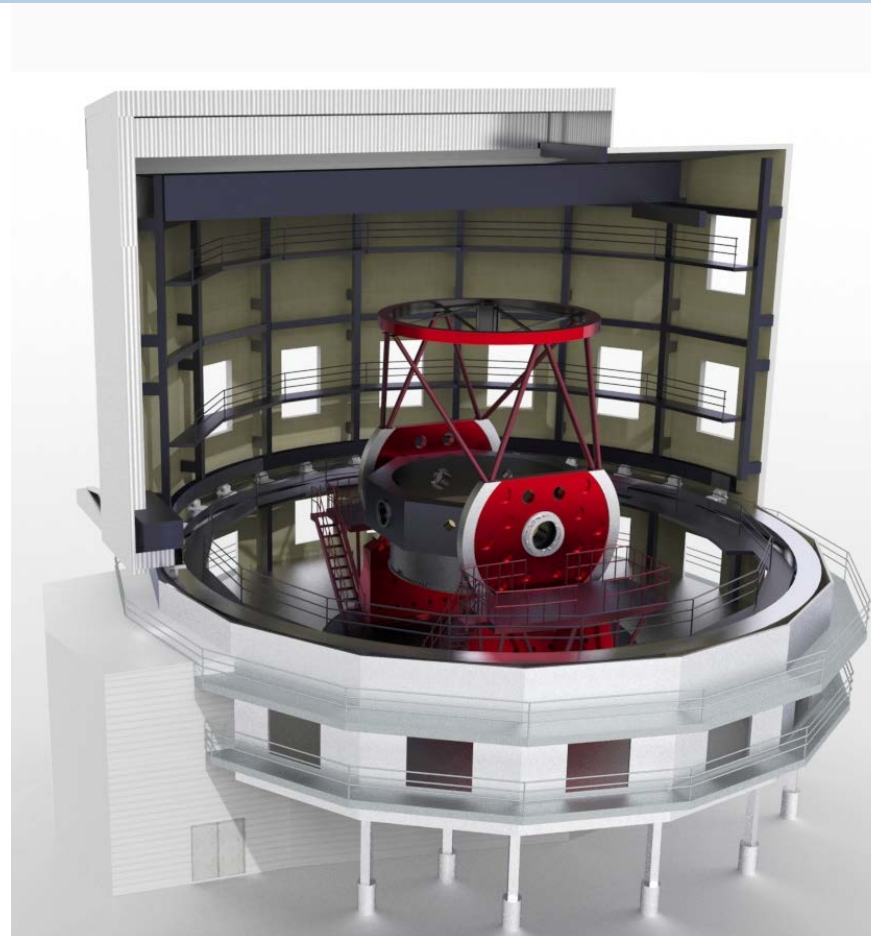




TAO(東京大学アタカマ天文台) における国際協力



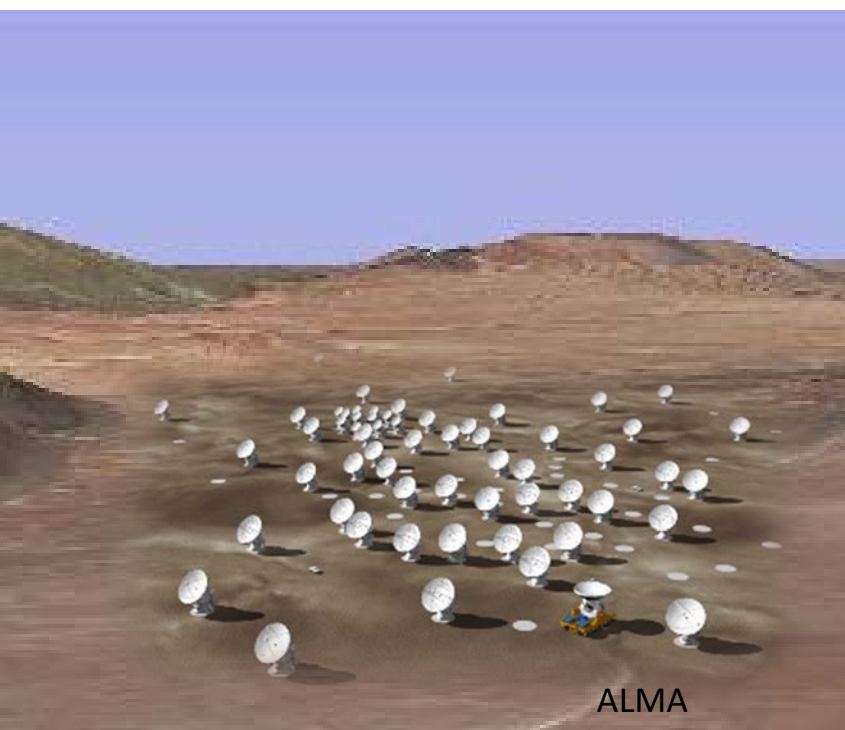
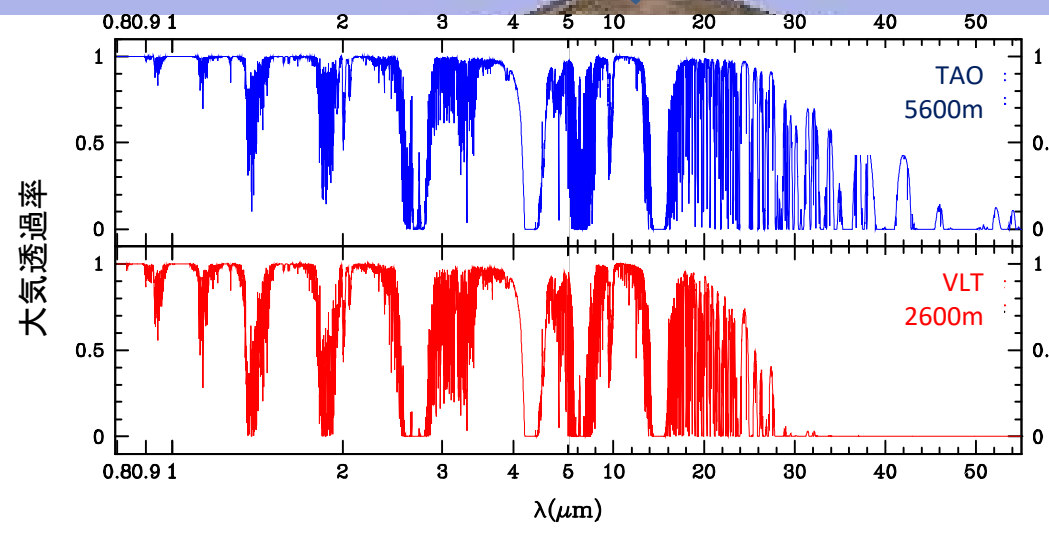
土居守・TAOプロジェクト
東京大学大学院理学系研究科
天文学教育研究センター

