

## 松本浩典 (名古屋大学KMI), 他Athena WGメンバー

### Abstract:

2013年11月、European Space Agency (ESA)は2028年打ち上げの大型ミッション(L2)の科学目標として、“The Hot and Energetic Universe”を採択した。これは、「どのようにして物質が集まり、今日のような大規模構造になったのか?」「どのようにしてブラックホールは成長し、宇宙を形作るのか?」の解明を目指すものである。この科学目標を達成するには、 $z \sim 2$ の銀河団ガスを空間分離して分光観測出来ること、 $z \sim 6 - 10$ のブラックホールからのX線を検出しその進化を明らかにすること、が必要となる。このためのX線天文衛星がAthena = Advanced Telescope for High-Energy Astrophysicsである。Silicon Pore Optics (SPO)を利用した、焦点距離12m、口径3mの軽量大面積望遠鏡、空間分解かつ詳細分光を可能にするTESカロリメーターを利用したX-ray Integral Field Unit(X-IFU)、広視野での観測を可能にするDEPFETを利用したWide Field Imager (WFI) が搭載される。角度分解能は5秒角、エネルギー帯は0.3–12keV、エネルギー分解能は1.5eV@6keV、有効面積は2m<sup>2</sup>@1keVが見込まれる。

### 1. はじめに

2013年3月、European Space Agency (ESA)は、Cosmic Vision Programにおける、2番目と3番目の大型ミッションで行うべきサイエンステーマの募集を行った。2013年11月、2028年打ち上げ予定の2番目の大型ミッション (L2) で行うテーマとして、“The Hot and Energetic Universe” が選出された (2034年打ち上げ予定のL3ミッションには“The Gravitational Universe”というテーマが選出されている)。このテーマを追求するべく構想されている衛星が Advanced Telescope for High-Energy Astrophysics (Athena) である。2014年6月、Athenaは L2として公式に採択され、現在 study phaseに入っている。2019年頃に予定される mission adoptionまで、ミッションのデザイン、コストに関する調査が進められる。Mission adoptionの後、実際の衛星製作が始まる。

### 2. The Hot and Energetic Universe

サイエンステーマ“The Hot Universe”とは、「どのようにして物質が集積し、今日の大規模構造へと集積したのか」という問いに答えようとするものである。このためには、 $z \sim 2 - 3$ から現在に至るまでの銀河団・銀河群の進化を明らかにしなければならない。銀河団・銀河群の高温ガスは、近傍宇宙でのバリオンの主要成分であるから、この成分の進化の解明が究極の目標である。

一方、“The Energetic Universe”とは、「どのように巨大ブラックホールは成長し、宇宙を形作ってきたのか」を解明しようとするものである。このために、 $z \sim 6 - 10$ の銀河の中心にある巨大ブラックホールをX線で探し出し、光度関数の進化などを明らかにしなければならない。また、銀河形成には、巨大ブラックホールからのエネルギー注入、すなわちフィードバックが大きな影響を持つことが知られている。X線観測によって、ブラックホール周辺からどのようにアウトフローが立ち上がり、銀河や銀河団へエネルギーと物質を運ぶのかを明らかにしなければならない。

### 3. Advanced Telescope for High-Energy Astrophysics (Athena)

Athenaは、これらのテーマに挑戦するために十分な有効面積、角度分解能、視野を持つX線天文衛星である。

Silicon Pore Optics (SPO) を用いた、焦点距離12mのX線望遠鏡を搭載する。E=1keVのX線に対して約2m<sup>2</sup>の有効面積、角度分解能5秒角 (HEW)、直径40分の視野を持つ。

焦点面には、2台の検出器が搭載される。一つは、エネルギー分解能約5eVで撮像可能なTESマイクロカロリメーター X-ray Integral Field Unit (X-IFU)である。ASTRO-H Soft X-ray Spectrometer (SXS) と比較して、角度分解能は2倍良、視野は1.7倍広、画素数は107倍になっており、ASTRO-H SXSの発展版と言える。もう一つ穂検出器が、DEPFETを用いた Wide Field Imager (WFI) である。直径視野40分を誇り、暗いAGNの検出などに威力を発揮する。

