqrt{\frac{3}{2} s : s} = \sqrt{3J_2}$$

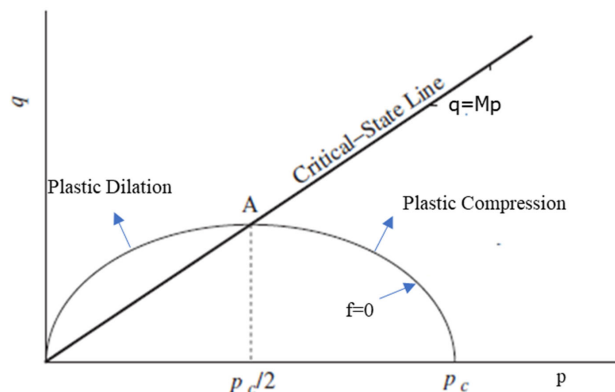
- $\sigma$ : 応力
- $s$ : 偏差応力テンソル

Cam-Clay降伏関数

$$f(\sigma, p_c) = \frac{q^2}{M^2} + p(p - p_c)$$

$$dp_c = -\frac{1}{\lambda^* - \kappa^*} p_c d\varepsilon_v^p$$

- $M$ : 臨界状態の応力比
- $p_c$ : 降伏面の大きさ



Cam-Clay降伏面

引用: アドバンスシミュレーション 2023.7 Vol.30, p172

# 初期状態の定義

多孔質の弾性構成式に対して、**初期応力分布**が必須。  
2種類の定義方法。どちらかを使用する。

- 既知の初期地応力値をセットする
  - **!INITIAL CONDITION, TYPE=GEOSTATIC\_STRESS**
  - 圧密方向(Z軸固定)の地応力値を定義する
- 未知の初期地応力値を計算する
  - **!STEP, GEOSTATIC**
  - Cam-Clay材料を一般的な弾性材料とみなして、  
平衡応力状態計算のステップを実行する

# 解析制御ファイル

```

!VERSION
5
!AMPLITUDE, NAME=AMP1
0.0, 0.5
0.5, 0.65
0.6, 0.6
1.0, 0.8
!SOLUTION, TYPE=STATIC
!SOLVER,METHOD=DIRECT
#####
##### BOUNDARY CONDITIONS #####
#####
!INITIAL CONDITION, TYPE=GEOSTATIC_STRESS ..... 初期地応力値の設定
EALL, -100.0, 0.0, -100.0, 1.0
!BOUNDARY, GRPID=1
BOTTOM,3,3
FRONT,2,2
LEFT,1,1
!DLOAD, GRPID=1, AMP=AMP1
EALL, P2, 200.0
EALL, P4, 200.0
EALL, P5, 200.0
(続く)

```

# 解析制御ファイル

(続き)

```
#####
##### MATERIAL #####
#####
!SOLID SECTION, EGRP=ALL, MATERIAL=M1
!MATERIAL, NAME=M1
!POROUS_ELASTIC ..... 多孔質弾性のパラメータを定義
.026,.3, 1.08
!CLAY_PLASTICITY ..... 修正Cam-Clay塑性のパラメータを定義
.174,1.,58.3
#####
##### STEP CONTROL #####
#####
!STEP, CONVERG=1.0E-06, MAXITER=30, ACCEL=OFF
BOUNDARY,1
LOAD,1
!STATIC
0.02, 1.0
!TABLE_OUTPUT, EGRP=EALL, FILE=OUTA
HST,HSS,PST,PSS ..... Cam-Clay塑性に関する結果の履歴を出力
!END
HST, HSS: 体積ひずみ、体積応力
PST, PSS: 相当塑性ひずみ、相当塑性応力
```

# 初期地応力値の定義

**!INITIAL CONDITION, TYPE=GEOSTATIC\_STRESS, (INPUT=<File名>)**  
**ELEM\_ID, S1, H1, S2, H2**

変数名	内容
ELEM_ID	要素番号または要素グループ名
S1	Z座標H1に対応する静水圧値 (Sz)
H1	S1に対応するZ座標値
S2	Z座標H2に対応する静水圧値 (Sz)
H2	S2に対応するZ座標値

※Z座標値で線形補間された値が定義されます。

# 多孔質弾性のパラメータ定義

## !POROUS\_ELASTIC

$\kappa, \nu, e_0, E, p$

変数名	内容	備考
$\kappa$	対数体積弾性率	
$\nu$	ポアソン比	
$e_0$	初期空隙率	
$E_0$	初期地応力計算のためのヤング率	!STEP, GEOSTATICで利用される
$\nu_0$	初期地応力計算のためのポアソン比	!STEP, GEOSTATICで利用される

※ $E_0$ と $\nu_0$ はGEOSTATICステップが無い場合は省略可能

# Cam-Clay弾塑性のパラメータ定義

## !CLAY\_PLASTICITY

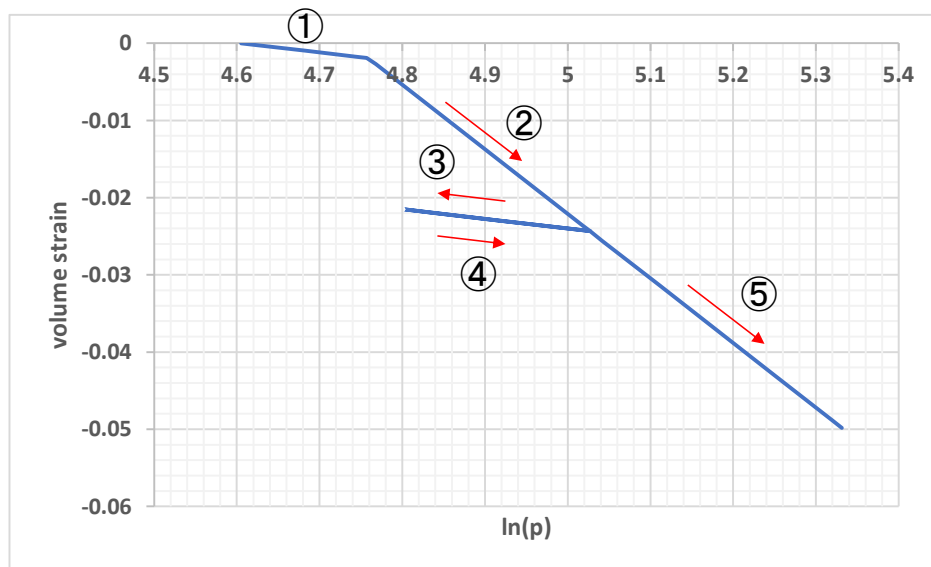
$\lambda, M, a_0, \beta$

変数名	内容	備考
$\lambda$	対数体積塑性率	
$M$	臨界状態の応力比	
$a_0$	初期降伏面の大きさ	$a_0 = p_{c0}/2$
$\beta$	臨界状態における右辺楕円大きさを定義する定数	Defaul=1.0, (実装予定)

# 解析結果

検証計算による解析結果

弾性変形⇒塑性変形、塑性変形から弾性変形への変化過程を再現

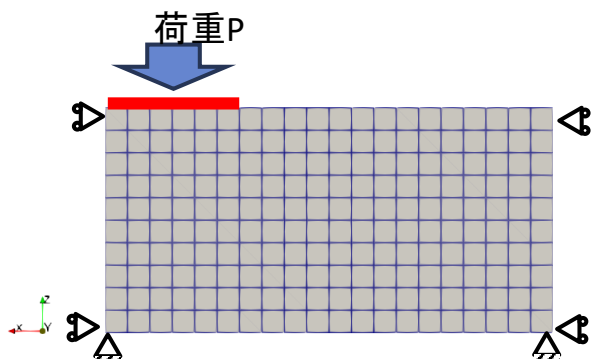


対数静水圧ln(p)と体積ひずみ $\varepsilon_v$ の関係

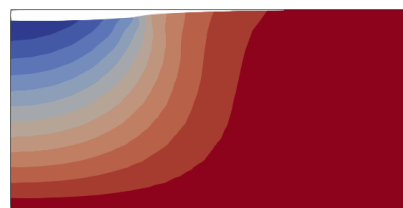
引用: アドバンスシミュレーション 2023.7 Vol.30, p.174

# 修正Cam-Clayモデルを利用した解析事例

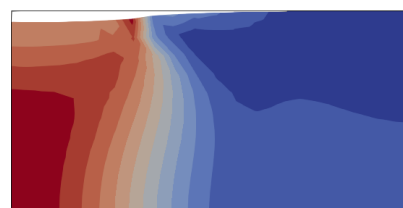
解析条件



解析結果



Z変位分布



ひずみ分布

# まとめ

- Advance/FrontSTR Ver.6.3に搭載される新機能  
修正Cam-Clayモデルをご紹介します。
- 今後もお客様からのニーズに対し、優先して開発を進めていきます。
- 皆様からのご要望もお待ちいたしております。

よろしくお願ひします

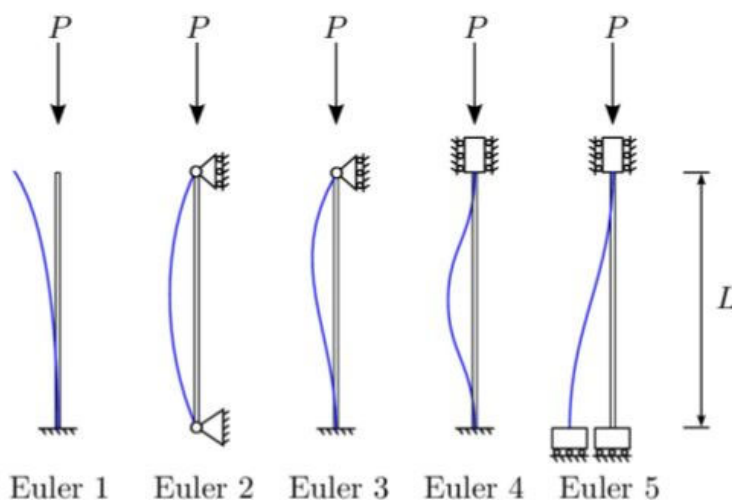


# 座屈機能の事例紹介

第2事業部 清野 多美子

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR 最新動向セミナー  
2023年10月30日 (月)  
アドバンスソフト株式会社

## 座屈とは



構造物に荷重を徐々に負荷するときに、ある荷重で急に大きく変形する現象

座屈解析: 構造物を不安定にさせる臨界荷重(座屈荷重)で座屈する際に  
モデルがとる形状(座屈形状)を求める

一般的に、座屈は微小変形理論による応力値で想定される材料の耐荷重値よりも  
小さな荷重で発生します。

# 座屈が原因の一因である事故事例



写真1 ブロータンクの座屈状況

高圧ガス事故概要報告：整理番号2008-272「ブロータンクの座屈」

引用元：  
[https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident\\_investigation/hpg\\_incident/pdf/2008-272.pdf](https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/2008-272.pdf)



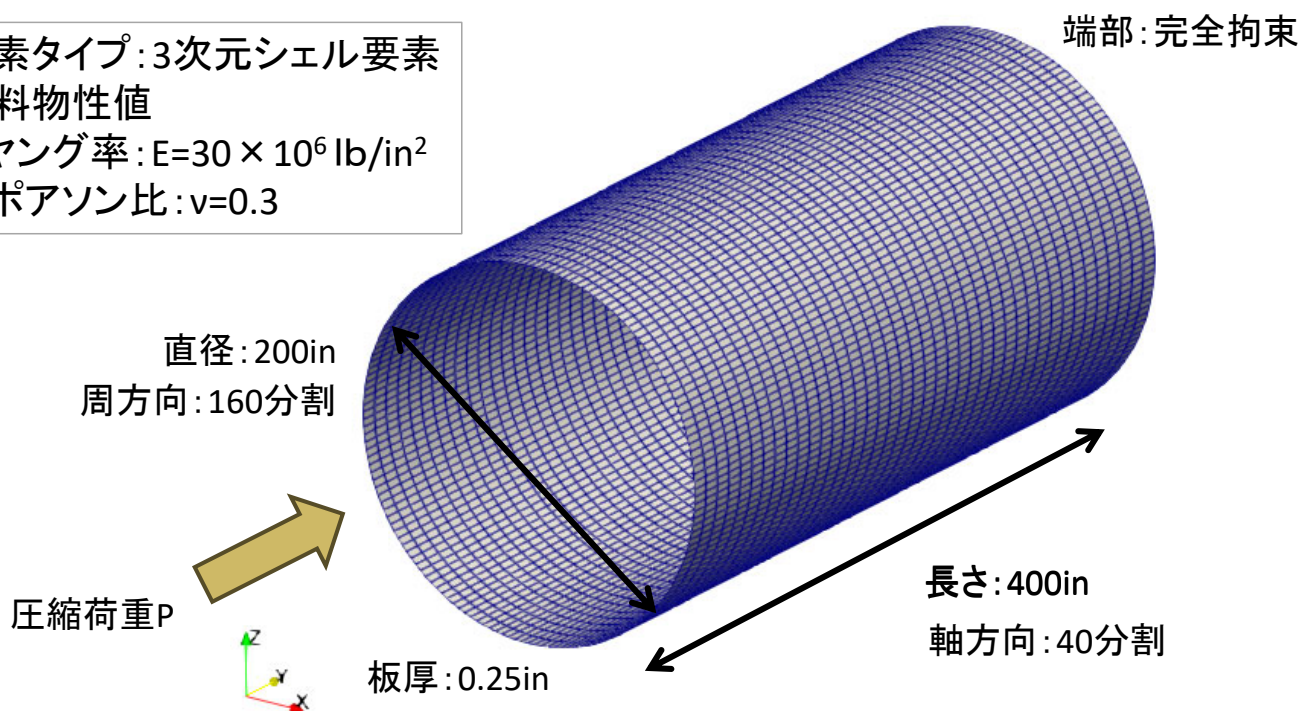
断面変化点付近の局部座屈(2)

大同大学HP「兵庫県南部地震による構成橋脚の損傷」  
・柱基部や変断面柱の断面変化点付近の局部座屈

引用元：<https://www.daido-it.ac.jp/~doboku/miki/sonsho1.html>

# 円筒シェルの座屈解析

要素タイプ：3次元シェル要素  
材料物性値  
ヤング率： $E=30 \times 10^6 \text{ lb/in}^2$   
ポアソン比： $\nu=0.3$



# 解析制御データファイル (\*.cnt)

!SOLUTION, TYPE=**BUCKLE** ..... 解析種別に**線形座屈解析**を指定  
!BOUNDARY ..... 境界条件  
  NFIX,1,6,0.0 ..... 基準の荷重条件  
!CLOAD ..... 基準の荷重条件  
  NGLOAD,2,300000.0  
!SHELL SECTION, EGRP=ALL, MATERIAL=M1 ..... 要素特性の定義  
  0.25  
!MATERIAL, NAME=M1 ..... 材料物性値の定義 必須定義: !ELASTIC  
!ELASTIC ..... ※密度は定義不要です。  
  30.E6,.3  
!STEP ..... 解析ステップの定義  
  BOUNDARY, 1 ..... !STEPは**1つだけ**定義します。  
  LOAD, 1  
!**EIGEN** ..... 座屈解析パラメータ値の定義  
  30, 0.8, 1.0e-8, 60

# 座屈解析のパラメータ値

## !EIGEN

NGET, SHIFT, LCZTOL, LCZMAX

変数名	内容	デフォルト値	備考
NGET	固有値数	なし(必須)	座屈解析では座屈モード数
SHIFT	シフト点	1.0	座屈解析では非ゼロを使用
LCZTOL	許容差	1.0e-8	
LCZMAX	最大反復数	60	

※カード **!EIGEN**は、固有値解析または座屈解析で使用します。

# 解析の実行

実行コマンド

**\$> fstr**

ログファイル

```

=====
Advance/FrontSTR 6.1
Revision:07e3915 Build:20231002.1219
=====
fstr_setup: OK
validation: OK
*** Step 1 : Linear static analysis **

Loading step=      1 1.0000000000000000 1.0000000000000000
substep=          1 0.0000000E+00 1.0000000
--trying         1 0.0000000E+00 1.0000000
- Residual(  1) = 0.2410595E-10 0.1000000E+01

*** Step 2 : Buckling analysis **
Start visualize PSF 1 at timestep 1
Start visualize PSF 1 at timestep 2
Start visualize PSF 1 at timestep 3
Number of iteration :    141
Wall clock time (sec) :  21.21  0
End of buckle analysis successfully!
Advance/FrontSTR Completed !!

