

Single Screw Simulator(Ver.8.0.0) 改良成果資料(発表用ダイジェスト版)



2017/11/14

株式会社HASL

① 脱揮/発泡解析機能新規実装

表面更新型脱揮解析モデル(Surface renewal model)

発泡解析モデル(Foaming model)

② CAD-STL インターフェイス機能改良

③ StructTetra 連携構造解析機能新規実装

④ MiltiProfileSimulator 連携流体解析機能新規実装

⑤ 粒子運動解析機能改良

⑥ スクリュ/バレル熱境界条件設定機能改良

①発泡/脱揮解析機能新規実装

表面更新型脱揮解析モデル(Surface renewal model)

溶融樹脂の自由表面を介在した拡散支配の脱揮プロセスを定量化するモデル

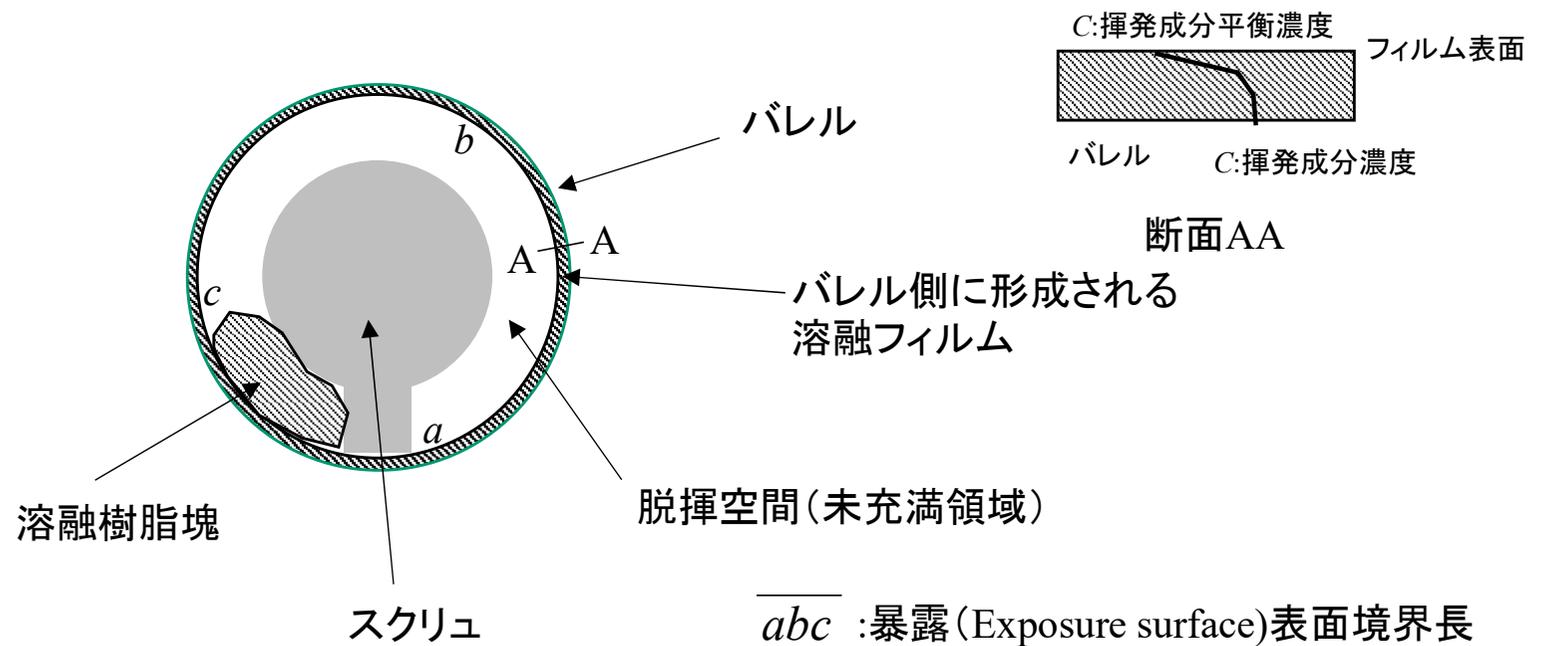


図1 未充填領域のスクリュ軸垂直断面内の状態

*) 参考文献: George A. Latinen, "Devolatilization of viscous polymer systems", Advances in Chemistry, American Chemical society, 19,235-246(1962)

脱揮効率

$$\frac{C(z_s) - C^*}{C(z_e) - C^*} = \exp\left(F \frac{\rho_m}{Q_w} (SD_b D_m N)^{1/2} (z_e - z_s)\right) = \chi$$

C :	揮発成分濃度
C^* :	揮発成分平衡濃度
$z_s \sim z_e$:	スクリュ内暴露領域区間
F :	モデルフィットパラメータ
ρ_m :	溶融体密度
S :	暴露表面境界長
D_b :	バレル直径
D_m :	揮発成分拡散係数
N :	スクリュ回転数
χ :	脱揮効率

未充満解析で予測される
キーパラメータ

運用方法

1) 未充満解析を選択

流出口境界条件

流量規定 圧力規定 未充満解析

流量	<input type="text" value="4"/>	cm ³ /s
流入口圧力	<input type="text" value="0.001"/>	MPa
流出口圧力	<input type="text" value="5"/>	MPa
流入口温度	<input type="text" value="30"/>	°C
スクリュ回転数	<input type="text" value="60"/>	rpm

2) SRDM計算チェックボックスをチェック

Surface Renewal Devolatilization Model 計算

Surface Renewal Model パラメータ

3) SRDMパラメータを押して表示される
フォームでモデルパラメータを設定

Surface Renewal Model パラメータ設定フォーム

揮発成分濃度	<input type="text" value="5E-05"/>	wt%
揮発成分平衡濃度	<input type="text" value="1E-07"/>	wt%
揮発成分拡散係数	<input type="text" value="5E-10"/>	m ² /s
モデルフィッティング定数	<input type="text" value="10"/>	

設定/開じる

脱揮モデル拡散係数関数化

$$D = a_T D_r \exp\left(\beta \frac{\phi}{\phi_m}\right),$$
$$a_T = \exp(\alpha(T - T_r))$$

α : モデルパラメータ
 β : モデルパラメータ
 T_r : 基準温度
 D_r : 基準温度における拡散係数
 ϕ : 揮発成分濃度
 ϕ_m : 揮発成分濃度最大(初期)値

Surface Renewal Model パラメータ設定フォーム

揮発成分濃度 wt%

揮発成分平衡濃度 wt%

揮発成分拡散係数 m2/s 定数 関数

モデルフィッティング定数

$$D = a_T D_r \exp\left(\beta \frac{\phi}{\phi_m}\right)$$

$$a_T = \exp(\alpha(T - T_r))$$

モデルパラメータ α

モデルパラメータ β

基準拡散係数 D_r (m2/s)

基準温度(°C)

