

飛翔体超音速空力特性

報告書番号：R20JACA20

利用分野：JSS 大学共同利用

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2020/14470/

● 責任者

北村圭一，横浜国立大学

● 問い合わせ先

筒井 史也(横浜国立大学大学院)(tsutsui-fumiya-rt@ynu.jp)

● メンバ

北村 圭一，筒井 史也，安村 祐哉

● 事業概要

ロケットや超音速パラシュートなどの飛翔体は超音速で飛行し，物資輸送などの重要な役割を持つため，安定した飛行を行うことが重要となる．飛行安定性を阻害する要因として，機体表面に存在する突起や超音速パラシュートの非定常な衝撃波振動が挙げられる．これらによる飛翔体空力特性への影響は未だ明らかでなく，また風洞試験にて得られる知見には限りがある．そこで，ロケットや超音速パラシュートを対象とした超音速条件における数値解析を行い，それらの精密な空力データを取得する．これらを通して，安全な飛行を実現する超音速飛翔体の空力設計に貢献することが，本研究の目的である．

● 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，細長物体のノーズ部・突起部に生じる衝撃波や風下側の剥離渦，そして超音速パラシュートの衝撃波振動を正確にとらえる必要があり，高解像度の計算格子が必要となることから計算コストが膨大となる．そのため，高精度な大規模計算を短時間で可能にするスーパーコンピュータを用いる必要がある．

● 今年度の成果

- ・非対称に配置された複数の突起を有する細長物体の空力特性

図 1 に示すような細長比 8.9 の細長物体に対し，2 つの突起を機体前方部の風下側及び，機体中央部の様々なロール方向位置に装着し，一様流マッハ数 $M_\infty = 1.5$ ，迎角 $\alpha = 15^\circ$ として数値解析を行った．その結果，図 2 のような突起配置(F+45_M+45)の場合に興味深い結果を得た．このケースでは前方突起が作る渦 V3 が，後方突起下流の渦 V3'の形成を阻害している．このように突起が追加で装着されることで渦構造が変化する場合では，2 つの突起それぞれが生む横力の単純な足し合わせにはならず，

前方突起のみの場合(F+45)に比べ微減することが明らかになった。

・超音速パラシュートの空力特性

図3に示すような開傘初期のパラシュート形状に対し、一様流マッハ数 $M_\infty = 2.0$ として数値解析を行い、前方物体の有無による影響を調査した。前方物体を付与することにより、衝撃波離脱距離が増加する一方、パラシュート内部圧力は減少することが明らかになった。これは、前方物体の後流により、衝撃波上流側マッハ数が減少したことに起因する。また、バンド部において、パラシュート内部から外部へ流出する流れが生じたことにより、衝撃波離脱距離の増加につながった。

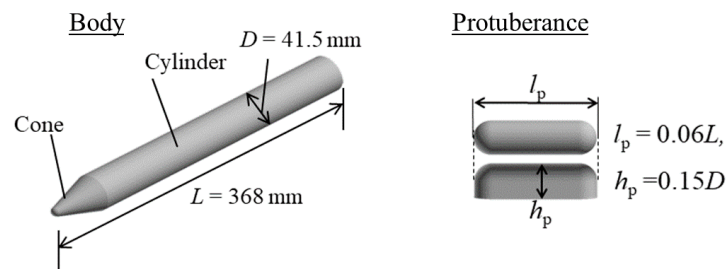


図1: 解析対象

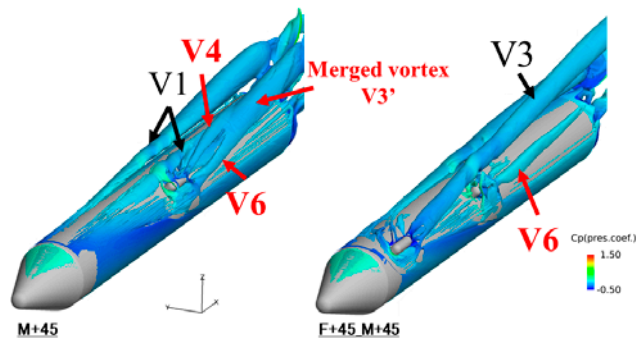


図2: Q 値等値面の可視化結果(圧力係数 C_p で色付けされている)