```

- 解析ステップは2回実行されます
- Step 2の結果が保存されます。

# 解析結果の荷重係数出力

荷重係数の確認：**0.log**ファイルに出力されます。

```

*****
*RESULT OF EIGEN VALUE ANALYSIS*
*****

```

```

NO.  EIGENVALUE  ANGL.FREQUENCY  FREQUENCY(HZ)  GENERALIZED MASS
-----
1  7.012022E-01
2  7.012022E-01
3  8.022534E-01
4  8.022534E-01
5  8.442199E-01
6  8.442202E-01
7  8.624162E-01
8  8.624164E-01

```

..... **SHIFT値と大きく異ならないように注意！**

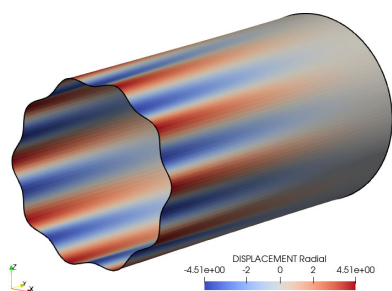
**座屈荷重 = 基準の荷重値 × 荷重係数**

```

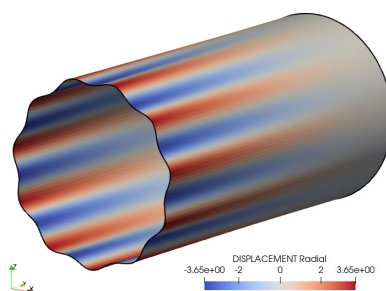
=====
TOTAL TIME (sec) :  18.76
pre (sec) :  0.02
solve (sec) :  18.73
=====

```

# 解析結果の座屈変形図

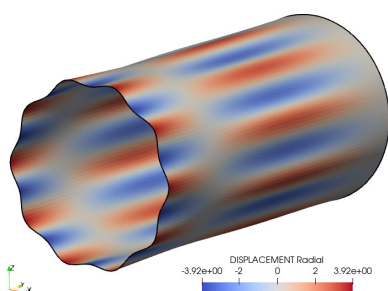


モード 1:  $n=10, m=1$

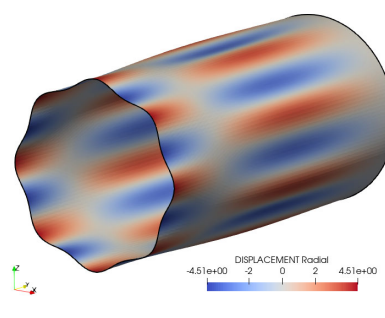


モード 3:  $n=11, m=1$

$n$ : 円周方向の全波数  
 $m$ : 軸方向の半波数



モード 5:  $n=10, m=2$



モード 17:  $n=8, m=2$

## まとめ

- Advance/FrontSTR Ver.6.3に搭載される新機能 座屈解析の事例をご紹介しました。
- 今後もお客様からのニーズに対し、優先して開発を進めていきます。
- 皆様からのご要望もお待ちいたしております。

よろしくお願ひします





# Advance/FrontSTRの熱伝導解析事例

第2事業部 菊池 愛子

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR セミナー  
2023年10月30日  
アドバンスソフト株式会社

## 目 次

1. 熱伝導解析機能
2. 熱輸送の様式
  - 2.1 熱伝導
  - 2.2 熱伝達
  - 2.3 輻射
3. 形態係数
4. 解析事例の紹介
5. まとめ

## 1. 熱伝導解析機能

### 熱伝導解析で求められるもの

- ・熱が移動した後の最終状態
- ・熱の伝わり方、熱移動の速さ

### 熱伝導解析の適用先

- ・高温機器
- ・熱交換器
- ・ラジエータ
- ・ヒートポンプ



高温にさらされるエンジン部品

引用 MONO塾

<https://d-monoweb.com/blog/basics-cae-thermal-analysis/>

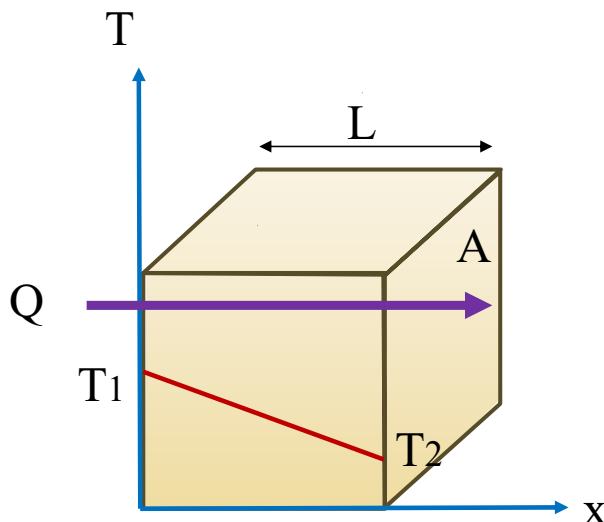
## 2. 熱輸送の様式

伝熱の形態	概要
熱伝導 (heat conduction)	物体内の温度が均一でなく温度勾配がある時の熱移動
対流熱伝達 (convection)	高温の物体の表面で加熱された流体が低温の物体の表面に移動して起こる熱移動
熱輻射 (heat radiation)	物体表面から内部エネルギーの一部が可視光や赤外線などに変換され放射された電磁波が空間を通過して物体に到達し、その内部エネルギーに変換される熱移動

## 2.1熱伝導

$$\dot{Q} = Ak \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (1)$$

$$q = \frac{\dot{Q}}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad (2)$$



- Q; 熱量(J)
- Q̇; 伝熱量(J/sまたはW)  
単位時間に移動する熱量
- q; 熱流速 (J/(sm<sup>2</sup>)またはW/m<sup>2</sup>)  
単位面積当たりの伝熱量
- T; 温度(K)

- A; 面積(m<sup>2</sup>)
- k; 熱伝導率(W/(mK))
- L; 距離(m)

SI単位系の場合を示す

Fig1 1D熱伝導による熱移動

## 熱伝導率の入力

!CONDUCTIVITY [, optional parameter]

パラメータ	属性/値	内容
DEPENDENCIES	整数値	温度依存性(省略可)
	0	温度依存なし(デフォルト)
	1	温度依存あり
TYPE	文字列	等方性・異方性
	ISOTROPIC	等方性(デフォルト)
	ORTHOTROPIC	直交異方性(未実装)

データ行(TYPE=ISOTROPIC)

熱伝導率K,温度(DEPENDENCIES=0の時は不要)

温度定義数だけ繰り返す

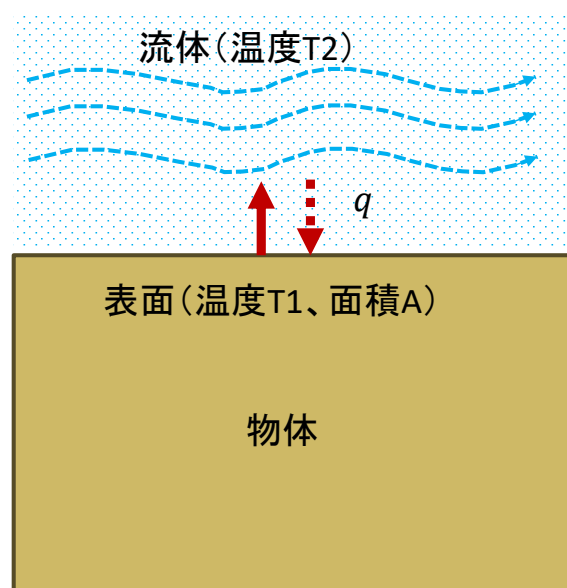
## 2.2対流熱伝達

温度の異なる物体表面と流体の間に生じる熱移動

$$\dot{Q} = Ah(T_1 - T_2) \quad (3)$$

$$q = h(T_1 - T_2) \quad (4)$$

- Q;熱量(J)
- $\dot{Q}$ ; 伝熱量(J/sまたはW)
- q;熱流速(J/( $\text{cm}^2$ )またはW/ $\text{m}^2$ )
- A;断面積( $\text{m}^2$ )
- h;熱伝達率(W/( $\text{m}^2\text{K}$ ))



- 流体の流れの状態(相変化は含まない)
- 自由対流;
- 温度上昇による密度低下による浮力による
- 強制対流;
- 送風機やポンプで強制的に流体を移動させる

Fig2 熱伝達による熱移動

## 熱伝達境界の入力

!FILM,GRPID=<grpid> [, optional parameter]

パラメータ	属性/値	内容
GRPID	整数値	!STEPで参照する境界条件グループID(必須)
AMP1	文字列	!AMPLITUDEで定義した熱伝達係数時間関数名(省略可)
AMP2	文字列	!AMPLITUDEで定義した雰囲気温度時間関数名(省略可)
AMPT	文字列	!AMPLITUDEで定義した熱伝達係数の壁面温度依存関数名(省略可)

### データ行

!ELEMENT\_ID,LOAD\_type、Value、Sink

パラメータ	属性	内容
ELEMENT_ID	整数値または文字列	要素番号または要素グループ名
LOAD_type	文字列	荷重タイプ(作用面) Fj        j;面番号(シェル要素では0)
Value	実数値	熱伝達係数値
Sink	実数値	雰囲気温度値

## 2.3 熱輻射

物体は絶対温度に応じて分子、原子が激しく運動し、これに伴って電磁波が放射される。この輻射が分子、電子に入ると分子運動である熱エネルギーに変換される。

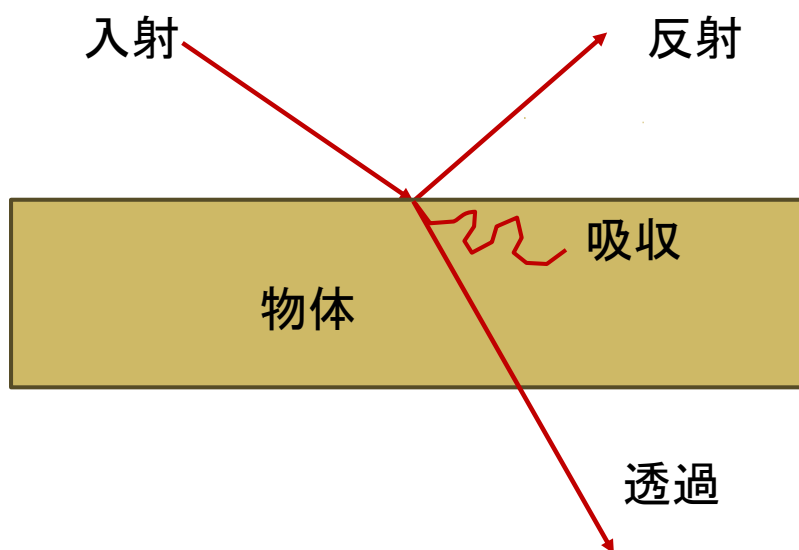


Fig3 輻射の反射、吸収、透過

## 2.3 輻射伝熱

黒体表面は温度により熱輻射を放射します。  
(黒体;最大の熱輻射を放射する物体)

$$E_b = \sigma T^4 \quad (5)$$

$E_b$ ; 黒体から放射される  
単位面積当たりの輻射エネルギー(W/m<sup>2</sup>)

$\sigma$ ; ステファン・ボルツマン定数  $5.67 \times 10^{-8} \text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$

$T$ ; 黒体の絶対温度(K)

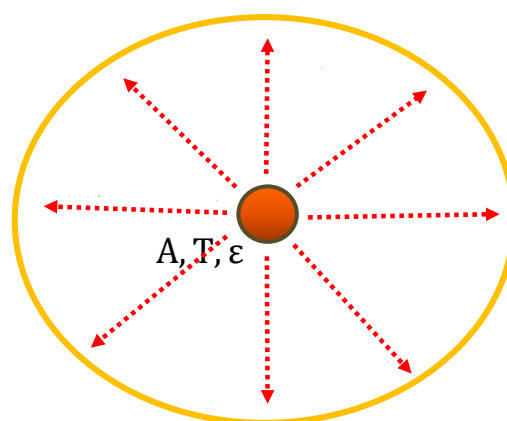


Fig4 輻射伝熱

実在の物体は黒体より少ない熱輻射を放射します。

$$E = \varepsilon E_b \quad (6)$$

$E$ ; 物体から放射される  
単位面積当たりの輻射エネルギー  
 $\varepsilon$ ; 放射率(物体の温度や表面状態で決まる)

## 輻射境界の入力

!RADIATE, GRPID=<grpid> [, optional parameter]

パラメータ	属性/値	内容
GRPID	整数値	!STEPで参照する境界条件グループID(必須)
AMP1	文字列	!AMPLITUDEで定義した輻射係数時間関数名(省略可)
AMP2	文字列	!AMPLITUDEで定義した雰囲気温度時間関数名(省略可)
AMPT	文字列	!AMPLITUDEで定義した輻射係数の壁面温度依存関数名(省略可)

### データ行

!NAME\_ID, LOAD\_type, Value, Sink

パラメータ	属性	内容
NAME_ID	整数値または文字列	要素番号または要素・面グループ名
LOAD_type	文字列	荷重タイプ(作用面) Rj        j;面番号(シェル要素では0)
Value	実数値	輻射係数値
Sink	実数値	雰囲気温度値

## 輻射入力時の注意事項

- 輻射の計算は、基本的に絶対温度(K)を使用します。もしセルシウス温度(°C)で入力したい場合は!ZEROカードを使って絶対零度を°Cで指定してください。

(例) !ZERO

-273.15

- 輻射係数値は受熱する要素表面毎に以下の値を入力します。

輻射係数値＝

放射率 × ステファンボルツマン定数 × 熱源面積

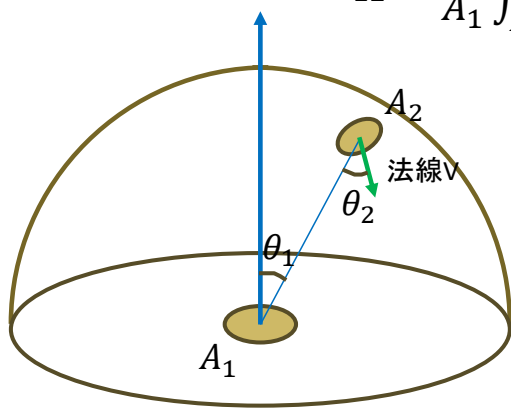
× 形態係数 / 受熱する要素表面の面積

### 3.1 形態係数

水平な黒体平板 $A_1$ と任意方向を向いた黒体平板 $A_2$ 間の伝熱を考えます。平板 $A_1$ から熱が半球状に一様に放射されるとします。平板 $A_1$ から平板 $A_2$ に到達する伝熱量は以下の式で表されます。

$$\dot{Q}_{12} = A_1 F_{12} \sigma (T_1^4 - T_2^4) = \int_{A_1} \int_{A_2} \frac{\cos\theta_1 \cos\theta_2 dA_1 dA_2}{\pi r^2} \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (7)$$

$$F_{12} = \frac{1}{A_1} \int_{A_1} \int_{A_2} \frac{\cos\theta_1 \cos\theta_2 dA_1 dA_2}{\pi r^2} \quad (8)$$



