

---

# HASL社新製品のご紹介

2011/10/7

株式会社HASL



---

# HASL/ParticleSimulator

## 2011/5リリース開始

---

# アジェンダ

1. 概要
2. 離散要素法(Discrete Element Method : DEM)
3. 基礎検討事例
4. Particle Simulator デモ

---

# 1. 概要

Particle Simulatorは離散要素法(DEM)に立脚した  
3次元粒子運動解析システム

スクリュ押出機内のペレットの挙動を解析

粉体/固体を取り扱う幅広い工学問題への適用も可能

## 2. 離散要素法 Discrete Element Method : DEM

Cundall(1971,1979)によって提案された不連続体の運動を解析する手法. 多体粒子系の運動方程式を忠実に計算, 個々の粒子の運動を追跡.

$$\left\{ \begin{array}{l} M_i \frac{d^2 \mathbf{u}_i}{dt^2} = \sum_{j=1, (j \neq i)}^{\text{Particlenumber or wall}} \mathbf{F}_{ij} + M_i \mathbf{g}, \\ \frac{d\mathbf{L}_i}{dt} = \sum_{j=1, (j \neq i)}^{\text{Particlenumber or wall}} \mathbf{r}_{ij} \times \mathbf{F}_{ij} \end{array} \right.$$

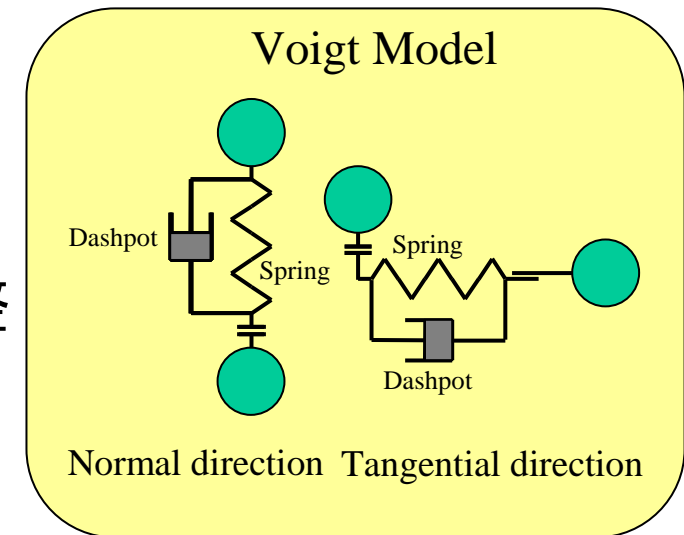
$\mathbf{F}$  : contact force,  $M$  : mass of element,  
 $\mathbf{u}$  : the position of center of element,  
 $\mathbf{L}$  : angular moment,  $\mathbf{r}$  : radius of an element

## 2. 離散要素法 Discrete Element Method : DEM

- ペナルティ法

食込み量に応じた接触力を計算

[特徴]: 接触力が正確, パラメータ調整が難しい(弾性, 粘性係数)



---

- 撃力(力積)ベース法

反発係数(跳ね返り係数)を用いて速度を計算

[特徴]: 接触力が不正確, 反発係数を設定するのみ.

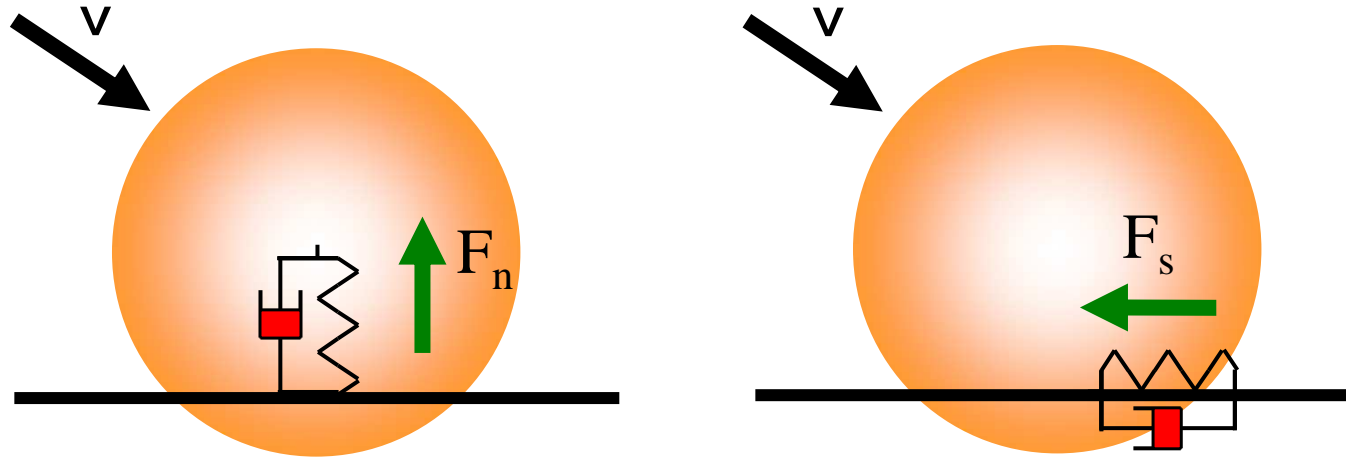
## 2. 離散要素法 Discrete Element Method : DEM

### • ペナルティ法

$$\mathbf{F}_{nij}(t_m) = -\underbrace{k_{nij} \delta_{nij}(t_m)}_{\text{弾性力}} \underbrace{\mathbf{n}_{ij}(t_m)}_{\text{法線ベクトル}} - \underbrace{\eta_{nij} \mathbf{v}_{nij}(t_m)}_{\text{粘性力}} \quad \dots\dots \text{法線方向}$$

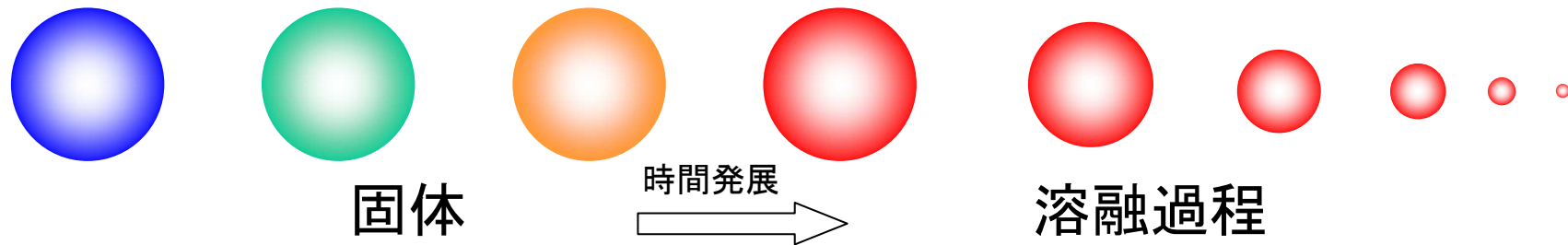
$$\mathbf{F}_{sij}(t_m) = -\underbrace{k_{sij} \delta_{sij}(t_m)}_{\text{弾性力}} \underbrace{\mathbf{s}_{ij}(t_m)}_{\text{接線ベクトル}} - \underbrace{\eta_{sij} \mathbf{v}_{sij}(t_m)}_{\text{粘性力}} \quad \dots\dots \text{接線方向}$$

k:弾性係数,  $\eta$ :粘性係数,  $\delta$ :食込み量, n:法線ベクトル, s:接線ベクトル



## 2. 離散要素法 Discrete Element Method : DEM

- 温度計算, 溶融可塑化モデル



Thermal equation and boundary condition

$$\rho_s C_{ps} \frac{DT}{Dt} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( \lambda_s r^2 \frac{\partial T}{\partial r} \right)$$
$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0 \text{ at } r = 0, \lambda_s \frac{\partial T}{\partial r} = h(T_l - T(R, t)) \text{ at } r = R$$

$\rho_s$ : Solid density

$C_{ps}$ : Solid thermal capacity

$\lambda_s$ : Solid thermal conductivity

$T_l$ : Liquid temperature surround the spherical model

Thermal equation and boundary condition

$$\rho_s C_{ps} \frac{DT}{Dt} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( \lambda_s r^2 \frac{\partial T}{\partial r} \right)$$
$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0 \text{ at } r = 0, T = T_m \text{ at } r = R$$

