

燃焼器設計フロントローディングのためのシミュレーション技術の研究

報告書番号：R17JA1903

利用分野：航空技術

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2017/4247/>

● 責任者

青山剛史 航空技術部門数値解析技術研究ユニット

● 問い合わせ先

溝渕泰寛 mizo@chofu.jaxa.jp

● メンバ

菱田学, 南部太介, 八百寛樹, 安田章悟, 松尾裕一, 溝渕泰寛, 阿部浩幸, 岡部荘志, 松山新吾

● 事業概要

シミュレーション技術によるエンジン設計のフロントローディングを実現する。

● JSS2 利用の理由

当該分野で世界と肩を並べる研究を実施するために必要な計算機資源はスパコンでしか得られない。

● 今年度の成果

剥離乱流境界層は、燃焼器内だけではなく機体周りの流れ解析でもキー現象である。本研究では、圧力勾配により誘起された剥離乱流境界層の直接数値シミュレーションを、この系で世界最高レイノルズ数 $Re_\theta=1500$ において実施した。所要格子数として、約 130 億点を用いた。図 1 は、 $Re_\theta=1500$ の渦構造を可視化した結果であるが、剥離せん断層の渦構造がクラスター化することが明らかになった（図 1 拡大図）。

気液二層流解析ソルバのロバスト性を向上させ、燃料一次微粒化の詳細解析を 4 ケース完了した。

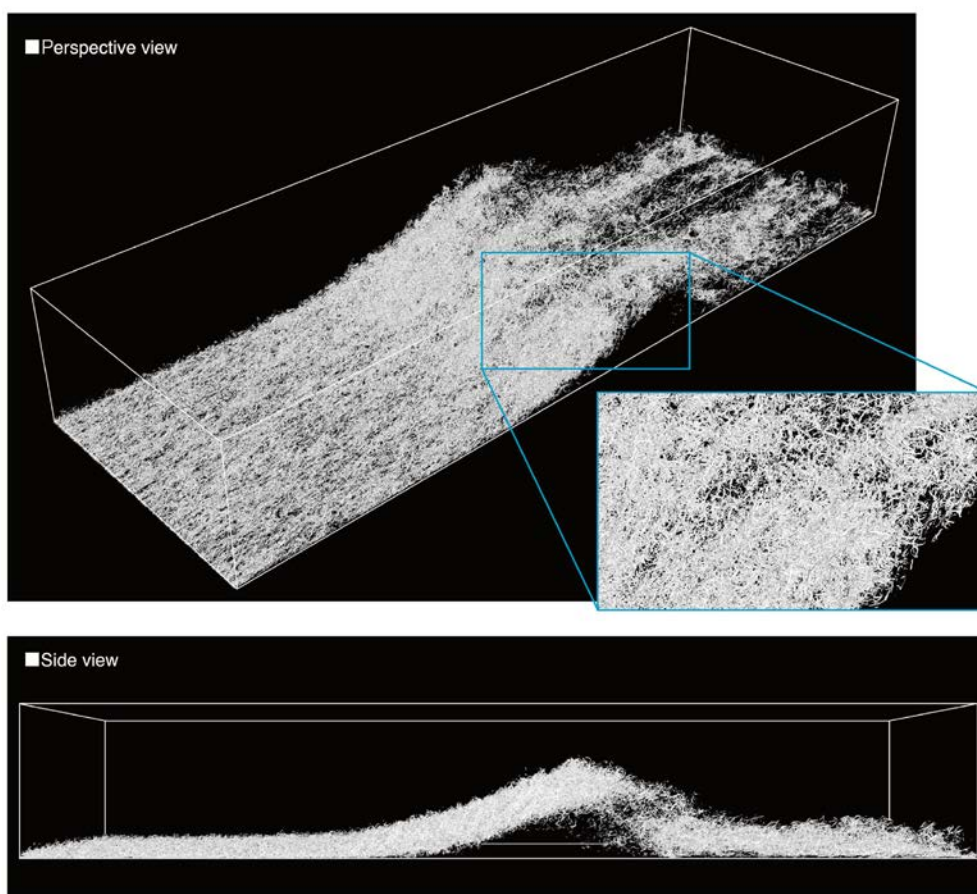


図 1 $Re_\theta = 1500$ の DNS の渦構造 (白: 速度勾配テンソル第 2 不変量 Q の正值). 上図は鳥瞰図, 下図は側面図.

