

理学工学の大学間連携による学部学生向け 超小型科学衛星開発教育

第67回宇宙科学技術連合講演会
1A02

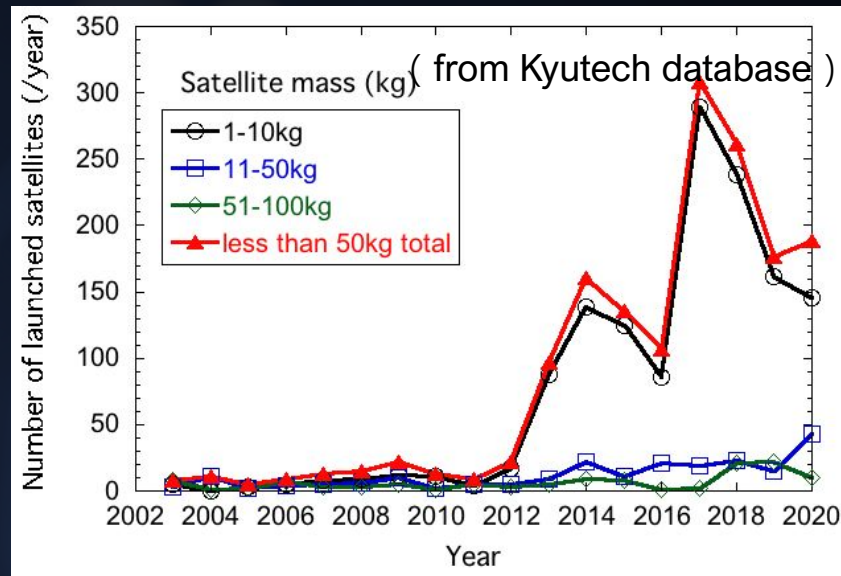
北村健太郎， 増井博一， 魚住禎司， 寺本万里子， 藤本晶子， 趙孟佑（九州工業大学），
阿部修司（情報・システム研究機構）， 吉川顕正（九州大学）

内容

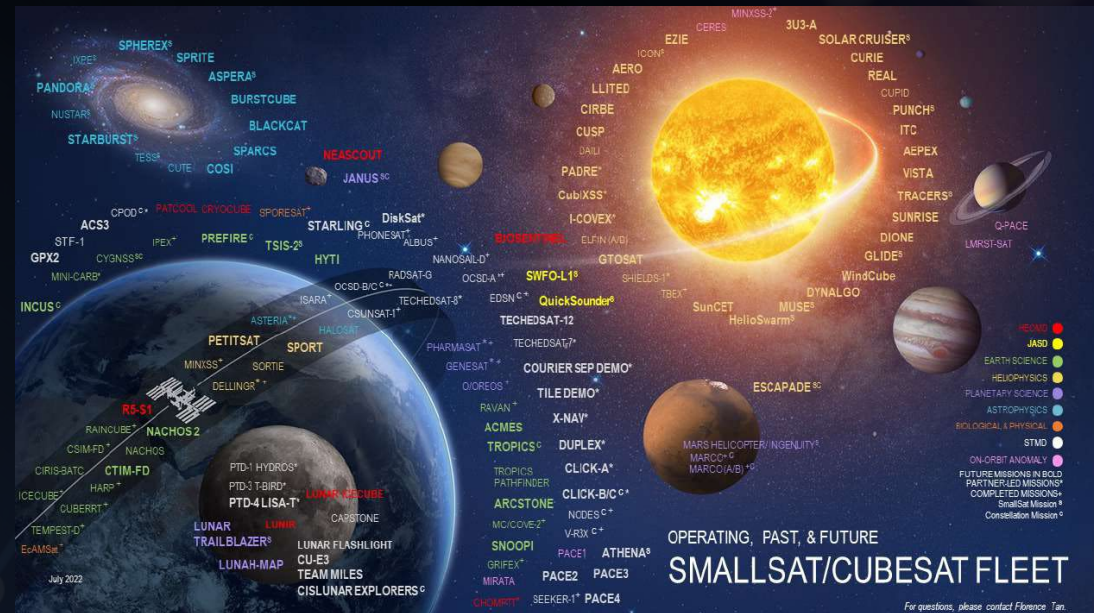
1. 背景
2. プログラムの概要
3. 開発中のCubeSatの紹介
4. プログラムの教育内容の紹介
5. まとめ

