

宇宙機のダイナミクスに関する研究

報告書番号：R22JCWU24

利用分野：連携大学院

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2022/20624/

● 責任者

澤井秀次郎, 宇宙科学研究所宇宙飛翔工学研究系

● 問い合わせ先

丸祐介(maru.yusuke@jaxa.jp)

● メンバ

松本 和真, 瀬田 清明, 山川 真以子

● 事業概要

宇宙機システムのダイナミクスの解析を行う。特に、大気吸い込み推進系を組み込んだ再使用観測ロケット用 ATRIUM エンジン用インテークの設計を目的とする。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

設計したインテークの特性を CFD で評価する際に、JSS3 を使用することで、非常に高速に解析を行うことができるため、多種に渡る飛行条件下での性能評価を行うことができる。

● 今年度の成果

現在、JAXA 宇宙科学研究所では、エアターボ・ロケット複合 ATRIUM エンジンを搭載した新観測ロケットの開発研究を進めている。インテークには Busemann インテークを流線追跡法によって観測ロケットに適合する形状に設計したものが採用されている。しかし、従前の設計では、非粘性解析においては Busemann インテークの理想的な流れ場ができ、インテーク性能も高い性能が出ている(図 1)が、粘性解析においては、インテーク前方に衝撃波が形成され、性能も低下してしまっている(図 2)。本研究では、CR(開口比)を小さくする2つの手法でインテーク性能の改善を目指す。

1 つ目の手法は、インテークを入口から出口まで均一な距離だけ半径方向に拡大した。解析結果(図 3)より、図 1 のような理想的な Busemann の流れ場に近い流れ場ができている。性能は拡大前と比べて、MCR(流量捕獲率)が 0.176 から 0.888, TPR(全圧回復率)が 0.358 から 0.870, 出口平均マッハ数が 0.466 から 1.18 へと向上している。

2 つ目の手法は、元の設計マッハ数を 2.0 としていたものを 1.7 に下げて設計した。解析結果(図 4)より、インテーク前半までは等エントロピー的に圧縮されているが、途中で衝撃波が生じている。性能は MCR が 0.571, TPR が 0.467, 出口平均マッハ数が 0.960 と元の形状よりは改善されているが、拡

大する手法と比べて効果は薄い。

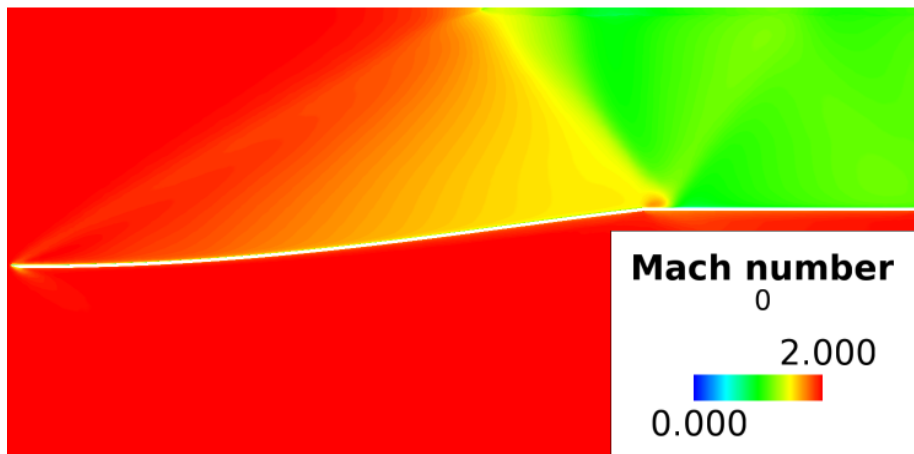


図 1: Mach 数分布(非粘性解析)