東京大学アタカマ天文台(TAO)計画

- 口径6.5m光赤外線望遠鏡をアタカマの世界最高地点(5,640m)に建設
- 赤外線の広い窓を活用し、宇宙論から太陽系まで広範なサイエンスを実施
- 次世代を担う大学院生・若手育成を重視し、サーベイ・萌芽的研究を推進

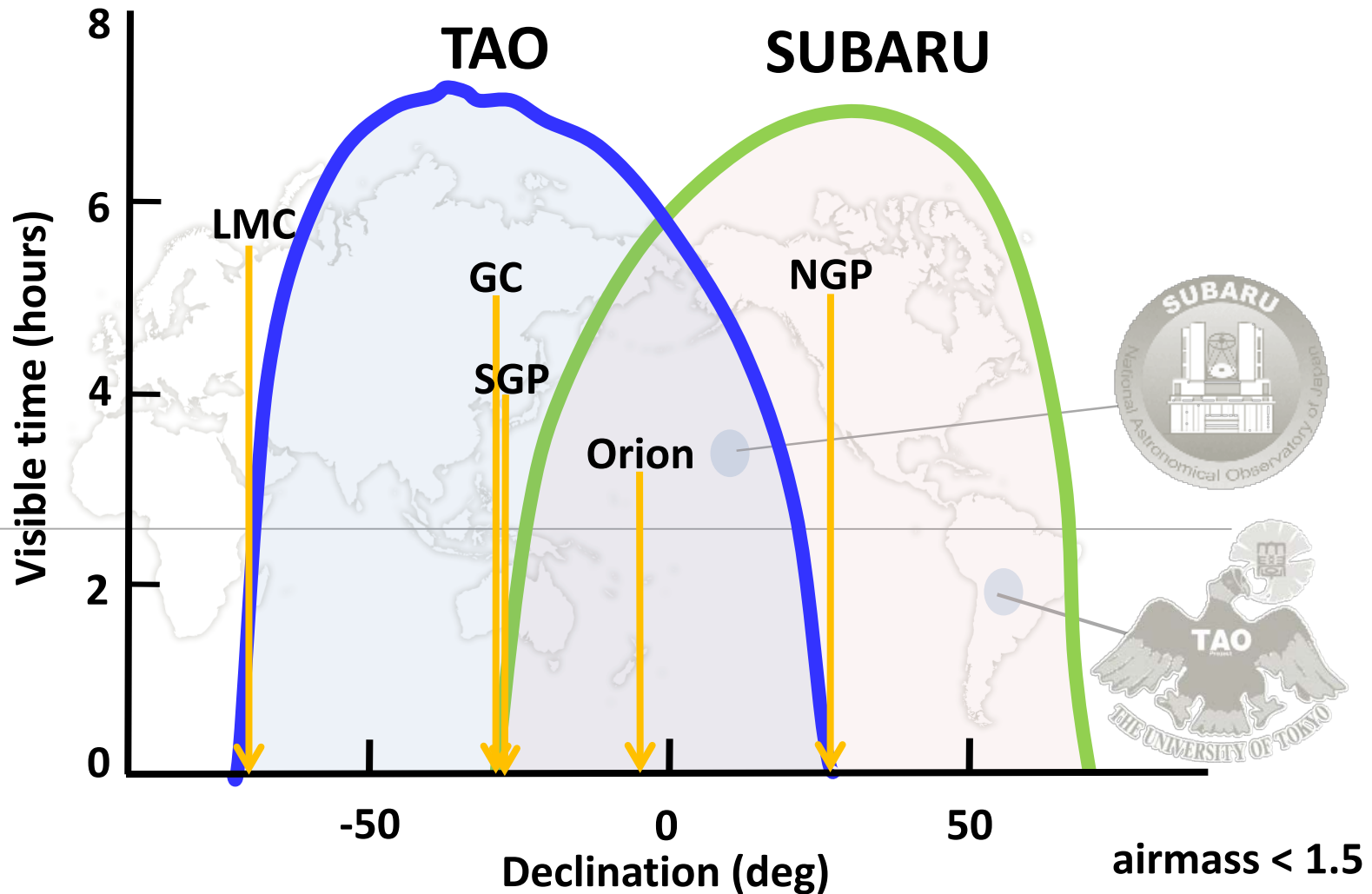


チャナントール山
(5640m)



