

# 数値シミュレーションソフトウェア

## SiPESC

大連理工大学 工業設備構造分析国家重点実験室  
運送工学・力学学部 工業力学科

# 数値シミュレーションソフトウェア SiPESc

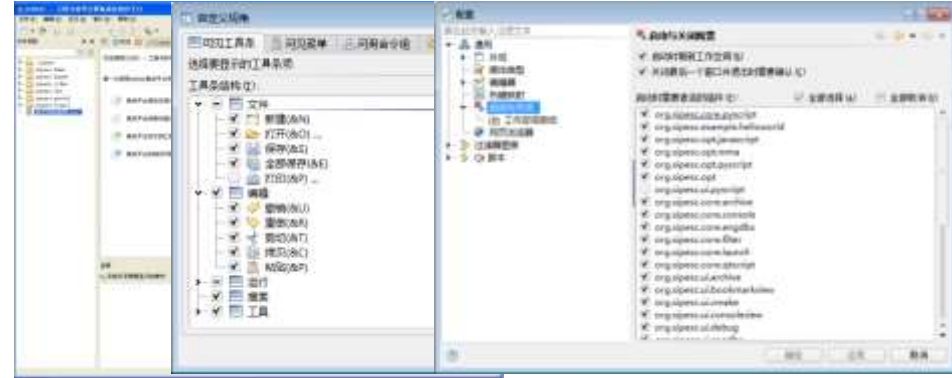
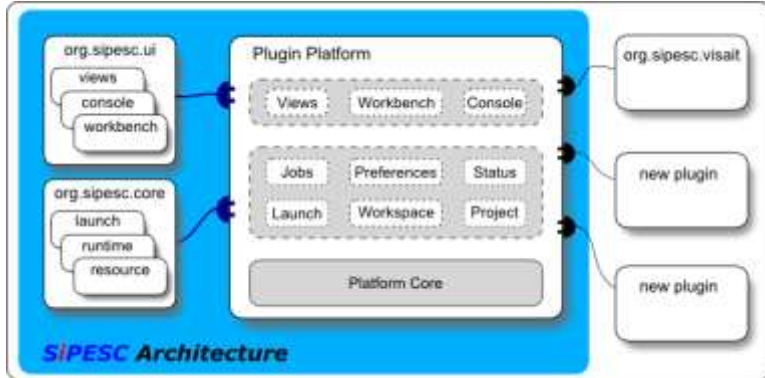
- ソフトウェア概況
- 最適設計
- 構造分析と数値シミュレーション
- ソフトウェアのカスタマイズと統合

# 概況

- **重荷重列車**二重コンテナ車体構造最適化 大連機車(重量12%軽減、剛性10%向上)
- CD6140A/1000横型旋盤構造最適設計 大連機床集团公司(8%の軽量化を実現)
- 大連国際貿易大厦の構造分析 大連建築設計院
- 8AS17ピストン圧縮機機体構造分析 大連氷山集団
- **天宮\*号**撮影機フレーム構造設計(30%軽量化)
- **天宮\*号**全体の構造分析・最適化
- **神舟\*号**の機体・設備間直接部品の構造分析・最適化
- 航空・宇宙飛行器の新概念の構造設計
- **神舟\*号宇宙船**の帰還モジュールの構造軽量化最適設計(10余りの部品を最適化、45%の軽量化を実現)
- **神舟宇宙船**の帰還モジュールの減速パラシュートのメインパックの衝撃強度分析(この分析結果に基づけば、パラシュートパックの強度の問題は今後発生しない)
- **\*\*ロケットの構造**動力性能の多重・多層サブ構造の高精度アルゴリズム(計算精度は国外の商用ソフトウェアを完全に超えた)
- **\*\*飛行器の舵面構造の最適化**(19%の軽量化を実現)
- **\*\*戦略武器の複雑な構造の最適設計と信頼性評価**
- **\*\*衛星の中央円筒構造と全体構造の最適設計**(衛星全体を7%軽量化)
- 特殊水中構造強度設計最適設計
- 次世代高速列車の強度と固有振動の分析 南車四方機車
- H418空気分離インペラの強度と振動の分析・最適化 瀋陽鼓風機集団
- SVK160遠心圧縮機の構造全体の強度分析 瀋陽鼓風機集団(15%の軽量化を実現、経済効果は1千万元超)
- 遠心圧縮機のシュラウドインペラの軸孔変形分析とアセンブリ形式の最適化 瀋陽鼓風機集団
- BDW285電気除塵器の構造分析と最適設計 鞍山除塵設備廠(20%の軽量化を実現、経済効果は年間200万元)
- Φ6000ディスクペレタイザーの構造分析と最適化 鞍山亨通閥門集団(17%の軽量化を実現)
- ヘリコプターのローターブレード接続部の形状最適化(最大応力15%軽減、製品の寿命を2倍に延長)

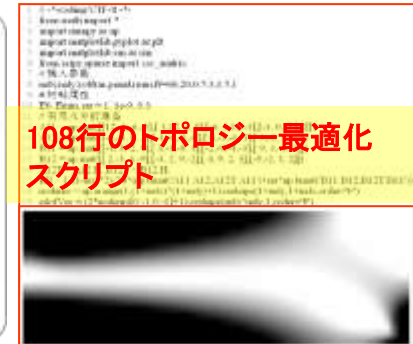
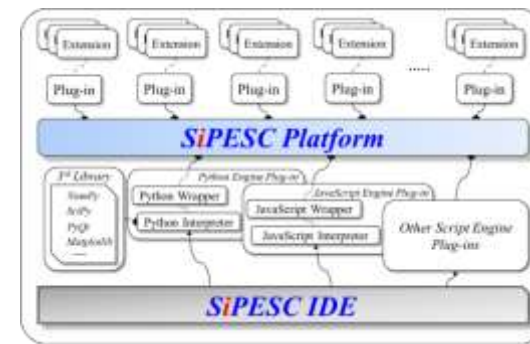
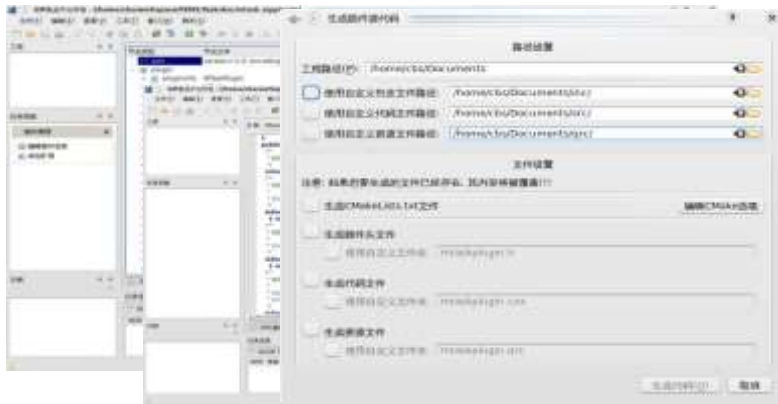
...

# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESC— ソフトウェアの概況



1. 「プラットフォーム+プラグイン」体系の構造を採用

2. 柔軟なインターフェイス環境: 動的な配置、カスタム開発



3. プラグインに基づく便利な二次開発ツールを提供

4. スクリプト言語をサポート(Matlab環境に類似)

## プラットフォームの特色:

- ソフトウェア機能の拡張を便利に実現;
- カスタム開発のスピーディーな実施
- 多様なルートを通じて多くのソフトウェア(商業/自主)を統合;
- 複数の人員や組織による共同開発と機能融合をサポート

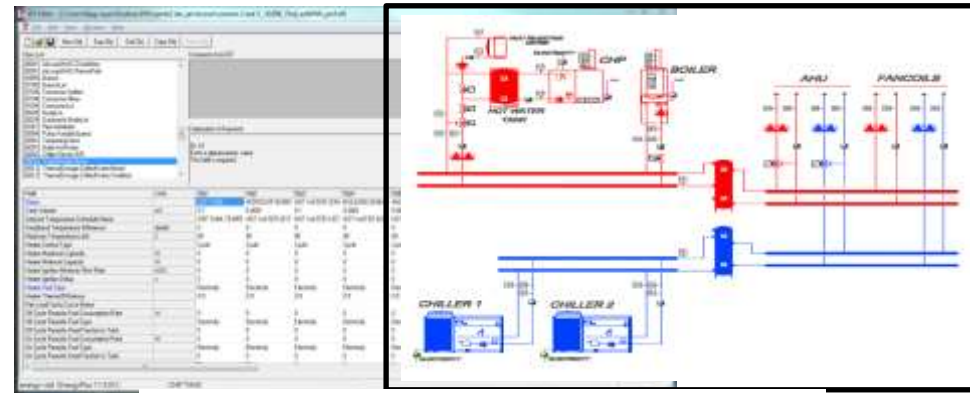
# 数値シミュレーションソフトウェア SiPESc

- ソフトウェア概況
- **最適設計**
- 構造分析・数値シミュレーション
- ソフトウェアのカスタマイズと統合

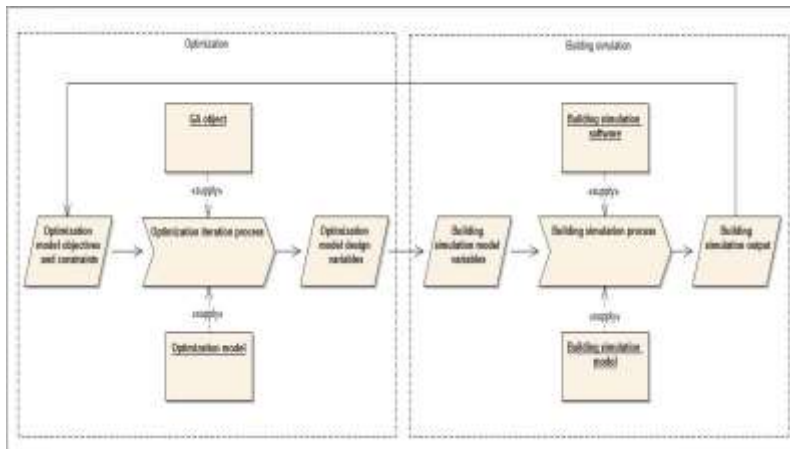
# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESC— 最適設計



