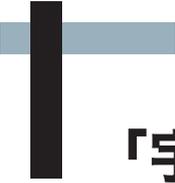


SPACE Development Forum  
Executive Committee  
ANNUAL REPORT  
2022





# 「宇宙開発フォーラム 2022 報告書」について

「宇宙開発フォーラム2022 報告書」を手にとっていただきありがとうございます。

宇宙開発フォーラム実行委員会は、本年度より「主に社会科学の視点から宇宙開発を分析し、その課題発見や解決を目指すとともに、それらを議論する場を社会に広く提供すること」を目的とし、普段の活動をより一層社会に還元すべく活動しております。

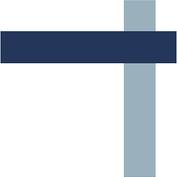
その活動の一環としての「宇宙開発フォーラム」は、幅広い視野から宇宙開発の現状と課題を見つめ、将来の宇宙開発について考える場を提供することを目的とするイベントです。

本年度のフォーラムは、「世界は宇宙(そら)でつながる。」をテーマとして、9月17日(土)・9月18日(日)の2日間にわたり東京大学 武田先端知ビル 武田ホールにて開催いたしました。昨年度に引き続き、ハイブリッド形式での開催により2日間延べ89名もの方々にお越しいただきました。

本報告書には「宇宙開発フォーラム2022」で行われたプログラムの内容や、参加者の皆さまにご協力いただいたアンケートの結果、ならびに宇宙開発フォーラム実行委員会の普段の活動内容などを掲載しております。

最後に本フォーラムの開催、プロジェクト活動および研究会、ならびに報告書作成にご協力いただいた皆さまに厚く御礼申し上げます。

なお、本報告書の作成を含む宇宙開発フォーラム実行委員会(SDF)の活動は、SDFが独自に行っているものであり、特定の外部組織の意向が反映されたものではありません。



# Contents

報告書概要	1
代表挨拶	3
Session	5
Poster Session 1	11
Workshop 1	17
Panel Discussion 1	29
Poster Session 2	37
Workshop 2	41
Panel Discussion 2	51
アンケート結果	57
企業ポスター	61
団体活動内容	65
団体紹介	69

## 代表挨拶

今年度も多くの皆さまのご支援を賜りまして「宇宙開発フォーラム2022」を開催できましたこと、大変嬉しく存じます。

ご後援・ご協賛をいただいております団体・企業様をはじめ、多くの関係者の皆さまに、厚く御礼申し上げます。

今年は昨年に引き続き、「宇宙開発フォーラム2022」のプログラムの一部をハイブリッド形式で実施いたしました。そして、オンライン上での双方向的な発信を実現させるべく、対面会場を模擬したバーチャルスペースを活用しました。会場でも、その場でしか生まれない参加者同士の意見交換や議論、交流の発生を一段と重視し、2019年以来三年ぶりに「レセプション」・「ポスターセッション」をプログラムに加えました。

特に、一日目のポスターセッションでは、「研究会」の活動の一環としてSDFメンバーによる学生の立場としての問題提起・意見を発する機会を設けました。

このように、時代に即した新たな「場」の提供を追求する中、2022年度のフォーラムでは「世界は、宇宙(そら)でつながる。」をキャッチフレーズとして、グローバル化・国際化の進展と日本の宇宙開発の相互関係に注目しました。そして、二日間にわたり、グローバル化・国際化の現象とそれに伴う課題や問題、ビジネス拡充や外交の可能性を切り口とし、多様化する日本の宇宙開発の今後を参加者の皆さまと共に考えていきました。

地球上の境界線はどのようにして宇宙開発に影響を及ぼし、また、日本の宇宙開発はどのようにして世界とつながるのか。



Leonardo Haruki Oguchi

大口レオナルド春樹

宇宙開発フォーラム実行委員会 代表  
東京大学 工学部 電気電子工学科 3年

プログラムを通して、様々な角度から宇宙空間の性質とその利用目的を見つめ直し、宇宙開発のあるべき姿について、に参加者の皆さまが新たな視点を得る一助となっておりましたら幸いです。

最後に、「宇宙開発フォーラム」が、立場や分野の垣根を越えて社会人・学生がつながる中核として、宇宙開発の共創のきっかけとなることを心から願います。

我々の活動が、弊団体に関わった皆さま、そして今後関わる皆さまにとっても有益、有意義なものとなりましたら幸いです。

今後とも、宇宙開発フォーラム実行委員会をよろしく願いいたします。

令和4年10月

宇宙開発フォーラム実行委員会(SDF) 2022年度  
代表

東京大学 工学部 電気電子工学科 3年

大口レオナルド春樹



# Session

## トラディショナルスペースによる 事業展開と新たなプレイヤーとの協調

責任者：平井 大源

### | 講師



長洲 郁彦 様

株式会社日本政策投資銀行 航空宇宙室 調査役

経歴：早稲田大学政治経済学部卒業。2011年に株式会社日本政策投資銀行に入行。都市開発部・アセットファイナンス部にて不動産セクター、東北支店において投融資業務に従事。その後DBJ投資アドバイザー株式会社及び投資先企業に出向し、バイアウト投資、投資先企業の企業価値向上に向けた支援等を実施。2021年より現職。主に宇宙関連企業を中心に投資先等を含む成長支援等を担当。

### | 概要

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) と共に日本の宇宙開発を担ってきた大手企業・メーカー (トラディショナルスペース) は、国家主導のミッションにおいて高い技術力を発揮している一方で、外需の獲得や民需創出などに課題を抱えていると考えられます。

海外で事業の垂直統合が行われ、積極的な事業化・国外進出が進んでいる中で、日本企業はどのような方針で戦っていくべきでしょうか。キーマンとなる政府系金融機関の方をお招きし、トラディショナルスペースの事業化を軸にご講演いただきました。



## 【日本政策投資銀行航空宇宙室の取組】

長洲様：弊行は旧日本開発銀行という銀行で1951年に設立されて以来、形を変え現在に至ります。人数は1200名を超え、資本金が全額政府出資である政府系の金融機関として、民間金融機関様とは少し異なる立場から金融的なご支援をさせていただいているのが弊行の特徴です。

私が所属している航空宇宙室は企業金融第2部という部署の下にございます。企業金融は1部から6部までございまして、主に産業セクター別に担当セクションが分かれております。企業2部は主に製造業様、いわゆる重工メーカー様や電気メーカー様、あとはテレコム関係の会社様や自動車メーカー様を担当しております。

航空宇宙分野は製造業様を中心に横串で連携していくべく、企業金融第2部に併設しております。

弊行は、国内に支店を10支店強抱えております。しかし、国内のみならず、国内の企業様が海外に進出される時のご支援、あるいは海外機関・企業等を弊行が橋渡しさせていただいて国内の企業様に還元するという役割で海外にもいくつか拠点を有しております。

弊行のグループの強みとして、長期性、中立性、パブリックマインド、信頼性の4つのDNAというものを掲げております。

実際に我々金融機関の主な役割は、長期の資金をリスクマネーとしてご提供させていただいております。

加えて、民間金融機関様のご支援するにあたり少しハードルが高いようなところにも資金を供与することで、中立的な立場で他の民間金融機関様をご参画頂きやすいようサポートをさせていただいております。どこかに傾倒するのではなく中立性やパブリックマインドを重視していることが特徴でございます。

また弊行では融資だけではなく、投資にも力を注いでおります。加えて、実際にコンサルアドバイザーやアセットマネジメントという側面から、広くご支援するパッケージをご用意しております。

その中で我々が航空宇宙室というものを立ち上げたのが2017年になります。

それまでは約30年強、投融資という形で重厚長大産業の会社様のご支援をさせていただいておりました。

そこで主に重工メーカー様に向けたエンジンのアセットの引受けや共同投資などの連携が多々あり、その中で実際に航空宇宙室というものを立ち上げて宇宙産業により特化してご支援をさせていただければと思ひまして、5年前に立ち上がったところでございます。



航空分野については宇宙航空研究開発機構(JAXA)様と協定を結び、JAXA様からは技術的支援やノウハウの供与をいただいて、弊行からは資金やネットワークといったものをご活用させていただいて、国内の航空機産業の国際競争力の発展に寄与していこうということで、進めているところでございます。

実際に資金供与だけでなく、弊行とJAXA様でJAXA航空イノベーションチャレンジというものを立ち上げておりました、航空分野においてイノベーション等に寄与するような取組みをされる会社様のご提案に対して、その研究開発に向けたご支援をやらせていただいております。そこで弊行としては、事業化に係るお力添えさせていただいております。その他イノベーション分野では空飛ぶクルマ分野への投資、あるいは外部講演やレポート等、情報提供に努めているというところでございます。

宇宙分野についても同様にJAXA様と連携協力を結んでおりました、国際競争力強化の観点でサポートをさせていただいております。

直近ではニュースペース分野への出資、大企業様との合併会社の設立と、当該企業へのリスクマネーの供与等も行っていたところでございます。

その他、当該分野をポートフォリオに持つ海外ベンチャーキャピタル様への投資を行うことで、海外のフロンティアの知見を国内に還流するべく投資に努めております。

簡単ではございますが、紹介は以上とさせていただければと思ひます。

## 【トラディショナルスペース 技術の商業活用について】

司会：現状のトラディショナルスペースの高い技術は、商業的  
にはなく、主にJAXAや政府のミッションでの受注において  
使われるといったことを以前伺いました。

個人的には、宇宙開発が商業的な側面を帯びていく中で、ト  
ラディショナルスペースの高い技術力がさらに商業宇宙開発  
の方にも流入していくと、宇宙業界全体が活性化するのは  
ないかと考えております。やはり日本といえば、ものづくり  
の国という印象が強くなります。しかし、このような一般的  
にトラディショナルスペースと言われる企業の技術というの  
は、JAXAや政府への受注の中でそのミッションの中で1回絶  
対に成功させるということが重要になってくる。そういった  
中で技術開発を続けていく上では、一品物でいいので、高精  
度・高価格で作ることが技術の特徴になってくると思  
います。しかし、これを事業の方に展開していくためには、  
安価で、そもそも大量に生産して売り込んでいくというよう  
な技術の転換が必要になると思います。実際にお話を聞かせ  
ていただいた企業の方からは、モデルチェンジをしていく段  
階で苦労されているという話をいただきました。

こういった段階での障壁に関しまして、トラディショナルス  
ペースの事業化について、特に政府系銀行としてはどのよう  
にご支援されているのでしょうか。

長洲様：政府系金融機関としての我々のミッションは、まさ  
にこのような産業構造の課題に対してリスクマネーを供与す  
ることによって、産業をより活性化の一助となることだと  
理解しております。そして、そうした過程でのトラディショ  
ナルスペース様も含めた宇宙産業の産業構造の課題というの  
はおっしゃる通りで、宇宙産業というのはまず初期投資が非  
常に大きくかかること。かつ、実際にリターンとして資金回  
収するまでに非常に時間がかかること。さらにこういった産  
業構造の変化に対応しなければならないこと。これらを課題  
として認識しております。

その中でやはり、どうしても事業化までにお金と時間がかか  
るものだとすれば、なかなか外部資金が入ってくるのは難し  
い分野であると理解しています。そのような分野だからこそ  
弊社としての役割があると理解しているところです。

したがって、弊社としては、まさにそういった初期投資がか  
かる、かつ資金回収まで長期化する分野において、そのプロ  
ジェクトあるいは固有の企業様に対してリスクマネーを長期  
に供与させて頂くこと、また我々の長期資金の支援を受け  
て、その後実際に事業を回していくために必要となる運転資  
金等は他金融機関様でご支援いただく等と役割を棲み分けさ  
せて頂き、斯産業の課題に対して微力ながらご支援をさせて  
いただいております。

加えて昨今の宇宙産業においては、国がアンカーテナントと  
してご支援されているということが非常に重要な側面である  
と思っております。我々はあくまで資金供与をする立場です  
ので、実際に資金が入ってもどうやってスケールするのかと  
いうのが課題と理解しています。

スケールする分野においては、産業を作っていくために国がア  
ンカーテナントとして需要を創起させていくことに現在注力さ  
れている理解ですが、我々も政府系金融機関として、そうい  
った国の取組みとある意味一体となってサポートさせて頂く。  
それにより事業化の道筋が見えてくれば、民間企業様がユー  
ザーとなり民需が活性化すれば、産業をより一層大きくなるも  
のと理解して取り組んでいる次第でございます。

司会：資金面以外では、どのような支援を行っているものでし  
ょうか。

長洲様：金融機関ならではのところですが、我々は  
資金の他に、お客様のネットワークを有しているところが、も  
う一つの強みだと思っています。

ネットワークを活用して各社様の課題を色々と教えていただき  
ながら、その課題を俯瞰して見た時に、斯業界又は各社の課題  
に対して、どのように解決できるのかということ、日々考え  
ながら取り組んでいるところでございます。

ビジネスマッチングも一例で、企業様と企業様を弊社で結節さ  
せていただきまして企業様同士で課題を解消していくというこ  
とはもちろんですし、合併企業の設立も解決策のひとつと認識  
しております。

複数社様の課題と強みを結びつけることができる合併企業とい  
う取組みは、1社だけで課題解決が難しいところで解決策を講じ  
ていく手段としてプラスになると感じてございますので、そう  
いったところの導線として、我々は日々微力ながら取り組ませ  
ていただいているところでございます。

司会：私どもも調査を通し、トラディショナルスペース企業の方々に、商業的にも宇宙開発が盛り上がる中で、何かしら事業を展開していきたいと模索されている企業の方が多いというようなお話を伺ったのですが、やはりまだ国内にマーケットが成立していない。

そういった中で、先ほどお話しいただいたような、ジョイントベンチャーや合併企業について、メリットなどがあれば教えていただきたいです。

長洲様：ベンチャー企業様のように1社で一つの事業を大成していかうとなると、ヒト・モノ・カネ、すべてにおいて一からということになりますので、非常に苦労されていらっしゃる会社様も多いのかなと思う一方で、やはりジョイントベンチャーという形で進めていくことによって、これら三つが入口から揃って進められるということが強みであると思っています。特にトラディショナルスペースの分野は、より一層お金がかかって、技術的にもエンジニア含めて確保が重要な分野であり、最初からきちんとモノが備わっていることも必要です。

そんな中で、ジョイントベンチャーという形で進めることによって、入口の起爆剤といいますか、1社でやるよりもスピード感が増して取り組めるというのがプラスになると思っています。

加えて、1社で解決できないことを複数社がお互いの強みを持ち寄って解決できるということと、1社で抱えきれないリスクを複数社でリスクテイクしていくことによって、より一層事業化に向けて各社様が取り組みやすい形になっていくことも、ジョイントベンチャーのメリットであると感じております。

司会：大企業だと意思決定に時間がかかるといったような部分ですが、ジョイントベンチャーとして小規模化することで、意思決定が早くなるといったメリットもあるのでしょうか。

長洲様：やはり通常のベンチャー様の方が、ジョイントベンチャーで運営するよりもより一層のスピード感があるという風には推察しますが、一方でジョイントベンチャーは一つの別企業として、まさにその事業を行うための意思決定ができる機関・組織を設立するわけですから、大企業1社での意思決定以上にスピード感が出てくると思います。

また、昨今の宇宙産業というのは非常に変容が激しく、より一層取組みにスピード感が必要であると感じておまして、大企業の中で事業を進めていく場合とジョイントベンチャーにして事業を進めていく場合とのスピード感の違いは、多少なりともあると感じているところでございます。

司会：同じように支援を行っている組織としてJAXAがあると思います。日本政策投資銀行様とJAXAの連携、またその支援の内容の棲み分けにつきまして、ご説明いただければと思います。

長洲様：JAXA様は技術的に多岐にわたって、かつ、深い見識をお持ちだという風に理解してございます。やはりそういった部分が私ども金融機関にはないところでございまして、技術面、実際にこの技術が日本において重要なものなのかどうか、あるいはどういう風にスケールしていくことができる技術なのか、というところの深い知恵をお持ちなのはJAXA様であると理解しています。

弊行といたしましては、まさにこういったJAXA様の知見をお借りしながら、そういった技術が欧米列強を含めてどういったポジショニングで、事業化あるいはその後の展開をしていくビジネスになり得るのかという点において、ビジネス的な目線で考えさせていただきます。その上で、資金やお客様のネットワークを会社様に供与させていただきながら、一つの会社の事業化および事業成長に対して寄与させていただく、その棲み分けでやらせていただいているところでございます。

司会：JAXAの方でも、J-SPARC等で企業の方々に対する1対1での技術の支援を行っているといったお話を以前お聞きしました。ただ、JAXAの方では、技術を持っている企業同士と一緒にといったようなご提案はなかなかしづらい、そこまで介入しにくいというお話も伺いました。資金やコミュニティにおいては、DBJ様をはじめ、民間金融機関の方が担われるといった棲み分けがなされているというのは、大変勉強になりました。

## 【ニューススペースサイドとの協調】

司会：先ほどの議論の中で、トラディショナルスペースが事業展開のためにジョイントベンチャーや合併企業を構成するという策をご提案いただきました。次のフェーズでは、そのようなトラディショナルスペースの事業化の動きに対して、いわゆる新たなプレイヤーと言われるニューススペースを巻き込み、いかに協調していくかといったような課題について議論させていただきたいと思います。

まずは、新たに宇宙開発に入ってくるような異業種の方や宇宙系ベンチャーなどのニューススペースへの投資について、先ほど挙げていただいたようなトラディショナルスペースへの投資と、何か投資の面に違いはあるのでしょうか。

長洲様：ニューススペース系のベンチャー様になりますと、どうしても一からといったところになります。トラディショナルスペース様であれば、先ほど申し上げたヒト・モノ・カネのうちヒト・モノが揃っていることが多いかと存じます。ただ、実際に事業化するためには、非常に長期でかつ多額のお金が必要になるプロジェクトが多いと思います。ニューススペースの企業様への初期段階のご支援は、ビジョンやビジネスのポジショニング等を多面的にお伺いし市場性や将来性を検証しながら投資をしていくことが多くございます。ただ実際に投資をするときに資金の供与の仕方として何が違うのかという、違いはございません。ニューススペース企業様も同様の課題を抱えているものと理解しております。

同じ宇宙産業であれば、やはり長期でリターンを回収するプロジェクトを進められているニューススペースの企業様は多いと思います。そういう観点で、我々も資金供与という点において、長期のリスクマネーを供与するということはトラディショナルスペース様と同一であると考えています。

司会：ニューススペースの波が日本にも来ている中で、金融機関から見て、新たに宇宙産業に参入したいといったようなベンチャーや異業種の方というのは、やはり増えているのでしょうか。

長洲様：はい、そうですね。実際に異業種企業様で、まさに宇宙産業への関与をされたいと考えられる企業様というのは多いと感じています。

例えば、ニューススペースの企業様に事業会社様として投資されている会社様も多数ございます。もちろん事業会社様の戦略というのは各社様違いますけれども、宇宙産業に先行関与することによって自分たちの技術を宇宙領域で実証実験していくことですか、宇宙産業というマーケットでどう事業展開を図っていくか、ということを考えて投資されている会社様が多く、関心は非常に高いと感じているところでございます。

率直に言うと、私も実際にこの産業に関わる前は恥ずかししながら、宇宙産業がどういうことをやっているのかよくわかっておりませんでした。

もし事業会社様が同じような考えをお持ちであれば、実際に宇宙産業に所属している会社様の取組みが分からない中、産業と連携して、ある意味その力を借りて実証機会等を得ていくということは、やはり異業種の会社様からすると価値のある話で、広がりのある話になると思います。そういった意味で、実際には異業種の企業様と宇宙企業様との連携というのは進んでいくと思っています。

それを経て、ユースケースが徐々に徐々に生まれていくことが、この産業を盛り上げていく一つのきっかけになってくるのではないかと感じているところであります。

司会：トラディショナルスペースによるジョイントベンチャーの取組みに異業種が入っていく実例があればお聞かせ願いたいです。

長洲様：実際に事業会社様の連携というのはジョイントベンチャーのみならず、先ほど述べた通り様々な形で実現してきているところは多いと感じています。宇宙産業のジョイントベンチャーは、弊行の投資先のみならず、直近でも複数立ち上がっておりますので、増えていると感じています。やはり会社様が連携・シナジーを有して事業を大きくしていくという取組みは、昨今重視されていると思うところでございます。

加えて、産業をよりスケールさせていくための取組みとして、特に海外中心に特徴的に出てきていますが、垂直統合をして上流から下流まで事業をより一層連携していく事例が多いと思います。統合という形でなくとも、企業様の間でサービスの上下から下流まで連携していくことで、ビジネスの広がりが出てくると思えますし、そういった連携も日本の企業様で私が知る限りではいくつも見えているところでもございます。

日本企業がまさにその垂直統合のみならず、垂直統合に似た企業間連携を日本企業なりに進めていくことが重要であると感じているところはございます。

司会：最後に、長洲様としては、このトラディショナルスペースとニュースペースの協調について、どのようにお考えかということをお伺いいたします。

長洲様：やはり日本企業は、より結束を強めていながら、欧米を含めた市場の中でパイを大きくしていくということが重要であると感じています。説明上トラディショナルスペース、ニュースペースと切り分けて表現することが多くございますけれども、そもそもそういった分け隔て自体も不要であろうと存じます。

正直、トラディショナルスペース、ニュースペースにかかわらず、宇宙産業が変容していく中で、海外に比してどうポジショニングを築いて宇宙産業を大きくしていくか、というところに分野としての分け隔てはないところであると思っています。

宇宙ベンチャー様とトラディショナルスペースと言われる大企業様において、それぞれ固有に強みがある中で、お互いが特に強みだとする部分を補完・連携し合いながら、日本企業がポジショニングを築いていく。そういった考え方の方が重要であると、弊行としては感じているところもございます。

我々はニュースペースの企業様にも関与させていただいており、また当然昔からトラディショナルスペースの皆様にも関与させていただいている立場でございますので、微力ながら我々が何か連携できるような余地を作っていけないかという考えでやらせていただきたいと思いますと感じているところです。

## 【最後に】

長洲様：本日は長いお時間をいただきまして、誠にありがとうございました。

今まさに変容していく局面にある宇宙産業は、日本の産業のうち今後数年の中で最も成長する産業の一つであると感じております。今、この産業をいかにスケールさせていくか、という非常に重大な局面を迎えていると思っています。

私どもは金融機関として、今まで申し上げたようなサポートをさせていただくことが中心となりますが、実際に産業を育てていくという観点からは、やはり産・官・学等の連携が非常に重要になってきて、各社・団体様がまさにこの宇宙産業に関心を持って取り組んでいただくということの重要性を日に日に感じております。是非、このセッションのみでなく、こういった各種イベント等がある中で、企業様においては宇宙産業により関心を持っていただいているだけであり、私どもとしても、そういった企業様をぜひともご支援させていただきたいという風に思っていますので、引き続きどうぞよろしくお願いたします。本日は、ありがとうございました。

# Poster Session 1

## SDF メンバーから見た 様々な宇宙開発の現状と展望



### 概要

本企画では、弊団体のメンバーが行った宇宙開発の現状に関する調査・研究を、ポスターセッション形式で会場にお越しいただいた参加者の皆さまへ発表いたしました。参加者の皆さまに弊団体の活動内容の一つである研究会の成果に興味を持っていただき、企画内で参加者の皆さまとメンバーの意見交流が活発になることを目指しました。当日はメンバーの全ての発表に参加者の皆さまからご質問やご意見をいただき、有意義で活発な議論が行われました。

本企画で発表した研究テーマは、教育、エンタメビジネス、政策比較、事業投資、開発コストの5つです。今年度に参加したメンバーが興味のあるテーマを選び、グループで協力して、質の高い調査・研究を行いました。

## 学校内の宇宙教育の現状

<p><b>1. 動機</b></p> <p>今日学校では宇宙に触れ学ぶ機会が非常に少なく、多くの人が宇宙を好きになるきっかけも少ない。</p> <p>そこで学校内で宇宙に触れる機会が増えれば、宇宙に興味を持ち、宇宙開発に携わる人も増えるのではないかと考え、具体的にどのような宇宙教育が効果的かを考えた。</p>	<p><b>2. 調査</b></p> <p>学校内の宇宙教育の現状と、宇宙教育の意義、なぜ宇宙に興味を持つきっかけが少ないのかについて調べた。</p>
<p><b>3.1. 宇宙教育の意義</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>人文・社会科学分野を含む人材育成 ⇒<b>持続的な宇宙開発利用</b></li> <li>新興国の人材育成 ⇒<b>国際協力による効率的なインフラ整備</b></li> <li>一般人の宇宙への興味をひく ⇒<b>宇宙開発利用の社会的受容</b></li> <li>宇宙人材育成+広く現代に求められている新しい人材育成・教育手法としての優位性</li> <li>日本の技術力を誇示する機会</li> </ul>	<p><b>4. 宇宙教育の課題と解決策</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>学校独自でしか動けていない →<b>独自でやっているところをほかの学校が真似て広げていく</b></li> <li>指導要領で宇宙教育軽視し、教科書が不十分 →<b>文科省が指導要領を再検討・地学を開講</b> また、教科書に限らず学校が宇宙教育の意義を認識し実践的教育を導入、外部の資料・施設を利用</li> <li>JAXAによる教材の認知度が低い →<b>対象学年等を提示・天文分野の授業で活用</b></li> <li>予算不足で実験等が不可 →<b>文科省等が予算拡大、トップダウンで授業を充実</b></li> <li>宇宙教育の指導者・YAC等の実施団体の認知度が低い →<b>宇宙教育センターが広報</b></li> <li>宇宙開発が身近でない →<b>宇宙開発企業が講演</b></li> <li>人文・社会科学分野での宇宙教育が少ない →<b>歴史の教科書に宇宙史を入れてみる、宇宙産業や宇宙ビジネスについての具体的な利用方法を学ぶ機会をつくる</b></li> </ul>
<p><b>3.2. 学校の宇宙教育の先進事例</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「宇宙 探求コース」 和歌山県の公立高校が実施。将来宇宙分野で活躍する人材の育成を目的とし、宇宙専門のコースを設け、JAXA職員の出前授業などを実施予定。</li> <li>・「宇宙学」 鹿児島県の中高一貫校で行われているJAXA職員や大学教員による出前授業。宇宙に関する論文を書いたり、表現力や思考力を育むことも実施。</li> <li>・全国に指導者やYAC等の実施団体が徐々に配置。</li> </ul>	
<p><b>5. 結論</b></p> <p>宇宙教育の現状を考え直すことによって、より多くの人が宇宙に触れる機会が増える。</p> <p>そのためには具体的に指導要領の見直しや、JAXAや宇宙教育実施団体の活動をもっと知ってもらうこと、また学校側にも宇宙教育の意義を知ってもらうことが必要である。</p>	

