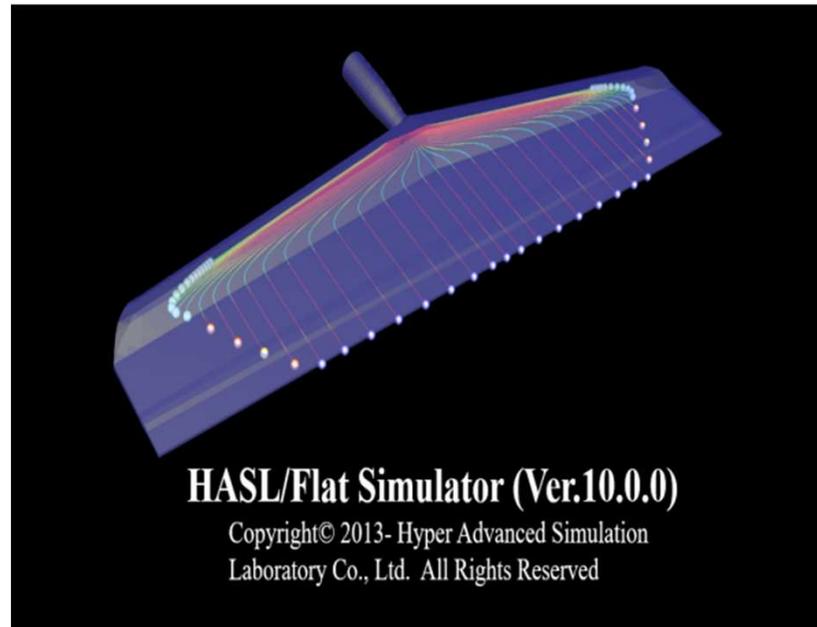

Flat Simulator (FS)

Ver.10.0.0

改良成果資料



2025/08/25

株式会社HASL

新規解析機能

- | | |
|----------------------------|------|
| 1. ロール成形解析機能 | p. 2 |
| 1.1. フィルム成形工程の一貫解析 | p. 3 |
| 1.2. ロール成形解析機能の運用方法 | p.11 |
| 2. スロットコーティング成形解析機能 | p.25 |
| 2.1. スロットコーティング成形工程の一貫解析 | p.26 |
| 2.2. スロットコーティング成形解析機能の運用方法 | p.34 |
| 3. 多層スロットコーティング成形基本解析機能 | p.47 |
| 4. ダイ内のひずみ履歴解析機能 | p.53 |
| 5. ダイ内の液滴分散径の解析機能 | p.57 |

ユーザビリティの向上

- | | |
|-----------------------------------|------|
| 6. Excel を利用した結果表示および比較機能 | p.73 |
| 7. 解析結果の簡易抽出機能 (.2drst) | p.84 |
| 8. Windowsコマンドプロンプトを利用した解析ジョブ連続実行 | p.88 |

1. ロール成形解析機能

一般的なフィルムの製造工程では、上流側に配置したコートハンガーダイから熔融樹脂を押し出し、エアーギャップ区間のキャストイング工程を経た後、下流側のロールに押出物を巻き付けることにより、成形品を製造します。Flat Simulator Ver.10.0.0では、従来のコートハンガーダイ内熱流動とキャスト工程の解析機能に加えて、下流側ロール成形工程における冷却効果や結晶化の状態を解析可能になりました。

1.1 フィルム成形工程の一貫解析

図1.1に示すように上流側のコートハンガーダイから流出する押出物を、異なるレイアウトのロールで巻き取る際の冷却効果や結晶化の状態を解析します。

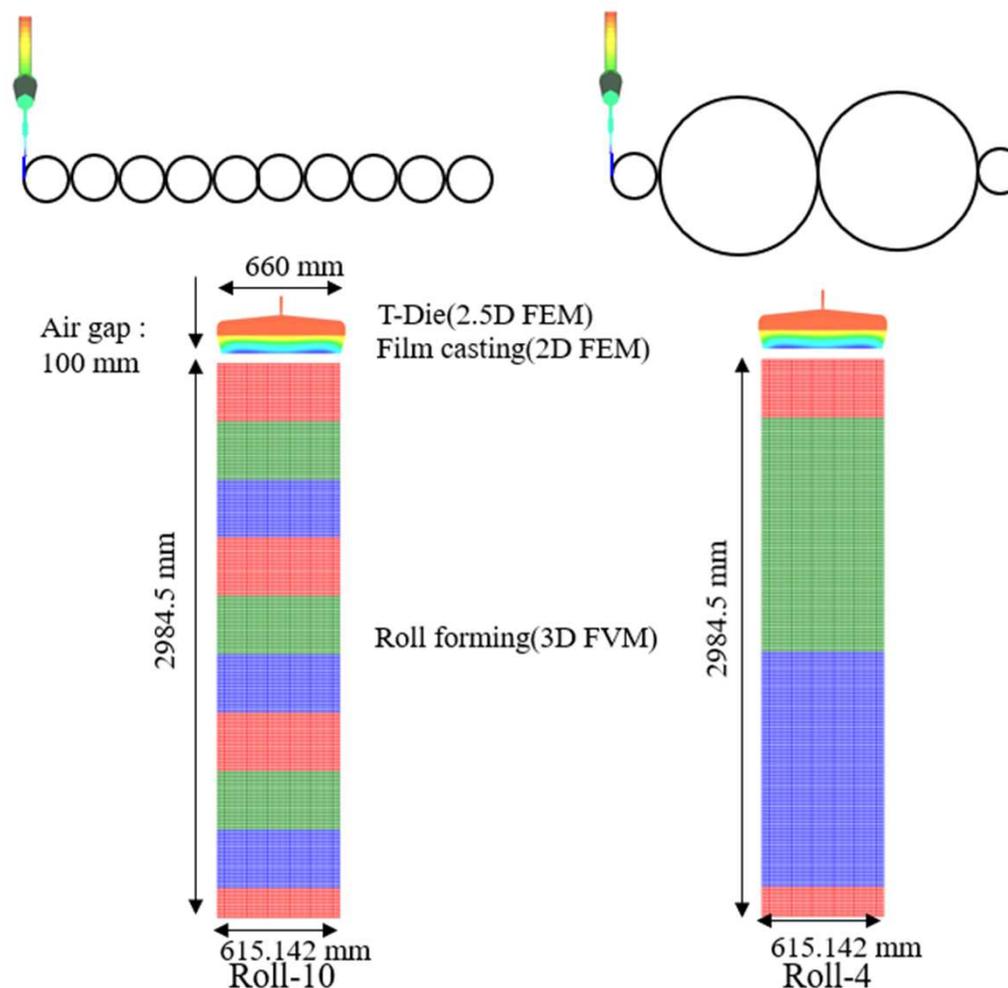


図1.1 フィルム成形工程一貫解析モデル

解析で採用した条件を図1.2に示します。コートハンガーダイの全幅:660mmに対し、押出物の全幅:615.142mmはネックインにより減少しています。グラフ内の青色カーブは、コートハンガーダイの流出口で予測された流束:単位幅当たりの流量を表します。この流束情報を下流側キャスト解析モデルの流入口に境界条件として反映して予測したキャスト工程先端の肉厚分布の解析結果が赤色カーブです。当解析モデルでは、コートハンガーダイのセンター部への流量配分が過多になっています。先端肉厚分布のセンター部に観られる極大値は、この流量配分の不均一性を表しています。また、ネックインによる変形の影響を受け、先端肉厚分布のエッジ部が厚くなる傾向が示されます。

Material : PET
Q : 165cc/s
V_m : 100 mm/s
H_d : 5 mm
Film width : 615.142 mm
Film Length : 3000 mm
$H_{f\infty}$: 2.5 mm
HTC_{roll} : 400 W/m ² /K
T_{roll} : 120 °C
HTC_{air} : 40 W/m ² /K
T_{air} : 30 °C

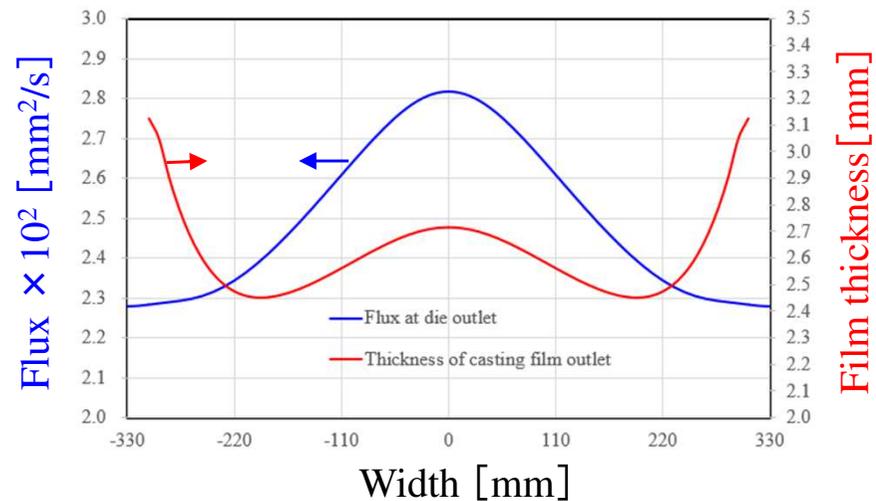


図1.2 一貫解析条件

当解析では、以下に示す Nakamura model を利用し、押出物の結晶化状態を予測しました。

結晶化モデル (Crystallization Kinetics) *)

Nakamura model

$$\frac{D\theta}{Dt} = nK(T)(1-\theta)[- \ln(1-\theta)]^{\frac{n-1}{n}}$$

$$K(T) = (\ln 2)^{\frac{1}{n}} \left(\frac{1}{t_{1/2}} \right) \exp\left(\frac{-U^* / R}{T - T_\infty} \right) \exp\left(\frac{-K_k}{T \Delta T f} \right),$$

$$\Delta T = T_m - T,$$

$$T_m = T_m^0 + T_{shift}$$

$$T_{shift} = C_1 \exp\left(-\frac{C_2}{\tau} \right)$$

$$f = \frac{2T}{T + T_m},$$

$$T_\infty = T_g - 30.$$

θ : Degree of crystallization [-]

K : Rate constant [s^{-1}]

n : Avrami index [-] 2

T : Temperature [$^{\circ}C$]

T_m^0 : Melt temperature ; 280 $^{\circ}C$

T_g : Glass transition temperature; 73 $^{\circ}C$

R : Universal gas constant ; 8.314 J/K

U^* : Activation energy ; 6284 J/mol

$1/t_{1/2}$: Pre-exponential factor ; $4.25 \times 10^4 s^{-1}$

K_k : Spherulite growth rate ; $3.36 \times 10^5 K^2$

C_1 : 37.3 $^{\circ}C$

C_2 : $4 \times 10^3 Pa$

*) X. Guo, A. I. Isayev, and L. Guo, Crystallinity and Microstructure in Injection Moldings of Isotactic Polypropylenes. Part 1: New Approach to Modeling and Model Parameters, *Polym. Eng. Sci.*, **39**(10), 2096-2114(1999)

図1.3にPET樹脂の結晶化率定数 K の温度及び応力依存性を示します。結晶化率定数は、特定の温度で極大値を示します。作用する応力を増加させることにより、結晶化率定数 K は増加します。当現象は、stress induced crystallization（流動誘起結晶化）と呼称されています。

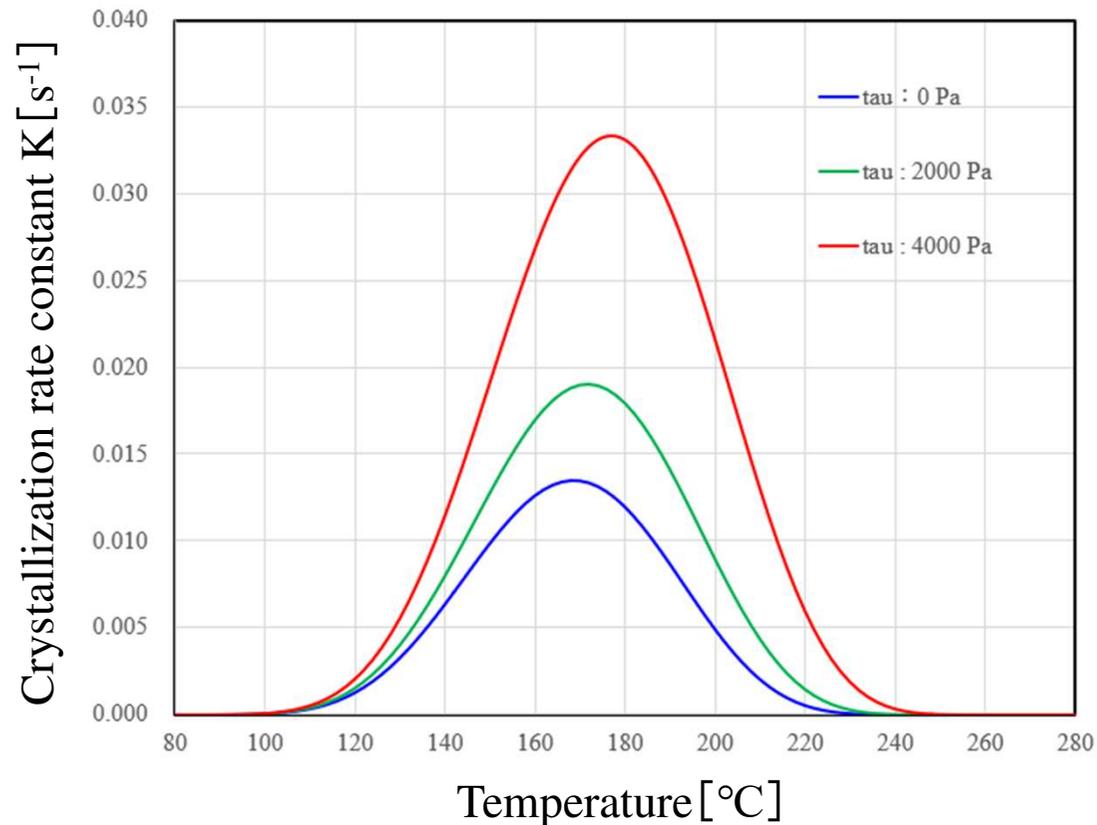
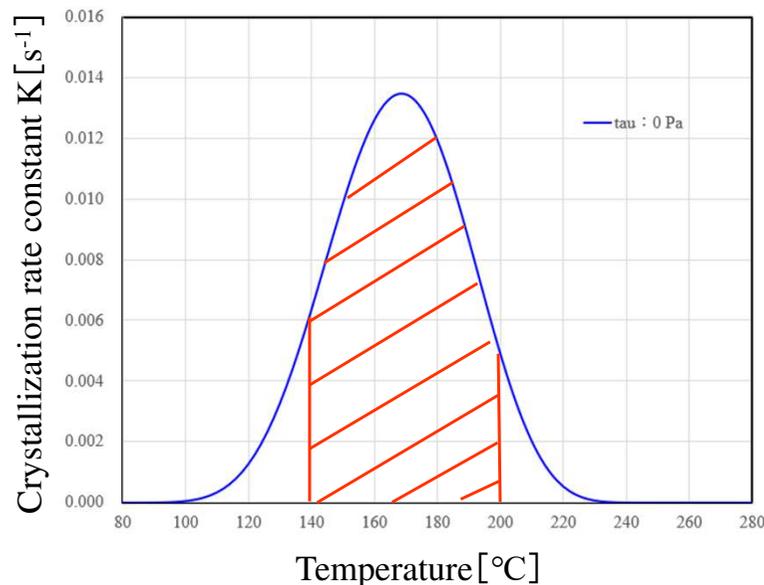


図1.3 結晶化率定数 K の温度・応力依存性

Material : PET

ロール成形工程では、応力の影響は少なく、冷却速度が結晶化状態に大きく影響します。以下に示す関係から、冷却速度が遅いほど結晶化が促進すると考えられます。言い換えれば、冷却速度が速いと小さな結晶しか生成されず、非晶質の割合が高くなり結晶化度が低下します。

※急冷＝低結晶化度



$$\int_{T_1}^{T_2} K(T) dT = \int_{T_1}^{T_2} K(T) \frac{dT}{dt} dt = \frac{dT}{dt} \int_{t_1}^{t_2} K(T) dt$$

$T_1 = T(t_1), T_2 = T(t_2)$

温度変化率が一定の場合

温度条件 $T_1 \sim T_2$ 区間の
結晶化率の積分値

= 温度変化率 ×

結晶化率の
履歴積分値

※冷却速度が速いと結晶化率の履歴積分値は減少
→低結晶化度

図1.4に各ケースで予測された表層(Layer-1,10)と中間層(Layer 5)の温度分布を示します。フィルム幅方向に対する肉厚の不均一性が温度分布に反映されています。センター部とエッジ部は肉厚が厚いため、外界からの冷却効果が抑制されています。すなわち、センター部とエッジ部では冷却速度が他の部位と比較して低くなります。

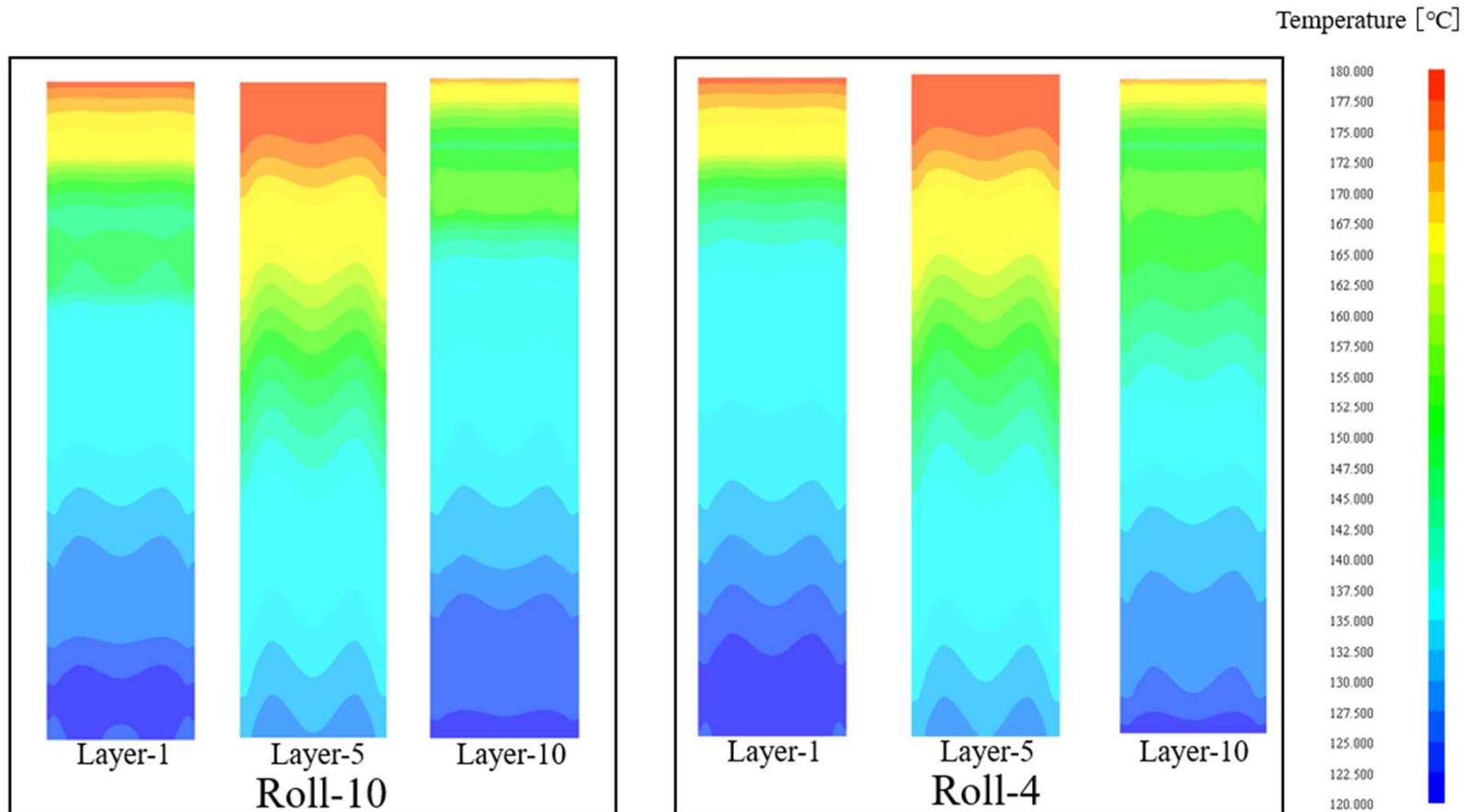


図1.4 温度分布予測結果

図1.5に各ケースで予測された表層(Layer-1,10)と中間層(Layer 5)の結晶化度分布を示します。冷却速度が低いセンター部やエッジ部では、結晶化度が高くなります。また、中間層は表層と比較して温度が高くなるため、冷却速度は低く、結晶化が促進されます。

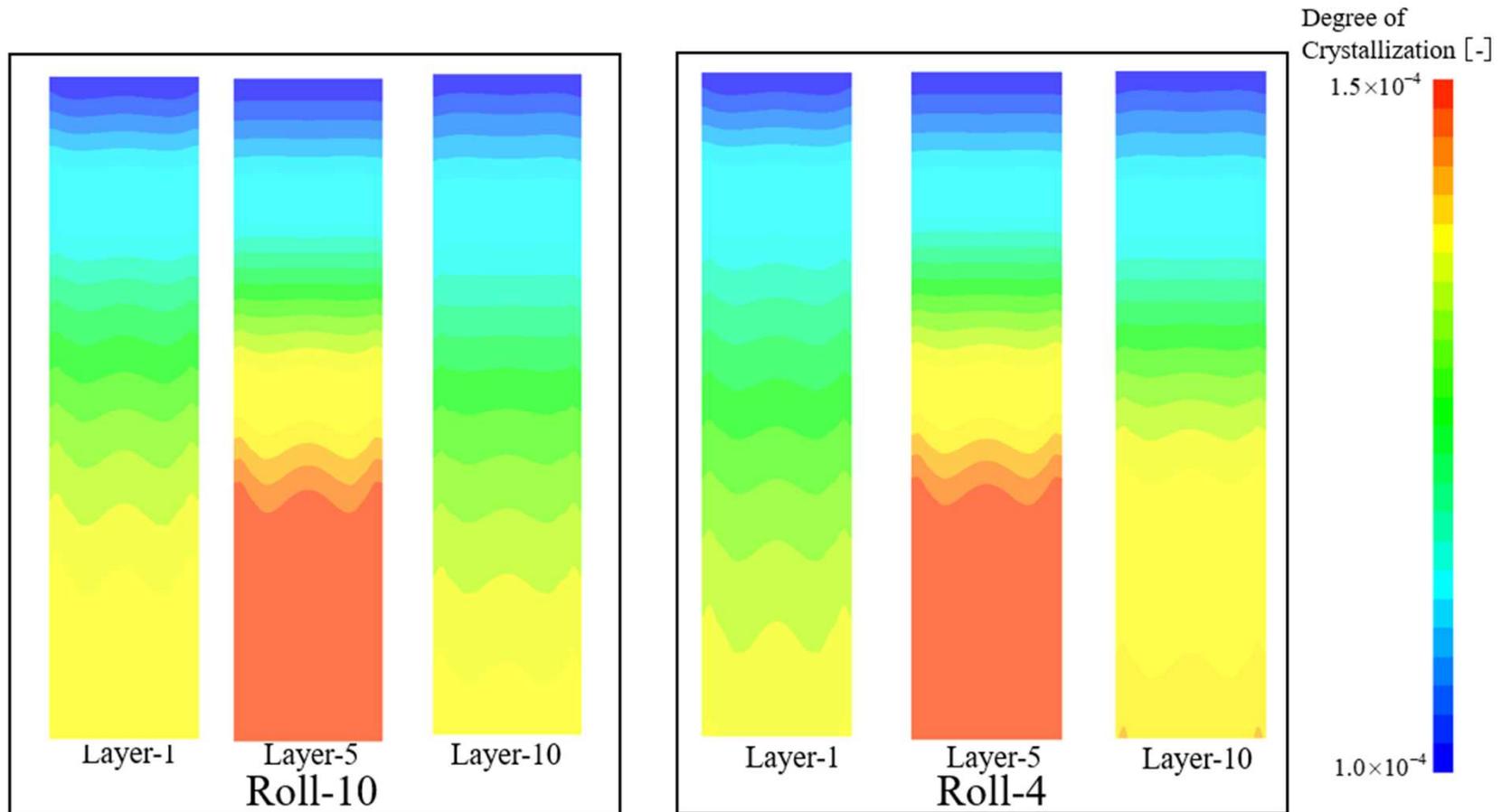


図1.5 結晶化度分布予測結果

図1.6に各ケースで予測されたフィルムセンターラインに沿った表層(Layer-1:青,10:赤)と中間層(Layer 5:黒)の温度分布と結晶化度分布の比較を示します。温度が急激に低下する領域はロールの接触状態を表します。この領域では、空冷による冷却が不十分なため、内部からの熱伝導によって温度が局所的に上昇する傾向が示されています。中間層は、表層よりも冷却速度が低いため結晶化が促進されています。ロール数の増加に伴って、表層の温度分布と結晶化度の分布の差は低減します。

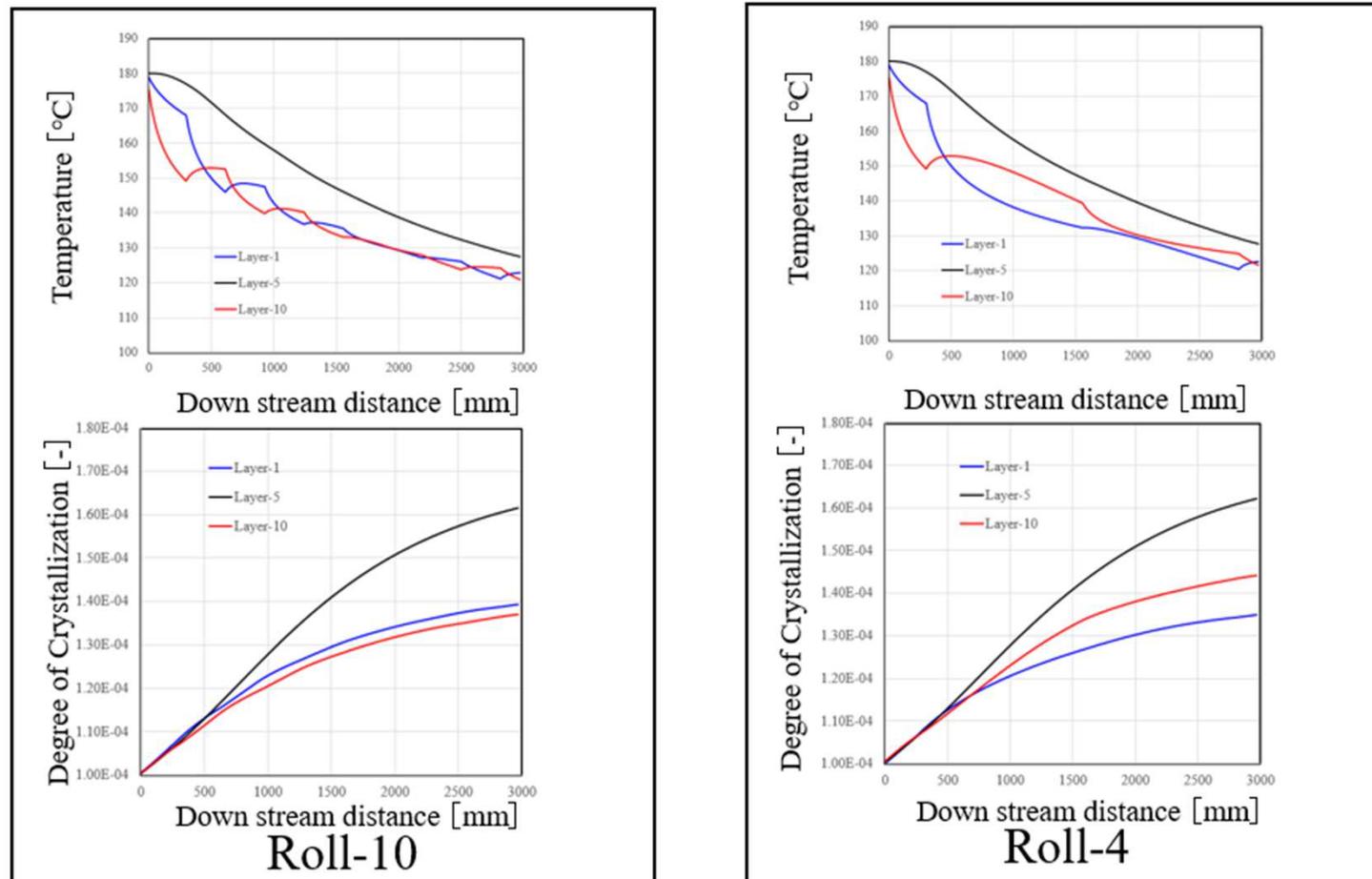


図1.6 フィルムセンターラインに沿った温度分布と結晶化度分布予測結果の比較

1.2 ロール成形解析機能の運用方法

1.2.1 ロール成形解析用モデルの作成

ロール成形解析用モデルを作成するには、新しく実装されたロールタブメニューを利用します。当タブメニューは、基本形状タブメニューに追加されたFree surface regionパネルでRoll formingラジオボタンをONとすることで有効になります。

ロールタブメニュー

マニフォールド ランナー ロール ラッシュ生成 解析実行 統括表(Tダイ) 統括表(フィルム) 基本形状

Region height (mm)

Hr 100.0
Hm 40.0
Hp 40.0
Hc1 8.0
Hc2 15.0
Hc3 8.0
Hl 30.0
HF 0.0

Runner
Region width & thickness (mm)
Wm 330.0
Manifold
Wp 330.0 Tp 5.0
Preland
Region angle (°)
Om 6.0
Op 4.0
Choke Te 10.0
Wl 330.0 Tl 3.0
Lipland
Free surface flow region
TF 3.0

Region	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)
Runner	100.0	-	-
Mandrel	40.0	330.0	-
Preland	40.0	330.0	5.0
Choke1	8.0	-	-
Choke2	15.0	-	10.0
Choke3	8.0	-	-
Lipland	30.0	330.0	3.0
FreeSurf	0.0	-	3.0

基本形状生成
入力パネル表示
基本形状データファイル名
DefaultBase
データ読み込
データ保存
閉じる

Free surface region
 Film casting
 Slot coating
 Roll forming

Roll forming ラジオボタン

図1.7 ロールタブメニュー

ロールタブメニューでは、ロールの半径(Roll radius)や本数(Roll number), 熱伝達係数(HTC), 環境温度(B.C. Temp.), 流動方向の分割数(Div. number), 初期肉厚(Initial thick.), フィルムの半幅(Film halfwidth), フィルム半幅の分割数(Half div. number)を数値設定します。Setボタンを押すと情報がリストボックスに登録されます。登録情報は、マウスクリック後、下部に配置されたテキストボックスに設定した数値情報に変更(Modify)することが可能です。また、Addボタンを押すと追加、Deleteボタンを押すとマウスクリック情報の削除、All deleteボタンを押すと登録情報を全て削除することが可能です。

ImportとExportボタンを押すことで、それぞれ、登録情報がファイル入力、あるいは出力されます。登録情報ファイルは、任意名に拡張子rollのテキストファイルです(サンプルファイル名:testrollf.roll)。

Flux/temp distribution set ボタン
Crystallization parameter set ボタン

マニフォールド ランナー ロール メッシュ生成 解析実行 統計表(Tダイ) 統計表(フィルム) 基本形状

ロール成形領域詳細設定

Roll radius R : 100 mm
 Roll number n : 10
 Sheet path length L_p : 0 mm Div. number 0
 Total film length : $\pi \left(n - \frac{\pi}{2} \right) R + L_p$ 2984.513 mm Set

Number	Roll radius	Section length	H.T.C.	B.C. Temp	Div. number
1.	100,	314.1593,	400,	120,	20
2.	100,	314.1593,	400,	120,	20
3.	100,	314.1593,	400,	120,	20
4.	100,	314.1593,	400,	120,	20
5.	100,	314.1593,	400,	120,	20
6.	100,	314.1593,	400,	120,	20
7.	100,	314.1593,	400,	120,	20
8.	100,	314.1593,	400,	120,	20
9.	100,	314.1593,	400,	120,	20
10.	100,	157.0796,	400,	120,	10

Roll number
 Roll radius 100 mm Initial thick. 2.68 mm
 Section length 100 mm Film half width 307.57 mm
 H.T.C. 100 W/m²/K Half div. number 30
 B.C. Temp. 120 °C Add Modify
 Div. number 10 Delete All delete
 Flux/temp distribution set File name Import Export
 Crystallization parameter set testrollf

図1.8 ロールタブメニュー設定例
(サンプル:testrollf.roll)

一貫解析においてロール領域の初期肉厚(Initial thick.)は、以下に示すように上流側コートハンガーダイの解析で設定されている押出量やキャスト工程の解析結果で予測されるフィルム幅の予測値と引き取り速度を利用し、質量(流量)保存則を満足するように設定します。

コートハンガーダイ解析の設定条件:

押出量594 kg/h, 樹脂密度1000 kg/m³→165 cm³/s=165 cc/s

フィルムキャスト工程で予測されたフィルム幅:

307.57 mm (半幅)→61.514 cm(全幅)

フィルムキャスト工程解析の設定条件:

フィルム引き取り速度10cm/s

$$\text{ロール領域初期肉厚} = \frac{\text{押出流量}(\text{cm}^3/\text{s})}{\text{フィルム幅}(\text{cm}) \times \text{引き取り速度}(\text{cm}/\text{s})} = \frac{165}{61.514 \times 10} = 0.268231 \text{ cm} \rightarrow \mathbf{2.68 \text{ mm}}$$

