

# Single Screw Simulator(Ver.9.0.0)

## 改良成果資料



2019/4

株式会社HASL

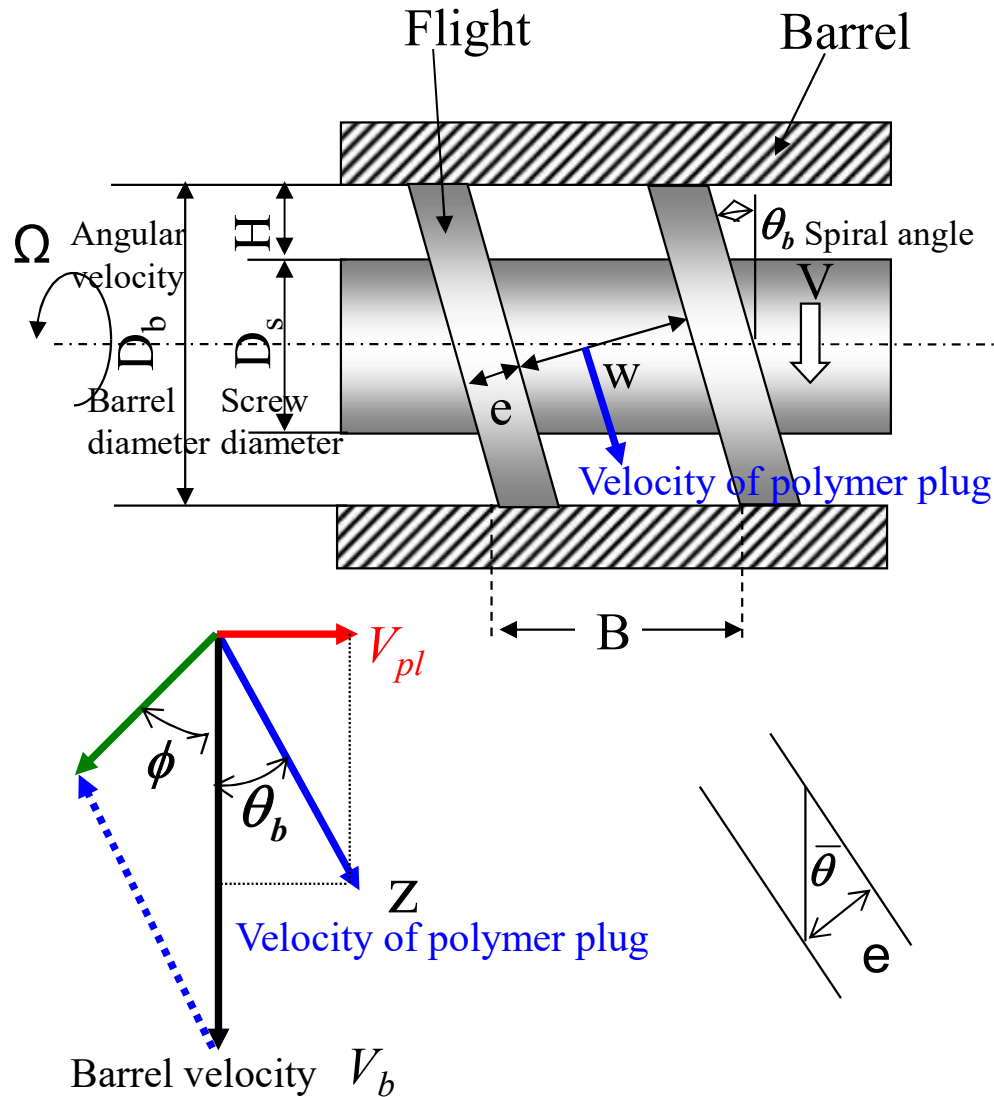
---

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

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

チャンネル深さのスクリュ長さ  
依存性を反映

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

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

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

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

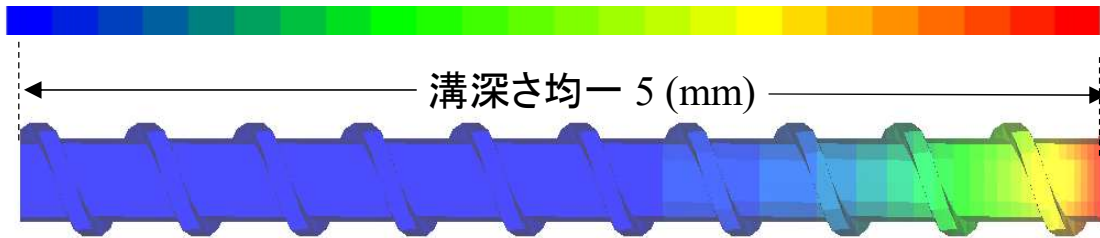
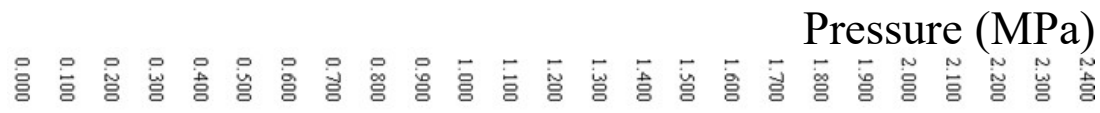
$$B_2 = \overline{W}H \frac{\overline{D}}{D_b} \cos \bar{\theta},$$

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

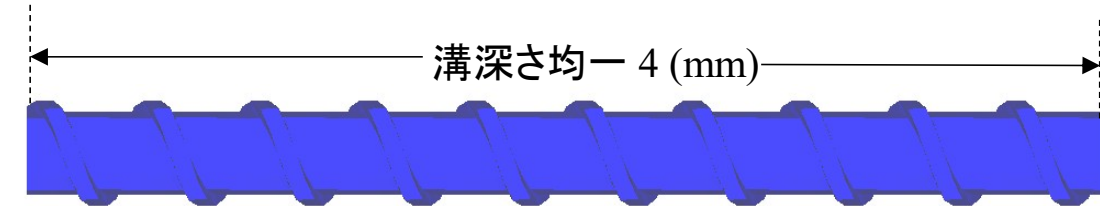
$f_b, f_s$  : Dynamic coefficient of friction at barrel and screw surface

