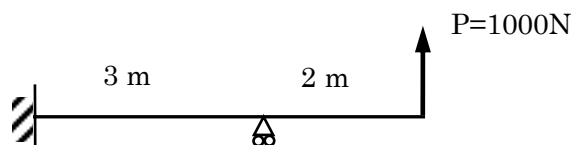




Pro/MECHANICA WILDFIRE 5.0 はり要素を使用する.

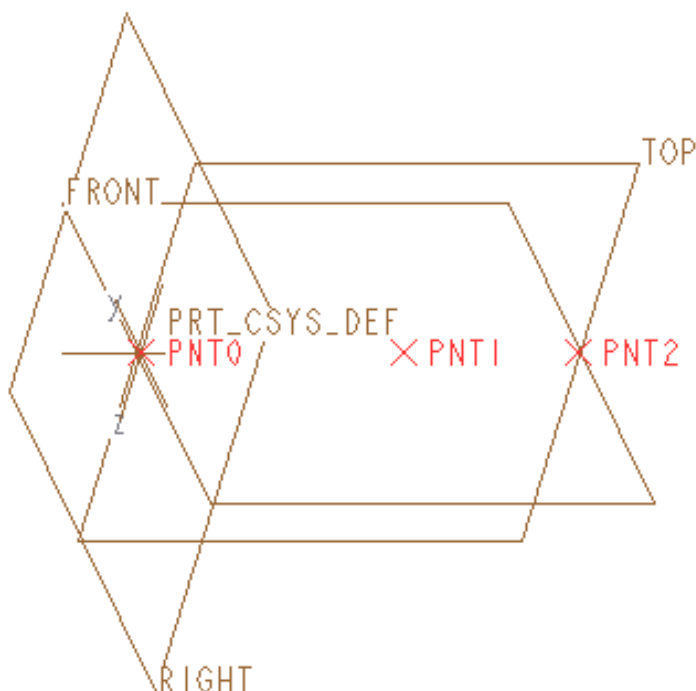
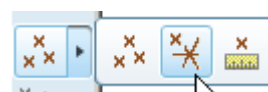
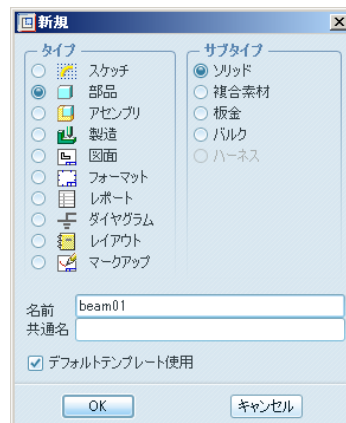
山田他著「新材料力学(下)」P-135の演習問題に示されるように図1に示す不静定はりをPro/Mechanicaの「はり要素」を用いて解析する方法を示す。




長方形断面：幅:375mm×高さ:40mm
 断面2次モーメント $I=2 \times 10^{-6} \text{ m}^4$
 弾性係数 $E=200 \text{ GPa}$


図1 不静定はり

- ① 「ファイル」→「ワーキングディレクトリを設定」を選択する。例えば D:\¥
- ② 「ファイル」→「新規」と進み「タイプ」の「部品」を選択し、名前欄に beam01 と入力して [OK] ボタンを押す。
- ③ 「挿入」→「モデルデータム」→「点」→「座標系オフセット」と選択する。または、画面右側のツールバー上のデータム点ツール  の  をクリックしてもよい(右図)。
- ④ 「オフセット座標系データム点」ダイアログが開くので画面中央にある部品座標系 PRT_CSYS_DEF にマウスを合わせ(座標系が水色に変化する)左クリック。
- ⑤ 右図の「名前」欄の空白の部分をクリックする毎にデータム点の名前が自動的に付けられ座標値の入力が可能となる。本例題の場合には $PNT0=(0, 0, 0)$, $PNT1=(3000, 0, 0)$, $PNT2=(5000, 0, 0)$ を入力し [OK] ボタンを押す。表示画面には以作成された3点が表示される。(下図参照)




