

OpenCAE勉強会 岐阜
2013/06/15

ABAQUS Student Editionを用いたXFEM き裂進展解析事例報告

OpenCAE学会員

SH

発表内容

- **ABAQUS Student Edition とは？**
- **ABAQUS Student Edition 入手方法など**
 - **入手方法/インストール**
 - **解析Sample ファイルの入手方法 etc.**
- **XFEM について**
 - **XFEM概要**
 - **XFEM解析事例**
- **ABAQUS Student EditionによるXFEM解析事例 について**
- **まとめ**

ABAQUS Student Edition とは？

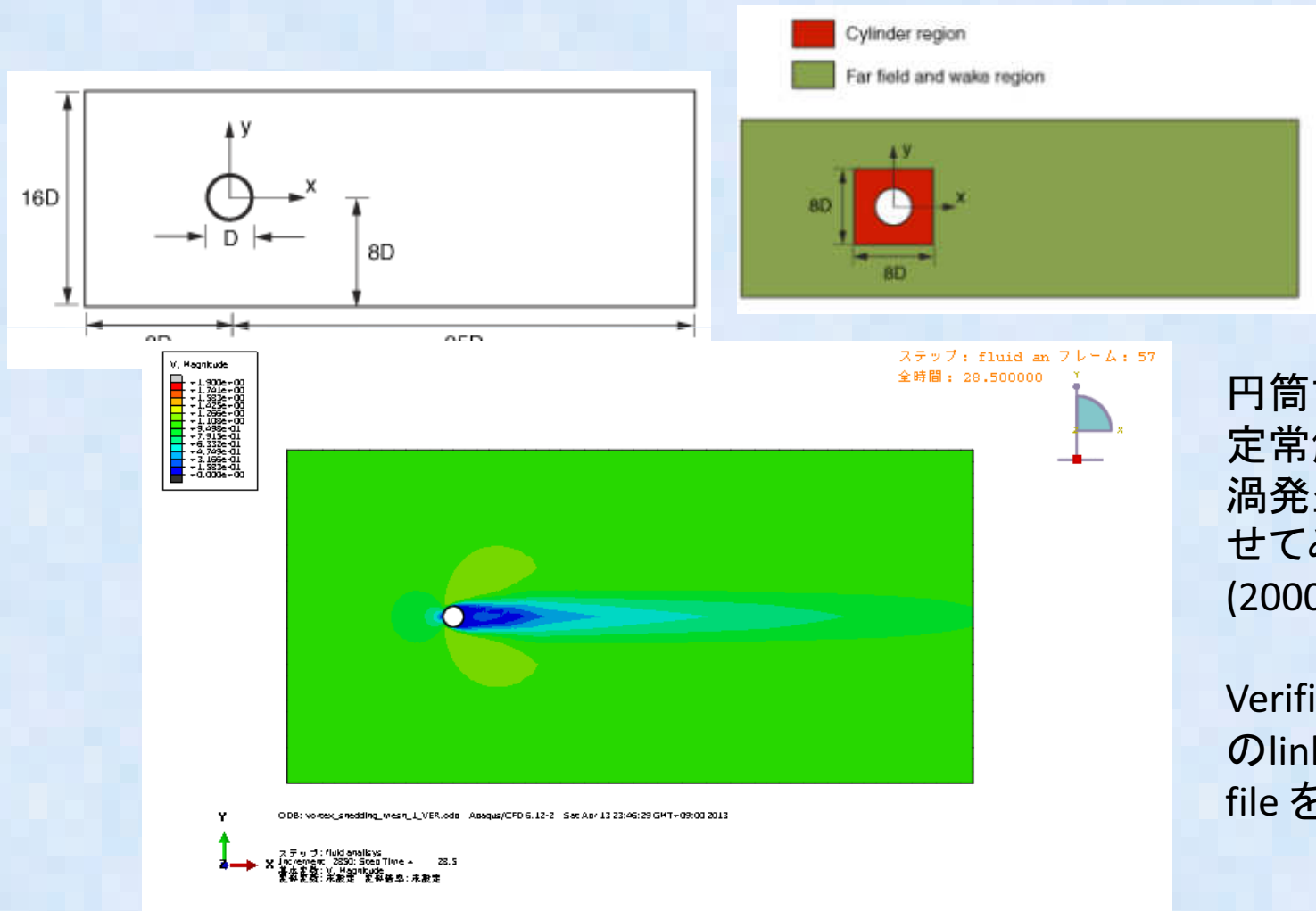
- ダットソー社の販売しているABAQUSの教育用制限版で、V6.12から無料ダウンロードできるようになった(それ以前は1万円くらい?)
- 構造解析は1000節点、流体10000節点までの解析規模の機能制限あり
- 解析機能は全て製品版と同じ
- 使用中にネット接続する等の必要は無い

