

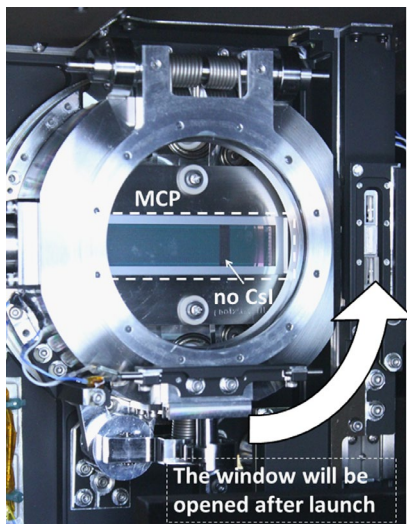
HW0の参画を見据えた 紫外線観測技術の開発状況について

2026年4月23日

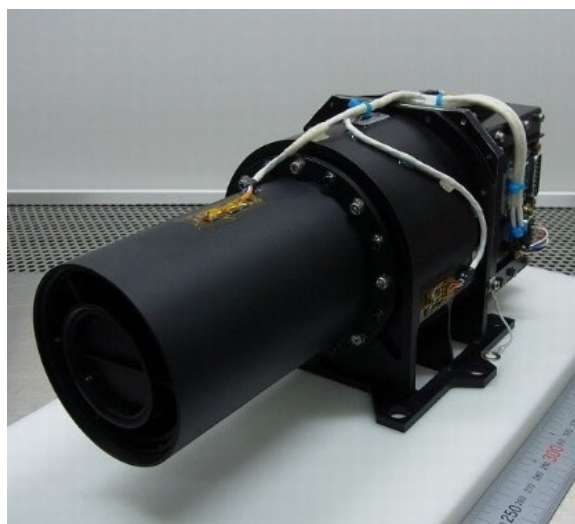
宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所

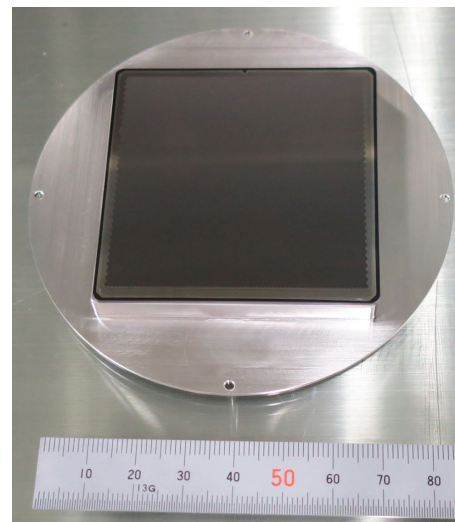
- 日本はこれまでに飛翔体による紫外線観測において豊富な実績がある(次ページ)。国内で開発を進めてきた高効率の紫外線検出器や面分光装置の主要な光学素子であるイメージライサ・回折格子の技術は世界トップレベルであり、高く評価されている
- 2025年7月に開催された研究会(HWO25)で、紫外線面分光装置を主要機器とすることが公表され、日本の強みである紫外線技術を活用し、面分光装置を中心とした紫外線装置パッケージを担当する可能性を含めて装置検討を加速している。
- 2029年のMission Concept Reviewに向け、技術のフロントローディングの活動により、キー技術となる大型検出器の開発、光学素子の開発を昨年度より開始した。



ひさき衛星に搭載された紫外線検出器
[Yoshioka+2013]

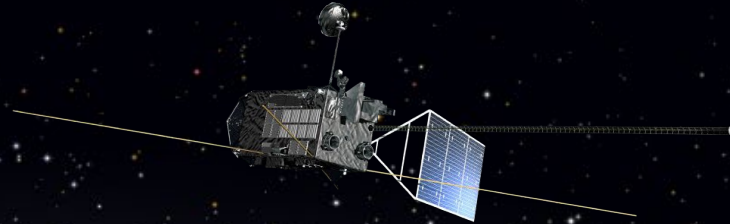


超小型探査機PROCYONに搭載された紫外線カメラ
©立教大学



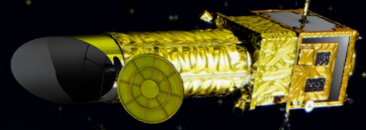
紫外線検出器の大型化に向けて開発中のMicro Channel Plate (MCP)
©立教大学

日本の宇宙科学ミッションによる紫外線観測



Kaguya/UPI-TEX (2007-2009)

LAPYUTA (検討中)



