

# 建築数理工学

第12回 (2009年7月9日)

建築学コース2年次第1学期

担当: 大嶋拓也

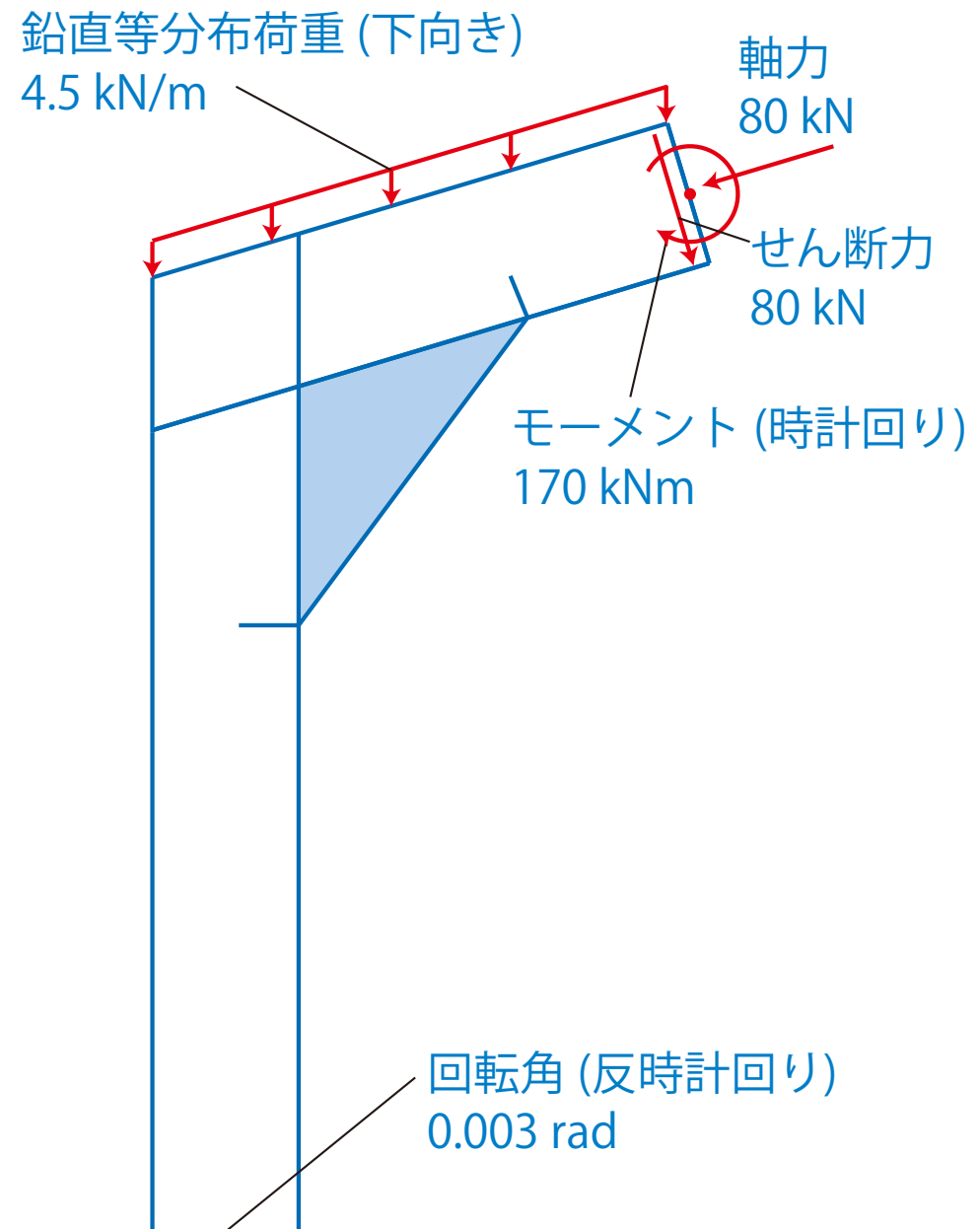
本日の内容

- 鉄骨フレームの解析(2): 応力テンソル成分の可視化

# ケース概要(4): 鉛直荷重

- 鉛直荷重(ただ建っているだけでかかる荷重)
- 軸力・せん断力・モーメント (時計回り)・回転角は、不静定ラーメンの骨組計算によって求めた。
- 降伏応力: 235 [MPa]
- 鉛直荷重時は、降伏応力の1.5分の1に収まるよう設計する。
- 許容応力度:  $235/1.5$  [MPa] = 156 [MPa]

