

高速流体力学に関する学術研究

報告書番号：R24JU0902

利用分野：宇宙科学

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2024/26959/

● 責任者

澤井秀次郎, 宇宙科学研究所宇宙飛翔工学研究系

● 問い合わせ先

大山聖(oyama.akira@jaxa.jp)

● メンバ

有馬 佳奈, 飯田 悠生, 黒田 悠哉, 金子 賢人, 桃井 蓮, 太田 就, 大山 聖, 大西 龍汰郎, 清水 健二, 澤田 健, 佐佐木 将之, 吉本 隆之介

● 事業概要

火星ドローンの空力設計など高速流体力学に関する基盤研究を実施する

参考 URL: https://ladse.eng.isas.jaxa.jp/

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

火星ドローンの空力設計などには LES 計算などの大規模計算が必要になるため、スーパーコンピュータを利用する必要がある。

● 今年度の成果

火星大気中を飛行する火星飛行機を実現するためには、プロペラ・主翼の空力干渉をうまく利用することで機体の空力性能を向上させることが期待される。2024 年度は火星飛行機の飛行条件においてプロペラとナセルのスパン方向位置が固定翼性能及びプロペラ性能に及ぼす影響を明らかにするため、数値流体シミュレーションを実施した(図 1)。その結果、中央配置型のほうが高いプロペラ性能を有するが、翼端配置型の方がより優れた固定翼性能を持つため、総合的には翼端配置型が優れていることが明らかとなった。ただし、地球環境下に比べると火星環境下ではその優位性が低くなることも示された。

粘性抵抗低減デバイスであるリブレットを航空宇宙機に効果的に適用することを目的とした直接数値シミュレーションを実施した(図 2,3)。その結果、圧縮性を考慮してリブレットを設計することで、非圧縮流れの場合よりも高い性能が得られることが明らかになった。また、逆圧力勾配下ではリブレットの抵抗低減性能が向上する場合がある一方で、順圧力勾配下では、リブレットにより抵抗は低減するものの、その効果は弱まることが確認された。これらの結果から、圧縮性や圧力勾配の有無に関

わらず、リブレットの抵抗低減性能は、滑面上の摩擦速度で無次元化された溝幅によって統一的に整理することができることが示された。

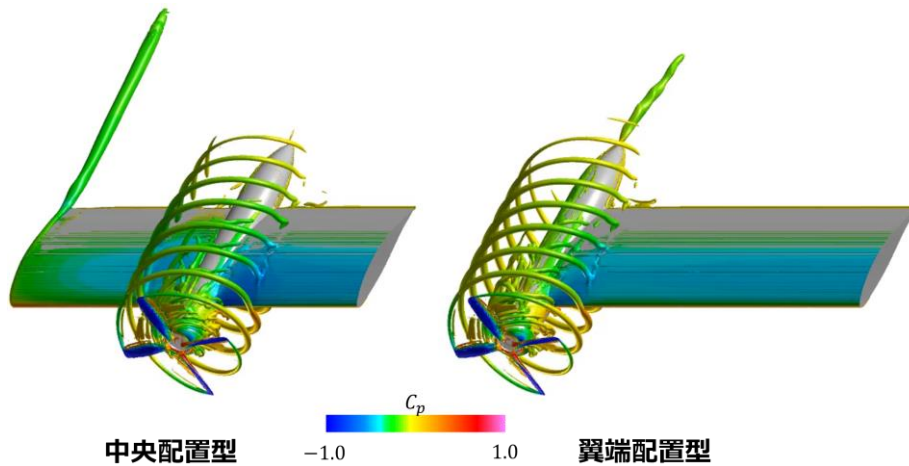


図 1: 火星飛行機の飛行環境下でのプロペラ主翼間干渉の様子. Q 値の等値面と表面圧力係数分布.

