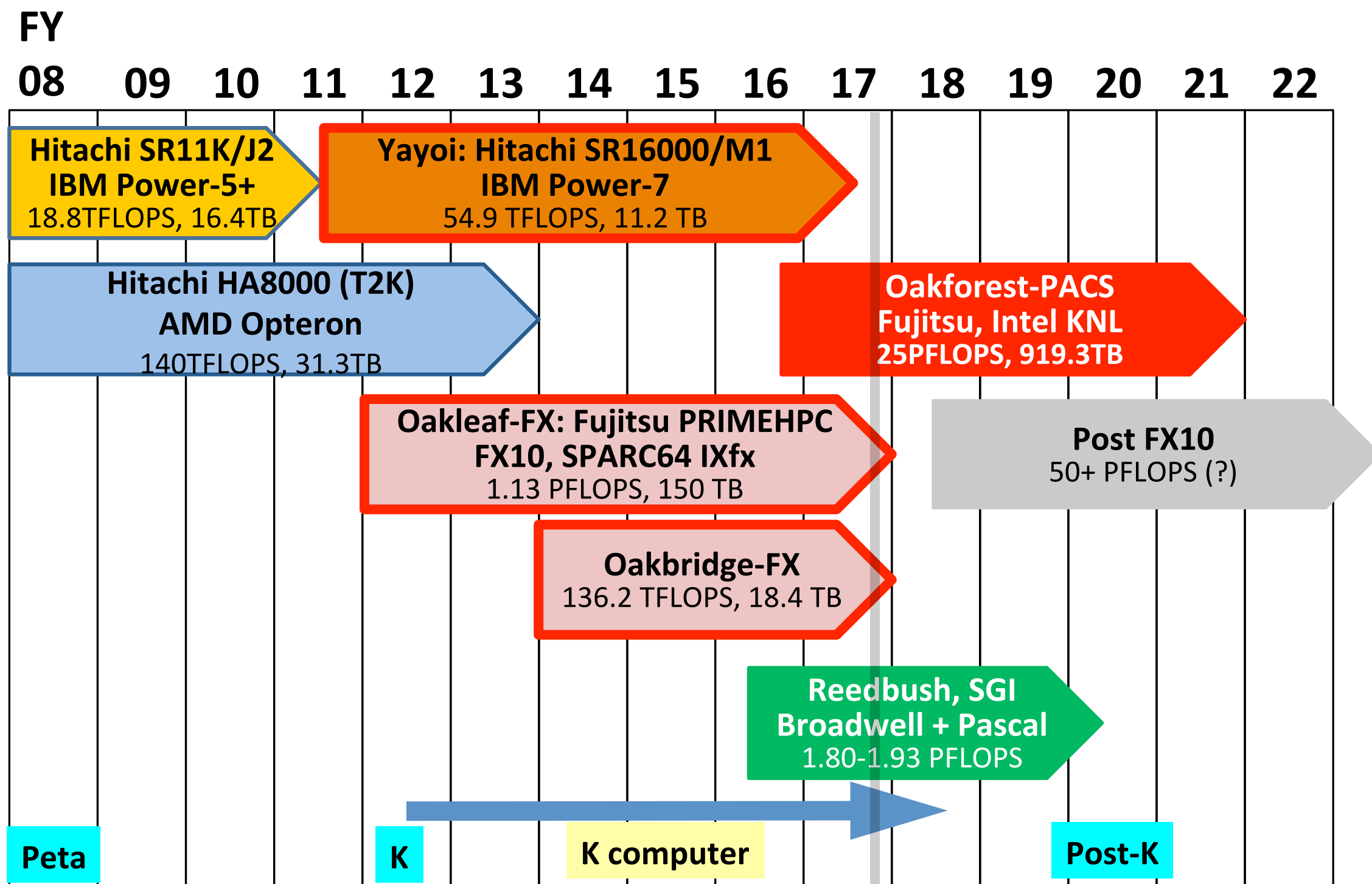

東京大学情報基盤センター
お試しアカウント付き並列プログラミング講習会

Reedbush-U概要 OpenFOAM概要

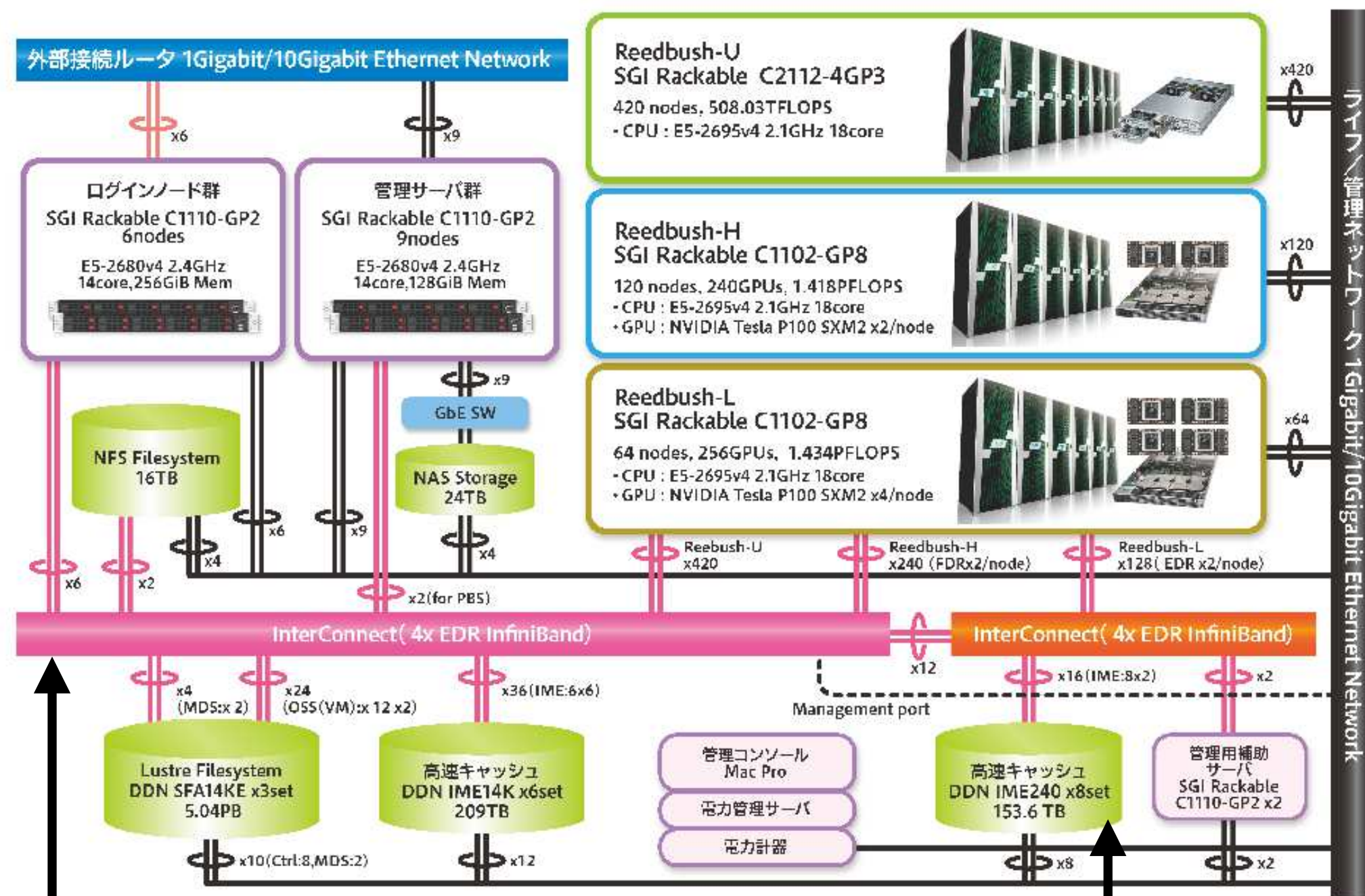
今野 雅
(東京大学情報基盤センター客員研究員・株式会社OCAEL)

東京大学情報基盤センターの運用システム



2基の大型システム, 6年サイクル. 現在, 5システム運用中

Reedbushのシステム構成



東大センター初のGPU(Pascal)搭載機

ハイブリッド構成

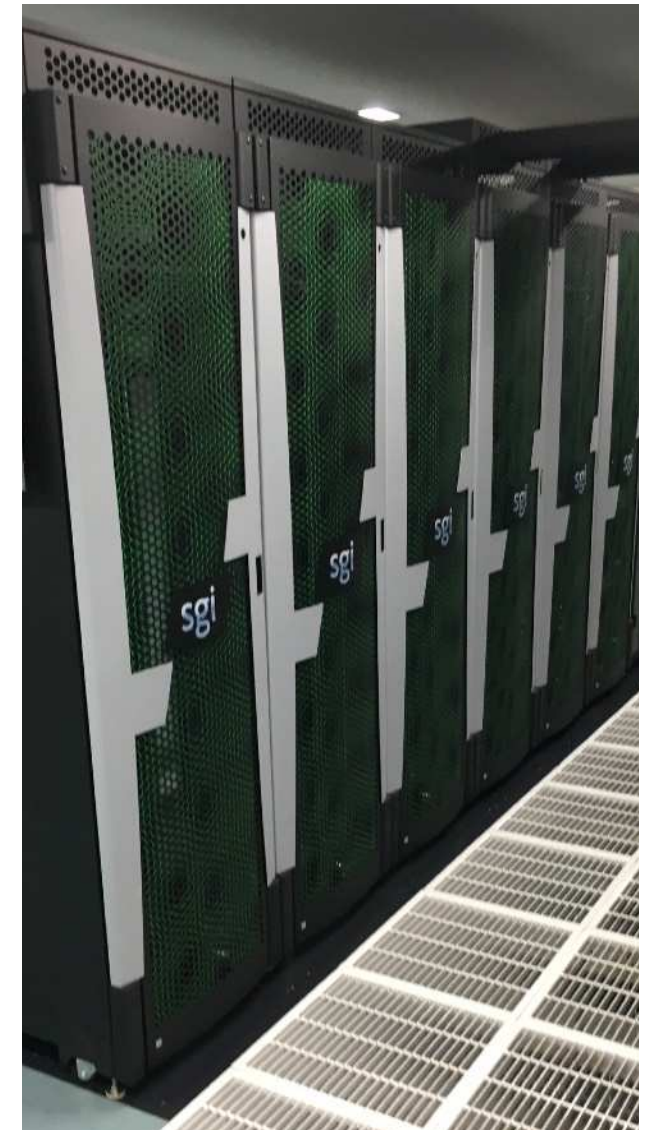
U: CPU×420台
H: CPU+GPU2枚×120台
L: CPU+GPU4枚×64台

Full-bisection Fat-tree(648 port) :
どのように計算ノードを選んでも, 無衝突で通信可能

DDN IME
(Burst buffer)

Reedbush-Uのハードウェア性能

- CPU(共通) : Intel Xeon E5-2695 v4 × 2socket
 - ✓ Broadwell-EP, 2.1GHz, 18core, 45MB L3-cache
- Memory(共通) : 256GB(DDR4-2400, 153.6GB/sec)
- ネットワークトポロジー(共通) : Full-bisection Fat Tree
- **Reedbush-U: CPUクラスタ (本演習で使用)**
 - ✓ 総理論演算性能(倍精度) : 508TFLOPS
 - ✓ 総ノード数 : 420
 - ✓ インターコネクト : InfiniBand EDR 4x (100 Gbps)
- **他にReedbush-H, L: GPUクラスタがあり**



Reedbush-Uの利用料金

- パーソナル：年間15万円

- ✓ トークン：17,280ノード時間(Reedbush-U 2ノード×24時間×360日分)
- ✓ Reedbush-U：消費係数：1(4ノード以下), 2(4ノード超), 最大16ノード
- ✓ ディスク：1TB

- グループ(一般)：申込4ノードあたり年間30万円 (N：申込ノード数)

- ✓ トークン：Reedbush-U Nノード×24時間×360日分
- ✓ Reedbush-U：消費係数：1(Nノード以下), 2(N超), 最大128ノード
- ✓ ディスク(グループ当り)：4TB

- 企業利用(グループのみ, 料金は1.2倍)は利用審査があり, 簡単な成果公開が必要
- 商用ソフトウェア利用等のためにグループ(ノード固定)有り, 要審査, 料金1.5倍
- Oakforest-PACS, FX10とのトークン相互交換可能(企業, トライアル等では不可)
- 1週間お試しアカウント付き講習会(年10回程度), トライアルユース(無償・有償)有り

トライアルユース

有償トライアルコース(安価)

無償トライアルコース(企業のみ)

- アカデミック利用：最大3ヶ月

- ✓ パーソナルコース

- ✓ グループコース

- 企業利用

- ✓ パーソナルコース：最大3ヶ月

- **本講習会の受講が必須、審査無**

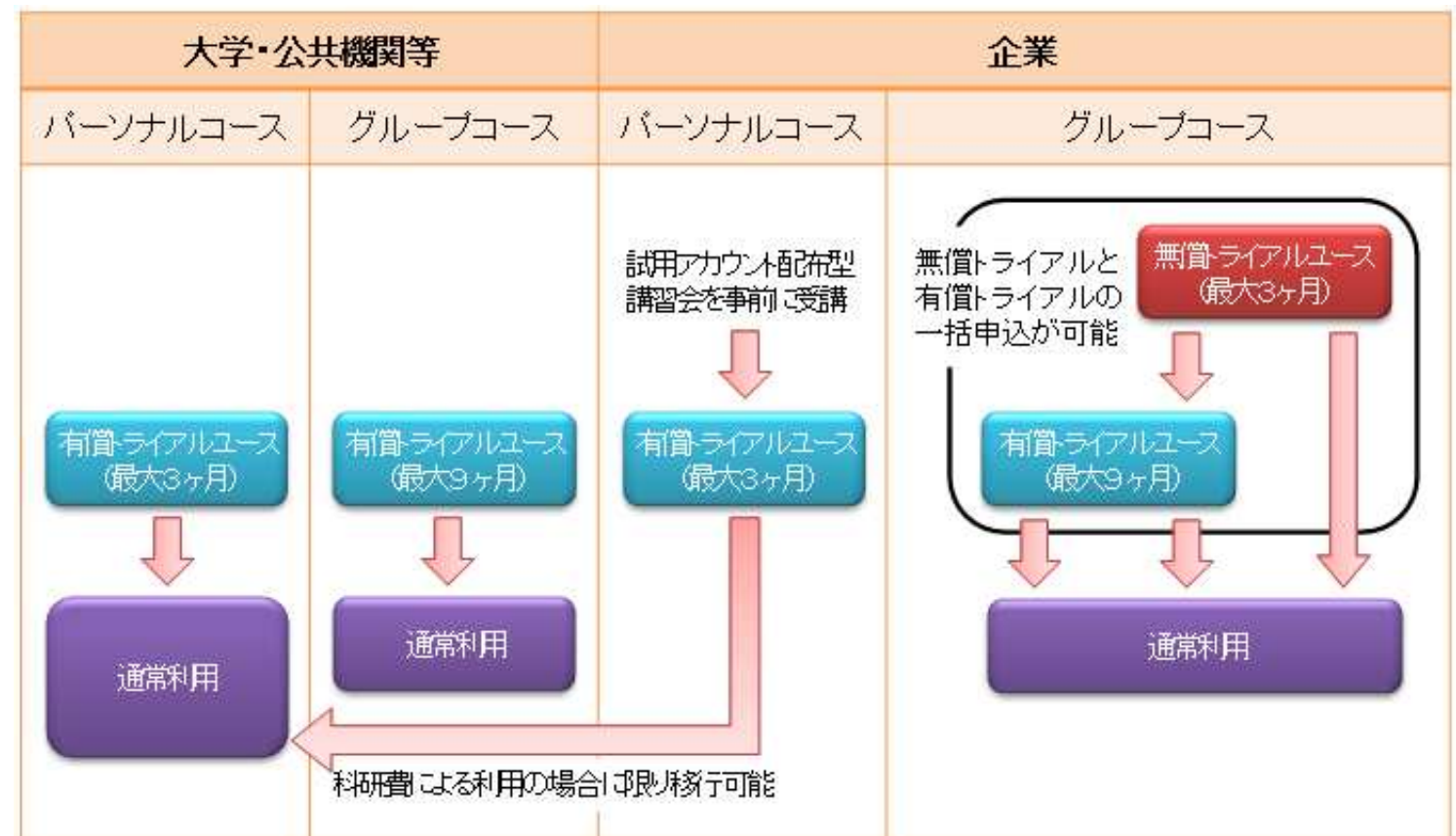
- ✓ グループコース

- 無償トライアルユース：最大3ヶ月

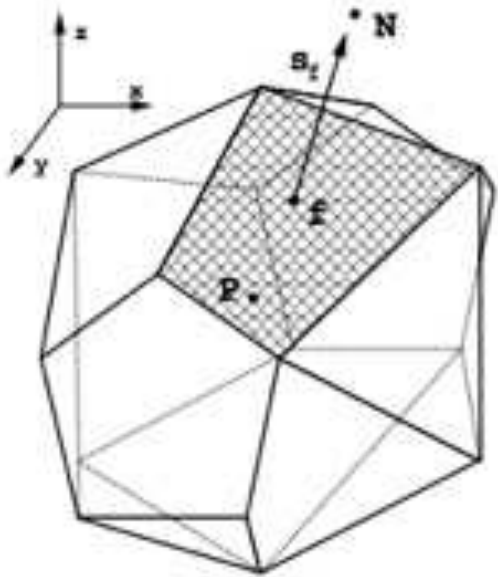
- 有償トライアルユース：最大9ヶ月

- スーパーコンピュータ利用資格者審査委員会の審査が必要（年2回実施）

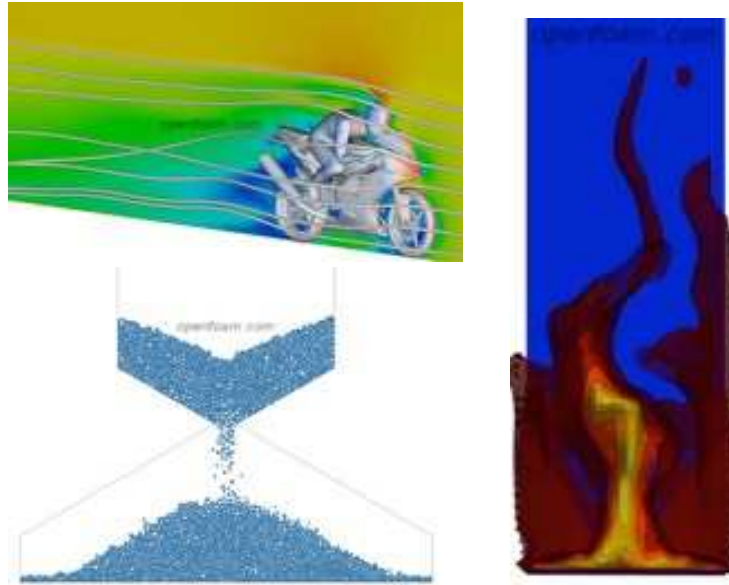
- ✓ 双方のコースともに、簡易な利用報告書の提出が必要



OpenFOAMの概要



有限体積法
ポリヘドラル



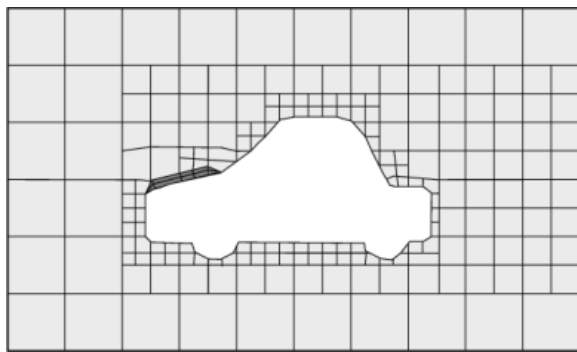
マルチフィジックス

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (UT) + \nabla \cdot (\alpha \nabla T) = S_T$$



```
solve(fvm::ddt(T)
      + fvm::div(phi, T)
      - fvm::laplacian(DT, T)
      == fvOptions(T));
```

