The Life-environmentology, Astronomy, and PlanetarY Ultraviolet Telescope Assembly (LAPYUTA) mission

Fuminori Tsuchiya (Tohoku-U)
Atsushi Yamazaki, Go Murakami (ISAS)
LAPYUTA pre-project team

1. Summary of the proposal

- Earth orbiting ultraviolet (UV) space telescope (λ=110-190nm, Φ60cm)
- A pre-project candidate of JAXA's M-class mission (公募型小型)
- The next milestone: down selection in 2026 (TBD)
- Target launch year for the LAPYUTA team: 2033 (TBD)

High sensitivity & resolutions comparable with HST & dedicated platform for selected target

- Four Scientific Objectives

(1) Habitable environments in the solar system
(Jupiter's icy moons & Mars/Venus)

(2) Exoplanet atmosphere

(3) Formation of present-day galaxy

(4) Origin of the heavy element

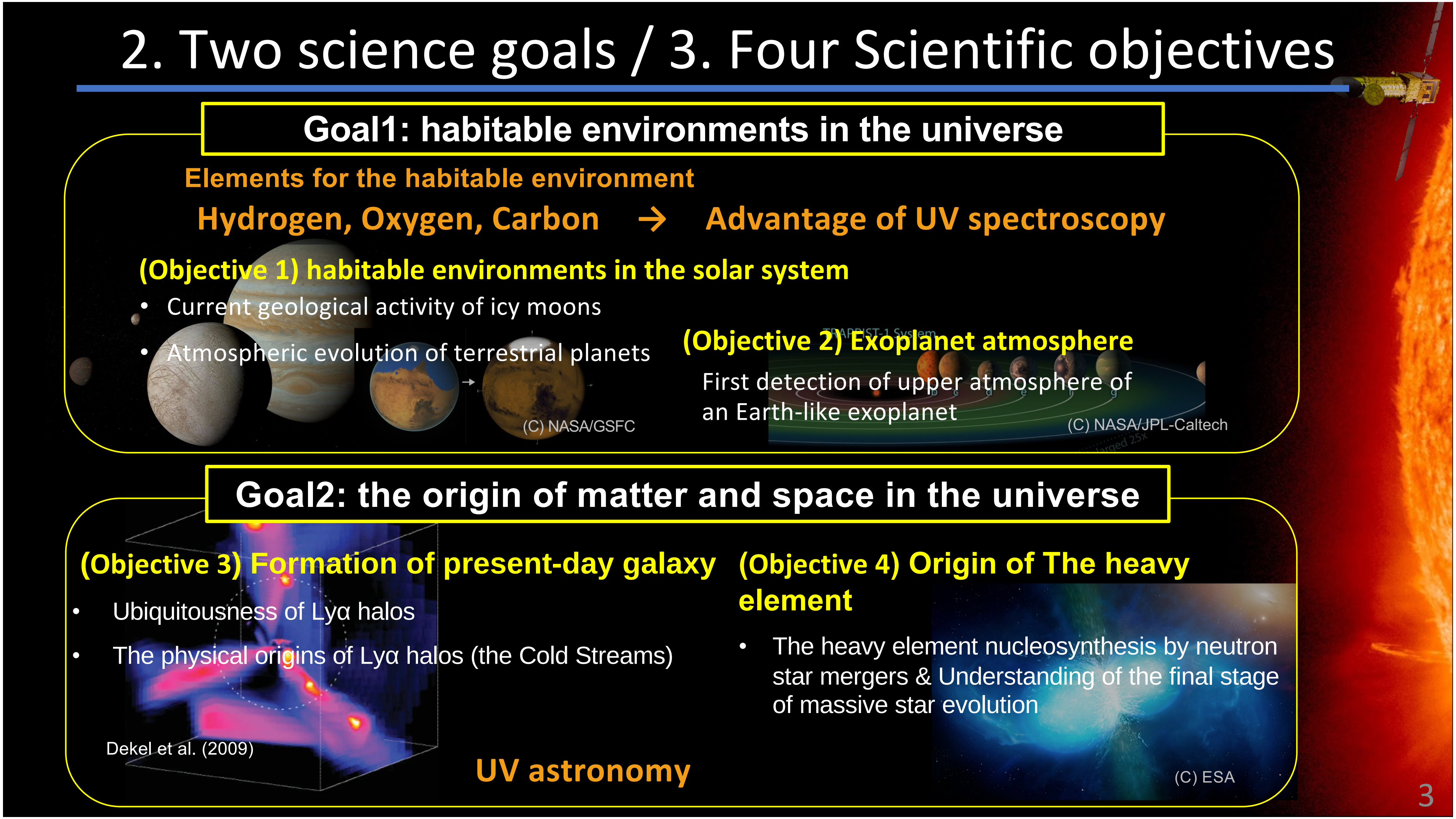
- Why NAOJ ?

Possible collaborations/ supports

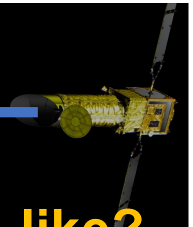
(1) Telescope design, review & test

(2) Data center/Science center functions

(3) Scientific activities


2. Two science goals / 3. Four Scientific objectives
Goal1: habitable environments in the universe
Elements for the habitable environment
Hydrogen, Oxygen, Carbon → Advantage of UV spectroscopy
(Objective 1) habitable environments in the solar system
• Current geological activity of icy moons
• Atmospheric evolution of terrestrial planets
(C) NASA/GSFC
(Objective 2) Exoplanet atmosphere
First detection of upper atmosphere of an Earth-like exoplanet
(C) NASA/JPL-Caltech
Goal2: the origin of matter and space in the universe
(Objective 3) Formation of present-day galaxy
• Ubiquitousness of Lyα halos
• The physical origins of Lyα halos (the Cold Streams)
Dekel et al. (2009)
UV astronomy
(Objective 4) Origin of The heavy element
• The heavy element nucleosynthesis by neutron star mergers & Understanding of the final stage of massive star evolution
(C) ESA
3

4. Science Investigations(計画が実施する研究)

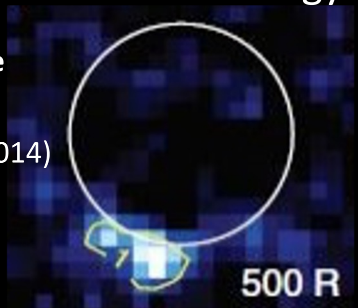


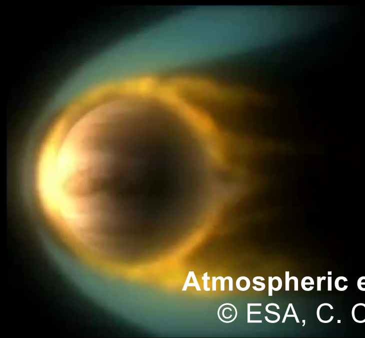
[1-1] Icy moons of giant planets: a second habitable environment

Physical properties of water plumes and auroras
- Current geological activity of icy moons
- Supply of chemical energy to moons

Water plume on Europa

(Roth et al. 2014)





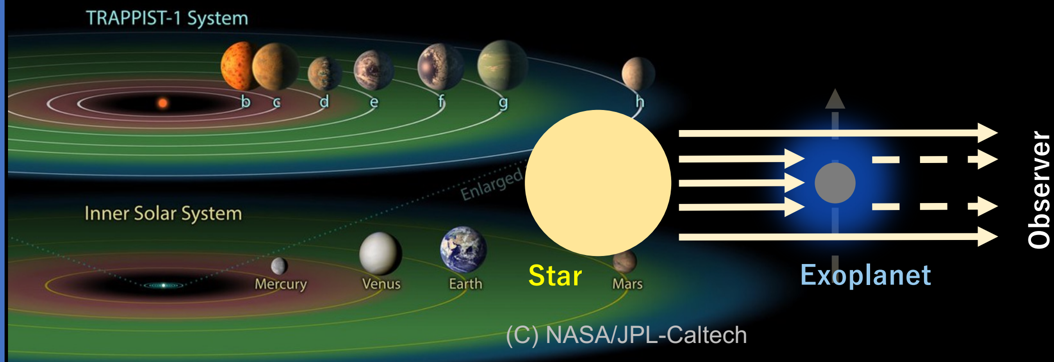
Atmospheric escape
© ESA, C. Carreau

[1-2] Atmospheric escape of Venus & Mars: Atmospheric evolution

Global observations of H, O, and C
Ongoing atmospheric escape
& response to Sun and atmospheric variability

Atmospheric escape under past solar conditions
Extension the knowledge to exoplanet

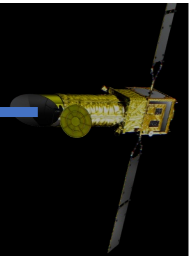
[2] Exoplanetary Atmospheres: Planets in the habitable zone Earth-like?



Transit observation with Ultraviolet Spectroscopy:
Detection of upper atmosphere of terrestrial planets

(1) First detection of expanded upper atmospheres (**O, C**)
→ Discovery of habitable planet candidates
(2) First detection of a large outflow atmosphere (**H**)
→ understanding of planetary evolution
(runaway greenhouse, etc.)
(3) High-energy radiation from central stars
(stellar flares, CME, etc.)
→ understanding of direct effects on atmospheres

4. Science Investigations(計画が実施する研究)

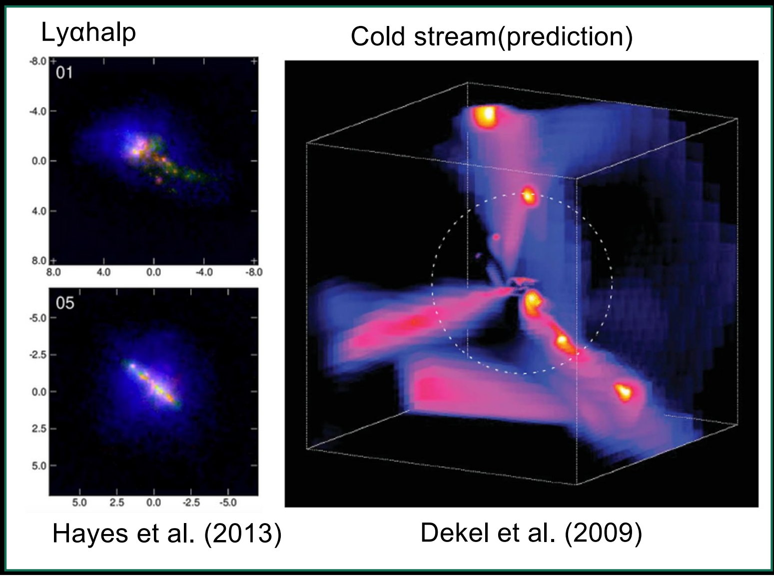


[3] Formation of present-day galaxy

Ubiquitousness of the Galactic Lyα Halo
- Presence of the Lyα halo in galaxies today?

Large-Scale Structure of the Universe
~First Detection of "Cold Streams" in Galaxies
- Physical origin of the galactic Lyα halo.