条件設定後、メッシュ生成タブメニューに切り替え、メッシュ生成ボタンを押すと下図に示すようにロール成形解析用のメッシュが生成されます。ロール半径に比べてフィルム肉厚は薄く、ロールの曲率は無視可能なため、解析モデルは2D平面に展開されたメッシュ情報で表されます。異なるロールへの接触状態が色分け表示されます。メッシュ生成後、メッシュ保存ボタンを押してメッシュ情報を保存します。メッシュ情報ファイルは、任意名+拡張子rollmshのテキストファイルです。

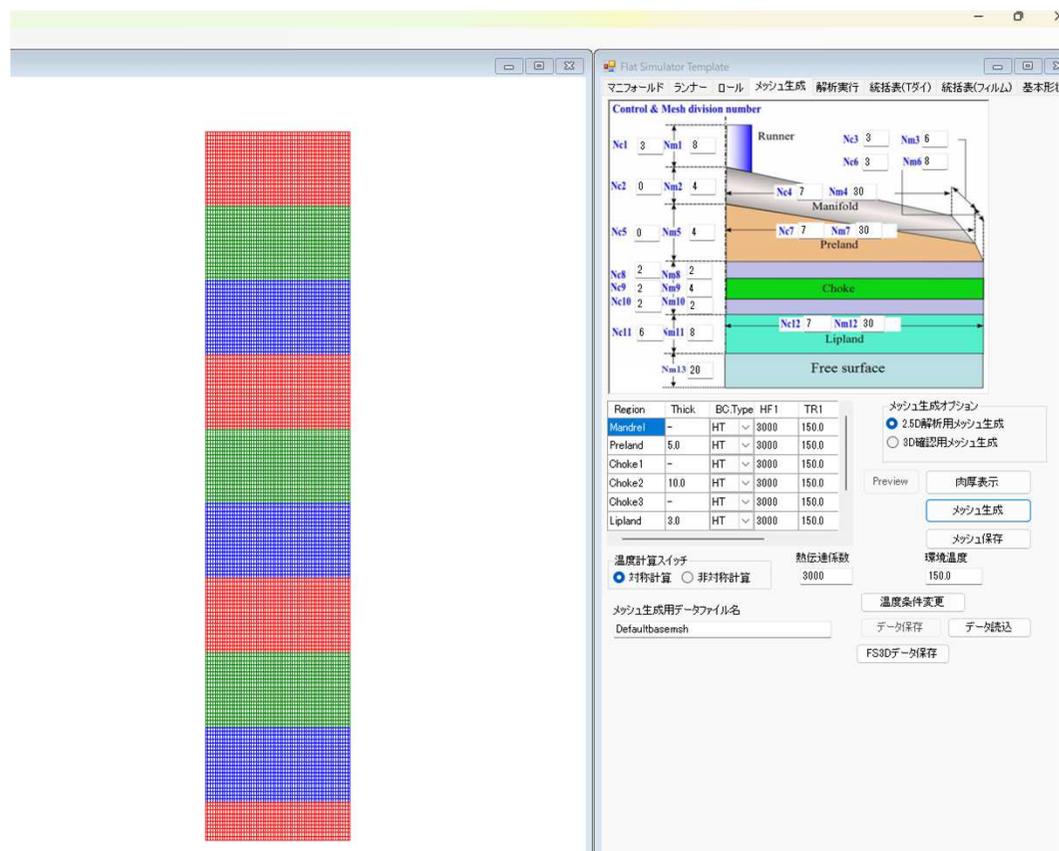


図1.9 ロール成形解析用メッシュファイル

ロールタブメニューの下部に配置されているFlux/temp distribution set ボタンを押すことで下図に示すフォームが表示されます。流束設定ラジオボタンをONとすることでモデル流入口の流束比情報を設定します。幅比率0はセンター、1はエッジを表します。センターからエッジに向けて情報を設定します。解析条件として設定する押出量から求められる流量を流束比の比率に従って幅方向に配分します。流束比情報を設定は必須です。幅方向に均一の流量を配分する場合は、幅比率0,流束比1と幅比率1,流束比1の2組のデータをAddボタンを押してリストボックスに登録します。温度設定ラジオボタンをONとすることでモデル流入口の温度情報を設定します。当情報を設定は任意です。設定を省略すると解析条件で設定する流入温度が一様に設定されます。

読込と保存ボタンを押すことで、それぞれ、ファイル入力、あるいは出力されます。登録情報ファイルは、任意名+拡張子rflのテキストファイルです(サンプルファイル名:testcast.rfl)。rflファイルは、ロール成形解析時に選択して利用します。当ファイルは、Flat SimulatorやFilm Cast Simulatorを利用した解析で出力されます。一貫解析を行う場合には、これら上流工程の解析結果として出力されるrflファイルを利用し、下流側のロール解析を行います。

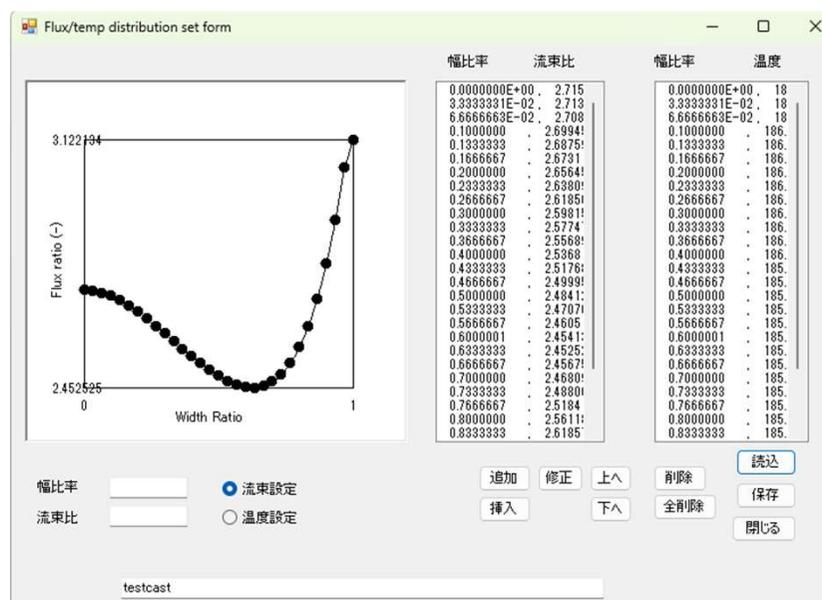


図1.10 Flux/temp distribution set form 設定例
(サンプル:testcast.rfl)

ロールタブメニューの下部に配置されているCrystallization parameter set ボタンを押すことで下図に示すフォームが表示されます。当フォーム内にNakamura モデルパラメータを設定します。当モデルパラメータは、解析条件ファイル:任意名+拡張子fcallに保存されますので、ロール成形用のfcallファイルを作成する際には、パラメータを適切に設定し直して下さい。この作業を省略するとデフォルトセット値(PET材料)が解析で考慮されます。ImportとExportボタンを押すことで、それぞれ、モデルパラメータがファイル入力、あるいは出力されます。モデルパラメータファイルは、任意名に拡張子crysのテキストファイルです(サンプルファイル名:test.crys)。

Crystallization Kinetics
Nakamura model

$$\frac{D\theta}{Dt} = nK(T)(1-\theta) [-\ln(1-\theta)]^{\frac{n-1}{n}}$$

$$K(T) = (\ln 2)^{\frac{1}{n}} \left(\frac{1}{t_{1/2}}\right) \exp\left(\frac{-U^*}{R(T-T_m)}\right) \exp\left(\frac{-K_k}{T\Delta T f}\right)$$

$$\Delta T = T_m - T$$

$$T_m = T_m^0 + T_{shif}$$

$$T_{shif} = C_1 \exp\left(-\frac{C_2}{r}\right)$$

$$f = \frac{2T}{T + T_m}$$

$$T_m = T_g - 30$$

θ : Degree of crystallization [-]
 K : Rate constant [s⁻¹]
 T : Temperature [°C]

n	: Avrami index [-]	2
T_m^0	: Melt temperature [°C]	280
T_g	: Glass transition temperature [°C]	78
R	: Universal gas constant [J/K]	8.314
U^*	: Activation energy [J/mol]	6284
$1/t_{1/2}$: Pre-exponential factor [s ⁻¹]	42500
K_k	: Spherulite growth rate [K ²]	336000
C_1	: Flow induced crystallization parameter [°C]	37.3
C_2	[Pa]	4000

File name: test

Import Export Close

図1.11 Crystallization parameter set form 設定例
(サンプル:test.crys)

1.2.2 ロール成形解析条件ファイルの設定

ロール成形解析を行う場合、解析実行タブメニュー内に追加されたロール解析チェックボックスをチェック状態とします。この状態では、流入口流束比分布ファイルの設定欄が表示されます。選択ボタンを押し、前節1.2.1で解説したrflファイルを選択します。上流側キャスト工程との一貫解析を行う場合には、rflファイルとしてキャスト工程の解析時に出力されるキャスト工程解析結果ファイル名+拡張子rflのファイルを選択します。

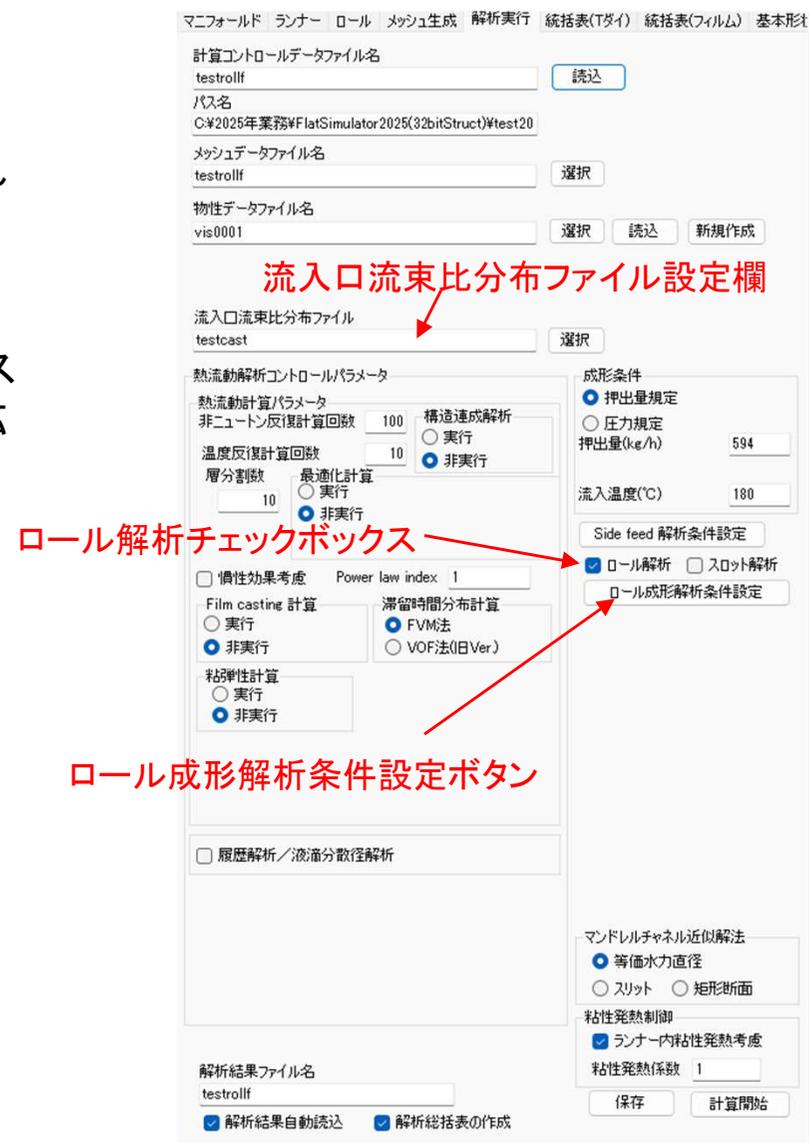


図1.12 解析実行タブメニュー設定例
(サンプル:testrollf.fcal)

ロール成形解析条件設定ボタンを押すと下図に示すロール解析用条件の設定フォームが表示されます。当フォームを利用して外気温度、外気側熱伝達係数、自由界面緩和係数、ロール引き取り速度、非線形結晶化モデルの反復計算回数と緩和係数を設定します。ロール側の環境温度と熱伝達係数は、解析用メッシュを作成する際にロールタブメニューで設定しています。外気温度と外気伝達係数は、自由表面側(ロール接触面と逆の表面)に設定する温度境界条件として考慮されます。緩和係数は、小さくするほど計算安定性が向上しますが、収束解に至るまでの反復計算回数が増加します。自由表面の計算は繊細なため、緩和係数をデフォルト値程度に小さくすることを推奨します。モデルの流入口境界条件は、1.2.1で解説したようにロールタブメニュー内のFlux/temp distribution set ボタンで表示されるフォーム内で設定あるいは、当フォーム内の流入口流束比/温度分布設定ボタンで表示されるフォーム内で設定します。また、結晶化モデルパラメータは、前節1.2.1で解説したようにロールタブメニュー内のCrystallization parameter setボタンで表示されるフォーム内で設定あるいは、当フォーム内の結晶化パラメータ設定ボタンで表示されるフォーム内で設定します。一貫解析を行う場合は、移動速度をキャスト工程の引き取り速度と等しく設定します。

項目	設定値
外気温度 [°C]	30
外気伝達係数 [W/m2/K]	40
自由界面緩和係数	0.0002
ロール引取速度 [mm/s]	100
結晶化モデル反復計算回数	100
結晶化モデル緩和係数	0.5

図1.13 ロール解析用条件設定例

以下にフィルム成形工程の一貫解析で採用した解析条件ファイルの内容を示します。

マニフォールド ランナー ロール メッシュ生成 解析実行 統計表(Tダイ) 統計表(フィルム) 基本形状

計算コントロールデータファイル名
testcast [読込]

パス名
C:\2025年業務\Flatsimulator\Ver 10(2025-32bit)\test2(

メッシュデータファイル名
testcast [選択]

物性データファイル名
vis 1000 [選択] [読込] [新規作成]

熱流動解析コントロールパラメータ

熱流動計算パラメータ
非ニュートン反復計算回数 3 構造連成解析
温度反復計算回数 100 実行 非実行

層分割数 最適化計算
10 実行 非実行

慣性効果考慮 Power law index 1

Film casting 計算 滞留時間分布計算
 実行 非実行 FVM法 VOF法(旧Ver.)

粘弾性計算
 実行 非実行

履歴解析/液滴分散解析

解析結果ファイル名
testcast

解析結果自動読込 解析統計表の作成

成形条件
 押出量規定
 圧力規定
押出量(ke/h) 594
流入温度(°C) 180

Side feed 解析条件設定
 ロール解析 スロット解析
Roll/Slot成形解析条件設定

Film casting計算パラメータ
反復計算回数 20
フィルム出力間隔数 999
自由表面緩和係数 1
肉厚反復計算回数 100
フィルム流出速度 1
フィルム引取速度 10
フィルム流出温度 200

対称計算 非対称計算
 T-dieの一貫解析 Giesekus 粘弾性解析

マンドレルチャネル近似解法
 等価水力直径 スリット 矩形断面

粘性発熱制御
 ランナー内粘性発熱考慮
粘性発熱係数 0.5

[保存] [計算開始]

上流側コートハンガーダイ&キャスト工程解析用
(サンプル:testcast.fcal)

マニフォールド ランナー ロール メッシュ生成 解析実行 統計表(Tダイ) 統計表(フィルム) 基本形状

計算コントロールデータファイル名
testrollf [読込]

パス名
C:\2025年業務\Flatsimulator\Ver 10(2025-32bit)\test2(

メッシュデータファイル名
testrollf [選択]

物性データファイル名
vis 1000 [選択] [読込] [新規作成]

流入口流速比分布ファイル
testcast [選択]

熱流動解析コントロールパラメータ

熱流動計算パラメータ
非ニュートン反復計算回数 100 構造連成解析
温度反復計算回数 10 実行 非実行

層分割数 最適化計算
10 実行 非実行

慣性効果考慮 Power law index 1

Film casting 計算 滞留時間分布計算
 実行 非実行 FVM法 VOF法(旧Ver.)

粘弾性計算
 実行 非実行

履歴解析/液滴分散解析

解析結果ファイル名
testrollf

解析結果自動読込 解析統計表の作成

成形条件
 押出量規定
 圧力規定
押出量(ke/h) 594
流入温度(°C) 180

Side feed 解析条件設定
 ロール解析 スロット解析
ロール成形解析条件設定

Film casting計算パラメータ
反復計算回数 20
フィルム出力間隔数 999
自由表面緩和係数 1
肉厚反復計算回数 100
フィルム流出速度 1
フィルム引取速度 10
フィルム流出温度 200

対称計算 非対称計算
 T-dieの一貫解析 Giesekus 粘弾性解析

マンドレルチャネル近似解法
 等価水力直径 スリット 矩形断面

粘性発熱制御
 ランナー内粘性発熱考慮
粘性発熱係数 1

[保存] [計算開始]

下流側ロール成形工程解析用
(testrollf.fcal)

図1.14 フィルム成形一貫解析条件

解析結果はファイル/解析結果インポートをプルダウン選択して表示されるファイルオープンダイアログボックスにおいてファイルフィルターを“ロール成形解析結果(*.rollrst)”に切り替えて読み込みます。

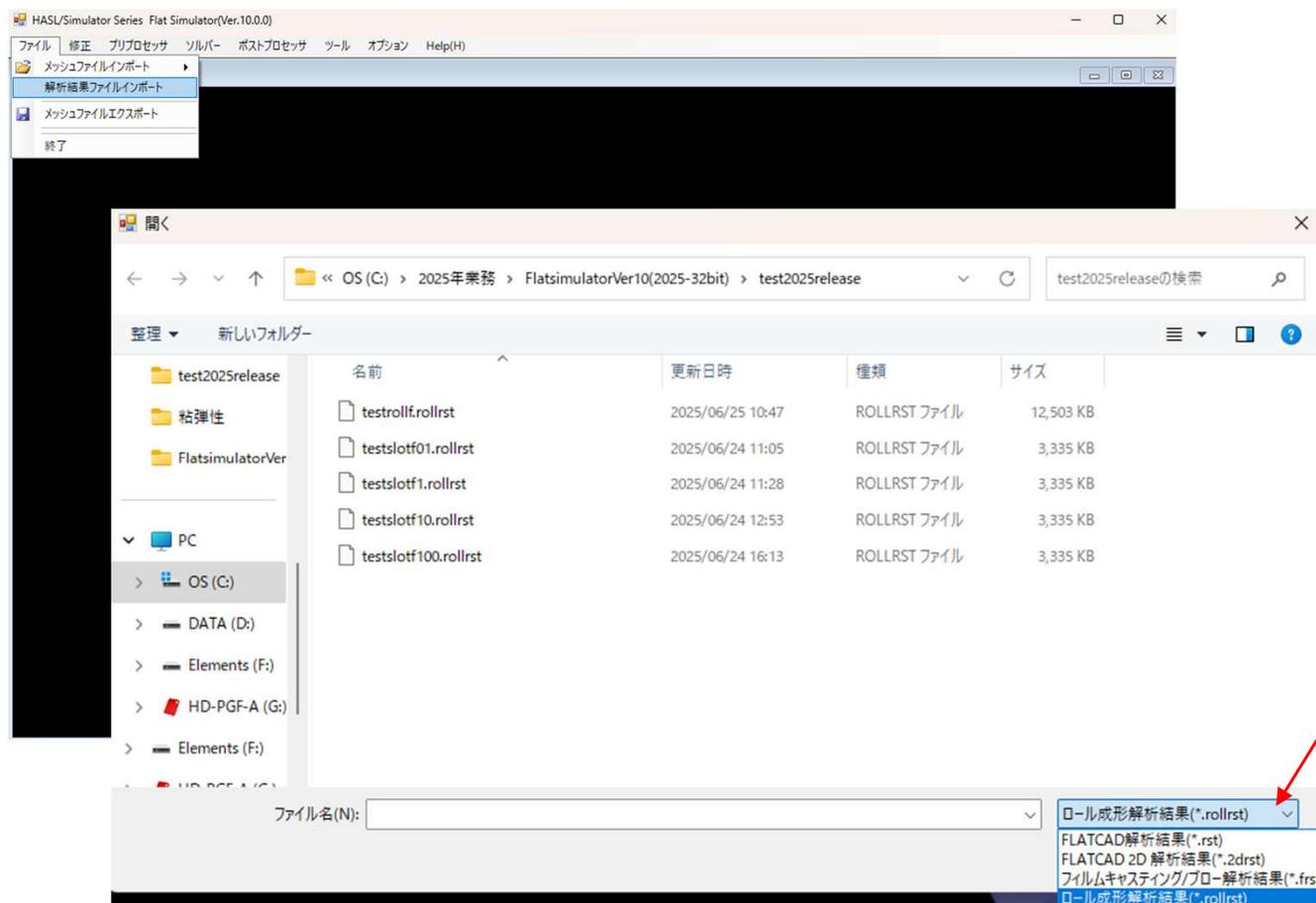


図1.15 ロール成形解析結果ファイルオープンダイアログボックス

結晶化度解析結果のポスト処理項目として, ”12:層結晶化度分布”が追加されました. 層番号の指定欄に作画対象とする総番号を設定することで肉厚方向に層状に積層された情報を選択可能です. 層番号:1 は裏面, 層番号:ndiv は表面(ポスト処理時に最初に表示される面)です. ndivは解析実行時に設定する層分割数(デフォルト:10)です.

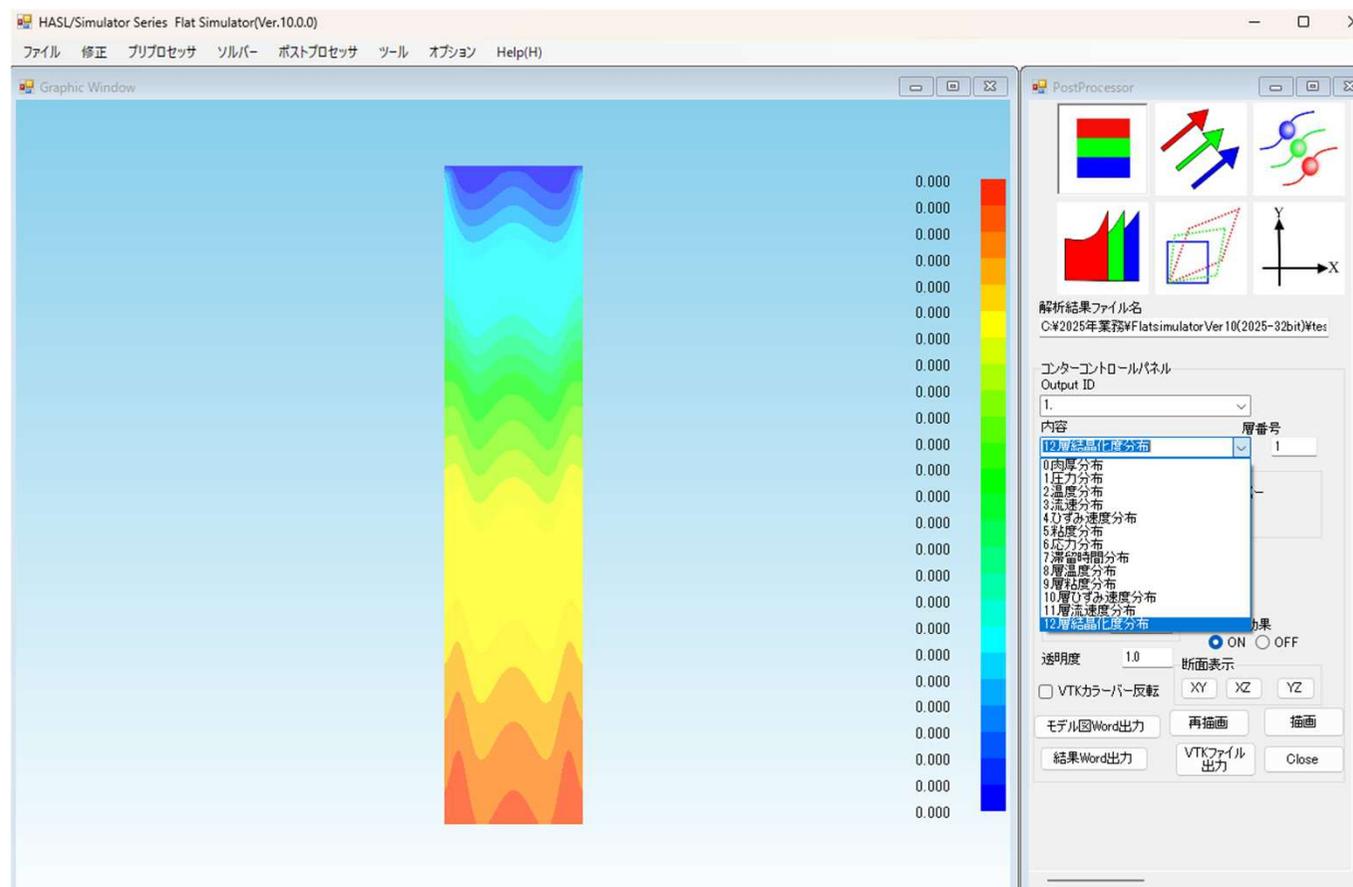


図1.16 ロール成形解析結果追加作画項目(層結晶化度分布)

グラフ図の作画項目としても, ”9:層結晶化度分布”が追加されました. 任意の節点をマウスクリック選択し, 同作画項目を選択して描画ボタンを押すと下図に示すように選択節点で計算された結晶化度の肉厚依存性がグラフプロットされます. ファイル出力ボタンを押すと作画情報が任意設定名のテキストファイルに出力されます.

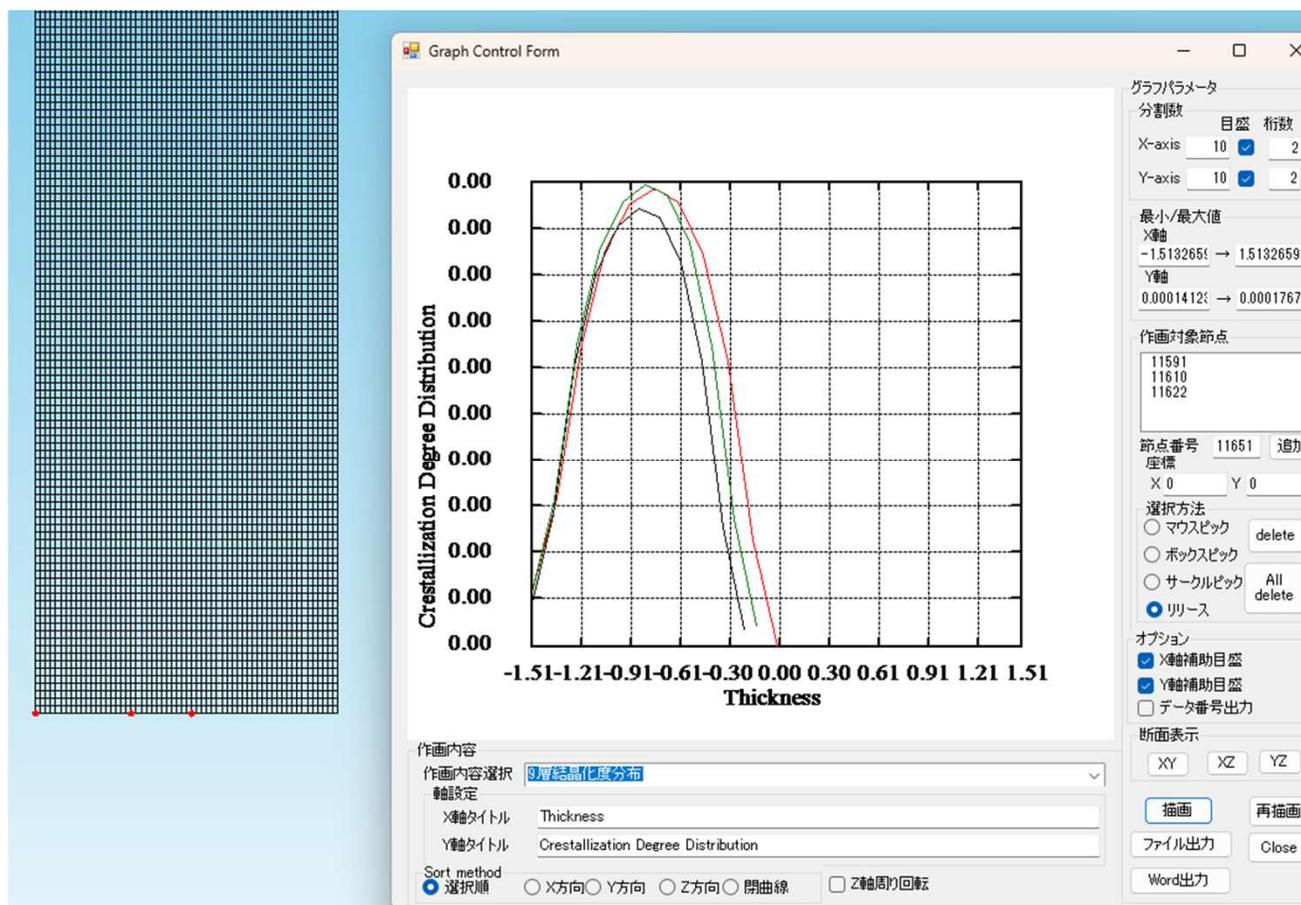


図1.17 ロール成形解析結果追加グラフ作画項目(層結晶化度分布)

ロール成形解析結果の出力ファイルとして、以下に示すcysinfファイルとtempinfファイルが作業フォルダー内に出力されます。これらの情報をエクセルに読み込むことで、表層と中間層の温度分布や結晶化度のモデルセンターラインに沿った流動長依存性のグラフ作画が可能です。

	流動長[mm] ↓ A	表層:layer-1 結晶化度[-] ↓ B	中間層:layer-5 結晶化度[-] ↓ C	表層:layer-10 結晶化度[-] ↓ D
1	7.85398	1.00E-04	1.00E-04	1.00E-04
2	23.56194	1.02E-04	1.01E-04	1.00E-04
3	39.26991	1.02E-04	1.01E-04	1.00E-04
4	54.97787	1.03E-04	1.01E-04	1.01E-04
5	70.68584	1.03E-04	1.01E-04	1.01E-04
6	86.39381	1.03E-04	1.02E-04	1.02E-04
7	102.1018	1.04E-04	1.02E-04	1.02E-04
8	117.8098	1.04E-04	1.02E-04	1.02E-04
9	133.5177	1.04E-04	1.03E-04	1.03E-04
10	149.2257	1.05E-04	1.03E-04	1.03E-04
11	164.9337	1.05E-04	1.03E-04	1.04E-04

	流動長[mm] ↓ A	表層:layer-1 温度[°C] ↓ B	中間層:layer-5 温度[-] ↓ C	表層:layer-10 温度[-] ↓ D
1	7.85398	185.3306	186.5509	181.6276
2	23.56194	184.231	186.5473	177.5511
3	39.26991	183.2368	186.5416	174.1236
4	54.97787	182.3312	186.5323	171.2044
5	70.68584	181.4996	186.5181	168.69
6	86.39381	180.73	186.4972	166.5017
7	102.1018	180.0128	186.4681	164.579
8	117.8098	179.3401	186.4295	162.875
9	133.5177	178.7058	186.3801	161.3526
10	149.2257	178.1049	186.3188	159.9827
11	164.9337	177.5332	186.2448	158.7419

解析結果ファイル名＋拡張子cysinf

解析結果ファイル名＋拡張子tempinf

図1.18 ロール成形解析結果追加出力ファイル(cysinf & tempinf)

cysinfファイルとtempinfファイルを利用してエクセルで作成したグラフ作画例を下図に示します。

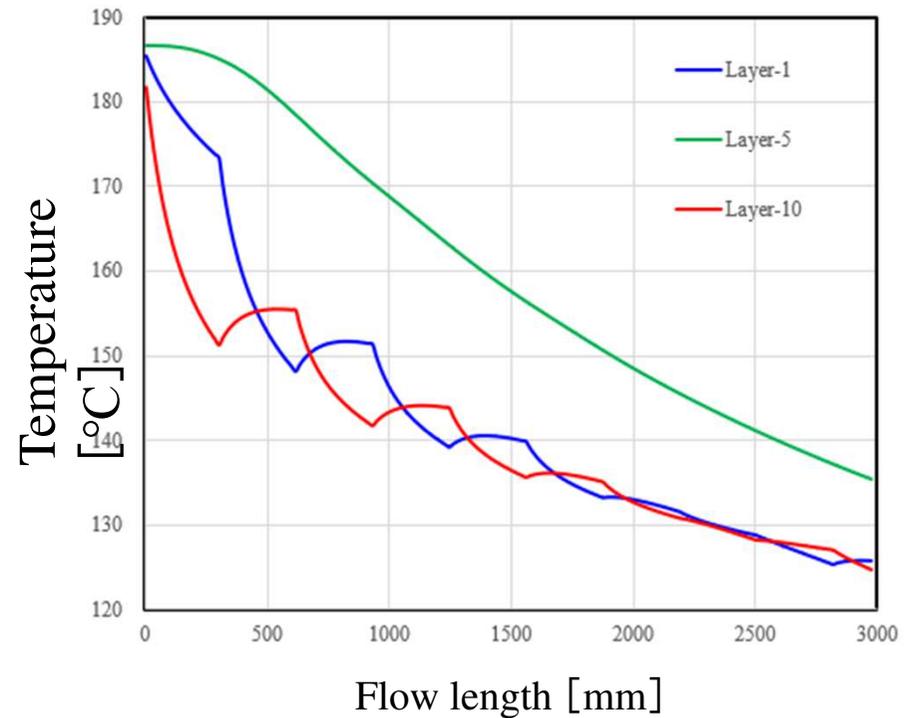
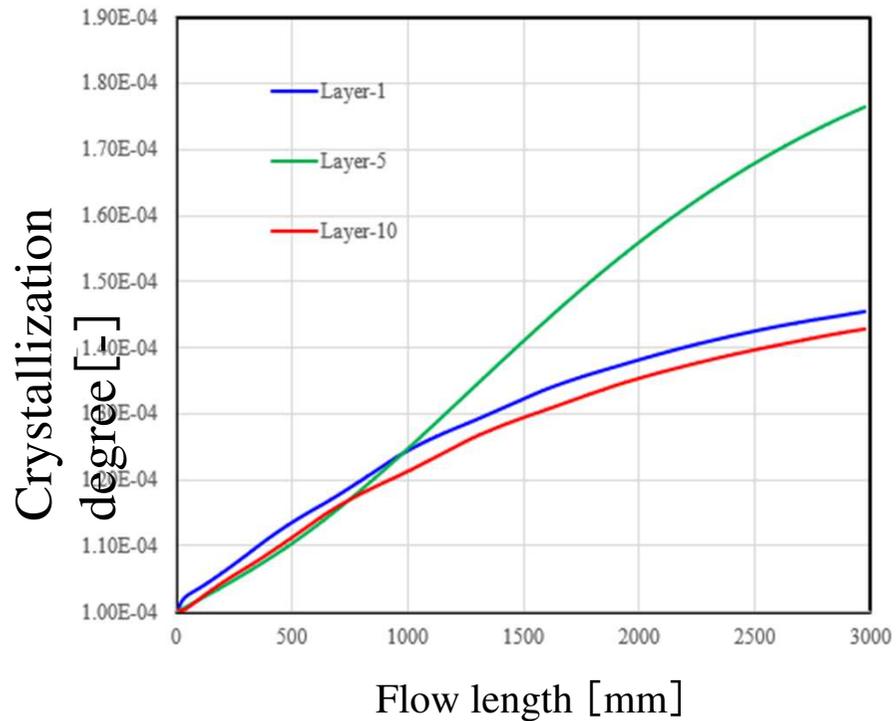


