

時間領域天文学のための超小型衛星群 の提案

多様な観測を一体となって行う3U-6U CubeSat 群（数機～数十機）

東京工業大学 理学院 河合誠之

高宇連研究会2019年3月19日於東大

X線天文学分野の課題（の一部）

◆ 分野の成熟

➤ 対象・興味の多様化

- 物理法則 (e.g. NS EoS, BH/GR)
- 宇宙論、構造形成
- 星間物質、星形成
- 恒星進化、超新星
- 宇宙線加速
- 宇宙プラズマ

➤ 精密化・詳細化・特殊化

- 解像度
- エネルギー分解能
- 偏光
- 高時間分解能

◆ 多波長・マルチメッセンジャー天文学の興隆

◆ 宇宙ミッション間隔の長期化

はくちょう（4年）てんま（4年）ぎんが（6年）あすか（12年）すざく（9年）ひとみ

➤ 最新の科学課題への機動的対応

➤ 最新技術の応用

➤ 多様な興味への対応

→ All the eggs in one basket

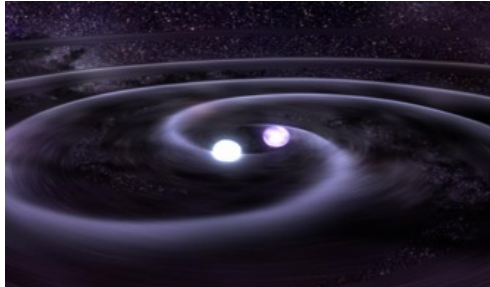
