

# 高エネルギー宇宙物理連絡会からの推薦

マスタープラン 2020 へむけて

2018 年 11 月 30 日

## 序文

高エネルギー宇宙物理連絡会（高宇連）は飛翔体を用いて X 線やガンマ線で天体観測する研究者を母体に構成され、天体形成や進化、宇宙の進化、加熱や粒子加速など宇宙に普遍的に存在する高温の宇宙プラズマが重要な役割を果たす宇宙高エネルギー現象の研究を通じ、物理学の根本原理の追求と宇宙でのみ実現するような極限状況の物理の解明を目指している。

高宇連では将来計画検討委員会が「日本が関与する飛翔体を用いた高エネルギー天体物理学のロードマップ検討まとめ [1]」を編纂している。今回のマスタープラン 2020 に該当する大型計画を含む、高宇連の将来計画がまとめられた文書であり、全体の科学の位置付け、および、その中での各計画の役割はそちらを参照いただきたい。

今回、マスタープラン 2020 に向けて LOI が提出された計画のうち、高宇連では、高宇連が中心となって推進する 3 計画（XRISM、FORCE、Athena）と、分野横断の枠組みで高宇連会員が参加して推進している 2 計画（HiZ-GUNDAM、PhoENiX）について推薦を行うこととした。

高宇連のロードマップにおいて高宇連が中心となって推進すると位置付けられているのが、XRISM 衛星、FORCE 衛星、そして Athena 衛星である。X 線精密分光の世界的な流れを切り開くべく日本を中心として開発中の XRISM、そしてこれを発展させる ESA の大型 X 線観測衛星 Athena への日本の参加の流れを機軸とし、この 2 衛星では実現できない重要課題としての高感度硬 X 線観測を目指す FORCE を、XRISM 衛星の次に推進する高宇連の主力ミッションとして位置づけている。

高宇連の重要サイエンスを分野横断的にカバーするのが、HiZ-GUNDAM 衛星と、PhoENiX 衛星である。HiZ-GUNDAM は、光赤天連と高宇連による分野横断型のガンマ線バーストの観測計画であり、2017 年度の JAXA 公募型小型科学衛星で 2 つの候補の一つとして選ばれている。PhoENiX は、太陽研連と高宇連による分野横断型の太陽フレア中の粒子加速を観測する衛星である。

5 計画とも、高宇連の観点からマッチしたサイエンスを掲げ、高宇連の会員が主体的に参加しており、高宇連のロードマップに沿った計画である。また、高宇連会員の人的リソース配分についても各計画の具体化の中で今後適切に調整されると考えている。高宇連が

中心となって推進する3計画(XRISM、FORCE、Athena)は、時系列に沿って遂行すべき重要な計画であると位置づけているため、順位は付与することなくこれらを推薦する。また、分野横断型の2計画(HiZ-GUNDAM、PhoENiX)はいずれも高宇連として重要なが、連携する分野が異なり参加している高宇連会員も異なることから、こちらも順位をつけずに推薦する。5計画のうち、既に予算化されている区分IIに該当するものはXRISMのみである。

以下に、個々の計画に対する推薦理由を述べる。個々の計画のタイムフレームや科学的意義の詳細については、マスタープラン2020のLOIドキュメントを参照されたい。なお、以下は区分ごとにロードマップ上の時系列の順に記載したもので、推薦順位を意味しない。

## 区分II

### ○XRISM (X線分光撮像衛星 X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission)

2016年に打ち上げられ初期運用中の事故によって喪失した「ひとみ」衛星のX線精密分光のサイエンスを早期に回復すべく、日米欧の国際協力のもと開発が進む高宇連の旗艦ミッションである。高宇連からは約70名の研究者がXRISMチームに参画しており、JAXAを中心に設計・開発を進め、2021年度中の打ち上げを提案している。XRISMは「ひとみ」が掲げた科学目標のうち「高温プラズマの観測による宇宙の構造の解明」にフォーカスし、精密X線分光マイクロカロリメータとCCD検出器を焦点面におくX線光学系で構成される。2020年代における世界の高エネルギー宇宙物理学分野を代表するミッションとして、またAthenaへと繋がる国際的なロードマップ上の主軸として、その重要性が認められ、高宇連のロードマップにおいて最優先課題と位置づけられており、高宇連から推薦するものである。計画はすでに実行段階に入っており、打ち上げ、そして、その後の観測に向けてJAXA予算にて精力的に進行中のプロジェクト(区分II計画)である。

