

超音速飛翔体の数値流体解析

報告書番号：R24JACA20

利用分野：JSS 大学共同利用

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2024/27508/

● 責任者

北村圭一，横浜国立大学

● 問い合わせ先

大縄 有毅(oonawa-yuuki-by@ynu.jp)

● メンバ

北村 圭一，間々下 智広，大縄 有毅，安居 聡良

● 事業概要

先行研究では，一般的なロケットを模擬した細長物体形状を対象とし，突起を付した時の超音速空力特性と周囲流れ場への影響を CFD (Computational Fluid Dynamics) と風洞試験により明らかにしている．この研究では，横力係数が最大となる迎角 $\alpha = 15 \text{ deg.}$ のケースにおいて，リングを突起の前後に追加することで横力を低減できることが分かっている．ただし，先行研究では高迎角におけるリングの有効性検証を目的としていたため，異なるリング高さについての調査は行っていない．その為，異なるマッハ数 (0.7 と 1.3) において得られた結果の違いが，何に起因しているのか判断することができなかった．こうした状況から，本研究では数値計算を用い，先行研究のそれぞれのマッハ数に対し，境界層高さに対するリング高さ割合が同程度となるようにリング高さを変更する．

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

突起付きロケットの空力特性を把握するために数値流体計算を行っている．特に，レイノルズ数の増大による機体近傍の流れ場や突起部より生じる渦を数値的に解像する必要がある．このためには細かい計算格子を用いた大規模な数値計算を行う必要があり，そのために JSS3 を利用している．この大規模計算により，風洞試験スケールでの数値流体計算結果では，風洞試験の結果に近い計算結果を得ることができた．さらにその結果を可視化等によって分析することで，風洞試験での取得が難しい，空間的な流れ場を明らかにする．

● 今年度の成果

図 1 に示すような，突起の前後にリングを付した細長物体を用いて迎角 15 度，一様流マッハ数 0.7 と 1.3 の 2 つで数値計算を実施した．リング高さを先行研究の高さ(機体直径の 3%)からおよそ半分(機体直径のおよそ 1.5%)にすることで，境界層高さとリング高さの関係性の調査を行った．この結果，

図 2 に示すように、風洞試験結果とおおよそ一致していることが確認できた。次に、図 3 にマッハ数 0.7 における機体後方の渦度の可視化を示す。突起のない右舷側の流れでは、2rings は No ring と比較して、渦が機体から離れていることが分かる。一方、左舷側の流れは、渦度色の大きさが小さくなり、渦が弱まっていることが判明した。これにより、リングをつけたことによる渦の変化が、右舷側と左舷側で異なることが明らかになった。

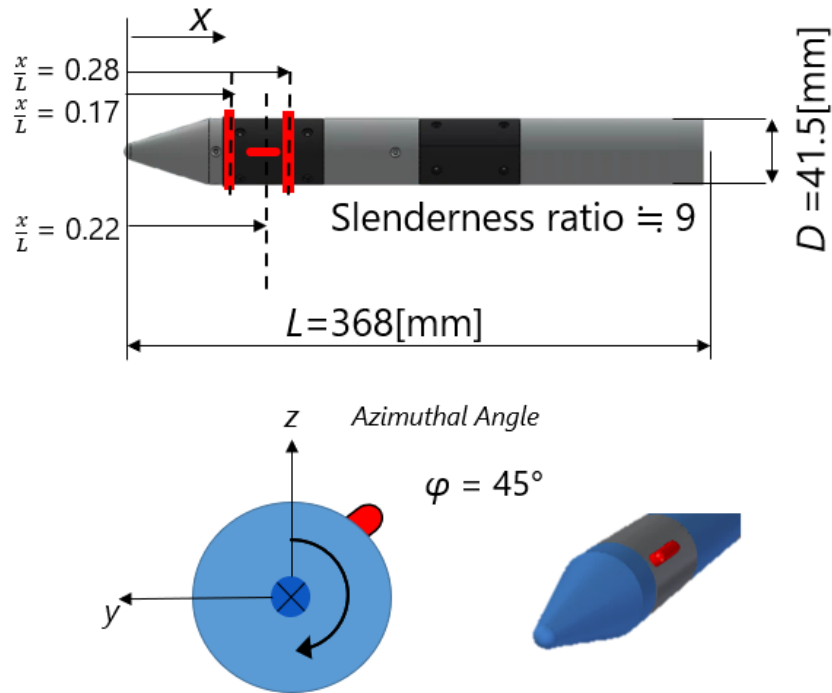


図 1: 計算対象.

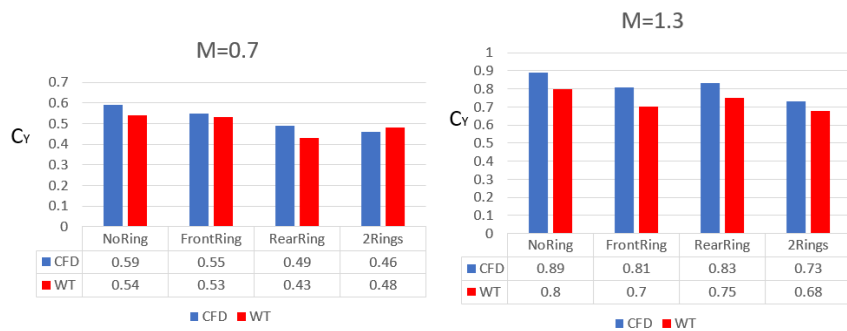


図 2: 計算結果と風洞試験結果の比較（横力係数）.

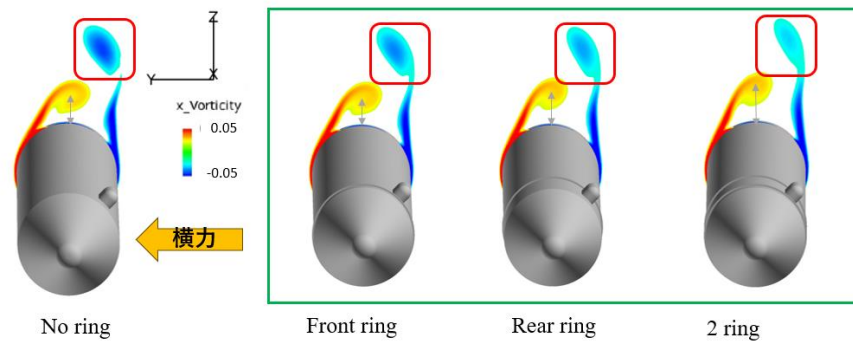


図 3: マッハ数 0.7 における機体後方の渦度の可視化.

● 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	非該当
プロセス並列数	480 - 960
1 ケースあたりの経過時間	24 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.17

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	4,141,747.52	0.19
TOKI-ST	52,616.22	0.05
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	9,265.30	0.67
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	939.17	0.63
/data 及び/data2	59,688.33	0.29
/ssd	8,366.67	0.45

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	46.25	0.15

※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)	868.03	0.59

※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