➤ ミッション実現過程を経験した人材

➤ 新入大学院生への魅力

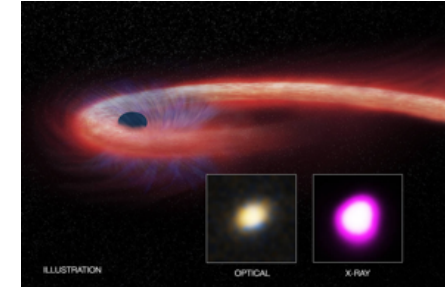
➤ 開発費用

➤ 挑戦的ミッション

時間領域天文学の対象：重力波、超新星、潮汐破壊現象



© NASA/Goddard Space Flight Center

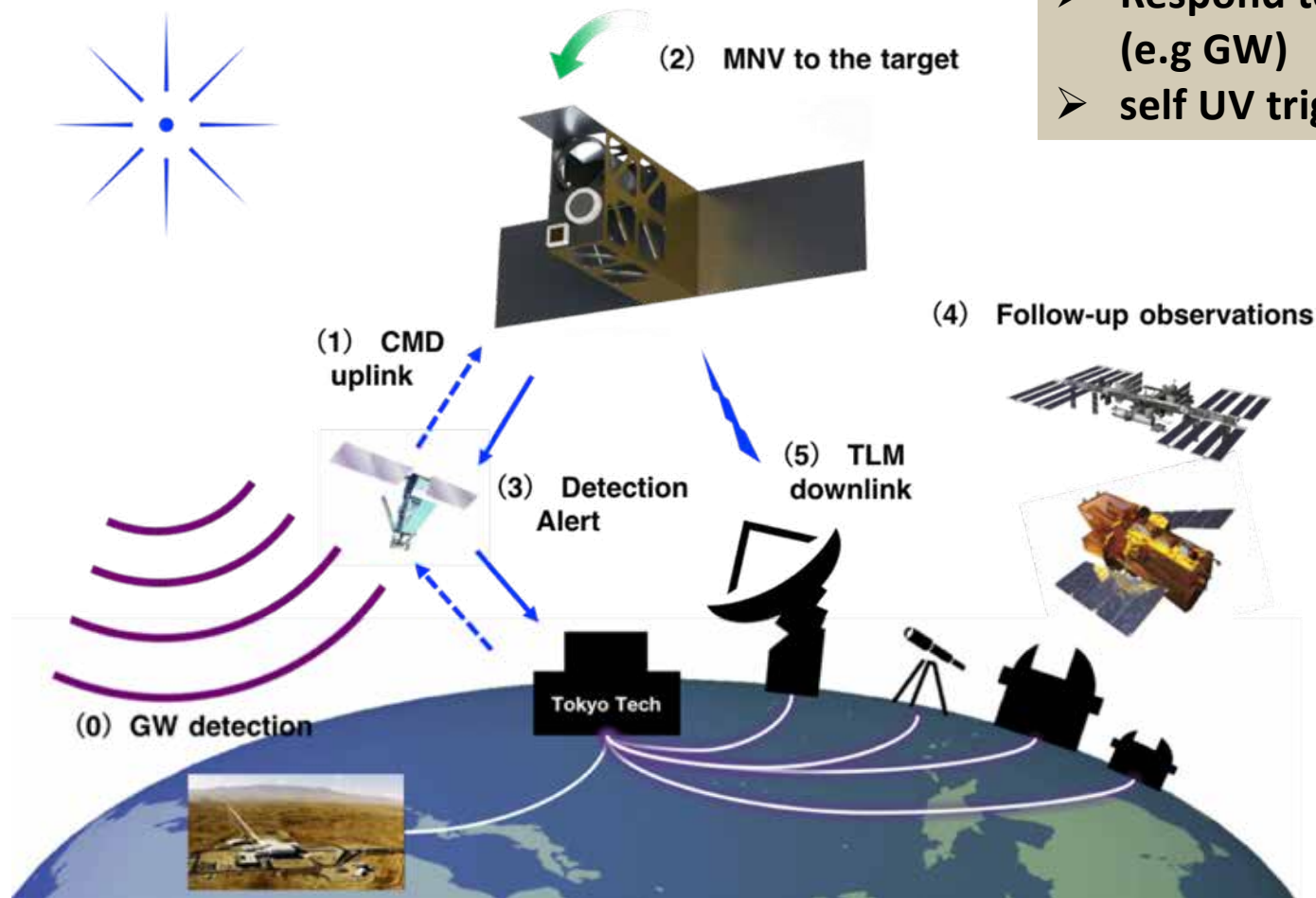


© CXC/M. Weiss

Target	Position uncertainty	Duration	Magnitude
GWs (NS-NS)	~100 deg²	0.5~10 hr?	unknown
Shock Breakouts	Unpredictable	~0.5 hr?	~3 yr⁻¹ 100 str⁻¹
Tidal Disruption Events	Unpredictable	~ a few weeks	~2 yr⁻¹ 100 str⁻¹

