

**ANSYS®**

**ANSYS 入門セミナー**



ANSYS®は ANSYS,Inc.の登録商標です。

本書の内容の一部あるいは全部を無断で転載、複写、複製することを禁じます。

本書の内容は、予告なく変更することがあります。

本書の内容は、ANSYS Release 10.0 をもとに作成したものです。

“Copyright © 2006 ANSYS, Inc. All right reserved.

ANSYS is a registered trademark of SAS IP, Inc., a subsidiary of ANSYS, Inc.

Translation copy made by permission of ANSYS, Inc., but ANSYS, Inc. has not approved this translated version.

All issues regarding warranties will be governed by the English version of this documentation provided by ANSYS, Inc.”

著作権表示 Copyright © 2006 ANSYS, Inc. All right reserved.

ANSYS は、ANSYS, Inc. の子会社である SAS IP, Inc. の登録商標です。

翻訳版は ANSYS, Inc. の許可を得て作成しておりますが、(内容については) ANSYS, Inc. の承認を得たものではありません。

保証に関する事項は ANSYS, Inc. の提供する当該文書の英語版に準拠するものとします。

# 目次

## 第1章 イントロダクション

第1節	ANSYS の起動と終了	1-1
第1項	起動方法	1-1
第2項	終了方法	1-1
第2節	ランチャーメニュー	1-2
第1項	ファイル管理タブ	1-3
第2項	カスタマイゼーション / プリファレンスタブ	1-5
第3項	ランチャーメニューオプション	1-7
第3節	ANSYS メニューシステム	1-10
第4節	メニューシステムの構造	1-12
第1項	メインメニュー	1-14
第2項	ユーティリティメニュー	1-16
第3項	インプットウィンドウ	1-17
第4項	ツールバー	1-18
第5節	ANSYS の構造	1-19
第6節	会話形式とバッチ形式	1-21
第7節	ANSYS のコマンド	1-22
第8節	ANSYS のデータベース	1-24
第9節	ANSYS ファイル	1-27
第1項	データベースファイル	
	データベースバックアップファイル	1-28
第2項	リザルトファイル	1-30
第3項	履歴ファイル	1-31
第4項	エラーファイル	1-32
第5項	IGES ファイル	1-33
第6項	データベーステキストファイル	1-35
第7項	データベース履歴ファイル	1-37
第10節	ANSYS のヘルプシステム	1-38

## 第2章 解析モデルの作成

第1節	解析モデルの作成(Building the Model)	2-1
第1項	ソリッドモデリング	2-4
第2項	直接生成法	2-5
第2節	ソリッドモデリング	2-6
第3節	ソリッドモデルの削除	2-8
第4節	プリミティブの定義	2-9
第1項	長方形プリミティブ	2-10

第2項	円形プリミティブ	2-15
第5節	グラフィックスの表示制御	2-17
第1項	エンティティの表示	2-17
第2項	エンティティの番号表示	2-18
第3項	シンボル表示	2-19
第4項	デバイスオプション	2-20
第5項	パン,ズーム,回転 ダイアログボックス	2-21
第6節	ブーリアン演算	2-24
第1項	エリアの足し算	2-26
第2項	エリアの引き算	2-27
第7節	ソリッドモデルの要素分割	2-30
第1項	要素タイプ(Element Type)	2-31
第2項	リアルコンスタント(Real Constant)	2-35
第3項	材料特性(Material Property)	2-37
第4項	要素サイズ(Element Size)	2-40
第5項	要素分割(Meshing)	2-42
第8節	本章のまとめ	2-44

### 第3章 境界条件の定義と解析の実行

第1節	境界条件の定義と解析の実行>Loading and Solution	3-1
第2節	境界条件の定義	3-4
第3節	自由度の固定(DOF Constraints)	3-6
第4節	面荷重(Surface Load)	3-12
第5節	解析の実行	3-18
第6節	本章のまとめ	3-20

### 第4章 解析結果の表示

第1節	解析結果の表示(Reviewing the Results)	4-1
第2節	グラフィック表示	4-5
第1項	変形図の表示	4-6
第2項	変位スケーリング	4-8
第3項	コンター図の表示	4-10
第4項	その他のコンター表示	4-13
第5項	ベクトル表示	4-15
第6項	反力の表示	4-18
第3節	リスト表示	4-19
第1項	反力データのリスト表示	4-20
第2項	節点データのリスト表示	4-21
第3項	要素データのリスト表示	4-23
第4節	本章のまとめ	4-25

### 第5章 ソリッドモデルの作成

第1節	本章の概要	5-1
第2節	エンティティの選択機能	5-2
第1項	Select Entities ダイアログボックス	5-3
第2項	選択操作の例	5-7
第3項	選択の解除	5-15
第3節	各種の座標系	5-16
第1項	基本座標系のタイプ	5-17
第2項	全体座標系	5-18
第3項	アクティブな座標系の変更	5-19
第4項	局所座標系	5-20
第5項	ワーキングプレーン	5-22
第6項	ディスプレイ座標系	5-28
第7項	リザルト座標系	5-29
第8項	節点座標系	5-30
第9項	要素座標系	5-33
第4節	プリミティブによるボリュームの定義	5-47
第1項	直方体(BLOCK)	5-48
第2項	円柱(CYLIND)	5-49
第3項	正多角柱(RPRISM)	5-51
第4項	多角柱(PTXY PRISM)	5-53
第5項	球(SPHERE)	5-54
第6項	円錐(CONE)	5-55
第7項	トーラス(TORUS)	5-56
第5節	CAD データのインポート	5-57
第6節	ブーリアン演算	5-59
第1項	交差(共通部分)	5-61
第2項	足し算	5-63
第3項	引き算	5-64
第4項	分割	5-65
第5項	連結	5-66
第6項	オーバーラップ(重複する部分を別のエンティティに分類する)	5-67
第7項	パーティション	5-68

## 第6章 ソリッドモデルの要素分割

第1節	要素分割	6-1
第2節	要素属性の設定	6-2
第1項	複数の要素属性	6-3
第2項	要素分割前の要素属性の割り当て	6-10
第3節	要素分割の制御	6-12
第1項	要素形状の制御	6-13
第2項	フリーメッシュとマップとメッシュ	6-14
第3項	要素サイズの制御	6-17
第4項	メッシュツール	6-20

第4節	要素分割の実行	6-21
第1項	要素分割の強制終了	6-22
第5節	モデルの修正	6-23

#### 付録A グラフィカル・ピッキング

A-1	グラフィカル・ピッキングとは	A-1
A-2	位置ピックと検索ピック	A-2
A-3	ピック時のマウスボタンの割り当て	A-4
A-4	ホットスポット	A-5

#### 付録B 実習

実習1	構造解析	B-1
実習2	熱解析	B-19
実習3	磁場解析	B-41

#### 付録C 有限要素法(FEM)の特徴と注意点

1. FEM パラメータの解への影響 C-1
2. FEM における要素サイズの重要性 C-3

# 第1章 イントロダクション



# 第1節 ANSYS の起動と終了

## 第1項 起動方法

ANSYS は全てのプラットフォームにおいて全く同じランチャーメニューから起動することが出来る。UNIX システムと PC システムにおけるランチャーメニューへのアクセス方法を以下に示す。

- UNIX システム (以下コマンドを入力する)

Launcher100 &

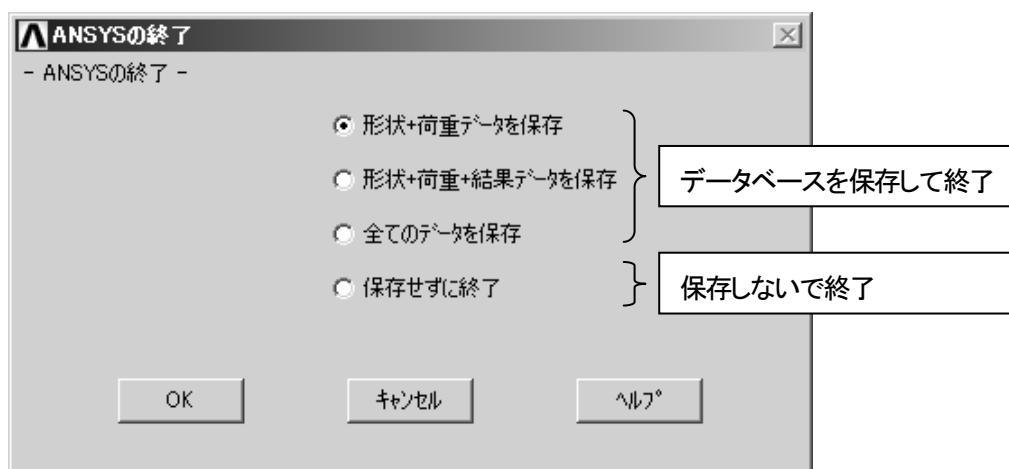
- PC システム (以下メニューをクリックする)

スタートメニュー: [ プログラム ] > [ ANSYS 10.0 ] > [ ANSYS Product Launcher ]

## 第2項 終了方法

ANSYS を終了するには、ANSYS の GUI メニューを使用する。どのプラットフォームにおいても同様の方法を取る。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ ファイル ] > [ 終了 ... ]



## 第2節 ランチャーメニュー

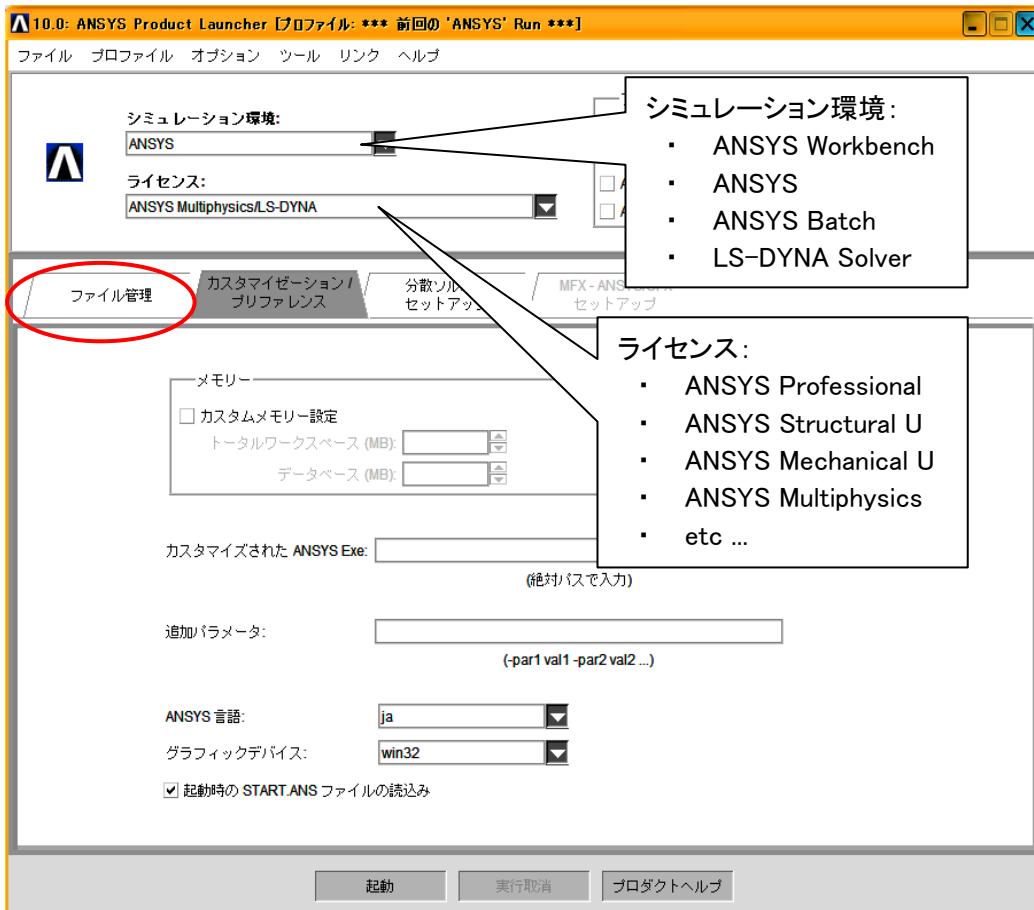
ランチャーメニューを起動すると以下のような画面が表示される。全てのプラットフォームにおいてランチャーメニューは共通である。ランチャーメニューを使用して ANSYS 起動の前に各種の設定を行う。

### ● ランチャーメニュー



次頁よりランチャーメニューで設定できる内容と、その設定方法を解説する。

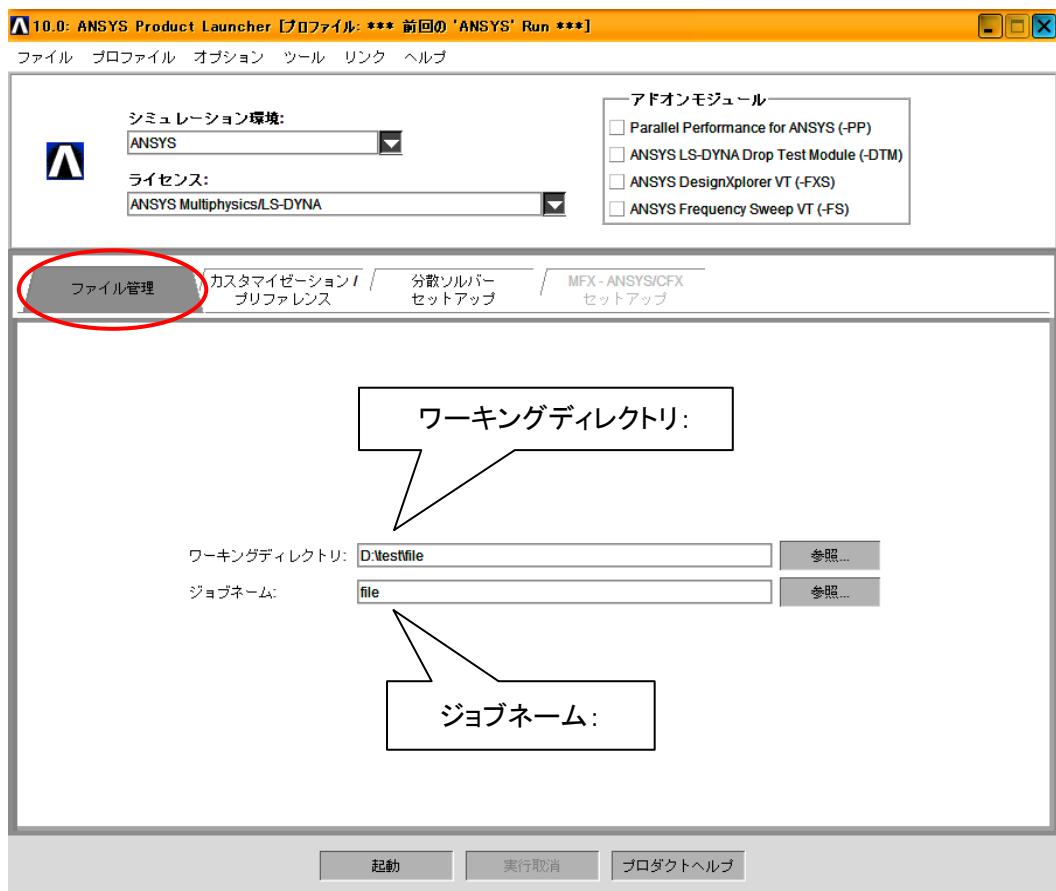
## 第1項 ファイル管理タブ



- シミュレーション環境の選択：  
4つのシミュレーション環境を選択できる。概要は以下の通り。
  - ANSYS Workbench …… 3D CAD システムとの連携が強化されたインターフェイス
  - ANSYS………… 従来の ANSYS 標準インターフェイス
  - ANSYS Batch……… 解析を Batch 処理する場合に使用
  - LS-DYNA Solver…… 陽解法ソルバーの LS-DYNA を実行する場合に使用
- ライセンスの選択：  
使用ライセンス(プロダクト)を選択する。起動後は変更不可。

補足：

起動タブでどのシミュレーション環境を選択したかによってランチャーメニューの内容は変化する。だが本テキストは ANSYS 環境での入門レベルの操作を習得することを目的としているため、これ以降はシミュレーション環境に ANSYS を選択したケースに限定し、使用頻度の高い項目のみを解説する。

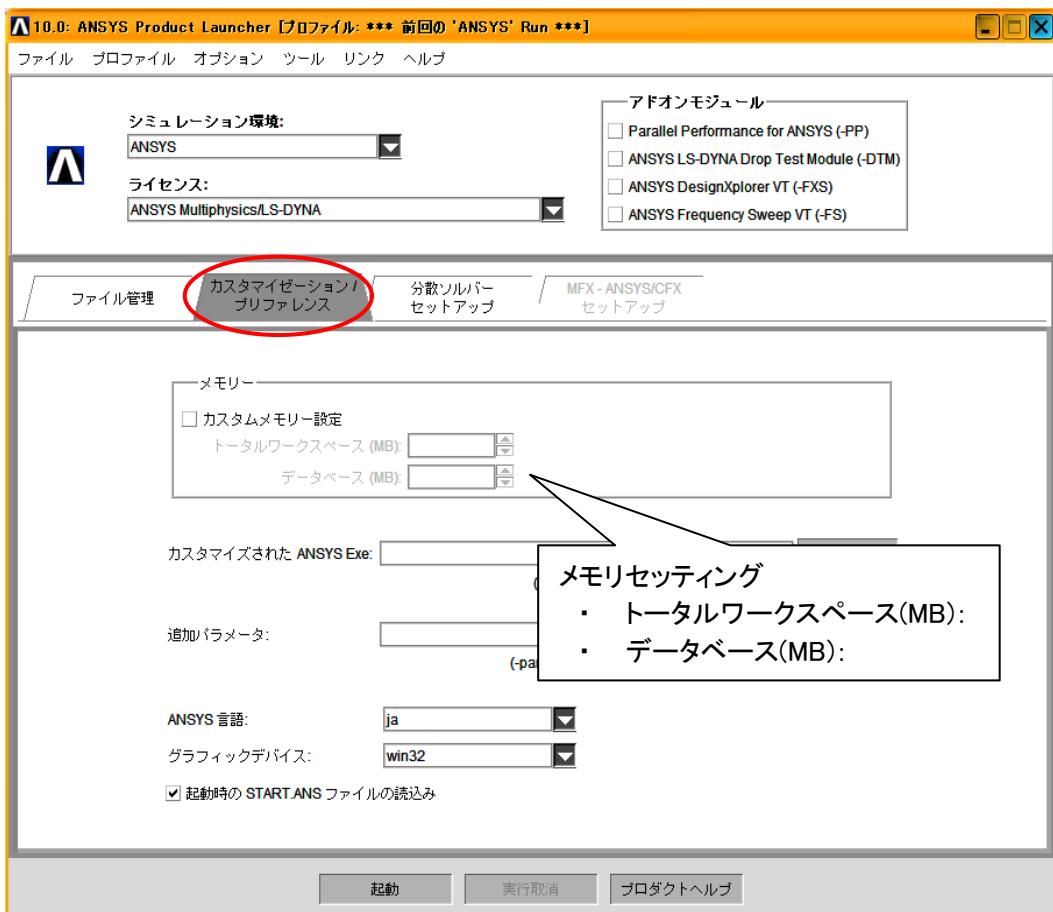


- ・ ワーキングディレクトリ：
 

ANSYS を実行中に作成される全てのファイルのデフォルトの保存先。ワーキングディレクトリを変更するには新たなディレクトリへのパスを入力するか、あるいは「参照...」ボタンをクリックして目的のディレクトリをダイアログボックスから選択する。
- ・ ジョブネーム：
 

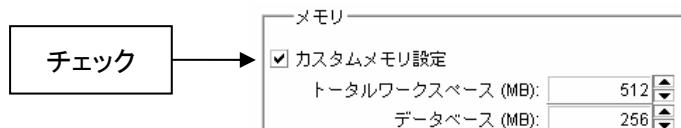
ANSYS を実行中に作成される全てのファイルのデフォルトのファイル名。デフォルトのジョブネームは file。最大 32 文字(日本語不可)まで定義可能。

## 第2項 カスタマイゼーション / プリファレンスタブ

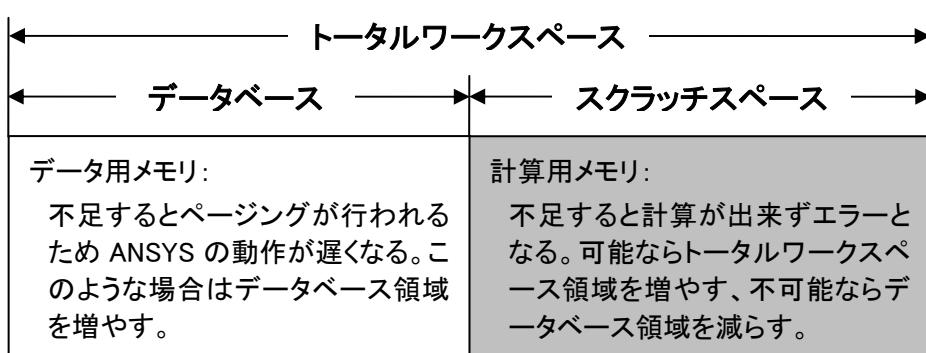


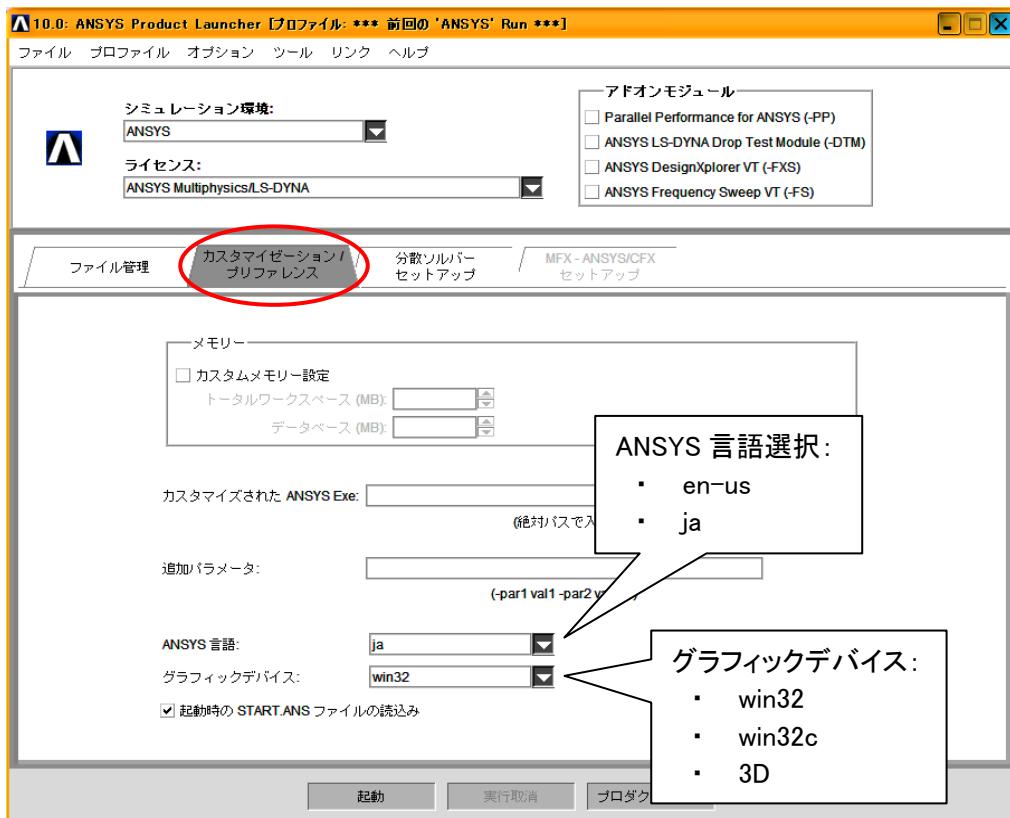
- メモリ :

解析中のメモリ管理は基本的に ANSYS が自動的に行う。だがカスタムメモリ設定にチェックを入れることでユーザーが任意のメモリ設定を行うことも出来る。



トータルワークスペースとデータベースの関係は以下のようになっている。





- ANSYS 言語選択 :
- メニューの言語を選択する。デフォルトは en-us (英語) であるが、PC システムの場合は日本語化キットをインストールすることで ja (日本語) を使用出来る。日本語化キットをインストールしても en-us (英語) は使用できるが、材料モデル等一部のダイアログボックスは日本語表示になる。

- グラフィックデバイス :
- 使用するグラフィックデバイスを選択する。グラフィックデバイスによって結果表示の色数や、モデルの移動・回転時の表示スタイルなどが変化する。UNIX システムと PC システムのグラフィックデバイスの機能を以下に示す。

UNIX	PC	機能
X11	win32	<ul style="list-style-type: none"> <li>デフォルトのグラフィックデバイス</li> <li>モデルの移動・回転時はワイヤフレーム表示</li> <li>結果コンターの色数は最大 9 色</li> <li>モデルに陰影が付く</li> </ul>
X11c	Win32c	<ul style="list-style-type: none"> <li>モデルの移動・回転時はワイヤフレーム表示</li> <li>結果コンターの色数は最大 128 色</li> <li>モデルに陰影が付かない</li> </ul>
3D		<ul style="list-style-type: none"> <li>OpenGL を使用したリアルタイム 3D グラフィック表示</li> <li>システムに OpenGL 対応の 3D グラフィックデバイスが必要</li> </ul>

## 第3項 ランチャーメニュー機能

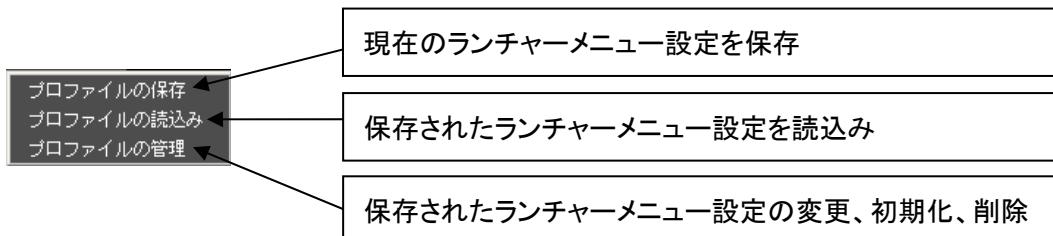
ランチャーメニューに関する操作を行うオプションメニューである。



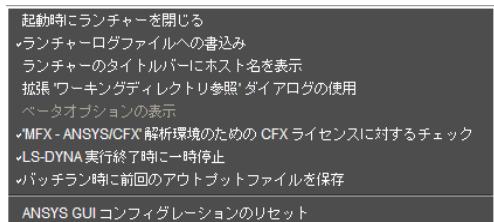
- ・ ファイル



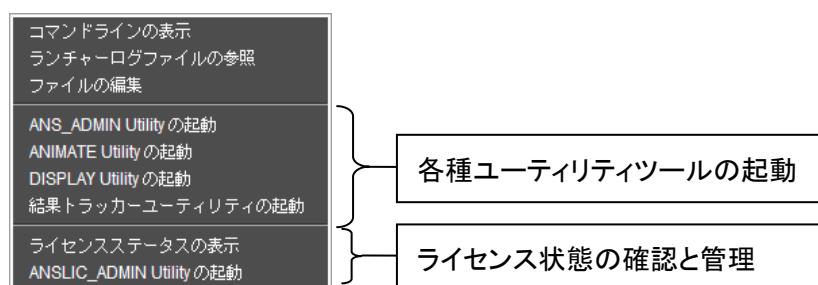
- ・ プロファイル



- ・ オプション



- ・ ツール



- ・ リンク



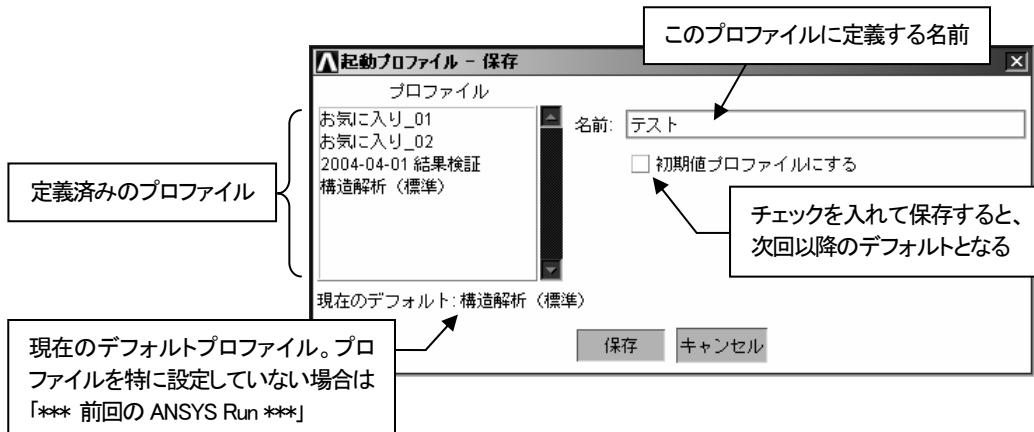
- ・ ヘルプ



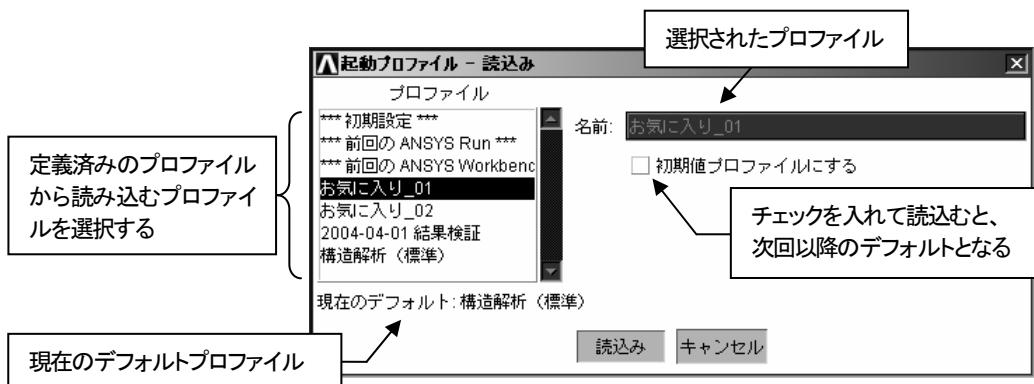
## ● プロファイルの詳細

プロファイルとは、ランチャーメニューの設定を保存、読み込み、編集するものである。保存されたランチャーメニューの設定を読み込むことで手早くその設定を再現することができ、起動時の煩雑な操作を省くことが出来る。

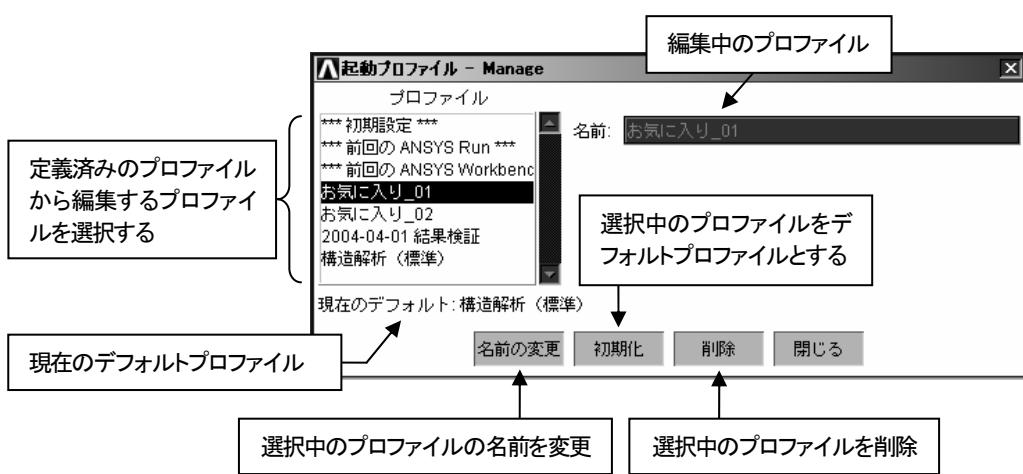
### ・ プロファイルの保存



### ・ プロファイルの読み込み



### ・ プロファイルの管理



なおプロファイル情報は profiles.xml ファイルとして以下に保存されている。

- UNIX システム  
ユーザーのホームディレクトリ/.ansys/v100/launcher/profiles.xml
- PC システム  
ユーザーディレクトリ¥Application Data¥Ansys¥v100¥launcher¥profiles.xml

補足:

ランチャーメニューの設定を行わず、直接 ANSYS を起動する方法を以下に示す。

- UNIX システム(以下コマンドを入力する)  
Launcher100 -runae
- PC システム(以下メニューをクリックする)  
スタートメニュー : [ プログラム ] > [ ANSYS 10.0 ] > [ ANSYS ]

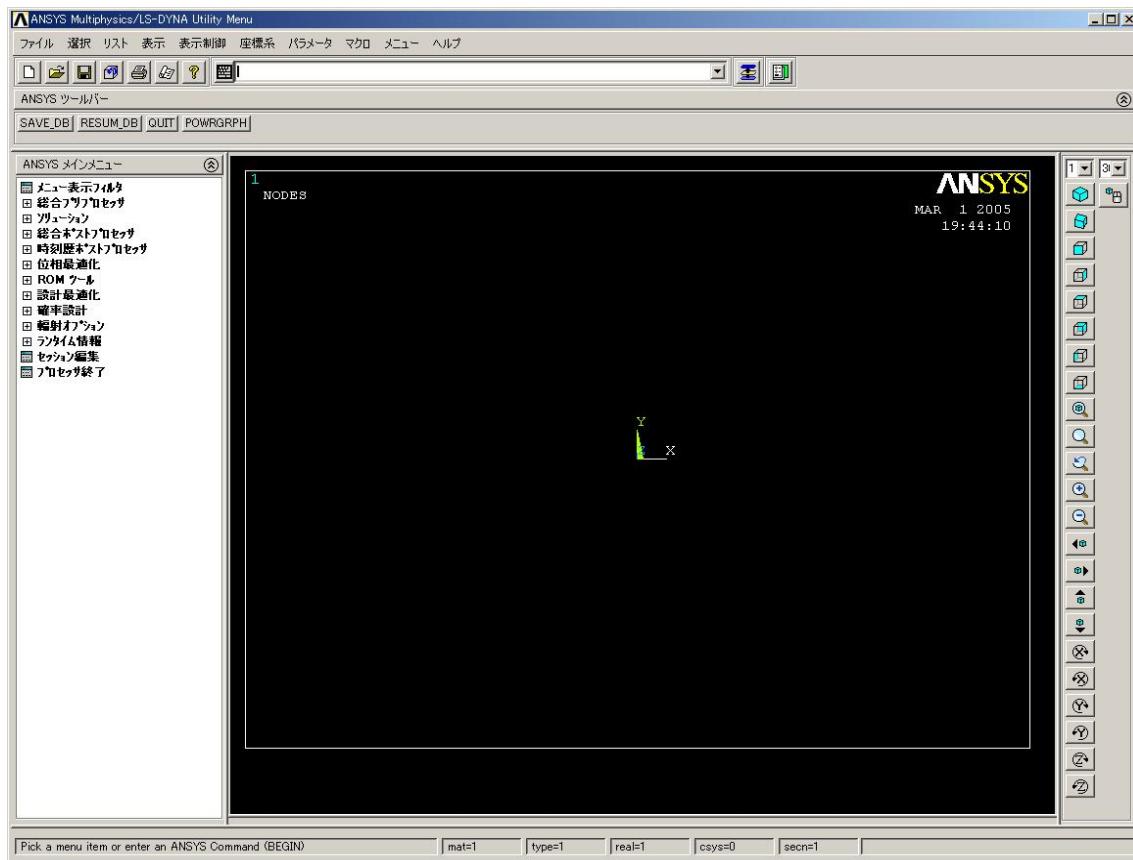
この起動方法を用いた場合、ランチャーメニューの設定は必ず前回起動時のものとなる(ANSYS はデフォルトプロファイルの設定を無視する)。ランチャーメニューの設定を変更する必要がない場合には最もスピーディな起動方法である。

## 第3節 ANSYS メニューシステム

ANSYS のメニューシステムは、マウスやキーボードを用いてデータ入力を行う GUI(Graphical User Interface)システムとなる。

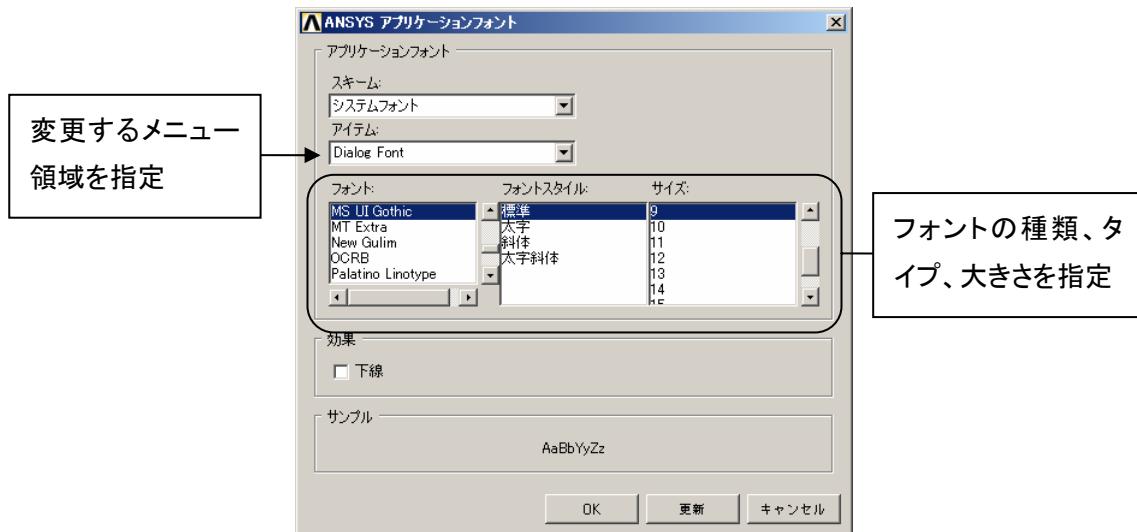
メニューシステムの利点として、以下の3つが挙げられる。

- ・コマンドを意識せず、マウスを用いて解析を進めることができる。
- ・ANSYS での作業を行う際に、便利なツール(道具)が利用できる。
- ・オンラインヘルプが利用できる。

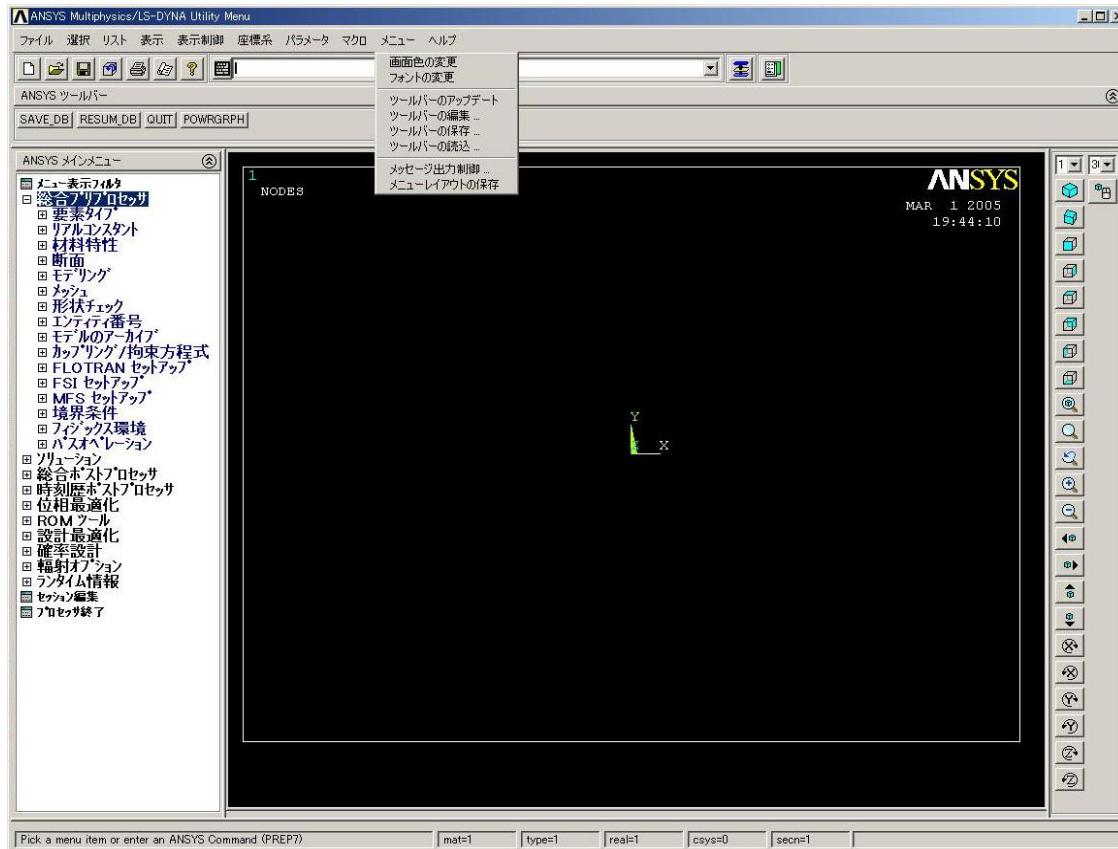


ディスプレイの解像度によってはデフォルトのメニューのフォントサイズは小さすぎる（あるいは大きすぎる）かもしれない。このような場合は、以下のメニューでフォントのサイズを変更できる。

### メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ メニュー ] > [ フォントの変更 ]



#### ● フォントサイズを大きくした例



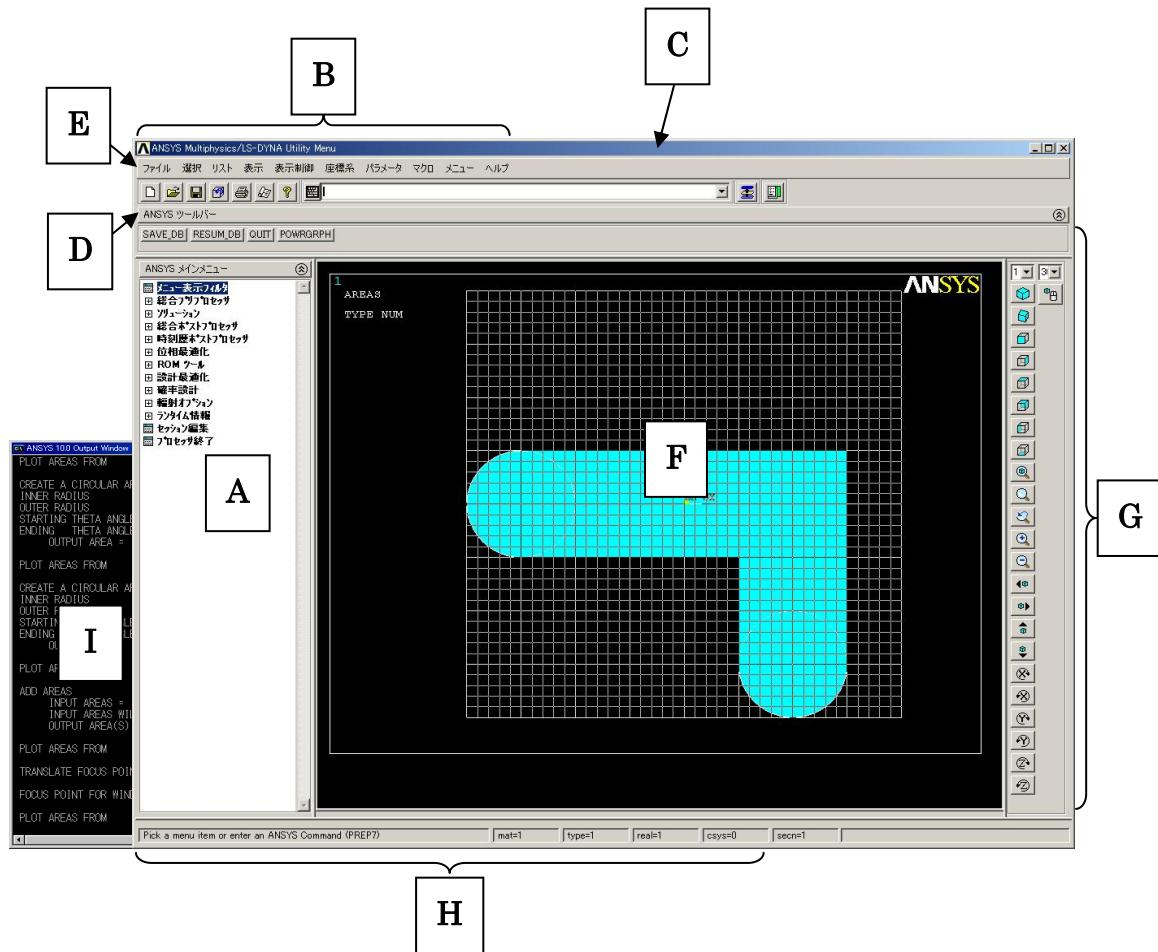
## 第4節 メニューシステムの構造

ANSYS のメニューシステムは、関連するコマンドをグループ毎に分類した論理的な構造となっている。コマンドは、大きく分けて以下の 2 つのグループに分類され、それぞれのメニューに分けられている。

- ・メインコマンド群 (Main Commands) : メインメニュー
- ・ユーティリティコマンド群 (Utility Commands) : ユーティリティメニュー

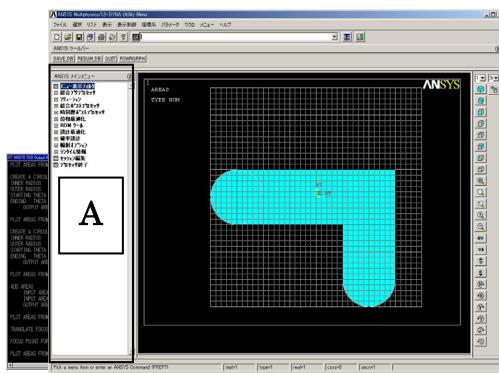
各グループは階層構造、すなわちツリー構造(枝分かれ)になっている。ツリーの枝をたどっていくと、さらに細かく項目別に分類される。

● ANSYS のメニュー

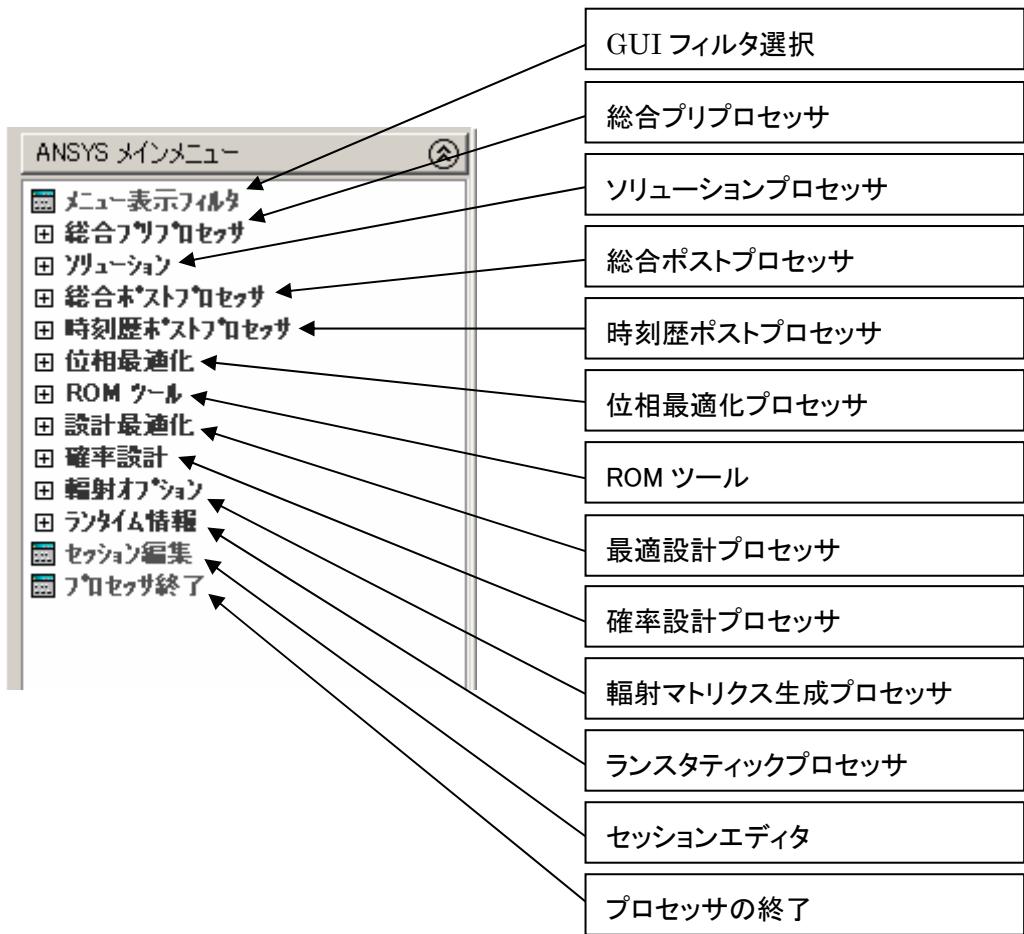


<b>A</b>	ANSYS メインメニュー	プロセッサ群で構成され、ANSYS の解析機能を受け持つ。
<b>B</b>	ANSYS ユーティリティメニュー	ファイルやグラフィックのコントロール等、ANSYS の制御を行う。
<b>C</b>	ANSYS インプットウインドウ	キーボードによるコマンド、数値等の入力ウィンドウ。
<b>D</b>	ANSYS ツールバー	頻繁に使用する ANSYS の機能を、ボタンとして任意に設定できる。
<b>E</b>	スタンダートツールバー	ファイル操作、視点操作、画像取り込み、レポート作成、ヘルプシステムへの簡易アクセス
<b>F</b>	ANSYS グラフィックウインドウ	モデル、グラフ等の表示が行われるウィンドウ。
<b>G</b>	ANSYS グラフィックツールバー	視点の移動、回転、拡大/縮小を行う。
<b>H</b>	ステータス & プロンプトエリア	ANSYS からの指示と現在の状態が表示される。
<b>I</b>	アウトプットウインドウ	ANSYS の応答がテキスト出力される。

## 第1項 メインメニュー

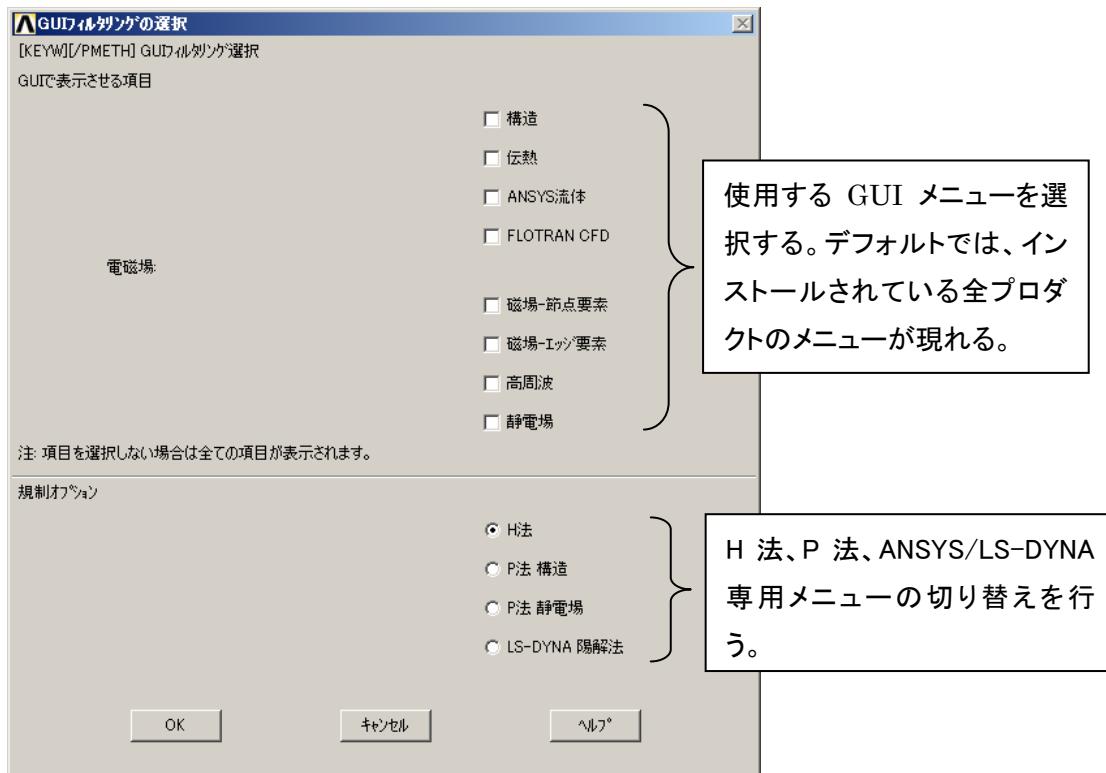


解析作業を実行するコマンドが、プロセッサごとに分類されてメインメニューに収められている。

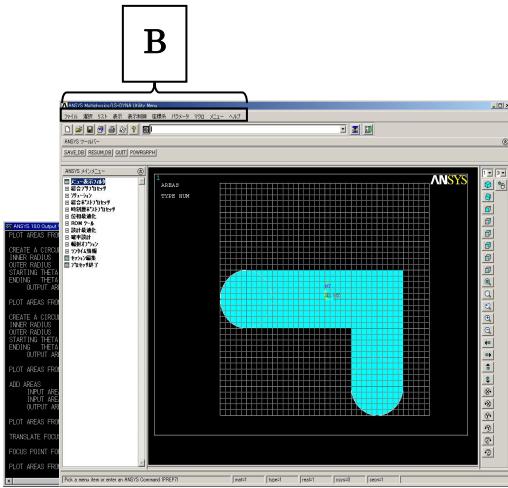


解析作業の手順に従って、メインメニューからコマンドを実行する。

解析作業に入る前または作業途中において、[メニュー表示フィルタ]メニューにより GUI フィルタの選択を行うことができる。P 法および ANSYS/LS-DYNA を使用する場合にも以下の画面にて指定する。この指定を行わないと P 法および ANSYS/LS-DYNA 専用メニューが表示されない。

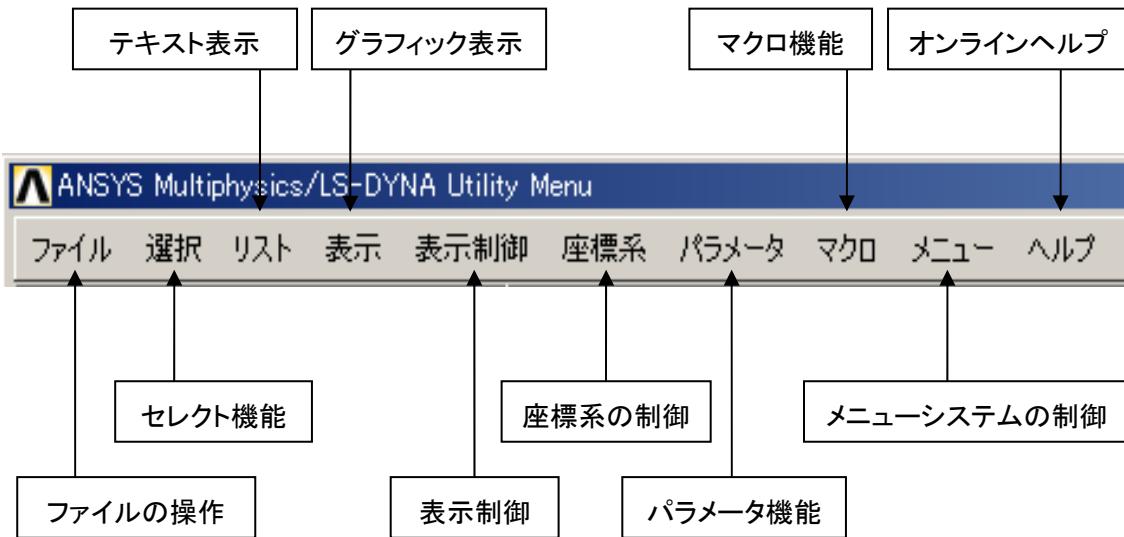


## 第2項 ユーティリティメニュー



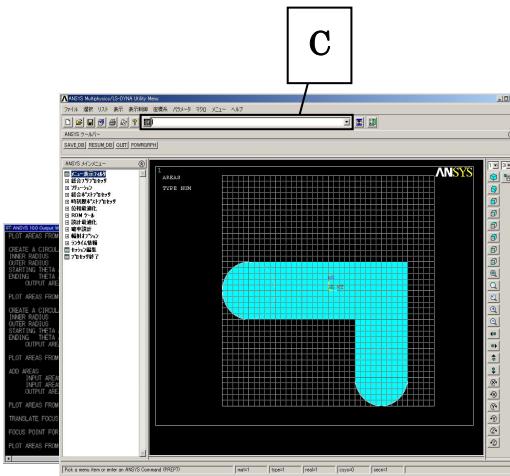
このメニューには、解析作業の手順に関係なくどのプロセッサでも共通に使用可能なコマンドが分類され収められている。

また、このメニューはコマンドにアクセスしやすいような構造になっている。

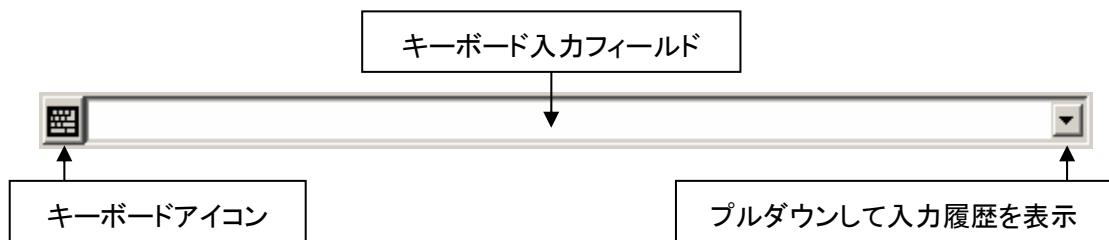


メインメニューが解析に必要なデータを入力するためのコマンドの集合であるのに対し、ユーティリティメニューは ANSYS の制御を行うコマンドの集合である。例えば、モデルの表示法や座標系の指定を行うコマンド等がこのメニューの中に存在する。

### 第3項 インプットウィンドウ



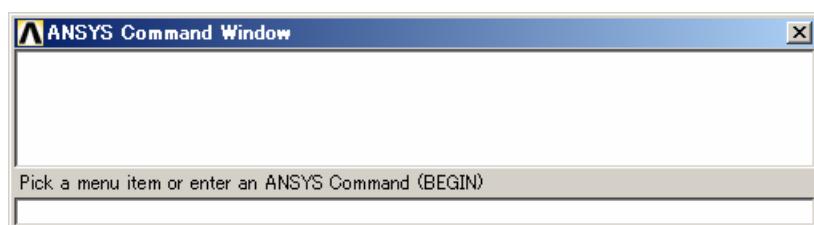
このウィンドウは、キーボードによるコマンドの直接入力やコマンドに付随する座標値などを入力する場合に使用する。



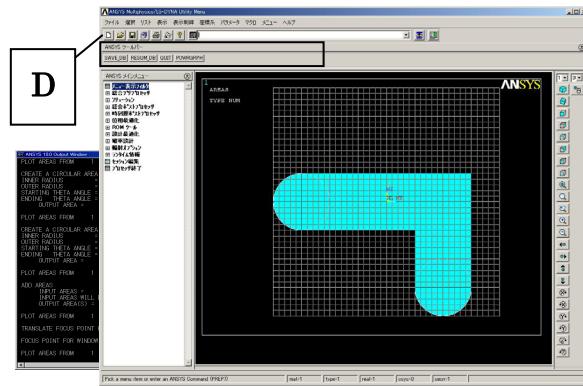
入力履歴は表示させるだけではなく、履歴内のコマンド行をピックすることでキーボード入力フィールドにそのコマンド行を呼び出すことが出来る。呼び出されたコマンド行は通常通りキーボードによる編集、再実行が可能である。

また、キーボードアイコンをクリックすれば、インプットウィンドウはフローティングモード(独立ウィンドウ)となる。

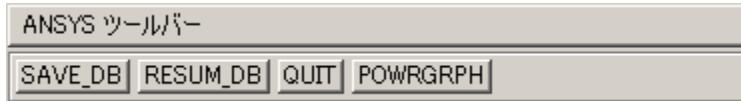
- フローティングモード



## 第4項 ツールバー

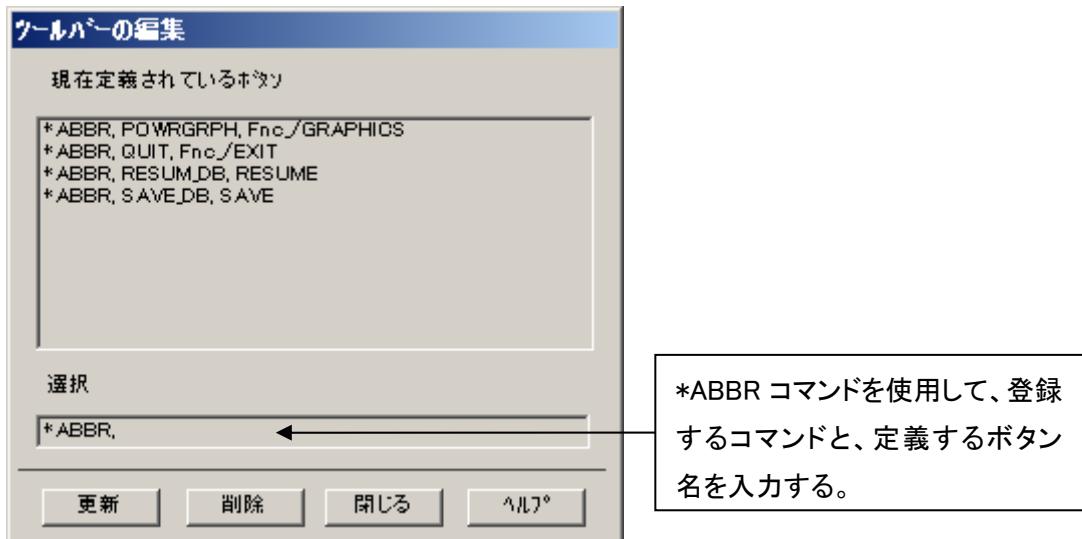


ANSYS では頻繁に使用するメニュー(コマンド)に名前を定義し、ツールバーに格納することができる。その場合、以下に示す ANSYS ツールバーウィンドウにボタンが表示される。したがって、登録されたメニュー(コマンド)はボタンとして ANSYS に設定される。



ツールバーにボタンを登録するには以下のように操作する。

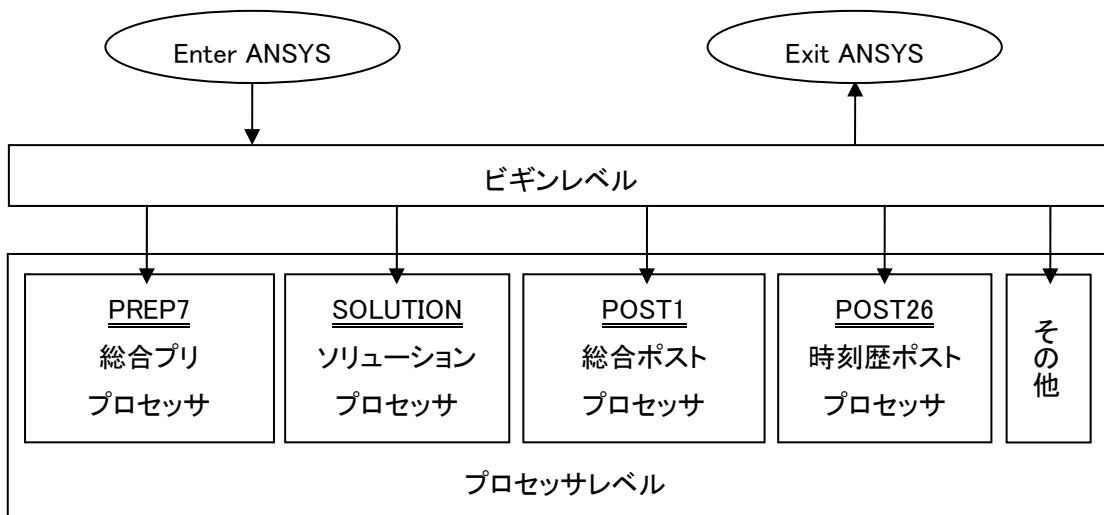
メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ メニュー ] > [ ツールバーの編集 ... ]



## 第5節 ANSYS の構造

ANSYS には 2 つのレベルがある。

- ビギンレベル (Begin Level)
- プロセッサレベル (Processor Level)



ANSYS を起動すると、まずビギンレベルに入る。ここから ANSYS の各プロセッサに入ることができる。また、ここからモデル形状の表示やファイルの割り当てなど、ユーティリティの作業も実行できる。

プロセッサ（ルーチンともいう）はコマンドの集合であり、1 つのプロセッサには互いに関連性のあるコマンドが納められている。コマンドは、ある操作を実行するときに使用する。

### <プロセッサ>

総合プリプロセッサ(PREP7)

ソリューションプロセッサ(SOLUTION)

総合ポストプロセッサ(POST1)

### <機能>

解析モデルの作成

境界条件の定義と解析の実行

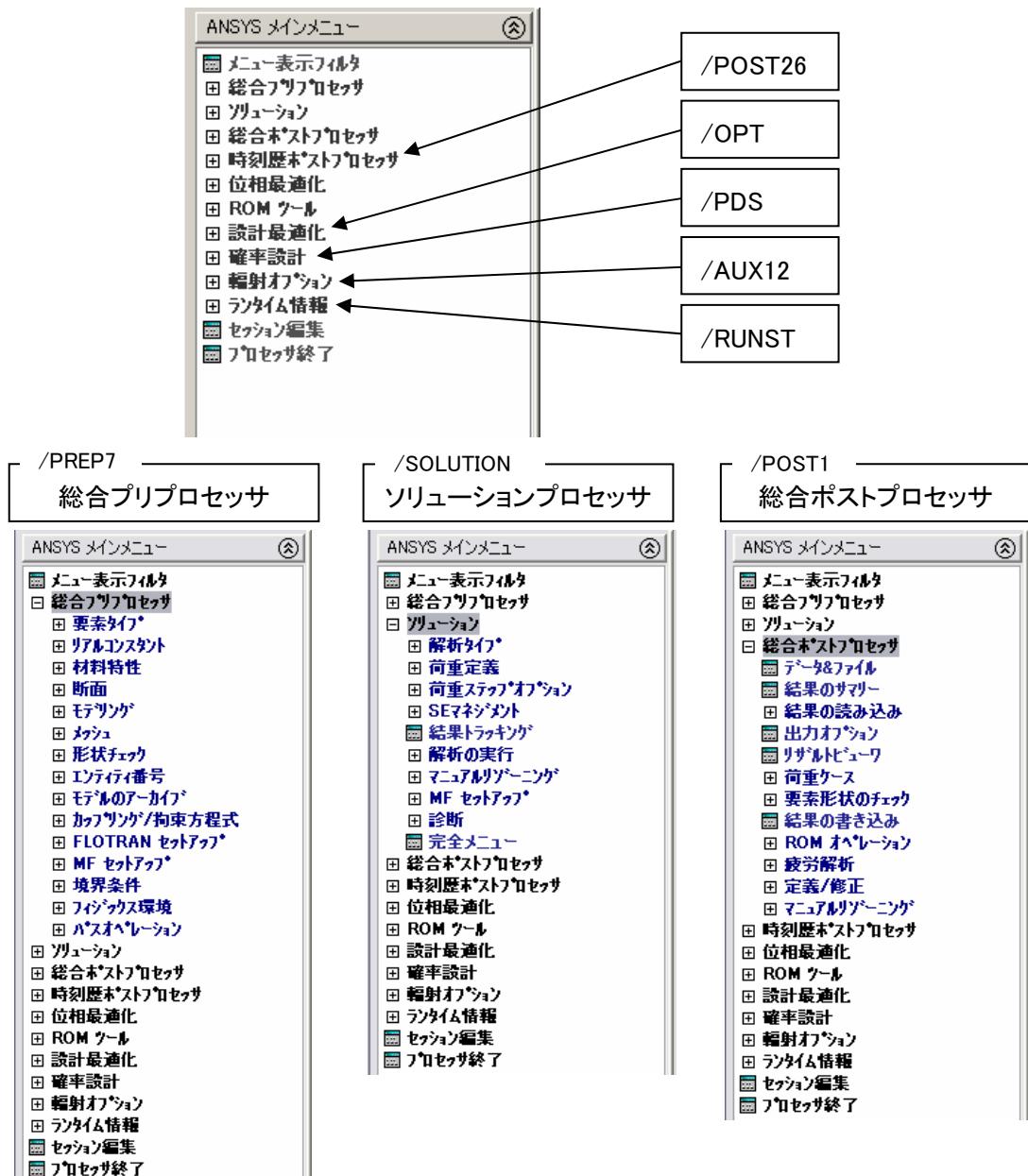
解析結果の表示

総合プリプロセッサ(PREP7)は、モデルを作成するためのコマンド群、ソリューションプロセッサ(SOLUTION)は、境界条件の定義と解析実行のためのコマンド群、総合ポストプロセッサ(POST1)は、解析結果のリスト表示やグラフィック表示を行うコマンド群からなるものである。

本セミナーでは、この 3 つのプロセッサについて解説する。

その他の ANSYS のプロセッサは下記のとおりである。前述の他に次の 7 つのプロセッサがある。

POST26	: 時刻歴解析の結果を表示するときに使用する。
RUNST	: モデルの大きさ、コンピュータシステムの速度、作成するファイルの大きさ、解析時の見積りなど、ANSYS 実行のための“統計量”を得るために使用する。
OPT	: 最適設計の解析を行うときに使用する。
PDS	: 確率設計の解析を行うときに使用する。
AUX2	: ファイルのダンプを行う。
AUX12	: 熱解析の輻射に関する計算を行う。
AUX15	: 他のソフトのフォーマットにデータを変換する。または、その逆を行う。(トランスレータ)



## 第6節 会話形式とバッチ形式

### 会話形式(デフォルト)

ANSYS のメニュー・システムを用いる。マウスを用いてメニューを選択し、キーボードによって数値の入力を行ながら解析作業を進める。操作の実行結果をグラフィック表示やリスト出力を通して確認しながら作業を進めることができる。

### バッチ形式

必要なコマンドを全てファイルに書き込み、そのファイルを ANSYS に読み込ませて解析作業の過程を連続して処理(バッチ処理)する。ANSYS の経験が豊富なユーザーは会話形式よりも早く作業を行うことができる。さらに、バッチ処理中ユーザーはマシンの前にいる必要がないため、長い計算時間をする問題に対して好都合である。

## 第7節 ANSYS のコマンド

ANSYS は各メニューに対応するコマンドが実行されることで動作している。コマンドの内容をユーザーが理解していれば、インプットウィンドウにコマンドを直接入力することで各作業を実行させることが出来る。

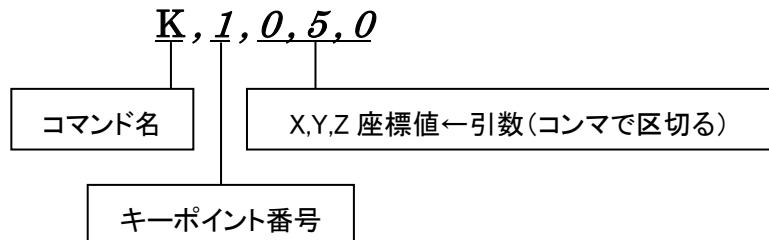
- コマンドの数は、約 1000 個。
- ほとんどのコマンドは、プロセッサ毎に分類されている。
- コマンドを記憶する必要はない。  
全てのコマンドについて、オンラインドキュメンテーションが利用できる。

ANSYS のコマンドには、特定の入力フォーマットがある。

ここでは、コマンド “K” を例にとって説明する。K コマンドは、キーポイント(モデルの頂点)を定義するコマンドであり、プリプロセッサのコマンドである。

### 例. コマンドの入力フォーマット

キー ポイント 1 番を座標( 0, 5, 0 )上に定義する。



- ・ 引数は、コンマ (,) で区切る。
- ・ 引数を入力する場所を “フィールド” と呼ぶ。
- ・ コンマ (,) を連続すると、引数の値はデフォルト値が入力される。
- ・ 未使用フィールドや 0 の値をとるフィールドには、引数を入力する必要はない。

### 例.

**K, 1, , 5** は  
**K, 1, 0, 5, 0** と同じ。

- 多くの ANSYS コマンドは、コマンド名を最初の 4 文字に省略できる。

**例.**      ANTYPE      →      ANTY  
              /WINDOW    →      /WIN

(例外として、/PREP7、/POSTn、/AUXn、\*ENDIF 等がある。)

- スラッシュ (/) ではじまるコマンドは、ビギンレベルのコマンドやグラフィック  
ス制御のコマンドである。
- アスタリスク (\*) ではじまるコマンドは、APDL(ANSYS Parametric Design  
Language)のコマンドである。

補足：

本テキストには多くのメニュー操作が記述されているが、対応するコマンドに関しても  
可能な限り併記するよう努めている。だがコマンドに関する詳細な解説は本セミナーの範  
囲を越えるのでここでは割愛する。コマンドについての詳細は、オンラインヘルプの“コ  
マンドレファレンス”を参照されたい。

## 第8節 ANSYS のデータベース

ANSYS は、“ANSYS データベース”と呼ばれる 1 つの大きなデータベースを持つ。データベースには次のようなデータが格納される。

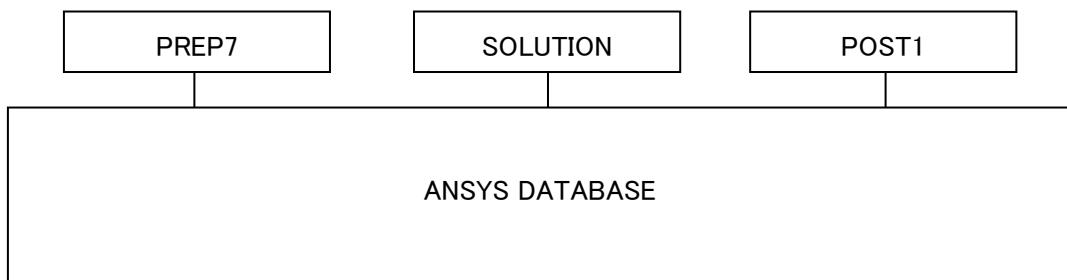
インプットデータ (Input Data) : ユーザーが入力するデータ(モデル形状、材料特性、境界条件、等)

リザルトデータ (Result Data) : ANSYS が計算した値(構造解析での変位量や応力値、熱解析での温度、等)

この 1 つの大きなデータベースが、インプットデータとリザルトデータを管理する。データベースが 1 つである利点は、指定したデータ項目のリスト表示や、グラフィック表示、修正、消去などが速く、しかも簡単に行えることである。

ANSYS のデータの構造を下記に示す。

- PREP7 の中で、モデルを作成する。  
(インプットデータがデータベースにストアされる。)
- SOLUTION の中で、境界条件を定義する。  
(インプットデータがデータベースにストアされる。)
- そして、解析を実行する。  
(ANSYS はデータベースからインプットデータを読み込み、リザルトデータをデータベース内に書き込む。)
- POST1 の中で、解析の結果をリスト表示またはグラフィック表示する。  
(ANSYS はデータベースからインプットデータとリザルトデータを共に読み込む。)



ANSYS の操作中、いかなるレベルやプロセッサでの作業も同じデータベースを使用する。これは、ANSYS 操作中はいつでもインプットデータにアクセスできることを示している。データベースにアクセスすることによって、目的の項目の選択や、リスト表示、グラフィック表示等の操作が可能になる。

項目の定義または（データベースからの）項目の削除は、適切なプロセッサの中で行わなければならない。例えば、節点、要素、その他の形状は PREP7 でのみ定義でき、境界条件は SOLUTION で定義する。一方、形状の選択、リスト表示、グラフィック表示は、プログラムのどのプロセッサからでも（ビギンレベルも含む）実行できる。

注 境界条件は、PREP7 でも定義できる。

ANSYS のデータベースファイルの拡張子は.db である。保存されるファイル名にはジョブネームが使用されるため、例えばジョブネームが file の場合では file.db となる。ANSYS のデータベースをファイルに保存するためには、次のようにメニューを操作する。

**メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ ファイル ] > [ ファイルを指定して DB を保存 ... ]**



または、“SAVE” コマンドを使用する。

**SAVE , *Fname* , *Ext* , ...**

ファイル名  
デフォルトは現在のジョブネーム

拡張子  
デフォルトでは db

保存に対応する操作として、読み込みがある。これは既存のデータベースファイルのデータをメモリに読み込む操作である。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ ファイル ] > [ ファイルを指定して DB を読込 ... ]



または、“RESUME” コマンドを使用する。

**RESUME , Fname , Ext , ...**

保存と読み込みは ANSYS の解析作業全般を通して、大変役立つ操作である。使い慣れない機能を実行する前には保存操作を実行し、データベースの内容をファイルにコピーしておくのがよい。その後の作業で得られた結果が望ましいものでなかった場合、先に保存しておいたデータベースファイルを読み込むことで、データベースを元の状態に戻すことができるからである(Undo 機能)。

また、データベースを消去するためには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ ファイル ] > [ データベースのクリア ... ]

または、“/CLEAR” コマンドを使用する。

この機能を使用することにより、ANSYS を起動した直後の状態（データベースに何も蓄えられていない状態）に戻すことができる。ただし、この機能はビギンレベルの機能であるため、各プロセッサを終了した後に実行する必要がある。

## 第9節 ANSYS ファイル

ANSYS は操作中に様々なファイルの書き出しと読み込みを行なう。それらのファイルには、Filename.Ext (ファイル名. 拡張子) といった名前が付けられ、作業ディレクトリに保存される。ファイル名のデフォルトは現在のジョブネームである。また、ファイルの拡張子は識別子であり、これによって ANSYS が作成するファイルの種類を識別することができる。

本節では、ANSYS が作成する各種ファイルの中でも特に基本的な、以下 7 種類のファイルについて説明する。

### ANSYS が作成する主なファイル

ファイルタイプ	ファイル名	ファイルフォーマット
データベースファイル	Filename.db(.dbb)	Binary
リザルトファイル	Filename.r**	Binary
履歴ファイル	Filename.log	ASCII
エラーファイル	Filename.err	ASCII
IGES ファイル	Filename.igs	ASCII
データベーステキストファイル	Filename.cdb	ASCII
データベース履歴ファイル	Filename.lgw	ASCII

第1項 データベースファイル	<b>Filename.db</b>
データベースバックアップファイル	<b>Filename.dbb</b>

ANSYS の操作中、保存作業を行うか、あるいは ANSYS 終了時に保存を選択することにより、**Filename.db** という名前のデータベースファイルが作成される。このファイルはバイナリーファイルであるため、ファイルの内容を見るることはできない。

このデータベースファイルは ANSYS が作成するファイルの中で最も重要なファイルであり、全ての入力データと一部の結果データが保存されている。作業中は時々データベースを保存しておくことが望ましい。これにより、作業の継続や変更を行うことが出来る。

以前に作成したデータベースファイルが作業ディレクトリに存在する場合に、同じファイルネームのデータベースファイルを新たに作成すると、データベースファイルの内容は上書きされる。その際、以前のデータはデータベースバックアップファイル **Filename.dbb** として保存される。

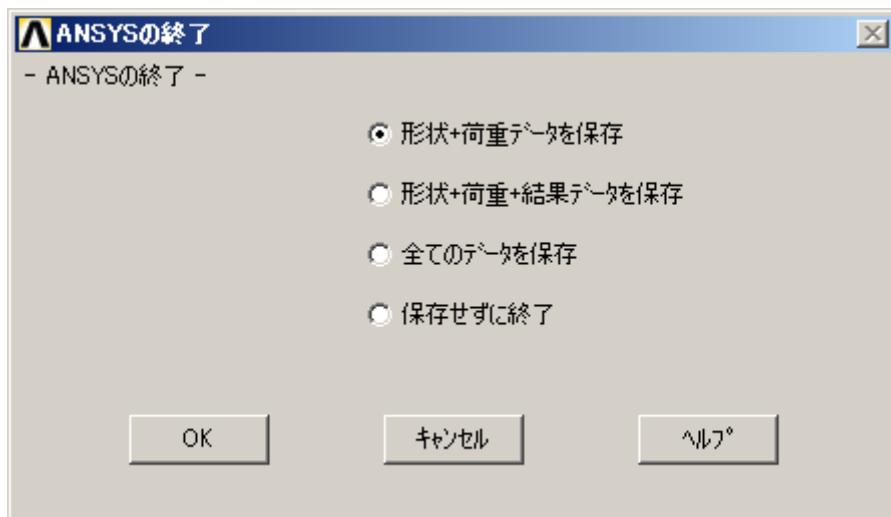
さらに、データベースファイルとデータベースバックアップファイルの両方が作業ディレクトリに存在する状態で、再び同じファイルネームのデータベースファイルを新たに作成した場合は、既存のデータベースファイルの内容がデータベースバックアップファイルに上書きされ（よってそれまでのデータベースバックアップファイルの情報は失われる）、データベースファイルには新規の内容が上書きされる。

## データベースの保存

ANSYS を操作している間は、いつでも任意にデータベースを保存できる。通常の保存方法に関しては第 1 章第 8 節「ANSYS のデータベース」を参照のこと。

ANSYS 終了時には、次に示すウィンドウでデータベースの保存方法を選択できる。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ ファイル ] > [ 終了 ... ]



形状+荷重データを保存 : モデル、境界条件のデータを保存

形状+荷重+結果データを保存 : モデル、境界条件、解析オプションのデータを保存

全てのデータを保存 : 全データを保存

保存せずに終了 : 保存しない

## データベースの読み込み

原則として、ANSYS の起動直後にはデータベース上にデータは存在しない。以前に作成したデータを用いて作業を再開するのであれば、データベースファイルを読み込む必要がある。読み込み方法に関しては第 1 章第 8 節「ANSYS のデータベース」を参照のこと。

## 第2項 リザルトファイル

**Filename.r\*\***

ANSYS を操作中、ソリューションプロセッサにおいて解析を実行し、その解析が正常に終了すれば、ANSYS は自動的にリザルトファイルを作成する。

リザルトファイルは、解析タイプによって次のように拡張子が変化する。

構造解析・連成解析	: Filename.rst
熱解析	: Filename.rth
磁場解析	: Filename.rmg
流体解析	: Filename.rfl

これらのファイルはバイナリーファイルである。したがって、中身を見ることはできない。

リザルトファイルは ANSYS が作成するファイルの中でデータベースファイルと並んで最も重要なファイルである。このファイルには、解析による全ての結果データが保存される。

すでに結果ファイルが作業ディレクトリに存在する場合、新たに結果ファイルを作成する（すなわち解析を実行する）と、結果ファイルの内容は上書きされる。

## 第3項 履歴ファイル

### Filename.log

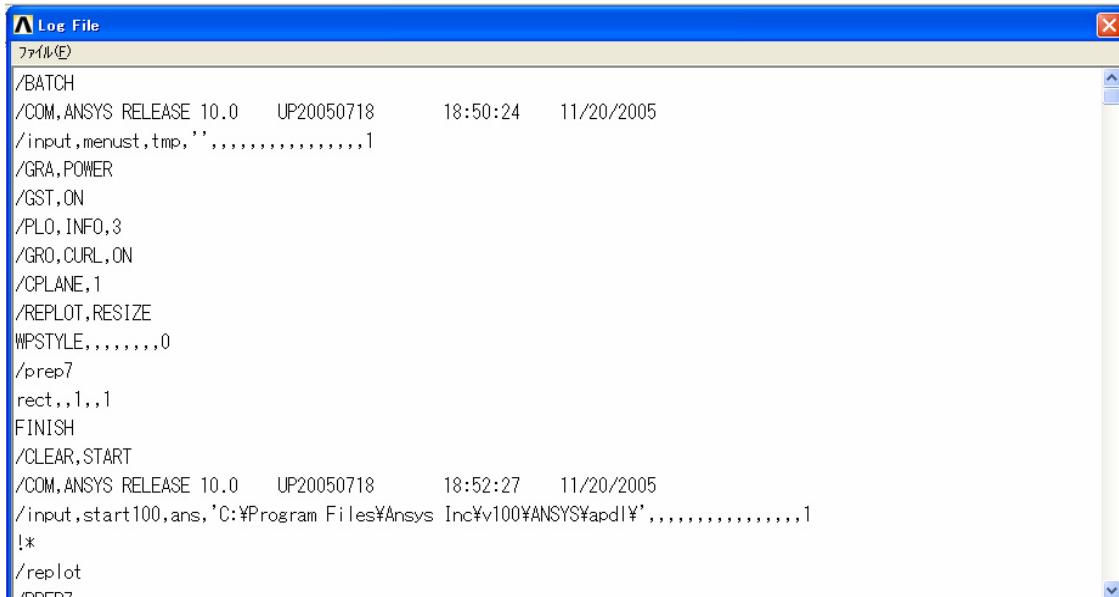
ANSYS はプログラムを実行するごとに Filename.log という名前の履歴ファイルを作成する。履歴ファイルは、プログラムの起動時に自動的に作成され、プログラム終了時に自動的に終了される。この履歴ファイルには、ANSYS 操作中に実行した全ての操作(コマンド)が記録されている。また、このファイルはアスキーファイルであるため、エディタで閲覧や編集を行う事ができる。

さらに、作成された履歴ファイルはインプットファイル、またはバッチファイルとして利用することができます。したがって、システムのクラッシュや誤操作があった場合でも、簡単にそれまでの操作をやり直すことができる。その場合には、ファイルの一部をエディタで修正、編集するとよい。

以前に作成された履歴ファイルが作業ディレクトリに存在する場合、新たに ANSYS を起動すると、ファイルの内容は上書きではなく**追加記録**となる。

ANSYS 操作中に履歴ファイルを閲覧するには次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ リスト ] > [ ファイル ] > [ ログファイル ... ]



The screenshot shows the ANSYS Log File window. The title bar says "Log File". The menu bar has "File" selected. The main area displays a list of commands and their execution details:

```
/BATCH  
/COM,ANSYS RELEASE 10.0      UP20050718      18:50:24    11/20/2005  
/input,menust,tmp,'',,,,...,1  
/GRA,POWER  
/GST,ON  
/PLO,INFO,3  
/GRO,CURL,ON  
/CPLANE,1  
/REPLOT,RESIZE  
WPSTYLE,,,...,0  
/prep7  
rect,,1,,1  
FINISH  
/CLEAR,START  
/COM,ANSYS RELEASE 10.0      UP20050718      18:52:27    11/20/2005  
/input,start100,ans,'C:\Program Files\Ansys Inc\v100\ANSYS\apdl\',,,,...,1  
!*  
/repplot  
/DDCD7
```

## 第4項 エラーファイル

## Filename.err

ANSYS はプログラムを実行するごとに **Filename.err** という名前のエラーファイルを作成する。エラーファイルは、プログラムの起動時に自動的に作成され、プログラム終了時に自動的に終了される。このエラーファイルには、ANSYS 実行中に現れた全てのワーニングとエラーメッセージが記録されている。また、このファイルはアスキーファイルであるため、エディタで閲覧や編集を行う事ができる。

解析やモデリングが実行できないなどのトラブルが生じた場合には、このエラーファイルはその原因を探す手段となる。

以前に作成されたエラーファイルが作業ディレクトリに存在する場合、新たに ANSYS を起動すると、ファイルの内容は上書きではなく **追加記録** となる。

ANSYS 操作中にエラーファイルを閲覧するには次のようにメニューを操作する。

**メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ リスト ] > [ ファイル ] > [ エラーファイル... ]**



The screenshot shows the ANSYS Error File window. The title bar says "Error File". The menu bar has "File(F)" selected. The main area displays the following log entries:

```
/COM,ANSYS RELEASE 10.0      UP20050718      18:50:22      11/20/2005

*** ERROR ***          CP=    10.085    TIME= 18:53:26
x-方向の距離が許容値内で同一の値です。
六面体ボリュームは作成できません。 [xbloc.5000]

*** WARNING ***         CP =    20.129    TIME= 18:59:40
This function requires that files currently open be closed.
Executing the function will exit the preprocessor.

*** WARNING ***         CP =    21.331    TIME= 19:00:48
This function requires that files currently open be closed.
Executing the function will exit the IGES file transfer processor.
/COM,ANSYS RELEASE 10.0      UP20050718      20:01:55      11/20/2005

*** ERROR ***          CP=    11.356    TIME= 20:19:44
この機能はdefined areasを必要とします。
現在、areasはdefinedではありません。 [picent.5000]
```

## 第5項 IGES ファイル

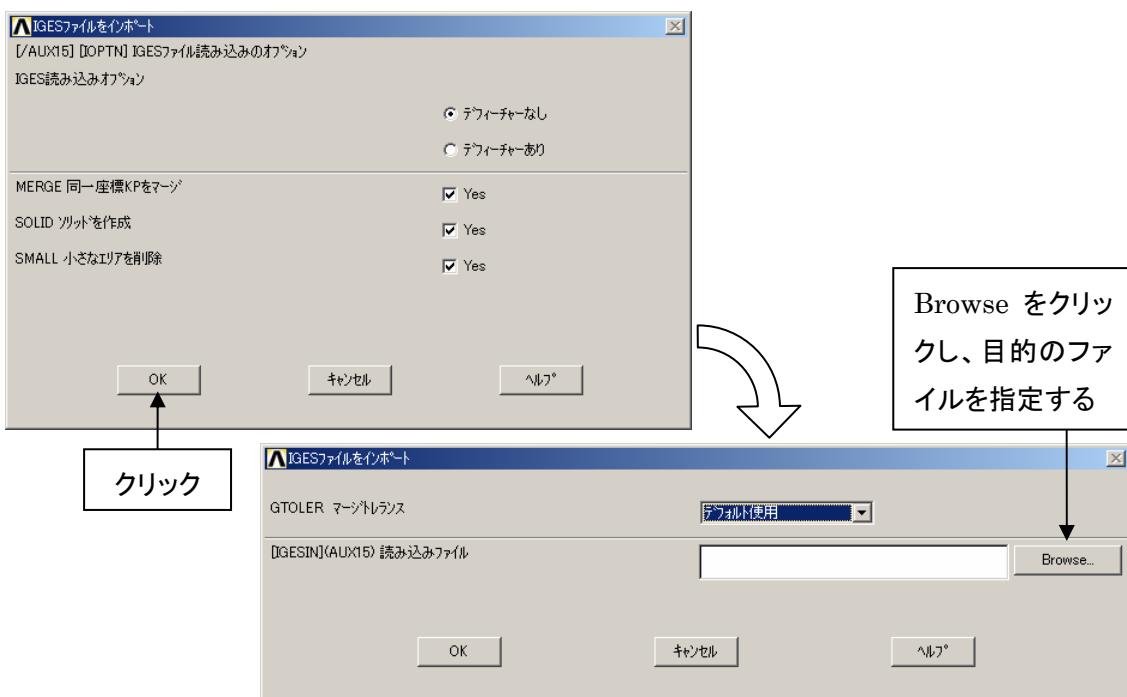
Filename.igs

IGES ファイルは、汎用のモデル形状データフォーマットである IGES データのファイルである。ANSYS はこの IGES データを入出力する機能を備えている。そのため、CAD ソフトウェアなどの他のモーダラーで作成されたモデル形状を IGES データとして入力すれば、ソリッドモデルとして使用することが可能である。逆に、ANSYS 上で作成されたモデル形状を IGES データとして出力することもできる。

IGES ファイルの入出力方法を以下に示す。

### 入力方法

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ ファイル ] > [ インポート ] > [ IGES ... ]



ANSYS では、原則的に “デフィーチャーなし” で IGES フォーマット Ver 5.2 に、“デフィーチャーあり” で IGES フォーマット Ver 5.3 に準拠したデータを扱うことができる。

## 出力方法

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ ファイル ] > [ エクスポート ... ]



## 第6項 データベーステキストファイル

**Filename.cdb**

データベースファイル（Filename.db）はバイナリーファイルであるが、コーディッド（ASCII）ファイルとして保存することも可能である。これがデータベーステキストファイル（Filename.cdb）である。このファイルには、ANSYS のコマンド形式で有限要素データのみ（節点座標、要素特性、境界条件等）が保存される。ソリッドモデルデータは保存されない。

他のモデルーやソルバーは、作成した有限要素データを一般的にこのフォーマットのファイルで出力する。ANSYS では、このファイルを読み込んで解析を行なうことが出来る。逆に、ANSYS で作成した有限要素データを他のソフトウェアで扱う場合には、このフォーマットのファイルで出力する。

データベーステキストファイルの入出力方法を以下に示す。

### 入力方法

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデルのアーカイブ ] > [ 読込み ]



## 出力方法

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデルのアーカイブ ] > [ 書込み ]



データベーステキストファイルには以下に示す数種のデータタイプがある。

ALL FE データの全情報と SOLID データ:2 ファイル	全ての有限要素データをデータベーステキストファイルに、ソリッドモデルデータを IGES ファイルに出力する。作成されるファイルは計 2 ファイルとなる。
CONB FE データの全情報と SOLID データ:1 ファイル	ALL FE データの全情報と SOLID データ:2 ファイルと同様の内容を 1 ファイルにまとめて出力する。ソリッドモデルデータの出力形式は IGES と ANF から選択できる。
SOLID SOLID データのみ	ソリッドモデルデータのみを出力する。出力形式は IGES と ANF から選択できる。
DB FE データの全情報	全ての有限要素データを出力する。
GEOM FE データのジオメトリ情報	節点・要素データのみを出力する。
CM FE データのコンポーネントとジオメトリ情報	GEOM FE データのジオメトリ情報に加え、節点・要素のコンポーネント情報を出力する。
MAT 材料特性情報のみ	材料特性データのみを出力する
LOAD 現荷重ステップの荷重情報のみ	現在の荷重ステップに対する荷重条件のみを出力する。