CubeSatの現状と科学利用の動向

Number of nano-satellite launched from 2003



NASAが示すCubeSatによる宇宙探査のロードマップ



- CubeSatの打ち上げ数は2023年より急激に増えており、このころから超小型衛星の目的が教育目的から実利用にシフトしてきている。
- CubeSatは低軌道から運宇宙探査へと技術実証が高度化してきている。
- これらの特徴は、CubeSatの持つ「低コスト」「短期間」での開発に基づくものであり、特に宇宙科学分野での利用が期待される。

国内外の動向



MarCO	火星探査ミッション	NASA
Longjian	月軌道サイエンス	中国
Juventas	小惑星探査	ESA (2024)
M-Argo	小惑星探査	ESA (2024)
INSPIRE	深宇宙探査用デバイスの軌道実証	NASA/JPL

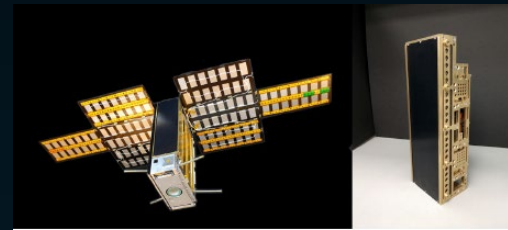
出典：超小型衛星研究開発に係るアジア等の宇宙新興国に向けた日本の支援可能性に関する調査研究 (九州工業大学・UNISEC)

<https://www.qb50.eu/>

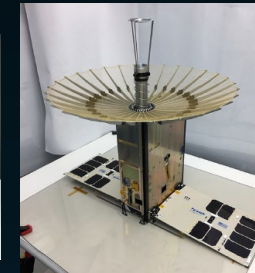
- 2017年に36基のCubeSatをISS及びPSLVロケットによって打ち上げるサイエンスキャンペーン

九工大での実施例：

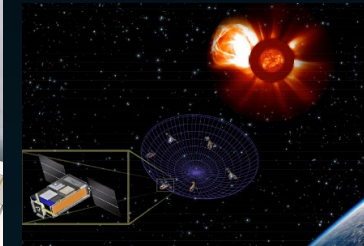
- Double Langmuir Probeによる電離層観測
- イオン粒子計測機による磁気圏プラズマ観測 (JAXAと共同)
- UHF帯を使ったTEC観測 (SPATIUM-1 九工大&NTU)



Images courtesy Arizona State University.
月中性子観測



Courtesy NASA/JPL/Caltech
35.75-GHz 降雨レーダー



Courtesy NASA/JPL/Caltech
CME観測コンステレーション

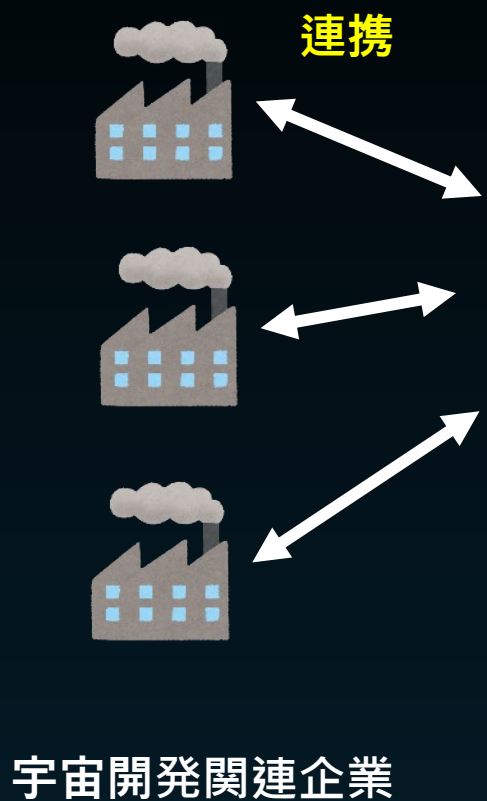


Courtesy MIT/Lincoln Laboratories

現状の国内の科学衛星の人材育成に関する課題

- 超小型衛星の科学観測利用が欧米に比較して低調
- 科学観測が大型-小型衛星中心であるため、学生が科学衛星開発に係るためには、科学観測衛星に参画している大学院に進学する必要がある。
 - 理学系の学生が低学年のうちに衛星開発に係る機会がない
- 工学系では超小型衛星の教育利用が進みつつあるが、本格的な理学ミッションを実施する例は（海外に比べ）少ない。
 - 衛星工学を学ぶ学生が理学的課題について学ぶ機会がない
- 超小型衛星による科学観測を充実するためには、よりイノベーティブな発想が必要となるが、こうしたトレーニングを低学年のうちに受ける機会がない。

