



大学建築教育現場におけるオープンソースCAEの活用事例

大嶋拓也(新潟大学)

所属

新潟大学工学部建設学科 建築学コース

所属学会

日本建築学会、日本音響学会、日本流体力学会、日本騒音制御工学会

専門

建築音響学 (音響数値解析)

本発表の目的

- ・オープンソースソフトウェアを利用した入門的CAE演習の授業を計画・実施してみた
- ・授業計画上のアイデア・技術的方法論を事例ベースで議論
- ・実施しての教訓を共有

本発表の内容

- ・科目設置の背景
- ・科目概要
- ・実施環境
- ・使用ソフトウェアとそのカスタマイズ内容
- ・科目内容
- ・教訓・まとめ

科目沿革

- ・科目名「建設数理工学」
- ・学部2年生1学期
- ・元来は、社会基盤工学・建築学分野で使用される応用数学的な内容を教える科目
- ・数値積分、Newton法、マトリックス方程式の数値解法、相関分析、フーリエ解析、……

問題点

- ・卒業論文レベルまでは、数値系の研究でもほとんどパッケージソフトウェアを使用。
- ・これらの数学を学生が自分自身でプログラミングすることは希。本当に必要か？

科目名

建築数理工学(2007年度～、ただし本発表の内容は2008年度～)

履修対象者

建築学コース・学部2年生・1学期・選択必修科目

➡ ・ほとんどはデザイン系志望、「数値シミュレーションって何？」

- 数学・物理的な科目に対する関心は高くない、興味を喚起する必要がある
- ・専門科目の多くは2年生から
 - これから学ぶ専門科目全般についての概論的な内容を含む必要がある

講義時間

90分/週・15週

ねらい(シラバスより)

PCの性能向上、**パッケージソフトウェア**の発達により、従来は専任の技術者が行っていた製品開発・設計におけるシミュレーションを、製品設計者が“片手間で”行う形態が急速に広まりつつある。そのような利用では差分スキームの誤差論のような従来のな数学的知識より、どの程度の精度の解を得るのに、どの程度のメッシュ分割が必要か、といったような適切に解析を行うための**体験的な感覚**が重要となる。そこで本講義では数学的な議論は最小限に抑え、**実際に研究機関・企業の研究開発現場で使用されているシミュレーションソフトウェアを使って、建築分野で行われている主要なシミュレーションをひとつおとり実習**してもらう。

- ➡ ・CFD、構造解析(弾性体解析)、音響伝搬解析で構成
- ・なるべく学生がイメージしやすい解析対象を選ぶ
- ・結果は数字の羅列でなく、目で見てわかるよう工夫(可視化による現象の理解)

受講者数

46名

成績評価

全てレポート、Excelワークシートにレイアウトしてレポート提出システム経由で提出



演習室風景(非授業時)

サーバ・クライアントシステム

- ・サーバ: Dell PowerEdge
 - ・シンクライアント(90台): Dell OptiPlex GX280 Celeron 2.8GHz、1GB RAM
 - ・ディスクレス、サーバのシステムディスクイメージを参照して起動
 - ・Windows XP Professional
 - ・ディスク構成: システム(C:) 8GB、
個人データ(ネットワーク共有) 120MB
- ➡ ・VMware等の仮想環境導入は
事実上不可能
- ・3月・9月(非授業期間中)のみアプリケーションのインストール・設定変更が可能