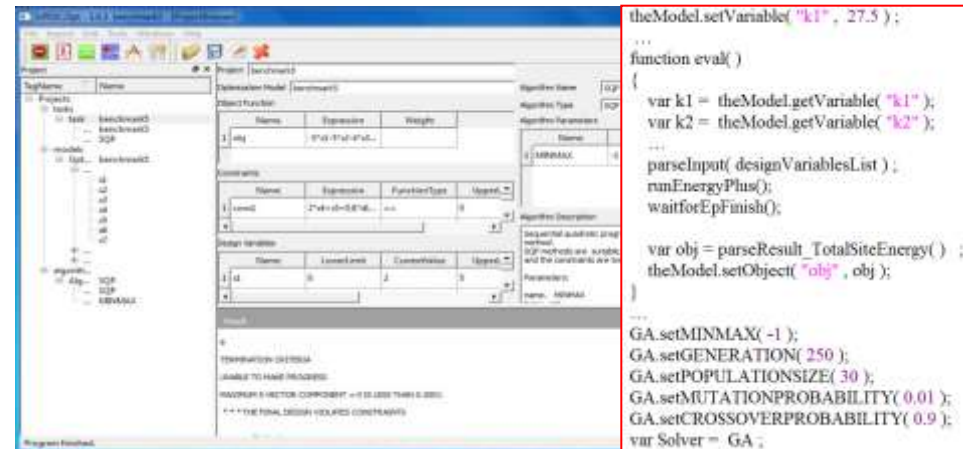
物理モデルと計算モデル



SportE2数値シミュレーション



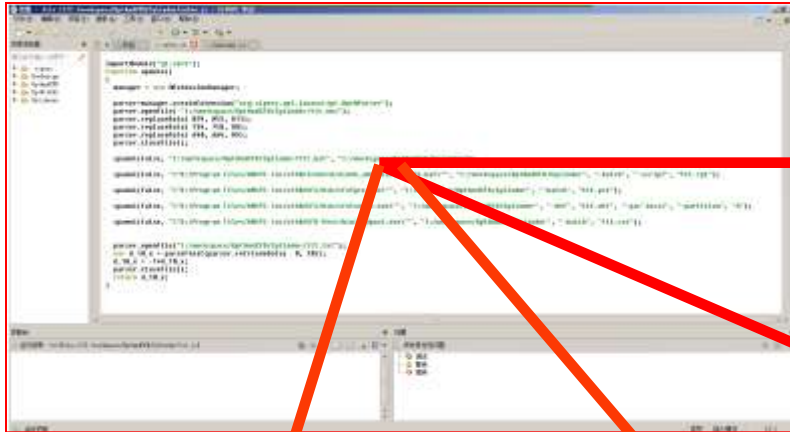
統合最適化計算プロセス



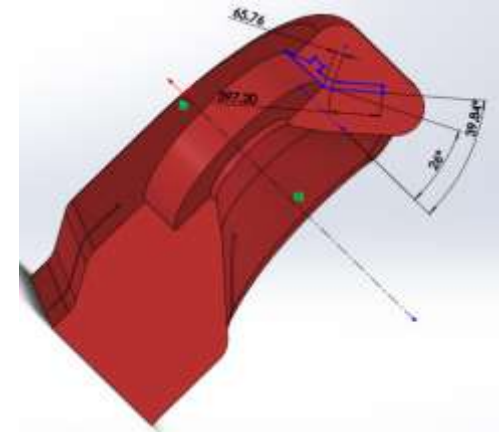
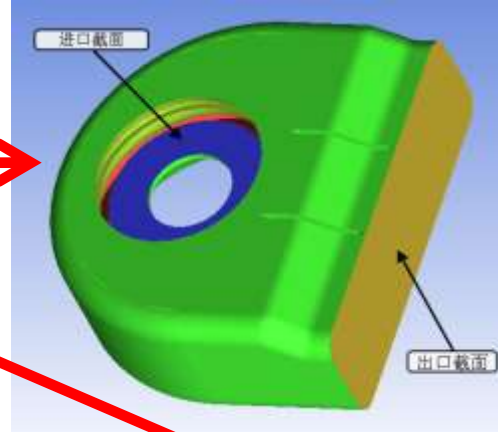
SiPESC.OPTの最適化計算  
(エネルギー消費を5%~10%軽減)

建築省エネ最適化(英国Cardiff大学)

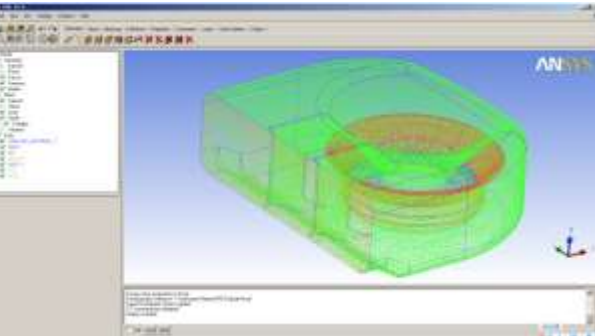
# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESC— 最適設計



スクリプト言語



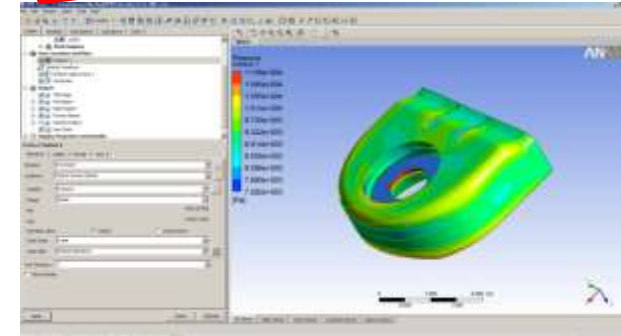
形状モデリング(SolidWorks)



メッシュ分割(ICEM)



計算(CFX5.solve)



計算(CFD.post)

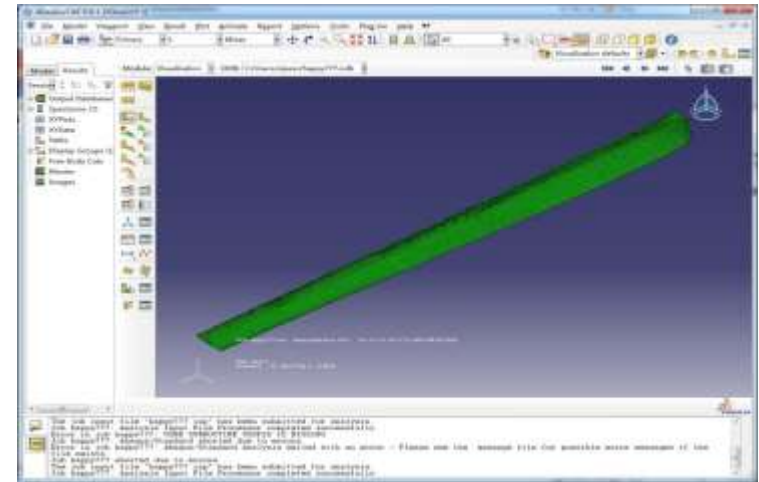
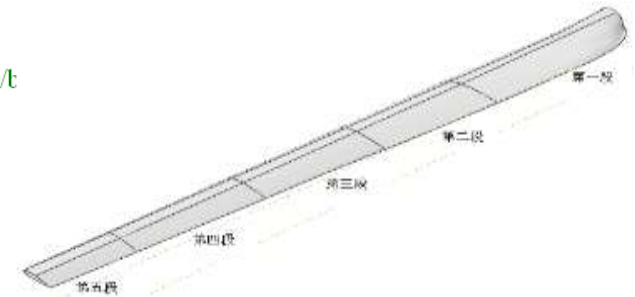
タービン部品フローフィールド統合最適化(杭州汽輪機)

# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESC— 最適設計



```
1 function runAbaqus()
2 {
3 //blade.bat:
4 // && C:/SIMULIA/Abaqus/6.9-1/exec/abq691.exe job=wing inp=e:/SIPOpt/t
5 // user=e:/SIPOpt/bin/pohuaizhunze.for cpus=8 mp_mode=threads
6 var args = new Array("/c", "e:/SIPOpt/bin/blade.bat");
7 abaqusProcess.execute("C:/Windows/System32/cmd.exe", args );
8 var jobName = "blade" ;
9 ...
10 }
11 ...
12 // setting design variables
13 theModel.setVariable( "cl_1_0", 0.09);
14 //...
15 function eval()
16 {
17 //reading current design variables and renew FEA model...
18 runAbaqus();
19 //reading results and evaluate objective and constraints function
20 }
21 eval();//start FEA analysis
22 DGA.setMINMAX( -1 );//seting algorithmic parameters
23 //..
24 var Solver = DGA ;//using GA optimization solver
25 Solver.initialize( theModel );
26 do{// starting optimization computation
27 eval();
28 ModelSaver.save( theModel );
29 Solver.renewModel( theModel );
30 } while( ! Solver.isComplete() )
```

