
Single Screw Simulator(Ver.6.0.0) 改良成果資料(発表用ダイジェスト版)



2015/11/25

株式会社HASL

本資料では、Single Screw Simulator (Ver.6.0.0)の下記改良成果についてご報告します。

- ① Side feed解析機能の実装
- ② 繊維破断解析機能 (Fiber Attrition Model)の実装
- ③ 計算要素編集機能の強化

① Side feed解析機能の実装

本機能は、スクリュにSide feederを通じて異種材料を供給した際の材料物性の変化や熱流動状態、混練状態の定量化に対して有効です。

Side feed 定量化モデル

VOF (Volume Of Fluid)法 :

$$\frac{DF}{Dt} = \frac{\partial F}{\partial t} + u \frac{\partial F}{\partial x} + v \frac{\partial F}{\partial y} + w \frac{\partial F}{\partial z} = 0$$

F : Side feed 材料の体積占有率

各種材料物性の評価法:

$$\rho = F\rho_s + (1-F)\rho_M,$$

$$\eta = F\eta_s + (1-F)\eta_M,$$

...

ρ_s : Side feed材料の密度

η_s : Side feed材料の粘度

ρ_M : 主材の密度

η_M : 主材の粘度

Side feed 解析運用方法

従来の方法に従って、2.5D解析用メッシュを作成した後、メインメニュー/修正/Side feed設定をプルダウン選択した際にポップアップ表示されるSide feed 熱流動境界条件設定フォームを利用し、任意節点をマウスクリック選択し、その流量/温度条件を設定します。