 $\theta_b$  : Barrel helix angle $\theta_s$  : Screw helix angle

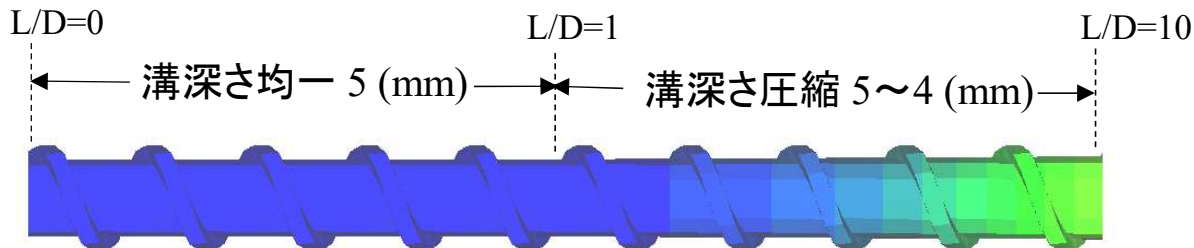
— : Averaged value



Case 1



Case 2



Case 3

固体ソリッドフィード領域内圧力解析結果

表. ケーススタディー一覧

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

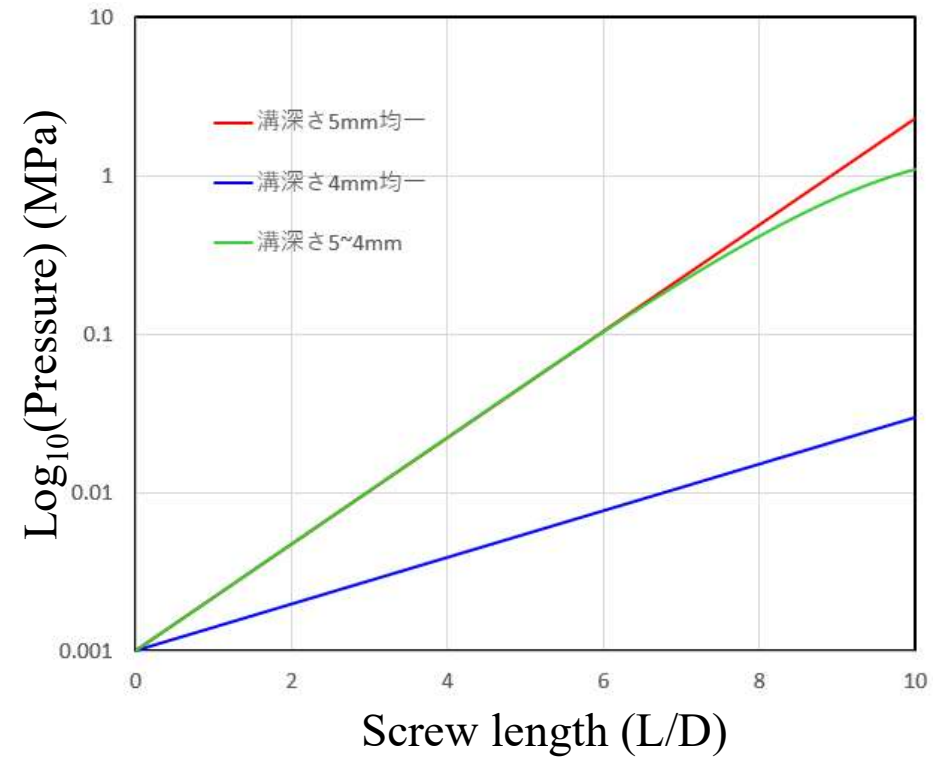
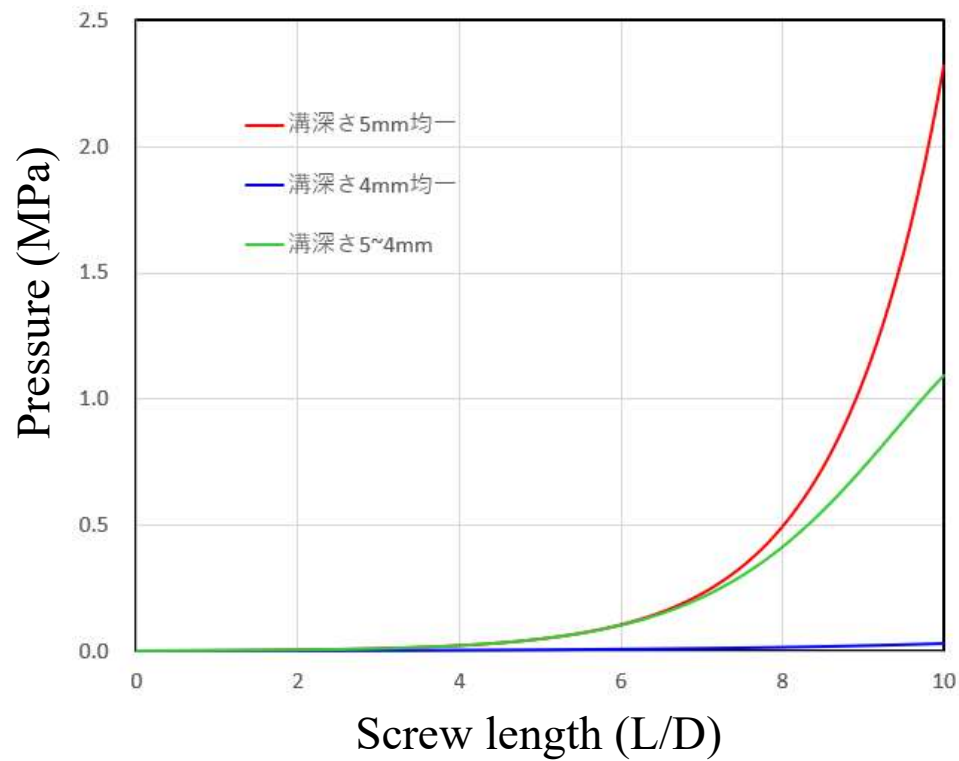
$L/D:10$ ,

60 rpm,

5 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-Lewy condition :

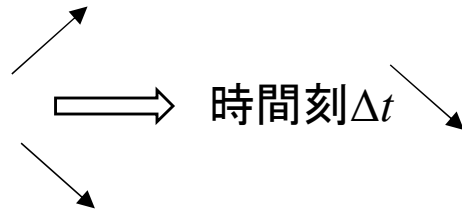
$$\Delta t < \frac{\Delta x}{u} \quad \text{当条件を外すとオーバーフロー (NaN: Not A Number 出力)}$$

