
OpenFOAM® を理解するための第1歩

2016年5月28日
オープンCAE勉強会@富山

富山県立大学 中川慎二

Disclaimer: OPENFOAM® is a registered trade mark of OpenCFD Limited, the producer of the OpenFOAM software and owner of the OPENFOAM® and OpenCFD® trade marks. This offering is not approved or endorsed by OpenCFD Limited.

注意

- OpenFOAMユーザーガイド, プログラマーズガイド, OpenFOAM Wiki, CFD Online, その他多くの情報を参考にしています。開発者, 情報発信者の皆様に深い謝意を表します。
- この講習内容は, 講師の個人的な経験 (主に, 卒 研究生等とのコードリーディング) から得た知識を共有するものです。この内容の正確性を保証することはできません。この情報を使用したことよって問題が生じた場合, その責任は負いかねますので, 予めご了承ください。

一部のクラス図の作成に, astah* community (無償版) を利用しています。

株式会社チェンジビジョン 社製 <http://astah.change-vision.com/ja/>

概要

- OpenFOAM の利用者を対象とし、OpenFOAMのソースコードの読み方の基本の基本を学びます。
- OpenFOAMのソースコードが、どのように整理されているのかを学びます。
- 実際にOpenFOAMのソースコードを見ながら、OpenFOAMのソースコードの特徴、ソースコード解読初心者が躓きやすい点などについても、解説します。

目次

- OpenFOAMとは？
- OpenFOAMとC++
 - クラス
 - ソルバ
 - ライブラリ
- OpenFOAMインストールとファイルの場所
- OpenFOAMソースコードの構造
 - ソルバ
 - ライブラリ
- OpenFOAMソースコードの調べ方

OpenFOAM とは

- オブジェクト指向の考え方で設計され、C++プログラミング言語により実装された、CFDに必要な機能の集合体である。
- OpenFOAM とは、CFD に必要な機能を追加した 拡張版C++言語 と考えることもできる。
- OpenFOAMのプログラム(ソースコード)を深く理解するためには、C++言語、オブジェクト指向プログラミング、ジェネリックプログラミングなどの考え方を理解していることが必要となる。すべてを理解することは、非常にむずかしい。
- すべてを理解していなくても、各クラス・関数等の使い方を知っていれば、ソースコードを理解したり改造したりすることができる。

OpenFOAM の種類とバージョン

- OpenFOAM
 - オープンソースソフトウェア
 - GPLライセンス. 誰もが自由に改変し, 公開することができる。
- その結果, いくつかの枝に分かれて, 開発が進められている。
- 元は大学からスピンオフした企業で商用ソフトウェアとして販売されていた。その後, オープンソースソフトウェアとして公開された。開発元企業が, いくつかの企業に買収されるなど, いろいろな経緯があり, 関連する企業・組織が複数存在する。

主たる開発 CFD Direct (OpenFOAM Foundationメンバーの一部)

OpenFOAMの管理と公開 OpenFOAM Foundation

OpenFOAMトレードマークの権利保持者 OpenCFD Ltd.

OpenCFD Ltd. の所有者 ESI

いろいろなバージョンについての, ほぼ完全なインストール方法解説

<https://openfoamwiki.net/index.php/Installation>

過去のバージョンの記録とインストール方法

<http://openfoam.org/download/archive/>

OpenFOAM Foundation

<http://www.openfoam.org/>

OpenFOAM の種類とバージョン

OpenFOAM正規版

OpenFOAM® version 3.0.1
OpenFOAM Foundation
15th December 2015
<http://www.openfoam.org/download/>
Documentation www.openfoam.org/docs/
Source code documentation
<http://www.openfoam.org/docs/cpp/>

OpenFOAMは、頻繁に更新(バグ対策)されている。
日々の更新が反映されたソースコードも公開されている。

OpenFOAM-dev
OpenFOAM Foundation
次期リリースに向けた開発版
Documentation www.openfoam.org/docs/
Source code documentation
openfoam.github.io/Documentation-dev/html/

foam-extend版

foam-extend-3.2
Extend-Project

August 2015
<http://www.extend-project.de/>
<http://sourceforge.net/p/openfoam-extend/foam-extend-3.1/ci/v3.2/tree/>

OpenFOAM+

OpenFOAM® v3.0+
OpenCFD
13/01/2016
GPL v3 licence

<http://www.openfoam.com/download/installation.php>

* binary 配布は Dockerベース. Linux, mac, windows.
* ソースコードは
<http://sourceforge.net/projects/openfoamplus/files/>

Documentation
<http://www.openfoam.com/documentation/user-guide/>
Source code documentation
<http://www.openfoam.com/documentation/cpp-guide/html/>

