

オープンソースCAEソフト 一覧調査

OpenCAE勉強会

SH

発表本日の内容

- 調査背景・調査手法
- 構造系CAEオープンソース等
- 流体系CAEオープンソース等
- 可視化ツールオープンソース等
- メッシュ生成オープンソース等
- 分子動力学・粒子法
- MBD（機構解析）オープンソース
- 数式処理・行列計算・1D-CAE
- 2D/3D-CADソフトオープンソース等
- 電気系CAD, 回路計算, 電磁場解析
- その他・便利ツールなど（未）
- まとめ

調査背景

- **OpenCAE勉強会に初参加する人や初心者向けにOpenCAE関連のツールが一覧があれば便利**と思い、元々構造解析と流体解析ツールのリストは作っていたので、これをアップデートして、更にその他のツールや関連ソフトのリストを追加して**関連リストを作成してみることにした。**
- **しかし、あまりにもツールやソフトがありすぎたので、全部を一人で概要すら調査をするのは無理と判明、興味をもった勉強会の皆さんは各自で調査をお願いします。**

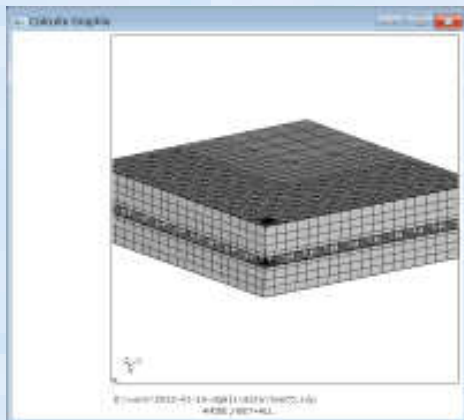
調査手法

• 調査はIFERと英語版Wiki、その他

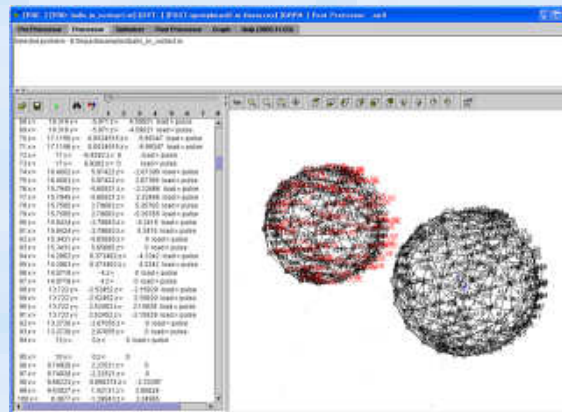
- IFER: Internet Finite Element Resources
http://homepage.usask.ca/~ijm451/finite/fe_resources/
- http://en.wikipedia.org/wiki/Finite_element_method
- http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_finite_element_software_packages
- http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_numerical_analysis_software
- http://en.wikipedia.org/wiki/Category:Free_science_software

構造系CAEオープンソース等

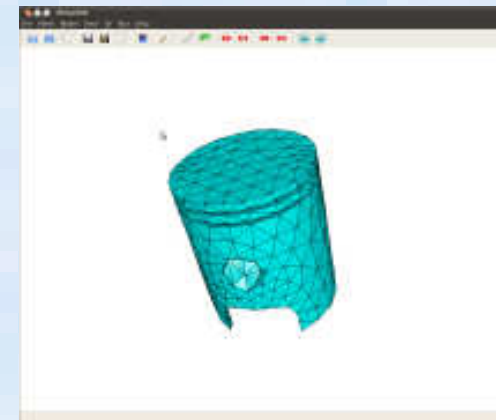
名前	URL	内容	License
Calculix	www.calculix.de	Abaqus的非線形構造解析	GPL
CodeAster	www.code-aster.org	非線形構造解析	GPL
Impact	impact.sourceforge.net	陽解法非線形解析ソルバ	GPL
WARP3D	cern49.cee.uiuc.edu/cfm/warp3d.html	構造解析(き裂解析)	GPL
Elmer	www.csc.fi/english/pages/elmer	連成解析ソルバ(構造解析)	GPL
Adventure	adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/jp/	大規模構造解析ソルバ	独自
FrontISTR	www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/riss/dl/	大規模構造解析ソルバ	独自



Calculix

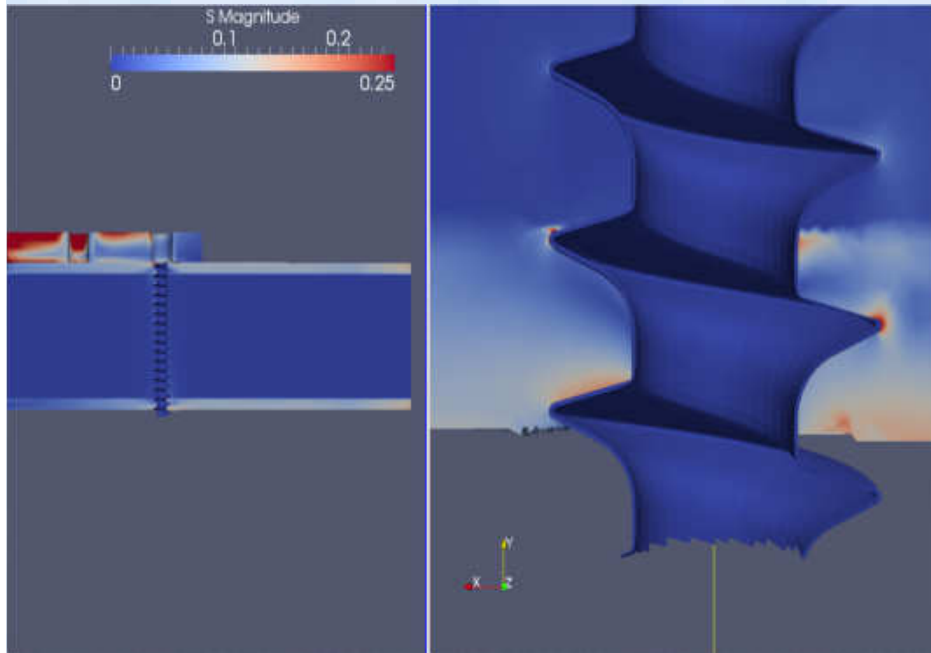


Impact

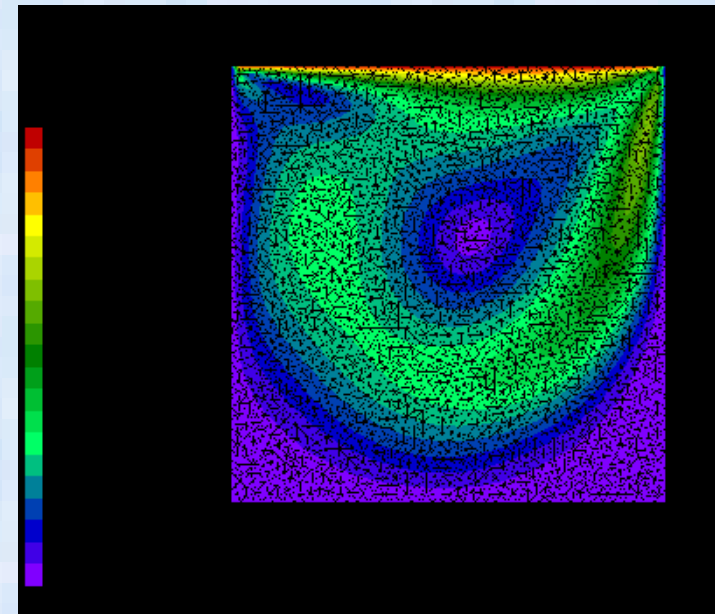


Elmer

Calculix



CalculiX Extras
project 解析事例



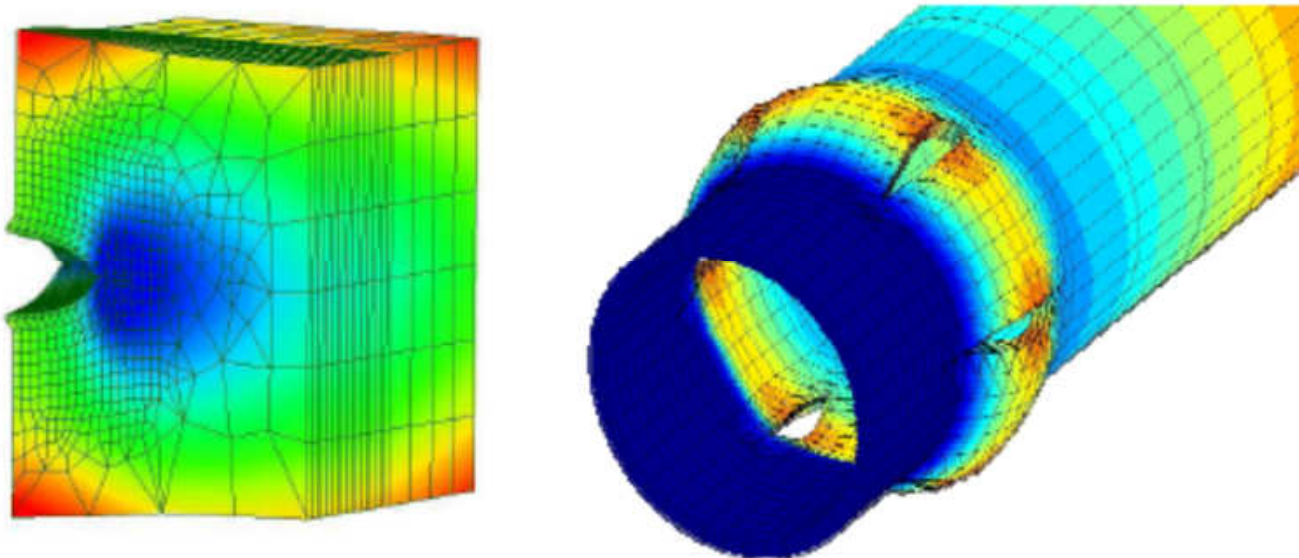
Cavity FLOW in Calculix

- 商用ソフトABAQUSと同様の入力書式をもつオープンソース ABAQUSを仕事で使っている人は文法を勉強しないでそのまま使える。知らない人もABAQUSのマニュアルを見れば大体使い方が分かる。
(テキスト入力ベースのモデラー、メッシャー、ソルバ、POSTを包含した非線形構造解析ソフト、一部流体解析も可能)
- <http://www.bconverged.com/calculix> にてWindows実行バイナリも公開
- Linux で利用する場合は本家のHP からソースをダウンロードしてコンパイル→ <http://www.dhondt.de/> するかCaelinix(DVD-iso)版を利用する。ソースのコンパイルは結構大変。
- 非線形(大変形、接触解析、材料非線形(塑性、クリープ、温度依存etc)が可能
- 課題;使っている行列ソルバ(Spools)が古い→ 標準設定ではあまり大規模な計算(100万メッシュ以上?)には対応できない。Extras プロジェクトで別ソルバ(CUDAベース行列ソルバ等Cuda-CUSP, Cholmod) のインターフェースプログラムが公開されている→ http://homepages.wmich.edu/~pjm8969/research/ccx_extras-dl.html

CodeAster / SalomeMeca

- フランスEDF社(電力公社)が開発し、オープンソースとして公開している。自社の構造解析に利用
- 汎用構造解析ソフトの持つ材料非線形、接触解析、熱応力解析などほとんど機能を網羅する
- GUI(プリ/ポスト/Mesher)として、別オープンソースSalomeを利用する。
- SalomeとCodeAsterを一体化したモジュールがSalomeMECA
- 日本ではOpenCAE勉強会(岐阜/広島), 関西CAE懇話会のコミュニティで応用事例の検討、日本語化対応などが進められている

EDF 公開資料より、XFEMによる3次元亀裂進展解析



Impact

衝撃解析フリーオープンソフト : Impact

Impact はフリーのオープンソース動解析(陽解法プログラム)

<http://impact.sourceforge.net/>

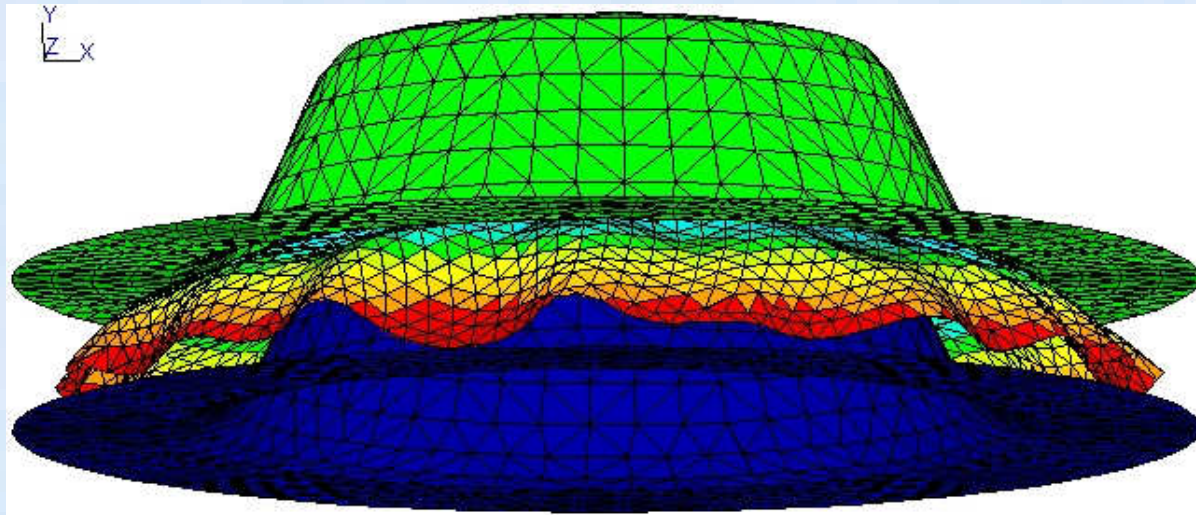
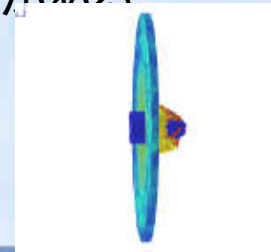
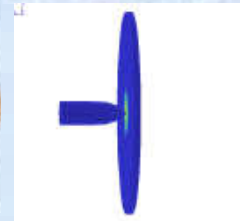
からプログラムをDownload可能。今は“Impact-0.7.xx.zip”が公開

—Java で開発されているため、JREまたはJavaがインストールされている必要がある

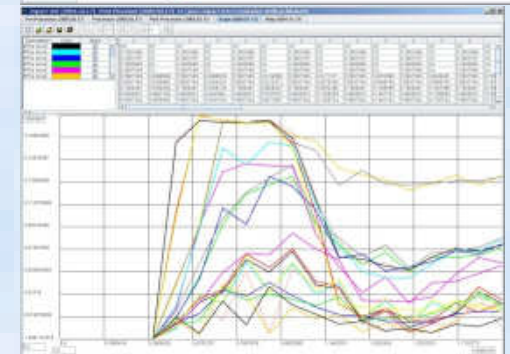
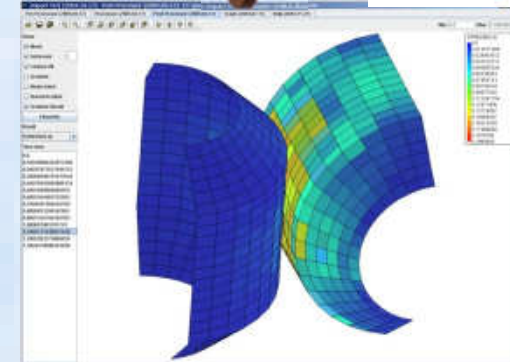
—Windows, LinuxなどJava動作可能なマシンで動作する。

