SPACE Development Forum Executive Committee

宇宙開発フォーラム2010



- key to the future -

Report

2010.9.18.Sat-19.Sun @ Takeda Hall

SDF
SPACE Development Forum

宇宙開発フォーラム2010報告書

「宇宙開発フォーラム2010報告書」の作成にあたって

「宇宙開発フォーラム2010」は「key to the future」をキャッチフレーズに、2010年9月18日（土）、19日（日）の二日間にわたり、東京大学武田先端知ビル武田ホールにて開催しました。
本フォーラムでは、講師の方による講演、参加者を交えたワークショップ（WS）、立場の異なる専門家によるパネルディスカッションといったプログラムを実施した他、ポスターセッション、レセプションといった本フォーラムに関わっている方同士の交流・ネットワーク構築を目的としたプログラムも併せて行いました。

本報告書では、まず宇宙開発フォーラム実行委員会（SDF）の概要を紹介します。次に、本フォーラムで行われたプログラムをタイムテーブルの順に報告し、ポスターセッションでご出展いただいたポスターを紹介します。また最後には、参加者の方々からいただいた声とアンケート結果を掲載します。

本報告書の作成を含むSDFの活動は、SDFが独自に行っているものであり、SDF以外の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。

もくじ

代表挨拶・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

団体概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

タイムテーブル・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4

宇宙開発概論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
「日本の宇宙開発の現状と宇宙産業の育成」

ワークショップ①・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8
「エネルギー問題と宇宙太陽光発電」

特別セミナー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・15
「小惑星探査機『はやぶさ』の社会的意義」

ワークショップ②・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・19
「スペースデブリの現状と低減化対策」

パネルディスカッション・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・26
「日本の宇宙産業の成長と発展について」

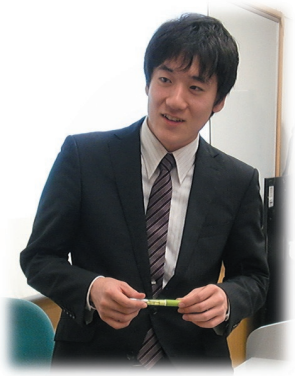
ポスターセッション・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・33

参加者の声・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・39

アンケート結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・40

スタッフ一覧・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・42

代表挨拶



宇宙開発フォーラム実行委員会（SDF）2010年度代表
東京大学 理学部 生物化学科 3年
草木迫 司

一昨年に宇宙基本法が成立し、昨年には宇宙基本計画が策定された今、日本の宇宙開発はまさに大変革の時代を迎えています。そのような時代に必要とされているのは、現状を正しく認識する力とその現状の要素を正しく分析する力、そして課題解決のための策を提起する力です。

宇宙開発の「未来」は必ずしも明るいものとは言えないかもしれません。まずは現状を認識し、背後にある原因を探り、そして課題解決のためのヒントを見出していく。そのような機会を提供する場を作りたいという思いのもと、「宇宙開発フォーラム2010」を開催させていただきました。経済産業省、宇宙航空研究開発機構（JAXA）、日本宇宙フォーラム（JSF）をはじめ、ご支援・ご協力をいただきました企業の皆さま、ポスターを出展していただいた研究室・学生団体の皆さま、そして当日ご来場いただいた参加者の皆さまに厚く御礼申し上げます。

本フォーラムでは、「key to the future」をキャッチフレーズに掲げ、宇宙開発を取り巻く様々な課題を多角的な視点から考えられるようなプログラムを多数準備いたしました。宇宙開発の現状と宇宙産業振興の動きについて知る宇宙開発概論、宇宙太陽光発電を題材に宇宙開発の意義とこれからの可能性を探るワークショップ①、スペースデブリを題材に宇宙開発を取り巻く規制や枠組みを考えるワークショップ②、日本がリードする小惑星探査の社会的意義に考えを巡らすセミナー、そして二日間で得ていただいた知見を踏まえ、宇宙産業が社会にとってどのような重要性を持つのか、また宇宙産業を成長させるためにはどのようなことが必要になるのか、ヒントを見出していくパネルディスカッション。私たちスタッフ一同、全力で準備に取り組んで参りました。

参加していただいた皆さまにこれらのプログラムを通して、少しでも日本の宇宙開発の未来に考えを巡らせていただき、宇宙開発の新しい動きを作っていけたらというのが私たちスタッフ一同の願いです。

本フォーラムには、延べ207名の方にご来場いただきました。終了後いただいた感想の中には、来年度に対する期待のメッセージが多数ございました。私たちは、今後とも継続的に宇宙開発に対して現実的・社会科学的な視点から考察を加え、その問題意識を社会に発信していこうとの思いを強くしています。

これからも「宇宙開発フォーラム」が少なからず社会に対してインパクトを与え、日本の宇宙開発にブレイクスルーをもたらすものになれば、これに勝る喜びはありません。

多くの方々の支えをいただき、「宇宙開発フォーラム」がこうして8度目の開催を迎えることができましたことを深く感謝申し上げます。

「key to the future」

日本の宇宙開発の「未来」へのカギは、
今、ここにあります。

団体概要

団体名：宇宙開発フォーラム実行委員会
（略称：SDF（SPACE Development Forum Executive Committee））
設立：2002年11月
代表者：草木迫　司（くさきざこ　つかさ）
（東京大学　理学部　生物化学科 3年）
E-mail：info@sdfec.org
URL：http://www.sdfec.org/
メンバー所属大学：
青山学院大学、群馬大学、慶應義塾大学、中央大学、東海大学、東京大学、東京理科大学、一橋大学、文教大学、横浜国立大学、立教大学、早稲田大学など（34名）

活動趣旨

宇宙の「利用」への関心が高まりつつある今日、科学技術だけではなく法律、政策、ビジネスといった幅広い分野からのアプローチは不可欠であり、文科系・理科系といった枠にとらわれない多角的な視点や思考が求められるでしょう。そこでSDFでは、参加型シンポジウム「宇宙開発フォーラム」の開催を中心として、様々な専攻の学生・社会人とのネットワークを広げ、宇宙開発に対する意義や諸問題についての学術的な考察を深める場を提供しています。

2010年の活動

毎週土曜日に、国立オリンピック記念青少年総合センターにおいて事務ミーティング、勉強会を行っています。勉強会では、宇宙開発に関わる法律、政策、ビジネス、技術等の多彩な分野についての勉強を行っています。また、社会の第一線で活躍されている方々にお話を伺ったり、企業への見学会などのフィールドワークも行っています。3月には宇宙開発に関連する国家間トラブルを宇宙条約などの国際法に基づいて解決する「第5回宇宙法模擬裁判日本大会」にも参加しました。また、9月には「宇宙開発フォーラム2010」を開催し、多くの方にお越しいただきました。






タイムテーブル

9.18.Sat DAY1

10:30～10:45　開会式

10:45～12:00　宇宙開発概論　「日本の宇宙開発の現状と宇宙産業の育成」
講師：井上 友貴 様（経済産業省 宇宙産業室 室長補佐）

12:00～13:00　休憩

13:00～13:30　ポスターセッション

13:30～17:00　ワークショップ①　「エネルギー問題と宇宙太陽光発電」
講師：佐々木 進 様（独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
高度ミッション研究グループ グループ長）

17:00～17:30　休憩

17:30～19:30　レセプション

9.19.Sun DAY2

10:30～12:00　特別セミナー　「小惑星探査機『はやぶさ』の社会的意義」
講師：吉川 真 様（「はやぶさ」プロジェクトサイエンティスト
「はやぶさ２」プリプロジェクトチームリーダー）

12:00～12:30　休憩

12:30～13:00　ポスターセッション

13:00～16:30　ワークショップ②　「スペースデブリの現状と低減化対策」
講師：木部 勢至朗 様（独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
未踏技術研究センター センター長）

16:30～16:45　休憩

16:45～18:15　パネルディスカッション　「日本の宇宙産業の成長と発展について」
パネリスト：山川 宏 様（宇宙開発戦略本部 事務局長）
迎 久幸 様（三菱電機株式会社 宇宙開発利用推進室 室長代理）
中村 友哉 様（株式会社アクセルスペース 代表取締役）

18:15～18:30　閉会式



宇宙開発概論

ねらい

昨年に策定された宇宙基本計画において日本の宇宙開発の方向性が示され、その一つとして宇宙産業育成の推進が述べられました。本プログラムでは行政に携わる経済産業省の井上様にご講演いただき、参加者の皆さまにその意義を理解していただくとともに、日本が今後どのように宇宙開発を進めていくかを把握していただくことで、その後の全プログラムの導入とすることを目的としました。

講師紹介



井上 友貴 様

現職：経済産業省 宇宙産業室 室長補佐
略歴：2000年東京大学工学部工学系研究科修士課程修了。
同年、通商産業省（当時）入省。
以来、情報政策、航空機武器宇宙産業政策、APECの担当等を経て、
2007年から2年間米国に留学。ハーバード大学ケネディスクール公共政策学修士課程修了。
現職に至る。

学生へのメッセージ

「どんな偉大な事業も、はじめは、すべて『夢』にすぎなかったのです。だから必要なのは勇気です。前人未到の道をひとり征くには、勇気が必要なのです。真に新しいものは、何ごとであれ、人々の不評を買うものです。だから勇気が必要なのです。」（ヘンリー・キッシンジャー（元米国務長官））

講演内容

本日の講演は、二部に分けてお話したいと思います。第一部で宇宙基本法制定前後の動きについてご紹介し、第二部では海外や日本の宇宙産業の動向、そして当省の政策についてご紹介したいと思います。

＜第一部：日本の宇宙政策＞

宇宙の利用と言えば、どのようなものが挙げられるでしょうか。通信・放送、地球観測、測位、惑星探査、有人宇宙開発等が主な用途と言えます。では、何故日本は宇宙活動を行う必要があるのでしょうか。これには、国民の夢・技術力の向上に資するため・国威の発揚等を挙げる人もいらっしゃるでしょうが、本来、国家の活動とは国益を追求していくことです。国益とは、国家の安全保障と経済利益の追求が主たる概念です。重要なことは、宇宙活動は国益追求のためのツールであり、宇宙活動そのものが目的化されてはならないということです。

米国、EU、中国の宇宙計画では、宇宙活動を国益のために行うとその目的を定義づけています。一方、日本は宇宙基本法ができるまで明確な宇宙活動の目的を定義したものはありませんでした。これまでに日本が行ってきたプロジェクトを見ると、ほとんどは研究開発でしかなく、実用化・商用化までを考えたプロジェクト設計になっていないことが分かります。

では、なぜ日本の宇宙活動は国益につながらなくなってしまったのでしょうか。主に三つの原因が挙げられます。一つ目は、これまで日本では宇宙活動を、科学技術の振興を所管する文部科学省と、研究機関であるJAXAが主導して行っていたこ

とです。日本の各省庁は設置法という法律によって役割が明確に決められているため、宇宙活動は研究開発そのものを目的とせざるを得なくなり、実用化に結び付かなくなってしまいました。

二つ目として、宇宙の平和利用原則が挙げられます。1969年の宇宙開発事業団NASDA設置法の制定において、日本の宇宙活動は平和の目的に限ると定められました。ここで、「平和の目的に限る」とは「非軍事」、つまり軍事的には宇宙を一切利用しないという解釈となりました。世界では1967年に宇宙条約が発効されており、それにおいても宇宙活動は平和の目的に限ると定められています。しかし、そこでは「非侵略」、つまり相手を攻撃して侵略することには利用しないという解釈がなされています。これでは日本のみが防衛においても宇宙を利用できないことになってしまうため、1985年に利用が一般化しているものに対しては自衛隊も利用可能であるとする一般化理論というものができました。この間に日本は、軍事利用をきっかけに宇宙産業が技術力を獲得し、競争力をつけていく機会を失ってしまいました。

三つ目は、日米衛星調達合意です。その内容は、「日本政府による非研究開発衛星の調達は、公開、透明かつ無差別の手続きに従って行われる」というものになります。つまり、日本の実用衛星の受注は国際入札にかけられるため、外国企業も自由に入札に参加できることになり、政府としては日本企業に対して優先的に実用衛星の発注をすることができなくなった、ということです。実績が重視され、信頼性が必要になる宇宙分野において、日本政府からの調達をほとんどアメリカに取られてしまったことが、産業化に大きく出遅れた原因と言われています。



ではこのような課題を解決するためには、どうしたら良いのでしょうか。利用主導、安全保障への活用、研究・実証・実用化の産業化に向けたサイクルを確立していくことが、宇宙基本法制定前の日本の宇宙政策における、大きな課題であったと認識されています。

そこで、日本政府の取り組みとして、2008年5月に宇宙基本法が成立しました。これにより、利用ニーズ主導へ、という政策理念を示したわけです。また、平和的な利用、産業の振興、国際協力などに重点を置くといった、それまでの日本にはなかった宇宙活動の目的というものが定義されました。さて、この宇宙基本法というのは全部で39条の法律ですが、その狙いは大きく四つにまとめられます。第一に、安全保障への途を開くこと。これは今まで「非軍事」と解釈していたものをできるだけ世界標準の「非侵略」に近い形にすることで、現行憲法の専守防衛の範囲までは宇宙活動を行っても良いとすることです。第二に、今までは科学技術の開発が中心だった宇宙活動を、安全保障、産業振興にもバランスよく展開していくこと。第三に、それまで宇宙開発を束ねる組織がなかったということで、日本の宇宙政策を統合的そして計画的に推進する司令塔として、内閣総理大臣を本部長とした宇宙開発戦略本部を発足させること。そして、第四に将来的には宇宙開発利用体制の再編一元化をすること。これは、様々な省庁が宇宙開発を行うという現状のやり方では不都合が多いため、最適な形に整理するということです。

その基本法制定後、宇宙基本計画ができました。これは、我が国初の宇宙政策全般にわたる総合的な戦略で、利用重視への政策転換ということが一番のキーとなっています。さらにこの中身を六つの方向性に分類をすると、安心・安全で豊かな社会の実現、安全保障の強化、外交、先端技術、産業の育成、環境保全となり、このような分野ごとで計画を推進していくこととしました。

日本の宇宙政策は宇宙基本法を機に前向きに動き出しましたが、まだ十分にその改革は進んでいません。今後の課題としては、日本の国益を踏まえた宇宙政策と戦略を練ることと、その戦略に従