Kinetic equation for time evolution of spherical radius

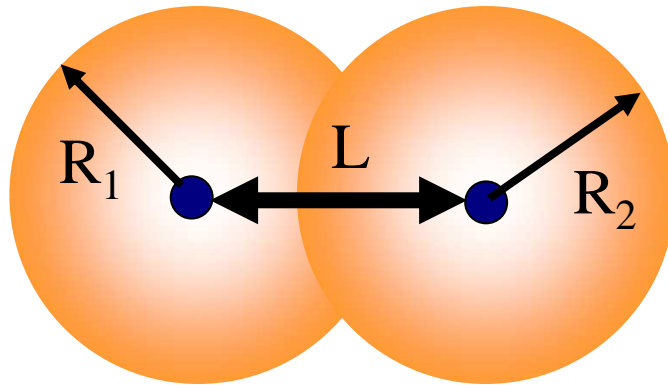
$$\lambda_s \frac{\partial T}{\partial r} = h(T_l - T_m) + \rho H \frac{dR}{dt} \quad H: \text{heat of fusion}$$



## 2. 離散要素法 Discrete Element Method : DEM

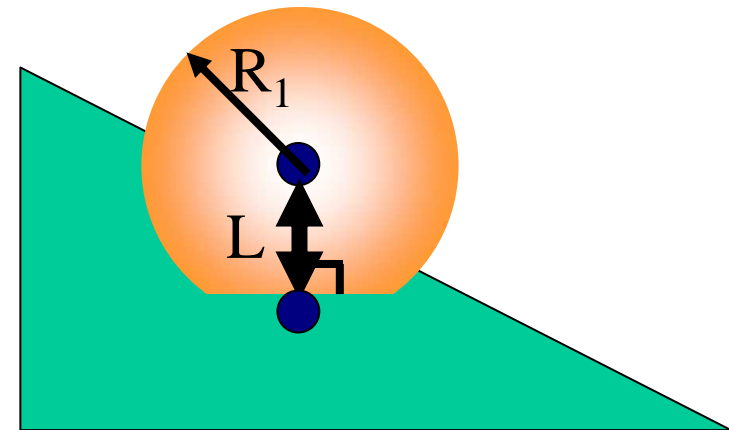
- 接觸判定

球 vs 球



$$\begin{cases} L \leq R_1 + R_2 & \text{接觸} \\ L > R_1 + R_2 & \text{未接觸} \end{cases}$$

