



TMT計画の現状

臼田知史

岩田生, 青木和光, 齋藤正雄, 山下卓也, 早野裕, 遠藤立樹,
関口和寛, 井口聖, 常田佐久 他 (国立天文台),

Henry Yang, Edward Stone, Gary Sanders, Suijian
Xue, Eswar Reddy, Luc Simard 他 (TMT国際天文台)

Outline

- サイトの現状 : ハワイ / ラパルマ
- 米国NSF参加に向けた見通し
- TMTプロジェクトの課題 / 貢献進捗

ウィルソン山天文台 近隣の山火事



空氣質: 中程度の汚染

44°

43 27

19時

37°

37 21

32 21

34 19

34 21

34 21

34 20



TMT

サイトの現状 ～ハワイ～

ハワイの状況

- 【反対派との直接接触】TMT国際天文台(TIO)関係者とTMT建設に反対するグループの最高幹部らとの対話(ホ・オポノポノ)は、新型コロナウイルス問題で中断したが、再開の動きがある。
- 【ハワイ州当局】イゲ ハワイ州知事は一貫してTMT計画への支持を表明している。関係者による協議は継続しており、将来のマウナケア管理の在り方の協議 (マスターリース更新に向けて)などで進展がある。
- 【NSFの参入】米国国立科学財団(NSF)が環境影響調査や歴史遺産保存法に関する手続きに向けて、**ハワイ関係者との協議を開始**。事態の打開が期待されるが、一方で新たな訴訟リスク (連邦レベルでの裁判等) も発生すると想定される。NSFはウェブサイトでもTMTやマウナケアに関する意見を募集。

https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=301034

- 【**TIOのハワイでのプレゼンス**】 TMTの地元ハワイでの信頼関係構築のため、TIOリーダーをはじめスタッフがハワイに居住し活動することが必要と主張し、コスト増を避けながらハワイオフィスを拡充する計画の検討をTIOマネジメントが開始した。NAOJ所有の旧JAC建物をTMTに利用することも協議している。

マウナケア管理体制の主な変更点

- Center for Maunakea Stewardshipという組織にして、Executive Directorのリーダーシップのもとに統一する。
 - ◇ 従来OMKMはUHヒロ、MKSSはUHマノアの下になっていた。
- ミッションごとに組織化
- 2020/08/20のUH理事会で承認された。

今後

- 今後UH内でCOVID-19状況下での予算の制約などを考慮しつつ具体的な手順を検討する。
- 改訂Master Planにこの管理構造を入れる
- コミュニティへの説明を続ける。またハワイ州とほかの管理モデルについてより広汎な検討を続ける。

ハワイの状況

- ハワイ大学ヒロ校の教育用望遠鏡Hoku Kea をハレポハクへ移設する計画が進められている。

想像図



<http://hokukea.uhh.hawaii.edu/news.html>

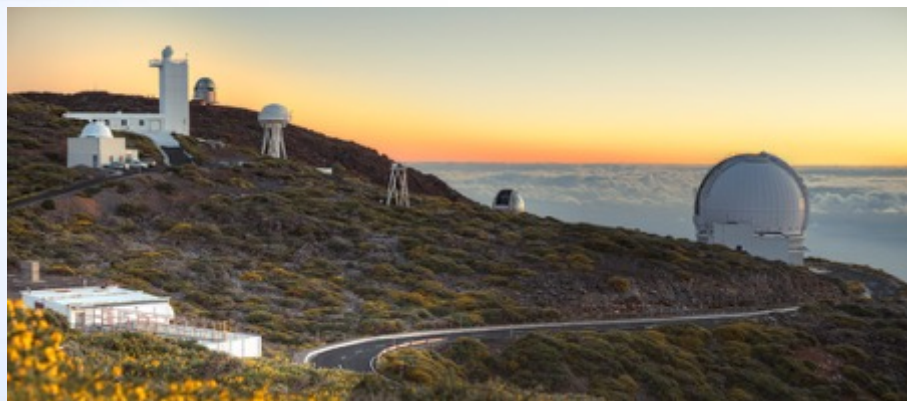


TMT

サイトの現状 ～ラパルマ～

代替建設地 ラパルマ

- 2016年から代替建設地を検討。日本国内でもタウンミーティング等で議論し、2016年TMT推進小委員会(現科学諮問委員会)で複数候補地の中からラパルマを代替建設地として推すことを承認。
- TMT国際天文台(TIO)はラパルマでの建設可能性の調査を続け、2019年11月に建設許可が得られた。
- **建設地変更はTIOメンバーの全会一致が必要。**
- 環境保護団体による反対運動、訴訟のリスクがあり、注視している。