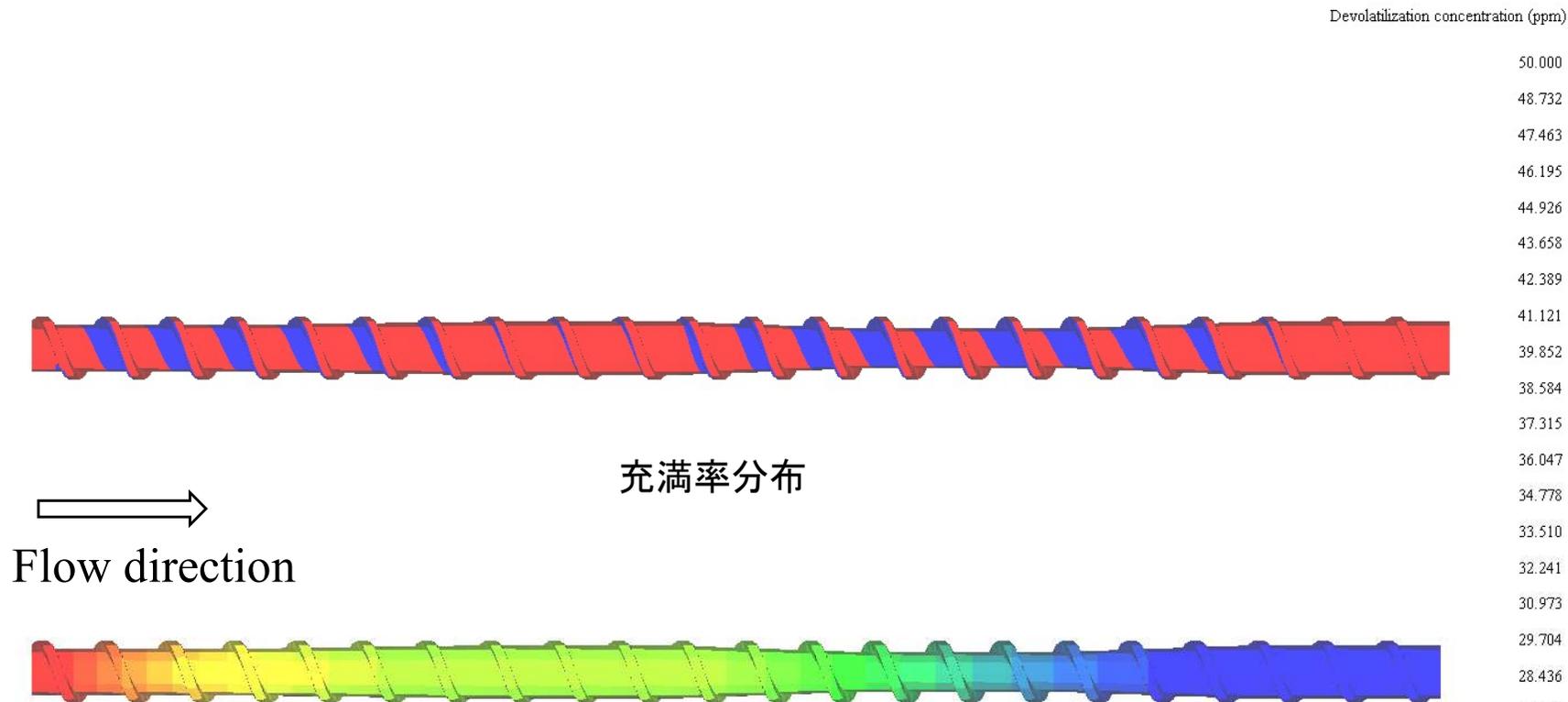


図2 充満率分布と揮発成分濃度分布の解析結果

- 内容
- 0 肉厚
 - 1 圧力
 - 2 温度
 - 3 ノッドベッド
 - 4 流速
 - 5 滞留時間
 - 6 せん断ひずみ速度
 - 7 せん断応力
 - 8 せん断粘度
 - 9 層せん断ひずみ速度
 - 10 層せん断応力
 - 11 層せん断粘度
 - 12 層温度
 - 13 充満率
 - 14 揮発成分濃度

← 新規追加出力項目

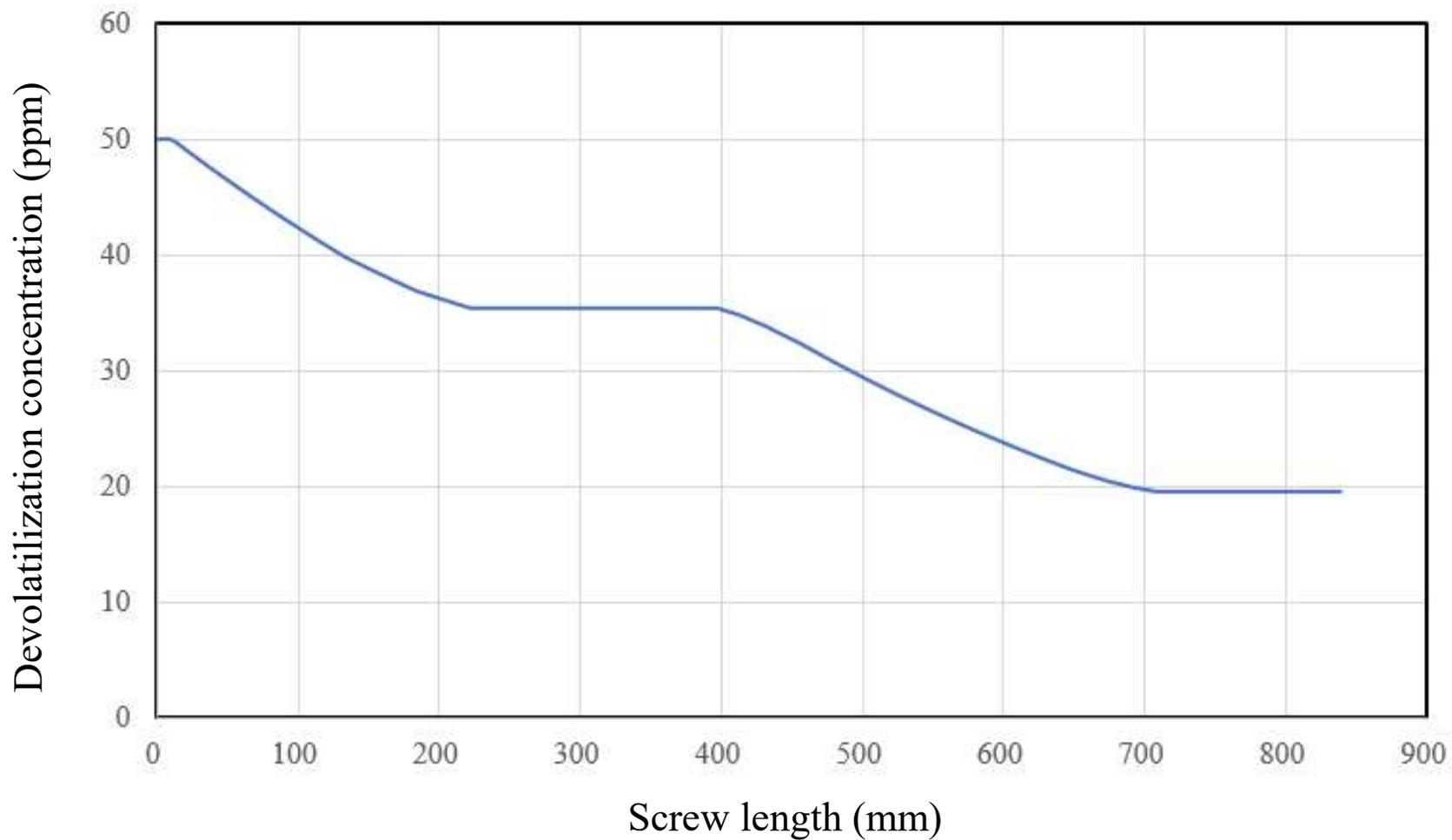


図3 揮発成分濃度のスクリュ長依存性

発泡解析モデル(Foaming model)*)