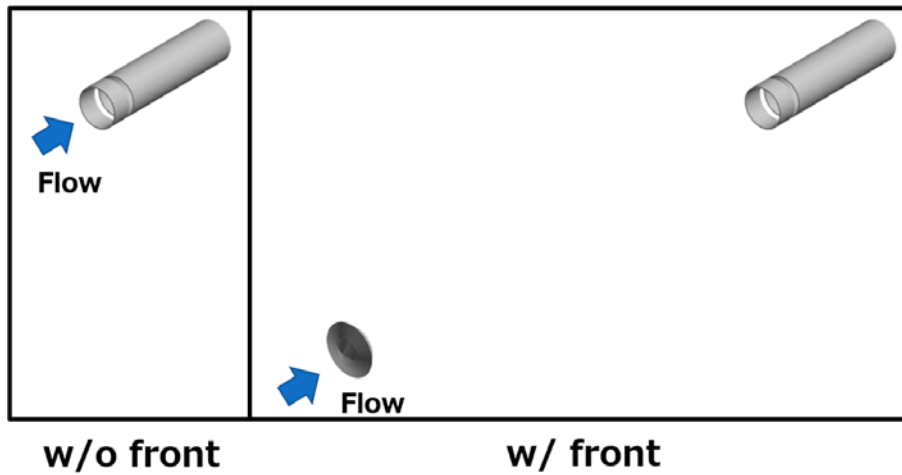


図 3: 解析対象

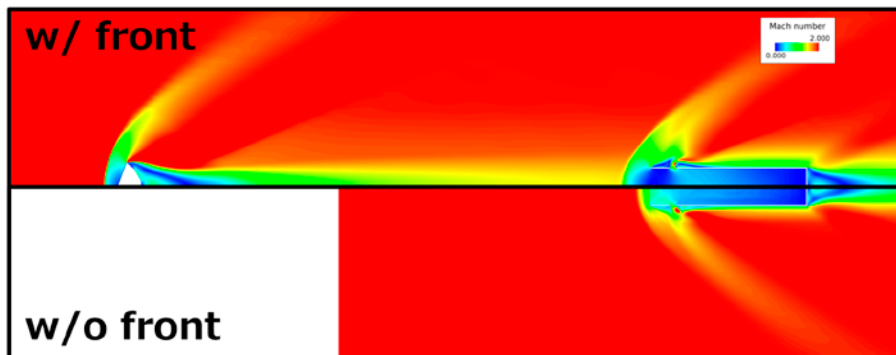


図 4: マッハ数による可視化結果

● 成果の公表

-口頭発表

1)筒井史也,高木雄哉,瀧本浩之,北村圭一,野中聡, "非対称に配置された 2 つの突起を有する細長物体の空力解析,"第 64 回宇宙科学技術連合講演会,2L06(オンライン,2020 年 10 月 28 日).

2)Tsutsui, F., Takagi, Y., Takimoto, H., Kitamura, K., and Nonaka, S.: Numerical Analysis on Aerodynamic Characteristics of Slender Body with Asymmetric Double Protuberance, AIAA-2021-0137, AIAA SciTech Forum 2021, Virtual Event, January, 2021.

● 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	非該当
プロセス並列数	512 - 1024
1 ケースあたりの経過時間	8 時間

● JSS2 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.33

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合※2 (%)
SORA-MA	1,561,810.38	0.30
SORA-PP	27,312.54	0.21
SORA-LM	6,933.62	4.07
SORA-TPP	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	288.01	0.26
/data	9,670.26	0.19
/ltmp	2,343.75	0.20

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	12.77	0.42

※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

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.03

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合※2 (%)
TOKI-SORA	42,052.48	0.01
TOKI-RURI	2,776.04	0.02
TOKI-TRURI	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	478.74	0.33
/data	28,972.64	0.49
/ssd	2,508.16	1.31

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	12.77	0.42

※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