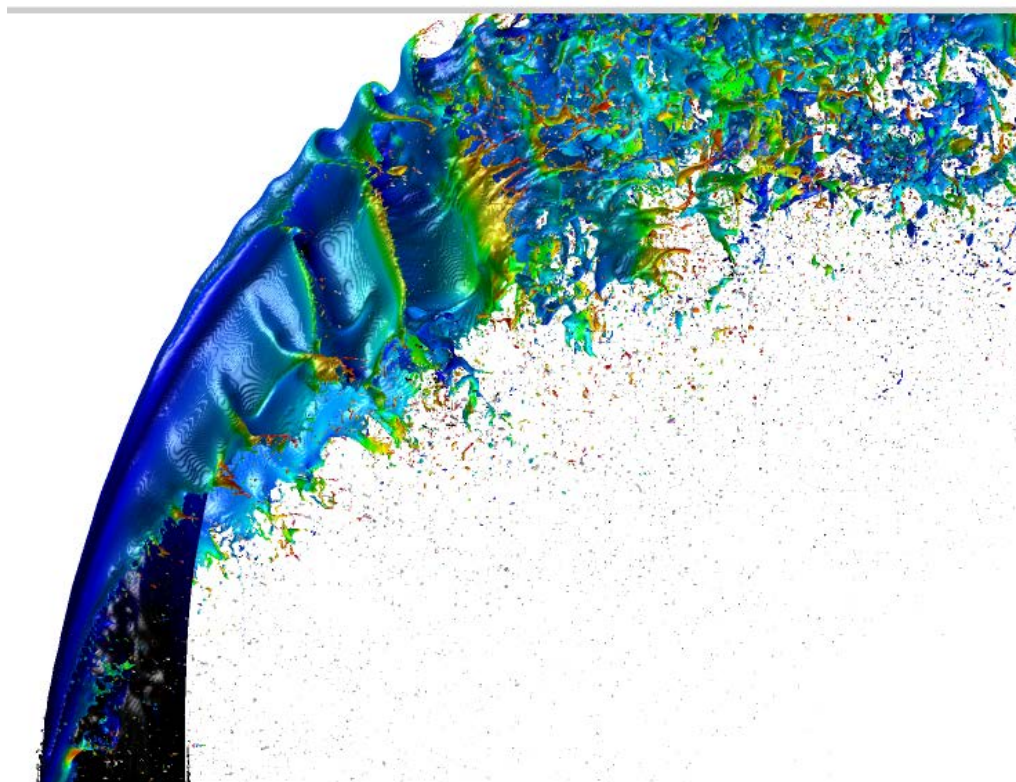


図 2 気液界面の可視化図

● 成果の公表

● 査読付論文

- 1) H. Abe, “ Reynolds-number dependence of wall-pressure fluctuations in a pressure-induced turbulent separation bubble,” J. Fluid Mech., Vol. 833, pp. 563-598 (2017).
- 2) H. Abe and R.A. Antonia, “ Relationship between the heat transfer law and the scalar dissipation function in a turbulent channel flow,” J. Fluid Mech., Vol. 830, pp. 300-325 (2017).
- 3) Y. Mizobuchi and T. Takeno, "A numerical study on the detailed structure of hydrogen/air Bunsen flame," 日本燃焼学会誌 vol.59, No.190, pp.303-311(2017).

● 口頭発表

- 1) Hiroyuki Abe, Yasuhiro Mizobuchi and Yuichi Matsuo, “ DNS study on Reynolds-number dependence of a turbulent boundary layer with separation and reattachment,” Proc. of the 16th European Turbulence Conference (Stockholm, Sweden, August 21-24, 2017).
- 2) 阿部 浩幸, “ 剥離・再付着を伴う乱流境界層の DNS とモデリング,” 第 47 回 LES 研究会 (2017 年 9 月 12 日, 東京大学生産技術研究所) .
- 3) Hiroyuki Abe, “ Direct numerical simulation of a turbulent boundary layer with separation and reattachment over a wide range of Reynolds numbers,” CTR Tea Seminar, Center for Turbulence Research, Stanford University, USA, November 10, 2017.
- 4) 溝渕泰寛, 竹野忠夫, "水素空気ブンゼン火炎の Tip Opening 現象に関する数値解析による検討," 第 55 回燃焼シンポジウム (2017 年 11 月 13 日, 富山国際会議場)
- 5) Hiroyuki Abe, “ Direct numerical simulation of a turbulent boundary layer with separation and reattachment at $Re_\theta = 1500$,” Bulletin of the American Physical Society 70th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics (Denver, CO, November 19-21, 2017), Vol. 62, No. 14, p. 208.
- 6) 南部太介, 溝渕泰寛 “壁面衝突を伴うクロスフロー型液体燃料微粒化機構の数値解析” 第 26 回微粒化シンポジウム(2018 年 12 月 20 日, AIST 臨海副都心センター別館)
- 7) 阿部 浩幸, “ 剥離・再付着を伴う乱流境界層の DNS: レイノルズ数・圧力勾配の影響の検討,” 第 33 回生研 TSFD シンポジウム講演論文集 (2018 年 3 月 5 日, 東京大学生産技術研究所) .

● JSS2 利用状況

● 計算情報

プロセス並列手法	MPI を使うプログラムと XPFortran を使うプログラム
スレッド並列手法	OpenMP
プロセス並列数	8 - 384
1 ケースあたりの経過時間	2000.00 時間

● 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 7.60

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合※2 (%)
SORA-MA	63,631,143.11	8.47
SORA-PP	42,086.56	0.53
SORA-LM	386.11	0.00
SORA-TPP	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合※2 (%)
/home	764.37	0.53
/data	32,676.13	0.60
/ltmp	5,214.42	0.39

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合※2 (%)
J-SPACE	39.10	1.68

※1 総資源に占める利用割合 : 3 つの資源(計算, ファイルシステム, アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合 : 対象資源一年間の総利用量に対する利用割合