溶融樹脂内の気泡核生成、気泡成長プロセスを定量化するモデル

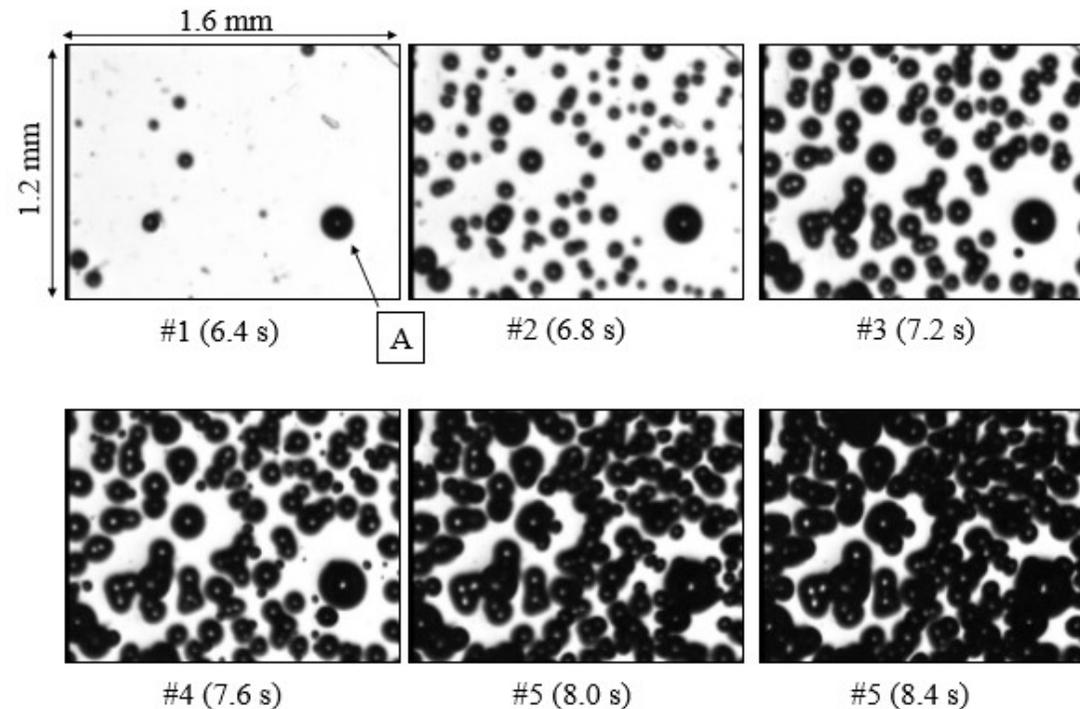


図4 PP内CO₂物理発泡プロセスの可視化実験結果*)

*) 参考文献: 瀧健太郎, "高分子材料の微細発泡成形挙動の可視化実験と計算機シミュレーション", 博士論文京都大学(2005)

気泡径評価式

$$\frac{dR}{dt} = \frac{R}{4\eta} \left(P_D - P_C - \frac{2\gamma}{R} \right)$$

気泡内圧評価式

$$\frac{dP_D}{dt} = \frac{6DR_gTH_e}{R^2} \frac{(P_{D0} - P_D)}{\sqrt{1 + \frac{2}{R_gTH_eR^3} \left(\frac{P_D R^3 - P_{D0} R_0^3}{P_{D0} - P_D} \right)} - 1} - \frac{3P_D}{R} \frac{dR}{dt}$$

気泡核生成頻度

$$J = f_0 \left(\frac{2\gamma}{\pi M_w / N_A} \right)^{1/2} \exp \left(- \frac{16\pi\gamma^3 F}{3k_b T (\bar{c} / H_e - P_C)^2} \right) c N_A$$

発泡剤濃度評価式

$$c(t) = c(0) - \int_0^t \frac{4\pi}{3} R^3(t-t', t') \frac{P_D(t-t', t')}{R_g T} J(t') dt'$$

環境、物理定数

M_w : 分子量

P_c : 樹脂圧力

γ : 表面張力係数

H_e : ヘンリー数

K_b : ボルツマン定数

R_g : ガス定数

N_A : アボガドロ数

P_{D0} : 気泡内圧初期値

未知(評価)量

R : 気泡半径

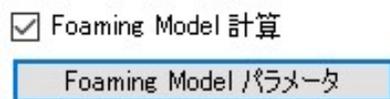
P_D : 気泡内圧力

c : 発泡剤濃度

N : 気泡数

運用方法

1) Foaming Model計算チェックボックスをチェック



2) Foaming Modelパラメータを押して表示されるフォームでモデルパラメータを設定

Foaming Model パラメータ設定フォーム

発泡剤情報

分子量	44	g/mol
表面張力	12.3	mJ/m ²
初期濃度	1265	mol/m ³
拡散係数	8.07E-9	m ² /s
ヘンリー数	1.15E-04	mol/m ³ /Pa

核生成頻度モデルパラメータ

F	0.014085	
f0	9.0E-23	
Jsh	9.8E-03	1/mm ³

物理定数

気体定数	8.314	J/mol/K
アボガドロ数	6.022E23	/mol
ボルツマン定数	1.381E-23	m ² kg/s ² /K

計算制御条件

時間刻み	0.0001	sec
計算サイクル数	10000	
発泡開始Z座標	0.0	mm

閉じる

気泡半径 (m)



7.5270E-005
7.2133E-005
6.8997E-005
6.5861E-005
6.2725E-005
5.9589E-005
5.6452E-005
5.3316E-005
5.0180E-005
4.7044E-005
4.3907E-005
4.0771E-005
3.7635E-005
3.4499E-005
3.1362E-005
2.8226E-005
2.5090E-005
2.1954E-005
1.8817E-005
1.5681E-005
1.2545E-005
9.4087E-006
6.2725E-006
3.1362E-006
0.0000E+000



気泡数密度 (1/m³)



5.0604E+011
4.8495E+011
4.6387E+011
4.4278E+011
4.2170E+011
4.0061E+011
3.7953E+011
3.5844E+011
3.3736E+011
3.1627E+011
2.9519E+011
2.7410E+011
2.5302E+011
2.3193E+011
2.1085E+011
1.8976E+011
1.6868E+011
1.4759E+011
1.2651E+011
1.0542E+011
8.4340E+010
6.3255E+010
4.2170E+010
2.1085E+010
0.0000E+000

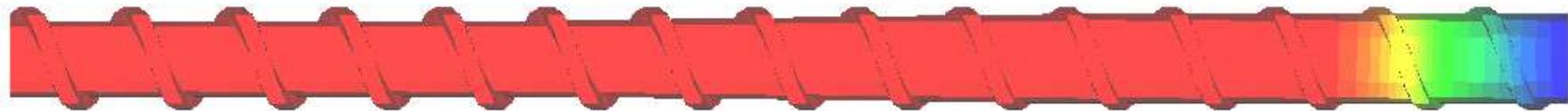


図5 気泡半径と気泡数密度解析結果

気泡剤濃度
(mol/m³)



1265.000
1237.094
1209.189
1181.283
1153.377
1125.472
1097.566
1069.661
1041.755
1013.849
985.944
958.038
930.132
902.227
874.321
846.416
818.510
790.604
762.699
734.793
706.887
678.982
651.076
623.170
595.265



発泡体密度
(kg/m³)

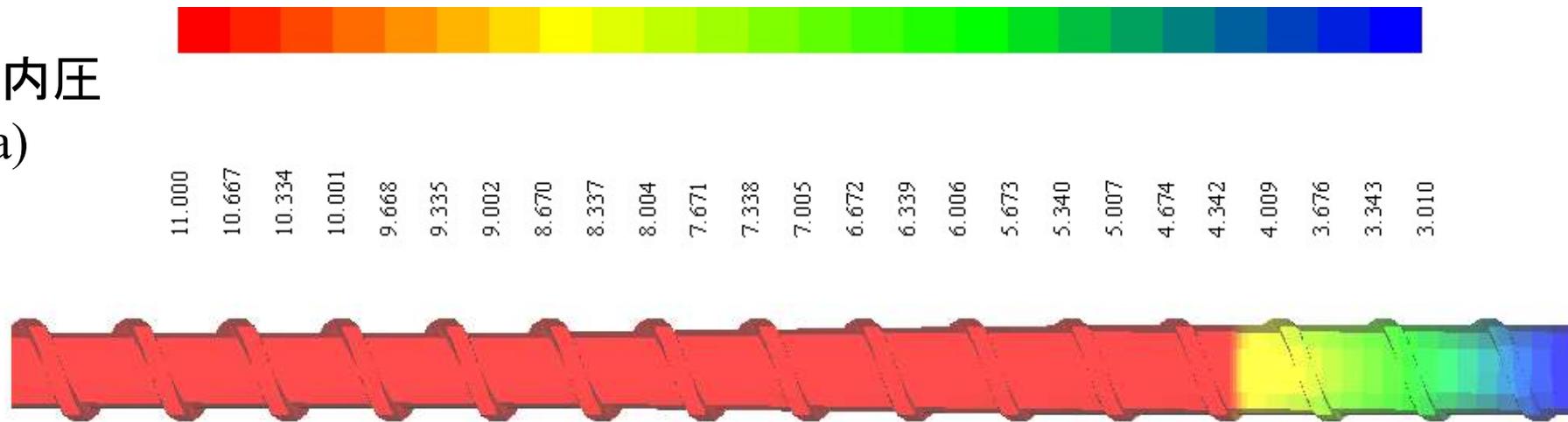


777.000
748.777
720.553
692.330
664.106
635.883
607.660
579.436
551.213
522.989
494.766
466.543
438.319
410.096
381.872
353.649
325.425
297.202
268.979
240.755
212.532
184.308
156.085
127.861
99.638



