

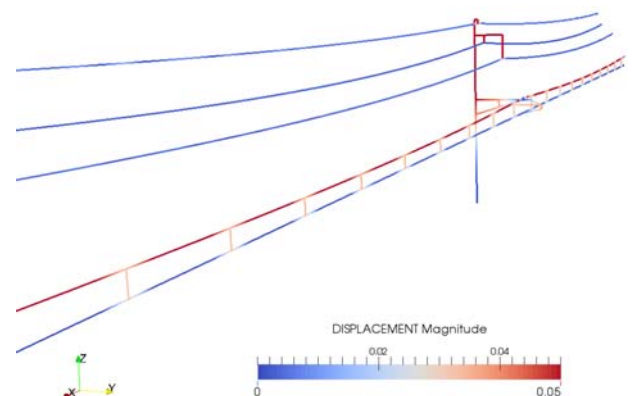
# 構造解析ソフトウェア Advance/ FrontSTRご紹介セミナー

2017年 5月18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
13:40~14:10 (30分)	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR のご紹介.....5 主任研究員 袁 熙
14:10~14:30 (20分)	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR におけるソルバ機能の改良 .....13 研究員 鈴木 将之
14:30~15:00 (30分)	ユーザー事例のご紹介 「電子ビームを用いた金属材料への熱投入計算への応用」 日本電子株式会社 3DPJ 技術グループ グループ長 吉成 洋祐 様 ※資料は非公開です
15:00~15:10 (10分)	休憩
15:10~15:30 (20分)	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR 解析事例のご紹介 1 (接触解析等) .....27 主事研究員 清野 多美子
15:30~15:50 (20分)	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR 解析事例のご紹介 2 (電車線路の地震による振動解析) .....41 主管研究員 加藤 国男
15:50~16:10 (20分)	構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR 線形ソルバの使いこなし方 .....49 研究員 尾川 慎介
16:10~16:30 (20分)	汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP のご紹介 .....57 主任研究員 徳永 健一
16:30~16:40 (10分)	価格および関連サービスご紹介、質疑応答 営業部 東田 想太 ※資料は非公開です

memo



AdvanceSoft





# アドバンスソフト株式会社のご紹介

第1事業部 原田 昌紀

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー  
2017年5月18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  
(英文社名 AdvanceSoft Corporation)

**本社** 〒101-0062  
東京都千代田区神田駿河台4-3  
新お茶の水ビル17階  
TEL: 03-6826-3970  
FAX:03-5283-6580

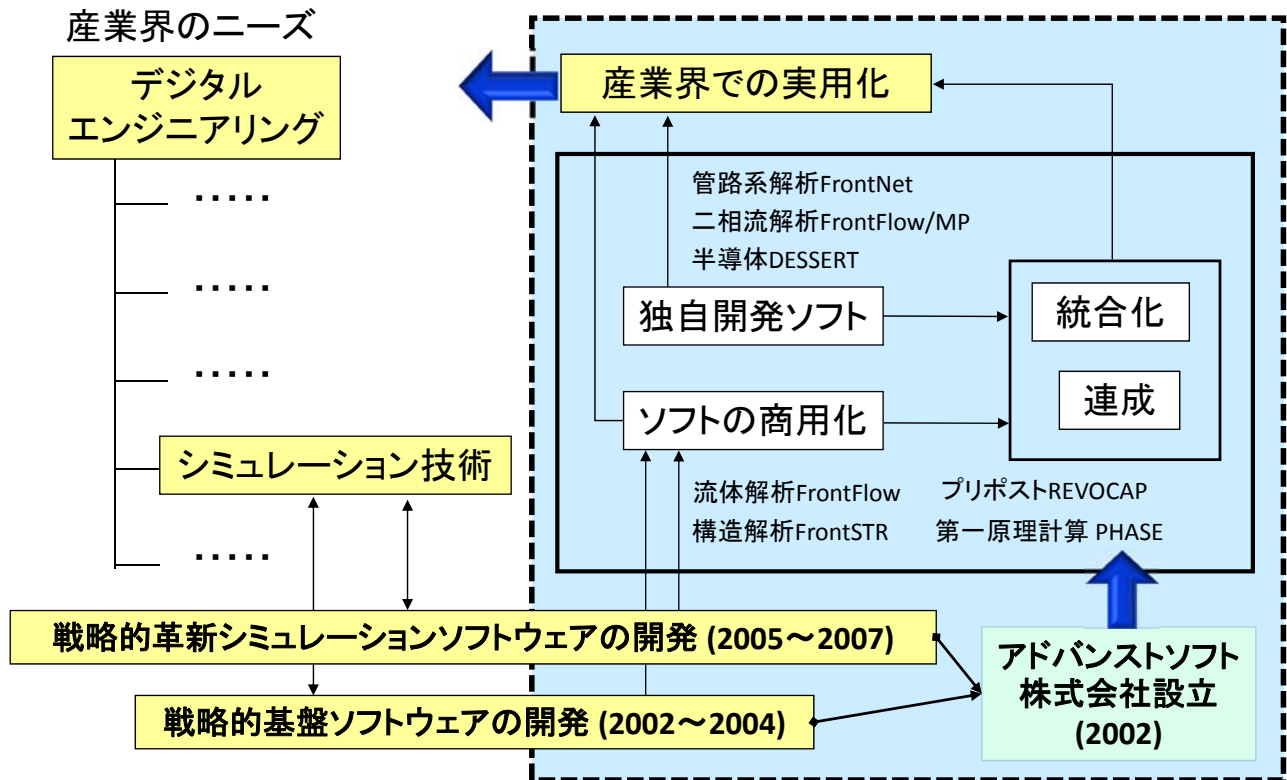
**設立** 2002年(平成14年)4月24日

**資本金** 3,724万円

**社員数** 96名(2017年5月16日時点)

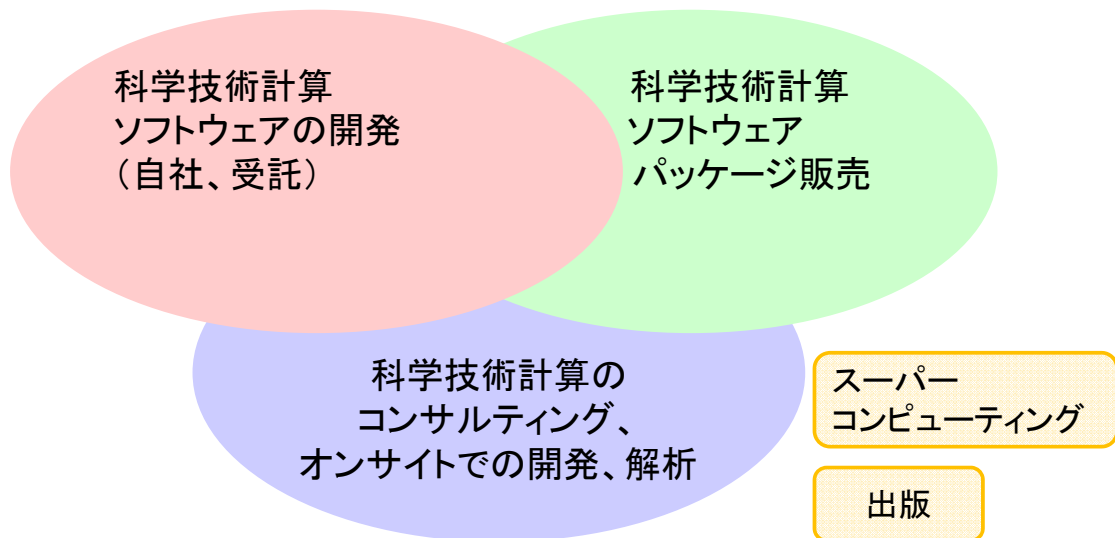
事業部	部	業務概要
第1事業部	技術第1部	• ナノ材料の第一原理計算、量子化学計算やメソ領域の開発など
	技術第2部	• プリポスト・可視化システム・連成システム開発、構造解析エンジニアリングなど
	技術第6部	• 次世代TCADシステムの開発 • 環境関連の開発、解析業務
第2事業部	技術第4部	• 混相流に係わる次世代流体システム開発など
第3事業部	技術第3部	• 乱流、燃焼、化学反応等に係わる次世代流体システム開発など
	技術第7部	• J-PARCに係わるプロジェクトの実施等 • 発電・化学プラントやライフライン等の管路系流体解析エンジニアリング業務、次世代流体解析システム保守・販売サポート
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
—	総合企画部	• スーパーコンピューティングサービス • 防災シミュレーション • コンサルティングサービスの提供 • 解析サービスの提供
営業本部	営業部	• お客様窓口

# アドバンスソフトとは



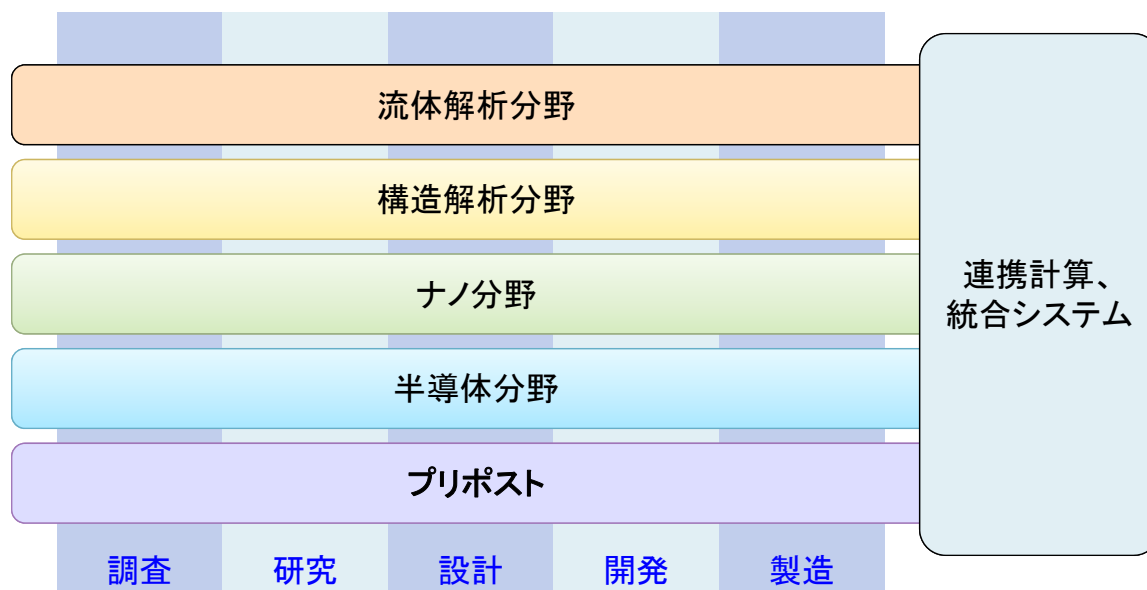
# 事業内容

## アドバンスソフトがご提供するサービス



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

# 事業分野



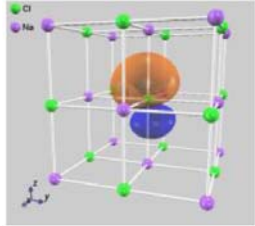
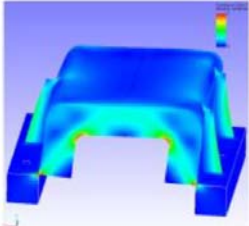
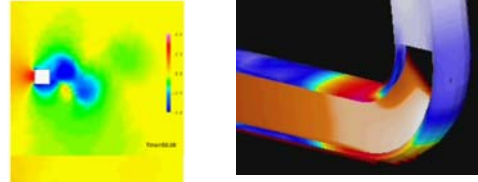
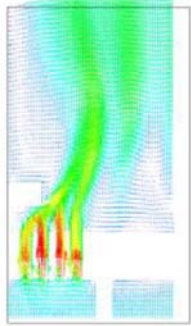
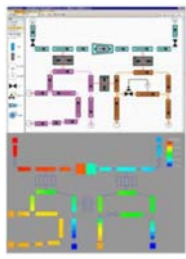
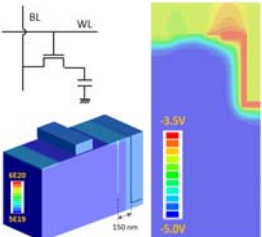
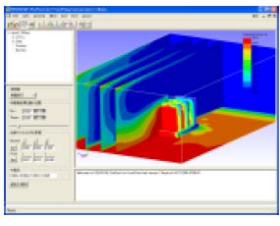
産業の主要な分野のあらゆるフェーズで直面する課題に対し、  
科学技術計算によるソリューションをご提供します。

# アドバンスソフトのパッケージソフトウェア

ソフトウェア名称	解析内容
Advance/PHASE	第一原理計算ソフトウェア
<b>Advance/FrontSTR</b>	<b>構造解析ソフトウェア</b>
Advance/FrontNoise	音響解析ソフトウェア
Advance/TCAD	半導体プロセス・デバイスシミュレータ
<b>Advance/REVOCAP</b>	<b>構造解析・流体解析プリポストプロセッサ</b>
Advance/FrontFlow/red	流体解析ソフトウェア
Advance/FrontFlow/MP	気液二相流解析ソフトウェア
Advance/FrontFlow/FOCUS	高速流・爆発解析ソフトウェア
Advance/FrontNet	管路系1次元流体解析ソフトウェア群

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

# アドバンスソフトのパッケージソフトウェア

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

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

# 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のご紹介

第1事業部 袁熙

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー  
2017年5月18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
  - 1) データ構造の変更:Ver5.2の紹介
  - 2) Software engineeringとusabilityに基づいた修正
  - 3) 機能追加
- 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 hecmmw-PC-Cluster	・ FEM 解析、ソルバ、可 視化等の並列解析用ラ イブラリ群
---	--------------------	-------------------------------	---------------------------------------



<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/)



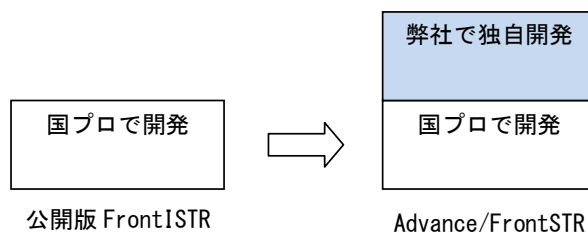
- ・ 非線形(材質非線形、幾何非線形、接触非線形)
- ・ 周波数応答解析
- ・ アセンブリ機能、リファイナー機能(REVOCAPを使用)

# Advance/FrontSTRの開発経緯

2012~: **FrontISTR研究会(東京大学奥田研主宰**<http://www.multi.k.u-tokyo.ac.jp/FrontISTR/>)

- ・ ソルバーの修正(新しい前処理の導入、OpenMPIによる並列計算)
- ・ いくつかの計算機能の追加(非圧縮超弾性材、自由度混在要素など)

2011~: **Advance/FrontSTR**リリース



**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

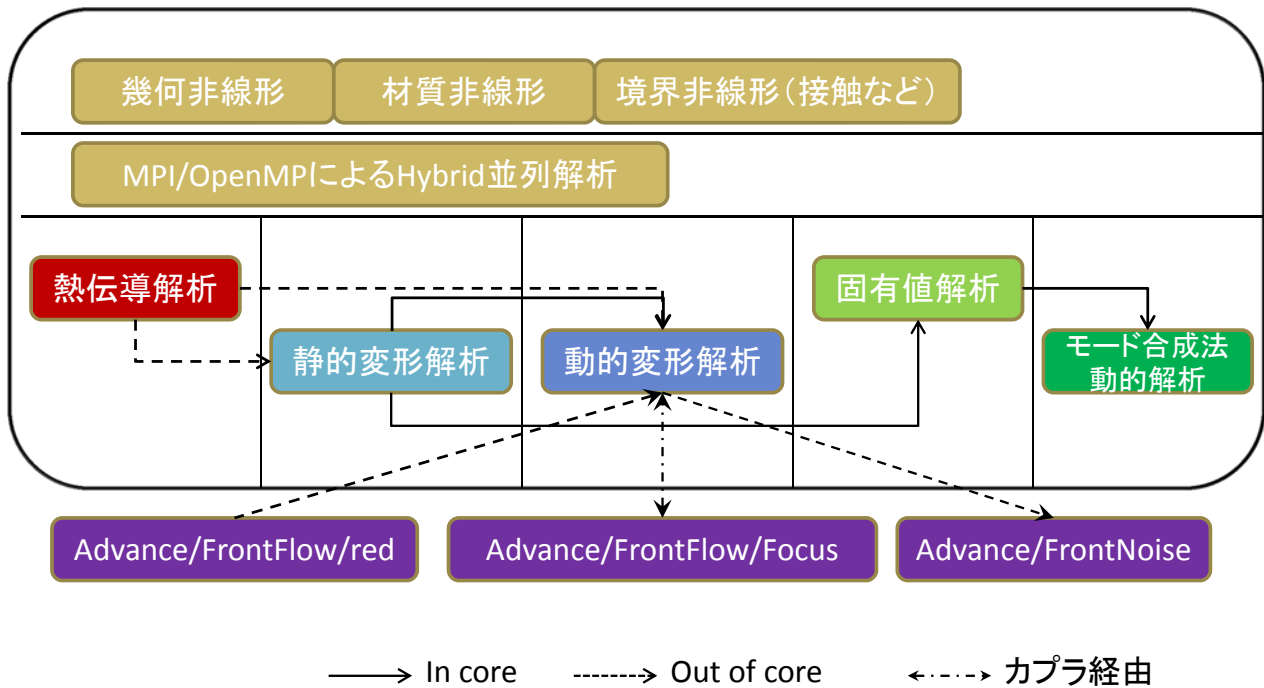
- ・ 静的通信管理: 接触など通信パターン変化問題に向かない
- ・ 静的なデータ構造: Adaptive mesh, 亀裂、接触問題などに向かない
- ・ BCRSマトリクス構造: 1,2,3,4,6自由度のみ対応、自由度混在処理困難

