

我が国の宇宙産業の拡大、小型コンステレーション時代を見据えた 大学等を中心とした人材育成のあり方について（案）

令和4年3月29日
宇宙科学・探査小委員会

1 はじめに

測位や通信・放送等を提供する宇宙システムは、既に日常生活に定着し、国民生活や経済社会の基盤として不可欠なものとなっており、安全保障や災害対応への貢献も含め、社会を支えるインフラとして今後もその重要性は高まっていくと考えられる。他方、世界においては、技術革新が急速に進み、小型・超小型衛星のコンステレーションによる通信衛星や観測衛星の新たなビジネスモデルが登場する等、これまでの宇宙産業の枠を超えた新しい宇宙利用が拡大している。

そうした中、2008年には20兆円規模であった世界の宇宙産業は2016年には40兆円規模へと急速な成長を遂げており、2040年には100兆円規模にまで成長するという予測がある。また、従来の宇宙産業に加え、宇宙がより身近になることで波及的産業（宇宙旅行や宇宙での生活、エンターテインメント等）が大きく成長するという見方もあり、宇宙産業の成長産業としてのポテンシャルは非常に大きい。

一方で我が国の宇宙産業の市場規模は2008年の1兆円に対し2019年には1.1兆円と、上述した世界の宇宙産業と統計の取り方に差異があるもののトレンドとして、世界の市場規模の拡大に比べて微増に留まっている。また、2008年の宇宙基本法制定以降、5千人にまで落ち込んでいた宇宙関連産業人口は市場拡大の期待等により9千人近くまで増加しているが、2015年以降頭打ちの傾向にある。我が国の自立的な宇宙活動能力を維持し、宇宙産業を国家経済の基幹産業に成長させるためには、人材育成を含めた積極的かつ総合的な政策推進が引き続き求められている。

2 人材育成の重要性について

宇宙関連産業人口を増加させ、宇宙産業を拡大していくためには、これまで我が国の宇宙産業を支えてきた実績のある企業の事業活動を拡大させていくだけでなく、スタートアップの振興や非宇宙産業からの新規参入の促進、他業種からの人材流入の促進、制度環境の整備等、多くの視点が必要となるが、中でも、大学等教育機関による人材育成は、宇宙産業全体への人材供給の土台として重要である。宇宙科学研究の推進や宇宙探査の実施による科学への貢献とともに我が国の宇宙利用の拡大のためには多くの優秀な人材を育成する必要がある。宇宙利用をより拡大し社会基盤として社会生活の向上に貢献し、直接的・波及的に拡大する世界の宇宙産業の中で我が国が大きな市場を獲得するためには、従来のように輸送系や宇宙機、地上局やソフトウェアなどの分野に留まらず、データ利用

などを通じた裾野の拡大にも寄与できる人材が必要である。また当初は大学で人材育成として始まった超小型衛星の開発は、1U～3U、6U 程度のものから 50kg～100kg 級へとラインアップを拡大し高度化され、ベンチャーなどの新規参入もあり、低軌道コンステレーションによる地球観測や衛星通信などのビジネス展開が始まっている。多様なプレーヤーによる新技術に基づくイノベーションが進みつつある中、国際市場シェアを拡大していくためには、欧米のベンチャーに見られるように、サービスの利用者目線に立ってプロダクトを開発するソリューションエンジニアやプロダクトオーナー人材など1つ上の視点で全体を捉えることができる国際的なビジネスの観点を持つ人材も必要である。これらに対応出来るビジネスや投資関連の専門家の育成・参入の促進も重要な課題である。

また、これらの新技術の開発や最先端プロジェクトでの応用、科学的探求を進めるためにも、研究開発者（研究者、エンジニア等）育成も重要な課題である。ロケットや人工衛星開発等が含まれる宇宙機器産業について、その市場規模は2016年の段階で約3千億円であり、その従業員数は約9千人と、米国（約8万人）や欧州（約5万人）に比べて、少ない状況である。そうした中、我が国の宇宙機器産業における研究開発者数は約4千人であり、全体9千人に対して比率としては少なくはないが、高度な知識を持った研究開発者は育成に時間がかかるため、市場規模の拡大を見据えて、育成を強化していく必要がある。宇宙基本計画では、我が国の宇宙産業の規模を2030年代早期に倍増することを目指すとしているが、様々な専門をもった人材が必要となるため単純には言及できないものの、研究開発者数についても倍増に近い数字を目標とした育成が必要になると想定される。