図1.19 表層(Layer-1,10)と中間層(Layer-5)の結晶化度と温度の流動長依存性

2. スロットコーティング成形解析機能

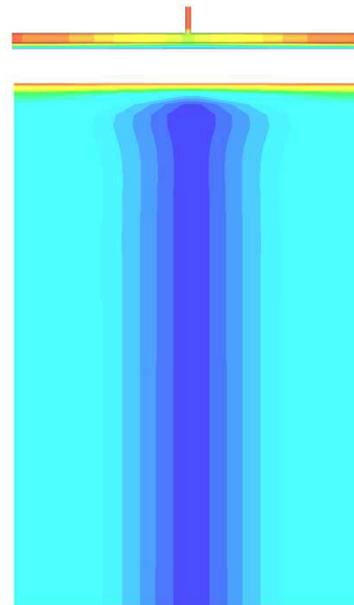
Slot coating simulator Ver.1.0.0 では、1Dスロットコーティング理論を元に1Dのスロットコーティング解析機能を開発しました。Flat Simulator Ver. 10.0.0では、コートハンガーダイの解析と連携可能な2.5D スロットコーティング解析機能を新規に開発しました。コーティング基盤の移動速度、表面張力効果、及びコートハンガーダイによる幅方向への流量配分の不均一性が、下流側のコーティング状態に及ぼす影響を分析可能になりました。

Slot coating simulator Ver.1.0.0 (付属ソフト)



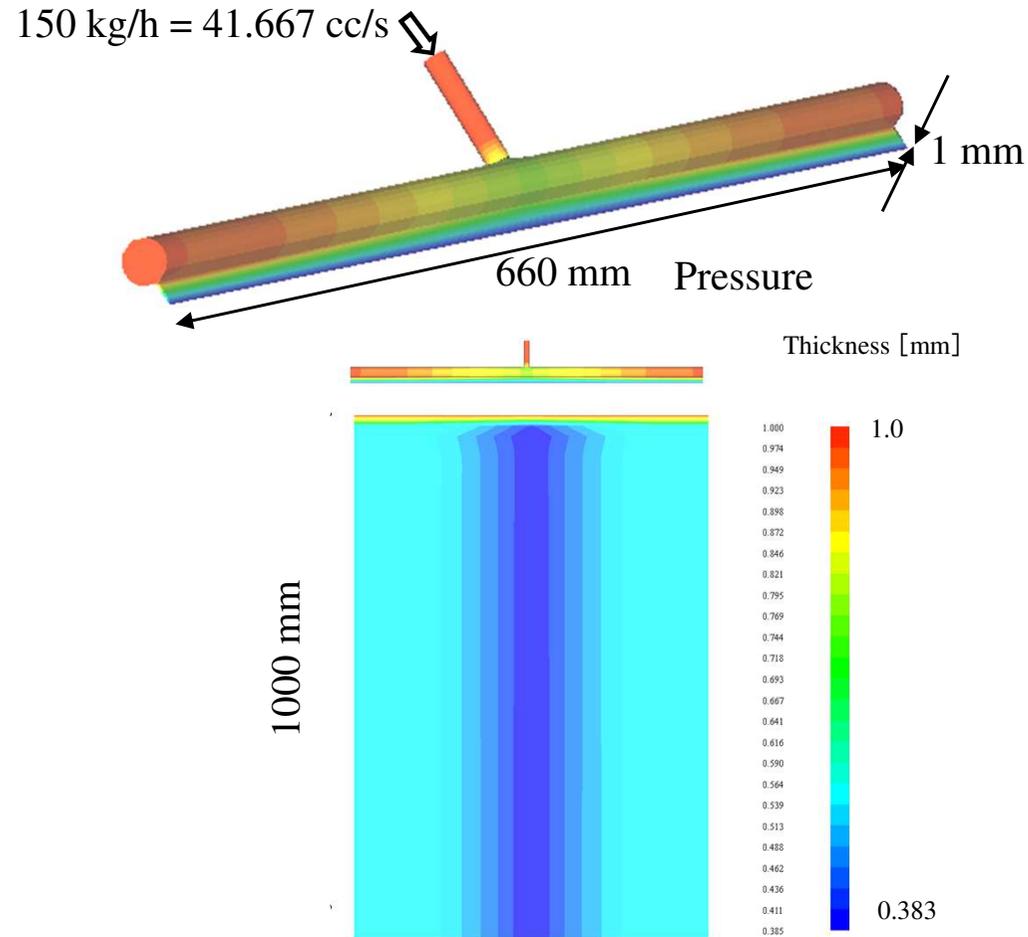
利用方法は、以下資料を参照ください。
SlotCoatingSimulatorVer1.0.0利用手引書.pptx

2.5D スロットコーティング解析機能 (Ver.10.0.0 新機能)



2.1 スロットコーティング成形工程の一貫解析

図2.1に示すように上流側のスロットダイから流出する液材を移動基盤に被覆するコーティング工程を解析します。



膜厚解析結果

(η : 0.001 Pa·s, σ = 0 , V_m = 126.262 mm/s, G.R.=2)

図2.1 スロットコーティング成形工程一貫解析モデル

一貫解析では、最初に上流側スロットダイの解析を行います。解析では、下図に示すモデルを採用しました。マニフォールドは直径20mmの単純円形断面であり、スロープ角度は0°です。このようなスロットダイに高粘性流体を流動させると圧力勾配が最も高くなるモデルセンター部への流量配分が大きくなります。一方、低粘性流体を高速で流動させるとマニフォールドで左右に分岐する流れが直進し易くなり、結果としてエッジ部の流量配分が多くなります。これらの流動の特徴は、慣性力と粘性力の比(慣性力/粘性力)で表されるレイノルズ数と呼称される無次元パラメータで表されます。一般的な高分子樹脂流動はレイノルズ数の低い状態です。一方、スロットコーティングでは、低粘性流体の高速流動を扱う場合が多く、慣性効果が支配的なレイノルズ数の高い状態に関心があります。

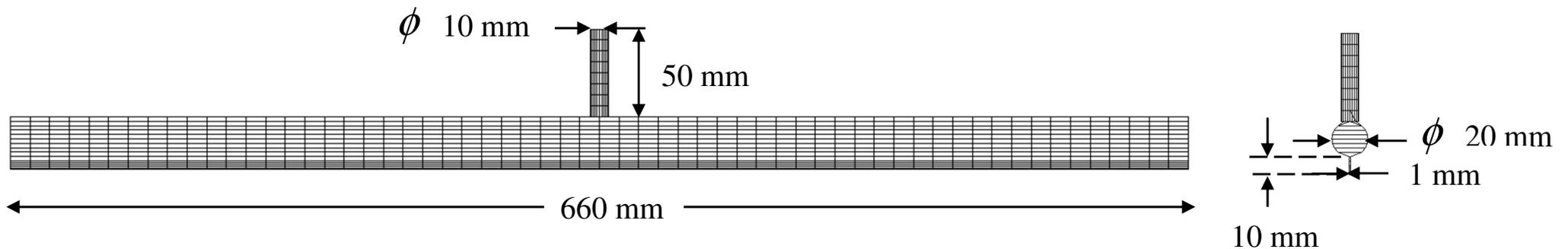


図2.2 スロットダイ解析モデル(testslotdie.msh)

Flat Simulator Ver.9 (2024) から慣性効果が考慮可能になっています。以下にスロットダイの解析で採用したコントロールデータを示します。慣性効果を考慮する場合には、フォーム内の慣性効果考慮チェックボックスをチェック状態とします。また、慣性効果を考慮した解析は非線形解析であるため、非ニュートン反復計算回数(デフォルト値:10回)を多めに設定します(本解析例では100回)。

非ニュートン反復計算回数を
デフォルト値10回より増加

慣性効果考慮チェックボックス
をチェック

マニフォールド ランナー ロール メッシュ生成 解析実行 統計表(Tダイ) 統計表(Film) 基本形状

計算コントロールデータファイル名
testslotdie [読み込み]

パス名
C:\2025年業務\Flat Simulator Ver 10(2025-32bit)\test2\

メッシュデータファイル名
testslotdie [選択]

物性データファイル名
vis0001 [選択] [読み込み] [新規作成]

熱流動解析コントロールパラメータ

熱流動計算パラメータ
非ニュートン反復計算回数 100 構造連成解析
 実行
 非実行

温度反復計算回数 10
層分割数 最適化計算
 実行
 非実行

慣性効果考慮 Power law index 1

Film casting 計算 滞留時間分布計算
 実行
 非実行
 FVM法
 VOF法(旧Ver.)

粘弾性計算
 実行
 非実行

膜厚解析/溶着分散径解析

成形条件

押出量規定
 圧力規定
 押出量(kg/h) 150

流入温度(°C) 200

Side feed 解析条件設定
 ロール解析 スロット解析
 Roll/Slot成形解析条件設定

マンデルチャネル近似解法
 等価水力直径
 スリット 矩形断面

粘性発熱制御
 ランナー内粘性発熱考慮
 粘性発熱係数 1

解析結果ファイル名
testslotdie

解析結果自動読み込み 解析統計表の作成

[保存] [計算開始]

図2.3 スロットダイ解析用コントロールデータ(testslotdie.fcal)

慣性効果が流動現象に影響を及ぼすか否かは、以下に示すレイノルズ (Re) 数に依存します。 Re 数が高い条件、すなわち低粘性流体の高押出量条件において慣性効果の影響が顕著になります。ニュートン流体の場合、慣性効果を見捨ると、押出量を一定とした条件において粘度を変化させてもダイ流出口における流量配分(流束分布)は変化しません。一方、ニュートン流体の場合でも慣性効果を考慮すると、押出量を一定とした条件において粘度を低下させるとレイノルズ数が増加し、慣性効果が支配的になり、前述した通り、ダイ流出口においてエッジ部の流量配分が多くなります。

$$\text{レイノルズ数} \quad Re = \frac{\rho UL}{\eta}$$

ρ : 密度 [kg/m³]

U : 流速 [m/s] (押出量を増加させると高速になる)

L : 代表長 [m] (マニフォールドの半径に相当)

η : 粘度 [Pa·s]

下図に慣性効果を無視(慣性効果考慮チェックボックスを非チェック)と考慮(慣性効果考慮チェックボックスをチェック)した各条件で計算されたダイ流出口における流束(幅単位長さあたりの流量)の比較を示します。解析で採用した粘度(0.001Pa・s)と押出量1(150kg/h:41.667cc/s)の条件では慣性効果が流動状態に影響し、前述した通り、慣性効果を無視した場合(青色カーブ)では、センター部の流量配分が多く、考慮した場合(赤色カーブ)では、エッジ部の流量配分が多くなる結果が得られます。

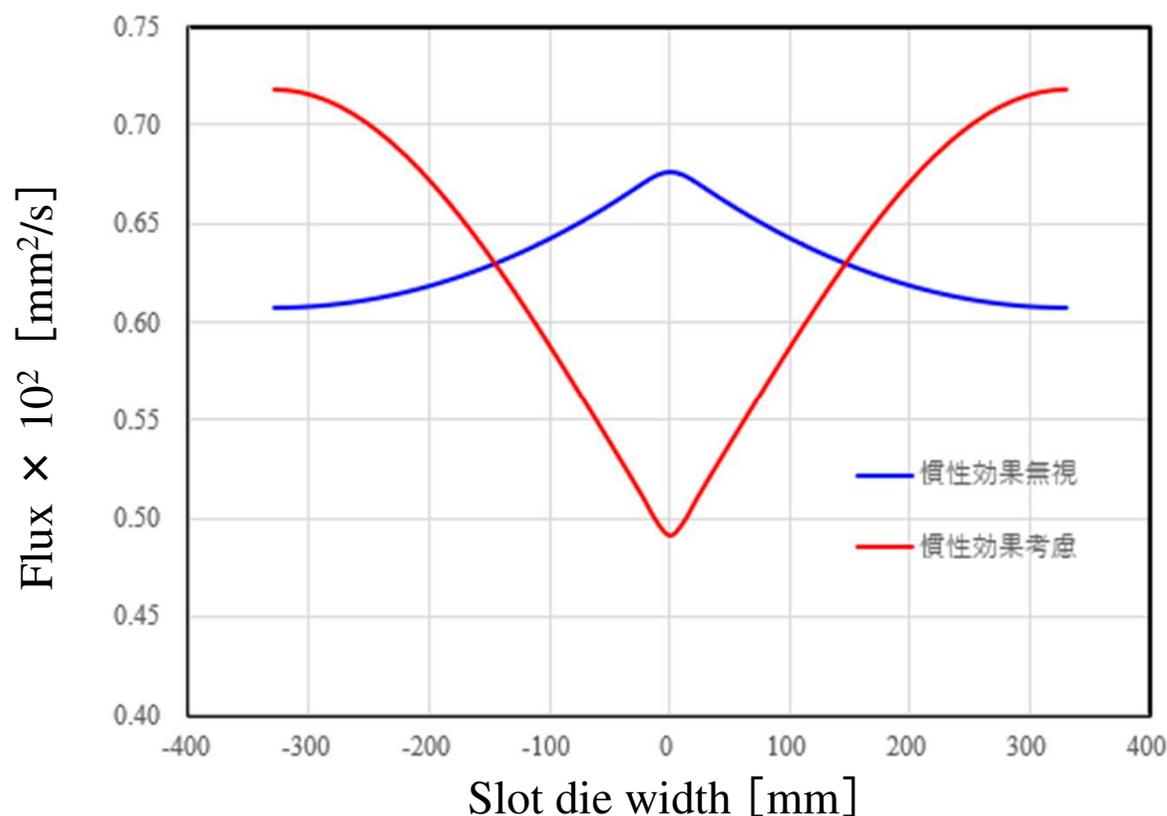


図2.4 スロットダイ流出口流束分布

図2.5は、低粘度(粘度:0.001 Pa・s)の場合に予測されたダイ流出口の流量比分布を下流側スロットコーティング領域の流入境界条件に設定して予測した流出口(コーティング領域先端)の肉厚分布予測結果(黒色カーブ)を表します。当解析結果では、表面張力係数を0としています。また、gap ratio:2を満足するように基盤移動速度を設定しています。グラフ内の破線カーブは、流入口の流束分布が均一の場合に予測される肉厚分布を表します。表面張力効果を見無視すると、流入口に設定した流束分布の不均一性が解消されずに下流側に伝搬し、流束分布と相似な肉厚分布が予測されます。

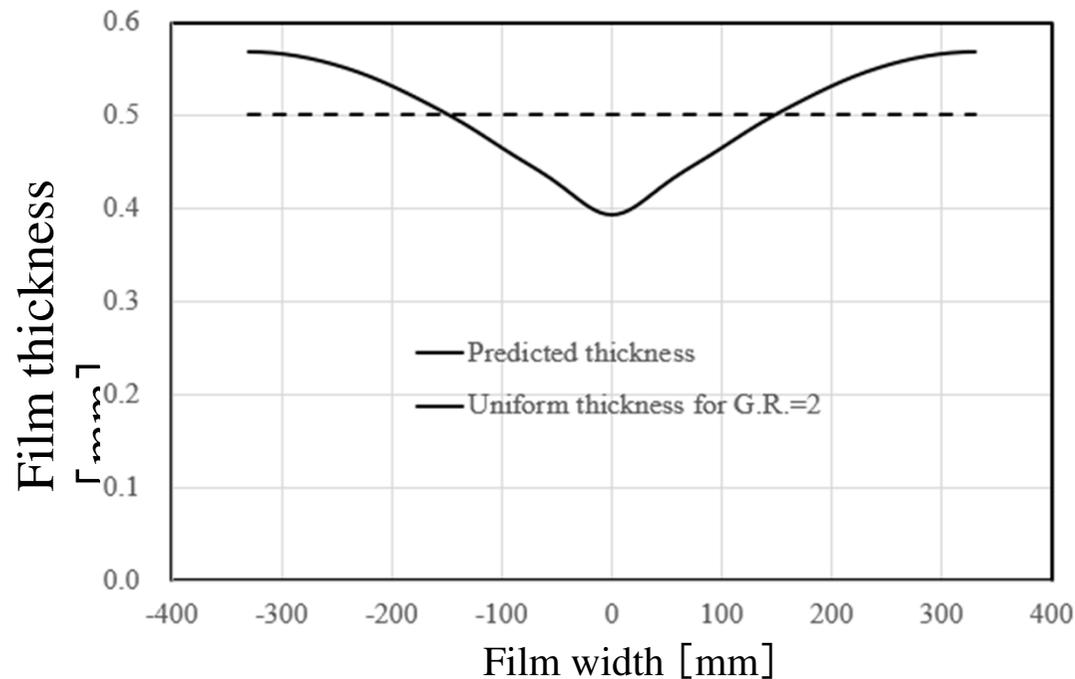


図2.5 下流側スロットコーティングの解析結果
(流出口肉厚分布)

表面張力の影響を検討するために表面張力係数 σ を0.1~100 mN/mの範囲で変化させたケーススタディを実施しました。結果として下図に示すように表面張力の増加に伴って、下流側コーティング領域の均一性が向上する傾向が示されました。

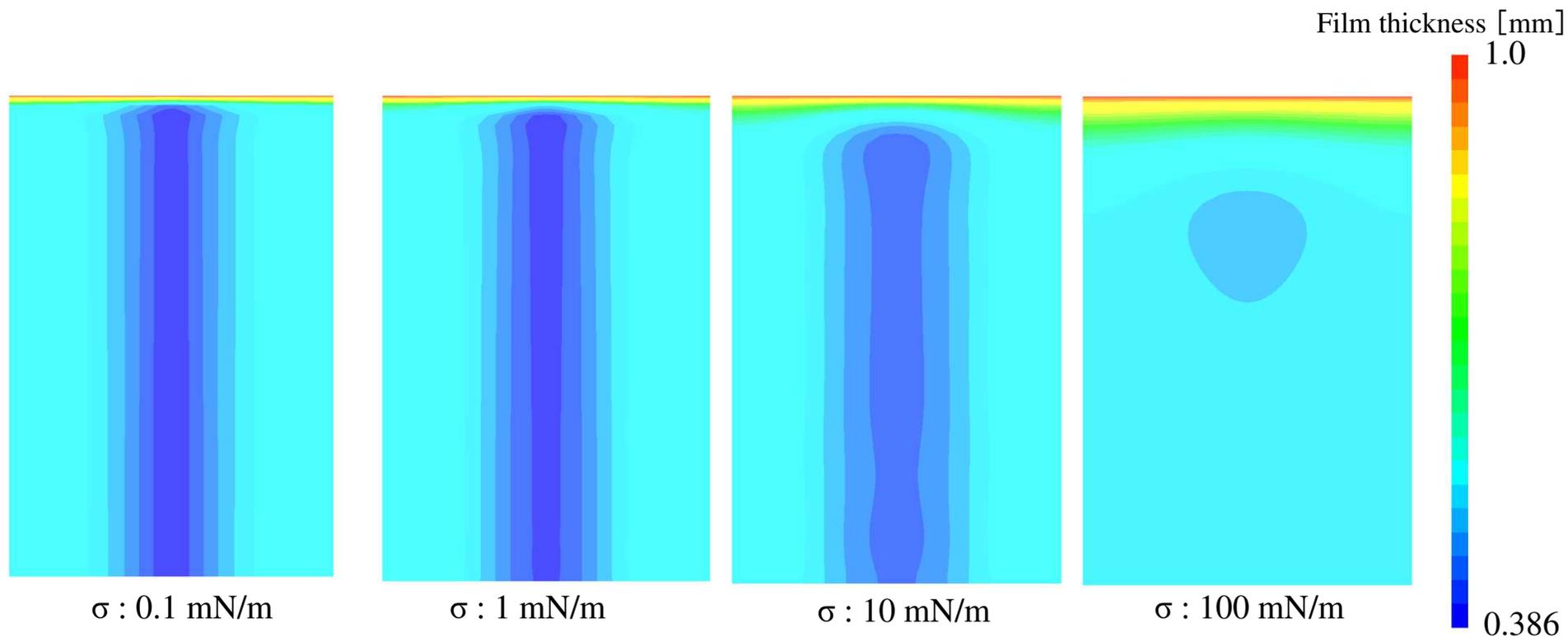


図2.6 下流側スロットコーティング肉厚分布に対する表面張力の影響度分析結果

図2.7と図2.8にそれぞれフィルム先端とフィルムセンターラインに沿った肉厚分布のグラフプロットを示します。表面張力の増加に伴って幅方向の肉厚不均一性が解消されています。表面張力が極端に高い100 mN/mのケースでは、肉厚分布は均一になり、gap ratio:2の条件で理論的に予測される肉厚:0.5mmに正確に一致します。また、表面張力の増加に伴って流動方向に対する表面形状の空間勾配が緩やかになりながら平衡値に漸近する傾向が示されています。

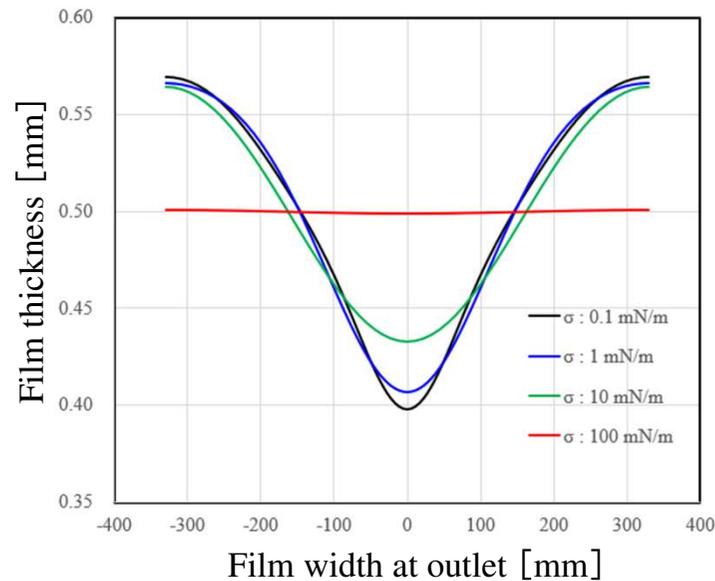


図2.7 フィルム先端幅方向の肉厚分布予測結果

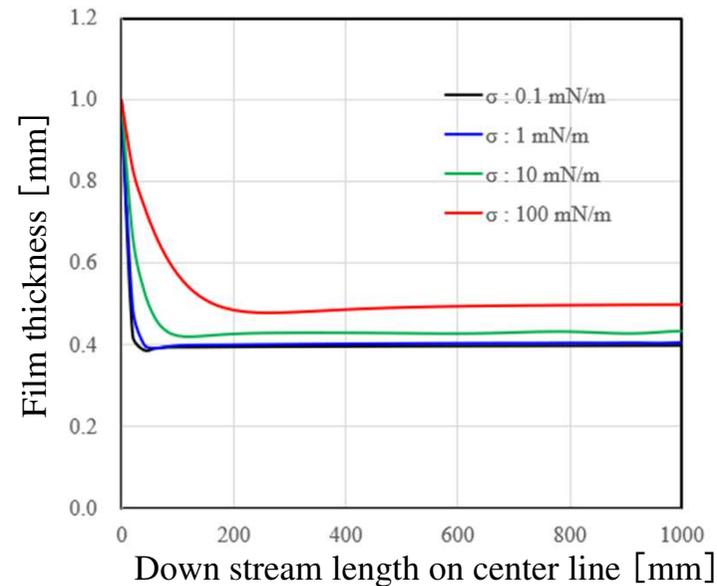


図2.8 フィルムセンターラインに沿った肉厚分布予測結果

2.2 スロットコーティング成形解析機能の運用方法

2.2.1 スロットコーティング成形解析機能の理論背景

スロットコーティング成形を対象とした2.5D解析技術の定式化では、流体方程式を解析的に積分した表式を利用します。下表に示す通り、スロットコーティング成形における代表的な流動分布は、流体圧力に起因する圧力勾配流れとコーティング基盤の移動に伴って発生する牽引流れの合成で表されます。この表式を利用し、特に Gap ratio : 2 (コーティング厚がダイクリアランスの半分) の条件で圧力勾配の符号が反転することが分かります。すなわち、gap ratio >2: 圧力勾配正, =0: 圧力勾配0, <2: 圧力勾配負の関係が成立します。

表2.1 運動方程式の解析的積分表式

	ダイ(スクリー)内領域	自由表面流れ領域
Velocity $u(x, h)$	$u(x, h) = \frac{1}{2\eta} \frac{\partial p}{\partial x} h(h-H) - V_m \left(\frac{h}{H_d} - 1 \right)$	$u(x, h) = \frac{1}{2\eta} \frac{\partial p}{\partial x} h(h-2H_f) + V_m$
Flow pattern	<p>Poiseuille flow + Couette flow = Moving wall / Fixed wall</p>	<p>Poiseuille flow + Plug flow = Free surface / Moving wall</p>
Flux $q = \int_0^H u dh$	$q = -\frac{1}{12\eta} \frac{\partial p}{\partial x} H_d^3 + \frac{V_m H_d}{2}$	$q = -\frac{1}{3\eta} \frac{\partial p}{\partial x} H_f^3 + V_m H_f$

※ H_d : Given, H_f : Unknown

※ Gap ratio=2: $H_{f\infty} = \frac{H_d}{2}$ はスロットコーティング成形条件の分水嶺(ぶんすいれい)

この様な解析的表式の妥当性は、下図に示すように3D流体解析ソフト(Flow Simulator 3D)を利用した解析結果を利用して確認可能です。理論的に予測される通り、gap ratio:2の条件では、ダイ内の圧力勾配は0となりクエット流れが形成されます。

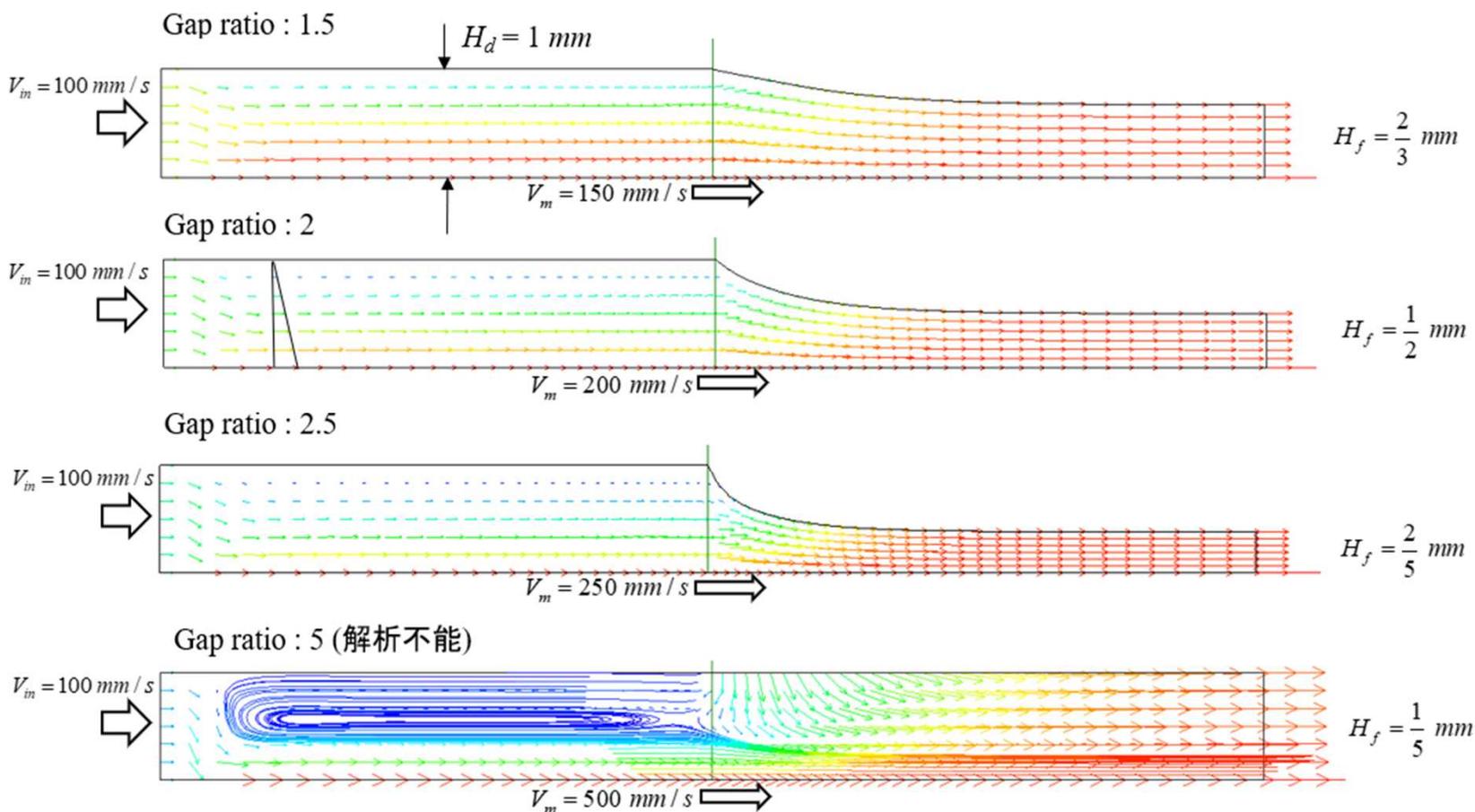


図2.9 フィルムコーティング解析例(Flow Simulator 3D 解析結果)

フィルムコーティング解析の基礎知識として重要なことは、表面張力に応じてgap ratio の上限値に制限があるということです。表面張力が強い液材の程、高gap ratioの達成が可能、すなわち薄肉化し易くなります。Gap ratio の上限値は、下図に示す1Dコーティング理論のLFL(Low Flow Limit)条件で表されます。Unstable領域では、図2.1に示すように自由表面がダイ内に侵入して破壊され、安定なコーティングの実現が難しくなります。