## 宇宙と教育

今日の日本では、宇宙を知り、学び、そして好きになるきっかけを提供する場が少ないのが現状です。そこで、学校教育という視点から宇宙に触れる機会を増やし、宇宙開発に携わる人材を増やすため、宇宙教育の意義と現状を見直しました。その結果、教科書が不十分であることや、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の教材の認知度が低いこと、人文社会科学分野の宇宙教育がなされていないことなど七つの改善点があげられました。これらの課題に対し、指導要領を改善することで、宇宙教育団体の活動をもっと知ってもらうこと、また学校側にも宇宙教育の意義を認識してもらうことが今後の宇宙教育において重要になっていくものだと考えました。



## 宇宙エンタメビジネス市場の拡大

### 研究の動機

宇宙エンタメビジネスが広まることで宇宙が一般人にも馴染み深いものになり、宇宙産業全体が活性化するから。

### 研究目的

現状の宇宙産業のエンタメビジネスについて調べ、宇宙エンタメの意義と今後について考える。

### 宇宙企業リサーチ

宇宙エンタメビジネス企業を、事業形態から4つに分類した。

以下の表では、分類別に企業の現状を調査している。

1. プロダクトを作り、**地上での体験**を提供する企業
2. プロダクトを作り、**宇宙空間上で取得したデータ**などを**地上で**提供する企業
3. プロダクトを作り、**宇宙空間上での体験**を提供する企業
4. プロダクトを自社で作らず、**サービスのみ**提供する企業

	事業内容	技術面	経済面	顧客層	強み	弱み
1	VRを用いた宇宙体験が多い (企業例: amulapo, Yspaceなど)	4タイプの中では最もハードルが低い	運用コストは比較的低い。利益・売上についての具体的な情報はなし。	商品・サービスが安く、 <b>一般人が一人から</b> 体験できる。	顧客層が広く、また <b>事業実現のハードルも低い</b> 。	VRのため、宇宙環境を直接体験できない。いかに現実近づけるかが課題。
2	ALE: 人工流れ星、Sony: 衛星の地上操作 avatarin: アバター-の地上操作など、 <b>多様多様</b>	プロダクトを宇宙に飛ばす技術が必要	多くの企業は事業が実現していないため <b>赤字であると考えられる</b> 。	ALE: イベント開催者 Sony: 個人 avatarin: 個人 事業形態により異なる。	他のタイプと比べ <b>事業形態が多様</b> であり、競合が少ない。さまざまなビジネスモデルが生まれる。	経済面で苦戦する企業が多い。宇宙にプロダクトを飛ばすので現状だと技術的なハードルが高い。
3	<b>宇宙旅行</b> (企業例: SpaceX, Blue Origin, PDエアロスペースなど)	有人実験を経て、実際に有人宇宙旅行が <b>実現している</b> 。	必要な金額が大きいこともあり、資金調達で遅れている企業もある。	個人であるが、チケットの価格が高いため、 <b>富裕層に限定</b> 。	宇宙を旅行するという他にはない体験の提供、非日常を味わえる。	富裕層しかチケットを手に入れられない →顧客がかなり限定的である。
4	<b>最小重力空間</b> での映画撮影やスポーツなどの <b>エンタメ空間の提供</b> (企業例: SpaceEntertainment Enterprise)	まだ実現していない。エンタメ空間を作る必要がある。	エンタメ空間の建設が実現しておらず、資金調達の段階。	映画業界などの団体や、写真撮影をしたい個人	競合が少ないため、事業が実現すれば独占できる。	プロダクトを作らないため、インパクト性に欠ける →資金調達に難あり?

### 全体の考察

一般的なエンタメビジネスに**宇宙要素**(微小重力、空間の広さ、美しさ、未知の部分など)が加わることで**新たな価値**が生まれる。上記の2はそもそも新しいエンタメとしての要素が大きいものが多く、今後さまざまなカタチのエンタメが生まれる。

- 1、3、4は宇宙の地球とは全く違う環境の要素が加わるので、**非日常感**が増す。  
→ALEがJapan Venture Awardsを獲得している  
→STAR SPHEREが第一回のクルー応募で目標の1.3倍の応募者

・Star Sphere(Sony)は、**エンタメサービスの一部をクラウドファンディング**のリターンにすることで、1300万円以上とかなりの額を集めた。Star Sphereは赤字額も少なく、このクラウドファンディングの戦略はうまくいっていると言える。

・宇宙エンタメ企業は特に直近5年で爆増しており、月エンタメ事業は**20年で10倍の規模**になるというデータもあるが、特にプロダクトを宇宙に飛ばす企業が持続するには経済面での課題がある。

## 宇宙エンタメビジネス

現状の宇宙エンタメビジネスについて、プロダクトを宇宙空間で使うかどうかと、体験を地上で提供するか宇宙で提供するかを基準にサービスを分類し調査したほか、宇宙エンタメビジネスの今後について考察しました。現在、宇宙エンタメの面白みに注目が集まりつつあります。特にプロダクトを宇宙に飛ばすエンタメビジネスは技術開発のハードルが高い、実現のための採算がとれていないものがほとんどです。今のところ、宇宙エンタメビジネス企業の赤字を少なく抑えた例として、クラウドファンディングのリターンを利用した方法があげられます。今後も市場が拡大していく宇宙エンタメビジネスにおいて、この方法がプロダクトを宇宙に飛ばすエンタメ事業の経済的課題を解決する手段の一つになるのではないかと考えております。



## ASEANの宇宙開発の現状と展望

### 1. 研究概要

ASEANは政治的・社会的に独特な国々が多く、近年経済的に発展が進んでいる地域でもある。また、ASEAN諸国は発展途上国であるため、他国との関係性といった要素もASEAN諸国に大きな影響を与えており、ひいては経済発展に伴う宇宙開発にもそれぞれの国の特色が色濃く反映されることになる。従って、ASEAN諸国における宇宙開発を正しく理解することは重要ながらも容易ではない。ゆえにここではASEAN諸国の宇宙開発の現状と、宇宙先進国との外交関係を把握することで、ASEANの宇宙開発の展望を考える。なお、ここではASEAN諸国の中でも国家として宇宙事業を展開しているインドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、ベトナム、タイの6か国に注目する。

### 2. ASEANの宇宙開発の現状

#### 1. ASEAN全体として

- 総じてロケットの開発や自国打上げなどより、**衛星**の開発に力を入れている
- 衛星の種類としては、災害が多い地域であるがゆえの**地球観測衛星**、自国のインフラ整備のための**通信衛星**が主である
- ASEANそのものが発展途上にあるため、宇宙開発分野においても宇宙先進国から支援を受けたり、共同でプロジェクトを行ったりすることが多い

#### 2. 各国の宇宙開発の現状

##### インドネシア

- ASEANで**最も宇宙開発の歴史が長い**
- 多くの宇宙プログラムが宇宙技術の社会的・経済的・法学的側面の研究に当てられている
- ロケット開発にも力を注ぐ
- 米・仏と協力して地球資源データのためのプロジェクトを遂行
- LAPANからBRINIに宇宙機関の組織改編

##### マレーシア

- 約30年の宇宙開発の歴史の中で**一時期宇宙開発が停滞していた**時期もあったが、現在は復興の兆しが見られる
- 宇宙開発が失速していたこともあり、近年宇宙分野において目立った協力関係はない

##### フィリピン

- 宇宙開発の歴史は浅いが、宇宙先進国の政策を分析し**短期間で大きな進歩**を遂げた
- 発展初期から技術開発と法的な政策枠組みを**同時に**発展させてきた
- 東北大学、北海道大学(日本)と共同で衛星開発

##### シンガポール

- 宇宙関連の専門省庁も宇宙法もない
- **商業化**に重点を置いており、宇宙産業は政府のサポートと、国内の比較的成熟した宇宙ビジネスのエコシステムに支えられ大きく発展
- 宇宙関連技術が極めて発展している
- 宇宙産業における国際的なハブである
- 人材育成、特に**学部生・大学院生の教育**を積極的に行っており、衛星関連の大学プログラムが多数存在する
- スタートアップに人気

##### ベトナム

- 持続可能な発展、軍事・外交関係への利用に、宇宙開発への価値を見出している
- 政府省庁間の調整・連携不足により宇宙技術の利用は制限されている
- 中国の**一帯一路**構想の構成国の1つ
- 日本からUS\$ 480 millionをローン予定(2019時点)

##### タイ

- Thaicom Public Company Limitedという国が保有する企業がアジア太平洋地域に広く通信サービスを提供
- 仏と共にTheos-1, 2という2期の衛星を開発
- 2004年以降、国産衛星の製造に取り組む

### 3. 宇宙先進国との関係

#### アメリカ

- 様々なASEAN諸国の衛星製造に関わる
- ASEANにとって2番目に大きな貿易相手国
- SpaceXなどの国内宇宙ベンチャーがASEANに事業展開

#### 欧州

- ESAとの関わりはないが所属国との関係がある国がある
- フランスからのODAを受けベトナムで小型地球観測衛星を打上げ
- フランスとインドネシア間で衛星を共同開発

#### 日本

- ASEAN諸国と地球観測分野で協力
- ASEAN諸国に経済支援を行う
- JAXA主導でASEAN諸国の宇宙機関の国際会議
- **APRSAT**(アジア・太平洋地域宇宙機関会議)を設立

#### ロシア

- マレーシアやフィリピンと宇宙関連の協定を締結
- ASEAN諸国にとって軍事面で重要

#### 中国

- 中国にとって最大の貿易相手であり、経済支援も行う
- 一帯一路構想にほとんどのASEAN諸国が参加
- 中国が主導する**APSCO**(アジア太平洋宇宙協力機構)がタイが加盟済み、インドネシアが加盟検討中

#### インド

- アクトイースト政策など積極的に働きかけ
- インド-ASEAN協力の一環でベトナムにspace port建設

### 4. ASEANでの宇宙事業の展望

#### ASEAN全体として

- ASEAN内の地理的共通面を活かした国際協力が進む(e.g.) センチネルアジア(災害対策)
- 国内政治が不安定で、宇宙開発が急激に停滞する可能性がある
- 宇宙ビジネス市場の国際的な広がりが進む(e.g.) 先進国企業のASEAN進出

### 5. まとめ

今回の研究により、ASEANは途上国ながらも宇宙利用の価値を認識し、積極的に利用していく姿勢を見せていることが分かった。一方、ASEANという共同体で見るとまだそれぞれの国が独立した宇宙政策を行っており、共通の方向性を持っているとは言い難い。ASEANが共同体として宇宙開発を行うような国際調整が為されれば、ASEANの宇宙開発はさらに発展するだろう。

今後の研究では、今回データ不足で十分に分析できなかった予算面などの調査も取り入れたい。

## 各国の宇宙政策比較

今回私たちは、東南アジア諸国連合(ASEAN)に注目し、同地域の宇宙開発の現状・展望について複数の側面から考察しました。ASEANに注目したのは、近年経済発展が著しく宇宙産業の発展も見込まれるものの、その宇宙開発の現状の認知が不十分だからです。私たちはASEANにおける宇宙開発の展望の予測を目標とし、その過程で、ASEAN諸国の宇宙開発の歴史・現状、宇宙先進国との協力関係、宇宙先進国の宇宙開発についてリサーチを行いました。その結果、現状ではASEANの宇宙開発は宇宙先進国との関係性・国際政治に大きく依存しているが、地理的共通点を通じた協力が進めば、さらなる発展が見込まれるという結論に至りました。

## 宇宙ベンチャーの資金調達動向から言えること

**研究目的**  
 世界規模での宇宙ビジネスの市場は2009年来年々成長している。日本では現在70社近くの宇宙スタートアップが存在し、その流れに乗れていると言える。宇宙という分野の性質上大量の研究開発費が必要とされるなか、日本の企業はどのようにして資金調達をしているのか、動向を調べ比較して見えてくるものを探る。

**リサーチの流れ**

- ①宇宙スタートアップをジャンル分けする。
  - 「衛星データ・宇宙技術利用」に注目
    - プレイヤー数が一番多いから。国の奨励があるから。
- ②調査する企業を絞る。
  - 設立時期が離れている企業は除く。
    - 投資のされやすさが異なるから。
  - 「シード」ラウンドの企業は除く。
    - 資金調達動向が追えないから。
- ③衛星データを利用する三社  
 データフラクト、サグリ、天地人について調査する。

**INITIALシリーズの定義**

シード	原則、初め外部資金調達 <sup>1)</sup>
シリーズA	原則、種類が変化しており、調達後企業評価額5億円以上 <sup>2)</sup>
シリーズB以降のシリーズ上昇	原則、シリーズA以降のラウンドを対象とする。対象ラウンドの調達前企業評価額と前回ラウンドの調達後企業評価額の変化率が20%以上 <sup>3)</sup>

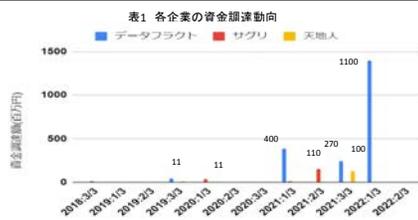


表2 各企業の基本情報

	Datafuct	Saguri	天地人
企業概要	衛星データを利用したデータサイエンスでインフラ事業	衛星データ、機械学習、区画技術を組み合わせた、農地状況把握アプリを開発	地球観測衛星のビッグデータなどを活用した土地評価サービスを運営
資本金	600万円	300万円	800万円
設立当初の活動	JAXAベンチャー	第3回日本アントロプレナー大賞受賞(賞金100万)	S-Booster2018トリプル受賞(賞金300万)JAXAベチャー
資金調達後企業評価額(資産・負債)	4,901百万円 2022-03-31時点	575百万円 2021-06-30時点	963百万円 2021-12-15時点
設立年	2019:1/3	2018:2/3	2019:2/3

**仮説1: スタート時点での違い**

- ・設立時の資本金は天地人、データフラクト、サグリの順
- ・天地人/データフラクト: JAXAベンチャーに認定されている。
- ・天地人: S-Boosterで実績を残している。
- ・サグリ: 日本アントロプレナー大賞受賞
- ・各社のCEOとも起業経験がある。

**仮説2: 経営方針の違い**

- ・データフラクト:
  - ・社会課題に対して随時新規事業を立ち上げる。資金調達の恩恵を最大限に受けられる方針。
- ・天地人:
  - ・事業コンサルとAPI連携で衛星データ活用したサービスを提供。様々な分野から需要が生まれている。
- ・サグリ:
  - ・大型資金調達はせず、行政向けサービスでポジショニング。安定した資金確保が続いたら自己資本で新事業に投資。

**投資をするメリットとデメリット**

**メリット**

- ・研究開発費を確保できる。急速な事業拡大を狙える。特に「第三者割当増資」について、
  - ・手続きが他の資金調達方法より簡潔。
  - ・取引先と良好な関係を作ることができる。

**デメリット**

- ・株式を発行することで一株の価格が下がり現存株主の利益が減る。
- ・「第三者割当増資」について、自社の持株比率が減少して意思決定が滞る可能性がある。

**考察**  
 資金調達動向に差が生じたのは、データフラクト企業とサグリや天地人企業では、各社の性質上「資金調達」が持つ意味が違うからではないか。

**結論**  
 同じジャンルでかつ設立時期が近いスタートアップの資金調達動向を比べて、会社の事業数の多少や、新規事業に対しどのような経営方針をとっているか見えた。将来スタートアップを立ち上げようとしている人は、テクノロジーだけでなく、会社のビジョンを長期的にも短期的にも見て資金調達に敏感になり、経済や経営を熟知する必要がある。一方投資家サイドは、今後の宇宙産業の活性化のために事業数を増やそうとしている企業に早い段階で投資していくべきである。

## 事業投資の今と未来

現在、宇宙ビジネスの市場は年々世界規模で成長しています。日本では現在70社近くの宇宙スタートアップが存在し、その潮流に乗れていると言えます。宇宙という分野の性質上大量の研究開発費が必要とされる中、日本の企業はどのようにして資金調達をしているのか、動向を調べました。そこで、設立時期の近い三つの衛星データビジネス企業である、株式会社データフラクト、サグリ株式会社、株式会社天地人について比較しました。その結果、資金調達の額でデータフラクトと他2社に大きな差が生じていることがわかりました。このような差が生じている理由として、各社の性質上「資金調達」が持つ意味が異なるからではないかと考えております。

## 開発コストと日本ベンチャーの活路

### 1. 目的

現在、日本の宇宙ベンチャーが海外の宇宙企業に対して、宇宙輸送システムに関してどのような状況にあるかを分析し、今後の日本の宇宙ベンチャーの戦略を考察する。

### 2. 分析手法

日本の宇宙ベンチャーと米国の宇宙企業を、宇宙輸送システムの点から、SWOT分析を活用して分析した。米国はスペースXなどのロケットベンチャー間でも、世界的にも宇宙開発の点で活躍している国家であるため、比較対象とした。

### 3-1. 日本ベンチャー

強み	弱み
<ul style="list-style-type: none"> <li>再使用型宇宙輸送システムの研究が進んでおり、大幅なコスト削減が見込まれる</li> <li>多くのベンチャー企業が新たに宇宙ビジネスに参入している</li> <li>宇宙ベンチャーでロケット打ち上げに成功している企業がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>打ち上げ実績が少ない</li> <li>有人宇宙ロケットを打ち上げたことがない</li> <li>打ち上げ費用と成功回数についての国際競争力が低い</li> </ul>
機会	脅威
<ul style="list-style-type: none"> <li>JAXAのロケット打ち上げの成功率が高い(→ノウハウ)               <ul style="list-style-type: none"> <li>成功回数はH-IIAロケットは41/42、H-IIBロケットは9/9</li> </ul> </li> <li>JAXAのロケットは海外のロケットに比べて、開発費が安い</li> <li>打ち上げ費用の安いロケットが政府機関から打ち上げられる予定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内の衛星ベンチャーには海外のロケット会社に打ち上げを依頼しているものもある</li> </ul>

### 3-2. 米国ベンチャー

強み	弱み
<ul style="list-style-type: none"> <li>国からの支援が手厚い               <ul style="list-style-type: none"> <li>国家予算</li> <li>政府調達で優先</li> <li>規制緩和</li> </ul> </li> <li>打ち上げ費用が安いものがある</li> <li>数多くのロケットベンチャーが打ち上げ成功している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発費が高い傾向にある</li> <li>輸出規制が存在する               <ul style="list-style-type: none"> <li>軍事品目の法律・条約</li> </ul> </li> </ul>
機会	脅威
<ul style="list-style-type: none"> <li>NASA/オールドスペースの打ち上げ実績が大きい</li> </ul>	

### 4. 結論

日本の宇宙ベンチャーは日本のオールドスペースの打ち上げるロケットの成功率や、開発費などの技術をうまく継承できる土壌にいるという利点がある。これからの日本ベンチャーはこうした技術を取り入れながらも、弱点となる打ち上げ費用や有人ロケットなどの未着手な分野に関し、取り組んでいく必要性が考えられるといえる。

## 開発コストと日本ベンチャーの活路

日本の宇宙ベンチャーとアメリカの宇宙企業について、宇宙輸送システムの分野での現状を分析し、今後の日本の宇宙ベンチャーの戦略を考察しました。その考察をするにあたり、日本の宇宙ベンチャーとアメリカの宇宙企業について、宇宙輸送システムに関する SWOT 分析を用いて比較しました。その結果、日本の宇宙ベンチャーは、オールドスペースのロケット打ち上げ成功率や、開発費などの技術をうまく継承できる土壌にあるという利点を持っていることがわかりました。これからの日本ベンチャーはこうした技術を取り入れ、弱点となる打ち上げ費用や有人ロケットなどの未着手な分野に取り組んでいく必要があると言えます。

# Workshop 1

## 宇宙資源開発の産業創出と方策 ～民間主導の月面利用時代に向けて～

責任者：井ノ口 侑斗

### 概要

#### 【企画概要】

米国のアルテミス計画を契機として、世界的に月面開発が本格化しています。火星探査のハブとしての月面利用が想定される2040年以降において、月面では自発的なエコシステムの構築が求められます。エコシステム構築には持続的な資金や人材の投入が必要となるため、従来の政府主導から民間企業の役割が重要になると考えられます。

日本では、民間事業者による宇宙資源活動の促進を目的として、宇宙資源法が世界で4番目に制定され、月面において「先導的な」立場として活動する機運が高まっています。またフロンティア領域である月面開発は、民間が関わっていく上で先行者利益を得られる可能性が大きい分野であるため、様々な業界からの参入機会が期待できます。宇宙産業の予算が他国に比較して少なく、官需依存で市場の拡大が困難な状況である中で、民間企業による宇宙資源活動が市場拡大の促進剤の1つになると考えられます。よって、市場形成の段階にある現時点から、民間企業による宇宙資源活動を促進することで新たな産業基盤を構築するが期待できると考えられます。一方で、リターンを得られるまでの期間が長く、必要な資金が多い宇宙産業において、早期の事業化が難しい現状があります。本企画では民間企業による月資源開発を促進させていく上で、今後どのような環境作りが必要と考えられるのか参加者の皆さまに議論していただきました。

#### 【企画のねらい】

米国は、1980年代から民間企業による宇宙産業への参画を促進するため、国内法「商業宇宙打上げ法」を整備し、宇宙利用と商業化を加速させました。一方で日本は、1970年に世界で4番目の人工衛星打上げ国となり、国内法の整備が検討されましたが、民間企業による人工衛星の打ち上げ計画がなかったため、当時は法整備が進みませんでした。2008年に初めて宇宙開発に関わる国内法が制定され、ここ5年で宇宙ベンチャーの立ち上げが活発化しました。こうした背景から、フロンティア領域となる宇宙資源の分野において、民間企業の予見性を高め、民間企業による活動を促進することを目的として宇宙資源法が議員立法として制定されました。また、世界初の民間事業者による月面着陸を目指す企業が出ていることなど、日本の中で宇宙資源活動を活発化させる潮流が起こり始めている現状があります。

宇宙事業の多くはリターンを得られるまでの期間が長く、莫大な資金も必要になります。予算が限られている日本では、官需に依存せず市場を拡大していく上で、民間企業の事業活動のスピード感が不可欠です。特に新しい市場として期待される月資源市場は、今後リスクを恐れずに民間企業が先行者利益を得られる環境作りの契機として良い機会になるのではないかと考えました。

以上の背景から本企画では、宇宙資源開発における民間事業者の参入可能性と課題について認識していただき、その上で、民間による宇宙資源開発が促進されるために必要な環境作りについて理解していただくことを目的としました。また、全体を通して、宇宙資源開発という新しい市場に参入する企業を増やす、既存プレーヤーを支援する方法を考えることの重要性を実感していただくことが、本企画のねらいとなります。

## 【グループワーク1】 「コンサルティングゲーム」

民間事業者による月面資源開発を推進していく上で、様々な分野において今後の宇宙産業参入への可能性をより知ってもらうことは重要になります。特に、宇宙事業への知見がない企業が新たな事業の選択肢として認識することが必要であると考えられます。

グループワーク1では、宇宙資源開発における民間企業の事業参入の可能性と課題を実感していただくために、コンサルティングゲームを行っていただきました。参加者の皆さまには、事前情報(表1)が与えられたコンサルタントとして、非宇宙企業フェリックス社の会社情報(表2)をもとに、フェリックス社に提案する月資源開発の事業について話し、月面事業の参入可能性について考えていただきました(Phase1)。次に、フェリックス社から提案された月面事業構想(表3)について、積極派と慎重派に分かれて議論し、民間事業者による月資源開発のメリットと懸念点を検討していただきました(Phase2)。

表1 事前情報(要約)