球 vs 平面

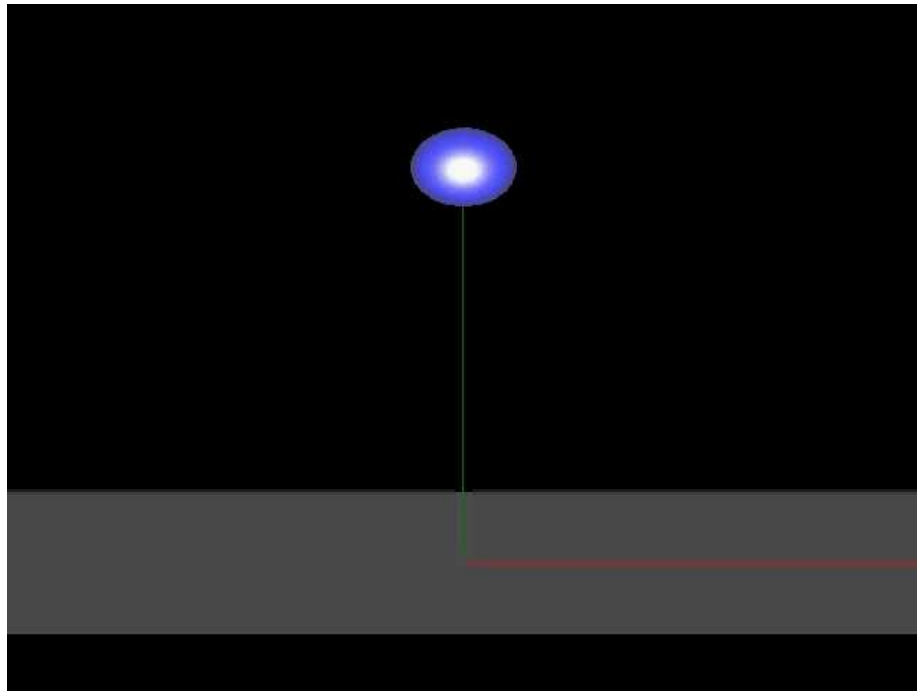


$$\begin{cases} L \leq R_1 & \text{接觸} \\ L > R_1 & \text{未接觸} \end{cases}$$

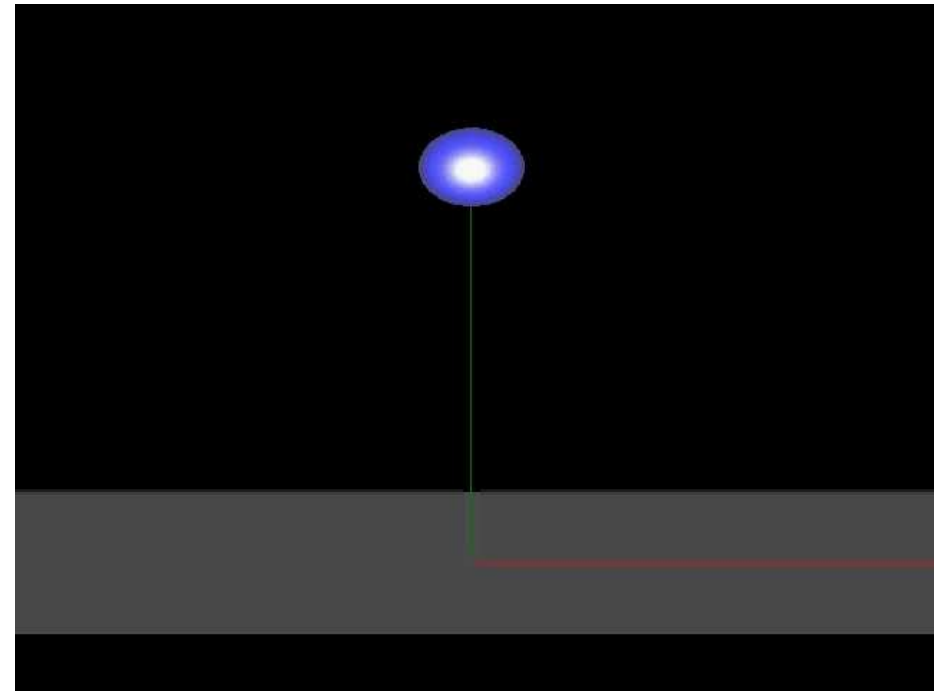
### 3. 基礎検討事例 (1)バネ＋減衰運動

アニメーション

粘性係数:0



粘性係数:大



---

### 3. 基礎検討事例 (1)バネ＋減衰運動

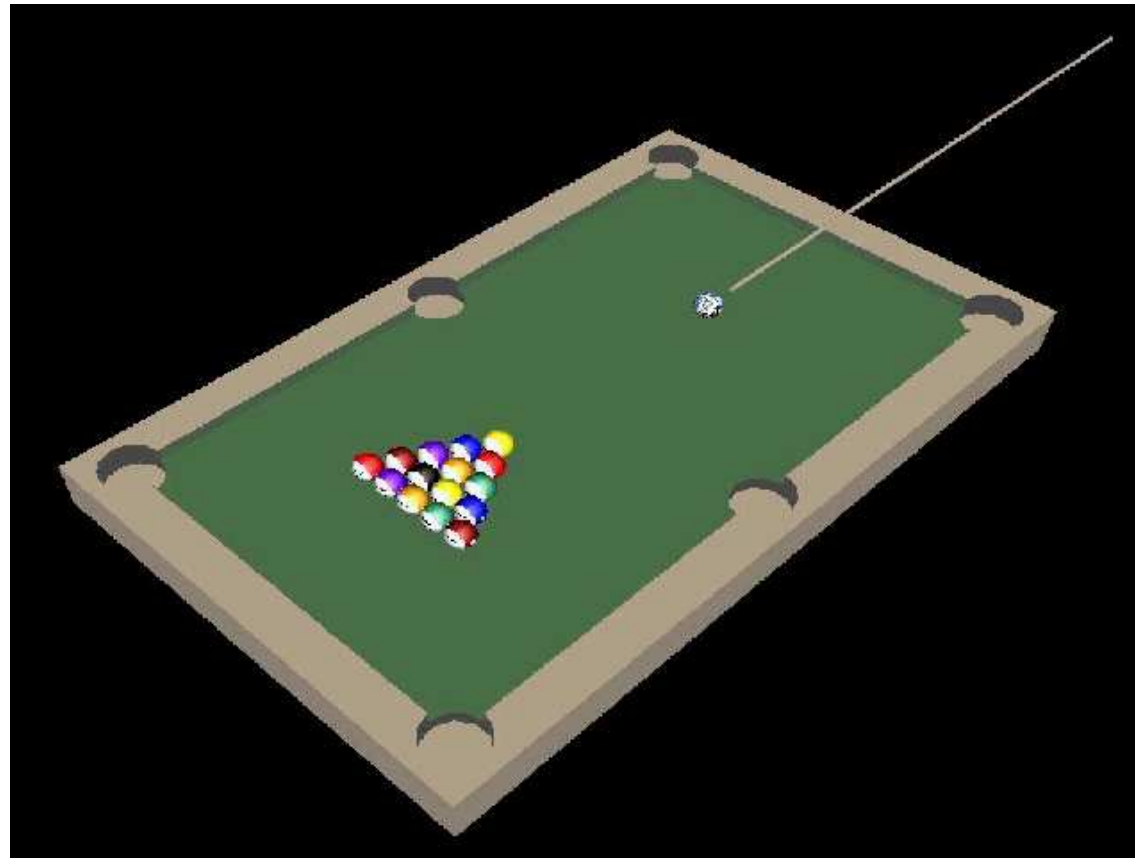
アニメーション

粘性係数: 大, 初速あり



### 3. 基礎検討事例 (2)併進・回転運動

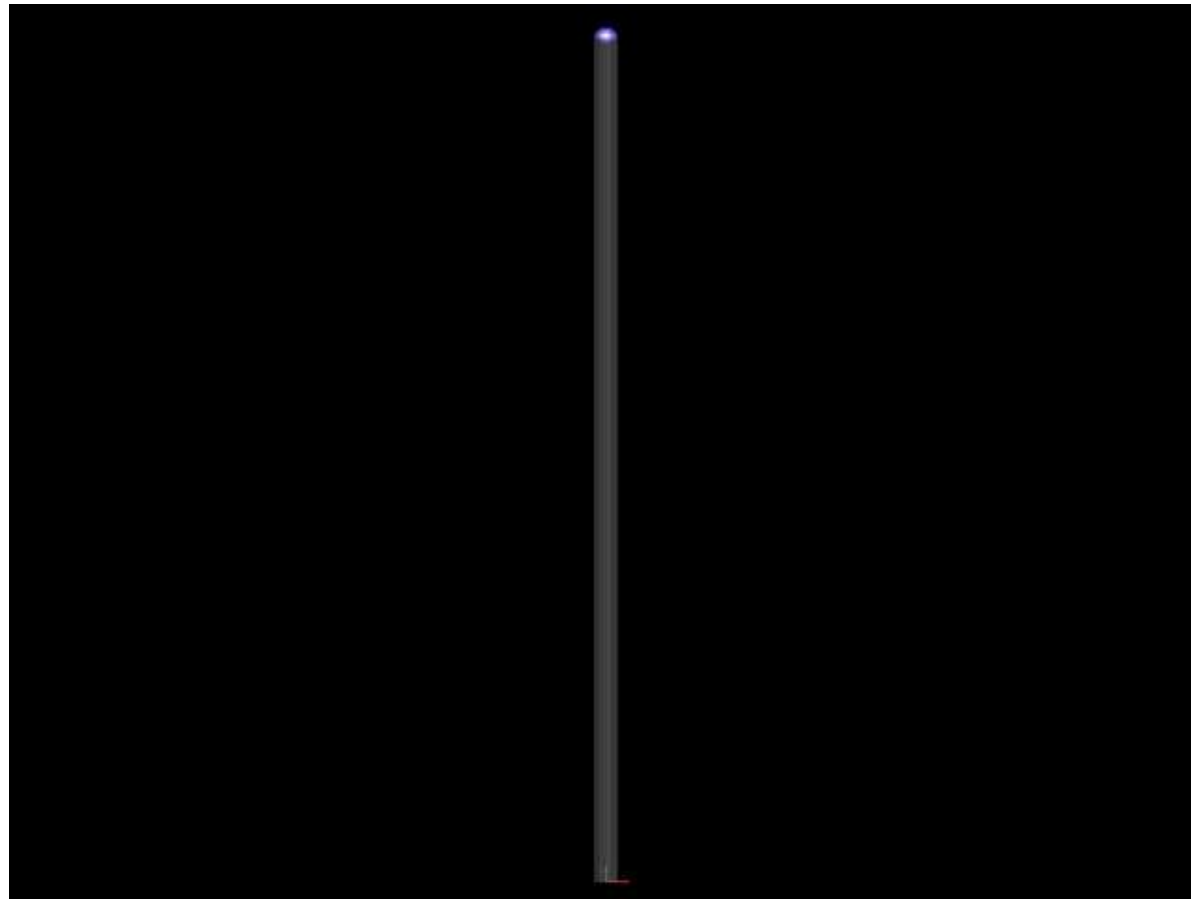
アニメーション



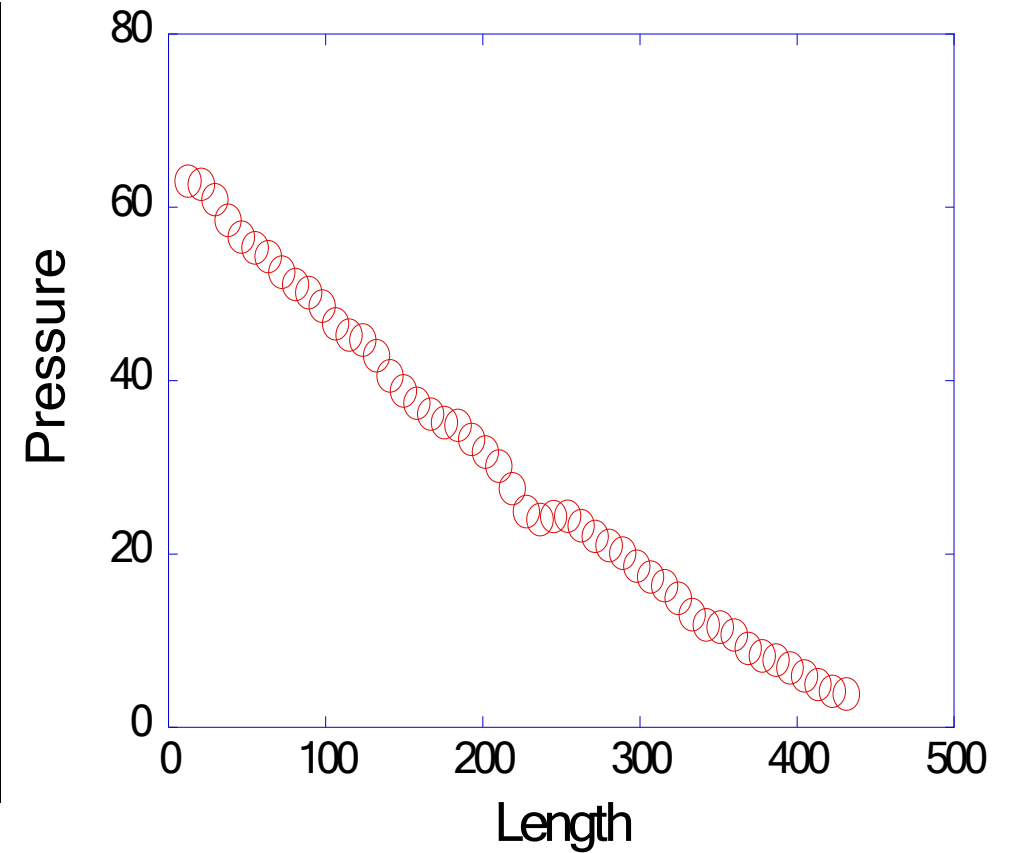
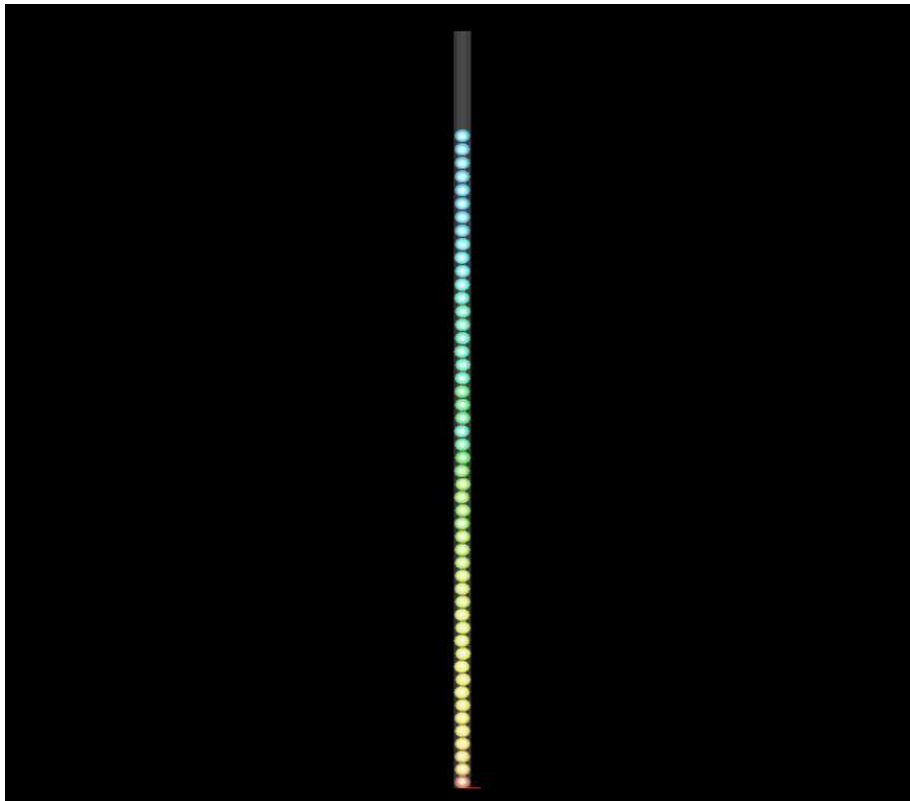
---