# Advance/FrontSTRの開発経緯

## Advance/FrontSTRの強み: 日本製

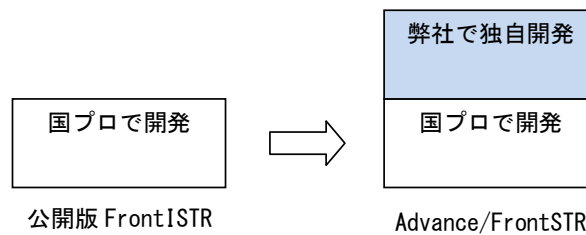
- 1) 要望を応じ細かく対応できる
- 2) 「京」や「地球シミュレーター」など対応
- 3) 低価格で超並列解析機能を提供
- 4) 連成解析: 自社ソフトを用いた連成解析

# Advance/FrontSTRの概要



# アドバンスソフトによるAdvance/FrontSTRの開発

- 機能拡張
  - FrontISTR新機能の導入
  - ユーザ要望機能
  - その他



## 2. 弱点の解消

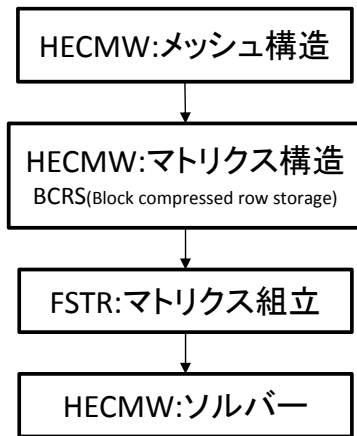
### FrontISTRの弱点: 線形弾性解析を考慮した基本設計

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

# Advance/FrontSTRの開発

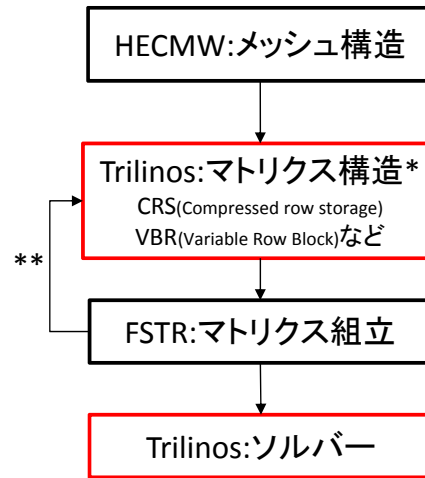
## 1. データ構造の変更

現状:



- \* Blockサイズ=2,3,4,6
- \*\* マトリクス構造固定

Ver5.2:



- \* 任意のBlockサイズおよび混在対応
- \*\* 計算途中のマトリクス構造変更可能

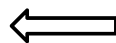


### できたこと:

- ・ 自由度 (solid要素とshell要素、beam要素) 混在 → Blockサイズ混在問題
- ・ 接触問題 → マトリクス構造変化問題

### できないこと:

- ・ 要素の死活問題
- ・ Adaptiveメッシュ、ALE



HECMWのメッシュ構造が変化できない

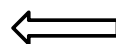
### 可能になったこと:

- ・ multiphysics解析 → いろんなBlockサイズの混在問題
- ・ XFEM → 自由度混在、Blockサイズ変化
- ・ Lagrangian乗数法 → 自由度混在、Blockサイズ変化
- ・ 剛体要素 → 自由度混在、Blockサイズ変化

などなど

### 可能な問題:

- ・ メモリー使用量、計算スピード、並列計算効率



確認中

# Advance/FrontSTRの開発: データ構造の変更

## さらに！完全な汎用有限要素法ソフトウェアにするため:

- ・ dynamicデータ構造: メッシュの変更が可能にする
- ・ dynamic通信管理: 並列計算中の最適化

⇒ 現時点修正する予定がない

### FrontISTRの弱点: 線形弾性解析を考慮した基本設計

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

# Advance/FrontSTRの開発 2. ユーザビリティ向上するための修正



- ・ 目標の進化を対応すべき基本設計の不足
- ・ 開発担当者の変化による一貫性の欠如

↳ ソフトウェア品質にもたらす問題

例: 材質の二重定義:

a.msh

```
!MATERIAL
!ITEM=1, SUBITEM=2
4000., 0.3
```

a.cnt

```
!MATERIAL
!ELASTIC
4000., 0.3
```

# Advance/FrontSTRの開発

## 3. 機能の追加

### 基本方針:

#### 3.1 FrontISTRの新機能の導入

FrontISTRは流体要素を導入する予定である。

#### 3.2 ユーザーニーズの応じる開発が最優先

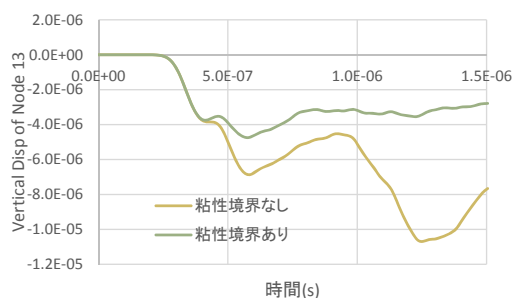
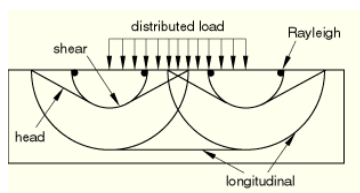
最新に導入した機能: CMS(Component Mode Synthesis), 土木関連

例: 粘性境界(無反射境界)

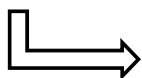
使い方:

! VDB

S1 (面グループ名を指定するのみ)



#### 3.3 常用と思われる機能や最新研究成果の導入



Ver.6.0

- ・ 動解析機能の改良
- ・ Lagrangian乗数法による接触解析を導入する予定である。

## まとめ

- 汎用有限要素法解析ソフトウェアへ向ける基本データ構造の修正
- その他、お客様からのニーズに対して、優先して開発を進めております。

ご清聴ありがとうございました

# 構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR における ソルバ機能の改良

第1事業部 鈴木 将之

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTRご紹介セミナー  
2017年5月18日（木）  
アドバンスソフト株式会社

## 本日の流れ

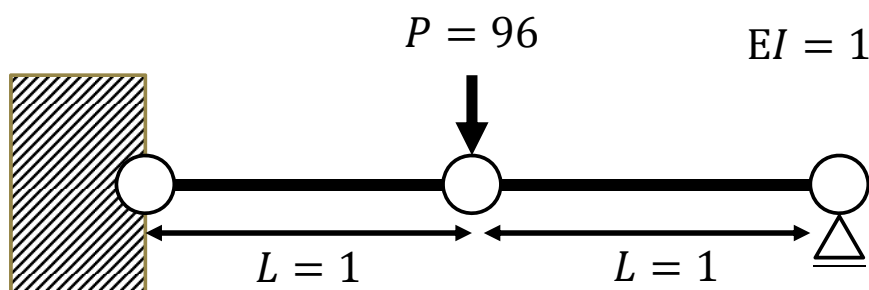
1. 有限要素法における線形ソルバの立ち位置
2. ミドルウェアhecmw概要
3. 新ミドルウェア概要
4. まとめと今後の展望

# 有限要素法における 線形ソルバの立ち位置

# 有限要素法における 線形ソルバの立ち位置

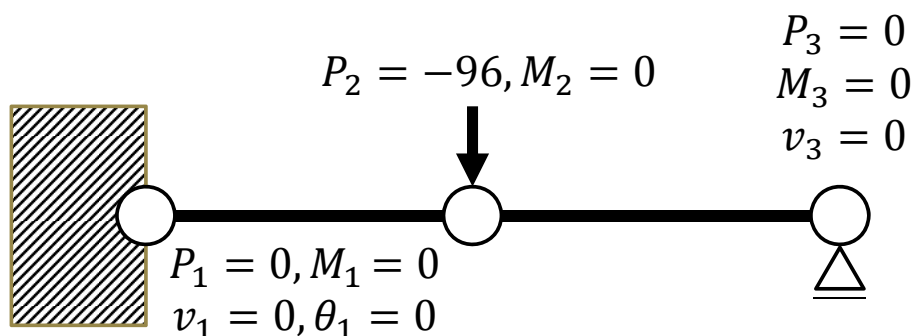
- 以下に有限要素法の手順概略を示します。
  1. モデルを連立一次方程式へ落とし込みます。
    - 剛性行列の組み立て。
    - 境界条件の付加。
    - 拘束条件の付加。
    - などなど
  2. 連立一次方程式を解きます。
  3. モデルを更新します。

# 有限要素法における 線形ソルバの立ち位置 – 例題



- 構造工学における有限要素法の基礎と応用講習会有限要素法の基礎理論 車谷 麻緒 (茨城大学) <http://www.marine.osakafu-u.ac.jp/osakafu-content/uploads/sites/360/%E6%9C%89%E9%99%90%E8%A6%81%E7%B4%A0%E6%B3%95%E3%81%AE%E5%9F%BA%E7%A4%8E%E7%90%86%E8%AB%96.pdf> 16/5/2017

# 有限要素法における 線形ソルバの立ち位置 – 例題



- 構造工学における有限要素法の基礎と応用講習会有限要素法の基礎理論 車谷 麻緒 (茨城大学) <http://www.marine.osakafu-u.ac.jp/osakafu-content/uploads/sites/360/%E6%9C%89%E9%99%90%E8%A6%81%E7%B4%A0%E6%B3%95%E3%81%AE%E5%9F%BA%E7%A4%8E%E7%90%86%E8%AB%96.pdf> 16/5/2017

# 有限要素法における 線形ソルバの立ち位置 – 例題

## 1. モデルを連立一次方程式へ落とし込みます。

- 剛性行列の組み立て。
- 境界条件の付加。
- 拘束条件の付加。
- などなど

## 2. 連立一次方程式を解きます。

## 3. モデルを更新します。

- 例題から以下の連立一次方程式を得ます。

$$- \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 24 & 0 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 6 & 2 & 0 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ \theta_1 \\ v_2 \\ \theta_2 \\ v_3 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -96 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

# 有限要素法における 線形ソルバの立ち位置 – 例題

## 1. モデルを連立一次方程式へ落とし込みます。

- 剛性行列の組み立て。
- 境界条件の付加。
- 拘束条件の付加。
- などなど

## 2. 連立一次方程式を解きます。

## 3. モデルを更新します。

- この連立一次方程式の未知数を求めます。

$$- \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 24 & 0 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 6 & 2 & 0 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ \theta_1 \\ v_2 \\ \theta_2 \\ v_3 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -96 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

- 境界条件を除いた未知数は以下のように求められます。

$$- v_2 = -7, \theta_2 = -3, \theta_3 = 12$$

# 有限要素法における 線形ソルバの立ち位置 – 例題

## 1. モデルを連立一次方程式へ落とし込みます。

- 剛性行列の組み立て。
- 境界条件の付加。
- 拘束条件の付加。
- などなど

- この連立一次方程式の未知数を求めます。

$$- \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 24 & 0 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 6 & 2 & 0 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ \theta_1 \\ v_2 \\ \theta_2 \\ v_3 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -96 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

- 境界条件を除いた未知数は以下のように求められます。

$$- v_2 = -7, \theta_2 = -3, \theta_3 = 12$$

## 2. 連立一次方程式を解きます。

## 3. モデルを更新します。

未知数を求める時に、  
有限要素法ソフトウェアでは  
線形ソルバが用いられます。

# 有限要素法における 線形ソルバの立ち位置 – 例題

## 1. モデルを連立一次方程式へ落とし込みます。

- 剛性行列の組み立て。
- 境界条件の付加。
- 拘束条件の付加。
- などなど

- $v_2 =$

$$- 7, \quad \theta_2 =$$

$$- 3, \quad \theta_3 =$$

$$12$$

## 2. 連立一次方程式を解きます。

## 3. モデルを更新します。

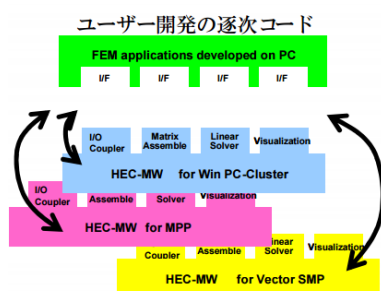
# 有限要素法における 線形ソルバの立ち位置

- 有限要素法において、モデルは連立一次方程式に変換されます。変換された連立一次方程式を解くために線形ソルバが用いられます。
- 有限要素法ソフトウェアにおいて、線形ソルバの性能や使い勝手が、ソフトウェアの性能や機能拡張性に大きく影響を与えます。

# ミドルウェアhecmw概要

# ミドルウェアhecmw概要

- Advance/FrontSTRおよびFrontISTRはミドルウェアhecmwを用いております。
  - hecmwはFrontSTRと共に戦略的革新シミュレーションソフトウェアの研究開発(2005年度～2007年度)によって開発されました。
  - Advance/FrontSTR ver 5.1まではhecmw 3.0より派生したものを使用しております。
  - FrontISTRのものから機能をバックポートしたり、逆にFrontISTRのものへ機能を提供したりしております。



オープンソースソフトFrontISTR (フロントイスター) の大規模並列解析戦略 東京大学人工物工学研究センター 奥田 洋司  
<https://www.sken.gr.jp/MAINSITE/download/newsletter/2009/20090903-sci-1/lecture-5/ppt.pdf> 16/5/2017

# ミドルウェアhecmw概要

- hecmwは有限要素法を適用する上で必要な機能を提供します。
  - メッシュの格納
  - 剛性行列の組み立てなど連立一次方程式生成
  - 線形ソルバ
  - 設定などのI/O

# ミドルウェアhecmw概要 – 線形ソルバ

- hecmwの線形ソルバは、スパコンなど大規模並列下において高い性能を出すことができるよう実装されております。
- hecmwはさまざまな解法を提供しております。
  - 前処理
    - SSOR
    - 対角スケーリング
    - ILU
    - ML
  - 解法
    - 反復法
      - CG
      - GMRES
      - BiCGSTAB
      - GPBiCG
    - 直接法

# ミドルウェアhecmw概要 – hecmwの線形ソルバにおける問題

- hecmwの行列型および線形ソルバは固定自由度(3及び6)ごとのみ扱うことができます。強連成解析やラグランジュ未定乗数法など、自由度が任意である解析や解法に未対応です。
- hecmwの行列型は一度の初期化後変更することができません。すべりなどによるモデルの変更に対応することができません。

# 新ミドルウェア概要

# 新ミドルウェア概要

- 先述の問題に対応すべく線形ソルバを外部ライブラリに置き換えた新ミドルウェアを、ver 5.2より採用いたします。
- 新ミドルウェアにより、先述の問題を解決することができます。
  - 任意自由度で解くことができます。
  - 解析途中で行列の構造を変更することができるようになります。

## 新ミドルウェア概要 – Trilinos概要

- 新ミドルウェアは、外部ライブラリTrilinosを用いております。
- Trilinosはオープンソース(修正BSDライセンス及びLGPL)の科学計算ライブラリ群です。
- Trilinosもまた、大規模並列下において高い性能を出すことができるよう実装されております。



## 新ミドルウェア概要 – Trilinos概要

- Trilinosはさまざまな解法を提供しております。
  - 前処理
    - SSOR
    - 対角スケーリング
    - ILU
    - ML
  - 解法
    - 反復法
      - CG
      - GMRES
      - BiCGSTAB
    - 直接法



## 新ミドルウェア概要 – Trilinos概要

- hecmwにて使用可能だった解法GPBiCGは提供されておられません。
- 一部処理が未チューニングです。



## 新ミドルウェア概要 – hecmwとの併用

- ver 5.2時点ではhecmwと新ミドルウェアを併用しております。
  - メッシュの格納はhecmw。
  - 行列格納形式および線形ソルバは新ミドルウェア。
- 併用によるパフォーマンスの低下はほとんどありません。
- 併用によるメモリの使用量の無駄は若干存在します。

