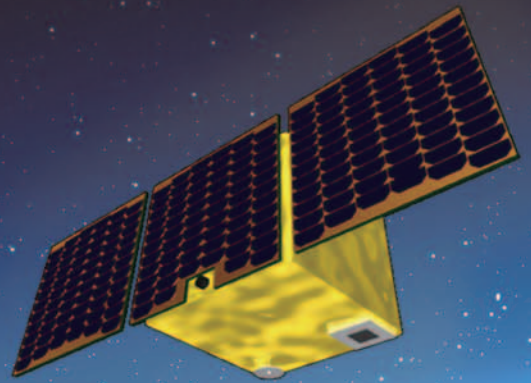


中部地区から宇宙へはばたく

超小型衛星ChubuSat



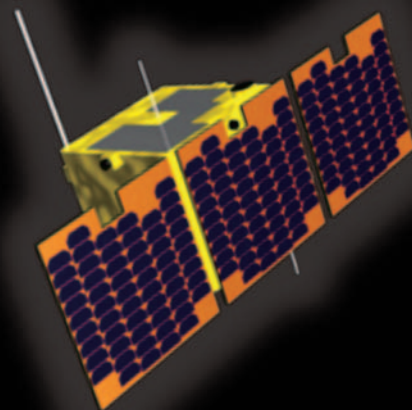
名古屋大学 博士課程教育リーディングプログラム
フロンティア宇宙開拓リーダー養成プログラム
Leadership Development Program for Space Exploration and Research



中部地区発の産学連携プロジェクト

超小型衛星 ChubuSat

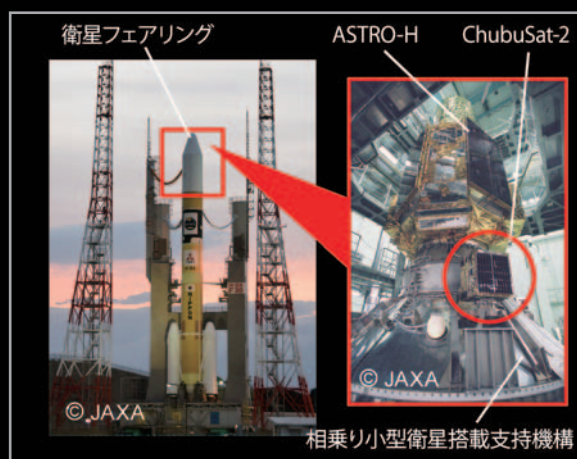
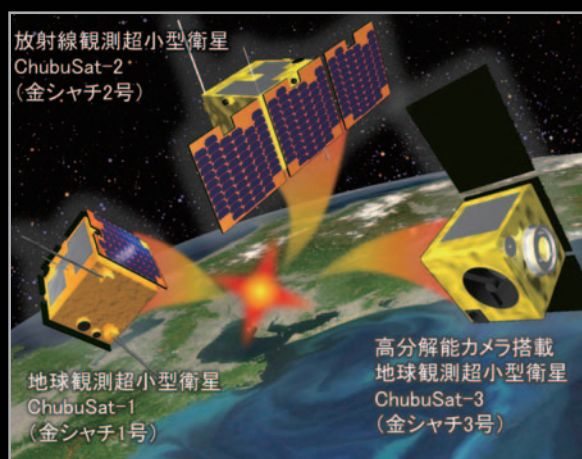
(中部サット)



ChubuSat衛星マスコットキャラクター「金シャチ君」

ChubuSat (愛称金シャチ) は、名古屋大学と大同大学、中部地区の航空宇宙関連中小企業 (Monozukuri Aerospace Support Technology Team:MASTT) による産学連携の50kg級の超小型衛星プロジェクトです。超小型衛星は大型衛星と比べると、開発期間が短く (1-2年)、費用も低減できるため大型衛星の1/100以下)、人工衛星の新しい産業利用を生み出すことが期待できます。さらに、愛知県、岐阜県が国際戦略総合特区 (アジアNo.1航空宇宙産業クラスター形成特区) の指定を受けるなど中部地区は我が国の航空宇宙産業の重要拠点として位置づけられています。その基盤をベースに、続々と打ち上げることで、宇宙利用を拡大し、中部地区の産業活性化に寄与することを目指しています。

