

## series わたしの仕事 (47)

## 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

根岸秀世 (H12/2000 卒)



## 1. はじめに

私は社会人博士として熱物理工学研究室(指導教官:黒瀬良一先生)に在籍し、この2024年3月に卒業した京機会新人です。学部と修士は東京工業大学および同大学院(今年10月には東京医科歯科大学と統合して東京科学大学と改名されますので、母校の名前がなくなるのは少し寂しく感じます)の機械系を卒業し、2002年にJAXA(当時は宇宙開発事業団NASDA)に入社して現在に至ります。2024年4月の京機会関東支部総会・新人歓迎会に参加させていただいた折、同じ宇宙業界ということで意気投合した広瀬さん(「わたしの仕事(46)」で寄稿)とセットで蓮尾先生からお声掛けいただき、寄稿させていただくことになりました。この先就活を始められる学生の皆さん、またいずれどこかでお会いするであろう京機会員の皆様に向けて、自己紹介がてらJAXAや私の仕事についてご紹介いたします。

ちなみに、JAXAについては、「わたしの仕事(4)」で藤井剛さん(たまたま、藤井さんが学生の時に就活相談に応じたり、その後、JAXAの宿舎ではご近所になったり、仕事でも絡みがあったりと、親しい友人です)がすでに寄稿されていますので、内容が被らないように工夫して書いてみます。

## 2. JAXA について

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency、日本語正式名は国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)は、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構法(平成14年法律第161号。通称「JAXA法」)で定められた組織です。その位置付けや役割は、“宇宙科学に関する学術研究及び宇宙航空に関する基礎・基盤的な研究開発並びに人工衛星等の開発、打上げ、追跡及び運用等並びに宇宙空間を利用した事業の実施を目的として民間事業者等が行う先端的な研究開発に対する助成の業

務を総合的に行うことにより、大学等における学術研究の発展、宇宙科学技術及び航空科学技術の水準の向上並びに宇宙の開発及び利用の促進を図ること”と規定されています。要するに、宇宙航空に関する基礎研究から開発・利用に至るまで、何でもやる我が国唯一の研究機関です（平たく言えば、日本の NASA です）。図 1 に JAXA の役割を示しますが、非常に多岐に渡ります。ここでは、組織概要と、学生さんにとって気になる採用情報について簡単にご紹介します。

