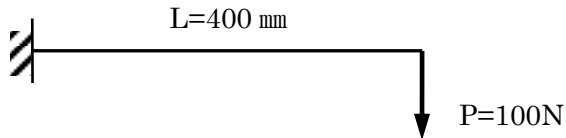


## 片持ちはりの解析 2 ビーム（はり）要素を使用

2011/10/07



図 1 に示す 10 mm×20 mm×400 mm の鋼製真直片持ちはりに下向き 100 N の集中荷重が作用する場合の静解析を Pro/Mechanica の「ビーム(はり)要素」を用いて解析する方法を以下に示す。

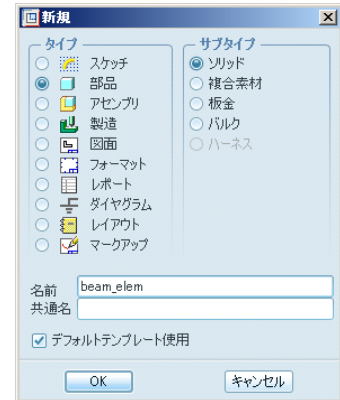
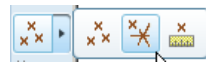


長方形断面 :  $b=10\text{ mm} \times h=20\text{ mm}$

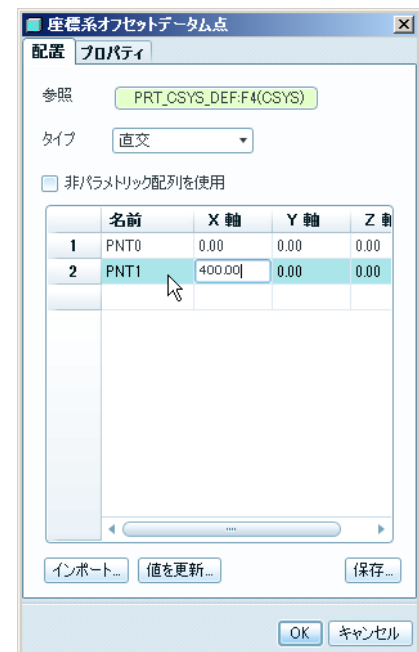
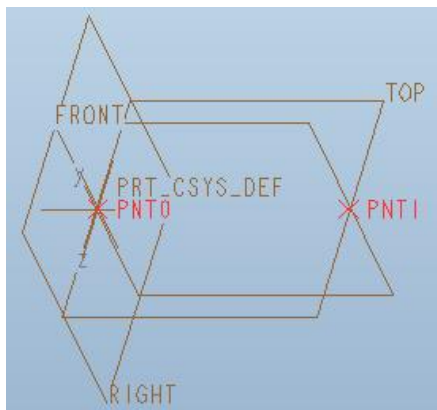
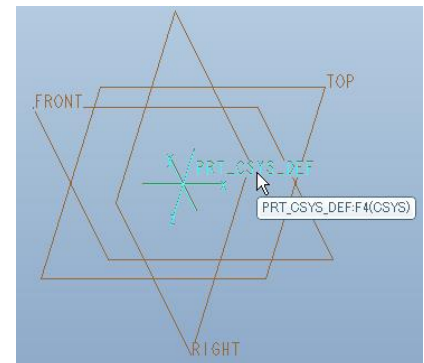
弾性係数 :  $E=200\text{ GPa}$

図 1 片持ちはり

- ① ワーキングディレクトリを設定して、「新規」に「部品」beam\_elem を作成する。
- ② 「挿入」→「モデルデータ」→「点」→「座標系オフセット」と選択する。または、画面右側ツールバーのデータ点ツール  の  をクリックしてもよい（下図）。