ChubuSat-2 (金シャチ2号) はChubuSat衛星シリーズの2号機にあたります。1号機は2014年11月6日にロシアのヤスネ宇宙基地からドニエプルロケットで打ち上げられましたが、残念ながら電源系の不調により運用を中断しました。2号機は2014年8月末に、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) によってX線天文衛星ASTRO-Hの相乗り小型副衛星の1つとして、3号機 (ChubuSat-3、金シャチ3号) とともに選ばれました。それ以降、本格的な開発をスタートさせ、詳細設計、組み立て、機能試験、環境試験を経て2016年1月 (開発期間1年半) に完成し、2016年2月17日にJAXA種子島宇宙センターからH-IIAロケット30号機によって打ち上げられました。



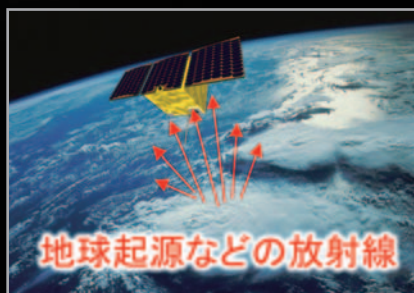
ChubuSat衛星 (金シャチ) シリーズのこれまで。
1から3号機まで開発してきており、今後の商業化に期待が集まる。

相乗り小型衛星のH-IIAロケット搭載位置

ChubuSat-2のミッション - ChubuSat-2が行うミッションは大きく2つあります。

放射線観測

主衛星のX線天文衛星ASTRO-Hと同時期、同軌道に打ち上げることでASTRO-Hの観測装置にとって妨げになる放射線を観測します。これによって、ASTRO-Hの観測精度の向上が期待されます。

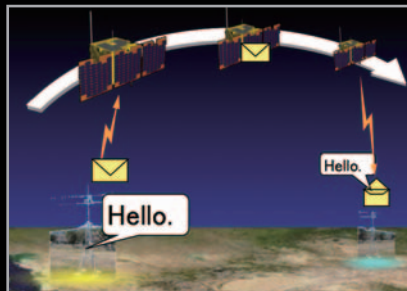


邪魔になる放射線の例：

- 宇宙線（陽子、重粒子など）
- 宇宙線と地球大気が相互作用して生じた中性子
- 地球の雷現象に起因するガンマ線
- 太陽表面の爆発現象である「太陽フレア」に起因する放射線（陽子、ガンマ線や中性子）
- 宇宙最遠方の爆発現象「ガンマ線バースト」に起因するガンマ線

アマチュア無線中継サービス

アマチュア無線通信機を搭載しており、システムの一部を世界のアマチュア無線ユーザーに開放して、メッセージを交換することが可能です。これによって個人の無線通信技術の向上や国内外のアマチュア無線家の交流の活性化に貢献します。



Credit: SDO/AIA

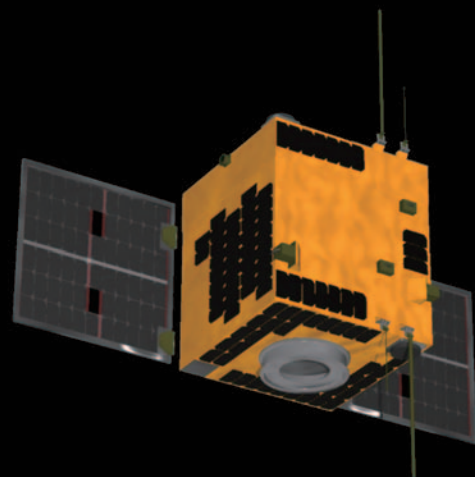
ChubuSat-2衛星の諸元

項目	主な仕様
ミッション機器	放射線検出器 赤外線カメラ
質量	約50kg
寸法	高さ65cm x 幅56cm x 奥行55cm
打ち上げ時期・ロケット	2016年2月17日・H-IIAロケット30号機
投入軌道	略円軌道（高度約575km、軌道傾斜角31度）
衛星寿命	半年以上
姿勢制御	太陽指向2軸安定
消費電力	12W（低消費電力モード）、25W（セーフホールド時）、約50W（観測時）
通信系	Sバンド（アップリンク/ダウンリンク 観測データ）、 アマチュアVHF（アップリンク）、 アマチュアUHF（ダウンリンク 衛星データ）



