

\*\*\*\*\*

2023年 3月

\* 「3次元流跡線K」の紹介 \* [著者] 黒田 英夫

\*\*\*\*\*

### <プログラム開発環境>

OS : Windows 11 . . . .NET Framework 4.8が必要

言語 : Visual Basic 2022 (Visual Studio 2022 Community)

### <プログラムと本書の著作権>

フリーソフトで、著作権を開放します

\*\*\*\*\*

3次元流れの流跡線を描画するソフトを提供します。このソフトは、算生会の「3次元流れ解析」ソフトの解析結果を用いて、流跡線を計算し、流跡線図を作成するものです。本ソフトで流跡線アニメーションも可能です。本ソフトの他に「3次元流れ解析K」ソフトが必要です。

算生会「3次元流れ解析K」は有限要素法により、非圧縮流体の3次元流れ問題を解くもので、定常解析と非定常解析のいずれにも対応しています。この「3次元流跡線K」ソフトは、非定常解析の場合には、任意の流れ時間メッシュにおける速度ベクトルに基づく流跡線図を作成しますが、非定常の時間経過は含まれません。

### <目次>

	ページ
第1章 流跡線の計算方法 -----	2
第2章 プログラムの機能・構成 -----	5
第3章 データの準備 -----	8
第4章 「データ」処理プログラム -----	9
第5章 「流跡線」処理プログラム -----	16
第6章 流跡線図の事例 -----	26
[参考文献] -----	28

## 第1章 流跡線の計算方法

有限要素法の3次元流れ解析については、算生会「3次元流れ解析K」ソフトの説明書を参照してください。ここでは、同ソフトの解析結果から流跡線を計算する方法を説明します。

### 1.1 使用要素

有限要素法では、種々の形状・節点の要素が使用されていますが、本ソフトでは図1-1の六面体2次要素（20節点）を使用します。同図のように、面(1)～(6)の六面で、頂点節点と中間節点とがあります。各面は平面でも曲面でも構いません。曲面の場合は、辺の3節点が直線上でなく、曲線上の点となります。図1-1の節点の番号は、ちょうど六面体要素を定義する順番に付番しています。また、同図のように、全体座標系を右手系のXYZで表わします。そして、六面体要素の中央部に要素の無次元化座標 $\xi$   $\eta$   $\zeta$ を示します。

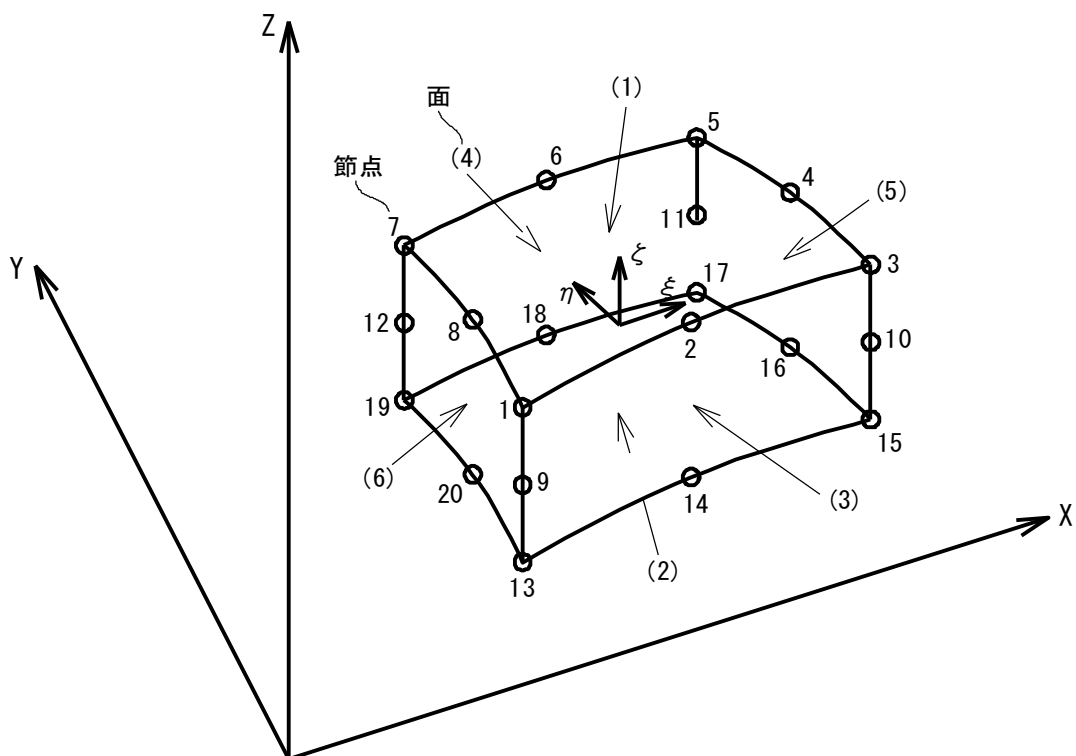


図1-1 六面体2次要素

図1-1に示す無次元化された局所座標 $\xi$   $\eta$   $\zeta$ を用いて、20節点の形状関数が下記のように定義されます。<sup>(4)</sup>そして、要素内の任意位置の変数値が、20節点の変数値と形状関数の合成式により表わされます。

[形状関数]

$$N_1 = (1 - \xi)(1 - \eta)(1 + \zeta)(-\xi - \eta + \zeta - 2)/8$$

$$N_2 = (1 - \xi^2)(1 - \eta)(1 + \zeta)/4$$

$$\begin{aligned}
N_3 &= (1+\xi)(1-\eta)(1+\zeta)(\xi-\eta+\zeta-2)/8 \\
N_4 &= (1+\xi)(1-\eta^2)(1+\zeta)/4 \\
N_5 &= (1+\xi)(1+\eta)(1+\zeta)(\xi+\eta+\zeta-2)/8 \\
N_6 &= (1-\xi^2)(1+\eta)(1+\zeta)/4 \\
N_7 &= (1-\xi)(1+\eta)(1+\zeta)(-\xi+\eta+\zeta-2)/8 \\
N_8 &= (1-\xi)(1-\eta^2)(1+\zeta)/4 \\
N_9 &= (1-\xi)(1-\eta)(1-\xi^2)/4 \\
N_{10} &= (1+\xi)(1-\eta)(1-\xi^2)/4 \\
N_{11} &= (1+\xi)(1+\eta)(1-\xi^2)/4 \\
N_{12} &= (1-\xi)(1+\eta)(1-\xi^2)/4 \\
N_{13} &= (1-\xi)(1-\eta)(1-\zeta)(-\xi-\eta-\zeta-2)/8 \\
N_{14} &= (1-\xi^2)(1-\eta)(1-\zeta)/4 \\
N_{15} &= (1+\xi)(1-\eta)(1-\zeta)(\xi-\eta-\zeta-2)/8 \\
N_{16} &= (1+\xi)(1-\eta^2)(1-\zeta)/4 \\
N_{17} &= (1+\xi)(1+\eta)(1-\zeta)(\xi+\eta-\zeta-2)/8 \\
N_{18} &= (1-\xi^2)(1+\eta)(1-\zeta)/4 \\
N_{19} &= (1-\xi)(1+\eta)(1-\zeta)(-\xi+\eta-\zeta-2)/8 \\
N_{20} &= (1-\xi)(1-\eta^2)(1-\zeta)/4
\end{aligned}$$

以上(1-1)

〔要素内の変数値〕 局所座標 $(\xi, \eta, \zeta)$ における値

$$V = \sum_{i=1}^{20} N_i V_i \quad (1-2)$$

ただし、 $V_i$ は節点における変数値

## 1.2 流跡線の計算手順

3次元流れ解析では、各六面体要素の20節点におけるX、Y、Z軸方向の速度が算出されているものとします。そして、流跡線の始点を与えて、流れ末端までの流跡線を計算するフロー図を図1-3に示します。ここで、流跡線とは各移動点によって構成されます。なお、同図では省略していますが、算出した各移動点の座標を記憶しておき、後で流跡線の作画に使用します。

図1-3において、ポイントとなるのは、③、⑥の「要素探索と座標変換」です。そこでは、現在点または移動点がどの六面体要素にあるかを検出し、同時に最適化計算により局所座標を算出します。局所座標の算出とは、X、Y、Z座標を $\xi$ 、 $\eta$ 、 $\zeta$ 座標に変換することです。この変換の目的は、 $\xi$ 、 $\eta$ 、 $\zeta$ により形状関数を計算し、④の「速度の計算」を行なうためです。局所座標の算出は、形状関数により計算した座標位置と対象点とのずれを最小にする最適化計算により行ないます。最適化計算には、KH法最適化手法を用います。最適化計算の詳細は、算生会「最適化計算」ソフトの説明書、および本ソフトのプログラムを参照してください。

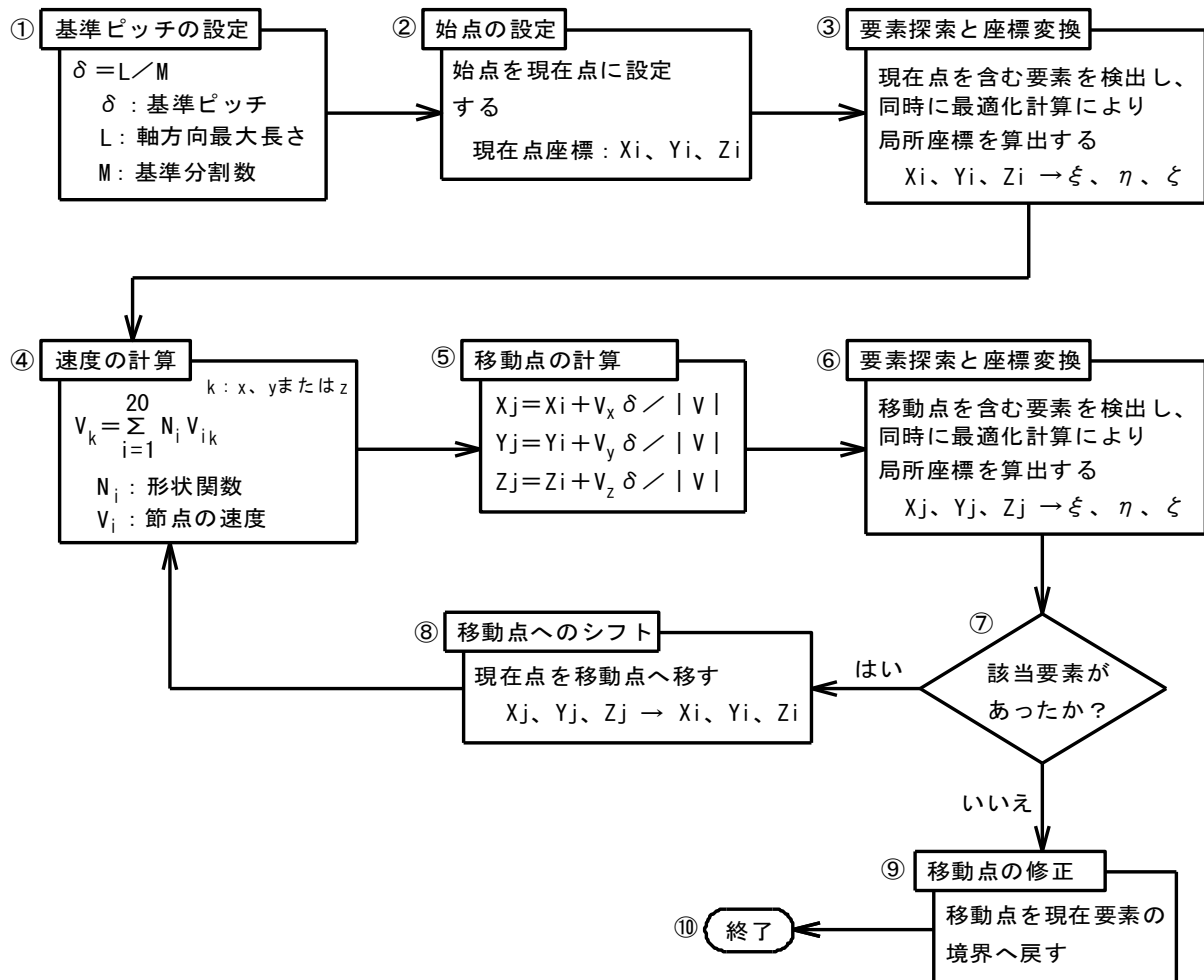


図1-3 流跡線計算のフロー図

## 第2章 プログラムの機能・構成

### [VBプロジェクト名] F l o w 3 D L i n e

本ソフトでは、任意本数の流跡線を計算・作画し、アニメーションも可能です。各流跡線の始点は、構造内の任意の位置に設定できますが、流入口に自動設定する機能があります。