コンサルティング会社が持つ特有の情報	
1. 月面資源開発のビジョン	
<b>月面産業の展望</b> ・ 探査段階 (2022年～) 月面環境データの取得および月面への輸送手段が喫緊の課題である。 ・ 開発段階 (2030年～) 水やレゴリスなどの月資源開発が進み、 工程は採掘→貯蔵→消費者への輸送が想定される。 ・ 利用段階 (2040年～) 月面基地や月輸送を可能にするための資源利用が必要となる。	<b>プレイヤー分析</b> 分野ごと(探査・採掘・輸送・製造・供給)の企業数(計20社程度)  <b>月資源と市場予測</b> ・ 月資源の種類と活用方法 揮発性物質/難揮発性物質: 生活環境支援、推進剤製造 工業用金属: 製造機器、インフラ構築 ・ 市場予測 打上げ推進剤、生活支援物資・建設市場の売上高予測
2. 当社の過去のクライアント	
<b>大手ゼネコンS社</b> 年間売上高2兆円を誇る大手建設企業。建設機械の自動施工の研究による月面無人建設技術の確立や、レゴリスを利用した建造物の建築の研究開発を行なっている。	<b>宇宙系ベンチャーI社</b> 日本初の民間主導による月面資源探査を進めるベンチャー企業。月面探査における技術力は世界トップレベルで、独自のランダーやローバーの開発、月輸送サービスの提供、月面データの収集を行なっている。
月資源開発に関する基本情報	
1. 開発から事業化までの流れ(従来の軌道上人工衛星)	
①設計 ②環境試験(地上実証) ③宇宙実証 軌道上実証には多大なコストがかかる。政府は提供された部品をJAXAの人工衛星に搭載して、約1年間運用する「革新的衛星技術実証プログラム」を実施してきた。	④許可申請 日本では、宇宙空間における人工衛星の運用には、国の許可が必要である。(宇宙活動法) 許可申請には、審査基準や申請の処理期間、詳細なガイドラインが公開されている。
2. 国内法	
<b>宇宙資源法</b> 事業計画書を宇宙活動法上の許可と併せて国に提出し、許可が得られた事業計画に従って採掘した資源の所有権を、その事業者に認める。許可について、審査基準や申請の処理期間、詳細なガイドラインが存在していない。許可した事業計画は、国際社会に公開する。	<b>宇宙資源法制定の背景</b> 米国では1980年代から民間企業による宇宙産業への参画を促進させるための法整備を行ない、日本は2008年に初めて宇宙開発に関わる国内法が制定された。リスクを伴う宇宙産業において、国の支援や民間企業の予見可能性を高めて、新規事業への挑戦を促す法整備・政策が不可欠。
3. 国際法	
<b>規範</b> ・ 宇宙条約2条、月協定11条3項前段 ・ ハーグ宇宙資源ワーキンググループ、アルテミス合意	<b>各国の立場</b> 推進派と慎重派で、宇宙条約(資源の取得を禁止しているか)の解釈や月協定(批准国以外に適用されるか)の認識に相違が出ている。
4. 国内の政策	
<b>政策</b> 宇宙探査イノベーションハブ、スターダストプログラム	<b>月探査計画(SLIM、アルテミス計画)</b> SLIMでは、高頻度での月面の詳細なデータの取得につながる事が期待される。
5. 海外の政策	
<b>アメリカ合衆国</b> 米航空宇宙局(NASA)によるペイロードの月面輸送サービスを民間事業者から公募するプログラム(CLPS)など、公的機関によって、各種ミッションに民間企業の積極的な参入を促す動きがある。また、世界初の宇宙資源に関わる法律の立法国である。	<b>ルクセンブルク</b> 宇宙資源の平和的探査と持続可能な利活用を促進する政策や宇宙資源開発利用法を制定。2019年に設立した欧州宇宙資源イノベーションセンター(ESRIC)では、宇宙資源開発に関わる研究施設の設立、スタートアップの支援プログラム、情報の集積と利用推進のためのコミュニティ形成、非宇宙産業との協力を焦点としたイベントの企画を行なっている。

表2 フェリックス社の基本情報

フェリックス社の会社情報
<p>持続可能な社会の実現に向けた既存事業の拡大とフロンティア領域での新規事業を検討している。現在、新たな収益源を構築する長期目標の一環として、宇宙ビジネスへの参入に興味を示している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・今年度の決算は売上高3000億円。参入している業界の市場規模(日本)は1.5兆円。</li> <li>・宇宙ビジネスに関して未だ十分な情報を得られていない。</li> <li>・5年スパンでの投資を考えている</li> <li>・水の電気分解、空調設備に関する技術を保有</li> </ul>

表3 フェリックス社からの事業構想

事業構想	
<p>①月面では固体として存在するとされる水を、太陽光の熱を用いて昇華させ、水を採取する。                  ②水の電気分解を行うことで、CO<sub>2</sub>フリーで水素と酸素を取り出す。</p>	
事業計画	
～2022年 コンセプト検討	月面環境の情報をふまえて、事業のコンセプト検討をする。
2022年～2030年 研究開発・地上実証	月面環境を再現した環境下で、技術実証を繰り返す。
2030年～2040年 月面実証	プロトタイプの開発及び、月面での実証を行う。
2040年～ 事業化	水採取と、水を用いた月面での水素・酸素生成機構の開発を目標とする。

## 【結果】

結果は、表4、5、6のようになりました。

民間企業が宇宙資源開発をこれから取り組む上で考えられるメリットとして、将来的に有望な市場において優位性や宇宙で得られる特有の知見が獲得できるなど、拡大が見込まれる新市場での優位性獲得、技術活用や広告など地上の既存事業にも還元できる可能性がある点が挙げられました。一方で、水資源の所在が不明瞭である点や資金回収が長期的になる点など、資金面において不確定な要素が多いため、参入が難しいという点が挙げられました。水資源の所在が明確になってから動き出すのは競合リスクがあるため、調査段階である現段階から取り組むことが有用であるという意見もいただきました。また、技術的な面において、地上の環境試験における費用の高さ、実証機会の少なさが問題として挙げられました。法律的な面に関して、国内法では宇宙資源の所有権が認められている一方で、国際的に明確な規範が定まっていない現状があるため、国内で先行的な活動ができたとしても、国際的に認められないというリスクが考えられます。

しかし、規範ができていないからこそ、新たなルール作りをできる機会があり、日本がプレゼンスを発揮できる可能性があるという考え方も挙げられました。また、早期の探査により、月面の知見を先行的に得ることで、地上との差別化ができるという意見もいただきました。

表4 フェリックス社に対する事業提案 (Phase1)

1班	<ul style="list-style-type: none"> <li>・宇宙で植物をつくる実験技術</li> <li>・空調技術を活かした、植物工場、宇宙ホテル、衛星維持管理サービス</li> <li>・月の寒暖差を空調設備でやり過ごす</li> <li>・月面基地の生命維持装置</li> </ul>
2班	<ul style="list-style-type: none"> <li>・月面水資源の電気分解によるH<sub>2</sub>推進剤生成技術提供</li> <li>・レゴリスの洗浄</li> <li>・月面・宇宙船内の空調設備技術提供</li> <li>・水→酸素→空調、蓄熱への活用</li> </ul>
3班	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水の電気分解によるエネルギー生成</li> <li>・月面での実験施設用の空調設備</li> <li>・宇宙服、空調設備技術 (for Artemis)</li> <li>・高圧水電解システム</li> <li>・LE-5エンジンの応用</li> </ul>
4班	<ul style="list-style-type: none"> <li>・月面水資源の電気分解による水素燃料生成事業</li> <li>・居住棟、作物生育などのための熱管理、空調管理</li> <li>・水、酸素の貯蔵</li> </ul>
5班	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工業用金属の加工のための施設における空調設備</li> <li>・月面施設での空調ソリューション</li> <li>・信頼性のあるエネルギー生産設備</li> </ul>



表5 フェリックス社の月事業提案に対する検討内容 (Phase2)

1班	主張	反論
慎重派	<ul style="list-style-type: none"> <li>氷が見つからなかった場合の保証が分からない</li> <li>研究が成功したときに、海外から宇宙資源の獲得について指摘される可能性がある (宇宙資源法の衝突)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>将来的に強い競合が現れたとき、先行者という立場だけで優位性を保てるか</li> <li>競合に対して、I社との協力は強みになるのか (I社にとってのメリットは何か)</li> </ul>
積極派	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本として推進しており、初期からの参入で企業のイメージ向上や政府からの資金が期待できる</li> <li>I社 (他企業) との相乗効果</li> <li>地上か火星での技術活用に繋がる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>競合するリスクを避けるためには、氷が見つかってから事業を始めるのは遅い</li> <li>他のところに活用しながら、調査結果が出るまでプロトタイプで運用していく</li> </ul>
2班	主張	反論
慎重派	<ul style="list-style-type: none"> <li>設備を月に運ぶタイミング取りにくい</li> <li>月に物資を運ぶコストが高い</li> <li>許可申請が必要になる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>市場規模を信じるのは危ない</li> <li>宇宙専用の技術が必要</li> </ul>
積極派	<ul style="list-style-type: none"> <li>広告に有効 (宇宙業界に参入することで株価上昇を狙える)</li> <li>今後市場規模が大きくなることが見込まれる</li> <li>コスト面については、宇宙機関と共同で段階的に開発していく形をとれば良い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地上との差別化ができる</li> </ul>
3班	主張	反論
慎重派	<ul style="list-style-type: none"> <li>法律面の不安</li> </ul>	-
積極派	<ul style="list-style-type: none"> <li>高度な熱設計の技術を応用できる</li> <li>MoonValleyは将来的に拡大する可能性がある</li> <li>法律の不安へのリスク</li> <li>将来的な市場での優位性獲得</li> <li>企業のPR活動</li> <li>政府の支援を得られる</li> </ul>	-
4班	主張	反論
慎重派	<ul style="list-style-type: none"> <li>良好な採取ポイントが残っているか不明</li> <li>中小企業がシェアを獲得できるのか</li> <li>月面の環境で地球と同じことができるか</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>長い事業計画の中で資金が維持できるのか</li> <li>プレーヤー分析は現時点のもので、競争に勝てるかは分からない</li> </ul>
積極派	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>早期の探査は、月面上でのリスクを知見として得る機会として考えられる</li> <li>既にNASAなどの探査で氷状態の水があることは定性的にわかっている</li> <li>環境的には重力の違いのみで、月面重量下で動作することは既に実証済である</li> </ul>
5班	主張	反論
慎重派	<ul style="list-style-type: none"> <li>資源利用が確実にできるのか法的に不安がある</li> <li>事業化して収益を得られるのか不明瞭</li> <li>外部資金の確保をどのように行えばいいのか</li> <li>出資側の要求を満たせるのか</li> <li>宣伝効果はあるのか</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業が維持できなくなった時のリスクが大きい</li> <li>他の大企業が参入してきた時の対抗策がない</li> <li>国が方針転換する可能性がある</li> </ul>
積極派	<ul style="list-style-type: none"> <li>競争相手が少ない</li> <li>宇宙参入より企業のイメージ向上になる可能性</li> <li>宇宙特有の知見が得られる</li> <li>宇宙探査イノベーションハブを活用できる</li> </ul>	-

表6 月面事業を行うメリットと懸念点 (一部抜粋)

メリット	懸念点
<ul style="list-style-type: none"> <li>特有の技術分野で、競合が参入する前の参画は有用</li> <li>既存技術を活かせる</li> <li>日本は月資源開発で有利</li> <li>I社と協調するとAll Japanで強みを発揮できる可能性</li> <li>採掘や製造の分野はプレーヤーが少なく有利</li> <li>ブルーオーシャンなのでリターンが大きい</li> <li>他の工業製品への生産を増やすことに繋がる</li> <li>国が予算を出す可能性が高い</li> <li>月面市場の中でも、特にインフラ分野で主導権を掴むことができれば、優位性が上がる</li> <li>宣伝効果、企業のイメージupになる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>収益化が遅れた時に事業が維持できるか</li> <li>地上の事業への成果の反映が見込めるか</li> <li>コスト面</li> <li>まだ正確な情報が少ない</li> <li>月面上の氷が掘りやすい状態であるのか分からない</li> <li>企業イメージや得られる知見は確実性に欠ける</li> <li>競合他社の存在</li> <li>国の政策が途絶える恐れがある</li> <li>宣伝効果として予算を抛出するか、または宣伝効果となくとも事業として維持ができるかが問題</li> </ul>

## 【グループワーク2】 「国の方針に関する議論」

グループワーク2では、民間企業による宇宙資源開発の市場形成を実現するために、どのような環境作りが必要であるのか考えていただきました。具体的には、国として今後どのような方針で企業の月面事業への参画を促進していくべきか検討していただきました。

宇宙資源開発の事業化に至るまでの過程を、設計、研究開発・地上実証、月面実証、事業化に分類して、各段階で主な課題として考えられるものをあげました。特に重要な課題として、宇宙産業に新規参入する上でコンセプト検討や設計をするための情報が足りないこと、月面実証を行う上での輸送機会が少ないこと、また事業化する上で必要となる法律や資金が足りてないことについて、今後の方針を考えていただきました。

参加者の皆さまには、コンサルティング会社の立場として、顧客である政府に対して、今後民間事業者による宇宙資源開発を促進させていくためにどのような政策を講じるべきか、検討していただきました。政府資料に記載した政府の立場から、考えられる政策の方針について鑑みて、最終的にGW全体を踏まえて、民間事業者と政府が取るべき今後の役割についてまとめていただきました。

表7 政府資料 (要約)

要件：政府の立場から「相談内容」の各事項についてどうすればよいか検討してください
<p style="text-align: center;">政府の立場</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の企業の一時的な利益ではなく、日本の社会経済全体にとっての長期的な利益を重視している。一方で日本に有望な企業が存在するならば活かしたい。</li> <li>・国際社会の一員である以上、国際ルールを遵守するが、ルールがない分野に関しては、率先してイニシアチブを取りたい。</li> <li>・国が税金からコストを負担しなくて済む方がよい。</li> <li>・月探査活動への民間企業の参画促進を基本方針としたい。</li> </ul>
<p style="text-align: center;">相談内容</p> <p>A. 宇宙資源法の整備について</p> <p>①どのような事業計画であれば国際法に適合または安全なものとして許可するかという基準をどうするべきでしょうか。また、今後どのように運用すればよいでしょうか。</p> <p><b>迅速に、許可の詳細な基準を作って公開するor当面の間に基準は作らず、個別の許可申請があるたびに具体的に許可するかを判断していく</b></p> <p>②許可するか否かの判断について</p> <p>厳しく判断するor緩く判断する</p> <p>また、月面資源開発の国際ルール形成の動きに対して、何かするべきことはありますか。</p> <p>B. 輸送手段の確保について</p> <p>企業が月面輸送サービスを調達しやすいように、国としてどのようなことをすべきでしょうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・JAXAの技術を<b>直接提供</b>する。</li> <li>・<b>国内企業による輸送産業の拡大</b>を図る。</li> </ul> <p>の2つのアイデアに関して検討してください。可能であれば、できるだけ費用を抑えつつより多くの機会を提供できるような方向性をお願いします。</p> <p>C. 月面資源探査に関する情報（ノウハウ）普及について</p> <p>知識不足により参入が進まない事態を避けるため、<b>データ共有</b>や<b>技術移管</b>によって現状を打開したいと思っていますが、<b>宇宙産業へ新規参入する企業によるデータへのアクセスを、国がどのような方法でサポートしていくべきか</b>、以下の3つのケースについて検討をお願いします。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・政府・研究施設・大学が蓄積してきたデータへのアクセスをサポート</li> <li>・民間企業が蓄積してきたデータへのアクセスをサポート</li> <li>・海外政府・海外企業が蓄積してきたデータへのアクセスをサポート</li> </ul> <p>D. 資金について</p> <p>資金回収ができなくなるリスクを軽減し、持続可能な月面資源開発を行っていくためには、どのような資金援助が有効でしょうか。</p>

## 【結果】

結果は表8、9のようになりました。

政府による迅速な基準の設定は、新市場である月面産業において、民間企業の参入ハードルを下げる重要な役割となります。一方で、ケースが少なく基準を作ることが難しいため、民間企業による宇宙資源活動も必要不可欠です。先行的に宇宙資源法が制定された中で、政府による法整備だけでなく、民間企業による宇宙資源活動が重要になると考えられます。

また、多様な業界の応用可能性がある一方で、情報が少なく参入障壁が高い月面産業において、ノウハウの共有や試験施設の提供など、政府による民間事業の初期段階からの支援が、市場拡大の大きな促進剤となります。民間企業による、地上技術を応用した月面への展開と、月面特有の環境を活かした既存事業の拡大によって、月面資源開発における産業創出が期待されます。

リスクを伴う政策である一方で、新たな国力の基盤構築として捉えられるという意見も挙げられました。

表8 各班の政策検討

A. 宇宙資源法の運用について

論点①：基準を設定するか

アイデア	メリット		デメリット	
迅速に作成・公開する	1班	・参入企業の予測可能性が上がる ・参入企業が増えて同じ説明を繰り返すのが大変になったら、基準が定まる	2班	・許可制度を作ることは困難である
	2班	・基準があったら研究開発しやすい		
	3班	・企業が安心して事業を開始できる		
	4班	・企業側の申請のハードルが下がる		
作成せずに、個別判断をする	1班	・柔軟な対応が可能である	1班	・現時点で基準作りは難しい
	4班	・国際法が定まるまで柔軟な対応ができる	2班	・基準の設定を失敗した場合の補償が必要 ・国際法上認められなかった場合の補償が必要 ・会社による許可の違いや不公平が生じる
	5班	・申し出する企業が多くない	5班	・ケースが少ないと基準を作ることが難しい

論点②：判断対応の基本的スタンスをどのように取るか

アイデア	メリット		デメリット	
厳しくとる	-		-	
緩くとる	2班	・参入しやすい	4班	・現時点で基準作りは難しい
	3班	・ビジネスの開始がしやすい	5班	・明確なルールがないと、むしろ民間企業は動きにくい
	4班	・日本企業の参画が増え、宇宙資源開発で日本がリードできる		

B. 輸送機会の確保について

論点：輸送機会の確保をどのように行うか

アイデアの方向性	メリット		デメリット	
JAXAが保有する技術を直接提供する	3班	・国家としてノウハウの蓄積が可能になる	1班	・ロケット産業が育つまでは、既存にあるロケットに頼らざるを得ない ・政府やJAXAに依存するとアイデアが固定化される可能性がある
	4班	・輸送手段を持たない企業の宇宙資源開発の参画を促進する	3班	・高コスト・低頻度
国内企業による輸送産業の拡大を図る	1班	・SpaceXに引き離されないようにするため ・経験を積む（ニュースペース）	4班	・拡大までに時間がかかる
	4班	・輸送系の開発に日本は力を入れる		
	5班	・長期的な観点では得策	5班	・JAXAの予算規模が小さい

### C. 情報の共有について

論点：宇宙産業に新規参入する民間企業が宇宙関連の示すデータへアクセスするのを、国はどうサポートしていくべきか

アイデアの方向性	アイデアの具体化		メリット		デメリット	
政府・研究施設・大学が蓄積してきたデータへのアクセスをサポート	1班	・国会図書館に専門の施設を作る	1班	・国の研究機関は公開して、民間企業を成長させる	4班	・データのセキュリティを確保できるか
			4班	・月資源マップの作成が進む		
			5班	・「国益」の点からは最重要	5班	・世界的な協調が進むのであれば、国益にならない可能性がある
民間企業が蓄積したデータへのアクセスをサポート	3班	・国がデータを買取り、データを提供する	3班	・企業の発展などに繋がる	1班	・市場優位性の欠損
	4班	・共有データベースを国が作る			4班	・民間企業がどこまでデータを共有したいと思うかに依存する ・データのセキュリティを確保できるか
海外政府・海外企業が蓄積してきたデータへのアクセスをサポート	1班	・NASAの公開データへの日本からのアクセスができるように交渉	-	-	-	-
その他	-	-	-	-	4班	・公正なやりとりが期待できない可能性がある ・技術の海外流出

### D. 資金調達・回収について

論点：長期スパンの投資のために資金調達から収益化までのサポートを行う必要があるが、それをどのように進めていくべきか

アイデアの方向性	アイデアの具体化		メリット		デメリット	
研究開発段階のサポート	2班 4班	・研究委託、試験施設の提供 ・国の研究機関との協力や設備の共有など	2班	・ネットワーキングにより民間事業者のビジネス成長	-	-
			3班	・安定的な資金の提供		
			4班	・個々の技術が月資源		
事業開発段階のサポート	2班	・資源開発コンペ	-	-	-	-
	4班	・スタートアップをサポートするプログラム				
その他	1班	・「特別会計」の活用 ・アンカーテナンシの確保 ・事業自体への保険（政府の補助）	-	-	2班	・リスクは金融、VCで補填する
	4班	・複数の企業（多分野）が共同出資できるようなシステム				

表9 民間事業者と政府が取るべき今後の役割

民間事業者の役割	政府の役割
<ul style="list-style-type: none"> <li>・失敗すること</li> <li>・啓蒙活動</li> <li>・政府に提言（ニーズ等を捉える）</li> <li>・民間競争</li> <li>・意見をあげる（法律）</li> <li>・より多くの様々な事業を企画・提案し、採用されたら運用する</li> <li>・適正な法整備の下、世界の市場に打って出る</li> <li>・海外投資家への日本企業のプレゼンスアピール</li> <li>・技術開発自体は民間主導で行う</li> <li>・民間の活力で新開拓をしていく</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・民間技術の海外流出を防ぐ</li> <li>・人材育成</li> <li>・リスクの補填のために資金を出す</li> <li>・基準の設定</li> <li>・補助金、民間企業による輸送機会の創出</li> <li>・提案された事業への明確な評価と支援を行う</li> <li>・国力向上のため、政府もリスク覚悟で支援する</li> <li>・施策（支援策）を明確に打ち出す</li> <li>・JAXAイノベーションハブのような枠組みの積極利用</li> <li>・アンカーテナンシー</li> <li>・デュアルユースの促進</li> <li>・フォーマットの整備</li> </ul>

## 【まとめ】

アルテミス計画を始めとして、月面産業の規模は今後拡大することが見込まれます。アポロ計画など従来の月面開発と異なり、アルテミス計画では、イノベーションの創発を目的として、民間企業の役割が重要とされています。

国際的に中立的な立場に立つ日本は、あらゆる国との対話が可能であり、世界で4番目の宇宙資源法の立法国であることから、国際的な枠組みを作っていく上で、先導して発言できる立ち位置にあります。未だ整備されていない現状であるからこそ、宇宙資源法の整備に先導して関われる可能性があります。一方で、発信していく上では意義の伴った発信をしていく必要があり、具体的な活動実績などによる立法事実が必要です。島国として網羅的な産業を有する日本は、多種多様な事業機能が要求される月面開発において強みがあります。民間企業による宇宙資源の事業は、先行事例がなく時期が早いと考えられる一方で、宇宙系に限らない様々な企業に、新たな事業を創出する機会があると言えます。NASAのCLPSなど、世界では民間による月面での実績作りが既に始まっています。日本においても、宇宙資源開発の分野において世界の最先端を進む企業の存在や、最近では宇宙保険など、宇宙初の事業を日本の民間事業者が手掛けている例もあります。また、オールジャパンで挑戦する動きも出ています。月面分野において、未開拓である早期段階から、民間企業による早期から地上の既存事業と月面の新たな産業創出の相互作用によって、今後世界に通用する新たな産業基盤が日本で実現できることが期待できます。

本WSを通して、月面開発の可能性を知っていただき、新たな事業の選択肢として考えていただく機会になっていただければ幸いです。



# Workshop 1

## 講師講演

### 講師



### 講師情報

うちだ あつし  
内田 敦 様

株式会社三菱総合研究所 フロンティア・テクノロジー  
本部 フロンティア戦略グループ

経歴：

2001年 株式会社三菱総合研究所入社。入社以来、一貫して宇宙開発・利用、宇宙ビジネスに関する業務に従事。JAXA、内閣府、経済産業省といった多くの政府の宇宙関係機関の業務や民間企業を対象とした宇宙ビジネスコンサルティングの実績を保有。2016年末に民間企業主導での宇宙資源ビジネスの実現を目指した「フロンティアビジネス研究会」を ispace社とともに立上げるなど、産業界が主体となった月面開発・利用の実現に尽力。

### 講演内容

#### 【講師講演】

講師講演では、三菱総合研究所フロンティア・テクノロジー本部フロンティア戦略グループリーダー兼首席研究員の内田 敦 様に、宇宙開発における官民の役割の変化、宇宙資源ビジネスを取り巻く状況や実現に向けた動きについてお話しいただきました。

#### 【宇宙開発における官民の役割の変化】

宇宙ビジネスは大きく宇宙機器産業と宇宙利用産業の2つに分かれます。宇宙機器産業はロケットや人工衛星、部品を作ることで、電機メーカーが中心となって、基本的に政府の予算で委託を受けてつくる流れになっています。ほぼ日本の宇宙開発利用予算の規模と同程度の市場規模で3500億円程度でしたが、最近では、宇宙開発利用予算は5000億円程度になっています。従来、日本はアメリカへのキャッチアップで開発を行ってきたので、宇宙機器産業に力を入れてきました。しかし、機器の技術開発だけでなく利用も考える必要があるため、宇宙にあるアセットを利用したビジネスである宇宙利用産業が考えられるようになりました。大きく変わったことの一つには、機器と利用の両輪を回していくために、宇宙基本法が2008年に制定されたことが挙げられます。利用の主な分野として挙げられるのは通信衛星のマーケットです。

一方で、測位衛星や地球観測衛星については、地球観測衛星の一部を除いて、多くは国が開発を行なっています。人工衛星の開発は国が行い、衛星データを民間が利用する形でビジネスが生まれています。

従来の宇宙開発は官主導で、政府が決定したロケットや人工衛星のスペックに従い、民間が受託するという形でした。ところが最近では、宇宙のパラダイムシフトと言われるように、民間独自でできることも増えてきたことで、民間が独自でビジネスをする時代になり、民間に任せられるところは民間に任せつつ、政府はより難しいことを担うという役割分担の時代になってきているというのが大きな流れであると思われます。

#### 【宇宙資源ビジネスを取り巻く状況】

月や宇宙資源ビジネスには、大きく2つあります。1つが小惑星資源開発で、レアメタルの採掘や小惑星の捕獲をして、地球で利用する形になります。ただ、巨額の輸送コストによる経済合理性の成立の厳しさ<sup>1</sup>や、小惑星の捕獲やサンプルリターンなどの技術面での難しさによって、実現が困難であるため、現在は地産地消という形が注目されています。

有力視されるのは月面における水資源ビジネスです。

<sup>1</sup> 現状の予想では、1億円のものを持ってくるために10億円かかる世界

月は地球の6分の1の重力なので、地球から火星に行くときに、地球の重力を脱出してロケットで行くよりも、月面で拠点を作って輸送した方が、経済合理性が高い可能性があるという研究結果が出たため、一気に火が付きました。月面に火星や深宇宙の天体に向けた拠点を設置するために、月の資源を活用するという地産地消の形が想定されています。現状では、水を水素と酸素に分解してロケットの燃料にするというビジネスが謳われています。

