平成22年度OpenFOAM非圧縮性流体解析演習シリーズ

第1回

Bashシェルの基礎とOpenFOAM概要および主要な 非圧縮性ソルバー・チュートリアルの説明

今野 雅 (オープンCAE学会、東京大学)



自己紹介

- 所属
 - 東京大学 大学院工学系研究科 建築学専攻
- 専門
 - 建築環境工学 (温熱・空気環境、特に数値予測)
- 所属学会
 - 日本建築学会
 - 空気調和・衛生工学会
 - 日本流体力学会
 - 日本風工学会
 - オープンCAE学会(副会長)



目次

- 1. Open∇FOAM®概要
- 2. Bashの基礎
- 3. 主要な非圧縮性ソルバー・
- チュートリアルの説明
- 4. 質疑

OPENFOAM(R) is a registered trade mark of OpenCFD Limited, the producer of the OpenFOAM software and owner of the OPENFOAM(R) and OpenCFD(R) trade marks.



Open VFOAM®概要



Open▼FOAM®の歴史

- 1989年-2000年:研究室のハウスコード
 - 開発元:インペリアルカレッジ・ゴスマン研 (Star-CDの開発元)のHenry、Hrvoje、Niklas
- 1999年-2004年:商用コード化(FOAM: Field Operation And Manipulation)、開発元:▽Nabla
- 2004年12月:オープンソース化(OpenFOAM)、開発元: OpenCFD



Open▼FOAM®の特徴

- 有限体積法の採用
- 3次元非構造格子に対応
- ポリヘドラル(任意多角形)格子に対応
- 領域分割型の並列計算が容易
- 化学反応、燃焼を含めた複雑な流れ場、乱流、熱伝達、固体力学、電磁場解析などを解析可能



Open▼FOAM®の特徴

- オブジェクト指向型言語C++言語で記述されたCFD、固体の応力解析等の連続体力学の分野で使用可能な汎用の数値計算クラス・ライブラリ
- ・ オブジェクト指向型言語C++の特徴が活かされおり、支配方程式の解法の実装が非常に簡潔



Open VFOAM®の特徴

圧縮性のNavier-Stokesの式

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \nabla \cdot \phi U - \nabla \cdot \nu \nabla U = -\nabla p$$

陽解法で解くコード



Open▼FOAM®の特徴

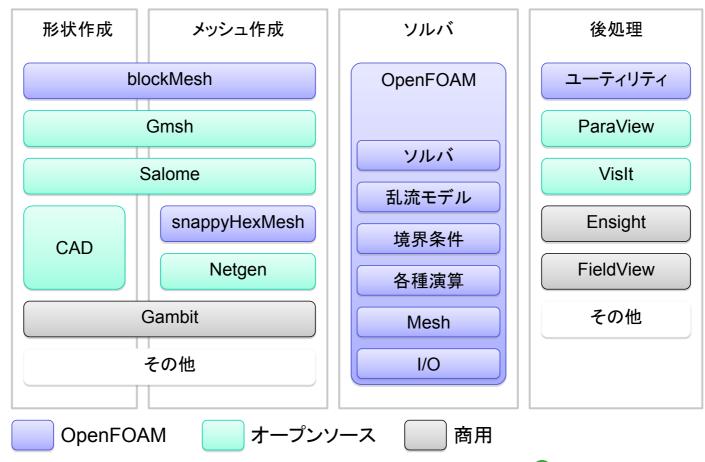
```
solve(
       fvm::ddt(U)
    + fvm::div(phi,U) \longleftrightarrow +\nabla\cdot\phi U
    - fvm::laplacian(nu,U) \longleftrightarrow -\nabla \cdot \nu \nabla U
== - fvc::grad(p)
                                           =-\nabla p
                                           OpenCAE
```

Open VFOAM®の特徴

- フリーソフトウェア
 - ▶ 学生や研究者がCFD解析をトライするきっかけ
 - ▶ 超並列計算が低コストで可能
- ・オープンソース
 - ▶ 既存のソースを参照可能
 - ▶ 新しい計算モデルや離散スキームの実装が容易
- ライセンス: GPL(General Public License)



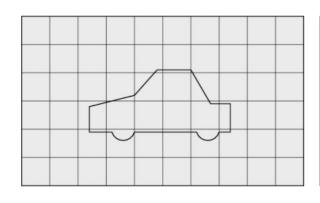
Open▼FOAM®の構成

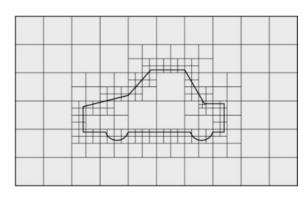


(引用元: 大嶋 拓也 (新潟大学)「イントロダクション: OpenFOAM概要」 第一回OpenFOAM講習会)



境界適合六面体格子生成ユーティリティ snappyHexMesh

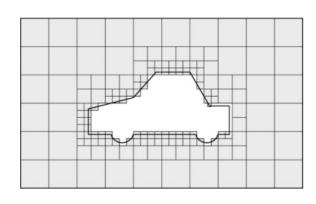


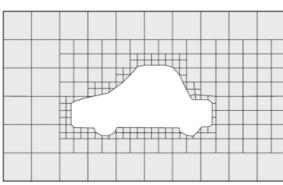


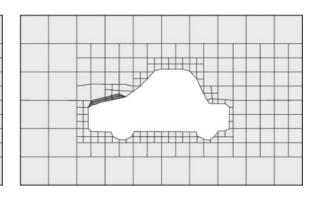
ベース格子

STL表面の細分割

スムージング







階段状格子

境界適合(snap)

レイヤ付加

OpenCAE

(図引用元: OpenFOAM User Guide Version 1.5)

Open VFOAM®の特徴

basic	基礎的なCFDコード
incompressible	非圧縮性流れ
compressible	圧縮性流れ
multiphase	多層流
DNS	直接数値シミュレーション
combustion	燃焼
heatTransfer	熱輸送
electromagnetics	電磁流体
stressAnalysis	固体応力解析
financial	金融工学

標準

ソルバ

現在 約65個

OpenFOAMのインストール

対応OS

- Linux : Ver. 1.6まではバイナリ配布、Ver. 1.7からは Ubuntu/Debianのパッケージ配布
- UN*X: ソースからコンパイルで概ね動く
- Mac OS X:ユーザによる非公式ポーティング
- Windows:ユーザによる非公式ポーティング
 - ▶ ネイティブ+GUI版は様々なサードパーティで開発中



OpenFOAMのインストール

- Linux機がある場合、本格運用したい場合
 - ▶ バイナリパッケージをダウンロードし、READMEに 従って、展開と設定
- Windows機やMac機で試用したい場合
 - ▶ VMWare等でLinuxの仮想環境を作り、Linux機と同様にインストール
 - ▶ LinuxにOpenFOAMを組み込んだ仮想環境パッケージをインストール (CAELinux, DEXCS-OpenFOAM)

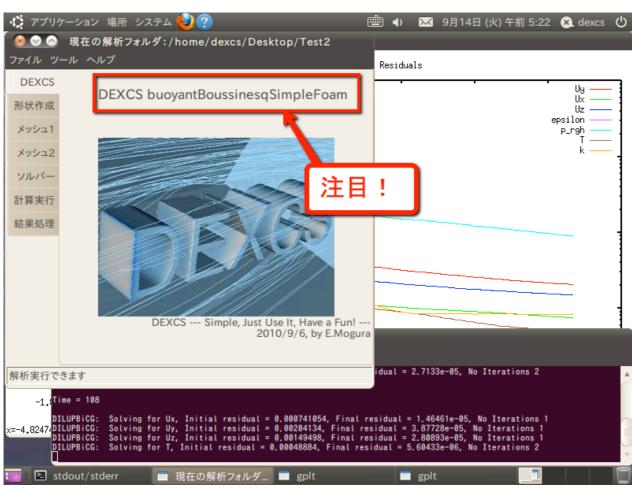


DEXCS2010-OpenFOAM

- ・岐阜高専・(株)デンソーによる共同開発
- ベースOS: Ubuntu Linux 10.04 32bit版、64bit版
- インストール済の主なソフトウェア
 - OpenFOAM-1.7.x
 - ▶ Paraview-3.8.0 (可視化ツール)
 - ▶ blender-2.49 (3次元モデラー、CAD)
 - 上記ソフトウェアの一部を設定、起動するための GUIランチャー&マニュアル



DEXCS2009版との違い



- OpenFOAM1.7
- 64bit版対応
- GUIランチャー でsimpleFOAM 以外も使用可な ど様々な機能拡 張と簡素化

(引用元: Mogurana's Blog http://bit.ly/dgW8W4)

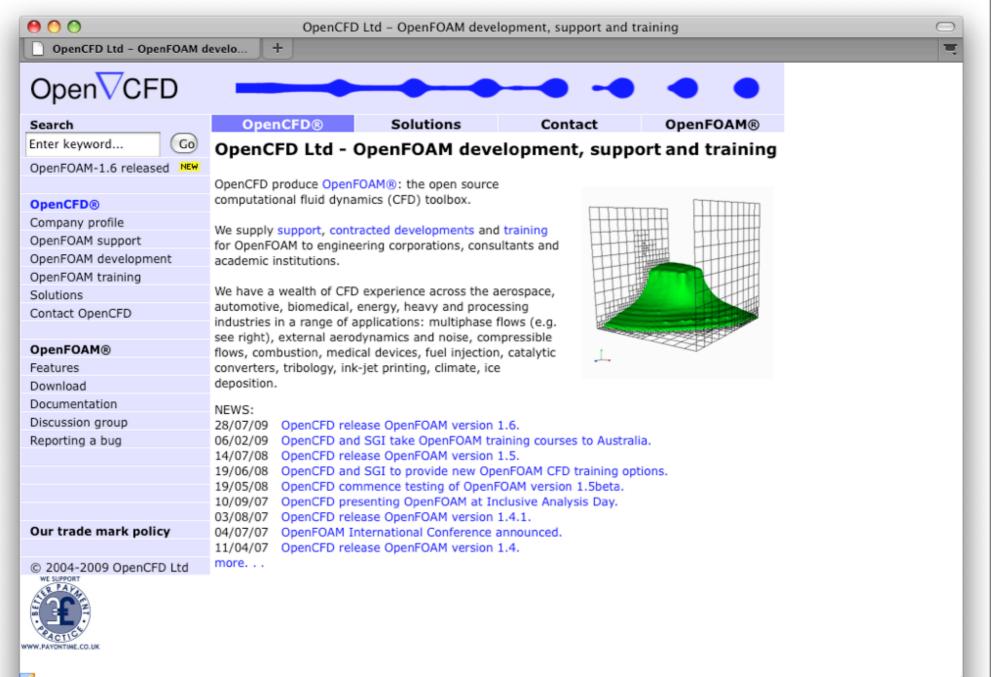


オンラインでの情報元

- Web
 - ▶ OpenCFD社(英語)
 - ▶ オープンCAE学会(日本語)
- Discussion Board
 - ▶ OpenFOAM Forum (英語)
 - ▶ OpenFOAMディスカッションボード(日本語)
- Wiki
 - ▶ OpenFOAM Wiki(英語)
 - ▶ OFWikiJa [OpenFOAM Wiki日本語版](日本語)



OpenCFD社(英語)



オープンCAE学会(日本語)



OpenCAE.