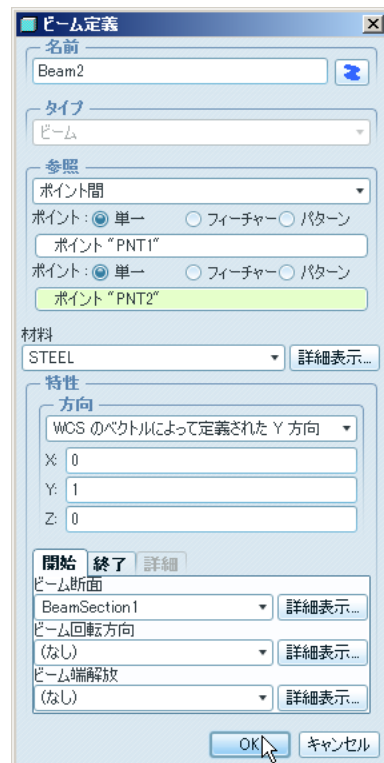
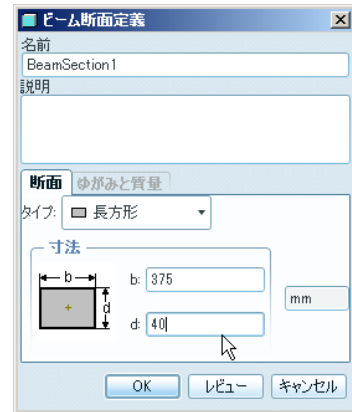
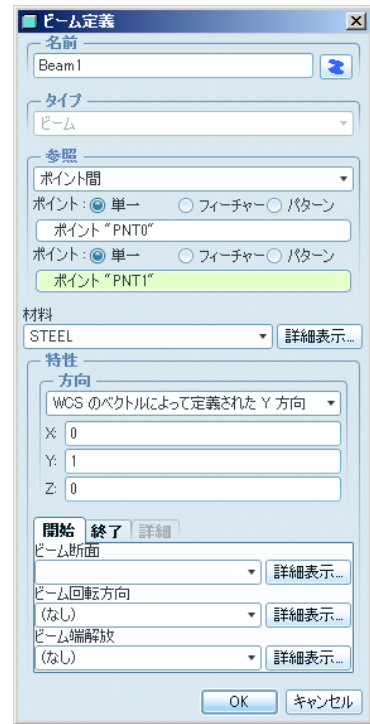
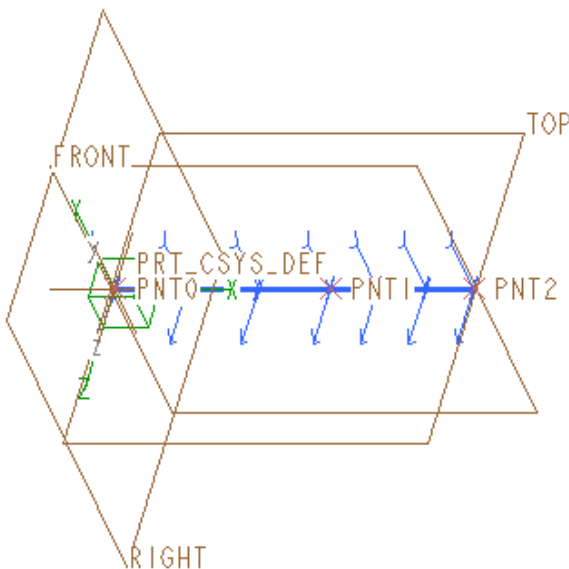
⑥ 「アプリケーション」→「Mechanica」を選択する。「モデルタイプ」ダイアログのモードが Structure になっていることを確認し [OK] をクリックする。

⑦ **はり要素の作成**：「挿入」→「ビーム」を選択する（または右ツールバーの  をクリック）と「ビーム定義」ダイアログが表示される。「名前」欄は自動的に付く Beam1 のままとし「参照」欄は「ポイント間」が選択されている状態でグラフィック画面の PNT0 と PNT1 を順次クリックする。


⑧ 「材料」欄の [詳細表示] をクリックし、材料に Steel を選択する。「材料」ダイアログの「ライブラリの材料」欄の steel.mtl を選択し  をクリックして [OK] をクリックする。


⑨ つづいて「断面」欄の [詳細表示] をクリックと「ビーム断面」ダイアログが表示されるので [新規] をクリックすると、「ビーム断面定義」ダイアログが表示される。「断面」タブの「タイプ」のボックス右端をクリックすると使用できる断面のプルダウンメニューが表示される。もちろん任意の断面形をスケッチすることができるが、本例題では長方形断面を選択して幅：375 と高さ：40 を入力する。[OK] をクリックして「ビーム断面定義」ダイアログを閉じ、「ビーム断面」ダイアログの [OK] もクリックする。
「ビーム定義」ダイアログに戻るので [OK] ボタンをクリックして閉じる。

