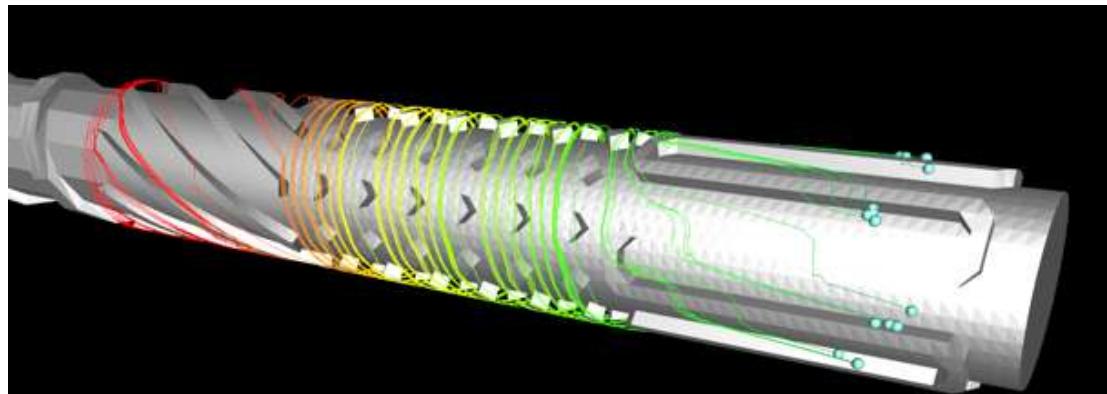


# Single Screw Simulator(Ver.9.0.0)

## 改良成果資料



**HASL/Single Screw Simulator (Ver.9.0.0)**

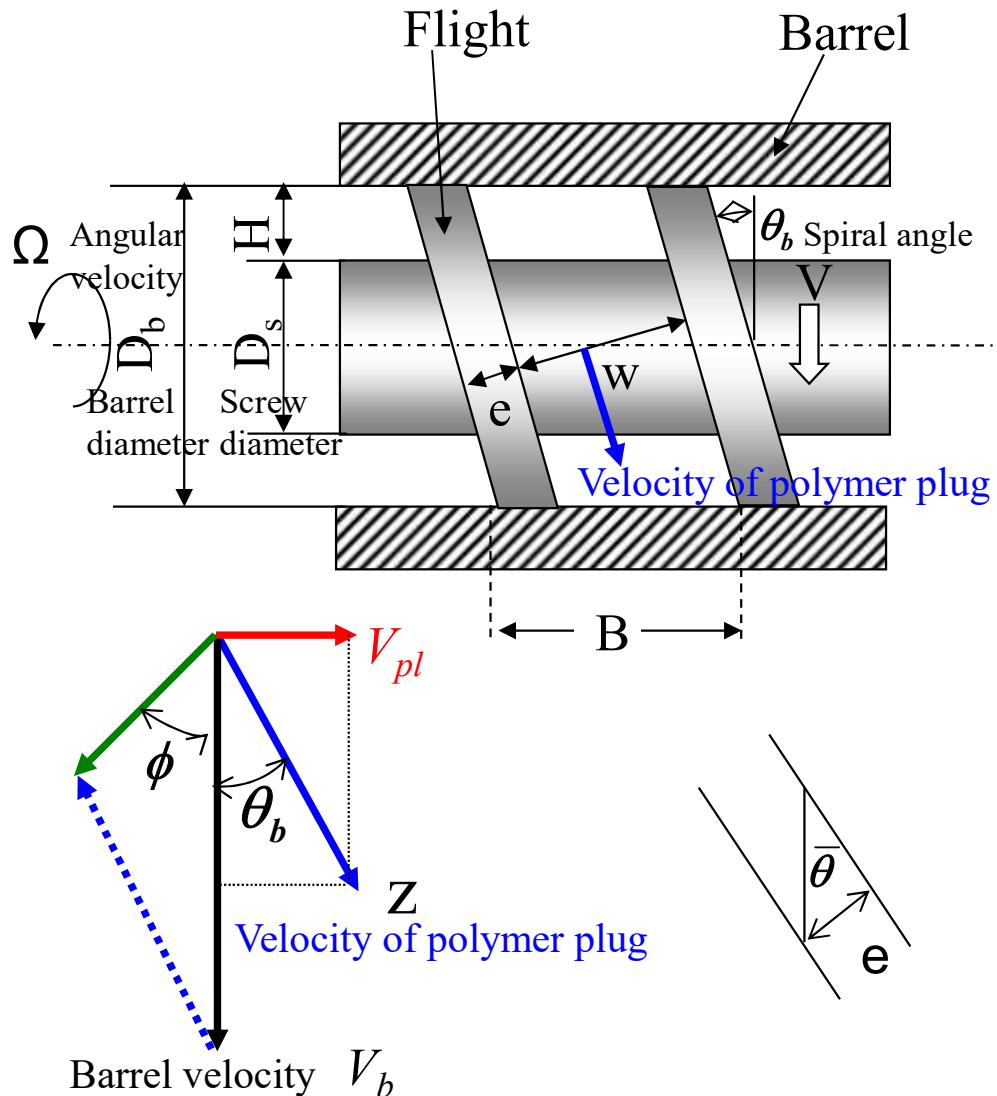
Copyright© 2013- Hyper Advanced Simulation  
Laboratory Co., Ltd. All Rights Reserved

2019/4

株式会社HASL

- 
- ① 固体ソリッド解析機能の改良
  - ② 各種輸送方程式に対するSUPG/FEM 陰解法
  - ③ スクリュ/バレル 2.5D/3D FEM 熱連成解析

# ① 固体ソリッド解析機能の改良



$$V_b = \pi N D_b,$$

$N$ : Frequency of screw rotation

$\bar{\theta}$ : Average helix angle

$\rho_s$ : Solid density

Mass flux

$$G = \pi^2 N H D_b (D_b - H) \rho_s \frac{\tan \varphi \tan \theta_b}{\tan \varphi + \tan \theta_b} \left[ 1 - \frac{e}{\pi (D_b - H) \sin \bar{\theta}} \right]$$

Darnell & Mol model

$$p(z) = p_0 \exp(-\lambda z) \text{ 既往} \Rightarrow p(z) = p_0 \exp(-\lambda(z)z) \text{ 新規}$$

チャネル深さのスクリュ長さ  
依存性を反映

$$\lambda = \frac{A_1 K_s - B_1}{A_2 K_s + B_2},$$

$$A_1 = W_b f_b \sin \phi + 2 H f_s \sin \theta_b + W_s f_s \sin \theta_b,$$

$$B_1 = W_b f_b \cos \phi - 2 H f_s \sin \theta_b \frac{\bar{D}}{D_b} \cot \bar{\theta} - W_s f_s \sin \theta_b \frac{D_s}{D_b} \cot \theta_s$$