スクリプト言語ドライブ



Abaqus統合

## 風力タービンブレード複合材料の最適設計

4.7%の軽量化、剛性は10.9%向上



# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESC— 最適設計

## 工程パラメータ最適化に向けたソフトウェア技術

### ❖ 試験設計(プランの合理的選定)

- 試験技術を経済的かつ科学的に製造業に応用し、工程パラメータの影響を分析
- 直交性、中心複合、均等、要因分析、ラテン方格

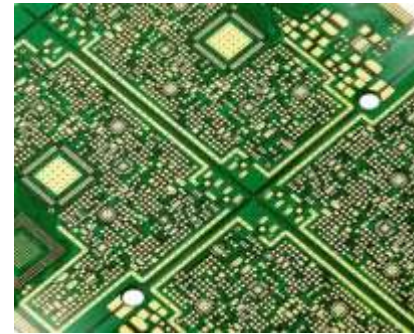
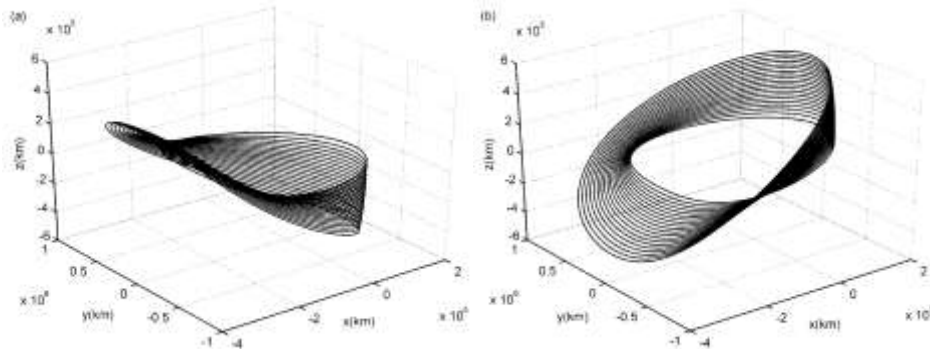
### ❖ 近似モデル(系統顕示化数学表示)

- 入力と出力の間の応答関係をシミュレーションし、消費時間を減らして効率を向上
- 空間の数値ノイズをスムーズ設計し、局所的最適解に陥るのを回避
- 応答局面モデル(RSM)、放射基底関数(RBF)ニューラルネットワーク、Kriging、チェビシェフ多項式

# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESC— 最適設計

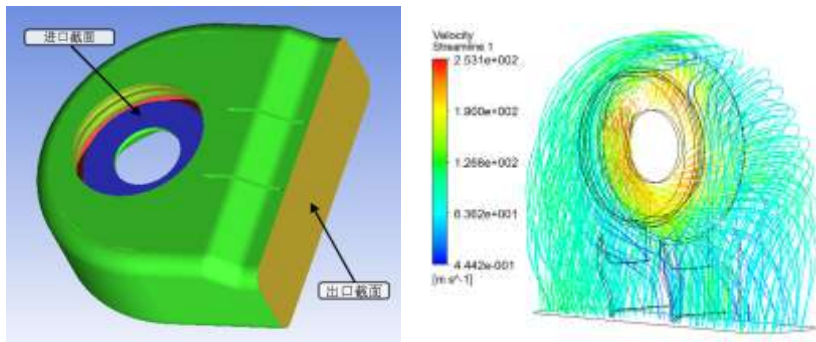
## ❖ SiPESCの試験設計と近似モデルの優位性

系統的な試験データの管理、最適化・近似モデルとシームレスに結合して  
スクリプト言語(Python、JavaScript)をサポート。柔軟かつ系統的にポート  
を開放、カスタム拡張が可能。



直交試験設計L8(27)  
+  
応答局面モデル(RSM)  
+  
最適化(BFGS)

## Halo軌道宇宙機ランデブー軌跡最適化



タービン低圧排気室最適化

設計因子	レベル1	レベル2
溶接スポット温度(°C)	249	266
コンベアベルト速度(m/min)	2.2	3
脱酸素溶液濃度	0.9	1.0
予熱温度(°C)	132	93
振動高度(cm)	1.3	1.5

