

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

第1事業部 尾川 慎介

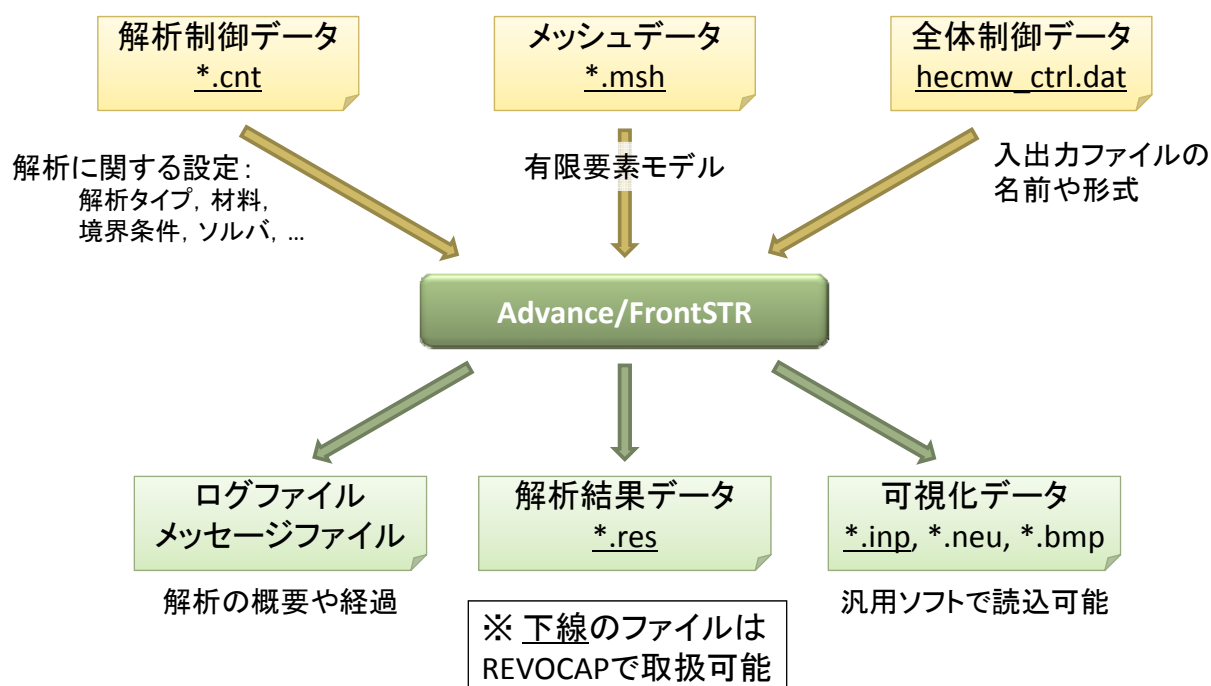
構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR 最新動向セミナー  
2014年12月12日（金）  
アドバンスソフト株式会社

## 本日の内容

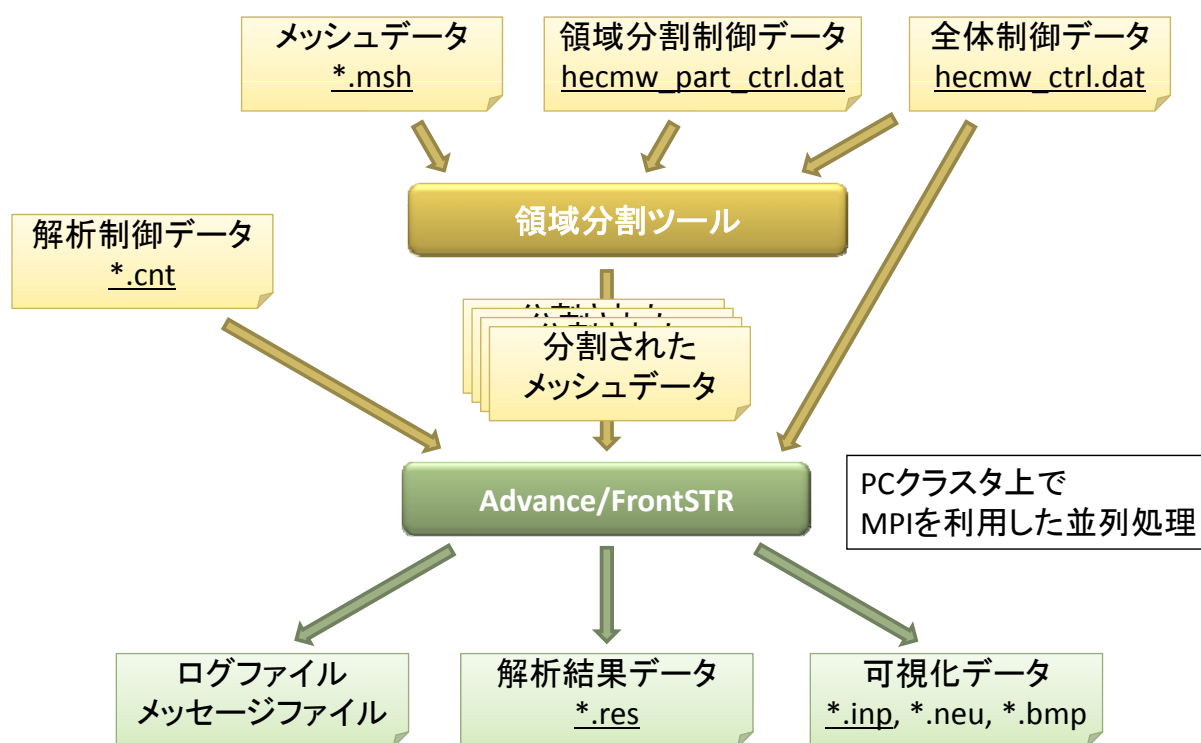
- Advance/FrontSTR の機能
  - 解析の流れ
  - 解析の種類と機能
- 例題: RC構造物の動解析
  - 入力ファイルの記述方法
  - 解析結果と性能評価
- まとめ