い限られた予算の中で優先順位をつけて実施する体制が必要だと考えられています。戦略というのは先ほど言った国益をベースにした目的のことであり、どの分野のどういうプロジェクトに、どう優先順位をつけてお金をかけるのかを考えていく必要があります。そして、それを考える際には、そのお金で別のことをやればもっと利益を得られるのではないかという機会費用の発想がなくてはいけません。

＜第二部：日本の宇宙産業＞

第二部は具体的な宇宙政策とその根拠になっているものについて紹介したいと思います。まず、宇宙産業の現状ですが日本の宇宙機器産業の売上が約2,600億円だと言われています。ものづくりを担当している我が省の製造産業局が所管する業界の総売上は約40兆円強であり、その中において2,600億円という額は小さいものに感じられるかもしれません。しかし、宇宙産業は国家の安全保障や経済、科学技術を担う戦略的な分野であるため、現在の国内市場の規模だけにとらわれず、今後を見据えた上で産業として育成していくことが必要だと考えています。ここで、世界の宇宙産業はどうなっているかということに目を向けると、毎年14%程度の売上げ増加を見ており、成長している非常に有望な産業と言えます。特に通信・放送衛星の需要というのが一番大きなマーケットです。また、最近伸びているのは地球観測衛星で、特に新興国と言われる途上国から先進国に上がる国において、今後10年の需要が4倍以上になると見込まれています。日本としても、そのようなニーズの高まりを踏まえ、需要獲得が期待できる地球観測衛星と通信・放送衛星の分野に参入していくことを考えています。ただし、日本の宇宙産業は研究開発中心の官需にしか対応してこなかったため、政府が買っているものが約9割を占めており、国際的な競争力がなく市場規模も小さいのが現状です。一方、欧州はどうなっているかというと、官需が4割、軍需が2割、そして民需が4割もあり、売上としては約9,000億円もあるわけです。やはり、こういったバランスでないと産業として成り立つのは難しいことが分かります。



さて、これまでの衛星開発は技術開発が優先されており、産業化において非常に大事な実績づくりや低コスト化ということが計画できていません。では、今後の宇宙機器産業が海外需要を獲得していくには何が必要でしょうか。これには、今まで日本の宇宙機器メーカーがあまり力を注いでこなかったQuality・Cost・Delivery（品質・コスト・納期）、競争力の原点であるこの三つをしっかりと改善していくことが必要だと考えています。したがって、売れるところへ売れるものを作って提供する、そういう考え方が宇宙産業振興の第一歩だと考えています。そのためには安い小型衛星のシステムを作ること、それを支援する政府の体制を構築していくこと、またそれを宇宙の利用の拡大につなげることが大きな目的になるかと思います。

具体的に我々が現在取り組んでいるのが、新興国市場を狙ったASNAROプロジェクトというものです。分解能は世界最高水準を維持したまま、衛星の小型化、低コスト化を実現することをテーマに技術実証研究を進めており、2012年の打上げを目指しています。しかし、良いものを作れば売れるというわけではなく、これを政府としてサポートしてあげることが必要です。現在、宇宙開発戦略本部でこういった宇宙システムの輸出をサポートするためのタスクフォースを立ち上げており、政府としてもどのようなことができるかということについて検討が始まっています。このような世界で売れるための衛星を作ろうという発想はこれまでなかったものであり、我々といたしましても宇宙産業の競争力強化という大きな目的のため、現在計画を進めています。

WS①「エネルギー問題と宇宙太陽光発電」

ねらい

地球温暖化や資源枯渇、発展途上国の電力需要増大等、世界ではエネルギー問題が日々深刻さを増しています。資源小国である日本がこれからの時代を生き抜いていくためには、この問題を決して避けて通ることはできません。そして、エネルギー問題の解決手段の一つとして大きな期待を集めているのが「宇宙太陽光発電」です。本ワークショップでは三つのフェーズを用意しました。最初にエネルギー問題を体感していただく「エネルギー供給ゲーム」を行い、エネルギー問題の中で宇宙太陽光発電がどのような役割を果たし今後の展望を遂げるのか考えていただく「ディスカッション」、そして宇宙太陽光発電に関する研究の最前線に立つ佐々木様にご講演をしていただきました。

講師紹介

佐々木 進 様



現職：独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 高度ミッション研究グループ
グループ長

略歴：1949年生まれ。広島県出身。1975年東京大学理学系研究科博士課程物理学科中退。理学博士。宇宙航空研究所助手、宇宙科学研究所助教授、教授。現在、宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 宇宙情報・エネルギー工学研究系教授。研究開発本部 高度ミッション研究グループ兼務。専門は宇宙エネルギー工学、宇宙環境科学。これまで、スペースシャトルでの日米共同オーロラ実験、回収型宇宙実験プラットフォームSFU計画、月探査ミッション計画“かぐや”に参加。現在は太陽発電衛星の研究に従事。

学生へのメッセージ

現在私たちが使用しているエネルギーの8割以上は、膨大な量の石油や天然ガス、石炭などの化石燃料を燃やすことにより得られています。地球環境への負担が大きい化石燃料に今後とも頼り続けた場合は、化石燃料の枯渇に直面するだけでなく、地球環境の悪化は不可避です。このような地球規模の問題は、地球閉鎖系の中で解決しようとするのではなく、地球の外即ち宇宙空間に解決の道を探るべきではないでしょうか。宇宙で発電し地上に送電する太陽発電衛星（SPS：Solar Power Satellite）の構想は、人類のフロンティアである宇宙空間を人類のエネルギー獲得の場として利用するものであり、クリーンで大規模なエネルギーシステムとして大きな可能性を持っています。ただしその実現には多くの課題があります。太陽発電衛星の技術的可能性、社会的要件について考えてみませんか。





講演内容

それではまず参加者の皆さまの発表（発表の詳細は“結果”にて）について講評させていただきます。宇宙太陽光発電（SPS）は長らく研究されてきた古い概念ですが、政府からは「実用にはまだ早い」「安全なのか」「技術はどうなのか」といった問いを投げかけられ、なかなかその価値を認めてもらえておりません。本日は肯定的な発表が多くとても嬉しく思いました。また政府の価値判断は国益や安全保障と関わる部分があり、各国とも自国でSPSの研究を行おうとする傾向があります。しかし実際には国際協力が必要不可欠で、皆さまの発表が国際協力に重きを置いていた点もとても感銘を受けました。ですが一方で、やはり「本当にできるのか」という問いが皆さまの発表の端々にうかがわれました。確かにSPSには多くの課題も指摘されていますが、私たちはSPSが真にプロミシングなものと信じて研究を行っています。今日はSPSの概念と歴史、必要な技術、実現までの構想と現在の研究段階についてお話していきたいと思います。

現在社会では「エネルギー枯渇問題」「環境問題」といった二つが大きな問題となっています。一つ目の「エネルギー枯渇問題」は、産業革命、人口増加にともなってエネルギー使用量が増大したことによるものです。私たちが最も多く使用する石炭や石油、天然ガスといった化石燃料は有限資源です。この化石燃料がどれだけ稀少かというと、地球が2億年かけてためてきた資源を産業革命以来大量に消費して、あとわずか100年で使い切ろうという状況です。また石油に関しては富士山を逆さまにして升にしたときの全体の1/8しかないと計算されています。残存する化石燃料は非常に限られてきているということを皆さまにまず実感していただきたいと思います。二つ目の問題は、「環境問題」です。CO_2排出量も産業革命後から急速に増え続けており、地球温暖化問題と強く結びついていると考えられています。地球の将来のためにできるだけCO_2排出を抑えなければいけません。クリーンなエネルギーの必要性が高まってきています。

これらの問題に対して解決案の一つとして登場するのがSPSです。太陽光発電は膨大に降り注ぐ太陽光エネルギーを利用するもので、現段階では私たちはその1/10000しか使っていないと計算されています。まさにこれを利用しない手はないのです。ではなぜ宇宙なのかと言いますと、宇宙では平均的には地上の10倍の太陽エネルギー密度で電力を取得できるからです。つまり宇宙で電力を取得することは非常に効率の良いことなのです。ただし条件として電力を地上へ送る必要があり無線送電などの技術が必要で、送電の効率が良いことがSPS成立の条件となります。システムとしては非常に単純でGW級の太陽光発電所を宇宙に作り、宇宙からマイクロ波やレーザーなどの無線で地上に送電するというのがSPSの基本的な考え方です。これが実現できれば人類は実質的に無尽蔵のクリーンエネルギーを手に入れることができます。原理を検証中の核融合と異なり、SPSには基本的な技術がすでにあり、その原理部分の検証は終わっています。エネルギー問題と地球環境問題に対して、宇宙開発・宇宙科学分野からの問題解決への貢献は、宇宙からの環境監視による「診断」だけでなく、持続可能な社会に向けてSPSを利用した「治療」を行うことなのです。





ではなぜSPSはいまだできていないのかという話になります。そもそもSPSの研究は1968年にピーター・グレーザー博士によってアメリカで研究が始まりました。その頃アメリカに留学してSPSの構想・概念を学び持ち帰った研究者によって、1980年頃から日本でも研究が始まりました。しかしアメリカでは実現のためのコストが極めて高そうだという理由により研究は衰退しました。一方で日本は着々と研究を進めて今日に至っています。つまりスタートはアメリカですが、現在は日本がトップランナーと言えます。このため日本には最高レベルの技術はあるのですが、それでも実現するとなるとまだまだ多くの課題があります。まず宇宙での「発電量」はスペースステーションの100kWが現在の最高なのですが、実用のSPSにおいてはその1万倍は発電しなくてはなりません。次に「送電」では現在までのところマイクロ波送電方式の場合、数10kW程度しか実証できていないのですが、その10万倍を達成する必要があります。マイクロ波送電方式の送電は変換効率80%を達成する必要があり、さらに生体への影響については、マイクロ波ビーム内は立入禁止ですが、その外側の領域でも携帯電話の電波程度のマイクロ波電力密度にまで強度を低減する必要があります。「構造物の大きさ」についてもこれまでは国際宇宙ステーション（ISS）が最大の建築物（幅約100m）でしたが、SPSはそれよりもはるかに大きくkmサイズです。そして一番の大きな課題は「輸送コスト」を下げることです。現在の宇宙輸送では、1kgあたり100万円のコストがかかっていますが、このコストを1/100から1/50程度にする必要があります。これは非常にチャレンジングな課題ですが、ロケットを何度も使えるようにする「完全再使用型ロケット」を開発することで、この程度のコスト削減は実現可能だと私たちは想定しています。従来は日本では大学の研究者をはじめ経済産業省あるいはJAXAのそれぞれでSPSの課題を検討していたのですが、現在ではall Japanとしてこれらの問題に取り組んでいます。

それでは次に我々が新たに考えていることを少しお話します。SPSは静止衛星に建設されますが、既に静止衛星軌道上にはたくさんの衛星が打ち上げられており、静止衛星軌道に衛星を投入する場合は、衛星と衛星がぶつからないように間を空けなければならない国際的な決まりがあります。そこで我々は、静止衛星軌道上の衛星を帯状に連結してベルト（スペースベルトと呼んでいます）をつくることを考えています。そうすれば静止衛星軌道の混雑問題を克服することができます。静止衛星軌道全体の14%の長さのベルトをつくれば、それで地球上の使用エネルギーのほぼ全てを供給することができます。

我々のロードマップでは2030年代での実用SPSの実現を目標としています。現在は地上で100mの距離でのマイクロ波あるいはレーザーによる無線送電の地上実験を行っており、今後は小型衛星を使ってkW級の小規模な実証をまず行い、次に100kW級、MW級、そして原子力発電所1基分に相当するGW級の商業システムと徐々に規模の大きな発電システムを打ち上げていく計画を提案しています。現在の地上実験は各大学や経済産業省、JAXA等によって様々な形で行われています。近いうちに衛星実験が実現すれば宇宙から地上への電力の供給が初めて実証されることになり、日本が先例を作ることになります。宇宙での





送電実験に関しては小型衛星だけでなく、現在運用中のISSの実験棟で実験できないかという提案もしているところです。

また、SPSと同じ新エネルギーシステムとしてよく話題になるのが「核融合」です。核融合は夢のエネルギー源としてよく知られているのですが、SPSについてはほとんど知られていません。一般の方にアンケートをとってみてもおよそ70%の方がSPSを「全く知らない」と答えており認知度は低いのが現状です。しかし先ほど申し上げた通り、核融合はまだ原理実証の段階であり、技術的にはSPSの方が研究は進んでいます。今後のエネルギーシステムに求められる重要な点は安全性の確保です。大型のエネルギーシステムには全て何かしら危険性が伴うものですが、SPSの場合はエネルギーを閉じこめる核融合より発電のコントロールがし易く、安全性が高いと言えます。

では今回の話のまとめをさせていただきます。最初に述べました通り、エネルギー・環境問題などの地球規模の問題は、地球という閉鎖空間の中での解決は非常に難しいと思われます。ですから地球の外、宇宙空間に出ていくことに解決の道を探るべきなのではないでしょうか。宇宙空間は地上と違って広大なのですから、未知なるフロンティアの場からふんだんなエネルギー取得の場にシフトチェンジするという発想が重要です。もちろん現段階ではSPSが人類にとっての最良のエネルギーシステムとまでは言えません。しかし、ポテンシャリティーを秘めた将来エネルギーシステムとして極めて有力な選択肢であることは間違いないと思います。SPSが真に人類社会の救世主になりうることを検証するため、すでに本格的な軌道上実証実験に着手すべき段階にまで来ているのです。確かに原理的には可能でも実現性が示されていない課題は多々ありますが、やはり人類の将来のために役立つ必要なシステムだと思うのです。今回のような機会でエネルギー問題・地球環境問題解決に向けたSPSという有力な選択肢があるのだということを多くの学生の方に知ってもらえたことを非常に嬉しく思います。



ケース説明

本ワークショップではAパートとBパートの二つのフェーズに分けて行いました。前半のAパートでは参加者に電力供給をゲーム形式で行っていただき、後半ではSPSが社会にどのような効果をもたらすかについてディスカッション・発表していただきました。