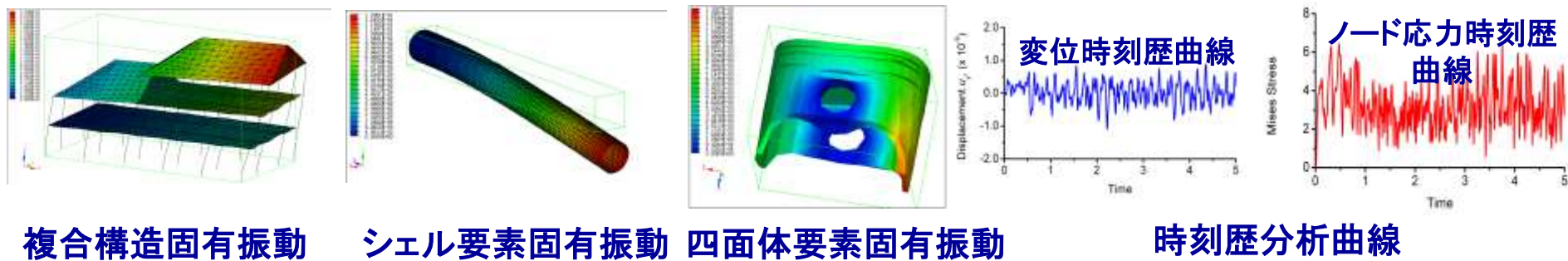
プリント基板溶接試験

# 数値シミュレーションソフトウェア SiPESc

- ソフトウェア概況
- 最適設計
- **構造分析・数値シミュレーション**
- ソフトウェアのカスタマイズと統合

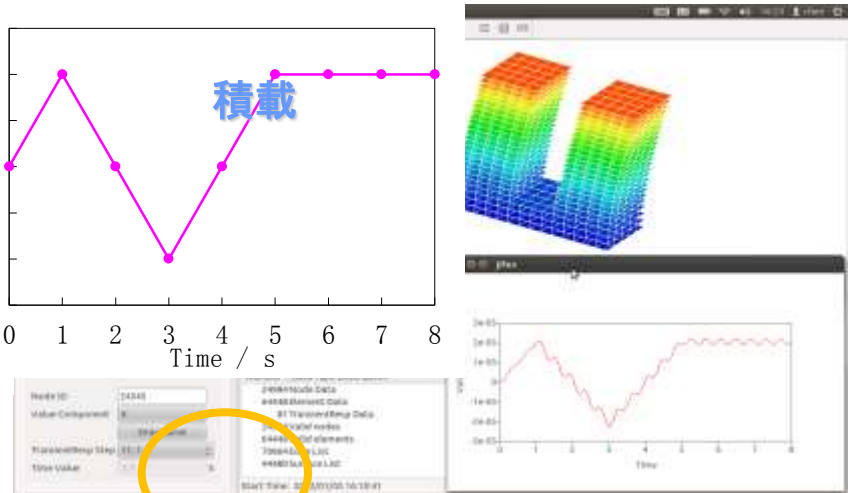
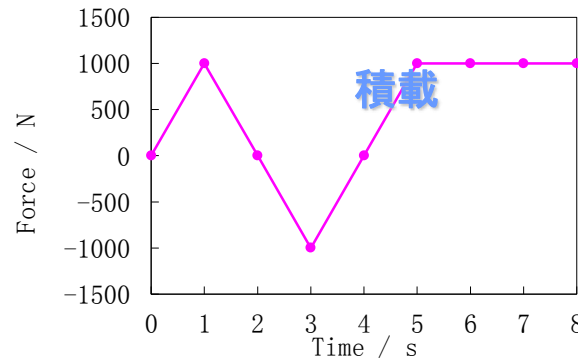
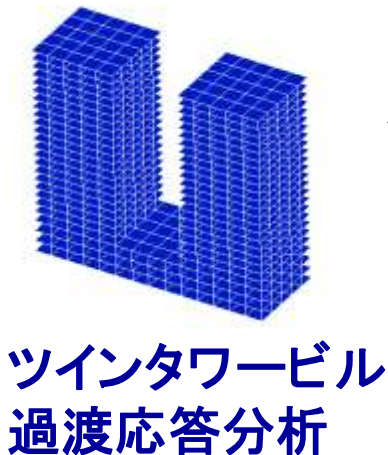
# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESC— 有限要素計算

## 動力の固有振動及び応答の分析



## 過渡応答分析—時刻歴積分アルゴリズム

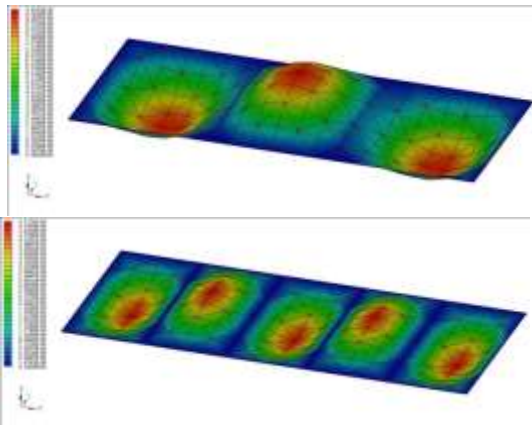
- 3種の過渡アルゴリズム:  
NewMark、Wilson- $\theta$ 、中心差分
- ソルバ、アルゴリズムカプセル化、動態選択