$$A_2 = \bar{W} H \sin \bar{\theta},$$

$f_b, f_s$ : Dynamic coefficient of friction at  
barrel and screw surface

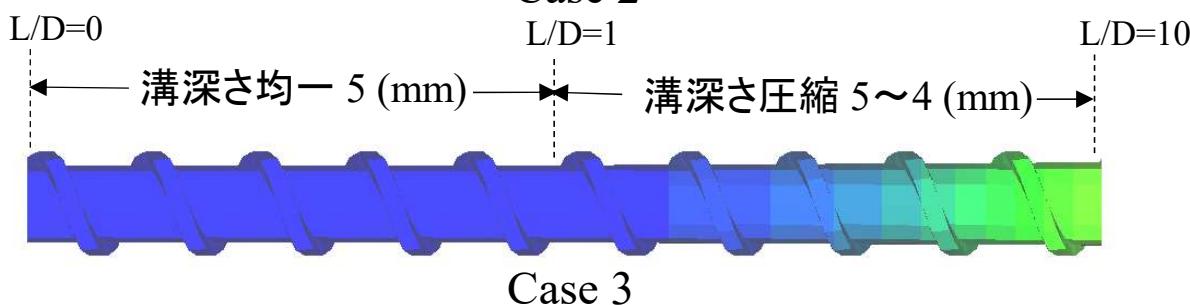
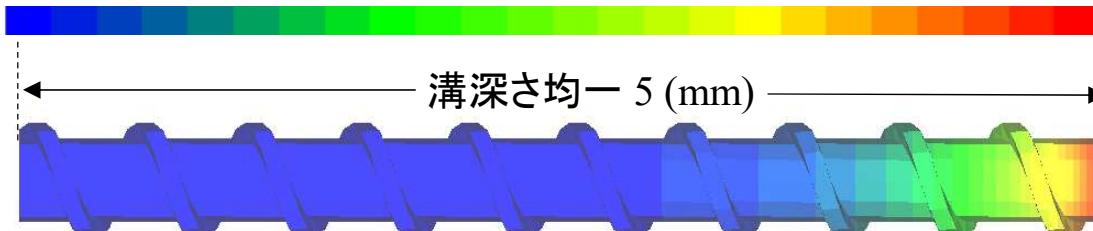
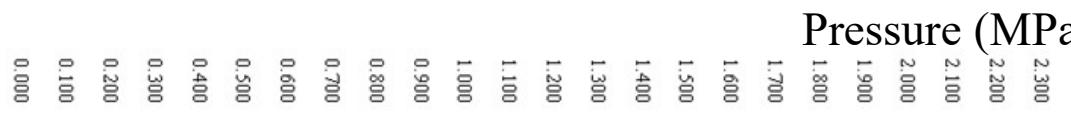
$$B_2 = \bar{W} H \frac{\bar{D}}{D_b} \cos \bar{\theta},$$

$$K_s = \frac{\bar{D}}{D_b} \frac{\sin \bar{\theta} + f_s \cos \bar{\theta}}{\cos \bar{\theta} - f_s \sin \bar{\theta}}$$

$\theta_b$ : Barrel helix angle

$\theta_s$ : Screw helix angle

— : Averaged value



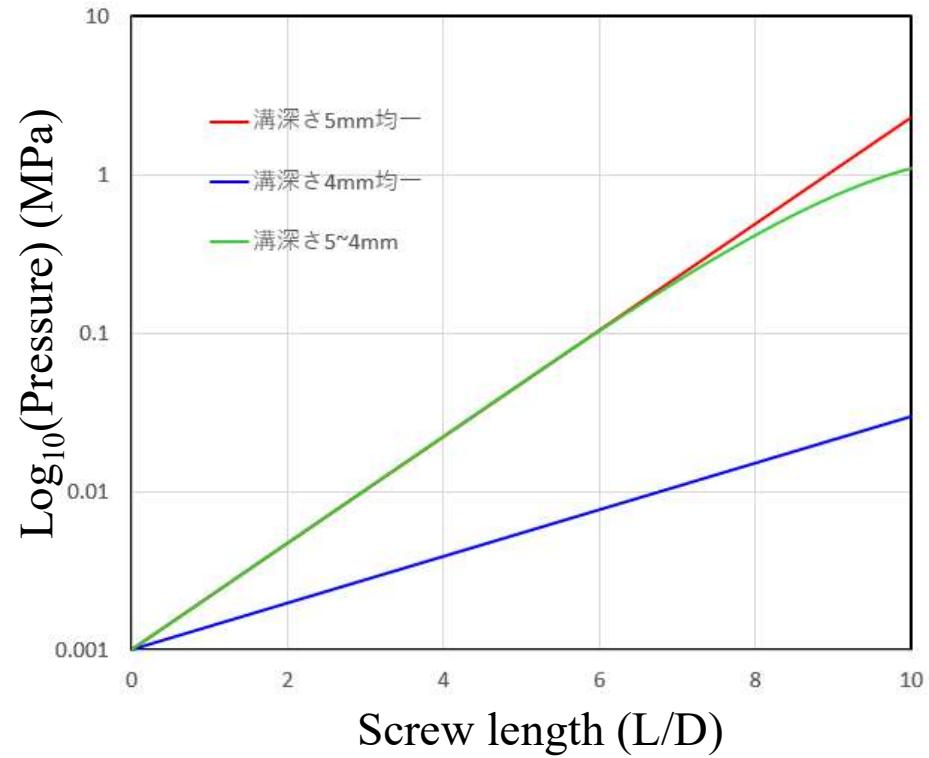
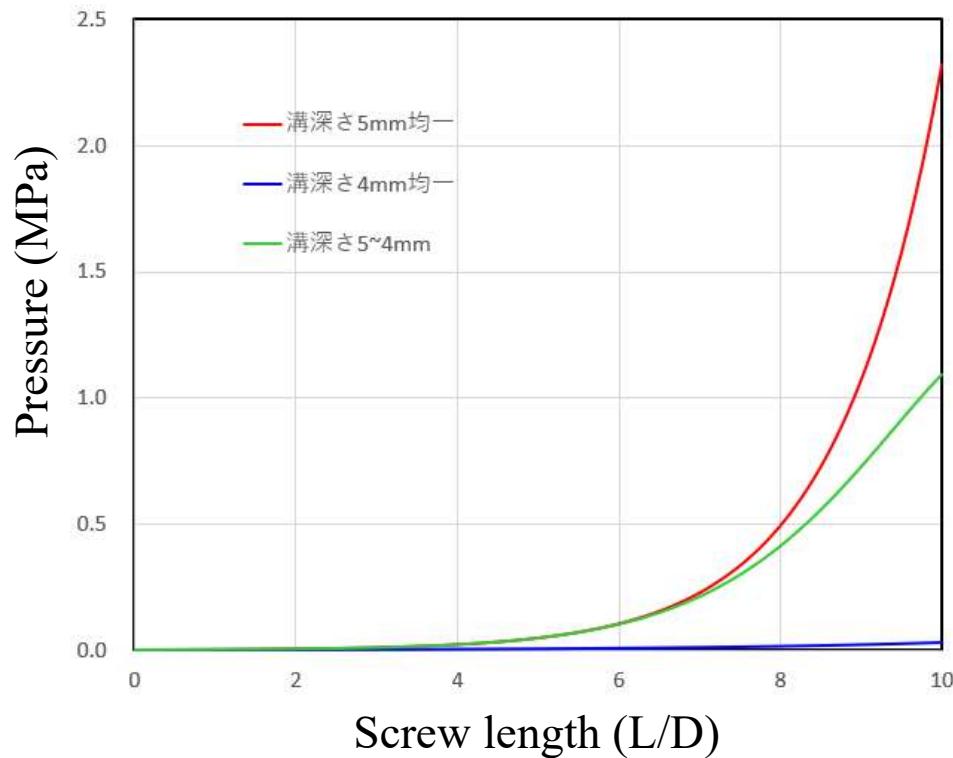
固体ソリッドフィード領域内圧力解析結果

表. ケーススタディ一覧

Case	溝深さ (mm)	溶融開始 点(L/D)	最大圧力 (MPa)
1	均一 5	5.42	2.319
2	均一 4	8.33	0.030
3	均一 5 (L/D:1~5) 圧縮 5~4 (L/D:5~10)	6.33	1.094

### 共通解析条件

$L/D:10$ ,  
 $60 \text{ rpm}$ ,  
 $5 \text{ cc/s}$ ,  
 $f_s=0.25$   
 $f_b=0.3$ .