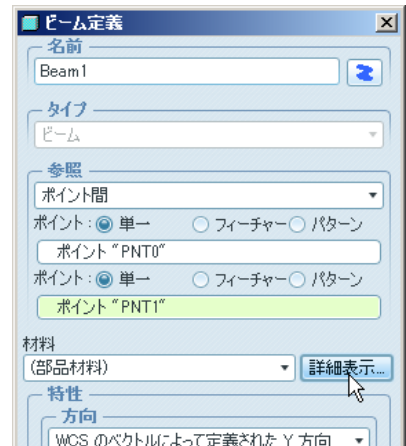
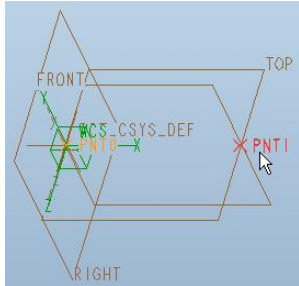
- ③ 「座標系オフセットデータ点」ダイアログが開くのでグラフィック画面中央にある部品座標系 PRT\_CSYS\_DEF にマウスを合わせ（座標系が水色に変化する）左クリック。
- ④ ダイアログの「名前」欄の空白部分ををクリックする毎にデータ点の名前が自動的に付けられ座標値の入力が可能となる。本例題の場合には  $PNT0=(0, 0, 0)$ 、 $PNT1=(400, 0, 0)$  を入力し [OK] ボタンを押す。表示画面には以作成された 2 点が表示される。




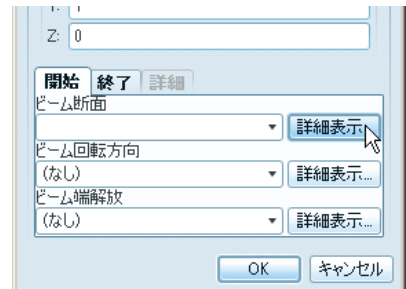
- ⑤ 「アプリケーション」→「Mechanica」を選択する。  
「モデルタイプ」ダイアログのモードが Structure になっていることを確認し [OK] をクリックする。

⑥ はり要素の作成 : 「挿入」 → 「ビーム」 を選択、または右ツ

ールバーの  をクリックすると「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」を選択してグラフィック画面の PNT0 と PNT1 を順次クリック（下図）する。これにより右図のように PNT0 と PNT1 が beam1 として登録される。



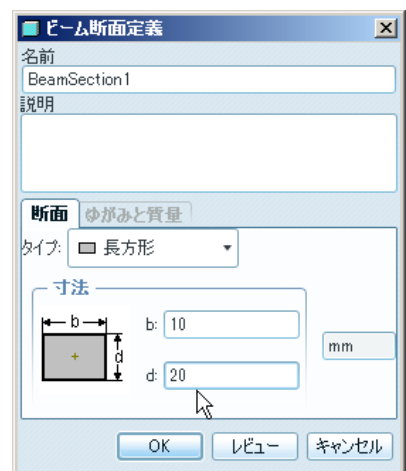
⑦ つぎに「材料」欄の [詳細表示] をクリックし、「材料」ダイアログの「ライブラリの材料」欄の steel.mtl を選択し  をクリックして [OK] をクリックする。



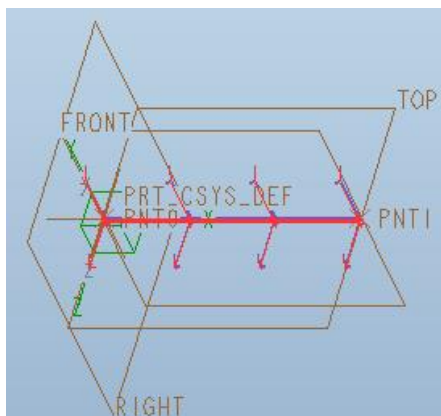
⑧ つづいて「特性」の「開始タブ」, 「ビーム断面」欄右の「詳細表示」をクリックと「ビーム断面」ダイアログが表示されるので [新規] をクリックすると、「ビーム断面定義」ダイアログが表示される。「断面」タブの「タイプ」欄右端をクリックすると使用できる断面のプルダウンメニューが表示される。もちろん任意の断面形をスケッチすることができるが、本例題では長方形断面を選択して幅  $b : 10$  と高さ  $d : 20$  を入力する。[OK] をクリックして「ビーム断面定義」ダイアログを閉じ、「ビーム断面」ダイアログの [OK] もクリックする。