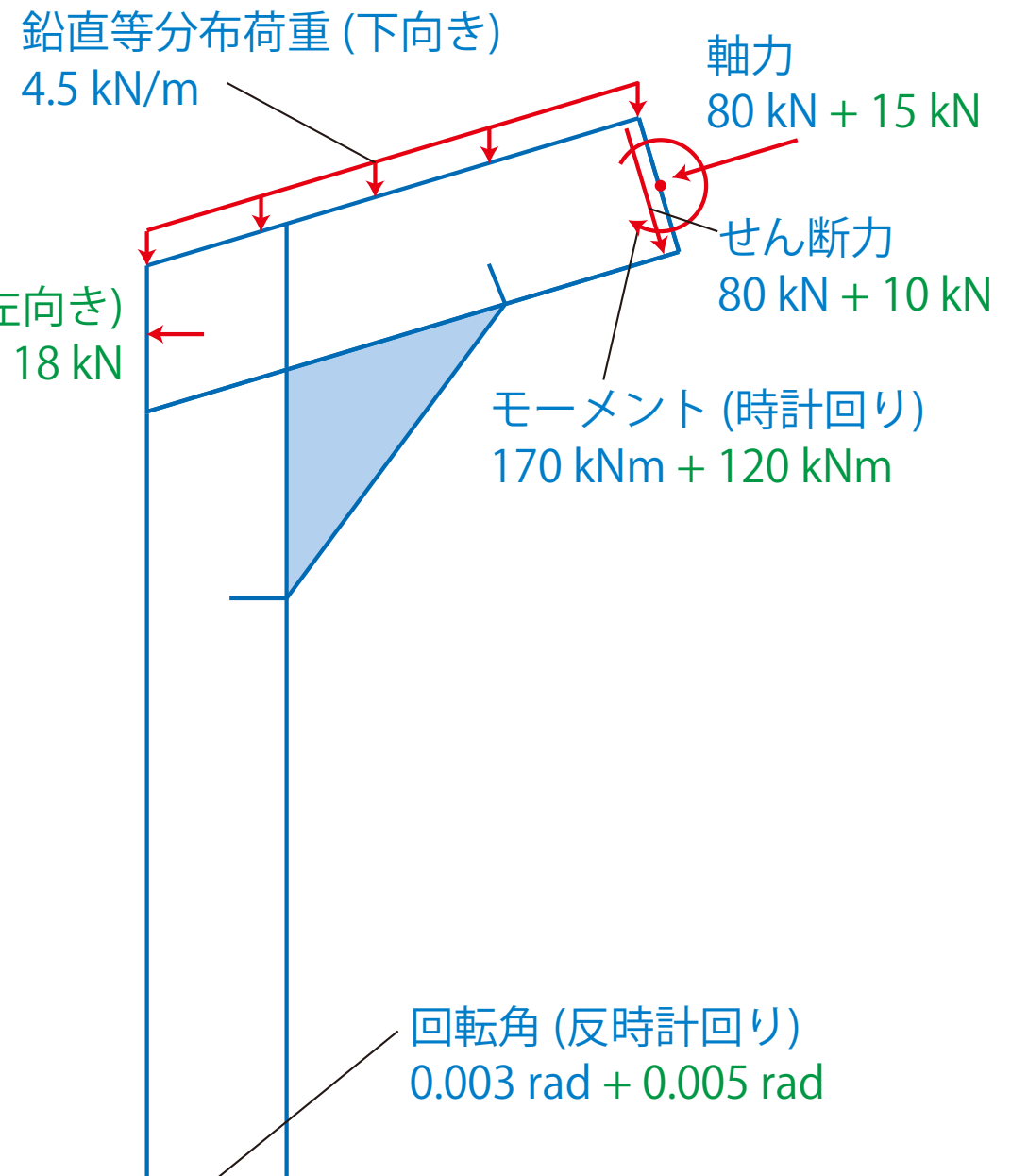
※実際の設計基準はもう少し複雑なので、詳しくは建築構造設計IIの講義で学習されたい。



# ケース概要(5): 地震時の荷重

- 地震時の荷重 = 鉛直荷重 + 地震荷重
- 青: 鉛直荷重、緑: 地震荷重
- 水平地震荷重 (左向き) 18 kN
- 地震荷重は、フレームが支持する荷重に地震層せん断力係数を乗じた値として求めた。
- 降伏応力: 235 [MPa]
- 鉛直荷重 + 地震荷重時は、降伏応力いっぱい収まるよう設計する。
- 許容応力度: 235 [MPa]

※実際の設計基準はもう少し複雑なので、詳しくは建築構造設計IIの講義で学習されたい。



- ケース: 補強プレートの有無、地震荷重の有無の組合せで、計4とおり。

	補強プレートなし	補強プレートあり
地震荷重なし	frameJoint	frameJointWithPlate
地震荷重あり	frameJointEarthquake	frameJointWithPlateEarthquake

↓

同一のメッシュ

↓

同一のメッシュ

- 「スタート」→「すべてのプログラム」→「OpenFOAM」→「OpenFOAM Terminal」

```
cd OpenFOAM/solidDisplacementFoam/frameJoint
```