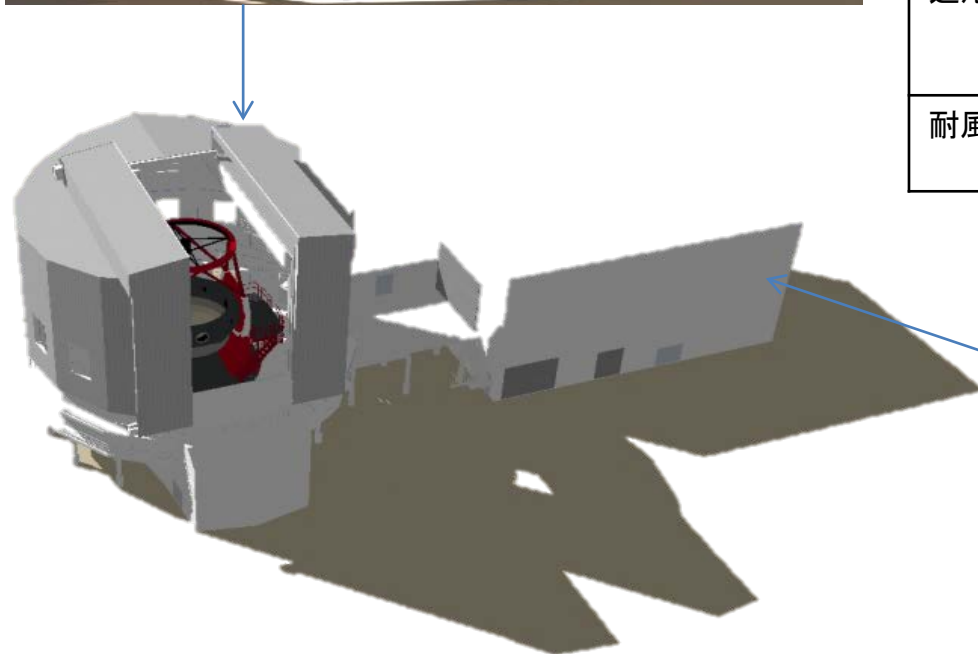
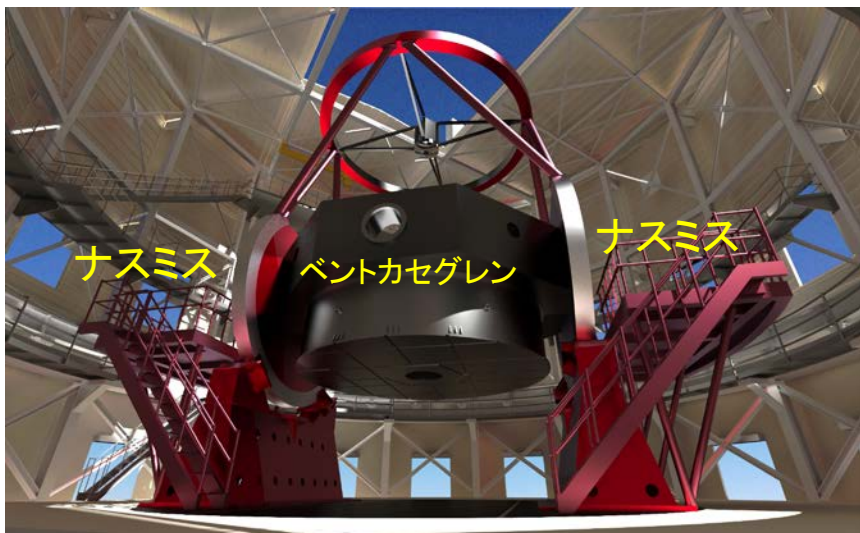
ALMA

ALMAとはほぼ同じVisibility
すばるとあわせてほぼ全天を覆う



TAO計画 6.5m望遠鏡

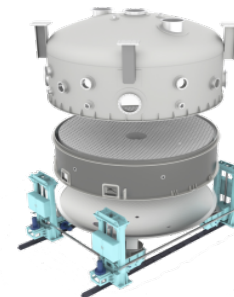
TAO 6.5m望遠鏡



パラメータ	値	備考
望遠鏡タイプ	Ritchey-Chretien	
最終F値	12.2	すばる望遠鏡と同じ
主鏡タイプ	ハニカム軽量ミラー	E6 ポロシリケイト
主鏡サイズ	6,512mm	
主鏡 F値	1.25	
観測焦点	2ナスミス+2ベントカセ	第三鏡回転によって切替
光学系結像性能	Ø80 diameter 0.339"	Subaru 0.361"
指向精度	<2 arcsec	全天任意方向に対し
追尾制度	0.05" for 1min open-loop 0.2" for 10min open-loop 0.05" w/ AG	
耐風性能	精度補償条件 : <10 m/s 運用条件 : <14m/s	

