

機体形状および突起が細長物体空力特性に及ぼす影響についての数値解析

報告書番号：R23JACA21

利用分野：JSS 大学共同利用

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2023/24081/>

● 責任者

北村圭一，横浜国立大学

● 問い合わせ先

峯嶋航矢(mineshima-koya-kt@ynu.jp)

● メンバ

川井 康平，北村 圭一，間々下 智広，峯嶋 航矢，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，迎角 $\alpha = 15 \text{ deg.}$ のケースにおいて，横力係数が最大となることが分かっている．ただし先行研究では風洞試験結果を用いた計算結果の検証も目的の一つとしていたため，風洞試験スケールの空力特性についての調査に留まっていた．一方で，実機スケール(風試スケールの数10倍)の CFD は高コストである上に，その検証が難しい(実際，実機スケールでの実験の実施は世界的に極めて困難である)．こうした状況から，本研究では数値計算を用い，先行研究の風試スケールに対し段階的に2倍から32倍までスケールを大きくする(従って，結果的にレイノルズ数は $2.2\text{E}+07$ から $3.4\text{E}+08$ に変化する)．機体スケールを実機スケール(実機レイノルズ数は $3.1\text{E}+08$)に徐々に近づけることで，従来得られた風試スケール計算結果と，取得困難な実機スケール空力特性の関連を予測する．

● 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に示すような突起付きロケットを模擬した細長物体を用いて迎角15度、一様流マッハ数1.5の数値計算を実施した。機体サイズを風洞試験スケール($Re=1.1e+7$)から実飛行スケール($Re=3.4e+8$)まで段階的に機体サイズを大きくしていくことで、レイノルズ数効果の調査を行った。この結果、図2に示すように、レイノルズ数の増大に伴って横力係数も増大することが明らかになった。図3に機体前方から見た流線と $x/L=0.8$ 位置における渦度の可視化を示す。突起のない右舷側の流れでは、レイノルズ数効果によって剥離位置が風下側に移行する。これにより、右舷由来の流れは突起由来の渦の引き寄せる流れからの影響が大きくなり、より剥離位置の風下側への移行が強まる。一方、突起のある左舷側の流れではレイノルズ数効果による剥離位置の風下側への移行と右舷由来の流れによる風上側への移行が打ち消し合い、剥離位置はほぼ移行しない。以上により、右舷側のみで低圧化が起り横力が増大することが明らかになった。

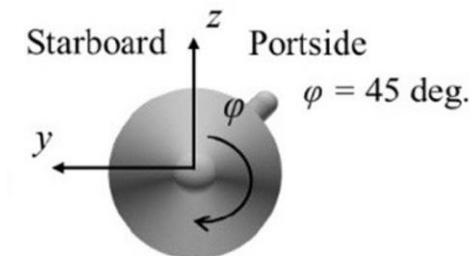
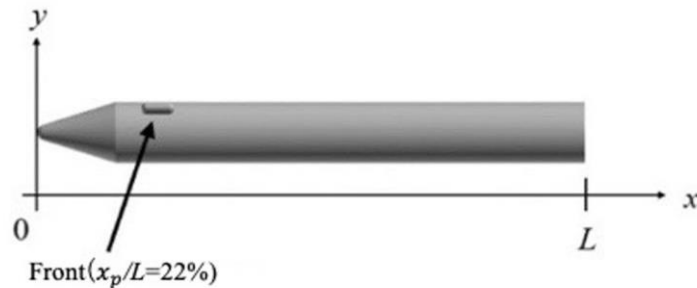


図1: 計算対象.

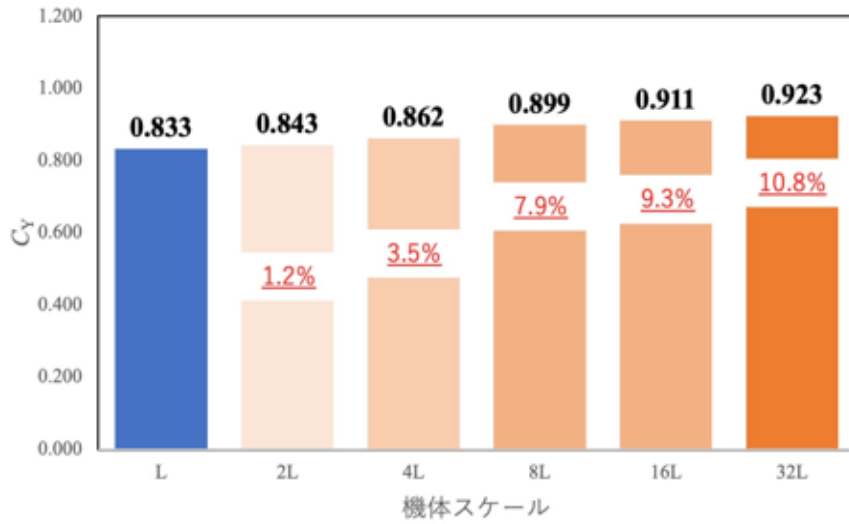


図2: 計算結果 (横力係数).