2016年2月17日に打ち上げられた
H-IIAロケット30号機

ChubuSat-2 衛星 (金シャチ2号)



ChubuSat-2の特徴

■ 展開式の太陽電池パネルを採用

コマンドによって太陽電池パネルが展開し、1号機に比べ大きな発電量を得ることができます。

■ 薄膜、軽量、高い発電効率の太陽電池を本格的に使用

新しい高発電効率の太陽電池を本格的に衛星に採用しています。

■ 中小企業の薄肉加工技術により、衛星構体パネルのアルミ削り出しによるリブ構造を実現

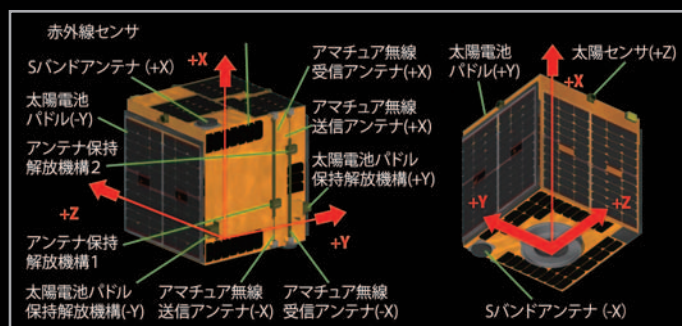
軽量化とともに、コスト、スケジュールの大幅削減、短縮が可能となりました。

■ アマチュア無線通信機を2セットとSバンド通信機1セットを搭載

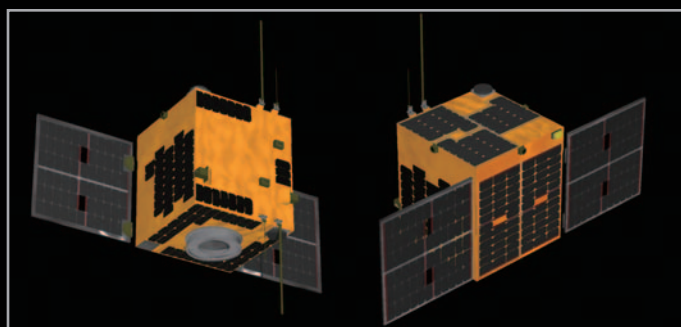
2種類の通信系を装備し、冗長系としています。大量の観測データのダウンリンクには、高速なSバンド (2.2GHz帯) を用いています。

■ SpaceWireを用いた小型・軽量のオンボードコンピュータを開発

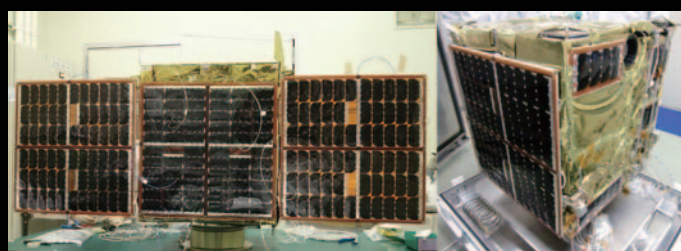
中枢部として、姿勢制御、コマンド・データ処理、衛星シーケンス制御を一元管理します。SpaceWireと呼ばれる新しい宇宙機用通信規格が用いられています。



ロケット搭載状態 (アンテナ/太陽電池パネル未展開状態)



衛星運用状態 (アンテナ/太陽電池パネル展開状態)



太陽電池パネルを展開した時 (左)、閉じた時 (右) のChubuSat-2 衛星

放射線検出器 (Radiation Detector: RD)

■ 放射線の中でも中性子とガンマ線を同時に測定できる装置

放射線検出器としては一般的な荷電粒子だけでなく、中性粒子の観測も可能な検出器です。中性子が入射するとプラスチックシンチレータ内の水素原子をはじき出し（弾性散乱）、その飛跡を追跡します。また、ガンマ線検出には、コンプトンカメラの原理が使われています。