案内

- メインページ
- オープンCAE学会について
- 事業のご案内
- イベント
- 最近更新したページ

検索



ツールボックス

- リンク元
- 関連ページの更新状況
- 特別ページ
- 印刷用バージョン
- この版への固定リンク

42

メインページ

一般社団法人オープンCAE学会 The Op

ソースを表示 履歴

The Open CAE Society of Japan

一般社団法人オープンCAE学会は、計算科学あるいはCAE (computer aided engineering: 計算機援用工学) 分野で、知識を共有し、普及させることを目的に設立された、非営利の法人です。知識にはもちろん、プログラムや数理モデル、数値解法、さらにはそれらの利用方法まで含みます。そして私たちは、これらをコミュニティを通じて育てていくことを目指しています。私たちはこの概念を、オープンCAEと呼ぶことにしました。

オープンCAEが、学術的な根拠で裏付けられ、普及するには、プログラムがオープンソースで提供されていることや、フリーソフトウェアであることはたいへん重要です。計算科学やCAEを勉強したい、あるいはそれらの技術を使って新たな製品を生み出したいと考えている人たちが、これらの知識に自由にアクセスし、そしてこれらの知識が、コミュニティを基盤として支えられ、発展している世界を思い浮かべてみてください。

私たちは、オープンCAEの普及は人間文化にとってたいへん重要なことと信じています。オープンCAEの普及に賛同いただける方は、是非、本学会にご入会いただき、いっしょにこのコミュニティを育てていくことにご協力いただけますようお願いいたします。

オープンCAEとは

オープンCAE学会設立の経緯 🗈

オープンCAE学会の概要

入会のご案内と会費

ニュース

- (2010/09/12)オープンCAE学会第1回並列計算セミナーを2010年10月2日(土)に 東京大学本郷キャンバスで開催します。
- (2010/09/07) オープンCAEシンボジウム2010を2010年12月5日(日)に東京大学本郷キャンパスにて開催いたします。詳細は決定次第、随時掲載いたします。
- (2010/09/07) 2010年9月25日(土)から東京大学本郷キャンパスにて開催する平成 22年度OpenFOAM非圧縮性流体解析演習シリーズの申込み受付を始めました。
- (2010/09/04) 2010年8月8日に行なわれた平成22年度オープンCAE夏季講習会 (岐阜)の配布資料を公開しました。
- (2010/09/04) 2010年8月6日に行なわれた平成22年度オープンCAE夏季臨時講習会(東京)の配布資料を公開しました。
- (2010/06/17) 2010年5月14日に行なわれた第1回オーブンCAE講習会の配布資料を公開しました。
- (2010/05/31) 平成21年度事業報告・決算、平成22年度事業計画・収支予算を掲載しました。
- (2010/05/20) 学会創立記念の一環として5月14日のワークショップ当日に会員の 方々に無料で配布したDEXCS2009-OpenFOAMの特別版DVDですが、今後も会員 の方々には無料で郵送配布することになりました。また、紹介動画も作成しました。 詳細はDEXCS2009-OpenFOAM-devのDVD配布をご覧ください。

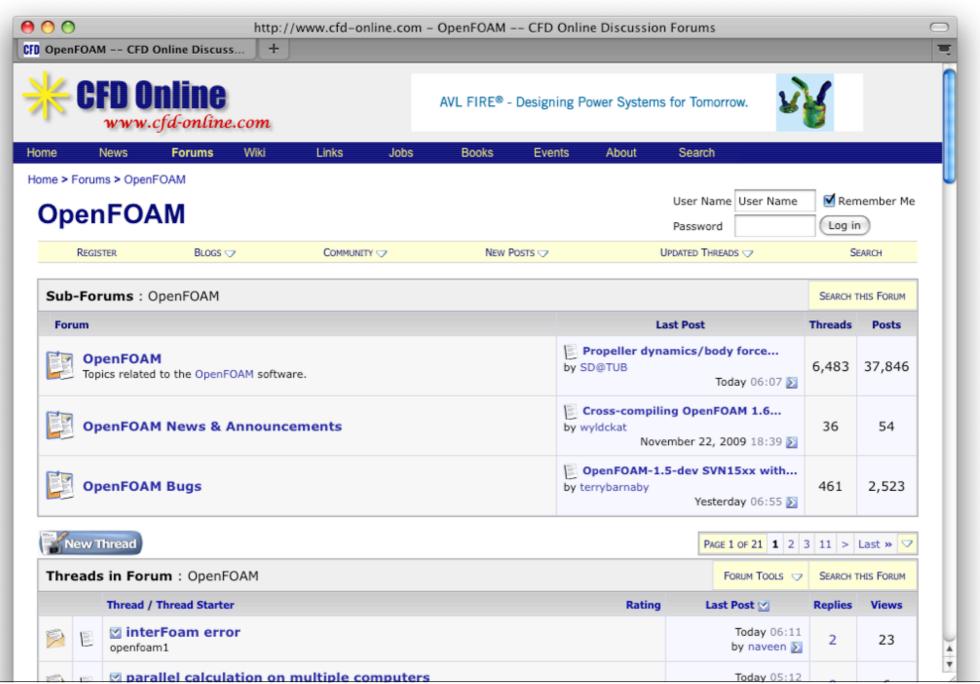
ニュース・アーカイブ 予定を表示するタイムゾーン: 東京

イベントカレンダー

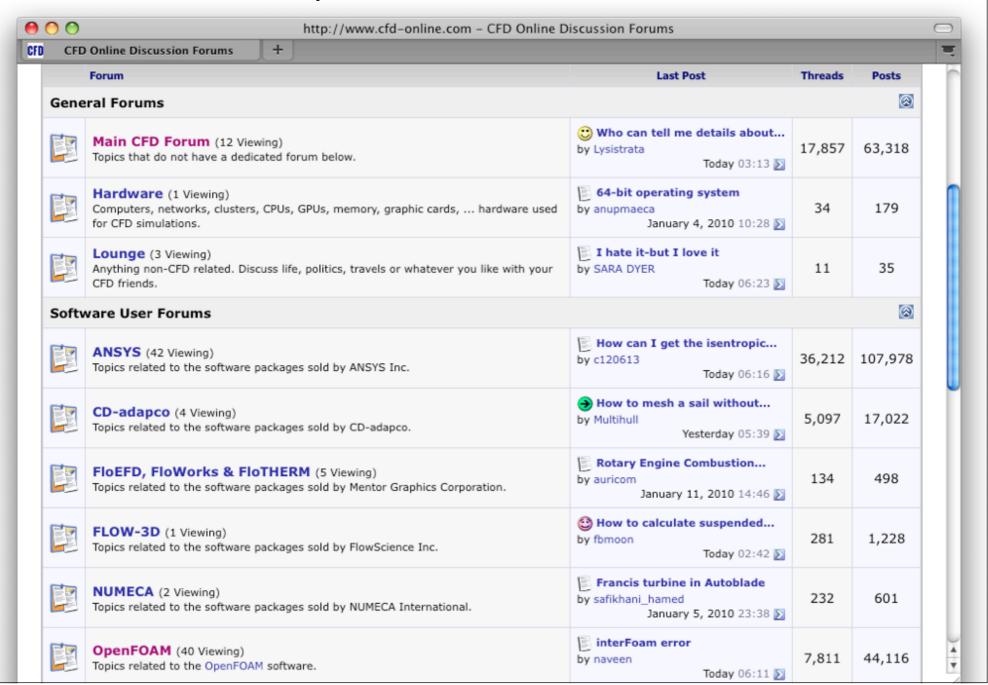


コンテンツ

OpenFOAM Forum (英語)



OpenFOAM Forum (英語)



OpenFOAMディスカッションボード(日本語)



第2回オーブンソースCAEワークショップにご参加いただきました皆様

本ワークショップは、休日(土曜日)にもかかわらず、100名という多くの方に ご参加いただきましたこと、まことにありがたく厚くお礼申し上げます。 また東京工業大学・青木先生をはじめ、ご講演いただきました先生方には、 お忙しい中、本ワークショップのためにご準備・ご講演いただき、ありがとう ございました。まことに簡単ではございますがこの場を借りてお礼申し上げます。 さらに一般社団法人オープンCAE学会の設立につきましては、東京大学・ 坂本先生より励ましのお言葉を頂戴し、パネリストの皆様をはじめ、会場の皆様 からは、熱意のあるご意見やご要望など、多くのご発言をいただきましたこと、 本学会設立時の社員はならびに役員一同、たいへんやりがいのあることと 強く感じております。今後はオープンCAE学会を中心として、さらに皆様方のお役に 立つよう努力する所存でございますので、あわせて皆様方のご協力も仰ぎたく、