OpenFOAMとC++

OpenFOAMのソースコード

- C++ 言語
- オブジェクト指向プログラミング
 - カプセル化 (振る舞いの隠蔽とデータ隠蔽)
 - インヘリタンス (継承) -- クラスベースの言語
 - ポリモーフィズム (多態性、多相性) -- 型付きの言語
 - オーバーロード (多重定義) 同じ名前で引数の異なる関数
 - オーバーライド 親クラスの関数を子クラスで上書き
- ジェネリックプログラミング
 - データ型に依存しないコード。Templateを利用。
- OpenFOAM とは、CFD に必要な機能を追加した C++言語 である。 といっても過言ではない…

C++ クラスとは

- 部品（オブジェクト）の設計図
- 様々な値（状態, 属性）と, それを操作するための機能（function, メソッド, 関数）を含む
- クラスは、値と関数の集まりである
- この設計図（クラス）に基づいて, プログラム実行時に, 部品（オブジェクト）が作られる
- オブジェクト生成時にはコンストラクタが働く

一般コード例

```
int    n(7);  
int    i = 10;  
型名  変数名 (初期値)
```

OpenFOAMコード例

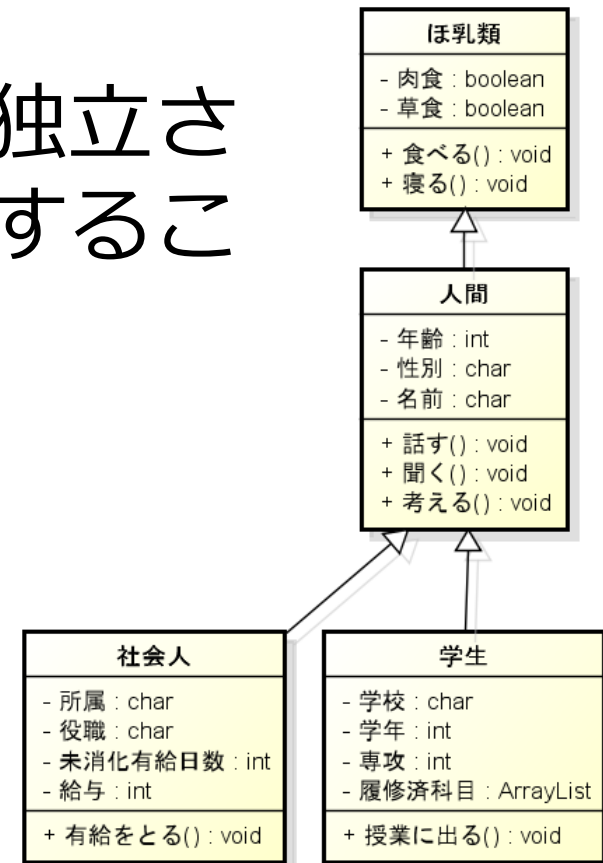
```
dimensionedScalar  DT( x, y);  
クラス名           オブジェクト名 (初期値)
```

C++ クラスの継承

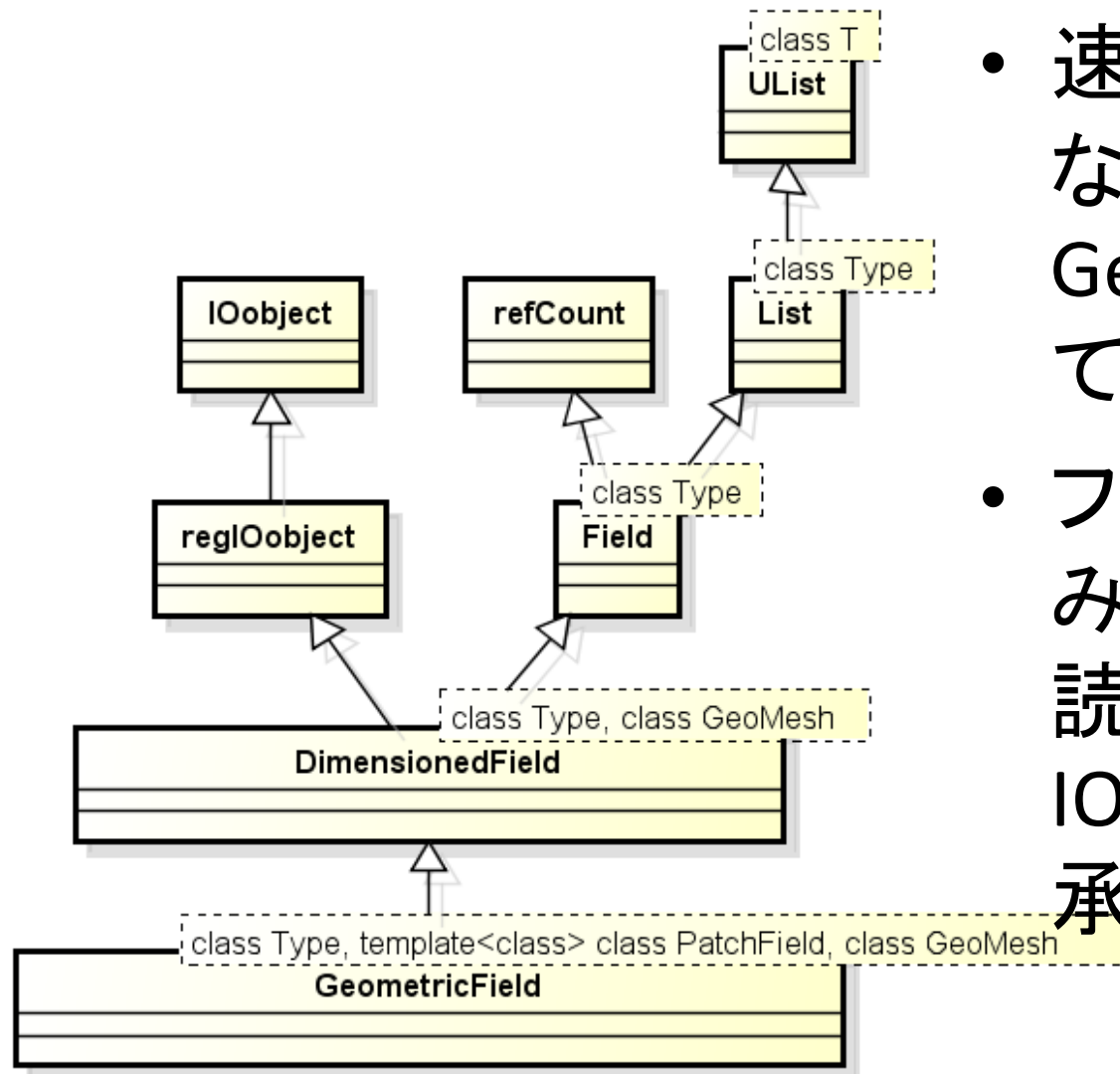
- 複数のクラスに共通する仕組みは、抽象化した独立クラス(親クラス)とする
- 複数のクラス(子クラス)が、独立させたクラス(親クラス)を継承することで、共通の機能を実現する

