

宇電懇の将来計画検討の現状

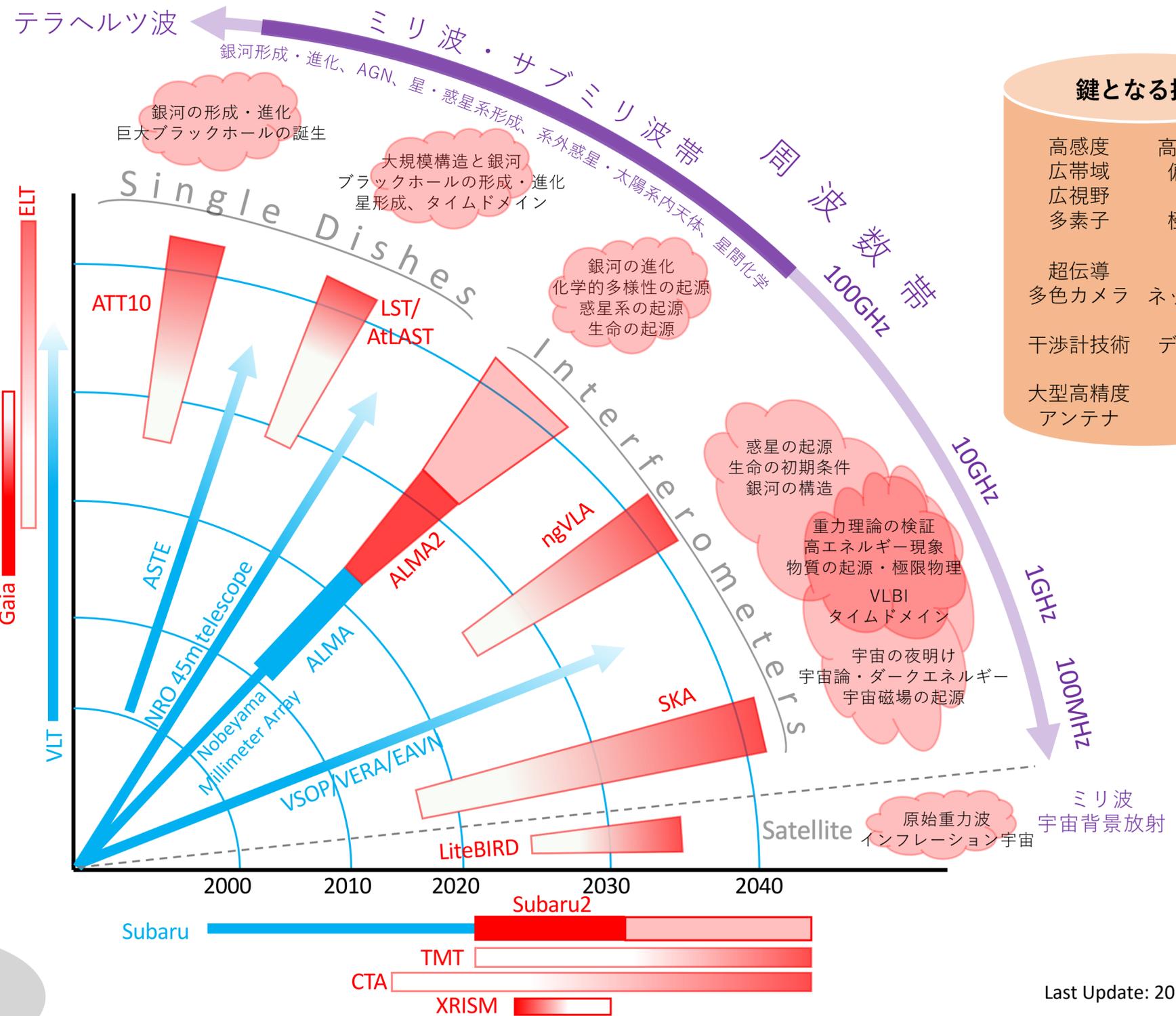
宇電懇からのインプット

田村陽一（名古屋大学 / 宇宙電波懇談会運営委員長）

光赤天連シンポジウム, 2025年11月4日

1. 実施中・提案中の計画
 - ALMA
 - 将来5計画
2. NAOJ SRM関係計画
3. 国際情勢
4. 将来WG
 - メンバー、諮問事項
 - 争点、進め方
 - スケジュール
5. まとめ

各計画の状況



Last Update: 2023年7月7日



ALMA2計画：概要

- 2023年度からALMA2計画期間がスタート
 - ALMAの本格運用は2013年に開始し、10年が経過
- **科学運用を継続しつつ、観測機能の大幅な強化を行う計画**
- **機能強化**
 - 国内外の研究者コミュニティと協力し、これから挑むべき科学目標と必要な機能強化を議論して、ALMA Development Roadmapとしてまとめた
 - Roadmapで最優先となった**Wideband Sensitivity Upgrade (WSU)** は、受信機、相関器を含む信号伝送系、データ処理からアーカイブまでを更新するという大規模なアップグレードとなる。同時に観測可能な周波数帯域を広げつつ、高感度化を図る。

2030年代の科学的価値の創出

日本として、大規模計画実施機関としての技術的強みの維持と発展、**人材育成** 波長を超えた人材の育成・交流が可能な領域もある

科学データを出し続ける

- 老朽化対策
- 運用の継続 (機能強化の基盤)

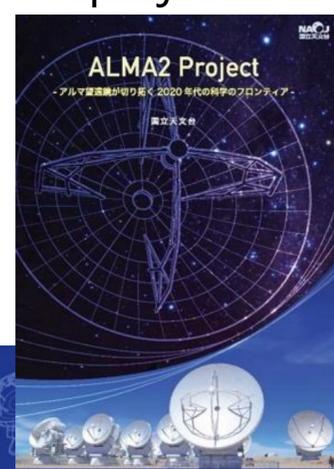
観測機能を強化する

- 観測システムの設計と実装
- システムの各コンポーネントの開発

ALMA Development Roadmap (2018)



ALMA2 project book (2019)



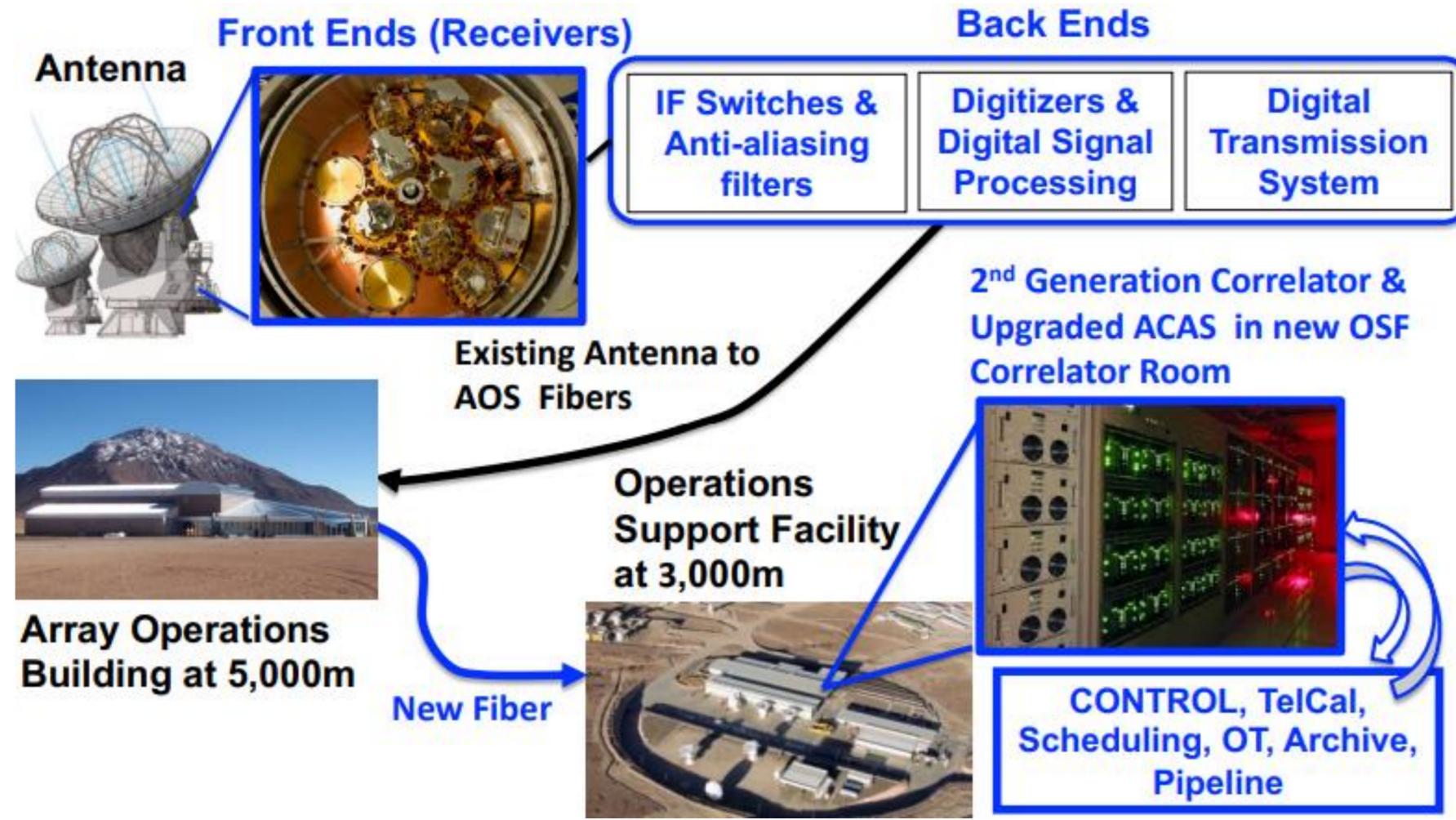


ALMA2計画：機能強化(WSU)の進捗状況

- 新システムの実装および観測機能の向上を**段階的に**実施する計画である。
- 国際ALMA
 - WSUシステム全体の設計や実装計画立案を進めている。科学運用の方法やソフトウェア更新も含まれる。
 - 2025年7月にシステムの基本設計審査PDR（国際外部審査）を終えた。
- 東アジアが主導する開発プロジェクト
 - 信号を高速で相関器へ送る**データ伝送システム**はPDRを通過して詳細設計中。
 - Total Power Array用**新型GPU分光計、拡張バンド8受信機(Band 8v2)**の開発も、近々の基本設計審査へ向けて進行中。
 - その他、欧米リードの開発への協力も。

