

燃焼 LES の低コスト化と一次元燃焼器モデルの研究

報告書番号：R22JDA201G23

利用分野：航空技術

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2022/20657/

● 責任者

溝渕泰寛, 航空技術部門 航空機ライフサイクルイノベーションハブ

● 問い合わせ先

松山 新吾(matsuyama.shingo@jaxa.jp)

● メンバ

原田 昌紀, 廣光 永兆, 井口 小太郎, 日下部 侑汰, 森合 秀樹, 棟長 光太郎, 松山 新吾, 三好 大晴,
谷口 雄一

● 事業概要

航空用エンジン・ロケットエンジンにおける燃焼器開発を効率化するために設計プロセスへ燃焼現象を高忠実に再現可能な LES を組み込みたいというニーズは高いが、燃焼 LES は計算コストが非常に大きいため実際の開発において設計プロセスに広く組み込まれているとはいいがたい。本研究では、低次元化モデリング(ROM)などにより燃焼 LES を燃焼器設計に利用可能なレベルまで低コスト化することを目指す。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

ROM などの手法によりモデリングを行うにあたり高忠実な燃焼 LES のデータが必要となるが、燃焼 LES では化学反応により生じる多数の化学種に関する支配方程式を三次元非定常問題として解かなければならない。このような解析は計算コストが非常に高く、スーパーコンピュータを使用しなければ実行は不可能である。

● 今年度の成果

単一の同軸型噴射器を配置したロケット燃焼器について laminar flamelet モデルを使用して水素・酸素拡散火炎の燃焼 LES 解析を実施した。詳細反応モデルによる高解像度の LES 解析と比較して、解析コストを 1/24 に削減すること成功した。

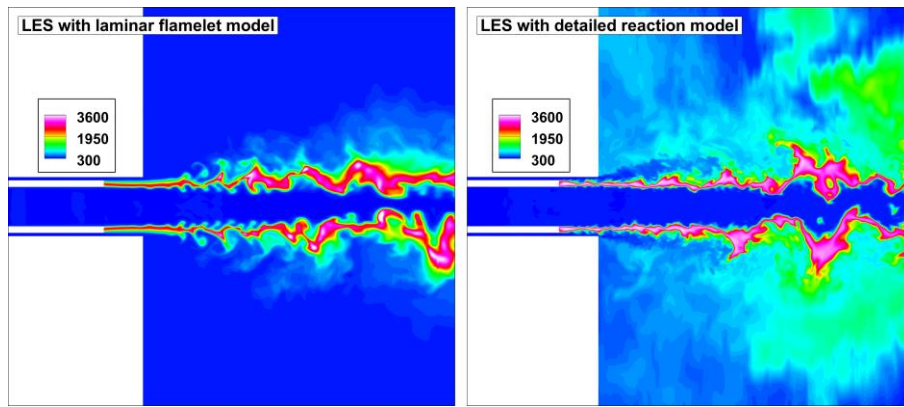


図 1: 同軸型噴射器で生じる水素・酸素拡散火炎に対する燃焼 LES の結果.
(左)laminar flamelet モデル, および, (右)詳細反応モデルによる瞬時の温度分布.

● 成果の公表

-口頭発表

- 1) 松山 新吾, "Laminar flamelet モデルによるシングルエレメントロケット燃焼器の LES", 第 60 回燃焼シンポジウム, K115, 2022.
- 2) 三好 大晴, 松山 新吾, 森合 秀樹, "ロケットエンジン用同軸型噴射器の流れ場に関する研究", 第 60 回燃焼シンポジウム, A324, 2022.
- 3) 松山 新吾, "メニープロック法による空間高次精度な非構造格子ソルバーの開発", 2022 年度衝撃波シンポジウム, 2023.
- 4) 松山 新吾, "同軸噴流火炎の Large-Eddy Simulation", 日本航空宇宙学会北部支部 2023 年講演会, 2023.

● JSS 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	OpenMP, 自動並列化
プロセス並列数	212 - 1504
1 ケースあたりの経過時間	200 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.66

内訳

計算資源		
計算システム名	CPU 利用量(コア・時)	資源の利用割合※2 (%)
TOKI-SORA	17,949,959.07	0.78
TOKI-ST	1,993.42	0.00
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	1,281.71	0.09
TOKI-TST	0.00	0.00
TOKI-TGP	0.00	0.00
TOKI-TLM	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	115.72	0.10
/data 及び/data2	2,994.29	0.02
/ssd	1,092.57	0.15

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	0.00	0.00

※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

● ISV 利用量

ISV ソフトウェア資源		
	利用量(時)	資源の利用割合※2 (%)
ISV ソフトウェア(合計)	78.59	0.05

※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