本ソフトの立ち上げ画面は図2-1のメニュー画面です。同図のように、基本メニューは「データ」、「流跡線」、「終了」の3つです。「データ」メニューでは、使用する構造データファイルと解析結果データファイルを指定し、かつ流跡線の仕様を設定して、入力データを作成します。「流跡線」メニューでは、流跡線を計算して流跡線図を作画します。そして、ソフトを終了させる際は、「終了」をクリックします。

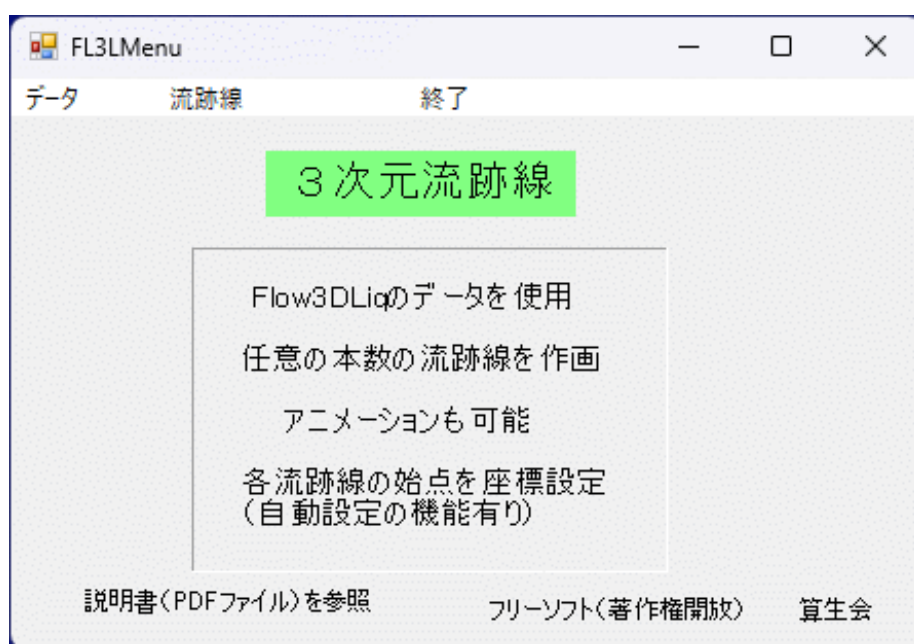


図2-1 「F l o w 3 D L i n e」ソフトのメニュー画面

次に、図2-2にプログラム構成を示します。同図のように、全体を「メニュー」のFL3LMenuモジュール\*で制御し、その下に「データ」、「流跡線作画」の2つのプログラム群に分かれています。

注) \*モジュール名と各フォーム名は、ファイル名と名前を一致させてあります。

データファイルは、「構造データファイル」、「結果データファイル」、「入力データファイル」の3種類を使用します。「構造データファイル」と「結果データファイル」は、あらかじめ3次元流れ解析 (F l o w 3 D L i q) で作成、計算しておく必要があります。その他に、本図には示していませんが、いくつかのプログラム部分で一時記憶ファイル (ファイル拡張子「.tmp」) も使用しています。これらデータファイルはいずれもテキスト形式であり、エディターや表計算ソフトで閲覧・印刷することができます。

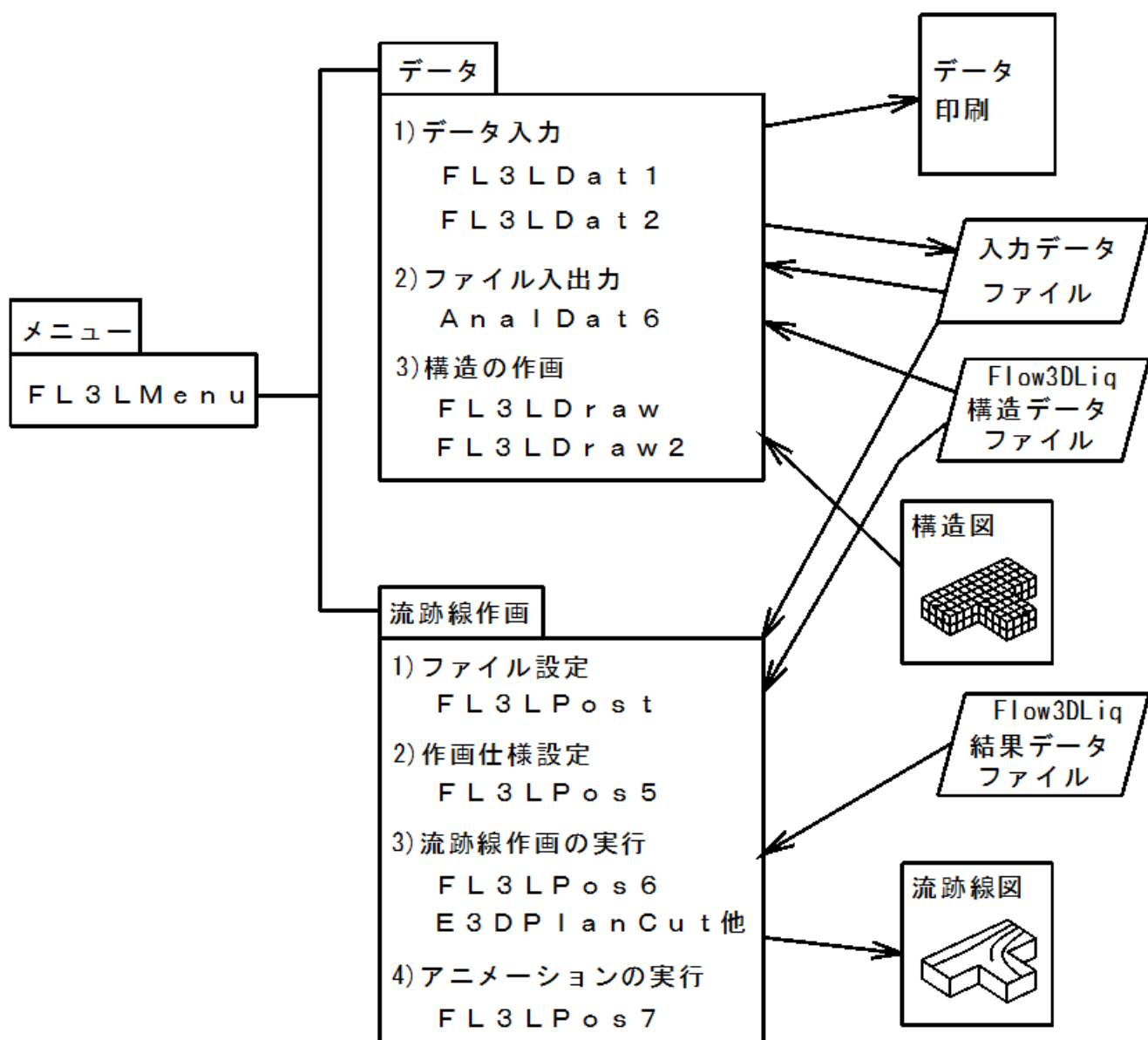


図2-2 「Flow3D Line」ソフトのプログラム構成

表2-1に本ソフトのファイルリストを示します。同表で、[データ]のFL3LDat1とFL3LDat2は、各種データを画面入力するためのものです。

表2-1 「Flow3DLine」ソフトのファイルリスト

[全般]

ファイル名	内 容
FL3LCom.vb	共通変数の宣言とサブルーチンの定義
FL3LMenu.vb	メニューの提示・選択
FL3LDraw.vb	構造の作画
FL3LDraw2.vb	構造図でデータの入力

[データ]

ファイル名	内 容
FL3LDat1.vb	データ仕様の入力
FL3LDat2.vb	各データの入力
AnalDat6.vb	データファイルの入出力

[流跡線作画]

ファイル名	内 容
FL3LPost.vb	作画に使用するファイルの設定
FL3LPos5.vb	作画の仕様設定
FL3LPos6.vb	流跡線作画の実行
FL3LPos7.vb	アニメーションの実行
E3DPlaneCut.vb	3次元構造の面切断の設定（各3次元図に共通）
MouseShift.vb	マウス回転操作の説明（各3次元図に共通）

### 第3章 データの準備

構造データファイルおよび結果データファイルは、「3次元流れ解析 (Flow 3D L i q)」ソフトで準備してください。ここで、構造データファイルとは「3次元流れ解析」で使用した入力データファイルのことで、結果データファイルとはその解析結果ファイルのことです。

本ソフトでは、流跡線の始点を流入口の節点に自動設定できる機能があります。もし、その他の座標位置を始点にしたい場合は、あらかじめ始点の座標データを準備する必要があります。なお、流跡線の始点は、構造内の任意の位置に取ることができます。

以降では、図3-1に示す合流矩形管流れのテストモデルを例に取って説明します。本流れは上下対称ですので、実際の解析では下側半分だけを使用します。また、流体の物性については本図では省略しています。既に「3次元流れ解析」は実施済みで、構造データファイルおよび結果データファイルは生成されているものとします。もし流跡線の始点を自動設定する場合は、特に準備は必要ありません。もし他の始点を使用する場合は、その座標を準備します。

