## 固体/ハイブリッドロケットの研究(プロジェクト準備)

報告書番号: R17JU0802

利用分野:宇宙科学

URL: https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2017/4352/

## ● 責任者

佐藤英一 宇宙科学研究所宇宙飛翔工学研究系

#### ● 問い合せ先

松野友樹 matsuno.tomoki@ac.jaxa.jp

#### **ジ**メンバ

嶋田徹,本江幹朗,松野友樹,カリティケヤンゴウタム,高橋晶世

## ● 事業概要

宇宙経済が今後も発展し続けるためには、航空機と同様な安全で経済的な宇宙輸送手段が必要である.しかし現在の宇宙輸送手段は爆発性を持つという点で航空機とは状況が本質的に異なる.

本事業では爆発性を持たない安全なロケットとして期待されるハイブリッドロケットを実現するために、従来の課題を克服する A-SOFT 技術を提案し、その実用化に向けてロケット内部の旋回乱流燃焼場や燃焼振動現象のシミュレーション技術の開発、数値解析を用いたハイブリッドロケットの安全性評価に取り組む.

#### JSS2 利用の理由

乱流燃焼現象に対する実用的な数値解析を一般的な計算機で行うことは計算速度とメモリ容量の観点から不可能である。よって、ハイブリッドロケットの開発に供する乱流燃焼解析を行うためにはスパコンによる高速且つ大規模な解析が必要不可欠である。

#### ● 今年度の成果

A-SOFT ハイブリッドロケット内部燃焼場への酸化剤軸・旋回流量比の影響を理解するため、軸・旋回流量比のみが異なる 2 ケースについて非定常燃焼乱流解析を実施した。また計算結果に対して POD 解析を実施した。解析によって得られた瞬時の渦構造比較を図 1 に示す。本計算によってエンジン性能や内部燃焼場の違いを確認した。

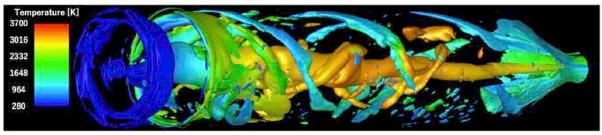
ハイブリッドロケットの非定常燃焼解析技術の確立を目的として,Detached-eddy simulation (DES) と Large-eddy Simulation (LES) による解析を行い双方の結果を比較した.酸化剤流旋回型ハイブリッドロケットに対する LES と DES によって予測された瞬時の燃料後退速度の軸方向分布と実験値との比較を図 2 に示す.また,図 3 に中心軸を通る断面での温度コンタを示す.これらにより双方がこの種のハイブリッドロケットに対し妥当な解析を行えていることを確認した.

ハイブリッドロケットに特有な低周波不安定性を理解するため, ハイブリッドロケットエンジン内

部の燃焼安定性について数値解析を実施した. 非定常 CFD シミュレーションによって, 本現象のモデル化(図 4)とパラメータ解析を実施できた.

システム安全の新たな手法であるレジリエンス・エンジニアリングの見地から宇宙輸送の安全化について考察し、境界層燃焼型ハイブリッドロケットの採用が安全に貢献する可能性を有することを定量的に示すため、CFDを用いた数理モデルでハイブリッドロケット推進薬の爆風被害の度合い評価方法を構築した.

Pure tangential oxidizer injection



Axial and tangential oxidizer injections

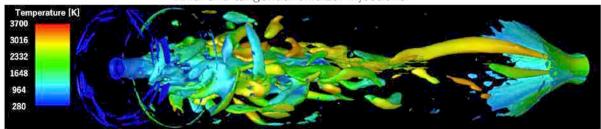


図1A-SOFT ハイブリッドロケットエンジン内部の渦構造

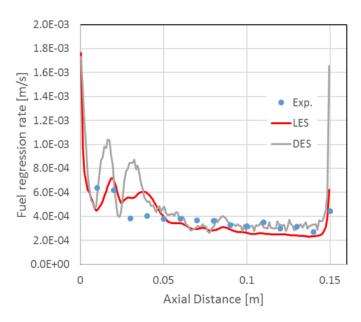


図2燃料後退速度軸方向分布(瞬時値)

