



分類	流体シミュレーション
キーワード	LES、有限要素法、流体機械、流体音解析
開発者	加藤千幸（機械・生体系部門）
作成年月	2011年6月
コード名	FrontFlow/blue version 7.1
使用言語	Fortran77、Fortran90

汎用流体解析コード FrontFlow/blue version 7.1

FrontFlow/blue は非圧縮流体の非定常流動を高精度に予測可能な Large Eddy Simulation (LES) に基づいた汎用流体解析コードである。本ソフトウェアは文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」プロジェクトのもとで開発された。本バージョンでは、定常 Reynolds Averaged Navie-Stokes equation (RANS) 解析機能や流体・固体熱輸送連成解析機能、流体領域中のファンおよびポーラス（多孔質）体をモデル化する機能を追加し、複雑な形状での大規模な流体・固体熱輸送連成解析機能が可能となった。また、外部ボクセルメッシュ生成アプリケーションからのデータ入力を追加し、CAD データから自動的にメッシュを生成して解析を行うことも可能とした。

コードの主な特徴

- 基礎方程式： 3次元非定常非圧縮性 Navier-Stokes 方程式
- 乱流モデル： LES（標準スマゴリンスキーモデル、ダイナミックモデル）、DES、RANS (Launder & Sharma および Chien による低レイノルズ数型 $k-\epsilon$ モデル)
- 時間積分法： 陽解法、陰解法 (Crank-Nicolson 法)
- 離散化手法： 時間・空間2次精度 有限要素法
- 対応メッシュ： 中間節点を含む六面体、三角柱、ピラミッドおよび四面体要素
移動・回転座標系/Overset メッシュ、メッシュの自動 Refine 機能
- 並列計算機能： 領域分割法による大規模計算・自動最適化領域分割統合ツール
- その他の機能： 流体音響解析、キャピテーション解析、流体・固体熱輸送連成解析

コードの概要

流体解析：本コードの特長は LES による乱流現象の高精度予測であるが、これに加え、本バージョンより定常な乱流現象を低コストで解析する際の一般的な手法である RANS もサポートし、問題に応じてより簡単に解析を行う事が可能となった。また、流体・固体熱輸送連成解析機能を実装するとともに、流路内の多孔質部分やファンをモデル化する機能を追加し、こうした領域を持つ複雑な流路内での熱輸送解析を可能とした。メッシュについては、外部アプリケーションにより自動生成したボクセルメッシュの取り込みを可能とし、メッシュ生成コストを大幅に削減した。

流体音響解析：Curle の式のほか、1 億グリッド規模の解析が可能な音響解析機能をサポート。

キャピテーション解析：均質流体モデルに基づくキャピテーション解析機能を実装。

熱輸送解析：流体と固体中の熱伝導と、流体中の熱対流を考慮した熱輸送解析を行うことができる。

動作確認プラットフォーム

富士通 PRIMERGY BX922 S2、IBM Blue Gene、IBM AIX、HITACHI HI-UX/MPP (SR8000)、HP HP-UX、SGI IRIX、NEC SUPER-UX (SX、地球シミュレータ)、DEC OSF/I (Compaq/HP Try64 UNIX)、Sun Solalis、IA-32/IA-64 Linux 等

解析例

サーバー内熱輸送解析 (図1)：ヒートシンクや各種熱源、送風用のファンなどを持つサーバー内部を模擬したサーバー簡易モデルについて、流体・固体熱輸送連成解析機能を行った。

乱流音響解析機能の精度検証 (図2)：簡易 HVAC モデルを用いて、乱流音響を高精度に予測できることを確認した。

ボクセルメッシュを用いた流体解析機能 (図3)：音 CAD から自動生成したボクセルメッシュを用いた流体解析の精度検証のため、レイノルズ数 100 のキャビティ流れ解析を行った。

関連文献

1) Kato, C., et al, (2007), *Computers & Fluids*, vol. 36, pp.53-68.

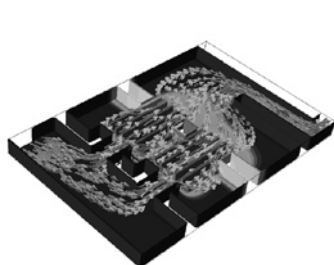


図1 サーバー内熱輸送解析
簡易サーバーモデル

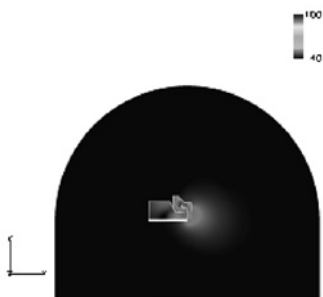


図2 乱流音響解析機能の精度検証
簡易 HVAC モデル、音圧レベル分布[dB]
(データ提供：株式会社デンソー)

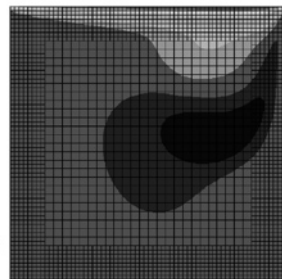


図3 ボクセルメッシュを用いた流体解析機能
キャビティ流れ

(執筆責任者：加藤千幸)