

月面電力タワーが提供する 科学観測の機会検討の状況について



2026年7月13日
国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構
国際宇宙探査センター



本日の目的

- 月面活動の機会を活用した科学的成果の創出を目指し、令和3年より「月面での科学研究・技術実証ミッションに係るフーズビリティスタディ」やその成果を踏まえたフロントローディング活動を実施してきた。
- それらの活動の中で月面3科学（①月面からの天体観測(月面天文台)、②月サンプルの選別・採取・分析、③月震計ネットワークによる月内部構造の把握）の検討を進めてきている。
- ②は宇宙戦略基金／③はアルテミス計画での実証機会目途を得て、それぞれ検討が進んでいる。他方、①月面天文台については、実証機会を含めての検討を行っているところ。
- また、今後の月面活動を行うにあたり電力は必要であり、これを提供する「月面電力インフラ」は優先的に整備が想定されるインフラである。また、特に初期の活動において、「太陽電池タワー」はこのインフラの主要構成要素であるとともに、電波観測アンテナをタワー上部に配置することにより、月面天文台の観測機会にも繋がるものと考えている。
- 本日は、この「太陽電池タワー」と、そのタワー構造を活用した科学観測の機会の検討状況についてご紹介する。



1. 有人月面活動と拠点構築・全体アーキテクチャ

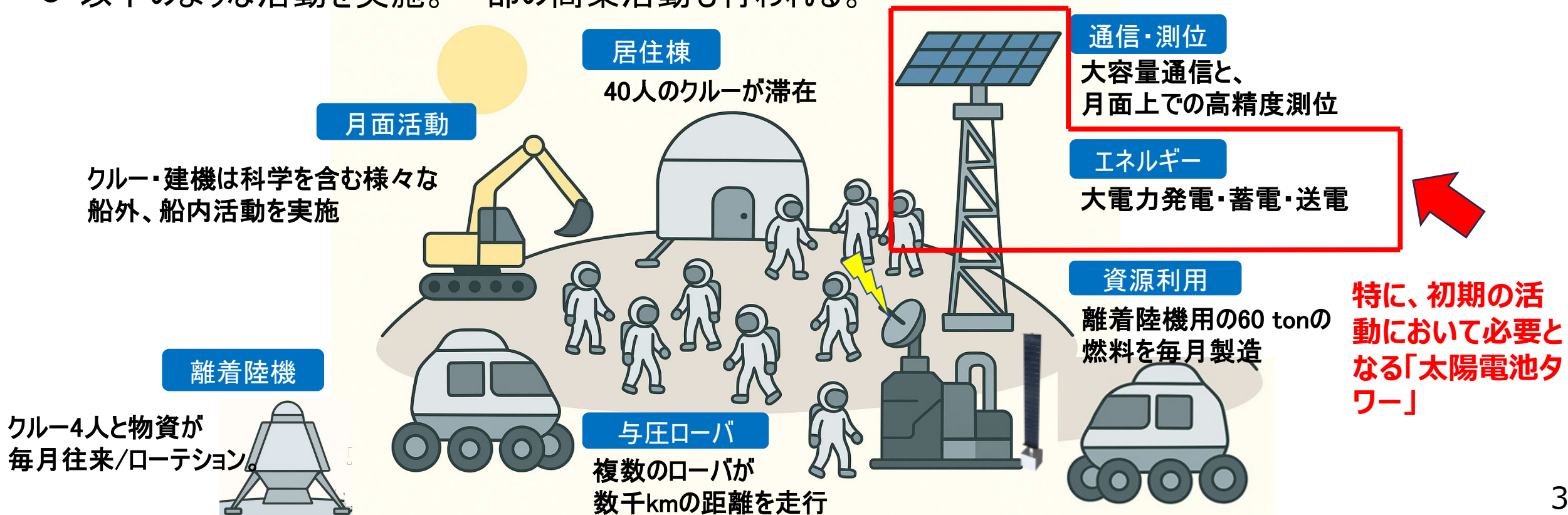
科学を含む初期活動において技術実証される電力・熱制御エネルギー・自動自律・通信測位等のインフラ技術が、月面拠点構築の基盤となる。