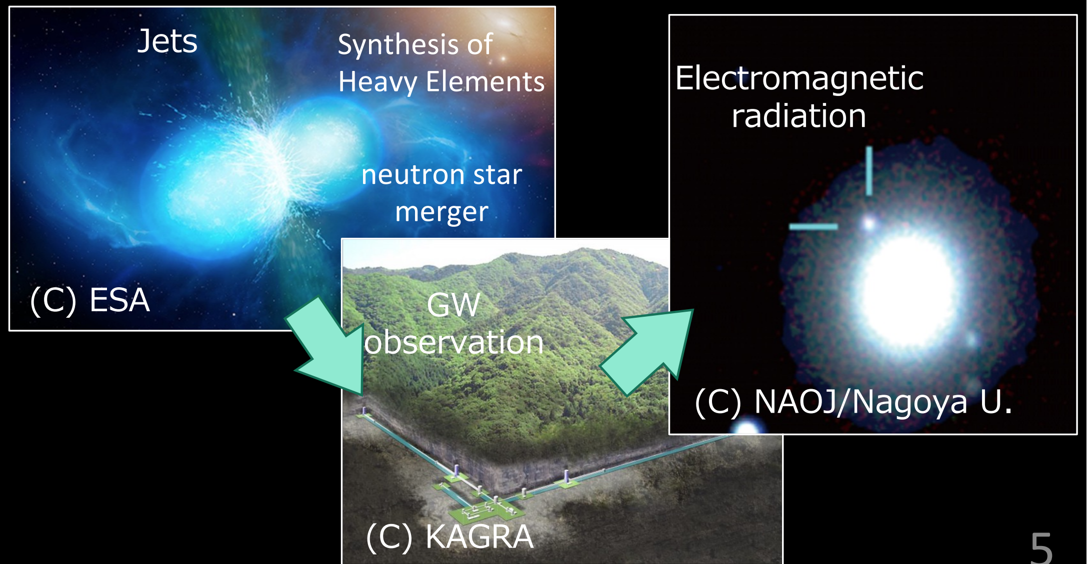
-Basic structure of the material around galaxies.
-Verification of the galaxy formation process.
-Obtain ultraviolet atlas of galaxies.



Hayes et al. (2013) Dekel et al. (2009)

[4] Origin of The heavy element

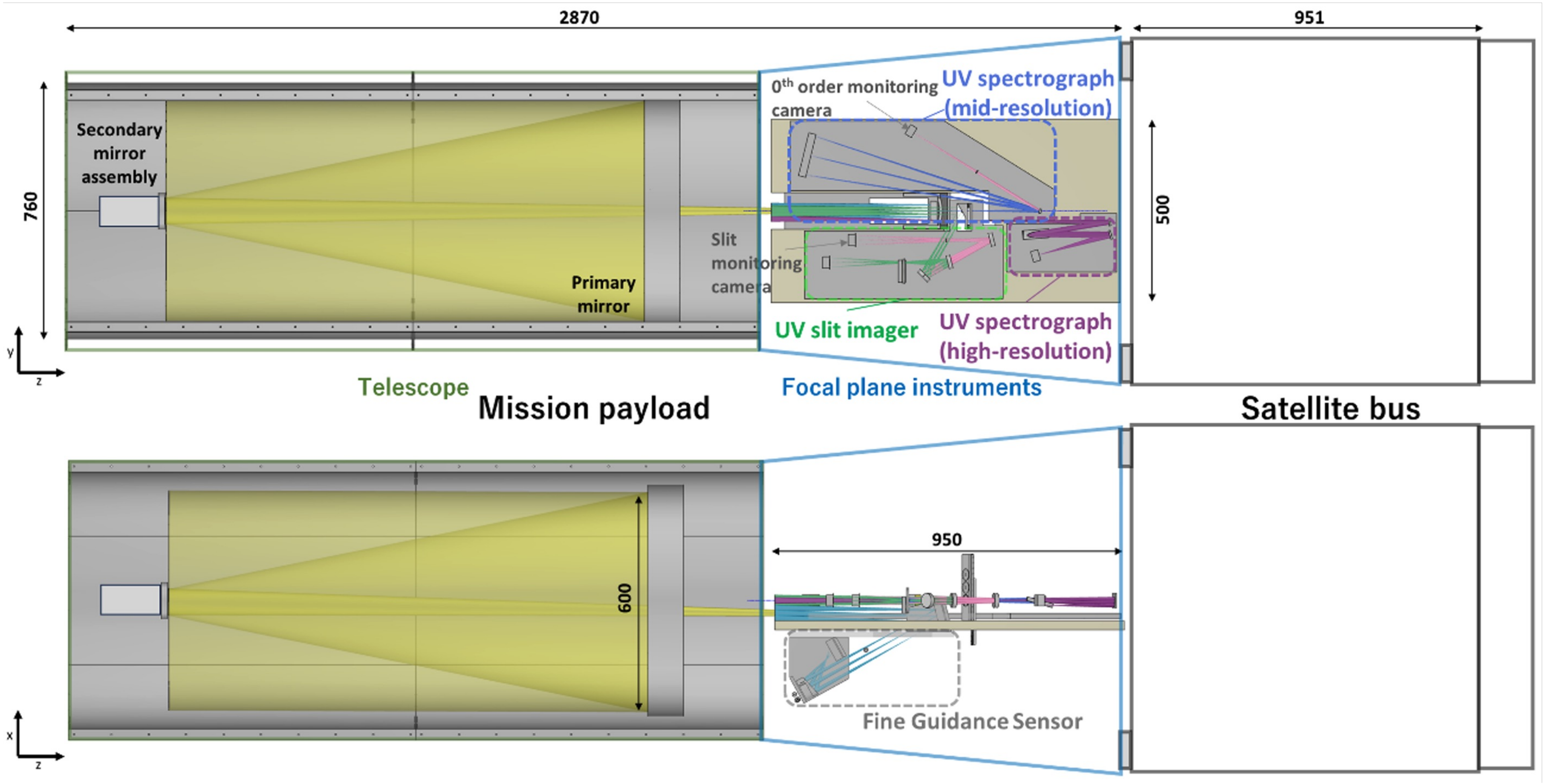
Era of "Multi-messenger Astronomy"
Observation of total spectral distribution of the radiation and its time evolution from neutron star mergers (within 3 hours from discovery)
- Understanding the Origin of Heavy Elements
- Overall Picture of the Synthesis of Heavy Elements



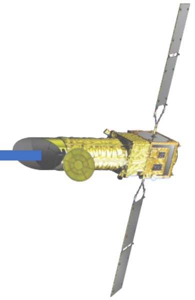
5. Instruments and data to be returned
（装置と最終獲得データ）

Mission payload:
A telescope＋ focal plane instruments

- Mid-resolution spectrograph (MRS)
- High-resolution spectrograph (HRS)
- UV slit imager (UVSI)
- Fine guide sensor (FGS)



5. Instruments and data to be returned
（装置と最終獲得データ）



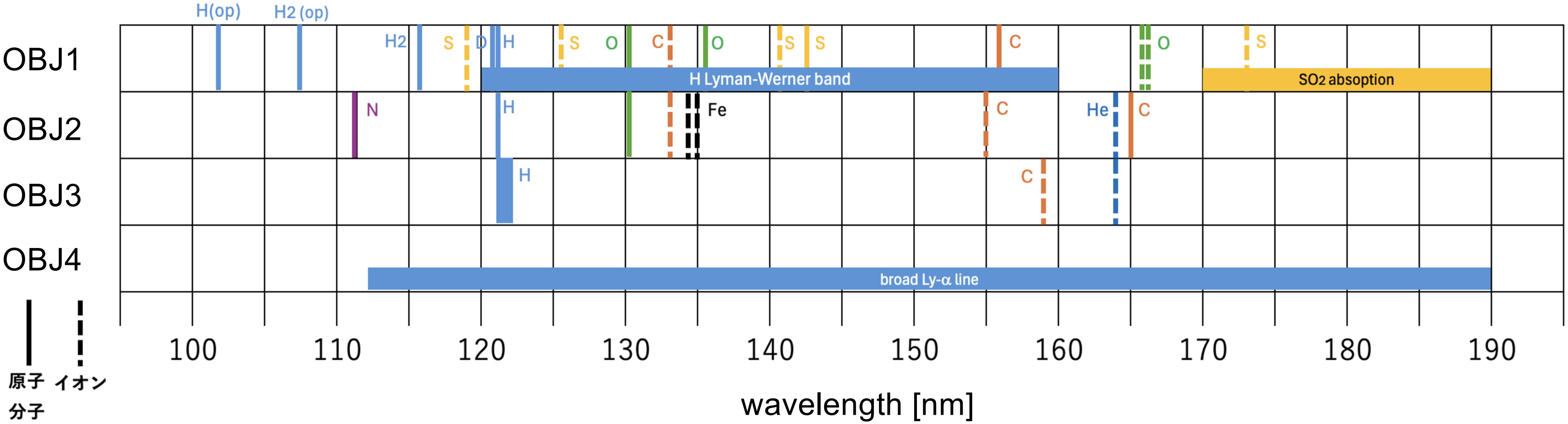
Spectrograph data

- FOV：**100 arcsec**
- Spectral range：**110-190 nm**
- Spatial resolution：**0.1 arcsec**
- Spectral resolution
  Mid-resolution: 0.02 nm (**6,500**)
  High-resolution: 0.003 nm (**43,000**)

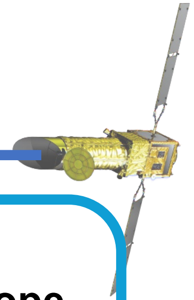
Imaging data

- FOV：**180 arcsec**
- Spectral range：**110-190 nm**
  Six bands selectable with filter wheel
- Spatial resolution：**0.2 arcsec**

Spectral lines in 110nm-190nm（option：>100nm）



6. Originality and international competitiveness



<High sensitivity>

12% end-to-end throughput (@130 nm)

<Fine angular & spectral resolutions>

- 0.1 arcsec (diffraction limit) angular resolution
 with ”pointing fluctuation cancelling system”

- $\lambda/\Delta\lambda$ = 6,000 or 43,000 @ 130nm

With the high sensitivity and high resolutions

comparable sensitivity with HST, LAPYUTA enables

- Dedicated platform for selected targets with enough observation time (OBJ 1-3)
- Time of opportunity (ToO) operation (within 3 hours from trigger signals) (OBJ 4)