# Advance/FrontSTRの機能

## 解析の流れ(逐次処理)

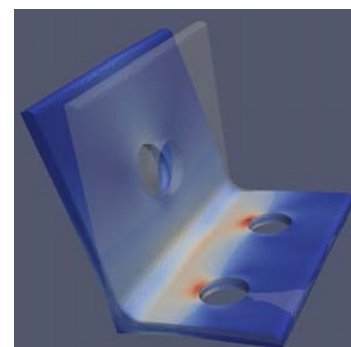
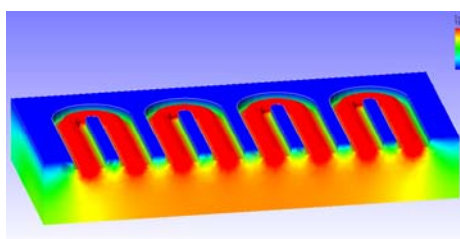


# 解析の流れ(並列処理)



# 解析の種類

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

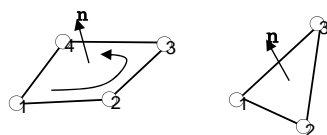
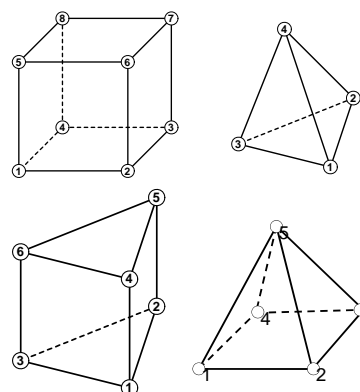


# 要素

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

- シェル
  - 三角形(2), 四辺形(2)

- 梁(3)
- トラス(3) など



※ 括弧内の数字は高次要素の最大次数



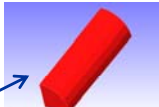



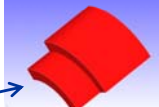

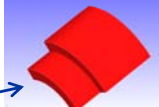

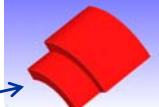

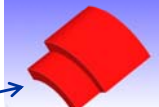
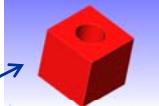
# 材料特性

- 弾性
- 弾塑性
  - 降伏関数 Mises, Mohr-Coulomb, Drucker-Prager
  - 硬化則 等方硬化、移動硬化、複合硬化
- 超弾性
  - 8種類のモデル
- 粘弾性
- 熱特性
  