プログラムの概要



九州工業大学
革新的宇宙利用実証ラボラトリー

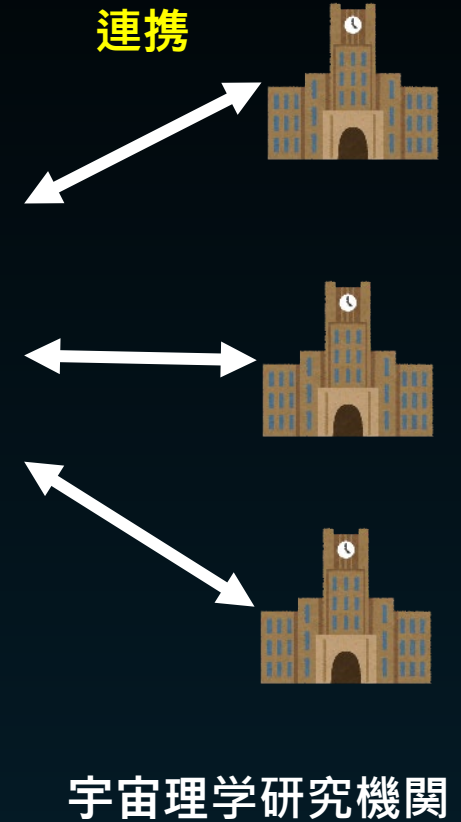
工学教育

工学系学生

九州大学
国際宇宙天気科学・教育センター

理学教育

理学系学生



学部学生中心の理学ミッション
CubeSat開発

スケジュール案

2021年度	10月	事業スタート (参加者募集) (2年生以上)
	11月	チーム編成
	~3月末	講習会等、勉強会等複数回実施、
	3月	MDR
2022年度	4月	概念設計開始 (3年生)
		BBM開発開始
		ハンズオンワークショップ、講習会、理学ミッション勉強会等定期的に実施
	10月	PDR
	11月	EM開発開始
2023年	4月	各種試験開始 (4年生)
	6月	CDR
		FM開発開始
	11月	FM完成
	3月	官辺手続き完了、引き渡し

研究協力者の東北大学・京都大学等の研究協力者からのセミナーを含む

山口県宇宙航空クラスター企業からの出前授業・工場見学

九州工業大学でのハンズオンセミナー
九州大学での理学セミナー
を相互に実施、学生交流も促進させる

九州工業大学超小型衛星試験センターでの実際の衛星試験を通じて衛星開発の理解
実際の理学ミッションを実施するための観測機器に関する工学的要求の最終確認

2021年度（初年度）の参加者数

**学生衛星プロジェクト
メンバー募集！！**

九工大・九大連合チームで人工衛星を作ってみませんか？

この学生衛星プロジェクトは、九工大（工学）九大（理学）が連携して宇宙空間での科学観測を実現するプロジェクトです。

学部学生を中心とするチームを募集して、実際の科学観測が可能な2UサイズのCubeSatの開発を行います。このプロジェクトは、学生教育プロジェクトとして実施するため、衛星開発のみでなく観測対象である宇宙科学についても最先端の専門家によるセミナー等を計画しています。

熱意ある参加学生を募集しています。

募集期間
2021年
10月31日まで

対象
人工衛星を作りたい
九工大学生
学年学部不問

活動期間
2021年11月
から
2024年3月
ごろ

参加をご希望される方は右のQRコードからWebにアクセスください。
<https://forms.office.com/r/DmPmYhykHa>

問い合わせ先: klab@nsl.kyudai.ac.jp
 (宇宙システム工学科・専攻: 木村健太郎)