■ 新型シンチレータGAGG（ガドリニウム アルミニウム ガリウムガーネット； 古河電子製）と半導体光センサ MPPC（Multi-Pixel Photon Counter； 浜松ホトニクス社製）を宇宙で初めて搭載

MPPCは、従来使用されていた光センサの光電子増倍管とほぼ同じ性能をもちますが、省スペース、低消費電力といった特徴を持っています。今後、宇宙で主力となると期待されるセンサの宇宙利用実証を行います。

■ MPPCの使用、電子回路（クリアパルス社製、メイオー電子製）の高密度化により、国際宇宙ステーション搭載中性子検出器の半分以下の小型軽量化を実現

省スペースのMPPCの利点を最大限生かしました。

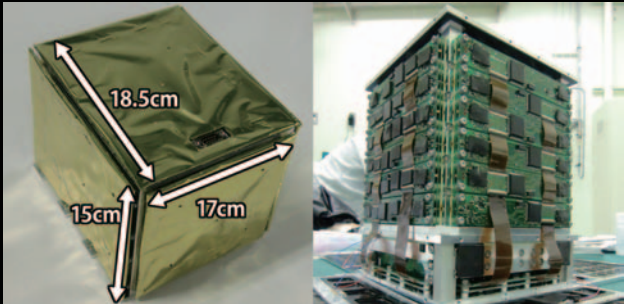
■ 名古屋大学内部での開発（全学技術センター第一装置開発室や電子情報技術室との共同開発）

放射線検出器の構造設計、組み立てにおいて、名大内の優れた技術力が活かされました。

実際に放射線検出器で宇宙線を観測した例を示します。地上には宇宙線のうち、ミューオンという荷電粒子が手のひらに1秒間に1回程度降り注いでおり、この飛跡を追跡したものです。

放射線検出器の諸元

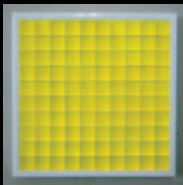
項目	内容
検出器構成	上部：プラスチックシンチレータの両端にMPPC（中性子検出部、ガンマ線散乱部） 下部：GAGGシンチレータの下部にMPPC（ガンマ線吸収部）
信号処理系統	合計 312: 200（プラスチックシンチレータ）、12（アンチシンチレータ）、100（GAGGシンチレータ）
サイズ	15cm x 17cm x 18.5cm（うち検出器の面積は10cm角程度）
重量	6.2kg
電力	12W（動作電圧4V、消費電流約3A）
専用メモリサイズ	1Gバイト
1日ダウンリンク量	～5Mバイト（1日3パス、Sバンド100kbpsを仮定）



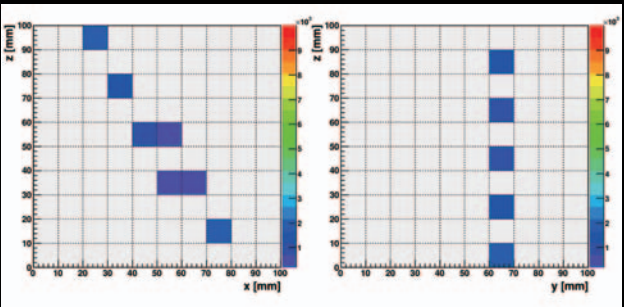
放射線検出器の外観(左)と外側のアルミ筐体をはずした状態(右)。センサと電子回路が筐体内部にびっしりと隙間なく敷き詰められており、非常にコンパクトにまとまっています。



プラスチックシンチレータ読み出し用基板に搭載された10個の浜松ホトニクス社製MPPC(1個6.35mmx7.35mm)

