

TMTの科学運用計画

柏川 伸成

〈国立天文台 TMT推進室 〒181-8588 東京都三鷹市大沢2-21-1〉

e-mail: n.kashikawa@nao.ac.jp



現在構想されているTMTの科学運用計画—観測モード，時間割り付け，スケジューリング，ユーザーサポート，そしてTMT国際天文台で働く人々の職種，などについてまとめてみる．大型観測施設の運用の一例として，他分野の方にもご一読いただければ幸いである．コミュニティからの意見を取り上げながら“使いやすいTMT”を目指して改訂を続ける予定なので，ご意見ご感想をお寄せいただきたい．

♪もしも私が家を建てたなら

大きな窓と小さなドアと
 部屋には古い暖炉があるのよ
 真赤なバラと白いパンジー
 小犬のよこにはあなたあなた
 あなたがいてほしい

懐かしい歌^{*1}で始まってしまったが，誰しも家を建てようとするときには，できあがったら，そこに何を置こうか，そこで何をしようか，といろいろな夢を廻らせるはずである．大きな家を建てようとしているTMTもまさにそうである．

TMT運用プランについてはこれまでTMT SAC (Science Advisory Committee: 科学諮問委員会)などで議論されており，最新案(2012年8月13日時点でのもの)はドキュメント¹⁾にまとめられている．しかしこれはまだ当然最終案ではなく，コミュニティからの意見を取り上げながら，改訂を続ける予定である．

天文学研究者，特に観測研究をしている読者にとっては，自分のよく使う望遠鏡における運用と

比較すると，興味をもっていただけるだろうし，また，アマチュアの方にとっては，一つの大きな望遠鏡を動かし，日々観測するためには，どのような仕事が必要で，どれだけ多くの方が携わっているのかを知るのに良い機会になれば幸いである．

1. ファーストライトを迎えるまで

TMTが観測を開始するまでには大きく分けて，1) 建設期，2) 光学系組立調整期，3) 技術的立ち上げ期，の三つの期間がある．建設期は，道路建設から始まって整地・開削，コンクリート基礎を作り，まずはドームと山頂施設を建設したのち，望遠鏡の組み立てを行う．光学系組立調整期には，望遠鏡の主要な構成部品である，主鏡セグメント鏡，第二鏡，第三鏡，補償光学，レーザーガイド星システム，観測装置などのインストールと試験を行う．この作業には20カ月程度かかると考えている．技術的立ち上げ期になると，夜間試験を通じて，個々のシステムについて仕様どおりの性能を出していることを確認し，また組み上げられた望遠鏡・観測装置をシステム全体として調整する．ファーストライトに向けたこの段階の

*1 小坂明子「あなた」より

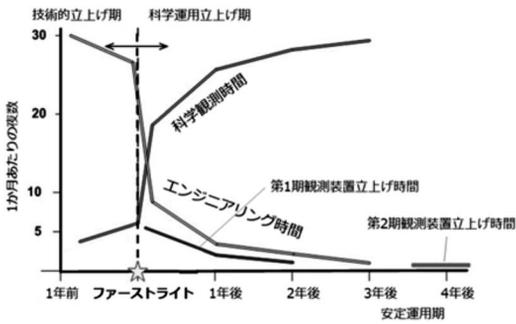


図1 TMTファーストライト前後の期間における期待する観測時間配分。

作業は、約3カ月にわたって行われ、初期運用に向けて、エンジニアとサイエンティストが緊密に協力して作業が進められる。技術立ち上げでは、望遠鏡のフル運用における効率化を図るが、それを最大限に追求するには段階的な調整が必要である。技術的立ち上げ期の後、望遠鏡は十分に調整されたのち初期運用に引き渡され、科学試験観測が始まる。