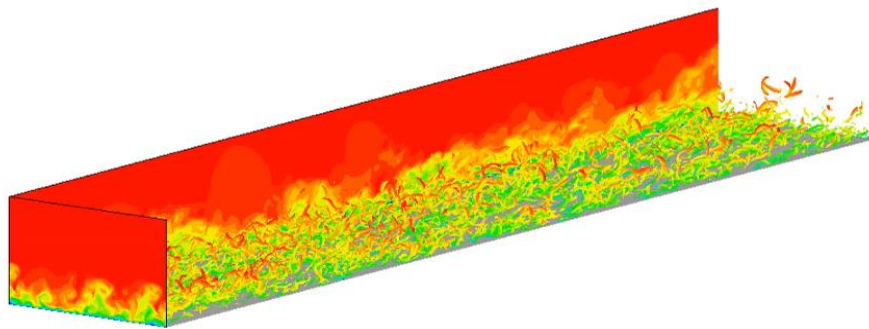


図 2: 滑面上に発達する乱流場. Q 値の等値面を流速で色付け.

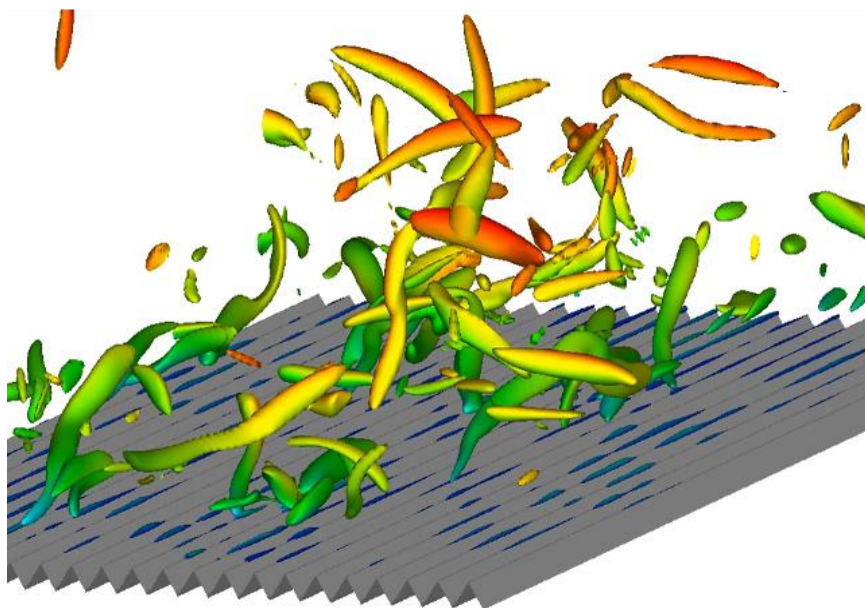


図 3: リブレット面上に発達する乱流場. Q 値の等値面を流速で色付け.

● 成果の公表

-査読付き論文

1. 金子賢人, 焼野藍子, 大山聖, 遷移域におけるリブレットのはたらき, 日本航空宇宙学会論文集 (accepted).
2. Naruhiko Nimura and Akira Oyama, “Development and Application of Three-Dimensional High-Degree-of-Freedom Multiobjective Design Optimization Method,” 進化計算学会論文誌, Vol. 15, No. 1, pp. 20-30, 2024.
3. Naruhiko Nimura and Akira Oyama, “Multiobjective Evolutionary Topology Optimization Algorithm Using Quadtree Encoding,” IEEE Access, Vol. 12, pp. 73839-73848, DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3404594, 23 May 2024.

-招待講演

- Akira Oyama, “High-Altitude Flight Test of a Mars Airplane Using a High-Altitude Balloon,” AIAA SCITECH 2025 Forum, 6-10 January, 2025.