⑩ 同様に  をクリックして PNT1 と PNT2 間に Beam2 を定義する。材料や断面寸法は Beam01 と同じにする。定義が終了するとグラフィック画面は以下となる。

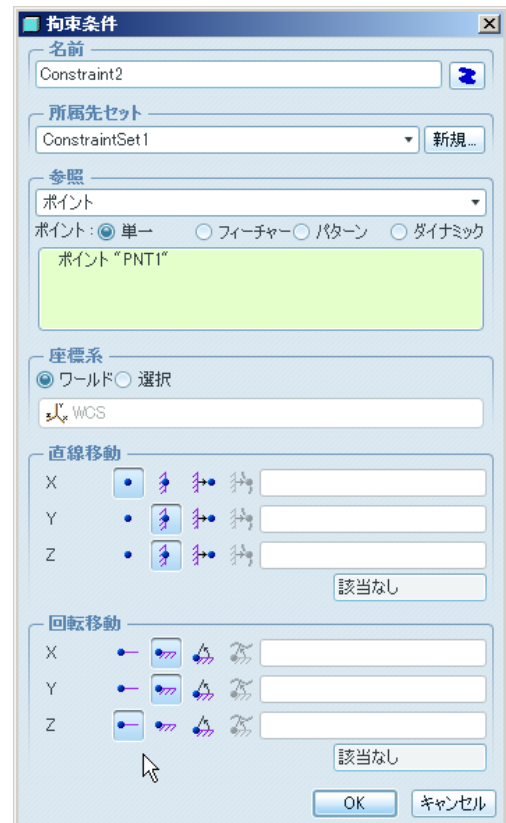
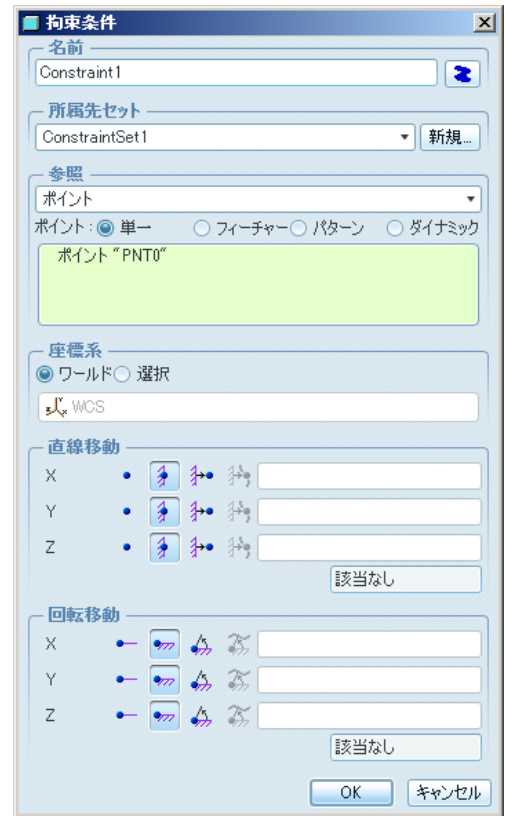
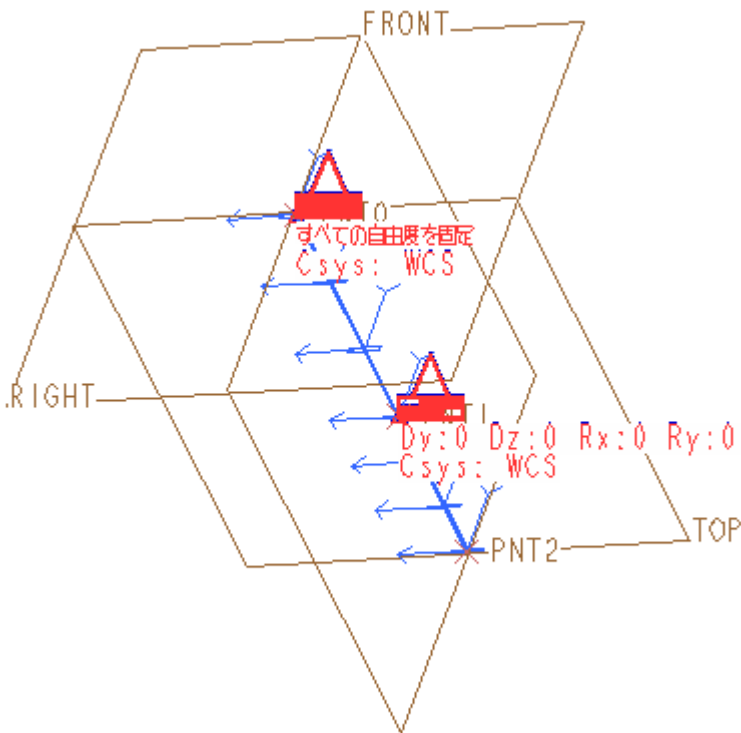