- 異方性や温度依存性も考慮可能

# 境界条件

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

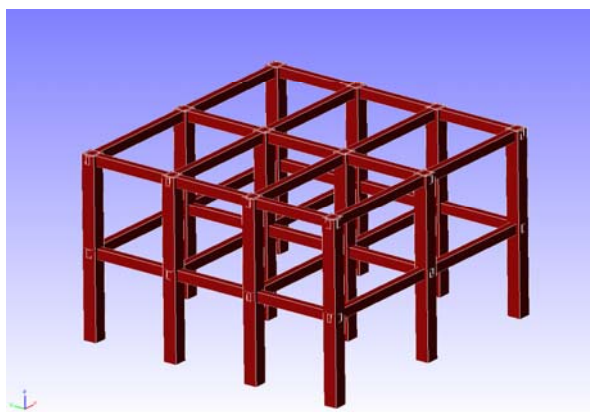
# チュートリアルガイドの例題

	解析種別	モデル名	要素タイプ	要素数	節点数	
	弾性静解析	ヒンジ	四面体一次	579,772	121,850	
	超弾性解析 弾塑性解析 粘弾性解析 クリープ解析	シリンダー	六面体一次	432	629	
	超弾性解析 固有値解析	スプリング	四面体二次	46,454	78,771	
	弾塑性解析 接触解析	カン	四面体二次	7,236	14,119	
	接触解析	Hertz	六面体一次	168	408	
	接触解析	押し込み	六面体一次	2,888	4,000	
	弾性動解析 非線形動解析	片持ち梁	四面体二次	240	525	
	熱伝導解析	ブロック	六面体一次	32,160	37,386	

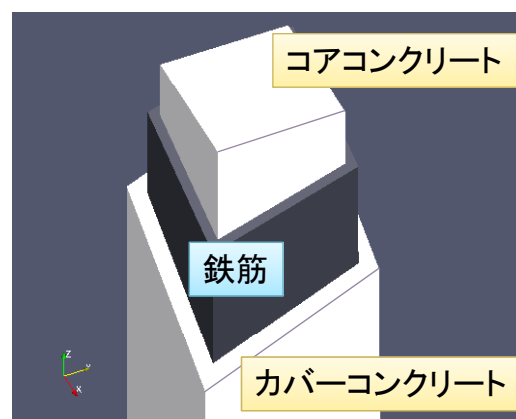
# 例題：RC構造物の動解析

## RC構造物の動解析

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



モデルの形状



柱や梁の断面

# メッシュデータ

```

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

```

節点の定義

- ・節点番号
- ・座標

要素の定義

- ・要素番号
- ・頂点の節点番号

節点グループの定義  
(境界条件指定用)

- ・節点番号

```

# 入力ファイルの基本書式
# コメント
! 命令, 属性=値, 属性=値
設定内容

```

# 解析制御データ (1)

```

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

```

動解析を指定する

5タイムステップごとに出力

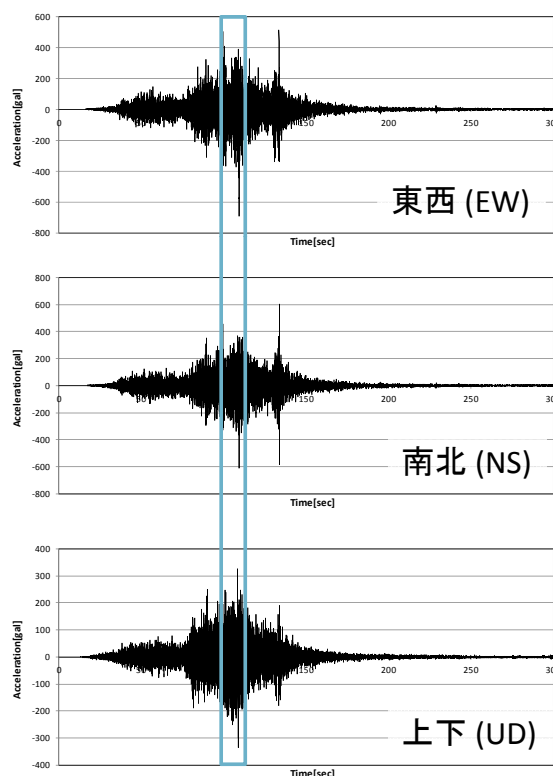
東西方向の加速度の時間変化

1列目が時刻、2列目が加速度 (gal)

