

直交格子積み上げ法を用いた航空宇宙推進機関の内部流れ場の数値解析

報告書番号：R24JACA52

利用分野：JSS 大学共同利用

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2024/27476/

● 責任者

小川 泰一郎, 大阪公立大学

● 問い合わせ先

小川 泰一郎, 助教, 大阪公立大学(shinichiro.ogawa@omu.ac.jp)

● メンバ

小川 泰一郎, Loup Mael Agulles, 佐々木 大輔, 吉永 翔哉, 吉田 啓史郎

● 事業概要

本研究では、固体燃料ロケットエンジン内部の流れ場を明らかにするために、埋め込み境界法を適用した直交格子積み上げ法 (Building-Cube Method, BCM) を用いて星形グレイン形状の固体燃料ロケットモデルの内部流れ場の解析を行った。ここで、BCM は空間スキームの高精度化が容易であったり、大規模計算時の計算コストを低減することが可能である。解析モデルは、CASTOR-I と呼ばれる五芒星の星形断面を有する固体燃料ロケットエンジンを対象とした。本研究の研究目的は、星形グレイン形状を有する実際の固体燃料ロケットエンジンモデルを対象に、これまで構築してきた燃焼剤からの流れ場を模擬した壁面噴出モデルの妥当性を明らかにすることである。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

本研究では、計算負荷の高い航空宇宙用エンジン内部の複雑形状を対象に、3次元数値解析を実施する。そのため、短時間で大規模な解析が可能な JAXA スーパーコンピュータを使用した。

● 今年度の成果

本研究では、図 1 に示す CASTOR-I と呼ばれる五芒星の星形断面を有する固体燃料ロケットエンジンモデルを対象に 3次元数値解析を行った。壁面噴出モデルを設定している壁面の流入条件は以下のとおりである。質量流量は 105 kg/s であり、全温は 2900 K、全圧は 3.792×10^6 Pa である。解析結果を図 2 と図 3 に示す。解析結果より、壁面噴出モデルを設定している星形グレインの壁面から流入していることがわかる。また、壁面から流入した流れ場は加速しながらノズルから流出していることがわかる。したがって、星形グレイン形状を有する固体燃料ロケットエンジンモデルでも問題なく壁面噴出条件で解析が実行できた。次年度は、さらなる解析精度の高精度化及び推進剤の燃焼にともなう壁面後退時の流れ場への影響を明らかにする予定である。

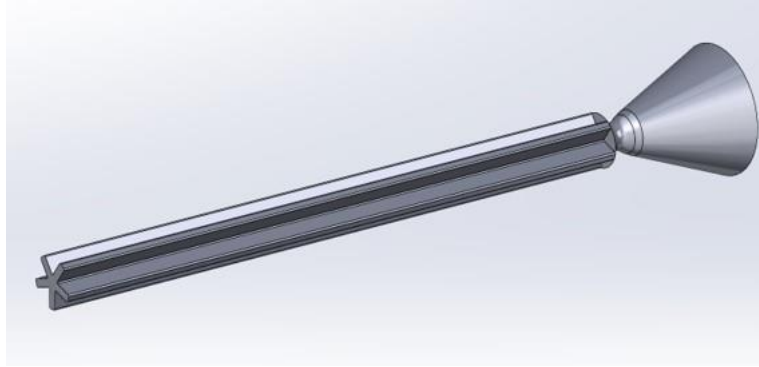


図 1: CASTOR-I モデル

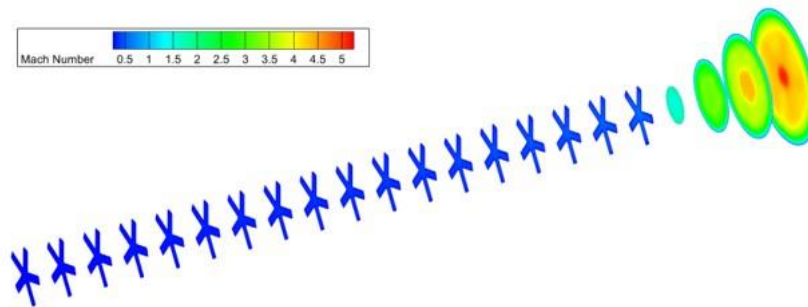


図 2: 全体の断面図

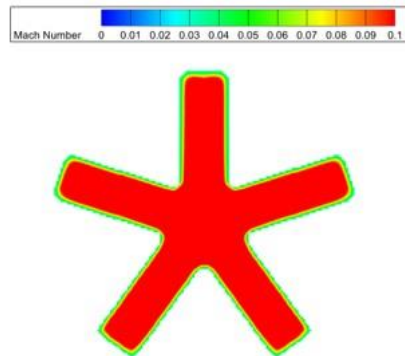


図 3: 星形グレインの断面図

● 成果の公表

-査読付き論文

[1] Shinichiro Ogawa and Daisuke Sasaki, "Development of a Radial Injection Flow Model of a Cylinder Simulating a Solid Rocket Motor Geometry using the Building-Cube Mthod," Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, 67 (2024), pp. 307-317.

-口頭発表

[1] Shinichiro Ogawa, Loup Mael Agulles, Daisuke Sasaki and Shoya Yoshinaga, "Evaluation of the wall regression on internal flow field of star grain solid rocket motor using numerical analysis," The 8th International Symposium on Energetic Materials and their Applications," 2024 年 11 月.

[2] 小川秦一郎, Agulles Loup Mael, 佐々木大輔, 吉永翔哉, 吉田啓史郎, "IB 法を適用した直交格子積み上げ法を用いた内部流れ場の解析の現状と課題," 第 42 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 2024 年 7 月.

[3] 小川秦一郎, 佐々木大輔, "直交格子積み上げ法を用いた超音速流中での燃料噴射の数値解析," 第 42 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 2024 年 7 月.

● JSS 利用状況

● 計算情報

プロセス並列手法	非該当
スレッド並列手法	OpenMP
プロセス並列数	1
1 ケースあたりの経過時間	100 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.04

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	0.00	0.00
TOKI-ST	9,702.83	0.01
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	138,002.86	9.96
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	0.00	0.00
/data 及び/data2	91,140.00	0.44
/ssd	0.00	0.00

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)	0.53	0.00

※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