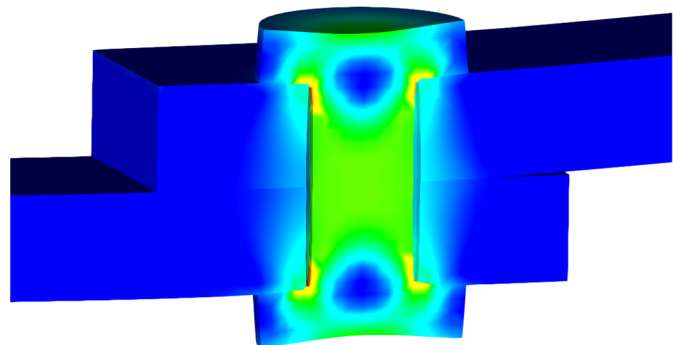


# 構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR Ver.6.0 ご紹介セミナー

2019年6月13日(木)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	
13:40~14:00 (20分)	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR Ver6.0 の紹介 .....	5
	主管研究員 袁 熙	
14:00~14:50 (50分)	<b>ご講演「金属積層造形のプロセス設計と造形欠陥制御」</b> .....	※資料は非公開です
	国立大学法人東北大学 金属材料研究所 加工プロセス工学研究部門 千葉研究室 助教 青柳 健大 様	
14:50~15:00 (10分)	休憩	
15:00~15:50 (50分)	材料の機能と解析事例のご紹介 .....	11
	(異方性材料、塑性材料、超弾性材料、粘弾性材料、粘塑性材料など) 当社技術者	
15:50~16:10 (20分)	構造解析についてのライトニングトーク .....	39
	当社技術者	
16:10~16:20 (10分)	汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP のご紹介 .....	53
	主管研究員 徳永 健一	
16:20~16:30 (10分)	価格および関連サービスご紹介、質疑応答 .....	67
	※資料は一部非公開です 営業部 那須田 淳一	





# 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 Ver6.0 ご紹介セミナー  
2019年6月13日 (木)  
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  
(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

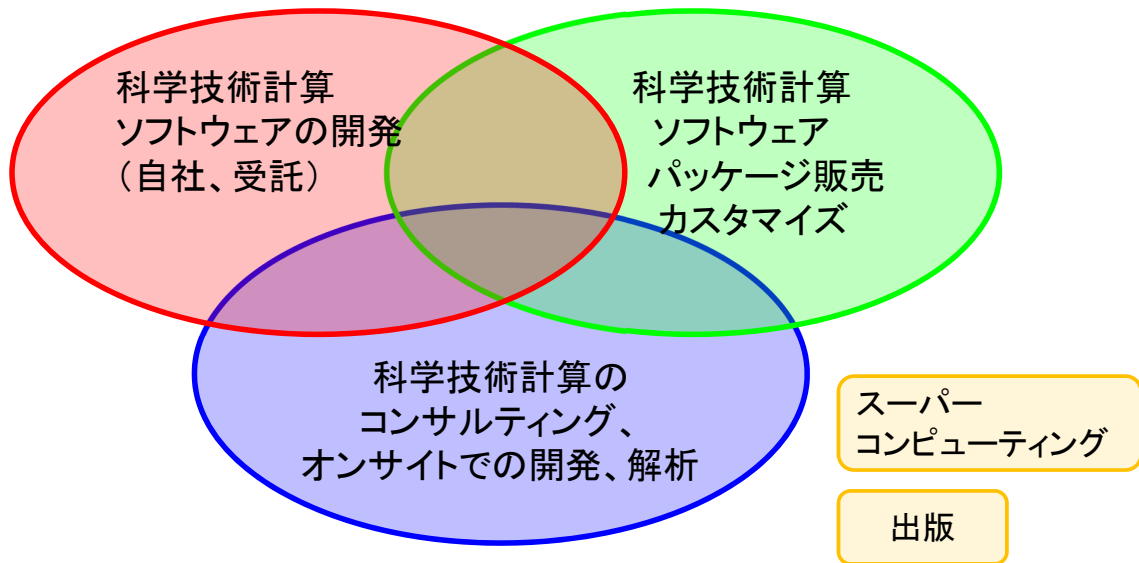
社員数 106名(2019年5月1日時点)

事業部	部	事業内容
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	プリポストシステム開発、連成システム開発、構造・音響解析などのエンジニアリング、構造解析ソルバーの開発など
	技術第6部	次世代TCADシステムの開発
	材料システム 開発室	先端的なナノシミュレーション事業および関連する国プロを企画・推進
	ナノシミュレーション 研究開発センター	材料設計統合システムの開発、および、関連する先端的なナノ分野の事業を企画推進
第2 事業部	技術第4部	燃焼・爆轟に係る流体解析ソルバー開発、混相流に係る次世代流体解析システム開発、流体解析ソルバーの受託
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 管路系流体解析エンジニアリング業務
関西支店		西日本地区での活動拠点。ナノシミュレーションを中心としたサービスを提供
研究 開発 部門	研究開発 センター	地球科学を中心とした事業を企画・推進します。
	熱流動エンジニア リングセンター	原子力、管路系、気液二相流等の熱流動エンジニアリング事業
	リスク研究開発 センター	原子力分野に関するPRAを中心としてリスク研究開発に係る事業
総合企画部		コンサルティングサービスの提供 解析サービス、実験支援サービスの提供
営業本部	営業部	お客様窓口



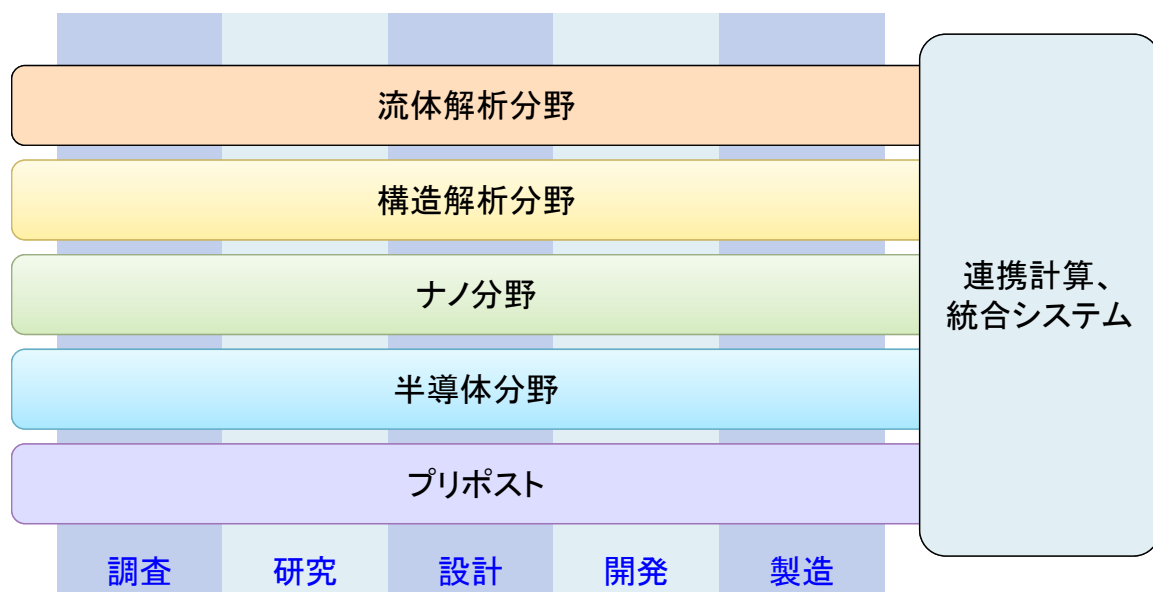
# 事業内容

## アドバンスソフトがご提供するサービス



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

# 事業分野

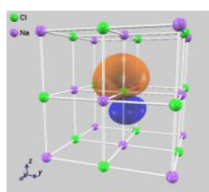


産業の主要な分野のあらゆるフェーズで直面する課題に対し、科学技術計算によるソリューションをご提供します。

# アドバンスソフトのパッケージソフトウェア

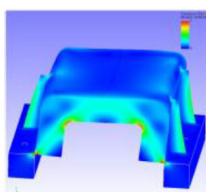
## ナノ

Advance/PHASE  
Advance/NanoLabo



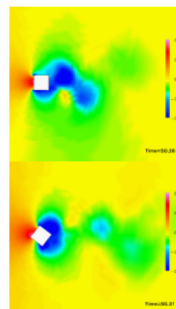
## 構造・音響

Advance/FrontSTR  
Advance/FrontNoise

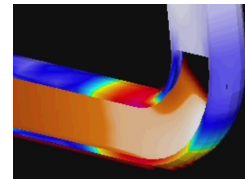


## 流体

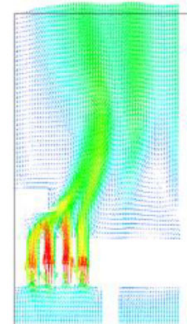
Advance/FrontFlow/red



Advance/FrontFlow/FOCUS

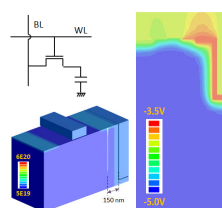


Advance/FrontFlow/MP



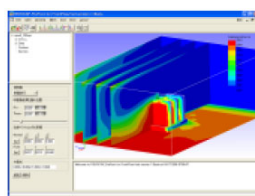
## 半導体・光／電磁波

Advance/TCAD  
Advance/ParallelWave



## プリポスト

Advance/REVOCAP



Advance/FrontNetシリーズ



※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。

# パッケージソフトウェアの解析事例

解析事例Webページをリニューアルしました。

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いたします。

### 産業分野別

自動車・運輸  
 材料・化学  
 産業機械  
 航空宇宙  
 エレクトロニクス  
 建設土木  
 原子力  
 エネルギー  
 環境・防災

### 解析分野別

流体  
 爆発・燃焼  
 構造  
 振動音響  
 ナノ・バイオ  
 プリポスト  
 半導体デバイス  
 光・電磁波

# facebook、YouTubeでも関連記事を掲載中

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

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



# 構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR Ver6.0 の紹介

第1事業部 袁熙

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR Ver6.0 ご紹介セミナー  
2019年6月13日（木）  
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>)

<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	<ul style="list-style-type: none"> <li>FEM解析、ソルバ、可視化等の並列解析用ライブラリ群</li> </ul>
---	--------------------	------------------------------	--



<b>FrontSTR</b>	有限要素計算
<b>HECMW</b>	メッシュ管理、ソルバー
<b>Revocap</b>	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)



Copyright ©2019 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

3

# 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

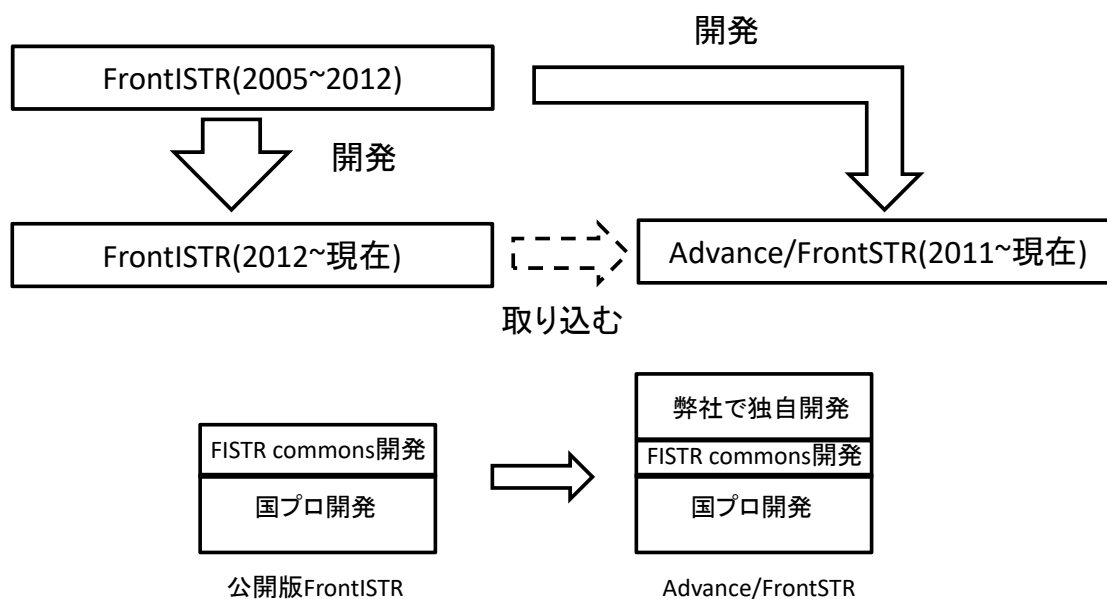
事務所: 東京都文京区弥生二丁目11番16号  
(東京大学大学院工学系研究科 総合研究機構内)



Copyright ©2019 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

4

# 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](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 %	-

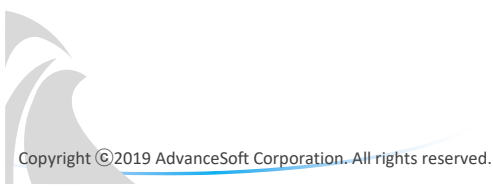
(節点数2,513,793,437、線弾性解析)

## FrontISTRの弱点: 線形弾性解析を考慮した基本設計

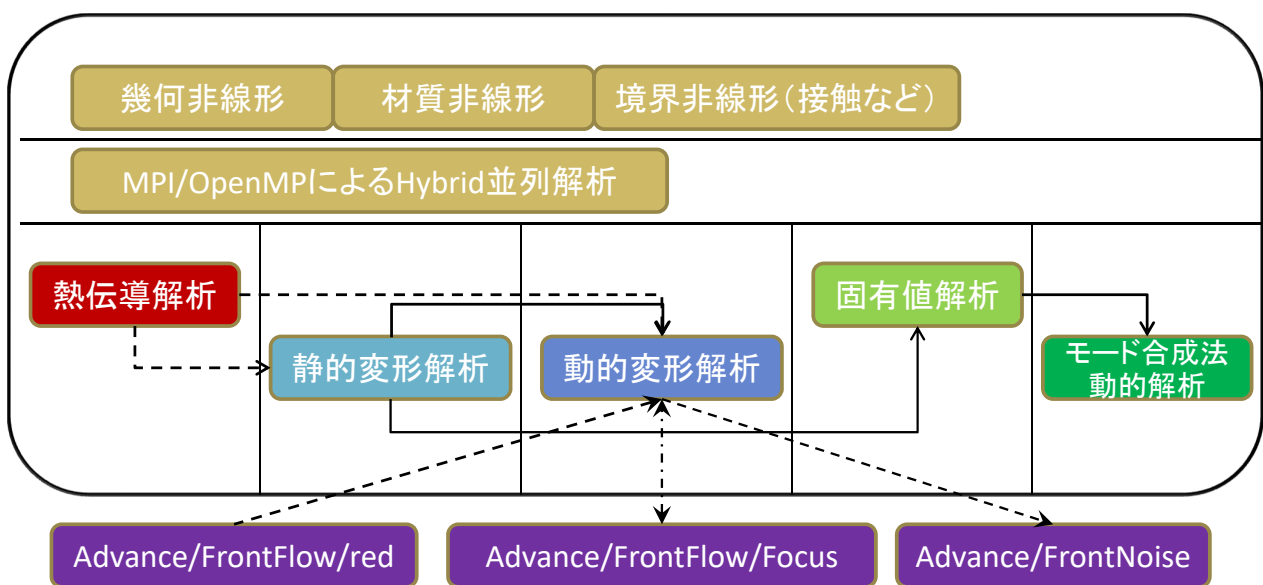
- ・ 静的通信管理: 接触など通信パターン変化問題に向かない
- ・ 静的なデータ構造: Adaptive mesh, 亀裂、接触問題などに向かない