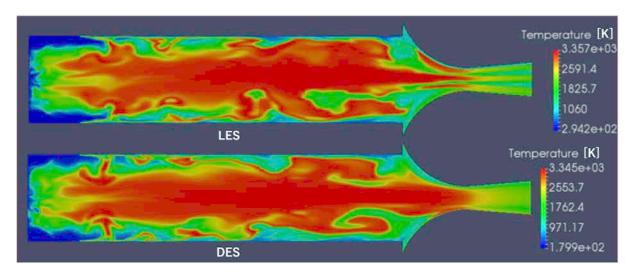


図3温度コンタ

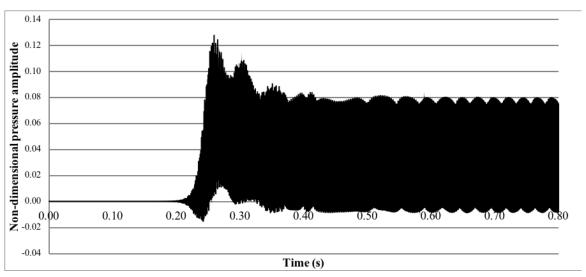


図4 燃焼室中心における圧力の時間変動

- 査読なし論文
- 1) Takahashi, A., Shimada, T., "Essentially Non-explosive propulsion Paving a Way for Fail-Safe Space Transportation," TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES, AEROSPACE TECHNOLOGY JAPAN, ISTS Special Issue, Vol.16(2018), No.1, pp.1-8.

#### ● 口頭発表

- 1) M. Motoe, T. Matsuno and T. Shimada, "Numerical Analysis of Combustion Field in Hybrid Rocket Motor with Swirling and Axial Oxidizer Injection", 7th EUCASS, July 3-6, 2017, Milan, Italy.
- 2) T. Shimada, T. Matsuno, K. Obata, G. Karthkeyan, and M. Motoe. "Evaluation of Non-steady Combustion Characteristics of Tangential-Axial Injection Hybrid Rocket by Large Eddy Simulation." Fourteenth ICFD, November 1-3, 2017, Sendai, Japan.

- 3) T. Matsuno, M. Motoe, K. Obata, N. Kimura, K. Kitagawa and T. Shimada, "Swirling Combustion Flow Field Evaluation of Tangential-Axial Injection Hybrid Rocket by Large Eddy Simulation", 9th AJCPP, March 14-17, 2017, Xiamen, China.
- 4) Mikiro Motoe, "Delayed Detached Eddy Simulation of Combustive Flows in a Swirling-Oxidizer-Flow-Type Hybrid Rocket", 31st ISTS, June 3-9, 2017, Matsuyama, Japan.
- 5) Karthikeyan, Goutham, and Toru Shimada. "Parametric Analysis of Combustion Instability in Axial-Injected Hybrid Rocket Motors using Computational Fluid Dynamics", 53rd AIAA/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference, July 10-12, 2017, Atlanta, USA.
- 6) Karthikeyan, Goutham, and Toru Shimada. "Validation of numerical prediction of hybrid rocket combustion instability", Fourteenth ICFD, November 1-3, 2017, Sendai, Japan.
- 7) Takahashi, A., Shiamda, T., "Resilience Engineering of Space Transportation," Mechanical Engineering Congress, 2017 Japan, 9/5, Saitama(in Japanese).
- 8) Takahashi, A., Shimada, T., "Essentially Non-explosive propulsion Paving a Way for Fail-Safe Space Transportation," 31st International Symposium on Space Technology and Science, Matsuyama, 2017.6.3-6.9
- 9) Takahashi, A., Shimada, T., "Evaluation of Energy for Detonation Occurrence of Space Propulsion System", Asia Pacific Symposium on Safety 2017, Fukuoka, 2017/12/1

# ● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	N/A
プロセス並列数	90
1ケースあたりの経過時間	3600.00 時間

## ● 利用量

総資源に占める利用割合\*1(%):0.86

#### 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	7,097,640.17	0.94
SORA-PP	23,131.03	0.29
SORA-LM	96.01	0.05
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	1,573.97	1.09
/data	10,971.31	0.20
/ltmp	8,641.10	0.65

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	6.29	0.27

## 惑星磁場を用いた放射線防護に関する研究

報告書番号: R17JU0804

利用分野:宇宙科学

URL: https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2017/4353/

#### ● 責任者

佐藤英一 宇宙科学研究所宇宙飛翔工学研究系

#### ● 問い合せ先

江本一磨 kazuma-emoto-vh@ynu.jp

#### **ジ**メンバ

國中均,鷹尾祥典,江本一磨

## ● 事業概要

有人宇宙探査における深刻な宇宙放射線被ばくが懸念されている.そこで,惑星磁場による磁気シールドで宇宙放射線遮蔽を行うことを目指す.惑星磁場は宇宙空間の広範囲に渡るため,数値シミュレーションを用いて磁気シールドの評価を行う.惑星磁場中における宇宙放射線の数値シミュレーションを行うことで.磁気シールドによる遮蔽性能を明らかにする.

#### JSS2 利用の理由

多数の高エネルギー粒子の軌道計算を行うため,大規模な並列化が必要であった.

#### ● 今年度の成果

火星磁場異常を利用した磁気シールドのシミュレーションを実施した.相対論的 Buneman-Boris 法による粒子法を用いることで高エネルギー粒子の軌道を計算し,磁場異常を利用した遮蔽効果を評価した.図 1 に火星表面に到達した高エネルギー粒子の無次元粒子数分布を示す.特定の方向から磁場トラックに入射する高エネルギー粒子は完全に遮蔽可能である結果を得た.宇宙放射線の完全遮蔽は有人探査における被ばく量ゼロを意味し,磁場異常による宇宙放射線遮蔽が可能であることが分かった.

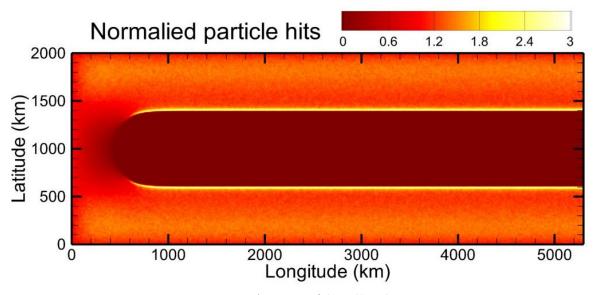


図 1 無次元到達粒子数分布

- 査読付論文
- 1) Kazuma Emoto, Yoshinori Takao, and Hitoshi Kuninaka: A Preliminary Study on Radiation Shielding Using Martian Magnetic Anomalies, Biological Sciences in Space, in press.
- 口頭発表
- 1) 江本一磨,鷹尾祥典,國中均,火星磁場異常を利用した宇宙放射線遮蔽の初期検討,平成 29 年度宇宙輸送シンポジウム,STEP-2017-021,相模原,2018 年 1 月

# ● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	N/A
プロセス並列数	3020
1ケースあたりの経過時間	4.00 時間

## ● 利用量

総資源に占める利用割合\*1(%):0.04

#### 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	329,457.50	0.04
SORA-PP	0.00	0.00
SORA-LM	0.00	0.00
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	014.31	0.01
/data	143.05	0.00
/ltmp	2,929.69	0.22