ABAQUS Student Edition.②

- 年間レンタル費用約450万円のABAQUSのモデル規模制限版
- V6.12 から無料化され、Dassault のホームページからユーザ登録(無料)するとダウンロードできる。
→ 参考: [ABAQUS 6.12 Student Edition の入手\(1\)](http://deratege.ti-da.net/e4179729.html)
<http://deratege.ti-da.net/e4179729.html>
- 構造解析は1000節点, 流体(CFD) は10000節点までの制限ある。
→ 本格的モデル作成は不可だが、2次元問題なら十分か?
- プリ上(ABAQUS/CAE)でのモデル・メッシュ作成に制限はない(入力ファイル出力は上記制限を超えると不可)
- モデル規模に制限はあるが、正規版の全機能(FEM,CFD,XFEM) が利用可能, ただしユーザサブルーチンは利用できないので材料構成則などを変更するような玄人的(OpenFOAM的)使い方は不可
- 正規ライセンスで作成したモデルは読み込み可能なのでFree モデル Viewer としての機能がある。
- GUI はOSSの数倍使いやすいのでそもそもCAE/CFDの基本や物理現象を理解できていない人はこちらから入ってもらった方が良くもしいない?

ABAQUS/CFD の例題

- 3.3.1 Time accurate laminar vortex shedding

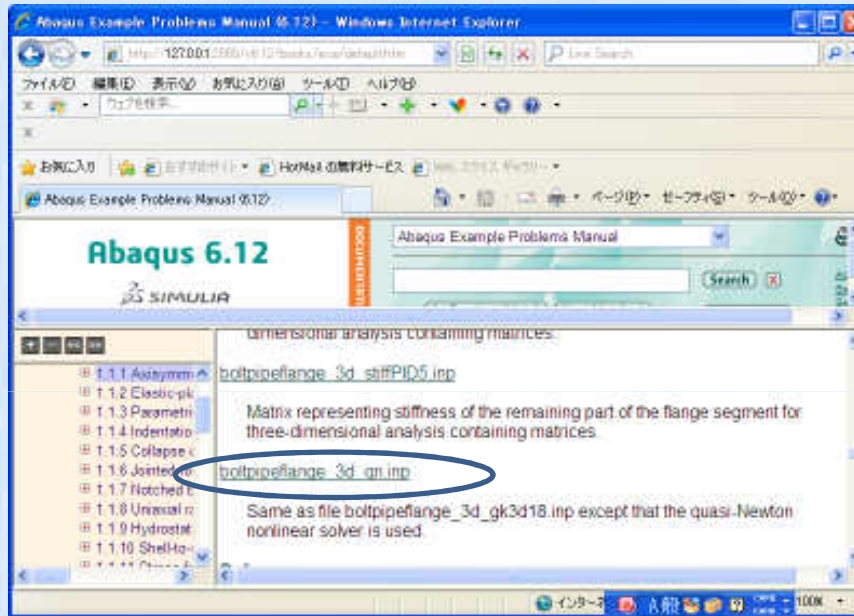


円筒まわり流れの非定常解析、カルマン渦発生 of 例題実行させてみた。
(2000節点くらい)

Verification Manual のlink から例題Input file を落とせる

ABAQUS Student Edition 入手方法など -解析Sample ファイルの入手方法など-

- ① マニュアル (documentation) のリンクから入手



- ② abaqus コマンドから入手

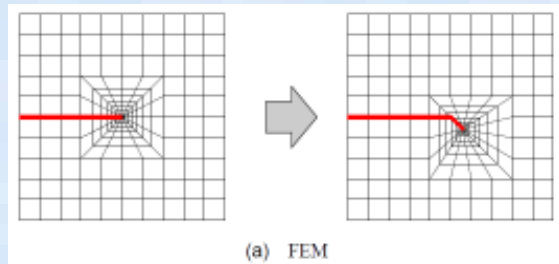
abaqus findkeyword → “enrichment” などキーワード入力
abaqus fetch
→ Keywordで出力されたリストからファイルをとりだす