日本の国際宇宙探査シナリオ案で見据える2040年代の月面拠点

- 40人が常時滞在できる規模まで滞在拠点を拡大。
- 以下のような活動を実施。一部の商業活動も行われる。

※下記図は「日本の国際宇宙探査シナリオ案」の内容に基づき生成AIにより作成

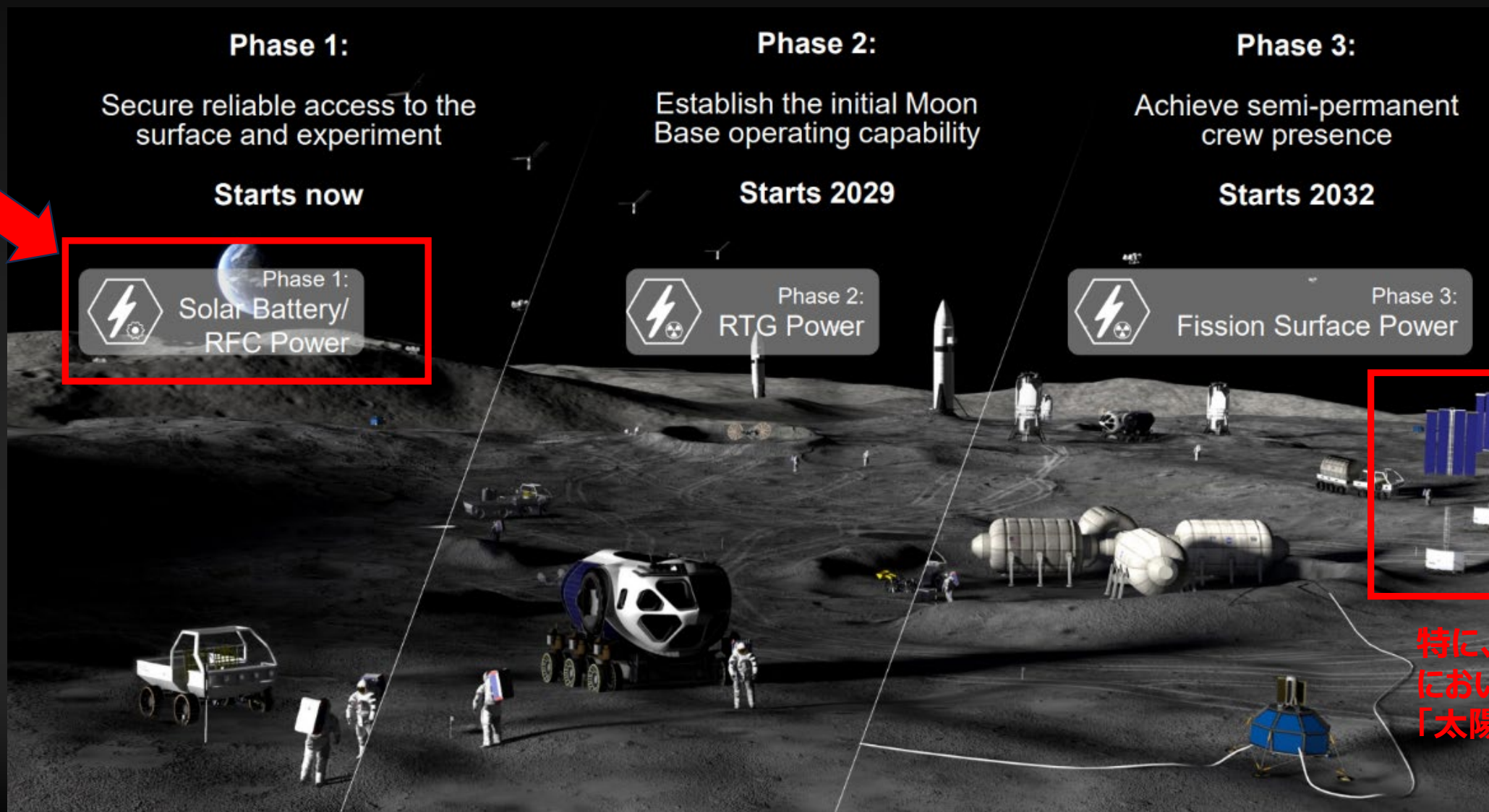
- ー 科学活動 (大型の科学観測設備が設置等)
- ー 探査活動 (40人のクルーが滞在し、船内外作業等)
- ー 将来活動への準備 (拠点規模拡張やデータ利用等)





2. 「MoonBase」構想内の「月面電力インフラ」と「太陽電池タワー」

NASAは月面拠点の建設計画の具体化を公表。3段階から成る建設計画及び、各段階での開発目標が明らかに。各段階におけるインフラのアセット数や性能目標値が詳細化されている。