HST

Proposal-based observatory

UVEX

Survey type telescope

Wide field
H Ly-α (only spectroscopy)
ToO capability

LAPYUTA

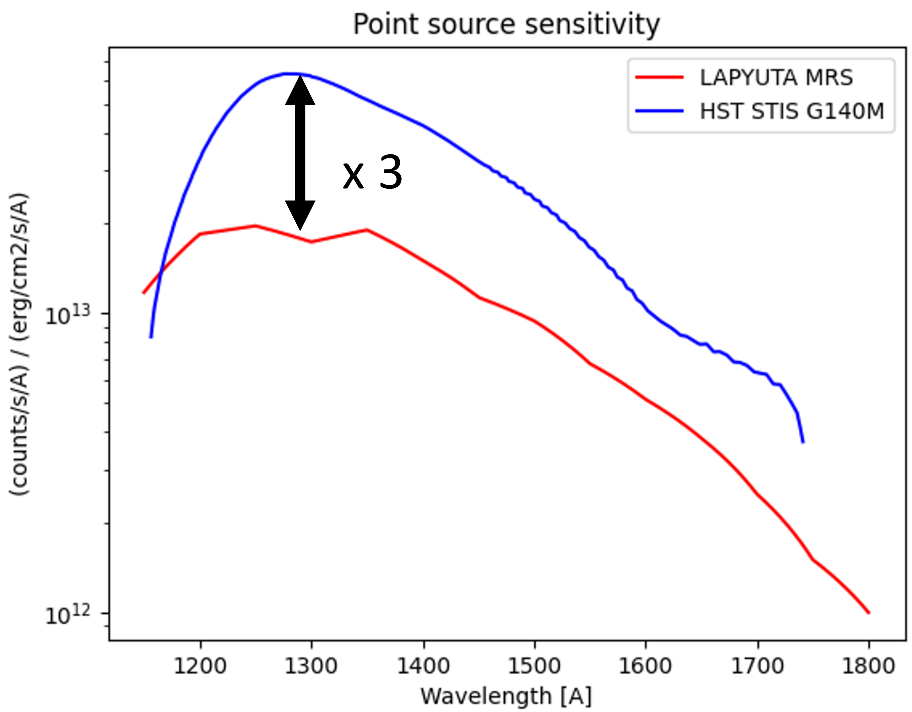
Dedicated platform for selected targets

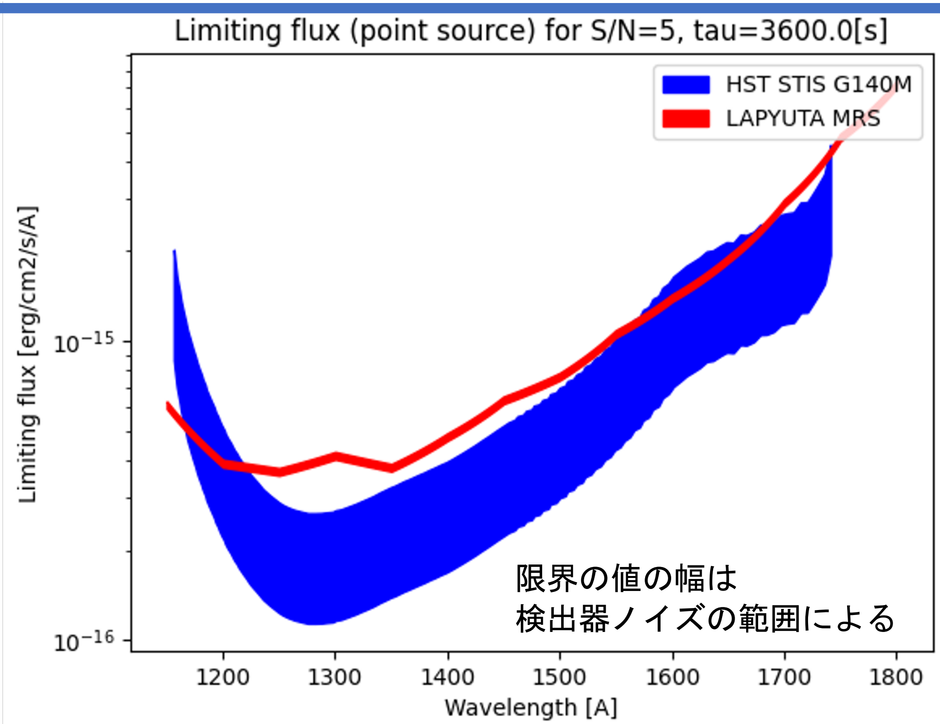
High resolutions (spatial & spectral)
Monitoring capability
H Ly-α (both spectroscopy & imaging)
ToO capability

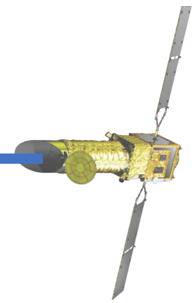
Beyond LAPYUTA → HWO

Key technologies developed by LAPYUTA (large format detector, grating, & mirror coating for UV) will be applied for HWO.

6. Originality and international competitiveness







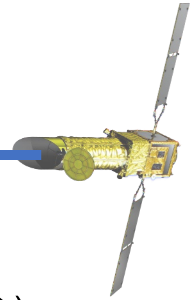
<u>HST(STIS G140M) vs. LAPYUTA(MRS)</u>

- Primary mirror diameter
  HST: 2.4m, LAPYUTA: 0.6m (x1/16)
- Throughput
  HST (STIS G140M): 2%, LAPYUTA (MRS): 12% (x 6)

<u>Comparable with the current HST/STIS performance</u>

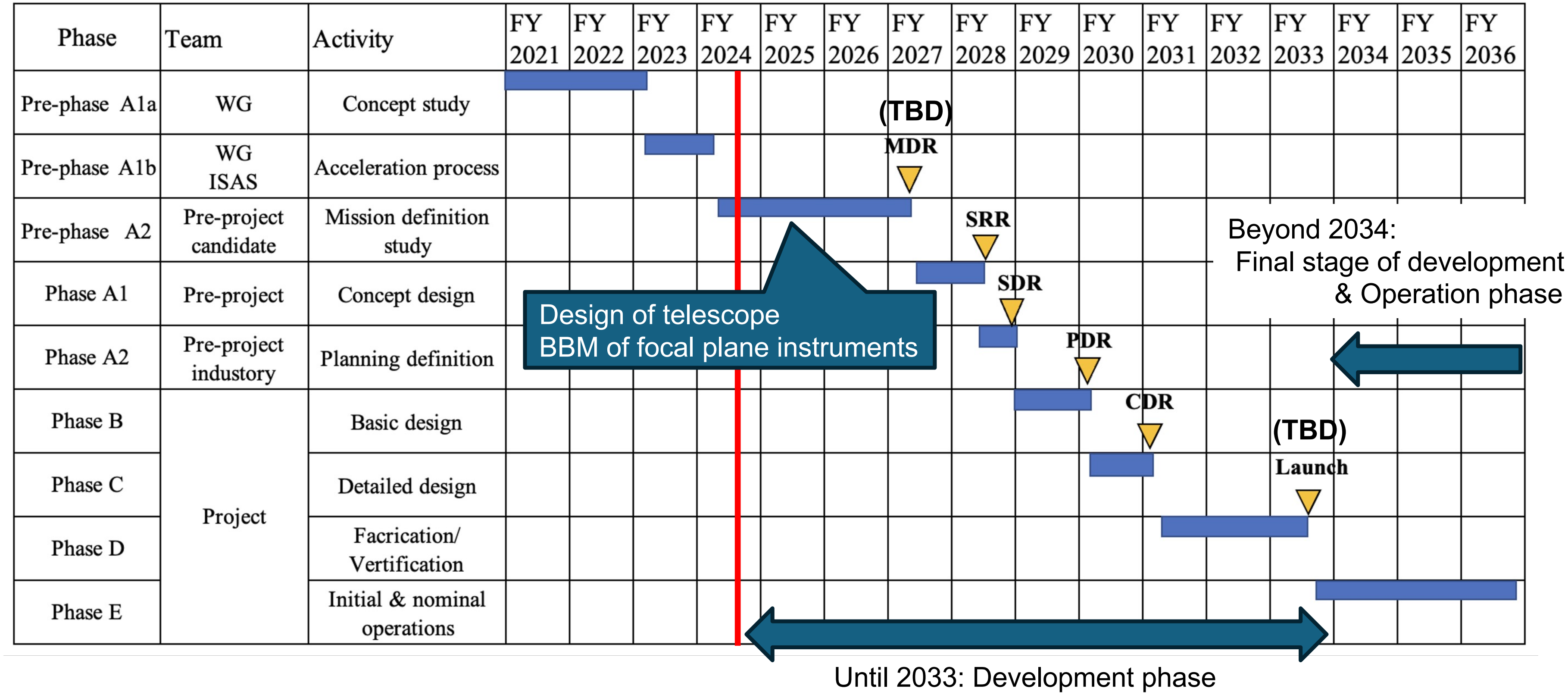
- Dark noise
  - HST/STIS 1.1 – 96 counts/s/cm^2
    (STIS Instrument Handbook)
  - LAPYUTA 0.7 – 11 counts /s/cm^2
    (Hisaki heritage)

7. Current Status (現在の計画のステータス)

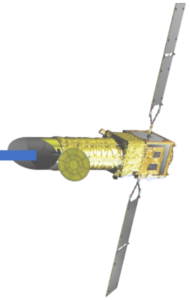


- Selected as pre-project candidate of ISAS/JAXA M-class (公募型小型) mission
- Listed in “未来の学術振興構想　学術の中長期戦略”

  Solar system & planetary sciences (日本惑星科学会、地球電磁気・地球惑星圏学会、地球・惑星圏分科会)
  Astronomy & Astrophysics (天文学・宇宙物理学分科会)



8. Cost assessments, budget line and status



- **Cost**

  Development & operation

  JAXA's project budget for "ISAS/JAXA M-class (公募型小型)"

  Science center & part of data center:

  JAXA's budget + **<u>Other institutes</u> 75 million yen for 5 years (incl. 5 FTE)**

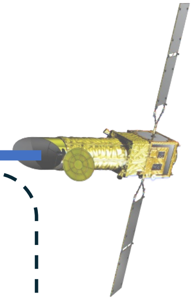
  (in the beginning of 2030's)

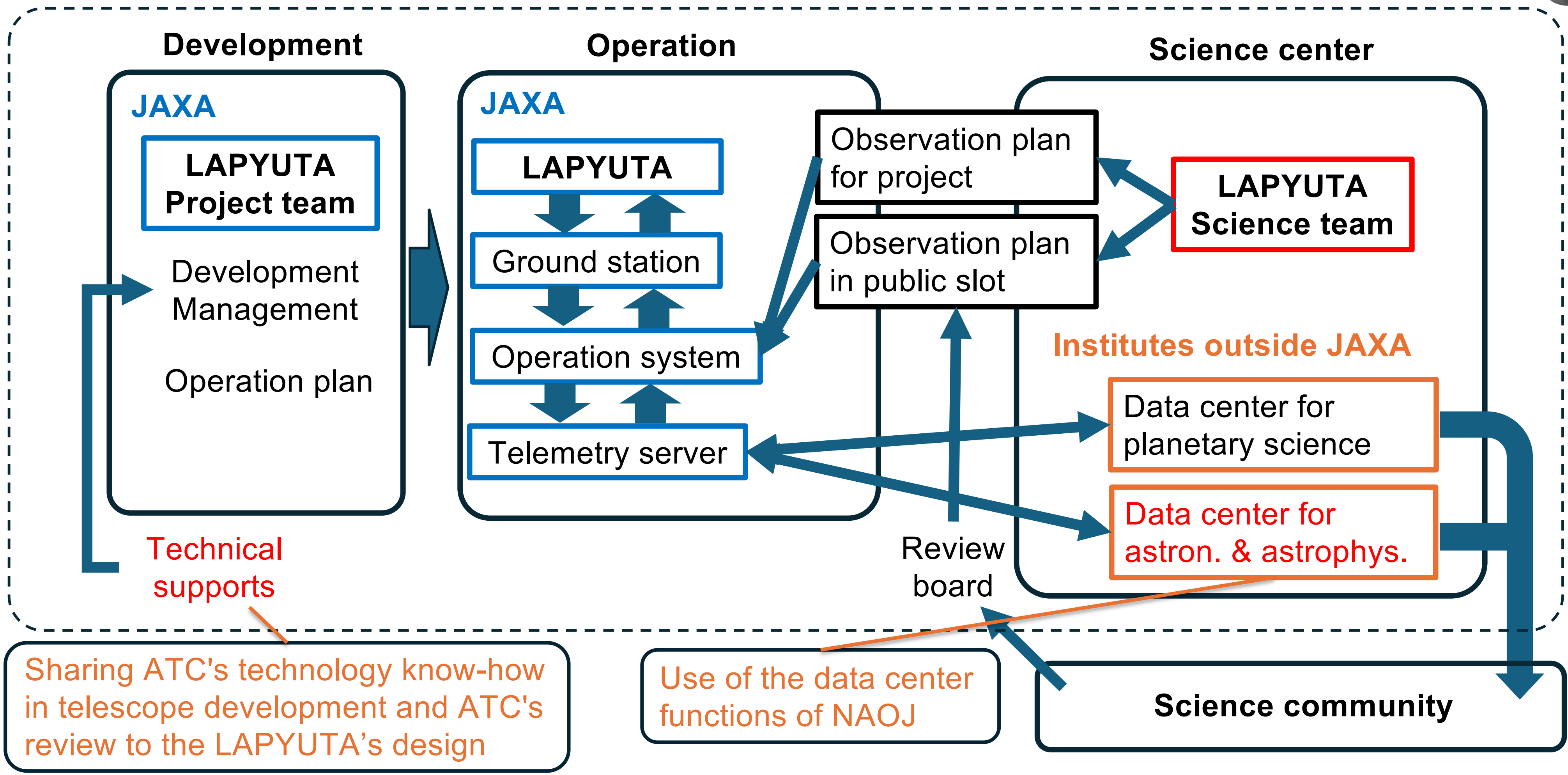
- **Current status**
  - Design of telescope & BBM development of focal plane instruments

    JAXA's Budget + JSPS Kakenhi (Kiban-A, B)
  - Scientific activity

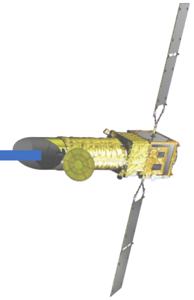
    JSPS Kakenhi (Kiban-A, B, and Kokusai-B)

9. Project Organization (組織)





10. Why NAOJ ?



(1) Heritage of telescope development

- Use of ATC's measurement facilities and techniques.
- Sharing ATC's technology know-how in telescope development and ATC's review to the LAPYUTA’s design.