XFEM について -XFEM概要①

XFEM (拡張有限要素法) : FEM要素内部に不連続性や特異性を含む関数を用いる「エンリッチメント」と呼ばれる近似を構成する手法である。このエンリッチメントを用いたXFEM 近似法により、従来FEM が苦手とする不連続性や特異性などモデル化することが可能。

- 商用ソフトではABAQUS 6.9EF 版から搭載
 - オープンソースではCodeAsterに搭載されている。簡単な計算はSalomeMecaのWizardを使って計算させることができる。
- 詳細は前田さんのホームページ参照

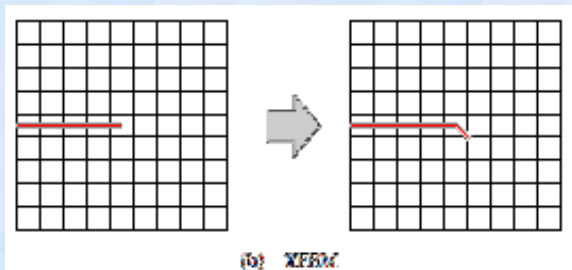
<https://sites.google.com/site/codeastersalomemeca/home/salome-meca-chutoriaru6>



線形破壊力学(LEFM)

通常の有限要素法(線形破壊力学に基づく)

- ・き裂は要素境界を進展
- ・き裂先端の応力特異場を精度よくモデル化するために、き裂先端部は相当詳細にメッシュ化が必要



拡張有限要素法(XFEM)

拡張有限要素法(XFEM)

- ・き裂は要素内の任意の方向を進展
- ・それほど細かくメッシュ分割する必要はなし(破壊基準は線形破壊力学や主応力などを用いる)