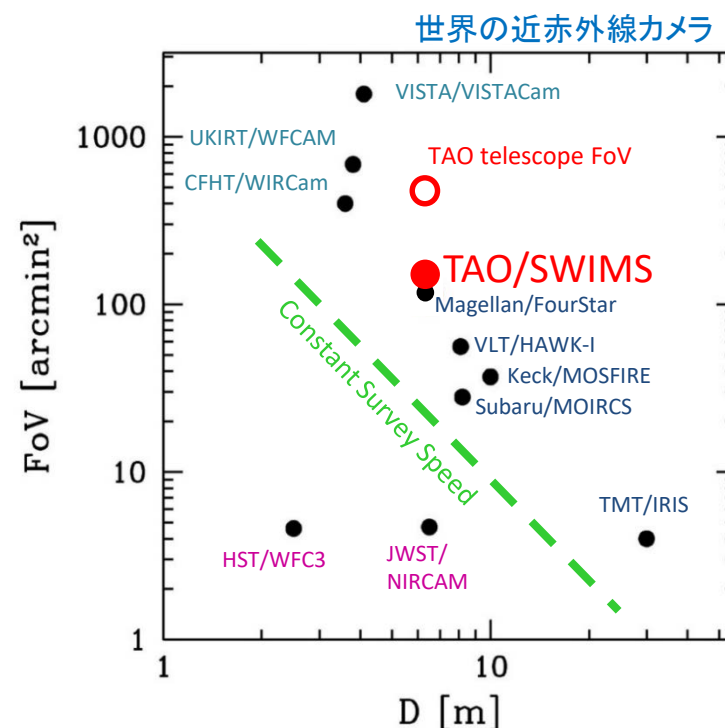
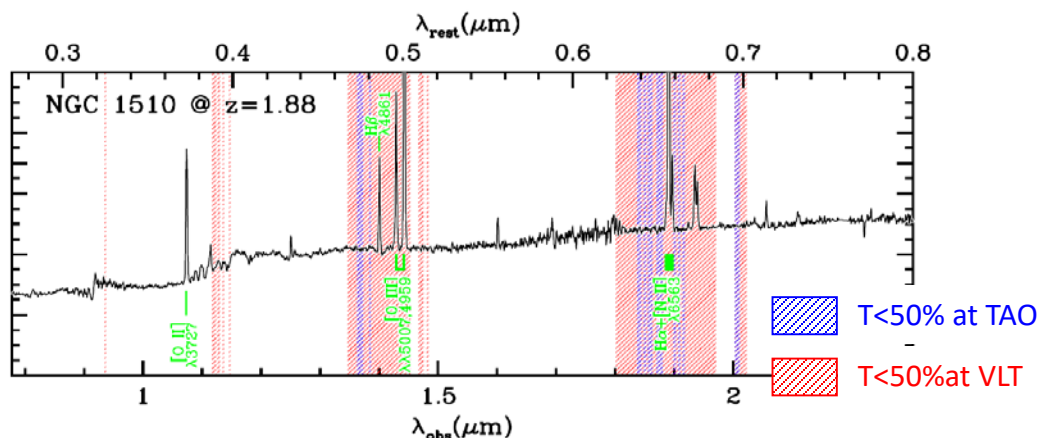
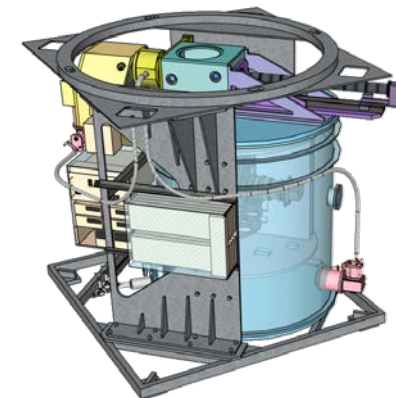
観測運用棟

観測室
実験室
蒸着用チャンバー
前室のクリーンブースなど



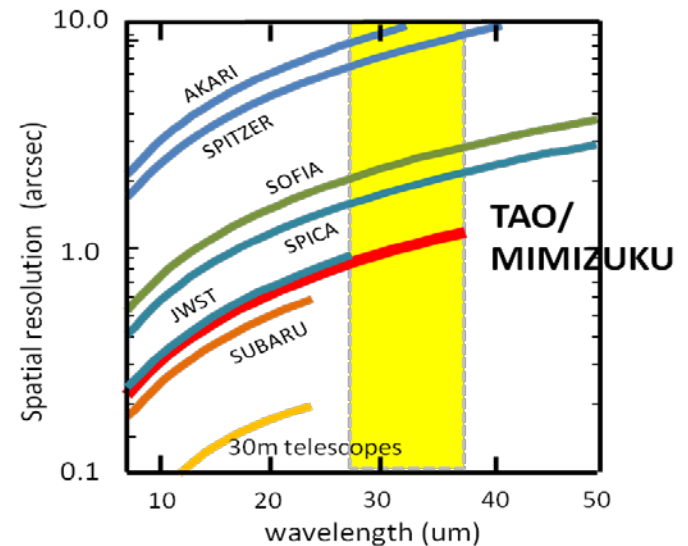
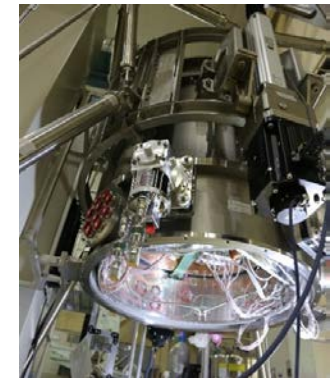
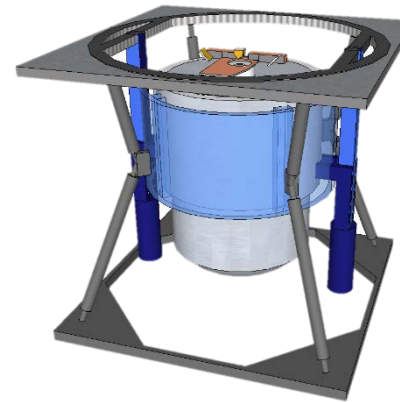
近赤外線カメラSWIMS

- TAO近赤外線の特長
 - 0.9-2.5 μm でほぼ連続して開く大気の窓
 - 世界トップクラスのシーイング: $<0.7''$ (可視光)
- SWIMS: 広い視野(10分角 Φ)の2色同時広視野撮像・多天体分光
- 広視野深探査能力
 - 4m級望遠鏡よりも良い像サイズで深い撮像サーベイ
 - 広い赤方偏移の輝線をカバーする分光サーベイ