図6 発泡剤濃度と発泡体密度解析結果

気泡内圧 (MPa)



樹脂圧 (MPa)

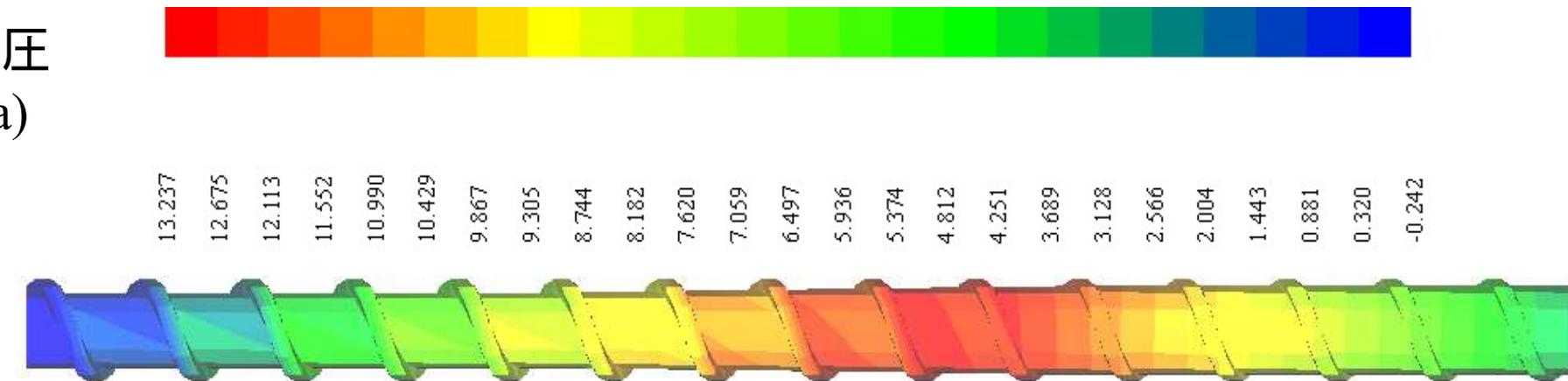


図7 気泡内圧と樹脂圧力解析結果

② CAD-STL インターフェイス機能改良

- ・テンプレート作成3D化スクリュ形状のCAD-STL file export機能

新規実装STLファイル
エクスポートプルダウン
メニュー

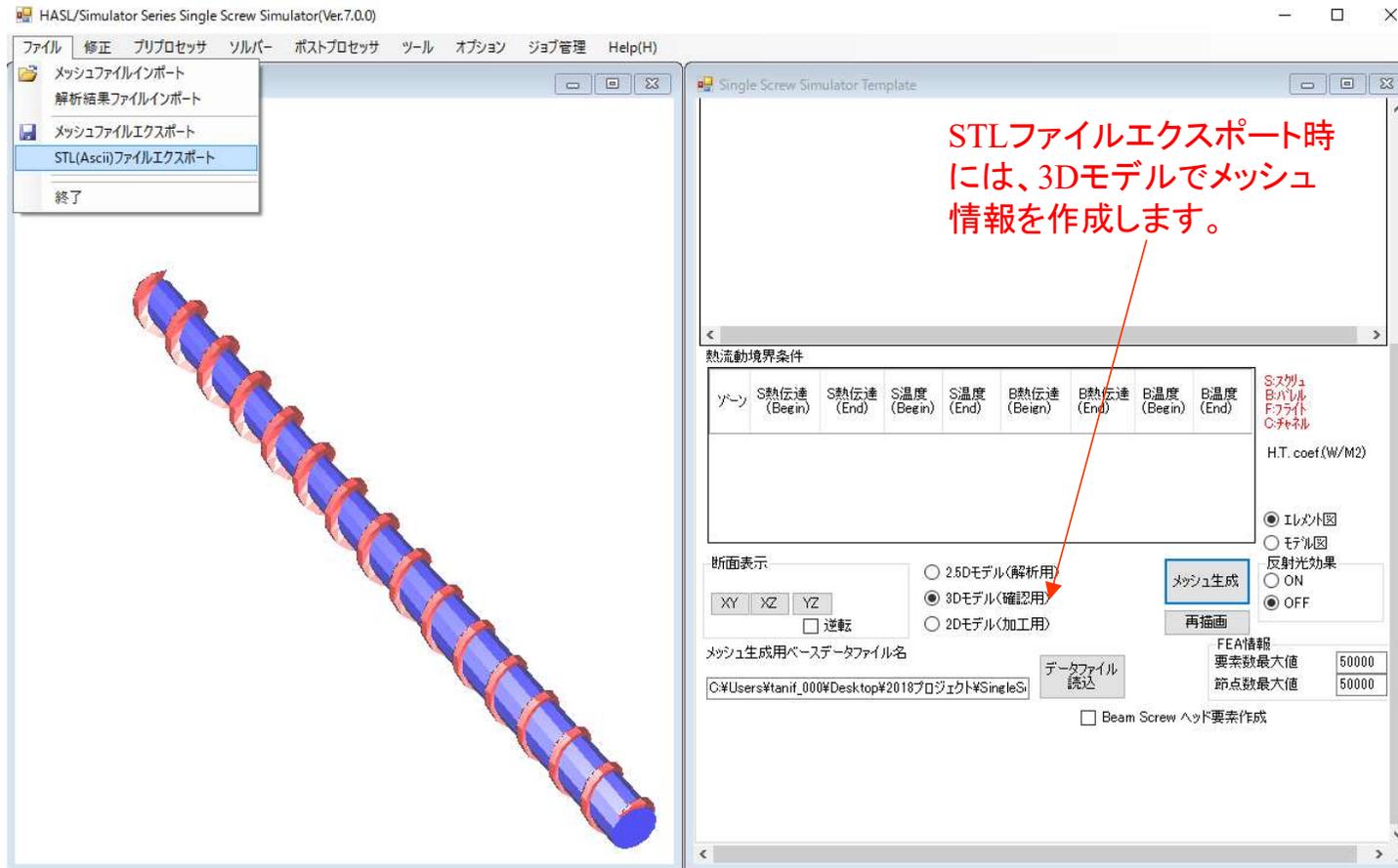


図8 テンプレート作成スクリュモデルのCAD-STL file import 機能