前半のエネルギー供給ゲームでは、電力会社として火力・原子力・地上太陽光発電を組み合わせた50年間の電力供給を行っていただきました。ゲームはターン制（1ターン＝5年）で、毎ターン3分間で電力供給に必要な発電所の建設・運用についてグループ内で相談してゲームを進めていただきました。また、ゲーム中に石油価格の高騰や資源枯渇問題、地震や放射性廃棄物による原子力施設の運用停止、異常気象による太陽光発電の発電量の減少等、今まで起きたもしくはこれから起こりうる既存発電方法の問題に関するイベントを盛り込みました。ゲームを最後まで行っていただいた後に、ゲームで発生したイベント一覧やエネルギー関連資料を用いて、火力・原子力・地上太陽光発電が抱える問題点を各班で分析していただきました。Aパートのねらいは、後のBパートでSPSについて議論していただく前に、既存の発電方法が抱えている深刻な問題点を把握していただくことでした。

後半のBパートではSPSを取り扱ったディスカッション及び発表を行っていただきました。最初にSPSの概要や歴史等の説明を行い、その後10分間でSPSに関するより詳細な資料を読み込んでいただきました。そして、日本がSPSの研究を進めて商用化が可能となったことを想定した上で、40分間のディスカッションと各班3分間の発表を

行っていただきました。今回使用した問題文の概要は以下の通りです。

・日本では研究を進めた結果、2030年宇宙太陽光発電に関する技術が確立されました。いよいよ宇宙太陽光発電の建設が始まることになり、各界の代表者や報道関係者、各国の代表者を招いたパーティーが開かれることになりました。あなたは日本の首相として参加者や国民そして全世界に向けて、宇宙太陽光発電の意義に関して大々的にスピーチを行ってください。

・発表ではSPSにはどのような意義があるのかを主張し、同時に発生する課題と対応を述べてください。

・必要に応じて「エネルギー」「環境」「経済」「外交」「国際組織」「産業」「軍事」「平和貢献」「宇宙開発」のキーワードを使用してください。

以上の問題文をもとに、このBパートではSPSの意義を参加者に考えていただきました。SPSは長期的な研究が必要なプロジェクトで、莫大な予算が必要となってきます。プロジェクトを進める上で常に考えなければいけないものの一つが、SPSが実現した場合にどのような便益を生むかという点です。そこで、本ワークショップでは参加者に、SPS実現の意義を社会科学的な視点で捉え、同時に生じる課題についても考えていただきました。Aパートで話し合っていただいたエネルギー分野においてSPS実現はどのような役割を果たすのか、SPS実現によってどのような経済的な影響や国際的な変化があるのか、そしてSPSが宇宙開発においてどのような意味を示すのか等、広い範囲の議論を各班で深く掘り下げていただきました。



結果

BパートではSPSの利点及び課題とその解決策、そこから導かれるSPSの意義について議論を行い発表していただきました。

まず利点としてどのグループでも共通して挙げられていたことは、Aパートで話し合った議論をもとに、SPSが既存の発電方法が抱える問題点の影響をほとんど受けないということです。火力発電では燃料となる化石燃料の資源枯渇や、CO_2排出によって地球温暖化に寄与すること等の問題があります。SPSでは無限に近い太陽光エネルギーを用いるため資源枯渇の心配はなく、CO_2排出も極度に少なくてすみます。原子力発電と比較しても資源の枯渇を気にせず発電できる点や、放射性廃棄物を発生しない等の利点が発表されました。また地上太陽光発電が悪天候の際や夜間に発電量が落ちるのに対して、SPSでは24時間気候に左右されることなく安定的な電力供給が可能な点も多くの班が取り上げていました。



既存の発電方法と比較した利点の他にも、各グループで特色のある意見がありました。エネルギー自給率の低い日本が独自のエネルギー源を確保することで、国際情勢に左右されることなく安定的なエネルギー自給が可能となることは多くの班が着目しました。また、電力供給を行うことにより、エネルギー供給国として得られる利益に注目した班もありました。他にも日本の企業が他国に受信施設を建造すれば利益を得られるという意見もありました。安定供給可能なクリーンエネルギーを運用することで、資源を巡る紛争が減少して国際平和や環境問題の解決につながると主張した班もありました。

また、SPSを世界全体で開発、運用していくとい

う前提で考えたグループもありました。このようなグループの意見では、共同開発により宇宙開発技術が共有されることで宇宙開発分野のさらなる発展につながるというものがありました。SPSを管理するための組織を設立することで、これからの宇宙開発に関する国際的な枠組みを形成する足がかりとなるのではないかという意見もありました。

次は、SPSを実用化した際に考えられる課題とその解決策に関して発表された内容です。多くのグループが課題として挙げていたことに、高度約36,000kmの静止衛星軌道上にあるSPSが故障をした場合のメンテナンスをどうするかという点がありました。これに対してはどのグループも明確な解決策は提示できず、技術革新によって対処できるとしていました。また、あるグループでは課題として、マイクロ波が航空機の運行に影響を与えて事故の原因となるのではないかということを挙げていました。解決策として、綿密な法整備と管制システムによって十分対応できるとしていました。同様にマイクロ波の周波数帯に関して規制が必要なのではないかといった問題には、国際的な枠組みによって協力して対処するとしていました。SPS技術は軍事転用が容易になされるのではないかということに関しては、国際的にSPSの開発、運用を監視する組織を設立し、透明化を図ることで防止できるとしていました。その他にも、SPSのエネルギー供給全体に占める割合が大きくなっていったとき、火力や原子力発電所の雇用を奪うこととなり、労働者の反対が起きる可能性について考えたグループがありました。それに対してSPSの地上施設部分の建設や管理により雇用機会を生むことで対応可能であるとしていました。



様々な視点からSPSの利点や課題を議論してもらい、その中で各グループにはSPSの意義について考えていただきました。各グループともSPSが新しいエネルギー源として、エネルギー問題を解決する有効な手段となりうることに加え、SPSが国際協調につながることは重要だと考えていました。人類共有のフロンティアである宇宙から協力して一つの事業を進めていくことで、エネルギー問題の解決に加え平和に寄与することに着目していたようです。

分析

先ほどの結果を受けて、分析していきたいと思います。まず各班の発表で大きく分かれたのが、SPS実用化に向けて開発や運用を日本単独で行うか、または他の宇宙開発先進国と協力していくかという点です。

最初に、前者の立場から考察していきたいと思います。日本がSPS開発を単独で行うことができた場合、日本が得る経済的利益は莫大であると考えられます。これから環境問題の重要性が増していくであろう時代においてクリーンで大規模な安定供給を可能とするSPSは需要が高く、エネルギーを購入する国は決して少なくないと思われます。さらに、技術力を保有する日本企業は、SPS建造やエネルギー供給を行うことができるでしょう。それは同時に日本の宇宙開発やエネルギー産業、環境分野等の発展にもつながるでしょう。

しかし、SPS開発を日本単独で推進していくのでは、運用段階まで想定した場合に新たな課題も生じるかもしれません。日本がその利益を単独で享受しようとした場合、過去のエネルギーに関する事例から見ても、他国とのトラブルが生まれる可能性もあります。また、巨大な建造物であるSPSが限りある静止衛星軌道を広く使用することや、送電を行う上で他国の衛星や地上の生命や財産へ影響を与えうることに関する反発も考えられます。このように日本単独でSPS開発や運用を進めようとした場合、他国から反感を買うのではないかという懸念があります。

一方、SPSの開発を国際協力の上で行う後者の立場から考察していくと、単独開発に比べて得ら

れる利益が少なくなる可能性は考えられます。しかし、国際協力推進の視点から見ると、先ほど挙がった様々な課題に対処することもできるでしょう。今後の良好な国際関係を円滑に築いていくためにも、日本だけではなく他国と協力して開発を行う必要があるという議論がありました。さらに、世界全体でクリーンエネルギーシステムを共有できることによって、資源を巡る国際問題や地域紛争の減少につながると考えられます。

以上の二つは、SPSの開発、運用に関する主体の違いから見た意見です。今回の発表では、SPS開発は国際協力のもとで行うと議論を進めた班が多く見受けられました。この論点は参加者に宇宙開発と国際関係の関連性を意識しながら議論していただいた結果発生したと思われます。



次に、各班の発表の中で注目する点は、様々な面から見たSPSの宇宙開発への影響です。今回の発表ではそれは宇宙開発に関する条約や協定といった国際的枠組み形成と、SPSの開発や運用に伴う周辺技術の発展の2種類に分類することができます。

まず、SPSの運用に関して、管理組織や法律の必要性が議論されました。具体的にはSPSの運用を行う上で安全なエネルギー供給を行い、軍事転用を防ぐための管理をする組織の必要性が挙げられました。また、デブリ対策やマイクロ波送電、静止衛星軌道の使用等、宇宙空間を利用する上での法律整備の必要性が話し合われました。そして、これらが宇宙開発全体での国際的な枠組みの形成へつながるのではないかという意見もありました。宇宙開発に関する国際的な取り決めはこれから話し合われていくテーマかと思われますが、SPSが国際的な枠組み形成を促進させるきっかけになるかもしれません。

また、SPSの開発、運用に伴う周辺技術の発展に着目した班もありました。SPSは単独の技術ではなく、SPSを開発、運用するにあたって他にも必要な技術があります。例えばSPSの建造には低価格で大量輸送ができる完全再使用型ロケットが求められていると考えられています。完全再使用型ロケットはこれから開発が進むにあたって多額の予算が必要となるので、開発を進めるためには十分な動機が必要となります。SPSが完全再使用型ロケットのユーザーとなれば、完全再使用型ロケット開発の促進となり得ます。また、巨大な建造物であるSPSを静止衛星軌道上に建設することにも、パネルを展開させる技術や自動制御ロボットの開発等が関わってきます。SPSの研究を進めることで、SPS建造とそのメンテナンスに関わる周辺技術の底上げと高度化は計り知れないものとなるでしょう。これらの技術発展が宇宙開発全体の発展に大きく貢献するのではないでしょうか。

このように、SPSの実現は宇宙開発における国際的な枠組みや技術といった様々な面に大きな影響を与えていくのかもしれません。

終わりに

今回は扱うことができませんでしたが、SPSを議論する上で、核融合や他の新エネルギーとの比較や、予算の検討は欠かすことのできないテーマです。また、SPS実現には多くの課題を克服していかなければいけません。しかし、SPSには実現された先に大きな可能性が示唆されています。本ワークショップではSPSの意義を多くの参加者に話し合っていただきました。SPSは長期的なテーマで将来の想像が難しいですが、多角的な視点から将来の動向を深く議論していただいた本ワークショップが、今後のSPS研究や宇宙開発を考えていく上での手助けになれば幸いです。



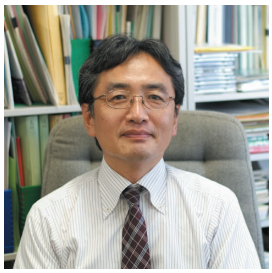
特別セミナー

ねらい

特別セミナーでは、今年世間の注目を多く集めた小惑星探査機「はやぶさ」を話題に取り上げ、「小天体探査の意義」を考えていただくことを目的としました。ご講演では「はやぶさ」プロジェクトサイエンティストの吉川様にミッションの概要や現場でのこぼれ話、今後の計画、そして科学・技術の意義を幅広くお話いただきました。

講師紹介

吉川 真 様



現職：独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 准教授
略歴：1989年3月、東京大学大学院理学系研究科博士課程卒業。理学博士。
日本学術振興会の特別研究員を経て、
1991年からは郵政省通信総合研究所に勤務。
1996年にはフランスのニース天文台に1年間派遣。
1998年に文部省宇宙科学研究所に異動。
2003年10月からは、組織の統合により現在に至る。専門は天体力学。
「はやぶさ」プロジェクトサイエンティスト。
「はやぶさ2」プリプロジェクトチームリーダー。

学生へのメッセージ

7年余り続いた小惑星探査機「はやぶさ」の運用が終わりました。「はやぶさ」は、数々の世界初に挑戦した探査機で、その運用はまさに“波瀾万丈”でした。もちろん、技術という観点から見れば、何事もなく達成されなければ完成された技術とは言えません。今後は、「はやぶさ」が世界に先駆けて切り開いた太陽系往復探査という技術を、完全なものに仕上げていく必要があります。しかし、同時に、新しいことへの挑戦ということは常に掲げていきたいと思います。特に若い皆さんには、「未知・未踏への挑戦」ということを忘れずに、そして、自由な発想を持って、宇宙に向かっていって欲しいと思います。

講演内容

私が務めている「はやぶさプロジェクトサイエンティスト」という役職は、「はやぶさ」ミッションのサイエンス部分の取りまとめ役です。

また、「はやぶさ2」は「はやぶさ」の後継ミッションで、2014年か2015年の打上げを目指して準備中です。

今日の講演テーマである「はやぶさの社会的意義」は私として明確な答えは用意していないので、皆さまにぜひ検討していただきたいと思っています。

始めに「はやぶさ」のミッションを概観したいと思います。計7年1ヵ月間のミッションで、今年の6月13日の夜、オーストラリアの砂漠にカプセルが無事着地して終了しました。

「はやぶさ」には、いくつもの世界初がありました。

探査機について言えばまずはイオンエンジンです。これはキセノンガスをプラズマ化し、放出する際の推力を利用するエンジンで、太陽系天体探査のために本格的に採用されるのは世界初です。

イオンエンジンが瞬間的に出せる推力はとても小さく、1gのものを動かせるくらいしかありません。しかし、このエンジンを長時間作動させることによって「イトカワ」ランデブーに必要な軌道変換等を行うことができました。従来の化学エンジンを採用していたら、探査機が大型化し、今回のミッションは不可能だったでしょう。

続いて、光学航法とターゲットマーカーです。光学航法とは、「イトカワ」ランデブーの際や「イトカワ」着陸時に、「はやぶさ」がカメラを用いて飛行を行う技術です。着陸時の「はやぶさ」は、まずターゲットマーカーを「イトカワ」に投下し、フラッシュを焚かせます。そして、それを連続して撮影することでターゲットマーカーの位置を画像から認識し降下の際の目印にしました。「イトカワ」は重力が地球の約10万分の1と大変小さいため、バウンドすれば容易に脱出速度に達し、宇宙の彼方に飛んでいってしまいます。そのため、弾まず「イトカワ」上にぽとりと落ちるターゲットマーカーが要求されました。様々なアイデアが検討された結果、中の小玉が衝撃を吸収するお手玉構造である弾まないマーカーを開発しました。その他にも自律航法や、微少重力下でのサンプリング、リエントリーカプセル、超小型ローバーなど、工学的には非常にチャレンジングなミッションでした。