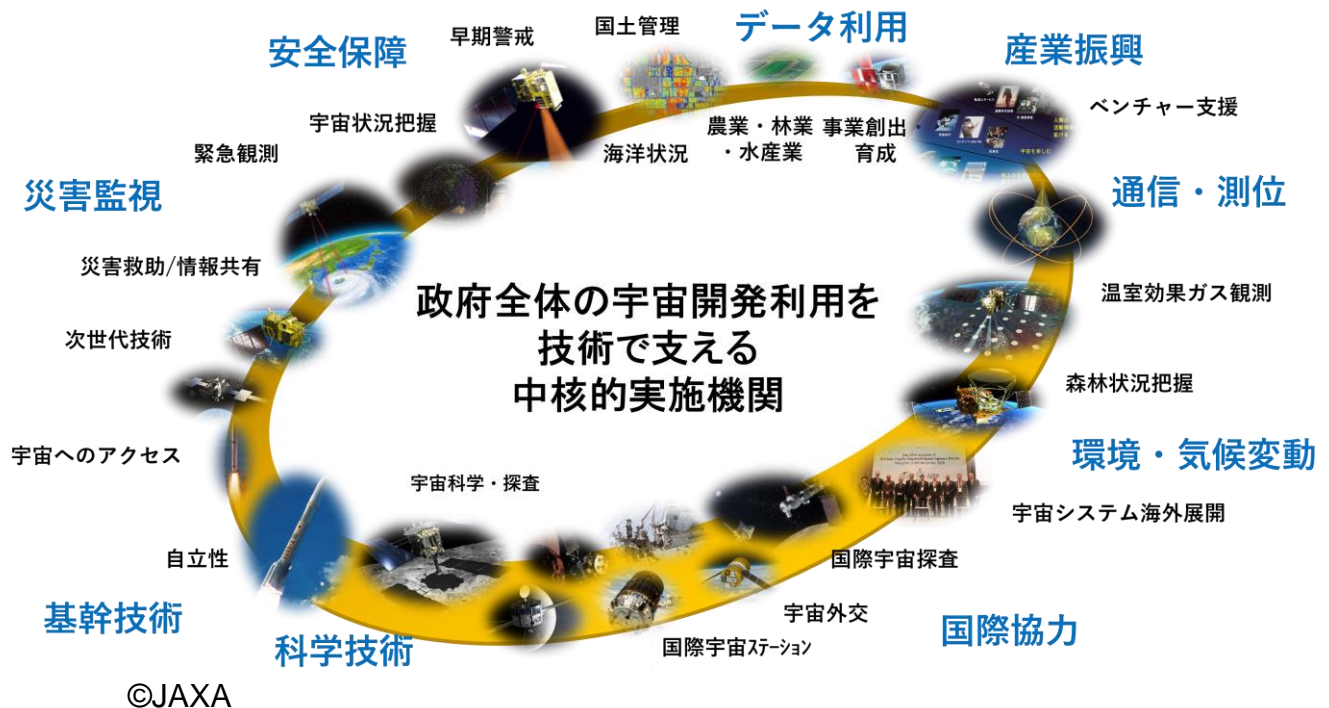


図 1. JAXA の役割

## 2-1. 組織概要

JAXA は、2003 年 10 月に当時の宇宙 3 機関（宇宙開発事業団 NASDA、宇宙科学研究所 ISAS、航空宇宙技術研究所 NAL）が統合して設立されました。2024 年 4 月 1 日現在の職員数は 1,635 名（技術系が 7 割、事務系が 2 割、教育職が 1 割）[1]、2024 年度予算は 1,548 億円（補正予算除く）[2]で、米国 NASA と比べると人員は約 1/10、予算は約 1/20 の規模感で活動しています。

図 2 に組織図[1]を示します。組織体制は基本的には部門制で、大多数の職員が部門に所属します。ほぼ名前から事業内容が想像できると思いますが、宇宙輸送部門はロケット関連、第一宇宙技術部門は実用衛星関連、有人宇宙技術部門は国際宇宙ステーションやそこへ物資を運ぶ宇宙ステーション補給機関連、研究開発

部門は共通基盤的研究や先進的ミッション/システムの先行研究関連、宇宙科学研究所は「はやぶさ」シリーズなどに代表される宇宙科学関連、航空技術部門は航空関連、そして第二宇宙技術部門は安全保障に係る情報収集衛星関連をそれぞれ担当しています。また、宇宙探査イノベーションハブは産学官の研究結節点として宇宙探査の Game change を実現する組織、また国際宇宙探査センターはその名の通り国際

宇宙探査（主には月や火星を対象とした国際協力）を総合的に推進する組織になります。そして図2の右側はHQ組織で、JAXA横断の業務を担当しています。

各部門の印象ですが、主観半分で言うと、宇宙輸送部門は体育会系、第一宇宙技術部門はスマートインテリ系、有人宇宙技術部門は半分アメリカ（国際宇宙ステーション関連でNASAとの繋がりが強いため）、研究開発部門は個性派集団、宇宙科学研究所はほぼ大学でチャレンジャー、航空技術部門はフロントランナー（昔はCFDのメッカの印象）、第二宇宙技術部門は謎に包まれたブラックホール（異動するとなかなか戻ってこない気が…。ただ話を聞くと、仕事はやり甲斐があり面白いので戻って来れないのだという噂も）という感じです。

図3にJAXAの事業所・施設[3]を示します。日本国内だけでもたくさんあり、海外にも各国の宇宙関連機関との調整等のため駐在員事務所が存在します。主要なところをご説明すると、本社機能は調布航空宇宙センター（最寄り駅はJR中央線の三鷹駅）にあり航空技術部門もその中にあります、本社業務の一部は東京事務所（最寄り駅はJR中央線のお茶の水駅）にもあり、宇宙科学研究所は相模原キャンパス（最寄り駅はJR横浜線の淵野辺駅）、その他の宇宙輸送技術部門、第一宇宙技術部門、有人宇宙技術部門、研究開発部門は筑波宇宙センター（最寄