C++



境界適合Hex
メッシャー

乱流モデル:
RAS, LES, DES, ...
線型ソルバー:
AMG, PCG, PBiCG, ...
離散化スキーム: ...
多数のモデル実装済

GPL

Open Source

カスタマイズ可能
低コストな超並列計算

図出典: [OFF] The OpenFOAM Foundation (<http://www.openfoam.org/>)

OpenFOAMの歴史

- 1989年－2000年：研究室の**FORTRANコード時代**、開発元：英Imperial CollegeのGosman研(Star-CDの開発元)の Henry Weller, Charlie Hill
- 1993年夏：事故により全コード消失。C++で書き直し(FOAM)
- 1999年－2004年：商用コード期 (**FOAM**) **F**ield **O**peration **A**nd **M**anipulationの略、開発元：▽Nabla(Henry, Hrvoje Jasak, Mattijs Janssensら)、代理店：CAEソリューションズ(元フルイドテクノロジー)
- 2004年12月：オープンソース化 (現在の**OpenFOAM**に名称変更)、開発元：OpenCFD(Henry, Mattijs, Chris Greenshields)
- 2011年8月15日：**SGI**による買収、GPL下のソースの管理や配布は、同時に設立されたThe OpenFOAM® Foundationが運用
- 2012年9月12日：**ESI**による買収、Foundationによる運用は継続
- 2014年：**Henry**らが独立(CFD Direct社)。ソースはFoundationが管理

標準ソルバー・チュートリアルのカテゴリ

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
lagrangian	ラグランジアン粒子追跡
discreteMethods	Direct Simulation Monte Carlo

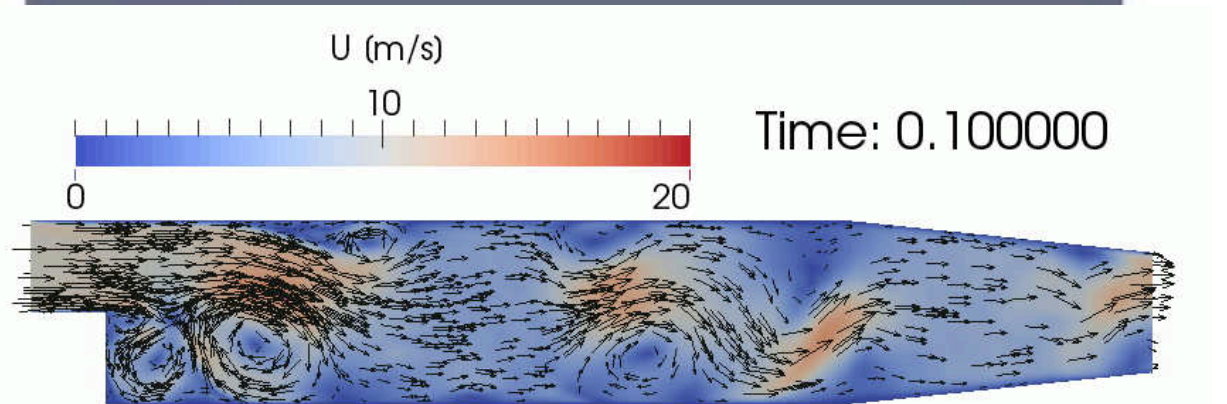
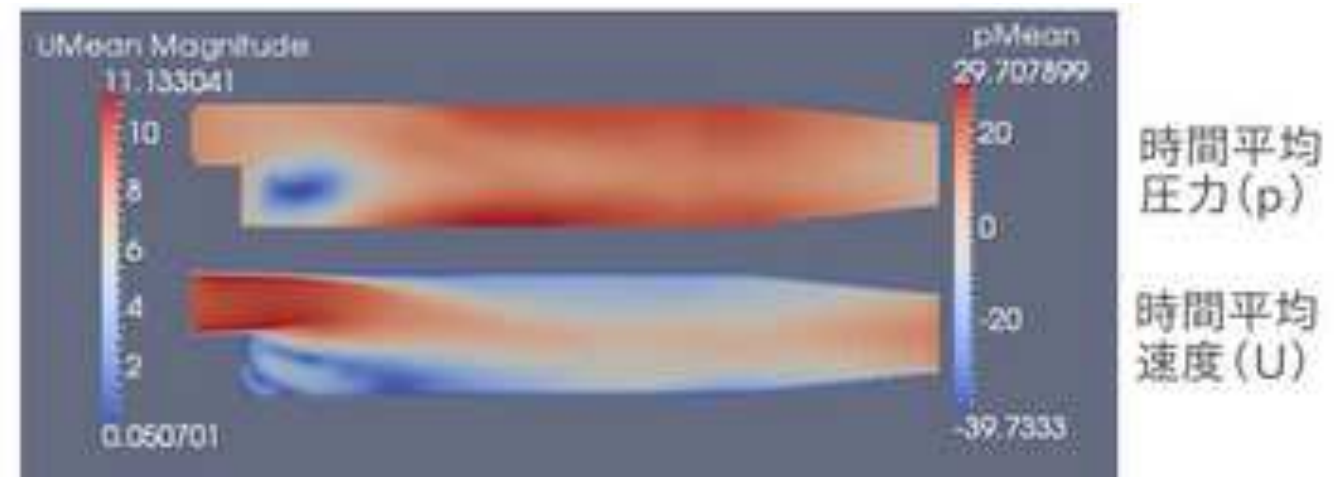
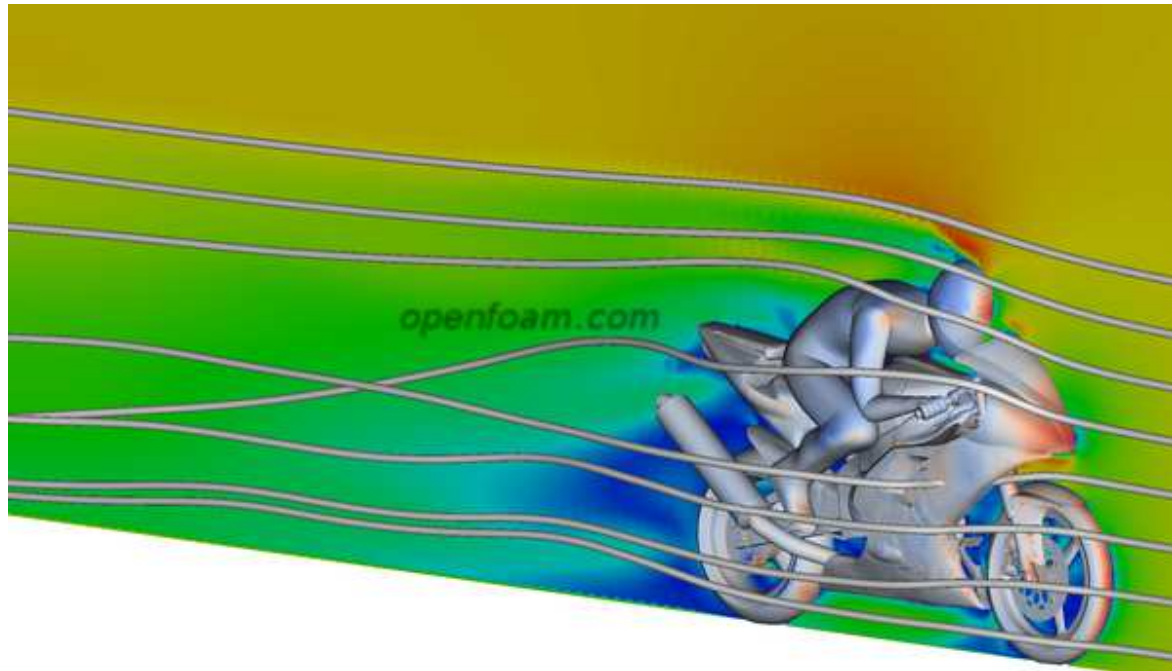
OpenFOAM-v1612+
での総数(概算)

カテゴリ	12
ソルバ	82
チュートリアル	253

(参考)上記の概算法

```
$ sol;ls | grep -v doc  
|wc -l  
12  
$ find . -regex '.*/  
Make/files' | xargs  
grep EXE | wc -l  
82  
$ tut;find . -name  
controlDict | wc -l  
253
```

単相等温流れのチュートリアル例



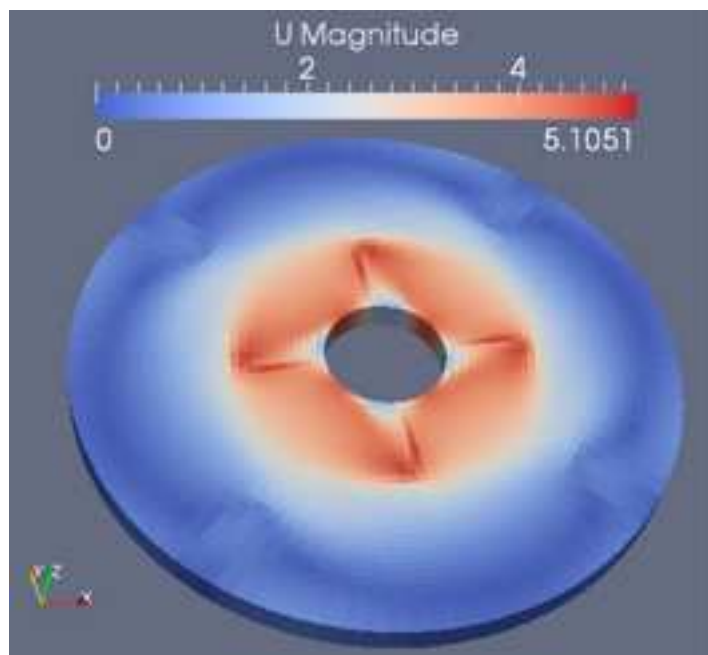
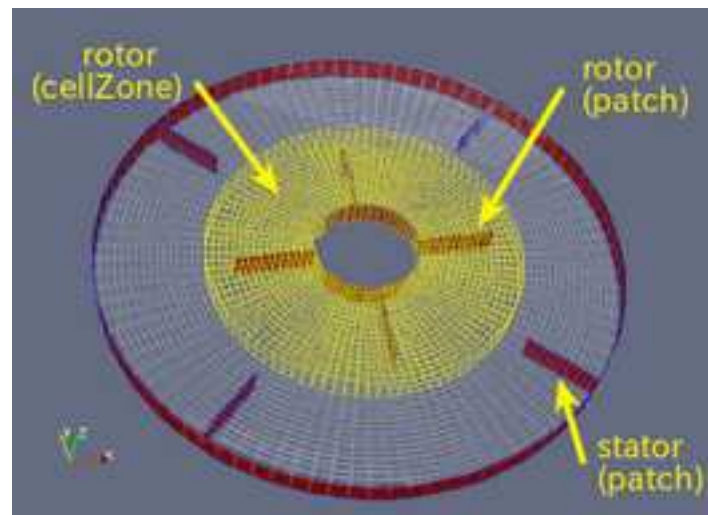
バックステップ流れ(LES)
pitzDaily

バイク周りの流れ
moterBike

図出典: [OFF]

[OFT] オープンCAE勉強会@関西OpenFOAMチュートリアルドキュメント作成プロジェクト(<https://sites.google.com/site/freshtamanegi/>)

回転攪拌槽のチュートリアル例



回転攪拌槽の流れ(MRF)
mixerVessel2D

図出典
[OFT]

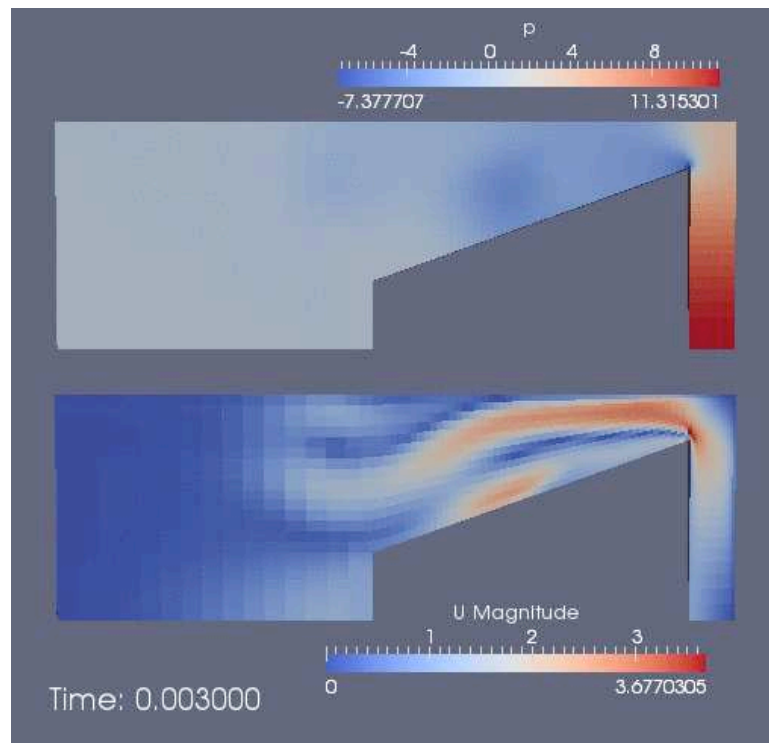
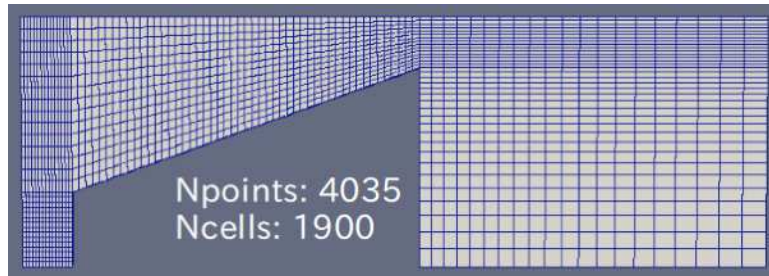


回転攪拌攪拌槽内の流れ
mixerVesselAMI

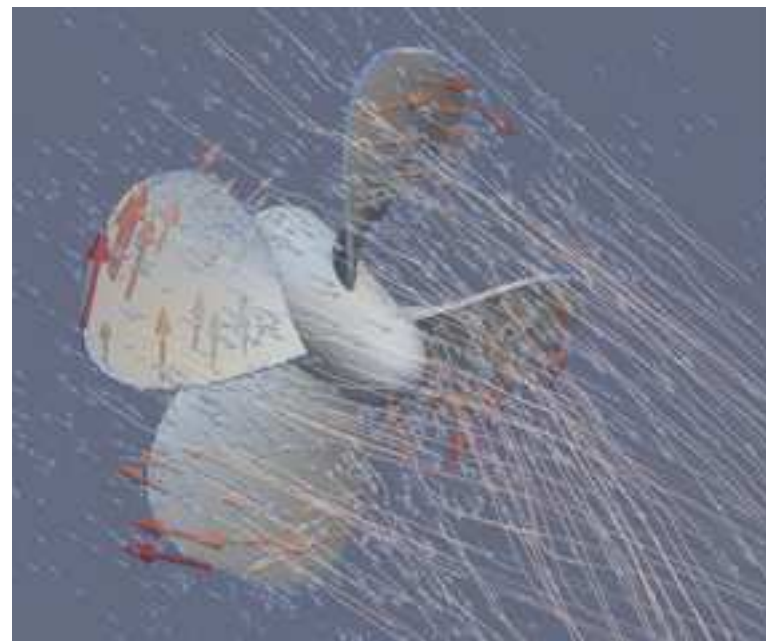
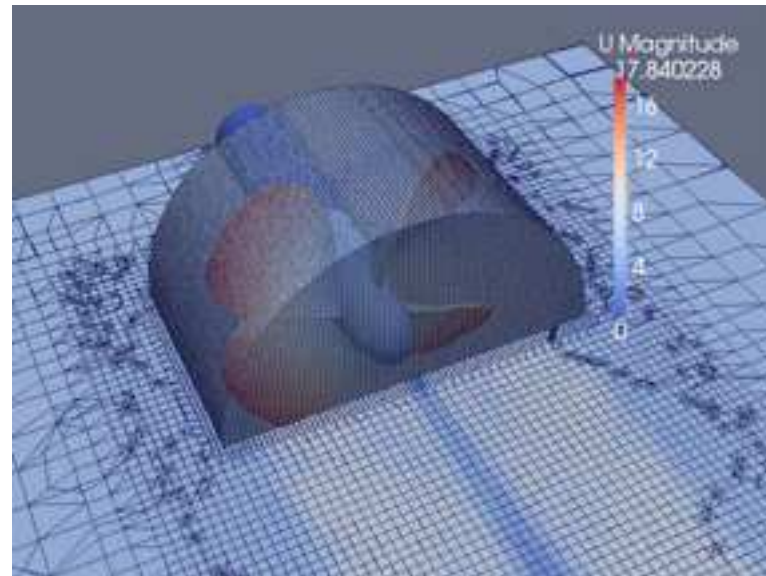


図出典
[OFF]