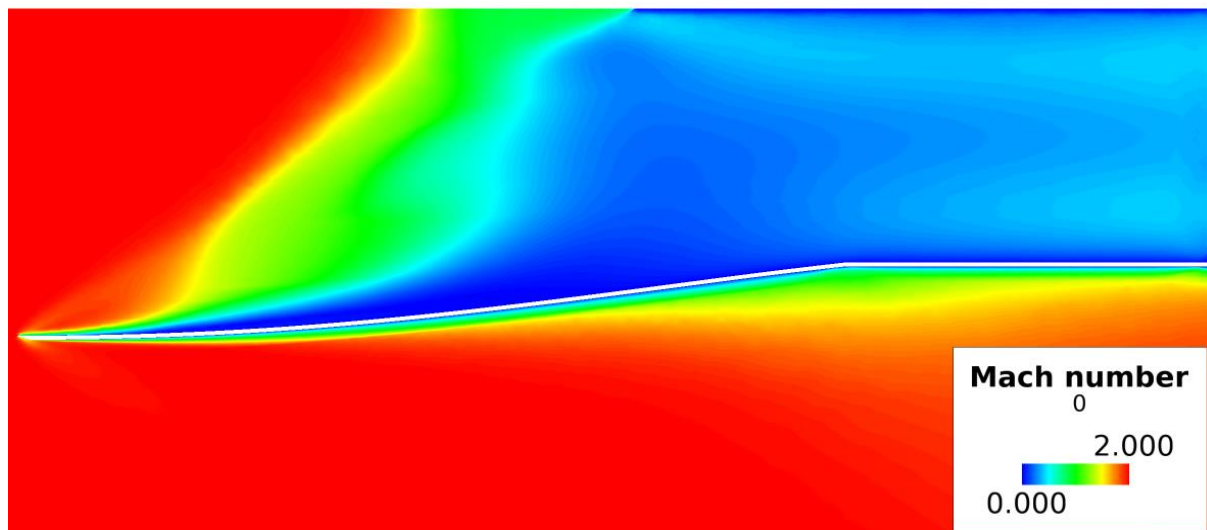


図 2: Mach 数分布(粘性解析)

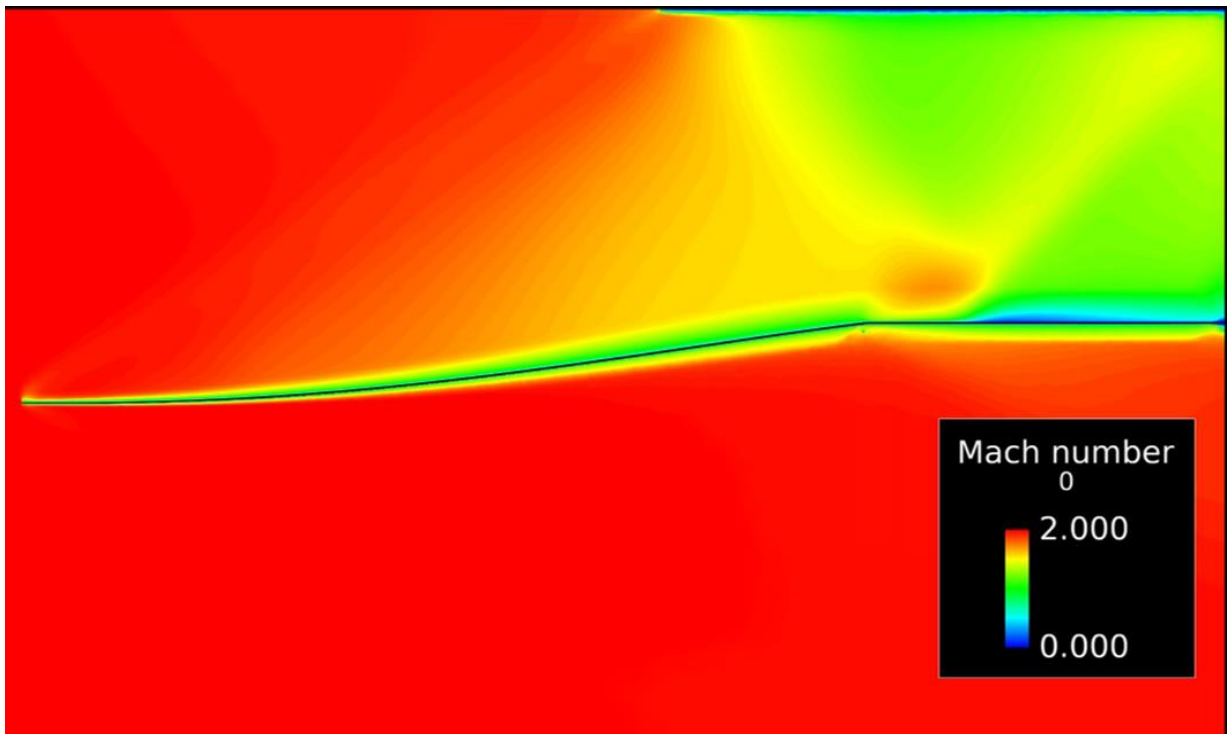


図 3: Mach 数分布(拡大形状)

