

CubeSatによる 宇宙可視光背景放射観測ミッション： VERTECS

○佐野 圭¹、趙 孟佑¹、北村 健太郎¹、寺本 万里子¹、増井 博一¹、
布施 哲人¹、瀧本 幸司¹、Necmi Cihan Örgen¹、Jose Rodrigo Cordova-Alarcon¹、
Victor Hugo Schulz¹、Ofosu Joseph Ampadu¹、中川 貴雄²、宮崎 康行²、
松原 英雄²、和田 武彦²、磯部 直樹²、船瀬 龍²、津村 耕司⁴、松浦 周二³、
高橋 葵⁵、五十里 哲⁶、谷津 陽一⁷、軸屋 一郎⁸、青柳 賢英⁹、
VERTECS collaboration

¹九州工業大学、²JAXA/ISAS、³関西学院大学、⁴東京都市大学、
⁵アストロバイオロジーセンター、⁶東京大学、⁷東京工業大学、
⁸金沢大学、⁹福井大学

本講演の概要

「JAXA 輸送/超小型衛星ミッション拡充プログラム」
の枠組みのもと、2022年12月から始動した
超小型天文衛星ミッション：

「高精度姿勢制御6U衛星による宇宙可視光背景放射
観測で探る天体形成史」

（衛星名VERTECS：Visible Extragalactic background
RadiaTion Exploration by CubeSat）

の目指すサイエンス、ミッションの全体像、開発する
衛星の概要、高精度姿勢制御バスの共通化について
述べる。

宇宙背景放射

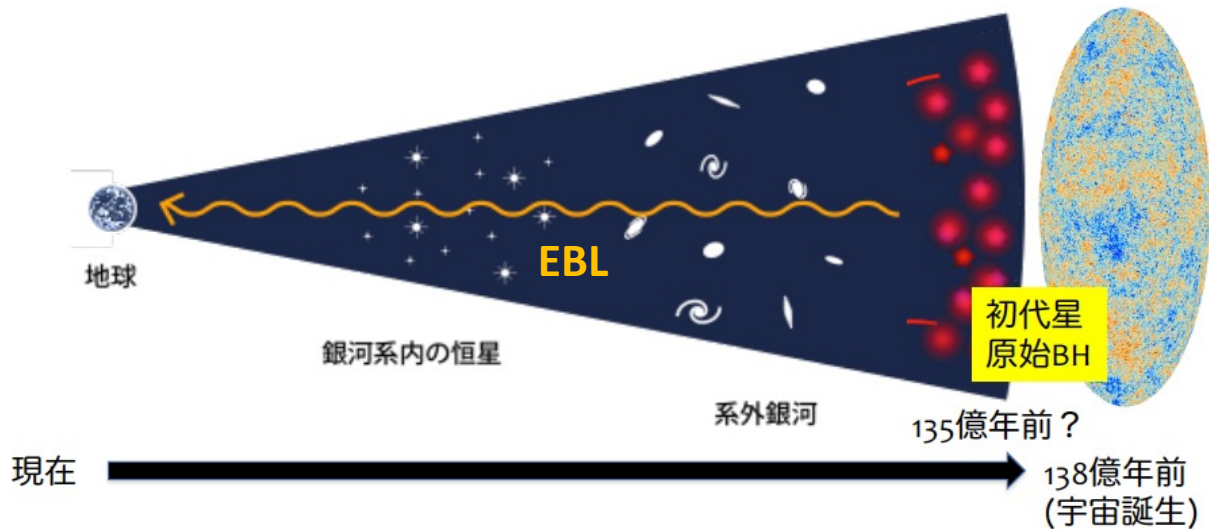
宇宙背景放射（Extragalactic Background Light：EBL）