例

- 親クラス = 人間
- 子クラス = 学生, 社会人



GeometricFieldクラスの継承関係



- 速度U, 圧力p, 温度Tなどのデータは, GeometricField型として保存されている。
- ファイルへの書き込み/ファイルからの読み込みなどは, IOobjectクラスから継承している。

ソルバ

- 特定の問題を解くために、OpenFOAMのコードを組み合わせたプログラム。
- ソルバのソースコードは、とてもシンプル。難しい作業は、部品に任せる。
- まとまった作業は別ファイルに記述し、includeすることで、読みやすさを保つ。
- 様々な部品（オブジェクト）が、協調しながら、目的を果たす。
- 部品どうしは、適切な独立性を持っている。
- ソルバのソースコードは、**ソルバ名.C** となっている。

ライブラリ

- 特定の機能を実現するのに必要な部品を集めたもの。
- 関連する複数のクラスから、1つのライブラリを作成する。
- 例えば、imcompressibleTransportModelsライブラリの中に、viscosityModelクラスや、BirdCarreauクラス etc. が含まれている。
- srcディレクトリ内で、Makeディレクトリが存在すれば、ライブラリ。

チュートリアル

- ソルバ, ライブラリ, クラスなどの機能・使い方を説明するために用意された例題。
- チュートリアルは, 説明書の一部と考えられる。
- チュートリアルを実行しながら, 理解を深めることが大切。
- ソースコード改造時には, その改造内容に応じたチュートリアルを作成する。

-
- ### かなり大胆な例え
 - 自動車→ソルバ
 - エンジン→ライブラリ
 - 点火プラグ→クラス, 配線→クラス, ネジ→クラス, 様々な構成要素部品部品→クラス

OpenFOAMインストール方法と ファイルの格納場所

インストール方法

- Ubuntu Deb Pack
 - Ubuntu OS のパッケージ管理システムを使う。バージョンの組み合わせに制限あり。
 - 最も簡単・早い方法。コンパイル不要。
- Source Pack
 - 汎用的方法。ソースコードをコンパイルする。
- Git Repository
 - 汎用的方法。ソースコードの最新版を取得してコンパイルする。
 - リリース後のバグフィックスが受けられる。
 - バージョンコントロールシステム GIT を利用する。

インストール方法とファイルの場所

最新版 3.0.1 の場合










- Ubuntu Deb Pack
 - 標準インストール先 `/opt/openfoam30`
 - 標準作業ディレクトリ `$HOME/OpenFOAM/user-3.0.1`
- Source Pack
 - 標準インストール先 `$HOME/OpenFOAM/OpenFOAM-3.0.1`
 - 標準作業ディレクトリ `$HOME/OpenFOAM/user-3.0.1`
- Git Repository (3.0.1のバグフィックス版)
 - 標準インストール先 `$HOME/OpenFOAM/OpenFOAM-3.0.x`
 - 標準作業ディレクトリ `$HOME/OpenFOAM/user-3.0.x`

