

再使用型細長物体の空力特性についての数値解析

報告書番号：R22JACA12

利用分野：JSS 大学共同利用

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2022/20582/>

● 責任者

北村圭一，横浜国立大学

● 問い合わせ先

間々下智広(mamashita-tomohiro-nj@ynu.jp)

● メンバ

北村 圭一，間々下 智広，仲原 宏哉，塚本 悠太

● 事業概要

宇宙輸送コスト削減のため，ロケット機体の再使用化が急務となっている．再使用型ロケットは機体に受ける空気抵抗を利用して減速や転回運動を行うため，安全な着陸には帰還飛行時の空力特性を把握しておく必要がある．本研究では再使用型観測ロケットの実現に向け，帰還飛行時の機体の空力特性を調査している．主に帰還飛行時の低マッハ数流れを想定した風洞試験と数値解析を実施し，数値解析結果の妥当性を確認しながら進めている．その上で，風洞試験と実飛行のレイノルズ数の違いが空力特性に与える影響や，帰還飛行性能を向上させるための空力デバイスの検討を行っている．

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

再使用型ロケットの帰還飛行時における空力特性を把握するために数値流体計算を行っている．特に高迎角流れ(迎角 60-120 度付近)における流れ場を再現するには，機体近傍に生じる細かい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，対応する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

再使用ロケット実験機"RV-X"の形状を用いて，風洞試験スケール(レイノルズ数:6.6E+5)及び実飛行スケール(レイノルズ数:9.0E+6)で数値流体計算を実施した．今年度は主に迎角 90, 150-180 度における両スケールの流れ場の違いを解析した．いずれの迎角においても，実飛行スケールはレイノルズ数が大きいため剥離位置が下流側に移行することが明らかとなった．代表例として図 1 に迎角 90 度における表面圧力係数分布及び表面流線の可視化を示す．ノーズコーン付近に注目すると，両スケールの

剥離位置が大きく異なっており、レイノルズ数効果が顕著になっている。これにより、実飛行スケールのノーズコーン下流側の表面圧力が低くなり、ピッチングモーメント係数が風洞試験スケールに比べて61.4%大きくなることが予測された。

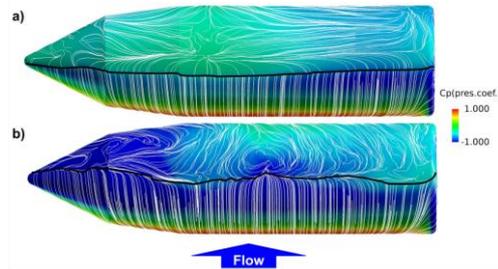


図 1: 迎角 90 度における表面圧力係数分布及び表面流線の左舷側からの可視化。図中の黒線は主要な剥離線を模式的に表示したもの。a) 風洞試験スケール(レイノルズ数:6.6E+5), b) 実飛行スケール(レイノルズ数:9.0E+6)。

● 成果の公表

-査読付き論文

- Tomohiro Mamashita, Tomotaro Muto, Keiichi Kitamura, Satoshi Nonaka, "Numerical Analysis on Axial Force Characteristics of Reusable Launch Vehicle at 150-180° Angles-of-Attack," Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, in press.

-口頭発表

- 仲原宏哉, 北村圭一, 野中聡, "クローズ・カップルド・デルタ翼型空力デバイスによる細長物体の揚抗比向上", 第54回流体力学講演会/第40回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 2022.

- 塚本悠太, "スーパークリティカル翼における Vortex Generator・翼境界層干渉の数値的調査", 第60回飛行機シンポジウム, 2022.

- Kouya Nakahara, Keiichi Kitamura, Satoshi Nonaka, "Numerical Study on L/D Improvement of Slender Body by Close-Coupled-Delta-Wing-Type Aerodynamic Devices," The 2022 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, 2022.

- 間々下智広, 玉井亮多, 武藤智太郎, 北村圭一, 野中聡, "再使用ロケット実験機 RV-X の迎角 90 度における実飛行スケール数値解析", 第66回宇宙科学技術連合講演会, 2022.

-ポスター

- Yuta Tsukamoto, Keiichi Kitamura, "Improvements of Vortex Generator for Transonic Buffet Suppression over Supercritical Airfoil," Nineteenth international conference on flow dynamics (ICFD), 2022.

● 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	50 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	3,103,929.79	0.14
TOKI-ST	81,522.27	0.08
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	99,290.90	6.65
TOKI-TST	3.87	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	423.67	0.38
/data 及び/data2	40,980.00	0.32
/ssd	153.33	0.02

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	28.18	0.12

※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)	3,809.18	2.65

※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