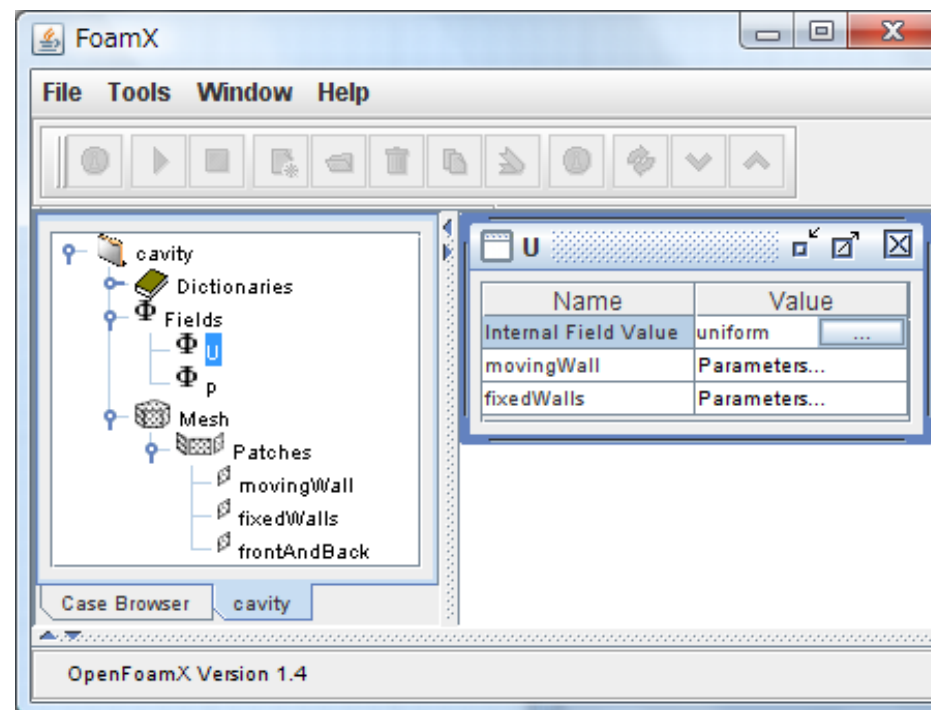
シンクライアント

方針

- ・あらかじめインストールされているExcel以外は、オープンソースソフトウェアで構成
→ **カスタマイズ自由、ライセンス数を気にする必要が無い！**
- ・自分自身が使い慣れたソフトウェアを使用←トラブルへの対処

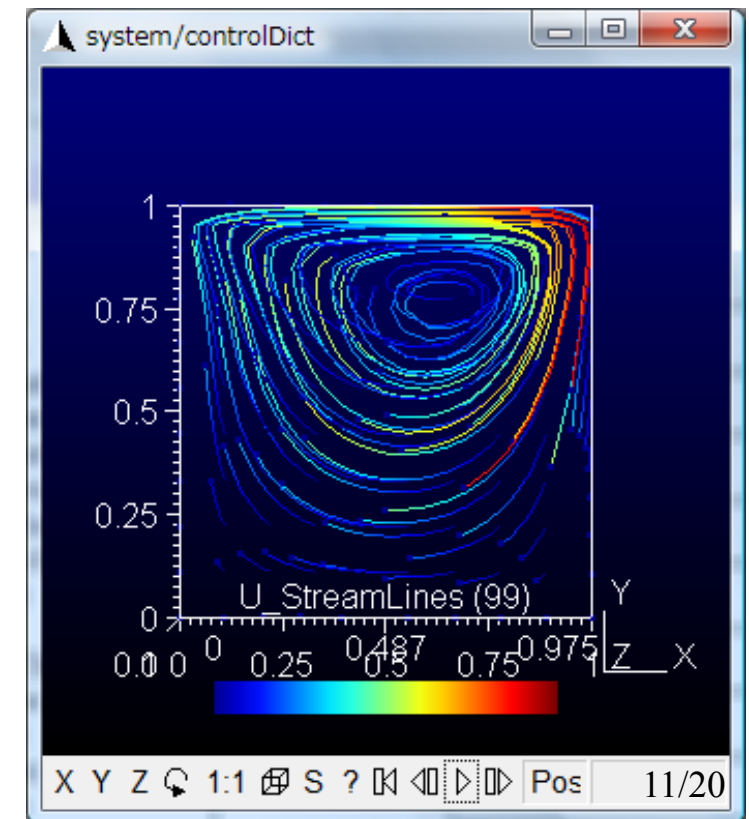
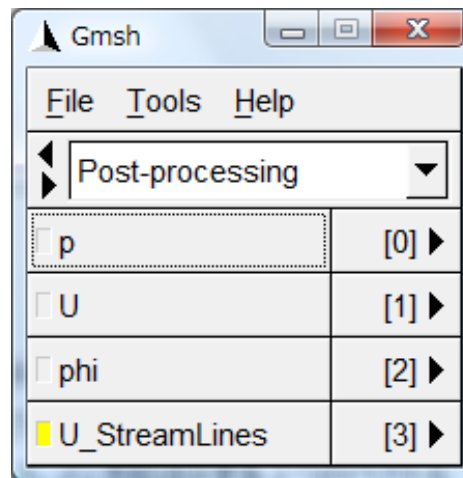
Cygwin版OpenFOAM 1.4

- ・マルチフィジックス→本演習の解析対象に適
- ・OpenFOAM-extendプロジェクトの配布物を利用、FoamX GUIを独自ポーティング
- ・集中インストール(C:\Cygwin\opt\OpenFOAM\OpenFOAM-1.4)
- ・チュートリアルデータをネットワークドライブへ参照するようセッティング