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

# 高速流体力学に関する学術研究

報告書番号: R17JU0902

利用分野:宇宙科学

URL: https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2017/4354/

#### ● 責任者

佐藤英一 宇宙科学研究所宇宙飛翔工学研究系

## ● 問い合せ先

大山聖 oyama.akira@jaxa.jp

## ● メンバ

大山聖,李東輝,福本浩章,原田拓弥,中野宏章,渡邉誉良,井上翔太,青木理紗子,河合成孝,関本諭志, 田村駿,スラナートスリカンス,寺門大毅,小澤雄太,下村怜,野々村拓

## ● 事業概要

超音速ジェットが発生する空力音響騒音や火星飛行機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

#### JSS2 利用の理由

超音速ジェットから発生する空力音響の解析などにはラージエディシミュレーションが必要になる. また,火星飛行機の空力設計には数百ケースの CFD 計算が必要になり,スーパーコンピュータが必要である.

## ● 今年度の成果

今年度は,無尾翼機型の火星飛行機の翼型(断面形状)の空力設計最適化を実施し,揚抗比の最大化と 操舵性の向上にトレードオフがあること,翼の形状をどのようにすればよいかという指針を得ること ができた.また,低レイノルズ数流れでの不確定性の定量評価に関する知見を得ることができた.

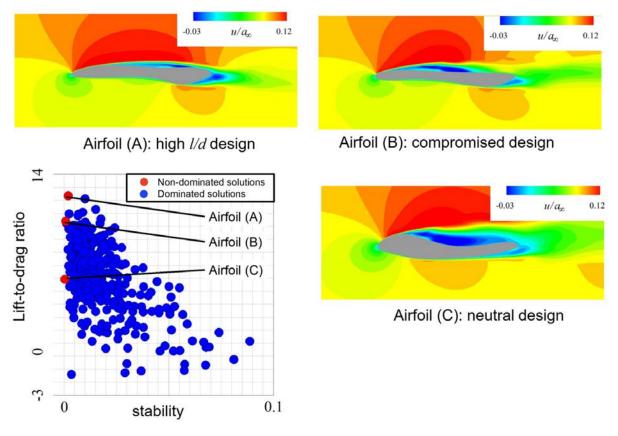


図1 前翼型火星飛行機の翼型空力設計最適化

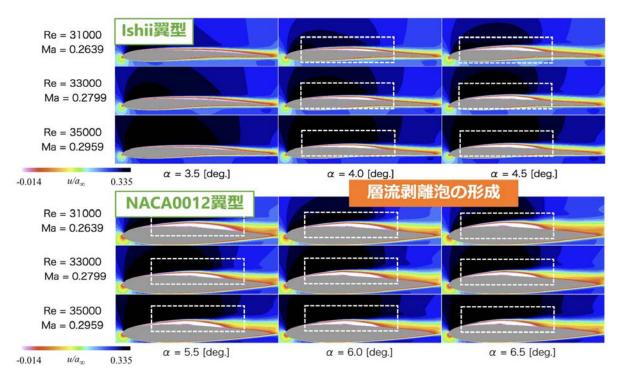


図2低レイノルズ数流れにおける翼型性能の不確定性定量評価

- 査読なし論文
- 1) Takuya Harada, Koji Fujita, Akira Oyama, Hiroya Mamori, Makoto Yamamoto, Aerodynamic Design of Airfoil for Flying Wing Mars Airplane, AIAA Scitech, Kissimmee, FL, US, Jan 8-12. 2018
- 2) Shigetaka Kawai, Thijs Bouwhuis, Yoshiaki Abe, Aiko Yakeno, Taku Nonomura, Akira Oyama, Harry Hoeijmakers, and Kozo Fujii, Investigation of Maximum Velocity Induced by Body-Force Fields for Simpler Modeling of Plasma Actuators, AIAA Aerospace Sciences Meeting, AIAA Science and Technology Forum and Exposition 2018, Kissimmee, FL, US, Jan 8-12. 2018
- 3) Hiroaki Fukumoto, Hikaru Aono, Taku Nonomura, Akira Oyama and Kozo Fujii, Large-Eddy Simulations of Flow Control Effects of a DBD Plasma Actuator at Various Burst Frequencies on a Dynamic Floweld around a Pitching NACA0012 Airfoil at Reynolds Number of 256,000, AIAA Aerospace Sciences Meeting, AIAA Science and Technology Forum and Exposition 2018, Kissimmee, FL, US, Jan 8-12. 2018.
- 4) 河合成孝,大山聖,低レイノルズ数流れにおける翼型特性の不確実性定量評価,第31回数値流体力学シンポジウム,京都府京都市,12月12-14日.2017.