中間赤外線カメラMIMIZUKU

- TAO中間赤外線の特長
 - 2-38 μm の広い波長範囲をカバー
 - 口径6.5mの回折限界像(1.2" @30 μm)
- MIMIZUKU : 「フィールドスタッカ」による地上中間赤外初の高精度相対測光
- 新しいパラメータ空間の開拓
 - 30 μm 帯高解像度観測
 - 中間赤外線での長期時間変動モニタ



多様なサイエンスケース

東京大学以外の研究者も多数交えたグループで観測計画を立案

- **銀河形成進化**

- クエーサーで探る初期宇宙の物質集積史
- 初代銀河の形成と進化($z>6$)
- 冷たい物質降着と銀河の質量獲得メカニズムの解明($z=1-3$)
- 多色広視野撮像で迫る銀河の質量集積史($z=1-3$)
- $\text{Pa}\alpha$ で探る近傍宇宙の星形成パノラマ($z\sim 0$)
- 遠方赤外線銀河のダスト放射物理の解明($z\sim 3$)

- **超新星、宇宙論**

- 反響法による最遠方宇宙の膨張測定
- 重力波源のフォローアップ
- 塵に埋もれた超新星の近赤外線サーベイ
- 近傍超新星の近赤外線測光・分光観測
- 標準光源としてのIa型超新星

- ▶ **星間物質**

- ▶ 大小マゼランによる宇宙のダストの起源解明
- ▶ 晩期型星のダスト形成過程の解明

- ▶ **系外惑星・星惑星系形成**

- ▶ 近傍星におけるGiant Impactの系統調査
- ▶ 惑星大気の観測
- ▶ トランジット周期変動 (TTV)
- ▶ 近赤外高分散分光器TARdysによる系外惑星系の観測

- ▶ **太陽系内天体**

- ▶ 金星の赤外線モニタ観測
- ▶ イオの赤外線観測による木星磁気圏の解明
- ▶ 彗星の中間赤外線観測
- ▶ 小惑星の含水鉱物サーベイ

TAO計画 現在までの達成状況

光学系(含能動光学部分)

アリゾナ大学にて製作

現在、ツーソンで能動光学システムの組立中、年内に総合光学試験

望遠鏡架台

西村製作所にて製作

現在、西明石にて駆動試験

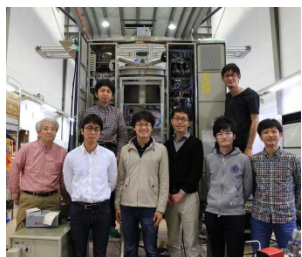
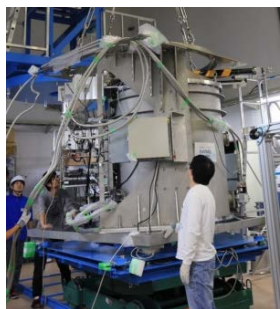
エンクロージャー上部

西村製作所にて製作

現在、大阪能勢町で仮組駆動試験

観測装置(SWIMS/MIMIZUKU)

すばる望遠鏡での試験観測に向け、輸送中(SWIMS)・レビュー中(MIMIZUKU)



東京大学アタカマ天文台 6.5m 望遠鏡の推進について

光学赤外線天文連絡会

運営委員会

<声明正文>

我が国の光赤外線天文学が、人類共通の願望である宇宙の理解の進化について一層の貢献をするためには、超大型プロジェクトの推進と並行して大学望遠鏡を中心とした高度な教育研究環境の整備が必要である。東京大学アタカマ天文台(TAO)6.5m 望遠鏡は世界最高標高に置かれる大型望遠鏡であり、抜群の赤外観測環境を活かして、惑星形成や超巨大ブラックホール成長などの重要観測研究を進める計画である。これまでのすばる望遠鏡等の成果を次世代の大型望遠鏡に引き継ぐうえでも、科学的にも人材育成的にも大きな役割を果たす。TAO 計画の主要部品は完成しつつあるが、望遠鏡完成にむけてさらなる支援が必要な局面を迎えており、光学赤外線天文連絡会運営委員会は、関係各位に一層の努力と協力を要請する。

<日本の光赤外線天文学の将来計画>

2000 年度から本格的な運用が始まった8.2m の主鏡口径を持つすばる望遠鏡は可視・視野観測等において世界随一の性能を誇り、誕生まもない宇宙に存在する銀河を次々と発見するなど世界をリードする成果をあげてきた。これを今後も継続し、また更なる科学的成果を挙げていくことはわれわれ天文学研究者の使命である。そのためには既存望遠鏡に加え、次世代の計画を確実にかつ戦略的に推進することが強く望まれる。

光学赤外線天文連絡会は、日本の光赤外線天文学者を代表する組織として、光赤外線将来計画の検討議論を継続的に進めてきている。2016 年には「2020 年代の光赤外線天文学将来計画検討報告書」¹をとりまとめ、10-20 年のタイムスケールで推進すべき計画をロードマップとして明らかにした。そこでは超大型可視・赤外線望遠鏡 TMT 計画および次世代赤外線天文衛星 SPICA 計画が次世代を担う旗艦プロジェクトとして位置づけられ、これと並行して TAO6.5m や京都大学 3.8m 望遠鏡などといった大学主体の中・小望遠鏡計画の推進が強く望まれている。これら大学望遠鏡に期待されているのは特徴ある観測による独創的な科学成果の創出と、観測研究や装置開発を通じての継続的な学生教育・人材育成である。