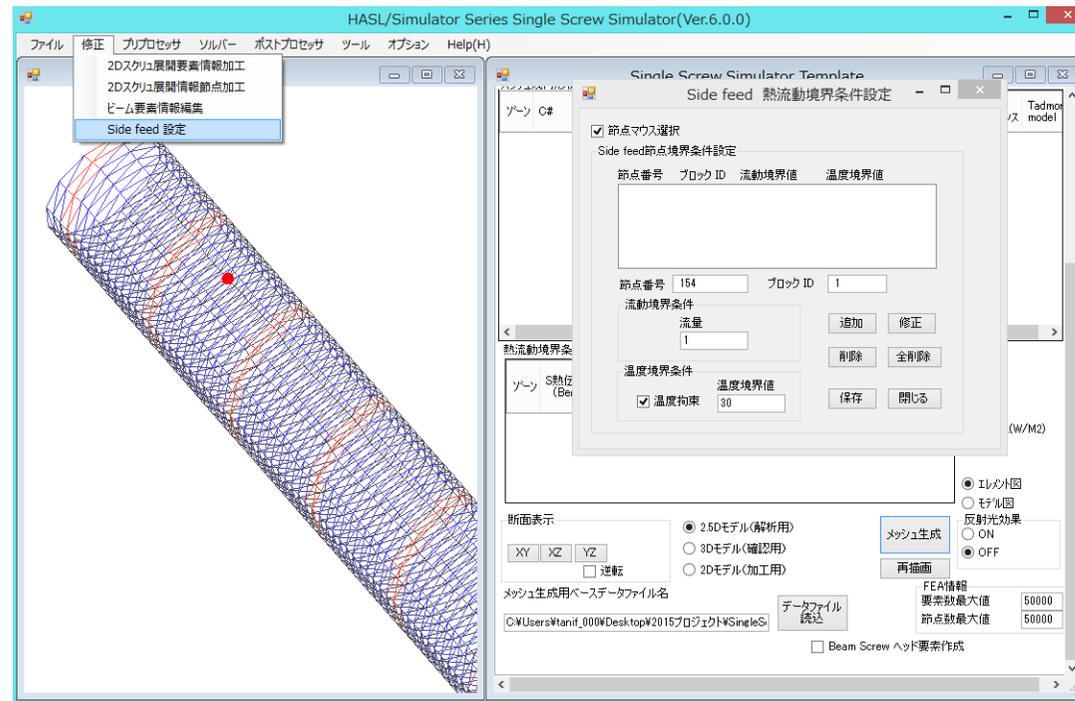


図1 新規実装されたSide feed熱流動境界条件フォーム

従来通り、主材の材料物性ファイルを選択します。

従来通り、主材の流量を設定します。

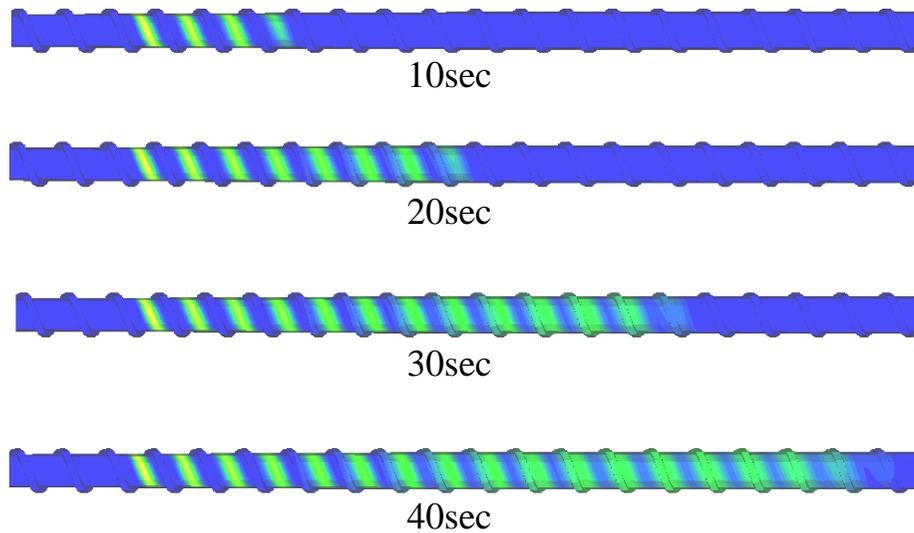
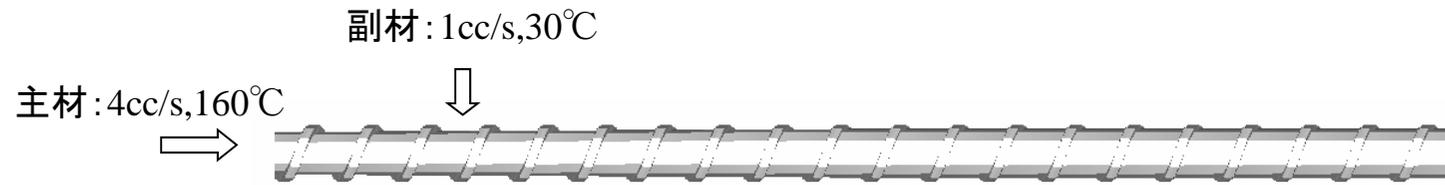
Side feed 解析時、チェックボックスをONとします。

Side feed 材料物性を選択します。

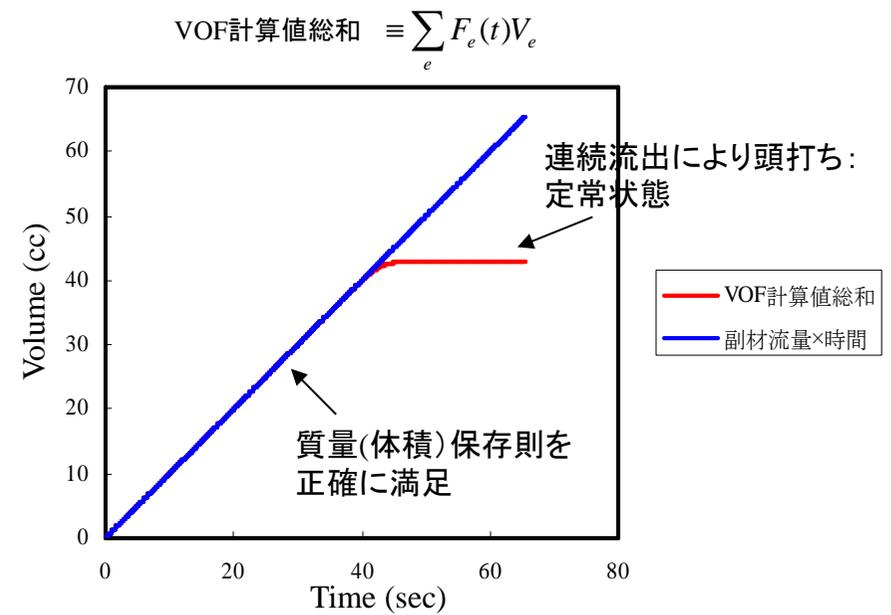
The screenshot shows the 'Single Screw Simulator Template' window. At the top, there are tabs for 'スクリュ形状', 'ダイ形状', 'ホッパー形状', '押出機形状', '解析プログラム実行', '解析結果統括表', and 'DEM解析用メッシュ'. Below the tabs, there are input fields for 'パス名' (C:\Users\tanif_000\Desktop\2015プロジェクト) and '計算コントロールデータファイル名' (test01). There are several '選択' (Select) buttons for file selection. The '熱流動計算パラメータ' (Thermal Flow Calculation Parameters) section includes: '非ニュートン反復計算回数' (10), '層分割数' (10), '温度反復計算回数' (10), and '流出境界条件' (Flow Outlet Boundary Condition) with radio buttons for '流量規定' (selected), '圧力規定', and '未充填解析'. Below this are input fields for '流量' (4 cm³/s), '流入口圧力' (0 MPa), '流出口圧力' (0 MPa), '流入口温度' (160 °C), and 'スクリュ回転数' (60 rpm). There are also checkboxes for '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溶解可塑化モデル計算', '溶融体輸送領域内熱流動計算' (checked), and '先端ダイ内熱流動計算'. The 'Side feed' section has 'Side feed 流入計算' (checked), 'Side feed 供給材料' (SideFeedMaterial), and a '選択' button. The '滞留時間計算パラメータ' (Residence Time Calculation Parameters) section includes '計算時間パラメータ' (自動セット selected, 固定 0.1), '計算サイクル数' (400), and '最大計算サイクル数' (100). The 'ファイル出力' (File Output) section has 'ファイル出力間隔' (100).