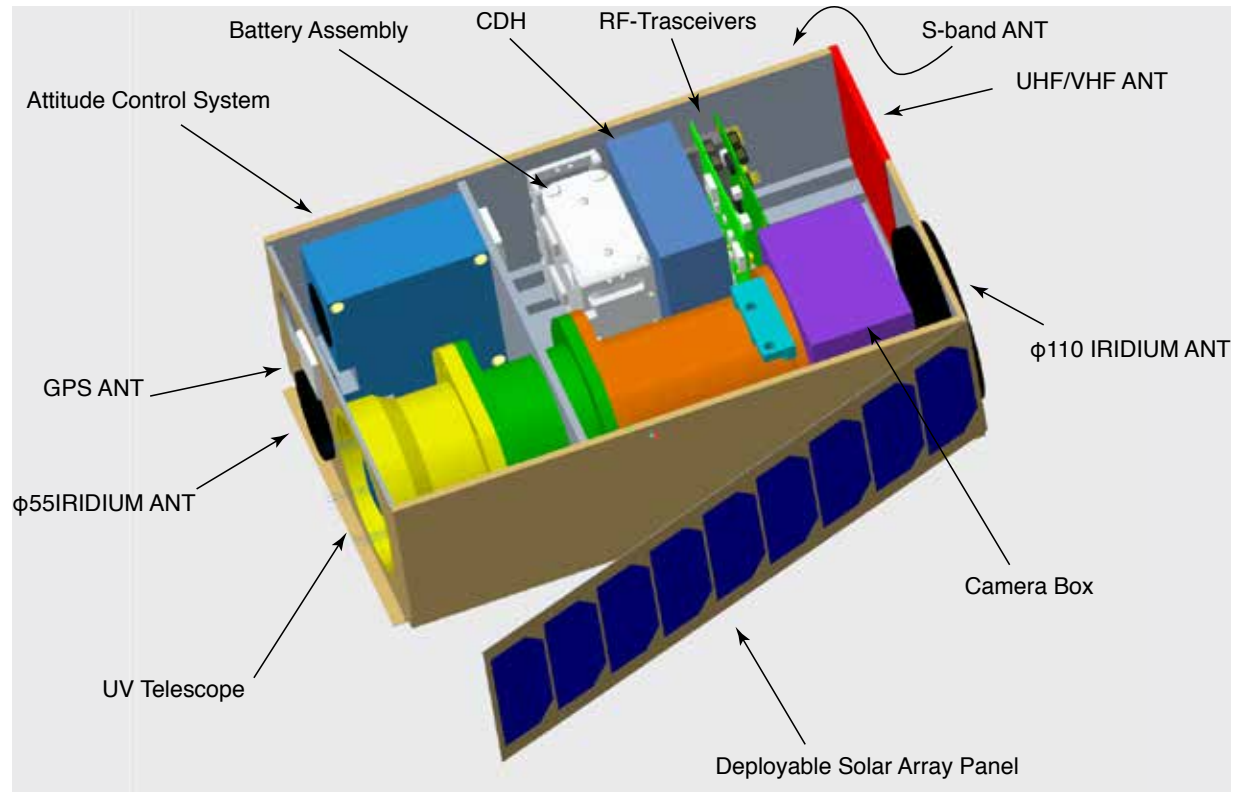
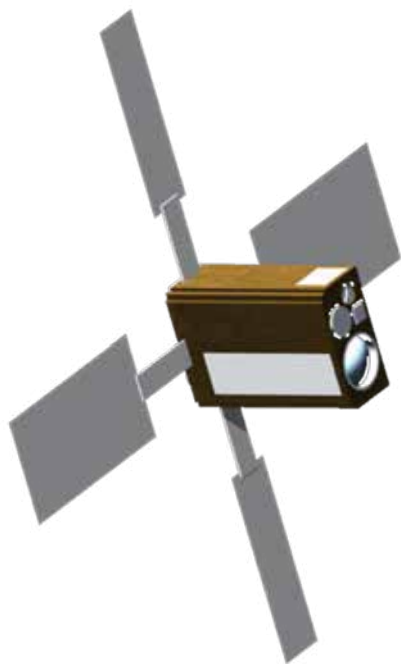
◆ Type-Ia SNe (and their UV flashes), Stellar Flares can be observed as well.