科学運用立ち上げ期には実際の科学観測を通じて、望遠鏡の科学的性能、高いレベルでの運用、観測手順や天体導入／追尾プロセス、較正プロセス、運用チェックプロセスや評価方法などが、科学運用部門によって確立される。観測装置製作グループが現地または遠隔で、観測装置の科学試験観測とアップグレードを行う。初期のリスクシェア観測とエンジニアリング作業によってシステムは確立していく。この時期に科学観測とエンジニアリング作業をどうバランスを取って進めていくかはなかなか難しい問題だ。図1は技術的運用から科学的運用に移行するファーストライト前後の望遠鏡時間の配分例である。科学観測時間の割合が飛躍的に増えていることがわかるが、「科学観測を可能な限り早く開始し、科学的インパクトを最大にする」というTMTの戦略がこの青写真に現れている。このように数年の間で順調に本格的な科学観測に移行できることを願っている。

2. TMTにおける観測

それではTMTでの科学運用の様子を見ていこう。TMTの特徴の一つとして観測の柔軟性を挙げることができる。すべての装置は常にナスミス台の上に設置され、第三鏡の向きを変えることによって短時間で装置を切り替えることができる。したがって、ある夜に複数の装置を順次用いることも可能である。ナスミス台には最大8台の観測装置を搭載することができる。すべての装置は、メンテナンスが予定されていない限り、常に電源が入り冷却されスタンバイの状態にある。ただし、当夜に予定されている最大3-4台の装置だけが完全に較正され最適化されている。

TMTの観測モードにはPIモードとサービスモードの二つがある。これら二つのモードの時間割合は、パートナーごとのコミュニティの要求を考慮して最適化する。ファーストライト直後、運用開始1年間は、サービスモードの割合は10%くらい、その後徐々に割合を増やしていき、最大50%くらいになるであろう。

2.1 PI観測モード

主観測者(PI)が観測の全責任を負い、観測中に装置を操作しリアルタイムでの判断をしつつ観測を実行する。サポートアストロノマー(SA)は観測効率を最大化し、装置性能、データ解析、目的を達成するための方針について助言を与える。PIは、観測の少なくとも数週間前から割り当てられたSAに連絡を取り、望遠鏡／装置ドキュメント・ステータス・観測準備ツールの更新、助言を受ける。観測初日の午後にはSAとPIが直接あるいはビデオ会議越しに面合わせを行う。この際通常SAが、装置の立ち上げ、較正データの取得方法などについての装置操作講習を行う。たいていの観測者はこのマンツーマン講習を必要とするが、慣れた観測者になれば前回からの変更点の確認にとどめることになる。

PIの習熟度によるが、最初の夜はSAがサポー

トし問題の解決にあたる。一般的に、SAは前半夜コントロール室に滞在するが、後半夜は自宅からの電話連絡のみのサポートとなる。観測中はSAの補助を得ながらPIが装置を操作し、観測アシスタントはPIに代わって山頂で望遠鏡/AOを操作する。技術的問題が生じた場合に最初に連絡を受け取るのはSAで、SAからその問題解決に適任なスタッフへの電話連絡が行われる。

観測後もSAは観測者をサポートする。データはTMTアーカイブから取得可能であり、関連するサイエンスデータだけでなく較正データや補助的技術データのまとめ、アクセス、検索を補助する。観測後のフィードバックシステムを用いて、観測者から、TMT観測サポートを改善するための意見を収集する。

2.2 サービス観測モード

サービスモードでは、観測提案書および観測ブロックに基づき、山麓施設においてPIの代わりに科学運用部門スタッフが観測を行う。サービスモードが割り当てられた夜には1台から4台の観測装置が準備される。観測装置ごとに十分な経験をもつSAが割り当てられるが、彼らは全装置について深い理解を有している。通常、SAがサービスモードの観測にあたるが、観測経験のある観測アシスタントがあたる場合もある。この場合、現在多くの観測所で行われているとおり、観測アシスタントが望遠鏡と観測装置を両方操作する。パートナーのサポートオフィスにおいて経験ある観測者がサービス観測を行うこともありうる。