XFEM について -XFEM概要②

XFEM (拡張有限要素法) : エンリッチメント関数の例

$$u^h(x) = \sum_I \phi_I(x) u_I$$

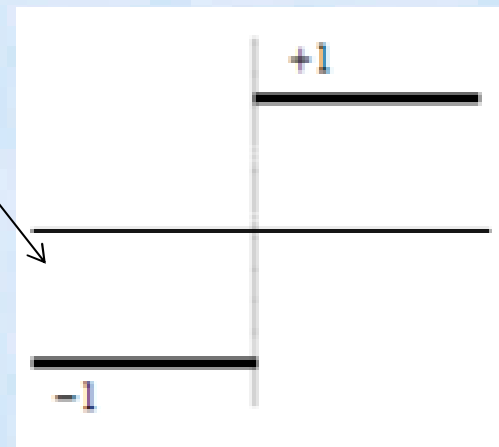
通常の有限要素法の補間関数

$$u^h(x) = \sum_I \phi_I(x) (u_I + a_I g(x))$$

拡張有限要素法(XFEM)の補間関数

エンリッチメント関数

ヘビサイド関数



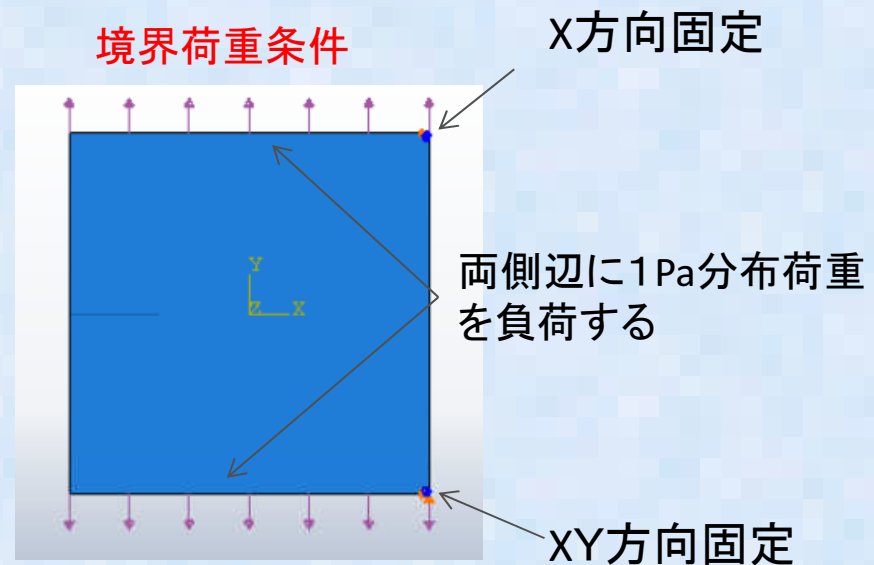
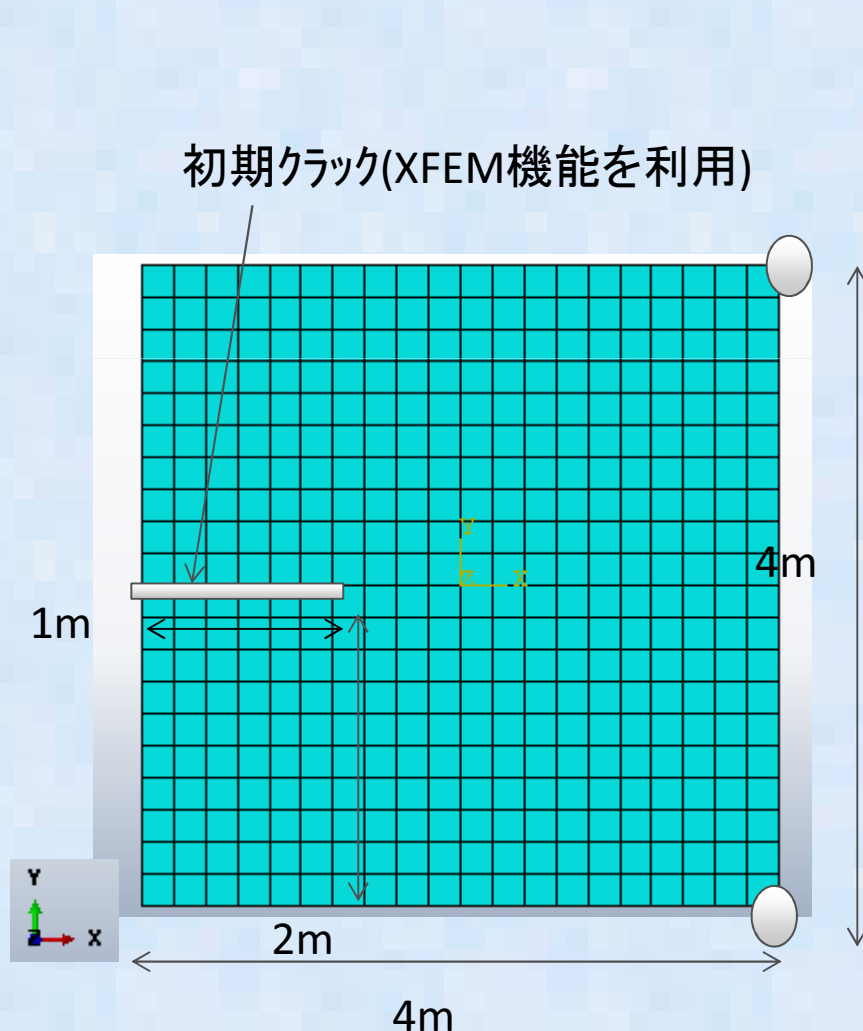
ABAQUS Student EditionによるXFEM解析事例 について

XFEMによるき裂応力解析が以下のURLに掲載(入力ファイルとCAEファイル):

<https://sites.google.com/site/matthewjpais/2DEdgeCrack>

事例のメッシュ分割数では1000節点を超えてしまうので分割数を変更した。

CAEファイルを利用 40×40→30×30 分割に変更



物性値:

弾性率: $7e+10$ (Pa)