⑪ 拘束条件：「挿入」→「変位拘束条件」を選択。右側のツール


ルバーから  アイコンをクリックしてもよい。「拘束条件」ダイアログが開く。「参照」欄のボックス右端をクリックし「ポイント」を選択し、グラフィック画面の PNT0 を左クリックしてスクロールボタン（中ボタン）を押下する。これにより PNT0 の表示色が赤色に変化する。点 PNT0 は固定支持なので「併進移動」も「回転移動」も完全拘束となるので右図のように設定して [OK] ボタンを押す。

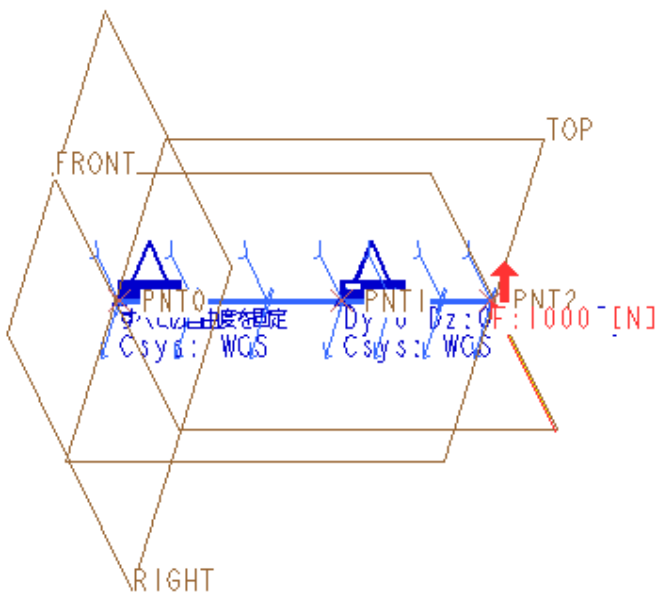
同様に  アイコンをクリックして、点 PNT1 に新規拘束を追加する。この点の拘束は単純支持なので「並進移動」は X 軸方向を自由とし、Z 軸まわりの「回転移動」は自由を選択する。右下のように設定できたら [OK] を押す。

これによりグラフィック画面は以下ようになる。三角形のマークは拘束条件が付加されたことを意味していて Dx, Dy, Dz は並進移動の各自由度を、また、Rx, Ry, Rz は各軸まわりの回転自由度の設定状態を表し 0 は「拘束」、- は「自由」を意味する。