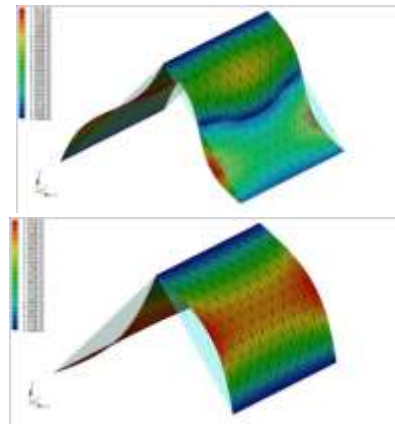
自主開発した可視化・結果表示機能

# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESC— 有限要素計算

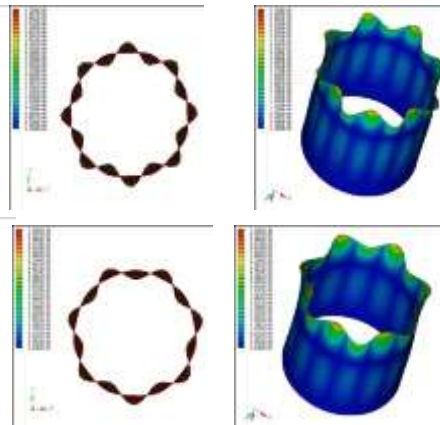
## 座屈安定性分析



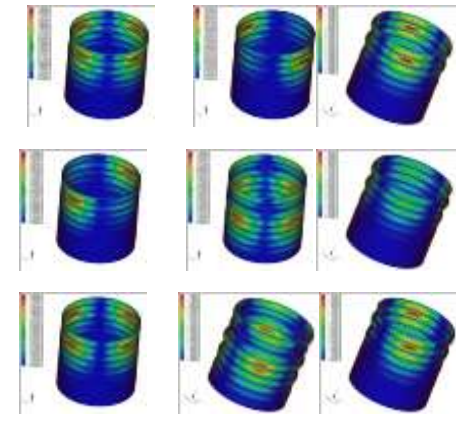
プレート要素



シェル要素



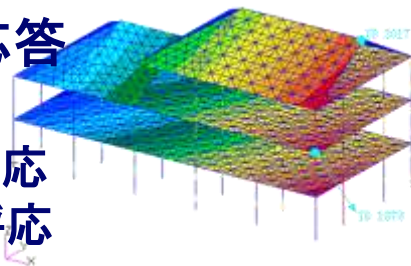
シェル要素



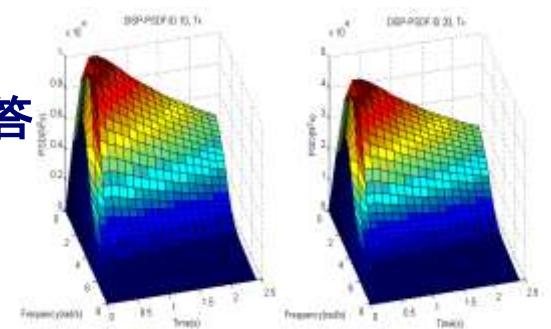
補強シェル構造

## 構造ランダム振動疑似励振法

- 定常ランダム応答
  - ・単点
  - ・多点の完全な呼応
  - ・多点の一部の呼応



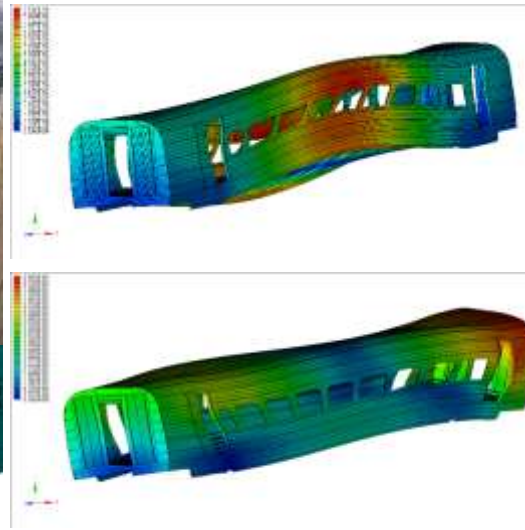
- 非定常ランダム応答
  - ・均等調節
  - ・非均等調節



# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESC— 有限要素計算

## 複雑構造の最大規模計算例

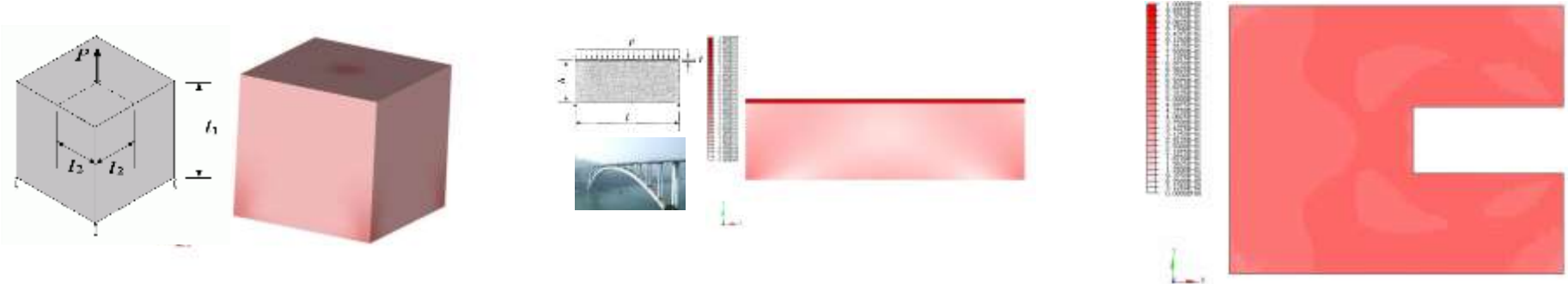
### 次世代300km高速列車構造360万自由度有限要素算例



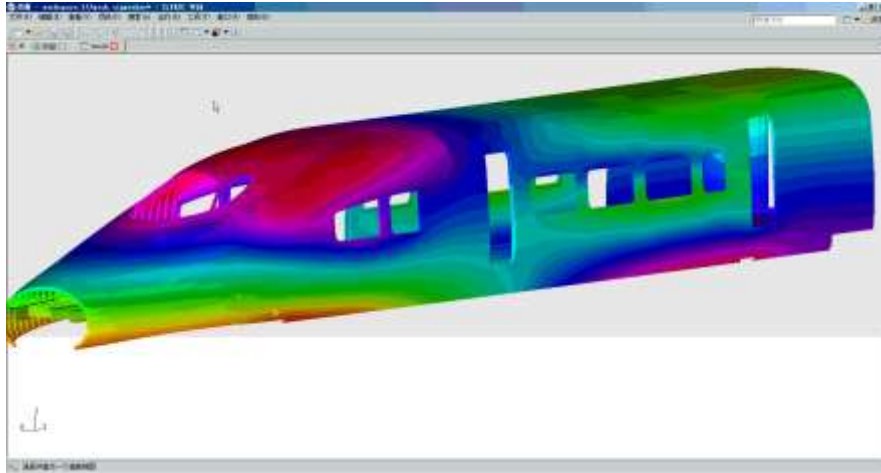
**静力:**  
最大変位差**0.2%**

**固有振動:**  
前30次周波数最大  
差**0.94%**

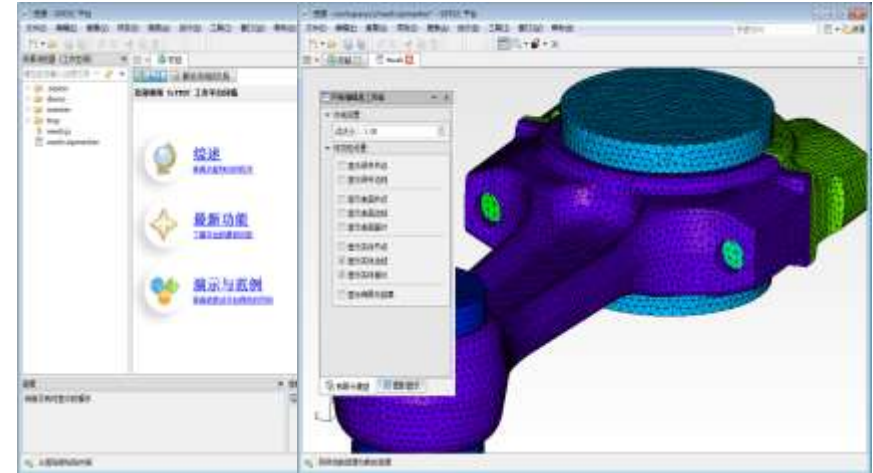
## 構造トポロジー最適化機能拡張、基礎研究と応用の結合を実現



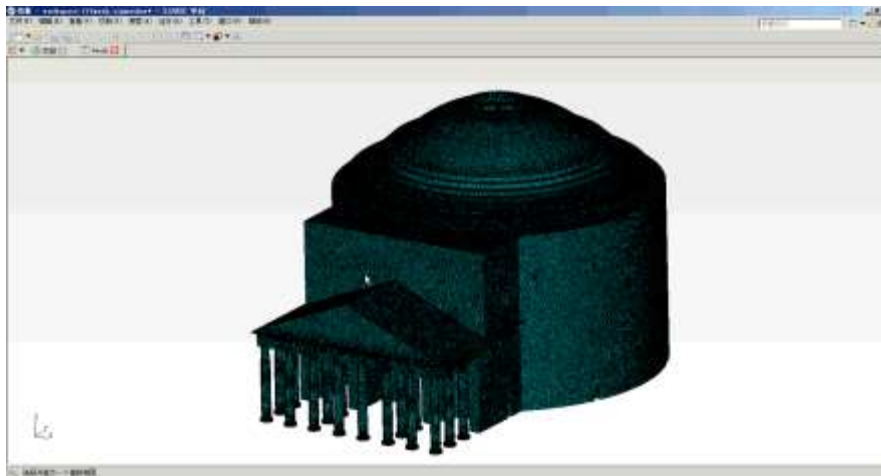
# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESC— 有限要素後処理