図2 Side feed 解析時の計算パラメータ設定

テスト解析



VOF値の時間変化



副材投入体積時間変化についての
計算値と理論解の比較

図3 Side feed VOF値解析結果

② 繊維破断解析機能 (Fiber Attrition Model)の実装

最近注目されている長繊維強化プラスチック(Long-Fiber-Reinforced Thermoplastic)
成形プロセスへの対応

Fiber Attrition Model^{*})

繊維長を離散化モデルで表現: $l_i = i\Delta l (i = 1 \sim i \max, \Delta l : \text{繊維長刻み幅})$

単位体積あたりに含まれる繊維長 l_i の繊維数: $N_i (i = 1 \sim i \max)$

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

繊維長 l_i の
繊維数の変化率

繊維長 l_i の
繊維の破断に伴
う減少率

別の繊維長($k > i$)の
破断に伴う繊維長 l_i
の繊維の増加率

^{*})参考文献: J.H. Phelps (2009). "Processing-Microstructural Models for Short- and Long-Fiber Thermoplastic Composites,"
PhD Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801.

単純せん断流動場内の繊維挙動に対してDinh-Armstrongの
流体力計算モデルとオイラーの臨界座屈力計算式を利用:

$$P_i = C_b \dot{\gamma} \left[1 - \exp(1 - \hat{\gamma}) \right]$$

$$P_i = 0 \text{ for } \hat{\gamma} < 1, \quad (2)$$

$$\hat{\gamma} = \frac{4\zeta\eta_m \dot{\gamma}_i^4}{\pi^3 E_f d_f^4}$$

C_b : 無次元破断頻度係数,

ζ : 無次元抗力係数,

η_m : 流体粘度

E_f : 繊維ヤング率

d_f : 繊維断面直径

流体粘度が高い、ひずみ速度が高い、
繊維長が長いと折れやすい。

繊維ヤング率が高い、断面径が大き
いと折れにくい。