流速

(回転速)  $u$

メッシュ幅

(充填率)  $\Delta x$



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

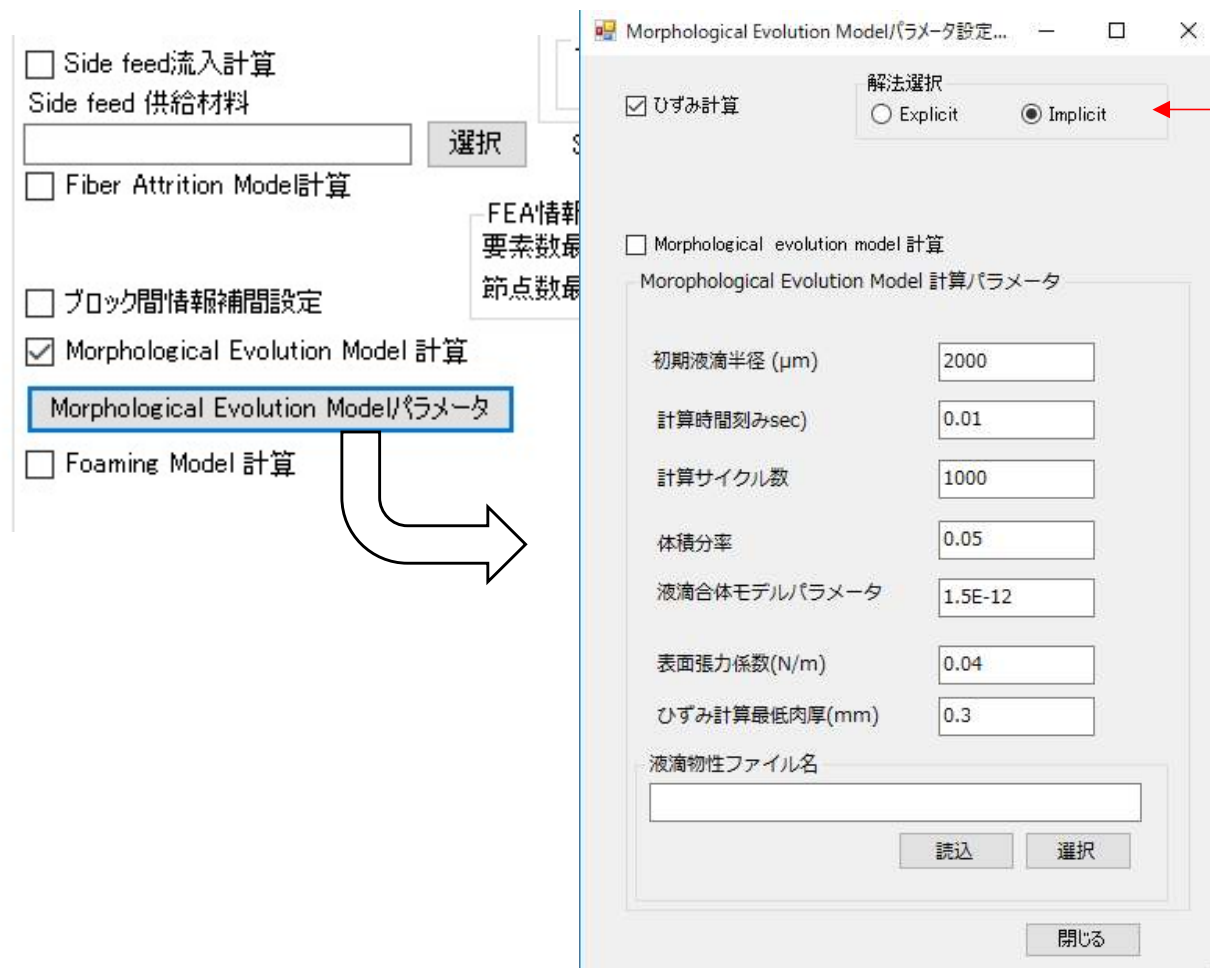
$$\Delta t \rightarrow \infty$$



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

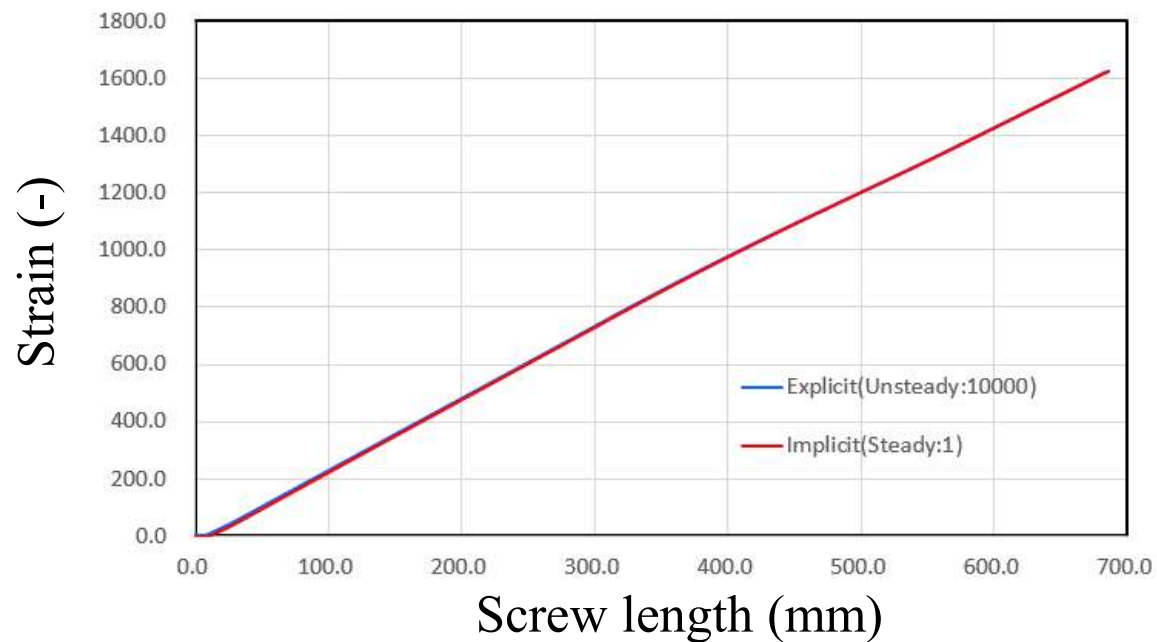
Explicit: FVM風上差分陽解法  
Implicit: SUPG/FEM陰解法\*)