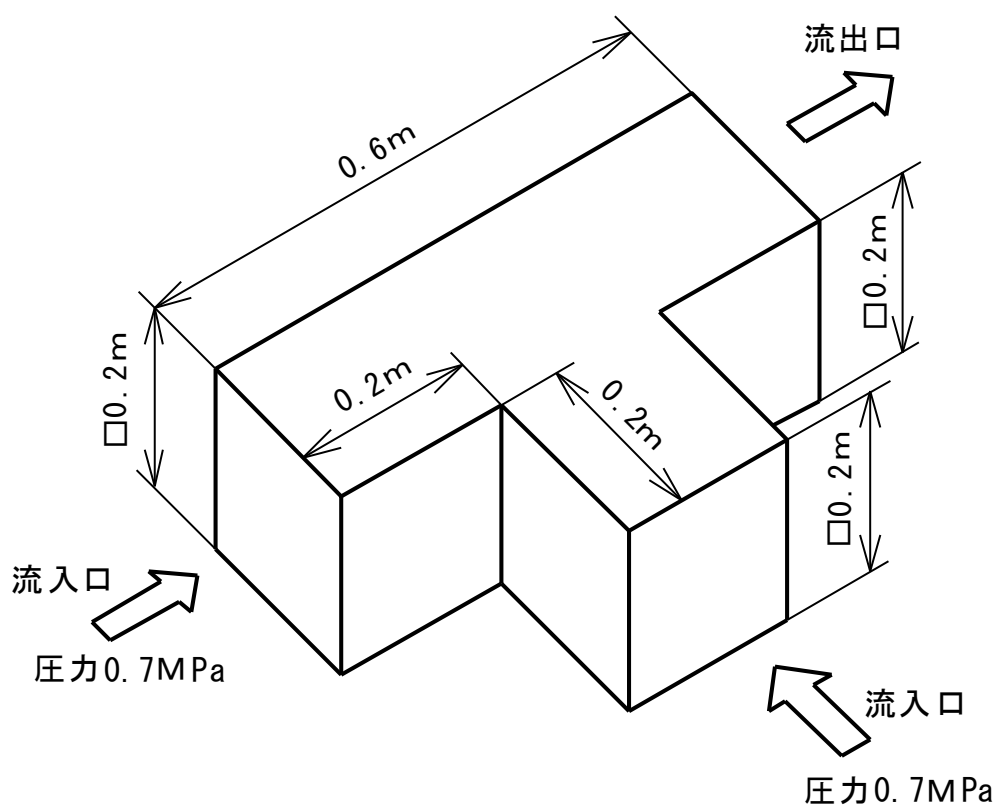


図3-1 合流矩形管流れのテストモデル



## 第4章 「データ」処理プログラム

### 4.1 サブメニュー画面

「メニュー」プログラムにおける「データ」のサブメニュー選択画面を図4-1に示します。同図に示すように、6つのサブメニューがあります。全く新たにデータを作成する場合は「データ入力・修正」を選択しますが、既存ファイルを修正して新たなファイルを作成する場合は先に「ファイル読み込み」を行ないます。

また、「オプション」→「バックアップファイル作成」にチェックを入れると、データ読み込み時にバックアップファイル（.bak）が自動作成されます。チェックを外すと作成されなくなります。

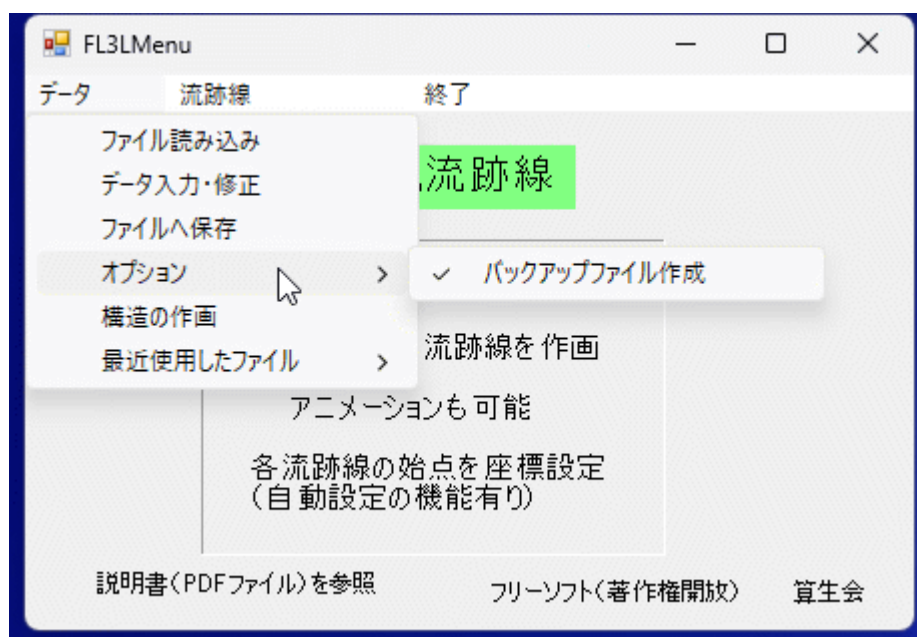


図4-1 「データ」サブメニュー画面

### 4.2 ファイル読み込み

サブメニューの「ファイル読み込み」を選択すると、コモンダイアログでファイルを開く画面となり、入力データファイルを選定して読み込みます。なお、入力データファイルのデフォルトの拡張子は、「.dat」です。

### 4.3 データ入力・修正

サブメニューの「データ入力・修正」を選択すると、図4-2のデータ仕様入力画面となります。同図では図3-1のテストモデルを取り上げており、以降も同じです。本画面の入力について、以下に補足説明します。

①タイトルは、任意の題名を入力できます。

②次に「Flow3DLiq構造ファイル名」を設定します。

◇「Flow3DLiq構造ファイル名」とは、3次元流れ解析（Flow3DLiq）による構造データファイルのことで、解析計算を含め、事前に準備しておきます。

◇「Flow3DLiq構造ファイル名」ボタンをクリックすると、コモンダイアログで

ファイルを開く画面となり、既存のFlow3DLiqデータファイルを選択できます。  
そしてファイル選択後、本画面の戻ると「Flow3DLiq結果ファイル名」には、構造  
ファイルと同じベース名（拡張子を削除した部分）で拡張子が「.rep」の結果  
ファイル名が表示されます。

◇上記で構造ファイルをコモンダイアログで選択すると、もし①のタイトルが  
未入力であれば、構造ファイルのタイトルが読み込まれます。ただし、そのタイ  
トルは、一旦次の画面に移った後、本画面に再度戻ってきたときに表示されます。

③さらに「Flow3DLiq結果ファイル名」を設定します。

◇上記の③で「Flow3DLiq構造ファイル名」をコモンダイアログで選択すると、自動  
的に「Flow3DLiq結果ファイル名」が表示されますが、もし異なる結果ファイルを  
使用する場合は、テキストボックスでも変更できます。

◇「Flow3DLiq結果ファイル名」ボタンをクリックすると、コモンダイアログで  
ファイルを開く画面となり、既存のFlow3DLiq結果ファイルを選択できます。

④さらに流跡線数の入力方法として、「入力指定」、「自動設定（中間設定除外）」、  
「自動設定（中間設定込み）」を選択します。

◇「入力指定」を選択した場合は、始点の数を入力します。

◇「自動設定（中間設定除外）」か「自動設定（中間設定込み）」を選択した場合  
は、始点の飛ばし数を入力します。この自動設定では、流跡線の始点として流入  
口の節点がすべて選択されます（壁面以外）。ただし、節点の飛ばし数だけ、  
選択を飛ばします。これらの自動設定を実行した後は、「入力指定」となり、後  
の画面で変更が可能です。

⑤本画面の「設定」ボタンをクリックすると、各データの入力画面に移ります。

⑥各データ入力終了すると、本画面に戻るので、そこで「すべて確定」ボタンを  
クリックすると入力データが確定します。

データを入力してください。

タイトル

Flow3DLiq構造ファイル名

Flow3DLiq結果ファイル名

流跡線数

☒ 入力指定 始点の数

☐ 自動設定(中間節点除外) 節点の飛ばし数

☐ 自動設定(中間節点込み)

自動設定では、始点として流入口の節点を選択されます(壁面以外)。節点の飛ばし数だけ、選択を飛ばします。自動設定を実行した後は、入力指定となり、後の画面で変更が可能です。なお、自動設定のやり直しも可能です。

図4-2 データ仕様入力画面

#### 4.4 流跡線データ入力画面

図4-3に流跡線データ入力画面を示します。

- ①各流跡線について、色番号、節点番号、および始点の座標を入力します。ただし、節点番号を入力した場合は、その座標が自動設定されます。また、節点番号に0を入力した場合は、構造内の任意の座標位置の設定となります。

◇本図で、流跡線1～3の始点は構造の流入口に取っていますが、流跡線4の始点は流れの途中に取っています。また、流跡線1、2、4の始点は、解析用構造モデルの上面(上下対称の中心断面)にあります。

◇流跡線の計算上、移動点が流出入口以外の構造外面に達するとその流跡線の計算が打ち切られます。そのため、壁面の始点はすぐに流跡線の計算打ち切りになります。

- ②「節点追加」ボタンをクリックすると、図4-4の入力画面が表示され、節点番号を入力するとその節点座標を始点とする新たな流跡線が設定されます。
- ③「コピー」、「貼り付け」ボタンにより、通常のクリップボード利用ができます。
 

◇「取り消し」ボタンを押すと直前の貼り付けを取り消せます。
- ④色番号に「-1」を入力すると、その行を削除して前詰めします。
- ⑤すべての流跡線データを入力し終ったなら、「設定」ボタンをクリックして図4-2のデータ仕様入力画面に戻ります。

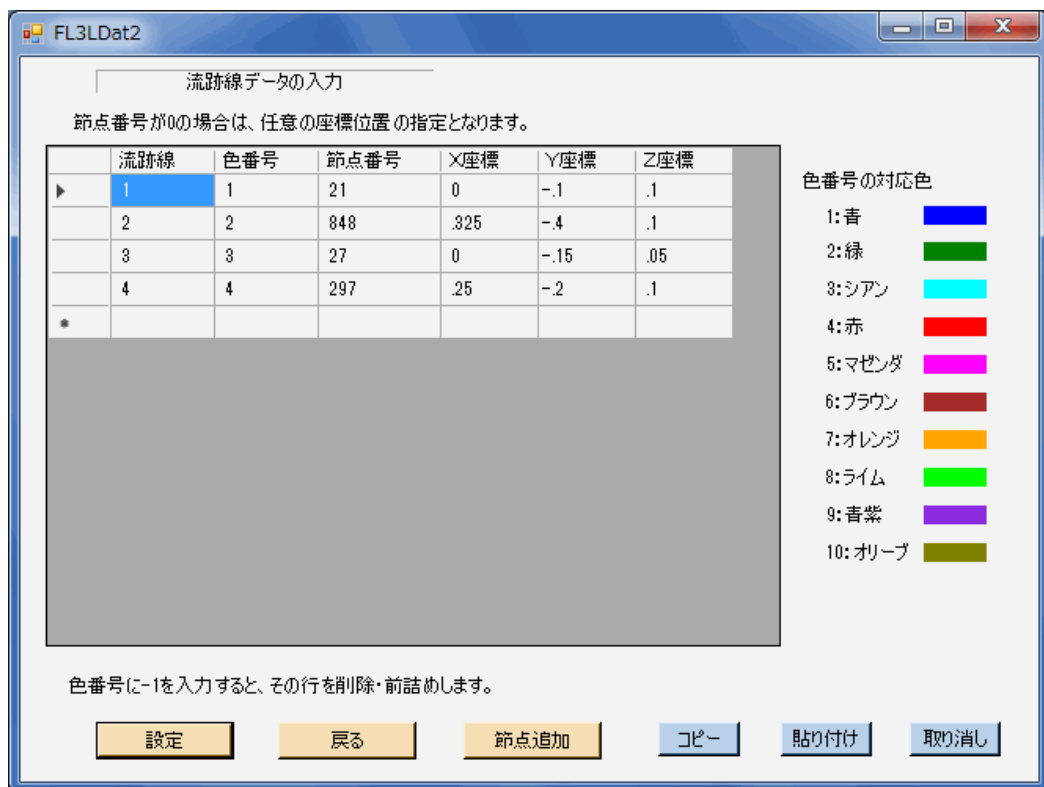


図4-3 流跡線データ入力画面



図4-4 節点追加の入力画面

#### 4.5 ファイルへの保存

サブメニューの「ファイルへの保存」を選択すると、コモンダイアログでファイルを保存する画面となり、入力データファイルを設定すると、データが書き出されます。デフォルトのファイル名は、Flow3DLiq構造ファイルのベース名の後に「L」が付加されたもので、拡張子は同じく「.dat」となります。もちろん、他のファイル名に変更しても構いません。