# 新ミドルウェア概要

## – elastic\_hingeのパフォーマンス

		新ミドルウェア (ver 5.2)		hecmw (ver.5.1)	
解法		計算時間[s]	反復回数	計算時間[s]	反復回数
直接法		32.45	-	21.57	-
反復法	SSOR + CG	212.19	2976	165.96	2079
	対角スケーリング + CG	210.96	8675	194.69	7522
	ILU(0) + CG	185.86	1856	133.92	1761

※計算時間は前処理及びソルブのみ

# 新ミドルウェア概要

## – elastic\_hinge\_parallel(4並列)のパフォーマンス

		新ミドルウェア (ver 5.2)		hecmw (ver.5.1)	
解法		計算時間[s]	反復回数	計算時間[s]	反復回数
直接法		17.21	-	10.34	-
反復法	SSOR + CG	142.71	3913	74.09	2093
	対角スケーリング + CG	143.65	8654	98.91	7522
	ILU(0) + CG	185.86	3779	133.92	1761

※計算時間は前処理及びソルブのみ

# 新ミドルウェア概要 – hecmwとの比較

- hecmwより優れている点
  - 任意自由度で解くことができます。
    - 強連成解析やラグランジュ未定乗数法など、自由度が増える解析や解法を採用することができます。
  - 解析途中で行列構造を変更できるようになります。
    - すべりなどモデルが大きく変更された場合に、処理が行いやすくなります。

# 新ミドルウェア概要 – hecmwとの比較

- hecmwより劣る点
  - hecmwより計算時間が長いことがあります。
    - Trilinosのチューニングを現在進めております。
  - hecmwに搭載されていた解法GPBiCGを使用することができません。
    - 逐次時には直接法、並列かつメモリが充分でない場合は基本的にCG法を用いればよく、影響は少ないといえます。

## まとめと今後の展望

## まとめと今後の展望

- 有限要素法において、モデルから生成された連立一次方程式を解くために線形ソルバが用いられます。
- 5.2ではミドルウェアおよびその線形ソルバを、外部ライブラリ Trilinosを用いたものに変更いたします。hecmwおよびその線形ソルバに比べ柔軟であり、機能拡張が行いやすくなります。
- ライブラリのチューニングは現在取り組んでいる課題です。

# 構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR 解析事例のご紹介1（接触解析等）

第1事業部 主事研究員 清野 多美子

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー  
2017年5月18日（木）  
アドバンスソフト株式会社

## 本日紹介する解析事例

- ① ボルトプリテンション解析
- ② 2本の梁モデルの接触時刻歴解析
- ③ 積層型構造物の解析手法

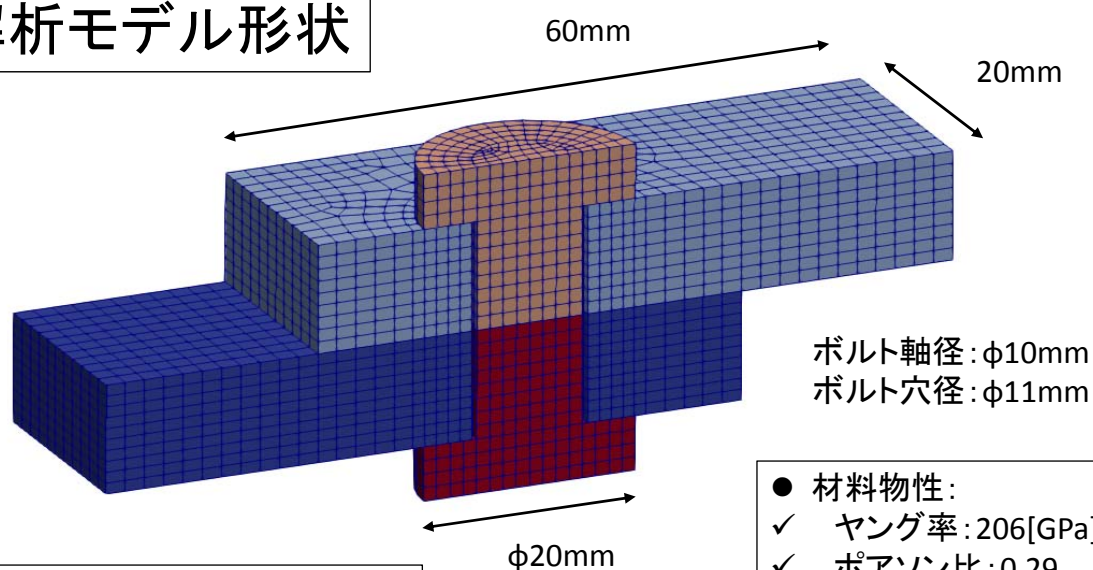
# 解析事例①

## ボルトプリテンション解析

- 参考文献: 「Finite element analysis and modeling of structure with bolted joints」  
Jeong Kim, Joo-Cheol Yoon, Beom-Soo Kang,  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X0600062X>

## 解析事例①: ボルトプリテンション解析

### 解析モデル形状

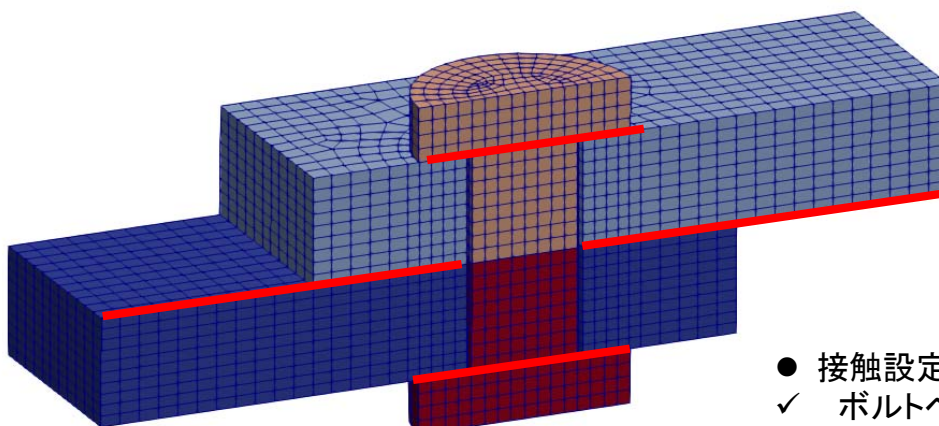


- ボルトモデル:
  - ✓ ボルト・ナット一体構造で模擬
  - ✓ 軸の中心部でボルトヘッド側と、ナット側で別モデルとする

- 材料物性:
  - ✓ ヤング率: 206[GPa]
  - ✓ ポアソン比: 0.29
- 要素数: 9,612
- 節点数: 12,253

# 解析事例①: ボルトプリテンション解析

## 接触条件

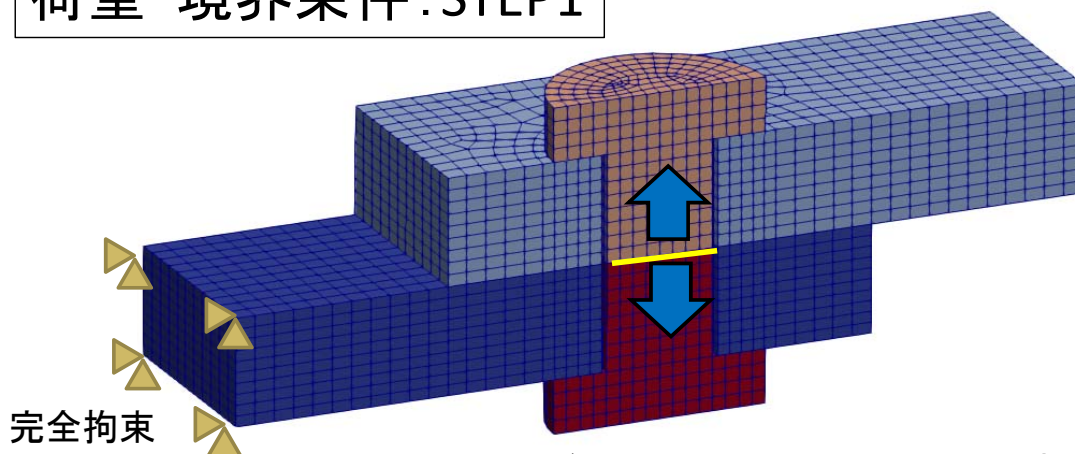


- 接触設定(3か所)
- ✓ ボルトヘッド-板材
- ✓ ナット-板材
- ✓ 板材-板材
  
- 微小滑り
- 摩擦係数:0.3



# 解析事例①: ボルトプリテンション解析

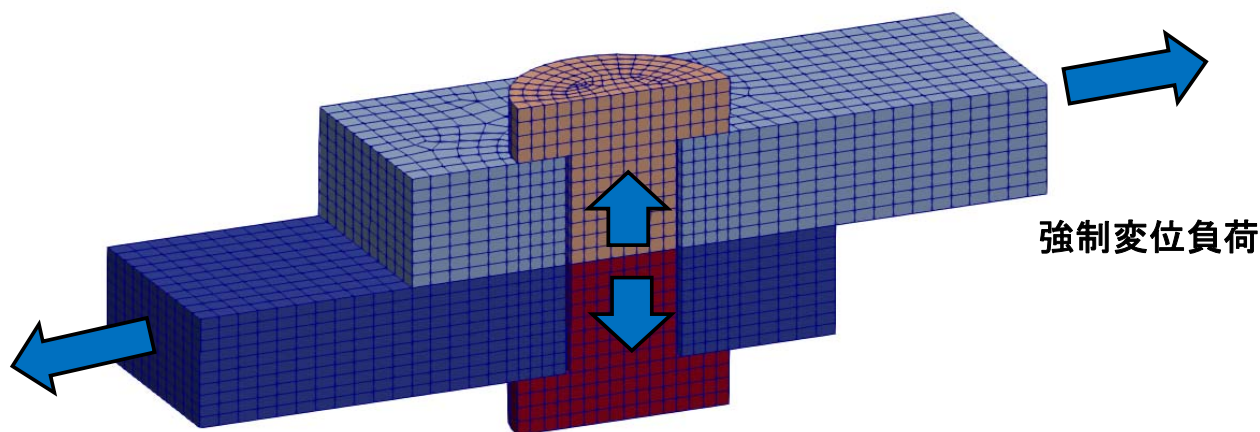
## 荷重・境界条件: STEP1



ボルト軸断面に軸方向の強制変位を負荷  
 ↓  
 接触力と締付力(1,500N)が同等となる強制変位量(0.0038mm)を算出する

# 解析事例①: ボルトプリテンション解析

## 荷重・境界条件: STEP2\_引張



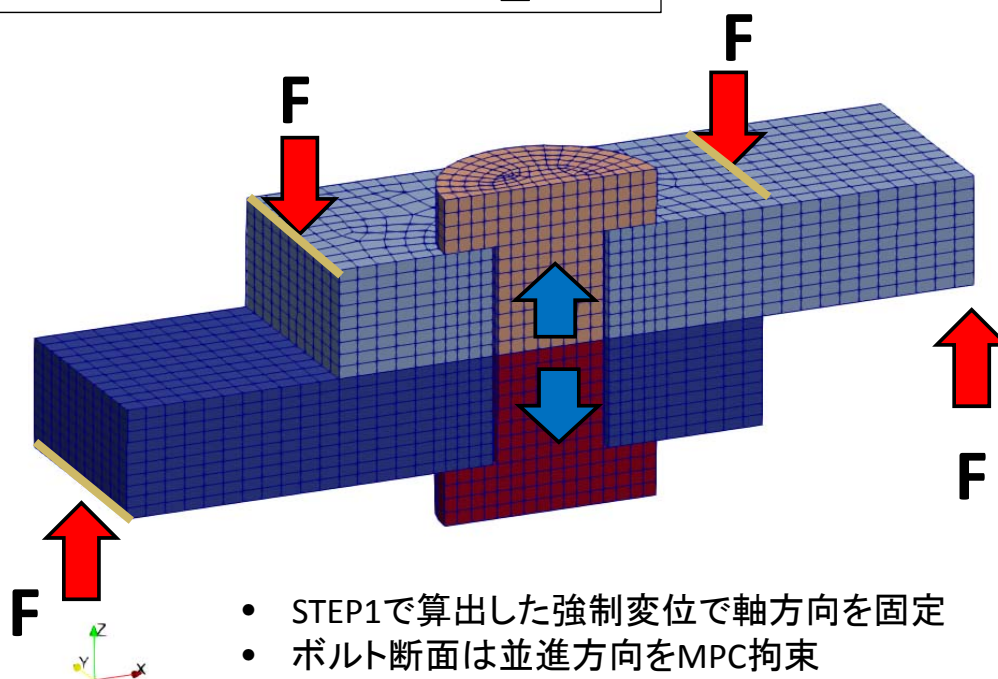
強制変位負荷



- STEP1で算出した強制変位で軸方向を固定
- ボルト断面は並進方向をMPC拘束

# 解析事例①: ボルトプリテンション解析

## 荷重・境界条件: STEP2\_曲げ



F



- STEP1で算出した強制変位で軸方向を固定
- ボルト断面は並進方向をMPC拘束

## 解析事例②: 2本の梁モデルの接触時刻歴解析

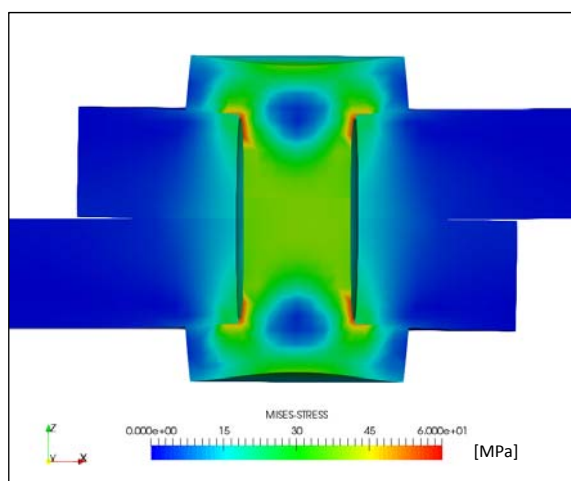
### 解析条件

- ✓ 非線形静解析
- ✓ 線形ソルバ: CG法
- ✓ 前処理: SSOR (PRECOND=1)

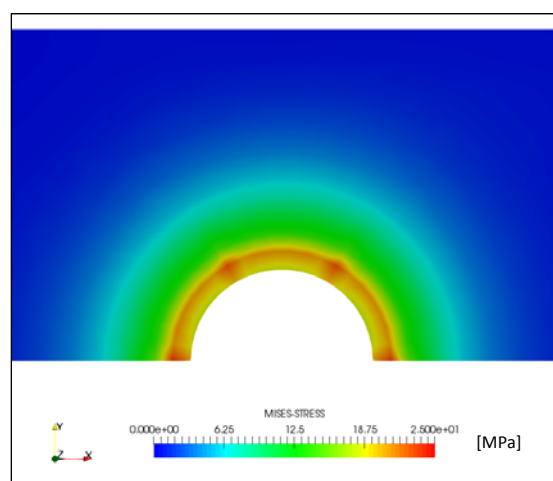
## 解析事例①: ボルトプリテンション解析

### 解析結果: STEP1

変形図とVonMises等価応力分布



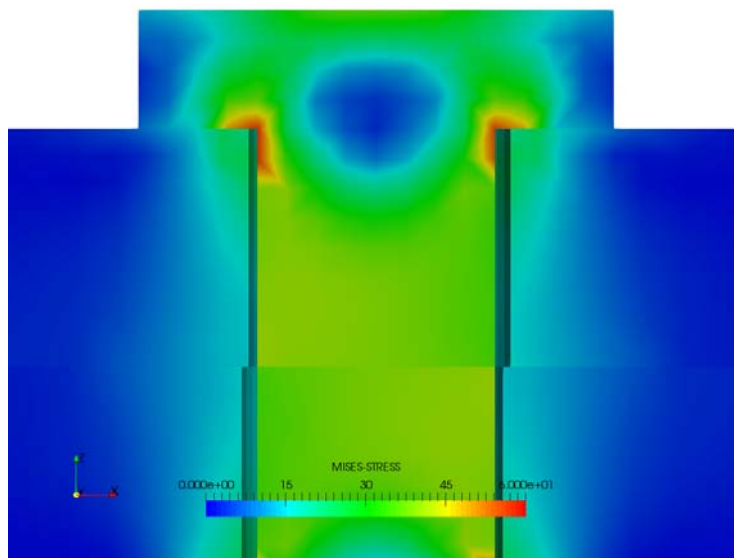
座面の応力分布



# 解析事例①: ボルトプリテンション解析

## 解析結果: STEP2\_引張

### 変形図とVonMises等価応力分布



# 解析事例①: ボルトプリテンション解析

## 解析結果: STEP2\_引張

### 座面のVonMises等価応力分布

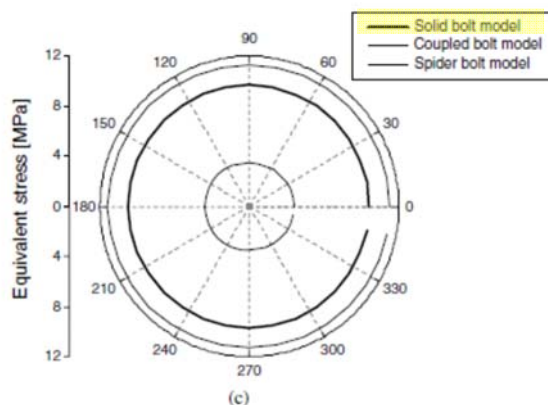
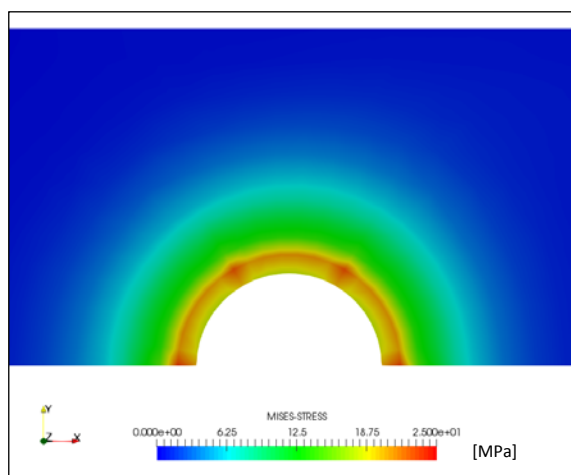