⑨ 「ビーム断面定義」ダイアログに戻るので [OK] ボタンをクリックして閉じる。



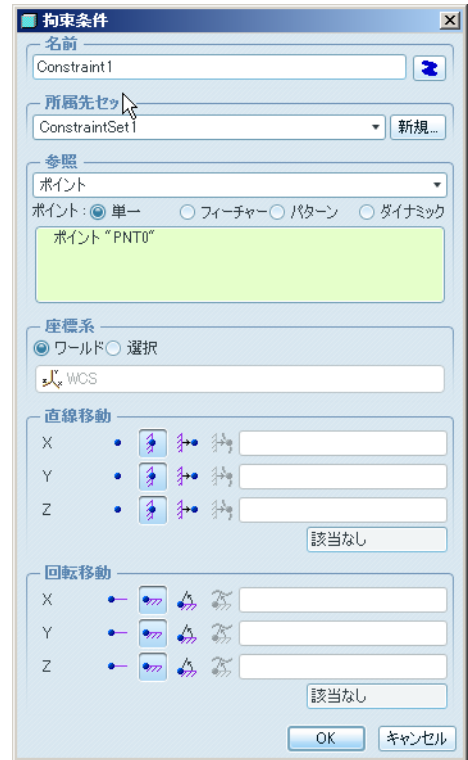
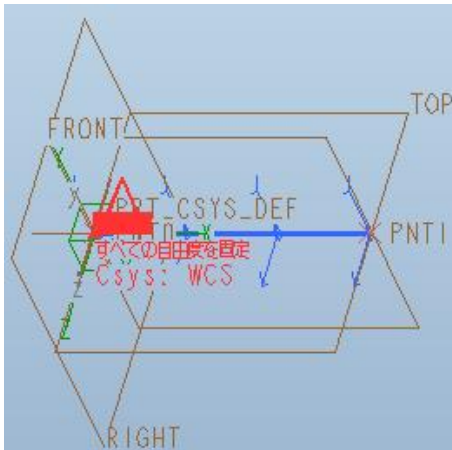
⑩ 定義が終了するとグラフィック画面は下図となる。




⑪ 拘束条件：「挿入」→「変位拘束条件」を選択。右側のツール

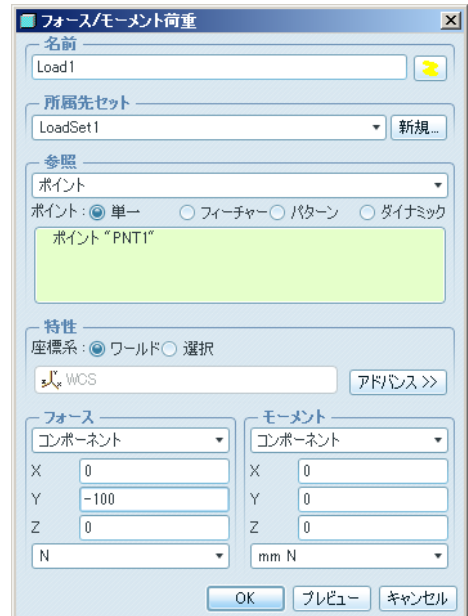
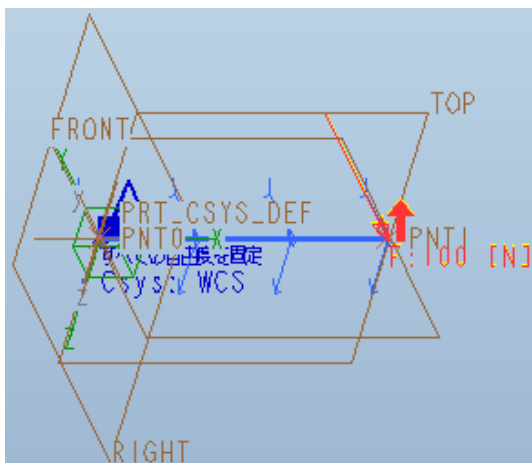
バーから  アイコンをクリックしてもよい。「拘束条件」ダイアログが開く。「参照」欄のボックスをクリックし「ポイント」を選択し、グラフィック画面の PNT0 をクリックする。これにより PNT0 の表示色が赤色に変化する。点 PNT0 は固定支持なので「直線移動」も「回転移動」も完全拘束となるので右図のように設定して [OK] ボタンを押す。