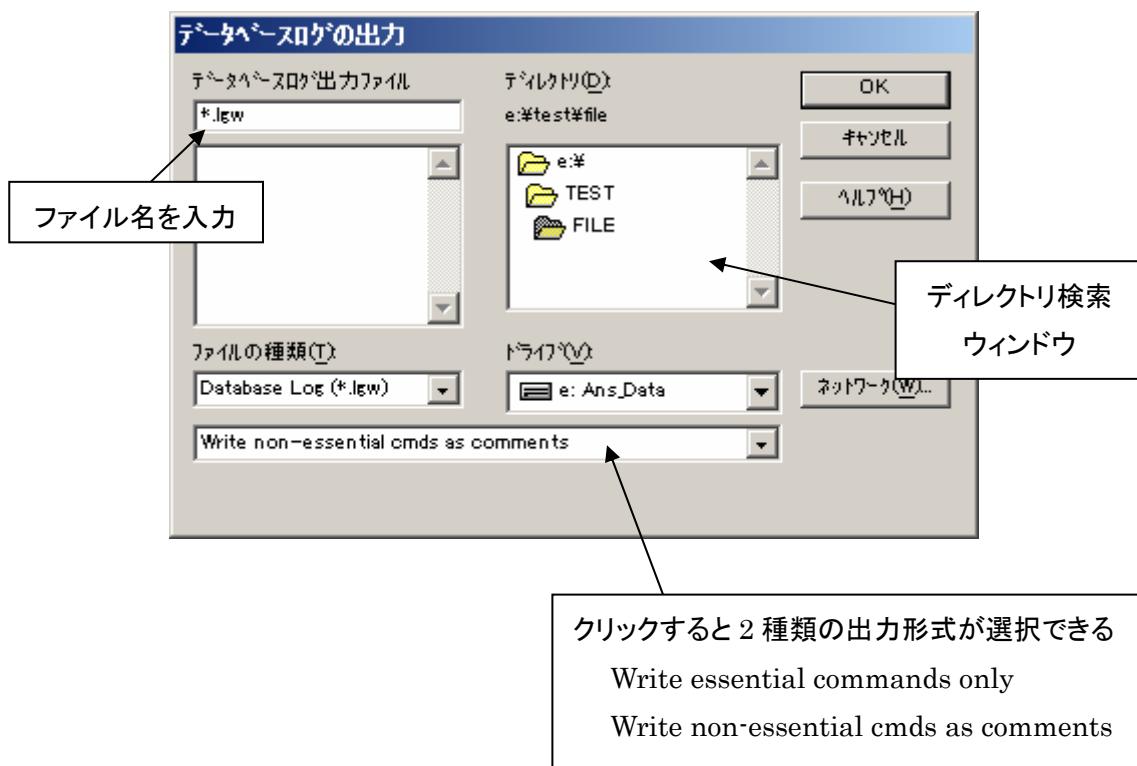
## 第7項 データベース履歴ファイル

### Filename.lgw

データベース履歴ファイル (Filename.lgw) は、履歴ファイル (Filename.log) からリスト出力やグラフィックス出力などの情報を省いて作成されるファイルである。このファイルはアスキーファイルであるため、エディタで閲覧や編集を行う事ができる。

用途としてはバッチ処理のためのインプットファイルの作成に主に用いられる。履歴ファイルにはリスト出力やグラフィック出力といった操作（コマンド）が全て含まれているが、それらは演算作業そのものには不必要的なものであり、バッチ処理にはそれらの情報を省いたデータベース履歴ファイルの方が適しているからである。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ ファイル ] > [ DB ログファイルの出力 ... ]



Write essential commands only

必要なコマンドのみ記録する

Write non-essential cmds as comments

必要でないコマンドはコメント行として記録される（デフォルト）

## 第10節 ANSYS のヘルプシステム

ANSYS は HTML ベースのヘルプシステムを使用している。ヘルプには以下のマニュアルが含まれている。

- ・ コマンドマニュアル
  - ・ エレメントマニュアル
  - ・ 解析ガイド 等

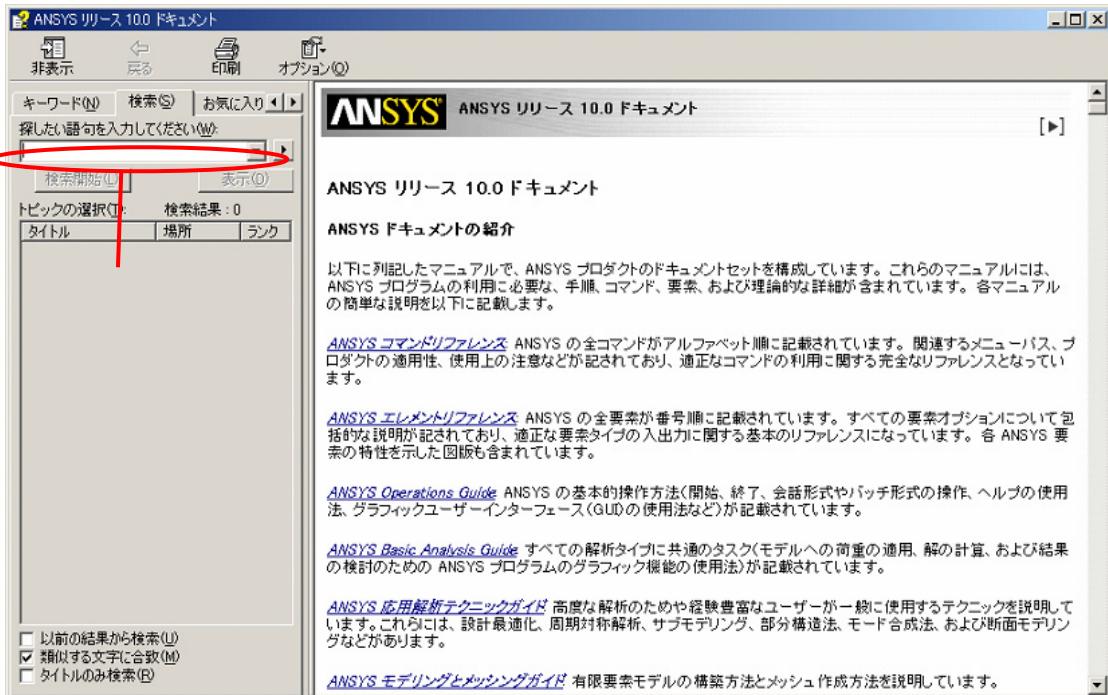
ヘルプシステムは、以下に示すように複数の方法で起動することができる。

- ・ ANSYS Utility Menu : [ ヘルプ ] > [ ヘルプ トピックス ]
  - ・ スタンダードツールバー : [ ANSYS ヘルプ ]アイコン
  - ・ 各ダイアログボックス > [ ヘルプ ]
  - ・ インプットウィンドウに [ **HELP** , *name* ]を入力。*name*にはコマンド名や要素名を入力する。

ヘルプシステムを起動すると、目次と索引が示されたナビゲーションウィンドウと、ヘルプの情報が書かれたドキュメントウィンドウが起動する。



ヘルプシステム内では、検索タグから単語やフレーズを検索することができる。



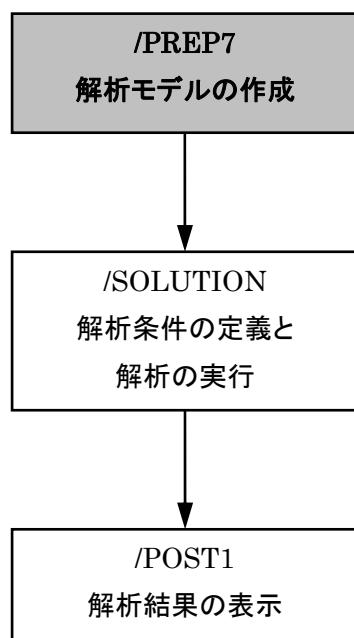


## 第2章 解析モデルの作成



## 第1節 解析モデルの作成

(Building the Model)

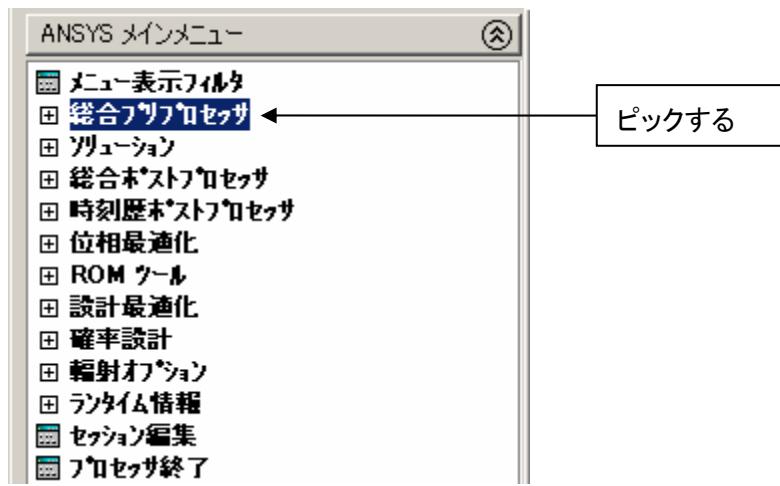


“解析モデルの作成（Building the Model）”の目的は、モデルの形状や材料特性等を表す“有限要素モデル（Finite Element Model）”を作成することである。

まず初めに、モデルの形状を表現する方法について説明する。

この作業は、総合プリプロセッサ（PREP7）の中で行う。総合プリプロセッサに入るには、次のようにメニューをピックする。

#### メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ]



または、/PREP7 コマンドを実行する。

有限要素解析を行うには、いくつかのステップを踏まなければならない。その中で最も重要なステップが、“解析モデルの作成”である。

ここでの“解析モデル”とは、解析の対象となる物理的体系を数学的に表現したものである。これを“有限要素モデル”といい、節点と要素によって構成される。

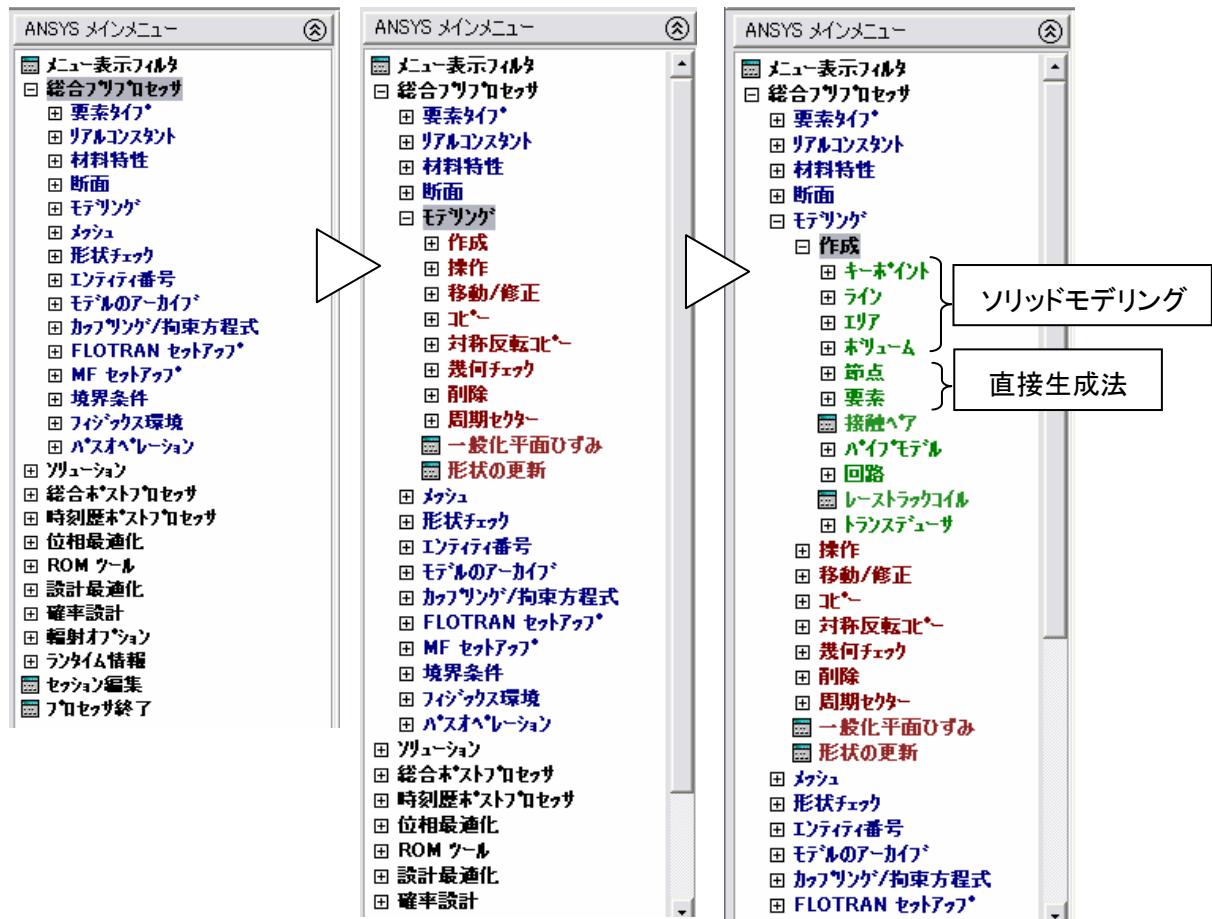
有限要素解析には、この他にも多くの設定（物性値、境界条件等）が必要であるが、まずは最も基本的な部分であるモデル形状の定義から始めることにする。

総合プリプロセッサは、これら有限要素モデルの作成のために使用されるプロセッサである。

解析モデルの作成には、次の 2 つの方法がある。

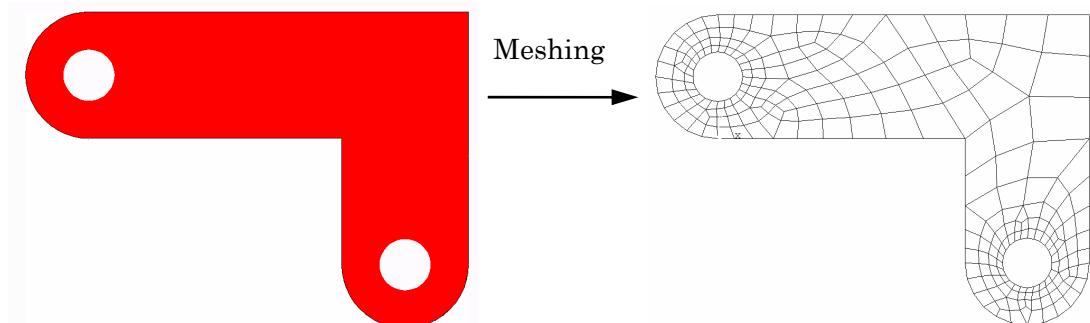
- ソリッドモデリング
- 直接生成法

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 作成 ]



## 第1項 ソリッドモデリング

ソリッドモデリングは、複雑な形状を比較的容易に表すことができる方法である。最初にソリッドモデル（形状モデル）を作成し、その後、ソリッドモデルを要素分割（メッシング）して、有限要素モデルを作成する。



ソリッドモデル

幾何学的形状で表現されるモデル  
(長方形、円、多角形…あるいはそれらの組み合わせによる任意の形状)

有限要素モデル

ソリッドモデル形状をもとに節点と要素で構成される(要素のサイズと形状を指定することで自動的に作成される)

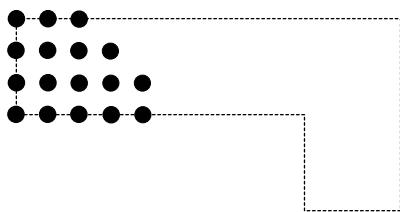
ソリッドモデリングによってまずは解析対象物の幾何学形状を作成し、その後、要素のサイズや形状を指定して、節点、要素を自動的に作成するようにプログラムに命令する。このソリッドモデル上に節点や要素を生成する過程を、“要素分割”または“メッシング”という。

本セミナーでは、モデル作成法として“ソリッドモデリング”を使用する。

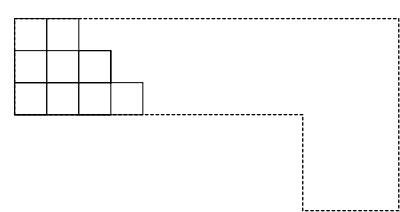
## 第2項 直接生成法

直接生成法とは、線要素や長方形、立方体の要素が規則正しく並ぶ物体に対して、手早く、効果的に有限要素モデルを作成することができるシンプルな方法であり、ソリッドモデル（形状モデル）を作成せずに、直接、節点と要素を作成する。

まずははじめに節点を適切な位置に定義し、次に節点を連結して要素を作成する。



節点(Node)



要素(Element)

節点は、生成すべき位置に定義する

その後、節点を連結して要素を生成する

直接生成法は、“手作業”で各節点の位置を定義し、要素を連結させて有限要素モデルを作成する。いわば、“ブロックを積み上げていく”ようなアプローチ方法である。

ある程度のデータの自動生成は可能であるが、本質的には、節点、要素の番号をユーザーが把握しながら順を追って手作業で作成しなければならない。これは、単純な線要素（ビーム、パイプ、スパー等）で構成される梁構造物のようなモデルや、長方形や直方体のような要素が規則正しく並ぶ形状をした物体に対しては適した手法である。だが、複雑な形状を作成するには、非常に手間のかかる方法である。

## 第2節 ソリッドモデリング

ソリッドモデリングでは、“プリミティブ”を使用してモデルの作成を行う。

“プリミティブ”とは、ANSYS があらかじめ用意している幾何形状のことである。

### 《2D プリミティブ》 《3D プリミティブ》

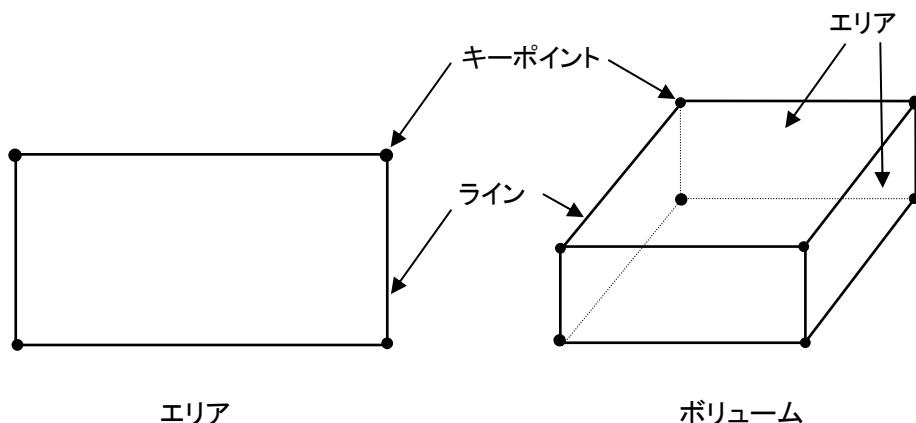
長方形	直方体
円	円柱
多角形	角柱
	球
	円錐
	トーラス

ほとんどのソリッドモデルは、各種の基本的幾何形状（長方形、円、直方体、角柱、円柱など）の組み合わせで表現できる。そのため、ソリッドモデリングは初めにプリミティブを適切な位置に定義することから始まる。

そして、作成したプリミティブ同士を、“ブーリアン演算”という操作によって組み合わせていく。（“ブーリアン演算”については後述）

モデルを構築するパート（部品）を“エンティティ”と呼ぶ。

“エンティティ”にはボリューム、エリア、ライン、キーポイント、要素、節点がある。ボリューム、エリア、ライン、キーポイントはソリッドモデルのエンティティであり、要素、節点は有限要素モデルのエンティティである。



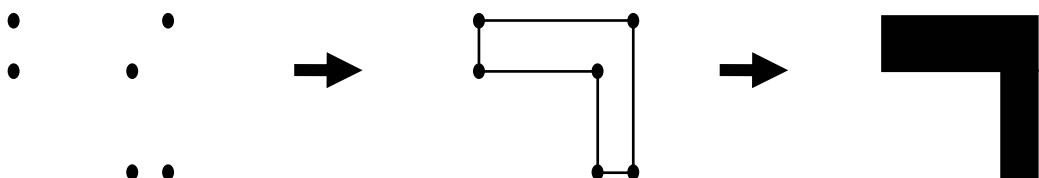
※ 2D プリミティブはエリアであり、3D プリミティブはボリュームである。

ボリュームは周囲をエリアによって囲まれており、エリアの境界はラインであり、ラインの境界はキーポイントである。これらの“エンティティ”にはプログラムによって参照番号が自動的に付けられ、その番号によって識別が行われる。

ユーザーがエリア（2D プリミティブ）を作成すれば、エリアに付随するラインとキーポイントも同時に作成が行われ、それら全てに参照番号が付けられる。同様にボリューム（3D プリミティブ）の作成を行えば、ボリュームに付随するエリアとラインとキーポイントも同時に作成が行われ、それら全てに参照番号が付けられる。このように、プリミティブを利用してモデルを作成する方法を“トップダウン法”という。

これに対し、まず初めにキーポイントを定義して、その後、定義したキーポイントを結んでラインを作成し、ラインで囲まれた領域にエリアを作成し、エリアで囲まれた領域にボリュームを作成する、という手順でモデルを生成する方法もある。これはトップダウン法に対し、“ボトムアップ法”と呼ばれる。

### 例. ボトムアップ法によるソリッドモデリング



## 第3節 ソリッドモデルの削除

トップダウン法、ボトムアップ法などによって作成したソリッドモデルを削除するための操作は、以下のメニューに収められている。

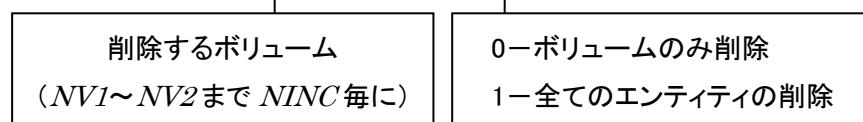
メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 削除 ]



ソリッドモデルのエンティティ（キーポイント、ライン、エリア、ボリューム）のみを削除する場合は、[ ラインのみ ]、[ エリアのみ ]、[ ボリュームのみ ]を使用する。一方、エンティティとそれに付属するエンティティも同時に削除する場合は、[ ラインとその下位 ]、[ エリアとその下位 ]、[ ボリュームとその下位 ]を使用する。また、xDELE コマンドを使用してもソリッドモデルの削除を行うことができる（xには、エンティティの頭文字が入る）。

### 例. ボリュームの削除

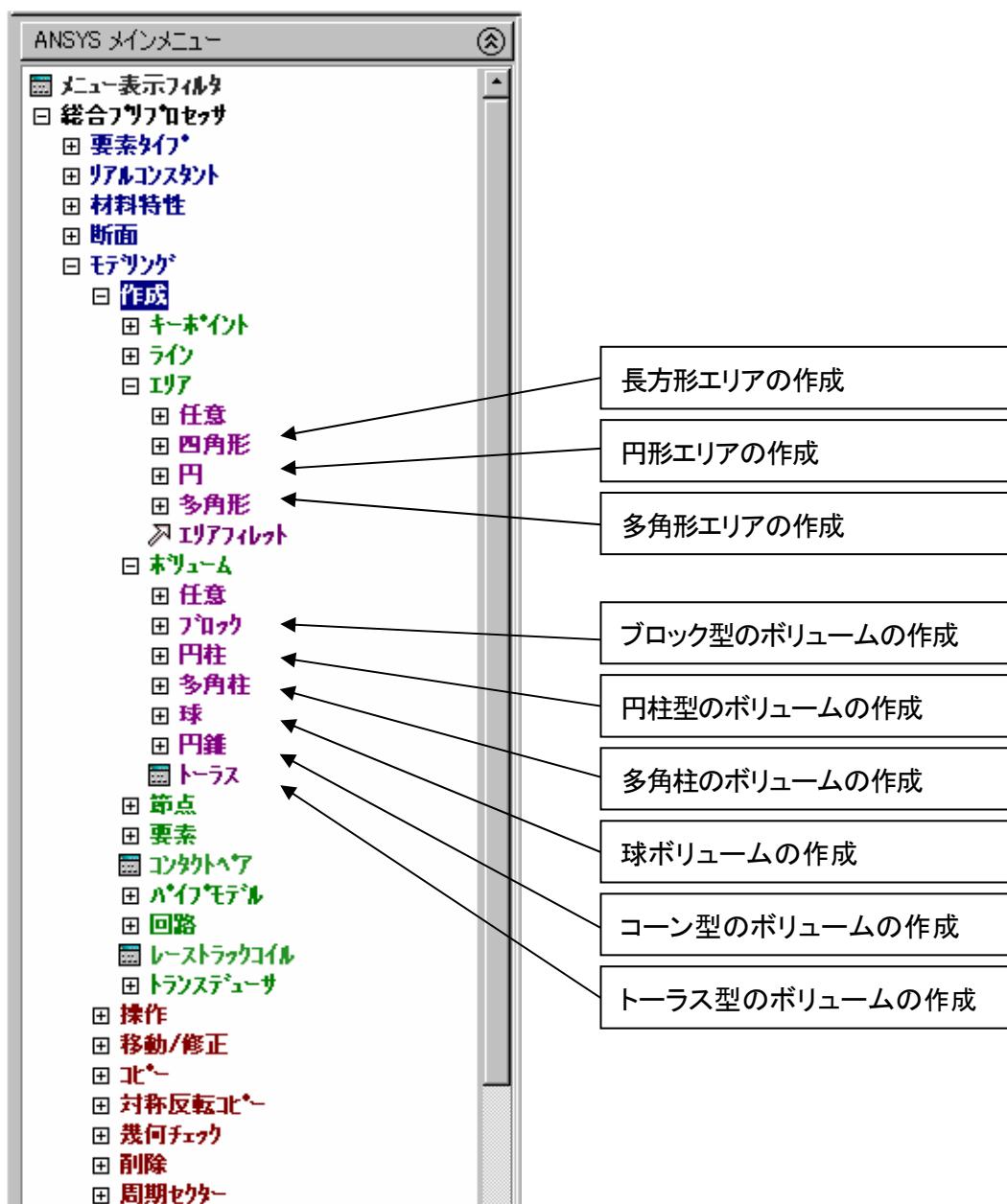
VDELE , NV1 , NV2 , NINC , KSWP



## 第4節 プリミティブの定義

プリミティブを定義するコマンドは、以下のメニューに収められている。

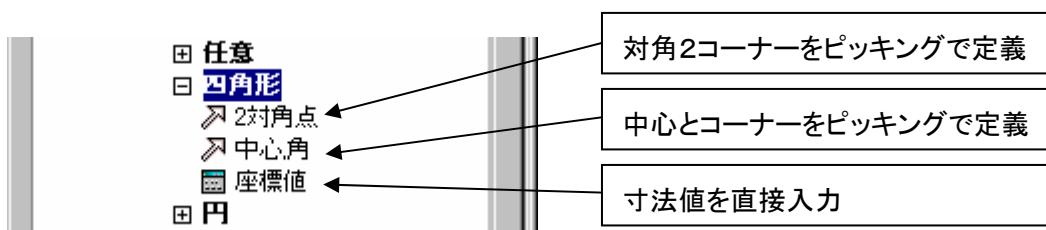
メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 作成 ]



## 第1項 長方形プリミティブ

2D のプリミティブのうち、長方形のプリミティブを作成するには、次のようにメニューを操作し、長方形を作成する。

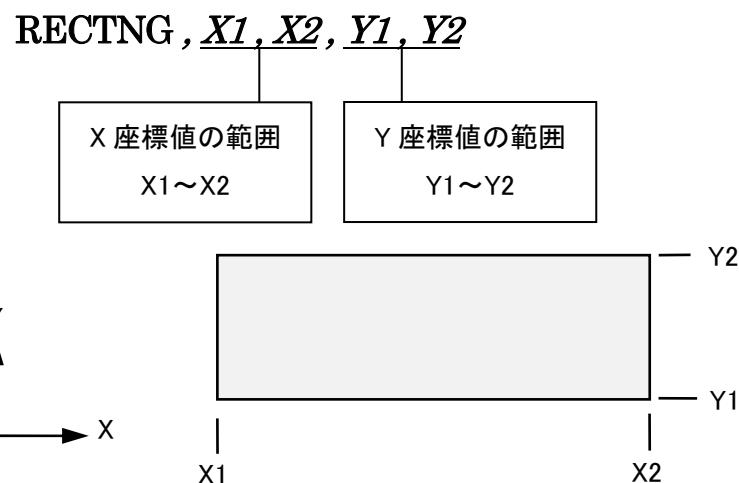
メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 作成 ]  
> [ エリア ] > [ 四角形 ]



寸法値を直接入力する場合は、次のメニューに座標値を入力する。

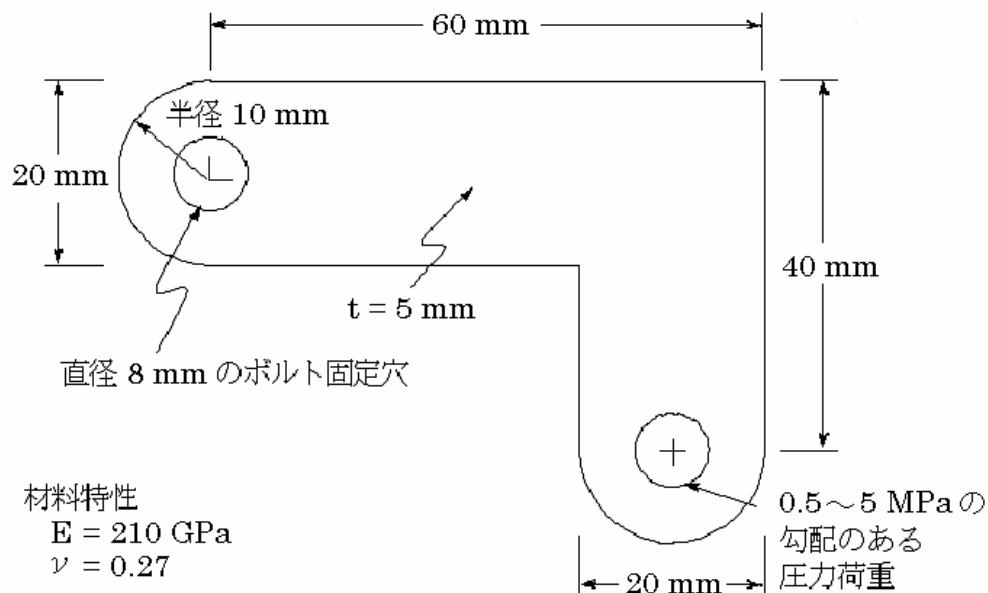


また、RECTNG コマンドを用いて長方形のエリアを作成することもできる。



## Example 例題の概要

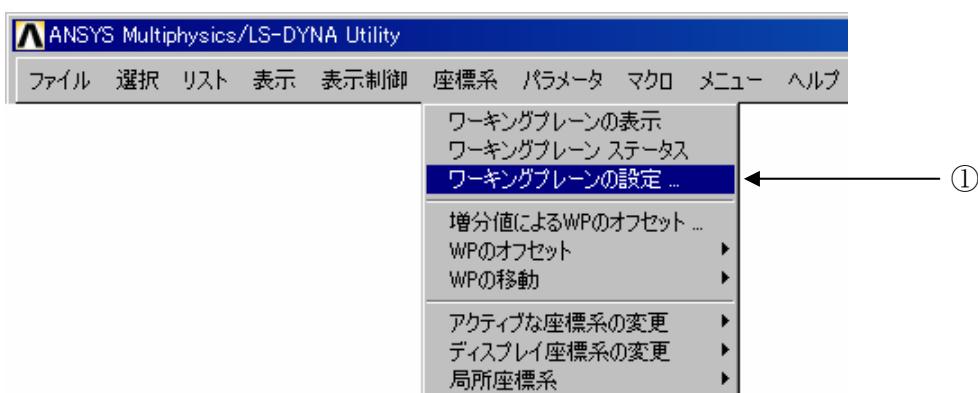
ここでは、下記の図のような 5 mm 厚のアングルブラケットに発生する応力を計算する。材料特性として、ヤング率を 210 GPa、ポアソン比を 0.27 とする。



### 1. ワーキングプレーンのセットアップ

ブラケットの寸法に合うようにワーキングプレーンを設定する。

- ① ANSYS Utility Menu : [ 座標系 ] > [ ワーキングプレーンの設定... ]



② グリッドとトライアドをピックする。

③ [スナップ 増分] ..... 0.002

[グリッド間隔] ..... 0.002

[最小] ..... -0.04

[最大] ..... 0.04

[トランス] ..... 0.001

④ [OK] ボタンをクリックする。

⑤ ANSYS Utility Menu : [座標系]

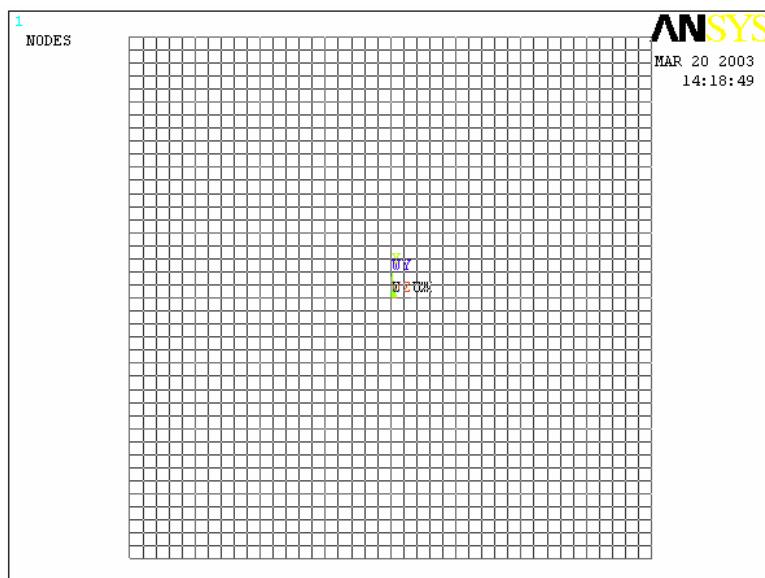
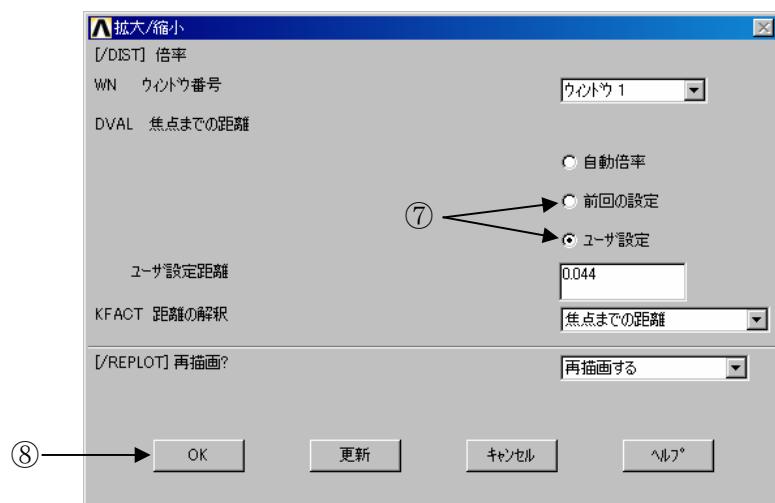
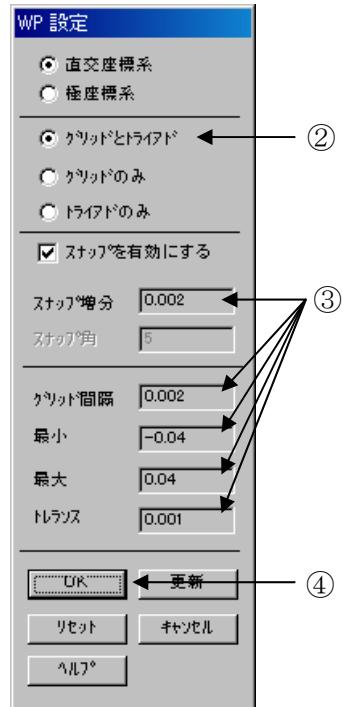
> [ワーキングプレーンの表示]

⑥ ANSYS Utility Menu : [表示制御] > [ビュー設定]

> [拡大/縮小...]

⑦ ユーザ設定をピックし、ユーザ設定距離に 0.044 を入力する。

⑧ [OK] ボタンをクリックする。



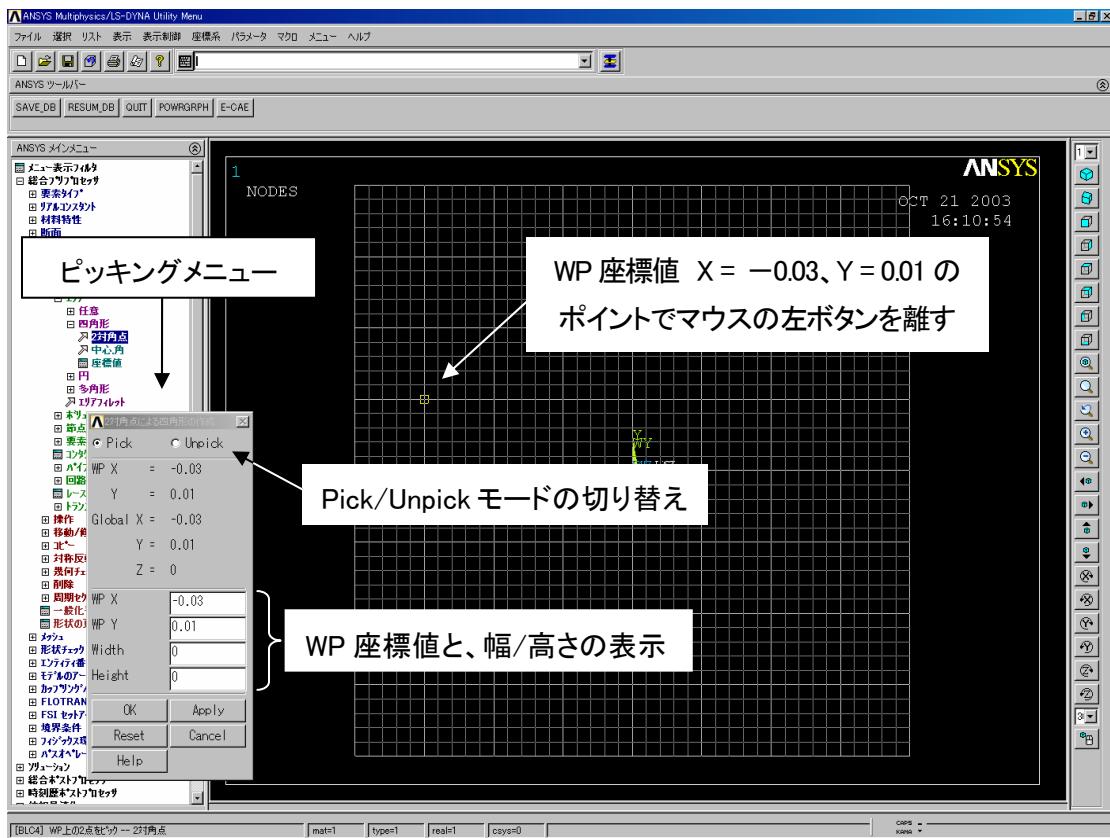
## 2. $0.06 \times 0.02$ と $0.02 \times 0.02$ の四角形を作成し、L字型を作成する。

- ⑨ ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプ ロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 作成 ]  
 > [ エリア ] > [ 四角形 ] > [ 2 対角点 ]

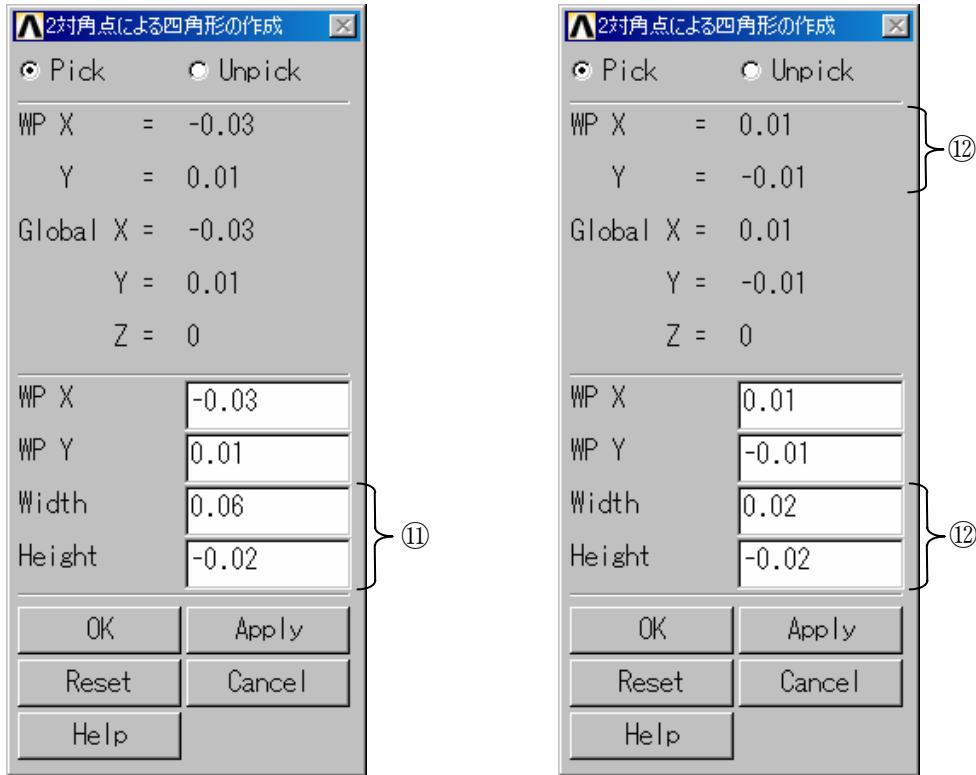
ピッキングメニューが表示され、ステータス & プロップトエリア（画面下）には、ピック項目が表示される。マウスカーソルを ANSYS グラフィックウィンドウ上へ移動させると、Pick モードであることを示す上向きの矢印が表示される。この状態で、マウスの左ボタンでピックした位置がコマンドの実行に使用される。

定義した位置を修正したい場合は、一度ピックした位置を Unpick モードでピックすることで、解除することができる。Unpick モードにするには、ピッキングメニュー上部の Unpick を選択するか、またはマウスの右ボタンで Pick/Unpick を切り替える。Unpick モードの場合、マウスカーソルは下向きの矢印となる。

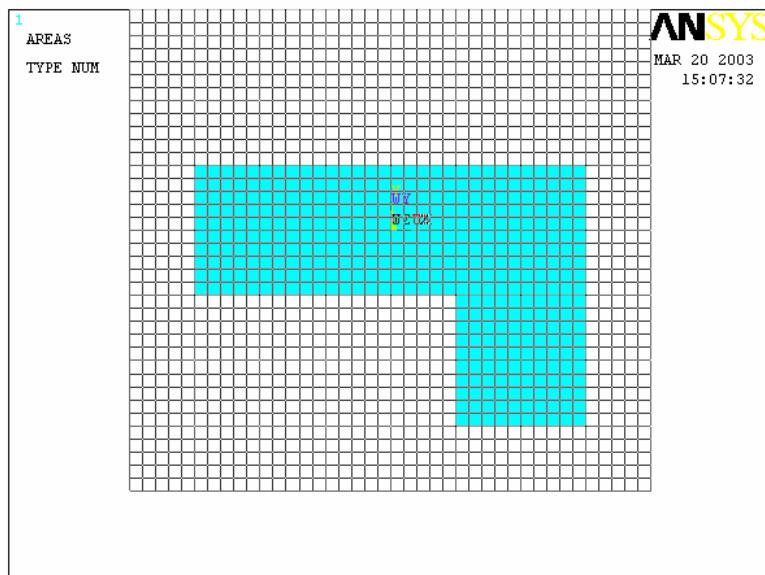
- ⑩ マウスの左ボタンを押したまま、グラフィックウィンドウ内を移動させるとピッキングメニュー内の WP 座標系位置が変化する。WP 座標値が  $X = -0.03, Y = 0.01$  となったところでボタンを離す。間違えた場合は、Unpick モードを利用して修正する。



- ⑪ 一回目のピックの後、マウスを移動させると“ラバーバンド”と呼ばれる見込み線が表示される。同時にピッキングメニュー内の Width と Height の値が変化する。ここで Width = 0.06、Height = -0.02 となった時点で再度マウスの左ボタンをピックする。



- ⑫ 同様にして 2 つ目の四角形を作成する。WP 座標の X = 0.01 , Y = -0.01 をピックし、Width = 0.02、Height = -0.02 の位置で再度ピックを行う。

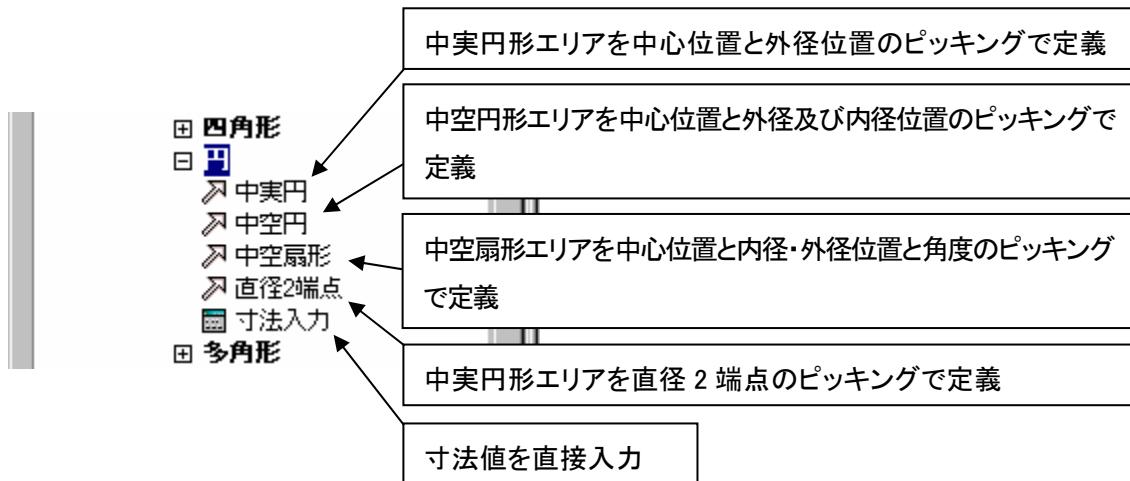


- ⑬ ピッキングメニューを [OK] ボタンで閉じる。

## 第2項 円形プリミティブ

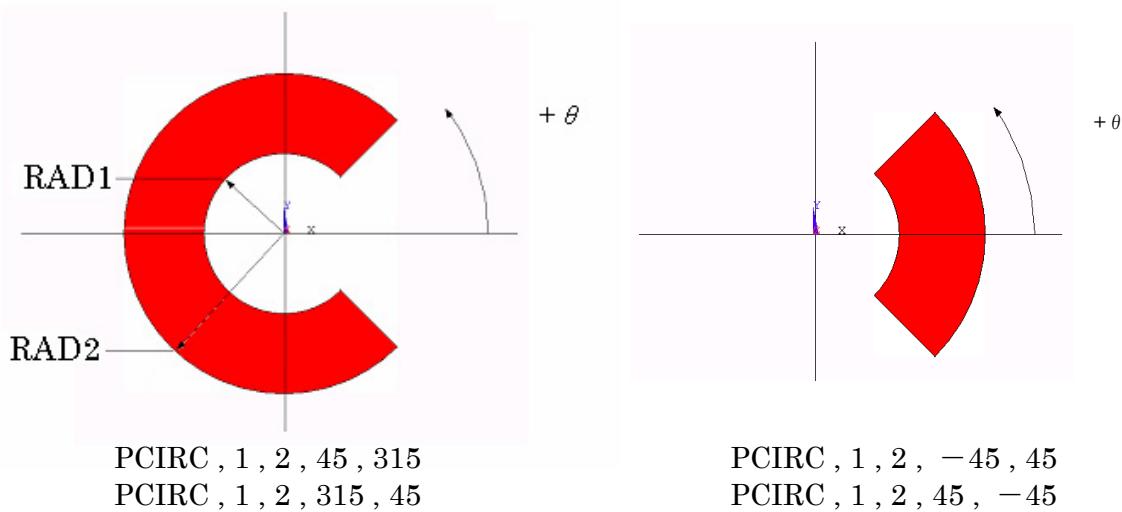
2D プリミティブの、円形プリミティブを作成するには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ]  
> [ 作成 ] > [ エリア ] > [ 円 ]



または、PCIRCLE コマンドを使用する。

**PCIRC , RAD1 , RAD2 , THETA1 , THETA2**



上の例に示すように、角度 THETA1、THETA2 の入力の順番を意識する必要はない。小さい角度  $\theta$  から大きい角度  $\theta$  まで、右手則に従って正方向に、円または円環が作成される。

## Example

### 3. L字アングルの端部に円を作成する。

① ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 作成 ]  
> [ エリア ] > [ 円 ] > [ 中実円 ]

② 円の中心をピックする。

(WP X = -0.03、WP Y = 0)

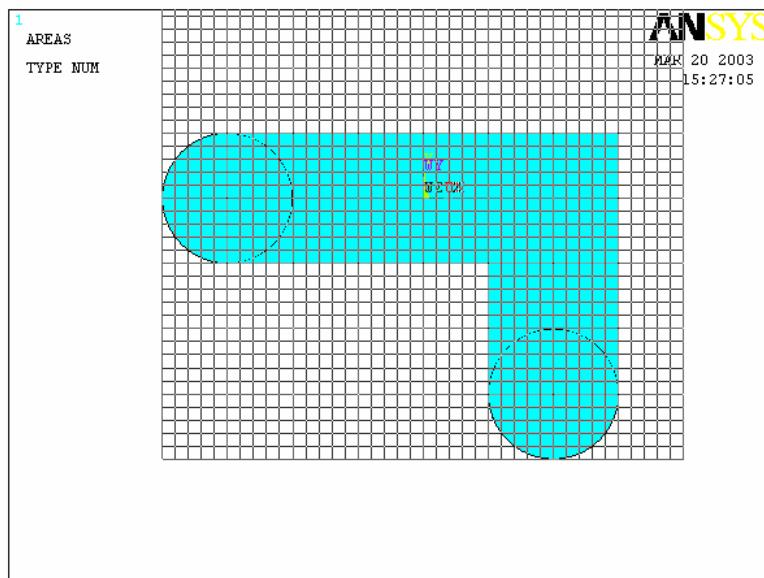
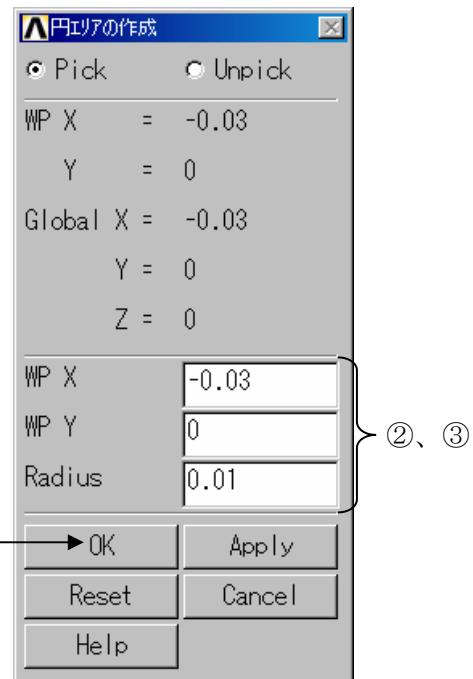
その後カーソルを動かすと、円形のラバーバンドと半径値 (Radius) が表示される。マウスの動きに従って半径値は変化する。

Radius = 0.01 となった所でマウスをピックする。

③ 同様にして2つめの円を作成する。

円の中心位置は (WP X = 0.02、WP Y = -0.03) で、Radius = 0.01 である。

④ [ OK ] ボタンをクリックする。

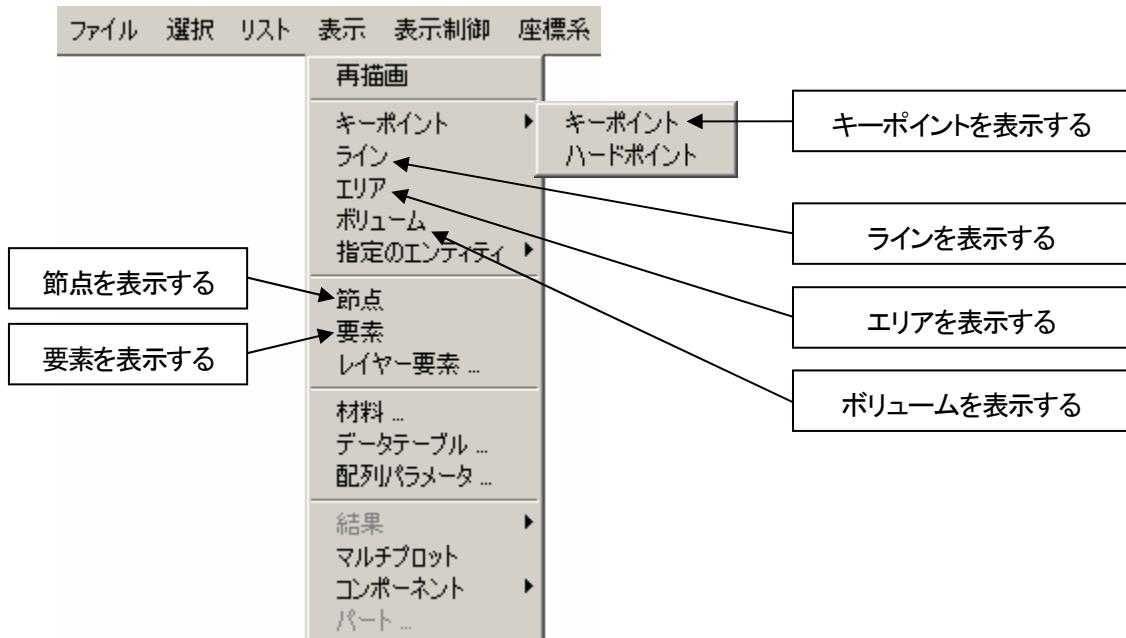


## 第5節 グラフィックスの表示制御

### 第1項 エンティティの表示

作成したエリア等の各種エンティティを表示するには、次のようにメニューを操作する。

#### メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 表示 ]



または、以下のコマンドを使用する。

<b>KPLOT</b>	: キーポイントを表示する
<b>LPLOT</b>	: ラインを表示する
<b>APLOT</b>	: エリアを表示する
<b>VPLOT</b>	: ボリュームを表示する
<b>NPLOT</b>	: 節点を表示する
<b>EPLOT</b>	: 要素を表示する

## 第2項 エンティティの番号表示

グラフィック表示のオプションとして、エリア番号、ライン番号、キーポイント番号等、各種エンティティの番号を表示する方法がある。各エンティティの番号表示を行うには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 表示制御 ] > [ 番号表示... ]



または、次のコマンドを使用する。

**/PNUM , *Lab* , *Key***

目的のエンティティ  
(AREA、LINE、KP、etc..)

0 – 番号表示 OFF  
1 – 番号表示 ON

**/PNUM** コマンドは、番号表示の指定および設定に使用する。ただし、このコマンドを実行してもすぐに目的の番号表示が行われるわけではないことに注意しなければならない。

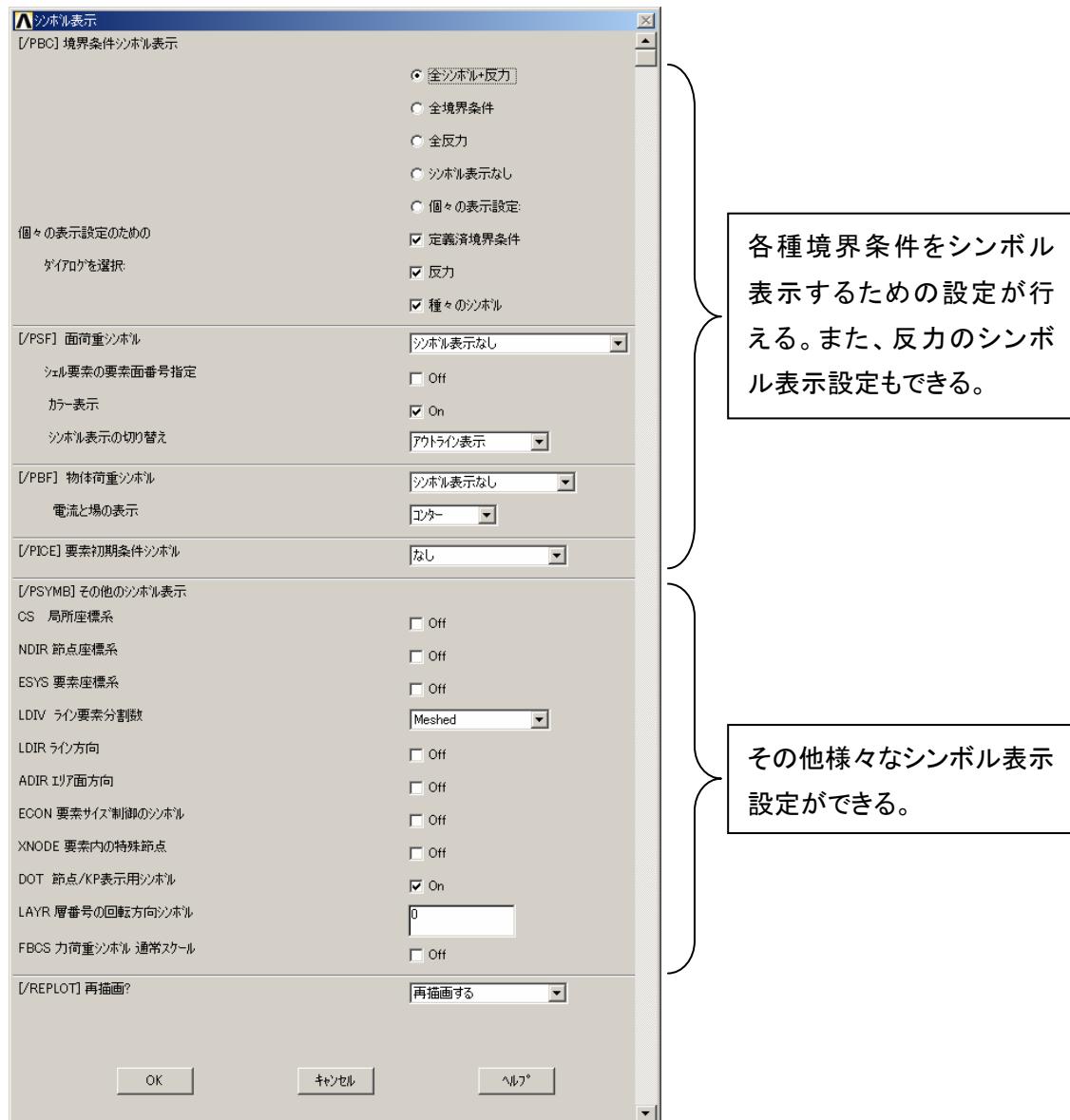
例えばラインを表示中にエリアの番号表示を On としても、エリア及びエリア番号は表示されない。番号表示の設定を反映したグラフィック表示を行うには、**APLOT**、**L PLOT**、**K PLOT** 等の表示実行コマンドを実行し、目的のエンティティを表示させなければならない。

このようにグラフィックコマンドは、“グラフィック表示設定コマンド群”と“グラフィック表示実行コマンド群”に分類されている。

## 第3項 シンボル表示

シンボル表示では、ライン方向やエリア面方向、各種境界条件など様々なシンボルをモデル上に表示させることができる。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu:[ 表示制御 ] > [ シンボル表示 ]

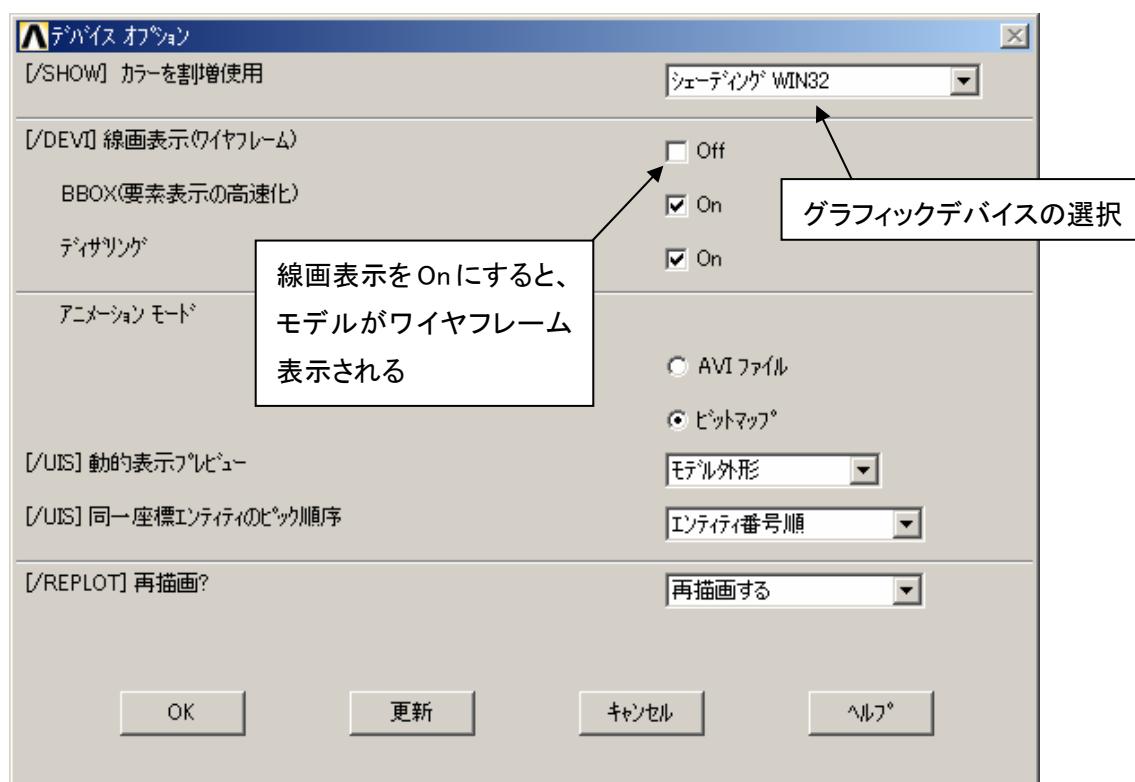


## 第4項 デバイスオプション

デバイスオプションでは、グラフィック表示に使用するデバイスの指定（WIN32 と WIN32C の切り替え）を行うことで色数の調整ができる。ただし、GUI 起動時のランチャーメニューで、3D に設定している場合は、このオプションは表示されない。

更にモデルのワイヤフレーム表示の On/Off 設定などもデバイスオプションで行うことができる。

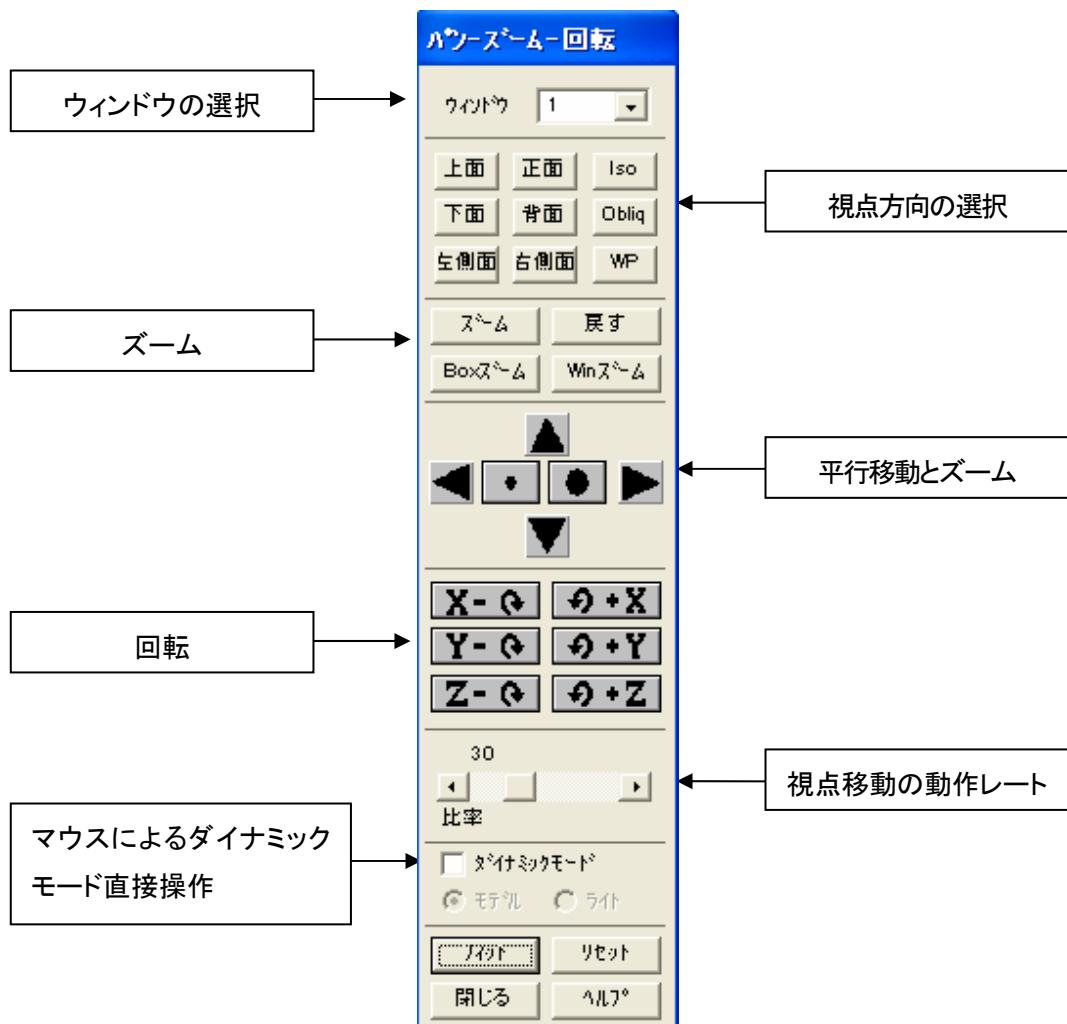
メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 表示制御 ] > [ デバイスオプション ]



## 第5項 パン,ズーム,回転 ダイアログボックス

パン,ズーム,回転 ダイアログボックスで、さまざまなグラフィック表示のコントロールがマウスで容易に行える。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu:[ 表示制御 ]>[ パン,ズーム,回転 ... ]



### 視点方向の選択

正面 : XV=YV=0,ZV=1 に視点を設定 同時に PLOT が実行される  
背面 : XV=YV=0,ZV=-1 に視点を設定 同時に PLOT が実行される

左側面 : YV=ZV=0,XV=1 に視点を設定 同時に PLOT が実行される  
右側面 : YV=ZV=0,XV=-1 に視点を設定 同時に PLOT が実行される

上面 : XV=ZV=0,YV=1 に視点を設定 同時に PLOT が実行される  
下面 : XV=ZV=0,YV=-1 に視点を設定 同時に PLOT が実行される

Iso	: XV=YV=ZV=1 に視点を設定	同時に PLOT が実行される
Obliq	: XV=1,YV=2,ZV=3 に視点を設定	同時に PLOT が実行される
WP	: ワーキングプレーン に対して鉛直方向に視点を設定 同時に PLOT が実行される	

## ズーム

ズーム	: 拡大したい箇所の中心点をマウスでクリック。次にマウスの移動によりズームの枠を決定してクリックする。
Box ズーム	: 拡大したい箇所を囲む枠の左上隅をマウスでクリック。次にマウスの移動により枠の右下隅を決定してクリックする。
Win ズーム	: 箱型ズームと同様だが、ズームの枠型は現在のグラフィックウィンドウの縦横比を維持する。
戻す	: ひとつ前のズーム状態に戻る。

## 平行移動とズーム

- (大) : モデルの拡大表示
- (小) : モデルの縮小表示
- ▲ (上向き) : モデルの平行移動 (画面上方向)
- ▲ (下向き) : モデルの平行移動 (画面下方向)
- ▲ (右向き) : モデルの平行移動 (画面右方向)
- ▲ (左向き) : モデルの平行移動 (画面左方向)

注. これらの動作状態は、下のスライドバーで動作レートが決定される。

## 回転

X-	(X 軸 時計回り)	:	+X	(X 軸 反時計回り)
Y-	(Y 軸 時計回り)	:	+Y	(Y 軸 反時計回り)
Z-	(Z 軸 時計回り)	:	+Z	(Z 軸 反時計回り)

## ダイナミックモード

この機能により、ズーム・平行移動・回転の操作を任意に行わせることができる。はじめにダイナミックモードのボタンをクリックする。次にグラフィックウィンドウ内でマウスのカーソルを操作する。

- 3ボタンマウスの場合

左ボタン	: 平行移動
中ボタン	: ズーム
右ボタン	: 回転

- 2ボタンマウスの場合

左ボタン	: 平行移動
右ボタン+[SHIFT]	: ズーム
右ボタン	: 回転

(補追) パソ-ズーム-回転 機能におけるダイナミックモード機能は、キーボードの Ctrl+マウスボタンによって行うこともできる。平行移動、ズーム、回転は上記のマウスボタンと同様である。

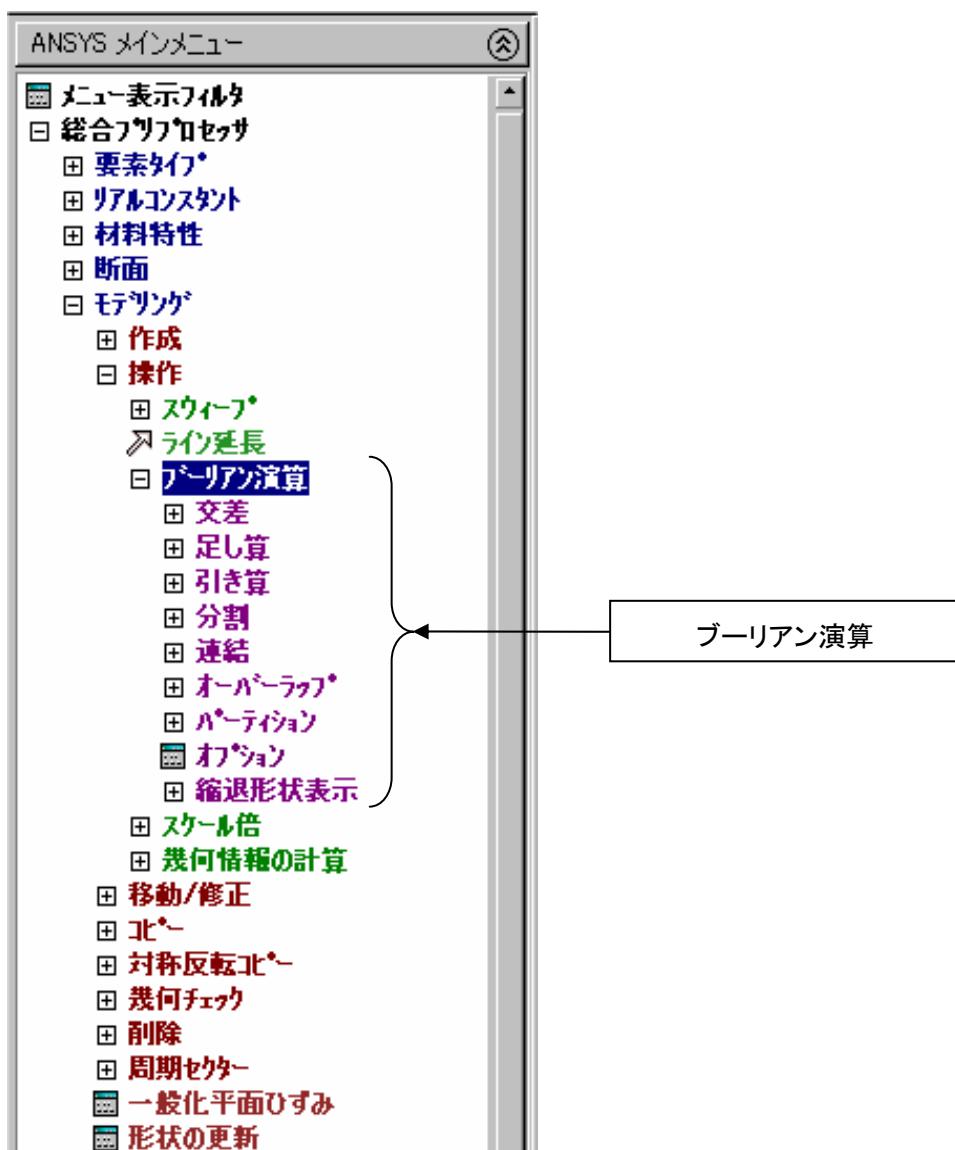
## 第6節 ブーリアン演算

ブーリアン演算とは、異なるソリッドモデルのエンティティを、互いに“結び付ける”または“彫刻する”ために使用する機能である。ここでは例題で使用する2種類のブーリアン演算について簡潔に述べる。

※ブーリアン演算の詳細については第5章を参照のこと

ブーリアン演算の機能を使用するには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ]  
> [ 操作 ] > [ ブーリアン演算]



ブーリアン演算にはさまざまな種類があるが、ここではエリアの足し算 (**Add**)、引き算 (**Subtract**) について説明する。

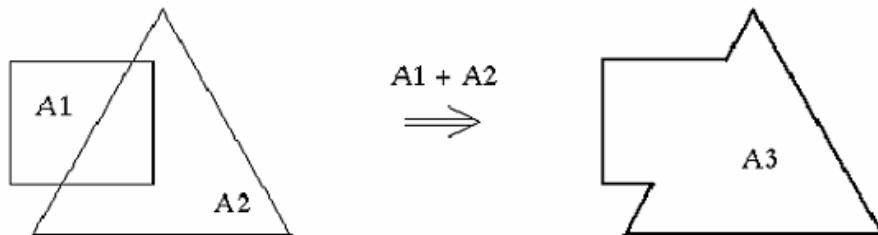
ユーザーが作成した異なるエリア（長方形、円など）は、位置的に重なり合っていても、ブーリアン演算を使用してそれらを互いに“結び付ける”までは、それぞれ独立した存在となる。

ブーリアン演算はエリアだけでなく、ソリッドモデルの各エンティティに対して、同様に実行できる。また同時に複数個のエンティティを演算することができる。

注：ブーリアン演算はソリッドモデルのための機能である。有限要素モデルにブーリアン演算を適用することは出来ない。

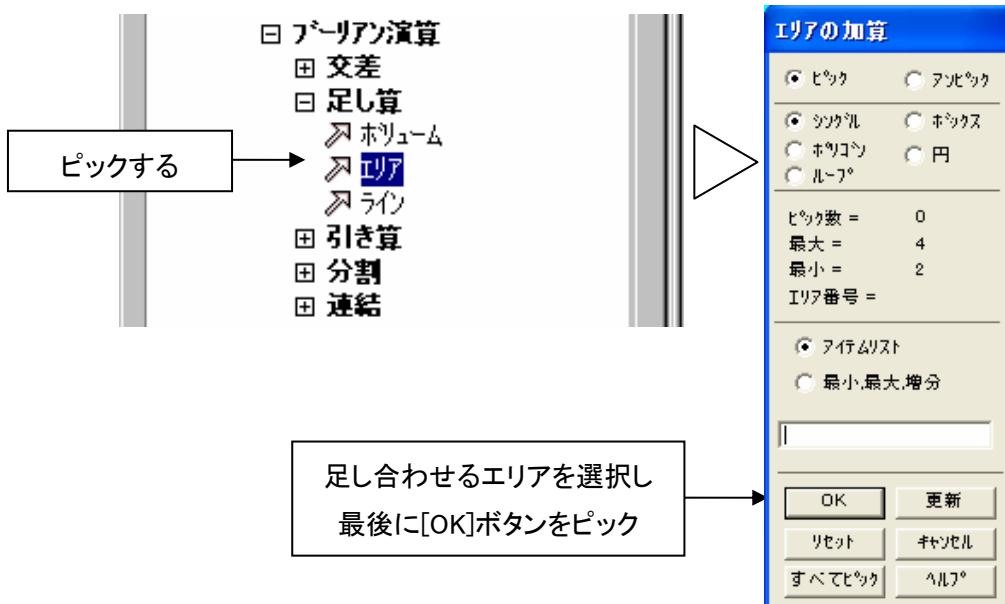
## 第1項 エリアの足し算

この演算は、複数個のエリアを足し合わせて、元のエリアの外形線からなる 1 つのエリアを作成する。



2 個のエリアを足し合わせる (Add) と、継ぎ目や境界のない单一のエリアが新たに作成される。この操作は数学的には、和集合 (Union)、合併 (Join)、あるいは加法 (Summation) として知られている。エリアの足し算を行うには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]>[ 操作 ]  
>[ プーリアン演算 ]>[ 足し算 ]>[ エリア ]



また、エリアを足し合わせるコマンドは AADD である。 (Area Add)

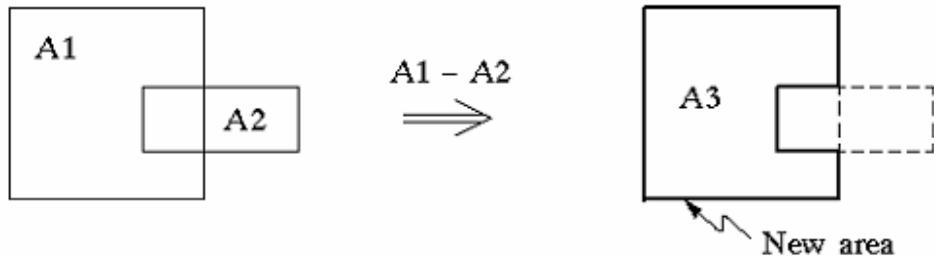
**AADD , NA1, NA2, NA3, ..., NA9**

第 1 番目のエリア番号  
または ALL、あるいはピック

足し算を行なう他のエリア番号

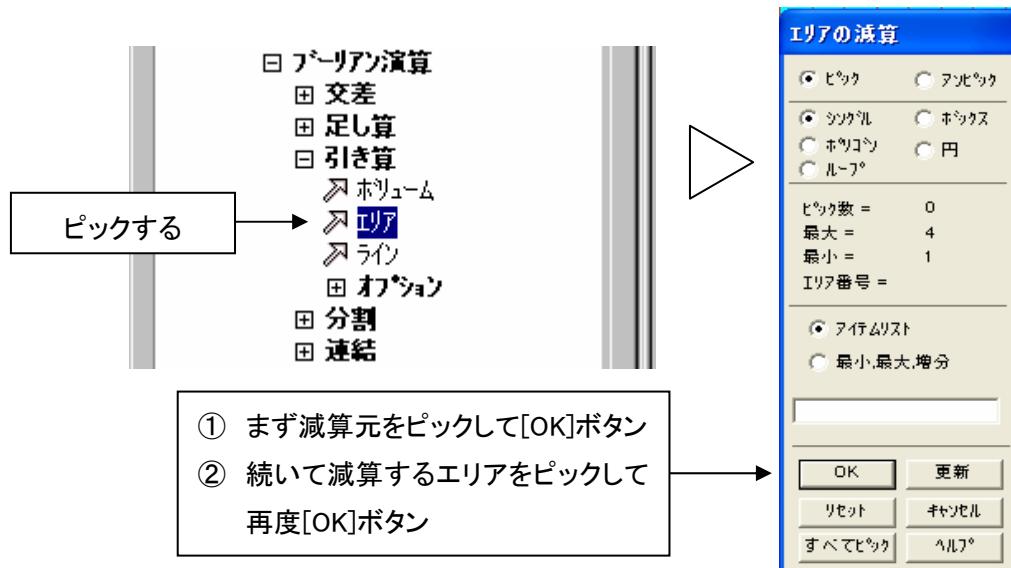
## 第2項 エリアの引き算

この演算は、A1 と A2 の重なり合う部分を A1 から削除することにより、新しいエリアを作成する。



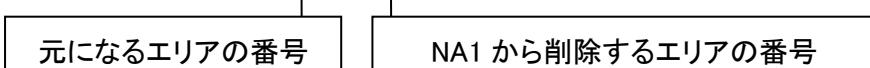
エリア A1 からエリア A2 の引き算を行うと、エリア A1 とエリア A2 の重なり合った部分がエリア A1 から削除される。例えば、長方形から円を取り除いて新たなエリアを作成した場合、長方形には丸い孔が開くことになる。エリアの引き算を行うには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 操作 ]  
> [ プーリアン演算 ] > [ 引き算 ] > [ エリア ]



また、エリアの引き算を行うコマンドは、**ASBA** である。(Area subtract Area)

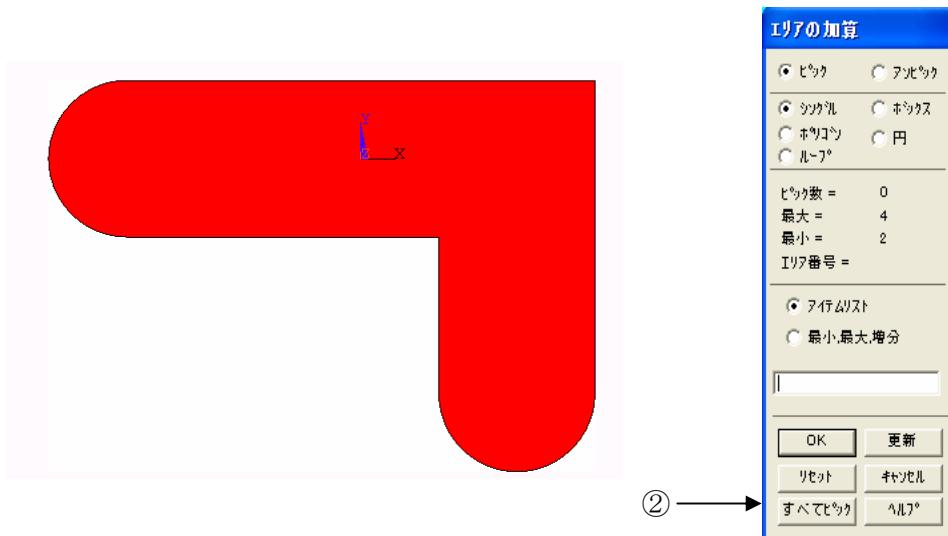
**ASBA , NA1, NA2**



## Example

### 4. ブーリアン演算でエリアを加算する。

- ① ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 操作 ]  
                                  > [ ブーリアン演算 ] > [ 足し算 ] > [ エリア ]
- ② ピッキングメニューの [ すべてピック ] ボタンを選択することにより、現在ある全てのエリアを選択して加算を行う。

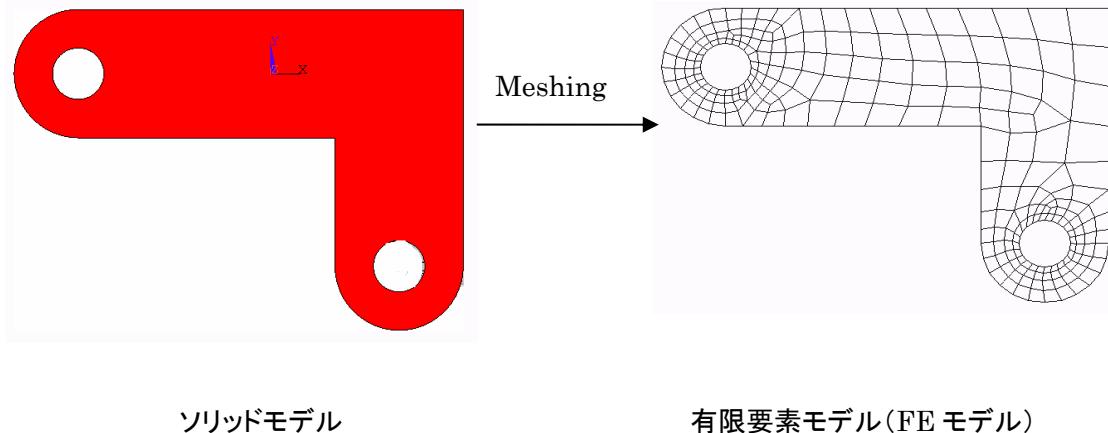


### 5. 半径 0.004 の円をアングルの端部に作成した後、 アングルを形成するエリアから引き算を行い、ボルトの穴を開ける。

- ③ ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 作成 ] > [ エリア ]  
                                  > [ 円 ] > [ 中実円 ]
- ④ ステップ 3 (2-16 ページ) と同様の手順で以下 2 つの円を作成する。
  - WP X = -0.03、WP Y = 0、Radius = 0.004
  - WP X = 0.02、WP Y = -0.03、Radius = 0.004
- ⑤ ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 操作 ]  
                                  > [ ブーリアン演算 ] > [ 引き算 ] > [ エリア ]
- ⑥ はじめに作成した L アングルのエリアをピックして [ OK ] ボタン
- ⑦ 2 つの円を連続してピックして [ OK ] ボタン (引き算が実行される)
- ⑧ ANSYS Utility Menu : [ 座標系 ] > [ ワーキングプレーンの表示 ]
- ⑨ ANSYS Utility Menu : [ 表示 ] > [ 再描画 ]

ここまで操作で、ソリッドモデル（形状モデル）が完成した。次のステップでは、ソリッドモデル内に節点と要素を生成する。このステップを“メッシング（Meshing）”または“要素分割”という。

次節からは、そのメッシングに関する説明を行う。



ソリッドモデル

有限要素モデル(FE モデル)

## 第7節 ソリッドモデルの要素分割

前節までの手順で作成されたソリッドモデルに対し、節点および要素を作成するようにプログラムに命令する。

メッシュングに必要な情報

- 要素属性

要素タイプ

リアルコンスタント（要素特性、幾何形状特性）

材料特性（材料物性値）

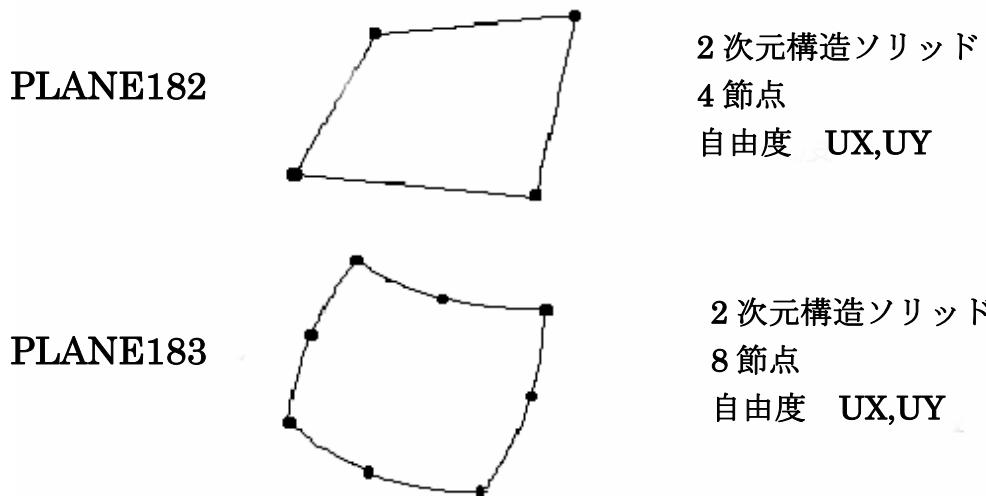
- 生成する要素のサイズ（メッシュの細かさ）

## 第1項 要素タイプ (Element Type)

ソリッドモデルを要素分割するにあたり、まずははじめに解析目的にあつた要素タイプを決定する。各要素タイプごとに、要素を構成する節点の数、自由度 (DOF) などが決まっているため、解析目的に応じた要素タイプを決定する必要がある。ANSYS は目的に応じて 150 種類以上の要素タイプが利用できる。

それぞれの要素タイプには、要素の種別名、およびスティフネス番号（要素の番号）が付けられており、それらの番号によって要素タイプを識別する。

例.



要素タイプの設定は、ANSYS の解析を行う上で必要不可欠な情報である。

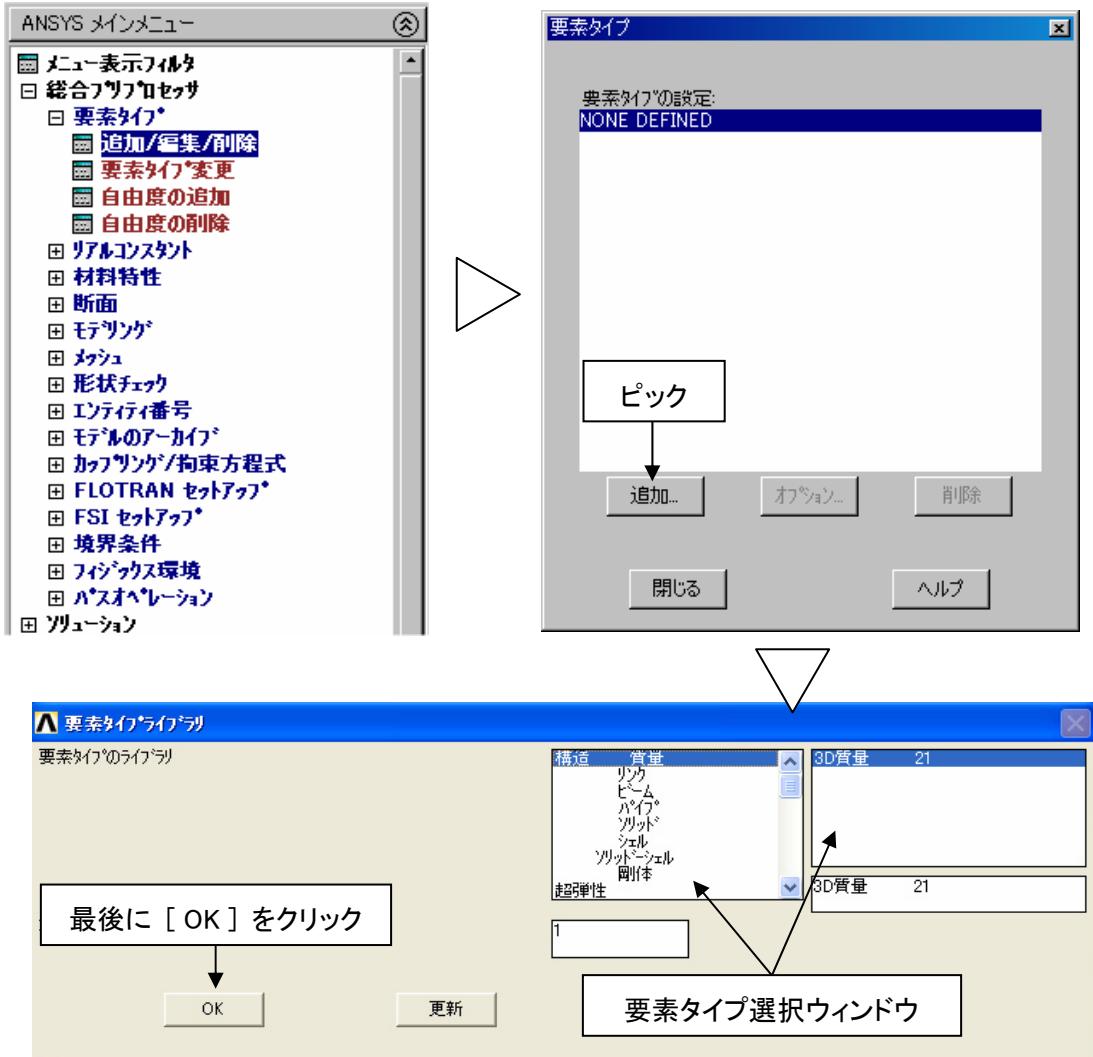
それぞれの要素タイプは、種別名にスティフネス番号を付けた名前によって識別されるが、設定する際にはスティフネス番号だけでも識別できる。例えば 2 次元ソリッド要素の種別名は “PLANE” であり複数種存在するが、その後のスティフネス番号は全ての種別間で重複することなく、ただ 1 つの要素を指定することができる。

PLANE182 や PLANE183 は、それぞれ自由度 UX, UY を持つ 2 次元の構造ソリッド要素である。2 つの主な違いは、PLANE182 は頂点上に 4 つの節点を持つのに対し、PLANE183 は頂点上の 4 つの節点に加え、さらに各辺に 4 つの中間節点（合計 8 個の節点）を持っていることである。

PLANE182 のように頂点上にのみ節点を持つ要素を **低次要素**、PLANE183 のように各辺に中間節点を持つ要素を **高次要素** という。

要素タイプを設定するには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ 要素タイプ ]  
> [ 追加/編集/削除 ]



または次のコマンドを使用する。

ET , ITYPE , Ename , KOP1 , KOP2 , ... KOP6 , ...