# ● 計算情報

プロセス並列手法	多ケースのパラメータスタディ
スレッド並列手法	OpenMP
プロセス並列数	52
1ケースあたりの経過時間	16.00 時間

## ● 利用量

総資源に占める利用割合\*1(%):1.83

#### 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	14,918,585.64	1.97
SORA-PP	1,596.63	0.02
SORA-LM	0.00	0.00
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	3,621.92	2.51
/data	86,487.83	1.60
/ltmp	18,013.20	1.36

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	3.98	0.17

## 先端的宇宙機推進機のプラズマ流れの数値解析

報告書番号: R17JU0904

利用分野:宇宙科学

URL: https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2017/4355/

#### ● 責任者

佐藤英一 宇宙科学研究所宇宙飛翔工学研究系

#### ● 問い合せ先

船木一幸 funaki.ikkoh@jaxa.jp

#### **ジ**メンバ

田内思担,荒井啓之

## ● 事業概要

将来の大型宇宙機のメインエンジンとして期待され,高推力密度,高比推力といった特長を持つ MPD スラスタならびに将来型スラスタの数値モデリングと性能予測ツールの構築を行う.

#### JSS2 利用の理由

計算リソースを必要とするプラズマ流解析コードにて,数値設計最適化を実施するために不可欠である.

#### ● 今年度の成果

水素を推進剤とした自己誘起磁場型 MPD スラスタの臨界電流付近における数値シミュレーションを実施し,推進特性と流れ場の相関を明らかにした.放電電流 10kA,水素流量 0.4g/s の臨界電流における計算では,放電電流経路がスラスタ外に伸び,カソード先端部の圧力が高まる結果が得られ,これら流れ場の形成には,ホール効果ならびにイオンスリップ効果が深く関係している.両効果の度合いを示すホールパラメータならびにイオンスリップパラメータは,スラスタ内の主要部で1を超えることが明らかになった.放電電流値が変化すると電磁力推力成分が格段に増えて推力増強が図られるが,イオンスリップがスラスタ下流の超音速領域にて支配的となる場合,超音速加熱となるため推力の増強が妨げられる.従って,ホール効果ならびにイオンスリップ効果を含めた流れ場の最適化が,MPD スラスタの特性最適化には重要である.

- 口頭発表
- 1) Shin Tauchi, Akira Kawasaki, Masakatsu Nakane, Kenichi Kubota, Ikkoh Funaki, Numerical Analysis of the Effect of Cathode Configuration on Hydrogen MPD Thruster Performance, Asian Joint Conference on Propulsion and Power, AJCPP2018-027, March 2018, Xiamen.
- 2) 田内思担,川崎央,中根昌克,窪田健一,船木一幸,MPD スラスタの性能向上に向けた電極形状の数値的研究,第61回宇宙科学技術連合講演会,2E13,2017年10月,新潟.