## 固体ソリッドフィード領域内圧力のスクリュ長依存性

## ② 各種輸送方程式に対するSUPG/FEM 陰解法

表. 現象論的輸送方程式に対する解析法の比較

	時間差分 処理	解析法	対流項 処理	計算 負荷	時間刻 制限	計算 回数
既往	陽解法	FVM	風上差分法	少	CFL条件	大
新規	陰解法	FEM	SUPG法	大	無条件安定	少

既往 : 陽解法

$$\frac{\phi^{n+1} - \phi^n}{\Delta t} + u \frac{\partial \phi^n}{\partial x} + v \frac{\partial \phi^n}{\partial y} + w \frac{\partial \phi^n}{\partial z} = f(\phi^n)$$

Courant-Friedrichs-Lowy condition :

$$\Delta t < \frac{\Delta x}{u}$$

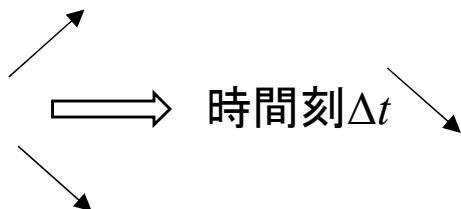
当条件を外すとオーバーフロー  
(NAN: Not A Number 出力)

流速

(回転速)  $u$

メッシュ幅

(充満率)  $\Delta x$



新規 : 陰解法

$$\frac{\phi^{n+1} - \phi^n}{\Delta t} + u \frac{\partial \phi^{n+1}}{\partial x} + v \frac{\partial \phi^{n+1}}{\partial y} + w \frac{\partial \phi^{n+1}}{\partial z} = f(\phi^{n+1})$$

時間刻  $\Delta t$  に制限無し

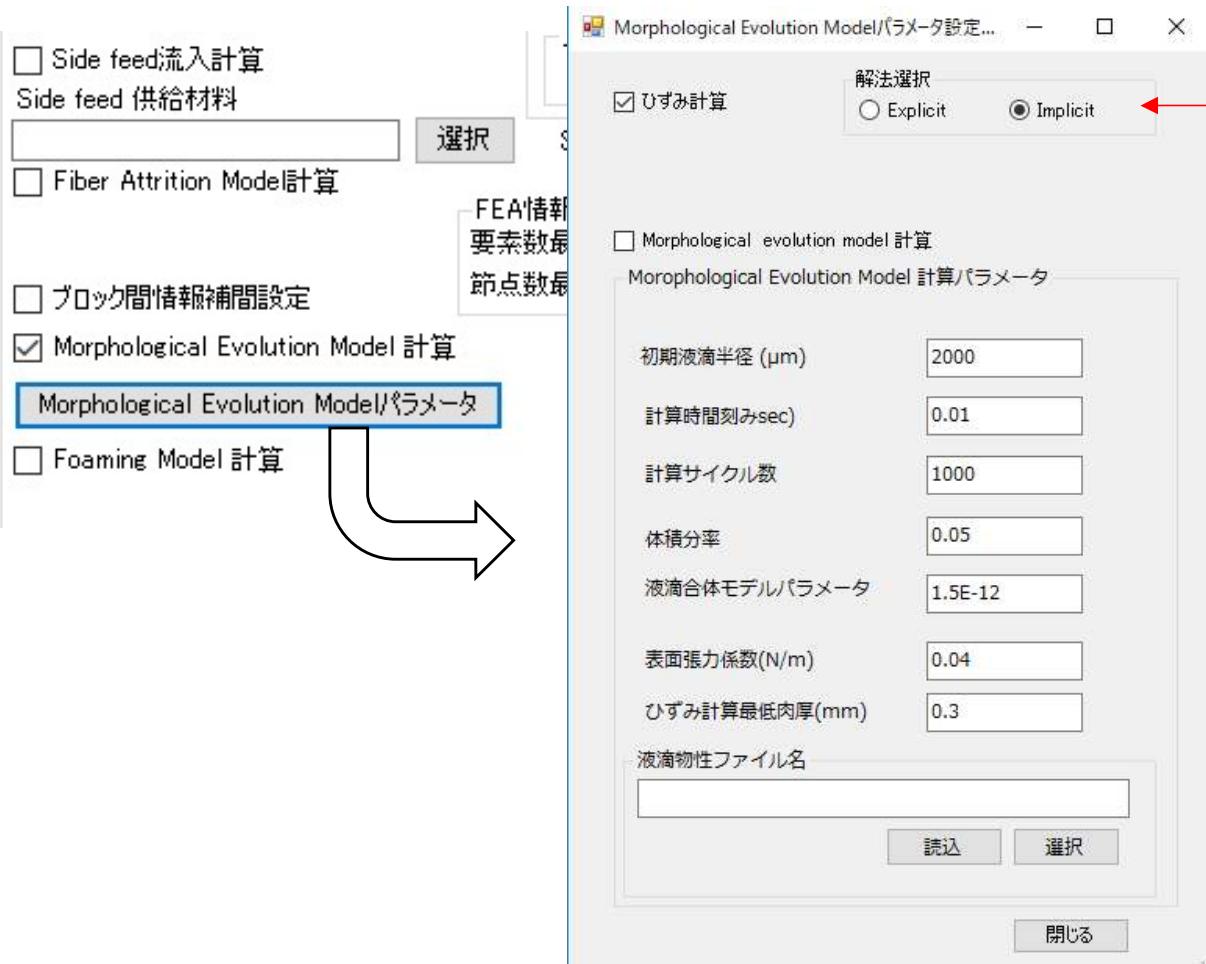
$$\Delta t \rightarrow \infty$$



定常方程式(非線形代数方程式)へ漸近

$$u \frac{\partial \phi^{n+1}}{\partial x} + v \frac{\partial \phi^{n+1}}{\partial y} + w \frac{\partial \phi^{n+1}}{\partial z} = f(\phi^{n+1})$$

# ひずみ計算



## 解法選択

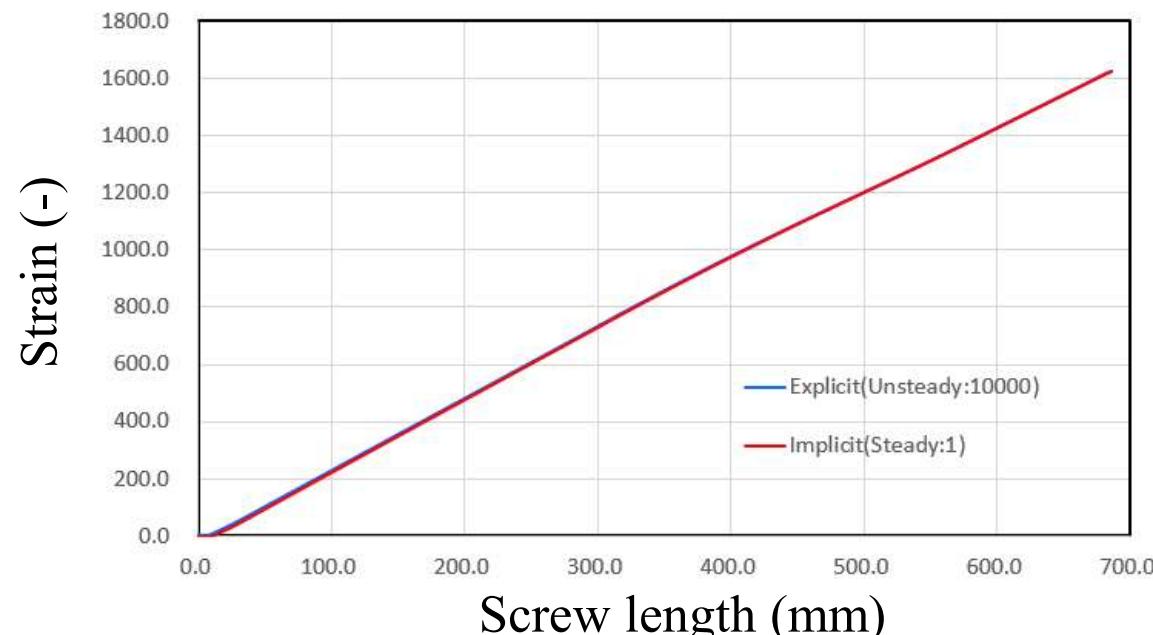
Explicit: FVM風上差分陽解法  
Implicit: SUPG/FEM陰解法 \*)