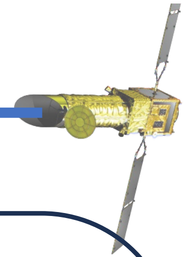
(2) Data center/Science center functions for astronomical data

(3) Scientific activities of LAPYUTA
for astronomy, astrophysics, exoplanet atmosphere
(Talks given by Ouchi-san and Ikoma-san)

補足資料

意義

4つの課題の位置付け・融合研究



主な「融合」サイエンス

課題１ と ２ ：太陽系内惑星・系外惑星の大気研究

太陽系科学、系外惑星、恒星物理の知見を統合

天文学：惑星の統計情報
4000個以上の惑星系
ハビタブルゾーン内にある
地球サイズの系外惑星の候補

惑星科学：
表層に水を有する地球と
二酸化炭素大気の金星・火星
・・・高層大気の広がりに相違
高層大気の特徴づけ
→大気組成・表層環境の推定

恒星物理分野
惑星の高層大気の広がり・散逸に
影響を及ぼす中心星の放射スペクトル

ハビタブルゾーン内の地球サイズ惑星の
大気組成同定・表層環境推定

天文学の未解決課題

課題3と4

ハッブル宇宙望遠鏡：軌道高度とマシンタイムの制約
→ ミッシングピースとなっているサイエンスを
LAPYUTAの課題として抽出

・近傍銀河のLy-aアトラスの獲得
・中性子星合体・超新星爆発の初期放射(紫外線)
の即応観測

「ひさき」のLessons Learned
太陽系天体以外の観測課題を効果的に実施するには、
開発当初から観測要求を取り込んでおく必要がある
→ コミュニティとの議論を深める活動を進める

4課題の必要観測時間を
3年のミッション期間で確保

＋

公募観測枠の有効活用(1-2ヶ月/年)

意義

課題１・課題２の科学的意義

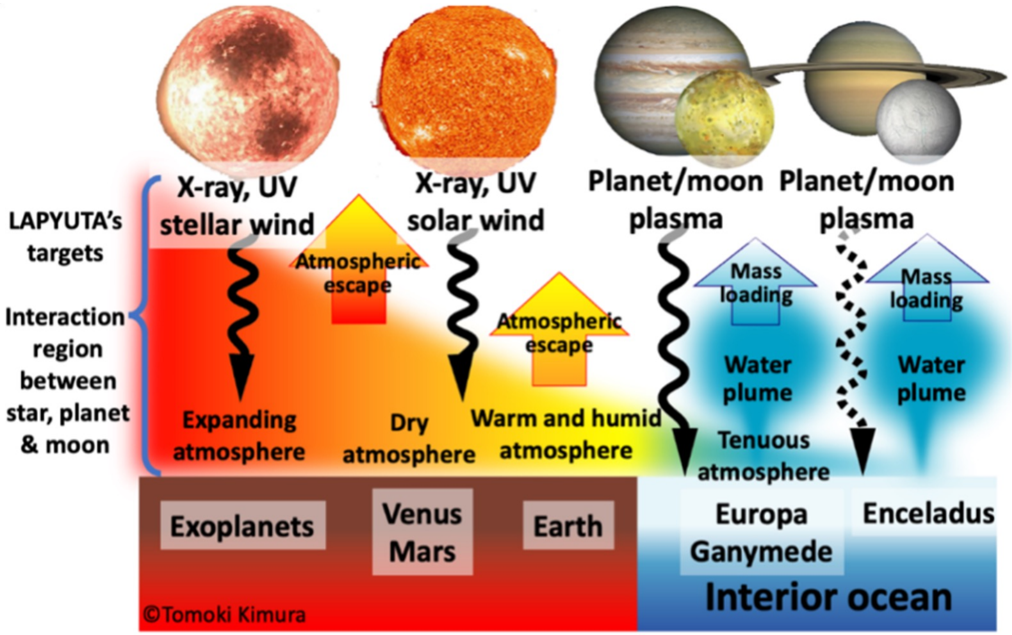
惑星の高層大気・・・宇宙への大気散逸の現場

太陽と下層大気から影響で空間構造が刻々と変化

→大気の空間構造の長期モニタが必須

太陽ー惑星の関係は、恒星ー系外惑星、主惑星ー衛星と共通項がある

→比較惑星の観点で高層大気の特徴を俯瞰する



主な「融合」サイエンス

太陽系科学、系外惑星、恒星物理の知見を統合

天文学：惑星の統計情報 4000個以上の惑星系 ハビタブルゾーン内にある 地球サイズの系外惑星の候補	**惑星科学**： 表層に水を有する地球と 二酸化炭素大気の金星・火星 ・・・高層大気の広がりに相違 高層大気の特徴づけ →大気組成・表層環境の推定

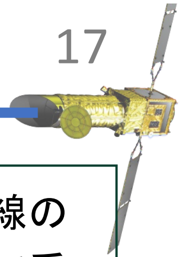
恒星物理分野
惑星の高層大気の広がり・散逸に
影響を及ぼす中心星の放射スペクトル

ハビタブルゾーン内の地球サイズ惑星の広がった
酸素大気　→　大気組成同定・表層環境推定

「バイオマーカー」が、生命の存在を決定づける指標という定義であれば、「O Iの検出だけでバイオマーカー」とはなり得ないが、H, Cの観測と合わせて、下層大気・表層環境の推定(制約)を行うことが、現在の最善手と考ええている。

意義

課題３・課題４の科学的意義



天文学の未解決課題

課題3と4

ハッブル宇宙望遠鏡：軌道高度とマシンタイムの制約
→ ミッシングピースとなっているサイエンスを
LAPYUTAの課題として抽出

・近傍銀河のLy-aアトラスの獲得
・中性子星合体・超新星爆発の初期放射(紫外線)
の即応観測

現在の静止系紫外の宇宙の観測がミッシングピース

銀河天文学において大きく欠けている紫外線の撮像および分光観測を極近傍の銀河に対して系統的に行う計画。
・GALEX衛星よりも数１０倍高い空間分解能
・HSTと同等の探査速度ながら、紫外線観測に集中

↓

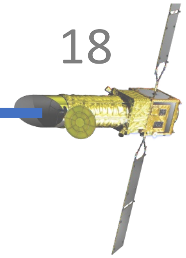
従来の紫外線観測では達成できなかった近傍銀河の高精度紫外線探査を実現

↓

Astro2020で重要課題の１つ(cosmic ecosystem)として位置付けられている、銀河と銀河周辺物質、銀河間物質の関係でミッシングピースとなっているcold accretionに代表される銀河インフローを調べる。

意義

課題３・課題４の科学的意義



天文学の未解決課題

課題3と4

ハッブル宇宙望遠鏡：軌道高度とマシンタイムの制約
→ ミッシングピースとなっているサイエンスを
LAPYUTAの課題として抽出

・近傍銀河のLy−aアトラスの獲得
・中性子星合体・超新星爆発の初期放射(紫外線)
の即応観測

時間領域天文学で鍵となる突発天体の紫外線即応観測を行う計画
突発天体の検出後、３時間以内に観測を開始

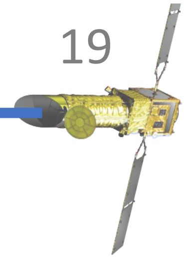
- 重力波観測と連携した紫外線観測によって、中性子星合体の重元素合成、特に爆発放出物質の最外層におけるr-process元素合成を明らかにする。
- 広視野時間領域サーベイと連携した超新星の紫外線観測によって、爆発直前の大質量星の質量放出を定量化する。

- 可視光ではわからない爆発の瞬間の高エネルギー放射部分の観測が必須
- 広い視野が必要

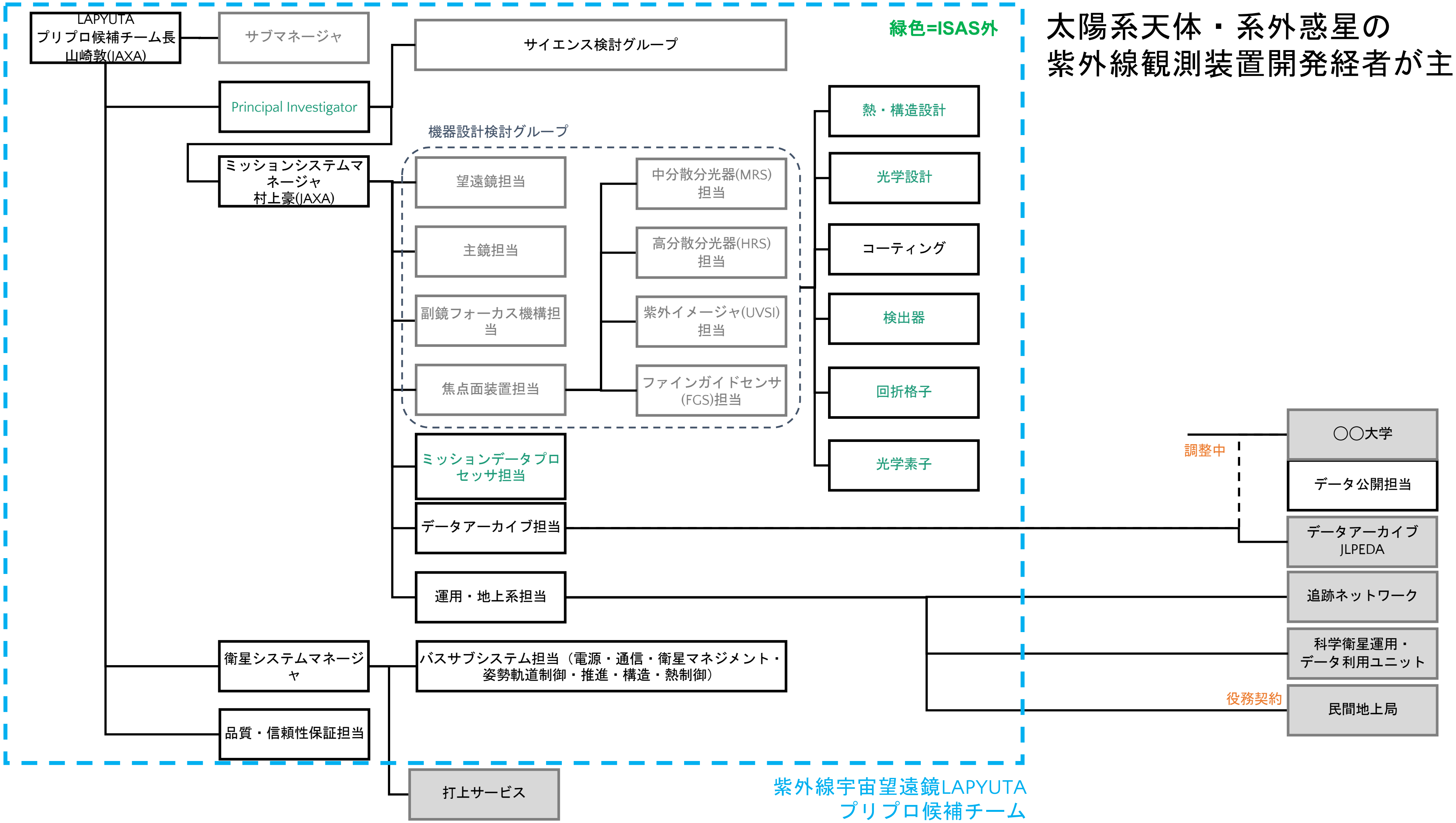
体制

実施体制図

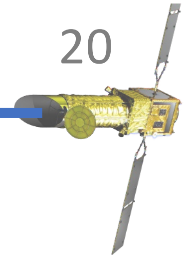
プリプロジェクト候補段階



太陽系天体・系外惑星の
紫外線観測装置開発経者が主体



サイエンス検討グループ



サイエンス検討グループ

太字下線：リード

課題 1

木村　淳　大阪大 (木星系)
木村智樹　東京理科大 (木星系)
古賀亮一　名古屋市大 (木星系)
垰　千尋　情報通信研究機構 (木星系)
鍵谷将人　東北大
北　元　東北工大
高木聖子　北海道大
丹　秀也　JAMSTEC
土屋史紀　東北大
吉岡和夫　東大
佐川英夫　京産大