## JSS2 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	自動並列
プロセス並列数	32 - 512
1ケースあたりの経過時間	10.00 時間

#### ● 利用量

総資源に占める利用割合※1(%):0.04

#### 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	64,935.21	0.01
SORA-PP	36,403.88	0.46
SORA-LM	0.00	0.00
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	047.68	0.03
/data	476.84	0.01
/ltmp	9,765.63	0.74

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

## 非線形フォースフリー磁場計算による「ひので」観測に基づく太陽コロナ磁場推定

報告書番号: R17JU0912

利用分野:宇宙科学

URL: https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2017/4356/

#### ● 責任者

藤本正樹 宇宙科学研究所太陽系科学研究系

#### ● 問い合せ先

清水敏文 shimizu.toshifumi@jaxa.jp

#### **ジ**メンバ

清水敏文,川畑佑典,長谷川隆祥,土井崇史,伴場由美

## ● 事業概要

太陽系最大の爆発現象である太陽フレアの発現機構を理解することを目的とする.太陽観測衛星「ひので」で観測された太陽表面磁場を用いて3次元の磁気流体力学計算を行うことで,上空のコロナにおける3次元磁場構造を数値モデルの助けを借りて推定する.推定された3次元磁場構造を用いて,フレア発生に関わる発現機構を探る研究を推進する.

#### JSS2 利用の理由

スパコンの大規模計算環境を利用して太陽観測衛星「ひので」の高空間分解能の磁場を用いた3次元の磁気流体力学計算によるフォースフリー磁場モデリングを行う.3次元の磁気流体力学計算を用いて,3次元磁場の緩和を行うためには,多くの計算資源が必要となるため.

#### ● 今年度の成果

表面磁場の観測からコロナの 3 次元磁場構造を知るには,非線形フォースフリー磁場(NLFFF)モデリングによる外挿手法が現在有効な手段となっている.低密高温の太陽コロナではローレンツ力のみで力学的平衡が成り立つとするフォースフリー近似( $\nabla xB(x)=\alpha(x)B(x)$ )が妥当だからである.観測された光球磁場データを境界条件として与え,この非線形の方程式を数値計算で解く事で,3次元磁場情報を導出する.しかし,この NLFFF モデリングには様々な不定性(手法依存性,観測装置依存性,観測の空間分解能依存性)が報告されており,どの要素がモデリングの精度に重要かは明らかになっていない.我々はその中でも未だ調査されていない,NLFFF モデリングの初期条件依存性について研究を行った. NLFFF モデリングによる外挿計算は通常初期条件として,解の知られているポテンシャル磁場( $\nabla xB(x)=0$ )を与え,その後,底の境界条件を観測と整合させながら 3 次元空間で緩和させることで解を得る.我々はこの初期条件を,線形フォースフリー磁場(LFFF;  $\nabla xB(x)=\alpha 0B(x)$ ,  $\alpha 0$  は定数)に変更することで最終的な NLFFF がどのように変化するかを調べた.定数  $\alpha 0$  を異なる 12 個の値で計算を行った所,得られた NLFFF のエネルギーや自由エネルギーはそれぞれ初期条件に依存しない(図 1)一方

で,再現された磁力線の形が,12 個それぞれの解で大きく異なることがわかった(図 2).磁力線の形のばらつきは,磁力線の長さが長いと(100Mm-)大きくなり,短い場合はばらつきが小さくなることが明らかになった.これは短い磁力線は観測から与えた底の境界条件の影響を受けやすいため,初期条件の依存性が小さくなることが原因と考えられる.

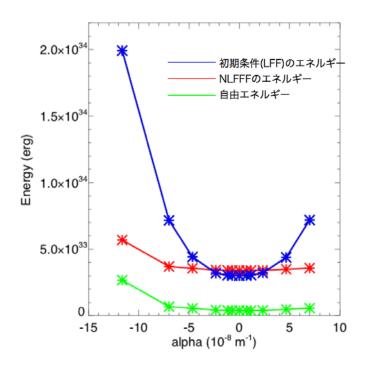


図 1 それぞれの初期条件( $\alpha$ 0)における初期条件の磁気エネルギー(青),NLFFF の磁気 エネルギー(赤),自由エネルギー(緑,NLFFF とポテンシャル磁場のエネルギー差).