<ロードマップにおける TAO 望遠鏡の位置づけ>

東京大学が推進する TAO 計画は、チリ・アタカマの標高 5640m 地点に口径 6.5m の望遠鏡を建設するという野心的なものである。このサイトは大気中の水蒸気量が極めて小さく、赤外線観測環境が地上で最も良い場所の一つである。この抜群の環境を活かすことで、これまでどの地上望遠鏡でも観測できなかった赤外線波長域を開拓、地球型惑星形成や超巨大ブラックホール成長過程といった 2020 年代のキーとなる観測研究を多数実施することができる。またこの望遠鏡はアルマ望遠鏡に隣接しており、すばる望遠鏡ではできない南半球天体の日本の光赤外線観測拠点となる。運用においては観測時間の

40%を国内枠として全国の研究者に提供、また全国の大学の学位論文取得に積極的に協力するとともに、共同研究も積極的に受け入れる方針である。東京大学の研究者・学生のみならず、全国の研究者特に若手研究者に波及効果が期待できる。開発の面でもすでに多くの若手・大学院生が計画に関与しており、次世代計画を担う人材育成の面でも大きな貢献がなされるものと期待される。光赤外線天文連絡会ではこれまでも TAO 計画を含めた大学望遠鏡計画について議論を重ねており、2005 年、2012 年の運営委員会声明でその推進を強く訴えてきた。

<TAO 計画の現状と支援の必要性>

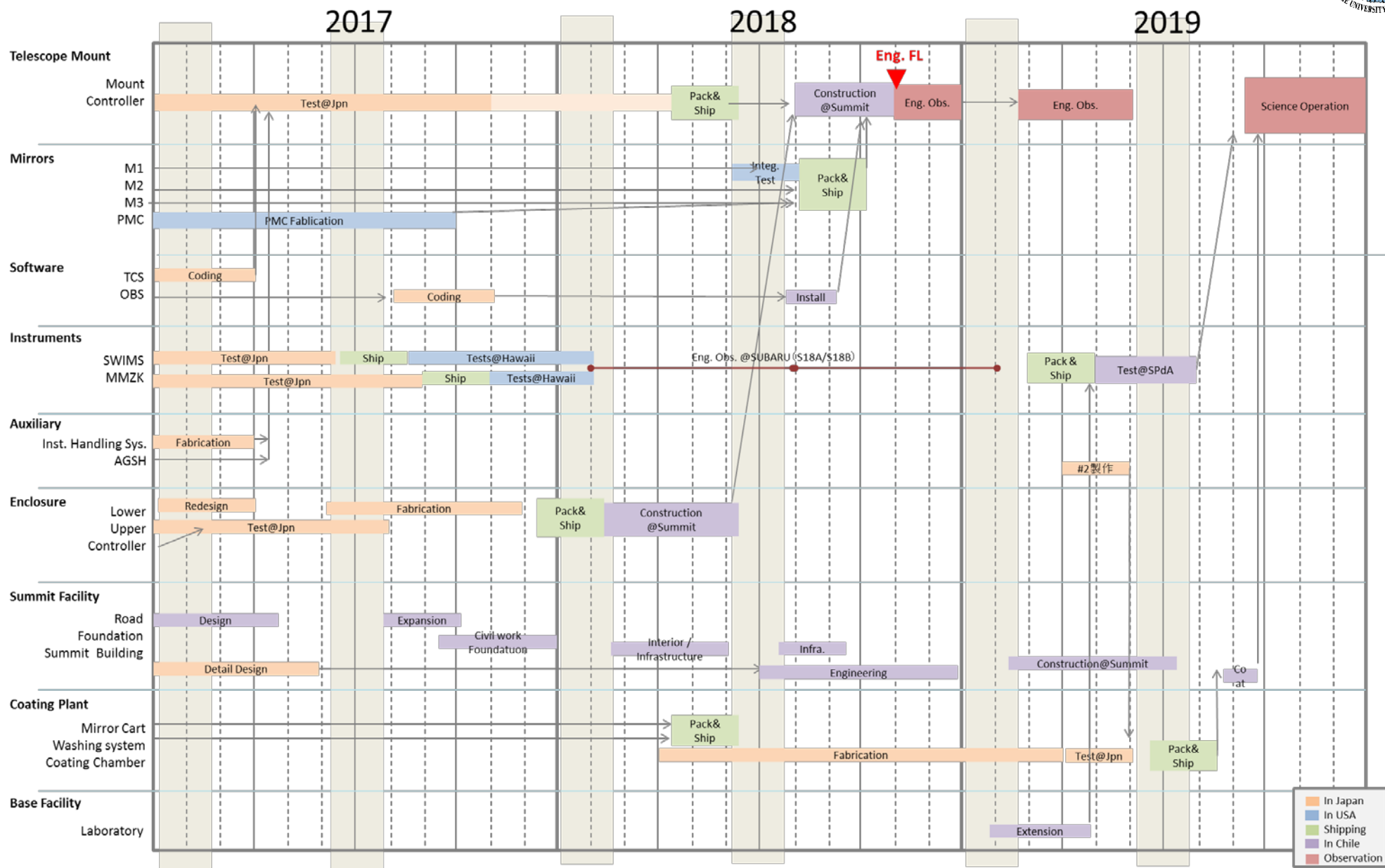
TAO 計画は 2012 年に主要部品の製作について予算措置がなされており、製作は 2017 年に完了し、2018 年のファーストライト、2019 年からの科学運用開始に向けて、現地での建設・組み上げ作業を進める段階にある。しかしながら資金や人的資源の点で大変難しい局面を迎えており、TAO 計画の重要性に鑑み、光学赤外線天文のコミュニティからの一層の支援・協力が必要である。