新たなファイル名を入力すると新ファイルが作成されます。先に入力データファイルを読み込んである場合に、同ファイルを選定すると上書きとなります。

図4-5に入力データファイル例を示します。

◇保存ファイルの文字コードはUTF-8です。

◇1行内の複数データは、「,」（コンマ）で区切られます。

```

プログラム名, Flow3DLine
合流矩形管流れモデル
[構造データファイル], C:\¥VB2022¥3次元流跡線¥Data¥SqCombFlow. dat
[解析結果ファイル], C:\¥VB2022¥3次元流跡線¥Data¥SqCombFlow. rep
流跡線数, 4
流跡線指定データ (No.、色番号、節点番号、始点X、始点Y、始点Z)
1,      1,      21,      0,      -.1,      .1
2,      2,      848,      .325,      -.4,      .1
3,      3,      27,      0,      -.15,      .05
4,      4,      297,      .25,      -.2,      .1

```

図4-5 入力データファイル例

#### 4.6 構造の作画

サブメニューの「構造の作画」を選択すると、構造図が画面に作画されます。図4-6に構造図の画面例を示します。構造図のパラメーターや操作については、一部を除いて3次元流れ解析（Flow3DLiq）と全く同じなので、同ソフトの説明書を参照してください。以下には本ソフト特有の部分主体に説明します。

- ①「流跡線の始点の表示」は、「表示しない」か「表示する」を選択できます。「表示する」を選択した場合に、各流跡線の始点が各色の○印で表示されます。  
 ◇初期設定では「表示する」になっています。  
 ◇構造内部の始点の場合は、破線の○印となります。
- ②任意の要素面を右クリックすると、図4-7のように当該要素面の要素番号・節点番号・面番号が表示されます。  
 ◇ESCキーを押すと上記の番号表示が解除されます。
- ③「データ設定モード」を選択して、任意の要素を右クリックすると図4-8のようにデータ入力画面に写ります。同図では、右クリックで選択した要素に関する流跡線データが表示されており、4.4節と同様にして流跡線の変更・追加等を実施できます。

注) 構造図の「説明」ボタンをクリックすると、マウスによる回転操作（Shiftキー併用）の説明図が表示されます。

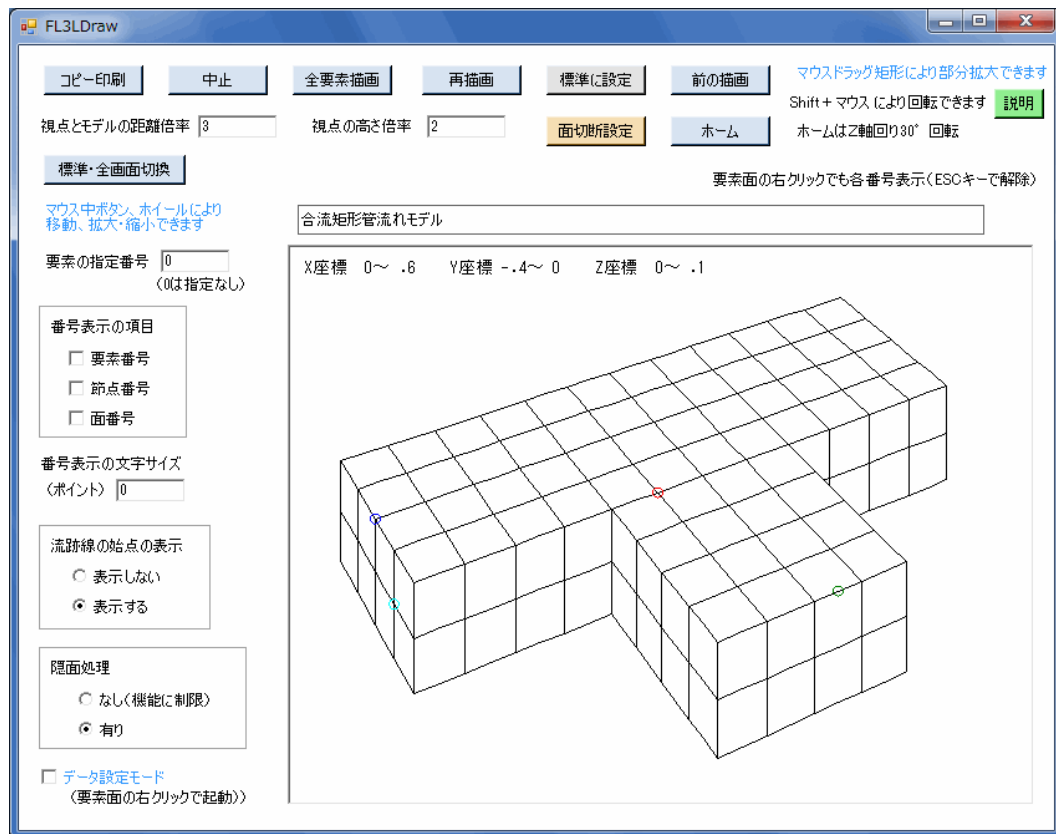


図4-6 構造図の画面例

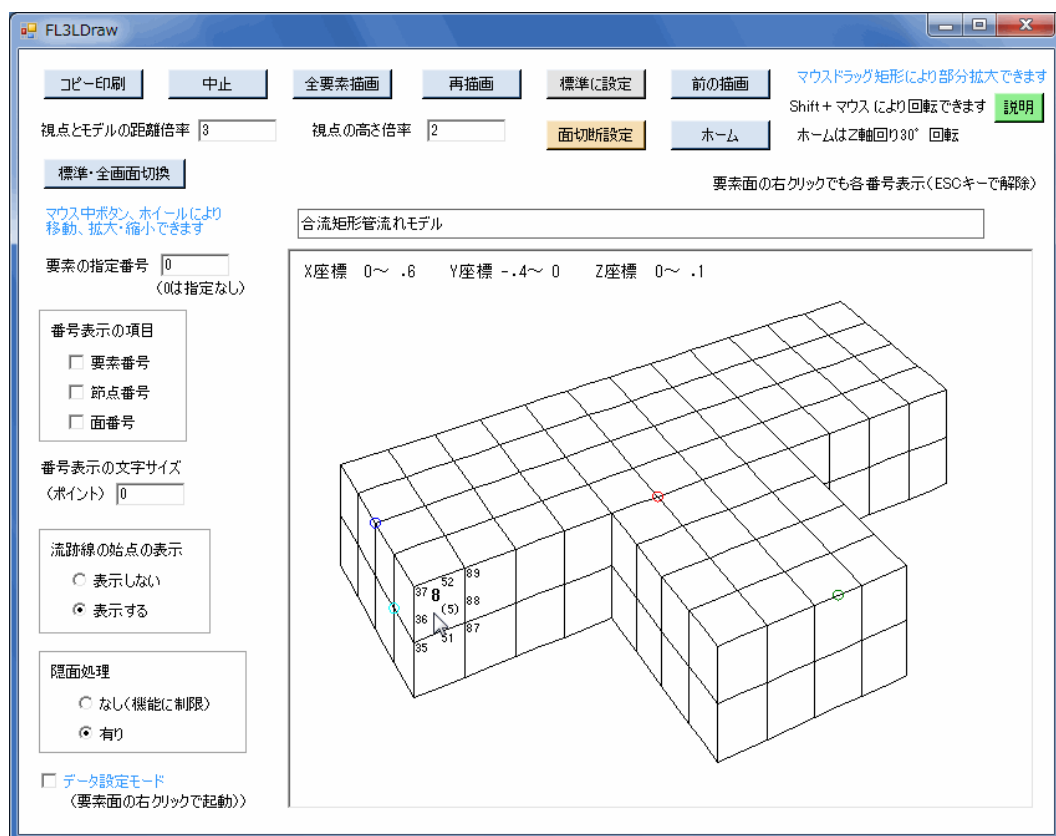


図4-7 構造図の要素右クリック画面例

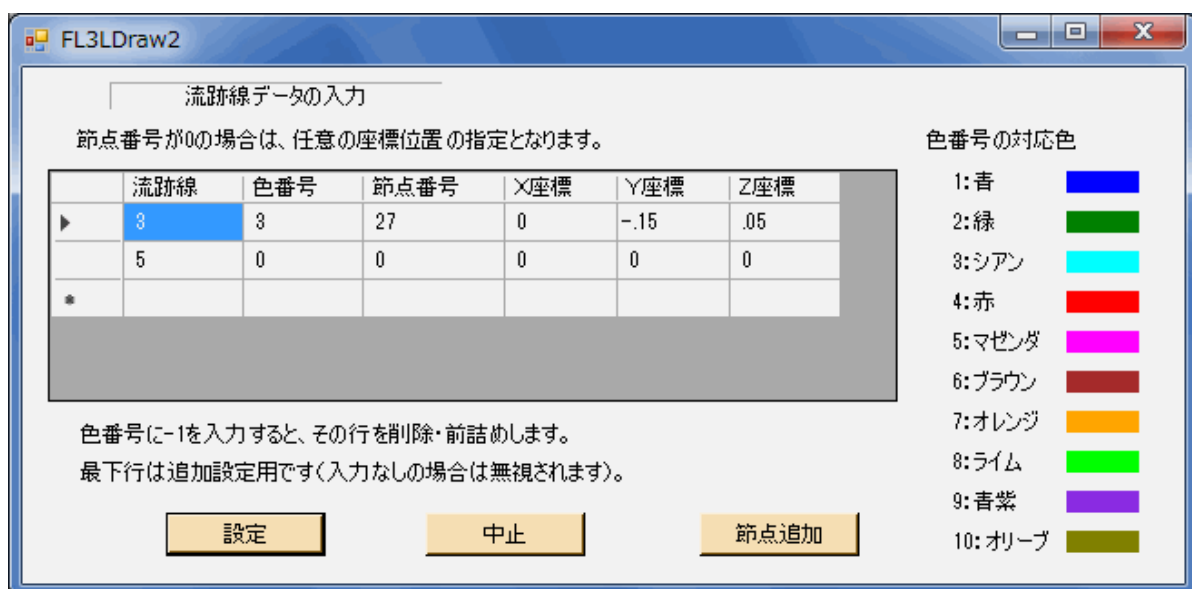


図4-8 構造作画におけるデータ入力画面

#### 4.7 最近使用したファイルの選択

サブメニュー「最近使用したファイル」のポップアップで、ファイルリストから選択できます。

注) 新版ソフトでファイルが使用されないとリスト表示されません。

## 第5章 「流跡線」処理プログラム

### 5.1 サブメニュー画面

「メニュー」プログラムにおける「流跡線」のサブメニュー画面を図5-1に示します。同図のように「流跡線図の作画」と「流跡線アニメーション」の2つのサブメニューがあります。いずれのサブメニューをクリックしても次の使用ファイル設定画面となります。