南北方向・上下方向も同様に指定

# 加速度データ

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



# 解析制御データ (2)

```

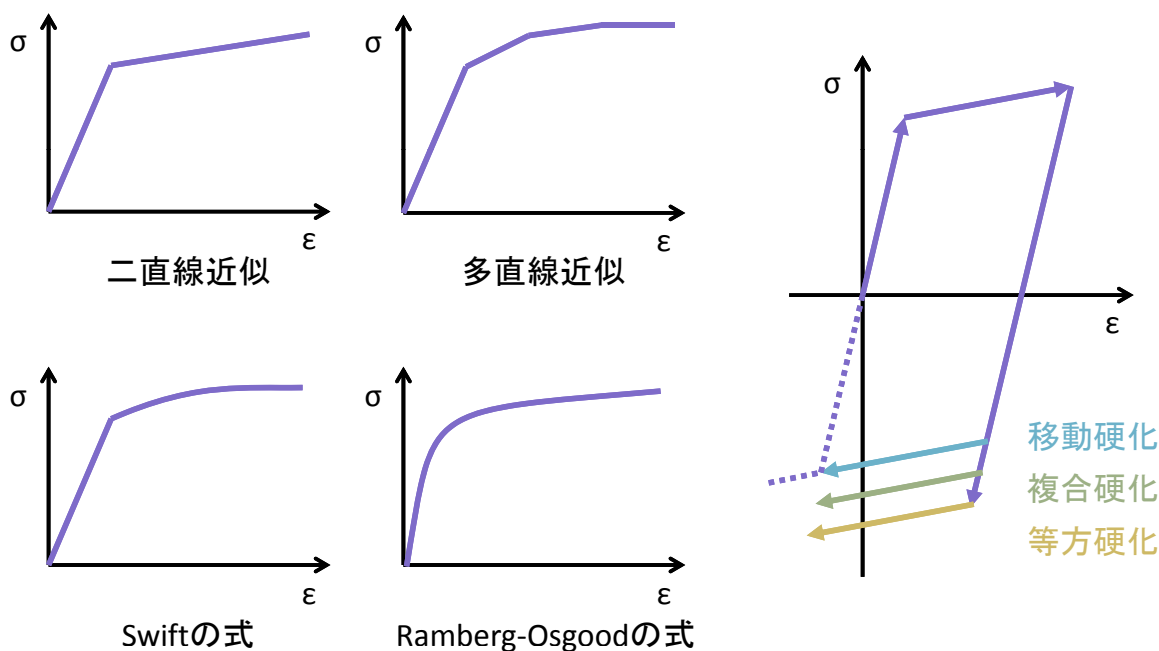
# つづき
# 材料の定義
! MATERIAL, NAME=M1
! ELASTIC, TYPE=ISOTROPIC
  30500., 0.2
! DENSITY
  2.3E-9
! PLASTIC, YIELD=DRUCKER-PRAGER, HARDEN=BILINEAR
  120.0, 20.0, 0.01

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

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

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

# 利用可能な硬化則



# 解析制御データ (3)

```

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

節点グループFIX(モデル底面)に所属する節点の変位を拘束

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

メッシュデータで定義された要素グループに含まれる要素の材料を指定する

## 解析制御データ (4)

```

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

```

## 全体制御データ(逐次処理)

```

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

```

## 全体制御データ(並列処理)

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

メッシュデータ(分割前)の名前

メッシュデータ(分割後)の名前  
(basename)

メッシュデータ(分割後)の名前

メッシュデータ(分割後)の名前

## 領域分割制御データ(並列処理)

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

(1行に記述する)

### パラメータの内容

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

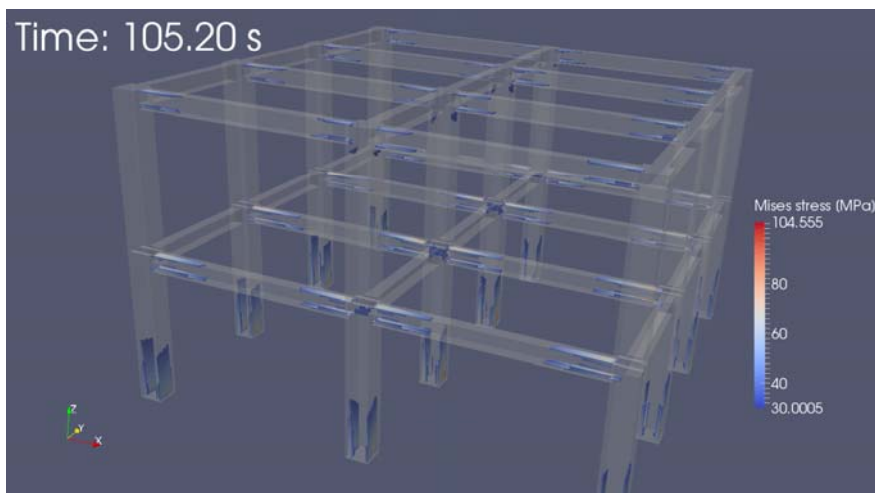
# 解析の実行

- 逐次処理の場合

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

- 並列処理の場合

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

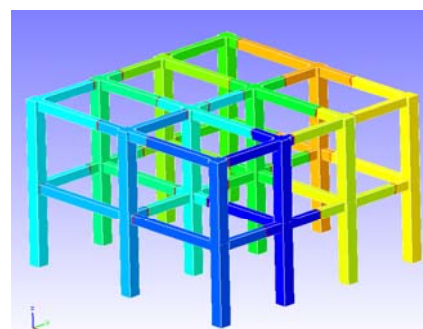


# 性能評価

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

- 1ステップの実行時間

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



領域分割の結果(12分割)

### 計算機構成

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

# まとめ

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