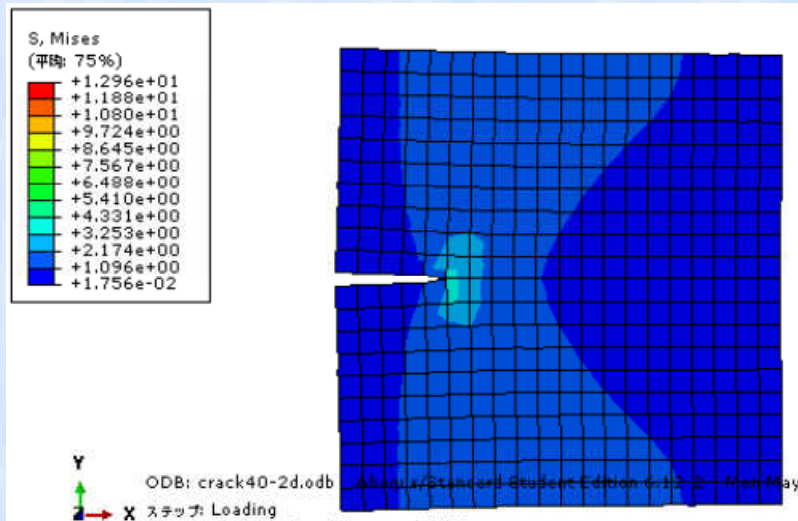
ポアソン比: 0.33

厚さ
=1m

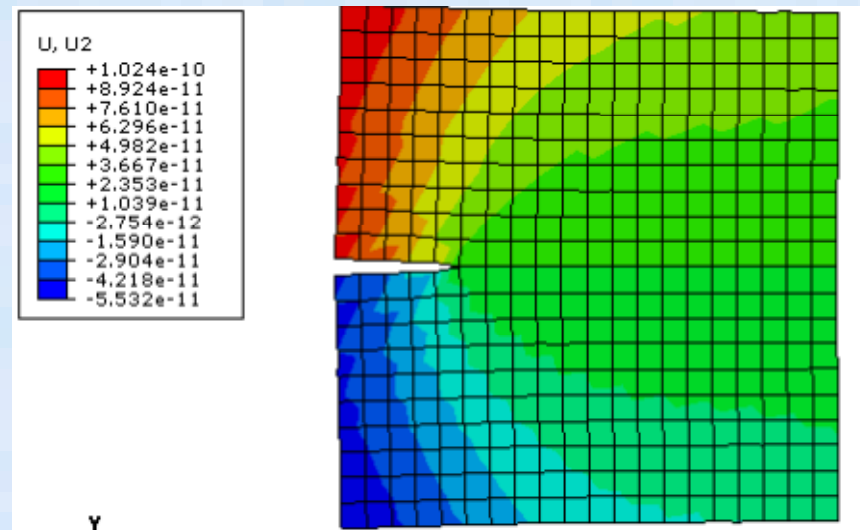
要素タイプ: 平面応力低減積分要素
(CPS4R): ABAQUSの2次元要素では4角形
要素以外(3角形要素)はXFEMに未対応

ABAQUS Student EditionによるXFEM解析事例 について

例題① 2D-EdgeCrack



ミーゼス応力分布



変形図

初期クラック(XFEM)を配置する母材側に損傷則を定義する(必ず定義が必要)。この例題ではクラックは進展させないので、損傷基準はダミーとして設定

ABAQUS 設定例:

```
*Damage Initiation, criterion=MAXPS
5e+08,
*Damage Evolution, type=DISPLACEMENT
1.,
```

その他設定: XFEM Enrichment 要素特性指定

```
*Enrichment, name=Crack-1, type=PROPAGATION CRACK, elset=_PickedSet6
```

