

Salome-Mecaの機能調査 ～J積分編～

第56回 オープンCAE勉強会@関西
@mmer547

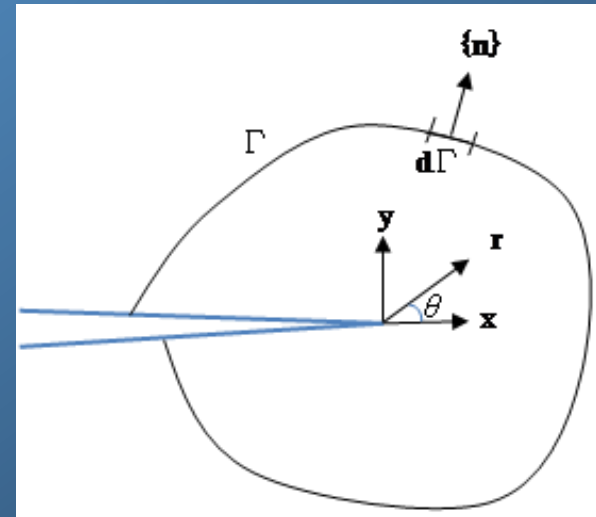
本シリーズについて

- Salome-Mecaの実作業利用を推進するため、商用ソルバで使用している機能の調査を実施する。
- 論文のトレースや理論値の比較を含めた使用ドキュメントを作成する。
- 現在までに、業務利用の経験はあり。（破壊力学分野）

J積分とは

- 非線形破壊力学における破壊力学パラメータ
- 線形破壊力学で対応できない大規模降伏を伴う現象で使う
 - Riceによって定義

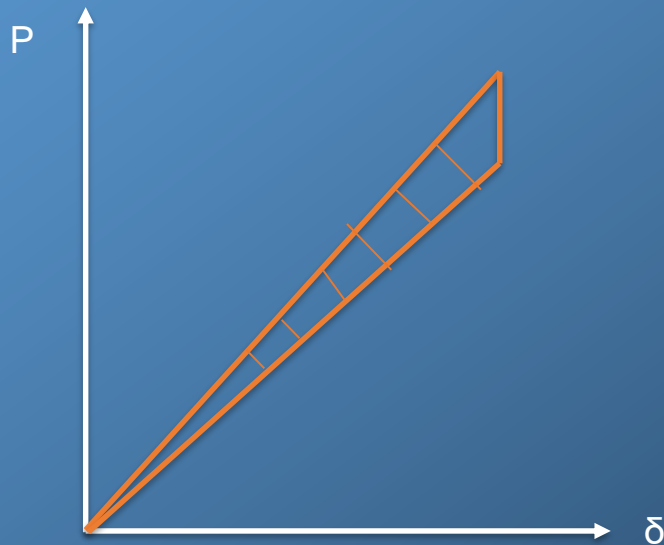
$$J = \int_{\Gamma} \left(W dy - \{T\} \frac{\partial \{u\}}{\partial x} d\Gamma \right)$$



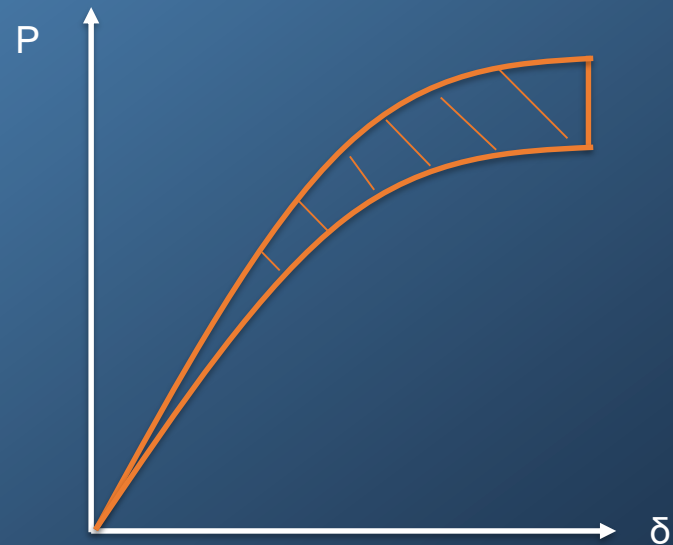
- 経路独立性がある
- （J積分の計算経路の取り方に依存しない）
- ASTM E1820-11等に計算方法がある
- <http://jikosoft.com/cae/engineering/strmatf17.html> より

