

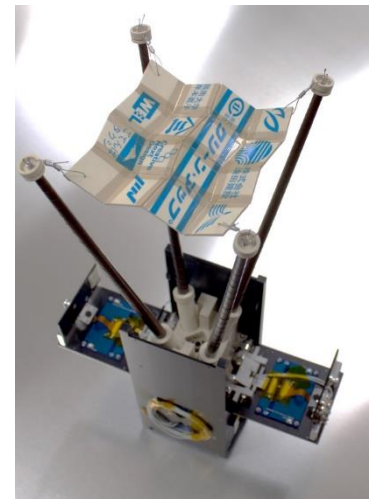
大阪府立大学と室蘭工業大学が 超小型衛星「ひろがり」を共同開発 —2021年上期に国際宇宙ステーションへ打ち上げ予定—

大阪府立大学（大阪府堺市）小型宇宙機システム研究センター（センター長：小木曾 望、以下「小型宇宙機システム研究センター」）と室蘭工業大学（北海道室蘭市）航空宇宙機システム研究センター（センター長：内海 政春、以下「航空宇宙機システム研究センター」）は、新規展開構造物、アマチュア無線帯（VHF）での高速通信技術の軌道上での有用性を実証するために、超小型衛星「ひろがり」を共同開発しました。

現在、共同開発を終え、2021年上期にNASAワロップス飛行施設（アメリカ）から国際宇宙ステーションへの打ち上げに向け、安全審査の最終調整をしています。打ち上げ後は、国際宇宙ステーションからひろがりを宇宙空間に放出し、実証実験を実施します。

【本取り組みの特徴】

- ・ 世界で初めて厚みのある板のミウラ折り板構造の展開と軌道上での形状計測手法を宇宙空間で実証。
- ・ これまで打ち上げられたUHF、VHF帯のアマチュア無線衛星よりも高速な通信方式を採用。また、誤り訂正能力を持つ新たなプロトコルを採用し、評価を実施予定。
- ・ アマチュア無線での交流をひろげるために、
 1. アマチュア無線家向けのメッセージボックスサービスの実施。
 2. 一般の方向けに「衛星を使って世界中にメッセージを発信したい」という方を募集予定。



超小型衛星「ひろがり」（展開時）

<超小型衛星「ひろがり」について>

ミッション1：ミウラ折り板構造の展開・形状計測 ～将来の大面積構造を「ひろげる」～

<背景>

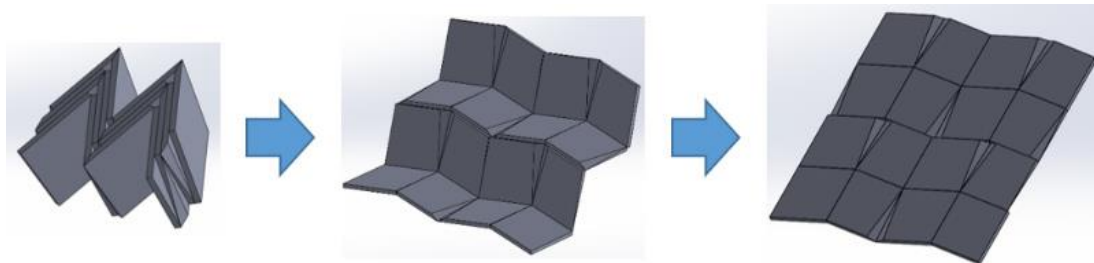
近年、より高度なミッションを行うために、人工衛星には太陽電池パネルやパラボラアンテナなど大面積構造物搭載の必要性が増しています。この大面積構造物には輸送手段の制約上、高い収納性が求められます。また、無重力・真空・急激な温度変化・放射線など厳しい宇宙環境下で、大面積構造物の形状が要求を満たしているかどうかを計測する必要があります。

〈研究成果〉

「ひろがり」ではミウラ折りを発展させた二次元展開板構造物を搭載し、宇宙空間でこれを展開します。また、二次元格子を利用した光学的な表面形状計測システムを搭載し、有用性を実証します。本衛星ではこの展開板構造物と計測手法との両方を世界で初めて宇宙空間で実証します。