続いて「はやぶさ」のサイエンスについての世界初をお話します。わずか500mしかない天体へランデブーし、そして離陸したことは世界初の快挙です。ちなみに月よりも遠くまで行って戻ってきた探査機は「はやぶさ」以外には世界に二つしかない上、それらは天体には着陸していません。

また、「はやぶさ」が「イトカワ」を探査した



ことにより、小惑星というとクレーターで覆われているという先入観が打ち砕かれました。「イトカワ」には砂利の地域もむき出しの岩がある地域もあったのです。これらは「はやぶさ」の一番の科学的発見ではないかと思っています。サンプルの分析次第では更に多くの発見が得られるかもしれません。

「はやぶさ」は、数々の困難に直面しました。姿勢を制御するリアクションホイールの相次ぐ故障（3台中2台が故障）や、2005年のタッチダウンの後、化学スラスタの燃料漏れが発生しました。燃料漏れは致命的な事故でした。漏れた燃料の影響で姿勢が乱れ、太陽電池での発電が止まってしまい、「はやぶさ」からの通信が約7週間にわたり途絶してしまったのです。幸運にも通信は復旧したのですが、化学エンジンが全く使えなくなってしまったり、バッテリーが過放電してしまったりと、「はやぶさ」が満身創痍の状態であることが判明しました。しかしながらイオンエンジンに損傷はなく、キセノンガスの噴射と1台のリアクションホイール、太陽から受ける圧力（太陽輻射圧）によって姿勢制御を可能にしました。極めて困難な作業でしたが、メーカーと一丸となり実現しました。イオンエンジンが無事だったので地球帰還のための軌道制御は可能で、過放電したバッテリーも安全な方法で充電し、カプセルのふたを閉め地球帰還を目指しました。しかし、2009年11月、イオンエンジンが経年劣化で停止し、今度こそだめかと思われましたが、イオンエンジン開発グループが組み込んでおいた回路により、イオンエンジンの壊れていない部分をつなぎ合わせて、1基のイオンエンジンとして機能させ、無事に地球に帰還しました。本当にドラマティックなミッションで、工学実証衛星として多くの経験をすることができました。続く「はやぶさ2」では、技術としてはこのようなトラブルがないようにレベルアップしていきたいと思っています。

ミッションには2回大きな山場がありました。1回目は「イトカワ」へのタッチダウン、2回目はリエントリー（大気圏再突入）です。

タッチダウンは、1度目の挑戦では不時着、2度目は成功しました。しかし、2度目のタッチダウンの際には、一旦はサンプル採集用の弾丸が発

射されたとの表示も出ましたが、後日、安全装置が外れておらず発射されていなかったことが判明しました。

リエントリーでは、カプセル関連機器は7年間一切使わずにその時に初めて使うものだったのですごく不安でしたが、全てが完璧に動作し、同日中にカプセル本体は目視により発見され、翌日にはカプセルを大気圏再突入の熱から守っていたヒートシールドも無事発見されました。「はやぶさ」の正確なリエントリーには、軌道修正の精密さがありました。「はやぶさ」は、故障など万一の事態の際にオーストラリアの人工稠密地帯に落下するのを避けるために、リエントリーまでは地球にぶつからず地球のすぐ脇を通る軌道にありました。イオンエンジンによる軌道制御は非常に時間がかかる上、再修正がきかないため慎重に行いました。

こうして回収したカプセルの中身は、現在、10ミクロンや100ミクロンの粒を拾い出す作業を行っている状況で、これからも相模原のキュレーション施設で作業が続きます。

続いて「はやぶさ」の意義についてお話します。工学的な面やサイエンスの面でも多くの意義がありました。また世界初に挑戦する素晴らしさや、今後の太陽系探査の第一歩として様々な教訓をもたらしました。惑星探査ミッションでは予期せぬトラブルが多く起きます。それらをどのように予測して事前に設計に組み込めるかなど、新たな課題を教えられ、それらの課題をもとに信頼性が高くロバスト性のあるシステムを開発し、今後に活かしていきたいと考えています。更に、現代における「真」の冒険心です。日本が全く未知の天体へ行ったのは今回が初めてです。これは我々研究者にもものすごい感動を与え、このようなことを若い世代へ伝えて行きたいと考えています。惑星探査で先進的なアメリカは、世界初をたくさん達成しているわけで、それにより得られる感動をよりたくさん経験しています。日本は「はやぶさ」で初めてそれを経験しました。「はやぶさ」のような世界初のミッションは、全ての世代（特に若い世代）に大きな夢を与えます。



このようなミッションを通して、科学と技術への関心を得られればと考えています。「はやぶさ」ミッションの一員として、初めてを見るということはとても感動的であることを伝えていきたいと考えています。

また、リエントリー直前から急に報道が始まり、一種の社会現象にまでなりました。なぜ「はやぶさ」がここまで注目されたのかということが「はやぶさ」の社会的意義にも関係してくるのではないでしょうか。

「はやぶさ」ミッションでは、アウトリーチ活動を積極的に行いました。前述のターゲットマーカーの一つには、一般の方から署名を募り、計約88万人の名前が刻まれたシートが貼り付けられました。また、映像・音楽関連の展開、インターネット上で応援のメッセージやイラストなど一般の方から「はやぶさ」へのアプローチがありました。その他にも「はやぶさは女の子ですか、男の子ですか。」という不思議な質問を受けたり、講演会や一般公開でお客さんからお土産をもらったりすることが多くありました。普段はこちらがお土産を用意している状況だったのに、不思議なことです。また、カプセルの公開では、最大4,000人が列をなし、4時間待ち（JAXA相模原キャンパス特別公開時）となりました。その際には、前面ヒートシールド、背面ヒートシールド、インスツルメントモジュール、パラシュート等を公開しました。ヒートシールドについては表面が再突入時の熱で焦げており分析を行う必要があり、輸送が難しいことから頻繁に公開することは難しいのですが、その他の構成部分は今後も様々な場所で公開をしていく予定です。JAXA相模原キャンパスの「はやぶさ」の実物大モデルの展示も大変人気です。

最後に、今後の展望をお話します。小天体探査の意義は大別して六つ考えられます。太陽系や生

命の起源と進化を知ること、天体の衝突から地球を守ること（スペースガード）、鉱物や水資源を活用すること、太陽系内を自由自在に移動する技術を獲得すること、文化の創造と次世代の育成をすること、有人ミッションターゲットとすることで人類の活動領域を広げることです。これまで「はやぶさ」が切り開いた新たな道を無駄にせず、次へつなげることが重要です。今後は「はやぶさ2」や、より大型でより遠くへ行ける「はやぶさMk2」を考えています。「はやぶさ2」ではC型小惑星という有機物や水を含む小惑星へ行くことを予定しており、サンプル採集は「はやぶさ」を踏襲しつつ若干改良する見込みです。更に、より良い状態のサンプルを取るため、衝突装置を使用する計画があります。「はやぶさ2」は衝突装置を非常にゆっくりと切り離します。切り離し後、「はやぶさ2」は衝突装置の破片や小惑星表面から飛び出す物質を避けるため退避し、その後インパクターが爆発して人工的なクレーターをつくります。その人工クレーターからサンプルを採取することができれば、変質の少ない地下の物質を採取でき、太陽系の起源により迫ることができるのではないかと考えています。

今日の講演では、私からは社会的意義に関して的確な答えは申し上げられませんが、ぜひ皆さまで考えていただければと思います。ありがとうございました。

質疑応答

参加者：なぜ「イトカワ」をターゲットにされたのですか。

吉川：もともと「はやぶさ」は小惑星に行って戻ってくるという技術を実証するという計画で、最初はネレウスという小惑星を考えていました。実際に「はやぶさ」の製作が始まったときには、1989 MLという小惑星にターゲットが変わりましたが、M-Vロケットが打上げ延期となってしまい、1989 MLに打ち上げることができなくなりました。ところが、たまたま1998 SF36という1998年に発見された小惑星が「はやぶさ」で到達可能だったのでこれに決めました。ちなみに「イトカワ」という名前は「はやぶさ」が打ち上げられた後、この小惑星を発見したチームに「はやぶさ」プロジェクトチームから「イトカワ」という命名を打診し、快諾されて「イトカワ」と名付けられたのです。

参加者：社会的反響が意外だったということでしたが、このように社会的な反応を盛り上げるための活動を以前はJAXAでは行ってこなかったのでしょうか。

吉川：JAXAとして広報活動は行っています。しかし「はやぶさ」ほど関心を集めたものはなく、今回を教訓としてより多くの情報を出していくべきであると思いました。ミッションの種類によってやり方は違うとは思いますが、今後広報活動には更に力を入れていこうと思っています。

参加者：オーストラリア政府へのリエントリーの説明の際、特別に配慮してくれたことなどはありましたか？

吉川：ミッション説明はかなり事務的なもので、「イトカワ」の模型をお土産に持って行きましたが、特別の配慮などはありませんでした。説明は法律的な議論と技術的な議論が中心で、「はやぶさ」のカプセルは宇宙空間を経由して日本からオーストラリアへ輸出し、それをまた日本が輸入するといったかなり複雑な形式となりました。

リエントリーの後は、地元の方からミッションについて、「すごい」「素晴らしかった」などの反応をいただき、オーストラリアに落ちて良かったと思っていただけているのではないでしょうか。



WS②「スペースデブリの現状と低減化対策」

ねらい

本ワークショップでは、スペースデブリの危険性や対策について知っていただき、スペースデブリに関する国際法の制定について考えていただくことを目的としました。参加者の方には、スペースデブリ対策に関する国際法制定を検討する国際会議のシミュレーションを通じて、多国間で合意を得ることの難しさを感じていただき、その上で国際法を制定するにはどのようにすれば良いのかについて考えていただきました。

講師紹介

木部 勢至朗 様



現職：独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 研究開発本部
　　未踏技術研究センター長
略歴：1981年　東京大学大学院工学系研究科博士課程卒業
　　同年　科学技術庁航空宇宙技術研究所入所
　　2003年　宇宙3機関統合に伴い独立行政法人宇宙航空研究開発機構
　　2006年～2009年　アジア工科大学院大学客員教授
　　2009年～　現職

学生へのメッセージ

3年間酷暑のタイで教鞭をとっていろいろ感じたことがあります。人々の生きることに対する直向きさ、学ぶことへの高いモチベーション、得た知識を生かそうとする努力、自分の人生・家族・国家への責任・・・・（「先生・年長者に対する尊敬」というのも挙げたいところですが、手前味噌と言われそうなのでこれは省略）。これら全てのものが、近頃の日本の学生さん達には随分希薄になっている様な気がします。こんなことを感じるのは、自分が年をとったせいなのでしょう。日本と違う世界を肌で知る唯一の手段である、海外旅行や留学も私達が若かった頃ほど魅力を感じないと聞いています。皆さんはどうでしょうか？昔学生の時流行ったフレーズに「書を捨て、街に出よう。」というのがありました。寺山修司の言葉だったと記憶しています。

講演内容

スペースデブリ問題の対策についてお話します。

まず、現在のデブリ環境について確認します。現在既に地球の低軌道ではデブリの集中が観測されており、静止軌道でも明確なデブリの集中が観測されています。現在のところ、地上で観測可能なもので約15,000個の人工物体が地球の周りを飛び回っています。これは、米国の宇宙監視網（SSN）のデータであり低軌道上の10cm以上の物体が対象となっています。この数は、爆発事故や破砕実験などによる急激な増加、太陽活動等でのナチュラルクリーンによる減少などの揺れ動きがあるものの、1960年代から増加を続けています。

近年、急激なデブリの増加をもたらした出来事として、2007年の中国による軌道上での衛星破壊実験や、2009年のイリジウム衛星の衝突事故などがあります。これら二つの出来事により大量のデ

ブリが生成され、宇宙環境、デブリ環境がますます悪化しています。

デブリを発生出自によって分類すると、爆発、破砕でできたものが大部分を占めています。その他に分離部品、放置された衛星、衛星を軌道に投入した後のロケットなどがあります。これらのデブリは軌道上の人工物の94%を占めており、現在運用中の衛星は、残りの6%で約900個になります。

では実際に、デブリの衝突はどれくらいの確率で起こるのでしょうか。想定として、断面積が20m²の衛星に1cm級のデブリが当たるのは、1年で0.001個ほどです。1年に1/1000個当たるということは、1,000年に1個当たるということですが、現在運用中の衛星が約900個あり、1,000個近いと考えると、1年に1回どれかの衛星に当たってもおかしくないことが分かります。1cmのデブリというと非常に小さく感じますが、当たりどころによっては、1基の衛星を破壊するのに十分な力を持っています。現在の宇宙環境が非常に厳しい状態にあるということが分かるかと思います。

次に、先進国におけるデブリ発生低減のための規制、条約制定への動きについてお話します。デブリ規制の動きは、1988年の米国宇宙政策（NSP）から始まります。当初、国際宇宙ステーションの打上げは1992年を予定しており、有人宇宙活動が活発になるという前提で、この時期にデブリに関する議論が大きく取り上げられました。同年、欧州宇宙機関（ESA）でデブリに関するワーキンググループ（WG）が設置され、1993年にはNSPに基づきNASAが「デブリ発生低減のための管理指針」を制定しました。NASDAも1996年、先進諸国に先駆け、「デブリ発生防止標準」を制定しました。

更に、2001年には国際機関間デブリ調整会議（IADC）で「デブリ発生低減ガイドライン」が制定され、2007年には国連の宇宙空間平和利用委員会（UNCOPUOS）で「デブリ低減ガイドライン」が議決されました。IADCがドラフトを提供し、何年かの議論の後に、国連の低減ガイドラインとして議決されたということです。ただし、これはあくまでも科学技術小委員会（STSC）での議論であり、これに引き続いて法律小委員会での議論、つまり条約化、法制化に向けた議論へと進む段取りになっています。