無料電界解析ソフト

3D有限要素法(FEM) 電場解析 フリーウェアですが商用利用可です。 asl-i.com/soft/educa.html

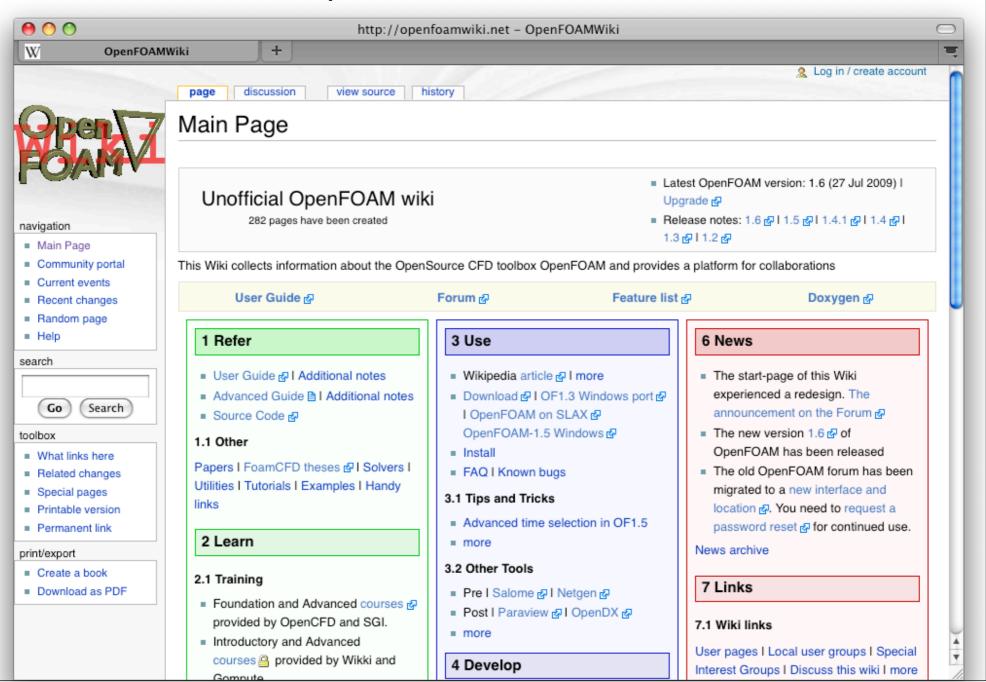
振動・音響解析ならESI

全周波数帯域でシームレスな解析 統合振動音響解析ソフトウェア www.esi.co.jp

グループ情報

メンバー: 232 人 言語: 日本語 グループのカテゴリ: 科学技術 > 物理学

OpenFOAM Wiki(英語)



Bashの基礎



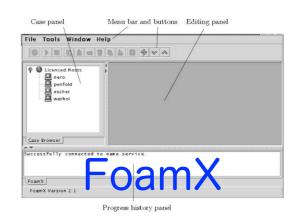
Bashの基礎

- ▶Bash(Bourne-Again Shell): Linuxで標準的 に使用されるシェル
- ▶シェル:ユーザーとOSの仲介をするソフトウェアであり、通常コマンドライン・ユーザー・インターフェース(CUI)を持つ
- ▶端末(ターミナル):シェルの入出力をCUIで行 うソフトウェア



Bashの基礎

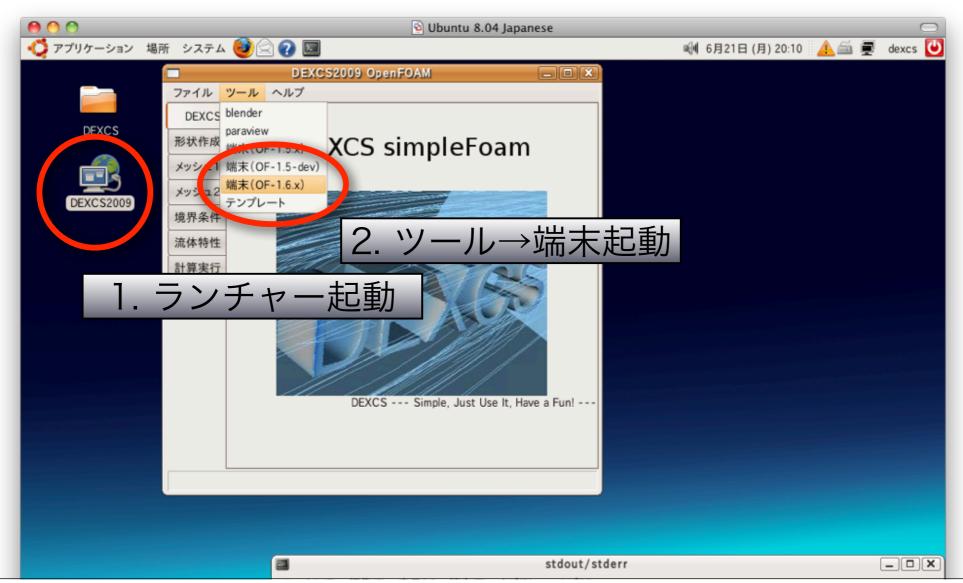
▶OpenFOAM-1.4迄はGUIツール FoamXがあったが1.5以降は廃止



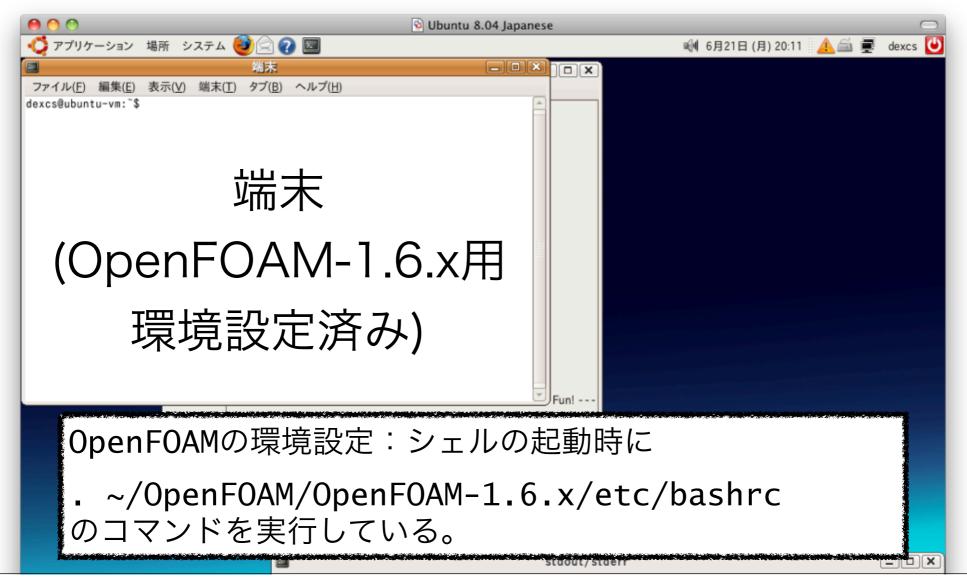
▶従ってソルバーやユーティリティの実行は、 シェルを用いてCUIで行なわないといけない ▶元々、Linuxで効率的に作業を行うには、シェ ルの基本的な使用法は知っておく必要がある



端末の起動



端末の起動



シュルで使う主なコマンド

- ▶cd:ディレクトリを移動する
- ▶Cp:ファイルをコピーする
- ▶mkdir:ディレクトリを作る
- ▶pwd:現在のディレクトリの場所を確認する
- ▶Is:ファイルやディレクトリの情報を表示する
- ▶more: テキスト・ファイルの内容を見る
- ▶alias: コマンドの別名(エイリアス)を表示・

登録する



OpenFOAMのエイリアス

端末で赤字のように打ってみましょう!

alias

```
alias app='cd $FOAM_APP'
:
alias run='cd $FOAM_RUN'
alias sol='cd $FOAM_SOLVERS'
alias src='cd $FOAM_SRC'
alias tut='cd $FOAM_TUTORIALS'
alias util='cd $FOAM_UTILITIES'
:
```



主なエイリアス

- ▶run:ユーザの実行用ディレクトリに行く
- ▶src:ライブラリのソースがあるディレクトリに行く
- ▶app:標準アプリケーションのソースがあるディレク
- トリに行く
- ▶util:標準ユーティリティのソースがあるディレクトリ
- に行く
- ▶sol:標準ソルバーのソースがあるディレクトリに行く
- ▶tut:チュートリアルディレクトリに行く



実行用ディクトリ作成

実行用ディレクトリに行く

run

実行用ディレクトリが無い場合→エラー

bash: cd: /home/dexcs/OpenFOAM/dexcs-1.6.x/run: No such file or directory

実行用ディレクトリを作成する

mkdir -p \$FOAM_RUN



チュートリアルのコピー

実行用ディレクトリの中身を確認

1s

既にコピーされている場合→tutorialsが表示される

tutorials

コピーされていない場合→tutorialsが表示されない

→コピーする

cp -r \$FOAM_TUTORIALS \$FOAM_RUN



チュートリアルの中身確認

チュートリアルのディレクトリーに行って、中身を確認

cd tutorials
ls

←ファイル名やディレクトリ名は

Tabキーで補完できます

チュートリアルの中身(ディレクトリやファイル)

Allclean basic electromagnetics lagrangian
Allrun combustion financial mesh
Alltest compressible heatTransfer multiphase
DNS discreteMethods incompressible stressAnalysis



チュートリアルの中身確認

ディレクトリの中身の詳細を表示

```
ls -al
```

←al といったオプションを付けます

- . は現在(カレント)のディレクトリ
- ..は上(親)のディレクトリ



ディレクトリの表示・移動

ディレクトリの表示

pwd

/home/dexcs/OpenFOAM/dexcs-1.6.x/run/tutorials

上のディレクトリに移動

cd ...

