

パラグアイ初の人工衛星 “GuaraniSat-1”

趙 孟佑

はじめに

2021年3月14日、ISS（国際宇宙ステーション）の日本実験棟「きぼう」から、人工衛星“GuaraniSat-1”が放出され、パラグアイにおかれた地上局にて衛星からの電波を受信した（写真1）。衛星のサイズは10cm × 10cm × 10cm と小さいが、パラグアイにとっては自国初の人工衛星が放出された歴史的瞬間であった。GuaraniSat-1 は、国立大学法人九州工業大学（北九州市、以下九工大）がパラグアイ宇宙機構（AEP：Agencia Espacial del Paraguay）およびフィリピンのフィリピン大学ディルマン校（UPD：University of the Philippines Diliman）と共同開発した BIRDS-4 衛星3基のうちの一つである。本稿では、パラグアイ初の人工衛星実現に至った経緯と、同国にとって本衛星がもつ意義について簡単に述べたい。

BIRDSプログラムとは

2000年代に入ってから、超小型衛星の開発・利用が世界中に拡まった。超小型衛星の特徴は、従来の衛星が「厳しい宇宙環境でも絶対に動く」ことを至上命題として開発されてきたことに対して、少々

の失敗を許容してでも安く・早く衛星を作ることを目指している点にある。個々の衛星は失敗するかもしれないが、教訓を取り入れた次号機をすぐに打ち上げて信頼性をあげていく戦略をとっており、従来の衛星が宇宙用の非常に高価で長納期の部品で作られているのに対して、安価・短納期の民生用部品を多用している。今では1年間に200基を超える超小型衛星が世界で打ち上げられている。超小型衛星、特に10cm立方のサイズで規格化されたいわゆる CubeSat は、宇宙開発・利用への技術的・金銭的参入障壁を大きく下げることにも貢献し、これまで宇宙とは縁遠かった大学・企業・国が宇宙参入を果たすための格好のツールとなっている。特に、開発途上国・新興国で CubeSat を使った宇宙参入が盛んであり、パラグアイはその29番目である。ラテンアメリカでは、コロンビア（2007年）、エクアドル（2013年）、ペルー（2013年）、ウルグアイ（2014年）、コスタリカ（2018年）、グアテマラ（2020年）といった国々が CubeSat による宇宙参入を果たしている。このうちコスタリカとグアテマラの衛星は開発や打ち上げを日本が支援した。