すべてのサービス観測はどの晩のどの時間帯にどの観測をするかあらかじめスケジュールされている。天候または技術的トラブルによって実行できなかった観測はPIモード同様、そのまま流れる。1時間単位で観測ブロックを作るが、場合によってはもっと短いブロックも考慮する必要があるかもしれない。サービス観測は、半夜あるいは全夜のPIモードを必要としない観測プログラムを効率的に遂行することができる。あらかじめ観

測予定を決めるのは、パートナー間の観測プログラムの優先度や部分的に完了した個々のプログラムの優先度を決めるのが困難であり、これを避けるためである。またAOの準備や最適化のためには事前の詳細な観測計画が必要となる。観測ブロックを作成し評価するためのツールはTMT側で用意する。装置シミュレーターや観測実行ソフトウェアによってプロポーザル提出前にPIは十分に観測練習ができ、観測直前まで観測ブロックを最適化すべく調整編集することができる。

サービスモードの際にはPI立ち会いモードをオプションとして用意すべきだろう。ある夜の決まった時間に観測は行われるので、PIはリモート（遠隔地）で観測に参加することができ、必要であれば観測遂行者がPIと話し合っ問題点をクリアにすることができる。PIは観測遂行者と情報交換し、目標天体の導入や取得データの確認などを行うことができる。この立ち会いモードでは、リモート観測の機能は重要ではないので、家やオフィスからのSkypeその他のインターネットビデオシステムでのアクセスを想定している。

セメスター（観測期間は2月から7月のセメスターAと8月から1月までのセメスターBに分類される）の開始時には、各パートナーからのサービスプログラムが集められ、観測対象の座標や観測効率、装置とサポートの配備を考慮して、スケジュール、一晩ごとの観測手順が決められる。観測はこれを単純に実行するだけであり、優先度も観測時間の延長もない。サービス観測を行うのに必要な情報はPIに問い合わせることのないよう、十分に練られたものでなければならない。立ち会いモードを用意はするが基本的にPIがいなくても実行できるものでなければならない。

観測所のデータベースには、サービス観測を行うために必要なすべての情報を保持している。各パートナーで選択されたサービスプログラムはこのデータベースにPhase I（観測提案書提出に向けてのプロセス）の標準カバーページとともに入

力される。PIはより詳細な観測パラメーターをPhase II（採択提案について、観測に向けて詳細に規定し準備するためのプロセス）として入力する。観測前、観測中に、データベースの情報が、観測キューに直接送られる。

2.3 アダプティブキュー観測

もう一つのサービス観測の方法としては、パートナーから採択された観測プログラムを集め、その日の観測条件、装置ステータス、観測プログラムの優先度、達成率に応じてリアルタイムで観測を決めていくアダプティブキューという方法がある。あらかじめ観測スケジュールを決めておくのがTMT運用方針のベースラインだが、コミュニティーの要望によっては、将来的にアダプティブキューを実現できるように運用モデルや必要なソフトウェアを開発していく。このアダプティブキューには複雑な運用が必要であるのでスタッフの数を増員しなければならないだろう。また短時間でキューを最適化したり、観測パラメーターをリアルタイムに再設定したりすることができるソフトウェアツールも必要となる。このようなツールはPIモード観測ブロックの条件適合スケジュールリングにも必要なので、将来のアダプティブキューに活かすことができる。パートナーごとに、あるいはPI何人かが集まったグループごとに自分たち自身の観測時間の中で“内部キュー”を働かせることもできる。内部キュー内の観測プログラムの選び方、優先度、データ配布の方法などはパートナーごとに、その方法を見つける。

2.4 リモート観測

TMTのほとんどの観測は、広帯域ネットワークと高音質ビデオ会議システムを用いた、山麓施設か各パートナーの観測センターからのリモートで行う。各パートナー施設からのリモート観測は、ヒロ山麓施設からのリモート観測と同様に行われる。どちらの場合も安全なプロトコルを用いてマウナケア山頂にある装置操作端末にログインし、山麓施設からと同等なビデオ会議システムを

