

## 大気突入カプセルの大気突入環境に対するスケール効果の研究

報告書番号：R23JDA201J04

利用分野：航空技術

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2023/24041/>

### ● 責任者

中村俊哉, 航空技術部門航空基盤技術統括

### ● 問い合わせ先

松山 新吾(matsuyama.shingo@jaxa.jp)

### ● メンバ

松山 新吾, 村上 遼太郎, 名倉 香純

### ● 事業概要

大気突入システムの設計において重要な前提条件となる空力加熱率・実在気体空力性能・静的・動的不安定性はカプセル形状が変われば大きく変化するが、相似な形状においても代表長(スケール)が異なれば変化することが知られている。しかしながら、スケール変化がそれらの特性にどの程度影響を与えるかについては定量的な相関関係が知られていないため、設計の度に予測する必要がある。本研究では、小型回収カプセル(HSRC)の 3/5 スケールのカプセルを対象としてスケール効果を予測する手法を構築し、フライトデータとの比較によってこれを検証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

本研究では迎角を持って飛行する大気圏突入カプセルを対象とした三次元解析を実行するため、計算コストが大きくなることは避けられない。また、遷音速飛行時における動的不安定性については Large Eddy Simulation (LES) による乱流解析が主要な手段であるため、必然的に大規模な三次元非定常解析を実施しなければならない。さらに、マッハ 10 を超えるような飛行条件では衝撃波背後で化学反応や内部エネルギーモードの励起が生じるため、多数の化学種と内部エネルギーに関する支配方程式を解かなければならない。これらの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

- ・HSRC を 3/5 スケールに縮小したカプセル形状を対象として CFD 解析を実施し、空力加熱と動的不安定の特性を評価した。
- ・最大加熱条件(飛行マッハ数 22)について三次元定常解析によりカプセル周りの流れ場を評価し、カプセルの空力特性と壁面の熱流束分布を取得した(図 1)。

・パラシュート展開直前の飛行条件(飛行マッハ 1.2)について三次元非定常 LES を実施し, 非定常なカプセルの空力特性を評価した(図 2).

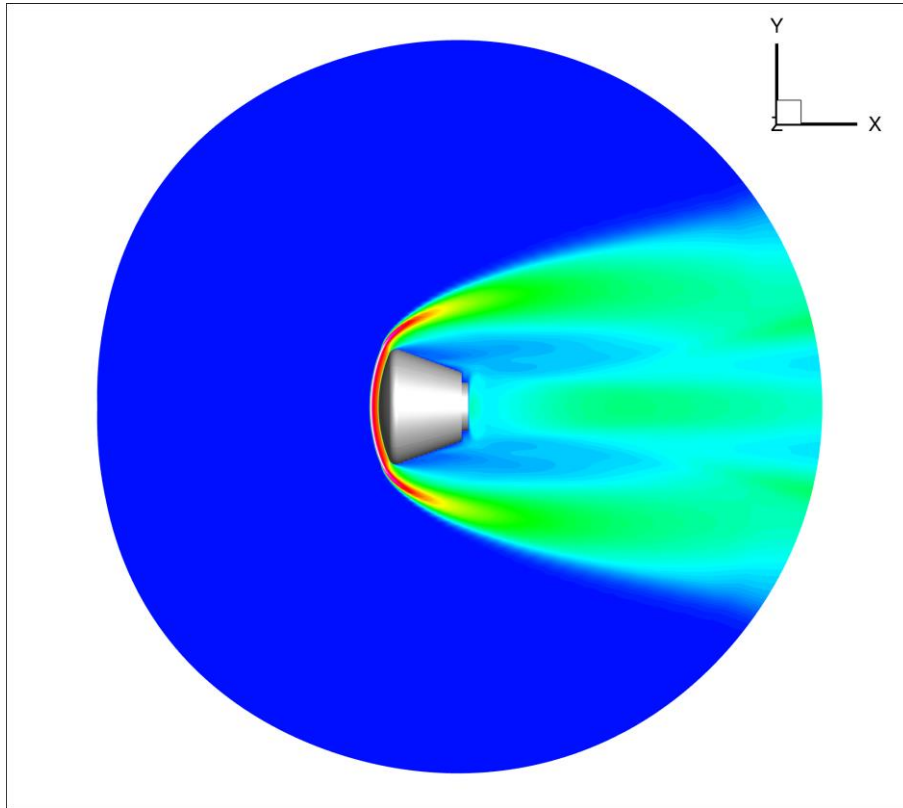


図 1: マッハ 22 で飛行するカプセル周りの流れ場. 三次元定常解析による並進温度分布の結果を表示.

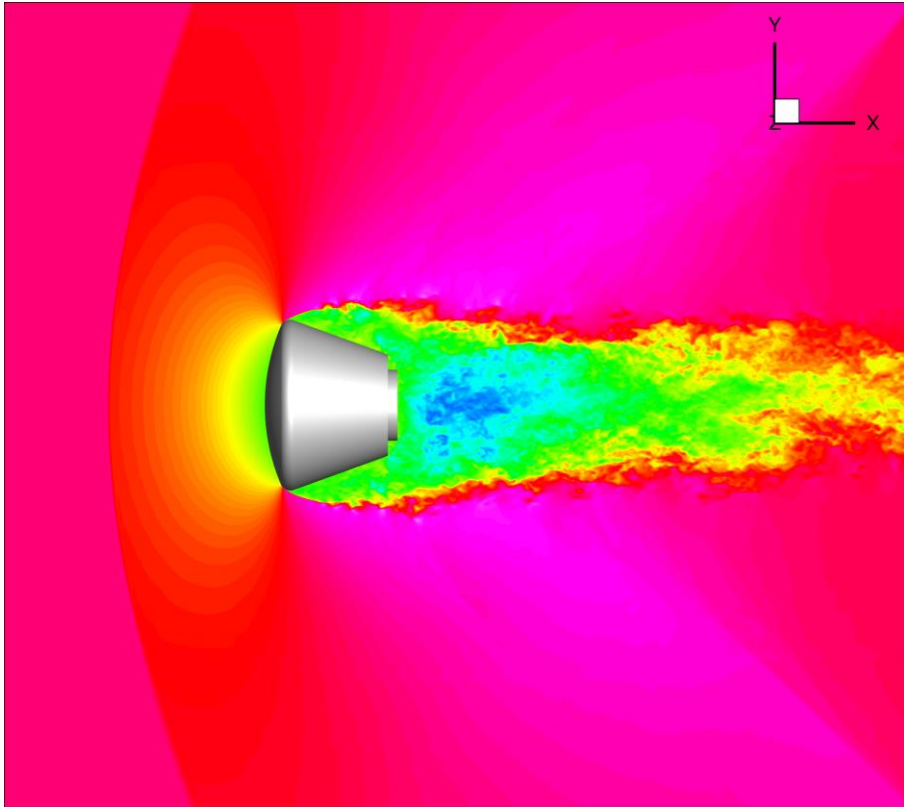


図 2: マッハ 1.2 で飛行するカプセル周りの流れ場. 三次元非定常 LES による瞬時の速度分布の結果を表示.

- 成果の公表

なし

- 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	52 - 2788
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 (%) : 0.24

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	6,598,216.64	0.30
TOKI-ST	0.00	0.00
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	0.00	0.00
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	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)	0.00	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