

## 極超音速機の熱・空力特性予測技術の研究開発

報告書番号：R23JDA201G20

利用分野：航空技術

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2023/24030/

### ● 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

藤井 啓介, 松山 新吾, 高橋 英美, 山本 貴弘

### ● 事業概要

極超音速で飛行する飛翔体周りには強い衝撃波が発生し、衝撃波に圧縮された高温気体から機体へ強い熱伝達が生じる。本研究ではそのような極超音速機周りの流れ場を CFD により再現し、機体へ加わる空力・加熱を正確に評価する技術を確立することを目的とする。

### ● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

極超音速飛翔体の飛行条件ではレイノルズ数が高いことが多く、乱流加熱を評価する必要性が生じる。本研究では Direct Numerical Simulation (DNS) と Large Eddy Simulation (LES) による乱流解析により乱流加熱を高精度に評価することを目指すため、必然的に三次元非定常解析を実施しなければならない。このような大規模三次元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た解析が必須である。

### ● 今年度の成果

極超音速風洞を利用した試験においては、試験気流に含まれる乱れが初期擾乱となって計測模型上で乱流遷移が発生する。したがって、風洞試験による乱流遷移の DNS を正確に実施するためには試験気流の乱れを正確に再現する必要があるが、この試験気流の乱れは主にノズル壁面で発達する乱流境界層が放射するノイズによるものであることが知られている。本研究では調布極超音速風洞の M=7 ノズル壁面で発達する乱流境界層について DNS 解析を実施した。図 1 の結果は M=7 ノズル壁面上で境界層の乱流遷移が生じ、その乱流境界層によりノイズが放射される過程を解析したものである。この DNS により極超音速風洞の試験気流に含まれる乱れの強度と周波数成分が評価可能となった。

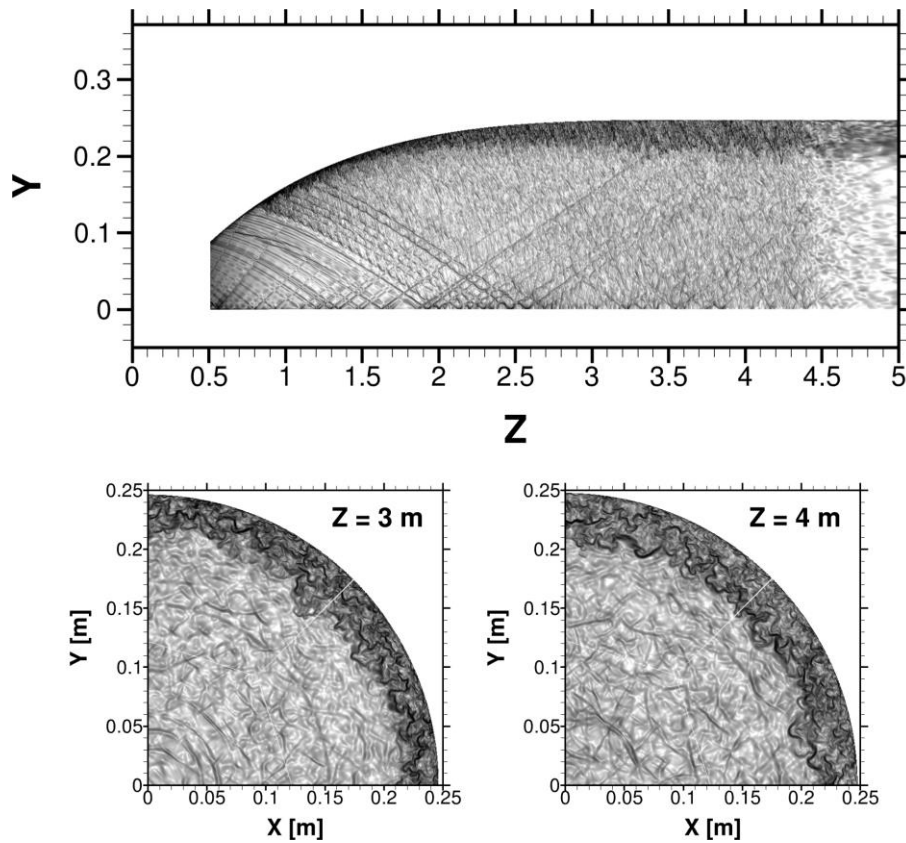


図1: 極超音速風洞 M=7 ノズル壁面で生じる乱流遷移の DNS。乱流境界層が放射するノイズを密度勾配による疑似シュリーレン画像で可視化。

## ● 成果の公表

-口頭発表

- 1) 松山 新吾, "外部擾乱が誘起する極超音速境界層の乱流遷移に関する DNS", 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) 松山 新吾, "極超音速風洞における境界層乱流遷移の DNS", 第 67 回宇宙科学技術連合講演会, 2023.
- 3) 松山 新吾, "極超音速風洞ノズルで生じる境界層乱流遷移の DNS", 2023 年度衝撃波シンポジウム, 2024.

## ● 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	8000 - 20770
1 ケースあたりの経過時間	230 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.74

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	18,277,692.79	0.83
TOKI-ST	23,715.93	0.03
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	183,544.35	13.98
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	261.49	0.22
/data 及び/data2	3,085.18	0.02
/ssd	603.30	0.06

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	2.23	0.01

※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)	1,223.60	0.55

※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