移動格子のチュートリアル例

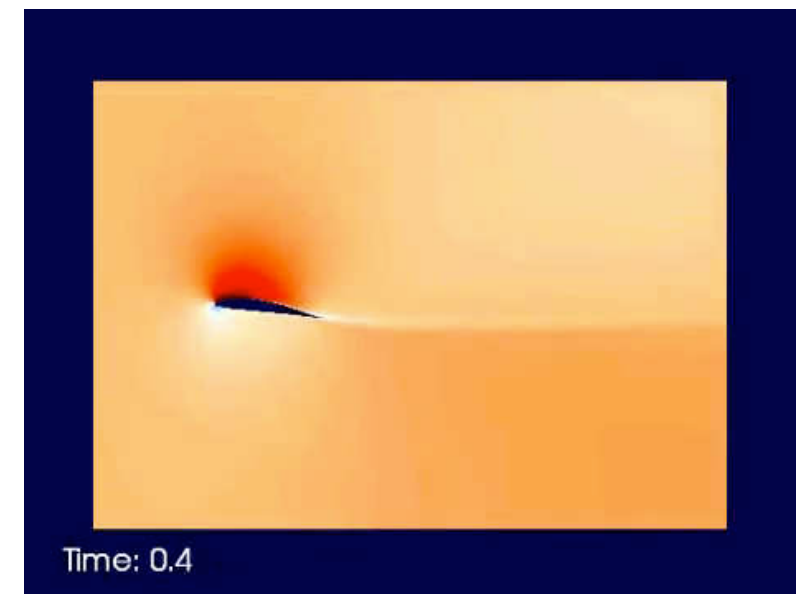
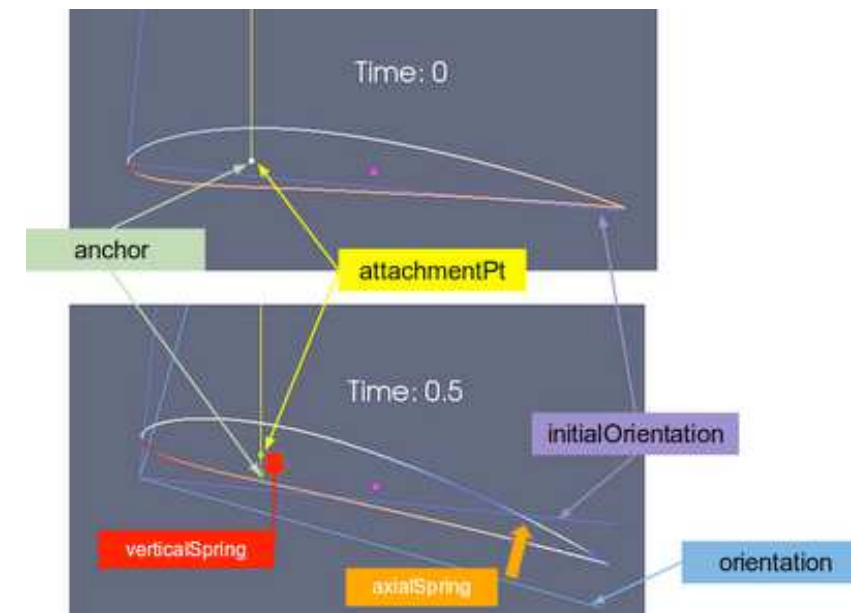


ピストン押し込み流れ
movingCone



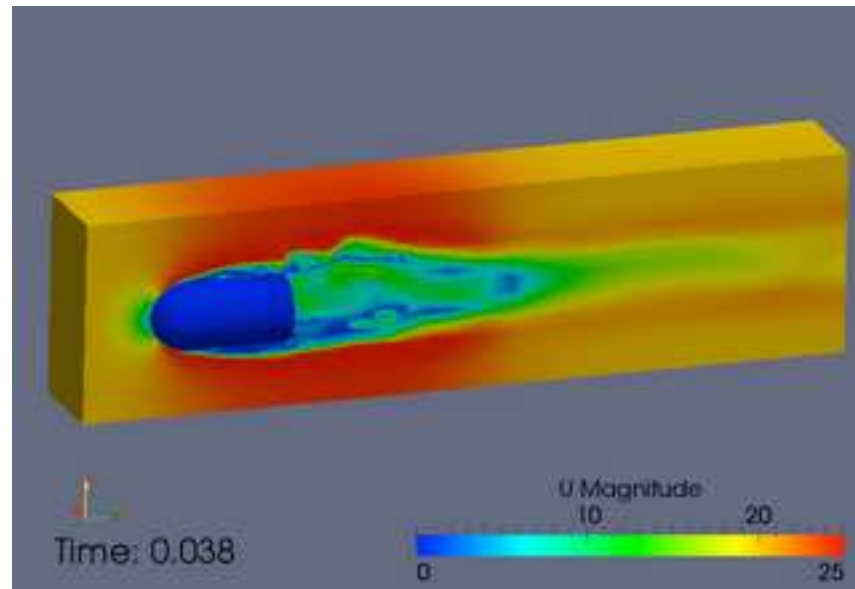
スクリューの回転流れ場
propeller

図出典 [OFT]

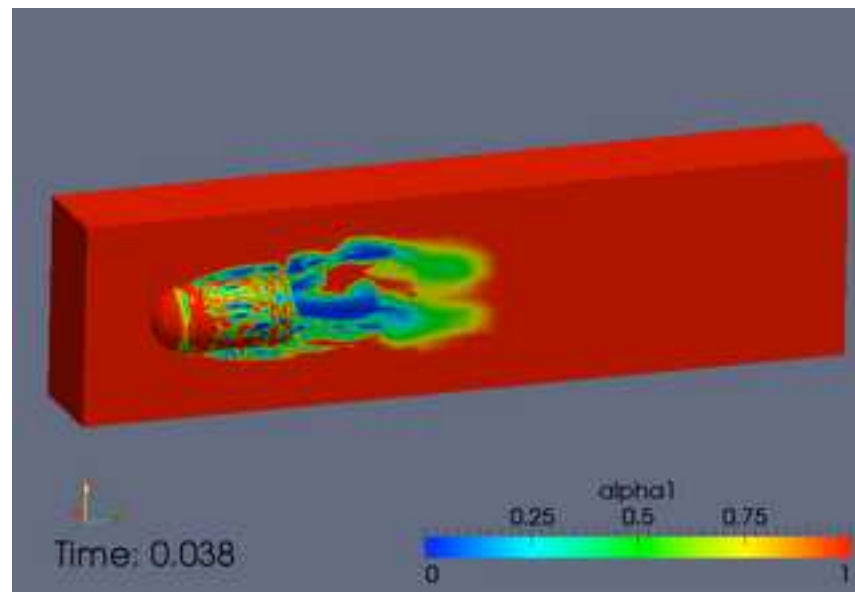
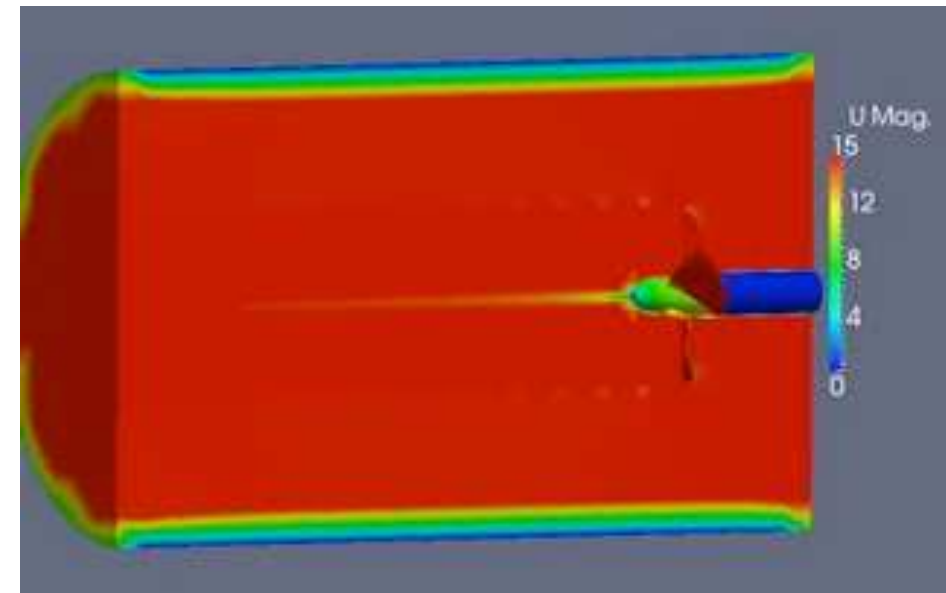


翼型の6自由度剛体運動
wingMotion

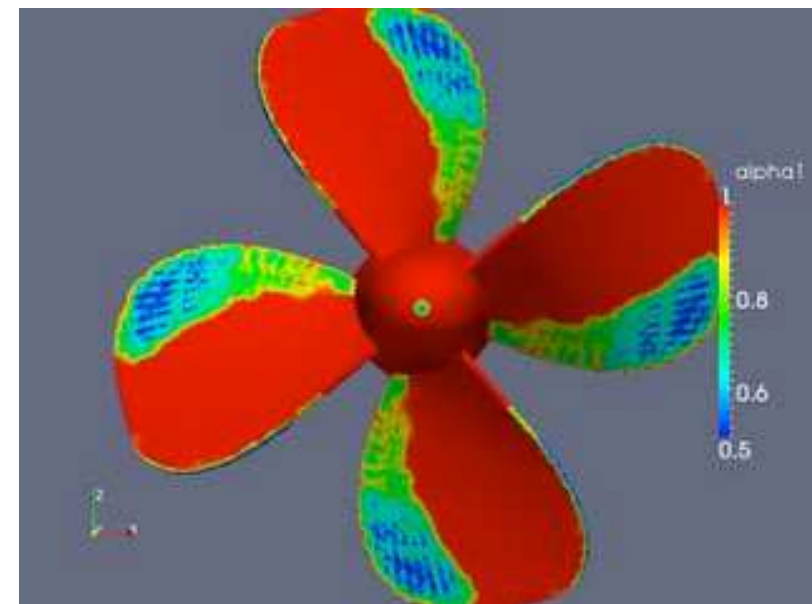
相変化のチュートリアル例



速度



相率



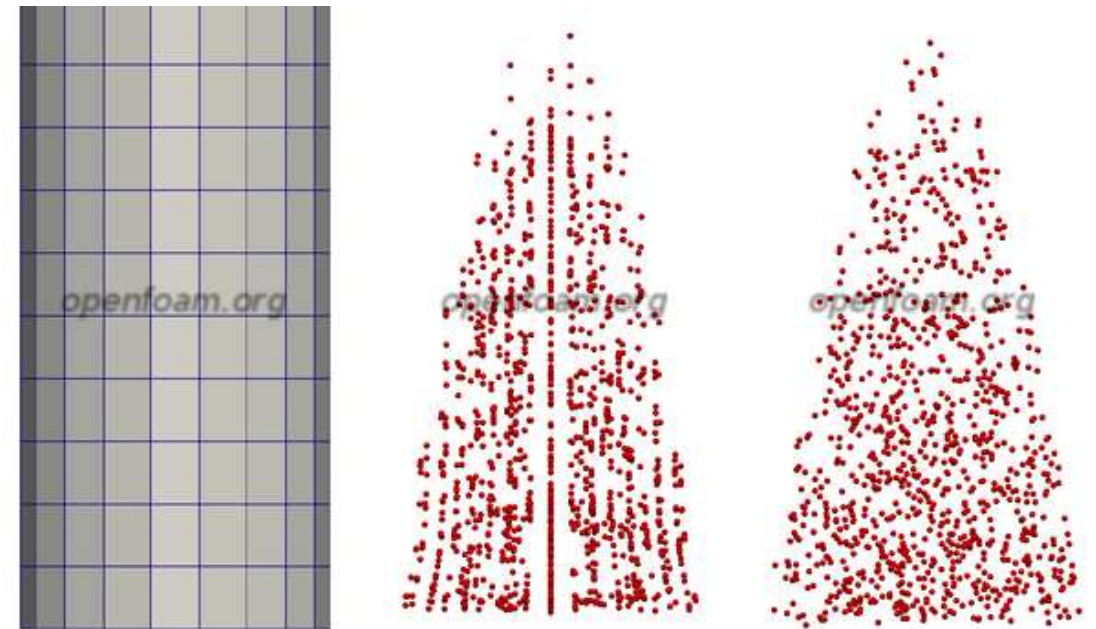
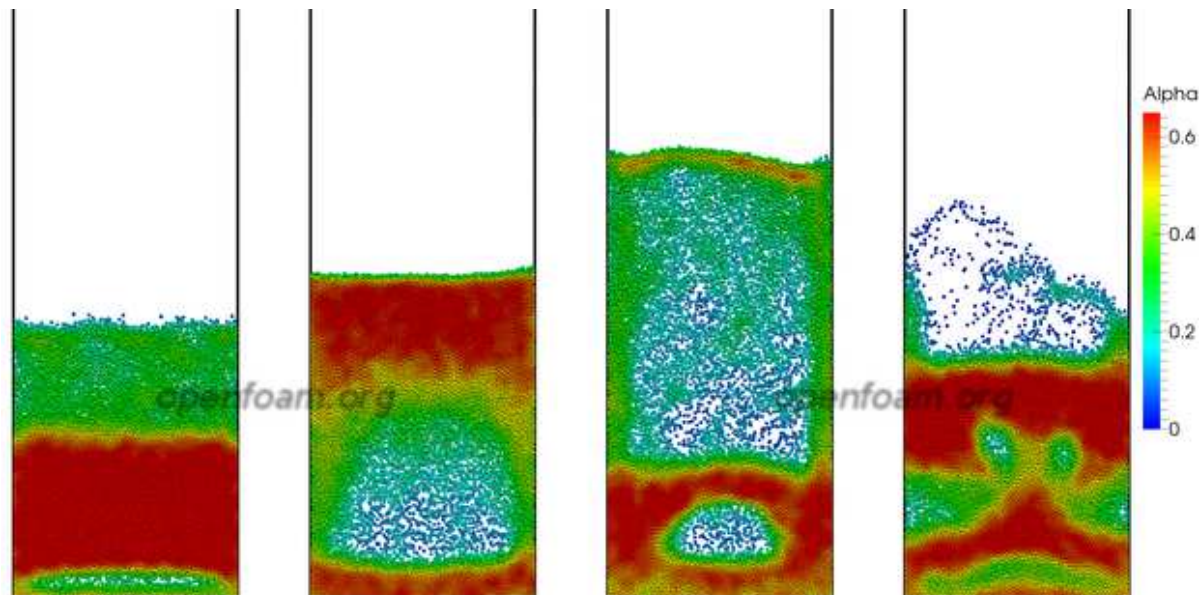
弾丸周りのキャビテーション
cavitatingBullet

プロペラ周りのキャビテーション
propeller

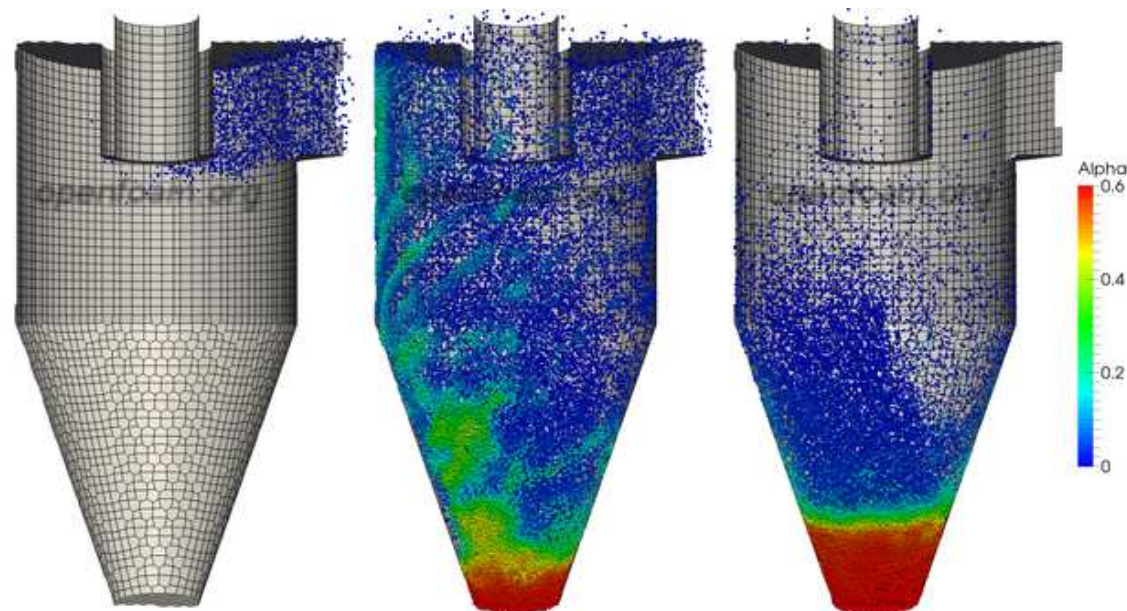
図出典 [OFT]

粒子計算のチュートリアル例

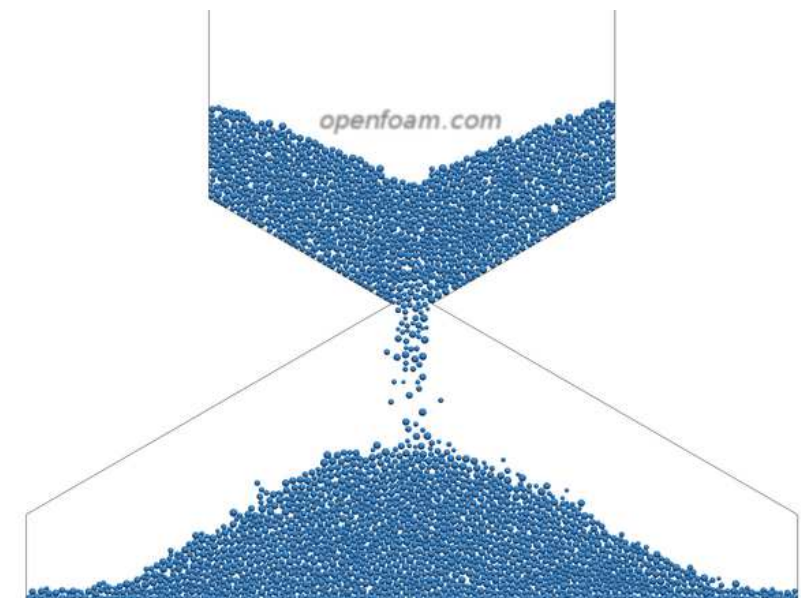
図出典: [OFF]



Particle Tracking

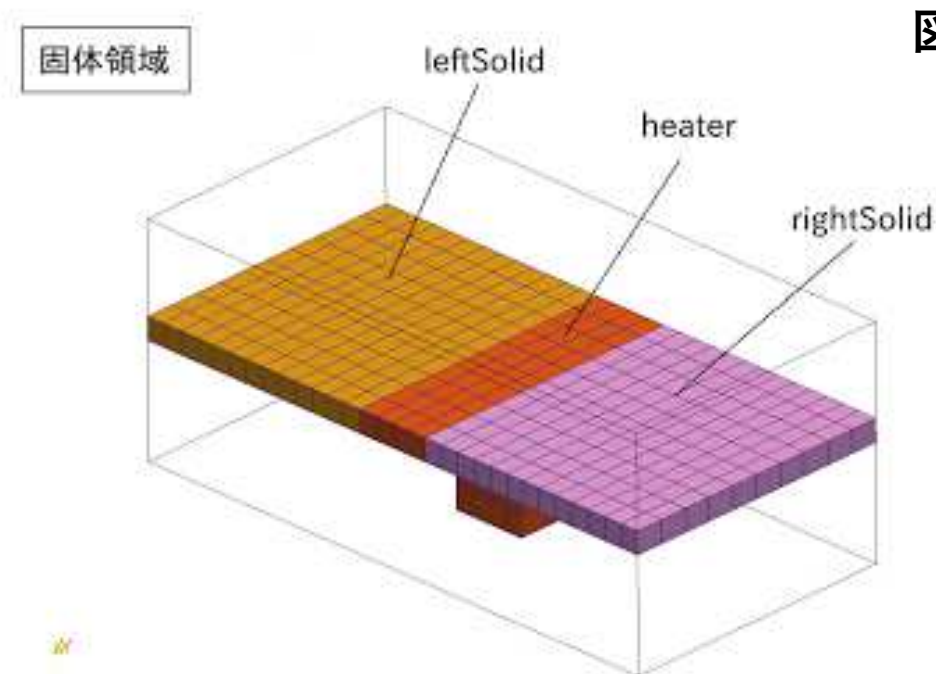


Multiphase Particle-in-Cell
(MP-PIC)