こうした認識の下、宇宙科学・宇宙探査に関する人材育成のあり方、小型コンステレーション時代に向けて求められる人材像、大学や関係機関の連携、観測ロケットの打ち上げ機会の提供や大学等機関の拠点構築の構想などを検討することとし、議論の対象として大学等を中心とした人材育成のあり方に関する検討を行った。

3 求められる「アーキテクト」育成

多分野に跨がる知識をもって、プロジェクトへの応用を求められる宇宙分野では、高度に統合されたシステムを用いてミッションを成功させる必要があり、従来から総合工学としての特殊性を有している。そのため研究・開発分野に留まらず、製造分野でも工程全体のシステムを把握し、統合して理解できる人材（システム人材）が求められる。また近年の変化が激しくアジャイルな開発・生産が求められる最近の宇宙産業においては、製造に携わる現場の人達にもシステム的な視点が求められており、一体感を持った参加が必要である。日米欧の大型の宇宙プロジェクトにおいては多くの専門家と様々な研究開発分野を束ねることで巨大プロジェクトが実施されており、近年の民間主導のプロジェクトでも同様である。現在ではこのように、システム全体を理解したシステム人材に留まらず、到達ビジョンを持ち先端的かつ複雑化したプロジェクトを牽引する以下のような役割の人材を「アーキテクト」と呼び、様々な分野で育成が求められている。

- 全体俯瞰のため多様な専門家の考えを統合し、目的を実現するためのコンセプト、実現する仕組みおよび原則を決める人
- (様々な専門分野を横断する) 横串の専門家
- AI/IoT/ビックデータなどの最新技術や AM などの新しい製造技術を、他と組み合わせ合わせて活用し課題解決 / 価値創造に繋げられる人

また「アーキテクト」人材には以下のような能力が求められる。

- コアとなる専門分野に加え、多岐にわたる分野の知識・経験を有する
- 全体をシステムとして理解し対応出来る
- 巨大なシステムの中で全体あるいは個別部分の担当として決断・判断が出来る

他分野でも宇宙分野と同様に複雑なシステムとして高度に統合された製品(自律走行の自動車など)が主流となっており、産業界全体としてもこのような人材に対する需要は高い。

総合工学として発展してきた宇宙分野は「アーキテクト」人材の育成に、一日の長があると考えられる。ただし、座学的な教育方法のみでは知識は得られるが、特に決断・判断の過程や更には人とのコミュニケーション・人格形成についての学びや経験が少なく、実践的な力になっていないことが多い。そこで「アーキテクト」人材の育成においては設計から開発、打上げ、運用といった工程を経験する「プロジェクト体験」が重要な意味を持つ。特に宇宙開発分野のように時には巨大となるプロジェクトの中では、それぞれが任された担当分野で決断・判断を下すことが強く求められるため、リーダーは勿論のこと、これを補佐するサブリーダーにも「アーキテクト」としての考え方や行動の仕方など、全体を動かす素養が大切になる。実際、ロケット等の開発・製造を実施する企業においても、入社数年を経た社員をそれぞれ小さいなりに責任を任せたポストに配属し、巨大な全体プロジェクトを支える一つ一つの部署判断を委ねている。(その後様々なプロジェクトでアーキテクトとしての経験を積み、プロジェクト全体を束ねるアーキテクトとして成長していく。)従来型の座学中心の教育による物事の本質的理解とともに、総合工学に求められる統合されたシステムの実現に向けプロジェクト実施を通じ、実践的な教育を組み合わせていくことが必要である。

もちろん「プロジェクト体験」にはベースとして座学等で得られた知識が必要である。小規模の「失敗が許されるプロジェクト」に携わる機会、得られた知識・経験レベルに応じてより規模の大きなプロジェクトに携わる機会を学生時代にもてる教育課程を構築し、実社会に出たあとで、更に大規模で、且つリスク許容度の狭いプロジェクトを遂行できるようにすることが必要である。併せて、「失敗が許されるプロジェクト」での失敗経験からプロジェクト遂行に必要な知識を実感した後に、それを学ぶ座学の機会があることも重要である。

このような観点から、従来我が国では JAXA/ISAS などが様々なミッションを通じたプロジェクト体験を提供してきた伝統がある。また近年では、大学等でも 1U から 3U のキュ