### 3. 基礎検討事例 (3)粒子圧力

アニメーション

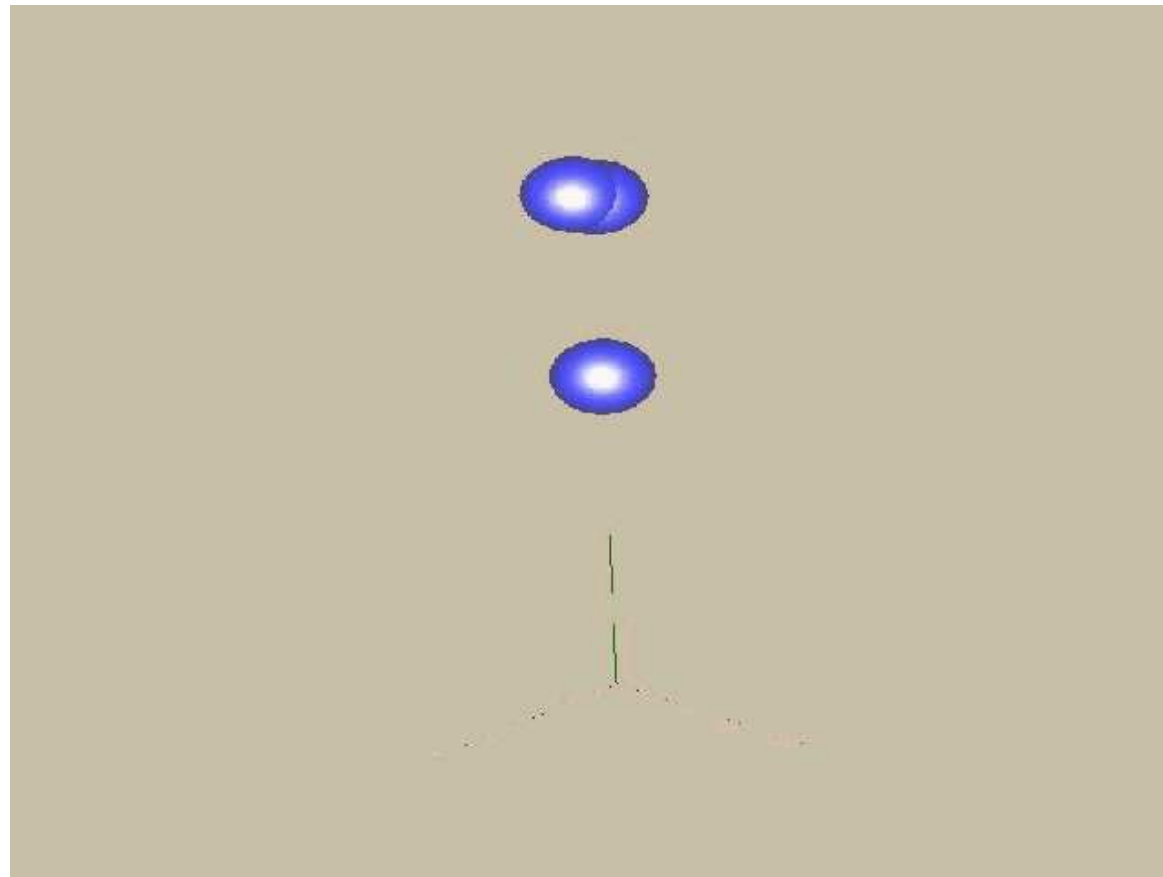


### 3. 基礎検討事例 (3) 粒子圧力

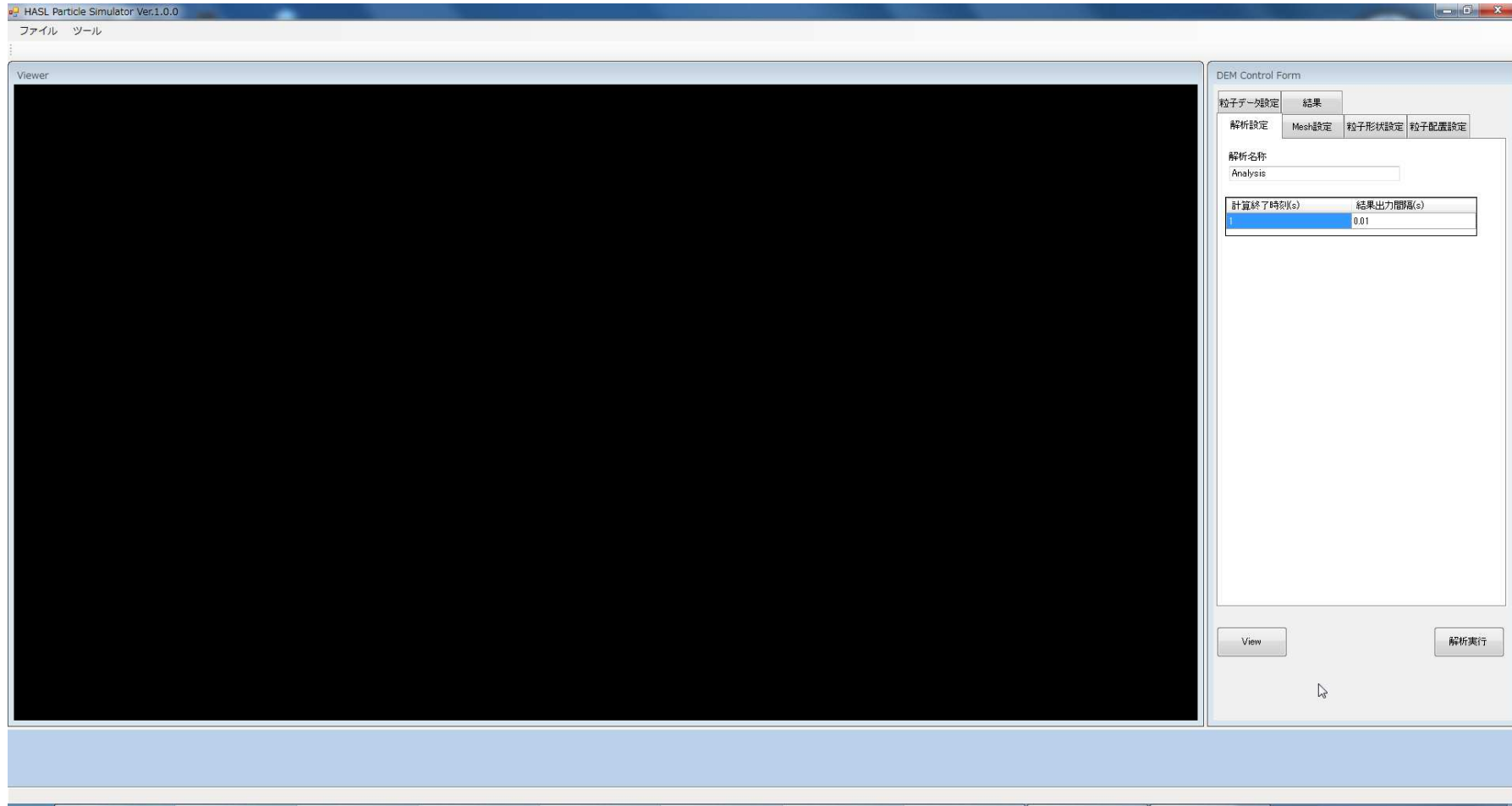


### 3. 基礎検討事例 (4) 粒子温度, 溶融挙動

アニメーション



## 4. Particle Simulator デモ

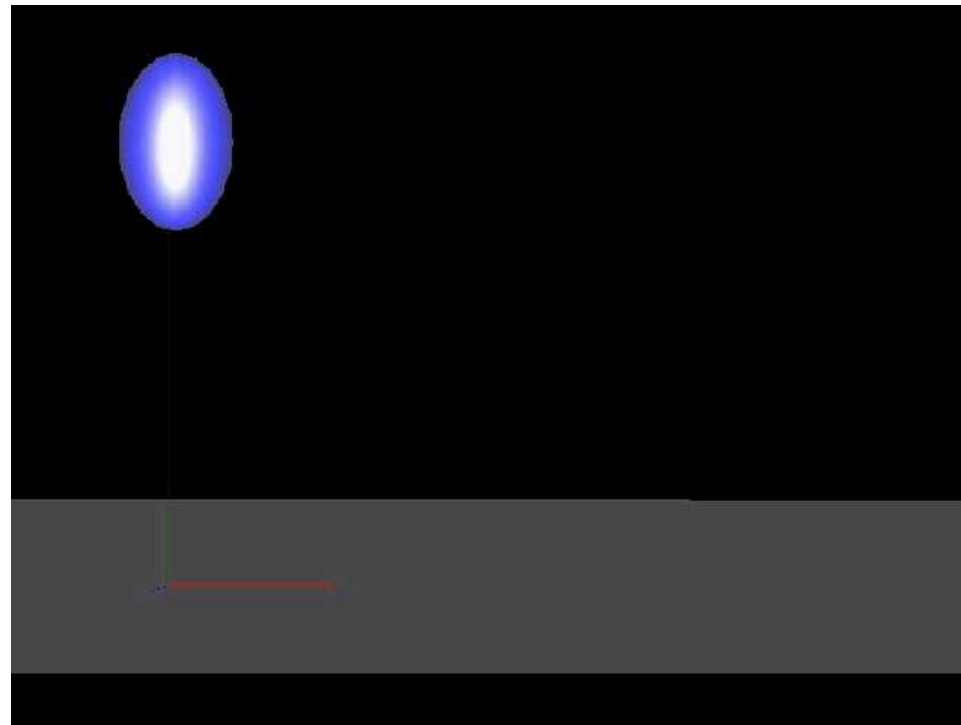




---

## 5. 今後の開発計画

1. 計算の高速化
2. 球以外の粒子形状への対応



開発内容は予告なしに変更する場合がございます。

---

# HASL/TwinScrewSimulator

2012/4リリース開始予定

---

財団法人 東京都中小企業振興公社 殿

## 平成23年度 新製品・新技術開発助成事業採択プロジェクト

**研究開発テーマ**

**二軸スクリュ押出機内全領域解析ソフト開発**

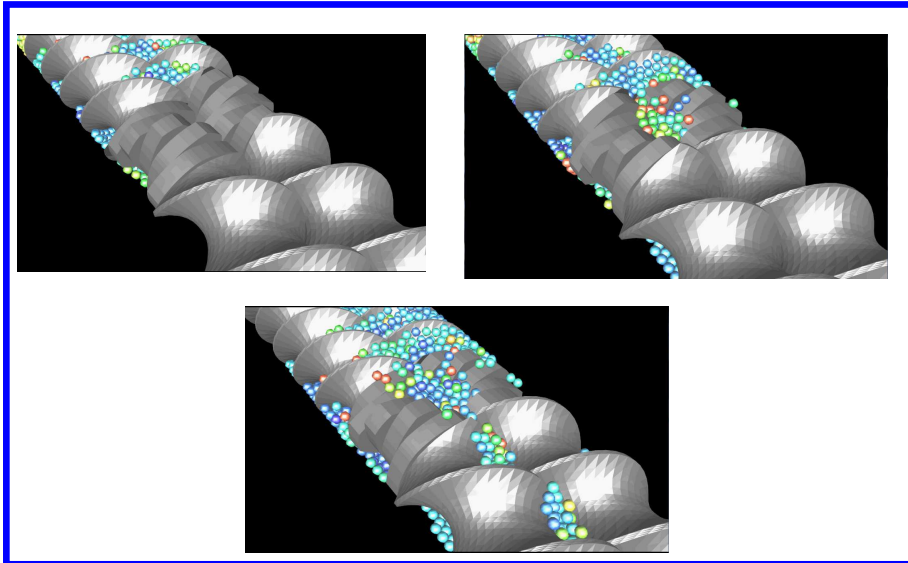
<http://www.tokyo-kosha.or.jp/support/josei/kigyo/files/23shinseihin.pdf>

## 研究開発の目標

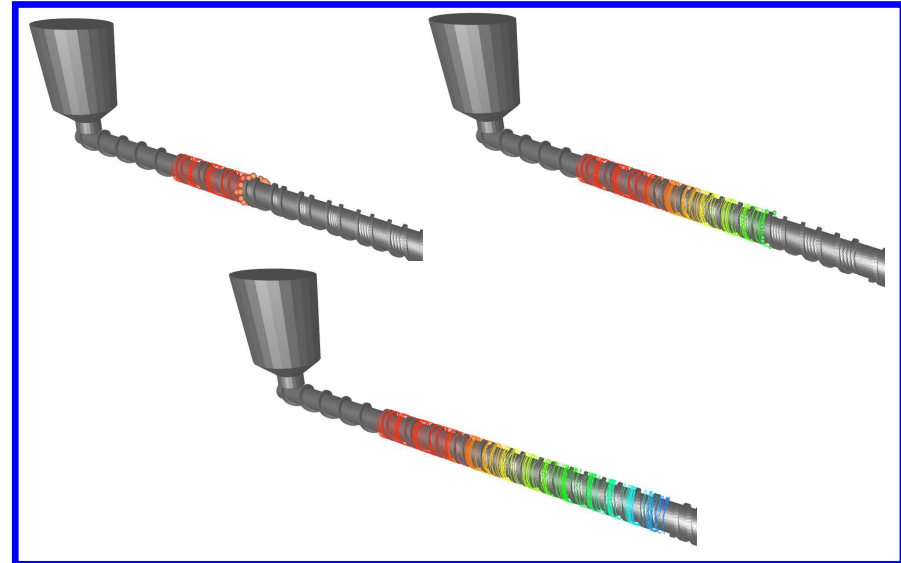
- ・固体搬送部、溶融部、混練部、溶融体輸送部の全域解析
- ・スクリュ形状、成形条件を正確に反映した高精度解析システムの実現
- ・装置製造者/運用者が運用可能な実用的解析システム（高速、お手軽Mid-range CAE）の構築

# 固体搬送部・溶融部の定量化技法

二軸スクリュ押出機内の固体粒子運動解析技術  
(HASL/ParticleSimulator開発中)



単軸スクリュ押出機内の固体粒子溶融解析技術  
(NextruCAD/Advance開発済既存技術)



両先端数値解析技術を併用することで、二軸押出機内におけるペレットの搬送・溶融プロセスをシミュレート可能な新規解析技術を開発する。

# 混練部・溶融体輸送部の定量化技法

## 流体支配方程式

定常ストークス方程式  
(運動量保存方程式)

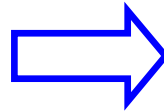
