

かつて新島襄が「大学は智識の養成場なり、宇宙原理の講究所なり」（「私立大学設立の旨意、京都府民に告ぐ」1888年）と語ったように、同志社にとって「宇宙」はひとつのキーワードと言える。

2024年1月20日に渡辺公貴教授（大学生命医科学部）が開発に携わった「SORA-Q」が月面着陸・撮影に成功したことは大きなニュースとなったが、本座談会では小原克博教授（大学長、神学部）がモデレーターを務め、渡辺教授の他、宇宙航空研究開発機構スタッフである足立寛和氏（大学大学院工学研究科 2010年修了）を招き、「SORA-Q」をはじめとした最新の宇宙開発事情や同志社での宇宙研究や教育活動に至るまで、それぞれの視点から今後の展望を語り合った。



同志社大学 学長・神学部 教授
小原 克博

同志社大学 生命医科学部 教授
渡辺 公貴

宇宙航空研究開発機構 研究開発部門
主任研究開発員
足立 寛和 氏

同志社大学教授の開発した変形型ロボットが
日本初の月面探査ロボットに



小原 克博

同志社大学 学長・神学部 教授

小原 ● 「宇宙」という言葉は明治初期にちよつとしたキーワードになっており、新島襄もこの言葉を比較的頻繁に使っていました。その中で二つを紹介します。一つは1889年に彼が記した「大学設立主旨」の一節、「宇宙の天理を講究し」という言葉です。晩年の新島は大学の理想像を「深山大沢しんざんだいぞく」としました。これは中国古典に由来する言葉で、龍蛇のような傑出した人物を輩出する大学を新島は作ろう

としていたわけです。そういう大きな文脈の中で、彼は宇宙にも言及しています。それが1888年に発表した「私立大学設立の旨意、京都府民に告ぐ」の中の、「大学は智識の養成

場なり、宇宙原理の講究所なり」です。新島は大学をそのように定義しました。彼は留学中、特にアーモスト大学で最先端の地質学や天文学を勉強しています。そこから日本でも、宇宙や地球を理解するための自然科学を発展させたという願いを持つていたことが分かります。現代の学校法人同志社にいる我々は、これをどう受け止めればいいのか。これが本日の座談会の、一番のテーマです。私はキリスト教神学と、広く宗教研究を専門としています。宗教は今でこそ心の問題と考えられがちですが、長い人類史を振り返ると、まさに夜空を仰ぎ見ながら、人間と宇宙にはどんな関係があるのだろうと考えてきた分野でもあります。私自身、子どもの頃にはアポロ計画があり、大阪万博の目玉の一つとして月の石があり、いよいよ宇宙の時代が来たと心をかき立てられたものでした。日本のアニメの黎明期を支えたのも宇宙ものやロボットものでした。私はいわゆるファーストガンダム世代ですが、スペースコロニーが当たり前のような宇宙時代の物語には好奇心を大いにかき立てられました。そして研究を通じて、宇宙への関心も深めてきました。自らの思い出も振り返りながら、本日は宇宙への関わりを新たにしたいと思います。ではお二人にも自

己紹介をお願いし、現在の取り組みをお話しいただきましたよう。

渡辺 ● 私は2020年4月、同志社大学生命医科学部に着任しました。大学卒業後は時計メーカー、海外有名玩具メーカーの日本人を経てトミー（現・タカラトミー）に入り、約20年を過ごしました。2015年から宇宙航空研究開発機構（以下、JAXA）の公募型研究で宇宙ロボットの開発にも携わってきました。2006年から18年までは同志社大学プロジェクト科目の講師を務め、学生に何かを伝えたいという思いが強くなって同志社大学に転職した次第です。そこからは一貫して超小型の変形月面ロボットであるSORA-Q^{ソラクィ}などの開発をしています。SORA-Qは今年1月20日、小型月着陸実証機（SLIM^{スリム}）から着陸直前に放出され、月面に着陸して撮影に成功した、世界初の完全自律月面探査ロボットになりました。直近では国のムーンショットプロジェクトにおいて、2050年に月面で活躍するロボット群の開発を、学生と共に進めています。5台、10台と繋がって大きな構造体を押したり高所に登ったりと、さまざまに活躍できるロボット群です。