Code-AsterでのJ積分

- そもそもJ積分の出力機能はない
- 線形破壊力学におけるエネルギー解放率Gの出力機能はある
- 非線形弾性体を考えるとGとJは等価と考えられる



荷重変位から見るGの定義



荷重変位から見るJの定義

検証に使用した論文

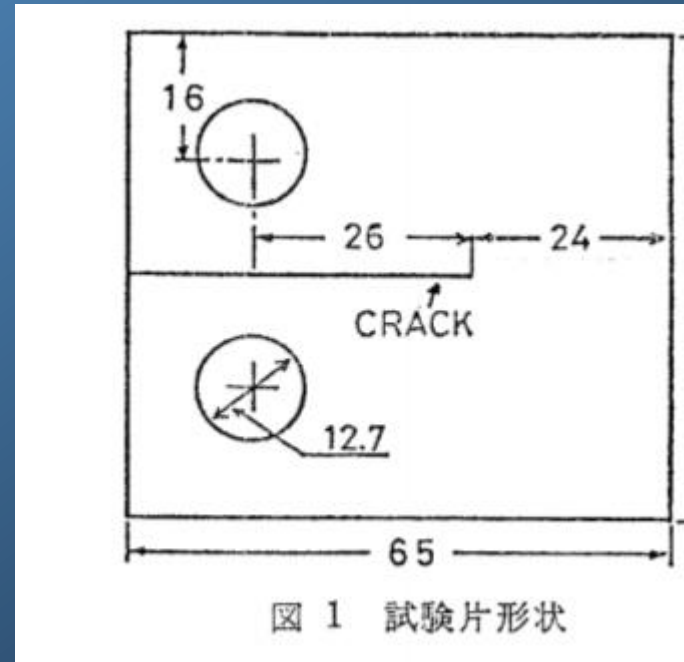
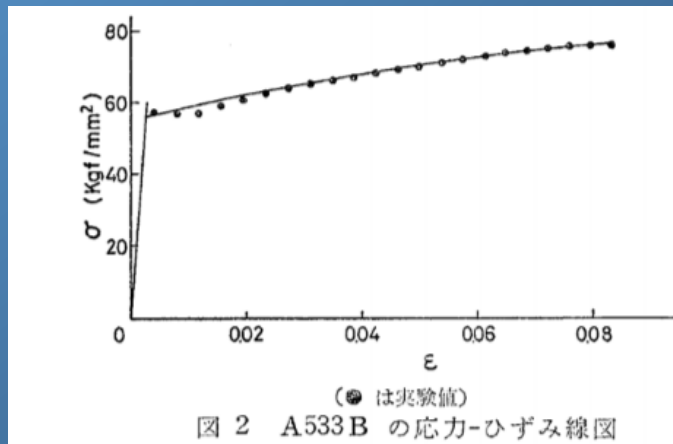
- 材料強度および破壊機構の評価とその工学的応用に関する研究分科会, “J積分の数値解析(CT試験片のラウンドロビン解析)”, 日本機械学会論文集(A編)47巻417号(昭56-5), pp559-564

(ii) 材料は A533B とし, 構成関係は図 2 に示すものとする(小林英男委員提供). ここで, 降伏応力 $\sigma_Y=56.0 \text{ kgf/mm}^2$ とし

$\sigma < \sigma_Y$ では $\varepsilon = \sigma/E$ (1)

$\sigma \geq \sigma_Y$ では $\varepsilon = \sigma/E + \{(\sigma/B)^n - (\sigma_Y/B)^n\}$ (2)