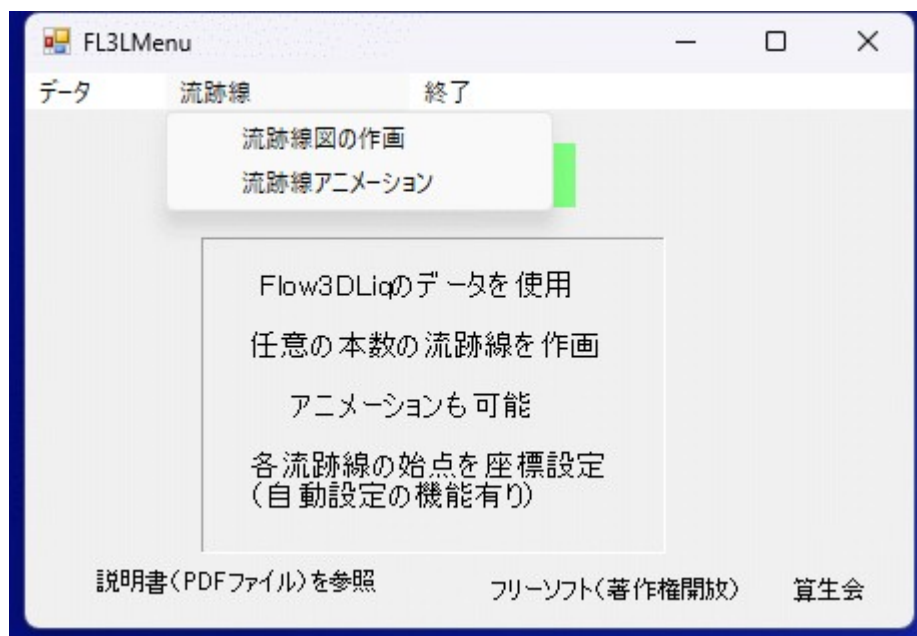


図5-1 「流跡線」サブメニュー画面

### 5.2 使用ファイルの設定

図5-2に使用ファイル設定画面を示します。本画面で、「入力データファイル指定」ボタンをクリックすると、コモンダイアログで入力データファイルを選定できます。

本画面で、「設定」ボタンをクリックすると、作画仕様設定画面に移ります。

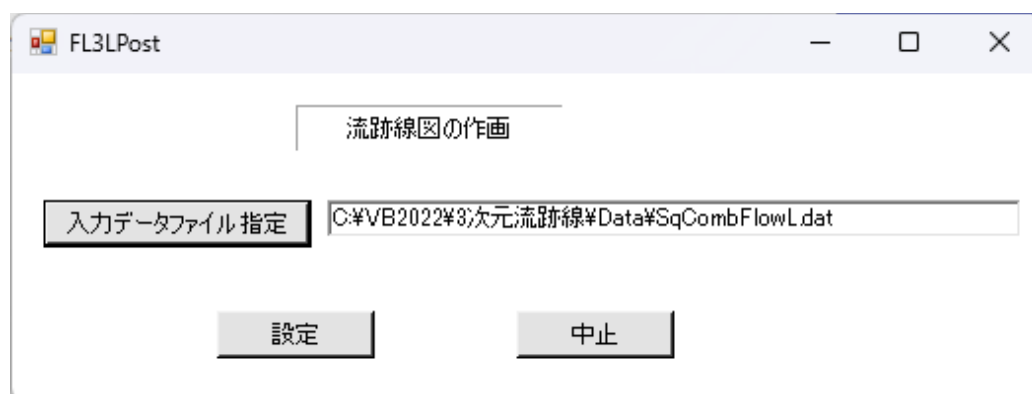


図5-2 使用ファイル設定画面

### 5.3 作画仕様設定画面

図5-3、5-4に作画仕様設定画面を示します。図5-3は定常解析の場合、図5-4は非定常解析の場合です。先ず、図5-3の画面について説明します。



①本画面では軸方向長さの基準分割数を入力します。デフォルトでは100が表示されます。

◇軸方向長さの基準分割数は、流跡線の移動点のピッチを決めるものです。本ソフトでは、構造形状の各座標軸方向長さの最大値を基準分割数で割ったものを移動点のピッチとしています。

◇基準分割数を大きくすると流跡線の精度が向上しますが、計算時間も増えるので、デフォルトの100ぐらいで作画してみて、必要に応じて基準分割数を増やして作画し直してください。

②本画面で、「設定」ボタンをクリックすると、次の流跡線図作画画面に移ります。

次に図5-4の非定常解析の画面では、上記の軸方向長さの基準分割数の他に、次の入力を行ないます。

◇出力する時間メッシュ番号を入力します。ここで、時間メッシュ番号を入力後、Returnキーを押すと、その右側に相当時間が表示されます。

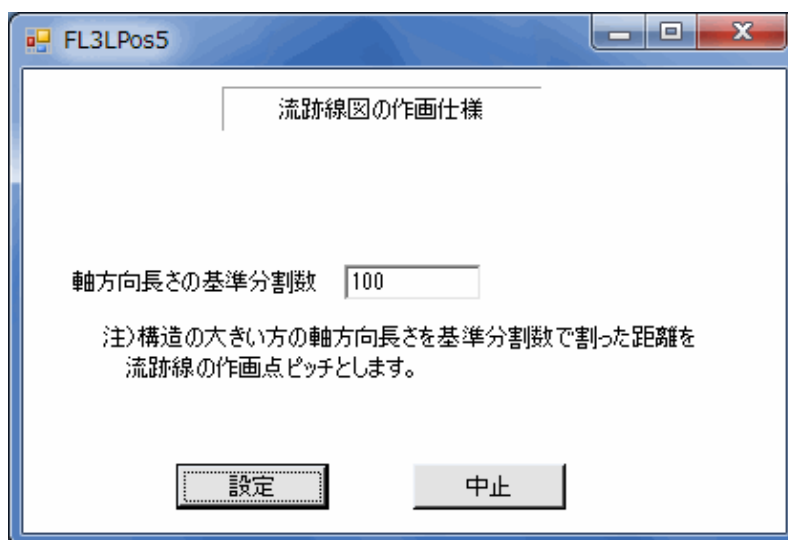


図5-3 作画仕様設定画面（定常解析）

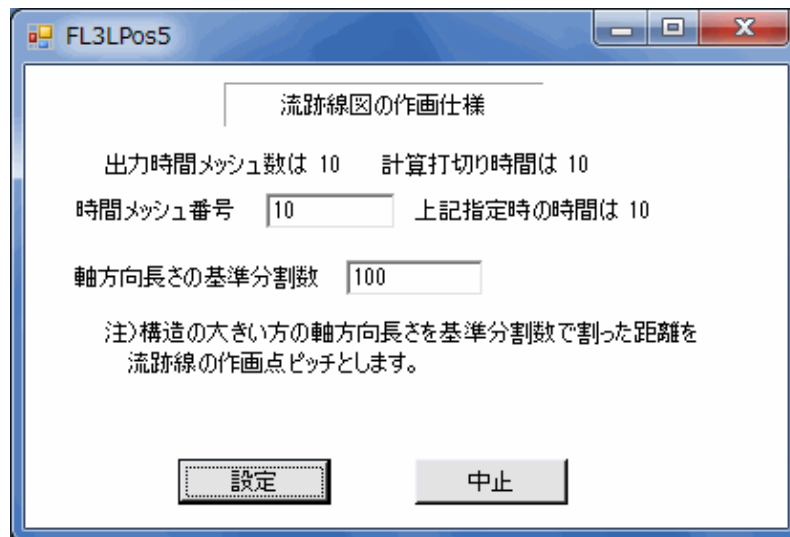


図5-4 作画仕様設定画面（非定常解析）

#### 5.4 流跡線図の作画画面

図5-5に流跡線図の作画画面を示します。ただし、本画面が表示される前に流跡線の計算を行ないますので、表示されるまでに相当長い時間がかかることがあります。また、同図は、本画面に移った状態のもので、作画のパラメーターは標準条件になっています。

①本図面のように、流跡線がカラー表示されます。

◇本例では流入口からの流跡線3本と、流れ途中からの流跡線1本が描かれています。

◇流跡線に対しては隠面処理を行ないませんので、流跡線のある該当要素が選択されていれば、流跡線が描画されます。

②本画面の上側と左側に、作画の種々のパラメーターを表示してあり、それらを変更することができます。変更した後は、「再描画」ボタンをクリックすると、新しいパラメーター条件による作画画面に変更されます。

a. 「視点とモデルの距離倍率」は、透視変換の度合を調整するもので、小さくすると中心投影に近づき、大きくすると平行投影に近づきます。

b. 「視点の高さ倍率」は、透視の視点の高さを調整するもので、小さくすると視点が下がり、大きくすると上がります。

c. 「流跡線の幅」は1～3が可能で、初期値は1にしてあります。

③「共通辺の表示」は、「有り」か「なし」を選択できます。共通辺とは、要素どうしが共有する辺のことです。

◇図5-5のように標準条件では共通辺の表示「有り」です。要素の区分線を表示したくないときは、共通辺の表示を「なし」にしてください。共通辺の表示「なし」を選択して再描画すると図5-6のようになります。

④「隠面処理」は、「有り」か「なし」を選択できます。

◇図5-5のように標準条件では隠面処理「有り」です。隠面処理を「なし」にすると、すべての要素辺が作画されますので、後述の「部分拡大モード」でマウสดラッグ矩形により領域選択して要素数が少ない状態で利用してください。

後掲の図5-10に一部の要素のみ選択して隠面処理「なし」で再描画した流跡線

図を示します。

- ⑤以上のパラメーターを変更した後、最初の状態に戻すには、「標準条件に設定」ボタンをクリックします。ただし、⑦、⑧のパラメーターはそのまま残ります。
- ⑥「Shift+マウス」により構造を回転することができます。
  - ◇流跡線図の任意の場所で、Shiftキーとマウス左ボタンを押したまま、回転したい方向へマウスを移動させ、そこでマウスボタンを離します。そうしますと、回転が実行されます。
  - ◇図5-7にマウスの操作方向と回転方向の関係を示します。同図のように、スクリーンの場所により、Z軸回り、X軸回りの各回転、または構造中心回りの旋回が実施されます。
  - ◇流跡線図の「説明」ボタンをクリックすると、図5-7と同じ説明図が表示されます。
- ⑦「ホーム」ボタンをクリックすると、初期の回転位置に戻ります。
- ⑧「標準・全画面切換」ボタンをクリックすると、標準画面と全画面を切り換えることができます。また、画面Formの右下コーナー等をマウスドラッグすることにより、標準画面と全画面の間で自由に拡大・縮小できます。
- ⑨マウス中ボタン、ホイールにより移動、拡大・縮小を行なうことができます。中ボタンを押したまま動かせば図形を移動できます。また、ホイールの回転により拡大・縮小ができます。
- ⑩マウスドラッグ矩形により、流跡線図の一部を拡大できます。
  - ◇マウスドラッグは、拡大したい部分の左上隅にマウスを移動し、そこでマウスの左ボタンを押し、その左ボタンを押した状態で拡大部分の右下隅までマウスを移動させ、そこで左ボタンを離します。そうしますと、図5-8のようにマウスドラッグ範囲の矩形が表示され、コモンダイアログで「選択領域を拡大しますか？」と問うてきます。そこで、「はい」を選択すると、図5-9のように選択領域が拡大されて表示されます。
  - ◇上記の選択領域に関しては、要素全体（全節点）が選択領域に入っている要素だけがすべて拡大の対象となります。
  - ◇拡大操作を行なった後、元の全体構造図に戻りたい場合は、「全要素描画」ボタンをクリックします。
- ⑪繰り返して描画を実施した場合、「前の描画」ボタンをクリックすると1つずつ前の描画にさかのぼることができます。
  - ◇さかのぼれる描画の数は最大8つです。
  - ◇回転操作があっても無視され、初期の回転位置で描画されます。
- ⑫「面切断設定」ボタンをクリックすると、図5-11の面切断設定の画面に移り、面切断の仕方を設定できます。この面切断とは、座標軸に直角な平面で構造を切断し、2分割されたいずれかの構造図を描くものです。図5-11の画面では次のように操作します。
  - a) 座標軸としてX、Y、Zのいずれかを選択し、その座標値と許容誤差を入力します。
  - b) さらに、その平面の正側か負側かを選択します。
  - c) 「設定」ボタンをクリックすると面分割された構造部分が選択されて、構造図に