益永　圭　山形大 (地球型惑星)
堺正太朗　東北大 (地球型惑星)
相澤 紗絵　LPP
青木翔平　東大
笠羽康正　東北大
佐藤毅彦　JAXA/ISAS
鈴木雄大　JAXA/ISAS
寺田直樹　東北大
中川広務　東北大
原田裕己　京都大
村上　豪　JAXA/ISAS
山崎　敦　JAXA/ISAS

太陽系科学

課題 2

生駒大洋　NAOJ (**系外惑星大気**)
亀田真吾　立教大(**系外惑星大気**)
中山陽史　立教大(**系外惑星大気**)
桑原正輝　立教大
小玉貴則　東大
住　貴宏　大阪大
成田憲保　東大

鳥海　森　JAXA/ISAS (**恒星・太陽物理**)
行方宏介　京都大
野津湧太　コロラド大
清水敏文　JAXA/ISAS

系外惑星

課題 3

大内 正己　NAOJ／東大
小野宜昭　東大
澁谷隆俊　北見工大
矢島秀伸　筑波大
松田有一　NAOJ

銀河

課題 4

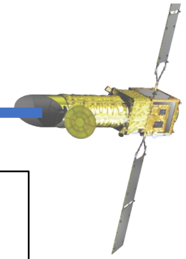
田中雅臣　東北大
冨永 望　NAOJ
守屋 尭　NAOJ
谷津 陽一　東工大

恒星

科学検討の深化はこれから
LAPYUTA科学検討への皆さんの参加を期待

展開・他ミッションとの関係

紫外線望遠鏡の展開

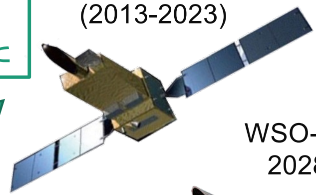


ひさきの対策と実績

汎用天文台目的による惑星観測時間の制約
　→　観測の惑星への集中
　　　長期惑星追尾観測方法の確立

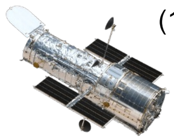
時々刻々と変化する
惑星大気の特徴を解明した

ひさき
(2013-2023)



WSO-UV（
2028?-)

ハッブル
宇宙望遠鏡
(1990-)

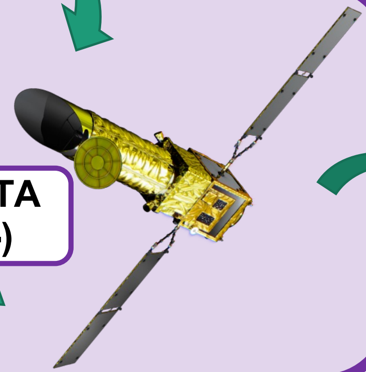


LAPYUTAの対策と狙い

惑星全体像の観測に限定され構造がわからない
　→　**<u>高感度・高分解能化する</u>**ことで解決
観測対象が系内惑星に限定され研究領域が広がらない
　→　<u>黄道面外対象の観測に対応する設計</u>

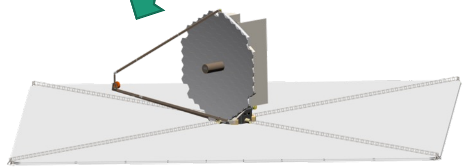
- 木星系の衛星大気観測（課題1）
- 惑星大気の構造変化の観測の実現（課題1）
- 黄道面外天体の観測の実現（課題2, 3, 4）

LAPYUTA
(2033-)



HWOへの展開

高効率の紫外線観測技術の宇宙実証
→紫外線分光装置提供による参加



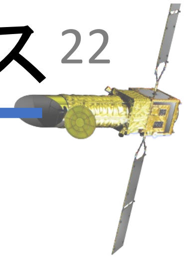
NASA次世代宇宙望遠鏡
Habitable Worlds Observatory
(2040年代-)

LAPYUTAの対策と狙い

低高度軌道観測のためジオコロナの影響大
　→　<u>軌道高度を高くする</u>ことでジオコロナの影響を軽減
汎用天文台目的による突発的な変動現象に対する即時対応の難しさ
　→　<u>機動的な運用体制</u>をミッション検討に取り込む

- 地球型の系外惑星大気の初検出（課題2）
- 銀河Lyman-αアトラスの獲得（課題3）
- 中性子星合体の初期放射の初検出（課題4）

HWOに繋がる紫外線観測技術・サイエンス

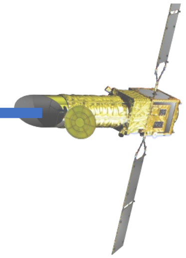


- LAPYUTAで宇宙実証される紫外線観測技術の適用
  - 高感度・大型検出器
  - 高効率コーティング技術　短波長側に対応(100nm-)
  - 高効率回折格子

- HWOに向けた紫外線天文観測のPath finder

展開・他ミッションとの関係

UVEX vs. LAPYUTA

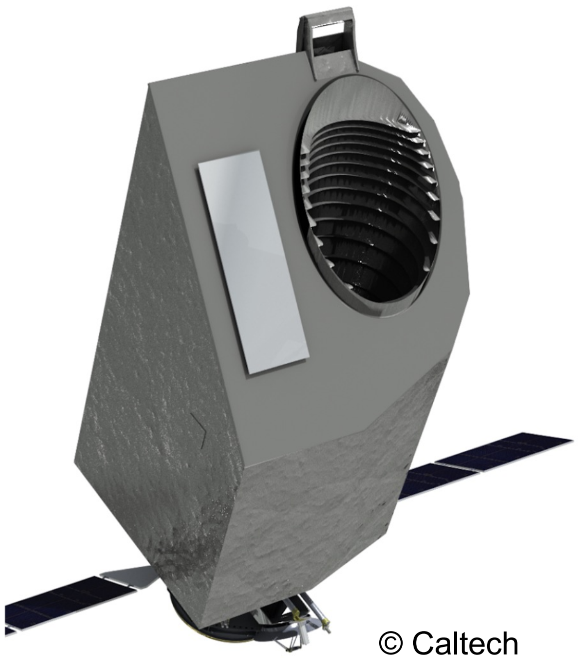


- A new NASA Medium Explorer mission
- An expected launch date in 2030
- A wide-field, two-band imager long, multi-width slit spectrometer

https://www.uvex.caltech.edu/

LAPYUTAの特徴

・高空間分解能
・高分散（水素、酸素輝線プロファイルの観測）
・低ノイズ・長時間露光
・モニタリング性能（恒星・惑星）

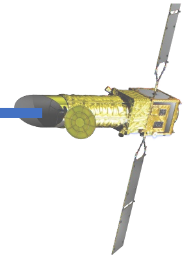


© Caltech

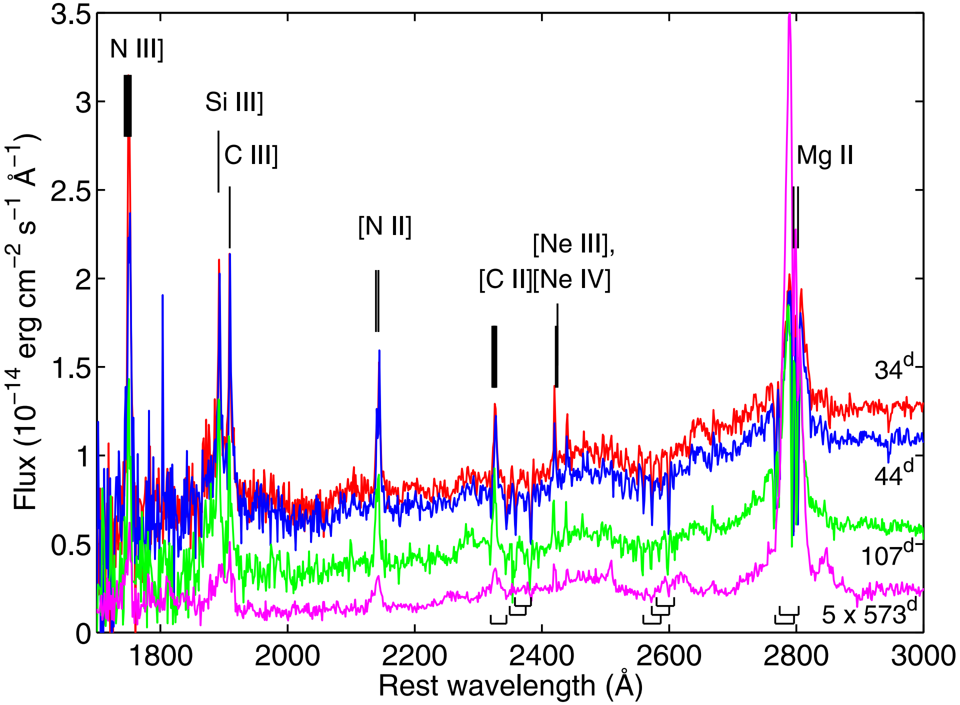
Mission Parameters

	UVEX サーベイ型	LAPYUTA モニタリング型 （特定対象の詳細観測）
Science Mission	Launch: 2030 , duration 2 years	2032, 3 years
Imaging FOV	3.5° x 3.5°	3arcmin x 3 arcmin
Image Quality (HPD)	< 2.25″	0.1”(spectrograph), 0.2” (imaging)
Imaging Bandpass	FUV: 1390–1900 Å NUV: 2030–2700 Å	1100-1900A, six filters
Sky Survey Depth	> 25.8 mag (FUV and NUV)	
Spectrograph	2°-long slit, multiple widths	100arcsec, multiple width
Spectrograph Bandpass	1150–2650 Å	1100-1900A
Spectrograph Resolution	R > 1000 Δv ~ 150 km/s	R=43,000(0.003nm@130nm) 高分散 R=6,500 (0.02nm@130nm) 中分散 Δv ~ 40 km/s
Orbit	Elliptical 17 R_E x 59 R_E, 13.7 days	1000km x 2000km
Instantaneous Sky Accessibility	> 70%	
Average ToO Response	< 3 hours	<3 hours