- 宇宙初期から現在までに放出された全放射の積算

可視光～赤外線宇宙背景放射

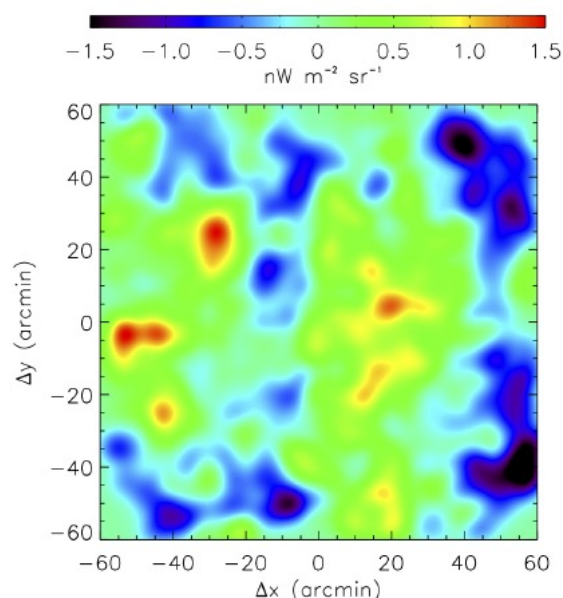
- 宇宙初期の天体やブラックホールなど
未知天体からの放射を含む

→大型望遠鏡でも
検出が困難な暗い
天体も含んだ天体
形成史の全貌を
解明するために
重要な観測量

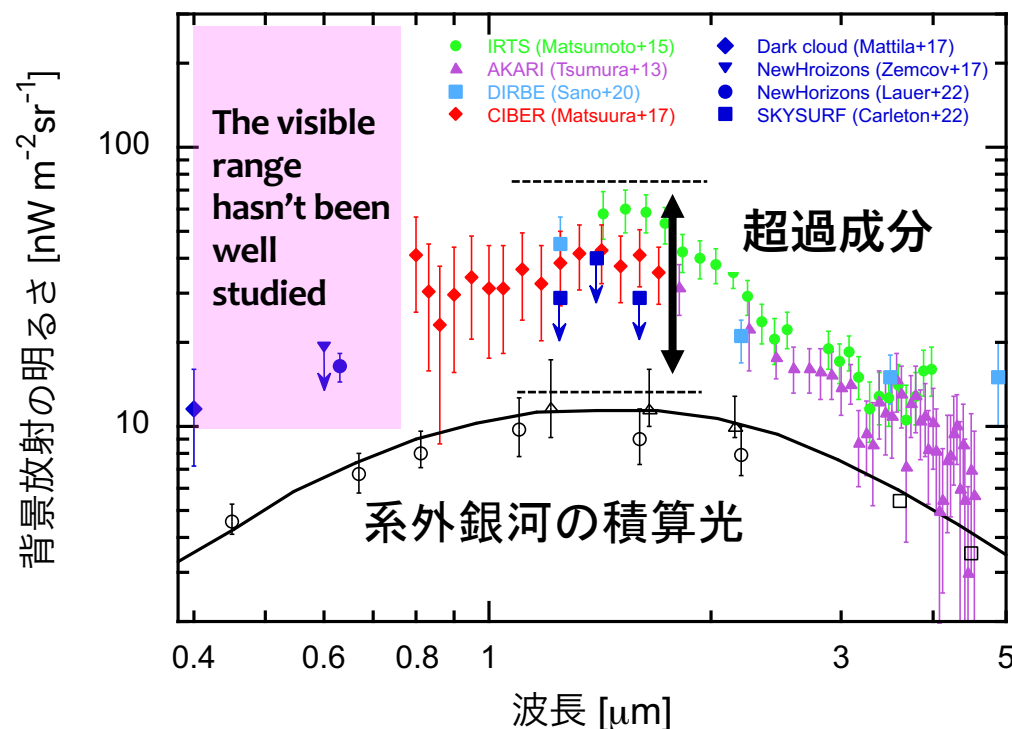


近赤外線EBLの超過成分

- ・これまでのロケット実験CIBER等の観測によると、近赤外線EBLの明るさおよび空間ゆらぎが、既知の銀河の積算値より数倍大きい。
- ・超過成分の候補として、近傍宇宙の銀河ハロー浮遊星や、宇宙初期のブラックホール等があるが、未解明



CIBERで観測されたEBLのゆらぎ
(Zemcov et al. Science 2014)