・肉厚転写用CAD-STL file のAppend import 機能

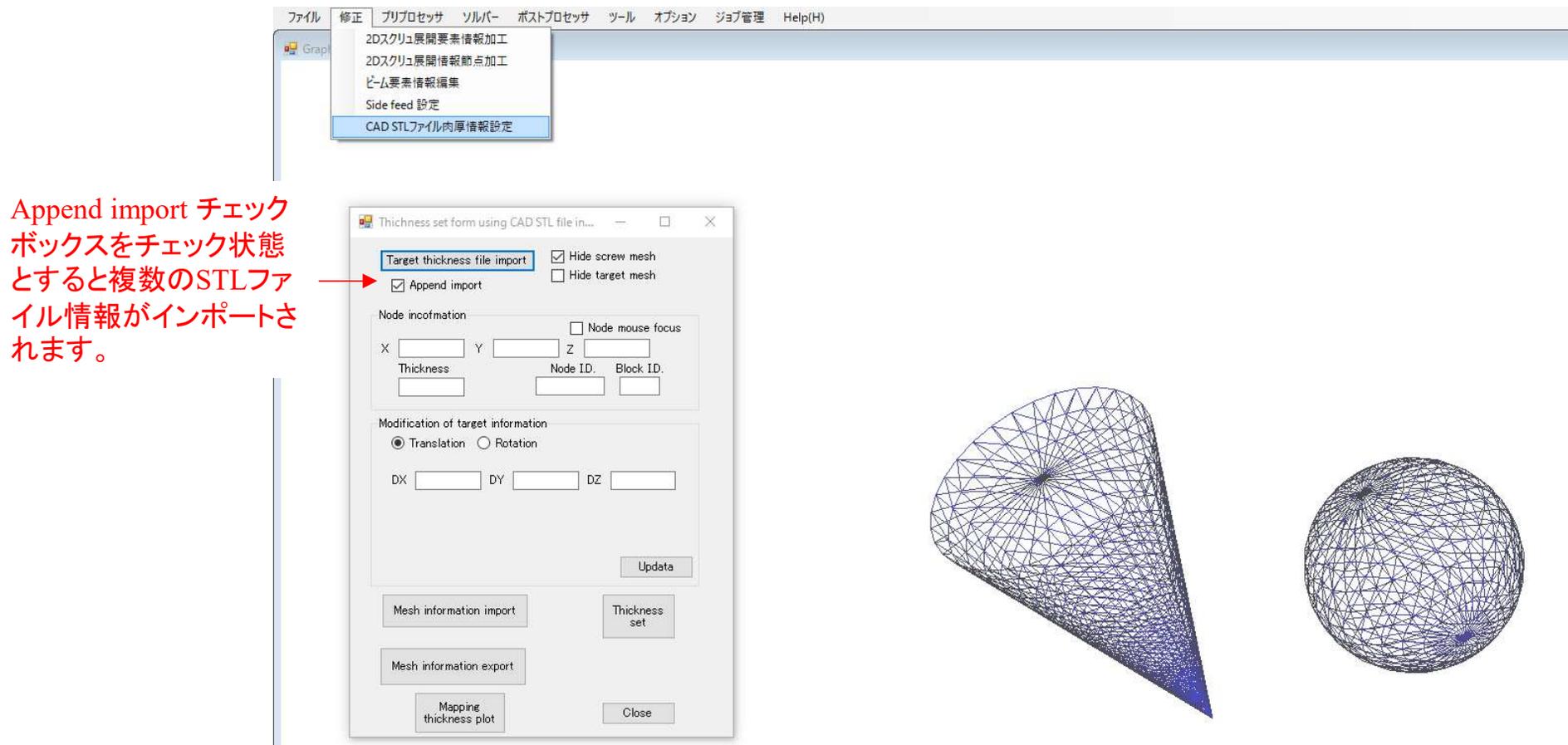


図9 複数のファイルに個別に保存されたSTLファイル情報の追加入力

③ StructTetra 連携構造解析機能新規実装

テンプレート作成解析モデルのSTL file export 情報を利用したスクリュー構造解析

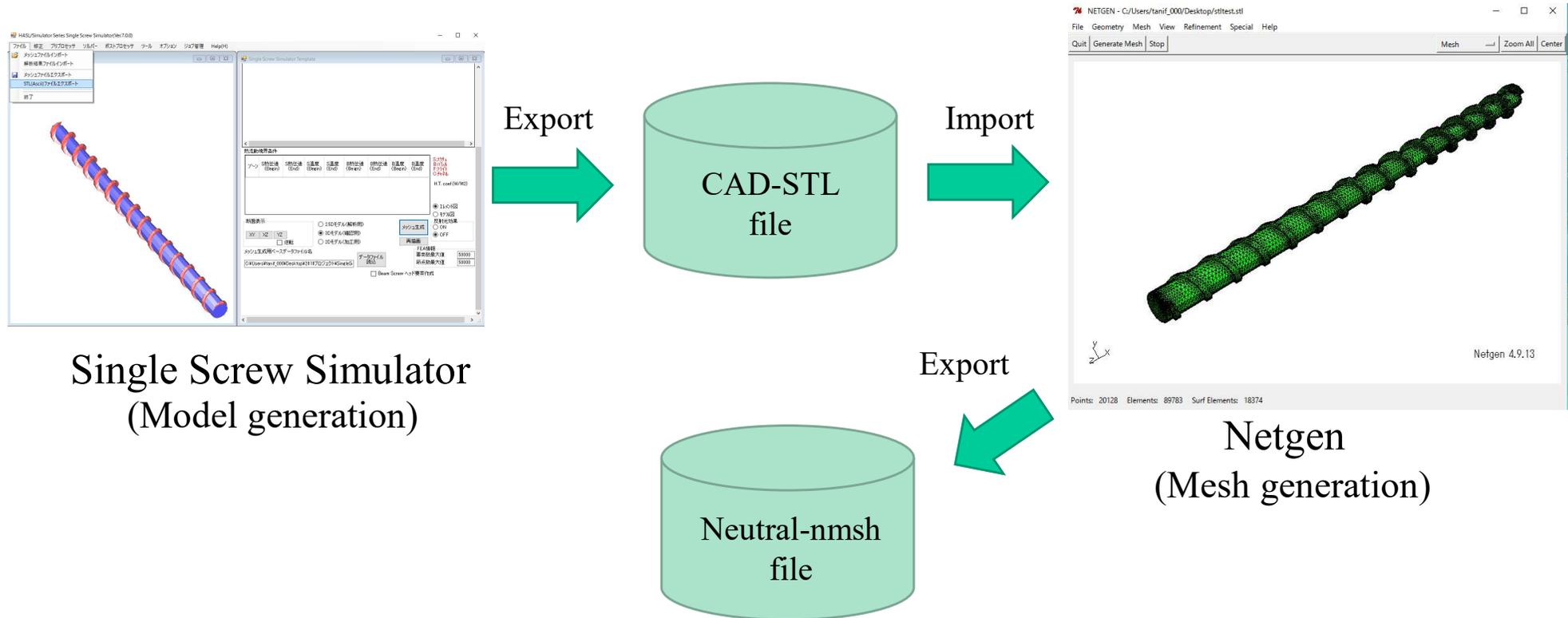


図10 構造解析用メッシュ情報の作成手順

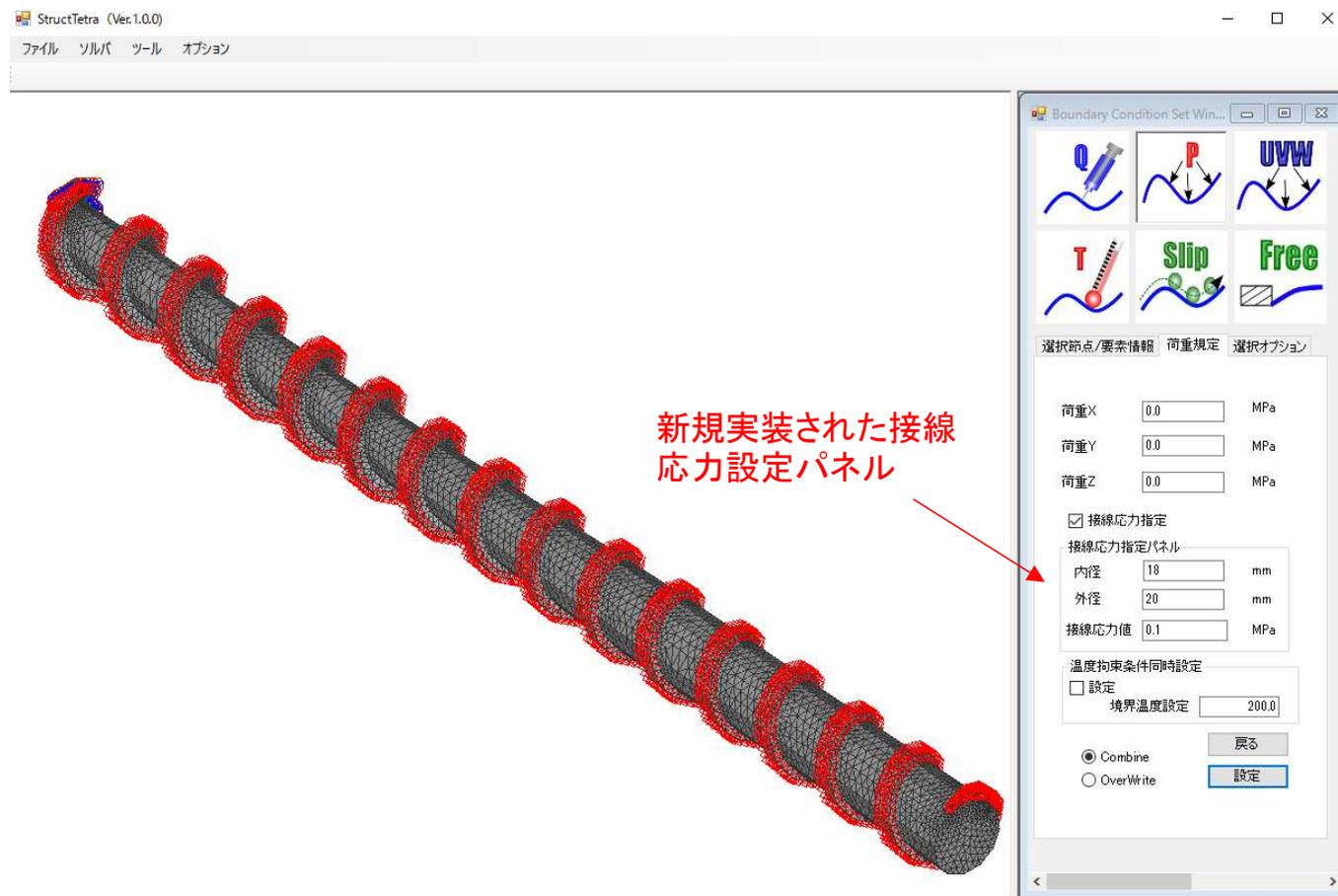