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。

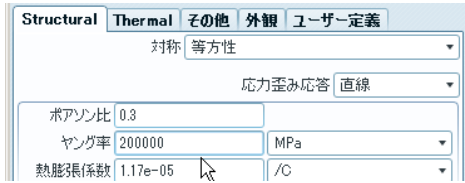



⑫ 荷重条件：「挿入」→「フォース/モーメント荷重」を選択、

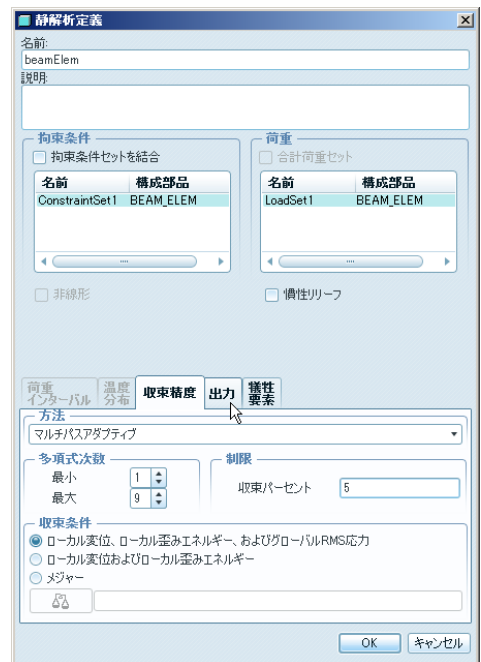
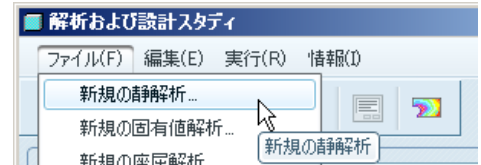
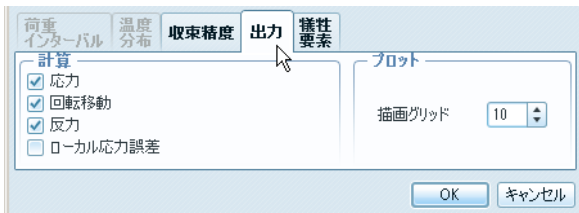
またはツールバーの  アイコンをクリックする。「フォース/モーメント荷重」ダイアログが開くので、「参照」欄をクリックして「ポイント」を選択し、モデル上の点 PNT1 をクリックにより選択する。本例題では、この点には Y 方向に -100N の荷重が掛かっているので「フォース」欄の Y 方向入力欄に -100.0 と入力して [OK] ボタンを押下する。これによりグラフィック画面は以下ようになる。太矢印は荷重条件を表し、白抜ききの細い矢印と数字が実際の荷重方向と大きさ (100N) を表している。




- ⑬ **材料定数の修正**：モデルツリーの「材料」をダブルクリックし「STEEL」で右クリック。「定義を編集」を選択して、下図のようにポアソン比：0.3，ヤング率：200000（200GPa）と入力して「OK」をクリックする。