宇宙資源のマーケットに注目している国としてルクセンブルクが有名です。宇宙資源開発の商業化を支援する政策や、宇宙資源のマーケットが2045年までに最大1070億ユーロに達するというレポート<sup>2</sup>を出しています。

また、アメリカによるアルテミス計画をはじめとする大きなプログラムが動いています。アルテミス計画は、月面への有人着陸に関する全てのプログラムの総体で、月の周回軌道に拠点を定める基盤の宇宙ステーションとしてゲートウェイ、SLS (Space Launch System) とよばれるロケットや人を運ぶ「オリオン」、有人着陸、CLPS (Commercial Lunar Payload Service) とよばれる商業月輸送サービスなどがあります。CLPS は、NASA が民間に月面へ機器を運ぶ貨物サービスを委託するものです。2026年までに10回予定していて、月へ輸送したい機器についてコンペをする形になります。今まで7社が採択されていて<sup>3</sup>、日本のispaceがチームとして入っている企業が選ばれています。かなり予算がつくため、スタートアップ企業にとって事業を進める上でも助かっています。

アポロ計画では月へ行くことが目的でしたが、アルテミス計画では月面活動を持続的に行うこと、その先の火星に行くための技術獲得が目的です。持続的な月活動のためには、民間企業と政府と一緒に計画を行うことが重要であると言われています。政府の予算は莫大ですが、予算がなくなると事業も止まってしまうため、月活動が持続的になるためには、政府がお金を投じて民間企業と共に事業を進め、民間企業が自走できるようになることが必要です。民間が次の段階で月開発を中心に行うようになると、政府はさらに難しい火星、木星、小惑星へ挑戦することが可能になります。持続的な月面開発のためには民間と政府が組むことが重要となります。

つづいて、宇宙資源法についてお話しします。実は日本は米国、ルクセンブルク、アラブ首長国連邦に次いで世界で4番目に宇宙資源法を制定しています。日本はどちらかというと受け身で、世界でルールが定まってから国内でのルール整備を行うことが多いですが、他国と比べて先行的に整備したという点で、非常に意義が大きいことです。内容としては、宇宙資源の開発を許可制にして適切か審査を行うことや開発計画を公表するというものです。国際社会に対する透明性を確保した上で、国際法がない中でも取得した資源の所有権を認めていることが特徴です。宇宙条約によって、どの国も天体に対して所有権の主張や占有はできないこととなっているため、土地の取得はできません。

一方で取得した資源の使用に関しては、今まで国際的なルールはありません。

宇宙探査に一定のルールをつくる流れとして、アメリカが主導しているアルテミス合意がありますが、合意した国かつ民事の宇宙機関のみが対象になっているため、対象ではない中国やロシアを含む国際的なルールはまだありません。国際連合では最近議論が行われ始めています。

日本では、企業の活動が始まり、法律がないと困る状況になってから法制定に向けた動きが始まるため、企業活動のような立法事実が必要です。ところが、一般的には新しいことを行う企業は少なく、通常は法律をつくることはできません。しかし、新しいマーケットに法律をつくることによってルールができると、民間企業としては安心してルールの下で事業ができます。立法事実があるから法律をつくるのではなく、立法事実をつくるために法律をつくるという点で、かなり意義が大きい法律であると思います。

一方で、決めなければならないルールはまだ沢山あります。資源をとるためには採掘施設をつくる必要がありますが、許可を誰にとるかはまだ整備されていません。同様に、構造物の設置に関する権利の許可、使用年数、使用後の現状復帰や、事故が起こったときの責任の所在、解決方法などに関する取り決めがありません。地球では裁判所があり、宇宙ステーションでは各モジュールで各国の管轄権が認められている一方で、まだ月面上に法律を制定する環境がなく、決めなければならないことが残っています。



<sup>2</sup> OPPORTUNITIES FOR SPACE RESOURCES UTILIZATION Future Market& Value Chains

<sup>3</sup> アストロロボティック、マステン、ファイアーフライなど

## 【宇宙資源ビジネスの実現に向けた動き】

月面資源のビジネス実現に向けた動きをいくつかご紹介します。

政府の考え方を示したものとして、「月面活動に関する基本的な考え方<sup>4</sup>」が2021年の5月に出されています。前半にはアルテミス計画や科学探査の意義について、後半には産業との関わりについて書かれています。宇宙系企業は宇宙に関する知見があり、技術レベルも高いですが、月面で何かをつくることは従来の宇宙開発では経験がありません。そこで、宇宙系以外のさまざまな企業にも入ってもらい産業界の力を結集し、競争力を強化する機会と捉えて市場技術を最大限活用していく必要があります。また、サービス調達の活用という方針も示されています。今まではロケットをスペックなど指定通りにつくるという形でしたが、サービス調達では輸送方法は問わず、ロケット型や飛行機型、大型、小型など物資を運べるなら指定はなく、企業自らが考える形になります。民間企業はただ開発をするのではなく、将来の事業展開を想定した工夫をする余地があるため、輸送サービスに参入しやすくなります。

また、政府がマイルストーンを明確化することで、民間企業が政府の企てていることを把握して先の計画が立てやすくなるため、予見性を高めることもとても重要です。今年ispaceが自社で資金調達をして探査機を打ち上げますが、このような民間企業が独自にやる活動を促進するため、政府もできる範囲で関与するという形になります。

民間による宇宙産業を促す現在の取り組みとして、スターダストプログラムがあります。宇宙開発の全体的な加速化を目指して多くの予算を割いて、月面に関して組織横断的に進めています。各省庁にわかれて、「測位・通信、建設、資源・エネルギー、バイオ・食料」という4分野に注目して、必要な技術開発を支援しています。

独自の投資で活動している民間企業もあります。浮遊する宇宙ステーションと異なり、月面では建物が建てられるので、スーパーゼネコンのほとんどが積極的に取り組んでいます。後は、トヨタ、ホンダ、日産などの自動車企業やプラントメーカー、食品会社、金融、素材系の会社など、さまざまな企業が月面開発を検討しています。

個社だけではなく、コミュニティをつくる動きもあります。企業が相互に連携している活動を、政府に活かして欲しいと思っています。フロンティアビジネス研究会は、三菱総合研究所とispaceで2016年末に立ち上げ、現在約40社が参加しています。宇宙系の企業に限らず、非宇宙系の企業も入っています。将来月面資源がビジネスになるのではないかと考え、日本発の宇宙資源ビジネスを作っていくことを検討しています。月面産業ビジョンは、月面開発が産業創出につながることを念頭に置いて、産業界が新産業をつくることを示したビジョンです。予算捻出の要望ではなく、産業界による行動する決意と政府に対する環境作りの要求を示したもので、普通の提言と少し毛色が違うと思います。月面産業ビジョン協議会では、学識経験者、企業団体と自民党の議員に協力して頂いております。

つづいて、なぜ月ビジネスを目指すのか、ということについてお話しします。まず1つ目はフロンティア開拓になります。国や研究機関の目的は、フロンティア開拓が主となります。2つ目が科学的知見、人類の誕生や惑星の由来など、我々が知らないことを知ることです。3つ目が極限環境の活用です。月は非常に過酷な環境で、真空中で放射線が多く、地球の6分の1重力であり、温度も非常に大きく変化します。極限環境から得られる知見を地球のビジネスへ還元できるのではないかと、月で実証できたものは地球のシベリアなどの過酷な地で使えるのではないかと考えられています。月に行く技術を使って火星に適用する可能性もあります。他には、月に挑戦したいという想いが社内でもエンジニアにとってもモチベーションアップになります。また、企業ブランドにも寄与するため、採用活動のときにも効果があります。

最後は収益性です。月面開発は地球上と異なり、リターンを得られるまでが長いです。しかし、市場があるか分からない状態から関与することが大事であると思っています。市場を創ることによって中心的なポジションを取り、先行者利益を得るという考え方です。また、個社で戦うにはアメリカ企業の方が、予算が大きいため対抗することが難しく、日本の企業はバリューチェーンを組み、面で勝負しようとしています。

民間企業が月を目指す上では、フロンティア開拓や科学的知見の獲得よりも、極限環境で得られる知見・ノウハウや収益性の観点がポイントになるのではないかと考えています。

最後に官民協力の新しい姿についてお話しします。現状、官民の協力では政府が使い終わったものを民間が使う形が多く、政府の目的に特化した形になるため、ビジネスを行う際に不便で活用できないことがあります。そこで、政府のプロジェクトの計画段階から民間が入って議論することで、後で使うときにも便利な形にできないかと考えています。新規のビジネスや市場をつくるときに、民間企業が動きかけて、先導していく形が大事であると思っています。

<sup>4</sup>[https://www.mext.go.jp/kaigisiryoo/content/20210630-mxt\\_uchukai01-000016486\\_6.pdf](https://www.mext.go.jp/kaigisiryoo/content/20210630-mxt_uchukai01-000016486_6.pdf)

---

## 【最初の一步に向けて】

最初の一步として、既に事業化のイメージがあれば、JAXAによるJ-SPARCという枠組みがあります。JAXA側が持つ知見を提供するので一緒に考えましょう、という形で早期から協力できるものです。早期の事業化など、JAXA側でプロジェクトにする出口を見つけようとしています。

一方で事業のコンセプトまでではないが、何かできるのではないかとすることであれば、月面産業ビジョン協議会やフロンティアビジネス研究会以外にも有人と圧ローバが拓く"月面社会"勉強会、ムーンビレッジ勉強会などに参加してみると、情報収集や意欲向上などができると思います。ムーンビレッジ勉強会については、学生でも参加できるような勉強会で、先端の企業や大学の教授が考えていることを勉強してみるとさらに深掘りができるのではないかと思います。

# Panel Discussion 1

## 日本のスペースポート戦略

責任者：高橋 慶悟

### 講師

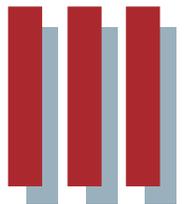


### 講師情報

おにつか しんいちろう  
鬼塚 慎一郎 様

一般社団法人スペースポートジャパン 創業理事

経歴： 航空専門商社にて営業、財務、航空機ファイナンスなど多方面の分野を経験、2017年よりANAホールディングスに在籍しグループ経営戦略の策定、M&A、空港コンセッション、イノベーション投資などを手掛ける。2018年、同社内にて宇宙事業化プロジェクトを立ち上げ2021年4月に宇宙事業チームとして組織化、リーダーに就任。一般社団法人スペースポートジャパンの設立発起人理事、PDエアロスペース社社外取締役、文科省革新的将来宇宙輸送システム実現に向けたロードマップ委員会委員。



## | 講師



## | 講師情報

すわ たいち

諏訪 太一 様

デロイトトーマツコンサルティング合同会社

航空宇宙セクター

経歴：東京大学大学院理学系研究科天文学専攻卒業。新卒で全日本空輸株式会社に入社後、航空機 (B-777/787, A320, 380) の客室仕様や装備品ベンダーの選定業務に従事。その後デロイトトーマツコンサルティング合同会社に入社し、大手自動車企業や通信企業を中心に中期経営計画の策定支援を実施。現在は航空宇宙セクターにて、官公庁の宇宙政策に係る国内外の動向調査や宇宙企業の新規事業の立ち上げ支援等を実施。

## | 講師



## | 講師情報

おおで だいすけ

大出 大輔 様

SPACE COTAN株式会社 取締役兼COO

経歴：一級建築士、博士（工学）。大手ゼネコンで建設現場監督や耐震分野の研究および、新規事業創造を経験。内閣府主催の宇宙ビジネスアイデアコンテストS-Booster2018での受賞をキッカケに、宇宙ビジネスに取り組む。2021年に北海道スペースポートおよび地域のまちづくりを企画運営するSPACE COTANを共同創業。国内外ロケットの誘致、民間企業とのリレーションシップを担当。

## | 講師



## | 応援メッセージ

やまざき なおこ

山崎 直子 様

一般社団法人 Space Port Japan 代表理事

メッセージ：2022年度SDFにて、「日本のスペースポート戦略」に関する企画が行われることを嬉しく思います。日本の宇宙政策の骨幹は、自立した宇宙利用大国であることです。宇宙利用を拡大するためにも、自立して宇宙へアクセスできる能力は大切です。スペースポートはその基盤になり、宇宙と地上をつなぐ役割、地域の産業や輸送のハブとしての役割を担います。そして、将来のP2Pも考えると、自国だけで閉じるのではなく、戦略的な国際連携も欠かせません。様々な観点から、活発な提言が出ることを期待しております。

## 【はじめに】

司会：今回取り上げるスペースポートとは一般的にロケットの打上げ場のことを指し、今後宇宙利用が活発になってくると予想される中で宇宙にアクセスするための重要な要素になると考えられています。

本日の流れといたしましては、まず日本のスペースポートの必要性と整備の現状、課題について、そしてスペースポートの戦略をどのように実行に移して行くべきかについて、次にアジア、ひいては世界のスペースポートになるにはどうすれば良いのかについて、最後にスペースポート事業への関わり方について議論していただきます。

## 【スペースポートの必要性について】

司会：スペースポート事業が必要となる背景には、宇宙輸送産業の拡大があると思われます。

現在の宇宙産業の現状や将来予測などをどのようにお考えでしょうか。

諏訪様：今後10年、20年を見据えると、地球低軌道を中心として、月面や火星まで宇宙利用が大幅に拡大することが想定されます。このような大幅に拡大した宇宙産業の世界を実現するためには、宇宙輸送を拡充していくことが重要になります。例えば、東京-ニューヨーク間を1時間程度でつなぐ二地点間輸送(P2P)、地球低軌道に建設された宇宙滞在施設や月面にヒトやモノを送り届ける輸送等が考えられます。また、ヒトだけでなくモノにも同じように輸送が広がっていくといった中で、このような輸送をしっかりと打ち上げられる基盤としてスペースポートを作っていくなければいけません。将来的にヒトを対象とした輸送に着目するのも重要ですが、その第一段階として目先の人工衛星に注目したスペースポートをしっかりと作っていく必要があると考えています。

世界の人工衛星の打上げ数について、2030年には現在より大幅に増加し、約6,000機が打ち上げられるとの予測がされています。なぜこれほど機数が伸びていくかというと、小型でコンステレーションと呼ばれる衛星の打ち上げが劇的に増加するからです。このような人工衛星を打ち上げる基盤としての宇宙港を実現すること、そのためのロケットを日本の中で作ることが、今後重要になってきます。

## 【スペースポート事業における日本の優位性と現状について】

司会：このような背景がある中で、日本がスペースポートを整備する利点についてどのようにお考えでしょうか。

鬼塚様：我が国における宇宙に関連する技術を少し分解すると、ロケットを作る技術、衛星を作る技術、データのやり取りをする技術などいろいろ分解できると思いますが、その中で間違いなく言えるのは衛星を作る、制御する技術はおそらく実績も含めて世界トップクラスだと思っています。今までISSに物資を供給してきたHTVのような日本の持っている技術に、より世界に対する競争力をつける必要が出てきたときに発射台が必要になってきます。どのような形であれ宇宙と日本をつなぐスペースポートというものが必要になるので、地政学的に見た時に東側を自由に使える我が国の立地・位置関係は非常に大きいです。これだけ海が開けている、自由度が高いというのが大きなメリットになるのだと思うし、今までJAXAが長年培ってきた技術・ノウハウは間違いなくアジアトップクラスです。これを消すことなく、これからの将来で世界と戦っていくためには、日本から打ち上げる、日本と宇宙をつなげるハブが必要だと考えています。

司会：現在の世界のスペースポートや日本国内の整備状況についてお伺いしたいです。

鬼塚様：国内で申し上げると北から順に大出さんのいらっしゃる北海道大樹町と大分県大分空港があります。南に行くとな地島があります。下地島にはANAとJALがかつて訓練で使っていた空港があり、ここには3,000mの滑走路があります。また、使われなくなった海底油田掘削装置から打ち上げる海上打上げというものがあります。この海上打上げを目指している日本のベンチャーがあり、今後シェアに入ってくる可能性があります。

海外の方は世界的に日々変わっていて、追いつけるのが大変なほど増えていっています。メインはやはりアメリカで、スペースポートが東側、西側、南側と各所整備されています。しかし、商業ベースに乗せるのは数が多くなればなるほど難しいというジレンマも生じているため、今後は少し淘汰が進む可能性はあるかなと思います。他ではカナダやブラジルなども非常に興味を示しています。

実は宇宙は安全保障に非常に関わってくる分野でもあるため、隣の国が始めたら自分の国もやらざるを得ないという状況がおそらく今後も続いていくと思います。

司会：続いて北海道スペースポートを作る意義や、北海道スペースポートの強みをお話いただきたく存じます。

大出様：世界中がこのスペースポートのビジネスチャンスを狙っています。滑走路を作って空港を作ればその周辺に航空産業や観光業が集まってくるのと同じで、スペースポートを作れば、その周辺に宇宙産業を集めることができます。また、種子島でのロケットの打上げでは1回あたり2万人のお客さんが来たことからわかるように、観光客も非常に集まってきます。

さらにその先には宇宙旅行などもあるかもしれません。また、P2P、高速二地点間輸送という東京とニューヨークの距離を、40分ほどで移動できる輸送手段が2030年頃からサービスにしようとしている状況です。まさにそこがビジネスの拠点にもなるかもしれませんし、交通の拠点にもなるかもしれないことが世界中の自治体・国がスペースポートを狙っている理由です。

直近では人工衛星の打上げ需要を解決するためにスペースポートを増やすこと、日本の人工衛星を日本から打てるようにすることを目指しています。そして、発射場を増やした先ではP2Pの受入れをしていきますし、SDGsの観点を取り入れ、環境に優しい宇宙開発を行います。人工衛星のデータの活用や、大樹町の牛の多さを活かして牛の排出するメタンを液化メタンにし、ロケットの燃料にしていく取組みがあります。

世界中には70ヵ所以上でスペースポートの計画や立候補がありますが、世界中のスペースポートの中でもこの北海道スペースポートは非常に優位性があると考えています。

まず、一つ目に地理的優位性があることです。地理的優位性とは緯度が高いこと、そして東と南が海で開けていることです。緯度が高いことによって昨今一番主流となっている軌道傾斜角が高い軌道、例えば極軌道や太陽同期軌道に入れやすくなっています。そして東も南も海が開けているのでさまざまな行き先に対してロケットを打つことができる点が大きなアドバンテージです。

二つ目として地理的優位性に早くから目をつけて多くの企業がすでに進出しており、実績があります。ホリエモンのロケットとして有名なインターステラテクノロジズという民間ロケット会社が北海道スペースポートから打ち上げておりました、去年は2機の観測ロケットの打上げに成功しました。その他、数十年前からJAXAの気球の実験関連が進出してきたりドローンなどの新しい無人飛行型のエアームビリティ関連の実験が多く行われたりしています。

三つ目に広大な敷地があることです。例えば、ケネディ宇宙センターは海岸線沿いに40カ所ぐらい発射場が並んでいます。そのような規模にしていけないとハブ宇宙港にはたどり着けないと思っているのですが、そのようなことができる土地の余裕が、日本においてはこの北海道しかないのではないのでしょうか。そして、天候面でも恵まれています。雨や雪はほとんどが日高山脈の西側で降るため、大樹町は日本でも屈指の晴天率を誇り、「十勝晴れ」と呼ばれています。北海道は台風も非常に少ないためロケットの打ち上げが延期になりにくく、天候面で大きなアドバンテージがあります。また、アクセスと周辺環境も優れています。アクセスが実は非常に良いです。羽田空港から帯広空港へ行き、そこから40分ほどで大樹町に着きます。東京からだとも最短で2時間10分ほどあれば大樹町へ行けます。私は今東京と大樹町の二拠点生活をしていますが、東京からは大阪より大樹町の方が近い感覚で移動しています。世界中のロケット会社から、ここで打ち上げたいと言っている方がいます。

司会：皆さまはスペースポート関連の取組みをそれぞれの立場からなされていると思いますが、その中でスペースポートを事業化する上で抱えている難しさや今現在取り組んでいる課題などがあれば教えていただけますか。

大出様：発射場をより増やしていかないと高頻度でのロケットの打上げができませんし、各ロケットで共通して使える設備と使えない設備があるため、新しいロケットを誘致しようとする新しい設備が必要になります。スペースポートは非常に大きな規模の建設工事になるのでインシャルコストが多くかかります。これは我々がまず直面している一番大きな課題です。そういった中、実はふるさと納税の制度を使って、スペースポートを作るために大樹町に納税できるという面白いお金の集め方をしています。ぜひ宇宙に関連する方々はふるさと納税を宇宙のために、大樹町に使っていただけると嬉しいなと思っております。

諏訪様：短期的に人工衛星を打ち上げる射場を構築していく点もかなり重要なところだと私も認識しているのですが、中長期的に宇宙港周辺の産業基盤を構築した上で宇宙産業エコシステムとして、宇宙産業を地域単位で拡大することが重要だと考えています。

打上げを行う時に観光客を誘客する産業を構築することも大事ですが、打上げがない時、にしっかりと産業を周辺に根付かせ、宇宙産業基盤として拡大させていくことが必要だと思っています。例えば人工衛星を作る事業者を誘致して、ロケット打上げのPoCを行えるような実証試験場として解放するとか、オープンイノベーションの場として広げていくような産業蓄積をすることが大きな課題となってくるのかなと考えています。

鬼塚様：スペースポートジャパンの立場で申し上げると法整備関連の制度面ですね。これまで種子島、内之浦、大樹町でロケットを打ち上げてまいりました。垂直で打ち上げる分には宇宙活動法という法律の中でさまざまなことが定義されておりまして、色々課題があるのでしょうかけれどもなんとかこなしています。今後いろいろな形の発射形態が出てくる可能性があります。これは技術の進歩に伴ってということですが、飛行機から空中で発射するVirgin Orbitが行っているサービスはすでに米国で商用化されています。

米国のこれらのものをどう取り込んでいくのか、どのような法体系でやっていくのかが一つ重要なところかなと思います。この流れに乗り遅れると、需要と供給のギャップが起き、日本のベンチャー企業がいくら良い衛星を作っても載せる、運んでくれるロケットにたどり着けなくなってしまう。

## 【日本のスペースポート戦略】

司会：まず短期的な視点から日本全体でどのようなビジョンや計画を持って整備を進めていくのかをお伺いしたいと思います。スペースポート事業で利益を出していく、また市場を広げていくためにどのようなことが必要だとお考えでしょうか。

諏訪様：まず、今日本国内で目先の宇宙港としての産業をどのように拡大していくかで一番重要になるのは、いかに人工衛星を打ち上げるための基盤を作っていけるのかだと考えています。今、世界各国でスペースポートを作るという流れがかなり加速してきています。その背景として、各国が宇宙政策の中で自立した宇宙輸送システムを構築していくことを文言で掲げており、国内の人工衛星の打上げ需要を獲得しながら海外の需要も獲得するための政策を立案しています。そのような中で日本の人工衛星は海外で打上げられるケースが非常に多く、需要が奪われてしまっているといえます。そのような状況では、国内の需要をしっかりと獲得しつつ、海外の需要も獲得していける競争力を持った宇宙港を構築していくことが、目先としては非常に重要になってくると考えております。まず短期的には、国内や海外の衛星事業者が日本のスペースポートに来て打上げをするための動線(路地)を整備することが、かなり重要なポイントになってきております。宿泊施設があるのか、海外の事業者が近くの空港に降り立って日本の宇宙港に行くまでの動線がしっかりと整備されているかなど、そういった路地面のところはかなり重要になってきています。こういったところも踏まえて射場を整備していくといった戦略を立てていくことが、ポイントになるのかなと考えています。

司会：スペースポートジャパンが直近でスペースポート整備に向けて動いていくこと、役割、実現されることを教えていただけますか。

鬼塚様：大きく二つあります。インフラを整備しないと話にならないという状況においては、やはりかなりお金がかかるので政府の力みたいなものがどうしても必要になります。スペースポートジャパンとしては、民間としてそういう重要性があるということをも日本の民間代表として、政府与野党に提言をしています。加えて先ほど申し上げた法整備の面で、これは個別省庁、いわゆる霞が関と調整を行っています。加えて官の間だけではなくビジネス化に行き着かないので、民のお金も必要になってきます。アメリカであつたらイーロンマスクやジェフベゾスといったIT長者がいて、その人達がお金を使っていますが、まだまだ日本はこうした状況になく、大企業にリソースが偏っています。人もお金も、大企業にいかにスポンサーをしていただけるか、興味を持ってビジネスに取り組んでいただけるかが重要です。その辺りもスペースポートジャパンとしては非宇宙系の企業の皆さまの興味を掻き立てるようなネットワークのつくりを行っています。

司会：北海道スペースポートはどのようなスパンで整備を行って、宇宙輸送において売上を出していこうとお考えでしょうか。

大出様：現在保有している施設としてはLaunch Complex 0発射場があり、ここでインターステラテクノロジズが観測用ロケットを打ち上げています。その他にもJAXAの大気航空実験場があって、成層圏気球が上がって成層圏の研究をされていたり、1,000m級の滑走路では、通信系の実験をされたりすることが多いです。また、航空宇宙関連の機体の実験や無人飛行機の実験や、最近ではドローンや空飛ぶ車の実験などもあり、そのような実験をしたいプレイヤーの場所の利用料で、今後我々は運用をしていきます。Launch Complex 1を2週間前に着工したところで、この工事を2年ほどで終わらせて2023年、2024年になってから運用を開始します。ここでインターステラテクノロジズの人工衛星を投入するロケット、ZEROというロケットが今開発中ですが、このロケットをはじめ世界中の人工衛星軌道投入用の小型ロケットを打ち上げていこうとしています。さらにはLaunch Complex 2、3、4とどんどん増やしていくことで、あらゆるタイプのロケットを高頻度にこの地から打っていくことを計画しています。

現状は普通の飛行機を扱っているような空港をスペースプレーンにも使うことが多いですが、2030年頃にはおそらく、スペースプレーンは宇宙港専用の滑走路じゃないと使い勝手が悪いとかいろいろなニーズが出てくると思います。土地の余裕もまだまだたくさんありますので、3,000m級の滑走路も、そういった市場をしっかりと見極めてタイミングよく整備を進めていきたいなと考えている状況です。