Observatorio del Roque de los Muchachos
Instituto de Astrofisica de Canarias

標高: 約2300m (マウナケア: 約4050m)





代替建設地 ラパルマ



- 2019年7-8月 国立天文台TMTプロジェクトがTMT科学諮問委員会委員を含むタスクフォースを結成し、ラパルマにTMTを建設する場合の科学研究への影響を検討した（2019年9月コミュニティに公開）。
- TMT科学諮問委員会で科学的観点でのラパルマの評価についてさらに議論し、見解をまとめて頂いた。
- 国立天文台として天体観測サイトとしてのラパルマの性能等について、TIOが行った分析を独自に評価するなどして検討を行った。
- これらの結果を2020年5月7日のコミュニティ説明会にて報告した。

2030年代初頭の初期装置群の運用で 取り組む主要課題

1. 視線速度法による地球サイズの太陽系外惑星の同定 (MODHIS)
 2. トランジット分光観測による系外惑星の大気組成の同定 (MODHIS/IRIS/WFOS)
 3. マルチメッセンジャー天文学における対応天体の分光追求観測と重元素起源の解明 (WFOS/IRIS)
 4. 可視光銀河分光探査による銀河と大規模構造のバリオン循環の解明 (WFOS)
 5. 矮小銀河の暗黒物質分布から探る暗黒物質の性質の解明 (WFOS)
 6. 近赤外線分光による宇宙初期の高赤方偏移天体の解明 (IRIS)
- TMTの初期装置MODHIS(近赤外線高分散分光)およびWFOS(可視多天体分光)は、TMTマウナケアと比べ1.1-1.3倍の露出時間が必要となるが、2025年に運用開始が予定されるE-ELTにない機能を実現することで、TMTラパルマでもユニークな科学成果を創出。
 - 5分以内の高速な天体の捕捉と15分以内の高速な装置の切り替えで宇宙望遠鏡に対して突発天体でのユニークな成果も期待される。
 - IRIS(近赤外線面分光)はすばる望遠鏡広視野探査のユニークなサンプルの詳細観測で成果だす。

2030年代の本格運用における主要課題

1. 近赤外線での極限補償光学を用いた低温型星ハビタブルゾーンの地球型惑星のバイオマーカー分子の吸収線の探査 (PSI-blue/PSI-red)
 2. 中間赤外線 $10\mu\text{m}$ 帯での太陽型星ハビタブルゾーンの地球型惑星の直接撮像観測 (PSI- $10\mu\text{m}$ /MICHI)
 3. 高安定の高分散分光観測による宇宙の加速膨張の直接測定とダークエネルギーの性質の解明 (HROS)
 4. 近赤外線面分光探査観測による銀河構造の起源の解明 (IRMOS)
- 中間赤外線での観測はE-ELTが先行するが、ハビタブルゾーンの地球型惑星など、ターゲットは依然として希少であり北天からの観測の重要性は高い。
 - 本格運用に入るとE-ELTでも次期装置の搭載が進み、口径やサイトの違い以外に装置性能の違い(安定性・信頼性・効率性)も科学的競争の要素として重要になる。

(それぞれの装置名に対応する観測機能については答申書のアペンディックスを参照ください。)

代替建設地 ラパルマ

- TIOが検討しているビジネスモデルでは、ラパルマに建設する場合のコストは、マウナケアの場合と大きく変わらない。ただし、日本の貢献部分についての必要金額はより詳しい検討を要する。

ハワイでの建設が不可能と判明した場合、TMTに対する米国連邦政府予算措置の目処が立てば、代替建設地として選定されているカナリア諸島ラパルマへ移行することとする（2020年1月6日台長年頭所感）。



米国NSF参加に 向けた見通し



米国NSFの参加



- TMT建設に必要な予算を確保するためにはNSFの参加が欠かせない。
- 北半球のTMT、南半球のGMT合同のUS Extremely Large Telescope Programとして提案
- NSF MREFC提案 (2020年) → NSFでの審査・承認 → 予算案提出 → 米国議会での承認
※ MREFC: Major Research Equipment and Facilities Construction