# 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      <- - - - -> カプラ経由

# 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新規機能の取り入れ
  - 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

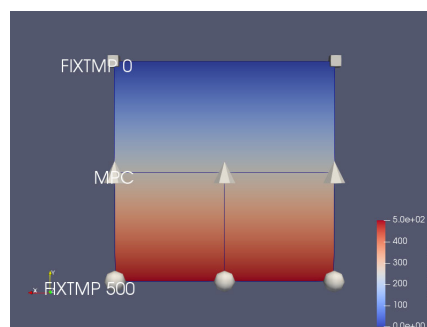
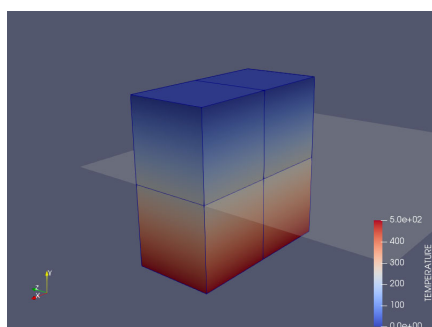
## FrontISTRの弱点: 線形弾性解析を考慮した基本設計

- ・ 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



# Advance/FrontSTR6.0新規機能

- 熱解析中MPC条件の適用
- VTK出力機能
- MW修正
- オンラインマニュアル



MPC条件を使用した熱伝達解析



# 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



# 異方性材料

第1事業部 鈴木将之

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR Ver6.0 ご紹介セミナー  
2019年6月13日（木）  
アドバンスソフト株式会社



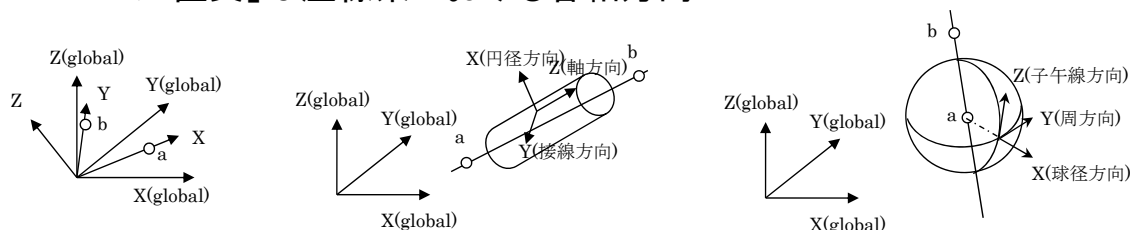
# 異方性材料

- 異方性材料とは、方向により材質が異なる材料。
- 異方性材料の例を以下示します。
  - 木材
  - 鉄筋コンクリート
  - 繊維強化プラスチック



# Advance/FrontSTRにおける異方性材料

- Advance/FrontSTRでは弾性材料の直交異方性のみ扱うことができます。
  - この「直交」は座標系における各軸方向



- Advance/FrontSTRではヤング率、ポアソン比及びせん断弾性係数を指定することで構成式を定義します。



# 構成式

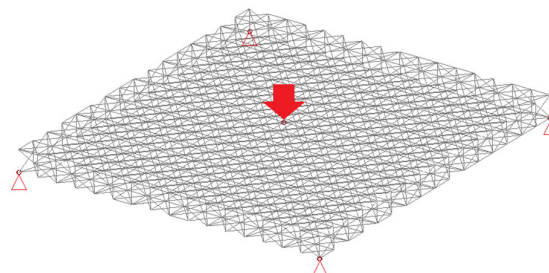
- $E_x$  は各方向のヤング率
- $\nu_{xy}$  は各断面のポアソン比
- $G_{xy}$  は各断面のせん断弾性係数
- $E_1 = E_2 = E_3$  かつ  $\nu_{12} = \nu_{23} = \nu_{13}$  かつ  $G_{12} = G_{23} = G_{13}$  の時、等方性材料
  - 等方性の場合には通常ヤング率とポアソン比からせん断弾性係数を算出します

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{33} \\ \varepsilon_{12} \\ \varepsilon_{23} \\ \varepsilon_{31} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/E_1 & -\nu_{12}/E_2 & -\nu_{13}/E_3 & 0 & 0 & 0 \\ & 1/E_2 & -\nu_{23}/E_3 & 0 & 0 & 0 \\ & & 1/E_3 & 0 & 0 & 0 \\ & & & 1/G_{12} & 0 & 0 \\ 対称 & & & & 1/G_{23} & 0 \\ & & & & & 1/G_{31} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{33} \\ \sigma_{12} \\ \sigma_{23} \\ \sigma_{31} \end{bmatrix}$$



# モデル例

- 形状は板状(20x20x2m)
- 線形静解析
- 四隅を完全固定
- 中央に集中荷重(1kPa)



# モデル例

- 材質は孟宗竹。
  - 実際の材質は繊維の量によって変化します。右表は一例。
- X軸方向を繊維方向、Y軸方向を繊維と垂直方向とします。

	X方向	Y,Z方向
ヤング率 (GPa)	2.0	16.01
せん断弾性係数(GPa)	0.935	6.158
ポアソン比	0.07	0.3

有尾一郎, et al. 竹の異方性組織構造に観る複合積層モデルに関する力学的考察 (<特集> 生体材料のバイオエンジニアリング). 日本機械学会論文集A 編, 2003, 69.677: 148-153.



# モデルの入力

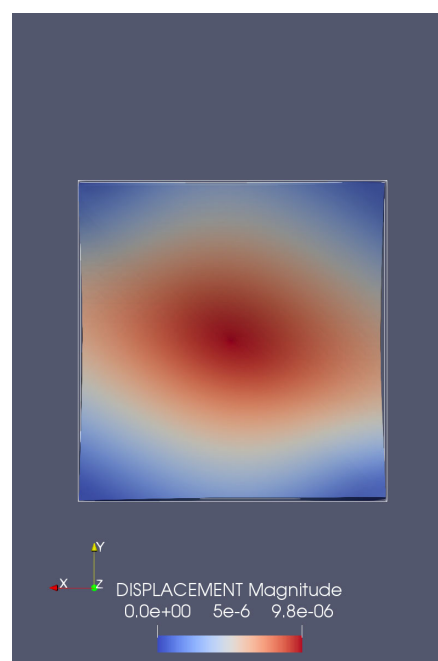
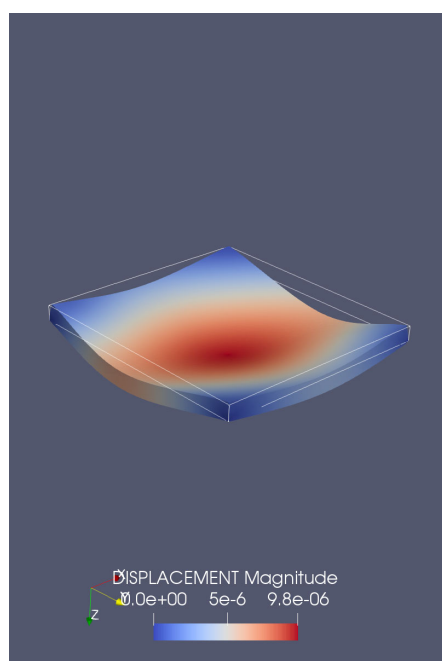
```

!ORIENTATION, NAME=RECT
  1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0
!SOLID_SECTION, EGRP=board_0, MATERIAL=MOSOBAMBOO, ORIENTATION=RECT
!MATERIAL, NAME=MOSOBAMBOO
!ELASTIC, TYPE=ORTHOTROPIC
  2.0e9, 16.01e9, 16.01e9, 0.07, 0.3, 0.3, 0.935e9, 6.158e9, 6.158e9

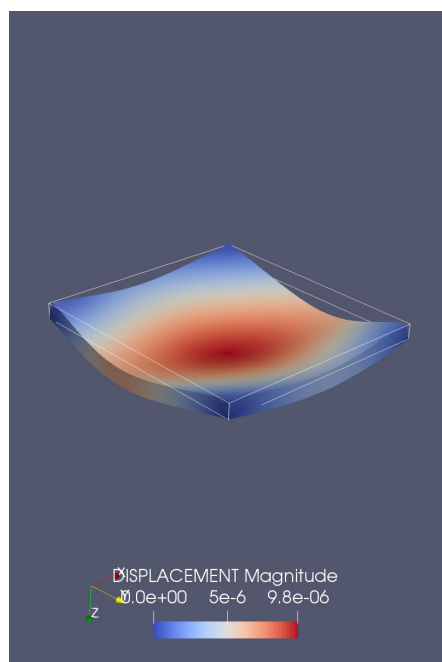
```

- 異方性材料を入力する場合、かならずユーザ座標系 (!ORIENTATION)を定義する必要があります。
  - このモデルでは直交座標系を定義。
- !ELASTICカードに「TYPE=ORTHOTROPIC」を設定します。
- !ELASTICデータには「 $E_1, E_2, E_3, \nu_{12}, \nu_{23}, \nu_{13}, G_{12}, G_{23}, G_{13}$ 」の順に入力します。

# 解析結果



# 解析結果



- Y軸方向に比べ、X軸方向の変形が少ないことが分かります。
- すなわち、孟宗竹の繊維方向と繊維に垂直方向の材質の違いを表現することができると言えます。





# 塑性材料

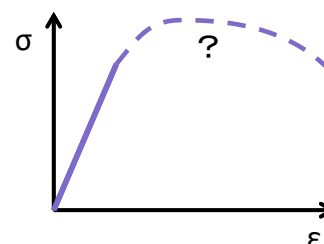
第1事業部 尾川 慎介

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR Ver6.0 ご紹介セミナー  
2019年6月13日（木）  
アドバンスソフト株式会社



## 塑性域

- 応力ひずみ線図における弾性域（線形）を超えた先
- 結晶格子に転位が発生し、  
材料ごとに異なる非線形の挙動を示すようになる
- 何らかの特異な荷重が負荷されたとき
  - 部材の破壊に至らないか
  - 変形が大きすぎないか
- 加工段階では積極的に使う
  - プレス
  - ショットピーニング

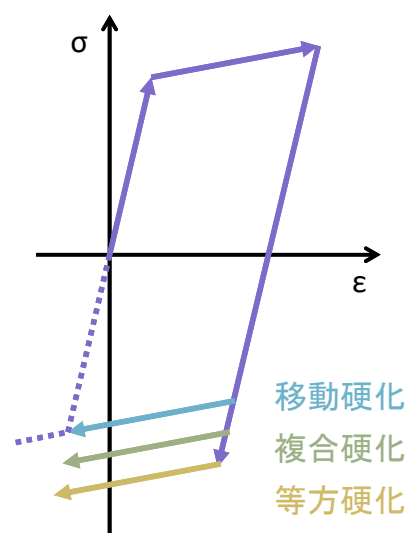
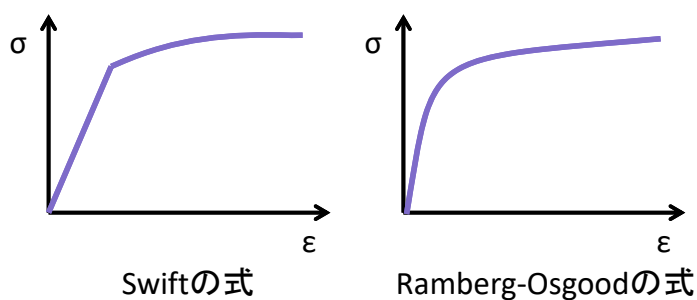
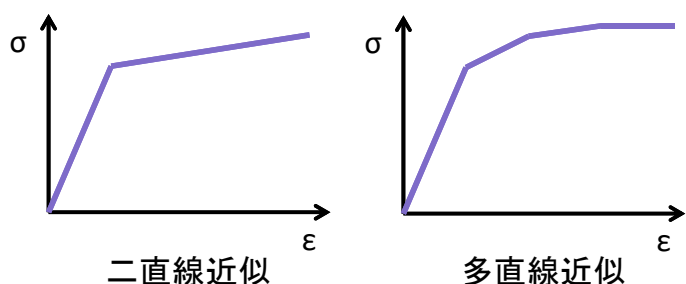


# 利用可能な塑性モデル

- 降伏条件
  - Mises
  - Mohr-Coulomb
  - Drucker-Prager
- 硬化則
  - 等方硬化(二直線近似)
  - 等方硬化(多直線近似)
  - 等方硬化(Swiftの式)
  - 等方硬化(Ramberg-Osgoodの式)
  - 移動硬化
  - 複合硬化(二直線近似+移動硬化)

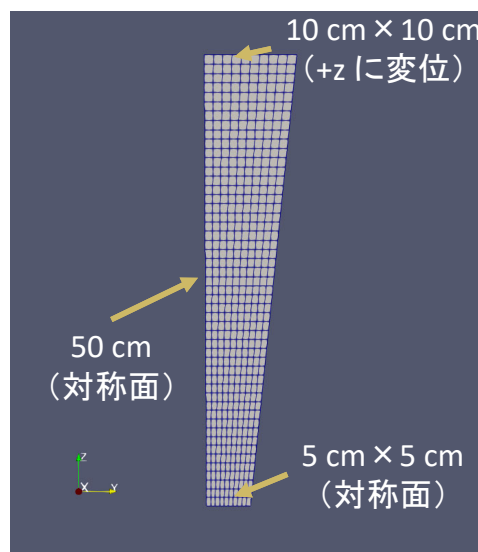


# 硬化則の概念図



# Advance/FrontSTR による弾塑性解析

- テーパーのある角棒の単軸引張
- $E=200\text{GPa}$ ,  $\nu=0.3$ ,  $\rho=7800\text{kg/m}^3$
- 降伏条件: Mises
- 降伏応力:  $200\text{MPa}$
- 硬化則: 等方硬化
  - 二直線近似
  - 硬化係数:  $\delta\sigma/\delta\varepsilon = 10^9\text{Pa}$
- $0.01\text{ mm/step}$  で変位制御



正面図 (xz 面も同様)