## 【アジアのハブになるためには】

司会：アジアや世界を見据えた長期的な視点で、スペースポート事業の戦略について皆さまにお話しいただければと思います。はじめに、スペースポートジャパン様が目指されていることとして日本がアジアにおける宇宙旅行ビジネスのハブになることをあげていらっしゃると思いますが、具体的にはどのような内容なのでしょう。またそれはどのような形で実現されるとお考えでしょうか。また、他の方もアジアのハブになるということについて、どのようなお考えがあるかお聞きしたいのですが、いかがでしょうか。

鬼塚様：冒頭で申し上げた通り、日本の宇宙産業に関する技術、知見はアジアトップクラスです。米国、欧州など国を色々見ていくとキリがないですが、アジアという地域で見た時には間違いなくトップクラスです。その中でさらに地理的にも優位な位置にあるというこの状況を活かさない手はない。それを一番良く活かせるものがスペースポートであり、しっかりとしたポートがあれば、そこにアジアのお客さんが流れてくると考えてもよいのではないかと考えています。

2025年ぐらいまでに何が起こるかという、すでに宇宙飛行士ではない人、超富裕層の一般人が宇宙に行き始めました。加えて一番重要なのが、ロケットとか衛星を大量生産する、ライン生産する時代に入ってきています。ここを商売にしていけない手はないです。月面探査、アルテミス計画などで今、NASAさんの方で頑張っているのですが、2025年以降には月面に対するアクセスのようなものが準備され始めていると考えられます。2030年代以降では、実際に月の上で何かをする、さらにはこの辺りでP2Pという2地点間的高速輸送のようなものが、何らかの形で出てくるのだろうと考えています。このようなスパンで世界が動いていく、もしくはこれよりも速いスピードで技術進展が動いていく可能性がある、それに向けた、それに合わせるスピード感でスペースポートの整備をしていかないといけないと考えています。

諏訪様：大きく分けて二つポイントがあります。アジアのハブになることを考えた時に、将来の輸送を見据えた宇宙港を構築していけるかという先進性がかなり重要なキーワードになってきます。初めにアジアで先んじて宇宙港を立ち上げて、プレゼンスを広げていくことで、将来的にもどんどん需要を獲得できる基盤として成り立たせることができると考えています。

もう一つが、宇宙港の周りの路地を含めたまちづくりをどのようにやっていくのかという点です。宇宙港周辺のまちづくりをすると言っても色々な事業者さんが独立して色々なホテルを立ち上げるとか、タクシーを走らせるなどといったところを押していけばいいというわけではありません。いわゆるスマートシティのような、プラットフォーム上でさまざまなソリューションを管理しつつ統合型のスマートシティソリューションとしてまちづくりを構築していくことが重要になります。例えば、宇宙港周辺の空港からホテルまで、ホテルから宇宙港まで行くような全ての導線を、いわゆるMaaSのようにプラットフォーム上で管理すると、導線が最適化されます。そのような基盤がしっかりと整備できると、海外需要が獲得でき、産業が拡大していけるのではないかと考えています。実際にそういったスマートシティを作るという点では日本ではトヨタ自動車さんが先進的にWoven Cityといった取組みをされています。トヨタ自動車さんも路地面、人の導線という部分をいかに最適化していくかという点に注力して取り組まれているということで、スマートシティはスペースポート周りのまちづくりに関してもキーワードになるかなと考えています。

大出様：アジアの中でいうと、やはり東に、そして南に太平洋が大きく開けているという地理的優位性があり、世界的には日本の人工衛星の製造数はまだ多い方です。しかし、その日本の人工衛星は海外で打ち上げられている割合が多いため、まず国内の需要を満たすために国内でロケットを打ち上げる数を増やしていく必要があります。そのような点で日本のロケットも世界のロケットも日本で打つ理由がたくさんあります。そして日本から高頻度にロケットが打ち上がる基盤が作られてくると、今度はアジアの国々が人工衛星を作っていくというフェーズにおいて、近場でロケットを打つ基盤があるのは日本だから、日本で人工衛星を打ち上げようとなっていく。そうするとこの日本のスペースポートがアジアでの市場を取るという形になるのではないかと思います。その先にはP2Pで、アメリカやヨーロッパの方から1時間以内で日本のスペースポートに降り立って、そこから二次交通的に飛行機などを使ってアジアの国に行く。そうすることでトータル移動時間が3時間ぐらいで収まる。そのような営業形態になると、まさに日本がアジアの玄関口になっていけるのではないかなと考えています。そのためにはやはり金、人、モノがとても重要です。日本のまだ宇宙産業に取り組んでいない企業が、昨今宇宙に非常に取り組もうとしています。しかし、かなり一足飛びにすぐに月に家を建てようとか火星に住もうとか深宇宙探査に行こうとか、いきなり遠くを目指してしまいます。ちゃんとそこに行くためには何が必要かバックキャストして、地球で必要な宇宙ビジネスを行う。その一つがスペースポートであるというように、現実でビジネスになるところをしっかりと協力して進めていけたらアジアの市場を取ることにつながるのではないかと思います。

司会：アジアのハブになったと言えるような状況というのはどのようにお考えでしょうか。具体的なイメージがあれば教えてください。

大出様：日本の人工衛星をどんどん他の国で打ち上げられている現状が、日本で海外の人工衛星を打ち上げる形になったらアジアの市場を取ったといえるのではないかと感じます。

諏訪様：まさに私もそのように考えていまして、海外の需要を取り込めている状態が、アジアのハブになっているといえるのかなと考えています。今は海外でも宇宙港で海外の市場を取るために、宇宙港間の連携みたいなところもかなり進める取組みがあります。例えばオーストラリアだと、欧州で打ち上げるはずだった人工衛星が、たまたまタイミングが合わずスケジュールが取れなくなった時に、オーストラリアの打上げ場で打ち上げられるような仕組みを実際に構築しようという取組みがあります。そういった海外連携が加速していくと、将来的に需要をさらに取り込めるような環境が作れるのかなと考えています。

そのような海外の宇宙港との連携みたいなところを実際に進めるような取組みがあるのか、鬼塚さんにお聞きしたいのですが、いかがでしょう。

鬼塚様：スペースポートジャパンとして、海外のスペースポートとの連携は当然しています。実は世界でスペースポート学会みたいなものがあるのですが、これは世界中のスペースポート関係者が集まる会で、年に1回アメリカで開かれています。そこに私たち理事のメンバーが、ここ3年ぐらいはオフィシャルに日本代表として参加しています。その情報を持って帰ってきて、大出さんや大分県、下地島といった皆さまと共有させていただいているところです。ハブというとハブ空港のような、そこに人が乗り降りする数が多いとハブであるようなイメージになってしましますが、そうではないと思っています。打上げの回数や、重要度、頻度も含めた輸送系サービスにおけるハブを目指していくべきなのだろうと思います。

大出様：私の会社としても国内外のスペースポート、そしてスペースポート利用者との連携をどんどん強めているところです。国内においてもよく競合と思われがちですが、北海道はメインが縦型に打ち上げるタイプのロケットで、大分や下地島の方は基本的に水平型に打ち上げるスペースプレーンタイプのため、基本的には競合にはなりません。串本もスペースワンというロケット会社が自分のロケットを打つための発射場なので、私たちとはビジネスモデルが異なります。そのため、国内のスペースポートとは連携してスペースポートのプレゼンスを高めるべく連携を進めています。そして海外のスペースポートとは、情報のやり取りやその先にあるP2Pやさまざまな取組みでの協業を現在模索しています。また近いうちにプレスリリースを出せたらいいなと取り組んでいます。

## 【スペースポートへの関わり方】

司会：スペースポート事業は地域との関わりが大きく、地域経済とは切り離して考えられません。北海道スペースポートについて地域、大樹町とどのような関わりを持っていますでしょうか、また将来の地域との関わり方も教えていただけますと幸いです。

大出様：ロケットが打ち上がるようになると、例えばロケットや人工衛星を運ぶ物流の需要が生まれます。それを作業する人や見に来る人を運ぶ物流関係、モビリティの需要も増えていきます。物流系・モビリティ系の産業はそういったところで大きなチャンスがあります。また、ここでロケットが大体年間10回打ち上がるようになると、雇用が2,300人、観光客が年間17万人増えて、それが及ぼす経済効果は年間267億円くらいの規模になります。

そういった人が増えると、例えば雇用も増えて、そのために住むための家が増え、観光客も増え、出張で作業しに来る人も増えてホテルがたくさん必要になります。またそうなると、十勝は食料自給率が1,300%もあるので、食料が地産地消でより高付加価値でより人に喜ばれて消費されるようになり、地域の一次産業の人とも大きく連携が作れます。その一次産業の効率化に関しても人工衛星データが非常に寄与して、まさに宇宙と結びついた街、宇宙と共に発展していくようなまちづくりができるのではないかと考えています。そういった意味では、本当に多種多様な産業の方々がいろいろ関わり方ができるのがこのスペースポートの魅力の一つです。実際にそういったスペースポートの可能性に非常に強く共感していただいて、HOSPO SUPPORTERSという応援し合う、そして相互に連携し合うようなコミュニティを作っています。この取り組みに共感して協力いただいた企業様にご加入いただいているのですが、この一年で77の企業様に参加いただきました。建設も観光も輸送系も、メディア系もIT系も、あとは面白いところではコンサドーレ札幌さんなどのスポーツチームも相互に応援して、いろいろな取組みに発展しています。このような取組みを基に、いろいろな形でスペースポート事業に関わっていただけたら嬉しいなと考えています。



司会：ビジネス的に見て非宇宙、地域経済を取り込む事業にどのような可能性がありますでしょうか。

諏訪様：非宇宙系の事業をしっかりと巻き込んでいく点は、宇宙港を作る上でかなり重要なポイントになります。打上げの時だけに人が来るような宇宙港を目指すのではなく、打上げが行われなくても人が集まり、産業が集積できるような基盤を作っていくことが必要だと思っています。実証試験の場として提供した上でいろいろな産業が根づくような基盤を作ることや、いろいろな路地面を整えながらスマートシティのように人が集まりやすいような環境を作っていくことなどをしっかりと進めていくのが重要になってくると考えています。

司会：お話をいただいた事の他に非宇宙系でのスペースポート周辺事業への関わり方はありますか。

鬼塚様：これは立地などにもかなり大きく依存するのかなと思います。先ほどの十勝であれば自然や食、もしくはファームの体験だとか、いろいろなことがあるかと思いますが、大分であれば食と温泉と自然もあります。産業というのはありますが、私が一番大事だと思うのは教育です。人材が足りません。宇宙産業で世界と戦おうとすると、技術者も含めて人材が足りません。また技術者ばかりだと今度はビジネスにならないというジレンマが発生しますので、文系理系問わず宇宙に関連するビジネス人材、宇宙関連人材が必要になります。人材のエコシステムを回していく必要があります、そのためには何の関連もない場所でいきなり始めるのではなく、スペースポート周辺の大学で航空宇宙専門学科を作るなど、地域との関連が必要かと思います。実は大分にはAPUという海外からアクセスを集めている大学があります。こういった部分で専攻課程を作ると、世界中の宇宙の勉強をしたい若い方々を取り込むことができ、それによって地域の経済の起爆剤にしていくことができるかと思っています。また、大分では国東高校がコーンウォールというイギリスの高校と組んで交流を始めました。高校のレベルで宇宙に関連する教育の交流を公立の高校で初めて行ったことは非常に素晴らしく、こういった動きをもう少し広げていきたいなと思います。

司会：ありがとうございます。今教育の話があったと思うのですが、ぜひ北海道の方でもそういった取組みがあれば教えていただきたいです。

大出様：先ほど紹介したコンサドーレ札幌さんやレバンガ北海道さんといったサッカーやバスケのプロチームの試合に親子連れで観戦に来る方が非常に多いので、夏休みのタイミングで親子ペットボトルロケット教室を共同開催しました。サッカーにしか興味がないような子供が、サッカーを見に来た時にペットボトルロケットなどの科学技術に触れて、宇宙の魅力によって科学を学ぶ意欲が高まっていく。そうすることにより、科学的な視点や技術力を持った人が育つきっかけを作る点で地域に貢献しています。また大樹町にある大樹高校で、宇宙をテーマにした特別教育が行われるようになりました。これが2年後ぐらいにはコースがしっかりと開設して、全国から学生を集められるような公立高校になる、という変革を遂げます。教育からどんどんその先に宇宙に関わっていくような人材を、地産地消ではないですが、この地域でも育てていくということは非常に重要だなと考えています。

司会：最後にポイントをいくつかまとめていただいた資料を頂いておりますので、是非総括いただきたいのですがよろしいでしょうか。

諏訪様：大変恐縮ながら総括させていただきます。まずポイントの一つ目は、宇宙産業の拡大です。2030年、40年になると宇宙産業がかなり拡大していきます。ポイントの二つ目は、拡大する宇宙産業を支える基盤として、宇宙輸送をしっかりと構築することです。しかし、輸送機を宇宙に飛ばすことを考えると、その基盤となる宇宙港、スペースポートをしっかりと構築していくことも必要になります。そういった目先の需要のみならず、中・長期を見据えて需要をしっかりと取り込むためにも、宇宙港を構築していくための金、人、モノという話もあった通り、それらを国全体を挙げて強化していくことがかなり重要になってきていることを、このフォーラムの中で認識していただければと思っております。

# Poster Session 2

## 宇宙開発における 国際技術協力・共同研究

### 概要

宇宙のグローバル・国際的な共有空間であるという性質上、宇宙開発において「国際関係」「国際協力」は非常に重要な地位を占めます。

特に近年の宇宙利用分野の拡大に伴い、国際協力の重要性は増すばかりです。

本企画では、こうした国際協力の重要性を再認識する機会を設けるべく、国際技術協力や共同研究を通じて宇宙利用技術の社会実装に取り組む研究室や団体をポスターにてご紹介します。





## 九州工業大学 革新的宇宙利用実証ラボラトリー



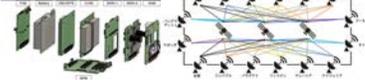
大谷 将寿 (九州工業大学 修士2年)

### BIRDSプログラム

**BIRDSプログラムとは：**  
衛星開発経験の少ない国からきた留学生と共に、CubeSatの開発を行う。ミッション定義から運用までのすべてを経験し、自国に帰った後、2号機・3号機と開発を行うことで、持続的宇宙プログラムを進めることを目的としている。

**BIRDSネットワーク：**  
BIRDSプログラムに参加した国にそれぞれ地上局を配置し、衛星との通信を行うことで、データの取得量を増やすと共に、国際協力を推進する。

**BIRDS バスシステム：**  
各世代において共通のバスシステムを利用することで、各プロジェクトに必要な開発時間・費用を削減する。



### BIRDS-3



国	日本・スリランカ・ネパール	
衛星数	1U × 3	
ミッション	地球撮影	CPLDの軌道上実証
	LoRaモジュールの軌道実証	民生品接着剤を用いた太陽電池貼り付け
	磁気トルカを用いた姿勢決定	

### BIRDS-1



国	日本・ガーナ・モンゴル ナイジェリア・バングラディシュ	
衛星数	1U × 5	
ミッション	地上局ネットワークの実証	衛星の正確な位置計測
	軌道上からの音楽配信	大気密度計測
	軌道上のSEL計測	地球撮影

### BIRDS-4



国	日本・フィリピン・バングラディシュ	
衛星数	1U × 3	
ミッション	APRS Digipeaterの実証	民生品部品放射線評価
	Store & Forwardの実証	ペロブスカイト太陽電池の実証
	地球撮影と画像分類	民生品接着剤の実証
	姿勢決定・制御システム	CubeSatの構造を利用した無層開型アンテナの実証

### BIRDS-2



国	フィリピン・ブータン・マレーシア	
衛星数	1U × 3	
ミッション	APRS Digipeaterの実証	GPSの実証
	Store & Forwardの実証	軌道上のSEL計測
	地球撮影	AMR磁力計を使用した磁界計測

### BIRDS-5



国	日本・ウガンダ・ジンバブエ	
衛星数	1U × 2, 2U × 1	
ミッション	APRS Digipeaterの実証	Store & Forwardの実証
	姿勢可視化	画像分類の実証
	BIRDS-NEST	超小型衛星用粒子計測 (日本2Uの外搭載)
	マルチスペクトラムカメラの撮影	

## 九州工業大学革新的宇宙利用実証ラボラトリー (La SEINE)

九州工業大学革新的宇宙利用実証ラボラトリーでは、様々な衛星開発プロジェクトが行われている。

現在、進行中のBIRDSプログラムでは、衛星開発経験の少ない国からきた留学生と共に、CubeSatの開発を行っている。ミッション定義から運用までのすべてを経験し、自国に帰った後に、2号機・3号機と開発を行うことで、技術の継承・発展を行うことを目的としている。これまで、13か国 (日本を含む) の衛星、計17機を開発してきた。

**国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT)**

**地上から海・空・宇宙空間までを3次元的につなぐ、  
Beyond 5G時代の非地上系ネットワーク**

**概要**

Beyond 5G時代の多様なアプリケーションに向け、地上系ネットワークと、船舶・航空機・空飛ぶクルマなどのモビリティ、HAPS、衛星、深宇宙探査機までがシームレスにつながる3次元ネットワークの研究開発を推進しています。

HAPS: 高高度プラットフォーム、Non-Terrestrial Network (NTN) ; 非地上系ネットワーク

衛星フレキシブルネットワーク基礎技術

Beyond 5G/6Gの多様なアプリケーションに向け、3次元の統合ネットワーク制御によりシームレスに繋がる通信環境を実現

月面基地、5G基地局、AI、未来のテレワーク、遠隔医療、遠隔教育、遠隔ショッピング、スマートシティ、自動運転、XR/VR、無人船、岸上IoT

非地上系ネットワーク(NTN)にて、海洋から宇宙までの領域をリンク

【お問合せ先】 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター 宇宙通信システム研究室  
Mail: wf-publicity@ml.nict.go.jp

**特徴**

- 地上から宇宙までのネットワークを統合的に制御 (最適経路選択・高機能衛星制御など)
- フレキシブル・光空間通信技術の確立 (世界初10Gbps級光空間通信とフレキシブル衛星通信技術の確立)
- Beyond 5Gのユースケース実証
- 技術試験衛星9号機 (ETS-9) により実証

**ユースケース**

- スマートシティ (遠隔教育・遠隔医療・未来のテレワーク・過疎地域への通信など)
- モビリティ (船舶・航空機・空飛ぶクルマ・自動運転・陸海空の物流システムなど)
- 非常災害時対応

**今後の展開**

- 衛星系と地上系が接続するシステムで個々のユースケースに応じた通信回線を提供する技術の確立
- 世界初の10Gbps級光空間通信を含む光空間通信基盤技術の確立
- 海洋や航空などの真分野との連携を図り実証

**関連リンク**

- ハイスループット衛星通信システム
- Beyond 5G/6G時代のNon Terrestrial Networks
- ETS-9衛星通信プロジェクトWeb

Copyright © 2022 NICT All Rights Reserved.

**国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT)**

**多層的に展開される宇宙光通信ネットワーク：  
Beyond 5Gの実現に向けて**

**概要**

Beyond 5Gネットワークの「超高速・大容量」「拡張性」への貢献に向け、あらゆる移動体プラットフォームに搭載可能な小型光通信端末や、光通信端末との通信を可能とする固定/可搬型光地上局に関する研究開発を推進しています。

NICTが目指す多様な次世代の光通信シナリオ

DROON-光地上局の光通信 HAPS-光地上局の光通信 LEO-LEO/光地上局の光通信 GEO-LEO/光地上局の光通信

- GEO: 静止軌道衛星
- LEO: 低軌道衛星
- HAPS: 高高度移動プラットフォーム
- DROON: 無人航空機
- OGS: 光地上局
- T-GSS: 可搬型光地上局

【お問合せ先】 ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センター 宇宙通信システム研究室  
Mail: wf-publicity@nict.go.jp

**特徴**

- 宇宙/空中のプラットフォームで動作可能な小型光通信端末の開発
- 性能を維持しながら、低いSWaP (サイズ、重量、電力) を実現した設計
- 様々なプラットフォームを結ぶ通信が可能

例: 宇宙/空中プラットフォームと地上局: 10 Gbps~数Tbps  
宇宙の軌道間 (GEO-LEO, LEO-LEO): 10 Gbps  
宇宙-空中間 (LEO-HAPS): 10 Gbps  
空中-空中間 (HAPS-HAPS): 2 Tbps

**ユースケース**

- 多数のユーザーへの高速インターネットサービスの提供
- 観測衛星データの高速伝送
- 宇宙ネットワークを用いた量子暗号通信

**今後の展開**

- 小型光通信端末をドローンに搭載した初期実験の実施
- HAPS-地上局、HAPS-HAPS間や、GUサイズのCubeSatを用いた宇宙-地上間光通信の実証
- ※1U=10 cm×10 cm×10 cm (CubeSatの標準規格)

**関連リンク**

- 宇宙通信システム研究室Web

Copyright © 2022 NICT All Rights Reserved.

## 国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT)

情報通信研究機構 (NICT) は日本唯一の ICT 分野の公的研究機関であり、衛星通信の基礎研究と応用にも取り組んでいます。

Beyond 5G 時代の「超高速・大容量」「拡張性」通信の実現に向け、地上系ネットワークや船舶・航空機・空飛ぶクルマなどのモビリティ、高高度プラットフォーム、衛星、深宇宙探査機までがシームレスにつながる 3 次元ネットワークや、あらゆる移動体プラットフォームに搭載可能な光通信端末の研究開発を推進しています。

就職先は「宇宙です」

UNISEC presents the 4th SPACE JOB FAIR at X-NIHONBASHI TOWER

2022 11 23 (水・祝) 9:30 ~ 18:00

あなたのスキルが宇宙と出会う。ニューフロンティアなキャリア支援イベント!

会場は宇宙ビジネス協創プロジェクトで話題の X-NIHONBASHI タワー

■参加者募集中! : 宇宙業界への就職・転職を本気で考えている方なら、どなたでもご参加いただけます。UNISEC非会員の方も歓迎します。オンライン参加定員100名。  
 ■主催・問い合わせ先 : NPO法人大学宇宙工学コンソーシアム (UNISEC)  
 Email [jobfair@unisec.jp](mailto:jobfair@unisec.jp) HP <http://unisec.jp/jobfair>

ふっちゃん  
宇宙業界って儲かるの?

宇宙業界の仕事って  
宇宙飛行士以外に  
…何があるんだろう?

インターンから  
始められないかな?

宇宙業界って  
理系じゃなくちゃ  
ダメですか?

どんなキャリアプランが  
描けるのか知りたい!

やっぱり  
エリートしか  
いないとか?

業界選いの  
私のスキルで  
働けますか?

カッコいいだけじゃない  
ウラの話、  
ぜひ聞きたいっす!

