

科学の
峰々

79

取材日：2014年5月19日
東京科学機器協会会議室東京大学大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
なか す か しんいち

中須賀 真一 先生 に聞く

“超小型衛星”の研究と
これからの宇宙開発&
宇宙利用 上聞き手：南 明則 日本科学機器協会 広報委員
夏目知佳子 同 広報委員
藏満 邦弘 同 編集長
岡田 康弘 同 事務局長
(取材・撮影・編集協力：クリエイティブ・レイ(株) 安井久雄)

中須賀 真一先生のプロフィール

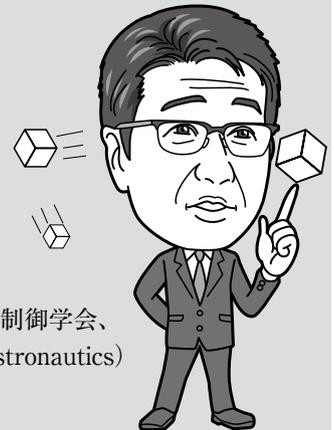
1961年 大阪府に生まれる
 1983年 東京大学工学部航空学科卒業
 1988年 東京大学大学院博士課程修了、工学博士(航空学専攻)
 1988年 日本アイ・ビー・エム(株)東京基礎研究所入社
 1990年 東京大学工学部航空学科 講師
 1993年 東京大学大学院工学系研究科 助教授
 1994年 東京大学先端科学技術研究センター 助教授
 1996～1997年 アメリカ・メリーランド大学コンピュータサイエンス学科客員研究員
 1998年 東京大学航空宇宙工学専攻 助教授
 1999年 アメリカ・スタンフォード大学航空宇宙工学科客員研究員
 2005年 東京大学航空宇宙工学専攻 教授

〈専門分野〉

宇宙関係：
 宇宙システム工学、小型衛星の設計・製作、
 宇宙機の知能化・自律化、
 将来の新しい宇宙システム、航法・誘導・制御
 知能工学関係：
 ロボティクス、
 人工知能(特に機械学習)とその宇宙応用

〈学会・学術関連〉

日本航空宇宙学会、日本ロケット協会、計測自動制御学会、
 AIAA(American Institute of Aeronautics and Astronautics)



飛行機好きの少年がみた アポロ11号と宇宙への夢

— 中須賀先生は超小型衛星や宇宙開発などの研究に取り組まれているとお聞きしていますが、まずは、どのようにして宇宙に興味を持つようになったのか、お聞かせください。

中須賀 生まれは大阪で、高校生までは奈良におり、高校は東大寺が経営している東大寺学園というところを出ました。校風は比較的自由で、敷地が東大寺南門をくぐったところにあり、奈良公園のシカと修学旅行生が行き交う、のどかな環境の高校でした。

大学は東京大学の理科一類に進みました。そこで宇宙の真理を探る宇宙論をやるか、あるいは、ロケットなどを作る航空学科へ行くか迷ったのですが、最終的にはモノづくりの工学部航空学科を選びました。

戦記物が好きだった父の影響で、幼稚園の頃から家にあった軍用飛行機の本を眺めては、飛行機や飛行機の図面を熱心に書き写していた記憶があります。

振り返ってみると、それが私にとっての工学の始まりでした。自然と飛行機の形や製図が好きになり、そのうち覚えている図柄を自分で描くようになっていました。プラモデルといえば飛行機ばかり作っていましたし、

「Uコン」と呼ばれるエンジン付き模型飛行機を飛ばしたりしていました。こうして将来は飛行機に関わる仕事をしたいと思うようになっていきました。

そんな飛行機少年だった私が8歳のときに大きな出来事がありました。1969年7月20日アポロ11号の月面着陸です。日本時間で21日午前5時ごろでしたが、その着陸シーンを父親とテレビにかじりついて見ていました。

アポロ11号は当時の私の中に強烈なインパクトを残しました。

父がどこかで聞きかじってきたのですが、アポロが月から帰ってきて地球の大気圏に入るときの角度が大事だと教えてくれました。どういうことかという、宇宙船が入ってくる角度が深すぎると、急減速してしまい、船内の飛行士たちが死んでしまうのです。逆に角度が浅いと、宇宙船は大気圏の外へ弾き飛ばされてしまうのです。もし宇宙船が宇宙へ弾き飛ばされ、やがて宇宙船の食料がなくなってしまうたらと考えると、子供ながらに言葉にならない恐怖を感じました。そのため、アポロ11号の飛行士たちが本当に地球に帰ってくるまでは不安で仕方なかったことを憶えています。