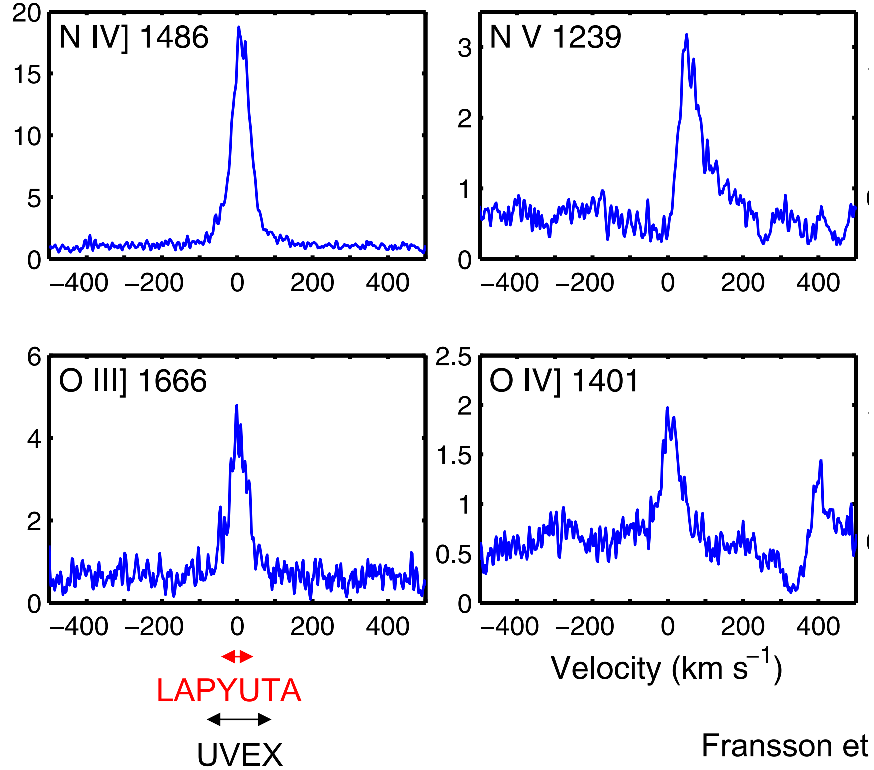
超新星爆発の紫外線スペクトル



紫外線 中・高分散では唯一のデータ
(HST/COS, R = λ/Δλ = 18,000)



大質量星の星周物質 (v ~ 30 km/s)起因の
幅の狭い輝線

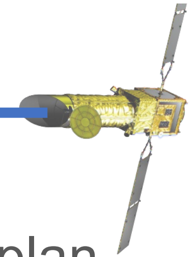


Fransson et al. 2014

大質量星の星周物質 (v ~ 30 km/s)の速度構造の分解

観測計画

Observation Plan

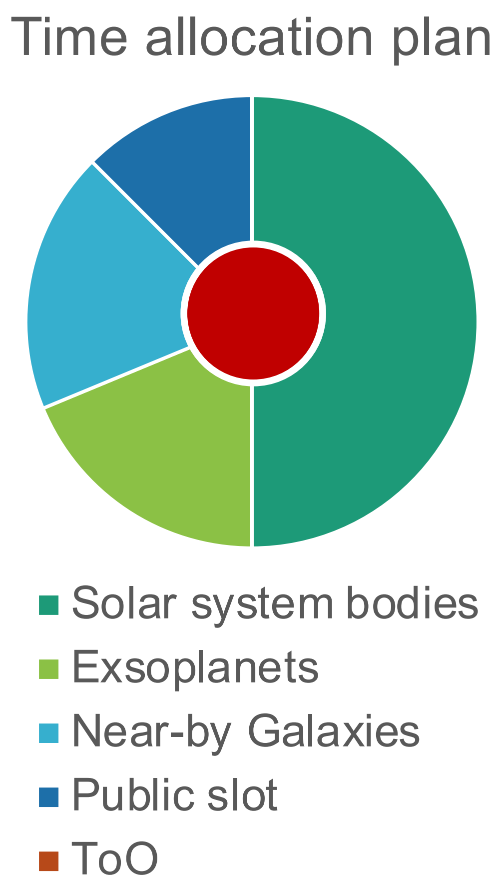


Baseline

- **Solar system bodies**: optimized by solar separation angle
  - Jupiter & Mars: around oppositions
  - Venus: around maximum solar elongation angle
- **Exoplanets** & **Near-by Galaxies**
  - Unsuitable periods for the solar system bodies
- **Neutron star mergers**, **Supernova** & **Stellar flares**
  "Target of Opportunity"
  with 24-hour operation campaign (3 months/year)
- **Public slot** (1-2 months/year)

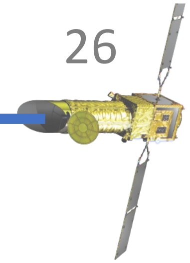
Primary mission period : 3 years

The mission period will be extended up to 9 years



観測計画

公募観測枠（1-2ヶ月/年想定）



「ひさき」のLessons Learnedから導入
太陽系天体以外の観測課題を効果的に実施するには、開発当初から観測要求を取り込んでおく必要性

「ひさき」は、太陽離角20度まで太陽系内天体の観測を可能とした
→ 水星の観測・他の太陽系内惑星の長期モニタを実現
それでも、太陽系内天体が観測対象とならない空白期間が毎年一定期間あった。

「ひさき」は、太陽系天体の観測に対し衛星機能を特化したため、観測領域が黄道面±10度に制限された。
天文観測に対してこの制約が大きく、実施できなかった観測提案が多くなってしまった。

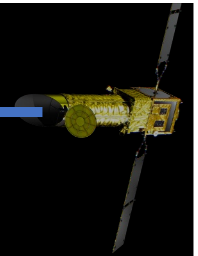
LAPYUTAでは、黄道面±10度という制約を取り払い、天文からのニーズを取り込みたい。
HWOにつながる紫外サイエンスの発掘ができないか。

⬇

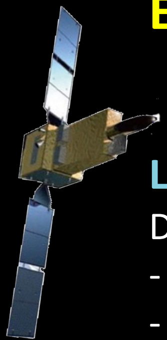
天文学分野皆さんが研究する天体の紫外線観測

→　今後のシステム検討に反映

LAPYUTA : Concept



Ultraviolet Space Telescope



EUV spectroscope HISAKI (2013-2023)

Time variable features of Mars/Venus/Jupiter

Limitation: Sensitivity & spatial resolution

Difficult to observe
- Spatial distribution of planetary atmospheres
- Exoplanets
- Small bodies (such as moons around Jupiter)

Hubble Space Telescope (STIS:1997-, COS:2009-)

Leading the ultraviolet astronomy

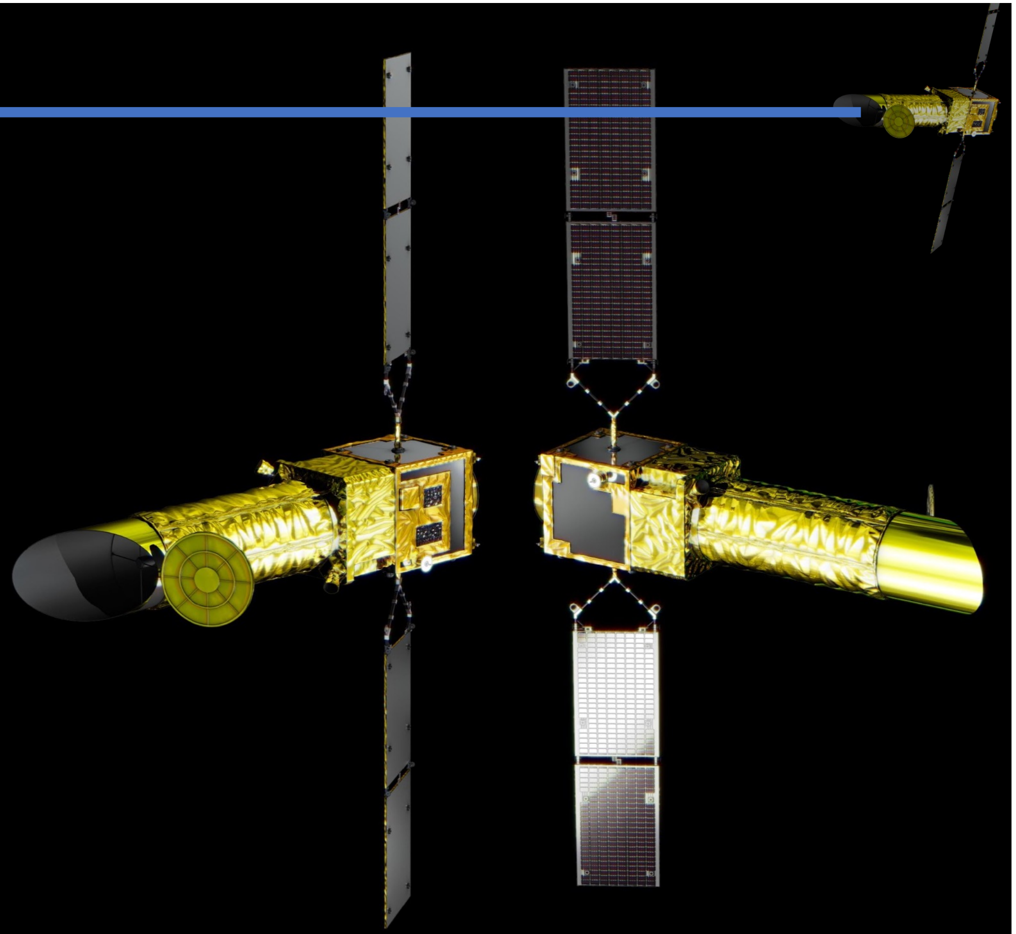
Limitation: Low altitude & Machine tim
- Influence of geocorona: H Lyα, O 1304nm,
- Not suitable for "Target of Opportunity" ol
  and long-term continuous observation

LAPYUTA

- Focus on Hydrogen, Oxygen and Carbon
- x 100 sensitivity and spatial resolution of HISAKI
- Target tracking capability like HISAKI

By resolving the previous constraints,
LAPYUTA will explore
- Habitable Environment of the Solar System and Beyond
- Unsolved problems in ultraviolet astronomy

LAPYUTA : Concept

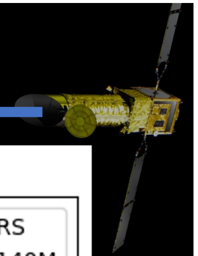


Major specifications

- Type: **Cassegrain telescope (F32)**
- Scientific instruments:
  Two UV spectrographs & one UV imager
- Primary mirror : **60 cm**
- Effective area : **>350 cm2**
- FOV : **100 arcsec** (spec)/**180 arcsec** (image)
- Spectral range : **110-190 nm**
- Spatial resolution : **0.1 arcsec** (spec)
  0.2 arcsec(image)
- Spectral resolution
  Mid-resolution: **0.02 nm (6,500)**
  High-resolution: **0.003 nm (43,000)**
- Bus system: SPRINT bus
- Orbit : ~1000 x 2000 km

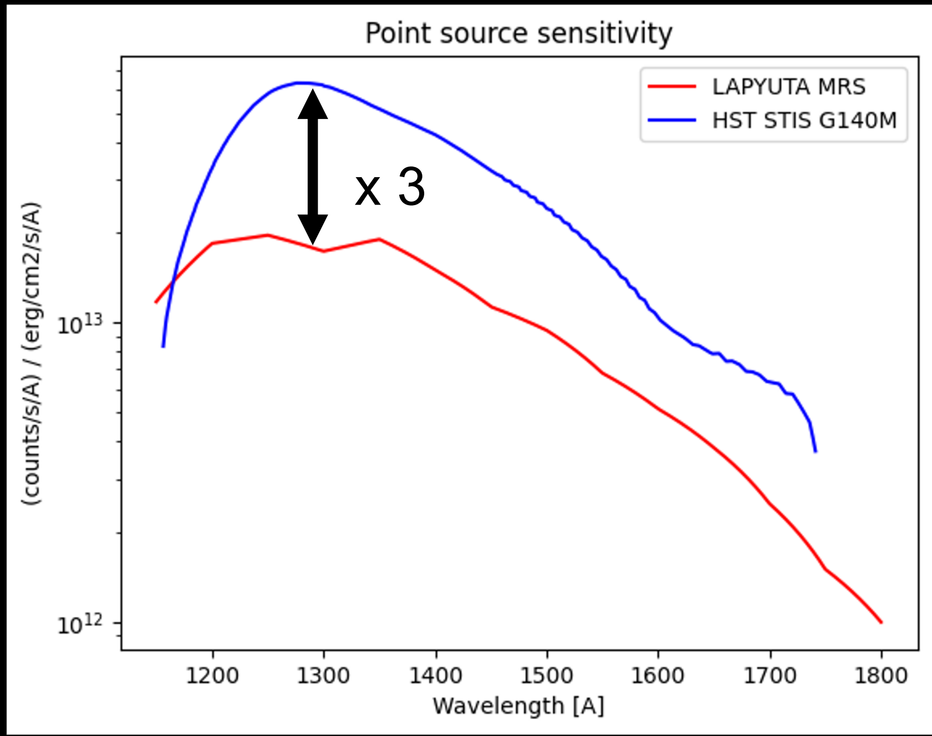
LAPYUTA is characterized by
- High sensitivity
- High spatial & spectral resolutions