ヨーロッパでの規制の動きに関しては、ヨーロッパの宇宙開発に関する行動規範の中に、デブリの低減ということが、盛り込まれています。1998年に始まり、ESAの評議会の決議を受けて、「スペースデブリ低減のための欧州行動規範」という形で2004年に提案され、フランス国立宇宙研究センター（CNES）と主要国が署名しました。ドイツ、イギリス、フランスなども独自の基準を持っていましたが、こういう形でESAの中で集約されて、現在既に企業等の活動の標準化を図る国際標準化機構（ISO）で、デブリ低減のための規格が議論されているところです。

では、そのISOの動向についてです。宇宙開発はまだ産業のレベルには完全には達していないものの、産業界での規制もある程度必要な部分であり、ISOの中でも検討は進んでいます。ISOは大きな組織であり、TC20というのが航空宇宙技術委員会で、その中にSC14という小委員会があり、そこが宇宙システムを取り扱っています。デブリの問題は、SC14という範疇で見ても、様々なグループにまたがった問題となります。そのた





め、SC14の中で一つデブリに関するデブリWGが設置されましたが、例えば設計に関しては設計の、運用に関しては運用の、環境に関しては環境のWGでといったように、問題の内容に従って各問題を各WGに分散して取り扱っています。デブリWGはそれら全体の方向性を決めていくという形で規格化が進んでいます。

このように、デブリの規制に関する議論は、色々な場所で1990年代から続いていますが、規制を条約、つまり国際的な規定、法律として制定するには、様々な問題点があります。例えば南北問題や、その国の技術レベルの問題です。また宇宙の産業化において既に成熟した部分を持っている国には、デブリに関する規制は非常に危険な、心配しなければいけない規制となるわけです。

IADCはもともと宇宙開発機関間の会合であり、その機関間でどういうレベルであれば技術的に意味があって、どういうレベルなら合意ができるのかという議論が行われました。そのため、IADCで制定されたガイドラインは、非常にプリサイスな、技術的なドキュメントになっています。このガイドラインや今までの議論に基づいて、各国の宇宙機関が自主的に自らの発生防止標準というようなものを作りました。それが徐々に浸透していき、COPUOSのガイドラインでは、その最大公約数的な、上澄みの部分、精神的な部分が抜き出されて、ガイドラインとして制定されました。

今後の法制化に向けた議論では、IADCのガイドラインのように、より技術的で具体的な条文を盛り込みたい国とそうではない国とのせめぎ合いという折衝になるのではないかと思います。

今まで見てきた、ミティゲーション、つまり「デブリを出さないようにする」ということはもちろん非常に重要です。ただ、それだけではデブリの対策として十分ではありません。

非常に明確なことですが、デブリを出さないようにする一番究極的な方法は、一斉に宇宙開発をやめることです。2005年に国際法が制定され、一斉に宇宙活動をやめることになったと仮定します。その後はデブリが増えないかというと、しばらくは横ばいですが、あるところからまたどんどん増えていきます。何も打ち上げていないのに増えてくるとはどういうことでしょうか。つまり、今既に存在しているデブリ同士の衝突によって、数が増えてくるということです。デブリ同士の衝突によって新たなデブリが生まれ、それがまた別のデブリに衝突して、と繰り返し、デブリの数自体はどんどん増えていきます。

つまり、今までミティゲーションについて議論しましたが、それだけでは不十分だということが分かるかと思います。究極の出さない条約ができたとしても、デブリの数は増え続けるということがシミュレーションの結果として出てきます。専門家の間では、ミティゲーションからレメディエーション、出さないことから軌道環境の改善を積極的に行うということに議論が進んでいます。

では、軌道環境の改善とは、具体的に何を行えば良いのでしょうか。軌道をきれいにするためには、デブリをサルベージしなくてはなりません。小さなデブリは星の数ほどあり、全部取るのは大変です。そこで、デブリの中で、まだ衛星の格好をしている大きなデブリについて考える必要があります。それらは、まだ衛星の格好をして飛んでいるうちはほとんど害がありませんが、軌道寿命が尽きて落ちてくる数十年、数百年の間に、他の





たくさんある小さなデブリとぶつかる可能性があります。すると、また無数の小さなデブリが発生し、そのできたデブリが他の衛星の格好をしている大きなデブリとぶつかるという連鎖現象、カスケード現象が起きます。それを防ぐためには、一番現実的で効果のあるターゲットとして、軌道上にある、ミッションが終了して使われていない衛星をできるだけ早く軌道外に除去することが一番有効な方法だと考えられます。

また、除去するデブリの数に関しては、年間5基ずつ処分すれば、現在の軌道状況は維持できるだろうとのNASAの試算があります。これは非常に現実的な数字ではないでしょうか。我が国による検討でも、人間がよく使う軌道、混雑している軌道から、20年で100基（つまり年間5基ずつ）除去したとすると、宇宙開発を続ける上で受容可能で、適度な環境で推移するだろうというシミュレーションの結果が出ています。

しかしながら、この年間5基という試算は、あくまでも現在の環境をもとに考えられており、一旦カスケード現象が起き始めると、幾何級数的にデブリが増えていきます。今までは年間5基で良かったものが、ある時点では、年間10基ずつ除去しなければならないということになります。デブリの除去は早ければ早いほど良いということが分かると思います。

ではここで、JAXAがデブリの除去を世界に先駆けて行うということにどのような意義があるでしょうか。一つは、世界をリードし指導力を示すこと。二つ、サルベージの技術は将来的に商売になる可能性があるということ。そういう意味でデブリ除去は一つの有力なミッションと言えます。三つ、先般発布された宇宙基本法、宇宙基本計画の中でも、デブリ除去、措置の必要性が謳われており、では誰がやるのかと言われたら当然JAXAということになります。JAXAに対して強い期待があり、その責任を果たさなくてはなりません。



最後に、実際のデブリ除去に必要な技術について説明します。上述のような衛星の格好をしている大きなデブリを除去するのには、デブリの速度を低下させ、大気圏に落下させるという方法があります。簡単に順序だって考えると、まず対象に近づかなければなりません。軌道上から観測しながら近づく技術、いわゆるランデブーの技術が必要となります。また、衛星は放っておくと何らかの回転運動をしているので、対象がどんな運動をしているのか計測しなければなりません。あまりぐるぐる回っているようだと、それを止める技術が必要です。そして、何らかのオペレーションをするためには再度接近しなくてはなりません。これは1mや数十cmの接近になり、ランデブーとはまた別の技術です。更に、対象を捕まえる技術、つまりロボットのアームの技術、そして最終的には衛星のスピードを減速させ、それからまた次の対象へ軌道変換する技術が必要になってきます。このような大変な技術を着実に作っていく必要があります。

JAXAが現在開発中のデブリ除去ロボットでは、小さなデブリ除去衛星を打ち上げ、そこに長さ数kmの導線をぶら下げます。デブリに接近し、導線を展開し、そこに電流を流すことで、地磁場との干渉で力が発生します。それによってデブリを減速させ、落下させるという方法が考えられています。これは燃料のいらない推進系です。

まず実現するのは、1個のデブリをつかみ一緒に大気圏に落ちるというコンセプトのデブリ回収衛星であると考えるのが無難です。最終的には1基のデブリ回収衛星で10個程度のデブリを除去することを目指しています。

以上、前半では法規制が実際にはどういう状況で進んでいるか、後半はそれだけでは十分ではなく、ミティゲーションからレメディエーションへというように世の中の議論は移っているということ、そして、それに対して、JAXAが持っている回答をお話しました。

ケース説明

本ワークショップでは、スペースデブリ対策に関する国際法の制定という観点からスペースデブリについて講義を行い、その上で参加者に二つの国際会議のシミュレーションを行っていただきました。シミュレーションは日本、フランス、アメリカ、ロシア、中国、インドをモデルとする仮想の6ヵ国で行いました。当日は、エン国、フラン国、ドル国、ルーブル国、ゲン国、ルピー国としていましたが、本報告書では、それぞれJ国、F国、A国、R国、C国、I国と表記します。

スペースデブリについての講義では、現状や対策について説明し、スペースデブリの危険性や対策の必要性を感じていただきました。さらに、対策の中でも新たにスペースデブリを排出しないということにのみフォーカスして考えることを説明し、スペースデブリ排出を規制する国際法の制定が必要ではないかということを感じていただきました。

一つ目の会議は、国連宇宙空間平和利用委員会を想定しました。この会議では「スペースデブリ低減に関する枠組み条約」という条約を採択するため、条約の討議事項を6ヵ国で話し合っていただき討議事項を調整して全会一致を目指すという形式でした。討議事項は以下の三つでした。

討議事項A：規制方式（①各国が国内法により基準を設けて規制を行うことを条約で義務付ける。②各国が条約で決められた国際的基準に従って、規制を行うことを義務付ける。③各国が年間に発生させてもよいスペースデブリの量をそれぞれ定める。）

討議事項B：条約の国内実施に関して（①条約機関への国内実施措置報告義務なし。②条約機関への国内実施措置報告義務あり。）

討議事項C：規制対象国及び途上国への対応（①開発先進国のみ規制対象。②全ての締約国が規制対象。ただし、開発途上国に対して技術・資金支援、規制の猶予等優遇措置を講じる。③全ての締約国が規制対象。ただし、開発途上国に対して技術・資金支援、規制の猶予等優遇措置を講じなくてもよい。）

二つ目の会議においては架空の国際会議を想定し、一つ目の会議と同様の6ヵ国で「スペースデブリ低減に関する枠組み条約」という条約を採択するための交渉を行っていただく形式でした。先ほどとの違いは、「条約採択に全会一致を必要とせず、6ヵ国中、4ヵ国以上の合意で条約を採択できること」と「討議事項の話し合いだけでなく条約賛成国から反対国に対し、支援や援助、優遇措置を講じることで、賛成していただくように交渉を進めていただくこと」でした。

二つ目の会議における支援や援助、優遇措置としては、「技術支援」「衛星観測システムを用いた地域貢献の強化」「部品の一定量輸入」「衛星打上げ代行依頼」「物資輸送機の利用」等を設定しました。SDFは実際の各国の宇宙開発状況からこれらがゲームとしても、また実際の交渉条件としても妥当なものであると判断しました。

二つの国際会議の際には、参加者に各国の大まかな状況を説明し、更に自国の指示書を配布しました。指示書には、自国の条約採択に対する賛否やその理由、そして他国からどのような条件が提示されれば、条約に賛成したり反対したりするのかといったことを記載しました。参加者には、配布した指示書に従って交渉を行っていただきまし





た。交渉前は、J国、F国が賛成国であり、A国、R国、C国、I国が反対国でした。条約への採択に反対する国に関しては、他国から提示される交渉条件を点数化しており、参加者にはできるだけ高い点数を目指して交渉を進めていただきました。その中で条約への賛成や反対を他国と約束していく形式でした。点数に関しては、各国にとってどの条件がどれほどの影響力を持つのか判断することが非常に難しいであろうと判断したため、SDFで点数によって条件の影響力を比較できるようにしました。

二つの会議を通じて参加者には「スペースデブリ対策を義務付ける国際法の制定が難しいこと」「国連宇宙空間平和利用委員会が意思決定に全会一致を必要とすることがこの問題を更に難しくしていること」「条約賛成国から反対国に対し、支援や援助、優遇措置を講じることができれば、交渉を進めていくことができること」を感じていただきました。その上で二つの会議を通じて感じたことを簡単に話し合っていただき、スペースデブリ対策を義務付ける国際法の制定のためには条約に賛成の国はどうすれば良いのかを考えていただきました。



結果

当日は全7グループでシミュレーションを行っていただきました。それぞれの結果を紹介します。

一つ目の会議では7グループ全てにおいて否決となりました。二つ目の会議においては7グループ中3グループにおいて条約採択となりました。J国、F国、A国、R国で採択したグループ、J国、F国、A国、R国、I国で採択したグループ、J国、F国、C国、I国で採択したグループが存在しました。

分析

参加者の交渉結果を分析していきたいと思います。

まず一つ目の会議ですが、国連宇宙空間平和利用委員会での条約採択の難しさを実感していただくことが目的であったため、7グループ全てにおいて否決されたのは目的に沿っていました。

次に二つ目の会議に関してですが、J国とF国が賛成国、A国、R国、C国、I国が反対国という状態から会議を始めました。条約成立した三つのグループを含め、ほとんどのグループにおいてJ国とF国はまずC国やI国に交渉を行っていました。この交渉が終わった段階では、C国とI国が条約に賛成するグループが複数存在しました。しかし、A国とR国からの交渉を受け、C国とI国が改めて条約に反対してしまうという状況もいくつかのグループで見られました。その後、J国とF国がA国とR国に対して交渉を進め、最終的には、結果に記載されている通り7グループ中3グループにおいて条約が採択されました。

参加者がまずC国とI国に交渉を行ったことから、参加者はC国とI国の方がA国とR国よりも交渉を行いやすいように感じていたと思われます。しかし、A国とR国がC国とI国に対し交渉を進めることも可能であるため、C国とI国に対する交渉だけではうまく進まなかったようです。ゲームの交渉条件は実際の交渉条件としても妥当であると考えられるため、このことは現実でも適用できるのではないかと考えられます。宇宙外交に関して



は、日本からアメリカやロシアに対して交渉を持ちかけることは、中国やインドに対して持ちかけるよりも難しいと思われます。また、アメリカやロシアは中国やインドへ交渉を持ちかけることも可能と考えられます。そのため、中国やインドにばかり交渉を続けていても条約を採択するのは難しく、アメリカやロシアを条約に賛成させることが重要ではないかと考えられます。よって、日本からアメリカやロシアに対して交渉を持ちかけられるような交渉材料を手にすることが大切であると考えられます。

また、当日のアンケートで、参加者に交渉の中で鍵となった国と、複数の国から交渉を持ちかけられた際の意思決定の基準に関して書いていただきました。鍵となった国に関しては、J国担当の参加者は半数以上がR国を挙げており、参加者全体で見てもR国を挙げた方が1番多かったです。現実で見てもロシアはソユーズやプログレス補給機などの輸送機を保持しており、宇宙開発における影響力はかなり大きいと考えられます。

次に、交渉を持ちかけられた際の意思決定の基準についてですが、賛成しても反対しても点数が変わらないような状況において反対国であるにも関わらず、デブリの脅威を感じ、賛成国の交渉を受け入れた参加者も存在しました。デブリに対する強い危機意識を各国が持っていれば、交渉の結果が大きく変わる可能性があると思われます。

