

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：R23JDA201G23

利用分野：航空技術

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2023/24033/

● 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えない。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

マッハ 2 の超音速キャビティ流れについて implicit LES(ILES)による三次元解析を実施した。空間高次精度化(スカラーを三次, 速度成分を五次で高次精度化)により, 160 万セルという比較的粗い格子を用いた計算で超音速キャビティ流れの三次元的な構造を捉えることができた。JSS3 の 32 ノード(1536 コア)を使用して 1 ケースあたり約 7 時間で計算が完了した。

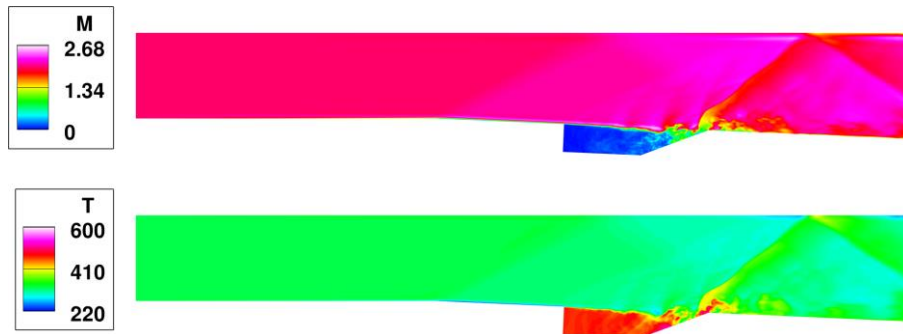


図 1: ILES により得られた超音速キャビティ流れの様子. マッハ数（上図）および温度（下図）の分布を表示.

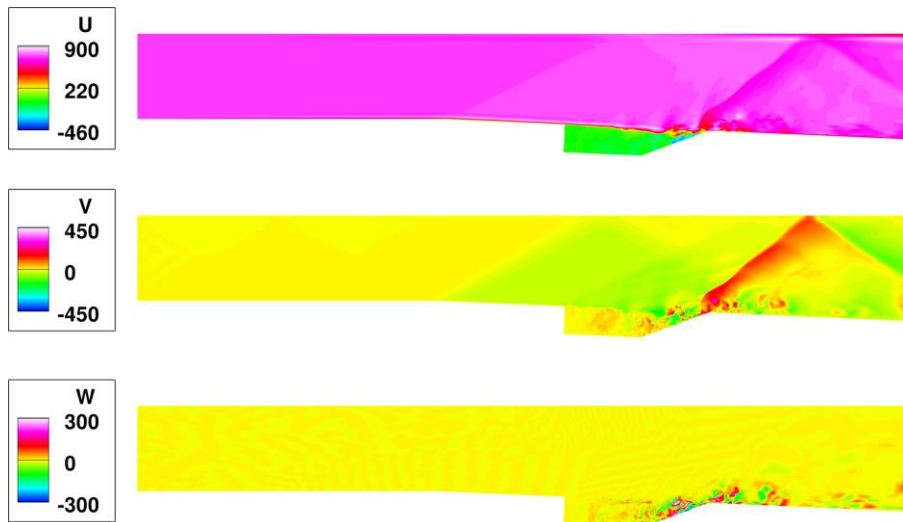


図 2: ILES により得られた超音速キャビティ内の瞬時速度場の様子.

● 成果の公表

-口頭発表

- 1) 三好 大晴, 原田 昌紀, 森合 秀樹, 松山 新吾, "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 55 回流体力学講演会/第 41 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 2023.
- 2) 三好 大晴, 原田 昌紀, 松山 新吾, 森合 秀樹, "ロケットエンジン同軸型噴射器の流れ場解析における素反応モデルの影響に関する研究", 第 61 回燃焼シンポジウム, 2023.
- 3) 井口 小太郎, 棟長 光太郎, 松山 新吾, 森合 秀樹, "スクラムジェットにおけるキャビティ保炎器流れ場の低コスト予測に関する研究", 第 63 回航空原動機・宇宙推進講演会, 2023.
- 4) 井口 小太郎, 棟長 光太郎, 森下 洋平, 福澤 慧, 松山 新吾, 森合 秀樹, "ロケットエンジン用同軸型噴射器の 流れ場可視化に関する研究", 第 63 回航空原動機・宇宙推進講演会, 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
プロセス並列数	18 - 64
1 ケースあたりの経過時間	48 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.55

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	14,972,524.09	0.68
TOKI-ST	27,363.47	0.03
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	0.00	0.00
TOKI-TST	6.61	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	28.82	0.02
/data 及び/data2	1,801.18	0.01
/ssd	295.30	0.03

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	0.39	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)	32.46	0.01

※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