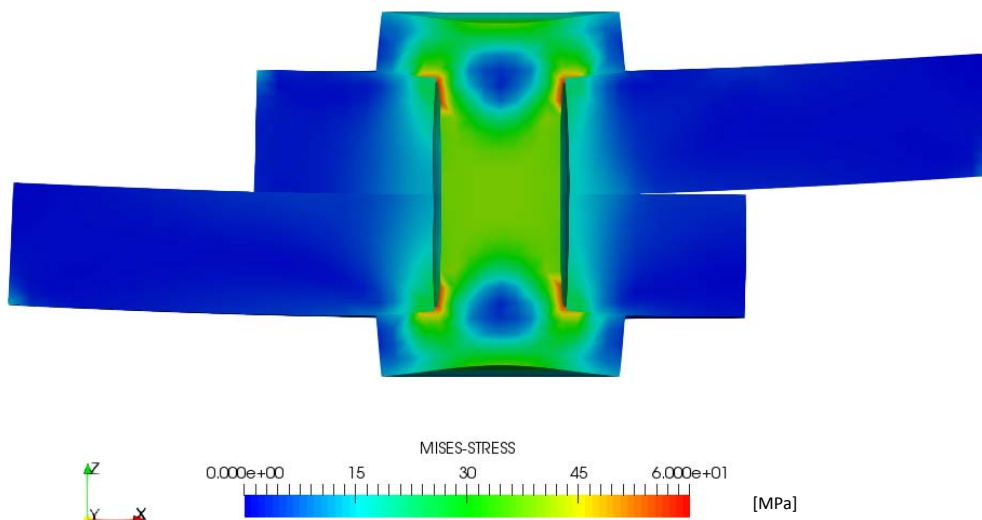
Fig. 8. Variation of the equivalent stress near the bolt head. (a) Under bending type I, (b) under bending type II and (c) under shearing.

参考文献より参照

# 解析事例①: ボルトプリテンション解析

## 解析結果: STEP2\_曲げ

### 変形図とVonMises等価応力分布



# 解析事例①: ボルトプリテンション解析

## 解析結果: STEP2\_曲げ

### 座面のVonMises等価応力分布

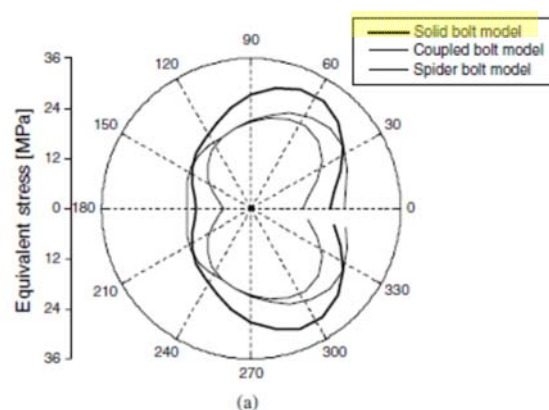
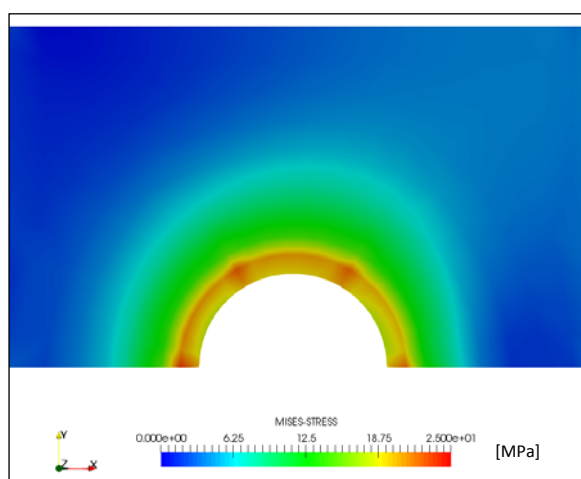


Fig. 8. Variation of the equivalent stress near the bolt head. (a) Under bending type I, (b) under bending type II and (c) under shearing.

参考文献より参照

## 解析事例①: ボルトプリテンション解析

ボルトプリテンション解析で求めた相対変位を固定するには？

例えば、

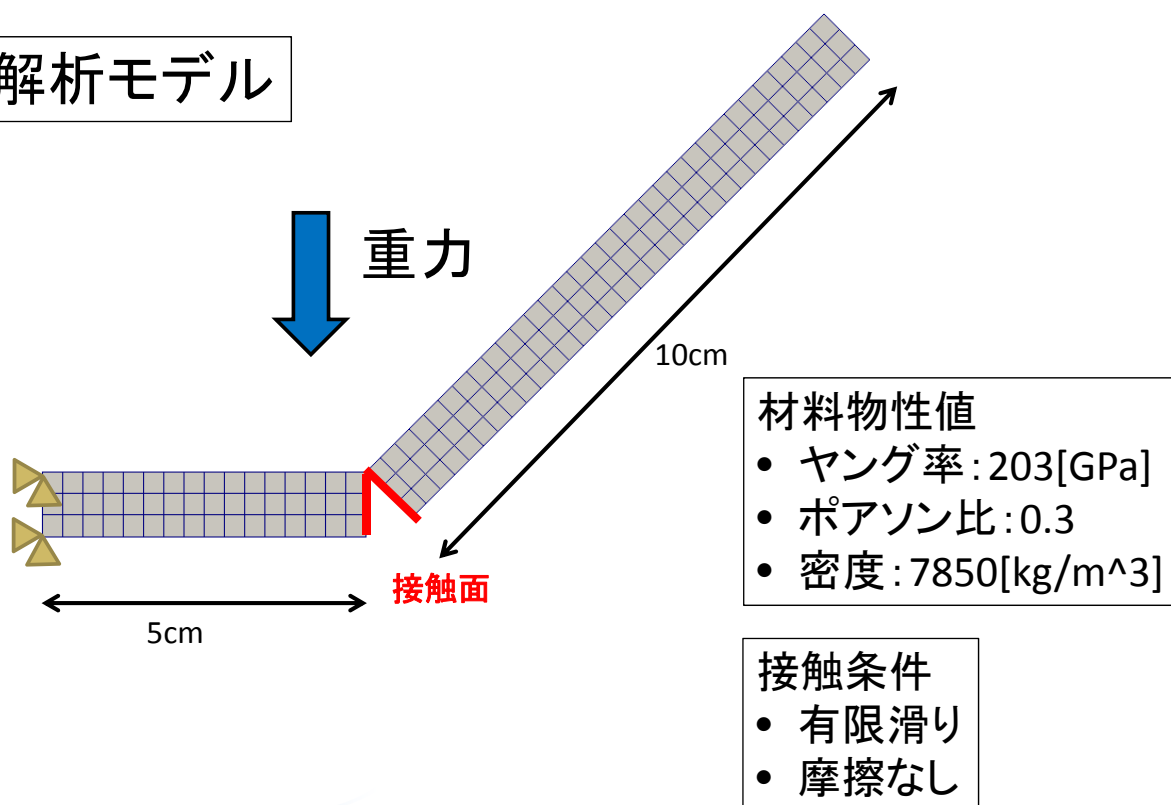
1. ボルトプリテンション解析により、強制変位を算出する
2. 変形後のメッシュを作成し、ボルト軸断面は3方向をMPCで固定する
3. プリテンション負荷後の応力を初期応力として与えて解析を実施する

## 解析事例②

### 2本の梁モデルの 接触時刻歴解析

## 解析事例②: 2本の梁モデルの接触時刻歴解析

### 解析モデル



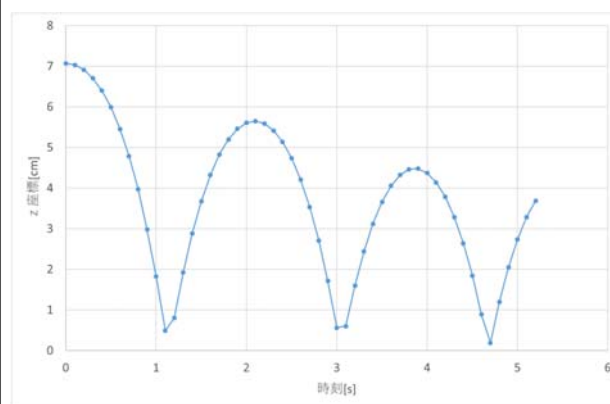
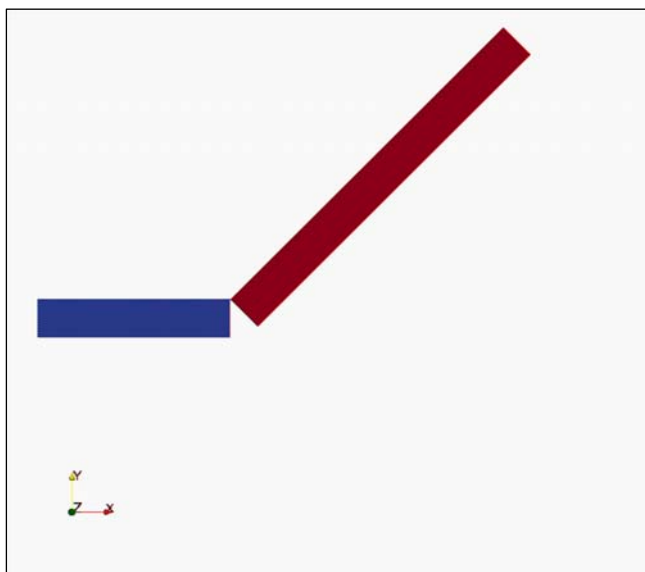
## 解析事例②: 2本の梁モデルの接触時刻歴解析

### 解析条件

- ✓ 非線形過渡応答解析
- ✓ 時間積分ソルバ: Newmark-Beta法
- ✓ 線形ソルバ: 直接法
- ✓ 時間刻み: 1.0e-4
- ✓ 計算時間: 5.2[s]
- ✓ レイリー減衰: 減衰なし、または  $\alpha=0.5$

# 解析事例②: 2本の梁モデルの接触時刻歴解析

## 解析結果\_減衰なし

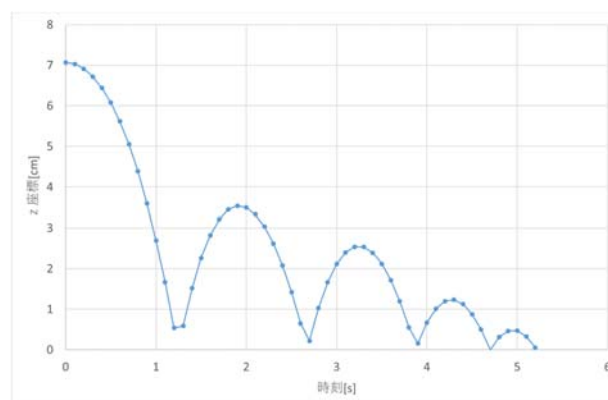
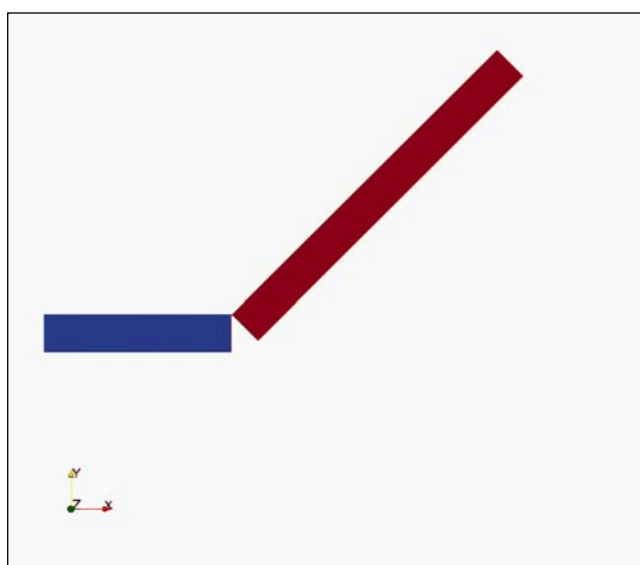


梁モデル先端のz座標履歴

※現在、接触の動解析実施時にエネルギー保存がされない現象について調査修正対応を行っております。

# 解析事例②: 2本の梁モデルの接触時刻歴解析

## 解析結果\_減衰 $\alpha=0.5$



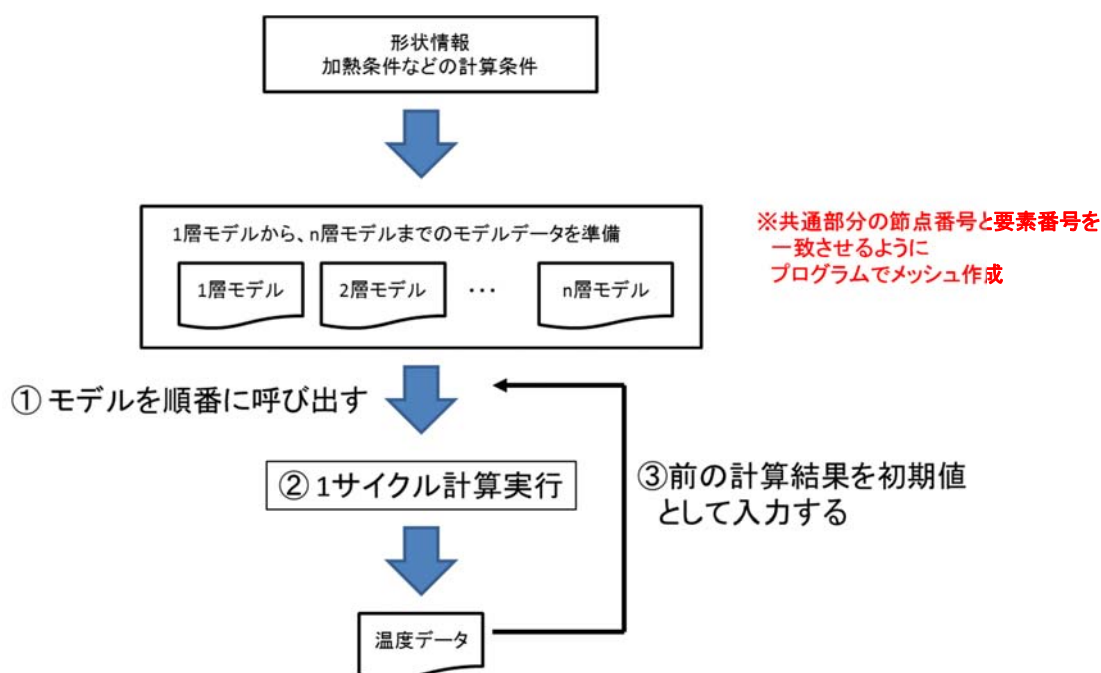
梁モデル先端のz座標履歴

# 解析事例③

## 繰り返し加熱を受ける 積層型構造物の解析手法

### 解析事例③: 積層型構造物の解析手法

#### モデル作成から解析実行までのフローチャート



## 解析事例③: 積層型構造物の解析手法

解析結果: 温度履歴

配布不可

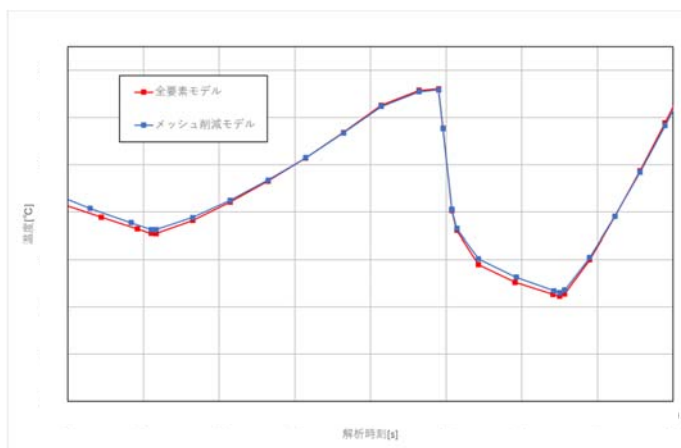
## 解析事例③: 積層型構造物の解析手法

メッシュ削減による計算時間の短縮

配布不可

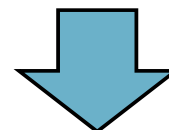
## 解析事例③: 積層型構造物の解析手法

### 温度の比較結果



### メッシュ削減前の計算時間

節点数	並列数	計算時間
106352	24	517.11



### メッシュ削減後の計算時間

節点数	並列数	計算時間
21964	12	109.39

## まとめ

- Advance/FrontSTRを用いたボルトプリテンション解析の事例を紹介した。モデル化方法を工夫することにより、Advance/FrontSTRでソリッドモデルを用いたボルトプリテンション解析は可能である。
- Advance/FrontSTRを用いた接触時刻歴解析の事例を紹介した。ただし、接触の動解析実施時にエネルギー保存がされない現象が確認されたため、今後修正をおこなう予定である。
- 積層型構造物に対し、解析方法やモデル化方法を工夫することにより、連続的な解析および計算時間の短縮を行った実例について紹介を行った。目的に応じ、自由な改修を行う事が出来るのは、Advance/FrontSTRの大きな利点である。