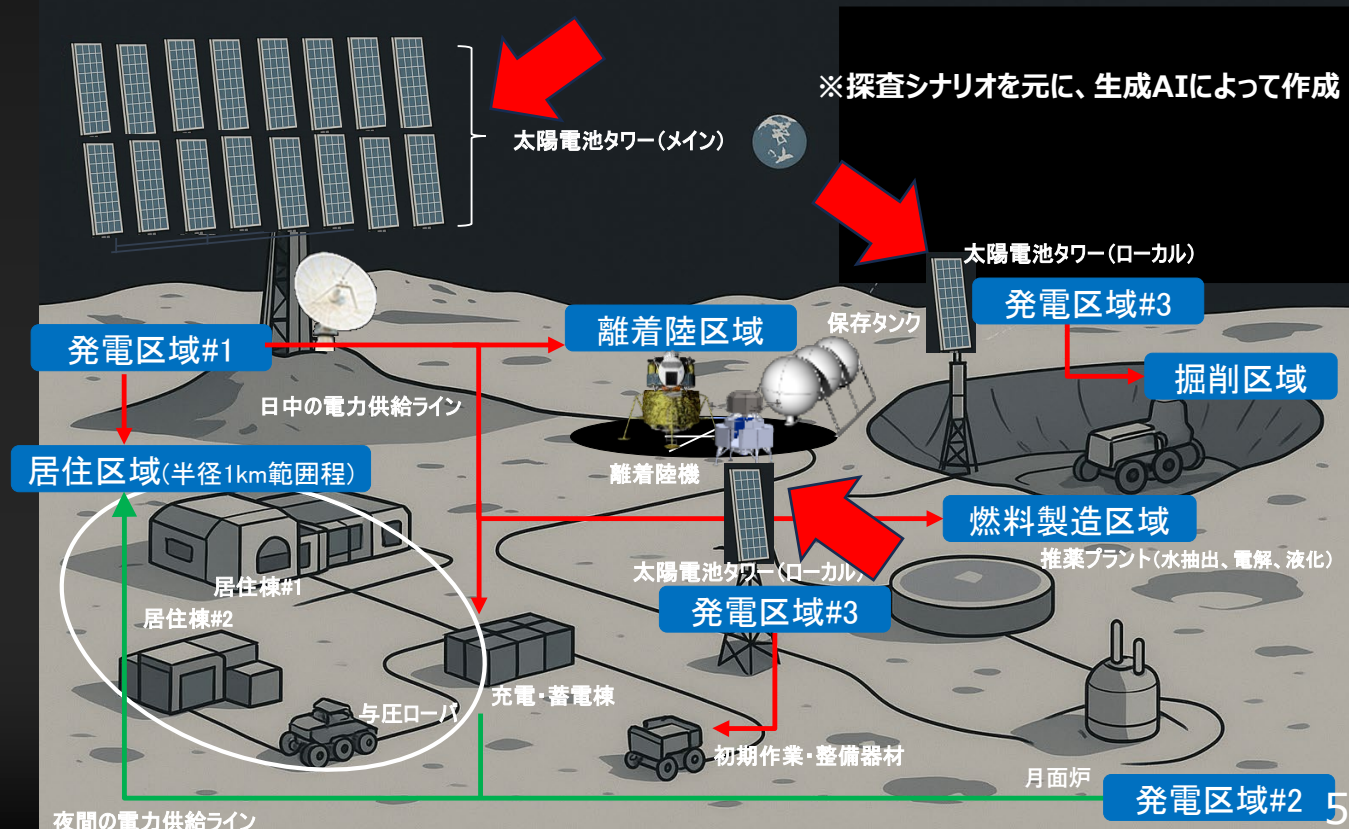