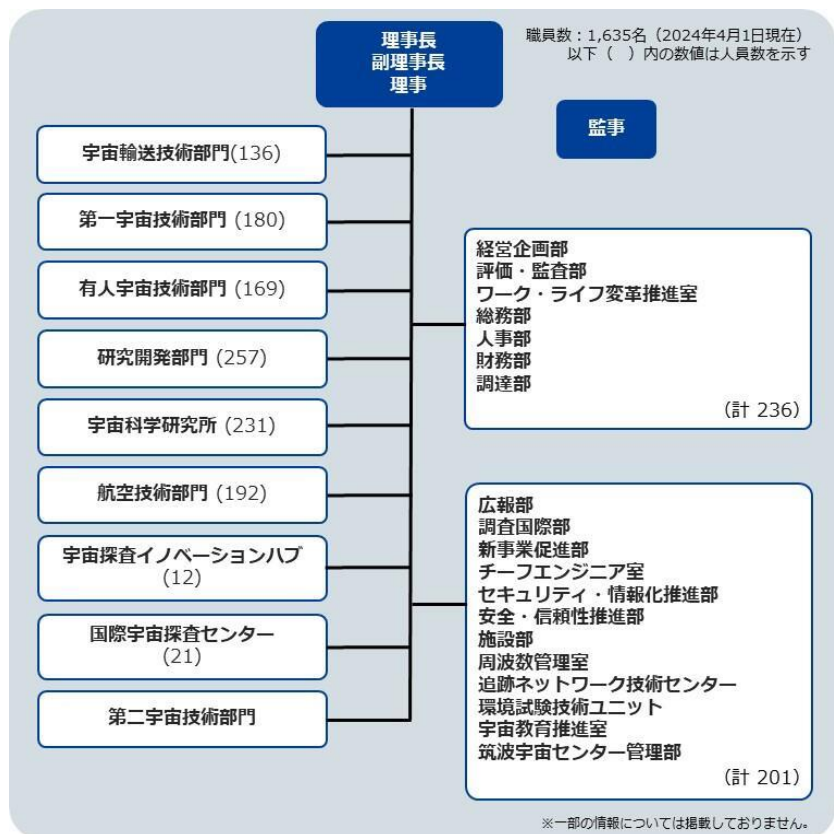


図 2. JAXA の組織図[1]





### 3. わたしの仕事

現在、私は研究開発部門の第三研究ユニット（情報・計算工学を専門とする研究部隊）に所属しています。在勤地は筑波宇宙センターです。JAXA 入社以来、一貫して液体ロケットの数値流体シミュレーション技術（いわゆる Computational Fluid Dynamics、以下「CFD」）の研究開発と、それを活用したプロジェクト課題解決に従事してきました。

CFD は、自動車や航空機の設計開発では先行して利用されてきており、現在ではロケットの設計開発でも当たり前のように使われています。ただ、私が JAXA（旧 NASDA）に入社した 2002 年頃は、ほとんど使われていませんでした。当時、ロケットの設計開発はひたすら試験ベースで行われていた時代でした。実際、東西冷戦時代に行われた米国とソビエト連邦の宇宙開発競争（1957 年のソビエト連邦による人類初の人工衛星スプートニク 1 号の打ち上げに端を発する）も、両国の膨大な資金や人材を背景とした試験ベースの設計開発スタイルだったこともあり、日本もそれを踏襲していたという流れになります。一方で、私が入社する少し前、1999 年 11 月に H-II ロケット（我が国初の全段国産化を実現したロケット）8 号機の打ち上げが失敗し、海底 3000 m に落下したエンジンを回収してまで実物による徹底的な分析と試験ベースによる事故原因究明活動を進める中で、CFD 技術の必要性が認識された時期でもありました。それを受け、2001 年に専門チームが NASDA 内に発足し、私はその 1 年後、2002 年にそのチームに配属され、現在に至ります。

入社してから今日に至るまで、私の研究開発業務の目的は、液体ロケットの設計開発で使える CFD 技術を獲得することでした。私自身は、修士で宇宙往還機用エンジンノズル周りの圧縮性流体解析をしていたこともあり、入社時点で基礎知識とスキルは持っていました。これまでに私個人としては、液体ロケットエンジンシステムの動的挙動評価技術（いわゆる 1 DCAE）、推進薬タンクの液面挙動解析技術（いわゆる VOF 法ベースの自由表面流れ解析技術）の構築、液体ロケットエンジン燃焼器の冷却性能評価技術（図 4（左）：燃焼、固体熱伝導、冷却剤流れの熱-流体連成解析技術）の構築、液体ロケットエンジンターボポンプの性能評価技術（図 4（右））の構築等に従事し、液体ロケットの主要コンポーネントの CFD 技術構築は、一通り経験することができました。研究テーマは、将来プロジェクトを見据えて、潜在ニーズやリスクを先読みして設定します。また、研究期間は

