

# オープンソースの数値流体解析コード「OpenFOAM」 を活用した“モデルごと納品”

エンジニアリング本部 環境解析部

北池 聡  
新海 仁

## 1. はじめに

OpenFOAM(Field Operation and Manipulation) は Nabla 社の Henry Weller と Hrvoje Jasak によって開発された商用コード、「FOAM」を 2004 年に完全オープンソース化した数値流体解析 (CFD) ツールボックスである。オープンソース化後は Henry Weller によって設立された OpenCFD 社が登録商標を保有し開発が進められてきた。完全なオープンソースであり導入が容易であることから、最近では企業や大学等でも積極的に導入や利用がすすめられ、また、2011 年 8 月、米国 SGI 社により買収が行われたことでオープンソースの CFD ツールボックスとして国内外を問わず、より一層の注目を集めている。

本稿では、弊社で検討をすすめている OpenFOAM を活用した数値流体解析の受託解析サービス “モデルごと納品” の紹介をする。

## 2. OpenFOAM の概略

### 2.1 動作環境

OpenFOAM の動作環境としては基本的に Linux 環境が必要とされる。Linux 環境のマシンを用意するには Windows 上の仮想マシンにインストールする方法や Linux 専用マシンで利用もしくは Windows マシンに Linux をインストールして、デュアルブート環境にする方法等があるが、ここでは詳

細は割愛する。また、Linux には様々なディストリビューション (頒布形態) が存在するが、「Ubuntu」もしくは「SUSE LINUX」の2つに関しては専用のバイナリパッケージ (ソースコードも含む) がホームページ上で公開されている。OpenFOAM を容易にインストールする方法としては、このようなバイナリパッケージをインストールする、もしくは OpenFOAM 導入済の OS (Linux) をマシンにインストールする等の方法が挙げられる。

### 2.2 ライセンスの問題

OpenFOAM は GNU General Public Licence となっておりライセンスフリーである。ソルバーやユーティリティ、ライブラリといった OpenFOAM を構成するすべてのモジュールがオープンのものであり、費用をかけずに導入することが可能である。

### 2.3 プログラム構成

図1に OpenFOAM の全体的な構造を示す。

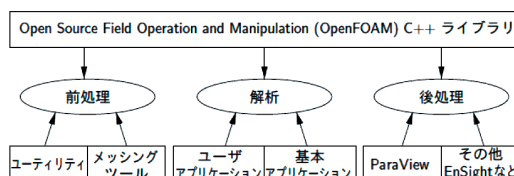


図1 OpenFOAM の全体的な構造

OpenFOAM はソルバやユーティリティといったアプリケーションを作成するために用いられるライブラリであり、オブジェクト指向言語である C++で開発されている。配布パッケージには様々な解析を実行するための多数のソルバとプリ・ポスト環境ユーティリティがあらかじめ含まれている。表1に標準で搭載されているソルバの例を示す。また、

- ①ソルバ及びユーティリティは自由に作成または改良を行うことができること。
  - ②他のユーザーによって作成されたソルバ及びユーティリティは web 上で公開されているものもあり、ユーザーの解析分野に応じて web 上でダウンロードして活用できること。
  - ③一部の商用ソフトを用いてのメッシュの作成や計算結果の表示にも対応していること。
- も大きな特徴である。

表1 標準搭載のソルバの例

非圧縮性流れ
<u>simpleFoam</u> ・非圧縮性、乱流の定常状態ソルバ
<u>pimpleFoam</u> ・PIMPLE (SIMPLE と PISO の融合) アルゴリズムによる非圧縮性・乱流の、大きな時間ステップの非定常ソルバ
圧縮性流れ
<u>rhoPimpleFoam</u> ・冷暖房やそれに似た問題のための圧縮性の層流および乱流用の非定常ソルバ
<u>rhoPisoFoam</u> ・圧縮性の層流および乱流用の非定常 PISO ソルバ
熱輸送と浮力駆動流れ
<u>buoyantBoussinesqSimpleFoam</u> ・浮力を伴う非圧縮性乱流用定常状態ソルバ

### 3. 受託解析への活用

#### 3.1 概要

弊社では長年の様々な環境分野での計画・調査から解析・評価までのコンサルティング経験と計算技術を生かし、市街地や土木構造物周辺や複雑地形における風環境や汚染物質の拡散、及び室内での環境濃度や換気、温熱環境等に関する受託解析を汎用的な数値流体解析の商用ソルバを使用して行っている。従来の受託解析の場合、計算結果をコンター図やベクトル図に加工して報告書として納品することになるが、お客様が把握できるのは報告書に掲載されている図や内容のみであり、伝えられる情報量に限界がある。加えて、お客様から解析条件を修正して再計算してほしいというような要望に対しても早急な対応が困難な場合や費用的な問題が生じることがある。

そこで、完全オープンソースである OpenFOAM を利用して受託解析を行い、通常の報告書に加えて、計算で実際に使用した解析モデルを同時に納品し、あわせてお客様の OpenFOAM を扱える最低限の環境整備のお手伝いをすることで、お客様に提供できる情報がさらに増え、そしてお客様側が納品された数値解析モデルを利用したのケーススタディ解析や、結果の表示や確認、発注者へのデモ等を行うことができ、さらなる顧客満足の上昇が期待できる。この“モデルごと納品“に関する具体的なサービスフローについては 3.2 で述べる。