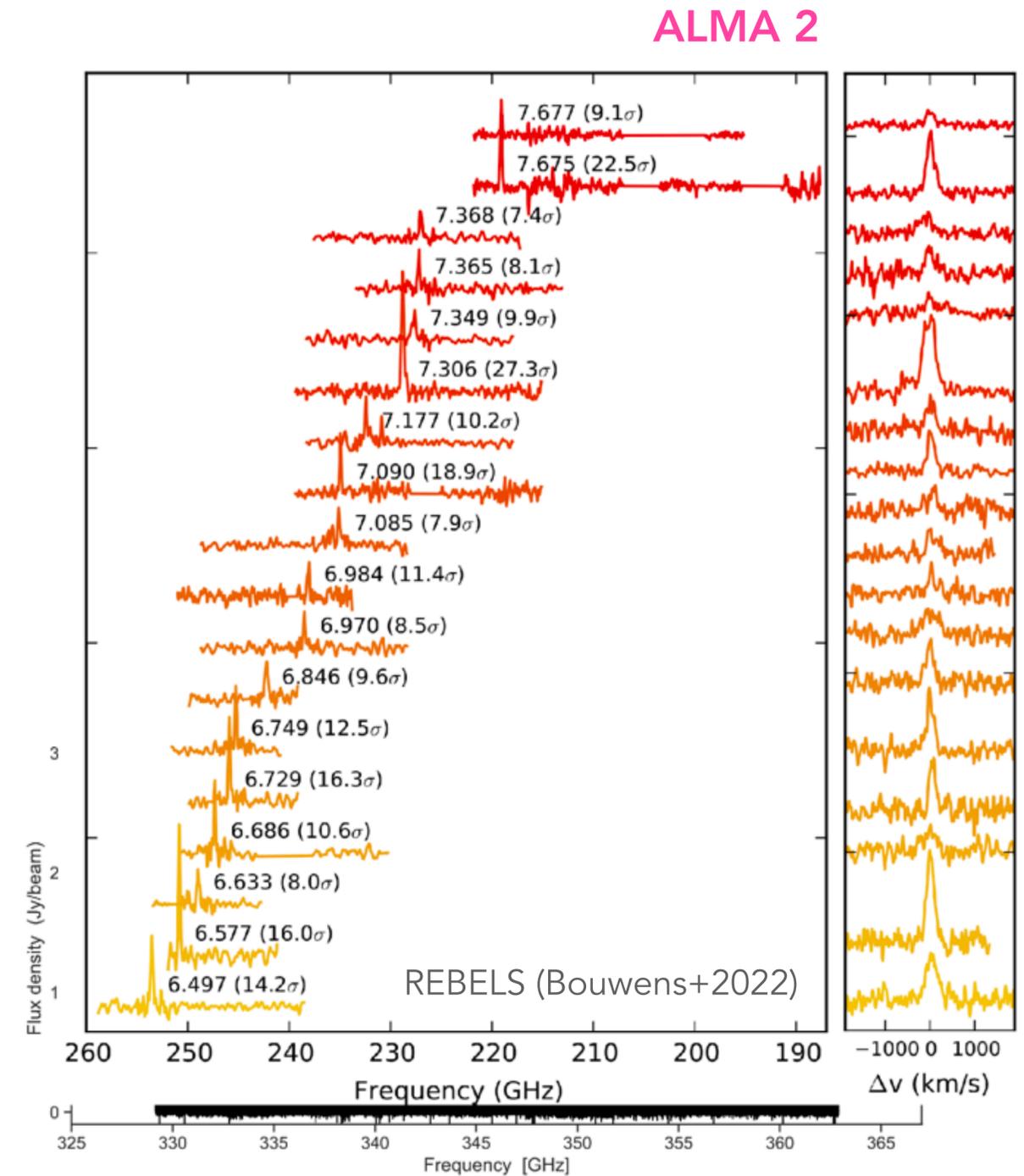
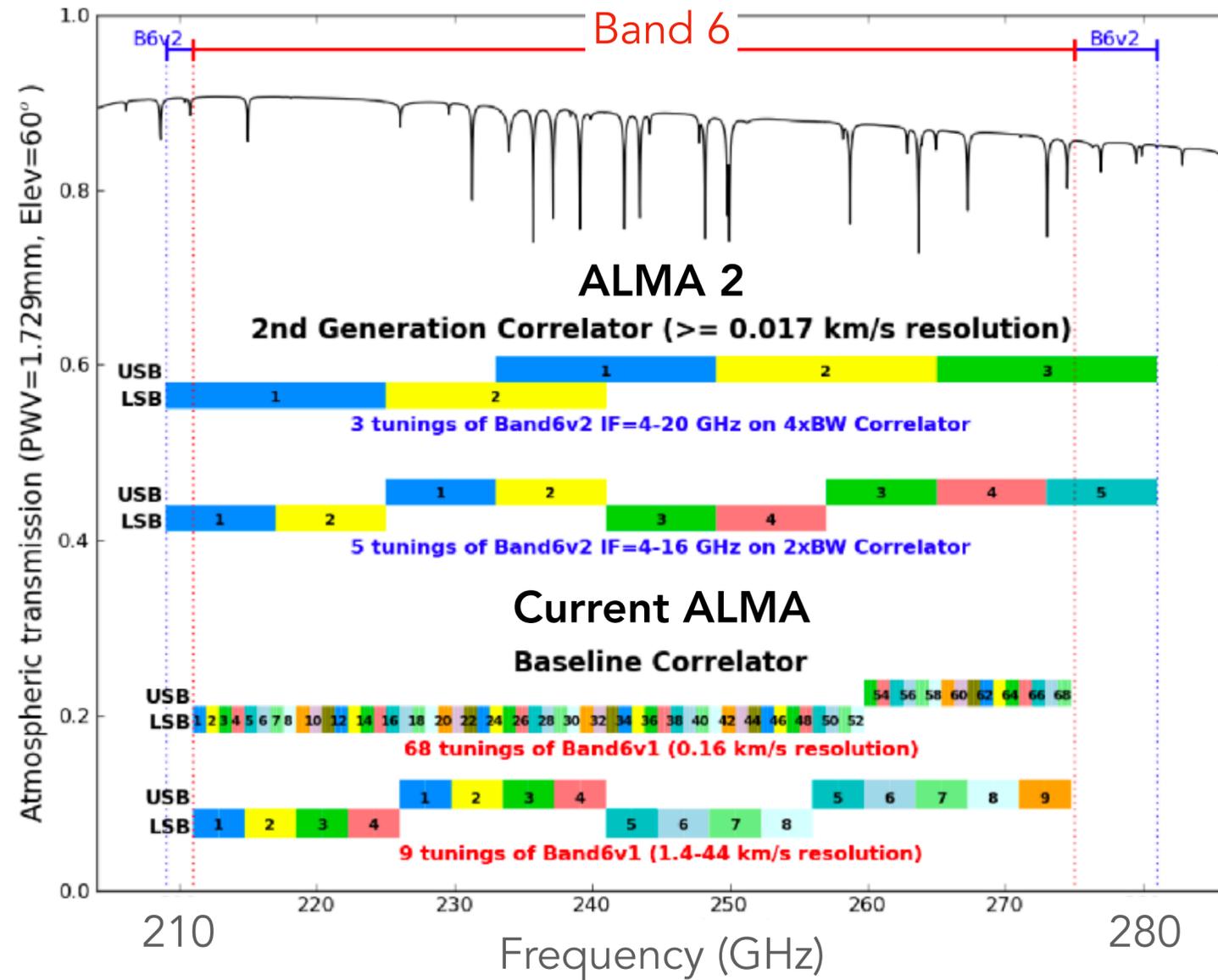
WSUでは...

- 同時に観測可能な周波数帯域幅を2倍に(将来的に4倍)
- 高速度分解能での帯域幅を拡張、観測スピードも向上



青字の部分をアップグレードする

Science with ALMA2 (ALMA WSU)



南極12mテラヘルツ望遠鏡計画(ATT12)

久野成夫さん提供

南極内陸部:地上最高の観測サイト(新ドームふじ)

- 高い大気透過率 ⇒ 地上で唯一、テラヘルツ帯での観測が可能
- 極めて安定な大気 ⇒ 大規模サーベイを可能に
- 国際的な天文観測拠点となりうる

➤ 12mテラヘルツ望遠鏡:

- 観測周波数: 200 GHz - 2 THz
- 広視野($\geq 1^\circ$)
- 広視野MKIDカメラ(850 GHz, 300/400/500/650 GHz)
- ヘテロダイン受信機(450GHz, 650GHz, 800GHz, 1THz, 1.3THz, 1.5THz, 1.9THz)

➤ ATT12による銀河進化の研究

(連続波)超広視野電波カメラによるConfusion limitでの南天全域掃天観測

⇒ ダスト熱放射で1000万個以上の銀河を検出
他波長と合わせて銀河のSED決定

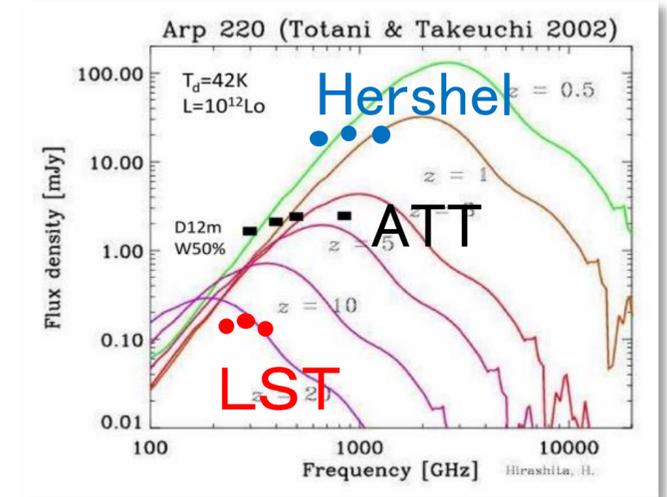
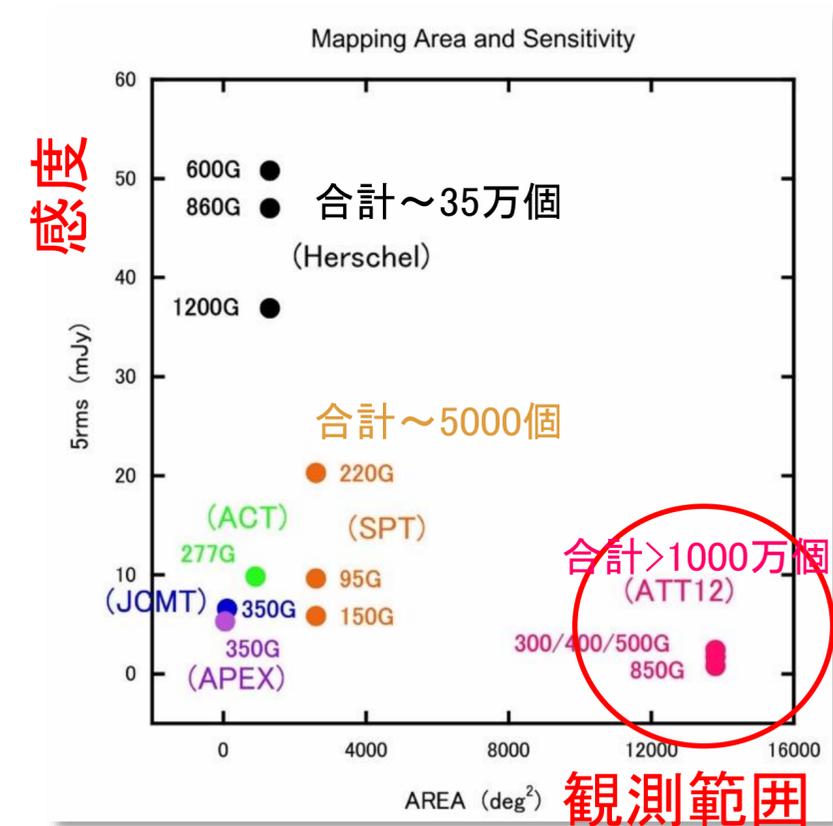
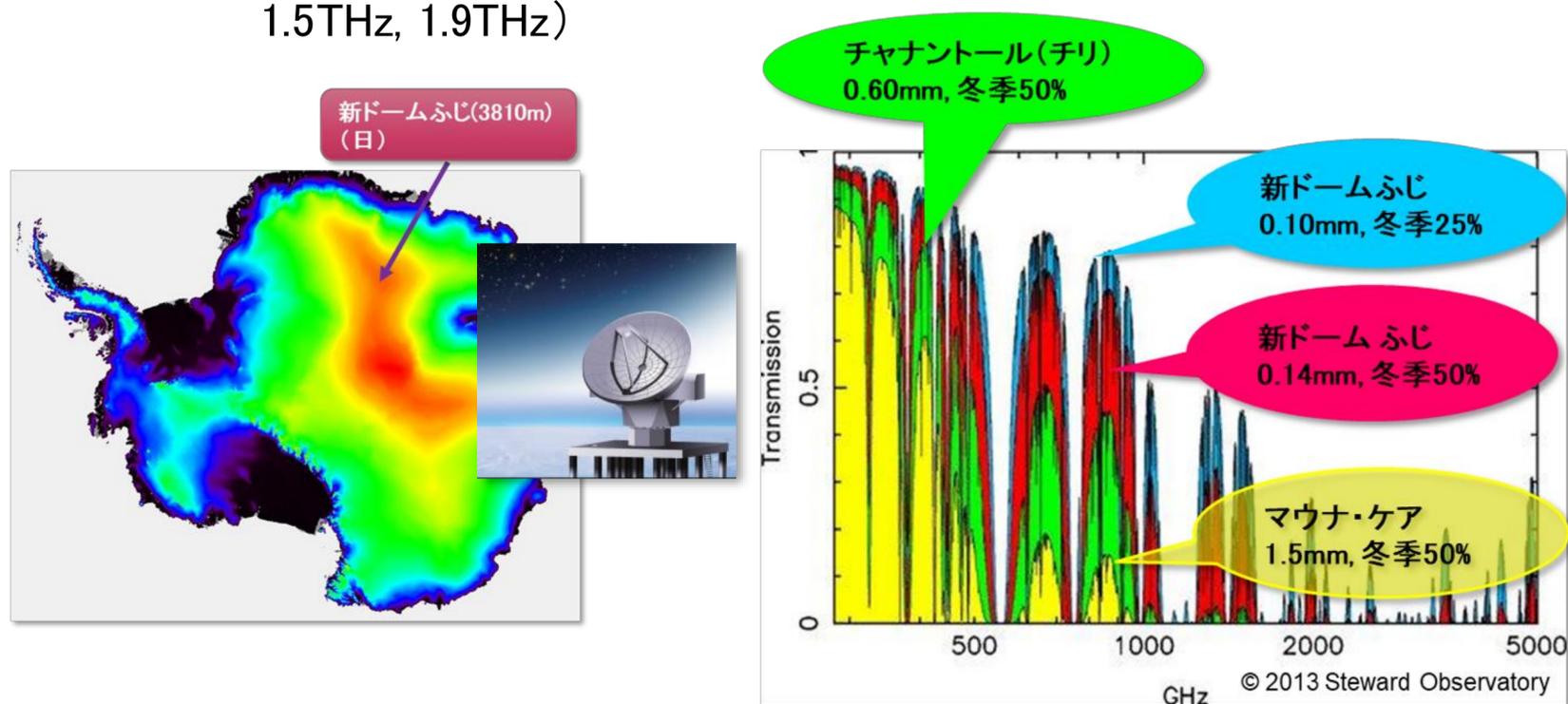
⇒ 銀河の星形成史・AGNの進化

⇒ 多数の重力レンズ天体 → ハッブル定数の測定

(スペクトル線)遠方天体からの遠赤外線の詳細構造線
([CII]158, [OI]145, [OIII]52/88, [NII]122/205...)