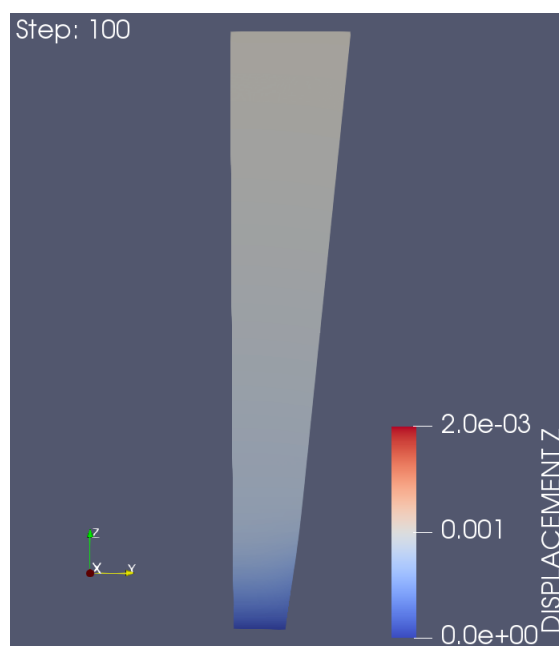
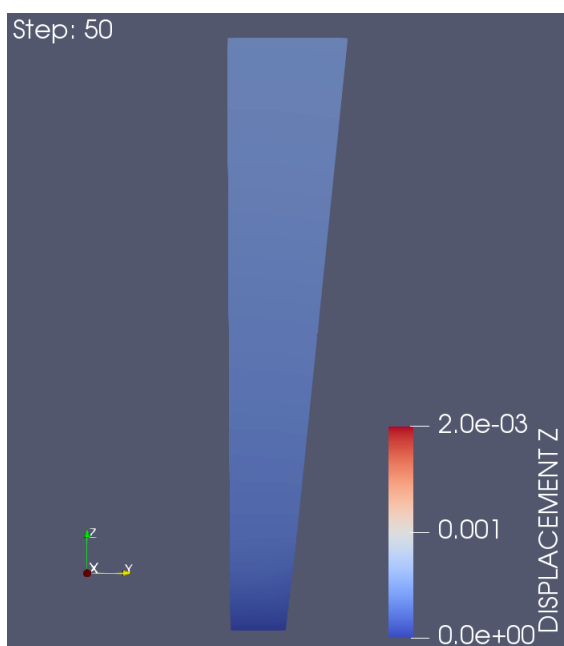


# 解析制御ファイルの記述 (抜粋)

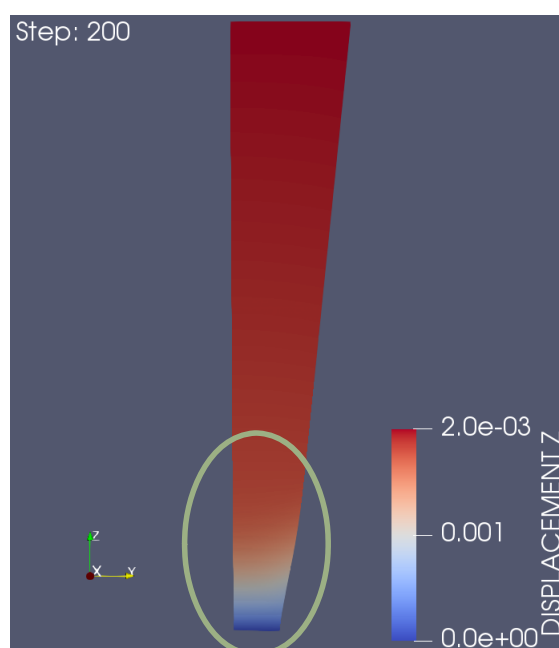
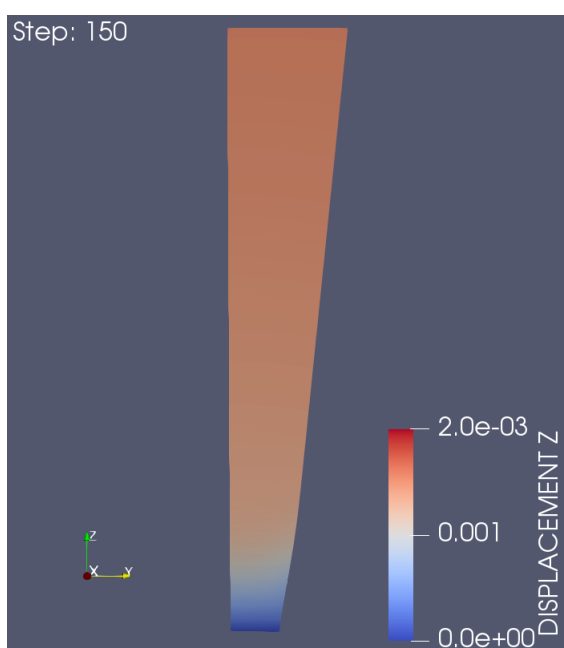
```
!MATERIAL, NAME=MAT1
!DENSITY
7800
!ELASTIC
200e9, 0.3
!PLASTIC, YIELD=MISES
200e6, 1e9
```



# z 方向変位 (拡大率: 10倍)

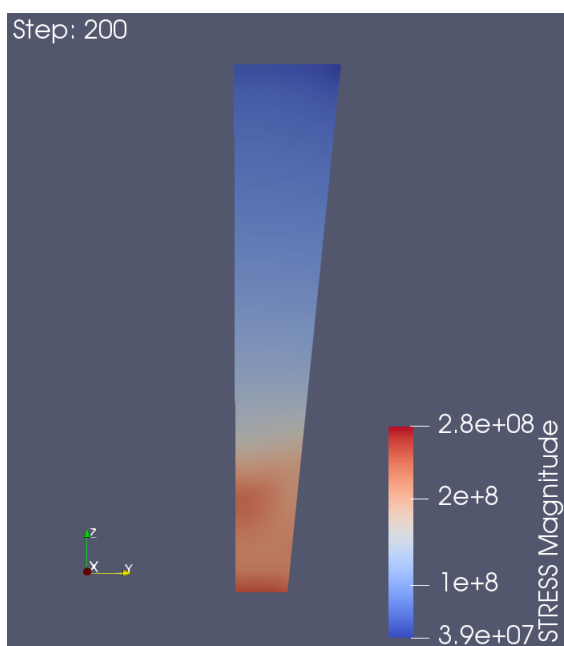


# z 方向変位 (拡大率: 10倍)

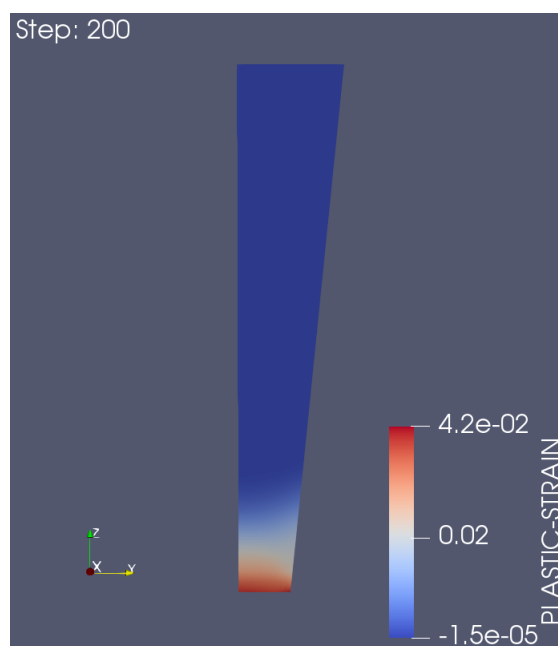


ネッキングを再現できている

# 公称応力と相当塑性ひずみ



z 方向応力



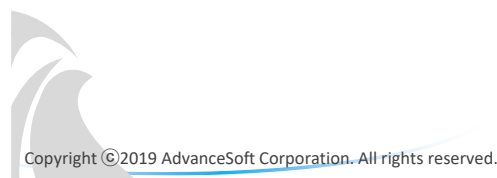
相当塑性ひずみ



# 超弾性材料

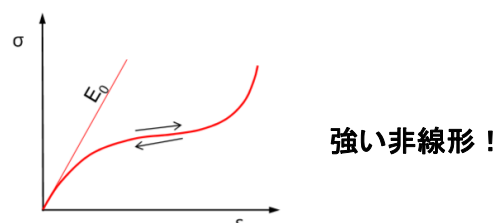
第1事業部 袁熙

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR Ver6.0 ご紹介セミナー  
2019年6月13日（木）  
アドバンスソフト株式会社

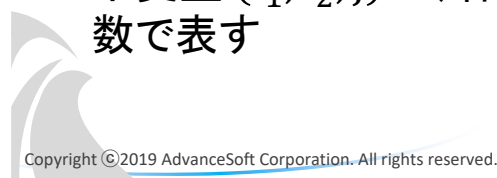


## 超弾性材料の定義

- 超弾性とは、エラストマあるいはフォーム材料の挙動を表す材料モデルです。一般的にはゴム材料で利用されます。



- 弾性ポテンシャル $\psi$  (Cauchy-Green変形テンソル $C$ )を持つ、Piola-Kirchhoff応力テンソル $S = \frac{\partial \psi(C)}{\partial C}$   
⇒ 弾性ポテンシャル $\psi$ が材質を決定する。一般的には主不変量 ( $I_1, I_2, J$ )か、体積成分を除いた主不変量 ( $\bar{I}_1, \bar{I}_2, \bar{I}_3$ )の関数で表す



# Advance/FrontSTR内実装した超弾性材料

- **Neo-Hookean**

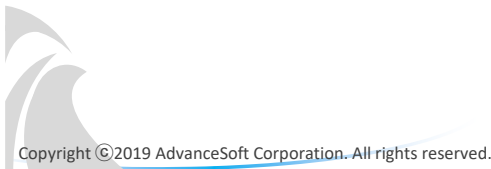
$$\psi = B_{10} (\bar{I}_1 - 3) + \frac{1}{D} (J - 1)^2$$

- **Mooney-Rivlin**

$$\psi = \psi (\bar{I}_1, \bar{I}_2) = B_{10} (\bar{I}_1 - 3) + B_{01} (\bar{I}_2 - 3) + \frac{1}{D} (J - 1)^2$$

- **Yeoh**

$$\psi = B_{10} (\bar{I}_1 - 3) + B_{20} (\bar{I}_1 - 3)^2 + B_{30} (\bar{I}_1 - 3)^3 + \frac{1}{D_1} (J - 1)^2 + \frac{1}{D_2} (J - 1)^4 + \frac{1}{D_3} (J - 1)^6$$



# Advance/FrontSTR内実装した超弾性材料

- **Arruda-Boyce**

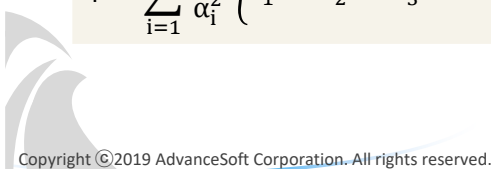
$$\psi = \frac{1}{2} \mu \left[ (\bar{I}_1 - 3) + \frac{1}{10\lambda_m^2} (\bar{I}_1^2 - 9) + \frac{11}{525\lambda_m^4} (\bar{I}_1^3 - 27) + \frac{19}{3500\lambda_m^6} (\bar{I}_1^4 - 81) + \frac{519}{336875\lambda_m^8} (\bar{I}_1^5 - 243) \right] + \frac{1}{D} \left( \frac{J^2 - 1}{2} - \ln J \right)$$

- **Ogden**

$$\psi = \sum_{i=1}^N \frac{2\mu_i}{\alpha_i^2} (\bar{\lambda}_1^{\alpha_i} + \bar{\lambda}_2^{\alpha_i} + \bar{\lambda}_3^{\alpha_i} - 3) + \sum_{i=1}^N \frac{1}{D_i} (J^{el} - 1)^{2i}$$

- **発泡超弾性体モデル**

$$\psi = \sum_{i=1}^N \frac{2\mu_i}{\alpha_i^2} \left\{ \bar{\lambda}_1^{\alpha_i} + \bar{\lambda}_2^{\alpha_i} + \bar{\lambda}_3^{\alpha_i} - 3 + \frac{1}{\beta_i} [(J)^{-\alpha_i \beta_i} - 1] \right\}$$



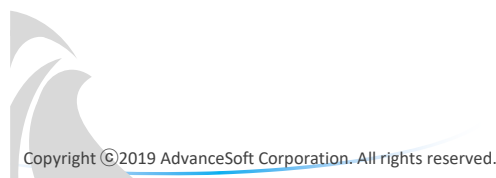
# Advance/FrontSTR内実装した超弾性材料

- 多項式超弾性モデル

$$\psi = \sum_{i+j=1}^N B_{ij} (\bar{I}_1 - 3)^i (\bar{I}_2 - 3)^j + \sum_{i=1}^N \frac{1}{D_i} (J - 1)^{2i}$$

- 低減多項式超弾性モデル

$$\psi = \sum_{i=1}^N B_{i0} (\bar{I}_1 - 3)^i + \sum_{i=1}^N \frac{1}{D_i} (J - 1)^{2i}$$

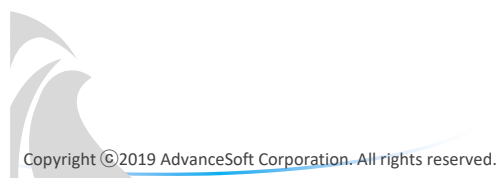


# 超弾性材料の使い方

**!MATERIAL**

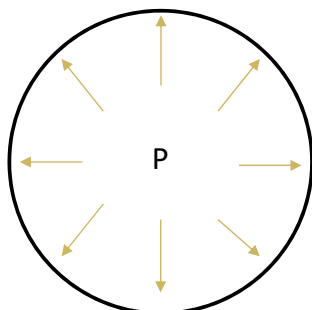
**!HYPERELASTIC, TYPE=NEOHOOKE/MOONEY-RIVLIN/YEOH/OGDEN/...**

**a1,a2,a3,....., temp(温度値、温度依存ある時のみ使う)**



# 例題

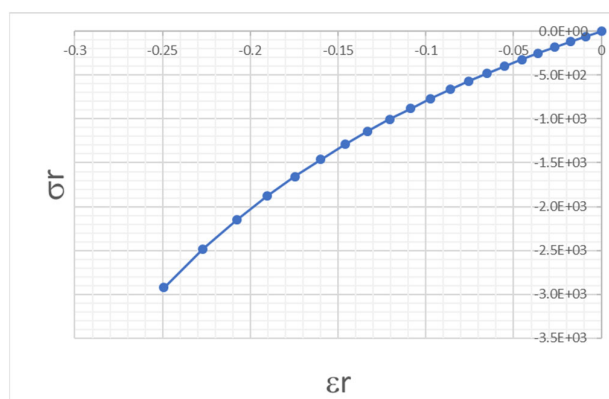
内圧を受ける球体(風船)



# 計算結果

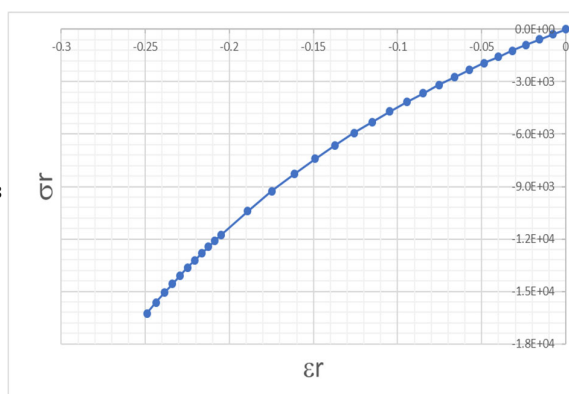
!HYPERELASTIC, TYPE=NEOHOOKE  
211250., 0.2367E-6

$$\psi = B_{10} (\bar{I}_1 - 3) + \frac{1}{D} (J - 1)^2$$



!HYPERELASTIC, TYPE=YEOH  
1.202e6, -0.057e6, 0.004e6, 0.2367E-7,  
0.2367E-6, 0.2367E-5

$$\psi = B_{10} (\bar{I}_1 - 3) + B_{20} (\bar{I}_1 - 3)^2 + B_{30} (\bar{I}_1 - 3)^3 + \frac{1}{D_1} (J - 1)^2 + \frac{1}{D_2} (J - 1)^4 + \frac{1}{D_3} (J - 1)^6$$