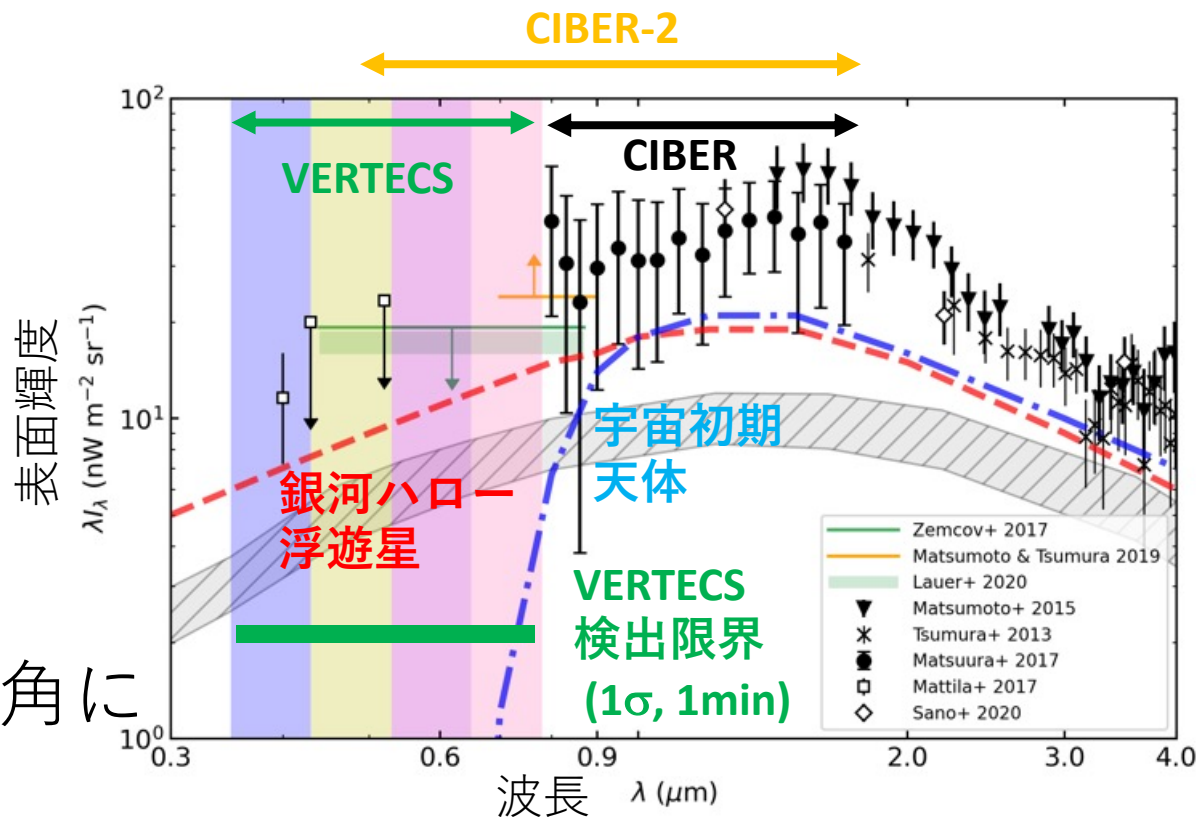
VERTECSによる可視域でのEBL観測

EBLの起源解明

→波長800nm以下の
スペクトル形状の
測定が重要

EBLの検出感度は、
観測装置の
集光面積×観測立体角に
依存

→**広視野の小型望遠鏡を搭載するCubeSat**により実現可能