ーブサット、さらには 50kg クラスの超小型衛星の開発・打上げ・運用を通じたプロジェクト体験による人材育成を進めており、JAXA も打上げ機会の提供などを通じて人材育成を支援してきた。このような様々な協力・取り組みにより、プロジェクトの開始から終了まで（成功失敗も含めて）プロジェクト全体を経験することにより多くの人材が育成され、我が国の宇宙開発・利用は支えられてきた。しかしこのような取り組みが「研究室レベル」で行われてきており、Institutionalize された機関（大学レベル）としての活動ではなく、個々の小規模な取り組みがバラバラに行われてきており、持続性に欠け、失敗経験から得られる知見等が蓄積されないことや、宇宙分野以外の学生や社会人にはこのような育成機会への門戸がほとんど開かれていないこと等が問題点として指摘されている。今後はこのような問題点を解決しながら、伝統を継承・発展し、宇宙開発・利用分野の更なる発展を支える大規模な人材育成のために、定期的に観測ロケットや成層圏気球、衛星打上げなどを実施できる工夫が必要である。

本報告書では、習得された知識レベルに応じた段階的な「プロジェクト体験」による「アーキテクト」育成を提案する。各段階に応じた「プロジェクト体験」を提供し「アーキテクト」育成をリードする事により、拡大する宇宙分野のみならず航空・自動車・家電等、多くの分野でも求められている「アーキテクト」人材の供給に貢献する。また JAXA とも協力し、高校・大学等で実施した初歩的な「プロジェクト体験」をさらに発展させ、大型化・長期化するプロジェクトを支えることが出来る研究開発者を支える人材育成も実施する。また今後、異業種からの多くの転入を迎えるにあたり、「アーキテクト」人材のキャリア定義を明確化して、宇宙分野の雇用促進に繋がるよう業界の努力を促す。

4 段階的な「アーキテクト」育成案

以下、「アーキテクト」育成を

- (1) 初期段階（短期的なプロジェクトを体験：年間 1000 人クラス）、
- (2) 中期段階（1～2年かかるプロジェクトを体験：年間数十～数百人クラス）、
- (3) 後期段階（研究者育成と同等：年間 10～20 人クラス）

の段階に分けて、育成案を提案する。

1) 初期段階：短期的なプロジェクト体験を提供する人材育成の推奨

従来の基本学力の習得や専門分野の深化に加えて、参加する生徒/学生に「アーキテクト」の重要性を説明した上で、育成の初期段階として、各地域や大学で独自に進める高校生 / 高専・大学生を対象とした短期的なプロジェクト体験を提供する人材育成（既存 / 新規の「プロジェクト体験」（短期：3～12ヶ月）を行うスキーム）を推奨する。宇宙分野に限らず多くの分野で必要とされる「アーキテクト」人材の前段階の教育課程として、政策的意義が高いものとして明記し、省庁後援（名義使用）などを進める事で、参加校の増加を目指す。また多くの分野の企業で期待される人材輩出を目指すことで民

間支援を増加させ、実施基盤の自立化・堅牢化を目指す。これにより、年間千人クラスの初期レベルのプロジェクト体験を得た人材が育成され、続くアーキテクト育成を可能とする。

参考：

既存のスキーム：大学共同実験（大樹町・能代・御宿・伊豆大島・加太など）、高専スペース連携、宇宙甲子園、など

新規のスキーム：宇宙開発人材の高専連携、各都道府県における宇宙教育など

2) 中期段階：「アーキテクト」育成支援

各大学・地域が特色の有る人材育成プログラムとして進める、中期（1～2年）の導入的な専門教育を支援する。「アーキテクト」育成に重点を置き、他分野に進む人材教育としても有効だが特に宇宙分野を目指す人材への機会提供を進める。1)の短期プロジェクトと連携し、中期の実験プログラム（気球打上げ、観測ロケット打上げ、超小型衛星開発・運用等）の実施を支援する。既に活動を始めている「成層圏気球実験」や「観測ロケット実験」、「衛星実験」等を推進する教育機関と連携して進めようとする企業の取組にも留意しつつ、経験を有する教育機関に加え、これまでこれらの実験方法に経験を有しなかった教育機関による各地域での実施をサポートする。

また、将来的に、このような実験の機会を提供可能な企業を国内に増やすことができれば、実験サイクルが加速し、人材育成の機会を更に拡充することに繋がるため、国内ベンチャー企業も含め、実験機会を低コストで提供できる企業の積極的な活用は検討に値する。