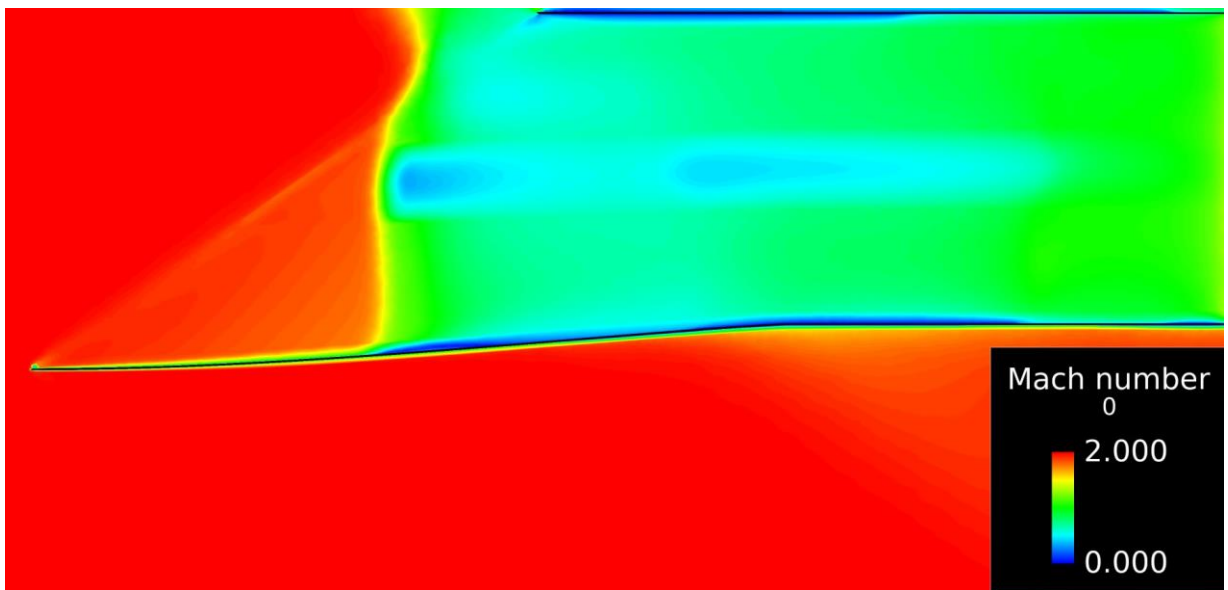


図 4: Mach 数分布(低マッハ数形状)

● **成果の公表**

-口頭発表

1) 松本和真, 瀬田晴明, 渡辺大貴, 丸祐介, 佐藤哲也, ATRIUM エンジンを搭載した新観測ロケット用インテークの研究, 令和4年度 宇宙輸送シンポジウム, 相模原, 日本, STCP-2022-014, 2023.

2) Yusuke Maru, Kazuma Matsumoto, Daiki Watanabe, Haruaki Seta, Tetsuya Sato, Flow and Performance Characteristics of a Streamline-traced Air Inlet Designed at Mach 2 for the ATRIUM Engine, 11th Asian Joint Conference on Propulsion and Power, Kanazawa, Japan, AJCPP2023-072, 2023(発表予定).

-ポスター

丸祐介, 佐藤哲也, 真子弘泰, 大山聖, 吹場活佳, 杵淵紀世志, 湊亮二郎, 徳留真一郎, 坂本勇樹, 小林弘明, 瀬田晴明, 松本和真, 渡辺大貴, 宍戸拓, 澤田健, 森穂高, 橘隼平, 三木佑真, 他(大気アシスト WG エンジン空力分科会), ATRIUM エンジン空力要素の研究状況, 第23回 宇宙科学シンポジウム, オンライン, P-117, 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 | 256 |
| 1 ケースあたりの経過時間 | 8.3 時間 |

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.07

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 | 1,392,541.23 | 0.06 |
| TOKI-ST | 94,074.97 | 0.09 |
| TOKI-GP | 0.00 | 0.00 |
| TOKI-XM | 0.00 | 0.00 |
| TOKI-LM | 18,042.63 | 1.21 |
| 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 | 1,200.00 | 1.09 |
| /data 及び/data2 | 41,960.00 | 0.32 |
| /ssd | 1,200.00 | 0.17 |

| 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) | 881.50 | 0.61 |

※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