参照番号入力

要素名

キーオプションのフィールド

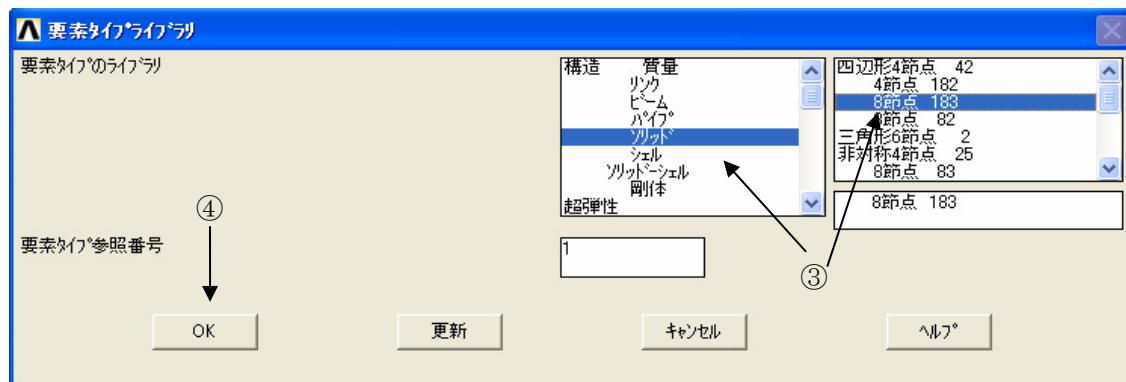
例: PLANE182, PLANE183

要素タイプは複数設定できるが、この例題では1種類とする。また、キーオプションは要素に追加の機能を提供する。この例題では、板厚の設定に関するキーオプションを使用する。

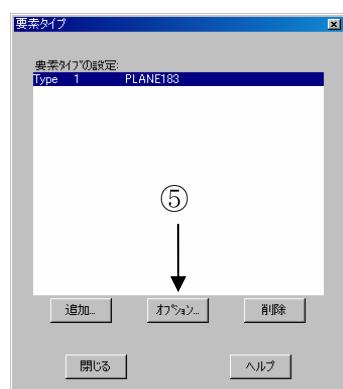
## Example

### 6. 要素タイプの決定 (PLANE183、2次元8節点構造ソリッド)

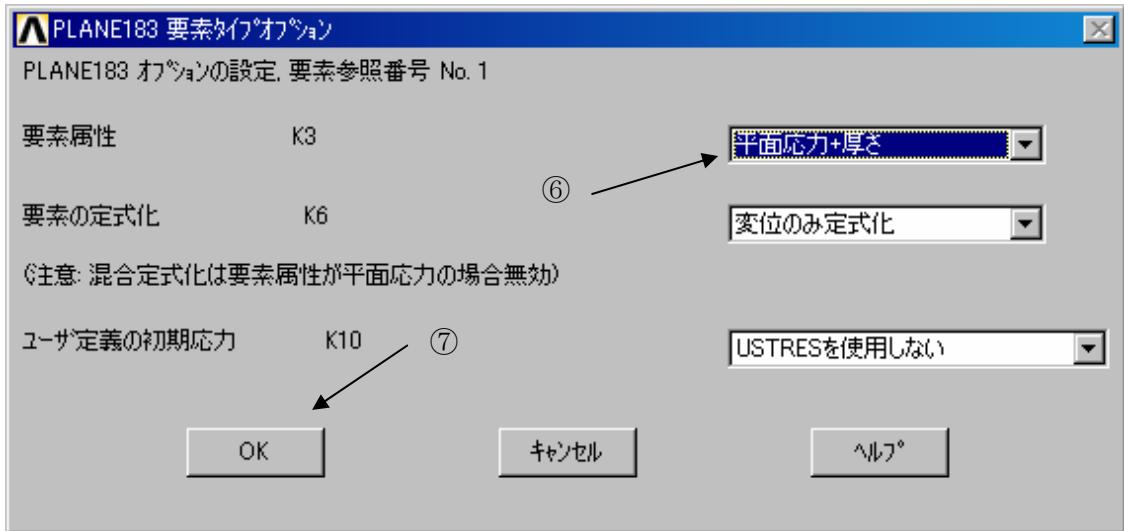
- ① ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ 要素タイプ ] > [ 追加/編集/削除 ]
- ② 要素タイプを追加するために、要素タイプダイアログボックスの [ 追加... ] ボタンをクリックする。
- ③ 要素タイプのライブラリダイアログボックスの左側にあるウィンドウから“構造 ソリッド”を選択。次に右側のウィンドウに現れる“8節点 183”を選択する。



- ④ OK ボタンをクリックする。
- ⑤ 追加した要素タイプ PLANE183 が“要素タイプ”ダイアログボックスに表示される。この要素タイプにキーオプション(今回は板厚の考慮)を設定するために、[ オプション... ] ボタンをクリックする。



- ⑥ PLANE183 の “要素属性 K3” を “平面応力+厚さ” と選択する。
- ⑦ [OK] ボタンをクリックする。



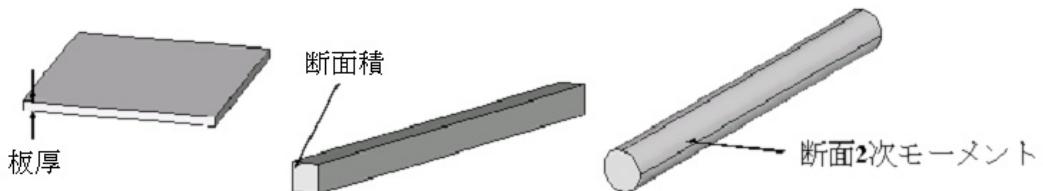
- ⑧ [閉じる] ボタンをクリックする。



## 第2項 リアルコンスタント (Real Constant)

解析に使用する要素タイプによって、その要素特性、幾何形状特性を定義する必要がある。これを“リアルコンスタント”という。リアルコンスタントとして与えられるデータは、使用する要素タイプによってそれぞれ異なる。

例えば、シェル要素の板厚、ビーム要素の断面積や断面2次モーメント、バネ要素の剛性（バネ定数）等がある。また、要素タイプの中には、リアルコンスタントを定義する必要がないものもある。したがって、ユーザーは要素を使用する前に、その要素タイプに必要なリアルコンスタントを調べておかなければならない。



リアルコンスタントを設定するには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ リアルコンスタント ]  
> [ 追加/編集/削除 ]

または、次のコマンドを使用する。

$R, \underline{NSET}, \underline{R1}, \underline{R2}, \dots, \underline{R6}$

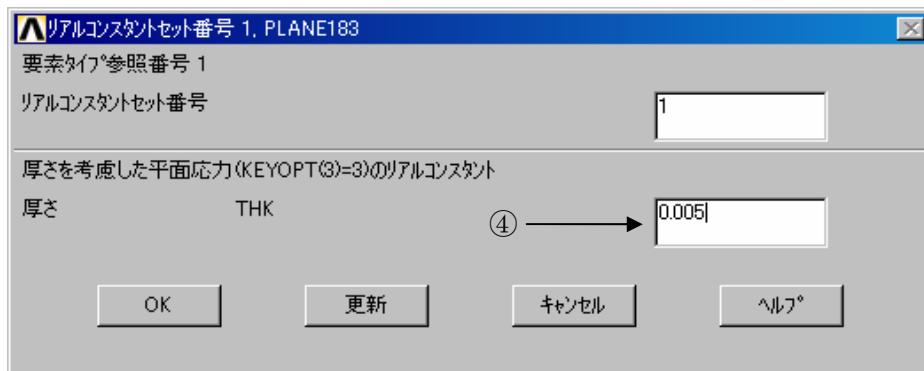
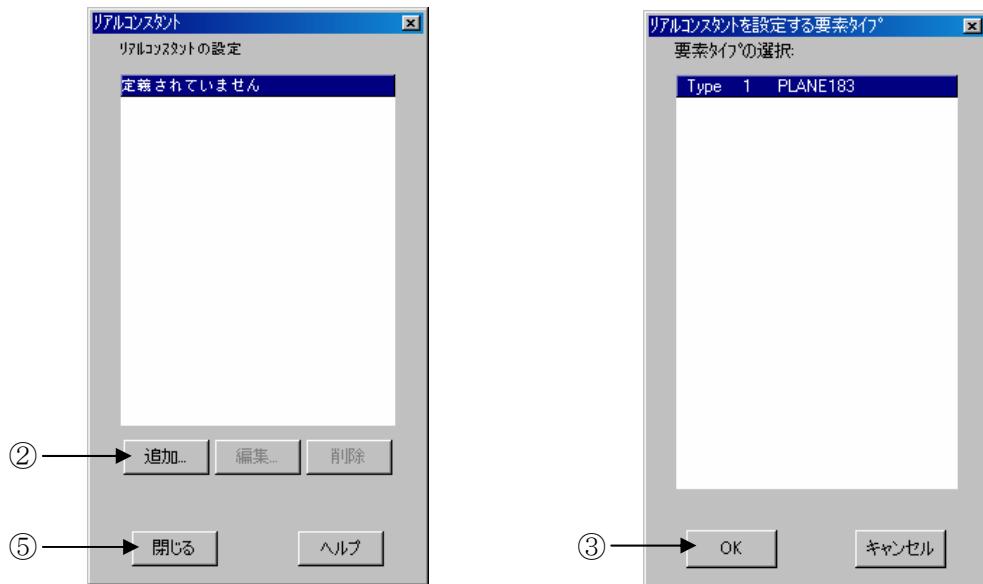
参照番号	特性値(リアルコンスタント値)
------	-----------------

要素タイプ同様、リアルコンスタントも複数の値を設定できる。

## Example

### 7. リアルコンスタントの決定（ブラケットの厚み）

- ① ANSYS メインメニュー : [ 総合プロパリティセッタ ] > [ リアルコンスタント ] > [ 追加/編集/削除 ]
- ② [ 追加... ] をクリックする。
- ③ 先程定義した要素タイプ PLANE183 に対するリアルコンスタントを定義する。“リアルコンスタントを設定する要素タイプ” ダイアログボックスで PLANE183 が選択されているのを確認し、[ OK ] ボタンをクリックする。
- ④ “リアルコンスタントセット番号 1、PLANE183” ダイアログボックスの「厚さ THK」に 0.005 と入力し、[ OK ] ボタンをピックする。
- ⑤ “リアルコンスタント” ダイアログボックスの [ 閉じる ] ボタンを押す。

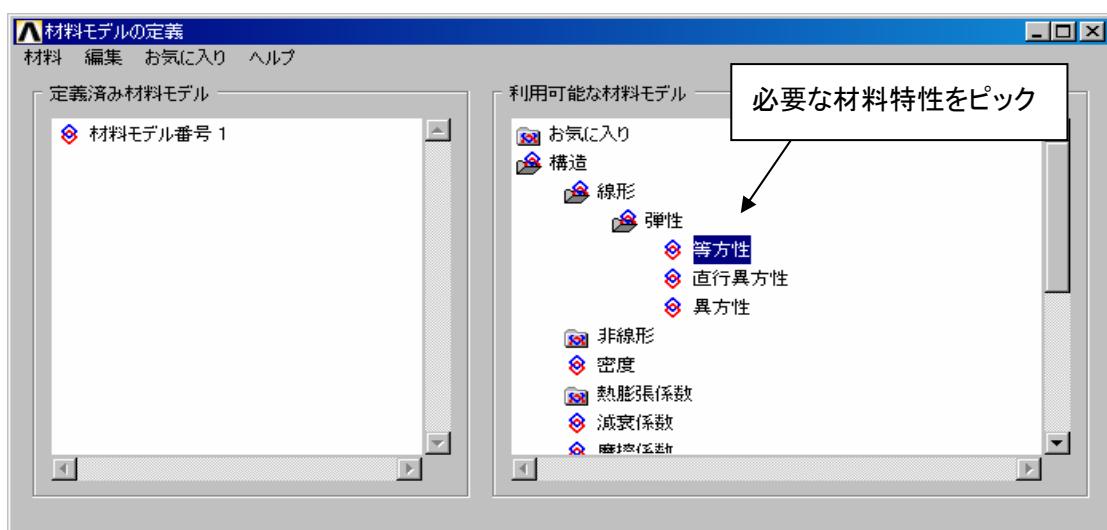


## 第3項 材料特性 (Material Property)

解析の対象となる物体の材料には何を使用するのか？鉄？アルミ？ガラス？  
ここでは、解析対象となるモデルの材料特性を設定する。

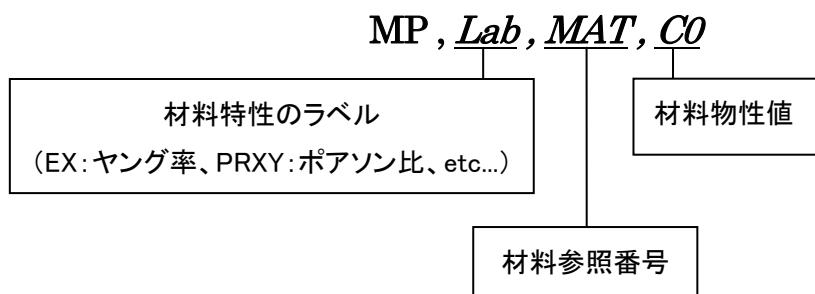
要素の材料特性を設定するには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ 材料特性 ] > [ 材料モデル ]



右側のウィンドウより解析に応じた材料モデルを選択し、必要な材料物性値を入力する。

または、次のコマンドを使用する。



## 材料特性の例 (MP コマンドの *Lab* フィールド)

構造 :	ヤング率 (EX)
	ポアソン比 (PRXY)
	密度 (DENS) 等
熱 :	熱伝導率 (KXX)
	比熱 (C) 等
磁場 :	比透磁率 (MURX)
	保磁力 (MGXX) 等
電場 :	比誘電率 (PERX) 等

定義する材料特性は解析の種類によって異なるので、ユーザーはその解析に必要な材料特性を組み合わせて指定しなければならない。

ここで、多くの材料特性には方向性があることに注意しなければならない。

EX	.....	X 方向ヤング率
PRXY	.....	XY ポアソン比
KXX	.....	X 方向熱伝導率 等

言い換えると、材料特性として、直交異方性の材料特性が定義できることを表している(例えば、ヤング率は EX、EY、EZ、ポアソン比は PRXY、PRYZ、PRXZ 等)。このとき、X 方向ただひとつの物性値だけを定義した場合には、等方性の材料として扱われる。

EX だけを定義した場合	.....	EX = EY = EZ
PRXY だけを定義した場合	.....	PRXY = PRYZ = PRXZ

要素タイプ、リアルコンスタントと同様に、材料特性も複数の設定をモデルに対して割り当てることができる。ただし、この例題では材料も 1 種類に限定する。

注 ANSYS では、単位系について特に指定していない。したがって、解析を行うにあたって単位系は統一して使用しなければならない。例えば、鉄のヤング率を  $2 \times 10^4$  (kgf/mm<sup>2</sup>) とした場合、モデルの寸法は mm、集中荷重は kgf で入力しなければならない。

注 ただし、磁場解析の場合は例外で、単位系は CGS もしくは MKS を使用する。

**[EMUNIT]** コマンド

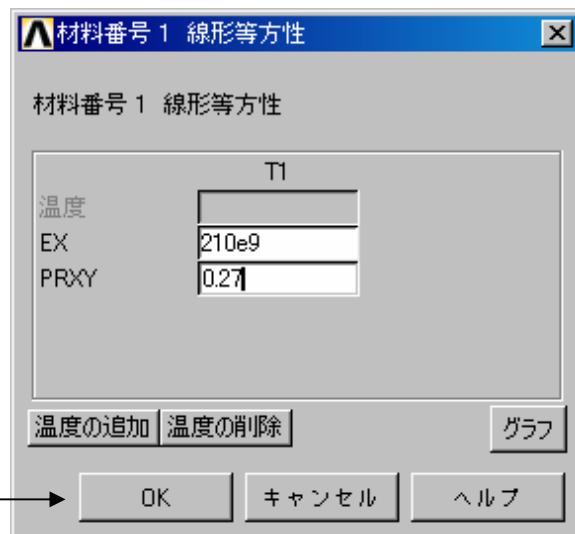
## Example

### 8. 材料特性の決定（ヤング率、ポアソン比）

- ① ANSYS メインメニュー：[ 総合プリプロセッサ ] > [ 材料特性 ] > [ 材料モデル ]
- ② 材料モデルを定義するダイアログボックスが表れるので、  
利用可能な材料モデル：[ 構造 ] > [ 線形 ] > [ 弹性 ] > [ 等方性 ] の順にダブルクリックする。



- ③ ヤング率 EX = 210e9 とポアソン比 PRXY = 0.27 を入力し、[ OK ] をクリックする。

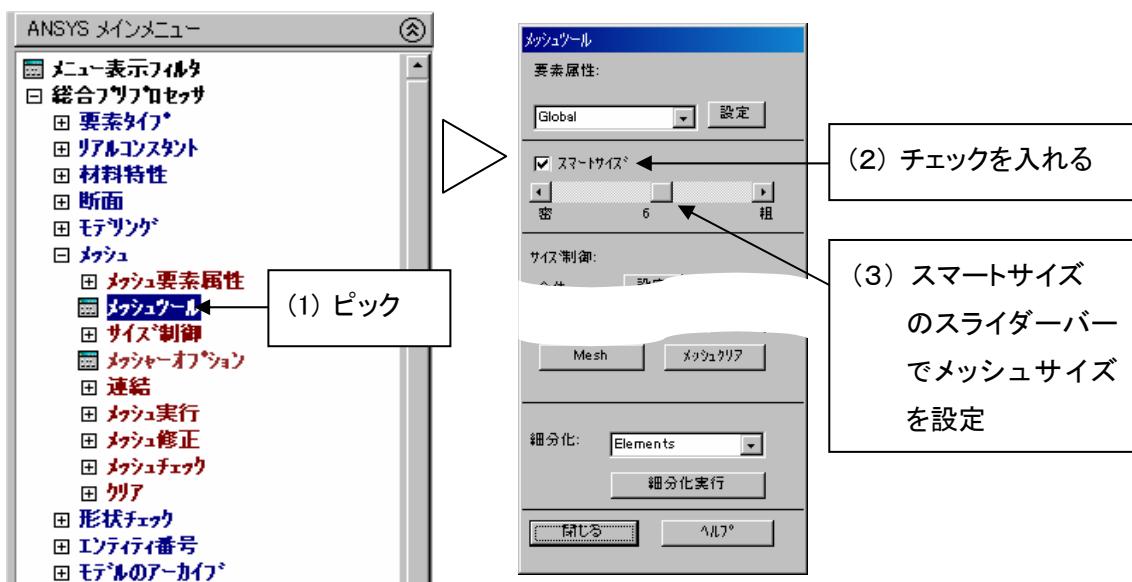


- ④ “材料モデルの定義” ダイアログボックス：[ 材料 ] > [ 終了 ]

## 第4項 要素サイズ (Element Size)

要素分割を行うにあたり、要素のサイズを設定する。要素サイズが小さければ細かなメッシングが行われる。要素サイズを設定するには、次のようにメッシュツールを使用する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ メッシュ ] > [ メッシュツール ]  
メッシュツール : [ スマートサイズ ]



※様々なメッシングの制御をこのメッシュツールにて行うことができる

ここでは、最も簡単な“スマートサイズ制御”という方法で要素サイズを設定する。

“スマートサイズ制御”は、ラインの長さや曲率半径を基準にして、モデル全体の要素分割数を ANSYS が自動的に割り当てるアルゴリズムである。ユーザーはサイズのレベルを 1 (細かい) から 10 (粗い) の範囲で指定するだけでよい。

または、次のコマンドを使用する。

**SMRTSIZE , SIZE , ...**

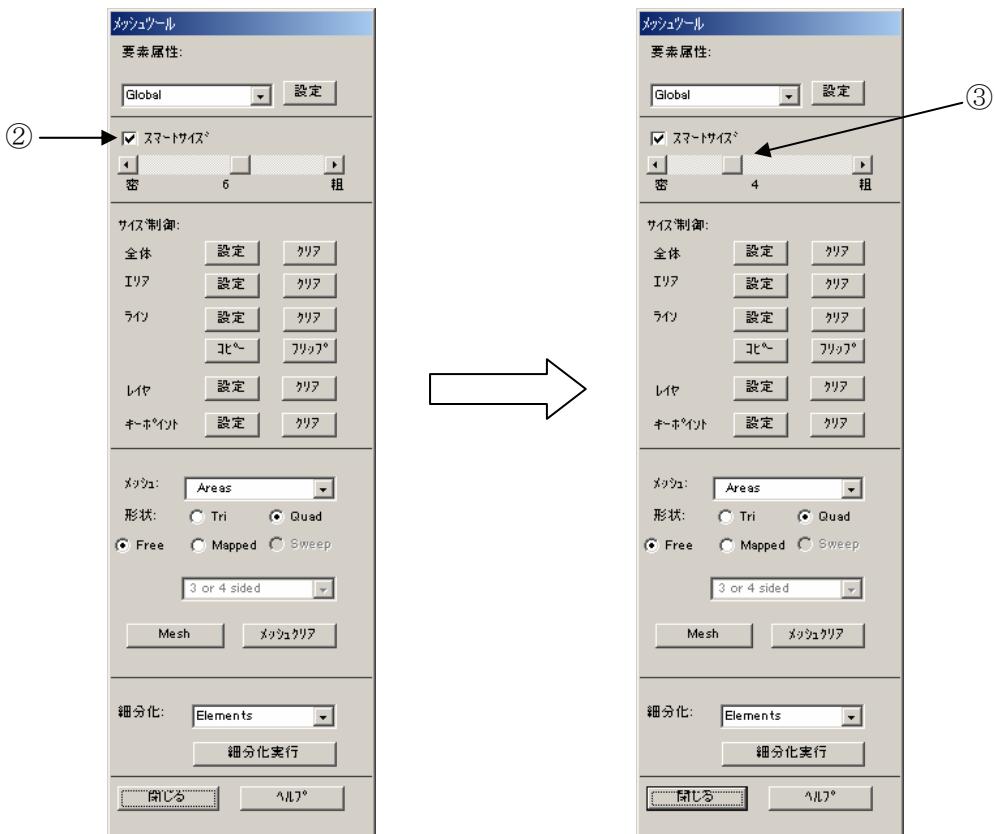
メッシュサイズのレベル(1~10)

この操作を終了した時点で、ユーザーは ANSYS に対してメッシング（要素分割）を始めるように命令できる。しかし、その前にデータベースをファイルにセーブしておくのがよい。こうすることで、メッシングのやり直し作業が容易になるからである。

# Example

## 9. スマートサイズレベルの指定

- ① ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ メッシュ ] > [ メッシュツール ]
- ② メッシュツール : [ スマートサイズ ] にチェックを入れる。
- ③ スマートサイズのレベルバーを [ 4 ] とする。



要素分割を実行する前に、データベースをファイルにセーブする。データベースファイル名はデフォルトでは file.db となる。

- ④ ANSYS ツールバー : [ SAVE\_DB ]



## 第5項 要素分割 (Meshing)

前項で設定した要素サイズをもとに、ソリッドモデルの要素分割を行う。ここではエリアのメッシングを行い、節点と要素を作成する。

要素分割を実行するには、次のようにメニューを操作する。

**メニューの位置** ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ メッシュ ] > [ メッシュツール ]  
メッシュツール : [ Mesh ]

または、次のコマンドを使用する。

**xMESH , NA1 , NA2 , NINC**

要素分割するエンティティの番号  
または ALL、あるいはピック

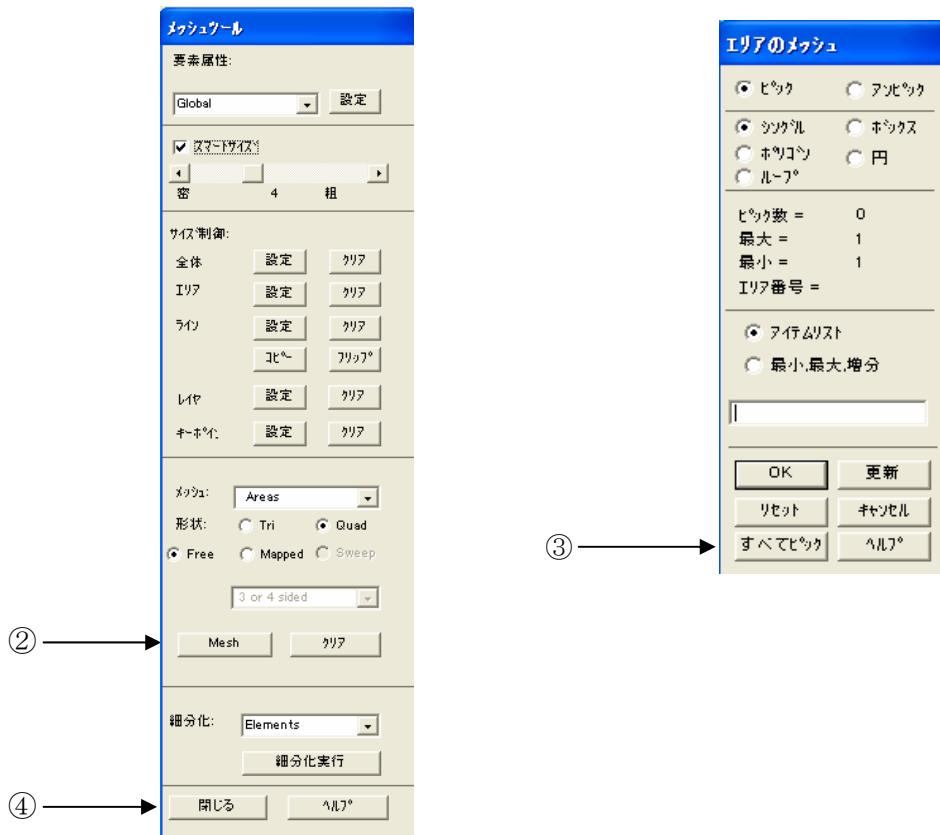
要素分割するエンティティの最終番号と番号増分値  
複数のエリアを要素分割する場合に使用する  
(NINC) のデフォルトは1

x には、エンティティの頭文字が入る。エリア (Area) をプロット表示するコマンドが **APLOT**、ライン (Line) をプロット表示するコマンドが **LPLOT** であると同様に、エリア (Area) を要素分割するコマンドは **AMESH**、ライン (Line) を要素分割するコマンドは、**LMESH** である。

## Example

### 10. 要素分割の実行

- ① ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ メッシュ ] > [ メッシュツール ]
- ② メッシュツール : [ Mesh ]
- ③ ピッキングメニューの、[ すべてピック ] をクリックする。



- ④ メッシュツールの [ 閉じる ] をクリックする。
- ⑤ データベースをセーブする。ANSYS ツールバー : [ SAVE\_DB ]

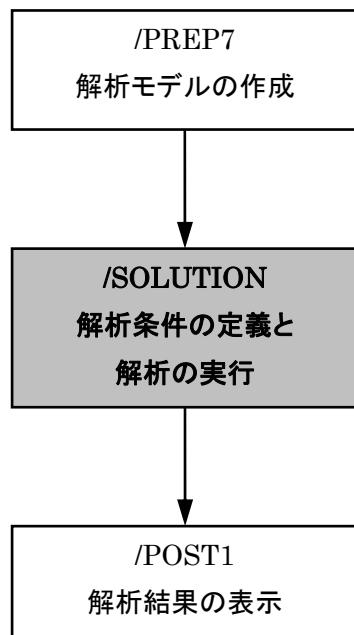
## 第8節 本章のまとめ

- 総合プリプロセッサ (PREP7) は、解析モデルの作成を行うために使用する。解析モデルの作成には“ソリッドモデリング”と“直接生成”の2つの方法がある。
- ANSYS があらかじめ用意している幾何形状を“プリミティブ”と呼ぶ。形状を構成するパーツ（ボリューム、エリア、ライン、キーポイント、要素、節点）を“エンティティ”と呼ぶ。
- ソリッドモデリングには“トップダウン法”と“ボトムアップ法”がある。
- 表示設定コマンドと表示実行コマンドを使い分けながら、目的の内容をグラフィック表示させる。
- ブーリアン演算を使用して、モデルを組み立てていく。ブーリアン演算が行われるまでは、個々のエンティティは独立した存在である。
- “要素タイプ”と“材料特性”を定義する。また、必要があれば“リアルコンスタンスト”的定義も行う（リアルコンスタンストは不要なケースもある）。これらは“要素属性”と呼ばれ、複数の属性を定義することもできる。
- “スマートサイズ”で要素サイズを指定し、そこまでのデータベースをセーブする。その後ソリッドモデルに対してメッシングを実行し、節点、要素を生成する。
- もし、生成された要素形状が満足のいくものでなければ、先にセーブしたデータベースファイルを呼び出し、要素サイズの設定を変更し、再度メッシングを行う。

## 第3章 境界条件の定義と解析の実行



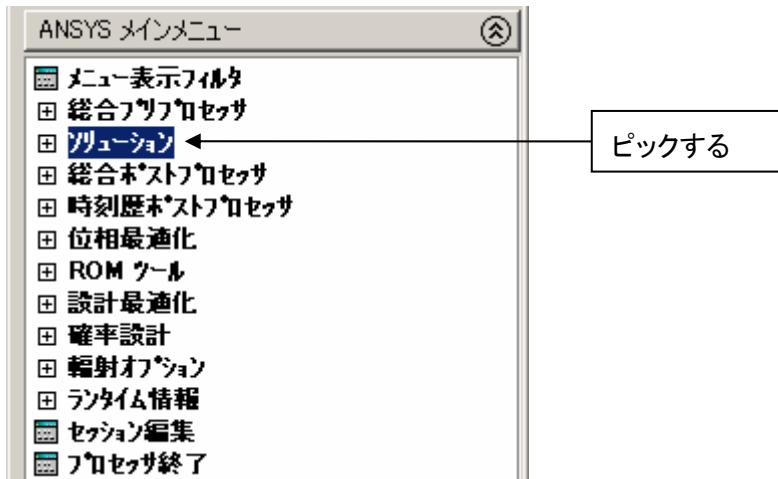
## 第1節 境界条件の定義と解析の実行 (Loading and Solution)



“境界条件の定義と解析の実行 (Loading and Solution)” の目的は、モデルに境界条件を定義し、有限要素解析を行うことである。ユーザーは解析内容に応じた境界条件を定義する必要がある。

この作業はソリューションプロセッサ (SOLUTION) の中で行う。ソリューションプロセッサに入るには、次のメニューをピックする。

#### メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ ソリューション ]

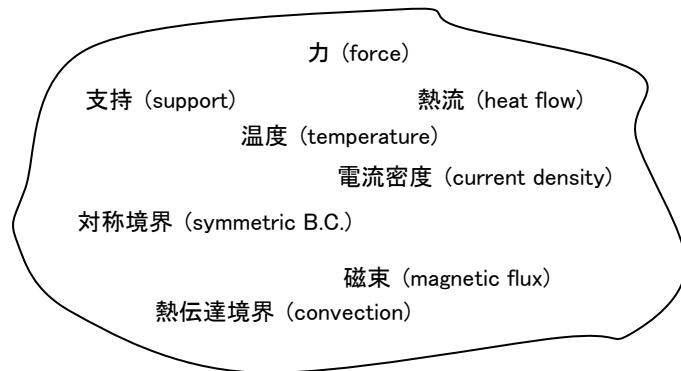


または、**/SOLU** コマンドを実行する。

境界条件の定義は、有限要素モデルの完成に続いて行われるステップである。

境界条件は **PREP7** または **SOLUTION** のどちらのプロセッサでも定義できるが、通常は **SOLUTION** プロセッサで定義する。

“境界条件”とは、拘束や荷重などモデルに与える解析条件を意味する。



補足：

ANSYS の開発元である ANSYS Inc.では、境界条件を定義するステップを “Loads” と命名している。すなわち、ANSYSにおいて “荷重 (Loads)” という言葉は、単なる “荷重条件” だけでなく “拘束条件” 等の全ての境界条件を含めたものを意味している。本セミナーでは、この “荷重 (Loads)” を数値的な意味から “境界条件” と呼ぶことにする。

#### 解析タイプ別の境界条件

<b>構造解析</b>	変位、集中荷重、圧力、温度荷重（熱膨張）、重力
<b>熱解析</b>	温度、熱流、熱伝達境界面、内部発熱
<b>磁場解析</b>	ポテンシャル、電流密度、電圧降下
<b>流体解析</b>	流速、圧力、温度

#### 種類別の境界条件

- 自由度の固定(DOF Constraint)**：自由度の値を定義（固定）する。  
(構造解析の変位量、熱解析の温度、磁場解析のポテンシャル等)
- 力荷重(Force Load)**：集中荷重、点に対する荷重  
(構造の集中荷重、熱解析の熱流、磁場解析の電流セグメント等)
- 面荷重(Surface Load)**：面上にかかる荷重  
(構造解析の圧力、熱解析の熱伝達境界面等)
- 物体力(Body Load)**：物体、空間、場への荷重  
(熱膨張の温度、内部発熱、電流密度等)
- 慣性力(Inertia Load)**：質量や慣性力  
(重力、回転慣性等)

## 第2節 境界条件の定義

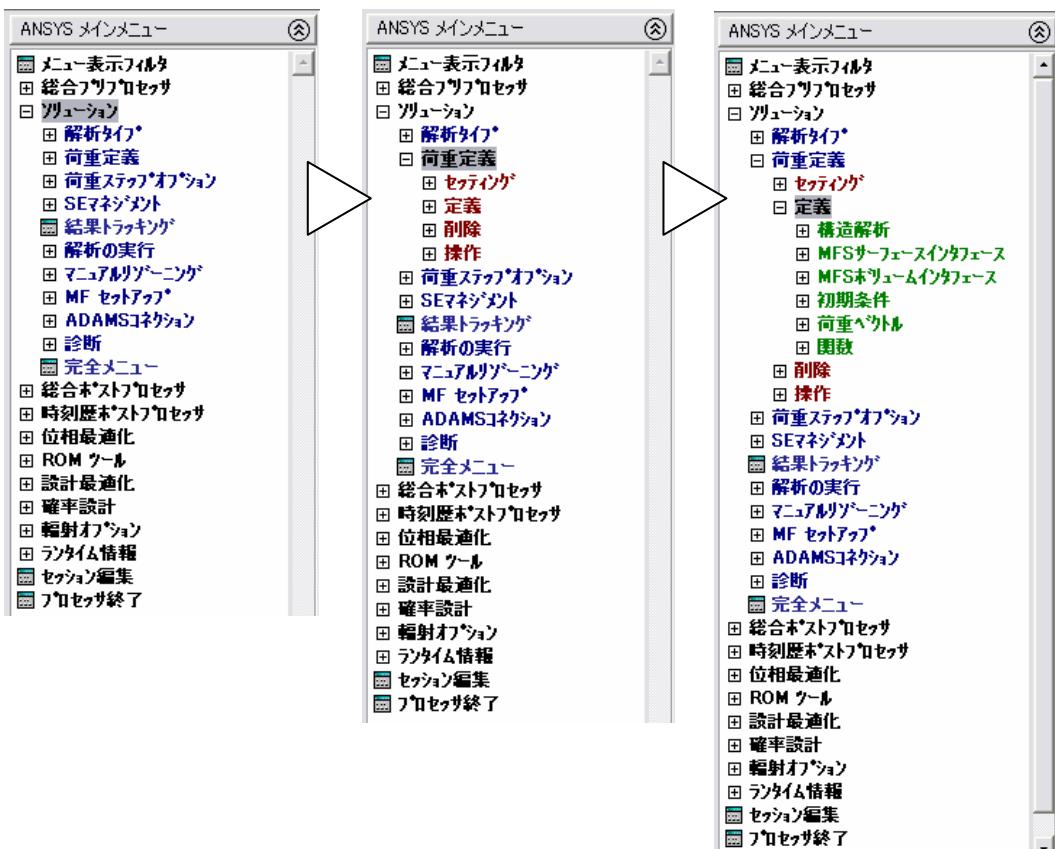
境界条件を定義するには、2つの方法がある。

- ソリッドモデル（キーポイント、ライン、エリア、ボリューム）に対して定義
- 有限要素モデル（節点、要素）に対して定義

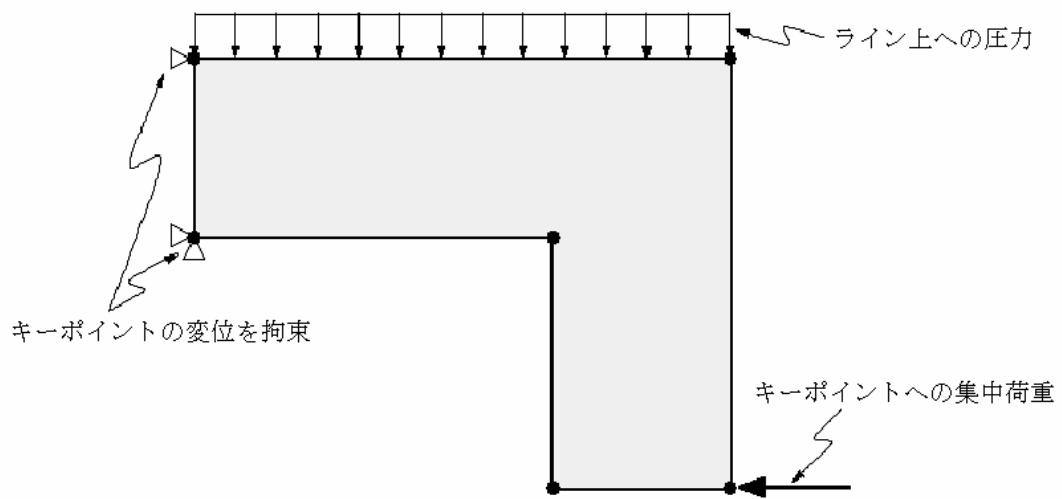
境界条件の定義にはこのような2つの方法があるが、一般的にはソリッドモデルに対して定義した方が良い。その理由として、メッシングを変更・修正しても、境界条件を再定義する必要がないためである。

本セミナーでは、ソリッドモデルに対して境界条件を定義する。境界条件を定義するには、次に示すメニューを使用する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ ソリューション ] > [ 荷重定義 ] > [ 定義 ]



ソリッドモデルの境界条件は、キーポイント、ライン、またはエリア上に定義する。



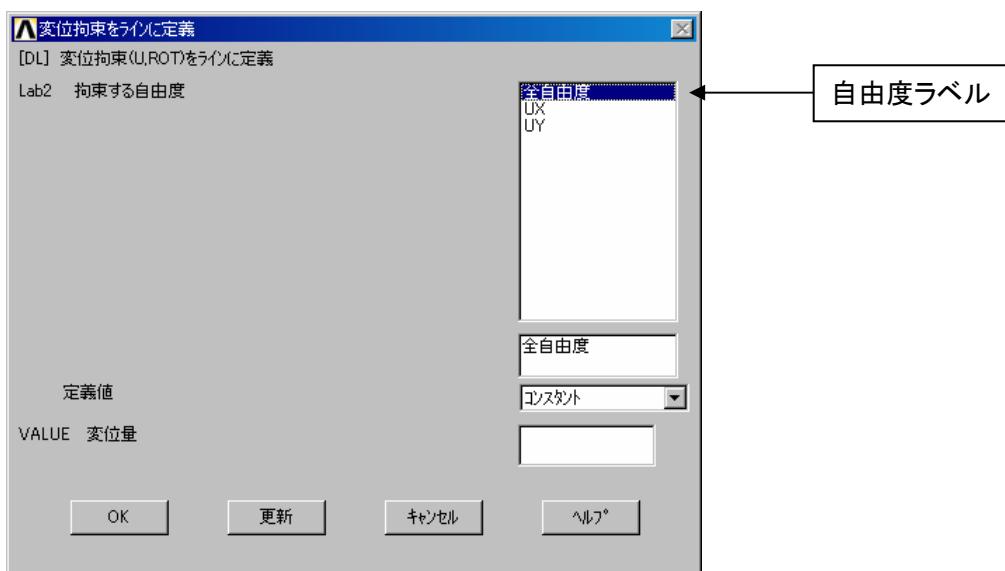
次節より、例題にて使用する“拘束条件”と“面荷重”的定義について説明する。

注. 境界条件は、本来ならば有限要素モデルに対して定義されている必要がある。そこで ANSYS は解析の実行時に、ソリッドモデルに対して定義された境界条件を、自動的に有限要素モデルに対する境界条件に変換する。

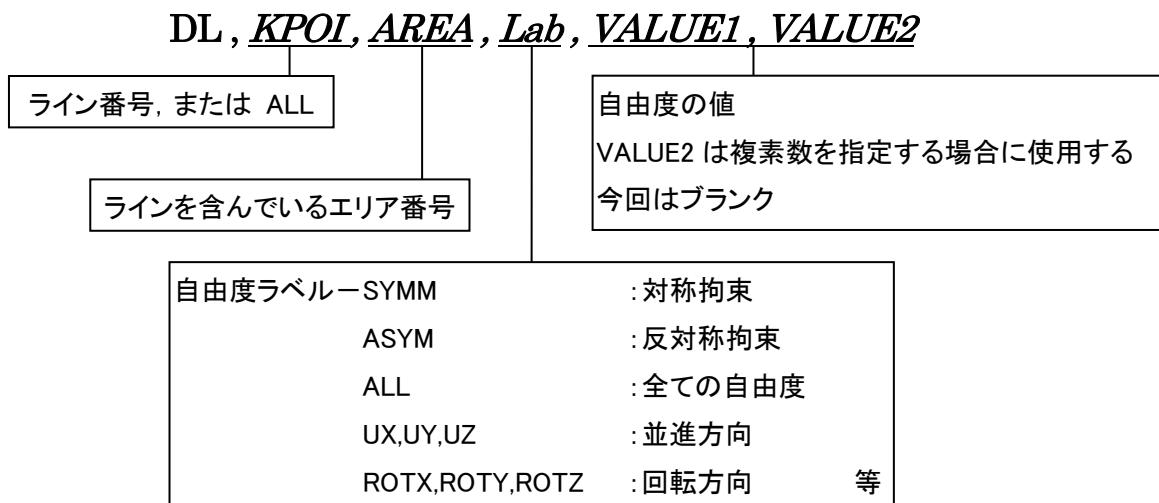
## 第3節 自由度の固定 (DOF Constraints)

自由度の固定（拘束）は、例えば構造解析では変位量の拘束（変位量 = 0）を、熱解析では温度の固定などを表す。自由度の拘束は、キーポイント、ライン、エリア、節点に対して定義できる。ここでは例題で使用するラインの拘束について説明する。ラインを拘束するには、次に示すようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ シューション ] > [ 荷重定義 ] > [ 定義 ]  
> [ 構造解析 ] > [ 拘束/変位 ] > [ ライン ]

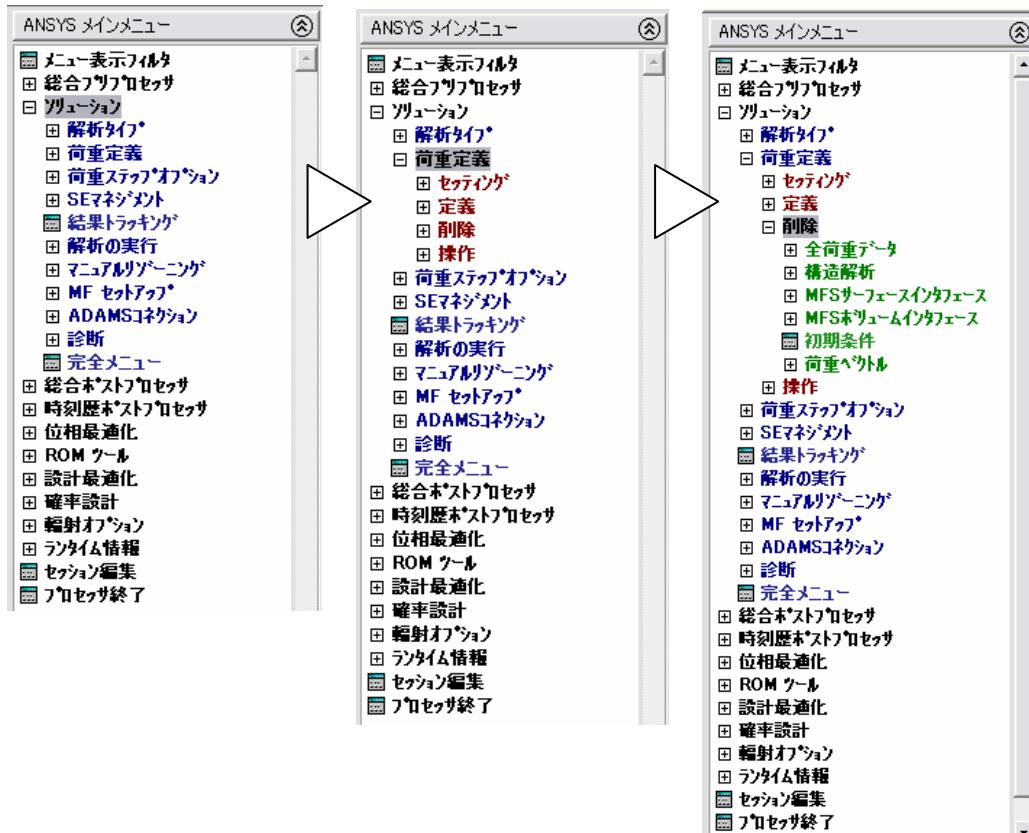


または、DL コマンドでラインに対して自由度の拘束を定義する。



定義した境界条件を削除するには次に示すメニューを使用する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ ソリューション ] > [ 荷重定義 ] > [ 削除 ]



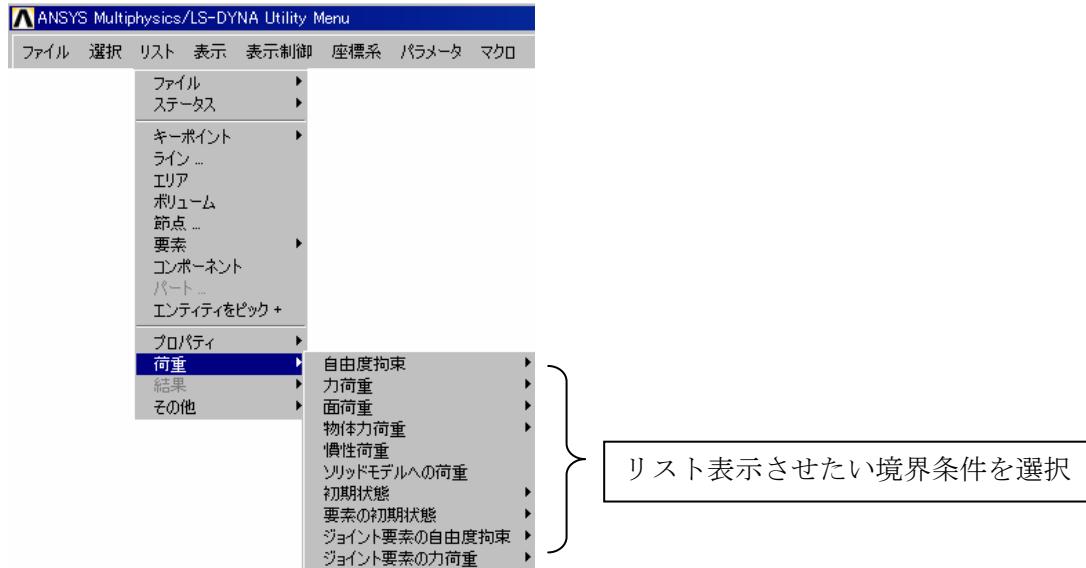
例えば、ラインに定義した拘束条件を削除するには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ ソリューション ] > [ 荷重定義 ] > [ 削除 ]  
> [ 構造解析 ] > [ 変位/拘束 ] > [ ライン ]



定義した境界条件を確認する方法については、テーブル形式のリスト表示、またはシンボル形式のグラフィック表示を使用する。境界条件をリストによって確認するには、次に示すメニューを使用する。

### メニューの位置 ANSYS Utility Menu:[ リスト ]>[ 荷重 ]



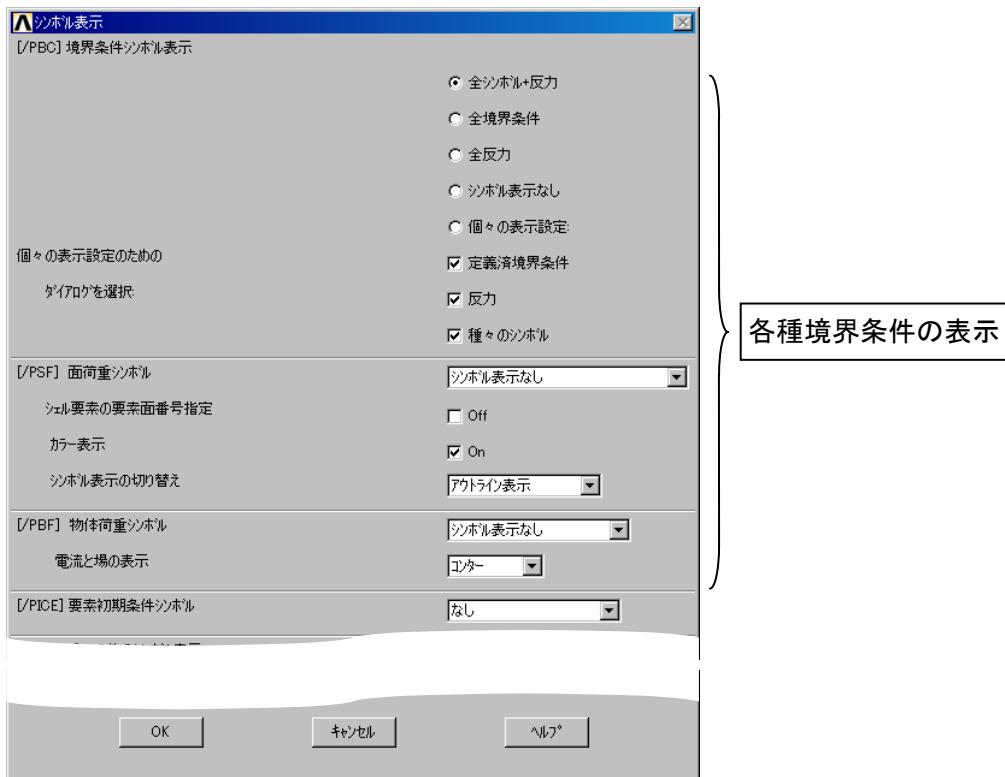
例えば、拘束条件を定義したラインをリスト表示するには、次のようにメニューを操作する。

### メニューの位置 ANSYS Utility Menu:[ リスト ]>[ 荷重 ] >[ 自由度拘束 ]>[ 全ライン ]

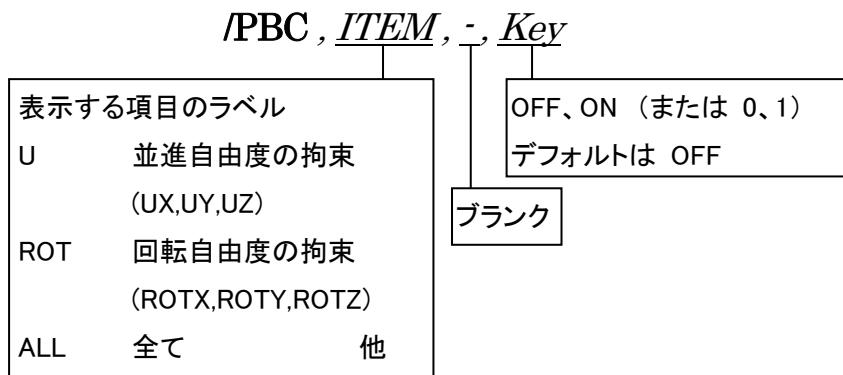
LIST CONSTRAINTS ON ALL SELECTED LINES				
LINE	LOAD LABEL	VALUE(S)		NAREA
1	UX	0.0000	0.0000	0
1	UY	0.0000	0.0000	0
4	UX	0.0000	0.0000	0
4	UY	0.0000	0.0000	0
5	UX	0.0000	0.0000	0
5	UY	0.0000	0.0000	0
6	UX	0.0000	0.0000	0
6	UY	0.0000	0.0000	0

境界条件のシンボルをグラフィック表示するには、次に示すメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 表示制御 ] > [ シンボル表示 ... ]



または、/PBC コマンドで拘束条件のシンボルの表示を設定する。



/PBC コマンドは、/PNUM と同様に、グラフィック表示設定コマンドであるため、設定を伴った表示を行うには、本コマンドに続いて LPLOT や APLOT 等の表示実行コマンドを実行しなければならない。

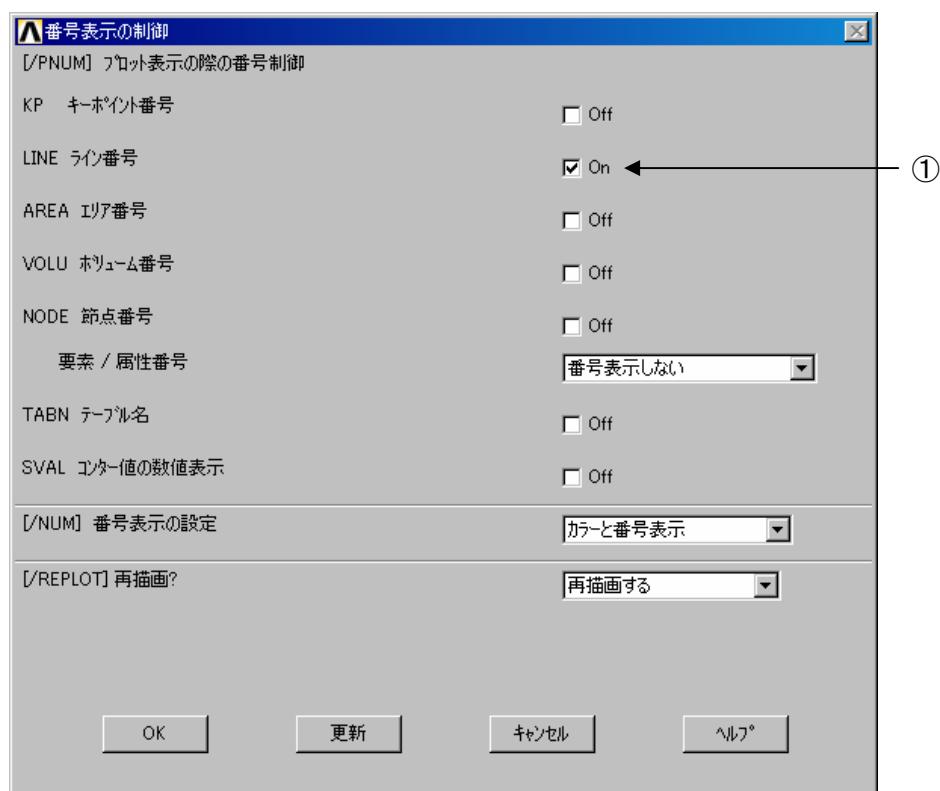
## Example

### 1.1. 左側の穴を完全固定する。

この例題では、境界条件はソリッドエンティティへ負荷するものとする。ソリッドエンティティへ負荷した境界条件は、解析時に有限要素モデルへ自動的に変換される。ソリッドモデルへ境界条件を与えたならば、メッシュをクリアして再メッシュを行ったような場合でも、境界条件を再定義する必要はない。

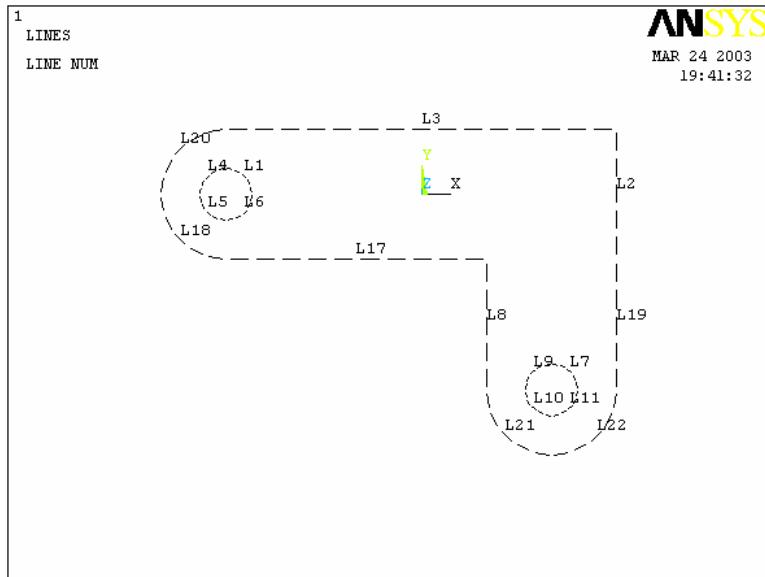
- ① ライン番号の表示を ON にする。

ANSYS Utility Menu : [ 表示制御 ] > [ 番号表示 ... ]



※次回の表示から、ライン番号が表示される。

② ライン表示を行う。ANSYS Utility Menu : [ 表示 ] > [ ライン ]



③ ANSYS メインメニュー : [ リューション ] > [ 荷重定義 ] > [ 定義 ]  
> [ 構造解析 ] > [ 拘束/変位 ] > [ ライン ]

③ 左穴部のライン番号 1,4,5,6 をピックし、ピッキングメニューの [ OK ] ボタンをクリックする。

④ ダイアログボックスで、全自由度を選択し [OK] ボタンをクリックする。



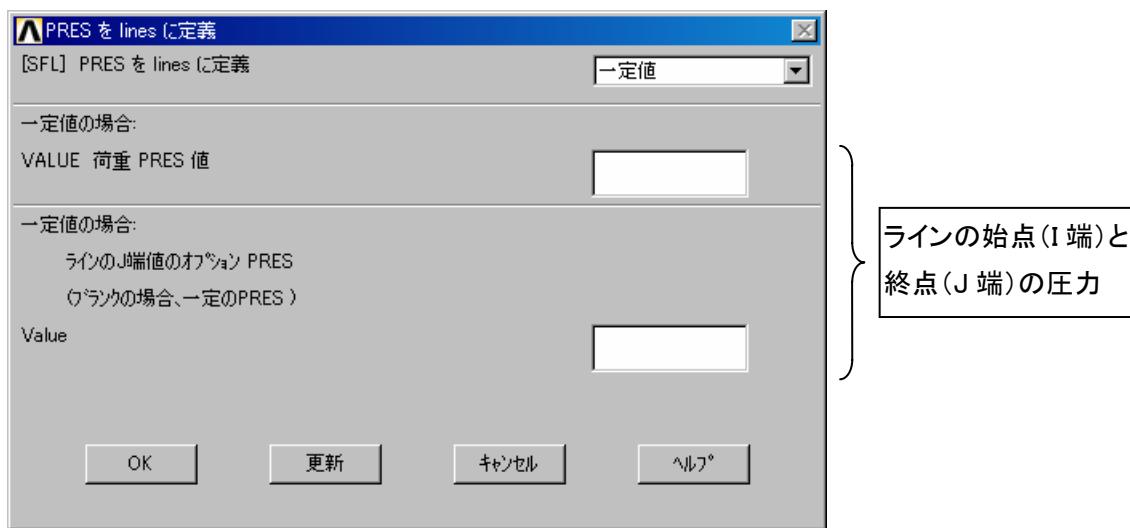
## 第4節 面荷重 (Surface Load)

面荷重は、モデルの外表面に分布荷重を定義する。面荷重の例として、構造解析の圧力、熱解析の熱伝達境界や熱流束などがある。

面荷重は、ライン、エリア、節点が並ぶ面、要素の面に対して定義することができる。ここでは、例題で使用するラインに対する面荷重の定義について説明する。これは 2D ソリッドモデルに面荷重を設定するためのコマンドである。

ラインに対する面荷重を定義するには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ ソリューション ] > [ 荷重定義 ] > [ 定義 ]  
> [ 構造解析 ] > [ 圧力 ] > [ ライン ]



または、**SFL** コマンドでライン上に面荷重を設定する。

**SFL**, LINE, Lab, VALI, VALJ, ...

ライン番号  
または ALL

両端のキーポイントに与える荷重値

一様な荷重値を与える場合は、VALIだけを定義すればよい。

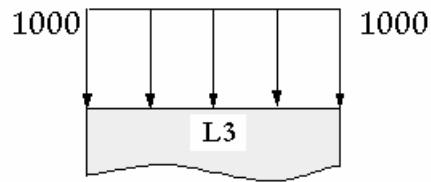
### 面荷重のラベル

PRES 壓力

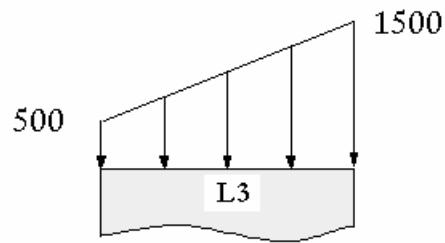
CONV 熱伝達

HFLUX 热流束 他

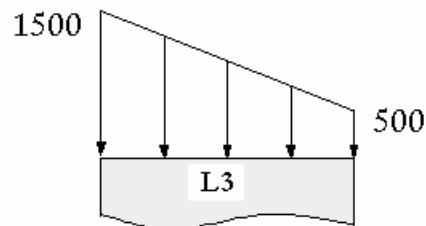
**SFL , 3 , PRES , 1000**



**SFL , 3 , PRES , 500 , 1500**



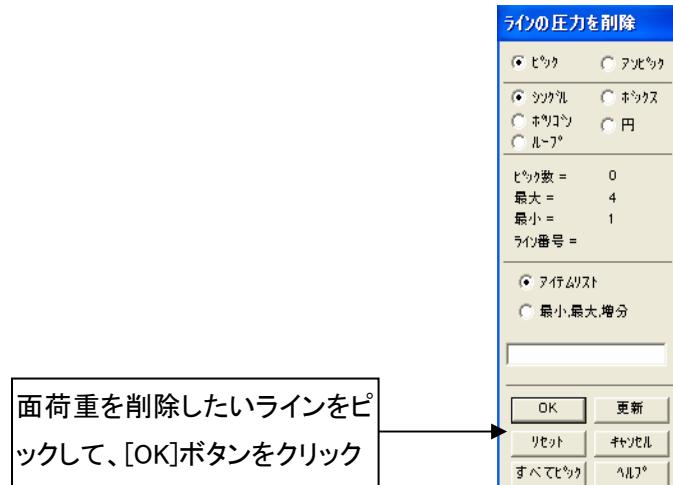
**SFL , 3 , PRES , 1500 , 500**



上の図のように、ラインの両端に異なる値を入力することで、勾配荷重を定義することができる。また、同じラインに対して新たに荷重条件を定義した場合は、先に定義した荷重は取り消され、新しい荷重条件に定義し直される。(上書きとなる)

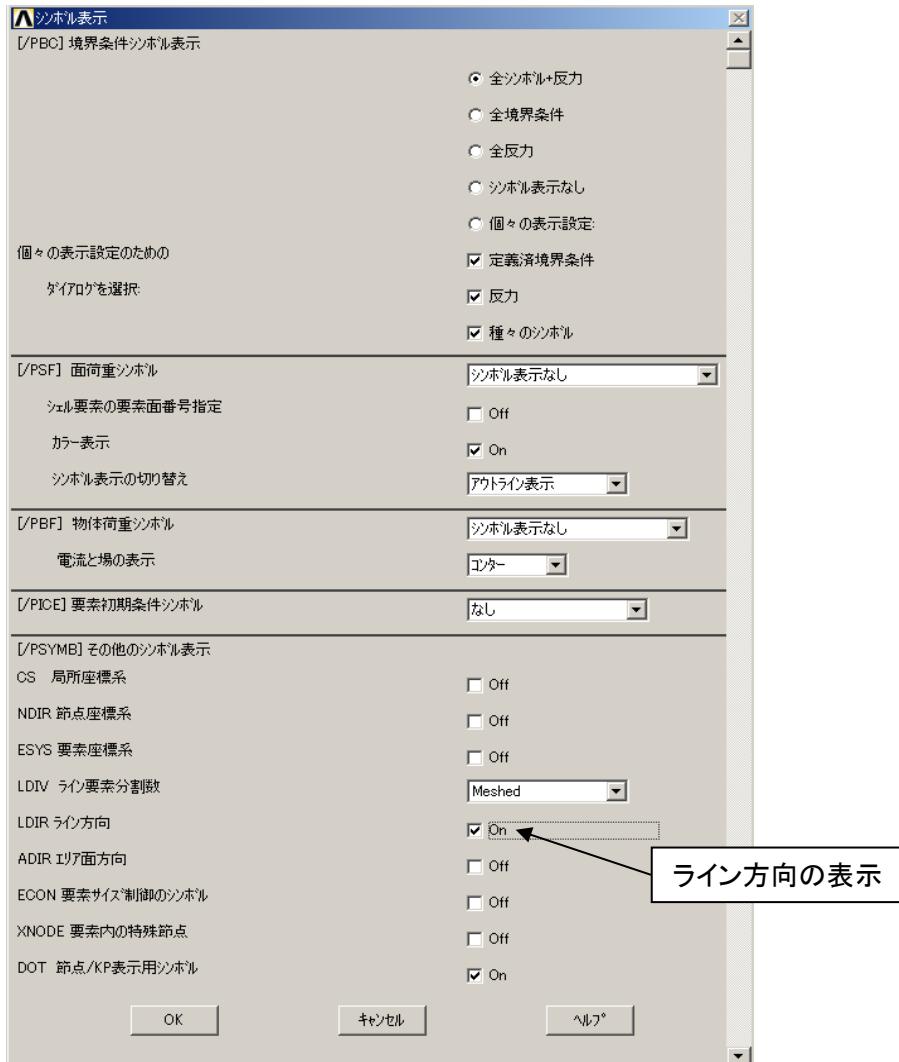
他の境界条件と同様、面荷重も定義した内容を削除することができる。例えば、ラインに定義した面荷重条件を削除するには、次のようにメニューを操作する。

**メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ ソリューション ] > [ 荷重定義 ] > [ 削除 ]  
                                  > [ 構造解析 ] > [ 圧力 ] > [ ライン ]**



勾配のある圧力を定義する場合は、ラインの両端である始点(I 端)と終点(J 端)に異なる値を定義する必要がある。そのため、荷重を定義する前にあらかじめライン方向を確認しなければならない。ライン方向を表示するには、次のようにメニューを操作する。

### メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 表示制御 ] > [ シンボル表示... ]



または、**/PSYMB** コマンドでその他のシンボル表示を設定する。

**/PSYMB , *Label* , *KEY***

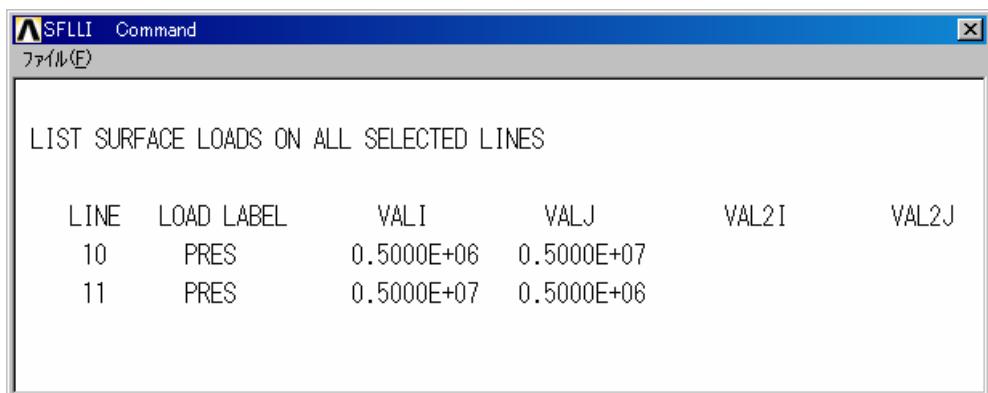
表示する項目のラベル  
LDIR ライン方向

0	シンボル表示しない。
1	シンボル表示をする。

**/PBC** と同様に、**/PSYMB** はグラフィック表示設定コマンドである。したがって、この設定を画面に表示させるには、続いてグラフィック表示コマンド (**LPLOT** 等) を実行させなければならない。

面荷重も、リスト表示、またはシンボルのグラフィック表示を行って確認することができる。面荷重をリスト表示するには、次に示すようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ リスト ] > [ 荷重 ] > [ 面荷重 ] > [ 全ライン ]

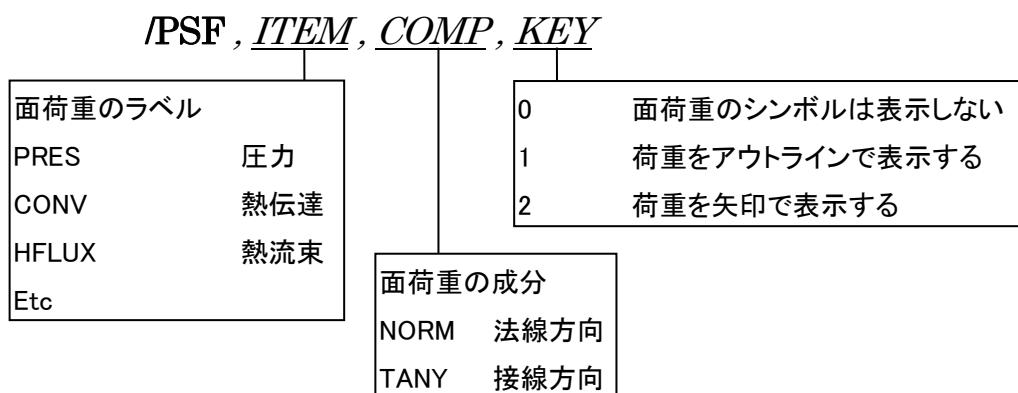


面荷重のシンボルをグラフィック表示するには、拘束条件の表示と同様に、“シンボル表示”ダイアログボックスを使用する。



メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 表示制御 ] > [ シンボル表示... ]

または、/PSF コマンドで、荷重のシンボルの表示を設定する。



/PBC と同様に、/PSF はグラフィック表示設定コマンドである。したがって、この設定を画面に表示させるには、続いてグラフィック表示コマンド (LPLLOT 等) を実行させなければならない。

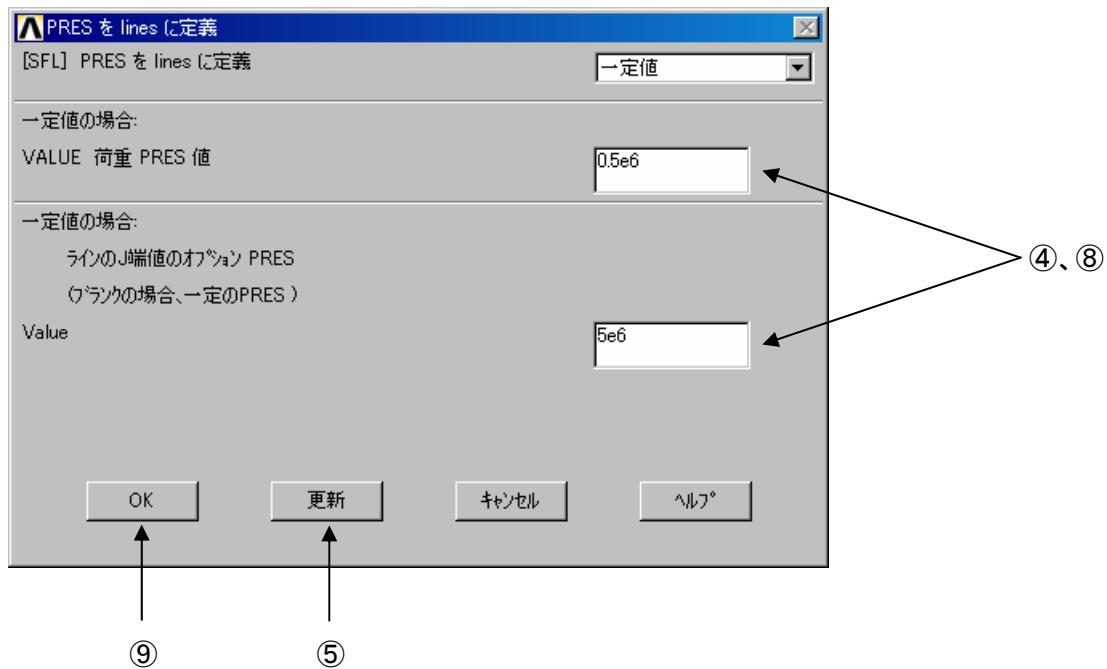
## Example

1 2. 右側の穴へ勾配のある（0.5 ~ 5 MPa）圧力荷重を負荷する。

- ① 右下のボルト穴の、下部2本のラインに圧力荷重を負荷する。

ANSYS メインメニュー : [ リューション ] > [ 荷重定義 ] > [ 定義 ]  
                                  > [ 構造解析 ] > [ 圧力 ] > [ ライン ]

- ② 右下のボルト穴のライン10をピックする。  
③ ピッキングメニューの [OK] ボタンをクリックする。  
④ VALU 荷重 PRES 値 = 0.5e6 、Value = 5e6 と入力し、勾配荷重を設定。



- ⑤ 続けて定義を行うので、[ 更新 ] ボタンをピック。  
⑥ 右下のボルト穴のライン11をピックする。  
⑦ ピッキングメニューの [OK] ボタンをクリックする。  
⑧ VALU 荷重 PRES 値 = 5e6 、Value = 0.5e6 とし、勾配荷重を設定。  
⑨ [OK] ボタンをクリック。

## 第5節 解析の実行

以上、ここまで操作を行った段階で、ANSYS に有限要素解析を実行するように命令することができる。

解析を実行する前に、まずデータベースをセーブする [SAVE]。これは、もし解析が何らかの理由で失敗した場合、解析直前のデータを再び取り込んで [RESUME]、解析をやり直すことができるからである。

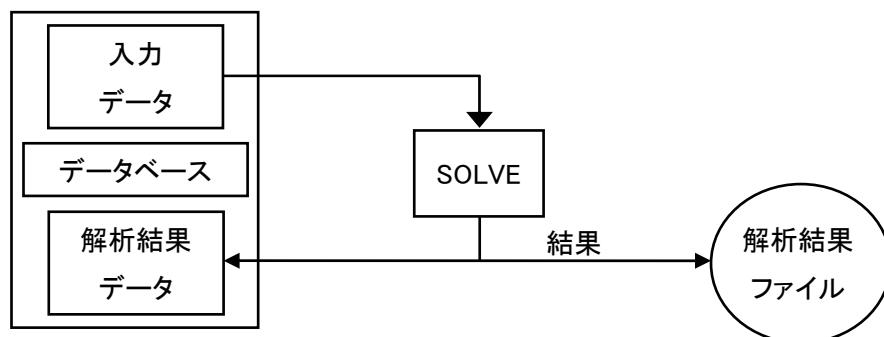
解析を実行するには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ ソリューション ] > [ 解析の実行 ]  
> [ 現荷重ステップ ]

または、SOLVE コマンドで解析を実行する。

### SOLVE (引数は不要)

プログラムは、データベースから入力データを読み込み、解析を実行する。得られた解析結果は結果ファイルに書き込まれ、同時に一部の内容はデータベースにストアされる。



得られた解析結果ファイルはバイナリーファイルである。この結果ファイルは、解析の種類によって、それぞれの名称が異なる。

File.RST	構造解析 (Result Structural)
File.RTH	熱解析 (Result Thermal)
File.RMG	磁場解析 (Result Magnetic)
File.RFL	流体解析 (Result Flotran)

解析が正常に終了したならば、次のステップは“解析結果の表示”である。

## Example

### 13. 解析の実行

- ① データベースが保存されたのを確認し、解析を実行する。

ANSYS メインメニュー：[ ソリューション ] > [ 解析の実行 ] > [ 現荷重ステップ ] をピックすると、ソリューション情報をリストするリストウィンドウとダイアログボックスが表れる。

- ② リストウィンドウは内容を確認後、閉じてしまって構わない。

リストウィンドウ [ ファイル ] > [ 閉じる ]

- ③ 現荷重ステップを解析実行する。

ダイアログボックス [ OK ]

- ④ 解析が終了すると、インフォメーションポップアップが表示される。インフォメーションポップアップを閉じる。

Note : [ Close ]

## 第6節 本章のまとめ

- ソリューションプロセッサ (SOLUTION) は、モデルに“境界条件”を定義し、解析を実行するためのプロセッサである。“境界条件”とは、拘束条件や荷重条件などである。

- 境界条件は、次のように分類できる。

**自由度の固定(DOF Constraint)**：自由度の値を定義（固定）する。

**力荷重(Force Load)**：集中荷重、点に対する荷重

**面荷重(Surface Load)**：分布荷重、面上にかかる荷重

**物体力(Body Load)**：物体、空間、場への荷重

**慣性力(Inertia Load)**：質量や慣性力

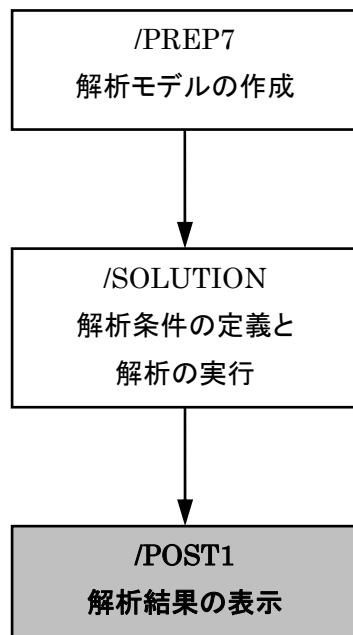
- 境界条件は、ソリッドモデル（ボリューム、キーポイント、ライン、エリア）、および有限要素モデル（節点、要素）のどちらにも定義することができる。ただし、メッシュのやり直しなどで定義した境界条件が失われてしまわないように、ソリッドモデルへ定義した方がよい。ソリッドモデルに定義された境界条件は、解析実行の段階で有限要素モデルへと自動的に変換される。
- 定義した境界条件は、リスト出力とグラフィック表示によって確認することができる。
- 解析実施前に、必ずデータベースのセーブを行う。
- 解析を実行すると、解析結果ファイルが作成され、同時に結果の一部がデータベースにストアされる。

## 第4章 解析結果の表示



## 第1節 解析結果の表示

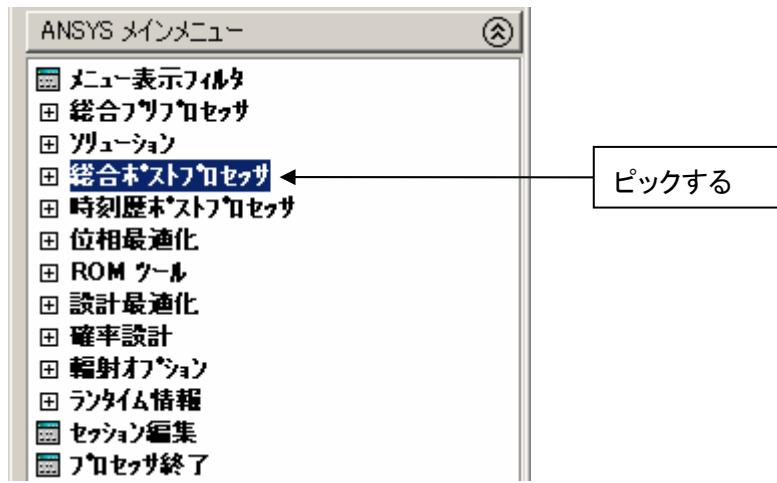
(Reviewing the Results)



“解析結果の表示 (Reviewing the Results)” の目的は、ANSYS が計算した解析の結果を理解し、判断することである。応力は許容範囲内であるか？温度は目的の値から離れているか？漏磁束の総量はいくらか？などといった評価を行うことができる。

この作業は、総合ポストプロセッサ (POST1) の中で行う。総合ポストプロセッサに入るには、次のようにメニューをピックする。

#### メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合ポストプロセッサ ]

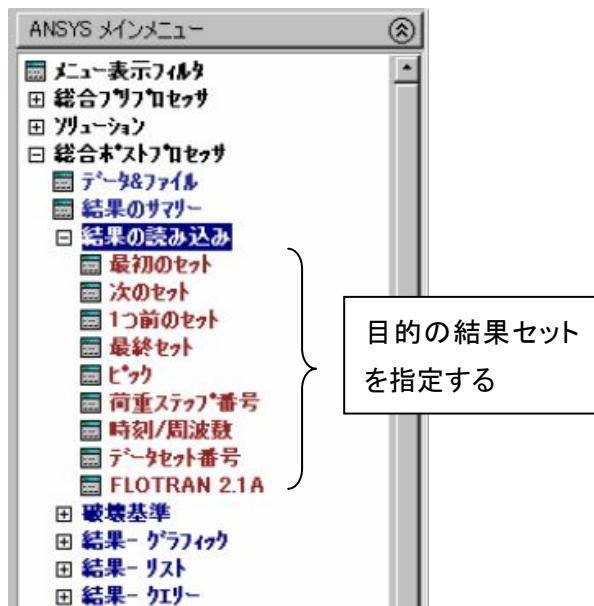


または、ビギンレベルで/POST1 コマンドを実行する。

総合ポストプロセッサ (POST1) で解析結果の表示を行うには、モデルの形状を表すモデルデータと結果データの両方がデータベース内になければならない。

そこで、データベースファイルからモデルデータを読み込むために、RESUME を実行する。さらに、総合ポストプロセッサ (POST1) において、結果ファイルから結果データをデータベースに読み込むために、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合ポストプロセッサ ] > [ 結果の読み込み ]

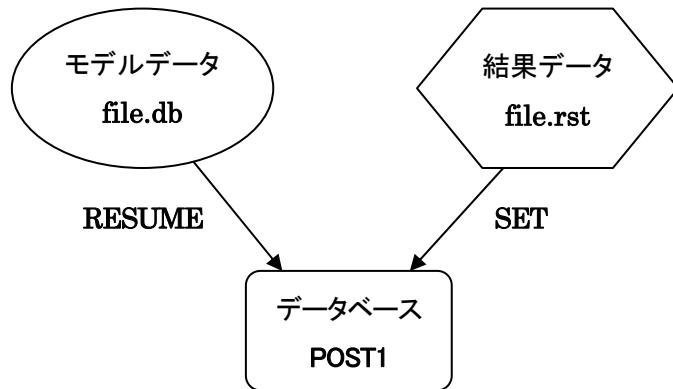


または、SET コマンドを用いて結果セットの読み込みを行う。

**SET , Lstep , SBSTEP**

荷重ステップ番号

サブステップ番号



(補足)

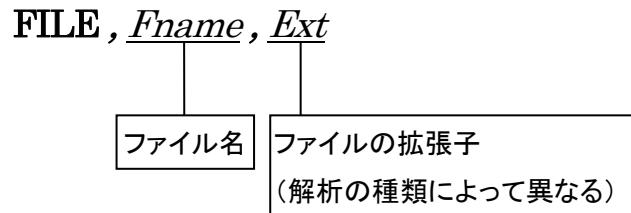
解析から引き続いて結果評価を行う場合には、結果データはデータベースへ読み込み済みである。よって、RESUME も SET も実行する必要はない。

また、解析実行後に ANSYS を一旦終了し、再度 ANSYS を起動して結果の評価を行うような際、ジョブネームと結果ファイルの名前が異なる場合がある。その場合、SET コマンドで結果ファイルから結果データを読み込む以前に、どのファイルが目的の結果ファイルなのかを正しく指定する必要がある。

結果ファイルを指定するには次のようにメニューを操作する。

**メニューの位置** ANSYS メインメニュー : [ 総合ポストプロセッサ ] > [ データ&ファイル ]

または、FILE コマンドで結果ファイルを指定する。



## 第2節 グラフィック表示

解析を実行して得られた結果は、様々な方法で表示する事ができる。そのため、ユーザーは目的に応じたグラフィック表示を行う必要がある。

結果のグラフィック表示を行うには次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合ポストプロセッサ ] > [ 結果- グラフィック ]



ここでは、例題で使用する次の2種類のグラフィック表示について説明する。

- 変形図表示
- コンター表示

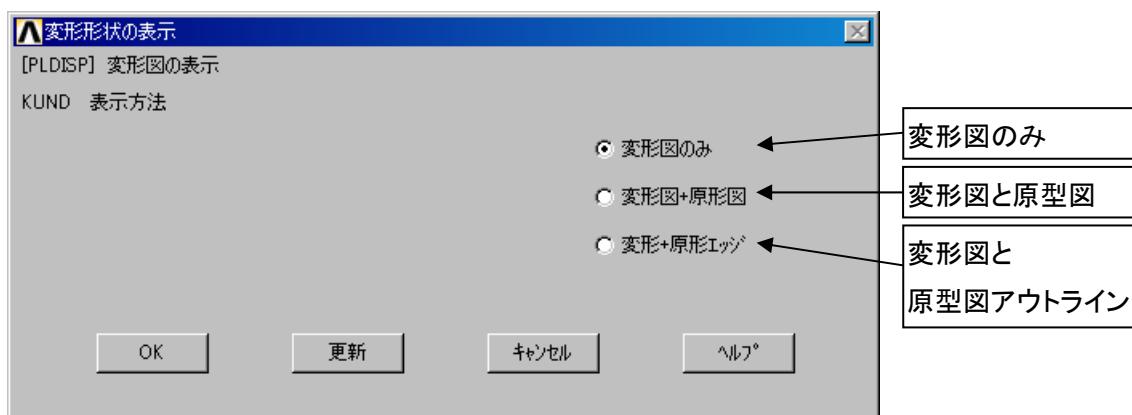
## 第1項 変形図の表示

変形図の表示は、主に構造解析において、与えられた境界条件のもとで変形した形状を確認するために使用される。

変形図を表示するには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合ポストプロセッサ ]

> [ 結果 - グラフィック ] > [ 変形形状 ]



または、PLDISP コマンドを使用する。

PLDISP , *KUND*

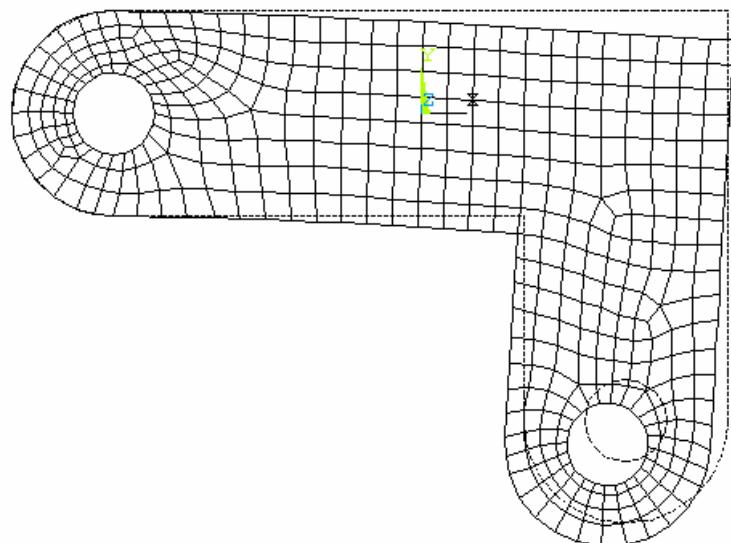
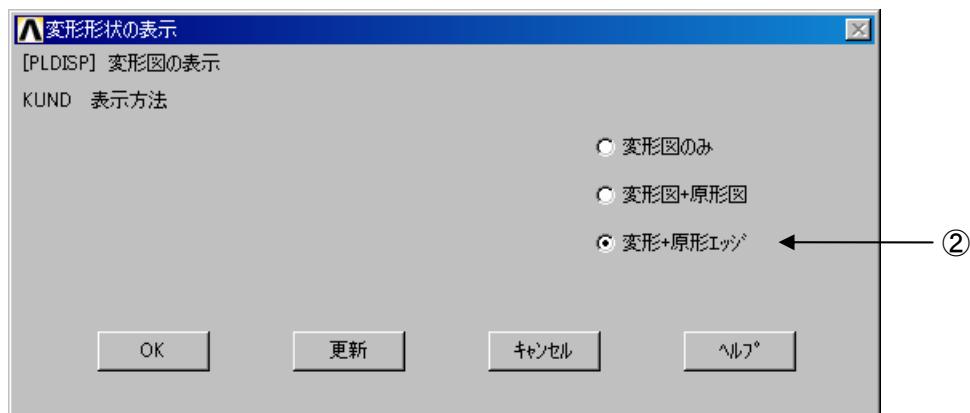
変形図とともに表示する変形前の形状表示についてのキー

0	変形図のみ(デフォルト)
1	変形図と原型図
2	変形図と原型図アウトライン

## Example

### 14. 変形図を表示する

- ① ANSYS メインメニュー : [ 総合ポストプロセッサ ] > [ 結果- グラフィック ] > [ 変形形状 ]
- ② 変形図の表示の際、原型図のアウトラインも表示するために、“変形形状の表示”ダイアログボックスの中から、[ 変形+原型エッジ ] を選択し、[ OK ] をクリックする。



## 第2項 変位スケーリング

ANSYS で変形図を表示する際、デフォルトでは変形の状態がわかりやすいように、変位量は自動的にスケーリングして表示される(倍率表示)。

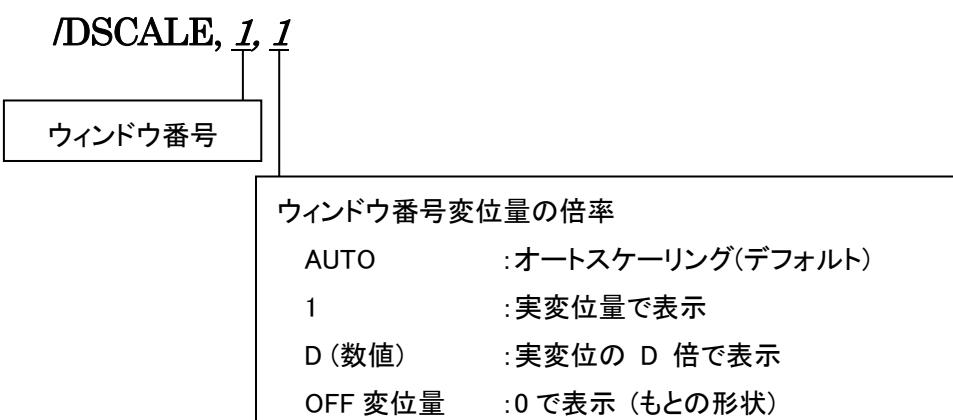
この倍率を変更するには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 表示制御 ] > [ スタイル ] > [ 変位スケーリング ]



自動計算の場合は、最大変位量がモデルの最大長の 5%になるように設定される。

または、**/DSCALE** コマンドを使用する。



例.

