

# 広天域軟X線監視ミッションWF-MAXI WG 活動報告

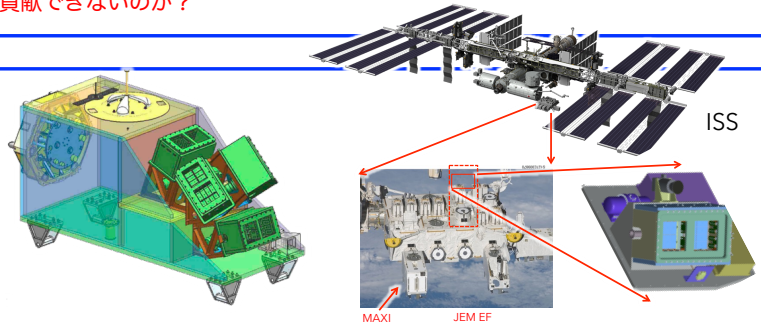
河合誠之、谷津陽一、杉田聡司(東工大)、上野史郎、富田洋、磯部直樹、海老沢研、堂谷忠靖(JAXA)、有元誠(金沢大) 三原 建弘(理研)、常深博(阪大)、幸村孝由(東京理科大)、吉田篤正、坂本貴紀、芹野素子(青学大)、根来 均(日大)、上田 佳宏(京大)、坪井陽子(中央大)、森井幹雄(統数研) 神田展行(大阪市立大学) 吉田道利(広島大学) Mark Vagins(IPMU) 中村卓史、田中貴浩(京都大学)

## Abstract

WF-MAXIの目標は、重力波天文学の黎明期(すなわち現在)に世界に先駆けて未開の窓軟X線での全天監視・即時通報を実現することであり、国際宇宙ステーション(ISS)搭載ミッションとして設計検討を進めてきた。ISSはさまざまな制約がある一方、軌道上の約70%で地上と通信がつながっていることは突発天体の速報を容易に実現できるという利点をもつ。2009年からISSに搭載された全天X線監視装置MAXIなどの技術と経験を活用して迅速に開発を進め、2018~19年の観測開始をめざす計画を平成25年度ISAS小規模プロジェクト公募に応募したが、重力波天体検出の可能性が低いのに対して開発費(提案では40億円)が高すぎるとして宇宙理学委員会の審査において不採択となった。翌年度、宇宙ステーション曝露部共用バス iSEEPを用いて開発期間短縮と費用低減(10億円弱)を図ってISAS小規模プロジェクト公募に再応募し、宇宙理学委員会によってプロジェクト化が推薦されたが、所の判断として不採択となった。せっかくISSというプラットフォームがありながら、重力波天文学の夜明けに日本の宇宙科学ミッションを実現することは現在の宇宙研の方針では困難な状況にある。**重力波天文学草創期の今後数年間に日本の高エネルギー天文コミュニティは新ミッションで貢献できないのか?**

## WF-MAXI概要

- 科学目標:
  - 1) 重力波イベントのX線対応天体の探索
  - 2) 初の本格的軟X線突発天体のモニター
  - 3) ガンマ線バースト等の突発天体の位置速報
  - 4) X線新星等の変動X線源の監視・活動通報
- ミッション観測装置
  - ✓ 軟X線大立体角カメラ (SLC)
    - 大面積CCDアレイ+符号化マスク XY×4(→1)系統
    - 0.7~10 keVでの位置決定(~0.1°)、スペクトル
    - MAXI SSCとASTRO-H SXIの技術を継承発展
  - ✓ 硬X線モニター (HXM)
    - GAGG結晶シンチレーター配列+APD読出し
    - 20 keV~1 MeV スペクトル、光度曲線
    - 短いGRBとの関連の確認
    - iWF-MAXI提案では割愛



WF-MAXI: 2014年2月提案

監視天域	常時全天の >20% (92分で全天の 90%)
観測装置	軟X線大立体角カメラ (SLC: 0.7~10 keV) 4系統 硬X線モニター (HXM: 20 keV~1 MeV)
感度	50 mCrab / 30 s (SLC)
位置決定精度	0.1°
プラットフォーム	ISS/JEM (運用開始目標 2018~)

iWF-MAXI 2015年2月提案

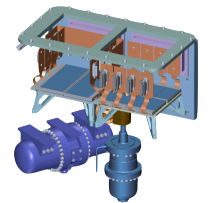
監視天域	常時全天の ≈10% (92分で全天の 80%)
観測装置	軟X線大立体角カメラ (SLC: 0.7~10 keV) 1系統
感度	50 mCrab / 100 s (SLC)
位置決定精度	0.1°
プラットフォーム	ISS/JEM (2020~)