⇒ 銀河の星間媒質の時間進化

(電子密度、金属量、電離状態)



- ngEHT(Event Horizon Telescope)の重要局として期待
- 極域からの地球大気観測
- テラヘルツ技術の産学連携
- 将来: 30m級テラヘルツ望遠鏡

LiteBIRD (ライトバード) — 熱いビッグバン以前の宇宙を探索するマイクロ波背景放射偏光観測宇宙望遠鏡



松村知岳さん提供

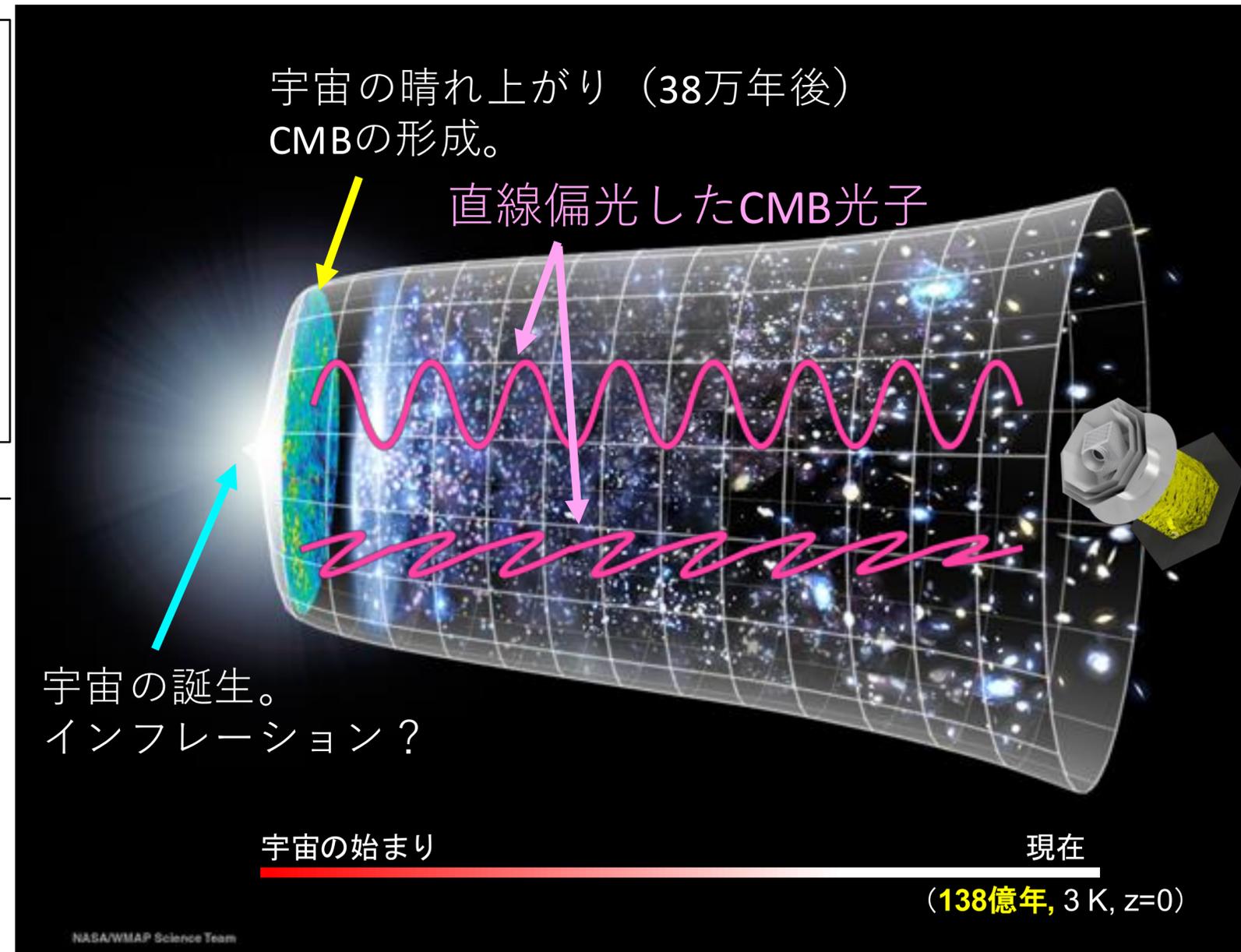
宇宙マイクロ波背景放射 (CMB : Cosmic Microwave Background)

ビッグバンの残光。宇宙の晴れ上がり (宇宙誕生から38万年後) で形成される。CMBは、38万年以前の初期宇宙、そして38万年以降の宇宙進化の歴史を我々に伝えてくれる貴重な**メッセンジャー**。

LiteBIRDの科学目的は、全天の多周波数帯マイクロ波偏光マップを作成し、原始重力波の観測を通じて代表的なインフレーションモデルを検証するとともに、宇宙論・素粒子物理学・宇宙物理学においてこれまでにない新しい知見をもたらすことである。

宇宙論・宇宙物理における科学成果 (例)

- 偏光天体カタログ
- 銀河系内のミリ波放射
- 銀河団等熱いガスのマップ
- 弱重力レンズ効果 Bモード
- 宇宙再電離 (光学的厚み)
- 宇宙論的複屈折
- CMBスペクトル歪みの異方性
- 宇宙論的原始磁場
- 統計的偏光アノマリーの探求
- インフレーション仮説の検証 など