—衝突解析などの他、塑性加工解析などにも適用できる。

<http://impactprogram.wikispaces.com/> に簡単な使用方法が記載

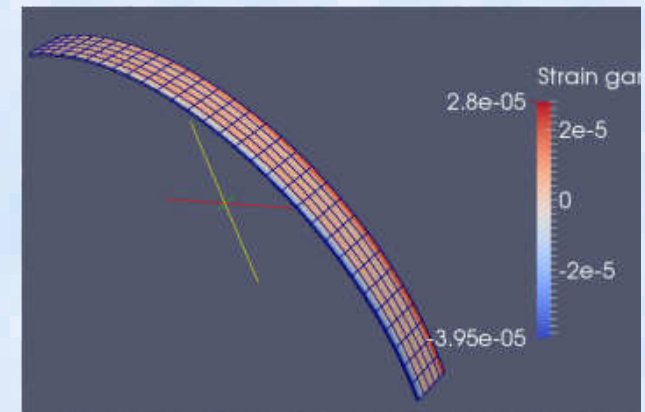
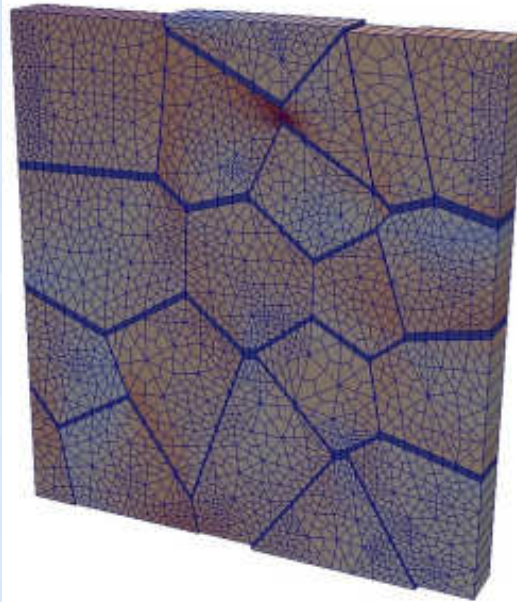
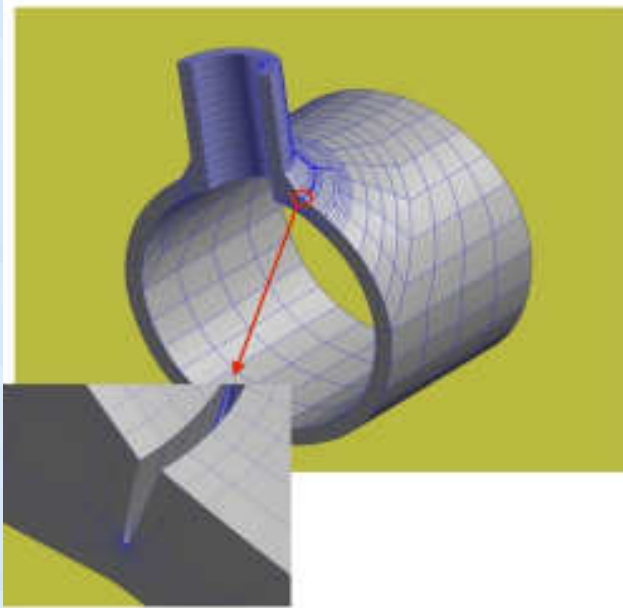


カップの塑性加工解析例

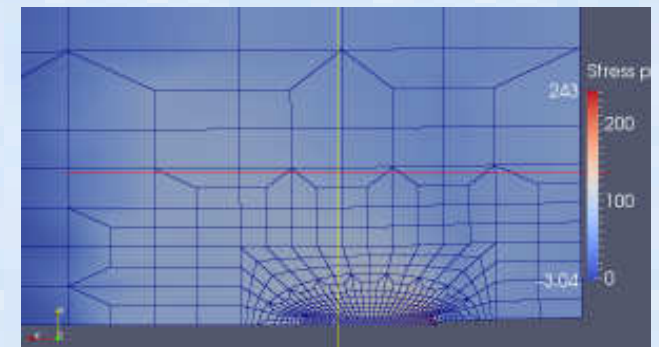


WARP3D

- 米国イリノイ大学で開発された3次元固体向けの非線形有限要素解析、主にき裂解析向けに特化。以下からダウンロードできる(ソース,マニュアル,実行バイナリパッケージなど)
- <http://code.google.com/p/warp3d/>
- Linux, Windows, MacOSで実行できる
- 結晶塑性材料の解析機能などある
- GUIが無い、商用Patran形式からコンバート
- 最近版で結果処理だけParaViewで可能



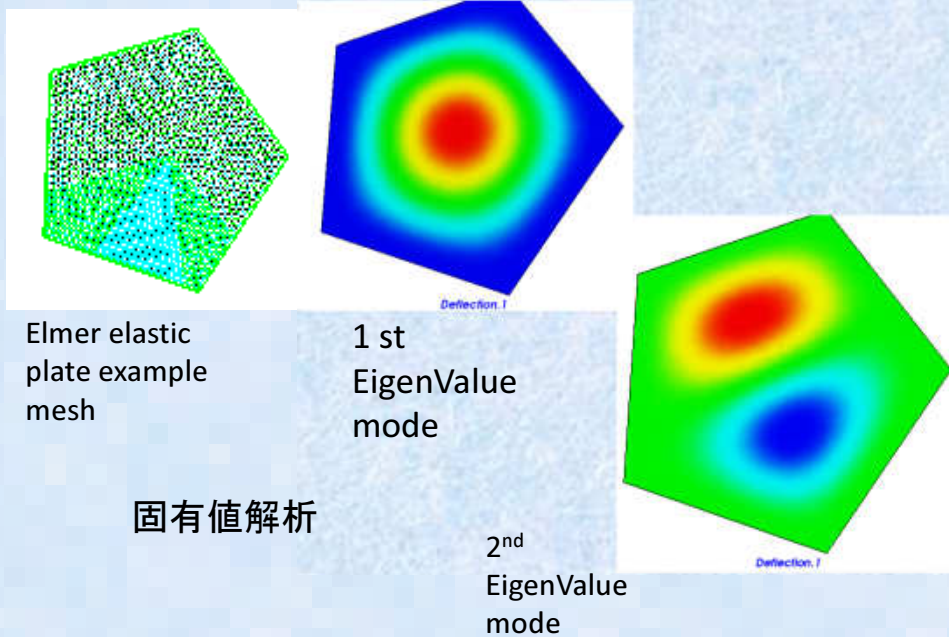
サンプル例題実行例1



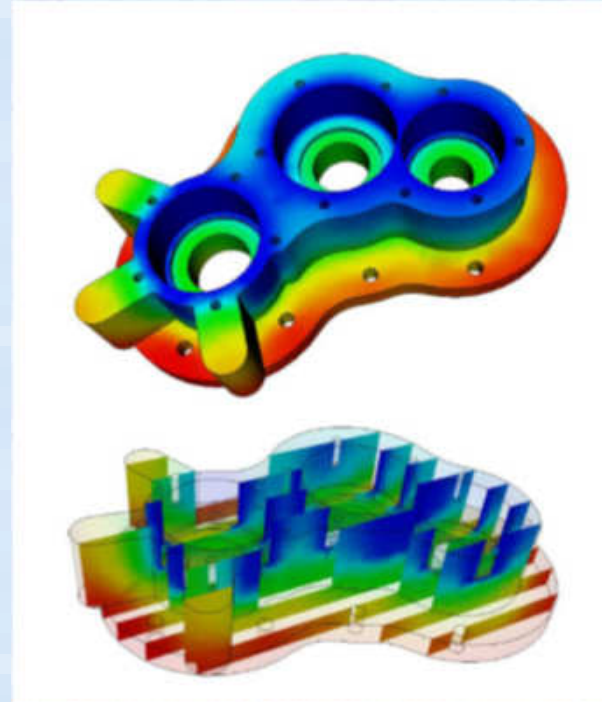
サンプル例題実行例2

Elmer

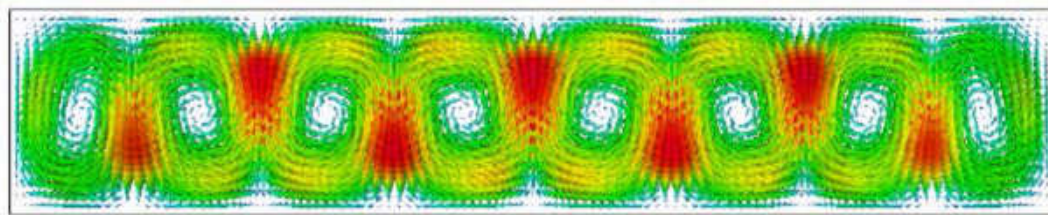
フィンランドIT Centerで開発



固有値解析



熱伝導解析



流速ベクトル分布

自然対流 レイリー・ベナール対流解析

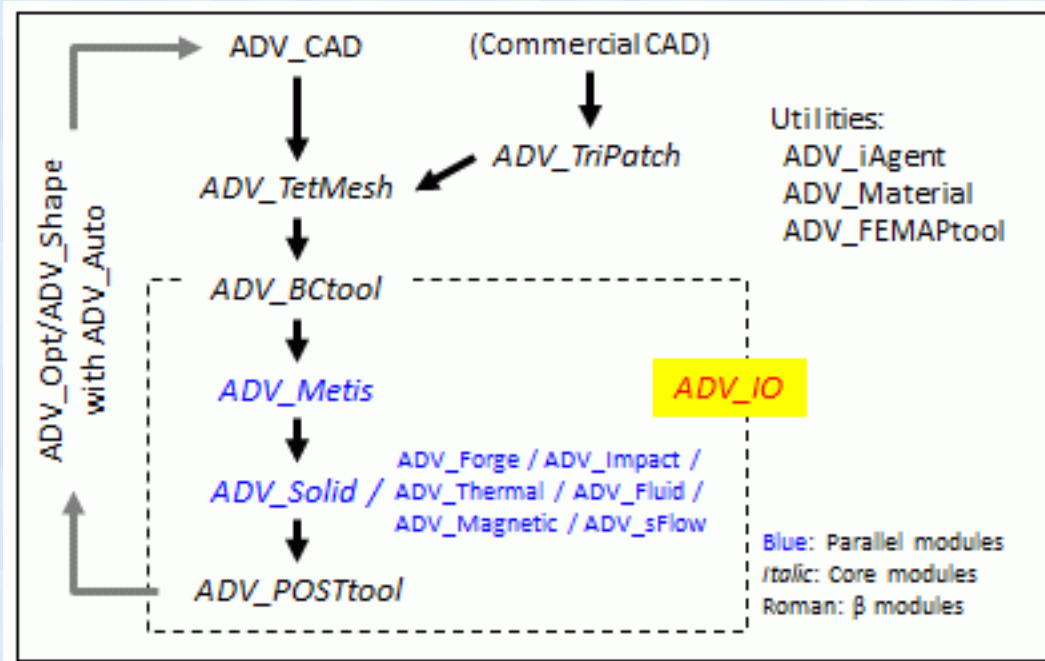
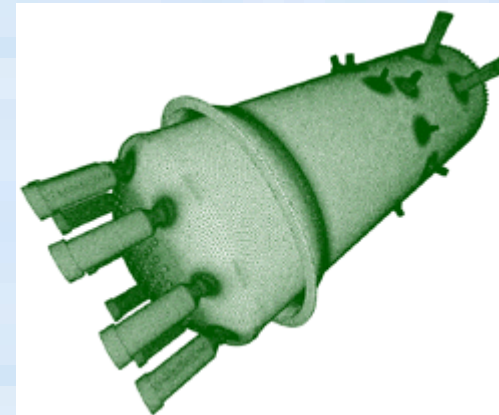
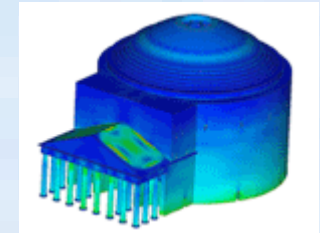
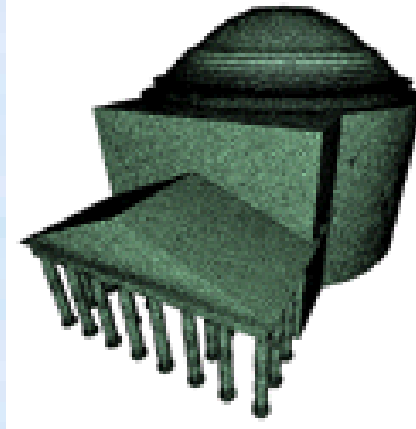
Elmer Tutorial日本語翻訳してくれている方



<http://digitalcreation-s.blogspot.jp/2012/08/elmer-programmers.html>

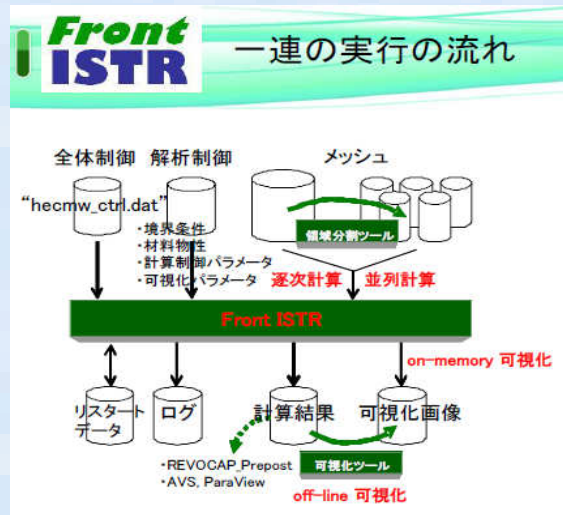
- マルチフィジクス向け汎用有限要素法ツール メッシュ, ソルバ, POSTを包含している。
- Windows版はGUIでパラメータ設定を行うため、比較的使いやすい
- Windows実行バイナリをダウンロードしてインストール可能 <https://www.csc.fi/web/elmer>
- Linux版はソースからコンパイルするか旧版バイナリはUbuntu系linux であればapt-get コマンドで簡単にインストールできる。またCaelinux2013(DVD-iso)にインストールされている 下記参照(日本語 SourceからElmerをコンパイルする) <http://freeplanets.ship.jp/FEM/Elmer/Elmer-compile.html>
- 構造解析、振動解析、熱伝導解析、熱流体解析機能など各種解析/連成解析に対応

Adventure



- 国プロで東大の吉村先生中心に開発された国産FEM(詳しくは前回の三好さんレポートを参照)最近 V2(動解析機能)が新規公開
→ <http://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/jp/>
- 固体FEM機能(大変形、弾塑性材料など)、大規模計算向き(1000万自由度以上~)
- GUI関連機能は使いにくい, 柴田先生がまとめた"DEXCS-Adventure 2010"
<http://dexcs.gifu-nct.ac.jp/download/>
を使うのがおそらく一番簡単。またFrontシリーズで開発されたRevocap
http://www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/project/rss/software/06_info.htm もプリポストに使える

FrontISTR①



FrontISTRの機能一覧

注:赤字は平成24年度拡充機能

線形静解析	等方性/異方性(熱応力解析を含む)
非線形静解析	材料非線形: 超弾性/弾塑性/熱弾塑性/粘弾性/クリープ 等方/移動/複合硬化 幾何学的非線形: Total Lagrange法/Updated Lagrange法 境界非線形(接触): Lagrange乗数法、有限すべり、摩擦
線形動解析	時刻歴応答(陽解法/陰解法)、周波数応答
非線形動解析	陽解法/陰解法、接触解析機能
固有値解析	ランチョス法、変形後解析機能
熱伝導解析	定常/非定常(陰解法)
要素タイプ	四面体/六面体/五面体/シェル/トラス/梁 1次/2次、非適合モード、選択の次数低減積分
解析支援	境界条件ステップ制御、リスタート、ユーザーサブルーティン

~~ダウンロードは下記から~~

~~<http://www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/riss/>~~



<http://www.multi.k.u-tokyo.ac.jp/FrontISTR/index.html>

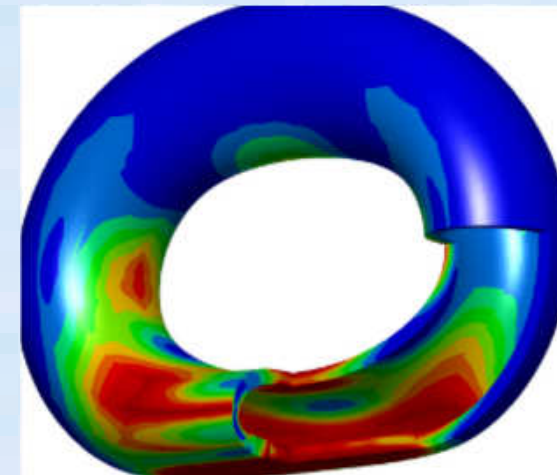
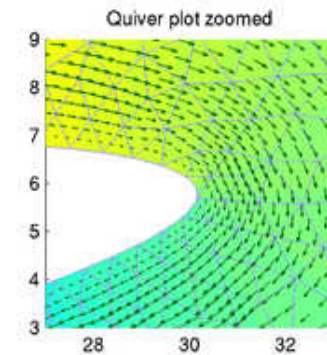
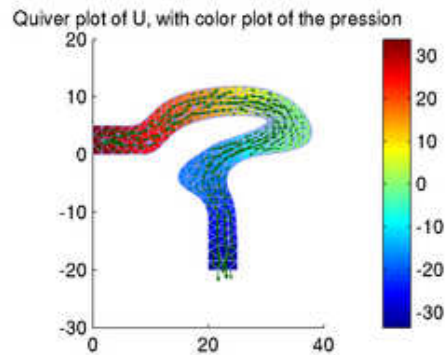
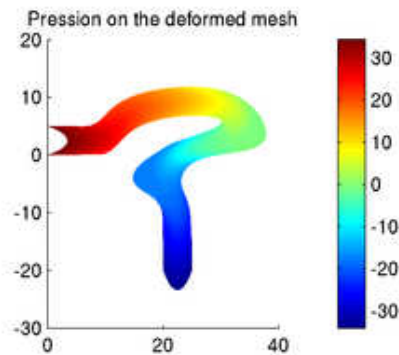
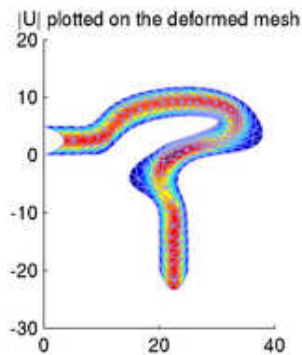
- FrontISTRとは東大が国プロで開発しているオープンソースソフトウェア
- 有限要素法構造解析ソフトウェア各種非線形解析機能を有する
- 分散領域メッシュ+反復法ソルバによるノード間並列解析機能を有する
- ライセンスフリー(商業利用時は独自契約が必要)
- プリは同じプロジェクトで開発されたRevocapを使用, MeshはABAQUSに似た独自書式
- 変形・応力解析機能
 - 線形静解析, 非線形静解析, 大変形解析
 - 材料非線形解析(弾塑性・超弾性・粘弾性・クリープ・ユーザ定義材料)
 - 接触解析(拡張ラグランジュ、ラグランジュ法)
 - 動的陽解法は非接触解析のみ可能
 - 陰的時間積分法による接触を考慮した過渡解析(衝突解析)も2012年度に実装した