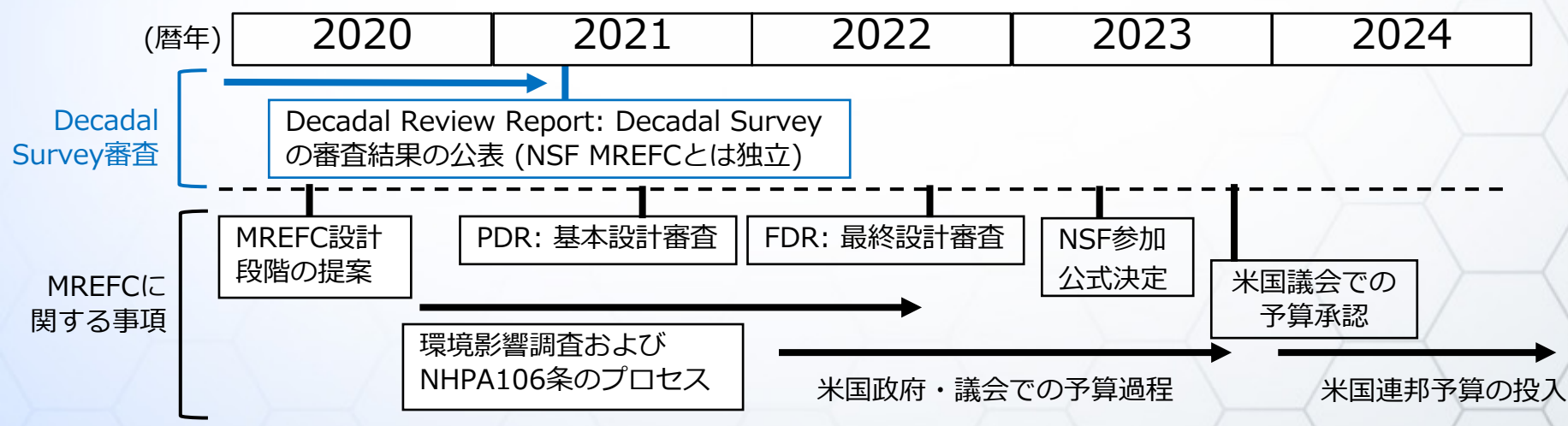
NSF's National
Optical-Infrared Astronomy
Research Laboratory



The US Extremely Large Telescope Program

NSFの参入と今後の見通し

- 2020年5月28日、TIOは**NSF MREFCの設計段階提案を提出**した。建設地はマウナケアとし、代替建設地としてラパルマが記載されている。
- NSFは環境影響調査および国家歴史遺産保存法(NHPA)106条に関する手続きを開始。
- 2021年度にNSFの基本設計審査、2022年度に最終設計審査を予定する。合格後、NSFとしての公式な参加決定を経て、米国予算要求の過程に進む。米国議会での承認を得ると、2023年度から米国連邦予算の投入が始まる。
- 2021年初頭のDecadal Surveyの結果で地上大型計画として一位を獲得し、米国の天文学コミュニティにおける強い支持を明確に示すことが前提と考えられている。



超大型望遠鏡についての提案書に関する NSFの声明 2020年8月11日

NSFは通常、資金要請のための提案書を受理した際、プライバシー保護法上の制約から提出機関や関連する詳細を明らかにすることはできません。しかしながら、TMT国際天文台（TIO）執行部がTMTの計画設計提案書をNSFに提出したことを公表したことから、NSFとして、その提案書を受理したことを正式に発表することができます。

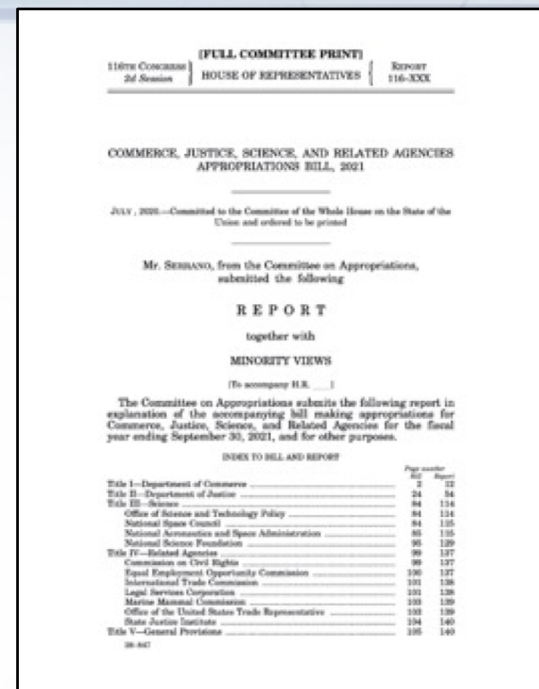
NSFは、マウナケアにTMTを建設する可能性がある計画には配慮を要すると理解しており、ハワイ先住民をはじめとする関係者の意見に耳を傾け、理解するために、早期の段階から非公式に話し合いを行う予定です。この事前の取組みは、NSFが正式に米国政府としての環境影響評価プロセスを開始する前段階の活動になる見込みです。