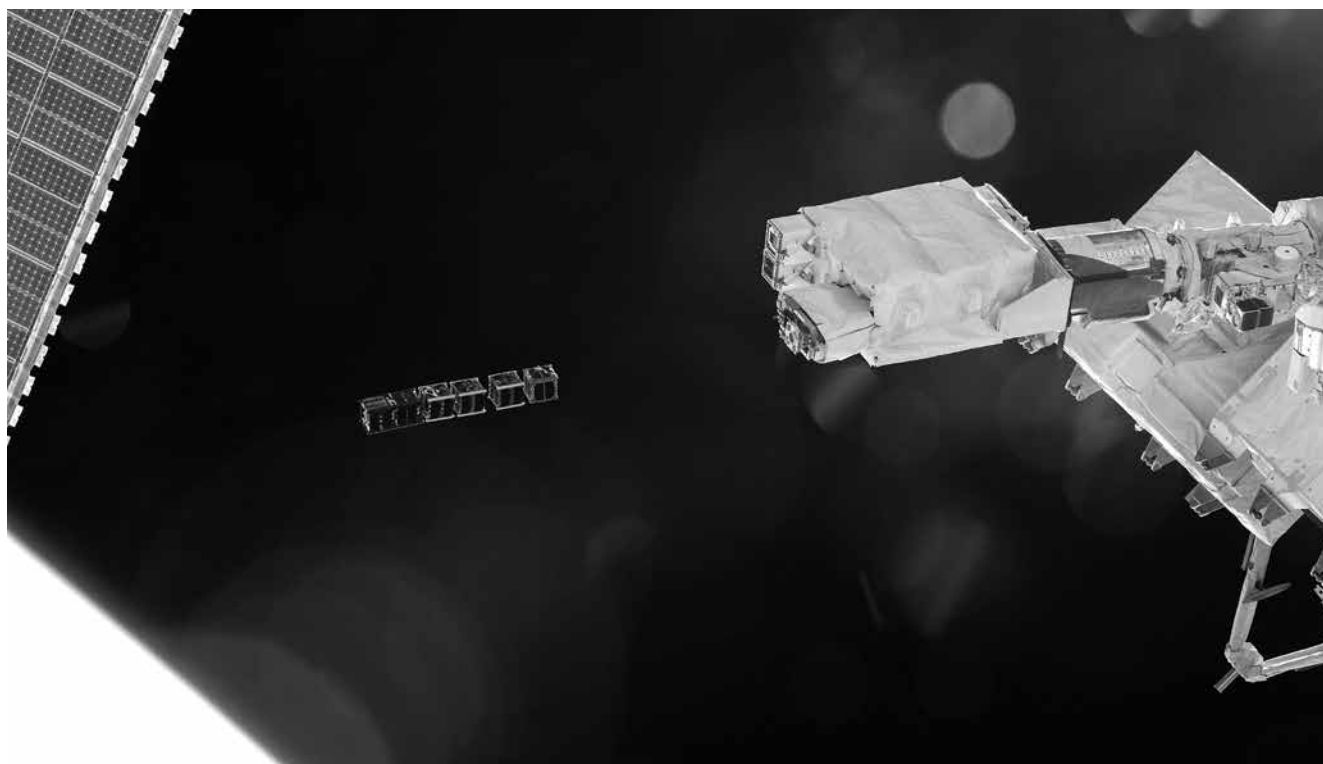


写真1：ISSから放出されるBIRDS-4衛星（右から2番目～4番目。GuaraniSat-1は4番目）（写真提供：宇宙航空研究開発機構（JAXA））

途上国・新興国の中では、超小型衛星を通じた宇宙能力構築のための人材育成への強い需要がある。九工大は、2010年に開設した超小型衛星試験センターのインフラを活用したハンズオン教育を行うべく、2011年から国連宇宙部（UNOOSA：United Nations Office for Outer Space Affairs）と連携した留学生事業を始めた。2013年からは大学院に宇宙工学国際コース（SEIC）を開設し、途上国・新興国の宇宙能力構築育成に本格的に乗り出した。

そのような中、2015年度10月に Joint Global Multi-Nation Birds（略称 Birds）プログラムを立ち上げた。Birdsプログラムの目的は、「各国初の衛星を成功裏に打ち上げ、運用することにより、独立した持続可能な宇宙プログラム形成の第一歩とする」ことである。衛星開発を担うのはSEICに在籍する大学院生である。衛星プロジェクトの最初から最後までの一連のプロセスを学び、帰国後は母国にて宇宙教育・研究プロジェクトを立ち上げる人材となることを狙っている。

BIRDSプログラムは、各世代ごとにまったく同じ設計の複数の衛星を作り、これまでに5世代の衛星プロジェクトを実施している。プログラムの短期的目標は、衛星を実際に作って運用し、学生達に「やればできる」という自信を与えることである。しかし、それだけでは充分ではなく、学生達が母国に帰ったときに彼ら自身の宇宙プログラムを始められることを確実にしなければならない。その意味では、学生達が母国に帰ったあとで、第2号の衛星を開発し運用できたところがプログラムの成功である。そのため、学生達に衛星プロジェクトの全プロセスを学ばせることを企図している。学生達は、衛星開発の各フェーズで何が必要か、どのような決断を下さないといけないか、どのようにして決断をくだすか、

表：BIRDS プログラムの概要

衛星プロジェクト	開始	軌道投入	衛星数	参加国・地域 (下線は衛星の所有国)
BIRDS-1	2015/10	2017/7	5	日本、 <u>ガーナ*</u> 、 <u>モンゴル*</u> 、 <u>ナイジェリア</u> 、 <u>バングラデシュ*</u> 、 <u>タイ</u> 、 <u>台湾</u>
BIRDS-2	2016/11	2018/8	3	日本、 <u>ブータン*</u> 、 <u>マレーシア</u> 、 <u>フィリピン</u>
BIRDS-3	2017/10	2019/6	3	日本、 <u>スリランカ*</u> 、 <u>ネパール*</u>
BIRDS-4	2018/11	2021/3	3	日本、 <u>パラグアイ*</u> 、 <u>フィリピン</u>
BIRDS-5	2020/7	2022 (予定)	3	日本、 <u>ジンバブエ*</u> 、 <u>ウガンダ*</u>