# Advance/FrontSTR解析例

## 電車線路の地震による振動解析

第1事業部 技術第2部 加藤 国男

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー

2017年5月18日（木）

アドバンスソフト株式会社

# 1.Advance/FrontSTRの構造要素

四辺形シェル要素	SQUAD4-MITC : 4 節点四辺形一次要素、MITC 要素 SQUAD8-MITC : 8 節点四辺形二次要素、MITC 要素
三角形シェル要素	STRIA3-MITC : 3 節点三角形一次要素、MITC 要素 STRIA6-MITC : 6 節点三角形二次要素、MITC 要素
梁要素	B2 : 2 節点一次梁要素 B3 : 3 節点二次梁要素 B4 : 4 節点三次梁要素
トラス要素	T2 : 2 節点一次トラス要素 T3 : 3 節点二次トラス要素 T4 : 4 節点三次トラス要素
質量要素	MASS : 質量要素
慣性モーメント要素	ROTARYI : 慣性モーメント要素
連結要素	JOINT
ギャップ要素	GPRIS6 : 6 節点ギャップ要素 GHEXA8 : 8 節点ギャップ要素

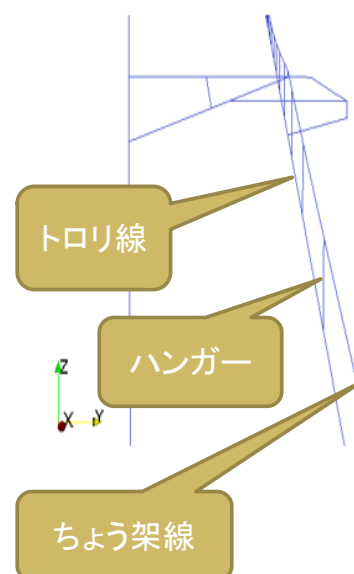
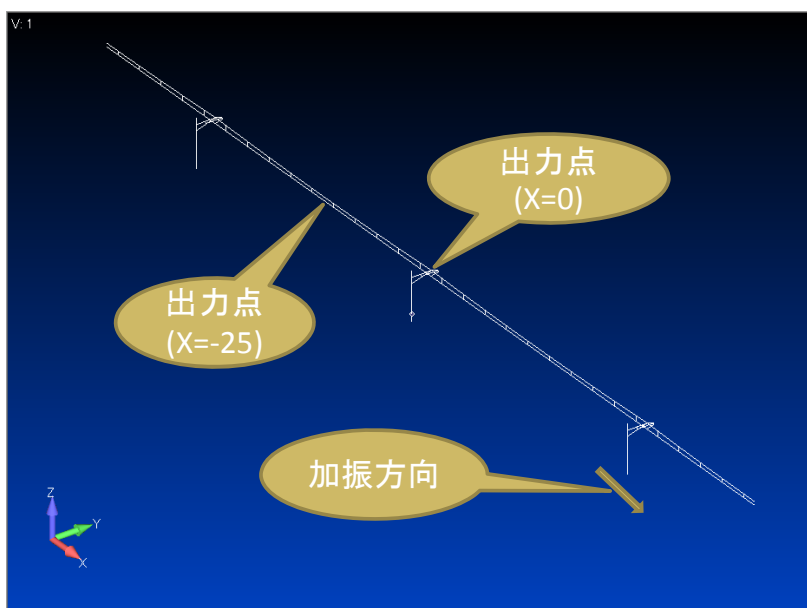
構造要素 <sup>Ⓔ</sup>	自由度 <sup>Ⓔ</sup>	静解析 <sup>Ⓔ</sup>	動解析 <sup>Ⓔ</sup>	熱伝導解析 <sup>Ⓔ</sup>	幾何学的非線形 <sup>Ⓔ</sup>	材料非線形 <sup>Ⓔ</sup>	接触 <sup>Ⓔ</sup>
シェル要素 <sup>Ⓔ</sup>	6 <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	X <sup>Ⓔ</sup>
梁要素 <sup>Ⓔ</sup>	6 <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	X <sup>Ⓔ</sup>
トラス要素 <sup>Ⓔ</sup>	3 <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>
質量要素 <sup>Ⓔ</sup>	3 <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	X <sup>Ⓔ</sup>
慣性モーメント要素 <sup>Ⓔ</sup>	3 <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	X <sup>Ⓔ</sup>
連結要素 <sup>Ⓔ</sup>	Ⓔ	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	X <sup>Ⓔ</sup>
ギャップ要素 <sup>Ⓔ</sup>	1 <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	○ <sup>Ⓔ</sup>	X <sup>Ⓔ</sup>

質量要素 <sup>Ⓔ</sup>	1 節点で構成される要素で、仮想物体の質量を指定節点に集中して付帯させるために用います。質量要素には剛性がなく、重力および遠心力の計算に使用されます。 <sup>Ⓔ</sup>
慣性モーメント要素 <sup>Ⓔ</sup>	1 節点で構成される要素で、仮想物体の慣性モーメントを指定節点に集中して付帯させるために用います。慣性モーメント要素には剛性がなく、遠心力の計算に使用されます。 <sup>Ⓔ</sup>
連結要素 <sup>Ⓔ</sup>	2 節点で構成される要素であり、この 2 節点間のある指定した自由度が他の自由度と異なる性質を持つ <sup>Ⓔ</sup>
ギャップ要素 <sup>Ⓔ</sup>	二つの面を有し、この二つの面の間の熱伝達を定義するものです。 <sup>Ⓔ</sup>

## 2. 電車線路の地震による振動解析に用いた要素

- 梁要素：電柱・ブラケット・電線
- 連結要素：電柱とブラケットの接合点、ハンガーとちょう架線との連結点、碍子の連結点

### 3.モデル図



節点: 374、要素: 414

一般の電車線をイメージして、ちょう架線とトロリ線からなるモデルで解析しました。

### 4. 解析条件・物性値

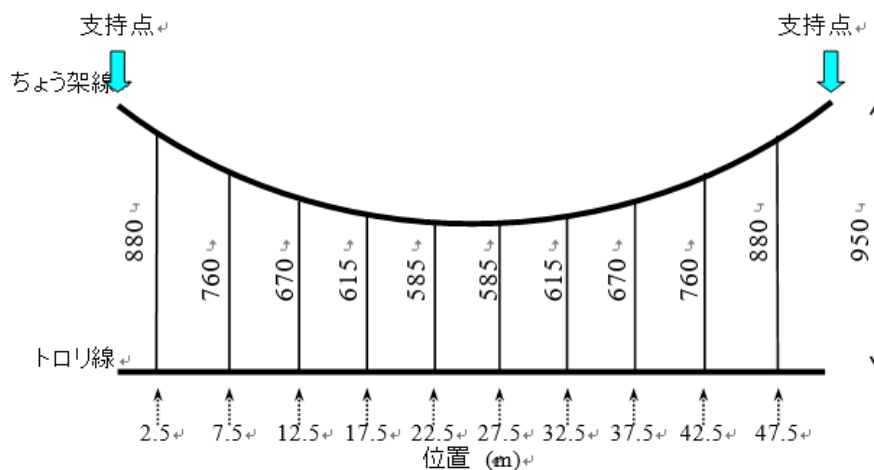
- ・ 地震: 加振 = 半振幅 x Sin( $\omega$  x 時間)  
 半振幅: 0.01m、 $\omega$ :  $2\pi \times 3.0$  (Hz)  
 時間: 経過時間 (秒) 0.0005秒 ~ 5秒  
 加振方向: 線路に平行 (X軸方向)
- 電柱: 鋼管  
 外径: 400mm、厚さ: 7mm  
 ヤング率:  $200 \times 10^9$  (N/m<sup>2</sup>)
- 電線 ちょう架線 線密度: 1.5(kg/m)  
 ヤング率:  $120 \times 10^9$  (N/m<sup>2</sup>)  
 トロリ線 線密度: 1.4(kg/m)  
 ヤング率:  $120 \times 10^9$  (N/m<sup>2</sup>)

## 5. 電車線の初期値設定

電車線の垂れ下がり。張力と質量からカテナリ曲線の係数Cを算出し、各位置でのSagを算出

	張力	単位長質量	質量	c	Sag
	T(kN)	W(kg/m)	(kg)		
ちょう架線	20	1.4	70	1457.725948	0.214375
トロリ線	20	1	50	2040.816327	0.153125
修正ちょう架線	20	2.5	816.3265306	0.3828125	
	$c=T/W$				
	$S=50(m)$ 径間長				
	$Sag=S^2/8c$		垂れ下がり量(m)		
	$y=c*\cosh(x/c)$		カテナリー曲線 $x=X$ 座標(0~50 mm)		
修正ちょう架=ちょう架線+トロリ線+ハンガー					

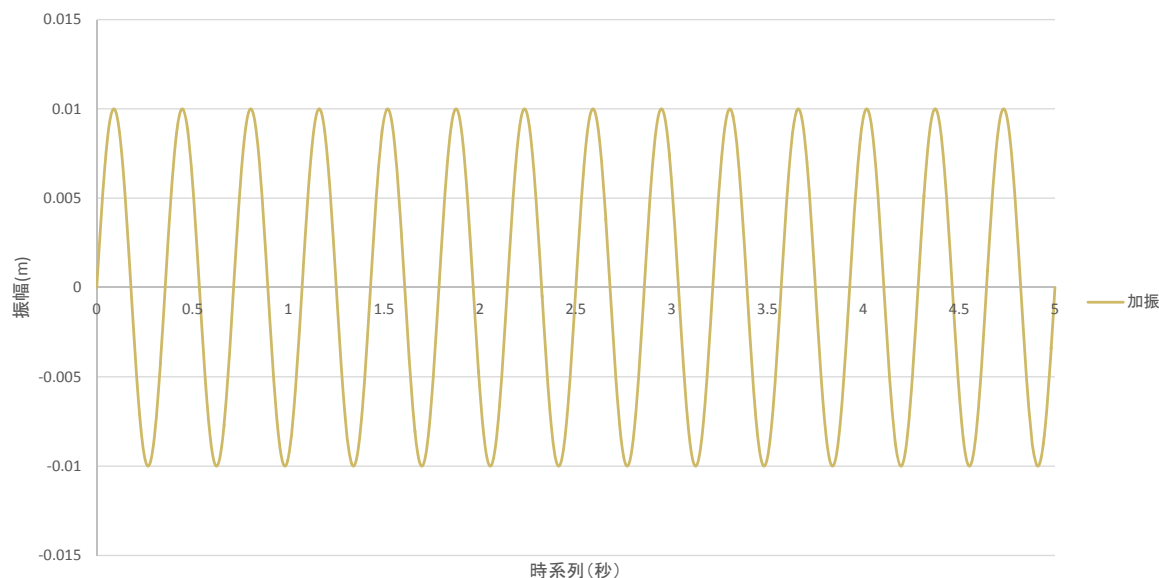
## 6. カテナリー曲線



# 7.地震による加振

3本の電柱の根本方向は線路に沿って(X方向)

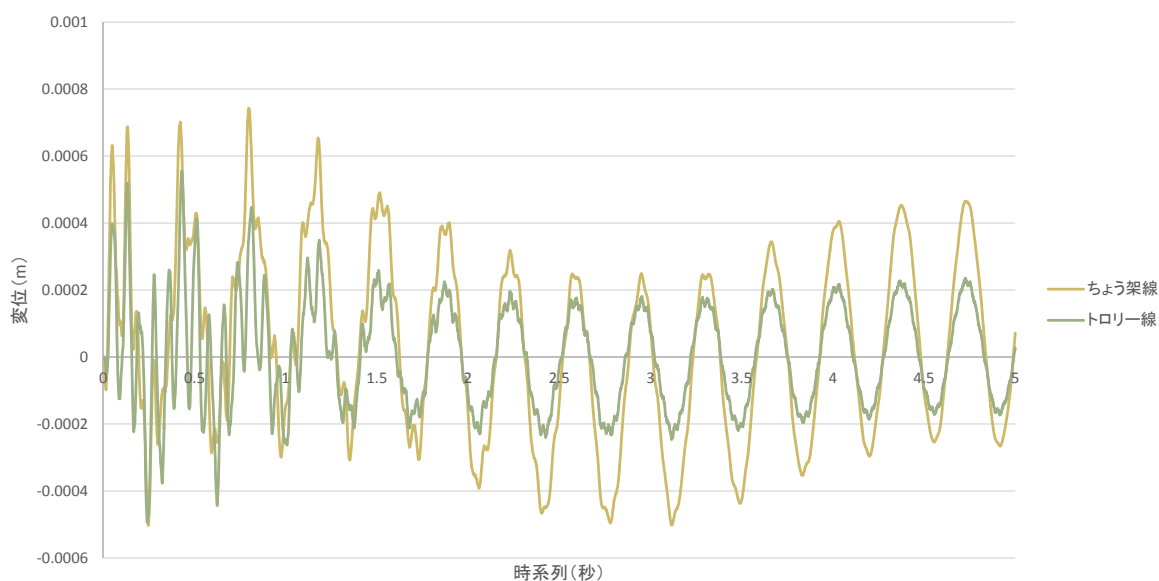
加振 (全振幅0.02: 周波数3.0Hz)



# 8.加振による変位(電柱部分)

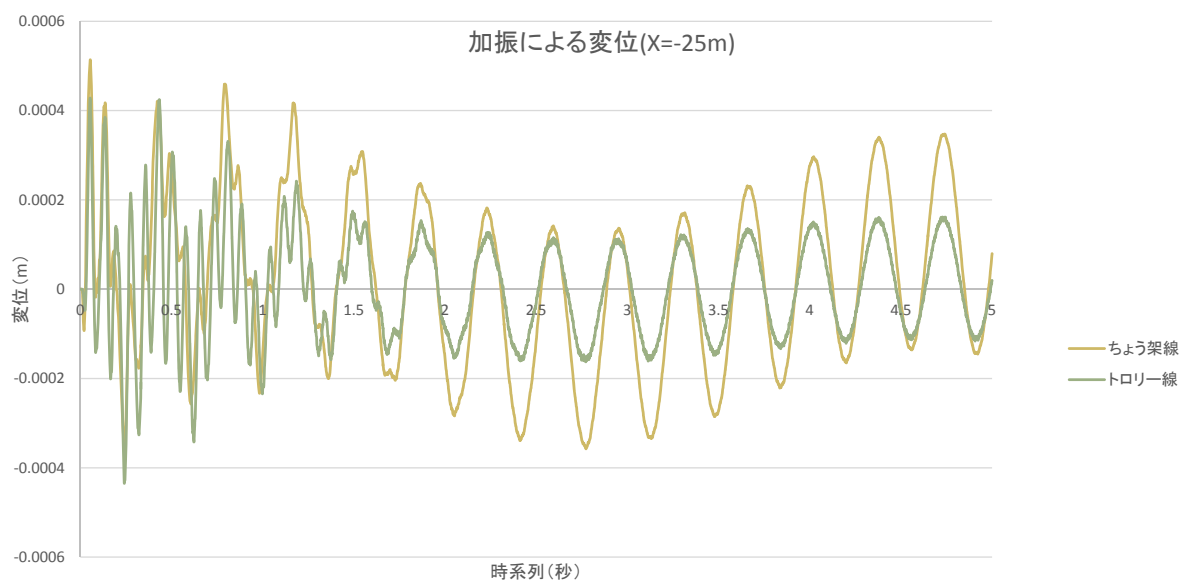
電線が電柱と結合される箇所

加振による変位(X=-0m)