# 粘弾性材料特性の使用手法

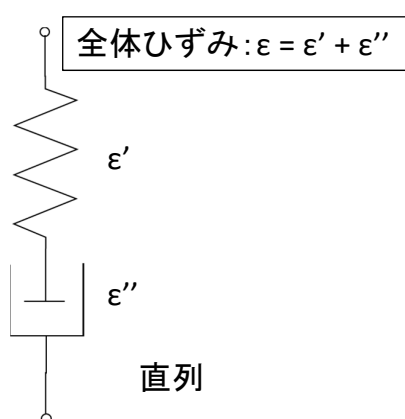
第1事業部 主任研究員 清野 多美子

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR Ver6.0 ご紹介セミナー  
2019年6月13日（木）  
アドバンスソフト株式会社

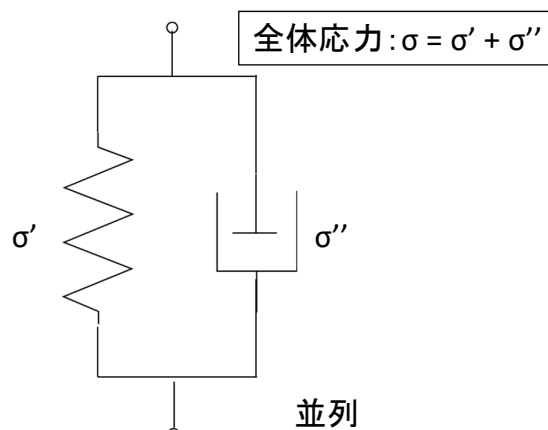


## 粘弾性とは？

- 弾性の特性と粘性の特性を併せ持つ材料。ゴムやプラスチックなどの高分子材料が該当する。
- 弾性特性はバネで、粘性特性はダッシュポットで表現される。
- 粘弾性特性を示す物理モデルとしては、Maxwell（マックスウェル）モデルとKelvin-Voigt（フォークト）モデルが知られている。



Maxwellモデル  
(応力緩和)

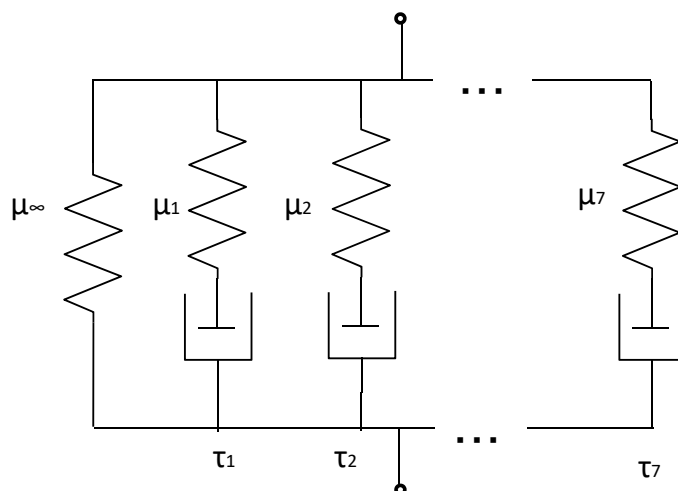


Kelvin-Voigtモデル  
(クリープ)



# Advance/FrontSTRの実装

- Advance/FrontSTRでは、一般化されたMaxwellモデルを実装している
- 準静的解析(!VISCO)や動的解析(!DYNAMIC)時に有効となる



$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_7$  緩和係数  
 $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_7$  緩和時間

一般化Maxwellモデル

# Advance/FrontSTRの入力

- 粘弾性物性値の入力

カードの記載(!ELASTICの後に記載する)

**!VISCOELASTIC**  
 $\mu_1, \tau_1, \mu_2, \tau_2, \dots, \mu_7, \tau_7$

$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_7$  緩和係数  
 $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_7$  緩和時間

**Prony級数**

緩和弾性率

$$G(t) = G \sum_{i=0}^m \mu_i \exp\left(-\frac{t}{\tau_i}\right) = G \left[ \mu_0 + \sum_{i=1}^m \mu_i \exp\left(-\frac{t}{\tau_i}\right) \right], \quad \sum_{i=0}^m \mu_i = 1 \quad \dots \textcircled{1}$$

# 温度に依存したシフトファクター カードの記載

!TRS, DEFINITION = **DEFINITION**  
**Tr, C1, C2**  
または、  
**Tr, ΔH**

DEFINITION = **WLF** (Williams-Landell-Ferry形式)・・・デフォルト

$$\ln \alpha_T(T) = \frac{-C_1(T - T_r)}{C_2 + (T - T_r)} \quad \begin{matrix} T_r: \text{参照温度} \\ C_1, C_2: \text{パラメータ} \end{matrix} \quad \dots \textcircled{2}$$

DEFINITION = **ARRHENUS** (Arrhenus形式)

$$\ln \alpha_T(T) = \beta \frac{\Delta H}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_r} \right) \quad \begin{matrix} \Delta H: \text{活性化エネルギー} \\ \beta: \text{定数} (= \ln 10 \cong 2.303) \\ R: \text{一般ガス定数} (\text{デフォルト}=8.31434[\text{J}/(\text{mol K})]) \\ T_r: \text{参照温度}[\text{K}] \end{matrix} \quad \dots \textcircled{3}$$

一般ガス定数と絶対零度は!PHISICAL CONSTANTS で定義可能

緩和弾性率

$$G(t) = G \sum_{i=0}^m \mu_i \exp\left(-\frac{t}{\tau_i}\right) = G \left[ \mu_0 + \sum_{i=1}^m \mu_i \exp\left(-\frac{t}{\alpha_T(T)\tau_i}\right) \right], \quad \sum_{i=0}^m \mu_i = 1$$

# 動的粘弾性測定試験

- 動的粘弾性測定試験により、貯蔵弾性率、損失弾性率などの周波数依存特性や温度依存特性が得られる。

動的粘弾性 ⇒ 複素弾性率  $E^* = E' + iE'' \quad \dots \textcircled{5}$

$E'$  : 貯蔵弾性率(弾性挙動)      損失正接:  $\tan \delta (= E''/E')$

$E''$  : 損失弾性率(粘性挙動)

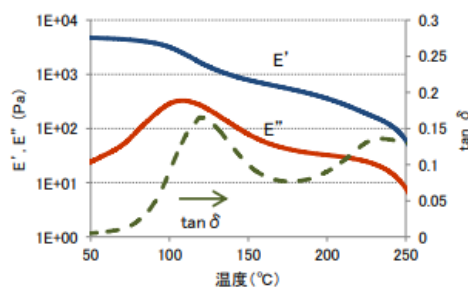


図5 プラスチック(PET)の粘弾性特性

引用元: <https://info.shiga-irc.go.jp/public/data/777/511.pdf>

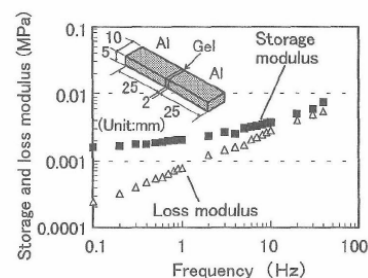


Fig. 2. Geometry of specimen and measured mechanical properties of silicone gel at 30°C.

引用文献: 竹田、成瀬、服部、大野、「シリコーンゲルで封止されたワイヤの振動解析」、材料 (J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.50, No.12, pp. 1305-1310, Dec. 2001

## 試験データの取得例

# Prony級数の設定

- 周波数依存特性からの推定

貯蔵弾性率(弾性挙動)  $E'(\omega) = E_{\infty} + \sum_{i=1}^N \frac{\omega^2 \tau_i^2}{1 + \omega^2 \tau_i^2} E_i$  ...⑥

損失弾性率(粘性挙動)  $E''(\omega) = \sum_{i=1}^N \frac{\omega \tau_i}{1 + \omega^2 \tau_i^2} E_i$  ...⑦

- 温度依存特性からの推定

ゴムやプラスチックなどの多くは「熱レオロジー的に単純」な材料である。異なる温度での弾性率の計測値を水平移動させると重なり合い、これにより温度依存性を時間依存性に換算可能となる。これは「時間-温度換算則」と呼ばれる。基準となる温度でのカーブをマスターカーブと呼ぶ。

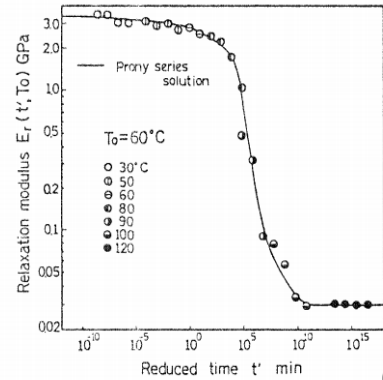


図3 エポキシ樹脂のリラクゼーションモジュラス

⇒ カーブフィッティングなどによりProny級数を推定

(※) 引用文献：中村、宮野、杉森、金田、「熱硬化性樹脂と金属から成る積層はりを冷却した場合に生じる残留応力の熱粘弾性解析」日本機械学会論文集（A編）53巻493号（昭62-9）論文No.86-1295A,