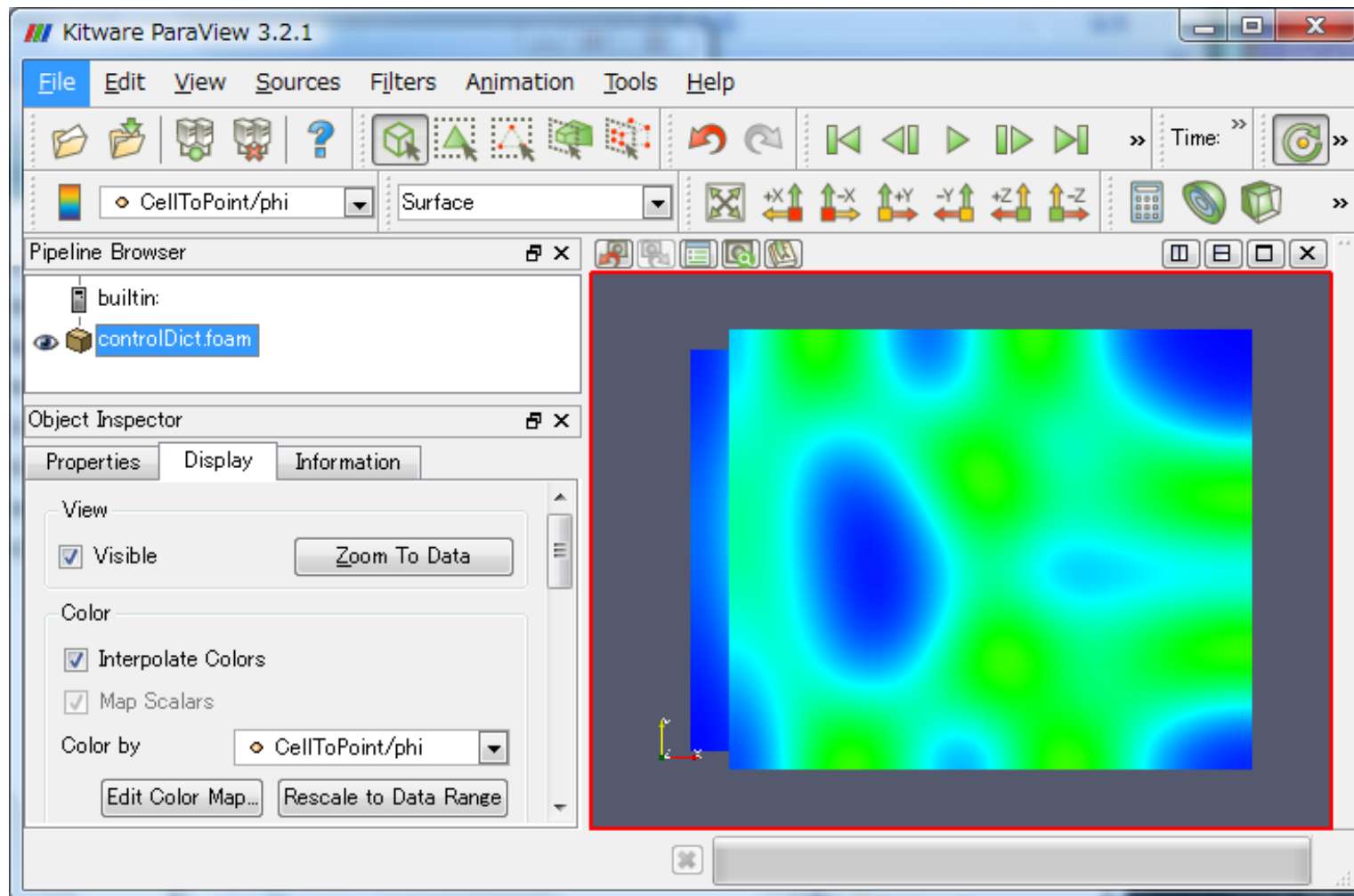
Gmsh 2.0.8

- ・ポストプロセッサとしてのGmshの特徴
 - 必要な操作手順が少ない、色使いが美しい、流線のアニメーションが可能
 - 大規模データには向かない(数万セル、十数タイムステップが限界)
- ・OpenFOAMのメッシュおよびフィールドデータ読み書き機能を追加(**gmshFoam**)
- ・OpenFOAMとリンクするため、Cygwin上でビルド