構造系CAEオープンソース2

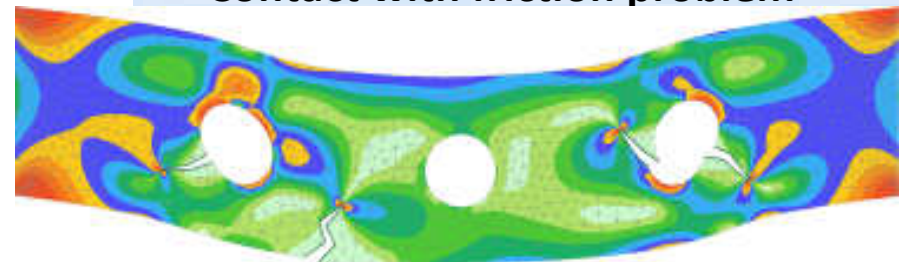
名前	URL	内容	License
GetFEM++	http://download.gna.org/getfem/html/homepage/index.html#what-is-getfem	A generic finite element library written in C++ with interfaces for Python , Matlab and Scilab . It focuses on modeling of contact mechanics and discontinuities (e.g. cracks).	LGPL
MOOSE	http://mooseframework.org/	Multiphysics Object Oriented Simulation Environment - an object oriented C++ finite element framework for rapid development of tightly coupled multiphysics solvers	LGPL
OOFEM	http://www.oofem.org/en/	Object Oriented Finite Element solver, written in C++	GPL2
FEM-Block	http://uglab.web.fc2.com/	線形静解析から弾塑性動的陽解法まで行える簡易3次元有限要素法構造解析ソフト	国産有償 CAEソフト開 発研究所

GetFEM++

- GetFEM++は有限要素法で線形・非線形の偏微分方程式を解くためのフレームワーク
- Python, Matlab, Scilabとリンクして動作するスクリプト言語
- メッシュはGID, GMSH, EMC2から読み込み



Contact with friction problem

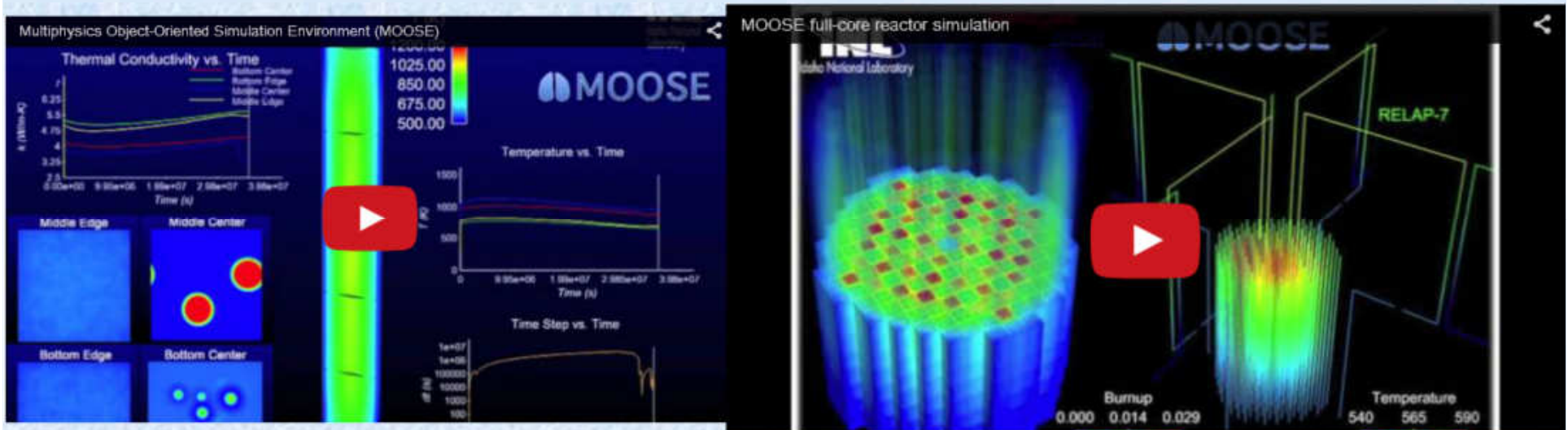
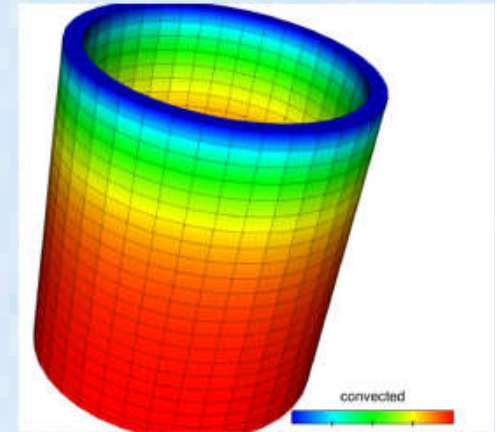


Xfem cracks in a beam

incompressible viscous fluid flows in a 2D tube

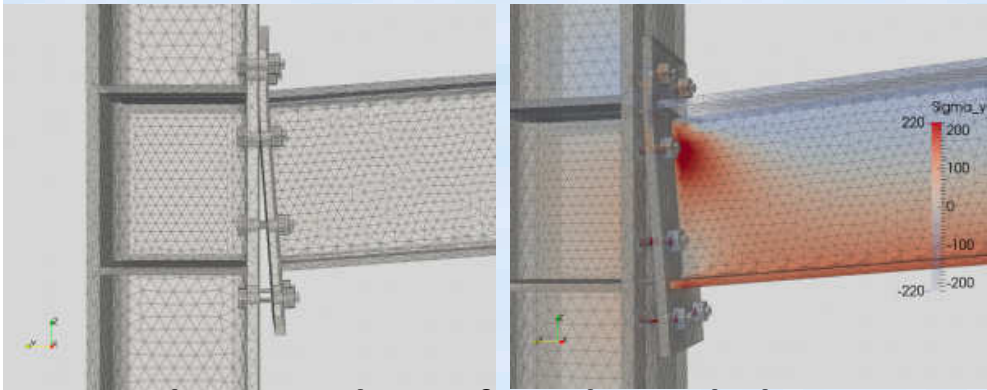
MOOSE

- MOOSEは[Idaho National Laboratory](#).で開発されたマルチフィジクス(連成解析)向けの有限要素法ベースのオブジェクト指向解析環境
- 固体力学、フェーズフィールド法、NS方程式(流体)、熱解析などの連成解析が可能
- メッシュはCUBITで作成・可視化する、Unv形式、ABAQUSのinp形式からのよみこみやGmsh形式の出力が可能
- アダプティブメッシュ機能

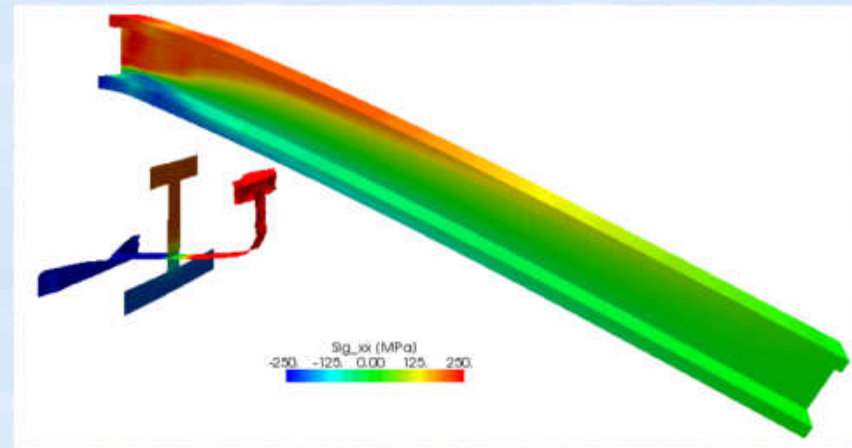


OOFEM

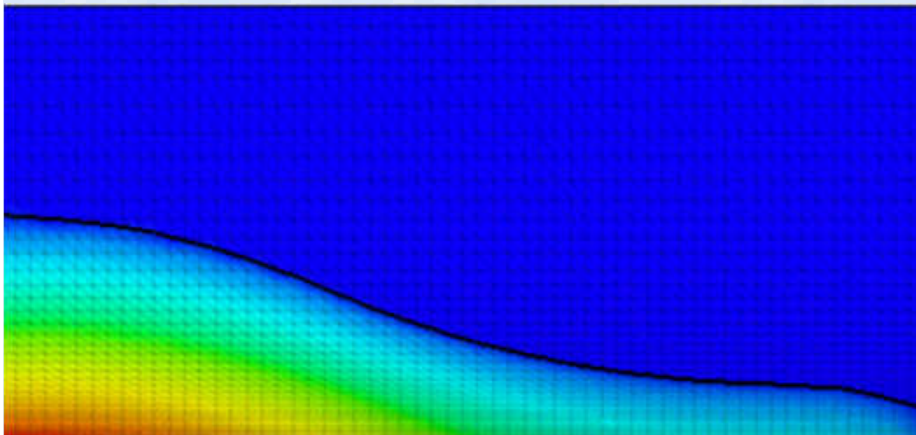
- OOFEMはオブジェクト指向ベースの有限要素法固体、熱、流体の解析ソフト
- Salomeのunvファイルから unv2oofem でメッシュをコンバートできる
- 接触・材料非線形など考慮できる



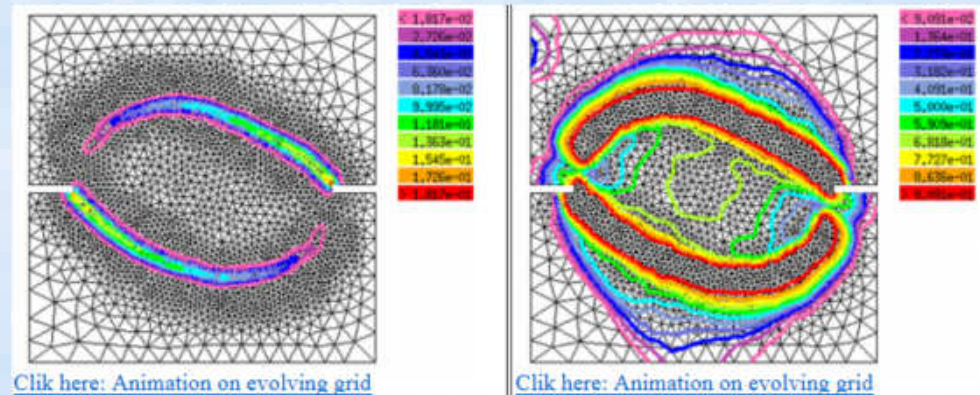
Inelastic analysis of steel joint behavior



[Simple bending of cantilever beam with plasticity](#)



Broken dam problem

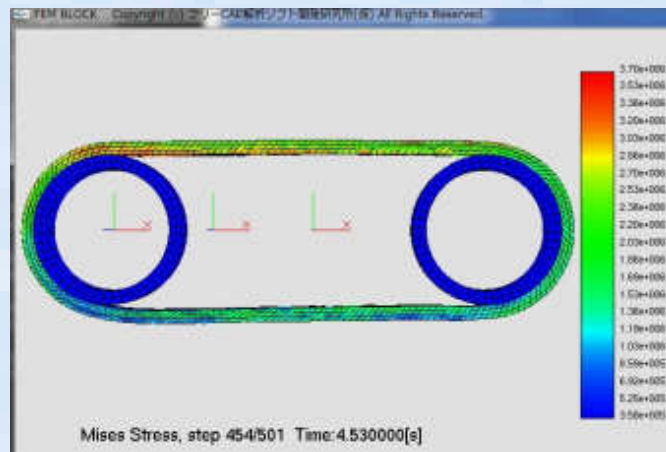
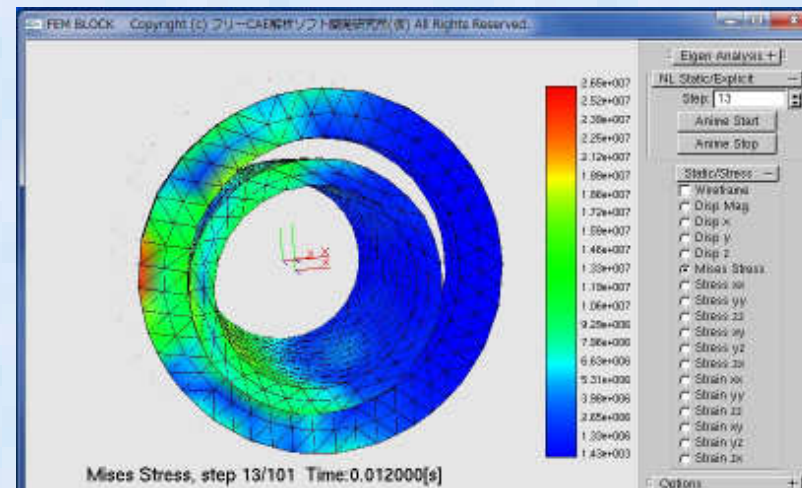
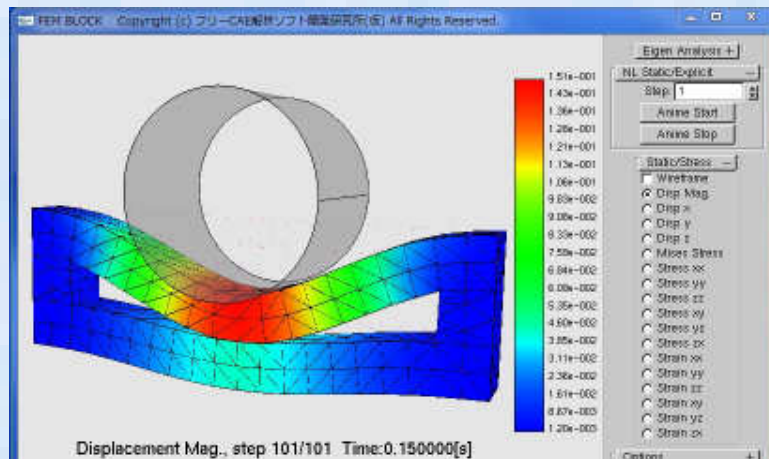