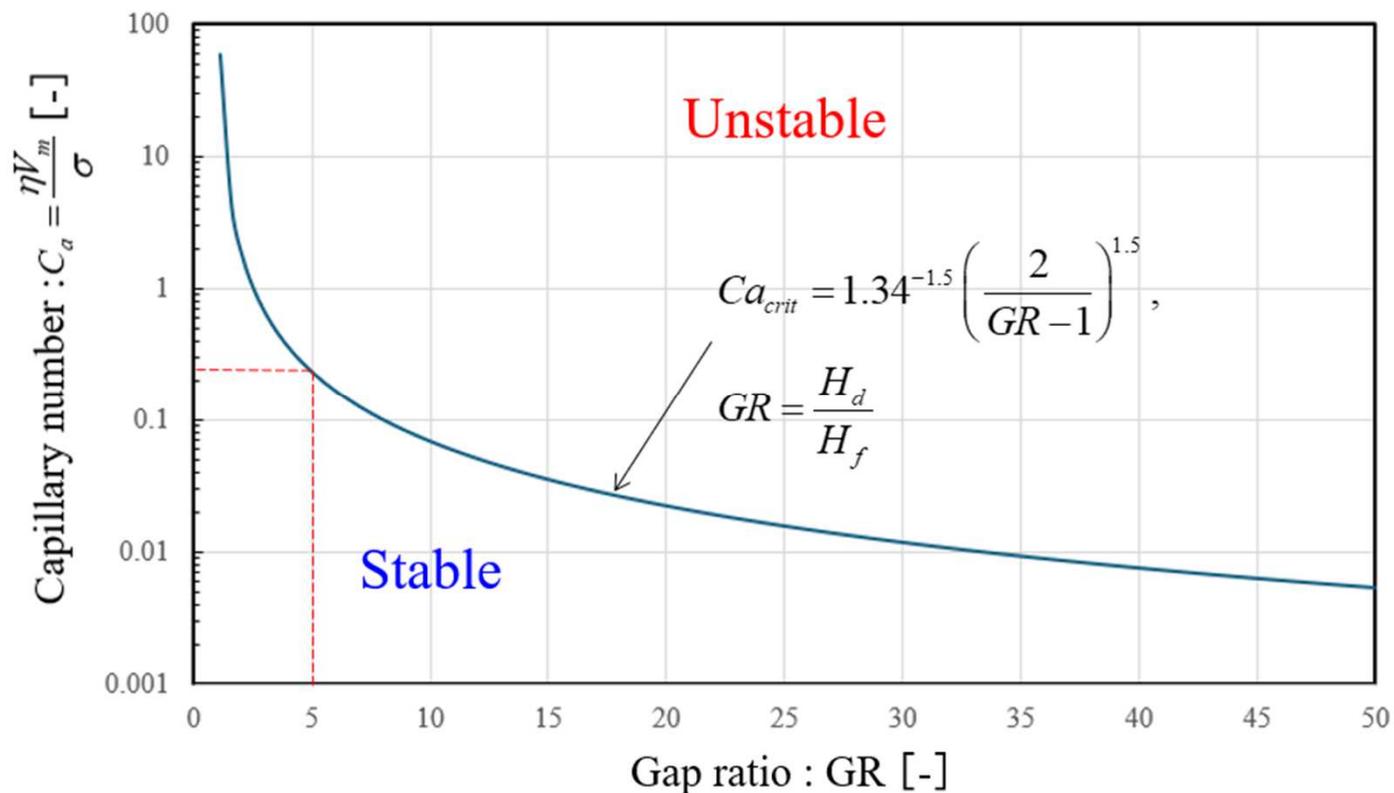


図2.10 LFL(Low Flow Limit)カーブ

この様にフィルムコーティング成形解析では、表面張力の取り扱いが重要です。2.5D解析の定式化において、自由表面高さ H は、表面上の法線方向の応力の釣り合い式を用いて計算されます。表面張力は、表面張力係数と自由表面の曲率に応じて発生する圧力差を表します。応力釣り合い式に表面張力を考慮した以下に示す方程式を利用して2.5D解析技術を構築しています。

$$\left(V_{mx} - \frac{1}{3\eta} \frac{\partial p}{\partial x} H^2 \right) \frac{\partial H}{\partial x} + \left(V_{my} - \frac{1}{3\eta} \frac{\partial p}{\partial y} H^2 \right) \frac{\partial H}{\partial y} + = \frac{1}{2\eta \sqrt{1 + H_x^2 + H_y^2}} (p - p_{air} - \sigma \kappa) H_f$$

$$\kappa = \left(\frac{2H_x H_y H_{xy} - H_{xx} (1 + H_y^2) - H_{yy} (1 + H_x^2)}{(1 + H_x^2 + H_y^2)^{3/2}} \right)$$

H : 自由表面高さ

p : 流体圧力

p_{air} : 外気圧力

σ : 表面張力係数

κ : 平均曲率半径の2倍

$$H_x = \frac{\partial H}{\partial x}, H_y = \frac{\partial H}{\partial y}, H_{xy} = \frac{\partial^2 H}{\partial x \partial y}, H_{xx} = \frac{\partial^2 H}{\partial x^2}, H_{yy} = \frac{\partial^2 H}{\partial y^2}$$

2.2.2 スロットコーティング成形解析用モデルの作成

Flat Simulator Ver.10.0.0では、ダイ流出口での不均一な流束分布や表面張力効果が下流側コーティング領域の層厚に及ぼす影響の定量化が可能になりました。下流側コーティング領域の解析モデルは、以下に解説する手順に従って作成します。まず、下流側コーティング領域の幅は、上流側スロットダイ幅と一致させます。領域長さは幅に応じて変化しますが、本解析例のように660 mm幅の場合には1000 mm程度に設定すれば十分です。下流側コーティング領域では流動状態が自由表面を伴う流れ問題として取り扱われます。ダイリップから下流側に向けて自由界面形状は急激に変化し、一定形状に漸近する傾向を示すため、解析領域を実成形の流動長に一致させる必要はありません。言い換えれば、解析モデル先端近傍で自由表面形状(膜厚)が流動方向に変化するような結果が得られる場合には、解析モデル領域長は不十分と考えられ、領域長を拡大させる必要があります。領域の初期肉厚は、上流側スロットダイの流出口ダイリップクリアランス(本解析例では1 mm)を設定します。

スロットコーティング成形解析用モデルを作成するには、新しく実装されたスロットタブメニューを利用します。当タブメニューは、基本形状タブメニューに追加されたFree surface regionパネルでSlot coating ラジオボタンをONとすることで有効になります。

スロットタブメニュー

マニフォールド ランナー スロット メッシュ生成 解析実行 統計表(Tダイ) 統計表(フィルム) 基本形

Region height (mm)

Runner
Hr 100.0

Manifold
Hm 40.0
Wm 330.0
Region width & thickness(mm)
Region angle(°)
Om 6.0
Op 4.0

Preland
Hp 40.0
Wp 330.0 Tp 5.0

Choke
Hc1 8.0
Hc2 15.0
Hc3 8.0
Tc 10.0

Lipland
Hl 30.0
Wl 330.0 Tl 3.0

Free surface flow region
HF 0.0
TF 3.0

Region	Length(mm)	Width(mm)	Thickness(mm)
Runner	100.0	-	-
Mandrel	40.0	330.0	-
Preland	40.0	330.0	5.0
Choke1	8.0	-	-
Choke2	15.0	-	10.0
Choke3	8.0	-	-
Lipland	30.0	330.0	3.0
FreeSurf	0.0	-	3.0

基本形状生成
入力パネル表示
基本形状データファイル名
DefaultBase
データ読込
データ保存
閉じる

Free surface region
 Film casting
 Slot coating
 Roll forming

Slot coating ラジオボタン

図2.11 スロットタブメニュー

スロットタブメニューでは、ロール成形用モデル作成用の入力情報を転用してスロットコーティング用モデルを作成します。ロール本数(Roll number)を1に設定してSetボタンを押し、リストボックスに登録された情報をマウスクリックし、流動方向長さ(Section length), 熱伝達係数HTC, 环境温度(B.C. Temp), 流動方向分割数(Div. number)を適切に設定し、Modifyボタンを押して変更します。また、上流側スロットダイとの連携解析を実施する場合には、初期肉厚(Initial thick.)とフィルム半幅(Film half width.)を上流側スロットダイのリップランドと共通に設定します。本解析例では、半幅を330 mm, 流動長を1000 mm, 初期肉厚を1 mmとし、幅方向の半幅分割数を30, 流動方向分割数を50としています。当フォームで設定する熱伝達係数HTCと环境温度は基盤側の情報です。自由表面に隣接する外気(空気)の熱境界条件は、後述するスロットコーティング解析条件設定フォームで設定します。Exportボタンを押すことで設定情報が任意設定名称+拡張子rollのテキストファイルに保存されます。

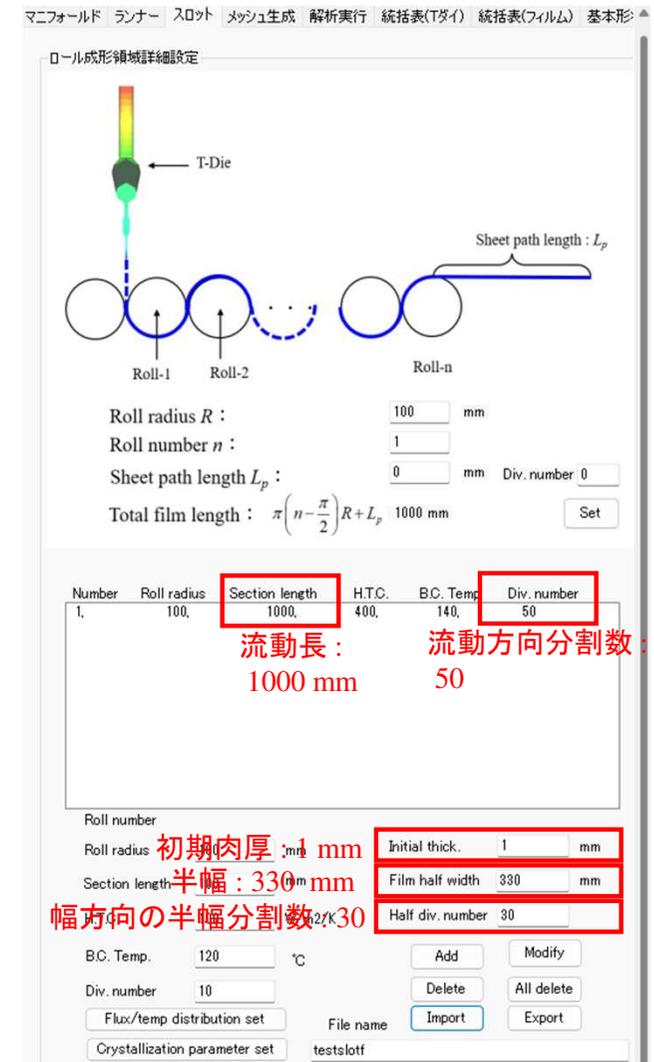


図2.12 スロットタブメニュー設定例
(サンプル: testslotf.roll)

条件設定後，メッシュ生成タブメニューに切り替え，メッシュ生成ボタンを押すと下図に示すようにスロットコーティング成形解析用のメッシュが生成されます。メッシュ生成後，メッシュ保存ボタンを押してメッシュ情報を保存します。メッシュ情報ファイルは，任意名+拡張子rollmshのテキストファイルです。

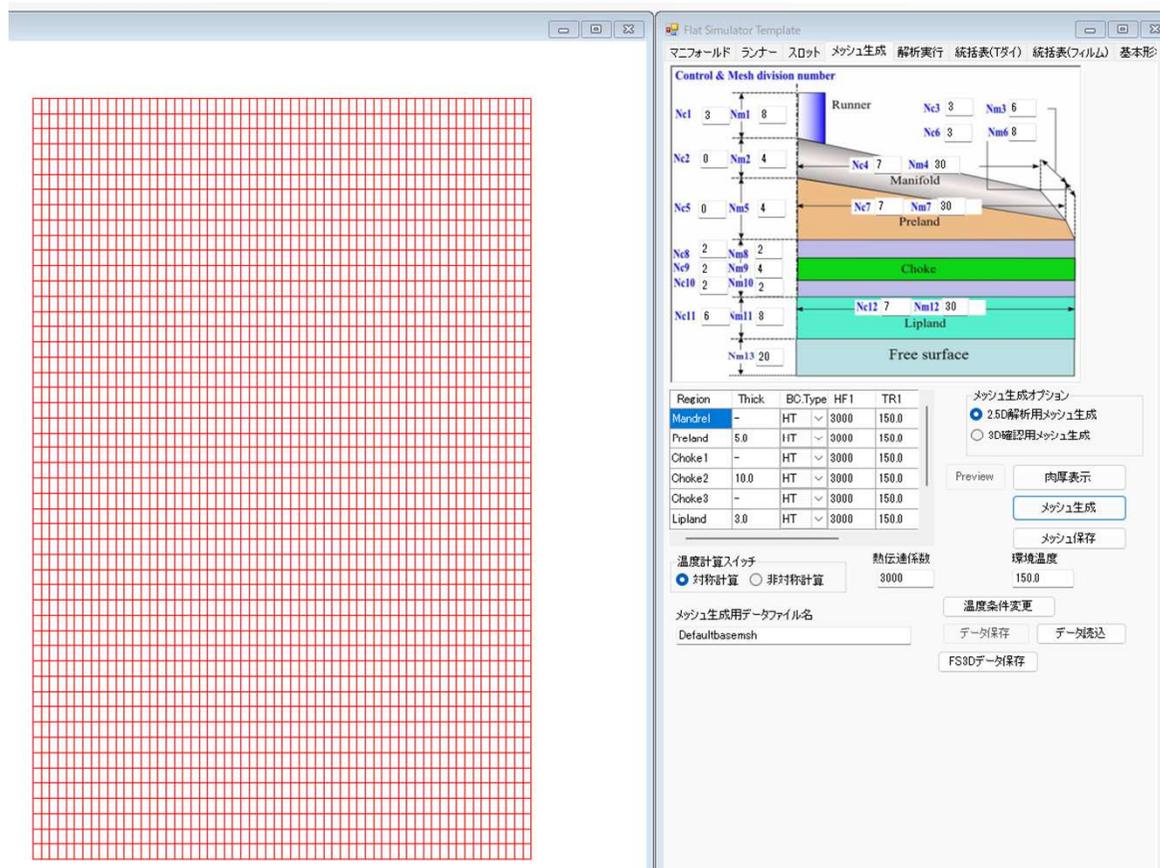


図2.13 スロットコーティング成形解析用メッシュファイル

2.2.3 スロットコーティング成形解析条件ファイルの設定

スロットコーティング成形解析を行う場合、解析実行タブメニュー内に追加されたスロット解析チェックボックスをチェック状態とします。この状態では、流入口流束比分布ファイルの設定欄が表示されます。選択ボタンを押し、前節1.2.1で解説したrflファイルを選択します。上流側スロットダイとの一貫解析を行う場合には、rflファイルとしてスロットダイの解析時に出力されるスロットダイ解析結果ファイル名+拡張子rflのファイル(本解析例ではtestslotdie.rfl)を選択します。

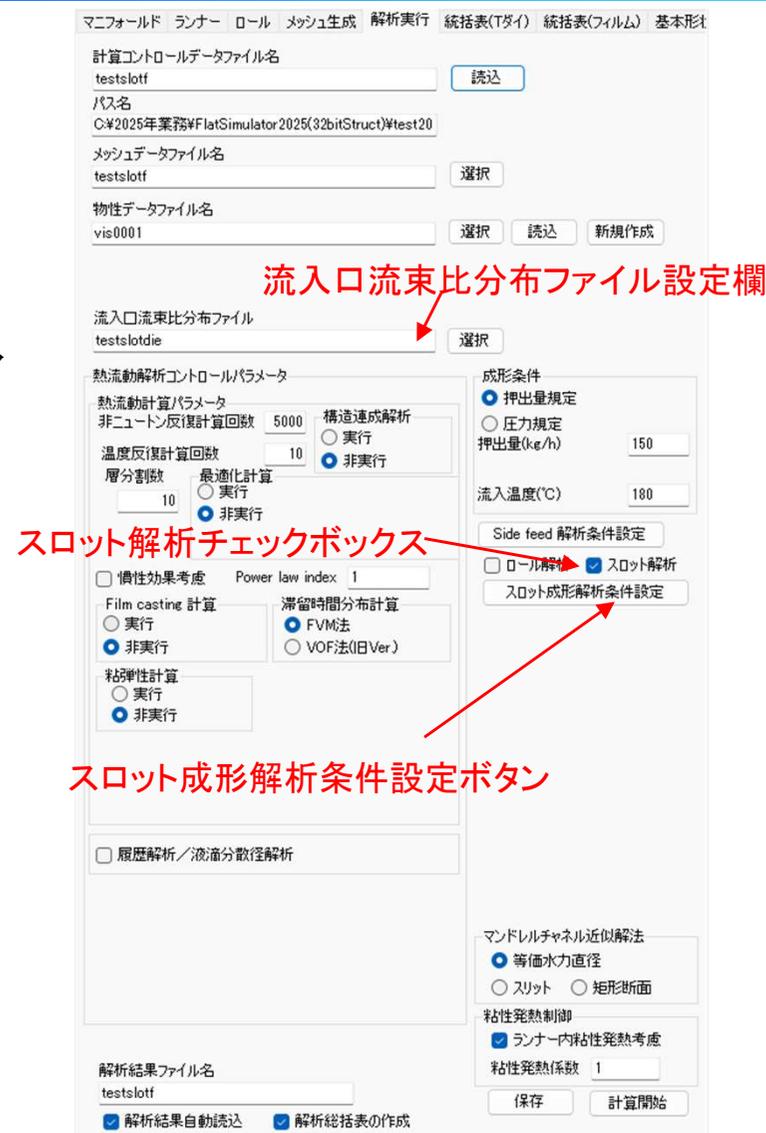


図2.14 解析実行タブメニュー設定例
(サンプル:testrollf01~100.fcal)

スロット成形解析条件設定ボタンを押すと下図に示すスロットコーティング解析用条件の設定フォームが表示されます。当フォームを利用して外気温度、外気側熱伝達係数、自由界面緩和係数、基盤移動速度(ロール引き取り速度)、表面張力係数を設定します。ロール側の環境温度と熱伝達係数は、解析用メッシュを作成する際にロールタブメニューで設定しています。外気温度と外気伝達係数は、自由表面側(ロール接触面と逆の表面)に設定する温度境界条件として考慮されます。緩和係数は、小さくするほど計算安定性が向上しますが、収束解に至るまでの反復計算回数が増加します。自由表面の計算は繊細なため、緩和係数を 10^{-7} 程度に小さくすることを推奨します。

項目	値
外気温度 [°C]	30
外気伝達係数 [W/m ² /K]	40
自由界面緩和係数	5E-07
ロール引取速度 [mm/s]	126.264
表面張力係数 [mN/m]	0.1

図2.15 スロットコーティング解析用条件設定フォーム

一貫解析において基盤移動速度は、以下に示すように上流側スロットダイの解析で設定されている
押出量やリップランドのクリアランスや幅、想定されるgap ratio を利用し、質量(流量)保存則を満足
するように設定します。

スロットダイ解析の設定条件:

押出量150 kg/h, 樹脂密度1000 kg/m³→41.667 cm³/s=41.667 cc/s

スロットダイ解析モデルのリップランド幅:

330.00 mm (半幅)→66 cm(全幅)

スロットダイ解析モデルのリップクリアランス:

1mm→0.1 cm

Gap ratio 想定値:2

$$\text{引き取り速度} = \frac{\text{押出流量}(\text{cm}^3/\text{s}) \times \text{Gap ratio 想定値}}{\text{フィルム幅}(\text{cm}) \times \text{リップクリアランス}(\text{cm})} = \frac{41.667 \times 2}{66 \times 0.1} = 12.6264 \text{ cm/s} \rightarrow 126.264 \text{ mm/s}$$

解析の難度はGRの増加に伴って高くなります。予めGRがどの程度になるか試算することが重要です。GR>10を超えるような条件では収束解を得ることは大変難しくなるため、最終膜厚を想定値に固定し、上流側ダイクリアランスを減少させてGRを低下させることを推奨します。上流側ダイクリアランスを減少させることは近似的な操作になりますが、収束解が得られない場合についての妥協策です。

解析モデルの流入口に設定する熱流動境界条件は、ロール成形解析と同様、page 15で解説した方法で設定します。スロットコーティング解析用条件設定フォーム内の流入口流束比/温度分布設定ボタンを押して表示される下図に示すフォーム内で熱流動境界条件を設定します。

一貫解析では、上流側スロットダイの解析結果で出力されるrtfファイル(本解析例では testslotdie.rtf)の内容を熱流動境界条件情報として考慮します。rtfファイルは、同フォーム内の importボタンを押すことで読み込まれ、その内容を確認できます。

図2.16 流量比/温度分布設定フォーム

3. 多層スロットコーティング成形基本解析機能

MFS(Multi-Layer Flow Simulator)は完全発達流れを前提とした多層流動の1D解析ソフトです。スロットコーティング成形への適応性を向上させるために基盤移動を伴う多層流動の解析機能を追加しました。



図3.1 基盤移動を考慮した多層流動解析機能

MFSは下図に示すような逐次合流形式の多層コーティング成形の基本的な解析に適用可能です。完全発達流れを前提とするため、下流側に向けて多層界面が変化する状態の定量化には適いませんが、多層流動が発達状態に移行した際の各領域内における各層の層厚や圧力分布、流速分布などの分析に有効です。図内上流側(領域①)の状態は、別途Slot coating simulatorでも可能です。MFSは、多層流動区間②,③の解析に個別に適用します。

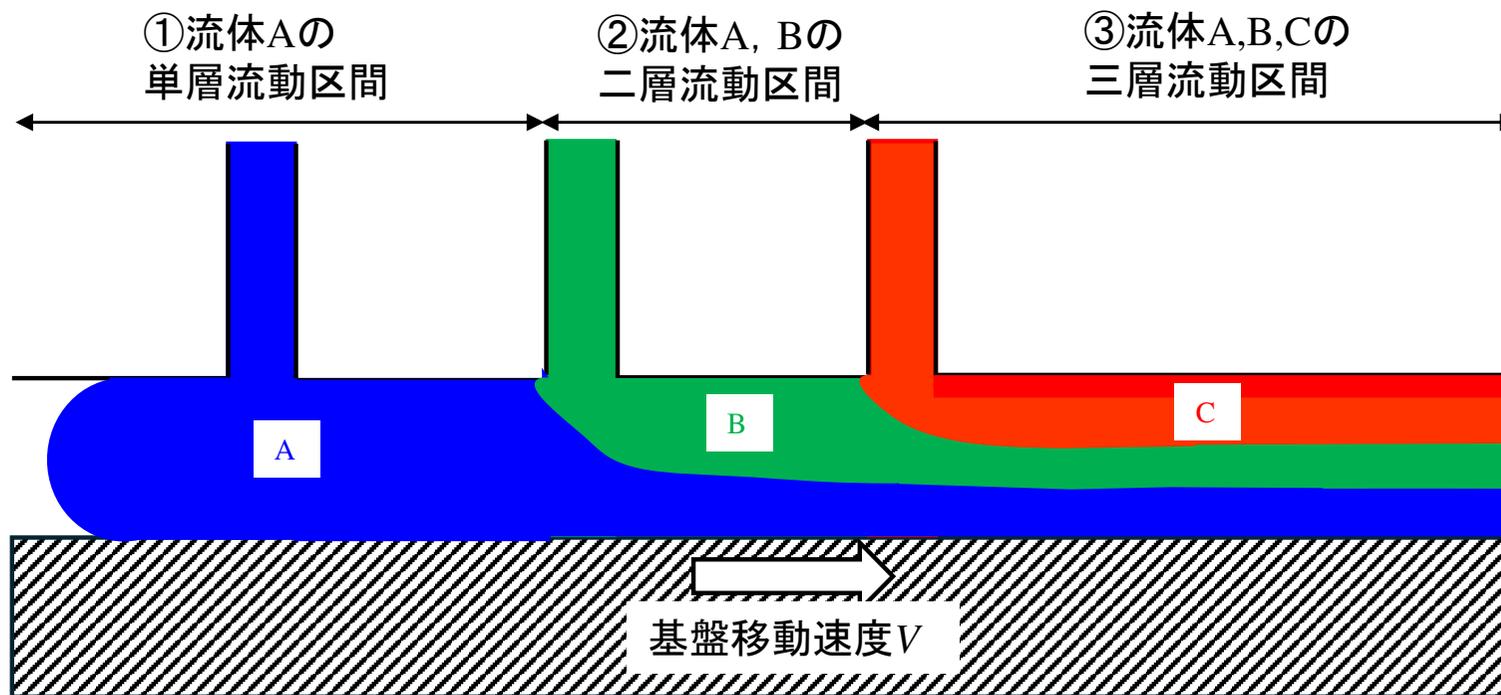


図3.2 逐次合流形式多層コーティング成形

以下に図3.2に示した③流体A,B,Cの三層多層流動区間のテスト解析結果を示します。
解析条件として考慮した各流体の粘度は以下に示す通りです。

A : 0.001 Pa·s

B : 0.002 Pa·s

C : 0.003 Pa·s

基盤と上壁面間のクリアランスは, 2 mmとします。また, 各流体の流量は共通(流量比:1)とし,
流動断面奥行方向の単位幅当たりの全流量は100 mm²/sとします。

最初に基盤移動速を0とした従来解析結果を示します。本テスト解析では、各流体の流量を共通としましたが、中間層流体Bは壁面に隣接する流体A,Bよりも高速になるため層厚は最も薄くなります。表層AとBを比較すると粘性が低いAの方が高速となるため、層厚が薄くなります。圧力は下流側に自然に降下し、圧力勾配値は、 -0.276 Pa/mm です。

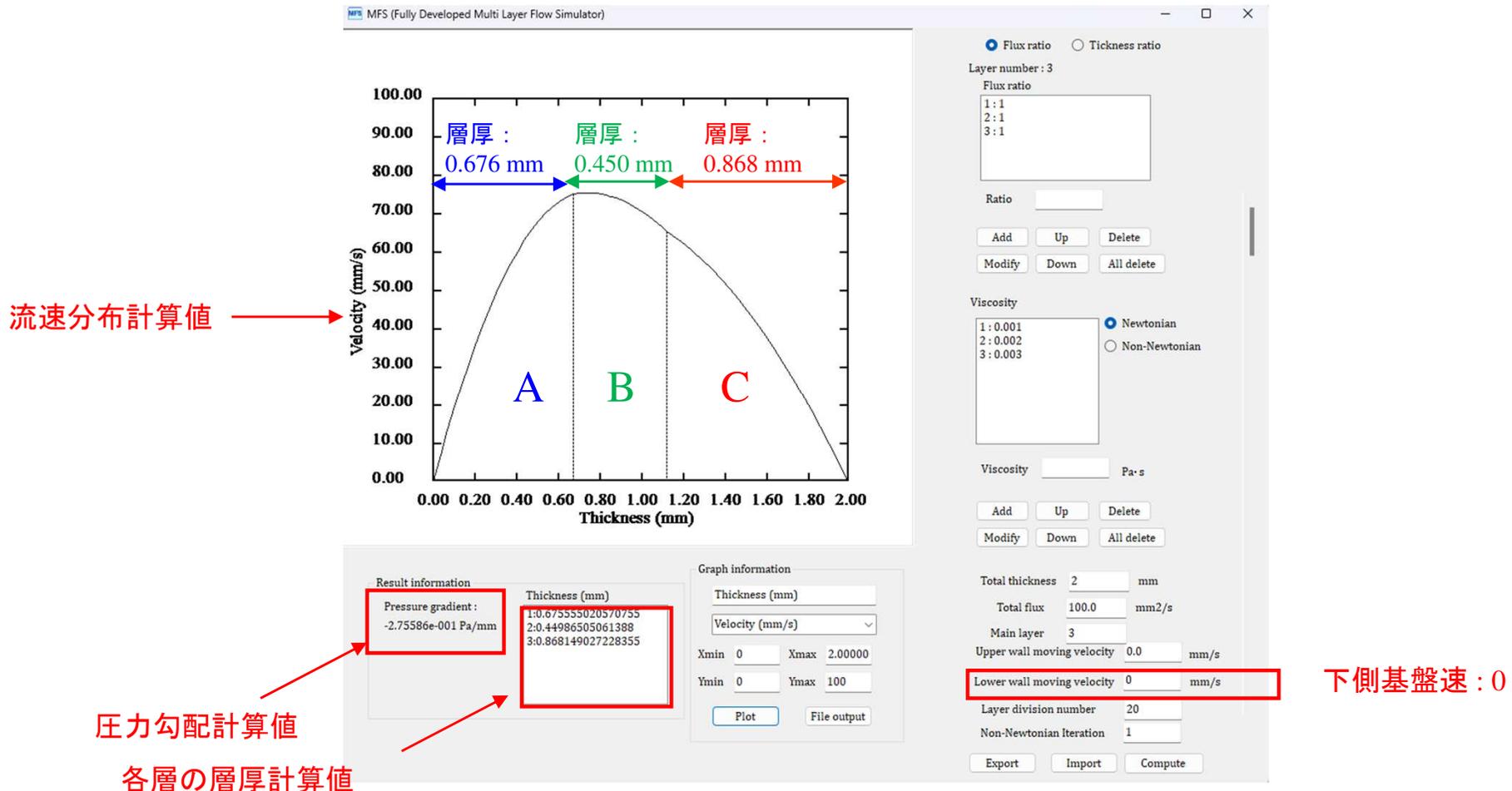
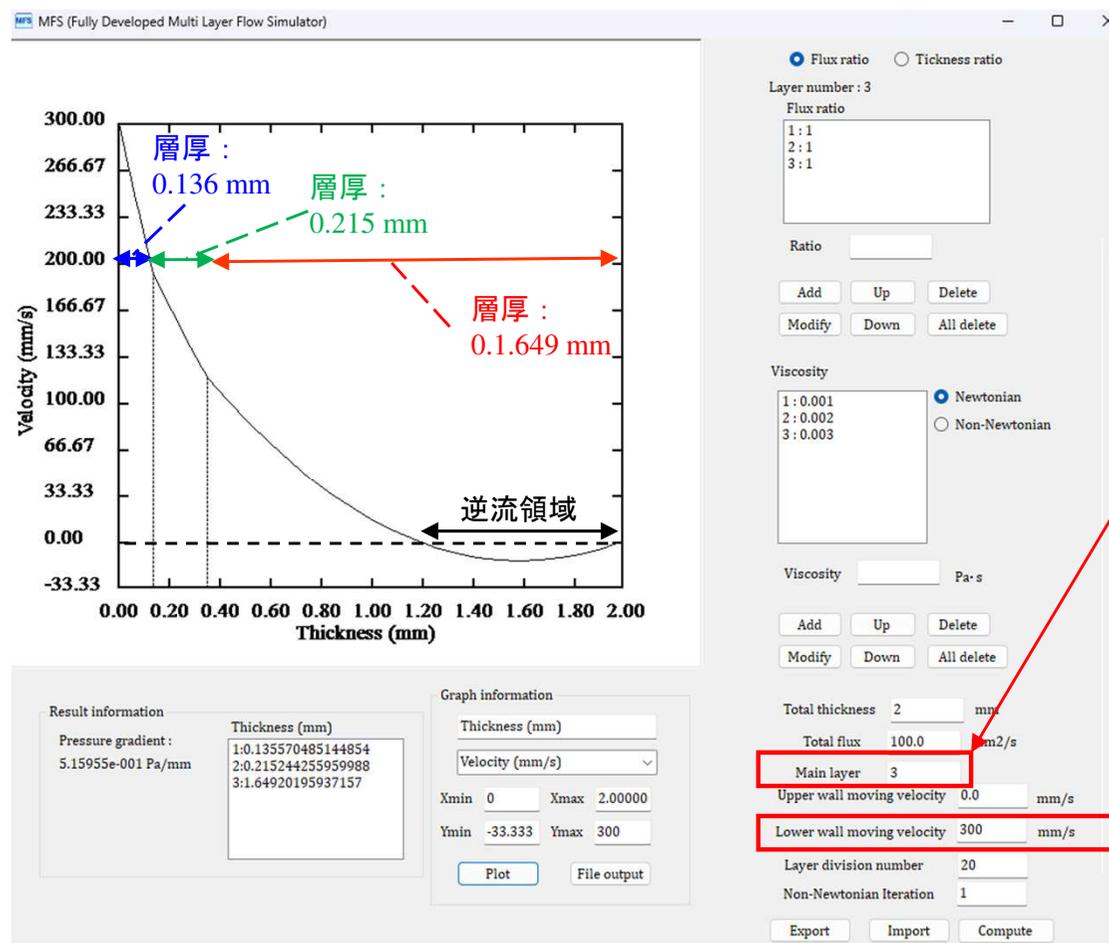


図3.3 三層多層流動解析結果(基盤移動速 : 0)

次に下側基盤移動速を300 mm/s とした新規の解析結果を示します。移動基盤と隣接する流体Aの層厚が最も薄くなり、逆に上側静止壁面に隣接する流体Cの層厚が最も薄くなります。このような傾向は、基盤移動速の設定に応じて変化します。圧力は下流側に上昇し、圧力勾配値は、0.516 Pa/mm です。圧力勾配が正に評価されていることは牽引流が支配的であり、流量を保存するために圧力勾配流量が逆流として寄与することを表しています。実際、上壁面に隣接する流体Cには局所的に逆流領域が予測されています。



※基盤速を0とする通常の高層解析では、Main layerは自動的に最大流量の層番号に設定されます。非0の基盤速を設定すると収束性が悪化し、解が求められない場合があります。そのような場合には、層厚が最も厚くなる静止壁面隣接層番号(本テスト解析では流体C:3)をMain layer に設定して下さい。

下側基盤速 : 300 mm/s
 テスト解析用コントロールデータ:
 testmulti3drag.mcal

図3.3 三層多層流動解析結果(基盤移動速 : 300 mm/s)

このようにMFS Ver.3では基盤移動速度が多層流動の層厚, 圧力勾配, 及び流速分布に及ぼす影響の定量化が可能になりました. 基盤移動速を考慮した場合にも界面上での粘度とひずみ速度の不連続性, 及び流速とせん断応力の連続性が保証されていることを以下に示す通り確認できます.