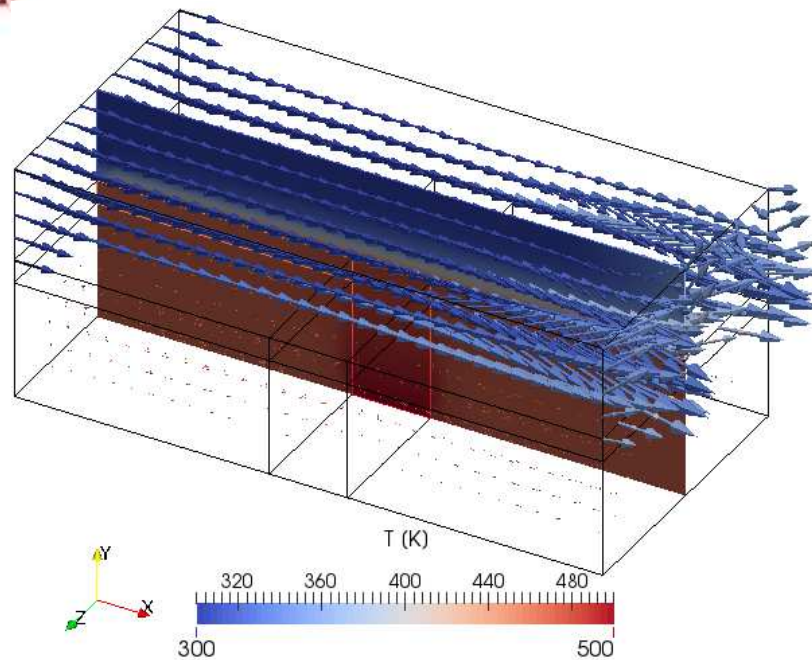


Discrete Element Modeling
(DEM)

連成熱伝達解析(CHT)のチュートリアル例

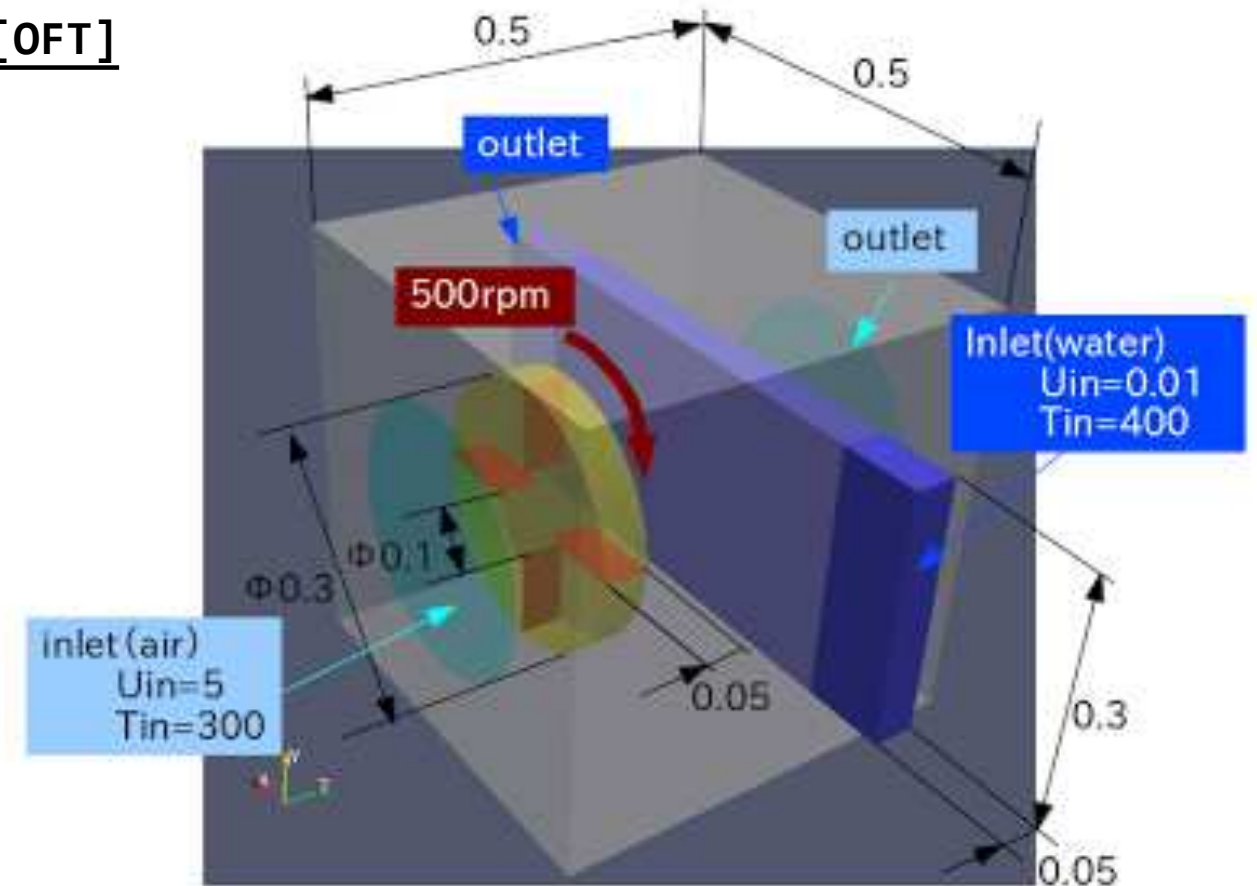


図出典 [OFT]



連成熱伝達解析

multiRegionHeaterRadiation



回転する熱交換機解析(MRF)
heatExchanger

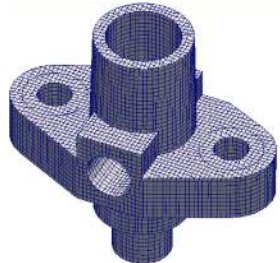
OpenFOAMのCHT解析における欠点

- エネルギー保存式を全領域で連成せず、領域毎に解くので収束が遅い
- 形態係数を用いた放射解析の精度が悪い
- 熱収支計算が容易ではない(熱解析共通)

OpenFOAMでの代表的な解析手順

前処理(格子生成など)

格子生成
[blockMesh,
snappyHexMeshなど]



または

格子生成(サードパーティ)
[cfMesh, Salome, gmsh
商用メッシャー等]

必要あれば格子変換
[gmshToFoam等]

解析

初期設定
[setFields等]

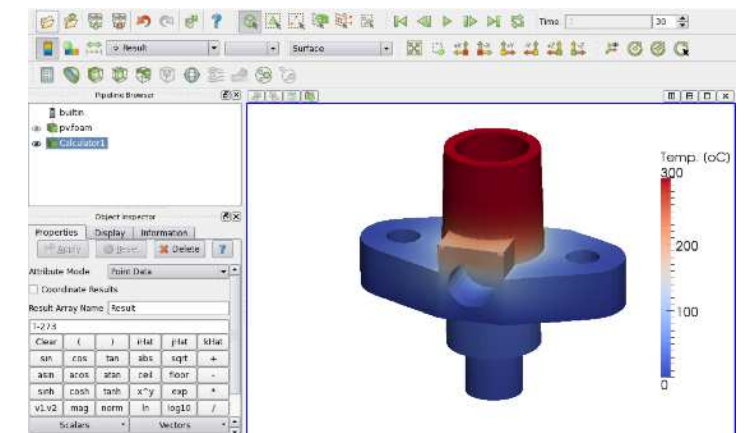
領域分割(並列計算時)
[decomposePar]

解析ソルバ
[icoFoam等]

領域統合(並列計算時)
[reconstructPar]

後処理(可視化など)

可視化(サードパーティ)
[ParaView, Visit,
商用可視化ツール等]



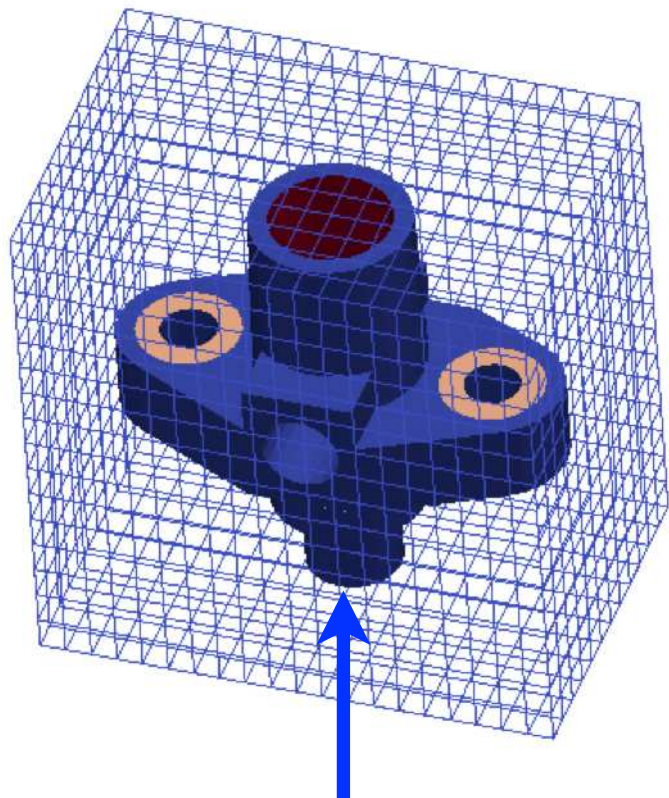
様々な結果後処理
[sample等]

OpenFOAMの標準的メッシュ生成法

blockMesh

構造格子メッシャー

解析領域を含む
構造格子のベース格子
を生成

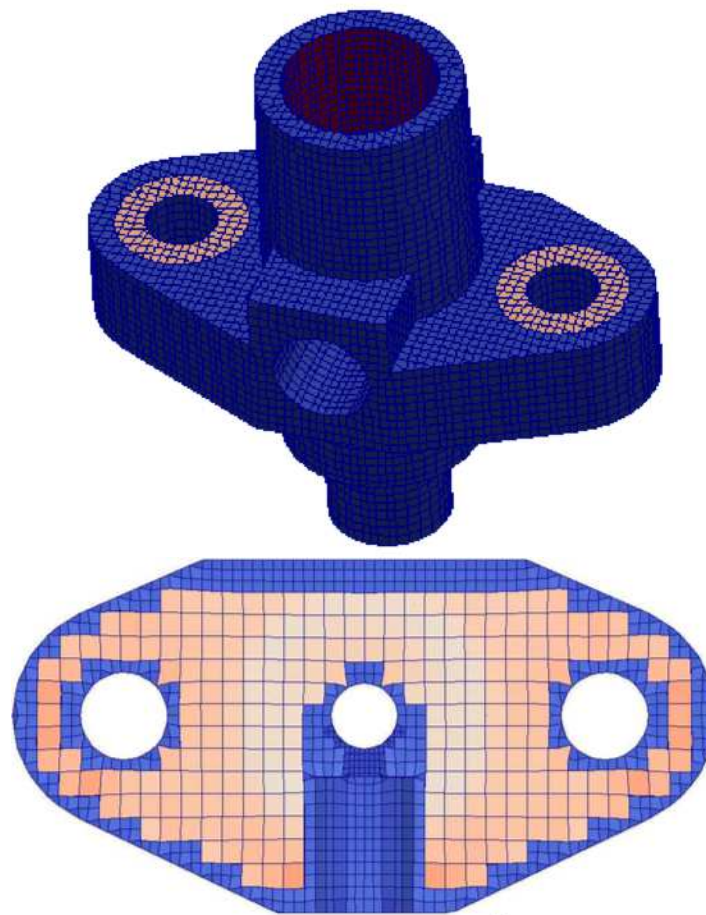


解析領域

snappyHexMesh

構造格子メッシャー

ベース格子を細分割し
て、形状に適合したメ
ッシュを自動的に生成



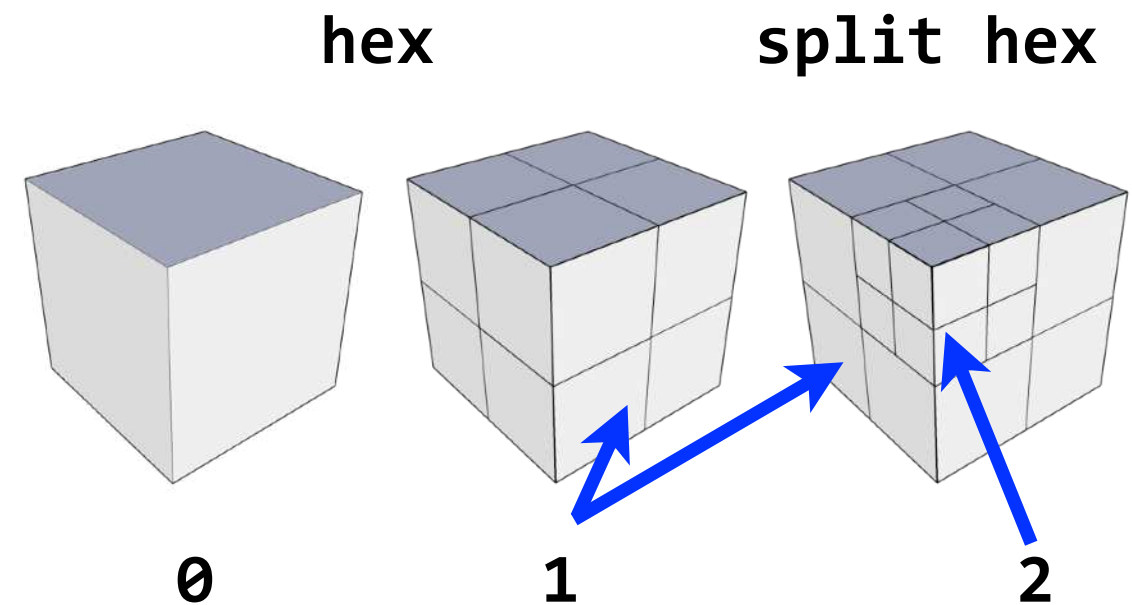
○ ほぼ六面体の格子
が自動的に生成可能

× 任意間隔のベース格
子が作成が難しい

× 生成格子がベース格
子の形状に大きく依存

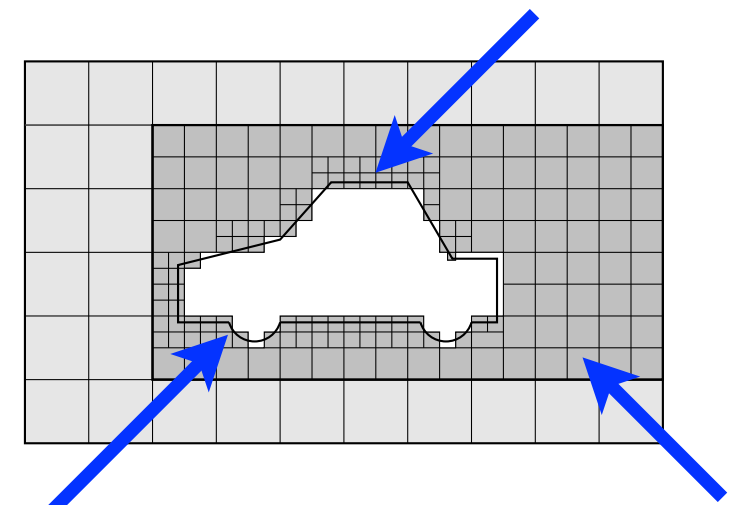
snappyHexMeshの特徴

- 六面体格子(hex)または”面が分割された六面体的状格子”(split hex)からなる格子を自動生成する
- STL形式等の三角形分割曲面形状に適合した格子が生成できる(辞書で定義される直方体や球面等の基礎形状も利用可)
- 格子の細分割は8分木(2x2x2の分割を再帰的に行う)
- 曲面形状や基礎形状の表面の細分割レベルを指定できる(表面ベースの細分割)
- 細分割領域を曲面形状や基礎形状を用いて別途定義できる(領域ベースの再分割)



細分割レベル

三角形分割曲面形状
(STL, wavefront OBJなど)

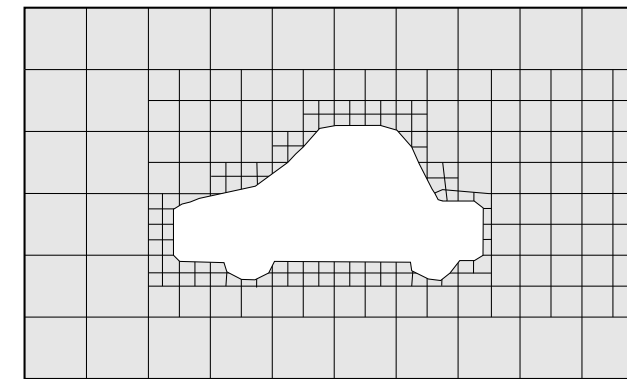


表面ベース細分割

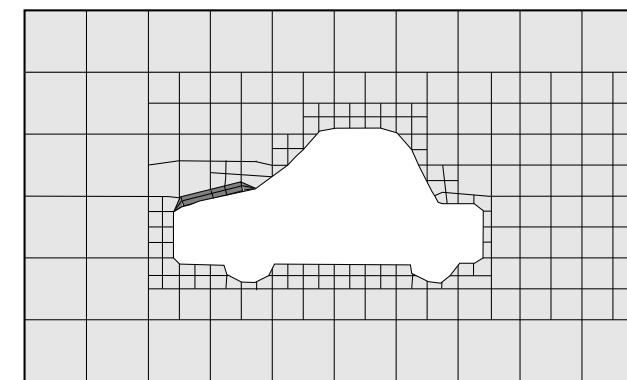
領域ベース細分割

snappyHexMeshの特徴

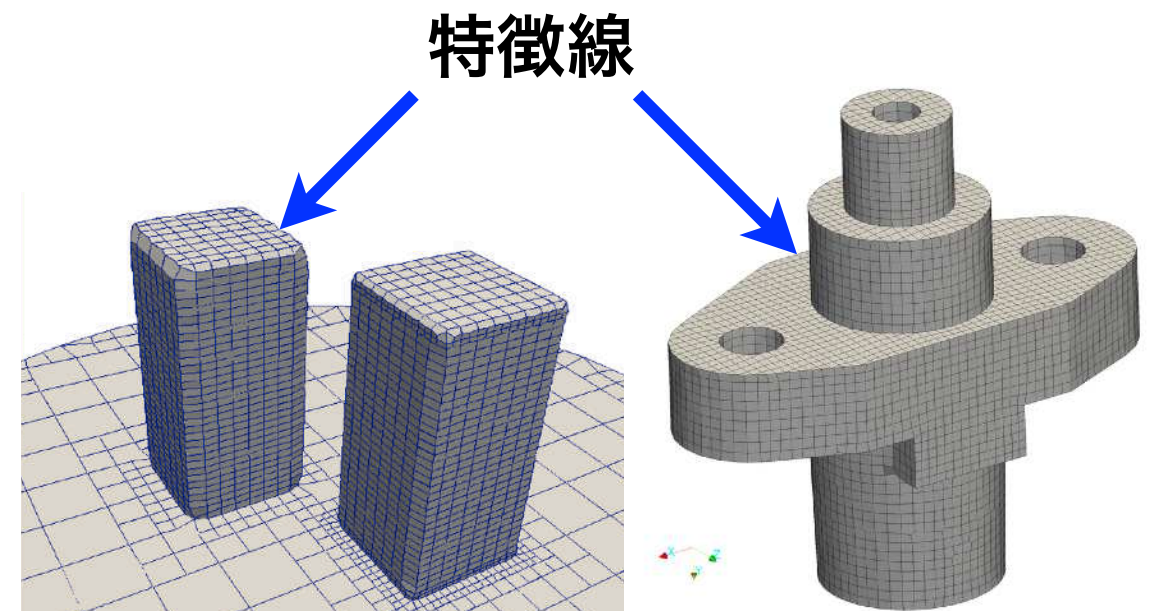
- STL表面や基礎形状の表面に境界適合するように格子を滑らかに移動させることができる
- STL表面や基礎形状の表面にレイヤを滑らかに挿入できる
- 分割領域毎の格子数をロードバランシングしながら、並列に格子生成ができる
- 境界適合における特徴辺の再現はVer. 2までは実装されておらず、特徴辺は丸くなったが、Ver. 2から特徴辺再現機能が実装され、形状再現性が高まった。
- 自動格子生成が可能だが、設定が繁雑で、特にレイヤ挿入の設定・制御は困難。