Explicit採用時: 非定常解析

Implicit採用時: 定常解析

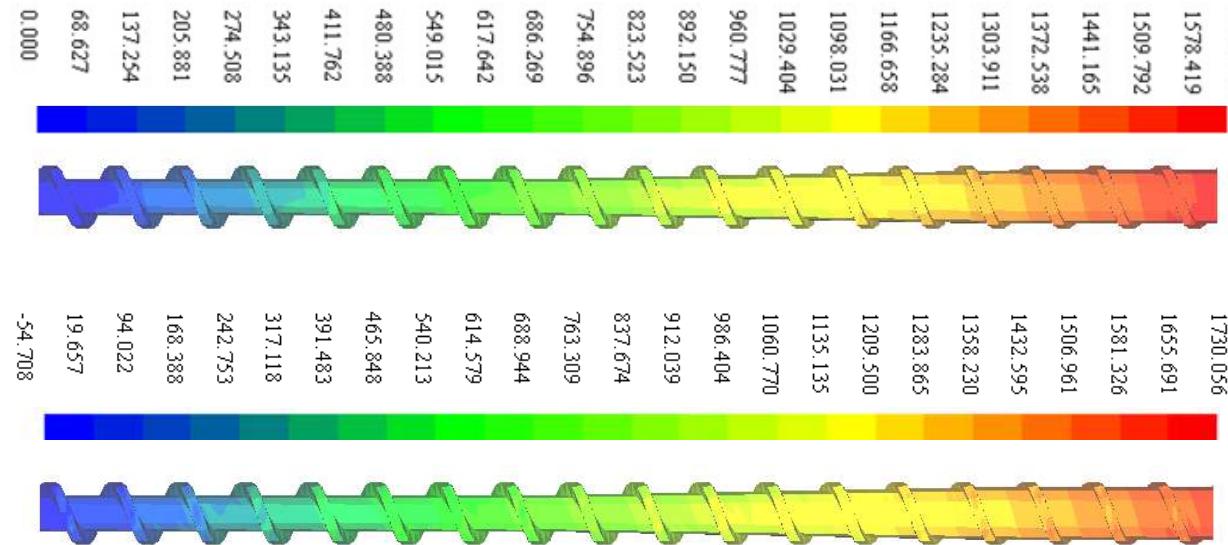
## 表. 解析法の比較

解析法	計算サイクル数/計算種別	計算時間
新規陰解法	定常解析（計算回数1）	1 sec未満
既往陽解法	非定常解析 (Time increment:0.01 sec, Calculation number:10000)	38 sec

