

\*\*\*\*\*

\* 「FEM立体データK」の紹介 \* [著者] 黒田 英夫

\*\*\*\*\*

## &lt;プログラム開発環境&gt;

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

言語 : Visual Basic 2022 (Visual Studio 2022 Community)

## &lt;プログラムと本書の著作権&gt;

フリーソフトで、著作権を開放します

\*\*\*\*\*

3次元FEM（有限要素法）解析に使用する立体データを作成するソフトを提供します。ただし、断面メッシュデータは算生会「FEM断面データK」ソフトにより作成しなければなりません。その断面メッシュデータを用いて、本ソフトでは立体構造のモデル化と六面体2次要素のメッシュ生成を行ないます。立体構造は柱状体と軸回転体の2種類あり、構造の合成を行なうことにより複雑な構造にも対応できます。また、柱状体の側面に別の柱状体を交差接続させる機能も入っています。

四角柱、円柱などの簡単な立体形状については、直接メッシュ生成できます。また、3次元平面（四角形または三角形）を利用した柱状体を生成することもできます。

## &lt;目次&gt;

	ページ
第1章 立体の自動メッシュ方法 -----	2
第2章 柱状体交差の自動メッシュ方法 -----	11
第3章 断面分割の考え方 -----	14
第4章 プログラムの機能・構成 -----	20
第5章 立体データの補足説明 -----	25
第6章 「部分データ」処理プログラム -----	29
第7章 「交差データ」処理プログラム -----	47
第8章 「全体データ」処理プログラム -----	56
第9章 「立体直接生成」処理プログラム -----	77
第10章 「3次元平面の利用」処理プログラム -----	91
第11章 「解析用へ変換」処理プログラム -----	102
第12章 複雑構造のメッシュ生成例 -----	104
[参考文献] -----	108

## 第1章 立体の自動メッシュ方法

ここでは、3次元構造である立体の自動メッシュ方法を説明します。

### 1.1 使用要素

本ソフトでは、図1-1に示す六面体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。この要素定義の節点順序は非常に重要で、必ずこの順序を厳守しなければなりません。

注) 節点番号はまちまちであってもよく、六面体要素を定義する際に図1-1の節点に付した番号の順序に本来の節点番号を入力するという意味です。また、節点番号、面番号とも構造図画面で表示することができます。

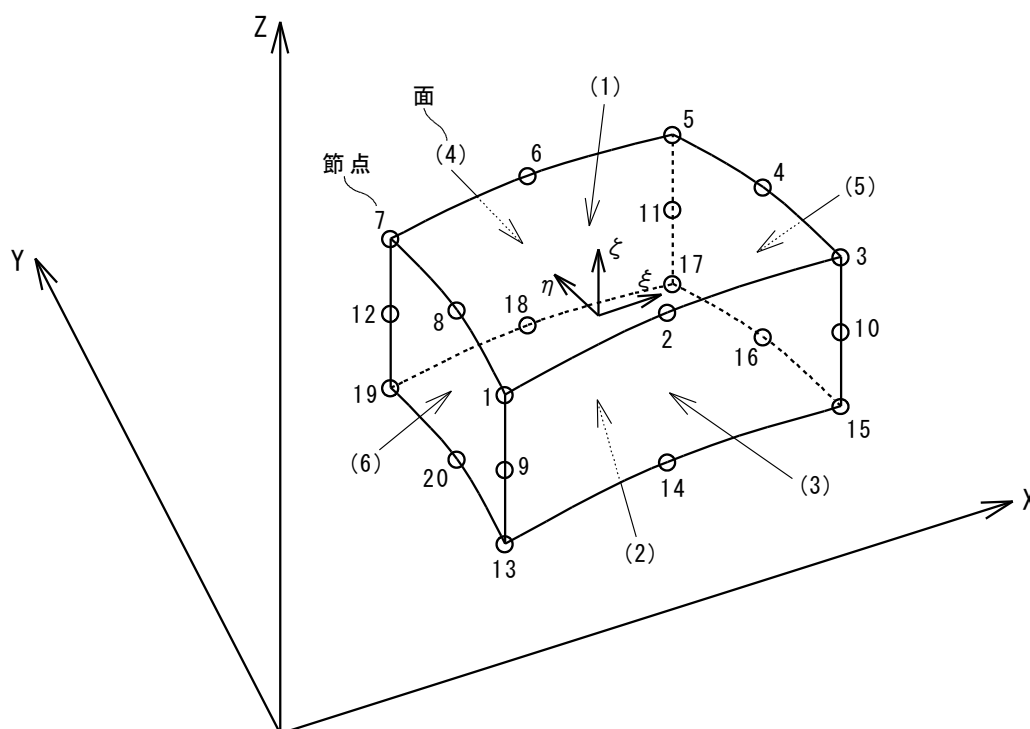


図1-1 六面体2次要素

### 1.2 自動メッシュ方法

本ソフトにおける自動メッシュの方法について説明します。3次元構造では、構造のモデル化と自動メッシュを同時に考えてデータを作成します。先ず「FEM断面データ」ソフトにより2次元断面のメッシュ生成を行ない、次に本ソフトにより、その断面データを用いて3次元構造のモデル化とメッシュ生成を行ないます。

なお、一部の立体については、断面データを生成することなしに、本ソフトで直接生成することができます。表1-1に直接生成できる立体を示します。詳細は第9章で説明します。

表1-1 直接生成できる立体

1) 四角柱	任意形状の四角形を断面とする柱
2) 円柱	円形断面の柱（部分角度も可能）
3) 円筒	円形リング断面の柱（部分角度も可能）
4) 横穴付き円柱	360° 未満の円柱部分で円形横穴の空いたもの
5) 横穴付き円筒	180° 以下の円筒部分で円形横穴の空いたもの
6) 三角柱	任意形状の三角形を断面とする柱
7) 円断面のリング	円形断面のリング構造（部分角度も可能）
8) 円筒断面のリング	円筒断面のリング構造（部分角度も可能）

注）本ソフトでは、円柱は中心穴なし、円筒は中心穴有りと定義します。

図1-2に自動メッシュの全体手順を示します。同図で、先ず①で断面の自動メッシュを行ない（「FEM断面データ」ソフトを使用）、次に②で断面データを利用し部分構造の自動メッシュを行ないます。そして、必要な個数だけ②で部分構造モデルを作成し、最後に③でそれら部分構造を組合せて全体構造モデルを作成します。

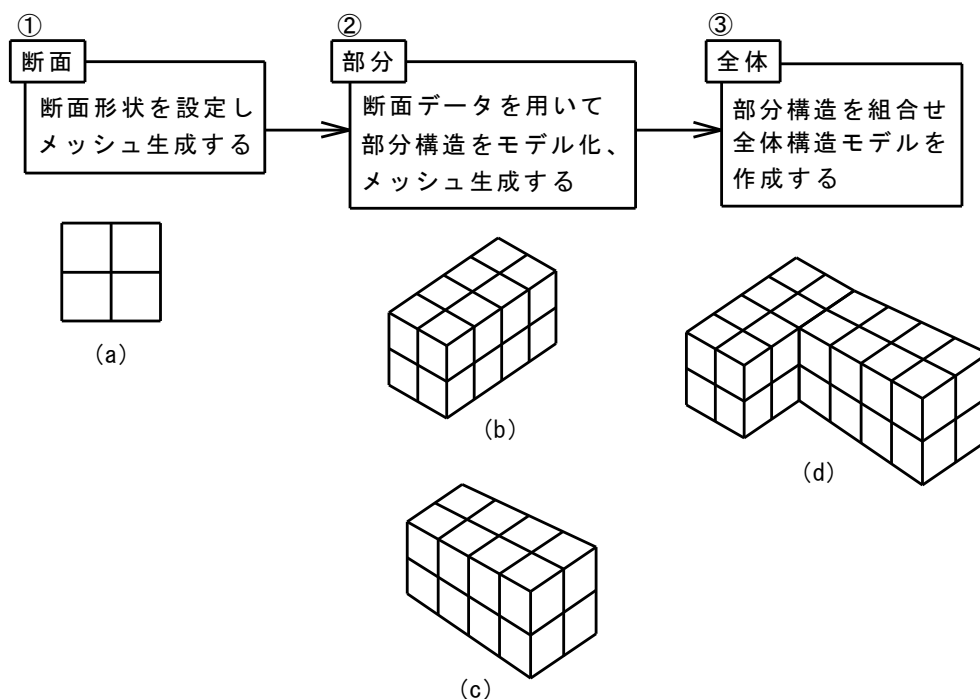


図1-2 自動メッシュの全体手順

### 1.3 断面の自動メッシュ

これは「FEM断面データK」ソフトにより実施します。詳しくは同ソフトの説明書を参照してください。

断面形状は、形状の外郭および穴（もしあれば）を線分で定義します。定義方法の詳細は、「FEM断面データK」説明書の第3章に元データの作り方として記載してあります。なお、一部の断面については、元データを生成することなしに、「FEM断面データ」ソフトで直接生成することができます。表1-2に直接生成できる断面を示します。詳細は同ソフト説明書の第8章を参照してください。

表1-2 直接生成できる断面

名称	断面の内容
1) 四角形	任意形状の四角形
2) 円	円形（部分角度も可能）
3) 同心円	同心の二重円形（部分角度も可能）
4) 穴明き四角形	穴の明いた任意の四角形
5) コーナーR部	任意象限のコーナーR部
6) 四角形枠	任意形状の四角形の枠
7) 三角形	任意形状の三角形
8) 穴明き三角形	穴の明いた任意の三角形

「FEM断面データK」ソフトにおける断面の種類と自動メッシュ方法を表1-3に示します。同表で、断面には全断面と半断面とがあります。全断面とは通常の断面全体を意味し、半断面とは断面Y軸から右半分の断面のことです。これらの断面から部分構造モデルを作成するわけですが、全断面からは柱状体を半断面からは軸回転体をモデル化・メッシュ生成します。柱状体や軸回転体などの部分構造については、次節で説明します。

表1-3のように、全断面の自動メッシュには、XYメッシュ、放射メッシュ、四辺メッシュ、放射四辺メッシュ、帯メッシュの5種類いずれも使用できます。他方、半断面の自動メッシュには、放射四辺メッシュ以外の4種類が使用できます。いずれのメッシュ方法とも、四角形8節点要素をメッシュ生成します。

表1-3 断面の種類と自動メッシュ方法

断面の種類	内容	自動メッシュ方法				
		X Y メッシュ	放射 メッシュ	四辺 メッシュ	放射四辺 メッシュ	帯 メッシュ
全断面	断面全体を示し、適用する部分構造は柱状体である。	○	○	○	○	○
半断面	断面座標Y軸から右側だけの断面を示し、適用する部分構造は軸回転体である。	○	×	○	○	○

注) ○：対応      ×：不可

図1-3に四角形8節点要素を示します。同図で節点2、4、6、8は各辺の midpoint にあり、中間節点と呼ばれます。各辺は直線でも曲線（円弧）でも構いません。

また、断面のメッシュ種類の説明図を図1-4に示します。一般にX Yメッシュまたは四辺メッシュが主で、円形状の特殊な場合に放射メッシュを、中心穴のある特殊な場合には放射四辺メッシュ使用します。また、曲がった帯形状には帯メッシュが便利です。これらの断面メッシュ構造は単独で使うことができますが、次節の構造の合成によりいくつでも組合わせて大きな断面メッシュ構造を生成することもできます。

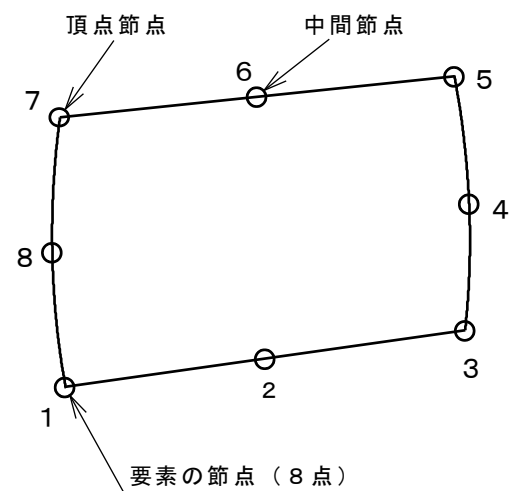


図1-3 四角形8節点要素

#### 1) X Yメッシュ

断面形状の長手方向を主メッシュ、短手方向をサブメッシュとして、自由にメッシュ数を指定してメッシュ生成できます。ただし、サブメッシュの個数は、外郭を含め左側から2つ目の主メッシュ線で設定し、後は自動調整されます。

#### 2) 放射メッシュ

元データの断面形状が必ず全周なければなりません。ただし、自動メッシュの仕様で放射メッシュ範囲の角度を指定することにより、扇形の断面データを生成することもできます。

また、放射メッシュでは、中心穴は有無両方とも対応できますが、それ以外の穴は無視されます。そして、各放射線（半径線）が中心穴以外の外郭と交差するのは1個所だけ許容されます。なお、各放射線を分割する円周位置のサブメッシュ数は、各放射メッシュで同一です。

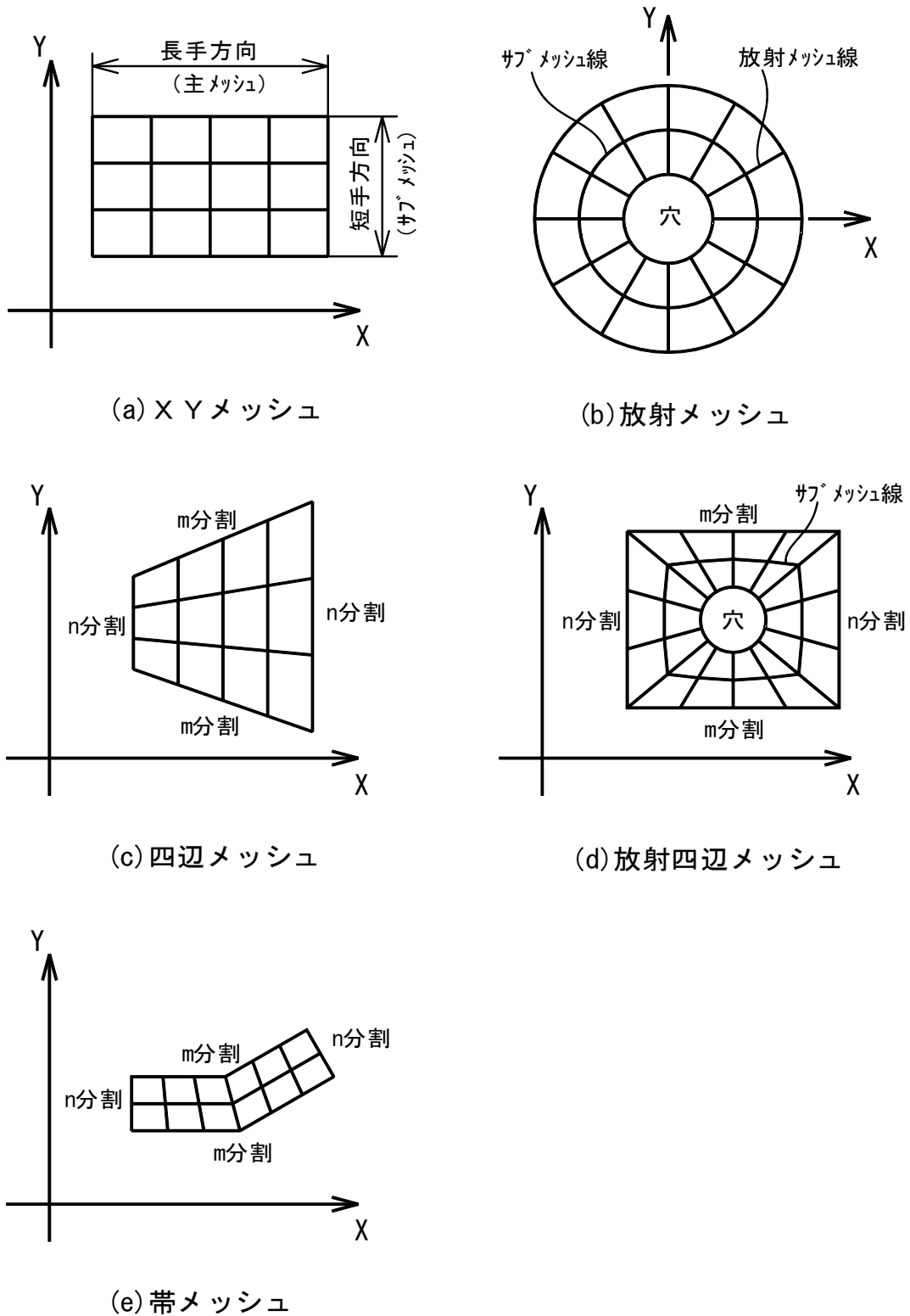


図1-4 断面のメッシュ種類

### 3) 四辺メッシュ

四辺形に限定した形状の自動メッシュ方法で、対辺どうし同一分割数のメッシュ生成を行いません。四辺形の辺は円弧でも構いません。また、2組の対辺の分割数は別々に設定できます。

#### 4) 放射四辺メッシュ

中心穴の有無に対応した四辺形に限定した形状の自動メッシュ方法です。中心からの放射メッシュにおいて対辺どうし同一分割数でメッシュ生成できます。四辺形の辺は円弧でも構いません。また、2組の対辺の分割数は別々に設定できます。

#### 5) 帯メッシュ

曲がった帯形状に対応する自動メッシュ方法で、帯の幅と長さについてそれぞれ均等な分割数でメッシュ生成します。帯形状に対して一括で効率的なメッシュ生成ができます。

### < 3次元の軸回転体に適用する場合の注意 >

図1-5のように、半断面のメッシュ要素に関して、中心軸に節点のある要素は1辺が中心軸上になければなりません。

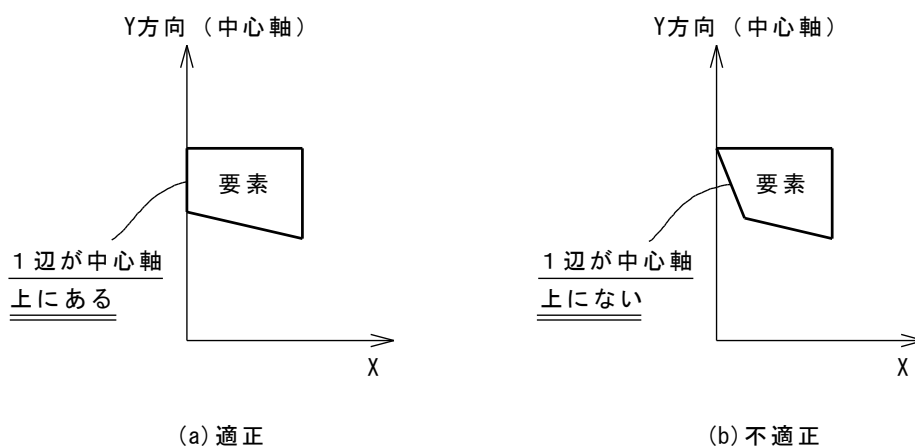


図1-5 3次元の軸回転体に適用する場合の注意説明（中心軸に節点のある要素）

#### 1.4 断面構造の移動と合成

これは「FEM断面データ」ソフトにより実施します。詳しくは同ソフトの説明書を参照してください。

断面の構造モデルを生成した後、構造モデルに平行移動や回転移動を施して、新たな構造モデルとすることができます。

また、1つの構造モデルに別の構造モデルを合成して、新たな構造モデルを生成することができます。さらにこの操作を繰り返して、いくつでも構造モデルを合成することができます。

##### [構造の合成方法]

- ① 2つの構造を組合せます。
- ② 片方の構造をベース構造、他方を追加構造と呼びます。
- ③ ベース構造の要素および節点はそのまま保持されます。
- ④ 2つの構造で同一の座標位置の節点どうしを重ね合わせます。

◇ 節点どうしを重ね合わせたときに、要素が正しく接続されるように配慮

しておく必要があります。

◇合成の際に、追加構造を平行・回転移動させることも可能です。

⑤追加構造の要素番号と節点番号は、ソフト内で自動的に付番し直します。

上記の合成方法で、最も問題になるのは④の節点座標位置です。図1-6に構造の合成の説明図を示します。同図で、構造1と構造2を合わせて、右側の合成構造を生成するものとします。その際、構造1と構造2の結合境界では、節点数および寸法が同一でなくてはなりません。自動メッシュにより構造1や構造2を生成する際、結合境界で要素どうしが正しく接続されるようにメッシュ数等を設定しておきます。もし自動メッシュだけではうまく行かないときは、後で結合境界の要素について人手で調整する必要があります。

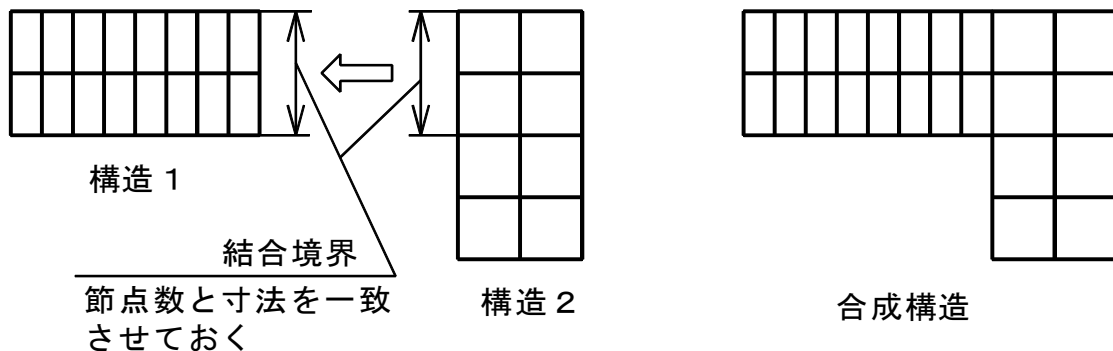


図1-6 構造の合成の説明図

### 1.5 部分構造の自動メッシュ

部分構造については、モデル化とメッシュ生成を同時に行ないます。本ソフトにおける部分構造の種類を図1-7に示します。同図のように、大きくは柱状体と軸回転体の2つに区分されます。なお、同図では、断面メッシュの表示は省略しています。

また、両者の部分構造とも、後で全体構造のメニューにおいて、平行移動や回転移動を任意に行なうことができます。

#### (a) 柱状体

- ①両端に断面があり、その間が柱のように連結されている構造体です。そして両端断面の間をメッシュ分割して六面体要素を生成します。両端面の3次元座標位置および向き（断面X、Y軸の方向余弦）を任意に設定できます。
- ②両端面形状の種類としては、同一、相似、異形の3種類があります。両端面の2次元メッシュは、要素数、節点数が同じでなければなりません。両端面形状が異形の場合、両端面で対応する要素番号、節点番号が異なっても構いません。
- ③図1-7のイ)、ロ)に示すように、両端面の接続方法として、直線接続と曲線接続の2種類があります。曲線接続においては、両端面間の各メッシュ断面の3次元断面



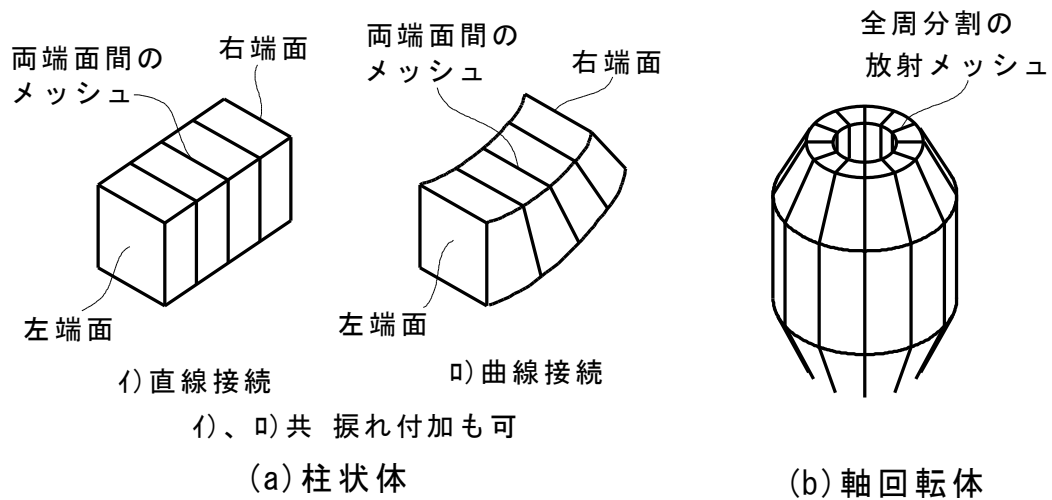
位置を指定します。

④図1-8に両端面同一の平行直線接続柱状体のメッシュ説明図、また図1-9に両端面同一の曲線接続柱状体のメッシュ説明図を示します。

⑤各柱状体において、両端面間に振れを付加することもできます。

#### (b) 軸回転体

前述の半断面を断面Y軸を中心に回転させた構造体です。回転角度は、全周でも部分周でも可能です。そして、指定した回転角度を放射メッシュで分割して六面体要素を生成します。軸回転体を生成した段階では、断面Y軸方向が全体座標のZ軸方向となります。なお、後で任意に座標変換できます。



[両端面形状の種類]

- ①同一 ②相似 ③異形

図1-7 部分構造の種類

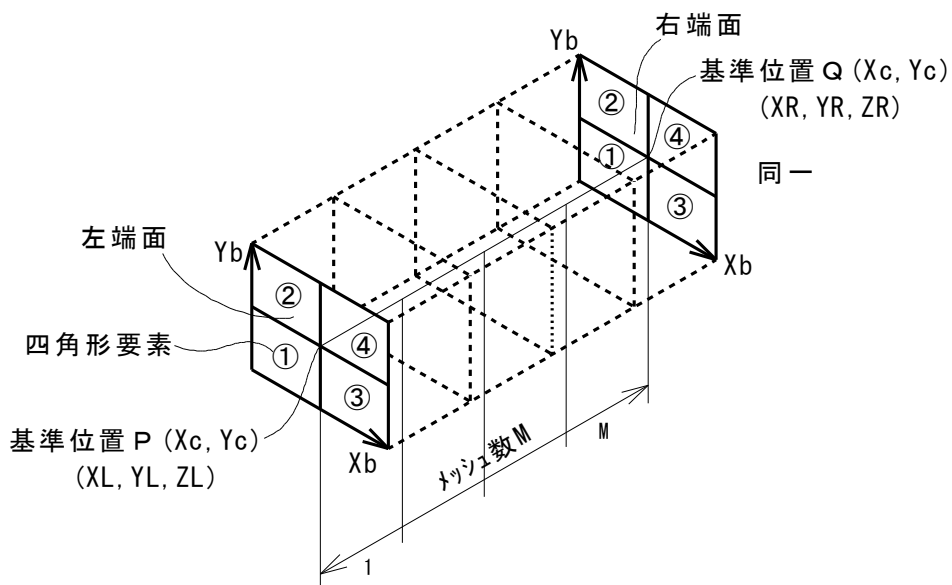


図1-8 両端面同一の平行直線接続柱状体のメッシュ説明図

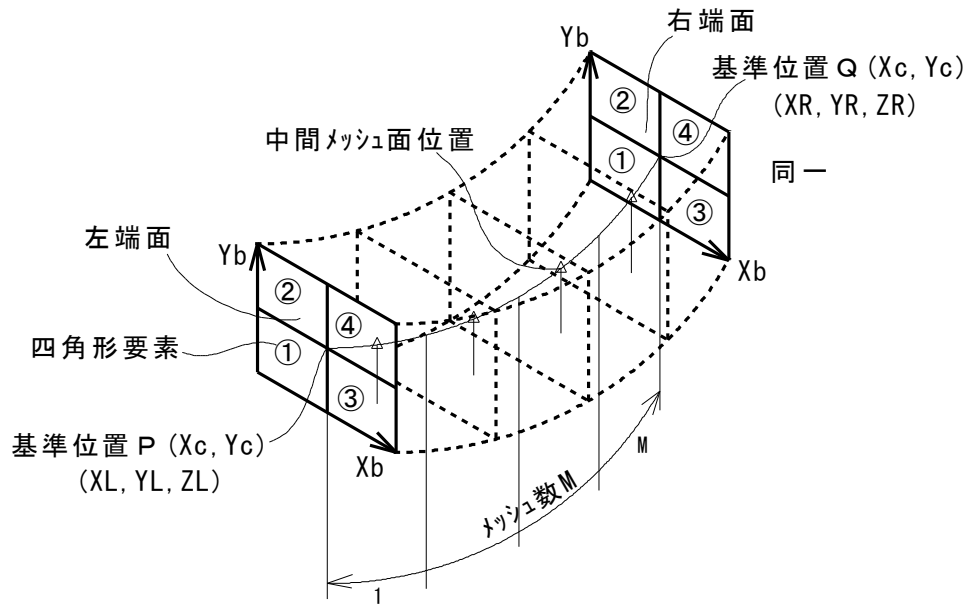


図1-9 両端面同一の曲線接続柱状体のメッシュ説明図

## 1.6 全体構造の作成

前項の部分構造は単独でも全体構造としてできます。その際、構造モデルに平行移動や回転移動を施して、新たな全体構造とすることもできます。

また、部分構造を組合せて全体構造を作成することができます。部分構造の組合せ方法は以下の通りです。同様に、1つの全体構造をベースとして、次々と部分構造を追加することもできます。

### 〔部分構造の組合せ方法〕

- ① 2つの構造を組合せます。
- ② 片方の構造をベース構造、他方を追加構造と呼びます。
- ③ ベース構造の要素および節点はそのまま保持されます。
- ④ 2つの構造で同一の座標位置の節点どうしを重ね合わせます。

◇節点どうしを重ね合わせたときに、要素が正しく接続されるように配慮しておく必要があります。重ね合わせの要素面どうしは平行にしておかねばなりません。

- ⑤ 追加構造の要素番号と節点番号は、ソフト内で自動的に付番し直します。

上記の部分構造組合せで、最も問題になるのは④の節点座標位置です。図1-2に示した部分構造(b)、(c)を全体構造(d)に組合せるような場合は、自動メッシュで生成した部分構造のまま組合せて、全体構造を生成できます。

◇突き合せ面の要素や節点が合うように、自動メッシュの際に、端面位置やメッシュを設定しておく必要があります。

別の組合せ例として、たとえば円柱の側面に別の部分構造を追加するような場合は、追加構造を円柱側面に交差させた突き合せ面を生成し、節点位置等を調整する必要があります。本ソフトにはこの組合せの機能も入っており、詳細は第2章を参照してください。

## 第2章 柱状体交差の自動メッシュ方法

柱状体交差とは、1つの柱状体に別の柱状体が交差することを言います。そして、本ソフトでは、2つの柱状体の交差部分のデータを生成して、両者を合成する処理を行ないます。なお、構造の合成を繰り返すことにより、複数の柱状体の交差を行なうこともできます。

### 2.1 柱状体交差の定義と組合せ

表2-1に本ソフトの柱状体交差の組合せ、図2-1～2-2に説明図を示します。ここで、ベース柱状体はX軸方向に置かれた円柱または角柱で、交差柱状体はベース柱状体と交差角 $\theta$ （XY平面に平行）で側面に交わるものとしします。図で交差角 $\theta$ はX軸との角度を示していますが、実際にはXZ平面との角度になります。すなわち、交差柱状体の中心軸はXY平面に平行な面内にありさえすればよく、Z座標は任意です。また、交差柱状体の構造データを生成した後で、交差柱状体をX軸回りに回転させて、任意角度でベース柱状体に交わせたり、複数個交わせたりすることもできます。

図2-1は円柱どうしの交差、図2-2は角柱どうしの交差を示します。ベース柱状体が円柱の場合は、交差柱状体の構造データを生成する際、ベースの円柱の半径 $a$ を与えて計算します。また、ベース柱状体が角柱の場合は、交差側面のY座標 $-a$ （負側）を与えて計算します。図は省略しますが、円柱と角柱の任意の組合せも可能です。なお、交差柱状体の交差部分がベース柱状体からはみ出すことは許されません。

表2-1 本ソフトの柱状体交差の組合せ

ベース柱状体	交差柱状体	
	円柱	角柱
円柱	○	○
角柱	○	○

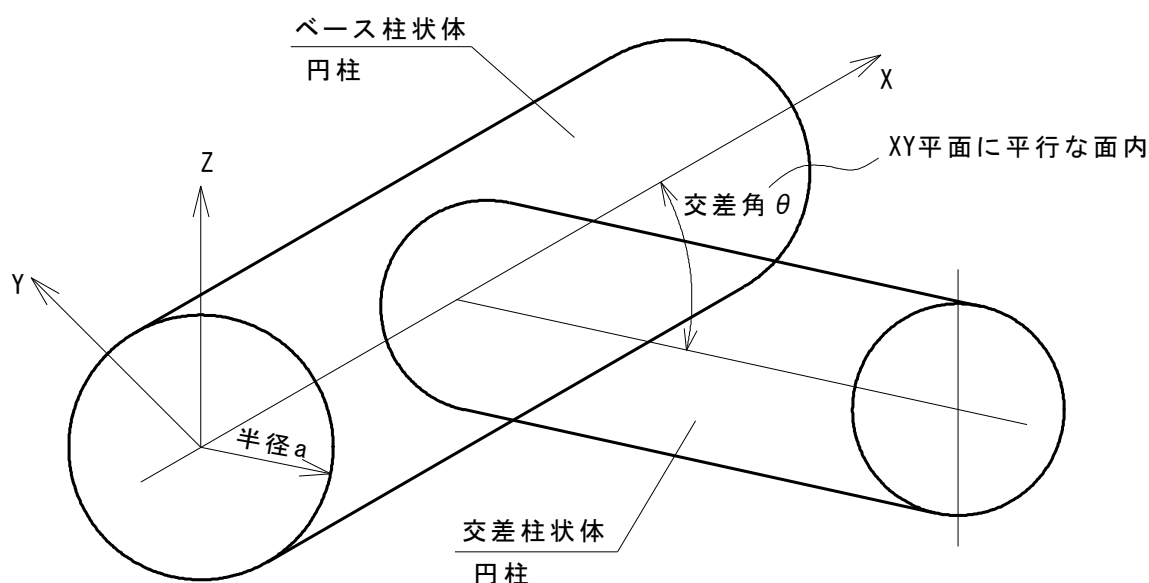


図2-1 円柱どうしの柱状体交差の説明図

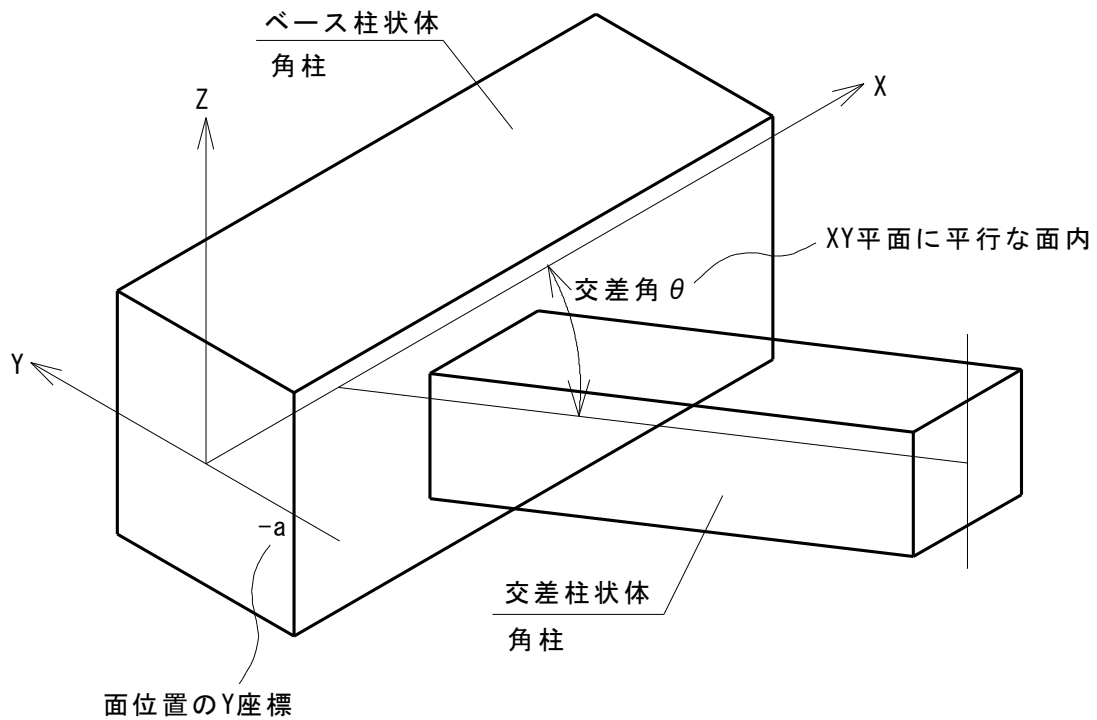


図2-2 角柱どうしの柱状体交差の説明図

## 2.2 ベース柱状体の構造データ

ベース柱状体は、通常の「部分データ」として構造データを作成します。その際、交差面において要素メッシュが交差柱状体に合うようにメッシュ数を調整しておく必要があります。ただし、交差面の節点は交差柱状体の節点へ自動調整されるので、節点座標を合わせておく必要はありません。もし、交差柱状体との構造合成で問題があれば、試行錯誤で構造を作成し直すことになります。

## 2.3 交差柱状体の構造データ

交差柱状体は、「交差データ」として構造データを作成します。交差面の節点は自動生成され、節点座標の調整は不要です。上記のように、交差面において要素メッシュがベース柱状体に合うようにメッシュ数を調整しておく必要があります。

その他に交差柱状体は、次の制約があります。

①断面メッシュ方法は四辺メッシュまたはXYメッシュとする。

◇交差面での接合の都合上、放射メッシュは使用できません。

◇円形の断面に四辺メッシュを適用する方法を、図2-3に示します。同図は、円の元データを示した図で、同図のように円周を4等分した円弧線分①～②を定義します。円弧線分①は点1～3で構成され、他の円弧線分も同様です。同図のように、4等分の切断位置は45°方向に取ってください。これは四辺メッシュのメッシュ線を縦・横方向にするためです。そして、本図の円断面に対して、4×4の四辺メッシュを行なったメッシュ図を図2-4に示します。

②円筒は使用できない。

◇円筒は断面メッシュ方法が放射メッシュとなるため、交差面の接合が不適切になります。ただし、角柱で角穴の場合は、XYメッシュなので使用可能です。

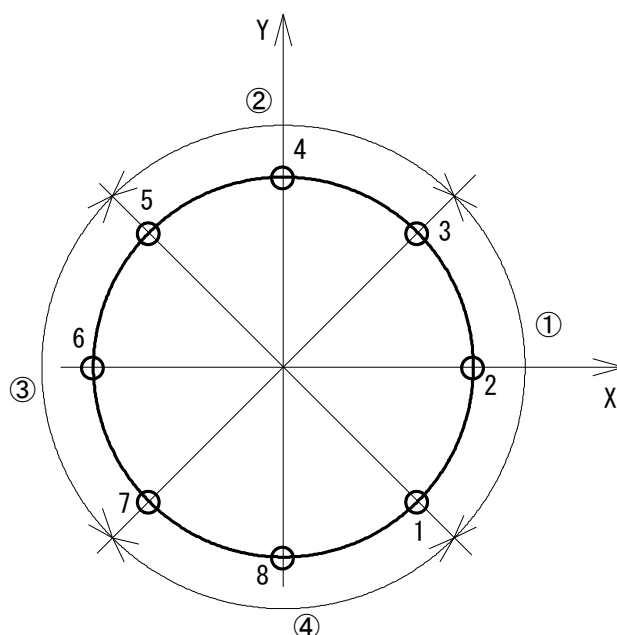


図2-3 円断面の線分定義（四辺メッシュ用）

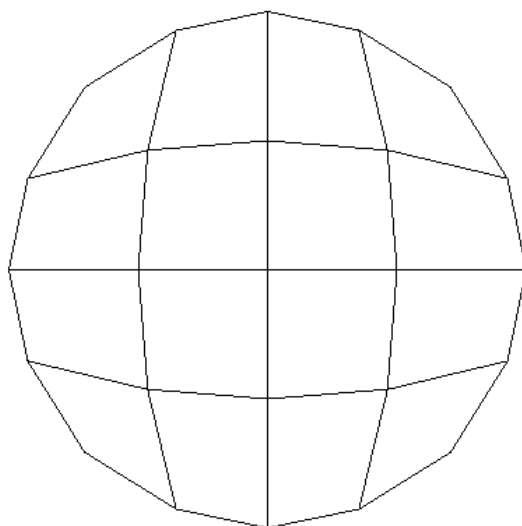


図2-4 円断面の四辺メッシュ例

## 2.4 構造合成後の処置

交差柱状体が円柱の場合、ベース柱状体と合成すると、ベース柱状体側では交差面の要素が交差柱状体の要素に集約されるため、交差部周辺の要素が粗くなることがあります。もし粗くなった要素の部分を細かくしたい場合は、本ソフトの「要素の追加」機能により容易に実施できます。詳細は、第8章の8.12節を参照してください。

### 第3章 断面分割の考え方（「FEM断面データ」ソフトを使用）

断面全体を一括して自動メッシュするか、断面を分割して部分毎に自動メッシュして合成するかについて説明します。断面を部分に分割するというと面倒なように思われますが、少し慣れればそれほど面倒ではなく、また自分の意図するメッシュ生成ができるという利点があります。分割した部分毎の自動メッシュ方法としては、四辺メッシュが最も適しています。ただし、四辺にならない部分の場合は、XYメッシュか、場合によっては放射メッシュを適用します。

#### 3.1 一括自動メッシュの断面

一括自動メッシュに適した断面形状として、次のようなものがあります。これらの形状では、もしメッシュ生成に問題が生じても、一般にメッシュ数を増やすことにより対処できます。

- ①単純な多角形で、かつ穴のない断面（XYメッシュ）
- ②単純な円形またはリング形状の断面（放射メッシュ）
- ③穴や窪みがあっても、周囲の肉厚が厚い断面（XYメッシュ）
- ④コの字形、L字形、その他種々の形状で、形状変化の数が比較的少ない断面（XYメッシュ）

#### 3.2 形状変化の数が多き断面

これは3.1節の④に当てはまらない断面で、その一例を図3-1に示します。同図のように形状変化の数が多き断面全体を一括して自動メッシュすると、適切なメッシュ生成が難しく、可能な場合でも非常にメッシュ数が多くなります。このような形状変化の数が多き断面では、分割して部分毎に自動メッシュする方がよいです。図3-1のように、①～⑨の9つの部分に分け、各部分毎に四辺メッシュにより自動メッシュを行ないます。そして、各部分を合成して断面全体とすると、図3-2のような断面メッシュが得られます。