クラックは初期クラック形状として通常は別パートとして定義する(初期クラック位置に線分を指定)母材側メッシュと独立に定義可能

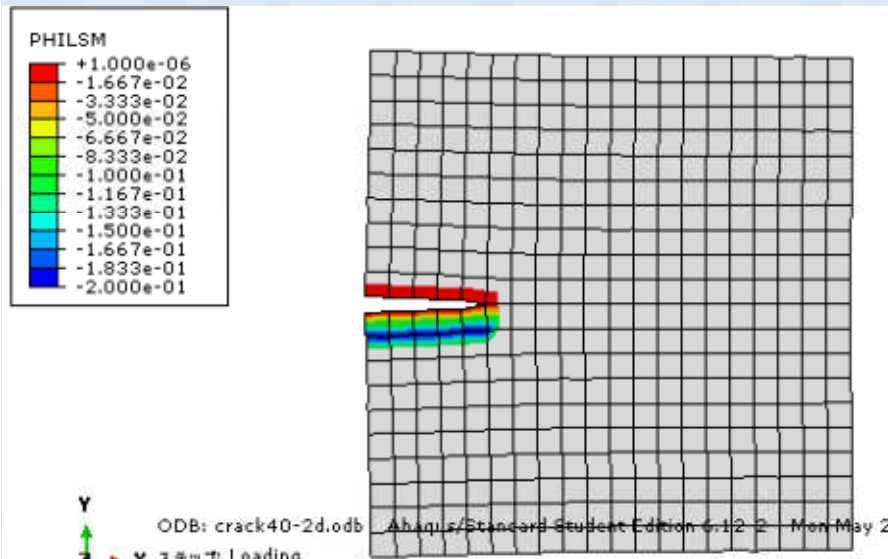
ABAQUS 設定例:

```
*Initial Conditions, type=ENRICHMENT
Part-1-1.185, 1,Crack-1, -0.2, -0.2
Part-1-1.185, 2,Crack-1, -0.2, 0.
Part-1-1.185, 3,Crack-1, 1e-06, 0.
Part-1-1.185, 4,Crack-1, 1e-06, -0.2
```

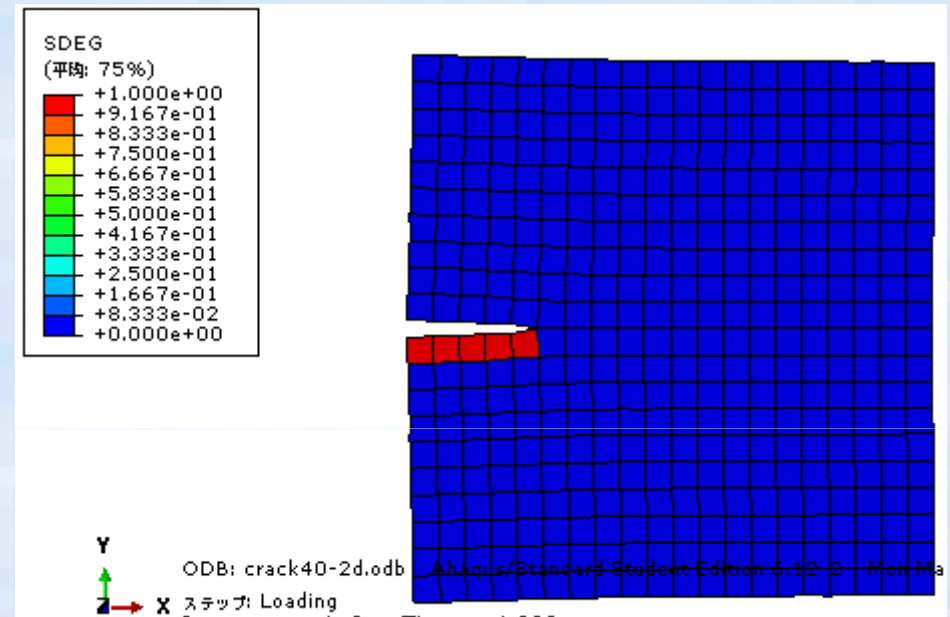
ABAQUS Student EditionによるXFEM解析事例 について

例題① 2D-EdgeCrack

2D-Edge-Crack レベルセット関数



レベルセット関数値(PHILSM)



要素剛性低下率(SDEG)

-レベルセット関数とは?: 自由曲面を関数で表し、時々刻々変化する自由曲面(2次元では曲線)を表す方法→ XFEM では亀裂面が変化するので亀裂部分を表すのに使うらしい。

