



文部科学省 IT プログラム「戦略的基盤ソフトウェアの開発」
次世代流体解析システム「FrontFlow-red version 2.5」
—Large Eddy Simulation (LES) を用いた乱流燃焼解析ソフトウェア—
IT program of MEXT, "Frontier Simulation Software for Industrial Science"
Fluid Dynamics Simulation, The Next Generation, "FrontFlow-red version 2.5"
—Unsteady Simulation of Turbulence Combustion Flows—

東京大学生産技術研究所 ————— 計算科学技術連携研究センター

| | |
|-------|---------------------------|
| 分類 | 流体シミュレーション |
| キーワード | 乱流、燃焼、LES、有限体積法 |
| 開発者 | 谷口伸行、張 会来、畝村 毅、山田英助 |
| 作成年月 | 2005年3月 |
| コード名 | FrontFlow-red version 2.5 |
| 使用言語 | Fortran90 |

乱流燃焼解析ソフトウェア FrontFlow-red version 2.5

FrontFlow-red は乱流変動などの非定常現象の高精度予測が可能な Large Eddy Simulation (LES) に基づいた乱流燃焼解析ソフトウェアである。本ソフトウェアは文部科学省 IT プログラム「戦略的基盤ソフトウェアの開発」プロジェクトのもとで開発され、2004年5月に公開された FrontFlow-red の改訂版であり、2005年6月に公開を予定している。本バージョンでは、ソルバーの安定性向上をはかり、新規に流体力の計算機能を追加するとともにユーザーより寄せられた問題点の修正をおこなった。またユーザーの利便性向上の為、問題サイズによって再コンパイルする手間をなくした。

コードの主な特徴

- 基礎方程式： 質量、運動量、エネルギーおよび化学種の各保存方程式および状態方程式
- 離散化手法： 節点中心法を用いた有限体積法
- 対応メッシュ： 六面体、三角柱、四角錐、四面体およびこれら要素の混在したメッシュ
- 乱流モデル： LES または RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes) モデル
- 燃焼モデル： アレニウスの式による総括反応、素反応モデルおよび渦消散モデル
- 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

コードの概要

本コードは質量、運動量、エネルギーおよび化学種の各保存方程式および状態方程式を基礎方程式とし、節点中心法を用いた有限体積法により空間を離散化した乱流燃焼解析ソフトウェアである。非定常現象の高精度予測が可能な Large Eddy Simulation (LES) により、動力・エネルギー機器の設計において多くの応用ニーズがある燃焼流の予測を可能にする。六面体、三角柱、四角錐、四面体およびこれら要素の混在したメッシュに対応し、三次元の任意の境界形状を取り扱うことができる。SIMPLE 法に基づく陰解法を採用し、圧縮性流体解析および低マッハ数近似を施した非圧縮性流体解析を可能にして

いる。乱流モデルにはRANSまたはLESモデルが使用可能であり、LESのSGS応力項にはSmagorinskyモデルを採用している。燃焼に関する化学反応モデルはアレニウスの式による総括反応、素反応モデルおよび渦消散モデルを採用している。領域分割法による大規模並列計算機能によって、数百万節点の大規模超並列計算にも対応している。

動作確認プラットフォーム

IA-32/IA-64/Opteron LINUX、SGI Altix、SGI IRIX、HITACHI HI-UX/MPP (SR8000)

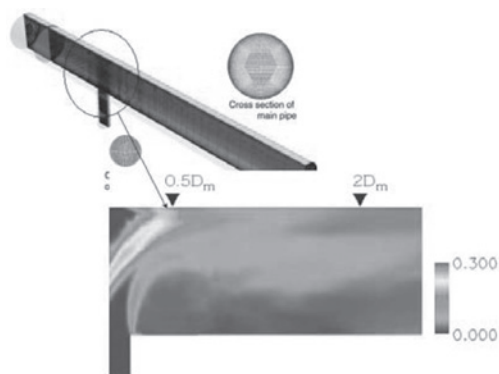
解析例

T字型配管合流部における温度変動の解析 (左図)：高温流体と低温流体が混合する配管合流部において、温度変動により熱応力が加わることで構造材が疲労破断することがあり、配管設計などにおいてこの予測・評価が重要である。この混合現象の解明と設計に向けた評価方法確立のため実験による計測および数値シミュレーションによる予測が必要とされている。異径T字配管合流部における温度揺らぎ現象を解析対象として、本コードを用いた計算を行い、五十嵐らによる実験結果[1、2]と比較をおこなった。図は合流部における温度変動強度分布である。噴流形態は実験計測結果と良く一致した。また噴流が衝突し、管壁近傍で温度変動が高くなる位置も正しく予測することができた。

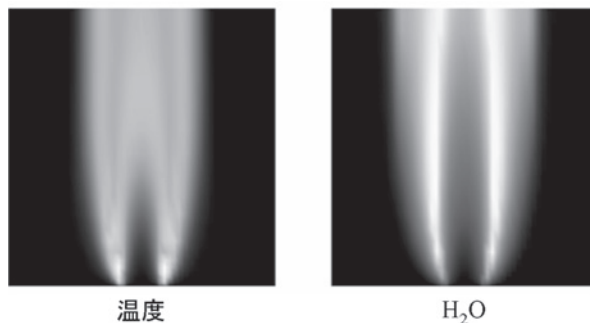
水素拡散バーナーの燃焼解析 (右図)：素反応モデルを用いて、水素拡散バーナーの拡散火炎燃焼解析を行った。計算には、21式の素反応モデルを用いた。図は、温度の二次元分布図とH₂Oの質量分率を示す。最終生成物のH₂Oが反応帯から拡散していく様子が示されている。

関連文献

- 1) 五十嵐実他「配管合流部の混合現象に関する研究」、2003年11月、JNC TN9400 2003-092.
- 2) M. Igarashi, H. Kamide, et al., "Study on fluid mixing phenomena for evaluation of thermal striping in a mixing tee", Proc. of 10th Int. Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics (NURETH-10), Seoul, Korea (2003).



T字型配管合流部における温度変動強度分布



水素拡散バーナーの燃焼解析例