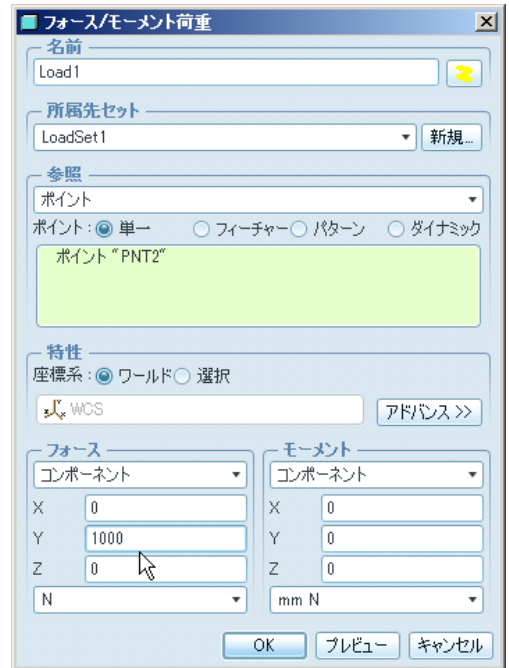
⑫ 荷重条件：「挿入」→「フォース/モーメント荷重」を選択、

またはツールバーの  アイコンをクリックする。「フォース/モーメント荷重」ダイアログが開くので、「参照」欄の選択ボックスから「ポイント」を選択し、モデル上の点 PNT2 を左クリックして選択してスクロールボタン押下で決定する。本例題では、この点には Y 方向に 1000N の荷重が掛かっているので「フォース」欄の Y 方向入力ボックスに 1000.0 と入力して [OK] ボタンを押下する。これによりグラフィック画面は以下ようになる。Fx,Fy,Fz は各軸方向の荷重を表し、Mx,My,Mz は各軸まわりのモーメントを表している。数値は設定されている大きさを示す。




⑬ 解析：「解析」→「Mechanica 解析/スタディ」を選択、

または上部ツールバーから  をクリック。「解析およびデザインスタディ」ダイアログが表示される。「ファイル」→「新規の静解析...」を選択すると「静解析定義」ダイアログが開かれる。「名前」欄には beam01 と入力し、下部の「収束精度」タブ中の「方法」欄の選択ボックス右端をクリックして「クイックチェック」を選択する。つぎに「出力」タブをクリックして「プロット」欄の描画グリッドを 10 に変更する。



⑭ **解析実行**：「解析および設計スタディ」ダイアログ上

部の [実行] ボタンを押すか、ツールアイコンの  をクリックすると、「対話型診断を実行しますか？」の問いが表示されるので [はい] を選択すると解析が始まる。ダイアログの [解析および設計スタディ] 欄の beam01 の「ステータス」が「完了」と表示されればエラーがなく実行が終了したことを意味する。このとき表示される「診断」ダイアログの「閉じる」を押す。このように解析は、いきなり詳細解析を行わずにエラーチェックのための「クイックチェック」をおこなうとよい。エラーがなければ以下の詳細解析を行う。

⑮ **詳細解析**：「解析および設計スタディ」ダイアログ上部の [編集] ボタンを押し、解析の定義を再編集する。ここではより精度よく解析するために、「収束精度」タブをクリックして「方法」欄を「マルチパスアダプティブ」に変更し、「多項式の次数」欄の最大を6とする。「制限」欄の収束パーセントは1%とする。[OK] を押下した後、再び解析を実行する。「上書きするか…」と「対話型診断するか」の問い合わせには [はい] を選択する。実行が完了後にステータス情報を確認すると以下の結果が読み取れる。


```

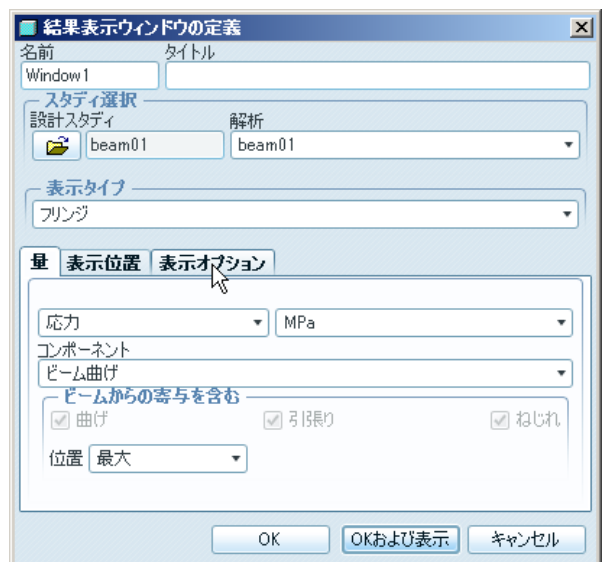
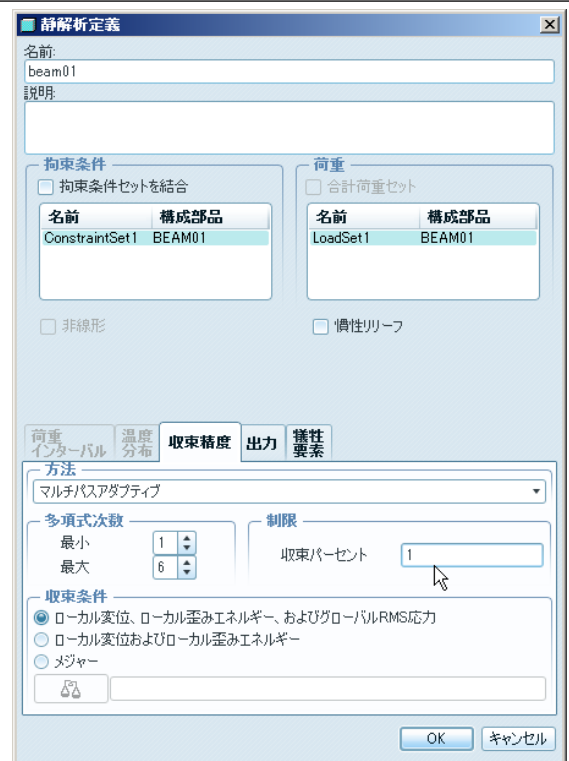
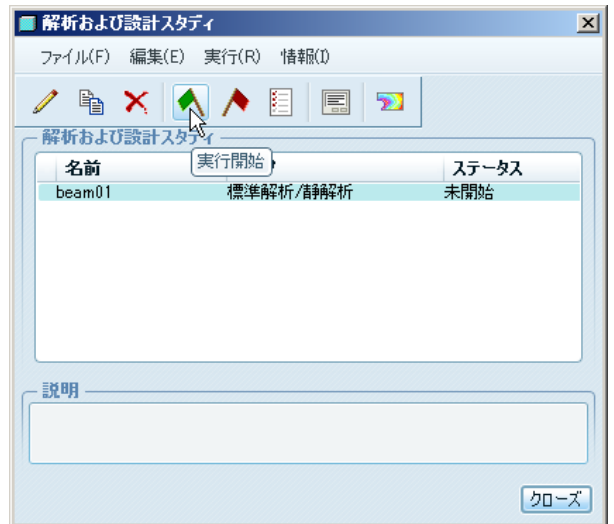
max_beam_bending:    2.000000e+01
max_disp_y:          1.417543e+01
max_stress_vm:       2.000000e+01


最大曲げ応力                20 MPa
最大 Y 方向変位              14.17543 mm
最大 von Mises 応力          20 MPa
    
```