Athena衛星の概要を図1に、WFI、X-IFUのシミュレーションを図2に示す。

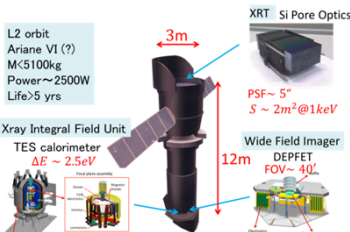


図1: Athenaの概要

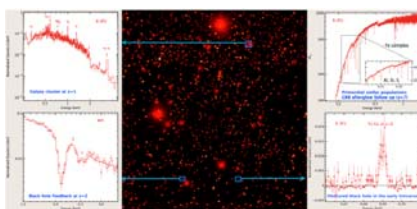


図2: 中央はAthena Wide Field Imager (WFI) による、blank sky の deep observationのイメージのシミュレーション。周囲の4つは、X-ray Integral Field Unit (X-IFU) による高分解能スペクトルのシミュレーション。

### 3. Athena のスケジュール

図3には、打ち上げまでのAthenaのスケジュールを示す。2015年より assessment phaseが始まる。2019年のmission adoptionまでは、機器のfeasibilityやコストの検討が続けられる。

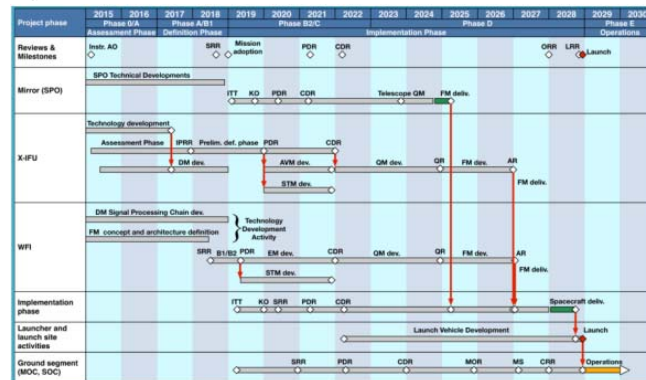


図3: Athenaスケジュール

### 4. Athena に関する日本グループの活動報告

X線天文学は飛翔体による観測が不可欠であるので、観測実行機会は限られてしまう。高エネルギー宇宙物理学連絡会 (高宇連) には、常に世界のどこかで観測が実行できるように気を配り、もし観測機会があるなら、それをより良いものにしていこう義務がある。ESAがL2ミッションとして正式にAthenaを採択したことを受け、2014年3月に、高宇連としてAthenaをサポートする事を決定した。1990年代半ばから、Athenaの前身のプロジェクトであるXEU, IXO 計画に、日本は強くコミットし続けてきたことも背景にある。

2014年5月28日には、Athena Coordination Group Memberである K. Nandra (MPE, Germany), D. Barret (IRAP, France), A. Fabian (Cambridge, UK), L. Piro (IASF, Italy) を日本に招き、高宇連Athena説明会を開催した。2014年8月23, 24日の高宇連将来計画討論会で議論を重ね、2014年12月16日の高宇連将来計画討論会において、Athena assessment phaseへの参加を正式に承認した。

2014年10月に、Concurrent Design Facility (CDF) study が終了し、現在構想中のAthenaは、国際協力があれば実現可能であることが明らかになった。日本には、冷凍機関係他での協力が強く期待されている。

2014年10月に、X-IFU proto-consortium と議論を行った。Mission adoptionまでの短期的共同研究、打ち上げまでを念頭においた長期的共同研究について議論を行い、短期的には、日本がX-IFUシステム全体の設計に参加し、冷凍機関連の一部のdemonstration model を共同開発することで合意を得た。

X-IFU以外のWFI, 地上局などに関する議論は現在進行中である。

Assessment phaseにおけるサイエンス面からの議論をリードするために、Athena Science Study Team (ASST) が設置された。メンバーは、K. Nandra (MPE, Germany), D. Barret (IRAP, France), L. Piro (INAF, Italy), J.W. den Herder (SRON, Netherlands), X. Barcons (CSIS, Spain), A. Fabian (Cambridge, UK), A. Decourchelle (CEA, France), B. R. Willingale (Leicester, UK), C. R. Smith (SAO, USA) と、日本から参加の松本 (名大) の10人である。

表1: Athena Science Working Group Science Working Groups

ASSTをサポートするために、さらにいくつかのサブグループからなるscience working group が設置された (表1)。ESA, NASA, 高宇連の各組織それぞれで公募を行い、高宇連からは各サブワーキンググループに数名、合計26名の研究者をESA側に推薦している。