九工大の参加者

学年	人数
1-year	13
2-year	13
3-year	5
合計	31

学科	人数
宇宙システム工学科	15
その他工学部	3
合計	18

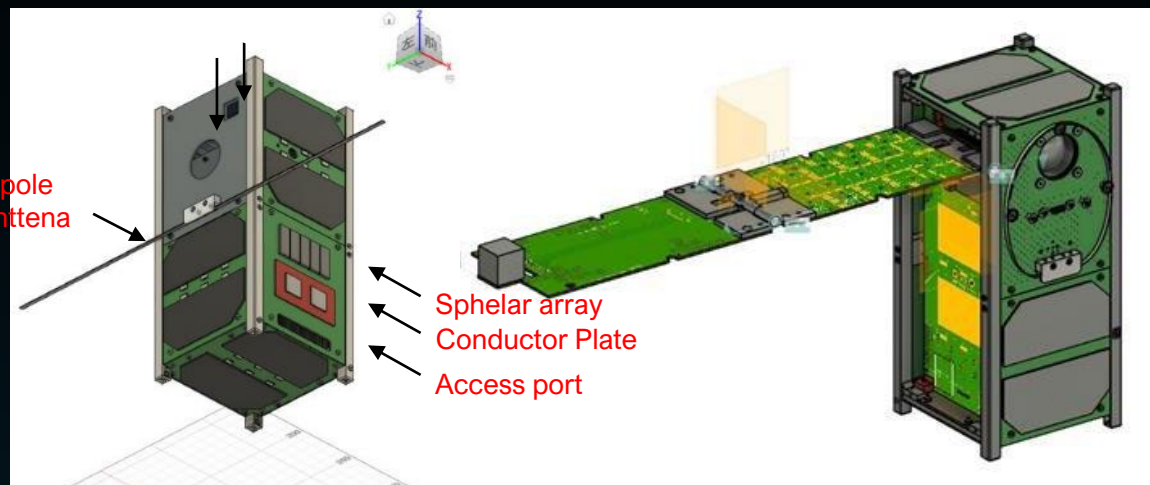
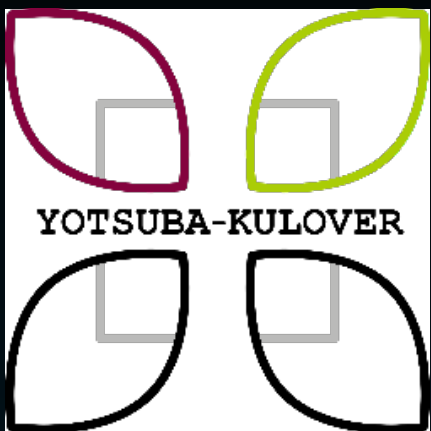
九工大は1年生は学科配属されないの除外

九大の参加者

学年	人数
1-year	7
2-year	5
3-year	6
合計	18

学科	人数
地球惑星科学科	16
工学部	3
合計	18

Yotsuba-KUlover (2024年度ISS放出予定)



- Yotsuba-KUlover衛星は九工大と九大の学生が連携して開発する2Uサイズの科学ミッション衛星です。
- 九工大は衛星バスシステムを担当。
- 九州大学はミッションペイロードを担当。