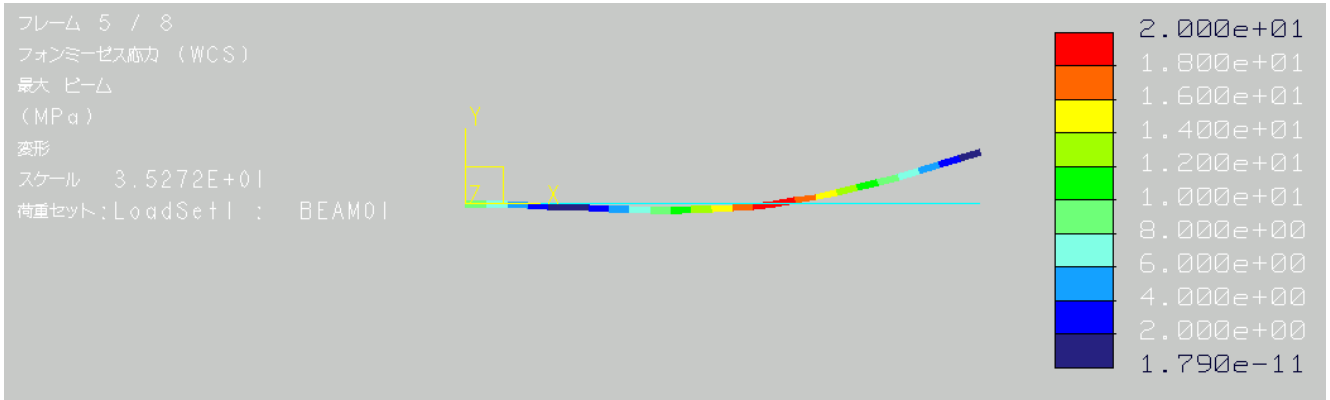
※ ProMechanica における有限要素解析 (FEM) では多項式の次数を上げて計算を繰り返して解析精度を上げていくアダプティブ P 法を用いている。