3年～5年単位が基本です。(JAXA の中期計画が 5 年単位だった点が大きいです。今は 7 年になっています。) 学術研究でもありますので、国内外との共同研究、学会・論文発表も随時行いながら進めます。

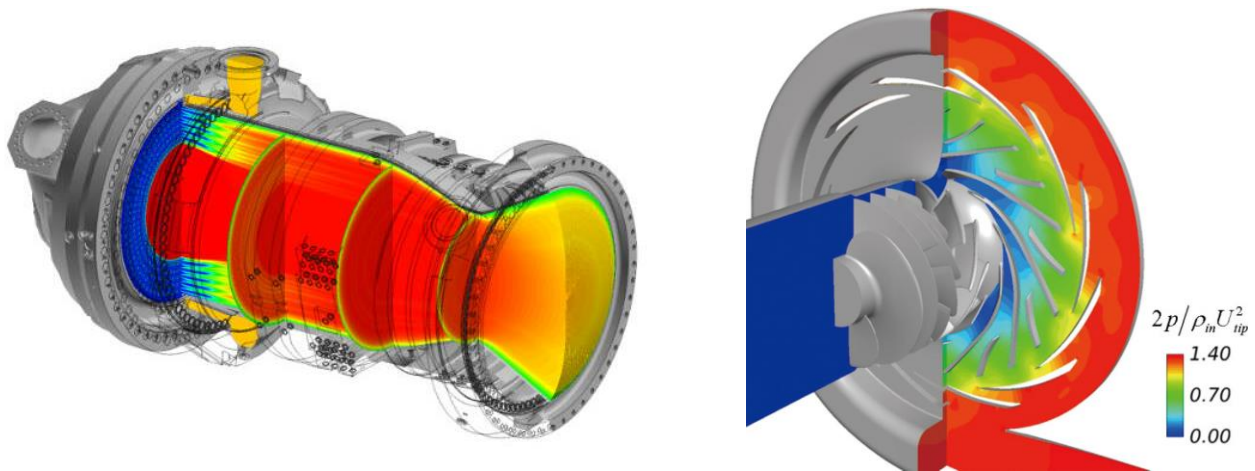


図 4. ロケットエンジン解析事例：(左) 燃焼器[5]、(右) ターボポンプ[6]

液体ロケットの設計開発で CFD の適用が遅れていた理由は、主に以下 3 点ありました (これらは世界的にも CFD の技術課題でした)：

- ①液体ロケット内部の熱流動に関する現象理解と物理数学モデルの不足
- ②CFD 用検証データの不足
- ③計算リソースの不足

これまで、これら 3 つの課題をいかに解決するか? の戦いでした。

①の課題については、2008 年から 2017 年にかけて東京大学と JAXA で実施した社会連携講座が有効でした。共同研究の一種なのですが、ALL JAPAN の研究拠点として東京大学の中に専任の教員を置いた研究室を設置しました。そこに産学官の研究者、技術者が定期的に集まり議論を交わす中で、専任の教員や JAXA 研究員が研究を推進する体制で、液体ロケットに係る現象理解と物理数学モデルの構築が確実に進みました。私も一人の研究員として参加しましたが、学術知見を積み上げる上で、いかに多くの人と議論を交わすことが大切かを学びました。

②の課題については、CFD 用検証データ取得を目的とした試験の実施と、複雑な実問題を基礎的な要素にブレークダウンし、ボトムアップ方式で検証を積み上げる (図 5) ことが有効でした。従来の試験は、設計妥当性評価が目的で、現象理解を目的とした内部の可視化や CFD の検証に繋がる定量データの取得は考えられてきませんでした。幸いにして、現在開発中の H3 ロケット 1 段エンジン LE-9

の技術実証プロジェクトでは、設計開発における CFD の導入も目的になっており、ちょうど①の活動時期と重なったこともあって、実現することができました。CFD 技術の研究開発は、実験と両輪で進めて始めて実現できることを学びました。