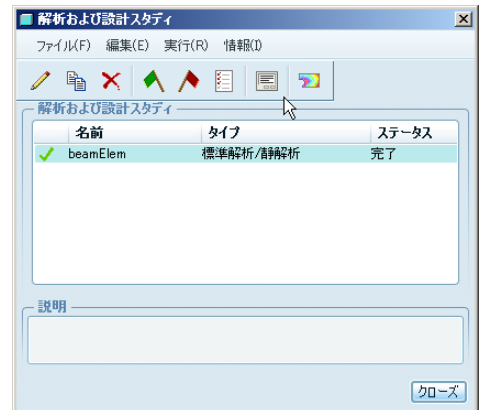


- ⑭ **解析作成**：「解析」→「Mechanica 解析/スタディ」を選択、または上部ツールバーから  をクリック。「解析および設計スタディ」ダイアログが表示される。「ファイル」→「新規の静解析...」を選択すると「静解析定義」ダイアログが開かれる。「名前」欄には beamElem と入力し、下部の「収束精度」タブ中の「方法」欄の選択ボックス右端をクリックして「マルチパスアダプティブ」に変更し、「多項式次数」欄の最大を 9 とする。「制限」欄の収束パーセントは 5% とする。つぎに「出力」タブをクリックして「プロット」欄の描画グリッドを 10 に変更し、[OK] を押下する。



- ⑮ **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... ?」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。「解析および設計スタディ」の「ステータス」が「完了」は解析終了を意味する。このとき、「診断」ダイアログが表示される。エラー等が生じた場合はこの表示を参考にして修正する。不要であれば「閉じる」。




ダイアログ上部の [情報] → [ステータス] または  をクリックして以下の結果が読み取れる。

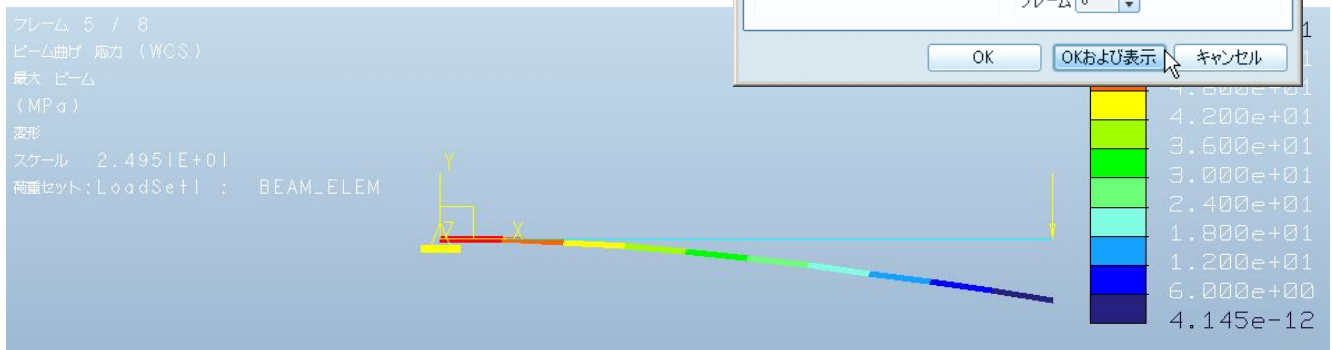
max_beam_bending:	6.000000e+01	0.0%	最大曲げ応力	60 MPa
max_disp_y:	-1.603120e+00	0.0%	最大 Y 方向変位	-1.603465 mm