$\dot{Q}_{12}$ ;  $A_1$ から $A_2$ への伝熱量

$F_{12}$ ; 形態係数

形態係数は面 $A_1$ から放射されたエネルギーが面 $A_2$ へ到達する割合を表し 0~1の値をとります。

Fig5  $A_1$ から $A_2$ への輻射

### 3.2 形態係数の試算

要素分割数を変化させて前述の式で形態係数を求めて比較します。いずれのケースも形態係数の総和は1となり妥当ですが、要素分割により形態係数の分布が変化します。形態係数が急変する場所ではメッシュサイズに注意します。

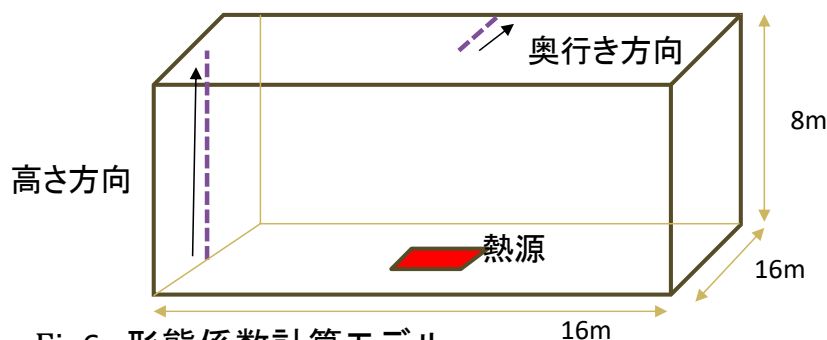
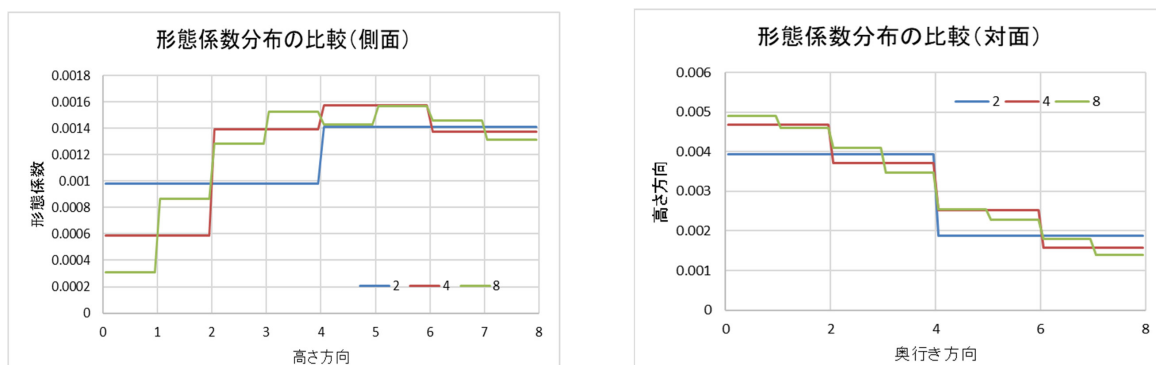


Fig6 形態係数計算モデル

# 4. 解析例

## 4.1 解析条件

発熱源が内部にある閉鎖空間において熱が伝播する様子を解析します。初期温度は 15.0 [°C] として、時間増分 1.0 [s] で 60 分間の非定常熱伝導解析を行います。

### - 計算モデル

内側: 底面 4 × 4 [m<sup>2</sup>]、高さ 3 [m]  
 外壁: 底面 4.2 × 4.2 [m<sup>2</sup>]、高さ 3.2 [m]  
 壁の板厚: 0.1 [m]  
 8 節点六面体一次要素 CHEXA8  
 面積 0.5 × 0.5 [m<sup>2</sup>] 温度 150 °C のヒーター  
 が室内の床の角にあり、また、床上面は  
 別途、均一に加熱されるとする。  
 質量密度 2100 [kg/m<sup>3</sup>]  
 比熱 2300 [J/(kg・°C)]  
 熱伝導率 0.15 [W/(m・K)]

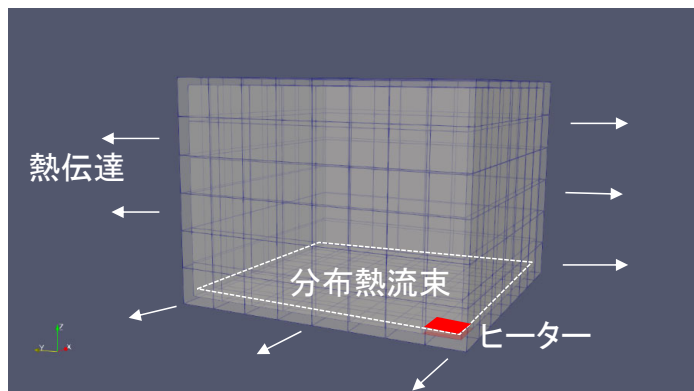


Fig7 解析モデル

### 境界条件

#### 1. 熱伝達 (外壁)

熱伝達係数: 4.5 [W/(m<sup>2</sup>・K)]、雰囲気温度: 0 [°C]

#### 2. 熱流束 (室内の床上面)

1000 [W] の発熱があるとし、分割された各々の床面に対して分布熱流束 62.5 [W/m<sup>2</sup>]

#### 3. 輻射

ヒーターから内壁に熱を放射。放射率: 1.0 とします。

### 解析制御データファイル (\*.cnt)

!SOLUTION, TYPE=HEAT	熱伝導解析を指定
!ZERO	使用している温度の単位系で絶対零度の値を指定
-273.15	
!INITIAL_CONDITION, TYPE=TEMPERATURE	初期温度
IN1, 15.0	
!DFLUX, GRPID=1	床面に熱流速を与える
FLOOR, S2, 62.5	
!RADIATE, GRPID=1	
WALL3, R2, 3.86e-11, 150.0	壁要素Gの第2面に輻射係数と熱源温度を与える
...	
!FILM, GROUPID=1	
FLOOR, F1, 0.01, 0	床要素Gの第1面に対流熱伝達を指定する
...	
!STEP	
LOAD, 1	
!MATERIAL, NAME=ST	
!SPECIFIC HEAT	比熱を指定
2300	
!CONDUCTIVITY	熱伝導率を指定
0.15	

## 4.2 解析結果

ヒーターの近傍の温度が最も早く上昇。輻射によりヒーター上方の天井面も上昇。

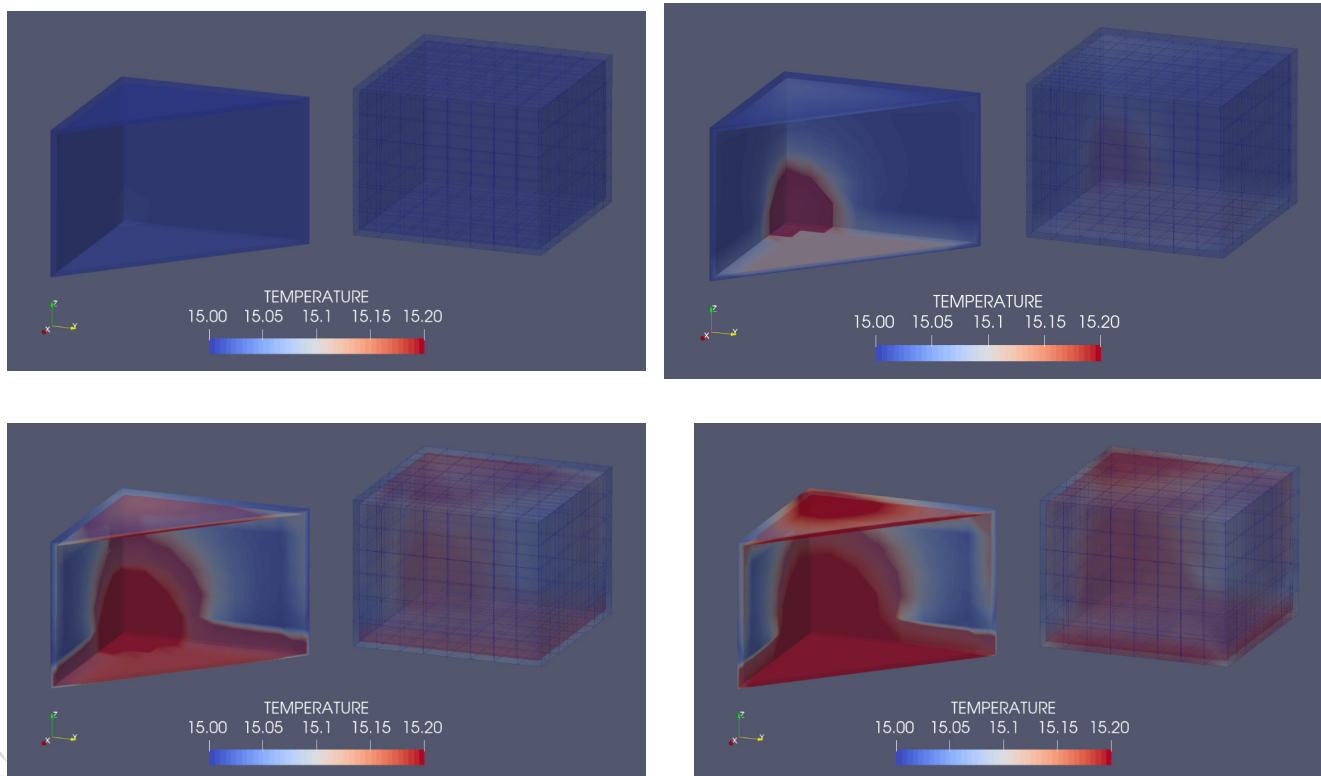
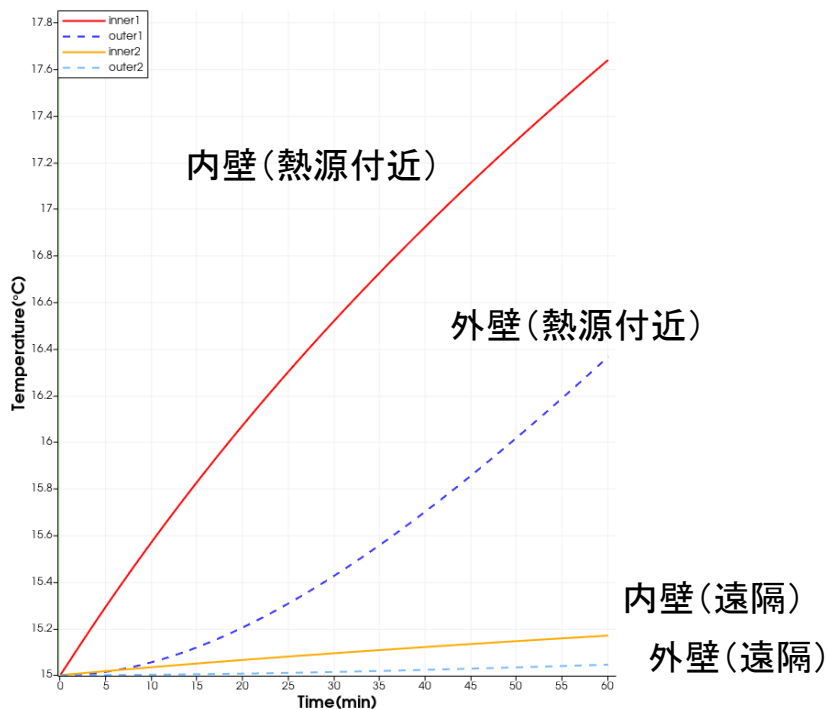


Fig8 0min,3min,30min,60min の温度分布

## 4.2解析結果



内壁と外壁の温度の推移

## 5. まとめ

- Advance/FrontSTRによる熱伝導解析の機能を紹介しました。熱伝導、熱伝達、輻射を解析可能です。
- 輻射に必要なとなる形態係数の計算式を示し、簡単なモデルでの分布を示しました。
- 熱伝導解析事例を紹介しました。熱伝導、熱伝達、輻射をすべて含んだ非定常解析を行い、温度分布の履歴を示しました。
- 弊社は皆様からのご要望をお待ちいたしております。

よろしくお祈いします



# Advance/FrontSTR 並列解析手順のデモ

第2事業部 第2部

鈴木将之

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR セミナー

2023年10月30日

アドバンスソフト株式会社

## Advance/FrontSTRにおける大規模並列計算

- Advance/FrontSTRはMPI並列に対応しており、クラスタやスパコンを用いた大規模並列計算を行うことが可能です。

## Advance/FrontSTRで並列計算を行うために

- 以下は逐次実行と同じファイルを用意します。
  - 単一領域メッシュデータ (\*.msh)
  - 解析制御データ (\*.cnt)
- 以下逐次実行時から設定を変更する必要があります。
  - 全体制御データ (hecmw\_cntrl.dat)
- 以下並列計算に必要なファイルを用意します。
  - 領域分割制御データ (hecmw\_part\_ctrl.dat)
  - ジョブスクリプト

## 全体制御データ (hecmw\_cntrl.dat)例

- 逐次実行時と異なり、分散メッシュデータ名を設定するため、「TYPE=HECMW-DIST」セクションの設定を追加します。
- 並列実行例の tutorial/elastic\_hinge\_parallel/hecmw\_cntrl.dat を参考にすることをおすすめします。

```
#
# for partitioner
#
!MESH, NAME=part_in,TYPE=HECMW-ENTIRE
hinge.msh
!MESH, NAME=part_out,TYPE=HECMW-DIST
hinge.dist
#
# for solver
#
!MESH, NAME=fstrMSH, TYPE=HECMW-DIST
hinge.dist
!CONTROL, NAME=fstrCNT
hinge.cnt
!RESULT, NAME=fstrRES, IO=OUT
hinge.res
#
# for visualizer
#
!MESH, NAME=mesh, TYPE=HECMW-DIST
hinge.dist
!RESULT, NAME=result, IO=IN
hinge.res
!RESULT, NAME=vis_out, IO=OUT
hinge_vis
```