## 区分I

### 高宇連が中心となって推進する計画

### ○FORCE (Focusing On Relativistic universe and Cosmic Evolution)

FORCEは1-80 keVの広帯域・高感度観測により、深く埋もれた巨大ブラックホール、中質量ブラックホールや単独の恒星質量ブラックホールなど、様々な階層で、その数と分布が知られていない「ミッシングブラックホール」を検出し、その起源と成長史を明らかにすることで、宇宙の天体形成史を紐解くことを主たる目的とする。「ひとみ」衛星硬X線イメ

ージャなどで示された日本の優れた焦点面検出器技術と、米日共同で開発する高角度分解能硬 X 線望遠鏡を組み合わせた科学衛星計画であり、高宇連の会員が多数参加している。「ひとみ」衛星で失われ、XRISM では実現できない「最高精度の広帯域観測」を担う高感度硬 X 線観測の早期復活・発展は高宇連の中でも望む声が強く、XRISM の後、2020 年台後半に、高宇連の会員が主体となって開発する X 線衛星として高宇連のロードマップへの掲載が合意された計画である。JAXA の公募型小型への提案を目指している。よって、マスタープラン 2017 に引き続きマスタープラン 2020 への掲載にむけ高宇連から推薦するものである。

### ○Athena

欧州(European Space Agency)主導の計画であり、現時点で 2030 年代の打ち上げが確定している世界的に唯一の大型 X 線天文衛星計画である。通常物質(バリオン)がどのように集積して今日の大規模構造を形成したのか、ブラックホールはどのような形成史を経て今日の姿を示すのか、という宇宙物理の中心課題に挑戦する。現時点で 32 名の高宇連会員がサイエンスの議論と観測装置(X 線望遠鏡と焦点面検出器)のコンセプトスタディに参加している。その結果、二つの焦点面観測装置の中で、X 線マイクロカロリメータを用いた精密 X 線分光および撮像を担う X-IFU は、日本の参加なくして成立しないことが明らかになっている。冷凍機技術は、LiteBIRD や SPICA などにも応用可能な日本の重要な技術であり、宇宙科学研究所は Cooling chain core technology program に参加し、ミッション横断型技術と位置づけて開発を進めている。本計画は、XRISM に続く精密 X 線分光の流れに乗った最優先課題として合意形成がとれている。マスタープラン 2017 に引き続きマスタープラン 2020 への掲載にむけ高宇連から推薦するものである。

## 分野横断型の計画

### ○HiZ-GUMDAM (High-z Gamma-ray bursts for Unraveling the Dark Ages Mission)

本計画の第一の科学目標は  $z > 7$  以上の初期宇宙の探査であり、ガンマ線バーストを観測することで初代星・ブラックホールの形成、宇宙再電離、宇宙化学進化史の解明を目指す。また、重力波現象など多種の高エネルギー突発天体観測に威力を発揮する。これらは、高エネルギー宇宙物理の究極目標である「宇宙の来し方行く末」や「極限物理」の理解に直結し、その科学的価値は、高エネルギー宇宙物理分野のみならず理論系を含む幅広い分野の研究者から理解・支持されている。搭載観測装置への技術的な貢献が大きな高宇連・光赤天連が中心となって分野横断型の計画として推進すべき課題であることが合意されており、高宇連からは 12 名が参加している。本計画は学術会議のマスタープラン 2017 に採択され、その後、宇宙科学研究所の 2017 年度の公募型小型衛星にミッションコンセプト案が

採択された2計画のうちの1つである。本計画は、光赤天連および高宇連の会員が推進しており、光赤天連との分野横断型の計画として推薦すべきと考える。

#### ○PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal Plasmas in the X-region)

本計画は、磁気再結合に伴う粒子加速の理解を深めるべく太陽フレアの X 線観測とガンマ線偏光観測を行う。磁気再結合に伴う粒子加速は太陽系だけでなく、宇宙の多くの高エネルギー現象と関係する重要問題と考えられており、高宇連の進めるべきサイエンスの1つと考えられる。本計画には粒子加速に関心を持つ研究者、および、それを検証するための観測装置の開発を行う研究者が20名以上参加している。また、「ひとみ」衛星で失われ、XRISM 衛星で実施できない高感度軟ガンマ線観測の実現を目指すことは高宇連の中で合意が取れており、本衛星計画の搭載機器の1つである高感度軟ガンマ線偏光器は、こうした高宇連のロードマップにも沿ったものである。JAXA の公募型小型衛星への提案を目指している。本計画の主要部分は太陽研連の会員が推進しているが、高宇連会員も重要な役割を果たしているため、太陽研連との分野横断型の計画として推薦すべき計画と考える。

[1]: <http://www.astro.isas.ac.jp/activity/2018/高宇連第二期将来検討委員会報告書.pdf>