境界適合
(snapping)



レイヤ挿入



Ver. 2未満

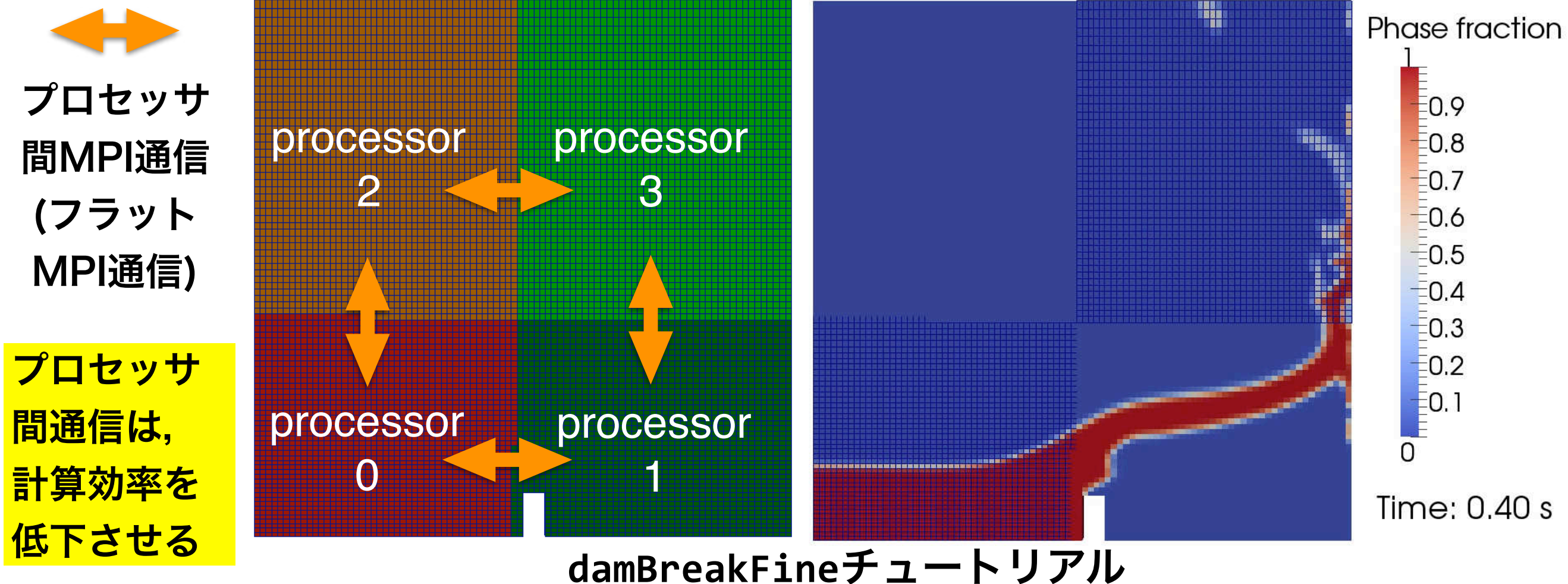
Ver. 2以降

OpenFOAMの並列計算手法

1. 格子生成
2. 領域分割 (decomposePar)
3. MPI並列でソルバを実行

(MPI+OpenMPのハイブリッド並列は標準では未実装. 後述するように研究例有り)

4. 領域毎の解析結果を再構築 (reconstructPar)



領域分割の設定

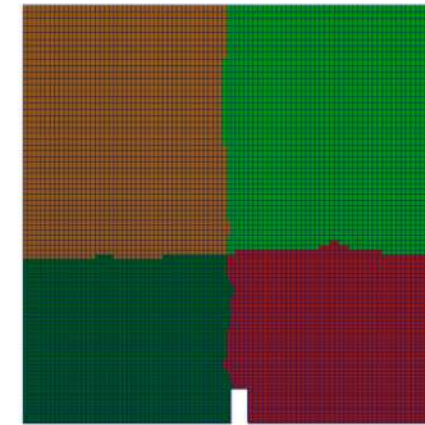
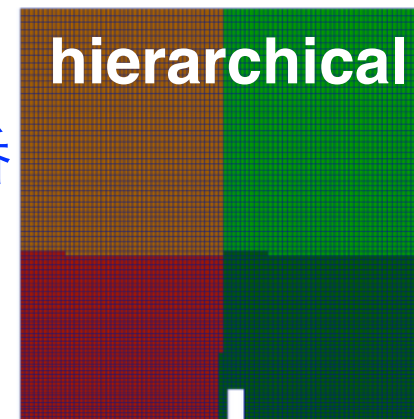
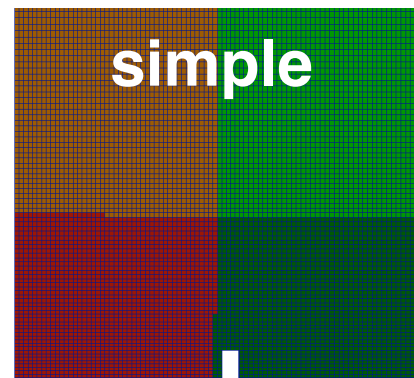
system/decomposeParDict

```
numberOfSubdomains 4;           //領域分割数

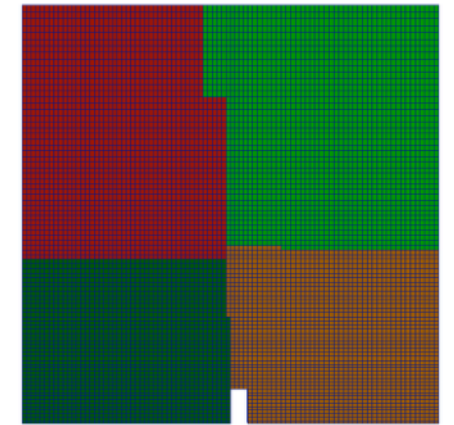
method          simple;         //領域分割方法

simpleCoeffs     //単純に軸方向に分割
{
    n            ( 2 2 1 );     //分割数
    delta        0.001;
}

hierarchicalCoeffs //分割方向の順番を指定
{
    n            ( 2 2 1 );
    order        xyz;           //分割方向の順番
    delta        0.001;
}
```



metis



scotch

metis : Metisライブラリを使用。
プロセッサ間の通信量に大きく影響する分割領域間の界面数を最小化。
ライセンスにより商用利用や再配布が自由ではない

scotch : Scotchライブラリを使用。
フリーソフトライセンスでMetisと互換APIを持つ

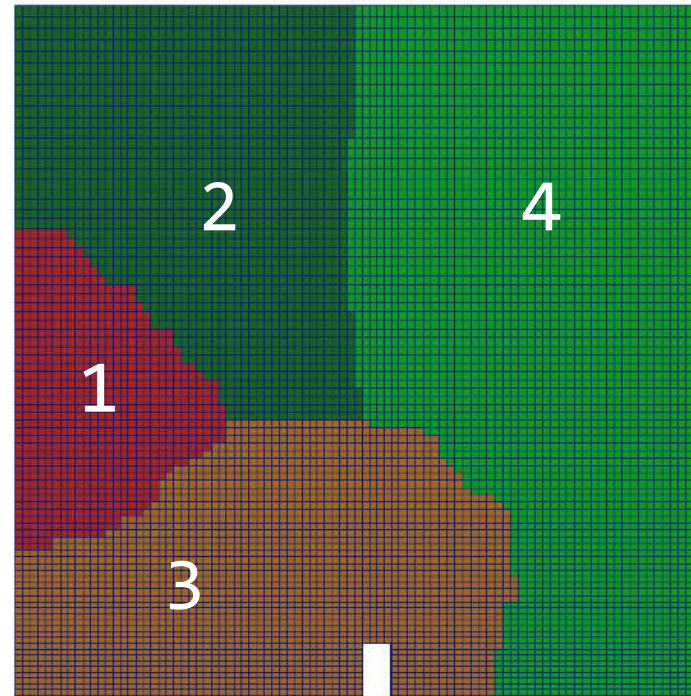
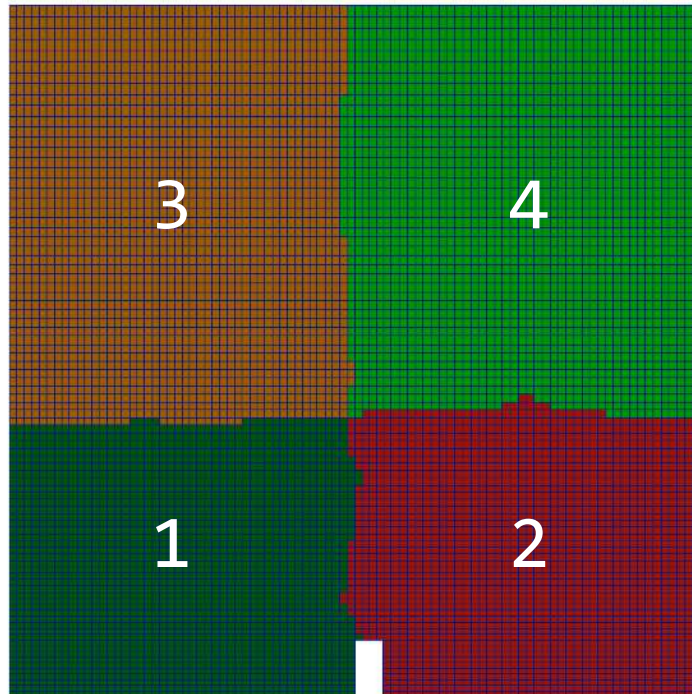
manual : 格子を割り充てるプロセッサを手動で指定

重み付き領域分割例

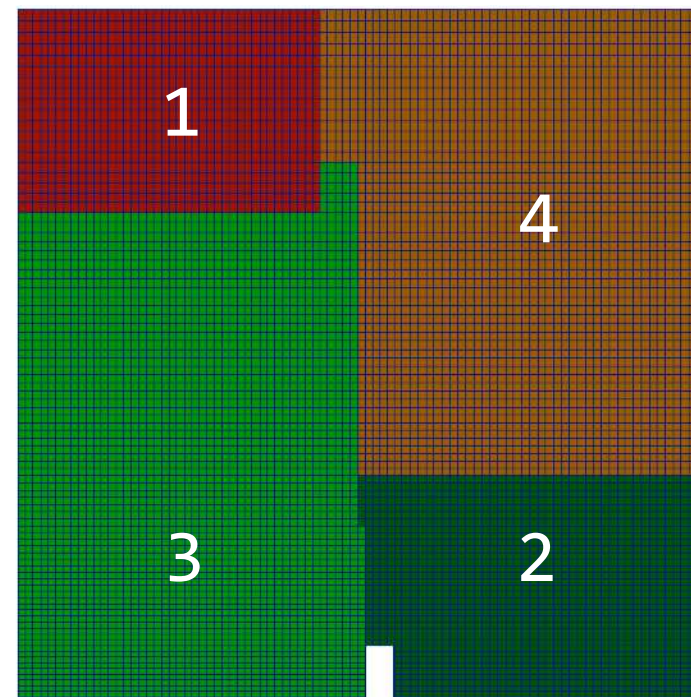
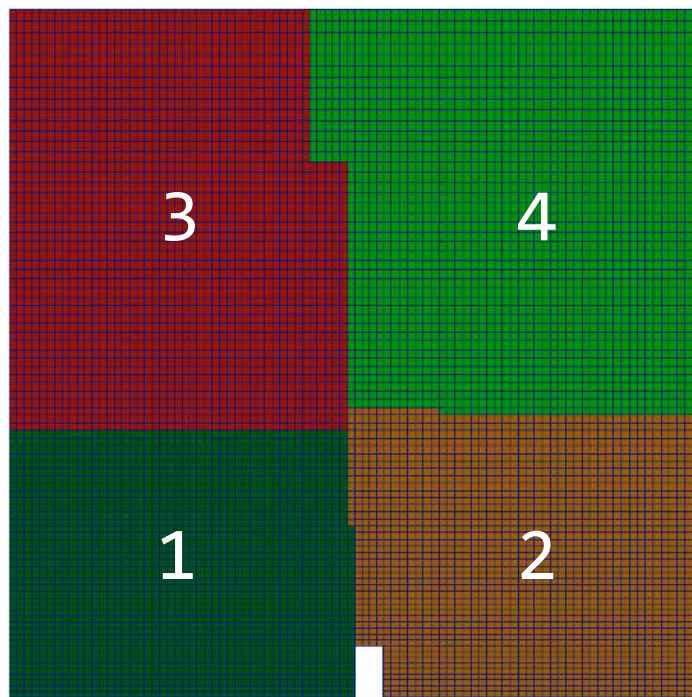
重み無し

重み付き

metis



scotch



system/
decomposeParDict

```
scotchCoeffs  
または  
metisCoeffs  
{  
    processorWeights  
    ( 1 2 3 4 );  
    //プロセッサ毎の格子  
    数の重み係数  
    //省略時は重み無し  
}
```

重み付けは、ノード間
で性能が異なる場合に
用いる場合があるが、
通常は用いない

OpenFOAMの稼働環境

Linux, Mac, Windows機で動作



FX10, FX100 (SPARC64機)

東工大 TSUBAME (GPU機あり)

FOCUS (Xeon機)

東大 Reedbush-U,H (Xeon機+GPU機)

JCAHPC Oakforest-PACS (Xeon Phi機)

Etc.



Laptop PC クラスタ クラウド スーパーコンピュータ フラッグシップ
~100万格子 ~1000万格子 ~10億格子 ~1000億格子



Amazon EC2 (GPU機あり)

Microsoft Azure (GPU機あり)

富士通TCクラウド

Etc.

京 (SPARC64機)

RISTがHPCI課題の
京ユーザ向けに最適
化を支援



OpenFOAMの主な派生(Fork)版

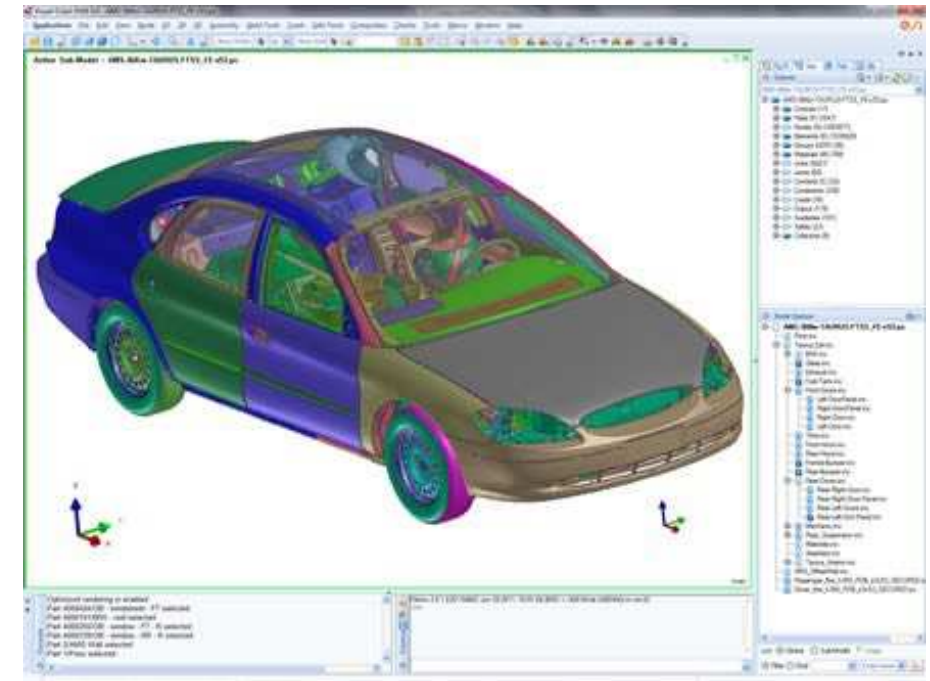
図出典：ESI (https://www.esi.co.jp/news/2014/PressRelease_0128.html)

- 商用版

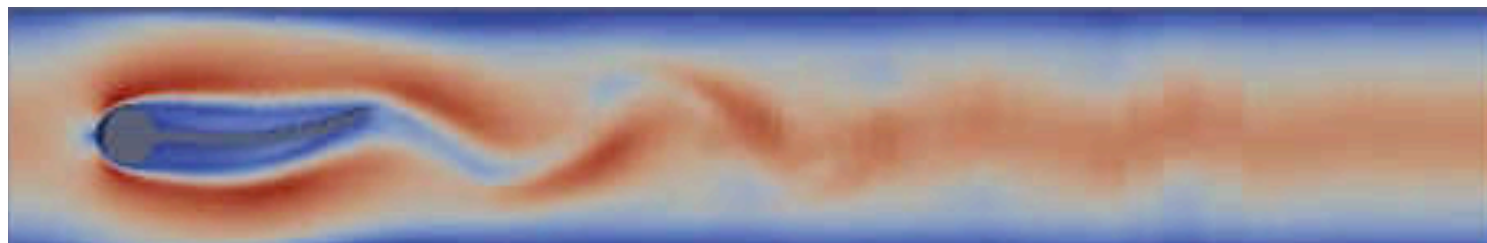
- ✓ **HELYX(Engys)**: OF拡張版+GUI
- ✓ **iconCFD(IDAJ, ICON)**: OF拡張版+GUI
- ✓ **Visual-CFD(ESI)**: GUI

- オープンソース版

- ✓ **HELYX-OS(Engys)**: GUI
- ✓ **foam**: Hrvoje Jasak(クロアチア ザグレブ大学教授, Wikki社 代表)が主導するコミュニティベース版. FSIやBlock coupledソルバ等の公式版に無い機能を実装