ParaView 3.2.1

- ・Windowsネイティブビルド使用のため、OpenFOAM reader (vtkOpenFOAMReader) を書き直し

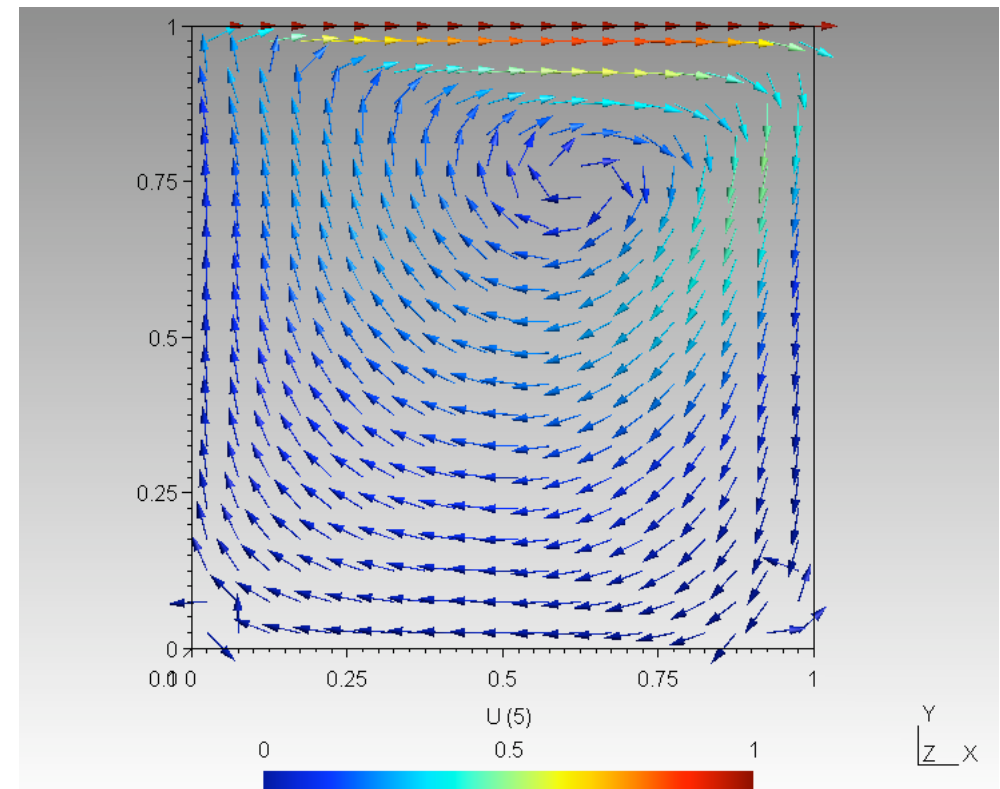
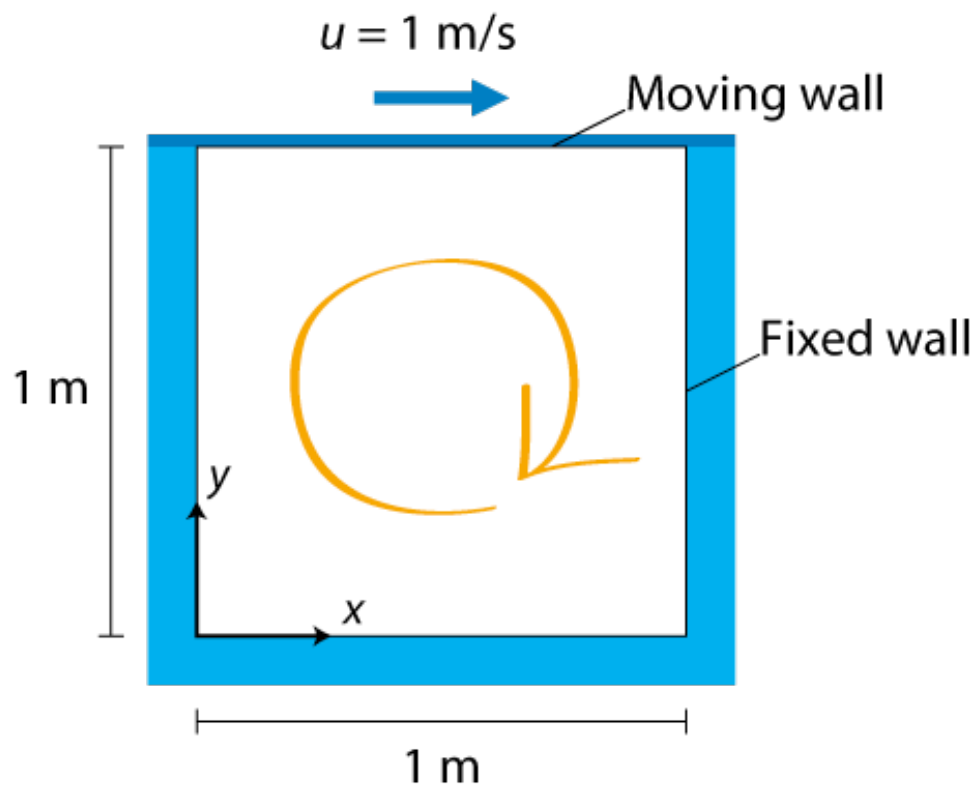