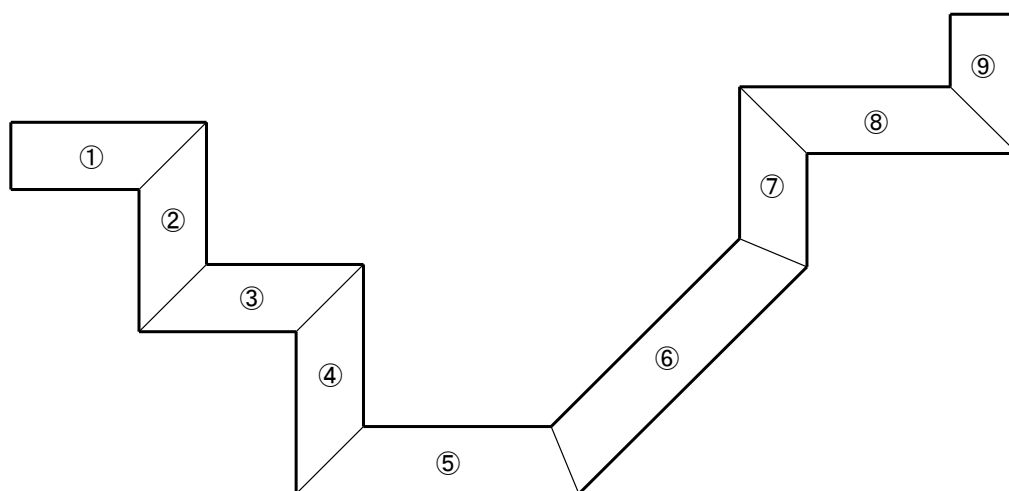


図3-1 形状変化の数が多き断面例

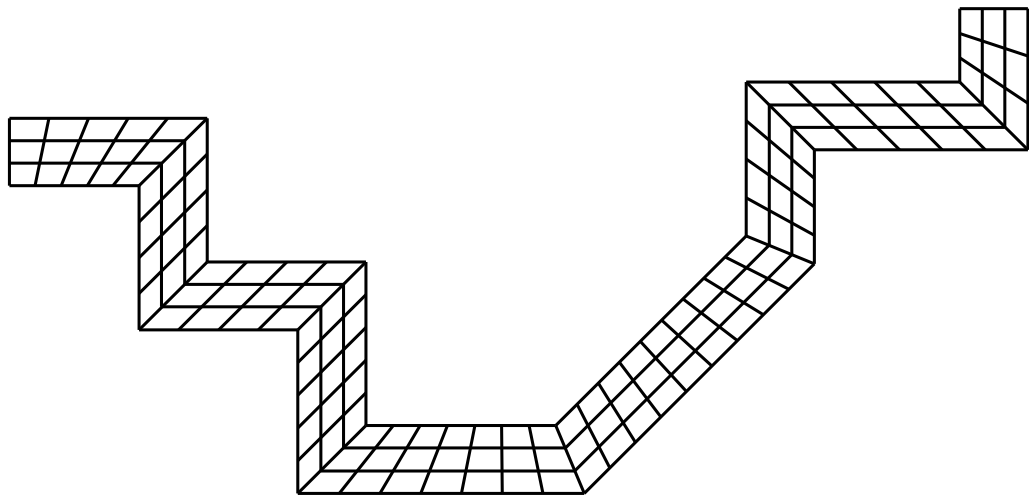


図3-2 形状変化の数が多い断面の分割メッシュ例

### 3.3 薄肉で形状変化のある断面

薄肉の場合には自動メッシュの方法に注意する必要があります。すなわち、薄肉の厚さ方向には2層以上のメッシュ数が必要で、かつ、同メッシュ数を各部で同じにしたいということがあります。以下では薄肉の枠形状の断面例で説明します。

図3-3に薄肉の枠形状の断面を示します。本断面全体を一括して自動メッシュ生成する場合、先ず薄肉の肉厚を2層以上に分けるため、メッシュ数が非常に多くなります。また、肉厚のメッシュ層数が各部で同一になるようにメッシュ数を調整することはかなり困難です。このような薄肉の枠形状の断面では、枠の辺毎に分割して部分毎に自動メッシュの方がよいです。図3-3のように①～④の4つの辺に分け、各部分毎に四辺メッシュにより自動メッシュを行ないます。そして、各部分を合成して断面全体とすると、図3-4のような断面メッシュが得られます。

なお、任意形状の四角形の枠はメッシュを直接生成できます。

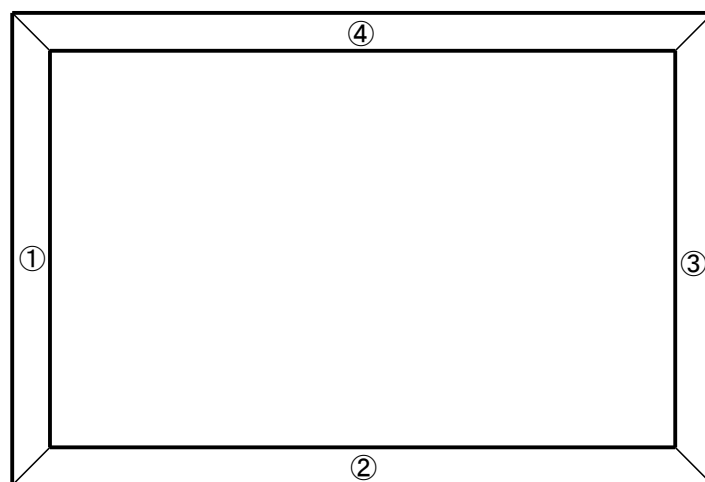


図3-3 薄肉の枠形状の断面例

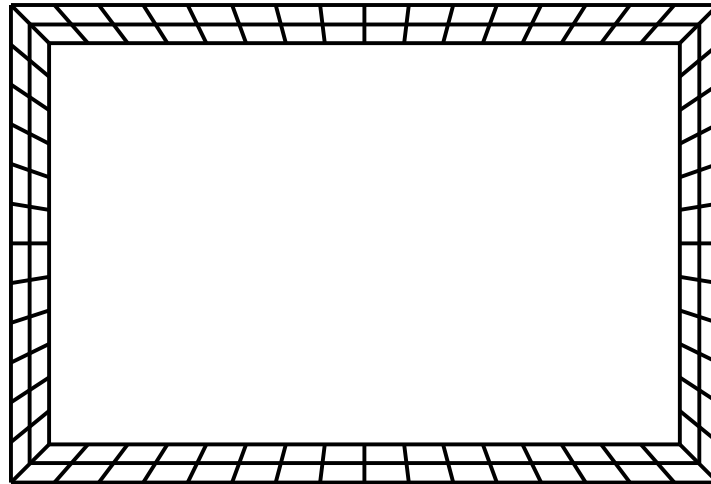


図3-4 薄肉の枠形状断面の分割メッシュ例

### 3.4 同一形状部分を組合せた断面

断面が同一形状部分の組合せから成っている場合は、1つの形状部分について自動メッシュ生成し、その部分を複製移動して合成するのが便利です。

注) 本ソフトにおける複製移動は、部分メッシュ済みの構造を座標移動し、別のファイル名で保存することにより実施できます。ただし、自動メッシュ生成の際、構造合成の連結面で節点が合うように配慮しておく必要があります。

具体例を図3-5に示します。同図の②、③は、①の部分と全く同一です。そこで、先ず①の部分について、必要があればさらに分割して、自動メッシュを行ないます。図3-6に①の部分のメッシュ例を示します。そして、そのメッシュ部分を座標移動して②、③のメッシュとし、3つの部分を合成すると、図3-7のように断面全体のメッシュが完成します。

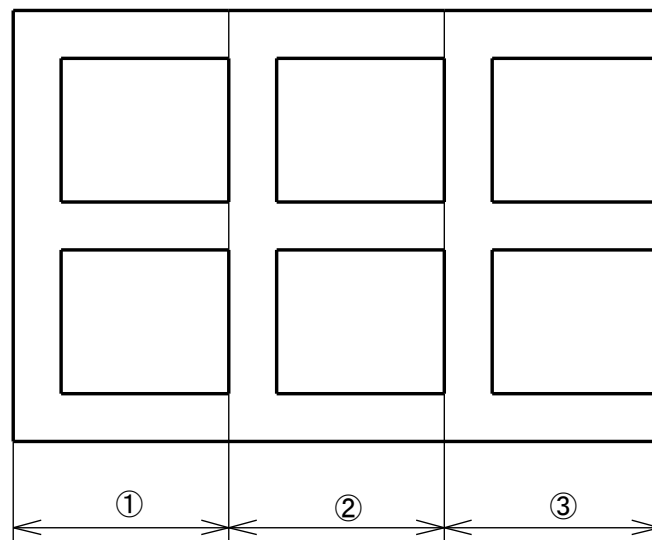


図3-5 同一形状部分を組合せた断面例



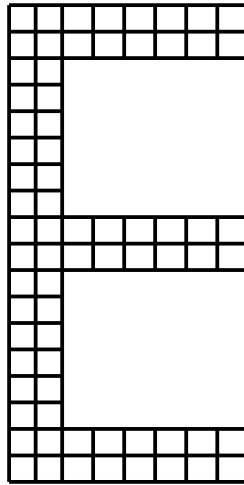


図3-6 同一形状の1部分のメッシュ例

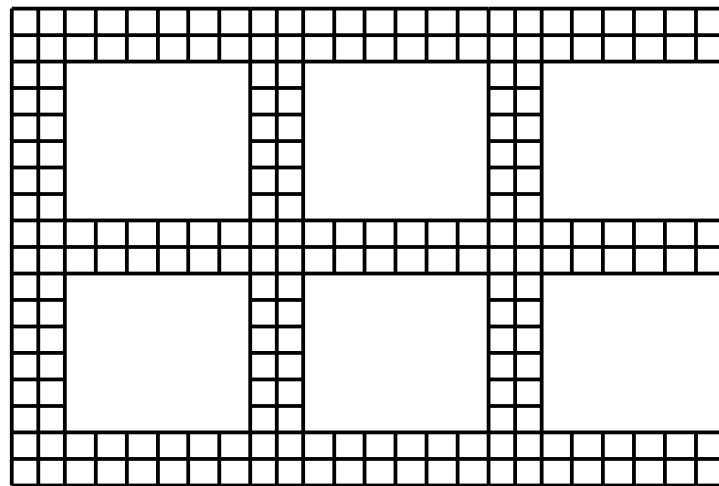


図3-7 同一形状部分を組合せた断面の分割メッシュ例

### 3.5 コーナーR部の細分割

構造強度解析ではコーナーR部の応力集中の問題があります。同問題に対しては、コーナーR部を細かくメッシュ分割します。断面全体を一括した自動メッシュでもコーナーR部を細かく分割できることもありますが、その場合は全体のメッシュ数が非常に多くなります。従って、コーナーR部を細分割する必要がある場合には、断面のコーナーR部を別個にメッシュ生成するのがよいです。

ここでは図3-8に示すコーナーR部の代表例で説明します。同図で示すコーナーR部を取り上げて自動メッシュ生成します。図3-9に2種類の自動メッシュ方法を示します。同図(a)は放射メッシュによる場合で、コーナーR部を一括して自動メッシュできます。他方、同図(b)は四辺メッシュによる場合で、コーナーR部を2つの四辺部分に分けてそれぞれ自動メッシュし、両者を合成します。

また、元データを使用しない方法として、図3-10に自動メッシュ方法を示します。

これは「断面直接生成」の1つとして選択することができます。なお、この直接生成では、XY座標が固定されているので、構造の合成の際に座標移動が必要です。

図3-11にコーナーR部のメッシュ例を示します。このメッシュ例は、放射メッシュでも四辺メッシュ（含合成）でも同様です。

なお、「断面メッシュデータ」ソフトの四辺メッシュは、直線辺だけでなく円弧辺にも対応しています。参考として、図3-12に鼓形状断面での四辺メッシュ実施例を示します。同図から、円弧辺に対応した適切なメッシュが生成されていることがわかります。

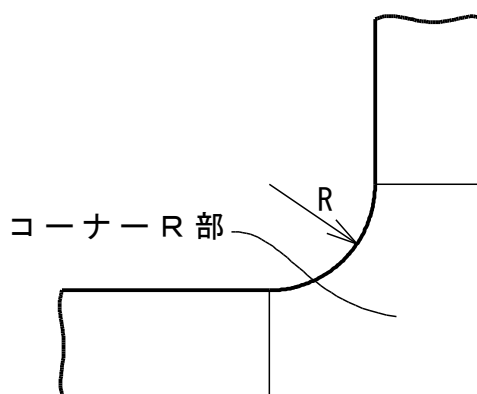
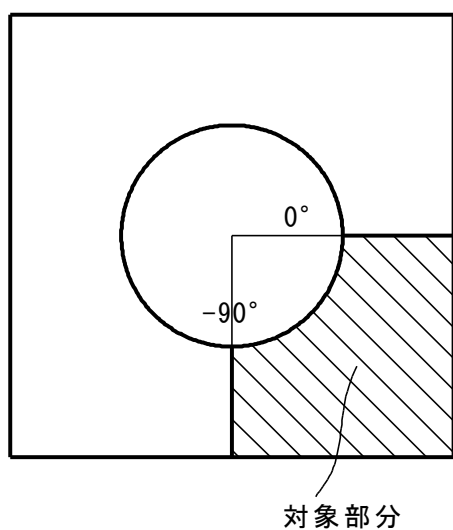
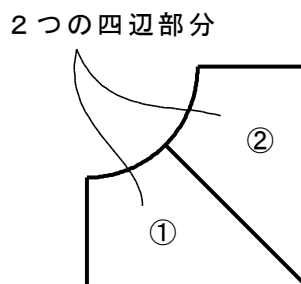


図3-8 コーナーR部の代表例



(a) 放射メッシュの場合



(b) 四辺メッシュの場合

図3-9 コーナーR部の自動メッシュ方法

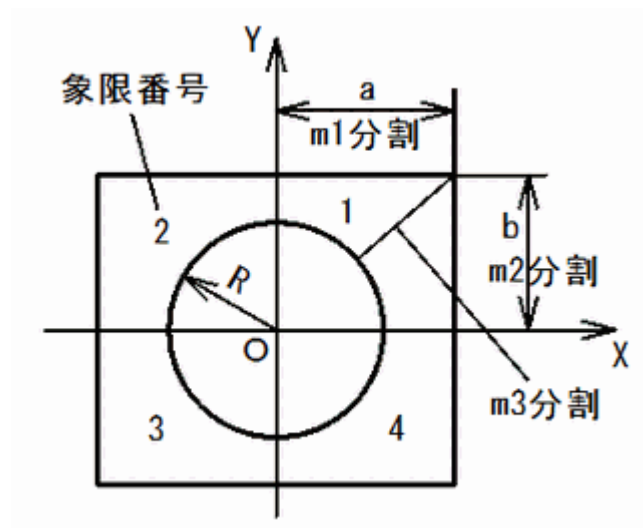


図3-10 コーナーR部の自動メッシュ方法（直接生成）

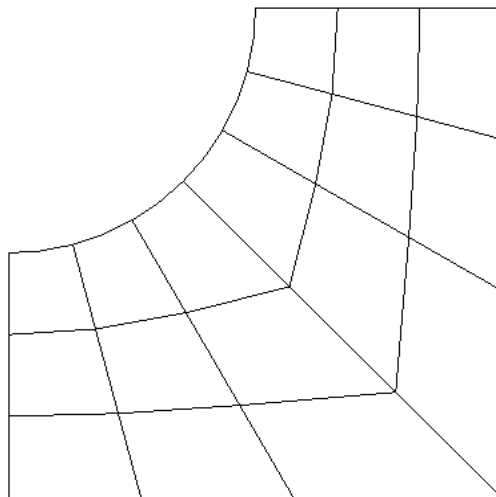


図3-11 コーナーR部のメッシュ例

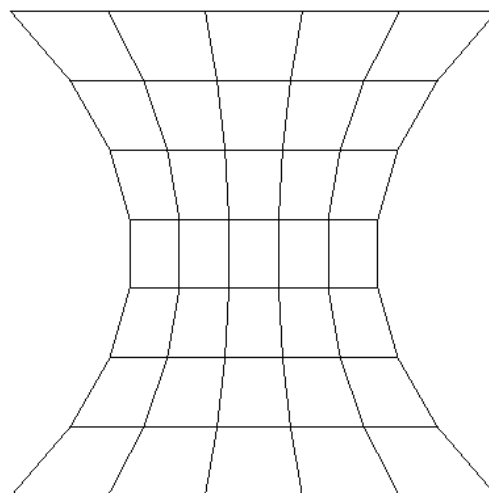


図3-12 鼓形状断面での四辺メッシュ実施例

## 第4章 プログラムの機能・構成

### [VBプロジェクト名] SolidData

本ソフトでは3次元FEM解析用の立体データ作成を行ないます。本ソフトの立ち上げ画面は図4-1のメニュー画面です。同図のように、7つの基本メニューがあります。

- ①「部分データ」メニューでは断面データを用いて部分構造データを自動メッシュ生成します。
- ②「交差データ」メニューではベース柱状体に交差させる交差柱状体の構造データを自動メッシュ生成します。この「交差データ」メニューは、円柱どうしの交差のように、ベース柱状体と交差柱状体の接合面の要素・節点を事前に一致させることが面倒な場合に使用します。
- ③「全体データ」メニューでは1つ以上の部分構造データを用いて全体構造データを完成させ、各解析用データに変換します。
- ④「立体直接生成」メニューでは、断面データを使用せずに、一部の立体を直接生成します。
- ⑤「3次元平面の利用」メニューでは3次元平面（四角形または三角形）を利用した柱状体を生成します。
- ⑥「解析用へ変換」メニューでは各解析用データに変換します。
- ⑦「終了」メニューをクリックすると、ソフトが終了します。

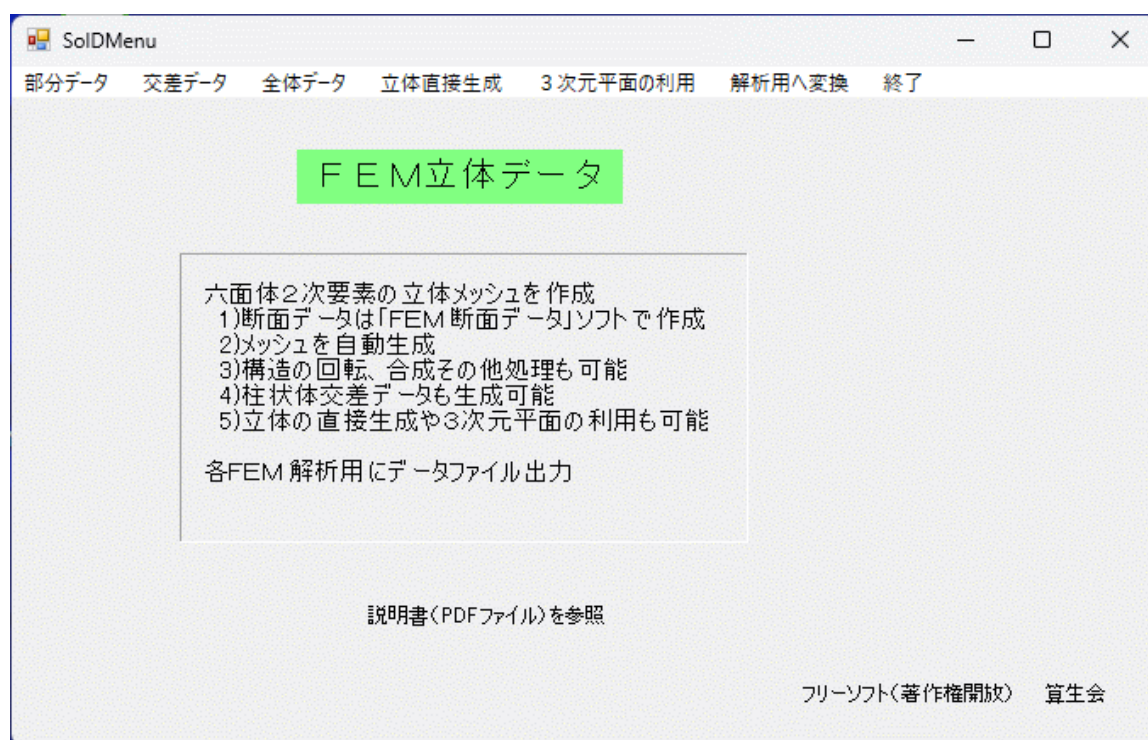


図4-1 「SolidData」ソフトのメニュー画面

次に、図4-2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SolidMenuモジュール\*で制御し、その下に「部分データ」、「交差データ」、

「全体データ」、「立体直接生成」、「3次元平面の利用」「Gmshメッシュ」、「解析用へ変換」の各プログラム群に分かれています。

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

データファイルの種類を表4-1に示します。同表のように6種類を使用しています。します。なお、同表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。

表4-1 本ソフトのデータファイルの種類

名称	デフォルトの ファイル拡張子	内容
1) 断面データファイル	.aum	断面メッシュのファイル (要素の材料番号を含む) 注) 「FEM断面データ」ソフトにより作成
2) 部分仕様データファイル	.auz	部分構造の要素メッシュ生成の仕様 ファイル
3) 交差仕様データファイル	.auc	交差柱状体の要素メッシュ生成の 仕様ファイル
4) 全体データファイル	.au3	立体の構造データファイル (要素の材料番号を含む)
5) 3次元平面データファイル	.aun	3次元平面(四角形または三角形) のメッシュデータファイル
6) 解析データファイル	.dat	各解析ソフト用のデータファイル (材料や境界の条件部分を含む)

注) オプションで、2)～5)のデータファイルは、読み込み時にバックアップファイル(拡張子.bak)を自動作成できます。ただし、同じ名前で元の拡張子だけ異なる場合は、拡張子によらず同一名のバックアップファイルが上書きされます。

表4-2に本ソフトのファイルリストを示します。同表で、[部分データ]のMeshAuz1とMeshAuz2、[交差データ]のMeshAuc1とMeshAuc2、および[全体データ]のSolDDat1とSolDDat2は、各種データを画面入力するためのものです。特に、MeshAuz2、MeshAuc2、およびSolDDat2では、それぞれ1つのフォームモジュールで、複数種類のデータをグリッド切替えにより入力できるようにしています。

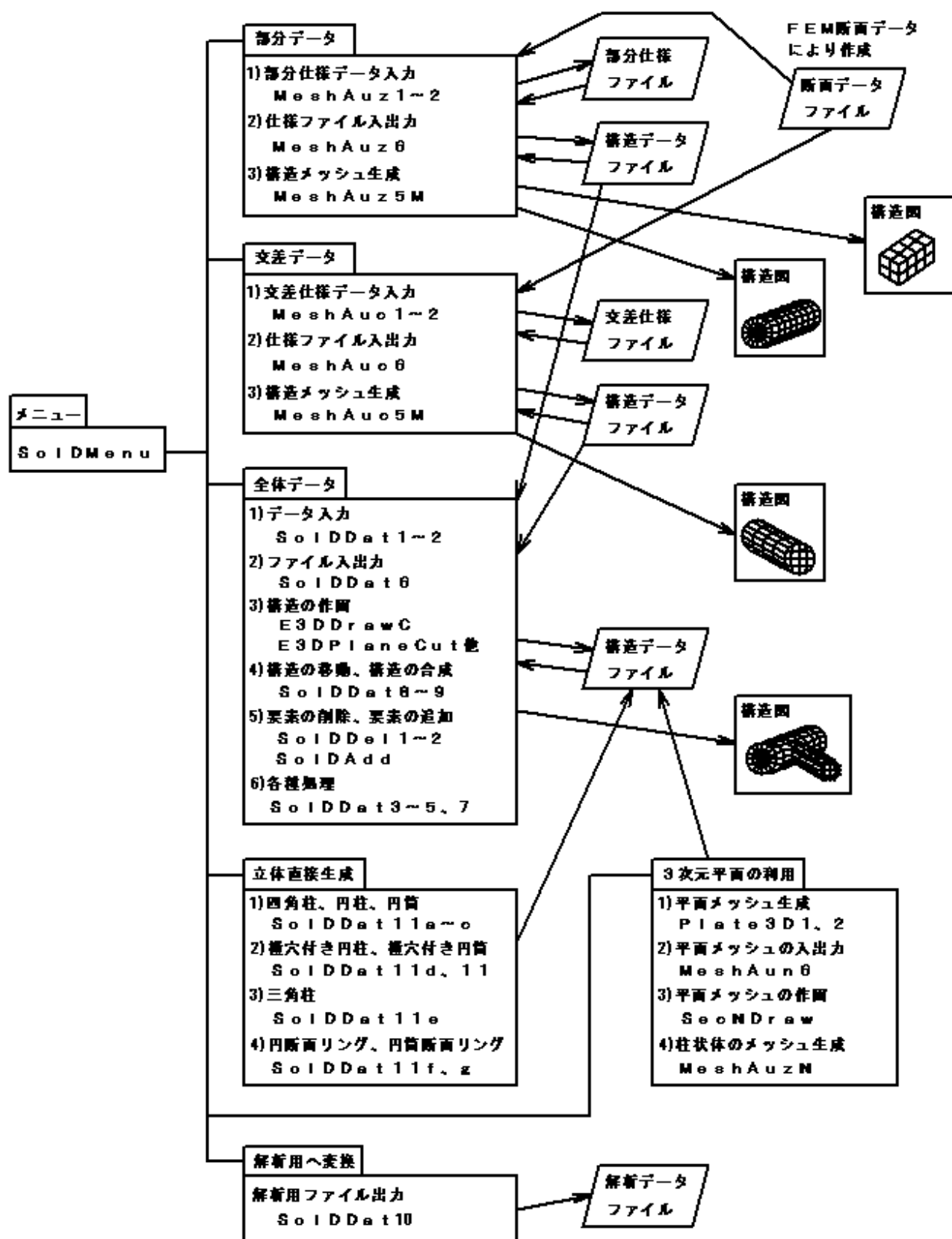


図4-2 「SolidData」ソフトのプログラム構成

表4-2 (1/2) 「SolidData」ソフトのファイルリスト

[全般]

ファイル名	内容
SolDCom. vb	共通変数の宣言とサブルーチンの定義
SolDMenu.vb	メニューの提示・選択

[部分データ]

ファイル名	内容
MeshAuz1. vb	部分データ仕様の入力
MeshAuz2. vb	各種部分データの入力
MeshAuz5M. vb	立体メッシュ生成の実行
MeshAuz6. vb	部分仕様ファイルの入出力

[交差データ]

ファイル名	内容
MeshAuc1. vb	交差データ仕様の入力
MeshAuc2. vb	各種交差データの入力
MeshAuc5M. vb	交差立体メッシュ生成の実行
MeshAuc6. vb	交差仕様ファイルの入出力

[立体直接生成]

ファイル名	内容
SolDDat11. vb	横穴付き円筒の直接生成
SolDDat11a. vb	四角柱の直接生成
SolDDat11b. vb	円柱の直接生成
SolDDat11c. vb	円筒の直接生成
SolDDat11d. vb	横穴付き円柱の直接生成
SolDDat11e. vb	三角柱の直接生成
SolDDat11f. vb	円断面リングの直接生成
SolDDat11g. vb	円筒断面リングの直接生成

表4-2 (2/2) 「SolidData」ソフトのファイルリスト

[全体データ]

ファイル名	内容
E3DDrawC. vb	立体構造の作画
E3DPlaneCut. vb	立体構造の面切断の設定
MouseShift. vb	マウス回転操作の説明
SolidAdd. vb	要素の追加
SolidDat1. vb	立体構造データ仕様の入力
SolidDat2. vb	各種立体構造データの入力
SolidDat3. vb	面の傾斜化の処理
SolidDat4. vb	円穴の底・入口のR
SolidDat5. vb	構造の反転処理
SolidDat6. vb	立体構造データファイルの入出力
SolidDat7. vb	2 分割
SolidDat8. vb	立体構造の移動
SolidDat9. vb	立体構造の合成
SolidDel1. vb	要素の削除数の入力と削除の実行（断面を含む）
SolidDel2. vb	要素削除の要素指定（断面を含む）

[3次元平面の利用]

ファイル名	内容
MeshAun6. vb	3次元平面のメッシュデータの入出力
MeshAuzN. vb	3次元平面を利用した柱状体の生成
Plate3D1. vb	3次元の四角形平面のメッシュ生成
Plate3D2. vb	3次元の三角形平面のメッシュ生成
SecNDraw. vb	3次元平面のメッシュ構造の作画

[解析用へ変換]

ファイル名	内容
SolidDat10. vb	解析データファイルの出力



## 第5章 立体データの補足説明

一般には立体の自動メッシュを利用しますので、人手で構造データ全体を作成することはないと思われます。もし自動メッシュだけでは不十分の場合に、人手でデータ修正することが可能ですが、立体構造では節点数が多いので専用プログラムを作成した方が確実です。ここでは、立体の構造データについて、断面データを用いて柱状体を作成する例を主体に、作成方法を説明します。

### 1) 先ず構造を略図に描きます。

略図は後掲の図5-1のような斜視図がわかりやすいです。略図には座標軸と寸法も明記します。要素数を少なくするため、対称な形状の場合は、1対称部分のみを用いるのが有利です。立体構造の場合、XY, YZ, ZX平面のいずれかに関して対称であることが多く、対称1平面につき要素数が1/2になります。1対称部分だけを用いると、解析データにおいて対称面の境界条件を設定する必要がありますが、その手間よりも要素数の低減効果の方がずっと大きいです。

### 2) 構造を六面体形要素に分割します。

構造すべてを適当な大きさの六面体に分割します。六面体の面は四角形で、その辺（稜線）は直線でも曲線（円弧）でも構いません。また、面の形状は、三角形であっても、その三角形のいずれかの辺の中点に頂点節点を設けるような変則の四角形も使用できます。

六面体の大きさは、問題により異なり、全体の一部だけを細かくすることもあります。要素分割は、なるべく座標軸に平行に分割した方がわかりやすいです。

### 3) 横置ききの柱状体の例

図5-1に横置ききの柱状体の例を示します。

- ①柱状体を作成する場合、左端面を全体XYZ座標のどこに置くかを決める必要があります。横置きの場合の基本は、同図のようにYZ平面に置き、X軸方向が柱の長手方向になるようにします。

◇図5-1において、左端面の中心点が全体XYZ座標の原点に置かれています。これは、左端面の基準点を中心点に取り、その基準点の空間位置を全体XYZ座標で(0, 0, 0)に設定することにより実施します。また、右端面（図示省略）は同一形状で、その基準点（中心点）の空間位置を(0.4, 0, 0)に設定します。

- ②左端面については、「FEM断面データ」ソフトにより断面メッシュを生成しておきます。その断面例を図5-2に示します。

◇図5-2において、Xb、Yb、0は断面のX軸、Y軸、原点を示します。また、Pは中心点で、その位置座標の(0.1, 0.1)を基準点に指定し、全体XYZ座標の原点に置きます。

注) 基準点は断面のどこに指定してもよく、その基準点の空間位置を全体XYZ座標で設定します。

◇同図下部に、断面座標軸の全体座標に対する方向余弦を示します（右端面も同じ）。

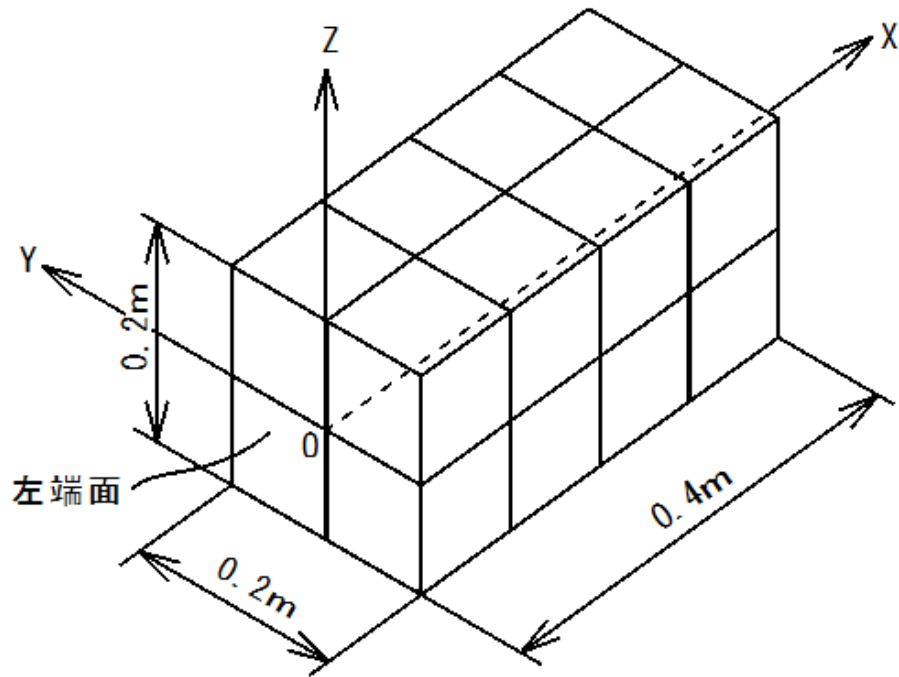
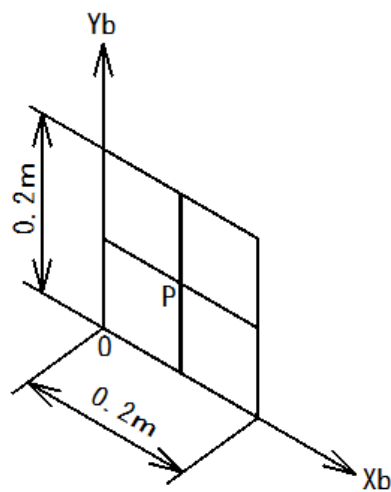


図5-1 横置き of 柱状体の例



[全体座標のYZ平面でX正向きにおいた方向余弦]

Xb軸 : 0, -1, 0    Yb軸 : 0, 0, 1

図5-2 横置き of 柱状体の断面例

#### 4) 縦置き of 柱状体の例

図5-3に縦置き of 柱状体の例を示します。

- ①縦置き of 場合は、左端面を上側に置くのが基本です。すなわち、同図のように柱状体高さ位置のXY平面に左端面を置き、Z軸負方向が柱の長手方向になるようにします。

◇図5-3において、左端面の原点が全体XYZ座標の原点に置かれています。これは、左端面の基準点を原点に決め、その基準点の空間位置を全体XYZ座標で(0, 0, 0.4)に

設定することにより実施します。また、右端面（図示省略）は同一形状で、その基準点（原点）の空間位置を(0, 0, 0)に設定します。

②左端面の断面メッシュは、上記の横置き柱状体と全く同じですが、全体のXYZ座標に置いた向きの断面例を図5-4に示します。

◇図5-4において、Xb、Yb、0は断面のX軸、Y軸、原点を示します。

◇同図下部に、断面座標軸の全体座標に対する方向余弦を示します（右端面も同じ）。

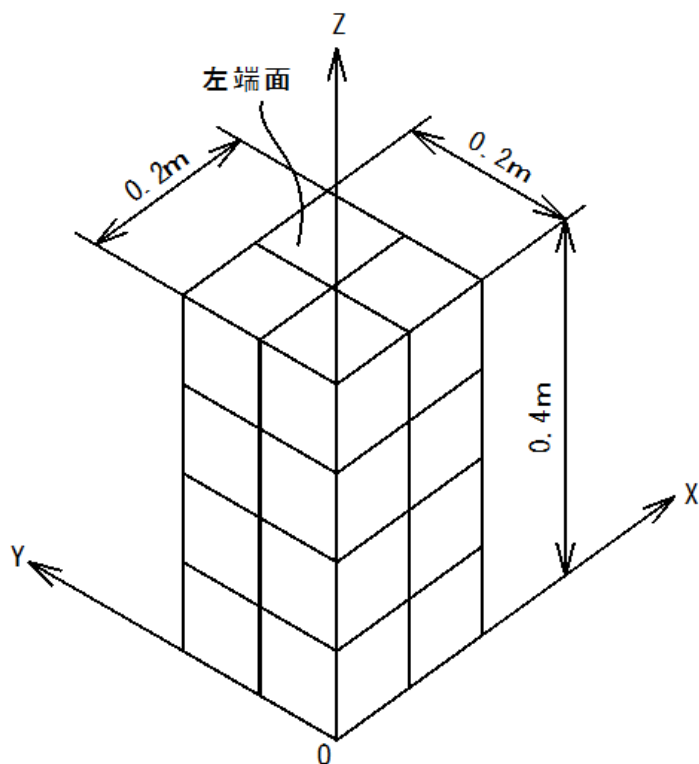
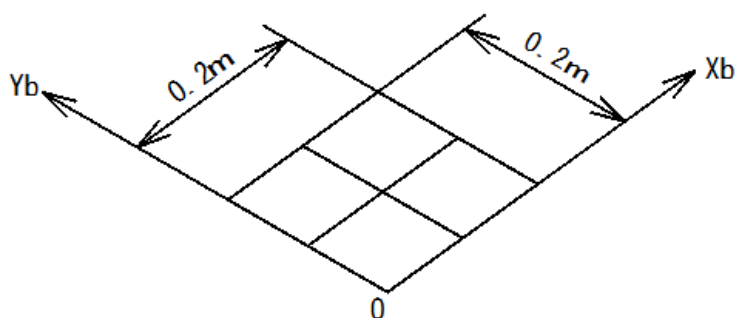


図5-3 縦置き柱状体の例



[全体座標のXY平面でZ負向きにおいた方向余弦]

Xb軸 : 1, 0, 0    Yb軸 : 0, 1, 0

図5-4 縦置き柱状体の断面例

#### 5) 自動メッシュでない場合の注意点

◇要素番号および節点番号は、1番から欠番なしに付けなければなりません。

◇節点座標を算出しておきます。

◇要素を追加変更する場合は、要素数と節点数を必要なだけ増加させます。

#### 6) 材料番号を付けます。

1材料だけの場合は材料番号が1となるので、全く問題ありません。複数材料で構成される場合は、各材料番号を設定します。材料番号は空き番号があっても構いません。

#### 7) データの単位系

本ソフトではデータの単位系は何でもよいですが、FEM解析で使用する材料物性や境界条件のデータを含め、入力データ全体の単位系は統一しておかねばなりません。特に、本ソフトは立体構造だけのデータ作成となりますので注意してください。

#### 8) 構造モデルの移動

本ソフトでは、一旦作成した構造モデルを、各座標軸回りに回転したり、各座標軸に平行移動することができます。従って、最初はなるべく座標軸に平行でわかりやすい外形位置でモデルを作成し、その後で本来の位置に移動させたり、次項の構造の合成に利用すると便利です。

#### 9) 構造の合成

本ソフトでは構造モデルどうしを合成することができます。詳細は第1章1.6節で説明しましたので、それを参照してください。

#### 10) 2分割

本ソフトでは構造モデルを2分割することができます。分割の基準面はX座標、Y座標、Z座標のいずれかで指定できます。

#### 11) 面の傾斜化

本ソフトでは、立体構造の平面を傾斜化することができます。傾斜化には一定傾斜と可変傾斜の2種類があります。詳細は第8章の8.16節を参照してください。

#### 12) 円穴の底・入口のR

本ソフトでは、柱状体で円穴の底のコーナーR、または円穴の入口の面取りRを設定することができます。詳細は第8章の8.17節を参照してください。

#### 13) 構造の反転

本ソフトでは構造モデルを反転することができます。反転の中心平面はX座標、Y座標、Z座標のいずれかを指定できます。

## 第6章 「部分データ」処理プログラム

### 6.1 サブメニュー画面

「メニュー」プログラムにおける「部分データ」のサブメニュー選択画面を図6-1、6-2に示します。同図に示すように、5つのサブメニューがあります。最初に「仕様データ」を作成し、次に「部分メッシュ生成」により部分構造の自動メッシュ生成を行ないます。

「仕様データ」は、図6-1に示すように5つの2次サブメニューがあります。全く新たに部分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、既存ファイルを使用する場合は「ファイル読み込み」を行ないます。

生成した部分構造は、「構造の作画」により確かめることができます。なお、部分構造は、そのまま全体構造として使用することができますし、また部分構造を組合せて全体構造にすることもできます。

図6-2に「オプション」のサブメニュー画面を示します。「オプション」では、3つの項目についてチェックの有無により採否を選択できます。「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。これは、「交差データ」と「全体データ」にも一括適用となります。

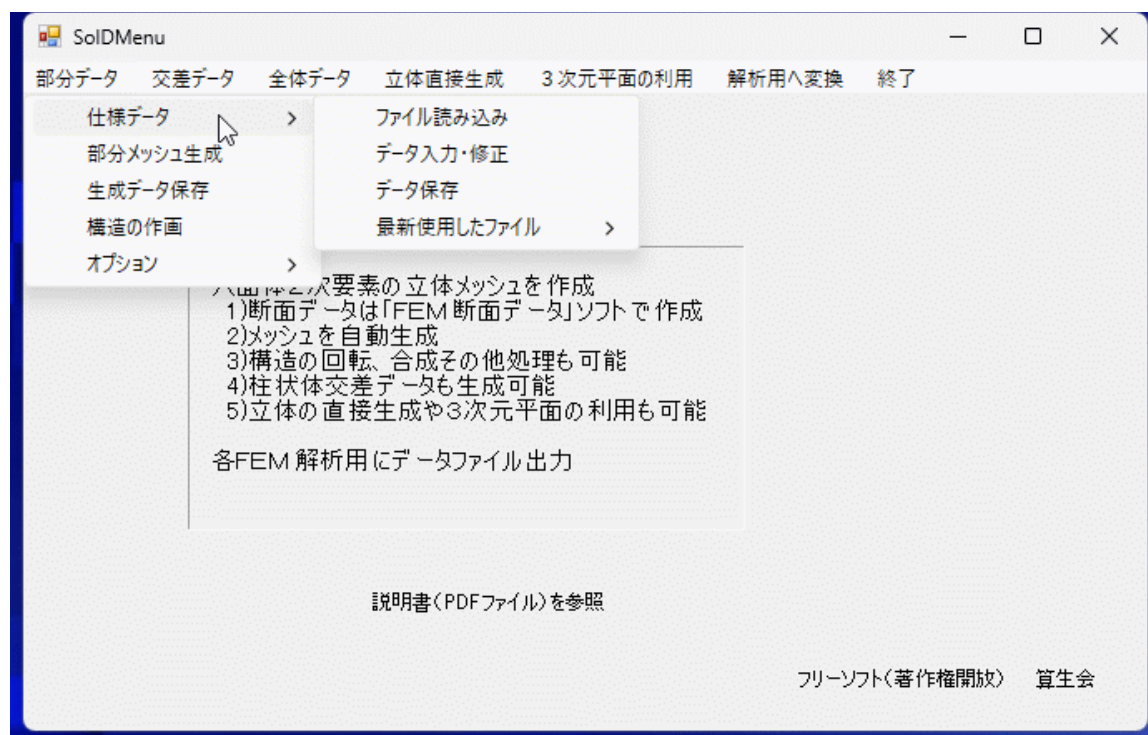


図6-1 「部分データ」サブメニュー画面  
(仕様データの2次サブメニュー表示)

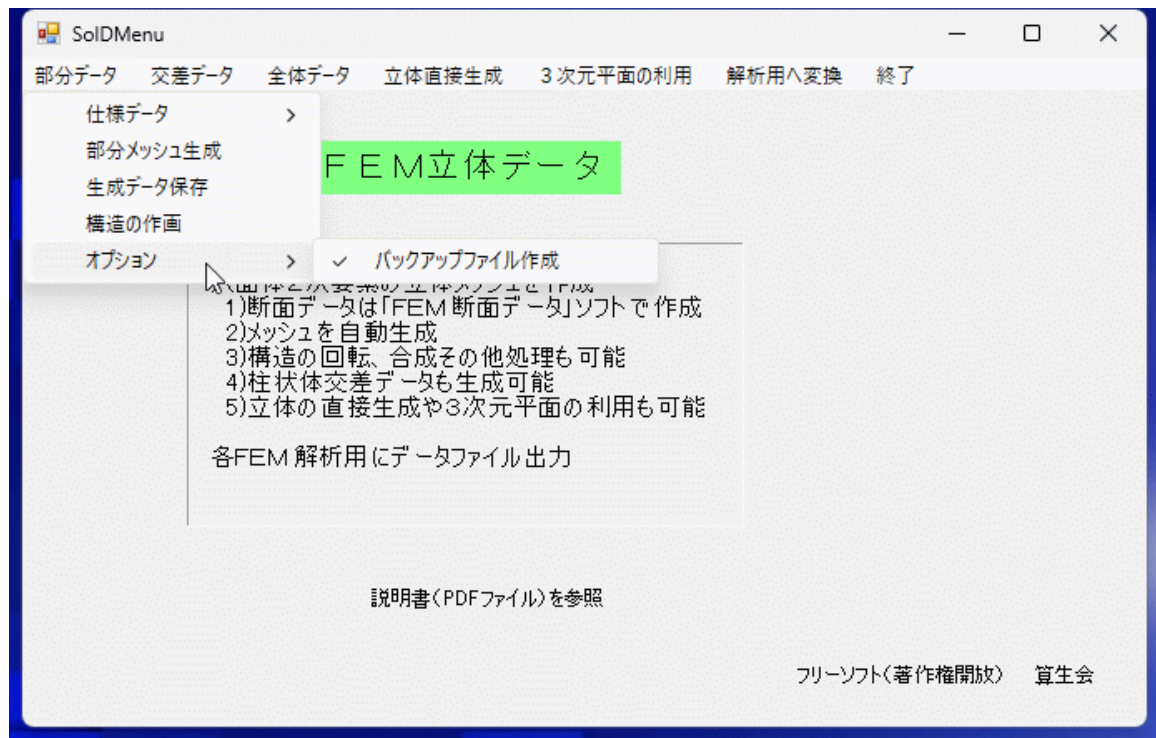


図6-2 「部分データ」サブメニュー画面  
(オプションのサブメニュー表示)

