

燃焼解析技術

報告書番号：R18JG3212

利用分野：研究開発

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2018/9015/

● 責任者

嶋英志, 研究開発部門第三研究ユニット

● 問い合わせ先

芳賀 臣紀, 研究開発部門 第三研究ユニット (haga.takanori@jaxa.jp)

● メンバ

伊藤 孝行, 高木 亮治, 堤 誠司, 伊藤 浩之, 清水 太郎, 青野 淳也, 芳賀 臣紀, 森井 雄飛, 安部 賢治, 笥 雅行, 本江 幹朗, 菱田 学, 根岸 秀世, 大西 陽一, 西元 美希, 大門 優, Ashvin Hosangadi, 猪野 正輝, 深澤 修, 大野 真司, Andrea Zambon, 中島 健賀, 雨宮 孝, 梅村 悠, 藤原 大典, 谷 洋海, 藤本 圭一郎, 王丸 哲文, 小谷 秋子, 福田 太郎, 松本 万有, 外山 雅士, 西村 慧, 武藤 大貴, 菅野 望, 渡辺 毅

● 事業概要

液体ロケットエンジン内の非定常現象を捉えるため,燃焼 LES 解析を実施し,サブスケール試験との比較検証により評価ツールを完成させる.

参考 URL: <http://www.kenkai.jaxa.jp/research/software/software.html>

● JSS2 利用の理由

燃焼室内の流れ場は乱流状態がかつ,非定常な特性を有するため,LES 解析が必須となっている.本検証対象でも数千万セルの格子に対して,数百万ステップ程度の解析計算が必要であるため,スパコンの利用なしには到底目標を達成できない.

● 今年度の成果

1. 燃焼器の数値シミュレーションの高度化に向けて, Large eddy simulation(LES)によるメタン/酸素マルチエレメントサブスケール燃焼器の非定常数値解析を実施した. 計算には JAXA/第三研究ユニット内製 CFD ソルバである LS-FLOW を使用した. 燃焼モデルとして Laminar Flamelet モデルを採用した. 格子点数は約 2.4 億点である. 図 1 に瞬間の温度分布を示す. LES により, 噴射器面近傍場における燃料と酸化剤の混合に伴う火炎の形成や, これら火炎間の相互作用による複雑な乱流燃焼場が捉えられていることを確認した.

2. 水冷熱量計チャンバーを用いた GCH 4 / GO 2 燃焼を対象に、燃焼と熱伝達の強連成シミュレーションの検証を行った。計算手法は、高温ガス側の推進剤噴射および燃焼反応、チャンバー壁内の熱伝導、および冷却チャンネル流を考慮した 3 次元レイノルズ平均ナビエ・ストークスシミュレーションである。図 2 は、(a)非連成と(b)連成のシミュレーション結果の温度分布を示している。燃焼室では、拡散火炎に対応する高温領域が徐々に広がる一方、GOX コアに対応する低温領域は徐々に狭くなる。燃焼ガスの熱は燃焼室壁の内部に伝達し、矩形および円形の管の中の冷却水を加熱する。

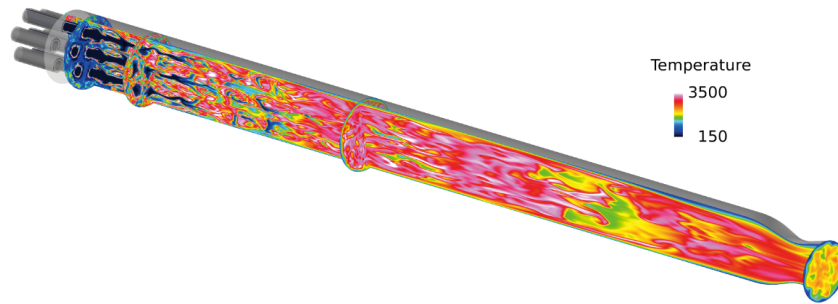


図 1: 瞬時場の温度分布.

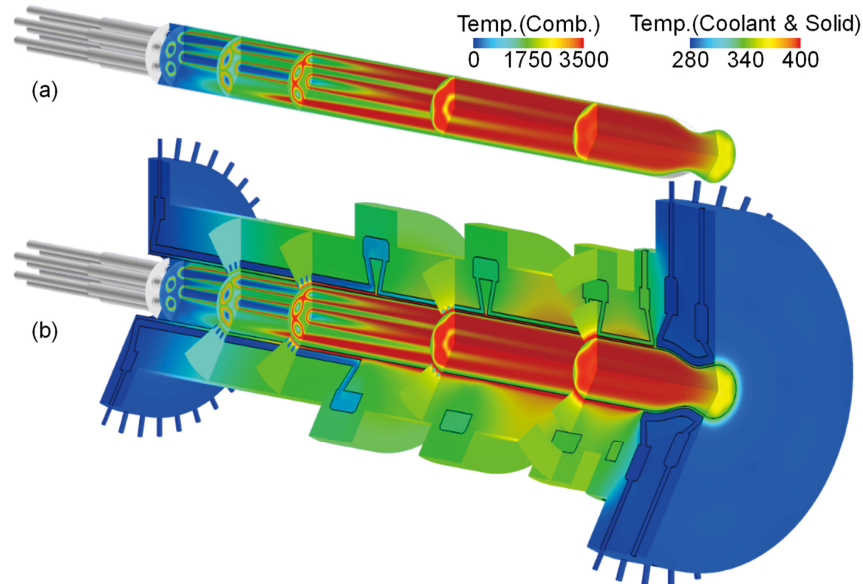


図 2: (a)非連成シミュレーションと(b)連成シミュレーションの間の温度分布の比較.

● 成果の公表

-査読なし論文

- 1) 武藤大貴, 大門優, 清水太郎, 根岸秀世, 燃焼室熱伝達予測のための化学反応を考慮した壁面モデルの提案, 第56回燃焼シンポジウム, B331, 2018.
- 2) Daiki Muto, Yu Daimon, Taro Shimizu, and Hideyo Negishi, Wall modeling of reacting turbulent flow and heat transfer in liquid rocket engines, 2018 Joint Propulsion Conference, AIAA Propulsion and Energy Forum, AIAA 2018-4870, 2018.
- 3) 武藤大貴, 大門優, 清水太郎, 根岸秀世, 壁面モデル LES による超臨界圧下の乱流熱伝達の数値解析, 第55回日本伝熱シンポジウム, J322, 2018.
- 4) Yu Daimon, Hideyo Negishi, Simona Silvestri, Oskar J. Haidn, "Conjugated Combustion and Heat Transfer Simulation for a 7 element GOX/GCH4 Rocket Combustor," AIAA 2018-4553, Joint Propulsion Conference, 2018.

● JSS2 利用状況

● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	非該当
プロセス並列数	3200 - 6400
1 ケースあたりの経過時間	1500 時間

● 利用量

総資源に占める利用割合^{*1} (%) : 5.46

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	49,699,070.75	6.08
SORA-PP	71,716.79	0.57
SORA-LM	5,147.93	2.40
SORA-TPP	16,237.54	1.19

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	5,896.12	6.10
/data	114,509.95	2.02
/ltmp	19,865.96	1.70

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	119.91	4.20

※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