/home/dexcs/OpenFOAM/dexcs-1.6.x/run



主要な非圧縮性ソルバー・チュートリアル



OpenFOAMの標準ソルバー

basic	基礎的ソルバー
incompressible	非圧縮性流れ
compressible	圧縮性流れ
multiphase	多層流
DNS	直接数値シミュレーション
combustion	燃焼
heatTransfer	熱輸送
electromagnetics	電磁流体
stressAnalysis	固体応力解析
financial	金融工学

基礎的・非圧縮性ソルバー

basicカテゴリ	laplacianFoam	ラプラス方程式(拡散のみ)
	potentialFoam	ポテンシャル流れ
	scalarTransportFoam	パッシブスカラー輸送流れ
incompressible カテゴリーの 代表的なソルバー	icoFoam	層流PISO法ソルバー
	pisoFoam	乱流 PISO法ソルバー
	simpleFoam	乱流SIMPLE法ソルバー
heatTransfer カテゴリーの ブシネスク近似 ソルバー	buoyantBoussinesqPisoFoam	熱流体PISO法ソルバー
	buoyantBoussinesqSimpleFoam	熱流体SIMPLE法ソルバー

チュートリアルとは

- ▶標準ソルバーや標準ユーティリティーの実行 例であり、自動的に実行ができる
- ▶ユーザガイド第2章で扱っているケースの例
 - √ icoFoam/cavity
 - √ solidDisplacementFoam/plateHole
 - √ interFoam/damBreak
- ▶ Ver.1.6では約110ケースが用意されている



basic(基礎的)ソルバー とチュートリアル



laplacianFoamソルバー

- ▶場所: basic/laplacianFoam
- ▶機能: 固体伝熱問題のような拡散のみ現象を

表わすラプラス方程式を解く

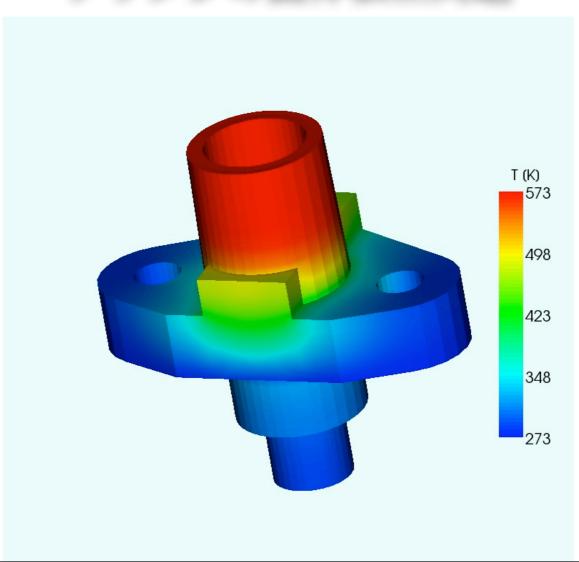
ケース

✓ flange



flangeチュートリアル

フランジの固体伝熱問題



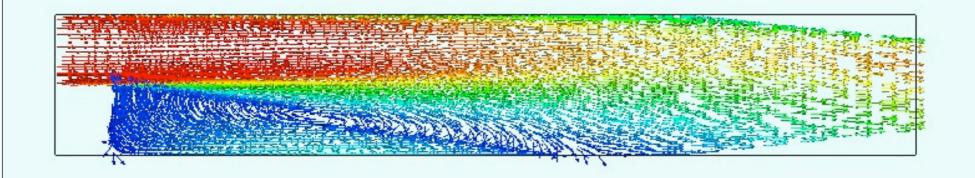
scalarTransportFoamソルバ

- ▶機能:与条件の速度を元に、流体と共に動く物質(パッシブスカラー)の輸送方程式を解く
- ・ケース
 ✓ pitzDaily



pitzDaily チュートリアル

パッシブスカラーの輸送



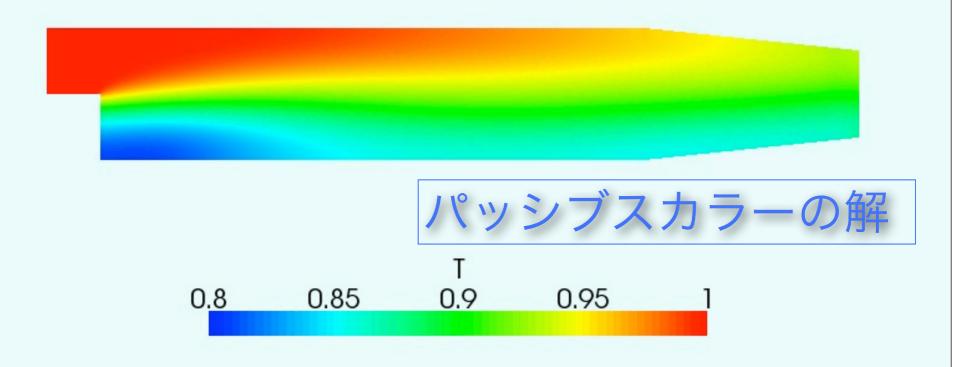
Velocity,U(m/s) 0 2.04 4.08 6.12 与条件の速度

8.16 10.2



pitzDaily チュートリアル

パッシブスカラーの輸送





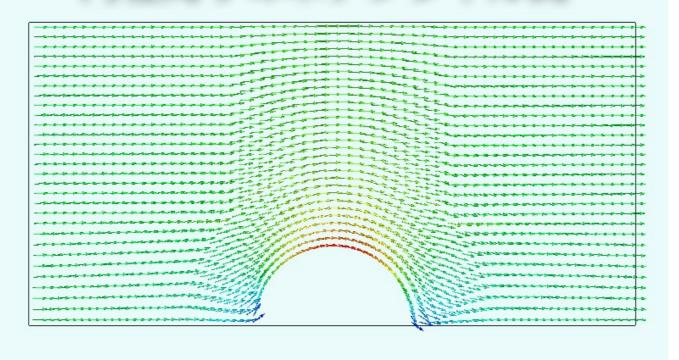
potentialFoamソルバ

- ▶機能:ポテンシャル流(粘性の無い渦なし流れ)
- を解く。
- ▶備考:連続の式を満す解が早く求まる事か
- ら、通常の粘性流の初期値を求めるのにもしばしば用いられる。
- ▶チュートリアル・ケース
 - √ pitzDaily
 - √ cylinder



cylinderチュートリアル

円柱周りのポテンシャル流



Velocity,U(m/s) 0.125 0.596 1.07 1.54 2.01



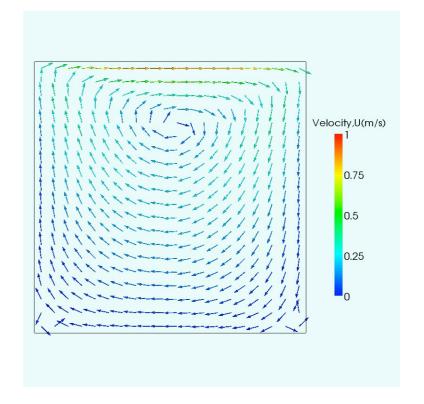


incompressible (非圧縮性)ソルバーとチュートリアル



icoFoamソルバやチュートリアル

- ▶機能:非圧縮性層流用の非定常ソルバー
- ▶チュートリアル・ケース
 - ✓ cavity系
 - ✓ elbow





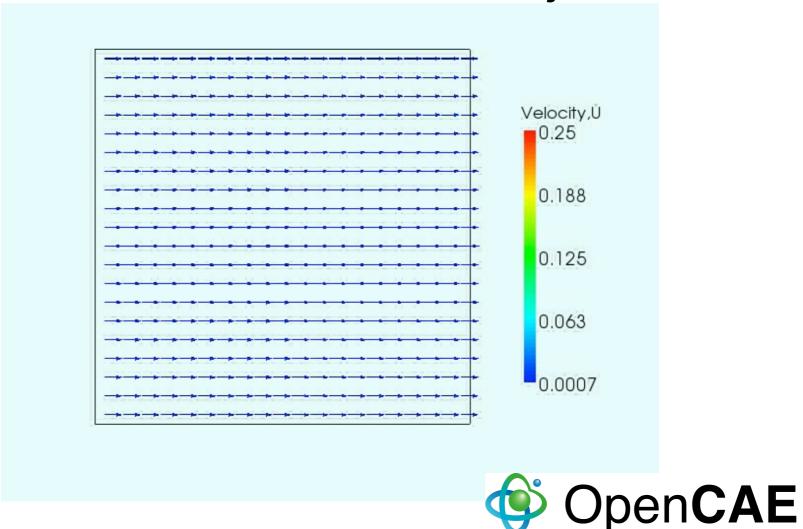
pisoFoamソルバやチュートリアル

- ▶機能:非圧縮性乱流用の非定常ソルバー
- ▶ 乱流モデル:RASモデル、LESモデル
- ▶ケース
 - √ ras/cavity
 - ✓ les/pitzDaily系



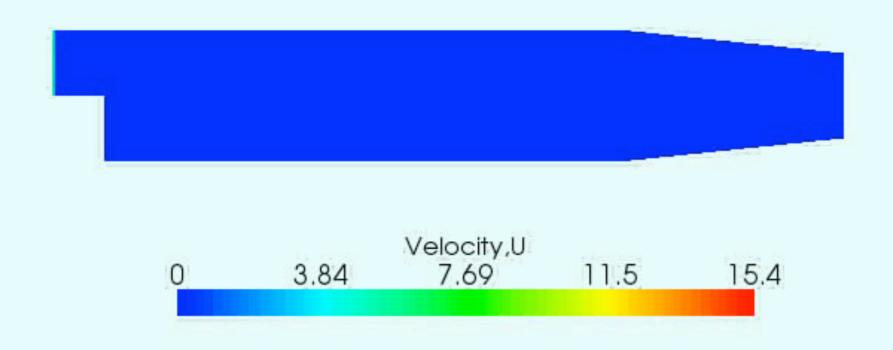
ras/cavityチュートリアル

RASモデルを用いた乱流cavity流れ



les/pitzDailyチュートリアル

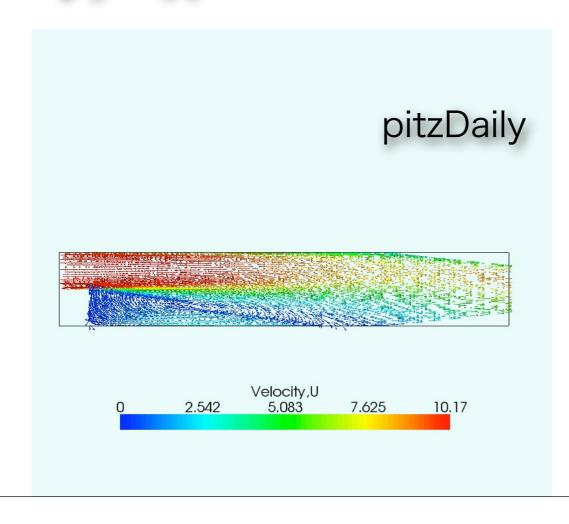
LESモデルを用いた乱流バックステップ流れ

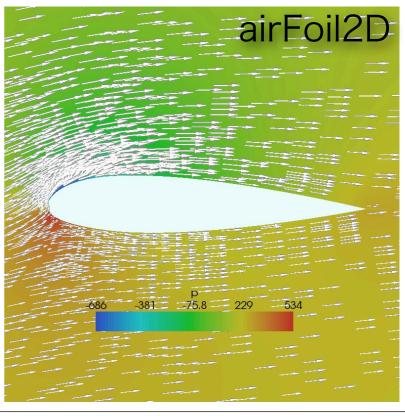




simpleFoamソルバやチュートリアル

- ▶機能:SIMPLE解法(主に定常解用)ソルバー
- ▶ケース





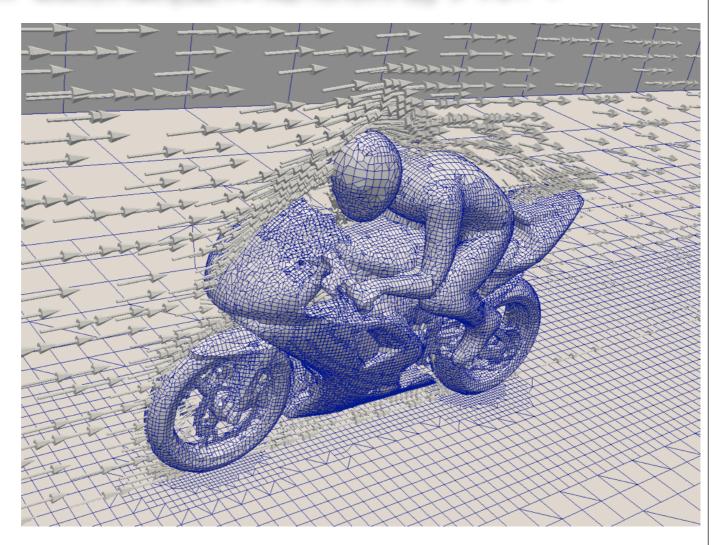
simpleFoamソルバやチュートリアル

▶機能:SIMPLE解法(主に定常解用)ソルバー

トケース

moterBike

(どちらかというと 自動メッシャー snappyHexMesh のチュートリアル)



