



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
作成年月	2012年6月
コード名	FrontFlow/blue version 7.2
使用言語	Fortran77、Fortran90、C

◇汎用流体解析コード FrontFlow/blue version 7.2

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、局所 refine 機能、大規模ボクセルメッシュツール (VCAD) とのデータインターフェース収束性に優れた IDR マトリックスソルバーの実装等により、1,000 億規模の大規模解析を実現するための大規模データハンドリング技術が拡充された。また、ALE 解析機能が実装され、メッシュ移動を伴う流れの解析が可能となった。

◇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 (局所 Refine によるメッシュの最適配置)
- 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、ALE 解析機能

◇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。本バージョンでは、1000 億規模の解析を容易に実行できるよう、大規模データハンドリング技術を拡充した。

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。

ALE 解析機能：本バージョンよりメッシュ移動を伴う流れの解析が可能となった。

◇動作確認プラットフォーム

京速コンピュータ「京」、富士通 PRIMERGY、富士通 PRIMEHPC FX10、IBM Blue Gene、IBM AIX、HITACHI HI-UX/MPP (SR16000)、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

船体まわり流れ解析 (図1)：10 億グリッドを用いて船体モデルスケール ($Re=1.0E6$) の準直接計算を実施し船体抵抗を精度良く計算できることを確認した。

ジェットファン騒音解析 (図2)：8,000 万グリッドを用いたジェットファン内部流れ解析を実施し、この計算で音源データを用いてジェットファンから発生する騒音を予測した。

ボクセルメッシュを用いた2次元翼まわり流れ解析 (図3)：ボクセルメッシュを用いた2次元翼まわり解析を実施し、表面圧力を精度良く予測できることを確認した。

◇関連文献

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

[2] Nishikawa, T., et al, (2012)、日本船舶海洋工学会平成 24 年春季講演会講演論文集

[3] Tomimastu, S., et al, (2012), *Journal of Visualization*, 2012

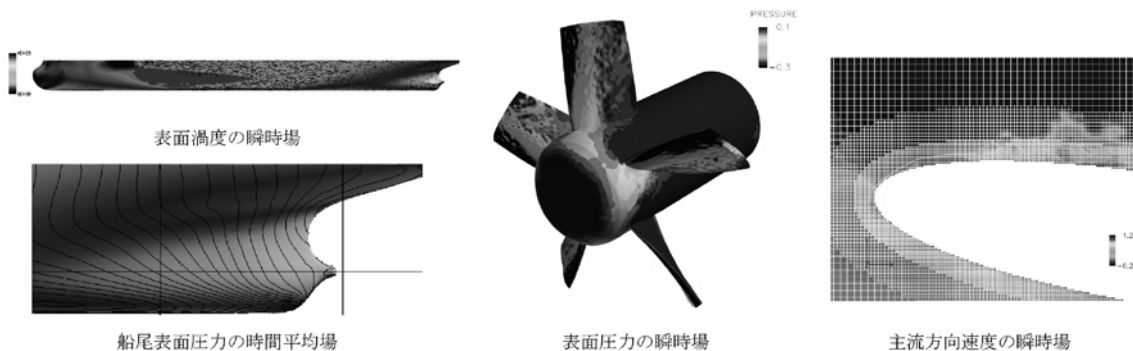


図1：船体まわり流れ解析
(財)日本造船技術センター提供)

図2：ジェットファン騒音解析
(株)電業社機械製作所提供)

図3：NACA0012翼まわり
流れ解析

(執筆責任者：加藤千幸)