戻ります。

- ⑬本画面で「コピー印刷」ボタンをクリックすると、プリンターで画面コピーを印刷できます。

◇「通常画面」の作画が印刷されます。

- ⑭本画面を終了するには、「戻る」ボタンをクリックして、作画仕様設定画面に戻ります。また、もし流跡線図の出来栄に不満があれば、作画仕様設定画面で基準分割数を増やし、再度、流跡線線図を作画することができます。

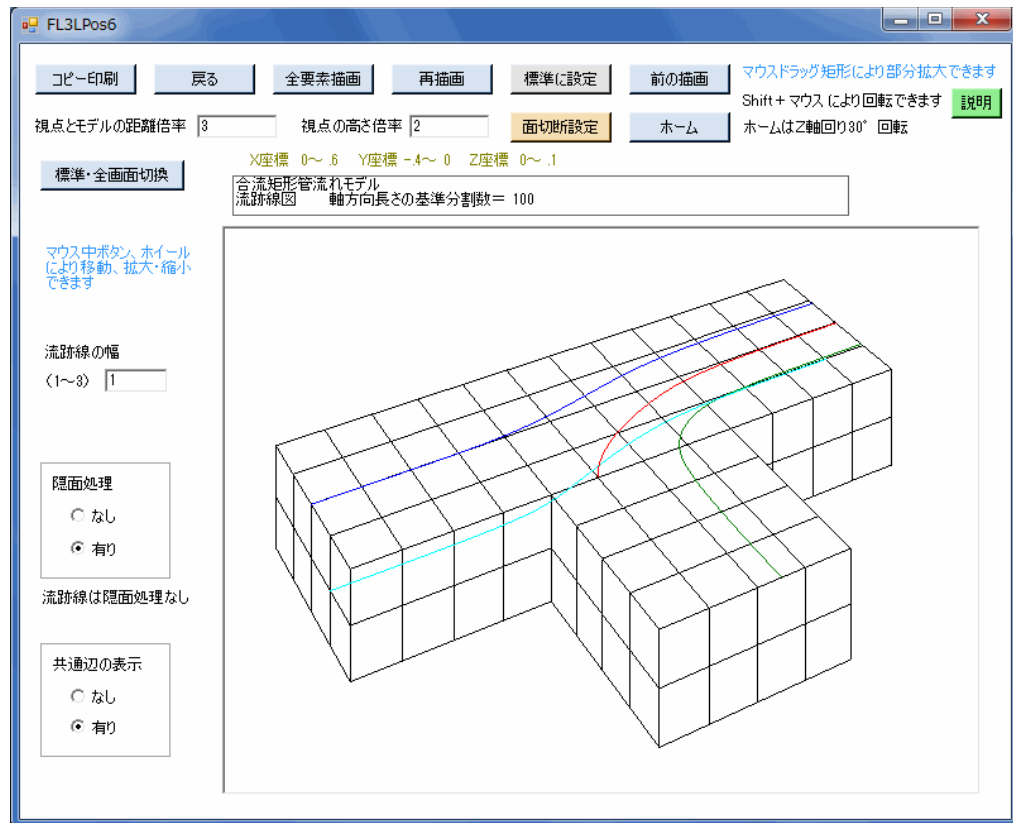


図5-5 流跡線図の作画画面

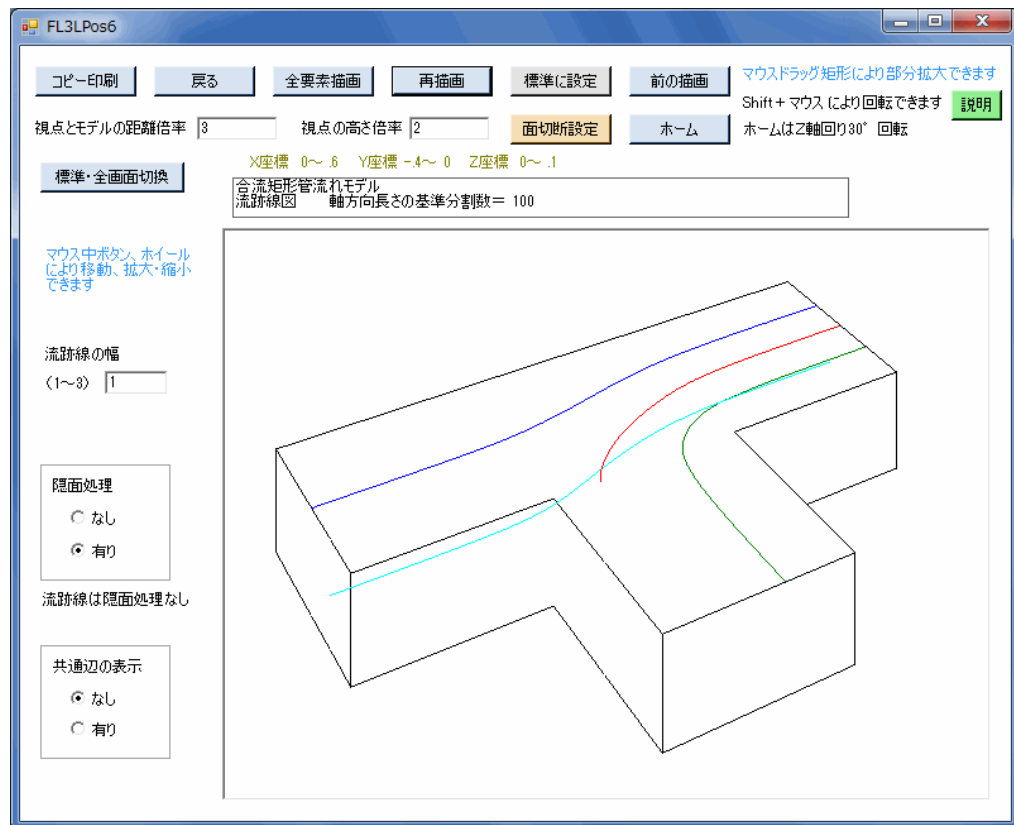


図5-6 流跡線図の共通辺表示なしの作画画面

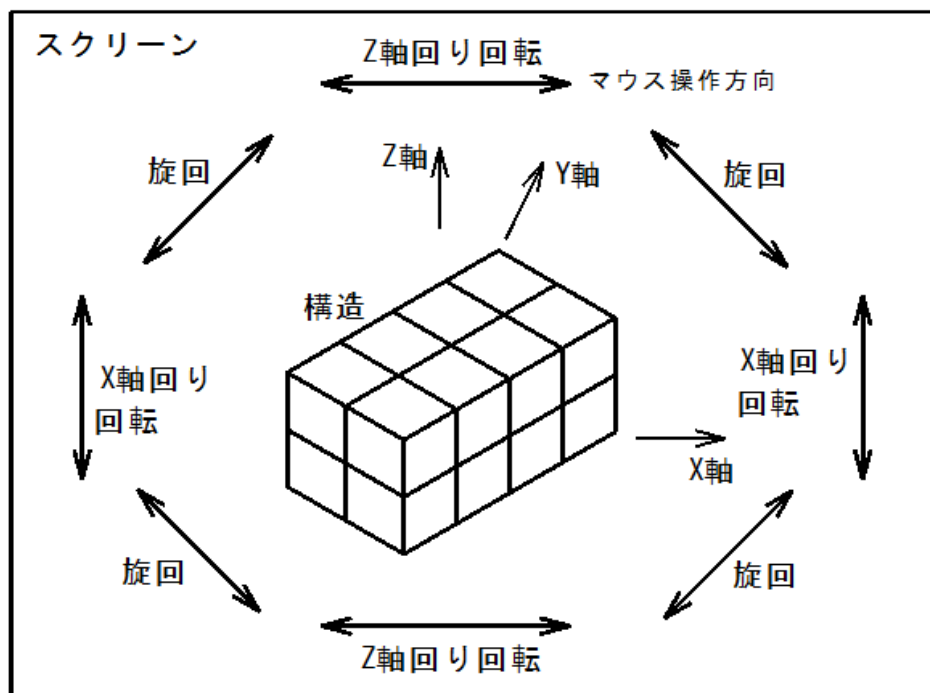


図5-7 マウスの移動方向と回転方向との関係 (Shiftキー併用)