frameJointのケースフォルダに移動する。

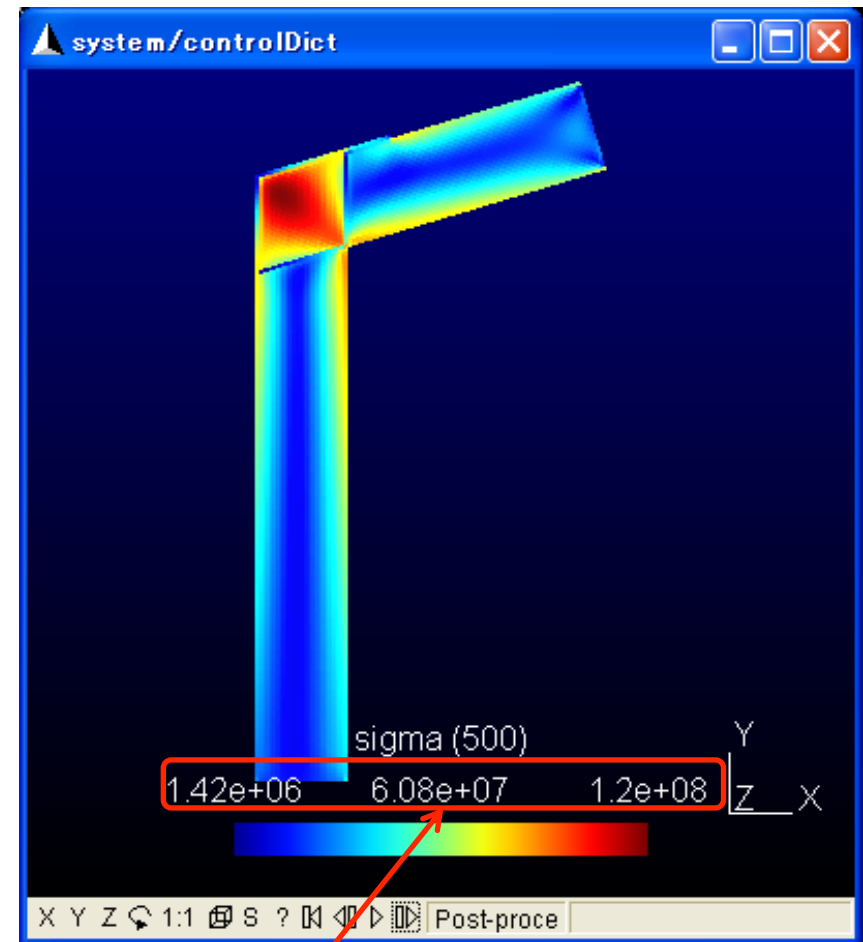
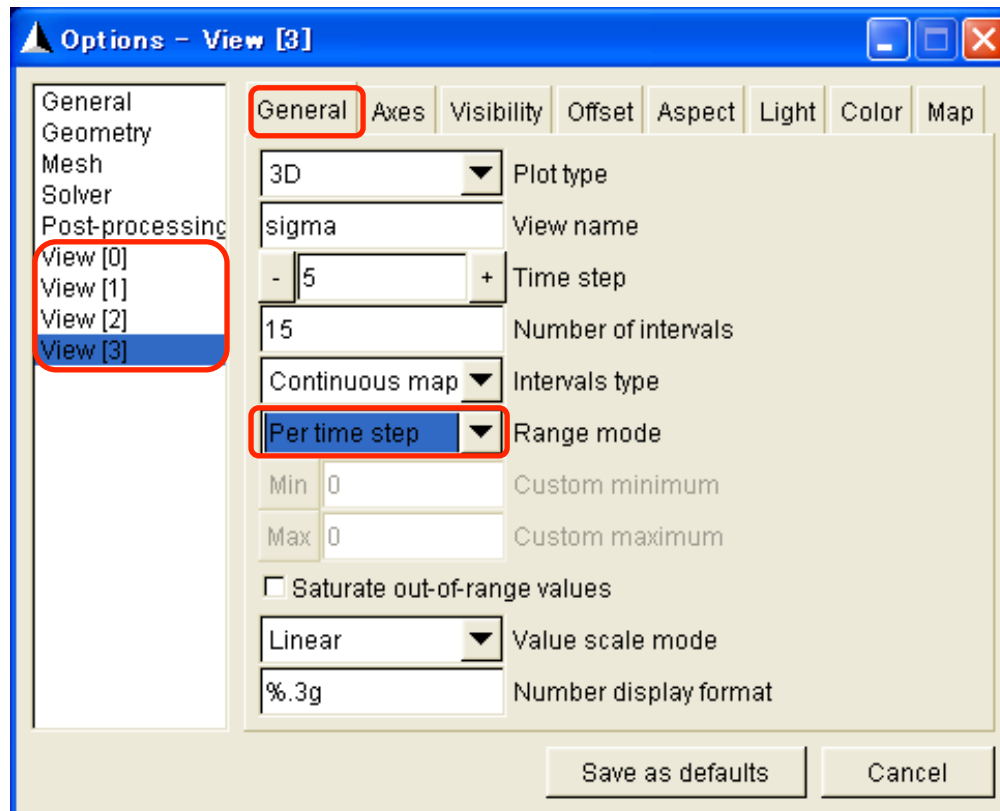
コマンド名・ファイル名・ピリオド(.)の間は、スペースで区切る。以下同様。

```
gmshFoam . .
```

gmshFoamを可視化のために起動する。

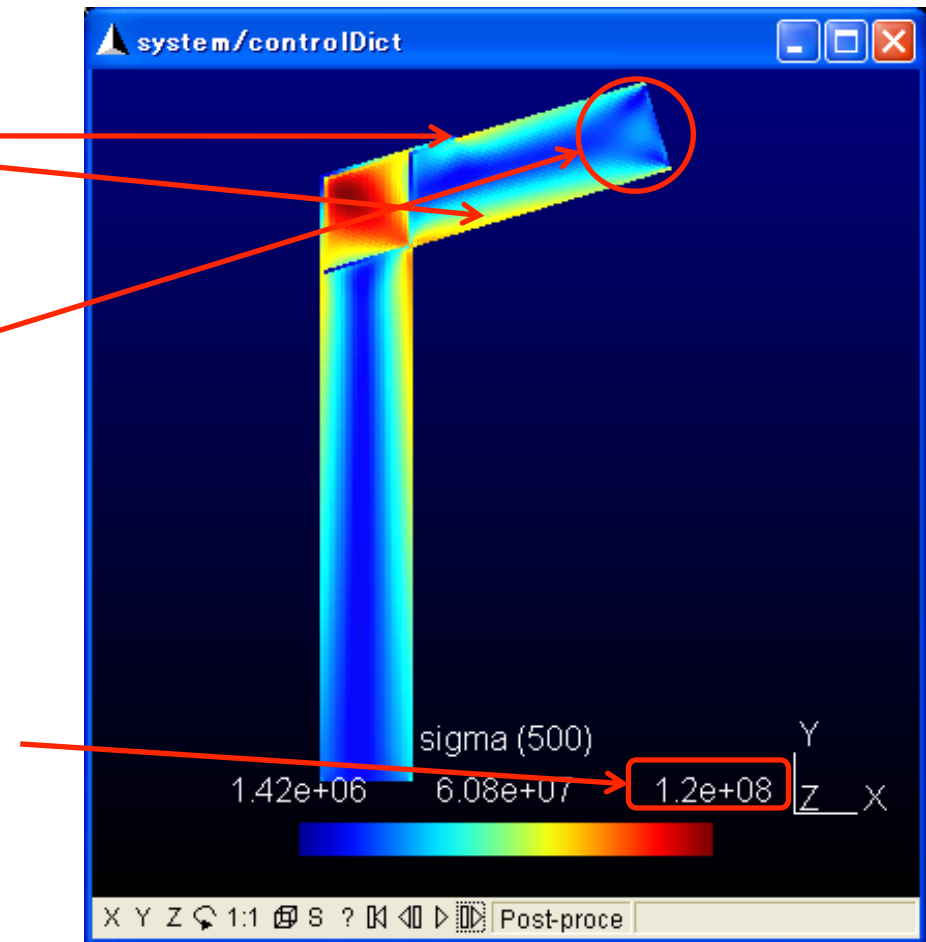
※一度入力したコマンドを再度入力したい場合、上向き矢印(↑)キーを押すと入力したコマンドを遡ることができる。入力したいコマンドが見つかったら、Enterキーを押す。

- 凡例の最小値・最大値を反復回ごとに決める (デフォルトでは、全コマ通算で決定)