$$\eta \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) = \frac{\partial p}{\partial x},$$

$$\eta \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) = \frac{\partial p}{\partial y},$$

$$\eta \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) = \frac{\partial p}{\partial z}$$

連続方程式  
(質量保存方程式)

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$



用途向き  
に変換

## 当社考案の二軸スクリュ押出機用解析モデル

流速評価式  
(圧力勾配流れ+牽引流れ)

$$u = -S \frac{\partial p}{\partial x} + \psi_x,$$

$$v = -S \frac{\partial p}{\partial y} + \psi_y,$$

$$w = -S \frac{\partial p}{\partial z}$$

牽引流れと圧力分布評価式

$$\frac{\partial^2 \psi_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi_x}{\partial z^2} = 0$$

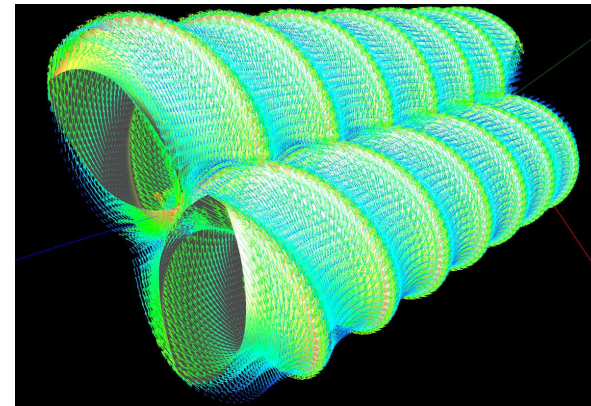
$$\frac{\partial^2 \psi_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi_y}{\partial z^2} = 0$$

$$\left( \frac{\partial}{\partial x} S \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} S \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} S \frac{\partial p}{\partial z} \right) = \left( \frac{\partial \psi_x}{\partial x} + \frac{\partial \psi_y}{\partial y} \right)$$