Hibari Mission Sequence



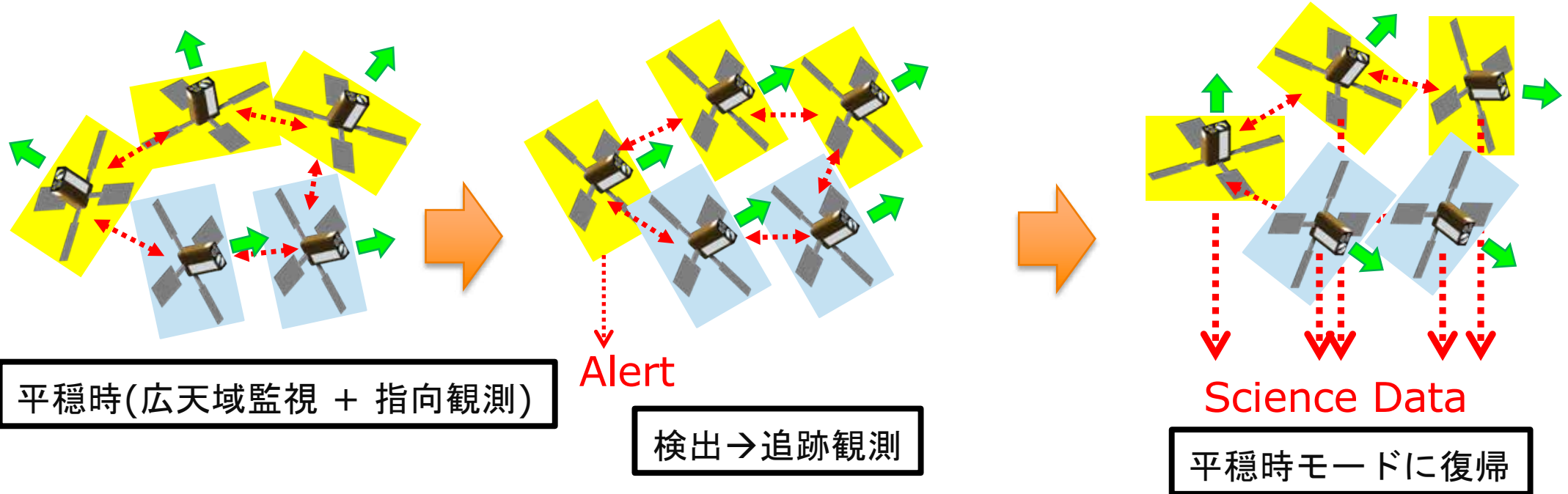
- Respond to external trigger (e.g GW)
- self UV trigger

Satellite bus and instrument accommodation



System design is still ongoing.

提案：多様な超小型衛星群による発見と追跡



◆ 機能特化型衛星群

- 広天域監視・突発現象探索 (可視光、紫外線、X線、ガンマ線)
- 狭視野 (短時間変動、分光、偏光など)

◆ 新天体へ自律指向制御

- ◆ 衛星間常時高速通信 (e.g. WiFi)
 - 通信圏内に衛星位置を維持
→ 軌道制御 (噴射? 空力?)

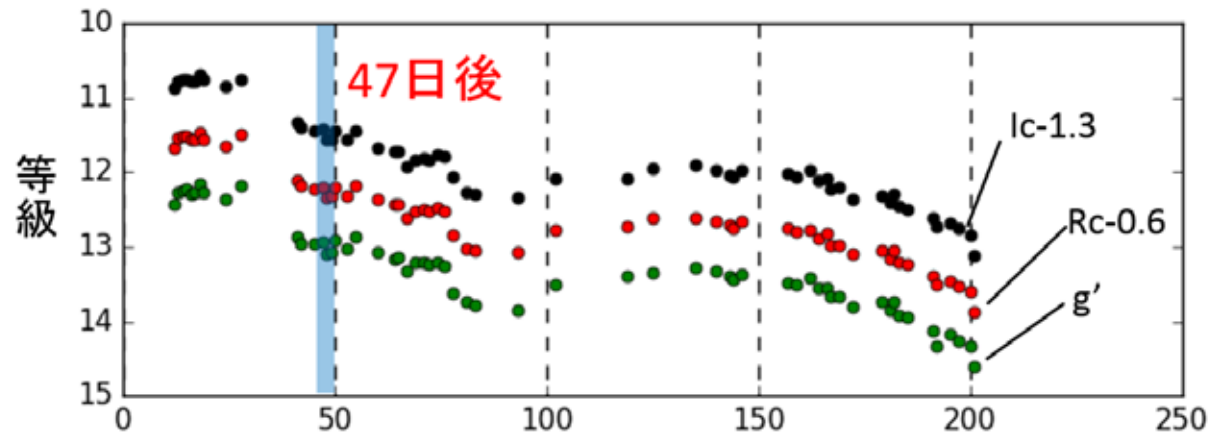
◆ 地上との通信

- 実時間速報 (双方向)
 - VHF, Iridium, TDRS, ...
- 大容量データを地上にダウンリンク
 - 分散型? 集約型?