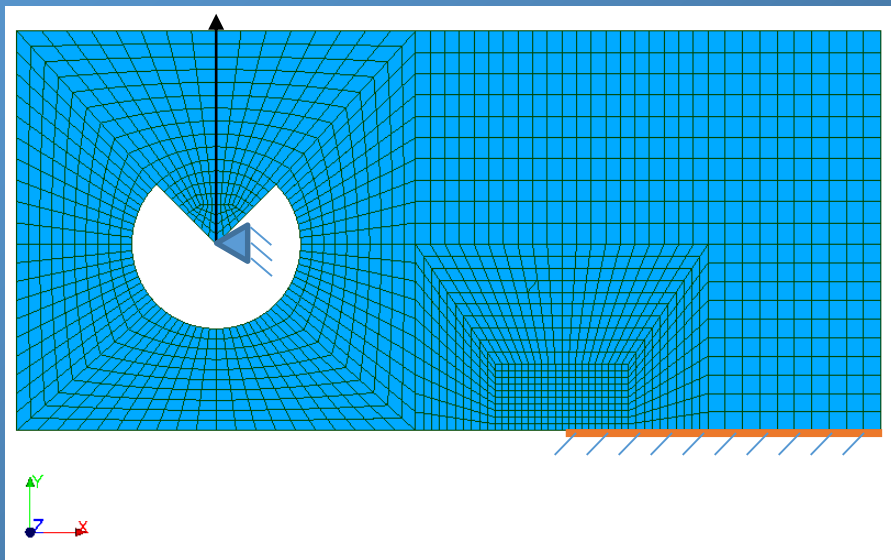
とする. ただし, $n=3.0$, $B=153.0 \text{ kgf/mm}^2$, $E=2.1 \times 10^4 \text{ kgf/mm}^2$, $\nu=0.3$ である.