Adaptive simulation of Nooru-Mohamed test

CAEソフト開発研究所 FEM-Block

- 有償だが1000円、フリー版は5500自由度の制限
- 接触を考慮した動的陽解法, 非線形静解析機能などがある

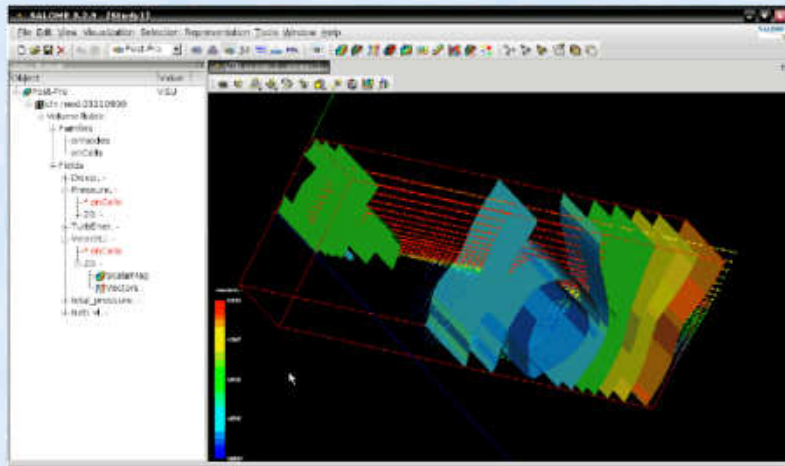
- <http://uglab.web.fc2.com/>



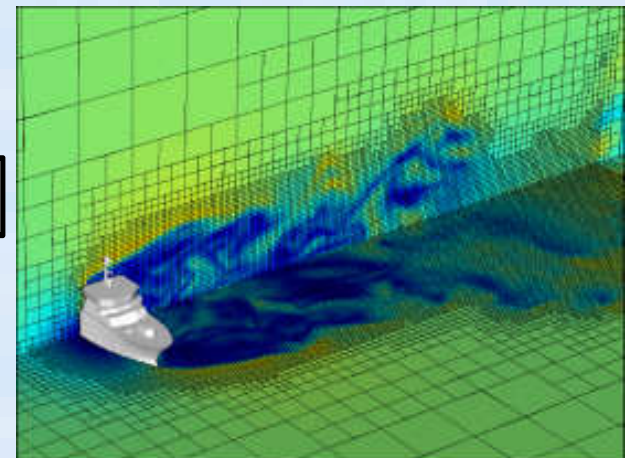
オープンソース流体解析ソルバ

名前	URL	内容	License
OpenFOAM	www.opencfd.co.uk/openfoam	汎用流体解析(FVM toolBox)	GPL
CodeSaturne	rd.edf.com	汎用流体解析(Salome 連携)	GPL
FEATFlow	www.featflow.de	非圧縮性NS方程式ソルバ	GPL
Gerris	gfs.sourceforge.net	非圧縮性NS/Euler方程式	GPL
FrontFlowRed	www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/rss21/	熱流体解析(FVM)	独自
FrontFlowBlue	www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/riss/dl/	大規模流体解析(FEM)	独自
Reef3D	https://reef3d.wordpress.com/source-code/	自由界面流体解析	GPL

CodeSaturne
-Salomeから
起動した例



Gerris



OpenFOAM

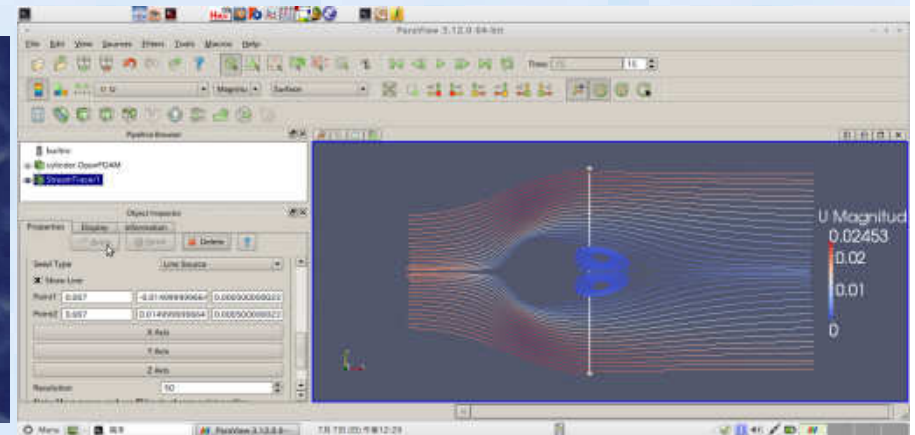
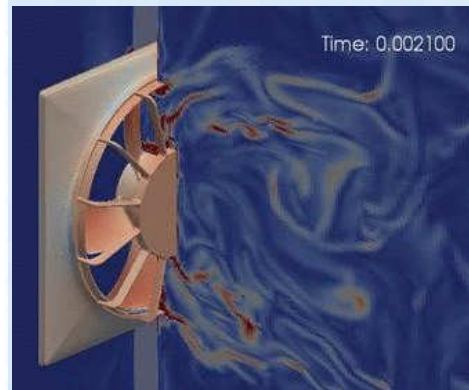
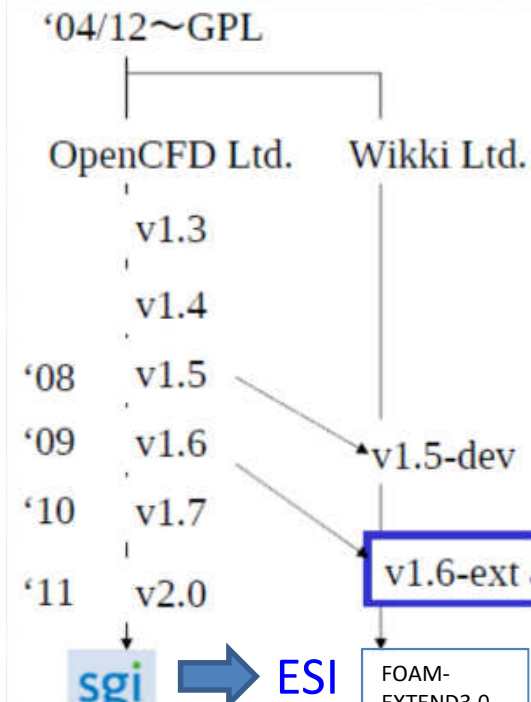
- OpenFOAMは有限体積法をベースとした数値計算ライブラリ(主に流体解析用)

1999年: Prof. Hrvoje JasakとHenry WellerがNabla社を設立し 商用汎用ソルバーFOAMを開発

2004年: Nabla社はFOAMの開発を終了し、FOAMをオープンソースソフトウェアOpenFOAMとした。

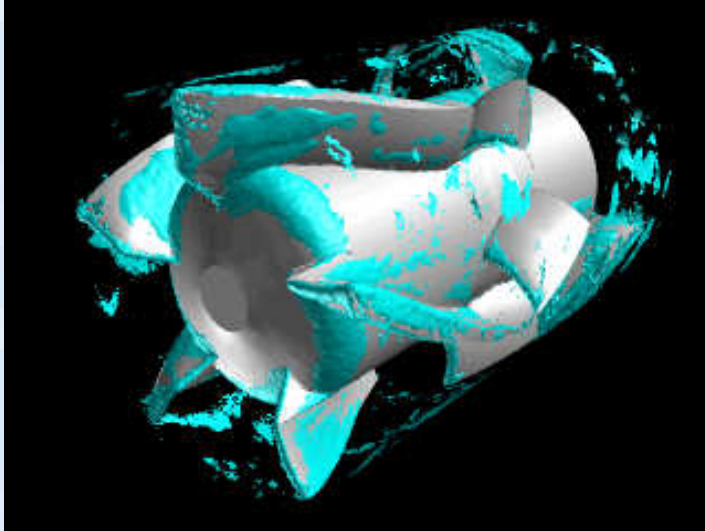
世界で最も利用されているオープンソースCFDソフト

Open  FOAM

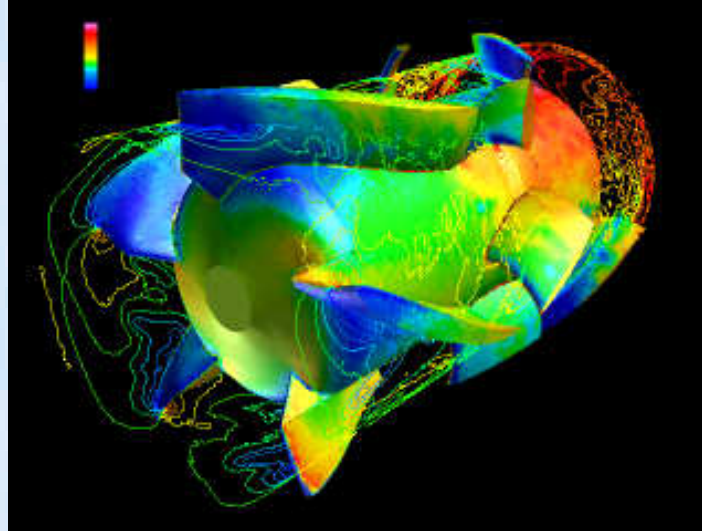


FrontFlowBlue

流れの渦の様子



表面圧力の瞬時場



冷却ファンそのもの流体シミュレーション

- FrontFlowBlueとは東大・加藤先生が国プロで開発しているオープンソースソフトウェア
- 有限要素法 流体・音響解析ソフトウェア、新バージョンでは熱流体解析も可能
- 大規模乱流解析や音響解析向けなど
- 大規模解析向けの高並列性能を有する

レベルセット法を用いた自由表面流が解けるオープンソースCFD REEF3D を試す - REEF3Dとは？ -

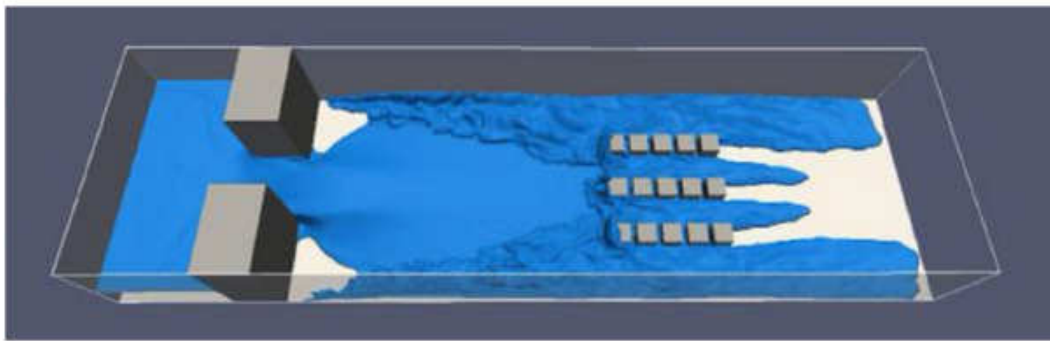
レベルセット法にもとづく自由表面流れ計算可能な流体計算ソフト

 **FN365**
@FN365

フォロー

【オープンソースCFDソフト REEF3D】レベルセット法を採用し、自由表面流れ計算に強み。直交格子を使用し、境界の取り扱いはGCIBM。並列計算にも対応。補間にはWENOも使える。 bit.ly/1ryhNza

← ↻ ★ ...



FN365 さん ↓

[https://twitter.com/](https://twitter.com/fn365/status/550092886587768832)

[fn365/status/550092886587768832](https://twitter.com/fn365/status/550092886587768832)

1/10 のOpenCAE@岐阜勉強会で柴田先生から紹介があった。

レベルセット法を用いた自由表面流が解けるオープンソースCFD REEF3D を試す

-レベルセット法とVOF法-

<http://www3.u-toyama.ac.jp/okumura/fem/pdf/text/second-day/Tanaka2.pdf>

自由表面流れ

桜庭 雅明

日本工営株式会社 中央研究所

田中 聖三

東京大学 地震研究所

サマースクール2012
有限要素法による流れ解析の基礎と応用

自由表面流れとは？



越波を伴う流れ



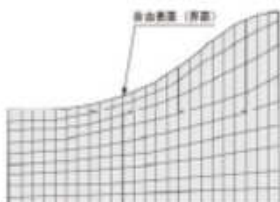
砕波を伴う流れ



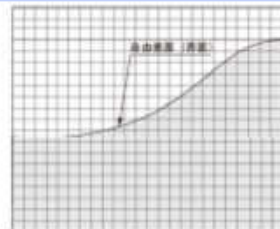
跳水を伴う流れ

- 自由表面流れ: 液体と気体の界面 (Interface) が存在する流れ
- 代表的な挙動: 波動, 跳水, スロッシング等の流体の現象

自由表面流れ解析手法の分類



界面追跡法 (Interface-Tracking method)

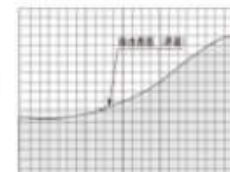


界面捕捉法 (Interface-Capturing method)

- 界面 (Interface) の位置を直接的 (界面追跡), 間接的 (界面捕捉) により表現する
- 移動メッシュ (Lagrange 記述), 固定メッシュ (Euler 記述).

自由表面流れ解析手法の分類

名称	界面の表現方法	特徴	手法
界面追跡法	領域境界として直接的に表現	界面の位置が正確, 解析メッシュの破綻	ALE法 Space-Time法
界面捕捉法	識別子を用いて間接的に表現	不連続な現象に適用可能, 界面が不鮮明となる	VOF法 Level set法



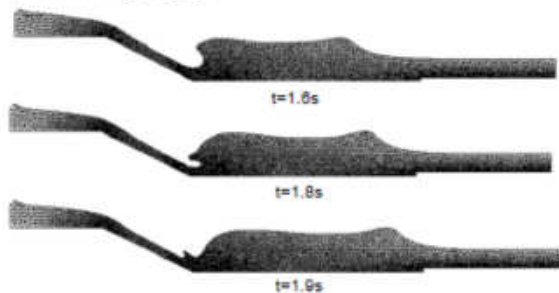
レベルセット法を用いた自由表面流が解けるオープンソースCFD REEF3D を試す

-レベルセット法とVOF法②-

<http://www3.u-toyama.ac.jp/okumura/fem/pdf/text/second-day/Tanaka2.pdf>

界面追跡法の応用

複雑な自由表面形状の流れへの適用にはメッシュの再構築 (Re-Meshing) が必要。



界面追跡法のまとめ

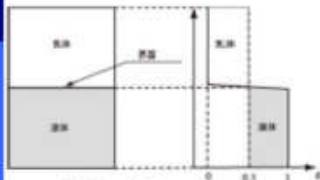
□ 界面追跡法の特徴

- メッシュによる移動境界 (自由表面) の表現
- メッシュの移動座標系により小分類される
- 直接的な表現のため、界面が明確に定義可能
- 複雑な自由表面形状に適用は難しい
- 大変形する問題に関しては、メッシュの再構築 (Re-Meshing) が必要

-Level set 関数使うかVOF関数を使うかの違い。

← 特徴は左下参照

界面捕捉法 VOF (Volume Of Fluid) 法



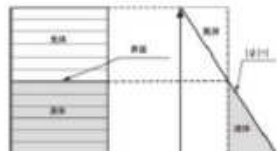
- 長所
- アルゴリズムが容易
- 短所
- 体積補正に工夫を要する
 - 界面付近の平滑化に工夫を要する

VOF関数の定義

VOF関数を用いた密度・粘性係数

$$\begin{cases} \rho = \rho_f \phi + \rho_g (1 - \phi) \\ \mu = \mu_f \phi + \mu_g (1 - \phi) \end{cases}$$

界面捕捉法 Level set 法



- 長所
- 界面の安定性・鋭敏性を保つ
 - 体積補正の導入が比較的容易
- 短所
- Level set関数の再初期化が必要

Level set関数の定義

Heaviside関数を用いた密度・粘性係数

$$\begin{cases} \rho = 0.5(\rho_f + \rho_g) + H_D(\rho_f - \rho_g) \\ \mu = 0.5(\mu_f + \mu_g) + H_D(\mu_f - \mu_g) \end{cases} \quad H_D, \text{ Heaviside関数}$$

レベルセット法を用いた自由表面流が解けるオープンソースCFD REEF3D を試す

- インストール方法等 -

- <https://reef3d.wordpress.com/source-code/>
→ このリンク: Sourceforge からソースをDLする
- Mpic++ でmake する。
- Linux ubuntu 12.04LTS と
Windowsでも cygwin64 でmake できた。
(何も考えず、ソースを展開してmake)
- Mpic++ を使ってコンパイルする仕様(mpi.hをインクルード)にしているのでmpiライブラリが入っていないとコンパイルすらできない(cygwin64 でもmpi 関連ライブラリ導入が必須)。
- メッシュは専用メッシャーDiveMeshで作成する。こちらはg++でコンパイルする
- 実行はシングル実行の場合はコマンドを直接実行。並列の場合はmpirun でプロセッサ数を指定して実行

チュートリアルDamBreakを試す

- OpenFOAM のInterFoam で有名なダムブレイクと同様のチュートリアルがあるので、これを実行してみる。

コマンド実行は左のソルバ、メッシュ向けのコントロールファイル2個をおいたディレクトリにてメッシュャー、ソルバの順番に実行する

```
% divemesh
```

```
% reef3d
```