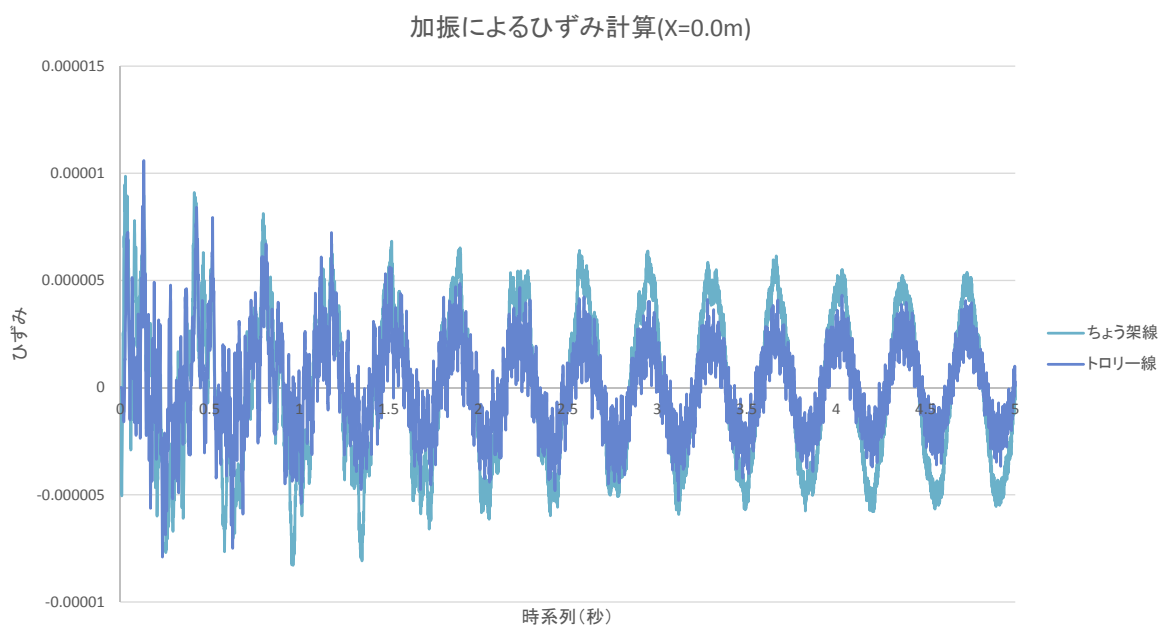


# 9.加振による変位(電車線中間)

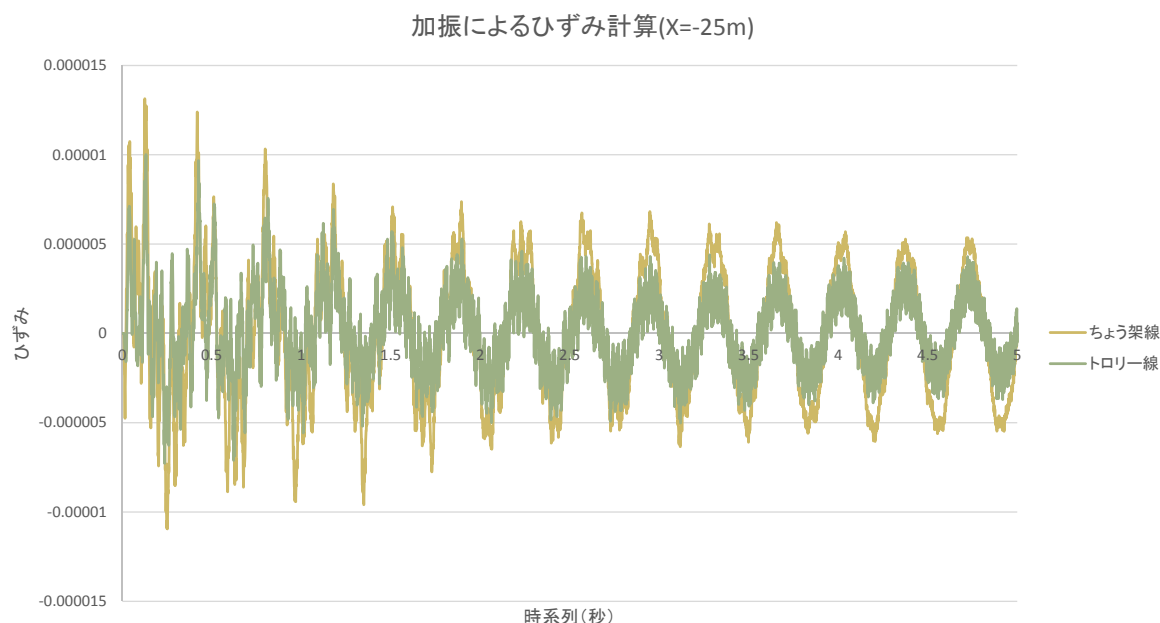
電柱と電柱の間中点



# 10.加振により生ずる歪み(電柱部分)



## 11.加振により生ずる歪み(電車線中間)



## 12.まとめ

- 解析の計算時間(5秒間の現象の計算):約10分
- 加振(全振幅0.02、周波数3.0Hz、5秒間)での解析は終了
- 今後の課題
  - 1.加振条件を厳しくして、許容値を超えるまでシミュレーションする。
  - 2.地震は繰り返し起こっているので、繰り返し加振して疲労破壊まで解析する。
  - 3.大規模な高電圧である電力会社の高架電送線にも適用してみたい。



# 線形ソルバの使いこなし方

第1事業部 尾川 慎介

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR ご紹介セミナー  
2017年5月18日（木）  
アドバンスソフト株式会社

## 内容

- 線形ソルバとは
  - 直接法
  - 反復法
  - 反復法における前処理
- Advance/FrontSTR で利用可能な線形ソルバ
  - ガイドライン
- 関連するその他のトピック

# 線形ソルバとは

- 係数行列  $A$  と右辺項  $b$  および未知数  $x$  からなる線形の方程式  $Ax = b$  を解いて  $x$  を求めるプログラム
  - FEM では  $A$  が剛性行列、 $b$  が荷重、 $x$  が変位
- 教科書的には  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を計算して、 $x = A^{-1} b$  と求められるが、行列が大きい場合は現実的ではない
- 数値解析には大きく分けて 2 つの手法がある
  - 直接法 (direct method)
  - 反復法 (iterative method)

# 直接法

- LU分解を利用する手法
  - 正方行列  $A$  を下三角行列  $L$  と上三角行列  $U$  の積に分解する
  - $Ax = LUx = b$  から  $Ly = b$  なる  $y$  を求めたのち、 $Ux = y$  なる  $x$  を計算する (詳細は割愛するが、三角行列を解く操作は簡単にできる)
  - $A$  がある条件を満足していれば  $U$  を  $L$  の転置行列としてさらに簡略化できる (Cholesky 分解)
- 方程式が正しければほぼ確実に求められる
  - ソルバが必要とするメモリは反復法よりかなり多い (fill in)
  - 並列数を増やしても計算速度が頭打ちになりやすい

## 反復法 (1)

- 元の方程式を変形した式を適当な初期解  $x_0$  について計算し、その残差などを利用して次の解  $x_1$  を求め、 $x_2, x_3, \dots$  と次々に更新していく手法
  - 解がほとんど変わらなくなった時点で計算終了(収束)
  - 解の変化が振動的・発散的になると解が得られない
  - 収束までの更新(反復)回数が多すぎると時間がかかる
- 変形や更新の方法によっていくつかの手法に分けられる
  - 共役勾配法 (CG)
  - 一般化最小残差法 (GMRES) など

## 反復法 (2)

- 共役勾配法 (Conjugate Gradient method)
  - $A$  が正定値対称行列の場合に適用可能
  - 解の更新方向を、現在の解における残差と、 $A$  について共役なベクトルから決める
- 一般化最小残差法 (Generalized Minimal RESidual method)
  - $A$  が非対称行列であっても適用可能
  - 解の更新方向を、残差が常に小さくなる方向とする
  - 理論的には  $\text{rank}(A)$  回で必ず収束するが、計算コストを考慮して途中でやり直す場合がある(リスタート、マニュアル参照)

# 反復法における前処理

- 収束性を向上させるため、 $A^{-1}$  に似て簡単に計算できる別の行列  $P$  ( $A = PA(P^T)^{-1}$ ) を適用する操作
  - そのまま  $P = A^{-1}$  であればすぐ収束するが、それは計算量的に困難
- Jacobi: 対角成分のみを取り出す
- Point/Block SSOR: Gauss-Seidel 法を加速する
- ILU: LU分解を行うが結果の一部をゼロとみなす
- Multigrid: 多段階の補間を通じて平滑化を行う

# 前処理や並列数と計算時間の関係

- elastic\_hinge を1, 4並列で計算した場合 (ver. 5.1)
  - ILU(k) の k は level of fill
  - 速度向上率が 50% 程度なのはモデルの規模による

並列数	反復法	前処理	計算時間	反復回数
1	CG	3x3 Block SSOR	165.96	2079
1	CG	ILU(0)	133.92	1761
1	CG	ILU(1)	211.25	871
1	CG	Multigrid	31.21	120
4	CG	3x3 Block SSOR	74.09	2093
4	CG	ILU(0)	61.51	1781
4	CG	ILU(1)	88.90	919
4	CG	Multigrid	13.35	113

# Advance/FrontSTR の実装

- 直接法
  - MUMPS
- 反復法
  - 旧: HEC-MW
  - 新: AztecOO (Trilinos): CG, GMRES, BiCGSTAB
- 反復法で利用できる前処理
  - Ifpack (Trilinos): Jacobi, Point/Block SSOR, ILU
  - ML (Trilinos): Multigrid

※ 開発中のプログラムにおける疎行列ソルバの実装

# ソルバ選択のガイドライン

1. とりあえず直接法  
計算資源が十分であれば最速で確実 / MPC を含む場合も
2. マルチグリッド前処理 + CG/GMRES 法  
社内ベンチマークではこれが最速な場合が多い  
CG/GMRES は行列の特性で判断する
3. その他の前処理 (SSOR, ILU) の反復法 (試行錯誤)
4. 最後の手段として、メモリを十分確保して直接法

※ 問題(解析の種類やモデルの形状など)に依存します

## 関連するその他のトピック

## 領域分割

- 直接法には1プロセスで巨大なメモリを確保して実行しなければならない処理がある
  - この処理が計算速度の上限や、メモリ必要量の下限となる
- 反復法にはそのような制約はない
- いずれの手法でも
  - 分割数の増加とともにプロセス間通信のオーバーヘッドも問題になる
  - 分割が不均一であったり複雑であったりする場合もボトルネックになりうるが、同梱の領域分割ツール `hecmw_part` を使えば問題ない

# Additive Schwarzのオーバーラップ

- !SOLVER, METHOD=CG, PRECOND=1  
10000, 2  
1e-8
- 反復法で並列計算を行うときの、袖領域の大きさ
  - 袖領域: 別のプロセスで計算される値だが、自分のプロセスの計算で参照する必要があるエリア
  - 一般に大きいほど収束が速くなるが、参照のための通信コストも無視できなくなるため、通常は2程度でよい(マニュアル参照)

## Additive Schwarz: 例

- elastic\_hinge を4並列で計算した場合 (ver. 5.2)
  - Block SSOR + CG
  - Overlap が大きくなるにつれて使用メモリ量も増加する

Overlap	0	1	2	3
Solution time [s]	113	45	31	24
Number of Iterations	498	184	110	82
Time / iteration [s]	0.227	0.244	0.282	0.293

※ 開発中のプログラムにおける測定値

# まとめ

- Advance/FrontSTR では線形疎行列ソルバとして直接法ソルバと数種類の反復法ソルバが利用可能である
- 大規模な問題でない場合は一般に直接法が推奨される
- 反復法およびその前処理の組み合わせは比較的自由に選択可能であるが、収束性や計算時間に大きく影響する場合がある

# 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 ご紹介セミナー  
2017年5月18日（木）  
アドバンスソフト株式会社

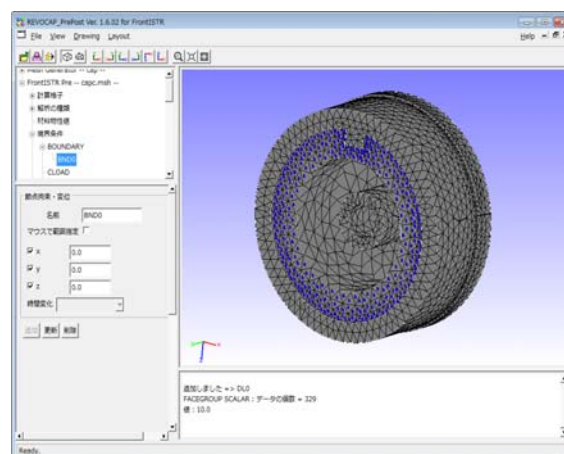
## Advance/REVOCAP とは

有限要素法、有限体積法を用いた構造解析ソフト及び流体解析ソフトのための汎用プリポストプロセッサです。

特にAdvance/FrontFlow/redとAdvance/FrontSTRの専用の入力GUIを備え、解析者の手間を削減します。

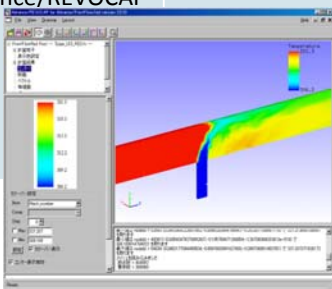
その他、Advance/FrontFlow/MP、Advance/FrontFlow/FOCUSおよびAdvance/FrontNoise に対応しています。

文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発」プロジェクトで開発された、連成解析用のプリポストプロセッサ REVOCAP\_Visual、および文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」で開発されたREVOCAP\_PrePostをアドバンスソフトが機能を拡張して商品化したものです。



# Advance/REVOCAPの開発経緯

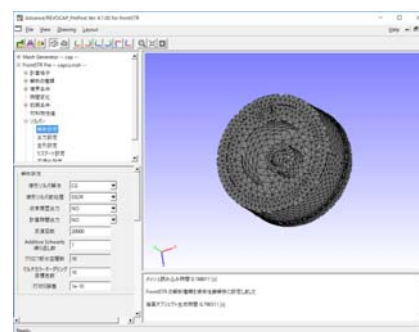
	2005～2007	2008～2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
革新PJ REVOCAP_Mesh REVOCAP_Visual	→ 連成解析用 プレポストプロセッサ								
イノベーションPJ REVOCAP_PrePost		→ 大規模アセンブリ構造対応 プレポストプロセッサ							
アドバンス版 Advance/REVOCAP		▲ 2009年 7月 V2.0 FFr	▲ 2010年 7月 V2.2 FSTR	▲ 2012年 7月 V3.0 FFr/FSTR	▲ 2012年 12月 V3.1 FSTR シェル	▲ 2014年 2月 V3.2 FFr FOCUS Noise	▲ 2015年 9月 V4.0 FFr MP FSTR	▲ 2016年 10月 V4.1 FFr FSTR Noise	▲ 2017年 10月 V5



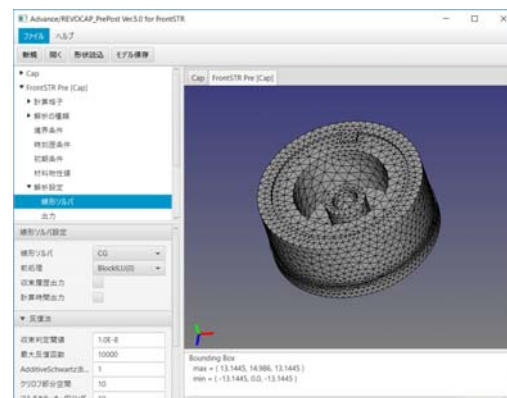
V.5.0リリースは予定です。

# Advance/REVOCAP Ver.5 のお知らせ

- 2017年秋リリース予定
- GUIの基本ライブラリを変更し、設計を見直します。
- 使い勝手や画面デザインは現在のものから違和感がないものにします。
- 入出力ルーチンの高速化を行います。
- Windowsに加え、Linux および Mac に対応した実行モジュールを提供します。