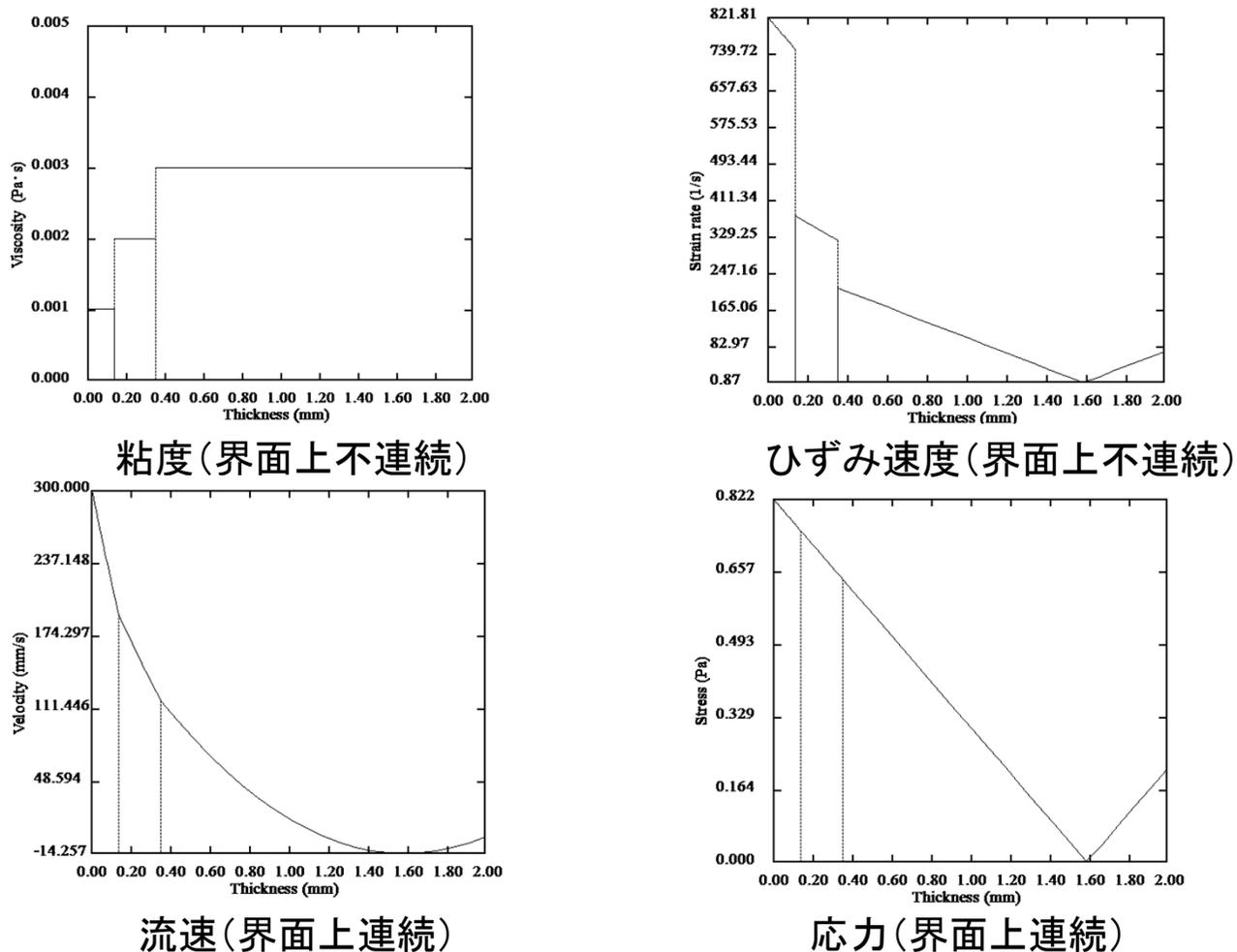


図3.3 三層多層解析結果(基盤移動速 : 300 mm/s)

4. ダイ内のひずみ履歴解析機能

“ひずみ (γ)”は、流速に基づく流路内の移動経路に沿った、ひずみ速度の履歴積分値として定義され、流路内の混練性の指標として利用されます。

本機能では、履歴積分評価式と等価な定常輸送方程式を、有限体積法 (FVM) を用いて解析することでひずみを定量化します。

ひずみ履歴解析の定常移流(輸送)方程式

$$u \nabla \gamma = \dot{\gamma}$$

u : 流速ベクトル [m/s]

γ : ひずみ [-]

$\dot{\gamma}$: ひずみ速度 [1/s]

(参考)ひずみの積分形式

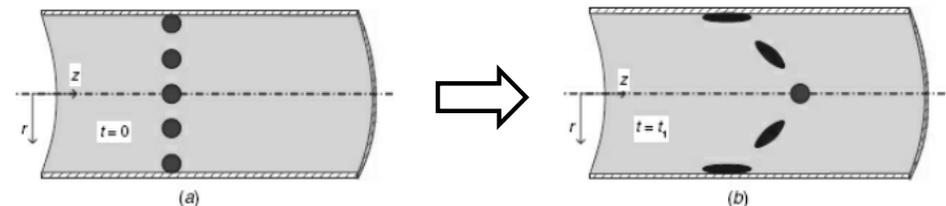
$$\gamma = \int \dot{\gamma} dt$$

粒子運動軌跡に沿った履歴積分

Laminar mixing by shear flow

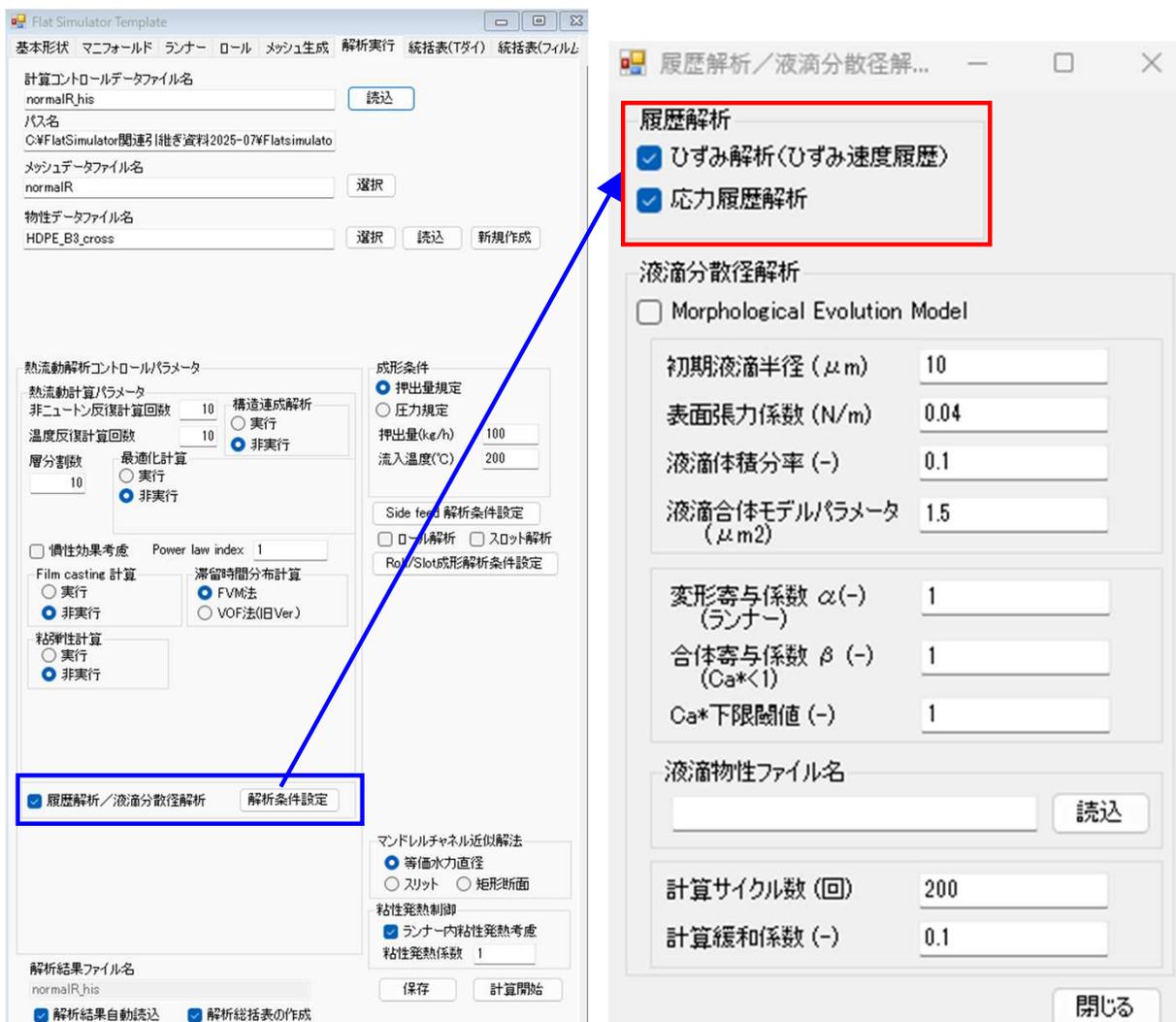
Dark areas are occupied by a tracer consisting of the bulk liquid and a small amount of a dye.

参考文献: “Principles of Polymer Processing” second edition,
Zehev Tadmor, Costas G. Gogos, Wiley-Interscience (2013), Fig.7.3.



利用方法

履歴解析／液滴分散径解析をチェックして、右隣に出現する解析条件設定ボタンをクリックします。
出現するフォーム内上部の履歴解析の項目にチェック後、フォームを閉じて解析条件を保存します。



履歴積分は以下の2種類が解析可能です。
必要な項目にチェックすると、流動解析で得られたスクリュ内の流速ベクトル、ひずみ速度、粘度を利用して、以下の方程式が解析されます。

ひずみ解析(ひずみ速度履歴)

ひずみ γ [-]

$$u \nabla \gamma = \dot{\gamma}$$

応力履歴解析

応力履歴 st_{his} [kPa·s]

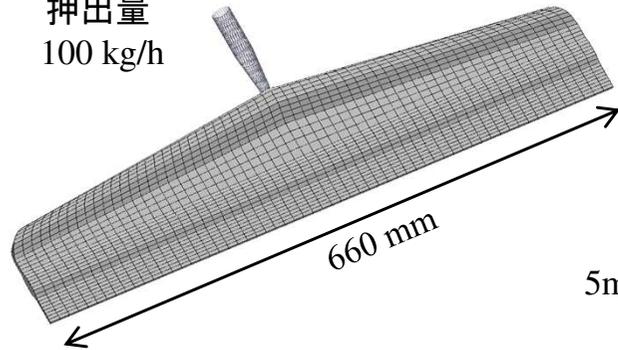
$$u \nabla st_{his} = \eta \dot{\gamma}$$

$\dot{\gamma}$: ひずみ速度 [1/s]

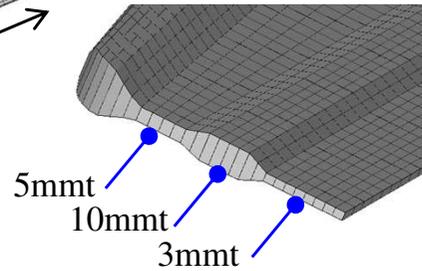
η : 溶融粘度 [Pa·s]

テスト解析例1 ¥ver10testsample(2025)¥4_history¥normalR_his.fcal

押出量
100 kg/h

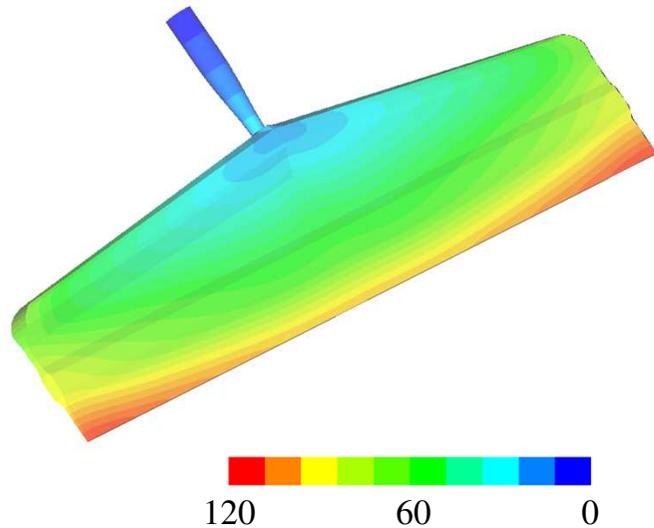


樹脂 HDPE_B3_cross
(Materialfit データベース)



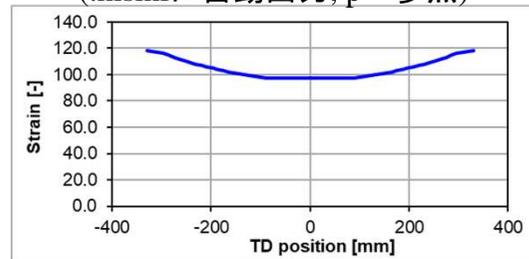
【解析結果／ひずみ(-)】

13.ひずみ分布

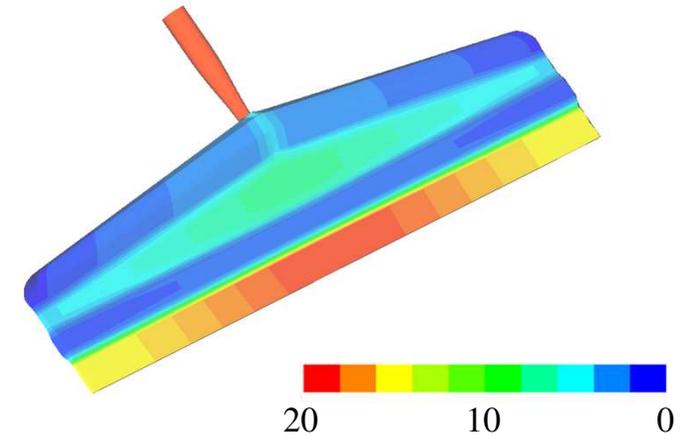


ひずみ速度の時間積分により解析される”ひずみ”は、下流側に向けて増加する傾向を示します。ひずみ速度は流量配分の大きな流路中央が端部よりも大きですが、滞留(通過)時間が短いため、ダイ流出口では通過時間の長い端部の方が大きな”ひずみ”を示しました。

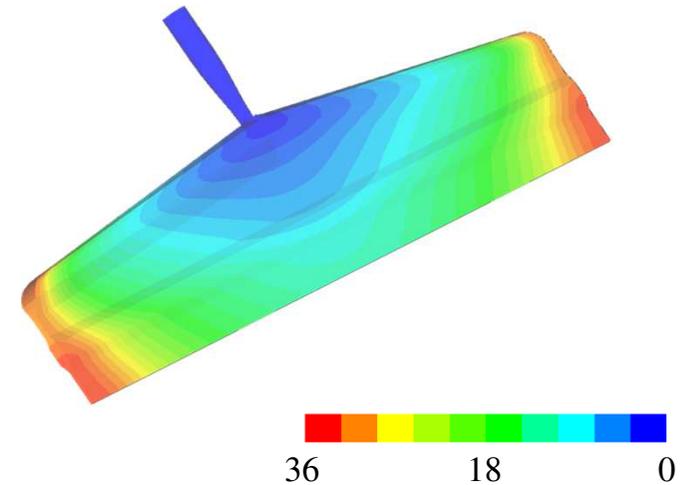
ダイ流出口のひずみ分布
(.hisinflに自動出力, p**参照)



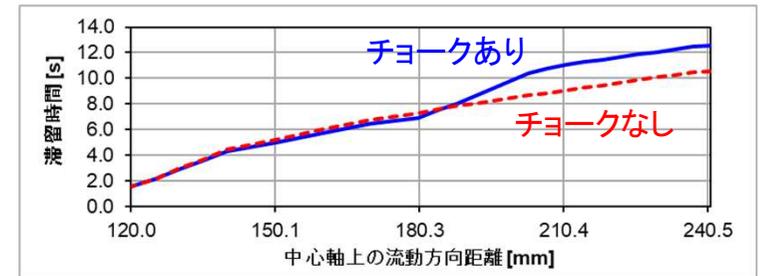
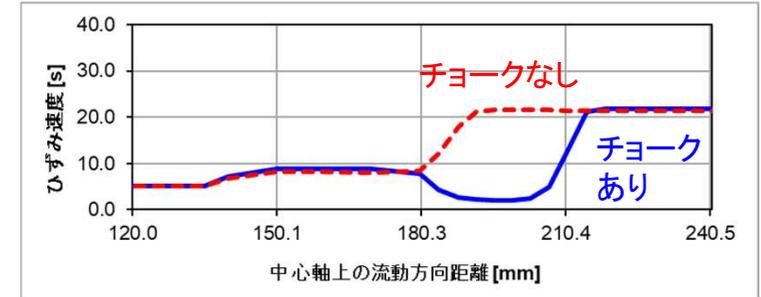
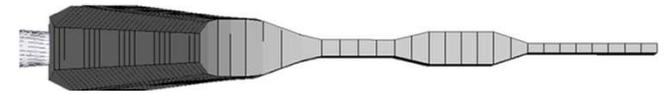
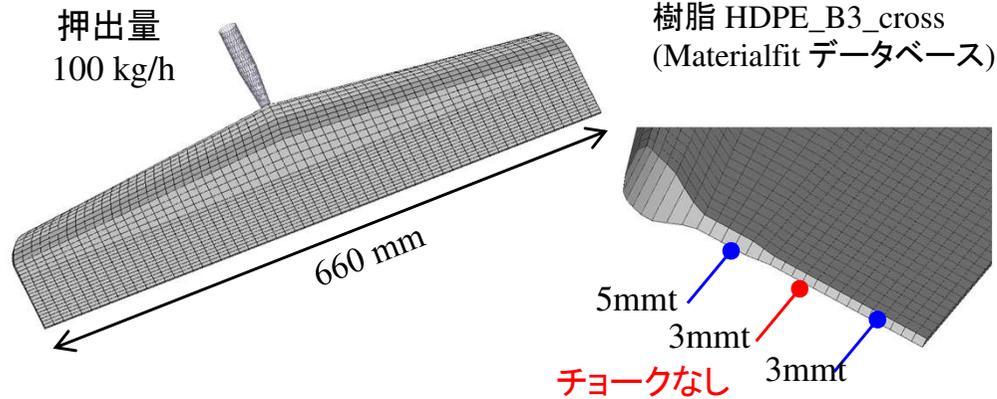
【解析結果／ひずみ速度(1/s)】



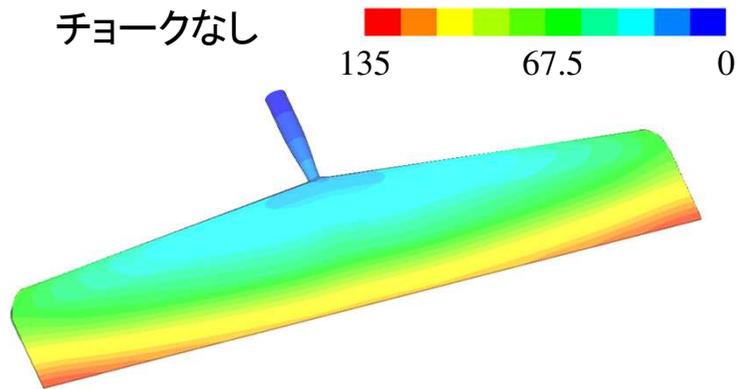
【解析結果／滞留時間 (s)】



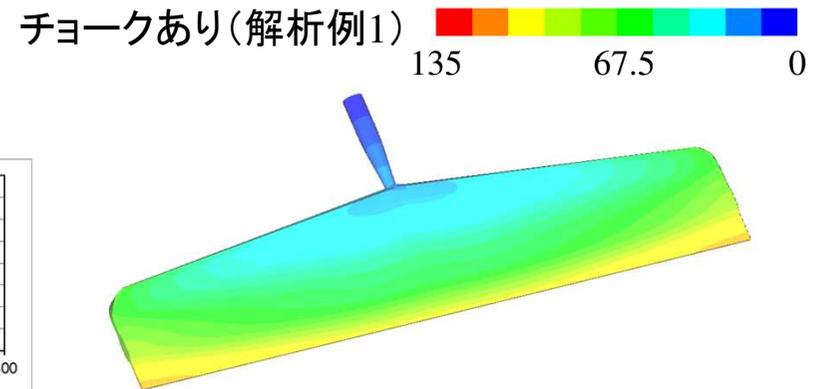
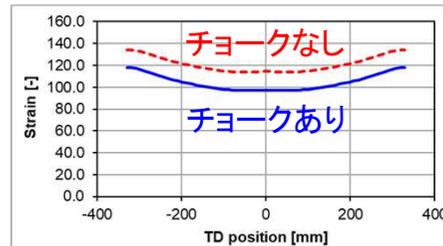
テスト解析例2 ¥ver10testsample(2025)¥4_history¥normalR2_his.fcal



【解析結果／ひずみ(-)】



ダイ流出口のひずみ分布
(.hisinfに自動出力, p**参照)



解析例2のチョークなしの”ひずみ”は、解析例1のチョークありよりもダイ流出口で大きな値を示しました。中心軸上の流動方向のひずみ速度と滞留時間から、チョークなしでは流路体積減少により滞留時間は減少するものの、チョーク領域で大きなひずみ速度の差が生じるためと考えられます。

5. ダイ内の液滴分散径の解析機能

Morphological Evolution Model¹⁾ に基づく液材の分散径の解析機能を Flat Simulator に実装し、Tダイ内部での液滴分散径解析を実施しました。

Morphological Evolution Model: 液滴の単位体積当たりの分裂/合体に伴う半径変化を定量化する現象論的計算モデル。

$$\frac{DR_d}{Dt} = -\frac{\dot{\gamma}R_d}{3Ca_{crit}t_b^*} + \frac{C_{coalescence}}{R_d} \phi^{8/3} \dot{\gamma} \quad \text{for } 1 \leq Ca^* \leq 4$$

↑
液滴半径の
時間変化

↑
分裂に伴う液滴
半径の減少率

↑
合体に伴う液滴
半径の増加率

R_d	: 液滴半径 (m)
$\dot{\gamma}$: ひずみ速度 (1/s)
Ca_{crit}	: 臨界キャピラリー数 (-)
t_b^*	: 無次元時間 (-)
$C_{coalescence}$: 液滴合体モデルパラメータ (m ²)
ϕ	: 液滴体積分率(不変) (-)
Ca^*	: Reduced Capillary Number (-)

1) M.A. Huneault, Z. H. Shi, and L.A. Utracki : *Polym. Eng. Sci.* **35**(1),115(1995)

- Reduced capillary number (Ca^*)

$$Ca^* = \frac{Ca}{Ca_{crit}}$$

$$Ca = \frac{\tau}{\sigma / R_d} = \frac{\eta_m \dot{\gamma} R_d}{\sigma}$$

粘性力
表面張力

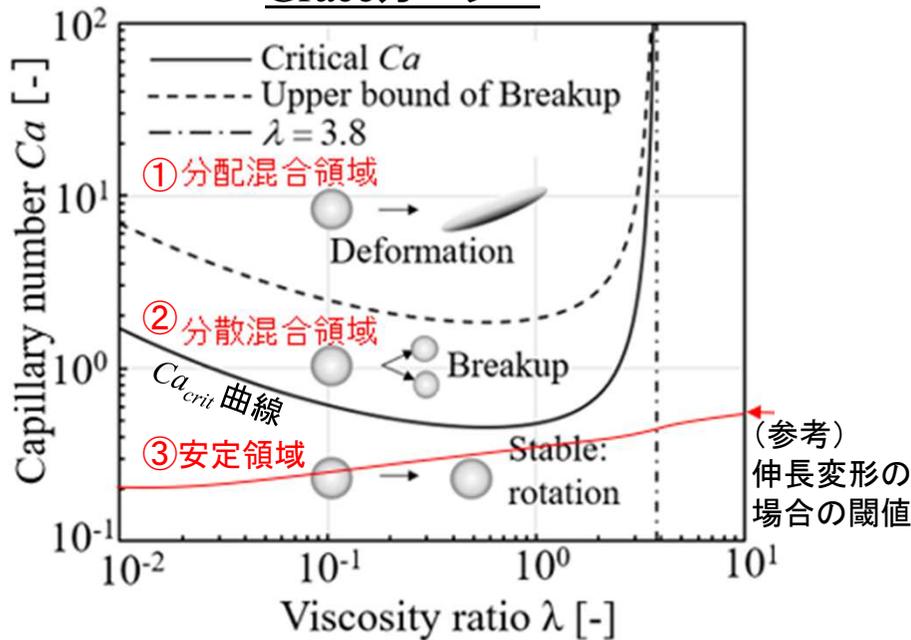
Ca : キャピラリ数 (-)
 τ : 応力 (Pa)
 σ : 表面張力 (N/m)
 η_m : マトリクス粘度 (Pa·s)
 η_d : 液滴粘度 (Pa·s)
 λ : 粘度比 (-)

- Critical capillary number (Ca_{crit})

$$\log(Ca_{crit}) = -0.5060 - 0.0994 \log \lambda + 0.1240 (\log \lambda)^2 - \frac{0.1150}{\log \lambda - 0.6110},$$

$$\lambda = \frac{\eta_d}{\eta_m}$$

Graceカーブ²⁾



- Ca^* による液滴の変形, 分裂状態の分類¹⁾

$4 < Ca^*$: 液滴は安定なフィラメントに変形する。
 → ①分配混合領域

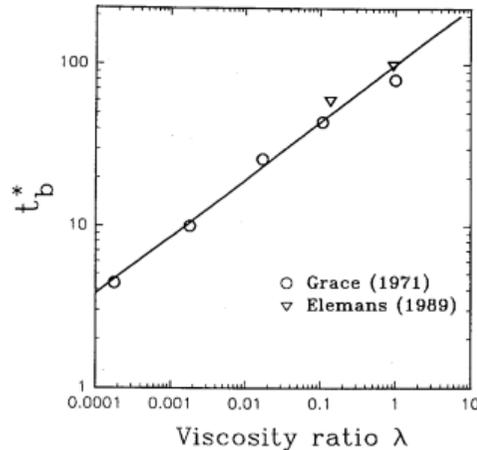
$1 \leq Ca^* \leq 4$: 液滴は2つの液滴に分裂する。
 → ②分散混合領域

$Ca^* < 1$: 液滴は変形しない。
 → ③安定領域

2) Grace, H. P., *Chem. Eng. Comm.*, **14**, 225-277 (1982)

(参考1) 無次元時間 t_b^* (-) について

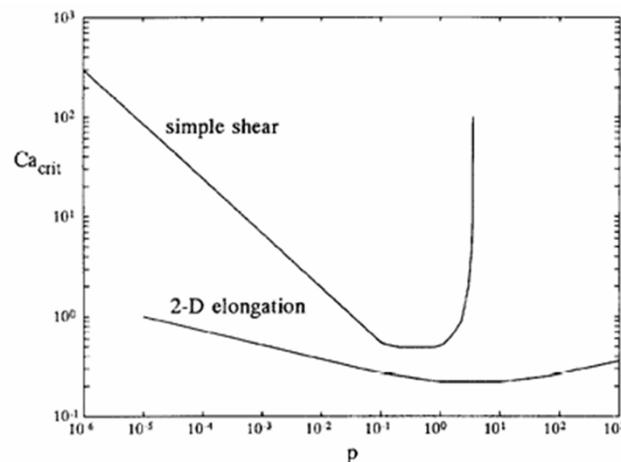
$$\frac{DR_d}{Dt} = -\frac{\dot{\gamma}R_d}{3Ca_{crit}t_b^*} + \frac{C_{coalescence}}{R_d} \phi^{8/3} \dot{\gamma}$$



分裂に要する時間を意味する t_b^* は粘度比の依存性を有します. 参考文献1)に記載されているGraceとElemansの実測値を利用した以下の回帰解析結果から決定されます.

$$\log_{10}(t_b^*) = 0.3396 \log_{10}(\lambda) + 1.9604$$

(参考2) ニュートン流体に関するGraceの実験結果(参考文献3, fig.1, x軸のpは粘度比)



せん断流動には分散性能に限界があり, 粘度比がおおよそ4以上の領域では(前ページの Ca_{crit} 曲線では3.8以上,), Ca^* が如何なる条件でも分散は起こらないと記載されています.

From his data it can be seen that for $p \approx 1$ it is easiest to deform and break a drop under quasiequilibrium conditions. Furthermore, plane hyperbolic flow (2D elongation) is more effective than simple shear flow. Beyond $p \approx 4$ it is even impossible to break a drop in simple shear caused by the rotational character of the flow.

3) Janssen J. M. H. and Meijer H. E. H. , *J. Rheol.* **37**(4),597-608(1993)

Flat Simulator に実装された Tダイ内部での液滴分散径の定式化

p.57 の基本式, および p.58 に示した Ca^* による液滴の変形, 分裂状態の分類を考慮して, Tダイ解析領域 および Ca^* に応じて以下の定式化を採用し, 液滴分散径 R_d を算出する機能を実装しました.

ランナー領域: 分配混合領域

$$R_d(t + \Delta t) = 2\sqrt{\frac{2}{3}}\alpha R_d(t)\gamma(t:t + \Delta t)^{-\frac{1}{2}} \quad \text{for } 4 < Ca^* \quad (1)$$

α : ランナー通過時の液滴径を調整するモデルパラメータ

ダイ内領域: 分散混合領域 または 安定領域

$$\frac{DR_d}{Dt} = -\frac{\dot{\gamma}R_d}{3Ca_{crit}t_b^*} + \frac{C_{coalescence}}{R_d}\varphi^{8/3}\dot{\gamma} \quad \text{for } 1 \leq Ca^* \leq 4 \quad (2)$$

$$\frac{DR_d}{Dt} = \frac{\beta C_{coalescence}}{R_d}\varphi^{8/3}\dot{\gamma} \quad \text{for } Ca^* < 1 \quad (3)$$

β : $Ca^* < 1$ 領域での合体寄与を決定するモデルパラメータ

- (特徴) 1. ランナー内の $Ca^* > 4$ となる領域では, 液滴径がひずみ γ の-1/2乗に比例し減少する, 参考文献1) で提案された評価式を採用しました.
2. ダイ内で $Ca^* < 1$ となる領域では, 分裂にともなう液滴径の減少は発生しなくとも, 液滴の合体が起こりうることを想定して, 右辺に液滴の合体に伴う項を追加しました.
3. 式(1)と式(3)では, 実験結果との乖離を調整するためのモデルパラメータを設定しました.

利用方法

履歴解析／液滴分散径解析をチェックして、右隣に出現する解析条件設定ボタンをクリックします。
出現するフォーム内上部の履歴解析の項目にチェック後、フォームを閉じて解析条件を保存します。

履歴解析

- ひずみ解析(ひずみ速度履歴) — (1)式で利用するひずみ γ を算出するため、液滴分散解析を実施する場合にはひずみ解析(p.53～)にチェックします。
- 応力履歴解析

液滴分散径解析

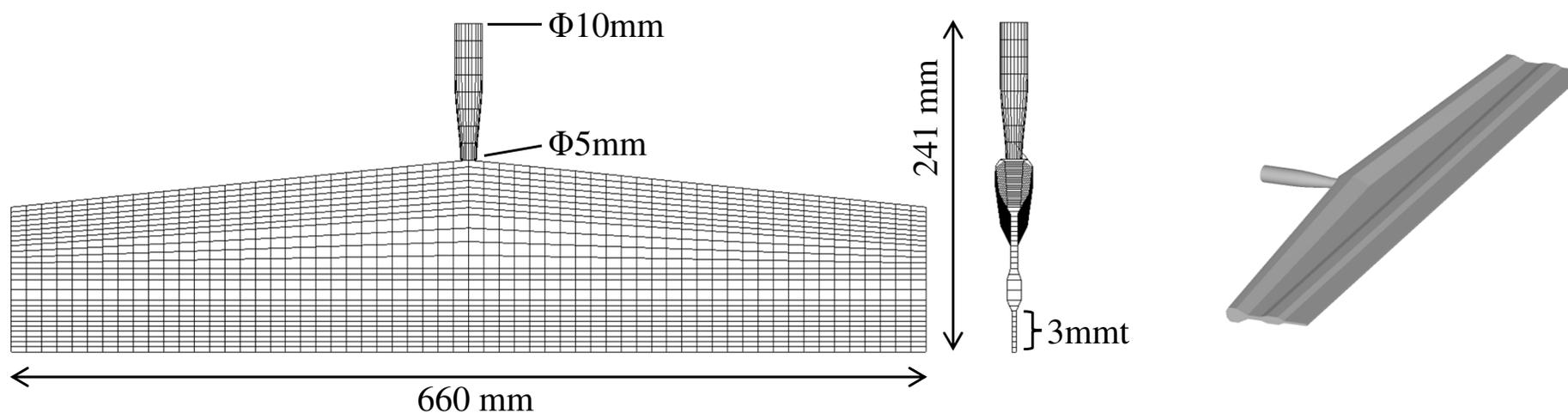
- Morphological Evolution Model
- 初期液滴半径 (μm) 10 — 実験条件に対応する値を入力します。
- 表面張力係数 (N/m) 0.04
- 液滴体積分率 (-) 0.2
- 液滴合体モデルパラメータ (μm^2) 1.5 — 合体の寄与を決定するモデルパラメータ (参考文献1)の実験観測値は $6 \mu\text{m}^2$)
- 変形寄与係数 α (-) (ランナー) 1 — (1)式の α
- 合体寄与係数 β (-) ($\text{Ca} < 1$) 0 — (3)式の β
- Ca^* 下限閾値 (-) 1 — 安定領域の下限値 $\text{Ca}^* < 1$ を変更する場合のみ使用ください(通常は1)。
- 液滴物性ファイル名 — 液滴の材料データを設定
- 計算サイクル数 (回) 200 — 解の収束状況により設定値を変更します。
- 計算緩和係数 (-) 0.1

閉じる

テスト解析例1: ダイ内の Ca^* 分布確認

¥ver10testsample(2025)¥5_MEM¥normal_mem_vis10.fcal

以下に示す解析モデルと解析条件を用いて, ニュートン流体(粘度比一定)の解析を実施し, p.60 (1)-(3)式の定式化の効果確認を行いました。



押出量: 100 kg/h

マトリクス粘度: 1000 Pa·s 一定

流入温度: 200 °C

液滴粘度: 10 Pa·s 一定

ダイ壁面温度: 200 °C

粘度比: $\lambda = 0.01$

液滴分散径解析

Morphological Evolution Model

初期液滴半径 (μm) 10

表面張力係数 (N/m) 0.04

液滴体積分率 (-) 0.2

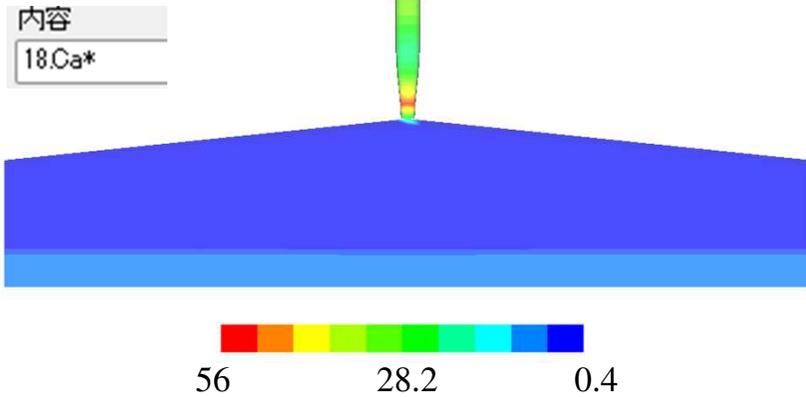
液滴合体モデルパラメータ (μm^2) 1.5

変形寄与係数 α (-) (ランナー) 0.75

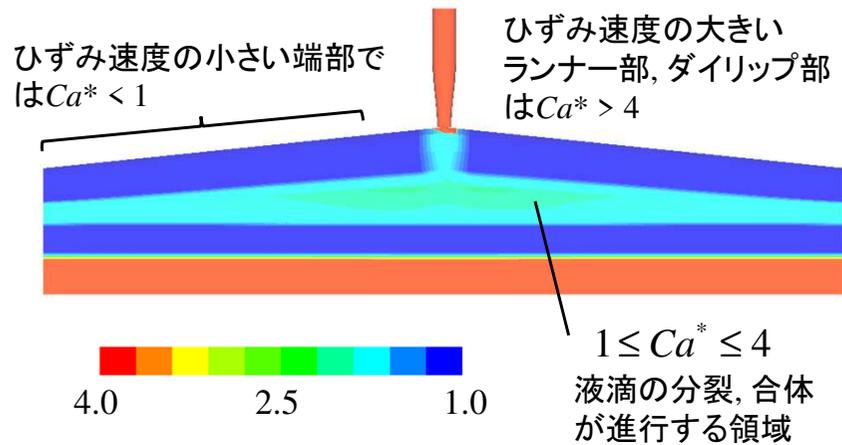
合体寄与係数 β (-) ($Ca^* < 1$) 0

テスト解析例1: ダイ内の Ca^* 分布確認

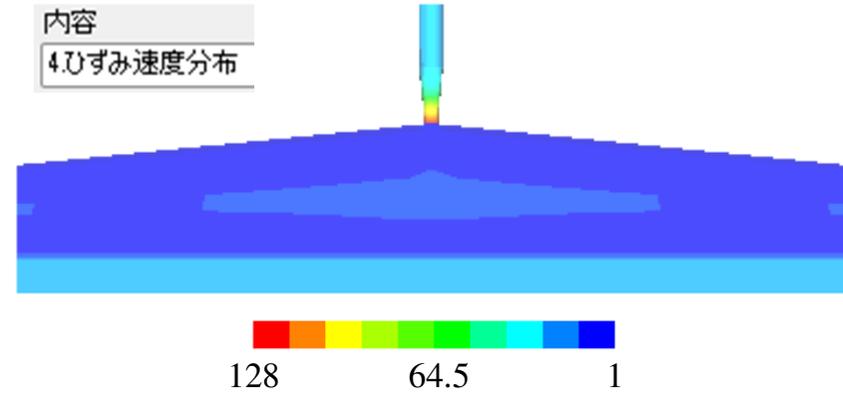
解析結果: Ca^* (-)



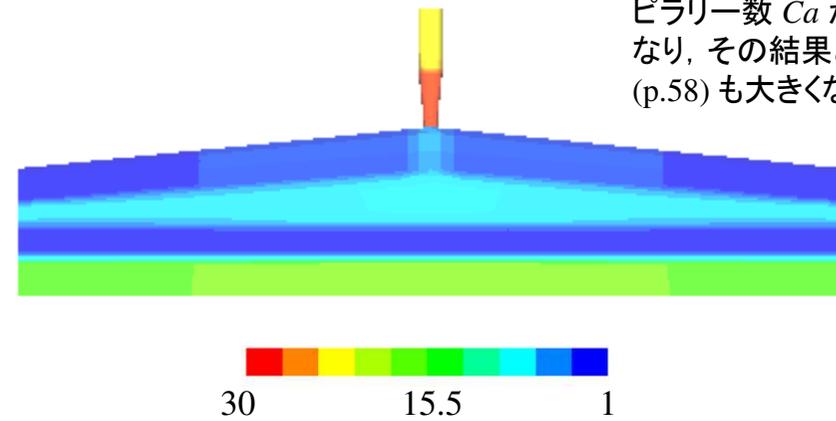
*描画レンジ変更 (1.0~4.0)



解析結果: ひずみ速度 $\dot{\gamma}$ (1/s)



*描画レンジ変更 (1.0~30.0)



$$Ca = \frac{\eta_m \dot{\gamma} R_d}{\sigma}$$

$\dot{\gamma}$ が大きい領域ではキャピラリー数 Ca が大きくなり, その結果として Ca^* (p.58) も大きくなります.