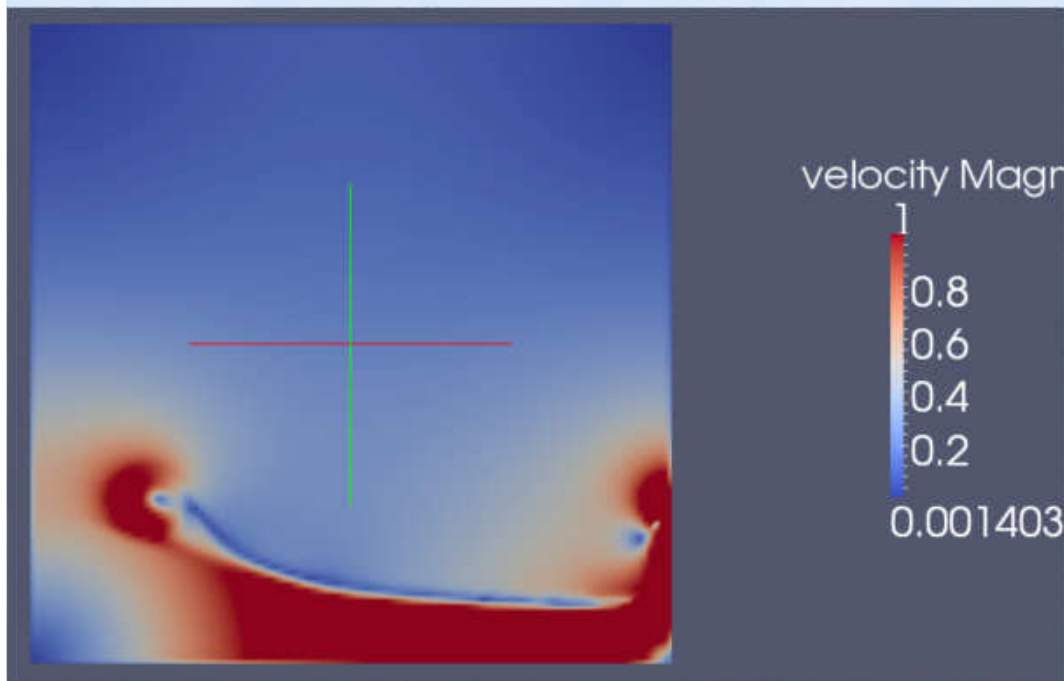
(この辺はOpenFOAM ライク仕様)

Mesher設定: control.txt

```
C 11 21 // left side: wall boundary
C 12 3 // side: symmetry plane
C 13 3 // side: symmetry plane
C 14 21 // right side: wall boundary
C 15 21 // bottom: wall boundary
C 16 21 // top: wall boundary
B 1 0.005 // mesh size dx
B 10 0.0 0.6 0.0 0.005 0.0 0.6 //
rectangular domain size domain size
M 10 4 // number of processors
```

Solver設定:ctrl.txt

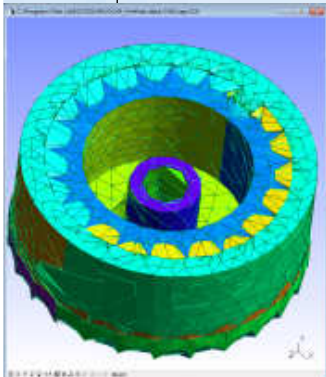
```
B 5 1 // rough wall law
B 50 0.0001 // wall roughness ks
D 10 4 // Conservative WENO discretization for velocities
D 20 2 // implicit diffusion treatment
D 30 1 // projection method for the pressure
F 30 3 // 3rd-order Runge-Kutta Scheme for Level Set Time Treatment
F 40 3 // 3rd-order Runge-Kutta Scheme for Reinitialization Time Treatment
F 50 4 // Level set function is not fixed at inlet or outlet
F 54 0.15 // x-coordinate for end fluid phase one
F 56 0.3 // z-coordinate for end fluid phase one
N 10 3 // BiCGStab solver with Jacobi scaling
N 40 1 // 2nd-order Adams-Bashforth time treatment for velocities
N 45 25000 // maximum number of iterations
N 47 0.1 // factor for CFL criterion
M 10 4 // number of parallel processes
P 10 1 // turn on .vtu print out
P 30 0.01 // print out interval based on simulation time
W 22 -9.81 // gravity
```



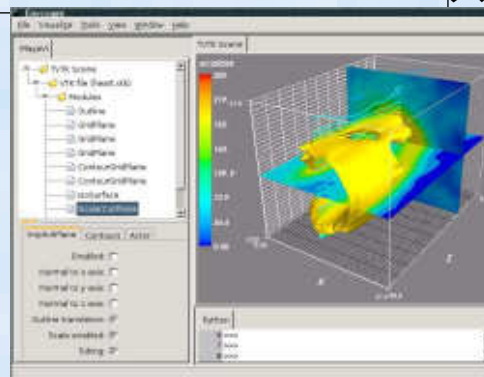
Tutorial: DamBreak の実行結果

可視化ツール

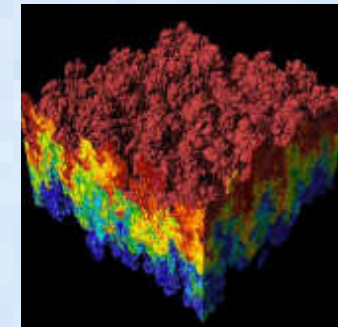
名前	URL	内容	License
Gmsh	www.geuz.org/gmsh	2D/3D自動メッシュツールだが、結果可視化機能がある。Rmed 可視化可能	GPL
MayaVi	mayavi.sourceforge.net	データ可視化	BSD
Medit	http://www.dmm.co.jp/litevideo/-/detail/=/cid=mum00094/	データ可視化	?
VisIt	https://wci.llnl.gov/simulation/computer-codes/visit	データ可視化	GPL
ParaView	www.paraview.org	データ可視化	BSD
Salome	www.salome-platform.org	独自結果処理機能があったが現在はParaVIEWを利用している	GPL
Revocap	www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/riss/dl/	FistrなどCISSの可視化動作不安定	独自
LS-PrePOST	www.lstc.com/lsp/ftp.html	LS-Dyna用のフリープリポスト・結果処理に使える	無料



Gmsh



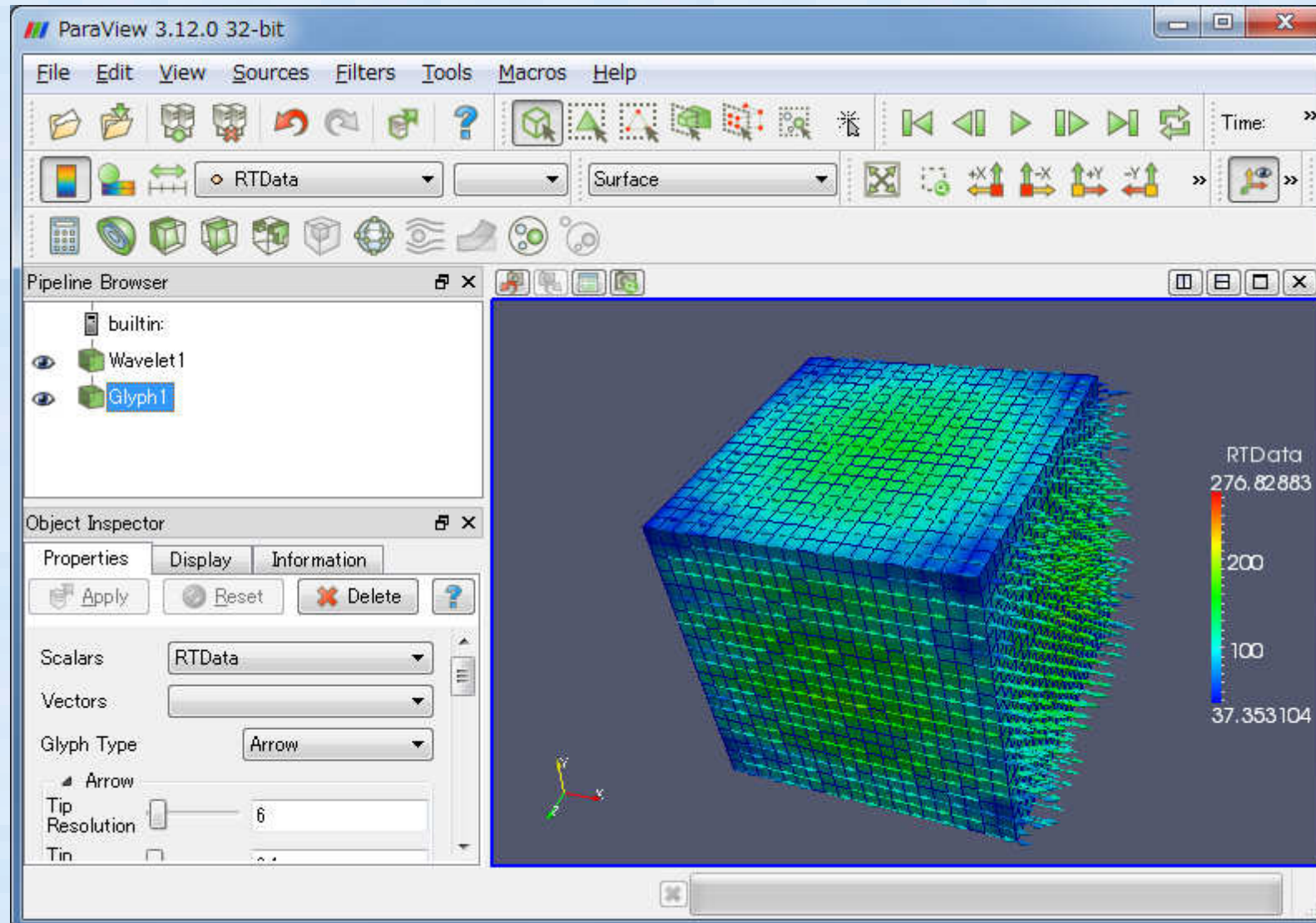
Mayavi



VisIt

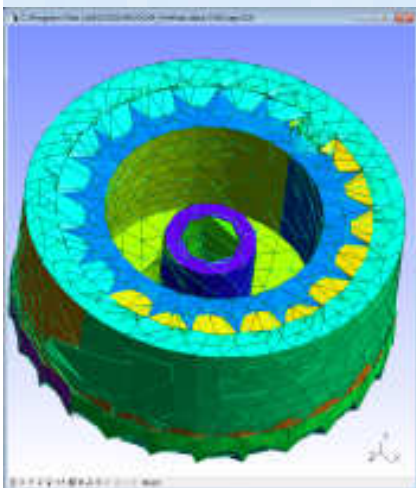
ParaView

- Sandia ラボで開発されているおそらくOSSとして一番利用されている可視化ツール
OpenFOAMやCodeAsterの結果可視化で広く利用されている
- VTKベースで開発されているが、複数形式のデータ読み込みが可能

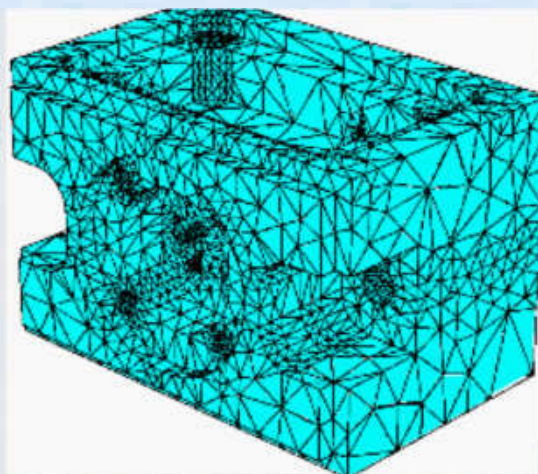


メッシュャ

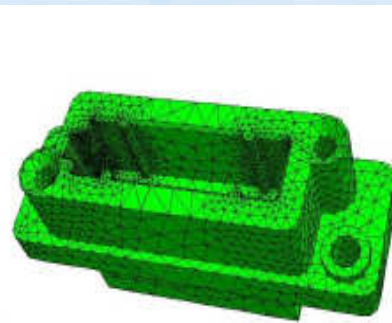
名前	URL	内容	License
Gmsh	www.geuz.org/gmsh	2D/3D自動メッシュ・形状作成	GPL
Tetgen	http://wias-berlin.de/software/tetgen/	3D Delaunay meshes	BSD
Netgen	www.hpfem.jku.at/netgen	3D自動メッシュ	OSL
Salome	www.salome-platform.org	2D/3D-CAD, 自動メッシュ	GPL
Revocap	www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/riss/dl/	3D自動メッシュ	独自
CfMesh	http://www.c-fields.com/solutions/products/meshin	OpenFOAM用3Dメッシュャ	GPL
LS-PrePOST	www.lstc.com/lsp/ftp.html	LS-Dyna用のフリープリポスト	無料



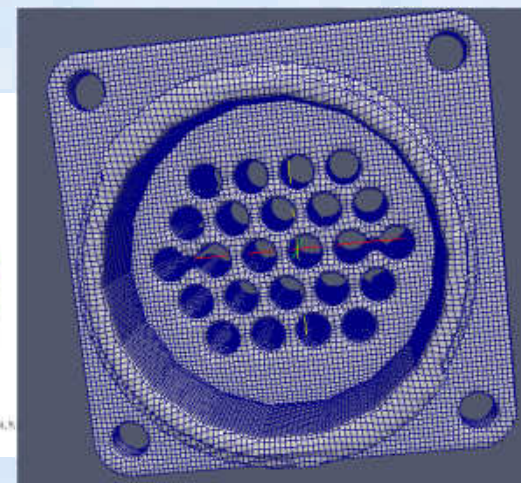
Gmsh



Tetgen



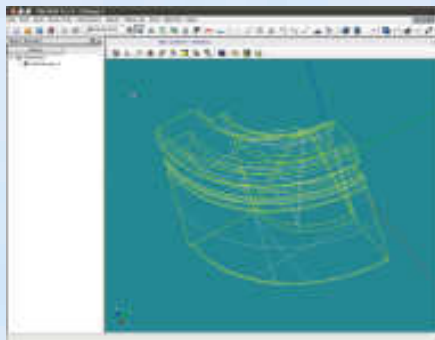
Netgen



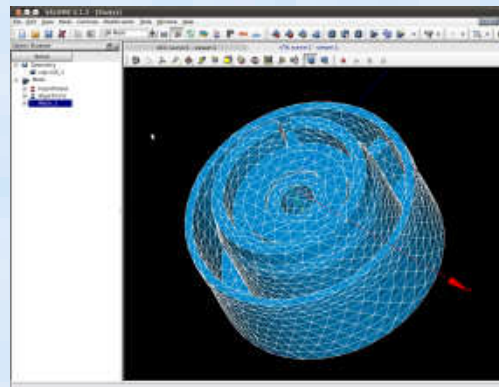
cfMesh

Salomeについて

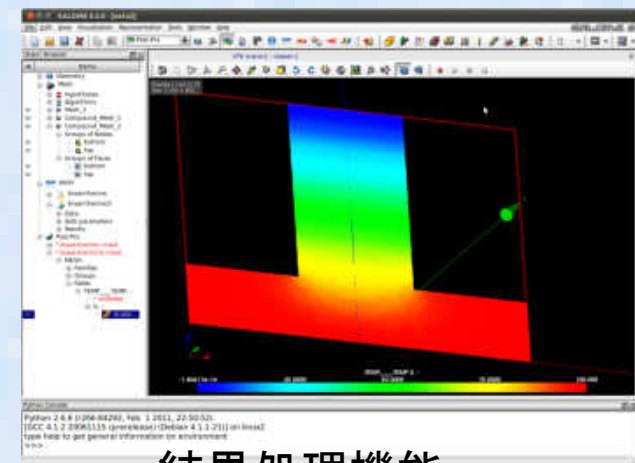
- オープンソースの数値解析シミュレーションのための統合化プラットフォーム
(3次元モデリング(形状作成)とメッシング機能をもつGUIのツール)
- SALOMEの公式サイト: <http://salome-platform.org>
- Salomeと構造解析オープンソースのCodeAsterを一体化したものがSalome-meca CodeAsterの関連モジュールとして <http://www.code-aster.org/> で公開
- 岐阜高専柴田先生がDexcs-SalomeとしてLinuxベースのLive-DVDを公開している。