用いて、望遠鏡を操作する観測アシスタントと情報交換する。パートナー施設からの観測が山麓施設からの観測と大きく異なるのは、ハワイにいるSAにビデオ会議システムで補助を受けなければならないことである。SAの観測補助の負担を減らすためには観測初心者は山麓施設から観測すべきであろう。

ハードウェア・ソフトウェア共に、リモート観測の環境を整備するのは各パートナーの責任である。パートナーはリモート観測に最適な場所を選び、広帯域ネットワークとバックアップ用の電話システム、TMTが定めた標準インターフェイス仕様を満たす計算機ハードウェアを設置する。リモートサイトの信頼性と効率的な技術支援を得るため、TMTはパートナーと協力して、これらの設備のメンテナンスにあたる。TMT建設期に、山麓施設のリモートコントロール室は設立し、運用初期からリモート観測が可能になるようし、他のリモート観測場所でも使えるよう、適切なソフトウェアインターフェイスを開発し標準化する。

2.5 時間限定、定期モニター観測

緊急を要する、あるいは定期的なモニターが必要な観測はサービス観測モードに容易に組み込むことができる。装置やサポート体制の条件がそろえば、スケジュールリングツールによって、このような時間限定の観測を制限条件として入れたうえで、他のプログラムを組むことができる。あるいは、短時間の時間限定観測であれば、同意に基づいて、内々にPIモード観測と時間交換することもできる。

2.6 TOO観測

パートナー間を超えた観測時間の供与返却の方針が定めればTOO (Target of Opportunity) 観測（超新星やガンマ線バーストなどの突発天体の発生を受けて急遽観測すること）は可能である。TMTの短時間での目標ポインティング、ナスミス台に複数の観測装置を起動準備完了させる機能はTOOによく合っており、宇宙望遠鏡などでは

実現が難しいモードである。時間限定観測のように保護された観測プログラムが走っていない限りTOOを発動することができる。

もしTOOがPIモード観測中に発動されたら、観測者が観測中止に同意しなければいけないわけではない。もし観測者が同意すれば、SAか観測アシスタントのいずれかがTOO観測を実行する。元の観測者が観測したければ観測しても良い。PIとSAは、TOOトリガーをその座標、観測情報、装置設定と併せて知らされる。続行中の観測をどこでやめてTOOに移るかは観測者に決定権がある。TOOの発動をした観測者は、リモート機能を用いて観測に立ち会うことが求められる。

サービス観測中にTOOが発動されると、準備されていたサービス観測は次に可能な観測時間に再スケジュールされる。スケジュールリングツールには装置とサポートスタッフの準備状況を見てTOOを発動させる機能がある。

あるパートナーが発動したTOOの観測時間は、次のセメスター以降に実観測時間の1.5倍(検討中)として差し引かれる。この時間にはTOO観測用の装置設定、あるいは通常観測に戻るための装置再設置のオーバーヘッドも含まれる。各セメスター各パートナーのTOOにかける時間の上限は、保護されていない観測時間の一定割合(2-5% TBD)として定めるべきであり、この割合は定期的に観測所とパートナーとで見直されるべきである。もしTOOが公開ソース(例

えば衛星からの公開データ)としてトリガーがかかった場合、興味をもつコンソーシアムでTOO観測データはシェアすべきで、その観測時間はすべてのパートナーから平等に差し引かれるべきであろう。もし一つのパートナーからのみTOOがかけられた場合は、そのパートナーにデータの保有期間があり、すぐに公開する必要はない。TOOで取得されたデータについても通常のデータ保有期間が適用される。