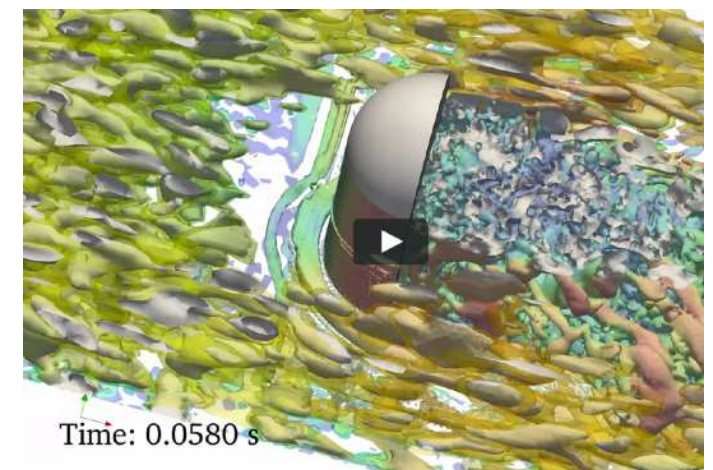


Visual-CFD(ESI)



foamの 流体・構造連成(FSI)

- ✓ **OpenFOAM+(ESI)**: 安定化と機能拡張



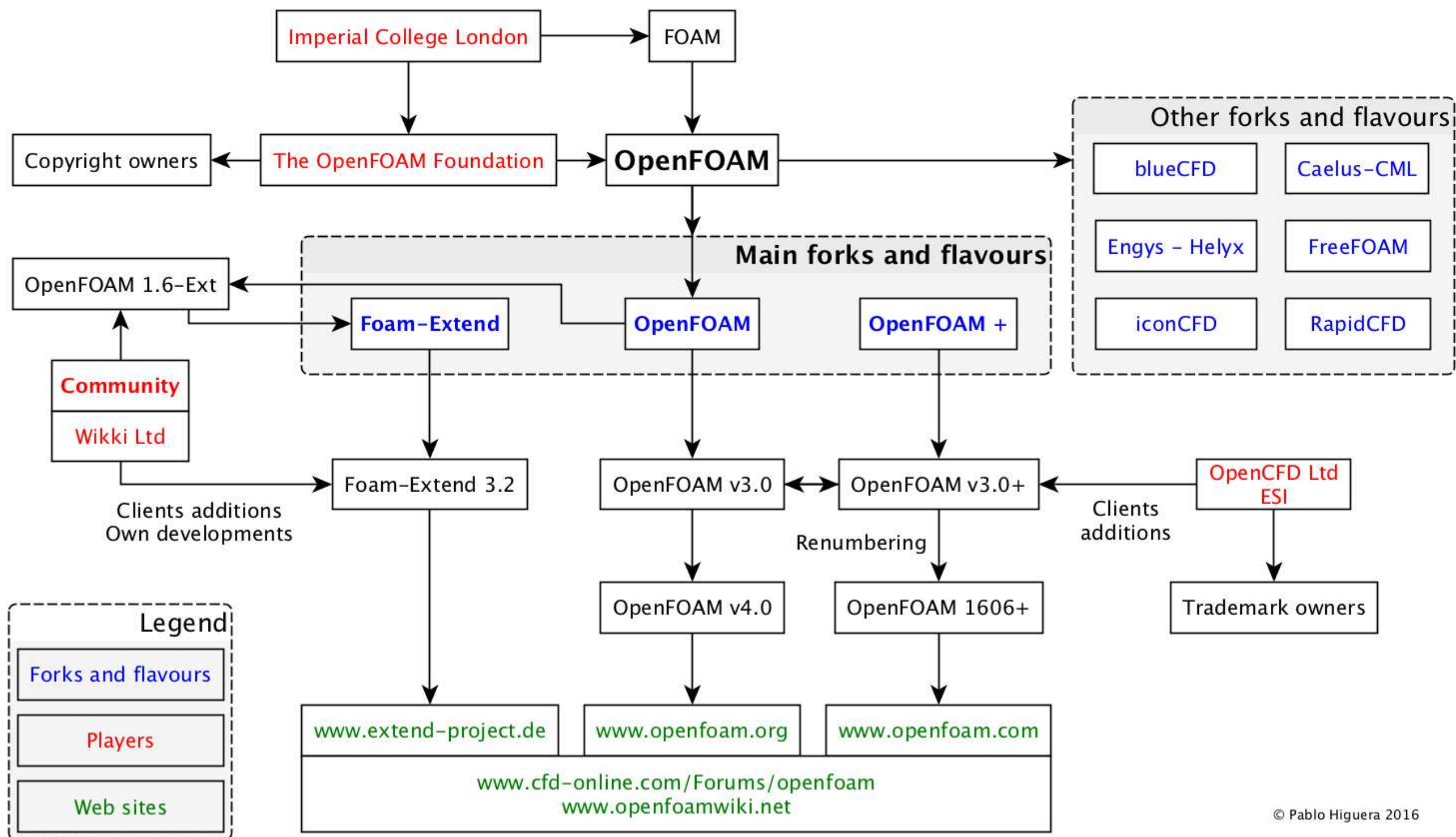
Time: 0.0580 s

OpenFOAM+の変動風生成

図出典：www.openfoam.com

OpenFOAMの派生図

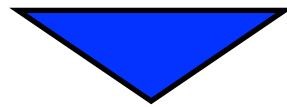
図出典：olaFoam (<https://sites.google.com/site/olafoamcfd/>)



© Pablo Higuera 2016

OpenFOAMの課題

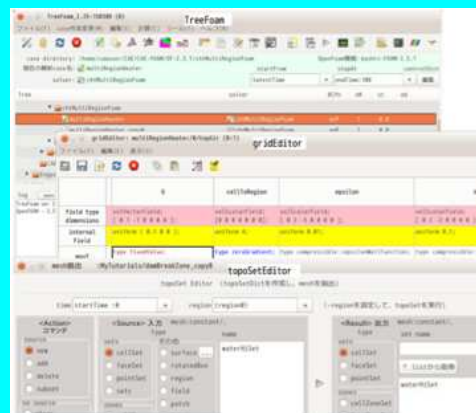
- ▶ 設定用GUIが無く，全てテキストファイルで設定する必要があるが，詳細な公式マニュアルがほとんど無い → ソースコードを読まないで詳細な設定方法がわからないので，初心者には設定が困難．解析条件に応じた推奨設定も不明



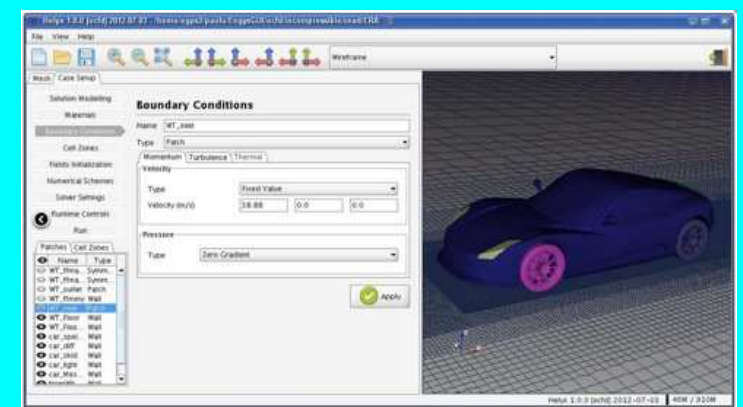
- ▶ GUIに関しては商用(iconCFD, Visual-CFD), オープンソース(HelyxOS, DEXCS, TreeFoam)などが続々登場してきた
オープンソースGUI例



DEXCS (野村氏作)



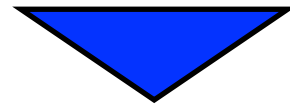
TreeFoam(藤井氏作)



HelyxOS(engys社)

OpenFOAMの課題

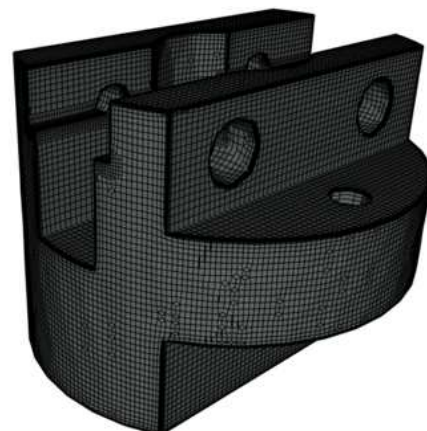
- ▶ メッシャー(blockMesh, snappyHexMesh)で格子を生成するのが遅く、質の良いレイヤを貼るのは困難 → 初心者は格子生成で断念



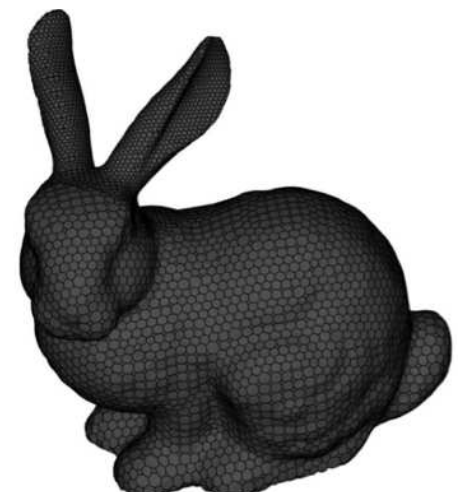
- ▶ Pointwise, HEXPRESSなどの商用メッシャーはOpenFOAMの格子を出力できるようになっている。
- ▶ Helyx, iconCFDなどの商用ForkではsnappyHexMeshの機能を改善
- ▶ オープンソースでハイブリッド並列、レイヤ付加性能に優れたOpenFOAM用メッシャーcfMeshも登場(v1712に取り込まれた)



cfMesh
による
レイヤ付
き六面体
格子

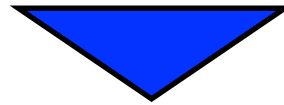


cfMesh
による
ポリヘド
ラル格子



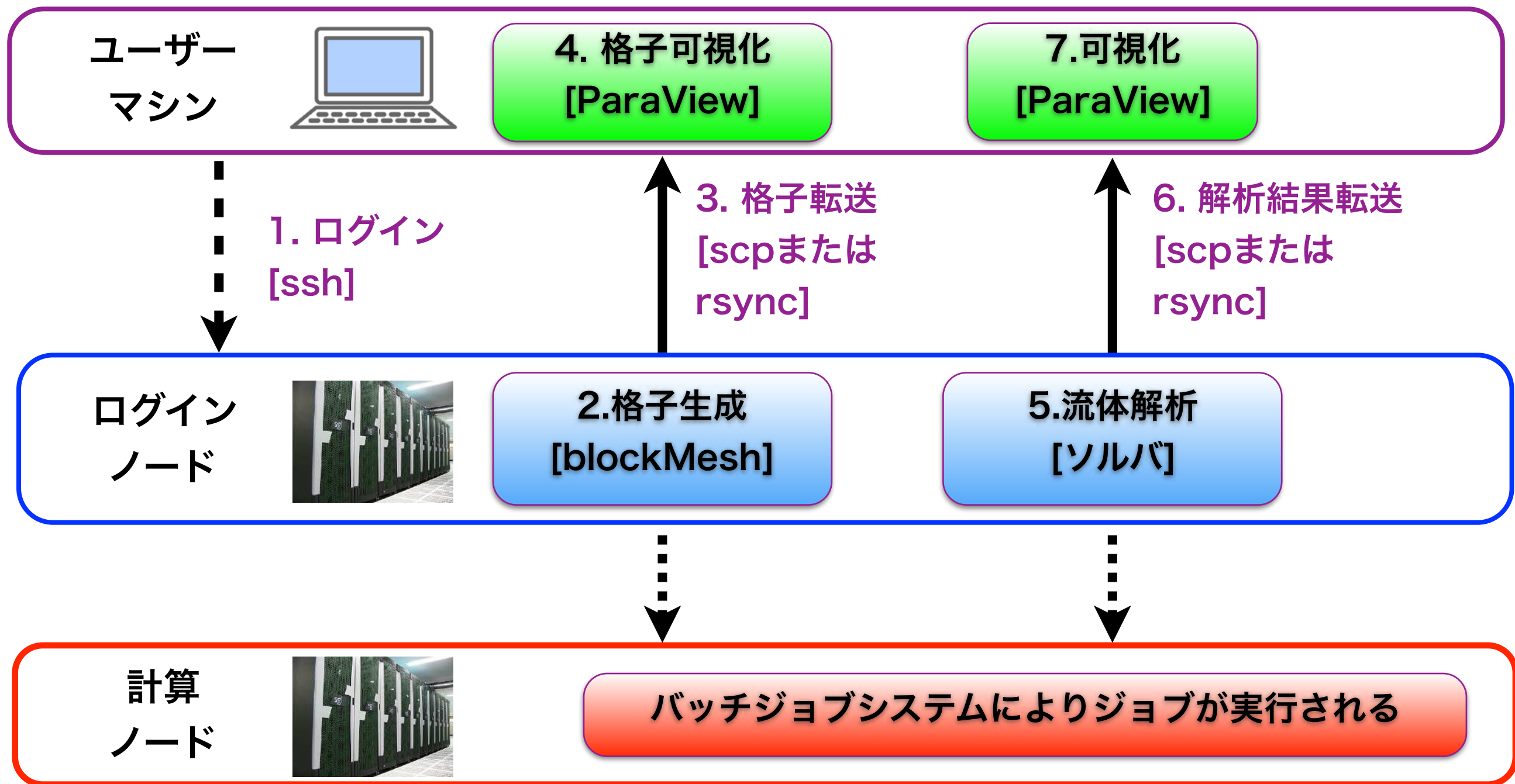
OpenFOAMの課題

- ▶ ハイブリッド並列の非対応 → GPGPUやXeon Phi等のメニーコア機で非効率。ハイブリッド並列よりMPIプロセス数が多くなるので、MPIプロセス間集団通信のコストがかかる



- ▶ GPU用最適化の研究・実装
 - ✓ [山岸, 井上ら\(2017\)](#)
 - ✓ オープンソース版(simFlow社, [RapidCFD](#))
 - ✓ フルGPU化版の商用(FluiDyna社, [aeroFluidX](#))
- ▶ メニーコア向け最適化の研究
 - ✓ [櫻井, 片桐ら\(2014\)](#)
 - ✓ [内山, フックら\(2015\)](#)
 - ✓ [富岡, 吉藤ら\(2017\)](#)
- ▶ MPI集団通信削減・隠蔽型Conjugate Gradientソルバの実装・評価
 - ✓ [今野\(2017\)](#)

スパコンでのOpenFOAMの代表的な解析手順



- スパコンでは数少ないログインノードをユーザーが共有して利用
- ログインノードで高負荷なプログラムは実行せず，計算ノードで実行

ジョブスクリプトの例

Allrun.block

```
#!/bin/bash
```

```
#PBS -q u-lecture キュー名(演習中はu-tutorialのほうが優先度が高い)
```

```
#PBS -W group_list=gt00 グループ名
```

```
#PBS -l select=1:ncpus=1:mpiprocs=1:ompthreads=1
```

```
#PBS -l walltime=0:10:00 最大実行時間
```

```
[ -n "$PBS_O_WORKDIR" ] && cd $PBS_O_WORKDIR
```

ジョブディレクトリが定義されていたら、そこに移動

```
module purge
```

```
module load intel/17.0.1.132
```

```
module load mpt/2.14
```

```
unset WM_PROJECT_DIR
```

```
module load openfoam/1612-mpt
```

```
blockMesh >& log.blockMesh
```

select(ノード数)=1
ncpus(ノード当りコア数)=1
mpiprocs(ノード当りMPI数)=1
ompthreads(プロセス当りスレッド数)=1 フラットMPIでは通常1

標準で有効なmoduleに依存しないよう、
module purgeで初期化後に必要分をload

blockMeshの実行(ジョブ実行中に、ログをモニターできるように、別のファイルに出力する)

ジョブ操作

ジョブの投入 (Reedbush利用の手引のpp.28以降も参照)

```
qsub Allrun.block
```

JOB_ID.reedbush-pbsadmin0 #JOB_IDは数字(各自異なる)

ジョブ状態確認

```
rbstat
```

→ ジョブ実行前の場合

JOB_ID	JOB_NAME	STATUS	PROJECT	QUEUE	START_DATE	ELAPSE	TOKEN	NODE
JOB_ID	Allrun.blo	QUEUED	gt00	u-lecture	-	-	-	1

→ ジョブ実行中の場合

JOB_ID	JOB_NAME	STATUS	PROJECT	QUEUE	START_DATE	ELAPSE	TOKEN	NODE
JOB_ID	Allrun.blo	RUNNING	gt00	u-lecture	-	-	-	1

→ 全ジョブ終了の場合

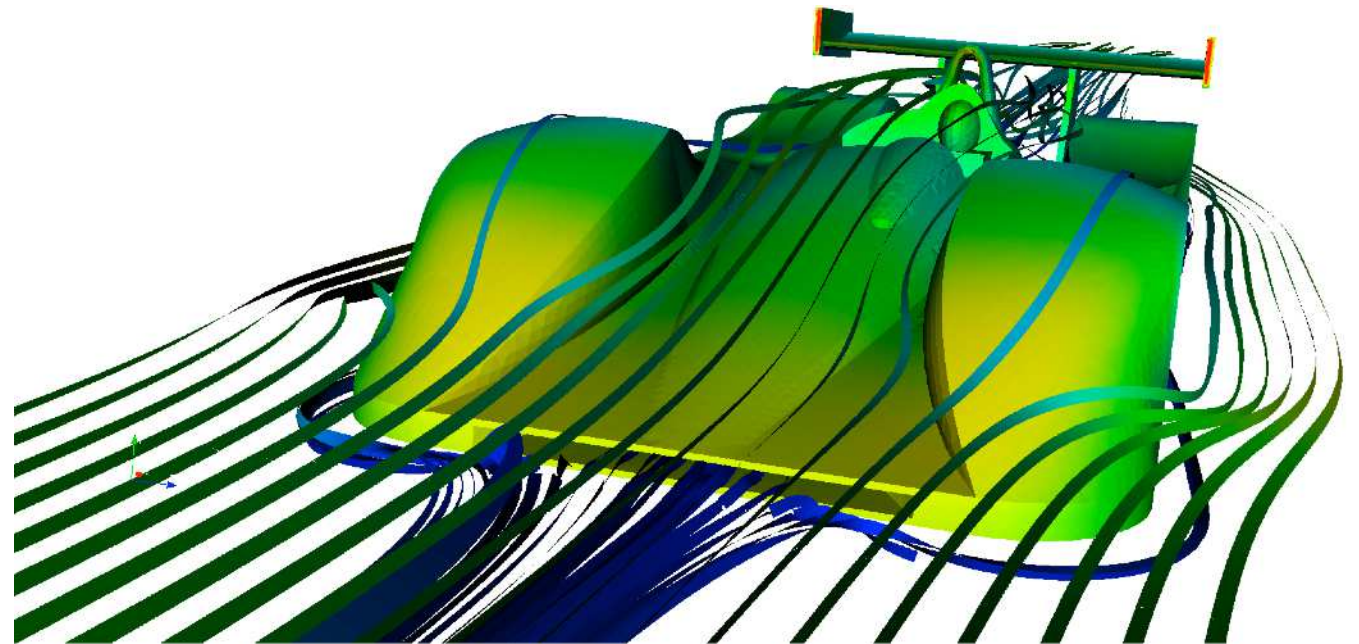
JOB_ID	JOB_NAME	STATUS	PROJECT	QUEUE	START_DATE	ELAPSE	TOKEN	NODE
--------	----------	--------	---------	-------	------------	--------	-------	------