3D-CAD機能

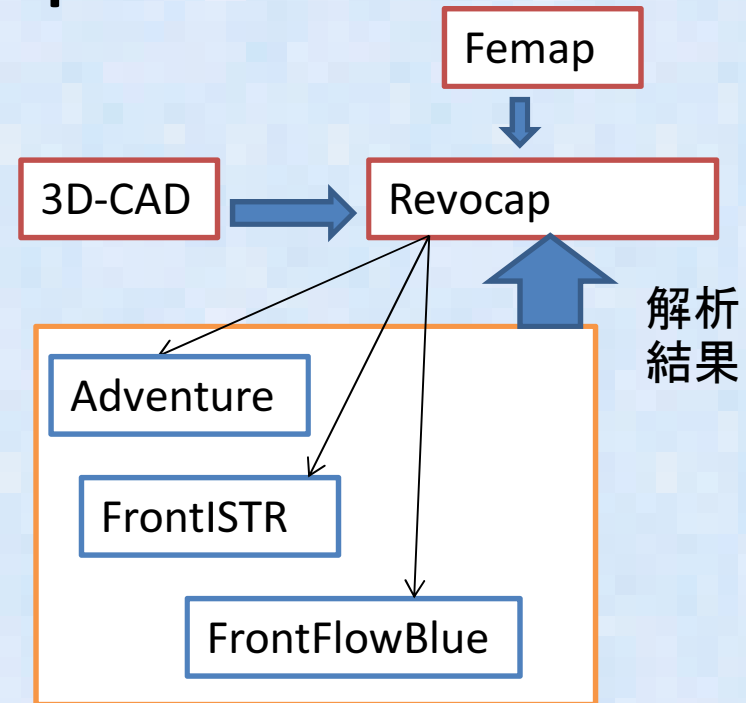
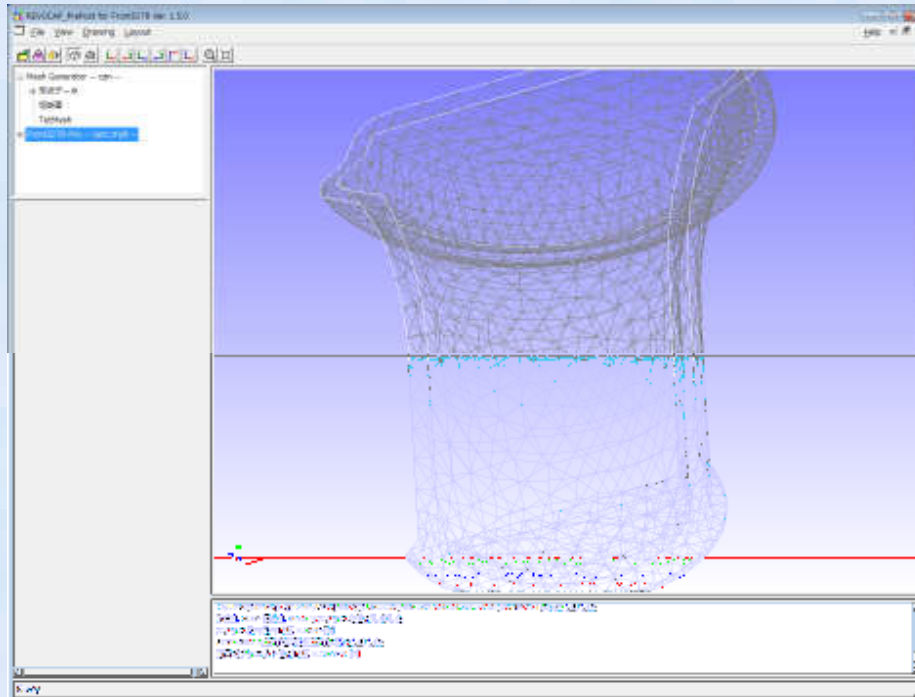


メッシュ作成機能



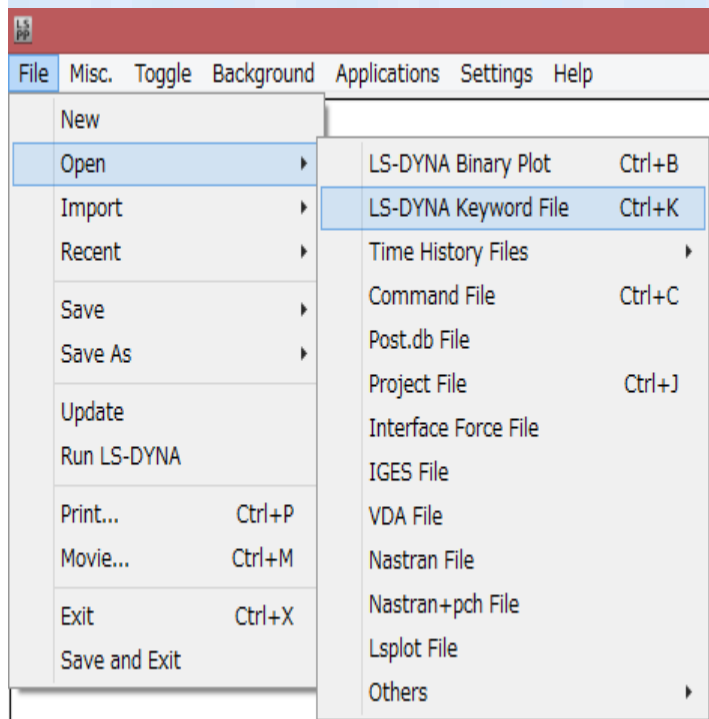
結果処理機能

Revocap



- 東大の提供するオープンソースソルバの共通GUI(プリポストと連成解析カップラー)
- 機能:
 - CADのデータ入力(IGES, STEP, BrepSolid, STL, Adventure PCM PCH, rnf(独自中間形式)
(cad 部分はOpenCASCADEのライブラリ)
 - メッシュ作成(Adventure-TetMeshを利用)← 致命的欠陥
 - メッシュデータ入力(Adventure-TETMESH(msh), FrontISTR(msh), Femap Neutral(neu))
 - 境界条件設定(メッシュベースで設定、幾何形状に設定は不可;メッシュ後、要素の面グループを自動抽出)
 - 材料割り当て:材料物性ライブラリ
 - 解析データ出力(Adventure, FrontISTR, FrontFlowBlue, FrontMagnetic)
 - 解析結果表示(上記と同じ)
- 利点: Windows上で動作、日本メニュー、シンプルで使いやすい。Adventureのプリに使える
- 欠点: メッシャーとして10年以上前のAdventureのメッシャーしかサポートしていない

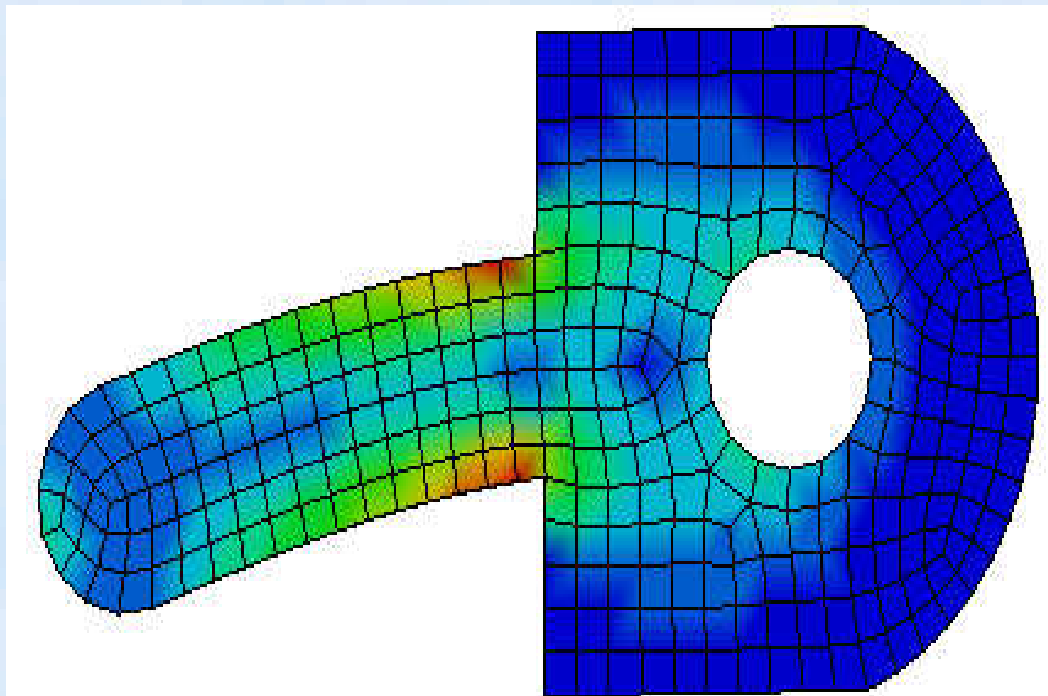
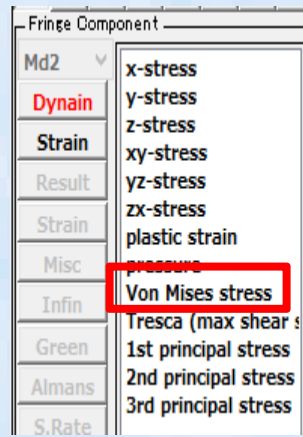
LS-DYNA結果表示方法@fujita さん発表資料から



1. LS-PREPOSTを起動し、File→LS-DYNA Keyword Fileから先ほど作成したfem_hexa_out.dynを開く。
2. F11キーを押してGUIを切り替え、画面右のFcompをクリック
→Fringe ComponentからVon Mises stressをクリックするとミーゼス応力が表示される。

Follow	Splitw	Particle
Output	Trace	XYPlot
Anno	Light	FLD
SPlane	Setting	State
Range	Vector	Measur
Find	Ident	ASCII
Fcomp	History	Views
Appear	Color	Model
Group	Blank	SelPar

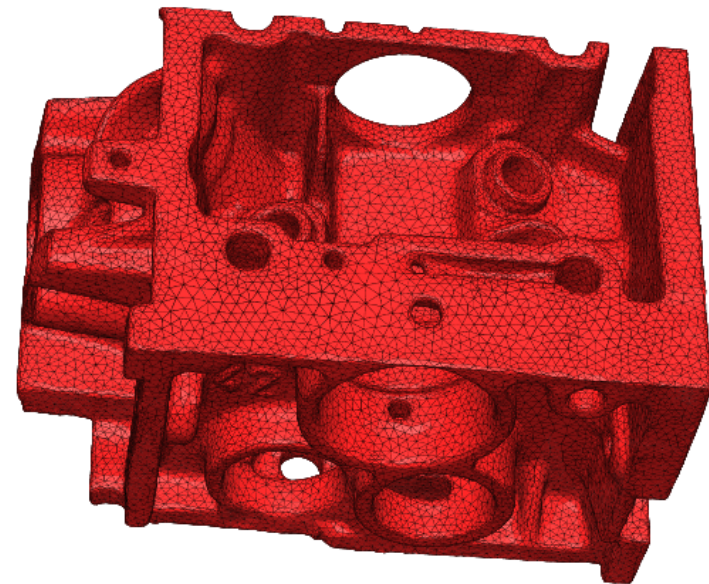
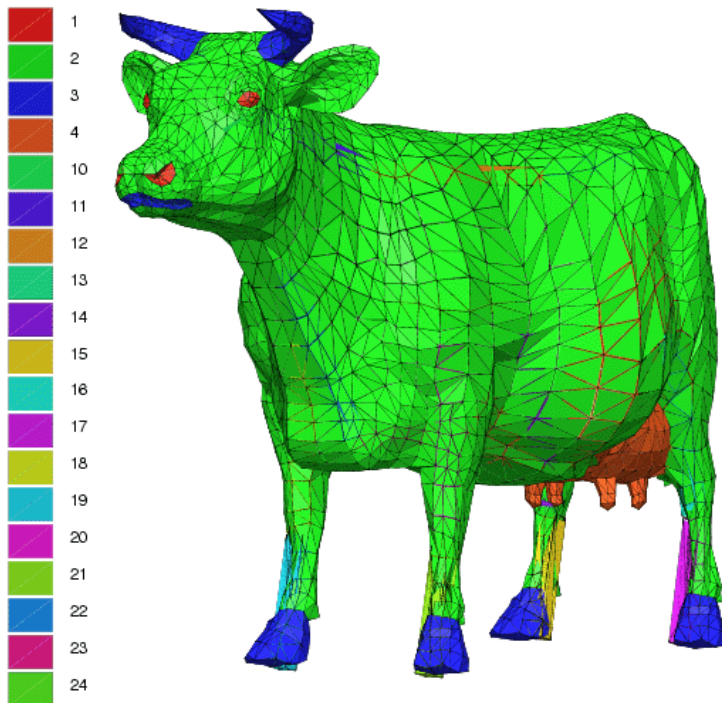
1 2 3 4 5 6 7 D



TetGen

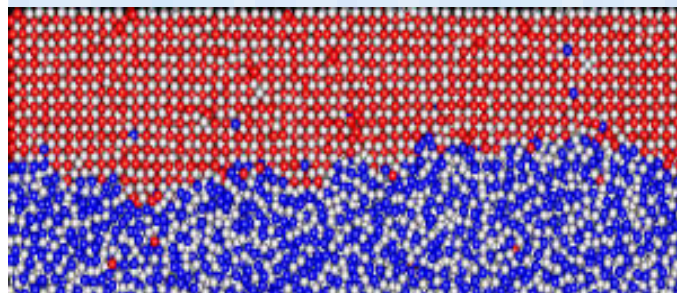
- ・2D表面メッシュ、3Dメッシュ生成をデロニー分割法で行う
- ・STL形式からよみこみ可能
- ・Medit (INRIA) 形式のメッシュデータで読み書き可能

19 boundary markers

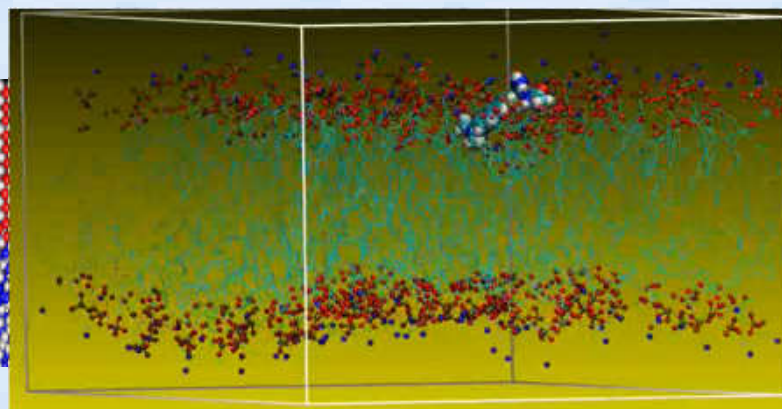


分子動力学・粒子法

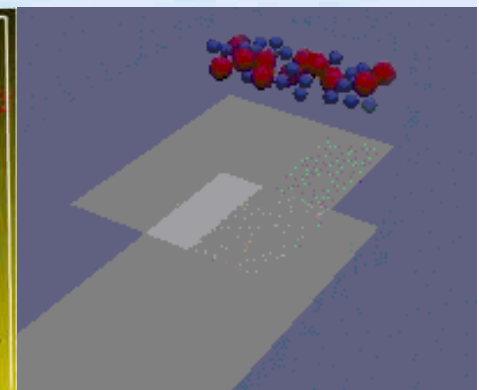
名前	URL	内容
LAMMPS	http://lammps.sandia.gov/	分子動力学
PHASE	http://www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/rss21/result/download/	第一原理擬ポテンシャルバンド計算ソフトウェア
GROMACS	http://www.gromacs.org/	GPL フローニンゲン大学で開発された分子動力学シミュレーションのソフトウェアパッケージ
LIGGGHTS	http://www.cfdem.com/liggghts-open-source-discrete-element-method-particle-simulation-code	DEM (個別要素法)
DualSPHysics	http://www.dual.sphysics.org/	SPH(粒子法)



LAMMPS



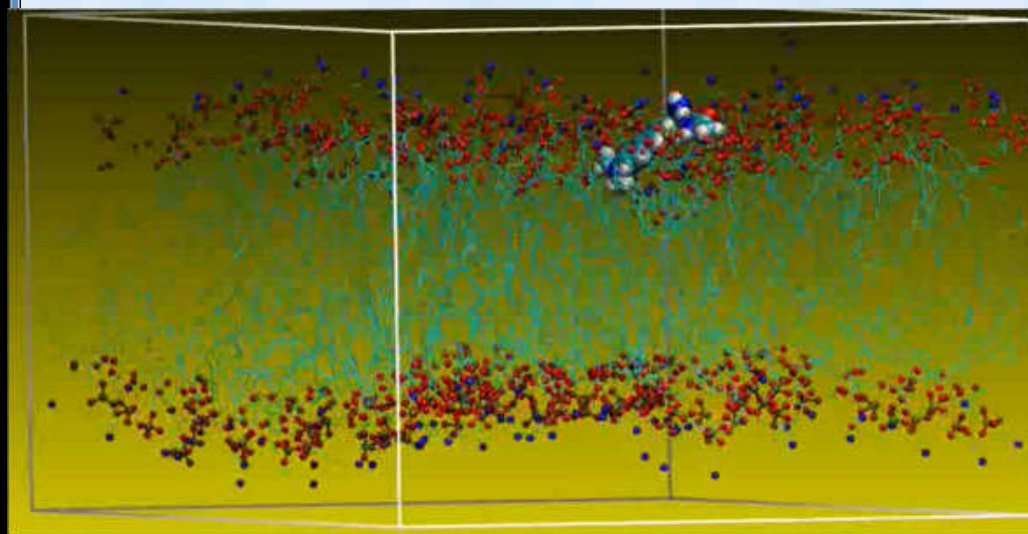
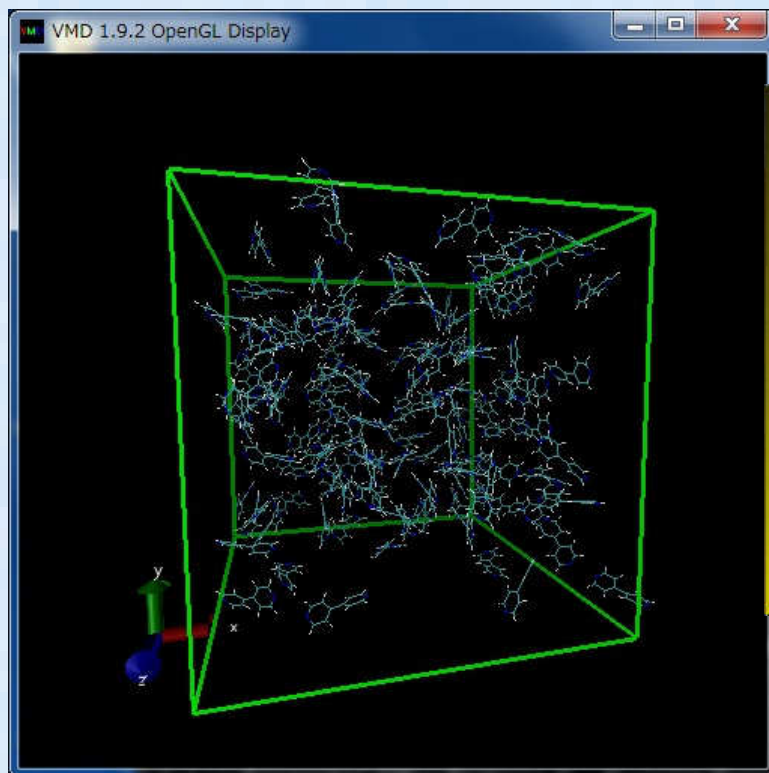
GROMACS