特徴① 展開構造

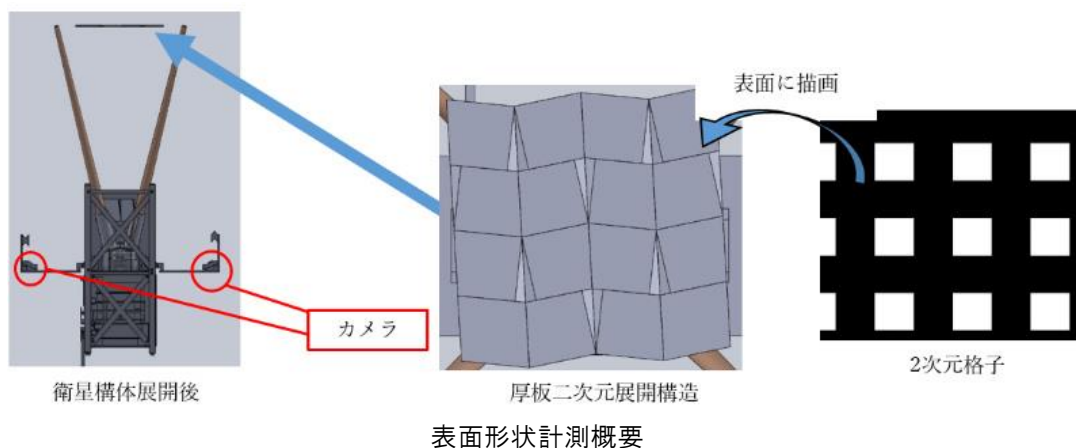
展開構造にはミウラ折り二次元展開板構造を用います。ミウラ折りとは厚みの無視できる折り紙工学を利用したコンパクトな二次元収納展開方法のひとつであり、折り畳んだ構造物を対角方向に引くと全体が縦横に同期展開する利点があります。このミウラ折りの技術を厚みの無視できない実在の平板に応用したのが二次元展開板構造であり、厚みを考慮した折り紙工学の研究は世界的に注目されている課題です。私たちはすでに折り線部分の定式化に成功しており、本プロジェクトでこの展開構造の収納・展開性能を実証します。



二次元展開板構造の展開の様子

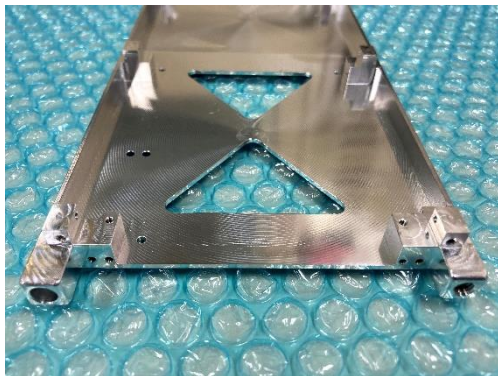
特徴② 計測手法

計測には二次元格子を利用した光学的な表面形状計測手法を用います。この計測手法は非接触に物体表面の三次元形状を得ることができます。計測時間が短く、機器構成が簡単、かつ高精度に計測できる特徴があります。対象物の表面に貼付または描画した二次元格子を2台のカメラで撮影し、格子模様のゆがみ方を解析することにより対象物表面の三次元形状が計算できます。

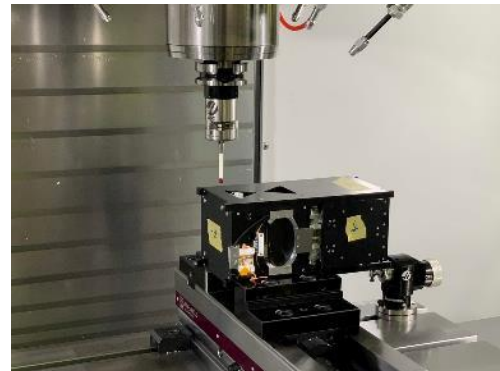


特徴③ 大阪府立大学 生産技術センターが人工衛星筐体を加工

大阪府立大学 生産技術センターの持つ工作機械を用いて、高剛性かつ軽量、精密な筐体のフレームなどをアルミニウムブロックから精密加工しました。また、高精度計測機器を用いて、筐体の大きさや表面粗さを高精度で計測しました。生産技術センターが誇る高速対応を実施していただけただけでなく、学生には「ものづくり教育」としての場を提供していただきました。