ジョブの削除

```
qdel JOB_ID
```

ParaViewとは？

- ・オープンソース、スケーラブル、かつマルチプラットフォームな可視化アプリケーション
- ・大容量データセットを処理するための分散型計算手法のサポート
- ・オープン、柔軟かつ直感的なユーザインターフェイス
- ・オープンな規格に基づいた拡張性の高いモジュール化構造
- ・柔軟な3条項BSDライセンス
- ・有償の保守およびサポート

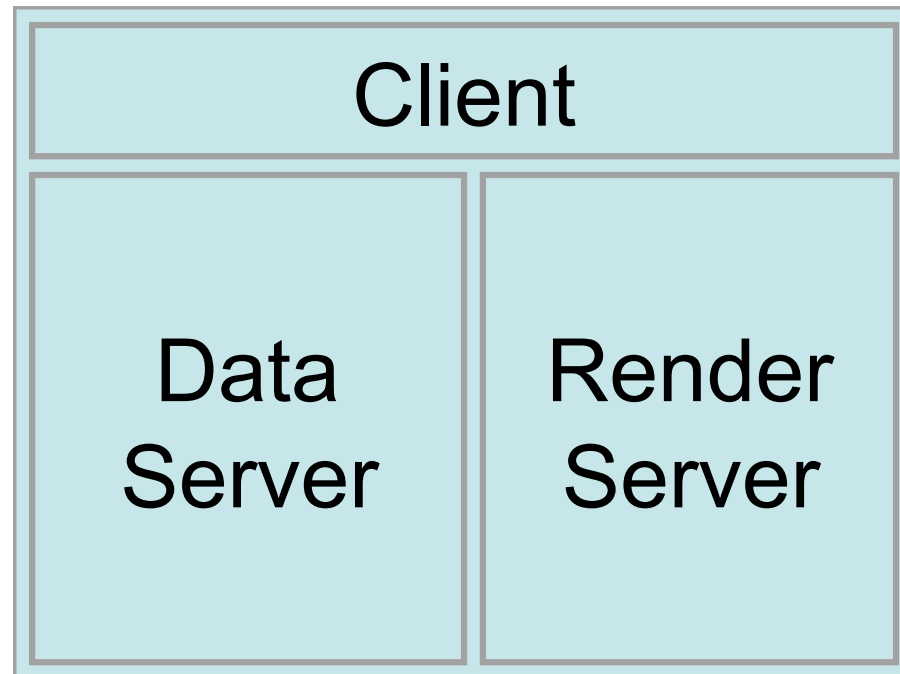


ル・マンのレースカー周りの気流

(ブラジル リオ・デ・ジャネイロ NACAD/COPPE/UFRJ Renato N. Elias)

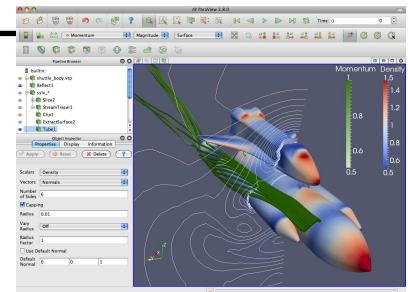
図出典：Kenneth Moreland et.al : Large Scale Visualization with ParaView, Supercomputing 2014 Tutorial, November 16, 2014

ParaViewの3層構造



・クライアント

- ✓ 可視化の作成を担当(GUI)
- ✓ オブジェクトの作成、実行、削除を制御するが実際のデータは全く保持しない
- ✓ 常にシリアル実行



・データ・サーバ

- ✓ データの読み込み、フィルタリング、書出しを担当
- ✓ 全てのパイプライン・オブジェクトはデータ・サーバが保持
- ✓ 並列実行可能

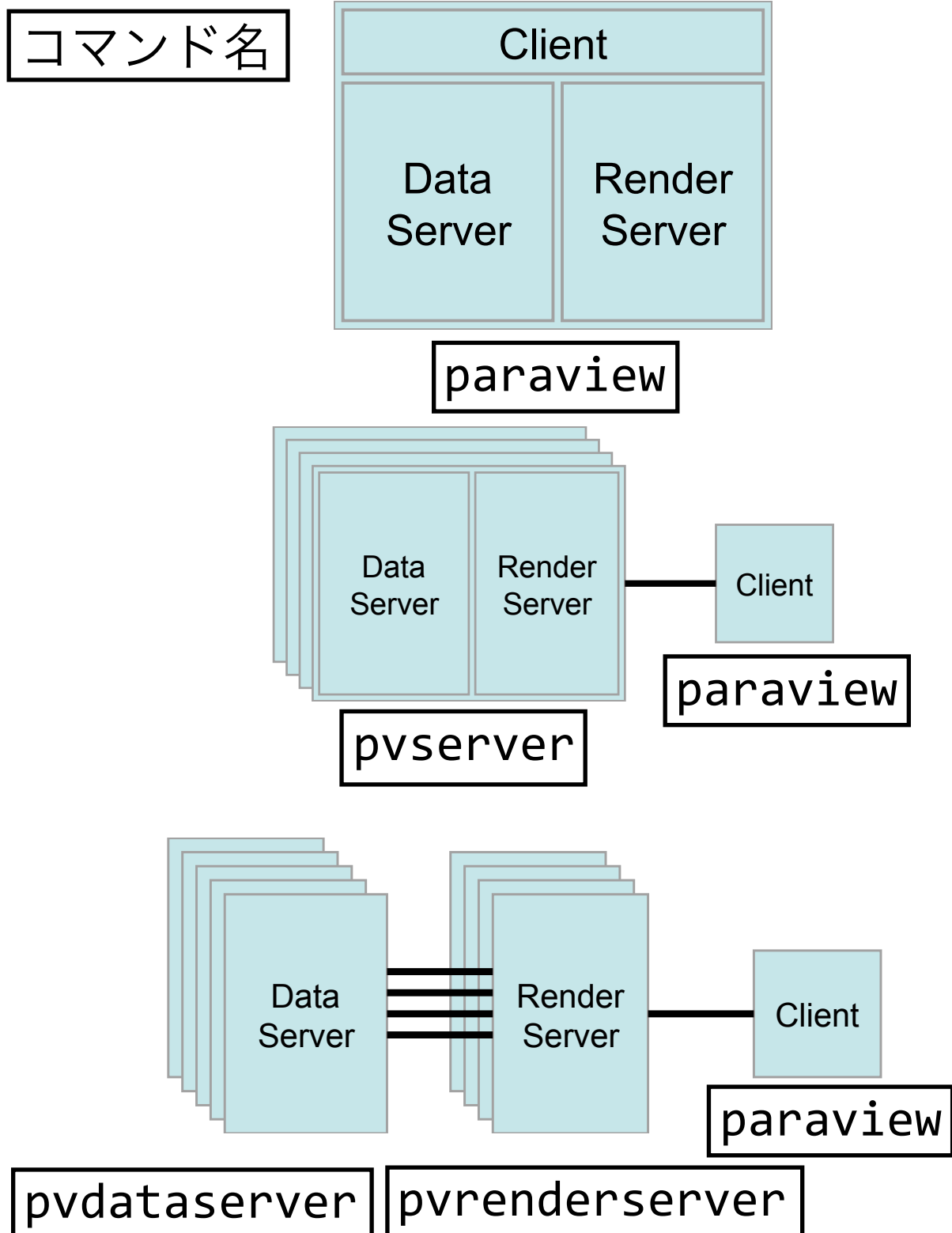
・レンダー・サーバ

- ✓ レンダリングを担当を担当
- ✓ 並列実行可能 (内蔵の並列レンダリング機能が有効化)

図出典：The ParaView Tutorial for Version 4.4

https://www.paraview.org/Wiki/The_ParaView_Tutorial

ParaViewの3層構造



スタンドアローン・モード

- 全てが統合してシリアル動作

クライアント-サーバ・モード

- 並列可視化可能
- リモート可視化も可能

クライアント-レンダー・サーバー データ・サーバ・モード

- サーバ間の通信量が多く，3つが独立動作する利点が少ないので，非推奨

ParaViewによるOpenFOAMデータ可視化

✓ OpenFOAMの格子や解析結果はParaViewで可視化やデータ解析が可能

✓ OpenFOAMデータ読み込み方法

- OpenFOAM附属のparaFoamコマンド使用 (非推奨)

- ParaViewを起動するクライアント側にOpenFOAMの環境が必要
- ログインノード上で可視化する場合は通常この方法
- ログインノードでの起動は負荷が掛かり，かつX転送は遅いため，非推奨

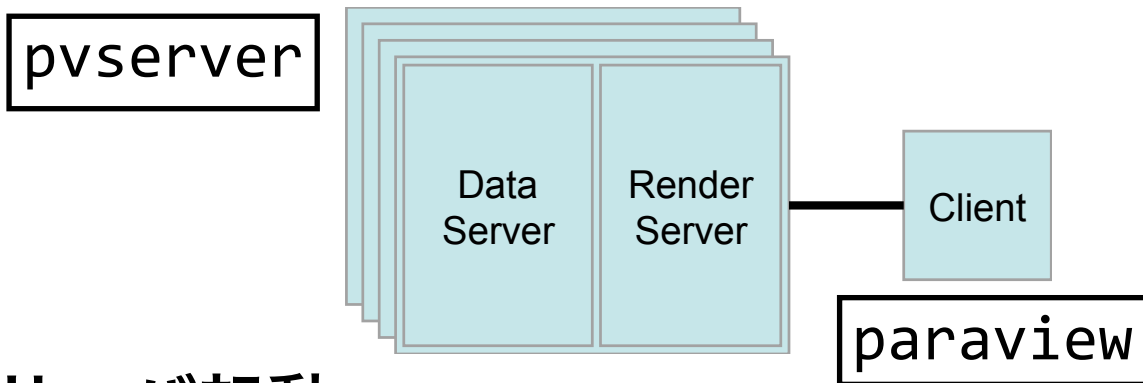
- 通常のParaView(Ver.3.8以降)を使用

- ParaViewを起動するクライアント側にOpenFOAMの環境は不要
- OpenFOAMのデータを読むには拡張子が.foamのダミーファイルが必要

- ▶ **スタンドアローン・モード**：スパコン側の格子・解析結果をクライアント側に転送して，クライアント側のParaViewで可視化 (演習ではこの方法を用いる)

- ▶ **クライアント-サーバ・モード**：スパコン側で起動したpvserverと，クライアント側で起動したParaViewが通信して可視化

クライアント-サーバ・モードでのParaView



サーバ起動

pvserver

```
Waiting for client...  
Connection URL: cs://reedbush-uX:11111  
Accepting connection(s): reedbush-uX:11111
```

Xはログインノードの番号(1, 2, 3, 4)

ポートフォワード(別端末で実行)

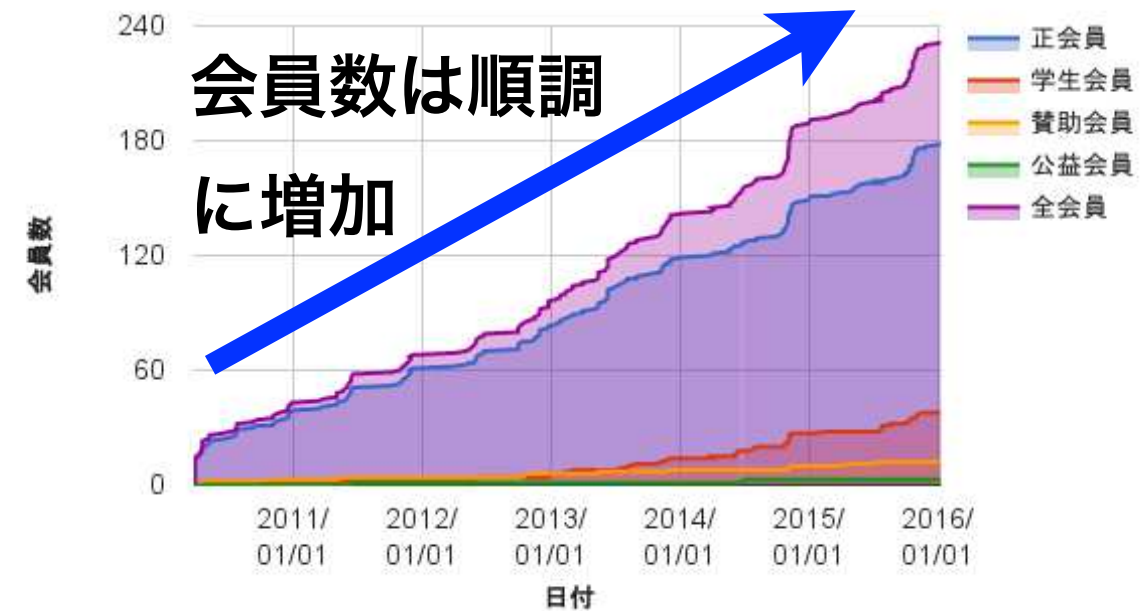
```
ssh -f -N -L 11111:localhost:11111 利用者番号@reedbush-uX.cc.u-tokyo.ac.jp
```

ParaView起動(クライアントマシンで実行)

- Fileメニュー → Connect → Add Server → Name: 任意, Server/Type: Client/Server, Host: localhost, Port: 11111 → Startup Type: Manual → Connect
- Plugin Manager → Close
- Fileメニュー → Open → File name: 任意.foam → OK
- 異常終了防止のため, 最初Mesh Regionsを空にしてApplyし, その後本操作

関連情報：オープンCAE学会

- ✓ **設立**：2009年11月
- ✓ **会長**：中川 慎二(富山県立大学)
- ✓ **会員数**：222 (2017年3月31日現在)
- ✓ **正**：175, 学生32, 賛助12, 公益6
- ✓ **委員会**：シンポジウム, 講習会, 資料翻訳, 出版・編集, コミュニティ, V&V, 国際化推進, 広報・賛助, Web編集, モデルベースデザイン, 表彰

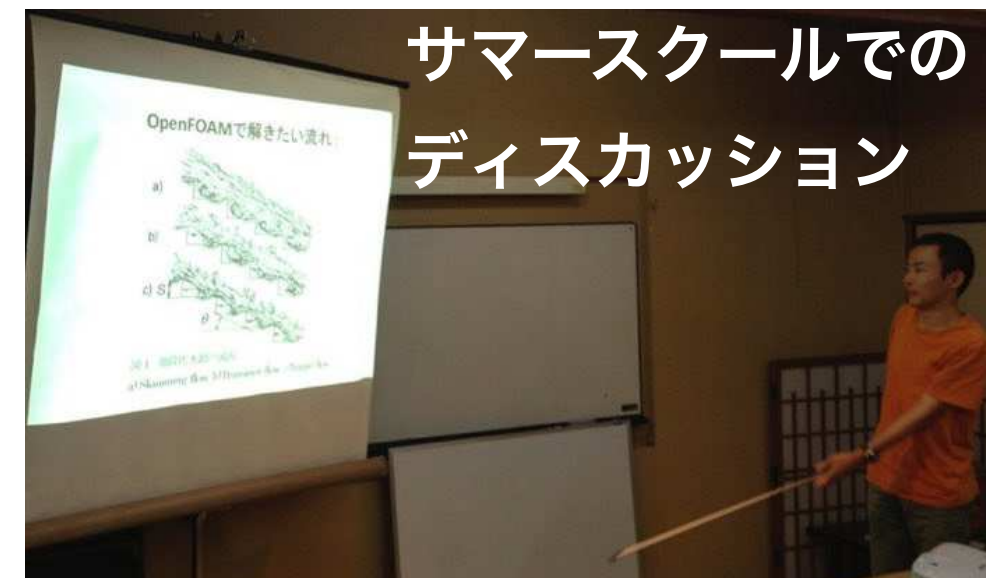


主な年間行事

時期	名称	開催地
6月頃	総会・講習(1日)	東京
8月頃	サマースクール(2泊3日)	日本各地
11月頃	シンポジウム(3日程度) 見学会・講習会・講演会・ツアー	日本各地 (隔年で東京開催)
3月頃	春季講習会(1日), または, ハッカソン(1泊2日)	東京以外

講習会委員会: オープンソースCAE講習会運営

- シンポジウム(2017年12月@名古屋大学)
 - ✓ 90分×3並列×4コマ
- ハッカソン(2017年3月10, 11日@三浦)
 - ✓ 合宿形式での開発や解析と発表
- 総会付帯講習会(2018年6月頃@東京・市ヶ谷)
 - ✓ 90分×2並列×3コマ程度
- サマースクール(2018年8月頃)
 - ✓ 学生・若手(概ね40歳未満)対象
 - ✓ 合宿形式(2泊3日)
 - ✓ 講習会・懇親会・ディスカッション
- シンポジウム(2018年12月頃@未定)



詳細はオープンCAE学会のWebページ参照(<http://www.opencae.or.jp/>)

資料翻訳委員会: OpenFOAMユーザーガイド和訳

- LaTeXソースや図など全てレポジトリ(GitHub)で公開
- OpenFOAM FoundationのWebサイトにも，学会の和訳が置かれている
- 現在，3.0.1版まで公開．学会でplus版の和訳も計画中

<https://github.com/opencae/OpenFOAM>



GitHub repository page for **opencae / OpenFOAM**. The page shows the repository structure and commit history.