以上より、「交渉はアメリカやロシアに対しても積極的に行う必要性があり、そのために交渉材料を手にすることが大切であること」「参加者は特にロシアの重要性を感じていたこと」「デブリに対する危機意識が交渉の結果を大きく変える可能性があること」が分かりました。

7グループ中3グループで条約が採択されたという結果に関しては、条約が採択できる可能性を示すことができたのではないかと考えています。



終わりに

アメリカを中心としてデブリ除去に関する国際会議が開かれたり、欧州でデブリ地上監視の大型プロジェクトが始動したり、ISOでデブリ対策の規格化が進んだりと近年スペースデブリに対する各国の動きは活発化しています。これは、デブリに対する各国の危機意識の表れであると考えられます。

実際にデブリの問題は深刻化しています。デブリは安全な宇宙活動を脅かすだけでなく、地上に落下し地上の人々にも被害を与えかねません。デブリの落下事故も確認されており、人工衛星同士が衝突する事故も発生しています。早急に対策を講じる必要があります。

デブリを除去する技術はまだ運用レベルにはなく、今できることとしてデブリ排出の規制を行うことが大切です。全ての国家がデブリ排出規制のガイドラインを履行しているとは言えないことから、デブリ排出を規制するためには、実効性のある国際的なルール作りが必要であると考えています。

国際協力を必要とするデブリ問題に中心となって取り組むことには、デブリ排出規制により、自国の宇宙開発に制約がかかることになるというデメリットが存在します。しかし、外交における発言力が向上することや、自国にとって有利な条件を設けることができる可能性があることなどのメリットも存在します。日本は宇宙のルール構築への能動的参画を宇宙外交の目標の一つとして掲げています。実際に日本が中心となって条約採択のために動くには、アメリカやロシアに対して宇宙外交における交渉材料を持つことや、各国にデブリの危険性を感じてもらうことの必要性が高まっていくと考えられます。

デブリに関しては、今あるデブリをどう除去していくのかといった問題や、国内規制をどう進めるのかといった問題など、今回扱えなかった問題がまだまだ存在しています。これらに関して調査を続けていきたいと考えています。

パネルディスカッション

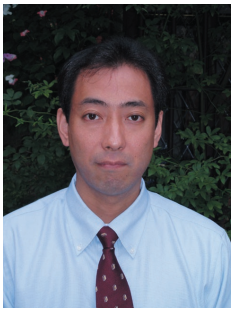
ねらい

宇宙基本法制定、宇宙基本計画策定と、日本の宇宙開発が大転換期を迎えています。

本プログラムでは「日本の宇宙産業の成長と発展について」というテーマで、そもそも社会における宇宙産業の重要性とはどのようなものかについて考え、日本の宇宙産業の成長のために欠けていることは何か、何が必要とされているのか探ることを目的としました。

異なる立場の専門家の方を3名お呼びし、本フォーラムのキーワードである日本の宇宙開発の「未来」について徹底議論しました。

講師紹介



山川 宏 様

現職：内閣官房 宇宙開発戦略本部 事務局長
京都大学教授・宇宙総合学研究ユニット 副ユニット長

略歴：軌道工学が専門
ロケットと人工衛星・惑星探査機の開発に従事
近年、宇宙政策に関する行政に従事

1993年　東京大学大学院工学系研究科航空学専攻博士課程修了
1993年　宇宙科学研究所システム研究系助手
1997年　NASA Jet Propulsion Laboratory客員科学者
1999年　宇宙科学研究所宇宙探査工学研究系助教授
2000年　日欧国際水星探査計画BepiColombo スタディマネージャー
2001年　文部科学省「ミールの軌道離脱計画に関する検討チーム」ロシア派遣チーム
2002年　European Space Agency客員科学者
2003年　総合研究大学院大学数物科学研究科助教授（併任）
2003年　JAXA宇宙科学研究本部宇宙航行システム研究系助教授
2003年　JAXA M-Vプロジェクトチーム（併任）
2005年　経済産業省産業構造審議会臨時委員（航空機宇宙産業分科会）
2005年　日欧国際水星探査計画BepiColombo JAXAプロジェクトマネージャー（併任）
2005年　JAXA経営企画部（併任）
2006年　京都大学生存圏研究所生存圏開発創成研究系教授
2006年　京都大学大学院工学研究科教授（協力講座）
2008年　京都大学宇宙総合学研究ユニット副ユニット長
2009年　宇宙基本計画に対する大学総長・学長連名意見書事務局
2009年　無人宇宙実験システム研究開発機構、空中発射システムに係る専門委員会委員
2010年　内閣官房宇宙開発戦略本部,今後の宇宙政策の在り方に関する有識者会議、委員
2010年　文部科学省宇宙開発委員会国際宇宙ステーション部会、特別委員
2010年　内閣官房宇宙開発戦略本部事務局長

学生へのメッセージ

今回、このようなパネルディスカッションに登壇する機会を与えて下さりありがとうございます。「木を見て、かつ、森も見る」ということを心がけておりますが、日本の宇宙開発利用の発展のために何をすべきか皆さんと一緒に考えていきたいと思います。宜しくお願い致します。

講師紹介

迎 久幸 様



現職：三菱電機株式会社 宇宙システム事業部 宇宙開発利用推進室 室長代理
略歴：1985年　東京大学工学部機械工学 卒業
1985年　三菱電機株式会社 入社 衛星搭載機器機械設計に従事
2003年　鎌倉製作所 宇宙システム部 光学センサグループマネージャ
2004年　鎌倉製作所 衛星情報システム部 画像利用システム専任部長
2008年　現職

学生へのメッセージ

「掌に宇宙を」

宇宙基本法の制定に代表されるように、日本の宇宙開発は今まさに大転換期を迎えています。

HTVやはやぶさの成功などでお茶の間の話題になる一方で、従来研究開発を主たる目的としてきた宇宙開発から、宇宙利用が定着した社会実現へ脱皮すべく、政・官・学・産が協力し、時に激論もしながら新しい宇宙開発の在り方を創出しようとしています。

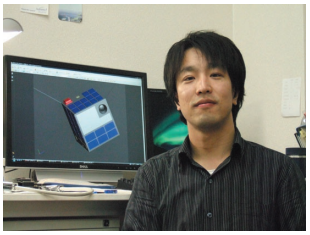
子供達の使う文房具が無意識の内に宇宙インフラを利用していたり、災害発生時には宇宙インフラ群（測位・通信・観測）が人命救助に貢献し「携帯が現代の命綱」の役目を果たす・・・・そんな将来ビジョンを現実のものとすべく、実社会に役立つ衛星システムやデータ利用プラットフォームを構築しようとしています。

宇宙産業は「宇宙の夢」を語るバーチャルワールドと「実社会として実現」するリアルワールドとの交点にあり、乗り越えるべき課題も多いですが、やりがいのある広くて深い世界です。

将来に向けたビジョン創出、システム構想、技術開発、ビジネスモデル、ファイナンス、海外展開・・・・あらゆる知識、経験を結集して大きな目的を実現するために、高いポテンシャルと斬新なアイデアを持つ皆さんと協力していきたいと考えています。

講師紹介

中村 友哉 様



現職：株式会社アクセルスペース 代表取締役
略歴：2007年3月　東京大学大学院工学系研究科博士課程修了
2007年4月　東京大学特任研究員
2008年8月　株式会社アクセルスペース設立、代表取締役に就任

学生へのメッセージ

日本の宇宙開発が利用とリンクせず、ほぼ官需のみに依存する現状に陥ってしまった元凶は、私は宇宙村の存在にあると考えています。宇宙のことは、宇宙村の住人が何もかも決めてきてしまいました。

宇宙村の住人は国益だと叫んで予算をもらい、宇宙村外の住人は「どこか遠くの世界で何かわからないがすごいことをやっている」という傍観者の立場を続けてきた結果です。もしあなたが宇宙好きが高じてこの場にいるとしたら、あなたも立派な宇宙村の住人です。なぜなら宇宙村の住人の要件は、何があっても宇宙開発は重要で、国家予算をつけ続ける必要があると考えていることだからです。

しかし、今後はこの考えは通用しなくなっていきます。宇宙村外の人こそがその恩恵を享受し、価値を納得できる宇宙開発にしていかなければなりません。「夢とロマン」と「隣国の脅威」のみに宇宙開発の存在理由を求める時代は終わりました。なぜそれは必要なのか。誰がどのように使うのか。それはコストに見合い、また本当に役立つものなのか。地上で代替できないものなのか。こういったことを真剣に考えたことはあるでしょうか。

宇宙村の住人は、本当に宇宙が重要であり、今後も続けていく必要があると考えるのであれば、宇宙開発を理解しない村外の住人に対して自分の価値観を押しつけるのではなく、その意義と効果を客観的に説明する義務があるのです。

皆さんも、宇宙のニュースに触れたときには、こういったことを考えてみてください。

ディスカッション

司会：本日は「日本の宇宙産業の成長と発展について」というテーマで議論していただきます。初めにパネリストの皆さまの自己紹介を兼ねて、どのようなモチベーションで宇宙産業に携わっておられるか、社会における宇宙産業の未来についてどのようなビジョンをお持ちか、宇宙産業は社会にどのように貢献するかといったことを順にお伺いしたいと思います。

中村：モチベーションとしては大きく分けて二つあります。一つは超小型衛星を新しい産業にし、日本が世界をリードできる地位を確立したいということ。もう一つは宇宙に対する国民の見方を変え、宇宙を使うことが当たり前の世界を作りたいということです。民間が中心となって宇宙利用をしていかなければ宇宙産業は発展していかないと考えています。国と民間がそれぞれに果たすべき役割の分担が明確化されているような未来像を思い描いています。宇宙産業がどのように社会に貢献するかというのは難しい話ですが、数ある産業の中で宇宙産業だけを特殊に見るのはおかしいですよね。他の業種と同じような貢献ができるようにやっていきたいです。



山川：宇宙に目を向けたもともとのきっかけは好奇心からでした。江戸時代には船に乗って異国に出ていくことが珍しかったけれども今では誰もが気軽に海外旅行に行けるように、宇宙でも同じことが起きると考えています。遠く離れたところに出ていくという意味では本質的な違いはないと思います。もはや宇宙開発は夢ではなく現実的に考えるべきものです。宇宙は利用すべきフィールドではありますが、現時点では完全産業化は厳しいと考えています。公共インフラという観点から国がある程度投資すべきであり、将来的な産業化を目指して国は投資を続けていくべきです。

迎：実生活の中で宇宙インフラを利用するのが当たり前の環境や社会を構築することにより、今より足腰の強い産業に脱皮することが重要であると考えています。「掌に宇宙を」というキャッチフレーズで、世界中の老若男女が何気なく使う文房具に宇宙インフラが利用されているような、生活に密着した衛星インフラを目指しています。

一方で、産業人としては夢を現実のものにするために、ビジョンを達成するための手順を真剣に考えています。欧米と同様に、宇宙インフラはまず政府機関、省庁、自治体などの国が使い、その後民間利用まで拡大するのが大きな流れであると考えており、まずは国の宇宙利用が拡大、定着することを目指して活動しています。

司会：宇宙開発を現実的に考え、宇宙インフラを利用するのが当たり前の世界を目指したいというモチベーションは共通していますね。生活の質の向上というのが宇宙産業の一つの社会的意義であるように思われます。ぜひ参加者の皆さまにもそれぞれ宇宙産業の意義を考えていただきたいと思います。

さて、それではそのビジョンと比較して、宇宙産業の現状はどのようなものなのでしょうか。今、宇宙産業に欠けているものは何なのでしょうか。

迎：日本の宇宙開発が現在に至った歴史的経緯を振り返ると、1990年の日米衛星調達合意により、産業界が独り立ちしかけた段階で実用衛星の公開調達を迫られ、国産実用衛星の芽が刈り取られると共に、研究開発を目的とした宇宙開発を続けてきた結果、実利用をしない社会環境が作られてしまったと言えます。



研究開発が目的になると、常に新規技術開発を続けねばならず開発コストも時間もかかります。それに対し宇宙インフラ利用が常識となっている欧米のように、実用衛星をリピートで量産化すれば1基あたりの工期短縮とコスト低減効果が上がります。

日本の仕組みを欧米に伍するレベルに高めるためにも、研究開発から利用へ軸足を移す宇宙基本法の理念に基づき、実利用をする社会環境を作り直す必要があります。そのためにもまず国が実務で衛星を利用する市場が必要です。現在日本の宇宙産業には公共利用の市場が欠落しているのです。

司会：宇宙産業振興を謳った宇宙基本法や宇宙基本計画ですが、「宇宙を利用するための仕組み作り」はまだ不十分であるとお考えですね。政府が実務で衛星を使う市場が欠落しているというお話ですが、中村様いかがでしょうか。

中村：宇宙基本法や宇宙基本計画は理念や趣旨自体は悪くないものの、民間活力を最大限に活かすような方策とは思えません。例えば小型衛星に関していえば、どういう対策をしていくかが論理的な形で見えてきません。国主導はトップダウン型であり、政府が実務で衛星を使う市場が欠けているというお話ですが、私が目指したいのはボトムアップ型で、民間が使っているから国も使おうかというストーリーがあっても良いのではないかと思います。トップダウンとボトムアップの双方向のアプローチが必要なのでしょう。

司会：お二方とも、宇宙産業の成長のための方策、仕組み作りが不十分であるという意見でしたが、山川様いかがでしょうか。

山川：宇宙基本法や宇宙基本計画への不満点は受けるべき立場だと思っています。実は私も超小型衛星プロジェクトの一員であり、応援しています。ただ超小型衛星に関しては、研究としてはおもしろいですが、やはり本当のビジネスとして儲かるかということにはまだ疑問を持っています。

50kgサイズの超小型衛星が衛星ビジネスのきっかけとなると言われていますが、一般的には500kgサイズの小型衛星が衛星ビジネスの主流です。一方、大型衛星には大型だからこそできることがあります。大型衛星と小型衛星は両方必要でしょう。まだ答えは見えていませんが、これから宇宙産業のビジネスモデル全体について考えていかなければなりません。これについてはEUの進め方が賢いと思っています。宇宙を生活のどのような部分で使えるのかというのを必死に考えている印象を受けます。宇宙単体で見るのではなく、様々な観点から他との関連を考えています。日本政府には宇宙を私たちの生活に利用できると考えている人はまだ少ないのです。