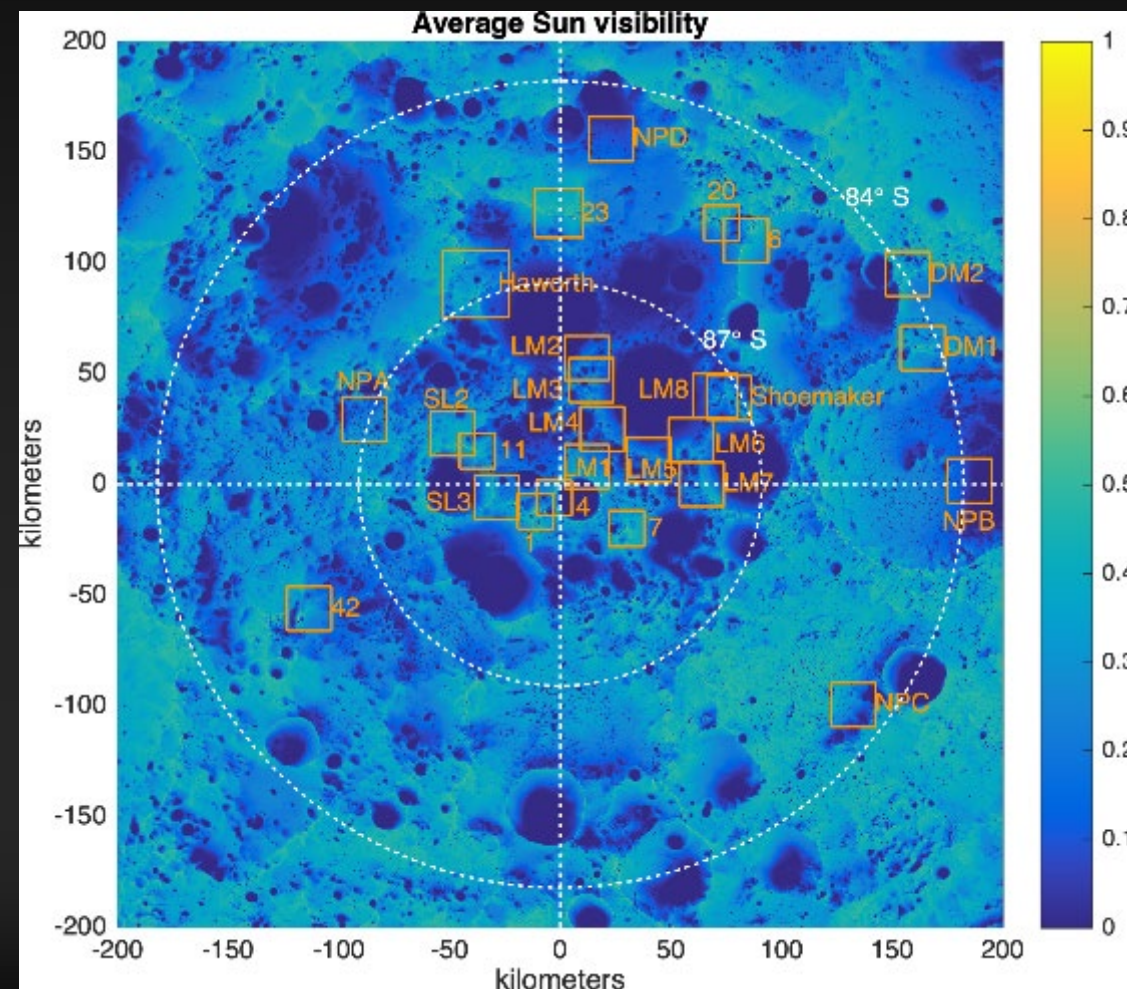