数値解析の基礎(第1～3週)

- ・物理現象の偏微分方程式による記述
- ・初期条件、境界条件
- ・差分法の内容、離散化
- ・Excelを使って1次元解析
 - 拡散方程式(壁材料の伝熱)
 - 移流方程式

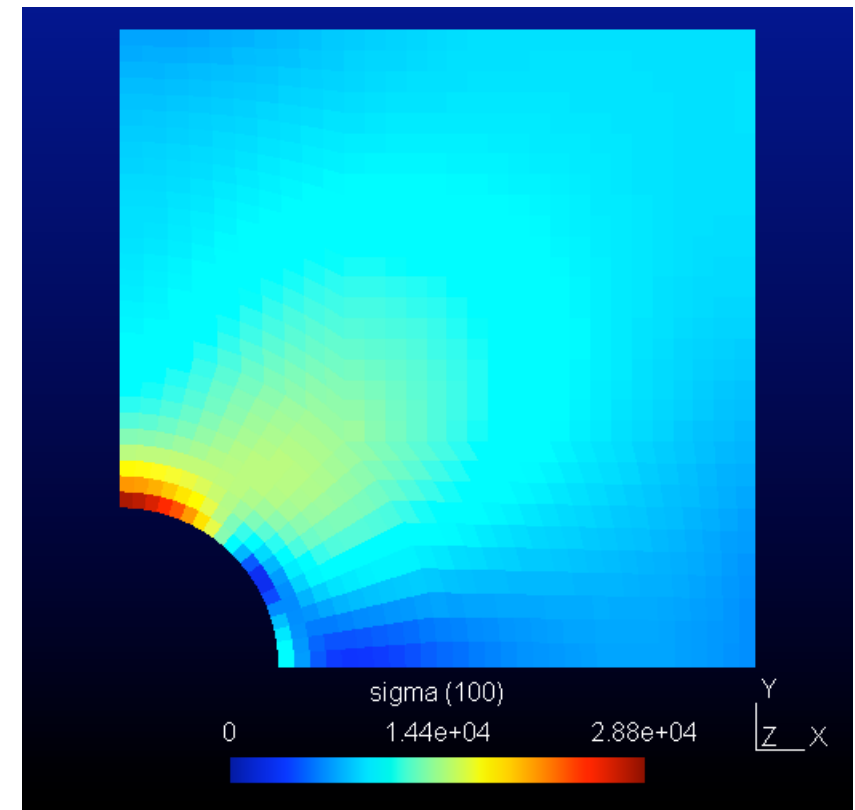
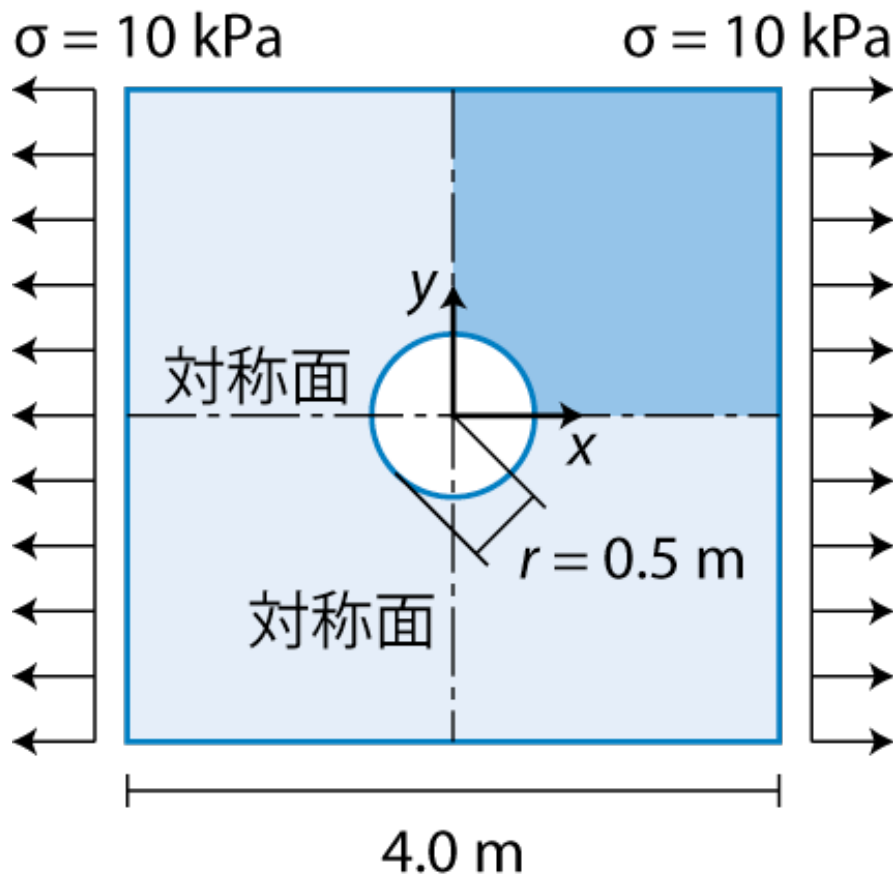
CFD: キャビティ流れ(第4～8週)