司会：日本の宇宙産業は規模的にまだ産業と呼べるほどのものではなく、実利用のための社会環境、仕組み作り、民間活力を活かすための方策がまだ十分とはいえないとの見方はお三方で一致したと思います。

まだまだ課題が山積している日本の宇宙産業ではありますが、日本の宇宙産業を成長させるために必要なことは何か、課題を踏まえて議論していただきたいと思います。まず、お三方で一致したビジョンと現状の乖離についてですが、山川様、ビジョンの実現のために政府としてはどのような役割を果たしていこうとお考えですか。

山川：宇宙産業のビジョンということであれば、時々刻々と変化していく国内・国際情勢に合わせて、各省庁連携して柔軟に対応していくしかありません。絶えず話し合いが必要であり、時期に応じて状況を見つつ、進む方向をきちんと見極める必要があります。参加者の皆さまへ伝えたいメッセージの一つは、宇宙を志して自分を犠牲にする覚悟があるならぜひ省庁に入ってほしいということ。重要なポストに就いたときに一気に宇宙政策に取り組めば、きっと宇宙産業を成長させるための仕組み作りをうまく進めていけると思います。私はそれを「二十年計画」と呼んでいます。

司会：国内・国際情勢は時々刻々と変化するということで、海外の宇宙産業も日進月歩の発展を見せています。日本の宇宙産業が発展するには海外との競争力が必要と考えられますが、迎様、それをどのようにつけていこうとお考えですか。

迎：グローバル社会という言葉の意味するところは絶えず形を変えていて、ここ数年の特徴は「国対国の競争」であると考えています。最近の海外インフラ事業の敗戦で、遅ればせながら日本はこれに気づいた状況です。日本はものづくりが上手ですが、システム構築の点では残念ながら外国に遅れています。海外との競争力強化のために研究開発、トップセールス、パッケージ化などあらゆる観点で国を挙げての取り組みが必要と考えます。この際「政府が産業界のために何かしてあげる」という発想は根本的に違っていて、「産業競争力は国力そのもの」、つまり国にとって産業は自分自身という認識が必要だと思います。

司会：海外との競争力の強化のためには国を挙げた取り組みが必要ということですね。また別の観点として、日本の宇宙産業の発展には、超小型衛星を武器にしたベンチャーの市場参入が一つのカギであると考えられるのですが、中村様、今後超小型衛星を安定して商用・実用化する目途をどのようにお考えですか。



中村：ウェザーニューズ様から受注した衛星の来年度打上げを予定しています。まずはこれを成功させ、「超小型衛星の民間利用」という考え方が定着していくようにアピールをしていきます。まずは実績がないと衛星はユーザーに買ってもらえません。彼らの期待に応え、宇宙が利用する価値のあるフィールドであると思ってもらえるような事例を増やしていきたいと考えています。

司会：「超小型衛星の民間利用」という考え方が定着するためには、向こう数年の取り組みがまさに未来へのカギとなりそうです。超小型衛星の民間利用のためには、当然ユーザー側の視点が非常に重要であると思われるのですが、中村様、今後ニーズをどのように開拓していこうとお考えですか。

中村：まずは国内民間需要を開拓して事例を増やしていきます。用途としてはリモートセンシングが中心になると考えられますが、これからは超小型衛星ならではのミッションを増やしていきたいと思っています。用途は私たちが決めるのではなくユーザーが決めるのであり、そういう意味でも様々なユーザー候補と緊密に連絡を取り合い、彼らの構想が私たちの衛星で実現できそうであれば、提案を積極的に行っていきます。その後はやはり海外に展開していきたいと考えています。

司会：用途を決めるユーザーのニーズに応えるために、ユーザーと企業との密な連携が非常に重要になってきそうです。ユーザーの視点ということで、最大のユーザーである国からの支援は、現在の財政状況では今後ますます少なくなると考えられますが、迎様、それにどのように対応しようとお考えですか。

迎：先ほども述べましたが、産業は国力そのものであり、「国からの支援」ではなく、「最大のユーザーである国の機関が実務で利用するための予算」を獲得して、国が率先して利用する宇宙インフラと利用の仕組みを構築することが必要と考えています。

また、ユーザーはまず国から始まり、徐々に民間へ、更に一般家庭へと利用拡大を目指す立場としてビジネスモデルの重要性も痛感しています。Googleアースが登場した時、その技術ではなく、ビジネスモデルに「やられた」と思いました。高画質の衛星画像を無償で提供するビジネスなどありえないと思っていましたが、画像の料金をエンドユーザーに請求するのではなく、広告料を資金に充てることでビジネスを成立させたからです。次は勝つために、オンデマンドのリアルタイムシステム実現など戦略を練り、技術力とユーザーが育つタイミングを見極めて、事業を仕掛けることが企業人としての醍醐味です。

司会：民間企業の活動が活発になるために、中村様は「民間活力の活用が優先」、迎様は「国のユーザー開拓が優先」とお考えのようですね。山川様、宇宙産業の未来における大型衛星と超小型衛星、大企業とベンチャーのそれぞれの役割をどのようにお考えですか。

山川：よく言われているのが、大型衛星が売上の中心で、小型衛星はビジネス展開のきっかけ、超小型衛星は新しいビジネスミッションを開拓して





産業のブレイクスルーにということですが、大型か小型かなんて普通は考えません。大型にはそれなりの理由があり、最初から大きさで分けるのはおかしいと考えます。大企業とベンチャーという定義もおかしく、世界から見たら日本の大企業も小さいと見られてしまっています。日本の宇宙産業の規模が全く足りていないのです。海外の大企業は自分たちのことをベンチャーと呼んだりしています。世界レベルで考えなければなりません。政府が宇宙産業を何とかしなければという思いを持っています。きちんとした仕組み作りのために話し合いをしていかなければなりません。

質疑応答

参加者：ほとんどの公共事業は国民から支持を受けています。それがなくなると困ると理解しているからです。宇宙に関しては国民がそもそも知らないことが問題であると思うのですが、先進国の中では日本だけが理解が進んでいないのでしょうか。国の努力が足りなかったのでしょうか。

山川：EUは宇宙を役に立つものと捉えていて、アメリカは切り開くべき新しいフィールドと考えています。日本は宇宙村に所属している人ばかりが宇宙のことを考え、その外の人たちが宇宙を知らなすぎる現状があります。宇宙村の外の人たちが宇宙のことを考えていくことが必要です。そのための日本の機関の努力が足りなかったのは事実です。

参加者：現在存在する地上のインフラに対して正面から戦う覚悟はありますか。

迎：地上インフラと勝負するのではなく、適材適所で地上と宇宙が棲み分け、相補完的に運用していくことが大事だと思います。例えば地上インフラが完備した都心部と異なり、過疎地域ではインフラ整備は土地面積や路線長に比して大きいのに人口が少ないため、宇宙インフラの方が効率的になります。

中村：私はまた別の意見を持っています。地上でできることを宇宙でやることにあまり意味はありません。地上でできないことの中で、宇宙を使えばできることは何かないかと考えています。宇宙でしかできないことならば世界で通用します。

最後に一言

山川：省庁に入って20年してから一気に宇宙政策に取り組む「二十年計画」と、自分の財産を投げ打つくらいの覚悟を持った「ベンチャーの立ち上げ」をぜひ目指してください。中長期的な視野に立ち、自分が宇宙産業を成長させるのだという気概を持った人材が求められています。自分の学生時代の頃を振り返ってみると、このフォーラムのような学生の積極的な活動がほとんどありませんでした。今の皆さんは非常にチャンスに恵まれています。学生時代にできるだけ多くのことを経験し、ぜひ宇宙応援団になってもらいたいと思います。

迎：「掌に宇宙を」という将来ビジョンを描き、最初のユーザーとして国の利用を促進する活動を続けていきます。国の実務で宇宙利用に馴染んだ方々がまず宇宙村の壁を突破し、それから民間、一般家庭へと広がっていけばと思います。学生の皆さまはぜひいろいろな勉強をして、高いポテンシャルと斬新なアイデアで、宇宙開発に参画いただくことを期待しています。宇宙産業の発展のために共に協力していきましょう。

中村：将来的に宇宙に関わりたいなという人は、宇宙を知らない人の気持ちを理解して、誰もが納得してくれるように説明していかなければなりません。学生のうちにいろいろなことにチャレンジをして、宇宙開発にどう関わっていくかという具体的なモチベーションを持って、それをぜひ今後のキャリアに活かしてください。



ポスターセッション

「宇宙開発フォーラム2010」は、全国各地からの参加者同士の交流にも力を入れています。本ポスターセッションでは、SDFと関わりがある企業や研究室、学生団体の方々に、ポスターにて事業・研究・活動内容などを説明していただき、普段は接することのない方々との交流を目的としました。



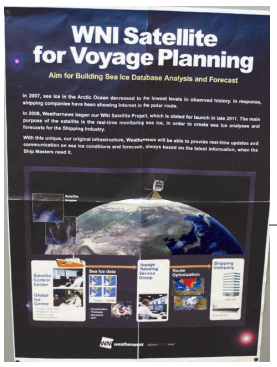
日本衛星ビジネス協会

本フォーラムへのご賛同や協会沿革、活動内容（施設見学会や講演会の開催、宇宙開発や衛星分野の人材育成と支援）に関するポスター1枚をご出展いただきました。



スカパーJSAT株式会社

通信衛星事業20周年記念、JCSAT-12号機、1989年から2009年までに打ち上げられた通信衛星に関するポスター3枚、会社概要と事業内容についてのパンフレット、JCSAT-4A号機の模型、JCSAT-12号機記念のタイルをご出展いただきました。



株式会社ウェザーニューズ

北極海航路の支援のため海氷や二酸化炭素のモニタリングを目的とした、超小型衛星のWNI衛星プロジェクトに関するポスター1枚をご出展いただきました。



三菱電機株式会社

国際宇宙ステーションに水・食糧や実験装置を輸送する補給機（HTV）のランデブ・ドッキング技術に関するポスター1枚と、人工衛星の役割や構造など、人工衛星について楽しく理解できる漫画冊子「人工衛星のひみつ」をご出展いただきました。

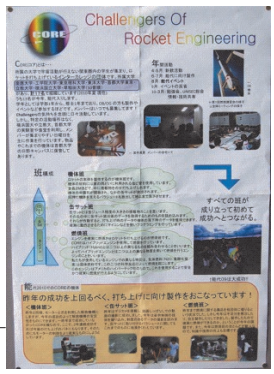


宇宙開発フォーラム実行委員会（SDF）

SDFの団体概要や歴史、「宇宙開発フォーラム2010」の概要についての説明を行いました。

CORE（Challengers of Rocket Engineering）

CORE（Challengers of Rocket Engineering）は自分たちの在学する大学で宇宙活動が行えない学生が集まり、ロケットの打ち上げ、ものづくりをしているインターカレッジサークルです。関東圏内の大学、慶應義塾大学・工学院大学・首都大学東京・東京理科大学・東洋大学・横浜国立大学・立教大学・早稲田大学（50音順）から集まった計17名で活動しています。毎年、夏の能代宇宙イベントに参加し、年間を通じてメンバー間の技術伝承や知識共有などを行っています。本フォーラムでは、缶サット・ハイブリッドロケットの実験に関するポスターを1枚ご出展いただきました。



ILSEC（国際法学生交流会議）

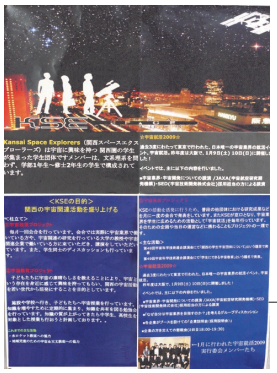
ILSEC（国際法学生交流会議）は、国際法模擬裁判大会アジアカップ・ジャパンラウンドを主催している学生団体です。国際法による模擬裁判や、国際交流活動を通じて学生間の相互理解を深め、国際社会の平和と調和ある発展に貢献することを目的として活動しています。本フォーラムでは国際法模擬裁判や、アジアカップ・ジャパンラウンドに関するポスターを1枚ご出展いただきました。



JILSA（日本国際法学生協会）

JILSA（日本国際法学生協会）は、ワシントンにて開催されるPhilip C. Jessup International Law Moot Competitionの日本代表を選出するために行われるJapan National Roundの運営をしている学生団体です。また、Japan National Roundの運営以外にも国際法を通じた学生交流のための様々なイベントの運営も行っています。本フォーラムでは、JESSUP国際法模擬裁判大会の概要に関するポスターを1枚ご出展いただきました。





KSE（Kansai Space Explores）

Kansai Space Explores（関西スペースエクスプローラーズ）は、宇宙が好きな関西の子どもや学生を応援したいという目的で集まった学生団体です。主な活動として、宇宙を専門とする教授などを招いての宇宙勉強会や子ども宇宙教育等を行っています。さらに日本唯一の宇宙業界就活イベント「宇宙就活2010」への協力を行っています。本フォーラムではKSEの主な活動や関連しているイベントなどに関するポスターを1枚ご出展いただきました。



Live in SPACE Project

Live in SPACE Projectは「誰もが身近に感じる宇宙」をコンセプトに、多くの人が宇宙を楽しむことができるような「身近な宇宙開発」を紹介している学生団体です。宇宙体感イベント「FEEL」の開催を主な活動としています。FEELの目的は「宇宙に興味がない人に少しでも興味を持ってもらう」ことです。そのため、ショッピングモールで開催することを重視しています。また、宇宙食を実際に食べてもらうといった体感できる宇宙を紹介し、気軽に宇宙と触れ合えるイベントを目指しています。本フォーラムでは、宇宙体感イベントFEELやLive in SPACE Projectのコンセプト、活動内容に関するポスターを2枚ご出展いただきました。



OVAL

学生のための国際ビジネスコンテストOVALを運営している団体です。OVALは日本、中国、韓国の学生が約1週間泊まり込みで英語によるビジネスプランニングをし、優勝を競うアジア最大級のビジネスコンテストです。英語を媒介として一週間に及ぶビジネスコンテストを通じた妥協なき議論を通じて達成される相互理解を目的としています。本フォーラムでは、コンテストの概要・プログラム等に関するポスターを5枚ご出展いただきました。