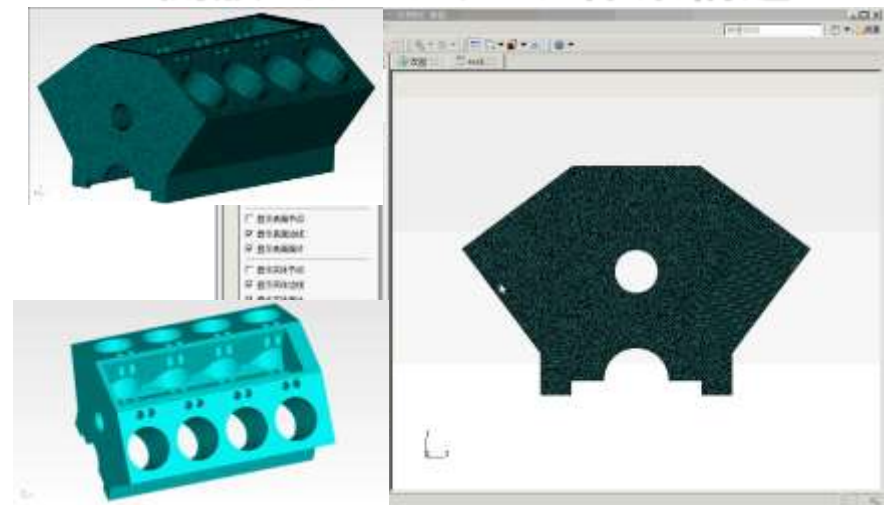
53万ノード、67万ユニット



開放式ソフトウェア体系構造



128万ノード、617万ユニット



1300万ノード有限要素モデル

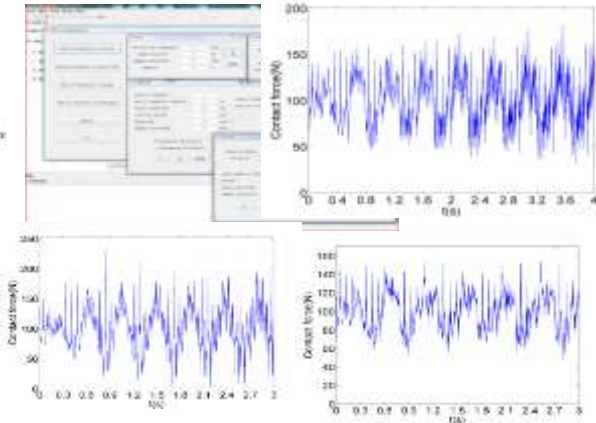
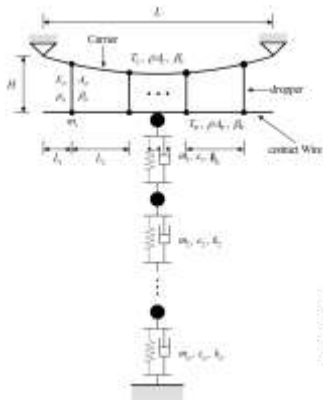
# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESc

- ソフトウェア概況
- 最適設計
- 構造分析・数値シミュレーション
- **ソフトウェアのカスタマイズと統合**

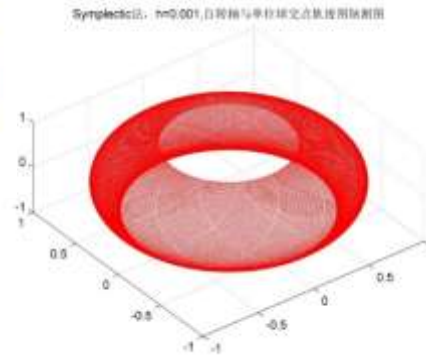


# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESC— カスタマイズと統合

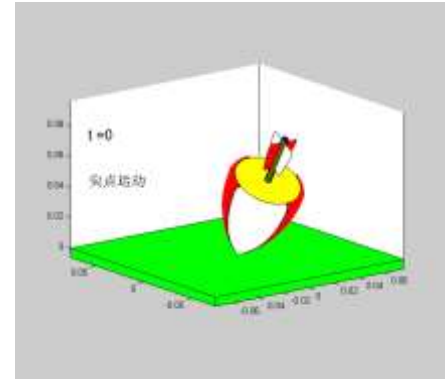
プラットフォームアルゴリズム拡張: マルチボディダイナミクス・シンプレクティックアルゴリズム



高速鉄道パンタグラフ動力学システム分析(引張圧縮非線形)