Hisaki/EXCEED (2013-2023)



太陽系探査

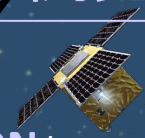
主要観測技術として
継続的な開発

宇宙望遠鏡

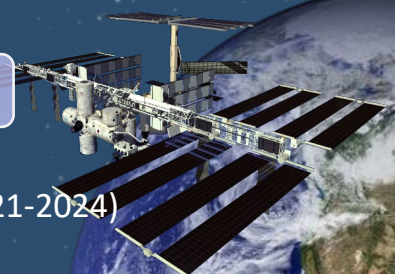


Nozomi/UVS (1998-2003)

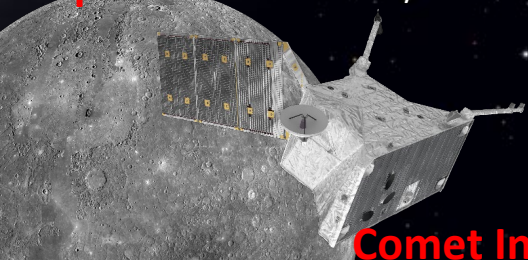
PROCYON/LAICA (2014-2015)



ISS-JEM/IMAP-EUVI (2012-2015)



BepiColombo-MPO/PHEBUS (2018-)



地球上層大気

EQUULEUS/PHOENIX (2021-2024)



Comet Interceptor/HI (2029-)

紫外線（特に遠紫外線・極端紫外線）領域の観測装置開発には豊富な実績があり、国内だけでなく海外の探査計画(赤字)にも日本から提供した紫外線観測装置が搭載されている

HWOへ日本から提供する紫外線観測装置により、「地球類似惑星・生命を持つ惑星、そして、それを有する恒星系はどのようにできたのか？」という問いを追求し、地球そして人類の宇宙における普遍性/特殊性に迫る。

生命誕生・進化に必要な環境はどのように形成されるのか？

■ 氷衛星表層からの物質噴出現象から地下海環境に迫る

太陽系天体 氷衛星は表面が氷に覆われているが内部には液体の水(地下海)があると考えられる。そこには地球生命が誕生した場所の候補となっている熱水環境が存在する可能性がある。ハッブル宇宙望遠鏡でエウロパ表層からの噴出現象を示す観測結果が得られており、HWOの紫外線面分光装置ではさらに解像度を上げ、物質放出機構を明らかにし、内部海環境推定を目指す。

■ 太陽系内・系外地球型惑星の大気環境進化

太陽系の地球型惑星では過去に大規模な大気流出が起き、その結果として、金星、地球、火星の大気は大きく異なっており、地球だけが海洋を保持している。近年発見されている太陽系外の地球型惑星のうち、太陽より温度の低い赤色矮星系の惑星では、主星の強いX線・極端紫外線放射を受け大規模な大気流出が起きると予想されている。HWOの紫外線高分散分光装置により水素・酸素・窒素・炭素といった地球型惑星大気的主要元素の大気流出現象の観測を実現する。

■ 銀河の形成・物質循環過程

銀河観測を通して宇宙における銀河の形成と進化過程の解明を目的とし、特に、銀河内での星形成の仕組みやその時間的変化を詳しく調べる。また、銀河の周囲に存在するガスの流入や流出を観測し、銀河における物質循環過程の解明を目指す。さらに、銀河中心の巨大ブラックホールと銀河の成長との関係を調べる。これらの観測を通して、宇宙の構造形成や暗黒物質の影響を探る。