## ■ NPO 法人大学宇宙工学コンソーシアム (UNISEC)

大学宇宙工学コンソーシアム (UNISEC) は、大学・高専学生による手作り衛星 (超小型衛星) や缶サット (超小型の模擬人工衛星)、ロケットなど宇宙工学の分野で、実践的な教育活動の実現を支援しています。UNISEC SPACE JOB FAIR は、宇宙・航空業界の第一線で活躍する企業と、就職を検討・希望する方々の架け橋となる事を目的とした、宇宙・航空業界に特化したジョブフェアで、毎年開催されており、今年で4回目です。

# Workshop 2

## 持続可能な宇宙開発へ向けて ～ニュースペースの規範を考える～

企画責任者 森岡 悠輔

### 概要

2020年代に入り、地球周回軌道上を漂うスペースデブリ(宇宙ゴミ)の増加ペースが一段と激しさを増しました。宇宙開発が民間を巻き込む形で加速している「ニュースペース」の時代において、スペースデブリの問題は一層喫緊性を増してくると考えられます。そして近年スペースデブリ対策分野において新たな方向性の取組みが登場してきていることに着目し、本企画ではスペースデブリ問題を改めて正面から扱いました。それに際して、地上の環境問題・社会課題解決に民間の視点から解決を図る「ESG」の思考法を参考にし、議論の深化を図りました。



### 【企画のねらい】

スペースデブリ(以下、デブリ)の分野における近年の動態を説明する大きなキーワードは「ステークホルダーの拡大」ではないでしょうか。その意味するところは、以下に述べるように大きく二点あると考え、それぞれに対応させる形でグループワークを二つ実施しました。

一点目として、デブリが及ぼしうる危機・リスクが、宇宙開発とは無関係な人々にとっても他人事ではなくなっていることが挙げられます。本企画がワークショップの形をとり、学生や非宇宙業界の皆様も巻き込む形で議論の機会の提供を試みた理由はここにあります。

二点目は、デブリ対策分野における制度的取組みの中で、民間事業者を主体としたものが勢いを増していることです。この現象が、地球環境保全の分野における「ESG」の潮流と性質を同じくするものなのではないかと感じたことが当企画の出発点でした。試論として「ESG投資をデブリ対策分野に拡大する(もしくは、ESG投資を土台に「スペースデブリ投資」なるものを創出する)ことは可能か」などの問題提起を行い、講師講演を交えながら議論の整理および前進を図りました。

## 【グループワーク1】

社会が衛星利用を中心として宇宙への依存を深めるのに比例し、デブリの危機が我々一般市民にとってより直接的なリスクとなってきました。この認識が浸透すればデブリ対策が必要であるという意識の底上げが期待できるのですが、可視化が難しいこともあり、こうした危機意識は十分に醸成されていないように思われます。そこでグループワーク1では、現代社会が宇宙利用から多岐にわたって受けている恩恵に目を向けることを通じて、デブリのリスクを体感していただきました。

まず、「もしも宇宙デブリによって軌道が混雑してしまい、人工衛星が使えなくなったらどうなるでしょうか・・・？」というテーマで、付箋を用いたアイデア出しのグループワークを行っていただきました。「宇宙開発・探査への影響」の欄と「地上への影響」の欄を設けたワークシートを配布し、5分で自由に回答していただきました。その後、衛星利用をはじめとした「宇宙空間活用事例」が多数記載された資料を参考に再度アイデア出しを行い、多岐にわたる宇宙利用の社会還元とその不可欠性について具体的にイメージしていただきました。結果は以下の表1の通りです。

表1：グループワーク1の結果

	宇宙開発・探査への影響 (一部抜粋)	地上への影響 (一部抜粋)
1班	<ul style="list-style-type: none"> <li>・宇宙活動自体が制限される</li> <li>・ロケットなどの破損により宇宙飛行士が帰還できなくなる</li> <li>・貴重な観測機の破損</li> <li>・船外活動への影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天気予報が見られない</li> <li>・災害状況の把握が難しくなる</li> <li>・携帯電話、カーナビが使えなくなる</li> </ul>
2班	<ul style="list-style-type: none"> <li>・月、惑星探査が止まる</li> <li>・宇宙ステーションに取り残される</li> <li>・デブリ対策分野が発達する</li> <li>・宇宙の観測拠点が作れない</li> <li>・無重力下での実験が困難になる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・衛星インターネットが使えなくなる</li> <li>・衛星放送、GPSが使えなくなる</li> <li>・核軍縮が止まる</li> <li>・ケーブル会社が儲かる</li> <li>・防災対策、気候変動対策がとれなくなる</li> </ul>
3班	<ul style="list-style-type: none"> <li>・有人宇宙飛行が実現できない</li> <li>・軌道上実験機会が減少する</li> <li>・衝突回避がままならなくなる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通信インフラが崩壊する</li> <li>・天文観測ができなくなる</li> <li>・天気予報ができなくなる</li> <li>・ミサイル探知等の防衛機能が止まる</li> </ul>
4班	<ul style="list-style-type: none"> <li>・宇宙に出られなくなる</li> <li>・衛星にダメージを与える</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通信、放送に不具合が出る</li> <li>・デブリが地上に落ちてくる</li> <li>・交通インフラに大きく影響する</li> <li>・天気予報、GPSが使えなくなる</li> </ul>
5班	<ul style="list-style-type: none"> <li>・宇宙ステーション等の低軌道利用ができなくなる</li> <li>・探査で、目的天体までの道中でデブリと衝突する</li> <li>・静止軌道が使えない</li> <li>・デブリを避けるための細かい動きのロケットが必要になる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GNSS (衛星測位システム) の利用不可</li> <li>・通信、放送、測位、リモセンへの影響</li> <li>・宇宙からの落下物により人に危害が及ぶ、建物が損傷する</li> </ul>

## 【グループワーク 2】

コンステレーション化のトレンドに顕著なように、デブリを排出する主体は国家だけではなく増えてきており、そこに占める民間事業者の割合は日増しに増加しています。これに呼応する形で、民間事業者にとっての「経済的インセンティブ」に働きかけるアプローチが、デブリ排出抑制の方法として魅力的なものとなりつつある、という見方ができます。

本企画はこの潮流を念頭に置きながら今後に向けた当為論の展開を試みるのに際し、地球環境保全に経済的側面から取り組む「ESG投資」の概念を先行事例として持ち込みました。具体的には、スペースデブリ・軌道上環境に配慮した行動に対しても投資が向くような状況を作ることができないかという問いを立て、そのためにデブリ対策分野においてこれから必要となるピースは何か探るため、グループワーク2を行いました。

内容は、架空の企業4社それぞれに対し、企業情報やサステナビリティ報告書の情報をもとにESG投資を行うか否か判断していただく投資ゲームです。「地球編」の前半と「宇宙編」の後半に分けて作成し、とくに後半では前半との対比を働かせて「宇宙においてはESG的な評価指標がないため、投資をしようにもできない」という現状をもどかしさとともに認識していただくことを狙いとしました。その上で、フェーズ3として「宇宙環境を保全しようとする事業に投資をするためには、その事業や企業に関してどのような評価項目が開示される必要があるか」に関する案出しも行っていただきました。

配布資料の情報と結果は以下の表2、3、4および図1、2の通りです。「投資の判断を下すには、情報が少なすぎる」ということが、我々の想定以上に参加者の方々に悩ませてしまった班が目立ち、企画側としても勉強になりました。他方で、その悩みを感じていただけたことで、その後の講師講演をより説得的なものとして聴いていただけたという想定外の効果もあったようです。詳細は46ページからの講師講演の節をご覧ください。

表2：ESG項目

(今回の投資判断では主にEのスコアを参照)

環境情報開示スコア(E)		社会情報開示スコア(S)		ガバナンス情報開示スコア(G)	
CO <sub>2</sub> 総排出量	30%削減(10年間)	従業員総数		取締役数	
メタン排出量	30%削減(10年間)	女性従業員比率		監査役数	
排出ガス中のNOxの濃度	211.1ppm以下	従業員マイノリティー比率		執行役員数	
	(1ppm = 0.0001%)				
エネルギー消費量合計	4000PJ以下/年	死亡者数ー合計		取締役会の独立性	
	(PJ = 1015J)				
電力使用量	750kwh/百万円(売上) 以下	サプライチェーン社会的リスク管理		取締役会の多様性	
自家発電再生可能電力	20%以上	サステナビリティ・サプライヤーガイドラインESG開示		女性役員比率	
エネルギー消費に占める化石燃料の割合	30%以下	地域社会活動費		取締役年齢幅	
自然災害データの提供	20種類以上	男女間賃金格差(%)		取締役就任期間(年数)	
温室効果ガスデータの提供	20種類以上				

### 評価の視点

- ・ 事業がどれくらいの利益を出すか
- ・ ESG項目についてどれくらい取り組んでいるか

## &lt;フェーズ1 地球編 (企業1、2) &gt;

図1：フェーズ1の企業情報

<p>主軸としている事業を1ヶ月行うのにかかる予算の見積り・・・計2.8億円</p> <p>*材料調達費 (7千万円)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原料の茶葉を調達するのにかかる費用</li> </ul> <p>*「持続可能な森林」認証を受けた農場のみから原料を仕入れている</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・製造費 (人件費6千万円、工場稼働費4千万円)</li> </ul> <p>*茶葉を工場で紅茶に加工する費用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原材料栽培地で加工</li> </ul> <p>*輸送費 (海運1.6千万円、陸運1.4千万円)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原材料を工場まで輸送したり、工場から販売所まで輸送する費用</li> </ul> <p>*定期便の貨物列車で輸送</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・環境活動費 1千万円</li> <li>・マングローブ保護活動に出資</li> </ul> <p>*広告費 7千万円</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・CMを放映</li> </ul>
1ヶ月の売上げ見積り・・・5億円
<p>環境に関する取組み</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*CO2排出量は10年間で32%の削減目標を達成予定</li> <li>*メタン総排出量は10年間で最大28%削減可能 (見込み)</li> <li>*排出ガス中に占めるNOxの濃度は80ppm</li> <li>*エネルギー消費量の合計は現時点で4398PJ / 年</li> <li>*電力使用量は598kwh / 百万円 (売上)</li> <li>*自家発電再生可能電力は企業全体が使う電力の24%を占めている</li> <li>*エネルギー消費に占める化石燃料の割合は現時点で27%</li> </ul>
企業2：コーヒーブランドを展開し、国際的調達網をもつ日本企業フォレストヒル社
<p>主軸としている事業を1ヶ月行うのにかかる予算の見積り・・・計2.4億円</p> <p>*材料調達費 (4千万円)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原料のコーヒー豆を調達するのにかかる費用</li> <li>・最安値のコーヒー豆を調達</li> </ul> <p>*製造費 (人件費7千万円、工場稼働費8千万円)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コーヒー豆を工場でコーヒーに加工する費用</li> <li>・日本まで送り国内で加工</li> </ul> <p>*輸送費 (海運1.7千万円、陸運1.3千万円)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原材料を工場まで輸送したり、工場から販売所まで輸送する費用</li> <li>・トラックで需要にリアルタイムに答え輸送</li> </ul> <p>*環境費なし</p> <p>*広告費 2千万円</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・SNSを使用</li> </ul>
1ヶ月の売上げ見積り・・・6億円
<p>環境に関する取組み</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*CO2排出量は10年間で18%削減可能 (見込み)</li> <li>*メタン総排出量は10年間で22%の削減目標を達成予定</li> <li>*排出ガス中に占めるNOxの濃度は91ppm</li> <li>*エネルギー消費量の合計は現時点で7572PJ / 年</li> <li>*電力使用量は982kwh / 百万円 (売上)</li> <li>*自家発電再生可能電力は企業全体が使う電力の22%を占めている</li> <li>*エネルギー消費に占める化石燃料の割合は現時点で35%</li> </ul>

表3：フェーズ1の結果

	投資先企業	理由
1班	企業1	ESG項目
2班	企業1	環境負荷やエネルギー使用量が小さい、国外で加工している
3班	企業1	利益は企業2の方が高いが、企業はESG項目をほぼ満たしている
4班	企業2	広告費を抑えている、短期的に利益率が高い
5班	企業1	ESG分野が優良

<フェーズ2 宇宙編 (企業3、4) >

図2：フェーズの企業情報

<p>企業3：通信衛星を打ち上げ、コンステレーションを構築しているSpace Z社</p> <p>主軸となる事業を1フロア（およそ10年）行うのにかかる予算の見積り・・・計89億円</p> <p>*材料費（本体7千万円、デオービット用部品2.2千万円）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・部品の調達にかかる費用</li> <li>・デオービット用のスラスタを搭載するための費用がかかる</li> </ul> <p>*製造費（研究開発費2億円、製造費3億円、人件費18億円）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究開発から衛星の製造までの一連のフローにかかる費用</li> <li>・デオービット用のスラスタの調達のため通常より費用がかかる</li> </ul> <p>*燃料費（軌道投入・姿勢制御など5千万円、デオービット3.8千万円）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・デオービット用の燃料を搭載しているため通常より費用がかかる</li> </ul> <p>*打上げ費（本体分52.5億円、デオービット用部品分2.7億円）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・打上げ費用負担はペイロードの重量が重いほど大きくなる</li> <li>・デオービット用部品および燃料の影響で費用がかさむ</li> </ul> <p>事業終了まで（およそ10年）の売上げ見積り・・・110億円</p> <p>環境に関する取組み</p> <p>環境に関する取組み</p> <p>*宇宙の持続可能性に配慮するため、デオービット（運用を終えた人工衛星などを軌道上から離脱させ、大気圏に再突入させて燃やし尽くすこと）の機能を搭載した衛星を打ち上げることとなった。</p> <p>*デオービットの機能のほかに、衛星の小型化にも挑戦している。</p>
--

<p>企業4：リモートセンシング衛星を運用しデータを提供するCHF Sat社</p> <p>主軸となる事業を1フロア（およそ10年）行うのにかかる予算の見積り・・・計68億円</p> <p>*材料費（実験、メーカー比較にかかる費用1億円、部品調達費6千万円）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・部品の調達にかかる費用</li> <li>・複数の部品メーカーから、実証実験等を経て選定をし調達するのにかかる費用</li> </ul> <p>*製造費（研究開発費2億円、製造費3億円、人件費16億円）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究開発から衛星の製造までの一連のフローにかかる費用</li> </ul> <p>*燃料費（軌道投入・姿勢制御など2千万円）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料にかかる費用</li> </ul> <p>*打上げ費（45億円）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・打上げ費用負担は衛星の重量が重いほど大きくなる</li> </ul> <p>*広告費（2千万円）</p> <p>事業終了まで（およそ10年）の売上げ見積り・・・90億円</p> <p>環境に関する取組み</p> <p>*CHF Sat社が提供するメタンガス排出量データ（メタンガスのもつ温室効果は、二酸化炭素の80倍と言われている）は多くの企業や政府機関に採用されており、CHF Sat社が企業や政府に提供している温室効果ガスデータの種類は40種類を超える。</p> <p>*地球上のメタンガス排出量を高い精度で監視することが可能な衛星の運用を開始する。</p>
---

表4：フェーズ2の結果

	投資先企業	理由
1班	—	比較不可
2班	企業4	地上環境に貢献している、デオービットがないので軽い
3班	企業4	利益もESG基準でも企業4が高評価
4班	企業4	ビジネス（投資対象）としての確実性
5班	企業4	デオービット機構を乗せても利益率が良い、環境に役立つ事業である

## &lt;フェーズ3&gt;

問い：

投資判断に「企業が軌道の持続可能性に配慮しているか」が大きく関わってくるような投資市場になったとき、投資家として「企業が軌道の持続可能性に配慮しているか」を判断するために、企業からどのような項目が開示されているのが望ましいでしょうか。

表5：フェーズ3の結果

1班	*デオービットできるだけの燃料の確保
2班	*損失見込み
3班	*運用期間、デオービットにかかる期間 *燃料消費量 *衛星機数と軌道 *デオービット手段
4班	*デブリを回収しているかどうか *小型化、長寿命 *デオービットが想定されているか
5班	*デオービット機構搭載率 *燃料がクリーンか *自社衛星（運用終了も含む）モニタリング率 *運用終了後、軌道に残る時間 *デブリや他の衛星を避ける機能能力 *管制の真面目さ、正確さの定量的指標



# Workshop 2

## 講師講演

### 講師



### 講師情報

ふま けんじ  
夫馬 賢治 様

株式会社ニューラルCEO/信州大学特任教授

経歴：サステナビリティ経営・ESG金融コンサルタント。投資家。環境省、農林水産省、厚生労働省でESG分野の7つの委員会委員。ハーグ国際宇宙資源ガバナンスワーキンググループ社会経済パネル委員を歴任。Jリーグ特任理事。著書『ESG思考』（講談社+α新書）他。ハーバード大学大学院サステナビリティ専攻修士。サンダーバードグローバル経営大学院MBA。東京大学教養学部国際関係論専攻卒。



## 講演内容

### 【ESGの現状】

日本でも経済メディアで取り上げられるようになってきた「ESG」とは、環境 (Environment) ・社会 (Social) ・ガバナンス (Governance) を経済活動の中で重視するという概念を指します。国連で 2015 年に採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ<sup>1)</sup>」の中でも ESG の考え方が反映されています。そこにはまず、「活性化されたグローバル・パートナーシップは、政府、市民社会、民間セクター、国連機関、その他の主体を集結させる」とあります。そして、そのために必要な資金については「あらゆるレベルでの整備された環境のもと、経済成長によって生み出されるということを認識する」と書かれています。SDGs の目標達成には、政府の財源ではなく経済成長によるマネーの創出が求められるという考え方です。さらに、民間企業活動に期待されていることは、「企業の活動」すなわち事業と投資とイノベーションだということが書かれています。つまり「自分の会社の利益にならないことも積極的にやっていく」ということではなく、企業は今以上に創造性とイノベーションを発揮しながら持続可能な状態を作りつつ経済成長をするということが期待されているのです。こうした理解はまだ日本では進んでいませんが、欧米では既に常識的な考え方になっています。

17 個の目標 (SDGs) では、上から順に経済、社会、自然環境という階層構造が意識されています。最下層の自然環境が持続可能でなければ、経済・社会活動も維持できなくなっていくという理解です。ゆえに 17 個の目標のうち「どれから取り組むか」ということではなく、関わっているものすべてについて対策を打っていかねばなりません。

実際に、世界の経済界では気候変動が現在の最も大きなリスクであると認識されています。政・官・財の要人たちが一堂に会するダボス会議では、今後 10 年間のリスクは何かというランキングで、11 年前の 2011 年以來「気候変動」が 1 位になっています。海外では 11 年前から最大リスクは気候変動と提唱され続けているので、今では当然のように経営戦略の中に気候変動対策が根付いている状態です。

こうした危機感政府等よりも、持続可能な経済圏を作っていくことを使命とする投資家たちの中で顕著です。2006 年からこの ESG という概念が立ち上がり<sup>2)</sup>、投資家たちが企業を動かす形で、マネーの流れにおいて世界的な ESG のトレンドを創出してきました。日本に ESG が取り入れられるのは、つい 4 年前の 2018 年のことです<sup>3)</sup>。

### 【グループワーク 2 へのコメント】

限られた時間の中で投資先を決定するのは非常に難しいですよね。恐らく多くの方が、「いや、これだけじゃ判断できないよね」とか「もっとこういう情報ほしいよね」と感じるでしょう。やはり情報量というのは意思決定するうえですごく大事ですね。この難しさは、実際に宇宙ビジネスの分野への投資判断で起きていることそのものです。宇宙ビジネスは収益性を実現するまでの時間軸が長くなり、不確実性が高い。特に日本では不確実性の分野で意思決定することに慣れていない。だから宇宙ビジネスがあまり育っていないのです。

### 【ESG 投資の成立過程】

持続可能な未来を作るにはどうするかと考える ESG 投資の分野では、未来軸での投資意思決定を行うため、情報が基本的に少なく不確実だということです。ゆえに、この分野における最初の大きなハードルは、(投資家や企業が)いかに長期的なスパンでものを考えられるようになるかという所にあります。

こうした「不確実ななかでも、未来を見据えることに対して時間もお金も人もナレッジも使っていく」という長期視点には、アメリカやヨーロッパの投資家たちはすでに慣れてしています。その契機は 2008 年のリーマン・ショックでした。「(環境以前に) そもそも我々企業が持続可能なのだろうか？」という疑義が呈され、さらにその後「短期的に暴利で稼ぐような経営のせいで、弱者が被害を被っている」というデモ活動が米国のウォール街で頻発しました。こうした、自然環境とは無関係な文脈でサステナビリティ概念が欧米では爆発的に広まることとなり、以来、10年後、20年後を見据える姿勢が投資家や経営者の間で定着することとなったのです。

日本では先述の通り、ESG やサステナビリティの考え方が広まってから 4~5 年しか経っていないため、そうした未来へ向けてのリスクテイクが可能となる長期視点はまだ癖づいていないという状況です。

<sup>1)</sup> 「持続可能な開発目標 (SDGs)」の掲揚を内容に含む文書。

<sup>2)</sup> 2006 年、投資の決定プロセスに ESG の視点を組み入れることなどを掲げた「責任ある投資原則 (PRI)」が国連により提唱されたことを指します。

<sup>3)</sup> 日本のメディアや経営界において、2018 年を境に ESG の話題が急増したことを指します。

## 【スペースデブリ対策分野における民間の動き】

こうした（長期視点という）点では、スペースデブリの世界でも全く同じです。宇宙分野をはじめ、政府主導の世界であり、議論する主体も政府でした。その政府からなるUNCOPUOS(国連宇宙空間平和利用委員会)で主にルール作りを議論して、それが各国の国会そして行政機関に下達するという流れだった訳です。しかし2010年代に「宇宙活動の長期持続可能性 (LTS) ガイドライン」の作成に失敗したことに如実にあらわれたように、こうした宇宙分野における政府主導のルール作りは国家間手続きの面で限界を迎えています。

さらに、これから宇宙市場が2倍、3倍と拡大することが予想される「ニュースペース」の時代において、それだけの資金を国家だけで出すことはできないだろう、という事情もあります。こうしたことから、これまで宇宙のルール作りに動いてきた人々は、国際機関の代わりに株主・債権者たちのマネーを動員できないか、というアプローチを模索しています。こうしてマルチステークホルダーと呼ばれるところに今注目が集まってきているというのが現状です。

その一つの例が、2018年に誕生した「スペースサステナビリティ レイティング (SSR)」という格付け制度です。この制度の発起人として、ESAと並んでマサチューセッツ工科大学、世界経済フォーラム、Bryce Tech、テキサス大学オースティン校といった非政府主体が登場しています。デブリを例に中身を見てみると、10年後の2030年以降の時期にデブリのリスクが跳ね上がるとの予測が示されています。そのため、10年後のために今から手を打たなければならないということでこのレイティングは作られました。そのために必要となるイノベーションに向けて、そのコストの削減に企業を仕向けようという意図も含まれています。

宇宙の分野において、情報量が少ない中で未来を見据えて事業を組む、あるいは投資の判断をしていくとなると、「待ちの姿勢」ではなく、自分たちがルール形成側に回らなければなりません。たとえばフランスのアクサという会社は生命保険会社で膨大なお金を持っている機関投資家で、ESGについても早くから知見があり、実践してきました。彼らは今、いち早く宇宙の分野に投資するためには予見可能性をつけたいと考え、ルールを形成する側に回っているという状態です。ESG投資家という存在が、一つの面白い先進事例になりそうです。

今日、おそらく世界で初めて宇宙にESGの議論を入れたワークショップが生まれたのではないかと思います。まさにこういった動きが投資家たちの間でできていくと、宇宙もサステナブルになるし、自分たちの宇宙への投資活動もできていく。そういう状況かなと思います。

## 【総括】

司会：ありがとうございました。ここで少し、私が試そうとしていた主張について述べさせてください。先程のSSRという制度が、私には投資と相性の良いものに映っていました。ですが実際、SSRは投資の項目になることを企図して作られたわけではないと伺いました。今回見てきたように民間主導でルール遵守のための基準を作っていく流れができていいるのなら、それこそESG投資のようなものを宇宙において創っていく流れが同時に発生してもおかしくないのと思ったのです。

夫馬様：本当にその通りだなと思います。状況としては、まだニュースペースの前夜に過ぎない現在では、民間が政府とは独立にファイナンスすること自体あまり考えられていないでしょう。それから、先に挙げたSSRの作成者は投資家ではない大学などの主体であり、投資家たちには単純に認知度が低いという状況です。このことは非常にもったいないと思うので、この動きをもっともっと伝えていったらいいのではないかなと思っています。

付言すれば、投資家側から見ると、(宇宙産業が) まだまだ大きな投資対象にはなっていないでしょう。宇宙開発は政府のお金でやるものという意識がまだまだ強い中にあるのは、ESG投資について考えることはあっても、宇宙について考えるマインドは整っていないように思います。おっしゃったように、ここのコミュニケーションを増やしていくことが大事ではないかと思っています。

司会：ありがとうございます。そのようにして「認知を広めていく」方法についてですが、今のように学生がフォーラムを開くなど、広報活動を地道に行っていくしかないのでしょうか。

夫馬様：そうですね。宇宙ビジネスに対して、特に文系の方とどう関われるのかよく分からないという方が多いと思うのですが、でも実はこれがニュースペースの時代においては、それこそ投資もそうですし、事業計画、ルール形成と、文系が関わっていく機会はすごく多いです。この会場は文系の学生さんも多くいるのかなと思いますが、このようなところに関心を持っていただくと、新しい息吹が宇宙産業にも入ってくるかなという風に感じます。

司会：ありがとうございます。私自身、今回扱ったトピックについては今後も継続して探求していければと思っています。そこで最後に、我々のような文理融合型の学生団体や、今回いらっしゃった学生、社会人の方にとって、こうした宇宙分野に今後期待されるアクションが何かあれば、お願いします。

夫馬様：そうですね。例えば、皆さんから見て大事なと思うことに対して、なぜ世の中の動きが鈍いのかという所に着目することは重要です。デブリが良い例かもしれないですが、知識だけでは方策がみえてこない問題領域もある。ではどんな情報が必要かという点で、「なぜ大事だと思われているはずなのに、動かないのだろう」という点です。例えば、日本では衛星運用会社や衛星製造メーカー、JAXA、もしくは投資銀行などがデブリ問題に関して本気で動いているように見えない。このとき、なぜ動けないのかというアクターの情報がわかって、初めて対策が見えてくるということです。そうすると、大事なのに動けないときは必ず何かそれぞれの事情がある。それらの事情を解きほぐしていかないと、一步も進めないで、そういう情報を集めていくというのはいいことだと思います。



# Panel Discussion 2

## インド太平洋地域の 衛星インフラ整備と 日本の宇宙外交

企画責任者 椎野 麻悠

### 講師



### 講師情報

こばやし よしのり  
小林 功典 様

一般財団法人 日本宇宙フォーラム

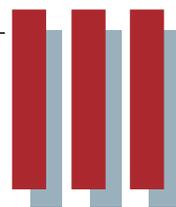
経歴：東京工業大学機械宇宙学科卒業。長年にわたり、宇宙分野の政策、海外動向調査に携わる他、宇宙技術を活用した国際協力、海外への宇宙システムやアプリケーション利用の展開を支援してきた。海外での宇宙利活用導入に伴う、相手国のキャパシティビルディングの実施など、国際的な人材育成にも力をいれている。



みやざき ひろゆき  
宮崎 浩之 様

株式会社GLODAL、宇宙サービスイノベーションラボ事業協同組合、一般社団法人EpiNurse、東京大学、Asian Institute of Technology

経歴：東京大学博士（環境学）修了。東京大学にて研究員・教員に就く傍ら、アジア開発銀行（2012年～2015年）およびアジア工科大学院（2016年～）に出向し、衛星リモートセンシングによる社会経済モニタリング・モデリング、開発課題や国際協力プロジェクト等への応用を研究している。2020年に株式会社GLODALを設立し、宇宙利用・AI・IoTに関する研究開発事業と人材育成事業を国内外に展開している。



## 【企画概要】

社会経済における人工衛星の重要性が増している今日、日本外交の重要地域であるインド太平洋諸国においても衛星利用の環境整備が進み、衛星システムに関する途上国支援が活発になっています。本企画では、世界の宇宙産業を盛り上げ、日本の友好外交にも資する衛星インフラ整備支援について、その重要性和課題について議論していただきました。そして最終的に、それを通して持続的な協力関係を築いていくことができるような、インド太平洋諸国の衛星インフラのあり方についてお話しいただきました。

## 【国際開発協力による日本のメリット】

司会：人工衛星に関する支援がどのように外交上の戦略に関わっているのかをお話しいただきたいと思います。日本の外交の手段として衛星開発の支援を行う意義にはどのようなものがあるのでしょうか。