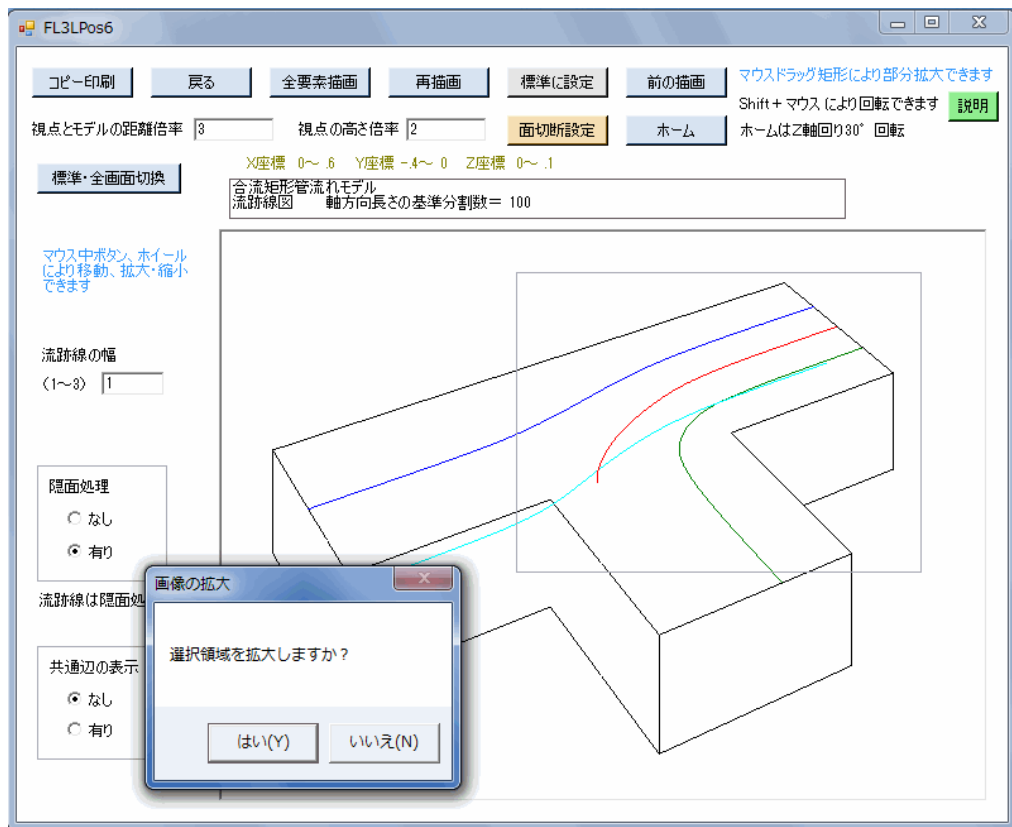


図5-8 流跡線図作画における拡大領域選択例

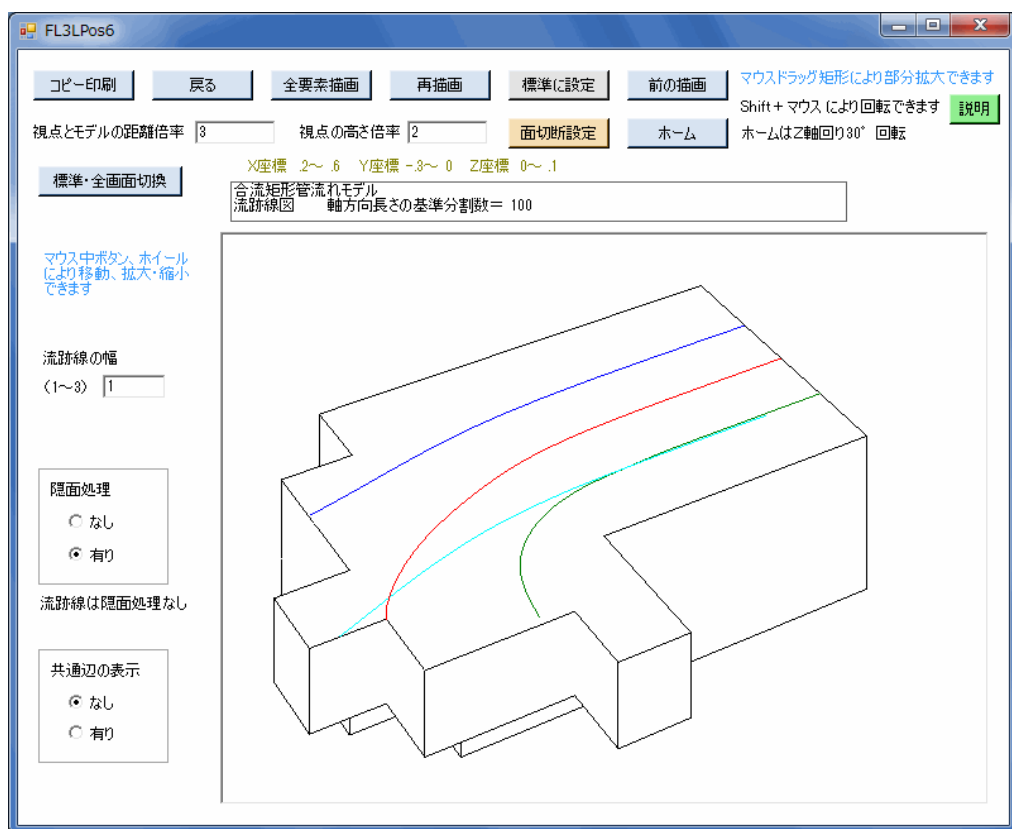


図5-9 流跡線図作画の部分拡大例

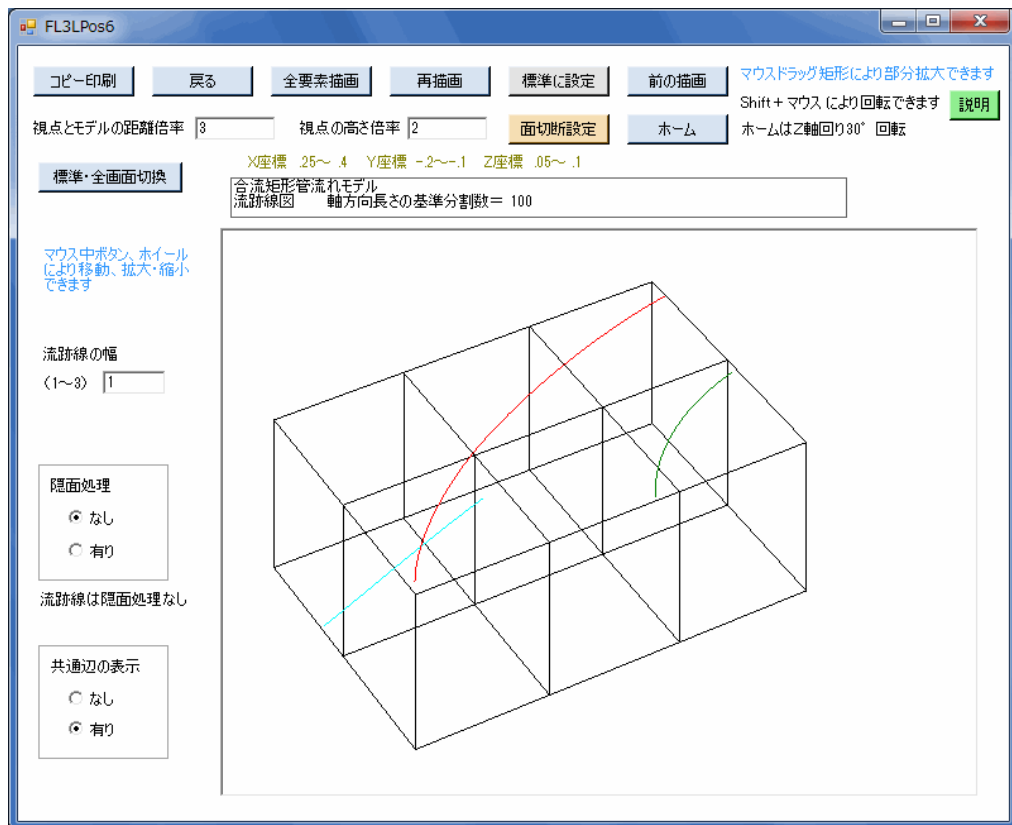


図5-10 流跡線図の隠面処理なしの部分拡大例

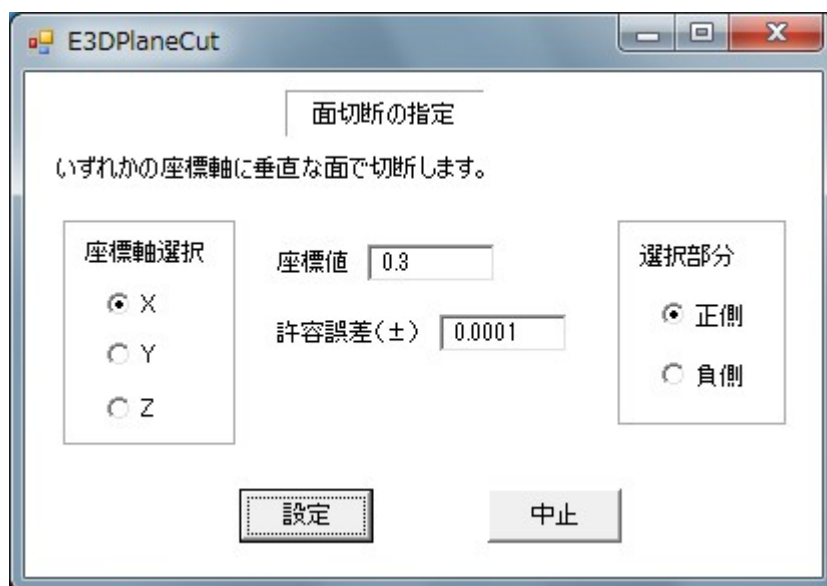


図5-11 面切断設定の画面

## 5.5 アニメーションの画面

図5-12にアニメーションの初期画面を示します。

- ①各流跡線の流動点数、フレーム分割数、フレームの待ち時間を任意に設定できます。
  - a. 各流跡線の流動点数とは、1つの流跡線の流動を表わす点の数です。デフォルトは5になっています。
  - b. フレーム分割数は、アニメーションのフレームの個数のことで、最長時間の流跡

線について始点から終点までの時間分割の数を意味します。

c. フレームの待ち時間は、フレームの間隔の時間で、小さいと高速で流動し、大きいとゆっくり流動します。フレーム分割数とフレームの待ち時間の積がアニメーションの全時間になります。

- ②本画面の左側に「流跡線の幅」のパラメーターを表示しており、それを変更できます。変更した後は、「再描画」ボタンをクリックすると作画画面が変更されます。

◇「流跡線の幅」は1～3が可能で、初期値は1にしてあります。

- ③本画面の上側に表示されている作画パラメーター、マウスドラッグによる部分拡大、回転操作等は、流跡線図の作画と同じです。

◇流跡線図の「説明」ボタンをクリックすると、マウスによる回転操作（Shiftキー併用）の説明図が表示されます。

- ④「面切断設定」ボタンをクリックすると、面切断設定の画面に移り、面切断の仕方を設定できます。操作方法是流跡線図の作画と同じです。

- ⑤本画面で「開始」ボタンをクリックすると、アニメーションが実行されます。

◇各流跡線の流動点が移動する速度は、それぞれの位置で解析結果の流速に比例しています。

- ⑥アニメーションが終了すると、図5-13の終了画面となります。同画面の終了確認ダイアログの「OK」ボタンをクリックすると、図5-12の初期画面に戻ります。ただし、流動点の位置はアニメーション終了時のままです。

◇流動点も初期位置に戻したい場合は、「再描画」ボタンをクリックします。

- ⑦本画面を終了するには、「戻る」ボタンをクリックします。

◇実際にアニメーションが動いている間は、各ボタンをクリックすることはできません。動いている間にボタンをクリックすると、異常停止することがあるので、注意してください。

- ⑧「標準・全画面切換」ボタンをクリックすると、標準画面と全画面を切り換えることができます。また、画面Formの右下コーナー等をマウスドラッグすることにより、標準画面と全画面の間で自由に拡大・縮小できます。



