

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」  
— 時間変動成分を考慮した乱流燃焼解析プログラム —  
IT program of MEXT, "Frontier Simulation Software for Industrial Science"  
Fluid Dynamics Simulation: The Next Generation, "FrontFlow"  
— 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、筧 雅行、張 会来、 北村 修、山出吉伸
作成年月	2003年3月
コード名	FrontFlow-red
使用言語	Fortran90

#### ◇乱流燃焼解析プログラム—FrontFlow-red—

従来、時間平均解析が主であった工学乱流場の予測に対して、ラージ・エディ・シミュレーション (LES) 法を基礎とする非定常解析法の実用化を目指している。1 億格子点相当の非定常流れ数値計算を実現することで、機器開発において CAD データと同程度の解像精度をもった流れ場の予測と先行設計が可能となる。また、流れの非定常性の適切なモデル化によって、従来予測設計の困難であった燃焼流の数値予測法の実用化を図る。本プログラムはこのような流れ解析を実現するため、本年度においてプロトタイプとして開発されたものである。

#### ◇プログラムの概要

座標系は 3 次元 Cartesian 座標系である。密度変化を伴う多成分低 Mach 数の化学反応を含む流れを計算できる。基礎方程式は混合気体の質量保存方程式、運動量保存方程式、エネルギー式および化学種の質量保存方程式である。SIMPLE 法により圧縮性流体として計算することもできるし、低 Mach 数近似を施した方程式系も計算できる。また、非圧縮性流体として密度変化を考慮しない計算も可能である。離散化は有限体積法にしている。扱うことができる要素形状は、六面体、三角柱、四角錐、四面体である。乱流モデルは標準型モデルまたは LES モデルを選択できる。SGS モデルには Smagorinsky モデルのほかダイナミック Smagorinsky モデルが適用できる。化学反応のモデルとして、総括反応モデル、素反応モデル、渦消散モデルから選択が可能である。

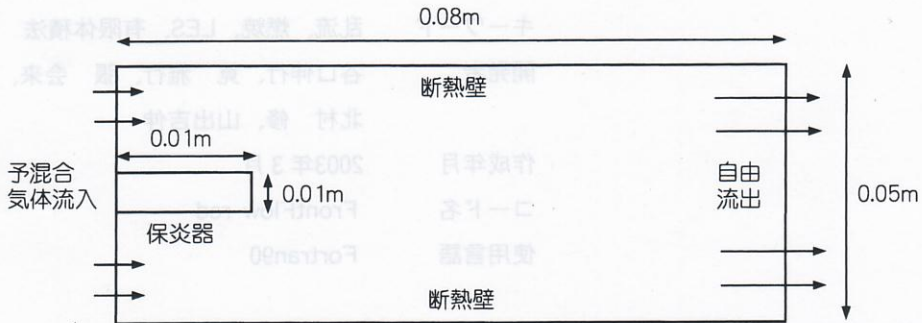
#### ◇計算例

バーナーによるメタン-空気の予混合火炎の計算例を示す。流入側の条件は流速 2.0m/s、温度 386K、

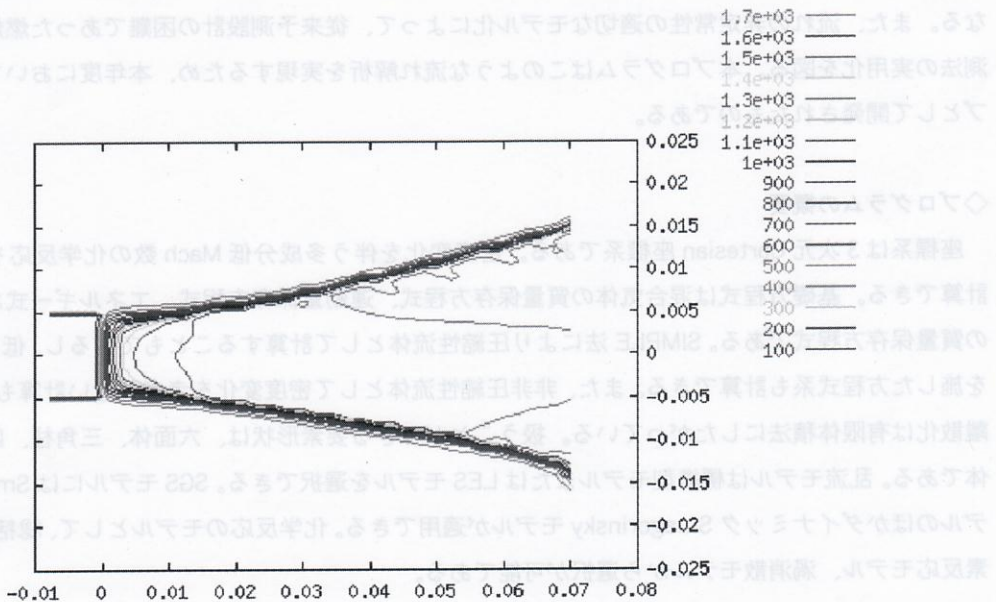
モル分率： $N_2=0.743$ 、 $O_2=0.198$ 、 $CH_4=0.059$ である。上下の壁は断熱、スリップとした。化学反応は一段の総括反応でモデル化した。要素形状はすべて六面体とし、 $36 \times 80 \times 1$ 要素で計算した。初期に流速場に変動成分を与えている。温度分布などは川名ら<sup>1)</sup>が参照している実験結果と概ね整合的である。

◇関連論文

- 1) 川名ら「並列計算機による時間変動成分を考慮した乱流燃焼解析ソフトウェアの開発」日本シミュレーション学会講演会 (2001)



バーナー流れの計算体系



2次元バーナーの計算結果、温度分布[K]

バーナー流れの計算結果、温度分布 [K]