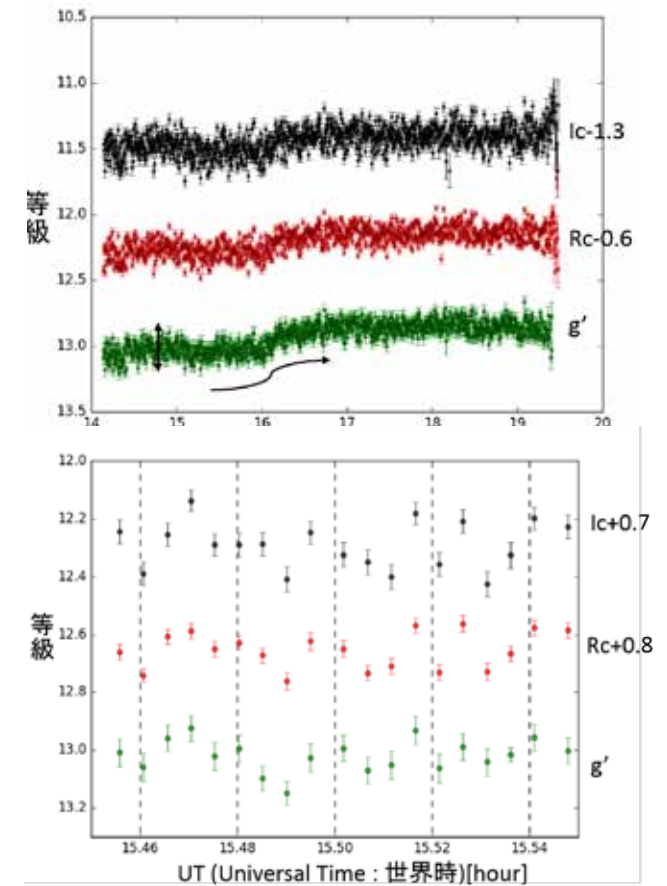
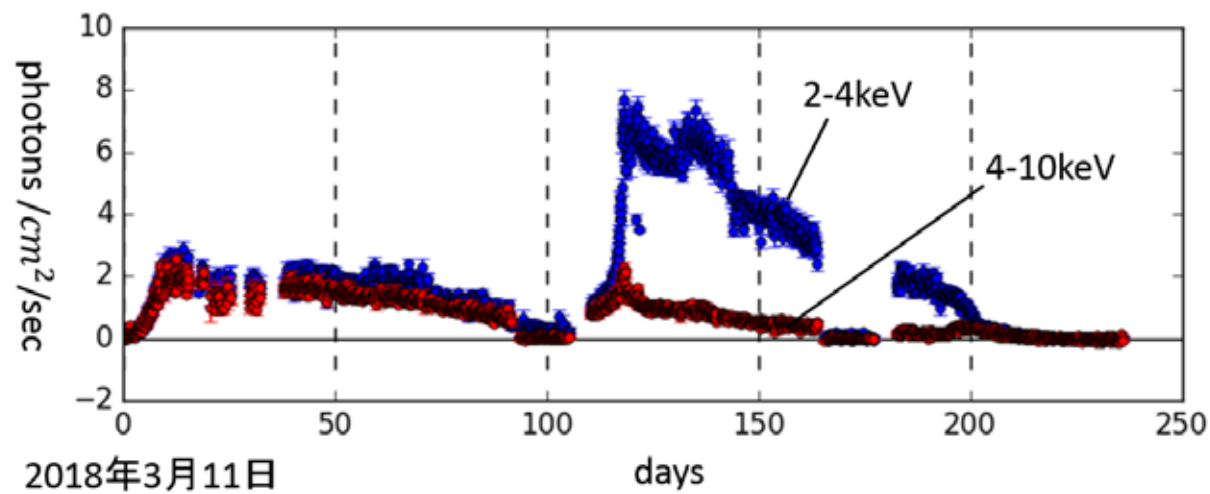
MAXI J1820+070

安達 卒論

可視光
(MITSuME)



X線
(MAXI)