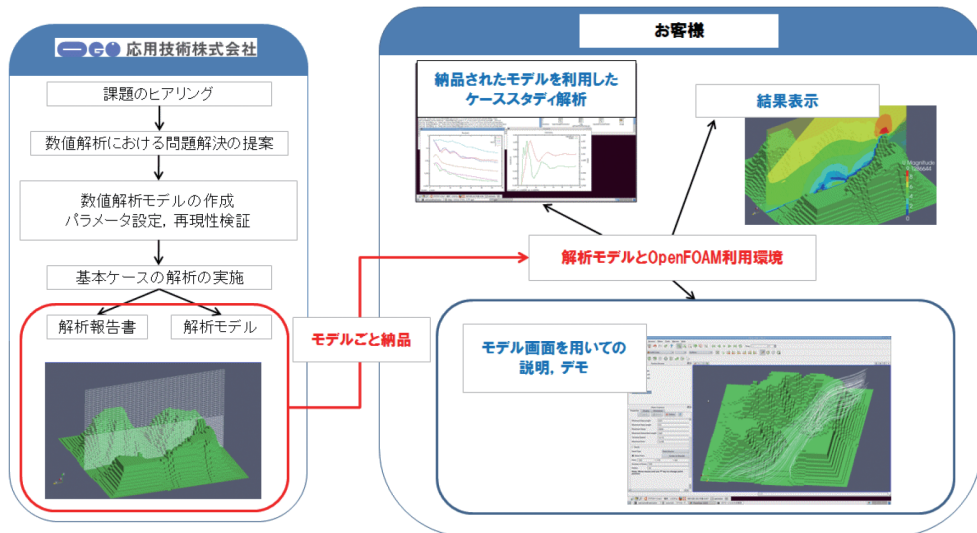


図2 “モデルごと納品”のサービスフロー

### 3. 2 具体的なサービスと納品物

図2に“モデルごと納品”サービスのフローの例を示す。課題のヒアリングから解析モデルの作成、報告書といった流れまでは弊社での従来の受託解析と同様の工程となる。“モデルごと納品”サービスでは納品の際に受託解析の報告書に加えて、当該業務で作成した解析モデルや諸条件ファイル（ケースファイル）、及び必要に応じて最低限のOpenFOAM 環境整備にあたっての簡易サポートを提供する。また、お客様が数値解析モデルに少し手を加えたり、結果を表示するというような場合に必要な最低限の操作方法（マニュアル）も提供する。ケースファイルの基本的なディレクトリ構造を図3に示す。ケースファイルとはアプリケーションを実行するために必要な最小限のファイル群である。ケースファイル内にはディクショナリと呼ばれるファイルが存在し、例えば system ディレクトリ内の fvSolution ファイルでは使用するソルバや緩和係数が設定でき、constant ディレクトリ内では

boundary ファイルで境界条件等のパラメータがテキスト形式で設定されている他に計算メッシュやそのほか数値解析モデルで使用する地形や建物のオブジェクトファイルも格納されている。

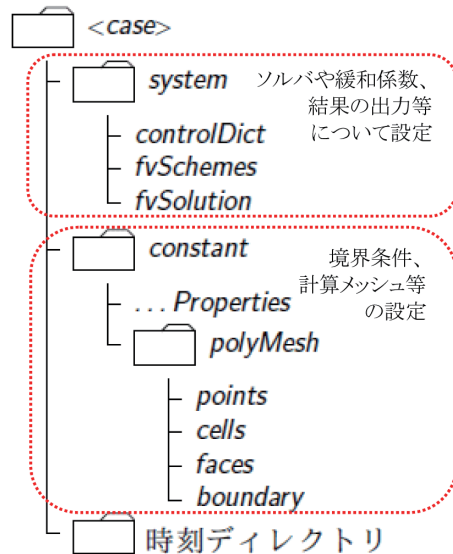


図3 ケースファイルの基本構造

よって、納品後はお客様が OpenFOAM を導入することで、計算結果を可視化ソフトより確認すること、モデルのCADデータやパラメータ等の一部を修正してのケーススタディ解析、お客様によるモデル画面を用いた客先へのデモや説明に利用することが可能となる。

#### 4. おわりに

OpenFOAM はオープンソースでありながら、商用コードと遜色ない計算機能を有しているが、現時点ではマニュアルや文献が非常に少なく、適切な利用のための情報を得にくいのが欠点である。

そのため、OpenFOAM を使用した商用レベルでの解析を行うために十分な情報を入手できる分野や解析項目が限られているのが現状である。しかし、最近では学会やインターネットの掲示板をはじめとする、ユーザー同士のコミュニティによる情報共有が盛んに行われているため、時間がかかると考えられるが、得られる情報は今後確実に増えていくと思われる。

#### <参考文献>

- 1) 「Open▽FOAM オープンソース CFD ツールボックスユーザガイド和訳 Version 1.6」  
(OpenFOAM ユーザー会 一般社団法人オープンCAE 学会)
- 2) 「Open▽FOAM オープンソース CFD ツールプログラマズ・ガイド和訳 Version 2.0.0」  
(OpenFOAM ユーザー会 一般社団法人オープンCAE 学会)

#### <参考 URL>

- [1] OpenFOAM Wiki 日本語版  
<http://www.ofwikija.org/index.php/>
- [2] 一般社団法人オープン CAE 学会  
<http://www.opencafe.jp/>
- [3] Open▽FOAM HP  
<http://www.openfoam.com/>