-口頭発表

1. Shu Ota, Naruhiko Nimura, and Akira Oyama, “Multiobjective Aerodynamic Topology Optimization with Quadtree Genetic Programming and Local Search,” AIAA SCITECH 2025 Forum, Orlando, Florida, 6-10 January, 2025
2. Kento Kaneko, Akira Oyama and Aiko Yakeno, “Pressure Gradient Effects on the Riblet Performance at Cruising Speed of Transonic Aircraft,” 1st European Fluid Dynamics Conference, Aachen, Germany, 16-20 September, 2024.
3. Masayuki Sasaki and Akira Oyama, “Numerical Analysis of Aerodynamic Interference between Propeller and Fixed Wing of Mars,” 1st European Fluid Dynamics Conference, Aachen, Germany, 16-20 September, 2024.
4. Ryutaro Onishi and Akira Oyama, “Aerodynamic Interference Between Rotors of Mars Multicopter in Compressible Flow,” 1st European Fluid Dynamics Conference, Aachen, Germany, 16-20 September, 2024.
5. Yuriko Shiratsuchi, Kento Kaneko, Shion Okada, Akira Oyama, Kazuhiko Yamada and Hiroto Tanaka, “Conceptual Design of Micro-size Mars Airplane for Observing Dust,” 34th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, Florence, Italy, 9-13 September, 2024.
6. Kento Kaneko, Akira Oyama, and Aiko Yakeno, “Viscous Drag Reduction Effect of Riblet at Cruising Speed of Transonic Aircraft,” AIAA Aviation Forum, Las Vegas, NV, 29 July - 2 August, 2024.
7. Akira Oyama and Naruhiko Nimura, “Development of Multiobjective Aerodynamic Three-Dimensional Shape Optimization Method,” 12th International Conference on Computational Fluid Dynamics, Kobe, Japan, 14-19 July, 2024.
8. Takeshi Sawada, Akira Oyama, Yusuke Maru, Hiroyasu Manako, “Studies on Effect of Interaction of Coaxial Jets on Thrust of Air-breathing Rocket,” 9th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, Lisbon, Portugal, 3-7 June, 2024.
9. 大山聖, リブレットによる航空宇宙機の粘性抵抗低減効果に関する研究, 令和 6 年度航空宇宙空力シンポジウム, 福島県いわき市, 1 月 24-25 日, 2025.

10. 太田就, 二村成彦, 大山聖, 四分木遺伝的プログラミングと局所探索法を用いた翼後縁形状の空力最適化, 第 38 回数値流体力学シンポジウム, 東京都目黒区, 12 月 11-13 日, 2024.

11. 白土百合子, 金子賢人, 堀井樹, 清水健二, 岡田枝恩, 田中寛人, 佐藤允, 大山聖, 山田和彦, 剛体翼を用いた超小型火星飛行機の設計検討, 4I12, 第 68 回宇宙科学技術連合講演会, 兵庫県姫路市, 11 月 5-8 日, 2024.

12. 佐佐木将之, 大山聖, 火星飛行機のプロペラが固定翼の揚抗比に与える影響について, 2D05, 第 62 回飛行機シンポジウム, 福井県福井市, 10 月 15-17 日, 2024.

13. 大西龍汰郎, 大山聖, 圧縮性流れにおける火星マルチコプタのロータ回転面間距離がロータ間の空力干渉に与える影響, 2D06, 第 62 回飛行機シンポジウム, 福井県福井市, 10 月 15-17 日, 2024.

14. 佐佐木将之, 大山聖, 火星飛行機のプロペラ・固定翼間の空力干渉, 1B08, 第 56 回流体力学講演会／第 42 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 鹿児島県鹿児島市, 7 月 3-5 日, 2024.

15. 大西龍汰郎, 大山聖, 圧縮性流れにおける火星マルチコプタロータ間の空力干渉, 1B09, 第 56 回流体力学講演会／第 42 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 鹿児島県鹿児島市, 7 月 3-5 日, 2024.

16. 金子賢人, 大山聖, 焼野藍子, 遷音速旅客機の巡航速度におけるリブレットの粘性抵抗低減効果, 2D03, 第 56 回流体力学講演会／第 42 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 鹿児島県鹿児島市, 7 月 3-5 日, 2024.

● 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	64 - 384
1 ケースあたりの経過時間	300 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.92

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	22,882,648.77	1.05
TOKI-ST	389,941.81	0.40
TOKI-GP	0.69	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	260.14	0.02
TOKI-TST	76.36	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	2,739.00	1.85
/data 及び/data2	369,450.00	1.77
/ssd	17,570.00	0.94

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	0.00	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)	2,257.88	1.54

※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