テスト解析例2: ランナー領域の分配混合による液滴径の減少

テスト解析例1と同じ解析モデルと解析条件を使用し, (1)式のモデルパラメータ α がランナー部での液滴半径に与える影響を確認しました.

変形寄与係数 $\alpha(-)$ (ランナー) 0.75

ランナー領域: 分配混合領域

$$R_d(t + \Delta t) = 2\sqrt{\frac{2}{3}} \alpha R_d(t) \gamma(t : t + \Delta t)^{-\frac{1}{2}} \quad \text{for } 4 < Ca^*$$

α : ランナー通過時の液滴径を調整するモデルパラメータ

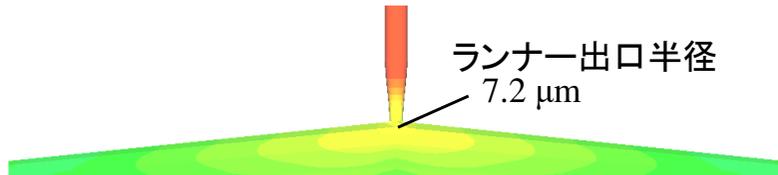
解析結果: 液滴半径 $R_d(\mu\text{m})$

内容
15.液滴半径

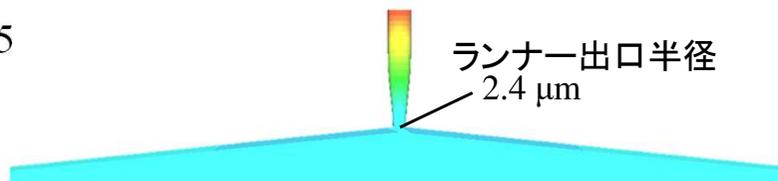


初期半径 10 μm (共通)

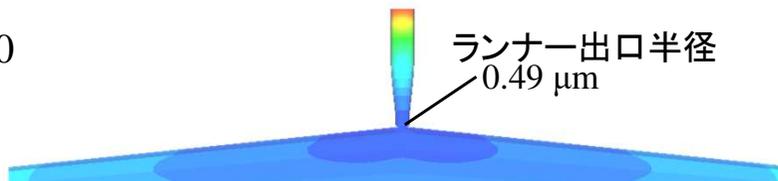
(a) $\alpha = 1.0$



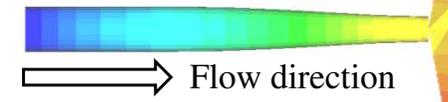
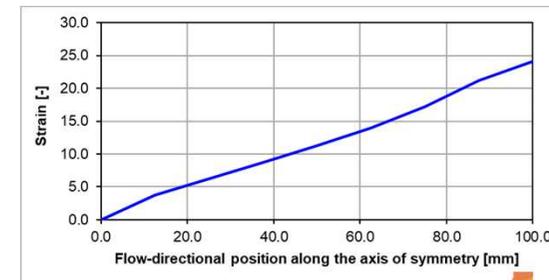
(b) $\alpha = 0.75$



(c) $\alpha = 0.50$



ランナー領域のひずみ分布 (共通)



- 樹脂がランナー領域を通過する際, 液滴はひずみにより変形 (球状からフィラメント状) すると考えられます. そのときの変形量は(1)式により決まり, 同じひずみ分布の場合には, α が小さいほど変形量が大きくなります.
- またダイ領域内での液滴の分散・合体挙動は, ランナー出口の液滴半径の影響を大きく受けます. したがって実験条件に即した解析のためには, ダイ流入前の液滴半径を把握することが重要になります.

テスト解析例3: ダイ内の分散混合における液滴径の分散と合体

テスト解析例1と同じ解析モデルと解析条件を使用し、ダイ内の分散混合領域での液滴径変化における、液滴合体モデルパラメータ $C_{coalescence}$ の影響を確認しました ($\alpha=0.75, \beta=0.0$ に固定)。

ダイ内領域の分散混合領域

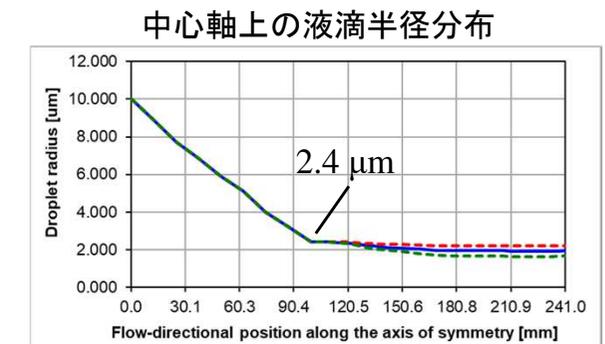
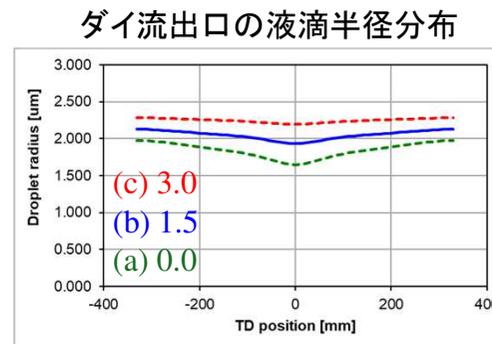
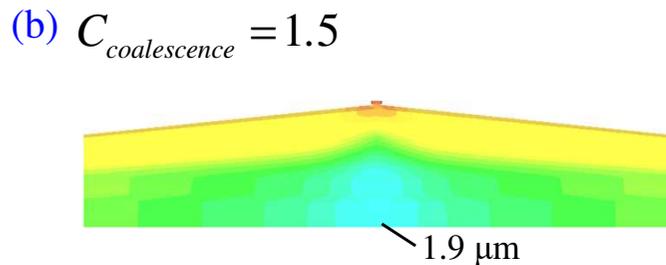
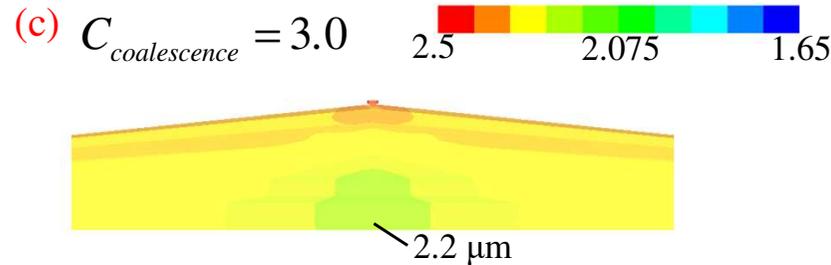
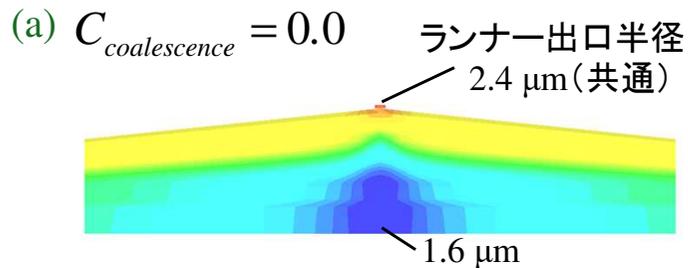
$$\frac{DR_d}{Dt} = -\frac{\dot{\gamma}R_d}{3Ca_{crit}t_b^*} + C_{coalescence} \frac{\phi^{8/3}\dot{\gamma}}{R_d}$$

液滴半径の時間変化 分裂に伴う液滴半径の減少率 合体に伴う液滴半径の増加率

$$1 \leq Ca^* \leq 4$$

液滴分散解析	
<input checked="" type="checkbox"/> Morphological Evolution Model	
初期液滴半径 (μm)	10
表面張力係数 (N/m)	0.04
液滴体積分率 (-)	0.2
液滴合体モデルパラメータ (μm ²)	1.5
変形寄与係数 α (-) (ランナー)	0.75
合体寄与係数 β (-) (Ca* < 1)	0

解析結果: 液滴半径 R_d (μm)



テスト解析例4: ダイ内の安定領域における液滴径の合体

テスト解析例1と同じ解析モデルと解析条件を使用し、ダイ内の安定領域での液滴径変化における、モデルパラメータ β の影響を確認しました ($\alpha=0.75$, $C_{coalescence}=1.5$ に固定)。

ダイ内領域の安定領域

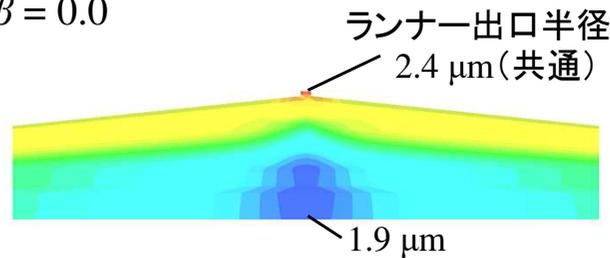
$$\frac{DR_d}{Dt} = \frac{\beta C_{coalescence}}{R_d} \phi^{8/3} \dot{\gamma} \quad Ca^* < 1$$

液滴分散解析	
<input checked="" type="checkbox"/> Morphological Evolution Model	
初期液滴半径 (μm)	10
表面張力係数 (N/m)	0.04
液滴体積分率 (-)	0.2
液滴合体モデルパラメータ (μm^2)	1.5
変形寄与係数 α (-) (ランナー)	0.75
合体寄与係数 β (-) ($Ca^* < 1$)	1

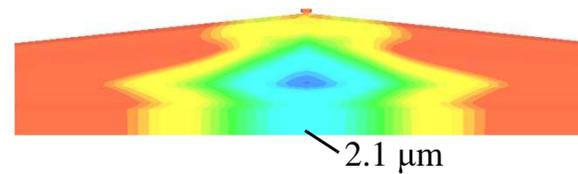
解析結果: 液滴半径 R_d (μm)



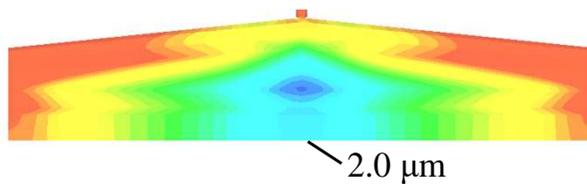
(a) $\beta = 0.0$



(c) $\beta = 2.0$

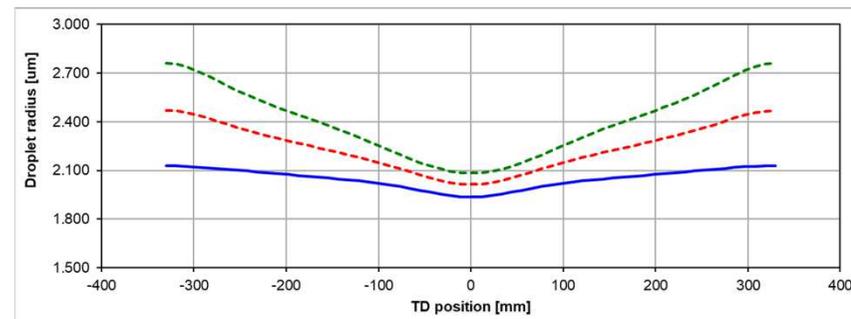


(b) $\beta = 1.0$



β の増加により安定領域の液滴径の合体寄与が大きくなるほど、流量配分およびひずみ速度が小さい端部の $Ca^* < 1$ の領域での合体が進行するため、中心部との差異が拡大する傾向を示しました。

ダイ流出口の液滴半径分布



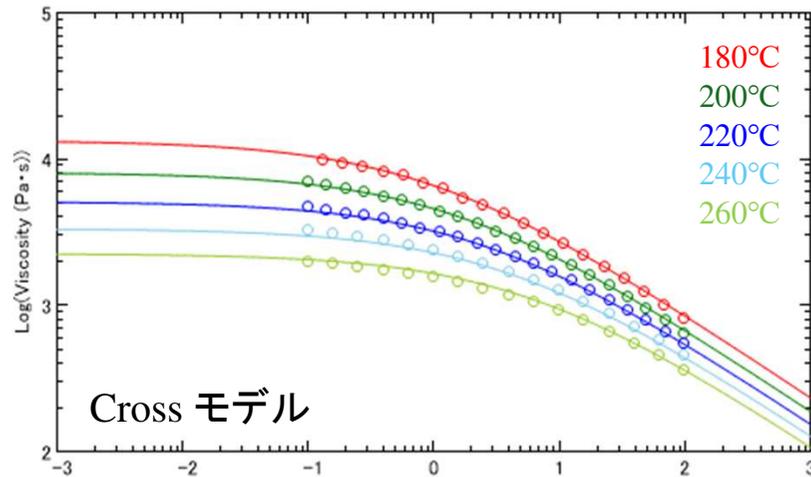
(c) 2.0
(b) 1.0
(a) 0.0

テスト解析例5: 非ニュートン流体の解析

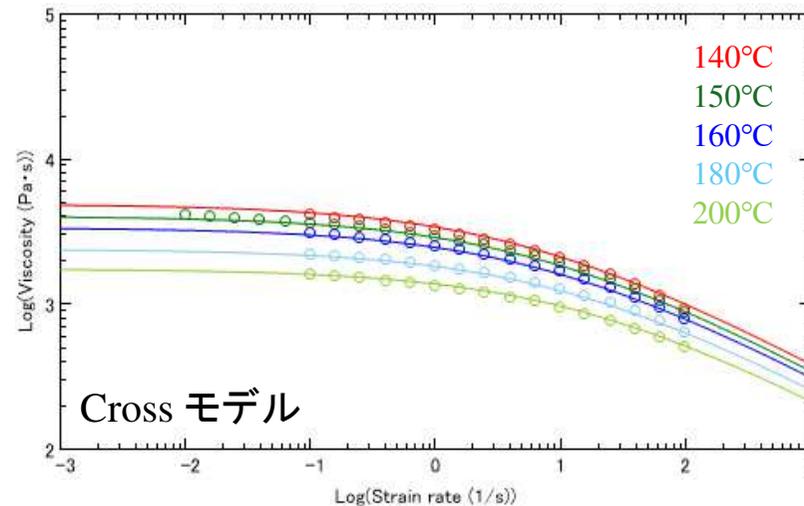
¥ver10testsample(2025)¥5_MEM¥normal_mem_PP_HDPE.fcal

テスト解析例1と同じ解析モデルを使用し、以下に示す非ニュートン流体を用いて解析を実施しました。

マトリクス材: PP_G3 (Materialfit Database)



液滴材: HDPE_B1 (Materialfit Database)

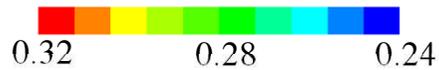


押出量: 20.0 kg/h, 流入温度: 200 °C, ダイ壁面温度: 200 °C

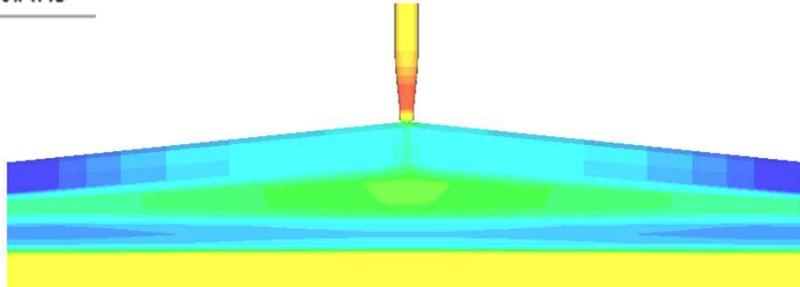
液滴分散径解析	
<input checked="" type="checkbox"/> Morphological Evolution Model	
初期液滴半径 (μm)	10
表面張力係数 (N/m)	0.05
液滴体積分率 (-)	0.2
液滴合体モデルパラメータ (μm ²)	1.5
変形寄与係数 α (-) (ランナー)	0.75
合体寄与係数 β (-) (Ca* < 1)	0
Ca* 下限閾値 (-)	1
液滴物性ファイル名	HDPE_B1_cross
	<input type="button" value="読込"/>

非ニュートン流体の場合、粘度比が場所によって変化するため、 Ca_{crit} もダイ内で分布を有します。

解析結果: 粘度比 λ (-)



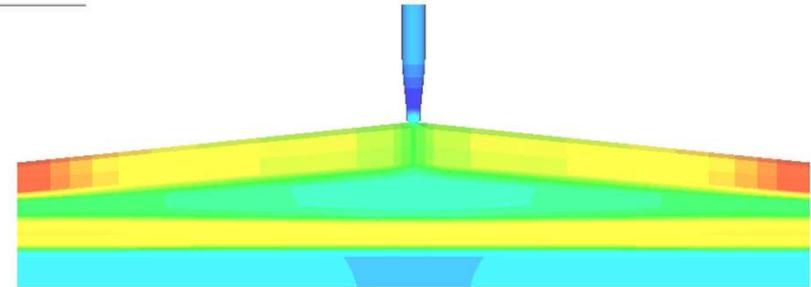
内容
19.Rvis



解析結果: Ca_{crit} (-)



内容
17.Ca_crit

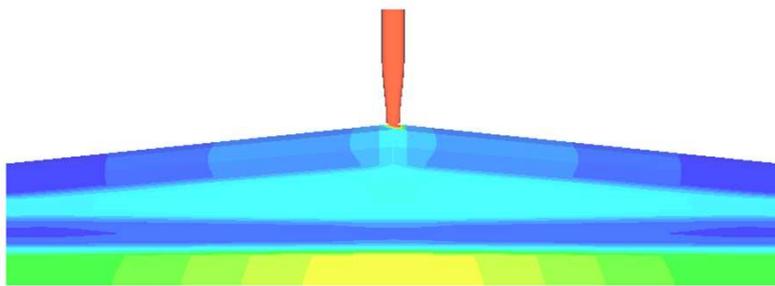


解析結果: キャピラリ数 Ca (-)

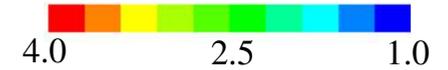


内容
16.Ca

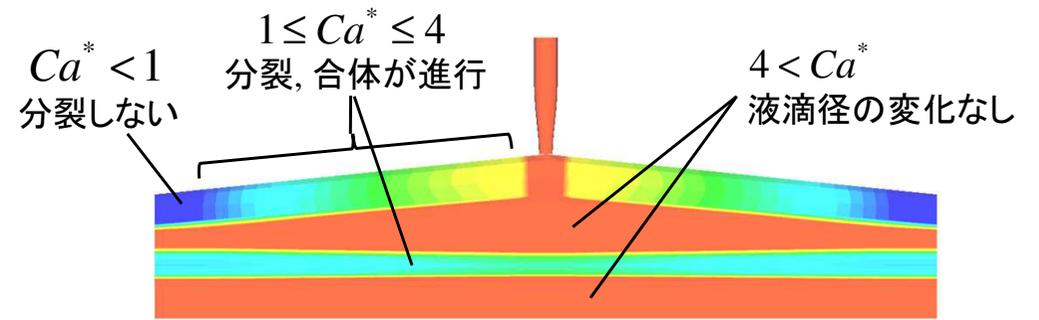
$$Ca = \frac{\tau}{\sigma / R_d} = \frac{\eta_m \dot{\gamma} R_d}{\sigma}$$



解析結果: Ca^* (-)



$$Ca^* = \frac{Ca}{Ca_{crit}}$$

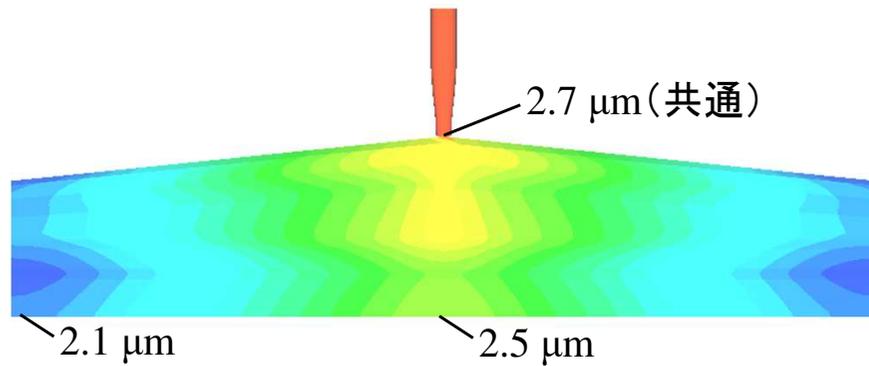


解析結果: 液滴半径 R_d (μm)



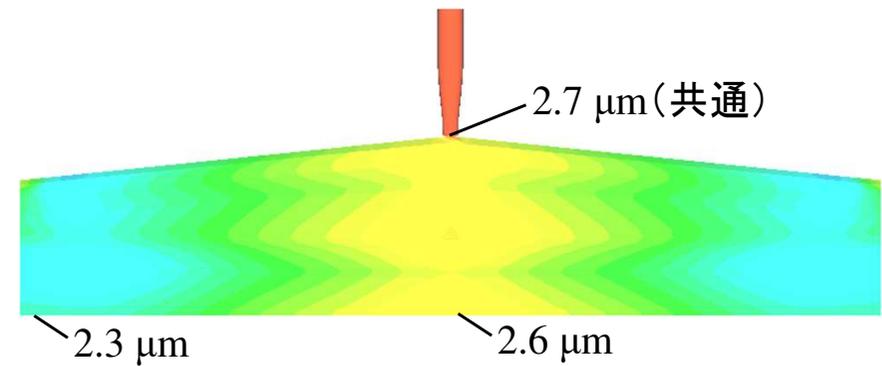
(a) $\beta = 0.0$

合体寄与係数 β (-) ($Ca^* < 1$)

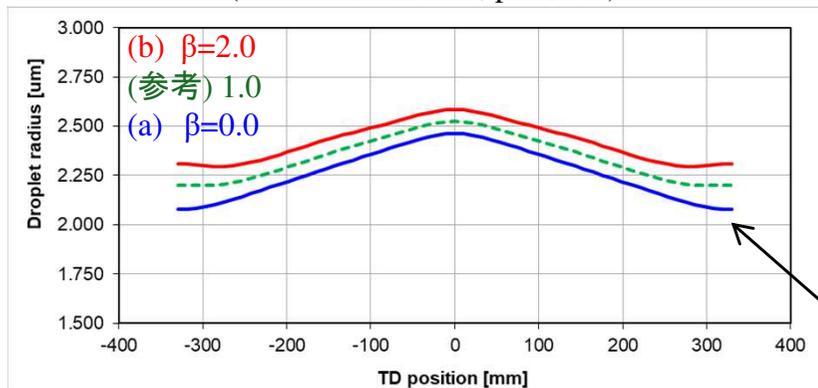


(b) $\beta = 2.0$

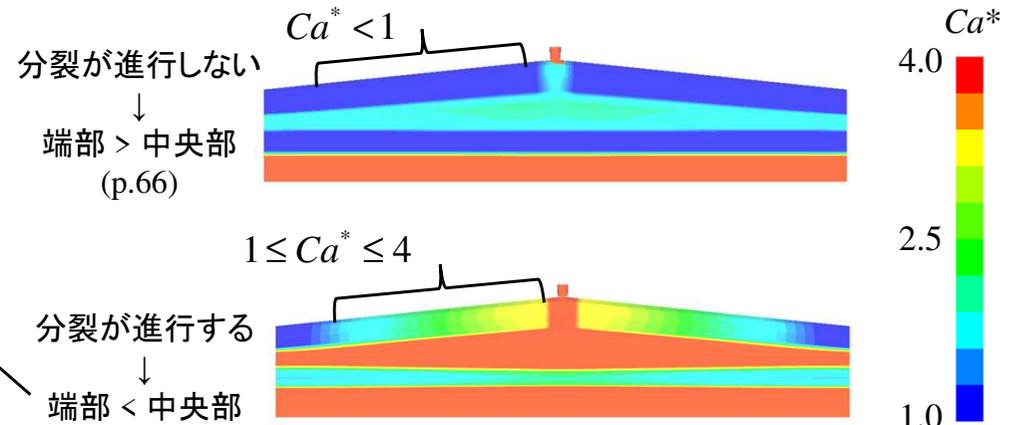
合体寄与係数 β (-) ($Ca^* < 1$)



ダイ流出口の液滴半径分布
(.hisinfに自動出力, p.**参照)



ランナーからマニホールドを通過して端部へ流動する領域の Ca^ の状態によって、ダイ流出口の液滴径の分布傾向が変わります。



ダイ内の液滴分散の分裂および合体の状況を把握するため、以下3項目のコンター図が出力可能です。

$$\frac{DR_d}{Dt} = \underbrace{\frac{\dot{\gamma}R_d}{3Ca_{crit}t_b^*}}_{\text{Brekeup term}} + \underbrace{\frac{C_{coalescence}}{R_d}\varphi^{8/3}\dot{\gamma}}_{\text{Coalescence term}} \quad \text{for } 1 \leq Ca^* \leq 4$$

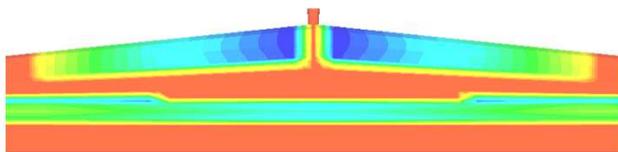
$$\frac{DR_d}{Dt} = \underbrace{\frac{\beta C_{coalescence}}{R_d}\varphi^{8/3}\dot{\gamma}}_{\text{Coalescence term}} \quad \text{for } Ca^* < 1$$

Source term
= Brekeup term + Coalescence term

解析結果: 各項の寄与度確認 (a) $\beta = 0.0$

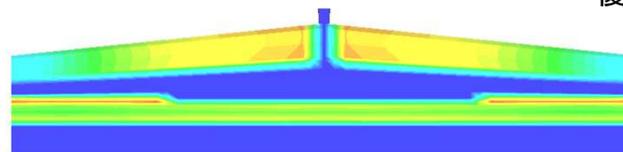
Brekeup term

内容
20.Breakup term



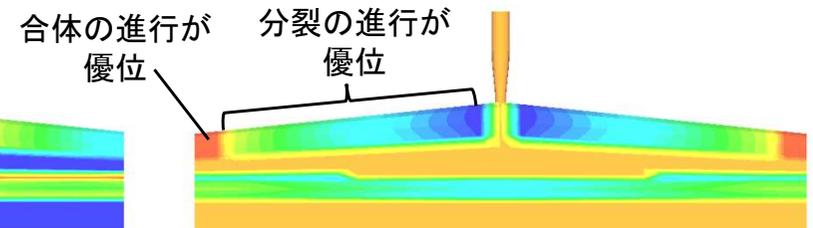
Coalescence term

内容
21.Coalescence term



Source term

内容
22.Source term



液滴分散径のポスト出カ一覧

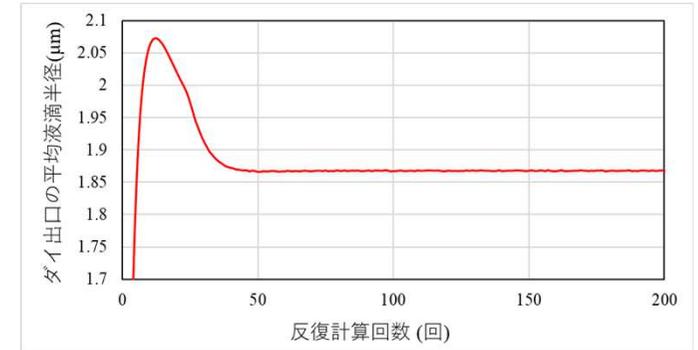
○コンター図

15.液滴半径	}	p.69参照
16.Ca		
17.Ca_crit	}	p.68参照
18.Ca*		
19.Rvis		
20.Breakup term	}	p.70参照
21.Coalescence term		
22.Source term		

○収束状況の確認: .morconvファイル(自動出力, コンマ区切り)

ダイ流出口
の平均液滴
半径(um)

	A	B
1	cycle	outlet radius(avg)
2	1	-
3	2	1.644729
4	3	1.899099
5	4	2.022862
6	5	2.113943



○ダイ流出口, および対称軸上の解析結果一覧: .hisinfファイル(自動出力, コンマ区切り)

*当ファイルを用いてExcelで各種グラフの簡易作成
が可能です. 詳細はp.72~をご参照ください.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
ダイ流出口 の情報	1	Outlet resul	61										
	2	Node ID.	Position[mm]	Strain[-]	Stress histor	Droplet radius[Capillary(Ca)	Critical Ca	Reduced capillaryl	Breakup te	Coalescenc	Source term	Viscosity ratio
	3	1437	-330	126.3	126.3	2.470614	10.92593	1.709403	6.391665	0.00E+00	0.1469066	0.00E+00	1.00E-02
	4	1436	-319	125.9563	125.9563	2.467159	10.91117	1.709403	6.383031	0.00E+00	0.1471196	0.00E+00	1.00E-02
	5	1435	-308	124.9812	124.9812	2.457292	10.86921	1.709403	6.358481	0.00E+00	0.1477338	0.00E+00	1.00E-02
	6	1434	-297	123.5247	123.5247	2.442353	10.80616	1.709403	6.321601	0.00E+00	0.1486799	0.00E+00	1.00E-02
	7	1433	-286	121.7853	121.7853	2.424123	10.73016	1.709403	6.277137	0.00E+00	0.1498636	0.00E+00	1.00E-02
	8	1432	-275	119.957	119.9571	2.404349	10.64918	1.709403	6.229764	0.00E+00	0.1511892	0.00E+00	1.00E-02
対称軸上の 情報					ひずみ	応力履歴	液滴半径	Ca	Ca_crit	Ca*	各項の寄与度		粘度比
	64	Centerline r	35										
	65	Node ID.	Position[mm]	Strain[-]	Stress histor	Droplet radius[Capillary(Ca)	Critical Ca	Reduced capillaryl	Breakup te	Coalescenc	Source term	Viscosity ratio
	66	1648	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	10	56.89788	1.709403	33.28523	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-02
	67	1649	12.5	3.749997	3.749996	8.872985	56.89794	1.709403	33.28527	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-02
	68	1650	25	6.249997	6.249997	7.745967	50.48551	1.709403	29.534	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-02
	69	1651	37.5	8.749996	8.749996	6.872984	44.07296	1.709403	25.78266	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-02
70	1652	50	11.2474	11.2474	5.910878	42.8375	1.709403	25.05992	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-02	

検討結果のまとめ

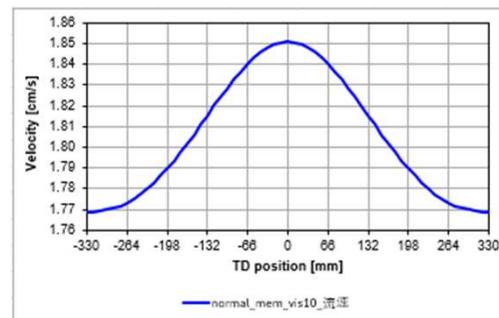
- Morphological Evolution Model に基づく液材の分散径の解析機能を Flat Simulator に実装し、Tダイ内部での液滴分散径解析を実施しました。
- ダイ内で分裂が進行しない、 $Ca^* < 1$ の安定領域において、合体が進行することを想定した定式化を行ない、定常輸送方程式を有限体積法 (FVM) を用いて解析することで、液滴半径 R_d の収束解を得ました。
- 液滴分散径は、材料の粘度比や成形条件の影響因子が強く解析結果の制御が難しいことから、定式化において調整用のモデルパラメータを設定しました。当モデルパラメータ変更が分散径に与える影響を、ニュートン流体および非ニュートン流体を用いて確認しました。
- ニュートン流体の場合、粘度比が一定のため Ca_{crit} は一定ですが、ひずみ速度や液滴半径の影響により Ca^* が場所によって変化するため、液滴は複雑な分散および合体挙動を示しました。一方、非ニュートン流体の場合には、粘度比も場所によって変化するため、液滴の挙動はさらに複雑ですが、 Ca^* の分布状態が液滴径に与える影響が確認できました。
- 上記のように、ダイ内で液滴が分裂および合体する挙動は複雑なため、状況の把握に必要と考える各種のポスト機能を実装しました。実験を再現できる解析条件の探索にご活用いただければ幸いです。

6. Excel を利用した結果表示および比較機能

- Flat Simulatorでは、解析後に出力される“解析結果ファイル名 .alist”を、統括表(Tダイ)タブ から読み込むことで、解析結果の主要な物理量を確認することが可能です。
- 本バージョンでは、上記機能を拡張して、GUI上のボタンクリックで自動的にExcel上でグラフが作成される機能が実装されました。利用方法について、次ページ以降に記載します。

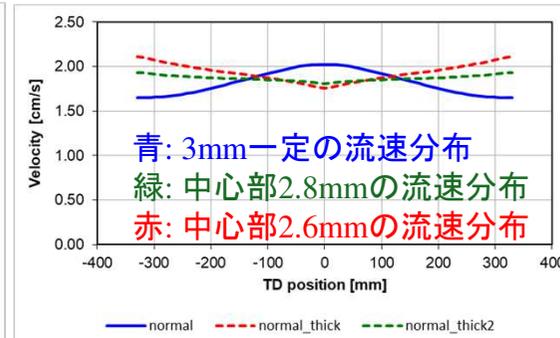
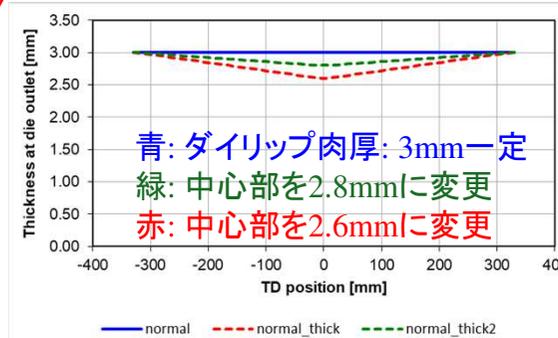
The screenshot shows the 'Flat Simulator Template' interface. At the top, there are tabs for '基本形状', 'マニフォールド', 'ランナー', 'ロール', 'メッシュ生成', '解析実行', '統括表(Tダイ)', and '統括表(ファイル)'. The '統括表(Tダイ)' tab is active. Below the tabs, there are input fields for 'ファイル名' (normal), '押出量(kg/h)' (100.000), and '押出流量(cc/sec)' (36.075). A section titled 'モデル内計算値の平均/最小/最大値' contains several rows of data for pressure, temperature, velocity, and residence time. Below this is another section for 'ダイ流出口計算量の平均値/最小値/最大値' with similar data. At the bottom, there is a '結果比較用Excel出力' section with a list of files (normal (.alist), normal_thick (.alist)) and buttons for '選択', '出力実行', '上へ', '下へ', '削除', and '全削除'.