<TAO 計画完遂への要請>

上記のように TAO 計画は科学研究・人材育成の両面で高い効果が見込めるものであり、全国の研究者の期待は大きい。TMT や SPICA などの次期大型計画を人的に支え、光赤外線天文学者が描いてきた 2020 年代のロードマップを実現するうえでも要となる計画のひとつである。光学赤外線天文連絡会運営委員会は TAO 計画の推進を強く支持するとともに、建設を確実にまた遅延なく進め、計画通り科学観測運用をはじめられるように努力することを関係者各位に強く要請する。

¹ http://gopira.jp/future_report2/gopira_report_2020s.pdf

TAO計画 スケジュール



チリ関係

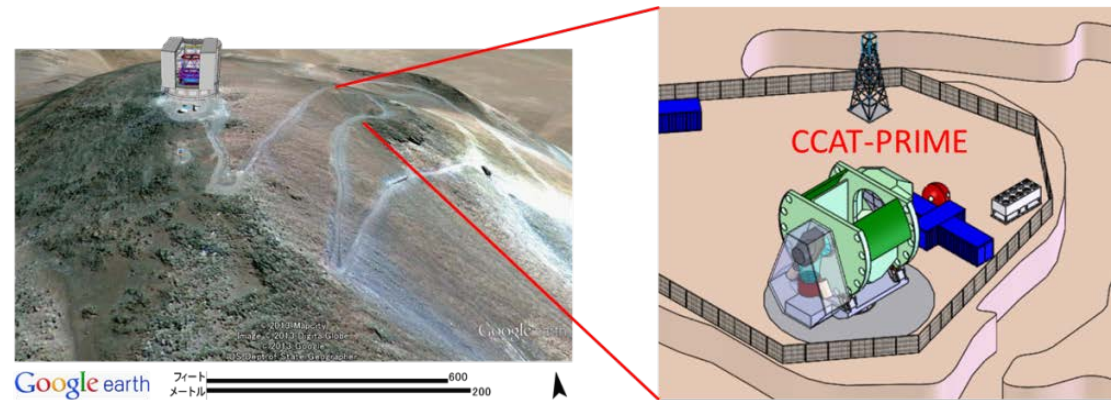
- ・観測所の長期運用に必要な準備
 - 法人格取得（2007年8月）
 - 50年のサイト借地契約（2015年3月）
 - 政府の組織（Atacama Astronomical Park）との覚書準備中
- ・地元との友好関係
 - サンペドロ・デ・アタカマ市が東大の土地にプラネタリウムを運営予定（建設中）
- ・大学との交流
 - チリ大学との天文学研究についての科学協力合意書 2003年1月
学術免税他の優遇措置
 - 望遠鏡時間の10%はチリ大学を通じてチリ研究者へ
 - 高分散分光器をカトリカ大と共同開発 東大はレーザーコム開発中
 - Adaptive Opticsの共同研究をカトリカ大・北カトリカ大と開始
 - チリ大学・カトリカ大学とは全学学術交流協定に加え
授業料相互免除の学生交流実施中
 - 2年に一度、共催の日本チリ学術フォーラム実施
10を超える学術分野
 - 地元第二州の大学
（アントファガスタ大・北カトリカ大）とも交流開始
アントファガスタ大とのTAO紹介イベント（2016年6月）



2016/11のチリ学術フォーラム（パタゴニア）

近隣プロジェクト

- ・年一回Chajnantor Working Groupで近隣プロジェクト情報交換
- ・ALMA
主に道路利用等について執行部へ随時情報提供・依頼、現在覚書準備中
- ・CCAT (Cerro Chajnantor Atacama Observatory)
山頂から約200m離れたところでのサブミリ波望遠鏡計画
コーネル大学中心、ドイツ2大学・カナダ8大学が入った国際計画
一時期は25m望遠鏡構想、現在は6m広視野電波望遠鏡(CCAT-prime)
に規模縮小してスタート
→ 2017/4/18 に計画推進が決定・2021年ファーストライト予定
道路・電力・光ファイバー・運用などで協力を進める
2017/10の覚書締結を目指す



科学観測時間の利用案

- TAOプロジェクト時間(50%)

プロジェクトとして科学観測を実施する時間

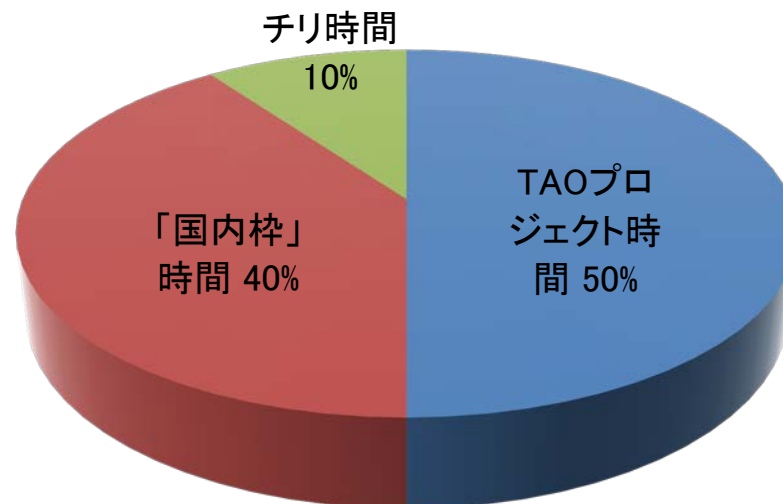
- 国内枠時間(40%)

国内研究者に割り当てを行う観測時間枠。時間の割り当てをどのようにするか、すばる望遠鏡をはじめとしたほかの望遠鏡とどうシナジーを得るか、については光学赤外線天文研究者連絡会運営委員会と相談中