ラグランジュトポ

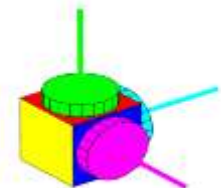


プラットフォームアルゴリズム拡張: 最適制御アルゴリズム

鐘万穂院士らによるPIMCSD制御アルゴリズムツールボックスの開発



宇宙船  
小惑星探査  
過程

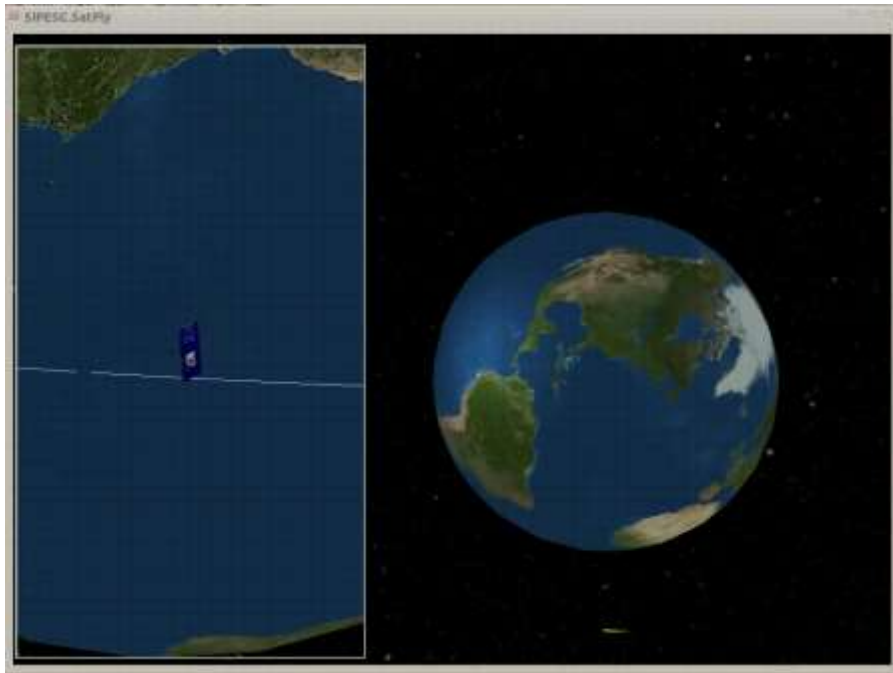


宇宙機姿勢機動過程

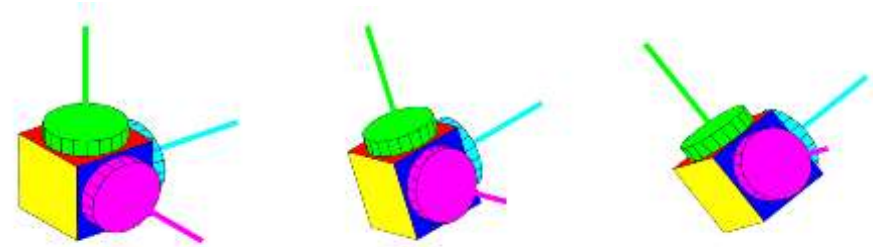
# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESC— カスタマイズと統合

## プラットフォームアルゴリズム拡張: 最適制御アルゴリズム

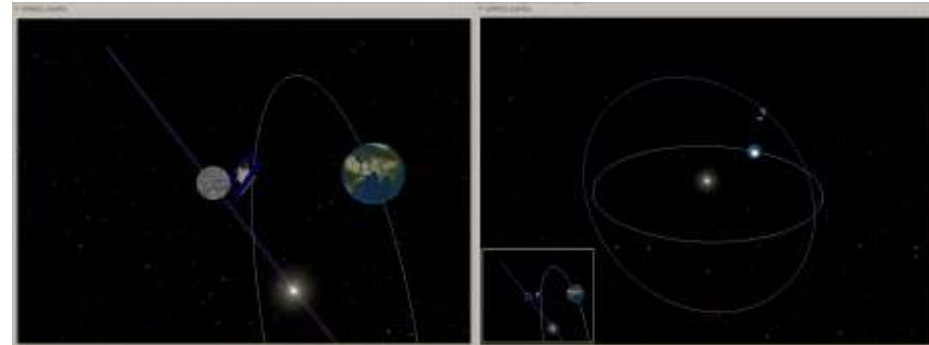
・鐘万總院士らは、PIMCSD制御アルゴリズムツールボックス、LQGと $H^\infty$ 制御系統の設計とシミュレーションを開発した。独自のアルゴリズム: 時変コントローラ/フィルター設計機能、非線形最適制御のシンプレクティック/マルチレベル/自己適応数値求解アルゴリズム。



地球低軌道宇宙船編隊再編過程



宇宙船姿勢機動過程



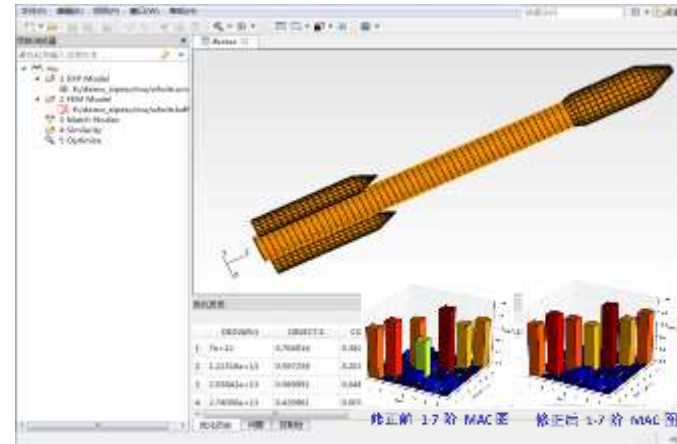
宇宙船小惑星探査過程

# 数値シミュレーションソフトウェアSiPESC— カスタマイズと統合

## 構造動力モデルの修正

### ● モデル修正構造

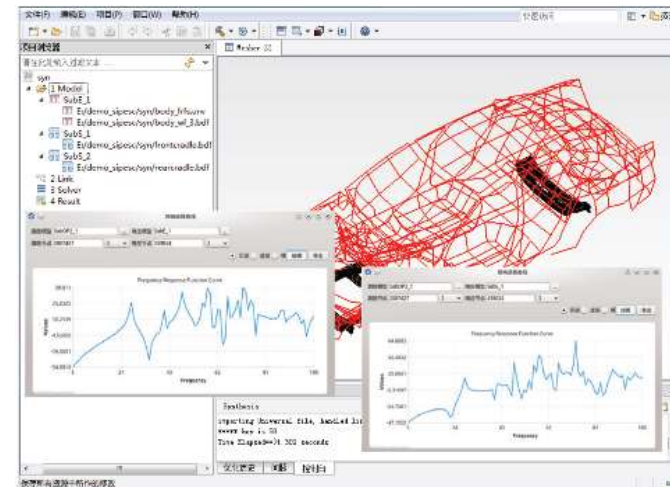
- シミュレーション分析—基礎
- 相関分析—最適化モデル構築
- 感度分析—最適化
- ◆ 多種類の最適化アルゴリズムの統合
- ◆ 負荷の識別や損傷の診断などを同時に実現
- ◆ モデル確認や応答予測などの拡張が可能



ロケットの構造動力モデル修正

### ● 拡張機能

- 相関分析—MAC MSF CSF CSAC DAC DSF
- 指標: MACMEAN、FREQLS
- 感度分析—差分法、半解析法



自動車シャシの周波数応答の総合

**報告は以上です。**

---

**ありがとうございました！**