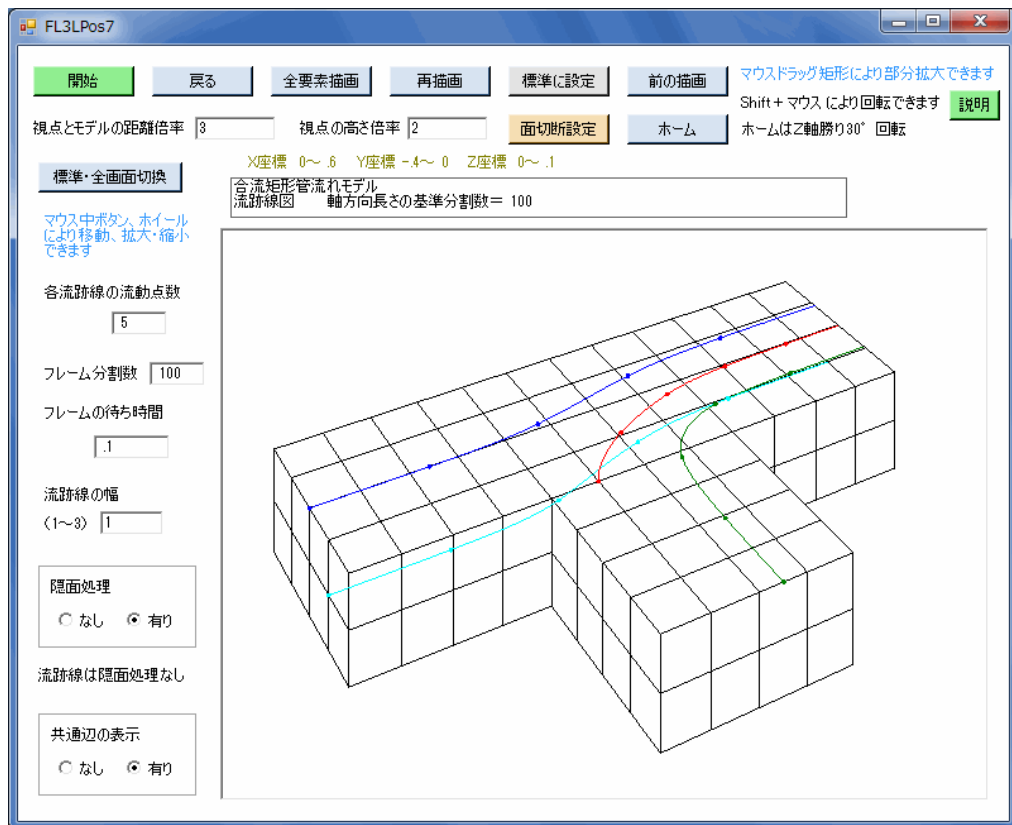


図5-12 アニメーションの初期画面

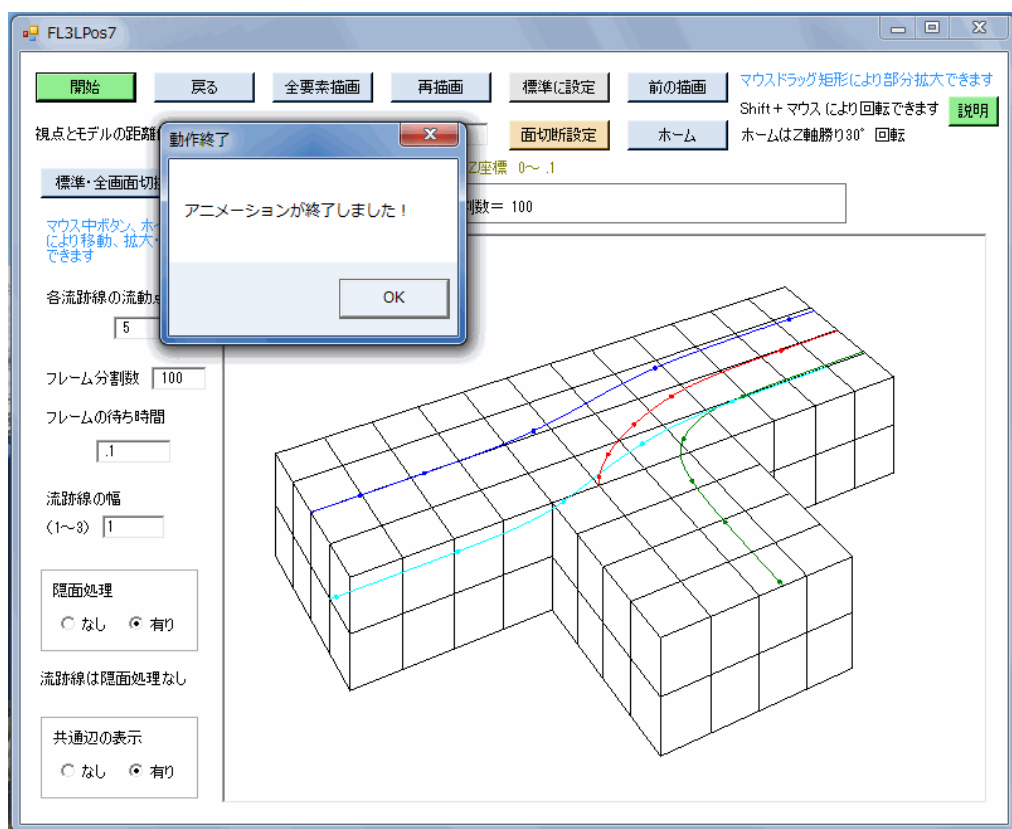


図5-13 アニメーションの終了画面

## 第6章 流跡線図の事例

### 6.1 合流矩形管モデルの自動設定の流跡線図

合流矩形管モデルは、テストモデルとして前章までに例示説明してきました。同モデルについて、流跡線の始点を自動設定した流跡線図を図6-1に示します（中間節点は除外）。

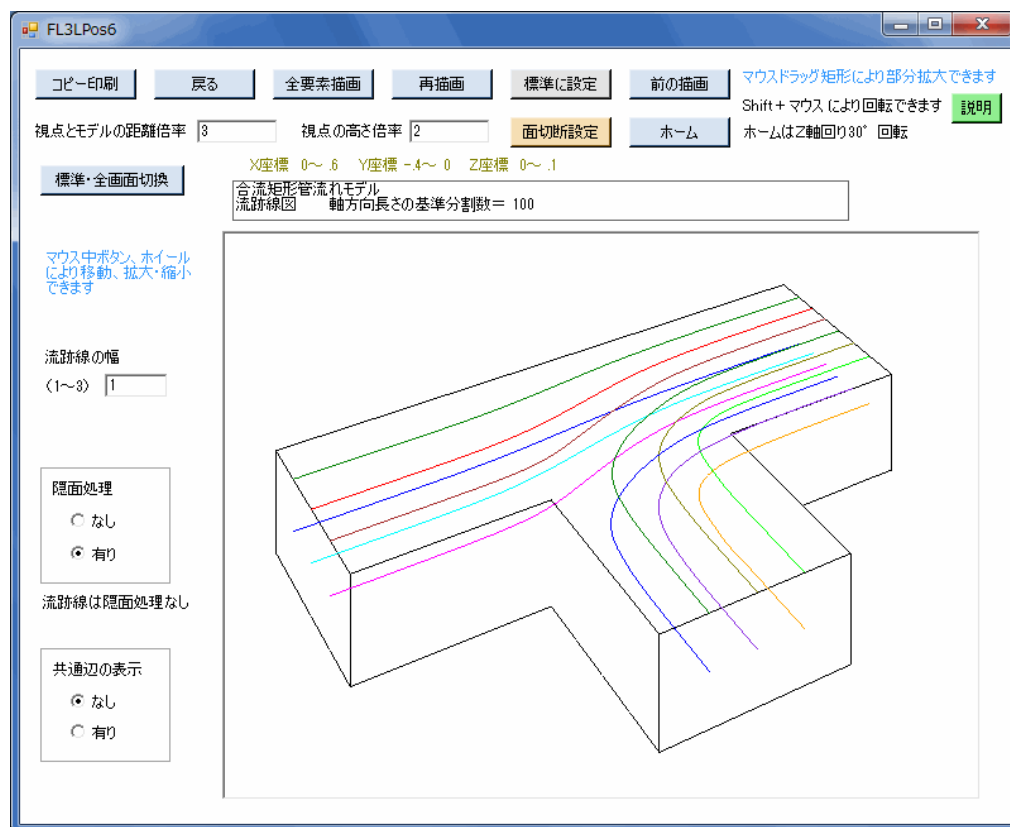


図6-1 合流矩形管モデルの自動設定の流跡線図

### 6.2 90° 軸回転体流れの流跡線図

図6-2に90° 軸回転体流れの中心45° 断面の流跡線図を示します。



図6-2 90° 軸回転体流れの45° 中心断面の流跡線図

[参考文献]

<A> BASIC言語

- A1) 「Microsoft Visual Basic プログラミング ガイド」、  
マイクロソフト (株)、1997
- A2) 「実力アップ Visual Basic.NET 基礎編」、川口 輝久、  
(株) 技術評論社、2003
- A3) 「Visual Basic 応用プログラミング」、林 晴比古、  
ソフトバンク (株)、1997
- A4) 「Visual Basic for Windows プログラミング・パーツ」、河西 朝雄、  
(株) ナツメ社、1994
- A5) 「かんたんプログラミング Visual Basic.NET 応用編」、田中 亨、  
(株) オーム社、2002
- A6) 「Visual Basic リファレンス・ブック」、相沢 文雄、  
(株) ナツメ社、1994
- A7) 「プログラミング Visual Basic.Net Vol.2 活用編」、Francesco Balena、  
(株) ドキュメントシステム 訳、日経BPソフトプレス、2002
- A8) 「Visual Basic 2005 [実践] プログラミングテクニック」、谷尻 かおり、  
技術評論社、2007

<B> 数値計算・統計解析・グラフィックス

- B1) 「数学公式・数表ハンドブック」、スpeerゲル 著、氏家 勝巳 訳、  
マグローヒル ブック (株)、1984
- B2) 「数値解析とその応用」、名取 亮、  
コロナ社、1992
- B3) 「Visual Basicによる工学計算プログラム」、黒田 英夫、  
CQ出版社、2001
- B4) 「Visual Basicによる数値解析プログラム」、黒田 英夫、  
CQ出版社、2002
- B5) 「コンピュータグラフィックス講義」、青木 由直、  
コロナ社、2000
- B6) 「線形計算」、名取 亮、  
朝倉書店、1993
- B7) 「新数値計算」、福井 義成 他、  
共立出版 (株)、2001
- B8) 「Web用3D-CG言語 X3D XML版」、赤間 世紀、  
工学社、2007
- B9) 「Blender 3DCG パーフェクトバイブル2013」、近藤 一貴、  
(株) 晋遊舎、2013
- B10) 「基礎からのFreeCAD」、坪田 遼、  
工学社、2016

<C> 有限要素法・差分法・工学一般

- C1) 「マトリックス有限要素法」、O.C.Zienkiewicz 他、吉識 雅夫 監訳、  
(株) 培風館、1970
- C2) 「有限要素プログラミング」、E.Hinton 他、川井 忠彦 監訳、

- 丸善（株）、1981
- C3)「マイコンによる有限要素解析」、戸川 隼人、  
（株）培風館、1982
- C4)「流れと熱伝導の有限要素法入門」、矢川 元基、  
（株）培風館、1983
- C5)「有限要素法による熱応力・クリープ・熱伝導解析」、矢川 元基 他、  
（株）サイエンス社、1987
- C6)「Fundamentals of Computer Modeling for Polymer Processing」、  
Charles L. Tucker III、Hanser Publishers、1989
- C7)機械工学便覧A5「流体力学」、日本機械学会編、  
日本機械学会、1986
- C8)「流体解析への有限要素法の応用」、J. J. Connor 他、奥村 敏恵 監訳、  
サイエンス社、1981
- C9)「Visual Basicによる3次元熱伝導解析プログラム」、黒田 英夫、  
CQ出版社、2003
- C10)「続・有限要素法による流れのシミュレーション」、  
日本計算工学会流れの有限要素法研究員会編、シュプリンガー・ジャパン、2008
- C11)「流体・構造連成問題における有限要素と安定化手法の相互関係に関する研究」、澤田 有弘、  
東京大学大学院 新領域創成科学研究科 環境学専攻 人間人工環境コース 修士論文、2003
- C12)「The Finite Element Method in Electromagnetics」、Jianming Jin  
John Wiley & Sons、2002
- C13)「基本からわかる有限要素法」、邵 長城、  
森北出版（株）、2008
- C14)「流体力学 非圧縮性流体の流れ学」、中山 司、  
森北出版（株）、2015