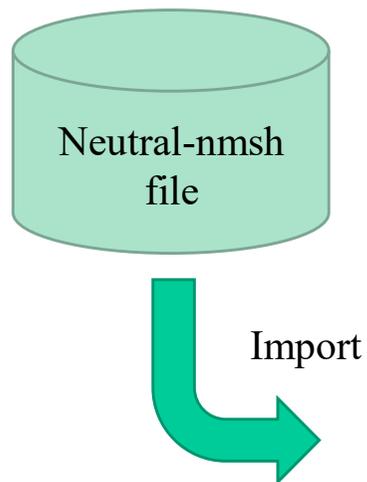


図11 StructTetraを利用した拘束/荷重条件の設定

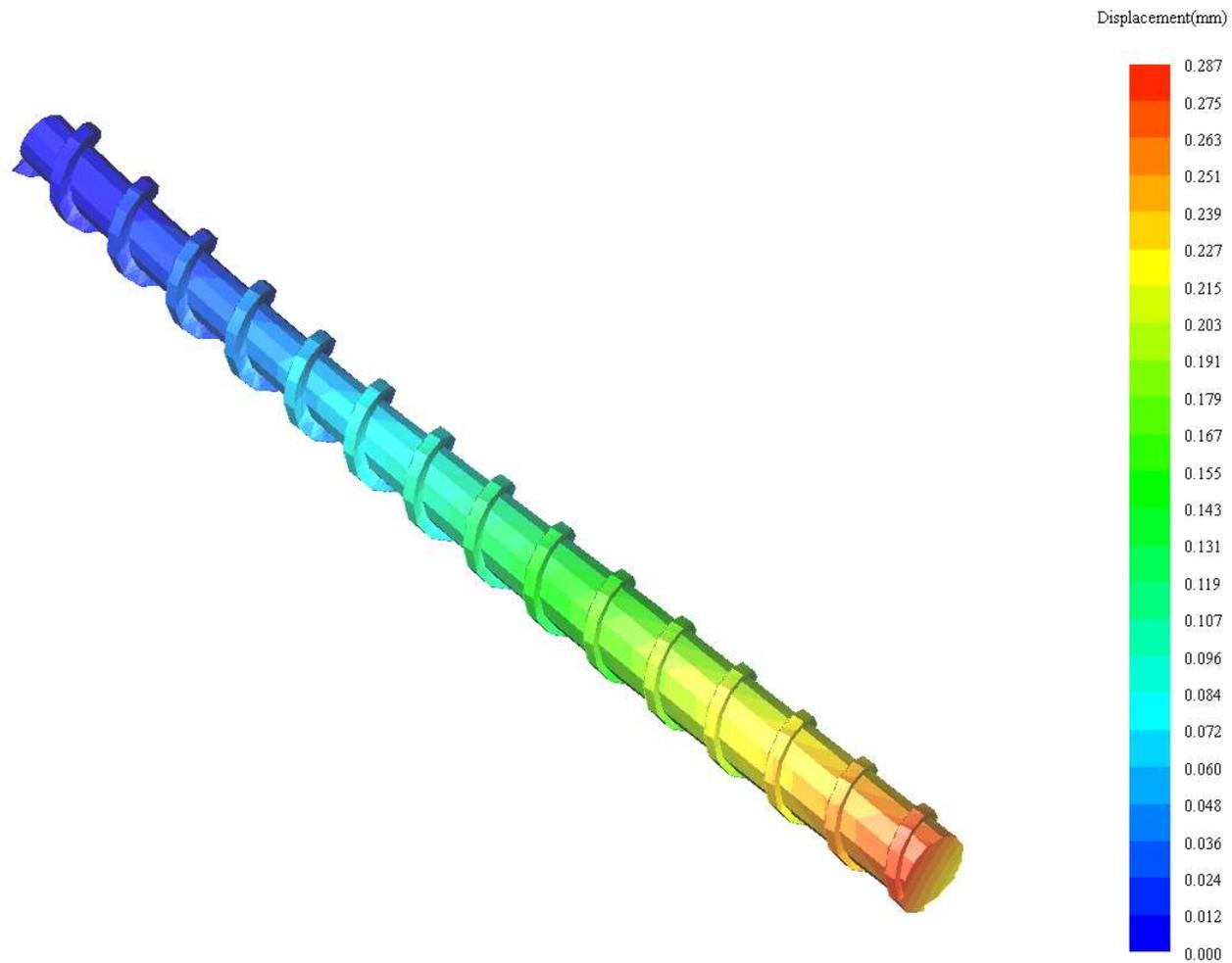


図12 StructTetraを利用したスクリュ変形解析結果
(変形量200倍表示)

④ MultiProfileSimulator 連携流体解析機能新規実装

MultiProfileSimulator のModeler&2DMesher を改良し、SingleScrewSimulator用任意形状ミキシングエレメントの作成機能を新規実装