Ver.4



Ver.5

# Advance/REVOCAP for FrontSTRの基本機能

## メッシュ生成機能

STL、IGES、STEP、OFF形式の形状データファイルから四面体要素を自動生成します。

## 境界条件設定機能

拘束(局所座標系)、荷重、体積力、多点拘束、接触など  
シェル、混在自由度

Advance/FrontFlow/redとの連成解析設定

## 材料物性値の編集と設定

簡易材料データベース

非線形材料(塑性、超弾性、粘弾性)に対応したパラメータ入力

## 解析条件設定機能

線形ソルバ、出力、並列等の設定

ステップ解析設定機能(過渡応答解析、周波数応答解析)

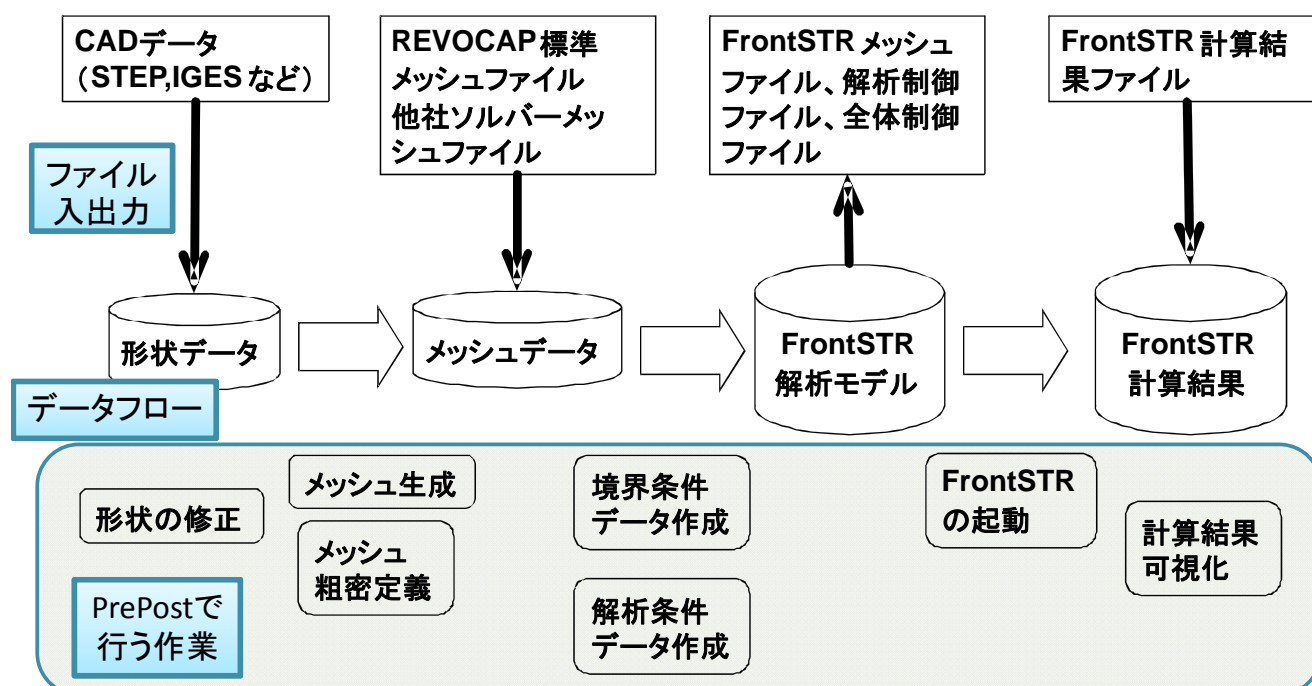
## ポスト処理

カラーコンター、変形、断面

アニメーション作成支援

混在自由度モデルの可視化

# Advance/REVOCAPを使って解析を行う手順

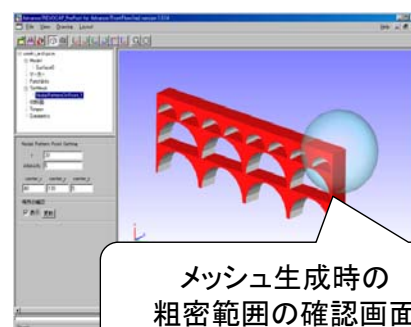


## Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(1)

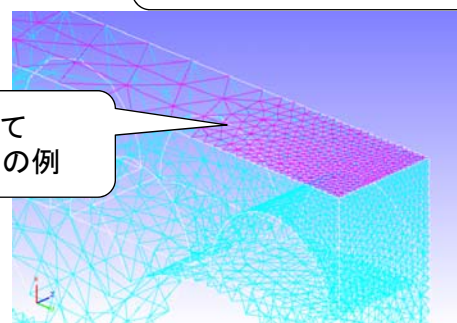
- 形状データ(IGES、STEP、STL、OFF)から自動的に四面体メッシュを生成します。
- 手順
  1. モデルデータの読み込み
  2. モデルの修正
  3. メッシュ生成パラメータの設定
  4. メッシュ生成
- メッシュ生成エンジン
  - ADVENTURE\_TetMesh
  - Simmetrix

## Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(2)

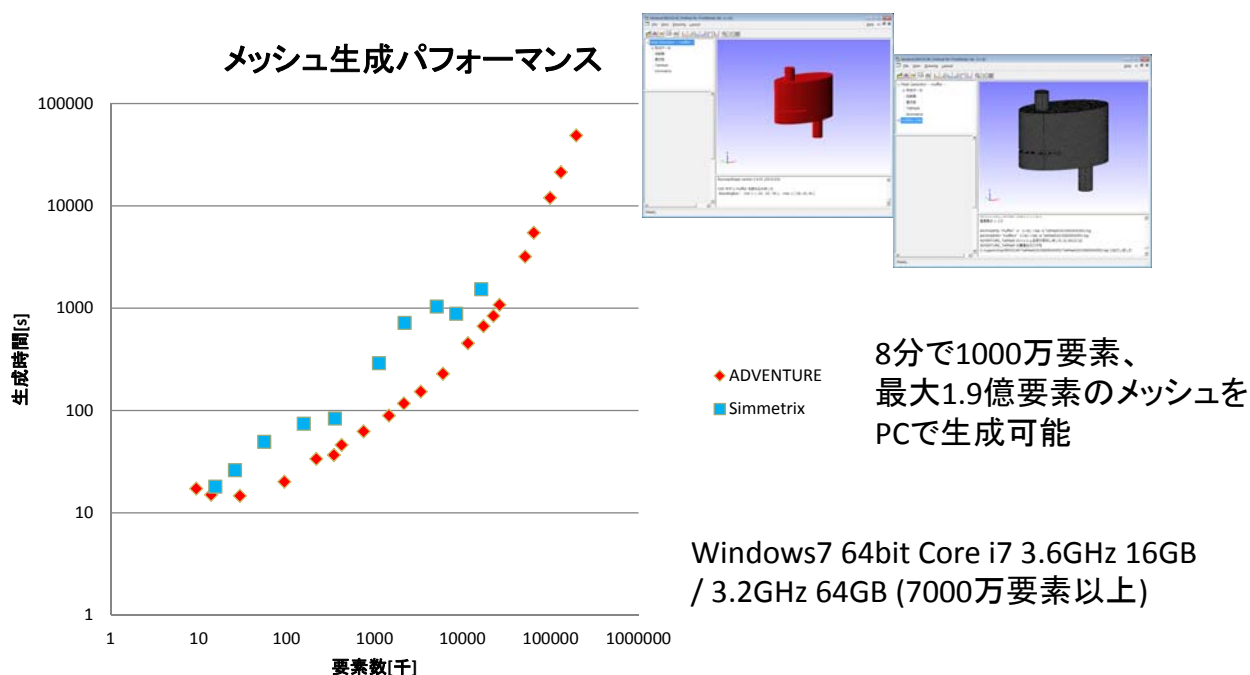
- 粗密制御機能
  - 四面体自動生成の際の要素の大きさの粗密を与えます。
  - 形状の近傍を細かくします。
  - 物理量の変化が大きいところを細かくします。
- 粗密制御の方法
  - 場所の指定
    - ある点の周り(球の内部)
    - ある線分の周り(円柱の内部)
  - 倍率の指定
    - 周りの要素に対する倍率



粗密を定義して生成したメッシュの例

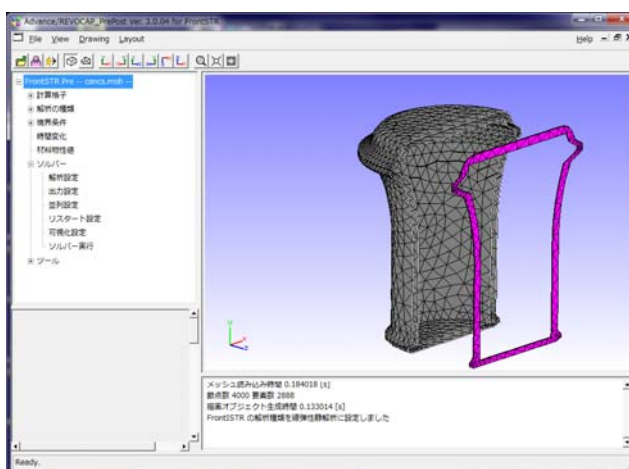


# Advance/REVOCAPのメッシュ生成機能(3)



# Advance/FrontSTRの解析モデル作成(1)

- 解析モデルの読み込み
  - － Advance/REVOCAPで生成したメッシュ以外に、他社製ソルバーの解析モデルについても読み込みに対応
  - － 四面体、六面体、三角柱および混合要素に対応
- モデル操作インターフェイス
  - － モデルを面ごとにマウスでドラッグ可能
  - － 境界条件を与える面を直観的に操作できる



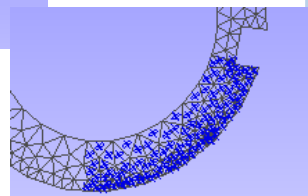
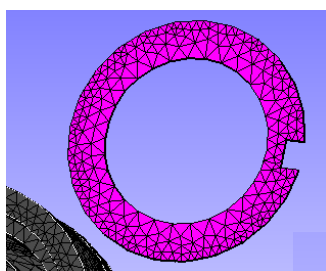
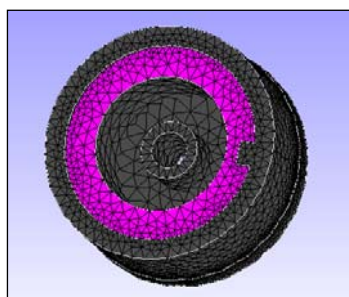
## Advance/FrontSTRの解析モデル作成(2)

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



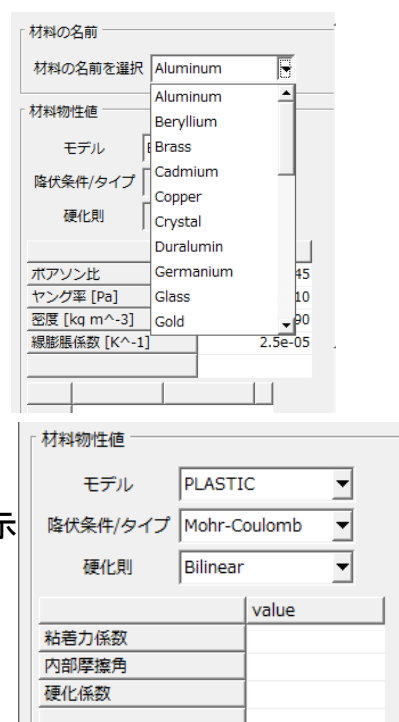
## Advance/FrontSTRの解析モデル作成(3)

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



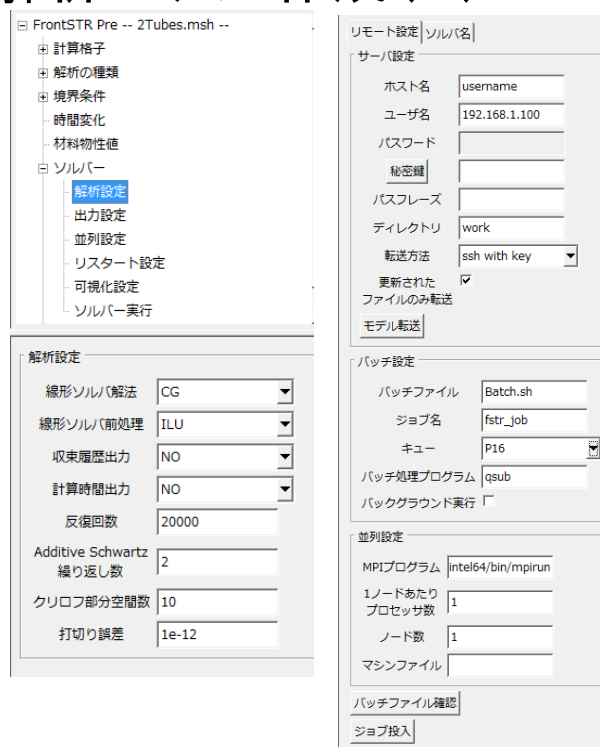
## Advance/FrontSTRの解析モデル作成(4)

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



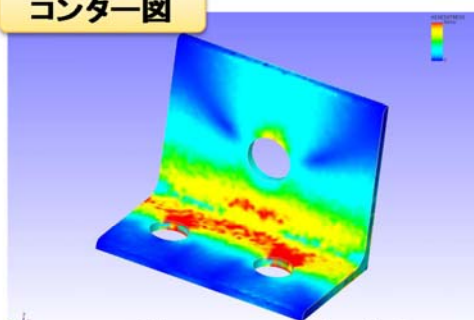
## Advance/FrontSTRの解析モデル作成(5)

- 解析条件設定
  - 線形ソルバーのパラメータ設定
  - 並列解析のパラメータ設定
- 並列計算機上のスクリプト生成
  - 計算機環境に応じたバッチスクリプトを自動生成
  - 標準的なPBS環境、システムに応じたカスタマイズ可能
- 並列計算機へファイル転送機能
  - 解析モデルとスクリプトを転送してジョブを投入するところまで自動化



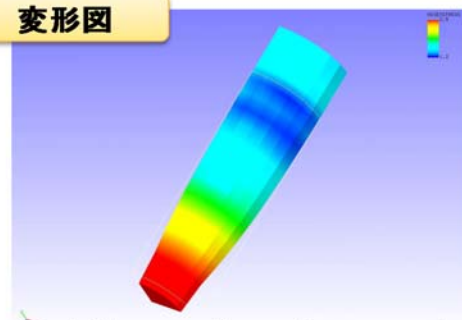
# Advance/FrontSTRの計算結果可視化(1)

コンター図



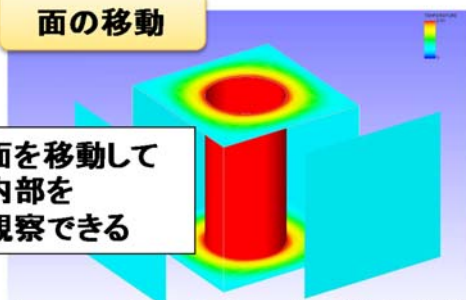
ヒンジ部品のミーゼス応力

変形図



丸棒1/8モデルの変形・ミーゼス応力

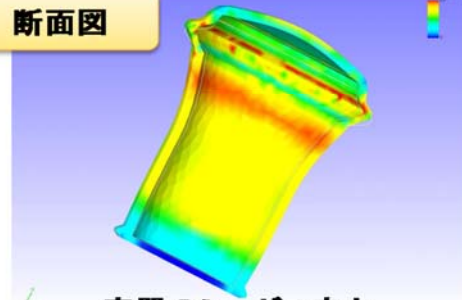
面の移動



面を移動して  
内部を  
観察できる

穴あきブロックの温度分布

断面図



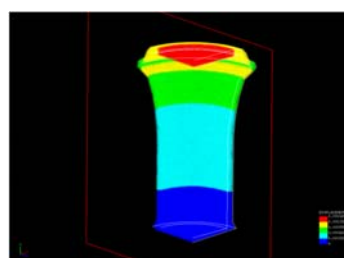
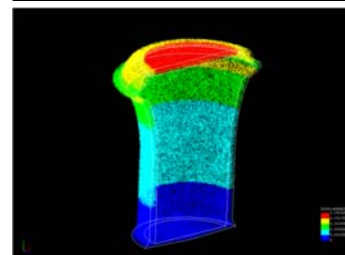
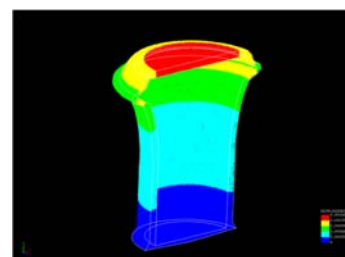
容器のミーゼス応力