LiteBIRD衛星概要

松村知岳さん提供

LiteBIRD（ライトバード）衛星は、JAXA主導の国際協力プロジェクトにより開発される。

衛星

全高：5.7m、直径：4.3m
重量：3 t（推薬込）、電力：2850W

軌道

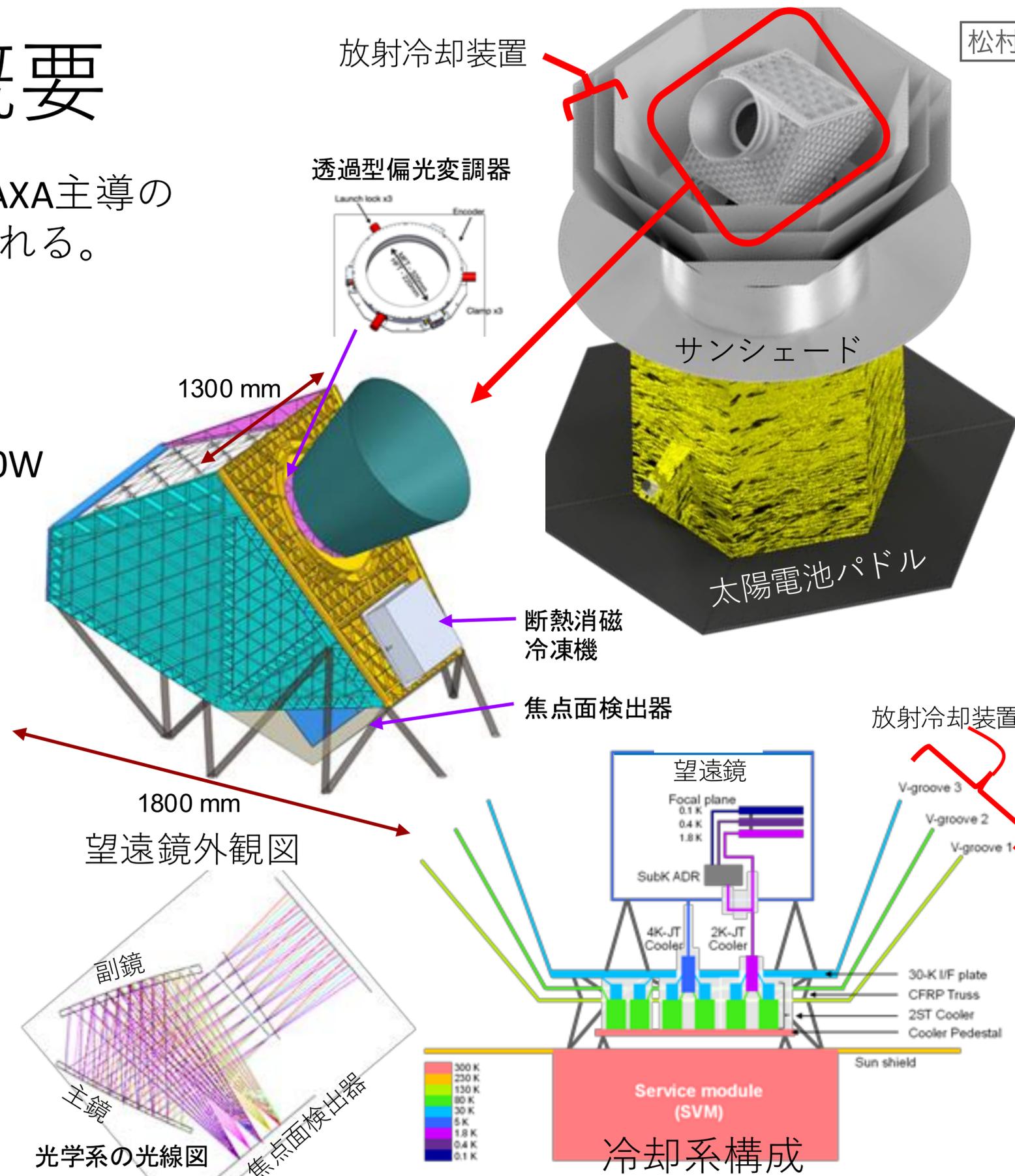
太陽-地球系のラグランジュ点(L2)周りのリサージュ軌道。

望遠鏡

口径50cmの反射光学系。
観測周波数帯：34-448 GHz。
偏光変調器を搭載。
望遠鏡全体を5Kに冷却。

冷却系

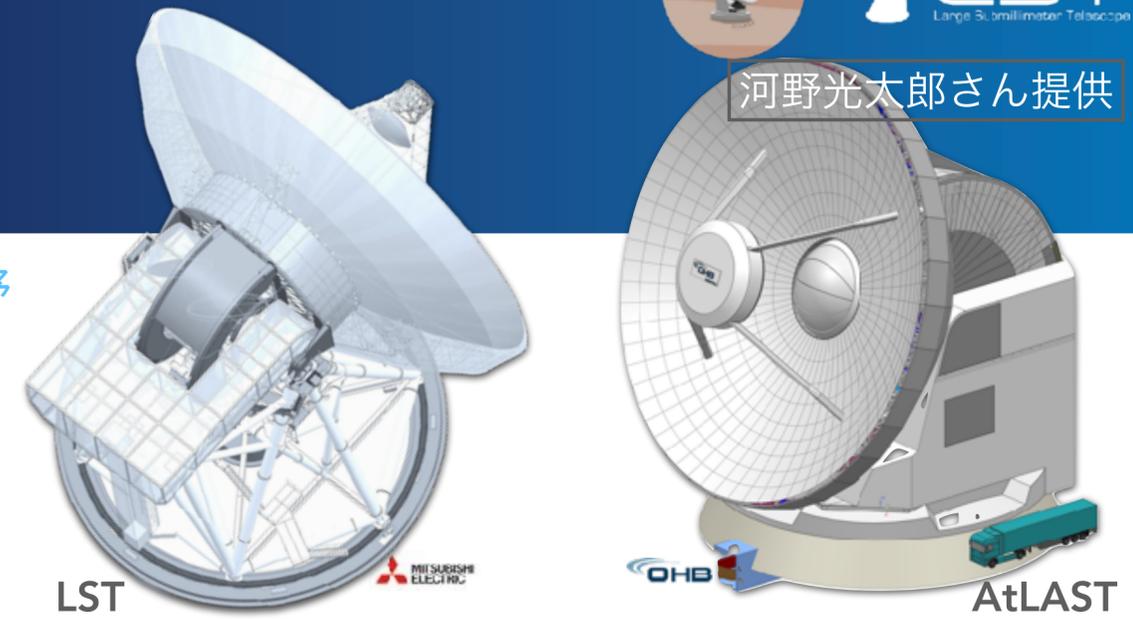
放射冷却と機械式冷凍機を組み合わせた無寒剤冷却系。



大型サブミリ波望遠鏡 LST/AtLAST

Large Submillimeter Telescope / Atacama Large-Aperture Submillimeter Telescope

(サブ)ミリ波で広い視野・広い波長域を一挙に観測する 50 m 級の大口徑望遠鏡を南米チリに建設し、アルマとは相補的なディスカバリー・スペースを開拓。



科学目標

- (1) 宇宙再電離期に至る宇宙史のなかでの銀河・銀河団とブラックホールの形成・進化過程の解明
- (2) 星形成初期段階とそれに伴う惑星系形成の多様性および普遍性の解明
- (3) ミリ波サブミリ波帯における時間領域天文学の本格的な開拓

学術的意義

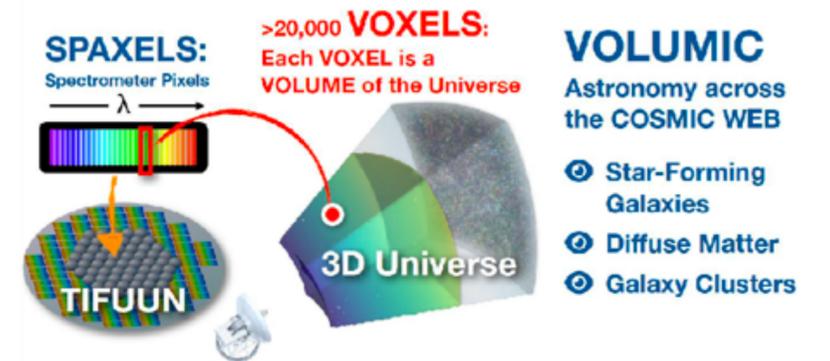
- 大口徑・広視野・広帯域のコンセプトのもと、多様な階層における天体形成・進化の研究を格段に進展させるとともに、サブミリ波帯時間領域天文学を本格的に開拓する。光赤外線分野や低周波電波帯などにおける広域探査計画とも高い相乗効果。
- アルマと組み合わせ、アルマの感度向上に資する (観測時間が約1/2に)。VLBI局としても。

独自性・創造性

- 野辺山・なんてん・VST・富士山望遠鏡・ASTEそしてアルマへ発展した我が国の(サブ)ミリ波天文学に根ざした日本発の計画。
- 集積超伝導分光器やミリ波補償光学など、日本の若手研究者が提唱した創造性の高い独自技術を投入し、アルマを数桁上回る分光撮像探査能力 (マッピング・スピード) を実現。アルマ2の超伝導受信機開発や、データ科学と連携した新しいサブミリ波分光観測・解析法など日本独自の成果に基づく計画。

コミュニティでの合意形成と国内外での連携

- 宇宙電波懇談会で第2位の推薦。高い科学的評価の一方で、計画としては若いフェイズにあるとの評価。
- 欧州主導 AtLAST計画 (欧州連合EU Horizon 2020/25獲得, €7M) との統合を合意。初の再生可能エネルギーによる天文台。
- 日本で90名以上の研究者によるLST白書を出版。日本天文学会企画セッション, 月例LSTセミナーなどコミュニティとの連携を強化。競争的資金 (特推, 国際先導, 基盤S, ERC等) による若手研究者を巻き込んだ鍵技術の開発と科学推進を実施中。

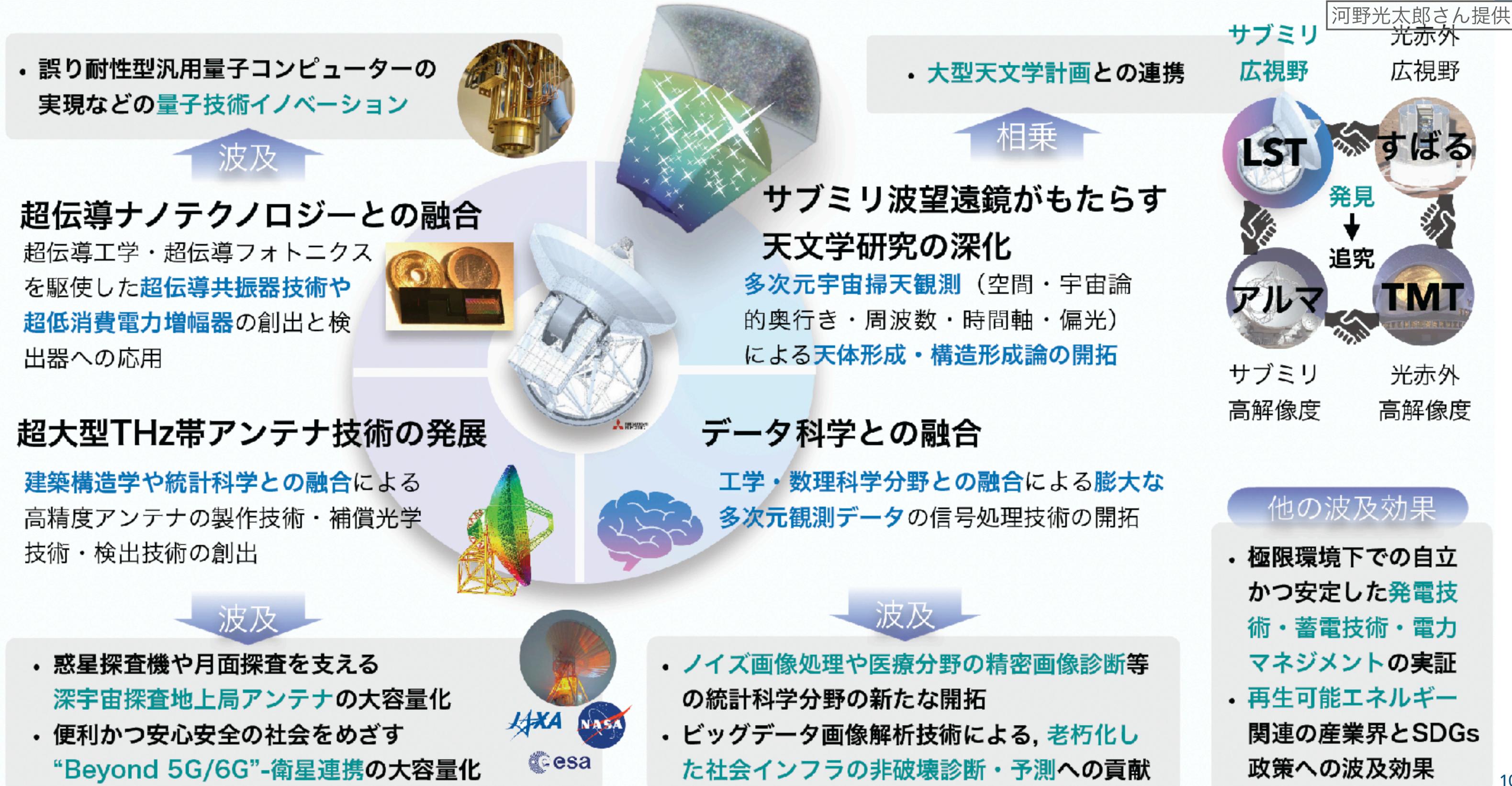


ASTEにおける集積超伝導分光器の科学実証 (2023~)



AtLAST会議 (2024.5) での計画統合の合議

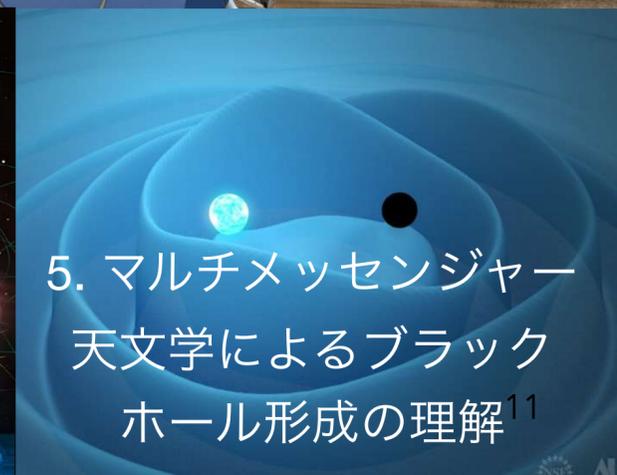
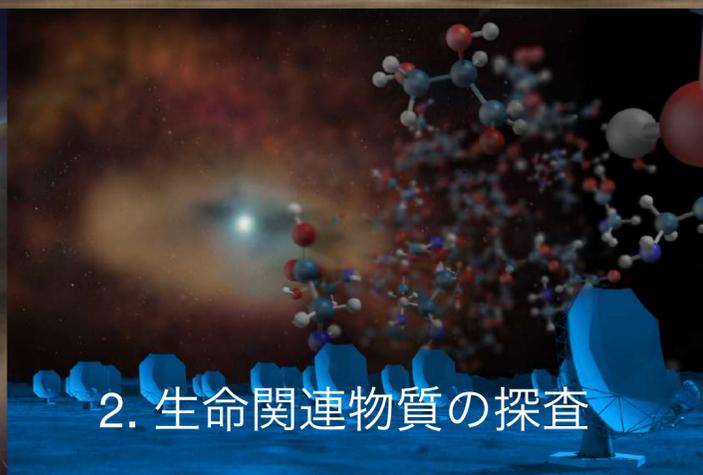
河野光太郎さん提供



