

分類	熱流体シミュレーション
キーワード	直交格子、有限体積法、熱流体解析
開発者	小野謙二
作成年月	2014年5月
コード名	FrontFlow/violet Cartesian
使用言語	C/C ++、Fortran90

◇熱流体解析コード FrontFlow/violet Cartesian version 1.7.9

FrontFlow/violet Cartesian (FFV-C) は大規模並列計算にチューニングした非圧縮熱流体解析ツールである。実設計問題における課題を短時間で解析するため、形状データ (STL 形式) から自動格子生成を行い、短時間で計算できる点が特徴である。豊富な制御パラメータや境界条件、データサンプリング機能、性能モニタリング機能などを提供する。FFV-C は、理化学研究所 VCAD システム研究プログラムで開発された V-Sphere::CBC システムをベースに大規模並列計算用にチューニングし、大規模格子の自動生成機能などを追加したものである。様々な境界条件やサンプリング方法、性能モニター機能など利便性と性能をバランスさせた設計となっており、GNU/autotool を用いた自動インストールにより、導入準備とアップデートが簡単である特徴をもつ。

◇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、CSM モデル)
- 時間積分法： 陽解法、陰解法 (Euler)
- 離散化手法： 空間 1-3 次精度、時間 1-2 次精度、有限差分/体積法
- 対応メッシュ： 直交等間隔格子
- 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
- その他の機能： 共役熱輸送問題、豊富なデータサンプリング機能

◇コードの概要

大規模並列熱流体解析：本プログラムの特長は、大規模な並列解析を短時間で実施することができる点である。格子生成の自動化、並列処理のチューニング、並列分散ファイルの管理機構などにより、複雑な形状をした周りの熱流れ計算を実現している。

生体流体解析：本プログラムは、イメージデータから格子を生成することも可能であり、医用生体分野でMRI/CTデータを元にした流体解析プロセスも実現している。

◇動作確認プラットフォーム

スーパーコンピュータ「京」、FUJITSU Supercomputer PRIMEHPC FX10、IBM Blue Gene/L、Linux、MacOSX 等

◇解析例

車体まわりの大規模流れ解析 (図1)：290億グリッドを用いて車体モデルの計算を実施し、「京」を利用して大規模計算ができることを確認した。

二重反転ジェット流の解析 (図2)：同心円状の吹き出し口から反対方向に吹き出す噴流の解析。非常に強い剪断力から複雑な渦構造を生じる様子を解析、可視化した。

弱スケーリング解析の性能 (図3)：「京」の全ノードを利用したベンチマーク結果。82944ノード時に88.5%の並列性能を示している。

関連文献

- [1] Ono, K., et al., Data Centric Framework for Large-Scale High Performance Parallel Computation, ICCS 2014.
- [2] Ono, K., et al., HPC/PF-High Performance Computing Platform: An Environment That Accelerates Large-Scale Simulations, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7851, pp.23-27, 2013.

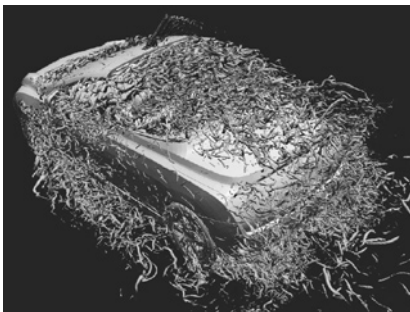


図1 車体まわり流れ解析
(ラプラシアンによる渦構造の可視化)

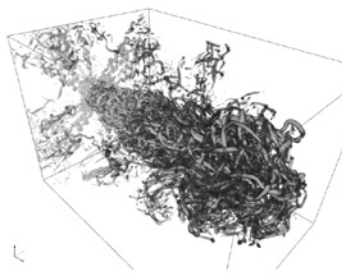


図2 二重反転ジェット流の解析

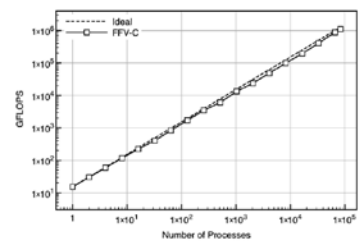


図3 弱スケーリング性能
(キャビティフロー問題)

(執筆責任者：小野謙二)