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

# Advance/FrontSTRの計算結果可視化(2)

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

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



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

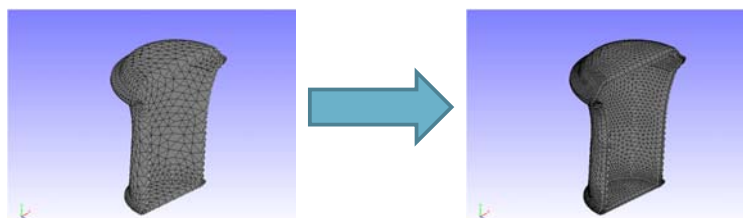
# Advance/REVOCAPの基本情報

動作環境	Windows10(64bit)、Windows7(64bit)、その他の環境をご希望の場合はお問い合わせください
形状モデル読み込み	IGES(5.3)、STEP、STL、OFF(Object File Format)
メッシュ生成	四面体自動メッシュ生成、押し出しメッシュ生成、2次要素対応、粗密制御対応、外部メッシュ細分、解適合格子生成
計算格子読み込み	HECMW形式、その他各種のフォーマットに対応いたします。詳細はお問い合わせください 四面体、六面体、三角柱、四角錐、三角形(シェル)、四角形(シェル)、トラス
プリ処理	境界条件設定機能、解析条件設定機能、材料物性値簡易データベース機能、ステップ解析設定機能、メッシュ品質チェック機能
ポスト処理	カラーコンター、等値面、ベクトル、切断面、変形、アニメーション作成、ボリュームレンダリング、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2GB以上(1千万要素以上の大規模モデルを扱う場合は16GB以上を推奨します) 空きHDD500MB以上 ビデオメモリ256MB以上(大規模モデルを扱う場合は1GB以上)

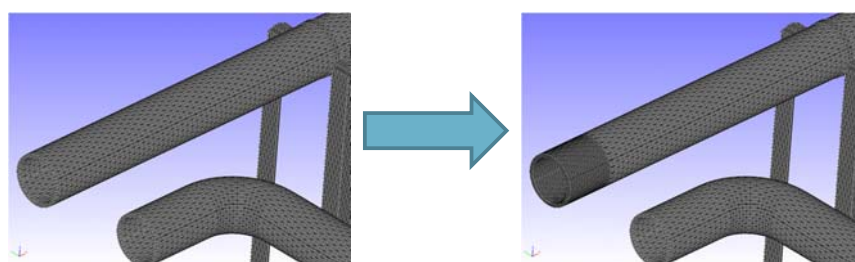
Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

## Advance/REVOCAPに関連したツール(1)

- メッシュ細分化ツールREVOCAP\_Refiner
  - 解析ソフトウェアに組み込んでFEMメッシュを細分化します。



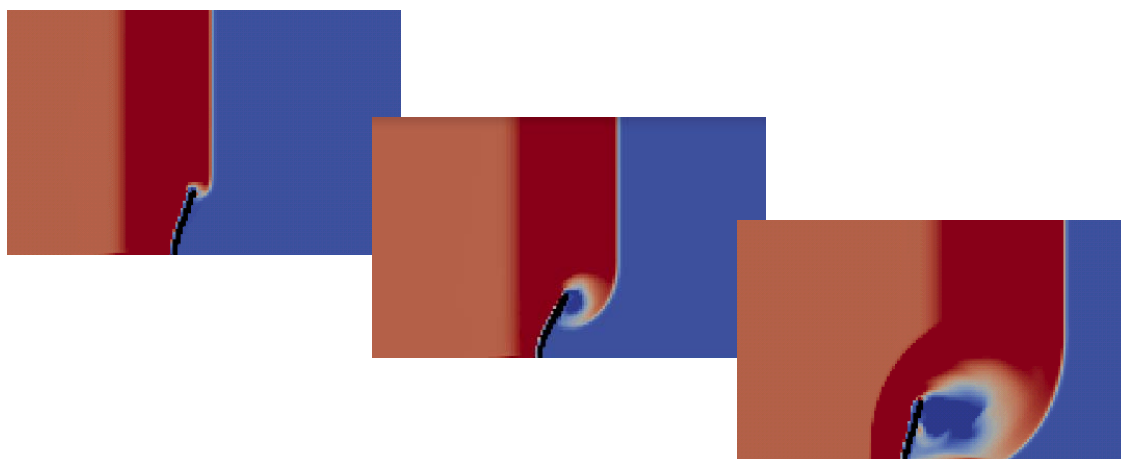
- 外部ツールとして実行する場合は、局所細分にも対応しています。



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

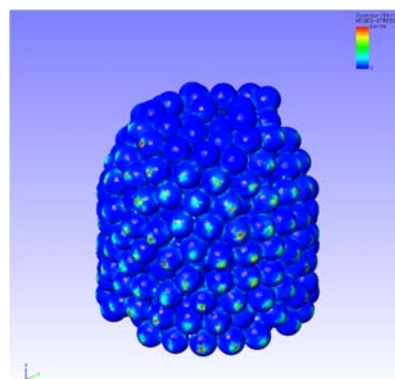
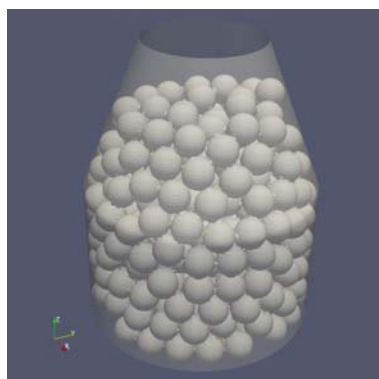
## Advance/REVOCAPに関連したツール(2)

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



## Advance/REVOCAPに関連したツール(3)

- 微細構造モデリングツール  
Advance/REVOCAP\_PorousModeler
  - 多孔質体、繊維、粉体などの構造をマクロな物性で近似せず、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。



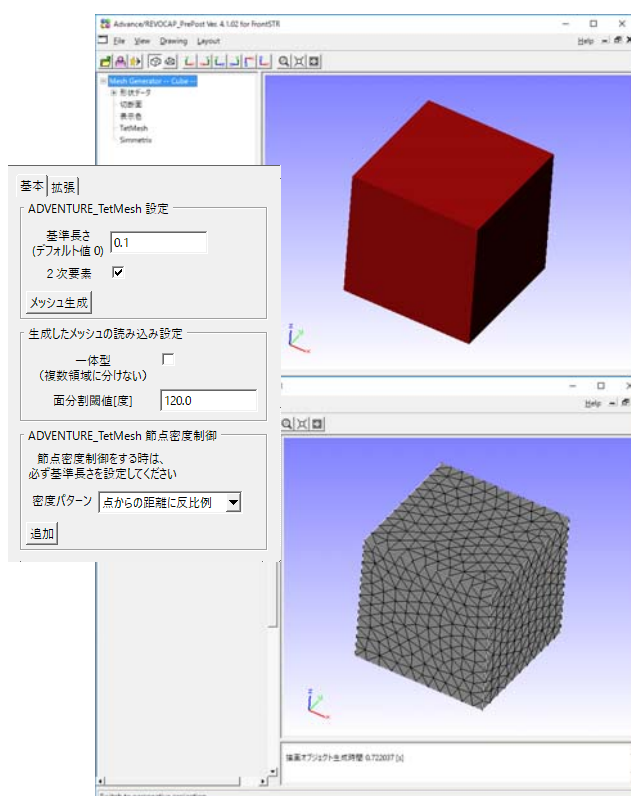
## Advance/REVOCAPを用いた熱応力解析(1)

- 熱応力解析の簡単なモデルを例にAdvance/REVOCAPの使い方を説明します。
- 解析の概要

解析の種類	熱応力解析
要素タイプ	四面体2次要素(Advance/REVOCAPで作成)
材料物性	チタン
境界条件(熱解析)	立方体の底面から熱流束 立方体の上面から熱伝達
境界条件(応力解析)	立方体の底面と側面を固定
形状ファイル	Cube.off
フォーマット	OFF形式

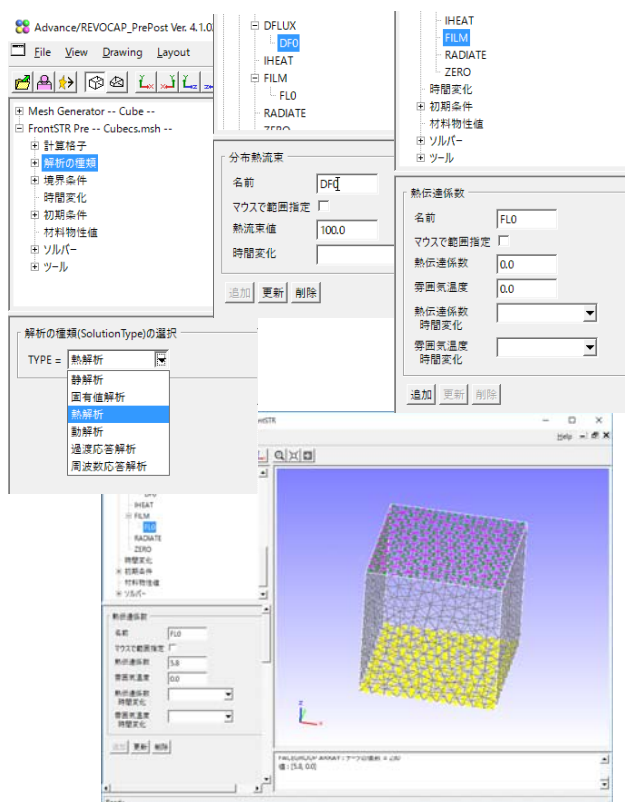
## Advance/REVOCAPを用いた熱応力解析(2)

- OFF形式の形状データを読み込みます。
- 四面体メッシュ生成のパラメータを設定します。
- 四面体メッシュを生成します。



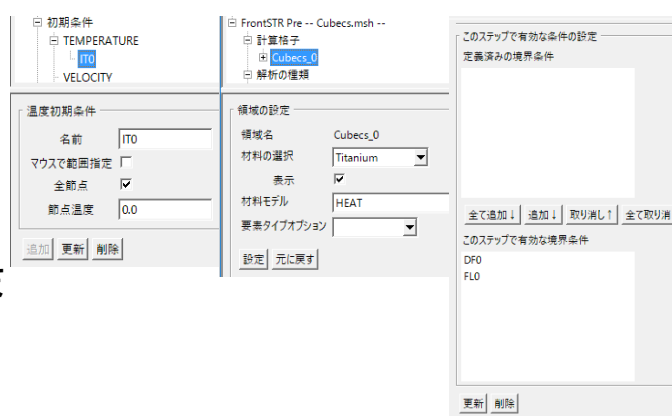
# Advance/REVOCAPを用いた熱応力解析(3)

- 解析の種類の設定で熱解析を選択します。
- 底面を選択し、熱流束境界条件(DFLUX)を与えます。(熱流束値は100.0としました)
- 上面を選択し、熱伝達境界条件(FILM)を与えます。(熱伝達係数は5.8、雰囲気温度は0.0としました)



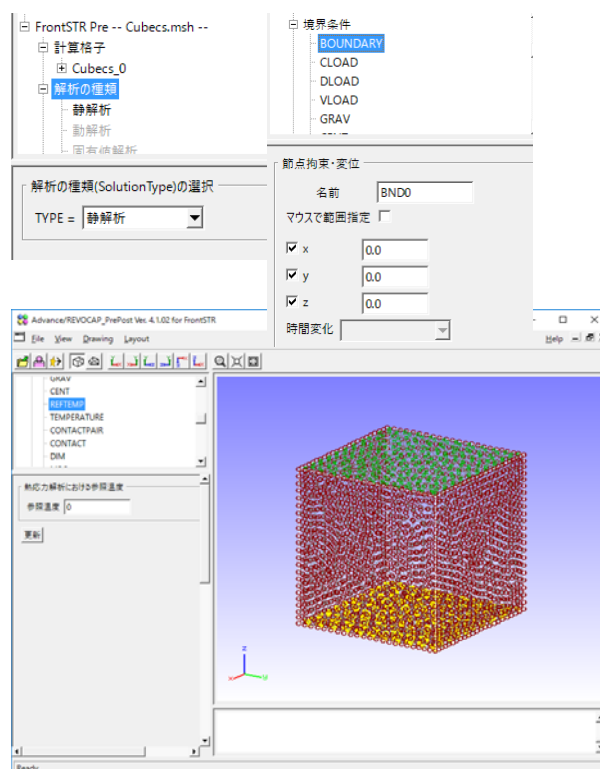
# Advance/REVOCAPを用いた熱応力解析(4)

- 温度初期条件で全節点の温度を0.0とします。
- 計算格子で領域の材料物性値を Titanium に設定します。材料モデルはHEATにします。
- 熱解析の解析ステップを追加し、熱流束と熱伝達の境界条件を有効にします。
- モデルをHeatディレクトリに保存します。



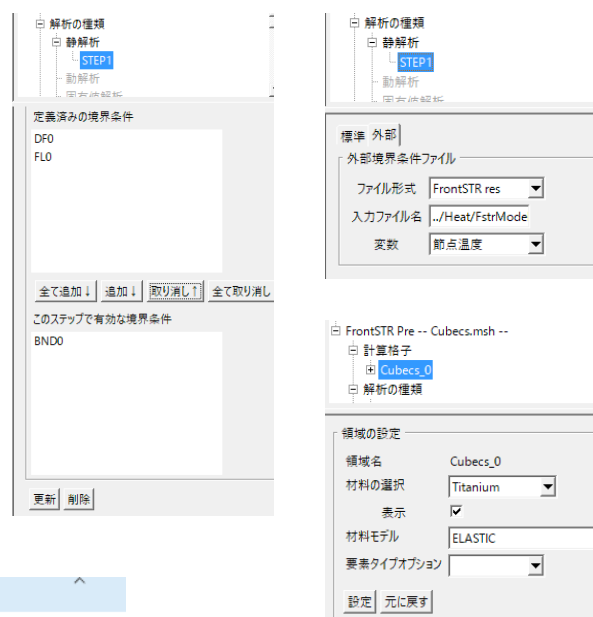
# Advance/REVOCAPを用いた熱応力解析(5)

- 熱解析と同じメッシュで条件設定を行います。
- 解析の種類を選択を「静解析」にします。
- 境界条件で底面と側面を固定 (BOUNDARY)します。
- 温度初期条件は熱伝導解析と同じものが使われます。



# Advance/REVOCAPを用いた熱応力解析(6)

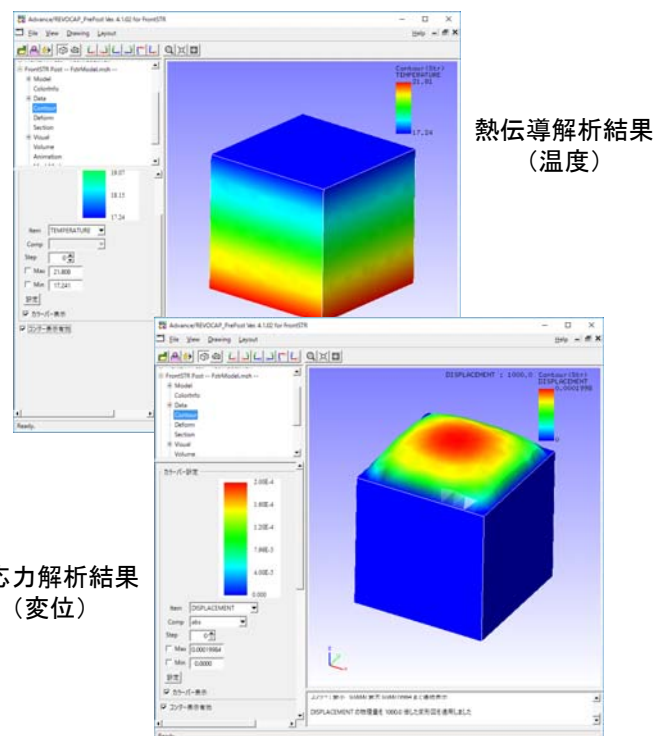
- 静解析のステップ解析を追加し、底面と側面の固定境界条件を有効にします。
- 外部境界条件で節点温度を熱解析の結果から読み込むようにします。(Heatディレクトリの結果ファイルを読む)
- 計算格子の材料モデルを弾性体 (ELASTIC)にします。
- Stress ディレクトリにモデルを保存します。



- 名前
- Heat
  - Stress

# Advance/REVOCAPを用いた熱応力解析(7)

- Heatディレクトリに保存したモデルを実行して、熱伝導解析を行います。
- 熱伝導解析が正しく終了したことを確認します。
- Stressディレクトリに保存したモデルを実行して熱応力解析を行います。







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

#### 警告

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