足立 ● もともと宇宙関連の研究をしたいという希望をお



世界最小・最軽量の月面探査ロボット「SORA-Q」

ット型ロボット」として登録されてシリーズ化することになり、次は「SOBOT」という世界最小の二足歩行ロボットを開発、2007年に発売しました。これが2008年に「今年のロボット」で経済産業大臣賞をいただき、2、3年後にJAXA宇宙科学研究所の先生から共同研究のお誘いをいただきました。当時はお話だけで終わりましたが、会社でさらにロボット開発を進めたものの、やはり行き詰まるんですね。そこで社内だけでなく、他の技術を持つところと一緒に何かできないかと検討した一つがJAXAで

持ちだったのですか。
渡辺 ● それは全然なかったです。2002年、タカラトミーが全世界一斉に発売して大ヒットしたペットロボットを、私のチームが商品開発したことが始まりでした。ギネスブックに「世界最小のペ



SORA-Qが撮影した月面画像

した。そのときにJAXAの昆虫型ロボットの共同開発パートナーの公募を見つけ、今までの実績が認められて共同研究をすることになりました。

小原 ● そのときは、まだSORA-Qの形ではなかったのですか。

渡辺 ● 当初は昆虫型というコンセプトがあっただけです。最終公募から研究テーマに落とし込まれたときには、小型ロボットという形になっていました。SORA-Qはウミガメを模したもので、生物型ですね。生命医科学部で

なぜ宇宙なのかとよく聞かれますが、私の入った研究室は、偶然にも以前から生物模倣を扱っていたんです。

小原 ● JAXAが渡辺先生に求めたのは、月面、特に傾斜地でも動けるような小型ロボットの開発

だったのですか。

渡辺 ● 広域探査、つまり月と限らず火星など人類未到の地で動くロボットです。実は昨年4月、民間月面探査プログラムで着陸機がSORA-Qを搭載して月面にアプローチしたのですが、着陸機が月面上空で失速し、ミッションを果たせませんでした。それだけに今回の撮影成功は本当に嬉しかったです。ただ、これだけで終わりたいはありません。学生に志を持って何かに取り組んでほしいというのが大学着任時の私の思いでした。日々をただ楽しく過ごすよりも、将来が楽しくなるための学びにこそ真の楽しさがあることを、学生には伝えたい。特に今回はSORA-Qの撮った月面写真が、「同志社大学」というクレジット入りで全国紙の一面に掲載されました。これを機に、SORA-QをさらにJAXAで使っていただくため、改良方法の研究を進めています。もっと月で活躍できるロボットの研究も進めたいですね。ただ私の研究生活にも限りがありますので、これは何らかの形で同志社大学で継続していくよう、学生と共に私も育っていきたいと思います。

JAXAで再使用ロケットを研究

小原 ● 足立さんからも現在の取り組みをお願いします。

足立 ● 私もアニメなどに影響を受けて宇宙やロボットに興味を持ちましたが、同志社大学では次に好きだった車をメインとして大学院まで研究しました。JAXAでは最初の3年間、ロケットの開発や打上げなどの運用を行う宇宙輸送部門に所属し、種子島でHIA、HII Bの2号機など計8機ほどの打ち上げに携わりました。宇宙とは全然違う自動車業界から入りましたので、車の常識が宇宙ではイレギュラーであるなど、カルチャーショックを受けながら学ばせていただきました。現在は研究開発部門に所属し、1段再使用飛行実験(CALLISTO)プロジェクトに、構造や熱防護をメインとして参画しています。従来は使い捨てだったロケットの再使用化を目指す研究です。ロケットを宇宙へ送る際、安全性はもちろん重要ですが、一番大きなハードルはコストです。この改善方法の一つとしても再使用は有効なので、各国が研究中です。アメリカでは宇宙関連企業のスペースX社が世界に先駆けて成功しており、現在