*はその国にとって初の衛星であることを意味する

どのようにしてリスクを評価し対処するか、といったことを学ぶ。

BIRDS プログラムは、宇宙教育・研究に関する多国間ネットワーク（BIRDS ネットワーク）の形成を目指している。このネットワークは、人的ネットワークと地上局ネットワークの二つから成る。学生達は、2年間の集中的な衛星プロジェクトを通じて、宇宙プロジェクトにおけるチームワークと協同作業の大事さを骨身に刻み込む。BIRDS プロジェクトを通じて築きあげた人的ネットワークは、揺籃期の宇宙プログラムが試練を乗り越えていく上で大きな助けとなりうる。地上局ネットワークは、多国間ネットワークの背骨となるものである。地上局ネットワークを通じて、各機関が衛星をもっていなくても、パートナーの衛星の運用に参加することで宇宙教育・研究を実施することができる。BIRDS ネットワークの活動は学術振興会の研究拠点形成事業の支援を受けて行われており、ラテンアメリカからはコスタリカとパラグアイが加わっている。その他、BIRDS プログラムの詳細は、月1回発行の BIRDS ニュースレター（電子版 <https://birds1.birds-project.com/newsletter.html>）でも発信中である。

パラグアイ参加の経緯とBIRDS-4プロジェクト

超小型衛星による宇宙参入はラテンアメリカ諸国で活発に行われており、2017年時点で南米の主要国で宇宙参入を果たしていないのはパラグアイだけであった。2018年4月に九工大の前田助教がアルゼンチンを訪れ、コルドバにてセミナーを行った。セミナー終了後に、パラグアイから参加した若い技術者（このセミナーのためにアスンシオンからバスに乗ってやってきた）が AEP の Alejandro Román 局長の名刺を渡し、「パラグアイでも小型衛星を用いた宇宙参入に興味をもっているので連絡が欲しい」という伝言を残していった。前田助教が帰国後に Román 局長に連絡をとったところ、同年6月にウィーンで開催される国連宇宙部の UNISPACE+50 に AEP が Liduvino Vielman Díaz 長官をはじめとする代表団を送るので、そこで打ち合わせをしましょうということになった。同会議には趙も出席しており、会期中に BIRDS プログラムや九工大の教育プログラムについてじっくりと話し合う時間をとることができた（写真2）。その後話が加速し、7月末には BIRDS-4 への参加が決まり、11月初旬には AEP から Adolfo

Jara が九工大に派遣された。パラグアイとフィリピンの学生が揃ったこともあり、BIRDS-4 プロジェクトが11月12日に正式に始まった。なお、パラグアイからはもう1名の技術者 Anibal Mendoza が2019年3月に来日し、両名ともに翌年4月から九工大大学院に入学している（写真3）。

BIRDS-4 は GuaraniSat-1 を含む3基の CubeSat により構成されている。3基の衛星は全て同一の設計である。2018年11月12日にプロジェクトを開始した後、2020年10月6日に筑波宇宙センターに衛星3基（図4）を納入した。わずか10cm立方の小さな衛星にできることは限られているが、今後の宇宙利用に活かせるような実験を行う予定である。それ以外にも、一般の人々に宇宙を身近に感じてもらうように、軌道上から撮影したパラグアイやフィリピンの写真を公開する予定である。BIRDS-4 で実施する実験の一つに、Store&Forward 実験がある。これは、地上の端末から送信されたデータを一旦衛星内のメモ

リに蓄え（Store）、衛星が地上局上空に来た時にデータを転送（Forward）するというものである。BIRDS-4 ではアマチュア無線免許さえあれば誰でも参加できる。地上の端末は手のひらにおさまる程度の小ささであり、多くの応用が期待される。例えば、AEP が考えている実験では、僻地の農村部にシャーガス病を媒介するサシガメと呼ばれる虫を捕らえる罠を仕掛け、捕らえられた虫の数を電波で衛星に伝えることを計画している。フィリピンでは、離島からの気象データを送る実験を考えている。

BIRDS-4 衛星は、パラグアイ時間で2021年2月20日13時36分に米国ワロップ島からシグナス15号機によりISSに向かって打ち上げられた。人口700万人のパラグアイで290万人がこの打ち上げのTV中継を見たと言われている。その後、3月14日のパラグアイ現地時間で朝7時にISSから放出された。BIRDS-4 衛星はISSから放出されてから30分後にビーコン信号の送信を開始し、パラグアイ局を始めとする世界各地のアマチュア無線局で3基全ての衛星からの電波受信をすることができた。BIRDS-4 衛星の運用は現在も継続して行われており、電波免許が正式に交付された後にデータを公開していく予定である。

今後への期待

GuaraniSat-1 により、パラグアイもついに宇宙参入を果たしたが、これは最初の一步に過ぎない。速やかに2号機の衛星開発に着手し、BIRDS-4 プロジェクトで得られた勢いを途切らせることなく、宇宙開発・利用を進めていって欲しい。超小型衛星であれば、自国のニーズに沿った衛星を自前で安価に開発・運用することができ、衛星に使ったお金以上の恩恵