2.7 早朝の観測

3 μm より長い波長における観測では朝になっても空の明るさは著しく明るくならないので、観測を数時間延長することが可能である。TMT建設地であるマウナケアの西側プラトーは特に早朝のシーイングが良い場所である。波長が3 μm よりも長いLMNQバンドでの観測であればトワイライトから朝10時くらいまでの4時間、観測が可能である。観測目的に応じて、またその観測サポートと日中の技術的作業との優先度によっては日中観測がスケジュールされる。1カ月に2日くらいは運用への影響なく日中観測を組むことができるだろう。太陽光が望遠鏡構造や光学系に与える熱的变化はよく考慮せねばならない。またドーム内エアコンが望遠鏡や光学系を規定以上に冷やせなくなるまで気温を上昇させてはならない。日中観測では、望遠鏡やガイド、AOガイドの特殊運用が必要になる。

2.8 バックアップ観測

TMTの観測プログラムにはすべてバックアップ

表1 TMT共同利用観測時間の評価.

各セメスターあたりの観測可能時間	1,734 (時間)	1年間365日、一晩あたり平均9.5時間
エンジニアリング時間	-120	主に明け方に行われるオンスカイトテスト
観測装置の較正のための観測	-17	全観測時間の1%以下になるよう定められている
新観測時間の立ち上げ観測	-45	2年ごとに20晩程度
観測所長時間	-30	予期せぬイベント、スケジュール調整のため
実質共同利用観測時間	1,518	
暗夜	506	1,518時間の1/3
グレイ夜	506	1,518時間の1/3
明夜	506	1,518時間の1/3

プログラムが準備され、天候によって主目的が達成できない場合や装置の技術的トラブルの場合などに適用される。測光夜ではない場合やシーイングが悪い場合にシーイング限界の観測を実行するのは難しいし、もっとありえるのは、レーザーガイド星を用いる観測ではいくつかの理由によって最大30%の夜がその観測に適さない。PIモード観測では、観測者自身が適切なバックアップ観測を準備する責任がある。サービス観測においても、各PIが適切なバックアップ観測提案をするように勧められるが、もしそれがない場合には、観測所が保持するバックアップ観測キューの中から適切なものを実行する。この場合、その晩に割り当てられているパートナーからの提案が優先される。このバックアップ観測キューの中には、サイエンス観測とエンジニアリング・立ち上げテスト観測が混在し、観測所によって、まだ実行価値があるかどうか定期的に評価される。また、以前スケジュールされていた観測のうち、特殊な理由(TOOなど)によって実行されなかったものや、観測所で必要な夜間観測テストや較正観測も含まれる。バックアップキューは観測所データベースの中にあり、日程や装置設定によって検索可能である。

3. 時間割付とスケジューリング

3.1 まずは観測提案

TMTのパートナーとなる研究機関だけではなく、パートナーのコミュニティに所属する天文学研究者であれば、共同利用観測に応募することができ、共同研究者を通じてTMTのデータにアクセスすることができる。観測者は、パートナーあるいはTMTから提供されるプロポーザルツールを用いて所属するパートナーのTAC (Time Allocation Committee: 観測時間割り当て委員会) を通じて観測提案を行う。提案書は観測所データベースに入力され、スケジューリング方針を内包したスケジューリングツールを用いてスケ

ジュールが作成される。プロポーザルツール、スケジューリングツール、ETC (Exposure Time Calculator: 観測時間計算ツール)、データ解析ソフトは、ソフトウェア & IT部門によって運用開始から5年以内に開発される。

3.2 パートナー TACと時間割り当て

TMTの観測時間割り当ての方法は各パートナーに委ねられる。各パートナーは独自に観測提案の募集・評価・採択を行い、各々に割り当てられた観測時間の割り付けを行う。望遠鏡時間割り当て全体を監督する“スーパー TAC”は存在せず、TMTはパートナー間で重複のある観測プログラムをチェックもしないし調整もしない。あらかじめ設定された観測はスケジュールどおりに実行され、パートナー間で優先順位があるわけではない。パートナーは、各セメスターの明夜、グレイ夜、暗夜について均等な割り当てがなされ、セメスター内の時期についても均等に配分される。各パートナーで使われた観測時間はこれらのカテゴリーごとに時間単位でカウントされる。