3. 「MoonBase」の設置候補地および「月面電力インフラ」の例

NASAから提案されている月南極域27地点が設置候補であり、84度より高緯度の月南極域である。このような高緯度領域では太陽は月平線上付近に留まるため、太陽電池発電はタワー形態の支柱構造で設置することが必要である。

- 日中の電力供給ライン：太陽電池による発電を行い、それぞれのユーザ区域への電力供給や蓄電を行う。
- 夜間の電力供給ライン：平均して14地球日の夜が訪れる月面環境に対し、電力供給（蓄電池または月面炉を想定）し、保温・機能保持する。

※発電性能として想定される質量エネルギー密度は、太陽電池（～80W/kg）、月面炉（～10W/kg）程度である。昼間の発電源として太陽電池タワーは長期に渡って必要とされるインフラ要素といえる。





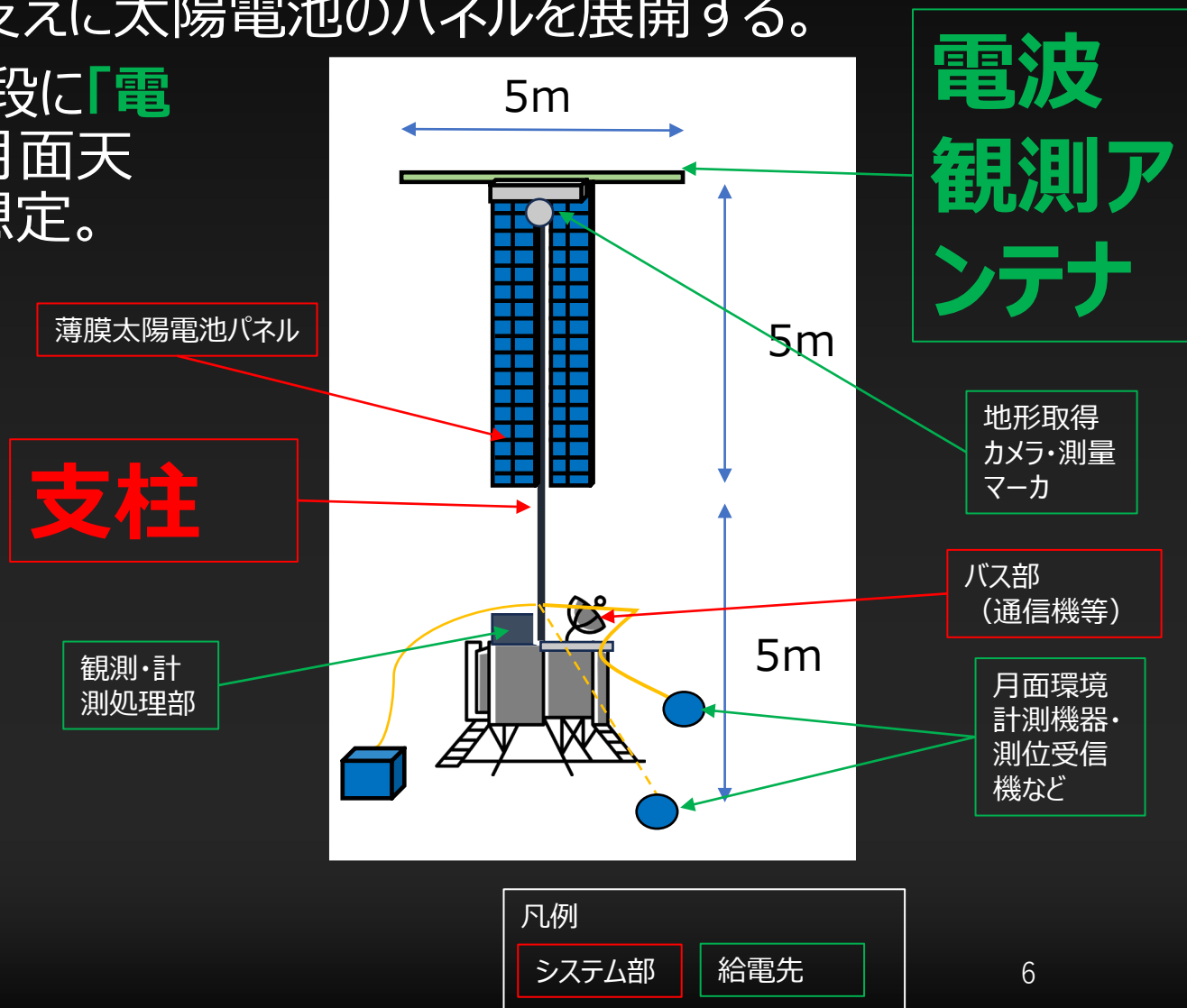
4. (1) 「太陽電力タワー」をインフラとして活用した科学観測機会の提供



- 月面拠点において必要な「月面電力インフラ」の初期要素として、「太陽電池タワー」のシステム検討をJAXA探査センターで実施。月南極域での発電のため、太陽電池を鉛直方向に展開したタワー形態の「支柱」を有し、その「支柱」を支えに太陽電池のパネルを展開する。
- タワー構造を活用する観点から、支柱の最上段に「電波観測アンテナ」を取り付けることで、将来の月面天文観測に資する背景データ計測を行うことを想定。

【主要目標・条件】

打上時期	Moon Base Phase3 (2030年以降)を想定
着陸地点	月南極域の高日照領域
運用期間	ミニマム：100地球日～ フル：～10年
月面からの高さ	10m
供給電力量	2kW～