Explicit採用時: 非定常解析

Implicit採用時: 定常解析

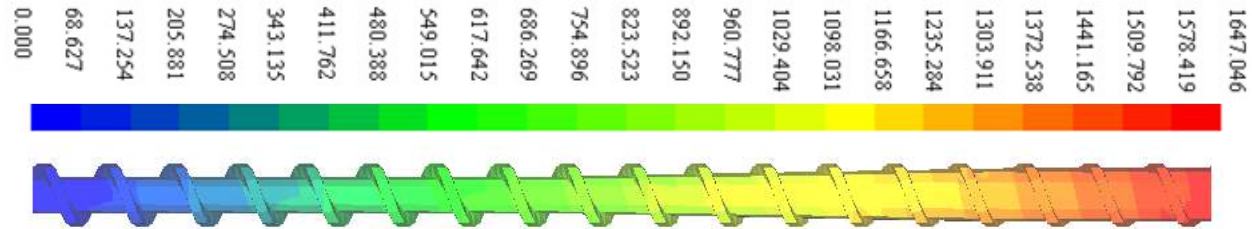
表. 解析法の比較

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

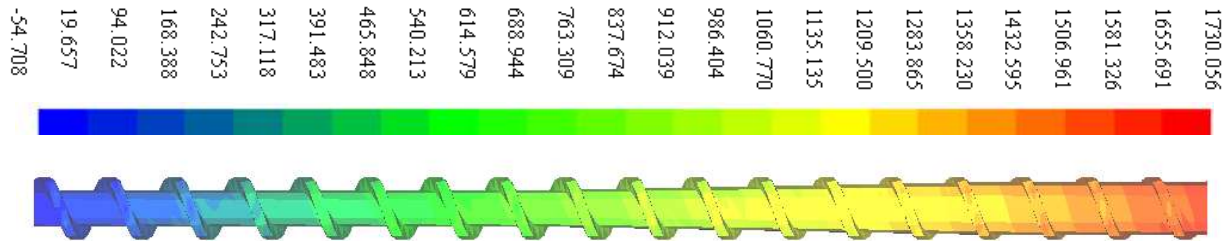


ひずみ解析結果の比較

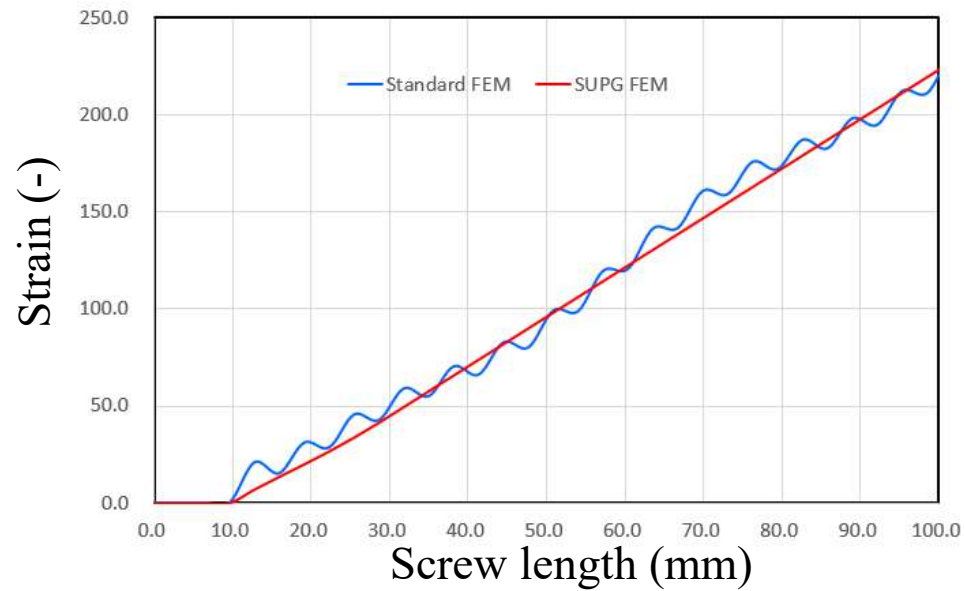




SUPG FEM  
ひずみ解析結果



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

滞留時間計算パラメータ

計算時間パラメータ

☒ 自動セット ☐ 固定

計算サイクル数 800

最大計算サイクル数 2000

ファイル出力

ファイル出力間隔 100

☒ Explicit ☐ Implicit

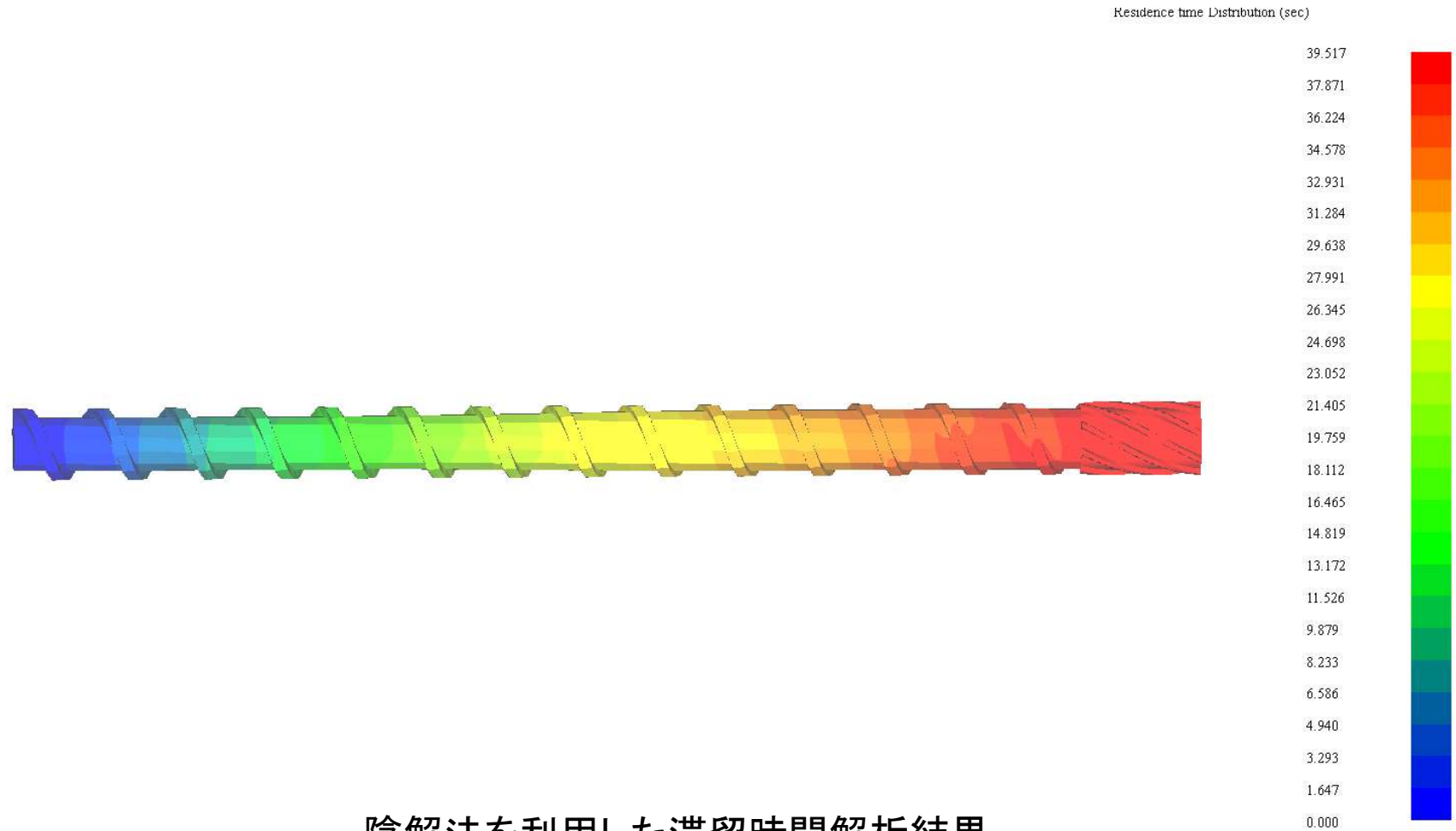
### 解法選択

Explicit: FVM風上差分陽解法

Implicit: SUPG/FEM陰解法\*)

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。

## 繊維破断解析

Fiber attrition model/パラメータ設定フォーム

繊維情報

初期繊維長	<input type="text" value="6000"/>	$\mu\text{m}$
繊維断面直径	<input type="text" value="17"/>	$\mu\text{m}$
繊維ヤング率	<input type="text" value="73"/>	GPa