LIGGGHTS

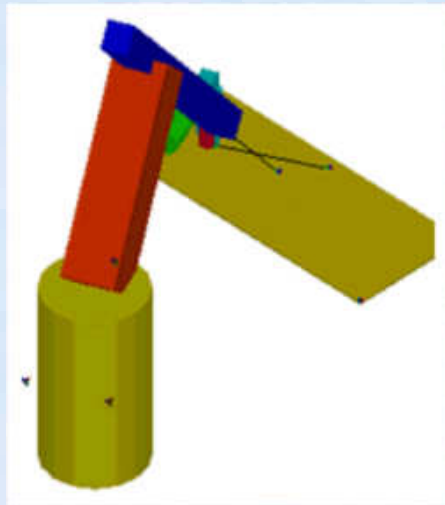
GROMACS

- 地球上で最速の分子動力学ソフトウェアを目指しており、並列計算を前提としたプログラミングがなされている。プログラムの大部分はC言語で記述されており、同じグループが以前に開発したGROMOS([FORTRAN](#) 77ベース)が参考にされている。
- GPUによる計算など高速化がおこなわれている

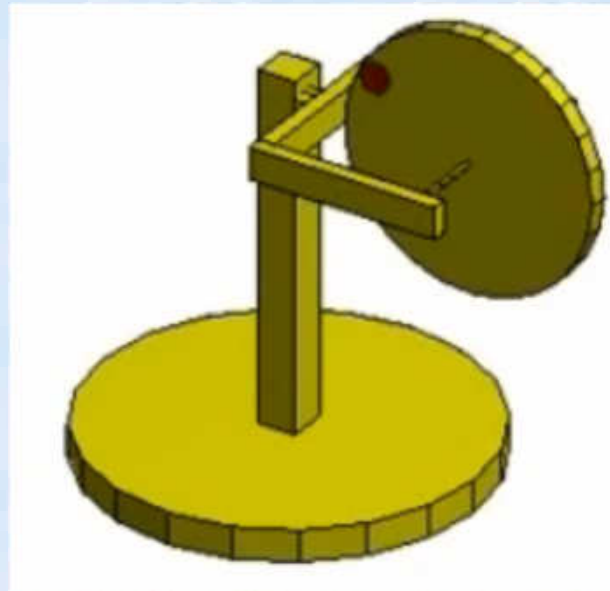


MBD (機構解析) オープンソース

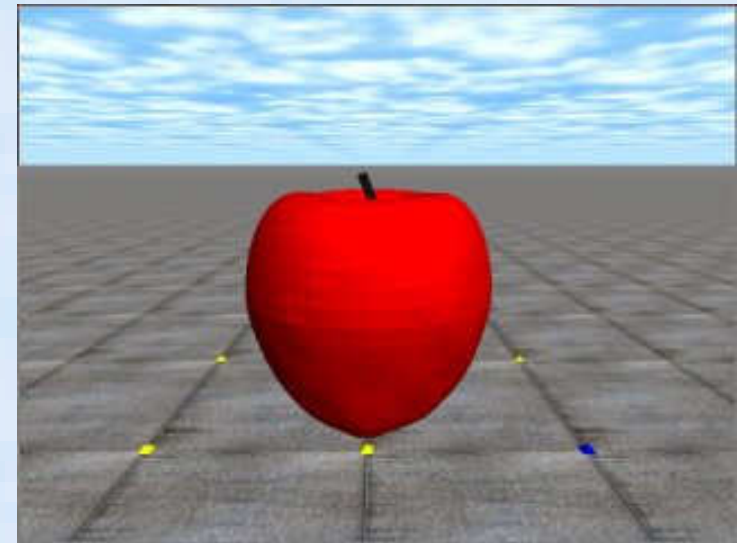
名前	URL	内容
AR-CAD(freeCAD)	http://www.dailycadcam.com/freecad/	MBD (機構解析)
ODE	http://www.ode.org/	MBD (機構解析)
MBDyn	https://www.mbdyn.org/	MBD (機構解析)



AR-CAD



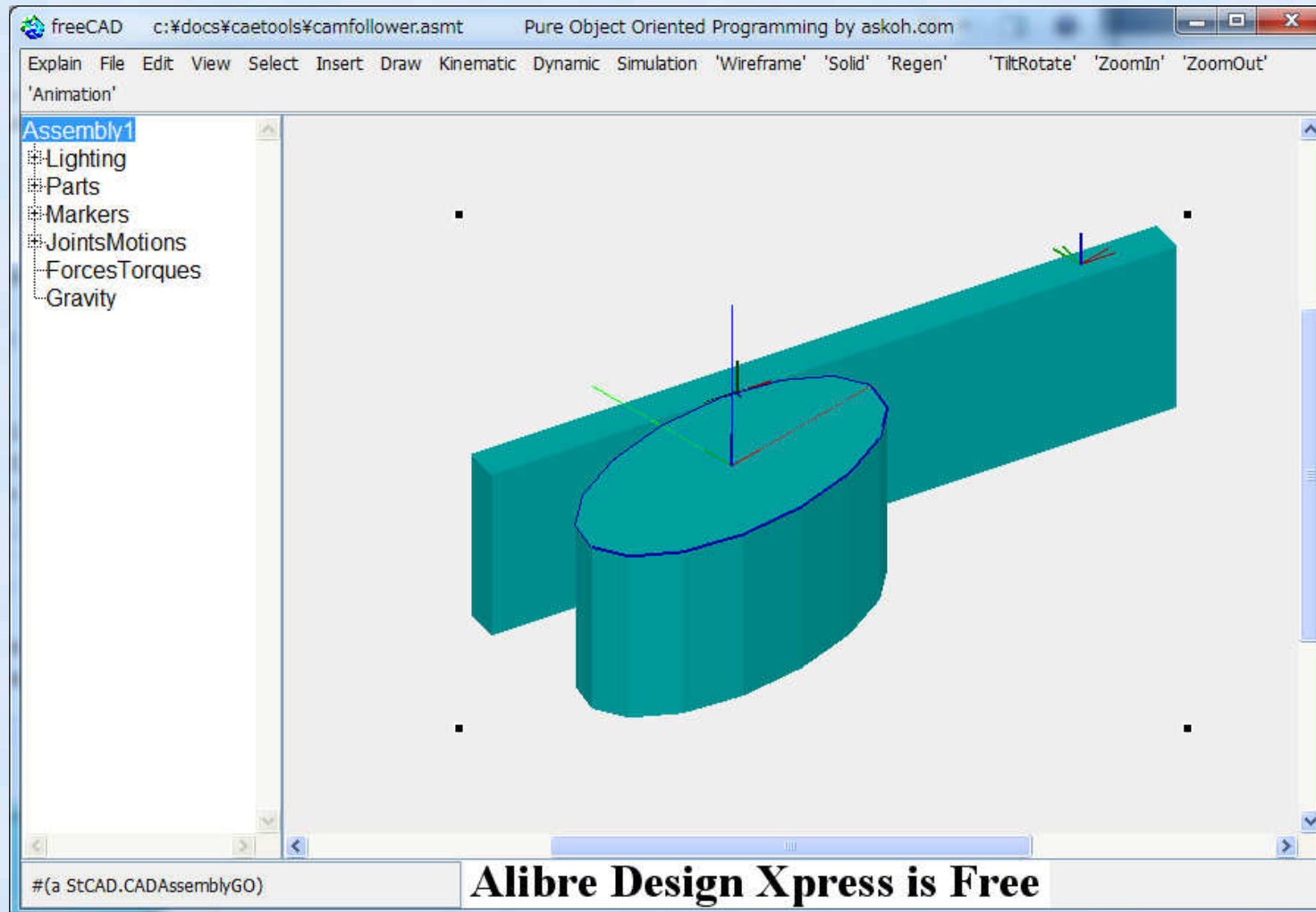
MB-Dyn



ODE

機構解析とは？

・マルチボディダイナミクス機構解析とは、機構の動的運動をシミュレーションするもの商用ソフトではADAMSなどが有名. リンクやカムなど構成要素は剛体として扱うので構造解析の動解析と自由度が少なく計算が速い

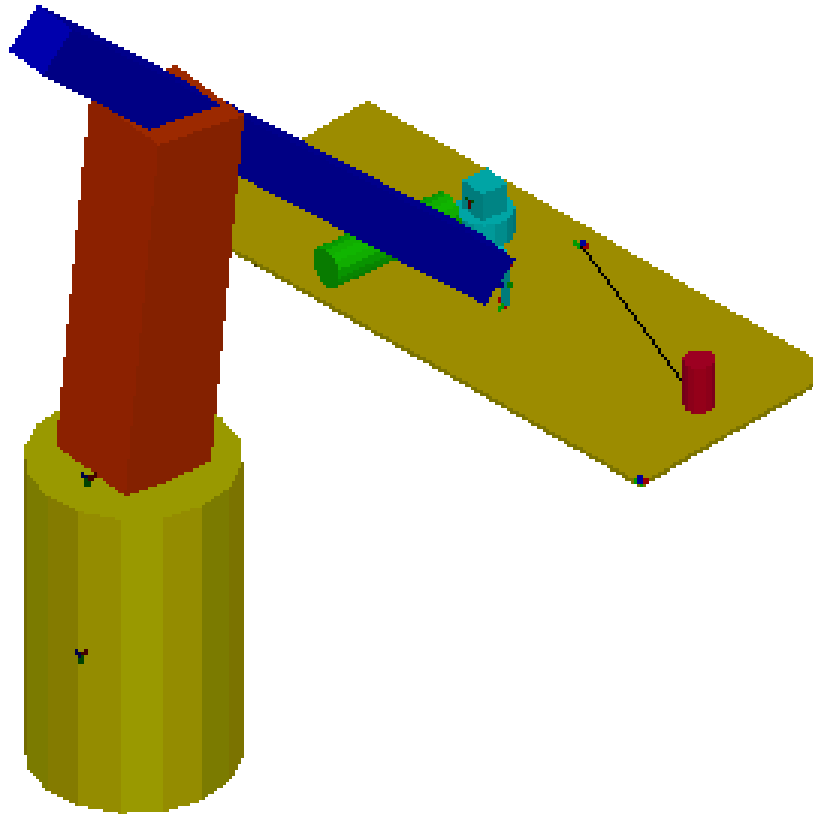


AR-CAD [freeCAD] インストールメモ

・<http://www.ar-cad.com/freecad/download.html> から DOWNLOAD、LINUX, MACでも実行可能

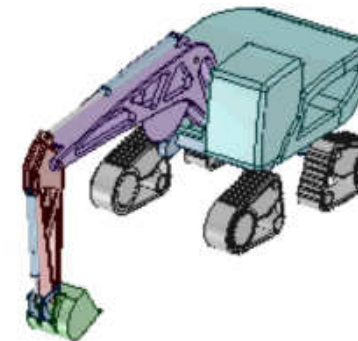
AR-CAD offers free 3D CAD Software with Motion Simulation Capabilities, namely [freeCAD](#) and [StCAD](#). It also offers [SC-Motion](#), a motion and dynamic simulation addin for [SpaceClaim](#). It has expertise in the areas of CAD software/addin development, Multibody dynamics etc. [More...](#)

[freeCAD](#) is a basic 3D CAD with advanced Motion Simulation capabilities. It is suitable for anyone interested in learning 3D CAD and Motion Simulation for free before using more sophisticated packages. Its motion simulation capabilities are comparable to the best and can provide needs and scientists in diverse



[freeCAD](#)

-freeCADは無料, SC-motionは有料でSpaceClaim上で動作する



[SC-Motion](#)

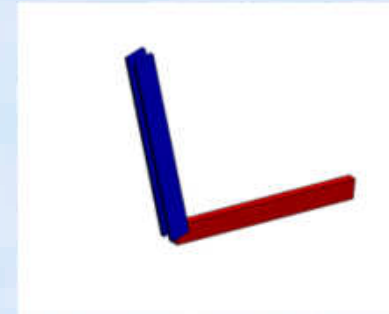
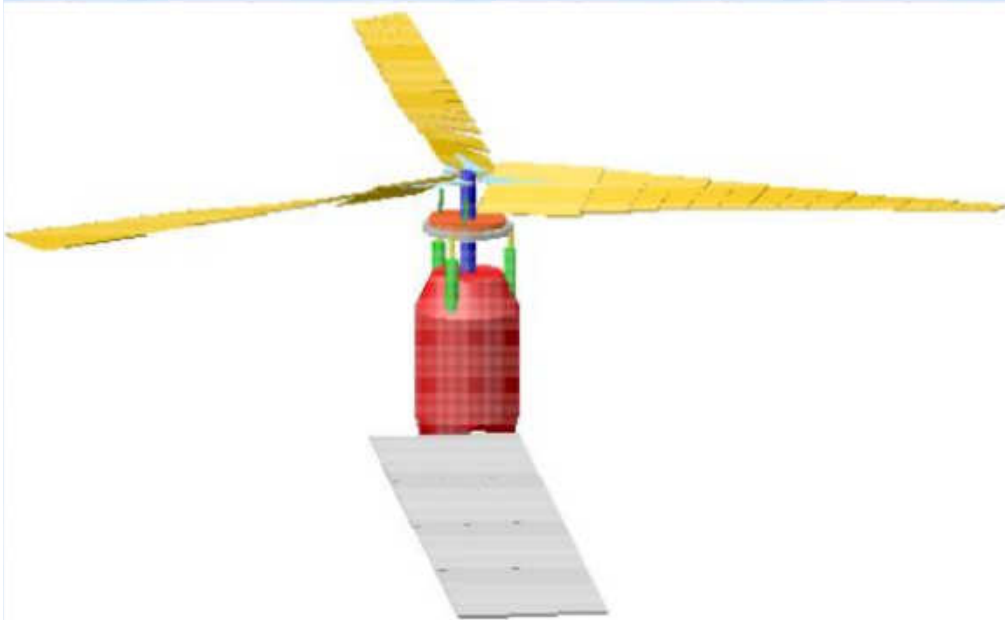
MBDynについて

- ・**MBDyn - Free MultiBody Dynamics Simulation Software**

- ・MBDynは、ミラノ工科大学で開発されているフリーの汎用マルチボディダイナミクス解析ソフトウェア。MBDynを利用すれば、自動車のサスペンション、ロボット、風車など複雑な機械システムの運動を手軽にシミュレーションすることができます。

- ・スカイ技術研究所のHP↓にて詳しい使い方が紹介

MBDynを用いたマルチボディダイナミクス解析例 (MBDyn Analysis + MATLAB Graphic)



MBDynチュートリアル

はじめに

マルチボディダイナミクス解析に関する基礎知識

自由落下する剛体(1)～MBDyn解析の流れ

自由落下する剛体(2)～入力ファイルの基本構成

自由落下する剛体(3)～剛体を定義するStructural NodeとBody

自由落下する剛体(4)～入力ファイルを読みやすくする工夫

自由落下する剛体(5)～出力データの処理(基礎)

自由回転するブロック(1)～主慣性モーメント

自由回転するブロック(2)～慣性主軸周りの回転運動の安定性

自由回転するブロック(3)～Dummy Nodeによる任意点の運動データ

自由回転するブロック(4)～出力データの処理(一般)