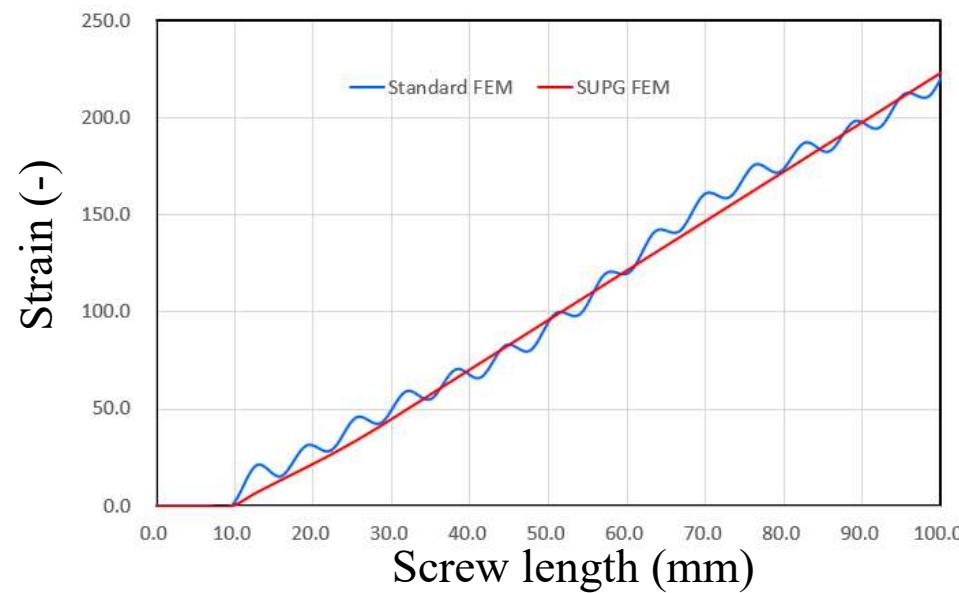


## ひずみ解析結果の比較

## SUPG FEM ひずみ解析結果



## Standard FEM ひずみ解析結果



SUPG FEMの数値振動抑制効果

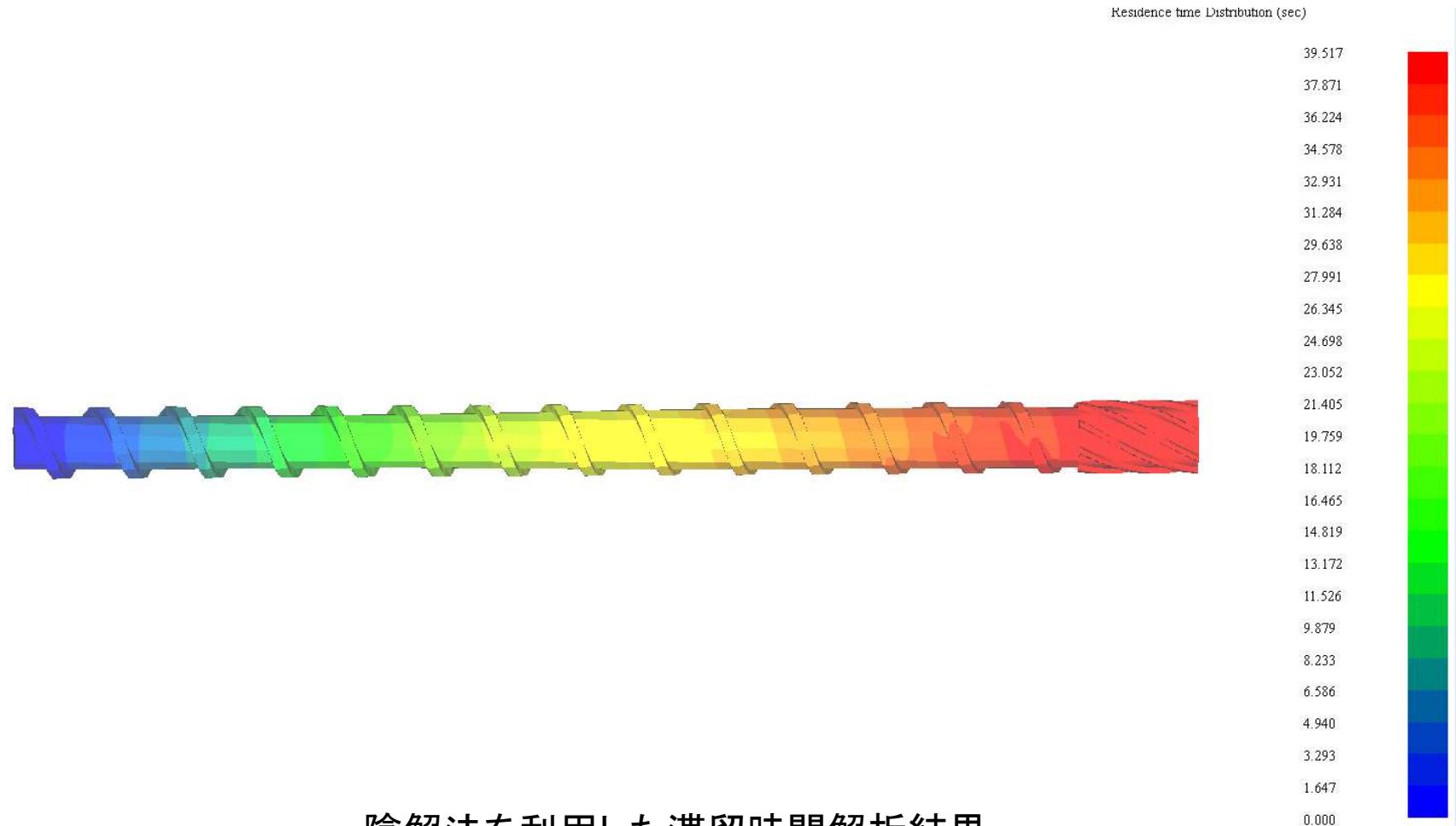
## 対流時間計算



### 解法選択

Explicit:FVM風上差分陽解法  
Implicit:SUPG/FEM陰解法<sup>\*</sup>

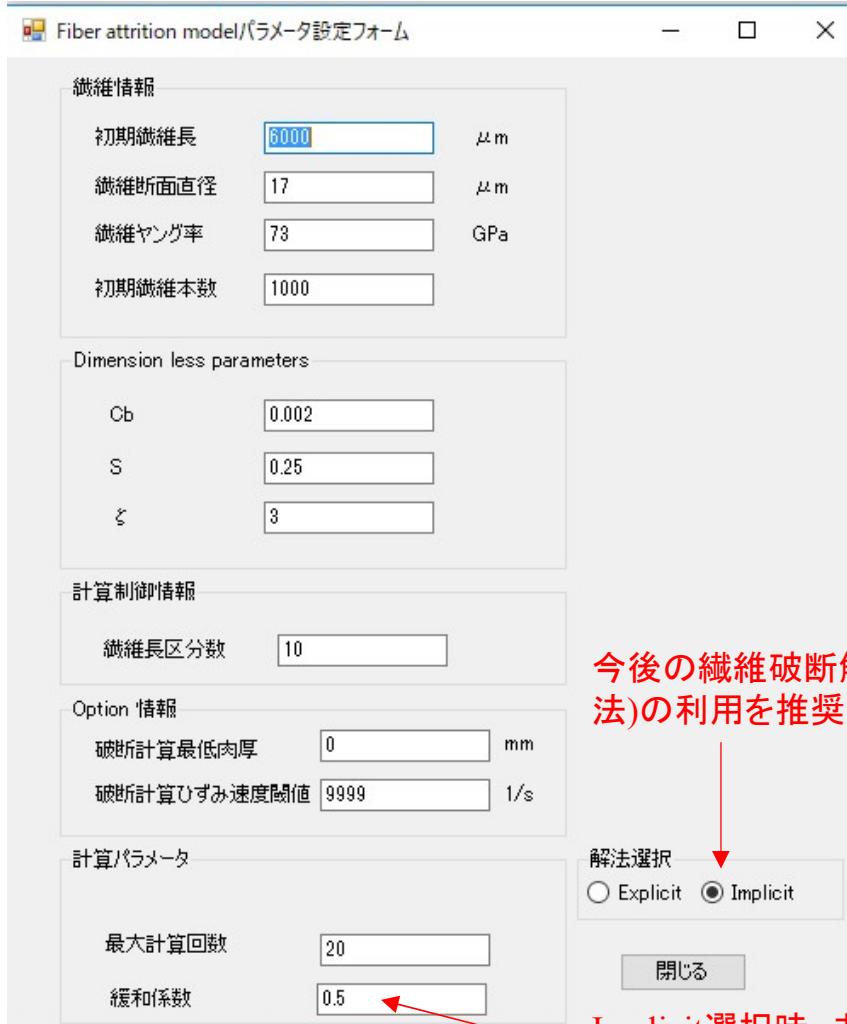
何れの解法選択時も非定常解析  
Explicitの場合、計算時間刻みに対してCFL  
条件の制限を要請。Implicitの場合は、無条  
件安定。



## 陰解法を利用した滞留時間解析結果

- ・滞留時間は、計算要素のVOF計算値が0.5以上になった段階で設定されます。
- ・Explicitでは、要素計算、Implicitでは節点計算となり、計算手法の差により、滞留時間の計算値に差が生じる場合があります。Implicit採用時の計算精度が相対的に高くなります。

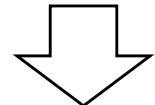
## 纖維破断解析



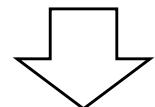
今後の纖維破断解析では、無条件安定のImplicit(陰解法)の利用を推奨。

Implicit選択時、非線形反復計算処理のUnder relaxation coefficient(未緩和係数)を設定。

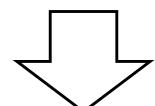
$$\frac{DN_i}{Dt} = -P_i N_i + \sum_{k=i+1}^{i_{\max}} R_{ik} N_k$$

 定常状態

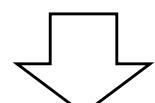
$$u \frac{\partial N_i}{\partial x} + v \frac{\partial N_i}{\partial y} + w \frac{\partial N_i}{\partial z} = -P_i N_i + \sum_{k=i+1}^{i_{\max}} R_{ik} N_k$$

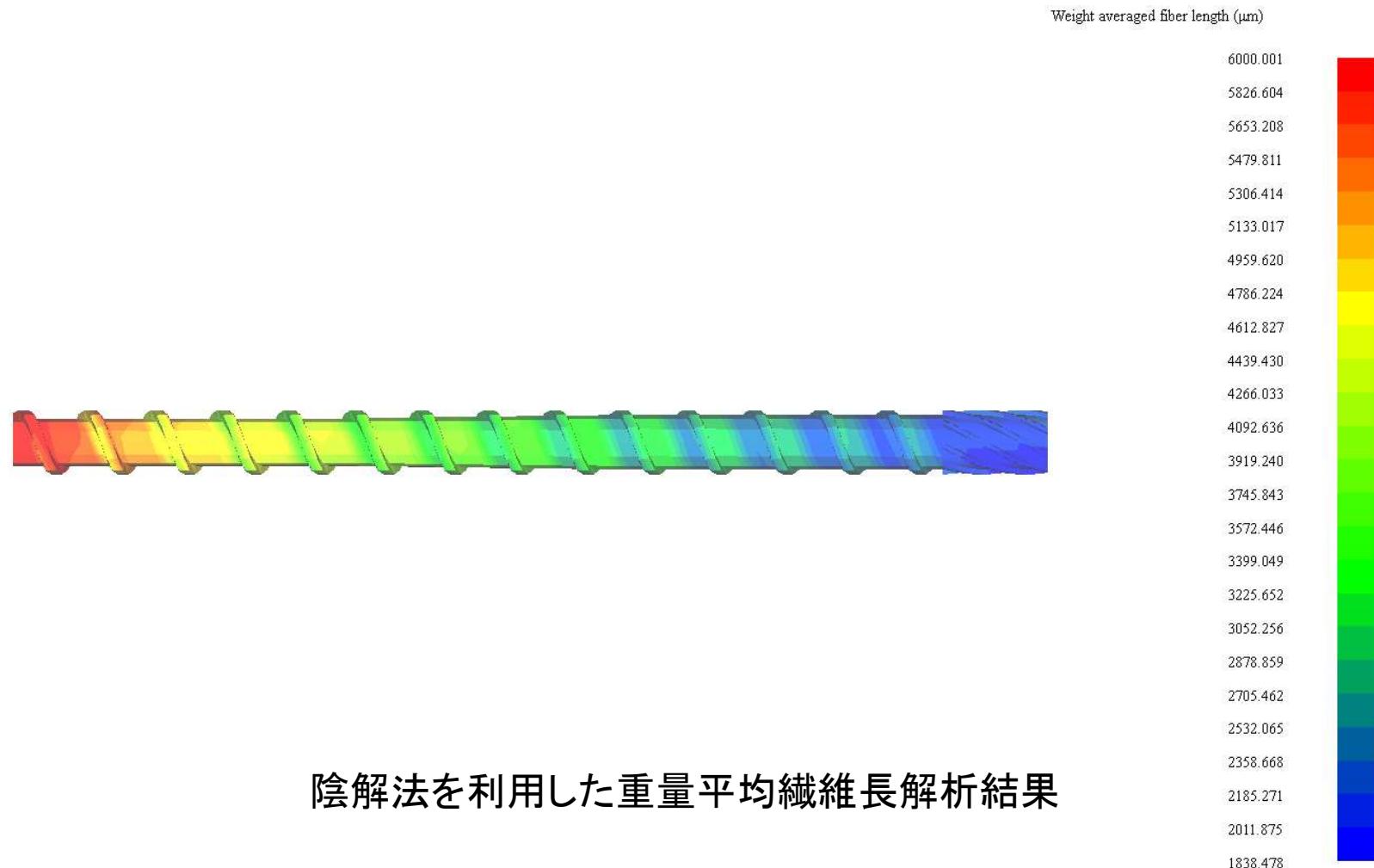
 Implicit 法を利用した非線形反復計算( $l$ :反復回数)を通じて、 $\tilde{N}_i^{l+1}$  を逐次陰的に評価