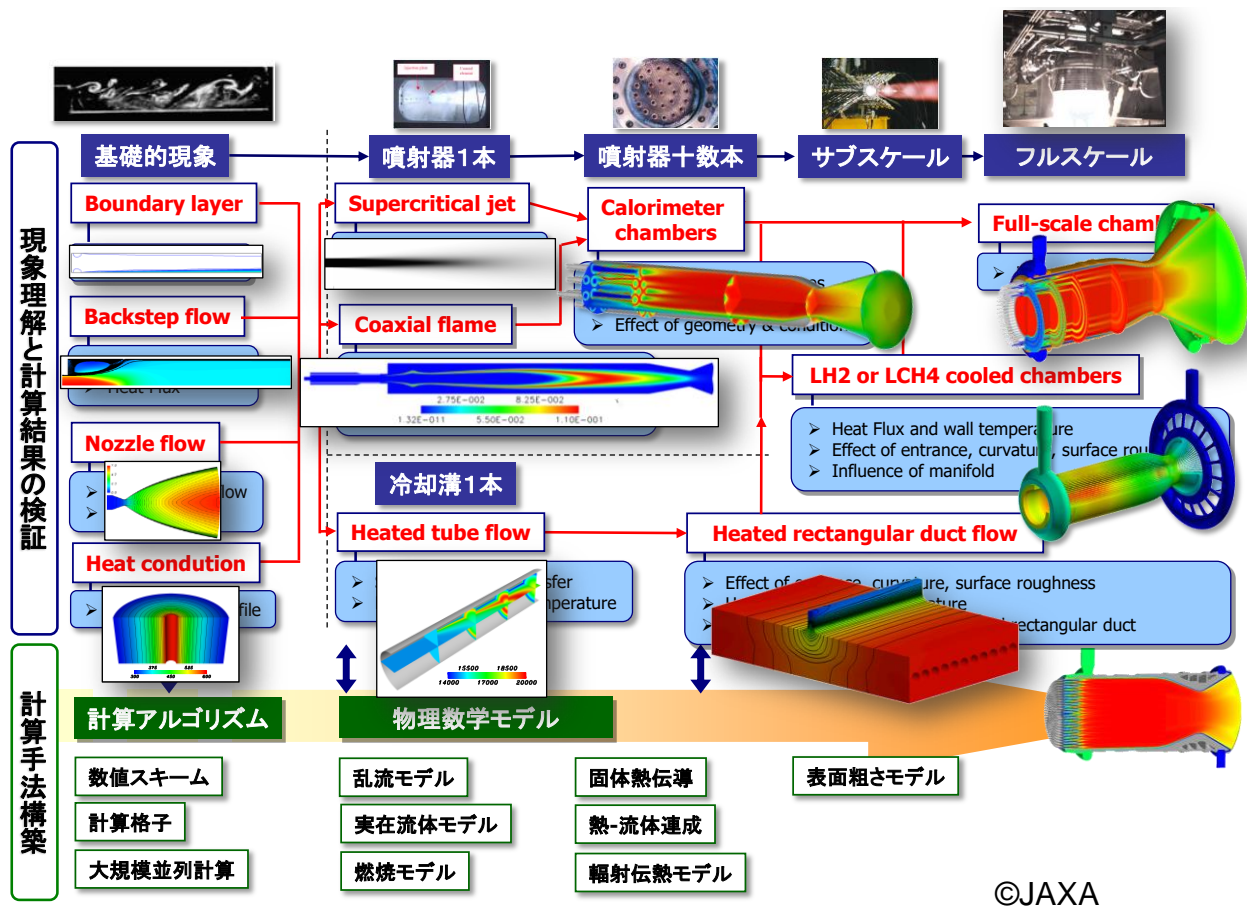


図 5. ロケットエンジン燃焼器解析技術の構築と検証プロセス例

③の課題については、液体ロケット内部が複雑形状であり、実機の形状や内在する物理現象を再現するための空間解像度を確保しようとする場合、計算格子点数が数千万点から数十億点規模となるため、2000年代前半のスーパーコンピュータでは計算が困難でした。幸いにして、ムーアの法則（1965年にゴードン・ムーア氏が提唱した“半導体の性能は18か月で2倍になる”という経験則）に従いスパコン性能の確実な向上が実現してきたことで、現在では実形状・実条件の計算が可能となっています。つまり、コンピュータの性能向上を待つ必要がありました。現在ではムーアの法則の終焉が見えつつあり、GPUや量子コンピュータなど新たなハードウェアを見据えた研究開発の必要性を強く感じ始めています。