Repository: **opencae / OpenFOAM** (5 Unwatch, 0 Star, 0 Fork)

Branch: **master** | **OpenFOAM / doc /**

Latest commit: **iYohey OpenFOAM 3.0.1 ユーザガイド和訳 chapter 4 まで** (6cb8bcf, 10 days ago)

File/Folder	Description	Last Commit
OFstyle	OpenFOAM 3.0.1 ユーザガイド和訳 chapter 3 まで	11 days ago
ProgrammersGuideJa	表の間隔を調整	2 years ago
UserGuideJa	OpenFOAM 3.0.1 ユーザガイド和訳 chapter 4 まで	10 days ago
binding	r67	3 years ago
temp	OpenFOAM v3.0+ docs	a month ago
Makefile	OpenFOAM 2.1.0 ユーザガイド和訳 仕上げ, Makefile 作成, トレードマークリスト更新, #6・#13 対応	4 years ago

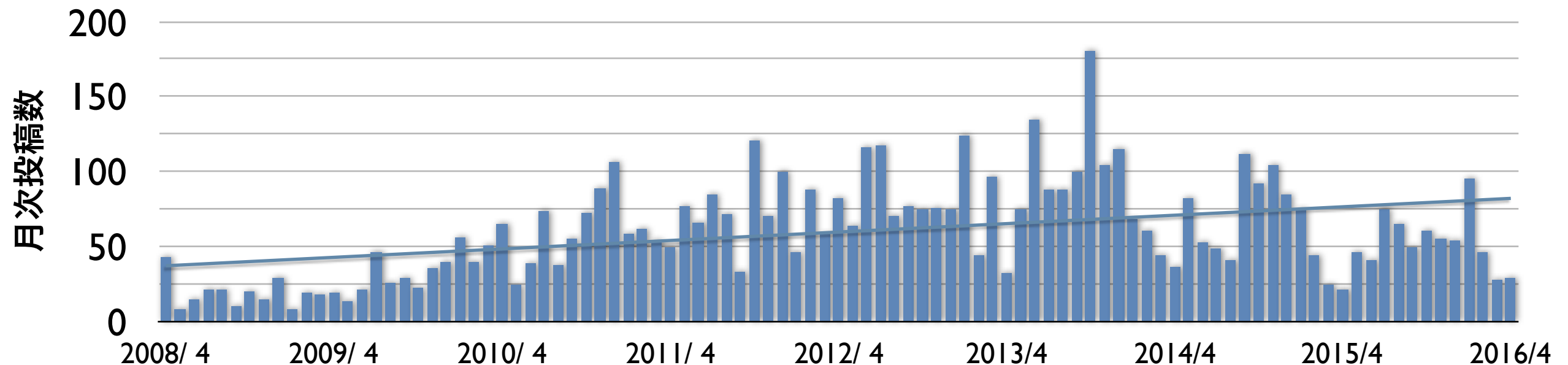
コミュニティ委員会: OpenFOAM掲示板運営

OpenFOAM Googleグループ

- ・ 設立：2008年3月
- ・ 登録者：919名 (2018/1/14時点)
- ・ 質問, 情報交換, イベント告知
- ・ 匿名で質問可能
- ・ 初心者の駆け込み寺

第47回オープンCAE勉強会@岐阜のご案内 (1)	1件の投稿	5月9日
OpenFOAM-v3.0+のバイナリインストールについて (4)	4	5月6日
チュートリアルcircuitBoardCoolingの設定について (3)	3	5月6日
オープンCAE講習会のご案内 (1)	1	5月5日
移動メッシュの破たんについて (3)	3	5月3日
【関西】(4/24) 第48回オープンCAE勉強会@関西 開催のご案内 ... (3)	3	4月23日
interDymFoamでの質問 (3)	3	4月23日
convectiveOutletの対流速度につきまして (2)	2	4月20日
第30回オープンCAE勉強会@広島 4月16日開催 (2)	2	4月10日
メッシュの結合について (enGridとblockMesh) (12)	12	4月9日
【勉強会@富山】4月16日(土)オープンCEA勉強会@富山(第42回)開...	1	4月8日

■ 月次投稿数



<https://groups.google.com/forum/#!forum/openfoam>

コミュニティ委員会: オープンCAE勉強会後援

1. @関東(流体など)(2010年6月～)

Ustream配信(初期), OpenFOAMコード検証勉強会

2. @関西(2010年12月～)

自作風洞実験, ブックレビュー

3. @岐阜(2011年1月～)

初心者のみ質問会・夏合宿

4. @富山(2012年5月～)

ミニ講習会・鰯寿司制覇懇親会

5. @広島(2012年7月～)

ミニ講習会

6. @関東(構造など)(2014年10月～)

構造解析に特化した勉強会

ほぼ毎月全国6箇所で開催!

発表資料・講習会資料も掲載
されているので, WEBサイト
をご参照ください

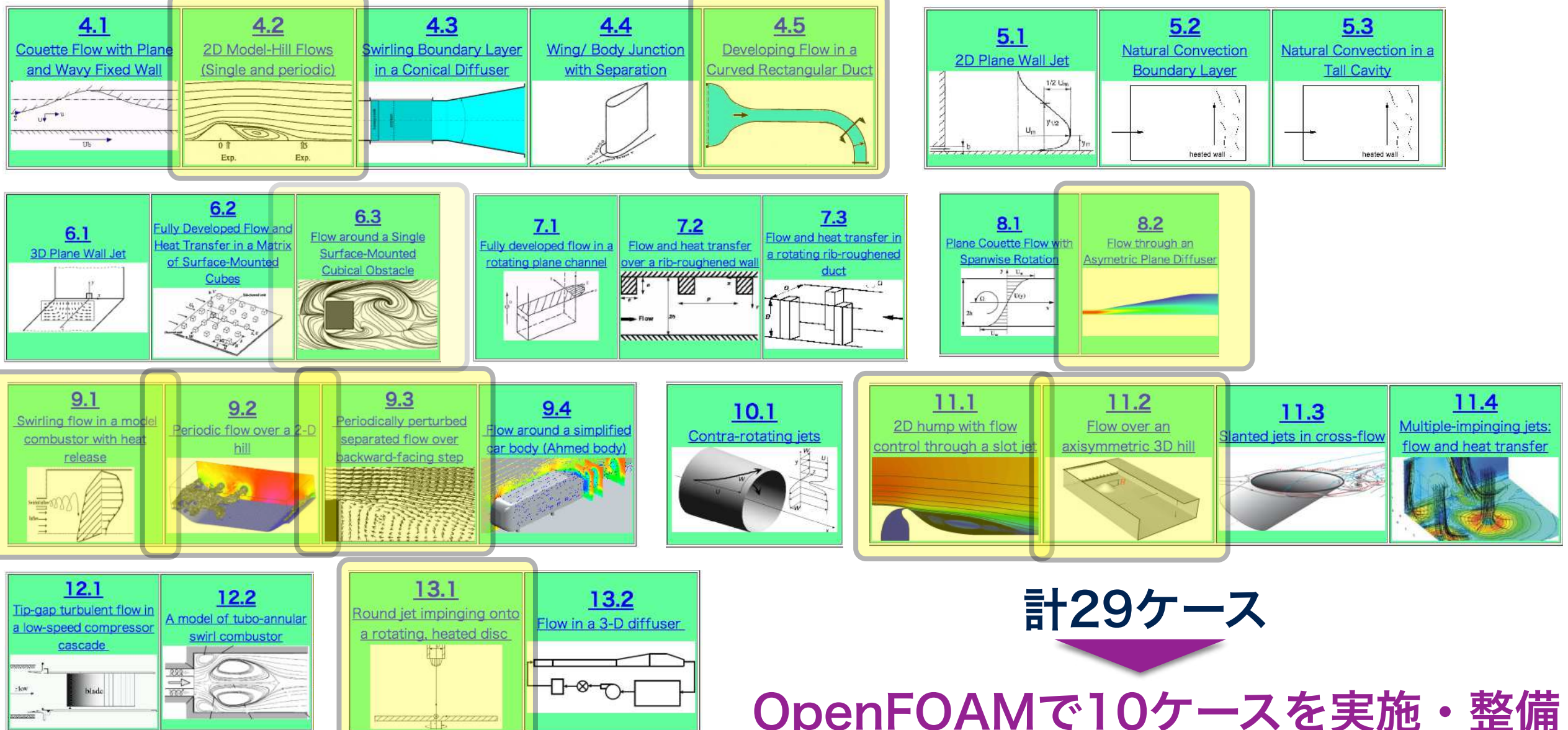
(毎年) 合同勉強会@東京(2018年1月20日)



V&V委員会: ERCOFTAC SIG15ベンチマーク

学会の[GitHub](#)で実験値との検証ケースを公開。実験値との比較プロットも自動で可能。

ERCOFTAC(European Research Community on Flow, Turbulence And Combustion)内の乱流モデリンググループのワークショップ('95-'01)で実施したベンチマーク



計29ケース

OpenFOAMで10ケースを実施・整備

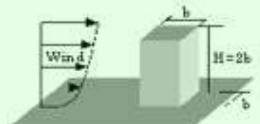
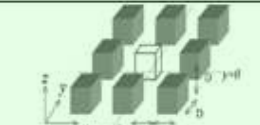
V&V委員会: 市街地風環境ベンチマーク

日本建築学会 流体数値計算による風環境評価ガイドライン作成WG が整備

書籍

WEBサイト(実験データや標準計算条件)



test case			dataset	Ref.
A	2:1:1 shape building model		Data file : CaseA(1_1_2).xls	[1]
B	4:4:1 shape building model		Data file : CaseB(4_4_1).xls	[2][3]
C	Simple Building blocks		Data file : CaseC(City_blocks).xls	-
D	A high-rise building in city blocks		Data file : CaseD(Highrise+Blocks).xls CAD File(DXF) : CaseD_dxf.zip CAD File(MCD) : CaseD_mcd.zip	[5]
E	Building complexes with simple building shape in actual urban area (Niigata)		Data file : CaseE(Niigata).xls CAD File(DXF) : CaseE_dxf.zip CAD File(MCD) : CaseE_mcd.zip	[6]
F	Building complexes with complicated building shape in actual urban area (Shinjuku)		Data file : CaseF(Shinjuku).xls CAD File(DXF) : CaseF_dxf.zip CAD File(MCD) : CaseF_mcd.zip CAD File(STL) : CaseF_stl.zip	[6]
G	Two-dimensional pine tree		Data file : CaseG(Tree).xls	[7]

OpenFOAM
で6ケースを
実施・整備

V&V委員会: 工学ナビでも公開

東京大学生産技術研究所・革新的シミュレーション研究センター(センター長：加藤千幸先生)が制作運営しているWEBサイト



Knowledge Base

解析事例データベース

最先端のシミュレーションソフトウェアによる、さまざまな解析事例を取録

・複合材料強度信頼性評価 (10)

・FrontCOMP (10)

・音響解析 (2)

・FFB-Acoustics (2)

ナノテクノロジー (65)

・第一原理電子状態解析 (65)

・PHASE (65)

ライフサイエンス (36)

・フラグメント分子軌道法 (16)

・ABINIT-MP (16)

・標準密度汎関数法 (20)

・ProteinDF (20)

OpenFOAM (16)

・OpenFOAM Version 2.2.2 (16)

・最適化設計 (3)

・CHEETAH (3)

・構造解析 (37)

・ADVENTURECluster Solver (4)

・Front ISTR (31)

・流体構造連成解析 (1)

・流体解析 (54)

・FFR (4)

・FFV (16)

・FrontFlow/blue (28)

・GKV (2)

・GT5D (2)

・LANS3D (3)

解析格子を以下に示す。計算格子生成にはOpenFOAM付属の自動格子生成ユーティリティsnappyHexMeshを使用し、学会提供のCADデータをSTL形式に変換したデータを使用して約530万要素の格子を自動生成させた。

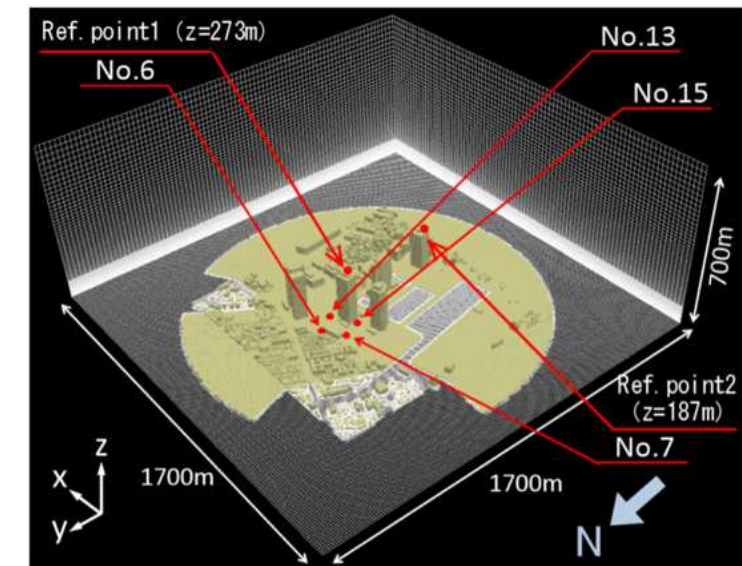
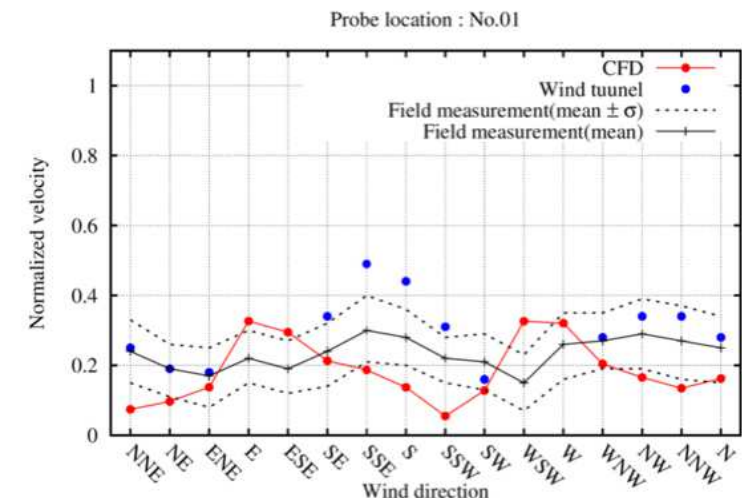


Fig. Calculation mesh (参考文献[Imano2010]から引用)

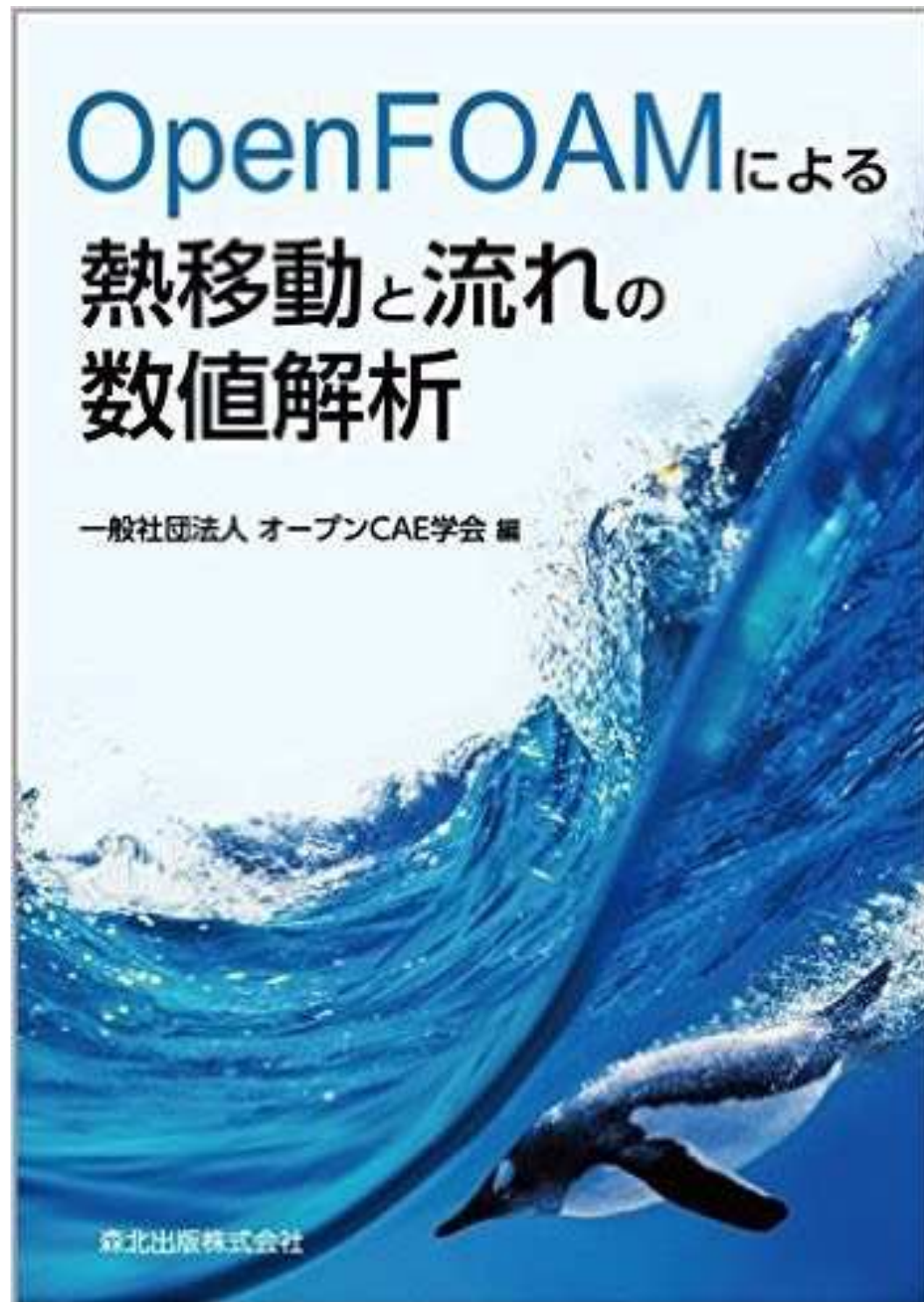
計算結果

各計測点における風向別の風速比を以下の図に示す。風洞実験値及び実測値[AIJ]も合わせて示す。何れの結果も、風向NE~N~NWでは参照点1(D)、それ以外の風向は参照点2(C)の風速で基準化してある。



例：新宿副都心高層ビル群の風環境

出版・編集委員会: OpenFOAM書籍編集



- 発売日：2016年6月17日
- 価格：3,456円(税込)
- 編集：オープンCAE学会
- 出版社：森北出版
- 日本初のOpenFOAM本!
- 書籍名はスハス V.パタンカー(森北出版)の「コンピュータによる熱移動と流れの数値解析」のオマージュ
- Amazonの機械工学カテゴリで1位達成!



関連Webサイト

[OFF] The OpenFOAM Foundation (<http://www.openfoam.org/>)

[OFC] OpenCFD Ltd (ESI Group)(<http://www.openfoam.com/>)

[OFT] オープンCAE勉強会@関西OpenFOAMチュートリアルドキュメント作成プロジェクト(<https://sites.google.com/site/freshtamanegi/>)

[OCSJ] オープンCAE学会(<http://www.opencae.or.jp/>) OpenFOAMユーザガイド和訳, プログラムズガイド和訳, The ParaView Tutorial和訳, 過去のシンポジウム・ワークショップ・講習会資料

[Reedbush] 東京大学情報基盤センター, スーパーコンピューティング部門, Reedbush スーパーコンピュータシステム (<http://www.cc.u-tokyo.ac.jp/system/reedbush/>) 利用の手引など

[PENGUINITIS] (<http://www.geocities.jp/penguinitis2002/>) 圧倒的な情報量

[FN365] (<http://caefn.com/>) 多くのOpenFOAMに関するスライド(日本語・英語)も公開

[Imano 2014] 流体解析入門者向け超初級講習会 (<http://www.slideshare.net/MasashiImano/ss-39803127>) : バックステップ流れを対象に, 仮想環境で動かしたDEXCS for OpenFOAM上にて,

FreeCADでCADデータ作成, TreeFoam, HelyxOSで格子作成, 流体解析を行う演習

[OFW] OpenFOAM Workshop (<http://www.openfoamworkshop.org/>) 世界最大規模のOpenFOAMの国際会議, カスタマイズ例・適用例など発表多数. 要旨・スライド・トレーニング内容をWEB公開