$$u \frac{\partial \tilde{N}_i^{l+1}}{\partial x} + v \frac{\partial \tilde{N}_i^{l+1}}{\partial y} + w \frac{\partial \tilde{N}_i^{l+1}}{\partial z} = -P_i N_i^l + \sum_{k=i+1}^{i_{\max}} R_{ik} N_k^l$$

 SUR(Successive Under Relaxation)法を用いた解の更新

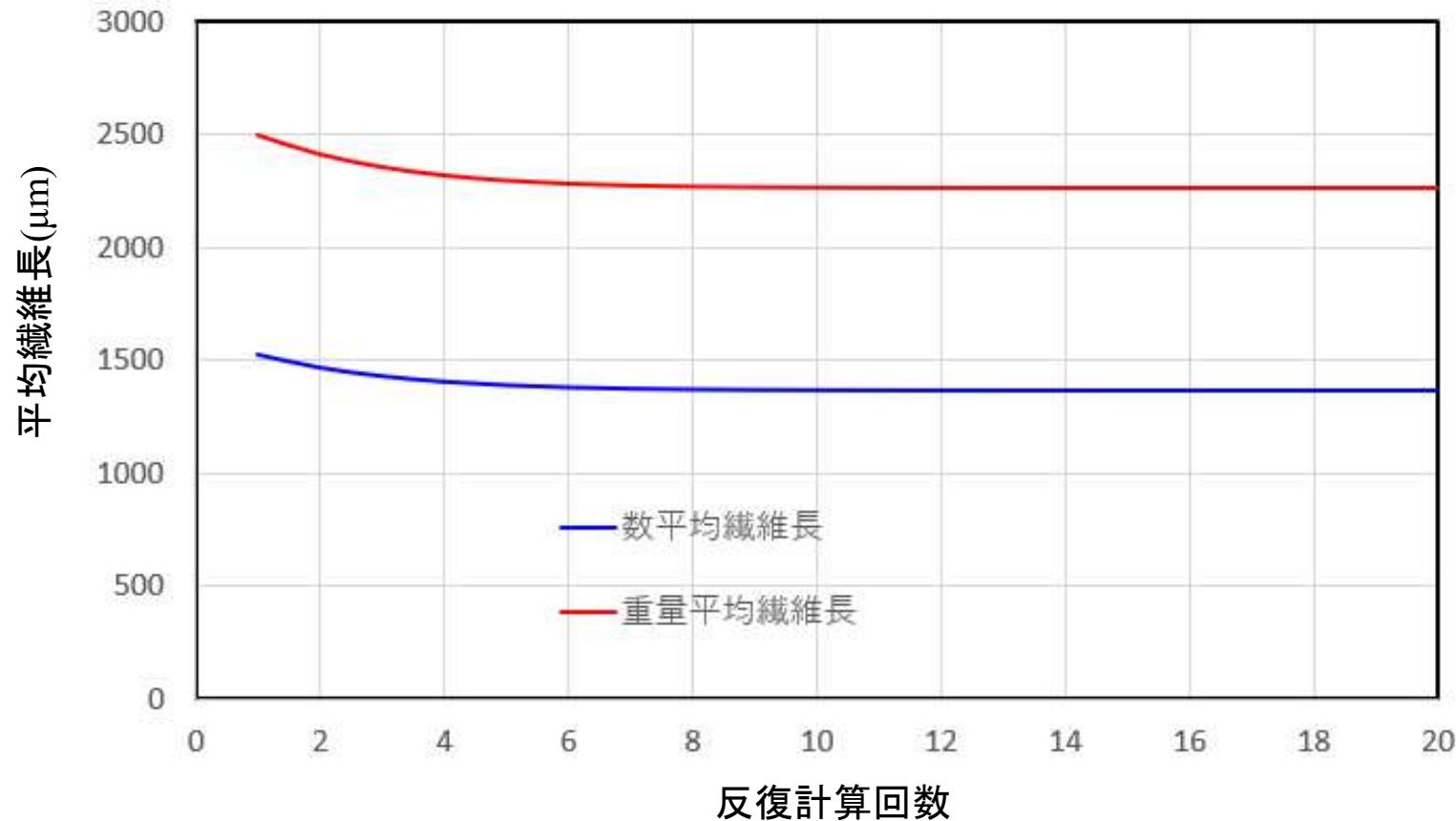
$$N_i^{l+1} = \Omega \tilde{N}_i^{l+1} + (1 - \Omega) N_i^l \quad \Omega: \text{Under relaxation coefficient (未緩和係数)}$$

  $N_i^{l+1} \cong N_i^l \Rightarrow$  収束



## 陰解法を利用した重量平均纖維長解析結果

Implicit採用時の纖維破断解析では、解析結果ファイル名+拡張子fiberconvという名称のテキストファイルにモデル先端で計算される数平均纖維長と重量平均纖維長の反復計算サイクル数依存性がoutputされます。当情報を確認することで解析結果の定常性を判断することが可能です。



### ③ スクリュ/バレル 熱連成解析

#### バレル温度状態支配方程式

定常3D熱伝導方程式:  $\kappa_b \Delta T_b = 0$

$\kappa_b$ : バレル熱伝導率

$T_b$ : バレル温度

境界条件:

$T_b = T_{heater}$  :ヒータ設定温度

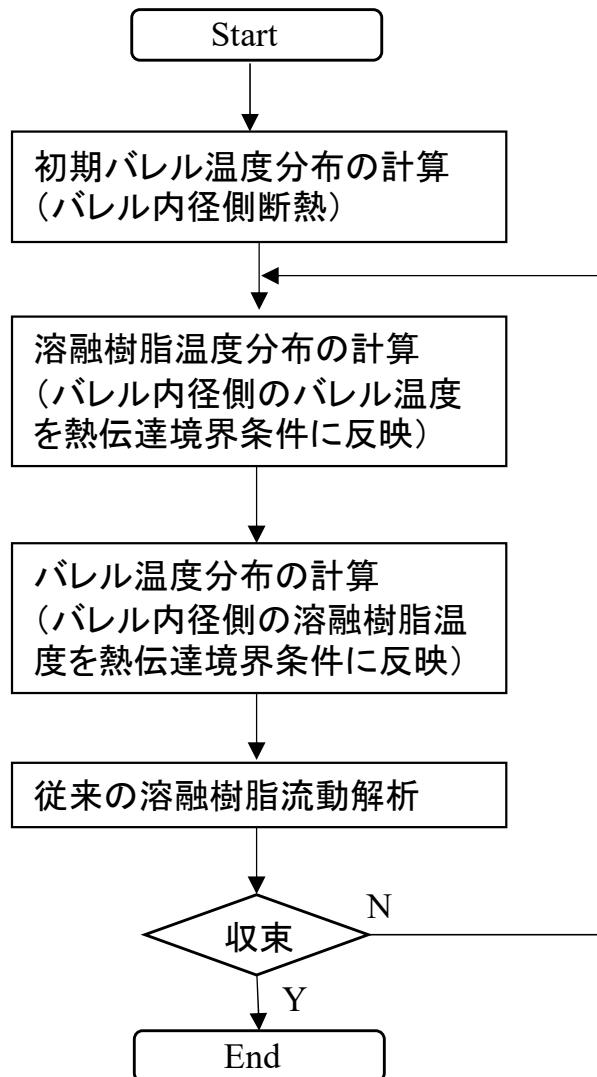
$$\kappa_s \frac{\partial T_s}{\partial h} = -h_{mb}(T_b - T_m) : \text{バレル内径面(溶融樹脂接触面)}$$