next-generation Very Large Array (ngVLA) 概要

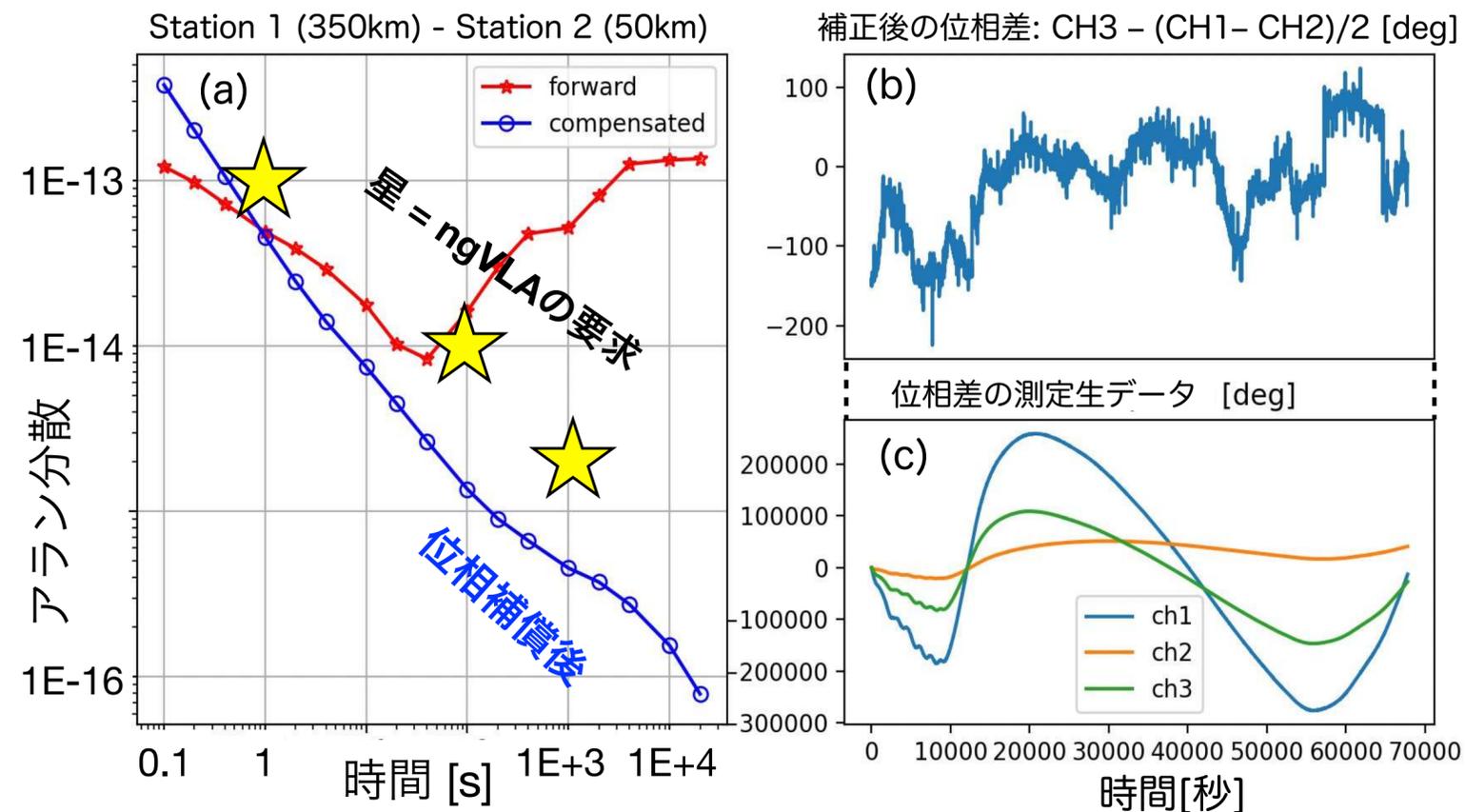
泉琢磨さん提供

- 観測周波数：1.2 - 116 GHz (SKAとALMAをつなぐ6つの受信機バンド)
- 合計263台の高精度アンテナ：244 × 18-m (~160 μ m RMS) + 19 × 6-m
- 最高分解能：~1 mas (LBAモードでは0.1 mas; 基線長 ~9000 km)
- VLA/ALMAの10倍 (以上) 高い解像度と感度を実現するopen facility。
- US Decadal Survey (Astro2020)でUS-ELTsに次ぐ第2位の評価。
- NRAO主導のもと、ALMAで培った科学研究との関連や技術的成熟度を考慮して日本の貢献を検討中。→ 10-20%貢献が当面の目標。「未来の学術振興構想」にも記載済。
- 原始惑星系円盤や星間化学から初期宇宙の天体形成を含む5大科学目標を中心に、多様な研究に革新をもたらす“汎用望遠鏡”。





- 独mtex社製のプロトタイプアンテナが、現VLAサイト（米ニューメキシコ州）に建設された。日本側も独自のアンテナデザインを検討中。
- NAOJ/ATC発の時刻・周波数基準信号分配システムがNRAOの技術審査に合格。米プロトタイプアンテナや野辺山の施設を利用した実地での技術立証試験を計画中。
- 3Dプリンターを用いた部品製造を含む受信機開発も検討中。
- 2026年後半には大規模な国際研究会の日本開催（東北大）も決定！



3-D printing

Development of 3D printing of receiver components for effective mass-production

35-50 GHz AISi10Mg corrugated horn successfully fabricated and tested at cryogenic temperature

Gonzalez et al, IJIM, Oct 2021

67-116 GHz AISi10Mg corrugated horn + transition + OMT, fabricated in a single piece for improved performance

Gonzalez et al, SPIE 2020

NAOJ Advanced Technology Center is leading the field in several advanced technologies which can be readily applied to ngVLA: time and frequency distribution systems, waveguide components in receivers fabricated by 3D printing...

Receiver development

Design of custom waveguide components for ngVLA receivers based on heritage from ALMA

Simulated performance of OMTs designed for ngVLA bands 3 through 6, all of them better than -24 dB at all frequencies

Gonzalez, IEEE AP-S/URSI 2020

Photonic technologies

NAOJ proposals included in the conceptual design of ngVLA: time and frequency distribution systems

Measured transmission phase stability of 100GHz signal through a 250 km fiber spool using a novel technique

Kiuchi, Shillue, SPIE 2020

Novel high-accuracy time distribution successfully demonstrated over 250km

Kiuchi, IEEE Photonic Tech. Letters 2022

Square Kilometre Array Observatory

従来の**10倍以上の感度と分解能**そして**100倍を超える圧倒的掃天能力**でアルマが観測できない**長波長電波域を唯一網羅し天文学・宇宙物理学の地平線を開拓する**



日本のキーサイエンス

★宇宙論および天体物理学による**宇宙再電離**の解明

天体形成理論や遠方銀河探査という日本の強みを活かしながら、長波長電波天文学の課題を解決し、宇宙論の未解決課題にも挑む

★天体活動と階層的宇宙構造を決定づける**磁場**の徹底探査

従来のミリ波・センチ波観測から生まれた動機にも結びつきながら、視線断層技術も駆使し、衝撃波や粒子加速の非熱的世界に挑む

★**パルサー**観測による**長波長重力波天文学**の開拓

マルチメッセンジャー天文学や時間領域天文学の時代を睨み、国内のVLBI網による観測とも連携し、日本の天文学の新領域に挑む



英国本部GHQ
SKA天文台が運営
意思決定はSKA評議会
16ヶ国が参加/参加準備
日本はオブサーバ国

共同利用は建設費への貢献に応じて時間配分
↓
日本は**先進国(仏蘭西独)並み(2%)以上のシェア**目指す
★観測提案採択数~9件/年、コア査読論文数~12件/年程度か

部分運用2026年~、AA*完成2030/32年
2030年代にAA4を建設。SKA2の構想も。



豪州LOW
(50-350MHz)
AA*: 307局 74km
AA4: 512局 74km



南アMID
(0.35-15GHz)
AA*: 144台 108 km
AA4: 197台 150 km

日本の技術貢献

国内VLBIコミュニティの技術
ヘリテージを活かした貢献
★**望遠鏡性能出し**
世界が期待する建設の最後の要。日本から3-5FTEを貢献

- ★高周波**受信機**
- ★He**圧縮機**
- ★**デジタイザ**
- ★VLBI**記録系**

SKAの価値は
科学にとどまらない
ビックデータ
国連SDGs

ガバナンス

13参加国 + 2手続国

豪, 加, 中, 独, 印, 伊, 蘭, 南ア, 英, スペイン, ポルトガル, スイス, スウェーデン + 仏, 韓

トップ体制移行

評議会議長: Catherine Cesarsky → Filippo Zerbi (25.2~)

SKAO台長: Phil Diamond → Jessica Dempsey (26.6~)

科学部長: Robert Braun → Naomi McClure-Griffiths (25.7~)

SEAC長: Naomi M. G. → Kristine Spekkins (25.3~)

G20南ア/大臣会合&視察



建設

LOW AA0.5 4局ファーストライト達成!



MID AA0.5 4台はサブシステム整い年末にファーストライトか?



日本

AIVとSRCに国際貢献中

AIVは3FTE以上を拠出する覚書を調印
SRCはv0.1試験に合格し正式ノードとして活躍



SRCNet0.1 Node Completion JPSRC

Congratulations to the Japanese team on completing deployment and integration of all the required services needed to become an SRCNet0.1 node!
Kudos to all involved!

tested by:
J. Salgado
Jesus Salgado
SRCNet Architect



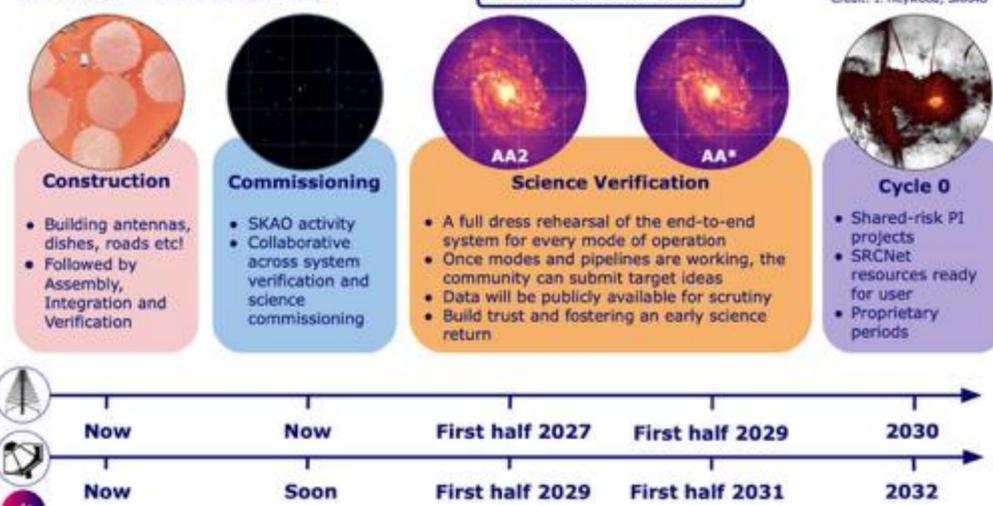
confirmed by:
R. Bolton
Rosie Bolton
SRCNet Project Lead

Date: 07/05/2025

運用

AA2 SVは2027年で決定! AA*は2030/32年

SKAO milestones



科学

ドイツ国際会議の開催、科学白書の大改訂



低周波VLBIの開発

GMRTと東北大・飯館局とでフリンジ試験成功
広帯域記録系の開発

科学白書へ寄稿

宇宙再電離、宇宙磁場、天の川銀河、突発天体、VLBIなど15件以上

名古屋大主導の計画を構想

名古屋大: 予算獲得 + SRCの運用
天文台: 渉外 + AIV等の技術貢献
各大学: 特色生かした貢献

宇電懇からの推薦（これまでの経緯）

- 2021年10月、天文・宇宙分科会におけるマスタープラン向けに推薦する大型・中型計画の取りまとめに対し、宇電懇は大型計画=SKA1とngVLAを1位、LSTを2位、中型計画A=ATT12、順位に含めないが重要な大型計画=LiteBIRDの5計画を推薦。意向投票を実施し、技術的成熟度や時機等の観点から順位を決定。あわせて、既に進行中のプロジェクトであるLiteBIRDやALMA2の取扱について、分科会に配慮を要望した。(宇電懇ニュース, #118, #119)
- RM2023 へは、推薦依頼があった計画に推薦を行った。

計画 (ABC順)	MP2023	学術振興構想2023	RM2023	学術振興構想2026
ALMA2	- (開始が決定)	-	-	-
ATT12	推薦 (中型A)	掲載	推薦	提案
LiteBIRD	推薦 (大型)	掲載	推薦→掲載	提案
LST/AtLAST	推薦 (大型2位)	掲載	-	提案
ngVLA	推薦 (大型1位)	掲載	-	提案
SKA1	推薦 (大型1位)	掲載	推薦	提案

国立天文台サイエンスロードマップ提案計画

1	Square Kilometre Array Phase 1
2	Advanced R&D hub for future GW detectors with TAMA300
3	光赤外線天文学研究教育ネットワーク事業
4	大学VLBI連携
5	重力波望遠鏡KAGRAによる重力波天文学の推進
6	第3世代重力波望遠鏡 (3G)
7	Ultra-Doppler - 地球の双子惑星を探索する超高精度ドップラー装置
8	PRIMAによる遠赤外線天文学の推進
9	次世代大型電波干渉計 ngVLA
10	ダークユニバース宇宙論研究拠点
11	国際滞在型天文学宇宙物理学研究会・スクールの拠点形成
12	惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡 (LAPYUTA) 計画
13	30m光学赤外線望遠鏡計画TMT
14	恒星系の深・広視野探査で拓く銀河系・局所銀河群の化学動力学進化
15	銀河形成研究拠点: プロジェクト・分野横断研究に基づく新しい銀河形成研究の展開
16	超精密フォーメーションフライト実証機SILVIA
17	NASA Habitable Worlds Observatoryへの参加
18	系外惑星研究拠点形成
19	電波・赤外線観測と理論に基づく星惑星形成領域から惑星系への進化の解明
20	サブミリ波望遠鏡 ASTE での広域/広帯域観測に基づく天体形成・構造形成の研究