# 解析事例①：応力緩和 解析条件

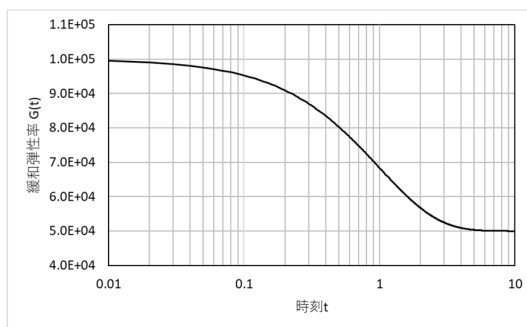
解析制御データ内の材料定義

!ELASTIC

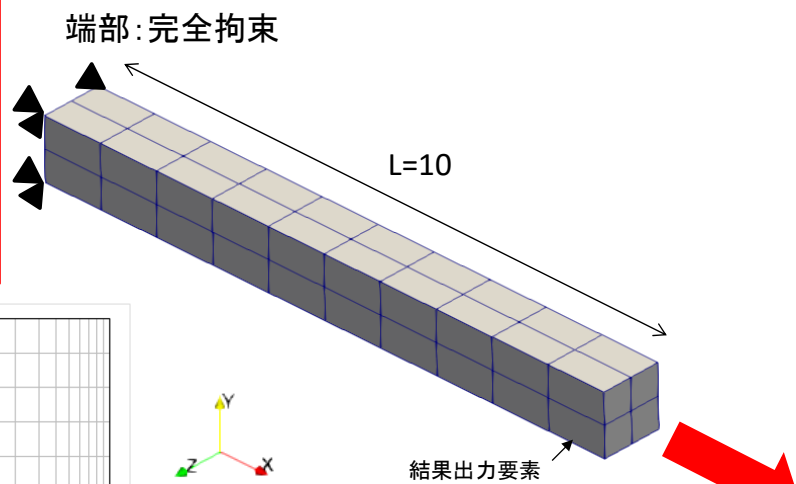
1.E5, 0.25

!VISCOELASTIC

0.5, 1.0



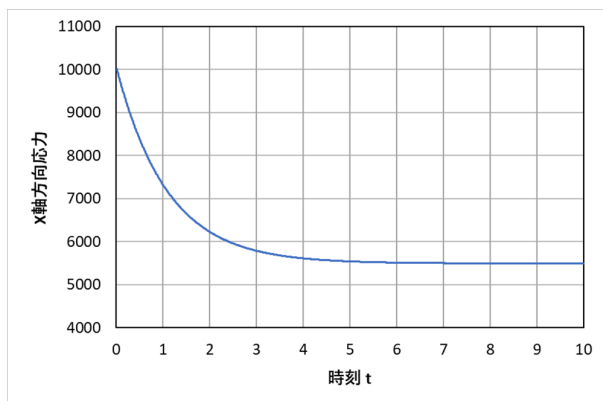
緩和弾性率



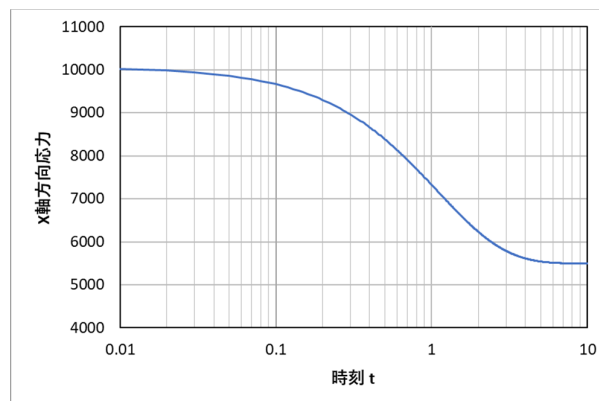
解析条件図

強制変位: dx=1

# 解析事例①：応力緩和 解析結果

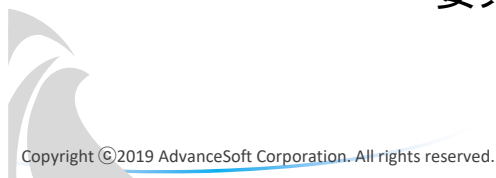


線形スケールグラフ

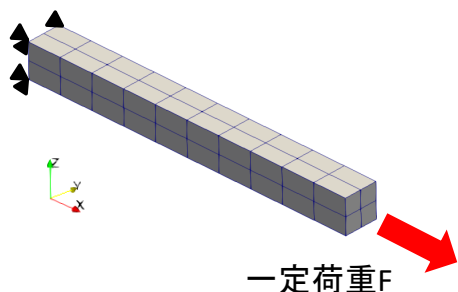


対数スケールグラフ

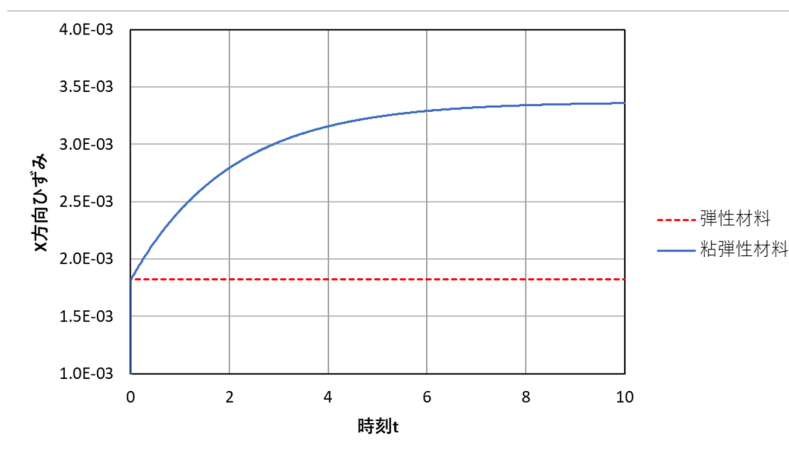
## 要素のX軸方向応力履歴



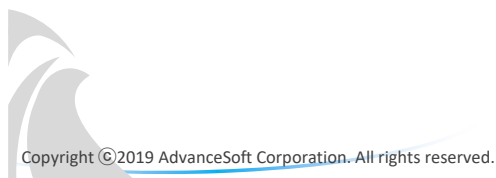
# 解析事例②：弾性クリープ 解析結果



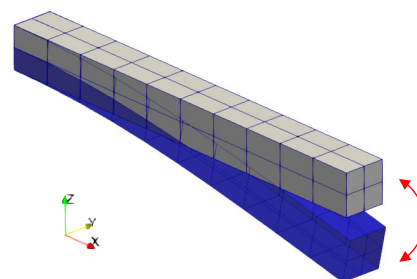
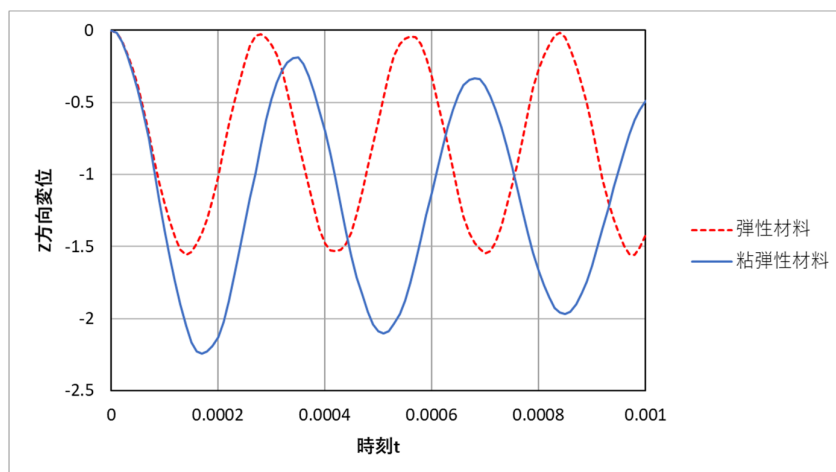
解析条件



解析結果：X方向ひずみ履歴



# 解析事例③: 単振動解析結果



解析モデル

解析結果: z方向変位履歴

- ✓ 減衰効果
- ✓ 振動周期の変化



# Advance/FrontSTRと粘塑性

第1事業部 菊池 愛子

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR Ver6.0 ご紹介セミナー  
2019年6月13日（木）  
アドバンスソフト株式会社



## 粘塑性とは

- 高ひずみ速度で生じる時間依存の塑性変形を扱う。
- 当初、衝撃負荷のもとでの高速塑性変形におけるひずみ速度依存性を表すために粘塑性構成式が提案された。

## Advance/FrontSTRの粘塑性

- Norton則を採用しており、以下のように粘塑性を表現する。

$$\dot{\varepsilon}^c = Aq^n t^m$$

$\dot{\varepsilon}^c$  ; 相当粘性ひずみ速度  
q; ミーゼス応力  
A、n、m; 材料定数



# 粘塑性モデル

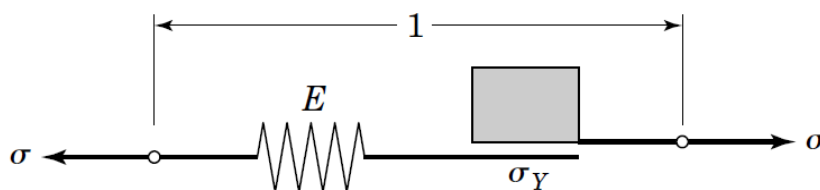
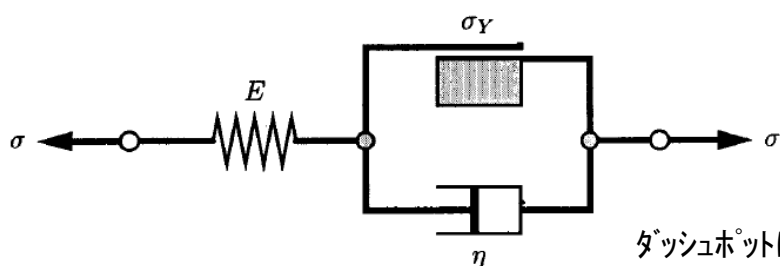


Fig1 弾塑性モデル



ダッシュポットにより変形速度依存性を表す

Fig2 粘塑性モデル

# 粘塑性の入力データ例

- 弾性材料の定義

! ELASTIC

等方性弾性の定義を行う

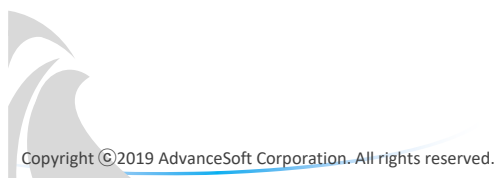
- 粘塑性材料の定義

! VISCOPLASTIC,TYPE=NORTON,DEPENDENCIES=0/1

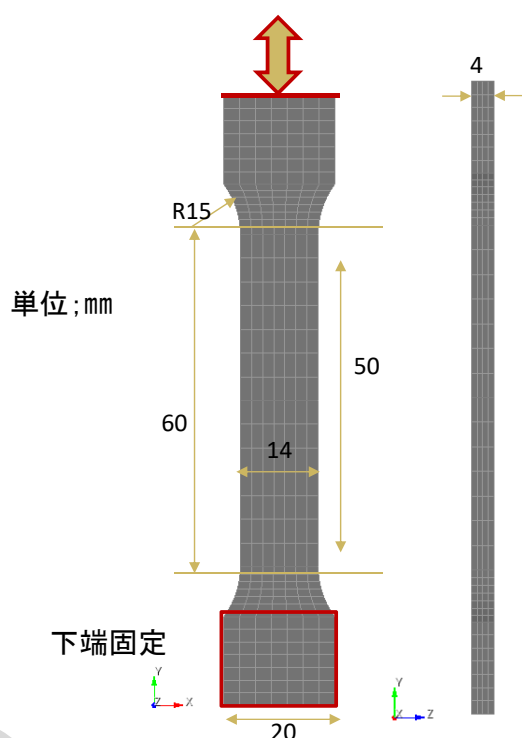
A,n,m,temperature . . . . 温度指定毎に記入する

# 粘塑性による計算事例

- 引張試験シミュレーション
- 粘塑性パラメータのスタディ
- 時間依存の塑性変形



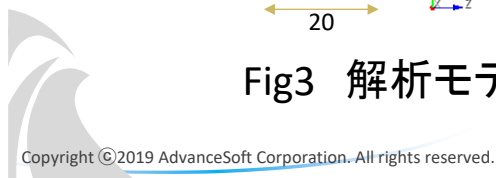
## 解析モデル



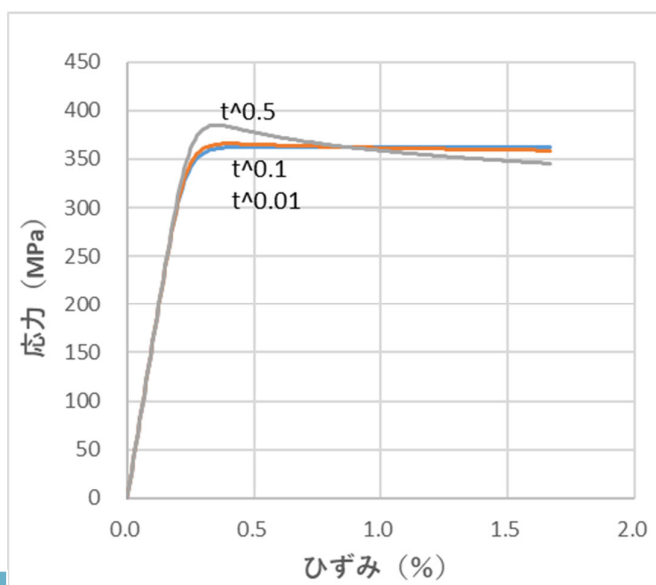
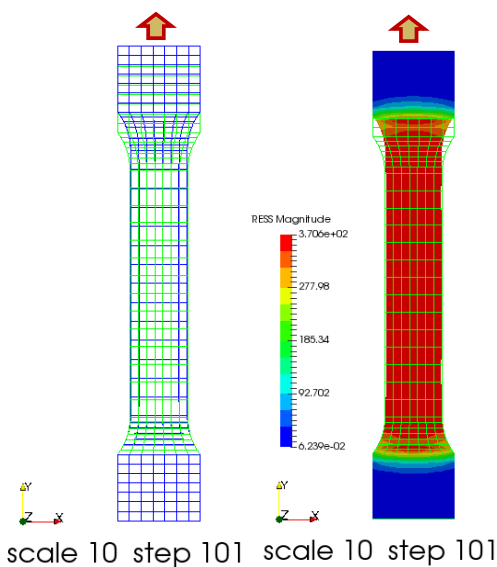
	材料定数	仕様
1	ヤング率	200GPa
2	ポアソン比	0.29
3	A	$10^{-20}$
4	M	0.01~0.5
5	N	7

	試験条件	仕様	A	M	N
1	一定速度	0.8%/S	$10^{-20}$	0.01	7
2		0.8%/S	$10^{-20}$	0.1	7
3		0.8%/S	$10^{-20}$	0.5	7
4		0.08%/S	$10^{-20}$	0.01	7
5	繰り返し	0.008%/S	$10^{-20}$	0.01	7
6	一定応力	50MPa	$10^{-20}$	0.01	7
7		100MPa	$10^{-20}$	0.01	7
8		200MPa	$10^{-20}$	0.01	7

Fig3 解析モデルと試験条件



## 粘塑性計算例(時間指数)



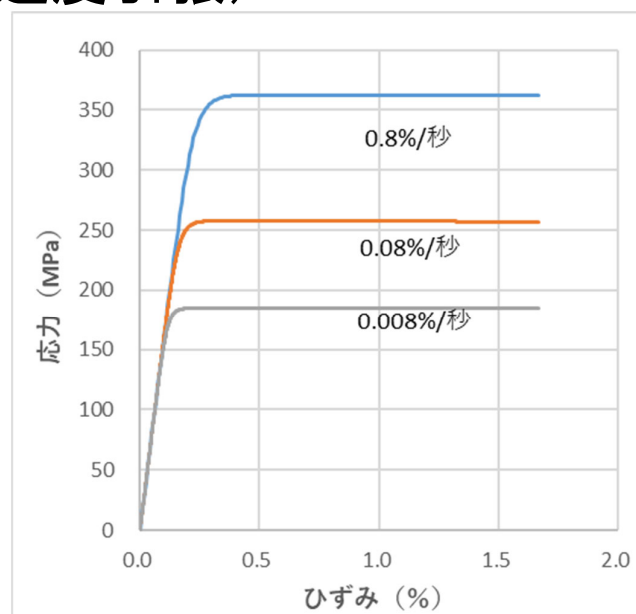
	試験条件	仕様	A	M	N
1	一定速度	0.8%/S	$10^{-20}$	0.01	7
2		0.8%/S	$10^{-20}$	0.1	7
3		0.8%/S	$10^{-20}$	0.5	7

時間の指数が増大すると応力低減量が増大した。

Fig4 時間の指数と応力ひずみ関係

## 粘塑性計算例(一定速度引張)

	仕様	A	M	N
1	0.8%/S	$10^{-20}$	0.01	7
4	0.08%/S	$10^{-20}$	0.01	7
5	0.008%/S	$10^{-20}$	0.01	7

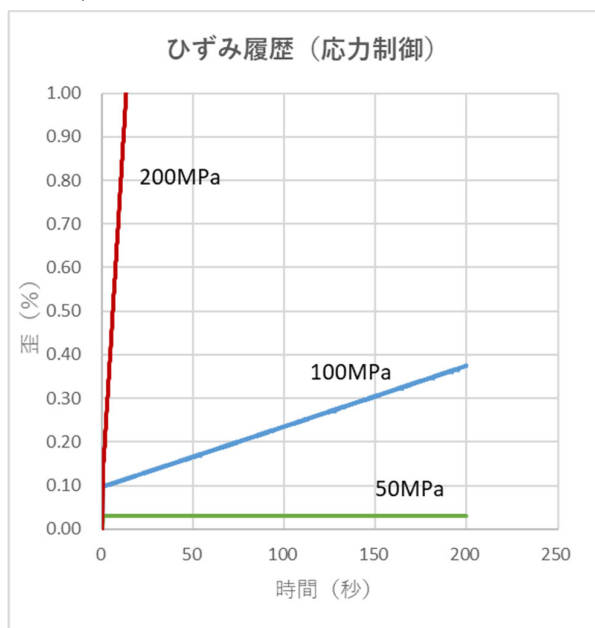


ひずみ速度が増大すると降伏応力値が増大する。

Fig5 一定速度引張下の応力ひずみ関係

# 粘塑性計算例(一定応力)

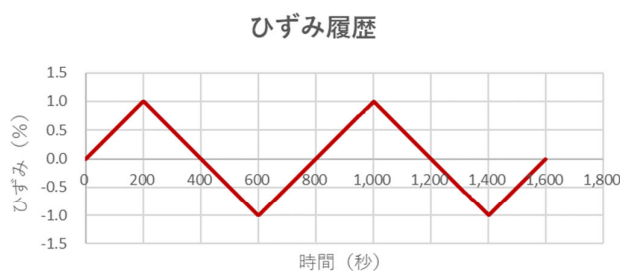
仕様	A	M	N
6 50MPa	$10^{-20}$	0.01	7
7 100MPa	$10^{-20}$	0.01	7
8 200MPa	$10^{-20}$	0.01	7



引張応力が増大すると降伏応力、クリープによる歪速度がともに増大した。

Fig6 一様な応力条件下のひずみ増加

# 粘塑性計算例(繰り返し载荷)



仕様	A	M	N
5 0.008%/S	$10^{-20}$	0.01	7

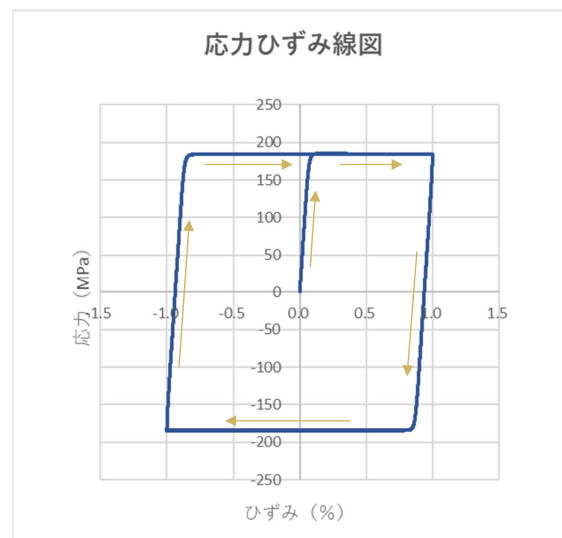


Fig8 繰り返し载荷時の応力ひずみ線図

# 結論

- FrontSTRにおける粘塑性機能を用いて引張試験のシミュレーションを行った。材料定数は試験的に設定した。
- 時間依存の塑性変形が表現できる。(ひずみ速度が増大すると降伏応力値も増大した)
- 粘塑性機能により塑性およびクリープ特性を表現できる。
- 粘塑性の材料定数については対象モデルに合わせて同定する必要がある。