# 領域分割制御データ (hecmw\_part\_ctrl.dat)例

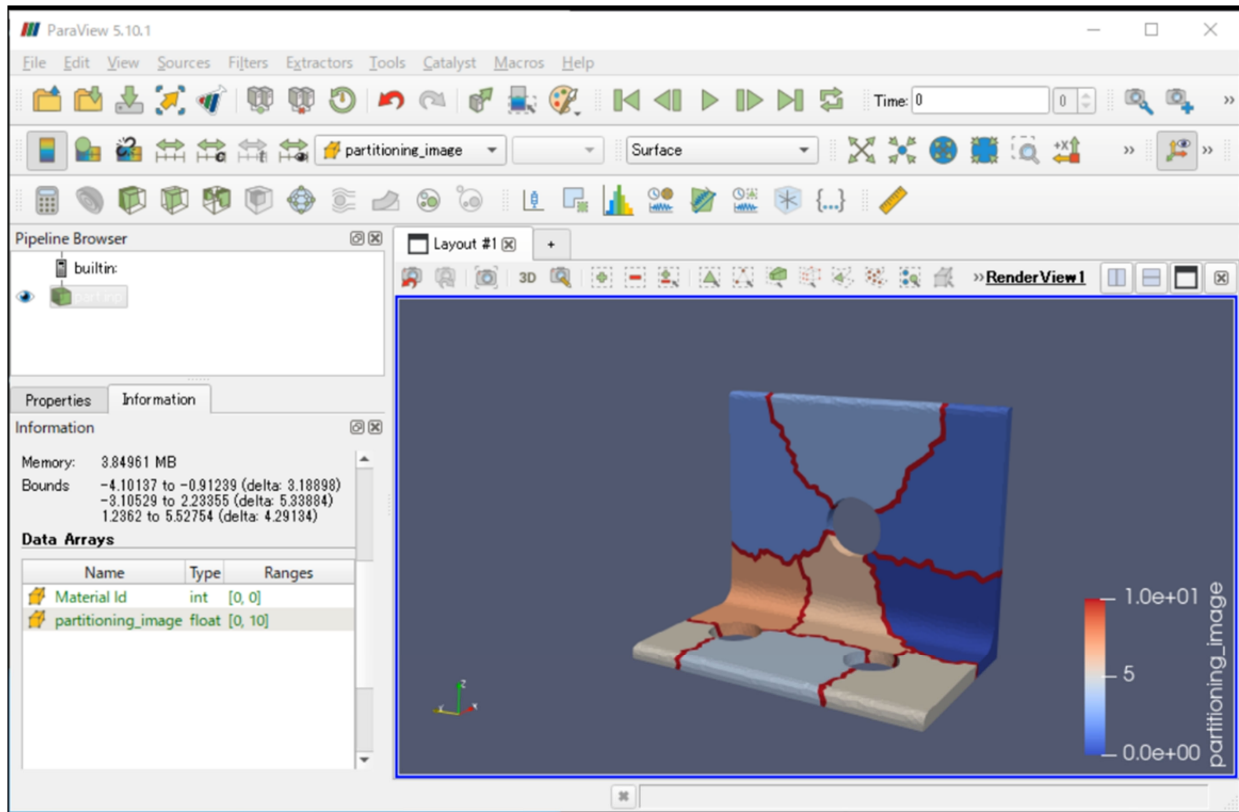
- 領域分割制御データはhecmw\_partの設定ファイルです。
- Advance/FrontSTRにおいて領域数=並列数であり、事前にhecmw\_part\_ctrl.datに並列数を指定する必要があります。
- 基本的に一行のテキストファイルとなっており、「DOMAIN=<並列数>」部分を変更します。
- また、分割結果は「UCD=<ファイル名>」として出力されます。
- 並列実行例のtutorial/elastic\_hinge\_parallel/hecmw\_part\_ctrl.datを参考にすることをおすすめします。

**!PARTITION,TYPE=NODE-BASED,METHOD=PMETIS,DOMAIN=4,UCD=part.inp**

# 並列計算の手順

1. (逐次時同様にmshファイルやcntファイルを用意します)
2. hecmw\_ctrl.datに分散メッシュデータファイル名の設定を記述します。
3. hecmw\_part\_ctrl.datファイルを作成し、分割数(=並列数)を指定します。
4. hecmw\_partを実行しメッシュ分割を行います。hecmw\_patrは逐次実行します。  
hecmw\_patr
5. fstrをmpi並列実行します。並列数は2と同じとします。  
mpirun -np <並列数> fstr

# デモ



Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

7

## Advance/FrontSTRにおける並列計算まとめ

- Advance/FrontSTRはMPI並列に対応しております。
- MPI並列計算を行う手順は簡単です。逐次時と同じ入力ファイルと並列数を記載したファイルを用意し、hecmw\_partツールを実行することで可能となります。
- MPIの実行環境設定やジョブ投入方法はシステム管理者にお問い合わせください。

# 構造音響弱連成について

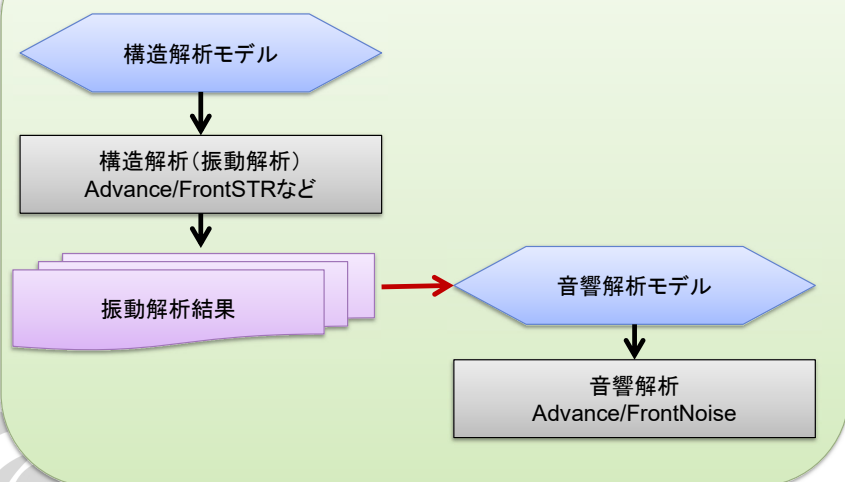
技術第2部 清野 多美子

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR 最新動向セミナー  
2023年10月30日(月)  
アドバンスソフト株式会社

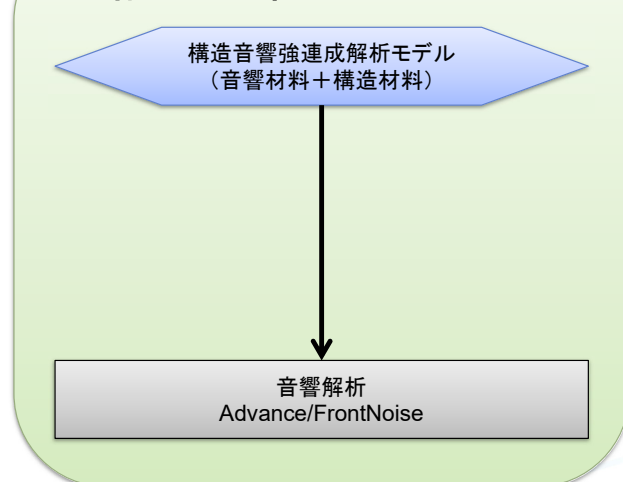
## Advance/FrontNoiseで実行可能な構造音響連成解析

実行手順で比較します。

### 構造音響弱連成解析



### 構造音響強連成解析



# 構造音響弱連成解析の実施手順

1. 構造解析（時刻歴応答の振動解析）

構造解析ソフト  
(Advance/FrontSTRなど)

2. 音響解析に寄与する構造表面の変位 or 速度 or 加速度  
の時刻歴データをフーリエ変換

Advance/REVOCAP\_PrePost  
付属スクリプト

3. 振動結果を境界条件として音響解析モデルにマッピング

4. 音響解析

Advance/FrontNoise

## Advance/Revocap\_PrePost 付属スクリプトとは？

- ✓ Advance/REVOCAP\_PrePost と Advance/REVOCAP\_PorousModeler を補うような**スクリプト**です。
- ✓ Advance/FrontNoise およびAdvance/FrontSTR のユーザーにも機能を提供します。
- ✓ Python3.6-3.9のスクリプトとして提供されます。
- ✓ wheel形式のpythonライブラリとして配布されます。お手元のPCなどにインストールしてご使用ください。

# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

構造音響弱連成解析の詳細な実施手順に沿ってご紹介します。



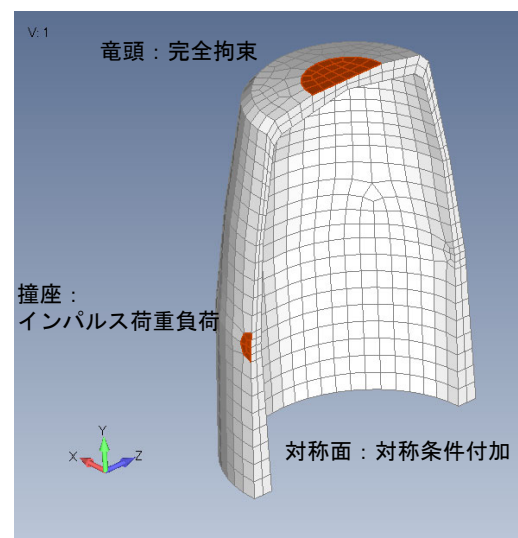
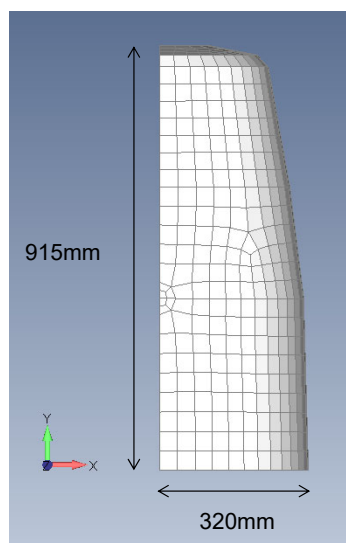
※イメージ

# 事例：梵鐘の構造音響連成解析

## ①構造解析

### 構造解析条件

- ・構造解析ソフトAdvance/FrontSTRを使用
- ・1/2対称モデル
- ・時刻歴応答解析
- ・撞座にインパルス荷重負荷後自由振動
- ・竜頭部分を完全拘束
- ・時間刻み：0.001s
- ・材料物性：リン青銅\*1)
  - ヤング率： $1.10 \times 10^5$  [MPa]
  - ポアソン比：0.33
  - 密度： $8.80 \times 10^{-9}$  [t/mm<sup>3</sup>]
- ・レイリー減衰を付加



\*1) 出展：<https://www.jx-nmm.com/products/alloy/copper/05pb/>

# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

## 構造解析入力ファイル：解析制御データファイル (\*.cnt)

```
#####
# Control File for Advance/FrontSTR Ver.5 #
#####
!VERSION
5
#####
# Analysis Control #
#####
!WRITE,VISUAL, FREQUENCY=10 ..... 可視化ファイル出力の定義
!SOLUTION,TYPE=DYNAMIC ..... 解析種別に時刻歴応答解析を定義
#####
# SOLVER CONTROL #
#####
!SOLVER,METHOD=CG,PRECOND=1,ITERLOG=YES,TIMELOG=YES ..... 線形ソルバの定義
20000, 1
#####
# Amplitude data table #
#####
!AMPLITUDE, NAME=TABLE1 ..... インパルス荷重のためのテーブルデータ定義
0.0, 0.0
0.001, 0.0
0.002, 1.0
0.003, 0.0
10.0, 0.0
(続く)
```

# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

## 構造解析入力ファイル：解析制御データファイル (\*.cnt)

```
(続き)
#####
# Boundary Condition #
#####
!BOUNDARY, GRPID=1 ..... 境界条件を定義
NTOP, 1, 3, 0.0
NSYM, 1, 1, 0.0
#####
# Loading Condition #
#####
!DLOAD, GRPID=1, AMPLITUDE=TABLE1 ..... インパルス荷重条件を定義
SPRESS, S, 1.0e+2
#####
# Gravity #
#####
!DLOAD, GRPID=2 ..... 自重の荷重条件を定義
ALL, GRAV, 9.8e+3, 0.0, -1.0, 0.0
#####
# Material #
#####
!MATERIAL, NAME=rinseidou ..... 材料物性を定義
!ELASTIC, TYPE=ISOTROPIC
1.10e+5, 0.33
!DENSITY
8.80e-9
(続く)
```

# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

構造解析入力ファイル：解析制御データファイル (\*.cnt)

```
(続き)
#####
# Section #
#####
!SOLID_SECTION, EGRP=P1, MATERIAL=rinseidou ..... 要素特性を定義
#####
# STEP Settings for AFstr #
##### ..... 解析ステップを定義
!STEP
BOUNDARY, 1
LOAD, 1
LOAD, 2
!DYNAMIC .....時刻歴応答解析のパラメータを定義
0.001, 2.4
!DAMPING, ALPHA=0.5, BETA=1.0e-5 .....レイリー減衰を定義
#####
# Post Process Settings #
##### ..... テーブル形式の結果出力を定義
!TABLE_OUTPUT, NGRP=NTABLE, FILE=TOUT
UX,UY,UZ
##
!FNOISE_OUTPUT, NGRP=N_NOISE, SSTEP=1, ESTEP=2400, FREQUENCY=1, NUM_PROC=1
!VISUAL, method=PSR .....Advance/FrontNoiseとの連成解析のための出力ファイルを定義
!surface_num = 1
!surface
!output_type = COMPLETE_REORDER_AVS
##
!END
```

# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

## Advance/FrontNoiseとの連成解析のための出力定義

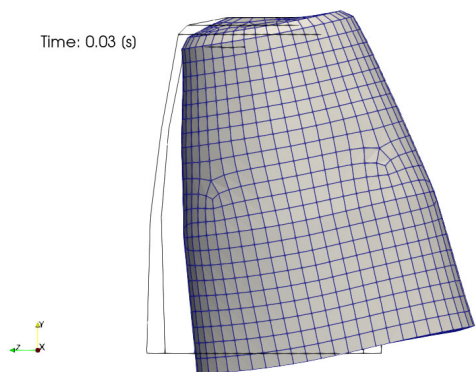
**!FNOISE\_OUTPUT, NGRP=<string>, NUM\_PROC=<int> [, optional parameter]**

パラメータ	内容	省略可	デフォルト値
NGRP	音響連成面に存在する節点の節点グループ名 存在しない場合は出力されない	×	
SSTEP	出力開始ステップ	○	最初から
ESTEP	出力終了ステップ	○	最後まで
FREQUENCY	出カステップ間隔	○	1
FILENAME	出力ファイル名	○	step_res.<step>.<rank>.txt
NUM_PROC	並列数	×	

※出力ファイルをFFT解析に使用します

# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

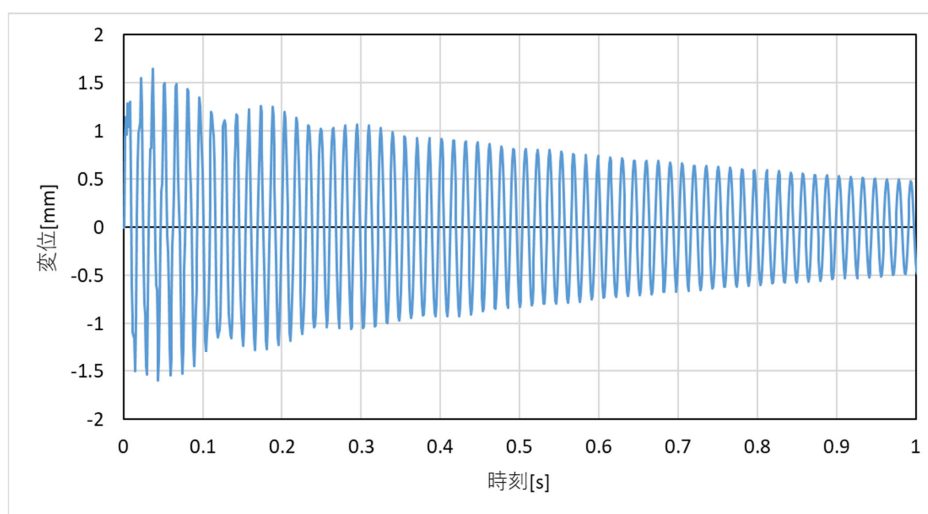
## 構造解析結果



100倍変形図

# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

## 構造解析結果



代表点のZ方向変位時刻歴

## 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

### ②FFT（高速離散フーリエ変換）

実行コマンド

```
$> revo_fft <param.yaml>
```

Advance/REVOCAP\_PrePost  
付属スクリプト

<param.yaml> : パラメータファイル名

パラメータファイル<param.yaml>の入力例

```
geometry: model.msh
geometry_format: FrontSTR
vibrations: vibration/step_res*.*.txt
vibration_format: fnoise_output
output_file: fft/model_fft
```