$$R_{ij} = C \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (3)$$

$$x = l_i, \mu = \frac{l_j}{2}, \sigma = Sl_j$$

S: 繊維長分布の調整パラメータ

C: 規格化パラメータ

中央で切断される頻度が最も高い
ガウス正規分布でモデル化

繊維破断(FAM)解析運用方法

長繊維のFeed位置と注入量(cc/s)を前述の方法に従って設定し、計算コントロールパネルで下図に示す情報を設定します。

当フォーム内に繊維破断解析の諸条件を入力します。

両チェックボックスともONとします。

当ボタンを押すことで、FAMパラメータの設定フォームがポップアップ表示されます。

図4 Fiber attrition model パラメータ設定フォーム

テスト解析

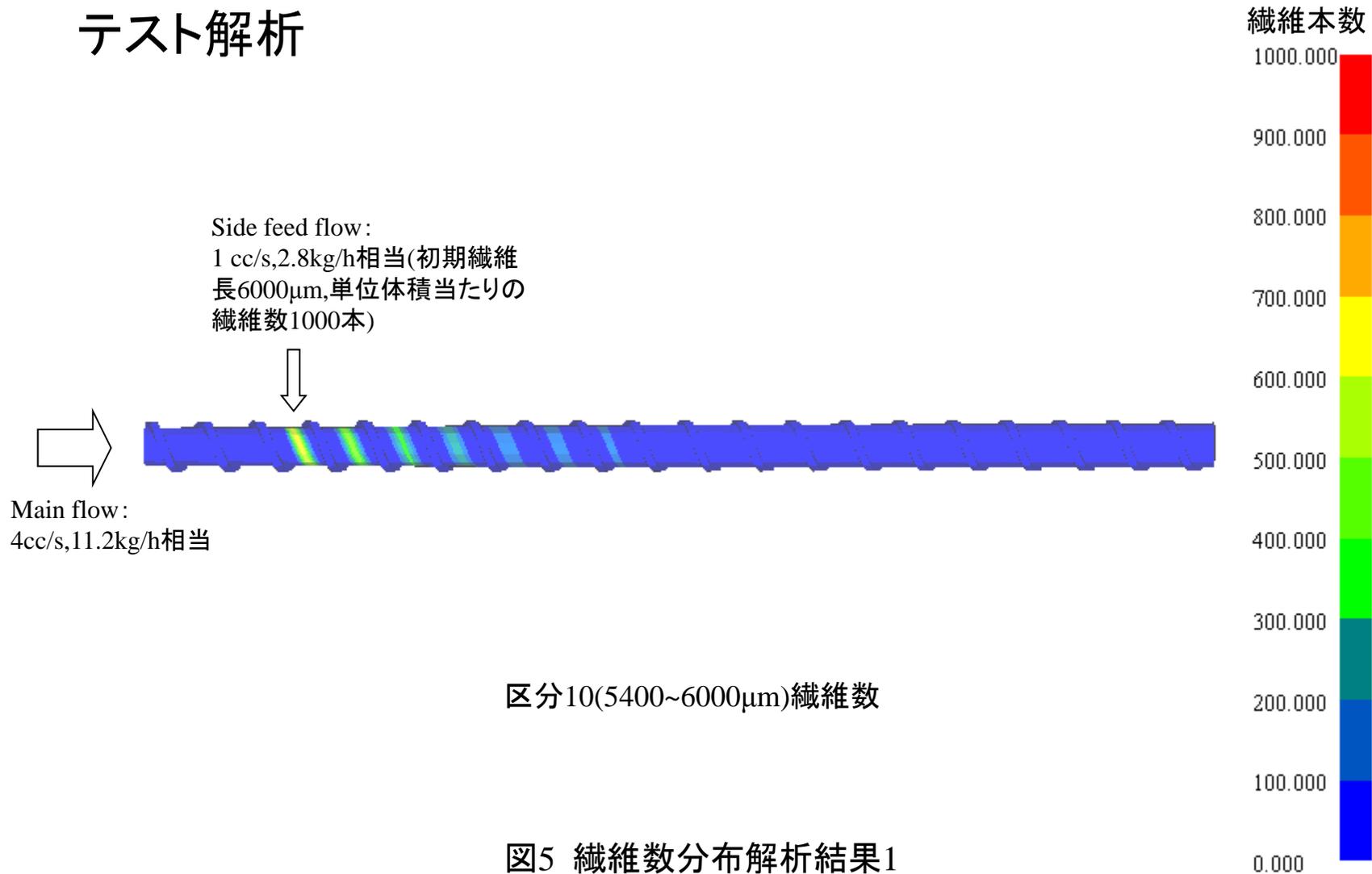


図5 繊維数分布解析結果1

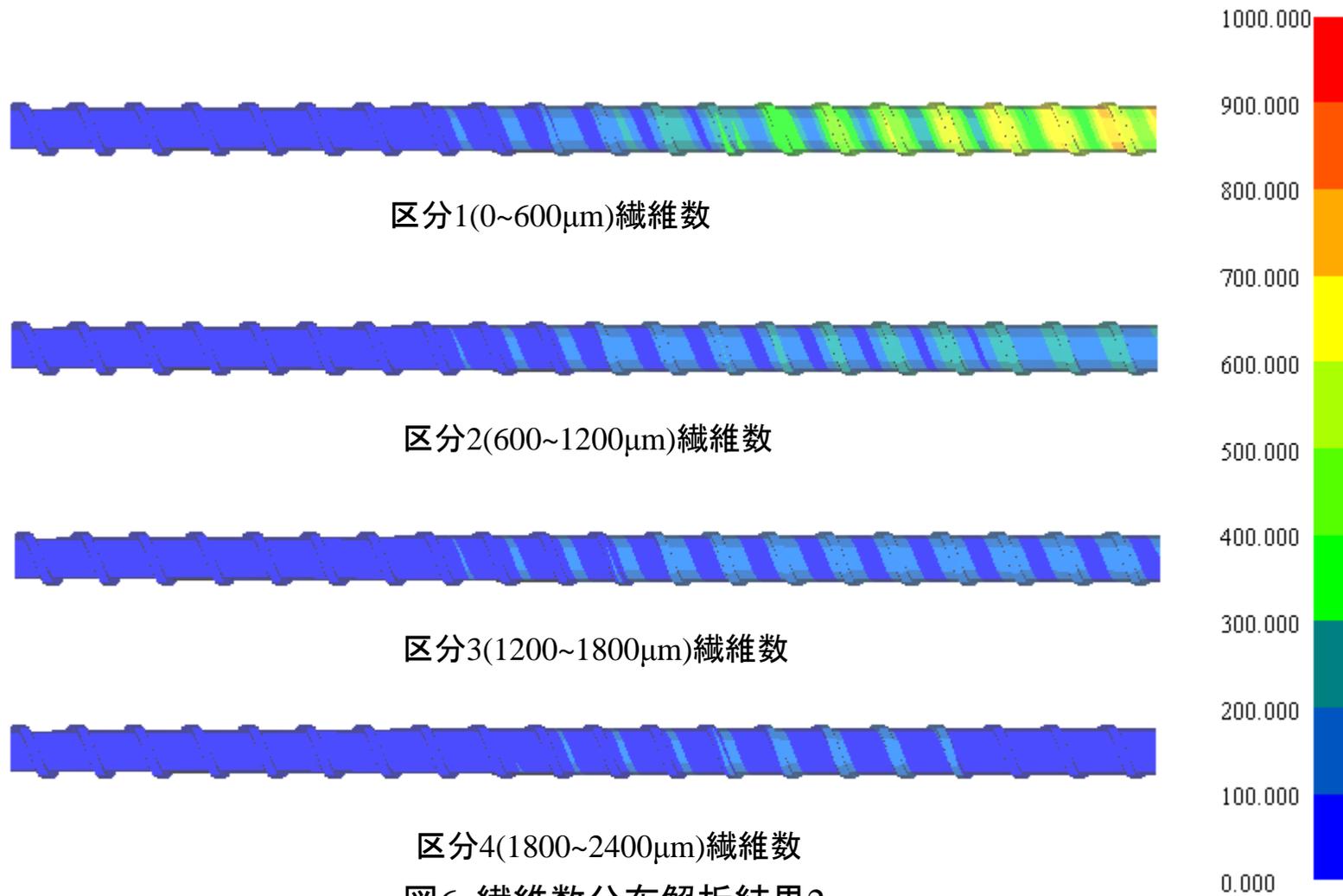
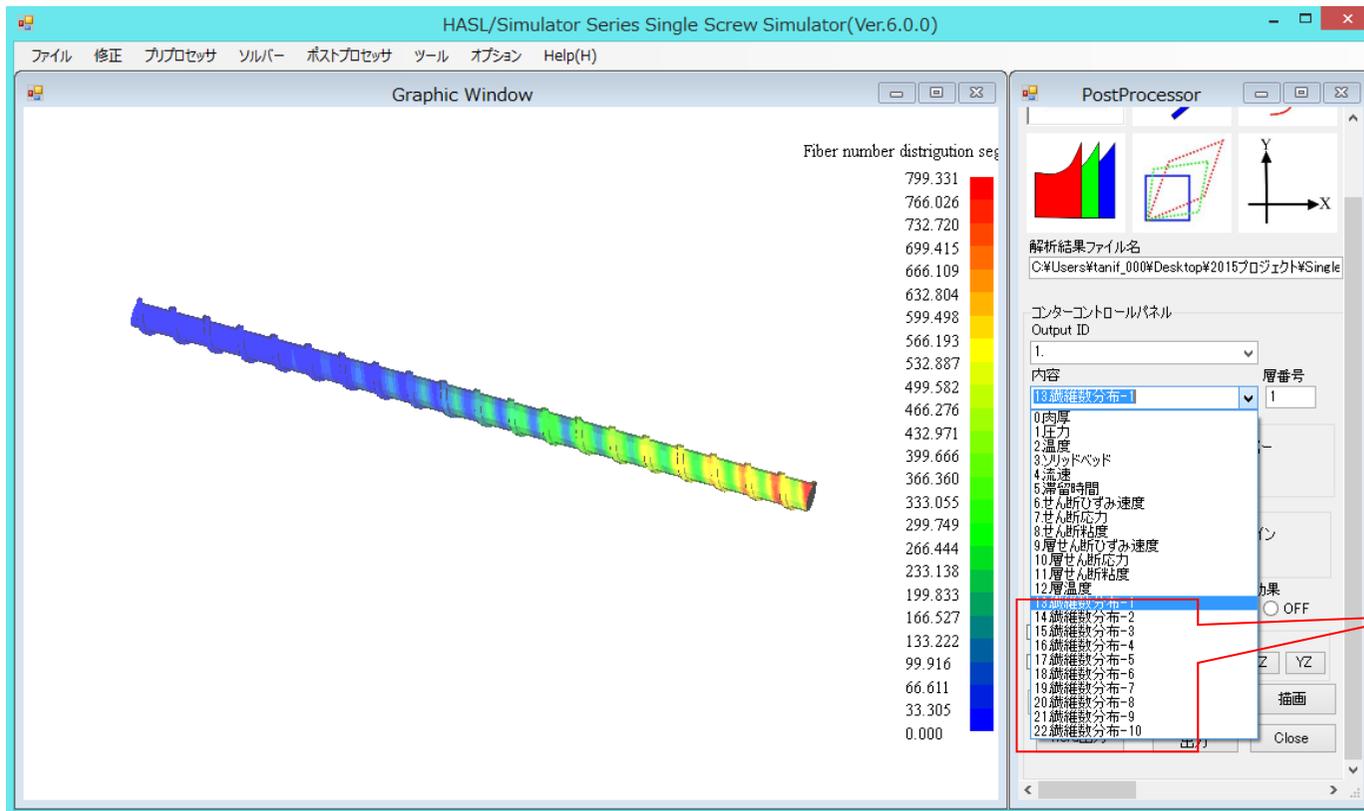