# ドキュメントに関する取り組み

第1事業部 尾川 慎介

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR Ver6.0 ご紹介セミナー  
2019年6月13日（木）  
アドバンスソフト株式会社



## 事例集

- Advance/FrontSTR に限った話ではない
- 当社ウェブサイトの中に分散していた解析事例などを1つのサイトに集約して公開することになった
- <http://case.advancesoft.jp>
- 今回のセミナーで紹介したコンテンツも近日中に追加予定



# 事例集にあるコンテンツの例



AdvanceSoft 事例紹介

固有値解析

A/FSTR

キーワード

固有値解析,

Hertz接触問題

弊社では、大規模で高速な固有値解析のアルゴリズム等を実用化すべく、汎用構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTRの固有値解析機能の開発を進めています（詳細は、弊社発行のアドバンスシミュレーションVol.3で紹介しています）。これらの開発は現在進行中です。ここでは、その途中段階として、「中規模データ」に対する固有値解析のベンチマークを行った内容をご紹介します。

中規模とは百万自由度から数百自由度前後の問題、小規模とは数十万自由度の問題、大規模とは一千万自由度を超える問題のことを呼ぶものとします。下記ベンチマークでは、中規模問題（10万自由度から240万自由度の大きさのデータ）に対して、その精度および並列化による高速化の効果を測定しました。その結果、十分に大きいサイズの問題では、16CPUでは12倍程度の処理速度（12分の1の処理時間短縮）を得ることができました。

目次

キーワード

Hertz接触問題

図1 ベンチマークモデル（左：ソリッドモデル、右：透視図）

図2 代表的なケースの処理時間

図3 並列処理と処理時間

図4 処理時間（ケースC）

図5 モード図（第10モード）

図6 モード図（第15モード）

図7 モード図（第21モード）

# マニュアルの Markdown 化

- 背景
  - Word で作成して PDF で頒布するマニュアルは、ソフトウェアの開発プロセスとの統合が難しい
- 引き起こされる課題
  - 実際の仕様とドキュメントとの整合性が失われやすい（特に、特定ユーザー向けカスタマイズを含む場合など.....）
  - スタイルの整合をとりづらい
- 解決策
  - マニュアルのソースコード(?)を Markdown 形式に変更する
  - 人間は Markdown を整形したウェブサイトを見るようにする

# マニュアルの Markdown 化

- 整形ツールには MkDocs ( <https://www.mkdocs.org> ) を採用
  - 見出しや段落、画像埋め込み、リストや表などを適切な HTML タグに変換する
  - メニュー、目次や内部リンクも適切に作成される
  - MathJax を使うことで TeX ライクな数式表現が可能になる
  - サイト内のキーワード検索を追加できる
- 前述の『事例集』もほぼ同様のしくみでできている
- 社外への公開方法の詳細は今後検討予定
  - 以降に示す例は開発中のバージョンです



## Markdown 形式の例 (1)

```
## カード、パラメータの設定
```

```
...
```

```
!PLASTIC [, optional parameter]
```

```
...
```

```
|パラメータ|属性/値|内容|
|-----|-----|-----|
| YIELD | 文字列 | 降伏関数(省略可)|
| | MISES | Misesモデル(デフォルト)硬化則はすべてに対応 |
| | MOHR-COULOMB | Mohr-Coulombモデル 硬化則は二直線近似と多直線近似に対応 |
| | DRUCKER-PRAGER | Drucker-Pragerモデル 硬化則は二直線近似と多直線近似に対応 |
| HARDEN | 文字列 | 硬化則(省略可)|
| | BILINEAR | 等方硬化／二直線近似(デフォルト)|
| | MULTILINEAR | 等方硬化／多直線近似 |
| | SWIFT | 等方硬化／Swiftの式 |
| | RAMBERG-OSGOOD | 等方硬化／Ramberg-Osgoodの式 |
| | KINEMATIC | 移動硬化／線形 |
| | COMBINED | 複合硬化／二直線近似＋線形 |
| DEPENDENCIES | 整数値 | 温度依存有無(省略可)|
| | 0 | 温度依存なし(デフォルト)|
| | 1 | 温度依存あり |
```



## Markdown 形式の例 (2)

```
## データ行(YIELD = MISES、HARDEN = SWIFT)

$$\overline{\sigma} = K \left( \overline{\epsilon} \right)^n$$

```

...

$\epsilon_0$ , K, n, temperature

...



## ブラウザでの表示例 (1)



Advance/FrontSTR マニュアル

はじめに

- 概要
- 解析方法
- 解析制御
- 解析種類
- 要素ライブラリ
- 要素性質
- 材料ライブラリ
- 材料物性値記述方法
- 線形弾性
- 塑性
- 超弾性
- 粘弾性
- 熱レオロジー単純化
- 粘塑性
- ばね
- ダッシュポット
- 質量密度
- 全熱膨張係数
- 比熱
- 熱伝導率
- 解析条件
- 境界条件
- ソルバー制御
- 出力制御

### カード、パラメータの設定

!PLASTIC [, optional parameter]

パラメータ	属性/種	内容
YIELD	文字列	降伏関数 (省略可)
	MISES	Misesモデル (デフォルト) 硬化則はすべてに対応
	MOHR-COULOMB	Mohr-Coulombモデル 硬化則は二直線近似と多直線近似に対応
	DRUCKER-PRAGER	Drucker-Pragerモデル 硬化則は二直線近似と多直線近似に対応
HARDEN	文字列	硬化則 (省略可)
	BILINEAR	等方硬化/二直線近似 (デフォルト)
	MULTILINEAR	等方硬化/多直線近似
	SWIFT	等方硬化/Swiftの式
	RAMBERG-OSGOOD	等方硬化/Ramberg-Osgoodの式
	KINEMATIC	移動硬化/線形
	COMBINED	複合硬化/二直線近似+線形
DEPENDENCIES	整数値	温度依存有無 (省略可)
	0	温度依存なし (デフォルト)
	1	温度依存あり

目次

- カード、パラメータの設定
- データ行 (YIELD = MISES、HARDEN = BILINEAR)
- データ行 (YIELD = MISES、HARDEN = MULTILINEAR)
- データ行 (YIELD = MISES、HARDEN = SWIFT)
- データ行 (YIELD = MISES、HARDEN = RAMBERG-OSGOOD)
- データ行 (YIELD = MISES、HARDEN = KINEMATIC)
- データ行 (YIELD = MISES、HARDEN = COMBINED)
- データ行 (YIELD = MOHR-COULOMB or DRUCKER-PRAGER、HARDEN = BILINEAR)
- データ行 (YIELD = MOHR-COULOMB or DRUCKER-PRAGER、HARDEN = MULTILINEAR)
- 注意事項
- 使用例

# ブラウザでの表示例 (2)

データ行 (YIELD = MISES、HARDEN = MULTILINEAR)

YIELD, PSTRAIN, temperature

変数名	属性	内容
YIELD	実数値	降伏応力 (等方硬化: 多直線近似)
PSTRAIN	実数値	塑性ひずみ (等方硬化: 多直線近似)
temperature	実数値	温度

データ行 (YIELD = MISES、HARDEN = SWIFT)

$$\bar{\sigma} = K(\epsilon_0 + \bar{\epsilon})^n$$

$\epsilon_0$ ,  $K$ ,  $n$ , temperature

変数名	属性	内容
$\epsilon_0$ , $K$ , $n$	実数値	等方硬化: Swiftの式
temperature	実数値	温度

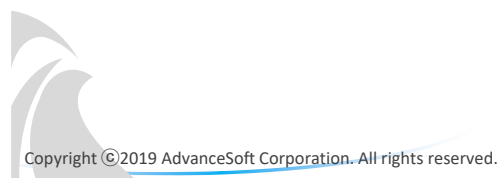




# 接触動解析における滑り摩擦の検証例

第1事業部 主任研究員 清野 多美子

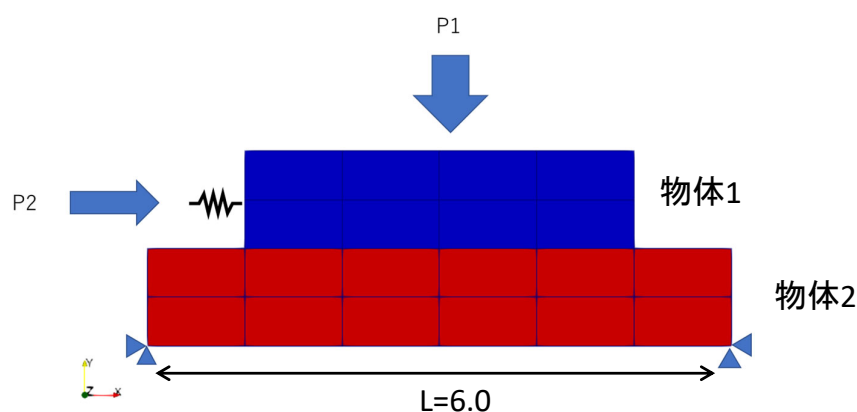
構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR Ver6.0 ご紹介セミナー  
2019年6月13日（木）  
アドバンスソフト株式会社



1

## 解析条件

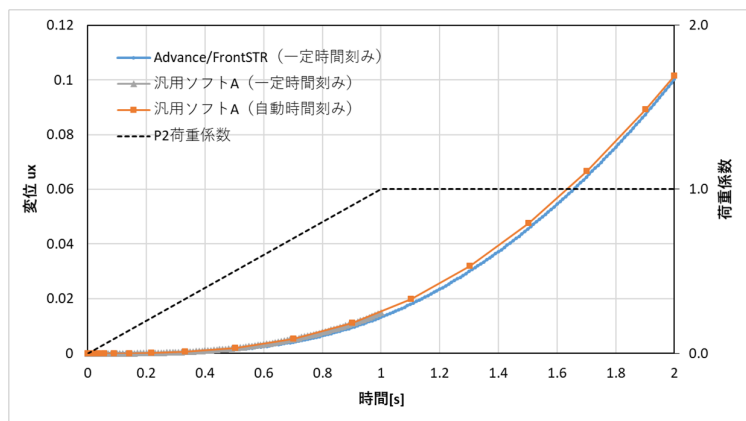
- 時刻歴応答解析
  - ✓ 時間刻みまたは初期時間刻み:0.01
  - ✓ 現象時間:t=0~2
- 境界・荷重条件
  - ✓ 物体1の下面完全拘束
  - ✓ 物体1と物体2の境界に接触条件(摩擦係数 $\mu=0.2$ )を付加
  - ✓ 物体2の左側はバネ拘束を付加
  - ✓ 物体2の上面には一定の圧力荷重(P1)を負荷
  - ✓ 物体2の左側面には時間依存の圧力荷重(P2)を負荷



2

# 汎用解析ソフトAとの比較①

入力						静荷重の理論値		
下方荷重	横荷重	ばね定数	摩擦係数	ヤング率	密度	変位	垂直抗力	摩擦力
P1	P2	k	$\mu$	E	$\rho$	ux	N	Ff
250	3000	2 × 100	0.2	2.1e+8	8.0e+3	14	1000	200

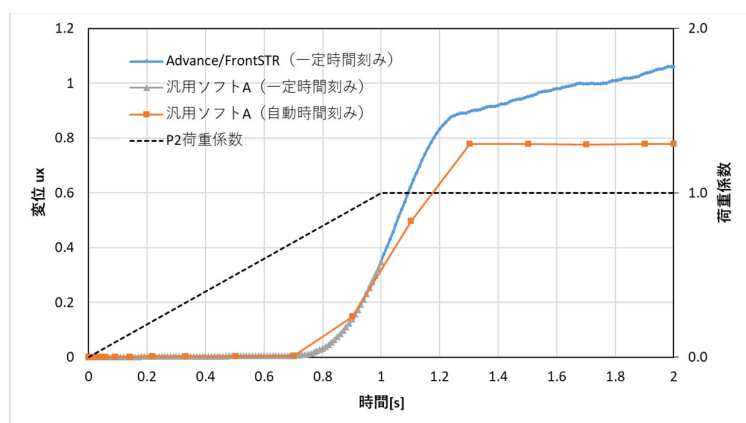


- 全ケースで同等の結果

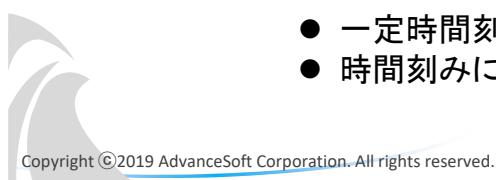


# 汎用解析ソフトAとの比較②

入力						静荷重の理論値		
下方荷重	横荷重	ばね定数	摩擦係数	ヤング率	密度	変位	垂直抗力	摩擦力
P1	P2	k	$\mu$	E	$\rho$	ux	N	Ff
250	300	2 × 100	0.2	2.1e+8	1.0	0.5	1000	200

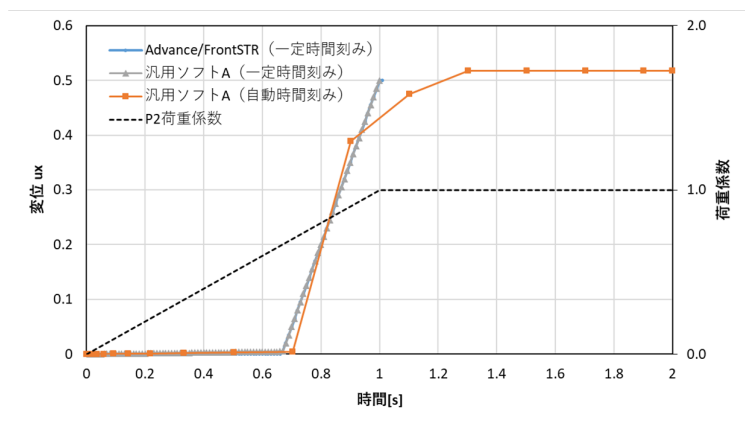


- 一定時間刻みでは同等の結果
- 時間刻みにより、異なる結果



# 汎用解析ソフトAとの比較③

入力						静荷重の理論値		
下方荷重	横荷重	ばね定数	摩擦係数	ヤング率	密度	変位	垂直抗力	摩擦力
P1	P2	k	$\mu$	E	$\rho$	ux	N	Ff
250	300	2 × 100	0.2	2.1e+8	1.0e-9	0.5	1000	200



- 一定時間刻みでは同等の結果
- 一定時間刻みでは、変位0.5を超えた辺りで発散



# Advance/FrontSTRの機能テスト

第1事業部 鈴木将之

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR Ver6.0 ご紹介セミナー  
2019年6月13日（木）  
アドバンスソフト株式会社