アポロ11号の経験を通して感じたのは、宇宙とは常に死と隣り合わせの世界だということ。だからこそ、そんな世界に果敢に挑む宇宙科学という分野にロマンを感じていました。

その翌年に開催された大阪万博ではアポロ11号が持ち帰った月の石が展示されると聞き、遠足も含め万博には4回行きました。そのうち2回、月の石を見ることができました。4時間並んでやっと見れた興奮は今でも忘れられません。そのような経験を積み重ねながら、私の中で宇宙への夢がどんどん大きくなっていきました。

宇宙への夢を求め IBMから再び大学へ

— 大学や大学院では、どのような研究に取り組まれていたのでしょうか。

中須賀 修士課程、博士課程と航空学科の研究室にはいたのですが、その頃には、宇宙についての興味を失っていました。なぜかという、自分たちでいくら良いモノを作ったとしても、すぐには使ってもらえないからです。宇宙開発は極めて保守的な分野で、何百億円もかけたプロジェクトを失敗させたり、人を死なせたりするわけにはいかないため、新しい技術はなかなか使ってもらえないのです。

そのため修士課程、博士課程と、人工知能の研究をしていました。プロの棋士と人工知能を搭載したコンピュータとの対局が話題になっていますが、コンピューターが将棋の対局をしていくうちに、だんだんと賢くなっ

ていき、高いレベルに達していくことを機械学習と呼んでいます。修士と博士の論文は、この機械学習をテーマに書きました。

そして、卒業後はIBMに就職し、人工知能を使った工場の制御などに携わっていました。つまり私は一度、宇宙を捨ててしまったわけです。

— IBMに2年ほどいて、大学へ戻られたわけですが、どのような理由からだったのでしょうか。

中須賀 大学から呼び戻されたのが大きな理由です。博士課程のときの教授が、ある日、会社に来て「君は大学に戻るようになったから…」と突然言われたのです。私の意向を聞く前に、私の上司にも勝手に話をつけていたようで、とても驚きました。

私としてはIBMに特に不満はなかったのですが、昔とは違うことができるかもしれないと思って、講師として大学へ戻ることになりました。

アメリカの大学で見た 手作りの衛星に衝撃を受ける

— 東京大学に戻られて、そこから小型衛星などの研究が始まった理由をお聞かせください。

中須賀 戻ってからはしばらくの間は、昔と同じようにフラストレーションを抱えながら実験などを行っていました。しかし、

1999年に大きな転機が訪れました。

アメリカのスタンフォード大学に滞在中に、学生たちが手作りで人工衛星を組み立てているのを見ていた時のこと。まさか、これが宇宙に行くわけないと思っていたのですが、なんとその人工衛星が3カ月後には打ち上げられていました。

私たちにとって人工衛星とはJAXAのような大きな組織が作るものであって、自分たちで作るものではないと思っていたのですが、その大学の研究室では、すでに手作りの小型衛星の打ち上げに成功していたのです。

— 当時の日本には、そのような人工衛星の研究は全くなかったのでしょうか。

中須賀 日本にはありませんでした。私も話ではアメリカの大学で80年代から人工衛星を作っているということは聞いていま

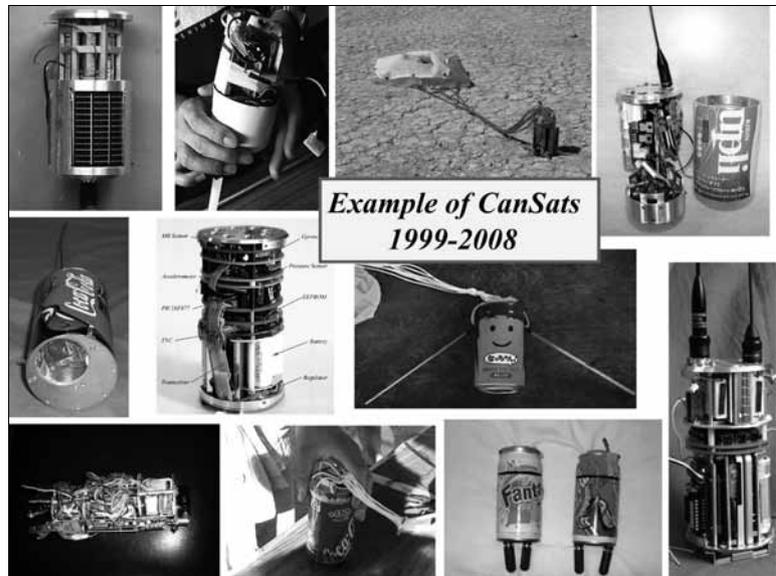
したが、学生たちが手作りしているとは知りませんでした。

まさに目からウロコが落ちるような経験でしたが、そのとき思ったことがふたつあります。ひとつは、日本の学生でも必ずできるということ。もうひとつは、日本の技術をもってすれば、もっと良いものができるということでした。