初期繊維本数	<input type="text" value="1000"/>	

Dimension less parameters

Cb	<input type="text" value="0.002"/>
S	<input type="text" value="0.25"/>
$\xi$	<input type="text" value="3"/>

計算制御情報

繊維長区分数	<input type="text" value="10"/>
--------	---------------------------------

Option 情報

破断計算最低肉厚	<input type="text" value="0"/>	mm
破断計算ひずみ速度閾値	<input type="text" value="9999"/>	1/s

計算パラメータ

最大計算回数	<input type="text" value="20"/>
緩和係数	<input type="text" value="0.5"/>

解法選択

☐ Explicit ☒ Implicit

閉じる

今後の繊維破断解析では、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

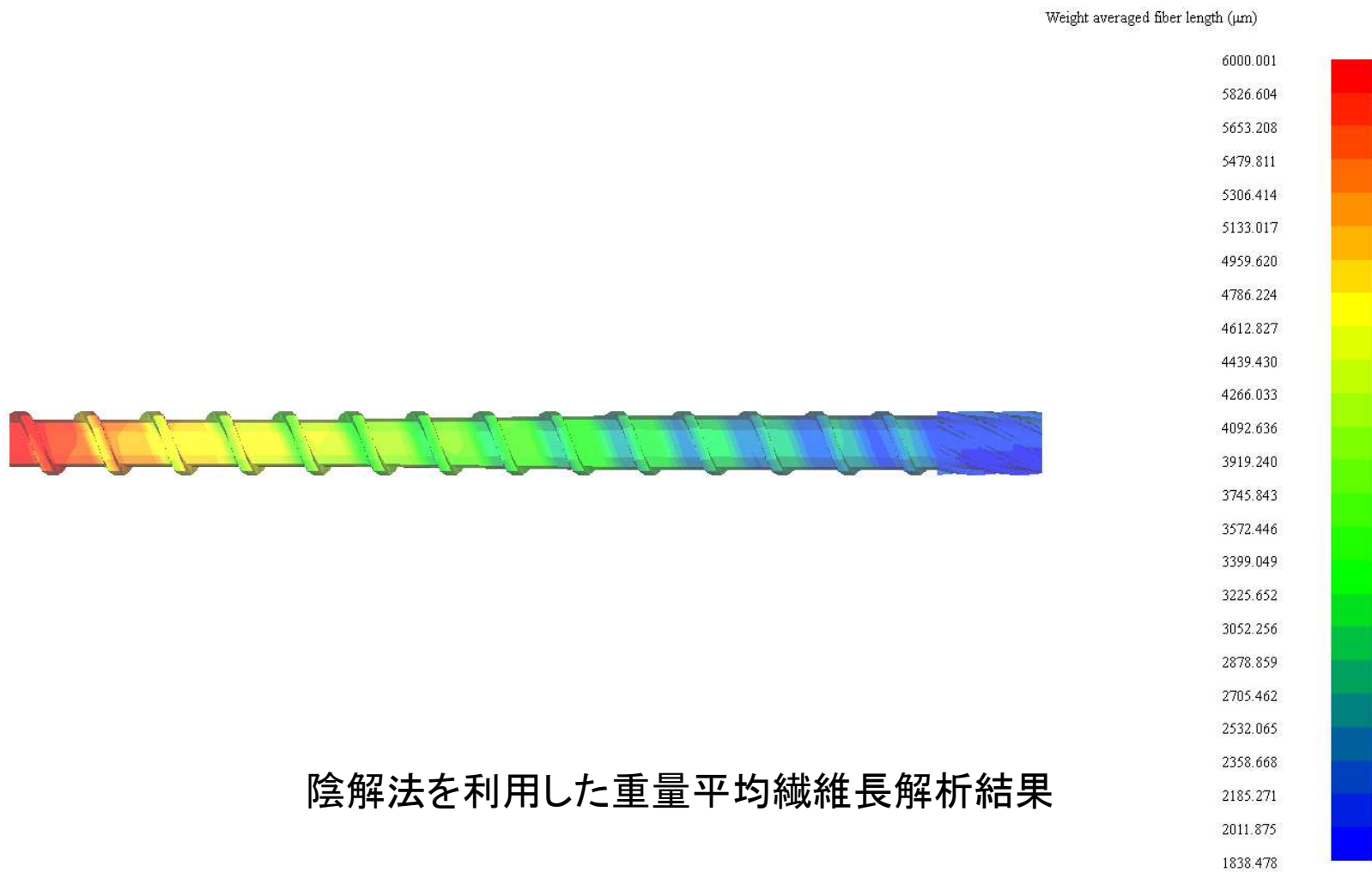
$$u \frac{\partial \tilde{N}_i^{l+1}}{\partial x} + v \frac{\partial \tilde{N}_i^{l+1}}{\partial y} + w \frac{\partial \tilde{N}_i^{l+1}}{\partial z} = -P_i N_i^l + \sum_{k=i+1}^{i \max} R_{ik} N_k^l$$