人工衛星筐体のフレーム



構造寸法精度計測の様子

大阪府立大学 生産技術センター長 三村 耕司

皆さんの「ひろがり」プロジェクトの一端を担えたとするなら、大阪府立大学 生産技術センターにとって、これほど光栄なことはありません。本センターは、これからも皆さんの研究・教育の支援、夢の実現のお手伝いに努めて参ります。「ひろがり衛星が天翔る日」を信じてやみません。



大阪府立大学 生産技術センター技師長 渡辺 一功

学生の設計を源流として宇宙に行く「ひろがり」。私たちはその加工技術により、過去のミッションから学生と共に部品加工を行なってきました。学生の思いは全て形にしました。宇宙から多くの人に超小型衛星「ひろがり」が持つ、未来への大きな可能性と希望を届けてください。



ミッション2：アマチュア無線帯での高速データ通信～アマチュア無線の幅を「ひろげる」～ (背景)

これまで打ち上げられた多くのアマチュア無線衛星はUHF、VHFで1200bps、9600bpsの通信速度を利用していました。ひろがりでは、より高速な13600bps GMSK、19200bps 4FSKを採用し、これらの有用性を実証します。

また、従来のアマチュア無線衛星では主にAX.25プロトコルが用いられており、パケットロスが生じた際に地球局からの再送要求が必要となり、衛星運用のコストを大きくする要因になっていました。

〈研究成果〉

上記の問題を解決するために、ひろがりでは誤り訂正能力を持つリードソロモン符号化・畳み込み処理を用いたプロトコルを採用します。これらの通信方式について優位性を評価する通信実験を行います。この通信技術の優位性が示されれば、アマチュア無線帯を用いる衛星で、より高効率な通信が可能となり、アマチュア無線ミッション幅をひろげることができると考えています。

また、アマチュア無線での交流をひろげるために、次のサービスの提供を行います。

特徴① メッセージボックスサービス

衛星を用いたメッセージボックスサービス（掲示板）を提供します。アマチュア無線家は「ひろがり」と通信することができます。アマチュア無線家は「ひろがり」にメッセージが含まれたデータを送信すると、「ひろがり」はそのメッセージを保持します。また、メッセージが読みたい場合には「ひろがり」にコマンドを送信することによってダウンリンクできます。

アップリンクはAFSK/FM 1200bps AX.25プロトコルで行います。ダウンリンクテレメトリはコマンドによってAFSK/FM 1200bps、GMSK/FM 9600bps、GMSK/FM 13600bps、4FSK/FM 19200bpsの4つの変調方式の中から指定でき、プロトコルはAx.25プロトコル、畳み込み・リードソロモン符号を用いたプロトコル、リードソロモン符号のみを用いたプロトコルの3つから指定できます。

アマチュア無線家が受信設備を簡単に構築できるように、SDRを用いた受信設備構成、ソフトウェアをインターネット上に公開します。

特徴②メッセージ一般募集

アマチュア無線家ではない人が「ひろがり」を使った通信ができる機会として、世界中にメッセージを発信したいという方を募集します。募集したメッセージの中から選出したメッセージを私たちがアップリンクし、世界に発信します。そのメッセージを受信したアマチュア無線家からコメントをもらい、インターネット上で公開します。このことによって、アマチュア無線に興味を持ってくれる人とアマチュア無線家のつながりを作り、アマチュア無線に親しみを持ってもらおうと考えています。

〈開発状況〉

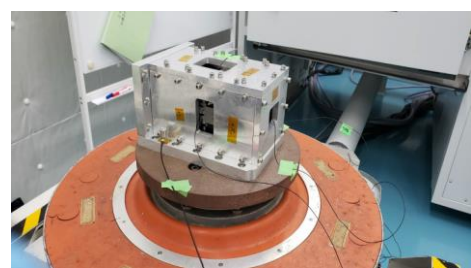
2020年8月にフライトモデルの受入試験が完了し、打ち上げ、運用に向けて、地球局整備、アマチュア無線ミッション向け一般公開ソフトの開発を行っています。10月中には、各種審査を終えて、JAXAに引き渡す予定です。