そもそも、インストールとは？

- ファイルの配置
 - コンピュータが理解できる言葉で書かれた実行ファイル
- 実行に必要な情報のマシンへの通知
 - どこに、どのファイルがあるのか。
 - パスの設定
 - どのような条件・設定で動作するのか。
 - 環境変数の設定
 - OpenFOAMでは、インストールディレクトリ/etc/bashrcファイルを読み込むことで設定している

OpenFOAMソースコードの構造

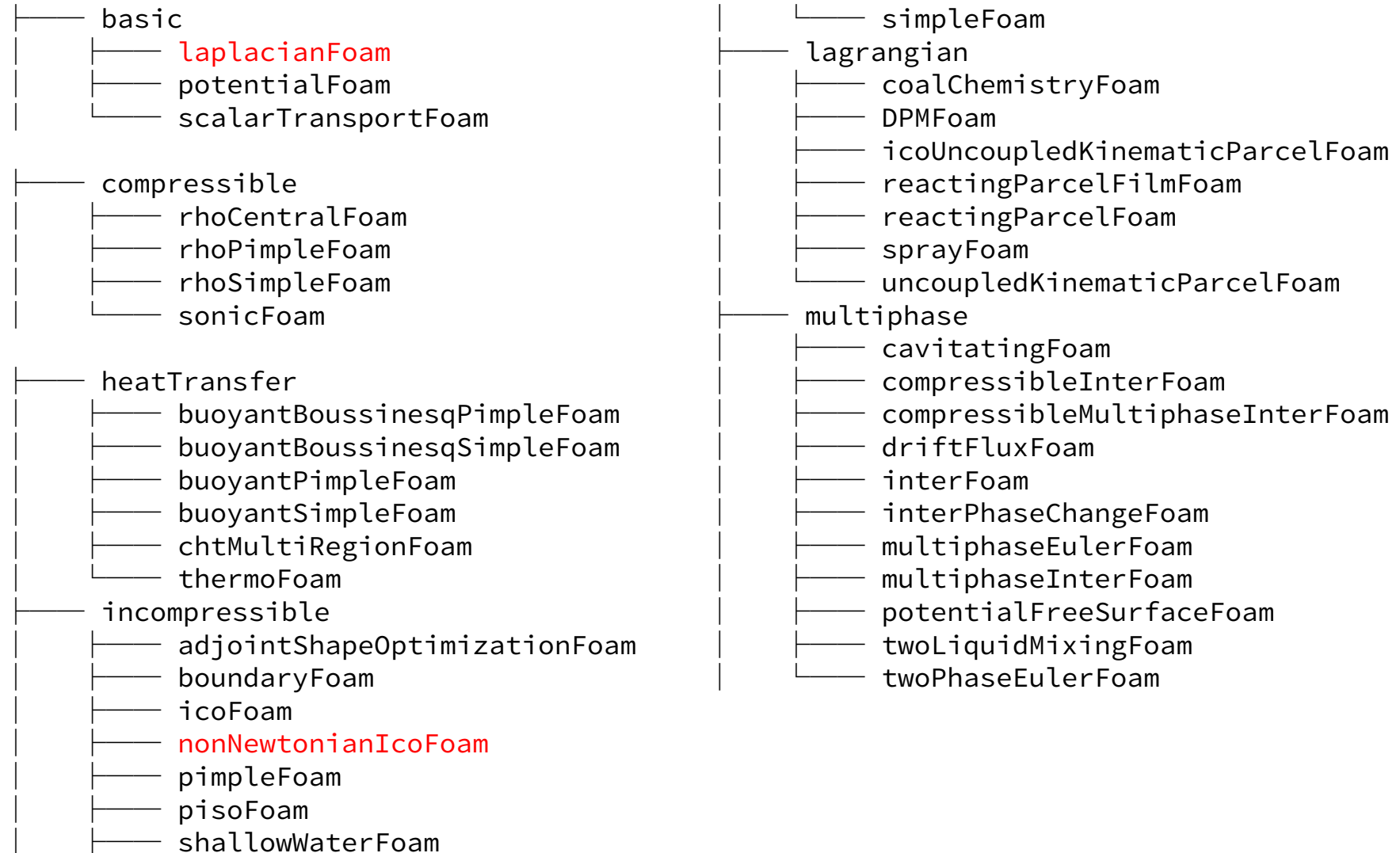
ソースコード ディレクトリ構造

- ▼  OpenFOAM-3.0.1
 - ▶  applications
 - ▶  bin
 - ▶  doc
 - ▶  etc
 - ▶  platforms
 - ▶  src
 - ▶  tutorials
 - ▶  wmake