コマ送り・戻しの度に、この値が変わるようになる

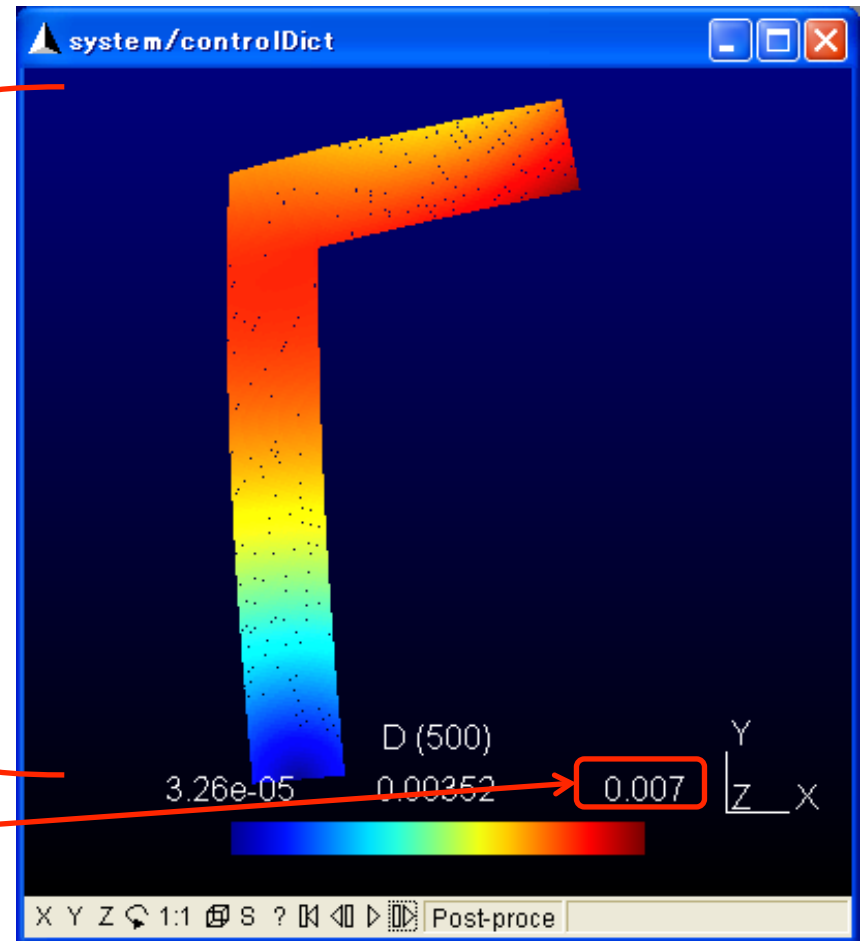
- ミセス応力分布
- フランジの応力が大  
→主にモーメントによる応力。
- 圧縮側(下側)応力が大  
→圧縮軸力のため。
- 端点の荷重→応力境界条件  
換算法の影響。
- 最大応力  $1.2 \times 10^8$  [Pa] = 120 [MPa]  
→許容応力度156 [MPa]より小さいので、許容応力度の基準を満たす。  
→降伏応力235 [MPa]より小さいから、降伏は起きない。



- 変位(30倍に拡大)