## 6.2 「仕様データ」のファイル読み込み

「仕様データ」の2次サブメニュー「ファイル読み込み」を選択すると、コマンドダイアログでファイルを開く画面となり、仕様データファイルを選定して読み込みます。なお、仕様データファイルのデフォルトの拡張子は、「.auz」です。

## 6.3 データ入力・修正

「仕様データ」の2次サブメニュー「データ入力・修正」を選択すると、図6-3の部分データ仕様入力画面となります。本画面は柱状体を選択した場合のものです。断面ファイルが設定されている場合は、断面図が表示されます。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構造種類は、柱状体または軸回転体を選択します。
- ③柱状体を選択した場合は、両端面の種類として、同一、相似、異形のいずれかを選択します。図6-3では同一を選択しています。
- ④次に、両端面の接続方法として、直線か曲線かを選択します。
  - ◇直線の場合は、両端面の対応節点間をすべて直線で結びます。
  - ◇曲線の場合は、後の画面で、両端面間の各メッシュ面の位置（中間節点メッシュ面を含む）を個別に設定できます。
- ⑤次に、柱状体の両端面間のメッシュ数を入力します。
- ⑥次に、右捩れ角を入力します。これは、左端面から右端面に向かって捩れを与える場合の角度で、捩れがない場合はデフォルトの0とします。

◇振れは、各メッシュ面のX、Y軸の向きが定まった後で追加処理します。

⑦さらに、左端の断面ファイル名を設定します。

「左端の断面ファイル名」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、断面ファイル名を選定して読み込みます。

⑧両端面の種類として相似を選択した場合は、図6-4のように、左端面に対する右端面の相似倍率（長さ比率）も入力します。

⑨両端面の種類として異形を選択した場合は、図6-5のように、右端の断面ファイル名も設定します。両端面の2次元メッシュは、要素数、節点数が同じでなければなりません。

◇左端面の基準要素番号とその要素内の基準節点番号を入力します。そして、右端面の対応要素番号と対応節点番号を入力します。本入力により、両端面の要素番号や節点番号が異なる場合にも対応できます。

⑩本画面の「設定」ボタンをクリックすると、断面の基準位置入力画面に移ります。

⑪各データ入力が終了すると、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。

図6-3 部分データ仕様入力画面（柱状体、同一端面）

MeshAuz1

部分の仕様データを入力してください。

タイトル

構造種類

☒ 柱状体

☐ 軸回転体

両端面の種類

☐ 同一

☒ 相似

☐ 異形

両端面の接続

☒ 直線

☐ 曲線

両端面間のメッシュ数

両端面の要素数、節点数は同じでなければなりません。

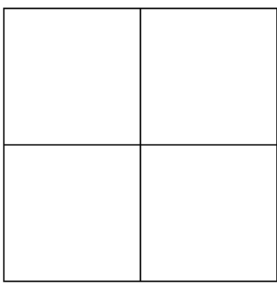
右捩れ角(°)

右端面の相似倍率

左端面の断面ファイル名

設定 中止 すべて確定

左端の断面



右端の断面 左端と相似




図6-4 部分データ仕様入力画面（柱状体、相似端面）

MeshAuz1

部分の仕様データを入力してください。

タイトル

構造種類

☒ 柱状体

☐ 軸回転体

両端面の種類

☐ 同一

☐ 相似

☒ 異形

両端面の接続

☒ 直線

☐ 曲線

両端面間のメッシュ数

両端面の要素数、節点数は同じでなければなりません。

右捩れ角(°)

左端面の基準要素番号  基準節点番号

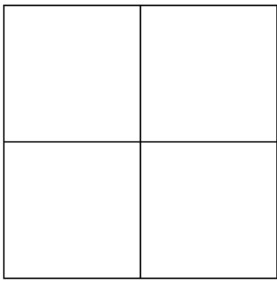
右端面の相当要素番号  相当節点番号

左端面の断面ファイル名

右端面の断面ファイル名

設定 中止 すべて確定

左端の断面



右端の断面

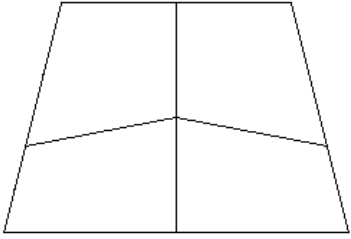


図6-5 部分データ仕様入力画面（柱状体、異形端面）

他方、構造種類として軸回転体を選択した場合の部分データ仕様入力画面を図6-6に示します。本画面の入力について、前述の柱状体と異なる点を補足説明します。

①軸回転体の場合は、放射のメッシュ数を入力します。



◇放射のメッシュ数は、軸回転させる角度に対する分割数です。

②放射メッシュの開始角と終了角を入力します。

◇全周回転の場合は、デフォルトの0と360°にします。

◇軸回転の開始位置は断面X軸の正方向で、全体座標のX軸とも一致します。また、回転方向は全体座標のZ軸方向右回りでなければなりません。

③断面ファイル名は、半断面のファイル名を設定します。

④本画面で「設定」ボタンをクリックすると、半断面の基準位置入力画面に移ります。

⑤各データ入力が終了すると、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。

MeshAuz1

部分の仕様データを入力してください。

タイトル 軸回転体モデル

構造種類

☐ 柱状体

☒ 軸回転体

放射のメッシュ数 16  
(中心穴なしでは偶数)

放射メッシュ開始角(°) 0

放射メッシュ終了角(°) 360

断面Y軸が回転軸で、半分の断面でなければなりません。

断面ファイル名 C:\VB2022\FEM立体データ\HalfSect1.aum

設定 中止 すべて確定

半断面

図6-6 部分データ仕様入力画面（軸回転体）

#### 6.4 端面の断面基準位置入力画面（柱状体）

図6-7に端面の断面基準位置入力画面を示します。

①本画面で、断面の基準位置を断面のXY座標で入力します。本図では左端面だけが表示されていますが、右端面が異形の場合は、右端面も表示されます。

②「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。これは以降の画面でも同様です。

◇「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。

◇表計算ソフトからコピーすることも可能です。

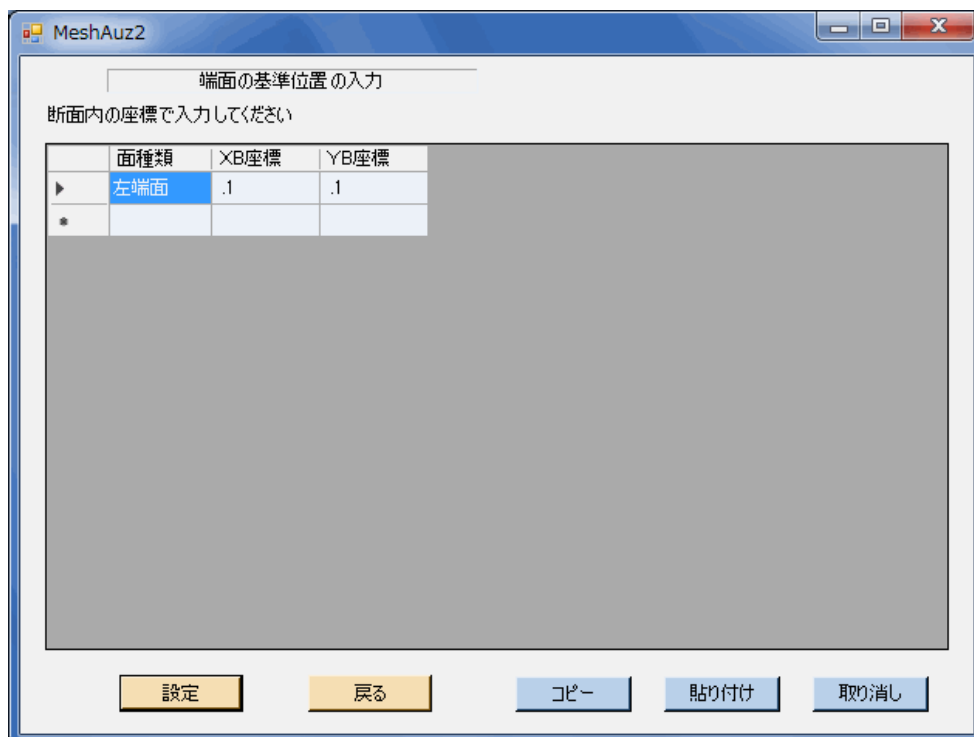
③「設定」ボタンをクリックすると、両端面の方向余弦入力画面に移ります。

#### 6.5 半断面の基準位置入力画面（軸回転体）

図6-8に半断面の基準位置入力画面を示します。本画面で、断面の基準位置を断面のXY

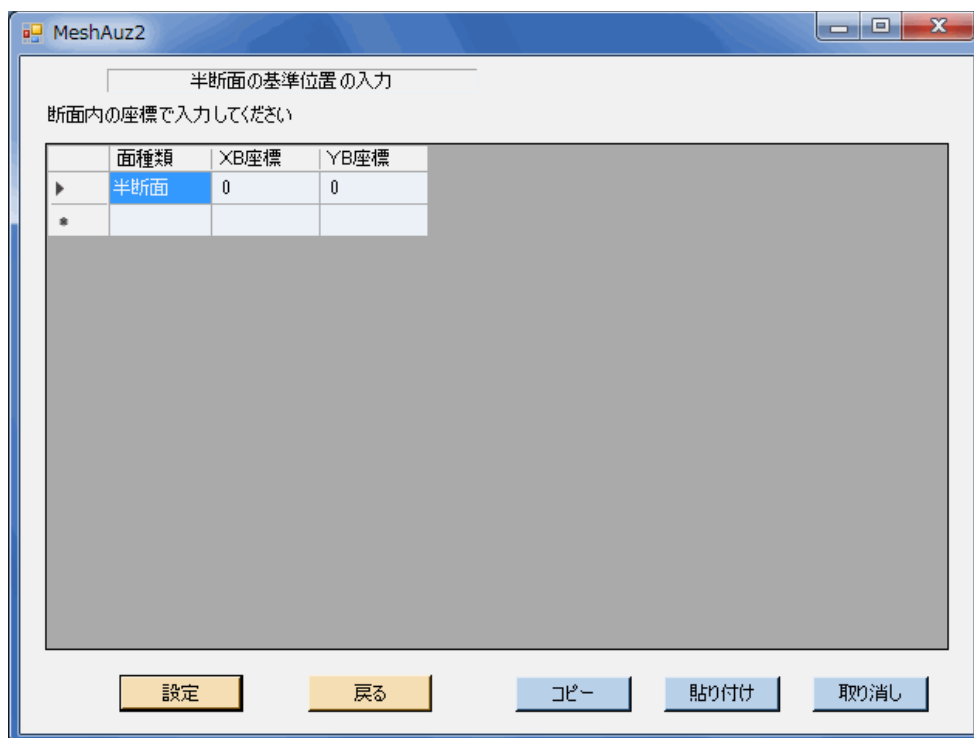
座標で入力します。この基準位置が全体座標の原点となります。ただし、後で「全体データ」のサブメニューで座標変更できます。

本画面で「設定」ボタンをクリックすると、図6-6の仕様設定画面に戻ります。



面種類	XB座標	YB座標
▶ 左端面	.1	.1
*		

図6-7 端面の断面基準位置入力画面（柱状体）



面種類	XB座標	YB座標
▶ 半断面	0	0
*		

図6-8 半断面の基準位置入力画面（軸回転体）

## 6.6 両端面の方向余弦入力画面（柱状体）

図6-9に両端面の方向余弦入力画面を示します。本画面では、断面のX軸とY軸について、全体座標XYZ各軸に対する方向余弦を入力します。また、図6-10に方向余弦の説明図を示します。

◇両端面間のメッシュ面では、両端面の方向余弦を自動的に比例配分します。

◇右振れ角が0でない場合でも、振れを無視して方向余弦を入力してください。プログラムにおいて、振れの処理は後で追加実行されます。

本画面で「設定」ボタンをクリックすると、メッシュ面の位置入力画面に移ります。

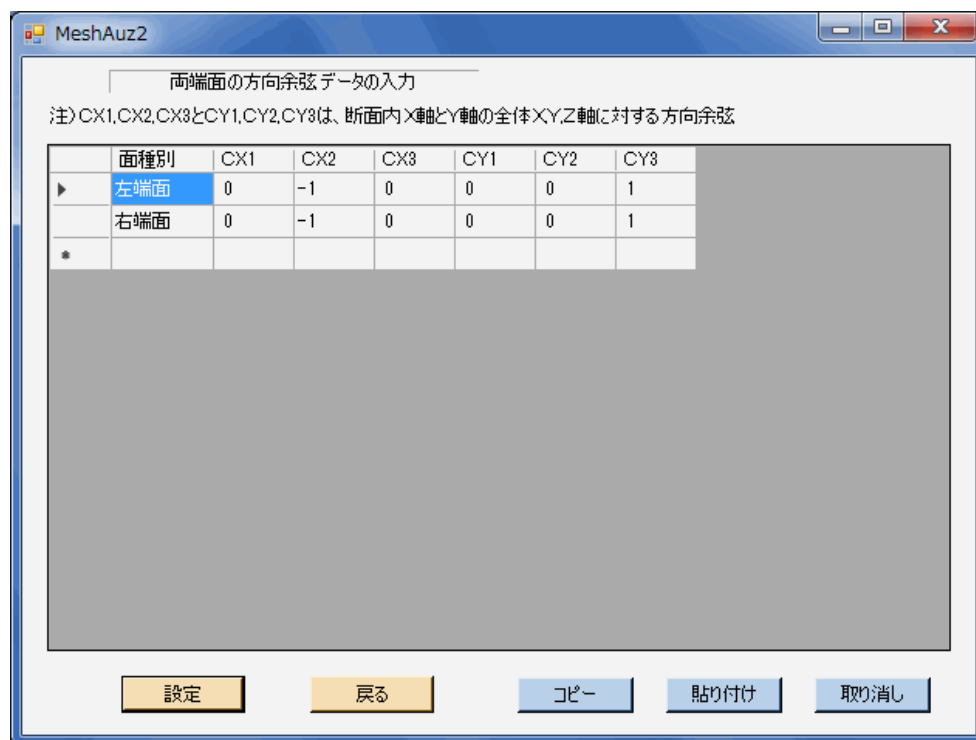


図6-9 両端面の方向余弦入力画面（柱状体）

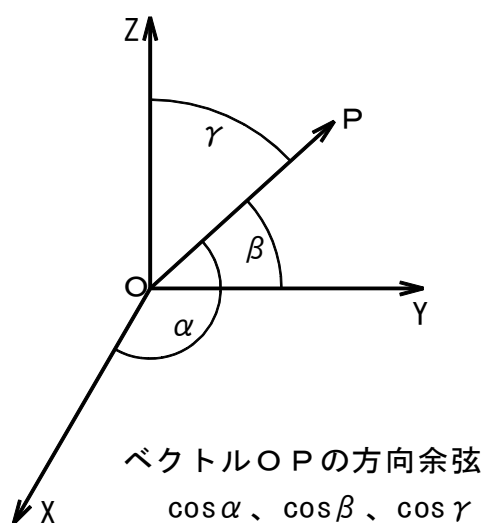


図6-10 方向余弦の説明図

## 6.7 メッシュ面の位置入力画面（柱状体）

図6-11にメッシュ面の位置入力画面を示します。本画面では、両端面と各メッシュ面（中間節点のメッシュ面を含む）の位置を入力します。ただし、本図のように、直線接続の場合は両端面だけの入力となり、曲線接続の場合に全メッシュ面の入力となります。

本画面で「設定」ボタンをクリックすると、図6-3～5の仕様入力画面に戻ります。

MeshAuz2

断面位置データの入力

注)断面No.は左端面の0から右端面の8(中間節点メッシュ面を含む)まで順に付番

断面No.	X座標	Y座標	Z座標
0	0	0	0
8	.4	0	0
*			

設定 戻る コピー 貼り付け 取り消し

図6-11 メッシュ面の位置入力画面（柱状体）

## 6.8 仕様データ保存

2次サブメニューの「データ保存」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、仕様データファイルを設定すると、データが書き出されます。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だる場合に、同ファイルを選定すると上書きとなります。

図6-12に仕様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。

3次元構造テストモデルの部分1  
 構造体種別 (0:柱状体、1:軸回転体), 0  
 両端断面種類 (0:同一、1:相似、2:異形), 0  
 両端面の接続方法 (0:直線、1:曲線), 0  
 両端面間のメッシュ数, 4  
 右振れ角 (°), 0  
 [左端面のデータファイル名], C:\¥VB2022¥FEM立体データ¥Data¥SquareSect. aum  
 左端面内の基準位置XB、YB, .1, .1  
 左端断面X軸の方向余弦, 0, -1, 0  
 左端断面Y軸の方向余弦, 0, 0, 1  
 右端断面X軸の方向余弦, 0, -1, 0  
 右端断面Y軸の方向余弦, 0, 0, 1  
 各断面の位置データ (面番号、X、Y、Z)  
 0, 0, 0, 0  
 8, .4, 0, 0

図6-12 部分データの仕様データファイル例

## 6.9 最近使用したファイルの選択

2次サブメニュー「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。

## 6.11 部分メッシュの生成

サブメニューの「部分メッシュ生成」を選択すると、メッシュ生成計算が実行されます。計算が終了すると、計算終了確認ボックスが出て、生成データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、生成データファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でサブメニューの「生成データ保存」により、同様にファイル出力できます。

◇エラーがあると、「メッシュ生成エラー」メッセージが出ますので、原因を調べてメッシュ生成をやり直してください。また、メッシュが生成されている場合は、「部分データ」→「構造の作画」により、どのようになっているのか確認できます。

## 6.12 生成データ保存

サブメニューの「生成データ保存」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、生成データファイルを設定すると、データが書き出されます。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。既存の生成データファイルを選定すると上書きとなります。

図6-14に生成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。

図6-14で○印を付した数字の部分について補足説明します。

- ①「要素種類（0:六面体、1:四面体）」は0で、六面体2次要素になっています。
- ②「交差面の要素数」は0になっています。「部分データ」処理で生成された構造データファイルでは常に0になり、「交差データ」処理で生成されたものと区別されます。

要素種類 (0:六面体、1:四面体) , 0	①
3次元構造テストモデルの部分1	
節点数, 141	
要素数, 16	
交差面の要素数, 0	②
要素データ (要素番号、材料番号、20節点番号)	
1, 1, 1, 6, 9, 10, 11, 7, 3, 2, 22, 25	
26, 23, 31, 36, 39, 40, 41, 37, 33, 32	
2, 1, 3, 7, 11, 12, 13, 8, 5, 4, 23, 26	
27, 24, 33, 37, 41, 42, 43, 38, 35, 34	
3, 1, 9, 14, 17, 18, 19, 15, 11, 10, 25, 28	
29, 26, 39, 44, 47, 48, 49, 45, 41, 40	
4, 1, 11, 15, 19, 20, 21, 16, 13, 12, 26, 29	
30, 27, 41, 45, 49, 50, 51, 46, 43, 42	
5, 1, 31, 36, 39, 40, 41, 37, 33, 32, 52, 55	
56, 53, 61, 66, 69, 70, 71, 67, 63, 62	
.....	
.....	
15, 1, 99, 104, 107, 108, 109, 105, 101, 100, 115, 118	
119, 116, 129, 134, 137, 138, 139, 135, 131, 130	
16, 1, 101, 105, 109, 110, 111, 106, 103, 102, 116, 119	
120, 117, 131, 135, 139, 140, 141, 136, 133, 132	
節点データ (節点番号、X座標、Y座標、Z座標)	
1, 0, .1, -.1	
2, 0, .1, -.05	
3, 0, .1, 0	
4, 0, .1, .05	
5, 0, .1, .1	
6, 0, .05, -.1	
7, 0, .05, 0	
8, 0, .05, .1	
9, 0, 0, -.1	
10, 0, 0, -.05	
.....	
.....	
133, .4, 0, .1	
134, .4, -.05, -.1	
135, .4, -.05, 0	
136, .4, -.05, .1	
137, .4, -.1, -.1	
138, .4, -.1, -.05	
139, .4, -.1, 0	
140, .4, -.1, .05	
141, .4, -.1, .1	

図6-14 部分構造の生成データファイル例

## 6.13 構造の作画

サブメニューの「構造の作画」を選択すると、部分構造の透視図が画面に作画されます。構造の作画は、構造モデルにミスがないかチェックする上で必須です。要素データや節点データにミスがあると、要素連結した構造図に異常が現われます。

注) 構造の作画は「部分データ」、「交差データ」、「全体データ」で全く同じです。

図6-15に構造作画の画面例を示します。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同図のように、複数材料の場合は、材料別に色分けして表示されます。
- 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。
- ③パラメーターの「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。
- ④「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。

- ⑤「隠面処理」は、「有り」か「なし」を選択できます。

◇図6-15のように標準条件では隠面処理「有り」です。

◇隠面処理の「なし」を選択して再描画すると図6-15のようになります。

- ⑥「番号表示の項目」は、「要素番号」、「節点番号」、「面番号」を重複選択できます。

◇上記のいずれかの番号表示を選択した場合に、「番号表示の文字サイズ」が有効になります。

◇面番号は( )付きの数字で作画されます(後掲の図6-19参照)。

注) 要素番号は、隠面処理有りの場合、隠れて見えないことがあります。

- ⑦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。

- ⑧「Shift+マウス」により構造を回転することができます。

◇構造図の任意の場所で、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6-17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。

◇構造図の「説明」ボタンをクリックすると、図6-17と同じ説明図が表示されます。

- ⑨「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。

- ⑩「材料の指定番号」は、作画する材料を選択したい場合に材料番号を入力します。

◇全材料を指定する場合は0を入力します。

◇「-」付きで材料番号を入力すると、その材料だけ除外して作画します。

◇一旦、ある材料番号で作画した後、他の材料番号を選択した場合は、「再描画」



ボタンではなく、「全要素描画」ボタンをクリックします。

- ⑪「要素の指定番号」は、作画する要素 1 個を指定したい場合に要素番号を入力します。  
◇要素を指定しない場合は0を入力します。

- ⑫「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。

- ⑬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。

- ⑭マウスドラッグ矩形により、構造図の一部分を拡大できます。

◇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6-18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、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、六面体要素全体（20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、元の全体メッシュ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。

◇図6-18の選択領域を拡大した後、番号表示の項目をすべて選択して「再描画」した画面を図6-19に示します。

- ⑮任意の要素面を右クリックすると、図6-20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。

- ⑯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。

- ⑰「面切断設定」ボタンをクリックすると、図6-21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6-21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。

- ⑱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。

⑬本画面を終了するには、「中止」ボタンをクリックします。

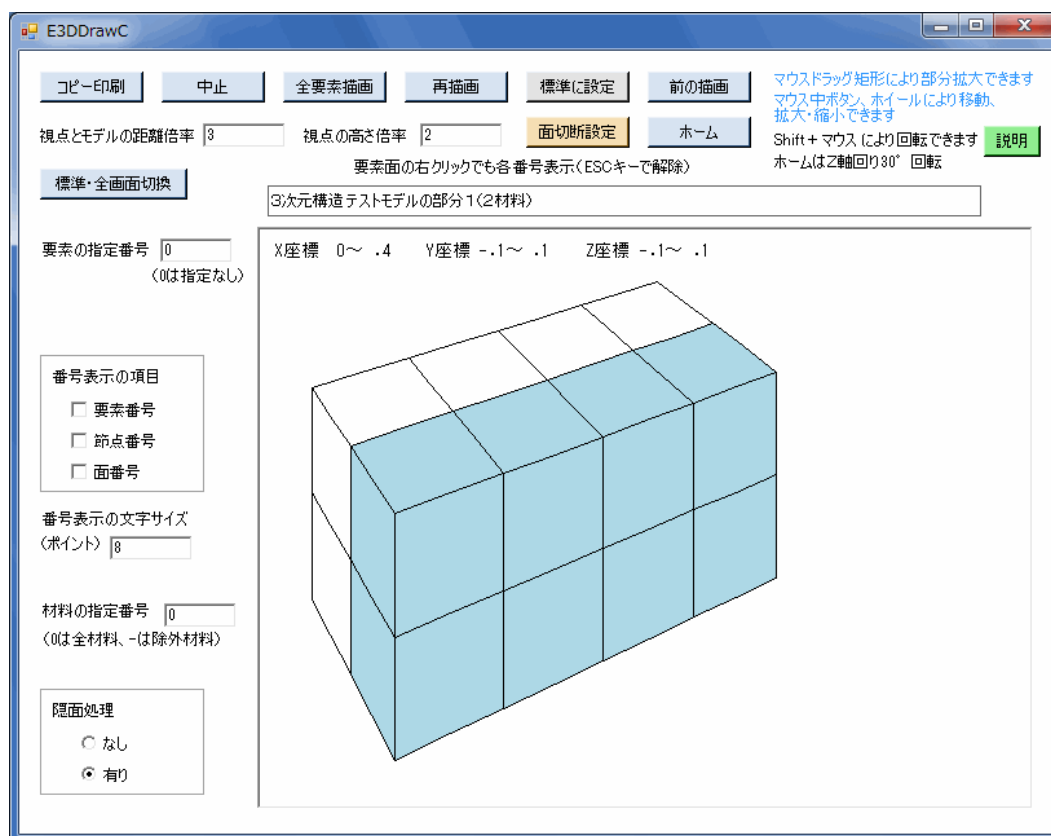


図6-15 構造作画の画面例

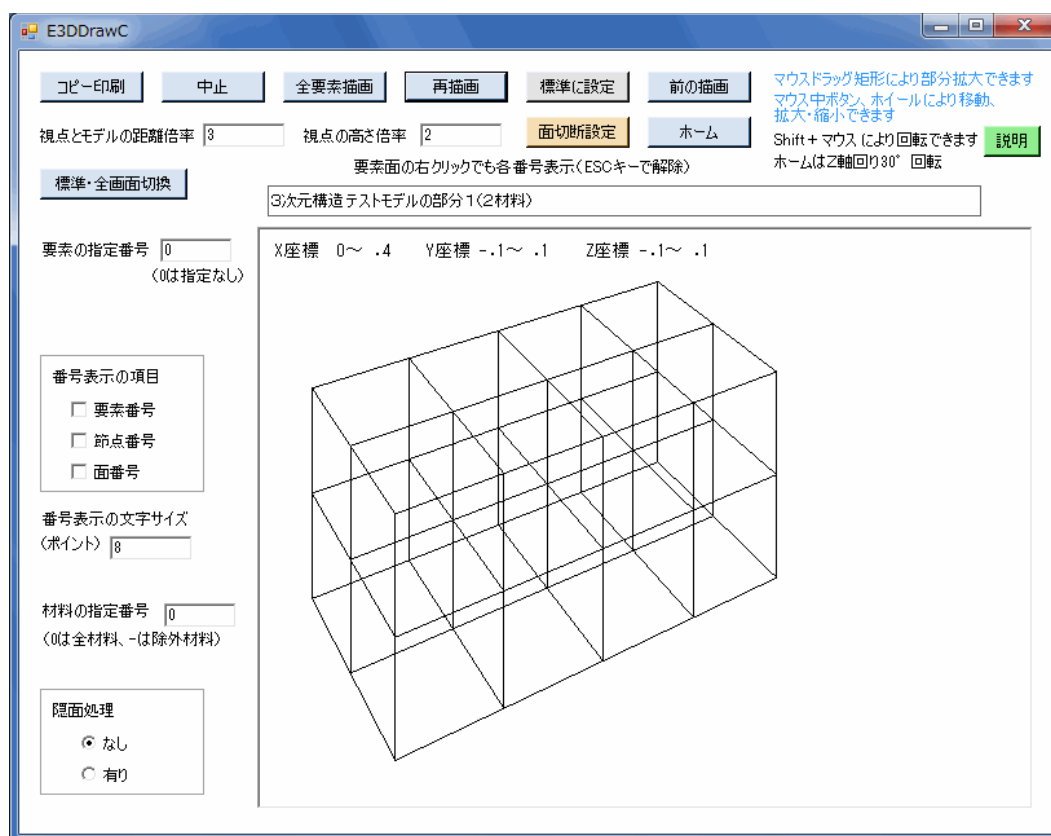


図6-16 構造作画の隠面処理なしの画面例

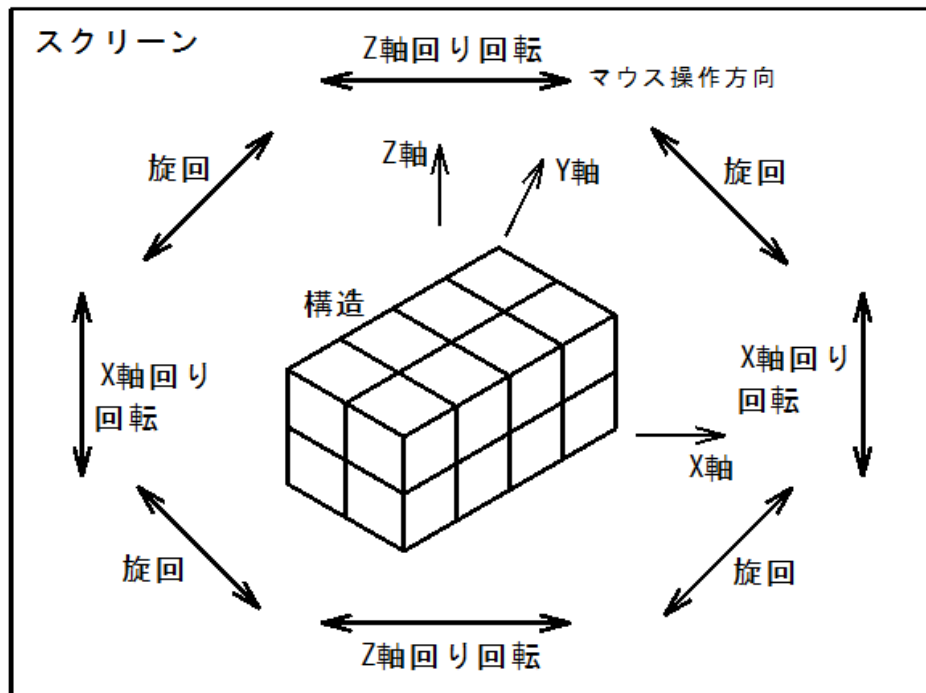


図6-17 マウスの移動方向と回転方向との関係（Shiftキー併用）

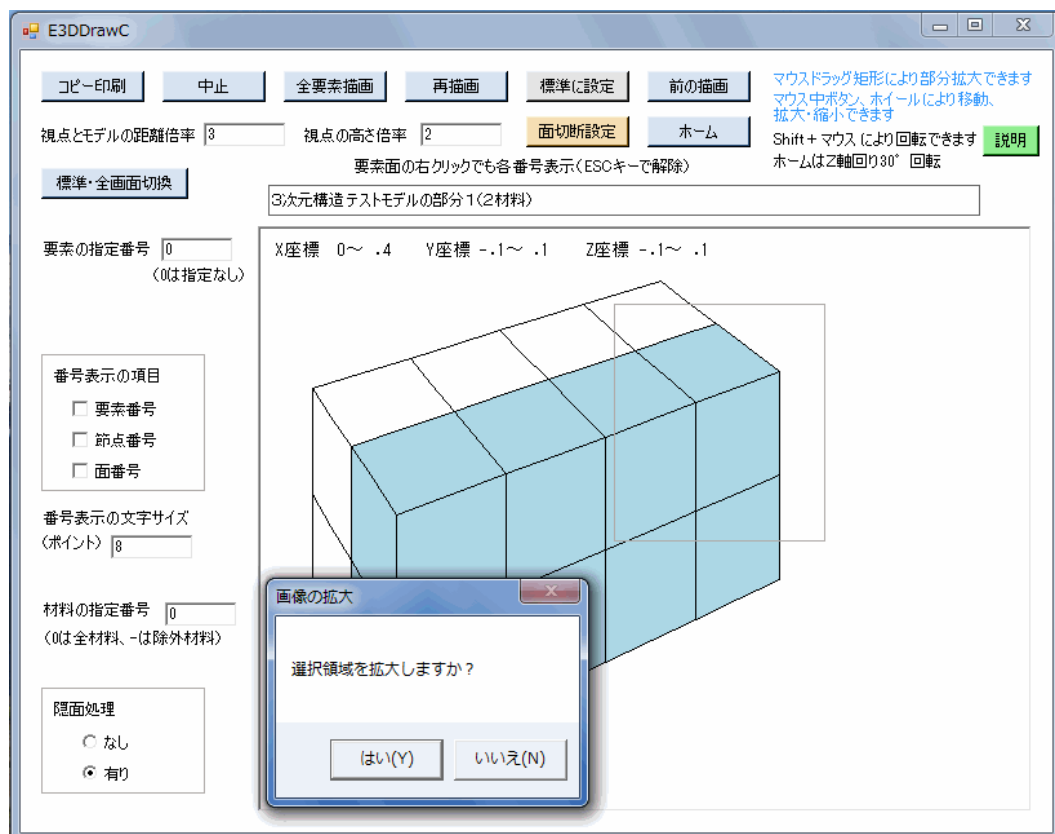


図6-18 構造作画における拡大領域選択例

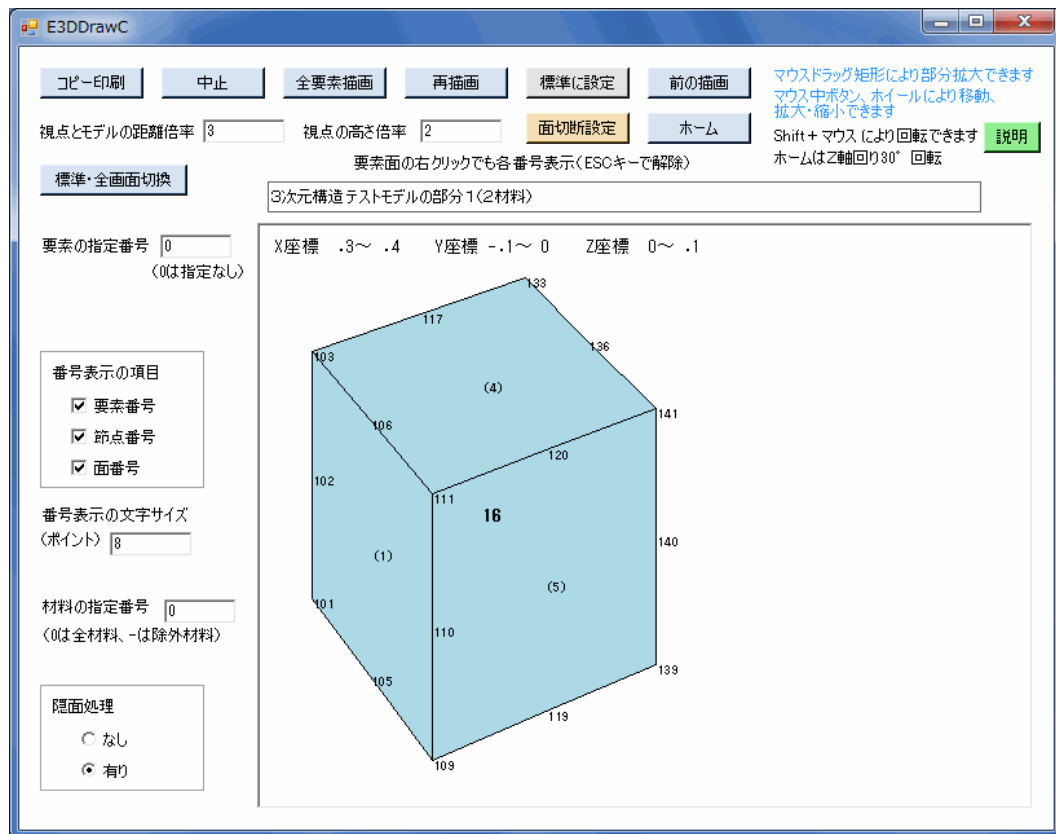


図6-19 構造作画の番号表示有りの部分拡大例

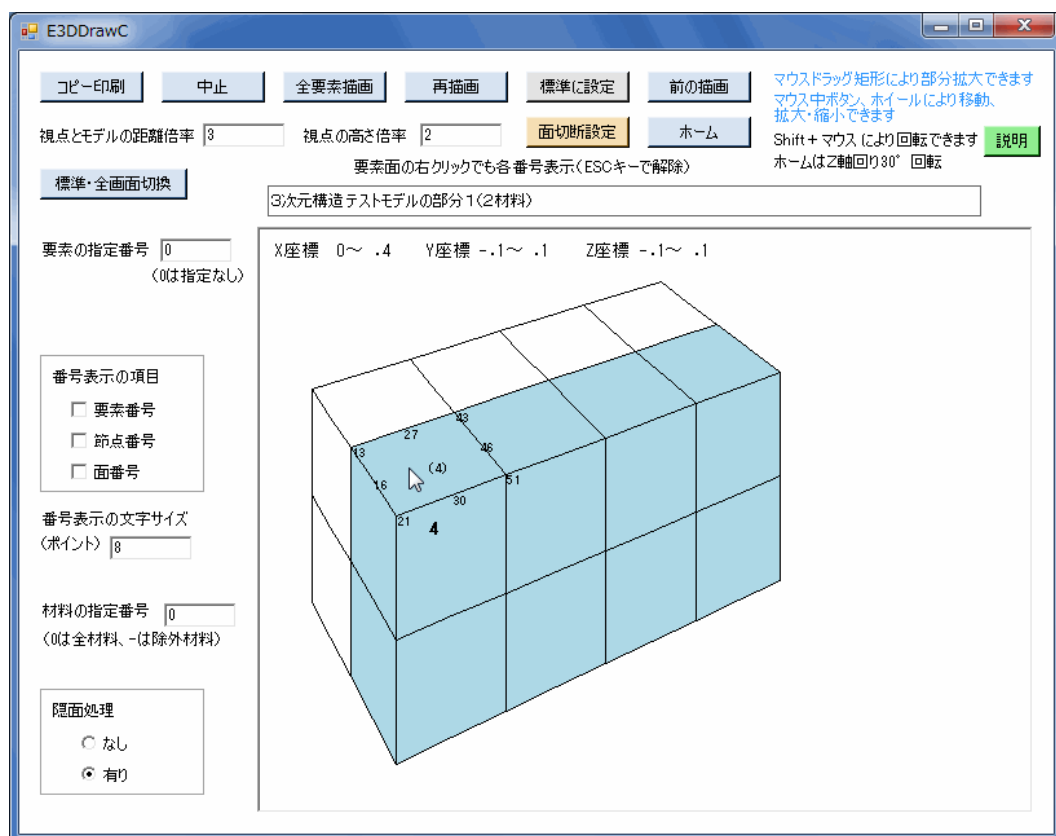


図6-20 構造作画における要素面の右クリック画面例

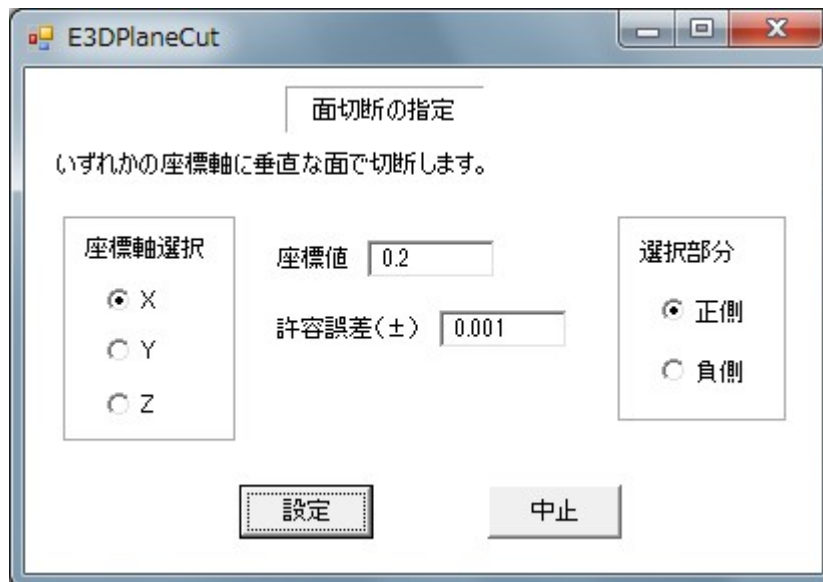


図6-21 面切断設定の画面

また、他の構造例として、図6-22に振れ六角棒モデルの構造図、図6-23に90° 軸回転体モデルの構造図を示します。

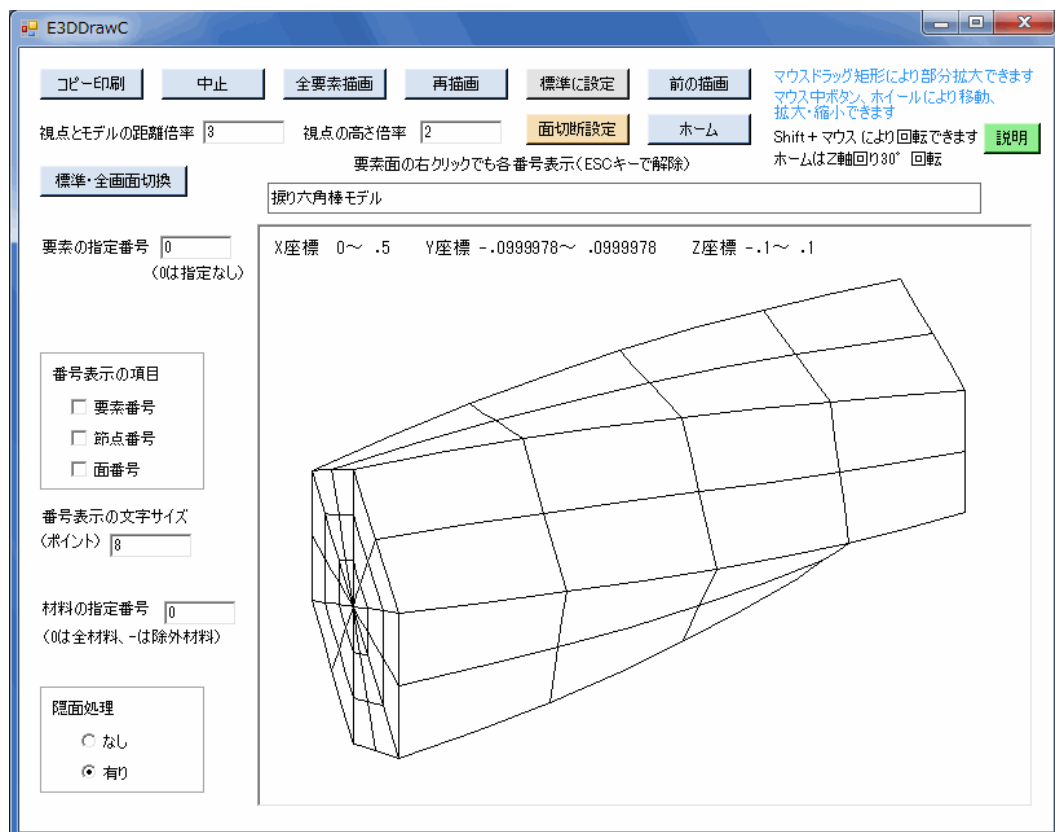


図6-22 振れ六角棒モデルの構造図



図6-23 90° 軸回転体モデルの構造図

## 第7章 「交差データ」処理プログラム

### 7.1 サブメニュー画面

「メニュー」プログラムにおける「交差データ」のサブメニュー選択画面を図7-1に示します。同図に示すように、「交差仕様データ」、「交差メッシュ生成」、「生成データ保存」、「構造の作画」の4つのサブメニューがあります。最初に「交差仕様データ」を作成し、次に「交差メッシュ生成」により交差柱状体の自動メッシュ生成を行ないます。