- チリ時間(10%)

チリ研究者に割り当てる時間

予算不足で海外を含めたパートナーに観測時間を提供する場合、差し引いた残りをTAO時間と国内枠5:4で分配



欧米大学・研究機関を中心に望遠鏡時間提供の相談を開始

アリゾナ大学

- ・ ミラーラボで鏡を製作中
- ・ 全学学術交流協定 1987年より継続中
- ・ Magellan望遠鏡やGiant Magellan望遠鏡でプロジェクトマネージャー経験のある
Matt Johns氏が3/31-5/15に来日し
輸送前の望遠鏡他を確認、現地建設
について助言
- ・ Buell Januzziスチュワード天文台長とJoaquin Ruiz副学長・理学系研究科長より
年9夜程度の望遠鏡時間に興味があるとのLetter を受け取る



プリンストン大学

- ・ 全学学術交流協定 2010年締結 戦略的パートナーシップ10大学の一つ 全学の学生交流も実施
- ・ Michael Strauss天体物理科学副専攻長とskypeで土居・宮田が相談。
- ・ 6月22日に土居が訪問、TAOを紹介、今後相談をしていくことを確認

ロチェスター工科大学

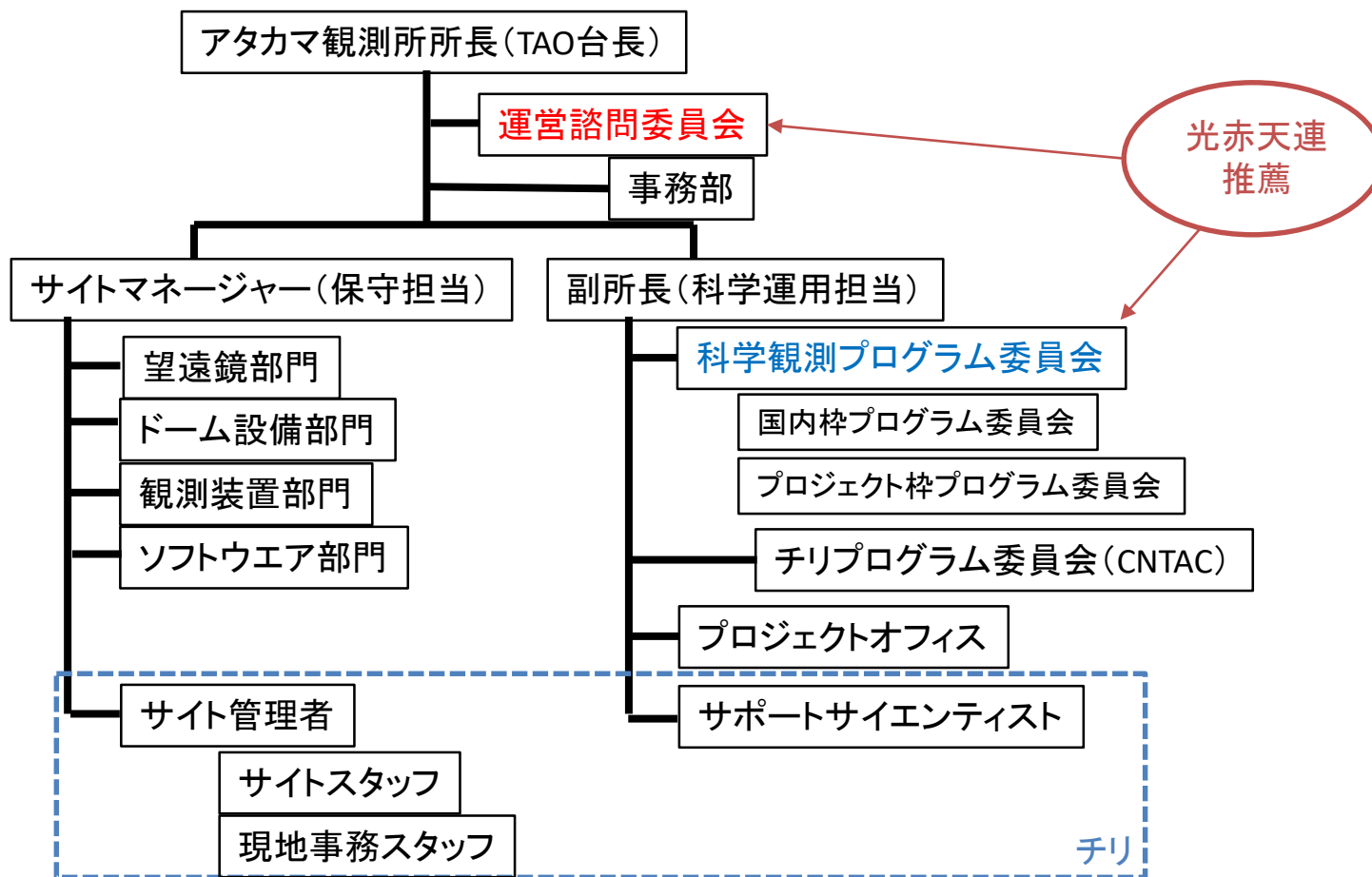
- ・ Michael Richmond教授から具体的な興味が表明、関係者と相談を進めている
- ・ 全学学術交流協定 2014年締結

マックスプランク研究所(Radioastronomie)

- ・ Karl Menten教授から銀河面サーベイを電波・赤外で行いたい旨連絡あり、詳細相談中。

日本の研究者との共同研究の形を推奨したい

マネジメント体制



まずは運営諮問委員会の外部委員の推薦を光赤天連に依頼予定

よろしくお願いします