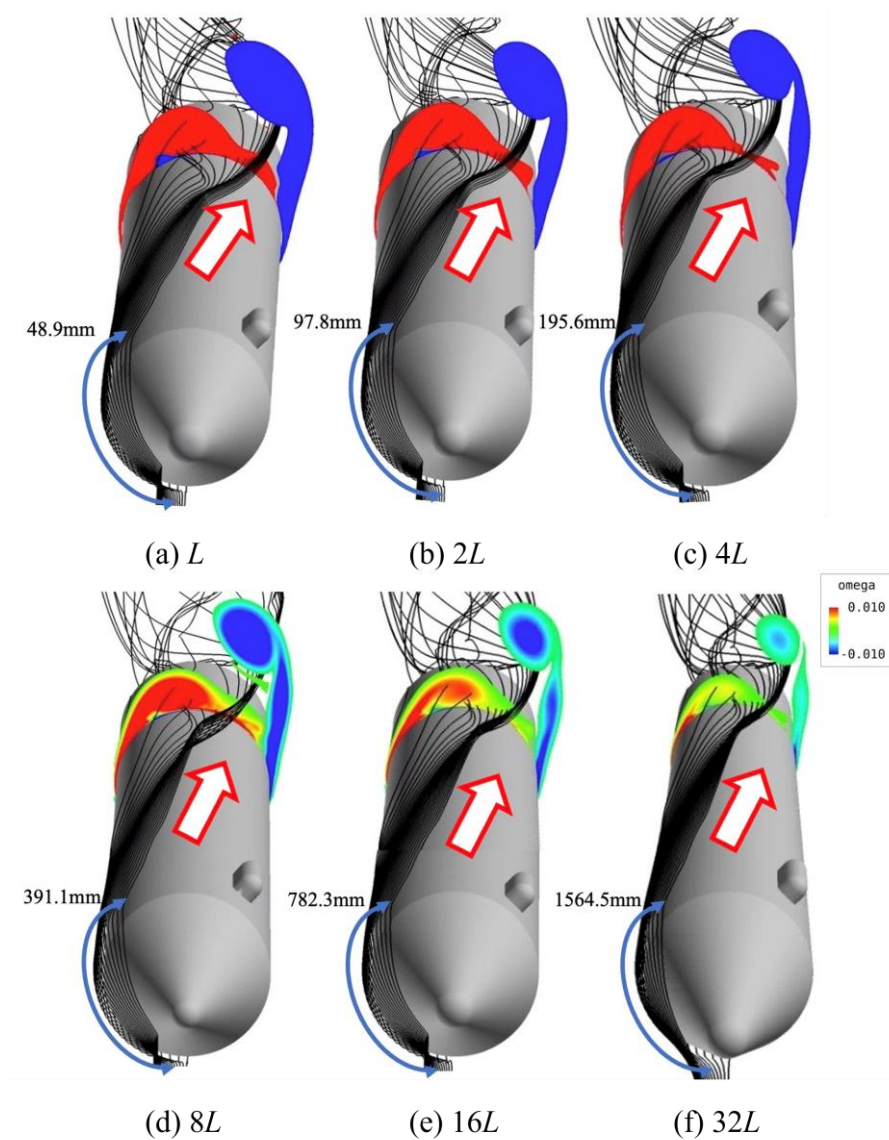


図3: 機体前方から見た流線と $x/L=0.8$ 位置における渦度の可視化.

● **成果の公表**

-口頭発表

- Kohei Kawai, Keiichi Kitamura, "Computational Fluid Analysis on Multiple Flat Plates as Small Distributed Aerodynamic Brake for High-Speed Railways," ASME-JSME-KSME Fluids Engineering Division 2023, 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	非該当
プロセス並列数	480 - 3840
1 ケースあたりの経過時間	72 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.25

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	5,491,605.53	0.25
TOKI-ST	81,669.74	0.09
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	53.57	0.03
TOKI-LM	88,147.24	6.71
TOKI-TST	943.71	0.02
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	1,184.17	0.98
/data 及び/data2	104,618.33	0.65
/ssd	10,876.67	1.03

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	46.25	0.17

※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)	3,531.96	1.59

※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