「交差仕様データ」は、図に示すように4つの2次サブメニューがあります。全く新たに交差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、既存ファイルを使用する場合は「ファイル読み込み」を行ないます。

生成した交差柱状体は、「構造の作画」により確かめることができます。生成した交差柱状体は、後で「全体データ」の「構造の合成」において、「部分データ」等で別途作成したベース柱状体と合成します。柱状体交差の方法については、第2章を参照してください。

◇交差柱状体の生成は、第2章の図2-1～2に掲載の一定位置のものとなります。その生成した交差柱状体を、「全体データ」の「構造モデルの移動」サブメニューにより回転移動させれば、別の位置の交差柱状体に変換できます。

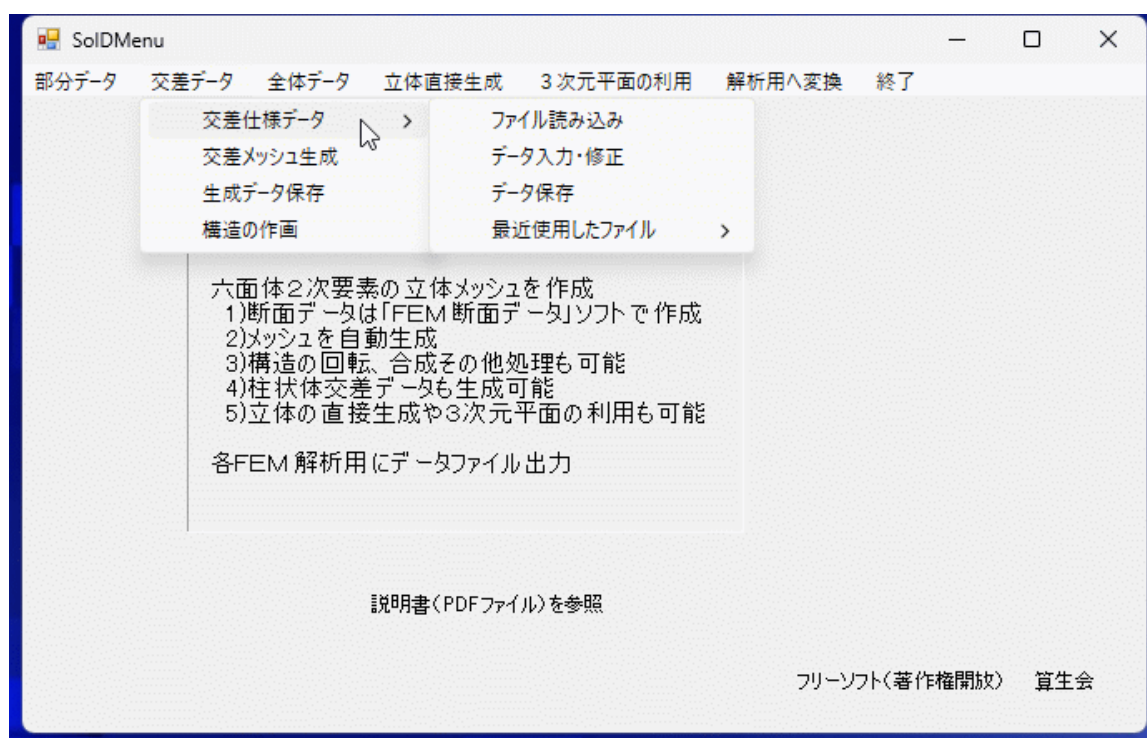


図7-1 「交差データ」サブメニュー画面

### 7.2 「交差仕様データ」のファイル読み込み

「交差仕様データ」の2次サブメニュー「ファイル読み込み」を選択すると、コマンドダイアログでファイルを開く画面となり、仕様データファイルを選定して読み込みます。なお、仕様データファイルのデフォルトの拡張子は、「.auc」です。

### 7.3 データ入力・修正

「交差仕様データ」の2次サブメニュー「データ入力・修正」を選択すると、図7-2の

交差仕様データ入力画面となります。本画面はベース構造種類として円柱を選択した場合のものです。断面ファイルが設定されている場合は、断面図が表示されます。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ベース構造種類は、円柱または角柱を選択します。

③ベース構造種類として円柱を選択した場合は、ベース円柱の半径を入力します。

◇ベース円柱の中心軸は全体座標のX軸であり、交差柱状体はY軸の負側で交差します。

④ベース構造種類として角柱を選択した場合は、図7-3の画面となります。同図では角柱側面のY座標を入力します。

◇角柱側面のY座標は必ず負の値でなければなりません。その理由は、第2章の図2-2に示すように、ベース角柱の交差側面がY軸の負側だからです。

⑤次に交差側データとして、X軸に対する交差角(°)と、両端面間のメッシュ数を入力します。

◇X軸に対する交差角は交差柱状体の中心のZ座標が0の場合の定義であり、同Z座標が0以外ではXZ平面に対する角度になります。

◇X軸に対する交差角は、デフォルトで90°となっています。もし交差柱状体を直角以外の角度で交差させたい場合は変更してください。ただし、当然のことながら、X軸と平行に近い角度は困難であり、0を入れるとエラーになります。

◇両端面間のメッシュ数とは、次項で設定する断面と、自動計算される交差面との間のメッシュ数のことです。

⑥さらに、交差側の断面ファイル名を設定します。

◇「交差側の断面ファイル名」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、断面ファイル名を選定して読み込みます。

⑦本画面の「設定」ボタンをクリックすると、断面の基準位置入力画面に移ります。

⑧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。



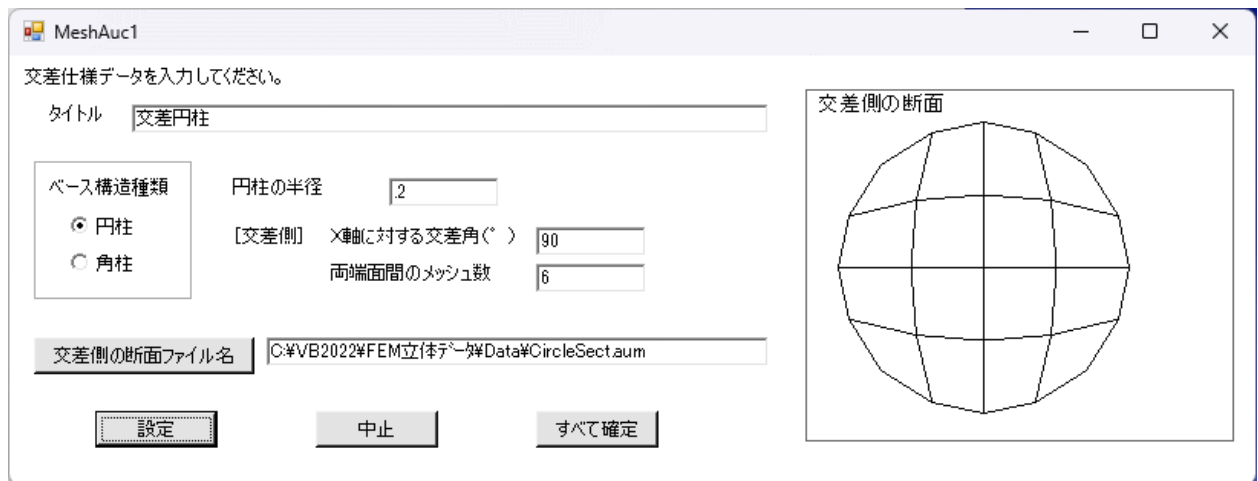


図7-2 交差仕様データ入力画面（ベース柱状体が円柱の場合）

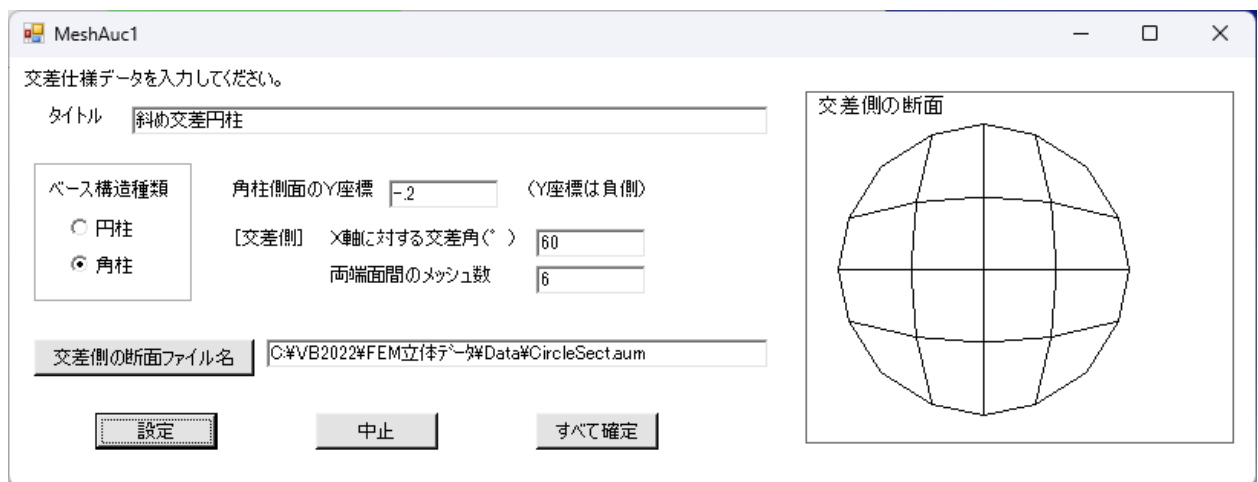


図7-3 交差仕様データ入力画面（ベース柱状体が角柱の場合）

#### 7.4 端面の断面基準位置入力画面

図7-4に端面の断面基準位置入力画面を示します。本画面で、断面の基準位置を断面のXY座標で入力します。

◇画面で左端面となっているのは、前節で設定した断面のことです（以下同じ）。  
本画面で「設定」ボタンをクリックすると、両端面の方向余弦入力画面に移ります。

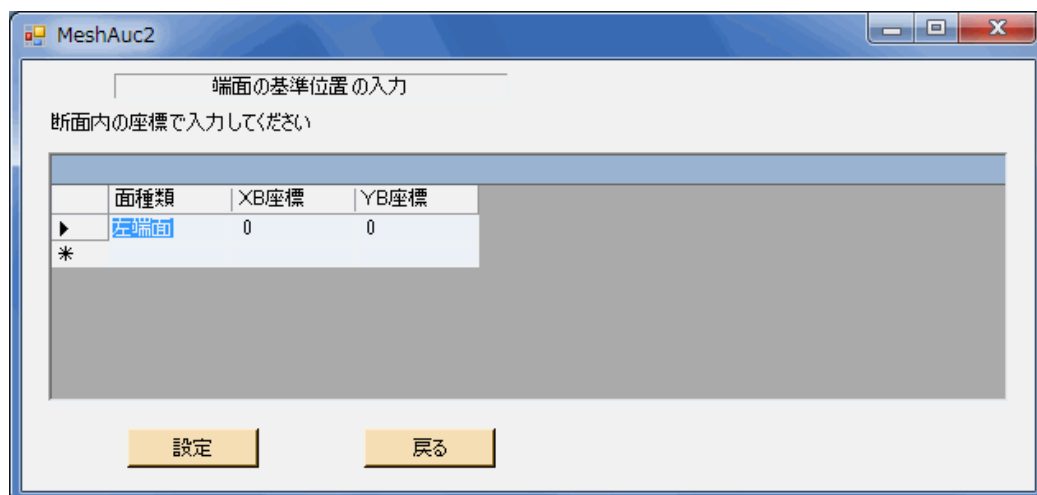


図7-4 端面の断面基準位置入力画面

#### 7.5 端面の方向余弦入力画面

図7-5に端面の方向余弦入力画面を示します。本画面では、断面のX軸とY軸について、全体座標XYZ各軸に対する方向余弦を入力します。

◇両端面間のメッシュ面では、両端面の対応節点間距離が等分割されます。従って、  
各メッシュ面の方向余弦は限定されません。

本画面で「設定」ボタンをクリックすると、メッシュ面の位置入力画面に移ります。

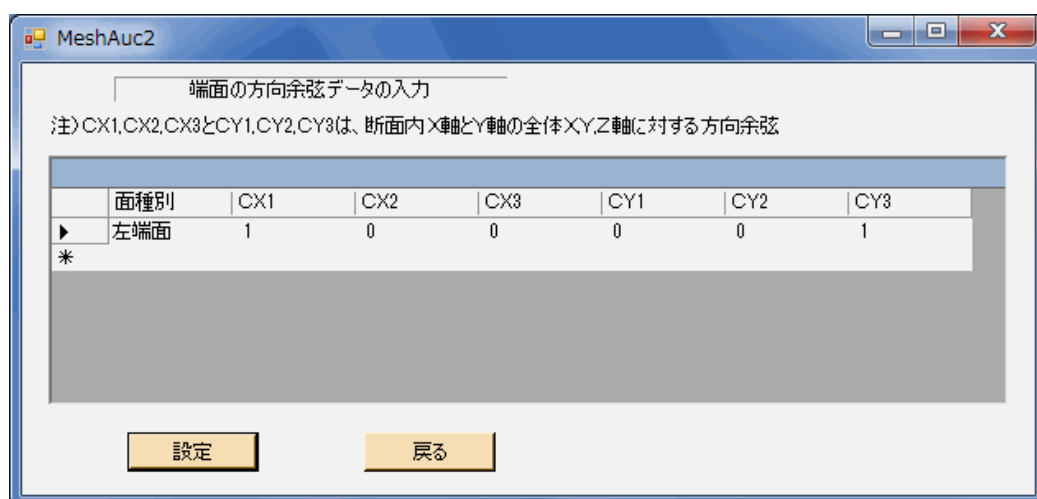


図7-5 端面の方向余弦入力画面

## 7.6 端面の位置入力画面

図7-6に端面の位置入力画面を示します。本画面では、端面の全体座標位置を入力します。本画面で「設定」ボタンをクリックすると、図7-3～4の仕様入力画面に戻ります。

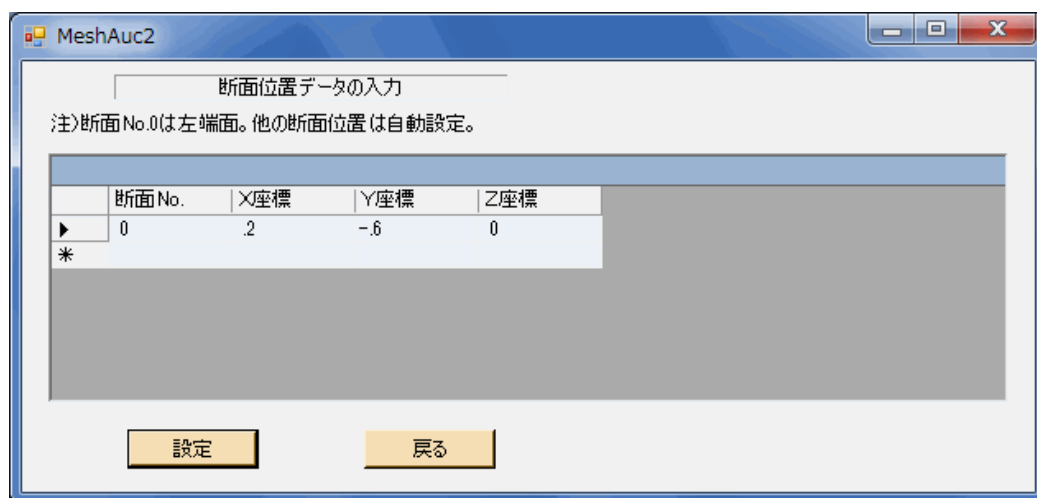


図7-6 端面の位置入力画面

## 7.7 交差仕様データ保存

2次サブメニューの「データ保存」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、仕様データファイルを設定すると、データが書き出されます。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だる場合に、同ファイルを選定すると上書きとなります。

図7-7に仕様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。

図7-7で○印を付した数字の部分について補足説明します。

①「ベース構造種類」が0（円柱）になっています。

②「円柱の半径」が0.2となっています。

◇ベース構造種類が角柱の場合は、「角柱側面のY座標」になります。

交差円柱	
ベース構造種類 (0:円柱、1:角柱) , 0	①
円柱の半径, .2	②
交差側のX軸に対する交差角 (°) , 90	
交差側の両端面間のメッシュ数, 6	
[交差側の断面ファイル名], C:\¥VB2022¥FEM立体データ¥Data¥CircleSect. aum	
左端面内の基準位置XB、YB, 0, 0	
左端断面X軸の方向余弦, 1, 0, 0	
左端断面Y軸の方向余弦, 0, 0, 1	
左端断面の位置データ (面番号、X、Y、Z)	
0, .2, -.6, 0	

図7-7 交差データの仕様データファイル例

## 7.8 最近使用したファイルの選択

2次サブメニュー「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。

## 7.9 交差メッシュの生成

サブメニューの「交差メッシュ生成」を選択すると、メッシュ生成計算が実行されます。計算が終了すると、計算終了確認ボックスが出て、生成データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、生成データファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でサブメニューの「生成データ保存」により、同様にファイル出力できます。

◇エラーがあると、「メッシュ生成エラー」メッセージが出ますので、原因を調べてメッシュ生成をやり直してください。また、メッシュが生成されている場合は、「交差データ」→「構造の作画」により、どのようになっているのか確認できます。

## 7.10 生成データ保存

サブメニューの「生成データ保存」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、生成データファイルを設定すると、データが書き出されます。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。既存の生成データファイルを選定すると上書きとなります。

図7-8に生成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TF-8です。

◇1行内の複数データは、「,」（コンマ）で区切られます。

図7-8で○印を付した数字の部分について補足説明します。

①「要素種類（0:六面体、1:四面体）」は0で、六面体2次要素になっています。

②「交差面の要素数」が16になっています。

◇交差面の要素は、要素データの終り部分の要素が該当します。

③～④「ベース構造種類」と「円柱の半径」が出力されています。これらは、交差仕様で設定されたものです。なお、「ベース構造種類」が角柱の場合は、「円柱の半径」の代わりに「角柱側面のY座標」が出力されます。

要素種類 (0:六面体、1:四面体) , 0	①
交差円柱	
節点数, 605	
要素数, 96	
交差面の要素数, 16	②
ベース構造種類 (0:円柱、1:角柱) , 0	③
円柱の半径, .2	④
要素データ (要素番号、材料番号、20節点番号)	
1, 1, 1, 10, 15, 16, 17, 11, 3, 2, 66, 71	
72, 67, 91, 100, 105, 106, 107, 101, 93, 92	
2, 1, 3, 11, 17, 18, 19, 12, 5, 4, 67, 72	
73, 68, 93, 101, 107, 108, 109, 102, 95, 94	
3, 1, 5, 12, 19, 20, 21, 13, 7, 6, 68, 73	
74, 69, 95, 102, 109, 110, 111, 103, 97, 96	
4, 1, 7, 13, 21, 22, 23, 14, 9, 8, 69, 74	
75, 70, 97, 103, 111, 112, 113, 104, 99, 98	
.....	
.....	
95, 1, 497, 504, 511, 512, 513, 505, 499, 498, 533, 538	
539, 534, 587, 594, 601, 602, 603, 595, 589, 588	
96, 1, 499, 505, 513, 514, 515, 506, 501, 500, 534, 539	
540, 535, 589, 595, 603, 604, 605, 596, 591, 590	
節点データ (節点番号、X座標、Y座標、Z座標)	
1, .2707, -.6, .0707	
2, .2816875, -.6, .053025	
3, .292675, -.6, .03535	
4, .2963375, -.6, .017675	
5, .3, -.6, 0	
6, .2963375, -.6, -.017675	
7, .292675, -.6, -.03535	
8, .2816875, -.6, -.053025	
9, .2707, -.6, -.0707	
10, .253025, -.6, .0816875	
.....	
.....	
597, .1293, -.1870869, .0707	
598, .1183125, -.1928428, .053025	
599, .107325, -.1968512, .03535	
600, .1036625, -.1992175, .017675	
601, .1, -.2, 0	
602, .1036625, -.1992175, -.017675	
603, .107325, -.1968512, -.03535	
604, .1183125, -.1928428, -.053025	
605, .1293, -.1870869, -.0707	

図7-8 交差柱状体の生成データファイル例

## 7.11 生成ファイル印刷

サブメニューの「生成ファイル印刷」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、生成データファイルを選定してプリンターで印刷できます。

注) コモンダイアログで、「ファイルの種類」を「すべてのファイル(\*.\*)」に切り替えてファイル選択することにより、任意のファイルを印刷することも可能です。

## 7.12 構造の作画

サブメニューの「構造の作画」を選択すると、交差柱状体構造の透視図が画面に作画されます。構造の作画は、構造モデルにミスがないかチェックする上で必須です。要素データや節点データにミスがあると、要素連結した構造図に異常が現われます。

注) 構造の作画は、「部分データ」、「交差データ」、「全体データ」で全く同じ機能です。

図7-9に構造作画の画面例を示します。本画面の操作については、「部分データ」と同じなので、第6章 6.13節を参照してください。

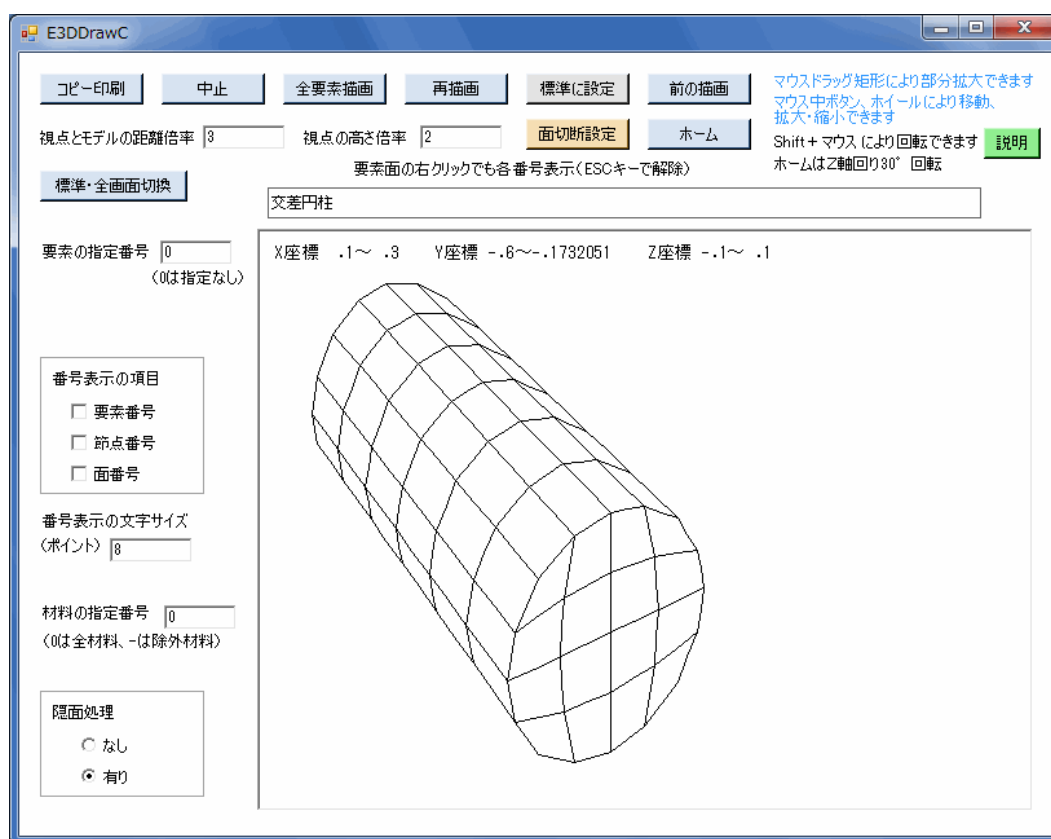


図7-9 交差柱状体の構造作画の画面例

## 第8章 「全体データ」処理プログラム

### 8.1 サブメニュー画面

「メニュー」プログラムにおける「全体データ」のサブメニュー選択画面を図8-1に示します。同図に示すように、16個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。

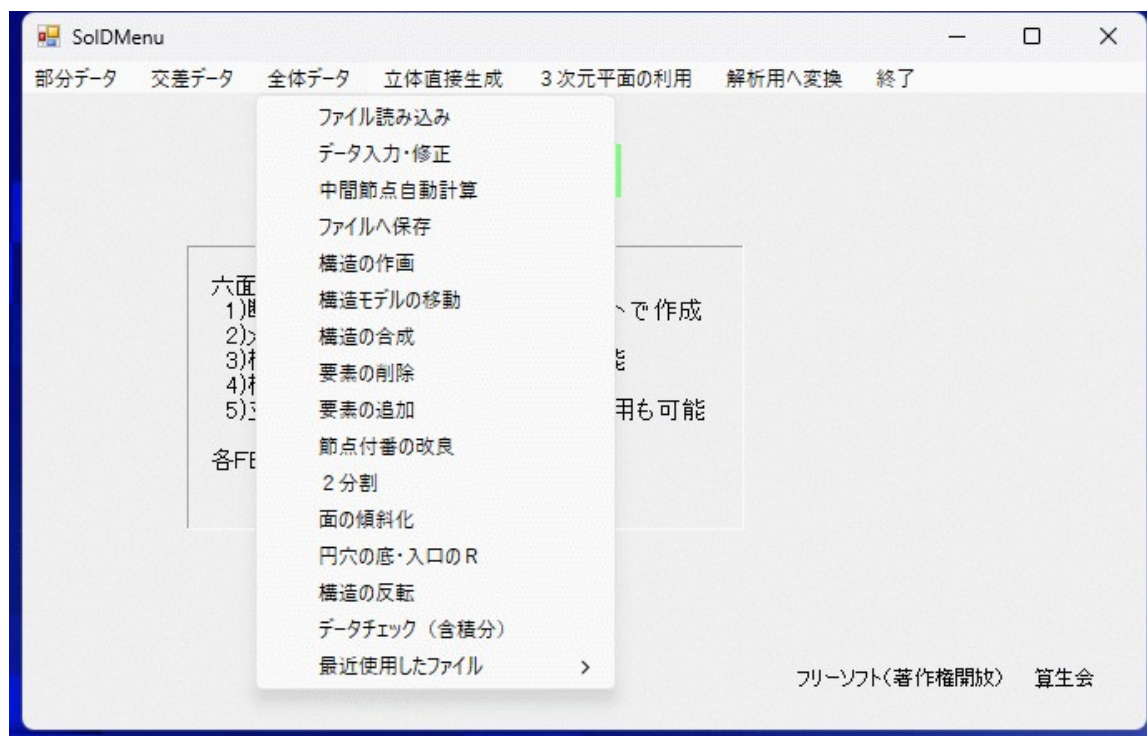


図8-1 「全体データ」サブメニュー画面

### 8.2 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、「.au3」です。

### 8.3 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8-2のデータ仕様入力画面となります。ただし、自動メッシュ生成したデータを使用する場合は、特にデータ修正は必要ありません。図8-2では図6-13の生成データファイル例の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節点数と節点数を入力します。
- ③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。
- ④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。



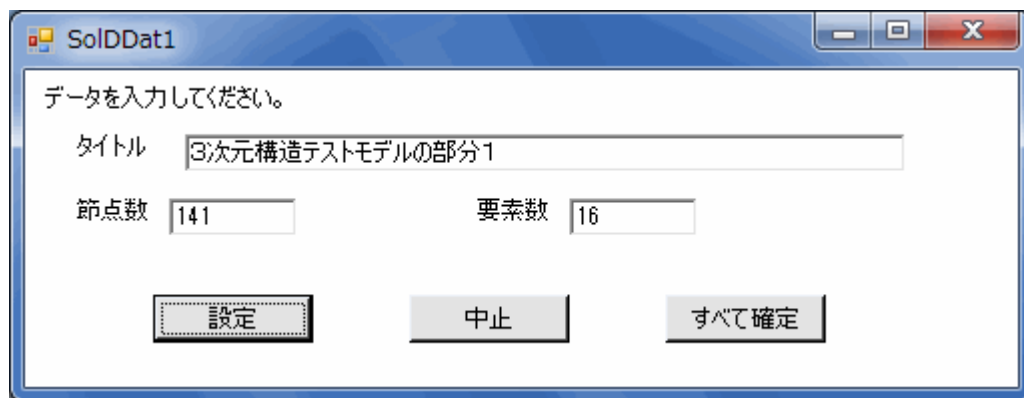


図8-2 データ仕様入力画面

#### 8.4 要素データ入力画面

図8-3に要素データ入力画面を示します。自動メッシュだけで済む場合は変更不要です。

- ①各要素で先ず材料番号を入力します。

◇材料番号は空き番号があっても構いません。ただし、0はエラーとなります。

◇「材料番号一括設定」ボタンをクリックすると、全要素の材料番号を一括変更できます。

- ②節点順1から節点順20までは、各要素の節点番号20個を、必ず頂点節点を最初に、かつ図1-1の節点番号の順に入力します。

- 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。これは以降の画面でも同様です。

◇「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。

◇表計算ソフトからコピーすることも可能です。

- ④すべての要素データを入力し終ったなら、「設定」ボタンをクリックして次の節点データ入力画面に移ります。

#### 8.5 節点データ入力画面

図8-4に節点データ入力画面を示します。自動メッシュだけで済む場合は変更不要です。

- ①各節点の座標を入力します。

- ②六面体要素辺の中間節点は、辺が直線ならば、後で「中間節点自動計算」を実施できるので、本画面では入力しなくても構いません。ただし、辺が円弧等の曲線の場合は、直線辺の「中間節点自動計算」の後で、本画面で中間節点座標を最後に入力します。

- ③「一括定数掛算」ボタンをクリックして定数値を入力し、全座標に一括掛算することができます。

◇本機能により、座標値の単位を変更したり、構造を拡大・縮小したりできます。

- ④すべての節点データを入力し終ったなら、「設定」ボタンをクリックしてデータ仕様入力画面に戻ります。

SolDDat2

要素データの入力

	要素番号	材料番号	節点順 1	節点順 2	節点順 3	節点順 4	節点順 5
▶	1	1	1	6	9	10	11
	2	1	3	7	11	12	13
	3	1	9	14	17	18	19
	4	1	11	15	19	20	21
	5	1	31	36	39	40	41
	6	1	33	37	41	42	43
	7	1	39	44	47	48	49
	8	1	41	45	49	50	51
	9	1	61	66	69	70	71
	10	1	63	67	71	72	73
	11	1	69	74	77	78	79
	12	1	71	75	79	80	81
	13	1	91	96	99	100	101
	14	1	93	97	101	102	103
	15	1	99	104	107	108	109

設定 戻る 材料番号一括設定 コピー 貼り付け 取り消し

図8-3 要素データ入力画面

SolDDat2

節点データの入力

	節点番号	X座標	Y座標	Z座標
▶	1	0	.1	-.1
	2	0	.1	-.05
	3	0	.1	0
	4	0	.1	.05
	5	0	.1	.1
	6	0	.05	-.1
	7	0	.05	0
	8	0	.05	.1
	9	0	0	-.1
	10	0	0	-.05
	11	0	0	0
	12	0	0	.05
	13	0	0	.1
	14	0	-.05	-.1
	15	0	-.05	0
	16	0	-.05	.1

設定 戻る 一括数計算 コピー 貼り付け 取り消し

図8-4 節点データ入力画面

## 8.6 中間節点自動計算

サブメニューの「中間節点自動計算」を選択すると、六面体要素の辺の中間節点を自動計算します。ただし、辺は直線と仮定して計算します。従って、辺が円弧等の曲線の場合は、中間節点自動計算の終了後、再度サブメニュー「データ入力・修正」を選択して、その後の節点データ入力画面で曲線部の中間節点を入力し直す必要が

あります。なお、中間節点自動計算は特殊な場合でしか必要ありません。

## 8.7 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。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。

データファイルの形式は、「部分データ」や「交差データ」の生成データファイルと同じであり、図6-14や図7-8を参照してください。

## 8.8 構造の作画

サブメニューの「構造の作画」を選択すると、全体構造の透視図が画面に作画されます。構造の作画は、部分構造のものと全く同じで、第6章 6.13節の説明を参照してください。

図8-5に軸回転体の構造作画の画面例を示します。

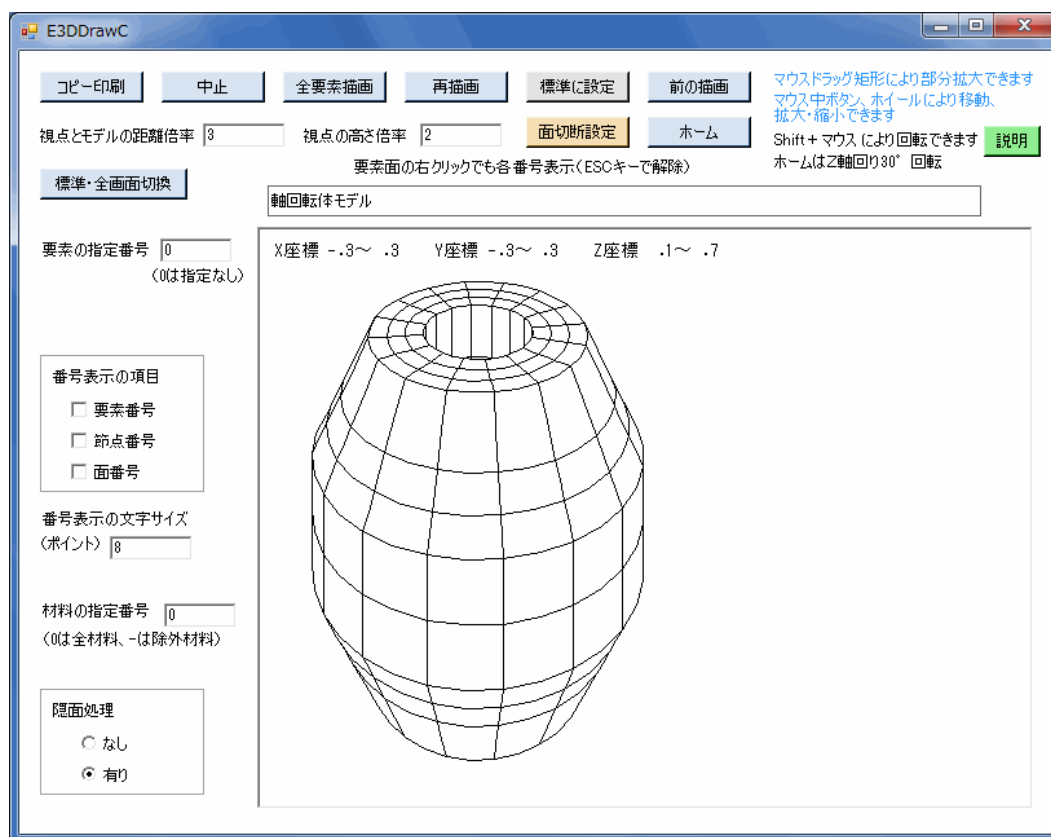


図8-5 軸回転体の構造作画の画面例

## 8.9 構造モデルの移動

サブメニューの「構造モデルの移動」を選択すると、図8-6の移動量入力画面となります。同画面で、平行移動の各座標軸方向の移動量、および回転移動の各座標軸回りの回転角を入力します。同図に示すように、移動の順序は、Z軸回りの回転、Y軸回りの回転、X軸回りの回転、最後にX, Y, Z軸方向の平行移動となります。もし、違う順序で移動させたい場合は、「構造モデルの移動」を繰り返し実施することにより可能です。その際は、各繰り返し毎の生成データをファイルへ保存する必要はなく、最終の生成データのみをファイル保存すればよいです。

本画面の「設定」ボタンをクリックすると、移動計算が実行されます。計算が終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、移動されたモデルのデータファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でサブメニュー「ファイルへ保存」により、同様にファイル出力できます。

The screenshot shows a Windows-style dialog box titled "SolDDat8" with a sub-header "構造モデルの移動" (Move Structural Model). The main text says "移動量を入力してください。" (Please enter the movement amount). Below this, it explains the sequence: "移動の順序は、Z軸回りの回転、Y軸回りの回転、X軸回りの回転、最後にX,Y,Z方向の平行移動となります。もし、違う順序で移動させたい場合は、構造モデルの移動を繰り返し実施してください。" (The order of movement is rotation around the Z-axis, rotation around the Y-axis, rotation around the X-axis, and finally parallel movement in the X, Y, Z directions. If you want to move in a different order, repeat the structural model movement). There are six input fields arranged in two columns. The left column contains: "X方向移動量" (X-direction movement amount) with value 0.05, "Y方向移動量" (Y-direction movement amount) with value 0.1, and "Z方向移動量" (Z-direction movement amount) with value 0.15. The right column contains: "X軸回りの右回転角(°)" (Right rotation angle around X-axis in degrees) with value 10, "Y軸回りの右回転角(°)" (Right rotation angle around Y-axis in degrees) with value 20, and "Z軸回りの右回転角(°)" (Right rotation angle around Z-axis in degrees) with value 30. At the bottom, there are two buttons: "設定" (Settings) and "中止" (Cancel).