流動コンダクタンス評価式

$$\left( \frac{\partial}{\partial x} \eta \frac{\partial S}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \eta \frac{\partial S}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \eta \frac{\partial S}{\partial z} \right) = -1$$

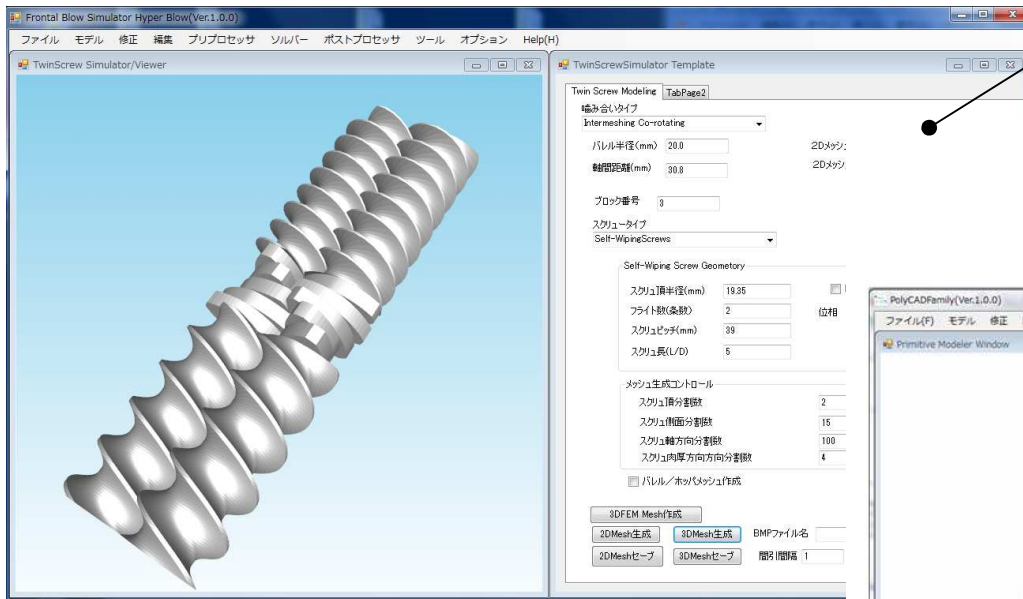
汎用性は損なわれるものの当該  
問題の解析に際し際立った性能  
が発揮される。



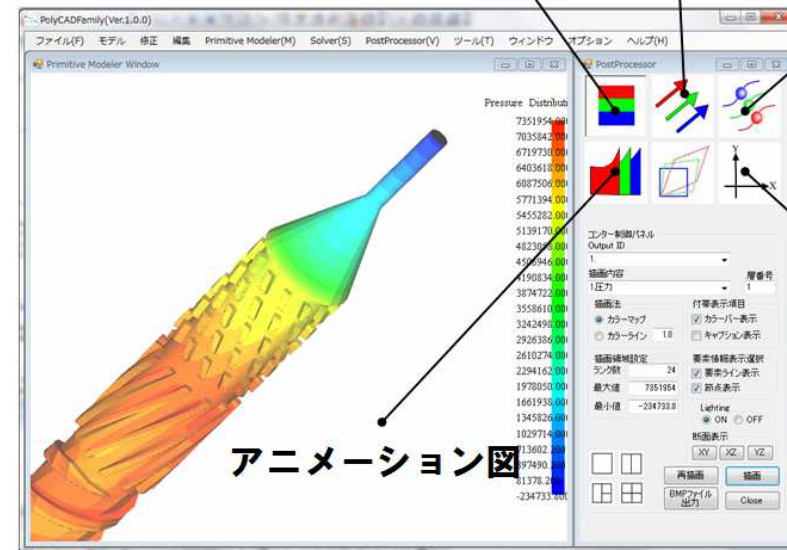
当解析モデルによる試解析結果

# システム操作性向上を目的とした 専用プリ/ポストプロセッサの開発

スクリーン端の数値入力で自  
動的に解析モデルを生成する  
テンプレート



プリ処理フォーム



アニメーション図

コンター図

ベクトル図

パーティクル  
トレース  
(流線) 図

グラフ図

ポスト処理フォーム

---

# Net shop製品

2012/1順次リリース開始予定



---

## 製品特長：

- ★ 用途に応じた操作性の良いソフトウェア
- ★ 用途を特定することで価格を低減化
- ★ ホームページ経由24時間営業

こんなお客様にお勧めの製品です。

- 解析プログラムを自作する研究者、学生さん向き
- 解析結果の妥当性を簡便に検討したいCAE運用担当者向き
- CAEのコストパフォーマンスに悩む技術者向き

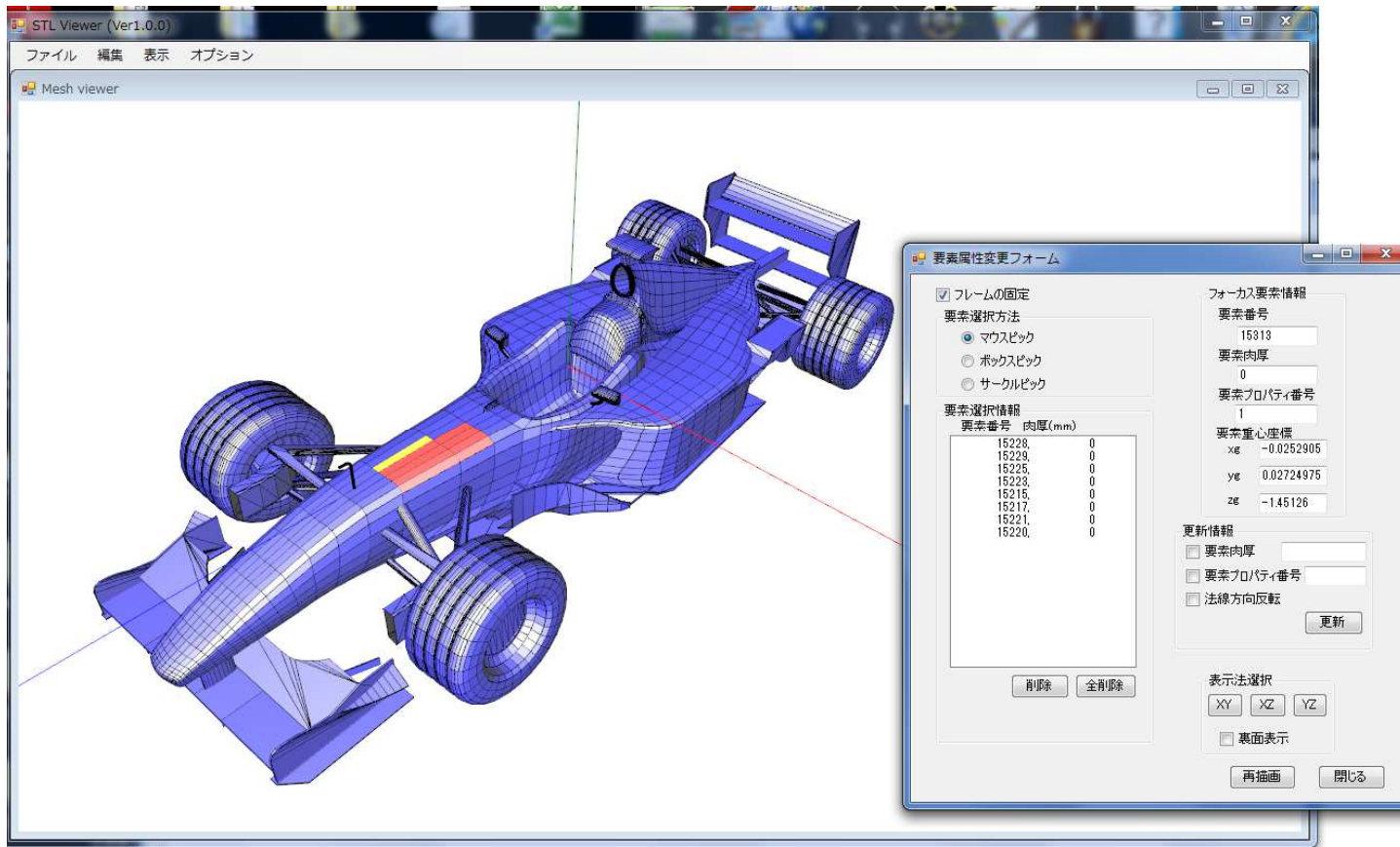
# プリ/ポスト、データプリプロセッサ関連製品

## ① STL Pre for FEM

機能: CADファイル(STL, Wavefrontファイル)の表示、  
及び有限要素解析用情報への変換

- ・3次元空間内に張られた3角形/4角形パッチの構成点を自動的にマージ、リナンバーすることで、3Dシェル要素の要素構成節点テーブルと節点情報を生成
- ・簡便なマウス操作による要素情報(プロパティ、マテリアル、肉厚、荷重/拘束条件)及び節点情報(荷重、拘束条件)の追加/修正