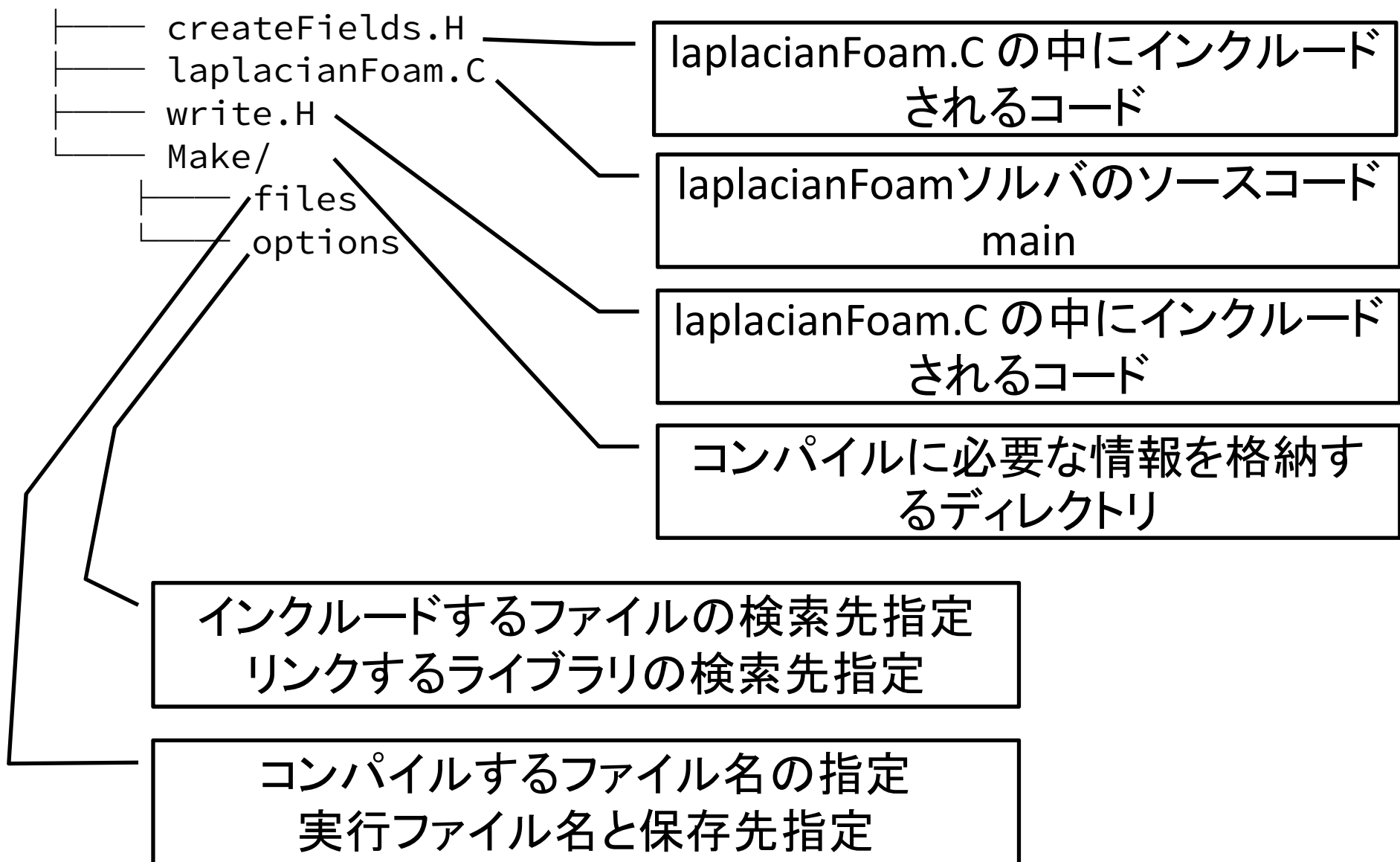
OpenFOAMソースコードの主要要素

- **src**: the core OpenFOAM source code
- **applications**: collections of library functionality wrapped up into applications, such as solvers and utilities
- **tutorials**: a suite of test cases that highlight a broad cross-section of OpenFOAM's capabilities
- **doc**: supporting documentation