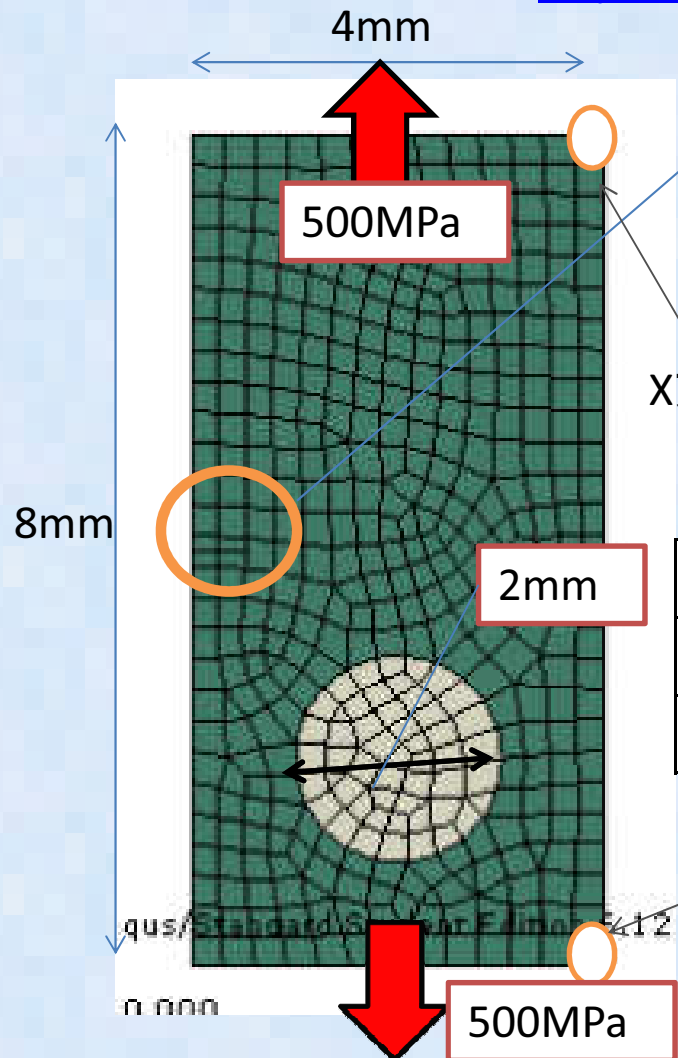
-要素剛性低下率: 損傷モデルにおいて、要素の剛性低下を表現する。この例題では損傷進展させないので、初期クラック以外では剛性低下しない

ABAQUS Student EditionによるXFEM解析事例 について

例題② 2D-CRACK-GROWTH

- 例題②: 2D-CRACK-GROWTHこちらの例題もそのままでは節点数が多く計算できないのでメッシュ数を削減した。

<https://sites.google.com/site/matthewjpais/2D-CRACK-GROWTH>



初期亀裂= 0.5mm

モデル: 2次元平面応力要素(CPS4R)
厚さ=1mm

X方向固定

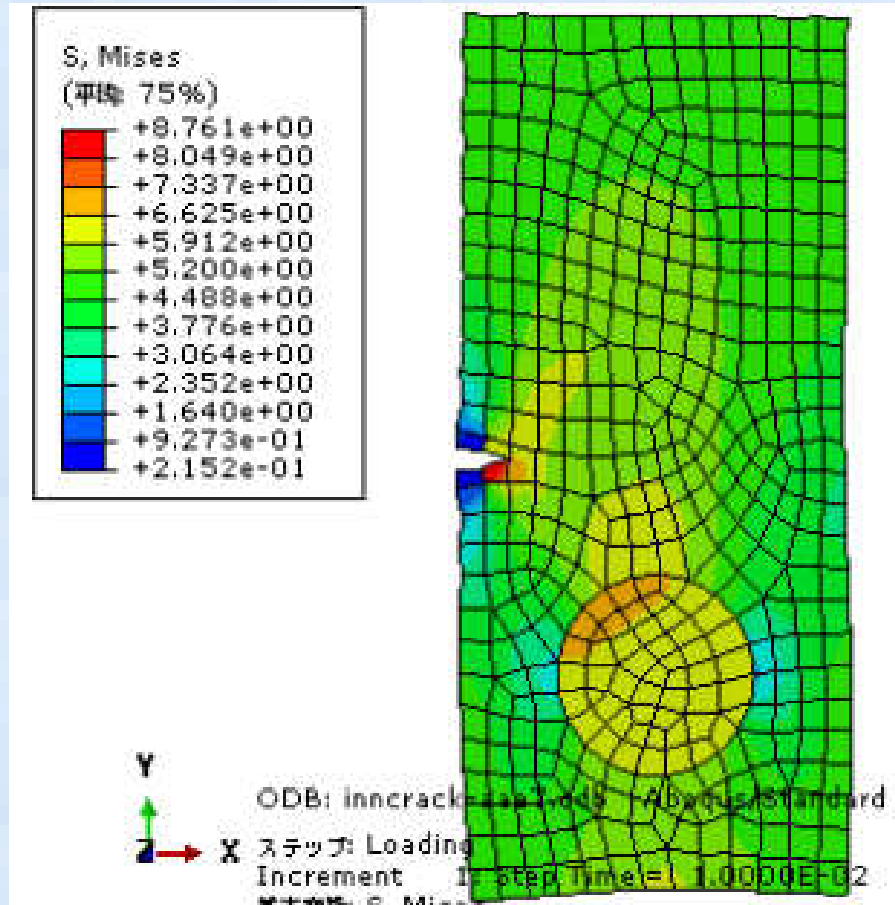
最大主応力=800MPaで損傷発生
*Damage Initiation, criterion=MAXPS
800.,