## WF-MAXIプロジェクトの経過

- 2009/08 MAXI 運用開始
- 2010/08 MAXI-2 キックオフ
- 2011/04 学術会議「中規模計画」高宇連に推薦依頼
- 2012/08 新学術領域「重力波天体の多様な観測による宇宙物理学の新展開」発足、観測装置とミッションの設計検討を開始
- 2013/12 宇宙研理学委員会 WF-MAXI WG 発足
- 2014/02 宇宙研「小規模プロジェクト」WF-MAXI提案(40億円規模)
- 2014/09 理学委員会評価において不採択
  - 不採択理由: 重力波の対応天体を検出する確率は低くリスクは高い。コミュニティの位置づけが不明。サイエンスアウトプットに対してコストが高すぎる。
- 2015/02 高宇連→宇宙研「工程表」に位置づけ
- 2015/02 宇宙研「小規模プロジェクト」iWF-MAXI提案(10億円規模)
- 2015/05 宇宙研戦略開発経費採択(800万円) - CCD冷却方式の検討
- 2015/07 宇宙理学委員会によりプロジェクト化推薦
- 2015/12 宇宙研小規模プロジェクト評価評価選考委員会にて不採択
  - しかし、不採択理由の「競合」ミッションASTROSAT/SSM(インド)は(1)速報機能なし(2)エネルギー下限 2keV (3)短時間突発放射の位置決定に難 →ASTROSATによるiWF-MAXIの科学目標の達成は困難
- 2016/02 LIGO/Virgo による連星ブラックホール合体重力波検出の発表
- 2016/10 宇宙研「小規模計画」公募...全費用「2億円以下」
- 2017/08 LIGO/Virgo による連星中性子星合体重力波検出 衛星および地上望遠鏡による電磁波(電波~ガンマ線) 対応天体の発見 →重力波天文学の幕開け
- 2018/秋~ LIGO-Virgo 観測Run 3(1年間)開始 →重力波天文学開拓の時代へ
- 今後の可能性:日本の高エネルギー天文は重力波天文学の開拓時代に不戦敗か
  - ISS搭載ミッションは宇宙研の現状の方針と資金では実現不可能
  - 公募型小型(Hiz-GUNDAM) に対応: 発見の時代には乗り遅れる
  - 海外ミッションへの参加、協力: SLCやHXMの技術で参加: 未具体化
  - 超小型衛星: X線観測には小さすぎる?
    - (1) UVで同じ科学目標を目指す「Hibari」衛星
    - (2) 複数衛星編隊で有効面積と大視野を確保

## 軟X線大立体角カメラ (SLC)

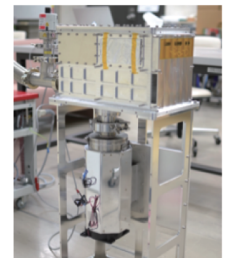
- 新開発: MAXI/SSCとASTRO-H/SXI CCDsの発展版
- P-ch 背面照射型
- 16 CCDs - 8チップ配列×2(x,y)
- 表面にアルミ遮光膜
- 1-D 配列(X & Y軸)
  - ✓ Readout in parallel-sum mode
  - ✓ Readout time: 0.1s/16CCD
- 動作温度: -100°C (TBD)
- 符号化マスク: 金メッキステンレス
- 熱設計の検討を実施



SLC 実験室試作モデル

### 戦略開発経費(800万円)による CCDの冷却方式の検討

- 二つの方法を詳細に検討した
  - 機械式冷凍機
    - ✓ 衛星搭載実績あり。高価。-110°C
    - 放射冷却+ペルチエ
      - ✓ 安価だが冷却性能が劣る: -90°C
  - 動作許容温度 - 放射線損傷の影響
    - ✓ ビーム照射試験により、8年間被曝後の -90°C冷却運用での性能を確認。



## 超小型衛星によるWF-MAXI 科学目標の実現へ

- ◆ 紫外線: 広天域監視ミッションは未実現
- ◆ 中性子星連星合体直後の放射が期待される
- ◆ コーラン放射、ジェットブレイクアウト ~100秒
- ◆ r-process 元素合成における崩壊熱 ~1日
- ◆ 50kg級 衛星 Hibari (~3億円)
- ◆ 6U Cubesat (<1億円)

### ◆ 突発天体監視衛星編隊

- 複数の広視野X線監視衛星を別方向に向けて広い天域を監視
- 地上局を介さない衛星間連携通信のために緩い編隊飛行
- Cubesat 規格の既製品、商用地上局網などを活用
- ガンマ線、UV、可視光、赤外など異種編成も可能 (バスは共通、観測装置のみ変える)