写真2：2018年6月のウィーンでの初会合
（右端が執筆者、その左隣が Liduvino Vielman Díaz 長官）



写真3：AEP から九工大に留学した Adolfo Jara(左)と Anibal Mendoza(右)



写真4：BIRDS-4 衛星のフライトモデル

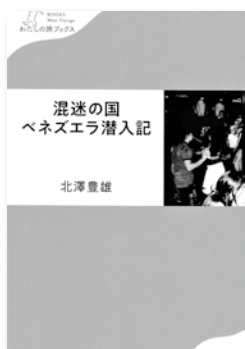
を人々の生活向上や経済の発展にもたらしることが可能である。

農業国であるパラグアイにとって、農業への衛星データ（画像や土壌センサデータ等）の利用は大きな可能性を秘めており、超小型衛星で取得したデータであっても十分に利用可能である。また、通信インフラが脆弱な僻地での気象・環境・防災データを Store&Forward により収集したり、BIRDS-4 衛星でも試しているような伝染病対策にも使える。これらの衛星データを自前で取得し、自前で解析し、人々の生活向上に役立てるというサイクルを自らで回していくことで、より大規模の宇宙利用へのステップを確実に登っていくことができる。そのために何よりも必要なのは宇宙を使ってできること、宇宙を使うため

に必要なことを理解した人材である。超小型衛星はプロジェクトを早く安く回していくことができ、そのような人材育成には最適なツールである。九工大には、先にあげた2名に加えて、さらに2名の留学生が AEP から送られてきており、現在 BIRDS-4 衛星の運用や別の衛星プロジェクトに参加したりしている。今回の BIRDS-4 衛星でできた縁を大切に、今後パラグアイの宇宙プログラムの発展の手助けをするとともに、日本・パラグアイ共同での衛星プロジェクトなどを進めていきたいと思っている。

（ちょう めんう 九州工業大学革新的宇宙利用実証ラボラトリー
施設長・教授）

ラテンアメリカ参考図書案内



『迷国のベネズエラ潜入記』

北澤 豊雄 産業編集センター

2021 年 3 月 328 頁 1,200 円＋税 ISBN978-4-86311-287-2

コロンビアに拠点を置いてラテンアメリカ 14 か国取材していて、パナマとコロンビア国境を徒歩で移動した『ダリエン地峡決死行』（本誌 2019 年秋号で紹介。 <https://latin-america.jp/archives/40707>）の著作もあるノンフィクションライターが、報道では経済が破綻して食料・医薬品も枯渇して飢えに苦しみ 400 万人と言われる国外脱出者を出しているベネズエラの実態を、自分の目で確かめようと思い立つ。初めはサッカー取材と称してコロンビア国境から陸路ククタから入るが、メリダに着いてすぐ同行の記者が強盗に遭い身ぐるみ奪われて断念してコロンビアに戻り、2 週間後に今度はボゴタからカラカスへ空路で入国した。日本人駐在員が帰国して閉鎖されている日本人学校の留守番を務めるオマルの案内で取材計画を立て、会った人たちに物価や賃金などのヒアリングを始めた。インフレと政府財政の逼迫から紙幣の流通がままならぬ中でスマホのアプリ決済などを工夫するなど人びとはしぶとく生きており、報道は「半分は本当、半分は嘘」であったが、誰しもが指摘したのは電力や医療施設等のインフラが資機材・人材不足から機能が大幅にダウンしている窮状だった。しかし通貨の交換で見知った女に手持ち現金をすべて持ち去られてそれ以上の滞在は頓挫した。三度目はコロンビアでコックをしているベネズエラ人の妻がカラカスに踏みとどまっているのを頼って再訪、ベネズエラでコカイン密輸がばれて刑務所に 2 年余収監された日本人がいた話を聞き、一緒に西部の石油生産の中心都市マラカイボに車で向かったが、国境越え時の検問で係官に 200 ドルの賄賂を巻き上げられ這々の体でコロンビアに戻った。国境での外国人は警官もタクシー運転手もグルで行動を監視されているのだという。

現地で庶民の生活の中に入って取材したルポは少ないので、次々トラブルが発生して旅程もままならなかったドキュメンタリーだが、それなりにベネズエラの実情を垣間見ることが出来る。後半 100 頁は、メキシコの「野獣列車」と呼ばれる貨物列車に飛び乗って中米から米国への移住を夢見て危険を冒す人たちの実態を、15 の沿線の町で取材したルポも付録として載せている。

〔桜井 敏浩〕