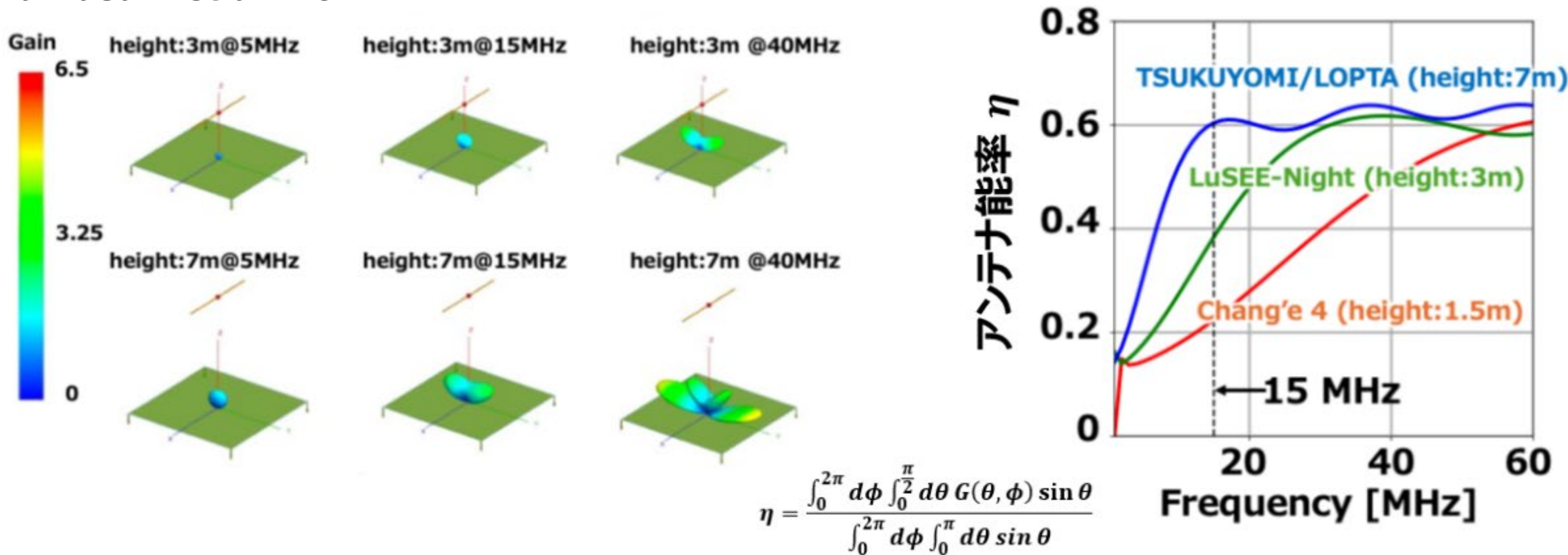




4. (2) 月面での電波観測に関するこれまでの検討 (高度と観測精度の関係)

- 「電波観測アンテナ」の設置高度と観測精度の関係について、国立天文台で解析を実施。月面からの設置高度が高い程、観測精度は向上する。

Yamasaki et al. 2024 「電波観測アンテナ」の月面からの高さで月面誘電率によるアンテナ能率の評価



➤ 「電波観測アンテナ」は7m以上の高さへの設置が望ましい

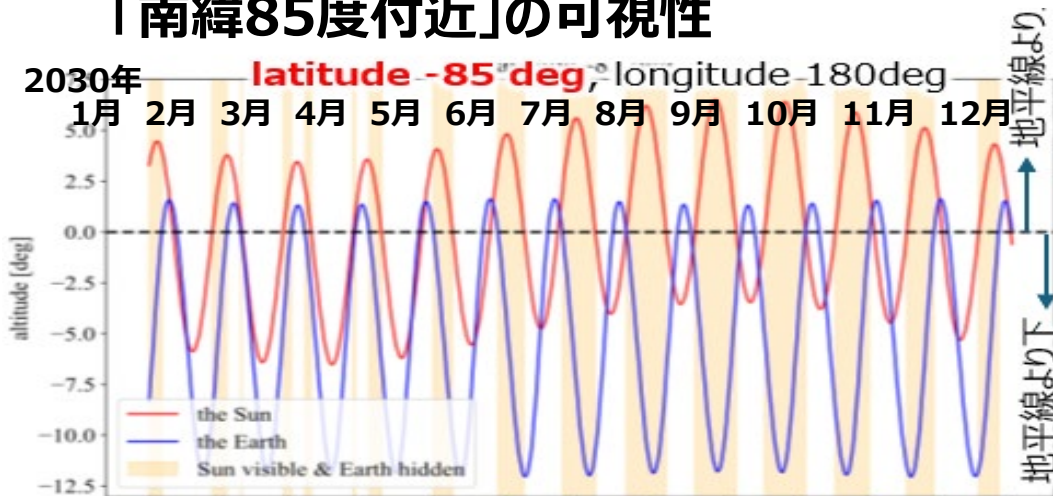
➔ 太陽電池タワーの「支柱」上に展開して、電波観測を行うことが効率的



4. (3) 月面での電波観測に関するこれまでの検討 (設置場所の詳細解析)

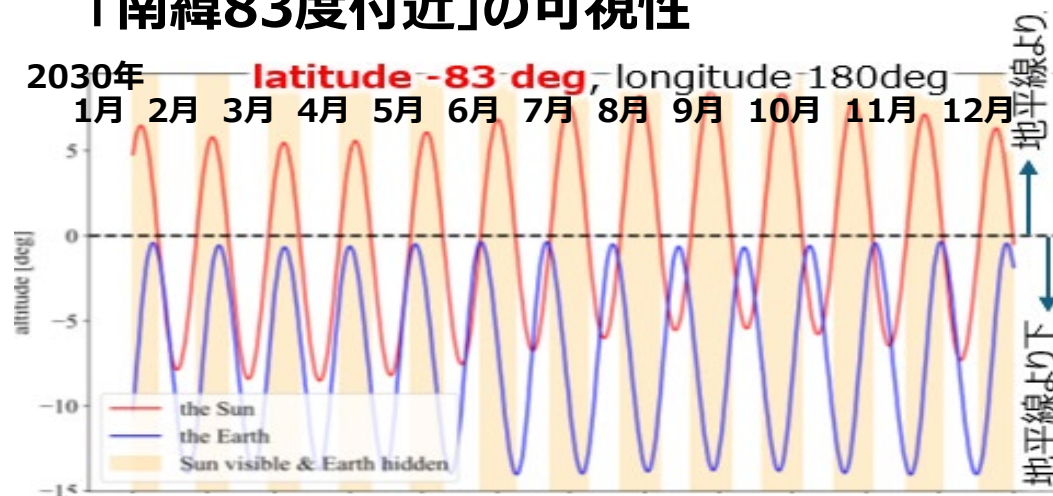
- 「電波観測アンテナ」の設置場所について月南極域を対象に地球・太陽の可視性について、国立天文台で解析を実施。南緯83～85度付近で極域からでも月の裏側と似た条件での観測が可能。