VERTECSでは、新観測ロケット実験CIBER-2（P-005松浦ほか参照）と合わせて、多波長で総合的なEBL研究を行う。

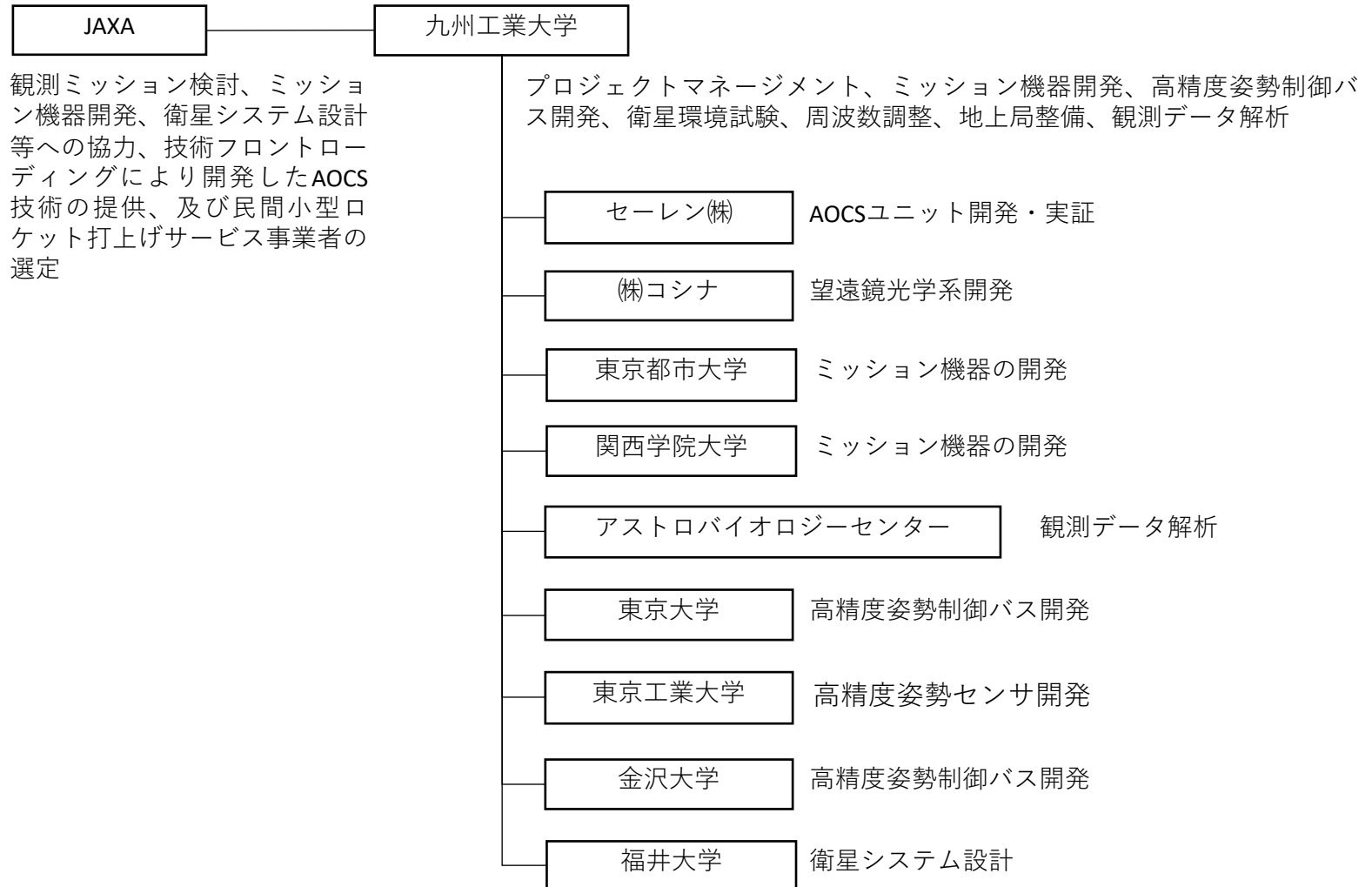
- ・ JWST等による個々の天体観測による研究と相補的

JAXA輸送/超小型衛星 拡充プログラム

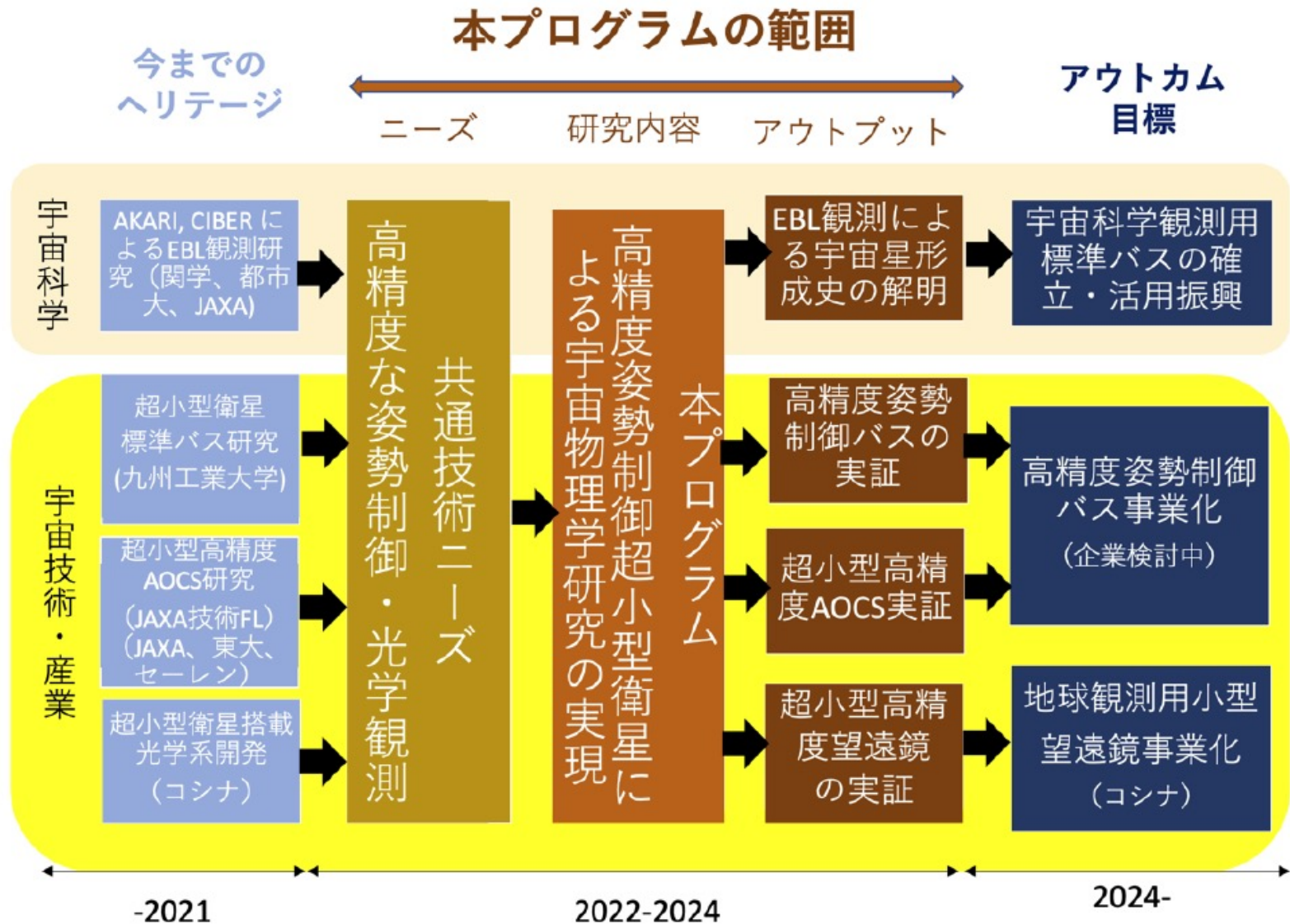
- ・ 大学、企業、JAXAが共同で超小型衛星開発を実施する新規プログラム
- ・ 今年度の衛星開発フェーズ案件として、本ミッション「高精度姿勢制御6U衛星による宇宙可視光背景放射観測で探る天体形成史」が選定された。
- ・ 開発する衛星は今から2年後を目処に、JAXAが選定する打ち上げ輸送サービスで打ち上げられる計画
- ・ EBLに関する世界一級の成果創出を行うとともに、参画企業はその成果に基づいて事業の創出を目指す。