21	宇宙と生命の起源を探究する大型ミリ波サブミリ波望遠鏡アルマ2計画
22	すばる望遠鏡の安定運用と機能向上: 「すばる2」から「すばる3」へ
23	マルチメッセンジャー天文学連携拠点
24	次世代シミュレーションで探る天体の構造と起源
25	遠赤外線テラヘルツ干渉計による天体の形成と進化の解明
26	赤外線位置天文観測衛星JASMINE
27	ADCによる大規模多波長観測データ科学にむけた世界標準のデータ科学拠点の構築
28	宇宙望遠鏡と地上望遠鏡の協調観測による系外惑星のキャラクタリゼーション
29	超精密分光観測による天文学
30	LST/AtLAST計画推進とサブミリ波多次元掃天観測による天体・構造形成の研究
31	Exoplanet Imaging and Characterization with Subaru SCEAO and TMT-PSI
32	岡山光赤外望遠鏡群を中心とした時間軸天文学・人材育成・国際連携の拠点構築
33	野辺山45m鏡を用いた次世代技術開発とミリ波大口径アンテナによる天文学
34	赤外線宇宙望遠鏡GREX-PLUS
35	月面天文台TSUKUYOMI
36	南極30mテラヘルツ望遠鏡計画
37	太陽フレアX線集光撮像分光観測計画
38	高感度太陽紫外線分光観測衛星SOLAR-C
39	大型宇宙光学赤外線望遠鏡
40	太陽活動の継続的観測: ひので衛星、三鷹地上観測、さらに将来観測への布石
41	東アジアおよびグローバルVLBIの推進とその最高分解能を生かした観測研究
42	太陽系内小天体探査計画における惑星測地学の推進: MMXとはやぶさ2拡張ミッション
43	すばるHSC-MB+PFSサーベイ: 高赤方偏移における大規模構造の探査

- ・大型計画 (ALMA2 は便宜上こちら。LiteBIRD は提案なし。)
- ・既存の観測所
- ・関連将来計画

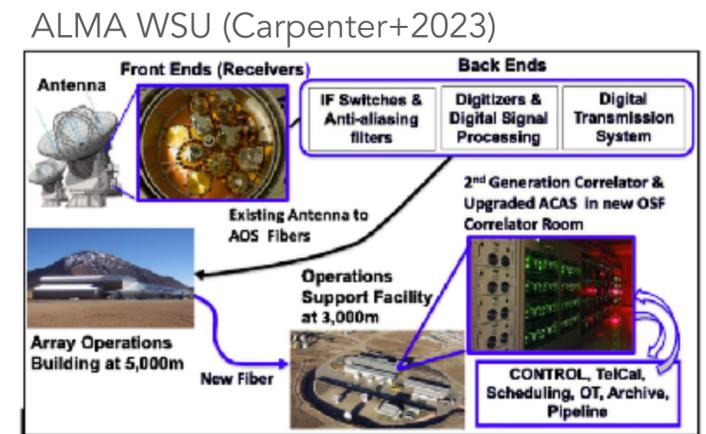
國際情勢

Kavli-IAU WS on Global Coordination 2024: Recommendations

2030年代以降の遠赤外線～ミリ波におけるサイエンスや技術の重要性を見出し (findings)、次世代に進むべき道筋 (recommendations) を、国際的な観点から提示する。(※ SKA1 はWSの守備範囲外である点に注意)

ALMA 2030 (Wideband Sensitivity Upgrade) の推進と ALMA 2040 の策定

- WSU が最優先課題。基線拡大も検討。NOEMA, SMAも活用。
- ALMA 2040 では、分光感度の向上の可能性 (e.g. コアな周波数 [0.8-1.4 mm] で設計を簡略化したアンテナを増設) を検討すべきである。
 ↳ ALMA future development workshop (2024 October@NAOJ)
 "ALMA3" is now a formal charge posed to ALMA JSAC.



ngVLA 計画の推進 (※ SKA1 はWSの守備範囲外である点に注意)

- 低周波 ALMA (> 3mm) の10倍の感度、20-200倍の角度分解能を達成。2020年代の建設(開始)を目指すべきである。国際協力の拡大が必要。ALMA 開発に寄与。



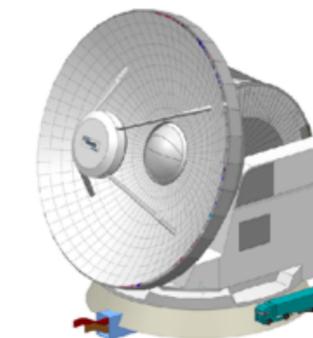
遠赤外線プローブの推進 (FIRSST, PRIMA, SALTUS) *alphabetical order

- Herschel (-2013) 以降の JWST (< 30 μm) と ALMA (> 350 μm) のギャップを埋める。科学・技術・産業の蓄積の損失を避けなければならない。気球/ロケット実験も重要。



シングルディッシュ望遠鏡の推進

- 地上広視野大口径サブミリ波望遠鏡 (AtLAST/LST) の検討をすべきである。資金・組織のモデル、技術のロードマップが必要。焦点面装置技術の開発が鍵、CMB実験、遠赤外ミッションにも寄与。
- 既存・建設中の望遠鏡 (LMT, FYST/CCAT-p, ..) による焦点面装置の技術実証や VLBI (EHT) が重要。



AtLAST design study (Mroczkowski+2024)

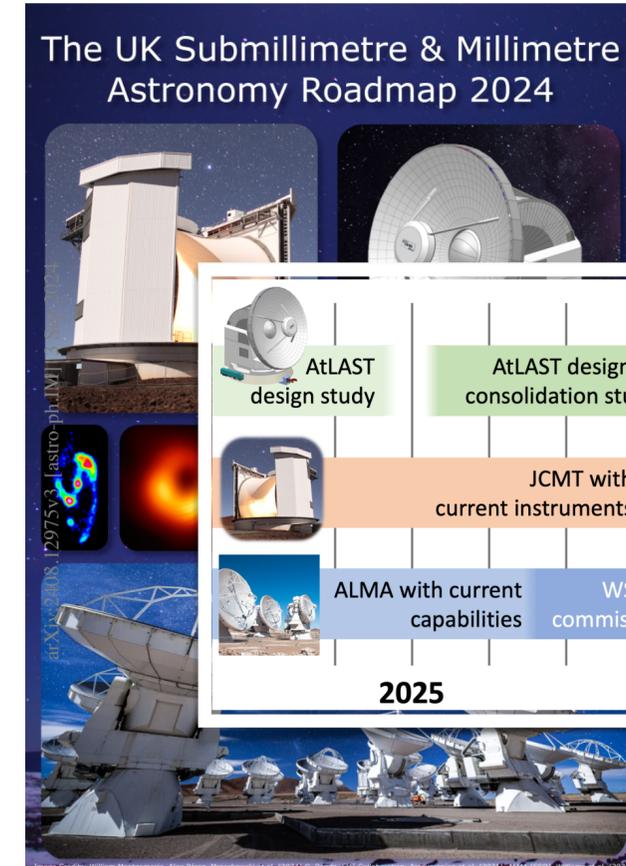


FYST (https://www.ccatobservatory.org)

機会は開かれている！ 日本の天文学コミュニティは何をどう選択していくか？

その他の国際情勢

- Expanding Horizons: ESO次世代計画の募集
 - ELT建設完了を見越した2040年代の大型計画の展望と戦略の公募。
 - 2025: white paper 公募；2026-27 計画公募。
 - 電波天文の計画：ALMA2040, AtLAST/LST
- NSF FY2026 Budget Request の状況
- SKA時代の UK Sub/mm Astro Roadmap
 - コミュニティからの詳細なアンケートに基づく分析 (SWOTスキーム)
 - 単一鏡、VLBI含む干渉計に関する技術的・予算的制約を考慮した、コミュニティー丸となった戦略

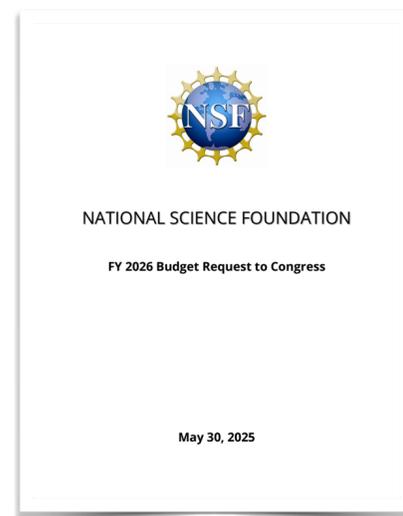


Pattle et al. 2024,
arXiv:2408.12975

NSF FY2026 Budget Request

<https://nsf.gov-resources.nsf.gov/files/00-NSF-FY26-CJ-Entire-Rollup.pdf>

- NRAO減額も、ALMA のために確保 (NINSやESOへの言及)。GPS等のためのVLBA維持。残り (VLA含む) は縮小。
- 将来計画 (Degin Stage Activities) として、US-ELTsとともにngVLAに言及。
- 中規模 (mid-scale RI-2) として Advanced Simons Observatory。



MAJOR FACILITIES FUNDING, BY PROJECT (Dollars in Millions)

	FY 2024	FY 2025 (TBD)	FY 2026 Request	Change over	
	Current Plan			FY 2024 Current Plan	Amount
Operations and Maintenance of Major Facilities	\$1,065.73		\$745.00	-\$320.73	-30.1%
National Ecological Observatory Network (NEON)	78.05		47.00	-31.05	-39.8%
Biological Sciences	\$78.05		\$47.00	-\$31.05	-39.8%
Academic Research Fleet	153.06		92.00	-61.06	-39.9%
National Center for Atmospheric Research (NCAR) FFRDC	127.66		77.00	-50.66	-39.7%
National Geophysical Facility ¹	39.48		39.00	-0.48	-1.2%
Ocean Observatories Initiative (OOI)	39.34		8.00	-31.34	-79.7%
U.S. Sub-seafloor Sampling (S3P) ²	48.51		10.00	-38.51	-79.4%
Geosciences	\$408.05		\$226.00	-\$182.05	-44.6%
Large Hadron Collider (LHC) - ATLAS and CMS	20.50		12.00	-8.50	-41.5%
Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory (LIGO)	48.00		29.00	-19.00	-39.6%
National High Magnetic Field Laboratory (NHMFL)	38.57		23.00	-15.57	-40.4%
National Radio Astronomy Observatory (NRAO) FFRDC	107.90		71.00	-36.90	-34.2%
NRAO O&M	43.59		24.00	-19.59	-44.9%
Atacama Large Millimeter Array (ALMA) O&M	54.76		44.00	-10.76	-19.6%
Green Bank Observatory	9.55		3.00	-6.55	-68.6%
National Solar Observatory (NSO) FFRDC	27.67		17.00	-10.67	-38.6%
NSO O&M	6.24		4.00	-2.24	-35.9%
Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST)	21.43		13.00	-8.43	-39.3%
NSF's National Optical-Infrared Astronomy Research Laboratory FFRDC	66.12		53.00	-13.12	-19.8%
NOIRLab O&M (Mid-Scale Observatories & Community Science and Data Center)	23.68		6.00	-17.68	-74.7%
GEMINI Observatory O&M	24.73		15.00	-9.73	-39.3%
Vera C. Rubin Observatory O&M	17.71		32.00	14.29	80.7%
Mathematical and Physical Sciences	\$308.76		\$205.00	-\$103.76	-33.6%
Antarctic Facilities and Operations (AFO)	262.93		263.00	0.07	0.0%
IceCube Neutrino Observatory (ICNO)	7.94		4.00	-3.94	-49.6%
Office of Polar Programs	\$270.87		\$267.00	-\$3.87	-1.4%
Major Research Facilities Construction Investments	\$266.38		\$268.00	\$1.62	0.6%
R&RA Design Stage Activities³	\$33.38		\$18.00	-\$15.38	-46.1%
Major Research Equipment and Facilities Construction (MREFC)	\$233.00		\$250.00	\$17.00	7.3%
Total, Major Research Facilities	\$1,332.11		\$1,013.00	-\$319.11	-24.0%

FFRDC is an acronym for Federally-Funded Research and Development Center.

¹ FY 2024 column restated to include GAGE and SAGE, which were subsequently consolidated into a single facility, the National Geophysical Facility (NGF).

² Formerly the Integrated Ocean Drilling Program (IODP).