図6 纖維数分布解析結果2

繊維破断解析を行うと、解析者が設定したセグメント数に対応して繊維長セグメント毎の繊維数分布の出力項目がコンター図作画内容に追加されます。



繊維破断解析時に追加される繊維長セグメント内の繊維数分布作画項目

図7 繊維長セグメント内の繊維数分布コンター図の追加

③ 計算要素編集機能の強化

2Dスクリュ展開要素加工の設定フォームにおいて、選択要素の肉厚をMD方向あるいはTD方向に対してプロファイル(折れ線分布)で設定する機能が新規実装されました。スクリュの圧縮比の変更や、周方向に肉厚分布を持つ特殊スクリュのモデリングで有効です。

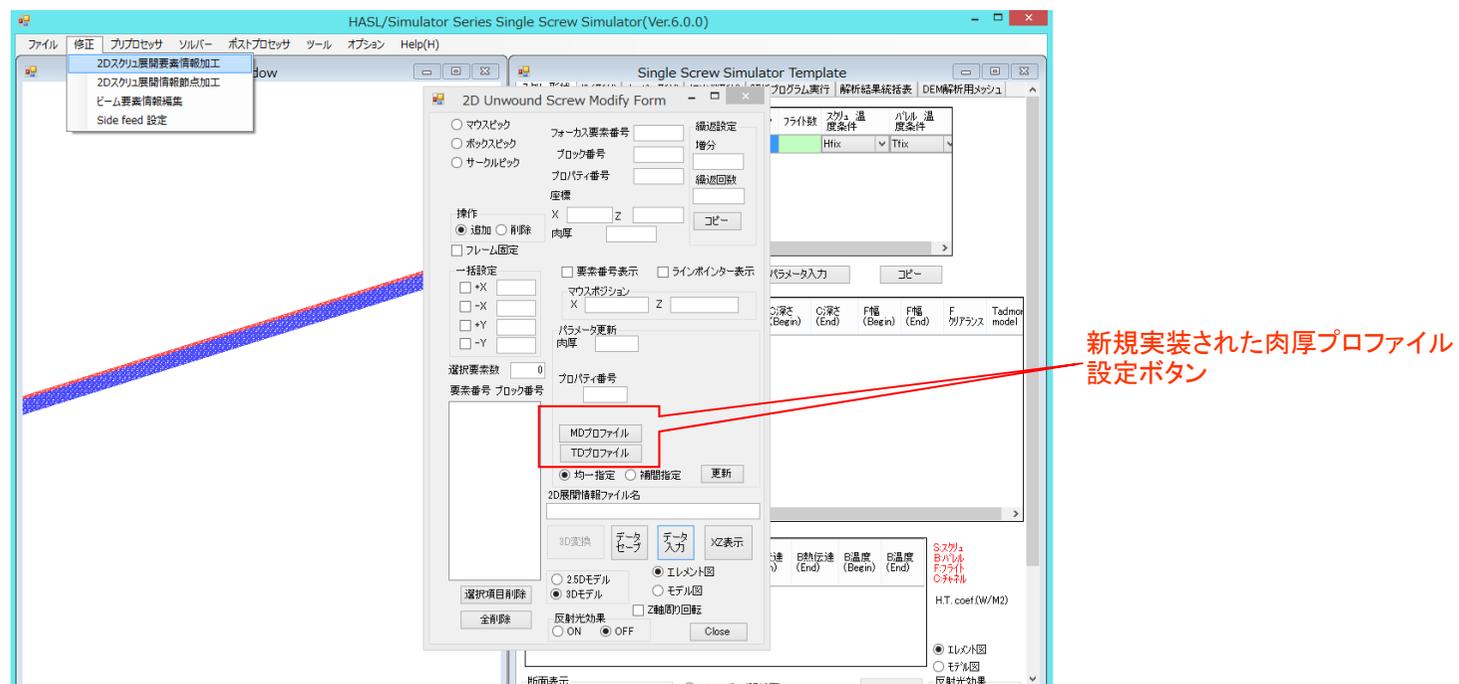


図8 新規実装された肉厚設定機能

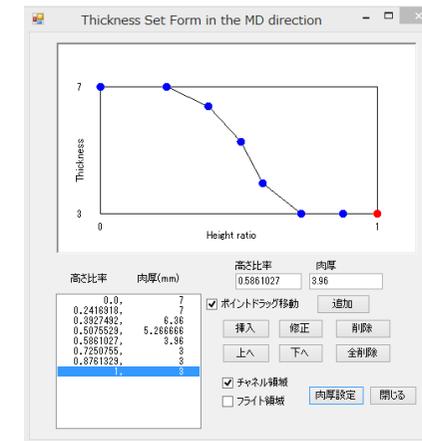
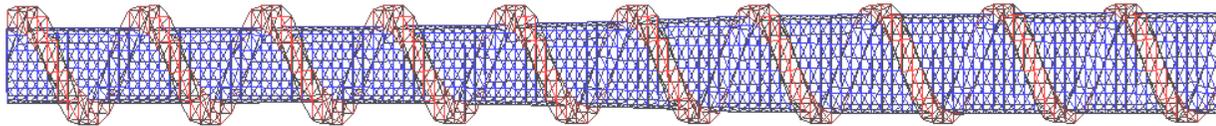
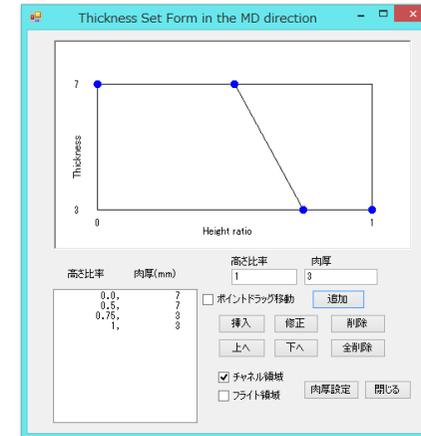
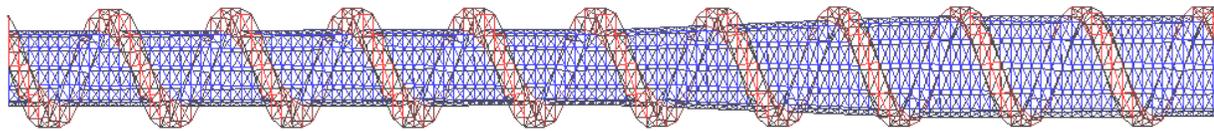