LAPYUTA : Concept



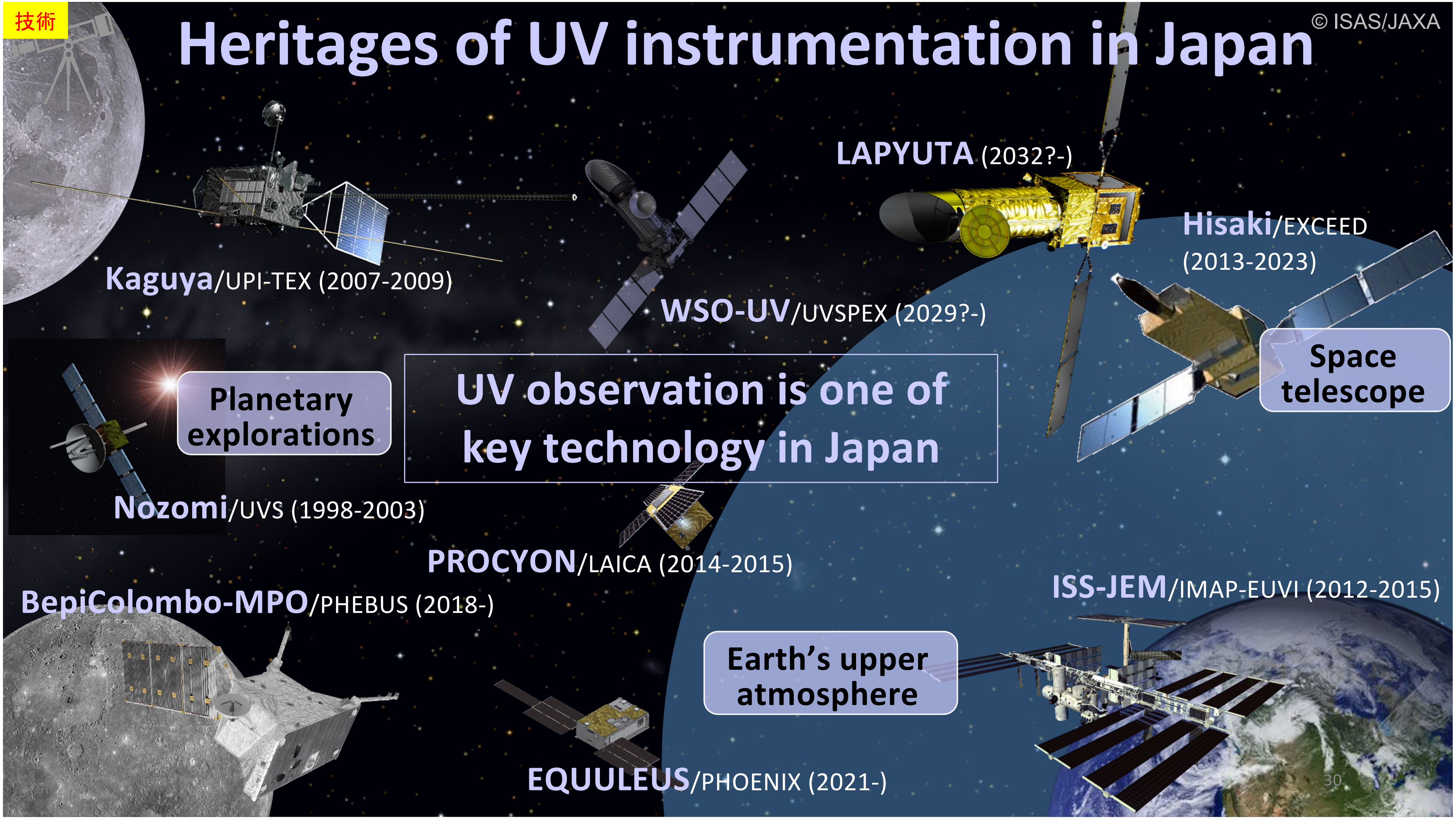
Major specifications

- Type: **Cassegrain telescope (F32)**
- Scientific instruments:
  Two UV spectrographs & one UV imager
- Primary mirror : **60 cm**
- Effective area : **>350 cm2**
- FOV : **100 arcsec** (spec)/**180 arcsec** (image)
- Spectral range : **110-190 nm**
- Spatial resolution : **0.1 arcsec** (spec)
  0.2 arcsec(image)
- Spectral resolution
  Mid-resolution: **0.02 nm (6,500)**
  High-resolution: **0.003 nm (43,000)**
- Bus system: SPRINT bus
- Orbit : ~1000 x 2000 km

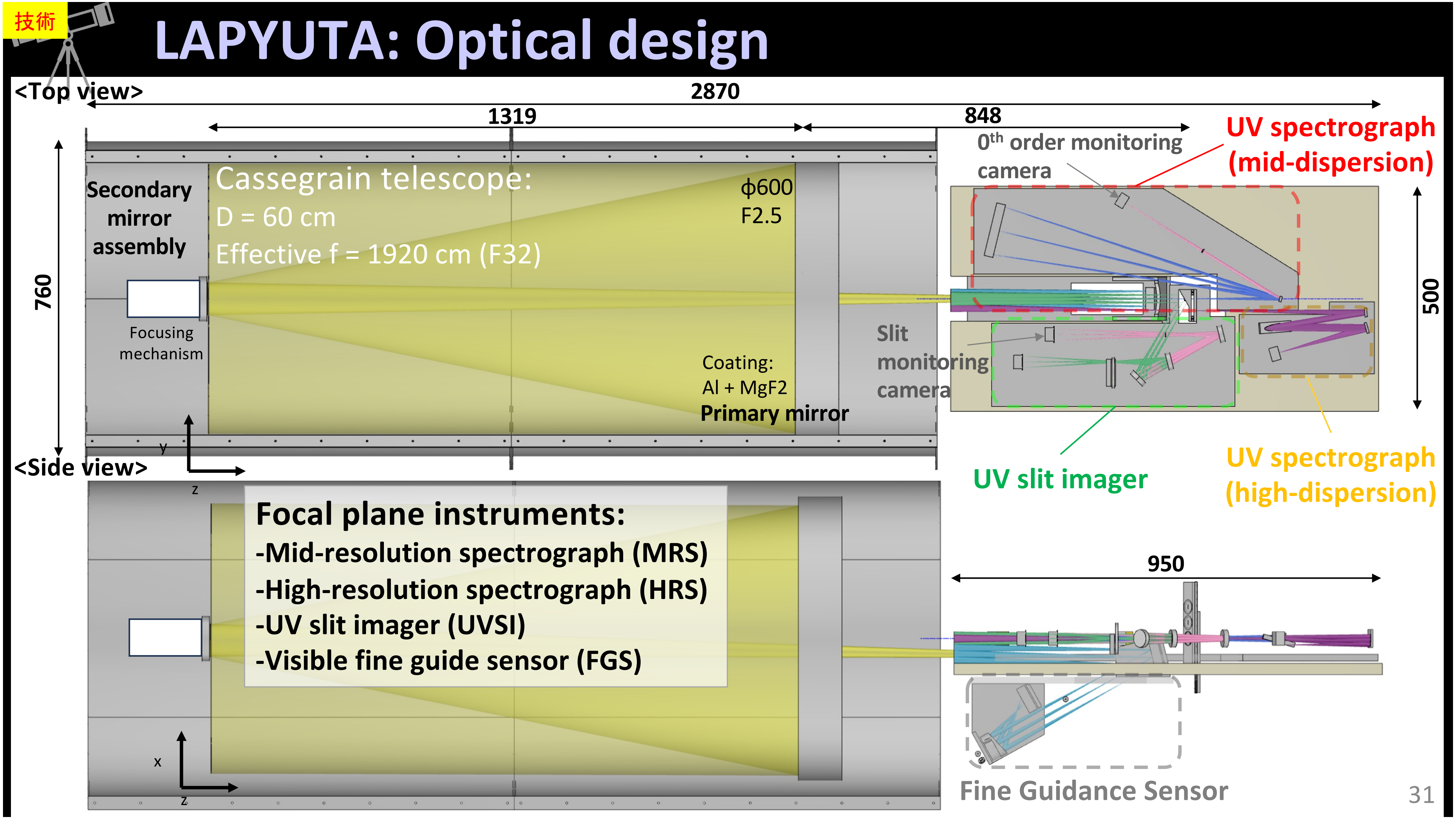


HST(STIS G140M) vs. LAPYUTA(MRS)

- Primary mirror diameter
  HST: 2.4m, LAPYUTA: 0.6m (x1/16)
- Throughput
  HST (STIS G140M): 2%, LAPYUTA (MRS): 12% (x 6)


技術
Heritages of UV instrumentation in Japan
© ISAS/JAXA
LAPYUTA (2032?-)
Hisaki/EXCEED (2013-2023)
Kaguya/UPI-TEX (2007-2009)
WSO-UV/UVSPEX (2029?-)
Planetary explorations
UV observation is one of key technology in Japan
Space telescope
Nozomi/UVS (1998-2003)
PROCYON/LAICA (2014-2015)
ISS-JEM/IMAP-EUVI (2012-2015)
BepiColombo-MPO/PHEBUS (2018-)
Earth's upper atmosphere
EQUULEUS/PHOENIX (2021-)
30

LAPYUTA: Optical design



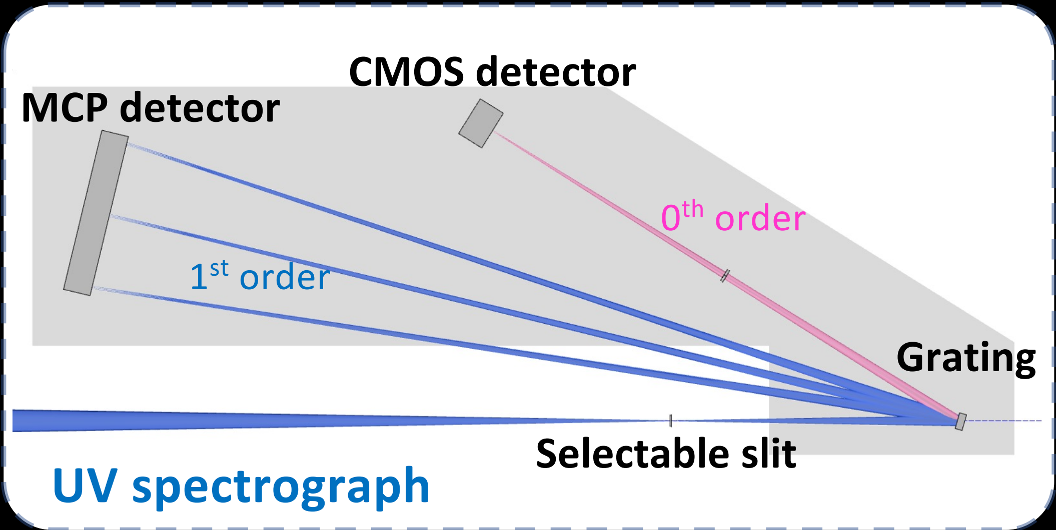
Focal plane instruments:
- Mid-resolution spectrograph (MRS)
- High-resolution spectrograph (HRS)
- UV slit imager (UVSI)
- Visible fine guide sensor (FGS)