各パートナーは独立した時間割り当てプロセスをもち、次期セメスターのスケジュールに合った採択プログラム一覧をTMTに提出する。全観測スケジュールは6カ月おきに作成する。提案書作成時に、要求に応じてTMTは各装置やAOの性能評価を提供するが、観測プロポーザルの技術的・科学的評価は各パートナーに委ねられる。PIモード観測は半夜、全夜単位で時間割り当てが行われるが、特殊な事情においては1-2時間の割り当ても可能である。サービス観測は1時間単位で割り付けられるが、さらに短い時間割り付けは考慮すべきかもしれない。TOOの時間割り付けについては別に議論する。

3.3 観測ツール

Phase IIではOT (Observing Tool) と呼ばれる、ハイレベルのユーザーインターフェイスを通して観測手順を規定するツールを用いる。OTは、制御システムの複雑性を気にすることなく、

かつ観測パフォーマンスや観測技術に対する柔軟性をもたせるためのものである。これは望遠鏡操作のユーザーインターフェイス（オンサイトでもリモートでも）と同一になるようになっていて、装置や望遠鏡を設定し、手順に従って動かし、データを取得し、解析パイプラインにつながるようになっていく。Phase IIでは観測者はOTを用いて望遠鏡や装置の設定、観測手順、観測条件の制限やデータ取得、ガイド星、較正、など、観測の詳細を決める。その手順においては、データベースから観測手順をダウンロードし、ターゲットやガイド星の座標を設定し、望遠鏡や装置の設定をする。観測所側から、観測スクリプトや観測ブロックをオフラインでチェックすることができるツール群を提供する。ETCはすべての装置について提供される。要求があれば、TMTスタッフがさらなる技術評価を行い、観測計画をチェックする。

3.4 望遠鏡スケジュール

TMTは、各セメスター開始の4カ月前までに各パートナーのTACから採択プログラムを受け取り、それを基に、観測可能日、装置、人員配置の最適化を考えながら全体の観測スケジュールを6か月ごとに立てる。サービスモードとPIモードは最適になるように組み合わせられてスケジュールされる。サービスモードは半夜から1週間以上に及ぶが、スタッフを効率的に配備し、観測中断による混乱がないようにする。観測条件が悪いときや装置トラブルの際を考慮してバックアップ観測を準備する。TMTはセメスター開始2カ月前までに詳細な観測スケジュールを各パートナーに示し、もし矛盾や困難な点があればすぐに訂正する。ある期間に観測要求が集中することは避けられないが、そのような場合はTMTスケジューラーが各パートナーのTAC委員長に連絡をし、優先順位を議論しながら決める。最終スケジュールでは、エンジニアリング夜、観測所長時間などを含めたすべての夜が埋められているものとする。

4. ユーザーサポート

4.1 観測所ソフトウェアサポート運用

観測準備・計画ツール、ETC、データ解析ソフトウェアは運用開始の最初の5年間に、ソフトウェア & IT部門で開発される。TMTはこのような観測ツールとドキュメントを提供することによってユーザーの観測効率を最大化したいと考えているが、どう準備し、どう実行するのが一番良いかは観測者によるので、これらのツールの使用は必ずしも強制されない。

4.2 観測装置シミュレーター

ユーザーの観測準備を支援するため、すべての観測装置についてのソフトウェアシミュレーターとそのドキュメントを用意する。各装置は、設計・試験段階で行う装置性能モデル化のために開発される標準ソフトシミュレーターを提供する。TMTはこれらのソフトウェアモデルを維持更新する。最新のシミュレーターはウェブベースのサポートポータルで使えるようにする。観測提案書準備段階では、ユーザーはシミュレーターをETCとして用いて、提案する観測の実現可能性を評価する。シミュレーションは、シーイングサイズ、夜空の状態、開口サイズ、スリット幅、検出器の読み出しフォーマット、観測モードなどのパラメーターをもつ。