初めての人工衛星は ジュースの缶サイズ

中須賀 帰国後は「絶対に衛星を作るぞ!」と学生たちに発破をかけて、ジュースの缶サイズの衛星「カンサット」の製作に着手、1999年5月から9月までに3つのカンサットを作り上げました。

この衛星を作ろうと言ってくれたスタンフォード大学のツウィッグス教授は、私たちにとって大恩人ともいえる方です。



ジュースの缶を利用したカンサットの試作品



アメリカの砂漠で行われたカンサットの発射実験



— そのカンサットはロケットなどに乗せて宇宙へ打ち上げられるのでしょうか。

中須賀 カンサットは宇宙へは打ち上げません。

できあがったカンサットはアメリカへ持っていき、砂漠地帯でロケットを打ち上げているアマチュアのロケット愛好家に頼み、高度4,000mまで打ち上げてもらいました。そこから地上に落とすというのが、私たちの人工衛星を試す最初の実験でした。

ちなみに、この実験は毎年行われていて、今年で16回目を迎えました。

— 話は変わりますが、以前、当対談で元宇宙飛行士の山崎直子さんにお話を伺いましたが、山崎さんも中須賀先生と同じ航空学科におられたようですね。

中須賀 はい、彼女は私の研究室にいて、1996年に修士課程を

出ています。礼儀正しくて、人柄もよく、研究熱心でした。

カンサットに続き 1kgの超小型衛星に取り組む

— ジュースの缶サイズの衛星のほかには、どのような研究が進められてきたのでしょうか。

中須賀 カンサットに続いて私たちが取り組んだ研究が、重さ1kgほどの衛星である「キューブサット」の開発です。

当時、ツイッグス教授が、世界へ向けて1kgぐらいの人工衛星を作ろうと提唱しました。そこからアメリカだけでなく、ヨーロッパや日本でキューブサットの開発競争の火蓋が切って落とされたのです。

そんな中、真っ先にキューブサットを作り上げたのが、私たちの研究室でした。

2000年に私たちがキューブサットを作り始め、2003年には1

号機XI-IVが宇宙へ打ち上げられました。

当時、日本のロケットを使ってキューブサットを打ち上げることはできなかったため、世界中に手紙を書いたところ、ロシアが了解してくれ、キューブサットはロシアのロケットのピギーバックペイロード（相乗り衛星）として宇宙に打ち上げられることになりました。

— キューブサットとは、どのような衛星なのでしょうか。

中須賀 キューブサットは、宇宙で人工衛星の動作に問題が起こらないか確かめることを目的としています。重さ1kgの非常に小さな衛星です。高度824kmの上空を飛んでいて、地球を1周するのに100分ほどの時間をかけて軌道を回っています。

キューブサットにはカメラを搭載し、宇宙から見た地球の写真をたくさん撮り、地上へ送っ



ロケットに相乗りして衛星を打ち上げるピギーバックペイロード。打ち上げのコストも低く抑えられる。



まさしく手作業によって組み立てられる超小型の人工衛星



研究室の学生たちと中須賀先生（後列右から2人目）

てくれました。カメラはおまけだったのですが、実験はすべてうまくいきました。

このキューブサットは、打ち上げてから3カ月ぐらい動いてくれればよいと考えていたのですが、11年経った今でも元気に動いていて、ビーコンという信号を地上に送ってくれています。

製作費は300万円 部品は秋葉原で調達

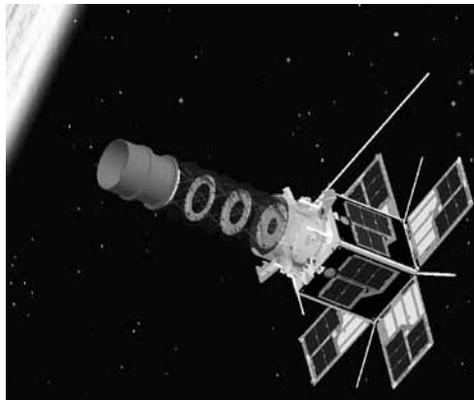
— キューブサットは、どのくらいの費用で作られているのでしょうか。

中須賀 キューブサットは製作費が300万円、打ち上げ費用も300万円ほどです。キューブサットを作るのに使った部品は、すべて秋葉原で買ったものです。日本の人工衛星の多くは1機100億円を超える費用や5年を超える長い開発期間を要するため