もう1つのわたしの仕事、研究開発で獲得した CFD 技術を活用したプロジェクト課題解決ですが、社内コンサルティング業務の様な活動になります。昨今では液体ロケットの設計開発プロセス全般で CFD 技術が利用できるようになっていきますので、設計上流段階での設計妥当性評価、CFD による開発試験の代替や削減、性能向上のための設計提案、また開発後期や運用段階で出てきた不適合・不具合の原因究明や改善提案など、活躍の場面は多岐に及びます。この種の仕事は、明確に Output の期限（“明日まで”から“年度末まで”と、ケースバイケースです）が切られ、プレッシャーのかかる仕事ですが、自分が開発した CFD 技術でプロジェクトからの依頼に応えられた時は、大きな達成感が得られます。また、実はこれら実設計開発における技術課題の中から次の研究課題が見い出せる場合が多く、研究課題には事欠きません。実機を扱える JAXA だからこそ、研究者としては恵まれた環境と感じています。

私個人としては、JAXA 入社以来、H-IIA、H-IIB、H3 の各ロケットの設計開発に貢献してきました。特に H3 に関しては、構想段階からお付き合いしており、先日の 2024 年 7 月 1 日の三号機打ち上げで、初めて実用衛星の打ち上げに成功した時（図 6）は感無量でした。開発完了に向けて、気合を入れ直しているところです。

#### 4. おわりに

本稿では、自己紹介がてら、JAXA と私の仕事についてご紹介してきました。昨今の宇宙開発は世界的に競争が激化し、また米国 SpaceX 社に代表されるように、民間企業の存在感が急速に増しています。宇宙産業は、世界全体で現在約 54 兆円規模であり、2040 年までに 140 兆円規模になると予想される成長産業です。我が国も、世界に遅れを取ることなく、産学官総力を挙げて産業規模を拡大していく必要があります。

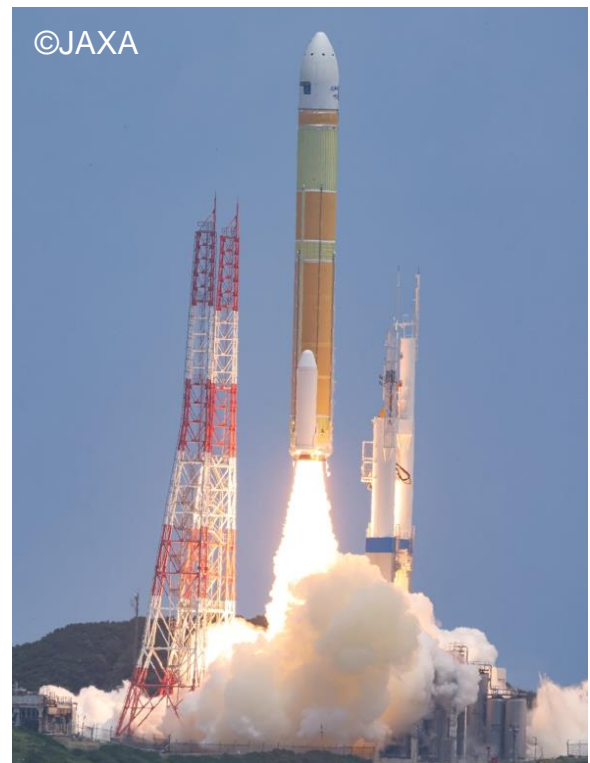


図 6. H3 ロケット 3 号機の打ち上げ



私は前述の通り修士までは他大学出身ですが、機械系だけの同窓会組織が存在し、またしっかり大学と連携して日本全国で積極的に活動しているという同窓会は聞いたことがなく、京機会は非常に希少なコミュニティーであると感じています。京機会の繋がりから、宇宙人材の発掘、また新たな共同研究や宇宙ビジネスのチャンスが生まれると面白いかも…と期待しつつ、今後の京機会活動に参加させていただきます。今後ともよろしく願いいたします。

参考 URL :

[1] [https://www.jaxa.jp/about/org/index\\_j.html](https://www.jaxa.jp/about/org/index_j.html)

[2] [https://www.jaxa.jp/about/transition/index\\_j.html](https://www.jaxa.jp/about/transition/index_j.html)

[3] [https://www.jaxa.jp/about/centers/index\\_j.html](https://www.jaxa.jp/about/centers/index_j.html)

[4] [https://www.jaxa.jp/about/employ/index\\_j.html](https://www.jaxa.jp/about/employ/index_j.html)

[5] <https://fanfun.jaxa.jp/jaxas/no084/03.html>

[6] <https://stage.tksc.jaxa.jp/jedi/simul/index.html>