heatTransfer (熱流体) ソルバー



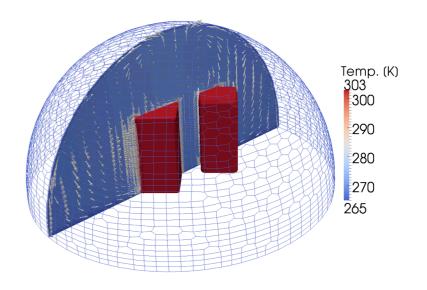
buoyantBoussinesqPisoFoam buoyantBoussinesqSimpleFoam ソルバやチュートリアル

▶機能:ブシネスク近似の熱流体PISO法、

SIMPLE法ソルバー

ケース

- ✓ hotRoom
- ✓ iglooWithFridges (Simpleのみ)





hotRoomケースの実践

```
run �

cd tutorials/�

cd heatTransfer/�

cd buoyantBoussinesqSimpleFoam/�

cd hotRoom/�

ls �

ls �

log contains the state of the
```

出力

0 Allclean Allrun constant system

チュートリアルの実行

foamRunTutorials<

←Tabキーで補完できます

Allrunがあるチュートリアル・ケースにおいては、上記は Allrun を実行するのと同等です。 Allrunが無いケースでは、blockMeshと、そのケースに対応するソルバーが順次実行されます。

実行結果の全消去

(今回は実行しないで結構です。)

出力

0 Allclean Allrun constant system

Allcleanがあるチュートリアル・ケースにおいては、 上記は ./Allclean を実行するのと同等です。

結果の可視化

端末で赤字のように打ってみましょう!

paraFoam & 🕗

← コマンドの後に&を付けると、コマンドがバック・グラウンドで動き、続けて他のコマンドを実行できます。

既にフォアグランドで実行していても...