国が中心となって、開発が進められています。それに比べ、キューブサットのような超小型衛星は莫大なコストや長い製作期間をかけずに打ち上げることが可能です。今後、民間企業や研究機関などによる衛星の開発・運用が活発になっていくと思われます。

— 人工衛星というと何百億円もする大型のものを考えてしまいがちですが、小型の人工衛星もたくさん飛んでいるものなのではないでしょうか。

中須賀 高度800~1,000 km 上空に活動中のもの、役目を終えたものを含め、約6,000機の人工衛星があるとされています。大半をアメリカやロシアの大きい衛星（5~10 t ぐらいのもの）が占めていますが、小さい衛星も200機ほどあります。ちなみに国際宇宙ステーション（ISS）は高度400 km あたりにあります。



3号機のPRISM（望遠鏡衛星）とメキシコ上空からの衛星写真（右）

高画質の撮影機能を搭載し 実用衛星へ

— キューブサットが宇宙で動くことが確認され、次のステップとして、どのような研究段階へ進まれたのでしょうか。

中須賀 1号機の成功のあと、2005年にロシアのロケットを使って2号機 XI-Vの打ち上げに成功しています。

1号機と同じく重さは1kgほどですが、1号機と違うのは、JAXAが開発した新しい太陽電池を搭載している点です。JAXAの人工衛星の場合、新しいモノを積もうとすると計画の初めから組み込まなければなりません。しかし、私たちの衛星なら、すぐに対応が可能です。新しい技術が生まれたとき、すぐに試せるのも、私たちの小さな人工衛星のメリットです。

2009年には3号機「PRISM」（望遠鏡衛星）がJAXAのロケットで打ち上げられました。

3号機は8.5kgで、宇宙に放り出されると、ブームという棒のようなものが伸びていきます。ブームの先には望遠鏡レンズが付いていて、地上の30mが見分けられる鮮明な衛星写真を撮影することができます。

今はこの3号機を使って、世界遺産を順番に撮影していこうと考えています。

4号機は国立天文台とともに

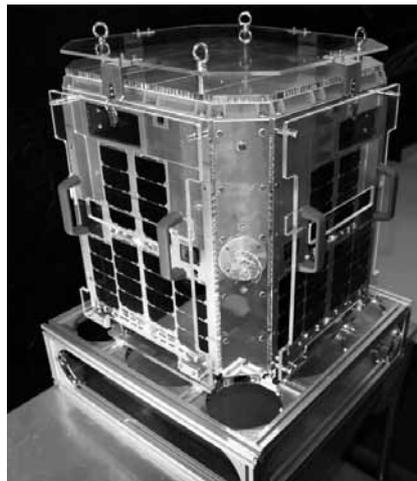
作ったもので「ナノ・ジャスミン」と呼ばれています。これは天文学のための衛星で、星の写真をたくさん撮影し、奥行きを含めた3次元の星の地図を作るという計画が進められています。

— 4号機もすでに、宇宙でミッションを進めているのでしょうか。

中須賀 衛星はすでに完成しており、ブラジルから打ち上げるようになっていたのですが、打ち上げ場の整備が遅れているため、2年ほど待たされています。ワールドカップやオリンピックに資金を回されているため整備が遅れているようです。打ち上げまで、もう1年ぐらいかかりそうです。

大学衛星を 教育目的から実用衛星へ

— 研究開発を進めておられる小型衛星は、商用としての利用も考えられているのでしょうか。



実用衛星としての活躍が期待される4号機
ナノ・ジャスミン

中須賀 商用というわけではありませんが、ナノ・ジャスミンは宇宙科学という学問分野に貢献できる実用衛星であり、この衛星が撮影した画像を使い、天文学の先生方に多くの論文を書いていただけたと思っています。

大学衛星は基本的には教育目的で、学生たちが宇宙工学や、ものづくり、プロジェクトマネジメントなどを勉強する場になります。これはこれでも大切な目的ですが、小さな人工衛星でも、そのほかにいろいろな使い方があることも分かってきました。

実は2003年にキューブサットの打ち上げに成功したあと、いろいろな企業から、このような衛星は作れませんか？という問い合わせをいただいています。

私たちの研究の目的は、小型衛星の技術をステップアップし、本当に社会の役に立つ衛星を作ることにあります。大学衛星が実用衛星になる日もそう遠くないことだと思っています。近い将来、商用の道も考えています。

2009年には内閣府最先端研究開発支援プログラムに選ばれ、通称「ほどよし」プロジェクトと呼んでいる超小型衛星のプロジェクトも進んでいます。

次号「科学の峰々」では
中須賀真一先生
“超小型衛星”の研究とこれからの
宇宙開発&宇宙利用（下）
について、引き続きお話しできます。