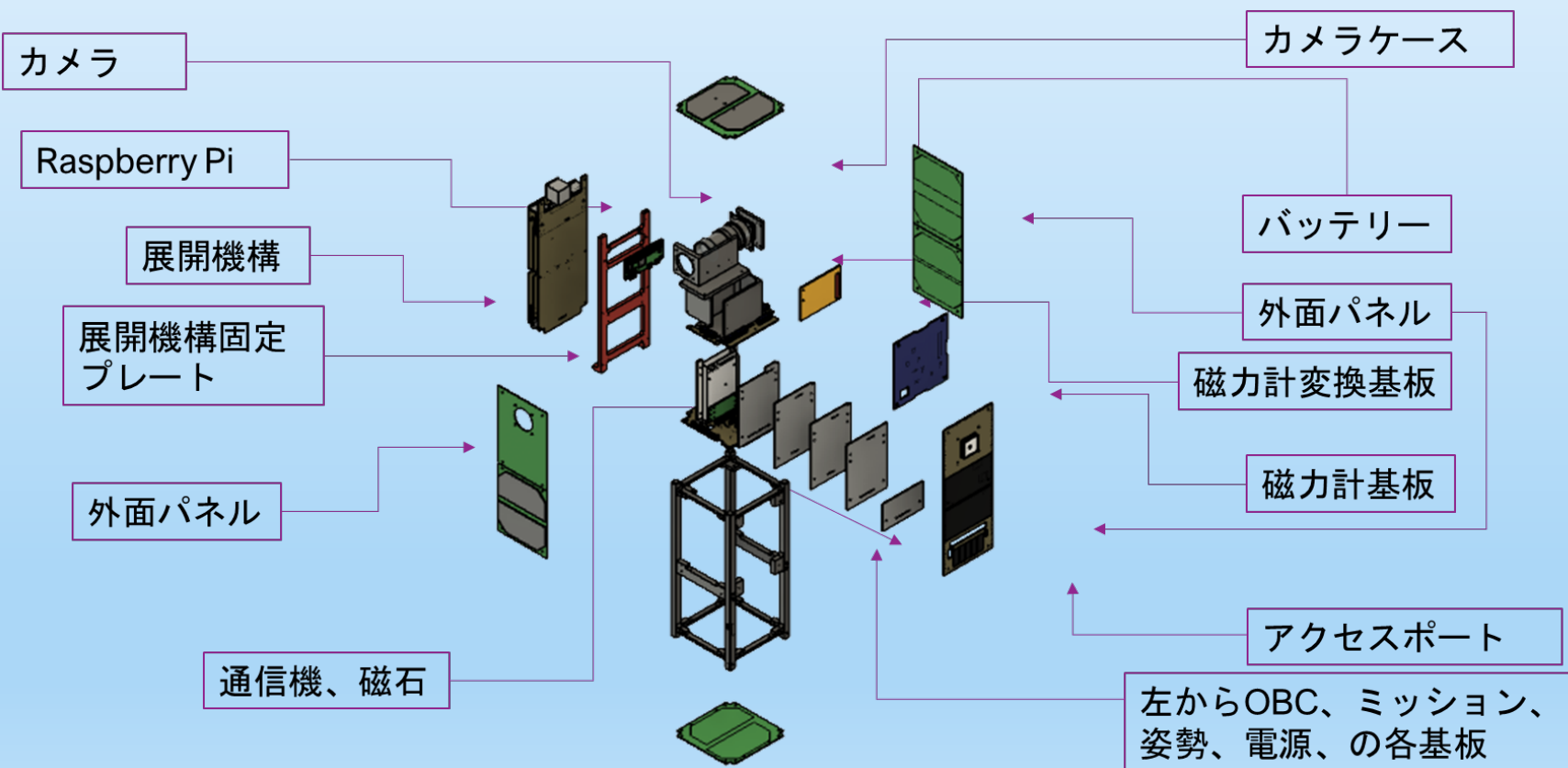
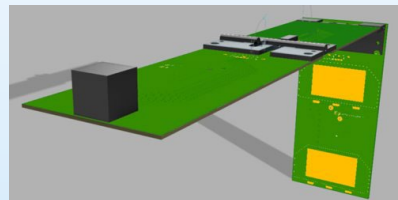
Basic Specifications of Yotsuba-KUlover

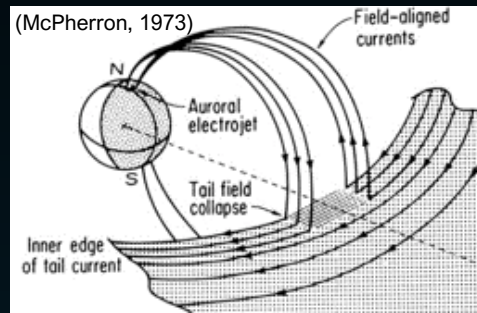
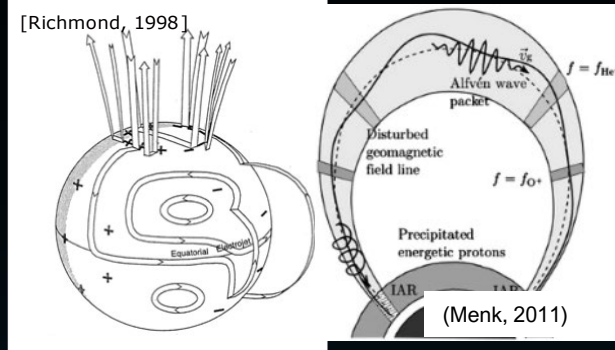
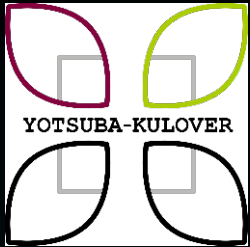
name	YOTSUBA-KULOVER
Size	2U
Launch Method	ISS Release (Inc. 51°)
Mission	Geomagnetic Observation
	Imaging of Aurora by small camera
	Measurement of Satellite Charging at LEO
	Deployment panel for magnetic sensor

COM	UP: 450MHz, Down: 400MHz (UHF) Uplink: 1400 bps AFSK Downlink: 4800 bps GMSK
Weight	< 2.6Kg
Power	5.46 Wh (MAX)
ADCS	Sun Sensor, Magnetic Sensor (not Space-mag)

YOTSUBA_STM-ver10.3.