「南緯85度付近」の可視性



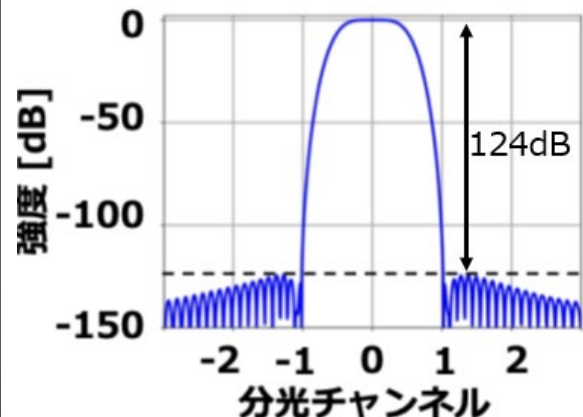
地球が太陽と同時に見えない時間帯があり、月の裏側と似た条件で観測できる時間帯が十分にある。

「南緯83度付近」の可視性

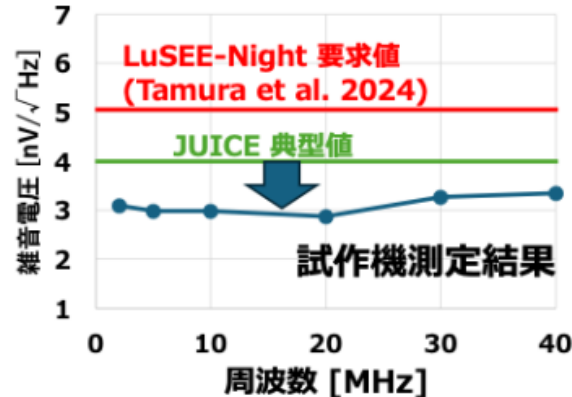


地球は常時月の水平線より下であり、極域からでも月の裏側と似た条件で観測できる。

さらに、「高精度分光器」と、「高感度増幅器」の開発により、地球からのRFI対策も実施している。



Polyphase Filter Bankにより、人工による電波障害のRFI信号を抑圧し、高精度な分光を可能とする。



JUICEでの経験を踏まえ、さらなる高感度増幅器の開発に成功。



4. (4) 月面での電波観測に関するこれまでの検討 (月面で展開する「支柱」)

- 複数の機器設置を対象とした「支柱」について、JAXA内 (ISAS・探査ハブ・有人与圧ローバ等) で実施。試作・試験などにより、伸展ブームのかみ合わせ機構の改良等を実施。

●複数機器の設置を対象とした「支柱」の検討状況

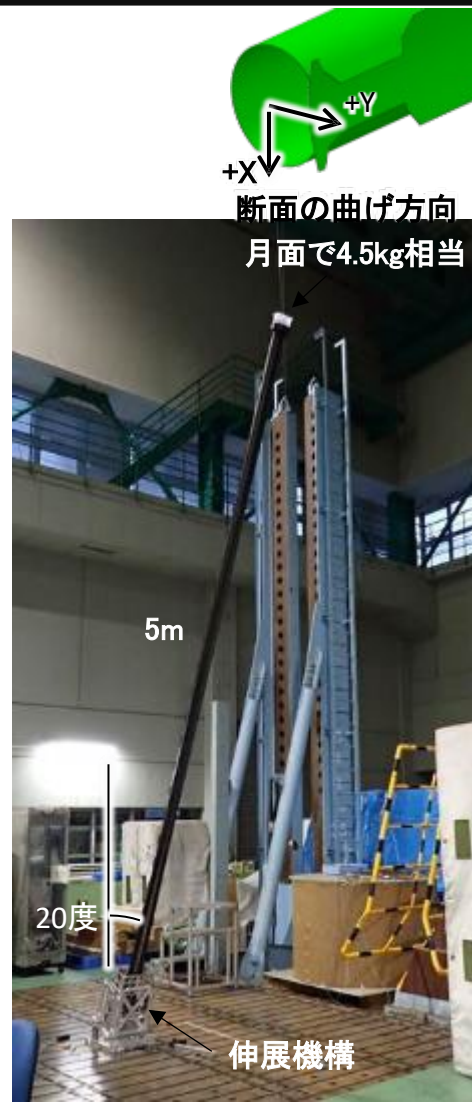
要求機能 JAXA内の検討部署	「支柱」への、主要な設置機器	繰り返しの収納・展開	月面環境耐性 (レゴリス等)	研究目的
宇宙科学研究所	電波観測アンテナ	無し	無し	月面天文台
宇宙探査 イノベーションハブ	太陽電池 (7kW)	無し	検討予定	月面固定型 太陽電池タワー
有人宇宙技術 部門	太陽電池 (10kW)	有り	有り	有人与圧 ローバ