衛星外観（未展開時）



外観検査



FM振動試験（IMV(株)にて）



安全審査後の写真
(JAXA つくば宇宙センターにて実施)



設計レビュー後の集合写真

<研究者のコメント>

大阪府立大学 小型宇宙機システム研究センター長／工学研究科 教授 小木曾 望

学生たちが超小型衛星の開発研究の長い道のりを乗り越えてきた過程では、生産技術センターや元三菱電機の吉田憲正氏をはじめ、多くの方々のご協力をいただきました。ありがとうございました。「ひろがり」の名の通り、ミッション完遂によって超小型衛星の新しい道を切り拓くことを願っています。



株式会社レヴィ 代表取締役社長 (元大阪府立大学 工学研究科 助教) 南部 陽介

「こすもず」から6年。いよいよ「ひろがり」が宇宙に飛び立ちます。多くの困難がありましたが、たくさんの方々からのご支援、学生たちの強靱な精神力と妥協のない努力が、この衛星開発を前に進めてきました。皆の想いがミッション成功という形で昇華されることを心から願っています。



室蘭工業大学 航空宇宙機システム研究センター長・教授 内海 政春

学生の頑張りと関係者のご支援があって、人工衛星ミッション部の研究開発という夢が現実のものになろうとしています。クラウドファンディングを通じて夢を共有してくださった方に、ミッションを成功させて「感謝と恩返し」(笑)をしたい。

「“ひろがり”よ。宇宙に行ったら君が頑張る番です！皆さんの夢をおもいきりひろげてください。」



【研究に関するお問い合わせ】 大阪府立大学 小型宇宙機システム研究センター長 小木曾 望

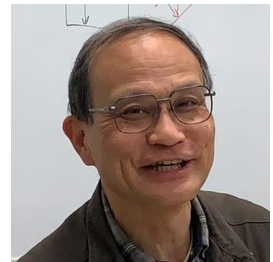
TEL 072-254-9245 Eメール kogiso[at]aero.osakafu-u.ac.jp

室蘭工業大学 航空宇宙機システム研究センター長 内海 政春

TEL 0143-46-5335 (5315) Eメール uchiyami[at]muroran-it.ac.jp ※[at]をアットマークに変換ください

室蘭工業大学 名誉教授 (元 航空宇宙システム工学ユニット 教授) 樋口 健

パネル構造の厚みを考慮した収納・展開方法も、パネル展開後の表面形状を格子投影法の応用で計測することも、その軌道上実証は世界初の試みです。大阪府立大学との連携により、室蘭初・室蘭発の人工衛星実験となりました。ご支援ご協力をお寄せくださった皆様とともにミッションを成功させたいと思います。



室蘭工業大学 助教 (現 香川大学創造工学部 准教授) 勝又 暢久

「ひろがり」衛星は、人と人とのつながり、将来の超大型宇宙構造物実現に向けた技術などを、その名の通り開発段階からひろげてくれました。そして、開発・研究者、クラウドファイナディングなどご支援下さった方々など、より多くの夢と希望を、宇宙でさらにひろげてくれると思います。



<開発に携わった学生のコメント>

大阪府立大学 工学研究科 機械系専攻 機械工学分野 修士2年 青島 猛弘

数え切れないほど多くの方々にご支援いただき、やっと打ち上げのご報告ができるまで来ることができました。本当にありがとうございました。しかし、このプロジェクトの本当の意味での成功は打ち上げの先にあります。その成功に向けて、センター員一同、情熱を燃やし、全力で活動していきたいと思っています。



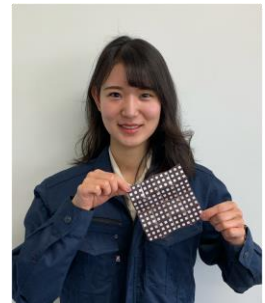
大阪府立大学 工学域 機械系学類 航空宇宙工学課程 学域4年 仲瀬 寛輝

私が本プロジェクトに参加してからの約3年間、さまざまな困難に直面することがありましたが、宇宙への熱い思いを持つ同志とともに一つ一つ着実に乗り越えてくることができました。これまで進めてきた衛星プロジェクトが成功目前までこられたことを非常にうれしく思います。また、私たちの衛星が無事ミッションを達成できることを祈っています。