⑯ **結果の表示**：「解析および設計スタディ」ダイアログ

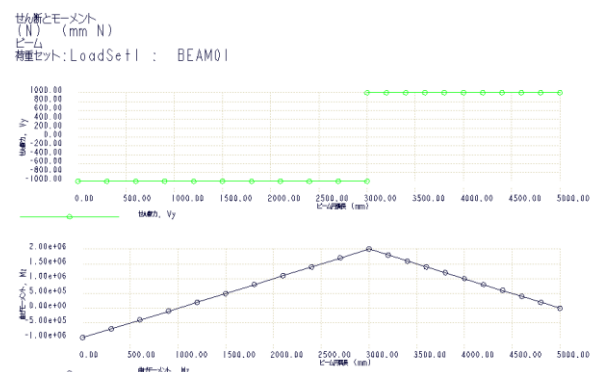
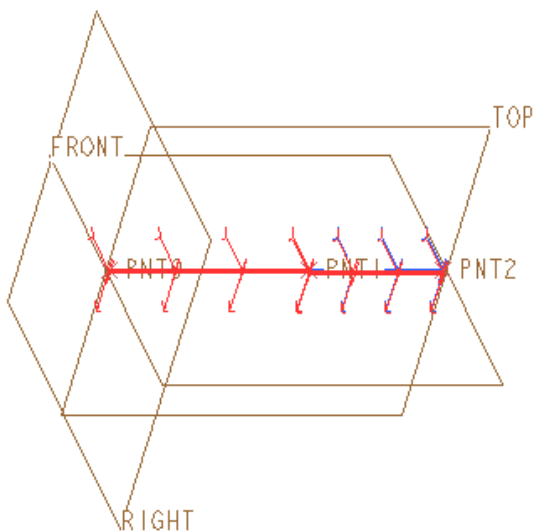
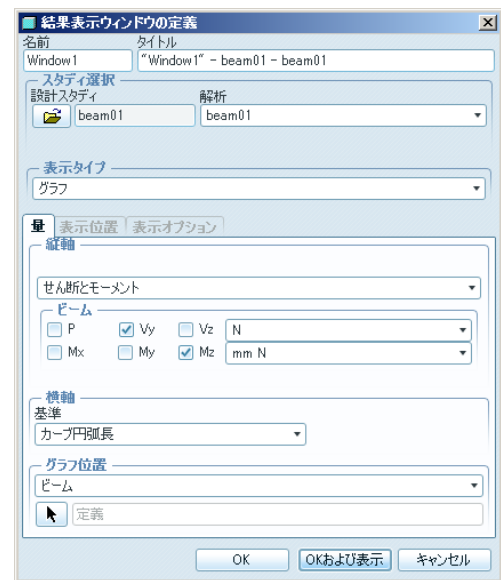
上部のアイコン  をクリックすると、「結果表示ウィンドウの定義」ダイアログが開く。下部の「量」タブに「応力」、「ビーム曲げ」を選択する。つづいて「表示オプション」タブをクリックして [変形] と [アニメーション] にチェックを入れて [OK および表示] ボタンを押すと、連続的に変形する様子が表示される。はり部はいくつかに色



分けされたコンタ図になっている。これは「量」タブで指定した曲げ応力が、その大ききでいくつかの段階に色分けして表示されている。結果の表示画面上部のツールバーの  アイコンをクリックして [FRONT] を選択すると画面と X-Y 平面が一致するので見やすくなる。表示例を以下に示す。この図からはりの中間にある単純支持上で最大の曲げ応力：20 MPa が生じていることが分かる。



⑰ SFD と BMD: 結果表示画面のメインメニューの「編集」→「結果表示ウィンドウ」を選択して「結果表示ウィンドウの定義」ダイアログ中の「表示タイプ」欄を [グラフ], 下部の「量」タブ中の [応力] を [せん断とモーメント] に変更し、「ビーム」欄のコンポーネントにせん断力: V_y と Z 軸まわりの曲げモーメント: M_z にチェックを入れる。「グラフ位置」欄の矢印アイコンをクリックしグラフィック画面上の 2 つのはり要素を座標原点に近い beam1 から順に左クリックし、つづいて Ctrl を押しながらかクリックで選択すると表示は赤色に変わる。スクロールボタンを押下して決定する。



「ハイライトした・・・」の表示には [OK] をクリックして [OK および表示] ボタンをクリックすると SFD と BMD が表示される。