applications/solvers 例

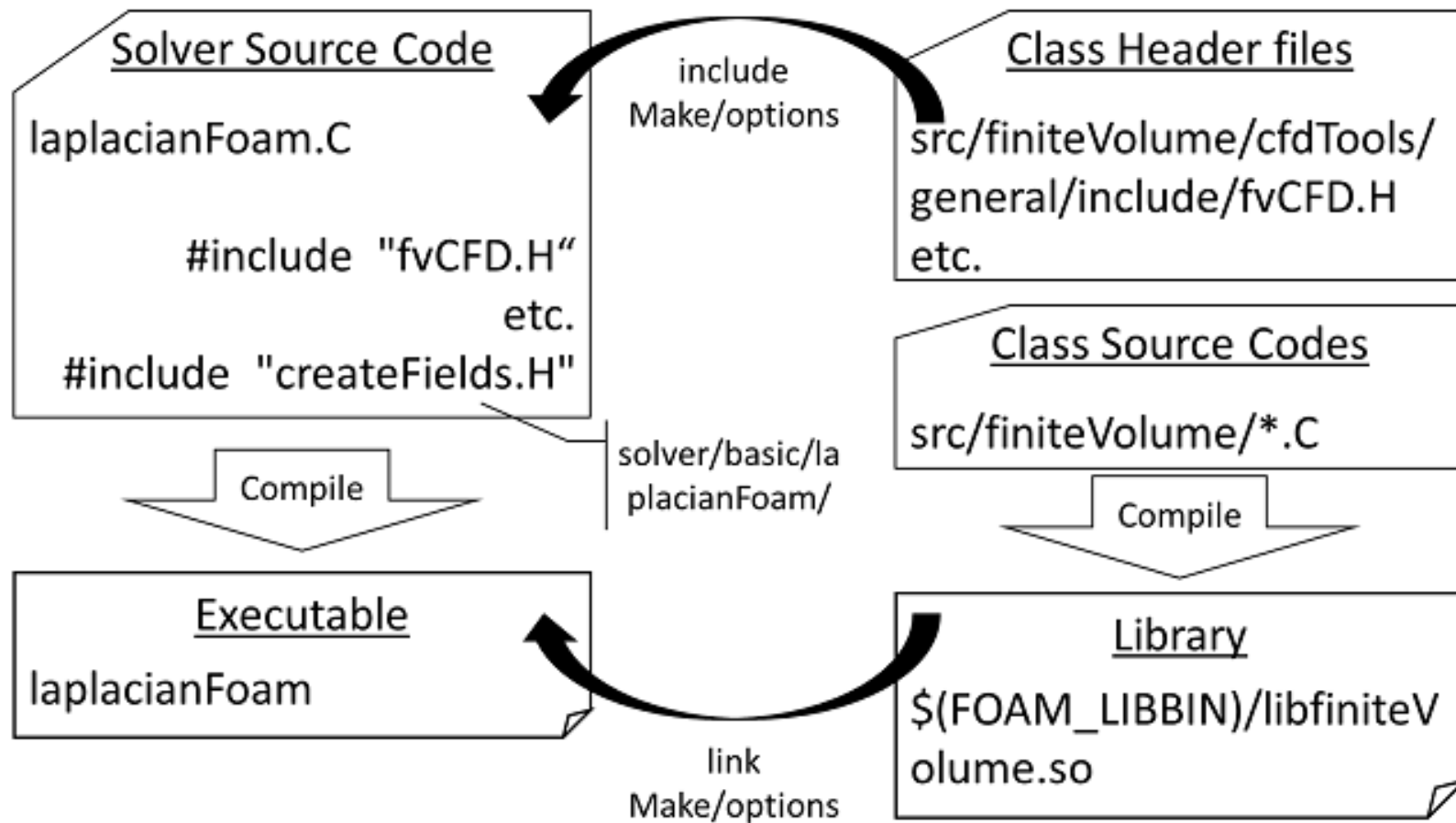


applications/solvers/basic/laplacian



ソルバのコンパイル

ライブラリのコンパイル



src/transportModels 例

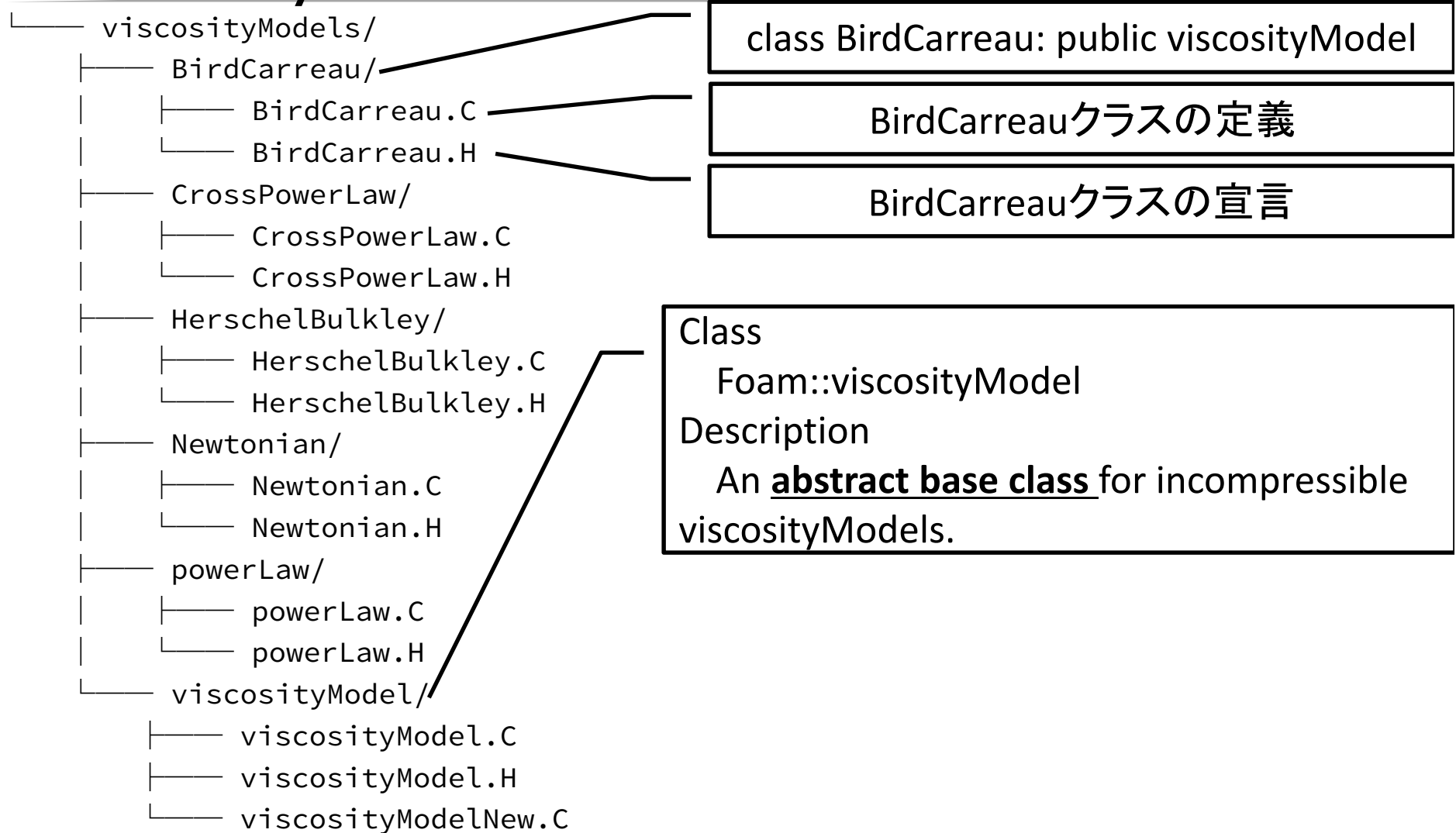
```
Allwmake*
compressible/
| compressibleTransportModel/
| lnInclude/
| Make/
|
| immiscibleIncompressibleTwoPhaseMixture/
| | immiscibleIncompressibleTwoPhaseMixture.C
| | immiscibleIncompressibleTwoPhaseMixture.H
| | lnInclude/
| | Make/
|
| incompressible/
| | incompressibleTwoPhaseMixture/
| | lnInclude/
| | Make/
| | singlePhaseTransportModel/
| | transportModel/
| | viscosityModels/
|
| interfaceProperties/
| | interfaceCompression/
| | interfaceProperties.C
| | interfaceProperties.H
| | lnInclude/
| | Make/
|
| twoPhaseMixture/
| | lnInclude/
| | Make/
| | twoPhaseMixture/
|
| twoPhaseProperties/
| | alphaContactAngle/
| | alphaFixedPressure/
| | lnInclude/
| | Make/
```

Makeディレクトリが存在
コンパイルする単位:ライブラリ

incompressibleTransportModelsラ
イブラリのディレクトリ(Make/files参照)