## 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

パラメータファイル：YAML形式で記述します。

- geometry : メッシュファイル名
- geometry\_format : メッシュファイルのフォーマット (FrontSTR, Nastran)
- vibrations : 振動データのファイル名(リストまたはワイルドカード)
- vibration\_format : 振動データのフォーマット (FNOISE\_OUTPUT, Nastran\_History)
- output\_file : 出力データファイル名

# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

## “FNOISE\_OUTPUT”形式の振動データのフォーマット

Advance/FrontSTRの設定ファイルの!FNOISE\_OUTPUTカードを有効とした時に出力されます。

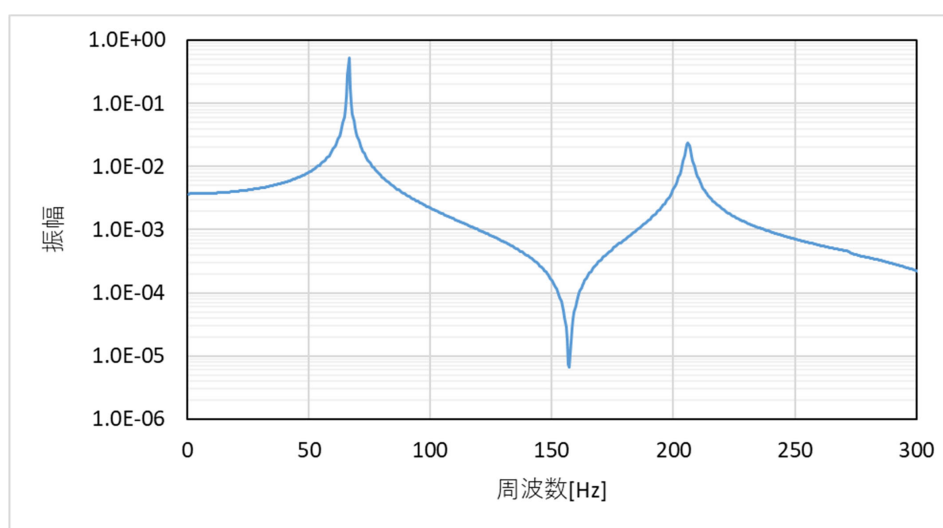
```

# Format Ver1.0
# FSTR V5.0a : vibration data
1458      9      0.2399E+01
disp_x
disp_y
disp_z
velo_x
velo_y
velo_z
acce_x
acce_y
acce_z
1  2.0819E-014  1.8350E+003 -2.9500E+002  0.0000E+000  3.8010E-002 -8.0901E-002  0.0000E+000  1.6401E+001 -3.3257E+001  0.0000E+000 -7.0445E+000
2  1.8064E-014  1.8525E+003 -2.9500E+002  0.0000E+000  3.7993E-002 -7.8478E-002  0.0000E+000  1.6393E+001 -3.2268E+001  0.0000E+000 -8.7919E+000
5  1.9929E-014  1.8350E+003 -3.1095E+002  0.0000E+000  4.0212E-002 -8.0902E-002  0.0000E+000  1.7304E+001 -3.3256E+001  0.0000E+000 -8.0783E+000
6  1.9011E-014  1.8526E+003 -3.1047E+002  0.0000E+000  4.0135E-002 -7.8475E-002  0.0000E+000  1.7271E+001 -3.2256E+001  0.0000E+000 -1.1183E+001
7  1.3298E+001  1.8560E+003 -3.1009E+002  1.0882E-005  4.0081E-002 -7.7999E-002  3.6758E-003  1.7249E+001 -3.2061E+001  4.6241E+003 -1.0744E+001
8  2.4756E+001  1.8453E+003 -3.0968E+002  1.9066E-005  4.0032E-002 -7.9484E-002  9.4977E-003  1.7229E+001 -3.2675E+001  5.4263E+002 -7.7350E+000

```

# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

## FFT結果



代表点のZ方向変位振幅の周波数特性

## 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

### ③振動結果のマッピング

- ・FFTの結果を音響解析モデルに補間し境界条件を作成します。

#### 実行コマンド

```
$> revo_mapper <param.yaml>
```

Advance/REVOCAP\_PrePost  
付属スクリプト

<param.yaml> : パラメータファイル名

パラメータファイル : YAML形式で記述します。

## 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

### パラメータファイル<param.yaml>の入力例

```
upstream:
  mesh_file: fft/model_fft_*.vtk
  mesh_format: VTK
  variables: [acce_x,acce_y,acce_z]
  restriction: fft_flag
  scale: 0.001
downstream:
  mesh_file: model.inp
  mesh_format: FrontNoise
  bcs_file: model.bcs
  boundary_index: 0
  number_of_neighbors: 1
output: output/mapping.vtk
frontnoise:
  bcv_file: output/model.bcv
  bcs_file: output/model.bcs
```

上流のメッシュの情報

下流のメッシュの情報

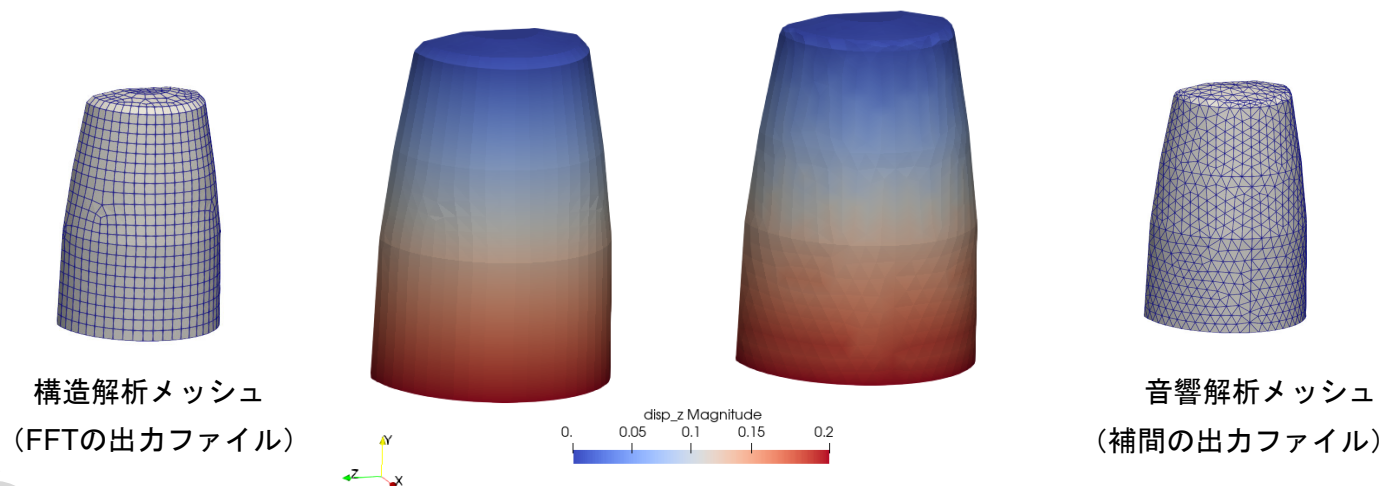
出力ファイル

Advance/FrontNoise形式の出力オプション

# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

## マッピング前後の値比較

frequency is: 64.90971205466087



構造解析メッシュ  
(FFTの出力ファイル)

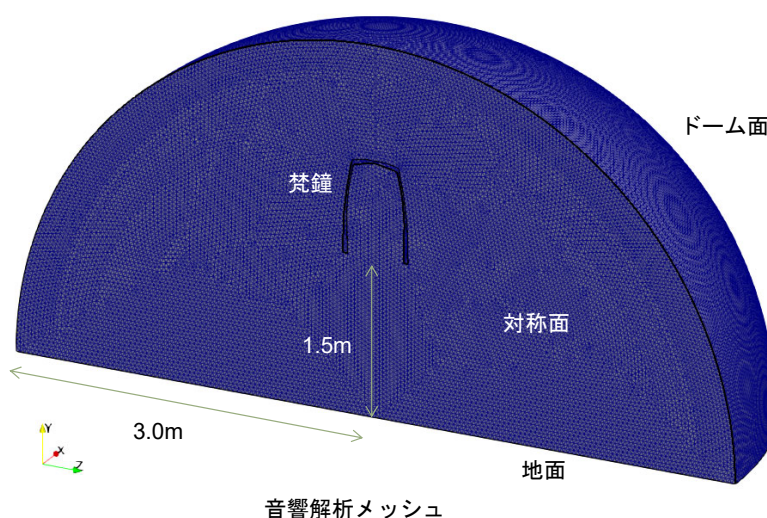
音響解析メッシュ  
(補間の出力ファイル)

# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

## ④音響解析

### 音響解析条件

- ・ 1/2対称モデル
- ・ 音響材料：空気
  - 密度：1.225 kg/m<sup>3</sup>
  - 音速：340.0 m/s
- ・ 境界条件
  - 梵鐘の表面：マッピング結果
  - ドーム面：無限境界
  - 地面：完全反射（デフォルト）
  - 対称面：完全反射（デフォルト）
- ・ 計算周波数：5～300Hz (Δf=5Hz)



# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

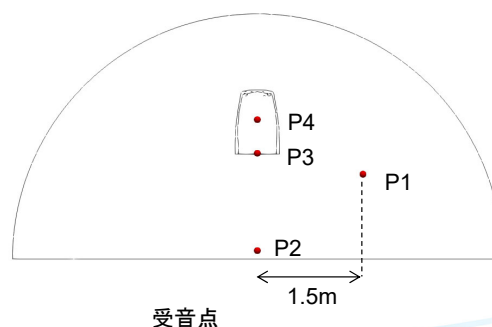
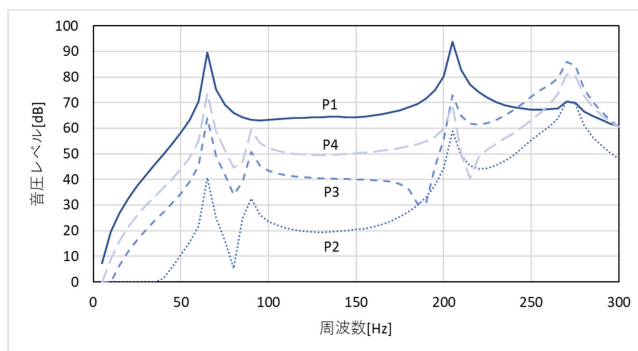
## ポスト処理

- ・ 指定した位置に近接する節点の値を抽出する

## 実行コマンド

Advance/FrontNoise

```
$> getnvalbin <modelname> <x> <y> <z> <csv> [<options>]
```



# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

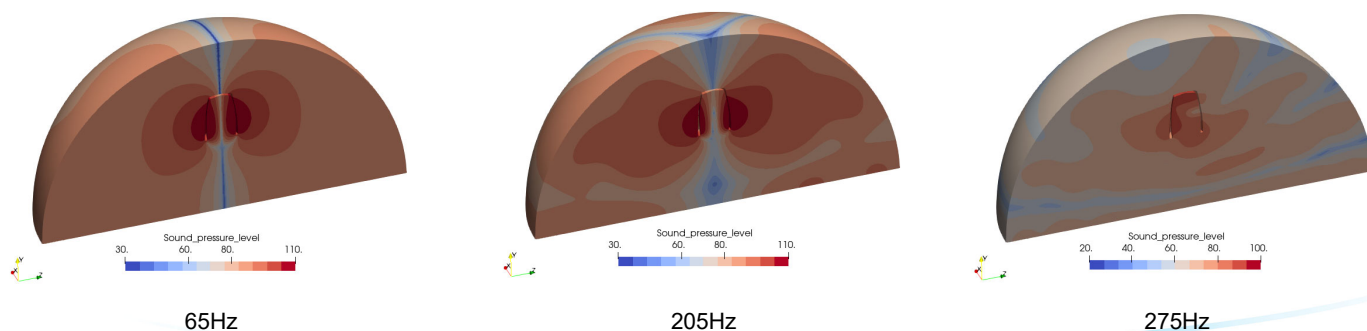
## ポスト処理

- ・ 可視化ファイル（AVS\_UCD形式）の作成

## 実行コマンド

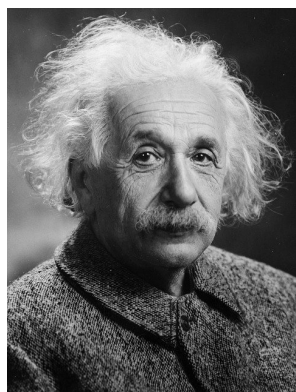
Advance/FrontNoise

```
$> rsl2inp <modelname> <result> <result_inp> [<options>]
```



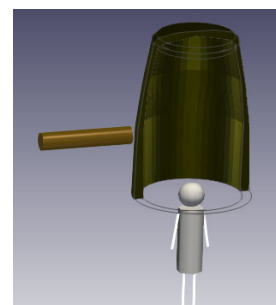
# 事例：梵鐘の構造音響弱連成解析

## おまけ



鐘の中央真下の位置では、音波が打ち消しあって音が小さくなります。前述の解析結果でも、鐘から離れた位置よりも、鐘の真下の位置の方が音圧が小さくなっていることが分かります。

1922年、日本を訪れていたアインシュタインは知恩院を訪問した際に、実際に鐘の真下に立ち、僧に鐘をついてもらって、鐘の真下では音が小さくなる現象を自ら体験したそうです。



## まとめ

梵鐘の事例を使用し、Advance/FrontSTRとAdvance/FrontNoiseを利用した構造音響弱連成解析の実施手順をご紹介しました。

皆様からのご要望やお問合せをお待ちいたしております。  
ご聴講ありがとうございました。

よろしくお願ひします



# ParaView による大規模可視化

第2事業部 第2部

鈴木将之

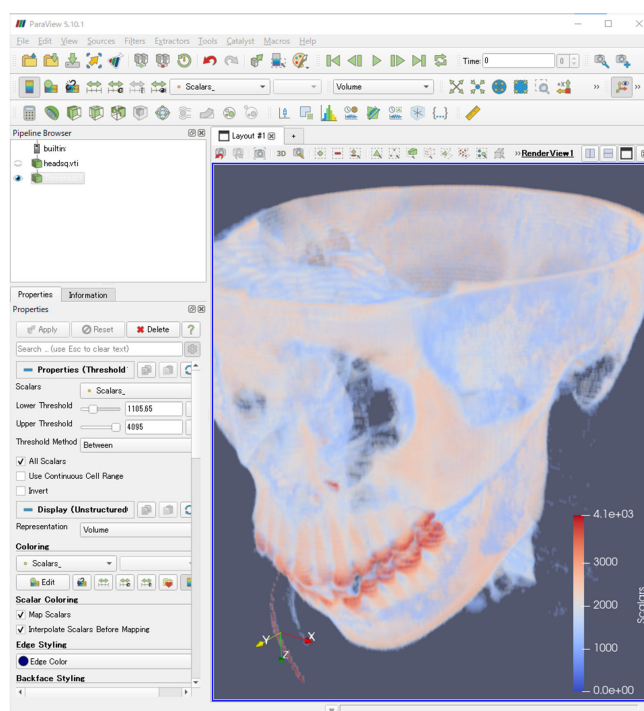
構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR セミナー