図8-6 構造モデルの移動量入力画面

## 8.10 構造の合成（六面体要素のみ）

1) サブメニューの「構造の合成」を選択すると、図8-7の合成ファイル設定画面となります。

- ① 同画面で、ベースファイルと追加ファイルを設定します。「ベースファイル名」ボタン、または「追加ファイル名」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、それぞれの構造データファイルを選定して読み込みます。

◇ 交差柱状体との合成では、追加ファイルで交差柱状体を設定します。

注) ベースファイルに交差柱状体を使用できません。

- ② 合成方法として、「調整済み」、「結合点1個所指定（平行移動）」のいずれかを選択します。

◇「調整済み」とは、結合する境界について、ベース構造と追加構造とで座標値を含めて同じに設定済みということです（節点番号は別）。

◇「結合点 1 個所指定（回転なし）」とは、追加構造を平行移動して指定の節点どうしで結合するということです。節点の指定は結合方法の下部に表示される結合点で行ないます（図8-9参照）。

注）交差柱状体との合成で結合点を指定する場合は、中心の節点を指定してください。

2) 画面上部で同一点距離の上限指定は、通常は0のままで問題ありません。もし合成時に同一点かどうかを判定する上限値を指定したい場合に入力します。

◇上限指定が0の場合は、プログラム内で自動判定されます。

◇上限を指定が必要な事例を図8-8に示します。同図のように隅肉溶接の構造では溶接されていない部分に隙間 $\delta$ を設けます。その隙間の両側の辺Aと辺Bで節点どうしが同一点に判定されないように、上限値（ $0.1\delta$ 等）を指定します。

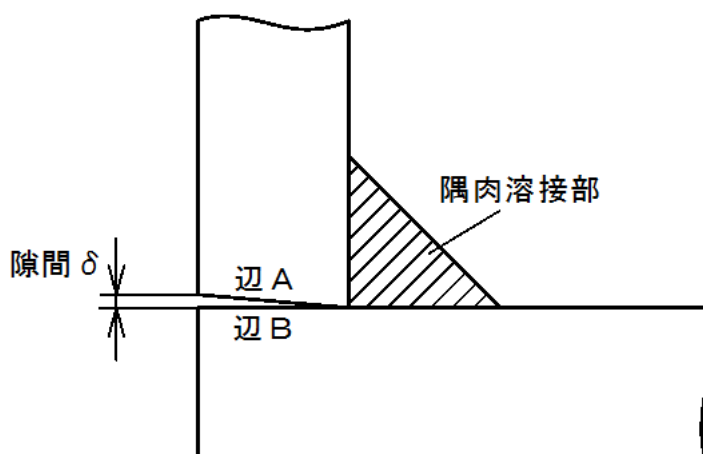


図8-8 同一点距離の上限指定が必要な例（隅肉溶接構造）

3) 図8-7の画面で「作画」ボタンをクリックすると、図8-9のように2つの構造図が作画された画面となります。本作画により、合成する構造が間違っていないか確かめることができます。

◇結合点を指定した場合は、図8-9のように指定節点が赤丸で表示されます。

4) 本画面の「設定」ボタンをクリックすると、合成計算が実行されます。計算が終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、合成されたモデルのデータファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でサブメニュー「ファイルへ保存」により、同様にファイル出力できます。

◇構造が合成されたデータでは、ベース構造の要素番号や節点番号は保持されますが、追加構造の要素番号や節点番号は自動変更されます。ただし、材料番号はすべて保持されます。

◇構造の合成を繰り返すことにより、多数の構造を合成することもできます。

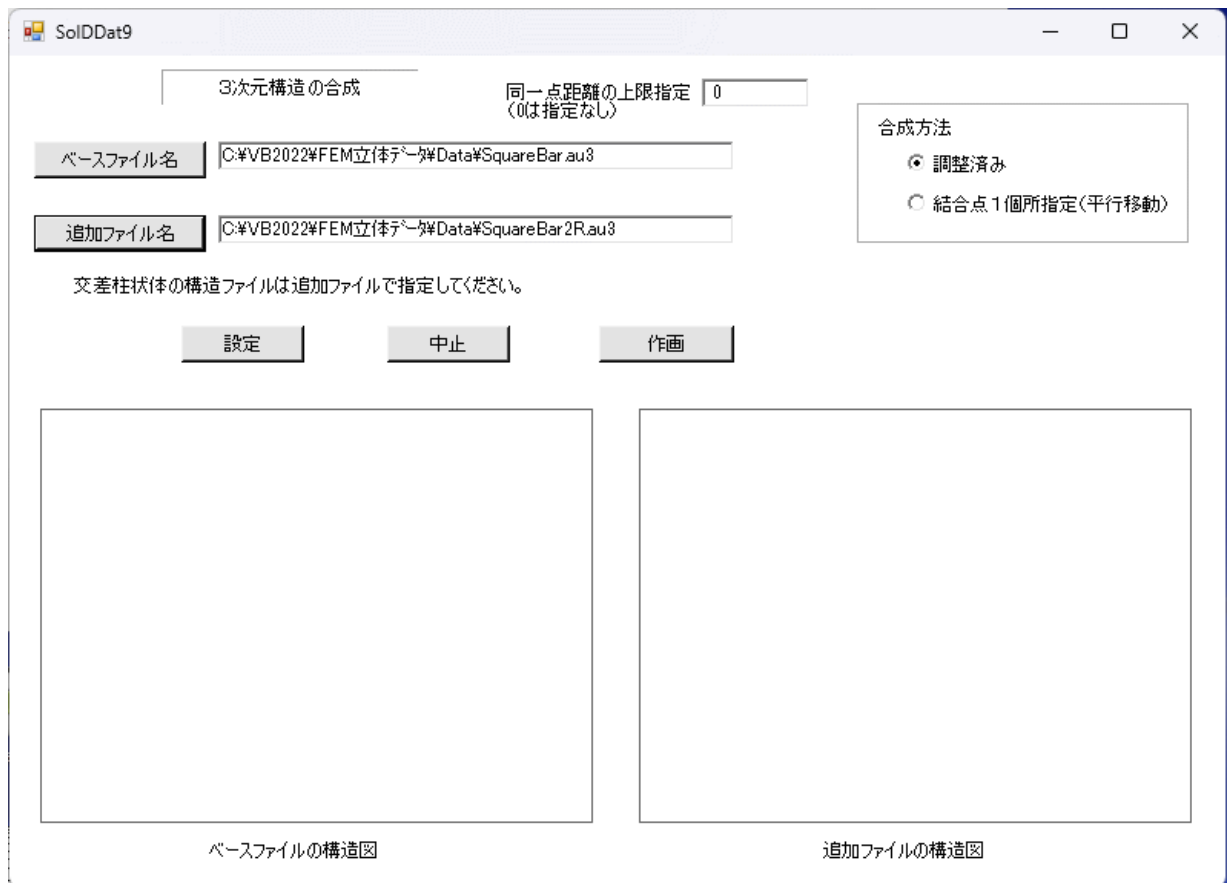


図8-7 合成ファイル設定画面（作画前）

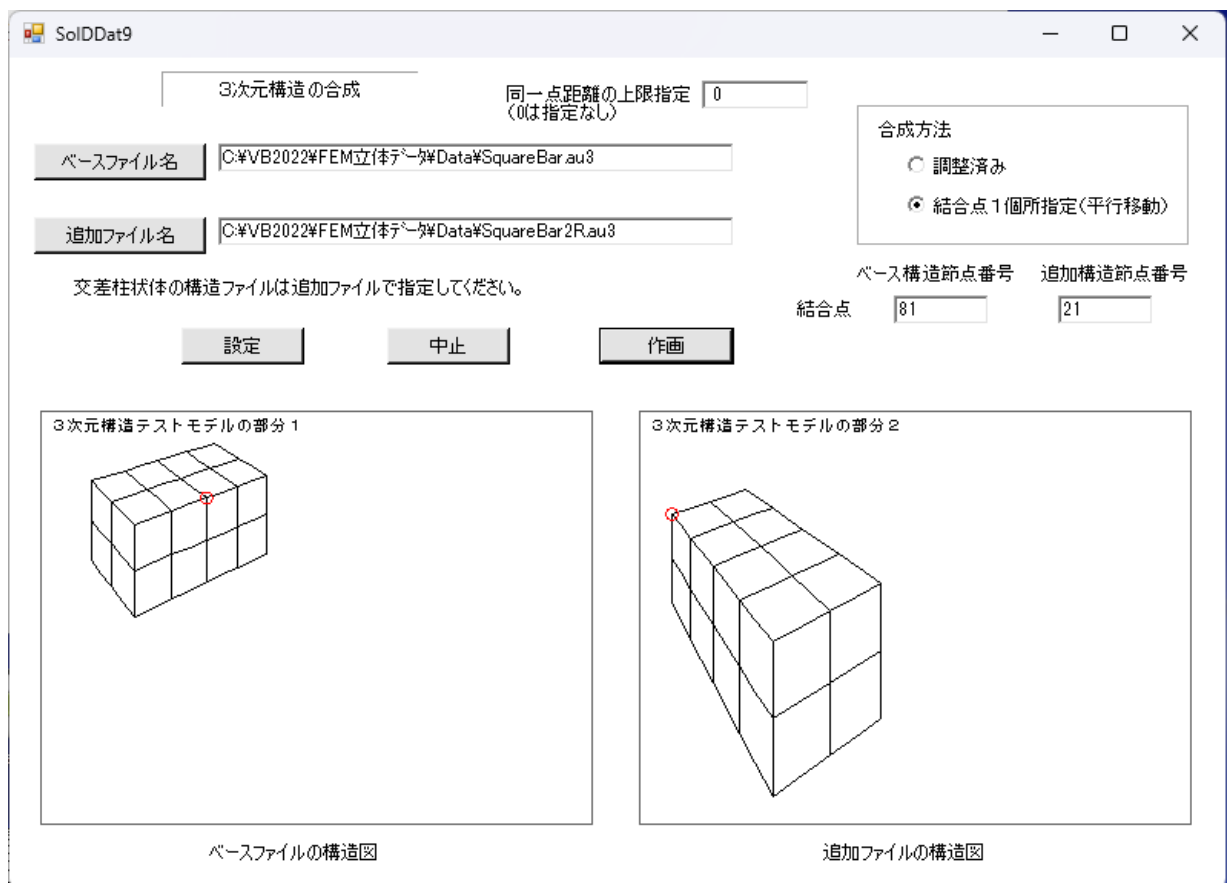


図8-9 合成されたモデルの構造図の画面例

図8-10～13に合成されたモデルの構造図の画面例を示します。

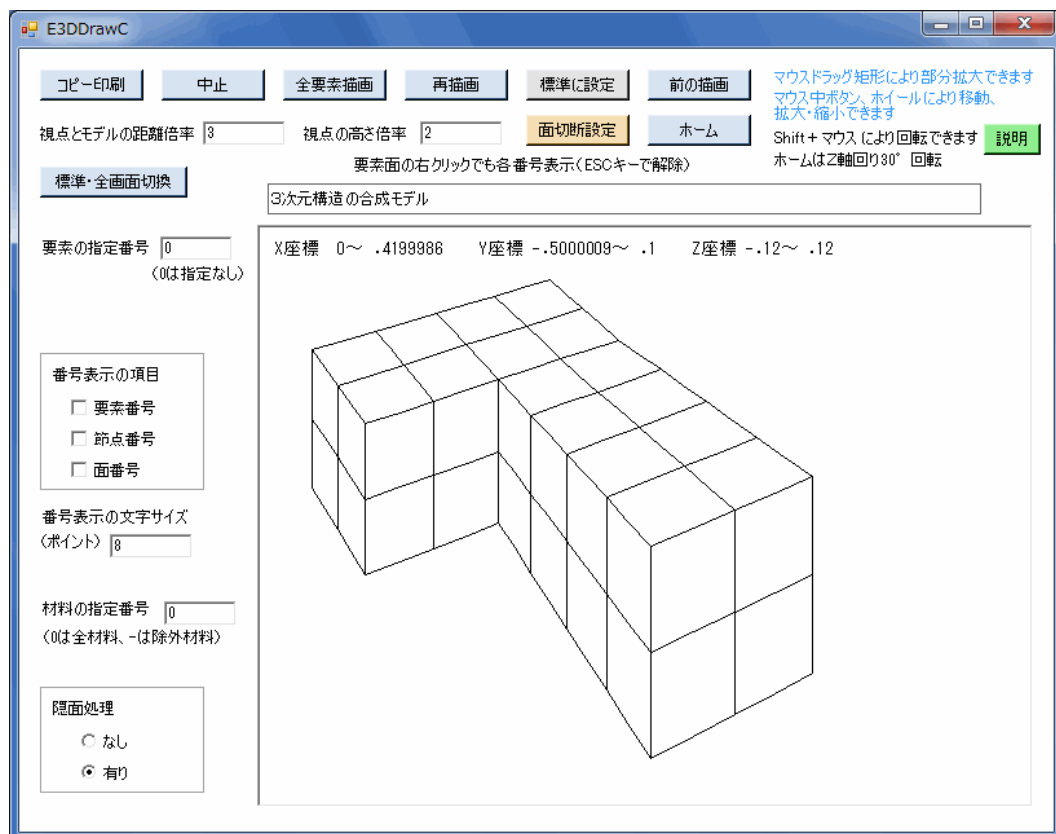


図8-10 合成されたモデルの構造図の画面例

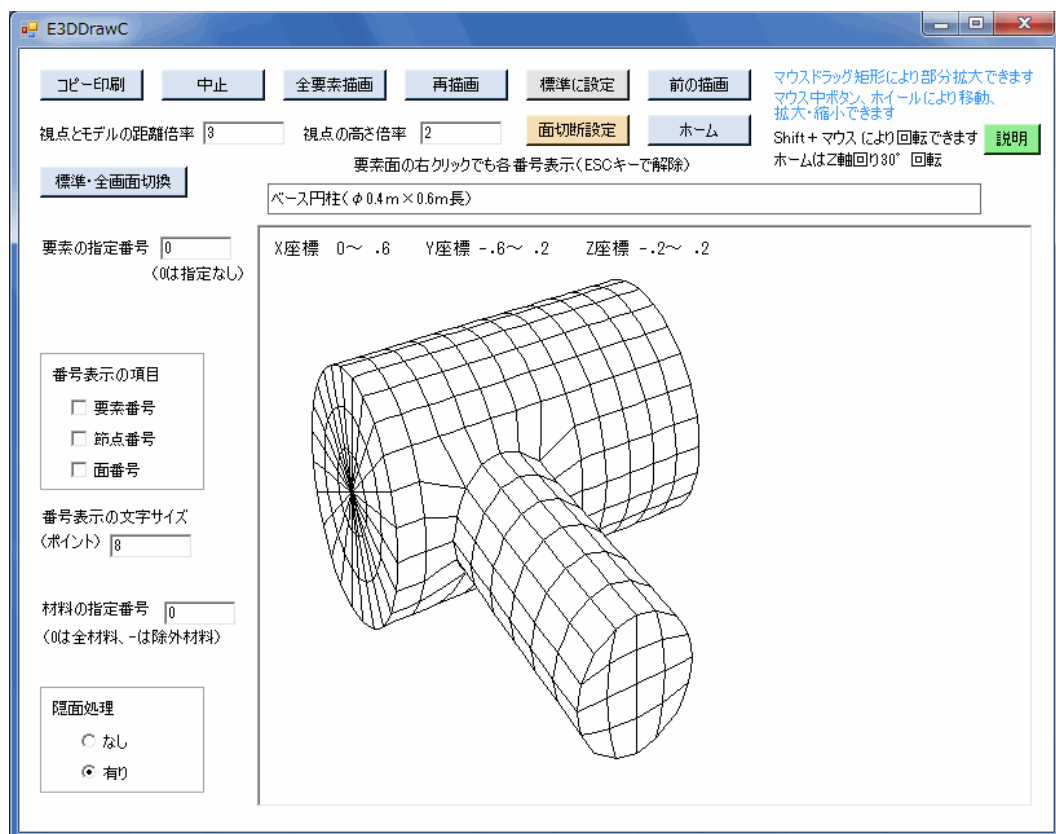


図8-11 交差柱状体の合成構造例 1 の構造図の画面

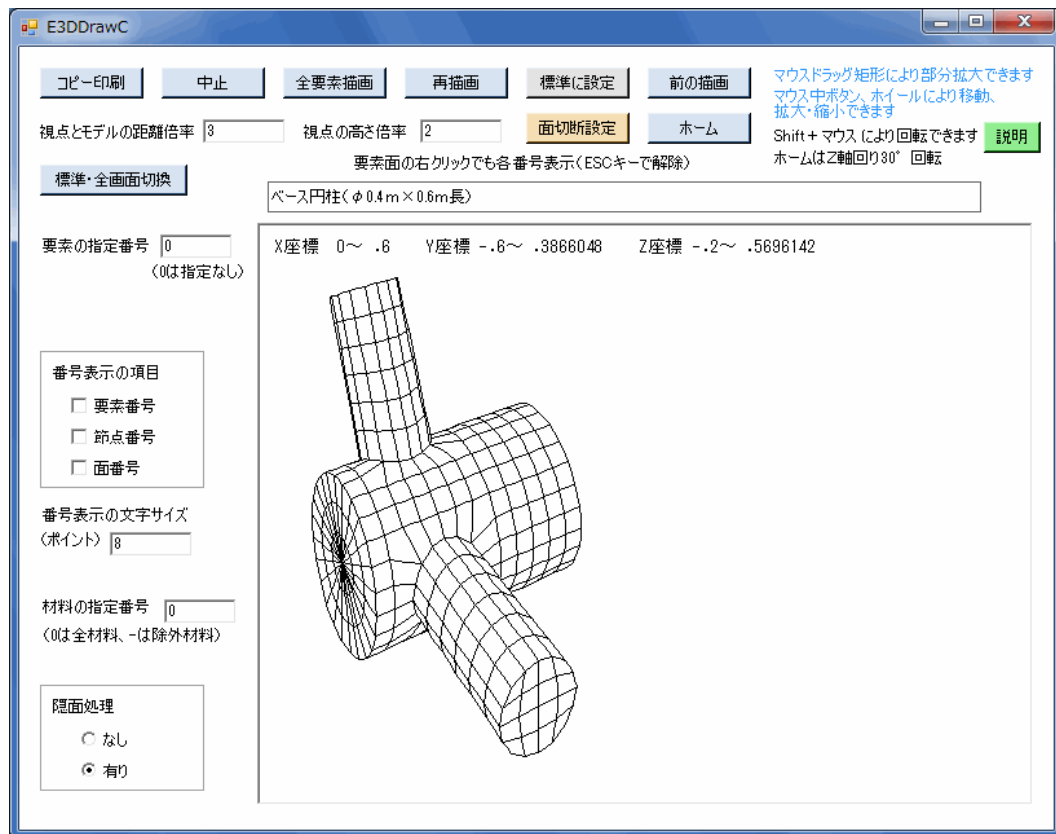


図8-12 交差柱状体の合成構造例 2 の構造図の画面

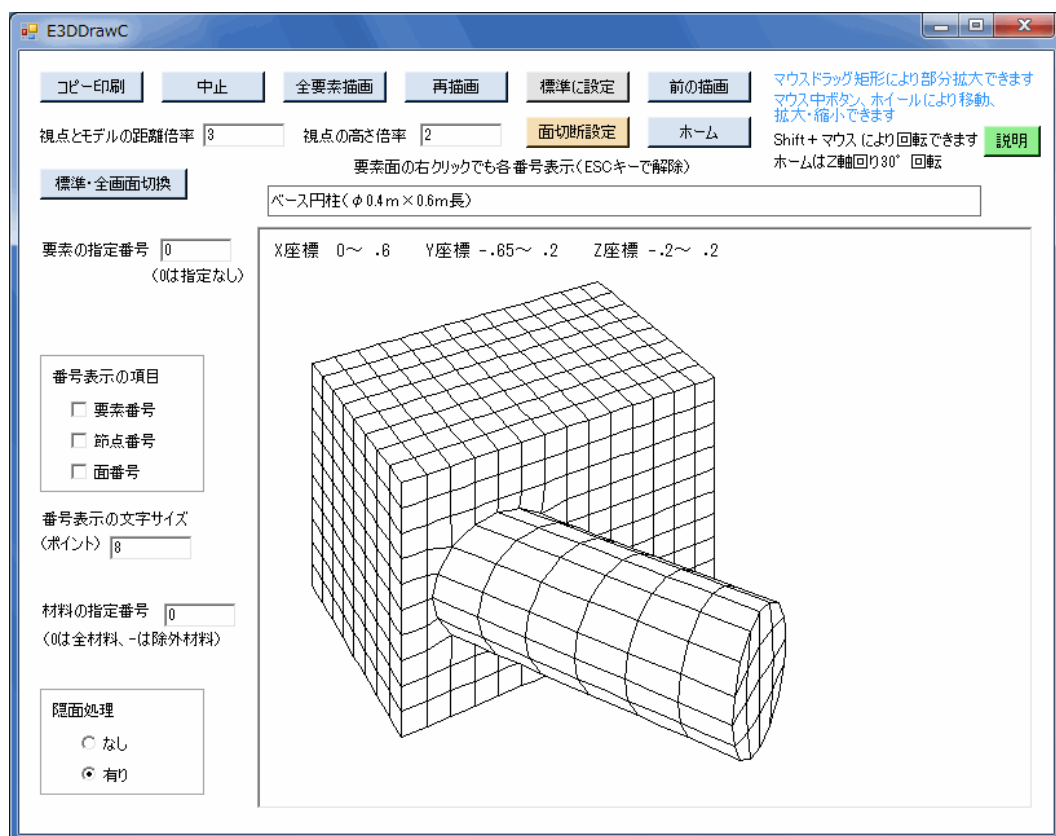


図8-13 交差柱状体の合成構造例 3 の構造図の画面



## 8.11 要素の削除

サブメニューの「要素の削除」を選択すると、図8-14の削除要素数入力画面となります。

- ①本画面で、削除要素数を入力します。
- ②本画面の「設定」ボタンをクリックすると、図8-15の削除要素番号入力画面に移ります。
- ③削除要素番号の入力画面が終了すると、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、要素の削除が実行されます。

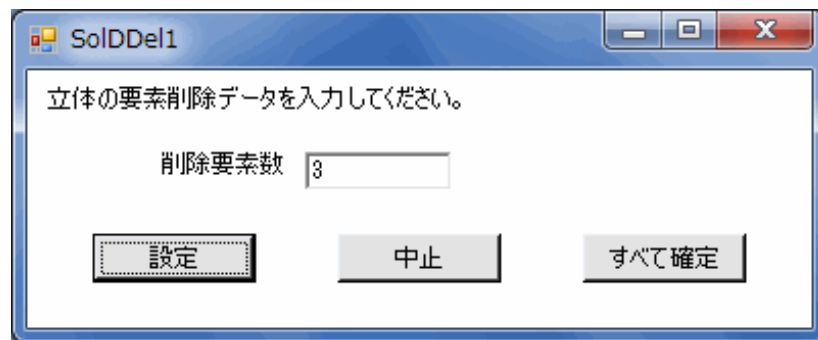


図8-14 削除要素数の入力画面

図8-15の削除要素番号入力画面について補足説明します。

- ①削除要素数の分だけ、削除要素番号を入力します。
- ②すべての削除要素番号を入力し終わったら、「設定」ボタンをクリックして削除要素数入力画面に戻ります。

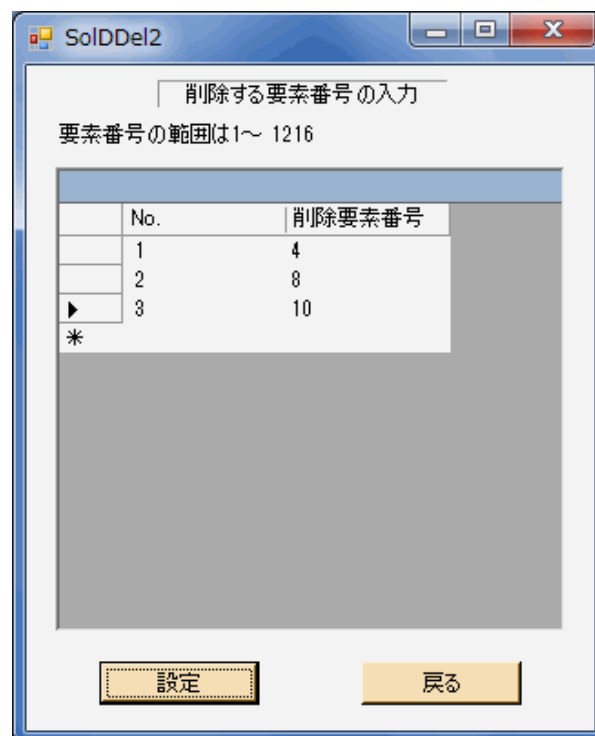


図8-15 削除要素番号の入力画面

## 8.12 要素の追加（六面体要素のみ）

サブメニューの「要素の追加」を選択すると、図8-16の要素追加データ入力画面となります。この要素の追加の機能は、交差柱状体との合成によってベース柱状体の外郭面メッシュが粗くなる場合に対策を行なうことが主目的です。従って、要素の追加は外郭要素に対してのみ可能となっています。

①本画面で、要素番号と外郭面の番号を入力します。

②次に、節点付番の改良について「なし」か「有り」を選択します。

◇要素の追加を実施すると新たに節点が生成されます。新しい節点には従来の節点番号の次から番号が付与されます。そのままではFEM行列作成時のバンド幅が大きくなるので、この節点付番の改良を「有り」にして、バンド幅が小さくなるように節点番号を付け直します。ただし、何らかの事情で元の節点番号を残したい場合は、節点付番の改良を「なし」にすることもできます。

注）算生会の各3次元FEM解析ソフトでは、節点付番に影響されないソルバーを用いるか、または内部で節点付番の改良を実施しているので、本画面で節点付番の改良を行わなくても構いません。

③本画面の「設定」ボタンをクリックすると、要素の追加が実行されます。

図8-16 要素追加データ入力画面

次に、「要素の追加」の原理について簡単に説明します。図8-17に要素追加の説明図を示します。同図のように、外郭要素の外郭面側内部にコア要素を追加し、その周囲にも5個の要素に追加し、合計6個に分割するものです。コア要素の大きさは、各辺とも元の要素の1/2になっています。

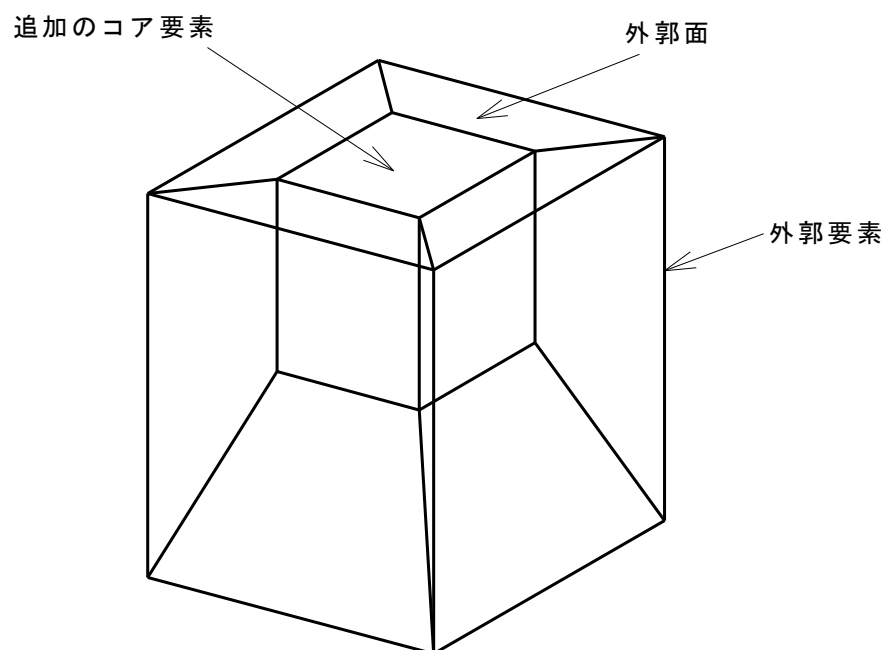


図8-17 要素追加の説明図

実際に要素の追加を実施した例を図8-18に示します。本図は図8-11の構造モデルに対して要素追加を実施したもので、赤丸で囲んだ部分に要素が追加されていることがわかります。

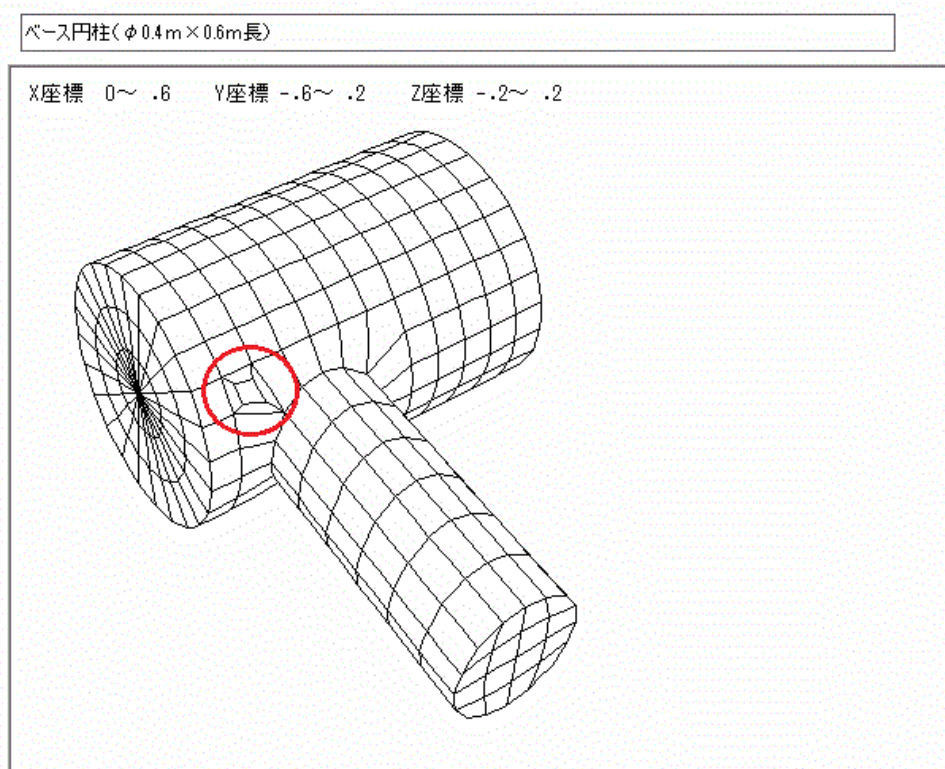


図8-18 要素追加の実施例

### 8.13 節点付番の改良

サブメニューの「節点付番の改良」を選択すると、節点付番の改良が実行されます。本機能は、節点番号を変更して1要素内の節点番号差を低減するもので、解析計算の際のバンド幅を低減して計算を効率化できます。節点付番の改良の実行終了後に、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、変更されたモデルのデータファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でサブメニュー「ファイルへ保存」により、同様にファイル出力できます。

◇メニュー「解析用へ変換」において、節点付番の改良を実施できますので、本サブメニューを使用しなくても支障ありません。

注) 本サブメニューは、構造の合成等により1要素内の節点番号差が大きくなった場合に使用すると、大幅な改善効果があります。

### 8.14 2分割 (六面体要素のみ)

2分割とは、X座標、Y座標またはZ座標の指定値で構造を2つに分け、2分割の内いずれかを採用するものです。たとえば、図8-19の(a)の構造を2分割し、後部の半分にして(b)の構造を生成します。

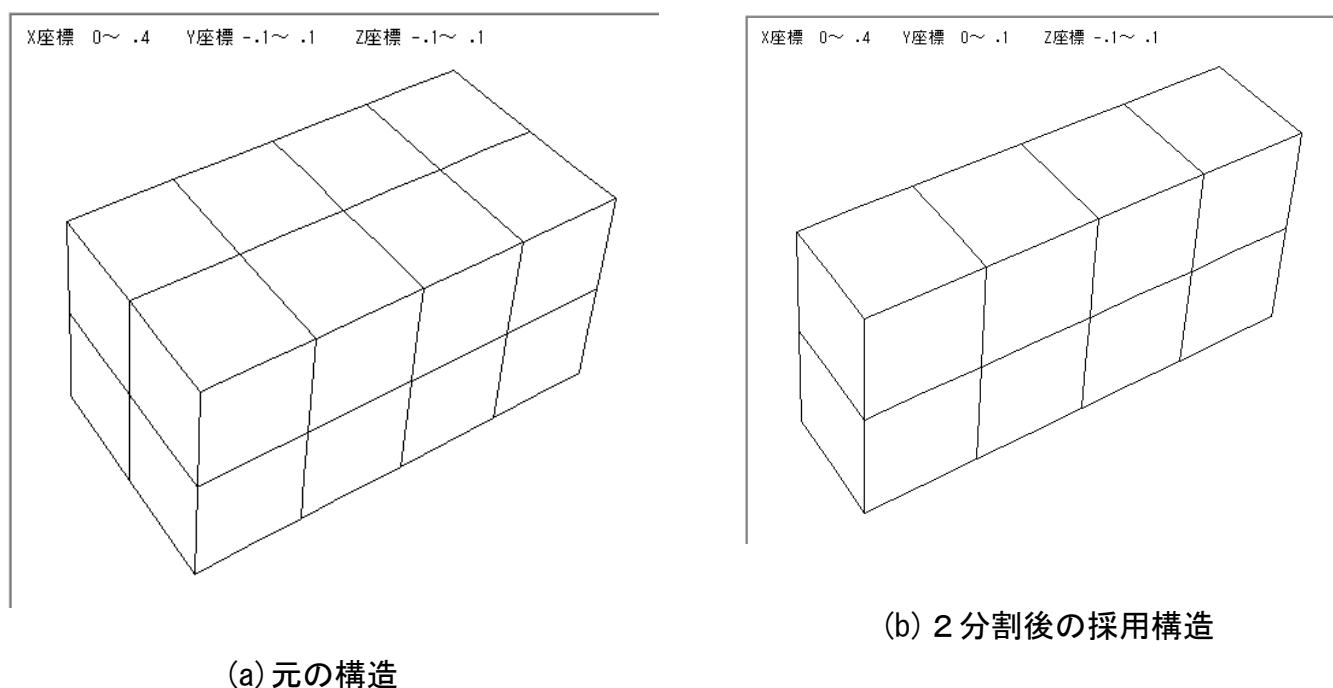


図8-19 2分割の例

サブメニューの「2分割」を選択すると、図8-20の2分割の処理画面となります。なお、本図の設定は、図8-19の構造を生成する場合の例です。

- ① 先ず、座標軸指定としてX座標、Y座標、Z座標のいずれかを選択します。
- ② 次に、その座標軸の座標値と許容誤差を入力します。

◇許容誤差は、コンピューター誤差等により指定座標値と同一でない場合の許容

範囲を設定するものです。これは、寸法の単位によっても異なります。

③さらに、採用構造としてプラス側かマイナス側を選択します。

◇プラス側かマイナス側というのは、座標指定値に対してです。

◇要素の節点全部が範囲に入っているものだけが採用されます。

④本画面の「設定」ボタンをクリックすると、2分割処理の計算が実行されます。計算が終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、データファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でサブメニュー「ファイルへ保存」により、同様にファイル出力できます。

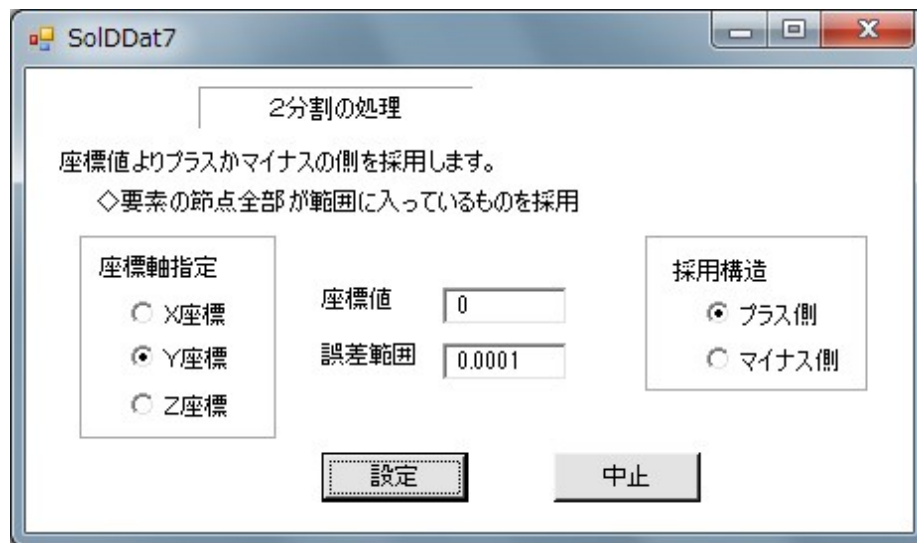


図8-20 2分割の処理画面

#### 8.15 面の傾斜化（六面体要素のみ）

面の傾斜化とは、立体構造の平面を傾斜化することを意味します。たとえば、図8-21において、(a)は3層の穴空き板で元の構造を示します。(a)のように基準座標の面（高さ変更なし）、開始面および終了面を決めます。そして面の傾斜化を実施すると、「一定傾斜」では(b)の構造、「可変傾斜」では(c)の構造が得られます。

サブメニューの「面の傾斜化」を選択すると、図8-22の設定画面となります。本図は「一定傾斜」の場合で、各面の傾斜をすべて同じにします。本図の設定例は図8-21の(b)に対応するものです。

①まず、「一定傾斜」か「可変傾斜」かを選択します。

②次に傾斜の値を入力します。

◇傾斜は高さを基準座標方向長さで割ったもので、座標方向に高さが増える場合が正となります。

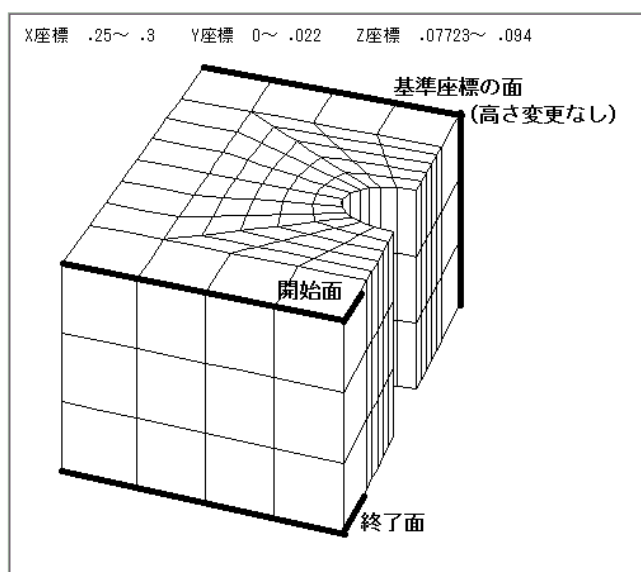
③次に傾斜座標値と基準座標指定を選択し、そして選択した基準座標の座標値を入力します。

◇傾斜座標値は、その値を変化させて傾斜させるものです。

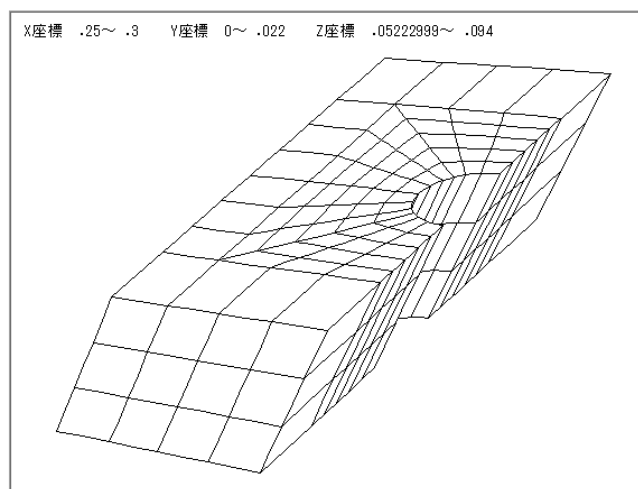
◇基準座標指定の座標方向に傾斜座標値を傾けます。また、基準座標の座標値の節点は、傾斜座標の値が不変です。

◇本図の例では、傾斜座標値のZ座標に対して、傾斜基準座標指定は残りの2座標のX座標とY座標が表示されています。同様に、傾斜座標値の座標を変えると、傾斜基準座標指定の表示も変化します。

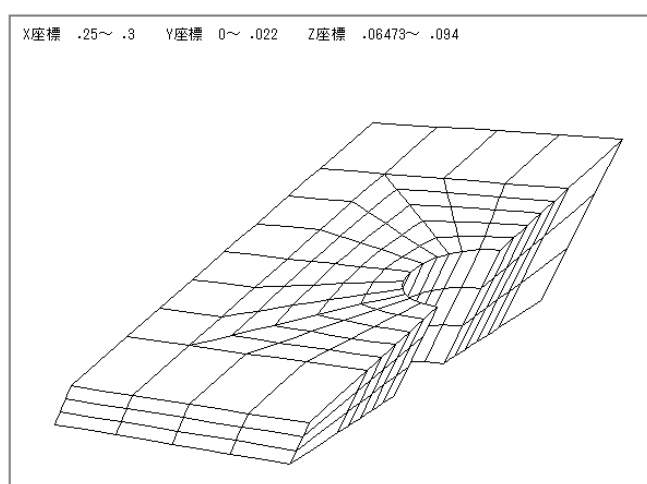
- ④本画面の「設定」ボタンをクリックすると、面の傾斜化の計算が実行されます。計算が終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、データファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でサブメニュー「ファイルへ保存」により、同様にファイル出力できます。



(a) 元の構造



(b) 一定傾斜の構造



(c) 可変傾斜の構造

図8-21 面の傾斜化の例

面の傾斜化の設定

立体構造で座標平面に平行な平面の傾斜化を一括処理できます。傾斜化の条件を入力してください。

傾斜の区分

☒ 一定傾斜      傾斜の値

☐ 可変傾斜

傾斜座標値

☐ X座標  
☐ Y座標  
☒ Z座標

基準座標指定

☒ X座標  
☐ Y座標

座標値

傾斜=高さ/基準座標方向長さ、座標方向が正

基準座標値の節点は傾斜座標値が不変

設定      中止

図8-22 面の傾斜化の設定画面（一定傾斜の場合）

また、図8-23に「可変傾斜」の場合の設定画面を示します。上記の一定傾斜の場合とは異なる事項について説明します。本図の設定例は図8-21の(c)に対応するものです。

- ①傾斜の値は、開始値と終了値を入力します。
- ②傾斜面の数は、開始面と終了面を含む数を総数を入力します。
- ③また、開始面の傾斜座標値（本例ではZ座標値）と許容範囲を入力します。

◇許容誤差は、コンピューター誤差等により指定座標値と同一でない場合の許容範囲を設定するものです。これは、寸法の単位によっても異なります。

面の傾斜化の設定

立体構造で座標平面に平行な平面の傾斜化を一括処理できます。傾斜化の条件を入力してください。

傾斜の区分

☐ 一定傾斜      傾斜の開始値

☒ 可変傾斜      傾斜の終了値

傾斜座標値

☐ X座標  
☐ Y座標  
☒ Z座標

基準座標指定

☒ X座標  
☐ Y座標

座標値

傾斜=高さ/基準座標方向長さ、座標方向が正

傾斜面の数       開始面、終了面を含む

開始面のZ座標値 (傾斜化の実施前)       許容範囲

基準座標値の節点は傾斜座標値が不変

設定      中止

図8-23 面の傾斜化の設定画面（可変傾斜の場合）

## 8.16 円穴の底・入口のR（六面体要素のみ）

円穴の底・入口のRとは、柱状体で円穴の底のコーナーR、または円穴の入口の面取りRを設ける場合に、R部の節点の値を計算設定することを意味します。その説明図を図8-24に示します。同図で最初に柱状体をメッシュ生成したとき、R部の節点は直線A上にあります。これをRの円弧B上に変更させる機能です。

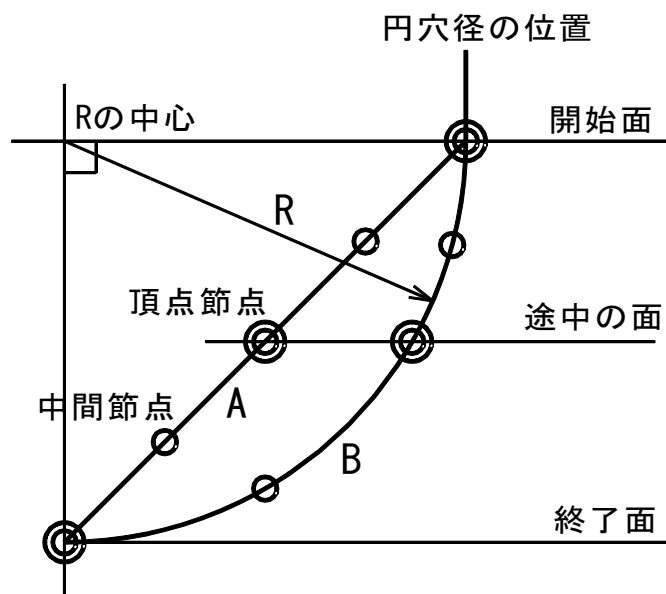


図8-24 円穴の底・入口のRの説明図

例題として、図8-25に示す2段穴構造を取り上げます。同図のように、上側の円穴の底コーナーR10、下側の円穴の最下端入口に面取りR10を付けます。

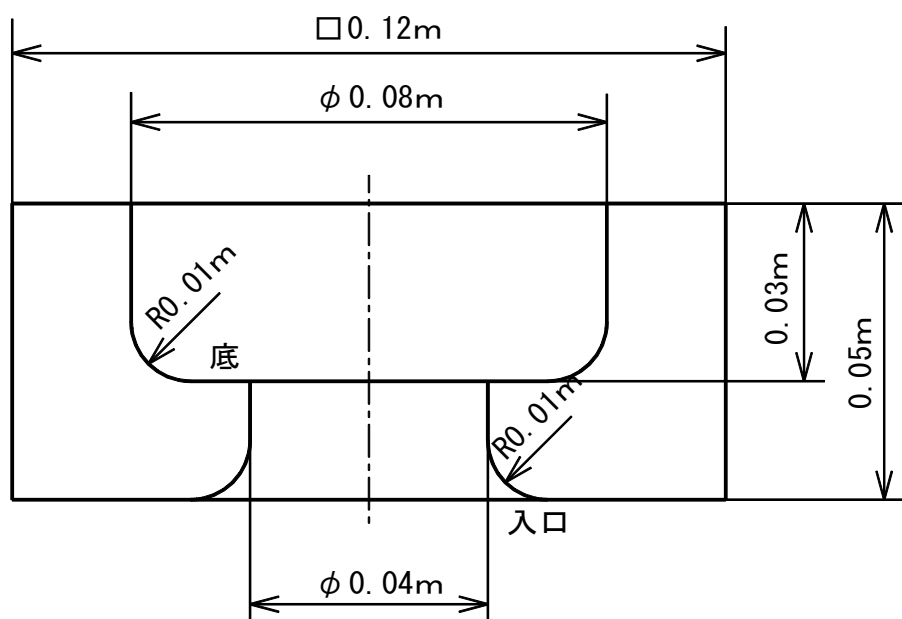


図8-25 円穴の底・入口のRの例題



図8-26に例題の構造メッシュ図を示します。同図はR部の処理を実施する前のもので、R部の節点が直線上にあります。

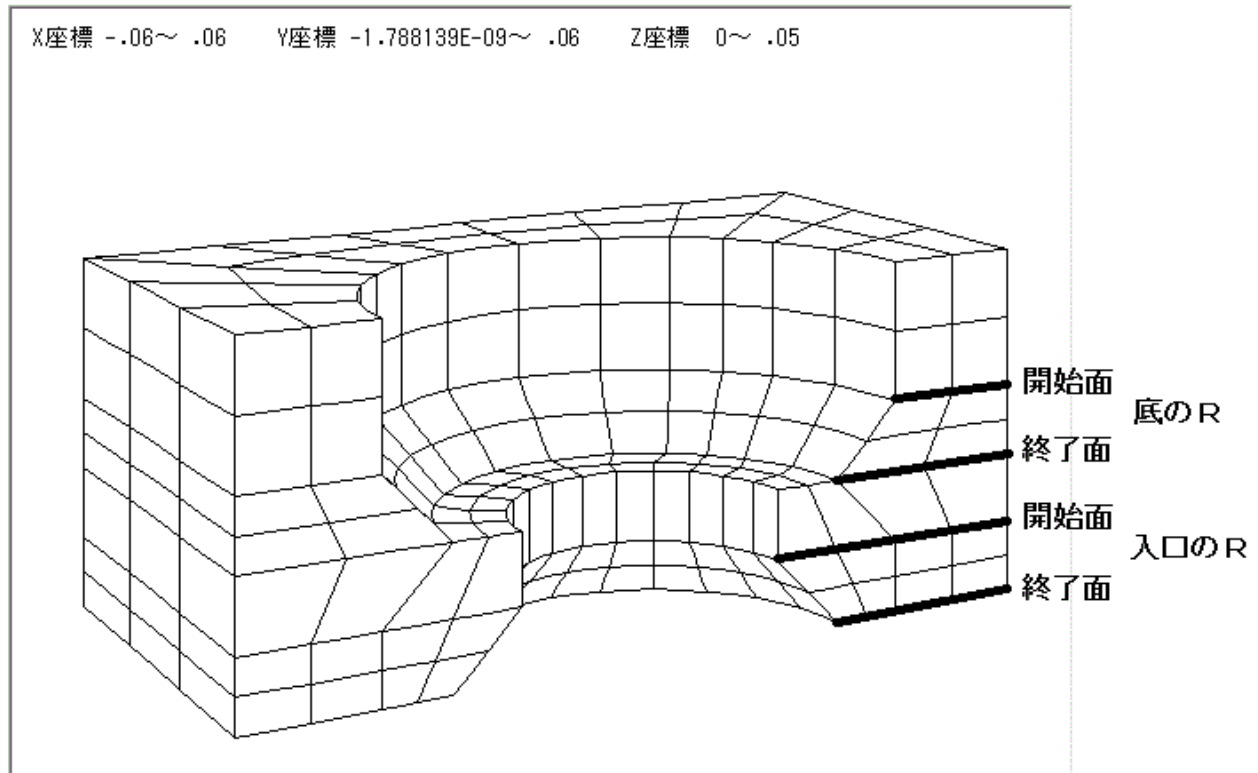


図8-26 例題の構造メッシュ図

サブメニューの「円穴の底・入口のR」を選択すると、図8-27の設定画面となります。本図は「底のコーナーR」の場合です。

- ① 先ず、「底のコーナーR」か「入口の面取りR」かを選択します。
- ② 次に円穴の軸方向として、X軸、Y軸、Z軸のいずれかを選択します。そして、開始面の座標値と許容範囲を入力します。