NSFによる提案書の受理や非公式な会合への着手は、いずれかの計画へのNSFの見解を示すものではありません。マウナケアやTMT計画にNSFが参入する可能性について、NSFとの意見交換を希望する場合、AST-MK@nsf.govまでお問い合わせください。

米国下院歳出委員会報告 2020年7月9日

(1) Decadal Survey (Astro2020)について

- NSFの資金提供により、国立光学赤外線天文学研究所 (NSF's NOIR Lab)、国立電波天文台(NRAO)等を通じて、米国の天文学研究が進められている。NSFは既存天文施設のサポートを継続するべきである。
- 議会はAstro2020の結果を待っている段階であるが、歳出委員会としては、次世代の超大型アレイや超大型望遠鏡等、優先度の高い新規施設に対する準備段階の投資を改めて支持し、来年度NSFがこれらの計画への資金提供を継続することを推奨する。



(2) MREFC 予算について (Major Research Equipment and Facilities Construction)

- 地上望遠鏡等の次世代の競争力のある大規模施設の建設と開発について、NSFが計画立案に失敗すると、米国の科学コミュニティに障害が発生し、米国の科学における世界的なリーダーシップが危機的な状況になることを歳出委員会は懸念している。そのため、NSFが包括的かつ優先度のついた大規模施設のリストを作成することを奨励する。



TMTプロジェクト の課題



TMT国際天文台(TIO)評議員会 (2020/7/29-31)



国立天文台から以下の案件につき提起し、議論のうえアクションを設定した。

- 最小運用（冬眠モード）予算：米国政府予算の獲得までの期間活動を抑制しつつ、NSFの審査に対応する活動計画が必要であることを強く求め、予算抑制（冬眠予算）について、TIOマネジメントが検討を行うことになった。これは、国立天文台のTMT予算についても同様の考え方。
- TIOハワイオフィスの設立：すばる建設の経験に基づき、TMTの地元ハワイでの信頼関係構築のため、TIOリーダーをはじめスタッフがハワイに居住し活動することが必要と主張した。これを受けて、コスト増を避けながらハワイオフィスを拡充する計画の検討を、TIOマネジメントが開始した。
- TIOガバナンスの改善：TIOマネジメントの評価をする委員会の結成とマネジメントの後継計画の策定を提案し、人事評価委員会の議長を始めて決め、定期的評価を行うこととなった。

TMTの課題（予算関係）

- 建設遅延に伴うTMT国際天文台(TIO)の予算超過
 - 米国におけるインフレ・製造コスト増等による予算超過が顕在化。現地工事が進められない間、TIOの活動を抑制（冬眠モード）し、ランニングコストを低減することが課題。
- 国内予算
 - 為替変動・一般管理費の増大等による国内メーカー費用の増加があるが、政府予算の増額には困難が予測される。
- 2020年度予算
 - 政府の2020年度予算（TIO維持のための分担金のみ）は、予定した建設工事が止まっている現状を反映した適切なもの。しかしながら、国内メーカーの人材・技術の維持が課題。



TMTプロジェクト の貢献進捗

すばる・TMT サイエンスブック刊行

執筆・編集ありがとうございました

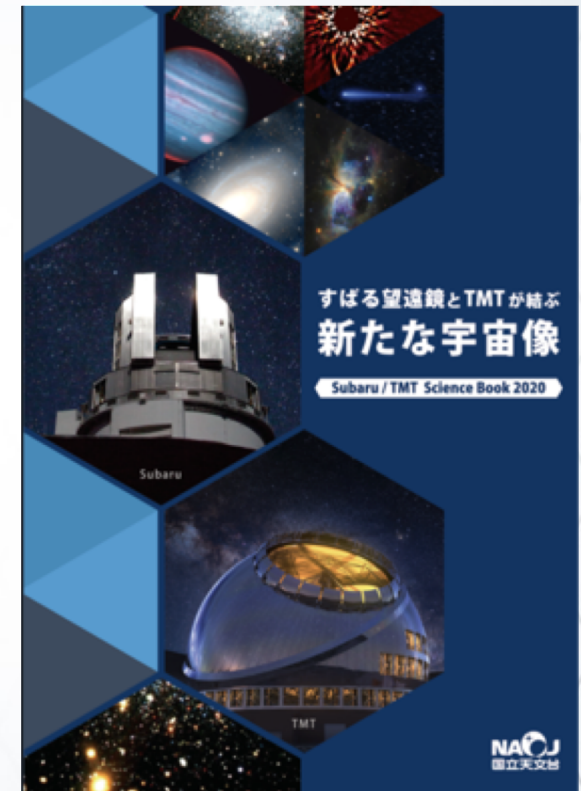
TMTがすばる望遠鏡とともに観測を行うことで
期待できる成果をとりまとめた

すばる望遠鏡・TMTサイエンスブックを刊行（2020年
3月）

- 太陽系、系外惑星、銀河、宇宙論まで、80人の執筆者により制作
- 2020～2030年代を見通し、2つの望遠鏡の組み合わせでこそ成しうる科学研究に焦点をあて、装置や運用について最新の検討結果をまとめた。