※ 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。

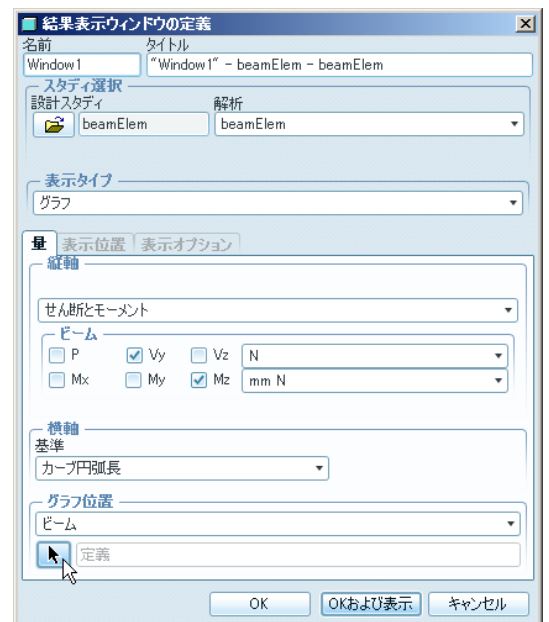
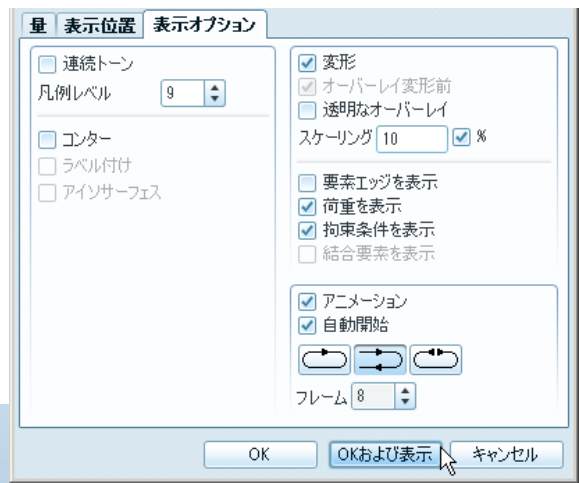
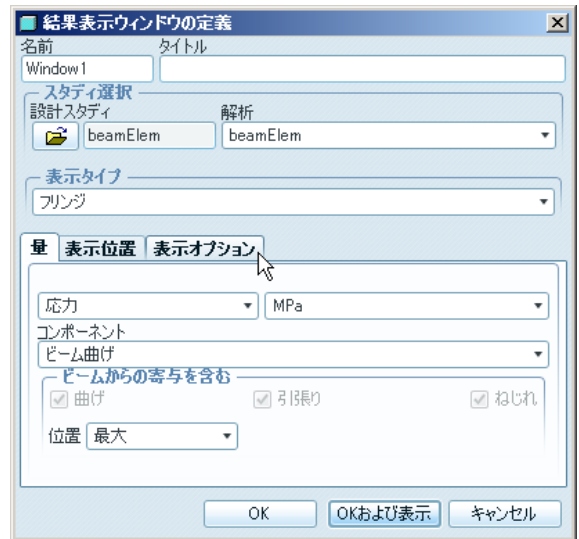
⑩ **結果の表示**：「解析およびデザインスタディ」ダイアログ上部のアイコン  をクリックすると、「結果表示ウィンドウの定義」ダイアログが開く。下部の「量」タブに「応力」、「ビーム曲げ」を選択する。

つづいて「表示オプション」タブをクリックして「変形」、「オーバーレイ変形前」、「荷重を表示」、「拘束条件を表示」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図（コンタ図という）になっている。これは はりの曲げ応力が、その大きさでいくつかの段階に色分けされて表示されている。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 平面が一致した見やすい図となる。