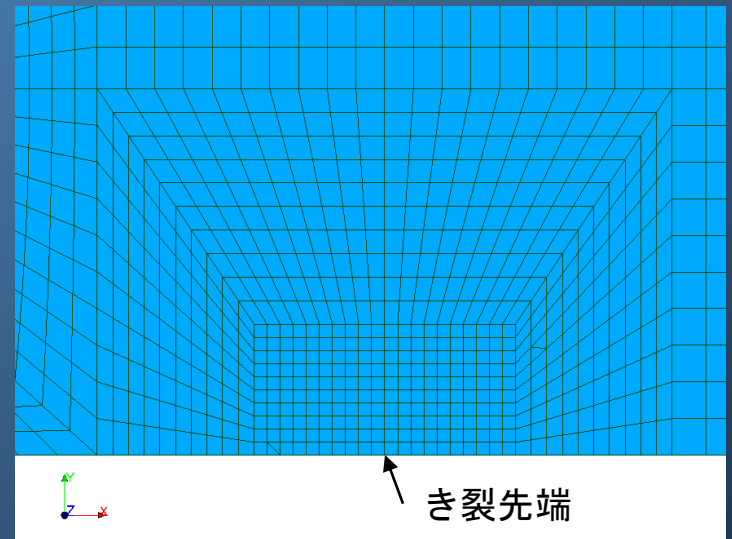
解析モデル

- 1次4辺形平面ひずみ要素
- 節点数1972
- 要素数1856

強制変位1mm



モデル全体

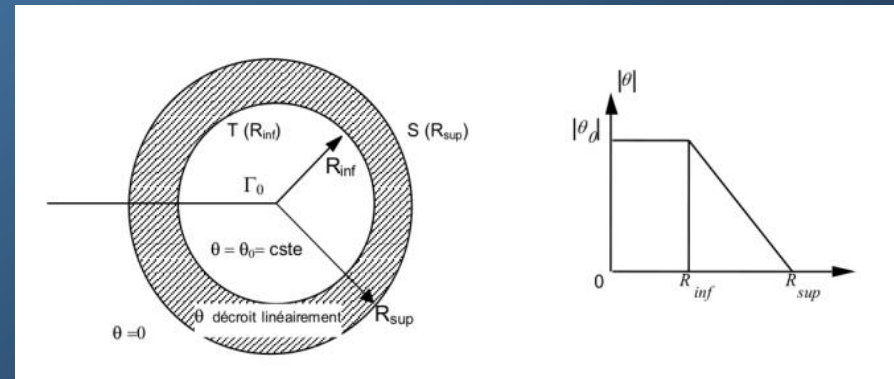


き裂先端付近

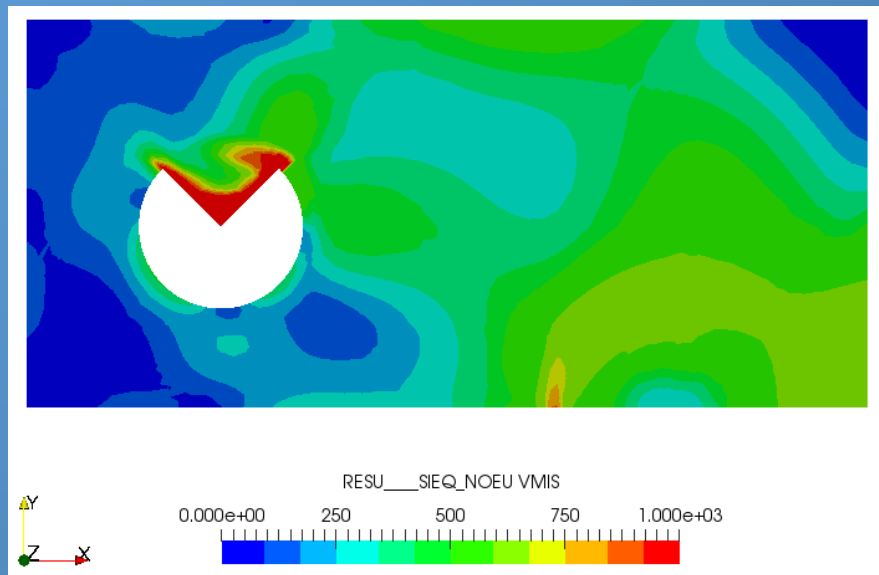
Gの出力

```
theta1=CALC_THETA(MODELE=MODE,  
DIRECTION=(1.0,0.0,0.0), ← き裂の進展方向  
THETA_2D=_F(NOEUD='N31', ← き裂先端節点  
MODULE=1.0, ← き裂の進展方向  
R_INF=3.0, ← 内側の経路位置  
R_SUP=10.0,)); ← 外側の経路位置
```

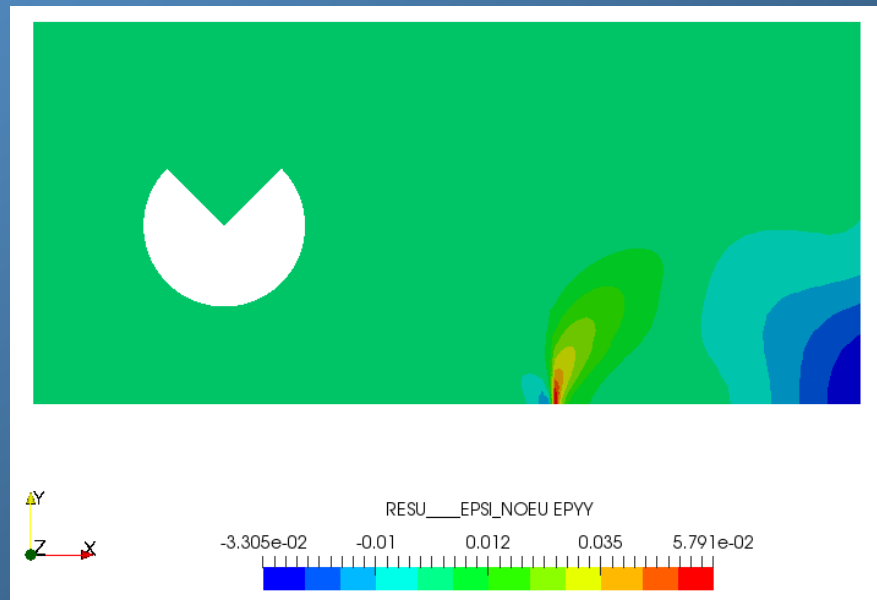
```
CG1=CALC_G(THETA=_F(THETA=theta1,  
SYME='OUI'),  
RESULTAT=RESU,  
EXCIT=_F(CHARGE=CHAR,  
FONC_MULT=fonc1),  
OPTION='CALC_G',);
```