では2段式ロケットのうちの半分の1段を再使用しています。今後は人が地球外に出ていくのが当たり前になる時代が来ると思いますので、日本としても当然そういう技術開発は必須であると考えています。そのための研究開発(CALLISTOプロジェクト)を日本、フランス、ドイツの3カ国共同で実施しています。

小原 ● 具体的な飛行計画はあるのですか。

足立 ● あくまでも実験用なので、我々が宇宙と呼んでいる高度100 km以上には到達しない機体です。では何のためにやるのかというと、100 kmより上に物を送る技術は、H・II Aをはじめとして日本も持っています。それが戻ってくることにしても、はやぶさなどを通じて技術は持っています。それらをもう1回使うための技術を日本で確立するためです。再使用においては、従来では想定していなかった課題も既にあぶり出されており、今はそれらを一つつ研究開発しながら潰しているところです。

小原 ● 足立さんが研究しておられる熱防護について教えてくださいいただけますか。

足立 ● 地表近くの低い軌道を人工衛星が回る速さ、つまり第1宇宙速度は約8 km/秒。そういう速度のものが大気

とぶつかると、断熱圧縮が起こり、非常に高温になります。流れ星のイメージです。その状態で、人が乗っても快適に降りてこられるように熱をマネジメントするシステムが熱防護です。その関係もあり、MMXのサンプルリターンカプセルなどにも携わらせていただいています。MMXとは日本を中心として、ヨーロッパとアメリカを含めて各国機関が協力して行なっている火星衛星探査計画です。火星にあるフォボスという衛星に着陸して土壌採取、軌道から火星観測なども行うミッションです。

渡辺 ● サンプルリターンのカプセルはすごい技術ですよ。

JAXAの相模原展示場では、はやぶさのカプセルだけは撮影禁止です。ノウハウの塊だからというのが理由でした。その大変な技術の内容を、可能な範囲でお聞きしたいです。

足立 ● 一般的カプセルの話にはなりますが、断熱圧縮が起こると、最も熱くなる領域だと1万℃以上などになります。そこから熱を受けて、カプセルの表面は数千℃という温度帯になります。一方で内部は、人が乗ることを考えるなら20℃台が求められます。炭素繊維などを使用し、たかだか数十mmの厚みで熱を遮断する技術なので、ノウハウの塊なのです。

SLIMとSORA・Qの成功が果たした役割

小原 ● ありがとうございます。私は人文系の研究者ですから、技術的には宇宙に何も貢献できません。ただ宇宙への関心をもう少し具体化して、宇宙をテーマに現代の課題解決ができればと考えています。このテーマに本格的に取り組み始めたのは、SDGs研究が発端でした。SDGsで地球上の問題を考えると、宇宙という視点を入れると見方が変わってくることに気づいたのです。JAXAもSDGsに関心を持っていると聞きます。宇宙研究で得られた成果や技術が地球上にも応用できるという、相互関係があるわけです。もう一つ、まさに今回のSLIMの目的の一つでもあります。月面の組成を調べることが結果的に地球の起源を調べることもなることに、大変興味を持ちました。私は良心学研究センターのセンター長も務めており、同センターでは渡辺先生を含め、多様な自然系の先生方にも関わっていただいています。人文社会系や自然科学の英知を結集して、現代の課題に真摯に向き合いたいと思っています。我々は技術の進歩とともに目の前の画面はか