●ISASでの取り組みを例として紹介

	月面天文台TSUKUYOMI用支柱の要求	現状ブームの性能
1	ランダー上面から垂直方向に5m伸展させる	達成
2	4.5kgの先端搭載物およびハーネス込みで質量7kg以下	達成見込み
3	収納時包絡域: W200 x D400 x H350	達成見込み
4	月面上設置時の傾斜角: 20度 (月面重力方向から20度傾いた方向に伸展させる必要がある)	-Y, ±X方向: 座屈無し +Y方向: 座屈発生



20度傾斜(座屈したケース)



20度傾斜(座屈しなかったケース) 鉛直方向伸展試験



5. まとめ

- 太陽電池タワーは、Moon Baseが本格化する2030年代以降、南極域において重要なインフラとなることが想定される。
- 太陽電池タワーの形態は、月面天文観測と高い親和性を有する。
- 太陽電池タワーを月南極域へ設置することを想定した場合、視野や観測精度の観点から好条件での月面天文観測が実現可能であることが天文台側からも示されている。
- 引き続きJAXAとしては、太陽電池タワー上部への月面天文台の配置に係る技術的実現可能性の検討を進めていく予定。



参考



(参考1) 今後重点化すべき技術領域

今後（P.3で示す2040年代のフェーズに向けて）重点技術領域は以下であると考えている。

(1) 月における科学探査ミッション

- 月面からの天体観測、月サンプルの識別・採取・分析、月震計ネットワークによる月内部構造の把握、といったプリカーサミッションにより科学観測・サンプル分析・基盤技術の実証と、有人/無人活動を組み合わせ、科学成果を効率的に挙げることを目指す。

(2) 多様な輸送手段の実現と、環境情報取得・技術実証のための月面到達機会の確保

- 軌道上補給技術の獲得および本格的有人月面探査のための月面補給（中型ラング）、およびこれを実現するロケットの検討を進める。また、月面科学・環境情報取得や技術実証のために、自立した月面輸送・実証機会を、民間活力活用を念頭に確保する。

(3) 有人と圧ローバへ活用可能な月面活動を支える基盤インフラ技術の実証・整備

- 国際協力によるLunaNetの下で月通信・測位網を共同構築し、相互運用性実証を実施する。月南極域実験により精度評価を行い、月通信・測位インフラを国際協力で確立する。
- LUPEXにより世界に先駆け得られる水資源データや探査技術を活用し、環境計測・資源利用にむけた技術実証を継続する。
- 月面活動で必須となる電力・熱制御などのエネルギー技術（太陽電池タワー、電力伝送、廃熱・熱輸送など）を実証する。
- 土質調査や拠点仕様の特定、ゾーン造成順序といった施工計画、遠隔無人施工といった必要となる建設支援技術を実証し、今後の開発計画立案の基礎資料とする。

「電力・熱制御などのエネルギー技術」を重点領域として識別

(4) 将来有人火星探査への貢献を可能とする無人火星探査

- MMXによる火星成り立ち起源・周辺環境知見を活用し、現存生命の可能性解明、水・物質循環の理解、有人探査の基盤整備を目的として、着陸探査を実施する。



(参考2) Ignitionイニシアチブにおける「MoonBase」構想

月面拠点の建設計画の具体化を公表。3段階から成る建設計画及び、各段階での開発目標が明らかにされた。各段階におけるインフラのアセット数や性能目標値が詳細化されている。

Phase 1: Build, Test, and Learn 【現在～2029年】

- CLPS及びLTVの利用
 - CLPS2.0：2027年からの3年間で30回の輸送、複数台のLTVを導入
- モビリティ・電力生成・通信・測位・月面運用 (surface operations)・分光分析による科学調査



Phase 2: Establish Early Infrastructure 【2029年～2032年】

- 滞在インフラと定常的な輸送による、有人ミッションを複数回実施
- 与圧ローバを含む、科学機器・ローバ・輸送・インフラの国際協働
- 原子炉実証も実施



Phase 3: Enable Continuous Human Presence 【2032年～】

- HLSによる高重量なインフラ輸送と恒常的な有人滞在
- MPH (多目的滞在拠点)とLunar Utility Vehicleの導入