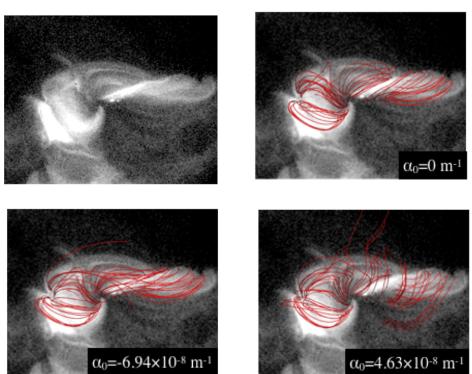


図 2 太陽観測衛星「ひので」でとられた X 線画像と NLFFF の磁力線の比較.初期条件を変えることで観測との整合性をよくすることができる可能性を示唆している.

- 査読付論文
- 1) Yusuke Kawabata, Satoshi Inoue, Toshifumi Shimizu: "Non-potential Field Formation in the X-shaped Quadrupole Magnetic Field Configuration", The Astrophysical Journal, 842, 106, 2017

#### ● 口頭発表

- 1) 川畑佑典, Andrés Asensio Ramos, 井上諭, 清水敏文:「Comparison between chromospheric field derived from He I 10830 Å observation and nonlinear force-free field modeling from photosphere」, 天文学会秋季年会,北海道大学,2017 年 9 月
- 2) 長谷川隆祥, 清水敏文: "Reversed Rotation of a Sunspot Associated with the X2.1 flare in NOAA 12297", Daiwa-Adrian Workshop, 英国 UCL,2017 年 7 月
- 3) 長谷川隆祥, 清水敏文: "黒点の逆回転と大規模フレア", 天文学会 2017 年秋季年会,北海道大学,2017 年 9 月
- 4) 長谷川隆祥, 清水敏文: "Reversed Rotation of the Well-Developed Sunspot Associated with an X-class Flare", Helicity Thinkshop, 東京大学, 2017 年 11 月
- 5) 長谷川隆祥, 清水敏文: "太陽フレアに関連した磁気へリシティについての観測的研究",第25回ひので・実験室ミーティング,東京大学,2018年2月

#### ● その他

1) Takahiro Hasegawa: "Observational Studies on Magnetic Helicity Associated with Solar Flares", Master thesis, The University of Tokyo, March 2018.

# ● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	N/A
プロセス並列数	12
1ケースあたりの経過時間	5.00 時間

## ● 利用量

総資源に占める利用割合\*1(%):0.13

#### 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	0.00	0.00
SORA-PP	62,736.30	0.79
SORA-LM	0.00	0.00
SORA-TPP	84,134.72	9.39

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	033.65	0.02
/data	334.59	0.01
/ltmp	6,835.94	0.52

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

# サンプルリターンカプセルの研究開発

報告書番号: R17JU1600

利用分野:宇宙科学

URL: https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2017/4357/

#### ● 責任者

三保和之 宇宙科学研究所宇宙科学プログラム室

#### ● 問い合せ先

山田和彦 yamada.kazuhiko@jaxa.jp

#### **ジ**メンバ

山田和彦,比護悠介,野原和希,風間友哉

## ● 事業概要

将来の惑星探査では、日本が「はやぶさ」で世界に先駆けて実現した、サンプルリターンミッションが一つの柱になると考えられている。ここでは、その実施に必須であるサンプルリターンカプセル技術に関して、「はやぶさ」のヘリテージを継承しつつ、さらに発展させていく活動を行う。ここで、得られた技術は、サンプルリターンカプセルの高性能化につながり、自在で魅力的なサンプルリターンミッションを実現することにつながる。

#### JSS2 利用の理由

スパコンを用いてサンプルリターンカプセルの研究開発に関連した様々な流体解析を実施することで、サンプルリターンカプセルの開発に関連する流体現象を理解し、将来のサンプルリターンカプセルの設計に反映する。サンプルリターンカプセル技術に関連する流体現象は、特殊な環境であることが多いので、地上での再現実験が難しい場合が多い。また、流体解析は大規模になるため、スーパーコンピュータが必要である。スパコンを利用した数値解析と実験を組み合わせて、現象を理解することが必須である。