アニメーション作成の基礎

行列および回転行列を定義する色々な方法

2重剛体振り子(1)～回転ジョイント Revolute pin/hinge

2重剛体振り子(2)～参照座標系 Reference

2重剛体振り子(3)～ジョイント出力

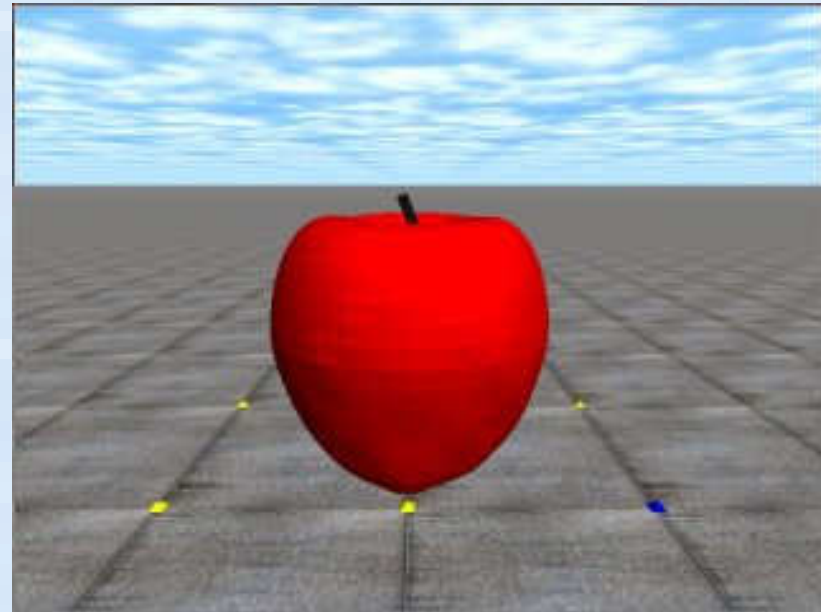
[MBDynホームページ](#)

(@ミラノ工科大学・航空宇宙工学科)

本体にはアニメーション作成機能がない。

ODEの概要

- ラッセル・スミス博士らが2001年から開発を続けている剛体動力学計算エンジン
- Open Dynamics Engine
- 公式Webサイト
 - <http://www.ode.org>
- 特徴
 - オープンソース
 - 簡単なので使いやすい
 - 高速で安定性がある
- 用途
 - ゲームの物理計算エンジン
 - バーチャルリアリティ, ロボットのシミュレータ
 - 精度が要求される用途には向かない



数値計算・数式処理

名前	URL	内容
LAPACK	http://www.netlib.org/lapack/	行列計算(LU分解、固有値計算などのライブラリ)
NumPy	http://www.numpy.org/	Python向け数値計算ライブラリ 行列・ベクトル演算、フーリエ解析等
Octave	https://www.gnu.org/software/octave/	Matlab互換数値計算等
Scilab	http://www.scilab.org/	数値計算機能以外に、信号処理、行列や多項式の数式処理
FreeMAT	http://freemat.sourceforge.net/	Matlab互換数値計算等
Maxima	http://maxima.sourceforge.net/	数式処理システム
REDUCE	http://reduce-algebra.sourceforge.net/	数式処理システム
Axiom	http://axiom-developer.org/index.html	数式処理システム
OPENMODELICA	https://www.openmodelica.org/	1D-CAE
Mathcad Express	http://ja.ptc.com/product/mathcad/download-free-trial	商用の無償版 数値計算・数式処理・行列演算 30日間はフル商用機能利用可
R	http://www.r-project.org/index.html	統計解析・行列ベクトル演算
FreeFem++	http://www.freefem.org/	有限要素法ベース数値計算

OPENMODELICA

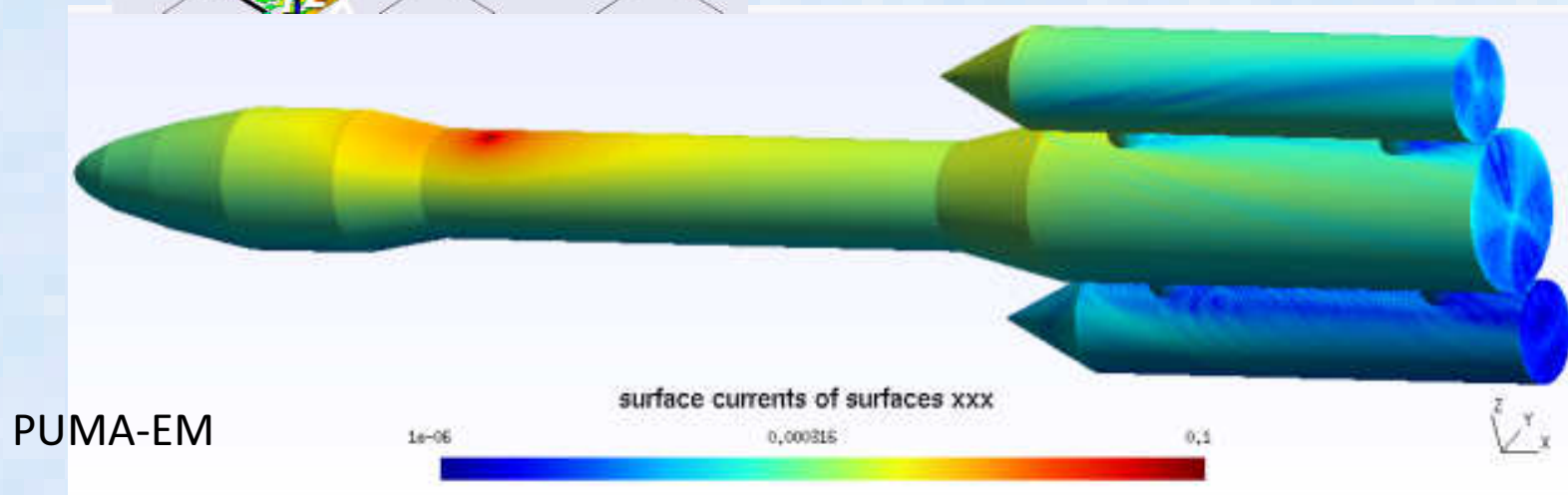
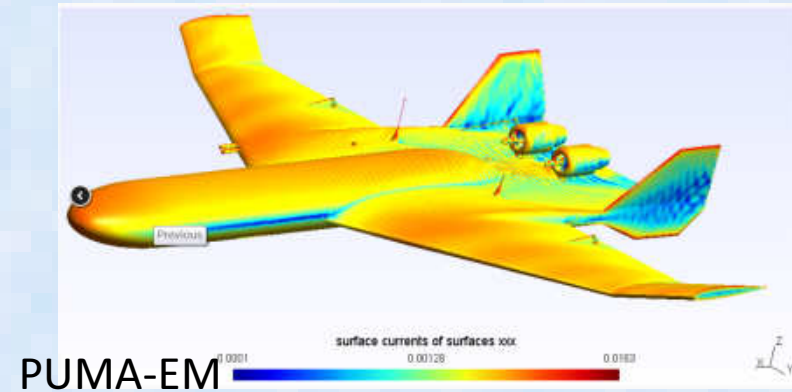
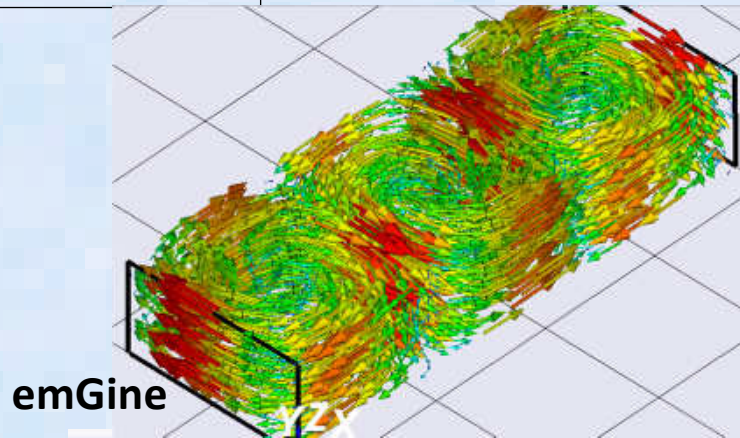
- 「Modelica」は、電気、ソフトといった要素を含む機械システムなどのシミュレーション・モデルを記述するのに用いる言語。機械製品の設計においてCADデータを作成する前の構想設計段階で、システム全体の挙動の把握に用いる「1Dシミュレーション」で多く使われている。
- 欧州の非営利団体Modelica協会が仕様を決めている。

The screenshot displays the OpenModelica environment with several overlapping windows:

- OMShell - OpenModelica Shell:** A terminal window showing the execution of commands to load a model, simulate it, and plot the results.
- OMNotebook: BouncingBall.onb:** A notebook window titled "Bouncing Ball" containing a Modelica model definition for a bouncing ball. The model includes parameters for gravity (g), coefficient of restitution (c), and radius (radius), and an equation for the ball's height and velocity over time. A small plot shows the ball's trajectory.
- OMNotebook: OMScheme.onb:** A notebook window titled "Factorial Function" containing a Scheme-like function definition for calculating factorials. The function is defined as `(define (factorial n) (if (= n 1) 1 (+ n (factorial (- n 1)))))` and is used to calculate `(factorial 5)`, resulting in 120.
- tmpPlot.plt:** A plot window titled "Plot by OpenModelica" showing a graph of the ball's height (h) over time. The x-axis ranges from 0.0 to 3.0, and the y-axis ranges from 0.0 to 1.0. The plot shows a series of decaying oscillations representing the ball's height as it bounces.

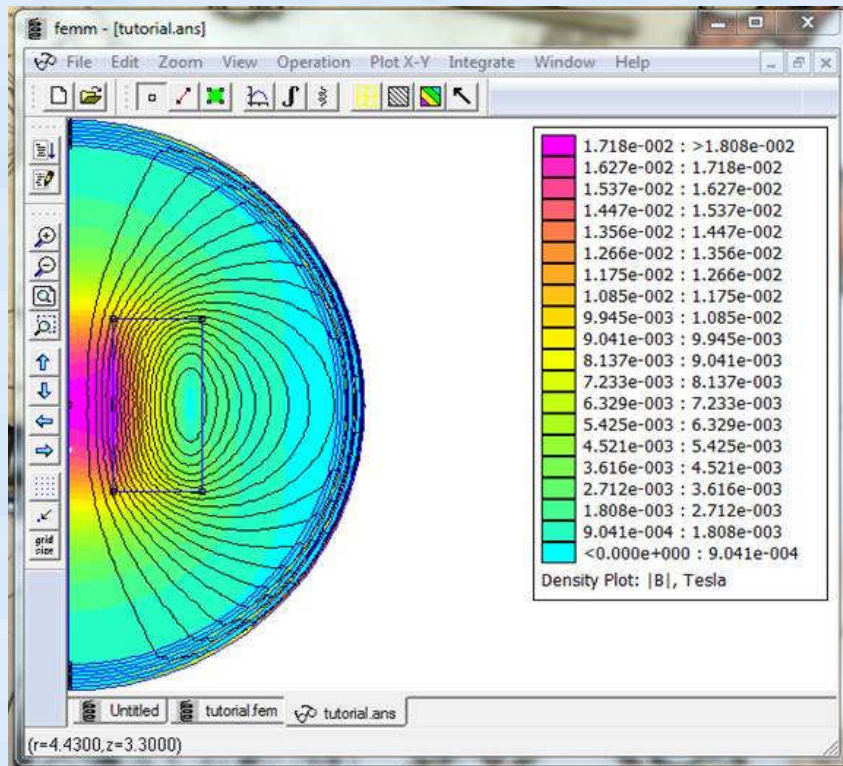
電磁場解析・回路解析

名前	URL	内容
FEMM 4.2	http://www.femm.info/wiki/HomePage	有限要素法2D静電磁場熱解析ソフト
MMTL	http://sourceforge.net/projects/mmtl/	2Dの伝送線路解析
Puma-EM	http://sourceforge.net/projects/puma-em/	表面モーメント法による電磁場解析
emGine	http://www.petr-lorenz.com/emgine/	3D Electromagnetic Field Simulator

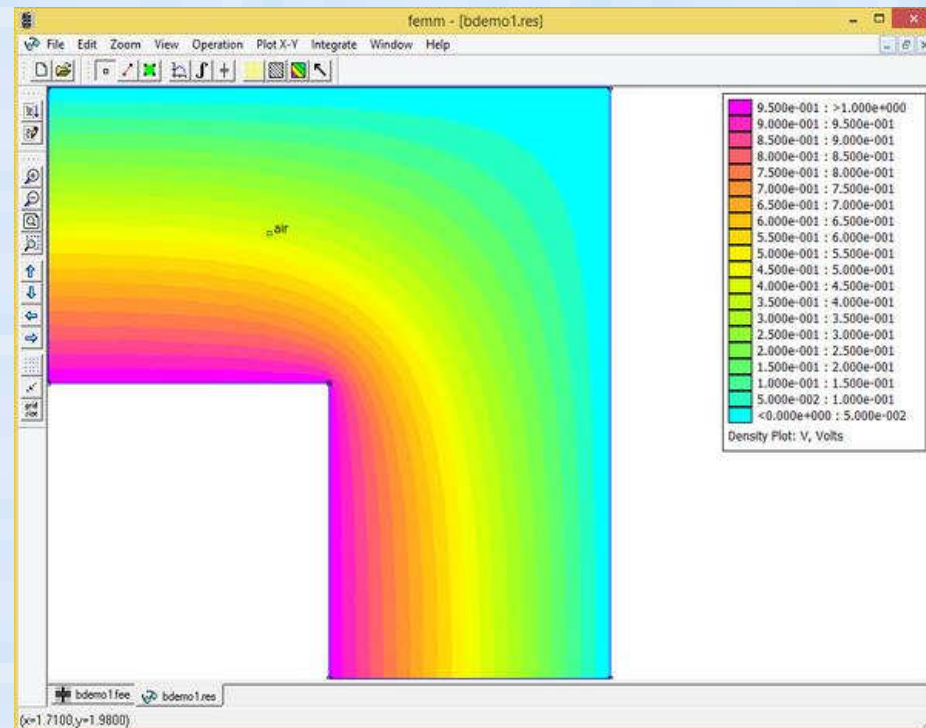


FEMM 4.2

- ・2次元の有限要素法ベース静電場、磁場解析ソフト、熱解析も可能
Windows上でVisual Studioにて開発



静磁場解析結果



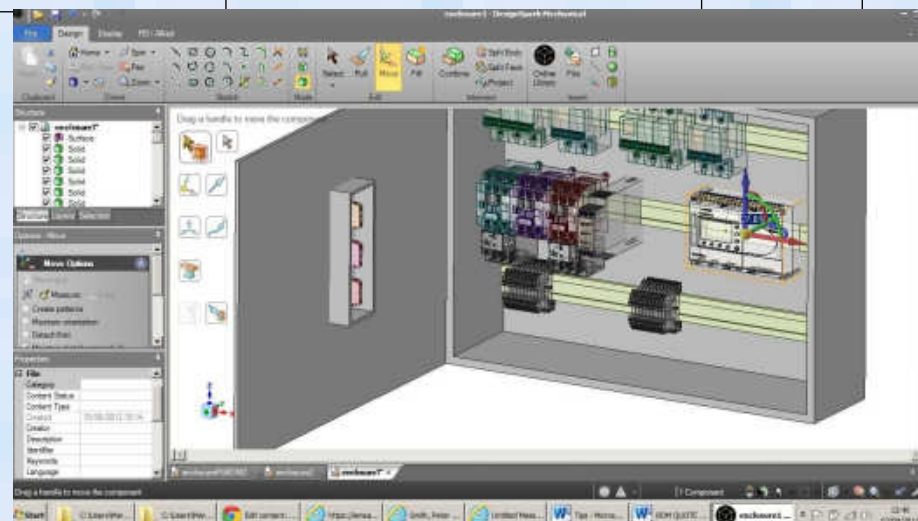
静電場解析結果

2D / 3D-CADソフトオープンソース等

名前	URL	内容	License
Gmsh	www.geuz.org/gmsh	2D/3D自動メッシュ・形状作成	GPL
Salome	www.salome-platform.org	2D/3D-CAD, 自動メッシュ	GPL
FreeCAD	sourceforge.net/apps/mediawiki/free-cad	3DパラメトリックCAD	LGPL
Blender	http://www.blender.org/	3Dモデラー	
GoogleSketchup	sketchup.google.com/intl/ja/product/gsu.html	3Dモデラー	無料
DesignSPARKMechanical	http://www.rs-online.com/designspark/electronics/jpn/page/mechanical	SpaceClaimの3DCAD部分の機能の無料3D-CAD	無料



Blender



DesignSPARKMechanical

まとめ

- 各種オープンソースを調べた。
- 自分である程度努力するとほとんどのモデル化やシミュレーションはオープンソースや無料ソフトで(つまりソフト使用料金は無料)でシミュレーションが可能になっていると思われる。