- 上からの鉛直荷重による「たわみ」

- フレームの上下端間で、7 [mm]変形  
→ただ「建っているだけ」でも変形

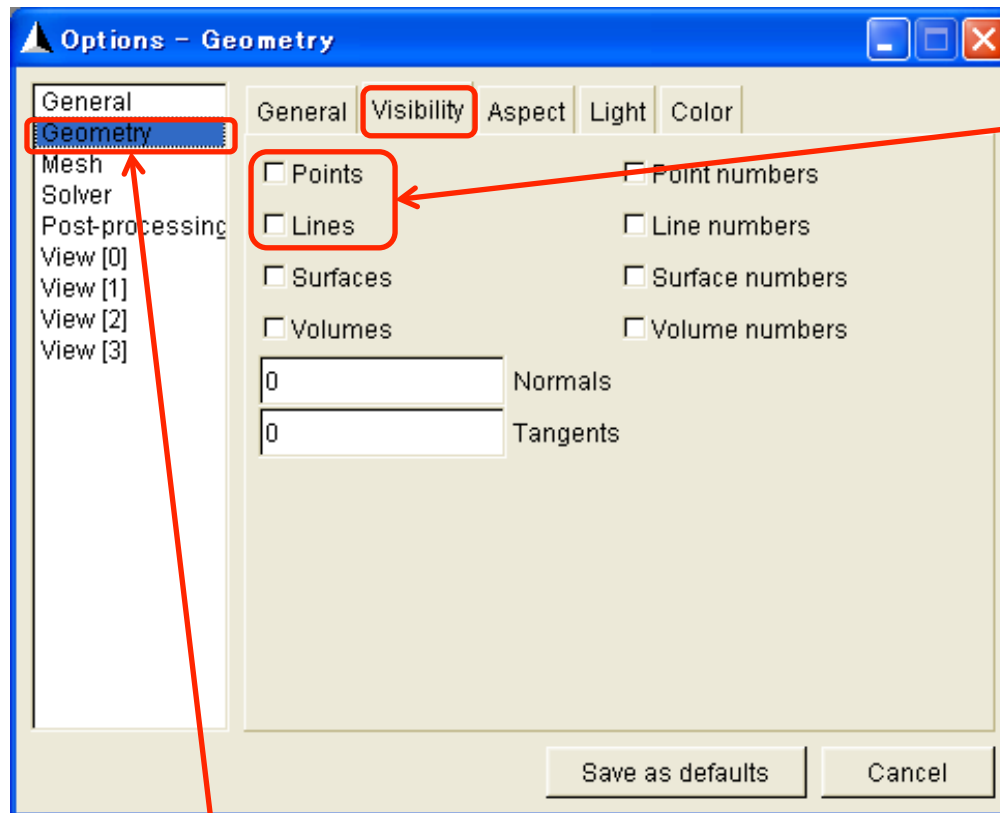






## 読み込んだCADデータの表示を消す

- 「Tools」→「Options...」に続き、以下を操作する。

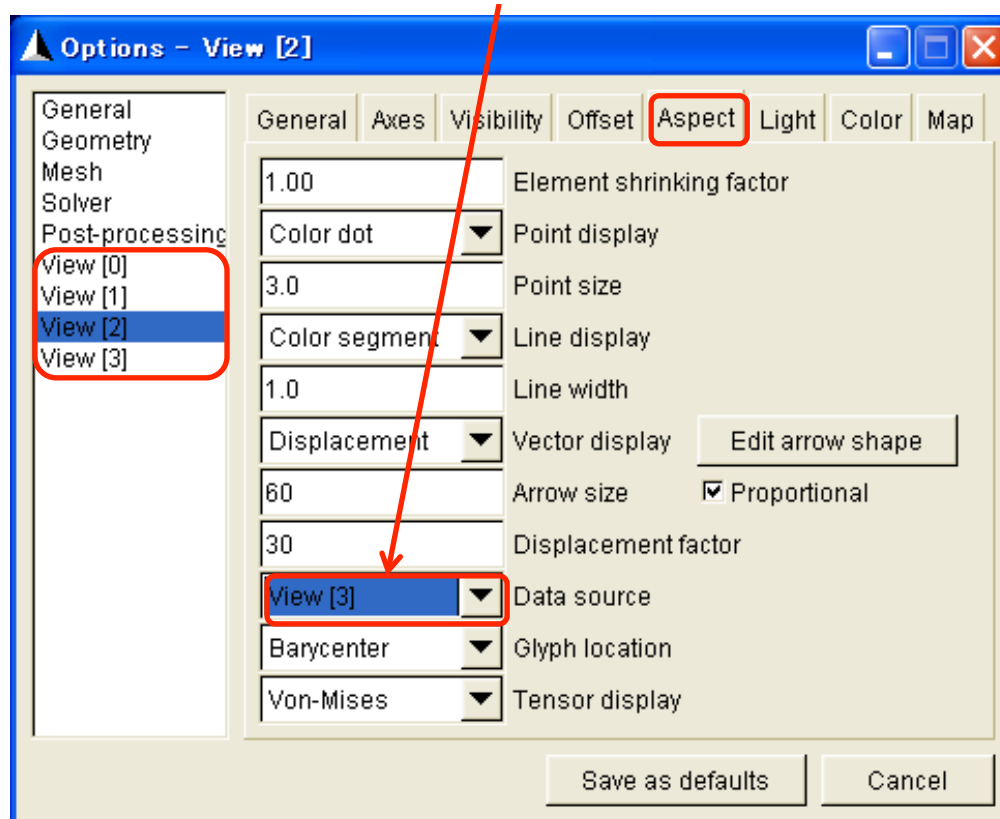


「Points」と「Lines」のチェックマークを外す。再びチェックすると、再度表示される。

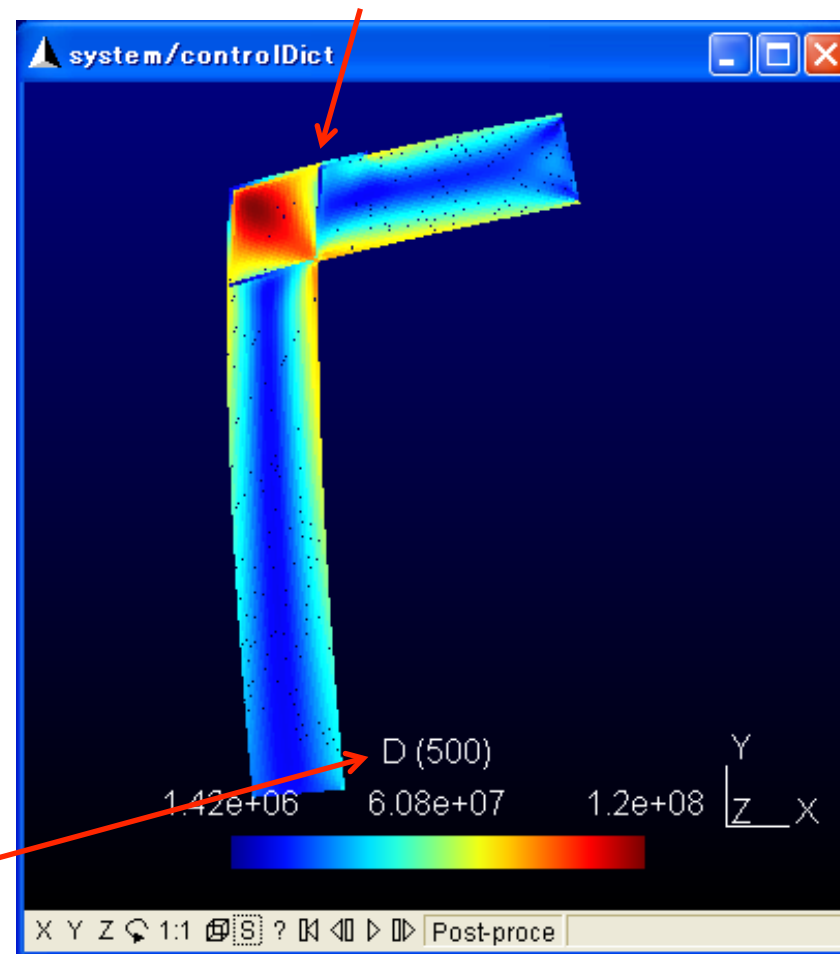
このソフトでは、CADデータは「Geometry」と呼ばれる。

- 変形表示の色を、ミセス応力によって色付けすることも可能

sigmaに対応する番号のViewを選ぶ



ミセス応力による色づけ



凡例は「D」となっているが、実際にはsigmaの色。

- さらに、応力テンソルの成分のうち $\sigma_{xx}$ 、 $\sigma_{xy}$ 、 $\sigma_{yy}$ を取り出して可視化してみよう。

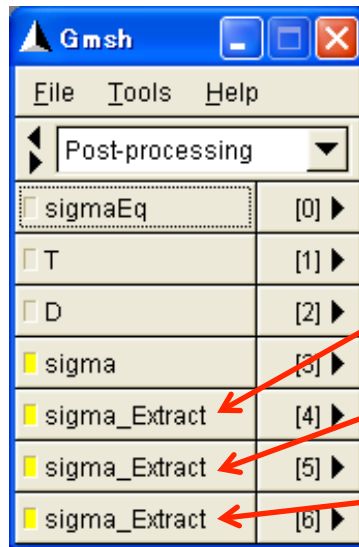
クリック→「Plugins...」を選択

Expression0に、テンソルの成分を「v0」～「v8」のいずれかで入力する。応力テンソルと「v0」～「v8」は、以下のように対応する。

$$\sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v0 & v1 & v2 \\ v3 & v4 & v5 \\ v6 & v7 & v8 \end{pmatrix}$$