#### ● 今年度の成果

今年度は,昨年度の成果を踏まえて,Baldwin-Lomax モデルを採用した計算手法により,「はやぶさ」のカプセル形状(図1)に対して,パラシュート放出挙動や空力安定性の評価に重要なカプセルの後流場に注目した解析を実施した.迎角や流速などをパラメータにして解析を実施し,それらの後流場への影響を調べた(図2).その結果を,別途風洞試験で実施した PIV 法による流れ場の可視化結果と比較して,その妥当性を検証した(図3). この計算手法を使って,今後は,将来のサンプルリターンカプセルの設計に反映するデータベースの構築やサンプルリターンカプセルの空力性能評価を実施していく予定である.

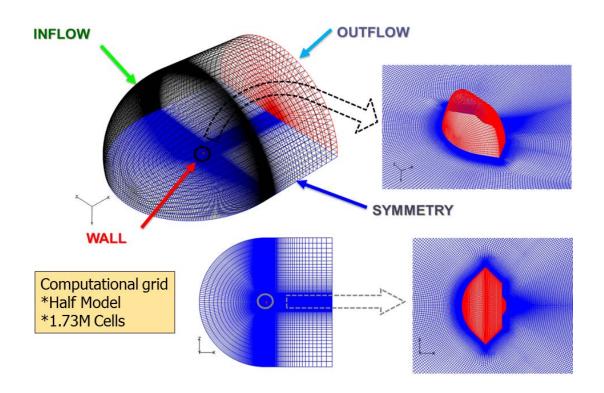


図1 計算格子

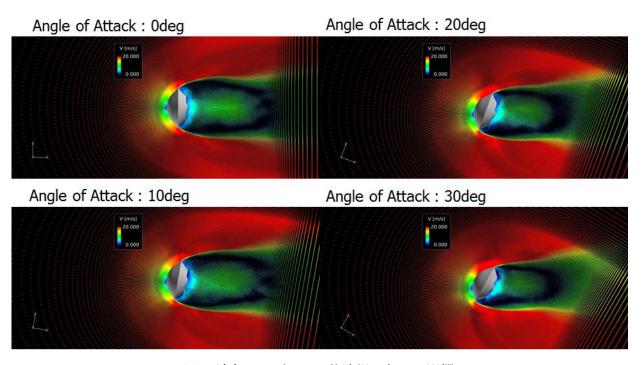


図2 迎角がカプセルの後流場に与える影響

# Velocity profile in wake flow along the body axis. Comparison between CFD results and PIV visualization in low speed wind tunnel test.

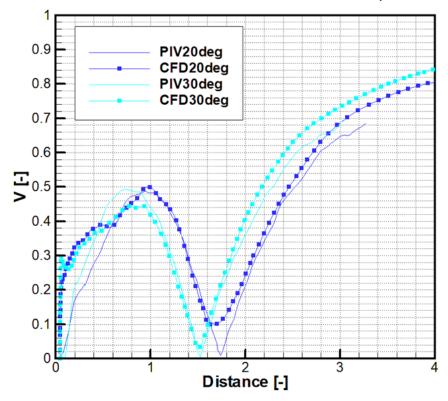


図3後流場の速度分布について数値計算と風洞試験結果の比較

## ● 成果の公表

- 口頭発表
- 1) 野原和希"はやぶさ型サンプルリターンカプセルの後流流れ場計測と数値解析",平成 29 年度宇宙 航行の力学シンポジウム,相模原

# ● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	N/A
プロセス並列数	64
1ケースあたりの経過時間	104.00 時間

## ● 利用量

総資源に占める利用割合※1(%):0.01

#### 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	80,382.74	0.01
SORA-PP	15.28	0.00
SORA-LM	0.00	0.00
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	028.61	0.02
/data	286.10	0.01
/ltmp	5,859.38	0.44

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