技術

LAPYUTA : focal plane instruments

UV spectrograph (mid-resolution)

<Optical layout>

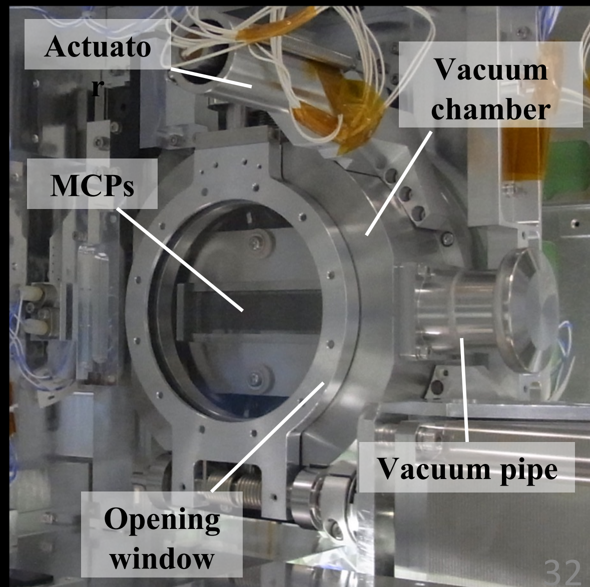


Grating:
- -Toroidal
- -Blazed holographic
- -2110 lines/mm
- -Variable line-space (TBD)
- -Coating: Al + MgF2

UVSPEX EM grating

Detector:
- -CsI + Funnel MCP
- -CMOS readout coupled with FOP
- -120 x 30 mm (8k x 2k)

Hisaki EUV detector



Other components

-Slit: Selectable slit with different slit widths (0.027-20 arcsec)

-0^{th} order camera: CMOS with optics

Target effective area: ~350 cm2 (@130 nm)

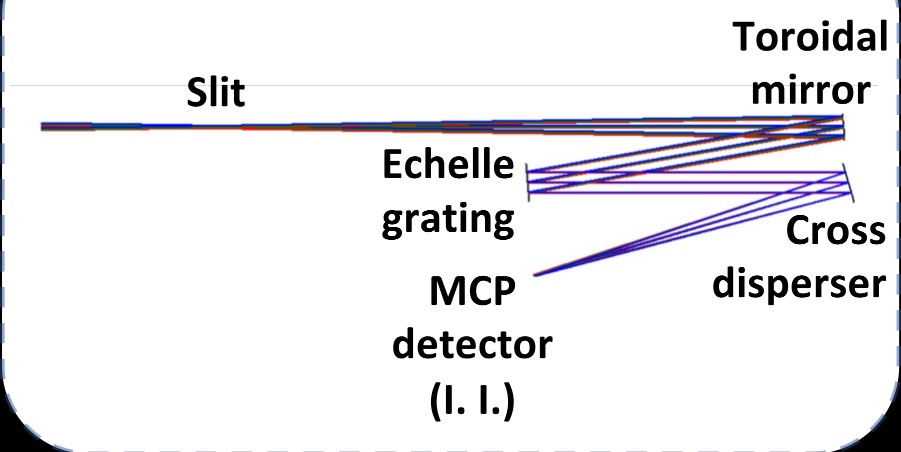
技術

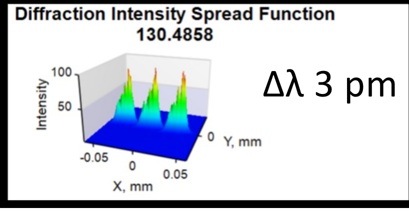
LAPYUTA : focal plane instruments

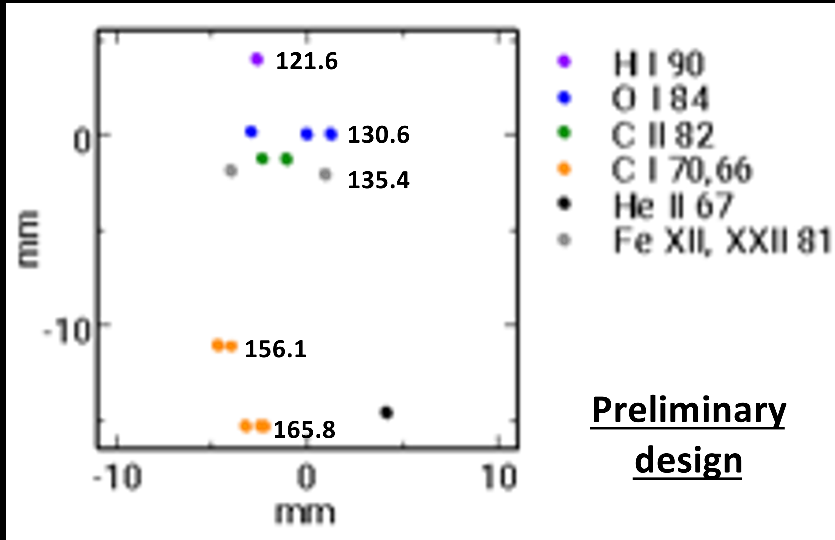
UV spectrograph (high-dispersion)

<Optical layout>

UV echelle-type spectrograph







	lambda, nm
H I	121.567
O I	130.2168
O I	130.4858
O I	130.6029
C II	133.4532
C II	133.5708
C I	156.0682
C I	156.1437
He II	164.0474
C I	165.7008
C I	165.7907
C I	165.8121
Fe XII	134.94
Fe XXII	135.408

<Components>

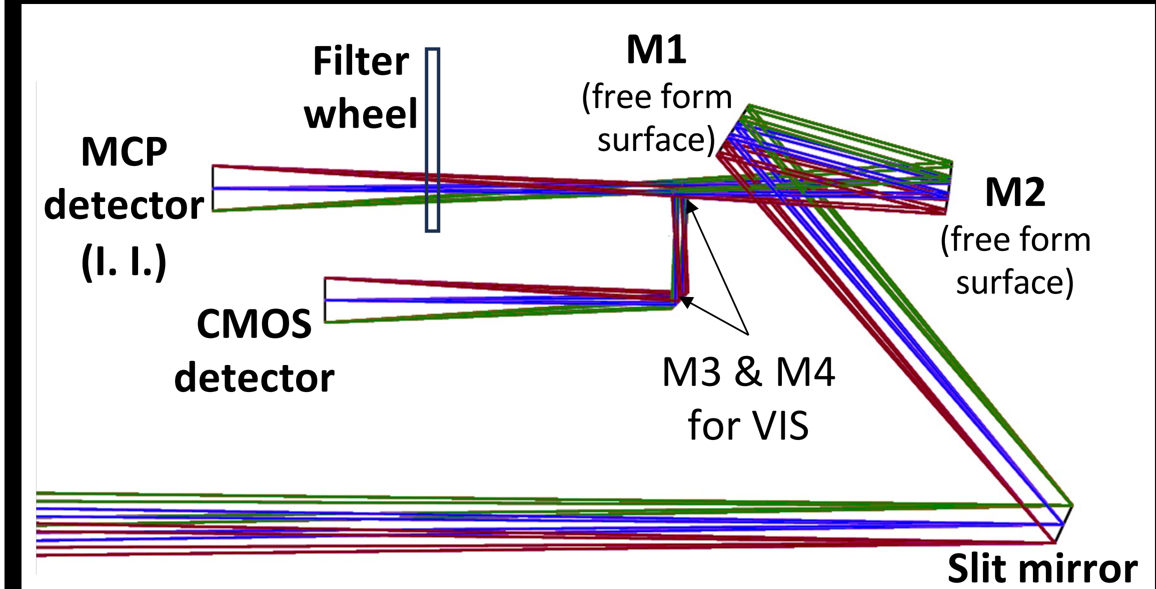
- **Slit**: width TBD
- **Toroidal mirror**: f = 400 mm
- **Echelle grating**: plane, 175 gr/mm
- **Cross disperser**: toroidal, 2172 gr/mm
- **UV detector**: ϕ25 mm funnel MCP (image intensifier) + CMOS readout (2k x 2k)

Development of an echelle-type spectrograph (under study)

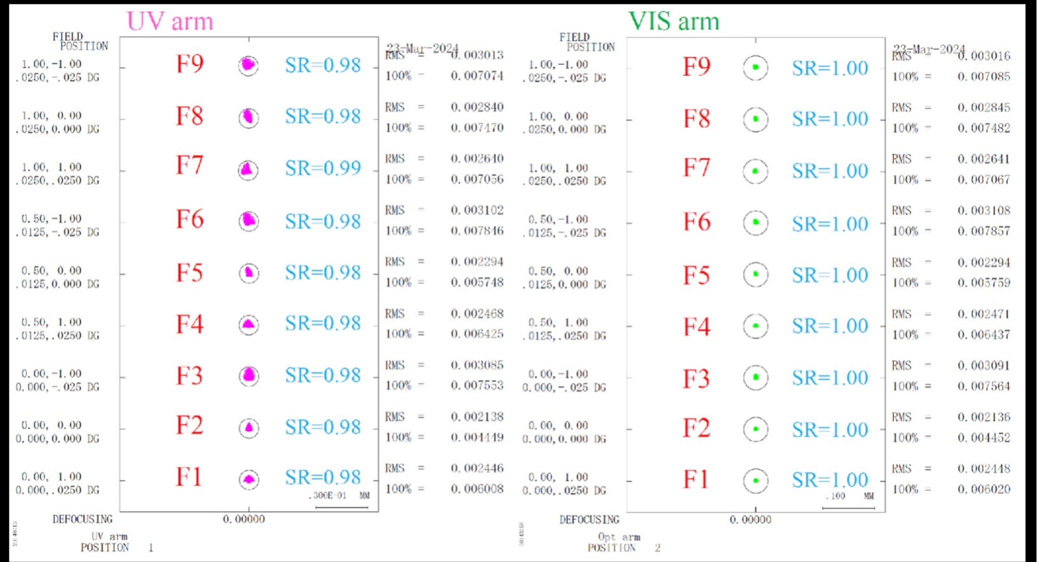
技術

LAPYUTA ： focal plane instruments

UV slit imager



<Spot diagram>



0.2” resolution achieved in full FOV

<Components>

- **3 reflection surfaces for UV**: slit, M1, and M2
- **UV detector**: ϕ25 mm funnel MCP
  + CMOS readout (2k x 2k)
- **Slit monitoring camera**: CMOS with M3 & M4
- **Filter wheel**

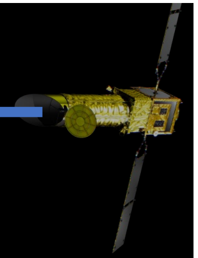
-> **Total effective area: ~450 cm2** (@130 nm)

List of filters and science objectives

Filter name	Objective 1-2	Objective 3	Objective 4
(A) Blank			
(B) 122-Long-Pass	(>HI Ly-α)	(122-125nm covering HI Ly-α)	
(C) 115-180nm	H_2 Lyman-Werner band		
(D) 160-Long-Pass	solar continuum		
(E) 125-155nm	(Color ratio1)	(H Ly-α off band & 130-150nm continuum)	
(F) 145-170nm	(Color ratio2)	(150nm continuum)	

技術

Key technologies



MCP detector for UV

High efficiency: **funnel-type MCP**
Large format (120 x 30 mm/8k x 2k)
High dynamic range and resolution: **CMOS readout**

Mirror coating & grating

UV mirror coating
Base line: Al + MgF2 Goal: >90% @130 nm / 88% at 130 nm achieved
Other coatings: Al + LiF, Al + AlF3, etc..
Toroidal blazed holographic grating ~50% at 130 nm achieved

Pointing fluctuation cancelling system

Concept of pointing cancellation system
"Electronical image stabilization" onboard the mission system
- High-speed imaging of visible light & detection of UV photons
- Correction of the UV photon positions with reference to the centroid of the visible image.