2023年10月30日

アドバンスソフト株式会社

## ParaViewとは

- オープンソースの科学技術計算向け可視化・ポスト処理ソフトウェアです。
- マルチプラットフォームです。
  - Windows、MacOS、Linux
  - IBM Blue Gene、クレイ XT3 などのスーパーコンピュータ
- 科学計算向けの様々なファイルフォーマットをサポートしており、多くのソルバの出力の可視化やデータ処理が可能です。



# Advance/FrontSTRとParaView

- Advance/FrontSTRにはParaViewで可視化可能な結果ファイル出力機能として、以下のものがあります。
  - Micro AVS inpファイル形式
  - VTKファイル形式出力

```
# テキスト形式で出力
!VISUAL, method = PSR
!surface_num = 1
!surface 1
!output_type=VTK
```

- 例えば、右のいずれかの設定を行うと、並列出力形式PVTU形式で可視化結果ファイルが出力されます。

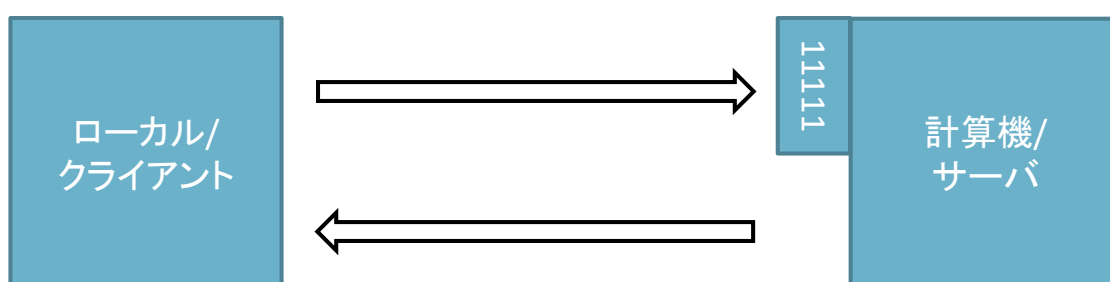
```
# バイナリ形式で出力
!VISUAL, method = PSR
!surface_num = 1
!surface 1
!output_type=BIN_VTK
```

# ParaViewによる並列可視化機能

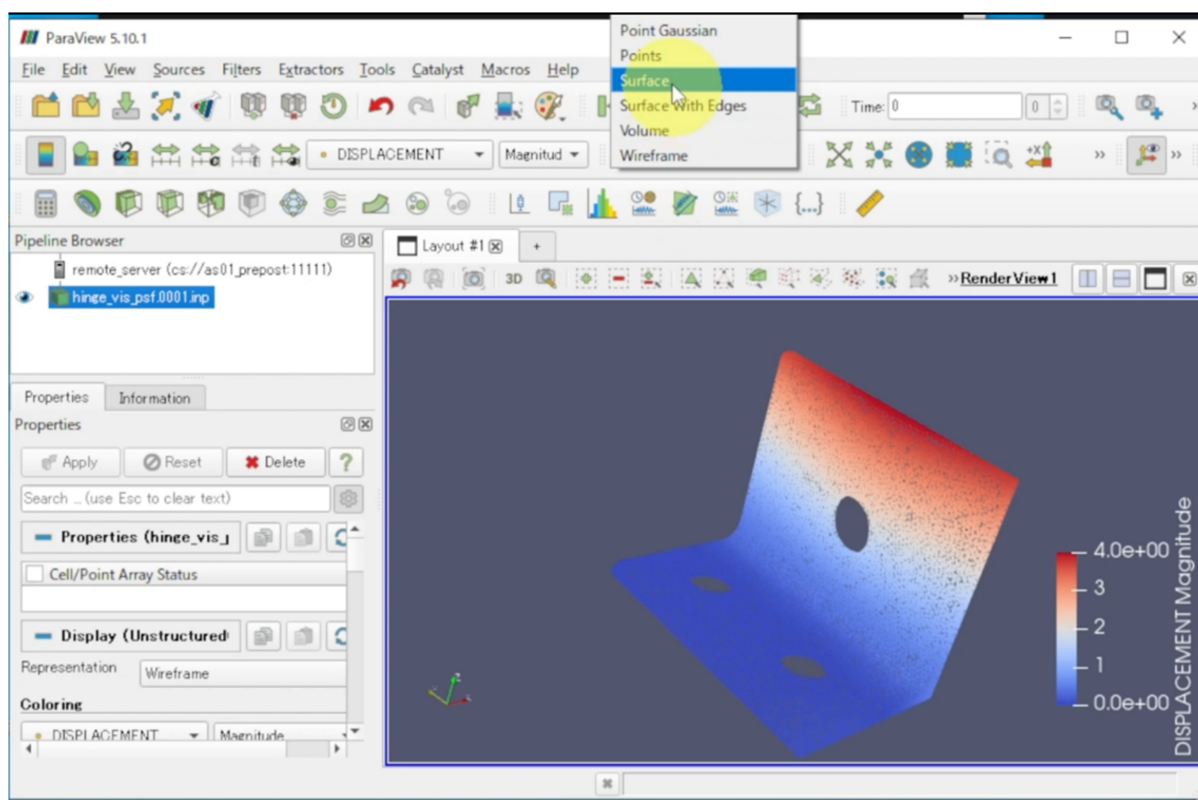
- ParaViewにはMPI並列可視化機能があります。これは可視化を行うにあたり、各種計算、メッシュ操作や表面メッシュ生成をMPI並列で行うことができる機能となります。
- ParaViewにおけるMPI並列可視化方法は以下2通りあります。
  1. ローカルでMPI版ParaViewを用いてMPI並列化します (スタンドアロンモード)。
  2. クラスタなどにParaViewサーバを起動し、クラスタ上で処理されたものをローカルクライアントで表示します (クライアント・サーバモード)。

# クライアント・サーバモード

- クライアント・サーバモードはサーバ上で処理されたデータをクライアントへ転送し、クライアントはそれを可視化するモードのことです。
- クライアント・サーバモードの利用手順を以下に示します。
  - (ParaViewなどをクラスタやローカルにインストールします。)
  - ParaViewサーバをクラスタ上で以下起動します。デフォルトでは11111ポートを使用します。
    - mpirun -np <並列数> pvserver
  - ローカルマシン上で、各種サーバ接続設定(サーバIPまたはドメイン、ポート番号の入力など)を行います。
  - ParaViewサーバへ接続します。



# デモ

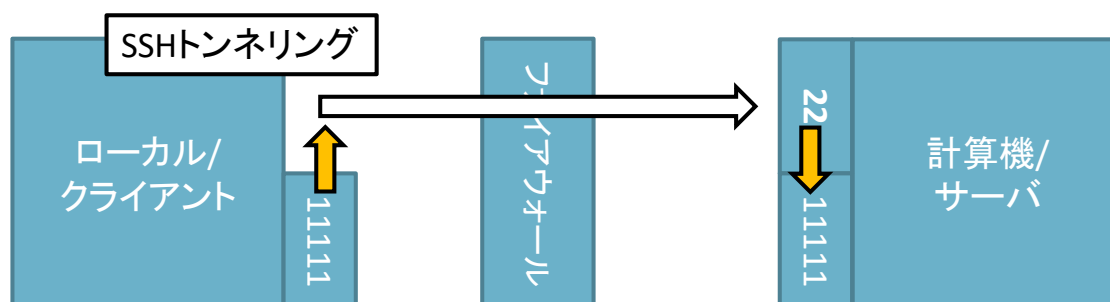


# クライアント・サーバモードの特徴

- クライアント側はMPI並列を行う必要はございません。
- 計算結果ファイルはサーバが起動しているマシン上のものを使用します。
  - すなわち、例えばクラスタ上で計算後、ParaViewサーバを起動しそのまま可視化を行うことができます。
- クライアント側では通常同様のフィルタ操作などを行うことができます。

# サーバへの安全な接続方法

- 今回のデモ動画ではサーバへ直接(ポート番号11111)アクセスいたしました。
- しかし、一般的な計算機システムではセキュリティ上当該ポートは閉じられており、直接接続はできない可能性が高いです。
- 一般的な接続方法としてSSHトンネリングなどSSHを介してサーバへ接続する方法が考えられます。
- 具体的な接続方法やサーバ起動方法は、システム管理者にご相談ください。



# SSHトンネリング

- 一般的な手法として、ターミナル上で以下sshコマンドを実行します。以下のコマンドにより、「localhost:ローカルポート番号」へアクセスすると、SSHを介して「接続先:リモートポート番号」へ接続することが可能となります。

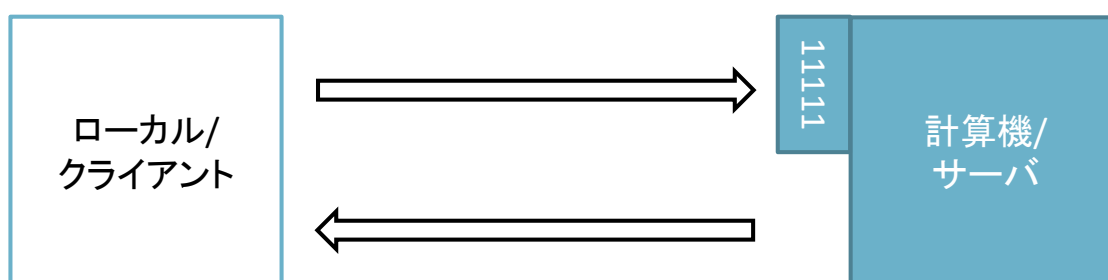
```
ssh -L ローカルポート番号:localhost:リモートポート番号 ユーザ名:接続先
```

- 例としてpvserverのデフォルトのポート番号を使用する場合は以下となります。

```
ssh -L 11111:localhost:11111 ユーザ名:接続先
```

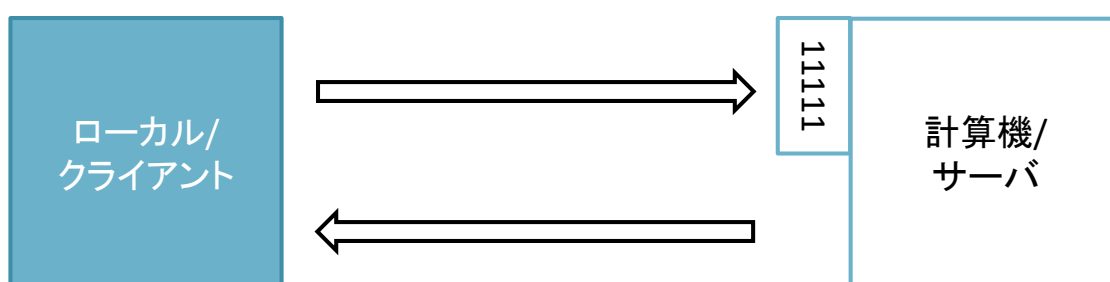
# サーバの起動

- サーバ上で以下のコマンドを実行します。  
`pvserver --server-port=<port_number>`
- 8並列に実行したい場合は、例えば以下のコマンドを実行します。  
`mpirun -np 8 pvserver --server-port=<port_number>`
- 具体的なサーバ起動方法は、システム管理者にご相談ください。



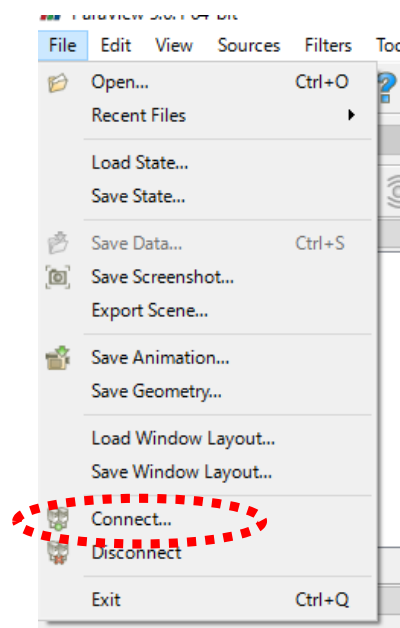
# サーバへの接続

- サーバを計算機上で起動後、手元のマシンなどのParaView上でサーバ接続を行います。



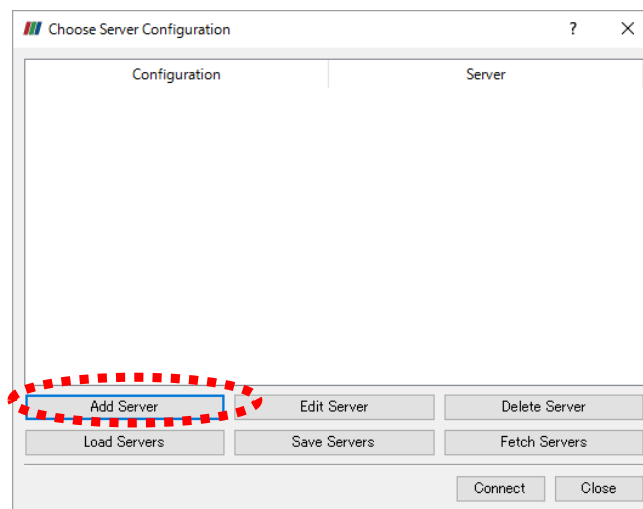
# サーバへの接続

- Fileメニュー > Connect...をクリックします。クリックすると、Choose Server Configurationダイアログが開きます。



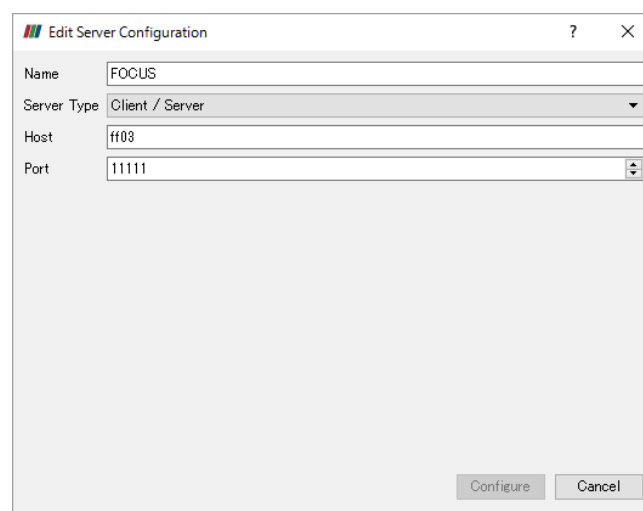
# サーバへの接続

2. Add Serverボタンをクリックします。



# サーバへの接続

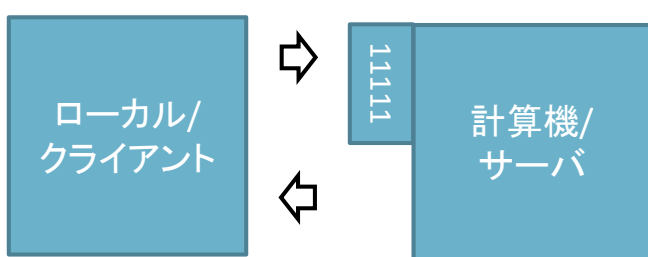
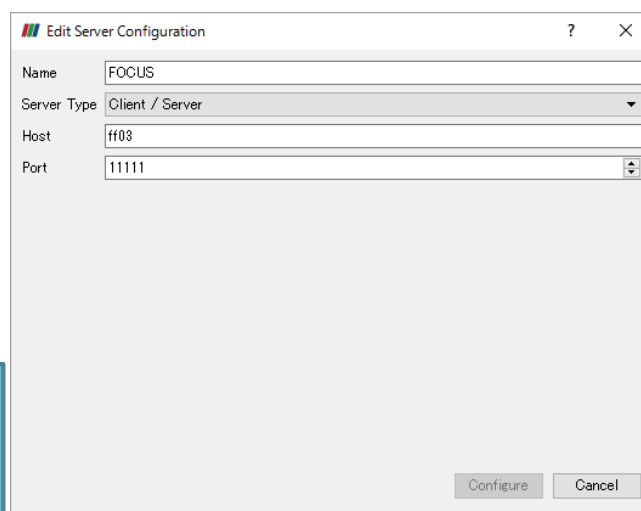
3. 以下の項目を入力します。
  - Nameテキストボックスに設定名(何でも構いません)
  - Hostテキストボックスにホスト名
  - Portテキストボックスにポート番号
- 具体的な接続方法は、システム管理者にご相談ください。