りを見るようになり、空を見上げなくなってきました。昔の人たちと比べて世界観が非常に貧困になっていると感じます。貧困になったコスモロジーをもっと豊かなものにして、コスモロジーの回復の中で人間のあり方も再発見していければ、宇宙への視線が我々の生き方にもフィードバックされるのではないかと気づき始めたんですね。ですから人文社会系の立場からでも宇宙にアプローチしていくことには非常に大きな有用性があると思います、この2年ほど、積極的に宇宙の最先端の研究を多くの方とシェアしながら、新しい学問領域を探求しています。さてSLIMが無事に着陸して、日本は月面着陸を成功させた世界で5番目の国になりました。そして直径80mmの球体であるSORA・Qが月面で活躍して今もそこにいることは、夢を与えてくれます。1月25日、JAXA、タカラトミー、ソニーグループ、同志社大学の4者が共同発表をした際、渡辺先生もコメントをくださいました。その中で渡辺先生がSORA・Qを「小さな一粒」と表現されたことが非常に印象的でした。聖書の「一粒の麦は、地に落ちて死ななければ、一粒のままである。だが、死ねば、多くの実を結ぶ」（ヨハネによる福音書12章24節）を意識して書かれたことを、後で



渡辺 公貴

同志社大学 生命医科学部 教授

知りました。この「小さな一粒」は、今後の宇宙開発にどんな影響を与えていくでしょうか。

渡辺 ●この250gのロボットが月面で動けて着陸船などを撮影できることが

分かったので、今後は月と言わず、火星の衛星フォボスなどでも活用してもらえると期待しています。それにやはりSORA・Qは、宇宙機器としては圧倒的にコストが安い。まだまだ安くできる可能性もあります。一部には高い部品を使っていますが、中身はほぼ民生品、または大学生でも作れるような部品です。今までの宇宙機とは違うレベルで、手軽にロケットに積めるような将来が来るのではと期待します。またSORA・Qが注目されることについての玩具メーカーとしての目的は、お子さんたちに、科学技術への気づきを少しでも持つてもらうことです。ひいてはそういうお子さんが中学校、高校でも科学技術に興味を持ち、日

本中の大学で本格的に研究するようになってほしいですね。そういう思いを持ちながら、現在はムーンショットプロジェクトに取り組んでいます。

小原 ●ムーンショットプロジェクトでは、2050年には人類が新たな居住圏を開拓することを目指しています。アメリカは2025年以降に有人月面着陸を行うアルテミス計画を進めていますね。月に人間が降り立つのはアポロ計画以来です。ただ月に到着するまで、そして到着後も多くのリスクがあります。そこでロボットに先に行ってもらった方がいいのではと、私は思うのですが。

渡辺 ●政府資料では、2050年に100人ほど月に居住しているだろうと予測しています。アメリカなど他国の発表では、1000人から1万人ぐらいという数字がありました。ただ月へ行くコストをよほど下げないと、それは難しいと思います。月への輸送費を概算すると、1人あたり150億から200億円。100人となるとすごい金額です。その金額を、誰が何のために出すのか。過去50年を見ても、実はロケットはそれほど発達していません。安いと言われるスペースXは古いタイプのエンジンを使っており、画期的な推進方法に変わったわけではない。それを考

えると月へ人を連れていくには危険があるし、コストの問題にもどこかでおつかります。やはりロボット優先で作っていくのかなと思います。その割には、日本で宇宙関連のロボット開発を行っている会社は少ない。日本では唯一GITAIという会社が、月面で動くロボットを作っています。社長さんは同志社大学法学部出身で、NASAから非常に多額の資金を獲得するなど活躍されています。もちろん着陸船やロケットも重要ですが、その先に月面で活動するためにはロボット開発が重要です。重機などは日本の大手ゼネコンや建築機械メーカーが研究していますが、実用レベルには至っていません。今は官需だけしかない事業が、ビジネスになるのかという問題もあります。

宇宙関連教育を通じて文理融合思考を育て
広い視野で課題解決できる人材の育成を

小原 ●今回はSLIMだけでなく、SORAQの成功も世界中の人々に夢を与えました。渡辺先生のご経歴からも、一つの分野にとどまらず、好奇心を開発につなげていくことの重要性を感じました。そしてこの分野で世界を担