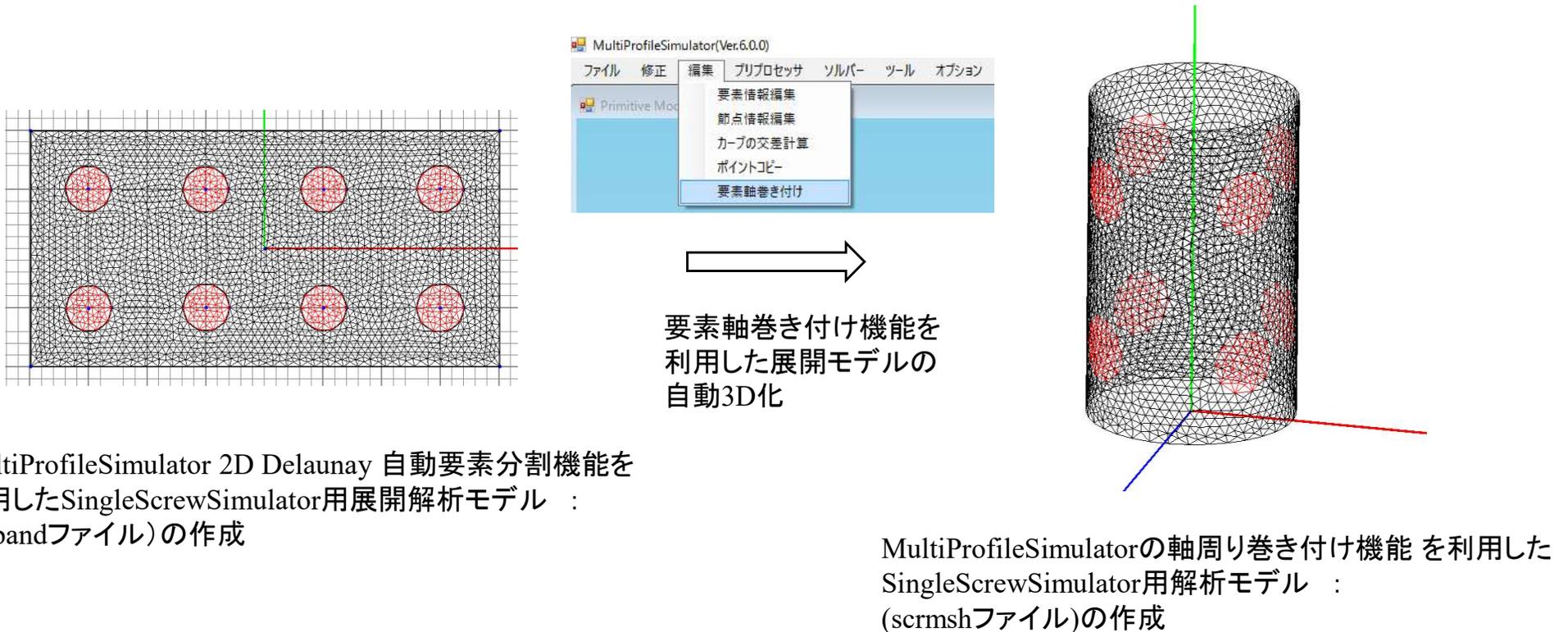


図13 MultiProfileSimulatorを利用したSingleScrewSimulator用解析モデルの作成

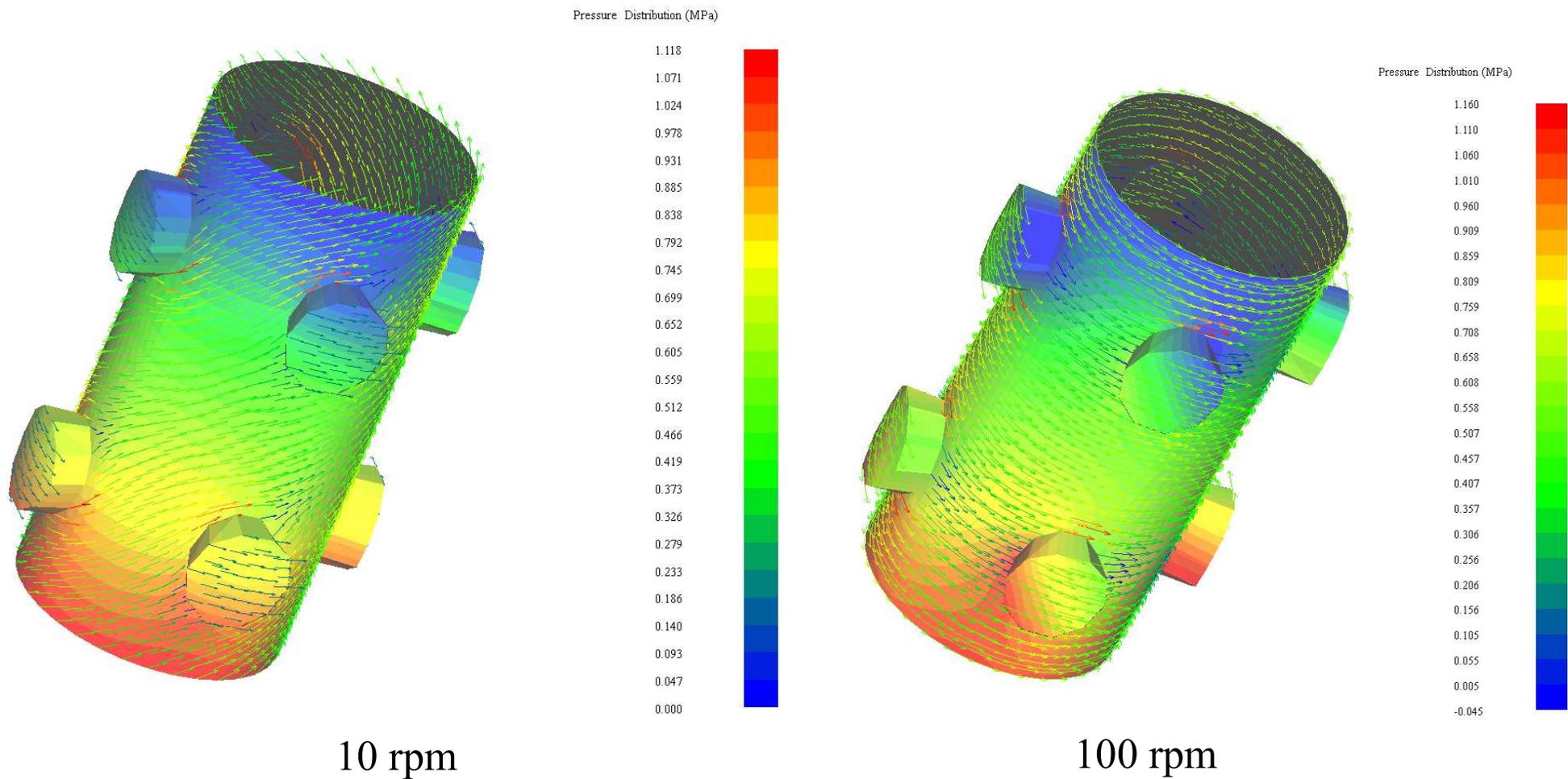


図14 MultiProfileSimulatorを利用して作成したモデルの熱流動解析例

⑤ 粒子運動解析機能改良

粒子運動解析機能に履歴情報の計算機能を実装

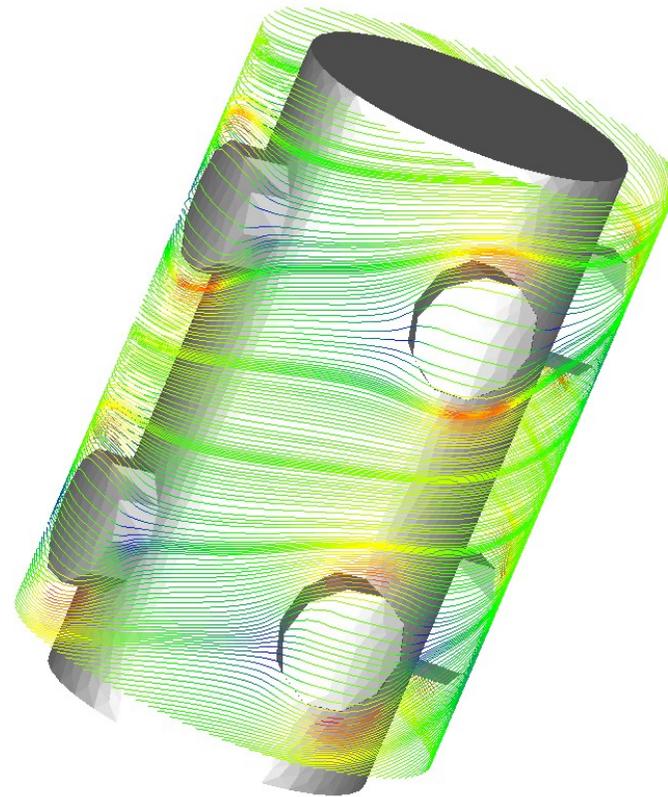


図15 MultiProfileSimulatorを利用して作成したモデルの粒子運動解析例

粒子数: 100
流出粒子数: 100

流出粒子平均滞留時間: 2.024998 sec
流出粒子平均歪: 221.9317
流出粒子平均応力積算値: .2219317MPa sec

流出粒子の平均情報

“粒子個別情報: 粒子番号、流出フラグ(0:未流出1,1:流出),滞留時間(sec),最終Y座標(mm),ひずみ,応力積算値(MPa sec)”