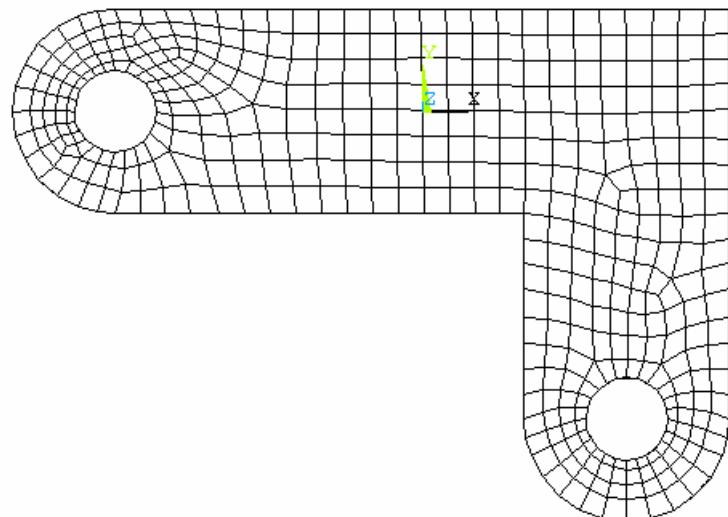
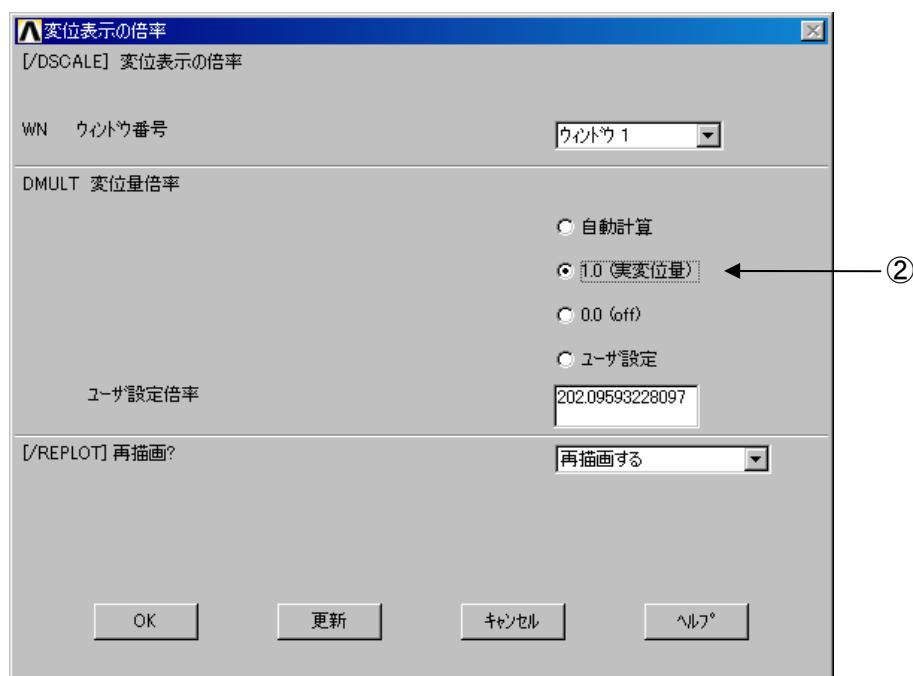
/DSCALE, 1, 200 ! 変位量を実際の 200 倍で表示する

PLDISP, 2

## Example

### 15. 実変位量に基づいた変形図を表示する

- ① ANSYS Utility Menu : [表示制御] > [スタイル] > [変位スケーリング]
- ② “変形表示の倍率”ダイアログボックスの中から、[1.0(実変位量)]にチェックを入れ、[OK]をクリックする。



### 第3項 コンター図の表示

コンター図は、構造解析の応力分布など、モデル全体に対して得られた値の分布状態を視覚的に確認するために用いる。

コンター図を表示するには、次のようにメニューをピックする。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合ポストプロセッサ ] > [ 結果 - グラフィック ]  
> [ コンター表示 ] > [ 節点解 ]



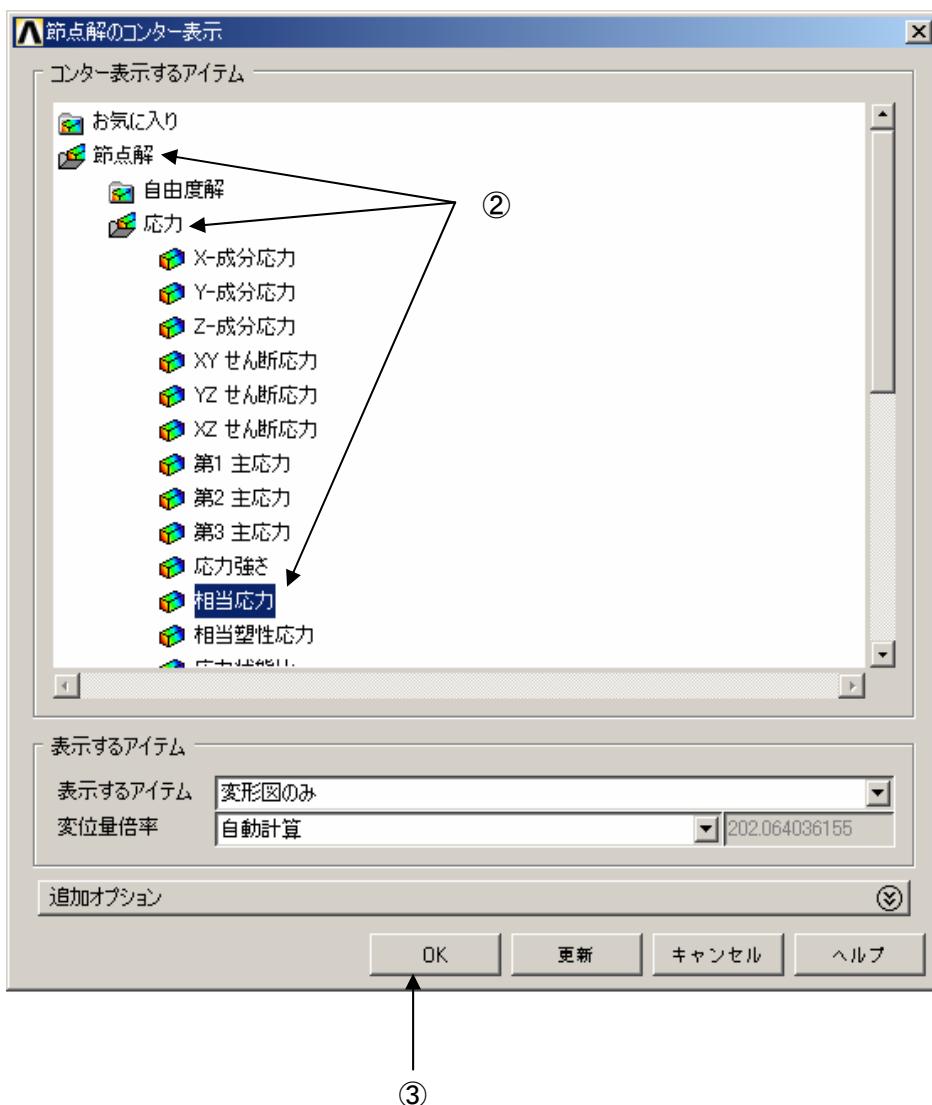
または、PLNSOL コマンドを使用する。

PLNSOL , <u>Item</u> , <u>Comp</u>	
相当応力コンター表示する項目	項目の成分(以下は応力の場合)
S 応力	X,Y,Z 応力、変位の成分
U 変位	XY,YZ,XZ せん断応力の成分
TEMP 温度 等	1,2,3 主応力の成分
	INT 応力強さ(ストレスインテンシティ)
	EQV 相当応力

## Example

### 16. フォンミーゼスの相当応力をコンター表示する

- ① ANSYS メインメニュー : [ 総合ポストプロセッサ ] > [ 結果 - グラフィック ]  
> [ コンター表示 ] > [ 節点解 ]
- ② 相当応力を表示するには、[ 節点解 ] > [ 応力 ] > [ 相当応力 ] を選択する。
- ③ [ OK ] ボタンをクリックする。

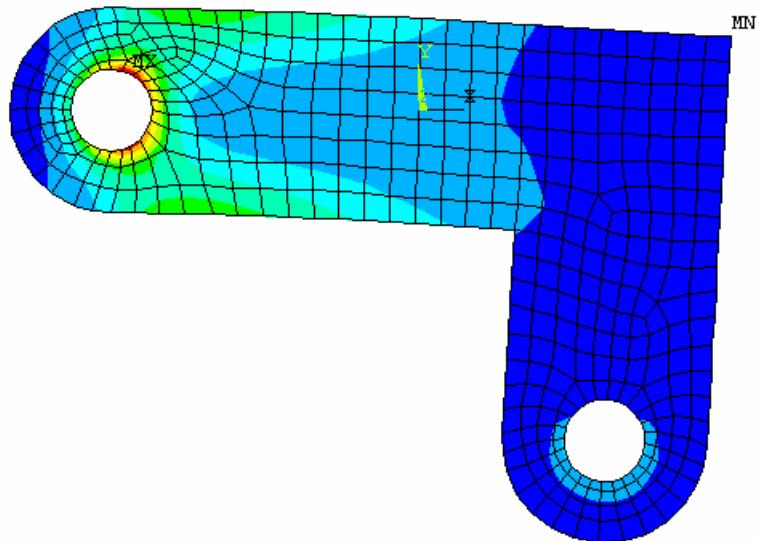
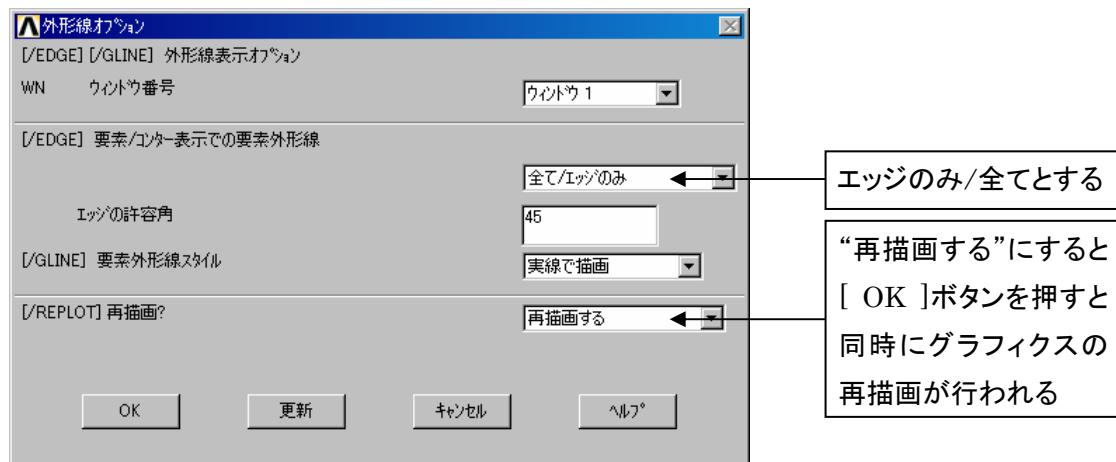


補足：

有限要素モデルの外郭線のみを表示させる（内部にある要素の境界線を消去する）ことをエッジ表示という。非コンター表示（変形図や要素のプロットなど）とコンター表示のどちらかを選択し、エッジ表示をするかしないかの切り替えを行うことができる。

デフォルトでは、非コンター表示で要素境界線を表示し、コンター表示でエッジ表示を行うよう設定されている。これを逆にするには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu:[ 表示制御 ]>[ スタイル ]>[ エッジオプション ]



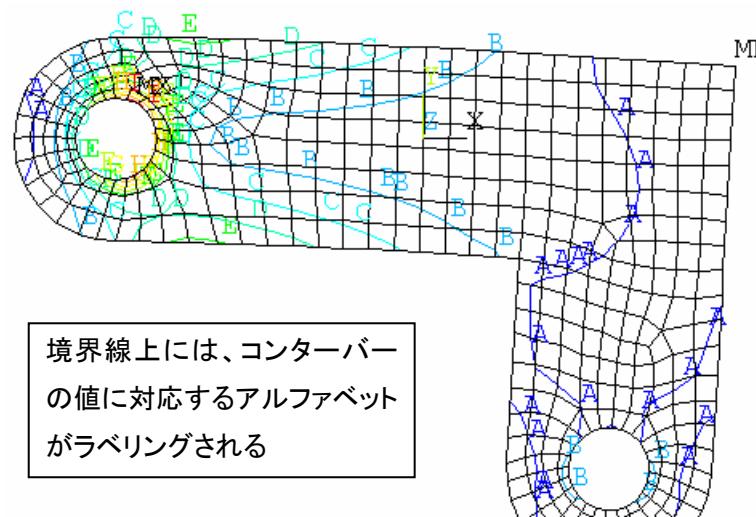
## 第4項 その他のコンター表示

コンター表示には、様々な表示方法がある。第3項で表示したコンターをスタンダードコンター(標準表示)という。

ここでは等高線表示と等高面表示について説明する。

### ● 等高線表示

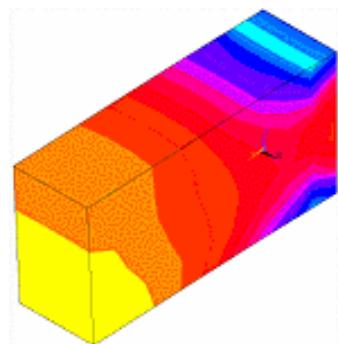
メニューの位置 ANSYS Utility Menu:[ 表示制御 ]>[ デバイスオプション ]



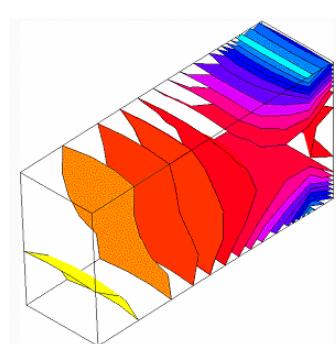
A=.174E+07 C=.868E+07 E=.156E+08 G=.226E+08 I=.295E+08  
B=.521E+07 D=.121E+08 F=.191E+08 H=.260E+08

## ● 等高面表示

メニューの位置 ANSYS Utility Menu:[ 表示制御 ]>[ スタイル ]  
>[ コンター ]>[ スタイル ]



標準表示



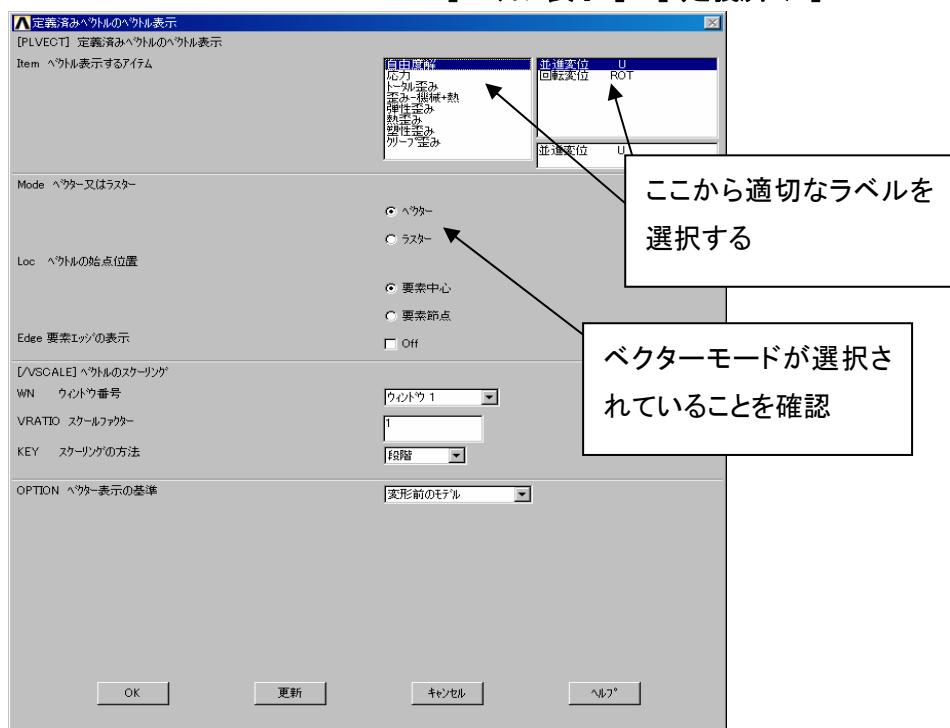
等高面表示

## 第5項 ベクトル表示

変位や主応力等をベクトル図で表示することができる。すなわち、大きさと方向を視覚的に確認できる。

次のように、メニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合ポストプロセッサ ]>[ 結果 - グラフィック ]>[ ベクトル表示 ]>[ 定義済み ]



ベクトルで表示できる項目の代表的なものとしては、構造解析の変位、主応力、熱解析の温度勾配、磁場解析の磁束密度、等がある。

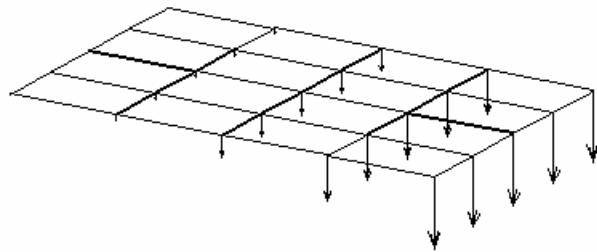
または、以下のコマンドを使用する。

### PLVECT, Item

U	: 変位
S	: 主応力
TG	: 温度勾配
B	: 磁束密度
etc...	

ベクトル表示の例を示す。

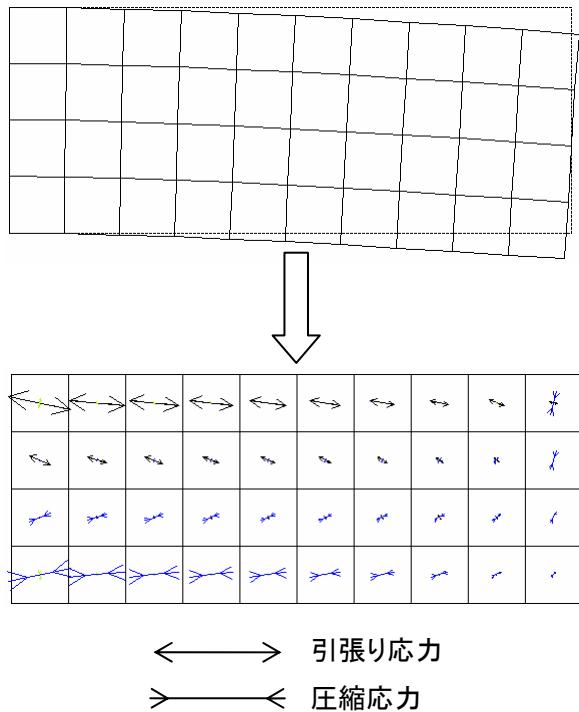
- 節点変位の表示



図中の矢印は、節点の移動方向と移動量を表す。

- 主応力の表示

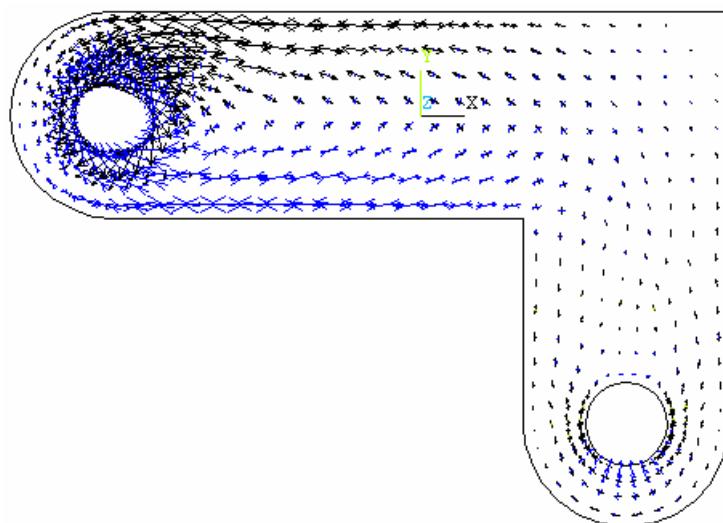
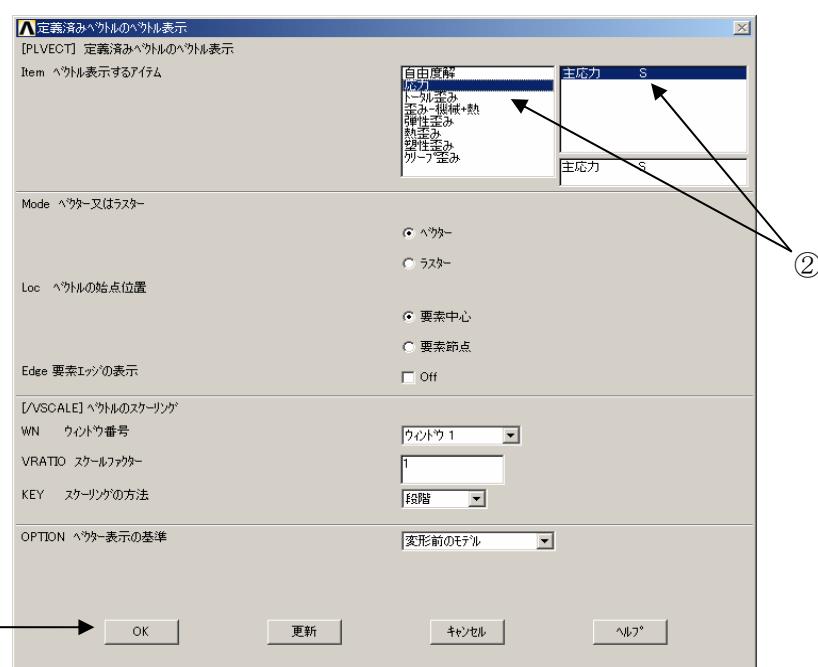
右図のような構造解析の問題について、  
主応力のベクトル表示を下図に示す。



# Example

## 17. 主応力のベクトル表示をする

- ① ANSYS メインメニュー : [ 総合ポストプロセッサ ] > [ 結果 - グラフィック ]  
> [ ベクトル表示 ] > [ 定義済み ]
- ② 左のウィンドウから [ 応力 ] を選ぶと右のウィンドウに [ 主応力 S ] が表示される。
- ③ [ OK ] ボタンをクリックする。



## 第6項 反力の表示

結果のグラフィック表示に反力のシンボルを加えることができる。

次のように、メニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu:[ 表示制御 ] > [ シンボル表示 ]



## 第3節 リスト表示

解析を実行して得られた結果データは、全てテーブル形式でリスト表示することができる。リスト表示できる結果データとして、反力データ、節点データ、要素データ等がある。結果のリスト表示を行うには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合ポストプロセッサ ] > [ 結果一リスト ]

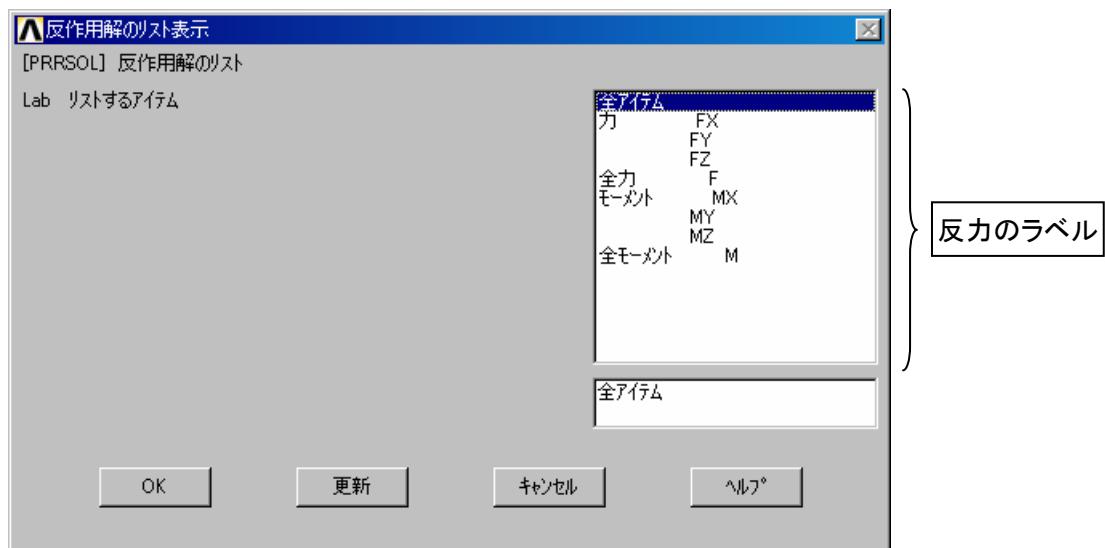


## 第1項 反力データのリスト表示

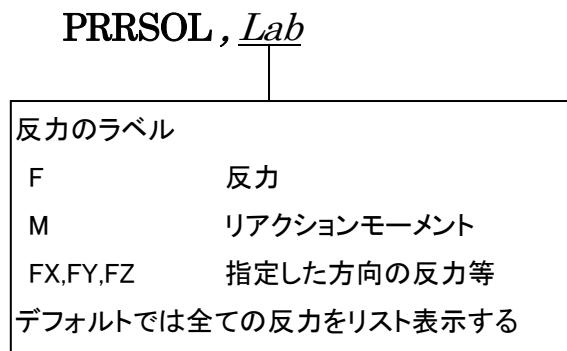
反力をリスト出力すると、各節点における反力の値がリスト表示される。

次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合ポストプロセッサ ] > [ 結果- リスト ] > [ 反作用解 ]



または、PRRSOL コマンドを使用する。



## 第2項 節点データのリスト表示

次のように、メニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合ポストプロセッサ ]>[ 結果 - リスト ]>[ 節点解... ]



または、次のコマンドを使用する。

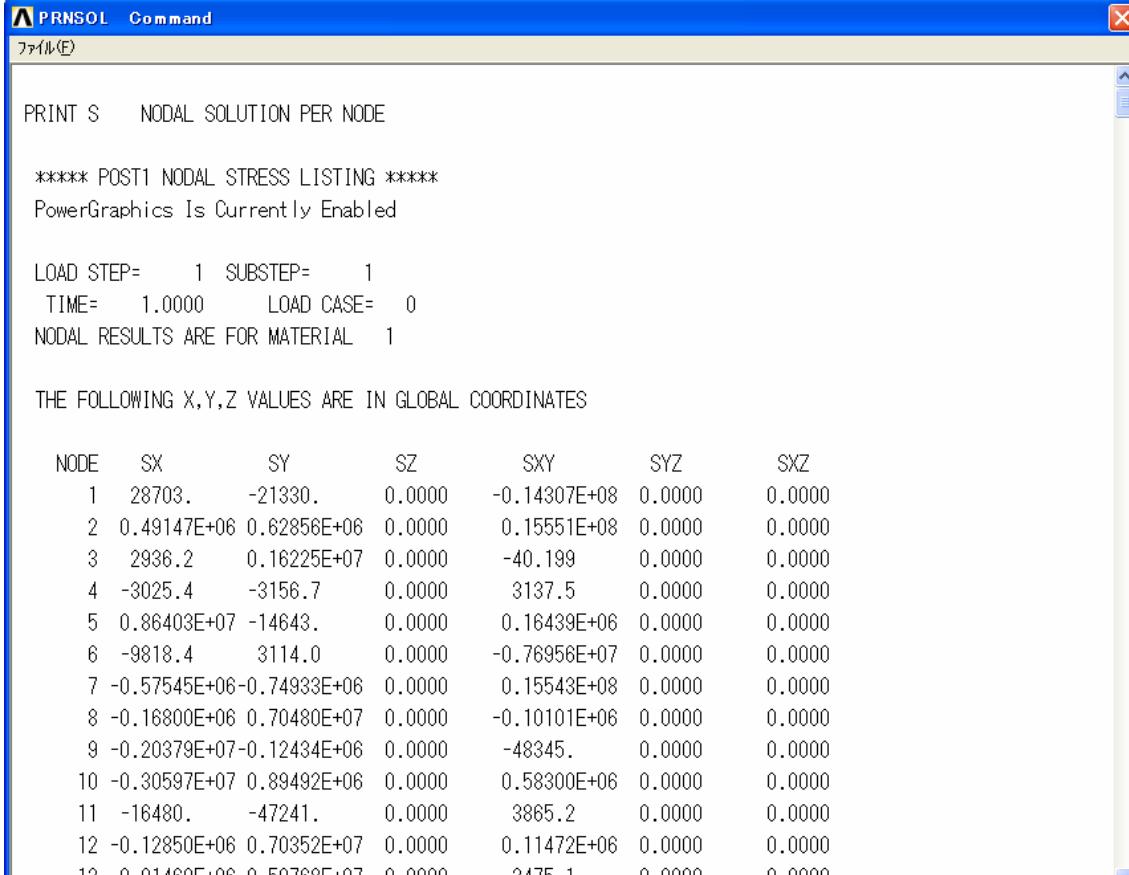
PRNSOL, Item, COMP

リスト表示する項目とその成分

Item	COMP
U	X,Y,Z : 各方向の変位量
S	COMP : 軸応力
	PRIN : 主応力
TEMP	: 温度
B	: 磁束密度
etc...	

## 例.

応力の各方向成分のリスト表示



PRNSOL Command

ファイル(E)

```
PRINT S NODAL SOLUTION PER NODE

***** POST1 NODAL STRESS LISTING *****
PowerGraphics Is Currently Enabled

LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0
NODAL RESULTS ARE FOR MATERIAL 1

THE FOLLOWING X,Y,Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES

NODE SX SY SZ SXY SYZ SXZ
 1 28703. -21330. 0.0000 -0.14307E+08 0.0000 0.0000
 2 0.49147E+06 0.62856E+06 0.0000 0.15551E+08 0.0000 0.0000
 3 2936.2 0.16225E+07 0.0000 -40.199 0.0000 0.0000
 4 -3025.4 -3156.7 0.0000 3137.5 0.0000 0.0000
 5 0.86403E+07 -14643. 0.0000 0.16439E+06 0.0000 0.0000
 6 -9818.4 3114.0 0.0000 -0.76956E+07 0.0000 0.0000
 7 -0.57545E+06 -0.74933E+06 0.0000 0.15543E+08 0.0000 0.0000
 8 -0.16800E+06 0.70480E+07 0.0000 -0.10101E+06 0.0000 0.0000
 9 -0.20379E+07 -0.12434E+06 0.0000 -48345. 0.0000 0.0000
10 -0.30597E+07 0.89492E+06 0.0000 0.58300E+06 0.0000 0.0000
11 -16480. -47241. 0.0000 3865.2 0.0000 0.0000
12 -0.12850E+06 0.70352E+07 0.0000 0.11472E+06 0.0000 0.0000
13 -0.91460E+06 -0.50768E+07 0.0000 -3475.1 0.0000 0.0000
```

### 第3項 要素データのリスト表示

次のように、メニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [総合ポストプロセッサ] > [結果 - リスト] > [要素解...]



または、次のコマンドを使用する。

PRESOL, Item

リスト表示する項目

S	軸応力
TF	熱流束
B	磁束密度
etc...	

## 例.

応力の各方向成分のリスト表示

```
A PRESOL Command
ファイル(E)
PRINT S ELEMENT SOLUTION PER ELEMENT

***** POST1 ELEMENT NODAL STRESS LISTING *****

LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0

THE FOLLOWING X,Y,Z VALUES ARE IN GLOBAL COORDINATES

ELEMENT= 1 PLANE183
NODE SX SY SZ SXY SYZ SXZ
1219 -0.41025E+06 0.16738E+07 0.0000 -0.10033E+06 0.0000 0.0000
1263 -0.57875E+06 0.17865E+07 0.0000 -0.21500E+06 0.0000 0.0000
1262 -0.44384E+06 0.22223E+07 0.0000 0.34054E+06 0.0000 0.0000
1196 -0.21061E+06 0.18613E+07 0.0000 0.32348E+06 0.0000 0.0000

ELEMENT= 2 PLANE183
NODE SX SY SZ SXY SYZ SXZ
1196 -0.24620E+06 0.18135E+07 0.0000 0.35315E+06 0.0000 0.0000
1262 -0.41688E+06 0.22235E+07 0.0000 0.31988E+06 0.0000 0.0000
1261 81574. 0.21862E+07 0.0000 0.63315E+06 0.0000 0.0000
1200 34031. 0.14915E+07 0.0000 0.54573E+06 0.0000 0.0000

ELEMENT= 3 PLANE183
```

## 第4節 本章のまとめ

- 総合ポストプロセッサ (POST1) は、解析結果を表示するために使用する。
- 解析結果の表示を行うには、データベースにモデルデータと結果データの両方が必要である。
- モデルデータの読み込みには **RESUME** コマンドを、結果ファイルから結果データを読み込むには **SET** コマンドを使用する。
- 結果の出力には“グラフィック表示”と“リスト出力”がある。ユーザーは結果評価のために、目的に応じた出力方法を選択する必要がある。
- 変形図は、与えられた境界条件のもとで変形した形状を確認するために使用する。
- コンター図は、値の分布状態を視覚的に確認するために使用する。
- ベクトル図は、方向性をもった結果値を視覚的に確認するために使用する。
- “エッジ表示”の On/Off を切り換えることができる。
- リスト出を行うことで、節点、要素ごとの詳細な結果を確認できる。



## 第5章 ソリッドモデルの作成



## 第1節 本章の概要

第2章では、“ソリッドモデルの作成”と“要素分割”について基礎的なことを学んだ。この章では、主として“ソリッドモデルの作成”について、選択や座標系といった関連項目を含めながらより理解を深めていく。

本章で解説されている項目は以下の通りである。

- エンティティの選択機能
- 各種の座標系
- プリミティブによるボリュームの定義
- CAD データのインポート
- ブーリアン演算

## 第2節 エンティティの選択機能

第2章から第4章を通して ANSYS の基本的な解析作業の方法を説明したが、これまでの方法では、ボリューム、エリア、あるいは要素といった、個々のエンティティそれぞれ1つに対し、ソリッドモデリングや境界条件などの操作コマンドを実行した。だがこの方法は対象となるエンティティの数が多い場合には、個々のエンティティについてそれぞれ操作を行なう必要があり、操作が繁雑になり非常に面倒で適切な方法ではない。

このような場合には、あらかじめ対象となるエンティティを選択しておき、選択したエンティティ全てに対して一度に目的の操作を実行するとよい。

複数選択できるエンティティは以下のものである。

### **キーポイント、ライン、エリア、ボリューム、節点、要素**

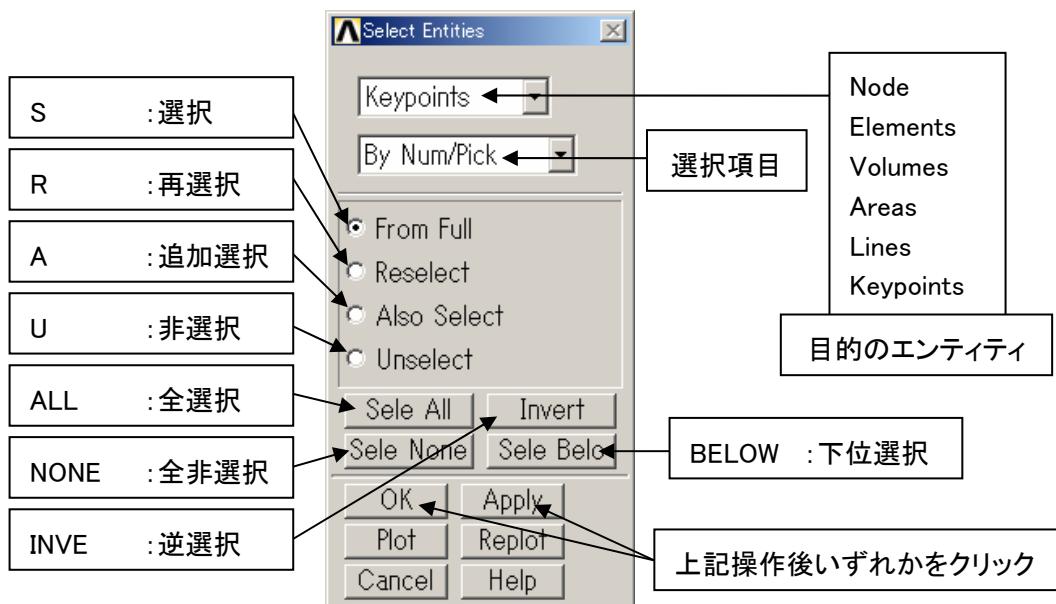
ここでは、種々のエンティティを選択する操作方法について説明する。

## 第1項 Select Entities ダイアログボックス

選択とは、全モデルの中から部分的に必要なエンティティをアクティブにすることである。これには以下のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 選択 ] > [ エンティティ ... ]

上記メニューを操作すると、次に示すダイアログボックスが現れる。これに指示を与えて選択を行なう。

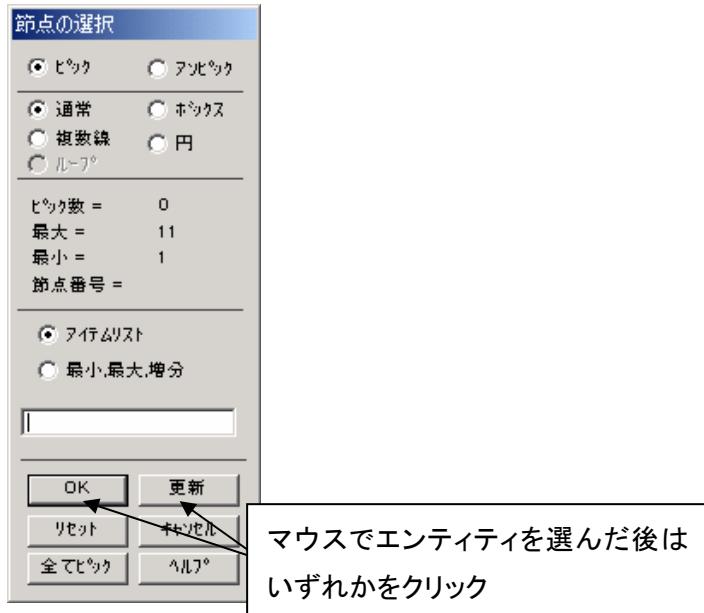


まず選択したいエンティティをダイアログボックス内の1番上のメニューから指定する。次にどのような項目を利用して目的のエンティティを選択するかをダイアログボックス内の2番目のメニューから指定する。

<b>By Num/Pick</b>	: エンティティ番号、もしくはマウスのピッキングによる選択
<b>Attached to</b>	: 関連している他エンティティからの選択
<b>By Location</b>	: 座標値に基づく選択
<b>By Attributes</b>	: 属性による選択 (材料、要素、リアルコンスタント、要素座標系)
<b>Exterior</b>	: 外縁部にある節点やキーポイントの選択
<b>By Results</b>	: 解析結果に基づく節点や要素の選択

選択項目にデフォルトの “By Num/Pick” を選択して [ OK ] または [ Apply ] をクリックした場合は、次のようなピックメニューが表示される。

次にグラフィカル・ピッキングにより、マウスで必要なエンティティを選択する。

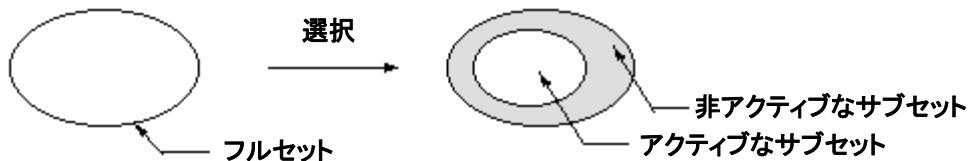


次に各種の選択のタイプについて示す。

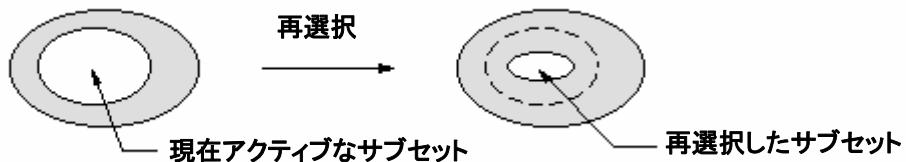
選択されたエンティティを「アクティブなサブセット」、または単に「サブセット」という。これに対して元のエンティティを「フルセット」、または「オリジナルセット」という。また、選択されていないエンティティを「非アクティブなサブセット」という。

次に示すように、種々の方法でサブセットを選択する。

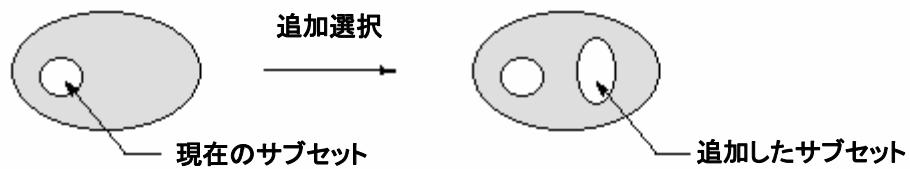
- 選択—フルセットからサブセットを選択する。



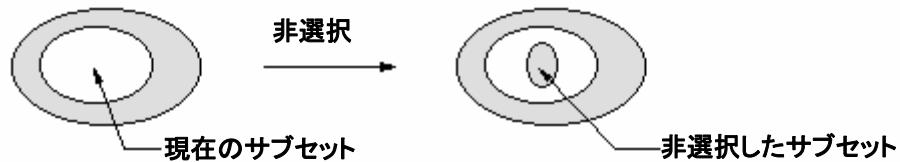
- 再選択—現在のサブセットの中から、さらにサブセットを選択する。



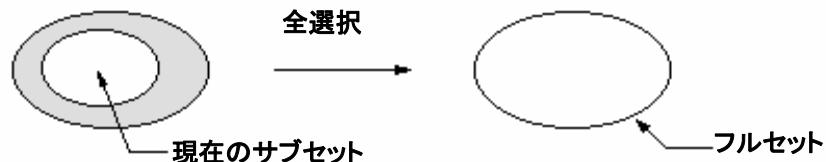
- ・ **追加選択**—現在のサブセットにフルセットの一部を追加する。



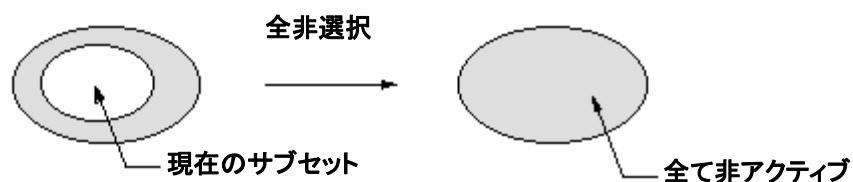
- ・ **非選択**—現在のサブセットの一部を取り除く（非選択の状態にする）。



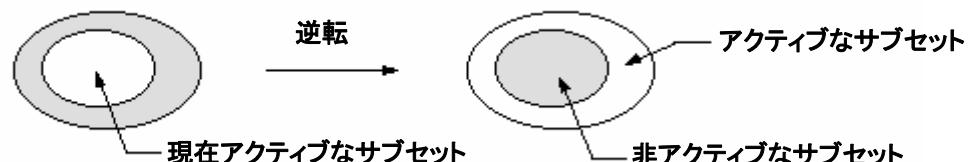
- ・ **全選択**—フルセットに戻す（選択を解除する）。



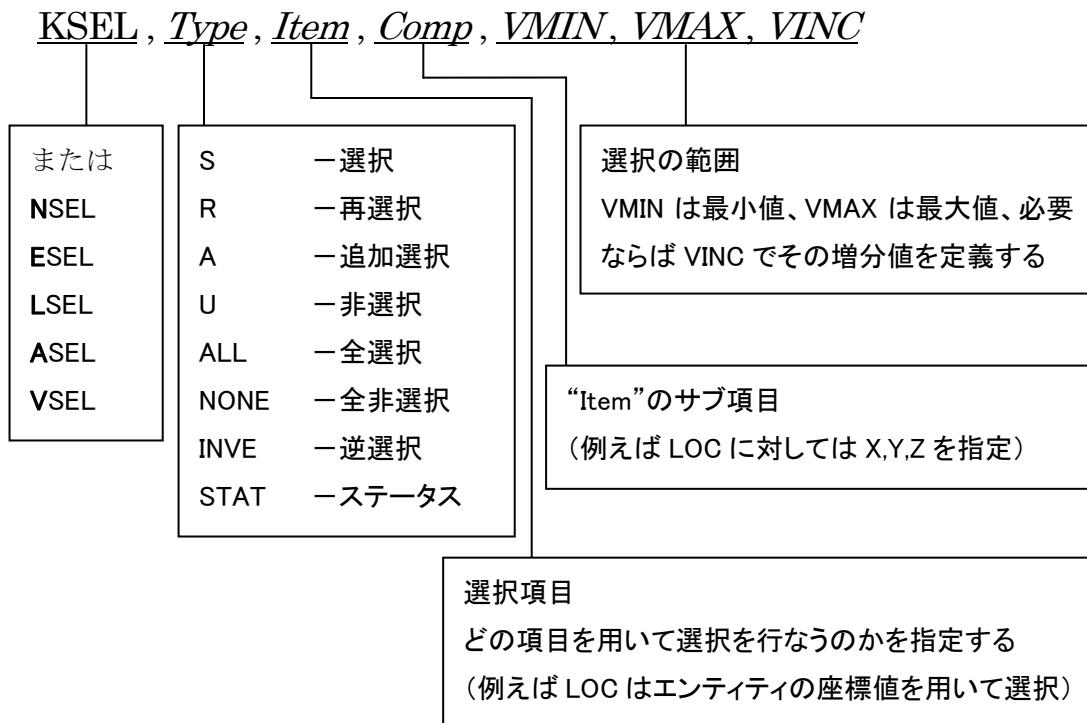
- ・ **全非選択**—フルセットを非アクティブにする（全選択の逆）。



- ・ **逆転**—アクティブと非アクティブを逆転する。



コマンドによる選択方法を以下に示す。



KSEL, Type, Item, Comp, VMIN, VMAX, VINC

<u>Item</u>	<u>Component</u>	
KP		キーポイント番号
P		マウスでピックする
LOC	X,Y,Z	現在アクティブな座標系の X,Y,Z 座標値
EXT		アクティブなモデルの端点上のエンティティ
MAT		材料特性番号
TYPE		要素タイプ番号
REAL		リアルコンスタント番号
ESYS		要素座標系番号

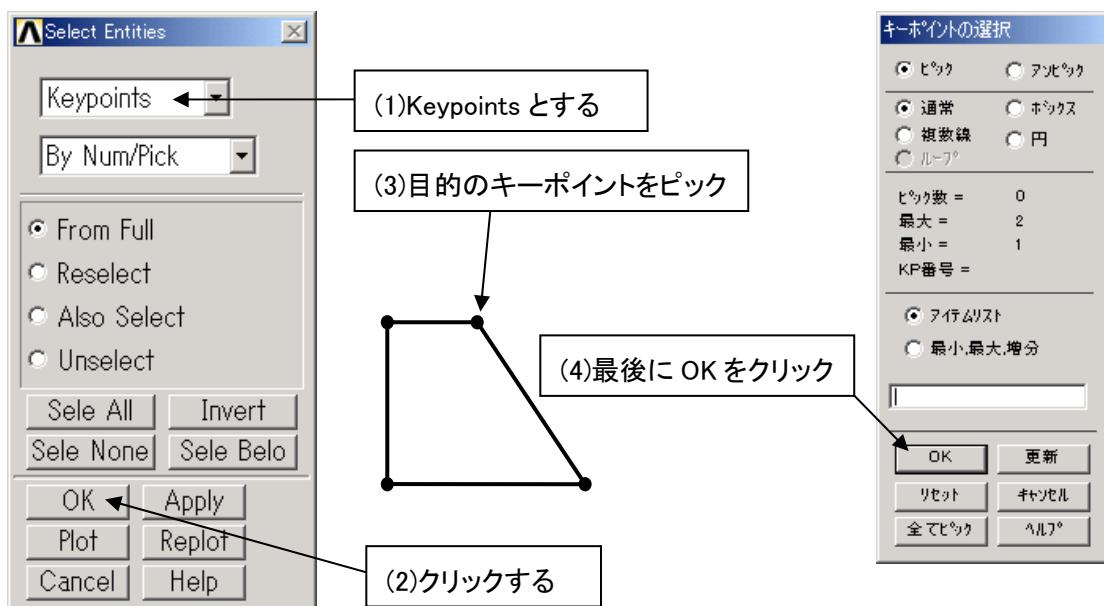
## 第2項 選択操作の例

以降、様々な選択項目を利用した具体的な操作例を示す。

### マウスピックによる選択

マウスで対象エンティティを選択する方法である。目的のエンティティが少量で、かつマウスによるピッキングが容易な状況ならば効率的な作業が行える。項目内容は“By Num/Pick”とする。

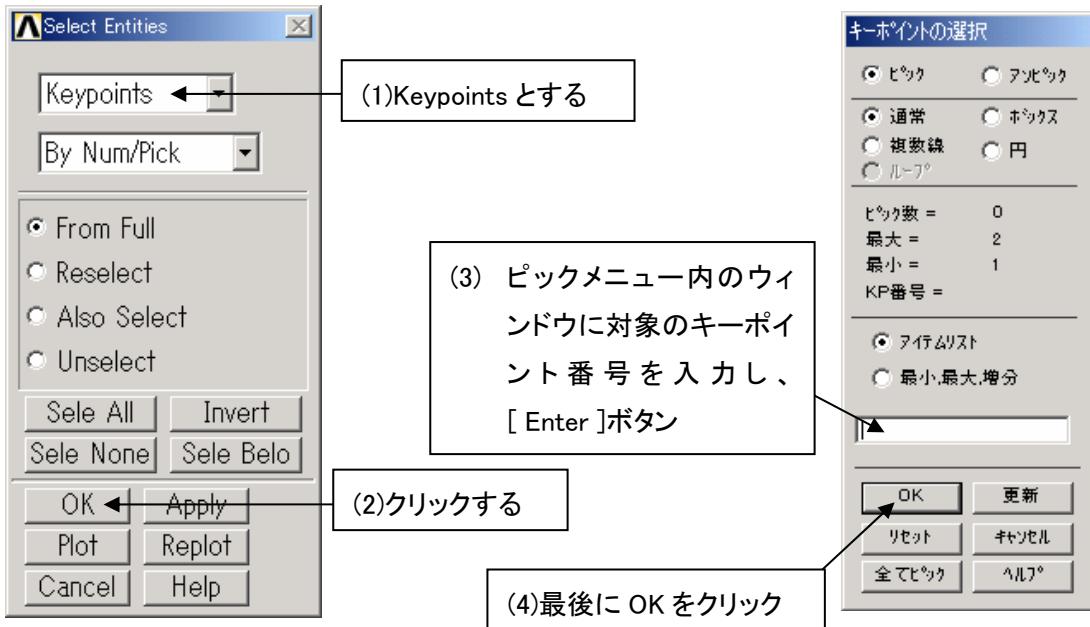
ここでは、例としてキーポイントに対して操作を行なう。



### エンティティ番号による選択

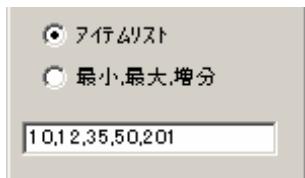
エンティティの参照番号で対象エンティティを選択する。目的のエンティティの参照番号が既知である場合に効率的な作業が行える。項目内容は“By Num/Pick”とする。

ここでは、例としてキーポイントに対して操作を行なう。



ピックメニューへの数値の入力には2通りの方法がある。

- アイテムリスト



目的のエンティティ番号をカンマ区切りで個々に入力する。左の入力例の場合、選択されるエンティティは 10、12、35、50、201 番の 5 つとなる

- 最小、最大、増分



目的のエンティティ番号を最小、最大、増分番号で指定する。左の入力例の場合、選択されるエンティティは 30、33、36、39 番の 4 つとなる

### コマンドによる番号選択の例 :

**KSEL, S, KP,, 10, 20** ! キーポイント 10～20 番を選択

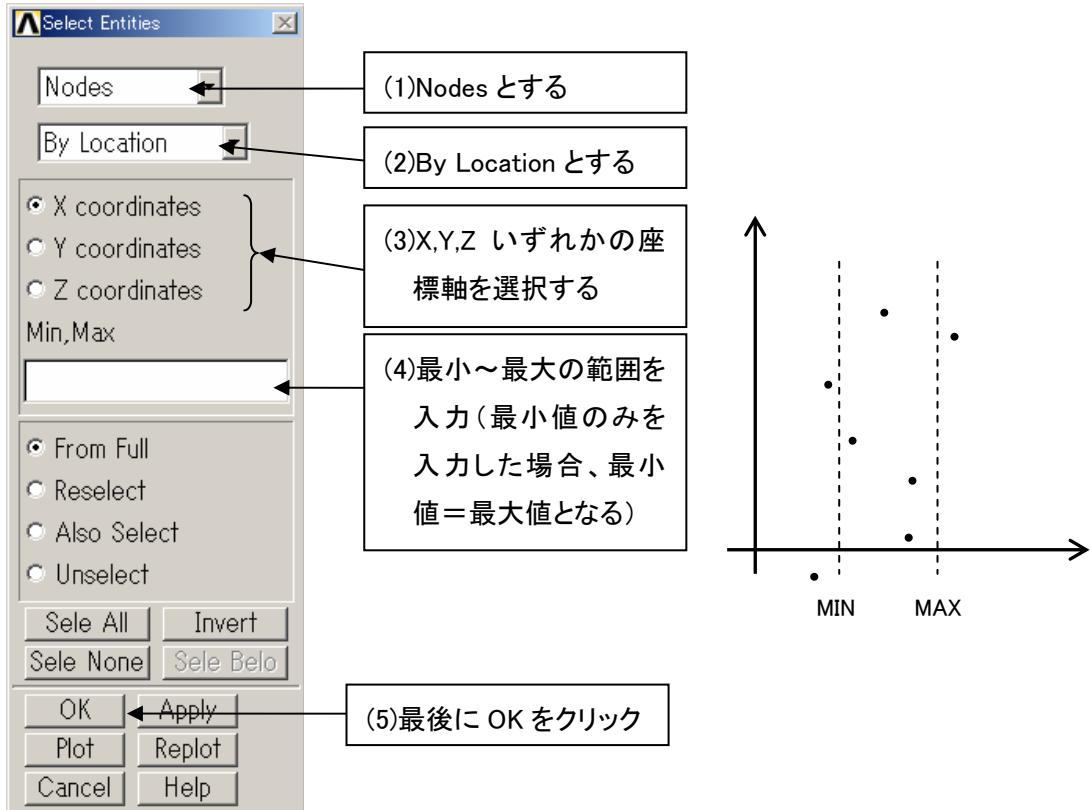
**KSEL, S, KP,, 30, 40, 3** ! キーポイント 30,33,36,39 番を選択  
(30～40 の間で 3 ずつ増分)

**LSEL** コマンドでは *LINE*、また **NSEL** コマンドでは *NODE*、**ESEL** コマンドでは *ELEM* といったように、選択されるエンティティが *Item* ラベルに入力される。選択範囲が *VMIN* から *VMAX* の間で、番号が規則的な増分である場合は **VINC** を使用する。

## 座標値による選択

エンティティの座標値で対象エンティティを選択する。複雑かつ大規模なモデルに対しても、ユーザーの意図するところを確実に反映できる方法である。項目内容は“By Location”とする。

ここでは例として、節点に対して操作を行なう。



### コマンドによる座標選択の例：

**NSEL, S, LOC, X, -10, 20** ! X = -10 ~ 20 の範囲にある節点を選択

**NSEL, S, LOC, X, 5** ! X = 5 上にある節点を選択

2行目の例の場合、厳密にはX = 5 上の節点だけでなく、許容範囲として、 $5 \pm (5 \times 0.005)$  が含まれる。ただし、ソリッドモデルのラインはNURBSで表現されているので、この範囲からわずかではあるがずれている場合がある。そのような場合は、VMIN, VMAXの両方の引数を利用し、

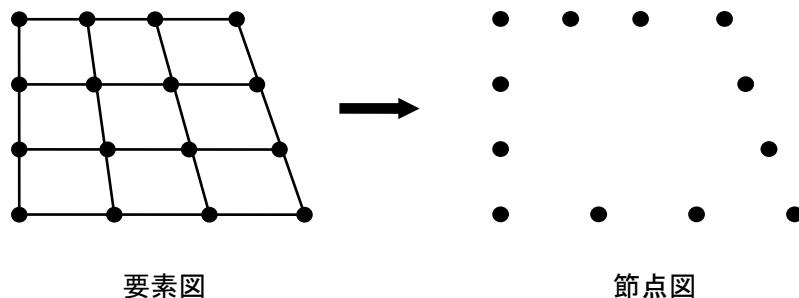
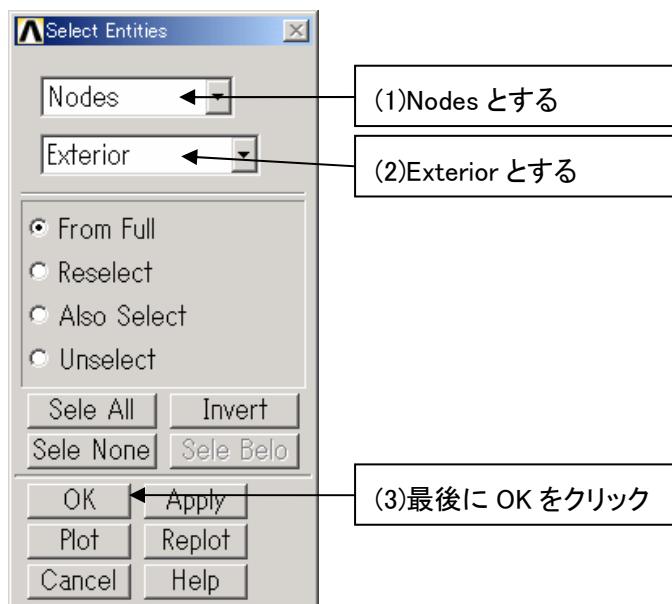
**NSEL, S, LOC, X, 4.9, 5.1** ! X = 4.9 ~ 5.1 の範囲にある節点を選択

とすることが望ましい。

## 外縁部のエンティティの選択

モデルの外縁部にあるエンティティを選択する。多くの境界条件はモデル外縁部(外表面)に負荷されるケースが多く、そのような場合に有効である。項目内容は“Exterior”とする。

ここでは例として、節点に対して操作を行なう。



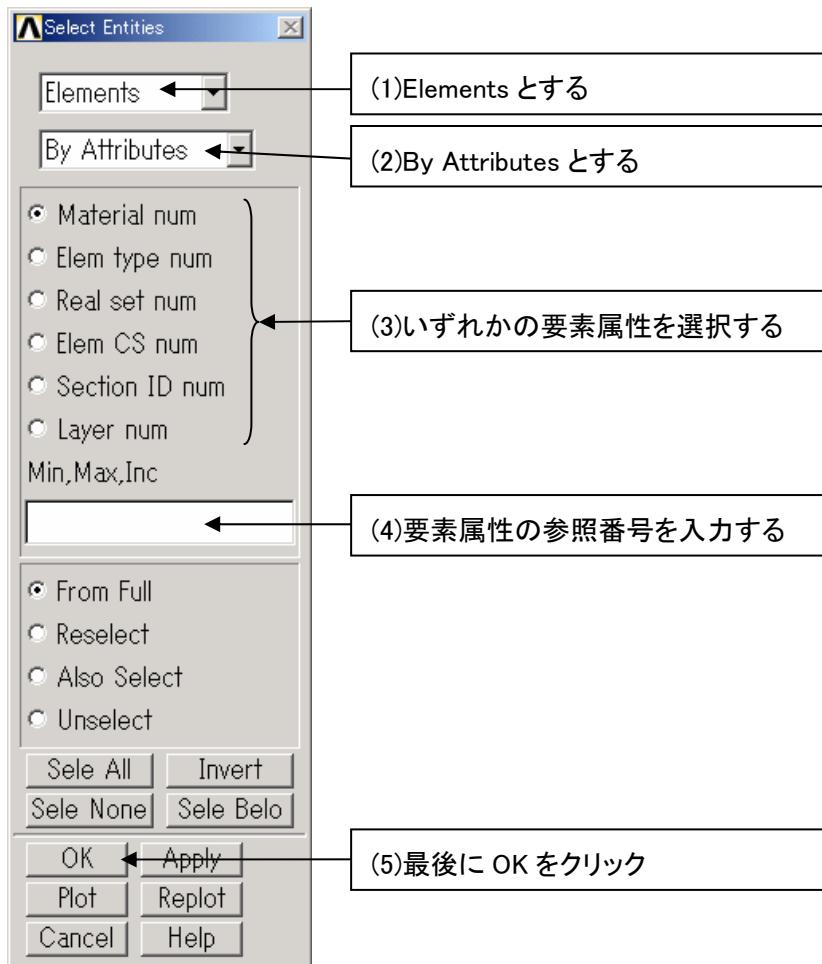
#### コマンドによる外縁部選択の例：

NSEL, S, EXT

## 属性による選択

エンティティに割り当てられている要素属性で、対象エンティティを選択する。多くの材料特性が混在するような問題で、それらの特性毎にエンティティを選別したいような場合に有効である。項目内容は“By Attributes”とする。

ここでは例として、要素に対して操作を行なう。



## コマンドによる属性選択の例 :

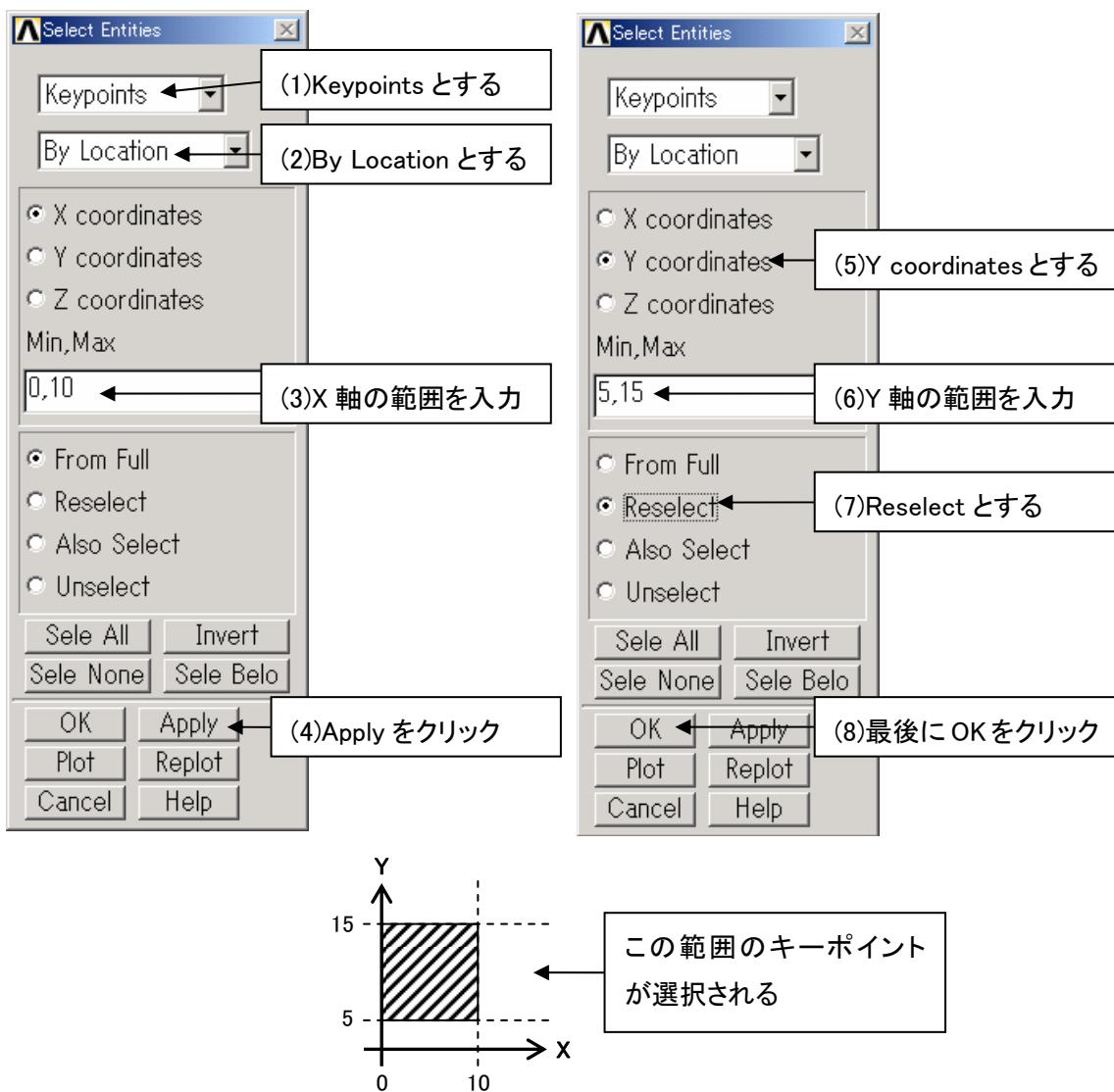
**ESEL, S, MAT, , 3** ! 材料特性番号 3 番の要素を選択

材料特性ならば *MAT*、要素タイプならば *TYPE*、リアルコンスタントならば *REAL*、要素座標系ならば *ESYS* といったように、選択する属性が *Item* ラベルに入力される。

## 再選択

再選択とは、すでに選択されたエンティティに対して、さらに選択を行なう操作である。選択のための条件が複雑で、1回の操作では目的のエンティティを選択することが出来ないような場合、再選択を繰り返すことで目的のエンティティ群を絞り込んでゆく。

ここでは例として、キーポイントに対する座標選択を行なう。まず、X軸について  $X = 0 \sim 10$  の範囲にあるキーポイントを選択した後、Y軸について  $Y = 5 \sim 15$  の範囲にあるキーポイントを再選択する。



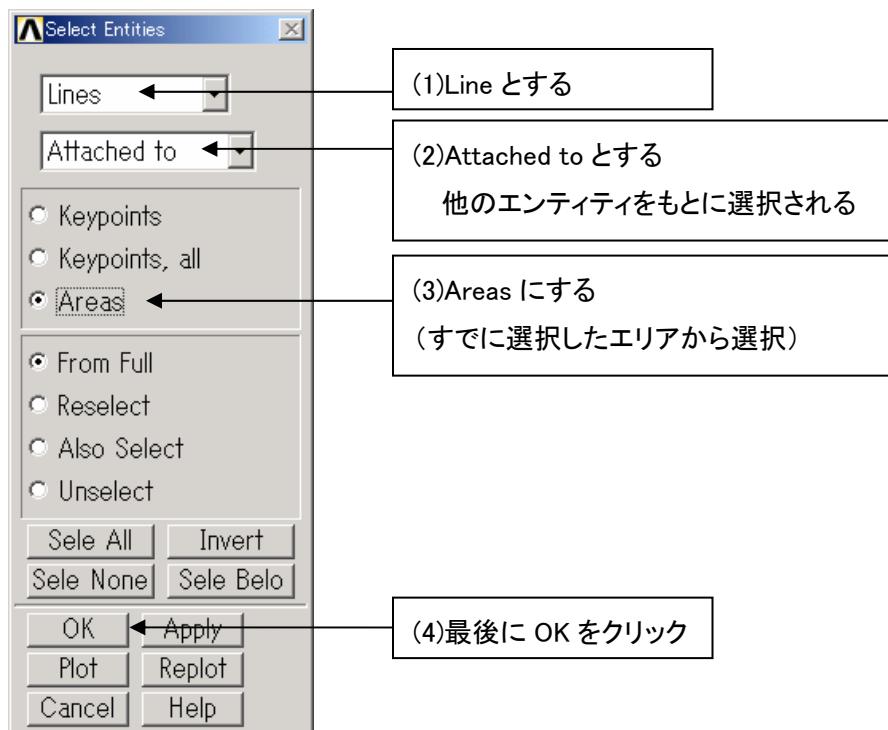
コマンドによる再選択の例：

```
KSEL, S, LOC, X, 0, 10  
KSEL, R, LOC, Y, 5, 15
```

## クロスオーバーコマンド

あるエンティティを選択する場合、クロスオーバーコマンドを用いれば、現在アクティブなエンティティとは別のエンティティから選択することができる。これを利用し、あるボリューム内に存在している要素群を選択する、といったことが可能になる。

ここでは例として、エリアを選択した後、そのエリアを構成しているラインを選択する。



### コマンドによるクロスオーバーの例 :

LSLA, S  
↓  
Line      Select      Area

#### 例1.

<b>VSEL, S, VOLU,, 4</b>	! ボリューム番号 4 番を選択
<b>ESLV, S</b>	! 選択されたボリュームに含まれる要素を選択
<b>NSLV, S</b>	! 選択された要素に含まれる節点を選択
<b>PLNSOL, S, EQV</b>	! 相当応力分布（節点解）の表示

#### 例2.

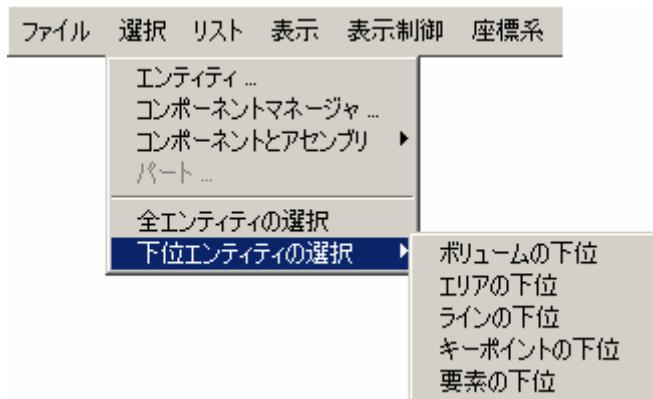
<b>ASEL, S, AREA,, 3</b>	! エリア 3 番を選択
<b>NSLA, S, 1</b>	! 選択されたエリアに含まれる節点を選択。

選択コマンドとクロスオーバーコマンドについてまとめると以下のようになる。

エンティティ	基本選択コマンド	クロスオーバーコマンド
節点 (Node)	NSEL	NSLE , NSLK , NSLL , NSLA , NSLV
要素 (Element)	ESEL	ESLN , ESLL , ESLA , ESLV
キーポイント (Keypoint)	KSEL	KSLN , KSLL
ライン (Line)	LSEL	LSLA , LSLK
エリア (Area)	ASEL	ASLL , ASLV
ボリューム (Volume)	VSEL	VSLA

クロスオーバーコマンドを使用するかわりに、以下のメニューを使用することによって、ある選択されたエンティティの下位のエンティティを選択することができる。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 選択 ] > [ 下位エンティティの選択 ] > [ … ]



例えば、ボリュームを選択した後、そのボリュームを構成する全ての下位エンティティを選択するには、上のメニューパスから “ボリュームの下位” をピックする。

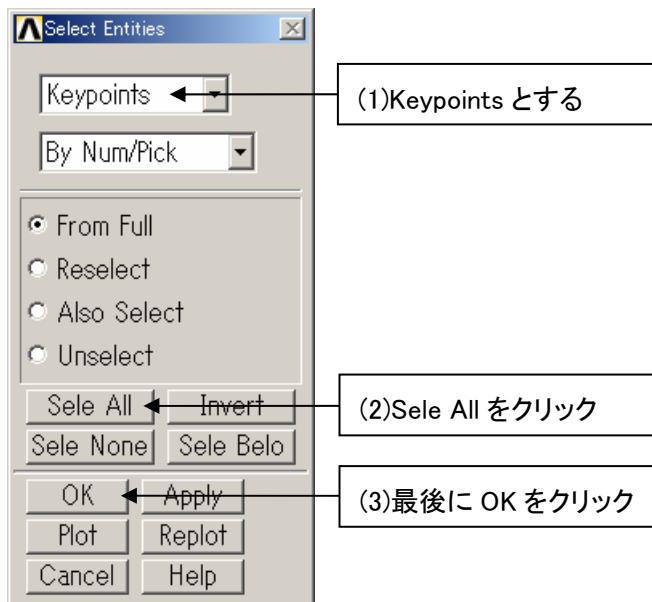
コマンドによる下位選択の例 :

**ALLSEL, BELOW, VOLU** ! ボリュームの下位エンティティを選択

## 第3項 選択の解除

選択コマンドを使用して種々の設定を行なった後は、選択を解除しなくてはならない。フルセットをアクティブな状態に戻さなければ、非アクティブなエンティティに条件を定義することができないことに注意する必要がある。

ここでは例として、キーポイントに対する操作を行なう。

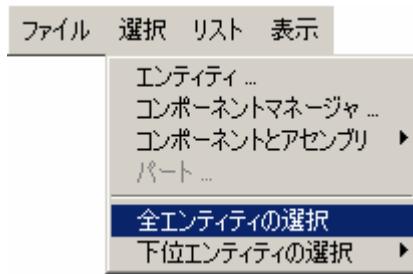


コマンドによる選択解除の例：

**KSEL, ALL**

あるいは、存在する全エンティティをアクティブにすることで、選択の解除を行なう。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 選択 ] > [ 全エンティティの選択 ]



コマンドによる全エンティティの選択の例：

**ALLSEL**

### 第3節 各種の座標系

直交(X,Y,Z)、円筒(R,  $\theta$ , Z)、球(R,  $\theta$ ,  $\phi$ )等の座標系を用いると、複雑な幾何形状や境界条件などの定義を簡単に行うことができる。また、ANSYSは“色々なタイプの座標系を使い分ける”という考え方を拡張して、解析結果の評価に利用することもできる。また座標系のタイプや原点の位置、向きなどの設定もユーザーが自由に決めることができる。

	直交	円筒	球	トロイダル
全体	○	○	○	×
局所	○	○	○	○
ワーキングプレーン	○	○	×	×
ディスプレイ	○	○	○	○
節点	○	×	×	×
要素	○	×	×	×
リザルト	○	○	○	○

- モデルの位置、形状の設定 ..... 全体、局所、ワーキングプレーン
- モデルの位置のリスト表示 ..... ディスプレイ
- 入力データと出力データの橋渡し ..... 節点、要素
- 結果データの座標変換 ..... リザルト

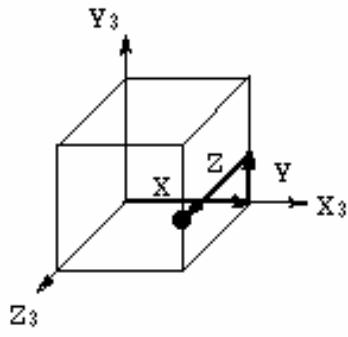
上の表は、ANSYSの中で設定されている座標系に対して、どのタイプの座標系が使えるのかを表している。

次頁より、はじめに各種の座標系に共通な座標系の“タイプ”について学んだ後で、各座標系の特色とその使用方法について述べる。

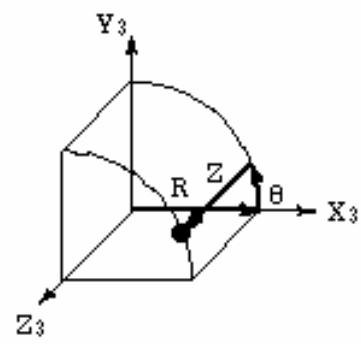
## 第1項 基本座標系のタイプ

ANSYS には、次の 4 つの基本的な座標系タイプがある。

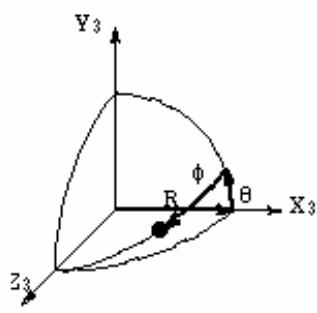
- 直交 (Cartesian)
- 円筒 (Cylindrical)
- 球 (Spherical)
- トロイダル (Toroidal)



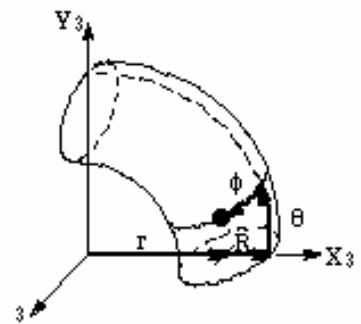
直交 (KCN=0)  
(X,Y,Z)



円筒 (KCN=1)  
(R, θ ,Z)



球 (KCN=2)  
(R,θ ,ϕ )



トロイダル (KCN=3)  
(R,θ ,ϕ ) with parameter = r

上の図に、直交座標系と他の 3 つの座標系の関連を表す。

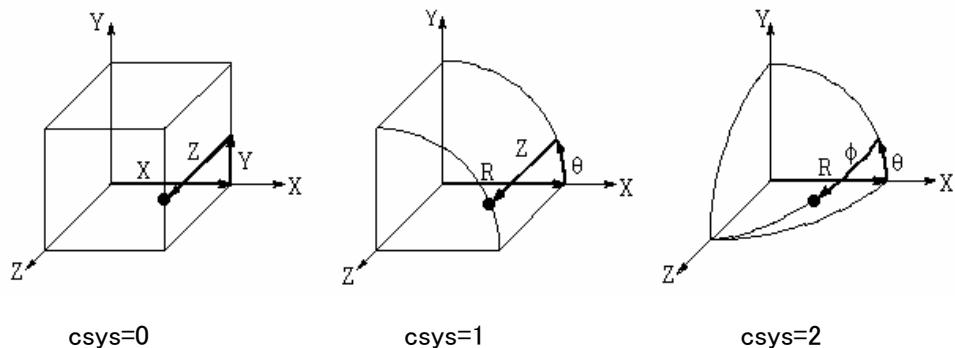
## 第2項 全体座標系

ANSYS はあらかじめ定義された、以下の 3 つの座標系を持つ。

- 全体直交座標系 ( $\text{csys} = 0$ )
- 全体円筒座標系 ( $\text{csys} = 1$ )
- 全体球座標系 ( $\text{csys} = 2$ )

これらの座標系は以下の場に使用される。

- モデル形状の定義
- 選択の際の幾何学的な条件を決める



ANSYS では、直交・円筒・球の各タイプの座標系が最初から用意されている。これらを“全体座標系”と呼ぶ。これら 3 つの座標系は、全て右手系で同じ原点を共有している。

また 3 つの各座標系は参考番号として 直交-0、円筒-1、球-2 という番号が与えられている。

これら 3 つの座標系は、ANSYS のどの操作においても使用可能であるが、その中から 1 つの座標系だけが“アクティブな状態”にある。(デフォルトでは、全体直交座標系がアクティブとなっている。)

## 第3項 アクティブな座標系の変更

アクティブな座標系を変更するには、次のようにメニューを操作する。

### 全体直交座標系

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 座標系 ] > [ アクティブな座標系の変更 ]  
> [ 全体直交座標系 ]

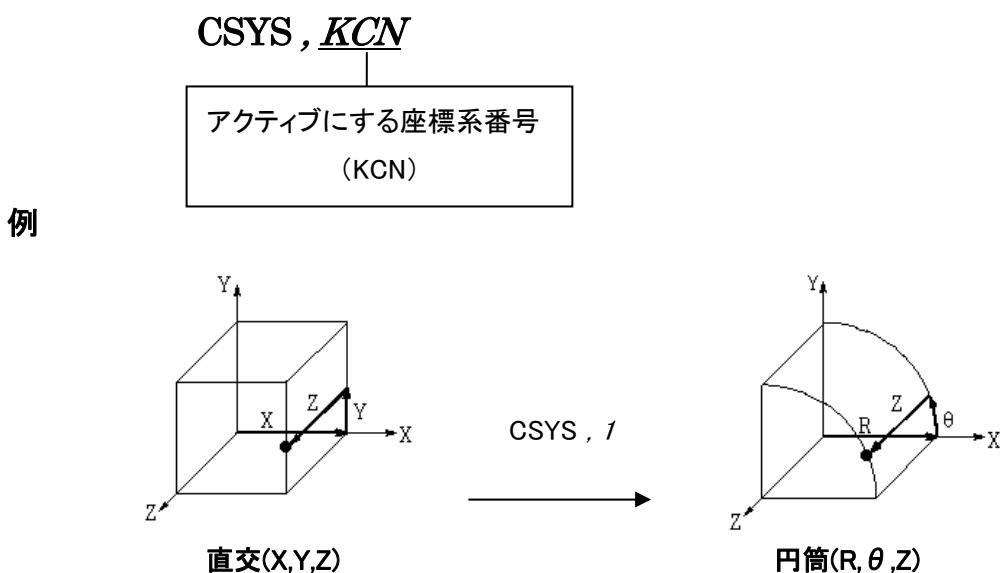
### 全体円筒座標系

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 座標系 ] > [ アクティブな座標系の変更 ]  
> [ 全体円筒座標系 ]

### 全体球座標系

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 座標系 ] > [ アクティブな座標系の変更 ]  
> [ 全体球座標系 ]

または、CSYS コマンドを使用する。



デフォルトでは全体直交座標系が  
アクティブになっている(csys=0)

全体円筒座標系がアクティブ  
になる(csys=1)

ステータス&プロンプトエリアの csys を確認。



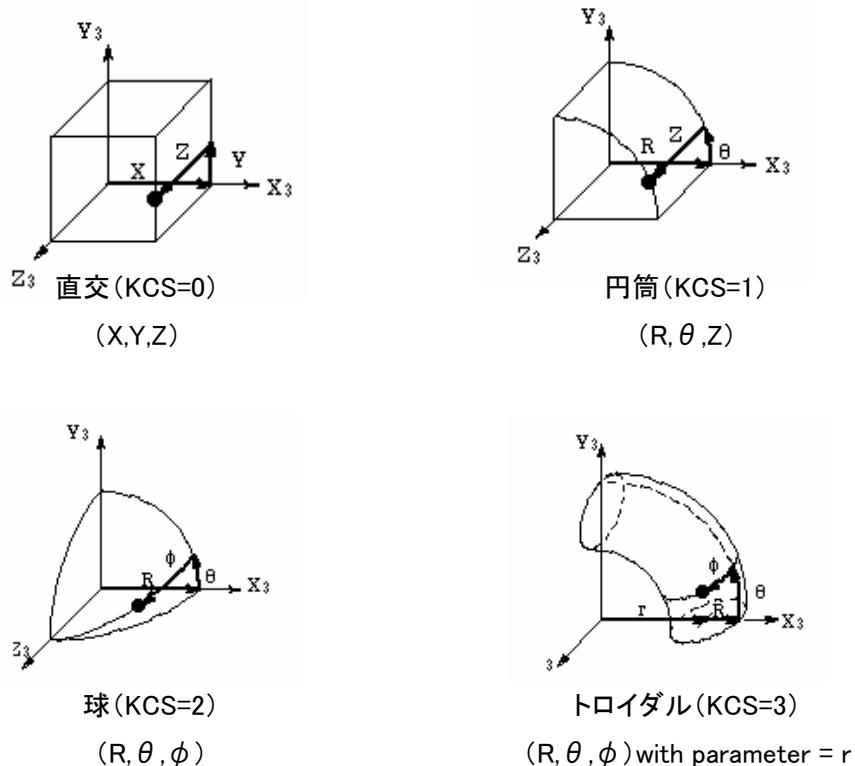
アクティブな座標系を変更するためには、CSYS コマンドで変更したい座標系の参照番号を指定する。このコマンドを使えば、任意の座標系を選ぶことができる。

上の例では CSYS , 1 を実行して全体円筒座標系をアクティブにしている。

## 第4項 局所座標系

モデルの作成時において、全体直交座標系の原点 **O** と異なる位置に原点を持つ座標系や、あらかじめ定義されている全体座標系を回転させてできる座標系など、**ユーザー独自の座標系**が必要になることがある。このような座標系を“**局所座標系**”(Local Coordinate System)と呼ぶ。

局所座標系は、直交(KCS=0)、円筒(KCS=1)、球(KCS=2)、トロイダル(KCS=3) の 4 タイプで作成することができ、その使用方法は全体座標系と同じである。



局所座標系を作成するためには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 座標系 ] > [ 局所座標系 ] > [ 作成 ]  
> [ 座標指定 + ]

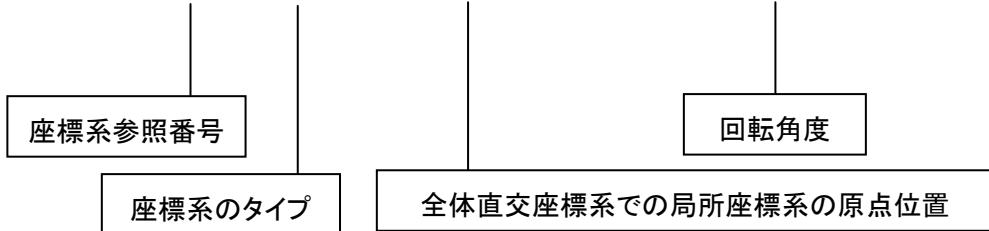
ワーキングプレーン上で局所座標系の中心をマウスピックして定義する。詳細な定義はマウスピック後に現れるメニューで入力する。(ただし、局所座標系の参照番号は 11 以上の整数でなければならない。)

局所座標系を作成すると、その時点で**作成した座標系がアクティブ**になる。

さらに追加して新たな局所座標系を作成することもできるが、既に定義済みの局所座標

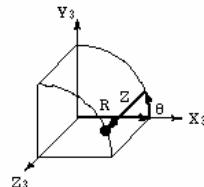
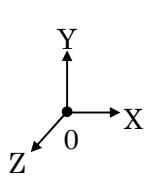
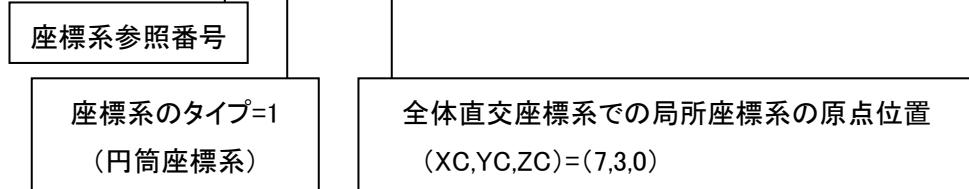
系の参照番号と重ならないように注意する必要がある。または、**LOCAL** コマンドで局所座標系を作成する。

**LOCAL , KCN, KCS, XC, YC, ZC, THXY, THYZ, THZX ...**



例.

