

Pieter Bruegel
The Tower of Babel (1563)

これ以上何が知りたい? II
(まだ創る? 何を創る?)

山田亨

(日本学会議・連携会委員、
天文学・宇宙物理学分科会・幹事
JAXA 宇宙科学研究所)

これ以上何が知りたい? II

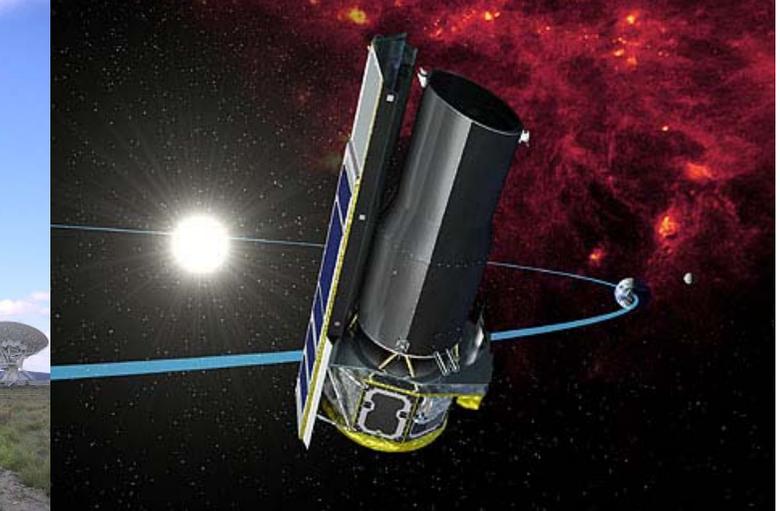
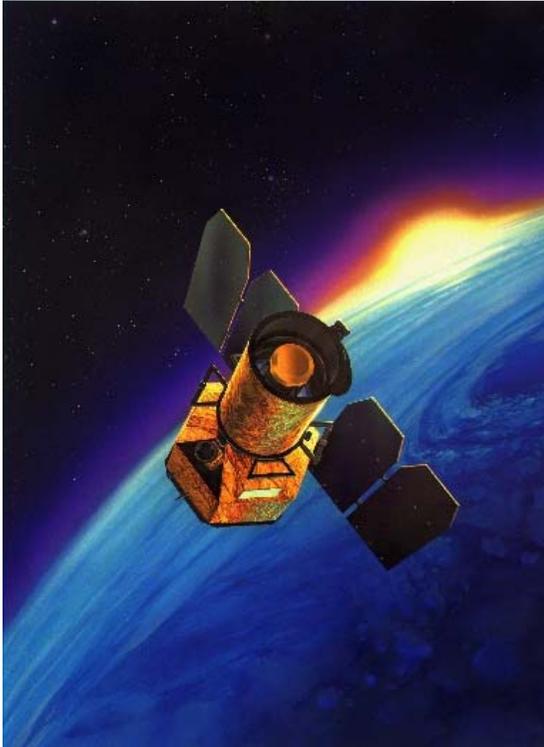
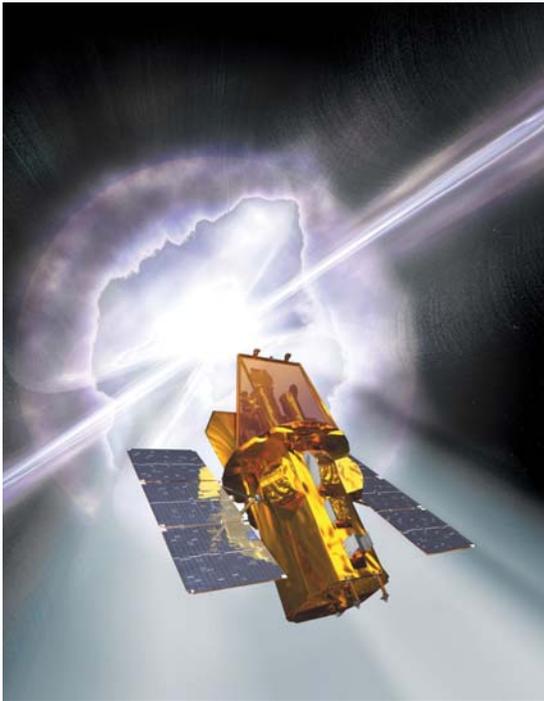
(まだ創る? 何を創る?)