サイエンスブック「すばる望遠鏡とTMTが結ぶ新たな宇宙像」
(2020年3月発行)

<https://tmt.nao.ac.jp/researchers/science/>



印刷物（約100ページ）をご希望の方はTMTプロジェクトまで

日本担当部分の進捗

望遠鏡本体構造の製作

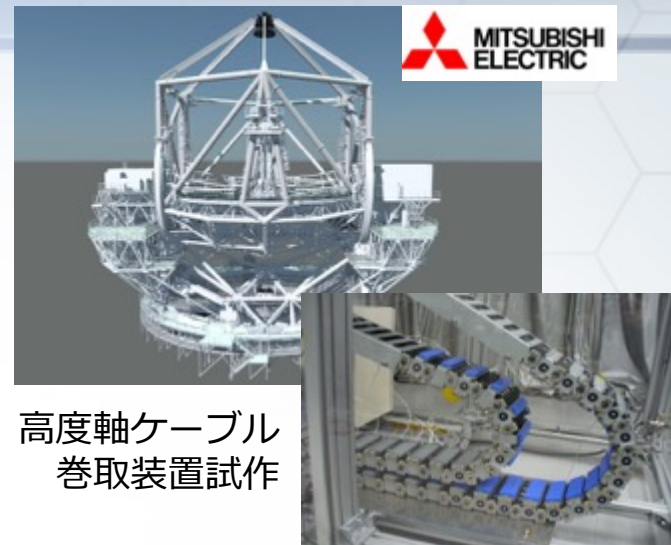
- 8つの国際審査会を完了し、2018年度から製造図面作成等の製造工程に入っている。
- 計画遅延を活用し、**試作試験を実施して完成度を高め、技術的リスクの低減に成功した。**

主鏡分割鏡の製作

- 全574枚中356枚の鏡材を製作し、球面研削は341枚完了した。日本分担当の研磨も順調に進めており、これまでに33枚完了している。

観測装置の製作

- IRIS：基本設計審査に合格し、詳細設計。
- WFOSは概念設計を進めている。
- 近赤外高分散分光器MODHISが第一期装置に認定。概念設計を進めている。**寺田准教授がPM就任。**



IRISの基本設計審査

広報・普及活動

- ウェブやニュースレターでの広報活動は継続し、計画の進捗を報告。
- 日本国内でマウナケアでのTMT建設に懸念を示すグループとの対話や、ハワイ文化と天文学の共存への取組みの広報活動も行ってきた。
- コロナ禍により、3月以降はイベントの中止が相次ぎ、普及活動は停滞

日本地球惑星科学連合大会はオンライン開催となり、ポスター展示(iposter)に出展

- コロナ禍が長期化するなか、新たな普及活動を構築中



- TMT応援団ClubTMTと協力し、科学館やプラネタリウム関係者むけのオンライン講演を企画。今後の協力を協議中。
- 国立天文台「ふれあい天文学」をはじめ遠隔授業による出前授業を準備中。

オンライン化の進行により、カリフォルニアやハワイから国内向けの講演・授業の機会が増えることも活用を検討中。



国立天文台の立場



- 今後の日本の天文学にとって、30m級望遠鏡へのアクセスを確保することは必須との認識のもと、TMT計画を実現するための最大限の努力を行う。
- マウナケアでのTMT建設を目指して取組みを続ける。現地工事再開に向けた見通しを得て、日本国内での開発・製造を着実に進めることができる体制や必要な予算確保に努める。
- ただし、新型コロナウイルスによる影響は大きく多岐に渡り、計画の不定性が増えている。マウナケアでの建設がいつ再開できるか、見通しが未だ十分には得られていない状況をふまえ、今後のTIO評議員会・メンバー会議で、慎重な議論と判断が必要であると考えている。
- TIOは、NSFへの予算要求に必要なプロセスの期間中に、建設地を含め、計画を確定させる必要がある。
- 国立天文台としては、ハワイでの建設が不可能と判断され、ラパルマの場合でも米国連邦予算措置の目処が立てば、ラパルマへの建設地変更に対応する。その場合、関係機関等による審議・承認が改めて必要となる。