用途: シェル(3D3/4角形)要素を利用する有限要素解析  
プログラムの簡易プリプロセッサ



## STL Pre for FEMを利用した要素情報の加工例

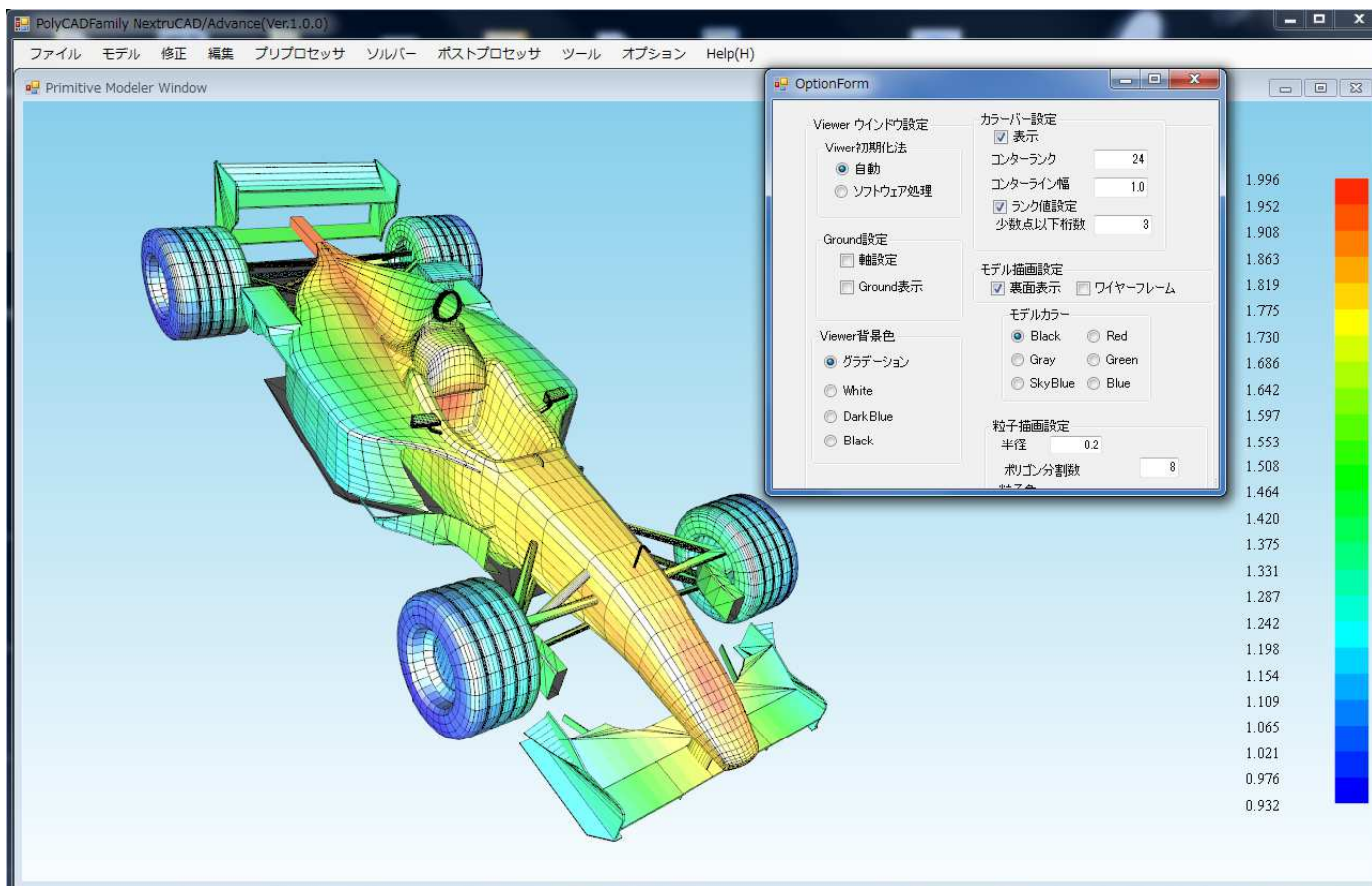
---

## ② STL Post for FEM

機能：有限要素解析結果の可視化

・3Dシェル要素を利用した有限要素解析結果に対するコンター図、ベクトル図の作画

用途：シェル(3D3/4角形)要素を利用する有限要素解析プログラムの簡易ポストプロセッサ



## STL Post for FEMを利用したポスト処理例

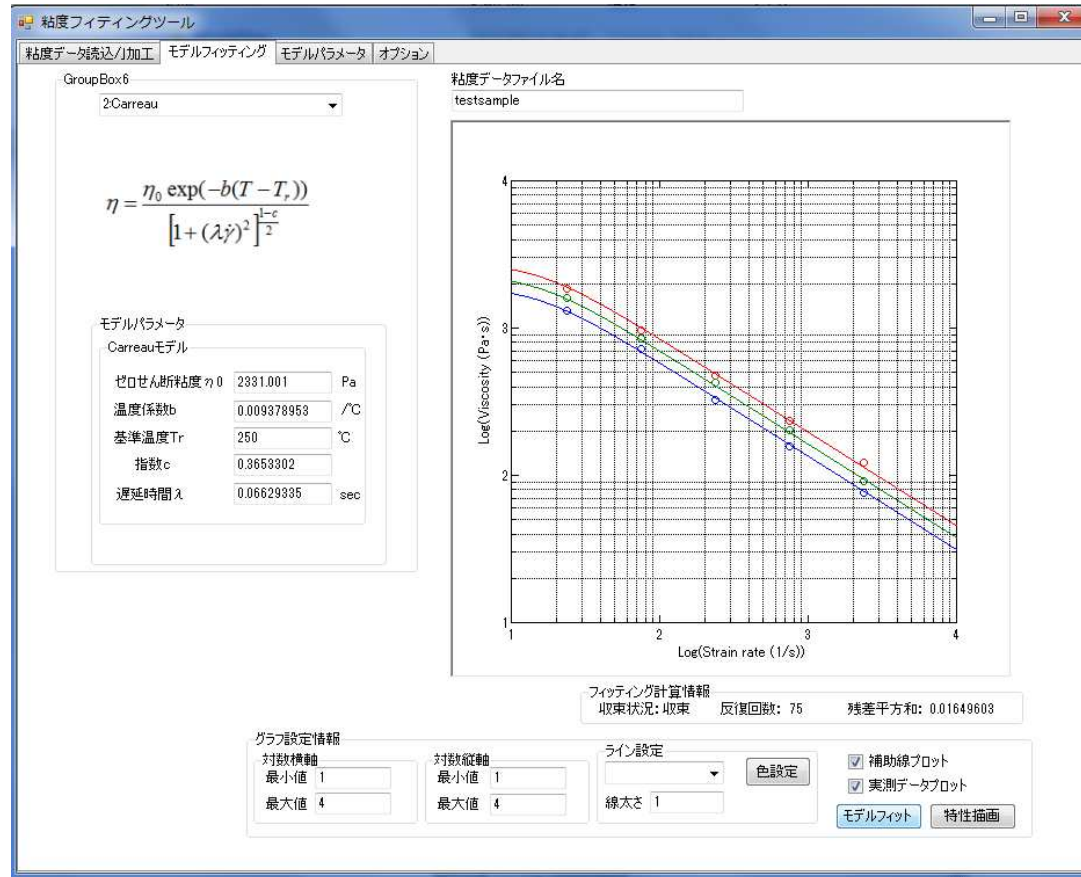
---

## ③ Viscous Fitting

機能:せん断粘度実測値を利用した非ニュートン  
純粘性モデルパラメータの算出

・Power law, Carreau, Cross粘度モデルパラメータの算出

用途:プラスチックCAE用データプリプロセッサ、  
粘度物性データベースの構築ツール



## Viscous Fittingを利用した粘度フィティング結果

---

# ソルバー関連製品

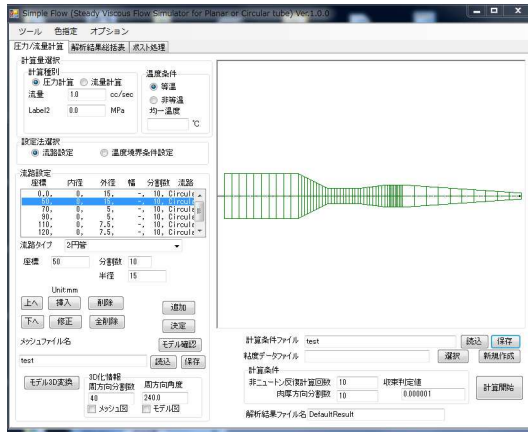
## ④ SimpleFlow

機能：テーパー円管、二重管、平板内非ニュートン熱流動解析

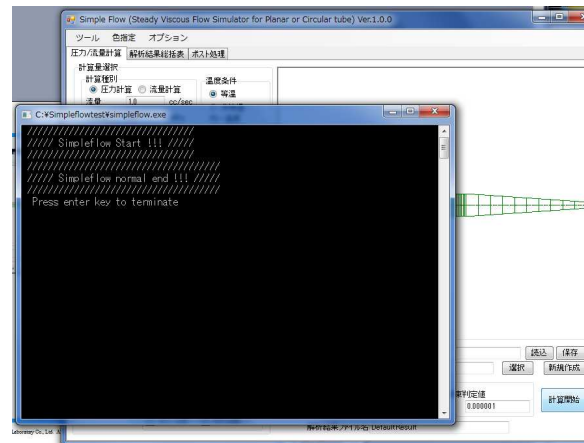
- ・単純形状の円管、二重管、平板流路内及びその任意組み合わせで表現される解析モデル内の非ニュートン熱流動の圧力、流速、温度分布を計算する1D有限要素熱流動解析プログラム