STEP（筑波大学宇宙技術プロジェクト）



STEP（筑波大学宇宙技術プロジェクト）は2006年に設立された団体です。これまでは主にハイブリッドロケットの打上げを行ってきましたが、今年から新たに衛星チームを立ち上げ、活動を開始しています。ロケットチームは今年も能代宇宙イベントにおいて打上げを行い、また他大学と共に射場開拓等の計画も進めています。衛星チームは相乗り小型副衛星の製作を目指しており、今年はロケットチームと一緒に能代宇宙イベントに参加し、缶サット競技にチャレンジしました。本フォーラムでは缶サットやハイブリッドロケットの製作、打上げ実験に関するポスターを2枚ご出展いただきました。

UNISEC（University Space Engineering Consortium）



UNISEC （University Space Engineering Consortium）は、大学・高専学生による手作り衛星やロケットなどの実践的な宇宙工学活動を支援することを目的とするNPOです。現在は54もの研究室・学生団体等が加盟しています。本フォーラムではUNISECの活動内容、創設以来の歩み、将来実施予定のミッションなどに関する内容のポスターを1枚ご出展いただきました。

UNISON（UNISEC Student Organization）



UNISON（UNISEC Student Organization）は、大学・高専学生による宇宙プロジェクトを支援するNPO法人UNISEC（University Space Engineering Consortium：大学宇宙工学コンソーシアム）の学生組織です。UNISEC加盟大学・団体の学生が集い、主体となって活動していくことを目的として設立されました。2010年度から、よりUNISEC/UNISONを盛り上げるためにWG体制をはじめとする新しい取り組みを実施しています。本フォーラムではUNISONの活動内容や、UNISONプロジェクトに関するポスターを1枚ご出展いただきました。





秋田大学学生宇宙プロジェクト（ASSP）

秋田大学学生宇宙プロジェクト（ASSP）は、学生が主体となりハイブリッドロケットや缶サットの製作をしています。ハイブリッドロケットは、年に1～2回打上げを行っています。夏には秋田県能代市で開かれる能代宇宙イベントに毎年参加し、今年度は、慶應義塾大学と協力してロケットと缶サットの打ち上げを行いました。本フォーラムではカットエンジン・缶サット・ロケットの計3点の実物展示物及び、秋田大学学生宇宙プロジェクトの普段の活動内容や製作過程、能代宇宙イベントに関するパネルを5枚ご出展いただきました。

九州工業大学 衛星開発プロジェクト

「鳳龍2」は九州工業大学創立100周年を記念して学生によって立ち上げられた、九工大衛星開発プロジェクトのメンバーにより設計・製作・運用が行われている超小型衛星「鳳龍1」の後継機です。「鳳龍2」は宇宙航空研究開発機構（JAXA）のH2Aロケットにより2011年冬に打ち上げられる予定です。本フォーラムでは、高電圧技術実証衛星「鳳龍2」に関するポスターを2枚ご出展いただきました。



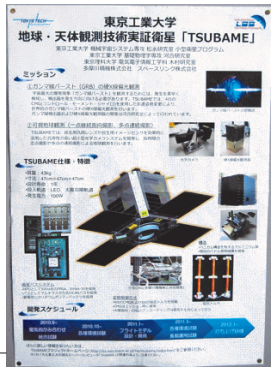


東海大学学生ロケットプロジェクト（TSRP）

東海大学学生ロケットプロジェクトは、1995年に航空宇宙学科の特別プロジェクトとして発足し、学部1年生から修士2年生までと幅広い学生が所属し、ハイブリッドロケットの製作や打上げ、解析といった活動をしています。夏には秋田県能代市、冬には北海道大樹町と年2回の打上げ実験を実施しています。本フォーラムでは実物展示物としてロケット1機、およびTSRPの活動内容を示したポスターを1枚ご出展いただきました。

東京工業大学 松永研究室

東京工業大学松永研究室では、宇宙用アクチュエータや人工衛星システムなどの、高機能宇宙機械システムを中心課題とした研究を行っています。また、学生主導の小型衛星プログラムが研究と並行して存在し、今までに3機を打ち上げた超小型衛星プロジェクトやCANSATプロジェクト、衛星設計コンテストへの参加等を行っています。現在は、2012年始めの打上げを計画している次期小型衛星「TSUBAME」の開発が活動の中心になっています。本フォーラムでは地球・天体観測技術実証衛星「TSUBAME」に関するポスターを1枚ご出展いただきました。





東京大学 中須賀研究室

東京大学中須賀研究室では宇宙機姿勢制御などの制御問題や、ランデブードッキングの他にも非常に多岐にわたって研究を行っています。また、学生主導の超小型衛星プロジェクトも多数行っています。本フォーラムでは、2011年打ち上げ予定の位置天文観測衛星「Nano-JASMINE」、現在定常運用中のリモートセンシング衛星「PRISM」をはじめとするプロジェクトに関するパネルを6枚ご出展いただきました。



東北大学 吉田・永谷研究室

東北大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻宇宙探査工学分野吉田・永谷研では、宇宙探査ロボットの研究開発および超小型衛星の研究開発を進めています。本フォーラムでは宇宙ロボットプロジェクトおよび50kg級衛星である「雷神」「雷神2」に関するポスターを5枚ご出展いただきました。

横浜エアロスペース

横浜エアロスペースは、琵琶湖で行われる「鳥人間コンテスト・人力プロペラ機部門」で自作の機体を飛ばすことを目標に掲げ活動しています。前翼式（先尾翼）の機体を製作しており、機体の基本となるカーボンパイプを独自に作成し、様々な部品も独自に製作することで独創性を発揮しています。また、テストフライト（計測飛行）を繰返し実施することで改善・安全性の確認を行い、より良い機体の設計・製作を目指しています。本フォーラムでは団体の構成や人力飛行機の製作過程に関するポスターを1枚ご出展いただきました。



参加者の声



午房 佳貴 さん
東京大学大学院
公共政策学教育部
公共政策大学院
公共管理コース 2年

宇宙開発概論では、日本の宇宙政策の現状を学びました。宇宙という未知の領域を開拓するためには国民の総意に基づき、国が主導して開発を進める必要があるものの、我が国にはそのような土台が存在していません。これを構築するためには、国民的な議論を進め、宇宙開発が我が国の平和と繁栄に貢献するものであるという認識を形成すること、及び行政・産業・研究界との密接な連携を進め、問題・知見・資源を共有することが必要であります。我々の世代こそがこれを担っていかねばなりません。

宇宙太陽光発電（SPS）ワークショップでは、ゲームを通じてエネルギー政策として他の発電方法や気候、資源、国際情勢といった多様な要素を認識し、そこから生じるリスクに配慮した上で、SPSが商用化にたどり着けると理解しました。大きな可能性を秘めながらも、それに伴うリスクも大きく、だからこそ国として長期的、総合的な視野に立った上で政策として推進していかなければなりません。

今回のフォーラムでは、多くの専門家の方や参加者と話し合うことができました。そして、この日に感じたことを元にして、我が国の平和と繁栄のため、宇宙戦略を立案し、宇宙開発を推進できる体制を確立していくと固く決意しました。

スタッフの方にはこのような機会を設けていただき、大変ありがとうございました。



宮部 好克 さん
北海道大学
水産学部
資源機能化学科 4年

最近話題になった小惑星探査機「はやぶさ」についてのセミナーやワークショップといったプログラムに心惹かれて、今回の宇宙開発フォーラムに参加しました。実際にフォーラムに参加したことで、宇宙開発をビジネスにする、宇宙開発に関する規制や枠組みを設ける、といった今まで関心の無かったことに非常に興味を持ちました。フォーラムのテーマである「key to the future」が示すように、フォーラムは私に新しい視点で宇宙開発の未来を考えるきっかけになりました。

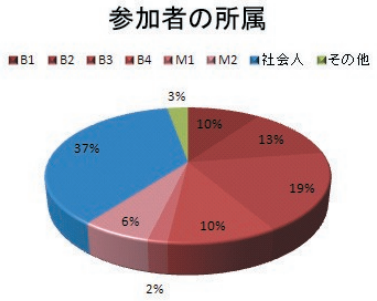
プログラムの中でも特に、国際会議の形式でスペースデブリの法的規制について議論するワークショップが非常に面白く、ワークショップが終わった後も同じグループだった人たちと議論しました。各国が自国の利益を優先する中で、他の国を説得して最善の合意に達する難しさをこのワークショップを通じて実感しました。また文科系、理科系を問わずに議論が行えたことも、私にとって非常に新鮮で印象深いものでした。

宇宙開発に関して、文科系、理科系に関係なく参加して議論することができる機会は少ないと思います。このような貴重な機会を与えていただいたSDFのスタッフの皆さま、本当にありがとうございました。

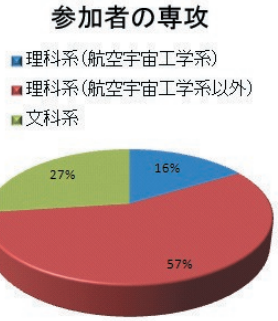
アンケート結果

「宇宙開発フォーラム2010」には、昨年度の参加者数を上回る延べ207名の方にお越しいただきました。当日実施したアンケートでは、その内125名の方にご回答をいただくことができました。

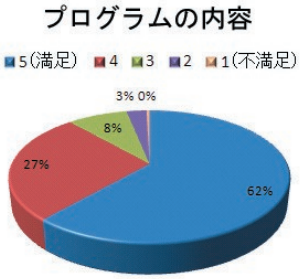
まず、参加者の方にご所属をお聞きしたところ、大学生52%、大学院生8%、社会人37%でした。学生の方は、学部1年生から大学院生まで幅広い学年の方に参加していただきました。また社会人の方も、大学の教授や官公庁の方、宇宙開発に関わる企業の方など、様々な立場の方に参加していただきました。

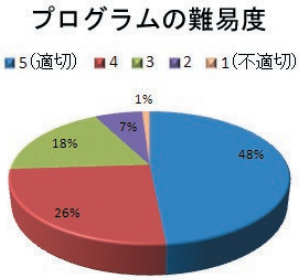


また、学生の方に専攻をお聞きしたところ、航空宇宙工学系16%、航空宇宙工学系以外の理科系57%、文科系27%という結果でした。航空宇宙工学系所属の学生の方だけでなく、その他の分野を専攻されている理科系の方や、文科系の方にも多く関心を持っていただけたことが分かります。本フォーラムには学年・専攻の垣根なく様々な方に参加していただくことができ、宇宙開発に対して関心を持っていただいている方が多岐にわたってきていると感じました。



次に、プログラムの内容の満足度、難易度の適切さについてお聞きしました。内容の満足度については「とても満足」が62%、「満足」が27%と、全体の89%もの方に満足していただけました。難易度についても、適切であると74%の方に回答していただきました。





この結果を受けて、宇宙開発を社会科学的視点から捉えるという他では見られないSDFの活動を、幅広い参加者の方に評価していただいたのではないかと考えております。

他のプログラムと異なり参加者の方に主体的にご参加いただいたワークショップですが、内容の満足度に関するアンケート結果によると、二つ開催したいずれのワークショップも80%以上の方に「満足」という評価をいただくことができました。ワークショップの目的の一つである、参加者



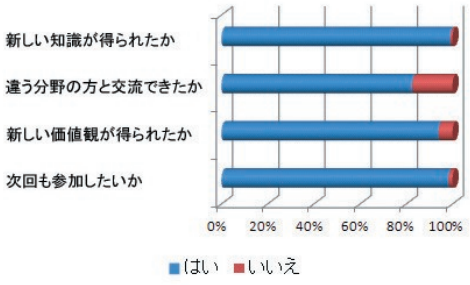


の方に宇宙開発に対して楽しみながら興味・関心を持っていただき、その上で宇宙開発の意義や問題点、解決策などを考えていただくという試みが上手くいったのではないかと思われます。





続いて、参加者の方に本フォーラムに参加して「新しい知識が得られたか」「自分とは違う分野の方との交流の機会を持てたかどうか」とお聞きしたところ、それぞれ99%、83%の方に「はい」とお答えいただきました。また、「新しい価値観が得られた」という方が94%いらっしゃいました。本フォーラムの各プログラムを通じて、宇宙開発に関する知識を得ていただき、また様々な方との交流を通じることによって、自分とは全く異なった考え方・視点を知り、新たな価値観を持っていただけたのではないかと考えております。これは本フォーラムの開催にあたっての大きな目的でもあり、それを参加者の方に実感していただけたのではないかと思います。



最後に、本フォーラムのキャッチフレーズは「key to the future」でしたが、アンケートの皆さまの貴重な声がSDFの「未来」の扉を開くカギだと考えております。今回お載せできなかったご意見も含めて、今後の活動に反映させていただきます。アンケートにご協力いただいた方に深くお礼申し上げます。

【アンケート回答結果（抜粋）】

宇宙開発概論

・宇宙開発について政策に関わっていらっしゃる方のお話が聞けて、とても新鮮でした。
（大学3年 法）

ワークショップ①

・WSでのスピーチやディベートがとても有意義なものでした。
（大学1年 理科系）

特別セミナー

・現場の方のプロジェクトに対する熱い気持ちが伝わってきました。
（大学3年 工学系）

ワークショップ②

・すごく面白かったです。交渉に夢中になり、時間がもう少しほしかったです。
（大学4年 水産学部）

パネルディスカッション

・様々な立場にいる方々のお話を聞けて良かったです。
（大学1年 経済）

全般

・新しい宇宙開発の考え方を知りました。ここでの経験は、次に活かします。
（大学2年 航空宇宙）
・現実の政策・ビジネスに影響を与えるようなアウトプットの発信を期待しています。
（大学院3年 公共政策）

主催

宇宙開発フォーラム実行委員会（SDF）

後援

経済産業省

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構（JAXA）

財団法人 日本宇宙フォーラム（JSF）

特別協賛企業

日本衛星ビジネス協会

スカパーJSAT株式会社

協賛企業

株式会社ウェザーニューズ

ソラン株式会社

日立マクセル株式会社

三菱電機株式会社

協力企業

株式会社IHI

株式会社IHIエアロスペース

千代田アドバンスト・ソリューションズ株式会社

デロイトトーマツコンサルティング株式会社

日本電気株式会社

丸紅エアロスペース株式会社

三菱重工業株式会社