◇開始面は、コーナーR部分で、円穴半径が存在する方の面を指します。

◇許容誤差は、コンピューター誤差等により指定座標値と同一でない場合の許容範囲を設定するものです。これは、寸法の単位によっても異なります。

- ③ 次に円穴の半径、中心の2座標を入力します。

- ④ さらに、コーナーRの値と円穴部の面の数を入力します。

◇円穴部の面の数は、コーナーR部分の面の数で、開始面と終了面を含みます。

- ⑤ 本画面の「設定」ボタンをクリックすると、R部の節点の修正計算が実行されます。計算が終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、データファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でサブメニュー「ファイルへ保存」により、同様にファイル出力できます。

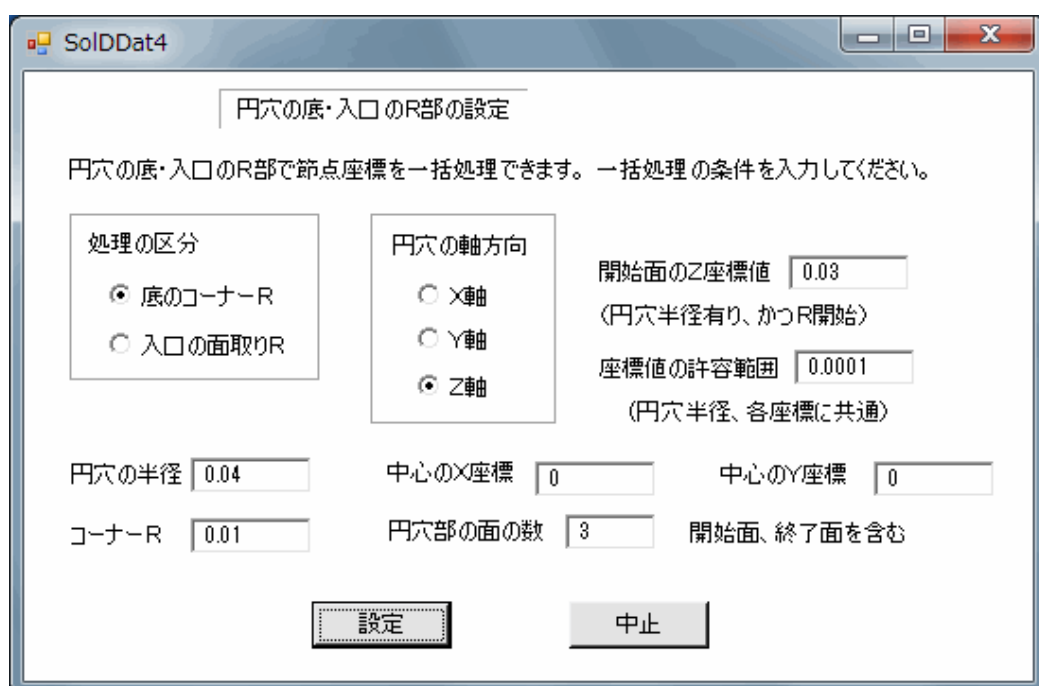


図8-27 底のコーナーRの設定画面

また、図8-28に「入口の面取りR」の場合の設定画面を示します。上記の底のコーナーRの場合と同様ですが、開始面の座標値を間違わないように特に注意してください。

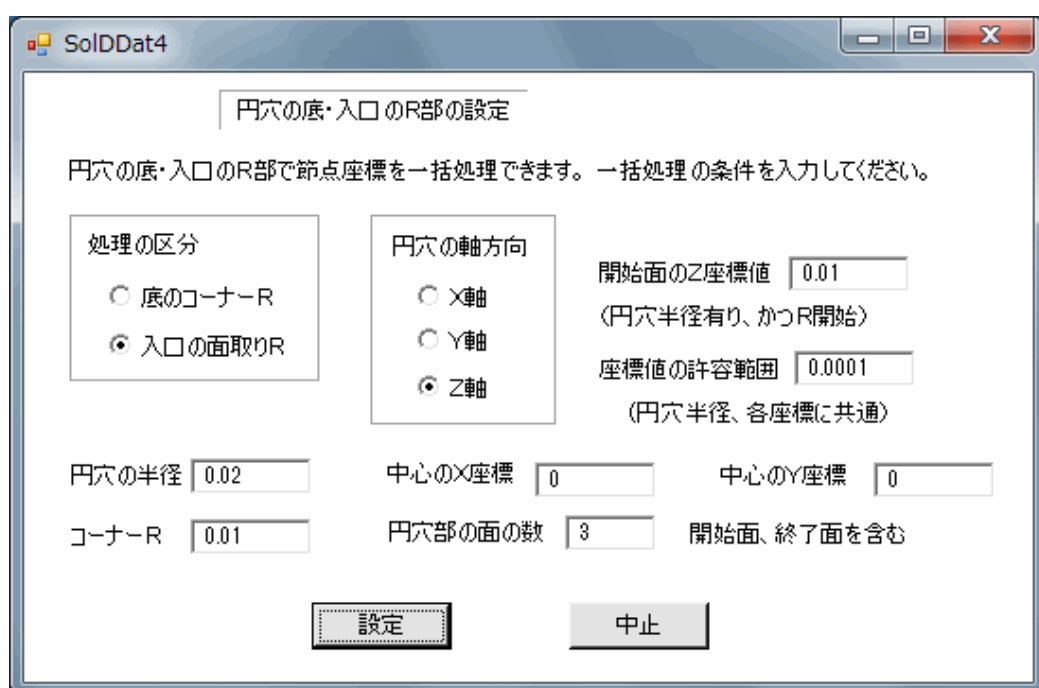


図8-28 入口の面取りRの設定画面

これら両者のR部の修正計算を実施した結果の構造図を図8-29に示します。同図のように、底および入口がR形状になっています。

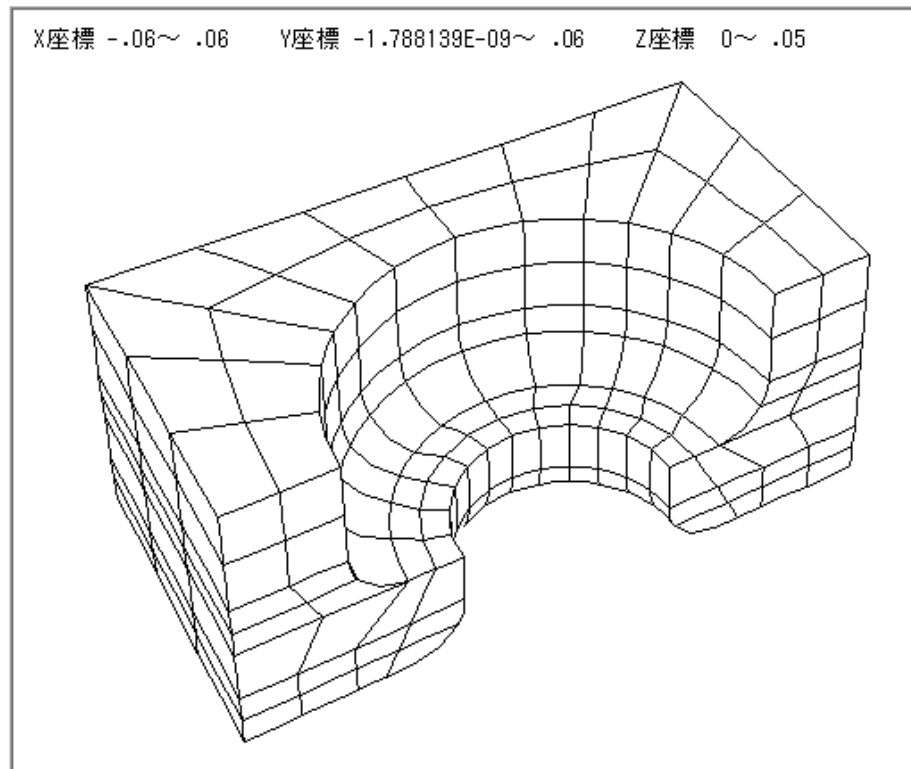


図8-29 円穴の底・入口のRの処理結果の例

### 8.17 構造の反転

構造の反転とは、X座標、Y座標、Z座標のいずれかの指定値の平面を中心として、対称の構造に変換することを言います。たとえば、図8-30の(a)の構造断面をX座標0の平面に対して反転すると(b)の構造に変換されます。

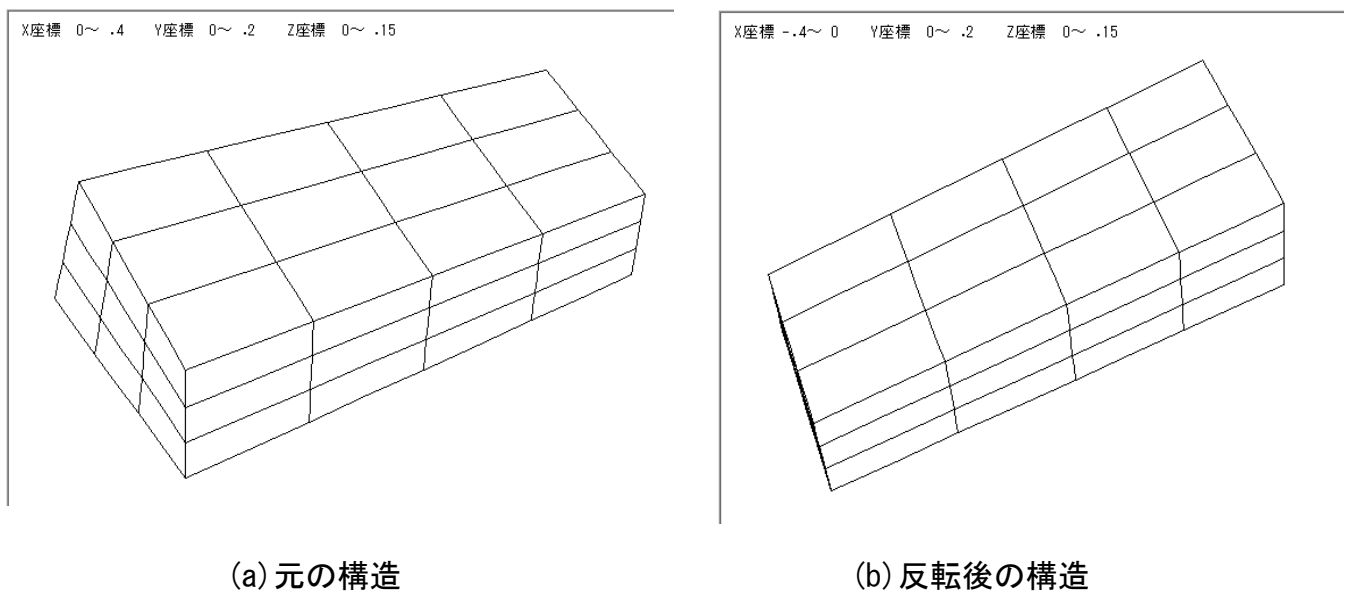


図8-30 構造の反転の例

サブメニューの「構造の反転」を選択すると、図8-31の構造の反転の処理画面となります。

① 先ず、座標軸指定としてX座標、Y座標、Z座標のいずれかを選択します。

②次に、その座標値を入力します。

◇入力された座標値の平面が反転の中心面となります。

③本画面の「設定」ボタンをクリックすると、反転処理の計算が実行されます。計算が終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、データファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でサブメニュー「ファイルへ保存」により、同様にファイル出力できます。

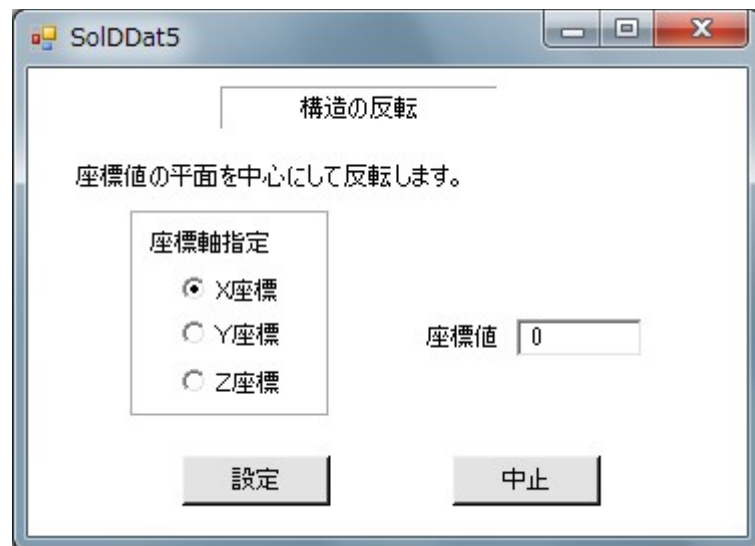


図8-31 構造の反転の処理画面

#### 8.18 データチェック（含積分）

サブメニューの「データチェック」を選択すると、入力済みデータについてエラーのチェックを行なうことができます。エラーが見つかった場合は、画面にエラー内容が表示されます。ただし、すべてのエラーをチェックできるわけではありません。

#### 8.19 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9章 「立体直接生成」処理プログラム

### 9.1 サブメニュー画面

「メニュー」プログラムにおける「立体直接生成」のサブメニュー選択画面を図9-1に示します。同図に示すように、8つのサブメニューがあります。各サブメニューの立体を選択できます。

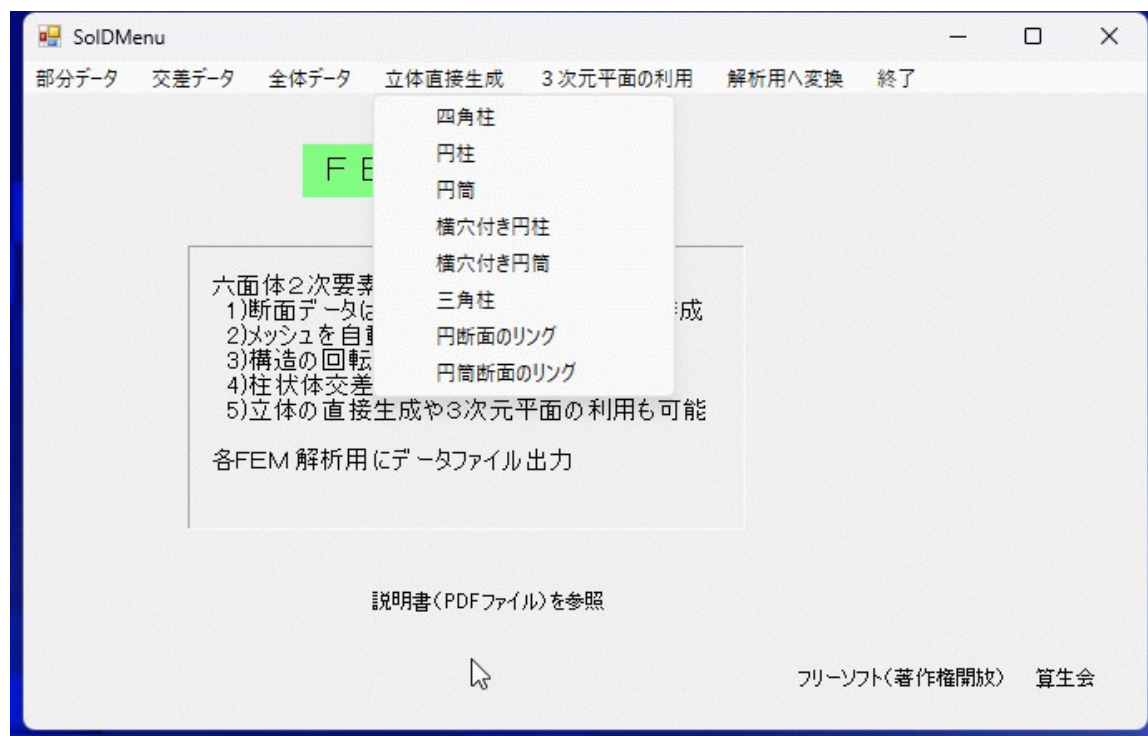


図9-1 「立体直接生成」サブメニュー画面

### 9.2 「四角柱」の直接生成

サブメニューの「四角柱」を選択すると、図9-2の仕様入力画面となります。同画面の略図に、座標系とデータ項目を示しています。

- ①長さL、a～bを入力します。
- ②分割数m1～m3を入力します。
- ③本画面の「設定」ボタンをクリックすると、立体メッシュが自動生成されます。終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、データファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でファイル出力できます。後は「全体データ」の扱いになります。「全体データ」のサブメニュー「構造の作画」により、構造図を作画させ、所望の立体メッシュが得られたか確認してください。

注) 四角柱を立てたい場合は、「全体データ」の「構造の移動」でY軸回りに180°回転させればよいです。

図9-3に生成した四角柱の構造図を示します。

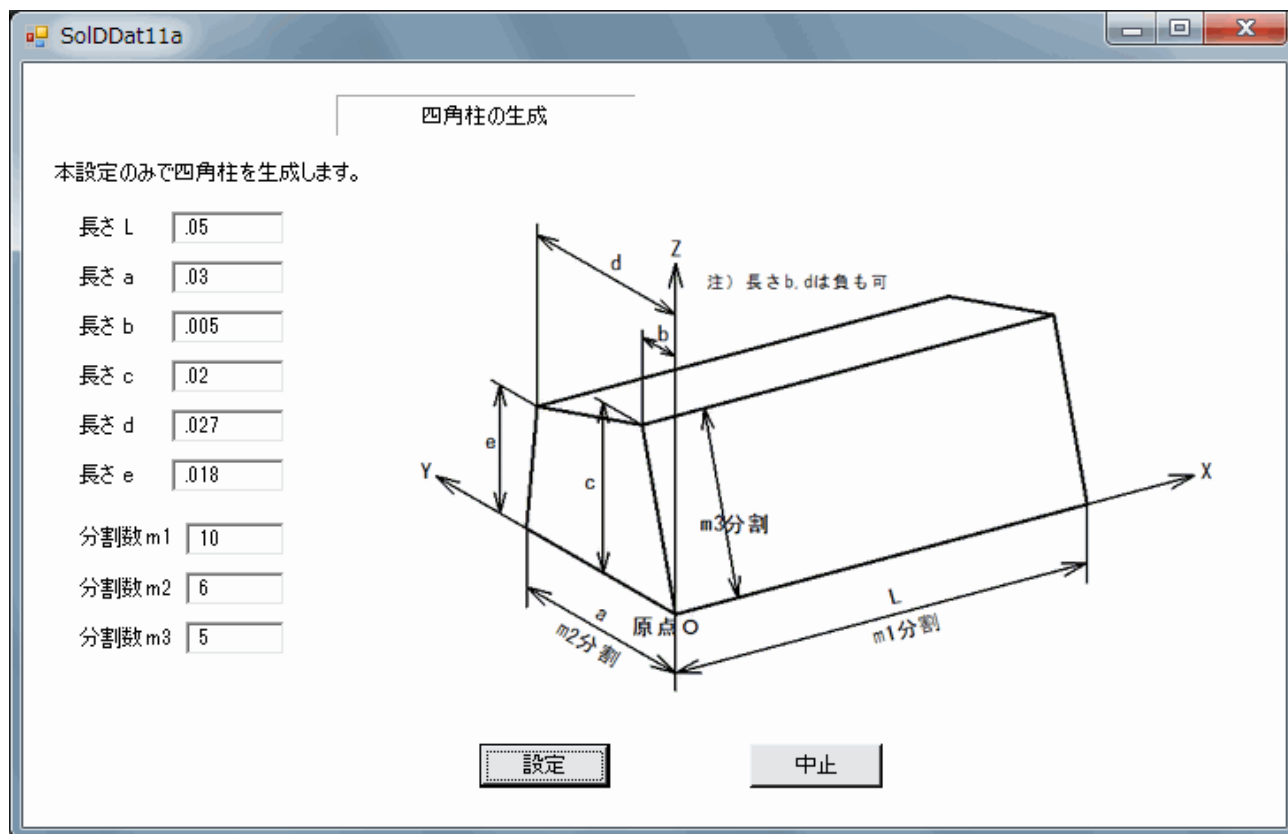


図9-2 四角柱の仕様入力画面

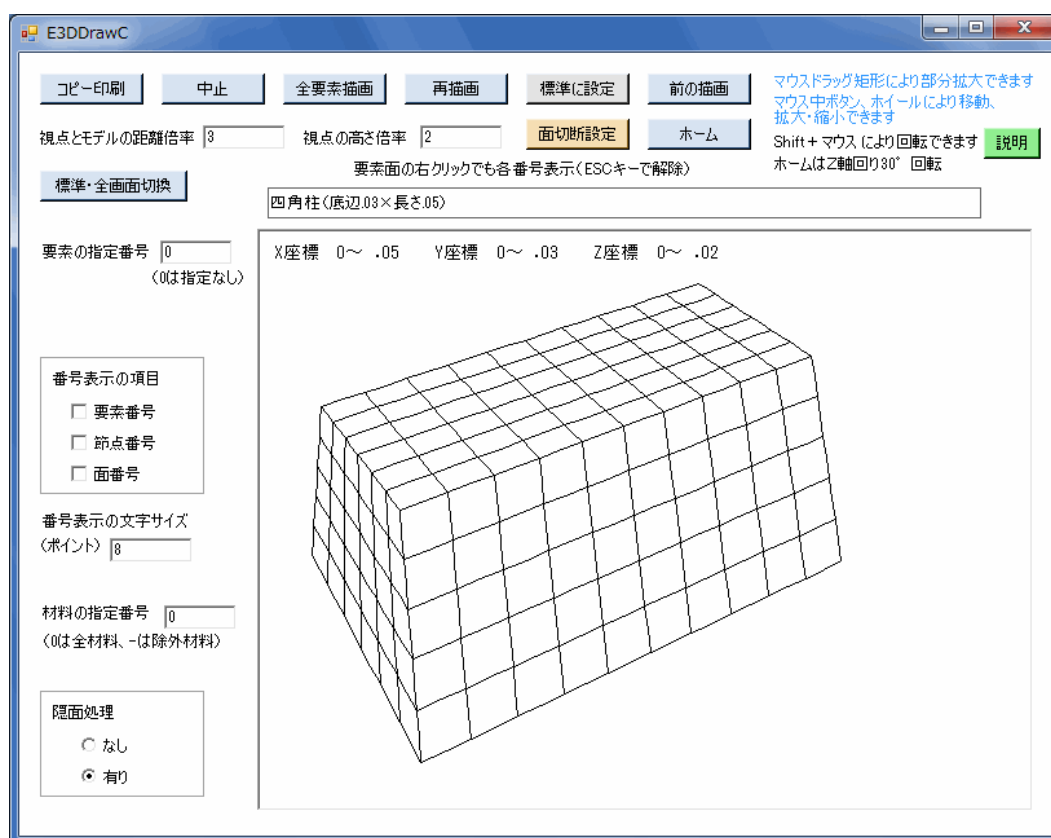


図9-3 生成した四角柱の構造図

### 9.3 「円柱」の直接生成

サブメニューの「円柱」を選択すると、図9-4の仕様入力画面となります。同画面の略図に、座標系とデータ項目を示しています。

①長さLと半径Rを入力します。

②角度 $\alpha$ を入力します。

◇ $\alpha$ は $360^\circ$ 以下の正数とします。

③分割数m1～m3を入力します。

◇円周の分割数m2は偶数でなければなりません。

④本画面の「設定」ボタンをクリックすると、立体メッシュが自動生成されます。以降は前述の四角柱と同じです。

図9-5に生成した円柱の構造図を示します。

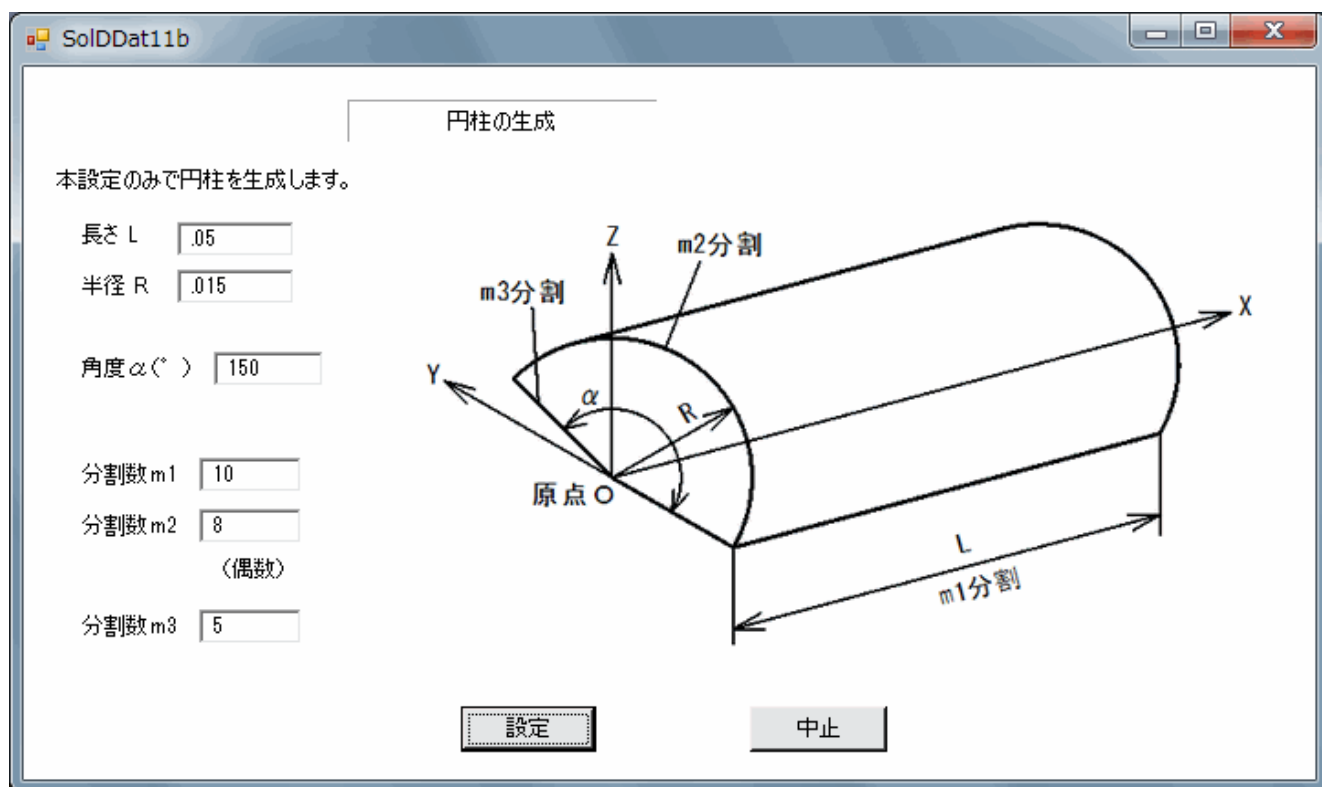


図9-4 円柱の仕様入力画面

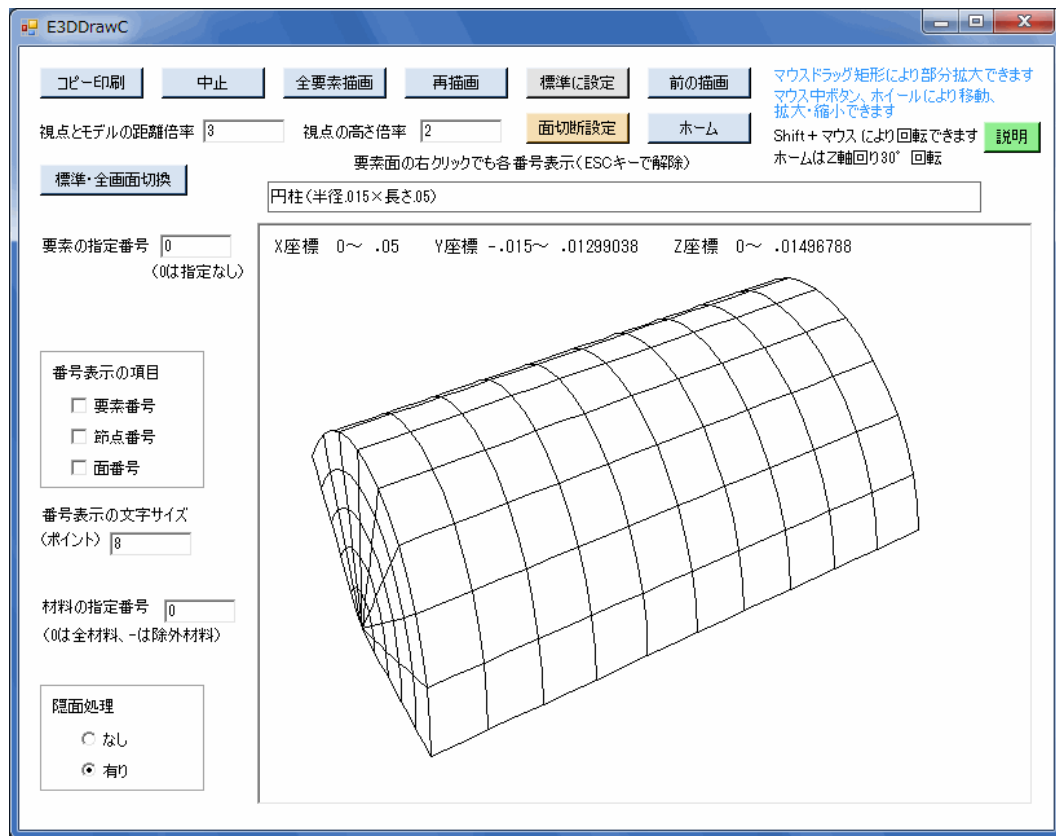


図9-5 生成した円柱の構造図

#### 9.4 「円筒」の直接生成

サブメニューの「円筒」を選択すると、図9-6の仕様入力画面となります。同画面の略図に、座標系とデータ項目を示しています。

- ①長さL、半径R1、R2を入力します。
- ②角度 $\alpha$ を入力します。  
◇ $\alpha$ は $360^\circ$ 以下の正数とします。
- ③分割数m1～m3を入力します。
- ④本画面の「設定」ボタンをクリックすると、立体メッシュが自動生成されます。以降は前述の四角柱と同じです。

図9-7に生成した円筒の構造図を示します。



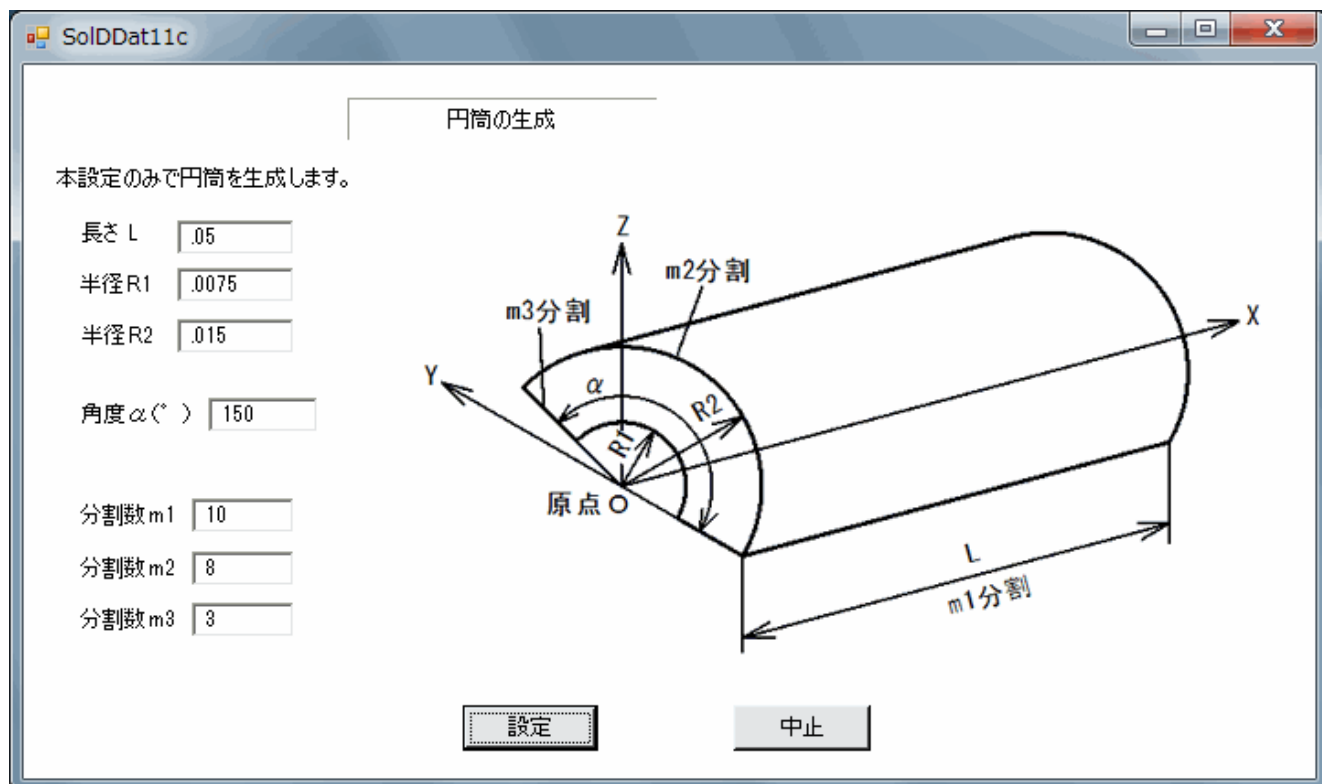


図9-6 円筒の仕様入力画面

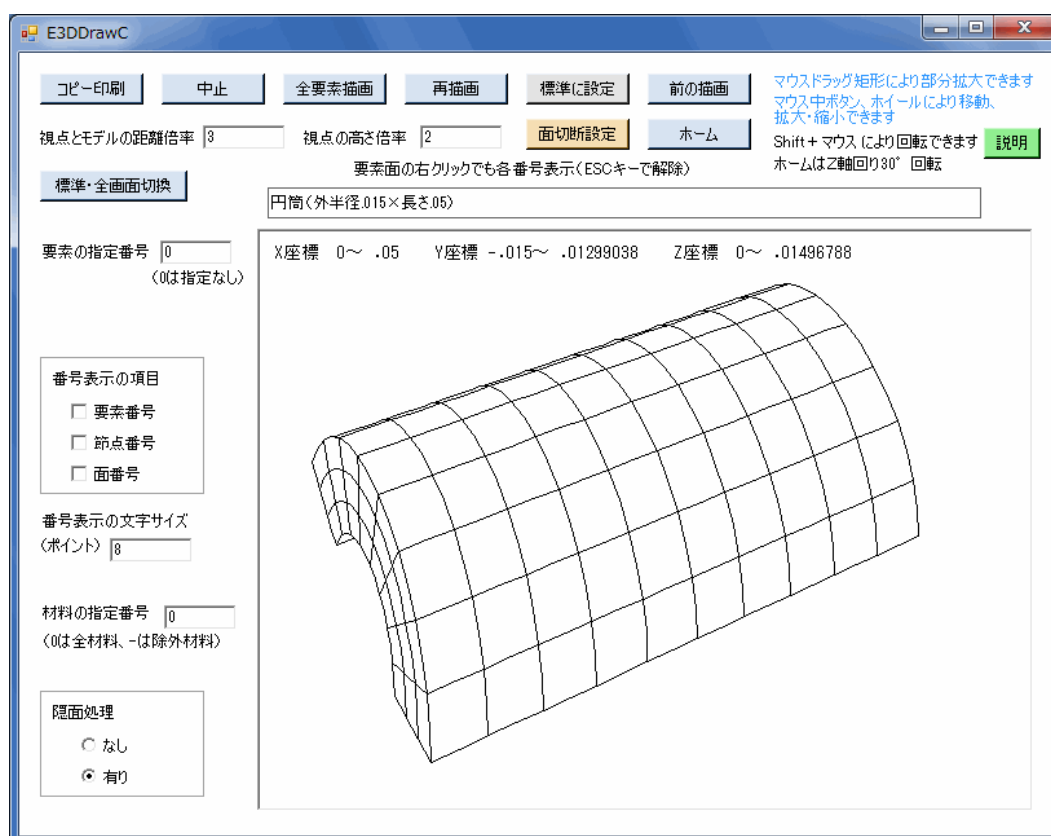


図9-7 生成した円筒の構造図

### 9.5 「横穴付き円柱」の直接生成

サブメニューの「横穴付き円柱」を選択すると、図9-8の仕様入力画面となります。同画面の略図に、座標系とデータ項目を示しています。定義する円筒の角度 $\alpha$ と $\beta$ は $180^\circ$ 未満でなければなりません。

①長さ $b_1$ 、 $b_2$ 、半径 $R$ 、および横穴直径 $d$ を入力します。

②角度 $\alpha$ 、 $\beta$ を入力します。

③分割数 $m_1 \sim m_6$ を入力します。

◇円周の分割数 $m_6$ は4の倍数でなければなりません。

③本画面の「設定」ボタンをクリックすると、立体メッシュが自動生成されます。以降は前述の四角柱と同じです。

図9-9に生成した「横穴付き円柱」の構造図を示します。参考までに、横穴が貫通した全周円柱の作成方法を説明します。

＜横穴が貫通した全周円柱の作成方法＞

①本サブメニューにより、 $\alpha$ と $\beta$ をそれぞれ $90^\circ$ として、半周の「横穴付き円柱」を生成します（上記の例と同じ）。

②上記の半周の「横穴付き円柱」に対して、「全体データ」の「反転」により対称の半周円柱を生成させます。

③最後に、半周ずつの両円柱に対して、「全体データ」の「構造の合成」により合成して全体円柱を生成させます。

注) 「横穴付き円柱」は構造を合成する面に横穴が露出するため、2つの横穴付き円柱において、合成面からの横穴までの角度（両円柱の $\alpha$ と $\beta$ ）が同じでなければなりません。

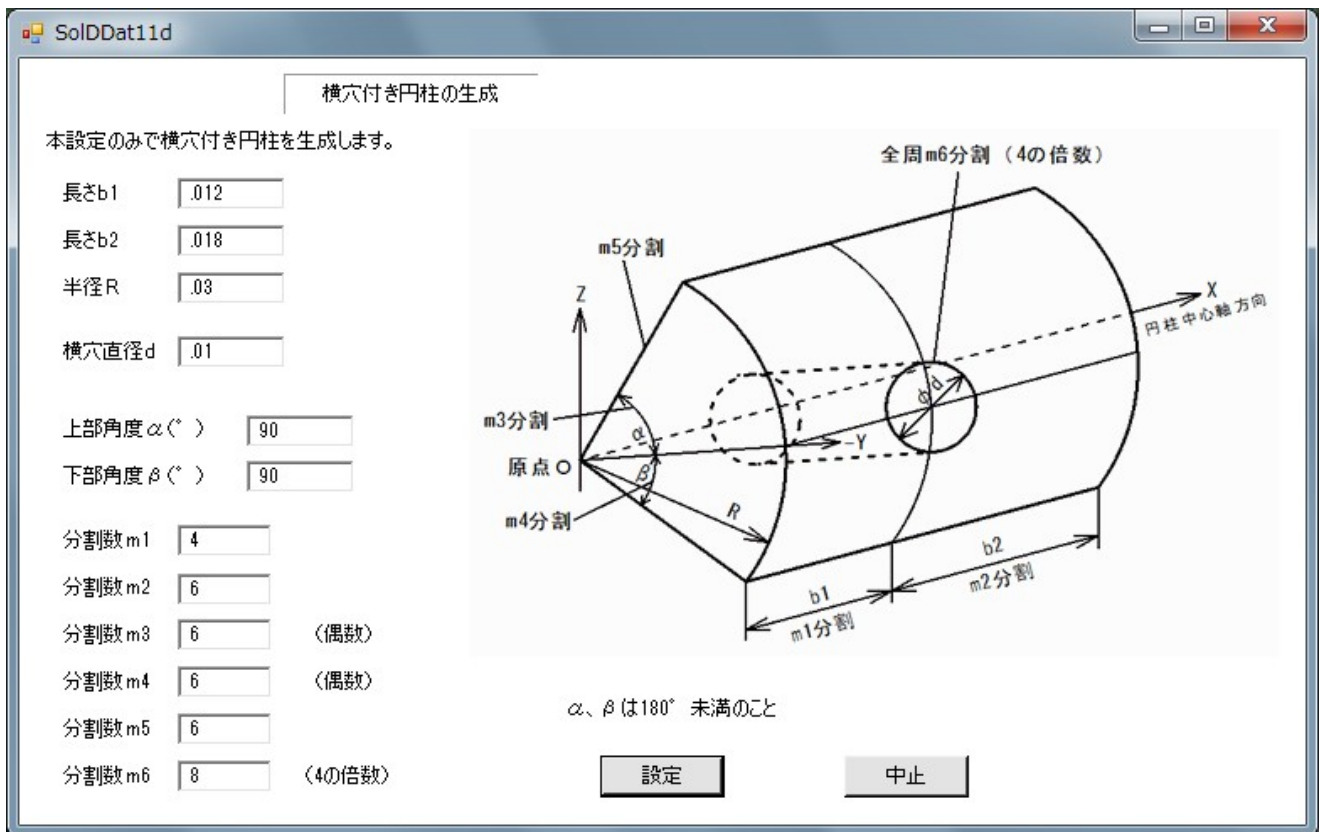


図9-8 「横穴付き円柱」の仕様入力画面

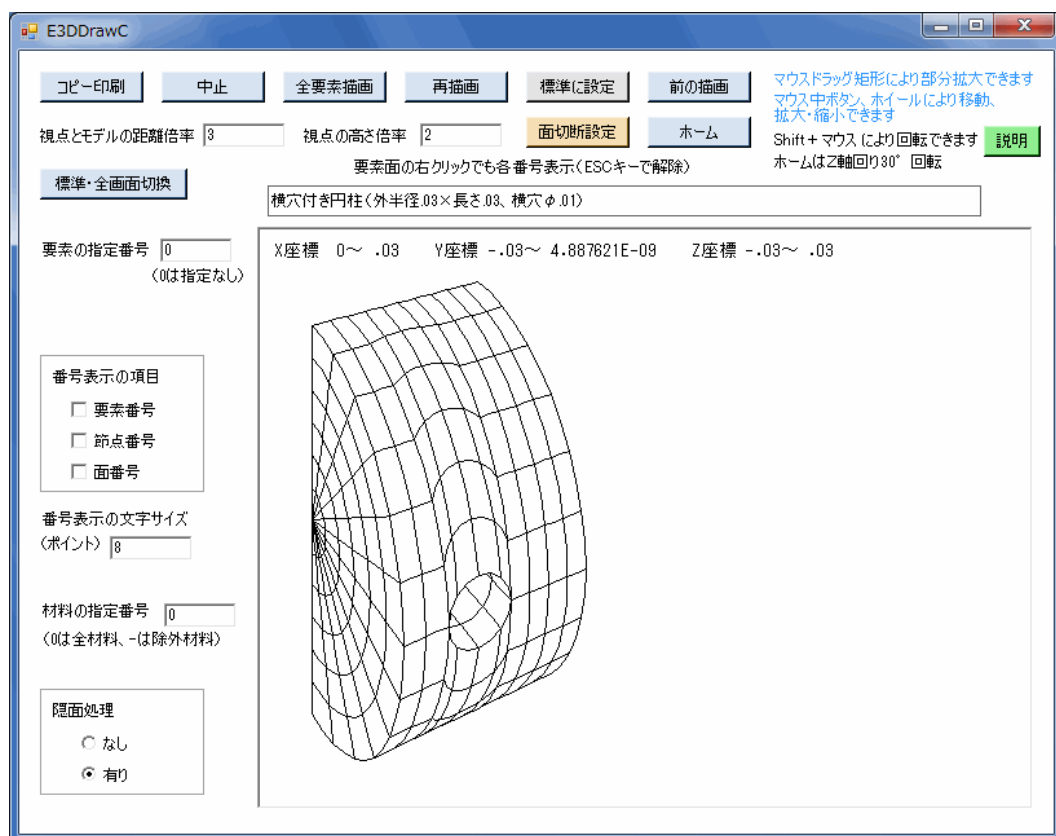


図9-9 生成した「横穴付き円柱」の構造図

## 9.6 「横穴付き円筒」の直接生成

サブメニューの「横穴付き円筒」を選択すると、図9-10の仕様入力画面となります。同画面の略図に、座標系とデータ項目を示しています。定義する円筒の角度 $\alpha$ と $\beta$ は $90^\circ$ 以下でなければなりません。これは、複数の横穴を考慮したためです。