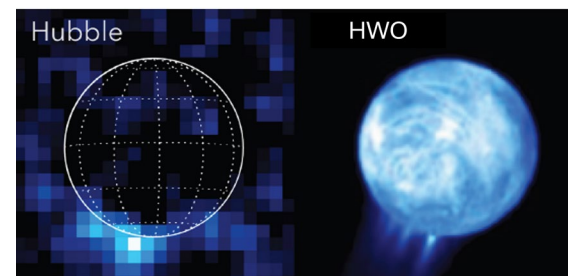


図1 エウロパ表面からの物質噴出
HWOの高解像度観測により、放出過程の解明を目指す

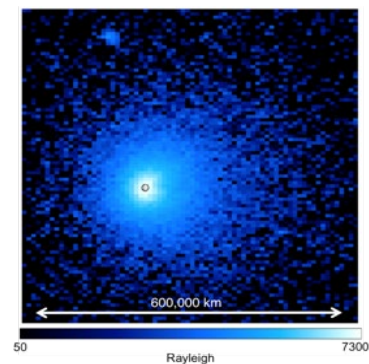


図2 遠方まで広がる地球の水素原子大気[Kameda+17]
大規模な大気流出現象が起きていればより大量の大気が惑星周辺に存在する

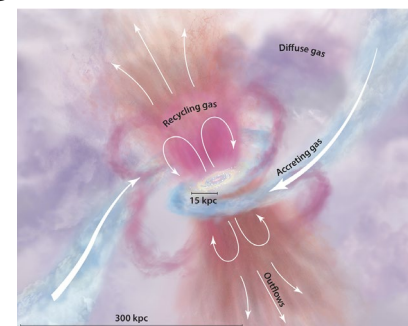


図3 銀河周辺ガスの流入・流出のイメージ

[Tumlinson+17]



HWOの搭載装置には高い性能が要求される。主要な技術的課題は下記のとおり

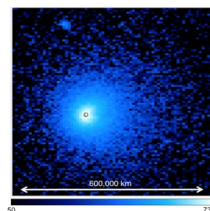
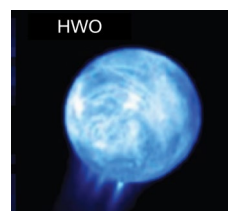
- **紫外線面分光装置**：暗い紫外線を捉えられる高い検出効率に加え、HWOの大口径を生かした高い空間分解能を実現しつつ、太陽系天体や銀河など広がった天体の観測のために必要な広い視野の確保が求められる
- **紫外線高分散分光装置**：太陽系外地球型惑星の大気流出現象を捉えることを可能とするために、高い検出効率と高い波長分解能を実現しつつ広い波長範囲を持つことが必要

要求性能(検討中)

	面分光装置	高分散分光装置
空間分解能	0.03秒角	<0.5秒角
視野	> 3秒角 x 3秒角	0.5秒角 x 4秒角
波長分解能 $\lambda/\Delta\lambda$	5000	120,000
波長範囲	100-350 nm	100-350 nm

主要な技術開発項目

- **大型・高効率検出器**
 - ・ 120mm \square の検出面積を持つ
 - 高効率(テーパ型)MCPの実現
 - ・ 多画素検出器での高速な光子計数
- **短波長(100 nm-) 対応光学素子**
 - ・ 100 nmに対応するAl-LiFコーティング
 - ・ 新型コーティングを施した回折格子
 - イメージスライサの実現

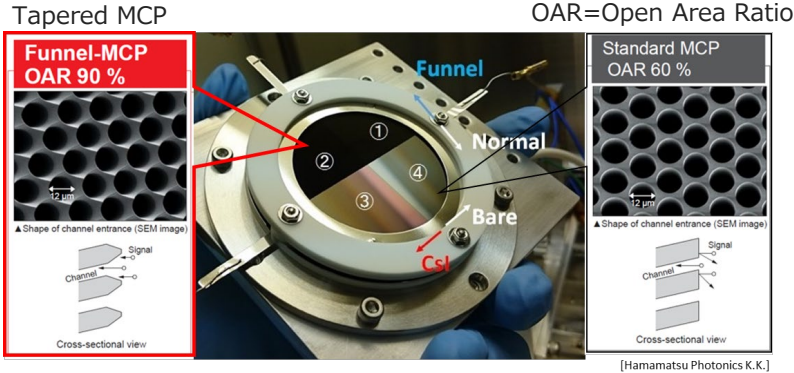


紫外線面分光装置・高分散分光装置の開発状況



キー技術：遠紫外・極端紫外用テーパ型MCP検出器

開発状況：進行中



課題1: MCPの大型化

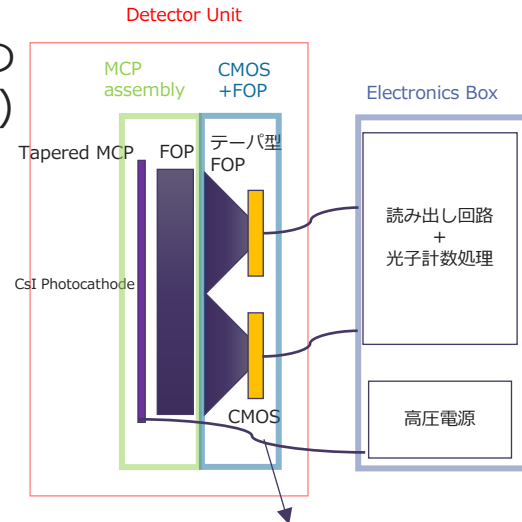
要求される120mm□の実現に新規設備が必要
(現有設備では80mm□が限界)