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

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

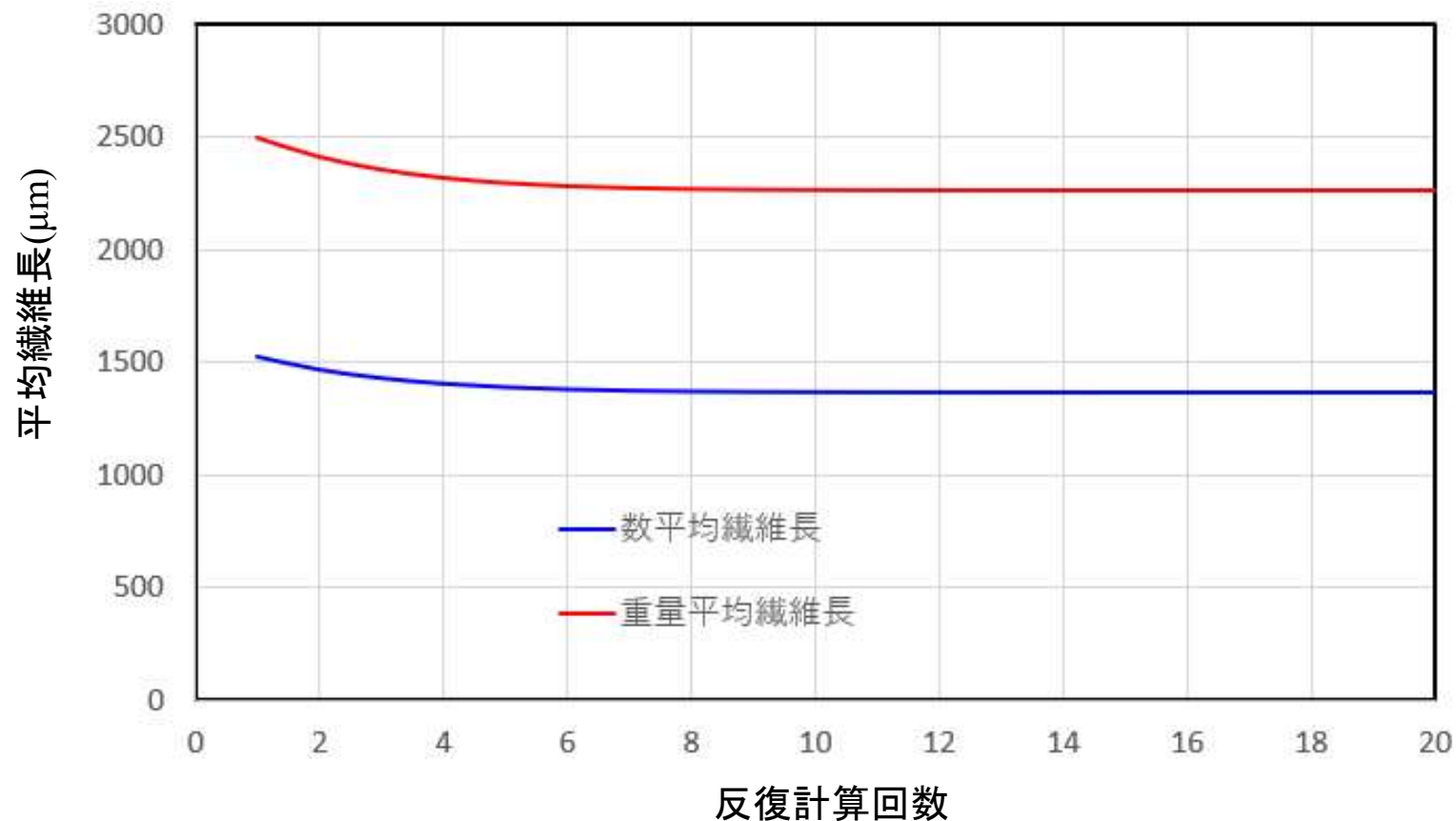
↓

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



陰解法を利用した重量平均繊維長解析結果

Implicit採用時の繊維破断解析では、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繊維長と重量平均繊維長の反復計算サイクル数依存性が出力されます。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

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

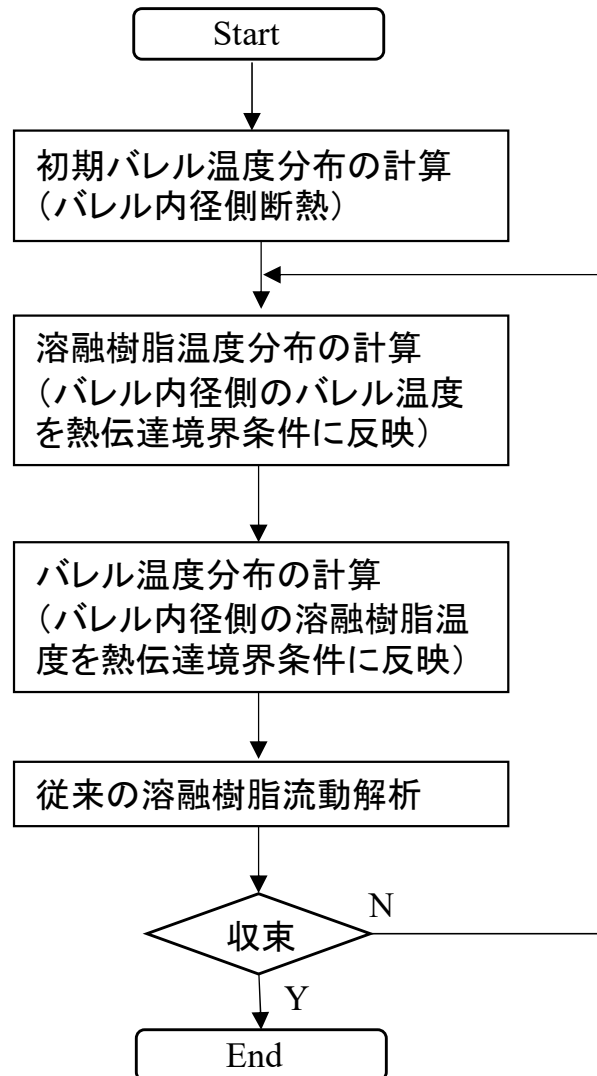
$T_b$ : バレル温度

$T_m$ : 樹脂温度

バレル内径面上エネルギー収支式:

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

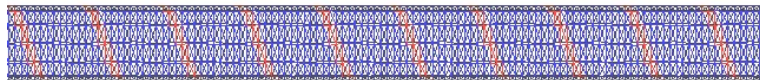




## 熱連成解析計算フロー

## バレル熱解析モデル作成

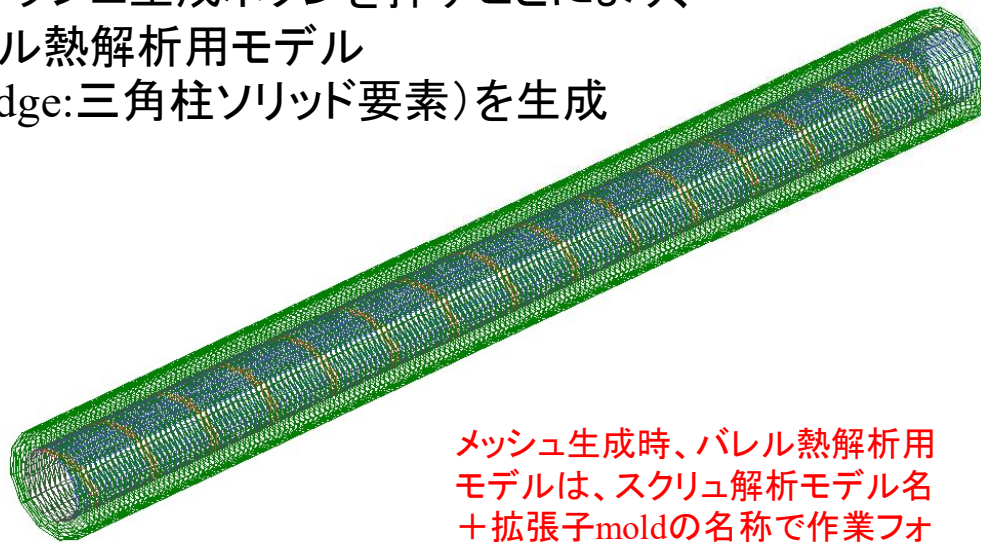
1) Templateを利用し、2.5Dスクリーン解析モデルを生成

[illegible]

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



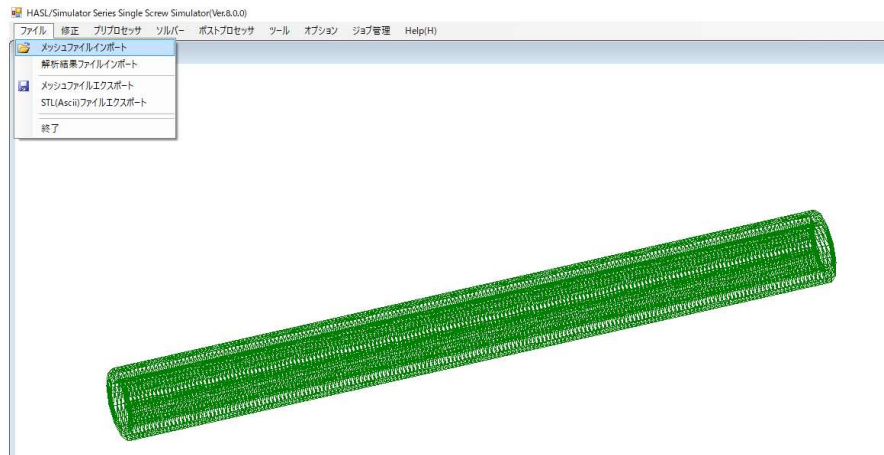
メッシュ生成時、バレル熱解析用モデルは、スクリュ解析モデル名 + 拡張子moldの名称で作業フォルダー内に保存されます。

肉厚  
層分割数  
メッシュ生成ボタン

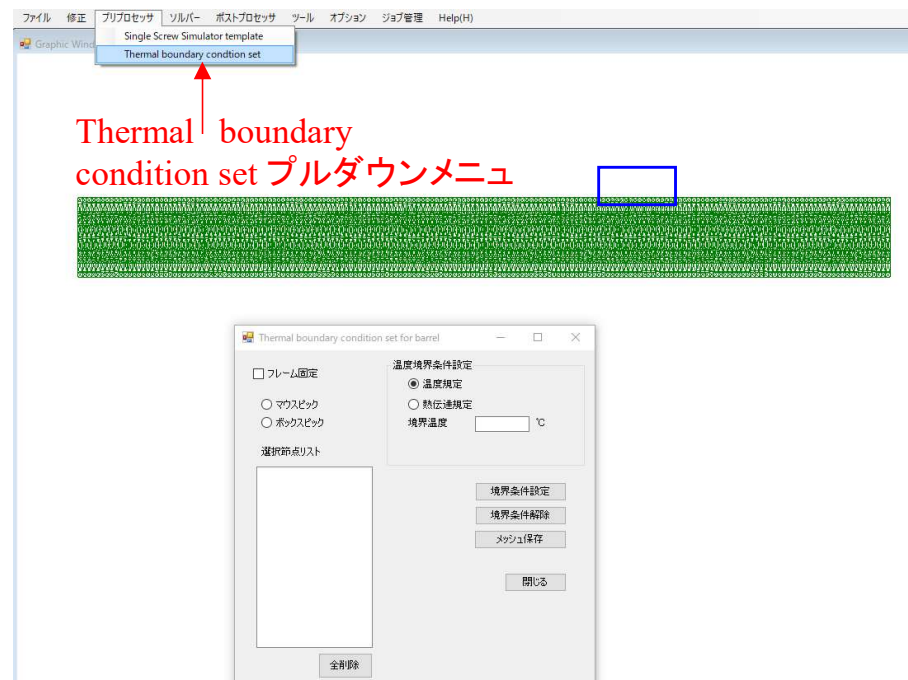
## バレル熱解析用メッシュ生成フォーム

## 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	℃
スクレ回転数	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  選択

☐ Fiber Attrition Mode計算

☐ ブロック間情報補間設定  
☐ Morphological Evolution Model 計算  
☐ Foaming Model 計算

滞留時間計算パラメータ  
 計算時間パラメータ  
☒ 自動セット ☐ 固定   
 計算サイクル数   
 最大計算サイクル数

ファイル出力  
 ファイル出力間隔

SideFeed計算回数


FEA情報  
 要素数最大値   
 節点数最大値

フライト側壁補正  
☒ OFF ☐ ON

☒ パレル熱連成解析  
 熱連成解析条件設定 ☐ FS3Dメッシュ利用

解析結果ファイル名

Word出力 保存 実行



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

## バル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 Calculation iter.= 97
*** barrel temperature : 197.9667
198.8654
qoutlet= -5.000000
qin= 4.999815
qin= 4.999815 runnerinlet= 0.000000E+00 sidefeedinlet= 0.000000E+00
qprescribed= 5.000000
Screw outlet average pressure : 10.72275 Flowoutlet : 4.999815