- ・メッシュの作成～初期・境界条件の設定～解析実行～後処理の流れを修得
- ・Ghiaの解と比較、Courant条件、メッシュの分割方法と精度の関係などを学ぶ



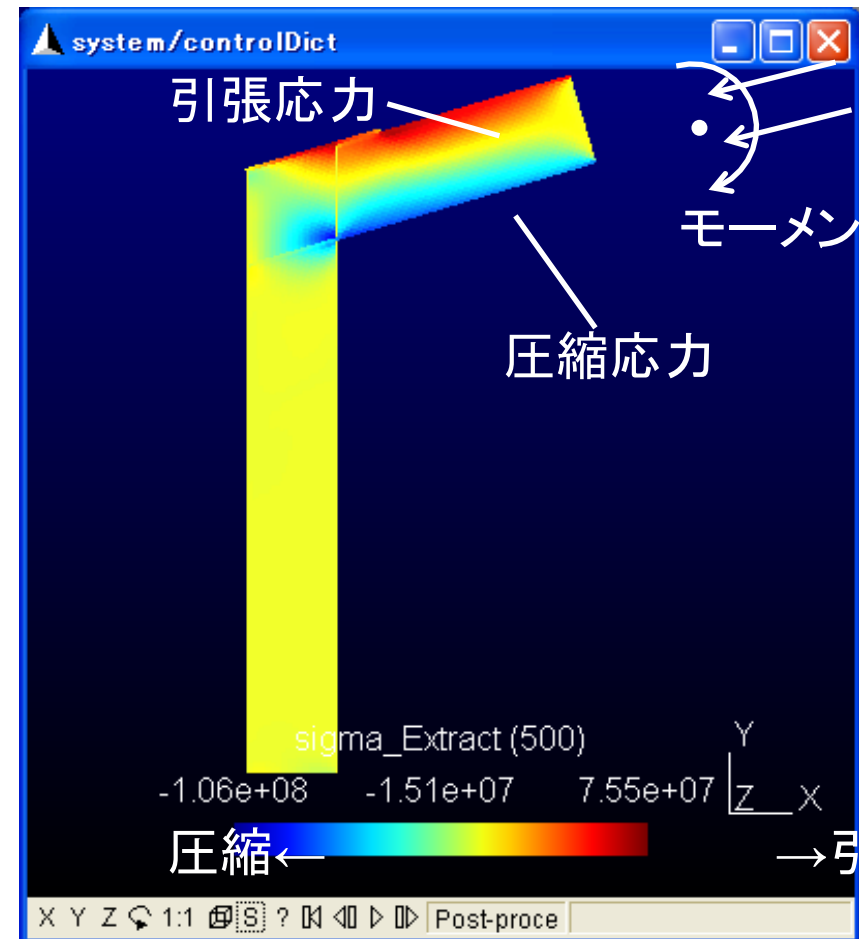
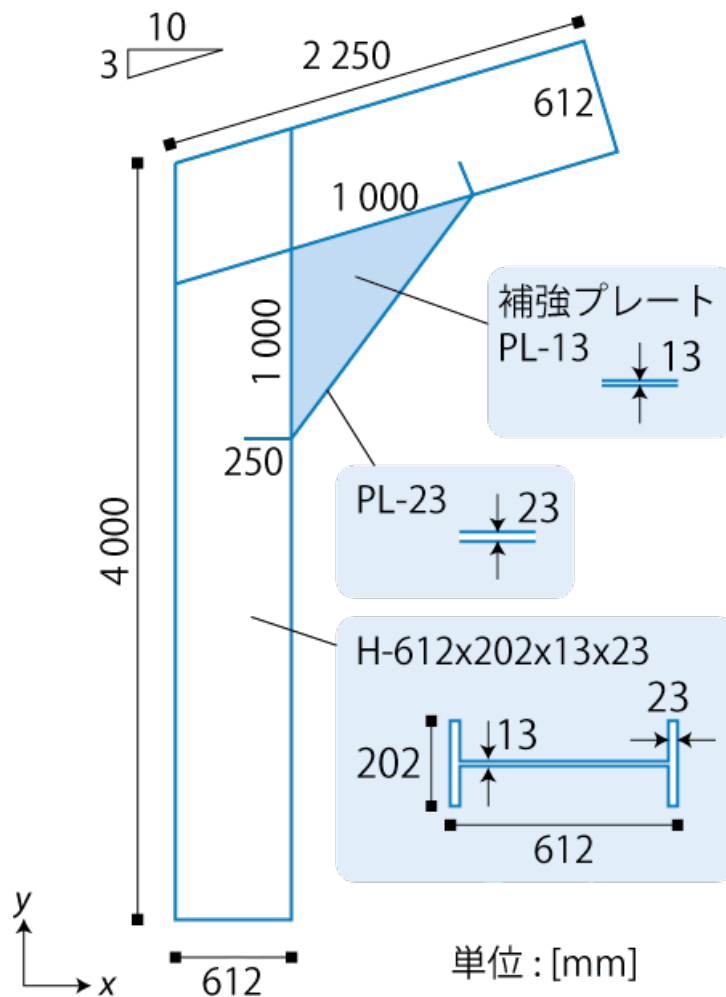
弾性体解析: 穴あき板の応力解析(第9～10週)