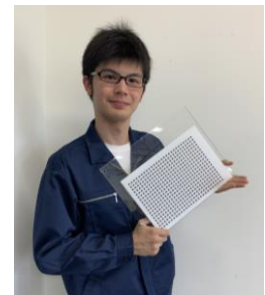
室蘭工業大学 生産システム工学系専攻 航空宇宙総合工学コース 修士2年 林 夏澄

概念設計～製作までプロジェクトに携わり、やりがいも難しさも体感しました。開発過程で資金、技術、設備など多方面で多くの方々にご支援いただき、試験や設計改良など、打ち上げ前にできることをやり切ることができました。ミッション成功という形で皆さんに感謝をお伝えできるよう、運用を担う後輩への引継ぎ含めて、最後まで真摯に頑張ります。



室蘭工業大学 生産システム工学系専攻 航空宇宙総合工学コース 修士1年 長 飛洋

先輩方の代からたくさんの困難や苦労があり、ようやくここまでたどり着くことができました。先生方や大阪府立大の皆さん、協力して下さった方々には感謝申し上げます。計測班担当としましては、「ひろがり」が無事に全ミッションをやり遂げ、計測用の写真を我々の下に届けてくれることを期待し、最後まで全力で取り組んでいこうと思います。



室蘭工業大学 生産システム工学系専攻 航空宇宙総合工学コース 修士1年 アン イ ヨン

衛星開発に携われることが私の一つの夢であり、ひろがりの2期生メンバーとして、主に展開板構造ミッションの厚板構造物の製作に手伝うことができたことに、非常に幸いと感じました。本プロジェクトを通して、衛星開発の難しさを味わえて、私にとって貴重な経験である。最後に、打ち上げとミッションの成功を心よりお祈りしております。



<大阪府立大学 小型宇宙機システム研究センターについて>

学生が中心となって超小型人工衛星・小型ロケットなどの宇宙機を開発しているセンターです。学生がカリキュラムをつくり、上級生が下級生に対して宇宙機の開発に必要な技術を教える活動や、地域の方々に宇宙を身近に感じてもらうためのアウトリーチ活動も行っています。希望する学生は、学域や専攻にとらわれず誰でもセンターの活動に参加できます。多くの学生は、それぞれの興味に合わせてプロジェクトに参加しています。学域1年生から大学院生までがお互いに協力し、活動しています。



センター発足の契機となったのは、関西から初の宇宙をめざす小型人工衛星 SOHLA-1 (「まいど1号」) プロジェクトに、大阪府立大学の学生・院生たちが参加し、設計・開発を行ったことでした。これより、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) と大阪府立大学の包括協力協定が締結され、2005年4月、センターが工学研究科に設置され、現在は研究推進機構 21 世紀科学研究センターの所属機関となっています。

<室蘭工業大学 航空宇宙機システム研究センターについて>

地域産業界に航空宇宙機に関する「高度なシステム技術開発」の機会を提供し、小規模でも高度なシステムの実用化を目指して研究開発に取り組んでいます。また、具体的な「ものづくり研究」を実施することによって、学生に研究に対するモチベーションを高め、自発的な研究を促す教育環境を提供しています。実用に供せる小型の無人超音速航空機や超小型人工衛星「ひろがり」の研究開発はその代表例です。



また、大学としては大規模な白老エンジン実験場を有しており、民間企業・大学・JAXA など、多くの機関と共同研究を実施するとともに、「ロケットスレッド実験設備を活用した、Linear Hyper-G 環境学術領域の創成（文部科学省）」による共同利用・共同研究拠点の充実化を実施しています。2019年度に北海道大樹町と包括連携強を締結し、「大樹サテライトオフィス」を大樹町内に開設し、超小型人工衛星打上げ用ロケットの研究開発もおこなっています。