Non-Newtonian Thermal Flow Calculation iter.= 98
*** barrel temperature : 197.9667
198.8654
qoutlet= -5.000000
qin= 4.999815
qin= 4.999815 runnerinlet= 0.000000E+00 sidefeedinlet= 0.000000E+00
qprescribed= 5.000000
Screw outlet average pressure : 10.72275 Flowoutlet : 4.999815

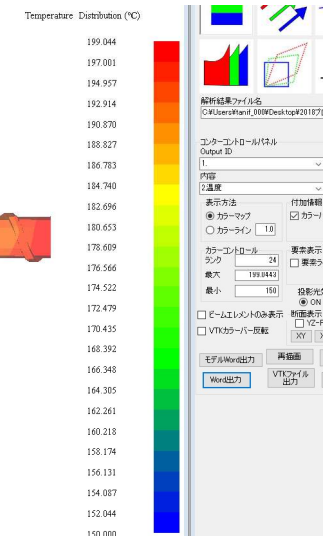
Non-Newtonian Thermal Flow Calculation iter.= 99
*** barrel temperature : 197.9667
198.8654
qoutlet= -5.000000
qin= 4.999815
qin= 4.999815 runnerinlet= 0.000000E+00 sidefeedinlet= 0.000000E+00
qprescribed= 5.000000
Screw outlet average pressure : 10.72275 Flowoutlet : 4.999815

Non-Newtonian Thermal Flow Calculation iter.= 100
*** barrel temperature : 197.9667
198.8654
qoutlet= -5.000000
qin= 4.999815
qin= 4.999815 runnerinlet= 0.000000E+00 sidefeedinlet= 0.000000E+00
qprescribed= 5.000000
Screw outlet average pressure : 10.72275 Flowoutlet : 4.999815

**** Thermal Flow Calculation End ****
##### Program Normal End !!! Press Any Key
```

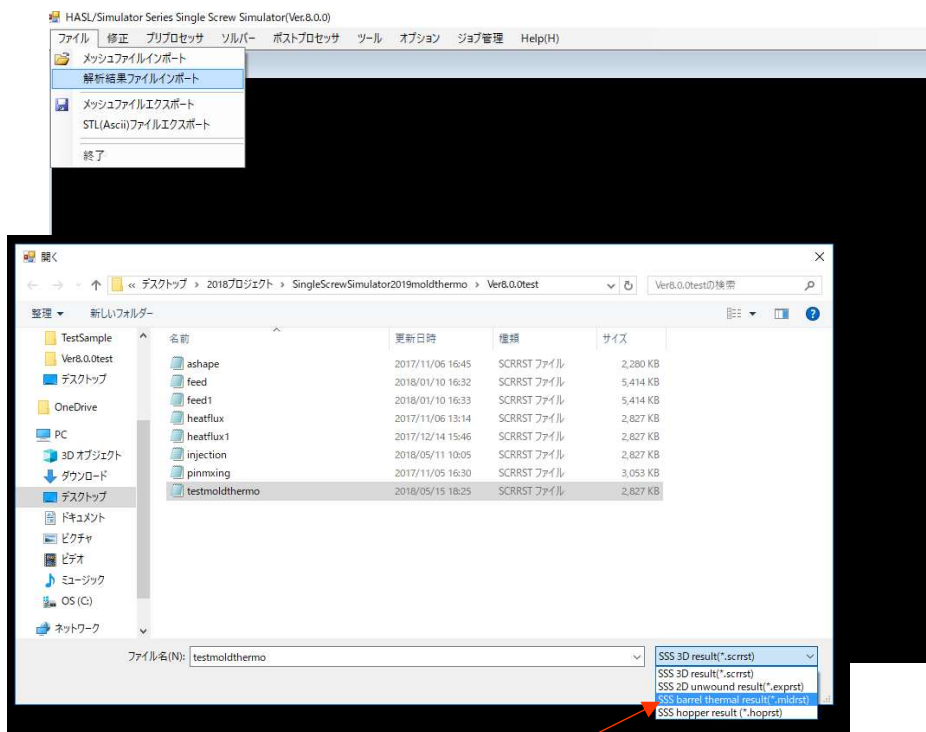
連成熱解析収束状況の経過情報出力

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

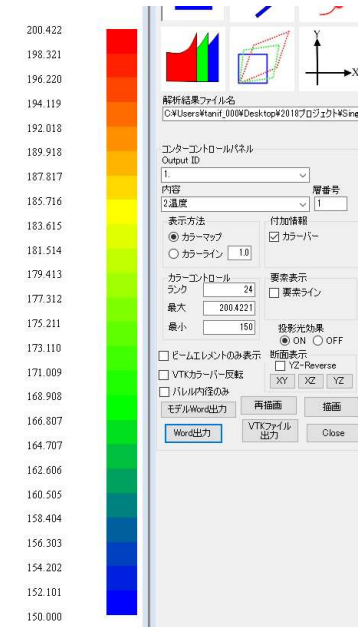
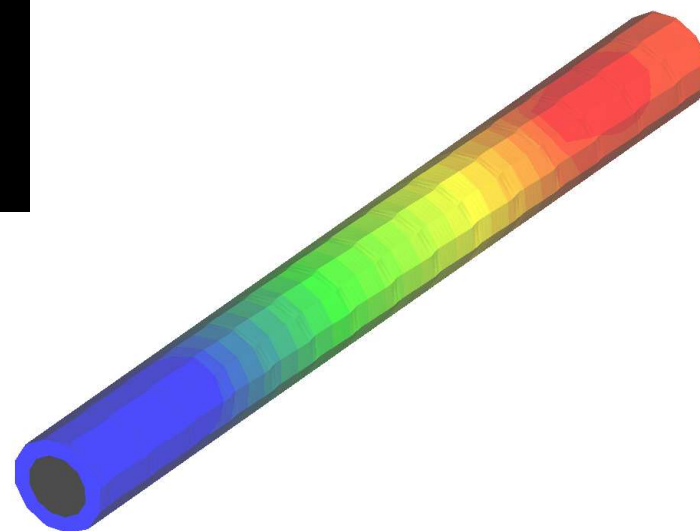


スクリュ内容融樹脂温度分布





ファイルフィルタをSSS barrel thermal result (\*.mldrst)に切り替え、バレル熱解析結果をインポート



バレル温度分布