³ Design Stage Activities include support for potential next generation major facilities. This line reflects FY 2024 funding amounts of \$3.88 million for the Antarctic Research Vessel (ARV), \$9.5 million for Summit Station, \$7.0 million for the Next Generation Very Large Array (ngVLA), and \$13.0 million for Extremely Large Telescopes (ELT), and FY 2026 funding amounts of \$12.0 million for Summit Station, and \$6.0 million for ngVLA.

宇宙電波懇談会

将来計画検討ワーキンググループ（第2期・2025年～）

宇電懇将来計画検討 WG メンバー

氏名	所属	職位・役職
委員 (12名)		
泉拓磨	国立天文台	准教授
江草芙実	東京大学	准教授 (前WG副議長)
遠藤光	デルフト工科大学	准教授
議長 河野孝太郎	東京大学	教授
斉藤俊貴	静岡大学	准教授
高橋慶太郎	熊本大学	教授
副議長 新沼浩太郎	山口大学	教授
西村淳	国立天文台	准教授
橋本拓也	筑波大学	助教
副議長 深川美里	国立天文台	教授
本間希樹	国立天文台	教授
百瀬宗武	茨城大学/国立天文台	教授
外部委員 (6名)		
相川祐理	東京大学	教授
稲見華恵	広島大学	准教授
田中雅臣	東北大学	教授
富田賢吾	東北大学	准教授
長尾透	愛媛大学	教授
山田亨	宇宙科学研究所	教授

オブザーバ (7名)		
大西利和	大阪公立大学	教授 (前WG議長)
齋藤正雄	国立天文台	教授・副台長
下条圭美	国立天文台	准教授
藤澤健太	山口大学	教授
本原顕太郎	東京大学/国立天文台	教授
田村陽一	名古屋大学	教授・宇電懇委員長
赤堀卓也	国立天文台	研究員・宇電懇副委員長

● WG議長、副議長の選出

- 互選。スケジュールの関係で意見分布の聞き取り、数名との話し合い。

- ▶ 自薦・他薦をつのる。
- ▶ 利益相反 (計画の中核を担う方) を慎重に考慮。
- ▶ 議長は責任を持って公平に進められる方から。
- ▶ 副議長を2名に。つぎの世代から。
- ▶ 海外の方や外部委員に依頼することは難しい。
- ▶ 得票数だけで決めるのも要注意。

WG 諮問事項

- **(1) 日本の電波天文ロードマップの策定**

- **国立天文台サイエンスロードマップ (NAOJ SRM) および実施計画へのインプット：**

何を？	対象は、 現プログラム (アルマ2, アステ, 野辺山, 水沢, VLBI 大学関連携含む) と 将来計画 (ALMA3, ATT12/30, LiteBIRD, LST/AtLAST, ngVLA, SKA)。~2035年まで。
どこまで？	期間ごとに 優先度・順位 。実現可能な時間・予算・人的体制。競合する場合の体制。
いつまで？	2度のマイルストーン：NAOJ SRM (FY2025 Q3) 及び NAOJ 実施計画 (FY2026 Q2)

- **第26期未来の学術振興構想**：学術会議天宇分科会による募集。2023掲載計画の更新と新規提案の受付も。→地上計画が中心の宇電懇では、NAOJ SRMを完遂することで自然に決まるだろう。

- **(2) 2025年度 宇電懇シンポジウムの企画**：FY2025 Q4 を予定。（運営は運営委が担当）

論点、争点 (1/3)

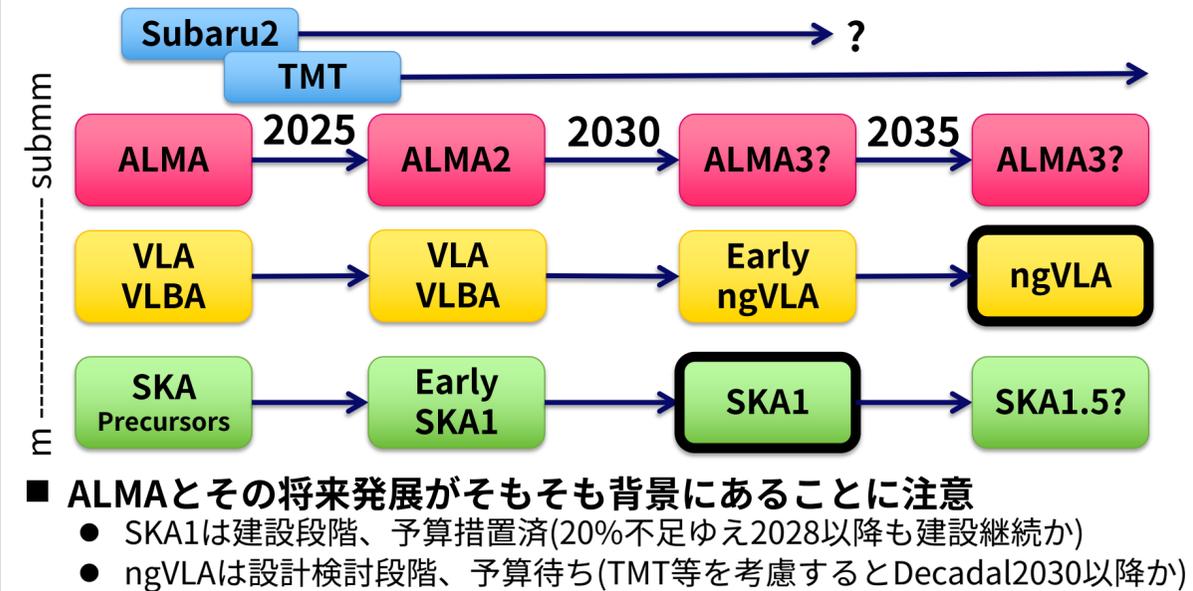
- ngVLA と SKA
 - (+) タイムスケールとフロンティア提案母体が異なる。並行した提案は理論的に可能。
 - (-) 内部的 (人的体制) にも対外的 (複数の「低周波電波干渉計」) にも、同時にフロンティアが採択・実行させられる見込みがあるか。
 - If yes: 実施計画は何か。その計画は成立するか。計画がないなら2026にNAOJ実施計画で優先度が決まるが、宇電懇はそれで良いのか。
 - If no: いずれかがdownselectされた場合の、プランBはなにか。(運営委員会としては、通った計画が落ちた計画を補う「包容力」のないプランに、「是」とは言えない。)
 - (-) 貢献割合20%や2%の科学的根拠はあるのか。譲歩の可能性はあるのか。

2024年3月4-5日
宇宙電波懇談会シンポジウム@国立天文台

SKA1-ngVLA 両プロジェクトの対比と相補性

赤堀卓也(SKAJ) & 泉拓磨(ngVLA-J)

タイムラインの対比と相補性



2024/3/4

SKA1-ngVLA対比と相補性

6

(宇電懇シンポ2024)

論点、争点 (2/3)

- センチ波～サブミリ波 (以下ミリ波と呼ぶ)
 - SKAが名大主導の提案で動き出した今、NAOJ側での資源のコンフリクトが浮き彫りになっている。ALMA2→ALMA3 があり、LST/AtLAST があり、ngVLA がある。野辺山45とアステも。
 - (+) 単一鏡はロードマップとしての共通認識が得られつつある (宇電懇シンポ 2025)。
 - (-) ミリ波はサイエンス的に地続き、かつ運用モデルも近い。にも関わらず、包括するロードマップがない。現観測所も含むミリ波ロードマップが作れないか (参考: UKの例; Kavli-IAU WS 2024; ESO Expanding Horizons募集)。
- 低周波/VLBI
 - 現観測所 (水沢、大学間連携)、SKAもまた地続き。低周波/VLBI ロードマップの策定に着手するとよいのでは。VLBI懇談会 (V懇) の活動との交流も必要。
- 波長で分けたくはないが、サイエンスで分けるなら「ミリ波」「低周波/VLBI」

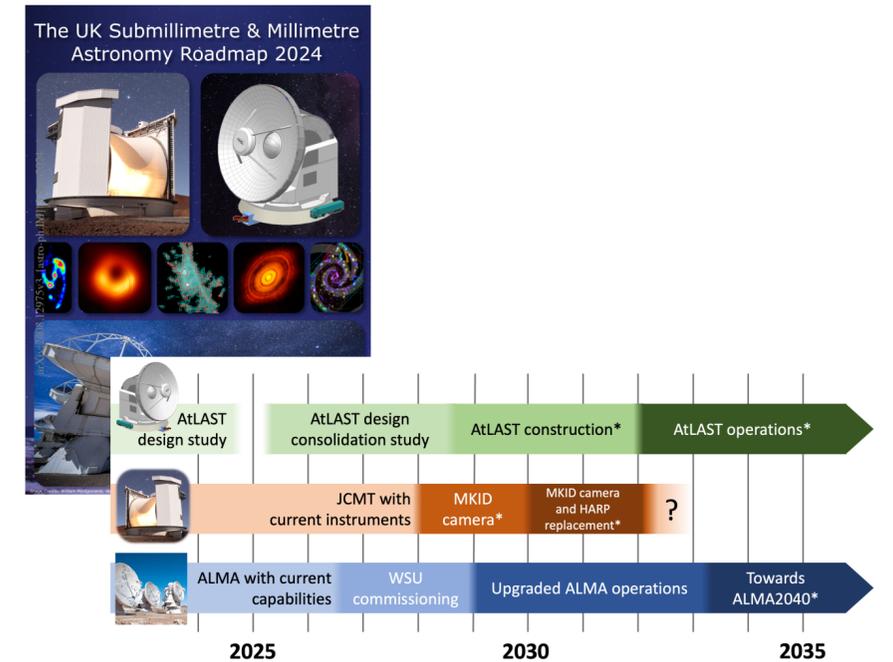
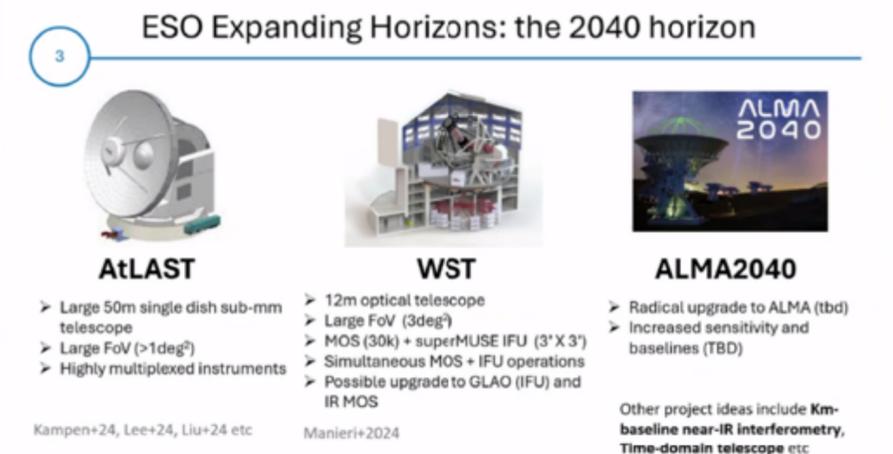


Figure 38: Indicative timeline. A * indicates an item that is not yet funded. The anticipated sequence of facility and instrument developments is as follows: JCMT instrument upgrades, followed by AtLAST, then ALMA 2040 (in other words: an essential upgrade to single-dish capabilities is earlier in the timeline, followed by the anticipated major upgrade of ALMA).