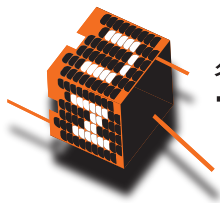


古河電子製10x10 GAGGシンチレータアレイ（10cmx10cm程度の大きさ）



地上実験で観測した、地球に降り注ぐ宇宙線ミューオンの飛跡の一例。左がX-Z平面、右がY-Z平面への投影したもの。

大学院教育の“座学では得られない”題材として提供 ChubuSat実践プログラム

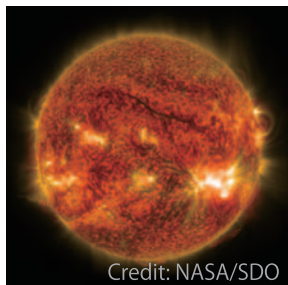


名古屋大学 博士課程教育リーディングプログラム フロンティア宇宙開拓リーダー養成プログラム

名古屋大学が推進している「博士課程教育リーディングプログラム 宇宙開拓リーダー養成プログラム」は、宇宙利用の拡大、宇宙技術の発展に寄与するグローバルリーダーを育成する事業です。このプログラムの中で、専門分野の異なる大学院生5-8人のグループにChubuSat衛星を題材として、ミッションを提案し、搭載機器もしくは同等の宇宙機器を試行錯誤しながら開発するという機会を提供しています。これがChubuSat実践プログラムです。



ChubuSat実践プログラムの実習風景



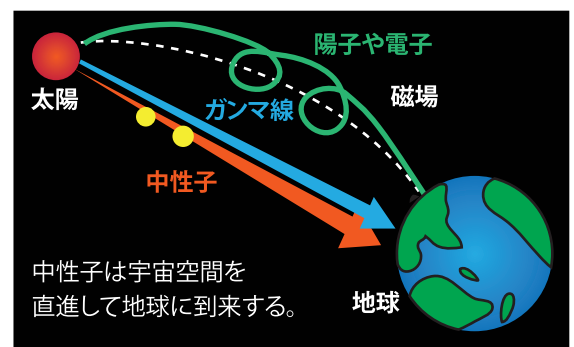
Credit: NASA/SDO

太陽フレアの可視光画像

大学院生の優れたアイデアが衛星ミッションに！

中でも2014年度プロジェクトE6人のメンバーは、ChubuSat衛星による太陽フレア中性子の観測を提案しました。太陽フレアは、太陽表面の黒点付近で発生する爆発現象で、フレアに伴って、陽子や重イオンなどの粒子が光速近くまで加速されます。その影響は磁気嵐やオーロラとして地球にまで及び、時には電離圏の擾乱、ひいては電波通信障害などを引き起こします。このように我々の生活にも影響を及ぼす太陽フレアで粒子が一体どのように加速されているのかわかっていません。この謎を解明するのに中性子観測が一助になると考えられています。

これまで観測が行われてきた陽子や電子では電荷を帯びているため、太陽や星間空間の磁場の影響を強く受けて、太陽表面から地球に届くまでに方向やエネルギーが変わってしまいます。加速した陽子やイオンと太陽大気の相互作用で生じた中性子は、加速の情報をほぼ維持したまま地球に到達すると考えられます。中性子観測装置は、これまで国際宇宙ステーションに搭載されていますが、宇宙線が巨大な国際宇宙ステーションと反応しても中性子が発生するため、太陽中性子の観測に邪魔になり、観測が進展してきませんでした。太陽中性子の観測に成功したのは地上観測を入れても1980年代以来20例程度しかありません。小型衛星の場合は、宇宙線と反応する頻度が少ないので、こうしたノイズとなる中性子が生じにくく、観測上有利と考えられます。この提案は超小型衛星の利点を活かし、主要なミッション目的である放射線観測にマッチしていることから、ChubuSat-2のミッションの一つとして採用され、放射線検出器の設計や開発過程でそのアイデアが取り込まれました。次のChubuSat衛星でも優れたアイデアが採用されるかもしれません。



太陽フレアを中性子で観測するメリット。太陽表面で生じた情報を保存したまま、地球に到来する。

問合せ先

ChubuSat-2実施責任者：名古屋大学理学研究科 特任准教授 山岡 和貴

ChubuSatプロジェクトマネージャー：名古屋大学宇宙地球環境研究所 教授 田島 宏康

〒464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学宇宙地球環境研究所 研究共同館

E-mail アドレス：chubusat2@frontier.phys.nagoya-u.ac.jp

ChubuSat-2ホームページ

http://www.frontier.phys.nagoya-u.ac.jp/jp/chubusat/chubusat_satellite2.html