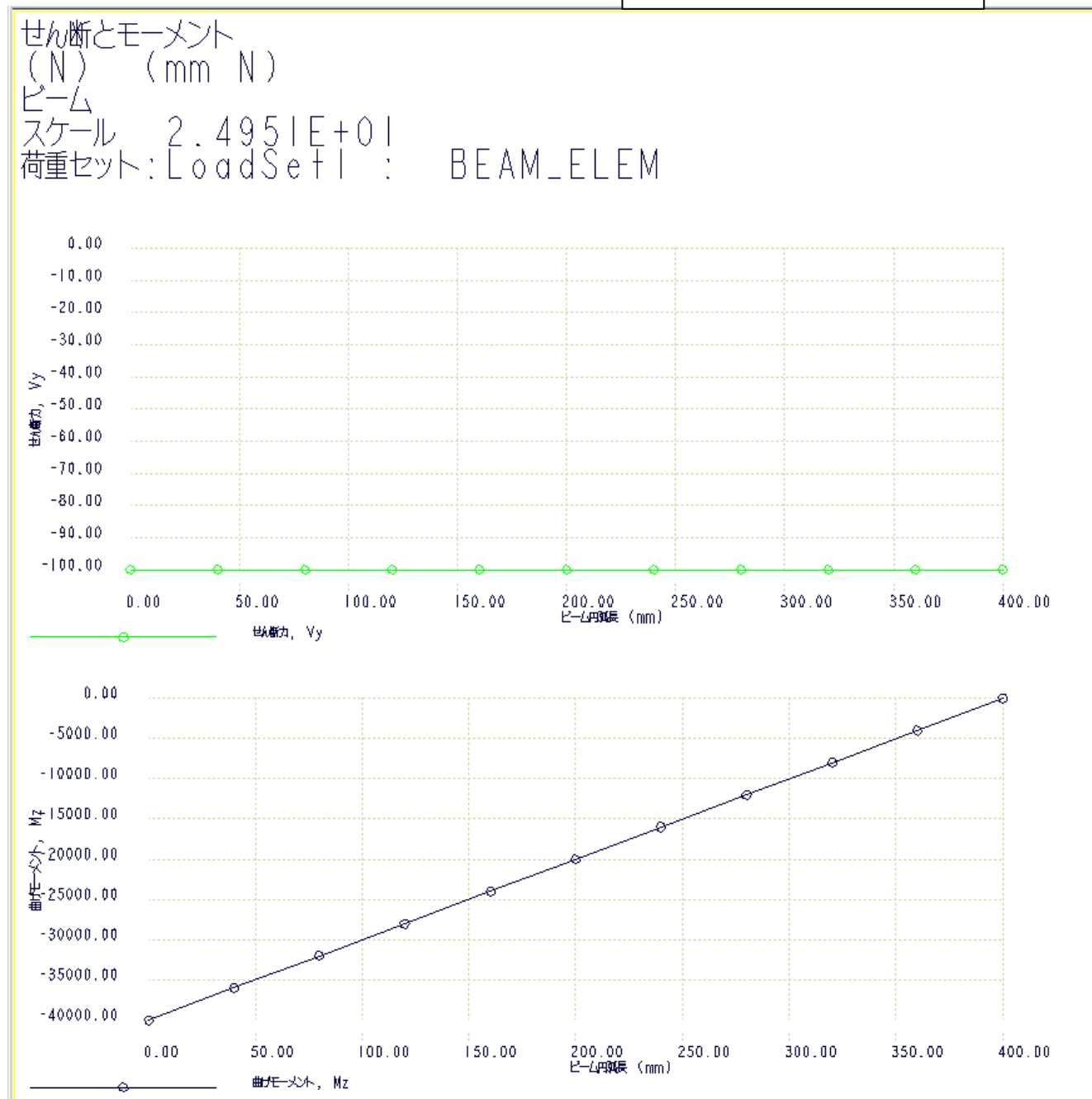
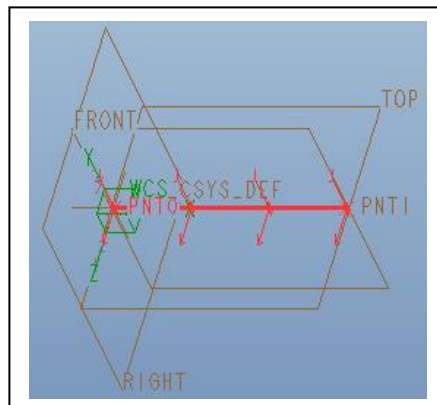
表示例を以下に示す。この図から片持ちはりでは固定端（左端）で最大の曲げ応力：60MPa が生じていることが分かる。



⑪ **せん断力図 (SFD) と曲げモーメント図 (BMD)**：解析した結果から SFD と BMD を描くことができる。結果が表示されている画面のメインメニューの「編集」→「結果表示ウィンドウ」または  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「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<sub>y</sub> と Z 軸まわりの曲げモーメント：M<sub>z</sub> 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の上のはり要素をクリックで選択すると表示は赤色に変わる。



「情報」ダイアログに「ハイライトした・・・」の表示がでて PNT0 が赤くハイライトしているのでグラフの原点となることを意味している。ここでは切り替える必要がないので [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 (上) と BMD(下)が表示される。



せん断力は かり全長にわたり一様で-100Nであることを意味している。  
曲げモーメントは固定端（左端）で最大-40kNm となり荷重点に向かって直線的に変化し零となる。