viscosityMedelクラスと, その派生
クラスが格納される

src/transportModels/ incompressible/ viscosityModels



OpenFOAMソースコードの調べ方

調べ方

- OpenFOAM C++ Source Guide
 - コード自体から, Doxygen を使って生成
 - www.openfoam.org/docs/cpp
 - (注意) 上記サイトは最新リリース版のみ
 - クラス説明, コード説明, 継承関係図など
 - ローカルマシン上でも, Doxygenを使って, 同じ情報を作成できる
 - 注意: 大量のファイルが生成され, 2GB以上の容量が必要。
 - `sudo apt-get install doxygen graphviz`
 - `cd $WM_PROJECT_DIR/doc/Doxygen`
 - `./Allwmake`

OpenFOAM C++ SourceGuide 注意

- Class Reference と File Reference では、表示される内容が異なる
- クラスの全容を知りたい時には、Class Reference を参照するとよい。

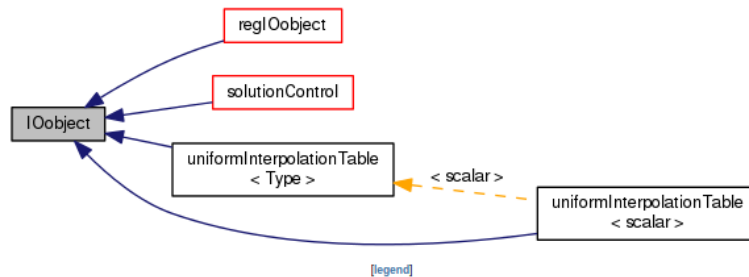
OpenFOAM OpenFOAM C++ Documentation

Main Page | Related Pages | Modules | Namespaces | Classes | Files | Search

Class List | Class Index | Class Hierarchy | Class Members

IObject Class Reference

IObject defines the attributes of an object for which implicit objectRegistry management is supported, and provides the interface for performing stream I/O. More...
Inheritance diagram for IObject:



Public Types

enum objectState { GOOD, BAD }

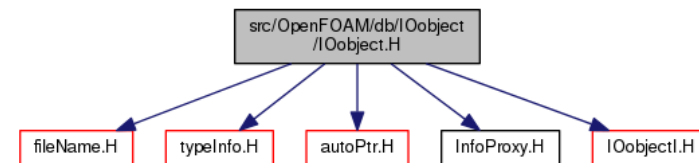
OpenFOAM OpenFOAM C++ Documentation

Main Page | Related Pages | Modules | Namespaces | Classes | Files | Search

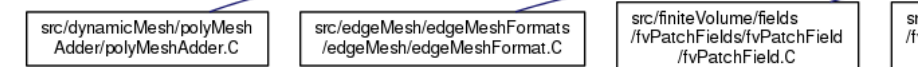
File List | File Members

IObject.H File Reference

Include dependency graph for IObject.H:



This graph shows which files directly or indirectly include this file:



ソースコードを読み解くために

- 変数のタイプ（クラス）を意識
 - volScalarField, dimensionedScalar ? など
- まずは、宣言(*.H)を見て、流れをつかむ。
 - 関数は、何(クラス)を受け取り、何を返すか？
- Slow and steady wins the race
 - 少しずつ、理解を深める
 - 小さな部分の積み重ね
 - 繰り返す、繰り返す、繰り返す
- 基礎を学習
 - 現象・式とソースの両方を学ぶ
- 一般的なデザインパターンの理解を深める

よく使う クラス

	非フィールド値 場所によらず一定	フィールド値 場所によって値が変わる	
		セル面での値	セル体積(中心)での値
スカラー	<code>dimensionedScalar</code> <code>dimensioned<scalar></code>	<code>surfaceScalarField</code> <code>GeometricField<scalar, fvsPatchField, surfaceMesh></code>	<code>volScalarField</code> <code>GeometricField<scalar, fvPatchField, volMesh></code>
ベクトル	<code>dimensionedVector</code> <code>dimensioned<vector></code>	<code>surfaceVectorField</code> <code>GeometricField<vector, fvsPatchField, surfaceMesh></code>	<code>volVectorField</code> <code>GeometricField<vector, fvPatchField, volMesh></code>

上の行は, typedefで定義された別名
下の行が本来の定義

T と DT の定義 : createFields.H

volScalarField T

```
(  
  IObject  
  (  
    "T",  
    runTime.timeName(),  
    mesh,  
    IObject::MUST_READ,  
    IObject::AUTO_WRITE  
  ),  
  mesh  
);
```

volScalarField T(IObject, mesh);
T という名前で, volScalarFieldクラスのオブジェクトを作成する。引数を2つ渡してコンストラクタ指定。

dimensionedScalar DT();
DT という名前の dimensionedScalarクラスのオブジェクトを作成する。引数はIstream&。読み取った値で初期化する。

dimensioned (Istream & is)
Construct from Istream.
Definition at line 91 of file dimensionedType.C.

dimensionedScalar DT

```
(  
  transportProperties.lookup("DT")  
);
```

transportPropertiesオブジェクトのlookup関数を使って, transportPropertiesディクショナリのDTという項目の値を読み込む。transportPropertiesは, IOdictionaryクラスのオブジェクト。
IOdictionary transportProperties
lookup関数の戻り値は, Istream&

調べ方

- デバッガを使用する。
 - HowTo debugging
http://openfoamwiki.net/index.php/HowTo_debugging
- debugSwitchesを利用して，実行時に追加メッセージを表示させる。
- Linuxのfindコマンドを使って，ファイルを探す。

デバッグ情報

- 実行時にプログラムの動作状況を把握するため、標準出力へ、各種情報を出力する。
- どの情報を出力する/しないは、DebugSwitches でコントロールすることが可能である。
- システムの設定は、OpenFOAM/OpenFOAM-2.3.x/etc/controlDict 内に記述してある。
 - \$HOME/.OpenFOAM/\$WM_PROJECT_VERSIONに、上記controlDictを複製し、修正することで、ユーザ毎に設定を変更することができる。
 - OpenFOAM 2.2.0 以降では、ケースのcontrolDict内にDebugSwitchesを記載することで、個別に設定することも可。
<http://www.openfoam.org/version2.2.0/runtime-control.php>
- foamDebugSwitchesユーティリティを実行すると、登録されているDebugSwitchesが表示される。（全てが有効な情報を書き出すとは限らない。）

参考資料

- OpenFOAM ProgrammersGuide, UserGuide
- ソースコード
- Imperial College 博士論文など
 - Hrvoje Jasak, Henrik Rusche, Franjo Juretic などなど
 - <http://powerlab.fsb.hr/ped/kturbo/OpenFOAM/docs/>
- PENGUINITIS!
 - <http://www.geocities.jp/penguinitis2002/index.html>
- <http://openfoamwiki.net/>
- <http://www.cfd-online.com>

-
- OpenFOAM のための 便利なLinuxコマンド解説
 - <http://cfd.direct/openfoam/linux-guide/>