(新機能 1)ダイ流出口の計算量がグラフ作成される。



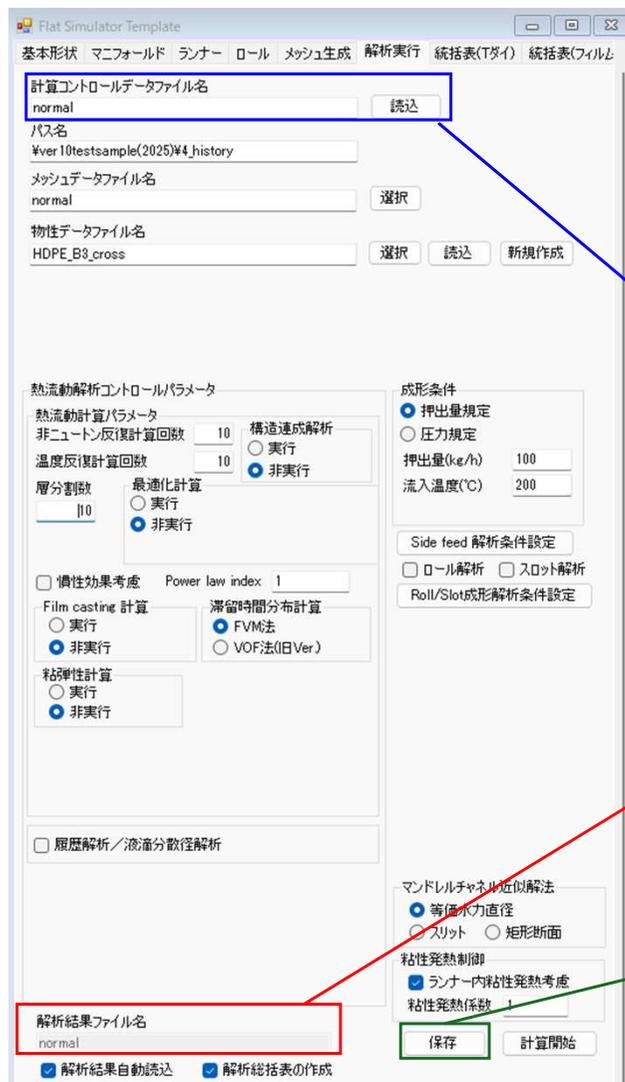
(従来機能)
“解析結果ファイル名 .alist”を読み込むこと、解析結果の主要物理量が出力される。

(新機能 2)複数のファイルを選択すると、ダイ流出口の計算量について比較グラフが作成される。



【新機能1】グラフ作成 利用方法

(1) Flat Simulator Ver10.0.0 の解析実行タブで解析条件を設定し、解析実行します。



(補足) Ver10.0.0では、解析結果ファイル名の入力が不要になりました。計算コントロールデータファイル名(.fcal)を設定し、解析条件を設定して保存すると、解析結果ファイル名には計算コントロールファイルと同じ名前が自動で設定されます。

○解析条件のファイル名(.fcal) は従来通り入力する。

計算コントロールデータファイル名

normal

読込

○解析結果のファイル名は入力しない。

解析結果ファイル名

= 計算コントロールファイル名(.fcal)

○解析条件を保存すると、解析結果ファイル名には計算コントロールファイルと同じ名前が自動設定される。

解析結果ファイル名

normal

○解析実行後は従来通りに結果ファイルが自動作成されます。

利用方法

- (2) 解析後、解析実行タブの隣の、統括表(Tダイ)タブをクリックし、上部の読込ボタンから解析結果ファイル名“.alist” を読込むこと、解析結果の主要物理量が数値出力されます。

The screenshot shows the 'Flat Simulator Template' software interface. The 'Summary Table (T-Dial)' tab is selected, and the 'Read' button is highlighted. A file selection dialog is open, showing a list of files with columns for 'Name', 'Update Date', and 'Type'. The file 'normal.alist' is selected. The dialog also shows a dropdown for 'File Name (N):' set to 'normal.alist' and a dropdown for 'Summary Table Data File (*.alist)'. The 'Open (O)' button is highlighted.

名前	更新日時	種類
normal.alist	2025/08/08 16:56	ALIST ファイル
normalR2_his.alist	2025/08/06 14:53	ALIST ファイル
normalR_his.alist	2025/08/06 14:52	ALIST ファイル

（従来機能）
“解析結果ファイル名 .alist” を読込むこと、
解析結果の主要物理量
が出力される。

利用方法

(3-1) 読込ボタンの右側のExcel出力をクリックすると、2つのシートから構成されるExcelファイルが作業フォルダ内に保存され(解析結果ファイル名.xlsx), Excelファイルが表示されます。



解析結果統計表シートには、解析結果の概要が出力されます。

	A	B
1	解析結果概要ファイル	normal.alist
2	計算コントロールファイル名	normal.fcsl
3	物性データファイル名	HDPE_B3_cross.pro
4	メッシュデータファイル名	normal.msh
5	押出量(kg/h)	100
6	流入温度(rpm)	200
7	流入口圧力損失(MPa)	7.77
8	ダイ流出口の流速平均値(cm/s)	1.335
9	ダイ流出口の流速最小値(cm/s)	0.051
10	ダイ流出口の流速最大値(cm/s)	35.178
11	ダイ流出口の流速変動量(%)	20.555
12	ダイ流出口のひずみ速度平均値(cm/s)	44.271
13	ダイ流出口のひずみ速度最小値(cm/s)	40.022
14	ダイ流出口のひずみ速度最大値(cm/s)	49.381
15	ダイ流出口のひずみ速度変動量(%)	21.141
16	ダイ流出口の温度平均値(°C)	202.158
17	ダイ流出口の温度最小値(°C)	202.03
18	ダイ流出口の温度最大値(°C)	202.29
19	ダイ流出口の温度変動量(%)	0.129
20	ダイ流出口の滞留時間平均値(s)	21.634
21	ダイ流出口の滞留時間最小値(s)	12.839
22	ダイ流出口の滞留時間最大値(s)	38.266
23	ダイ流出口の滞留時間変動量(%)	117.53
24		

解析結果統計表 normal +

入力ファイル情報
押出量
流入温度

圧力損失の解析結果
(ランナー先端)

ダイ流出口の統計量
・温度
・流速
・ひずみ速度
・滞留時間

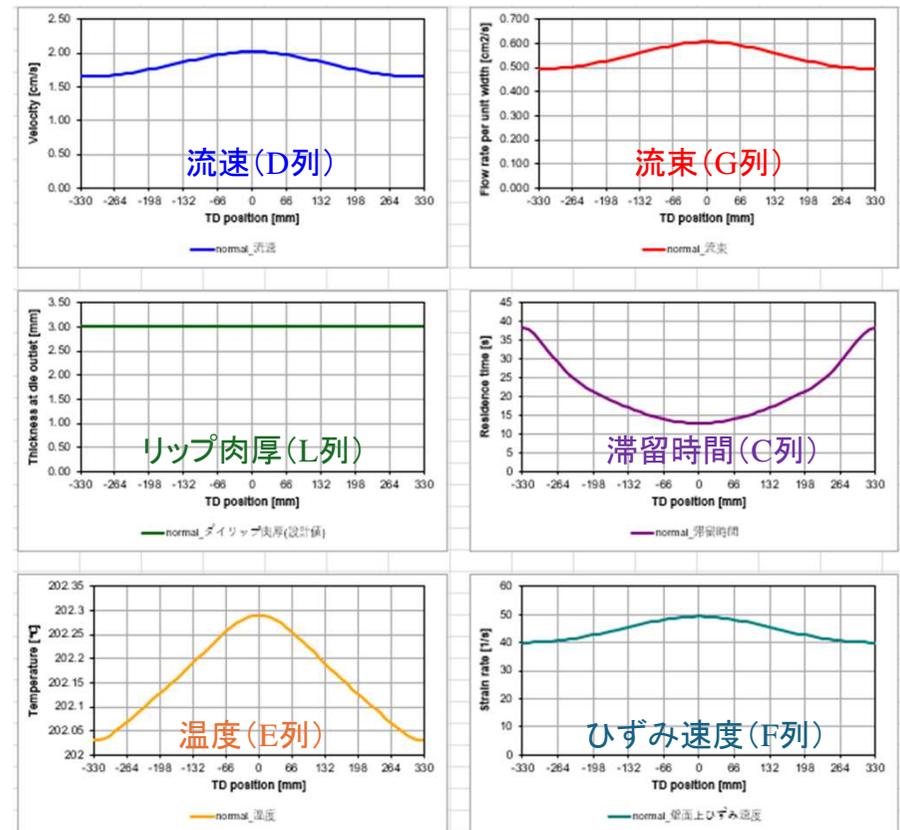
利用方法

(3-2) 読込ボタンの右側のExcel出力をクリックすると、2つのシートから構成されるExcelファイルが作業フォルダ内に保存され(解析結果ファイル名.xlsx), Excelファイルが表示されます。

2枚目のシートには、A列からL列にダイ流出口の物理量、N列以降にはダイ流出口(TD方向)の6種類の物理量のグラフが自動作成されます。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Node ID.	Position(mm)	Res. time(s)	Velocity(cm)	Temp.(C)	Strain rate	Flux(cm ² /s)	Viscosity(Pa)	Strain rate(1Stress hi	Strain(-)	Thickness at die outlet		
2	1437	-330	38.2655	1.649179	202.0303	40.022	0.4947537	4773.361	15.77019	0	0	3	
3	1436	-319	37.85959	1.649832	202.0314	40.03824	0.4949495	4772.881	15.77646	0	0	3	
4	1435	-308	36.71315	1.651863	202.0349	40.08837	0.4955589	4771.398	15.79583	0	0	3	
5	1434	-297	35.01612	1.655389	202.0407	40.17535	0.4966166	4768.836	15.82941	0	0	3	
6	1433	-286	33.01684	1.660521	202.0484	40.30217	0.4981564	4765.144	15.87821	0	0	3	
7	1432	-275	30.95218	1.667339	202.0574	40.47082	0.5002018	4760.308	15.94286	0	0	3	
8	1431	-264	28.99634	1.675833	202.067	40.68152	0.5027499	4754.359	16.02333	0	0	3	
9	1430	-253	27.2424	1.685955	202.077	40.93307	0.5057867	4747.366	16.11909	0	0	3	

- A列: ダイ流出口の節点番号
- B列: ダイ流出口の節点座標
- C列: ダイ流出口の滞留時間
- D列: ダイ流出口の流速
- E列: ダイ流出口の温度
- F列: ダイ流出口のひずみ速度(バレル壁面上)
- G列: ダイ流出口の流束(単位幅当たりの流量)
- H列: ダイ流出口の熔融粘度
- I列: ダイ流出口のひずみ速度(肉厚平均)
- J列: ダイ流出口の応力履歴(オプション解析)
- K列: ダイ流出口のひずみ(オプション解析)
- L列: ダイ流出口のリップ肉厚(メッシュ情報)



利用方法

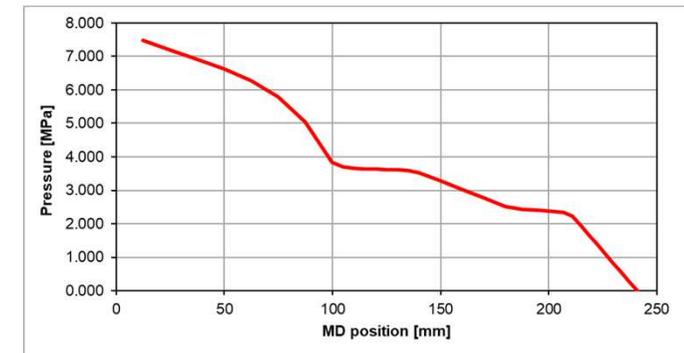
(3-3) 読込ボタンの右側のExcel出力をクリックすると、2つのシートから構成されるExcelファイルが作業フォルダ内に保存され(解析結果ファイル名.xlsx), Excelファイルが表示されます。

2枚目のシートの後半には、A列からH列に 対称軸上 (MD方向) の物理量が作成されます。

対称軸上(MD方向) のグラフは自動では作成されないため、必要な情報を抽出してグラフ作成ください。

	A	B	C	D	E	F	G	H
73	Outlet maxi	202.2902						
74	Outlet temp	0.1285945						
75	Outlet avera	44.27097						
76	Outlet mini	40.02176						
77	Outlet maxi	49.38102						
78	Outlet strai	21.14085						
79	Node ID.	Position(mm)	Res. time(s)	Velocity(cm/s)	Temp.(C)	Pressure(MPa)	Strain rate(1/s)	Viscosity(Pa*s)
80	1649	12.5	0.1632843	4568.701	200.8254	7.481168	22.6574	415.3364
81	1650	25	0.2721405	4565.277	201.2322	7.191096	22.78339	415.0252
82	1651	37.5	0.3809967	4560.938	201.5829	6.902702	22.76746	414.6307
83	1652	50	0.480179	4460.82	201.9438	6.615662	24.76692	405.5291
84	1653	62.5	0.5619233	4165.732	202.4725	6.276123	32.82198	378.7029
85	1654	75	0.624429	3734.459	203.3695	5.785086	50.98097	339.4962
86	1655	87.5	0.6682241	3288.254	204.8811	5.040891	86.35918	298.9322
87	249	100	0.7292691	5100.102	205.5534	3.840028	51.34651	463.6456

作成例: 対称軸上の圧力分布 (B列 vs. G列)



- A列: 対称軸上の節点番号
- B列: 対称軸上の節点座標
- C列: 対称軸上の滞留時間
- D列: 対称軸上の流速
- E列: 対称軸上の温度
- F列: 対称軸上のひずみ速度(バレル壁面上)
- G列: 対称軸上の圧力
- H列: 対称軸上の熔融粘度

【新機能2】条件間の結果比較 利用方法

- (1) 新規フォーム下部の、結果比較用Excel出力欄の選択ボタンをクリックして、確認したい条件の出力ファイルを設定します。

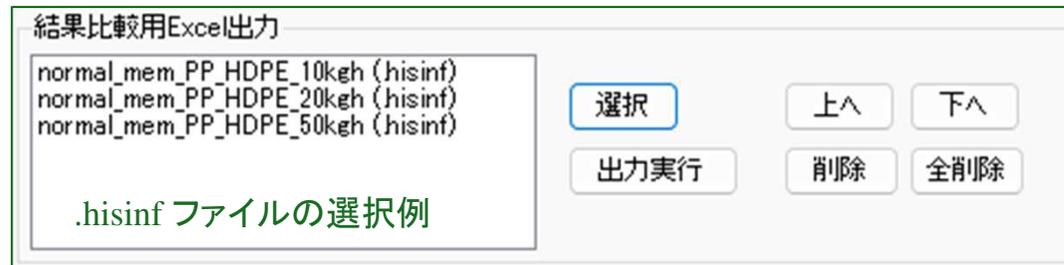
The screenshot shows the 'Flat Simulator Template' software interface. The 'Excel出力' (Excel Output) section is highlighted with a blue box. It contains a list of files: 'normal (.alist)' and 'normal_thick (.alist)'. A red box highlights the '選択' (Select) button. A red arrow points from this button to a file explorer window showing a directory named '4_history' containing several '.alist' files. The file explorer's file type filter is set to '総括表データファイル (*.alist)', and the file 'normalR2_his.alist' is selected.

拡張子を変更することで、以下の2種類の出力ファイルを選択可能です。

1. 総括表データファイル: .alist
2. 履歴/液滴分散結果ファイル: .hisinf

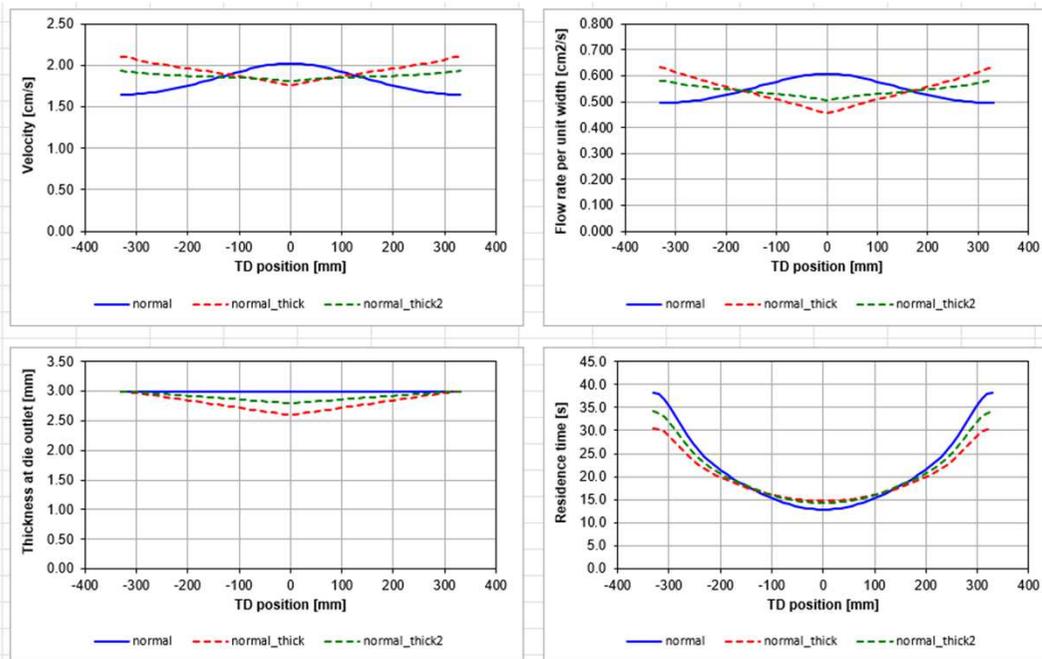
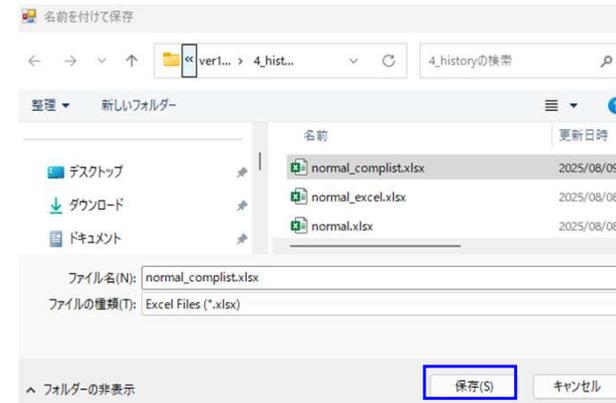
利用方法

- (2) 選択ボタンのクリックとファイル選択を複数回行なうと、リストボックスに選択したファイルが順番に追加されます。このときに複数選択するファイルの種類(拡張子)は同じ必要があります。また、比較するファイルは同じ作業フォルダ内に存在する必要があります。



利用方法

(3-1) 複数ファイルを選択後、出力実行ボタンをクリックすると、選択したファイルの内容をまとめた Excelファイルが作業フォルダ内に保存された後、Excel ファイルがディスプレイに表示されます。



動作確認したExcelのバージョン:

1. Microsoft® Excel® for Microsoft 365 MSO 64ビット
2. Microsoft® Excel® 2016 MSO 32ビット

利用方法

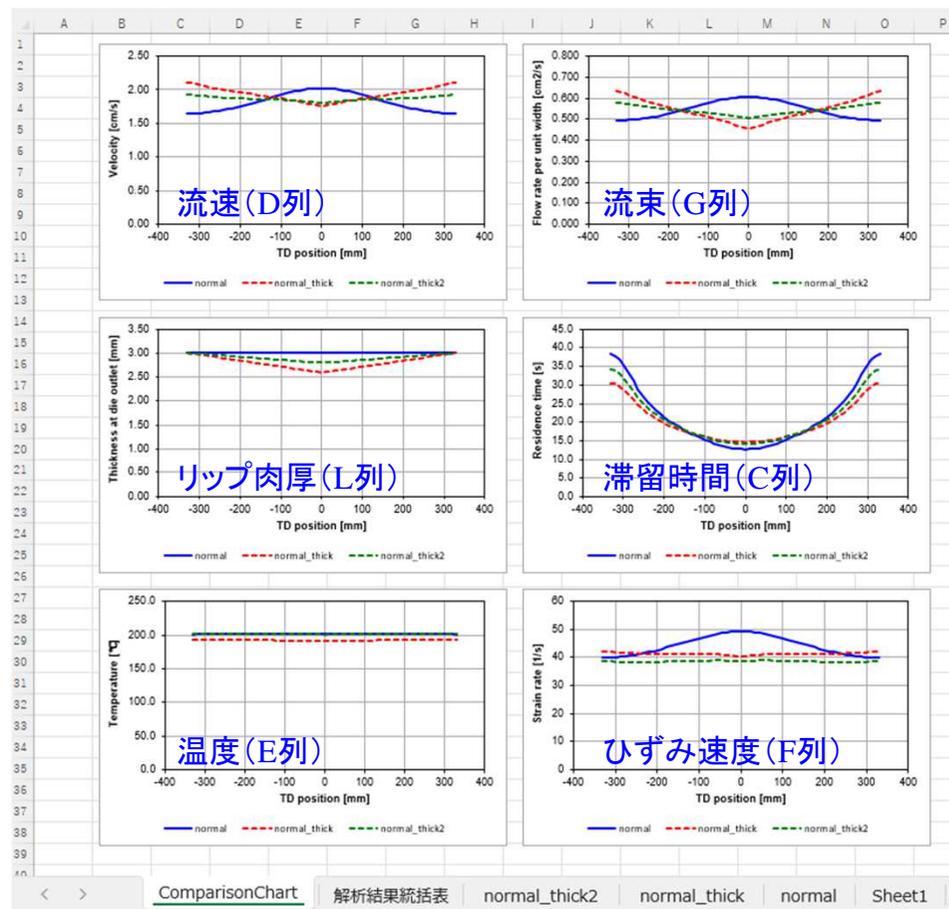
(3-2) 複数ファイルを選択後、出力実行ボタンをクリックすると、選択したファイルの内容をまとめた Excelファイルが作業フォルダ内に保存された後、ファイル内容がディスプレイに表示されます。

.alist ファイルの実施例

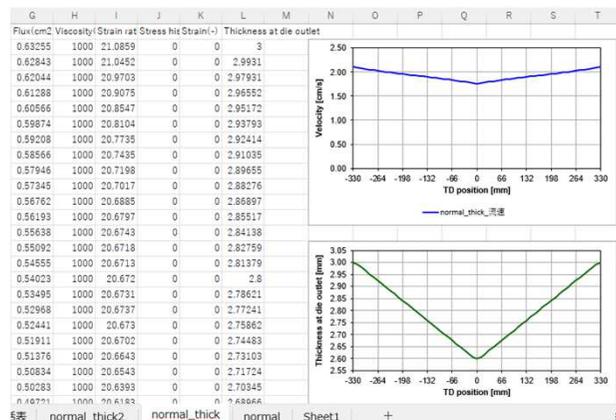
解析結果統括表シート: 各条件の結果概要

	A	B	C	D
1	Excelシート名	normal	normal_thick	normal_thick2
2	計算コントロールファイル名	normal.fcsl	normal_thick.fcsl	normal_thick2.fcsl
3	物性データファイル名	HDPE_B3_cross.pro	DefaultMaterial.pro	DefaultMaterial.pro
4	メッシュデータファイル名	normal.msh	normal_thick.msh	normal_thick2.msh
5	押出量(kg/h)	100	100	100
6	流入温度(rpm)	200	200	200
7	流入口圧力損失(MPa)	3.7	3.7	3.7
8	ダイ出口の流速平均値(cm/s)	1.819	1.933	1.868
9	ダイ出口の流速最小値(cm/s)	1.649	1.755	1.809
10	ダイ出口の流速最大値(cm/s)	2.023	2.108	1.932
11	ダイ出口の流速変動量(%)	20.555	18.258	6.561
12	ダイ出口のひずみ速度平均値(cm/s)	44.271	41.367	38.635

ComparisonChartシート: 各条件の主要物性の比較グラフ



各ファイル名のシート: 各条件の.alist ファイルと主要グラフ



利用方法

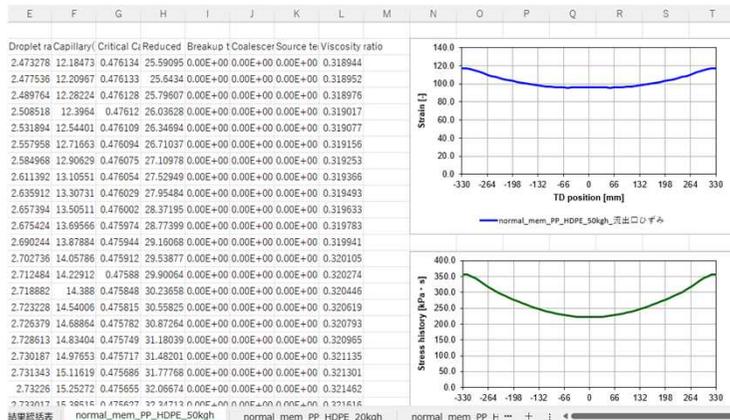
(3-3) 複数ファイルを選択後、出力実行ボタンをクリックすると、選択したファイルの内容をまとめた Excelファイルが作業フォルダ内に保存された後、ファイル内容がディスプレイに表示されます。

.hisinf ファイルの実施例

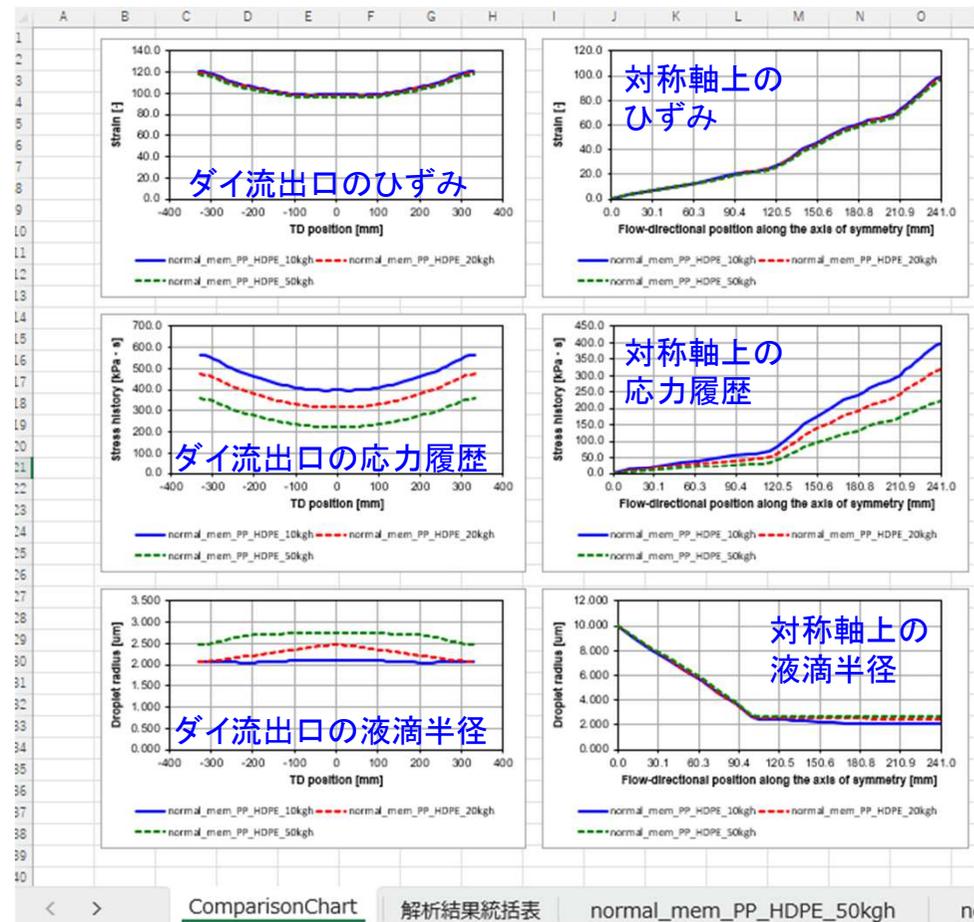
解析結果統括表シート: 各条件の結果概要

	A	B	C	D
1	Excelシート名	normal_mem_PP_HDPE_10kg	normal_mem_PP_HDPE_20kg	normal_mem_PP_HDPE_50kg
2	計算コントロールファイル名	normal_mem_PP_HDPE_10kg.fcal	normal_mem_PP_HDPE_10kg.fcal	normal_mem_PP_HDPE_50kg.fcal
3	物性データファイル名	PP_G3_cross.pro	PP_G3_cross.pro	PP_G3_cross.pro
4	メッシュデータファイル名	normal.msh	normal.msh	normal.msh
5	押出量(kg/h)	10	10	50
6	流入速度 (rpm)	200	200	200
7	ダイ流出口のひずみ平均値(-)	105.8	104.7	103.1
8	ダイ流出口のひずみ最小値(-)	98.3	97.3	95.8
9	ダイ流出口のひずみ最大値(-)	120.5	119.2	117.4
10	ダイ流出口のひずみ変動量(%)	20.97	20.98	20.96
11	ダイ流出口の応力履歴平均値(°C)	456.6	374.8	273.1
12	ダイ流出口の応力履歴最小値(°C)	397	317.7	222.7
13	ダイ流出口の応力履歴最大値(°C)	562.7	472.9	357.3
14	ダイ流出口の応力履歴変動量(%)	36.29	41.42	49.29
15	初期液滴半径(um)	10	10	10
16	表面張力係数(N/m)	0.05	0.05	0.05
17	液滴体積分率(-)	0.2	0.2	0.2
18	液滴合体モデルパラメータ(um ²)	1.5	1.5	1.5
19	変形寄与係数α(N/m)	0.75	0.75	0.75
20	合体寄与係数β(-)	0	0	0
21	Ca [*] 下限値(-)	1	1	1
22	液滴物性ファイル名	HDPE_B1_cross	HDPE_B1_cross	HDPE_B1_cross
23	ダイ流出口の液滴半径平均値(-)	2.0751	2.2641	2.6683