小林様：国際協力をするからには相手方のメリットとともに、日本側にとってどのような意義があるのかを考えていく必要があります。日本のメリットを考える参考として、日本にはいろいろな政策文書がございます。宇宙では宇宙基本計画や宇宙基本法などがありますが、それ以外に当然、防衛やセキュリティに関すること、最近では経済安全保障などさまざまな政策文書があり、それぞれが緻密に関係しております。その中で宇宙がどのような形でその政策を実現するのかを、日本の国際協力として、一貫性を持って進めてきました。

まず1点目として、元々高度な宇宙技術を持つというのは、ハードパワーを持つということに直結します。一つ端的な例を言うと、ロケットの技術とミサイルの技術は表裏一体です。それから、人工衛星では他国の領土を観測することができます。このように、ハードを持っていること自体が有事のときに「力」になるという考え方があります。その意味で、日本と同じ価値観を持つ国々にそういったハードを共用することで、日本にとって好ましいパワーバランスをつくることにつながってきます。また、ここ数十年で、宇宙技術は、ハードのみならず、ソフトパワーへの影響力が非常に強いことが言われています。コミックやアニメなど、国が持つ魅力的な文化が、外交上有利になることがあり、こういったものをソフトパワーというのですが、それをきちんと確保して、有事の際に国際協力関係の中で日本が優位になれるよう外交をするというのが、地域的な伝統になります。

2点目は、軍事的な安全保障のみならず、最近では食料安全保障、経済安全保障、エネルギー安全保障、この三つが非常に重要です。例えばエネルギー価格の急な高騰に備え、日本のエネルギー源がどういった状態にあるのかを宇宙技術を用いて把握し、先手を打ってアクションを起こすなど、日本政府がエネルギーや食料について、現在の世界の状況をリアルタイムで把握することに、宇宙技術を使うことが重要になってきています。

3点目としては、ここ20年、少子高齢化によって、日本の内需が落ち込んできていて、高度成長期のように国内だけで消費を賄うことが難しくなってきていることが挙げられます。そうなった際に、国内産業や宇宙技術を発展させていくためには、やはり外需は取り込まないといけなくなってきていて、その外需を取り込むための一つ

の手段としてインフラ輸出があります。

こういったところが、宇宙を使った国際協力の意義と言えると思います。

司会：ありがとうございます。宇宙分野の優位性についてはいかがでしょうか。

小林様：こちらについては、「国境を超えるリージョナル・グローバルな連結性強化」「地域の平和と安定への貢献」「宇宙技術の広域性の活用とDX技術との親和性」「宇宙技術の包摂性とSDGsとの親和性」の4点が、宇宙が他の分野と違って特に強みを持っている点になります。

まず、一つ目として、グローバルに使えるというのが大きなところで、自由で開かれたインド太平洋 (FOIP) の中でも基本的には連結性です。日本は島国なので、あまり他の国との連結性はあまり話題にならないのですが、特に東南アジア諸国連合 (ASEAN) は、この連結性というのを非常に重視します。全部の国が等しく連結できるように、経済や安全保障などの連結性が非常に求められる中で、国境を超えて提供できる宇宙は、連結性との親和性が高いです。二つ目は、FOIPの中心として入ってくる東南アジア地域の自然災害リスクが関わってきます。この災害を宇宙技術を使うことによってモニタリングし、早期に把握をして、対処したり、災害時になるべく被害者が出ないように活動したりと、宇宙技術を使って平和と安心を手に入れることが非常に重要になってきます。

三つ目は広域性です。「ひまわり」などの静止衛星は別ですが、大体低軌道の地球観測衛星は南極、北極以外の全世界を撮り続けます。通信衛星もそうですが、世界のどこにいても宇宙技術を使えるという意味で、広域性というのは非常に重要です。さらに今話題のDXなど、さまざまな分野で使えるという意味で、フィジカルな広域性のみならず、テーマの広域性というのと非常に親和性が高い、悪く言えば何に使うのかというのは考えないとわからないけれど、アイデアがあれば、あらゆることに使えるのが宇宙です。

四つ目は包摂性です。「世界の中で誰一人として取り残さない世界を作りましょう。」というのがSDGsの基本的な概念です。宇宙は当然、どこでも使えるというのもありますし、極端な話リテラシーが高まれば、いろいろな地域で、誰でもそのデータを使うことができるので、包摂性が非常に高いです。

## 【国際開発協力による途上国のメリット】

司会：ありがとうございました。次に、インド太平洋諸国で、衛星データが活用される場面や可能性についてお願いいたします。

宮崎様：まず、インフラを「新しい経済を生み出す道具」として、地上にいる人たちが宇宙技術によるベネフィットをどのようにして受け取るかということを考えていきたいと思います。どのように人工衛星を打ち上げたら、地上の人が経済的利益を得られるか、という点に着目すると、20年前と比べて、衛星画像は低価格化し、データ輸送は高速化し、データを提供するプラットフォームは高機能化しています。加えて、世界中の人とインターネットにつながることができるのが、ここ10年間ぐらいの大きな変化かなと思います。なので、世界の人とつながることで衛星データがどのように使えるかについて、地理学をやってきた観点から考えてみます。衛星リモートセンシングは結局、画像から現地の状況を推定するに過ぎな

いので、サンプルを取り、現地の状況と突き合わせて初めて、このデータは価値を持つと考えています。そうすると、こうした突合せを、現地にながらインターネットを通してできることが、とても大事です。またインフラの話に戻しますと、衛星データとインターネットの組み合わせで、ローカルナレッジをインフラ、つまり新しい経済を生み出すための道具として使えないかというのが、私の関心の一つです。DX技術、あるいはSDGsという観点からは、新しい職をつくるというのはサステナブルプロダクティビティの話につながりますし、ソフトパワーの観点からは、この衛星データを用いて現地の価値をどういうふうに引き出すか、といった話にもつながるかと思います。

## 【ハードインフラを支援する際の障壁】

司会：日本が人工衛星や地上局といったハードインフラを支援する際の障壁についてはいかがでしょうか。

小林様：これまで海外で政府開発援助 (ODA) を使ってハードも含めたインフラ支援をした事例としては、大きなところだとベトナムがあります。それから、ODA を使わずに、いわゆるトップセールスも含めて成就した海外受注の例がトルコの通信衛星です。これは大型の通信衛星を、三菱電機が売り込んで 2 機受注したものです。政府と事業者が一体となって、海外に売り込みを行った成功事例かと思えます。その後はアラブ首長国連邦 (UAE) の火星探査機を搭載したロケットの打上げです。建国五十周年に合わせた打上げであったため、日本の信頼性が高いロケットを政府と事業者が一体となって売り込みを行って受注した、大型のハードのインフラ輸出です。その後は、ルワンダの超小型衛星を日本の「きぼう」から放出することで、軌道投入した例や、タイの電子基準点の整備と統合データセンターの支援、それからインドネシアでは人工衛星を使って違法船をスマートに監視できるような日本業者を見つけましょうということで売り込みました。このように、昔は大型の通信衛星やロケットなどハードのインフラが多かったのですが、最近では、エコシステムや、現地で使える衛星データの利用を効率的に行うことに対する ODA の活用が増えているというのが、実状としてあります。

ハードの宇宙インフラの継続的な輸出が難しくなっている理由の一つに ODA の特徴があります。特に大型のプロジェクトになると、ODA では 3-5 年の調査の後、実際のインフラ整備に取り掛かります。一方で人工衛星は 3-5 年経ってしまうと新しい技術が出てきます。このように宇宙をはじめとする技術革新が早い分野は、数十年使い続ける橋などのインフラを前提とした ODA のタイムスケジュールに馴染まないということが言われています。もう一つ、ODA の分野ではユーザーの課題やニーズを吸い上げる課題解決型の取組みが主に実施されてきました。基本的に ODA は、彼らから正規の外交ルートで要請が出てこないといけず、日本から働きかけることはできません。そのため、このような取組みを地道にやっていると、宇宙技術を使ってできることが相手国で浸透していない中で、相手国から要請が出てこないというのが現状です。加えて、大型の技術になってくると、技術移転の問題が必ずつきまわってきます。ベトナムの ODA も、やはり技術移転の問題などが絡んできて、とんとん拍子では進みませんでした。大型のハードのインフラ輸出

と技術移転の問題というのは、切っても切れません。

こういった問題点を考え、日本政府は新しい ODA の形としてデータ利用インフラの提供を積極的に進めてきました。今後は新しく ODA として実施しやすいところと、相手国の要請をきちんとマッチングさせて、提供していくことが大事なかなと思います。

宮崎様：私は以前アジア開発銀行 (ADB) に勤めておりました。ADB は所詮銀行なので、お金を貸して利益で儲けるため、そのインフラの良さや便利さを示し、お客様に何百億もかかる高いインフラを、借金をしてでもほしいと思ってもらう必要があります。そのために、その土地の背景や問題点を持ち出して調査します。ある国や地域で、制度や人材が充実しておらず、発電所を運営するには採算が取れない、という場合は ADB が人材育成を手伝う、というようなプランも出てきます。したがって、このような制度づくりや人材育成を組み合わせることが大事だと考えています。

また、提供するインフラが本当に嬉しいものかを説明するためには、デモンストレーションが大事になります。人工衛星を打ち上げるだけがインフラではなく、地上の人が経済的利益を得られるようになるまでがインフラだということに照らし合わせると、ソフトインフラだけでも成り立つ部分があります。なぜなら、私たちは既にたくさん人工衛星を空に持っていて、それを自由に使える可能性もあるからです。ハードインフラの整備を省いてもある程度はすでに揃っていて、ソフトの部分だけデモンストレーションをすれば、便利さをよく理解してもらえます。

では、その現状についてですが、ソフトインフラはここ 10 年間で大変使い勝手のいいインフラに激変しました。Google Earth Engine が一番象徴的です。Google Earth Engine には想像もできないぐらいの量の衛星データが、1 ヲ所に全部置いてあり、計算機も備えているので、その都度ローカルでダウンロードする必要がありません。さらに可視化の機能もついています。特に計算機と直結しているという点で、画像データから情報量を相当落とせます。すると、自分のところにダウンロードする量も減ります。実際に私がベトナムの地方政府に対してプレゼンテーションをした際も、狭帯域なインターネット環境の中で Google Earth Engine を駆使し、短時間で解析をして本番に臨むことができ、プレゼンテーションを成功させることができました。その経験が今の仕事につながっており、例えばネパールで、衛星リモートセンシングの知見があるスタッフに仕事を与える体制を整えることができています。

ソフトインフラを駆使して、衛星データの良さをデモンストレーションする方法はだいぶ整っているの、これを用いて、衛星データの利点に対する共通理解を作っていくことがまず大事だと思います。そして、その結果実際に人工衛星を作るとなったときに、特に新しい人工衛星を使うという点に関しては、安定した運用が大事になってくると思います。まず、それがなくなったら、仕事ができなくなってしまうリスクは常につきまわっています。また GPS は元々軍事目的で作られたものなので、戦争が起こるとノイズが入ったり、敵国にだけ GPS を送らないということもありえます。そのため、自分の国で安定した衛星運用をするために、人工衛星を自前で打ち上げることもあるわけです。なので、サービスまでつなげて初めて、人工衛星を買うための借金をしてくれるのかなと私は考えているところです。

司会：ハードインフラと比べたソフトインフラの支援の利点についてはいかがでしょうか。

小林様：ソフトインフラの利点と課題というのは、表裏一体にあります。ハードの話になると、3年から5年のフィージビリティスタディが必要かという話になりがちですが、ソフトインフラの場合は、やりたいことに応じて、今あるデータを使っていかにそれを実現させるのかを考えます。そうすると、何かやりたいのでそれを提供するための人工衛星をつくることにはならないため、リードタイムが短いというのは、一つの大きな利点としてあります。ソフトインフラになると極端な話、2、3年程度で、人材育成とデータ利用をパッケージにして提供することができます。このように、迅速に社会で使ってもらえるような形まで持っていけるというのが一つ大きな利点です。もう一つが先ほど宮崎先生もおっしゃったデータシェアリングのモデルです。これは、自分たちで使うデータは自分たちで調達するという思想ではなくて、Google Earth EngineやTellusなど、いろいろな国のいろいろなデータが使える形で提供されるようになってきています。したがって、自分たちの使いたいデータだけをそこから取ってきて使うというように、使いたいときに使いたいだけ使うというモデルが適用できるようになってきたということも、ソフトインフラ利用への大きな追い風になっています。一方で、やはり他の人たちが提供してくれないデータというのも当然あります。こうした場合、今までは自分たちだけで人工衛星をつくるという話になっていたのですが、他にもそのデータを使いたい人たちといくつかの人工衛星を分有し共有する、というようなオペレーションも含めたハードのシェアリングが徐々にできるようになってきています。いわゆるバーチャルコンステレーションのようなもので、一つのコンステレーションを一か国で持つのではなく、誰の所有でもない、ある一定の事業者が運用し、その中の一部の利用権をそれぞれの国でシェアするといったモデルが出てきています。そうなってくると、ますますこういったソフトのインフラが加速してきます。

衛星データ利用として一番利点があるのは、宇宙はいろいろなDXと親和性が高く、またIoTやビッグデータなどを組み合わせ、いろいろなことができる点です。その利用のアイデアは、基本的には無限大です。自分たちはこうやりたいから、こういう解析や情報化をすると役に立つのではないかと、そのうちのこの部分は人工衛星を使おうというのを考えて、きちんと設計すれば、学生でも誰でも衛星データを利活用できます。その無限大の利用方法を、それぞれの地域に応じた形で提供することが大事になってくると思います。それから、こういった新しいソフトの利用をするときに、日本もあてはまりますが、海外の国の法規制やガイドラインが、特に行政利用に関しては厳しく規定されています。地上のデータを使うよう規定されていたり、使うべき人工衛星が規定されていたりと、ガイドラインの変更などを求められるケースも出てきます。柔軟に対応していくための、海外の国との対話が大事になってくると考えています。後、省庁間の縦割りです。衛星データはいろいろなところで使えるので、一つの省庁のみならず、いろいろな省庁で共通に利用した方が効率的で、経済的です。しかし、海外の国に行くと、このシステムはある省庁でしか使えませんか、日本と同じシステム的な縦割りがあって、なかなか他の省庁とシェアリングが難しいという

現実があるので、いかに共通プラットフォームとして、皆さんが効率的に使えるようにコンサルをして、海外と対話を通じて、それぞれの国に適した形で適用するということが大事なのかなと思います。

宮崎様：第一の問題は、先ほども申し上げたように、宇宙技術を知らない人にその良さを知ってもらうことかと思います。加えて、ソフトインフラ導入の障壁として、既存の仕組みを入れ替えることも必要になってきます。こういった公共性の高いものだと、役人は既存の仕組みを入れかえることを非常に嫌がります。最高に良いものを入れようとするときでもいつも消極的になりますが、この既存の仕組みにいかに合わせていかも考えていかないといけない。そして、ソフトインフラをフィットさせるためには、我々自身が既存の仕組みを正確に理解した上でないと提案のしようがない。この辺りが大変苦労する部分です。中に入り込んで、見て聞いて、考える。コロナ禍の影響で、オンラインで全部できそうな話があるありますが、やはりこればかりは現場に行ってみて聞いて、というのをまた取り返さなきゃいけない部分になり、ソフトインフラが抱える課題かなという気はします。

後はサービスデザインの視点というのを一つ入れていきます。サービスデザインとは、エンドユーザーの観点から、いろいろなものを設計していくというものです。例えば、サービスデザインの教科書の中では、観客が舞台を見て、感動したり、楽しんだりすることを目標にして、裏方をいろいろなデザインしていくというのがあります。宇宙技術を使ったサービスも同様で、最終的にお客様をどのように楽しませられるかというのを発想の基準として、裏方の技術を設計していくかを考える必要があります。特にリモートセンシングや測位、地上のビックデータの統合とかだと、組み合わせのバリエーションが無限大にあります。なので、その中でお客様が本当にほしいものに設計をフィットさせてやっていかないと、膨大なコストがかかってしまいます。逆に、それさえできれば、ミニマムなコストでいろいろなデモンストレーションして、スケールアウトもできるというのがあります。

そういった活動をかかってやってきたことがあって、「社会サービスデザインに基づく持続的な宇宙利用連携研究教育拠点 (IS4D) の構築」は、一昨年末まで私もコアメンバーとしてやらせてもらった文科省の事業です。事業自体は3年間だけですが、この事業をやる前にも10年間ぐらいサービスデザインと宇宙利用というのを継続して研究してきた成果があるので、方法論としては確立しつつあります。そして、この方法論をいかにビジネス、あるいは事業化に持っていくかというのを進めているところです。例えば、重要な成果の一つとして、私が所属している宇宙サービスイノベーションラボ事業協同組合では、お客様のお困り事からスタートして、いかに宇宙技術ビックデータなどを駆使して、社会開発・実装を持ち込むかというのをやってきました。方法論はある程度整いつつあるので、ソフトインフラはますます国際展開する可能性があるかなと考えているところです。

司会：ソフトインフラ支援の重要性もあるとはいえ、ハードインフラに対する支援にもさまざまな利益があるかと考えています。人工衛星に関するさまざまな変化も踏まえ、ハードインフラの支援に

つながっていくような糸口について伺いたいのですが、いかがでしょうか。

宮崎様：先ほどの「いかにお客様に高いものを借金してでもほしいと言わせるか」というのが前段階にあるということで、人工衛星をインフラとして捉えるための仕組みづくりは結構行われていることがわかります。ベトナムに対してODAが実施されてきたのを表すのが、二つの調査です。一つが質の高いインフラのプログラムの一環で、もう片方は平成29年と、令和4年に実施した報告書です。ここで興味深いのは、いかにファイナンスを組み込むかについてしっかり議論されている点です。日本で使えるODA制度を駆使して、丁寧にお金のスキームを組んで投入していけば、最終的にベトナムは、ちゃんとお金を返せるだけの十分な利益を出せるという議論がされています。アジア開発銀行も、元々は人工衛星に融資するというのではありませんでした。大事なのはちゃんとお金を回収できるかで、人工衛星への融資は、それがわからないので、なかなか融資の話はなかったのですが、2019年に通信衛星への融資が決まりました。これは通信の事業でお金を回収する見込みがあったから、決まったのかなと思います。なので、出来事が象徴するように、衛星事業がますます、インフラとして説明しやすくなっている可能性があると思っています。ソフトの観点から、どういうふうにするのかサービスが展開できるかみたいな話がなければ、結局お金を回収できるかはわからないので、まずはそこからではありますが、光が見えてきたと感じているところです。

### 【途上国は衛星を保有すべきなのか】

小林様：インフラ輸出がハードからソフトに移り変わっている現状ではありますが、自国で人工衛星を保有すべきかどうかの問題は、相手国による、に尽きます。国が宇宙技術の開発を行ったり、ハードの開発やソフトの利用を行ったりするには、それぞれ必ず目的があります。その目的が何にプライオリティを置いているのかによって当然彼らが何をしたいのか変わってきます。

まずは国威発揚について、我々の国はこれだけ宇宙技術を持っています、と国民も含めて発揚していくことが、リーダーシップを取る上で重要になってきます。もう一つが安全保障です。ハイテク戦争で使える宇宙技術を持つことが大事であれば、それが一番のプライオリティになります。そして科学技術力の向上は、自国の技術者や研究者が産業と一体になって、人工衛星やロケットを自分たちで作れるようになることが必要なのであれば、製造や研究開発のキャパシティビルディングが必要になってきます。それからハードとソフト両面において、人材育成が重要というものがあります。また、宇宙技術を使った経済成長を第一のプライオリティに考えたいという人たちもいます。それからエコシステムの構築です。経済成長にもつながりますが、これまでは100億円必要だったのが、10億円でできるならやってみようという人たちも出てきています。目的に応じて、自分たちで人工衛星を持つ、持たない、それから、小型衛星を持つのか大型衛星を持つのかは、彼らが何をしたいのかによって、我々がきちんと提案してあげるのが大事なのかなと思います。それから二つ目。自分たちで全部つくる必要はなく、ある一定のところだけは自分たちで持って、それ以外は他の国とシェアリングしながら運用していくこと、いわゆる広域的な安全保障です。また、一切衛星を持たなくても、いろいろなオープンアンドフリーの

ソースもありますし、極端な話、販売されている衛星データを買えばいい。後は外交的な交渉や力で同盟国に近いところから、軍事に使えるようなデータを共有してもらえばいい。なので、自分たちでエコシステムを持つ。それからバーチャルコンステレーションに参加して一部だけを持つ。それから、全く自分たちで衛星インフラを持たずにデータ利用だけを行う。人工衛星を持つべきなのかどうなのかについては、基本的には相手国の目的に合わせて複数のオプションを提示し、選ばせるというアプローチが必要になってきていると考えています。実際に先ほどのベトナムに対する報告書では、どのモデルでも別に彼らの目的が達せられるのであれば選べますよという形で提案しました。

### 【途上国が持つべきソフトインフラと日本の支援について】

小林様：ソフトインフラの支援において、衛星データを提供できるということは、大きな日本の強みになっているかと思います。一つは政府が整備している「みちびき」です。日本版GPSと言われていますが、GPSよりも高精度な測位で提供できるので、建設現場や農業などいろいろな現場に使うことができ、汎用性のあるデータとして提供できます。それから、リモセンデータもアクセルスペース社、Synspective、QPS研究所など、合成開口レーダーから光学衛星まで、いろいろなデータを民間事業者も提供できるようになってきていますし、JAXAさんも、これまでやってきたALOS系のデータとかで光学と、合成開口レーダーL-band、それから、環境衛星と言われている「しきさい」などのGCOMシリーズ、GOSATなど、環境を測るような衛星データというのも提供できる。こういったデータを複合的に提供できる国というのはあまりなくて、いろいろなレイヤーで衛星データを海外の人たちに提供できるのは、日本の強みです。オープンアンドフリーで提供するもの、商業的にデータを売るものなどをいろいろ組み合わせ、日本の衛星データが使えますと、ソフトインフラ輸出の中でデータを使っていくというのが、非常に重要なことだと思います。

それから当然現地にはニーズがあるはずなので、今日本が提供しているデータだけでは満足せず、新しい衛星を作りたいとなったときに、ちょうど経済産業省さんが小型の衛星で、目的は違えど同じように使えるモジュール化したバスやペイロード部分を開発していて、相手国に応じて組み合わせを変えることで、開発をすることなしに提供できるものをつくることを推進しています。そういった形で日本がずっとリードしてきた小型衛星の分野を日本の強みとして提供をしていき、より彼らがほしい一つのインフラにつなげていくというのが大事なのかなと思います。

宮崎様：ソフトインフラの定義について考え直し、サービスもインフラとして落ち着くものがあると考えました。なので、データ技術を支えるソフトインフラもありますし、後はそれに基づいて形成されたサービスもインフラとしてあり得るだろうという点で、少し話を戻してみます。新しいソフトインフラをつくることができる人が大事だとすると、必ずしも自分のところでデータや計算機を持っている必要はない一方、必要なデータ、人工衛星、そして計算機を考えて、設計できる人がとても大事になります。このような人材がいないと、いわゆるソフトインフラ、あるいはサービスをつくることはできません。これが今、圧倒的に人手不足です。ソリューションを

一貫して設計できる人がいれば、後はお金が集まれば物は出来上がります。そういった意味で、このような人を育てるための仕組みや制度が、根本的に大事なソフトインフラになると考えています。

## 【インド太平洋地域の理想的な衛星インフラ】

司会：日本と途上国が長期的な友好関係を築き、また経済的なパートナーとしても、共に繁栄していくためには、どのように衛星インフラを整備し、またどのように利用していけば良いのでしょうか。

小林様：今日のパネルディスカッションのテーマから、特にFOIPというキーワードが大事だと思っています。日本の政府としても、FOIPに資する宇宙海外展開というのをここ数年強く意識して行っています。インド洋と太平洋の周りの国々という、大体地球上でヨーロッパ以外全部入ってしまいます。そうなると、大体何であってもFOIPで全部落とし込めるという感じになっています。FOIPというのは経済圏ではなく、特に法的拘束力がある条約もあるわけではありません。地域での方向性や、その地域における役割など、緩やかな外交の枠組みを日本としては提唱しています。

なぜ宇宙が大事なのかというと、すでにここの中での共通の課題感が、浮き彫りになっているものがあります。一つ、大事なのは太平洋諸国です。太平洋には多くの国があり、こういった国々は、1カ国1票という話になってくると国際条理の場における発言力が非常に強くなります。そのため太平洋諸国における、温暖化による海面上昇や海洋ゴミなどの問題を、宇宙を使っていかに解決するのか、解決の道筋をいかにするのが重要です。FOIPの中で中核になってくるのが日本、オーストラリア、インド、アメリカから成る日米豪印戦略対話 (QUAD) で、これらの国々は、衛星データを提供できる国々です。QUADの国が人工衛星を提供することによってどのように地域課題の解決に携わっていけるのか、FOIPの方針の中での役割によって重要度が変わってくると考えています。

それからもう一つはASEANの国々がFOIPの中心にあります。ASEANの国々は、人口が多く、災害に対して脆弱な地域です。FOIPの中で共通の課題感もう既にあって、これに対して日本を中心としたQUADがきちんと宇宙技術で解決できるような道筋を作ってあげるといのが、FOIPに一番宇宙技術が役立つ道だと思えます。