# サーバへの接続

## 3. 以下の項目を入力します。

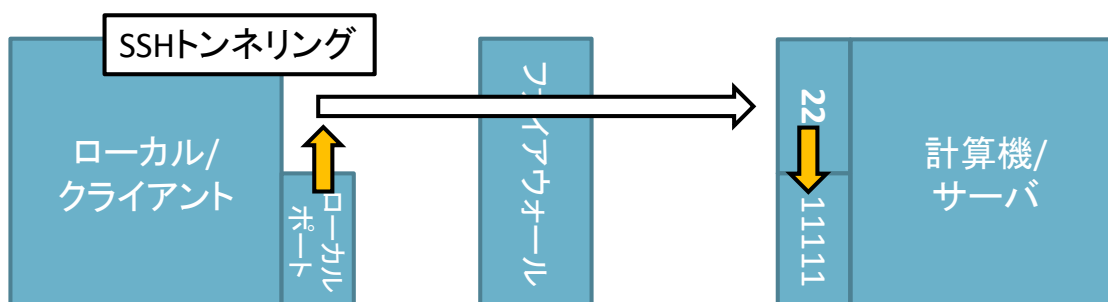
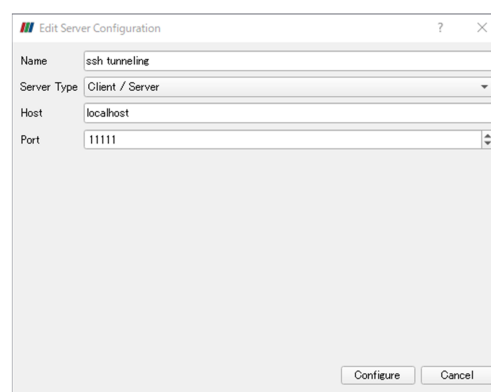
- 直接接続の場合は一般に
  - Hostは計算機のIPアドレス、またはドメインネーム
  - Portはサーバで設定したポート番号。デフォルトは「11111」



# サーバへの接続

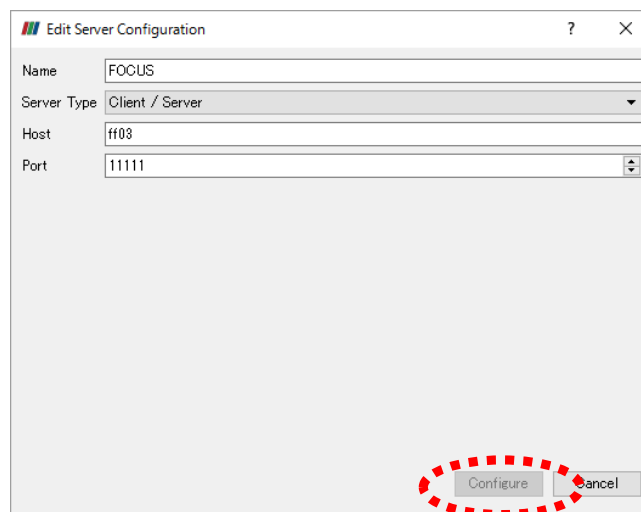
## 3. 以下の項目を入力します。

- SSHトンネリングの場合は一般に
  - Hostは「localhost」
  - Portはトンネリング設定時のローカルポート番号



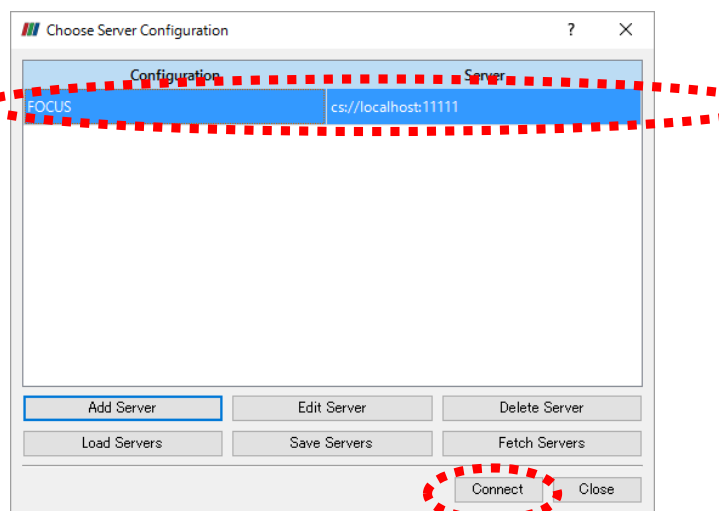
# サーバへの接続

- 設定後、Configureボタンをクリックします。
- 再度確認画面が表示された場合はSaveボタンをクリックしてください。



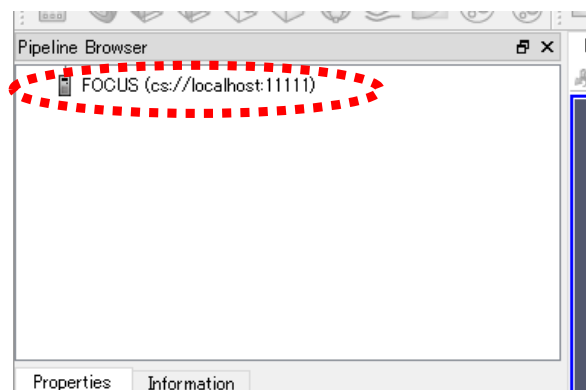
# サーバへの接続

- さきほど追加した設定がリストに追加されています。設定を選択し、Connectボタンをクリックします。
- 接続完了まで画面が固まります。完了までお待ちください。完了時に警告ダイアログが開きますが、OKボタンをクリックし、ダイアログを閉じてください。



# サーバへの接続

8. パイプラインブラウザにて、サーバに接続できていることをご確認ください。



# 構造解析受託解析のご紹介

第2事業部 徳永 健一

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR 最新動向セミナー  
2023年10月30日（月）  
アドバンスソフト株式会社

## アドバンスソフト社の 構造解析関連受託解析サービス

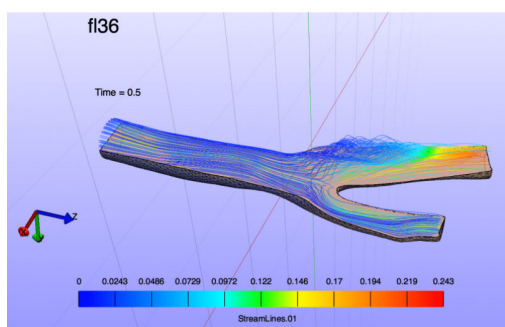
お客様のご要望に応じて、次のようなサービスを提供いたしております。

- ① Advance/FrontSTR による受託解析  
本日ご紹介した Advance/FrontSTR で解析を実施します。
- ② FrontISTR による受託解析  
Advance/FrontSTR のベースとなっているオープンソースの FrontISTR を用いた解析も可能です。
- ③ その他のソフトによる受託解析

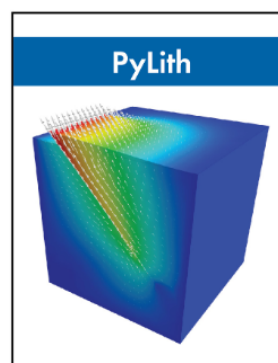
# 受託解析例

特殊な用途の解析、Advance/FrontSTR の適用外の解析については、各種オープンソースソフトウェア等を活用した受託解析をご提案します。

- FEBio を用いた生体組織の解析
- PyLith を用いた地殻変動解析
- 大学研究室のコードを用いた破壊・大変形解析(次のスライド)

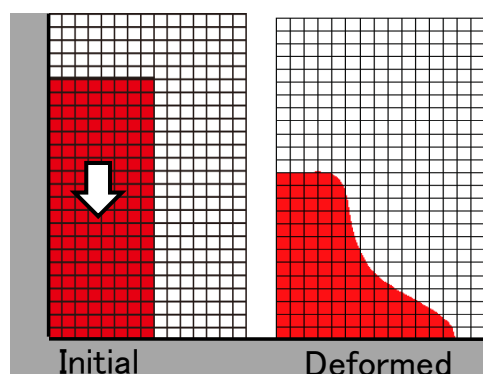


<https://febio.org/> より



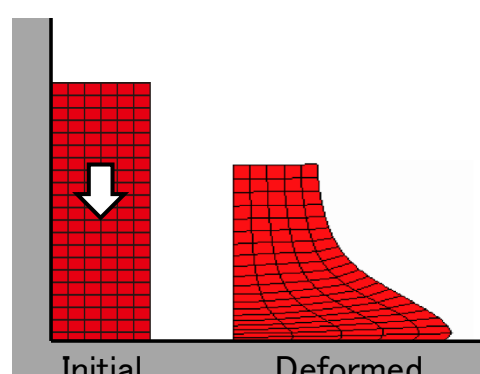
<https://geodynamics.org/resources/pylith> より

# オイラー型の構造解析とは



オイラー型解法

- 固定された計算メッシュを使う
- 任意の大変形・破断を扱える
- メッシュ生成が自動かつ高速



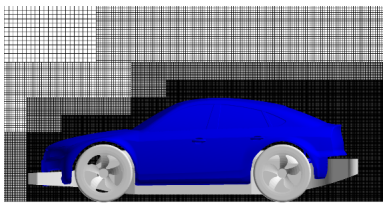
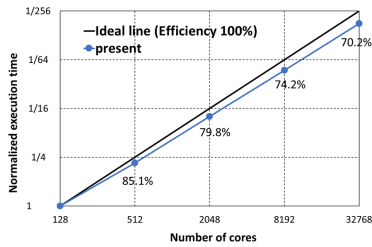
ラグランジュ型解法

- 物体の変形に追従する計算メッシュを使う
- 大変形における計算メッシュ破綻
- 複雑形状のメッシュ生成に多大な時間を要する

# オイラー型解法の利点

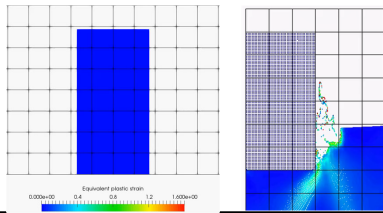
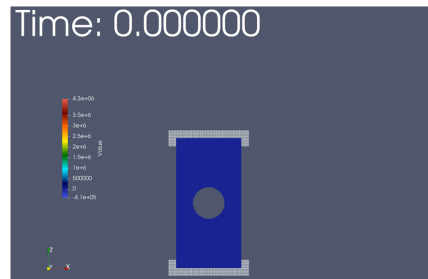
## アルゴリズムの観点

- 超並列計算で高い効率
- 高速・自動メッシュ生成
- ボクセルデータの直接利用可



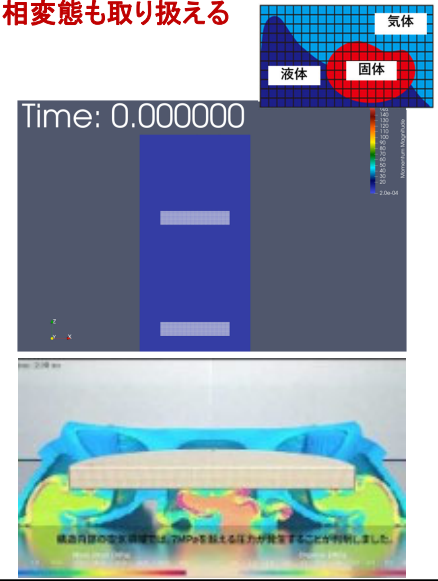
## 構造解析の観点

- 膨大な数のソリッド要素解析
- 任意の大変形/破断解析
- 接触のサーチが不要(計算が速い)



## FSI解析の観点

- 構造/液体/気体の強連成解析
- 相変態も取り扱える



動画出典: <https://youtu.be/2X-2smosuoo>



# 汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP\_PrePost のご紹介

第2事業部 徳永 健一

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR 最新動向セミナー  
2023年10月30日（月）  
アドバンスソフト株式会社

## Advance/REVOCAP\_PrePostとは

有限要素法、有限体積法に対応した汎用プリポストプロセッサ  
です。

文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発

2005-2007「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発」

2009-2012「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」

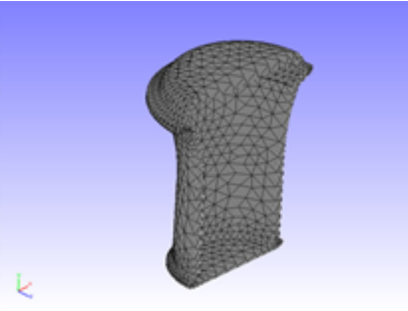
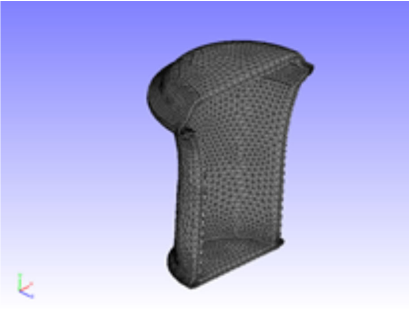
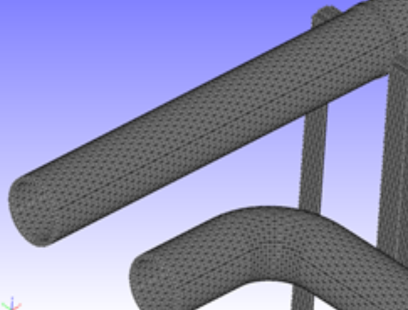
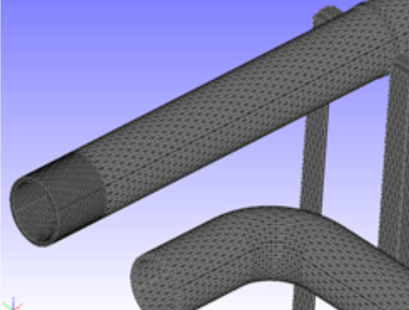
で開発されたソフトウェアREVOCAP\_PrePostをアドバンスソフト社  
が商品化したものです。

# Ver.5.2 (近日リリース予定)の特徴

- Advance/FrontSTR Ver.6.3 の対応を行った
  - 座屈解析
  - Modified Cam-Clay モデル
- 機能向上
  - マウスで選択した面の追従
  - 多点拘束条件の設定の改良
  - 輻射境界条件の設定の改良(形態係数の近似計算機能)
- 付属スクリプト(FrontSTRに同梱して提供)
  - IOの追加
  - Python の pip コマンドでインストール可能
- Advance/REVOCAP関連商品 Refiner
  - FEMモデルを細分化する
- Advance/REVOCAP関連商品 PorousModeler
  - 微細構造モデリング