	最大装置・計画(2020's)	Note
「線	CTA (2021-)	
X線	ATHENA (2028)	米・欧・日合同の IXO 案は頓挫 NASA X-ray Surveyor STDT
紫外線	HST WFC3	NASA LUVOIR STDT
可視・近赤	ELTs (TMT,E-ELT, GMT) JWST (2018) 8-10m 広視野 (Subaru/LSST) スペース広視野(Euclid/WFIRST)	NASA LUVOIR STDT NASA HubEx STDT
中間・遠赤外	SPICA	SPICA欧州で選ばれなければ頓挫 NASA OST STDT
ミリ波・サブミリ波	ALMA (ALMA 2030) Simons Array (CMB Bmode) LiteBIRD , CORE	
センチ波	SKA	

天文学の「行進」は終わるのか？

NASA の Great Observatories 計画をはじめ、1990年代から、国際的にも電磁波全波長での観測天文学が展開されている。2020年代に計画されている装置の観測を通じてこの「天文学の行進 (Astronomy March)」はどこまで続くのか？

- **我々の住む宇宙の成り立ちを理解する**という目的について、観測手段・対象の観点で、宇宙の歴史を通じて「典型的」天体の「典型的」な現象は観測されているのか？
- **極限状態の物理・化学現象を理解する**という点について、全波長観測から、一般的な現象は網羅的に観測されつつあるのか？
- とくに電磁波観測手段から、どのような「**未知の物理、未知の科学**」の発見・検証の余地があるか？



若手研究者への問い

国際的な観測計画に照らして、2020年代後半・2030年代にさらに、どのような観測手段・装置が必要か？

その主要課題は何か？

電磁波以外の観測手段は幅広い「天文学・天体物理学」をどのようにひらきうるのか？

国際的な計画を踏まえて、日本が重点的に進める課題は？

「天文学の行進」はおしまいでしょうか？

それとも、さらなる突破を目指せるのでしょうか？

Landscape of Astronomy 2020's

可視光

大口径望遠鏡 大規模国際協力 30-40m級
e.g., TMT ~1500億円 世界に3台
~2025-2028 FL?、予算的に閉じていない
100m計画は過去に頓挫

スペース大口径 JWST NASA の“総力”
総額9000億円
(年間予算~600億円)

地上・スペース広視野撮像・分光
すばる、LSST、Euclid、WFIRST
地上 200-400億、スペース 1000-3000億円

Landscape of Astronomy 2020's

X線

国際X線天文台(日欧米) IXO .. 実現しなかった
Athena (欧州、2028打上目指す) >1000億円

大有効面積望遠鏡、高解像望遠鏡の現実的な限界？

紫外線

GALEX、HST WFC3-UV 以降手薄で発展の余地はあるが、
米国の次世代計画検討のひとつはすでに紫外線を重要視。
(LUVOIR)

Landscape of Astronomy 2020's

■ 中間・遠赤外線

地上ELT <10-20 μ m

JWST <25 μ m

SPICA 計画 約15年検討して計画は開始前。
うまくいけば、2030年までに実現
総額～1200億円

大型赤外望遠鏡 NASA 将来計画STDT のひとつ
(Origins Space Telescope)

赤外干渉計計画はこれまで、どれも進展していない。

*STDT = Science and Technical Development Team

Landscape of Astronomy 2020's

■ ミリ波・サブミリ波

- ・ALMA “すでに世界で1台”級の望遠鏡 >1000億円
- ・ミリ波に特化してのアプローチ
- ・大口径サブミリシングルディッシュ CCAT計画、LST計画など
- ・サブミリ波 VLBI 対象天体が限られる？

■ センチ波

- ・SKA “すでに世界で1台”級 第1期で€650M (~800億円)

Landscape of Astronomy 2020's

米国 NASA

Astrophysics Decadal 2020 にむけて

大口径 UV 可視光宇宙望遠鏡 LUVOIR

系外惑星専用望遠鏡 HabEX

赤外線大型望遠鏡 Cosmic Origin Telescope

X線大型望遠鏡 X-ray Surveyor

欧州 ESA

Cosmic Vision L-Class

Athena 2028, LISA (重力波) 2032?

NASA Astrophysics Science and Technology Definition Team



LUVOIR
Large UV/Optical/Infrared Surveyor

- Home
- Science
- LUVOIR Flyer
- Technology
- Seminars
- Events
- Meet the Team
- Working Groups