Expression0以外は、そのまま

- 以上の要領で、 $\sigma_{xx}$ 、 $\sigma_{xy}$ 、 $\sigma_{yy}$ の順に取り出すと、以下のようなになる。



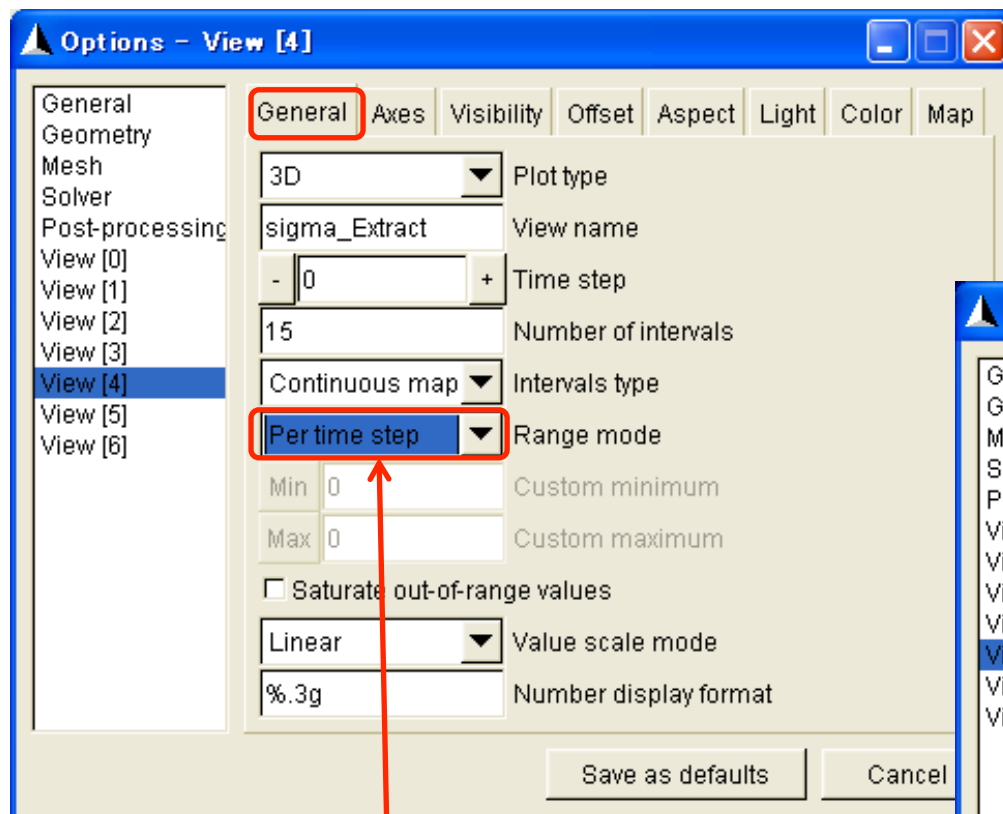
$\sigma_{xx}$

$\sigma_{xy}$

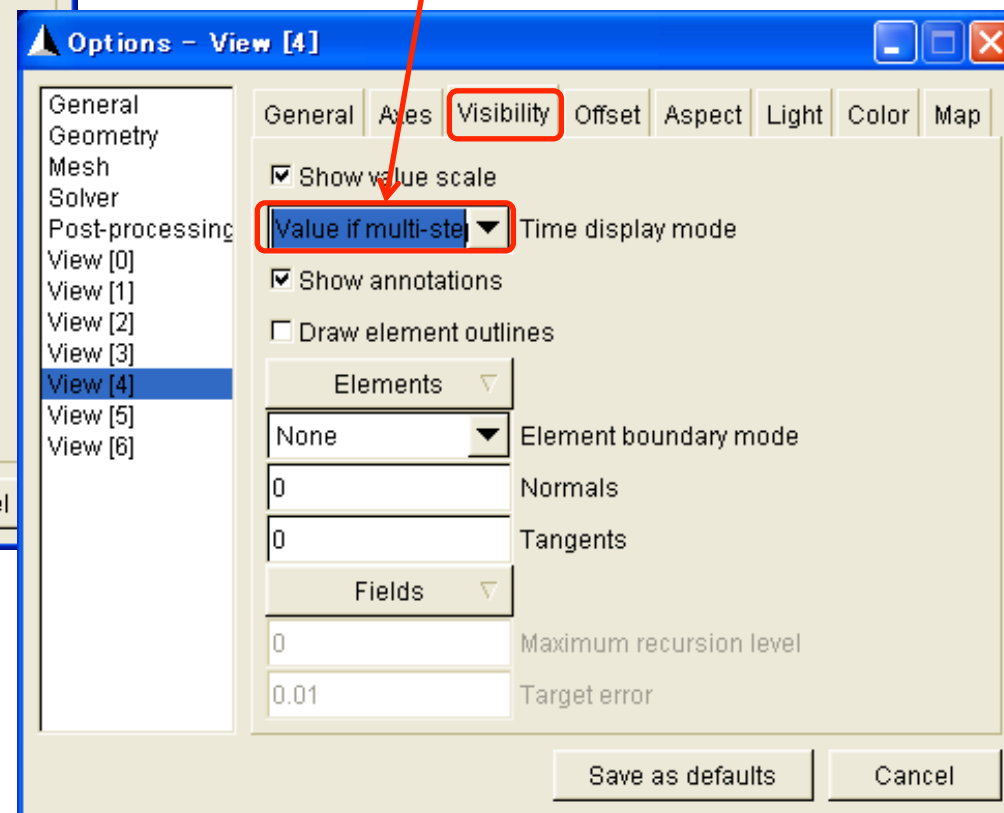
$\sigma_{yy}$

名前が同じなので、間違えないよう注意！

- さらに、Options画面で以下の設定を行う。



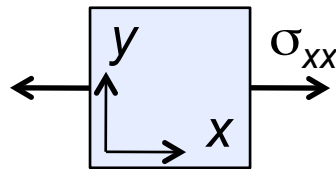
凡例で、現在のコマの反復回数が正しく表示されるようにする。



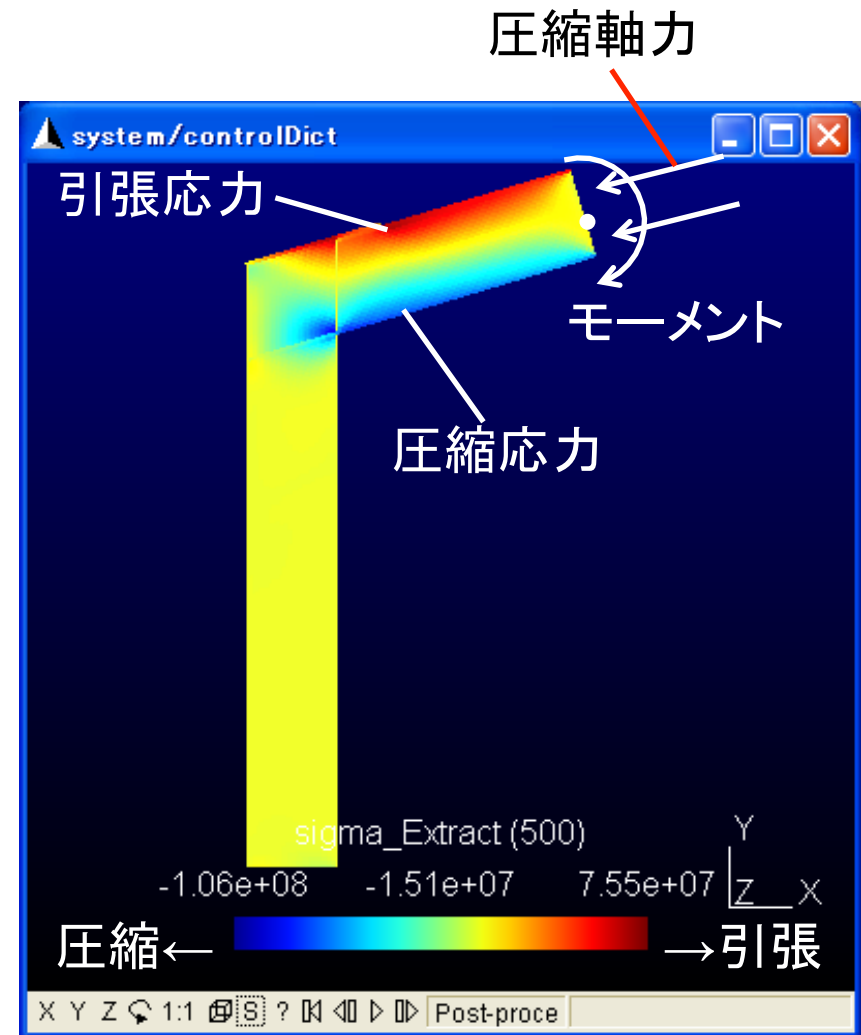
「結果の可視化(1)」と同じ設定

## $\sigma_{xx}$ (x軸方向の垂直応力)分布

- 引張が正(赤色)、圧縮が負(青色)。

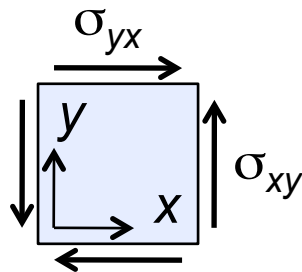


- 「青色=応力ゼロ」でないことに注意！
- 屋根部分は右上端で受ける時計回りのモーメントにより、上端で引張、下端で圧縮となる。
- 右上端では圧縮方向の軸力も受けるため、圧縮側がより大きな応力となる。
- 柱部分の応力は、ほぼゼロ。