高宇連研究会2019年 3月19日於東大

日本の宇宙科学プログラムでの実現

◆ 現行の宇宙研のプログラム

➤ 戦略的中型計画

- 10年で3回
- 総額900億円程度

➤ 公募型小型計画

- (10年で5回程度
- 総額600億~700億円

➤ 小規模計画

- 上限 2 億円/計画
- 気球、ロケット、ISS

◆ 衛星群天文台

➤ 集団で「小型計画」

- 例：2 億円x50機
- 5年かけて少しずつ打ち上げ
- 共通バス（数種類）
 - ・ 観測装置に注力
- 自律的運用

➤ 工学・社会との連携

- 技術要素の開発
- 地球観測、社会利用への応用
- 開発の基盤（技術、部品供給、サービス、法制度）の整備

3U CubeSat Platform のバリエーション構成案

※討中のコンフィグレーション案：どの構成になっても共通のパス部&選択可能なミッションI/F(構造/電気)
によってUser装置のインテグレーションにかかる時間と労力を削減することを目指す

The diagram illustrates three configurations of User and Platform components and their corresponding mission space or count:

- Configuration 1:** A single User Mission (1.5U) and a single Platform Base Function (1.5U). This configuration results in a "比較的大型のミッションスペース (バス機能の一部をUser部に搭載)" (Relatively large mission space (part of bus function installed in User section)).
- Configuration 2:** A single User Mission (1U) and a single Platform Base Function (2U). This configuration results in a "1Uのミッション領域 (基本形)" (1U mission area (basic form)).
- Configuration 3:** Four User Missions (U1, U2, U3, U4, each 0.2U) and a single Platform Base Function (2U). This configuration results in a "0.2Uサイズのミッショントレイを最大4基搭載する構成案 (マルチ実験プラットフォーム)" (Configuration case for installing up to 4 mission trays of 0.2U size (Multi-experiment platform)).

9/3/19

超小型衛星利用シンポジウム

2019/3/19

超小型衛星利用シンポジウム

1

6U CubeSat Platform のバリエーション構成案

検討中のコンフィグレーション案：どの構成になっても共通のパス部&選択可能なミッションI/F(構造/電気)によってUser装置のインテグレーションにかかる時間と労力を削減することを目指す

Diagram illustrating two organizational structures:

- Left Structure:**
 - Top Box: User ミッション (3U)
 - Bottom Left Box: Platform バス機能 (1U)
 - Bottom Right Box: Platform 推進 (2U)
- Right Structure:**
 - Top Box: User ミッション (2U)
 - Bottom Left Box: Platform バス機能 (2U)
 - Bottom Right Box: Platform 推進 (2U)

User ミッション (1 ~ 1.5U)	Platform バス機能 (1.5 ~ 2U)
-----------------------------	--------------------------------

3U CubeSat - BUS

図5 衛星バスの内観

図6 RWASAT-1の構成図

[参照] 第62回宇宙科学連合講演会 (2018) 2M12 汎用・量産性の向上を目指した 3U-CubeSat 衛星バスの設計
○青柳賢英、松本健、小畑俊弘、中須賀真一 (東京大学)