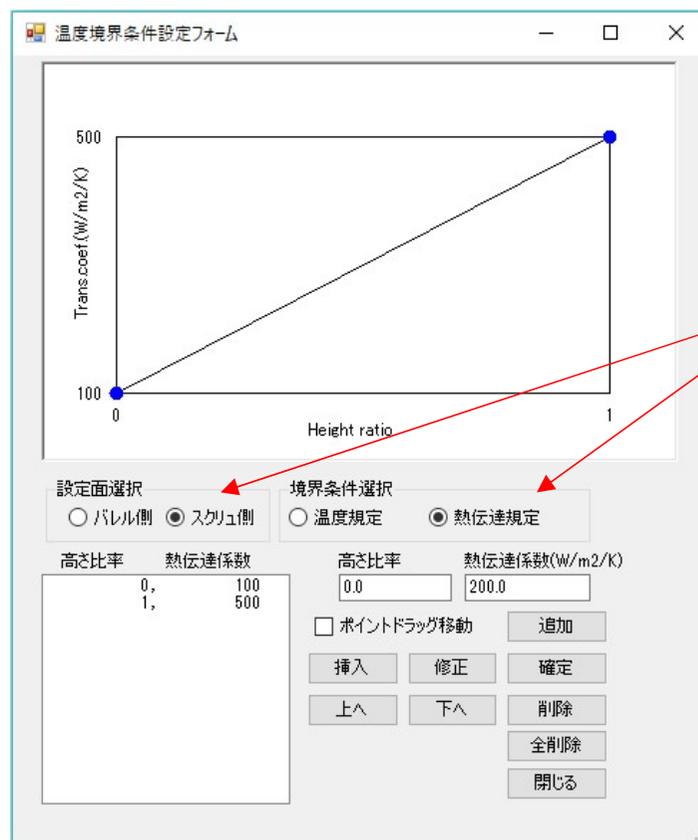
1,1,2.089998,200.5716,267.7965,0.2677965
2,1,2.089998,201.1559,251.0609,0.2510609
3,1,2.079998,202.0999,229.998,0.2299979
4,1,2.079998,202.2575,253.4082,0.2534081
5,1,2.069999,202.8525,274.4728,0.2744729
6,1,2.059999,203.89,284.2296,0.2842295
7,1,2.049999,205.0157,284.3978,0.2843977
8,1,2.039999,205.9707,282.4201,0.2824201
9,1,2.029999,206.8561,278.5835,0.2785834

計算終了時の粒子の個別情報

図16 粒子運動解析結果として算出される各種履歴情報

⑥ スクリュ/バレル熱境界条件設定機能改良

スクリュ及びバレル温度境界条件として、従来の境界温度に加えて熱伝達係数の領域変化の設定可能な機能を追加



バレル/スクリュ、温度規定/熱伝達規定のラジオボタンの切り替えにより、バレル/スクリュの境界温度と熱伝達係数を可変的に設定可能

図17 温度境界条件設定フォームに追加された熱伝達係数設定機能

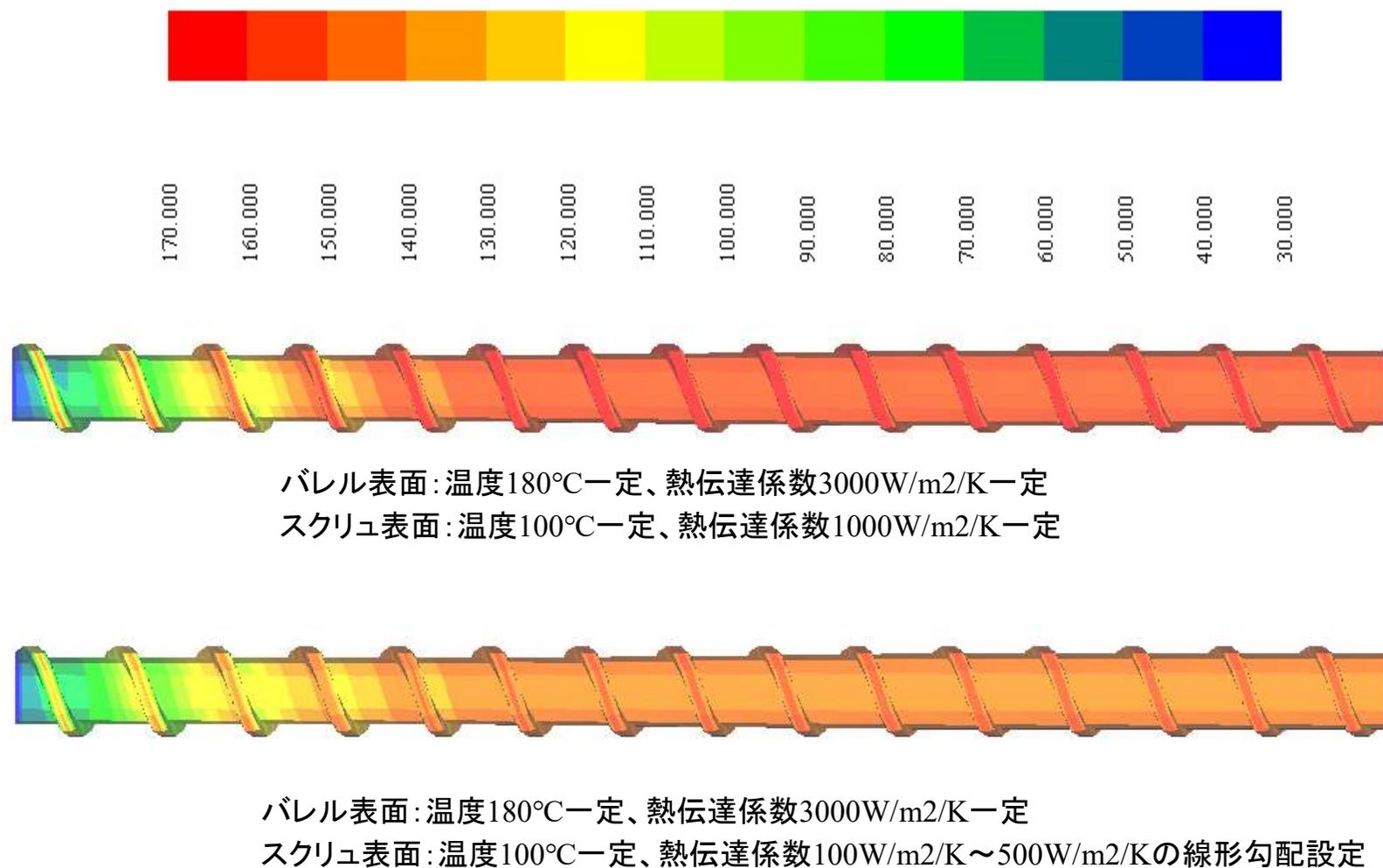


図18 スクリュ側伝達係数の変化が温度分布解析結果に与える影響