展開図 v20230209





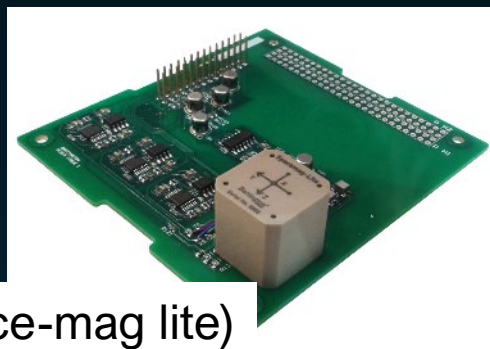
Yotsuba-KUlover衛星が目指すサイエンス

● 地磁気微小変動の精密観測

- ✓ 昼側電離層の Sq (Solar quiet) 電流系の観測
- ✓ 磁気嵐や磁気圏サブストームなどの地磁気擾乱に関連する磁気圏内3次元電流系の観測
- ✓ (e.g. Current Wedge, ULF waves)

・COTS (Commercial Off-The-Shelf) の3軸フラックスゲート磁力計をBartington Instrument社から購入.

Various current systems cause the small perturbation of geomagnetic field



(Space-mag lite)

Full-scale measuring range	$\pm 60 \mu\text{T}$
Measurement noise floor	> 10 to $\leq 50 \text{pT}_{\text{rms}}/\sqrt{\text{Hz}}$ at 1 Hz
Offset error	$\pm 100 \text{nT}$ (max) at 25°C
Weight	94g
Dimensions - electronics	90.2mm x 95.9mm
Current consumption	35mA in full range field (5V) and 8.5mA (3.3V)

Controller Mission2. オーロラ撮像 Camera

name	Raspberry pi zero
vender	Raspberry Pi Foundation
size	65mm×30mm×9mm
weight	11g
power	DC5V
Flight demo	YES (GASPACS(2022), KOSEN-1)

name	LM6NC1M
vender	KOWA
size	φ38×55.4(mm)
weight	100g
Focal length	6mm
Flight demo	No (Tested by thermal vacuum)

衛星は姿勢制御をおこなわないので、定期的に撮像した写真に対してRGB情報を衛星内部で解析し、ダウンロードすべき写真を選別する



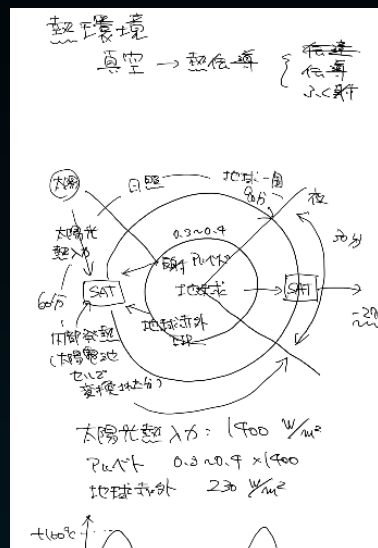
<https://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-12958/>



[LM6NC1M興和\(KOWA : コーワ\)CマウントメガピクセルCCTV交換レンズ \(uniel-denshi.co.jp\)](http://uniel-denshi.co.jp)

九工大による理学学生向け宇宙工学セミナー

構造: Structure.
 727
 構造設計 (CAD, 2次元図面)
 構造解析 (FEM, 1次元)
 組立2 (+組立2手順書)
 試験 (振動試験 + 噴霧 + 検査者)
 安全審査対応
 衛星システム
 25% → 機械系, 75% → 電気系
 安全審査
 75% → 機械系, 25% → 電気系
 CAD → Solidworks, Fusion 360 (2次元)
 構造解析 ... 強度解析
 固有振動数解析