- ・OpenFOAM付属のsolidDisplacementFoam/plateHoleケースをそのまま使用
- ・理論解との比較、応力テンソルの概念、変位の可視化などを理解する



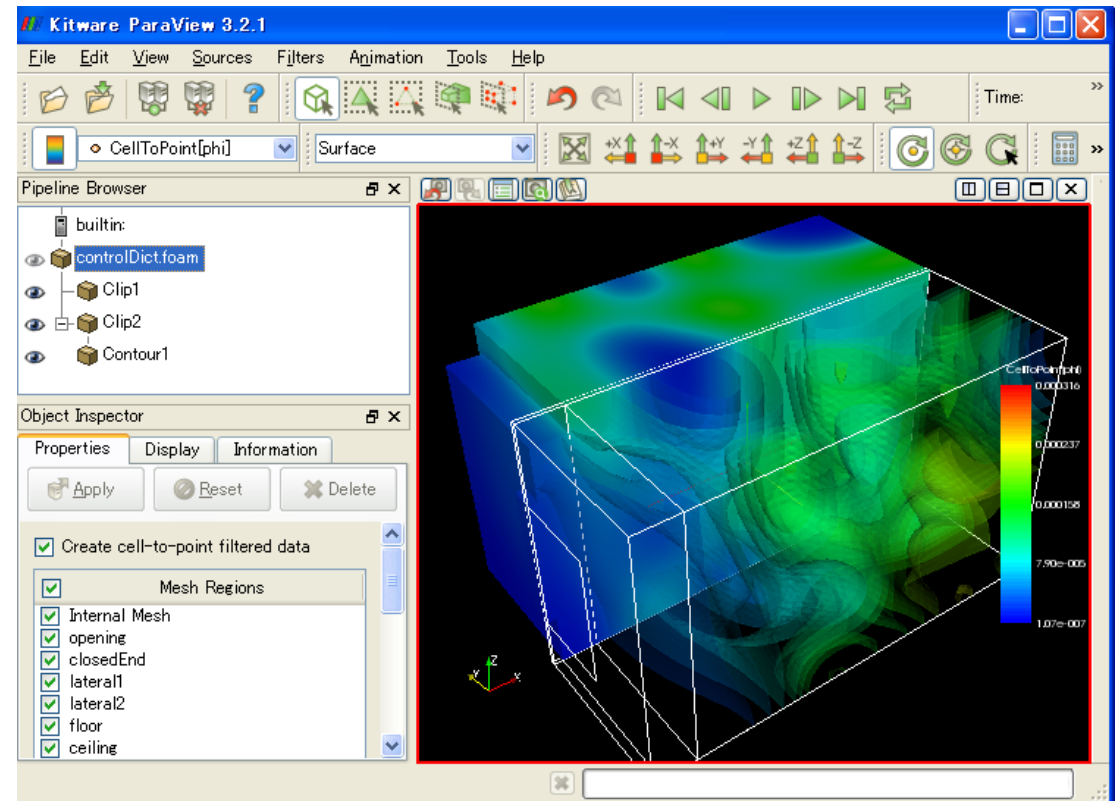
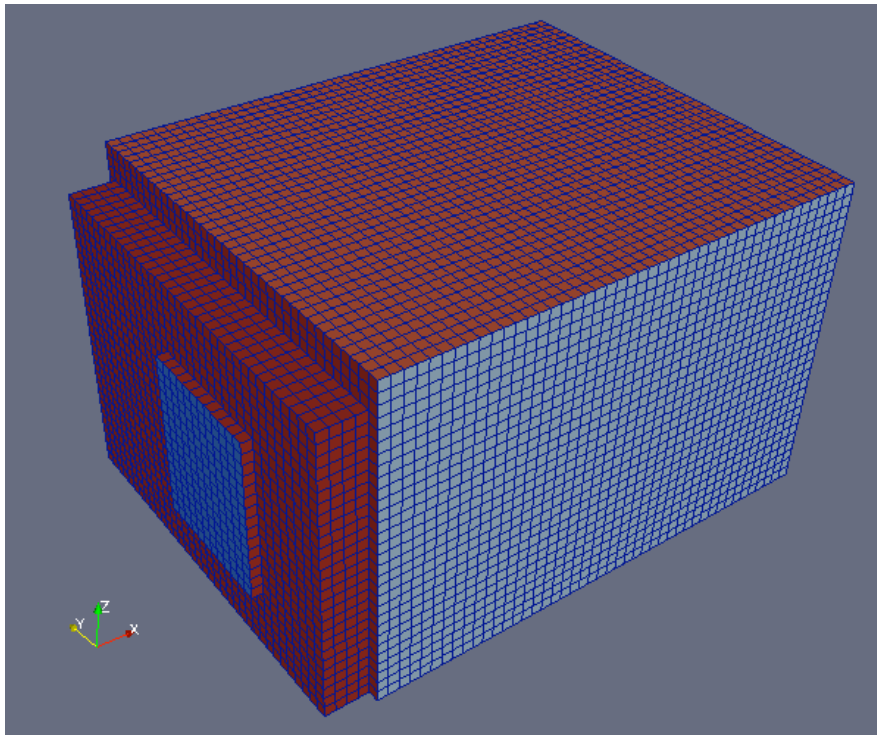
弾性体解析: 鉄骨建築物フレーム(第11~13週)

- ・学校体育館鉄骨フレームの軒部分をモデルに作成
- ・地震力の有無などでケーススタディ、**結果の解釈**(モーメント・軸力と応力分布の関係)



音響解析: 残響室内の音響伝搬(第14～15週)

- ・音響研究試験機関の实在残響室
- ・カスタムソルバによる音響インパルスの伝搬解析
- ・カスタムユーティリティによる音場インパルスレスポンスの可聴化



システム構築

- ・本番前のテストは重要。
 - カスタムコードは早期にオープンソース化、コミュニティの力を借りてテスト
- ・想定外のトラブル: アクセス集中によるネットワークドライブのマウント失敗
 - システム構築業者を呼んで対処、実用上問題ない程度に改善

良好であった点

- ・「シラバスを見て興味を持った」「面白い」「画面がきれい」
- ・出席率(ほぼ100%)・レポート提出率(100%)
→学生の興味を引く点では合格点か。
- ・「構造の授業では判らなかった、モーメント・軸力などが初めて理解できた」
→応力解析結果の可視化は、応力、ひずみ、モーメント等の力学的概念の理解に有効。

改善すべき点・今後の課題

- ・週一回、90分では時間が全く足りない。→意欲のある学生は、予習で対処
- ・ティーチングアシスタントが必要(エラーへの対処→アシスタントにも力量が必要)。
- ・授業評価アンケートでの評価はやや別れがち(特に難易度)。
- ・「授業内容にまとまりが無い」(CFD、構造解析等色々詰め込んだため)。
- ・数値解析系の研究への呼び水になるか？→4年次の研究室配属時に判明。



Thanks for listening!

関連資料は以下で公開しています。

<http://oshima.eng.niigata-u.ac.jp/OpenFOAM/ja/>