①長さ $b_1$ 、 $b_2$ 、半径 $R_1$ 、 $R_2$ 、および横穴直径 $d$ を入力します。

②角度 $\alpha$ 、 $\beta$ を入力します。

③分割数 $m_1 \sim m_6$ を入力します。

◇円周の分割数 $m_6$ は4の倍数でなければなりません。

③本画面の「設定」ボタンをクリックすると、立体メッシュが自動生成されます。以降は前述の四角柱と同じです。

図9-11に生成した「横穴付き円筒」の構造図を示します。参考までに、横穴が1つの場合の全周円筒の作成方法を説明します。

＜横穴1つの全周円筒の作成方法＞

①本サブメニューにより、 $\alpha$ と $\beta$ をそれぞれ $90^\circ$ として、半周の「横穴付き円筒」を生成します。

②横穴が反対側にも貫通している場合は、上記の半周の「横穴付き円筒」に対して、「全体データ」の「反転」により対称の半周円筒を生成させます。

③横穴が反対側に貫通していなし場合は、9.4節で角度 $180^\circ$ の円筒を生成し、それを「全体データ」の「構造の移動」でX軸回りに $180^\circ$ 回転させて反対側の半周円筒に変換します。

④最後に、半周ずつの両円筒に対して、「全体データ」の「構造の合成」により合成して全体円筒を生成させます。

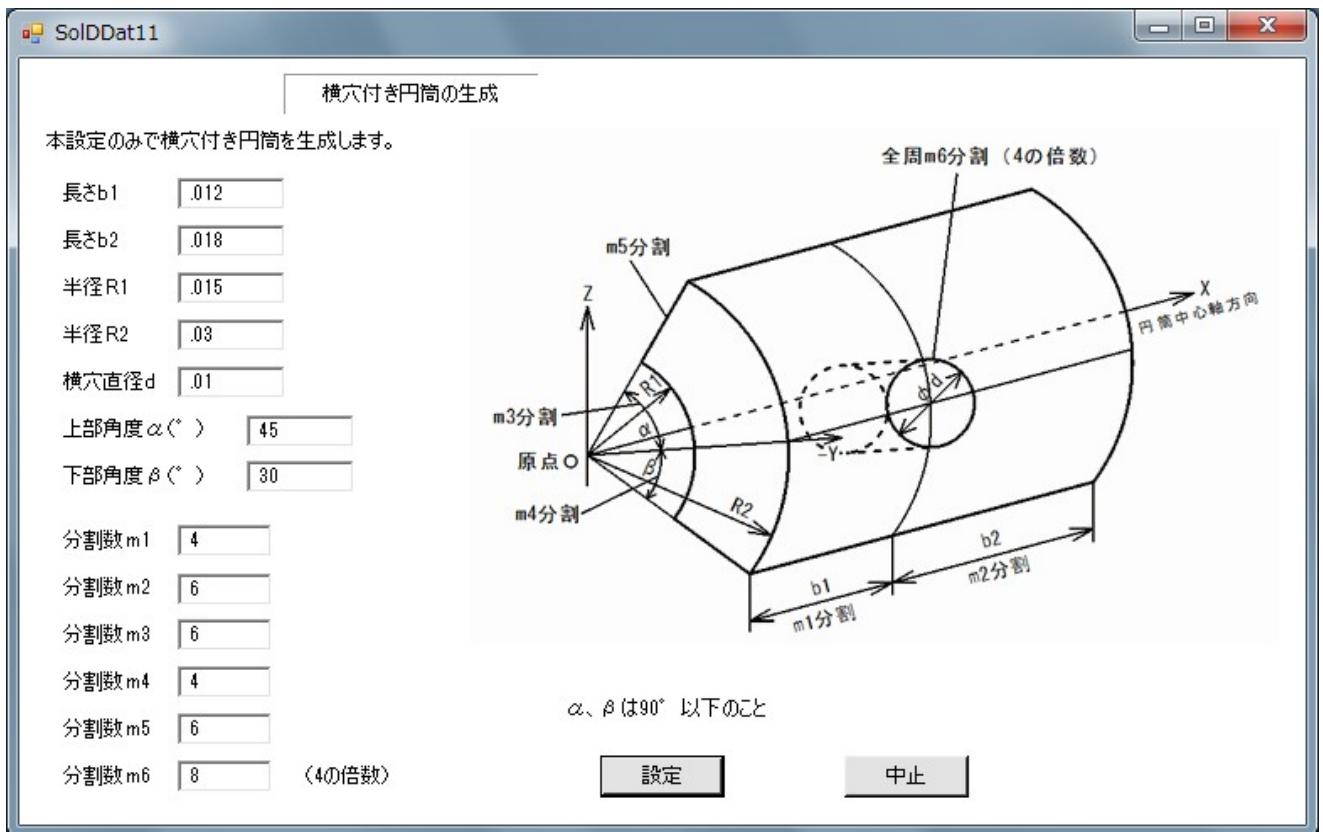


図9-10 「横穴付き円筒」の仕様入力画面

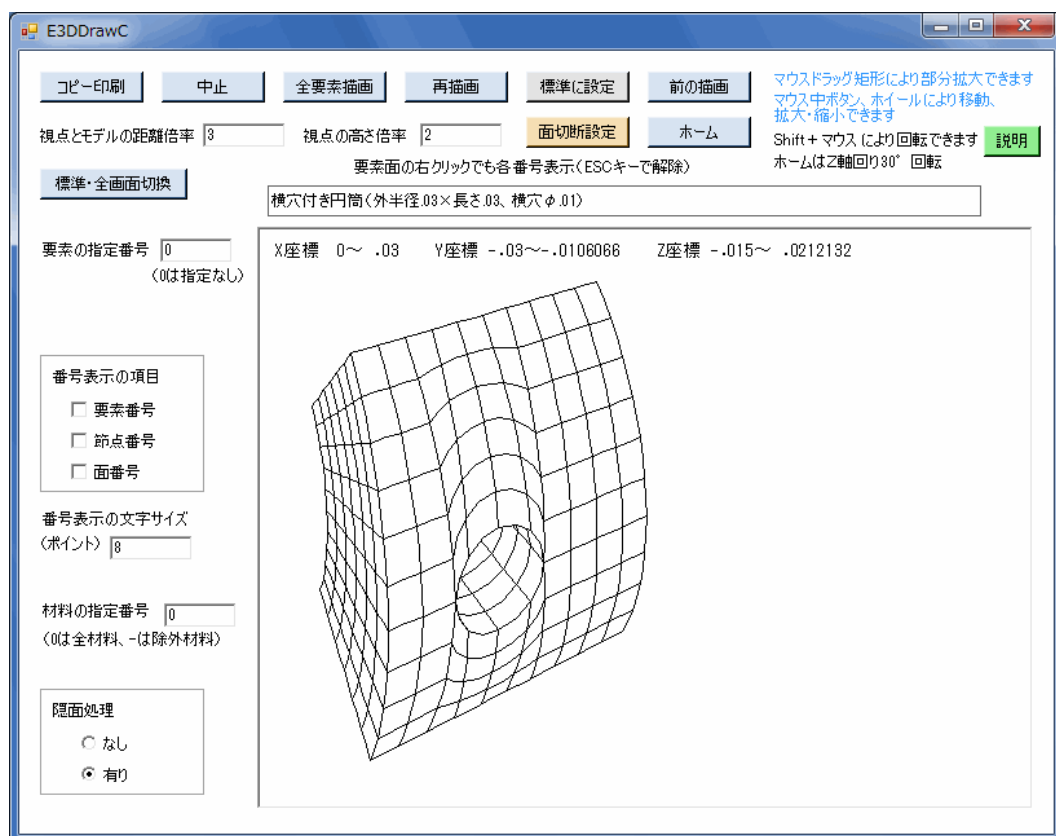


図9-11 生成した「横穴付き円筒」の構造図

### 9.7 「三角柱」の直接生成

サブメニューの「三角柱」を選択すると、図9-12の仕様入力画面となります。同画面の略図に、座標系とデータ項目を示しています。

- ①長さa～cを入力します。
- ②分割数m1～m3を入力します。
- ④本画面の「設定」ボタンをクリックすると、立体メッシュが自動生成されます。以降は前述の四角柱と同じです。

図9-13に生成した三角柱の構造図を示します。同図のように、上部稜線側の1段は、三角形断面の変則の六面体要素になります。

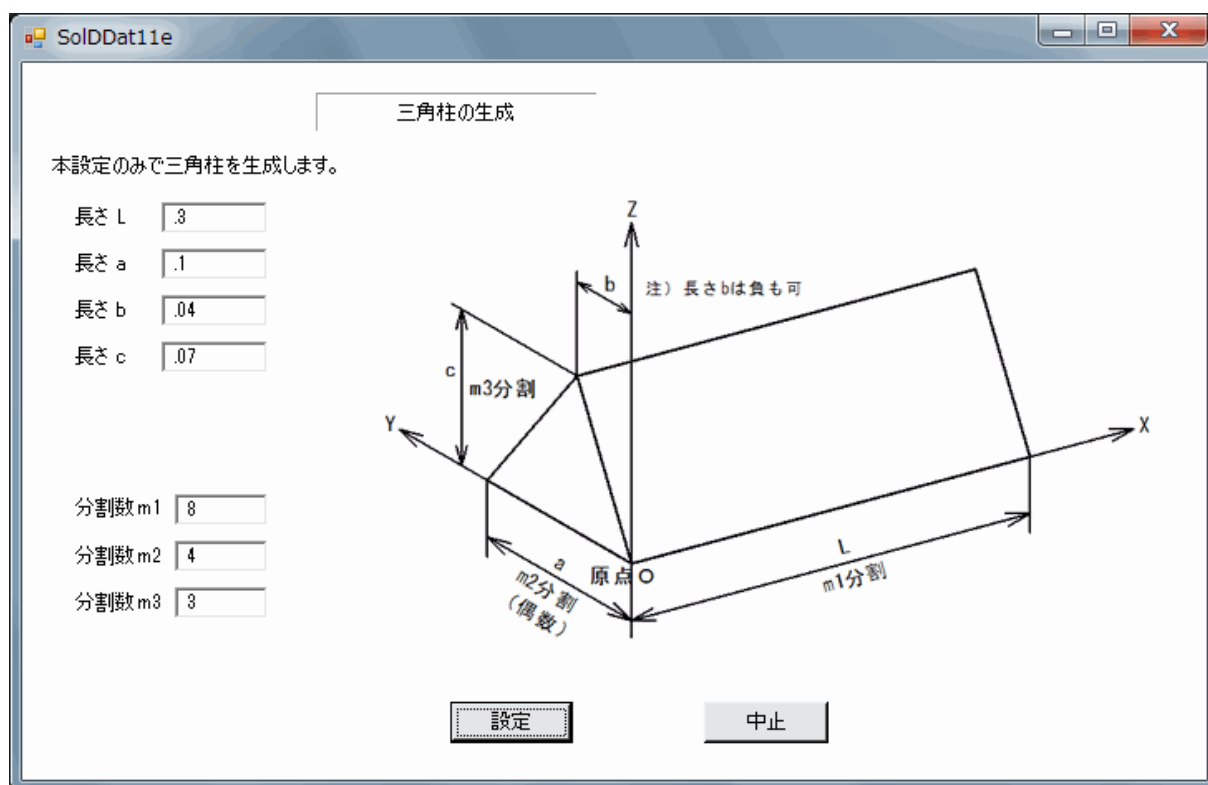


図9-12 「三角柱」の仕様入力画面

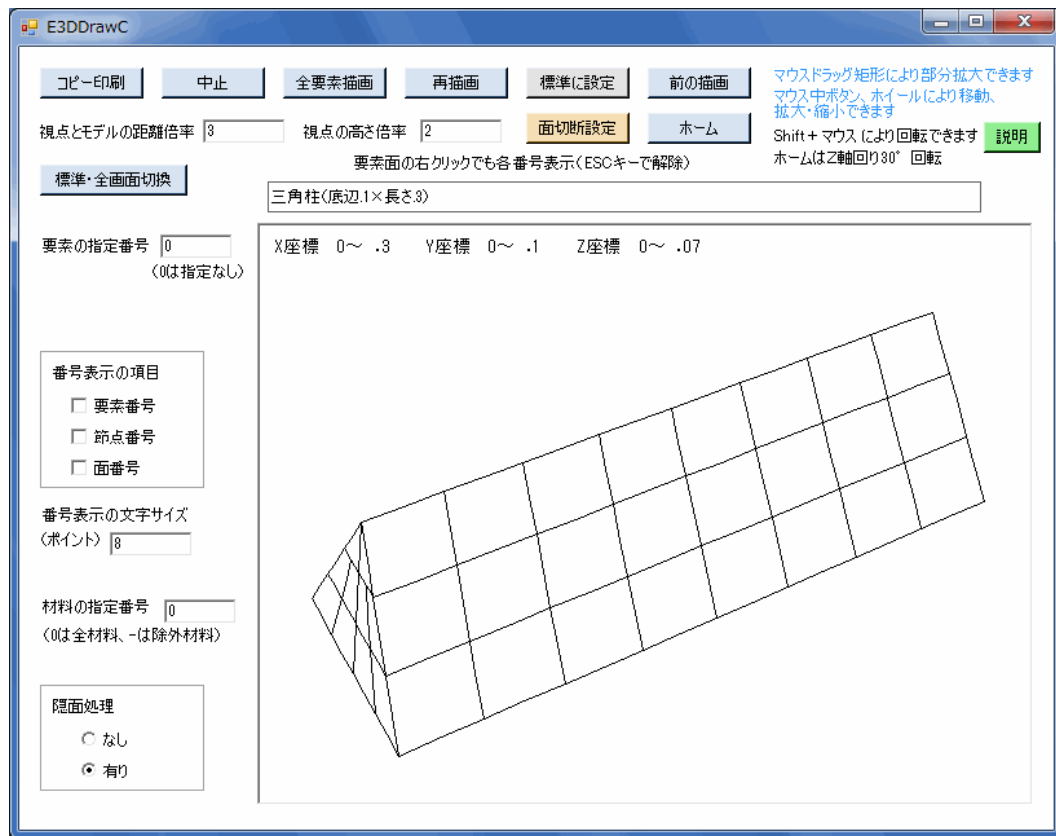


図9-13 生成した「三角柱」の構造図

### 9.8 「円断面のリング」の直接生成

サブメニューの「円断面のリング」を選択すると、図9-14の仕様入力画面となります。同画面の略図に、座標系とデータ項目を示しています。

- ①リングの半径Rと角度 $\alpha$ を入力します。

◇ $\alpha$ は $360^\circ$ 以下の正数とします。

- ②円断面の半径rを入力します。

- ③分割数m1～m3を入力します。

◇円周の分割数m2は偶数でなければなりません。

- ④本画面の「設定」ボタンをクリックすると、立体メッシュが自動生成されます。以降は前述の四角柱と同じです。

図9-15に生成した円断面のリングの構造図を示します。

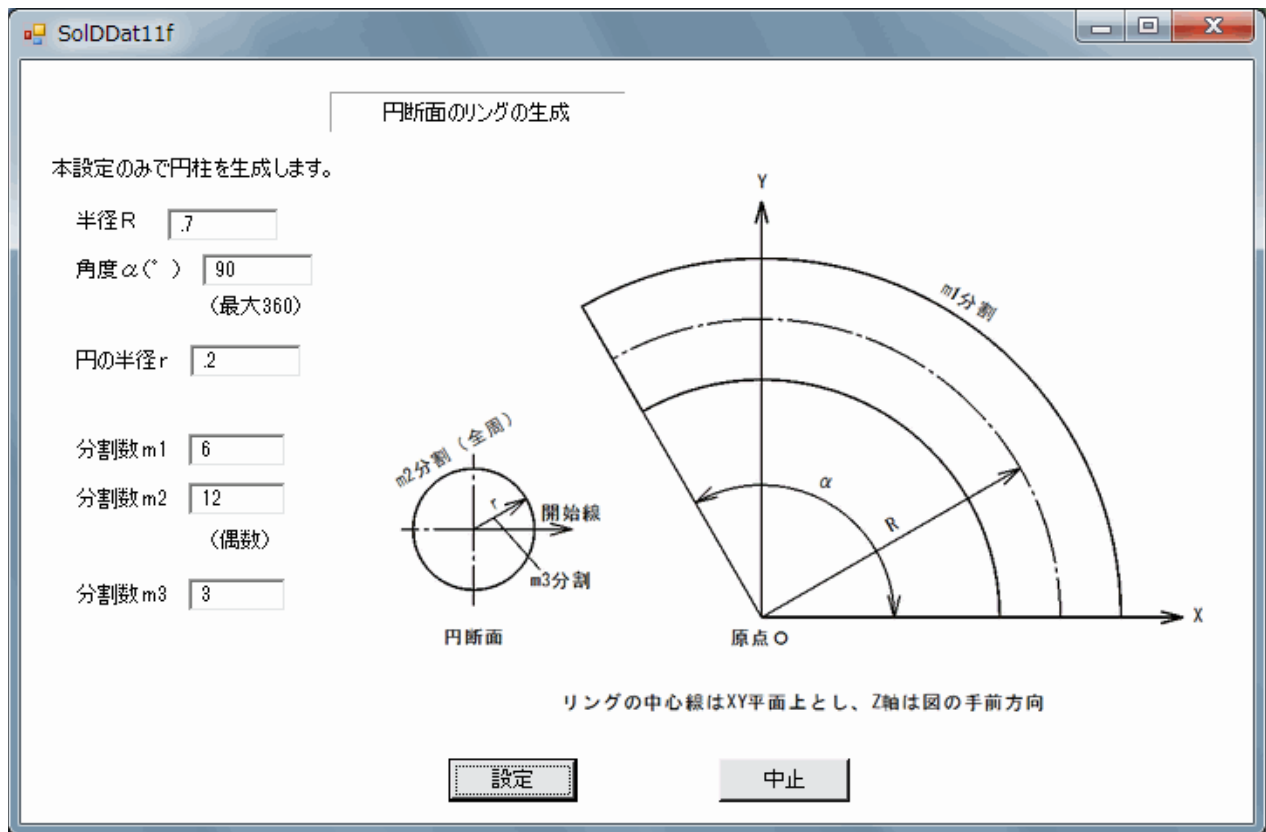


図9-14 円断面のリングの仕様入力画面

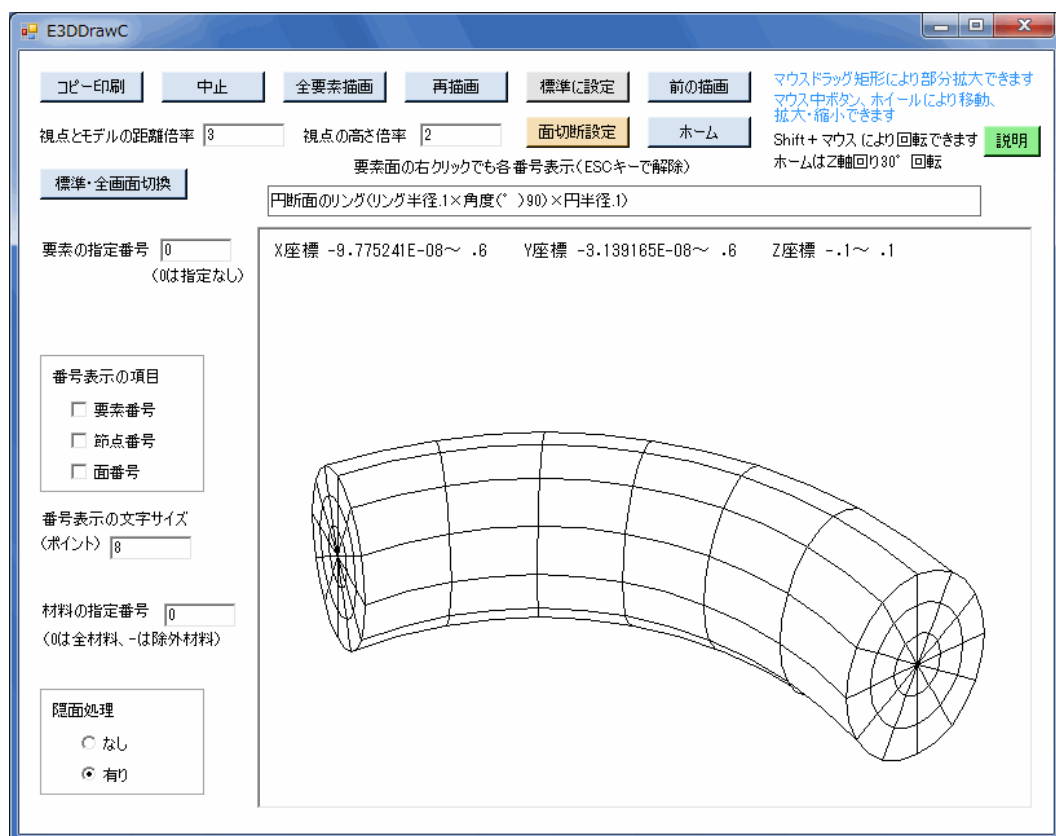


図9-15 生成した円断面のリングの構造図



## 9.9 「円筒断面のリング」の直接生成

サブメニューの「円筒断面のリング」を選択すると、図9-16の仕様入力画面となります。同画面の略図に、座標系とデータ項目を示しています。

①リングの半径 $R$ と角度 $\alpha$ を入力します。

◇ $\alpha$ は $360^\circ$ 以下の正数とします。

②円筒断面の内半径 $r1$ と外半径 $r2$ を入力します。

③分割数 $m1 \sim m3$ を入力します。

④本画面の「設定」ボタンをクリックすると、立体メッシュが自動生成されます。以降は前述の四角柱と同じです。

図9-17に生成した円筒断面のリングの構造図を示します。

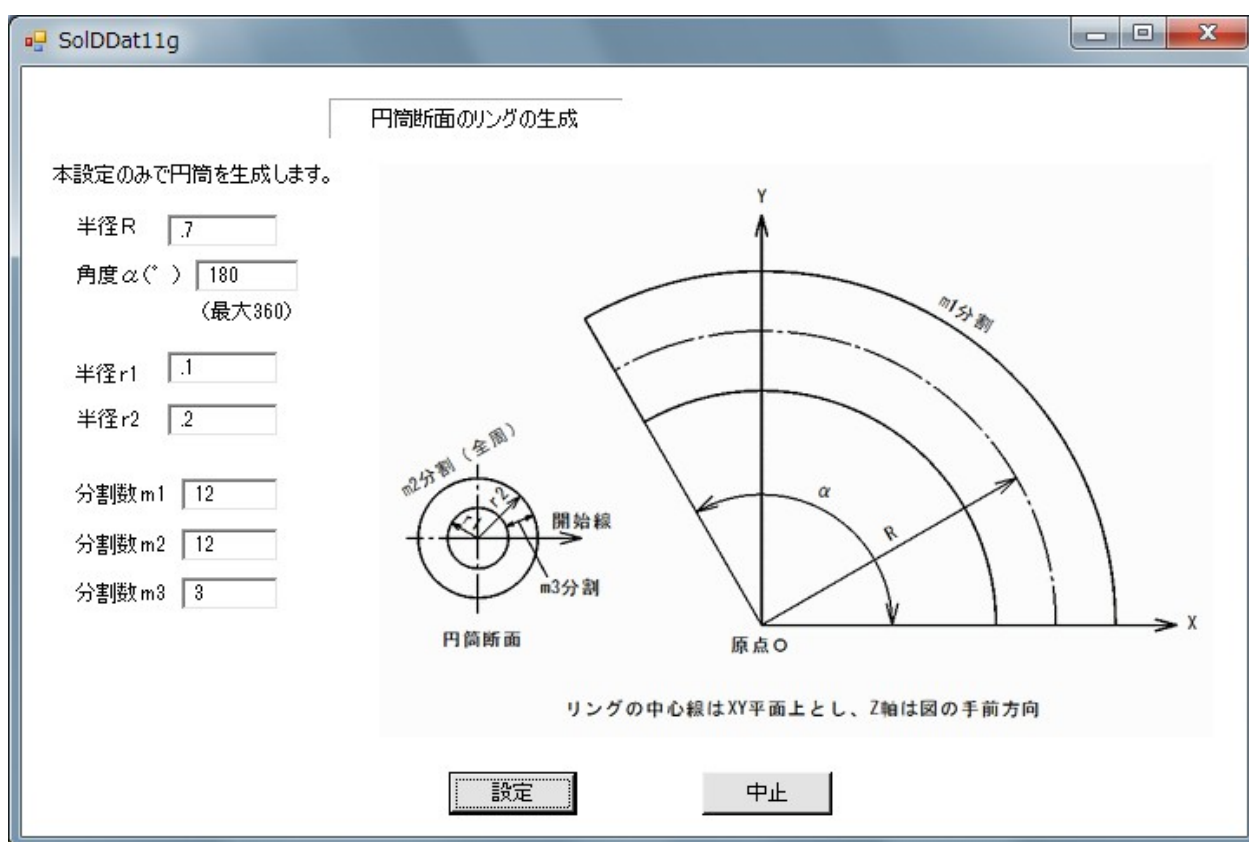


図9-16 円筒断面のリングの仕様入力画面

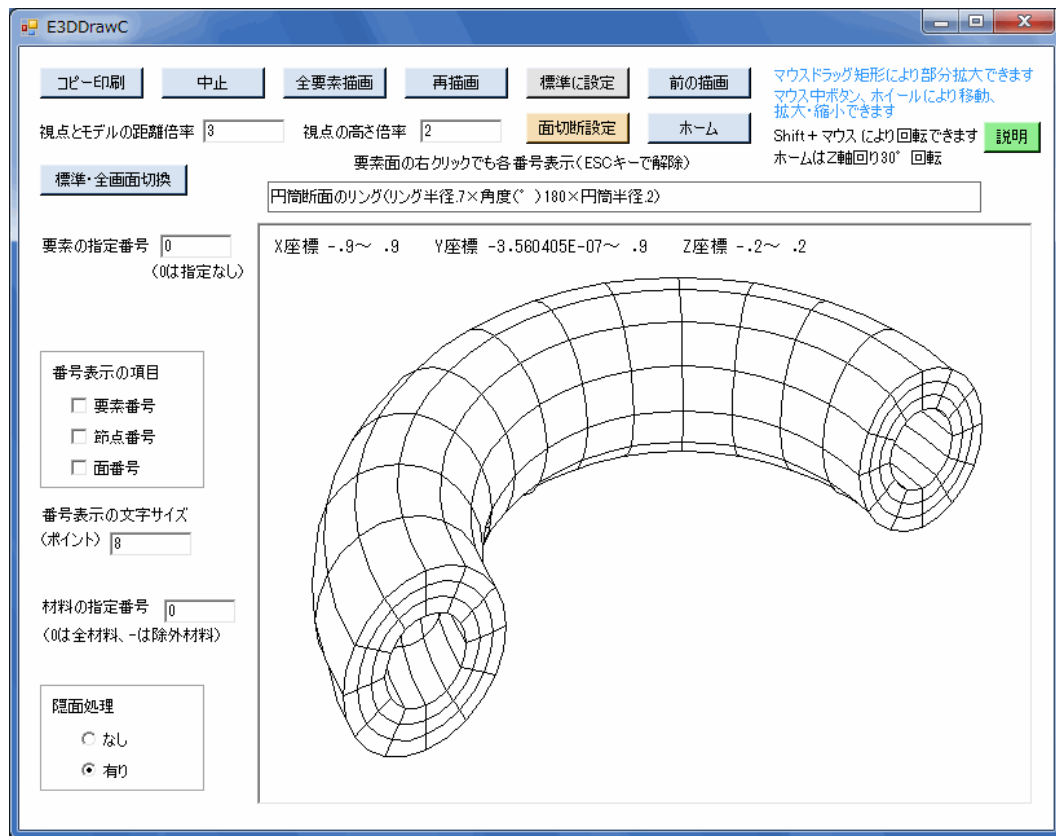


図9-17 生成した円筒断面のリングの構造図

## 第10章 「3次元平面の利用」処理プログラム

図10-1に「3次元平面の利用」の説明図を示します。同図のように3次元空間上の平面を設定し、その平面を両端とする柱状体をメッシュ生成するものです。両端の平面は四角形または三角形で、両端どちらかに統一します。そして、両端の平面メッシュは、メッシュ数や要素・節点等の構成が同一でなければなりません。

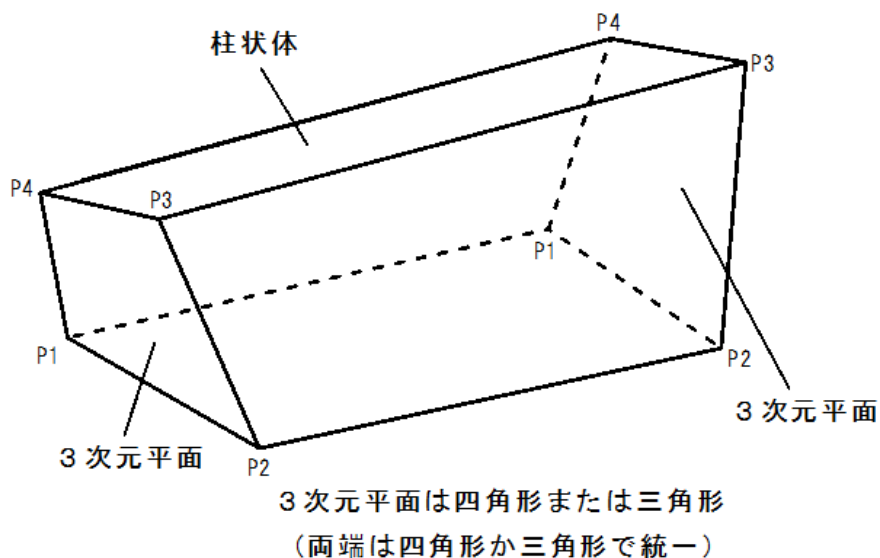


図10-1 3次元平面の利用の説明図

### 10.1 サブメニュー画面

「メニュー」プログラムにおける「3次元平面の利用」のサブメニュー選択画面を図10-2に示します。同図に示すように7個のサブメニューがあります。最初に「四角形のメッシュ生成」か「三角形のメッシュ生成」を選択して、両端それぞれの平面メッシュを作成します。その後で、「柱状体のメッシュ生成」を選択して、作成済みの平面メッシュを両端とする柱状体を作成します。

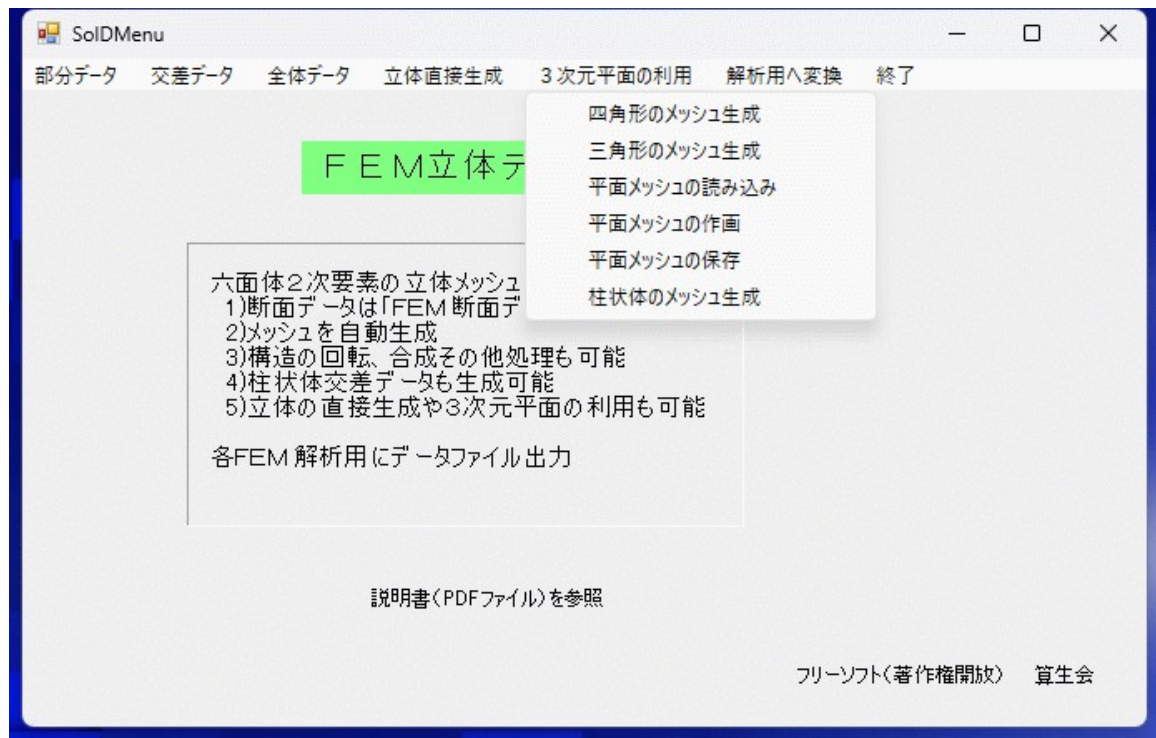


図10-2 「3次元平面の利用」サブメニュー画面

## 10.2 四角形のメッシュ生成

サブメニューの「四角形のメッシュ生成」を選択すると、図10-3の仕様入力画面となります。同画面の略図に、頂点の並びと分割項目を示しています。

①頂点P1～P4の座標値を入力します。

◇頂点の並びは、図のように左回りにしてください。

②分割数m1～m2を入力します。

③本画面の「設定」ボタンをクリックすると、平面メッシュが自動生成されます。終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択し、書き出し用のデータファイル設定画面でデータファイルを出力できます。後からファイル出力できませんので、注意してください。

◇頂点の4点が同一平面にない場合、警告が出ますが、メッシュ生成は可能です。

注) 1つの柱状体の両端の平面については、頂点の並びや分割数が同じになるように入力してください(図10-1参照)。

Plate3D1

3次元の四角形メッシュの仕様を入力してください。

	X座標	Y座標	Z座標
P1	0	0	0
P2	0.1	0.1	0.5
P3	-0.3	0.3	0.6752
P4	-0.5	0.3	0.4

分割数 m1 10      分割数 m2 10

図10-3 「四角形のメッシュ生成」の仕様入力画面

### 10.3 三角形メッシュ生成

サブメニューの「三角形のメッシュ生成」を選択すると、図10-4の仕様入力画面となります。同画面の略図に、頂点の並びと分割項目を示しています。

①頂点P1～P3の座標値を入力します。

◇頂点の並びは、図のように左回りにしてください。

②分割数m1～m2を入力します。

◇m1は偶数でなければなりません。

③本画面の「設定」ボタンをクリックすると、平面メッシュが自動生成されます。終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択し、書き出し用のデータファイル設定画面でデータファイルを出力できます。後からファイル出力できませんので、注意してください。

注) 1つの柱状体の両端の平面については、頂点の並びや分割数が同じになるように入力してください(図10-1参照)。

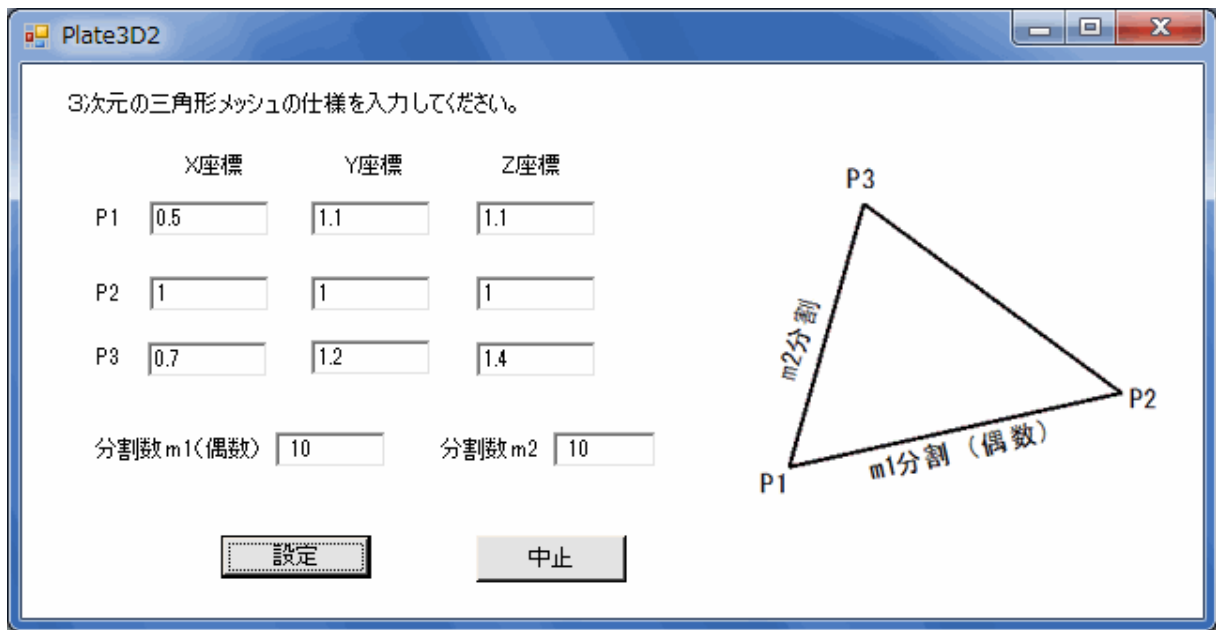


図10-4 「三角形のメッシュ生成」の仕様入力画面

#### 10.4 平面メッシュの読み込み

サブメニューの「平面メッシュの読み込み」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、「.aun」です。

#### 10.5 平面メッシュの作画

サブメニューの「平面メッシュの作画」を選択すると、平面メッシュの構造図が画面に作画されます。ただし、平面メッシュのデータファイルが読み込まれているか、平面のメッシュ生成の直後でなければなりません。

図10-5に平面メッシュの作画画面例を示します。

1) 画面操作は、平面であることを除いて部分構造と同様ですので、第6章 6.14節を参照してください。

2) 任意の要素をマウス右クリックすると、図10-6のように同要素の要素番号・節点番号・材料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) 「Ctrlキー+マウス」で矩形ドラッグすると、図10-7のように材料番号変更ダイアログ出て、新たな番号を設定できます。その結果を図10-8に示します。