$T_b$ : バレル温度

$T_m$ : 樹脂温度

バレル内径面上エネルギー収支式:

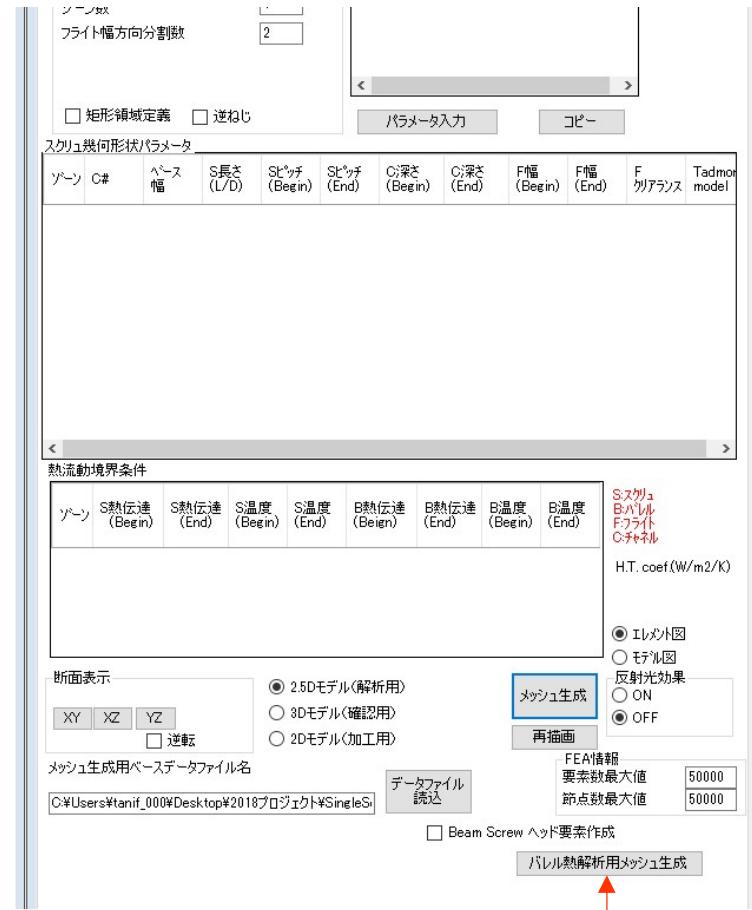
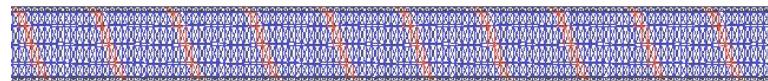
$$\kappa_s \frac{\partial T_s}{\partial h} + \kappa_m \frac{\partial T_m}{\partial h} = 0$$