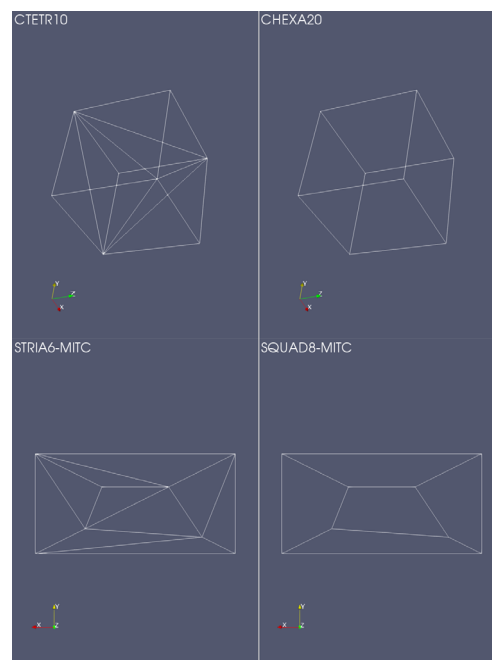
# Advance/FrontSTRの機能テスト

- Advance/FrontSTRでは以下の機能テストを行っております。
  - パッチテスト
  - NAFEMSの接触テスト
  - 材料パラメータテスト
  - 他理論解があるもの
    - 片持ち梁など
  - 他設定可能な項目
    - MPCやソルバ設定など
  - 実ケースに近いモデル
    - こちらはチュートリアルとしてソフトウェアに同梱されております。



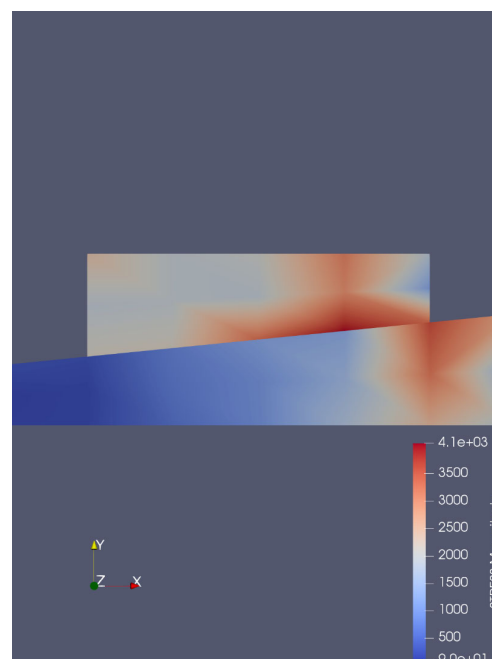
# パッチテスト

- パッチテストとは
  - 要素のテストであり、
  - メッシュの分割方法に関わらず値の変化がなめらかになることをテストするものです。
- 右にパッチテストに用いているメッシュ例を示します。



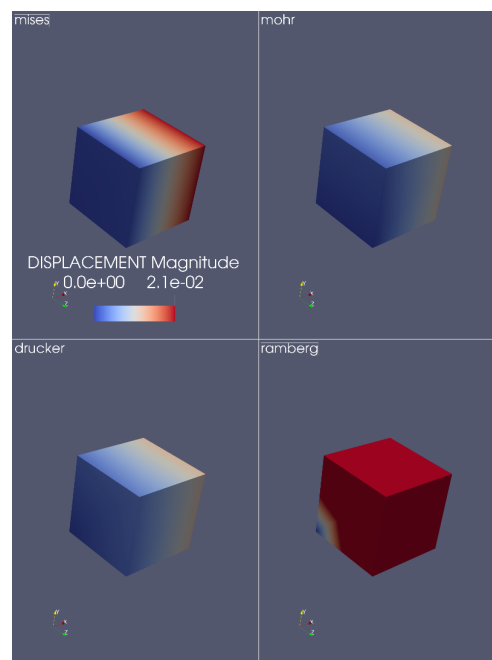
# NAFEMSの接触テスト

- NAFEMSは国際的なCAE技術団体であり、有限要素法ソフトウェアのための標準的なベンチマークを提供しています。
- Advance/FrontSTRではNAFEMSが提供するいくつかのベンチマークを機能テストに組み込んでいます。
- 右図は接触パーティテスト問題CGS-4の解析結果例。この問題には理論解があり、解と比較を行っています。



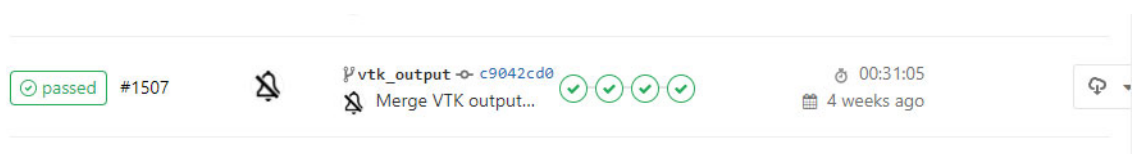
## 材料パラメータテスト

- 各設定可能な材料パラメータを、同一メッシュと境界条件に適用しテストを行っております。
- 右図に塑性材料のうち、モデルや近似方法を変えた機能テスト一部を示します。



## Gitlab CIによる自動検証

- これらの機能テストはGitlab CIにより自動的に実行と検証を行っております。
  - プッシュなどのタイミングでCIにより自動的に実行され、検証結果が表示されます。
  - 検証失敗時は修正を行い、すべての検証が済んだ後反映されます。





# 汎用プリポストプロセッサ 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 Ver6.0 ご紹介セミナー  
2019年6月13日（木）  
アドバンスソフト株式会社



Copyright ©2019 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1

## 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

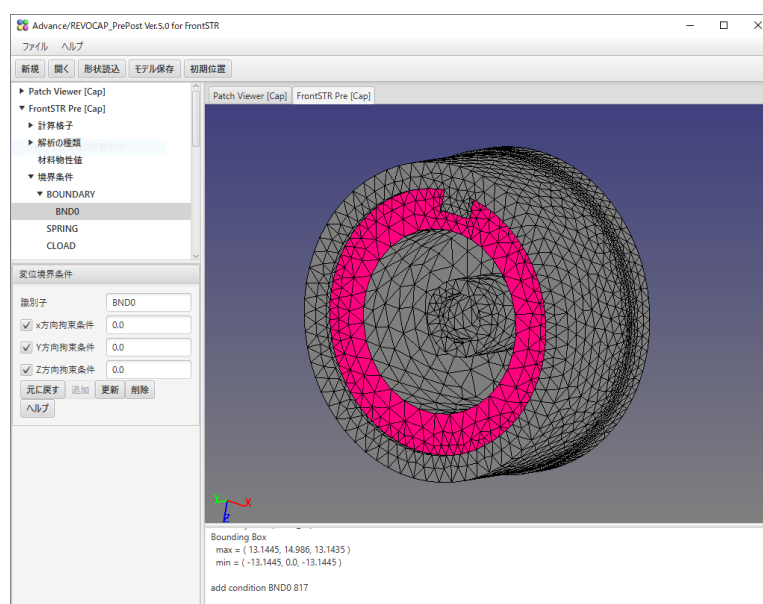
に対応しています。



Copyright ©2019 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# 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



Copyright ©2019 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# 開発経緯

- 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」プロジェクトで連成解析用のプリポストプロセッサ REVOCAP\_Visual を開発(2005～2007)
- 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」でアセンブリ構造対応プリポストプロセッサ REVOCAP\_PrePost を開発(2008～2011)
- アドバンスソフト社が機能を拡張し Advance/REVOCAP として商品化(2009～)



Copyright ©2019 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# Ver.5.0 の特徴

- 近日リリース: Advance/FrontSTR Ver.6.0 対応版
- 2019年秋リリース予定: Advance/FrontNoise Ver.6.0 対応版
- GUIの基本ライブラリを変更
- 設計を基本から見直し
- 使い勝手やデザインはVer.4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)

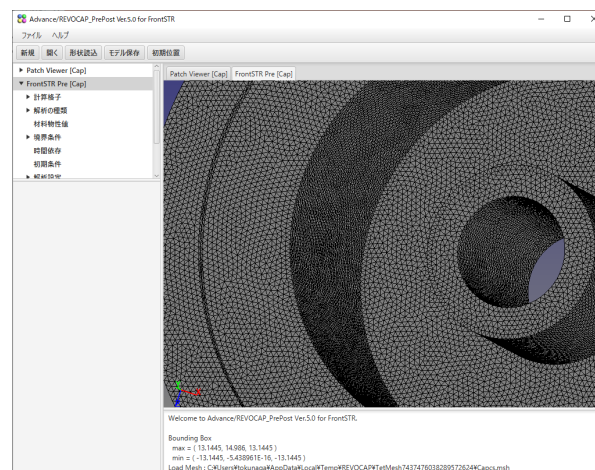


# 全体の操作手順 (入出力)

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	ポリゴンの向きの修正、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データではなくて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

# メッシュ生成

- 四面体要素自動生成
- 粗密制御可能
- エンジン
  - ADVENTURE\_TetMesh
  - Simmetrix
- Windows10 64bit のデスクトップ PC (Core i5 2.8GHz、メモリ32GB) でのパフォーマンス(例)
  - 15万要素 / 17[s]
  - 30万要素 / 27[s]
  - 70万要素 / 53[s]
  - 230万要素 / 139[s]
  - 550万要素 / 300[s]



# 外部メッシュの読み込み

- 対応している要素の種類
  - ソリッド要素: 四面体、六面体、三角柱、四角錐
  - シェル要素: 三角形、四角形
  - ビーム要素、トラス要素
- 対応しているフォーマット
  - HECMW 形式
  - ADVENTURE\_TetMesh 形式
  - NASTRAN Bulk Data Format
  - Gmsh 形式
  - MicroAVS UCD 形式
  - その他(カスタマイズ可能)



# 解析の選択

## 1. 解析の種類を選択

- 静的解析、動解析、熱伝導解析、固有値解析、周波数応答解析
- 解析の種類によって境界条件など設定可能な項目が変化する

## 2. 境界条件の設定

## 3. ステップの設定

- ステップごとに有効な境界条件
- 非線形解析の反復回数、収束判定閾値



# 境界条件設定

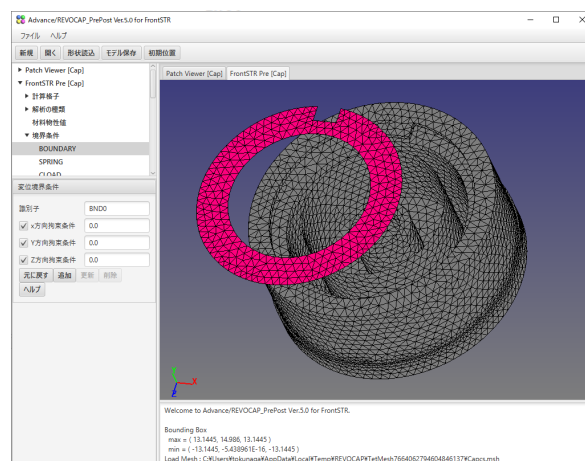
## 1. 面の選択

- マウスで選択
- 選択した面をマウスで移動
- ラバーバンドで範囲指定

## 2. 解析の種類に応じた境界条件を設定

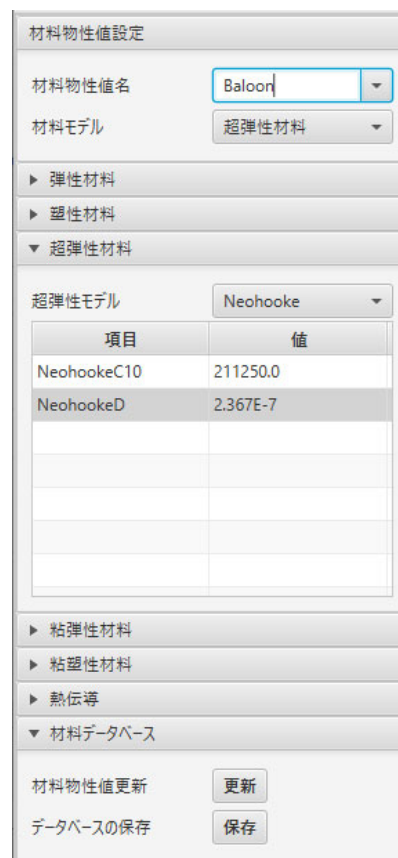
- 条件の種類ごとにツリーに追加

- ▼ 境界条件
- BOUNDARY
- SPRING
- CLOAD
- DLOAD
- VLOAD
- CMASS
- VELOCITY
- ACCELERATION
- TEMPERATURE
- CONTACT
- FIXTEMP
- CFLUX
- DFLUX



# 材料物性値設定

1. 既に登録済みのデータベースから選択
  - 弾性物性値、熱伝導物性値
2. 非線形材料の種類、モデル（降伏関数、硬化則）の選択
  - 設定すべきパラメータが自動的に表示される
3. 定義した材料物性をメッシュの領域に割り当てる



材料物性値設定

材料物性値名: Baloon

材料モデル: 超弾性材料

弾性材料

塑性材料

超弾性材料

超弾性モデル: NeoHooke

項目	値
NeoHookeC10	211250.0
NeoHookeD	2.367E-7

粘弾性材料

粘塑性材料

熱伝導

材料データベース

材料物性値更新: 更新

データベースの保存: 保存

# 解析設定

- 線形ソルバ設定
  - 反復法、直接法の選択
  - 前処理手法の選択
  - 閾値、反復回数
- 出力設定
  - 出力間隔
  - フォーマット
- 並列設定
  - MPIの並列数



線形ソルバ設定

線形ソルバ: CG

前処理: BlockILU(0)

収束履歴出力:

計算時間出力:

反復法

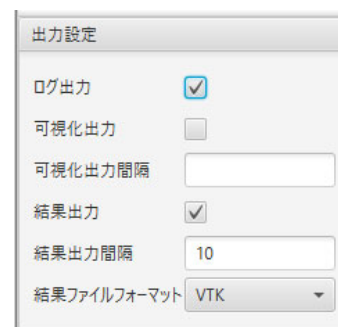
収束判定閾値: 1.0E-8

最大反復回数: 10000

AdditiveSchwartz法繰り...: 1

クリロフ部分空間: 10

マルチカラーオーダーング目...: 10



出力設定

ログ出力:

可視化出力:

可視化出力間隔:

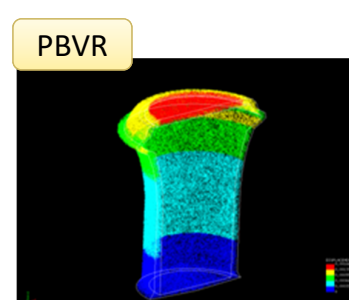
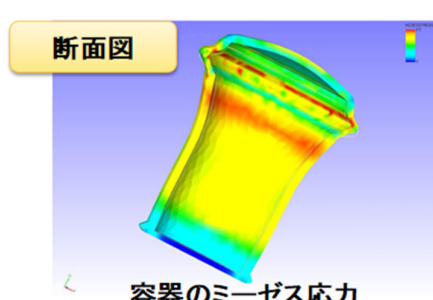
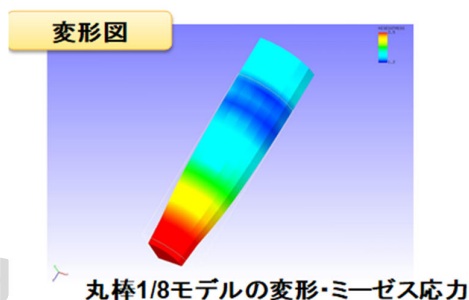
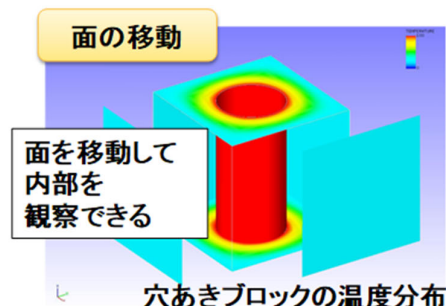
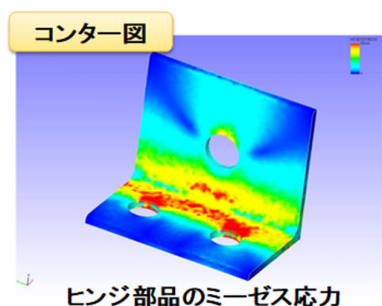
結果出力:

結果出力間隔: 10

結果ファイルフォーマット: VTK

# 可視化

- コンター図
- 面の移動
- 変形図
- 断面図
- PBVR



Copyright ©2019 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

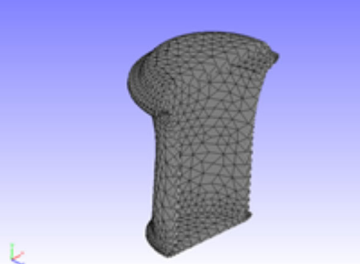
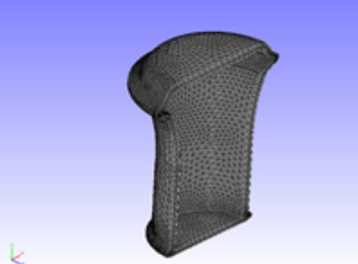
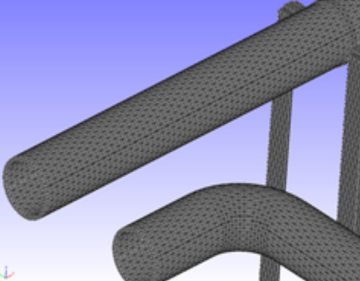
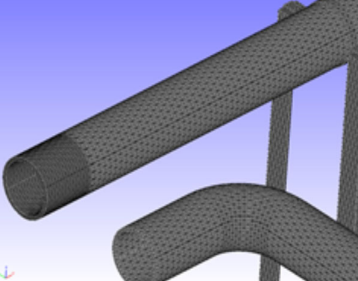
# Advance/REVOAP Ver.5 スペック

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)、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 ©2019 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。

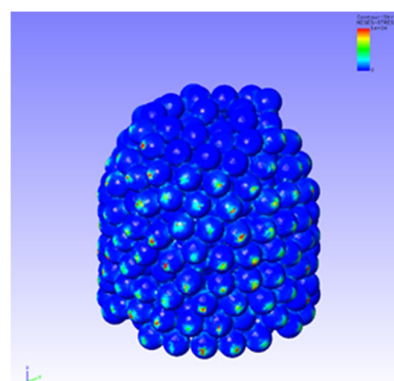
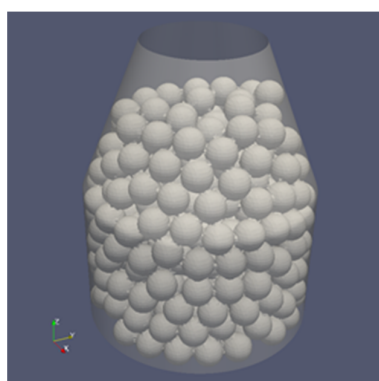
オリジナル	細分後	備考
		<p>解析ソフトに組み込んで、要素を細分する</p>
		<p>外部ツールとして利用する場合は局所細分に対応している</p>

Copyright ©2019 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。

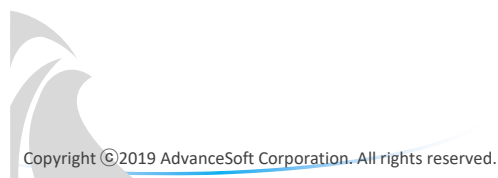


Copyright ©2019 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# 非線形材料解析の手順(1)

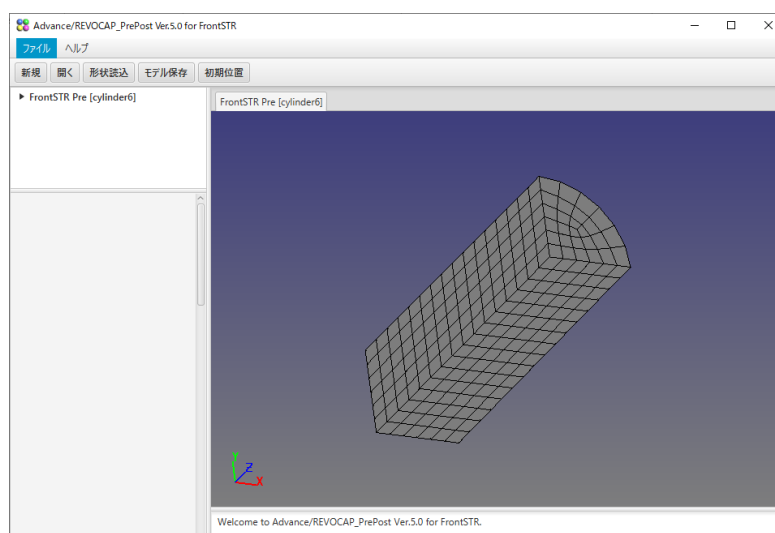
- 解析概要

項目	内容
解析の種類	静的解析
形状	丸棒(1/8モデル)
材料	塑性(Mises降伏、Bilinear硬化則)
境界条件	対称境界条件、引張



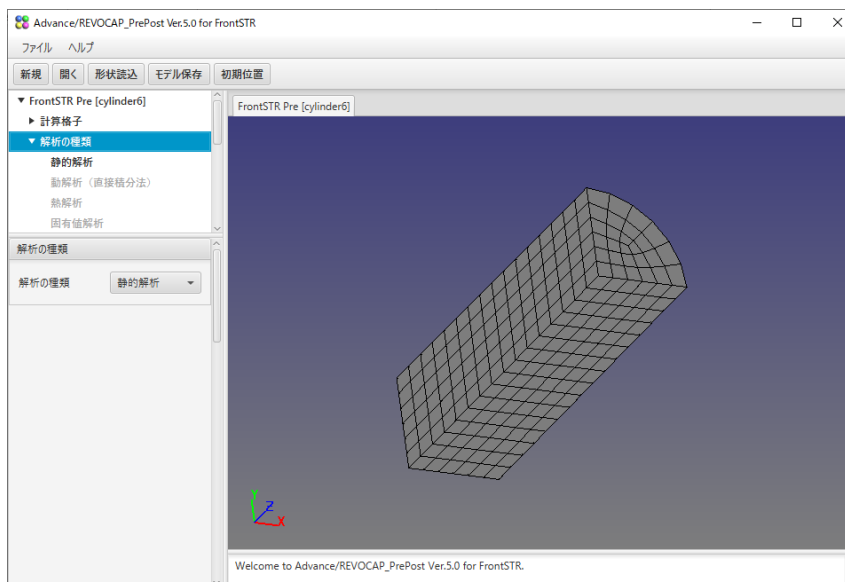
# 非線形材料解析の手順(2)

- メッシュの読み込み
  - チュートリアル of 既存のメッシュを使います



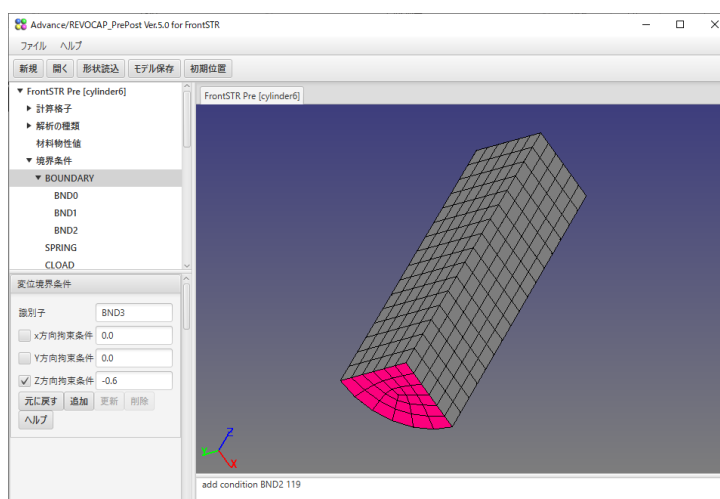
# 非線形材料解析の手順(3)

- 解析の種類
  - 静的解析を選択します



# 非線形材料解析の手順(4)

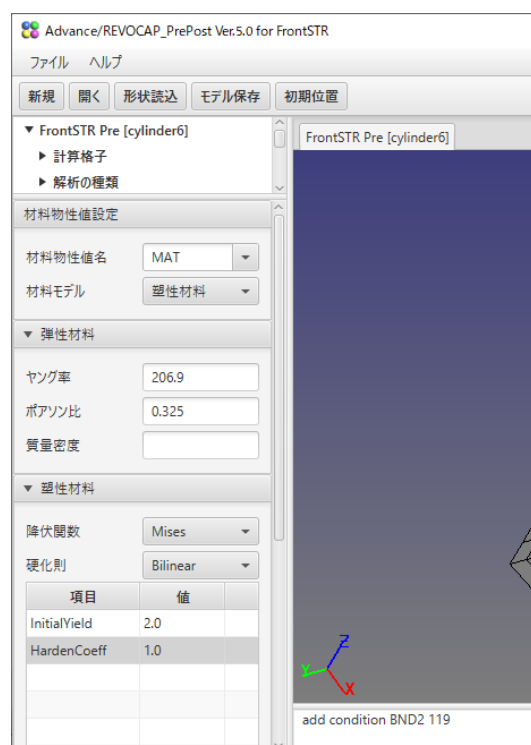
- 境界条件の設定
  - 節点拘束 (BOUNDARY)
  - 上面: Z座標固定
  - X方向側面: X座標固定
  - Y方向側面: Y座標固定
  - 下面: Z座標-0.6



## 非線形材料解析の手順(5)

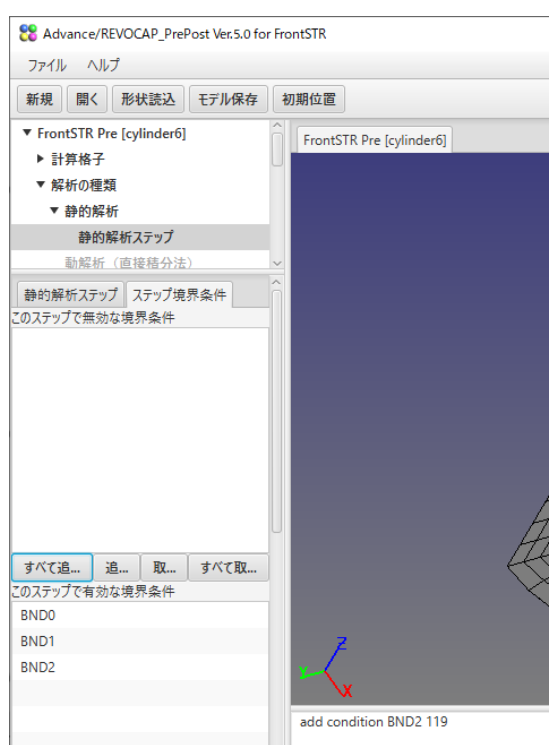
- 材料物性の設定
  - 材料モデル: 塑性材料
  - ヤング率: 206.9
  - ポアソン比: 0.325
  - 降伏関数: Mises
  - 硬化則: Bilinear
  - 初期降伏応力: 2
  - 硬化係数: 1

材料物性値名をMATとして保存する



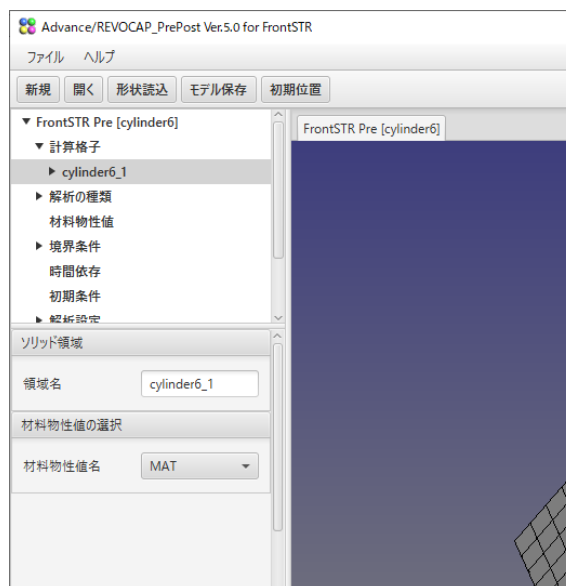
## 非線形材料解析の手順(6)

- ステップ解析
  - すべての境界条件を有効にする



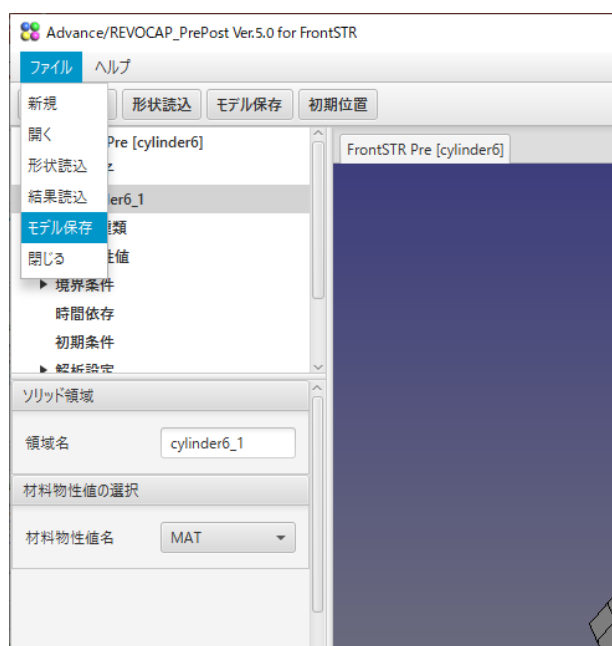
## 非線形材料解析の手順(7)

- メッシュに物性値を割り当てる
  - 領域を選択
  - 材料物性値名でMATを選択



## 非線形材料解析の手順(8)

- 解析モデルの保存
  - メニューからモデル保存を選択
  - 出力するフォルダを指定



# 非線形材料解析の手順(9)

## 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。



# 価格および関連サービスご紹介

営業部 那須田 淳一

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTRご紹介セミナー  
2019年6月13日（木）  
アドバンスソフト株式会社

## 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様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、お客様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。



## 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



\* Advance/FrontFlow/red、Advance/FrontSTR は、東京大学生産技術研究所計算科学技術連携研究センターが実施した文部科学省 IT プログラム「戦略的基盤ソフトウェアの開発」プロジェクト、および、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」プロジェクトの成果（ソフトウェア）をアドバンスソフト株式会社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てる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。