研究体制

《組織体制》

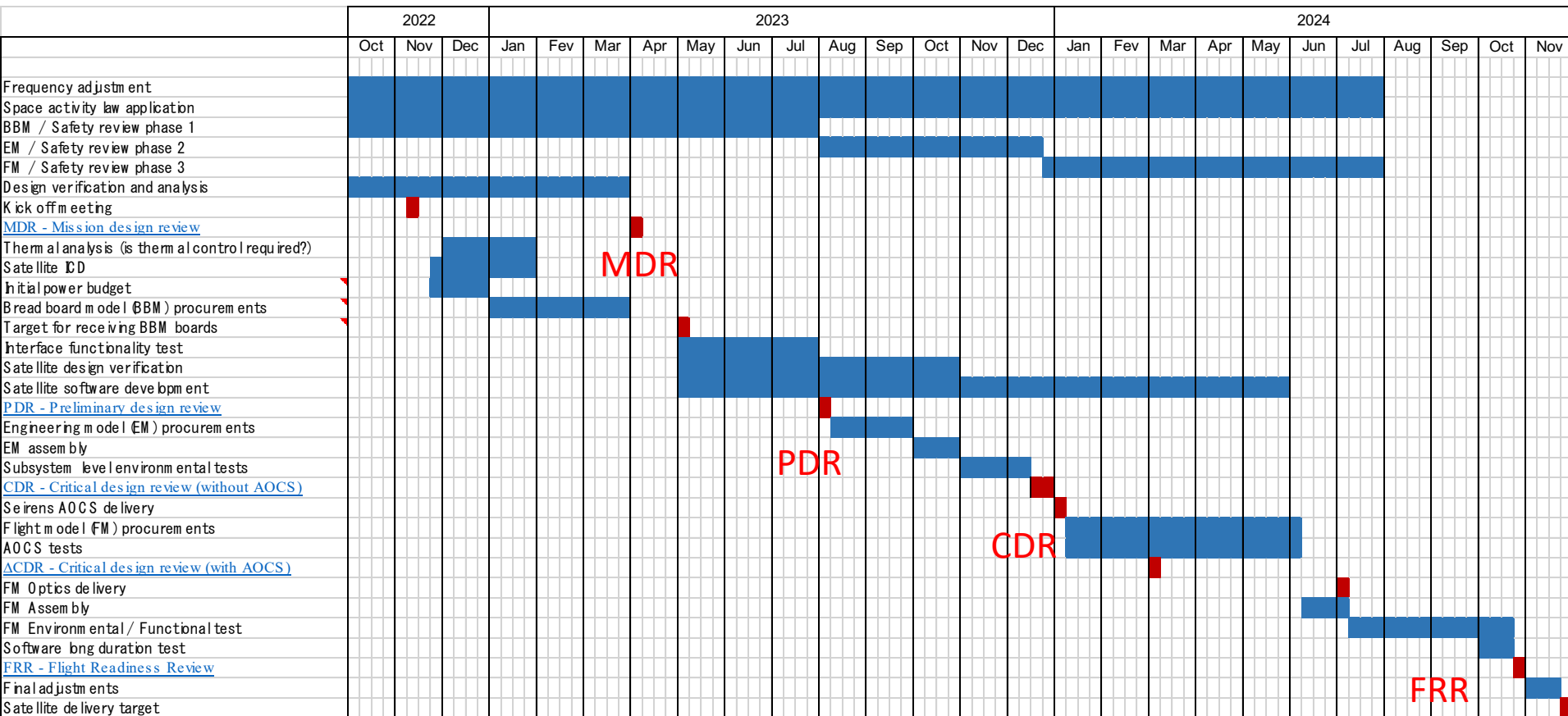


本プログラムの全体構想

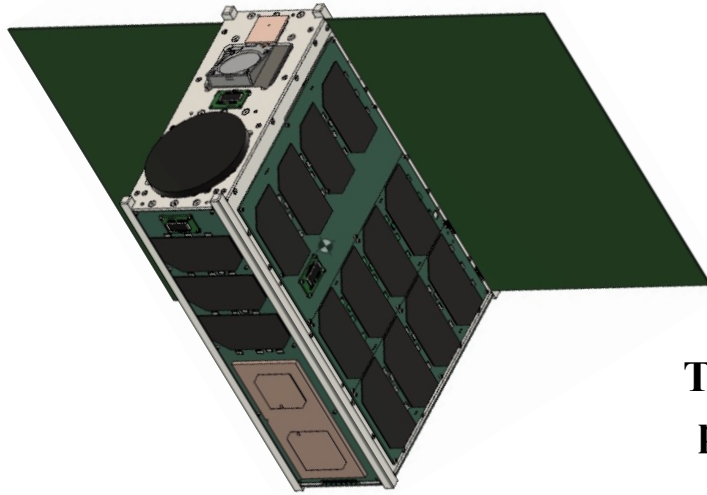


衛星開発スケジュール

従来の衛星開発におけるシステム工学に対し、低価格・
 短期間・効率良いLean Satelliteの概念による衛星開発
 →迅速な科学成果創出に挑戦



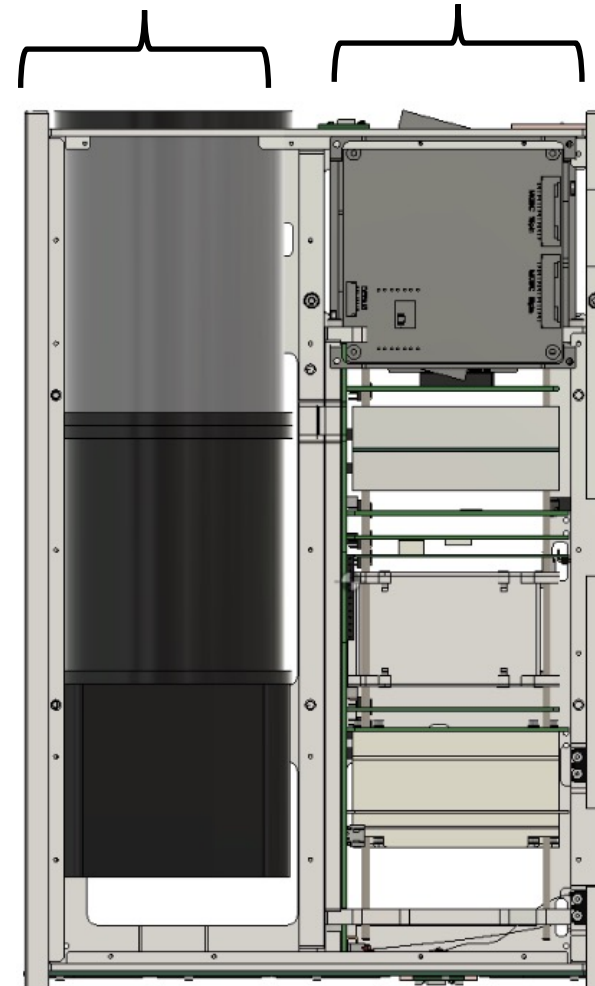
衛星全体の構成



Telescope
payload

ミッション部

バス部



AOCS

AOCS adapter
board

S-band
Access board
OBC
EPS