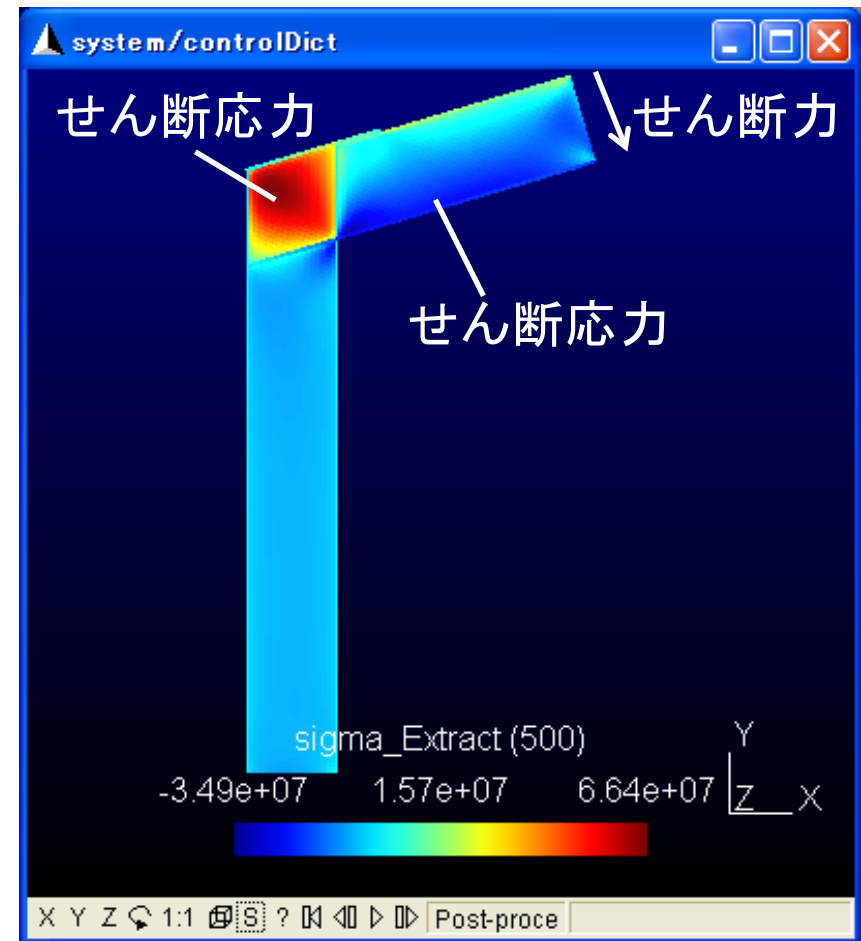


## $\sigma_{xy}$ (x-y軸方向のせん断応力)分布

- 以下の方向の応力が正(赤色)。



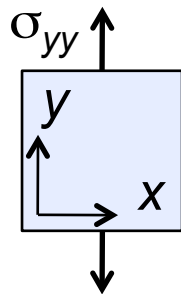
- $\sigma_{xy} = \sigma_{yx}$ である( $\sigma$ は対称テンソル)。
- 柱・屋根の接合部で、大きな正のせん断応力となる。
- 右上端で下方向のせん断力を受けるため、屋根部は負のせん断応力となる。
- 柱部分のせん断応力は、ほぼゼロ。



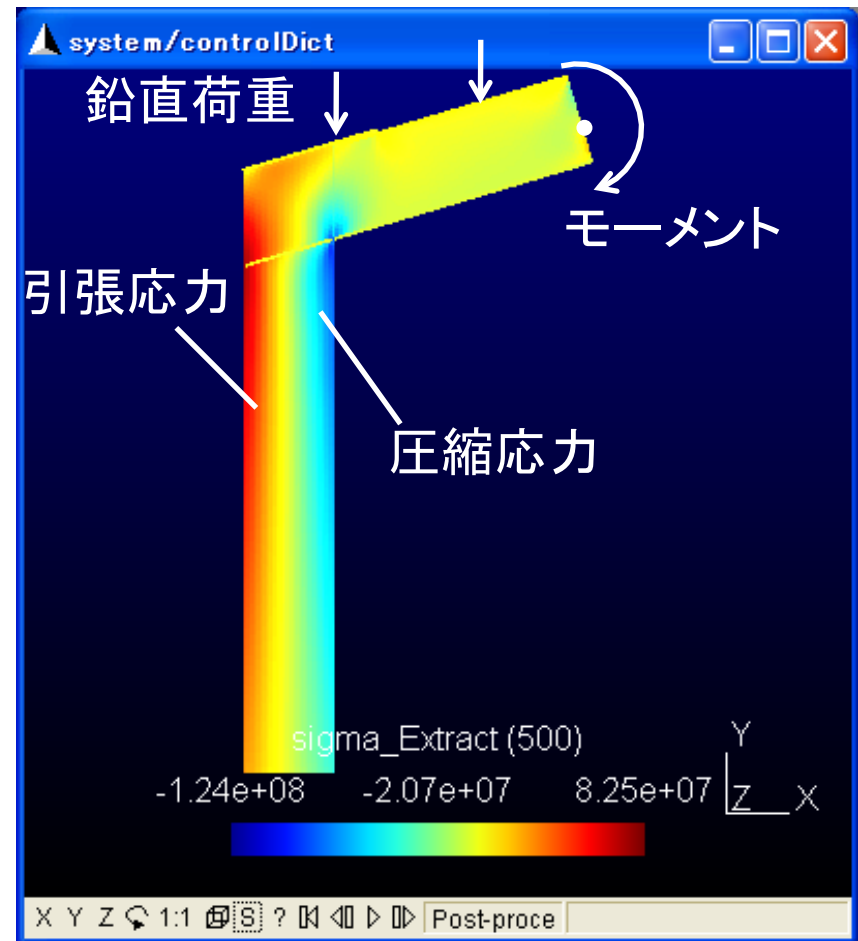


## $\sigma_{yy}$ (y軸方向の垂直応力)分布

- 引張りが正(赤色)、圧縮が負(青色)。



- 屋根面から受けるモーメントと鉛直荷重のため、柱の外側で引張、内側で圧縮応力となる。



- 他のケースの解析も同様に行う。

```
cd ../他のケースフォルダ名
```

frameJointのケースフォルダから、他のケースフォルダへ移動する。「..」は、一つ上の階層のフォルダを表す(2つのピリオドの間にスペースを入れないことに注意)。

例: frameJointWithPlateへ移動する場合

```
cd ../frameJointWithPlate
```

- frameJointEarthquake、frameJointWithPlateEarthquakeはそれぞれ、frameJoint、frameJointWithPlateのメッシュを使用することに注意。
- 地震荷重の有無で、許容応力度が変わることに注意。

frameJointほか、計4ケースの解析結果をもとに、以下を行い、Excelワークシートにレイアウトして提出せよ。

(1) 応力テンソル各成分( $\sigma_{xx}$ 、 $\sigma_{xy}$ 、 $\sigma_{yy}$ )の分布、および変位を各ケース間で比較し、それぞれの応力分布・変位の主な決定要因、および各ケース間の応力分布に違いが出る原因を考察せよ。必要な図も掲載すること。

(2) 接合部の補強プレートは必要か判断せよ。理由も記すこと。

注意: 数値の単位、画像・表のキャプション、在籍番号・氏名などを必ず記載すること。

採点は考察に重点を置く。

締切: 16日(木) 23:55

- 考察の視点は様々に考えられるが、例えば:
- 応力が最大となる点はどこか？なぜその点で最大となるか？
- 補強プレートの有無で、どのように応力分布・最大応力点・最大応力・変位が変わるか？
- 地震荷重の有無で、どのように応力分布・最大応力点・最大応力・変位が変わるか？
- 想像した応力分布・変位と一致しているか？異なれば、どのように異なるか？
- 余力があれば、 $\sigma_{xx}$ 、 $\sigma_{xy}$ 、 $\sigma_{yy}$ 以外の応力成分の考察を試みられたい( $\sigma$ は対称テンソルであることに注意)。
- 各ケース間で、分布図の色と値の対応(スケーリング)が変わることに注意すること。
- Excelでのまとまった量の文章の記述には、「テキストボックス」機能を利用されたい。