**LOCAL , 11 , 1 , 7 , 3 , 0**



既に定義してある局所座標系をアクティブな状態に変更するには、次のようにメニューを操作し、座標系の参照番号を入力する。

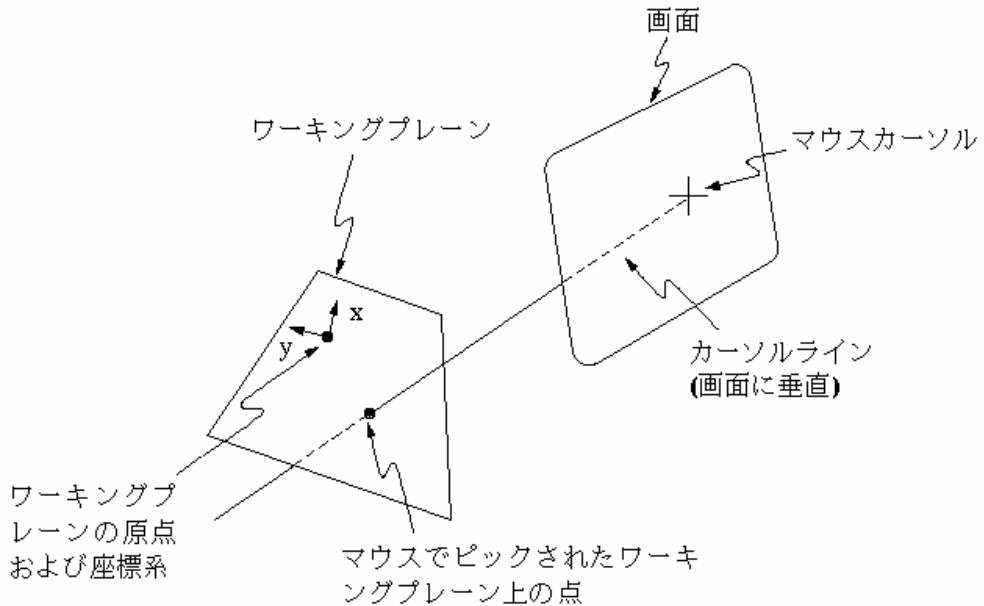
メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 座標系 ] > [ アクティブな座標系の変更 ]  
> [ 座標系を指定 ... ]

局所座標系のシンボルをグラフィック表示するには、**シンボル表示**ダイアログボックスの CS 局所座標系を On にする。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 表示制御 ] > [ シンボル表示 ... ]

注. LOCAL 以外にも CLOCAL、CS、CSKP、CSWPLA コマンド等で局所座標系を定義することができます。これらのコマンドについてはコマンドレファレンスを参照されたい。

## 第5項 ワーキングプレーン



ワーキングプレーンとは、ソリッドモデル作成のための(特にプリミティブ作成のための)座標系である。これは原点を持つ無限平面であり、**2次元直交座標系**または**2次元円筒座標系**で表現される。またスナップ増分、表示用グリッド、ピッキング時の許容範囲等のパラメータを持つ。

デフォルトのワーキングプレーンは、全体座標系の X-Y 平面上に存在し、その原点は全座標系の原点と一致している。ワーキングプレーンは、任意の場所に移動可能である。

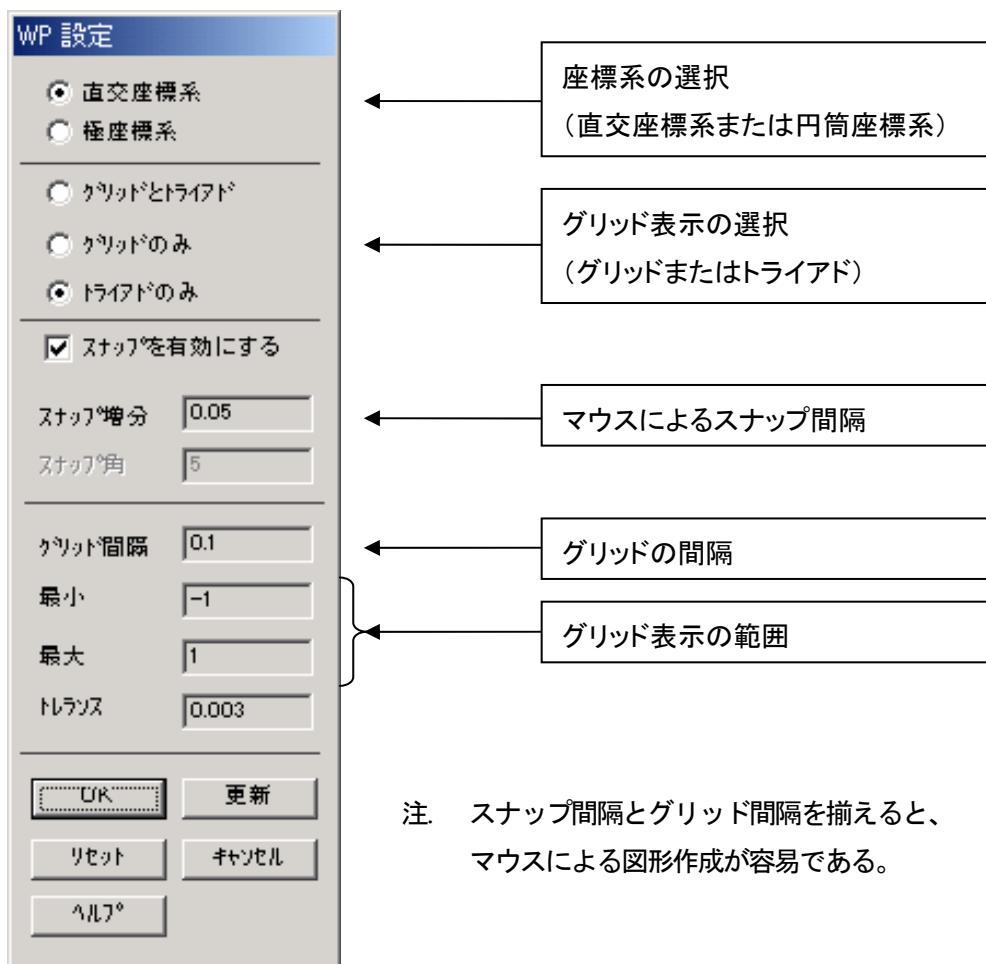
ワーキングプレーンは以下の 2 つの機能を持つ。

- 上の図中の絵のように、ピッキングで座標値(空間上の位置)を決定する。
- プリミティブを定義する際の座標系を決定する。ワーキングプレーンの位置や回転を変更することによって、空間上の任意の位置にプリミティブを作成することができるようになる。

## ワーキングプレーンのスタイル

ワーキングプレーンを使用するときは、“WP 設定” ダイアログボックスで設定を行う。これは次のように呼び出す。

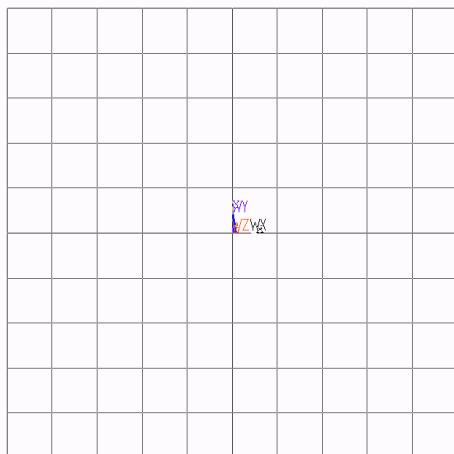
メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 座標系 ] > [ ワーキングプレーンの設定 ... ]



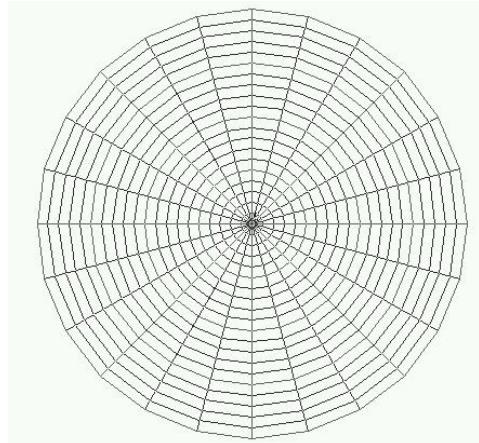
この中の各項目はマウス及びキーボード入力により、任意に変更する。変更後は、[OK] をクリックして実行する。

ワーキングプレーンの設定後に、次のようにワーキングプレーンを表示させる。

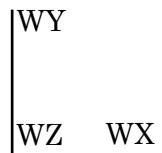
メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 座標系 ] > [ ワーキングプレーンの表示 ]



グリッドとトライアド(直交座標系)



グリッドのみ(円筒座標系)



トライアドのみ

ワーキングプレーンの表示は、上記の3種類が用意されている。

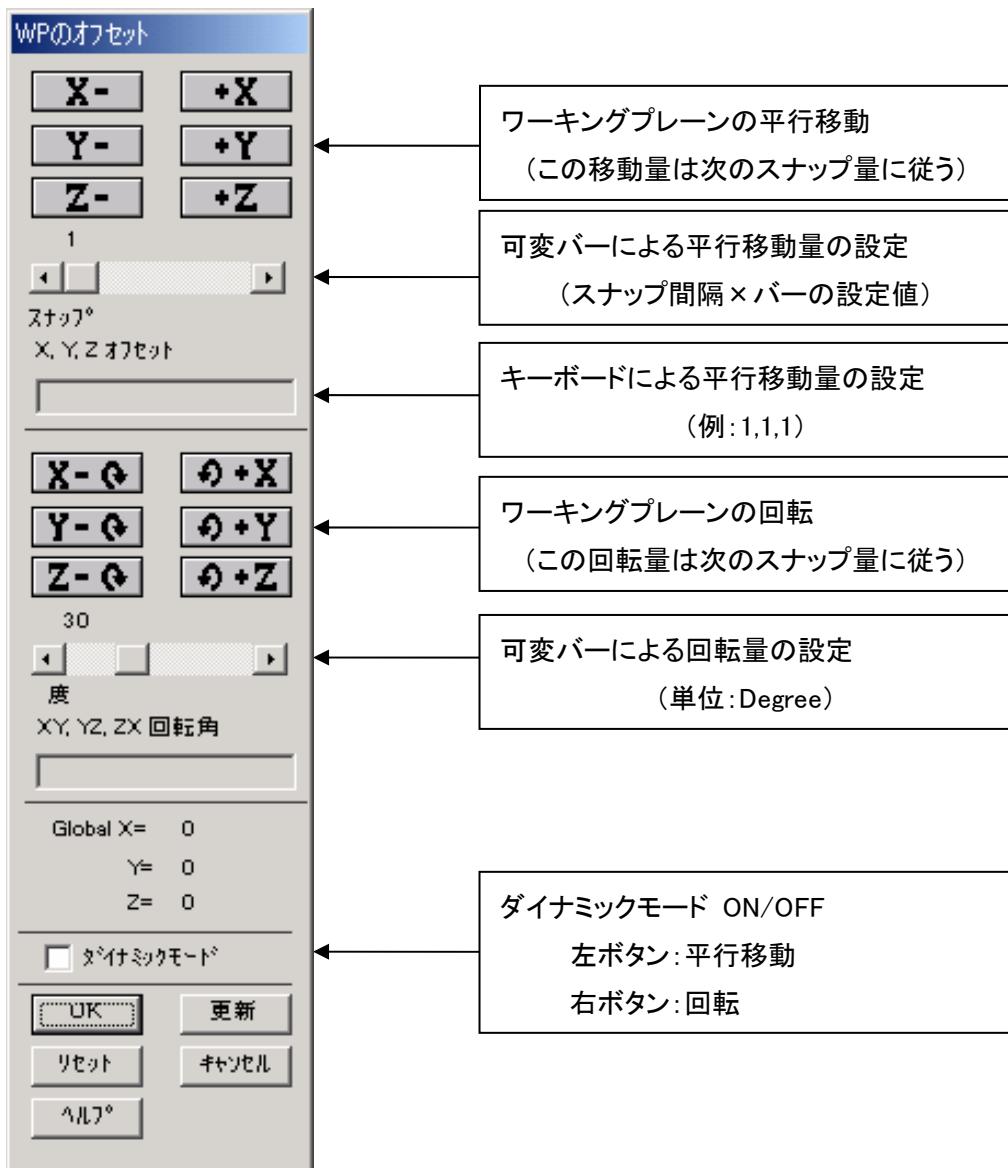
モデリングを実行する場合には、グリッド表示の使用が適切であることが多い。

モデル作成には、このグリッドの交点をマウスでピッキングしていくと良い。ピッキングの行いやすさは、スナップの設定に依存する。スナップ値がグリッド間隔と一致していれば、交点をうまくピッキングすることができる。

## ワーキングプレーンの移動及び回転

ワーキングプレーンの移動や回転は、“WP のオフセット” ダイアログボックスを使用する。このメニューは次のように呼び出す。

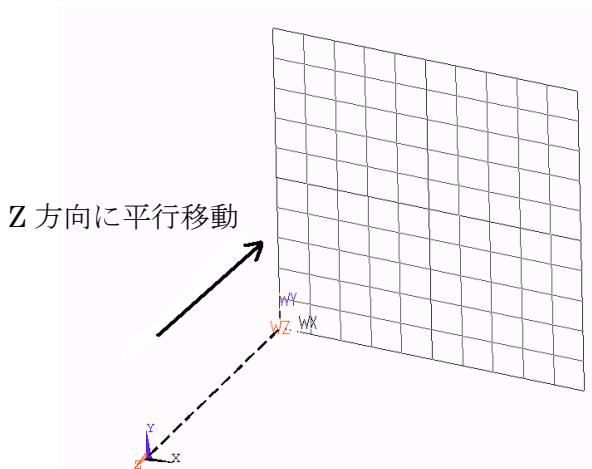
メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 座標系 ] > [ 増分値による WP のオフセット ... ]



この中の各項目はマウス及びキーボード入力により、任意に変更する。変更後は、[ OK ] をクリックして実行する。

## 例. ワーキングプレーンの平行移動

Z 軸負の方向に平行移動 ([ Z- ] のボタンをクリック)



コマンドによる操作は、次のようにになる。

**WPOFFS , XOFF, YOFF, ZOFF**

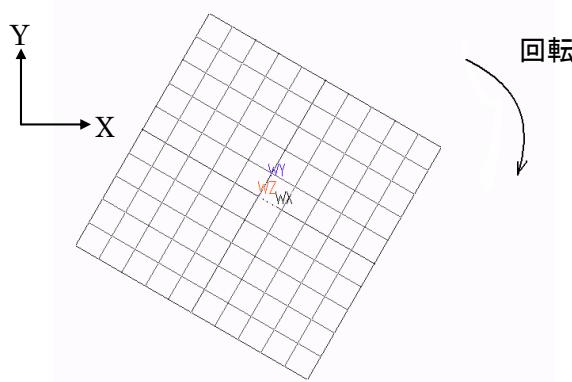
ワーキングプレーンのオフセット



## 例. ワーキングプレーンの回転

Z 軸負の方向 (Y 軸から X 軸方向) に回転

([ Z-C ] のボタンをクリック)



コマンドによる操作は、次のようになる。

**WPROTA , THXY, THYZ, THZX**

Z,X,Y 軸周りの順で回転角度を入力



## その他の操作方法

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 座標系 ] > [ WP のオフセット ]  
> [ キーポイント + ]

ワーキングプレーンの原点を、あるキーポイントの位置に移動させる。

(本来このコマンドは、ワーキングプレーンの原点をあるキーポイント群の平均位置へ移動させるためのコマンドである。1 点だけを指定すると、単独のキーポイントの平均位置、すなわちそのキーポイント自身の位置となるので、単純な移動が行える。)

これに似たコマンドで、ワーキングプレーンの原点をある節点群の平均位置へ移動させることができる。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 座標系 ] > [ WP のオフセット ] > [ 節点 + ]

コマンドとしては、次のようになる。

KWPAVE , 5

ワーキングプレーンの原点となるキーポイントの参照番号

NWPAVE , 5

ワーキングプレーンの原点となる節点の参照番号

これらの操作によって移動したワーキングプレーンをデフォルトの状態にリセットすることができる。次のコマンドをインプットウィンドウに入力する（メニューなし）。

WPSTYL , DEFA

ワーキングプレーンをデフォルトの状態に戻す

ワーキングプレーンの原点を全体直行座標系 X-Y 平面の原点位置に戻し、回転角も 0 度、またスナップ増分、グリッド間隔、グリッド範囲等の設定もデフォルトの状態へと戻る。

また、WPSTYL は引数なしで使用すると、ワーキングプレーンを表示するかしないかのスイッチとなる。

## 第6項 ディスプレイ座標系

リスト出力によって節点またはキーポイントのリスト表示を行った場合、各座標値はデフォルトでは全体直交座標系の値に換算して表示される。(異なるタイプの座標系を用いて形状を定義していても、リストは全体直交座標系で表示される。)

そこで、リストを別の座標系で表示したいときは、“ディスプレイ座標系”を変更しなければならない。次のようにメニューから座標系を選択する。

**メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 座標系 ] > [ ディスプレイ座標系の変更 ]**

全体直交座標系	: 全体直交座標系
全体円筒座標系	: 全体円筒座標系
全体円筒座標系-Y	: Y-軸周りの円筒座標系
全体球座標系	: 全体球座標系
座標系を指定	: 座標系の参照番号を設定

または、**DSYS** コマンドを使用する。



**例.**

**NLIST**

NODE	X	Y	Z	THXY	THYZ	THZX
1	150.00	.00000E+00	.00000E+00	.00	.00	.00
2	150.00	15.000	.00000E+00	.00	.00	.00
3	150.00	30.000	.00000E+00	.00	.00	.00
4	150.00	45.000	.00000E+00	.00	.00	.00
5	150.00	60.000	.00000E+00	.00	.00	.00
6	150.00	75.000	.00000E+00	.00	.00	.00
7	150.00	90.000	.00000E+00	.00	.00	.00
8	150.00	105.00	.00000E+00	.00	.00	.00
9	150.00	120.00	.00000E+00	.00	.00	.00
10	150.00	135.00	.00000E+00	.00	.00	.00

上の例では **DSYS,1** を使用して節点の座標値を全体円筒座標系( $R, \theta, Z$ )でリスト表示している。 $(X, Y, Z$  は実際には  $R, \theta, Z$  を表す )

直交座標系ではないディスプレイ座標系を用いているときには、グラフィック表示にも影響がでてくることに注意しなければならない。特別なグラフィック表示(例：円筒面の展開図など)を行いたい場合でなければ、表示を行う前にディスプレイ座標系を全体直交座標系に戻しておかなければならない。**[DSYS,0]**

## 第7項 リザルト座標系

解析結果の表示において、ほとんどの要素は全体直交座標系で表示される。そこで、全体直交座標系以外の座標系を使用するときは、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合ポストプロセッサ ] > [ 出力オプション ]

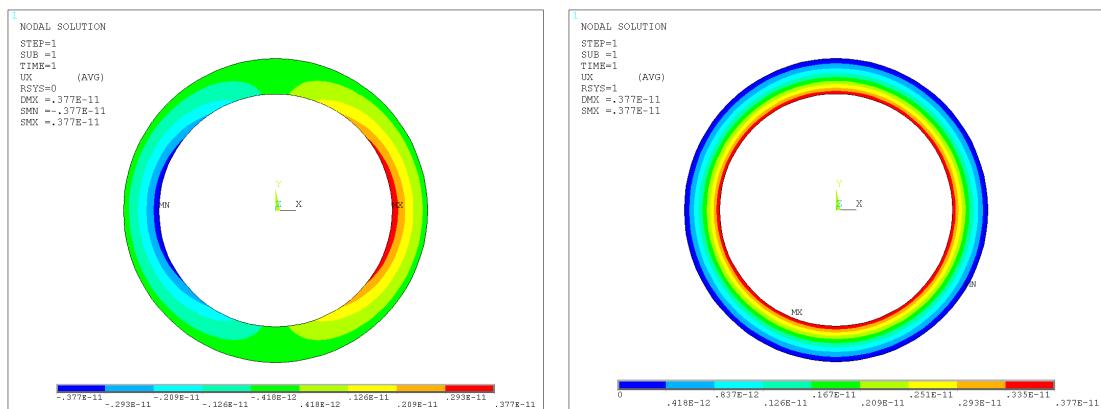
全体円筒座標系、全体球座標系、そして既存の局所座標系を指定することができる。

### 例

PLNSOL,U,X : 全体直交座標系における X 軸方向の変位量を表示 (図(a)) (デフォルト)

RSYS,1 : リザルト座標系を全体円筒座標系に指定

PLNSOL,U,X : 全体円筒座標系における R 軸方向の応力を表示 (図(b))



上の例は、X 軸方向の変形量を表示させた後、円筒座標系をアクティブにして R 軸方向の変形量を表示している。

または、**RSYS** コマンドで指定する。



## 第8項 節点座標系

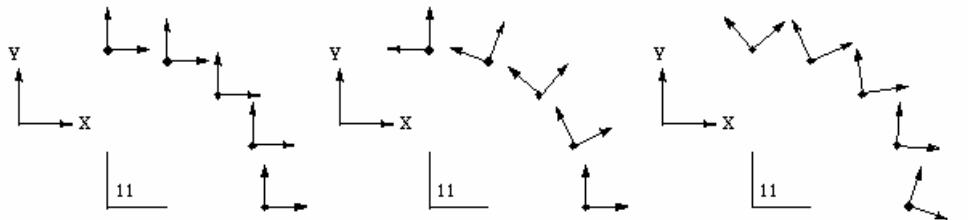
全ての節点は、それぞれ個々に“節点座標系”を持つ。節点座標系はデフォルトでは全体直交座標系と平行であり、モデル作成時の座標系とは無関係である。この節点座標系が各節点の自由度の方向を決定する。

節点座標系を現在アクティブな全体、または局所の座標系に合わせて回転させるには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 作成 ]  
> [ 節点 ] > [ 節点座標の回転 ] > [ アクティブな CS ]

または

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ]  
> [ 移動/修正 ] > [ 節点座標の回転 ]  
> [ アクティブな CS ]



(a) デフォルトでは全体  
直行座標系と平行  
(b) NROTAT で局所円筒  
座標系に合わせて回転  
(c) NROTAT で全体円筒  
座標系に合わせて回転

または、NROTAT コマンドを使用する。

NROTAT, NODE1, NODE2, NINC

現在アクティブな座標系を基に回転させる節点群

節点座標系を回転させることによって以下の項目が影響を受ける。

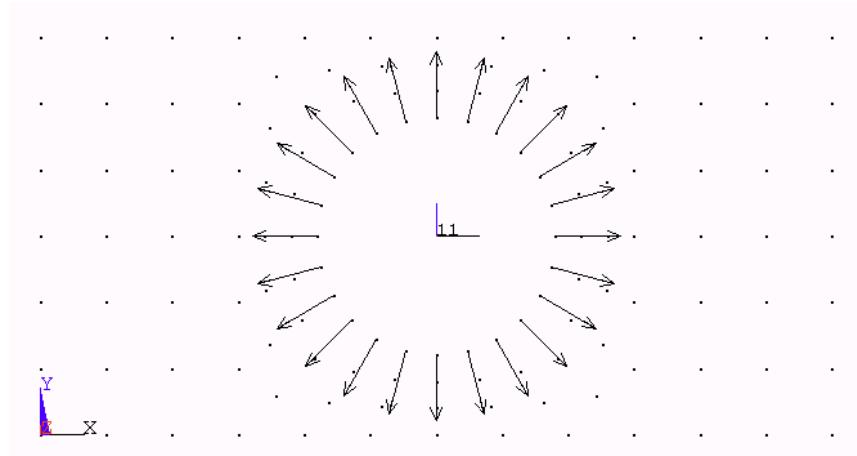
- 入力項目
  - 変位拘束
  - 荷重(集中荷重)
  - 主自由度
  - カッピング節点群
  - 拘束方程式
- 出力項目
  - 変位
  - 節点力
  - 反力

デフォルトの節点座標系を回転させるためには、**NROTAT** コマンド、または **NMODIF** コマンドを使用する。節点座標系を現在アクティブな全体または局所の座標系に合わせて回転させるには、前ページの図のように **NROTAT** コマンドを使用するとよい。

次ページに **NROTAT** コマンドと **NMODIF** コマンドの使用例を示す。

## 応用例 節点座標系の回転

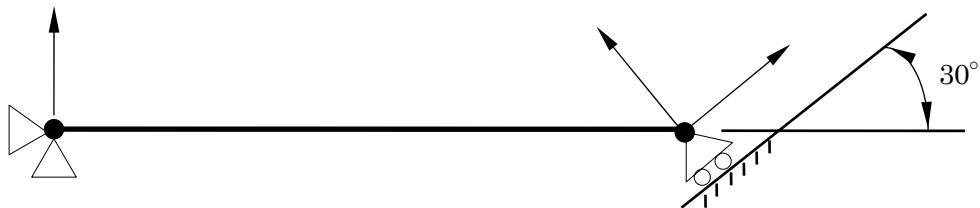
### 1. 半径方向に荷重をかける場合



#### コマンドによる入力例.

CSYS, 11	局所座標系 11 番をアクティブにする
NSEL, S, LOC, X, 4.9, 5.1	半径=5 の円周上にある節点を選択する
NROTAT, ALL	選択した節点の節点座標系を回転する
F, ALL, FX, 100	選択した節点に荷重を定義する
NSEL, ALL	選択の解除

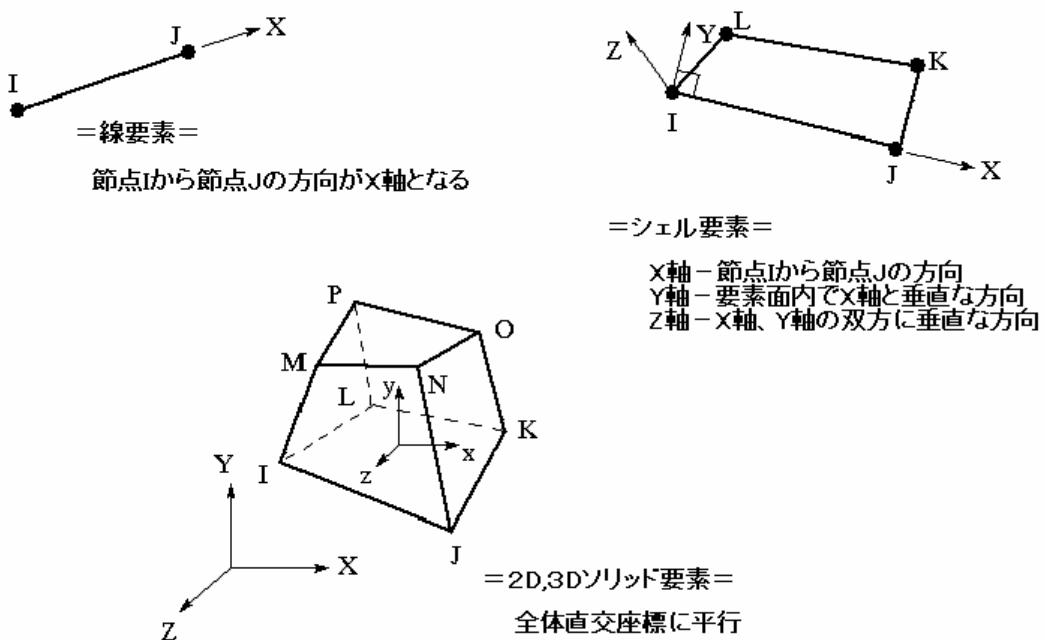
### 2. 斜めの方向を拘束する場合



#### コマンドによる入力例.

NMODIF, 2, , , 30	節点 2 番の節点座標系を 30 度回転
D, 2, UY, 0	節点 2 番の Y 方向を拘束

## 第9項 要素座標系

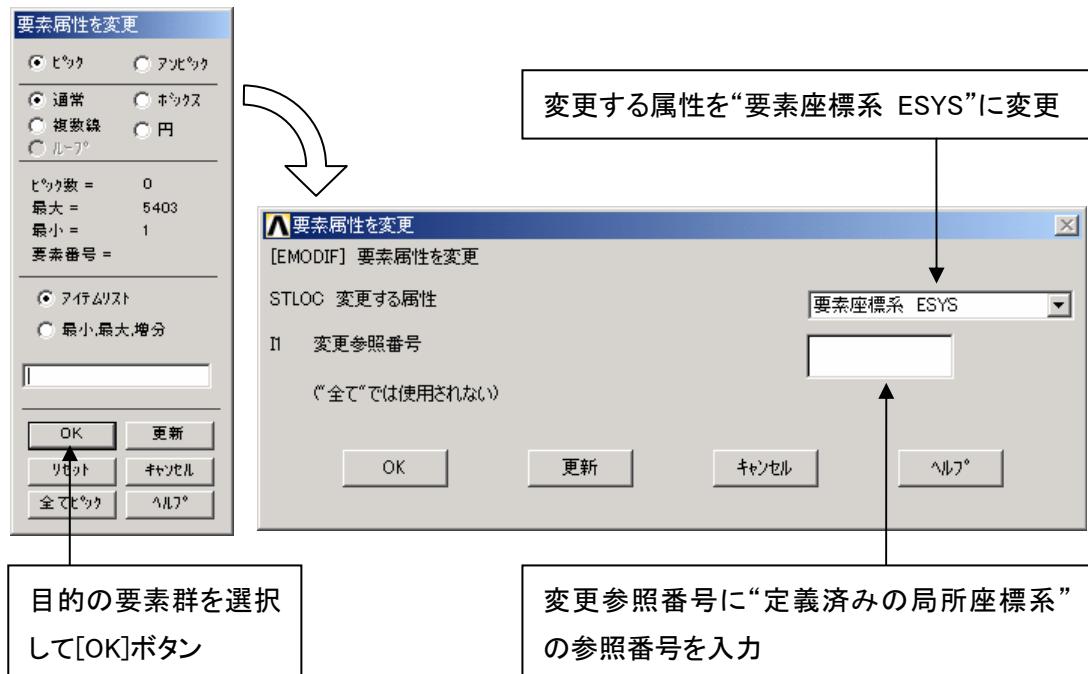


各要素は独自の“要素座標系”を持っている。この要素座標系が異方性材料の方向、圧力荷重、および応力やひずみの要素解の方向を決定する。一般的な線、面、立体要素は、上記に示すような要素座標系を持っているが、中にはこれ以外の方向をもつ要素も存在する。そのため、使用中の要素の要素座標系に関する情報は**エレメントレファレンスマニュアル**で確認しておくことが望ましい。

要素座標系を変更する手順も各要素タイプによって異なる。いくつかの要素では要素座標系を変更するために、キーオプションを用いるケースがある。面または立体要素の場合には、要素座標系を既に定義している局所座標系(全体座標系は不可)と平行になる形で、変更することができる。

作成された要素の要素座標系を、定義済みの局所座標系の向きに揃えるには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]  
>[ 移動/修正 ]>[ 要素 ]>[ 要素属性変更 ]



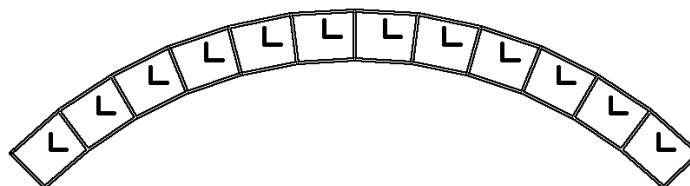
## 応用例

### 要素座標系の修正（ソリッド要素の場合）

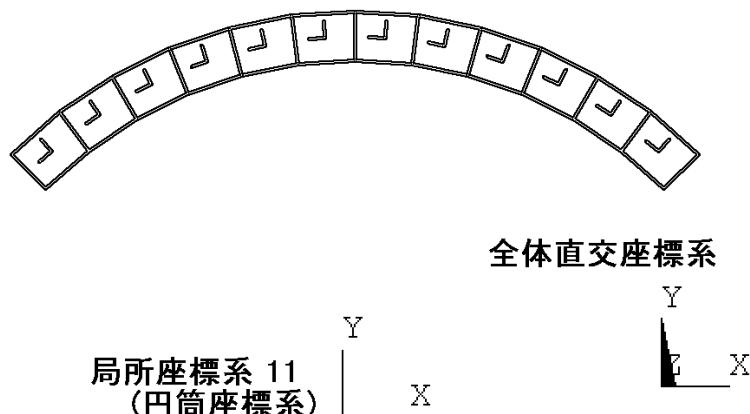
材料物性の方向が円筒方向に従っているモデルを次に示す。



デフォルトでは、各要素の要素座標系は全体直交座標系に従う。そのために正規の材料の性質を表す事はできない。



そこで本来の材料物性を表すために、メッシュ生成後に次の修正を行う。



### コマンドによる入力例。

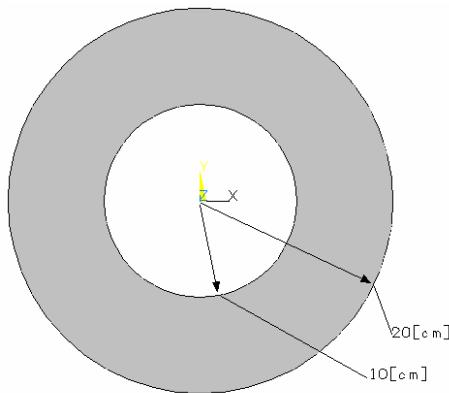
ESYS , 11

要素座標系の定義。参照番号は局所座標系 11 とする。

EMODIF , ALL

選択された要素の修正。

## Example 座標系と選択の操作を含んだ例題



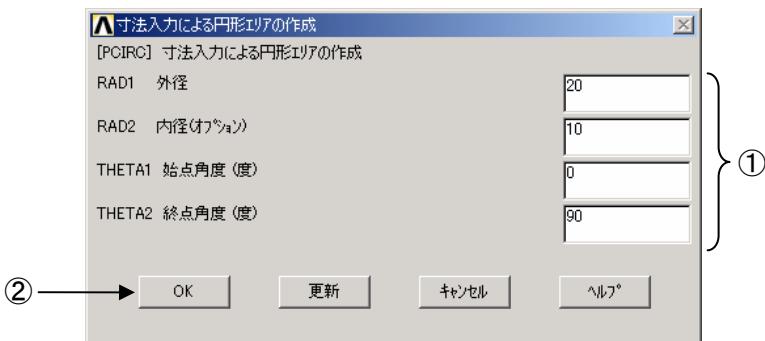
左に示したような円盤に対して、Z 軸に関して回転速度(100rad/s)を与えた際の応力を計算する。

ヤング率を  $2 \times 10^7 \text{ N/cm}^2$ 、ポアソン比を 0.27、および密度を  $8 \times 10^3 \text{ kg/cm}^3$  とする（炭素鋼を想定）。モデルは面对称を考慮して 1/4 でモデル化する。

### 1. ソリッドモデルの作成

メインメニュー : 総合プリプ ロセッサ > モデリング > 作成 > エリア > 円 > 寸法入力

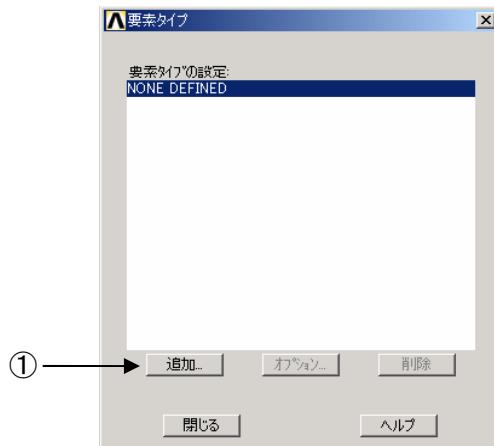
- ① 外径 [ 20 ]、内径 [ 10 ]、始点角度 [ 0 ]、終点角度 [ 90 ] と入力
- ② [ OK ] ボタンをピック



### 2. 要素タイプ [ PLANE183 ] の指定

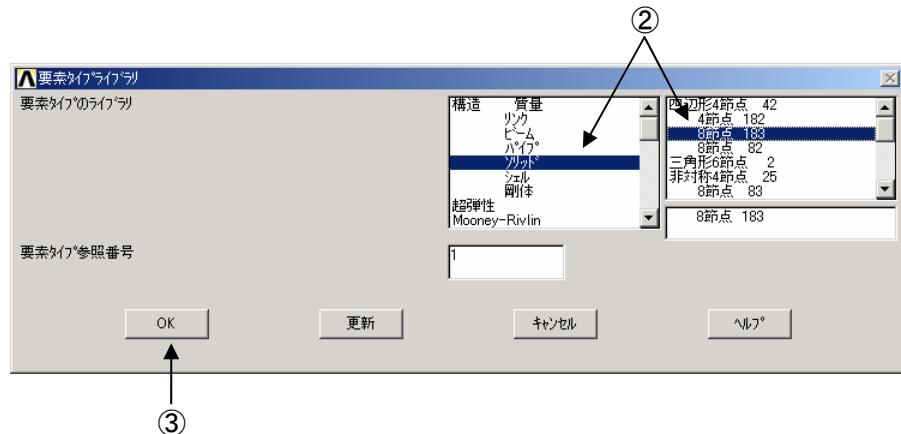
メインメニュー : 総合プリプ ロセッサ > 要素タイプ > 追加/編集/削除

- ① [ 追加... ] ボタンをピック



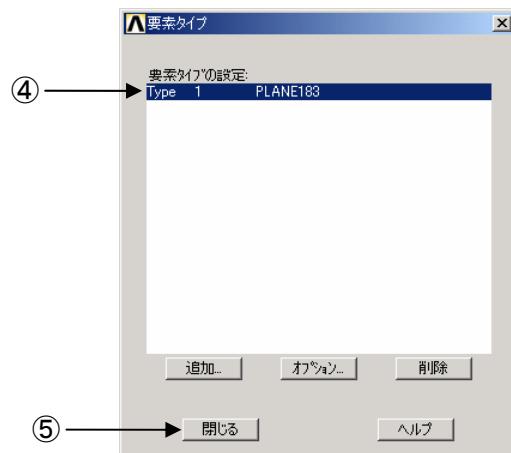
② [構造 ソリッド、四辺形 8 節点 183] を選択

③ [OK] ボタンをピック



④ [Type 1 PLANE183] と定義されていることを確認

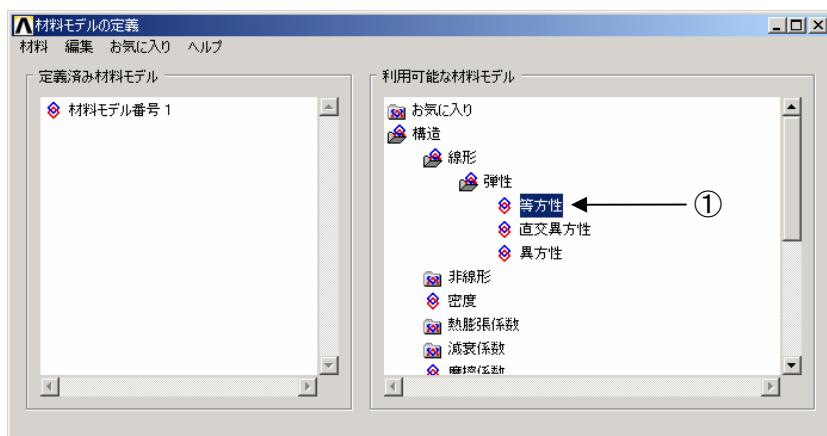
⑤ [閉じる] ボタンをピック



### 3. 材料物性値の設定

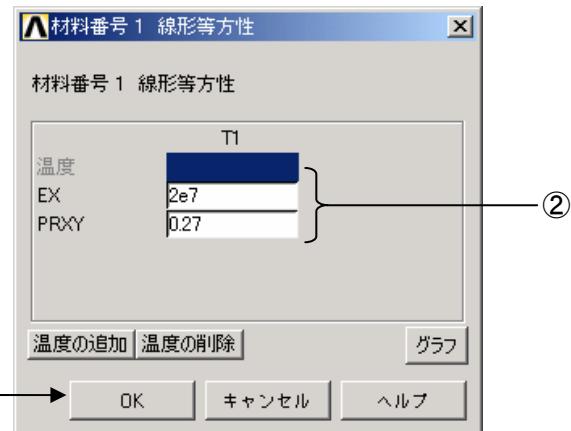
メインメニュー : 総合プリプロセッサ > 材料特性 > 材料モデル

① [利用可能な材料モデル : 構造 > 線形 > 弹性 > 等方性 ]



② EX [ 2e7 ]、PRXY [ 0.27 ] と入力

③ [ OK ] ボタンをピック

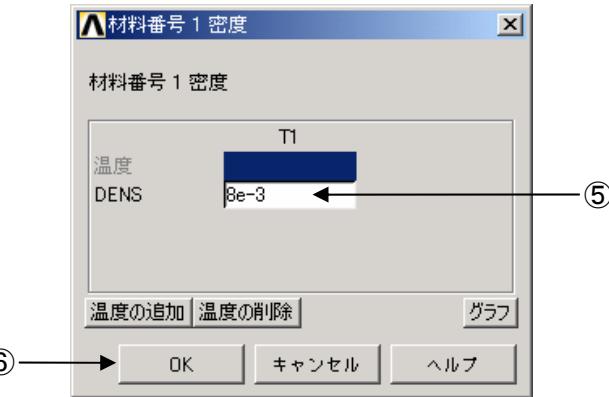


④ 引き続き、[ 利用可能な材料モデル : 構造 > 密度 ]

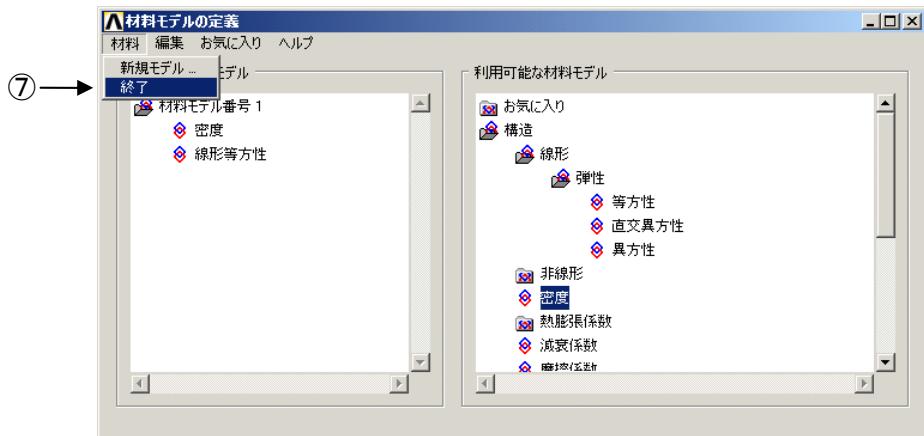


⑤ DENS [ 8e-3 ] と入力

⑥ [ OK ] ボタンをピック



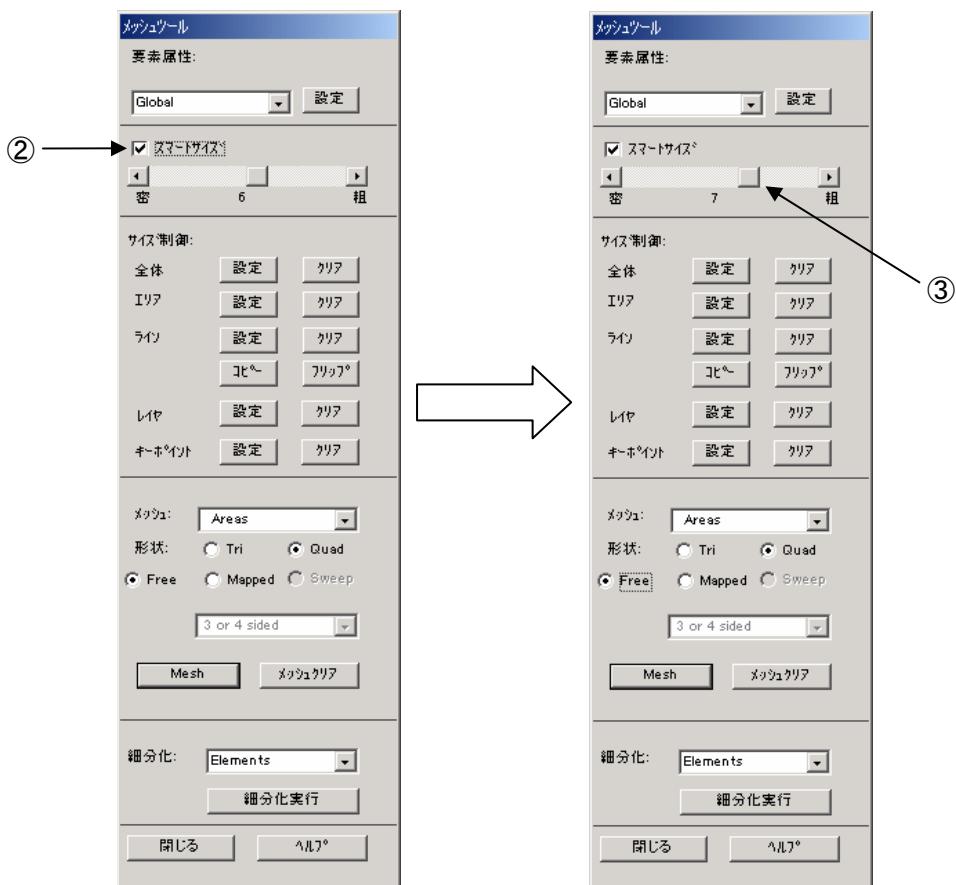
⑦ [ 材料 ] > [ 終了 ]



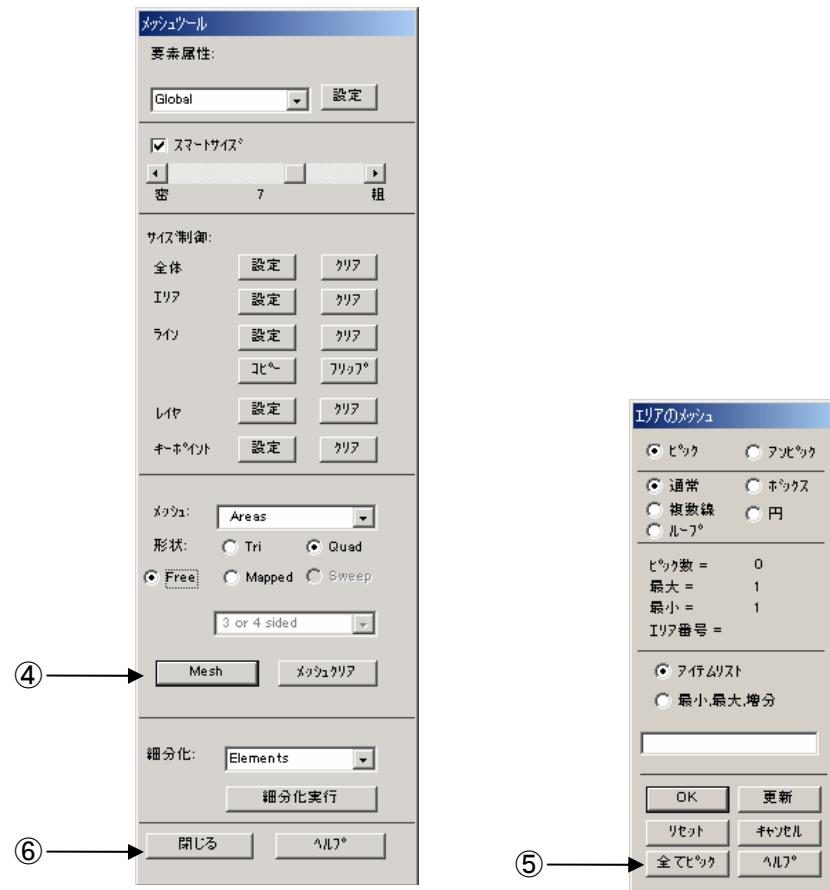
4. メッシング

メインメニュー : 総合プリプ モッサ > メッシュ > メッシュツール

- ① ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプ モッサ ] > [ メッシュ ] > [ メッシュツール ]
- ② メッシュツール : [ スマートサイズ ] にチェックを入れる。
- ③ スマートサイズのレベルバーを [ 7 ] する。

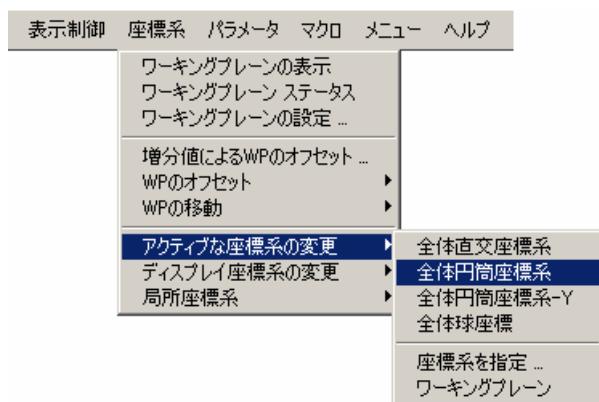


- ④ [ Mesh ] ボタンをピック
- ⑤ 画面左のピックメニューの [ 全てピック ] ボタンをピック
- ⑥ [ 閉じる ] ボタンをピック



## 5. 全体円筒座標系をアクティブにする

Utility Menu : 座標系 > アクティブな座標系の変更 > 全体円筒座標系



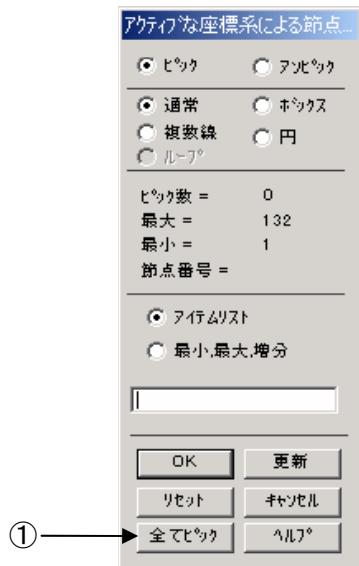
## 6. 拘束条件の定義

拘束は、半径 10cm 上の節点群に対する半径方向の拘束と、対称面のラインに対する対称境界条件の 2 つを定義する。まず半径 10cm 上の節点群に半径方向の拘束を定義するために、節点座標系を全体円筒座標系に従うように回転させ、半径 10cm 上の節点群を選択し、半径方向の拘束を与える。次に、対称面のラインに対し対称境界条件を与える。

### (1) 全節点の節点座標系を全体座標系に従って回転

メインメニュー : 総合プリプロセッサ > モデリング > 作成 > 節点  
> 節点座標系の回転 > アクティブな CS

① [ 全てピック ] をクリック



(2) 半径=10 の位置にある節点群を選択

Utility Menu : 選択 > エンティティ ...

① Select Entities ダイアログボックスの設定を、上から

[ Nodes ]

[ By Location ]

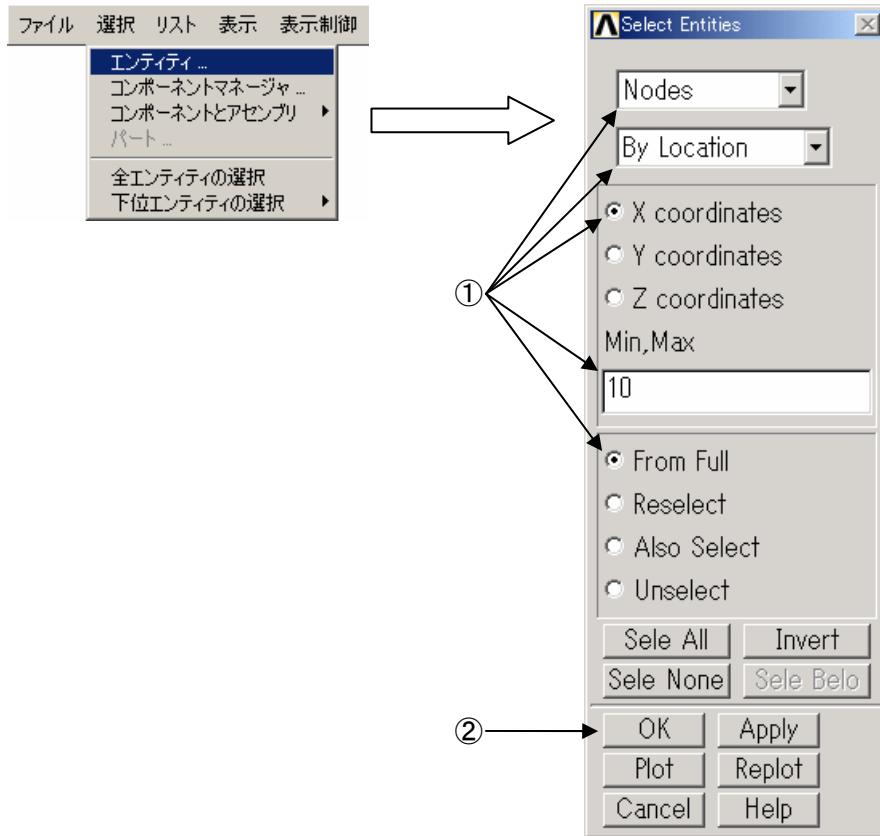
[ X coordinates ]

[ 10 ]

[ From Full ]

とする

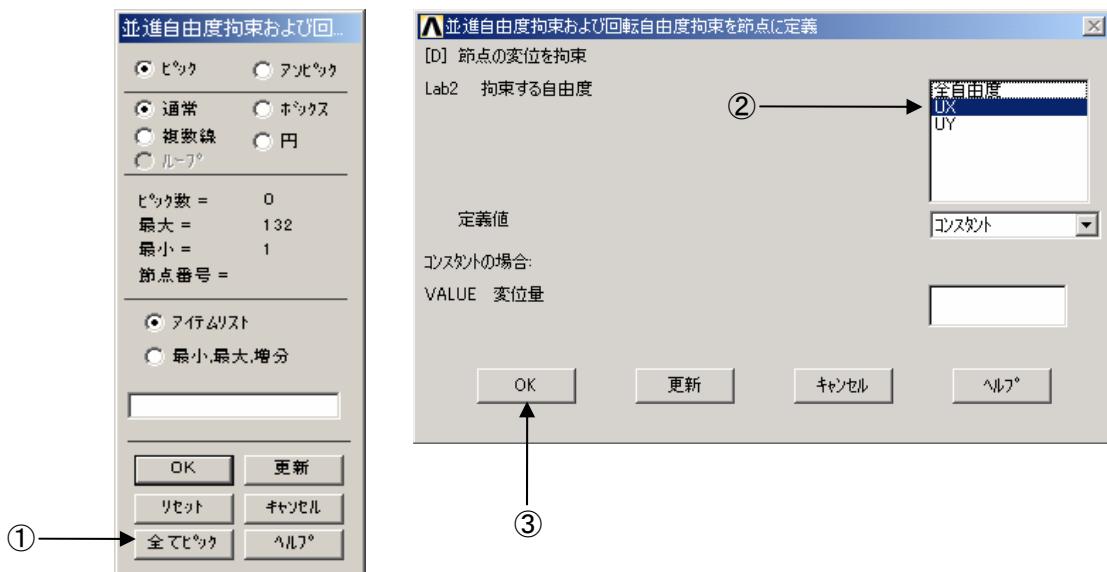
② [ OK ] ボタンをピック



(3) 選択された節点の半径方向の自由度を拘束

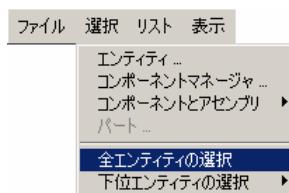
メインメニュー : リューション > 荷重定義 > 定義 > 構造解析 > 拘束/変位 > 節点

- ① [ 全てピック ] をクリック
- ② 拘束する自由度 [ UX ] を選択
- ③ [ OK ] ボタンをピック



(4) 全てのエンティティの選択 (=節点選択の解除)

Utility Menu : 選択 > 全エンティティの選択



(5) ラインの表示

Utility Menu : 表示 > ライン

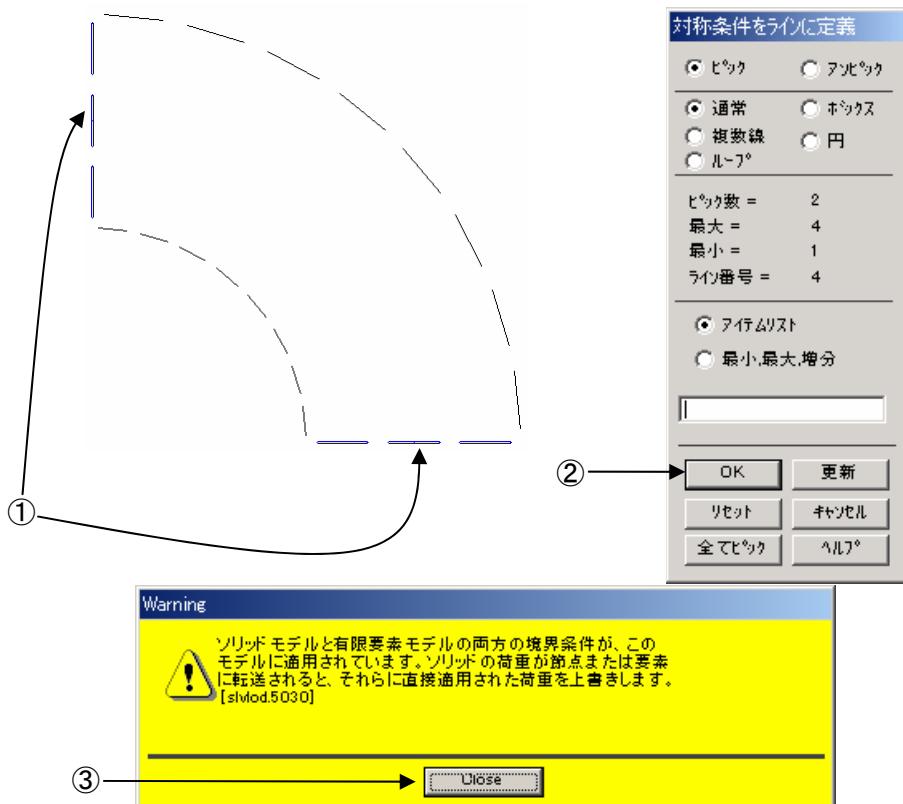


(6) 対称面のラインに対して対称境界条件を定義

メインメニュー : リューション > 荷重定義 > 定義 > 構造解析

> 拘束/変位 > 対称境界条件 > ライン

- ① 対称面の 2 ラインをピック
- ② [OK] ボタンをピック
- ③ Warning は [Close] する

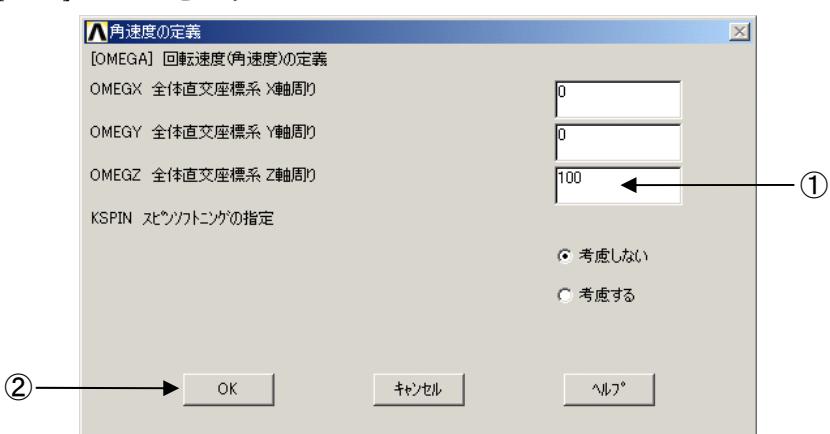


7. 荷重（回転速度）の定義

メインメニュー : リューション > 荷重定義 > 定義 > 構造解析

> 慣性 > 角速度 > 全体

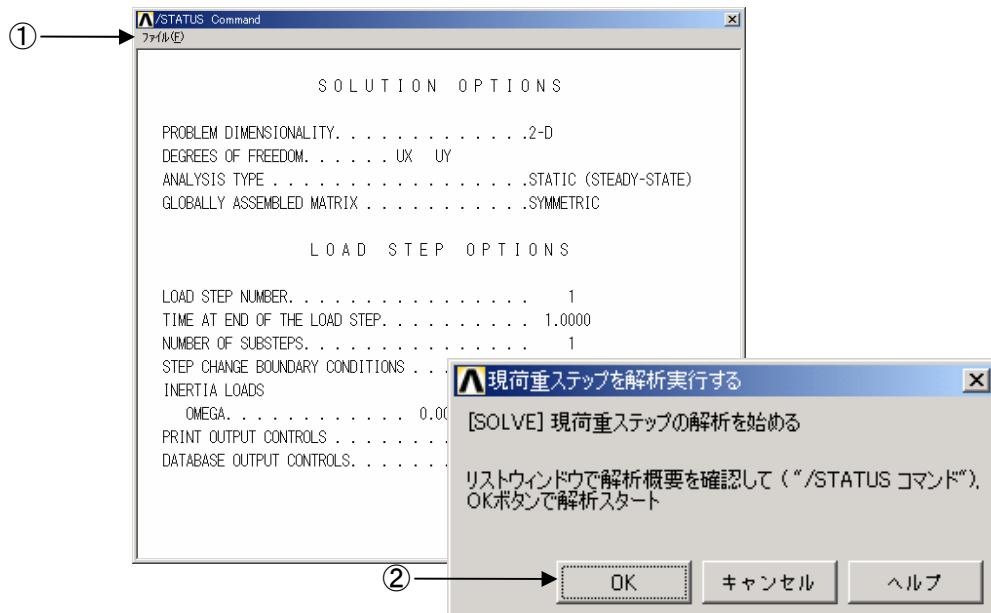
- ① 全体直交座標系 Z 軸周り [100] と入力
- ② [OK] ボタンをピック



## 8. 解析の実行

メインメニュー : リューション > 解析の実行 > 現荷重ステップ

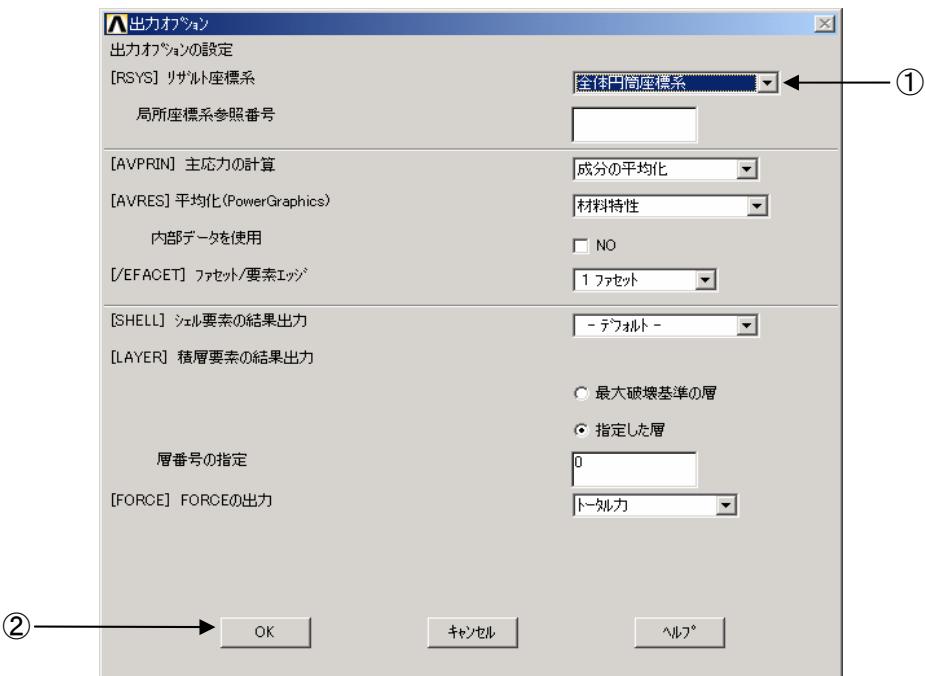
- ① リストウィンドウは [ ファイル ] > [ 閉じる ]
- ② [ OK ] ボタンをピック



## 9. リザルト座標系を全体円筒座標系に変更

メインメニュー : 総合ポストプロセッサ > 出力オプション

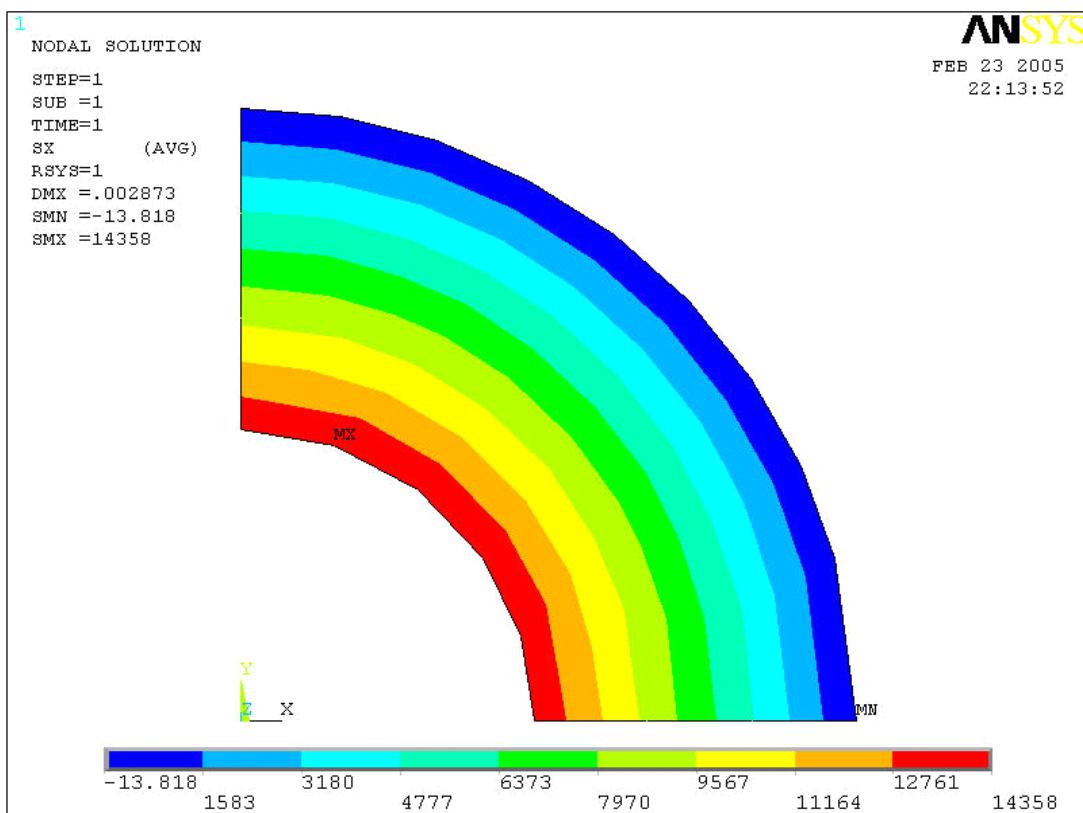
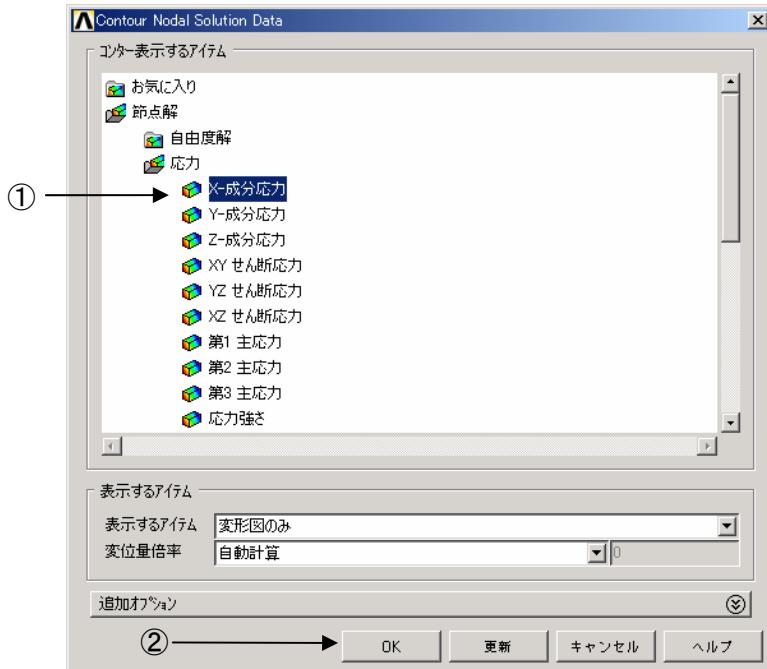
- ① リザルト座標系を [ 全体円筒座標系 ] に変更
- ② [ OK ] ボタンをピック



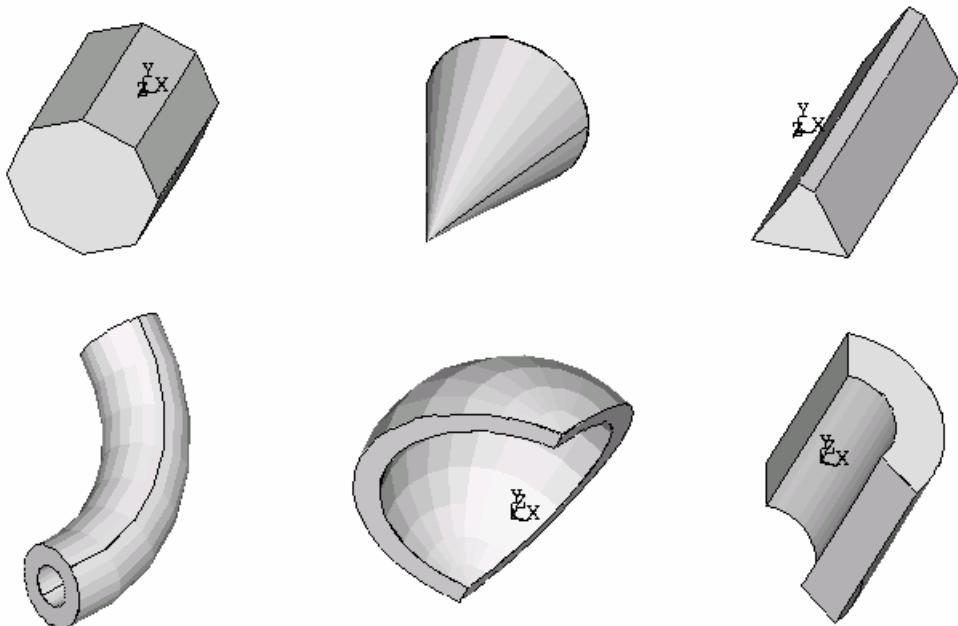
## 10. 半径方向の応力の表示

メインメニュー : 総合ポストプロセッサ > 結果一グラフィック > コンター表示 > 節点解

- ① コンター表示するアイテム : [ 応力 ] > [ X-成分 ] を選択
- ② [ OK ] ボタンをピック



## 第4節 プリミティブによるボリュームの定義



これまで、2次元のソリッドモデルを完成させる方法について学んできた。はじめに幾何学的形状を基本的なプリミティブを用いて作成し、次にこれらをブーリアン演算によって結合させた後、ソリッドモデルを完成させるという方法である。

以降では、この考え方を3次元に拡張していく。

ボリュームを作成するプリミティブは、直方体や円柱のような立体形状を作成する場合にも使用される。これらは2次元のプリミティブと同様に、ワーキングプレーンに基づいて定義される。

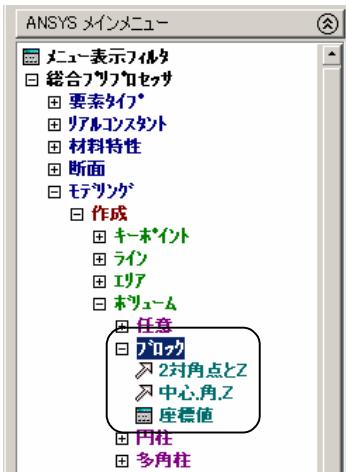
このため、プリミティブを特定の位置や、回転させた方向に作成する場合には、既に述べたような方法で最初にワーキングプレーンを移動または回転させておかなければならぬ。

これらプリミティブの作成方法を次に紹介する。

## 第1項 直方体 (BLOCK)

ワーキングプレーン座標系で直方体を定義する。次のメニューから選択する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]>[ 作成 ]  
>[ ボリューム ]>[ ブロック ]



2 対角点と Z :底面の対角 2 コーナーをピックして定義し、さらにマウスをドラッグして Z 方向の長さを定義する。

中心,角,Z :底面の中心とコーナー 1 点をピックして定義し、さらにマウスをドラッグして Z 方向の長さを定義する。

座標値 :直接寸法値を定義する。

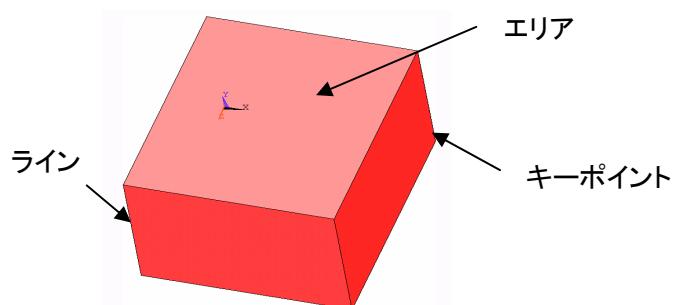
または、次のコマンドを使用する。

**BLOCK, 0, 5, -1, 4, -2.1, 2.9**

Z 方向の寸法の最小値と最大値(Z1,Z2)

Y 方向の寸法の最小値と最大値(Y1,Y2)

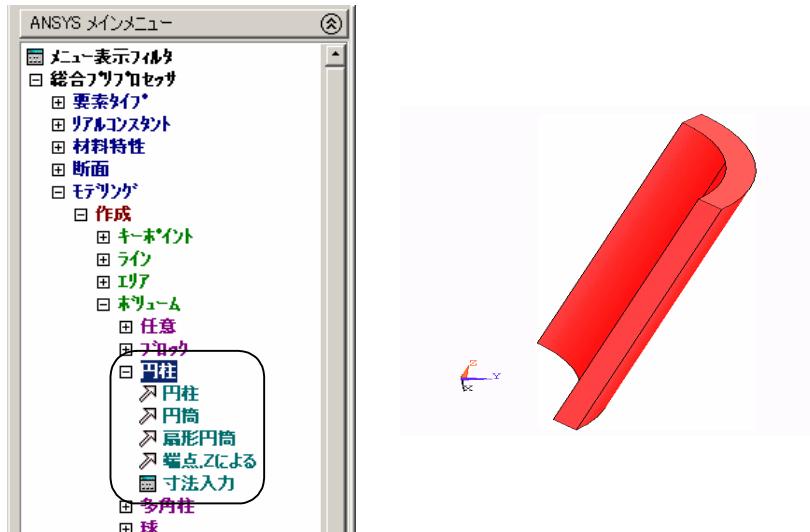
X 方向の寸法の最小値と最大値(X1,X2)



## 第2項 円柱 (CYLIND)

ワーキングプレーン座標系で円筒形のボリュームを定義する。次のメニューから選択する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]>[ 作成 ]>[ ボリューム ]>[ 円柱 ]



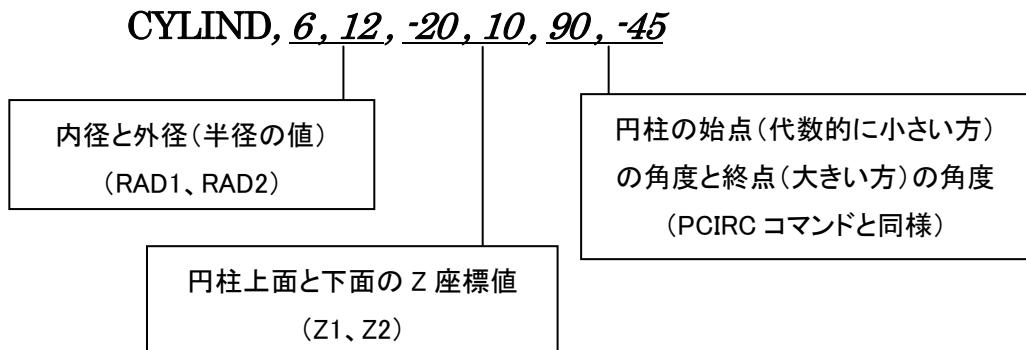
- |         |   |
|---------|---|
| 円柱      | :底面の中心と半径をピックして定義し、さらにマウスをドラッグして Z 方向の長さを定義する。          |
| 円筒      | :底面の中心、外径と内径をピックして定義し、さらにマウスをドラッグして Z 方向の長さを定義する。       |
| 扇形円筒    | :底面の中心、外径と角度、さらに内径をピックして定義し、さらにマウスをドラッグして Z 方向の長さを定義する。 |
| 端点,Zによる | :底面の直径の両端をピックして定義し、さらにマウスをドラッグして Z 方向の長さを定義する。          |
| 寸法入力    | :直接寸法値を定義する。  |

円筒の中心軸は、ワーキングプレーンの Z 軸であることに注意しなければならない。これは、次頁以降の円錐、球、トーラスのプリミティブについても共通である。

また、円筒形のプリミティブは、回転のソリッドのようなプリミティブで、中空または中空でない形や、扇形または全円形の形状でボリュームを作成することができる。ただし、制限事項として、空間的にゼロでない値としなければならない。

中空でないものを作成するためには、半径を入力する引数(RAD1 または RAD2)のいずれかをブランクにする。THETA1 と THETA2 のデフォルトは、0~360 度となる。

または、次のコマンドを使用する。



### 入力例.

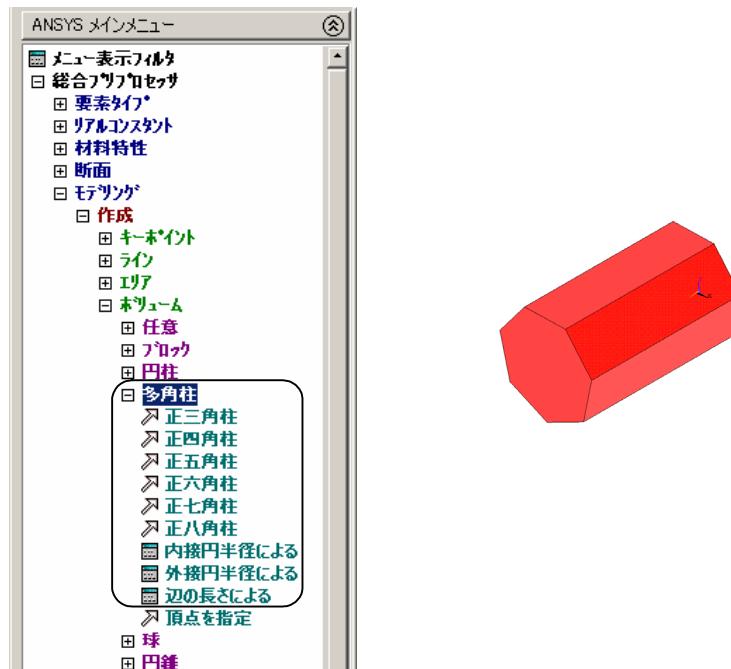
半径 5、長さ 100 の円柱を作成する場合

**CYLIND, , 5, , 100**

## 第3項 正多角柱 (PRISM)

ワーキングプレーン座標系で正多角柱を定義する。次のメニューから選択する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]>[ 作成 ]  
>[ ボリューム ]>[ 多角柱 ]



### 正多角柱

: 底面の中心とコーナー 1 点をピッキングで定義、さらにマウスをドラッグして Z 方向の長さを定義する。

### 内接円半径による

: 底面の大きさを内接円で定義し、底面 2 面の Z 方向の位置、底面の辺の数と内接円の半径を定義する。

### 外接円半径による

: 底面の大きさを外接円で定義し、底面 2 面の Z 方向の位置、底面の辺の数と外接円の半径を定義する。

### 辺の長さによる

: 底面の大きさを辺の長さで定義し、底面 2 面の Z 方向の位置、底面の辺の数と長さを定義する。

正多面柱の中心軸は、ワーキングプレーンの Z 軸となっていることに注意する。

または、次のコマンドを使用する。

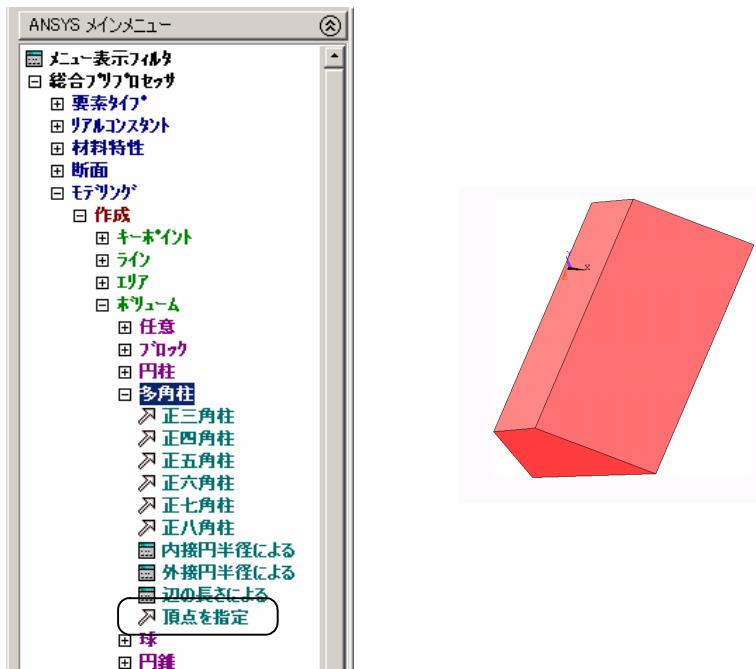
RPRISM, 0, 4.447, 8, 1.86,



## 第4項 多角柱 (PTXY PRISM)

ワーキングプレーン座標系で多角柱を定義するには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]>[ 作成 ]>[ ボリューム ]>[ 多角柱 ]>[ 頂点を指定 ]



ワーキングプレーン上で底面の各コーナーをピッキングで定義、さらにマウスをドラッグして Z 方向の長さを定義する。あるいは、PTXY と PRISM を組み合わせて多角柱を作成する。

PTXY , 1.1, 1, 4, 1, 3, 3, 2.5, 3.2

多角柱のベースとなる頂点を定義する、X,Y 座標のペア(セット)  
(PTXY コマンドを追加して、最大 100 個までの頂点が定義できる)

PRISM, -2.5, 7.5

多角柱上面と下面の Z 座標値(Z1,Z2)

PTXY コマンドは、1 度に 4 つの頂点の座標値までしか入力できない。五角柱以上を作成するときは、このコマンドを繰り返し入力し、各頂点の座標を 4 点ずつ指定する。

### 入力例. 五角柱の作成

PTXY, 0, 0, 6, 0, 9, 5, 5, 12

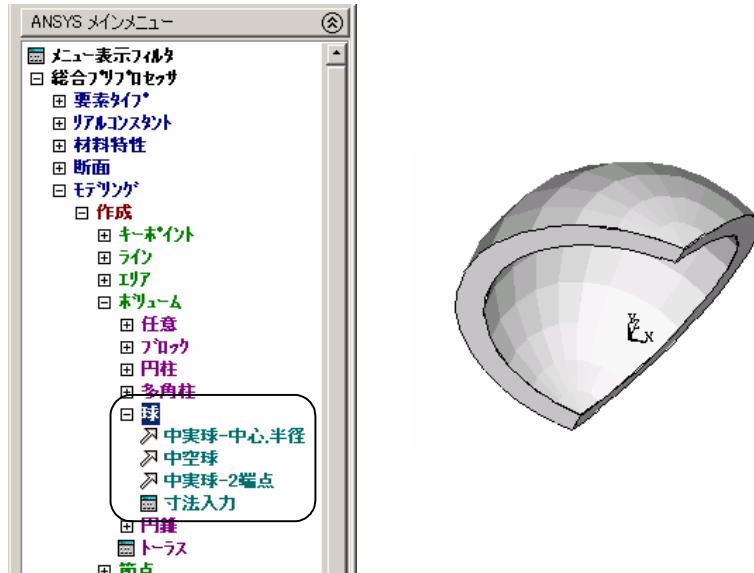
PTXY, 0, 5.5

PRISM, -1, 4

## 第5項 球 (SPHERE)

ワーキングプレーン座標系で球形のボリュームを定義する。次のメニューから選択する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]>[ 作成 ]  
>[ ボリューム ]>[ 球 ]



中実球-中心,半径 : 球の中心と半径をピックして定義する。

中空球 : 球の中心、外径と内径をピックして定義する。

中実球-2端点 : 球の直径の両端をピックして定義する。

寸法入力 : 直接寸法値を定義する。

または、SPHERE コマンドを使用する。

**SPHERE, 5, 6, 45, 165**

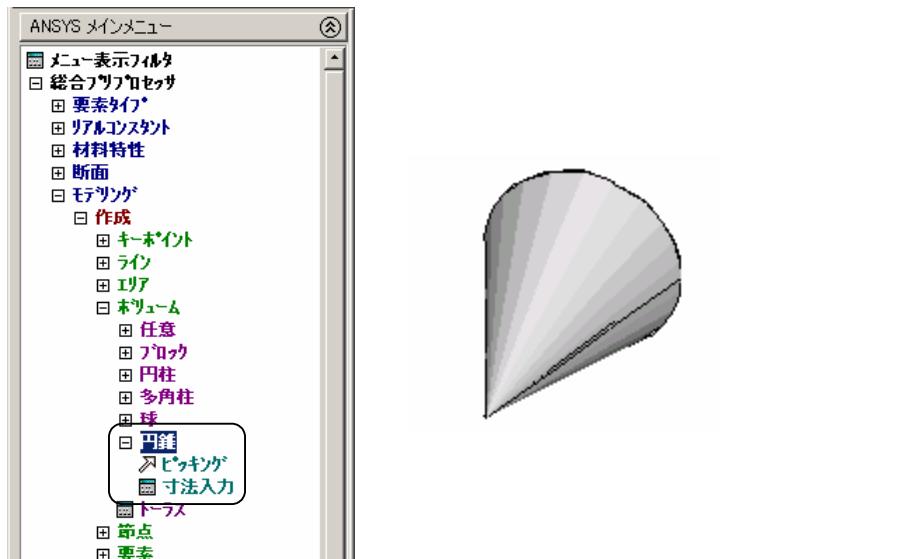
内半径と外半径の値  
(RAD1,RAD2)

球の始点(代数的に小さい方)の角度と終点(大きい  
方)の角度 (THETA1,THETA2)

## 第6項 円錐 (CONE)

ワーキングプレーン座標系で円錐形のボリュームを定義する。次のメニューから選択する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]>[ 作成 ]>[ ボリューム ]>[ 円錐 ]



**ピッキング** : 底面の中心、底面半径と頂点側半径をピッキングで定義、さらにマウスをドラッグして Z 方向の長さを定義する。

**寸法入力** : 直接寸法値を定義する。

または、CONE コマンドを使用する。

CONE, 1, 0.75, 0, -3, -90, 0

円錐の底面と上面の半径  
(RBOT,RTOP)

始点(代数的に小さい方)の角度と終点  
(大きい方)の角度(THETA1,THETA2)

円錐上面と下面の Z 座標値

(Z1,Z2 : 小さい方の値が円錐の“底面”となる)

1 つの頂点を持つ円錐(途中でカットしない形状)を作成するためには、円錐の底面もしくは上面のうち適当な方を省略する。しかし、このような円錐を作成すると、ブーリアン演算などの今後のモデリング作業に問題が生じる原因となる。これは円錐の頂点が、数学的に 1 つのエリアとして縮退された形で残っているために生じる。

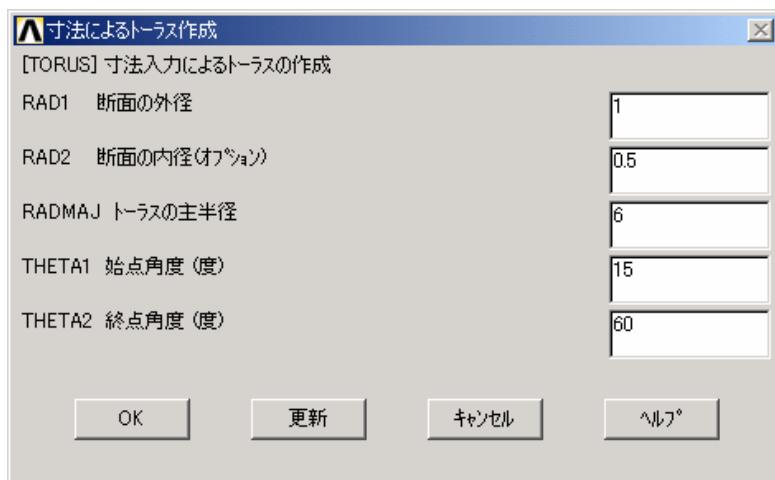
円錐形のボリュームに対してブーリアン演算を実行したい場合には、最初から円錐の頂点をカットした形で作成しておくべきである。(モデル上、頂点が欠くことのできない部分である場合を除く。)

こうすることによって、これ以降の作業で、問題が生じるのを避けることができる。

## 第7項 トーラス (TORUS)

ワーキングプレーン座標系でトーラス形のボリュームを定義するには、次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]>[ 作成 ]>[ ボリューム ]>[ トーラス ]



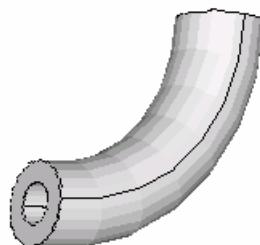
または、**TORUS** コマンドを使用する。

**TORUS, 5, 10, 75, -45, 45**

内半径と外半径の値  
(RAD1,RAD2)

トーラスの始点(代数的に小さい方)の角度と終  
点(大きい方)の角度(THETA1,THETA2)

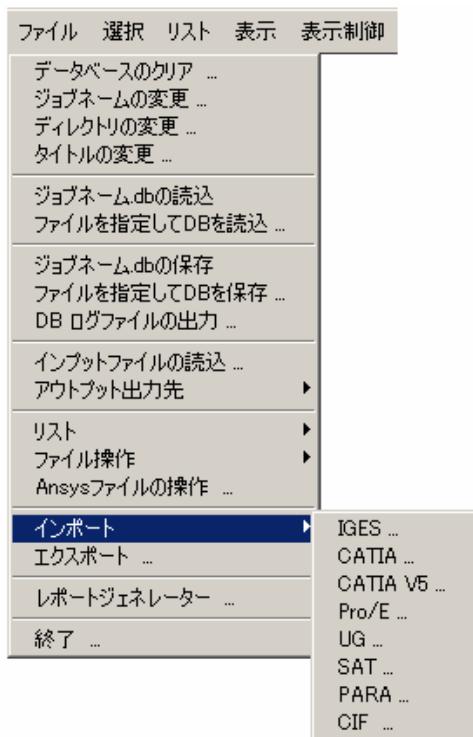
軌道半径  
(RAD3)



## 第5節 CAD データのインポート

ANSYS は種々の CAD システムで作成した形状データをインポートすることが出来る。インポートされた形状データはソリッドモデルとして通常通り機能し、解析に利用することができる。CAD データをインポートするには次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ ファイル ] > [ インポート ] > [ … ]



各メニューの内容は以下の通りである。

<b>IGES ...</b>	CAD の標準中間フォーマットである IGES データをインポートする。
<b>CATIA ...</b> <b>CATIA V5 ...</b>	3 次元 CAD “CATIA” で作成されたデータをインポートする。
<b>Pro/E ...</b>	3 次元 CAD “Pro/ENGINEER” で作成されたデータをインポートする。
<b>UG ...</b>	3 次元 CAD “Unigraphics” で作成されたデータをインポートする。
<b>SAT ...</b>	ACIS カーネルの 3 次元 CAD で作成されたデータをインポートする。
<b>PARA ...</b>	Parasolid カーネルの 3 次元 CAD で作成されたデータをインポートする。
<b>CIF ...</b>	CIF(Caltech Intermediate Format)形式のデータをインポートする。

CAD データをインポートする際は、システム毎に制限があることに注意する。

Hardware Platform		Catia 4.x	Catia v5 R2-15	Parasolid 16.1	Pro/E 2001	Pro/E Wildfire 1	Pro/E Wildfire 2	SAT ACIS 14	UG NX3.0
PC-Windows	XP(64bit)	○		○				○	
	XP(32bit)	○	○	○		○	○	○	○
	2000	○	○	○		○	○	○	○
UNIX	HP-UX 11.0	○		○		○	○	○	○
	HP-UX 11.22 (Itanium)			○				○	○
	IBM AIX 5L	○	○	○	○				○
	SGI	○		○		○	○	○	○**
	Sun	○		○		○	○	○	○***
	Linux			○		○*	○*	○	

\*Linux 32bitのみ

\*\*SGId では、Unigraphics NX 2.0 が必要です。

\*\*\*Sun および Fujitsu では、Unigraphics 3.0.2.3 MP1 が必要です。

CAD データのインポートを行うと表示が自動的にワイヤーフレーム表示となる。これは ファセット表現（多面体表現）の設定が変更されるためである。通常表示に戻すためには 次のメニューを操作する。

**メニューの位置 ANSYS Utility Menu : [ 表示制御 ] > [ スタイル ]  
> [ ソリッドモデルファセット ... ]**



“エリアとボリュームの表示スタイル” の設定は以下の通りである。

- |      |                           |
|------|---------------------------|
| 標準   | : モデルの面表示 (デフォルト)         |
| 線画表示 | : モデルのワイヤーフレーム表示          |
| 詳細表示 | : モデルの面表示 (高精度)           |
| 粗め   | : モデルの面表示 (表示スピードは早いが低精度) |

## 第6節 ブーリアン演算

- “ブーリアン演算とは何か?”

ブール代数(BooleanAlgebra)は、INTERSECT、UNION、SUBTRACT 等の論理演算を用いて、データセットを組み上げる操作を行う。

これに基づいて、ブーリアン演算(BooleanOperation)を利用すると、要素分割前のソリッドモデルに対して簡単に変更を行うことができる。

- “全てのエンティティは対等に作られている”

ブーリアン演算は、トップダウン、ボトムアップのどちらで作成されたモデルに対しても、適用することができる。すなわち、データベース内ではソリッドモデルの各エンティティはどれも、定義の方法に関わらず全く等しく扱われているということである。

- ブーリアン演算の失敗

1つの頂点を持つ円錐と他のエンティティに対してブーリアン演算を行うと、その1つの頂点の部分で演算が失敗に終ってしまうことがある。(これは頂点が、数学的にデータベース中では1つのエリアを縮退した形で残っていることによる。)

また、ブーリアン演算はコンピューターのパワーを多く消費するために、多くの時間を必要としたり、時には失敗に終わることがある。

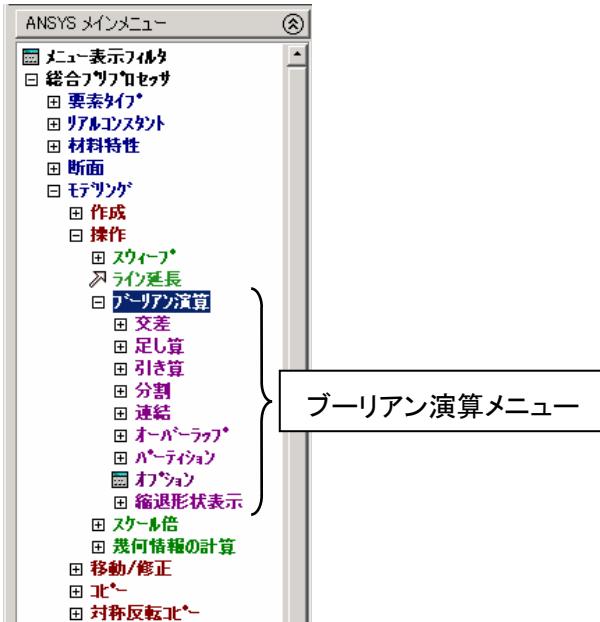
対策としては、ソリッドモデルのコマンド群の中で類似機能のコマンドがあれば、ブーリアン演算のかわりにそちらを用いる方がよい。

(例： **DRAG**、**ROTATE** コマンド群)

注　ブーリアン演算は、2つ以上の複数のエンティティに対しても行うことができる。

## ブーリアン演算の種類

ブーリアン演算には、次の種類がある。本セミナーノートでは、メニューの分類に従つて、説明する。



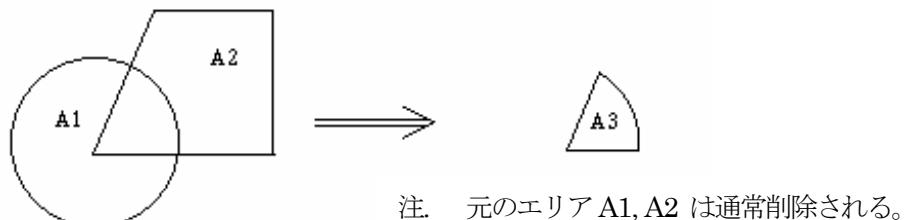
### メニューでのブーリアン演算の分類

- |                      |   |
|----------------------|---|
| 交差                   | : 2つのエンティティのうち、共通する部分を新しいエンティティとして定義する。   |
| 足し算                  | : 一部が重なり合う複数のエンティティに対して、それら全てを含むような1つの新しいエンティティを定義する。                                   |
| 引き算                  | : 2つのエンティティ間で引き算を行い、その結果を新しいエンティティとして定義する。エンティティの重なり方によって、結果が異なる。                       |
| 分割                   | : あるエンティティを他のエンティティで分割する。分割するエンティティは、通常削除される。   |
| 連結                   | : “オーバーラップ”と似た機能を持つ。ただし、エンティティが1つ低い次元で接しているときに使用する。新しいエンティティは前の形状を保持するが、共有する部分で連結されている。 |
| オーバーラップ <sup>°</sup> | : “足し算”と似た機能を持つ。ただし、重複する空間部分の境界にも新しいエンティティが定義される。                                       |
| パーティション              | : エンティティ同士の交点、交線等でエンティティを分割する。  |

## 第1項 交差 (共通部分)

全てのエンティティの共通部分を、新しいエンティティとして作成する。

例.



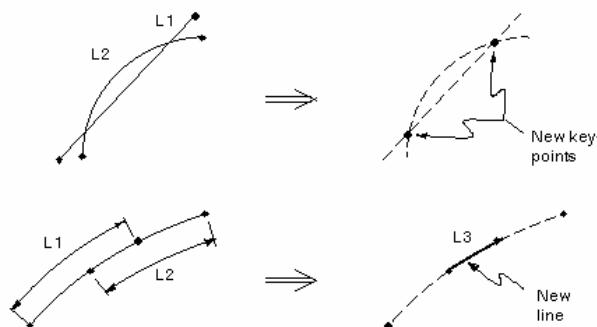
この交差には以下のメニューが用意されている。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]>[ 操作 ]  
>[ ポリアン演算 ]>[ 交差 ]

ANSYS メインメニュー	コマンド名
■ ファイル	
□ 総合プリプロセッサ	
■ 要素タイプ	
■ リアルコンストント	
■ 材料特性	
■ 断面	
■ モーリング	
■ 作成	
■ 操作	
■ スワイプ*	
■ ライン延長	
■ ポリアン演算	
■ 交差	
■ 全てに共通	全てのボリュームの交差部を得る。 ..... VINV
■ ボリューム	全てのエリヤの交差部を得る。 ..... AINA
■ エリヤ	全てのラインの交差部を得る。 ..... LINL
■ ライン	2つのボリュームの交差部を得る。 ..... VINP
■ 2つに共通	2つのエリヤの交差部を得る。 ..... AINP
■ ボリュームとエリヤ	2つのラインの交差部を得る。 ..... LINP
■ ボリュームとライン	エリヤとボリュームの交差部を得る。 ..... AINV
■ エリヤとライン	ラインとボリュームの交差部を得る。 ..... LINV
■ エリヤとエリヤ	ラインとエリヤの交差部を得る。 ..... LINA
■ 足し算	
■ 引き算	

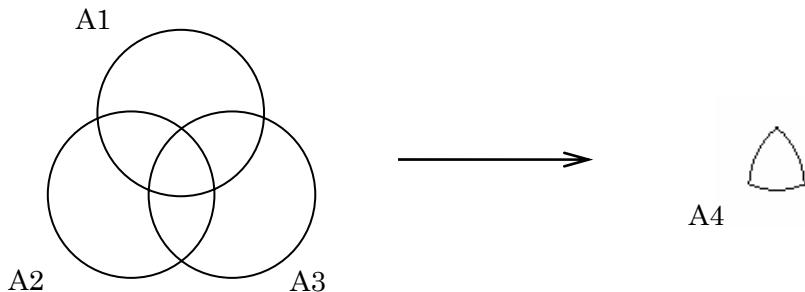
注 エンティティの重なり方によって結果が異なる場合がある。

例.