Battery

Mission Board

X-band

Component

Subsystem

ミッション部

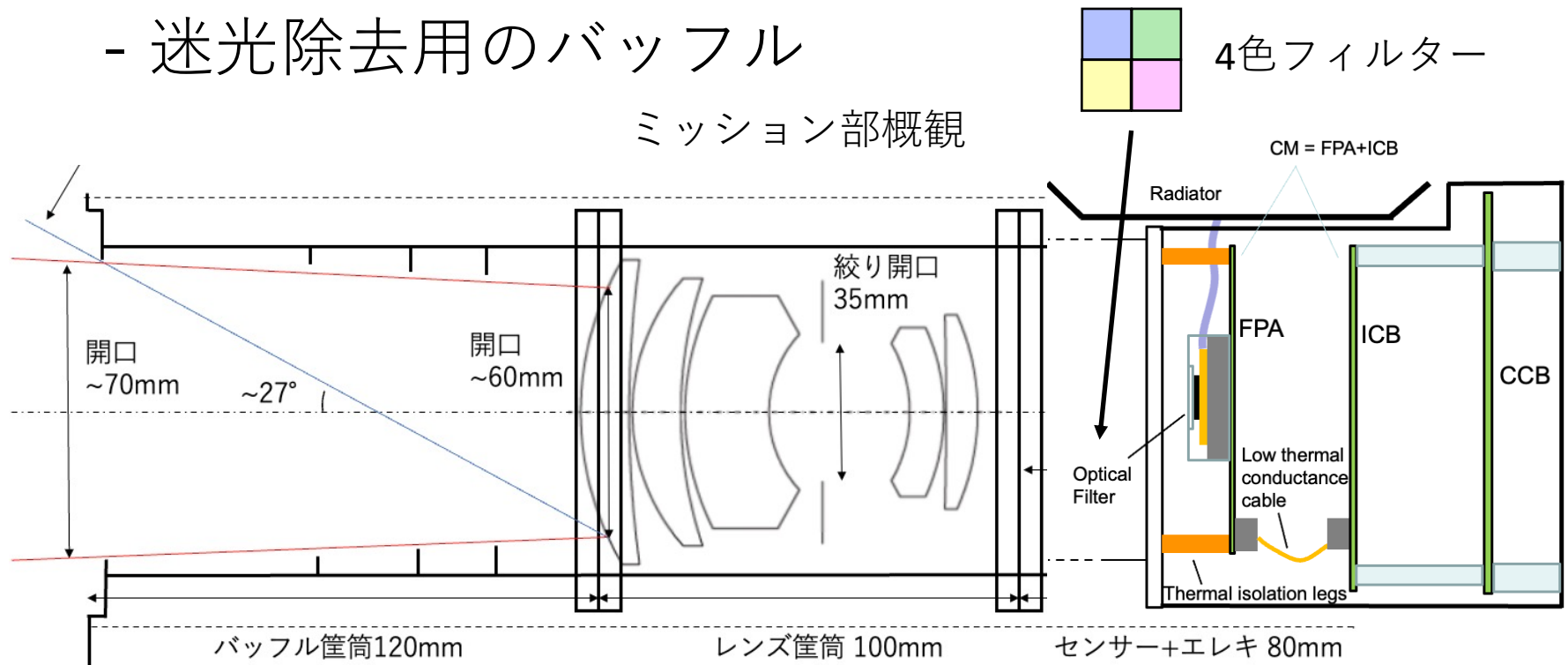
望遠鏡+バッフル (2U)
センサー+電気系 (1U)

バス部

AOCS (1U)
S-band受信機
S-band送信機
X-band送信機
OBC
電源系
展開型太陽電池パドル

ミッション部の構成

- ・ 要求仕様
 - 口径数cmの視野3度以上の望遠鏡光学系
 - 空間分解能 $< 10 \text{ arcsec}$
 - 低ノイズ (1 e)、低暗電流 ($< 1 \text{ eps}$) のセンサー
 - センサーの冷却機構
 - 迷光除去用のバッフル