## 熱連成解析計算フロー

# バレル熱解析モデル作成

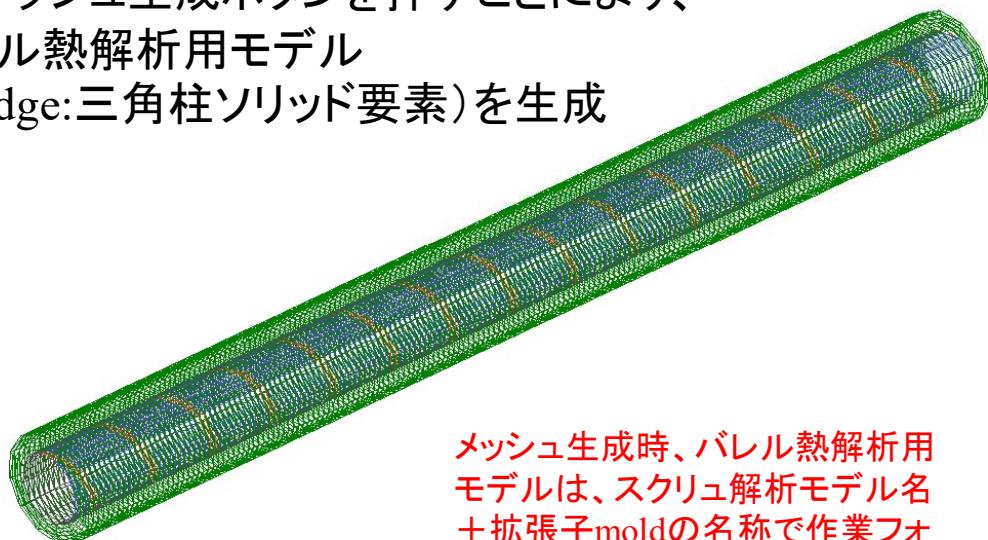
1) Templateを利用し、2.5Dスクリュ  
解析モデルを生成



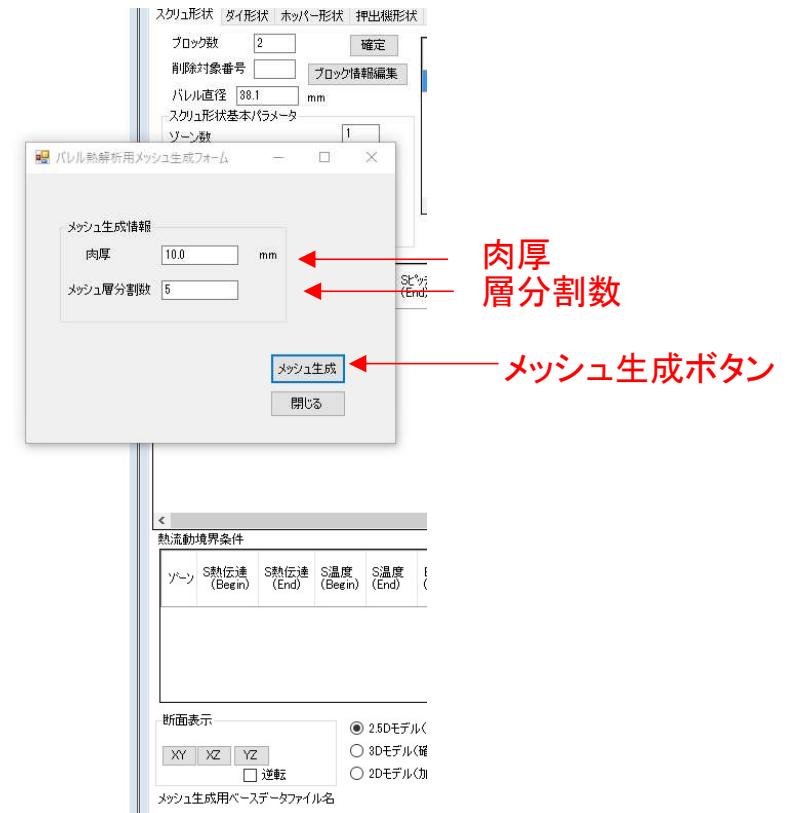
バレル熱解析用メッシュ生成ボタン

2) バレル熱解析用メッシュ生成ボタンを押して表示されるフォーム内でバレル熱解析モデルの肉厚と層分割数を指定

3) メッシュ生成ボタンを押すことにより、  
バレル熱解析用モデル  
(Wedge:三角柱ソリッド要素)を生成



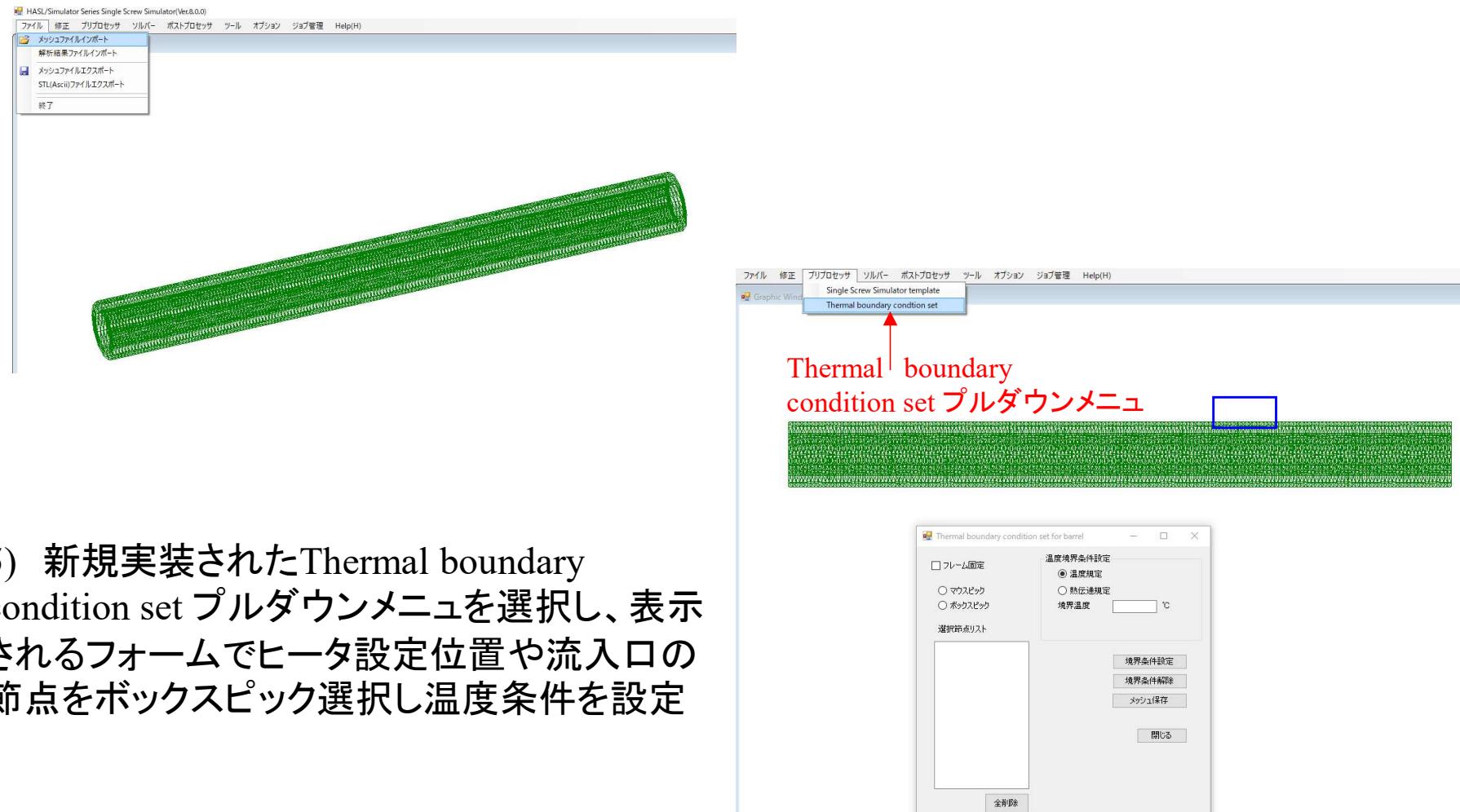
メッシュ生成時、バレル熱解析用  
モデルは、スクリュ解析モデル名  
+拡張子moldの名称で作業フォ  
ルダ一内に保存されます。



バレル熱解析用メッシュ生成フォーム

## 温度境界条件の設定

4) メッシュファイルインポートをプルダウン選択、ファイルフィルタをmoldに切り替え、バレル金型解析モデルをインポート



5) 新規実装されたThermal boundary condition set プルダウンメニューを選択し、表示されるフォームでヒータ設定位置や流入口の節点をボックスピック選択し温度条件を設定

## スクリュ/バレル熱連成解析の実行

6) 新規実装されたバレル熱連成解析チェックボックスをチェックし、熱連成解析条件設定ボタンを押して表示されるフォーム内でバレル熱解析用メッシュ、熱伝導率及び熱伝達係数等の情報を設定。実行ボタンを押すことで熱連成解析を開始。

流入口温度 150 °C  
スクリュ回転数 60 rpm  
 フィードホッパー領域内圧力計算  
 固体輸送領域内圧力計算  
 Tadmor溶融可塑化モデル計算  
 溶融体輸送領域内熱流動計算  
 先端ダイ内熱流動計算  
 Side feed流入計算  
Side feed 供給材料  
 Fiber Attrition Model計算  
 ブロック間情報補間設定  
 Morphological Evolution Model 計算  
 Foaming Model 計算  
解析結果ファイル名 testmoldthermo  
Word出力 保存 実行  
■ 滞留時間計算パラメータ  
● 自動セット ○ 固定 0.1  
計算サイクル数 800  
最大計算サイクル数 2000  
■ FEA情報  
要素数最大値 50000  
節点数最大値 50000  
■ フライト側壁補正  
● OFF ○ ON  
 バレル熱連成解析  
 热連成解析条件設定  
 FS3Dメッシュ利用

バレル熱解析設定条件  
バレル熱解析用メッシュ  
testmoldthermo 選択  
熱伝導率  
90.9 W/m/K  
バレル内径側熱伝達係数  
300 W/m<sup>2</sup>/K  
閉じる

バレル熱解析設定条件フォーム

バレル熱連成解析チェックボックスと  
熱連成解析条件設定ボタン

# スクリュ/バレル熱連成解析のポスト処理

```
Non-Newtonian Thermal Flow Calcualtion iter.=      97
***** barrel temperatue :  197.9667
198.8854
qoutlet= -5.000000
qin =  4.999815
qin=  4.999815    runnerinlet=  0.0000000E+00  sidefeedinlet=  0.0000000E+00
qprescribed=  5.000000
Screw outlet average pressure :  10.72275     Flowoutlet :  4.999815

Non-Newtonian Thermal Flow Calcualtion iter.=      98
***** barrel temperatue :  197.9667
198.8854
qoutlet= -5.000000
qin =  4.999815
qin=  4.999815    runnerinlet=  0.0000000E+00  sidefeedinlet=  0.0000000E+00
qprescribed=  5.000000
Screw outlet average pressure :  10.72275     Flowoutlet :  4.999815

Non-Newtonian Thermal Flow Calcualtion iter.=      99
***** barrel temperatue :  197.9667
198.8854
qoutlet= -5.000000
qin =  4.999815
qin=  4.999815    runnerinlet=  0.0000000E+00  sidefeedinlet=  0.0000000E+00
qprescribed=  5.000000
Screw outlet average pressure :  10.72275     Flowoutlet :  4.999815

Non-Newtonian Thermal Flow Calcualtion iter.=      100
***** barrel temperatue :  197.9667
198.8854
qoutlet= -5.000000
qin =  4.999815
qin=  4.999815    runnerinlet=  0.0000000E+00  sidefeedinlet=  0.0000000E+00
qprescribed=  5.000000
Screw outlet average pressure :  10.72275     Flowoutlet :  4.999815

***** Thermal Flow Calucation End *****

##### Program Normal End !!! Press Any Key
```

連成熱解析収束状況の経過情報出力

内容12:層温度を選択し、層番号を肉厚分割数+1に設定して、バレル面樹脂温度をコンター出力



スクリュ内溶融樹脂温度分布