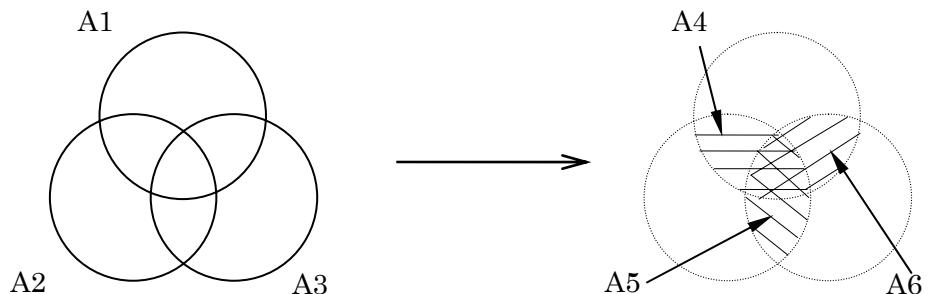
交差について、“全てに共通”と“2つに共通”的相違を図に示す。

- 交差 全てに共通：



注 3個の円の共通部分が新しいエリアとして作成される。

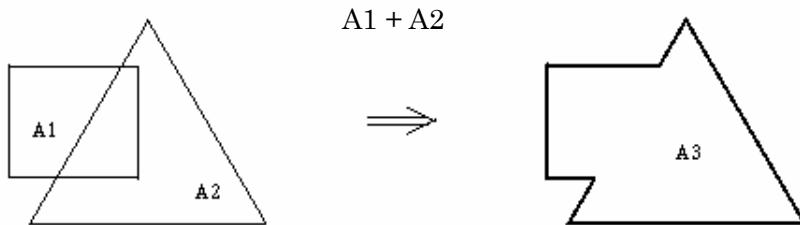
- 交差 2つに共通：



注 上図の斜線部に示すように、3個の円のそれぞれ2個ずつの共通部分が新しいエリアとして作成される。

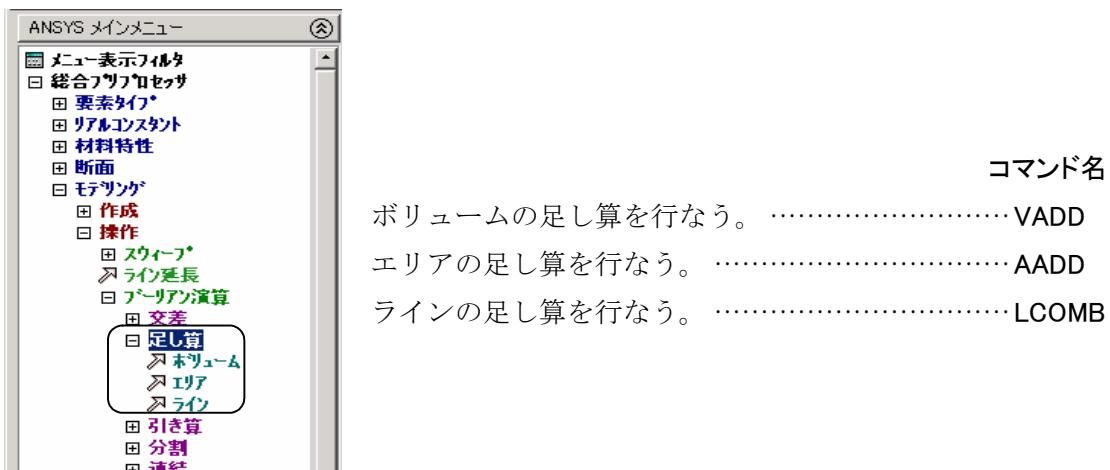
## 第2項 足し算

元のエンティティの全ての部分を含むエンティティを作成する。



注 元のエリア A1, A2 は通常削除される。

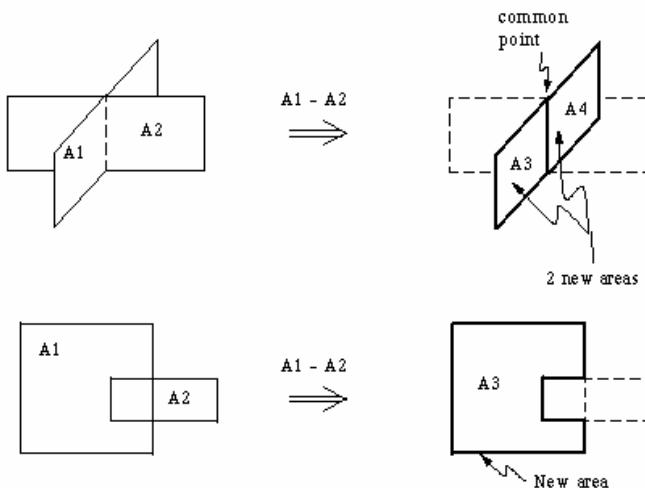
メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]>[ 操作 ]  
>[ ブーリアン演算 ]>[ 足し算 ]



足し算では、元のエンティティを全て含めて、1つの新しいエンティティとして定義する。  
(この演算は、数学的には、UNION、JOINING、SUMMATION にあたるものである。)  
演算の結果のエンティティは継ぎ目のない 1 つの形状をしていて、内部的な分割は残っていない。

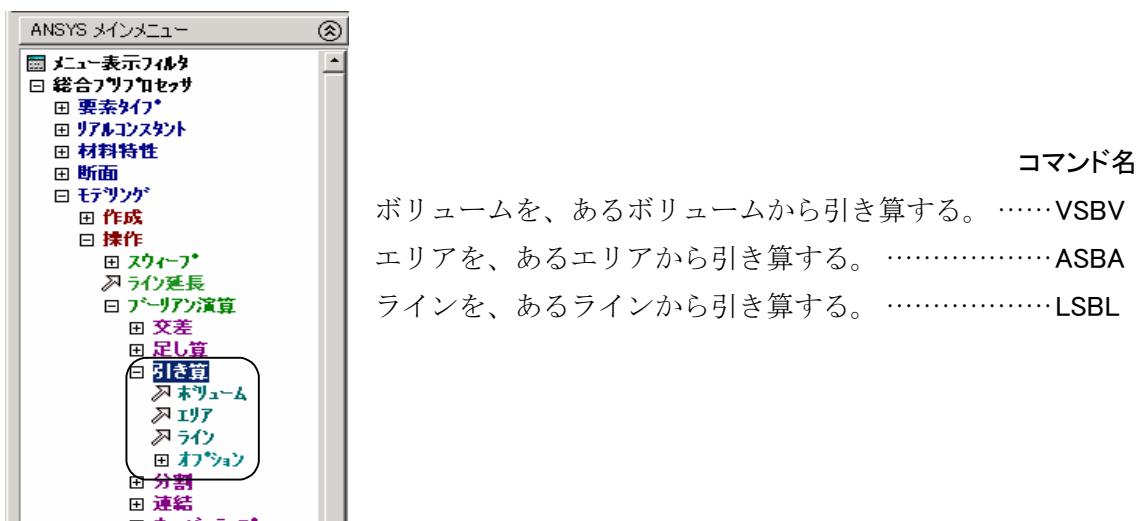
### 第3項 引き算

あるエンティティからあるエンティティの引き算を行う。



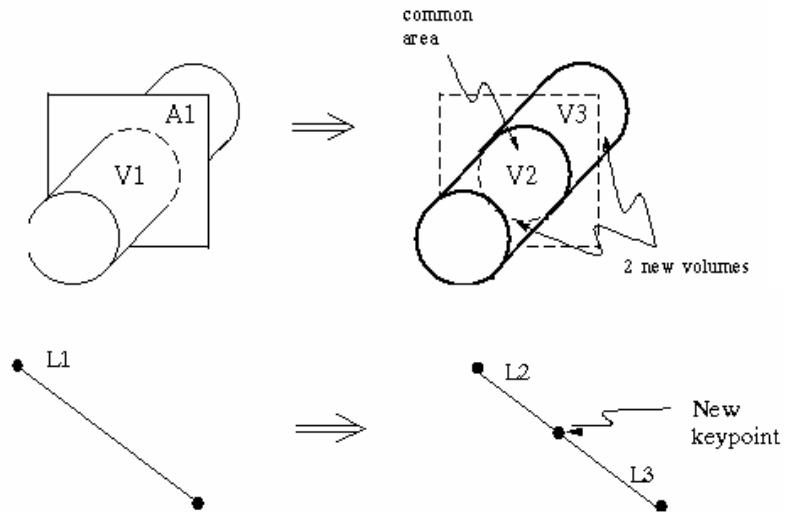
この引き算には以下のメニューが用意されている。ここでの引き算は、同次元のエンティティの引算である。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]>[ 操作 ]  
>[ ブーリアン演算 ]>[ 引き算 ]



## 第4項 分割

あるエンティティをあるエンティティで分割する。または、ラインを複数のラインに分割する。



メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]>[ 操作 ]  
>[ プーリアン演算 ]>[ 分割 ]



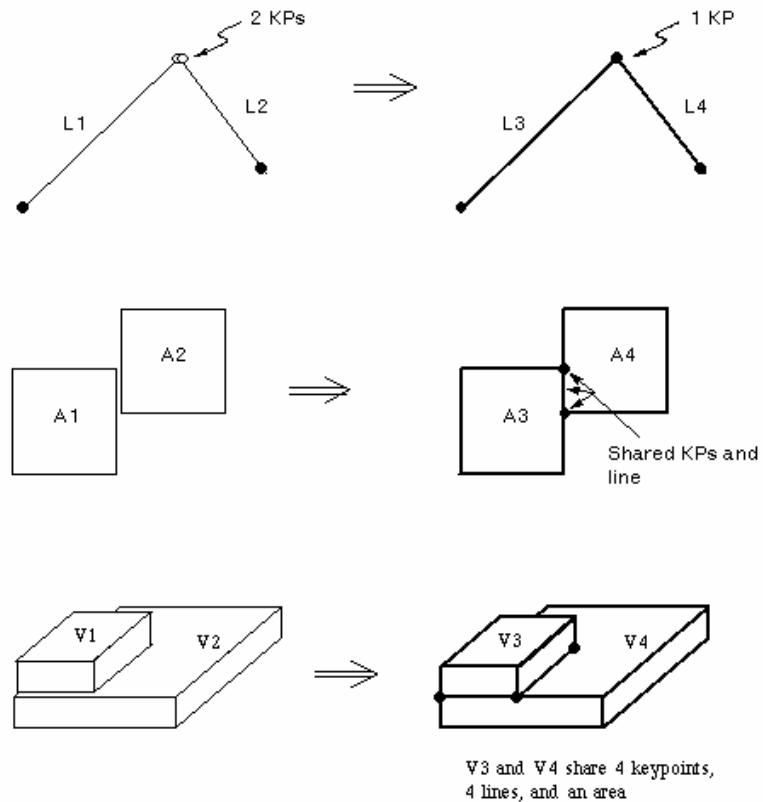
この分割には以下のメニューが用意されている。

- 次元の異なるエンティティどうしの引き算を用いてエンティティの分割を行う。メニューでは、... / ...と表示されている。
- ラインを複数のラインに分割する。

ワーキングプレーンを用いて、エンティティを分割することもできる。

## 第5項 連結

エンティティが1つ低い次元で接しているときに使用する。新しいエンティティは、前の形状を保持するが、共有する部分で連結されている。

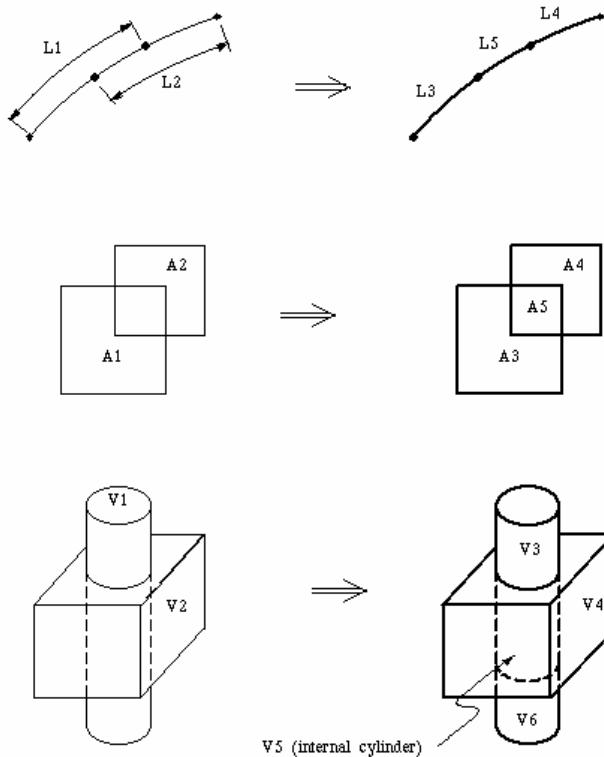


メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 操作 ]  
> [ ポーリアン演算 ] > [ 連結 ]



## 第6項 オーバーラップ (重複する部分を別のエンティティに分類する)

複数のエンティティを結合して、重複する空間部分の境界に新しいエンティティを作成する。

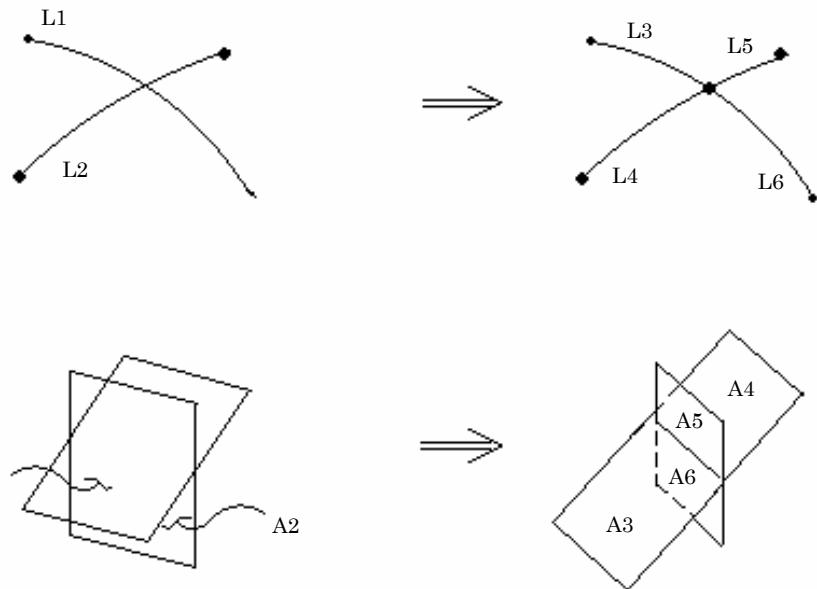


メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 操作 ]  
> [ ブーリアン演算 ] > [ オーバーラップ ]

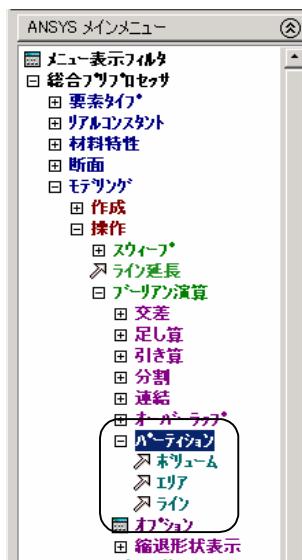


## 第7項 パーティション

同次元エンティティどうしの交点、交線等で、エンティティを分割する。



メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ モデリング ]>[ 操作 ]  
>[ ブーリアン演算 ]>[ パーティション ]



## 第6章 ソリッドモデルの要素分割



## 第1節 要素分割

- ソリッドモデルの要素分割

この章では、要素分割の作業について、以下の3つの主なステップに沿ってさらに理解を深めていく。

要素属性の設定

要素分割の制御

要素分割の実行

ソリッドモデル作成後は要素分割のプロセスに移り、ソリッドモデルを節点と要素からなる有限要素モデルに分割するようにプログラムに指示を行う。それよって節点と要素からなる有限要素モデルが完成する。

- モデルの修正

ここでは、ソリッドモデル、要素分割後の有限要素モデルの修正方法について紹介する。

## 第2節 要素属性の設定

各要素が持っている要素属性としては以下の4つがある。

<b>要素タイプ</b>	(Element Type)
<b>リアルコンスタント</b>	(Real Constant)
<b>材料特性</b>	(Material Property)
<b>要素座標系</b>	(Element Coordinate System)

要素分割によって節点と要素を生成する前に、まず適切な要素属性を定義する必要がある。これは要素を生成する前にユーザーが必ず定義しなければならないことである。

- ・ どんな**要素タイプ**を使用するか (BEAM3,SHELL63,SOLID87 等)
- ・ どんな**リアルコンスタント (要素特性、幾何形状特性)**を使用するのか (リアルコンスタントは不要の場合もある)
- ・ どんな**材料特性**を使用するのか (ヤング率、熱伝導率、等)
- ・ どんな**要素座標系**を使用するのか (デフォルトとは異なる場合のみ入力する)

要素座標系については第5章を参照されたい。

## 第1項 複数の要素属性

第2章で单一の要素属性（要素タイプ、リアルコンスタント、材料特性）の定義の方法について学んだ。しかし、これでは单一の要素タイプ、单一のリアルコンスタント、单一の材料特性しか定義できない。

作成したモデルが複数の要素タイプ（例：ビームとシェルの要素）や、複数のリアルコンスタントセット（厚さの異なる2つのシェルのような場合）からなっていたり、複数の材料特性（例：コンクリートと鉄鋼）を持っていたりする場合には、モデル内の要素に対して、要素属性を複数個定義する必要がある。

そこで、次の構造解析例を参考に、複数の要素属性の定義方法を解説する。

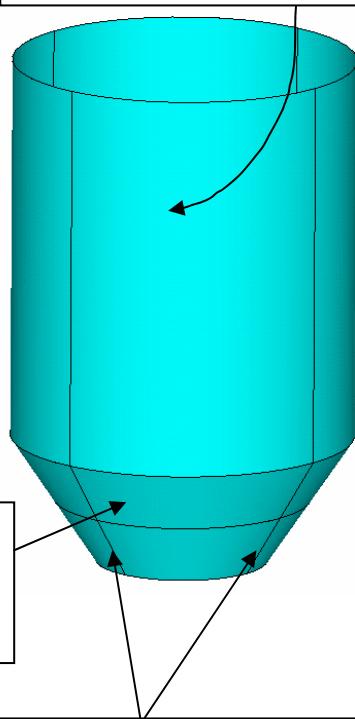
## 例.

要素タイプ

SHELL181

BEAM4

コンクリートサイロ円筒部分  
SHELL181  
板厚 12.5 cm  
材料:コンクリート



## リアルコンスタント

シェルの板厚 12.5 cm

シェルの板厚 9.4 cm

ビームの断面積 12.6 cm<sup>2</sup>

断面2次モーメント 12.6 cm<sup>4</sup>

## 材料特性

鉄鋼

ヤング率	210 GPa
ポアソン比	0.3
コンクリート	
ヤング率	21 GPa
ポアソン比	0.17

コンクリートサイロ円錐部分  
SHELL181  
板厚 9.4 cm  
材料:コンクリート

スチールホッパー  
BEAM4  
断面積 12.6 cm<sup>2</sup>  
断面2次モーメント 12.6 cm<sup>4</sup>  
材料:鉄鋼

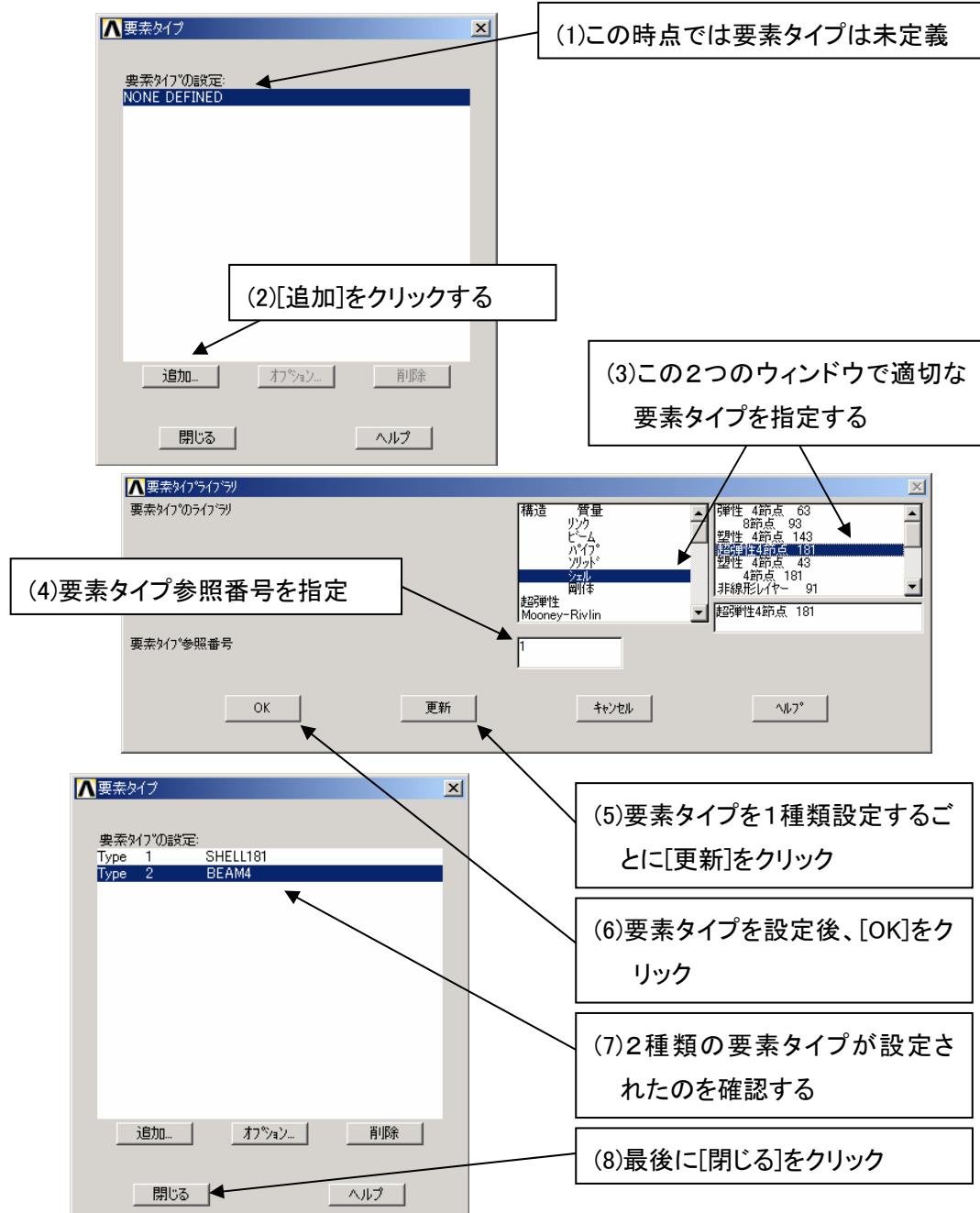
- ・コンクリートサイロ円筒部分は板厚 12.5 cm のシェル要素で、材料はコンクリートである。
- ・コンクリートサイロ円錐部分は板厚 9.4 cm のシェル要素で、材料は同じくコンクリートである。
- ・スチールホッパーは断面積 12.6 cm<sup>2</sup>、断面2次モーメント 12.6cm<sup>4</sup>のビーム要素で、材料は鉄鋼とする。

使用する要素タイプ、リアルコンスタント、材料特性を、それぞれ参照番号を割り当て定義する。

## 複数要素タイプの設定

それぞれの要素タイプ毎に**要素タイプ参照番号**を指定することで、複数の要素タイプを設定し区別する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ 要素タイプ ]  
> [ 追加/編集/削除 ]

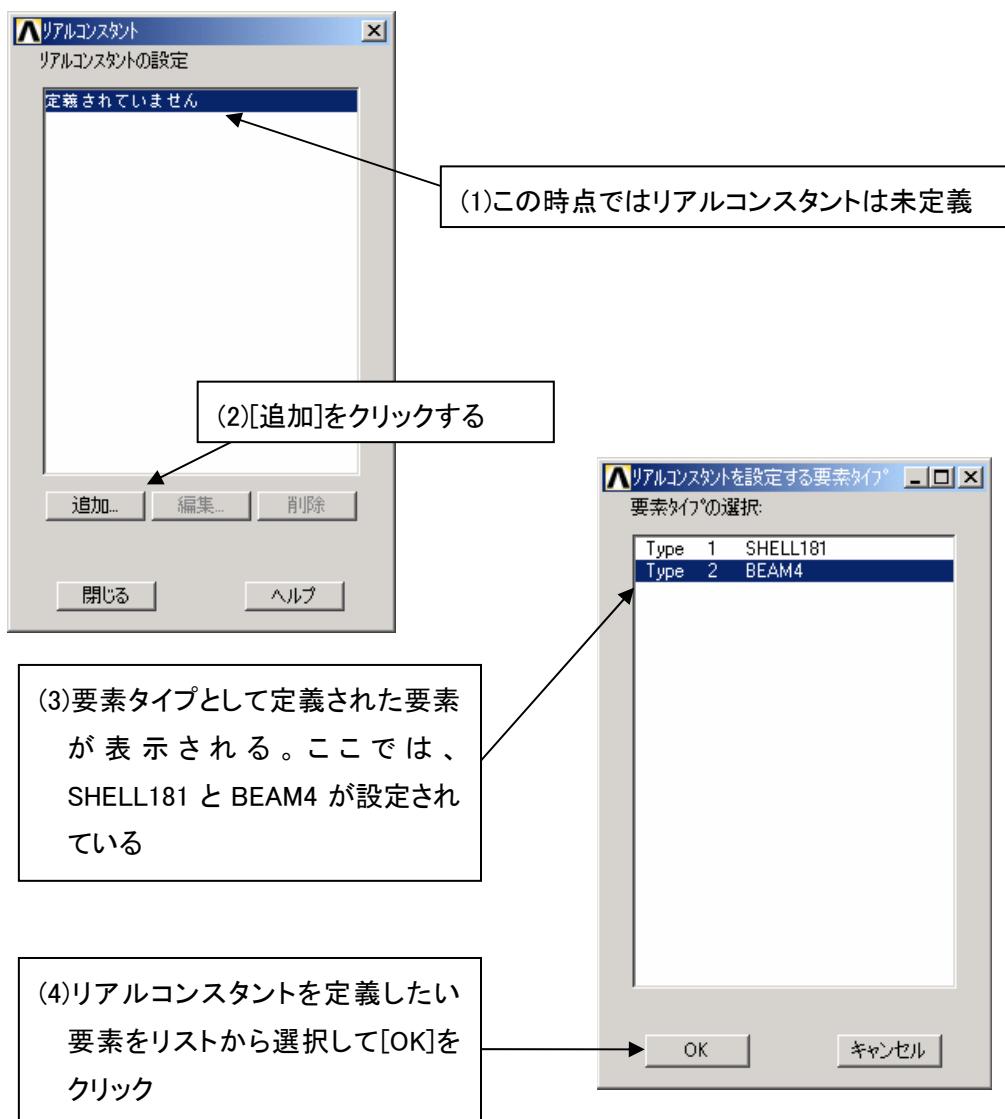


## 複数リアルコンスタントの設定

それぞれのリアルコンスタント毎に**リアルコンスタント参照番号**を指定することによって、複数のリアルコンスタントを設定することができる。

- 要素タイプの選択

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ リアルコンスタント ]  
>[ 追加/編集/削除 ]



注. メニューによる定義の場合、これらの作業を行う前に要素タイプを定義しておく必要がある。

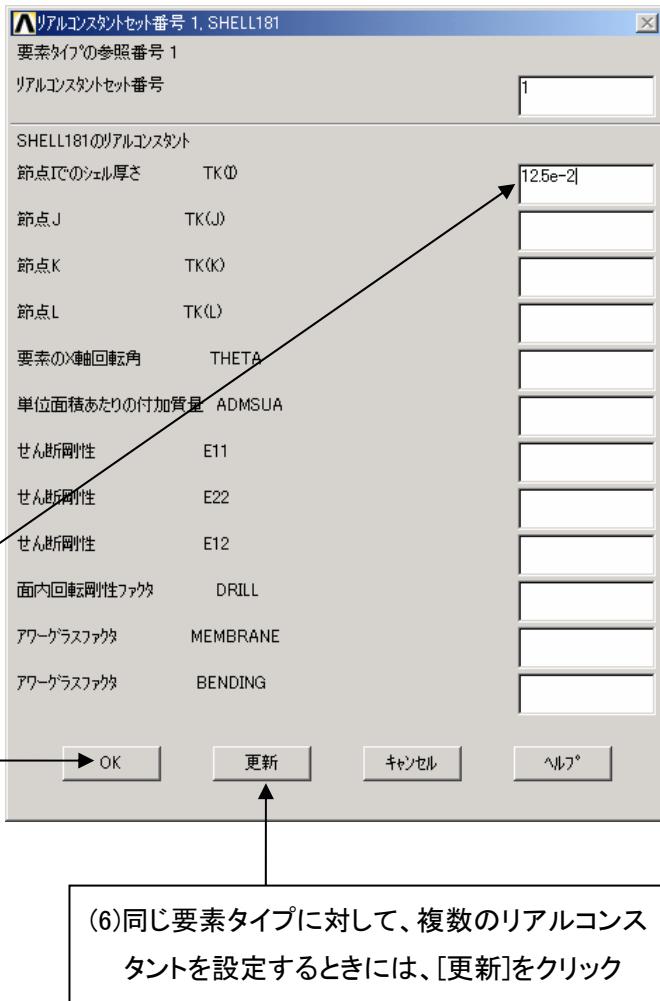
- リアルコンスタントの設定

このダイアログボックスでリアルコンスタントの値を入力する。

この例では SHELL181 について設定を行っている。この場合には、要素の板厚などの情報を入力する。

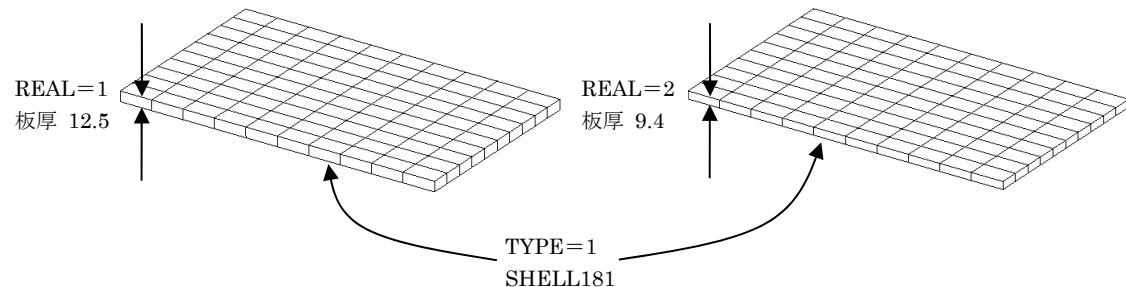
(5)リアルコンスタントの値  
を入力する

(7)設定後に[OK]をクリック



注. リアルコンスタントの参照番号は、他の属性の参照番号に依存していない。

よって TYPE=1 (シェル要素) について、REAL=1 と REAL=2 を、それぞれ適用することができる。

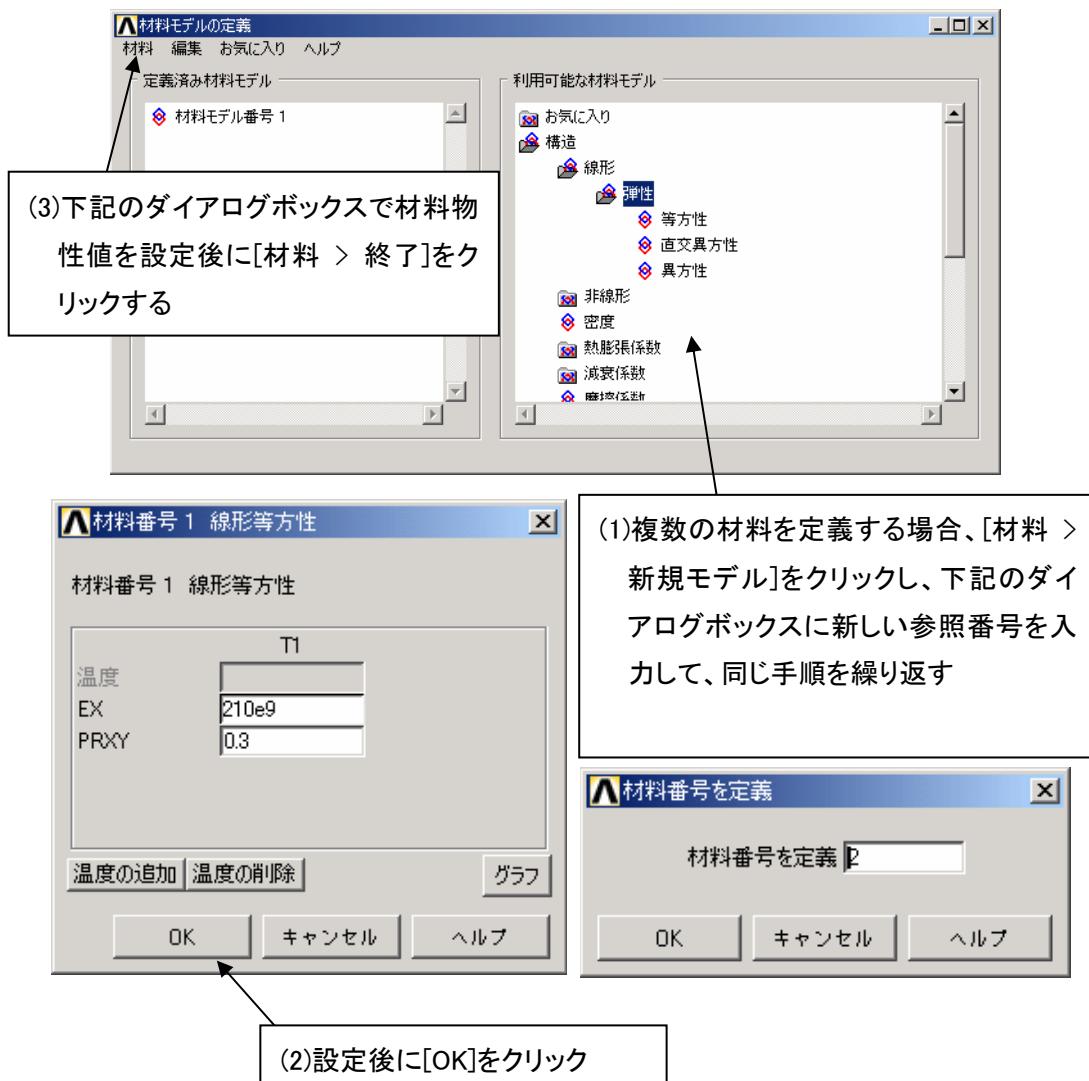


リアルコンスタントは、要素特性または幾何形状特性を指定するものであり、その内容は要素依存である。よって要素タイプ毎に入力項目は異なる。これに関する詳細は、“ANSYS エлементレファレンス”マニュアルを参照されたい。各要素タイプの入力一覧にリアルコンスタントの一覧が記述されている。

## 複数材料特性の設定

材料特性が複数の場合でも、下図の材料モデルの定義ダイアログボックスで簡単に定義する事ができる。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ 材料特性 ]>[材料モデル]  
[利用可能な材料モードル構造]>[線形]>[弾性]>[等方性]



注： 材料特性の参照番号は、他の属性の参照番号に依存していない。例えばTYPE=1(シェル要素)について、材料MAT=1と材料MAT=2のそれぞれを適用できる。

上述した材料特性の設定を、ANSYS コマンドで行う場合は以下のようなになる。

#### 要素タイプ

ET, 1 , SHELL181 .....コンクリートサイロに使用

ET, 2 , BEAM4 .....スチールホッパーに使用

#### リアルコンスタント

R, 1 , 12.5e-2 .....コンクリートサイロ円筒部分の板厚

R, 2 , 9.4e-2 .....コンクリートサイロ円錐部分の板厚

R, 3 , 12.6e-4, 12.6e-8, 12.6e-8 .....スチールホッパーの断面積と断面 2 次モーメント

#### 材料特性

MP, EX , 1 , 210e9 ..... } 鉄鋼のヤング率とポアソン比

MP, PRXY , 1 , 0.3 ..... }

MP, EX , 2 , 210e8 ..... }

MP, PRXY , 2 , 0.17 ..... }

コンクリートのヤング率とポアソン比

上の例では、要素タイプ 1 番がシェル要素 (SHELL181) であり、要素タイプ 2 番がビーム要素 (BEAM4) となる。

材料は 1 番が鉄鋼、 2 番がコンクリートである。

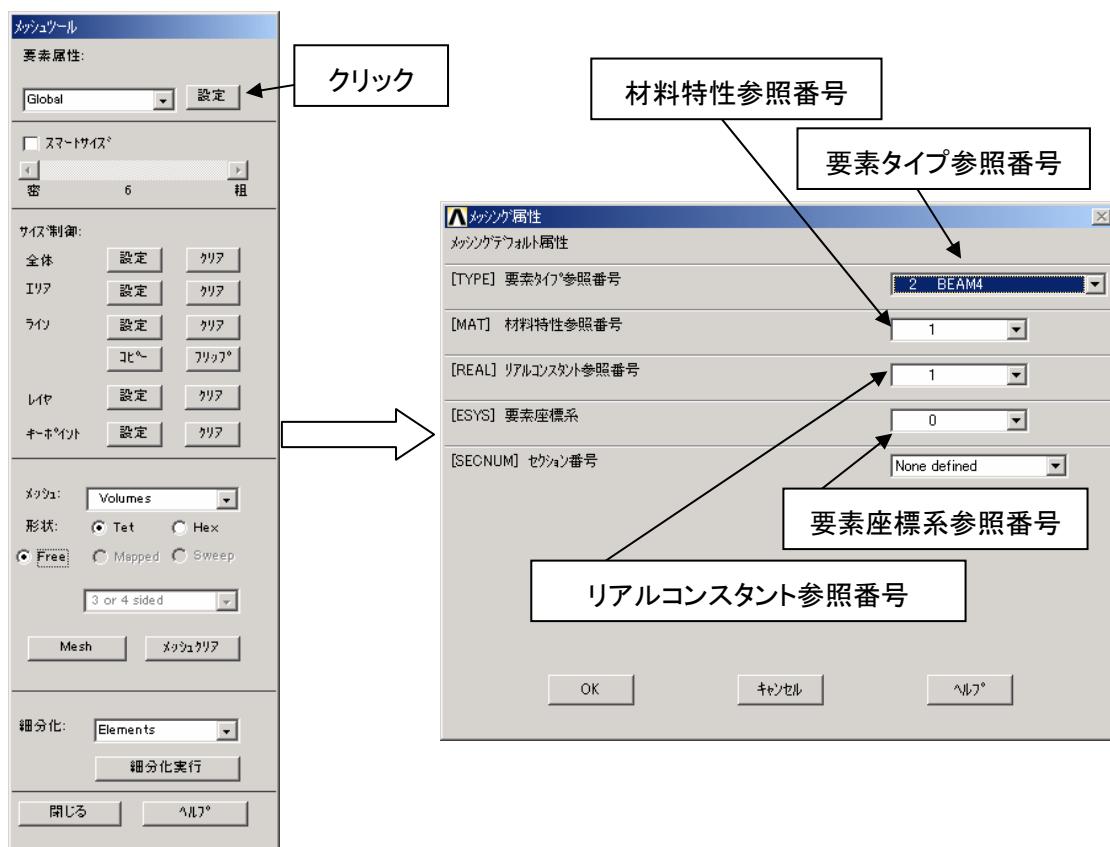
要素を作成するときは、これらの中から使用する要素タイプ、リアルコンスタント、材料特性を、参照番号を用いて指定しなければならない。

## 第2項 要素分割前の要素属性の割り当て

複数の要素属性を持つモデルを要素分割する前に、モデルの各部分に対して必要な要素属性のデータを割り当てる必要がある。そのためには、各属性の各参照番号ごとにデータをアクティブにする。

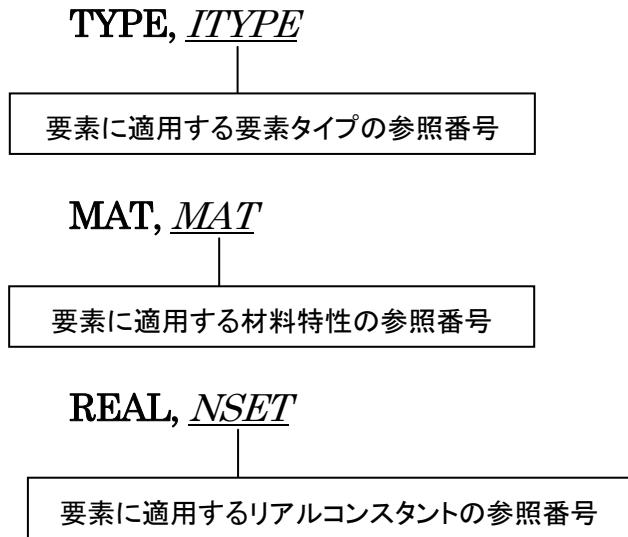
次のようにメニューを操作する。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー:[ 総合プリプロセッサ ]>[ メッシュ ]>[ メッシュツール ]>[ 要素属性 Global: 設定 ]



それぞれの属性に適切な参照番号を入力し、その後、要素分割を実行する。これらの値はプログラムによって、自動的にソリッドモデルもしくは個々の要素に対して属性が割り当てられる。一般的には、ソリッドモデルを要素分割する前に、要素属性の割り当てを行うのが適切である。

または、以下のコマンドを使用する。

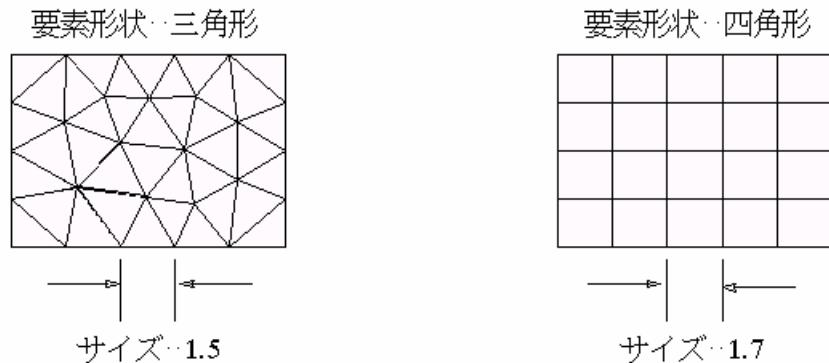


### 例.

```
TYPE,1  
MAT,1  
REAL,2
```

この後要素分割を行うと、TYPE=1、REAL=2、MAT=1 の要素属性を持つ要素ができる。ソリッドモデルに対して要素分割を行うのであれば、要素属性の割り当てを定義するために、KATT、LATT、AATT、VATT コマンドを用いる方法もある。

### 第3節 要素分割の制御



ソリッドモデルを要素分割する前に必要な操作が、要素分割の制御である。この制御により、上図のように有限要素モデルに変化が見られる。

具体的には、

- ・ **要素形状**に関する制御
- ・ **要素サイズ**に関する制御

の2つの項目を定義する。

このステップは、解析全体で最も重要な作業の内のひとつである。ここでの決定により、有限要素モデルの規模が変化する。

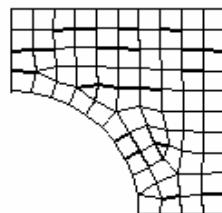
有限要素モデルの規模は解析の精度や時間に大きな影響を及ぼす。

次頁より、要素形状の制御と要素サイズの制御について説明する。

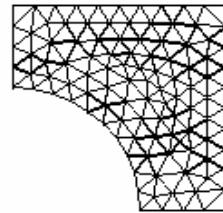
## 第1項 要素形状の制御

エリア型の要素としては、三角形、四角形、またはその混合の3種類がある。また、ボリューム型の要素としては、四面体または六面体の2種類がある。

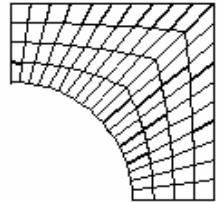
2次元メッシュ



三角形と四角形  
の混在

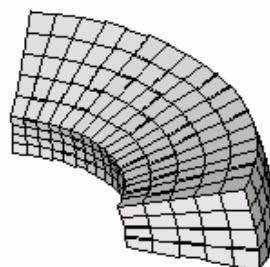


三角形のみ

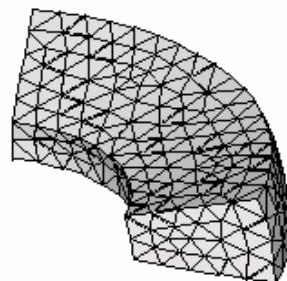


四角形のみ

3次元メッシュ



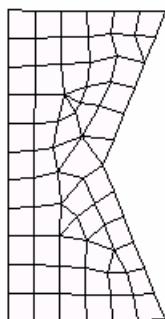
六面体のみ



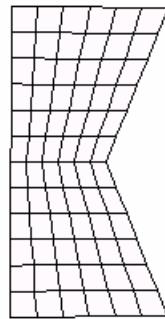
四面体のみ

## フリーメッシュとマップトメッシュ

- フリーメッシュ (Free Mesh)
  - ・ モデルに対する制限事項がない
  - ・ コンピュータの時間を比較的多く消費する
  - ・ 三角形または四面体のみの使用は避けた方がよいことがある
- マップトメッシュ (Mapped Mesh)
  - ・ モデル形状がある一定の基準を満たしていかなければならない
  - ・ フリーメッシュよりも比較的時間を節約できる
  - ・ 比較的精度の良い要素を作成できる（要素タイプに依存する）



Free Mesh



Mapped Mesh

四角形のみまたは六面体のみの要素を作成することを“マップトメッシュ”(Mapped Mesh)と呼ぶ。

これに対して三角形のみまたは三角形と四角形の混在、あるいは四面体での要素分割を“フリーメッシュ”(Free Mesh)と呼ぶ。

フリーメッシュを行う場合、ソリッドモデルに対して要求される制限事項は特になし。

三角形のみ、四面体のみ、三角形と四角形混在の3種類のいずれかを **MSHAPE** コマンドで選択する。

混在する要素分割といつても、**PLANE2** のように三角形形状の要素しか用意されていない場合には、プログラムは形状の混在する要素を作成しない（全て三角形の要素になる）。

マップトメッシュを行う場合、モデルの形状や分割数の指定方法により、制限を受ける。制限内容の詳細や、マップトメッシュを行うためのテクニック等については、オンラインドキュメントの“モデリングとメッシングガイド”を参照のこと。

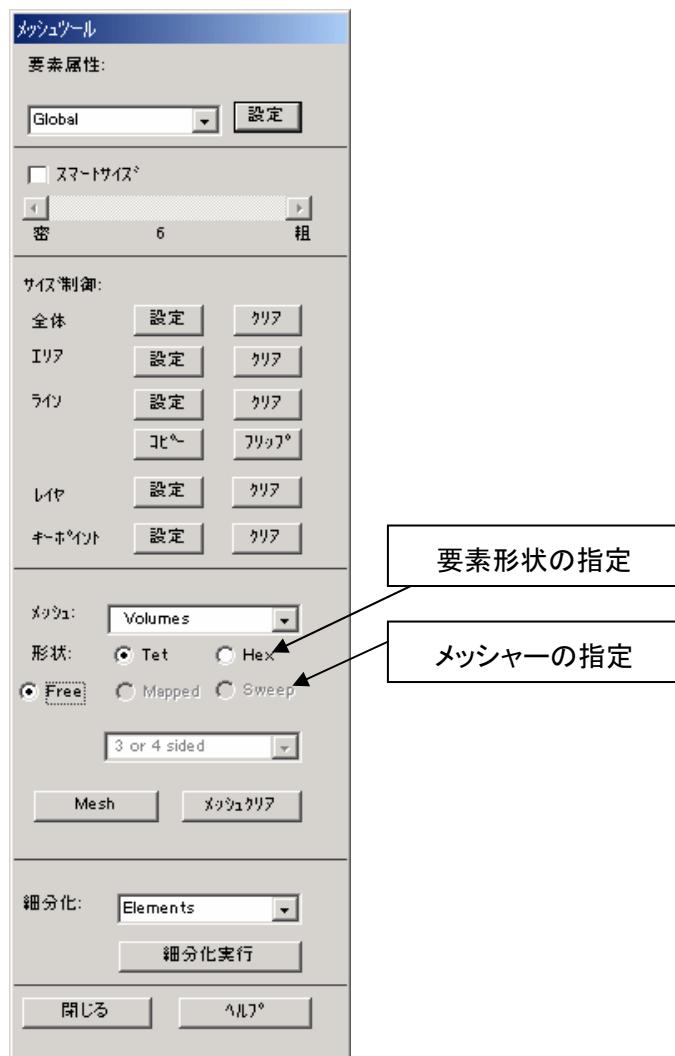
多くの場合フリーメッシュは、マップトメッシュと比較して CPU 時間を費やす。

要素形状は、以下の設定から選択する。

フリーメッシュ		マップトメッシュ	
エリア要素	ボリューム要素	エリア要素	ボリューム要素
三角形のみ	三角形と四角形の混在	四面体のみ	四角形のみ
			六面体のみ

次のように、メッシュツールを使用して、要素形状とメッシャーをコントロールする。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー: [ 総合プリプロセッサ ] > [ メッシュ ] > [ メッシュツール ]



または、MSHKEY および MSHAPE コマンドを使用する。

**MSHKEY, key**

メッシュタイプを選択する  
0—フリーメッシュ  
1—マップトメッシュ

**MSHAPE, KEY, Dimensions**

要素形状の指定

KEY=0

Dimensions=3D の場合

六面体要素のみ

Dimensions=2D の場合

四角形要素のみ または 四角形要素と三角形要素の混在

KEY=1

Dimensions=3D

四面体要素のみ

Dimensions=2D

三角形要素のみ

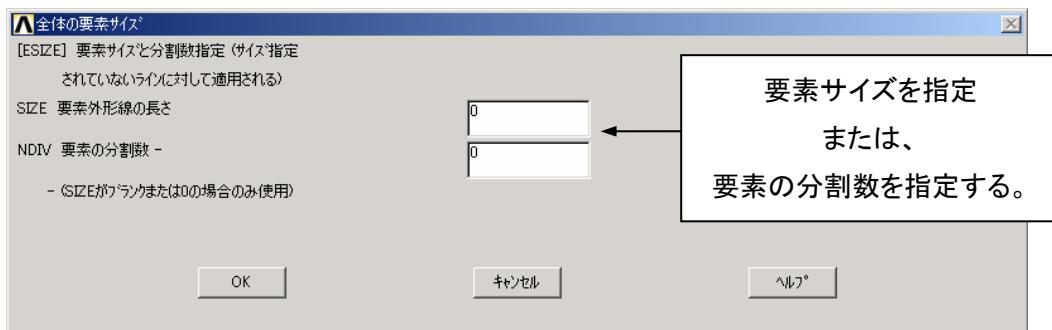
## 第2項 要素サイズの制御

要素サイズの制御については、第2章第4項でスマートサイズによる制御方法について説明した。ここではその他の要素サイズの制御方法に関して説明する。

モデルの外形線上の分割数を設定することができる。

次のように、メニューを操作する。

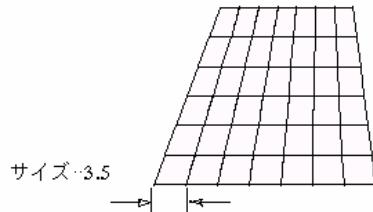
メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ メッシュ ] > [ メッシュツール ]  
> [ サイズ制御: 全体 設定 ]



または、ESIZE コマンドでモデルの外形線上の分割数を決定する。モデル内のラインに對して分割数を決定する場合は LESIZE コマンドを使用する。

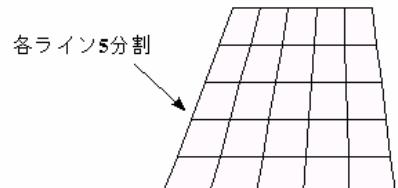
ESIZE, SIZE, NDIV

要素分割する領域の外形線上での最大の要素の長さ(SIZE)  
各ライン上での分割数は、ラインの長さから自動的に計算される  
NDIV フィールドに数値が入力されている時には、入力できない。



ESIZE, SIZE, NDIV

要素分割する領域の境界上のラインに対する分割数(NDIV)  
SIZE フィールドに数値が入力されている時には、入力できない。



さらに細部にわたって要素の分割を指定したい場合には、KESIZE、LESIZE コマンド等を使用する。これらのコマンドで定義したサイズは、モデル内の要素の密度を詳細に決定する。

- ラインに対する要素分割 (LESIZE)

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ メッシュ ] > [ メッシュツール ] > [ サイズ制御: ライン: 設定 ]



**LESIZE, NL1, SIZE, , NDIV, ....**

ライン番号の指定

ラインに対する分割数

最大要素の長さ

- キーポイント付近の要素分割 (KESIZE)

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ メッシュ ] > [ メッシュツール ] > [ サイズ制御: キーポイント 設定 ]



**KESIZE, NPT, SIZE, ...**

キーポイント番号の指定

キーポイント付近のラインの要素サイズ

有限要素法の場合、要素密度が解析の精度に影響を及ぼすことが一般に知られている。ANSYSでは静的な線形構造解析または線形定常熱伝導解析を行う場合に、プログラムに自動的に要素分割の制御を行わせることができる。

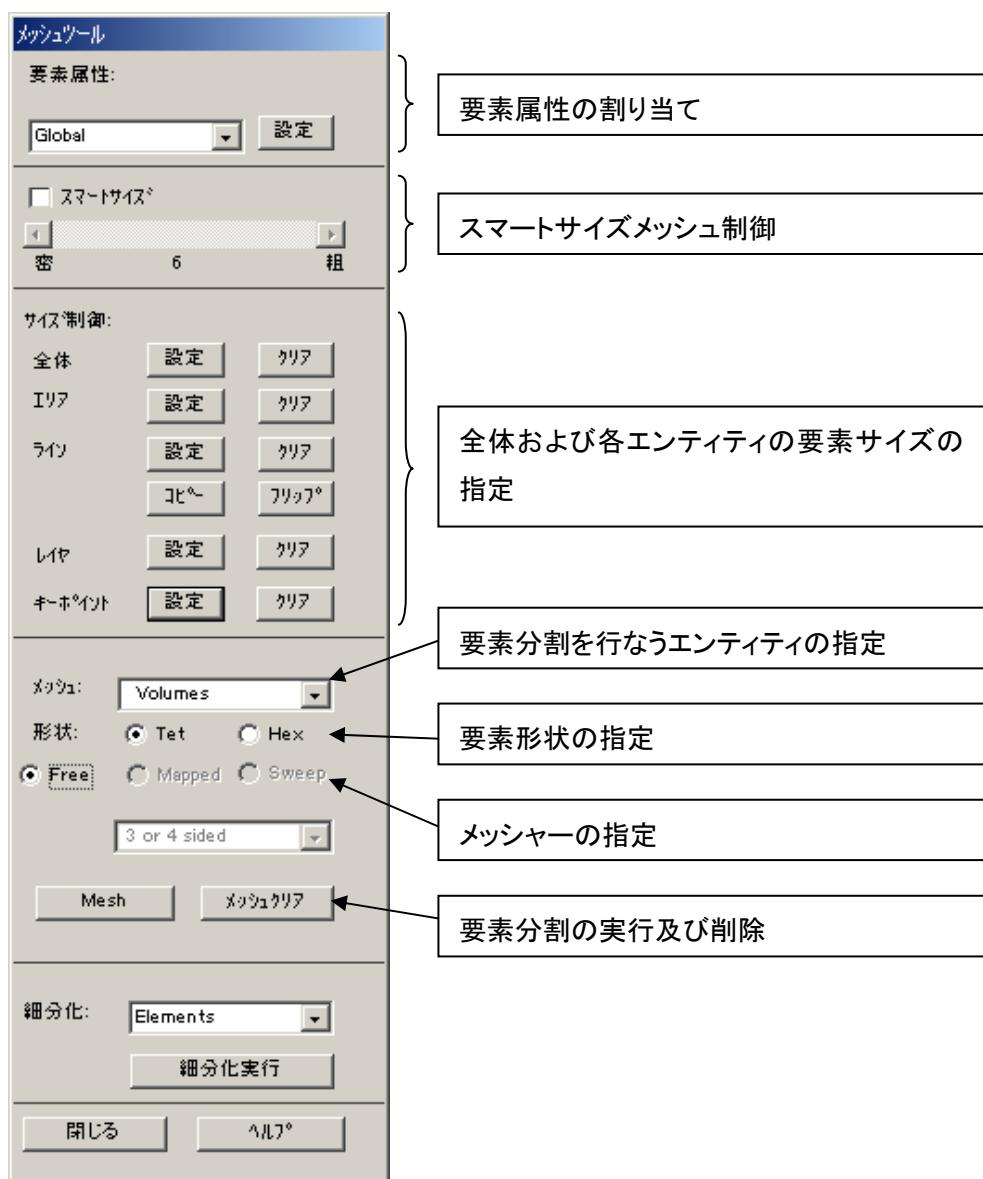
これは解析中の誤差測定が目的の値以下になるように機能し、適切なサイズと密度で要素を再分割する。この機能を“Adaptive Meshing”と呼ぶ。

詳細は、オンラインドキュメントの“応用解析テクニックガイド”>“アダプティブメッシュ分割”等の解説を参照されたい。

## 第3項 メッシュツール

ここで、メッシュツールについてまとめる。メッシュに関することは、メッシュツールを使用して簡単に行うことができる。このツールを使用することにより、第2章および本章前項にて説明した要素属性の割り当て、要素サイズ、要素形状の定義を行うことができる。また、次節で説明する要素分割の実行、作成した要素の削除も行える。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ メッシュ ] > [ メッシュツール ]

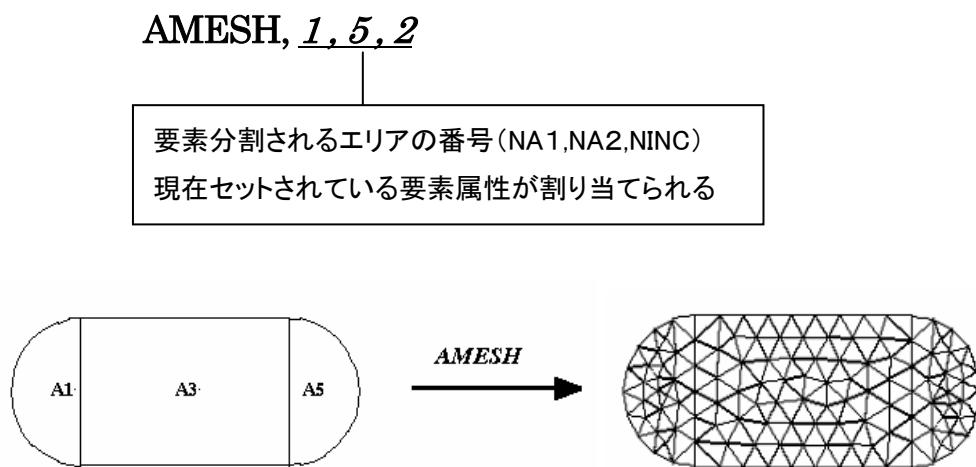


## 第4節 要素分割の実行

ソリッドモデルを作成し、要素属性を決定し分割の制御を行った後は、有限要素モデルを自動生成する準備が整ったことになる。次は要素分割を実行するだけである。

要素分割を実行する前には、分割中に何かエラー等が起きても元に復帰できるように、[SAVE]コマンドで（ここまでデータを）データベースファイルにセーブしておくことを勧める。

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ メッシュ ] > [ メッシュツール ]  
                                  > [ メッシュ:Area, Mesh ボタンクリック ]



要素分割は、**xMESH** コマンドを用いて実行する。

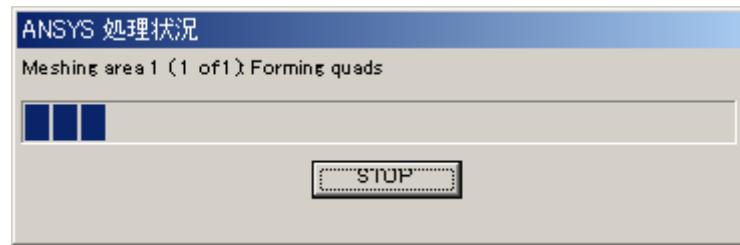
- **KMESH** は、キーポイント上に (MASS21 のような) 点の要素を生成する。
- **LMESH** は、ライン上に (BEAM4 のような) 線の要素を生成する。
- **AMSEH** は、エリア上に (SHELL63 のような) 面の要素を生成する。
- **VMESH** は、ボリューム上に (SOLID95 のような) 立体の要素を生成する。

解析モデルによっては、次元の異なる複数の要素タイプを用いて要素分割することが必要となる場合がある。例えば、ビーム（線要素）で“補強”したシェル（面要素）のモデルが必要な場合や、3次元のソリッドモデルが必要な場合等である。

それぞれの次元で必要な要素分割のコマンド、**LMESH**、**AMESH** 等を順序よく使用することで、このようなモデルを作成することができる。しかし、それぞれの要素分割のコマンド実行の前に、適切な要素属性がセットされているかどうかを確かめるのがよい。

## 第1項 要素分割の強制終了

要素分割を強制終了させる場合、以下のダイアログボックスの[STOP]ボタンをクリックする。

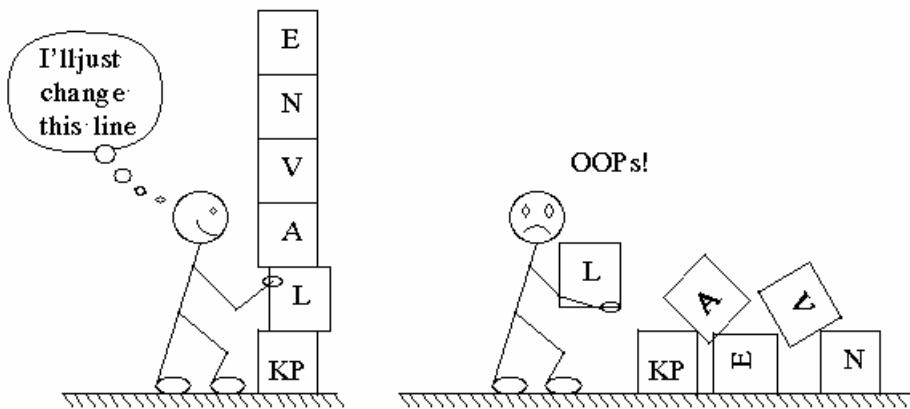


プログラムによって（ユーザーからでない）要素分割の途中終了が起こると、データベース中にソリッドモデルを残し、有限要素モデルは削除される。

他のソリッドモデリングの操作（例えば **AROTAT** コマンド、**L2TAN** コマンド等）を中止すると、不完全な構造物がソリッドモデルのデータベース中に混在してしまうことがある。

これを避ける方法として、不安な操作を行う前には **SAVE** コマンドを実行することを勧める。これによって失敗した後でも、操作を行う前の時点でのデータを、簡単に復活することができる。

## 第5節 モデルの修正



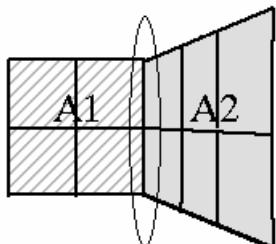
ANSYS はモデル情報の完全性を、ソリッドモデル相互参照チェック機能によって保護している。この機能にしたがって、ソリッドモデルおよび有限要素モデルの各エンティティの階層構造関係を、不注意にも破壊してしまうことがないように、いくつかのルールが存在する。

モデルを修正する際には、以下のルールにそって行わなくてはならない。

- ・ 要素分割されたキーポイント、ライン、エリア、ボリュームは、削除したり移動できない。
- ・ キーポイント、ライン、エリア、ボリュームに関連する節点と要素は、移動できない。  
削除は **xCLEAR** コマンドでのみ行うことができる。
- ・ ボリュームに含まれるエリアは、削除したり変更したりすることができない。
- ・ エリアに含まれるラインは、削除したり変更したりすることができない。  
(**LCOMB,LFILLT** での操作を除く)
- ・ ラインに含まれるキーポイントは削除できない。このようなキーポイントは **KMODIF** コマンドによってのみ、移動できる。また、連結するライン、エリア、ボリュームはそれぞれ修正（要素分割してあればクリア）される。

## 第1ステップ 要素分割の消去 (xCLEAR)

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ メッシュ ] > [ メッシュツール ]  
> [ メッシュ Areas, メッシュクリアボタンクリック ]



双方のエリアに共有されている境界上の節点は、2つのエリアが共に消去されない限り、削除されない。

**ACLEAR, 2**

内部の節点・要素を削除したいエリアの番号  
(NA1,NA2,NINC)

**xCLEAR** コマンドは、ソリッドモデルの節点と要素を消去する。高次のエンティティを消去するときは、低次のエンティティも（それ自身が要素で分割されていない限りは）自動的に消去される。

エンティティの境界上にある節点が、他の要素分割されたエンティティと隣接し共有されている場合には、クリアを行ってもそれら節点は削除されないように注意する。

**TYPE, MAT, REAL, ESYS** コマンドでソリッドモデルに要素属性を割り当て、**xMESH** コマンドで各要素に与えられた要素属性は、**xCLEAR** コマンドによって消去されてしまう。（このような“消去可能な”属性は、**ALIST** 等の出力中に負の属性参照番号で表示されている。）

（補追）**xCLEAR** コマンドは、**xATT** コマンドで割り当てられた属性に対しては、影響を及ぼさない。新しい**xATT** コマンドを入力すると、それまでにどんな要素属性がソリッドモデルに対して割り当てられていたとしても、それを上書きしてしまう。

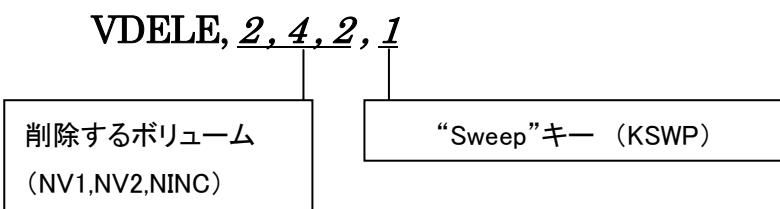
## 第2ステップ トップダウン形式でのエンティティの削除 (xDELE)

- ボリュームのみ消去する場合

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 削除 ]  
> [ ボリュームのみ ]

- ボリュームとそれに付属するエンティティを消去する場合

メニューの位置 ANSYS メインメニュー : [ 総合プリプロセッサ ] > [ モデリング ] > [ 削除 ]  
> [ ボリュームとその下位 ]



要素分割を消去すれば、モデルを希望通りに修正することができる。通常、修正したいエンティティより“上位の”エンティティが存在する場合、まずそれを消去しておかなければならない。(例：ボリュームに連結しているエリアは、まずボリュームを削除しなければ修正できない。)

モデルの修正をトップダウン方式で行う際に、削除したいエンティティに含まれる全てのエンティティを一度に消去するには **xDELE** コマンドの **KSWP** フィールドを使用する。

### 例.

**VDELE,ALL,,,1**

とすると、全てのボリューム、それに含まれるエリア、ライン、キーポイントを1つの操作で削除することができる。

## 第3ステップ モデルの再構築

## 第4ステップ 要素属性の再指定と要素分割の制御 (必要な場合)

要素属性を指定するのに **TYPE**、**REAL**、**MAT**、**ESYS** を使用していた場合には、要素と共に属性を再分割する前には、要素属性をもう一度指定しなければならない。

## 第5ステップ 再分割の実行



## 付録A グラフィカル・ピッキング



## A-1 グラフィカル・ピッキングとは

ANSYS の多くの機能では、グラフィックのピック操作（マウスを用いてモデルエンティティや座標位置を選択する操作）を伴う。グラフィックのピック操作には、以下に示す操作がある。

**位置ピック** : 新しいポイントの座標位置を決定する

**検索ピック** : 続く操作のために既存のモデルのエンティティを選択する

## A-2 位置ピックと検索ピック

グラフィックのピック操作を必要とする場合は必ず、ピックメニューが現れる。

下の図は、左側が位置ピック、右側が検索ピックに対するピックメニューを示している。

この例では、ワーキングプレーン上の位置をピックしてキーポイントを作成する場合が位置ピックの操作であり、荷重を負荷するためのキーポイントをピックする場合が検索ピックの操作である。

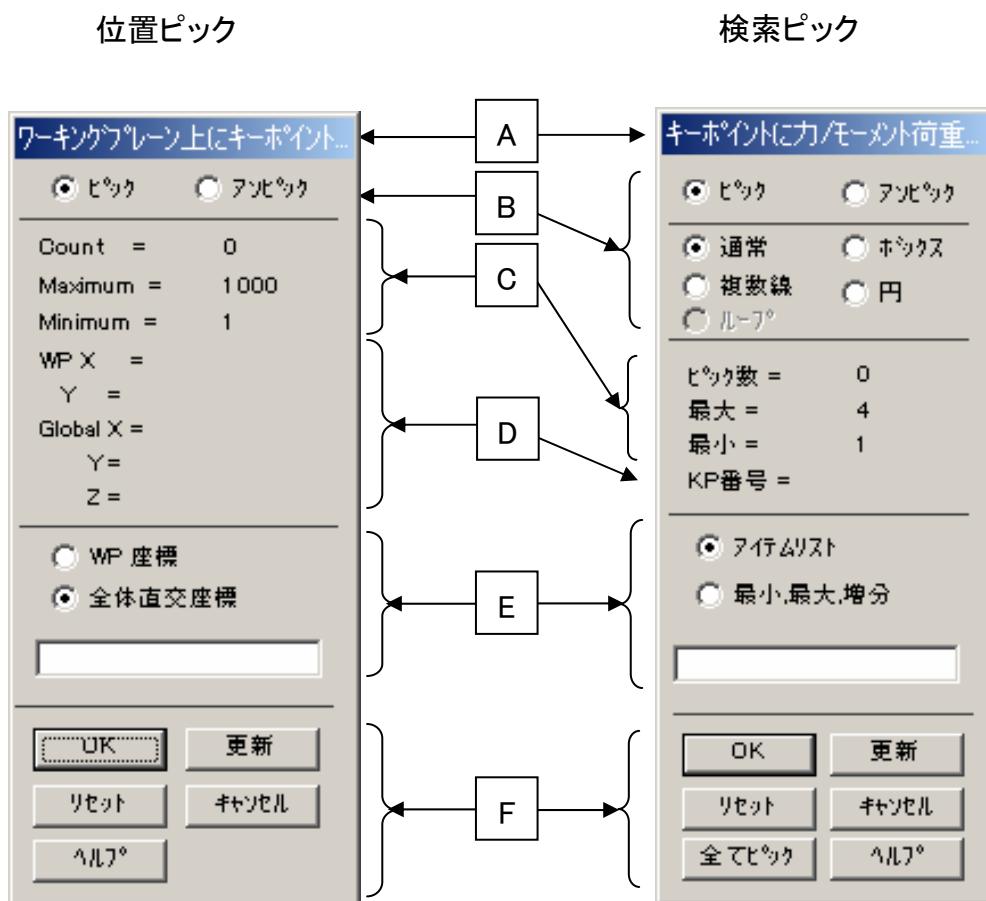


図 1 位置ピックと検索ピックのピックメニュー

<b>[A] 機能タイトル</b>	<b>:実行される機能内容</b>
<b>[B] ピックモード</b>	<b>:位置またはエンティティをピックする際のモード</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ピック( pick )とピック解除( unpick )の 2 つのモードがある。</li> <li>・マウスのポインターの形は、ピックモードの時には上向きの矢印、解除モードの時には下向きの矢印となる。</li> <li>・検索ピックのどのモードにおいても、ピックされたエンティティは確認のためハイライト表示される。</li> <li>・検索ピックの場合は、シングル、ボックス、ポリゴン、サークル、およびループの各モードを選択できる。シングルモードでは、マウスをクリックするごとに 1 個のエンティティがピックされる。ボックス、ポリゴン、およびサークルの各モードでは、マウスボタンを押しながらドラッグすることにより、長方形、多角形および円で囲んだエンティティをピックすることができます。</li> <li>・ループモードはラインとエリアのピック時にのみ利用できる。このモードでは、任意のライン（またはエリア）をピックすると、それに連続してループを構成するすべてのライン（またはエリア）が同時にピックされる。この機能は、エリアを作成するための連続ライン（または、ボリュームを作成するための連続エリア）を指定する場合に便利である。</li> </ul>
<b>[C] ピック状態</b>	<b>:ピックされた項目数と、その機能に許される最小／最大ピック数</b>
<b>[D] ピックデータ</b>	<b>:ピックされた項目に関する情報</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・位置ピック時にはピックされた点のワーキングプレーン座標と全体直交座標が表示される。検索ピック時にはピックされたエンティティ番号が表示される。</li> <li>・この情報は、グラフィック領域内でマウスボタンを押しながらドラッグする最中に表示されるので、マウスボタンを離して項目をピックする前のプレビューとして確認することができます。</li> </ul>
<b>[E] キーボードエントリーオプション</b>	<b>:インプットウィンドウからキーボードで入力する際の入力フォーマット指定</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・位置ピック時にはワーキングプレーン座標で入力するか全体直交座標で入力するかを選択できる。座標値(x,y,z)はカンマで区切って入力する。</li> <li>・検索ピック時には、エンティティ番号リストで入力するか(例えば 1,3,5 番を指定するならば、1,3,5)、番号範囲で入力するか(例えば 1,3,5 番を指定するならば、1,5,2 : 2 は増分値)を選択できる。</li> </ul>
<b>[F] 動作ボタン</b>	
<b>OK</b>	:ピックされた項目に対し機能を実行し、ピックメニューを閉じる
<b>更新</b>	:ピックされた項目に対し機能を実行するが、ピックメニューは閉じない
<b>リセット</b>	:ピックされたすべてのエンティティを解除し、メニューとグラフィック領域を前回の更新時の状態に戻す
<b>キャンセル</b>	:機能を取り消して、ピックメニューを閉じる
<b>全てピック</b>	:すべてのエンティティをピックして機能を実行し、ピックメニューを閉じる。検索ピック時にのみ利用可能
<b>ヘルプ</b>	:実行中の機能に関するヘルプを呼び出す

### A-3 ピック時のマウスボタンの割り当て

すべてのピック操作時（マウスのポインターがグラフィックウィンドウ内にある状態）に、各マウスボタンの持つ意味を以下に示す。

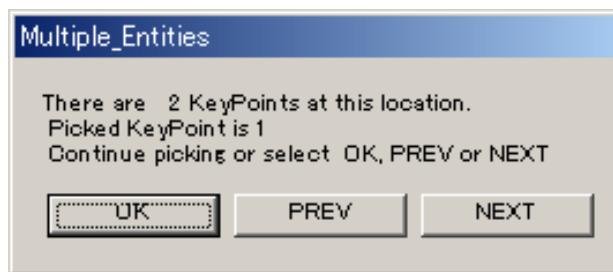
- 左ボタン** : マウスのポインターに一番近いエンティティまたは位置をピック（またはピック解除）する。押しながらドラッグすると、ピック（またはピック解除）される項目の“プレビュー”を見ることができる。
- 中央ボタン（ボタンが2個のマウスでは、シフト+右ボタン）** : ピックされた項目に対して機能を実行する（ピックメニューの更新ボタンと同じ）。ピックされた項目が何もなければ、ピックメニューは閉じる。
- 右ボタン** : ピック / ピック解除の切り替えを行なう（ピックメニューの Pick/Unpick トグルボタンと同じ）。

## A-4 ホットスポット

ホットスポットとは、検索ピック時にエンティティが識別される位置である。例えば、隣接して2個の要素があるとき、ホットスポットがマウスポインターに近い方の要素がピックされる。

エリア、ボリューム、および要素のホットスポットは重心位置である。また、ラインは3つのホットスポット（中央と両端付近）をもつ。

複数のエンティティのホットスポットが同一位置にある（同心円の場合など）場合、その位置をピックすると、“Multiple Entities”ダイアログボックスが現れる。Next ボタンや Prev ボタンを押すと、ホットスポットが一致しているエンティティを順にハイライトする。目的のエンティティがハイライトされたとき OK を押すとピックが完了する。



Multiple Entities ダイアログボックス

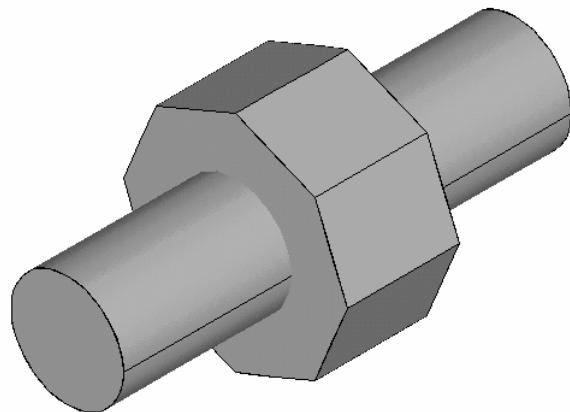


## 付録 B 実習

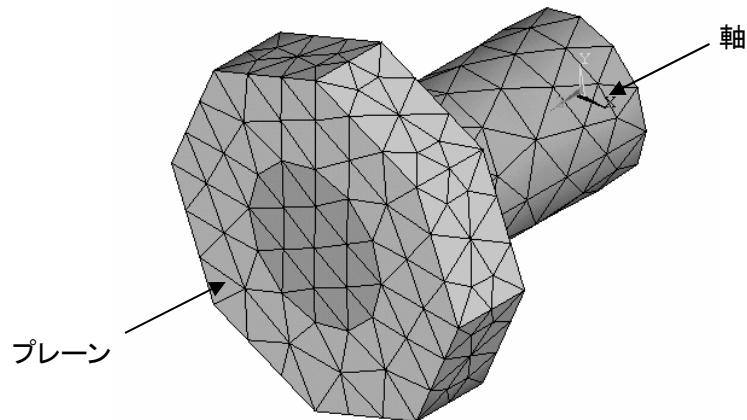


## 実習 1 構造解析

図のような軸とプレーンからなるモデルの構造解析を行なう。



解析には対称性を考慮して 1/2 モデルを使用し、以下のモデルを考慮する。



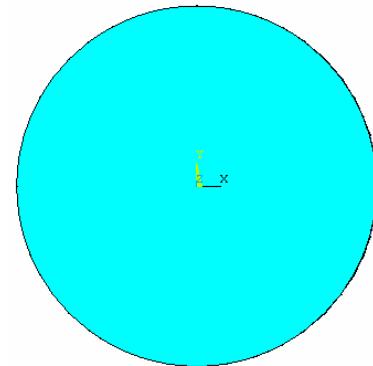
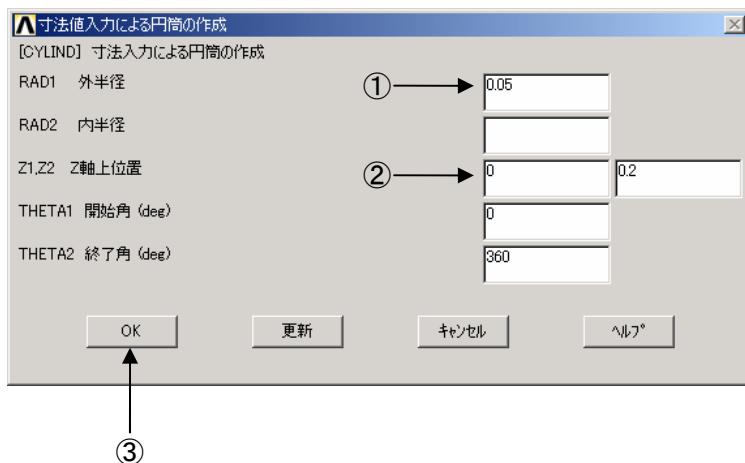
要素タイプ	SOLID187(3 次元 10 節点 4 面体構造ソリッド)
材料特性	軸の部分 : ヤング率 210( GPa )、ポアソン比 0.3 プレーンの部分 : ヤング率 180( GPa )、ポアソン比 0.35
境界条件	・軸の端面を完全拘束する ・1/2 モデル対称面に対称境界条件を与える ・プレーン部分の 8 面のうち 2 面に圧力 1.5 ( MPa )を与える

## プリプロセッサ

### 1. 軸の部分の作成

メインメニュー：総合プリプロセッサ > モデリング > 作成 > ボリューム > 円柱 > 尺寸入力

- ①軸の半径(0.05)を入力
- ②Z方向の長さ(0, 0.2)を入力
- ③[OK]ボタンをクリック

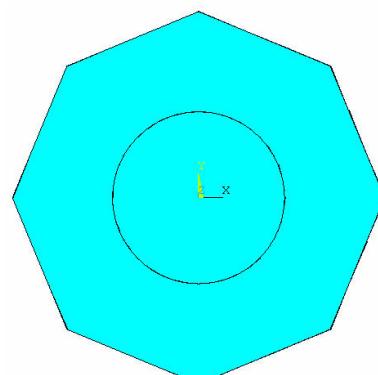
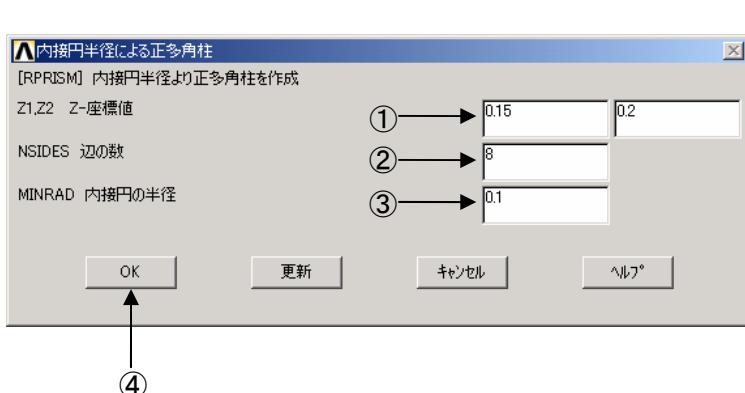


### 2. プレーンの部分の作成

メインメニュー：総合プリプロセッサ > モデリング > 作成 > ボリューム

> 多角柱 > 内接円半径による

- ①Z方向の長さ(0.15, 0.2)を入力
- ②辺の数(8)を入力
- ③内接円の半径(0.1)を入力
- ④[OK]ボタンをピック

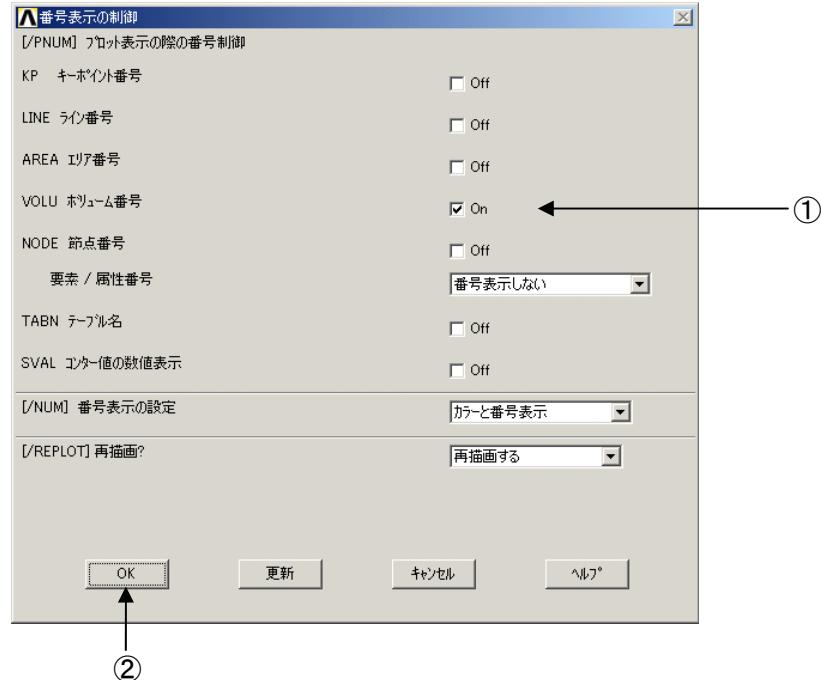


3. ボリューム番号をつけて形状を表示

Utility Menu : 表示制御 > 番号表示

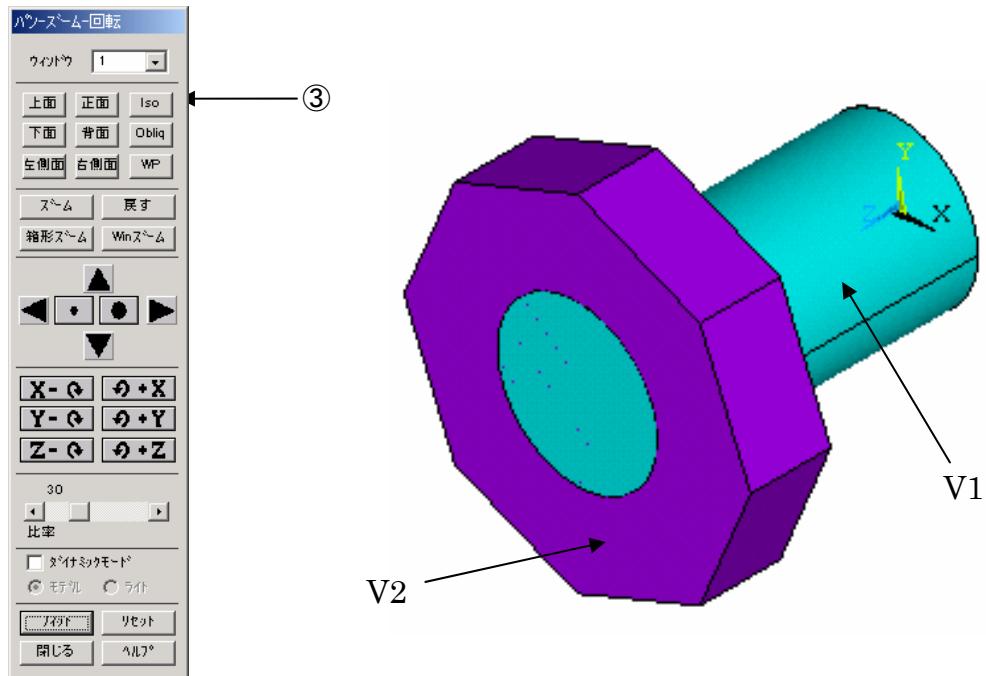
①ボリューム番号を On に変更

②[OK] ボタンをピック



Utility Menu : 表示制御 > パン,ズーム,回転...

③[ISO] ボタンをピック



4. 軸とプレーンのオーバーラップ（重なる部分を別のエンティティにする）

メインメニュー：総合プリプ モセッサ > モデリング > 操作 > ブーリアン演算

> オーバーラップ > ボリューム

①ピックメニュー内の [ 全てピック ] ボタンをピック

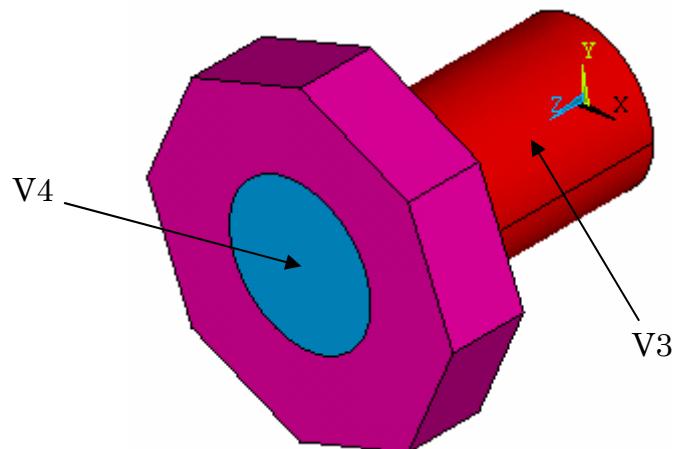
Utility Menu: 表示 > 再描画

5. 軸の部分を再定義

メインメニュー：総合プリプ モセッサ > モデリング > 操作 > ブーリアン演算

> 足し算 > ボリューム

①軸の部分の2つのボリューム(V3とV4)をピック(下図参照)



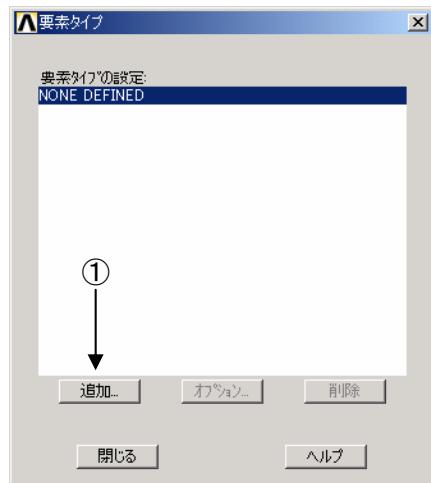
②ピックメニュー内の [ OK ] ボタンをピック

Utility Menu: 表示 > 再描画

## 6. 要素タイプの指定

メインメニュー：総合プリプロセッサ > 要素タイプ > 追加/編集/削除

①[ 追加... ] ボタンをピック



②構造 リッドの四面体 10 節点 187 を選択

③[ OK ] ボタンをピック



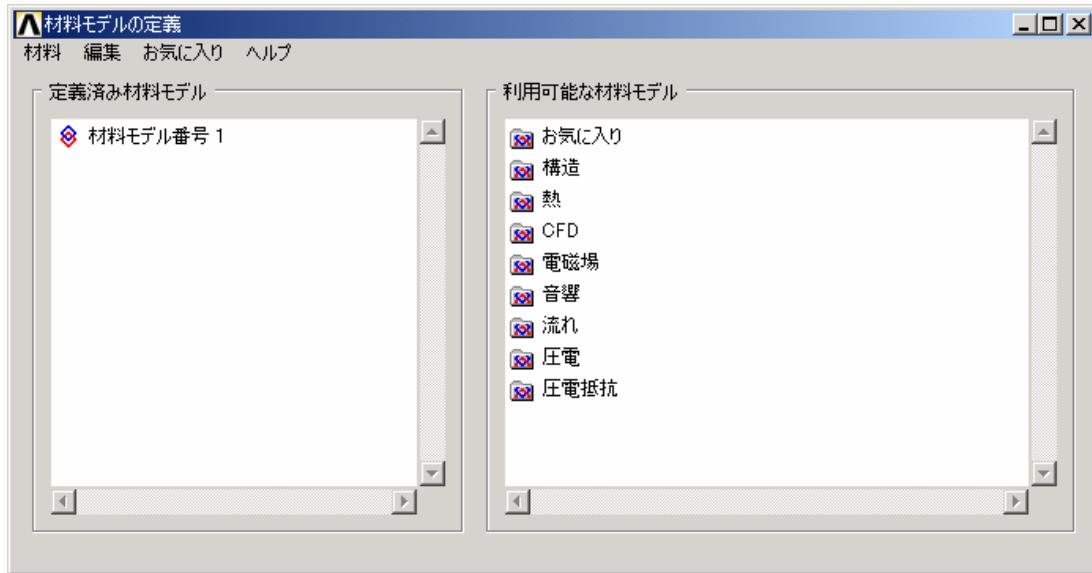
④[ 閉じる ] ボタンをピック



## 7. 材料特性の定義

メインメニュー：総合プリプロセッサ > 材料特性 > 材料モデル

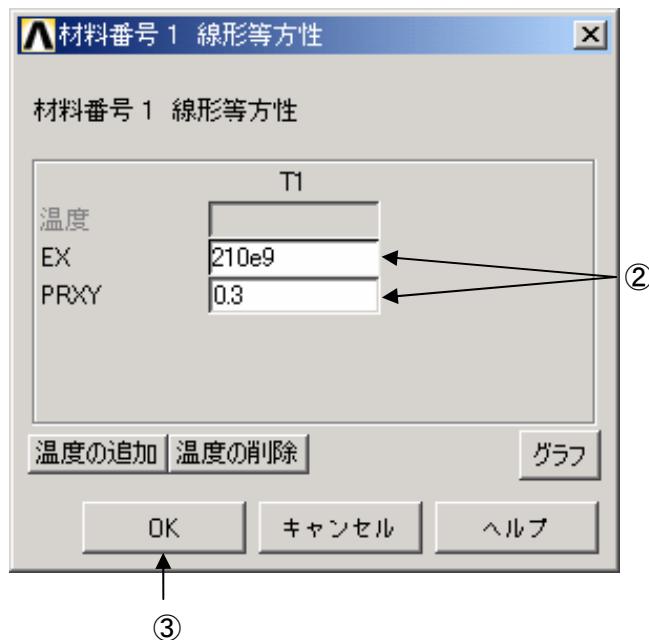
①材料モデル番号 1 を選択



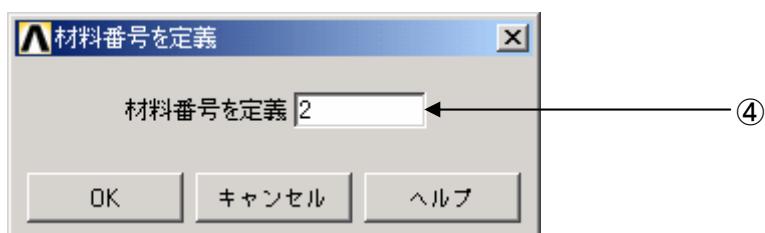
利用可能な材料モデル : [構造] > [線形] > [弾性] > [等方性]



- ②軸の部分の材料特性としてヤング率 EX に 210e9、ポアソン比 PRXY に 0.3 を入力  
 ③[OK] ボタンをピック



- [ 材料 ] > [ 新規モデル... ]  
 ④材料番号を2にして [OK] ボタンをピック



- ⑤プレーンの部分の材料特性として(軸の部分の材料特性の定義と同様にして)ヤング率 EX に 180e9、ポアソン比 PRXY に 0.35 を入力し、[OK] ボタンをピック

[ 材料 ] > [ 終了 ]

## 8. データベースの保存

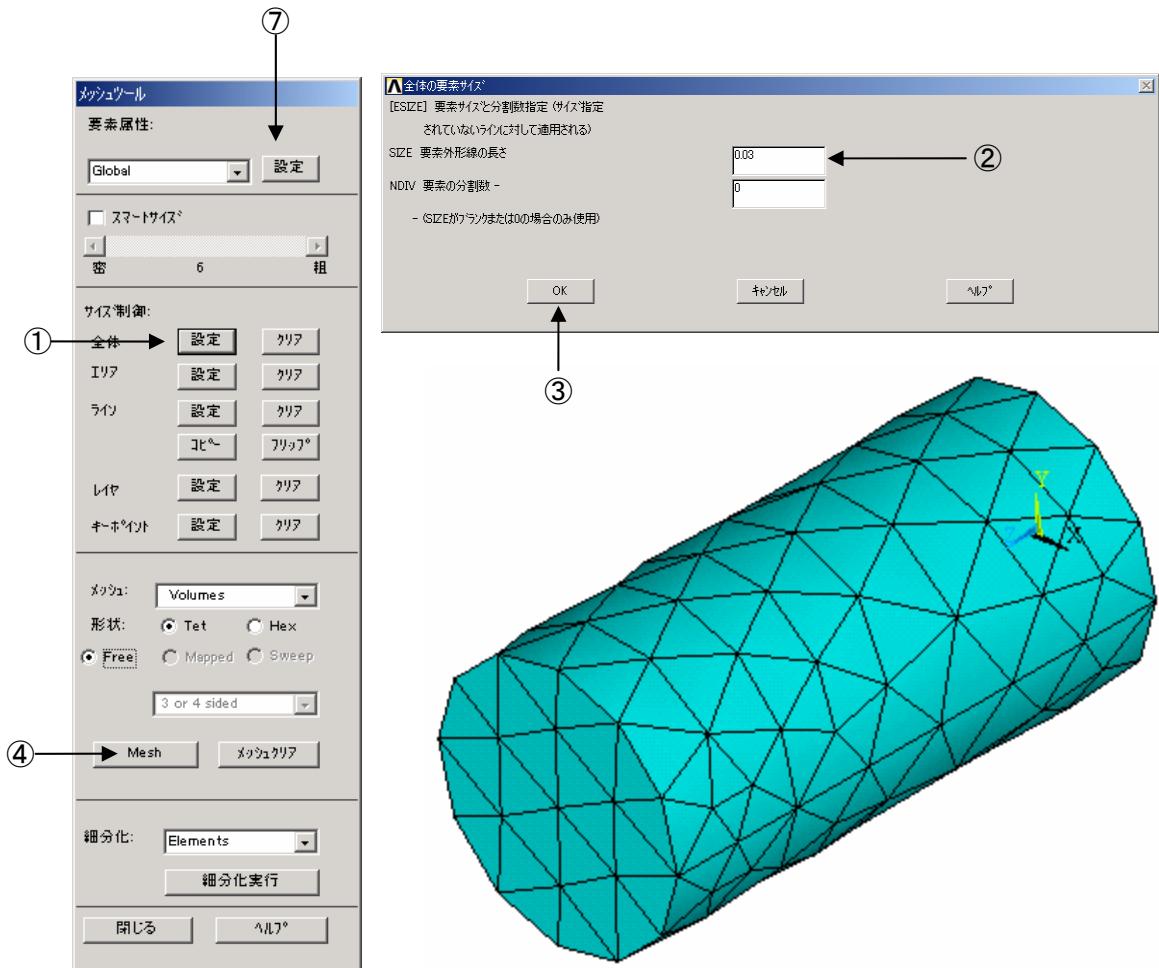
ツールバー : SAVE\_DB

## 9. メッシング

メインメニュー : 総合プロパティセッタ > メッシュ > メッシュツール

- ① サイズ制御の全体の [ 設定 ] ボタンをピック
- ② 要素外形線の長さ(0.03)を入力
- ③ [ OK ] ボタンをピック
- ④ [ Mesh ] ボタンをピック
- ⑤ 軸の部分のボリューム(V1)をピック
- ⑥ ピックメニュー内の [ OK ] ボタンをピック

Utility Menu: 表示 > ボリューム

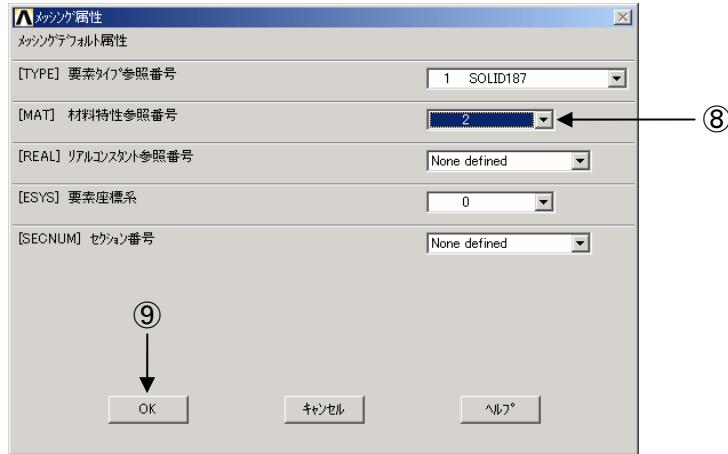


メインメニュー：総合プリプロセッサ > メッシュ > メッシュツール

⑦要素属性: Global の [ 設定 ] ボタンをピック

⑧材料特性参照番号を2に変更

⑨[ OK ] ボタンをピック

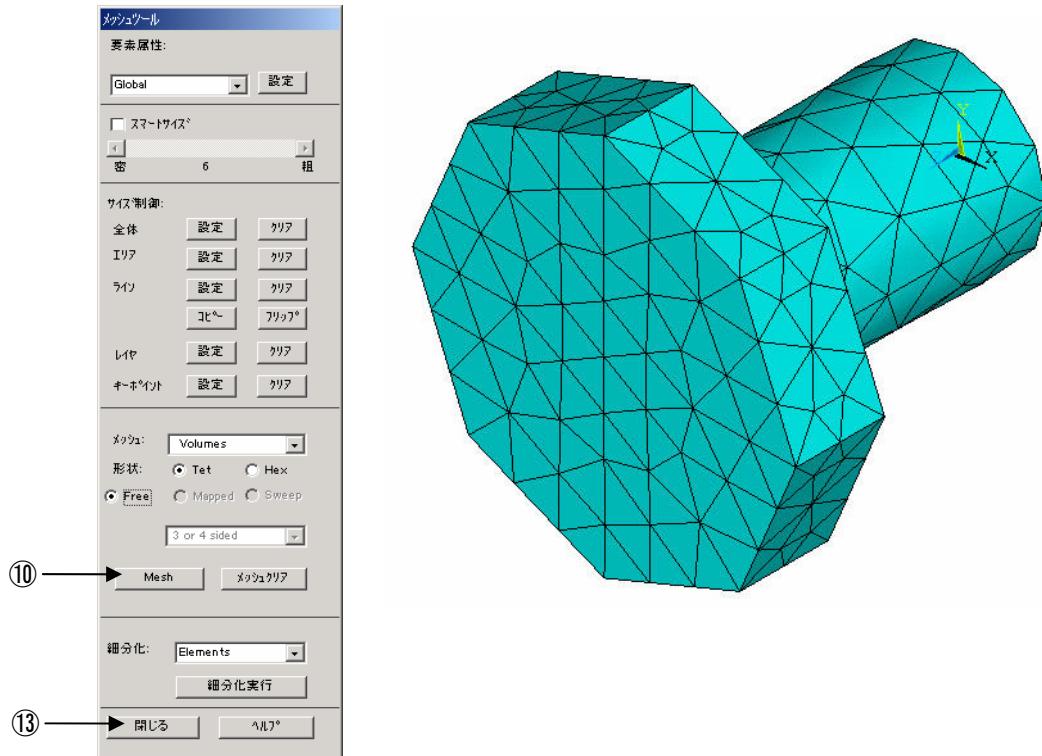


⑩[ Mesh ] ボタンをピック

⑪プレーンの部分のボリューム(V5)をピック

⑫ピックメニュー内の [ OK ] ボタンをピック

⑬メッシュツール : [ 閉じる ]



10. データベースの保存

ツールバー : SAVE\_DB

# ソリューションプロセッサ

1 1. 対称境界条件の定義 (Z = 0.2 上の面)

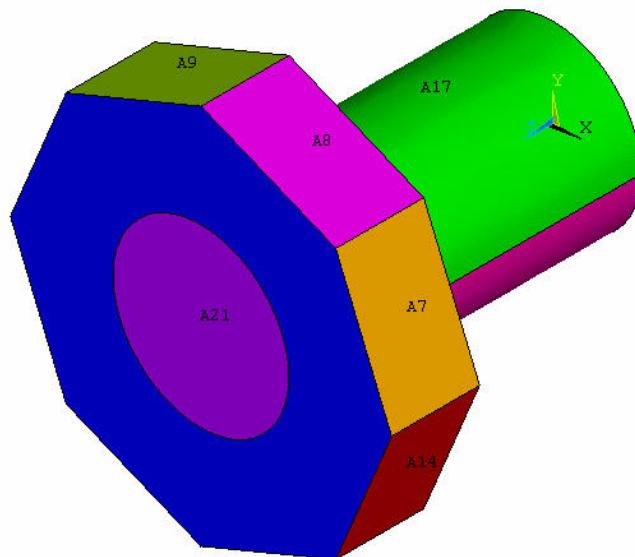
Utility Menu : 表示制御 > 番号表示...