結果



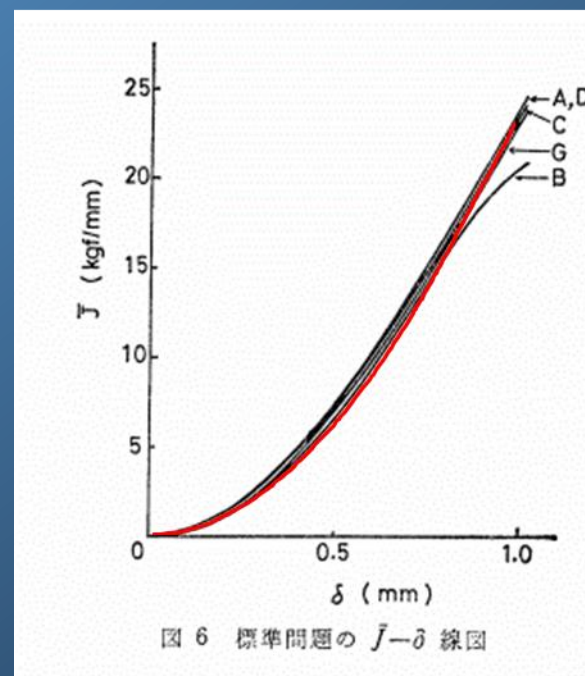
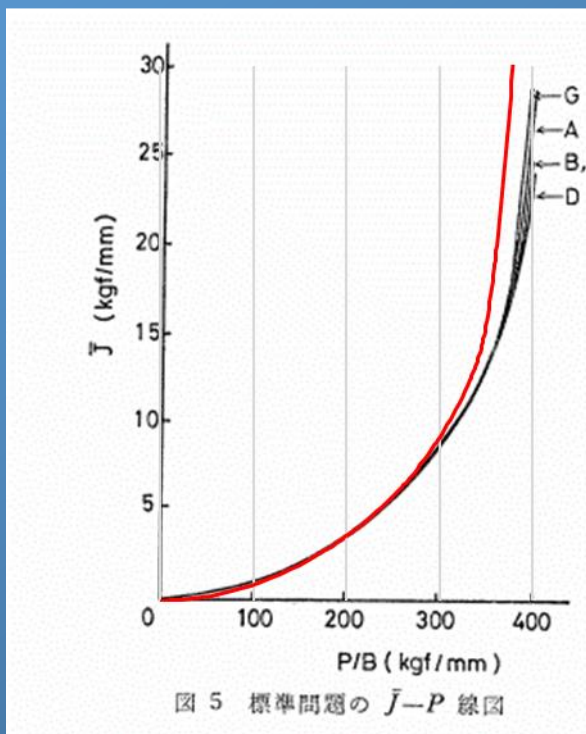
変形図+Y方向コンタ



開口方向ひずみコンタ

結果

- J-P線図は今回の計算結果が左にシフトしている。
- J- δ 線図はほぼ論文結果に載っている



まとめ

- それなりの結果は出ていそう
- P/Bがずれた原因は調査の必要ありそう
- 要素タイプを変えてみると合う？
 - 2次要素、2次低減積分要素、1次低減積分要素
 - Code-Asterの1次要素は精度が悪かったりする。
- 今後
 - オプションパラメータを整理する
 - Ex. 今回使っていないき裂法線方向指定など
 - 3次元モデルでの出力方法を調査する