課題2: 多画素・高フレームレートでの光子計数

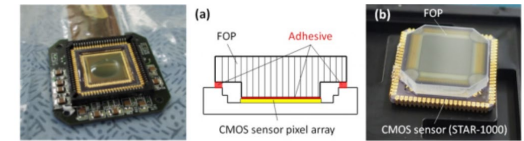
CMOSイメージセンサによる多数の光子イベント検出をリアルタイム処理で実現する

イオン検出のために国内開発された高効率のテーパ型マイクロチャンネルプレート(MCP)

[Matoba et al 2011 Jpn. J. Appl. Phys]



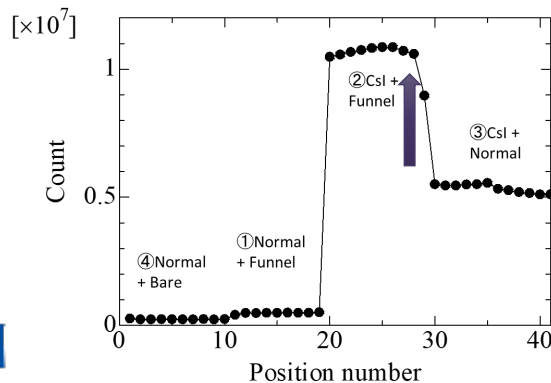
MCPで生成される電子雲を蛍光面で可視光に変換し、Fiber Optic Plate (FOP)を通してCMOSイメージセンサで位置検出を行う。光子計数のための高速処理が必要となる。



[Murakami+2016SPIE]

→振動・温度試験を完了

紫外線用光電面CsIを追加し、世界トップクラスの量子効率を達成



海外製のCMOSイメージセンサから国産の新型センサ(多画素・高速)への移行を検討中





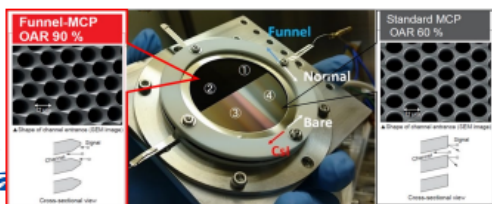
- 日本は、宇宙での紫外線観測技術について、多くの実績を有している。一方、大口径の宇宙望遠鏡を単独で開発することはできていない。HWOは今後数十年にわたって紫外線に対応する最大の宇宙望遠鏡となり、日本の観測技術を最大限に生かすことができる絶好の機会である。
- HWOの主要搭載機器である紫外線面分光を含む大型観測装置の提供に向けた検討を進めている。紫外線面分光に必要となる主要部である検出器・光学素子は国産技術が世界トップレベルにあり、これらの技術による貢献が期待されている。
- HWOにより地球類似惑星の発見が期待されている。日本から提供する紫外線観測装置により、「地球類似惑星・生命を持つ惑星、そして、それを有する恒星系はどのようにできたのか？」という問いを追求し、地球そして人類の宇宙における普遍性/特殊性に迫る。

引用：第69回宇宙科学・探査小委員会

【参考】START参画を通じた日本の貢献例（主要技術一覧）

紫外線面分光装置・高分散分光装置(第4の装置候補(P8)として検討)

キー技術	担当機関 (想定)	概要
検出器	立教大学、 JAXA他	従来型から効率を向上させた国産のFunnel型MCP検出器。要求となっている検出面サイズ□120mmに対し、□80mmが達成できており、設備更新によって実現できる見込みが得られている。試作・性能試験を2028年度中頃までに完了する。日本から提供する装置内での使用に加え、NASA側担当機器内での使用も検討されている。
イメージスライサー	立教大学、 JAXA他	80エレメントで視野を80分割する。 国産で26分割の製品実績があり、80分割も実現可能の見込み。試作・性能試験を2027年度中に完了する。
回折格子	立教大学、 JAXA他	溝本数2000本/mm程度の非球面回折格子。WSO-UVの開発品やLAPUTA向けに開発中の国産製品と同等性能。 試作・性能試験を2027年度中に完了する。
短波長用コーティング	JAXA他	100nmに対応する反射コーティング。LAPUTA向けに開発中。イメージスライサーと回折格子に必要となる。 2026年度中頃までに最適な成膜条件を確立する。



Funnel型MCP



イメージ
スライサー



WSO-UV用
回折格子