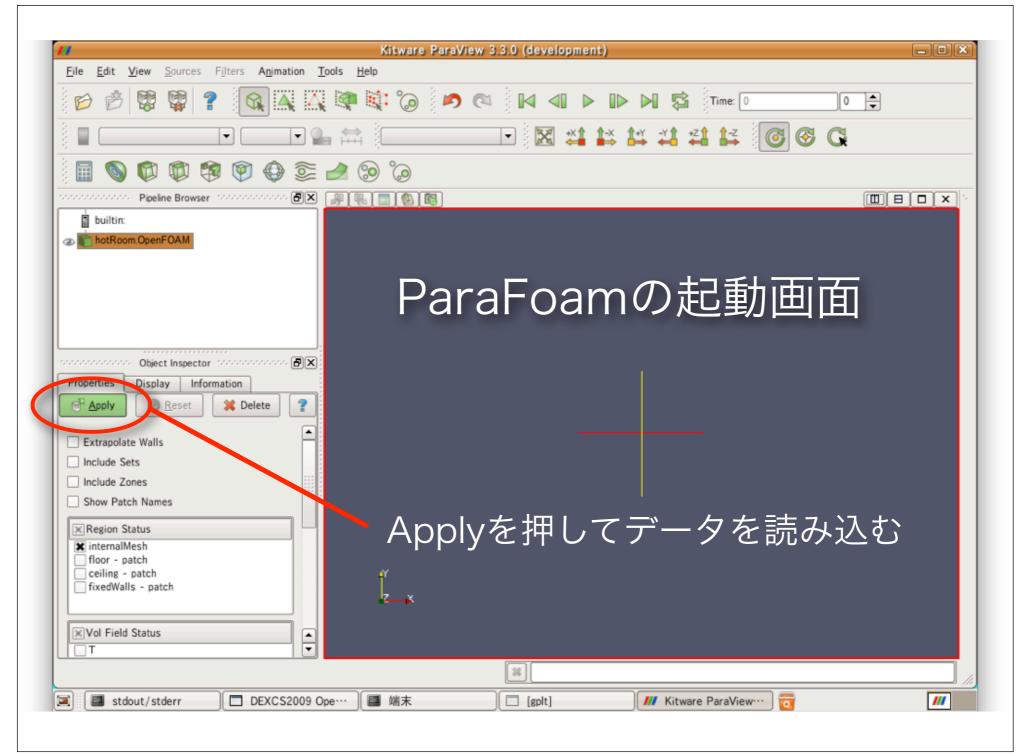
paraFoam 🕗

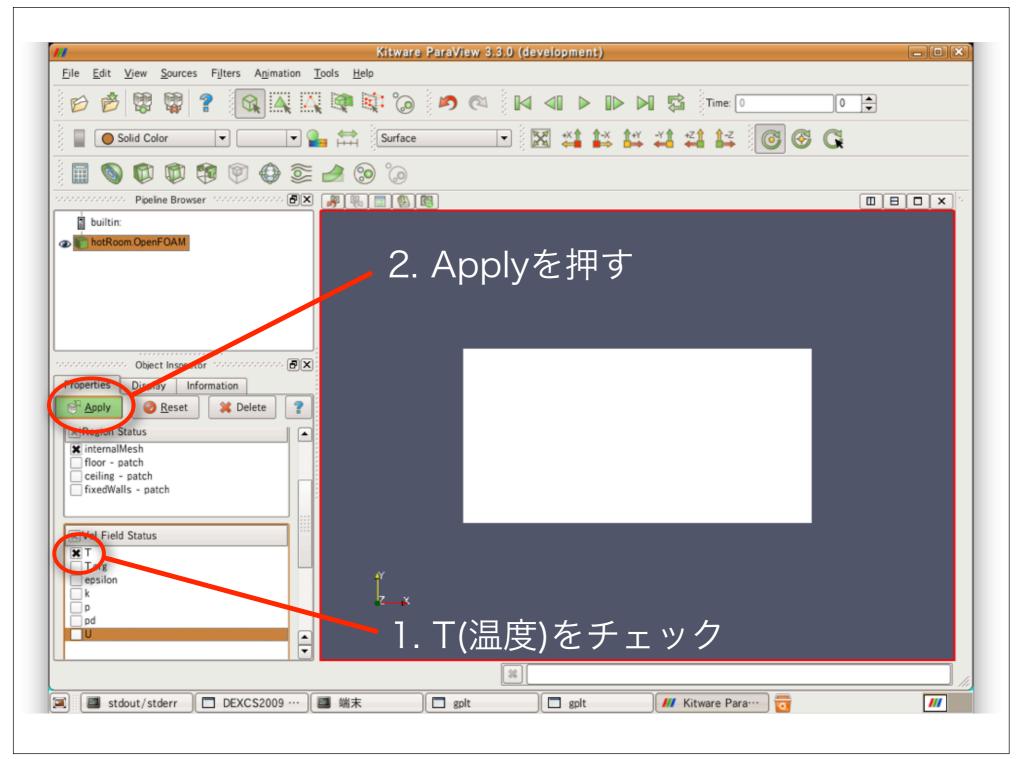
Ctrl+Z

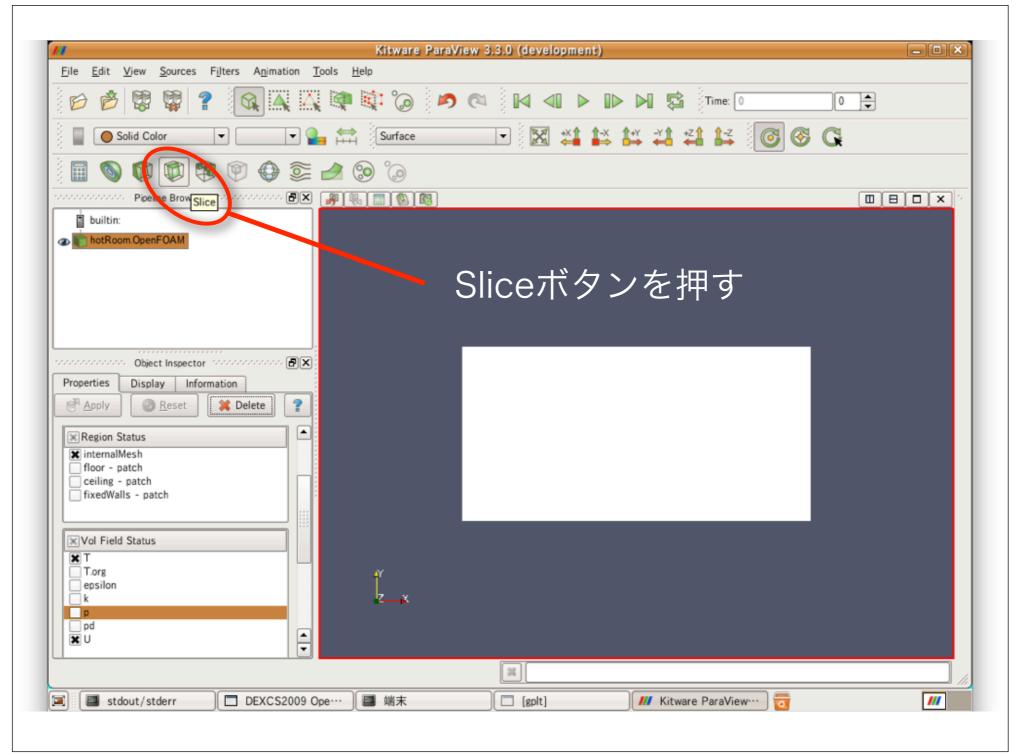
←Ctrl+Zで一度停止させてから、bgコマンドで

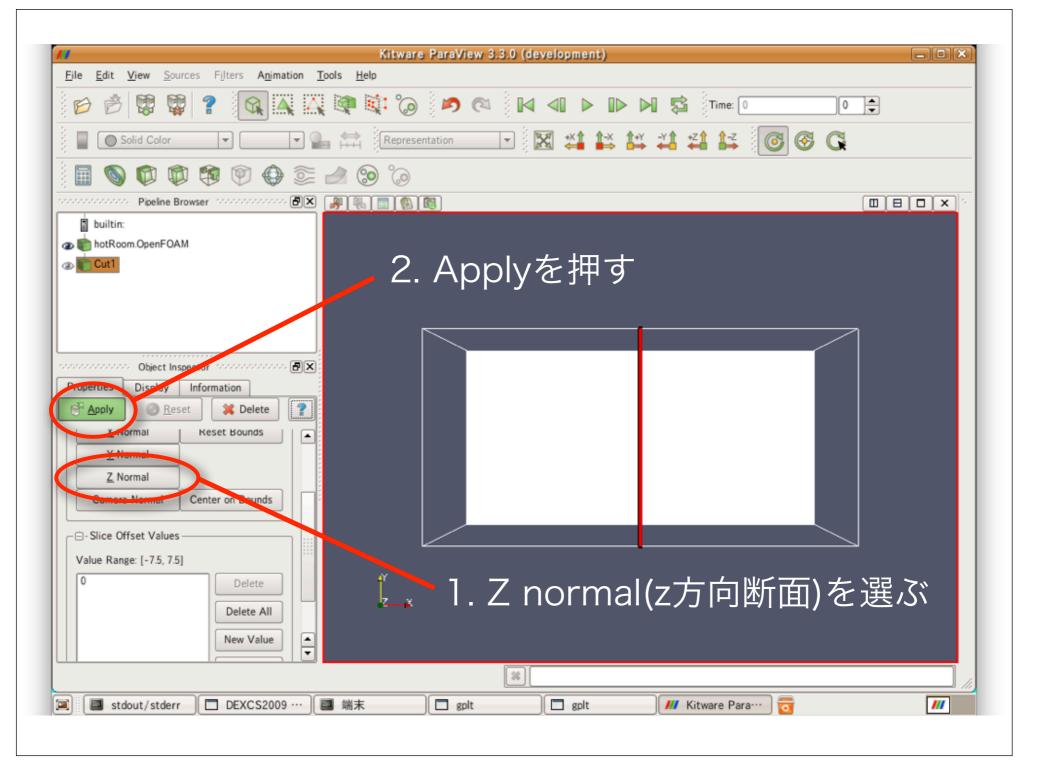
bg 却

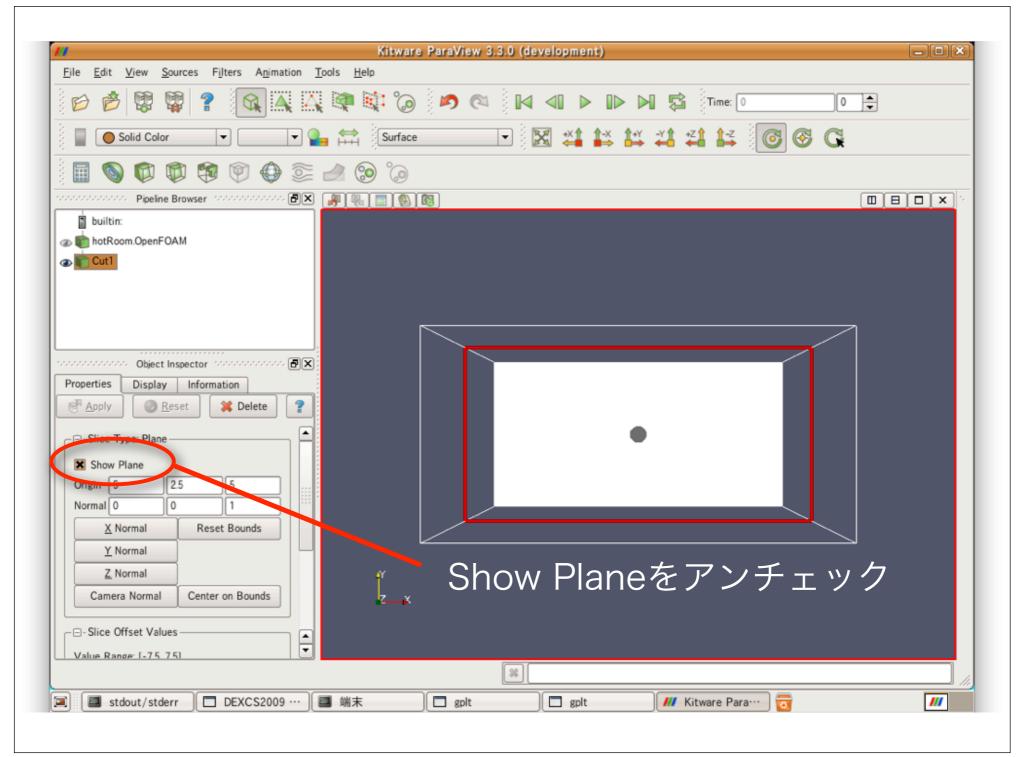
バックグランド・ジョブにすることも可能です。