①エリア番号を On に変更

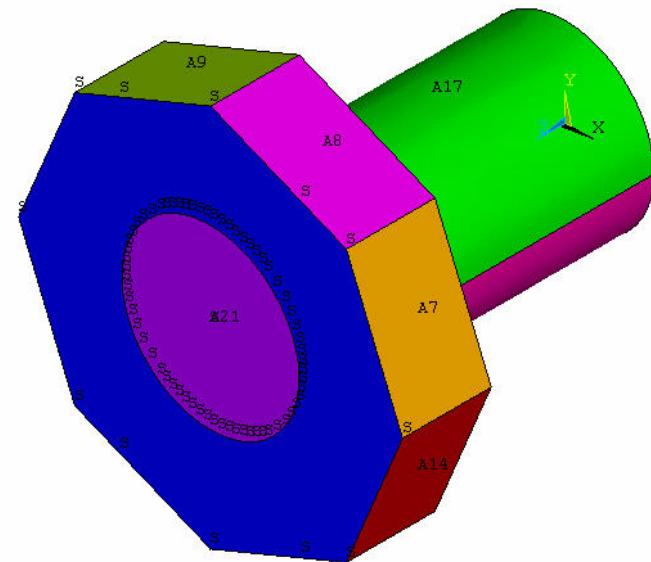
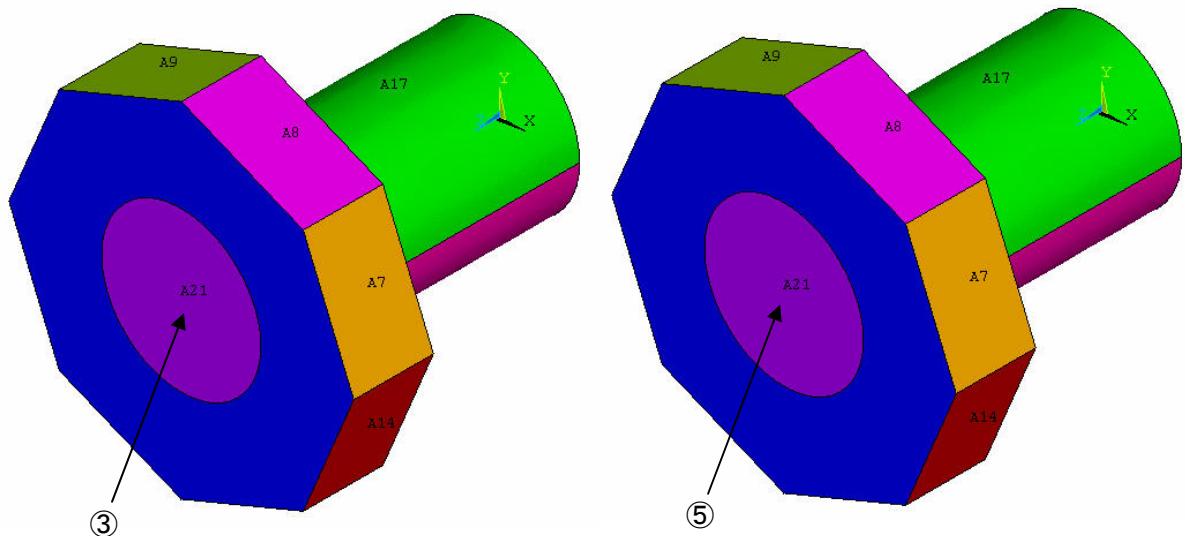
②[OK] ボタンをピック



Utility Menu : 表示 > エリア

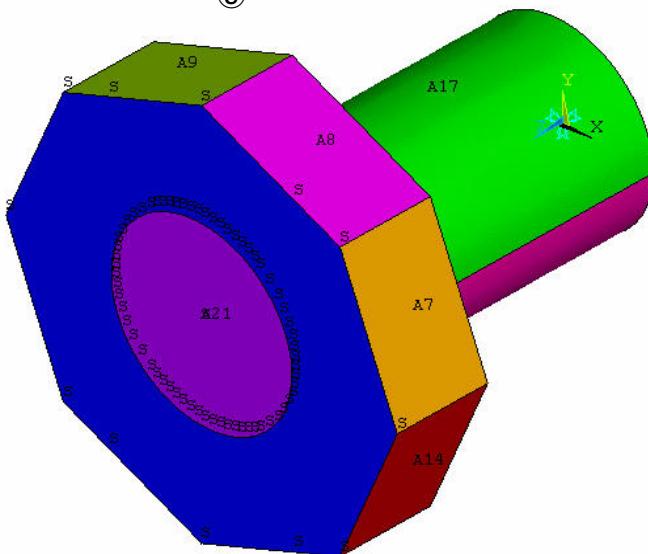
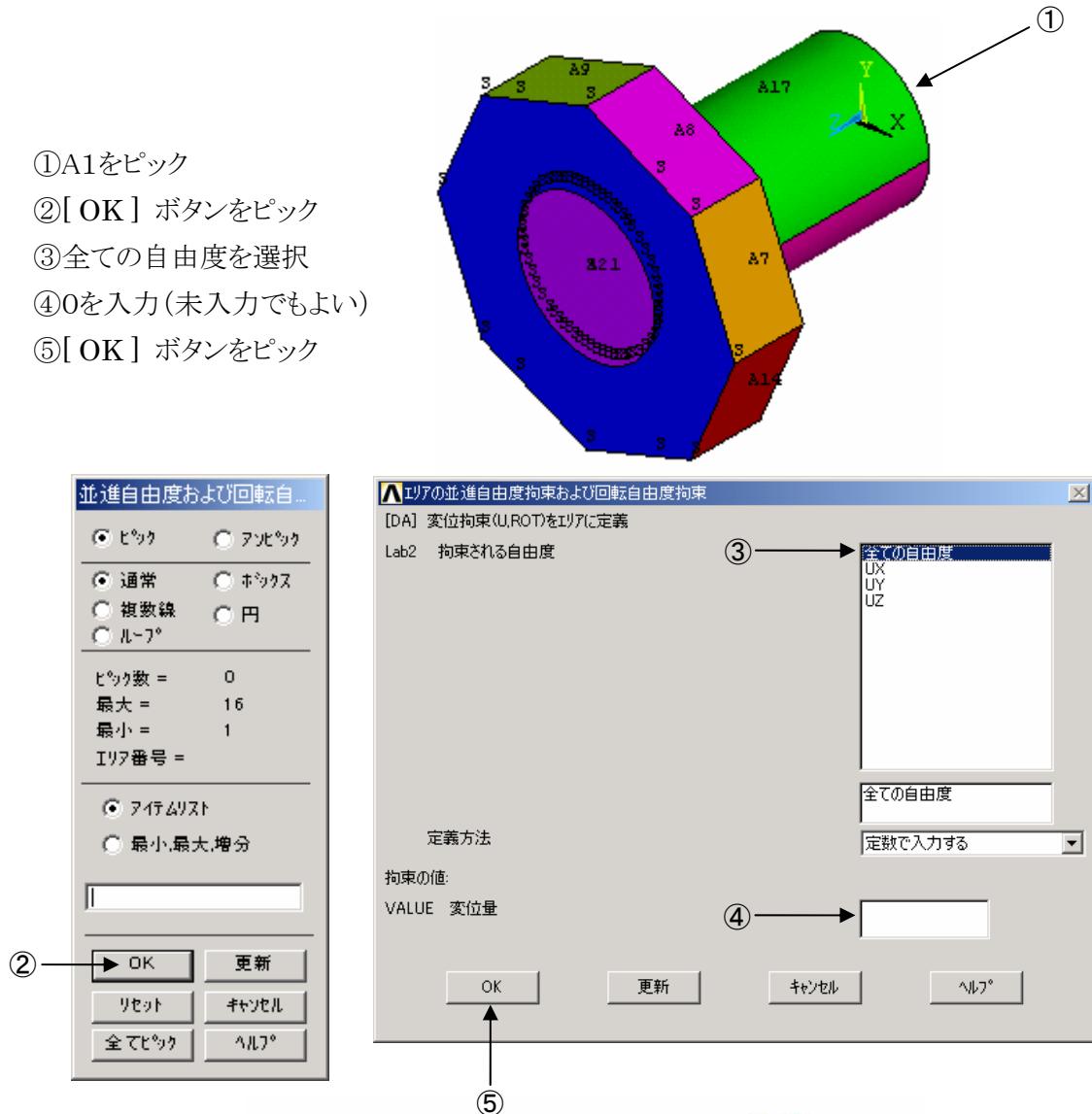


- メインメニュー : リューション > 荷重定義 > 定義 > 構造解析  
 > 拘束/変位 > 対称境界条件 > エリア
- ③ A2 と表示されているエリアをピック(実際には A2 と A21 が重なっている状態である)
  - ④ “Multiple\_Entities”ダイアログボックスが開くので [OK] ボタンをピック
  - ⑤ 再度 A21 と表示されているエリアをピック
  - ⑥ ピックメニュー内の [OK] ボタンをピック



## 1.2. 軸の拘束条件の定義

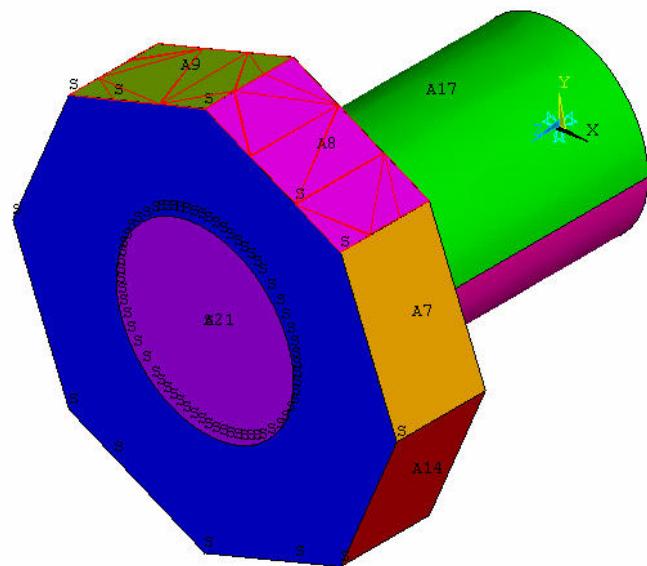
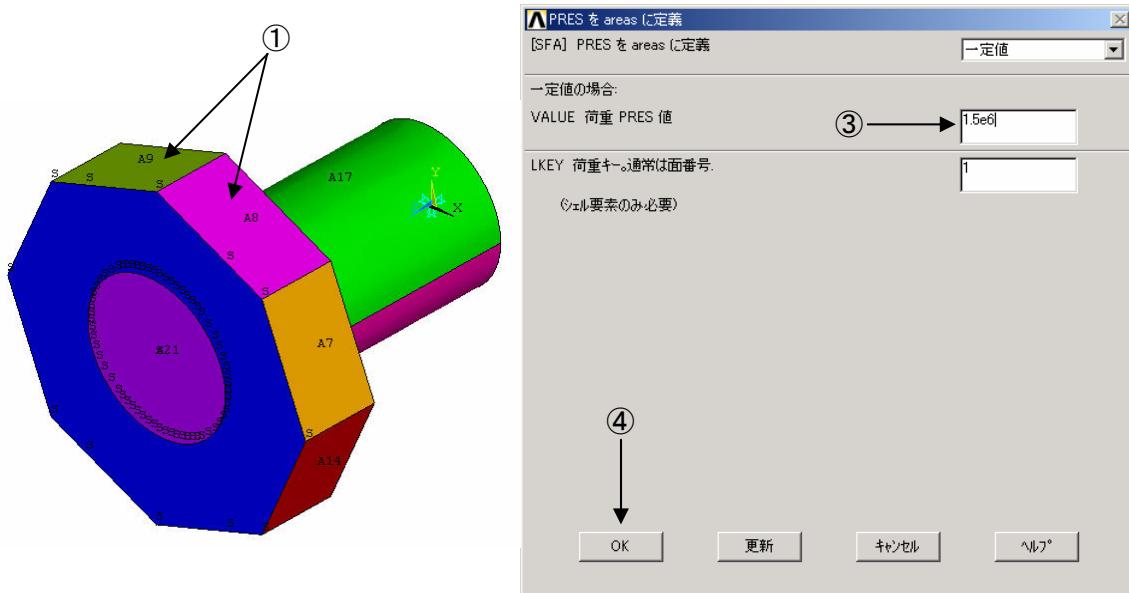
メインメニュー：リューション > 荷重定義 > 定義 > 構造解析 > 拘束/変位 > エリア



### 1 3. 面荷重の定義

メインメニュー：ツリューション > 荷重定義 > 定義 > 構造解析 > 圧力 > エリア

- ①圧力を与える面(A8とA9)をピック
- ②ピックメニューの【OK】ボタンをピック
- ③圧力値(1.5e6)を入力
- ④【OK】ボタンをピック



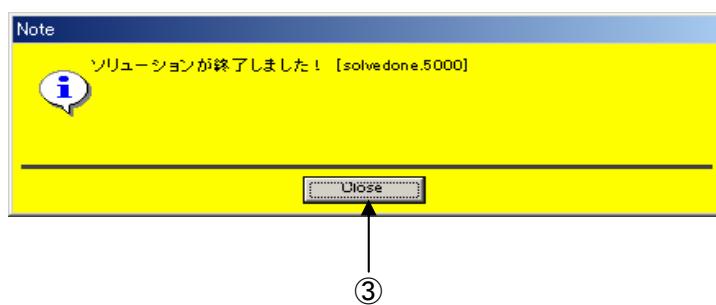
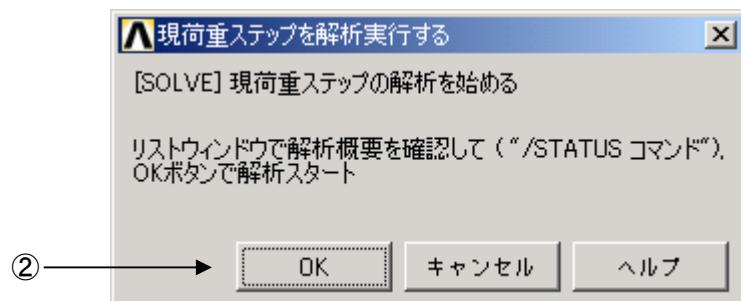
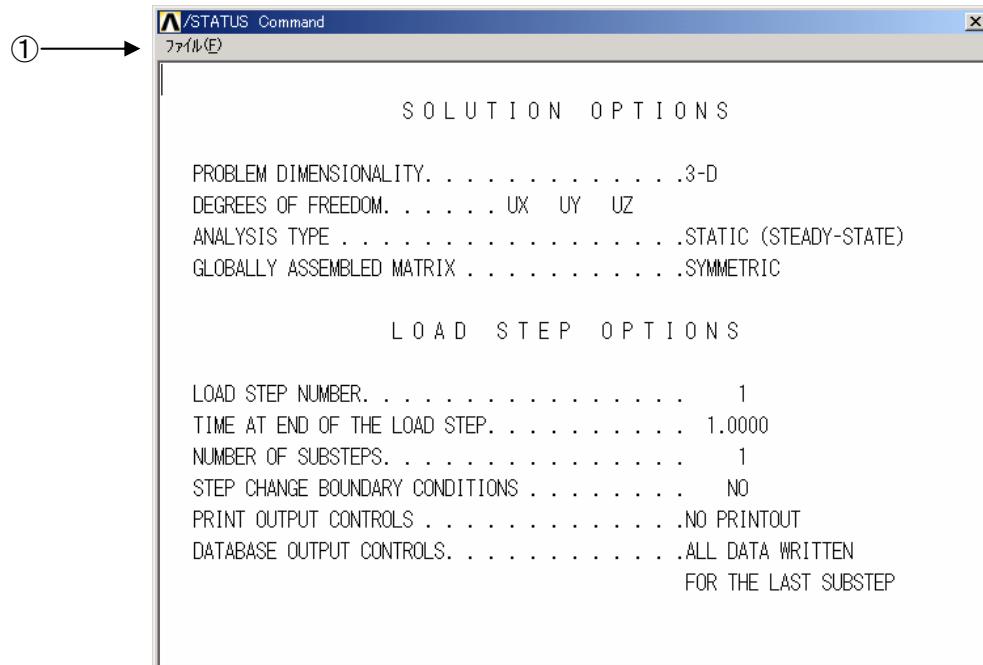
### 1 4. データベースの保存

ツールバー : SAVE\_DB

## 15. 解析の実行

メインメニュー：ソリューション > 解析の実行 > 現荷重ステップ<sup>o</sup>

- ① /STATUS Command ウィンドウのメニューバーから ファイル → 閉じる をピック
- ② [OK] ボタンをピック(解析開始)
- ③ 解析終了後、[Close] ボタンをピック

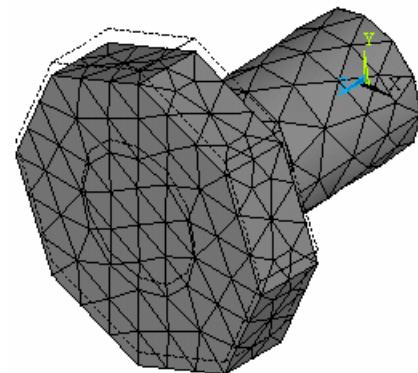
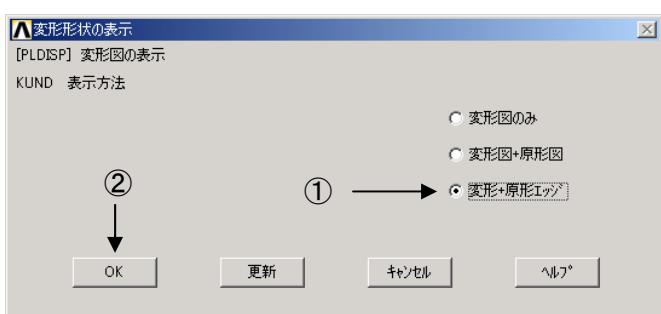


## ポストプロセッサ

### 16. 変形図の表示

メインメニュー：総合ポストプロセッサ > 結果一グラフィック > 変形形状

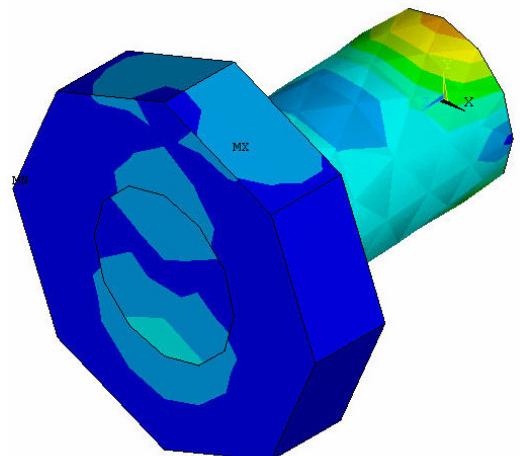
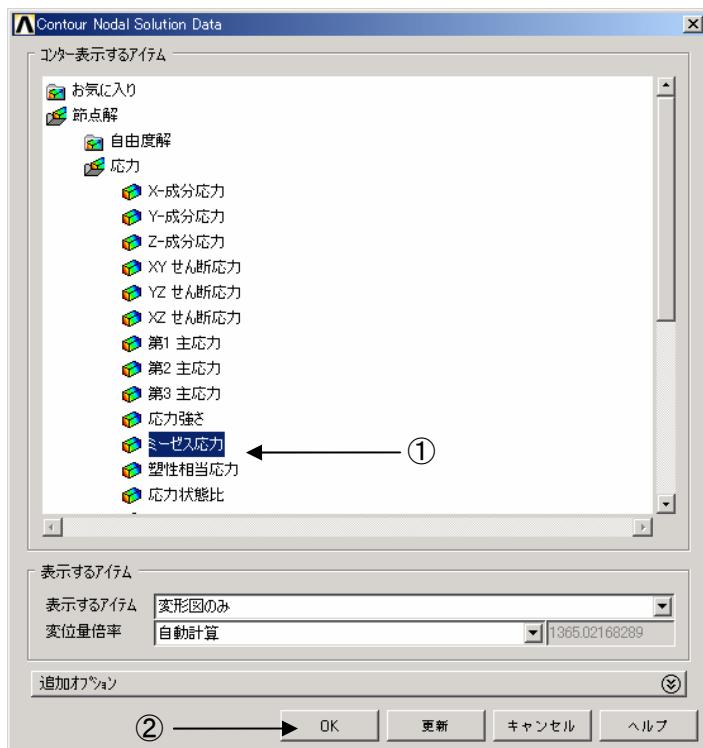
- ①変形+原形エッジを選択
- ②[OK] ボタンをピック



### 17. モデル全体のコンター図（フォンミーゼスの相当応力図）の表示

メインメニュー：総合ポストプロセッサ > 結果一グラフィック > コンターディスプレイ > 節点解

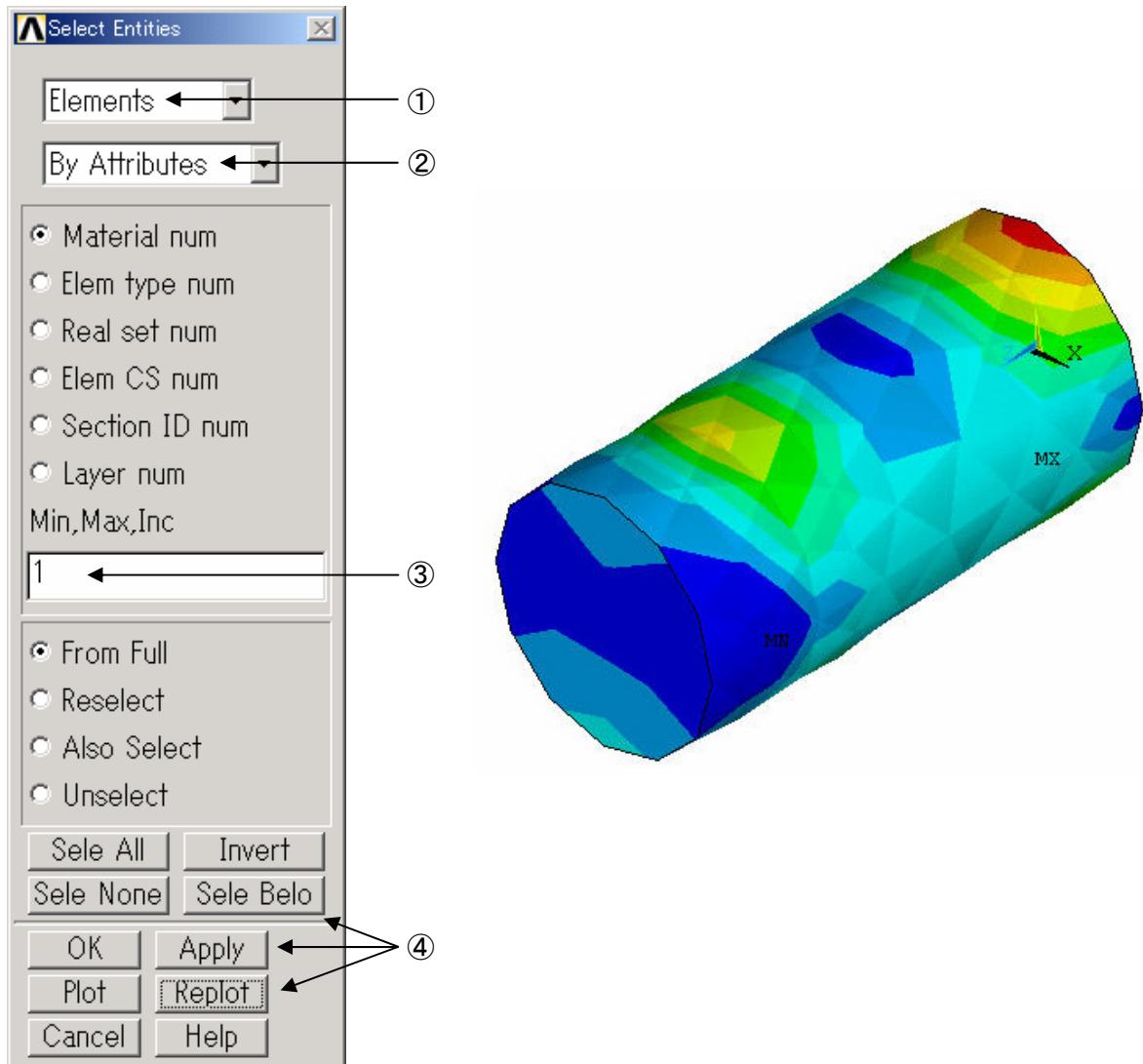
- ①節点解 > 応力 > ミーゼス応力を選択
- ②[OK] ボタンをピック



# 18. 軸の部分のコンター図（フォンミーゼスの相当応力図）の表示

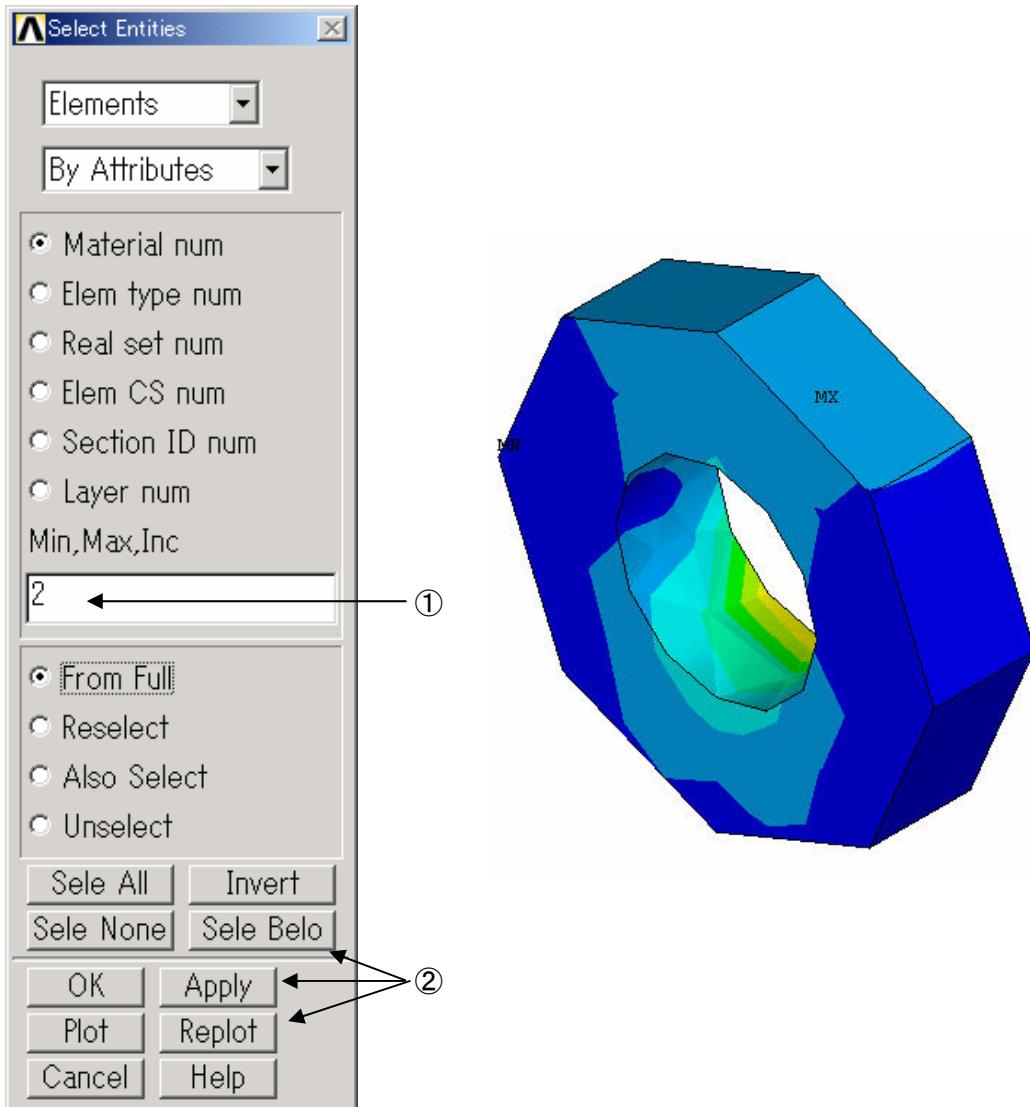
Utility Menu: 選択 > エンティティ...

- ①Elements を選択
- ②By Attributes を選択
- ③軸の部分の材料特性参照番号( 1 )を入力
- ④[ Apply ] > [ Sele Belo ] > [ Replot ] の順にボタンをピック



19. プレーンの部分のコンター図（フォンミーゼスの相当応力図）の表示

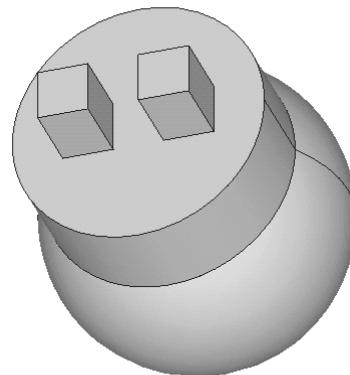
- ①プレーンの部分の材料特性参照番号( 2 )を入力
- ②[ Apply ] > [ Sele Belo ] > [ Replot ] の順にボタンをピック



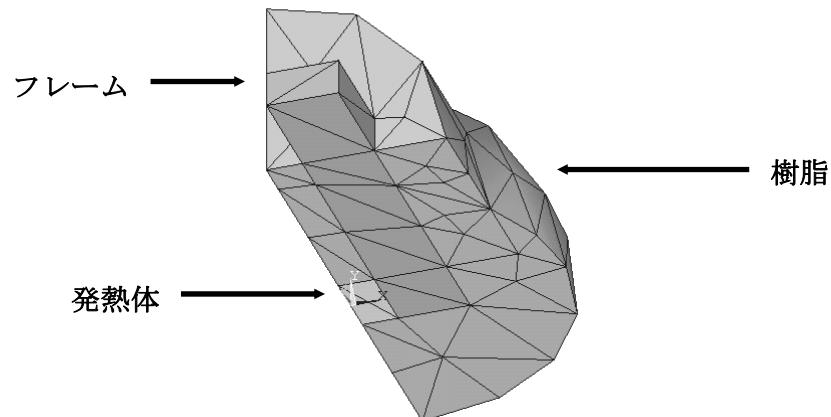


## 実習 2 热解析

図のように、発熱体とフレームを樹脂で覆った物体の温度分布を求める。



解析には対称性を考慮して 1/4 モデルを使用する。



---

要素タイプ SOLID87(3 次元 10 節点 4 面体伝熱ソリッド)

材料特性 樹脂の部分 : 热伝導率 1.4(W/(m·k))

発熱体の部分 : 热伝導率 160(W/(m·k))

フレームの部分 : 热伝導率 386(W/(m·k))

---

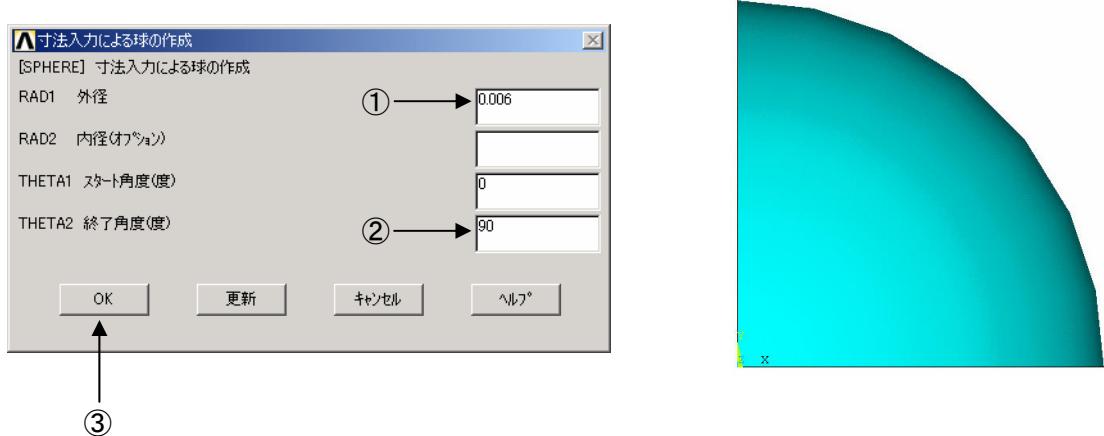
境界条件  
・フレーム先端部に温度固定を定義する  
・外表面のエリアに対して热伝達境界を定義する  
・発熱体に内部発熱 10(MW/m<sup>3</sup>)を与える

## プリプロセッサ

### 1. 樹脂の部分の作成

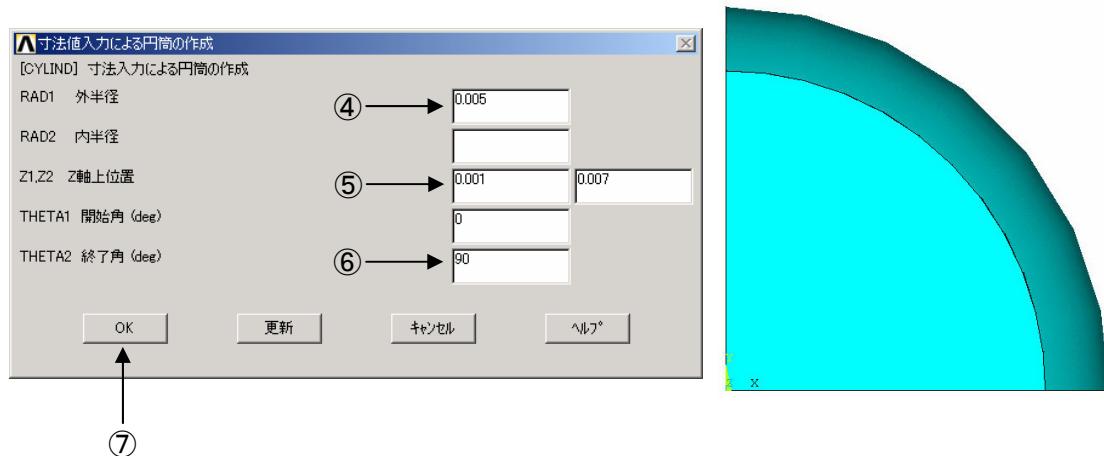
メインメニュー：総合プリプロセッサ > モデリング > 作成 > ボリューム > 球 > 尺寸入力

- ①球の半径( 0.006 )を入力
- ②終点角度( 90 )を入力
- ③[ OK ] ボタンをピック



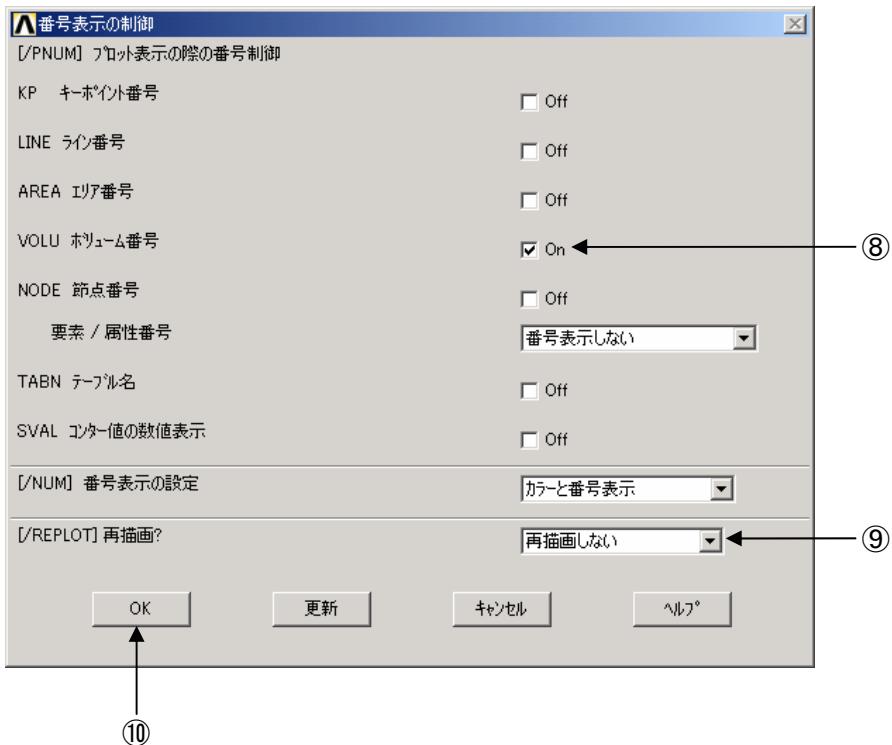
メインメニュー：総合プリプロセッサ > モデリング > 作成 > ボリューム > 円柱 > 尺寸入力

- ④軸の半径( 0.005 )を入力
- ⑤Z 方向の長さ( 0.001 , 0.007 )を入力
- ⑥終点角度( 90 )を入力
- ⑦[ OK ] ボタンをピック



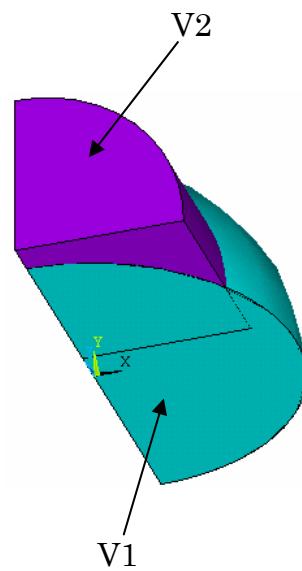
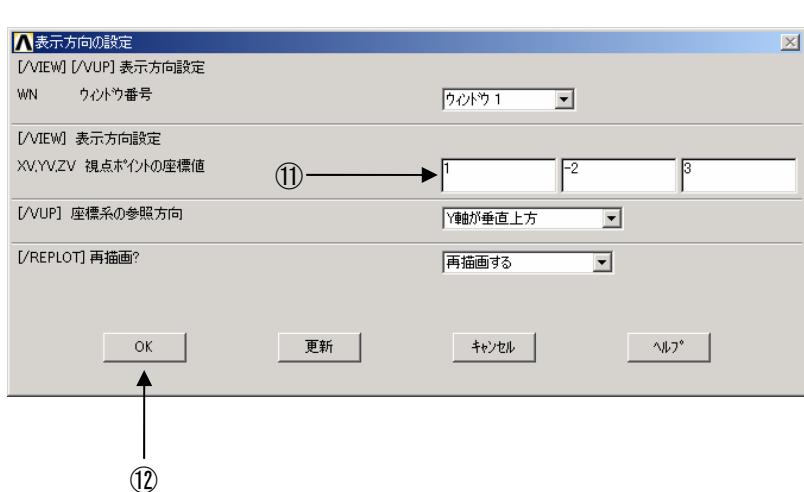
### Utility Menu : 表示制御 > 番号表示...

- ⑧ボリューム番号を On に変更
- ⑨再描画するから再描画しないに変更
- ⑩[ OK ] ボタンをピック



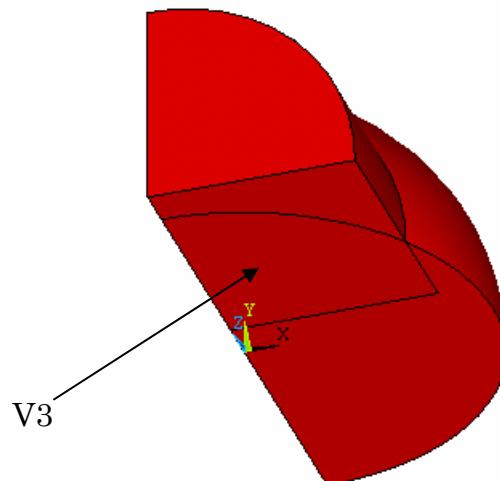
### Utility Menu : 表示制御 > ビュー設定 > 表示方向...

- ⑪視点ポイントの座標値に( 1 , -2 , 3 )と入力
- ⑫[ OK ] ボタンをピック



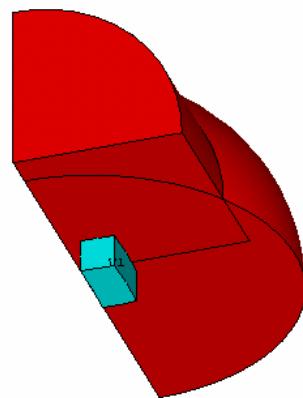
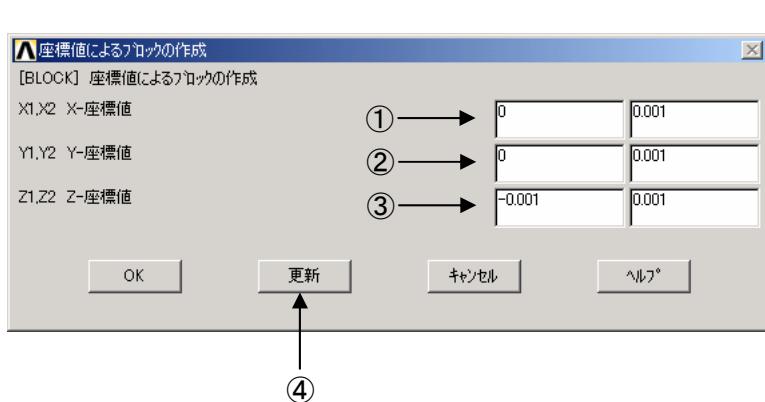
メインメニュー：総合プリプ ロセッサ > モデリング > 操作  
 > ブーリアン演算 > 足し算 > ボリューム  
 ⑬ピックメニュー内の [ 全てピック ] ボタンをピック

Utility Menu : 表示 > 再描画



## 2. 発熱体の部分の作成

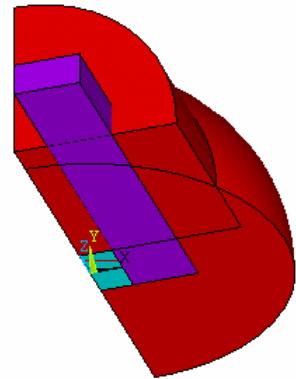
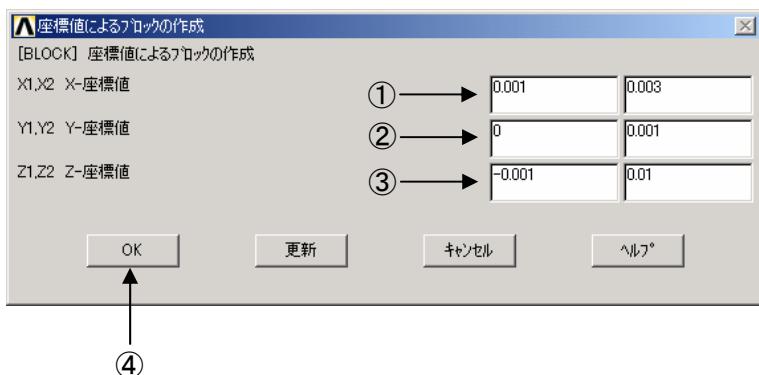
メインメニュー：総合プリプ ロセッサ > モデリング > 作成 > ボリューム > ブロック > 座標値  
 ①X 座標値( 0 , 0.001 )の入力  
 ②Y 座標値( 0 , 0.001 )の入力  
 ③Z 座標値( -0.001 , 0.001 )の入力  
 ④[ 更新 ] ボタンをピック



### 3. フレームの部分の作成

(2の作業に引き続き)

- ①X 座標値( 0.001 , 0.003 )の入力
- ②Y 座標値( 0 , 0.001 )の入力
- ③Z 座標値( -0.001 , 0.01 )の入力
- ④[ OK ] ボタンをピック

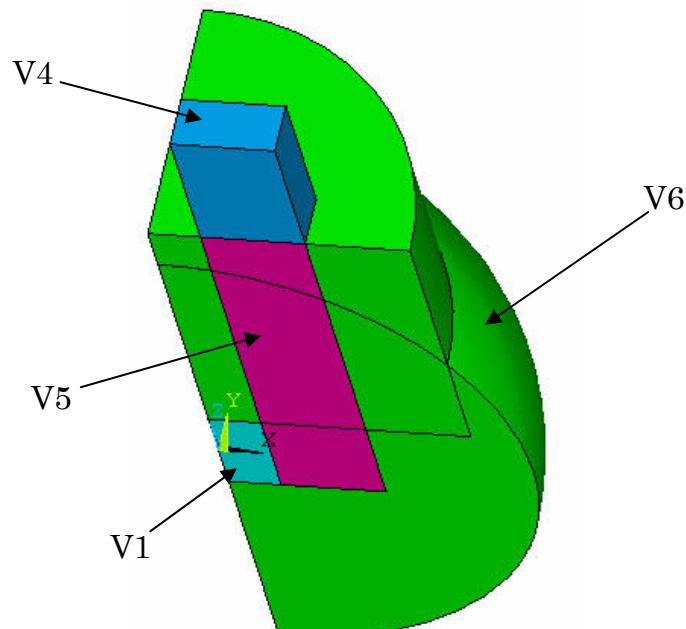


### 4. フレーム、発熱体と樹脂のオーバーラップ (重なる部分を別のエンティティにする)

メインメニュー : 総合プリプ マッサ > モデリング > 操作

> プーリアン演算 > オーバーラップ > ポリューム

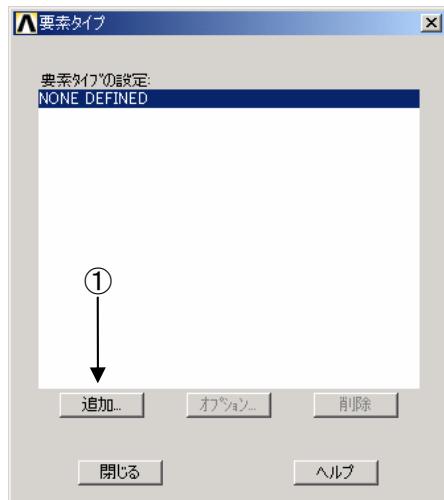
- ①ピックメニュー内の [ 全てピック ] ボタンをピック



## 5. 要素タイプの指定

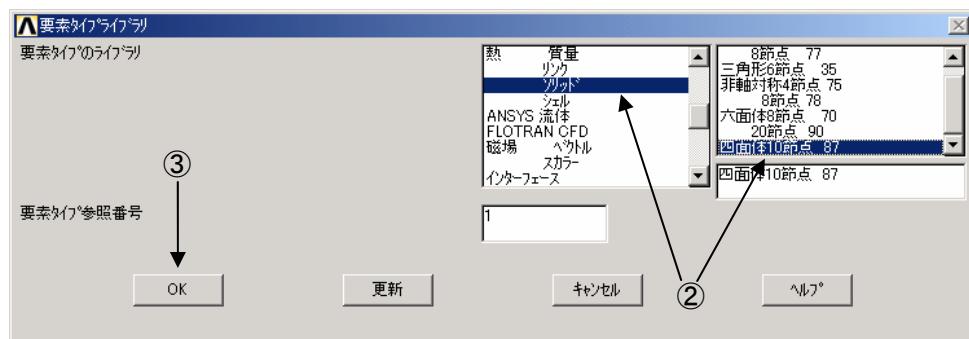
メインメニュー：総合プリプロセッサ > 要素タイプ > 追加/編集/削除

- ①[ 追加... ] ボタンをピック



- ②熱 ソリッドの四面体 10 節点 87 を選択

- ③[ OK ] ボタンをピック



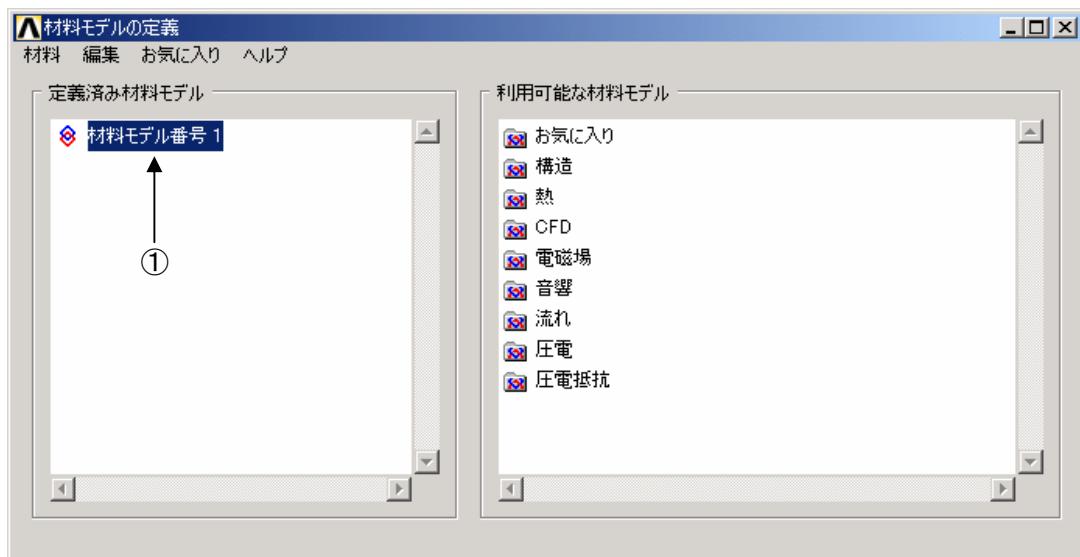
- ④[ 閉じる ] ボタンをピック



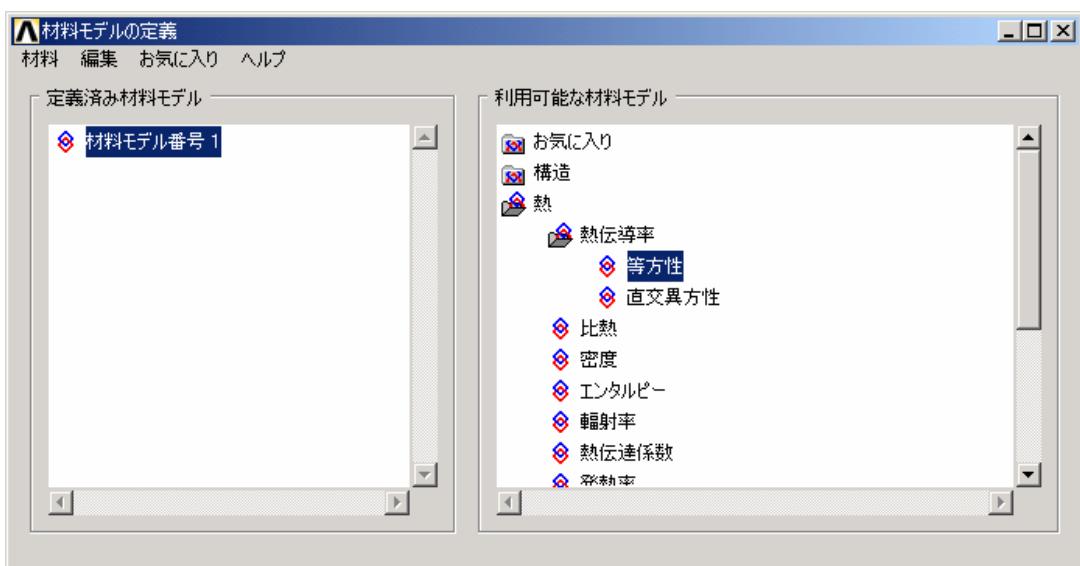
## 6. 材料特性の定義

メインメニュー：総合プリプロセッサ > 材料特性 > 材料モデル

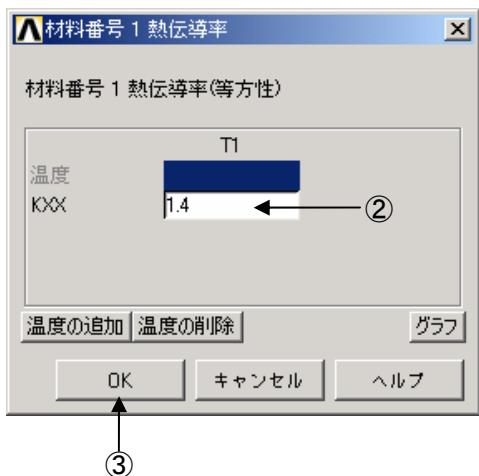
①材料モデル番号1を選択



[ 利用可能な材料モデル ] : [ 热 ] > [ 热伝導率 ] > [ 等方性 ]

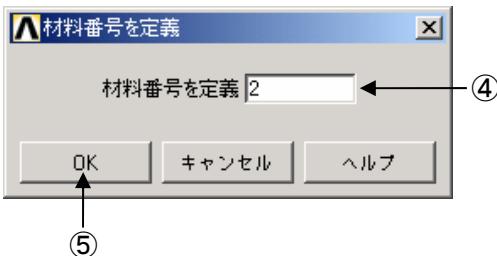


- ②樹脂の部分の材料特性として熱伝導率 KXX に 1.4 を入力  
 ③[OK] ボタンをピック



[ 材料 ] > [ 新規モデル... ]

- ④材料番号が 2 となっていることを確認  
 ⑤[OK] ボタンをピック



- ⑥発熱体の部分の材料特性として、先ほどと同様の操作で熱伝導率 KXX に 160 を入力し、[OK] ボタンをピック

[ 材料 ] > [ 新規モデル... ]

- ⑦材料番号が 3 となっていることを確認  
 ⑧[OK] ボタンをピック



- ⑨プレーンの部分の材料特性として、先ほどと同様の操作で熱伝導率 KXX に 386 を入力し、[OK] ボタンをピック

[ 材料 ] > [ 終了 ]

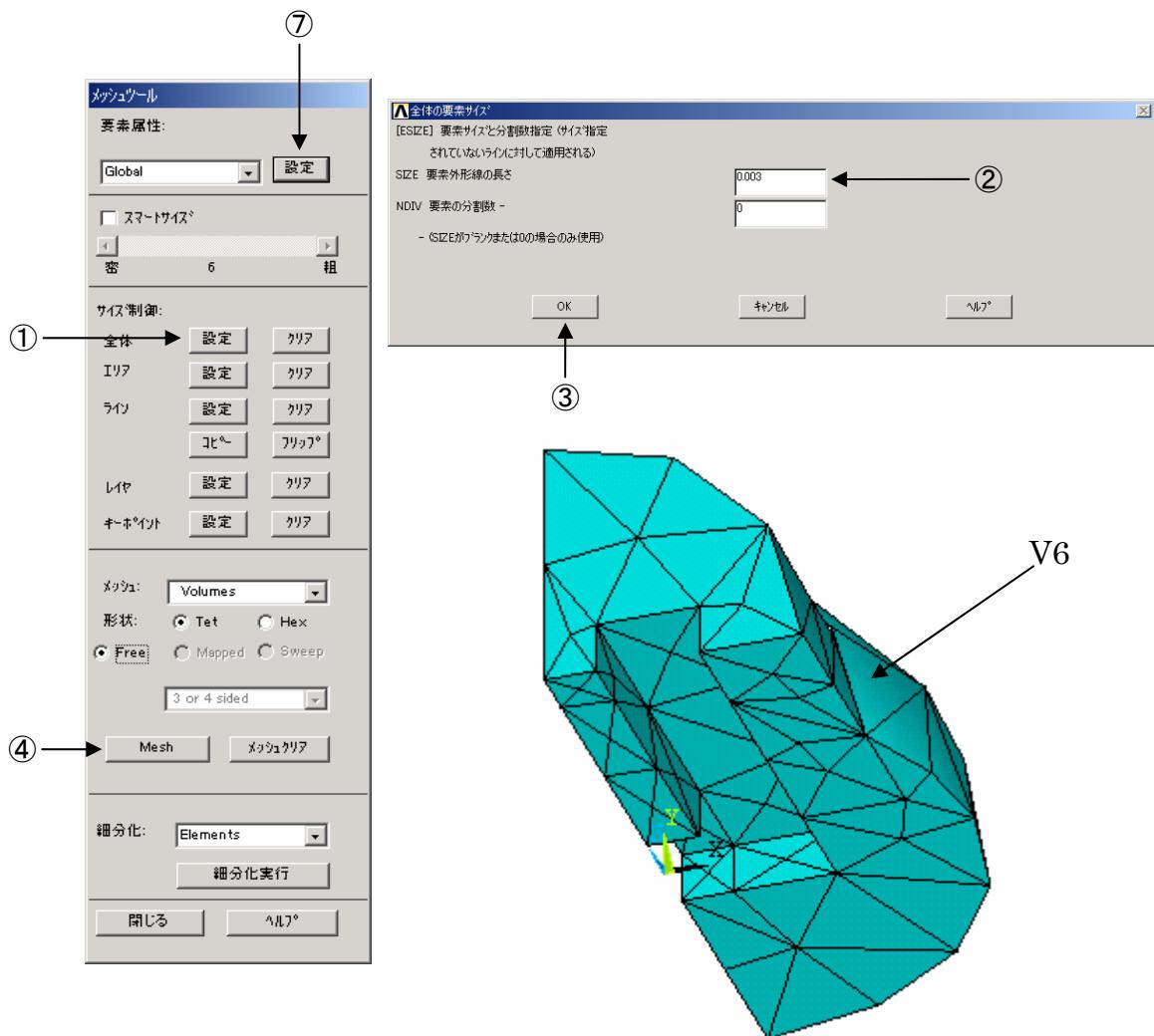
## 7. データベースの保存

ツールバー: SAVE\_DB

## 8. メッシング

メインメニュー : 総合プリプロセッサ > メッシュ > メッシュツール

- ①サイズ制御の全体の [ 設定 ] ボタンをピック
- ②要素外形線の長さ( 0.003 )を入力
- ③[ OK ] ボタンをピック
- ④[ Mesh ] ボタンをピック
- ⑤樹脂の部分のボリューム( V6 )をピック
- ⑥ピックメニューの [ OK ] ボタンをピック(要素形状に関する Warning が出力されますが、今回は[Close] ボタンで閉じます。)

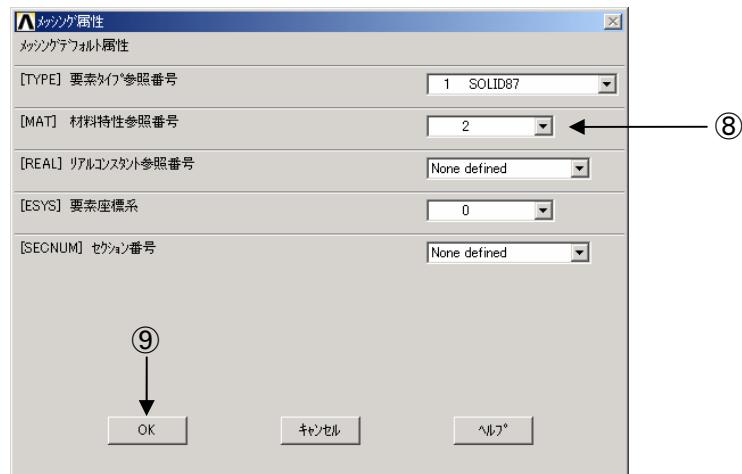


メインメニュー : 総合プリプロセッサ > メッシュ > メッシュツール

- ⑦要素属性: Global の [ 設定 ] ボタンをピック

⑧材料特性参照番号を 2 に変更

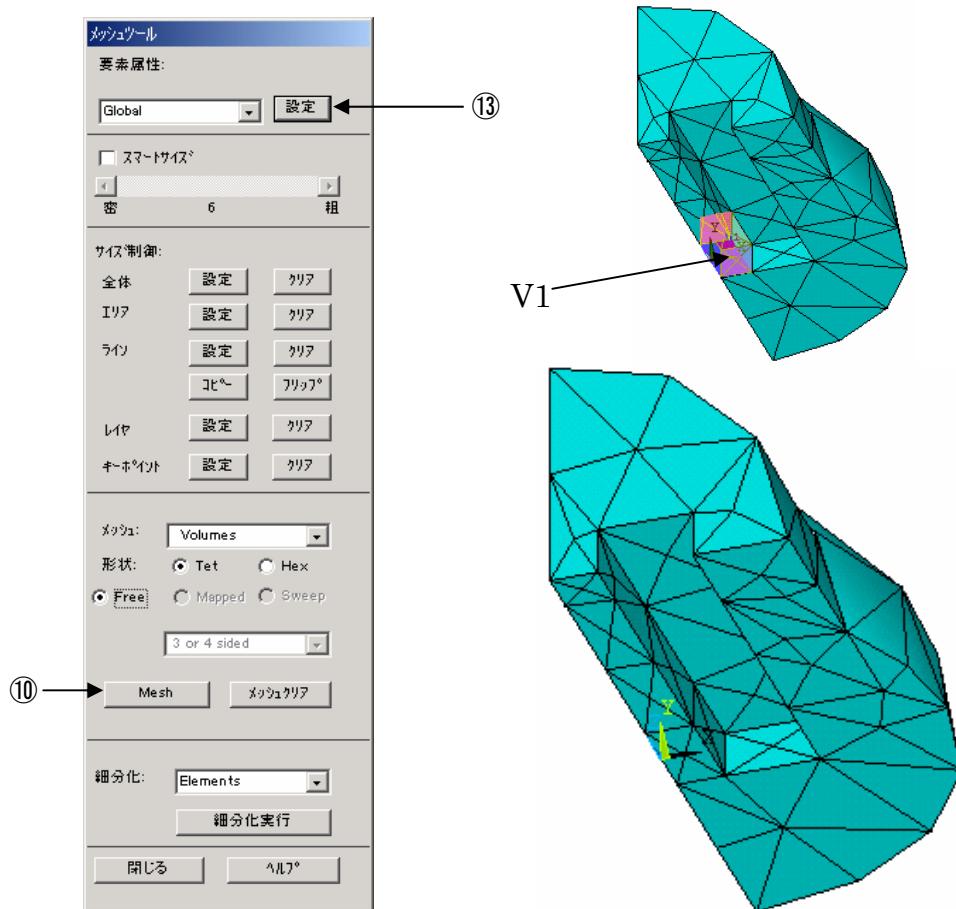
⑨[ OK ] ボタンをピック



⑩[ Mesh ] ボタンをピック

⑪発熱体の部分のボリューム( V1 )をピック

⑫ピックメニューの [ OK ] ボタンをピック

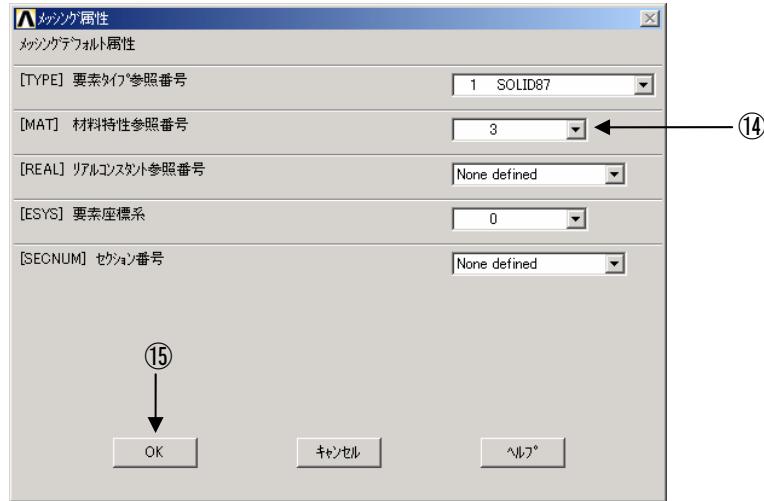


メインメニュー : 総合プリプロセッサ > メッシュ > メッシュツール

⑬要素属性: Global の [ 設定 ] ボタンをピック

⑭材料特性参照番号を 3 に変更

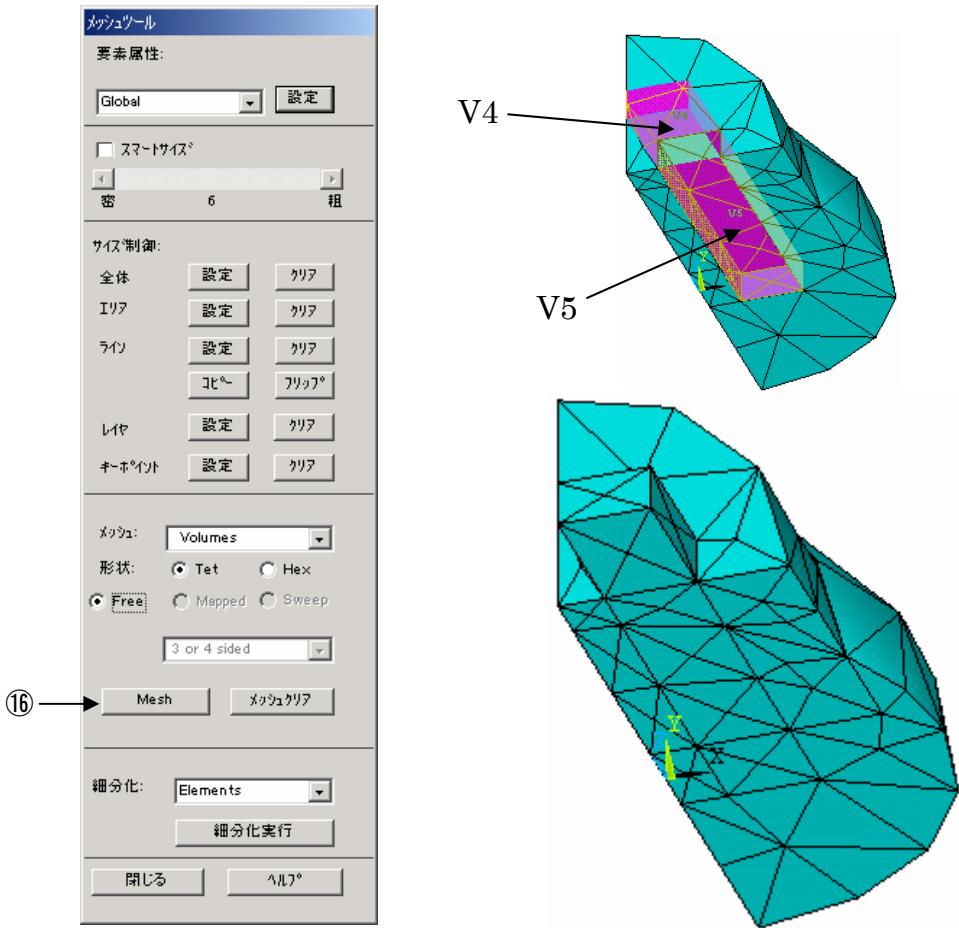
⑮[OK] ボタンをピック



⑯[Mesh] ボタンをピック

⑰フレームの部分のボリューム( V4、V5 )をピック

⑱ピックメニューの [OK] ボタンをピック



9. データベースの保存

ツールバー : SAVE\_DB

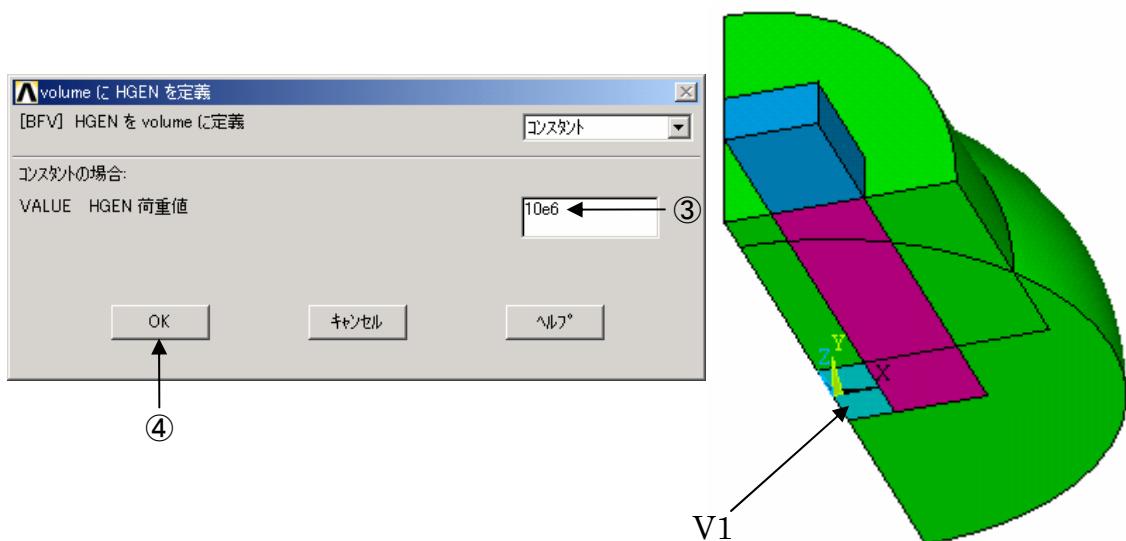
## ソリューションプロセッサ

10. 発熱体に内部発熱 10 (MW/m<sup>3</sup>) を定義

Utility Menu > 表示 > ボリューム

メインメニュー : ソリューション > 荷重定義 > 定義 > 伝熱解析 > 発熱 > ボリューム

- ① V1をピック
- ② ピックメニュー内の [OK] ボタンをピック
- ③ 内部発熱量( 10e6 )を入力
- ④ [OK] ボタンをピック



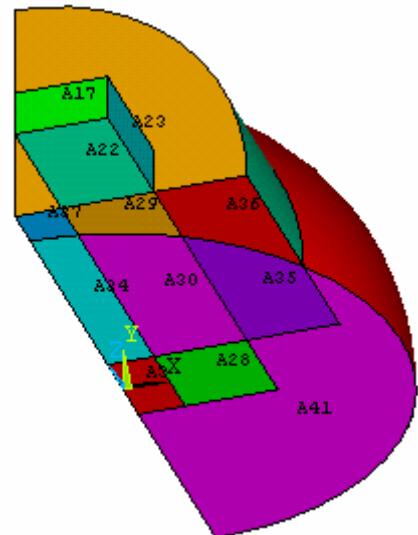
1.1. 樹脂外部のエリアに熱伝達境界（熱伝達係数 0.01、雰囲気温度 25°C）を定義

Utility Menu : 表示制御 > 番号表示...

①エリア番号を On に変更

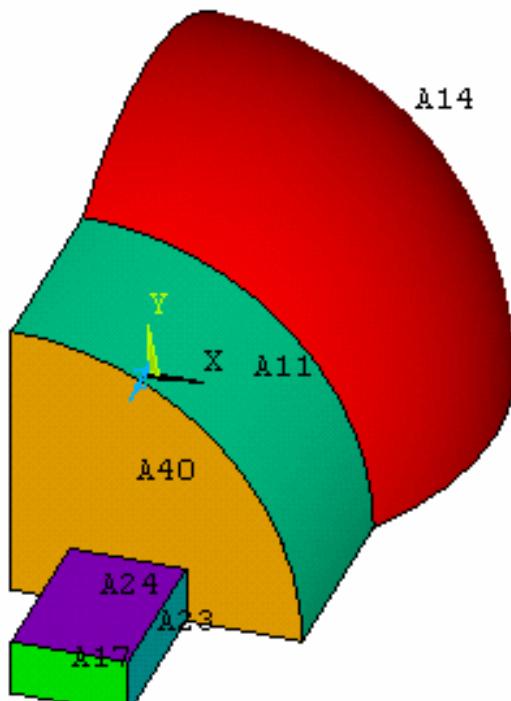
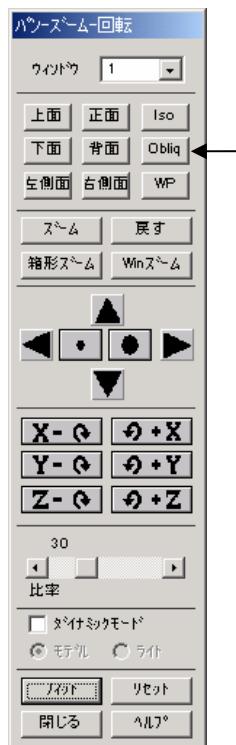
②[OK] ボタンをピック

Utility Menu : 表示 > エリア

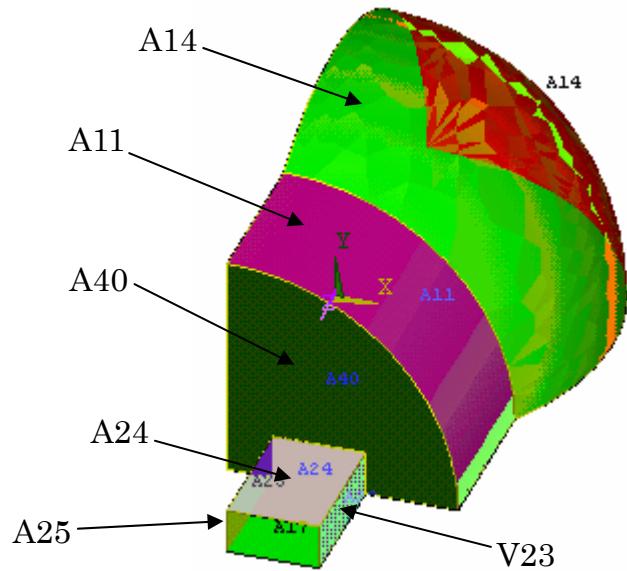


Utility Menu > 表示制御 > パン,ズーム,回転...

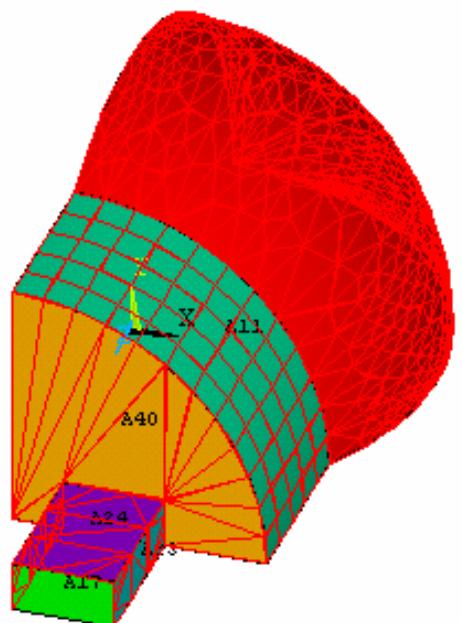
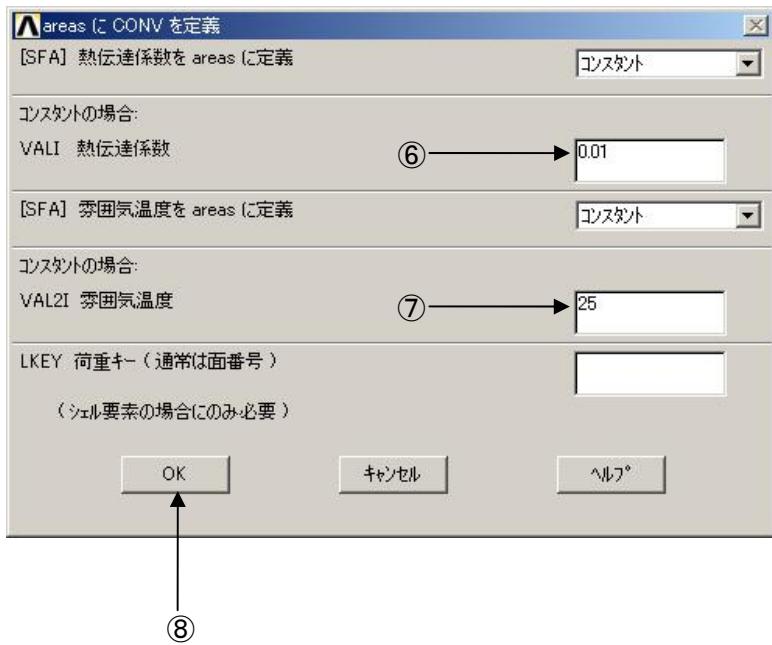
③[ Obliq ] ボタンをピック



メインメニュー：リューション > 荷重定義 > 定義 > 伝熱解析 > 热伝達 > エリア  
 ④外表面のエリア( A14 , A11 , A40 , A23 , A24 , A25 )をピック  
 ⑤ピックメニュー内の [ OK ] ボタンをピック



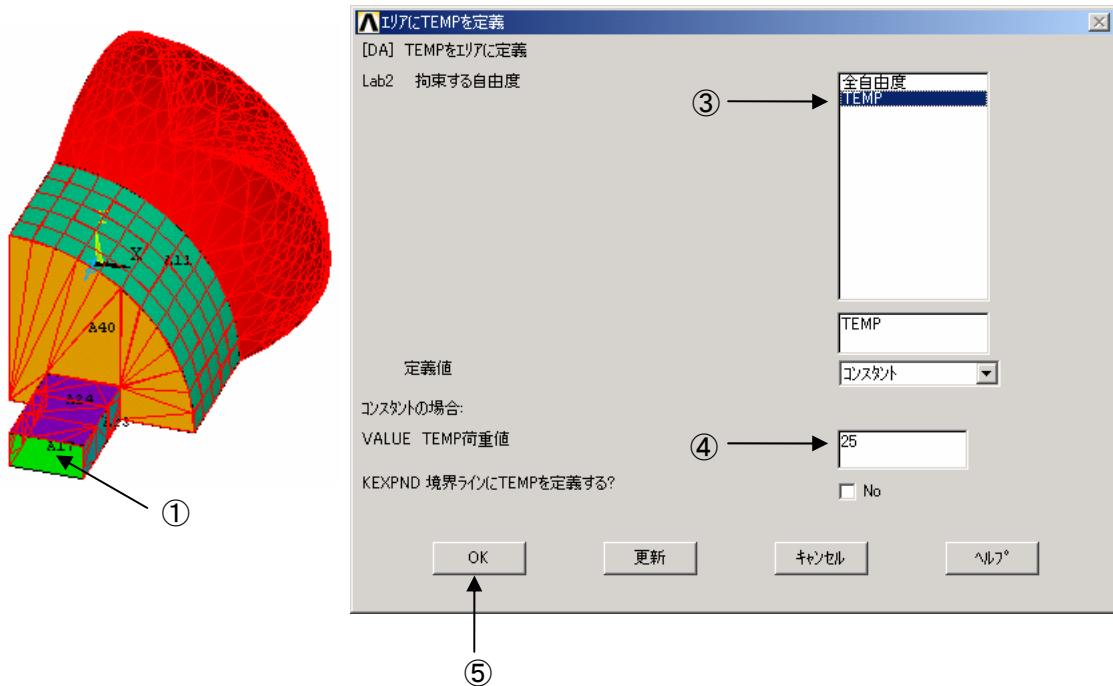
- ⑥熱伝達係数( 0.01 )を入力  
 ⑦雰囲気温度( 25 )を入力  
 ⑧[ OK ] をピック



## 1.2. フレーム先端部に温度固定を定義

メインメニュー：ツリューション > 荷重定義 > 定義 > 伝熱解析 > 温度 > エリア

- ①フレーム先端部の A17 をピック
- ②ピックメニューの【OK】をピック
- ③拘束する自由度を TEMP に設定
- ④固定する温度( 25 )を入力
- ⑤【OK】ボタンをピック



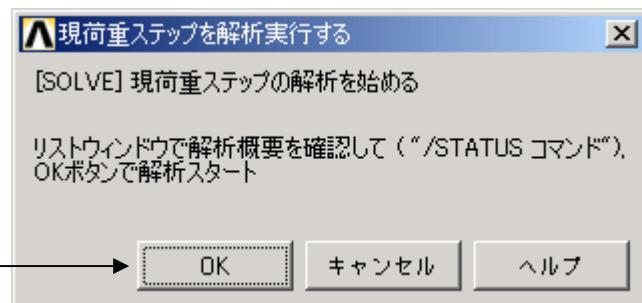
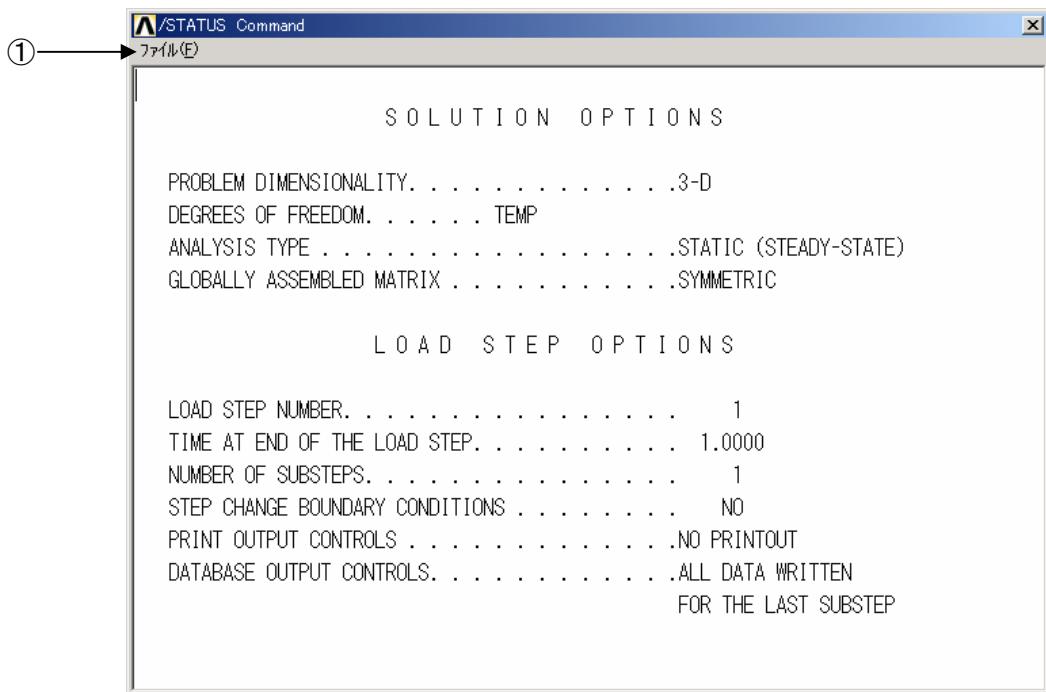
## 1.3. データベースの保存

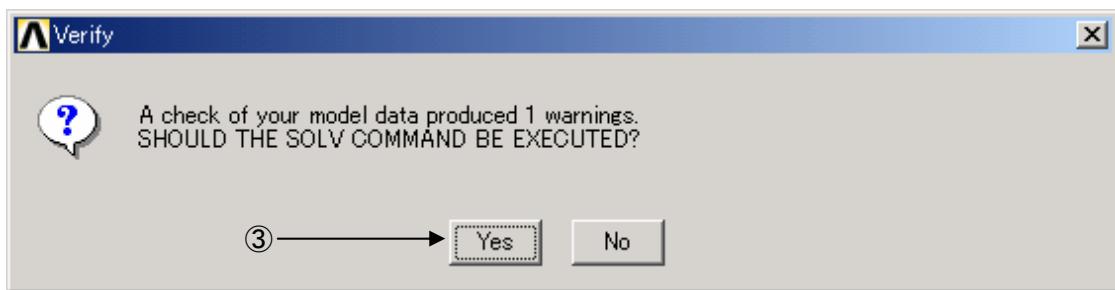
ツールバー: SAVE\_DB

## 1.4. 解析の実行

メインメニュー：リューション > 解析の実行 > 現荷重ステップ<sup>o</sup>

- ①/STATUS Command ウィンドウのメニューバーから ファイル → 閉じる をピック
  - ②[ OK ] ボタンをピック(解析開始)
  - ③要素分割時に要素形状に関する Warning が出力された関係で、その Warning を無視して解析を実行してよいかの確認メッセージが出ますが、今回は[Yes] ボタンをクリックして解析を実行します。
  - ④解析終了後、[ Close ] ボタンをピック





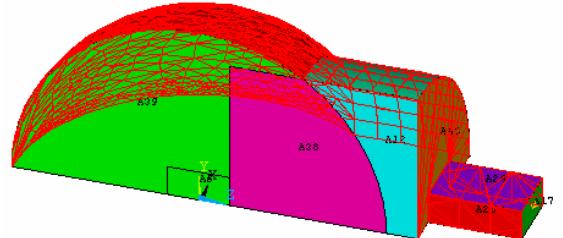
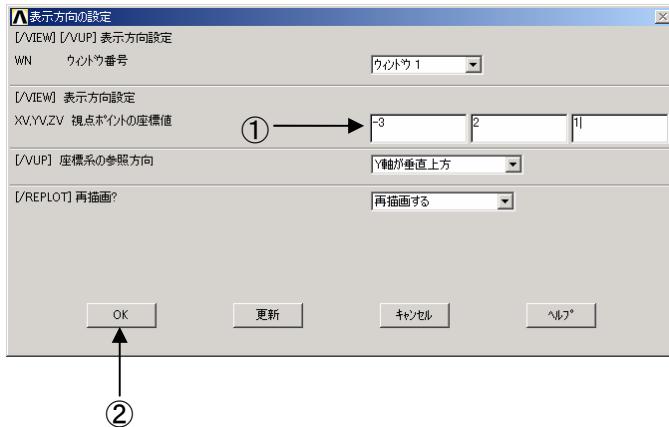
## ポストプロセッサ

15. コンター図（温度分布図）の表示

Utility Menu : 表示制御 > ビュー設定 > 表示方向...

①View 方向 ( -3 , 2 , 1 ) を入力

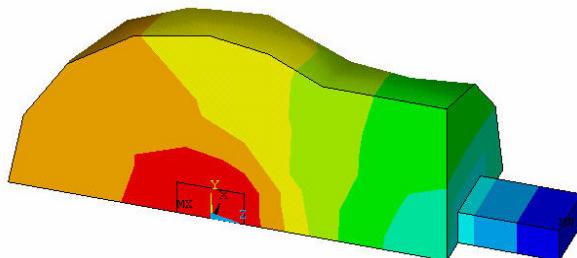
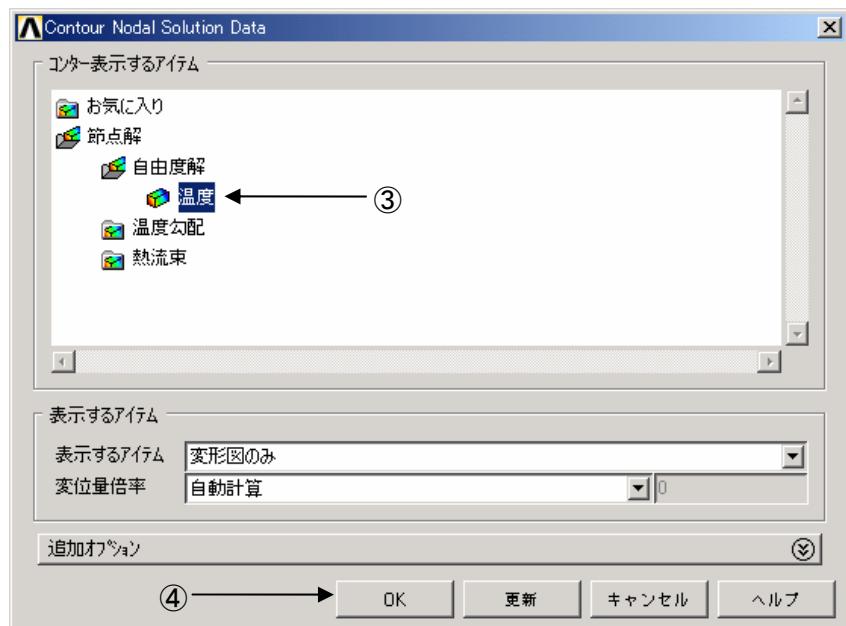
②[ OK ] ボタンをピック



メインメニュー : 総合ポストプロセッサ > 結果グラフィック > コンター表示 > 節点解

③節点解 > 自由度解 > 温度を選択

④[ OK ] ボタンをピック



1.6. 樹脂の部分のコンター図(温度分布図)を表示

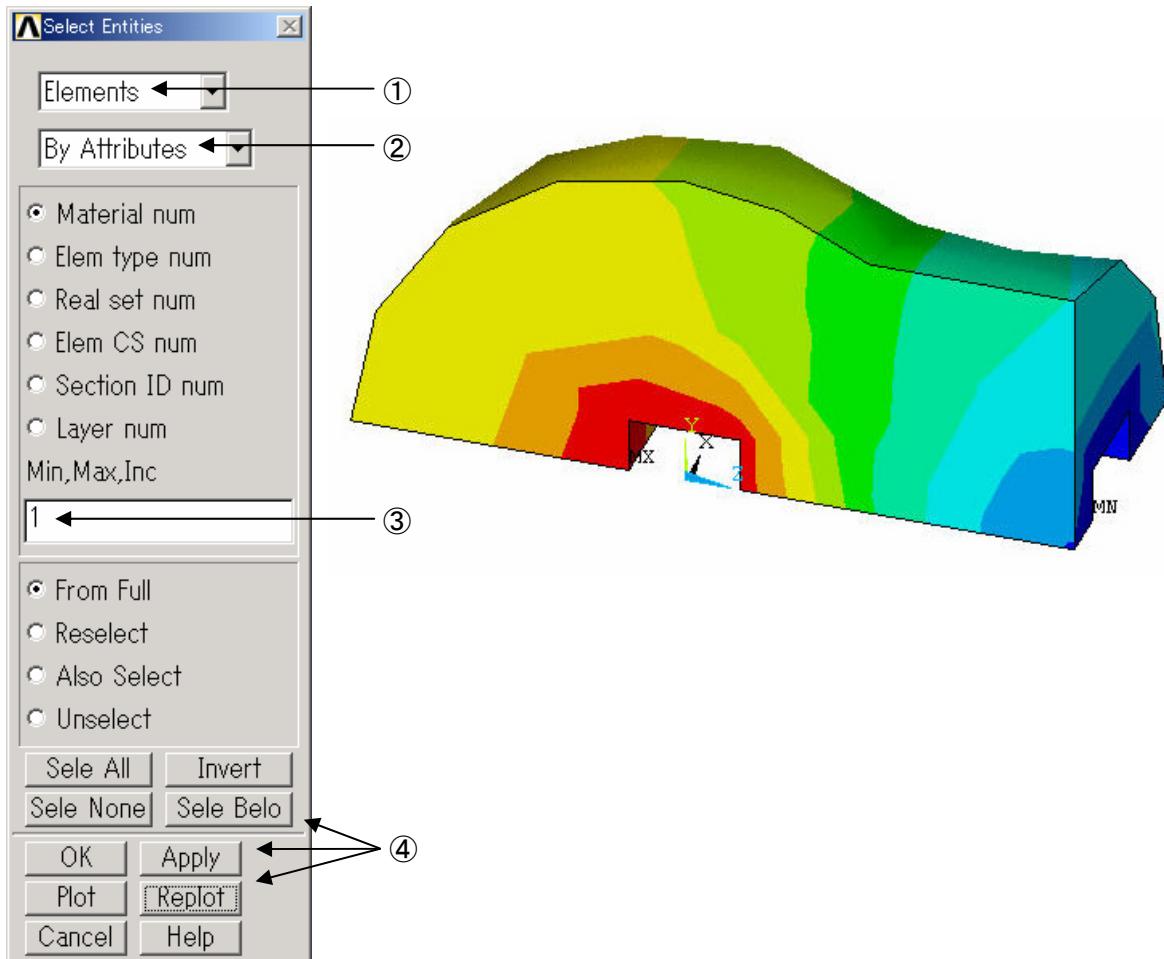
Utility Menu : 選択 > エンティティ...