各ファイル名のシート: 各条件の.hisinf ファイルと主要グラフ



ComparisonChartシート: 各条件の主要物性の比較グラフ



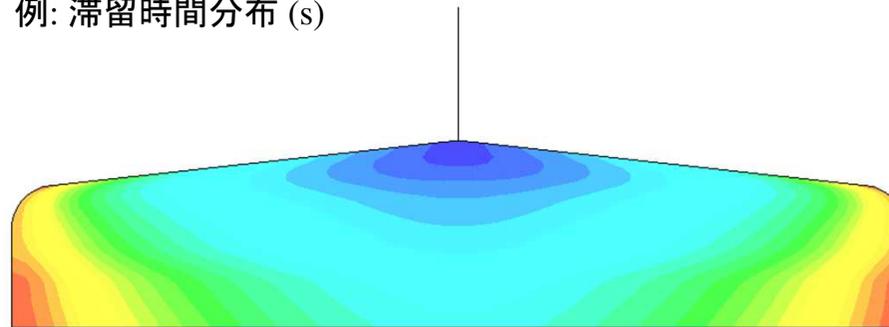
7. 解析結果の簡易抽出機能 (.2drst)

2D展開図の解析結果について、断面内の解析値を一括で抽出する機能が実装されました。

2D展開図 (.2drst)

x (TD方向)
y (MD方向)

例: 滞留時間分布 (s)

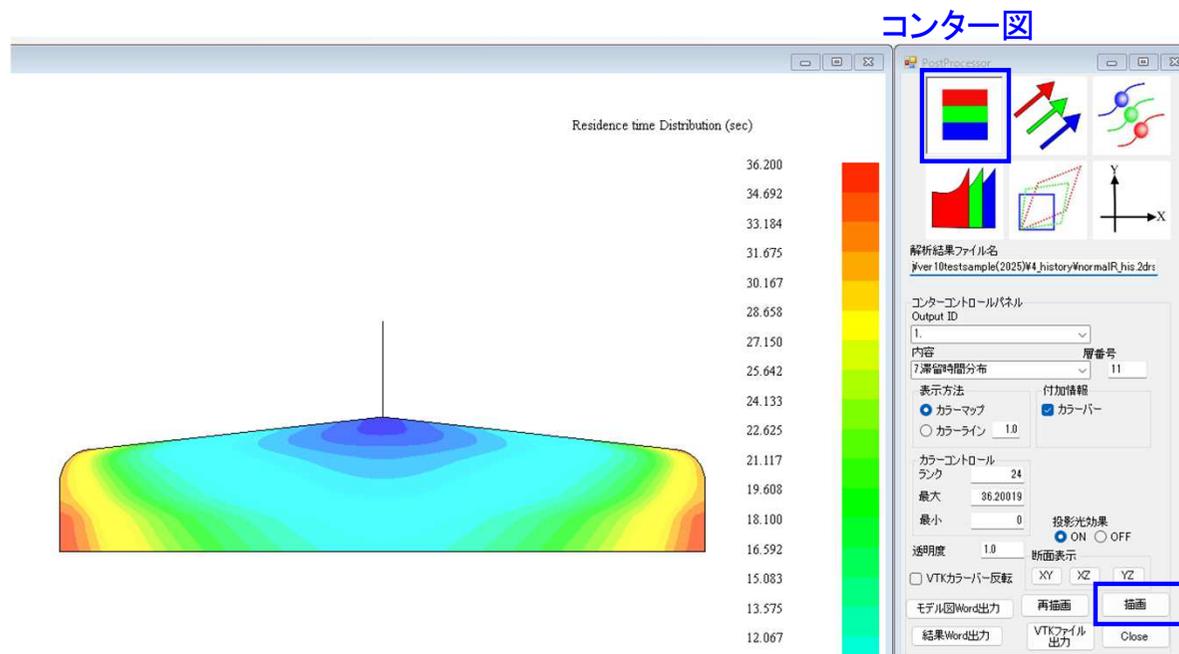
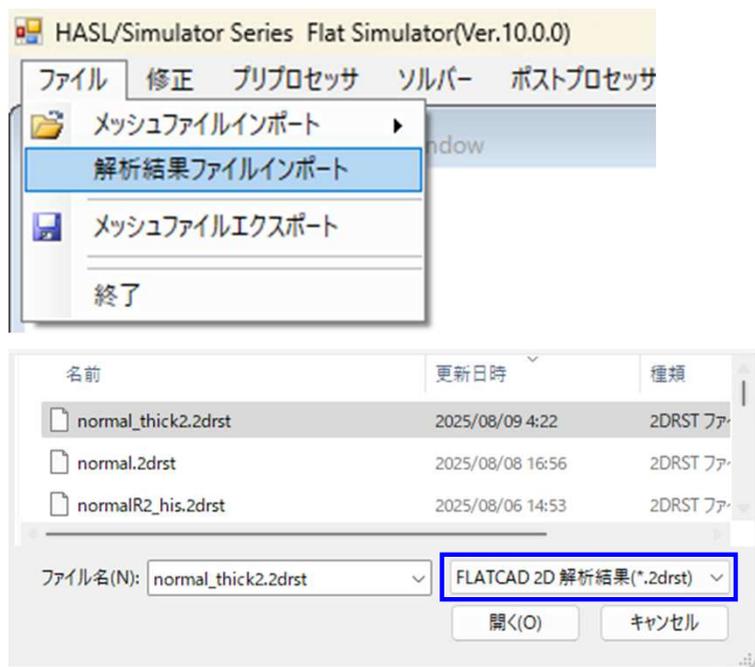


結果抽出

	x座標	y座標	滞留時間(結果)	
	A	B	C	D
1	0	-140	4.243902	
2	10.99999	-140.769	4.303901	
3	21.99999	-141.538	4.459242	
4	32.99998	-142.308	4.676789	
5	43.99997	-143.077	4.942037	
6	54.99997	-143.846	5.251708	
7	65.99995	-144.615	5.606877	

利用方法:

- (1) 従来通りの方法で、解析結果ファイルインポートから .2drstファイルを読み込み、出力させたい物理量をコンター図で描画します。



利用方法

- (2) 出力させたい物理量をコンター図で描画後、グラフプロットアイコンをクリックします。クリック後、作業フォルダ内に結果が抽出された、.2dresinf ファイルが自動出力されます。

The image shows a software interface for post-processing simulation results. On the left, a window titled 'PostProcessor' displays a contour plot of 'Residence time Distribution (sec)'. The plot shows a color gradient from blue (low) to red (high) across a domain. A vertical color bar on the right of the plot indicates the scale, with values ranging from 12.067 to 36.200. Below the plot, there are controls for 'Content' (set to '7 滞留時間分布'), 'Display Method' (set to 'Color Map'), and 'Color Control' (set to 'Rank 24'). A 'Graph Plot' icon (a coordinate system with X and Y axes) is highlighted with a red box and an arrow pointing to the file explorer. The file explorer shows a file named 'normalR_7.2dresinf' with a '2DRESINF ファイル' extension. Annotations explain that 'normalR' is the analysis result file name and '7.2dresinf' is the ID number corresponding to the plotted content. Below the file explorer, a 'Graph Control Form' window is visible, showing various settings for the graph. To the right, another 'PostProcessor' window shows a list of available content items, with '7 滞留時間分布' selected.

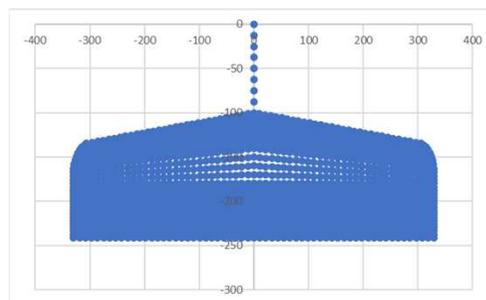
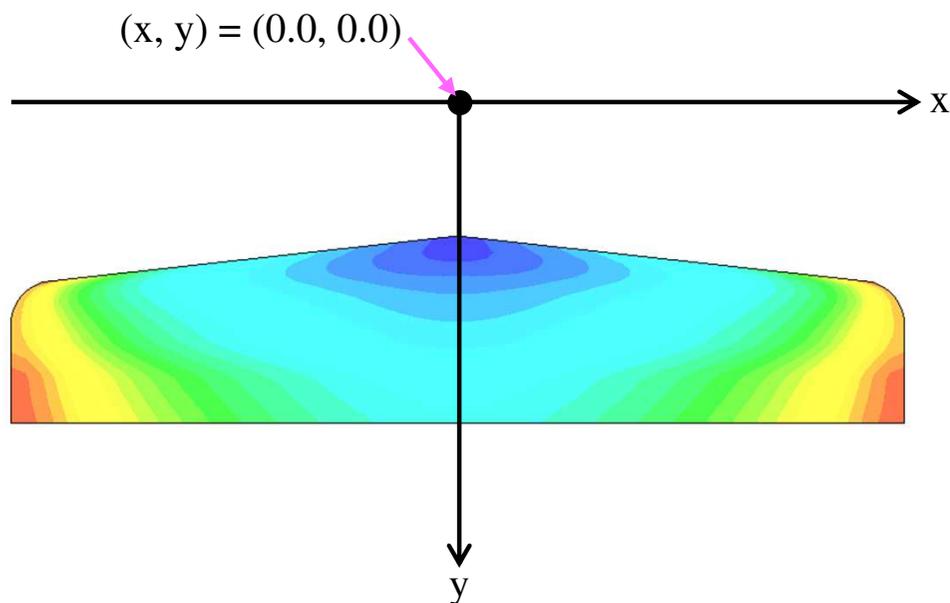
解析結果ファイル名
normalR_7.2dresinf

描画した内容に相当するID番号

結果抽出が目的の場合、クリック後に出現するグラフフォームは利用しないためそのまま閉じてください。

利用方法

- (3) 出力された.2dresinf ファイルをExcelファイル(コンマ区切り)で開くと、各節点の座標位置における物理量を確認できます。



x座標 y座標 滞留時間(結果)

	A	B	C
1	0	-140	4.243902
2	10.99999	-140.769	4.303901
3	21.99999	-141.538	4.459242
4	32.99998	-142.308	4.676789
5	43.99997	-143.077	4.942037
6	54.99997	-143.846	5.251708
7	65.99995	-144.615	5.606877
8	76.99994	-145.384	5.99909
9	87.99994	-146.154	6.4187
10	98.99993	-146.923	6.862288
11	109.9999	-147.692	7.32957
12	120.9999	-148.461	7.821483
13	131.9999	-149.23	8.339487
14	142.9999	-150	8.885343
15	153.9999	-150.769	9.461286
16	164.9999	-151.538	10.07019
17	175.9999	-152.307	10.71565

8. Windowsコマンドプロンプトを利用した解析ジョブ連続実行

本項では、Flat Simulator 本体(GUI) から解析プログラムを実行する標準方法に対して、解析プログラムの実行を、Windowsコマンドプロンプトから実施するための方法について説明します。また利用例として、コマンドプロンプトから複数の解析条件(ジョブ)を連続で実行する方法を説明します。

Flat Simulator標準解析方法

(1)GUIプログラム起動(共通)



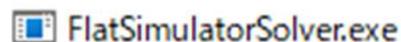
- ・各種入力データ作成
メッシュファイル
材料ファイル
解析条件ファイル

(2)GUIから解析プログラム実行

- ・解析プログラム実行



計算開始ボタンをクリックすると、解析プログラム FlatSimulatorSolver.exe が自動的に呼び出されて、流動解析が実施されます。



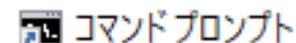
コマンドプロンプト利用方法

(1)GUIプログラム起動(共通)



- ・各種入力データ作成
メッシュファイル
材料ファイル
解析条件ファイル

(2)コマンドプロンプトから 解析プログラム実行

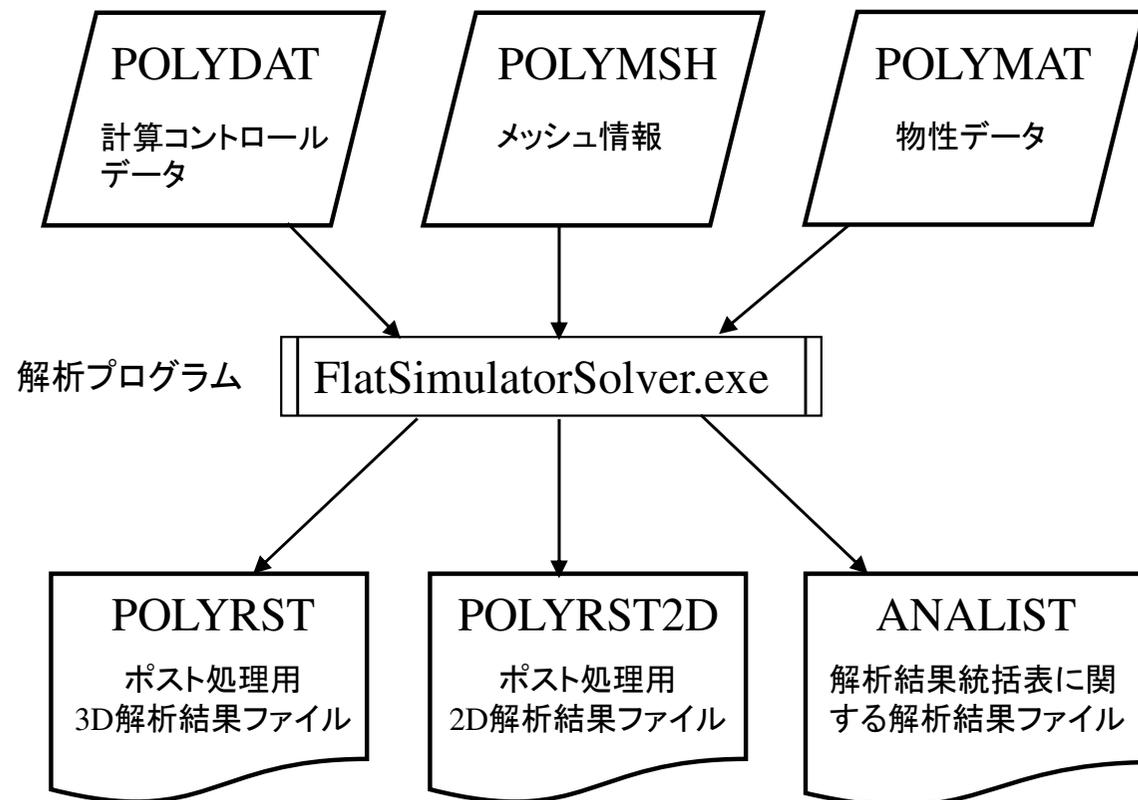


```
10.0.0>FlatSimulatorSolver.exe
```

Windowsのコマンドプロンプト内で
直接、解析プログラムが実施されます。

Flat Simulator の入出力ファイル構成

Flat Simulator の入出力ファイル構成を下図に示します。解析プログラム FlatSimulatorSolver.exe への入出力ファイル名は、固定名として取り扱われています。具体的には同一作業フォルダー内に、3つの入力ファイルと解析プログラムが存在すれば、同フォルダー内においてコマンドプロンプトから解析プログラムの実行が可能です。



Flat Simulator のGUI制御プログラムでは、同一フォルダー内で異なる解析条件ファイル一式を管理するため、ユーザが設定した‘ファイル名’に拡張子を付けて、入出力ファイルを管理しています。GUI上で”計算開始” ボタンを押すと、システムフォルダーから FlatSimulatorSolver.exe を作業フォルダー内にコピーし、作業フォルダー内に準備されているユーザが設定した‘ファイル名’を固定名ファイルにコピーし、解析プログラムを実行します。実行後、解析プログラムの状態を監視し、解析終了時に固定名で出力されるファイルをユーザ設定名の解析結果ファイルにコピーします。

表: 入出力ファイルのGUI管理

属性	固定名	ユーザ設定ファイル名
入	POLYDAT	aaa.fcsl
入	POLYMSH	bbb.msh
入	POLYMAT	ccc.pro
出	POLYRST	ddd.rst
出	POLYRST2D	ddd.2drst
出	ANALIST	ddd.alist

基本形状 マニフォルド ランナー ロール メッシュ生成 解析実行

計算コントロールデータファイル名

パス名

メッシュデータファイル名

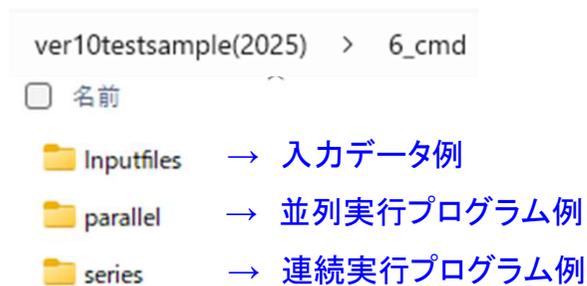
物性データファイル名

解析結果ファイル名

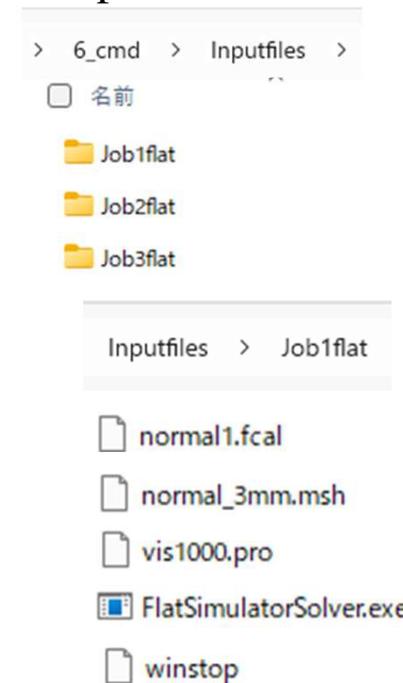
* 本バージョンVer10.0.0 以降では、
ddd = aaa として固定されます。

コマンドプロンプトの利用例

○サンプルフォルダ ¥6_cmd

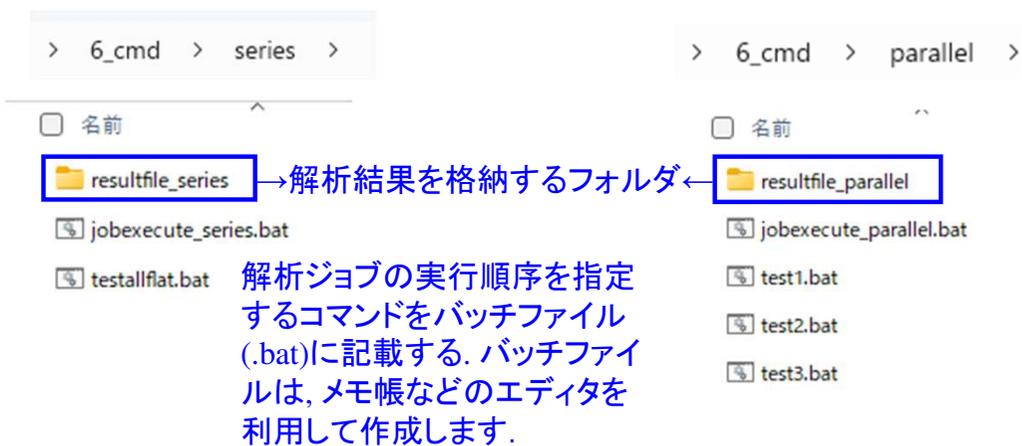


○Inputfilesフォルダ

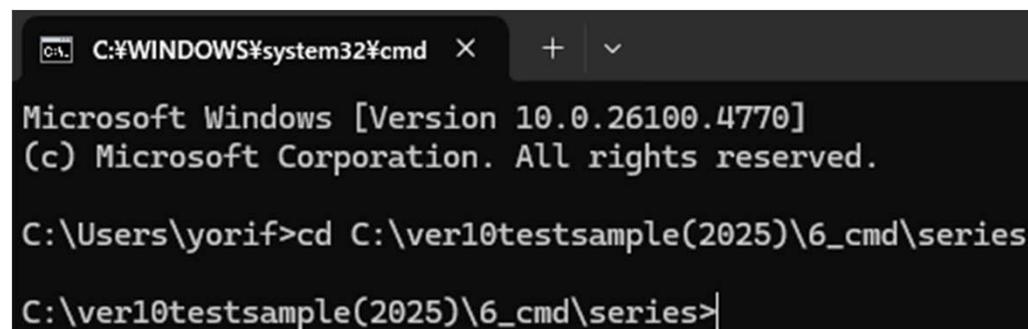
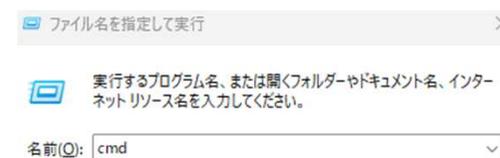


解析ジョブ毎にフォルダ作成し、
- 入力ファイル
- 実行プログラム
- DLLファイル
- winstopファイル(後述)
を1つのフォルダ内に格納する。

○series(連続実行) / parallel(並列実行)用フォルダ



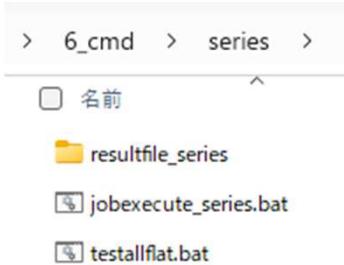
- ・バッチファイルを実行するためのコマンドプロンプト(cmd)を起動します。



起動後、cd コマンドでバッチファイルの存在するディレクトリに移動します。

バッチファイル(.bat) の作成例 (1) 連続実行

○series(連続実行)用サンプルフォルダ



- jobexecute_series.bat ⇒ 起動用バッチファイル

```
start testallflat.bat
```

Start コマンドでバッチファイルを実行させる。

- testallflat.bat ⇒ 解析ジョブ指定用バッチファイル

```
cd ..\Inputfiles\Job1flat
copy normal1.fcal POLYDAT
copy normal_3mm.msh POLYMSH
copy vis1000.pro POLYMAT
FlatSimulatorSolver.exe
copy POLYRST ..\..\series\resultfile_series\normal1.rst
copy POLYRST2D ..\..\series\resultfile_series\normal1.2drst
copy ANALIST ..\..\series\resultfile_series\normal1.alist
copy POLYDAT ..\..\series\resultfile_series\normal1.fcal

cd ..\Job2flat
copy normal2.fcal POLYDAT
copy normal_2p8mm.msh POLYMSH
copy vis1000.pro POLYMAT
FlatSimulatorSolver.exe
copy POLYRST ..\..\series\resultfile_series\normal2.rst
copy POLYRST2D ..\..\series\resultfile_series\normal2.2drst
copy ANALIST ..\..\series\resultfile_series\normal2.alist
copy POLYDAT ..\..\series\resultfile_series\normal2.fcal

cd ..\Job3flat
copy normal3.fcal POLYDAT
copy normal_2p8mm.msh POLYMSH
copy vis1000.pro POLYMAT
FlatSimulatorSolver.exe
copy POLYRST ..\..\series\resultfile_series\normal3.rst
copy POLYRST2D ..\..\series\resultfile_series\normal3.2drst
copy ANALIST ..\..\series\resultfile_series\normal3.alist
copy POLYDAT ..\..\series\resultfile_series\normal3.fcal
```

解析ジョブ1

解析ジョブ2

解析ジョブ3

各解析ジョブでの実施内容

- (1) 対象ジョブのフォルダへ移動
- (2) 各入力ファイルの名前を固定名に変換して内容コピー
- (3) FlatSimulatorSolver.exe 実行
- (4) 出力された固定名ファイルを名前変換して内容コピーし、resultfile_seriesフォルダに保管する。

バッチファイル(.bat) の作成例 (1) 連続実行

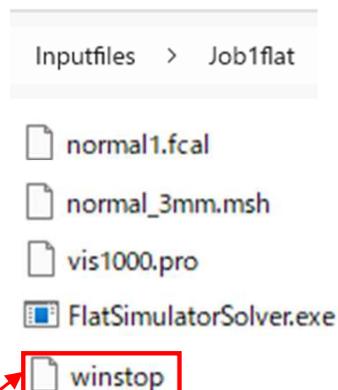
○バッチファイルの実行

```
C:\Users\yorif>cd C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\series  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\series>jobexecute_series  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\series>start testallflat.bat
```

実行するバッチファイル名を入力してEnterキーを押します。

Jobexecute_series.batに記載された start testall.bat の実行により、新規にコマンドプロンプトが立上り、指定した解析ジョブが順番に実行されます。

```
C:\WINDOWS\system32\cmd  x  +  v  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\series>cd ..\Inputfiles\Job1flat  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\Inputfiles\Job1flat>copy normal1.fcal POLYDAT  
1 個のファイルをコピーしました。  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\Inputfiles\Job1flat>copy normal_3mm.msh POLYMSH  
1 個のファイルをコピーしました。  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\Inputfiles\Job1flat>copy vis1000.pro POLYMAT  
1 個のファイルをコピーしました。  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\Inputfiles\Job1flat>FlatSimulatorSolver.exe  
ihiscal = 0  
istraincal = 0  
istresscal = 0  
imorcal = 0  
isidefeedcal= 0  
droprad = 0.0000000E+00  
surfcoeff= 0.0000000E+00  
volfra = 0.0000000E+00  
dropeq = 0.0000000E+00  
ncyclemor= 0  
deltmor = 0.0000000E+00  
coalescenccecoeff= 0.0000000E+00  
castalower= 0.0000000E+00  
deformcoeff= 0.0000000E+00  
///// Flat Simulator thermal flow calculation start !!!
```



*各解析ジョブのフォルダ内にwinstopという名前の空ファイルを置いておくと、解析ジョブ終了後に連続して次の解析が実行されます。
(winstopファイルがないと、1つの解析ジョブが終了する度にEnterキーの入力が必要になります)

・バッチファイルで指定した解析ジョブが終了する度に、指定フォルダに解析結果ファイルが格納されます。



バッチファイル(.bat) の作成例 (2) 並列実行

○parallel(並列実行)用サンプルフォルダ

```
> 6_cmd > parallel >
 名前
  resultfile_parallel
  jobexecute_parallel.bat
  test1.bat
  test2.bat
  test3.bat
```

- jobexecute_parallel.bat ⇒ 起動用バッチファイル

```
start test1.bat
start test2.bat
start test3.bat
```

* 解析ジョブ毎にバッチファイルを作成し、それぞれのファイルを Start コマンドで実行させる。

- test1.bat ⇒ Job1flat用バッチファイル

```
cd ..\Inputfiles\Job1flat
copy normal1.fcal POLYDAT
copy normal_3mm.msh POLYMSH
copy vis1000.pro POLYMAT
FlatSimulatorSolver.exe
copy POLYRST ..\..\parallel\resultfile_parallel\normal1.rst
copy POLYRST2D ..\..\parallel\resultfile_parallel\normal1.2drst
copy ANALIST ..\..\parallel\resultfile_parallel\normal1.alist
copy POLYDAT ..\..\parallel\resultfile_parallel\normal1.fcal
```

- test1.bat ⇒ Job2flat用バッチファイル

- test1.bat ⇒ Job3flat用バッチファイル

各解析ジョブでの記載概要

- (1) 対象ジョブのフォルダへ移動
- (2) 各入力ファイルの名前を固定名に変換して内容コピー
- (3) FlatSimulatorSolver.exe 実行
- (4) 出力された固定名ファイルを名前変換して内容コピーし resultfile_parallelフォルダに保管する。

バッチファイル(.bat) の作成例 (2) 並列実行

○バッチファイルの実行

```
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>jobexecute_parallel  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>start test1.bat  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>start test2.bat  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>start test3.bat
```

実行するバッチファイル名を入力して
Enterキーを押します。

各解析ジョブのコマンドプロンプト
が並列に立ち、独立に解析
が開始されます。

- 名前
 - normal3.rst
 - normal3.fcsl
 - normal3.alist
 - normal3.2drst
 - normal2.rst
 - normal2.fcsl
 - normal2.alist
 - normal2.2drst
 - normal1.rst
 - normal1.fcsl
 - normal1.alist
 - normal1.2drst
- Job3flatの
出力ファイル
- Job2flatの
出力ファイル
- Job1flatの
出力ファイル

test1.bat

test2.bat

test3.bat

```
C:\WINDOWS\system32\cmd x +  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>cd ..\Inputfiles\Job1flat  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>cd ..\Inputfiles\Job1flat  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>copy normal1.fcsl POLYDAT  
1個のファイルをコピーしました。  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>copy normal_3mm.msh POLYMSH  
1個のファイルをコピーしました。  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>copy vis1000.pro POLYMAT  
1個のファイルをコピーしました。  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>FlatSimulatorSolver.exe  
ihiscal = 0  
istraincal = 0  
istresscal = 0  
imorcal = 0  
isidefeedcal = 0  
droprad = 0.0000000E+00  
surfccoeff = 0.0000000E+00  
volfra = 0.0000000E+00  
dropeq = 0.0000000E+00  
ncyclemor = 0  
deltmor = 0.0000000E+00  
coalescenccoeff = 0.0000000E+00  
castalower = 0.0000000E+00  
deformcoeff = 0.0000000E+00  
///// Flat Simulator thermal flow calculation start !!!
```

```
C:\WINDOWS\system32\cmd x +  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>cd ..\Inputfiles\Job2flat  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>cd ..\Inputfiles\Job2flat  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>copy normal2.fcsl POLYDAT  
1個のファイルをコピーしました。  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>copy normal_2p8mm.msh POLYMSH  
1個のファイルをコピーしました。  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>copy vis1000.pro POLYMAT  
1個のファイルをコピーしました。  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>FlatSimulatorSolver.exe  
ihiscal = 0  
istraincal = 0  
istresscal = 0  
imorcal = 0  
isidefeedcal = 0  
droprad = 0.0000000E+00  
surfccoeff = 0.0000000E+00  
volfra = 0.0000000E+00  
dropeq = 0.0000000E+00  
ncyclemor = 0  
deltmor = 0.0000000E+00  
coalescenccoeff = 0.0000000E+00  
castalower = 0.0000000E+00  
deformcoeff = 0.0000000E+00  
///// Flat Simulator thermal flow calculation start !!!
```

```
C:\WINDOWS\system32\cmd x +  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>cd ..\Inputfiles\Job3flat  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>cd ..\Inputfiles\Job3flat  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>copy normal3.fcsl POLYDAT  
1個のファイルをコピーしました。  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>copy normal_2p6mm.msh POLYMSH  
1個のファイルをコピーしました。  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>copy vis1000.pro POLYMAT  
1個のファイルをコピーしました。  
C:\ver10testsample(2025)\6_cmd\parallel>FlatSimulatorSolver.exe  
ihiscal = 0  
istraincal = 0  
istresscal = 0  
imorcal = 0  
isidefeedcal = 0  
droprad = 0.0000000E+00  
surfccoeff = 0.0000000E+00  
volfra = 0.0000000E+00  
dropeq = 0.0000000E+00  
ncyclemor = 0  
deltmor = 0.0000000E+00  
coalescenccoeff = 0.0000000E+00  
castalower = 0.0000000E+00  
deformcoeff = 0.0000000E+00  
///// Flat Simulator thermal flow calculation start !!!
```

以上が , Windowsコマンドプロンプトを利用した解析ジョブ連続&並列実行方法の説明になります。

(1)連続実行 と (2)並列実行を組合せたバッチファイルを作成することで、様々な指定方法が可能になります。

○ 3×3 = 9 解析ジョブの連続&並列実行のレイアウト案

```
start test1.bat  
start test2.bat  
start test3.bat
```

3つのバッチファイル
の並列実行

各バッチファイルに
3つの解析ジョブの
連続実行

```
cd ..\Inputfiles\Job1flat  
copy normal1.fcal POLYDAT  
copy normal_3mm.msh POLYMSH  
copy vis1000.pro POLYMAT  
FlatSimulatorSolver.exe  
copy POLYRST ..\..\series\resultfile_series\normal1.rst  
copy POLYRST2D ..\..\series\resultfile_series\normal1.2drst  
copy ANALIST ..\..\series\resultfile_series\normal1.alist  
copy POLYDAT ..\..\series\resultfile_series\normal1.fcal  
  
cd ..\Job2flat  
copy normal2.fcal POLYDAT  
copy normal_2p8mm.msh POLYMSH  
copy vis1000.pro POLYMAT  
FlatSimulatorSolver.exe  
copy POLYRST ..\..\series\resultfile_series\normal2.rst  
copy POLYRST2D ..\..\series\resultfile_series\normal2.2drst  
copy ANALIST ..\..\series\resultfile_series\normal2.alist  
copy POLYDAT ..\..\series\resultfile_series\normal2.fcal  
  
cd ..\Job3flat  
copy normal3.fcal POLYDAT  
copy normal_2p8mm.msh POLYMSH  
copy vis1000.pro POLYMAT  
FlatSimulatorSolver.exe  
copy POLYRST ..\..\series\resultfile_series\normal3.rst  
copy POLYRST2D ..\..\series\resultfile_series\normal3.2drst  
copy ANALIST ..\..\series\resultfile_series\normal3.alist  
copy POLYDAT ..\..\series\resultfile_series\normal3.fcal
```