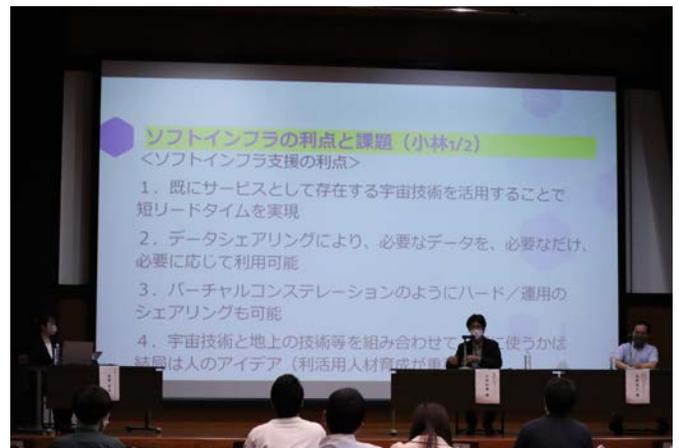
それからグローバルの話になってくると、どうしてもある地域にとって悪いことをしている人たちが出てきます。例えば、自国の領土ではない曖昧な領土のところで、海洋資源を違法に取得しようとするといった行動は、よく監視する必要があります。飛行機で監視するのはどこで行われているかわからないため不可能であり、やはり上からずっと見下ろしている人工衛星を使わないと監視は難しいと考えられます。そのためFOIPの中で他の国々がどうしているのかというのを透明性を持って、情報を共有することが極めて重要になってきます。

また、その地域においてどの国が何をやりたいのか知る。そして「この指止まれ」方式で、コンステレーションを作り、いくつかの国でシェアリングしながら運用していくような方法を模索するべきでしょう。ホステッド・ペイロードでも、それぞれの人工衛星のシェアリングでも良いです。日本が基礎インフラを提供する素地があるので、そういったところで、日本としてはまずFOIPの中で宇宙

技術の展開といったことを考えると良いのではないかと思います。

宮崎様：先に申し上げた新しい経済をつくるためのインフラという話に立ちかえてみますと、いかにローカルナレッジを経済にしていくなかというときに、衛星データがどうやら役に立ちそうだといいところが出発点になります。所詮リモートセンシングは現地の情報の推定でしかないから、それをしっかりチェックして、精度を上げていくというのがローカルナレッジとして価値があります。さらにAIの技術が積み重なると大変効果的だと思います。AIって1種の計算モデルのようなものです。最近TensorFlowとかPyTorchに代表されるような、オープンソースのソフトウェアを使ってモデルをつくるのが大変やりやすくなりました。それまでは、例えば研究者が論文を発表するというような形でしかなかったのですが、電子的な形で、計算モデルをとっておいたり、送ったり、シェアしたりとかというのが非常にやりやすくなりました。

司会：お二方ともありがとうございました。本企画を通じて、外交、それから宇宙の支援に関して、目を向けるきっかけとなりましたら幸いです。



# アンケート結果

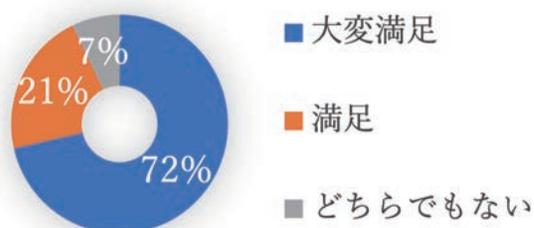
9月17日、18日に実施しました「宇宙開発フォーラム 2022」において、参加者の皆さまにアンケートのご協力をいただきました。集計結果とご回答の一部を共有いたします。

## 【フォーラム全体】

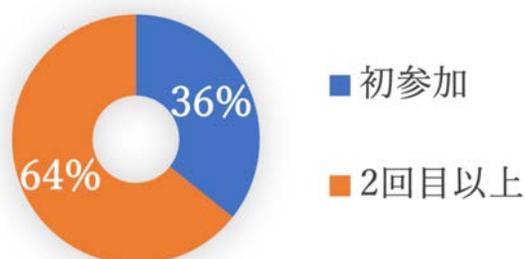
今年度は、社会人の皆さまに多くご参加いただきました。理系学部や宇宙系企業にご所属の皆様に限らず、文系学部や非宇宙系企業にご所属の皆様からもご参加賜りました。

また、過去の宇宙開発フォーラムの参加回数についてもお聞きしました。中には、4回以上ご参加くださっている方もいらっしゃいました。

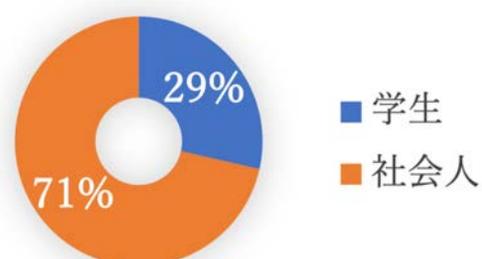
## 全体の満足度



## 初参加率



## ご参加者様



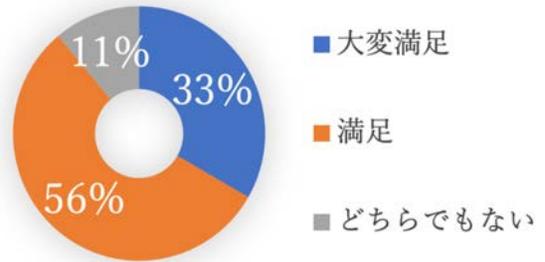
【 Session 】

「トラディショナルスペースによる事業展開と新たなプレイヤーとの協調」

【ご意見、ご感想（一部抜粋）】

- ・宇宙産業の日本の立ち位置が垣間見えました。

満足度



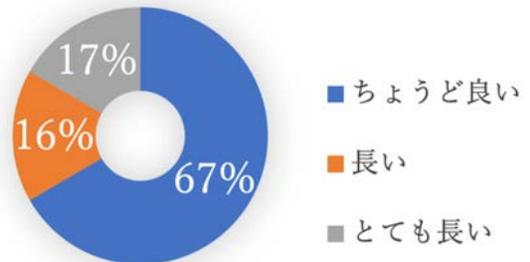
【 Workshop 1 】

「宇宙資源開発の産業創出と方策 ～民間主導の月面利用時代に向けて～」

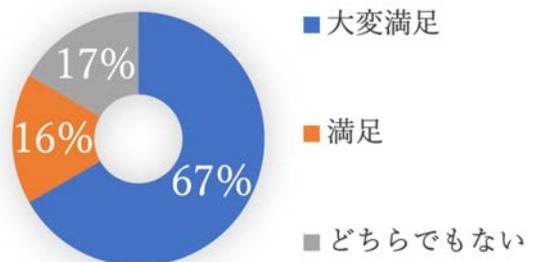
【ご意見、ご感想（一部抜粋）】

- ・前半のグループワークが面白かったです！

グループワークの時間は十分でしたか？



満足度



【 Panel discussion 1 】

「日本のスペースポート戦略」

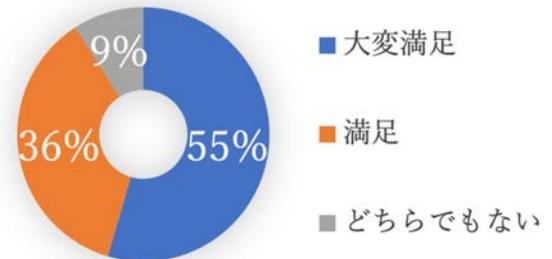
【ご意見、ご感想（一部抜粋）】

- ・スペースポートを中核として産業を育成する構想を理解できた。
- ・現状、将来のことなど分かりやすくご説明頂きありがとうございました。見解なども伺いできて勉強になりました。

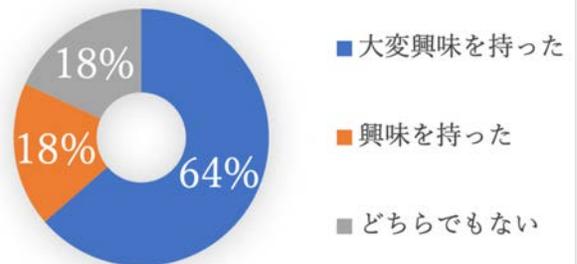
【これからのスペースポートに期待することはありますか？（一部抜粋）】

- ・スペースポートの活性化から逆輸入的に人材育成が進めば良いと思う。
- ・まずは、地域産業を巻き込んだ実績を着実に積み重ねてほしい。先頭ランナーとして、持続的に成長することを期待します。

### 満足度



### スペースポート事業について興味を湧きましたか？





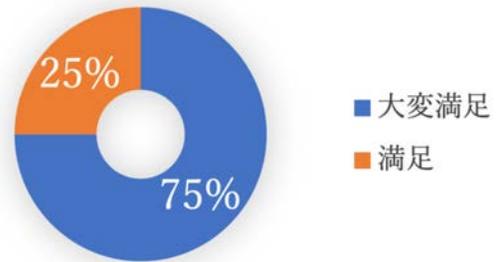
【 Workshop 2 】

「持続可能な宇宙開発へ向けて ～ニュースペースの規範を考える～」

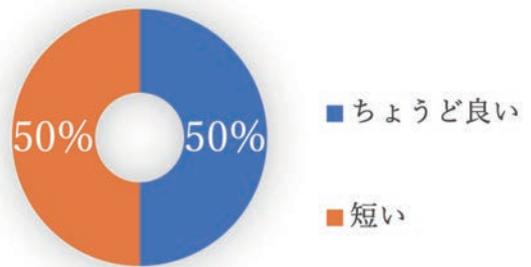
【ご意見、ご感想（一部抜粋）】

- ・文理融合の観点に満足した。
- ・衛星オペレーターとして、資金調達や保険調達の際に参考にできる。

満足度



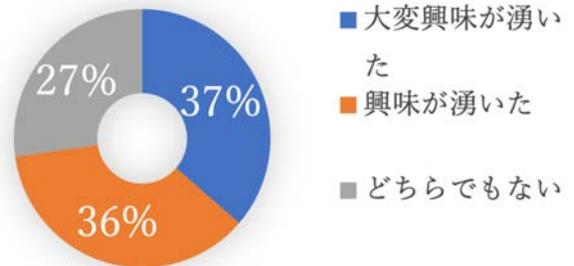
グループワークの時間は十分でしたか？



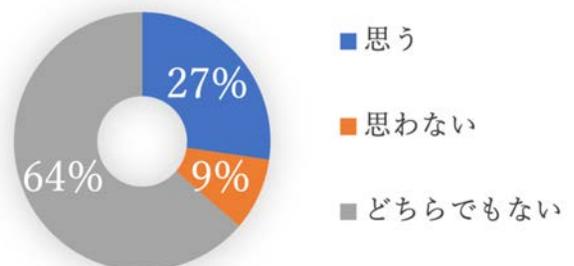
【 Panel discussion 2 】

「インド太平洋地域の衛星インフラ整備と日本の宇宙外交」

宇宙と国際政治・宇宙外交について、興味がわきましたか？



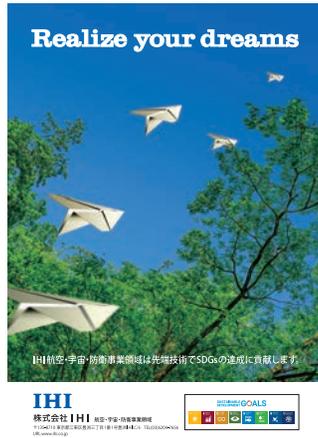
途上国は衛星を保有するべきだと思いますか？



# 企業ポスター



株式会社 IHJ



株式会社 IHJ



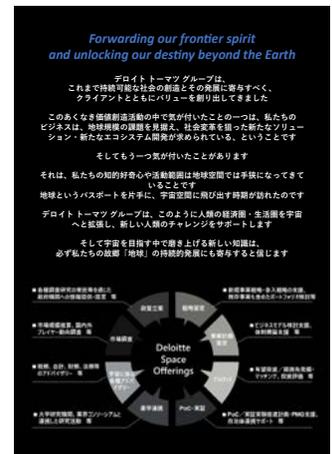
株式会社アミル



株式会社アミル



デロイト トーマツ コンサルティング合同会社





株式会社 日本経済新聞出版社



一般社団法人 日本航空宇宙工業会



株式会社 放送衛星システム



株式会社 うちゅう



スカパー JSAT 株式会社



ソニーグループ株式会社



一般社団法人 日本衛星ビジネス協会



株式会社 バンダイナムコフィルムワークス



三菱重工業株式会社



三菱電機株式会社



# PROJECT

弊団体は宇宙開発フォーラムの企画・運営をメインの活動としていますが、プロジェクトと呼ばれる任意の活動も行なっています。プロジェクトは、フォーラムで提言や問題提起を行うにとどまっていた過去を省み、メンバー自らが実際に行動・挑戦・発信していくことをモットーとして2019年に始まった取り組みです。今年度は、昨年度までの「dot.」「USE」「宇宙法研究会」に、「ビジネスコンテストプロジェクト」を加えた、計四つのプロジェクトチームが活動しています。このページでは各プロジェクトチームの1年間の活動をご紹介します。



## USE

### 活動目的

USE (Unit of Space Education) は中高生を対象に、

- ①文系・理系に関わらず多様な分野から宇宙について参加者の方々に考えていただくこと
- ②楽しく、そして面白い学びの機会を提供すること
- ③大学生という立場を生かし、中高生の宇宙への純粋な興味と社会人が見ている現場をつなぐことの三つを目的とした宇宙教育活動を行うプロジェクトです。

宇宙開発には文系・理系を問わず、幅広い関わり方があります。また、宇宙開発によって培われた技術はさまざまな分野の課題解決やビジネスに利用されています。しかし、中高生の多くは宇宙開発について理工系の分野に限られたものというイメージを持っており、将来の進路に宇宙という選択肢が入りにくいという問題意識がありました。そこで、まだ進路が確定していない中高生を対象にワークショップなどを行い、宇宙開発への幅広い関わり方や宇宙開発を通して得た技術・情報の社会への活用の仕方を知ってもらうことで、中高生の視野を広げたり、宇宙開発に関わりたいと思う中高生を増やしたりすることができるのではな

### 活動内容

今年度は対面またはオンラインにて、宇宙開発・利用を題材としたワークショップイベント「SPACE SEMINAR」を実施しています。ワークショップ開催のご相談も受け付けておりますので、お気軽にご連絡ください。

ワークショップ開催のご相談はこちらから  
[use\\_contact@sdfec.org](mailto:use_contact@sdfec.org)

お問合せフォームはこちら



### 活動実績 (一部抜粋)

- 2019年3月 駒場東邦高等学校
- 2019年7月 Z会横浜校
- 2019年11月 駒場祭
- 2020年11月 オンライン (Zoom) 開催 トビタテ留学JAPAN高校生コース
- 2020年11月 オンライン (Zoom) 開催 広尾学園および渋谷教育学園幕張 (OGRAVITYとの開催)
- 2021年8月 オンライン (Zoom) 開催 (SNS発信などにて参加者を広く募っての開催)
- 2021年9月 オンライン (Zoom) 開催 (SNS発信などにて参加者を広く募っての開催)
- 2022年7月 三国丘高等学校
- 2022年8月 宇宙の店 (SCOPE主催 夏休み自由研究WEEKでの開催)





| dot.

## | 活動目的

衛星利用産業はあらゆる宇宙産業の出口であり、この領域を如何に広げていくかが、宇宙産業全体の成長に大きな影響を与えます。

衛星利用の中でも地球観測衛星データの方野において、近年、日本ではTellus、海外でもGoogle Earth Engine、EO Browser などの衛星データプラットフォームが生まれることで衛星データ利活用が推進され、一般の方でも衛星データを容易に扱えるようになりました。様々な分野への活用が進む衛星データですが、その可能性は未だ大きく、さらなる異分野への利活用拡大が待たれています。

そのような背景の中、本プロジェクト dot. では新しい衛星データ利用法を生み出すことで、衛星利用産業を拡大することを目的として活動しています。

弊団体の強みは文理を問わない分野横断的な活動にあり、衛星データの活用に必要な産業・経済的な文系視点とデータ解析に必要な理系視点を同時に育むことで上記目標の達成を図っています。

## | 活動内容

本プロジェクト dot. では地球観測衛星データを扱い、プログラミングを通じたデータ解析をゼミ形式で学んでいます。

昨年度との相違点としては、不定期開催だったものを毎週の開催にし、大幅な催行数増加を行いました。毎週の活動では、前半では基本的なプログラミングの学習 (Python) を行い、後半ではデータプラットフォームを使用して衛星データに触れています。

特にデータプラットフォームの利用においては昨年度から利用していた Tellus、Google Earth Engine のみでなく、EO Browser での解析を習得したことによって、より簡単に各正規化指標の経年変化にアクセスできるようになりました。現在はメンバー全員が初心者ですが、最終的には来年7月のコペルニクス・マスターズ Japan Prize への出場を目指します。



## 宇宙法研究会

### 活動目的

近年、宇宙開発は国家だけでなく民間事業者の間でも盛んに行われており、有人宇宙旅行や宇宙資源開発など、国連宇宙諸条約の制定当時には想定されていなかった宇宙ビジネスが展開されつつあります。同時に、スペースデブリや宇宙安全保障など、従来の宇宙法では対処しきれない問題が数多く出てきており、それに伴って国連決議などのソフト・ローや各国の国内法を充実させる取組みも加速しています。しかし、そうしたルール作りは宇宙技術の開発の速さに追いついておらず、法整備の未発達が依然として宇宙開発の阻害要因となっています。

このように、宇宙開発を進めていくにあたって、法整備は喫緊の課題であるといえます。そして宇宙開発は先端技術と密接に結びついている分野であるため、法整備の促進のためには宇宙法を単に法的視点から捉えるだけでなく、理系的視点からも観察し議論する必要があると私たちは考えています。

そこで、宇宙法研究会は、

- ①宇宙開発・利用および宇宙法務のさらなる発展のために、将来を担う学生として宇宙法に関する知見を得ること
- ②理系の視点も有するSDFの強みを活かし、宇宙法の運用に関する議論において新たな切り口を生み出すことの二つを目的として活動しています。

### 活動内容

この二つの目的を達成するために、私たちは日本で唯一理系学部生も含めたチームを構成し、宇宙法模擬裁判に出場しています。また、宇宙法の勉強会も定期的に行っています。宇宙法模擬裁判における過去の実績は、以下の通りです。

2016年 総合優勝、原告最優秀書面

2017年 JAXA賞

2021年 被告最優秀書面、原告最優秀弁論者

## ビジコン PJ

## ビジネスコンテスト プロジェクト

### 活動目的

2015年以降に設立されたスタートアップは50社以上に達するなど、国内において数多くの宇宙ビジネススタートアッププレイヤーが生まれています。このような宇宙産業の流れを加速させるためには、その流れを今後の宇宙産業を担う学生に伝えることで、強く興味を持って自ら動く人材を増やしていくことが必要ではないか、という思いで今年度より活動を開始しました。

一方で、数年後には数多くのスタートアップのうち優れたビジネスモデルを持つ企業のみが活躍する段階へと進むことが考えられます。そのような時代において事業を持続的に成立させるためには、ビジネスに精通した人材こそが必要になると考え、宇宙産業においてビジネス面で活躍するような人材の育成も目指しています。

### 活動概要

起業を志す学生が宇宙産業に目を向けるようになるためには、宇宙ビジネスを実践的に学ぶ場が必要であり、そのような場の一つとしてビジネスコンテストが考えられます。しかし、国内宇宙産業において最大のビジネスコンテストである、内閣府宇宙開発戦略推進事務局主催のS-Boosterは事業立ち上げ段階のチームを主に対象としており、基本的に学生にとっては敷居が高いと思われます。そのため、私たちは大学生対象の宇宙をテーマにしたビジネスコンテストの開催が必要であると考え、将来的な開催を目指して日々活動しています。

今年は、ビジネスの一面を学ぶことを目標に、デザイン思考やビジネスモデルに関する内部勉強会を開催しました。また、メンバーの一部はS-Boosterに挑戦するなど、実践的な活動も行いました。

# 研究会

## 活動目的・内容

SDFのメンバーが、宇宙開発に学術的な視点から貢献するという本団体の目的を達成するために、宇宙開発の現状に対する理解を深めています。またメンバー各々が専門分野を持ち、今後のフォーラムコンテンツの作成や、本団体内での議論を牽引できるようになることも目指しています。今年加入したメンバーは本フォーラムに向けてグループで調査・研究を行い、現状理解を深め、その現状に対する意見を構築してまいりました。一方でその他のメンバーは、3つの分科会に分かれて、個人で調査・研究を進めてまいりました。

### 分科会

- ・政策安全保障分科会
- ・科学・技術分科会
- ・宇宙利用・宇宙ビジネス分科会

#### 【政策安全保障分科会】

宇宙開発にかかわる各国の政策や安全保障、宇宙での人の活動や新しいビジネスの運用のために必要な宇宙法など、世界各国の宇宙開発への取り組みに着目して調査・研究を行っております。宇宙資源の取り扱いについての政策比較を研究するメンバーや、国際海洋法と便宜置籍船の関係を宇宙についても検討するメンバー、スペースデブリの除去に関する国際法や国内法の必要性や実効性を研究するメンバーなどが在籍しております。

#### 【科学・技術分科会】

人工衛星や探査機、ロケットなどの宇宙機、惑星探査や天体観測などの探査ミッション、宇宙開発に必要な新しい技術を試す技術実証ミッションのオペレーションや社会的インパクトなどに着目した調査・研究を行っております。また、生命科学の観点から宇宙について調査・研究も行っております。日本の天体観測や月・火星探査に着目して研究するメンバーや、長期の有人宇宙滞在と宇宙放射線の関係について研究するメンバー、ロケットに関する環境問題について研究するメンバーなどが在籍しております。

#### 【宇宙利用・宇宙ビジネス分科会】

人工衛星を用いた通信サービス、地球観測による防災利用や商用利用などの宇宙利用に着目した調査・研究や、宇宙分野の新規参入企業、非宇宙の既存事業が宇宙産業に発展する可能性、宇宙に関する製品に着目した調査・研究を行っております。大学起源のボトムアップ型の宇宙開発戦略について研究するメンバーや、日本とアメリカのベンチャー企業を投資の観点から比較し、日本の宇宙産業の成長のための投資の在り方を研究するメンバーなどが在籍しております。

# 団体紹介

## 団体名

宇宙開発フォーラム実行委員会 (SDF)  
SPACE Development Forum Executive Committee

## 通常活動

宇宙開発フォーラム実行委員会 (SDF) は、宇宙開発の現状を学際的な視点から捉え、将来必要とされる取組みを考察し、議論の場を社会に提供する学生団体です。SDFでは多様な分野のメンバーが、宇宙開発フォーラムの企画・運営を中心に、宇宙法模擬裁判出場、衛星データ利用プロジェクト、宇宙教育活動など、宇宙開発に関するさまざまな活動を行っています。

## 沿革

2002年 団体設立  
2003年 宇宙開発フォーラム 初開催  
2009年 宇宙法模擬裁判日本大会 本大会出場  
2016年 国際航空宇宙展 (JA2016) 出展  
2018年 15周年記念イベント 開催  
2022年 宇宙開発フォーラム2022 開催

## 詳細

宇宙開発フォーラム実行委員会では春と秋の新歓期間にて、所属分野に関わらず、大学生および修士課程の大学院生のメンバーを募集しています。メンバーとしての活動に興味ある方は、下記webサイトのお問い合わせフォームよりお気軽にお問い合わせください。

URL <https://www.sdfec.org/>



# メンバー紹介

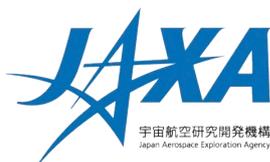
有吉 志満  
神田 大毅  
中島 琢登  
渡邊 航平  
井口 こころ  
岩本 悠希  
大口 レオナルド 春樹  
大月 幸穂  
木下 岳  
鈴木 健太  
玉田 洋一郎  
野口 理穂  
橋本 万理乃  
三品 剛明  
三吉 豪  
山上 尋大  
東 亮太  
阿部 舞哉  
新井 涼夏  
井ノ口 侑斗  
上野 聡太  
大神 千朋  
小椋 旭  
椎野 麻悠  
柴田 莉紗子  
高橋 慶悟  
舘岡 佳蓮  
中塚 颯人  
中原 京香  
野口 一真  
波多江 貴斗  
平井 大源  
廣田 伊功磨  
牧野 有里子  
藤田 楓  
森岡 悠輔

山本 健太  
青野 りら  
阿部 ひかり  
生垣 裕貴  
石川 成美  
石田 稜馬  
石原 匡人  
五熊 健  
伊藤 聡祐  
伊藤 雅樹  
植田 夢叶  
児玉 蒼太  
江川 諒太  
遠藤 拓羽  
大始良 日陽  
岡田 真穂  
小野 蒼天  
垣内 啓邦  
梶山 智尋  
梶山 実優  
川合 拓紀  
河村 飛来  
城戸 信之  
木下 貴幸  
興梠 敦紀  
郷路 晃希  
小瀧 捷央  
小林 聖治  
小林 政毅  
三枝 虎ノ介  
酒井 悠生  
菅原 一眞  
瀬川 太朗  
関口 雄大  
高木 健人  
高城 沙映

高橋 秀太  
辰野 航世  
田中 康誠  
田上 愛  
露口 袖月  
手塚 陽人  
戸田 空斗  
中尾 友咲  
中田 智貴  
中谷 樹  
仲間 悠衣  
西浦 大成  
林 将大  
原田 すず  
原田 竜汰  
久富 柊司  
平沼 拓也  
福島 彩未  
堀 萌江子  
待田 凌  
松本 悠作  
三木 嵩大  
水本 マネ  
安田 伊吹  
柳 圭亮  
柳本 和奏  
山内 康太郎  
山本 一皓  
山本 舜士  
湯浅 鈴音  
柚木 一希  
横関 悠平  
横山 奈々  
余語 良亮  
若井 香佳  
若海 翼

# 宇宙開発フォーラム 2022 支援団体

## 後援団体



# 宇宙開発フォーラム実行委員会 2022 年 支援団体

## 協賛企業・団体 ゴールド



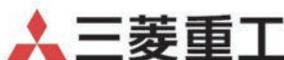
## 協賛企業・団体 シルバー



© 2022 Sony Group Corporation



株式会社 バンダイナムコフィルムワークス



## 協賛企業・団体 ブロンズ