図9 MD肉厚プロファイル設定機能を利用したモデル作成例

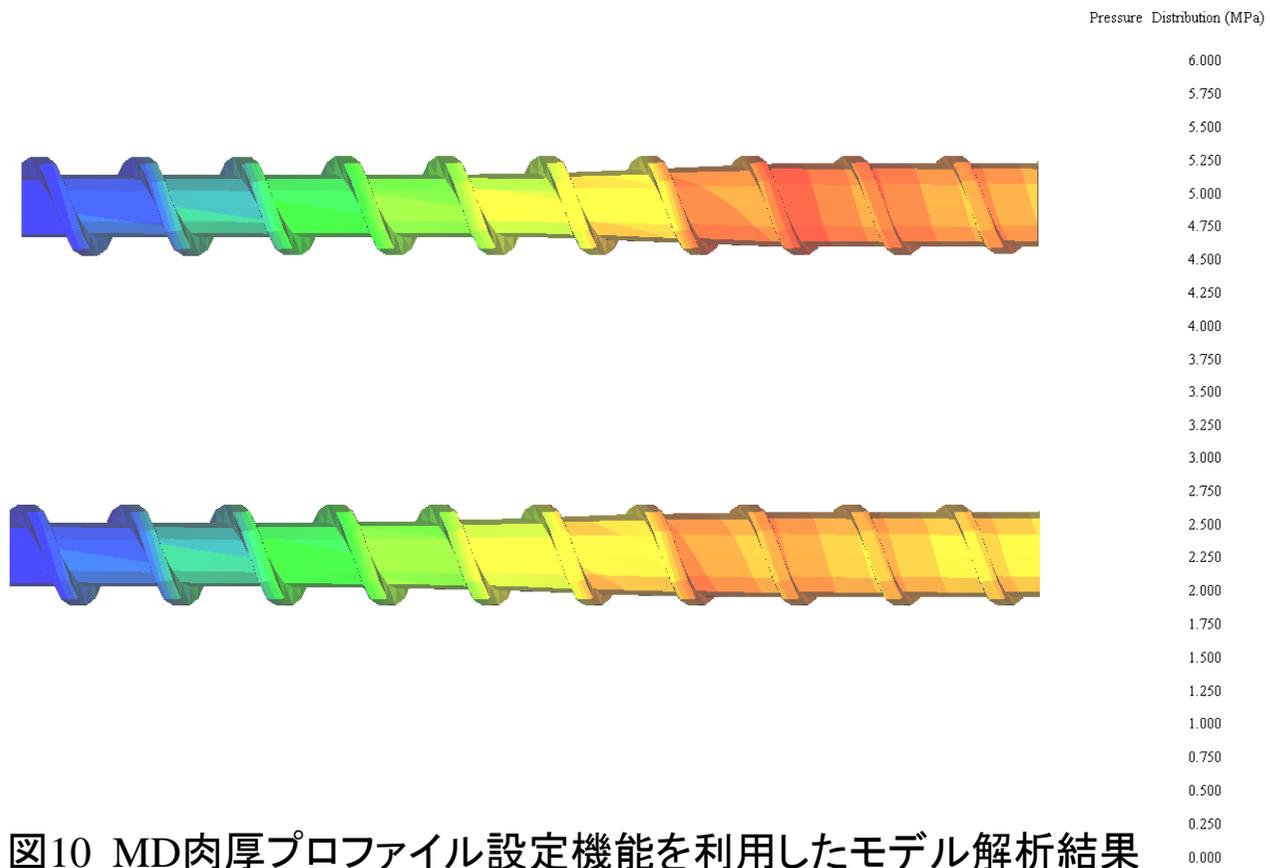
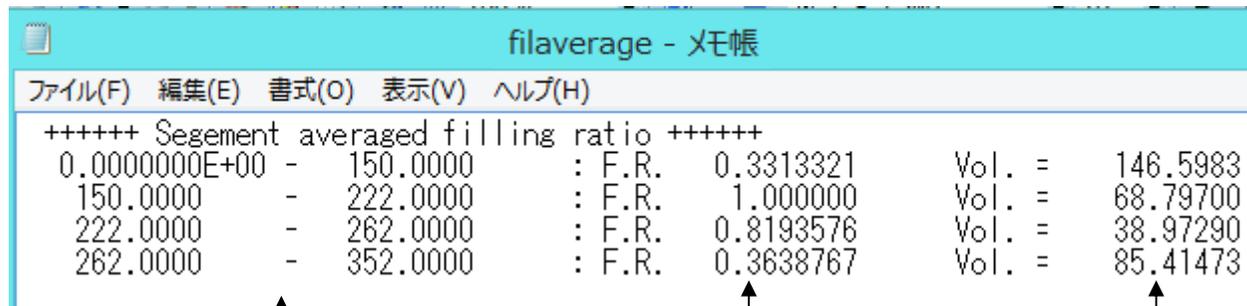
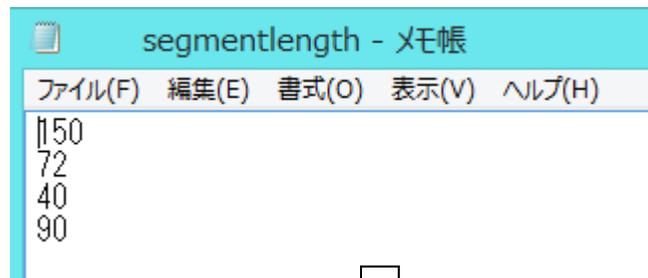


図10 MD肉厚プロファイル設定機能を利用したモデル解析結果
(14kg/h共通)

その他の追加機能:

Segment情報設定による充満率平均値、容積(cc)の計算

解析作業フォルダ一内にsegmentlengthという名称のテキストファイルを作成し、スクリュ流入口を基準としたMD軸方向の長さ(mm)を指定すると、指定セグメント区間内に含まれる計算要素の充満率の平均値と容積(cc)がfilaverageという名称のテキストファイルに出力されます。



↑
流入口を基準としたセグメント
のMD方向区間幅 (mm)

↑
セグメント内の平均充満率

↑
セグメント内の
計算要素容積(cc)