参考：

成層圏気球実験：岩谷技研・SEL・GOCCO等国内3～4社に実績有り

観測ロケット実験：ISTのMOMOシリーズ等が実績有り。

ISS船外実験：SpaceBDがサポート実績あり

衛星実験：SpaceBD、三井エアロスペース等、国内2社にサポート実績有り

衛星打上げ：北海道・和歌山県からの超小型衛星打上げを目指す国内事業者がある。

他にも、九州航空宇宙開発推進協議会による内之浦宇宙空間観測所の活用などが検討されている。

また、本施策の目玉として、「アーキテクト」育成の意識を持った超小型衛星を活用した技術実証プログラムも含め、一定程度（～10機）の1～3U衛星の打上げ機会の安定的な無償提供を目指す。従来から進められてきた「ISS放出」や「ピギーバック（ロケットの余剰能力を活用して主衛星に相乗りする超小型衛星）」による超小型衛星（1～3Uサイズ）を利用したプロジェクト体験を、「新規参入」だけではなく、継続的な

「教育」や「研究」を目的とする各大学等の応募にもプライオリティーを与えて戦略的に提供することを目指すべく検討を行う。また、その「戦略的提供」のための選考過程に関しても各大学等への適切なアドバイス等の引き続きの検討を実施する。打上げ機会の急激な増加は困難であるが、基幹ロケットの2段目等これまで使われてこなかったリソースに対しても利用が広がるような施策を実施する。なお、ピギーバックにおいては、主衛星に対して悪影響を及ぼさないことが必要となるが、その要件が明確化されておらず、予見可能性の観点から要件を明文化するなどし、大学等の負担を減らしていくことが求められる。

ただし無償提供を実施するに際しては、既に衛星打上げをサポートしている民業圧迫を避けることも必要であり、打上げ機会の無償提供とするのか、打上げ費用をプロジェクト費用で負担（国費負担）とするかも含めて検討が必要である。また打上げ費用をプロジェクト費用で負担する場合は、サービス市場から適切な手段を選択・調達する過程を通じて、ビジネス面を含めた育成機会とも成り得る。これにより、年間数百人クラスの中期レベルのアーキテクト育成を支援する。

また、文部科学省研究開発局により宇宙利用の裾野拡大を目的として、従来から進められ成果を上げている委託事業の枠組みを活用し、特に宇宙分野の研究開発に進むより専門的な知識も併せ持つ人材に関する育成を進める。既に宇宙系の大学等の教員が任意に参加し、共通教材の作成や共同実験の開催などの検討が進められている。前述の文部科学省の委託事業の活用に加え、共同利用機関としての ISAS や、あるいは同様のコンセプトで進められてきた総研大などの枠組みなどを積極的に利用する事により、年間数十人クラスの研究開発者育成を支援する。

3) 後期段階：研究者レベルの「アーキテクト」育成支援

我が国の先端的な宇宙開発・探査計画を進めてきた中核機関である JAXA/ISAS が進める宇宙科学プロジェクトへの参加を通じて、引き続き先端的人材である後期レベルの「アーキテクト」育成を支援する。前述の初期・中期レベルを修了した人材を対象に、広く門戸を開放しつつも厳選を行い、ISAS など実施される少人数対象だが高度な人材育成機会への参加をサポートする。国費で実施する大型プロジェクトは on the job training の重要な機会であり、人材育成の観点に配慮し引き続き実施することが必要である。これにより我が国の宇宙開発を最上流で支える十数人クラスの研究開発者育成を支援し、我が国の宇宙分野における優位性を引き続き維持する。

5 その他の検討すべき事項

本報告書では、大学等における人材育成を主として検討を行ってきたが、企業における先駆的な人材育成との連携も今後、検討を進めるべきである。大学等で進めるアーキテクト人材と企業とのマッチングを進めるため、長期インターンシップ等による機会の

支援も考慮すべきである。また日本の企業においても米国ロッキードマーチン社の特命チームである「スカンクワークス」のような特命事項を実施するために開発チームを率いることができる人材は存在する。このような優秀な人材が日本の宇宙産業の新しい動きをけん引し、産学連携に携わっていくことが、日本の宇宙利用のすそ野の拡大・先進的な取り組みにとって重要であり、人材をプールする仕組みを大学等とも連携して進める必要がある。またこうした人材の活躍する場所として、産学連携した取り組み（工作や設計等）の場所として「ファボラボ」が考えられる。我が国においては九工大の超小型衛星試験設備、MHI 本牧の宇宙ファボラボが存在している。こうした場所利用した産学連携による人材育成に関しても、合わせて検討を進める必要がある。

参考：

既存の活動場所例：九工大の超小型衛星試験設備、MHI 本牧の宇宙ファボラボ、など