①Elements を選択

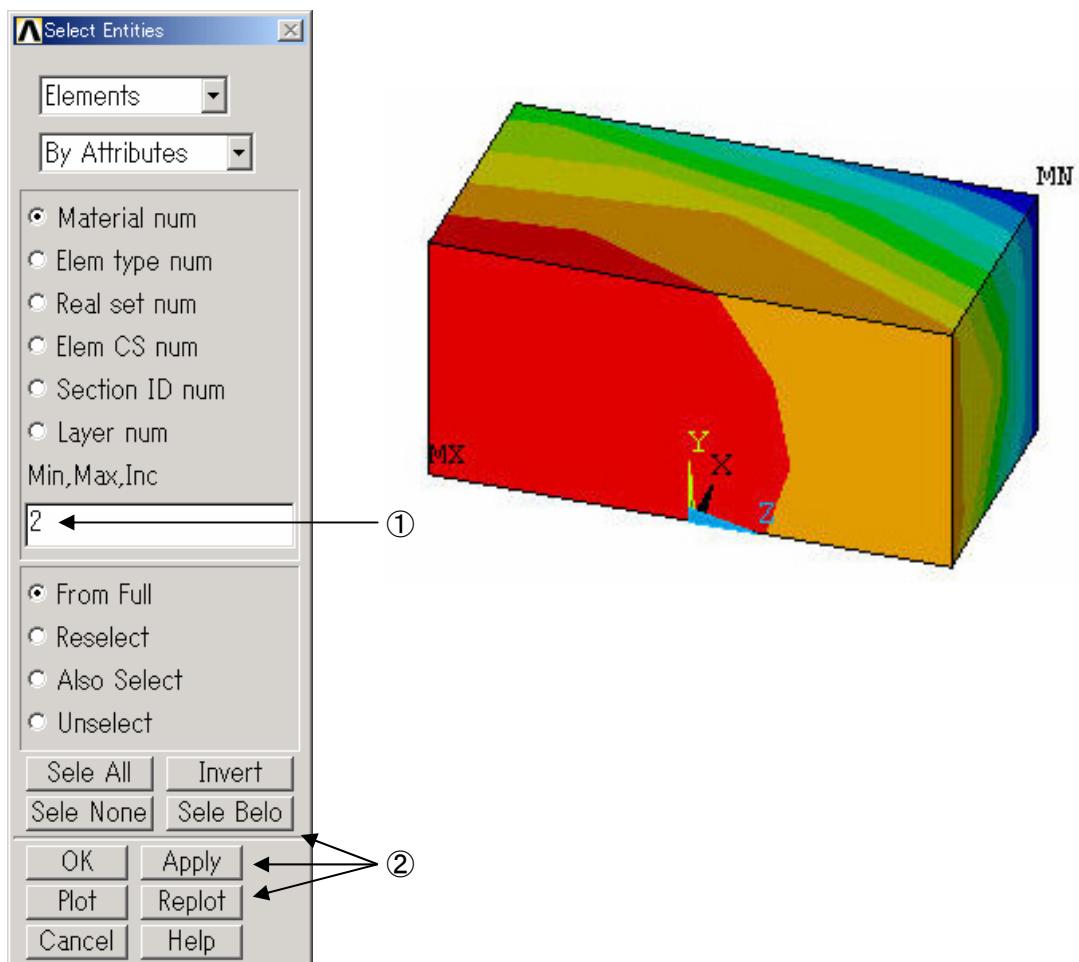
②By Attributes を選択

③樹脂の部分の材料特性参照番号( 1 )を入力

④[ Apply ] > [ Sele Belo ] > [ Replot ] の順にボタンをピック

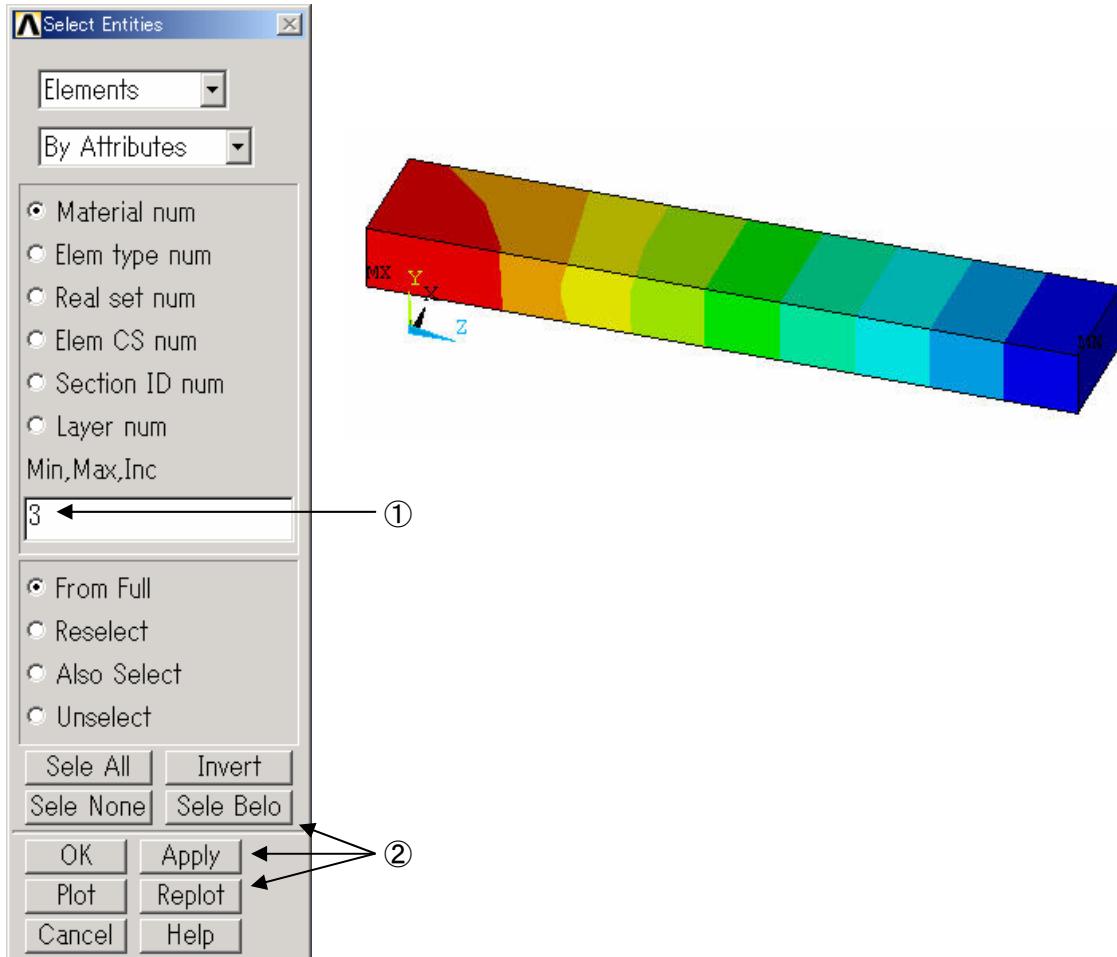


- 1 7. 発熱体の部分のコンター図(温度分布図)を表示
- ①発熱体の部分の材料特性参照番号( 2 )を入力  
②[ Apply ] > [ Sele Belo ] > [ Replot ] の順にボタンをピック



18. フレームの部分のコンター図(温度分布図)を表示

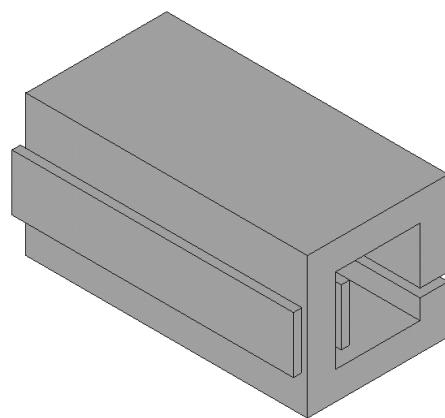
- ①フレームの部分の材料特性参照番号( 3 )を入力
- ②[ Apply ] > [ Sele Belo ] > [ Replot ] の順にボタンをピック



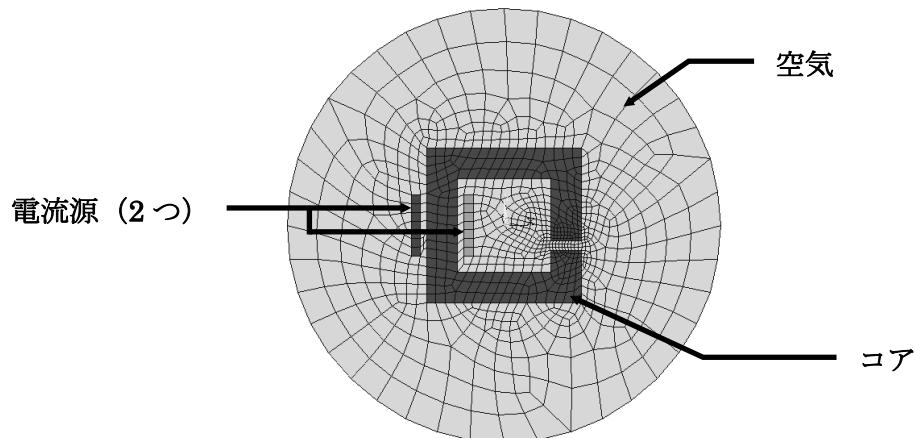


### 実習 3 磁場解析

図のようなコアと電流源の磁場を解析する。



解析は 2 次元モデルで行う。(空気もモデル化する)



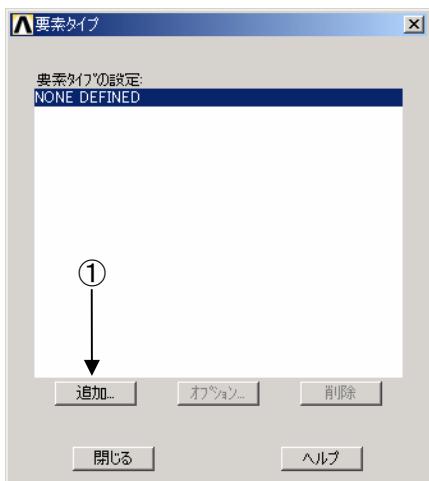
要素タイプ	PLANE13(2 次元 4 節点連成場ソリッド)
材料特性	空気の部分 : 比透磁率 1 コアの部分 : 比透磁率 5000 電流源の部分 : 比透磁率 1
境界条件	・モデル外部に外部強制磁場(ポテンシャル $AZ=0$ )を定義する ・電流源の部分に電流密度( $1000A/m^2$ )を与える

# プリプロセッサ

## 1. 要素タイプの指定

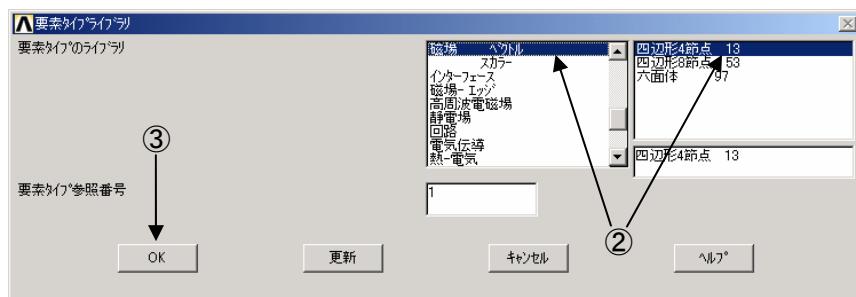
メインメニュー：総合プリプロセッサ > 要素タイプ > 追加/編集/削除

①[ 追加... ] ボタンをピック



②磁場のベクトル四辺形 13 を選択

③[ OK ] ボタンをピック



④[ 閉じる ] ボタンをピック



## 2. 単位系の指定

メインメニュー：総合プリプロセッサ > 材料特性 > 電磁場解析単位系

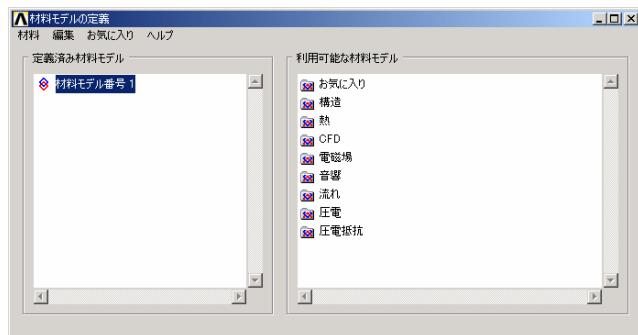
- ①MKS 単位を設定して(デフォルトで選択済)、[OK] ボタンをピック



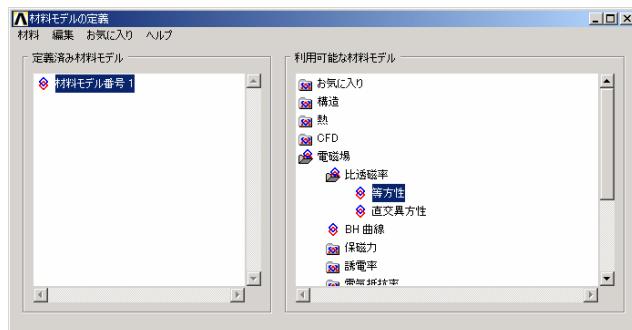
## 3. 材料特性の定義

メインメニュー：総合プリプロセッサ > 材料特性 > 材料モデル

- ①材料モデル番号1を選択

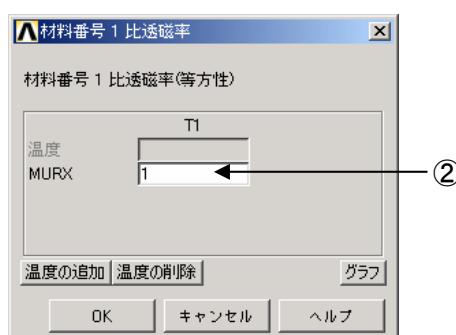


[ 利用可能な材料モデル ] : [ 電磁場 ] > [ 比透磁率 ] > [ 等方性 ]



- ②空気の部分の材料特性として比透磁率 MURX に 1 を入力

- ③[OK] ボタンをピック



- ④[ 材料 ] > [ 新規モデル... ]

- ⑤材料番号が 2 となっていることを確認  
 ⑥[ OK ] ボタンをピック  
 ⑦コアの部分の材料特性として、先ほどと同様の操作で比透磁率 MURX に 5000 を入力し、[ OK ] ボタンをピック



- ⑧[ 材料 ] > [ 新規モデル... ]  
 ⑨材料番号が 3 となっていることを確認  
 ⑩[ OK ] ボタンをピック  
 ⑪電流源の部分の材料特性として、先ほどと同様の操作で比透磁率 MURX に 1 を入力し、[ OK ] ボタンをピック



- ⑫[ 材料 ] > [ 新規モデル... ]  
 ⑬材料番号が 4 となっていることを確認  
 ⑭[ OK ] ボタンをピック  
 ⑮電流源の部分の材料特性として、先ほどと同様の操作で比透磁率 MURX に 1 を入力し、[ OK ] ボタンをピック

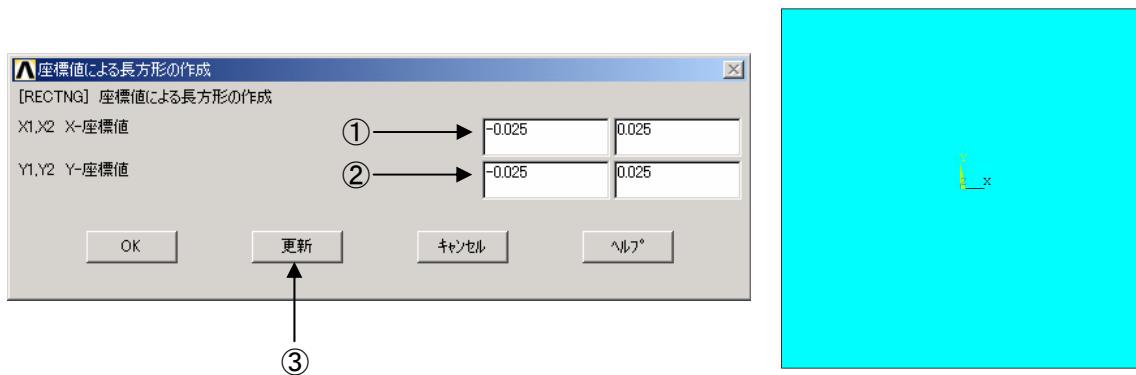


[ 材料 ] > [ 終了 ]

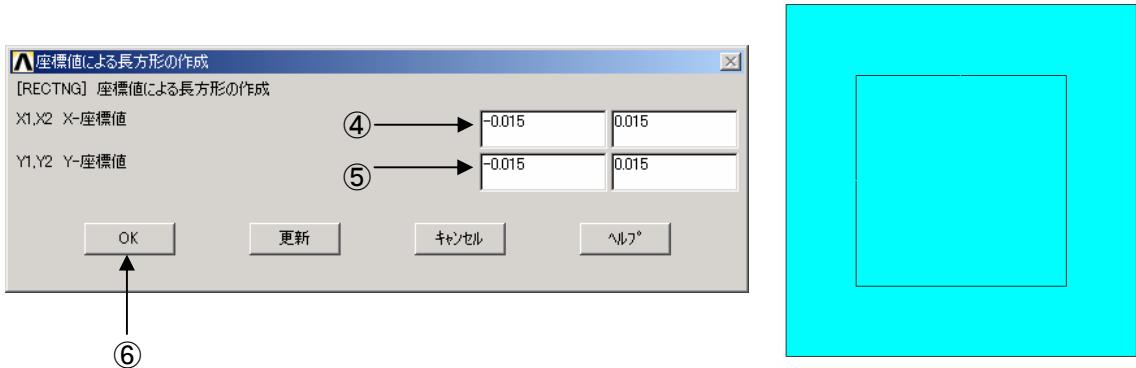
#### 4. コアの部分の作成

メインメニュー：総合プリプロセッサ > モデリング > 作成 > エリア > 四角形 > 座標値

- ①X 座標値( -0.025 , 0.025 )と入力
- ②Y 座標値( -0.025 , 0.025 )と入力
- ③[ 更新 ] ボタンをピック



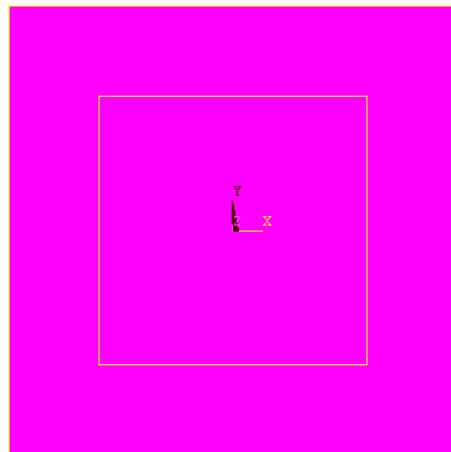
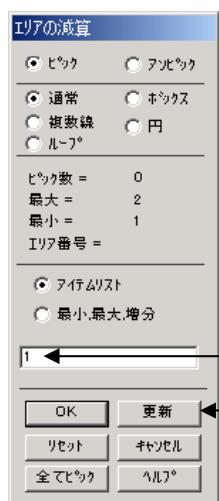
- ④X 座標値( -0.015 , 0.015 )と入力
- ⑤Y 座標値( -0.015 , 0.015 )と入力
- ⑥[ OK ] ボタンをピック



メインメニュー：総合プリプ メニュー > モデリング > 操作 > ブーリアン演算 > 引き算 > エリア

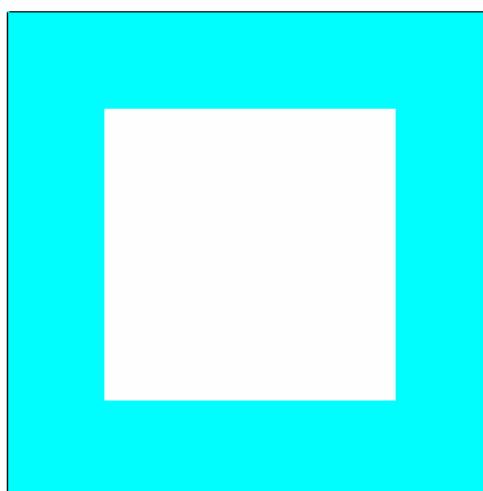
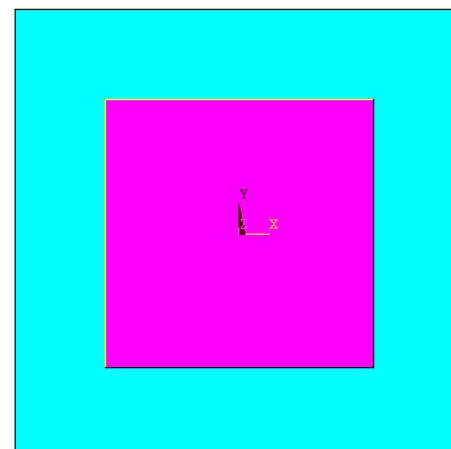
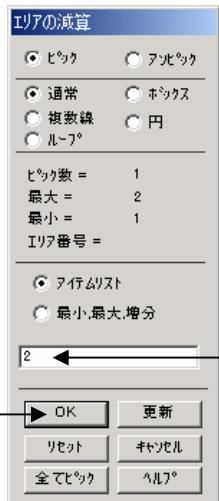
⑦“エリアの減算”ピッキングウィンドウにエリア番号 1 を入力し Enter キーを押す

⑧“エリアの減算”ピッキングウィンドウ内の [ 更新 ] (又は [ OK ]) ボタンをピック



⑨“エリアの減算”ピッキングウィンドウにエリア番号 2 を入力し Enter キーを押す

⑩“エリアの減算”ピッキングウィンドウ内の [ OK ] ボタンをピック

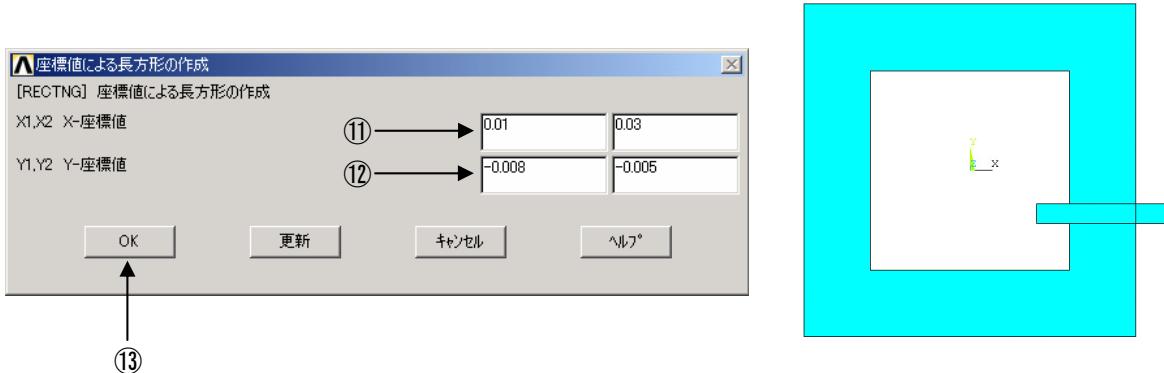


メインメニュー：総合プリプ ロセッサ > モデリング > 作成 > エリア > 四角形 > 座標値

⑪X 座標値( 0.01 , 0.03 )と入力

⑫Y 座標値( -0.008 , -0.005 )と入力

⑬[ OK ] ボタンをピック



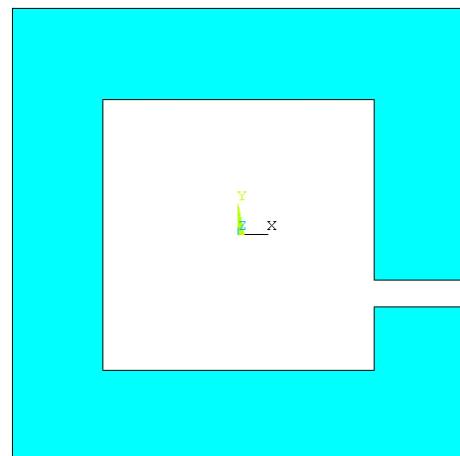
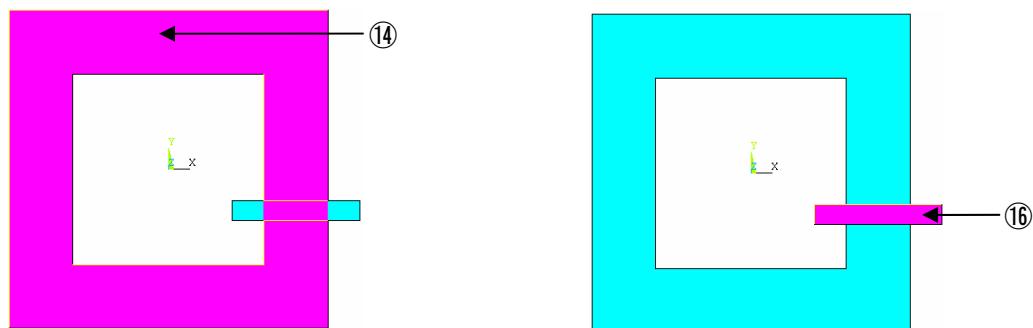
メインメニュー：総合プリプ ロセッサ > モデリング > 操作 > ブーリアン演算 > 引き算 > エリア

⑭A3 をピック

⑮“エリアの減算”ピッキングウィンドウ内の [ 更新 ] (又は [ OK ]) ボタンをピック

⑯A1 をピック

⑰“エリアの減算”ピッキングウィンドウ内の [ OK ] ボタンをピック



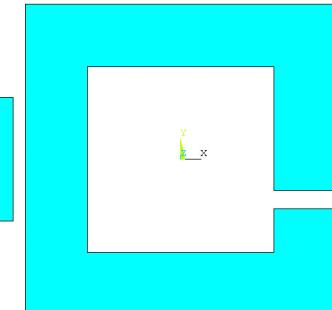
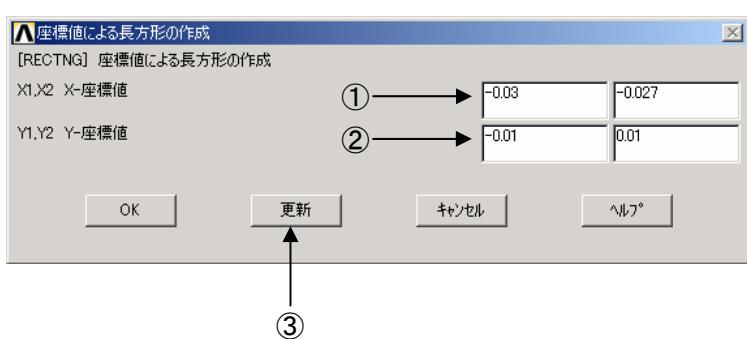
## 5. 電流源の部分の作成

メインメニュー：総合プリプロセッサ > モデリング > 作成 > エリア > 四角形 > 座標値

①X 座標値( -0.03 , -0.027 )と入力

②Y 座標値( -0.01 , 0.01 )と入力

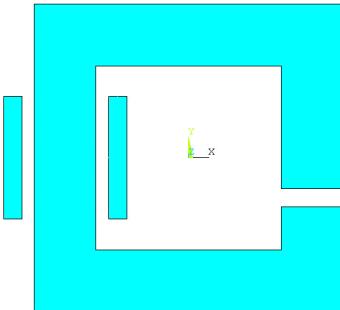
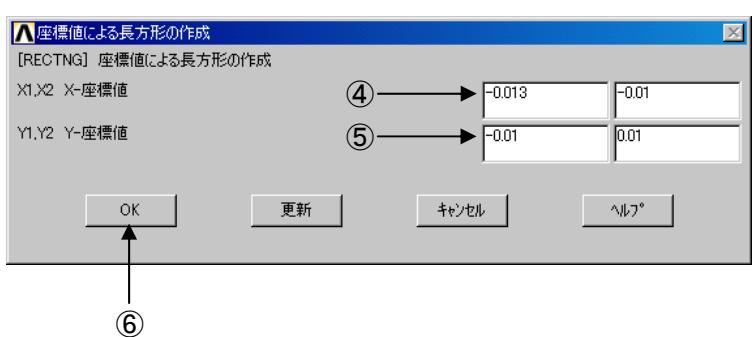
③[ 更新 ] ボタンをピック



④X 座標値( -0.013 , -0.01 )と入力

⑤Y 座標値( -0.01 , 0.01 )と入力

⑥[ OK ] ボタンをピック

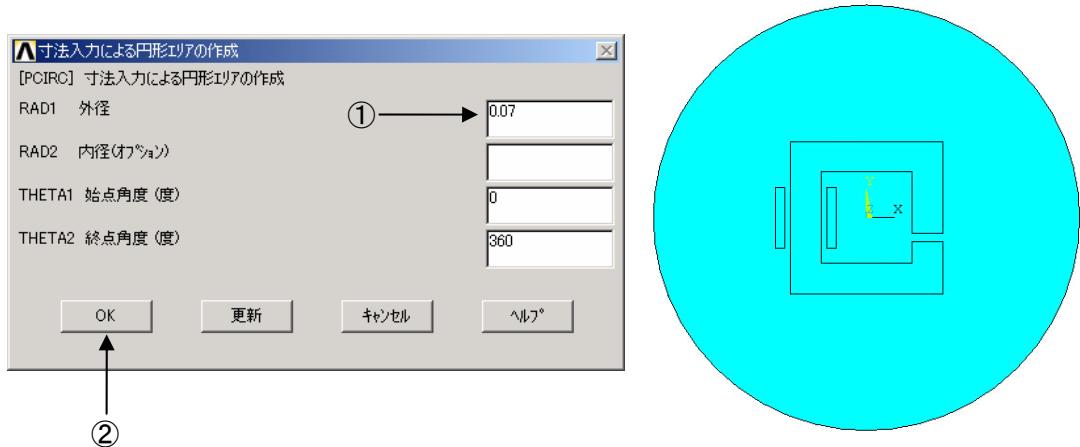


## 6. 空気の部分の作成

メインメニュー：総合プリプ ロセッサ > モデリング > 作成 > エリア > 円 > 寸法入力

①円の半径( 0.07 )を入力

②[ OK ] ボタンをピック



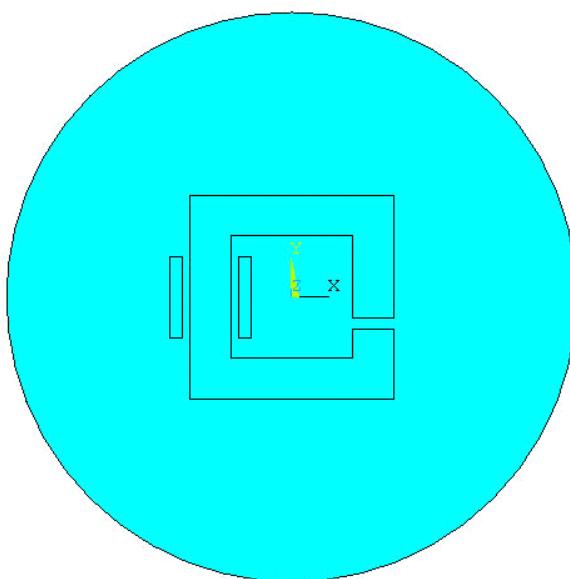
## 7. 各エリアのオーバーラップ（重なる部分を別のエンティティにする）

メインメニュー：総合プリプロセッサ > モデリング > 操作

> ブーリアン演算 > オーバーラップ > エリア

①ピックメニュー内の [ 全てピック ] ボタンをピック

Utility Menu : 表示 > 再描画



## 8. データベースの保存

ツールバー : SAVE\_DB

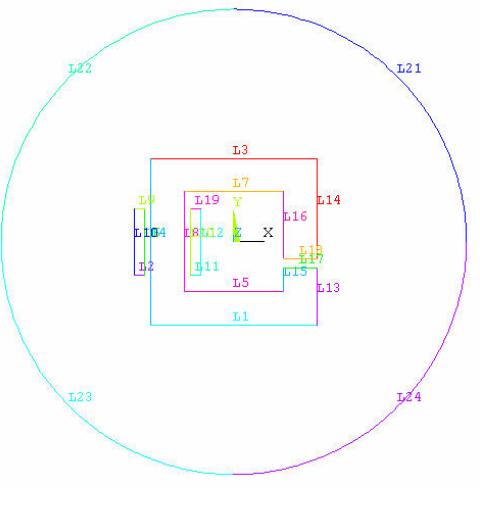
## 9. 要素分割の定義

Utility Menu : 表示制御 > 番号表示...

①ライン番号を On に変更

②[ OK ] ボタンをピック

Utility Menu : 表示 > ライン

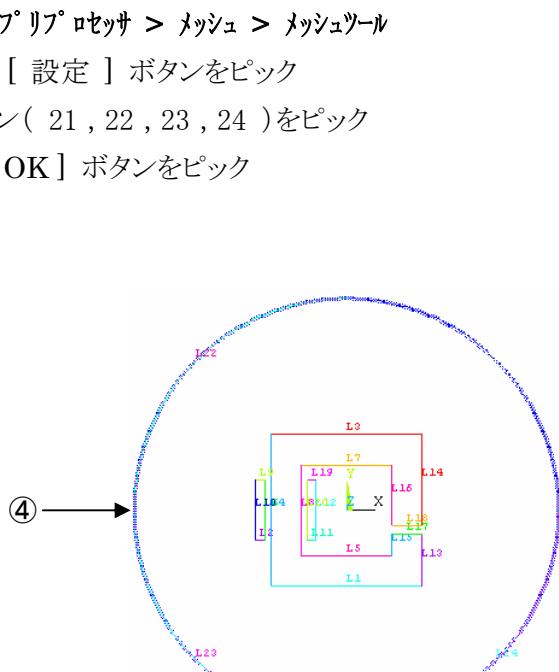
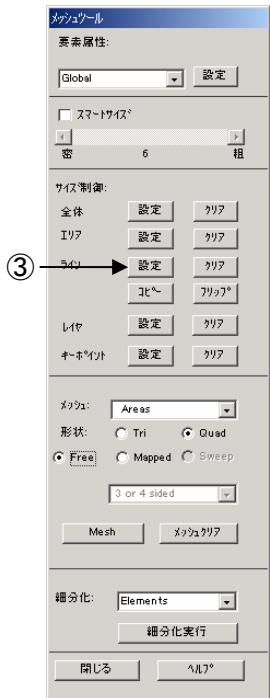


メインメニュー : 総合プリプ ロセッサ > メッシュ > メッシュツール

③サイズ制御のラインの [ 設定 ] ボタンをピック

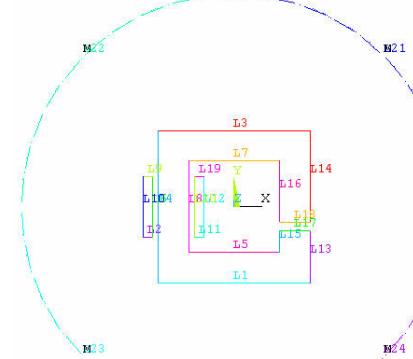
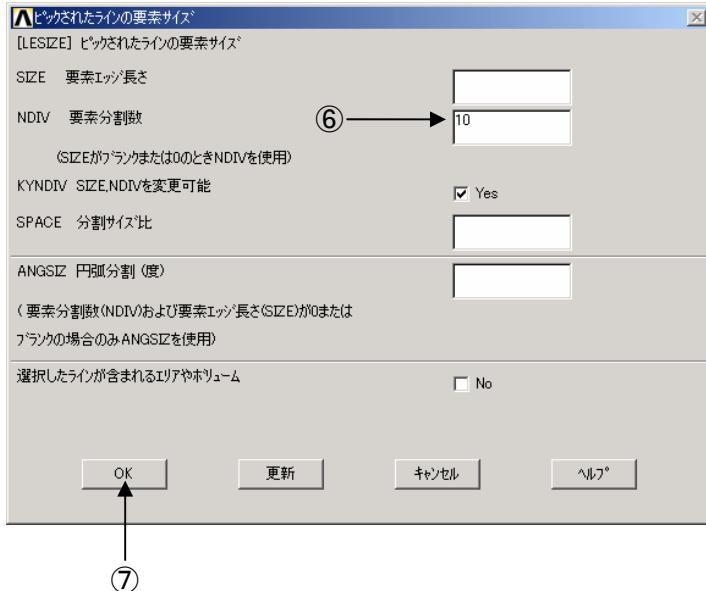
④空気層の外郭のライン( 21 , 22 , 23 , 24 )をピック

⑤ピックメニュー内の [ OK ] ボタンをピック



⑥ ライン分割数( 10 )を入力

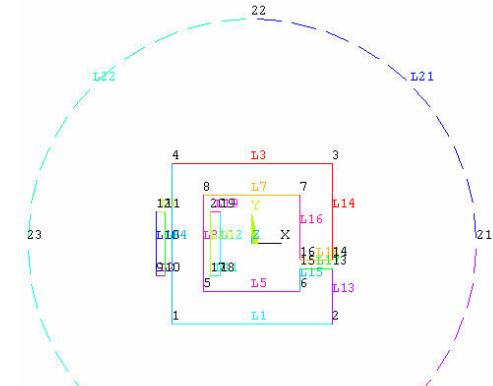
⑦ [ OK ] ボタンをピック



Utility Menu: 表示制御 > 番号表示...

⑧ キーポイント番号を On にする

⑨ [ OK ] ボタンをピック

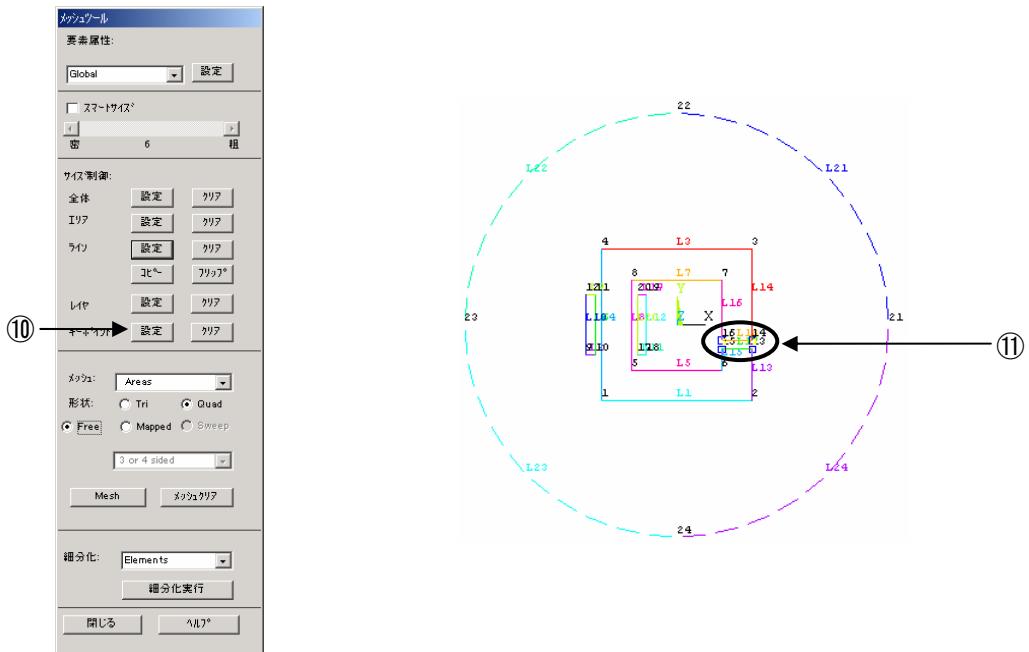


メインメニュー : 総合プリントセッサ > メッシュ > メッシュツール

⑩ サイズ制御のキーポイントの [ 設定 ] ボタンをピック

⑪ コアの部分のギャップ付近の KP( 13, 14, 15, 16 )をピック

⑫ ピックメニュー内の [ OK ] ボタンをピック



⑬ 要素サイズ( 0.001 )を入力

⑭ [ OK ] ボタンをピック

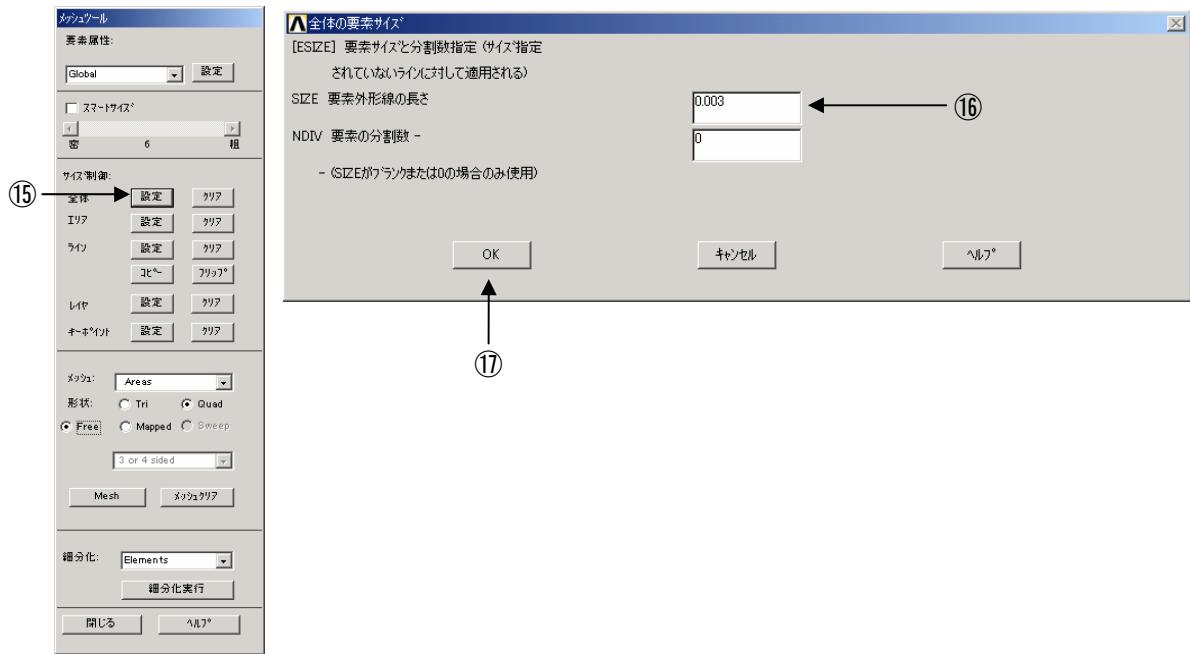


メインメニュー：総合プリプロセッサ > メッシュ > メッシュツール

⑯サイズ制御の全体の [ 設定 ] ボタンをピック

⑰要素外形線長さ( 0.003 )を入力

⑱[ OK ] ボタンをピック



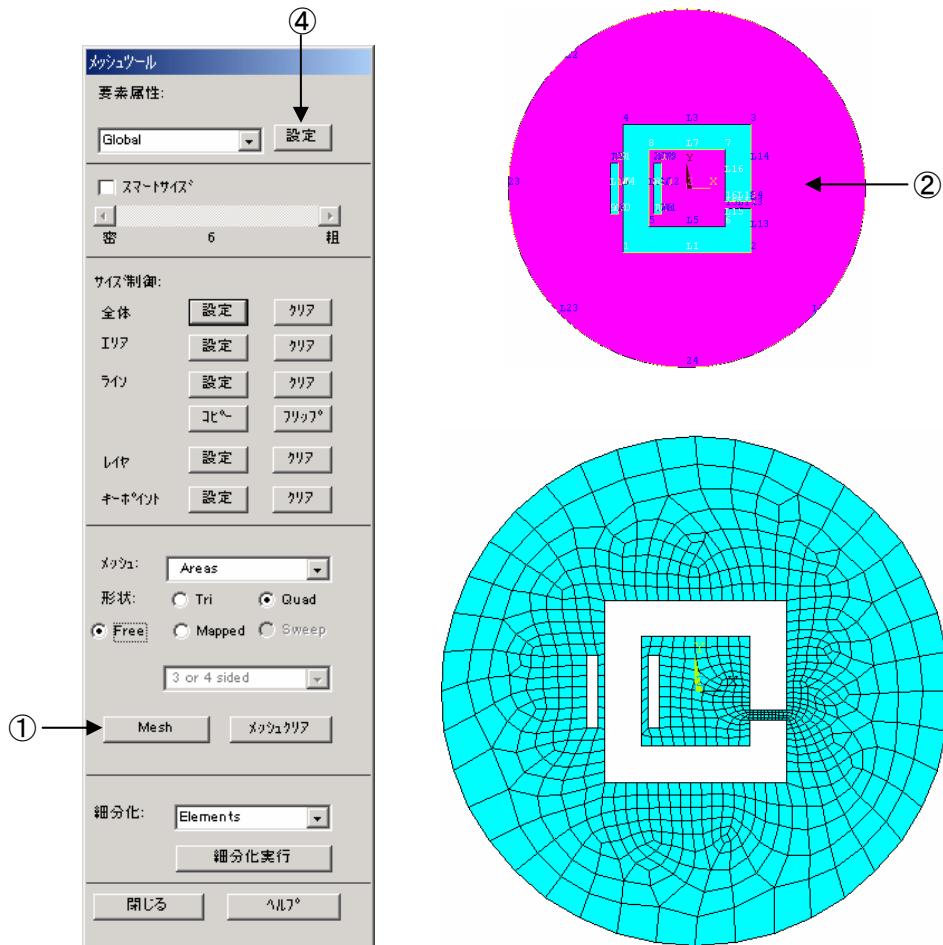
## 10. データベースの保存

ツールバー : **SAVE\_DB**

## 1.1. メッショング

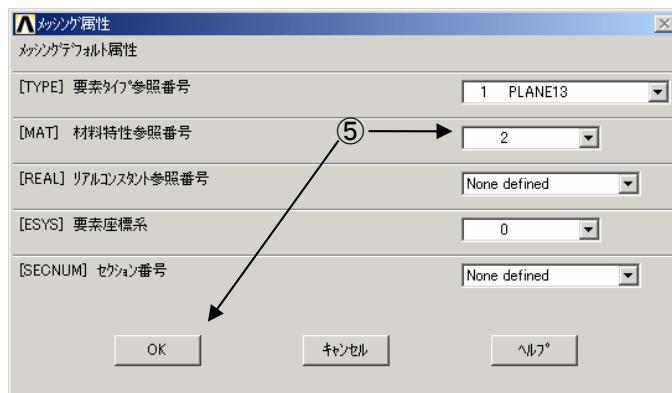
メインメニュー：総合プリプロセッサ > メッシュ > メッシュツール

- ① [ Mesh ] ボタンをピック
- ② 空気の部分のエリア ( A5 ) をピック
- ③ ピックメニュー内の [ OK ] ボタンをピック

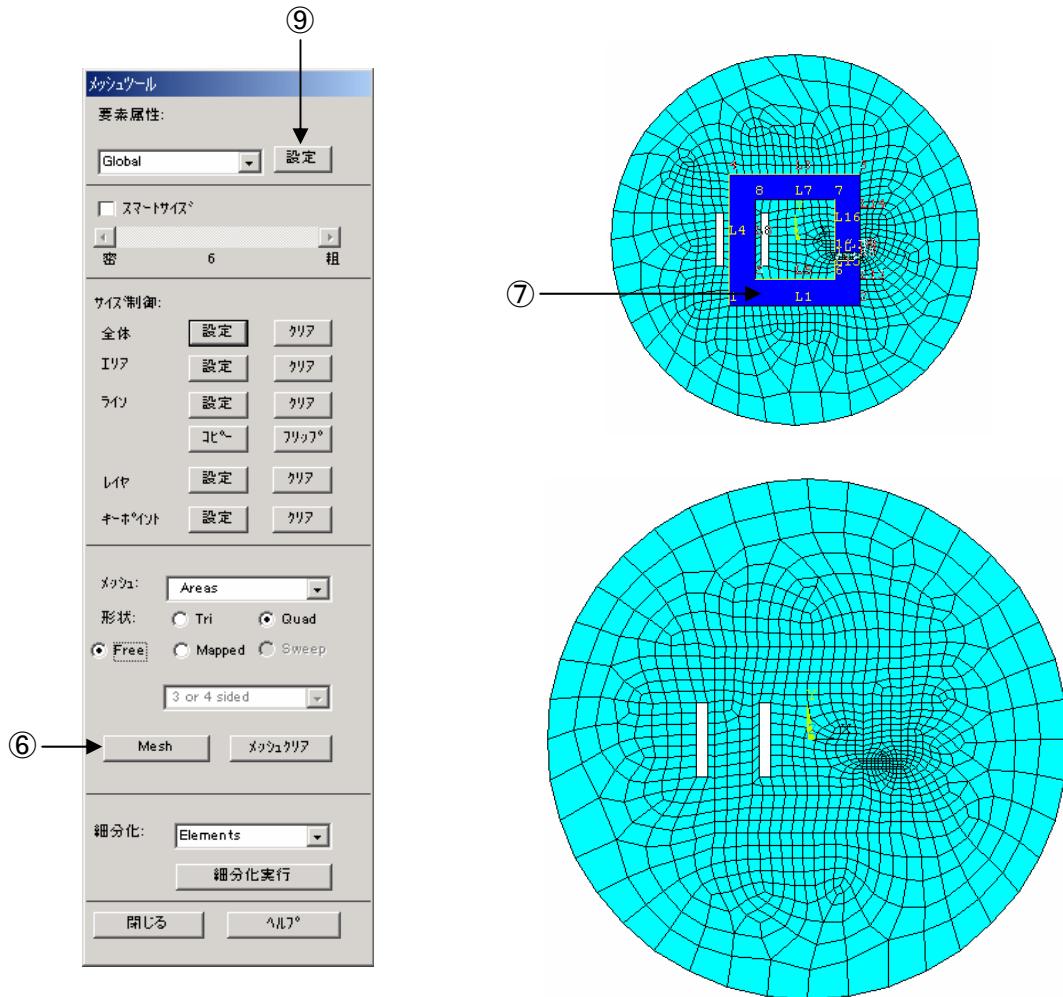


メインメニュー：総合プリプロセッサ > メッシュ > メッシュツール

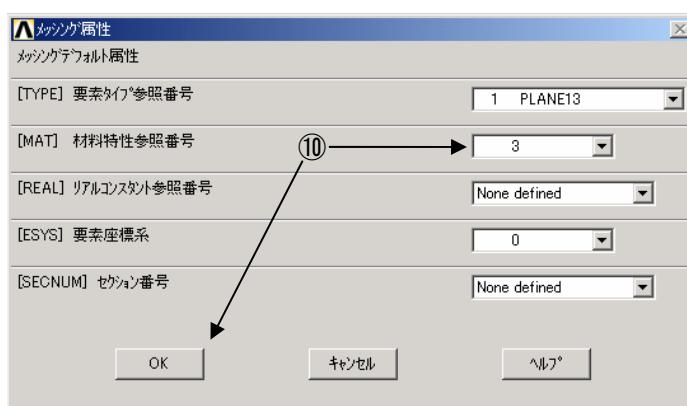
- ④ 要素属性: Global の [ 設定 ] ボタンをピック
- ⑤ 材料特性参照番号を 2 に変更し [ OK ] ボタンをピック



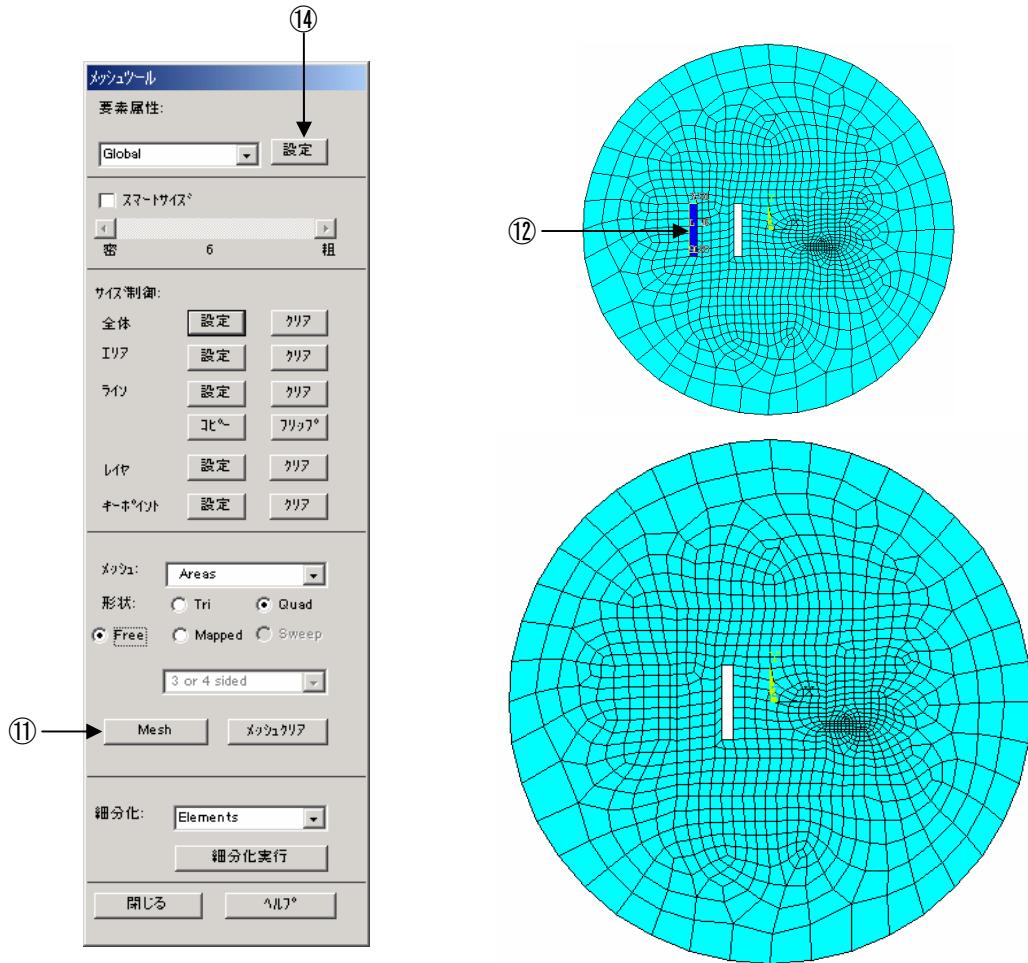
- ⑥ [ Mesh ] ボタンをピック  
 ⑦ コアの部分のエリア ( A2 ) をピック  
 ⑧ ピックメニュー内の [ OK ] ボタンをピック



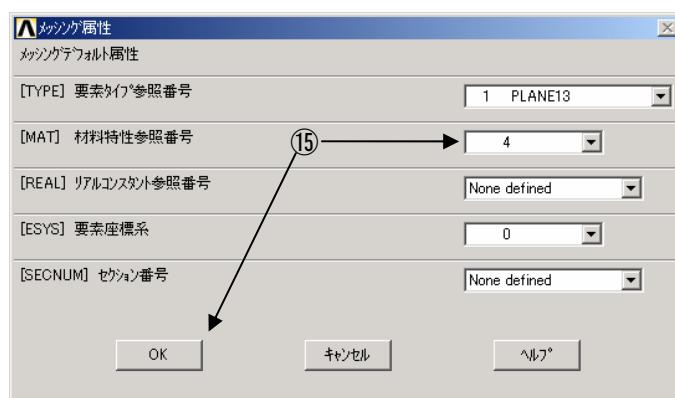
- メインメニュー : 総合プロパリティツール > メッシュ > メッシュツール  
 ⑨ 要素属性: Global の [ 設定 ] ボタンをピック  
 ⑩ 材料特性参照番号( MAT )を 3 に変更し [ OK ] ボタンをピック



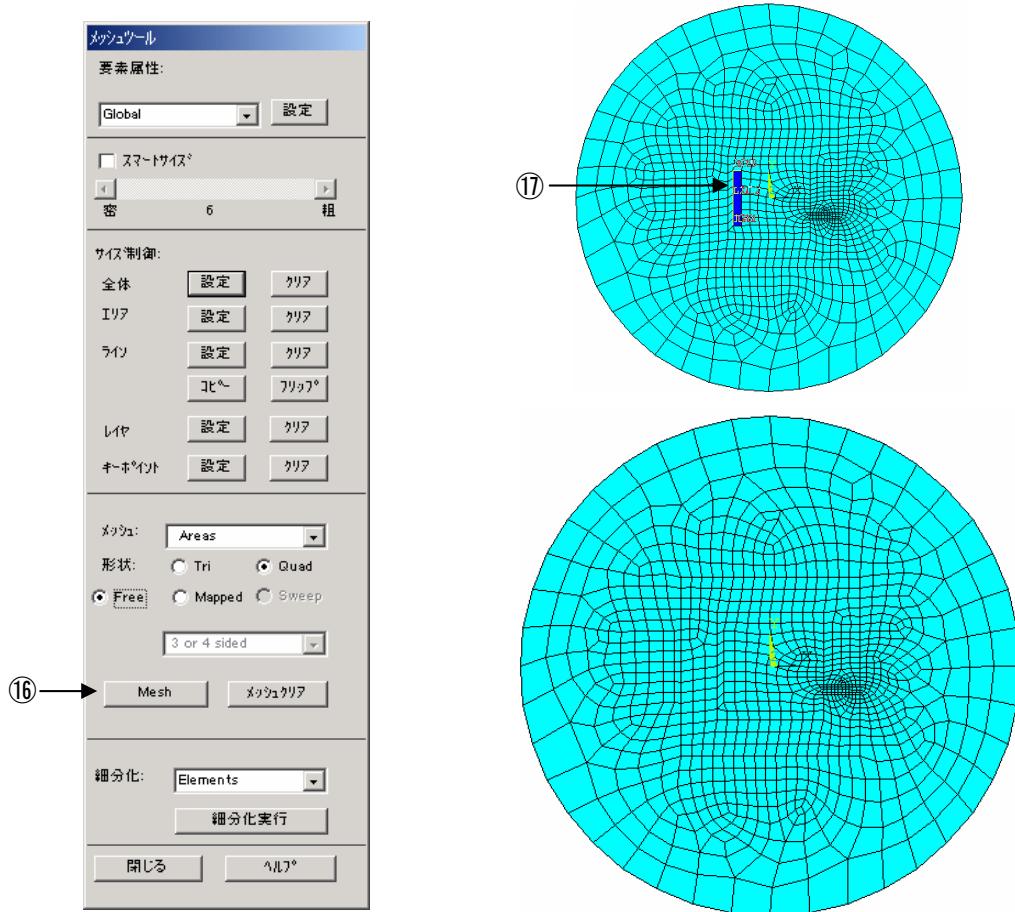
- ⑪ [ Mesh ] ボタンをピック  
 ⑫ 電流源(左側)の部分のエリア( A1 )をピック  
 ⑬ ピックメニュー内の [ OK ] ボタンをピック



- メインメニュー : 総合プリプロセッサ > メッシュ > メッシュツール  
 ⑭ 要素属性: Global の [ 設定 ] ボタンをピック  
 ⑮ 材料特性参照番号( MAT )を 4 に変更し [ OK ] ボタンをピック

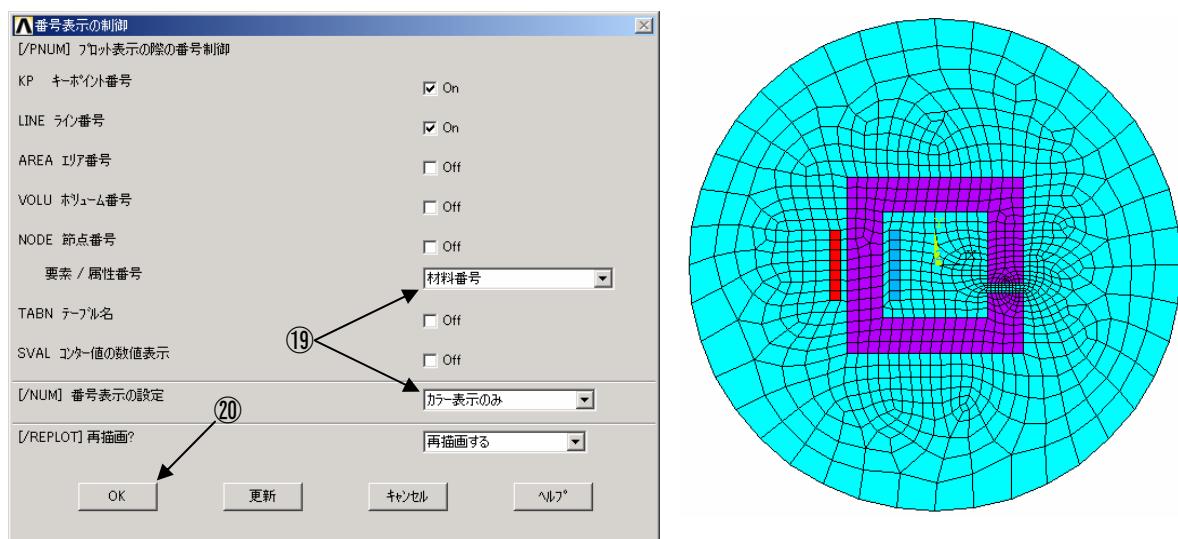


- ⑯[ Mesh ] ボタンをピック  
 ⑰電流源(右側)の部分のエリア( A3 )をピック  
 ⑱ピックメニュー内の [ OK ] ボタンをピック



#### Utility Menu : 表示制御 > 番号表示...

- ⑯要素/属性番号を [ 材料番号 ]、番号表示の設定を [ カラー表示のみ ] に変更  
 ⑰[ OK ] ボタンをピック



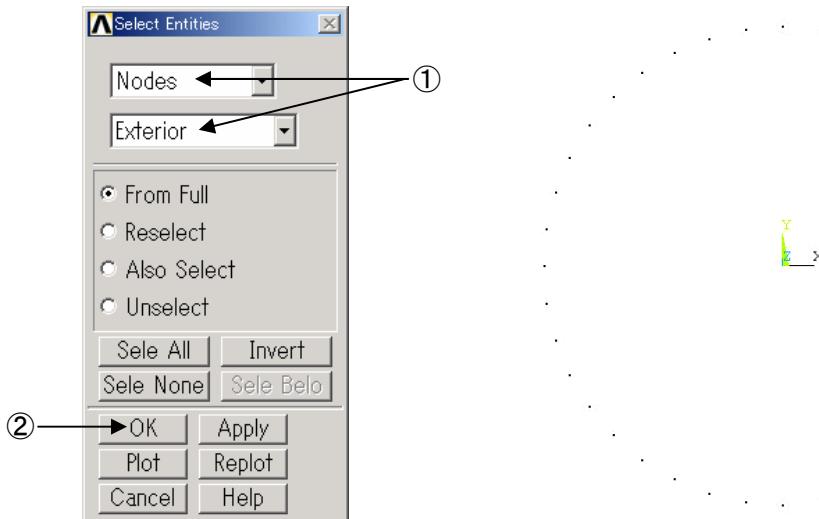
## ソリューションプロセッサ

### 1.2. 外部強制磁場を定義

Utility Menu : 選択 > エンティティ...

- ①Nodes, Exterior を選択
- ②[OK] ボタンをピック

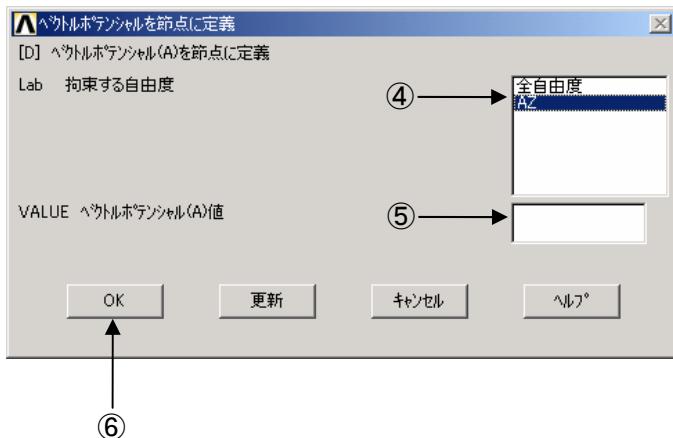
Utility Menu : 表示 > 節点



メインメニュー : ソリューション > 荷重定義 > 定義

> 磁場 > 境界 > ベクトルポテンシャル > 節点

- ③ピックメニュー内の [ 全てピック ] ボタンをピック
- ④AZ を選択
- ⑤0 を入力(未入力でもよい)
- ⑥[OK] ボタンをピック



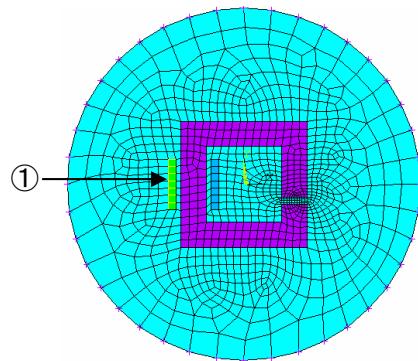
1 3. 左側の電源部（ MAT3 ）の領域に  $1000 \text{ A/m}^2$  の電流密度を定義

Utility Menu : 表示 > 要素

メインメニュー : リューション > 荷重定義 > 定義

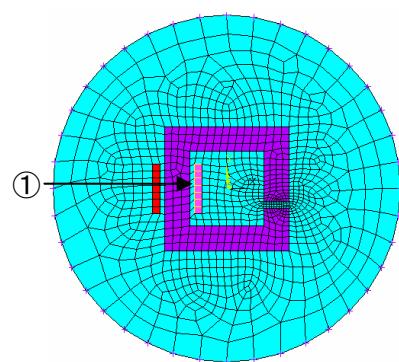
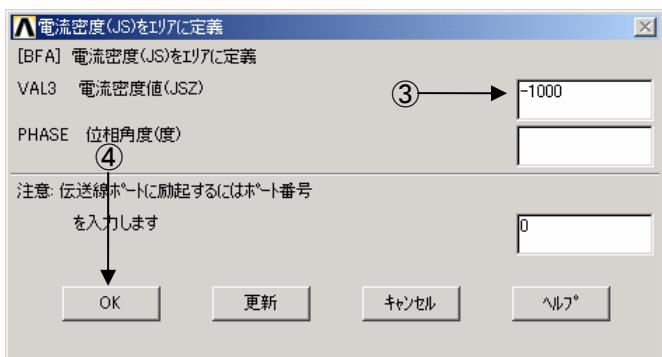
> 磁場 > 励磁 > 電流密度 > エリア

- ①電流源(左側)の部分の A1 をピック
- ②ピックメニュー内の【OK】ボタンをピック
- ③電流密度値( 1000 )を入力
- ④【更新】ボタンをピック(Warning は Close します)



1 4. 右側の電源部（ MAT4 ）の領域に  $-1000 \text{ A/m}^2$  の電流密度を定義

- ①電流源(右側の部分の A3 をピック
- ②ピックメニュー内の【OK】ボタンをピック
- ③電流密度値( -1000 )を入力
- ④【OK】ボタンをピック



Utility Menu : 選択 > 全エンティティの選択

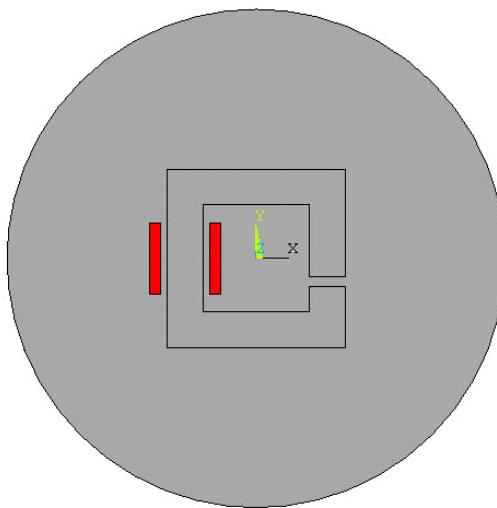
Utility Menu : 表示制御 > シンボル表示 ...

⑤物体荷重シンボルに [ 電流密度 ] を選択

⑥[ OK ] ボタンをピック



Utility Menu : 表示 > エリア



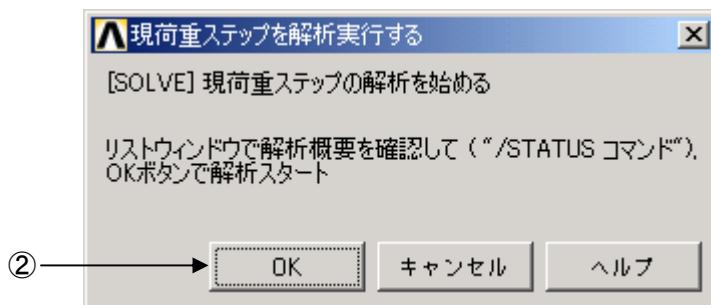
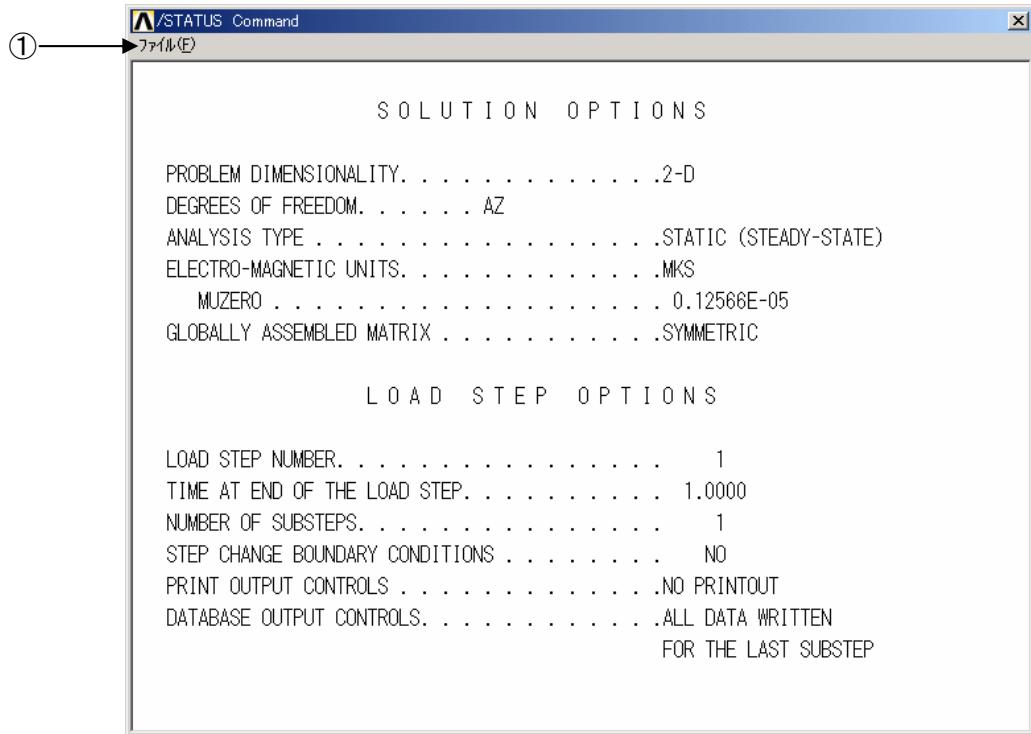
15. データベースの保存

ツールバー : SAVE\_DB

## 1.6. 解析の実行

メインメニュー：ソリューション > 解析の実行 > 現荷重ステップ

- ① /STATUS Command ウィンドウのメニューバーから ファイル → 閉じる をピック
- ② [OK] ボタンをピック(解析開始)
- ③ 解析終了後、[Close] ボタンをピック



# ポストプロセッサ

## 17. 磁束線図の表示

Utility Menu : > 表示制御 > デバイスオプション...

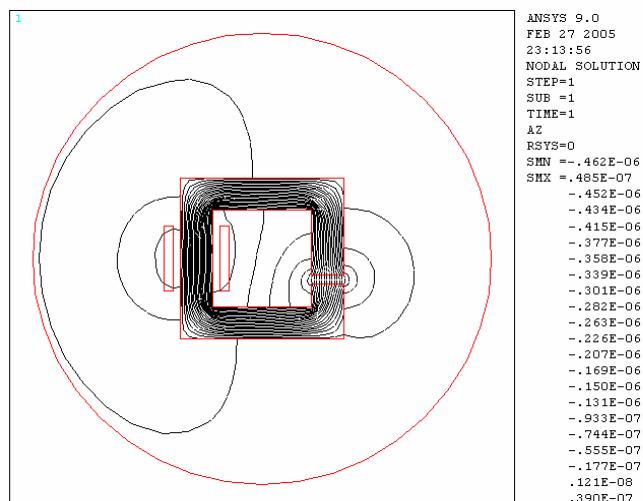
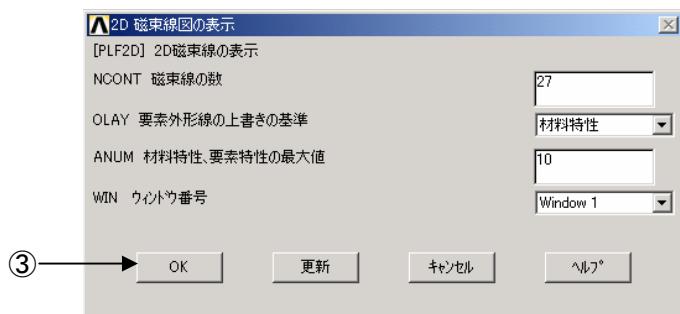
①カラーを割増使用 を [コンター WIN32C] に変更 (グラフィックデバイスを 3D に設定している場合は、この手順はスキップします)

②[OK] ボタンをピック



メインメニュー : 総合ポストプロセッサ > 結果一グラフィック > コンター表示 > 2D 磁束線図

③[OK] ボタンをピック

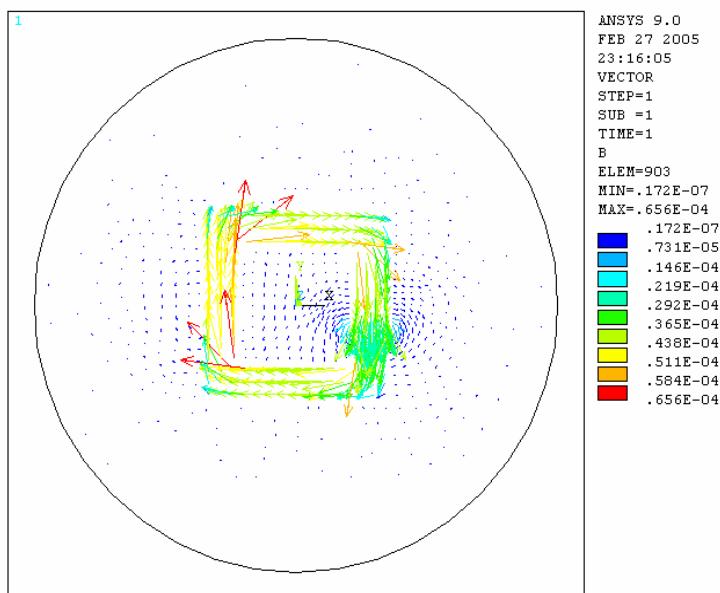
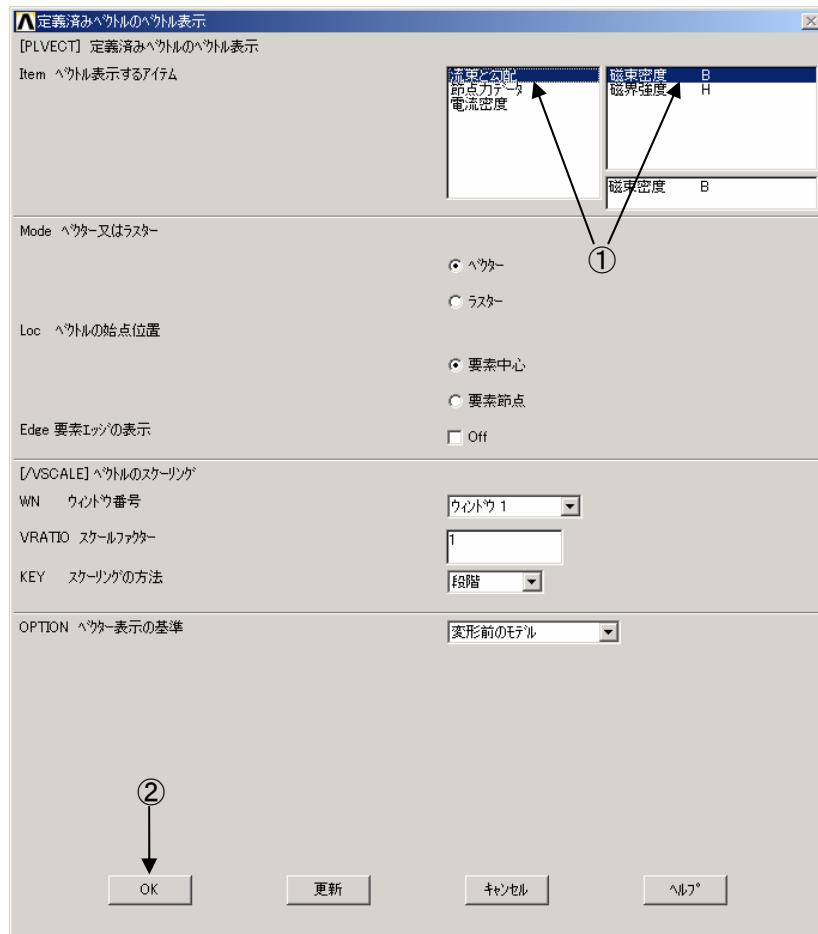


## 1.8. 磁束密度の表示

メインメニュー：総合ポストプロセッサ > 結果一グラフィック > ベクトル表示 > 定義済み

①流束と勾配、磁束密度 B を選択

②[OK] ボタンをピック





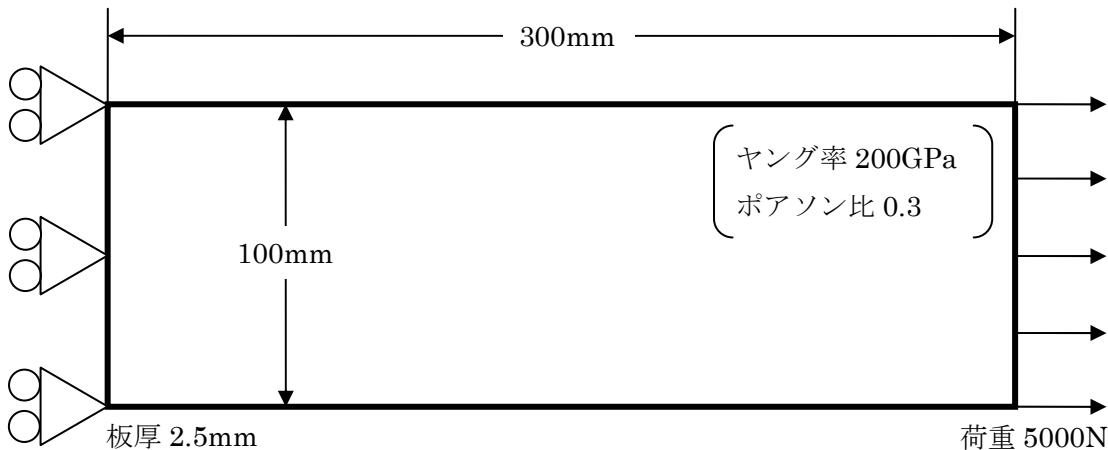
## 付録 C 有限要素法(**FEM**)の 特徴と注意点



## 1.FEM パラメータの解への影響

### ● 実習1

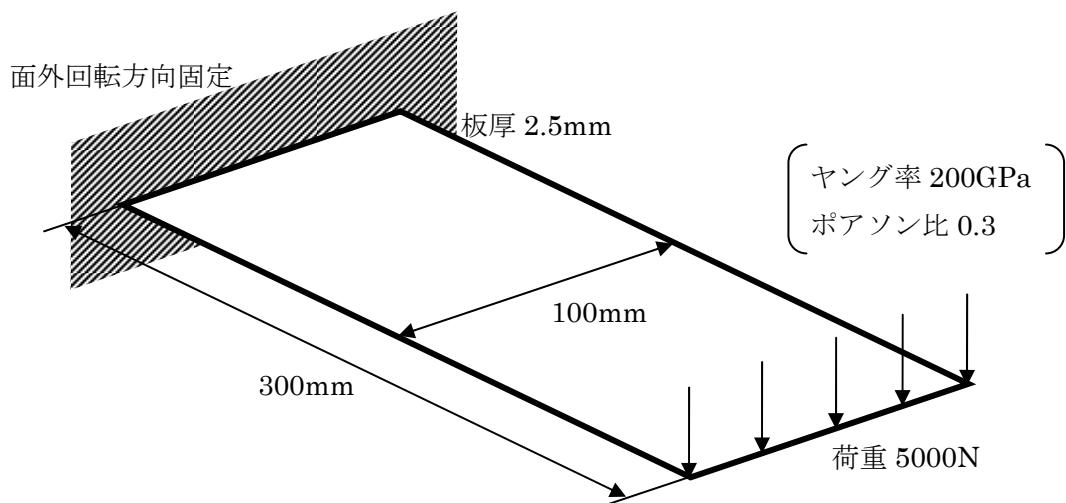
図のような平板を作成し、所定の荷重条件、拘束条件で静解析を行う。



- 板厚が 2.5mm、5.0mm の 2 通りの場合について先端の変位を確認する
- 板厚は 2.5mm のままでし、ヤング率を 2 倍にした場合の先端の変位を確認する

### ● 実習2

実習 1 と同様の平板を作成し、面外の荷重について静解析を行う。



- 板厚が 2.5mm、5.0mm の 2 通りの場合について先端の変位を確認する
- 板厚は 2.5mm のままでし、ヤング率を 2 倍にした場合の先端の変位を確認する

解析を終えたならば、板厚およびヤング率をそれぞれ 2 倍にしたモデルの比較検討を行う。  
同じパラメータを同じように変更した場合、変位は同じように変化しただろうか？

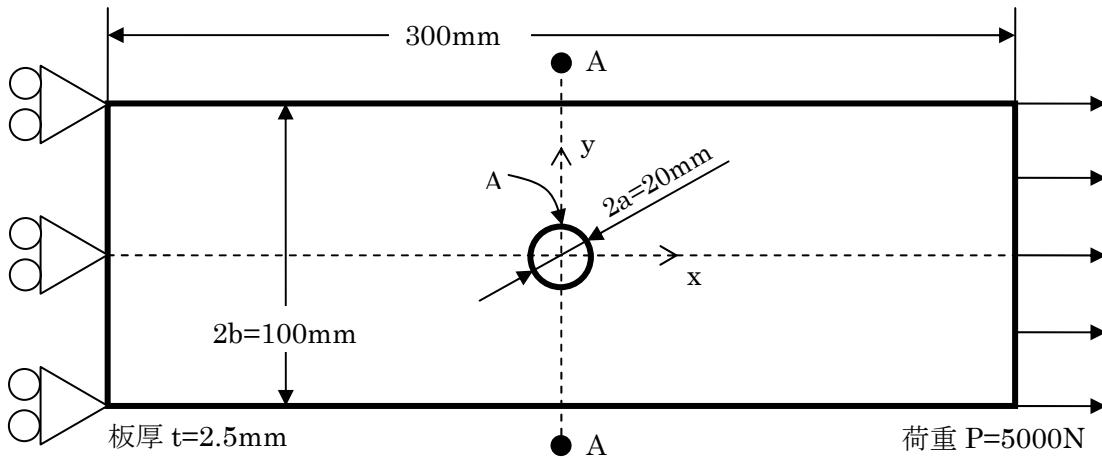
結論を述べると、実習 1 では板厚およびヤング率を 2 倍にすると変位は共に  $1/2$  となるが、  
実習 2 では板厚およびヤング率を 2 倍にすると変位はそれぞれ  $1/8$ 、 $1/2$  となる。

これは板の曲げに対して板厚は 3 乗で影響する、というごく基礎的な構造力学の内容では  
あるが、容易にパラメータ変更が可能な FEM であればこそ、変更するパラメータの効果を慎  
重に予想し、結果を充分に吟味することが必要である好例と言える。

## 2.FEMにおける要素サイズの重要性

### ● 実習3

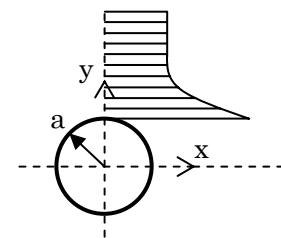
続いて図のような穴開き平板の A 点の x 方向応力を求める。要素分割の「粗い」、「中くらい」、「細かい」モデルについて解を比較する。



これは円孔平板の応力集中問題であり、理論解は以下のように導かれる。

まず平板がその端部の影響を無視できるほど充分に大きなもの(無限板)であった場合、断面 A-A の x 方向応力  $\sigma$  の分布は、円孔中心からの距離を  $y (\geq a)$  とすると次式で表される。

$$\sigma = \frac{\sigma_0}{2} \left( 2 + \frac{a^2}{y^2} + 3 \frac{a^4}{y^4} \right) \quad (1)$$



$\sigma_0$  は断面 A-A に働く平均応力であり、基準応力と呼ばれ次式で表される。

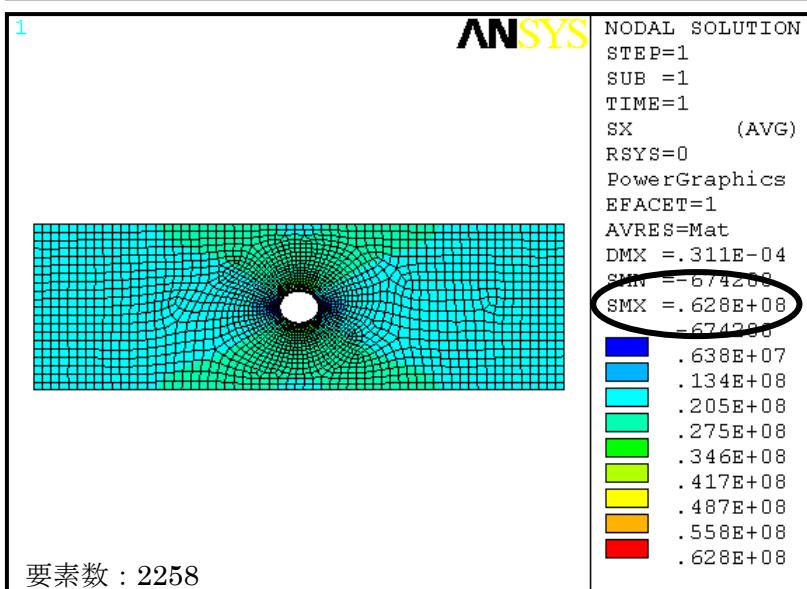
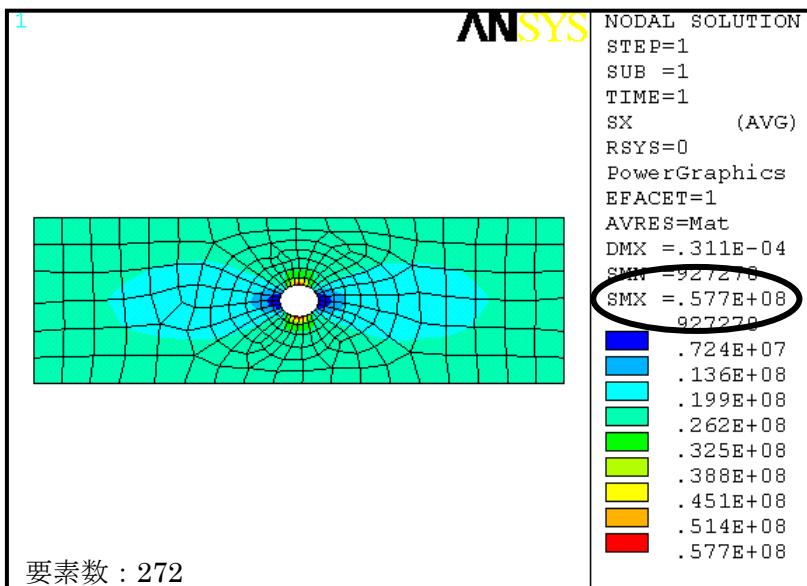
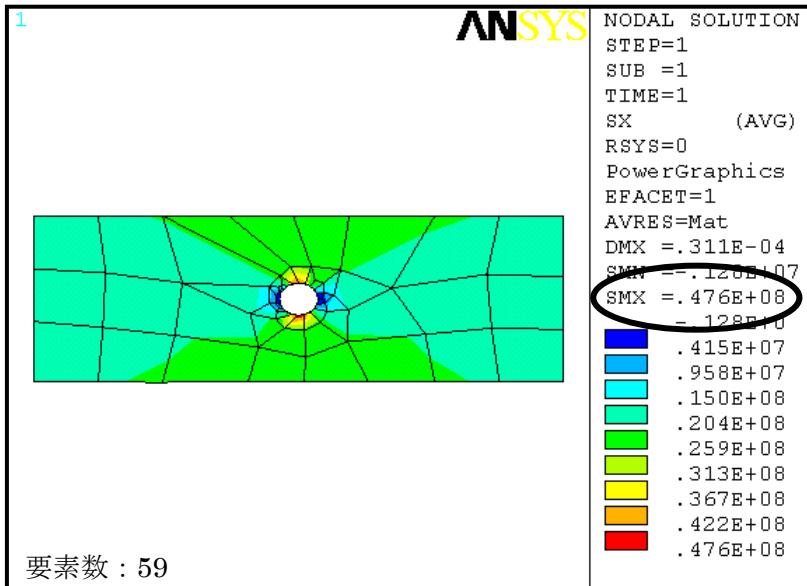
$$\sigma_0 = \frac{P}{2(b-a)t} \quad (2)$$

応力集中係数  $\alpha$  は  $y=a$  における最大応力  $\sigma_{\max}$  と基準応力  $\sigma_0$ との比、すなわち  $\alpha = \sigma_{\max}/\sigma_0$  であるので、無限板の場合には式(1)より  $\alpha = 3$  となることがわかる。これに対し板幅が有限の場合、その応力集中係数  $\alpha_p$  は以下の式で近似できることが知られている。

$$\alpha_p = 2 + \frac{(b-a)^3}{b^3} \quad (3)$$

よって最大応力  $\sigma_{\max} = \alpha_p \times \sigma_0$  となり、本実習では  $\sigma_{\max} = 62.8 \text{ MPa}$  となる。

次頁に要素の細かさを様々に変化させた場合の結果例を示す。



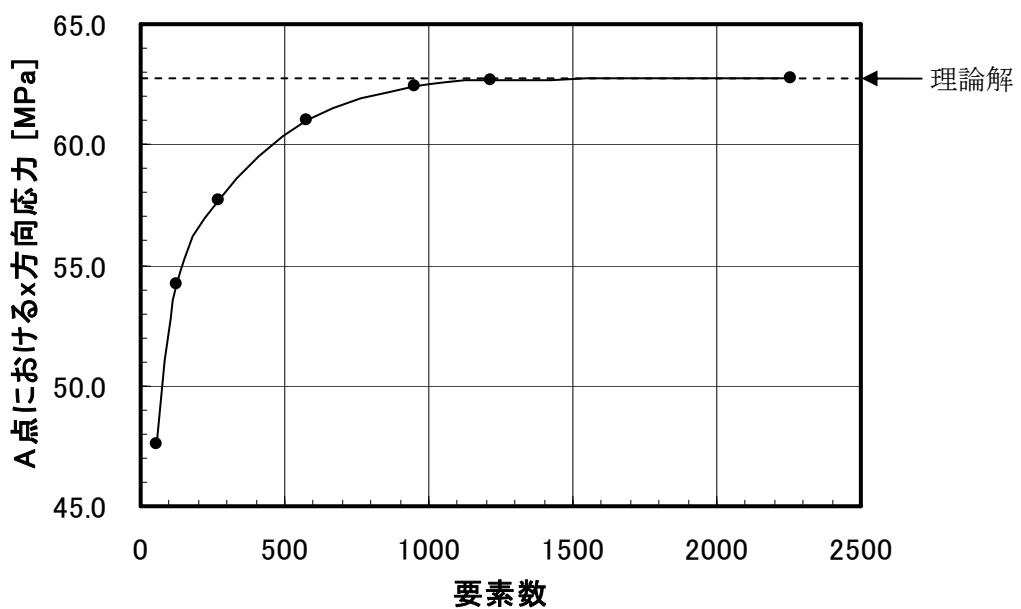
ここに示す 3 つの結果は全く同様の条件で計算されており、純粹に要素形状のみを変化させている。

備考：  
使用要素は完全積分オプションの SHELL181。  
メッシングはスマートサイズコントロールによるフリーメッシュ。

以下は要素数と結果の関係をグラフで表したものである。これを見れば明らかなように、FEM では要素を細かくしてゆくにつれて解の精度が向上するという重要な特徴がある。またグラフは漸近線であり、必要以上に要素を細かくしすぎても結果に大差はない<sup>注</sup>、これも FEM の特徴の一つであると言えよう。

のことから、どのような解析内容においても要素数の設定は重要であり、解こうとする問題に対して適切な要素数を見積もるためにには、ある程度の勘と経験を要する。

注: 特異点問題を除く





## **ANSYS 入門セミナー**

---

2006 年 2 月 1 日 初版発行

発行者 サイバネットシステム株式会社

発行所 サイバネットシステム株式会社

本社／ 〒112-0012 東京都文京区大塚 2 丁目 15 番 6 号

ニッセイ音羽ビル

電話 (03) 5978-5423(直通)

FAX (03) 5978-5960

西日本支社／ 〒540-0028 大阪市中央区常磐町 1 丁目 3 番 8 号

中央大通 FN ビル

電話 (06) 6940-3631(直通)

FAX (06) 6940-3601

中部支社／ 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦1丁目6番26号

富士ソフト ABC 名古屋ビル

電話 (052) 219-5900

FAX (052) 219-5970

---