える人材が日本からも育ってほしいと思います。最後に、宇宙の研究開発と教育との関係、今後の可能性についてお聞かせください。

渡辺 ●小学生のお子さんはアニメに登場するようなすごい動きをするロボットを見ていますので、現実のロボットにはあまり興味を持ちません。その後6年生から中学生になると、徐々に実態に近いものに惹かれていきます。ところが今回のSORA・Qに関しては、大人はもちろん、お子さんたちの反応が非常に良かった。やはり宇宙への憧れは皆が持っているのです。一方で、日本では宇宙分野の人材が非常に不足しています。これを機に、日本の産業育成のためにも、小さな年齢から宇宙をキーワードとして、多様な科学技術に触れてもらう取り組みが増えてほしいです。

小原 ●「宇宙」は今後の教育にとって非常に大事なキーワードになると思います。JAXAはもちろん、民間の努力も大きく求められるところです。学校法人同志社でも有志の先生方を中心になって宇宙教育研究会を開催し、渡辺先生や宇宙関連の仕事をされている方々を講師としてお招きして、中高の生徒たちに話をしていただいています。各学齢で学べるもの、受け取れるものは多いので、小学生時

代から宇宙に触れるような教育ができれば面白いですね。未知なる世界に触れることの楽しさを駆り立ててくれるのが宇宙です。しかし日本の場合、高校ぐらいになると、進路が文系、理系に分かれがちです。そしていったん文系に進むと、理系の内容が全然分らない。その逆もありがちですが、それは日本の未来にもよくありません。現代は、人文社会系の知見と理系の知見とを総動員しないと問題解決できない時代です。専門知識を深めながらも複雑な諸課題を俯瞰できる力を養うため、単純に文理には分かれな共同のプラットフォームを教育プログラムに組み込むことが必要だと考えます。

足立 ●そういう意味でもSORA・Qは、非常に良いプラットフォームになれると思います。渡辺先生もおっしゃったように、学生でも作ってしまうのはすごく大きい。ロケットを学生だけで作るのは難しいですが、SORA・Qなら、例えば本物そっくりに実際の回路を作るところまで学生がやってみてもいいし、回路はパッキングして小学生でも作れるレベルのSORA・Qを準備することもできるでしょう。そういう機会に触れられれば、文系や中学生でも組み立てられるレベルのSORA・Qが可能だと思いま



足立 寛和氏

宇宙航空研究開発機構 研究開発部門
主任研究開発員

持つ意義は大きいです。そういう視点を育むためのプラットフォームがあるといいですね。JAXAも水と空気力で飛ばす水ロケットの指導などを行なっています。あれも一つのプラットフォームです。これらをうまく教育として取り込んでいただければと思います。そもそも私自身、車の研究室からJAXAに入りました。異なる分野や産業の壁は、案外ないと感じています。SORA・Qにしても、あのトランスフォームの技術はタカラトミーさんたちの技術が宇宙に通用する好例です。逆に、宇宙のために作った技術が一般業界にスピノフできる例もあるでしょう。最初から自分で線を引くのではなく、宇宙などさまざまな

す。そこで一つの垣根は越えられるのでは。専門外であつても、自分の持つ知識が他の分野にもどこまで役立つのか、私ならこうするのにという発想力や視点を

のに触れる機会を教育で与えていただければと思います。
小原 ●「壁」は一つのキーワードですね。我々の社会生活にはいろいろな壁がありますが、それを越えることによつて初めて新しい事ができる。人との出会いや好奇心が壁を越えさせてくれ、未知なる領域へと進ませてくれる。まったく同じ事が新島襄にもあつたと思います。まさに鎖国という壁があつた時代に、彼はそれを越えて未知なる世界に向かつていった。そういう冒険心みたいなものを忘れてはいけません。今回のSORA・Qの成功は夢見ることの大切さや冒険的な挑戦の楽しさを、端的に伝えてくれました。このような楽しさを宇宙と絡めて同志社教育に取り込んでいければ、SORA・Qの播いた一粒の種は、とても大きな実りをもたらしてくれるのではと期待しています。本日はありがとうございました。

(2024年2月2日、今出川校地にて)