## Advance/REVOCAP\_Refiner

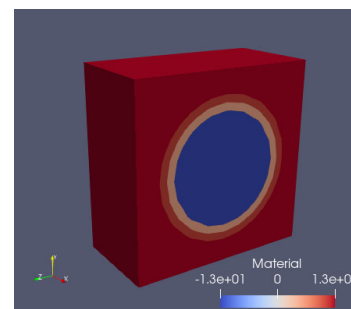
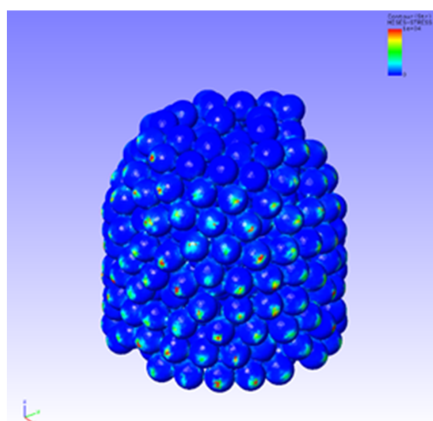
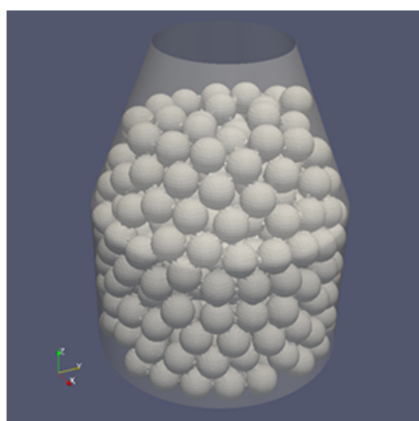
FEMモデルの細分化を行うツール、ライブラリです。

オリジナル	細分後	備考
		解析ソフトに組み込んで、要素を細分する
		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

# 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。
- 粉体周りの触媒層など、複数材料のメッシュ生成にも対応しました。



Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# Advance/REVOCAP\_PrePost Ver.5 機能一覧

項目	内容
動作環境	Windows 10 (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)、Nastran Bulk Data Format, ADVENTURE_TetMesh, Gmsh, MicroAVS UCD
境界条件設定	節点拘束、集中荷重、分布荷重、速度、加速度、接触、温度、熱流束、熱伝達、輻射、移動熱源
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8GB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 ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# 熱伝導解析の解析の手順

- 本日の「熱伝導解析事例」でご紹介した問題
- 伝熱の3種類の境界条件を設定する方法をご紹介

## 境界条件

### 1. 熱伝達（外壁）

熱伝達係数:  $4.5 [W/(m^2 \cdot K)]$ 、雰囲気温度:  $0 [^{\circ}C]$

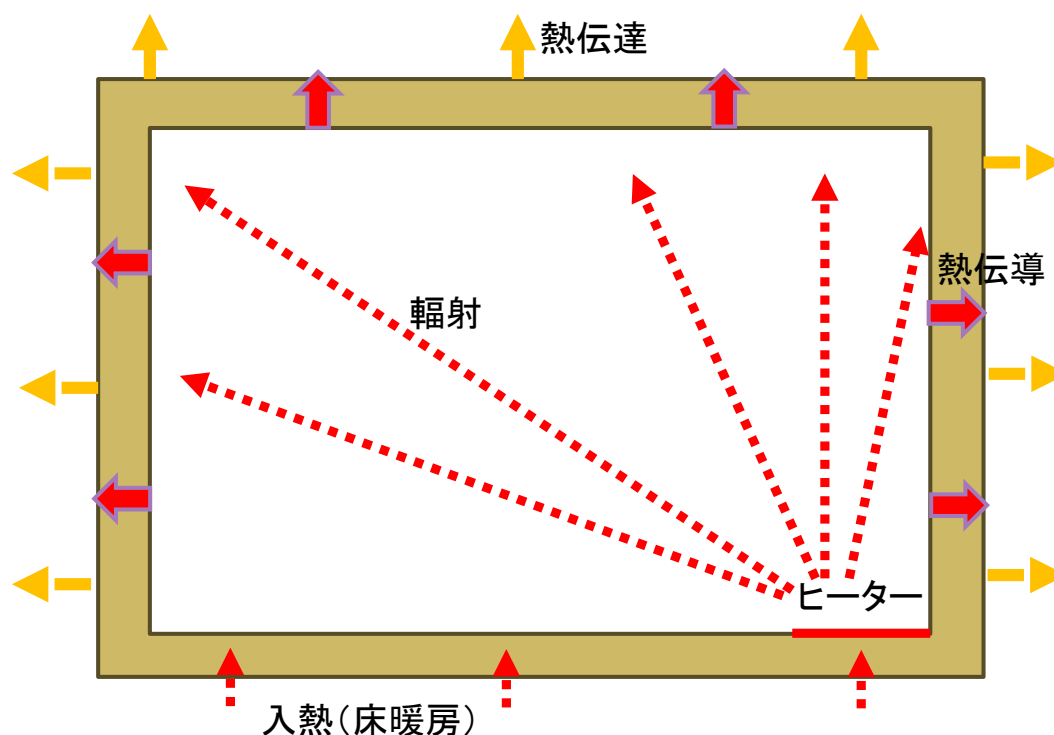
### 2. 熱流束（室内の床上面）

床面に対して分布熱流束  $62.5 [W/m^2]$

### 3. 輻射

ヒーターから内壁に熱を放射する。放射率: 1.0 とする。

# 熱解析モデル



# PrePost での熱伝導の設定

## 固体の熱伝導解析を行う方法

- ① 解析の種類で「熱解析」を選択する
- ② 定常 (STEADY) または非定常 (TRANSIENT) を選ぶ
  - 初期時間増分、計算時間を与える



▼ 熱解析

熱解析ステップ

固有値解析

熱解析ステップ ステップ境界条件

熱解析

非定常解析 TRANSIENT

初期時間増分 1.0E00

計算時間 3600.0

最小時間増分 1.0E-01

許容温度変化 1.0E00

ステップ削除

ヘルプ

# PrePost での熱解析用材料物性値の設定

## 熱解析用物性値の設定を行う方法

- ① 材料物性値を選択
- ② 材料モデルで「熱解析」を選択
- ③ 比熱、熱伝導率、質量密度の値を設定する



材料物性値設定

材料名 ST

材料モデル 熱解析

降伏関数

硬化則

超弾性モデル

粘弾性モデル

粘塑性モデル

▼ 物性値

物性値名	単位	値
比熱	J/(kg K)	880.0
熱伝導率	W/(m K)	1.5
質量密度	kg/m <sup>3</sup>	2100.0

# PrePost での材料物性値の割り当て設定

## 物性値をソリッドに割り当てる方法

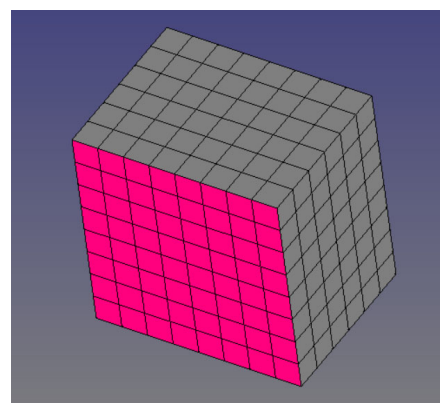
- ① 計算格子の中の割り当てる領域(セクション)を選択
- ② 「材料物性値の選択」の材料名に割り当てる物性値を設定する



# PrePostでの熱流束条件の設定

## 熱流束条件の設定を行う方法

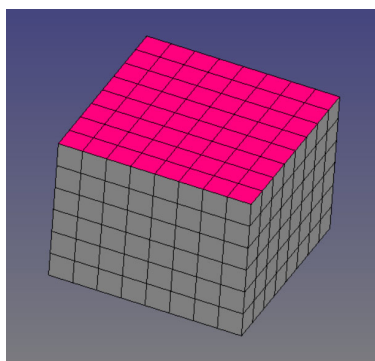
- ① 3D画面で熱流束を与える面を選択する
- ② 境界条件のDFLUX(分布熱流束)を選択する
- ③ 熱流束値を与える




# PrePostでの熱伝達条件の設定

## 熱伝達条件の設定を行う方法

- ① 3D画面で熱伝達境界条件を与える面を選択する
- ② 境界条件のFILM(熱伝達)を選択する
- ③ 熱伝達係数、雰囲気温度を与える



**熱伝達**

識別子

範囲指定

---

**熱伝達係数**

係数値

時間依存関数

温度依存関数

---

**雰囲気温度**

温度

時間依存関数

元に戻す 追加 更新 削除

ヘルプ

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

13

# PrePostでの輻射の設定(1)

形態係数を明示的に与える場合

入力パラメータ	備考
放射率	0以上1以下の無次元量
形態係数	0以上1以下の無次元量
雰囲気温度	

FrontSTRの解析制御ファイルに与える値は放射率、形態係数からPrePostが自動的に計算して与えます。

**輻射**

識別子

範囲指定

---

**輻射係数**

放射率

形態係数

自動計算 熱源

時間依存関数

温度依存関数

---

**雰囲気温度**

温度

時間依存関数

元に戻す 追加 更新 削除

ヘルプ

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

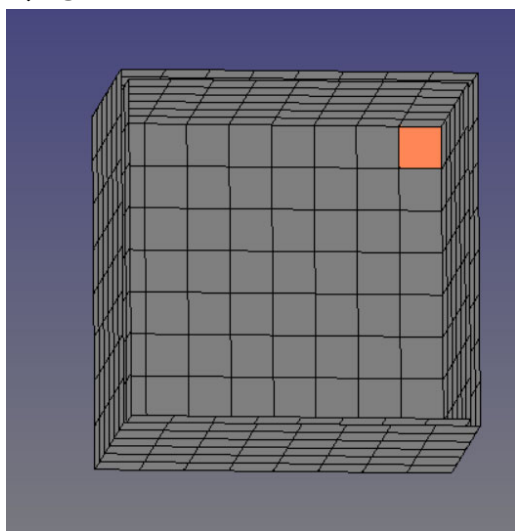
- 73 -

14

# PrePost での輻射の設定(2)

形態係数を自動的に計算する場合

- ① 3D画面で熱源となる面グループを選択
- ② 自動計算を選択して、熱源ボタンを押す
- ③ 3D画面の熱源の面グループの色が変わる
- ④ 輻射を受ける面を選択して、輻射境界条件を追加する



輻射	
識別子	<input type="text" value="RADO"/>
範囲指定	<input type="checkbox"/>
輻射係数	
放射率	<input type="text" value="1.0"/>
<input type="radio"/> 形態係数	<input type="text" value="0.0E00"/>
<input checked="" type="radio"/> 自動計算	<input type="button" value="熱源"/>
時間依存関数	<input type="text" value=""/>
温度依存関数	<input type="text" value=""/>
雰囲気温度	
温度	<input type="text" value="150"/>
時間依存関数	<input type="text" value=""/>
<input type="button" value="元に戻す"/> <input type="button" value="追加"/> <input type="button" value="更新"/> <input type="button" value="削除"/>	
<input type="button" value="ヘルプ"/>	

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

15

# 初期条件

初期条件ですべての節点に15°Cを与える設定を行う。

- ① 初期条件を選択する
- ② 全節点のチェックを有効にする
- ③ 温度15°Cを与える

初期温度	
識別子	<input type="text" value="INITO"/>
全節点	<input checked="" type="checkbox"/>
温度	<input type="text" value="15"/>
<input type="button" value="元に戻す"/> <input type="button" value="追加"/> <input type="button" value="更新"/> <input type="button" value="削除"/>	
<input type="button" value="ヘルプ"/>	

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

- 74 -

16

# 絶対零度の設定

輻射の計算は絶対温度で行われるので、絶対零度の値を設定する。

- ① 物理定数の設定画面を選択する
- ② 絶対零度の値を設定する(セ氏で入力する場合は-273.15)



# ステップ解析

熱解析で「熱解析ステップ」を追加し、上記で作成した境界条件をそのステップで有効にする

BOTTOM 底面の熱流束  
 TOP\_OUT 上面の熱伝達  
 SIDE\_OUT 側面の熱伝達  
 TOP\_IN 上面の輻射  
 SIDE\_IN 側面の輻射



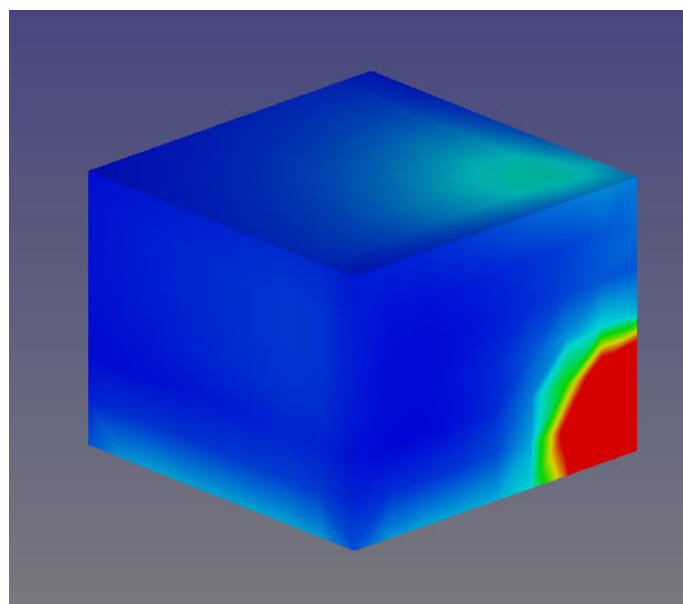
# 解析モデルの出力

ファイルメニューからモデル保存を選択して、解析モデルを出力する。



# 解析結果の表示

- ① ファイルメニューから結果読み込みを選択して、計算結果ファイルを読み込む。
- ② カラーコンターを選択する。
- ③ 物理量の名前を「TEMPERATURE」を選択して、最大最小値を設定する。



# 各サービスのご紹介

## 01. パッケージソフトウェアの販売・サポート

取り扱っているパッケージソフトウェアは、ほとんどが自社開発した国産製品です。ソースコードを熟知した開発者が直接お客さまのご質問にお答えいたします。

## 02. ソフトウェアの受託開発サービス

お客さまの解決すべき課題に則した、シミュレーションソフトを新規に開発いたします。また、お客さまがご利用になっているソフトウェアの改良も対応いたします。

## 03. 解析サービス

計算科学用ソフトウェアを用いた解析計算を行います。シミュレーションの専門家ならではの見識をもって評価し、課題解決にはどのような手法が有効かご提案いたします。

## 04. コンサルティング

CAEに関わるさまざまな課題をお客さまと一緒に解決すべく、専門研究者がコンサルティングサポートをさせていただきます。

# 弊社のご案内

ホームページをリニューアルしました

<https://www.advancesoft.jp/>



事例集も公開中！

アドバンスソフト 事例集

- | 産業分野別    | 解析分野別   |
|----------|---------|
| 自動車・運輸   | 流体      |
| 材料・化学    | 爆発・燃焼   |
| 産業機械     | 構造      |
| 航空宇宙     | 振動音響    |
| エレクトロニクス | ナノ・バイオ  |
| 建設土木     | ブリポスト   |
| 原子力      | 半導体デバイス |
| エネルギー    | 光・電磁波   |
| 環境・防災    |         |



YouTubeにて  
セミナー動画を公開しております

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



# アドバンス・シミュレーション・セミナーのご案内

第9回

2023年11月10日

「都市のデジタルツイン」

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
人工知能研究センター  
総括研究主幹 中村 良介 様

第10回

2023年12月15日

「計算物質科学による2.5次元物質科学研究  
：原子層物質複合構造体と外場」

筑波大学 数理物質系  
教授 岡田 晋 様

3

Copyright ©2023 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

構造解析ソフトウェア  
**Advance / FrontSTR**  
最新動向セミナー

本日のプログラムは以上となります。  
ご清聴、誠にありがとうございました。

4





**警告**

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