<小型宇宙機システム研究センターと航空宇宙機システム研究センターの共同開発について>

2018年8月から「展開構造物を有する超小型衛星「ひろがり」の研究開発および軌道上運用を通じた妥当性検証」の共同開発を開始し、2U サイズ（幅 10 cm × 奥行 10 cm × 高さ 20 cm）超小型衛星「ひろがり」の完成に向けた研究開発を精力的に推進しています。

展開構造物の軌道上実証のために、2U サイズの「ひろがり」に搭載可能かつ軌道上運用条件を満足する展開構造物を開発すること。そして、軌道上における展開構造物の挙動を検証し、この検証を通して、画像測定システムの妥当性も検証することを目的とします。また、小型宇宙機システム研究センターがバス機器、航空宇宙機システム研究センターがミッション部（ミウラ折り展開構造）を開発担当します。

<「ひろがり」プロジェクトについて>

本研究の超小型衛星「ひろがり」プロジェクトは、大阪府立大学が文部科学省宇宙航空科学技術推進委託費宇宙航空人材育成プログラム（2018～2020年度）に、「超小型衛星開発とアントレプレナーシップ教育を通じた宇宙システム活用人材の育成」として採択されたプログラムの一環として行っています。

このプログラムは、スタートアップ企業の存在感が高まっている宇宙開発の流れに適應できる人材を育成するために、これまで本学が培ってきたシステム思考・デザイン思考・アントレプレナー教育と、超小型人工衛星を念頭に置いた宇宙工学とを体系的に融合した新しい教育プログラム構築に向けて、株式会社レヴィ・株式会社インディージャパンを共同参画機関とし取り組んでいます。小型宇宙機システム研究センターの大学生・大学院生を中心に、宇宙開発に興味のある学生を対象に、教育プログラムを試行。またプログラム試行を通して、小型宇宙機システム研究センターの将来を担う学生を育てるとともに、宇宙ビジネスを開拓する心意気を涵養することをめざします。



<プロジェクト資金の支援について>

超小型衛星「ひろがり」の開発ならびに大阪府立大学小型宇宙機システム研究センターの活動に対しては、「ふるさと納税制度」を活用した大阪府立大学への寄附制度である「つばさ基金」を通じて、学内外の多くの方々から寄附金をいただきました。また、室蘭工業大学ではクラウドファンディングを実施し、「ひろがり」プロジェクトに対する多大な支援と声援が集まりました。支援いただいた皆さまの夢と希望をしっかりと受け止め、今後もプロジェクトを進めていく所存です。

<協力企業>

企業名	提供内容	Web サイト
IMV 株式会社	振動試験	https://www.imv.co.jp/
株式会社中金	衛星筐体の硬質アルマイト処理（黒色）	http://www.kk-chukin.co.jp/index.html
株式会社日本フューテック	基板設計・基板製作・部品実装一式	http://www.j-futec.co.jp/
A.S.P システム	衛星用アンテナ・電源コンポーネント	
株式会社西無線研究所	無線通信機	http://www.nishimusen.co.jp/
株式会社ニッシン	衛星バス原型共同開発	http://nissin-inc.co.jp/
株式会社アストレックス	電源システムの設計	http://www.astrex.space/
Quadcept 株式会社	基板設計用ソフトウェア	https://www.quadcept.com/

<参考 URL 等>

大阪府立大学 Web サイト

<https://www.osakafu-u.ac.jp>

大阪府立大学 小型宇宙機システム研究センター Web サイト

<http://www.sssrc.aero.osakafu-u.ac.jp/>

大阪府立大学 工学域 生産技術センター Web サイト

<http://www.eng.osakafu-u.ac.jp/ecenter/>

大阪府立大学 つばさ基金 Web サイト

<http://www.kikin.osakafu-u.ac.jp/>

室蘭工業大学 Web サイト

<http://www.muroran-it.ac.jp/>

室蘭工業大学 航空宇宙機システム研究センター Web サイト

<http://www.muroran-it.ac.jp/aprec/index.html>

文部科学省宇宙航空人材育成プログラム「超小型衛星開発とアントレプレナーシップ教育を通じた宇宙システム活用人材の育成」 Web サイト

<http://www.perseus.21c.osakafu-u.ac.jp/>