Images & Videos



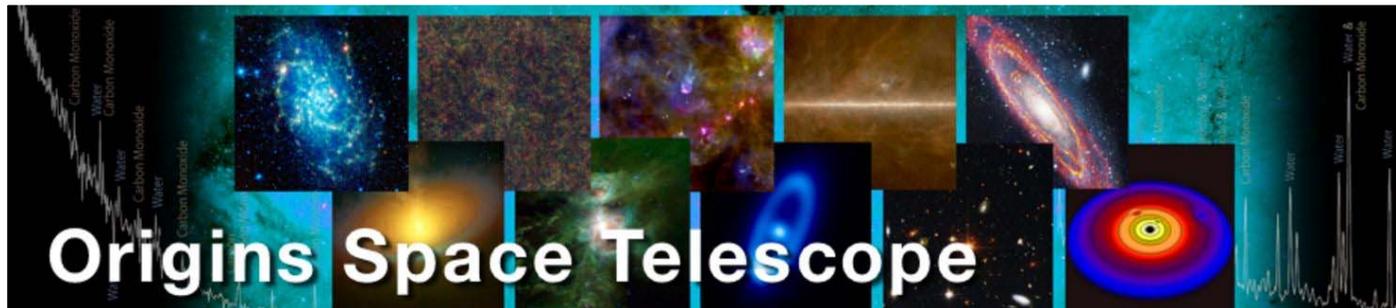
**Keep the LUV
in LUVOIR!**

LUVOIR bumper sticker, courtesy of John O'Meara



NASA Jet Propulsion Laboratory
California Institute of Technology

Habitable Exoplanet Imaging Mission (HabEx)



Origins Space Telescope



**X-RAY
SURVEYOR**

Landscape of Astronomy 2020's

■ ニュートリノ望遠鏡

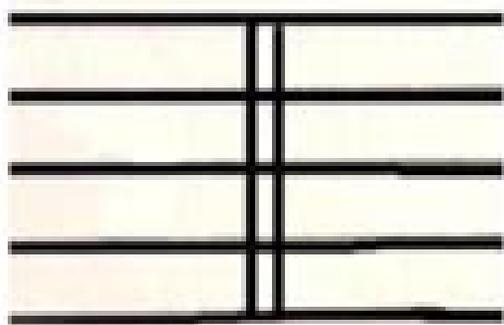
- ・天文学として成り立つためには？
近傍超新星、宇宙ニュートリノ背景放射、以外の課題は？

■ 重力波望遠鏡

- ・相対性理論の検証
「検出」以降、相対論の未検証な課題に挑むには？
- ・重力波天文学
EM 天文学とあくまで相補的？
(巨大ブラックホールは、驚きだが、天文学的な帰結は
大質量星の存在量？原始ブラックホール??)

■ 宇宙線

- ・起源そのものの問題以外の課題は天文学としてどこまで広がるか？



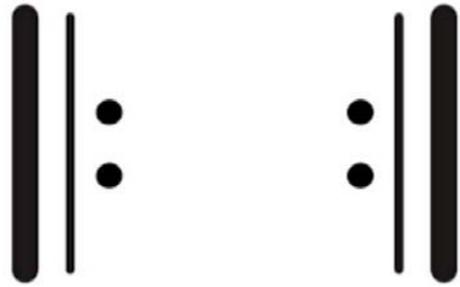
Fine

Astronomy March: *Fine* ?

- 地球上における、あるいはスペースにおける大型観測装置の建設は、リソース的に飽和しつつある？
- 「世界に1台」の観測装置を、
 - ・さらに作り続けられるか？
 - ・作り続けて意味があるか？
 - ・同じ予算規模で、10倍感度がよい装置のための技術革新(しかし、例えばすでに量子効率 $\sim 100\%$ も)
 - ・現在の計画の10–100倍感度が良い「世界に1台」装置を作れるまでの必要な経済規模の成長期間は？

Astronomy March: *Fine* ?

- 天文学観測は、全波長で宇宙の歴史の大半の典型的な銀河 (e.g., L^* 銀河) のある程度定常的な姿 (~ 1 Gyr) を観測し、また、これらの銀河に普遍的な現象 (惑星、惑星形成、星形成、星の誕生～終末、ブラックホール) を観測し、さらには、宇宙の歴史の大半に渡る構造形成を統計的に観測することに、かなり成功しており、また、残りの部分も2020年代の観測装置が実現すれば、ほぼ、「基本的な理解 (どのような天体が、いつ、なぜ、どのようにしてできたのか)」に達するのか？
(暗黒物質、暗黒エネルギーは須藤さん講演)



Astronomy March: ||: :||

- 同じような研究を天体数を増やして続けるだけ？
統計のメリット、
SDSS は大規模系統観測は明確な問題設定・解決を
可能にし、同じ意味でHSC/PFS への大きな期待もある。
その次も必要？
- 同じような性質の天体を、規模を換えて詳しく研究？
- 時間分解能
 - 観測の時間分解能(数秒～数年のケーデンス)
 - 大規模統計 → 宇宙の時間分解能宇宙の新たな描像を知ることができるか？

Astronomy March: ||: :||

- 世界に1台の望遠鏡を、1国(1分野)で1台？
- 世界に1台の望遠鏡を、やがて、1研究者で1台？
- ひとつの側面あるいは波長で理解されている天体を多角的に研究する？