◇矩形の囲む必要範囲は、有限要素の任意の領域となります。

4) 「Altキー+マウス」で矩形ドラッグすると、図10-9のように要素削除の確認ダイアログ出て、領域の要素を削除できます。その結果を図10-10に示します。

◇矩形の囲む必要範囲は、有限要素の任意の領域となります。

また、図10-11に三角形の平面メッシュ画面例を示します。操作は四角形メッシュと全く同様です。

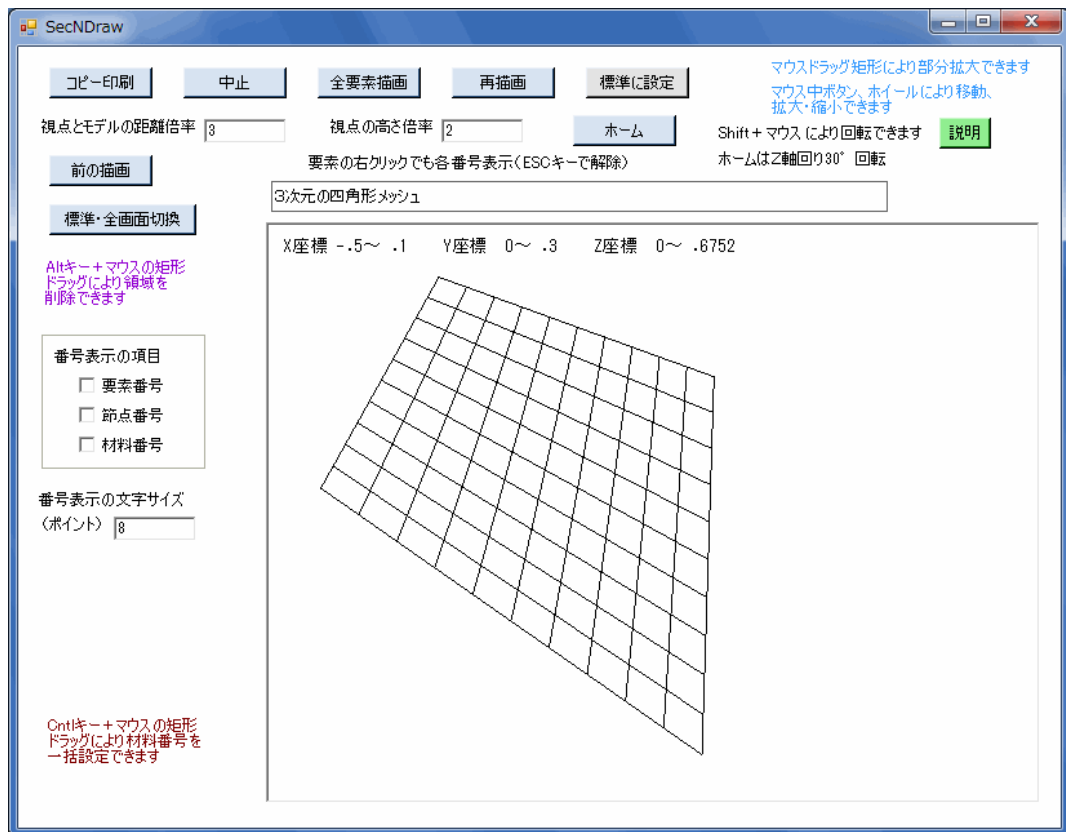


図10-5 平面メッシュの作画画面例（四角形）

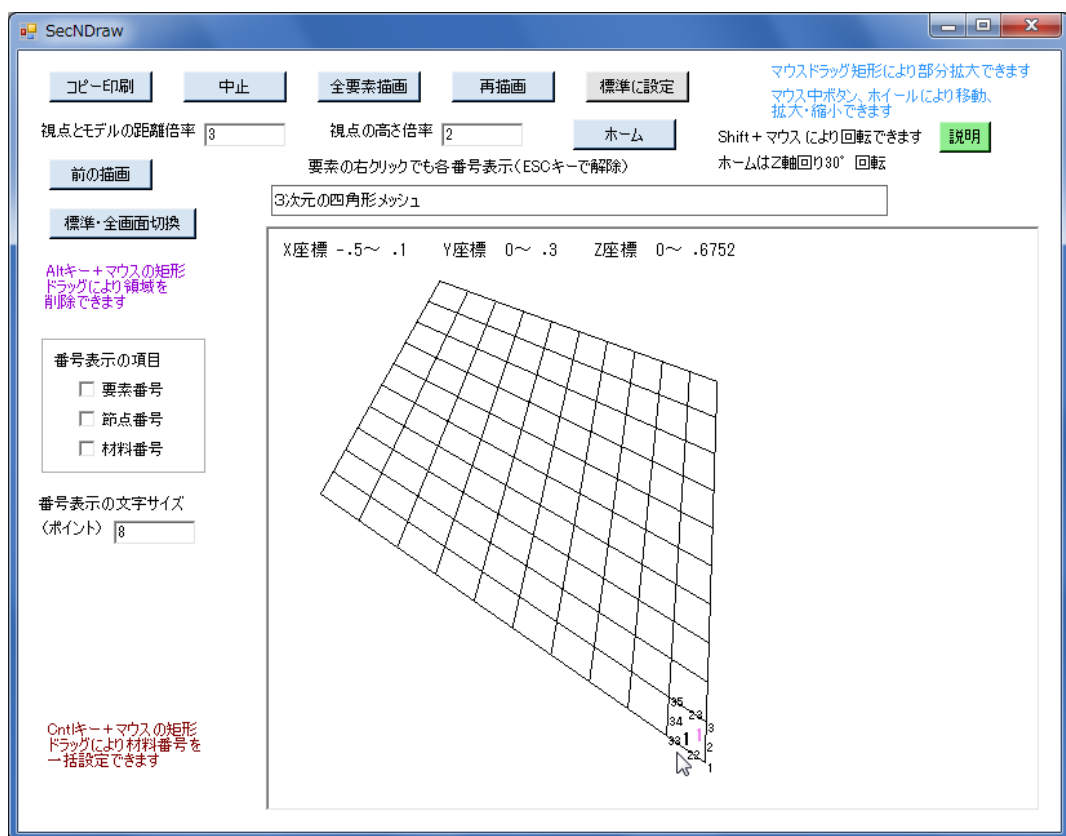


図10-6 平面メッシュ作画における要素の右クリック画面例

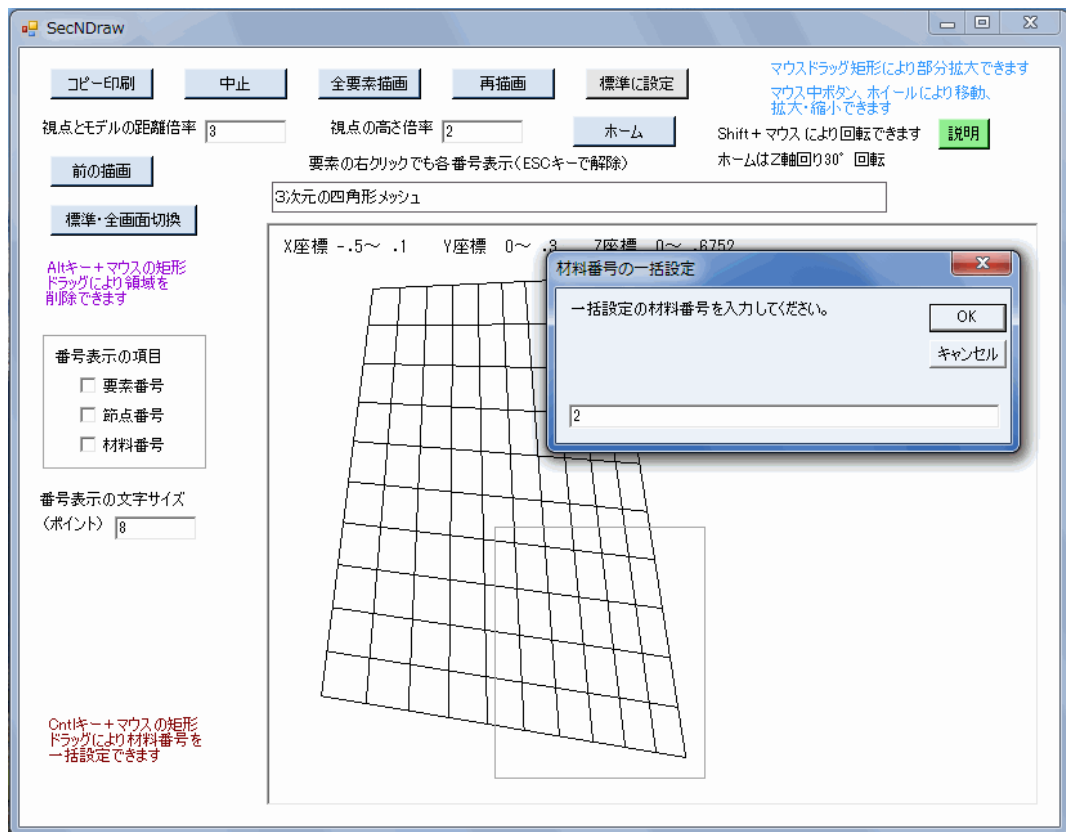


図10-7 平面作画の「Ctrlキー+マウス」ドラッグ矩形による材料番号設定画面例

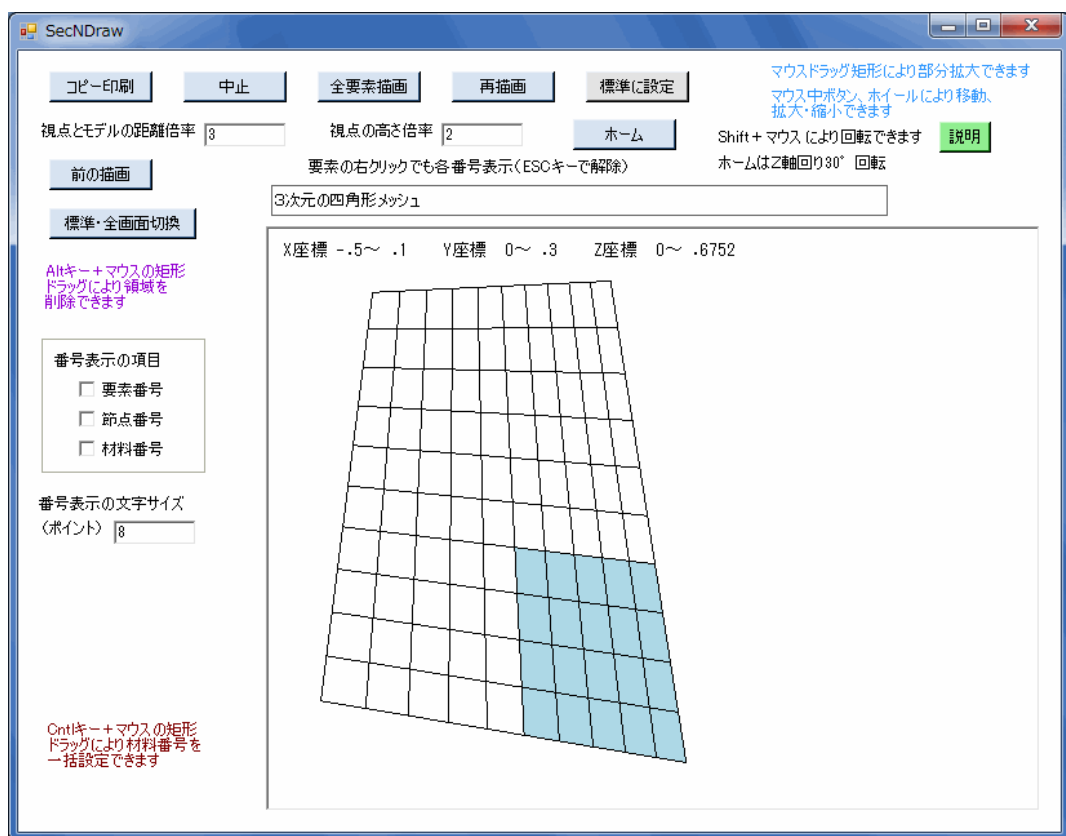


図10-8 平面作画の「Ctrlキー+マウス」ドラッグ矩形による材料番号変更結果



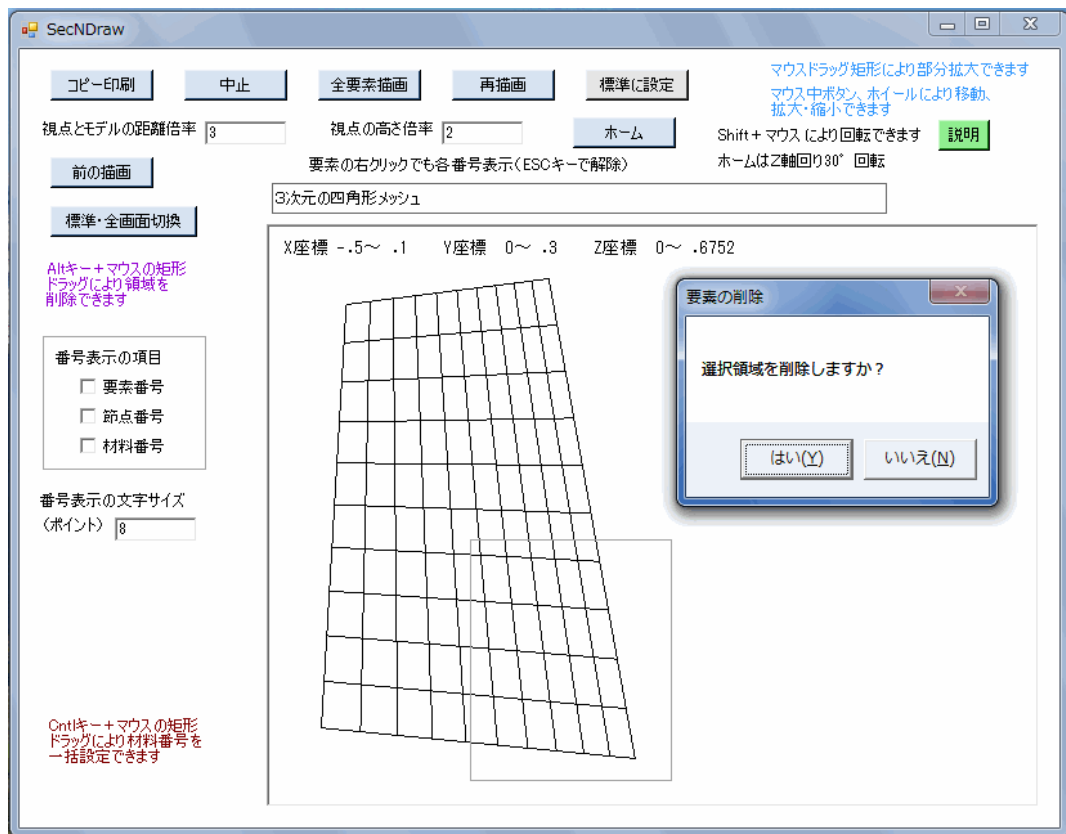


図10-9 平面作画の「Altキー+マウス」ドラッグ矩形に領域削除設定画面例

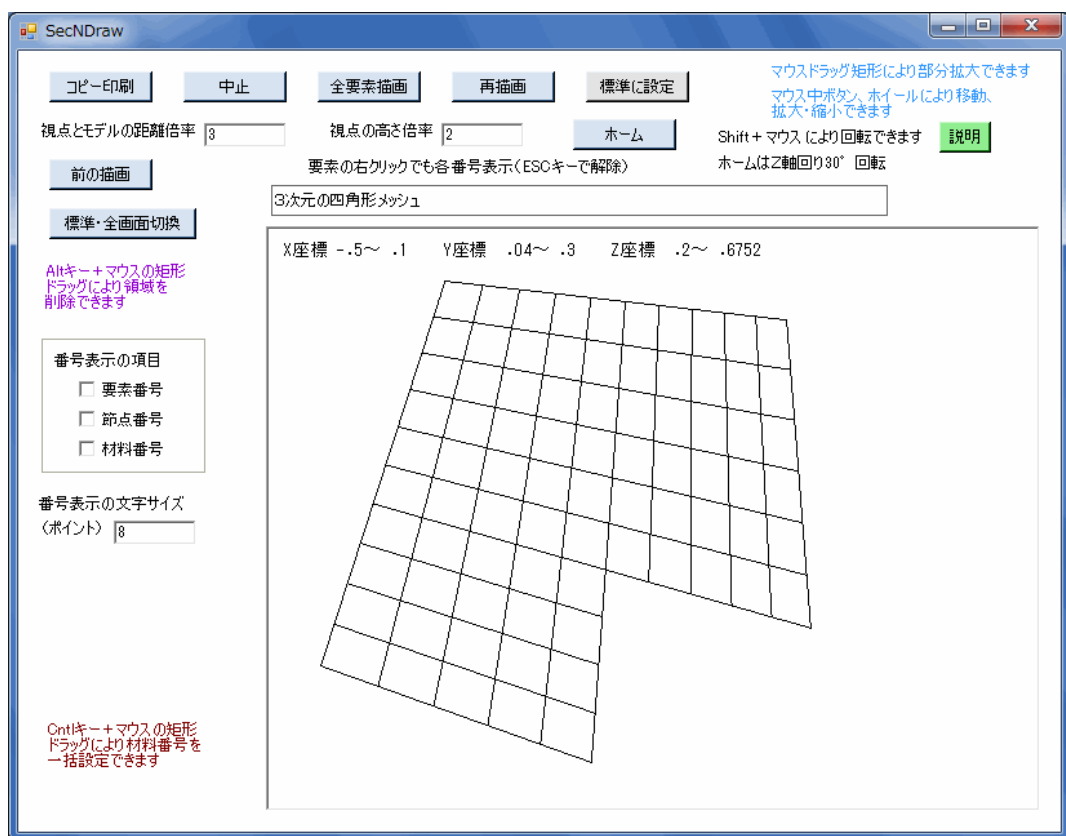


図10-10 平面作画の「Altキー+マウス」ドラッグ矩形による領域削除結果

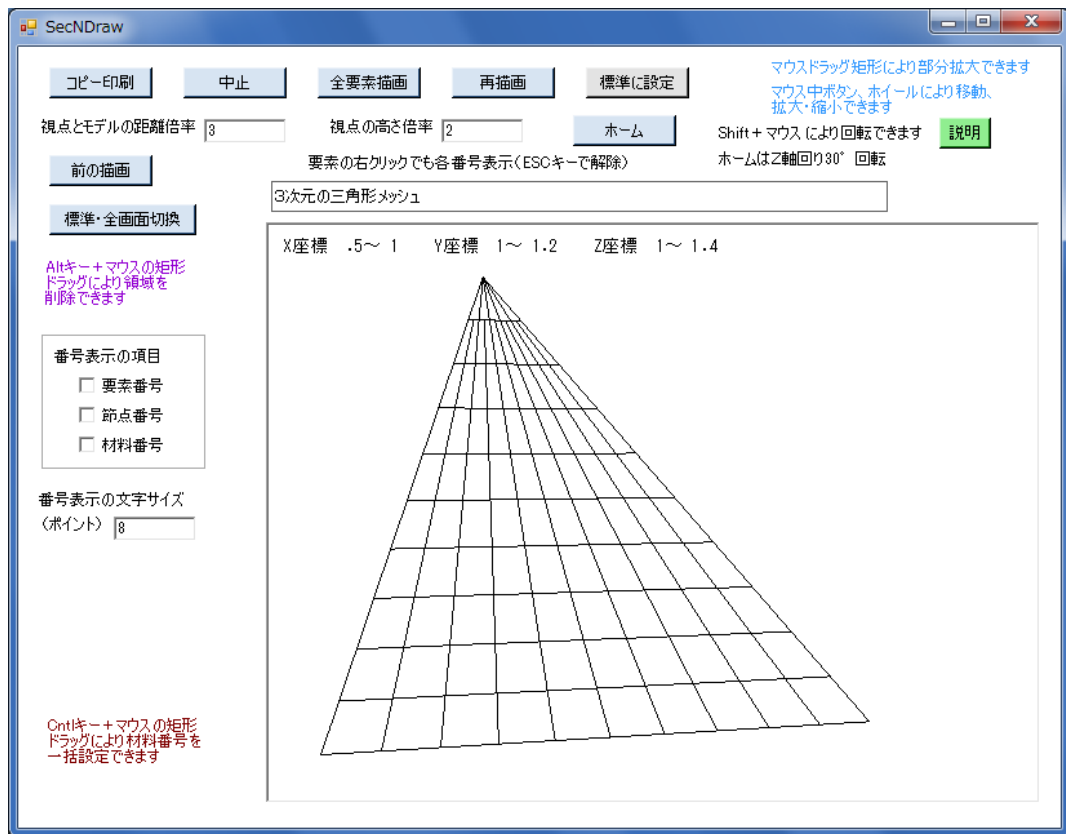


図10-11 平面メッシュの作画画面例（三角形）

## 10.6 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。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。

## 10.7 柱状体のメッシュ生成

サブメニューの「柱状体のメッシュ生成」を選択すると、図10-12の仕様入力画面となります。同画面は平行端面不採用の場合で、平行端面採用の場合は後述します。

① 先ず、「平行端面」について「不採用」か「採用」を選択します。

◇ 「平行端面」の「採用」を選択すると、図10-14の画面になります。

② 次に、タイトルを入力します。

③ 両端面間のメッシュ数を入力します。

④ 平行端面不採用の場合は、「左端の断面ファイル名」と「右端の断面ファイル名」の入力部が表示されます。そこで、左端の断面ファイル名を設定します。

◇ 「左端の断面ファイル名」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、断面ファイル名を選定して読み込みます。

⑤ さらに右端の断面ファイル名を設定します。

◇ 「右端の断面ファイル名」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、断面ファイル名を選定して読み込みます。

- ⑥本画面の「設定」ボタンをクリックすると、立体メッシュが自動生成されます。終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、データファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でファイル出力できます。後は「全体データ」の扱いになります。「全体データ」のサブメニュー「構造の作画」により、構造図を作画させ、所望の立体メッシュが得られたか確認してください。

The screenshot shows a Windows-style dialog box titled "MeshAuzN". Inside, there is a message "柱状体のメッシュ仕様を入力してください。" (Please input the mesh specifications for the column body). Below this, there are several input fields and a group box. The "タイトル" (Title) field contains "3次元平面利用の四角柱" (Rectangular prism using 3D plane). The "両端面間のメッシュ数" (Number of meshes between both end faces) field contains "3". To the right, a group box labeled "平行端面" (Parallel end faces) contains two radio buttons: "不採用" (Not used) which is selected, and "採用" (Used). Below these, there are two fields for cross-section file names: "左端の断面ファイル名" (Left end cross-section file name) and "右端の断面ファイル名" (Right end cross-section file name), both containing paths starting with "C:\VB2022\FEM立体データ\Data\Plate3D1test1.aun" and "test2.aun" respectively. A note below these fields states "両端面は要素と節点が含まれて同一配置のこと" (Both end faces must contain elements and nodes in the same configuration). At the bottom, there are two buttons: "設定" (Settings) and "中止" (Cancel).

図10-12 「柱状体のメッシュ生成」の仕様入力画面（平行端面不採用）

図10-13に生成した柱状体の構造図を示します。

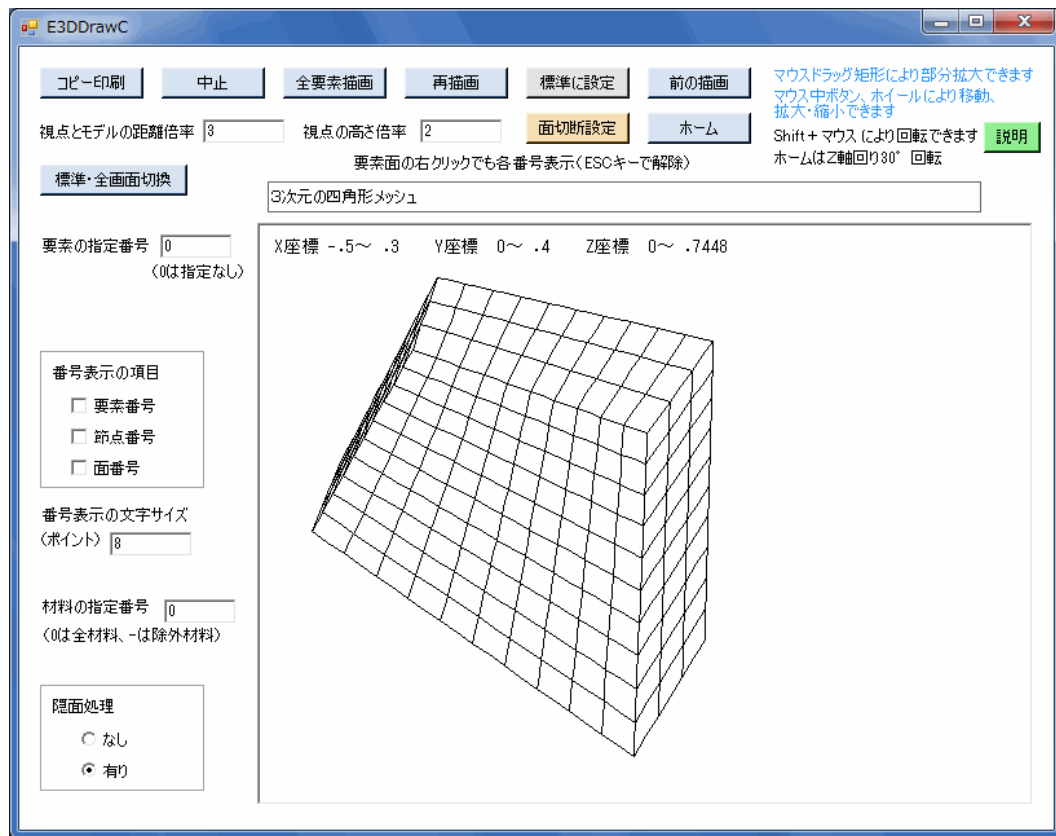


図10-13 生成した柱状体の構造図（平行端面不採用）

図10-14に平行端面採用の場合の仕様入力画面を示します。

- ①タイトルを入力します。
- ②両端面間のメッシュ数を入力します。
- ③他端面の垂直位置を入力します。これは、選定する断面ファイルの位置に対する距離で、手前が負になります。
- ④「断面ファイル名」の入力部において、断面ファイル名を設定します。  
◇「断面ファイル名」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、断面ファイル名を選定して読み込みます。
- ⑥本画面の「設定」ボタンをクリックすると、立体メッシュが自動生成されます。後は同様です。

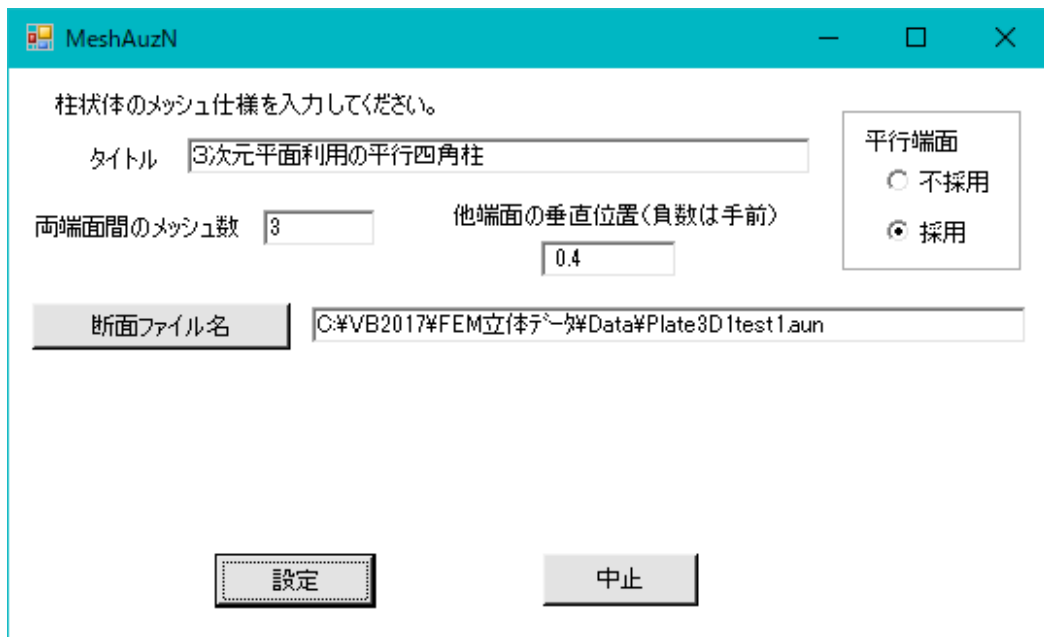


図10-14 「柱状体のメッシュ生成」の仕様入力画面（平行端面採用）

図10-15に生成した平行端面柱状体の構造図を示します。

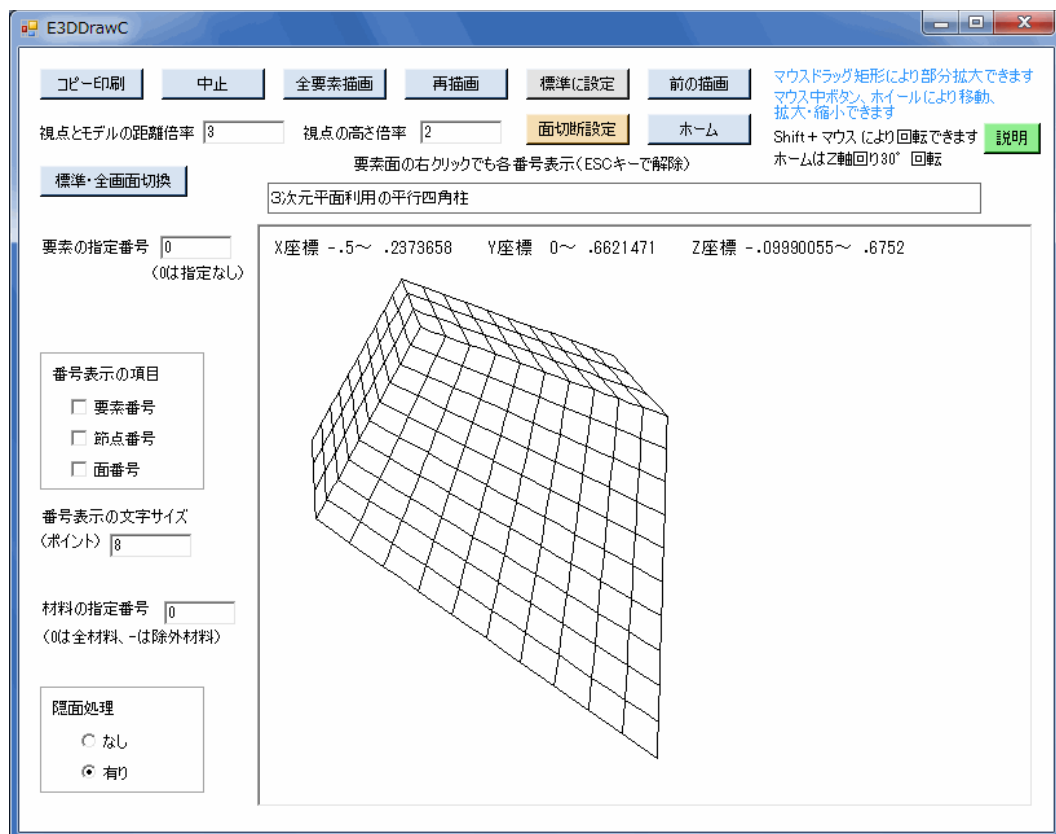


図10-15 生成した平行端面柱状体の構造図

## 第11章 「解析用へ変換」処理プログラム

「解析用へ変換」メニューをクリックすると、図11-1の解析用データの出力指定画面となります。ただし、事前に立体データが読み込まれていなければなりません。

①本画面で、解析種類の選択を行ないます。

◇「3次元構造解析」～「3次元流れ熱伝導解析」まで8つの解析種類が表示されていますので、適用する解析種類を選択します。

②節点付番の改良は、解析計算のバンド幅を低減するためのもので、通常は「有り」を選択します。

◇初期設定で「有り」になっています。

◇「なし」を選択するのは、特殊な目的以外は不要です。

③座標値の端数処理は、座標値のコンピューター誤差を丸めるためのもので、通常は「なし」で構いません。もし必要があれば、「有り」を選択してください。

◇コンピューター誤差とは、たとえば本来0である値が0.0000001になるような微小ずれを言います。ただし、解析結果には影響しませんので、端数が気にならなければ、本処理は実施する必要はありません。

◇本処理により座標値の端数が目立たなくなります。なお、構造長さの5万分の1未満が丸められます。

④本画面の「設定」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保存する画面となり、データファイルを設定するとデータが書き出されます。そして、図11-2の完了ダイアログ画面が表示されます。

◇出力されたデータファイルは、選択した解析種類のデータ形式になっており、その解析ソフトで入力データファイルとして読み込めます。

◇図11-2で、基本バンド幅とは、1節点当たりの変数の数が1個の場合のバンド幅であり、実際の解析では1節点当たりの変数の数だけの倍数になります。また、節点付番の改良により改善された場合は、改善後のバンド幅も表示されます。

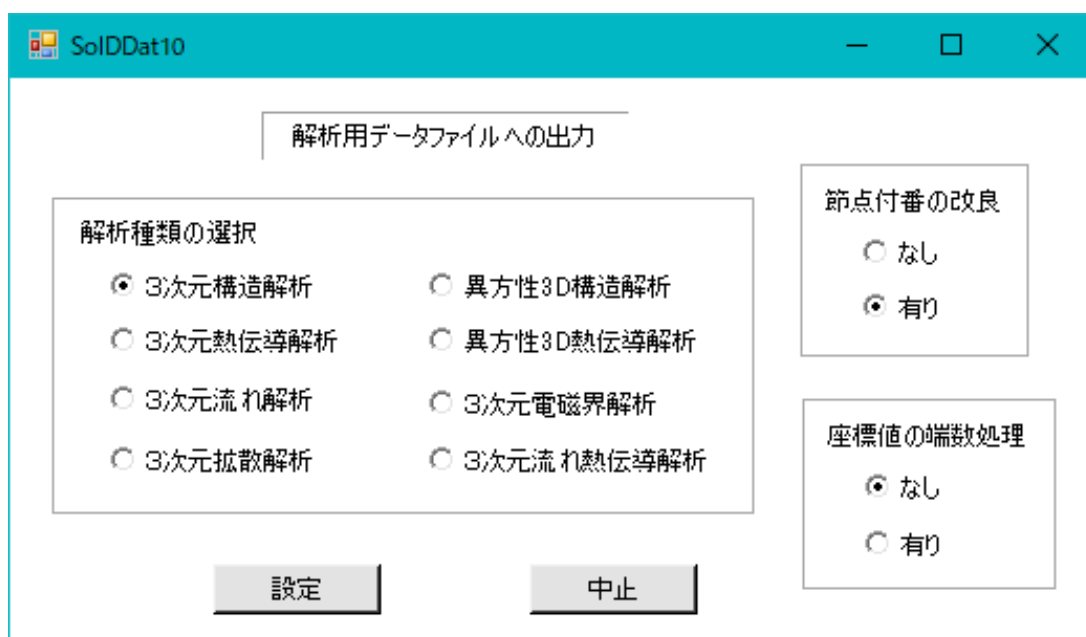


図11-1 解析用データの出力指定画面

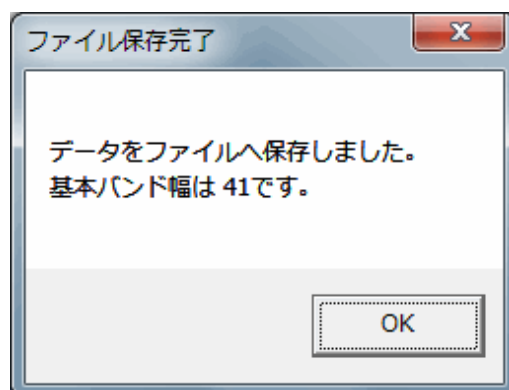


図11-2 解析用へ変換の完了ダイアログ画面

## 第12章 複雑構造のメッシュ生成例

複雑構造についてどのようにメッシュを生成するか、1つの例題で説明します。ここで複雑構造というのは境界条件領域を含んでのことです。解析構造でどのような境界条件を設定するかは、構造の形状と一緒に組み込んでおかねばなりません。

図12-1に例題の略図を示します。同図のようにコの字の形状をしていて、上面の一部と下面の一部の境界条件領域があります。本例の場合、部分A～Eの5つに分けてメッシュ生成を実施し、後で「構造の合成」により全体構造にまとめます。このような複数の部分から成る構造をモデル化する場合、次の方法が基本原則となります。

1) 各部分は柱状体として生成します。別の構造では軸回転体の使用もあります。

2) 部分間の接続面はできるだけ均等メッシュにします。

◇図で部分Aと部分Bの間は $12 \times 3$ の均等メッシュということです。

3) 境界条件領域を含む面は、複数の四角形に分割し、「FEM断面データ」ソフトの「四辺メッシュ」でそれぞれメッシュ生成し、後で「構造の合成」により面全体とします。

4) 断面や部分の点データは、本来の座標値を使用します。

◇「構造の合成」の際にそのまま合成できるので、間違いが減ります。

◇XZ平面の断面の場合、柱状体仕様データでXY平面に変換できます。

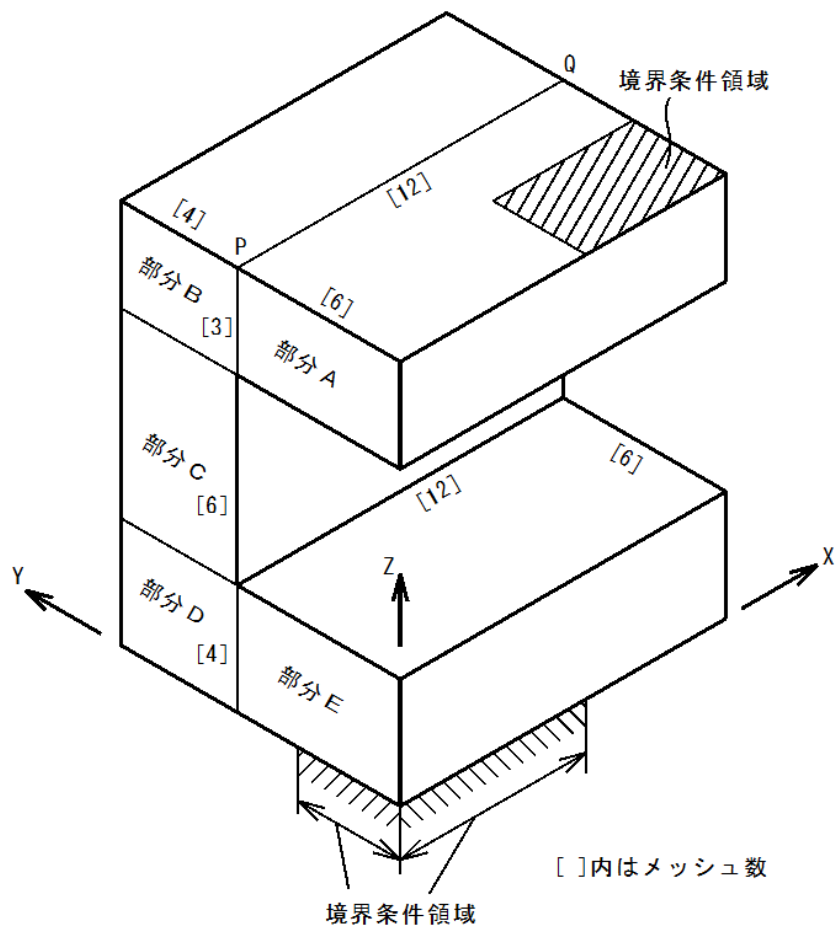
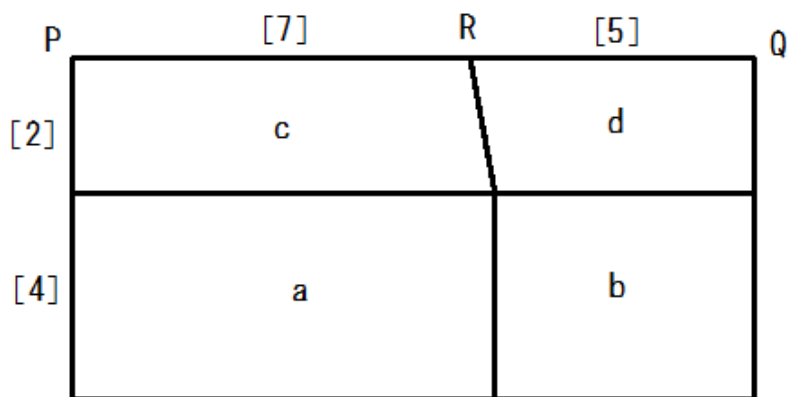


図12-1 複雑構造の例題の略図



部分Aの上面は、図12-2のように4つの四角形に分割します。同図でbの四角形が境界条件領域です。本図で点Rの座標が重要で、線分PQの1/2分割点の7番目と正確に一致していなければなりません。



[ ]内はメッシュ数

図12-2 部分Aの上面の四角形分割図

図12-2により4つの四角形について「四辺メッシュ」を実施し、「構造の合成」により面全体としたメッシュ図を図12-3に示します。同図で境界条件領域は、わかりやすくするため、色付きの別材料で表示しています。

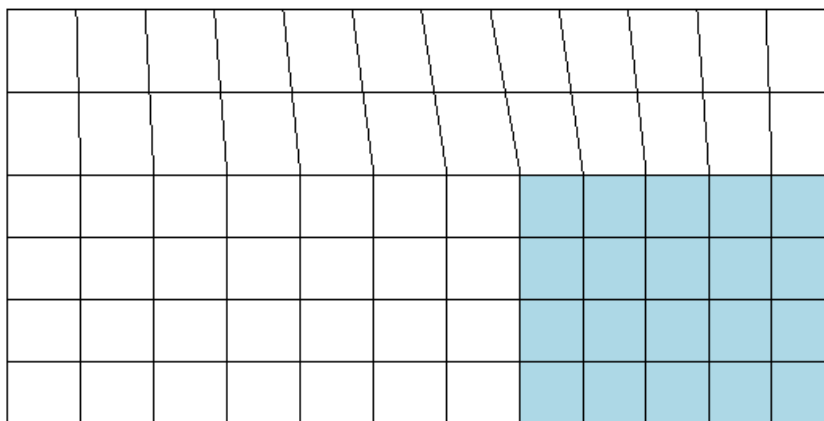


図12-3 部分Aの上面全体のメッシュ生成図

また、部分Bの上面は図12-4のメッシュになります。これは上面一括の均等メッシュです。これは、部分CとDで共通に使用されます。さらに、部分Eの上面は、部分Aと同様にして図12-5のようになります。同図で境界条件領域は、わかりやすくするため、色付きの別材料で表示しています。

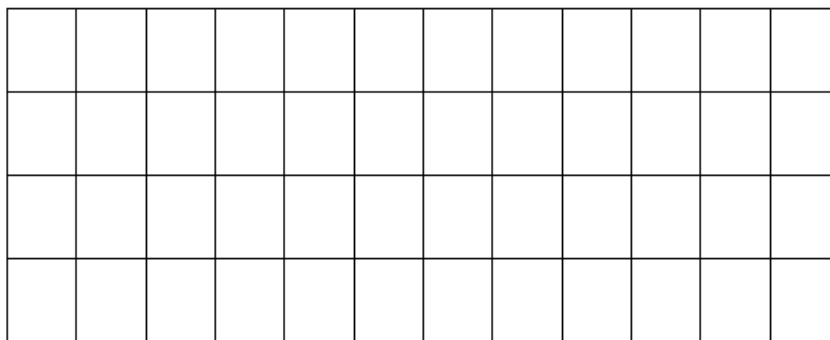


図12-4 部分Bの上面のメッシュ生成図

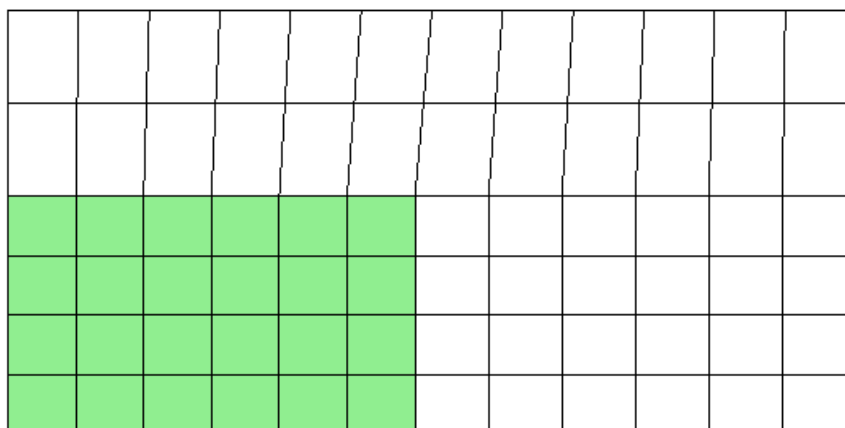


図12-5 部分Eの上面のメッシュ生成図

後は、部分A～Eについて、上面から下面への柱状体を定義してメッシュ生成します。

◇上記の各部分の上面のメッシュ生成の際、本来のXY座標値を使用していれば、柱状体の定義ではZ座標だけを設定すれば済みます。

そして、5つの柱状体を1つずつ合成して全体構造にします。最終の構造メッシュ図を図12-6に示します。

◇この全体構造を目的の解析ソフト用データに変換し、その解析ソフトで境界条件領域を個別に設定します。

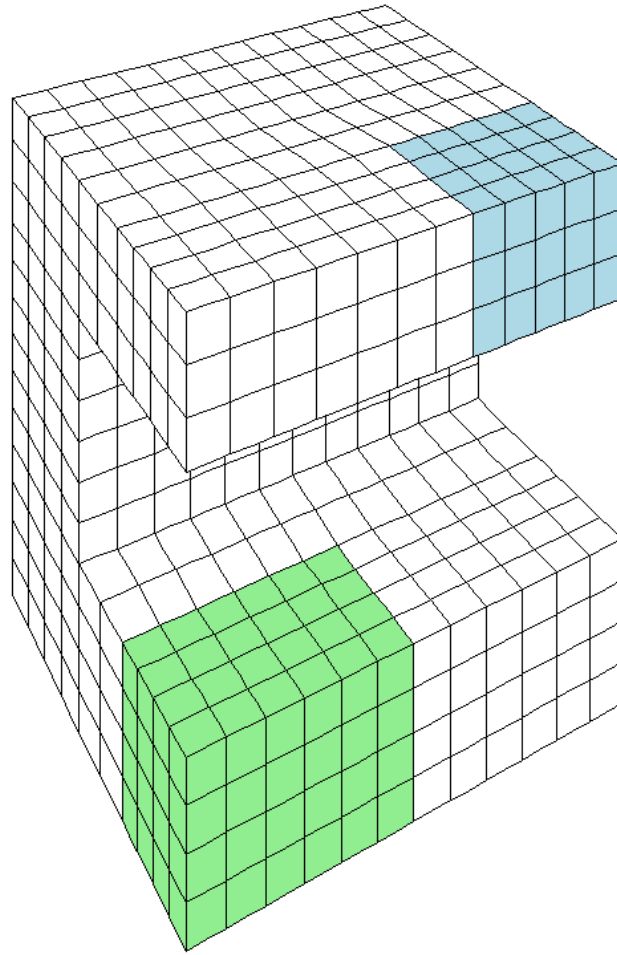


図12-6 全体構造のメッシュ図

[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・グラフィックス

- B1) 「数値解析とその応用」、名取 亮、  
コロナ社、1992
- B2) 「コンピュータグラフィックス講義」、青木 由直、  
コロナ社、2000
- 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) 「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

<C> 有限要素法・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