	材料1(母材)	材料2(円部)
ヤング率(Mpa)	1E+6	1E+7
ポアソン比	0.33	0.33

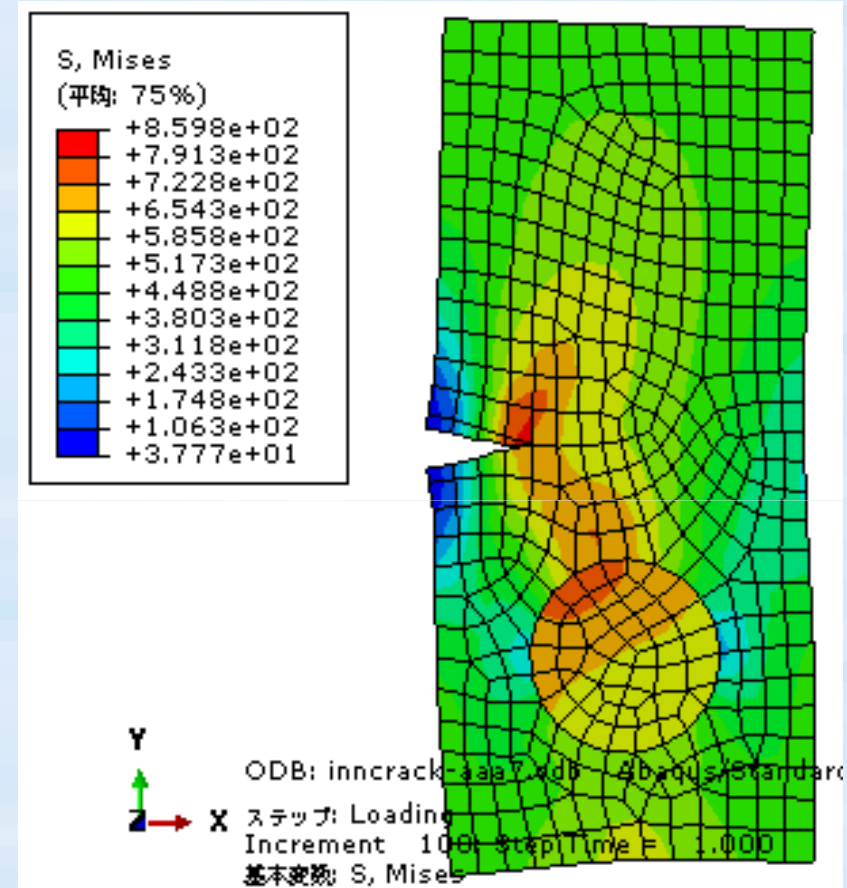
XY方向固定

ABAQUS Student EditionによるXFEM解析事例 について

例題② 2D-CRACK-GROWTH



初期応力分布



最終応力分布



き裂が進展していく様子が確認できる

まとめ

- **ABAQUS Student Edition** を使った各種破壊解析事例について調査
- 要素数に制限はあるが、**XFEM**を含め高度な解析が比較的簡単にできることが確認できた
- **CodeAster** との比較を今後実施予定