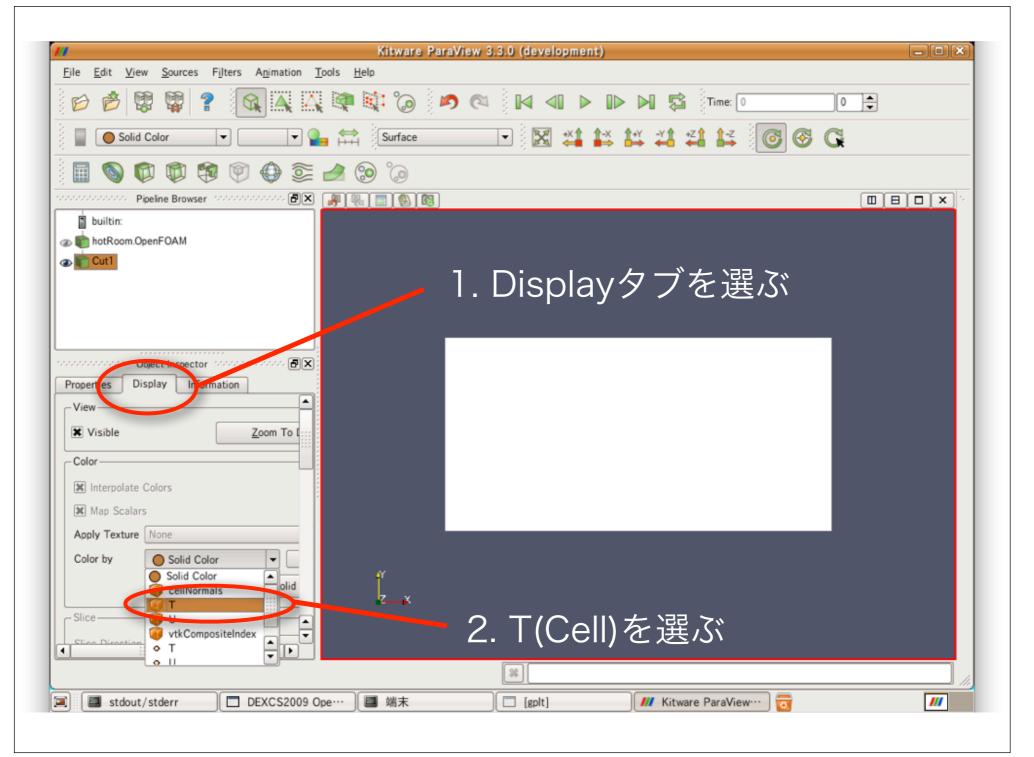


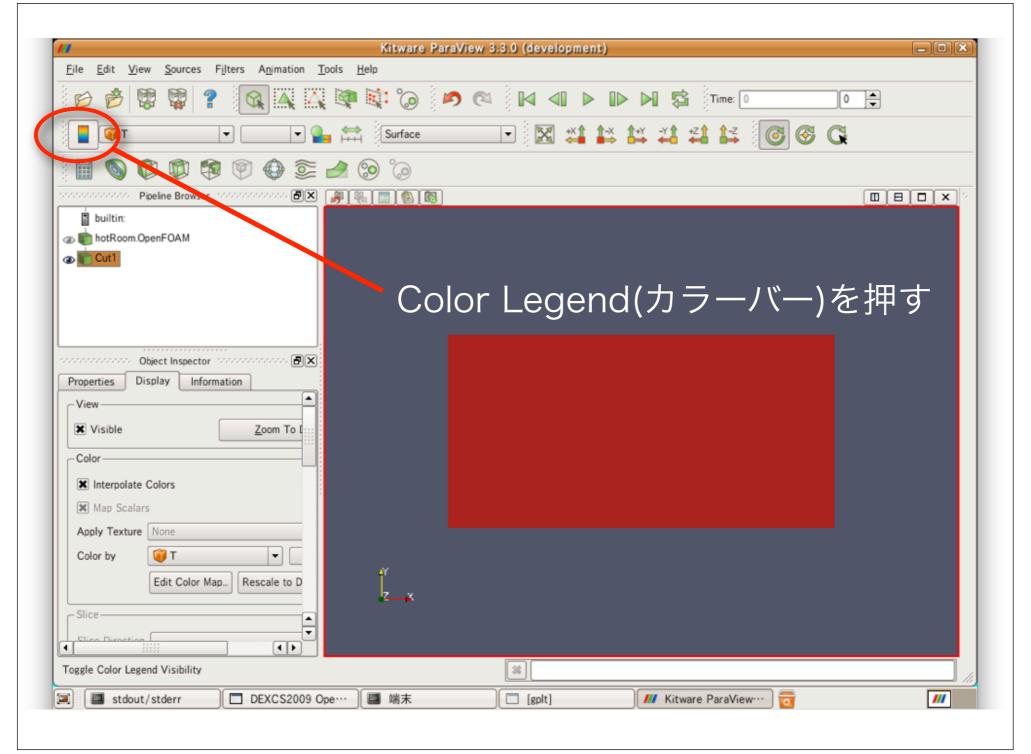


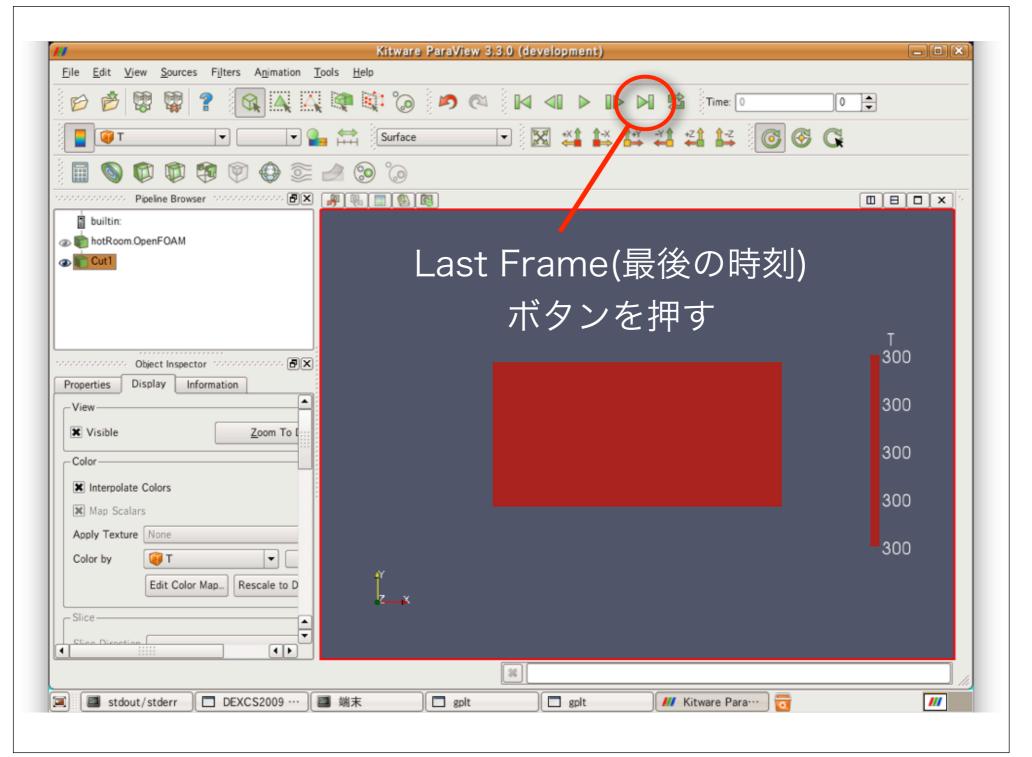


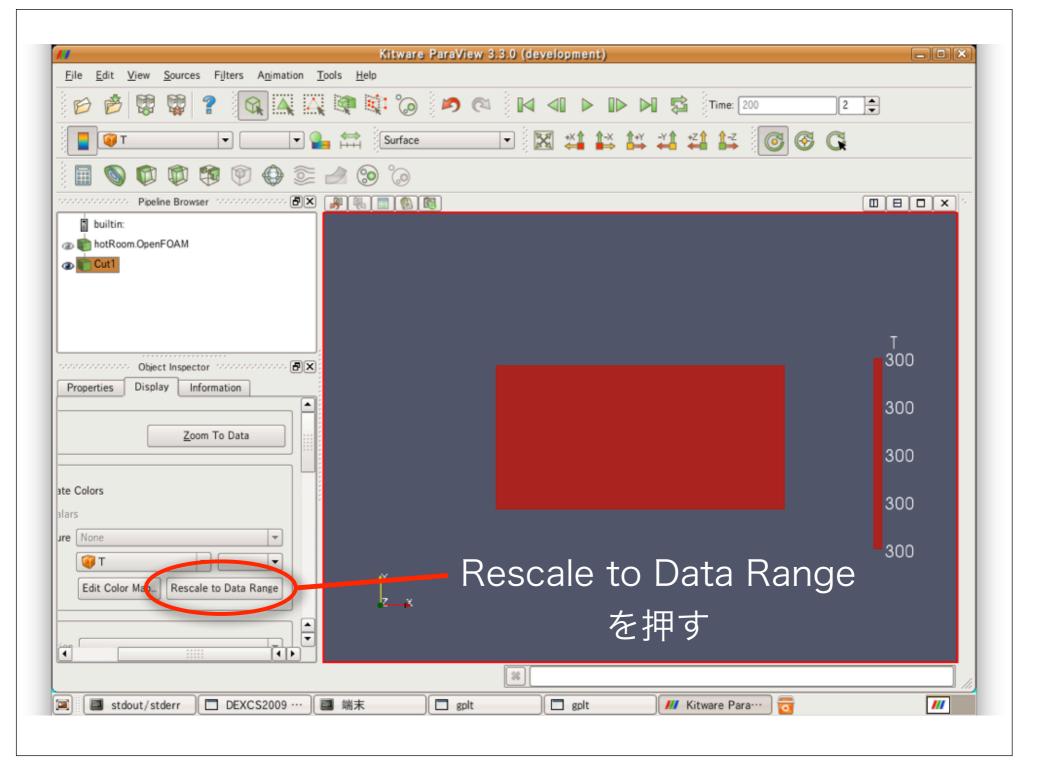


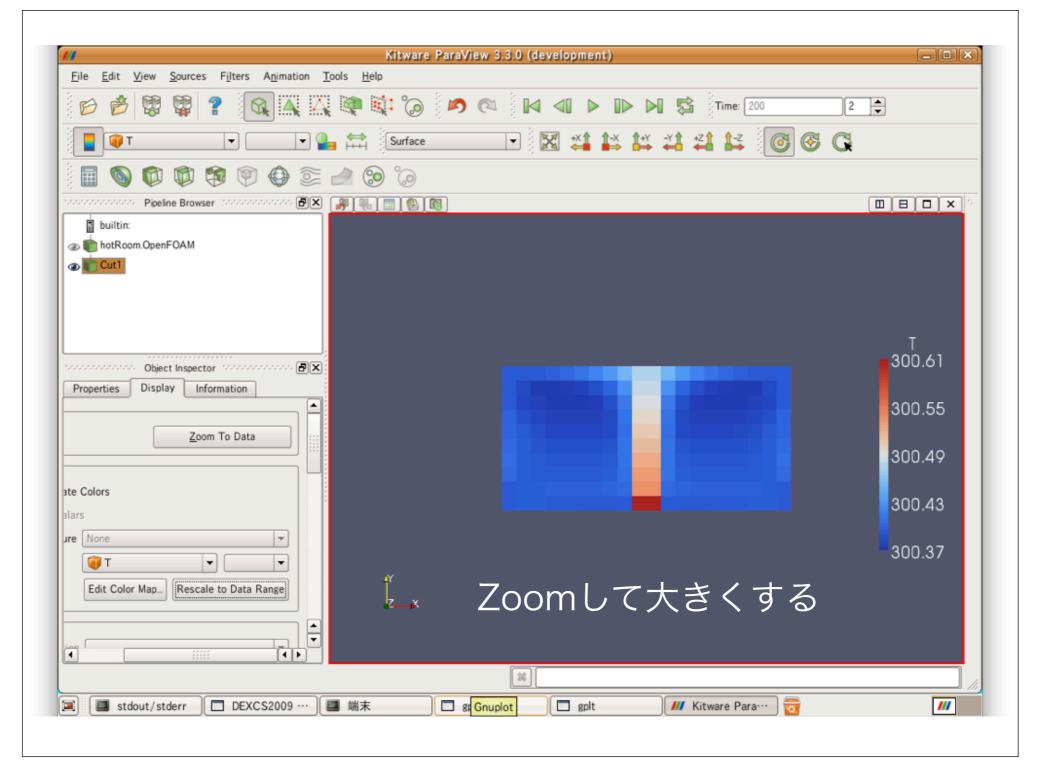


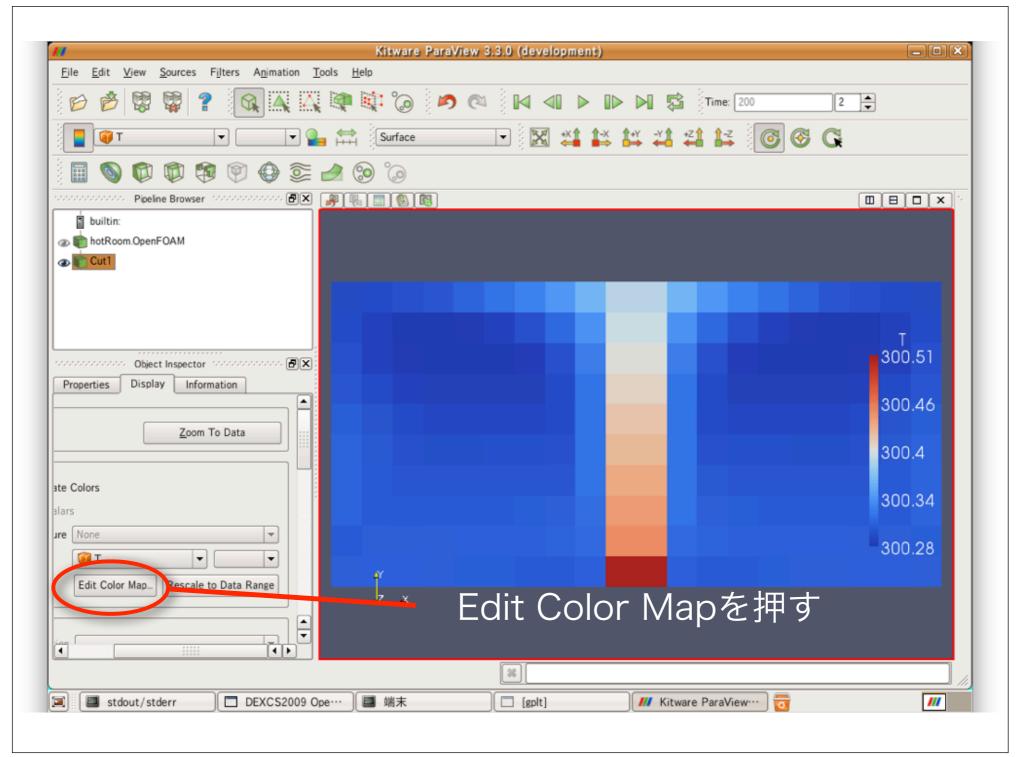


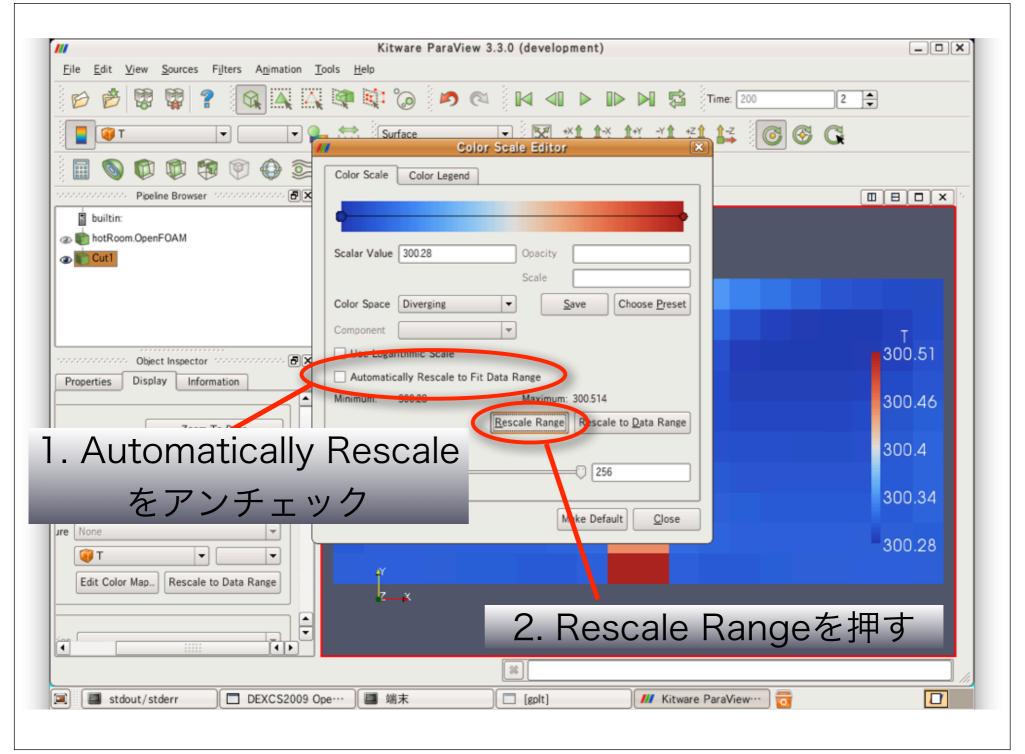