Pattle et al. 2024, arXiv:2408.12975



<https://next.eso.org/>

論点、争点 (3/3)

- 技術のロードマップ
 - 技術の蓄積と継承に寄与する計画か。スクラッチから立案する力を継続できるか。技術者やデータ科学者が「論文を書ける」魅力的な技術的挑戦があるか、そこで人材が育つか。
 - ハード面だけでなくソフト面、データ科学面でもサステナブルか。
 - エネルギー問題、量子計算技術、AI技術など、社会的要請とアラインするか。
- デリバラブルとしてのロードマップ
 - 優先度、順位づけ、SWOT分析
 - スケジュールは10年 (~2035) を当面のスコープとする。
 - 人的・金銭的資源の推移を境界条件とする。
 - 計画のリストでなく、計画間の相互関係と実現可能性を評価できる定量的な関係が必要。
 - 立ち上げ (commissioning) と立ち下げ (de-commissioning) も意識する。



国立天文台科学戦略委員会・サイエンスロードマップ委員会での議論

↳ 宇電懇将来WG (河野議長) 資料から田村が抜粋

コミュニティの本気度

- コミュニティからの一致した強いサポートを受けて国立天文台が実施する (例: ALMA→ALMA2, すばる→すばる2, TMT)。コミュニティは本気か？ その総力をあげて、国立天文台と一緒に推進する覚悟があるか？

計画間のコンフリクトの解決

- 2つの計画「A」「B」両方をやりたいとコミュニティが言っている。各計画へのサポートはあるが、どう考えても全部は実現できない可能性が高い。【と、宇電懇の外からは見えている】
- それぞれが努力していて、結局両方ともできなかった、というのが最悪のシナリオ。
- 誰がみても問題だということについて、両論併記で済ませるわけにはいかない。

ポイント・考え方

- 今こそ、コミュニティとの議論を。個別提案の枠を超えて、持続的に天文学を発展させられる「ビジョン」を。
- 将来を決める枠組み・スキームを示すべき。【国立天文台はSRM/IP策定。宇電懇は？】
- 「現行のプロジェクト（観測所）」と「将来の投資」とのバランス。
- 一方で、現時点で自らを縛りすぎるのはどうかという意見。「フロンティア」はもう増やせないと誰が決めた？
- 今後スペース・ミッションの活用はどの分野でも必須になると思われるが、宇宙電波分野での議論の状況は？



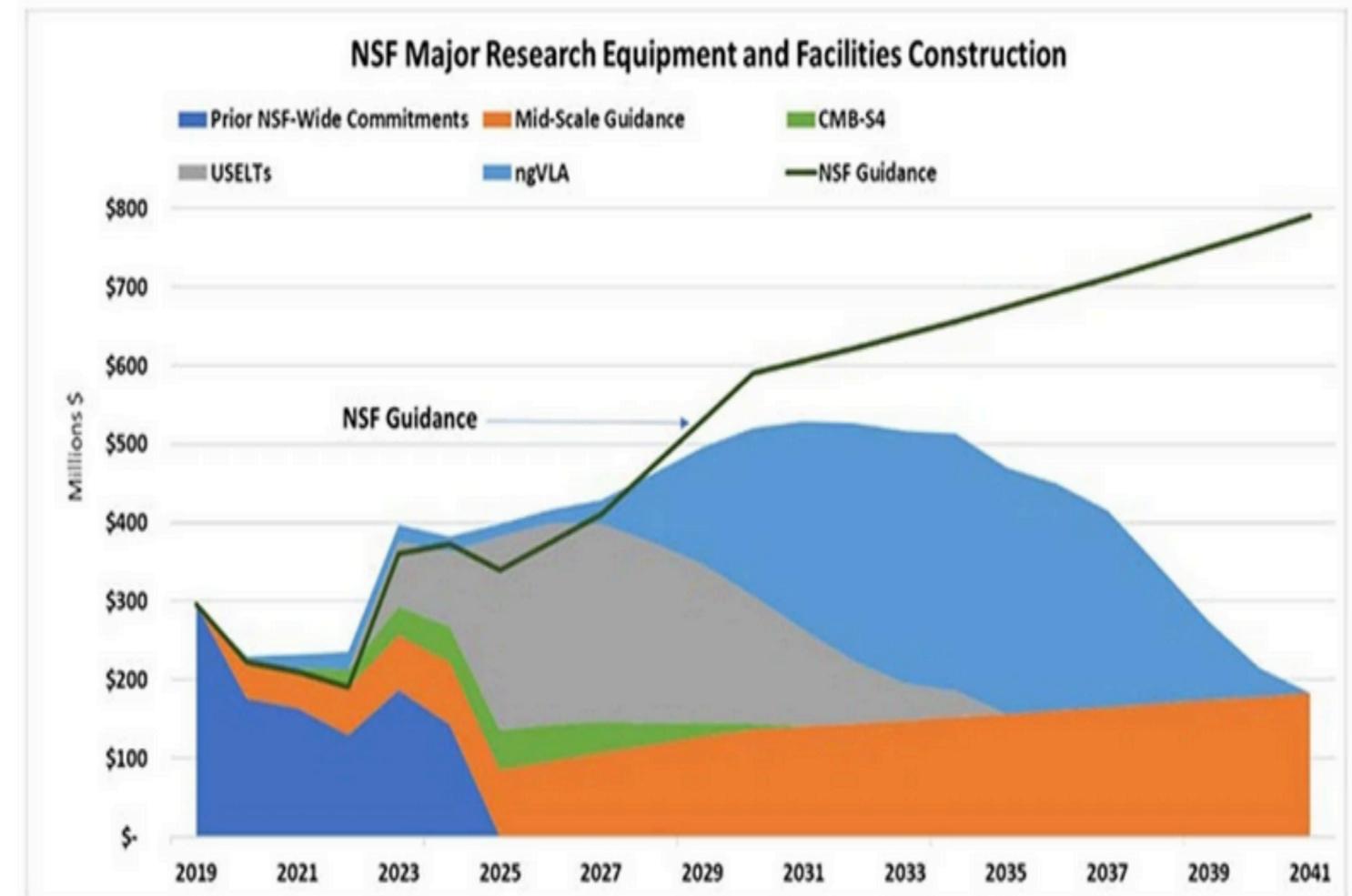
今期の進め方について：計画推進のリソースの整理

↳ 宇電懇将来WG (河野議長) 資料から田村が整理

- 「宇宙電波ロードマップ」に掲載すべき計画から、必要リソース（予算・人的リソース・施設設備的リソース、技術的成熟度）とその年次プロファイルを提供していただく。
- これを実施機関ごとに積み上げて、一覧を作成。成立性を、WGのexpertiseに基づき検討。

こうした電波天文学分野のプロジェクトの成立性の検討は、他のコミュニティではできないこと。電波天文学分野のエキスパートの集まるWGだからこそできること。

他のコミュニティ（天文学以外の分野コミュニティも含め）から見て、これなら確かに成立していそう、と思ってもらえる「宇宙電波ロードマップ」にしたい。



The decadal survey's budget projections for NSF entail focusing initially on funding the U.S. Extremely Large Telescope program before potentially turning to the next-generation Very Large Array. It also recommends expanding NSF's spending on astronomy through its Mid-Scale Research Infrastructure program beginning in the mid-2020s. (Image credit – National Academies)

NSF decadal survey の例

<https://www.aip.org/fyi/2021/astro2020-decadal-survey-arrives-priorities-major-facilities>



今期の進め方について：科学目標の整理

↳ 宇電懇将来WG (河野議長) 資料から田村が整理

デリバラブルとしての「宇宙電波ロードマップ」

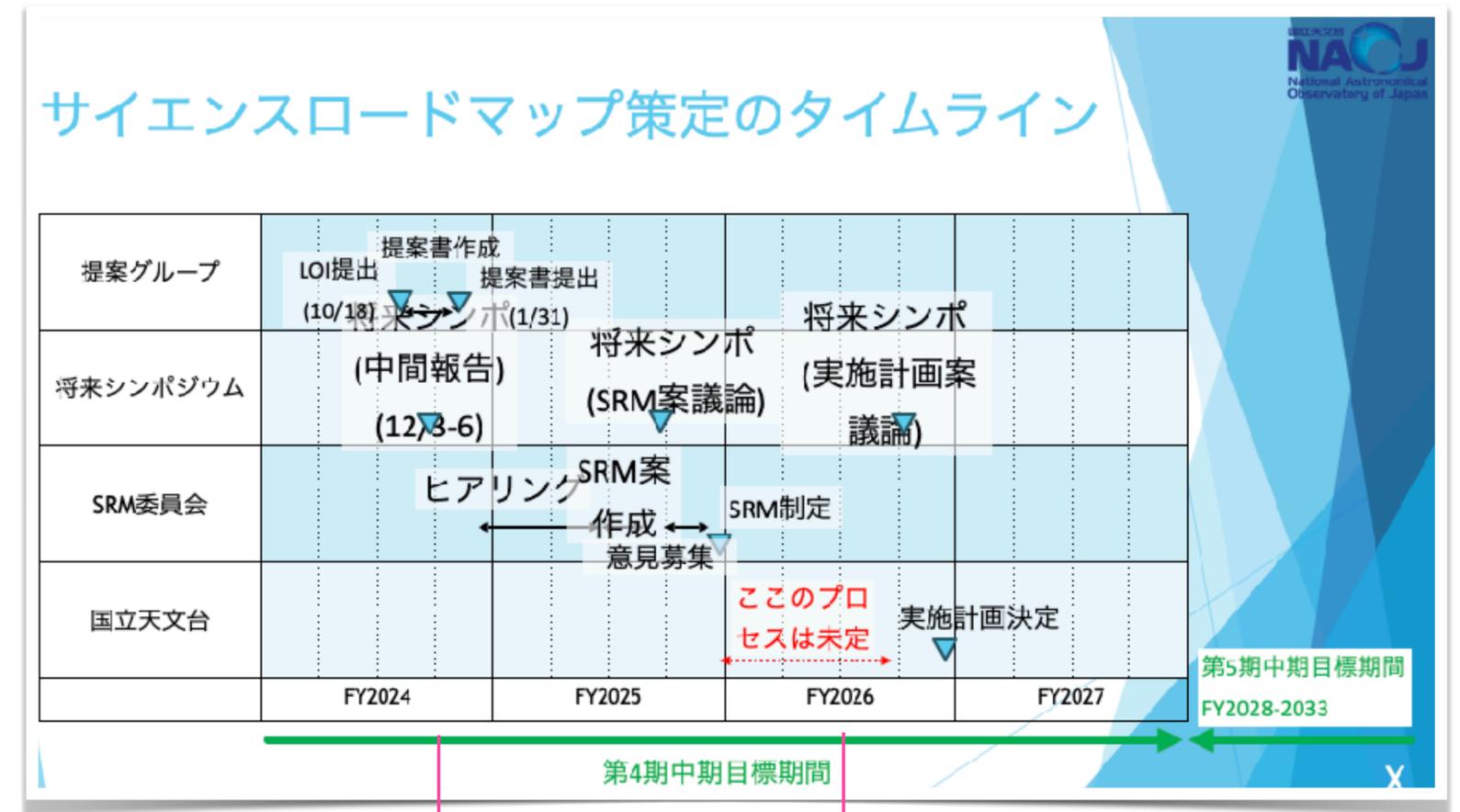
- "宇宙電波ロードマップ" では、どのような科学目標があり、その実現に向けて、こういう時系列で、こういうプロジェクトを進めていく、という関係を整理して、図表および文章にまとめる。

各プロジェクトの科学目標とその想定するタイムラインの情報

- 国立天文台サイエンスロードマップ (NAOJ SRM) 提案書をベースに。NAOJ SRM 委員会での審査（ヒアリングや質問票 RIX のやりとりを含む）を踏まえた、改訂版提案書の提供を依頼。
- 参考：光赤天連ロードマップ作成委員会では、提案書を募集 (2024年2月)、集まった計画（大型計画8件、装置・施設計画5件、サイエンスの計画7件）のうち、大型計画8件についてレビュー・ヒアリングを実施。提案時からの状況変化を反映させるため、提案書のアップデートと再提出も依頼した (2025年6月締切)。宇電懇WGでは、NAOJ SRM で各計画が労力をかけて作成した提案書を効果的に活用し、迅速な集約を目指す。

NAOJ SRM・実施計画案へ向けたスケジュール

- 2025/6: WG招集、第1回WG会合
- 2025/10: WG 進め方を決定
- 2025/11: 各計画へリソース情報提出依頼
- 2025/12: NAOJ将来シンポで途中経過報告
- 2025/12: 宇電懇シンポで途中経過報告・議論
- 2025/Q4: 各計画からNAOJへ実施計画のインプット
- 2026/1: 電波天文RM素案の検討, NAOJ SRMへ提供
- 2026/2: 電波天文RM素案の公表・パブコメ募集
- 2026/Q2: 電波天文RM確定・公表



まとめ

- 電波天文分野では「ALMA 2」を最優先とし ATT12, LiteBIRD, LST/AtLAST, ngVLA, SKA1 (ABC順) の5計画が進められている。
- 低周波電波干渉計の実現、「ミリ波」観測装置への期待へ向けた有益な議論があった一方、コンフリクトが浮き彫りに。
- 将来計画検討WGによる電波天文ロードマップの策定がスタート。
- 国際的な潮流も見ながら、波長横断的な議論が重要。
- 宇電懇シンポ@東大本郷, 12月23日～25日