- ・Viscous Fittingとのバンドルセット：粘度フィッティングと同時に、装置内の熱流動状態を簡易に予測可能な解析ツール
- ・数値表入力による簡便な解析モデル作成機能を実装
- ・多彩な可視化（ポストプロセッシング）機能

用途：プラスチック押出装置設計用簡易解析ツール



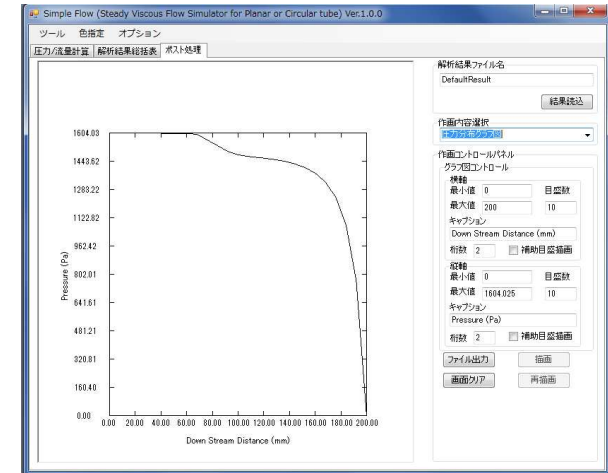


1) 装置諸元の数値入力により  
容易に解析モデルを作成

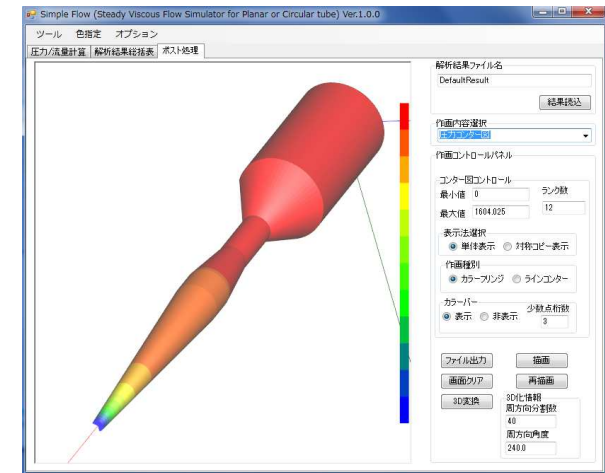


2) 1D有限要素熱流動解析  
(超高速)

## SimpleFlow運用例



各種解析結果のグラフ図出力



各種解析結果の3D化出力

3) 解析結果の可視化(ポストプロセッシング)

---

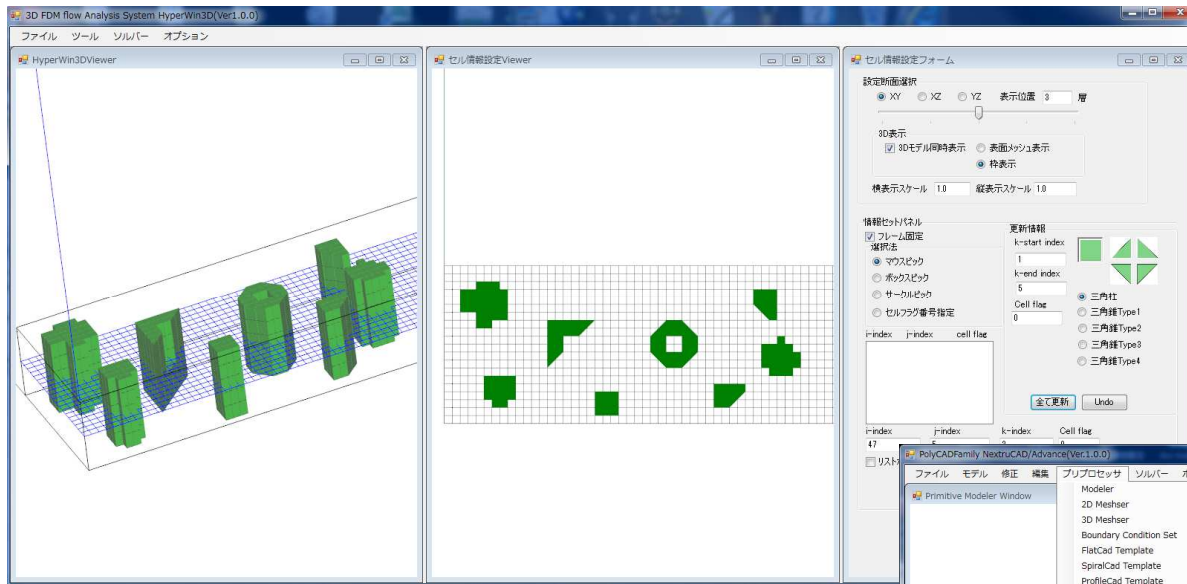
## ⑤ HyperWin3D

### 機能：3次元有限差分熱流動解析システム

- ・グリッド生成用プリプロセッサと専用ポストプロセッサを実装
- ・高レイノルズ数流れ解析向き(乱流モデルLES, K- $\epsilon$ モデルをサポート)
- ・採用実績の高いSMAC、SIMPLE法に基づく流体解析プログラム
- ・STL Pre for FEMとの連携によるCADデータのインポート(流動障害物の表現)

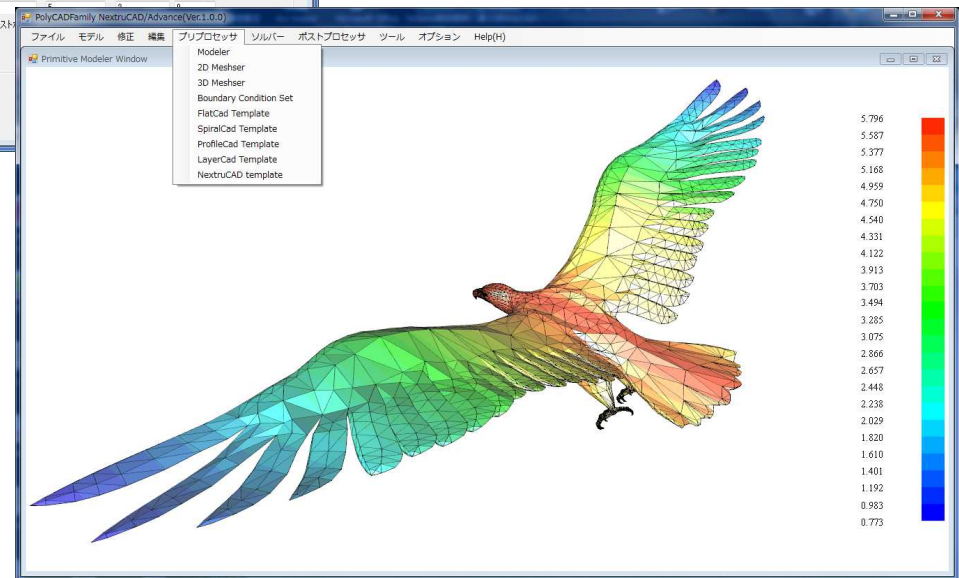
### 用途：汎用熱流動解析

- ・アウターフロー(ビル風、車体周り流れ解析)
- ・インナーフロー(室内空調、PC筐体内プリント基板周り熱流動解析)



Multi-Windowを利用したグリッド生成機能

## HyperWin3D運用例



専用ポストによる解析結果の可視化