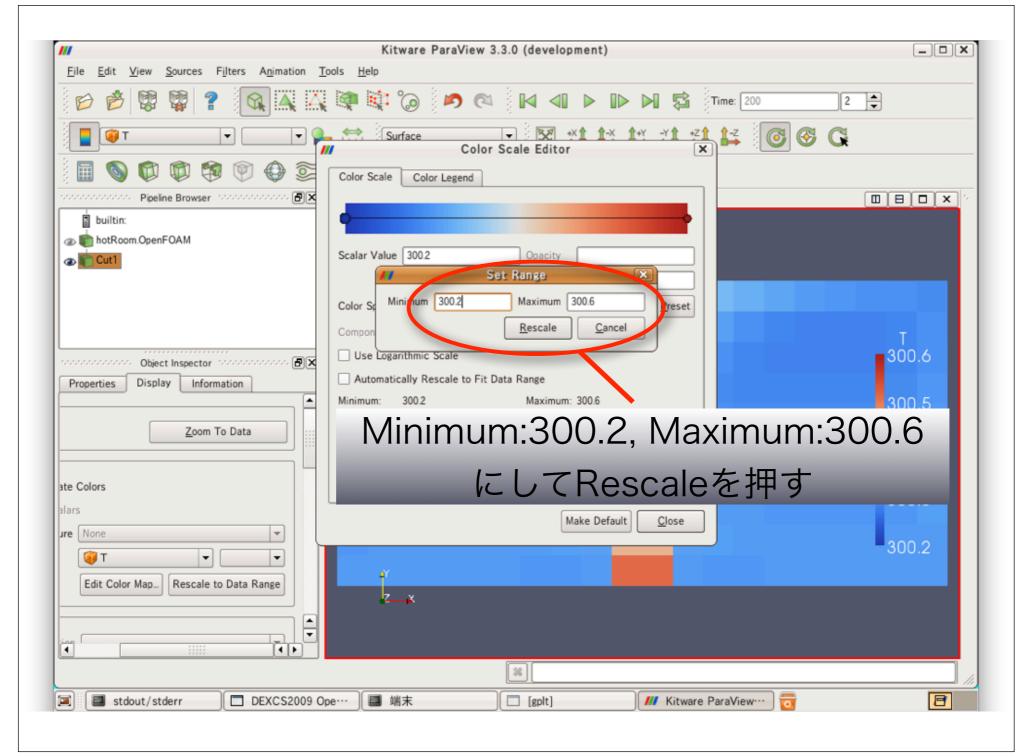


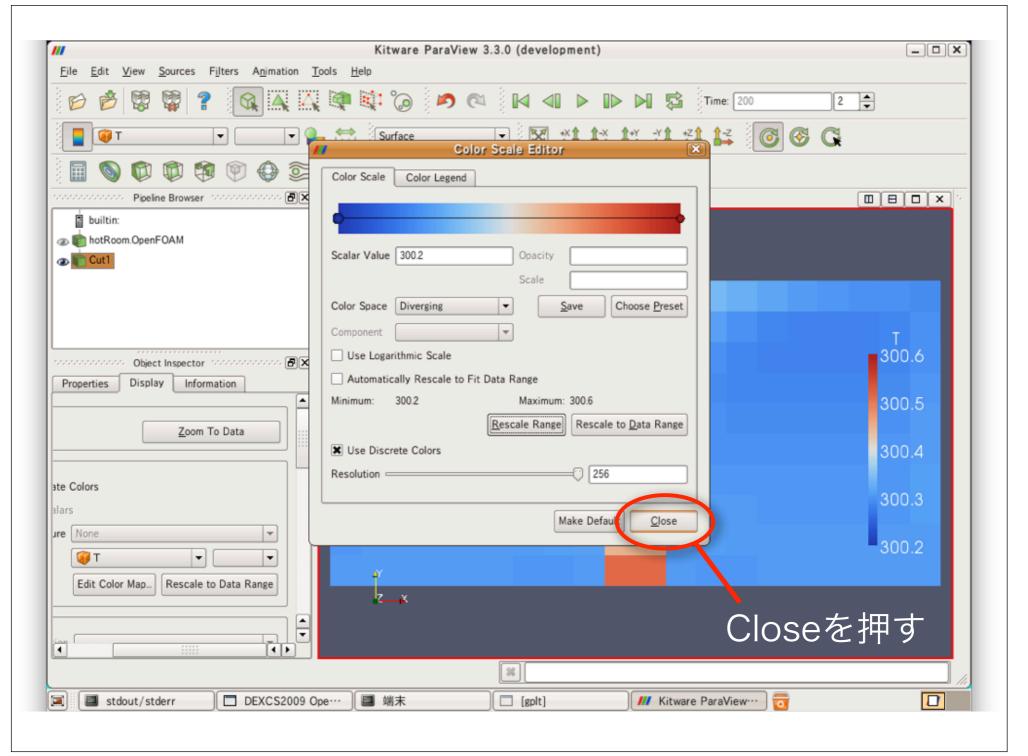


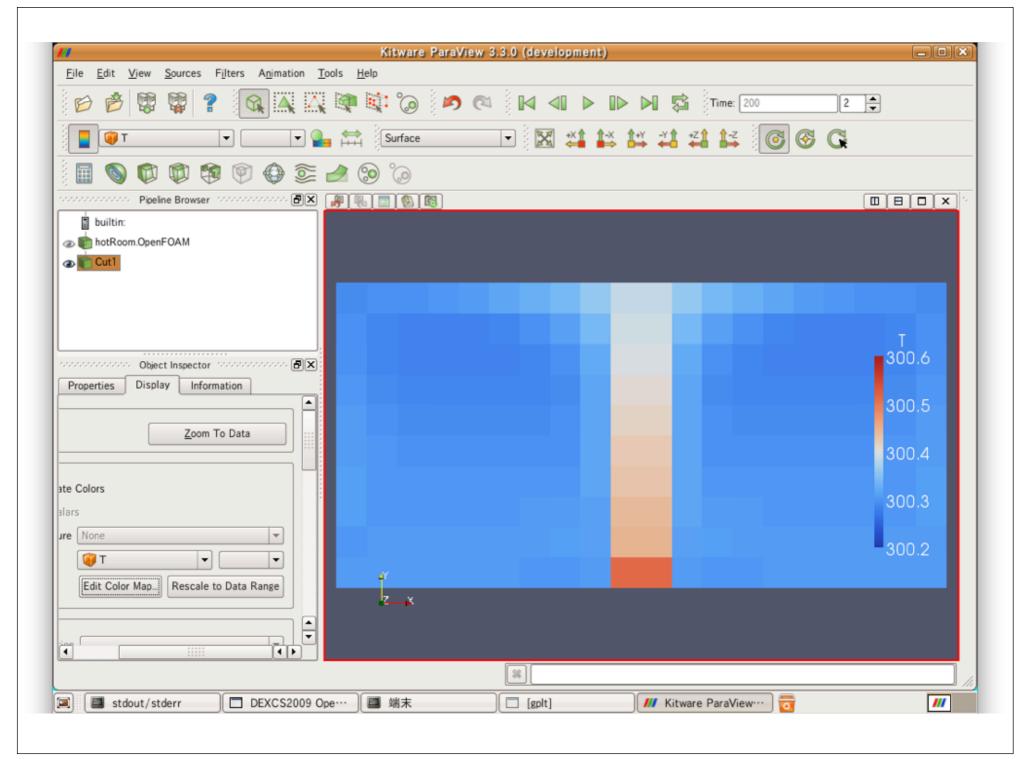












質問があればどうぞ



まとめ

- 1. Open∇FOAM®概要
- 2. Bashの基礎
- 3. 主要な非圧縮性ソルバー・

チュートリアルの説明

今後の演習予定

- ▶10/30(土) 第2回 (初級) 離散化スキーム、線型ソルバー、初期値や境界条件の設定