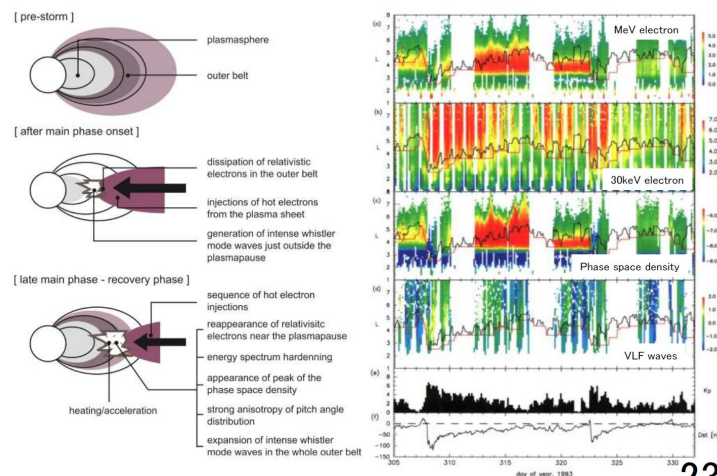


SS1	CubeSatの歴史とシステムの紹介
SS2	衛星開発の手順とシステム工学
SS3	衛星開発及び打ち上げに関する官辺手続き
SS4	衛星の構体系と解析方法(1)
SS5	衛星の構体系と解析方法(2)
SS6	衛星の熱制御と解析方法(1)
SS7	衛星の熱制御と解析方法(2)
SS8	衛星の通信系の紹介と解析方法

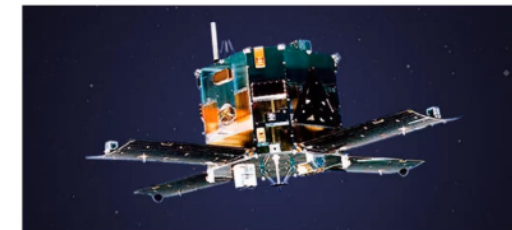
九大による工学学生向け理学セミナー

九州大学において2日間のセミナーを実施した。放射線帯の物理学と日本の科学衛星の歴史について、都北大学の小原教授より講義を行ってもらった。これらの抗議の目的は、主に科学衛星のバスシステムを担当する工学系の学生にミッションの背景となるサイエンスについての理解を深めることにある。

・外帯変動のまとめ 出典 [Obara et al., EPS 2000; Miyoshi et al., JGR 2003]

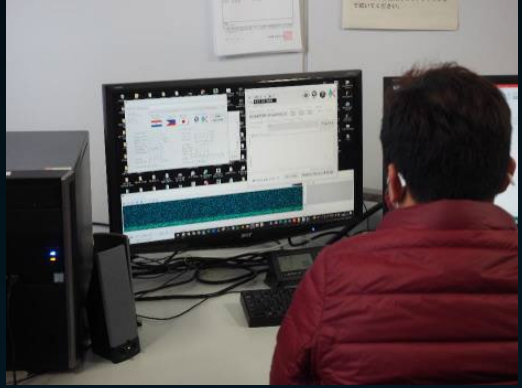


・第12号科学衛星あけぼの



打ち上げ日時: 1989年2月22日 8時30分
 場所: 鹿児島宇宙空間観測所(内之浦)
 ロケット: M-3SIIロケット4号機
 質量: 295kg
 軌道高度:
 近地点275km 遠地点10500km
 軌道傾斜度: 75度
 軌道種類: 長楕円軌道

形状:
 高さ100cm 対面寸法126cm
 4枚の太陽電池パドルがついた八角柱型
 30m長のアンテナ
 5m・3mの伸展マストを備える



九工大での対面ハンズオンキャンプ (2泊3日、2022年3月)

- ✓ 回路設計用CADソフトウェアの使い方の講習
- ✓ 構体設計用CADソフトウェアの使い方の講習
- ✓ 九工大で以前開発したMITSUBA衛星のEMを使ったシステム設計の講習
- ✓ 九工大の地上局の見学と衛星運用のデモ
- ✓ DPDRに向けた各システム間での話し合い

まとめ

九州工業大学・九州大学が連携して学部生対象の理工学融合衛星開発を実施中

現在、FM統合試験中、2024年3月の引き渡しを予定

主なミッションは、(1)地磁気の微小変動観測、(2)オーロラ撮像、(3)衛星表面帯電計測

外部機関（理学教育：東北大学、京都大学 工学教育：山口県宇宙クラスタ企業）の協力を得ながら実施

- 学部学生から先進的な理学ミッションを実施することで、システムズエンジニアリング、プロジェクトマネジメントを実践する
- 10年後に先端的理学ミッションを立案・実施できる人材の育成

ありがとうございました