2019/3/19

超小型衛星利用シンポジウム

16

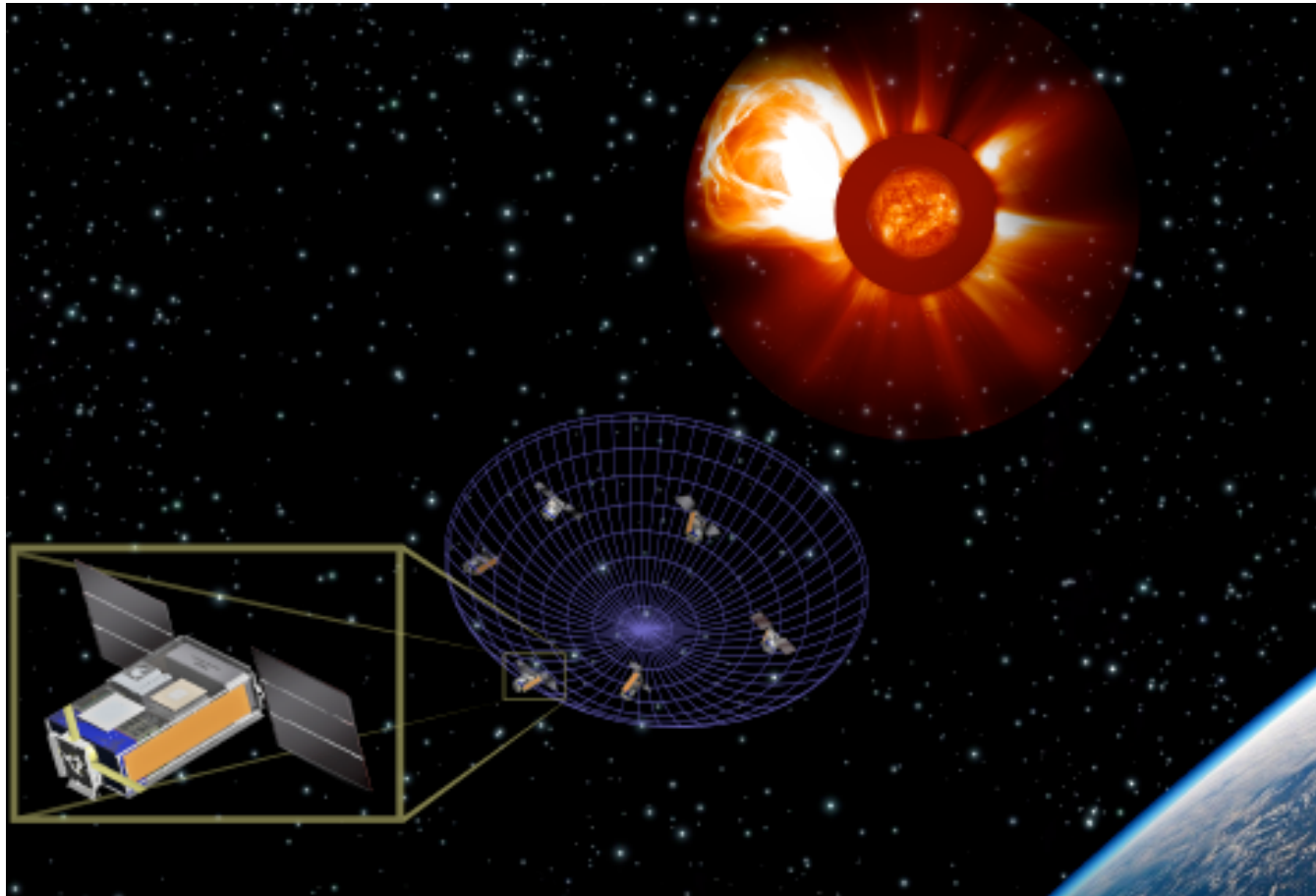
2019/3/19

超小型衛星利用シンポジウム

9

SunRISE

(Sun Radio Interferometer Space Experiment)



- ◆ NASA Small Explorer (SMEX) 予備研究採択
- ◆ 6U Cubesat 6台で電波干渉計

技術上・社会実装上の課題

◆ 衛星バス：安価、短期調達可能

- 標準規格？
- 姿勢制御、とくに指向精度・安定性
- 衛星の組み上げと試験に関わる商用サービス

◆ 打上

- 衛星群の軌道投入
- 補充用超小型衛星の追加投入・ランデブー

◆ 通信

- 衛星間通信：規格 (WiFi?)、軌道制御
- 地上との実時間通信、高速通信
- ミッションサイクルに合う迅速な通信回線免許

◆ ミッション機器

- AIによる広視野監視画像や時系列データからの突発現象
- 前記の検知や決定論理の自律分散系での実現
- 超小型衛星に搭載可能な各種観測装置（望遠鏡、検出器、センサー等）