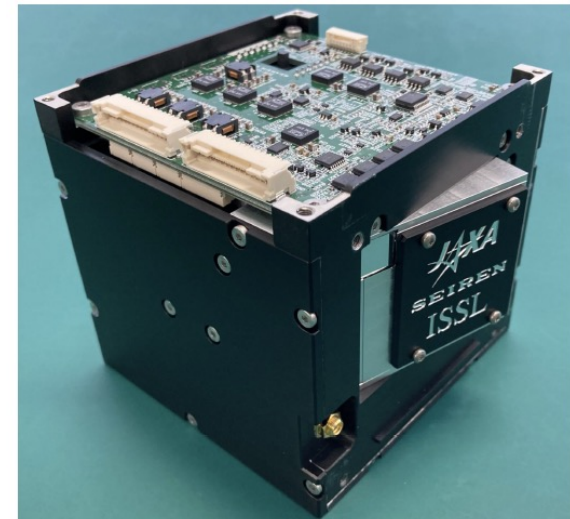
姿勢制御系の概要

本ミッション：長時間露光における
10秒角/1分間程度の姿勢安定性が必要

→JAXA技術フロントローディングで開発された
1Uサイズの統合型姿勢制御ユニットを採用

外国製品との比較

Item	XACT-15	iADCS400	Developed Module
Size mm	100 × 100 × 50	95 × 96 × 67	91 × 90 × 90
Mass kg	0.9 kg	1.15 kg	1.2 kg
Stability deg (1 σ)	0.003 deg (10 arcsec)	0.003 deg (10 arcsec)	0.003 deg (10 arcsec)
Max MTQ output	0.1 Am2	0.4 Am2	0.37 Am2
Max RW torque	4 mNm	2.5 mNm	4 mNm
Max RW Momentum	15 mNms	15 mNms	5 mNms



Ikari et al. (2022)

衛星バス部の構成

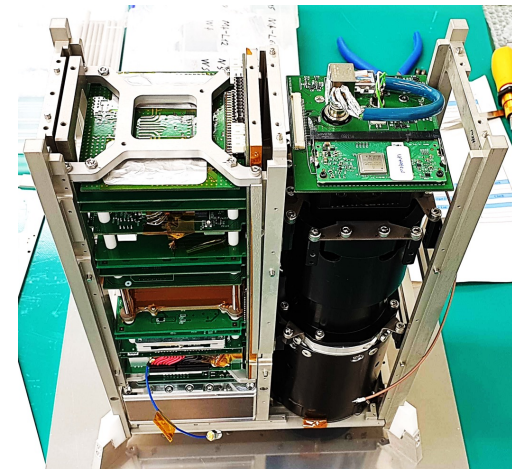
KITSUNE

- 九州工業大学等が開発した地球観測用6U衛星
- 2022年3月にISSから放出、稼働中



VERTECS

- KITSUNEのOBC、電源系、通信系の構成に基づいて、前述の姿勢制御系を組み合わせることで、
高精度姿勢制御バス
(VERTECSバス) を開発



6U衛星 KITSUNE

超小型衛星利用シンポジウム2022

https://aerospacebiz.jaxa.jp/cubesatlv2022/5-2_detail_mission.html

地上運用の概要

- テレコマ運用（S帯、定常時 1 日 1 パス）
 - 九工大主局（従局検討中）でリアルタイム運用
- データダウンリンク（X帯）
 - 商業サービスを利用し、国内外アンテナでリモートダウンリンク（計画運用）
- 以下、詳細（現在検討中）

帯域	用途	運用単位	パラメータ	値	コメント
S帯	コマンドアップリンク	1パス/日	通信レート	32 kbps	
	データダウンリンク				HKデータ
X帯	データダウンリンク	1パスについて	通信時間	5 分	サイエンスデータ 最低4パス必要 リモートダウンリンク（計画運用）
			通信量	1500 Mbits (187.5 MB)	
		4パス/日	総通信量	6000 Mbits (750 MB)	
		8パス/日	総通信量	12 Gbits (1500 MB)	

超小型衛星バス部の共通化

天文衛星ミッションの課題：

ミッションの巨大化・長期化による
斬新なアイデアの埋没、研究を推進する人材の減少

解決方策：超小型衛星を利用した宇宙科学の促進
→VERTECS単体にとどまらず、VERTECSバスを
共通化することで、超小型衛星による先鋭的な
宇宙科学ミッションを迅速・確実・安価に実現

バス部共通化の課題：

リソース制約（volume、mass、power、data rate..）、
指向要求制約、運用制約を考慮する必要がある。

まとめ

- ・ JAXA拡充プログラムの枠組みのもと、宇宙可視光背景放射の観測を目的とする6U天文衛星 VERTECSの開発を進めている。
- ・ 2年間という短期間で衛星を開発し、宇宙可視光背景放射の起源解明という、天体形成史研究における世界一級の科学成果創出に挑戦する。
- ・ 本ミッションに基づいて、高精度姿勢制御バスを共通化し、将来の宇宙科学ミッションの高信頼性化、迅速化、低コスト化を図る。