新しいユーザーの訓練のために、このシミュレーター上で実際の観測で使うものと同じGUIを用いて実際の観測を擬似体験させることもできる。望遠鏡シミュレーターとリンクさせ、ダミーの取得データを組み合わせることによって観測者は実際のデータ取得の手続きを練習することができる。このようにして観測前に観測プロセスに慣れることができ、より効率良く観測をすることができる。習熟したユーザーもこのシミュレーターを用いて新しい機能を学ぶことができる。

装置開発の段階で、この装置シミュレーターを用いたシステムモデリングは装置エンジニアに、

性能評価や性能更新に利用される。ハード、ソフト両面で新しい機能を付け加える前にその効果を評価できるのだ。この装置グループが開発したモデリングソフトウェアは装置チームの補助を受けながら観測所によって維持され、最新の装置構成、装置性能に応じて更新される。

4.3 データ解析ソフトウェアとパイプライン

すべての観測装置とともに、標準データ解析パイプラインが作られる。TMTはデータ解析の支援はするが、実際にサイエンスに結びつくようにデータ解析そのものを実行するのはユーザーに委ねられている。パイプラインはデータ解析すべての要素を実行できる一つのソフトウェアを想定している。ほとんどの機能は同様なソフトモジュールや解析アルゴリズムと共通化され、常に最新の状態で使用することができる。TMTはこのパイプラインを維持し更新する責任がある。パイプラインは観測中にクイックルックでデータ評価するのにも使われる。サービス観測ではPIに送る前にデータ品質チェックすることも考えている。望遠鏡や装置の性能、運用パフォーマンスをモニターするための簡単な品質チェックにも使われる。データ解析パイプラインはTMTパートナーによってその幅広い経験を活かして開発され、そしてパートナー間でシェアされることも考えられる。

4.4 TMTデータとその保持期間

TMTで取得されたすべてのデータは無期限に保管される。すべての観測装置はメタデータと呼ばれる、較正データ、技術パラメーター、環境データを出力する。これらもアーカイブされ、関連あるサイエンスデータを後から組み合わせ、較正データや解析アルゴリズムを特定するのに、あるいはエンジニアリングのために使われる。観測データとメタデータは現在のFITSやVO (Virtual Observatory) 標準に準拠している。

TMTソフトウェアシステムは、観測提案書、観測、サイエンスデータセット、関連する情報に

関するデータベースをもち、長期にわたってのデータの利用を可能にしている。PIはウェブベースのツールを用いてデータを取得することができる。外部向けのウェブベースアーカイブは複数のパートナー機関に置かれ、データ保持期間を経た後コミュニティに公開される。各パートナーは18カ月の間取得データの所有権をもつが、適切な公開期限については各パートナーの判断に委ねる。この期限は科学的議論に基づき各パートナーの責任者が柔軟に決めて良い。

4.5 データストレージとデータアーカイブ

生データ、関連する較正データ、補助データはまず、山頂にあるストレージシステムに保存され、安全のために山麓施設、あるいはハワイ島外のデータストレージでコピーが取られる。このストレージは、ウェブベースのインターフェイスをもっており、簡単なデータの検索と取得ができる機能をもっている。

このデータストレージ計画を超えて、生データ、処理済データをコミュニティに有効活用してもらうために、各パートナーは必要に応じて、データアーカイブをもつ可能性がある。これには、処理済データの公開、マスター較正データ(例えばマスターバイアス、マスターフラット)の生成、データ品質評価・管理、VOサービスの提供、データ補間(例えばデータやメタデータの問題が検出された場合に修正する)、データ解析途中の中間ファイルのアーカイブ、などが考えられる。このようなアーカイブの構築と運用は現在のTMT建設プランに含まれていない。TMTのデータをこのアーカイブに移すソフトウェアの開発も必要であろう。これらは後の予算によって作られる。

4.6 ユーザーズミーティング

TMTはパートナーコミュニティと協力して、定期的なワークショップを開催し、情報交換や訓練などに努める。このワークショップでは、望遠鏡や観測装置の最新ステータスの報告、将来の観

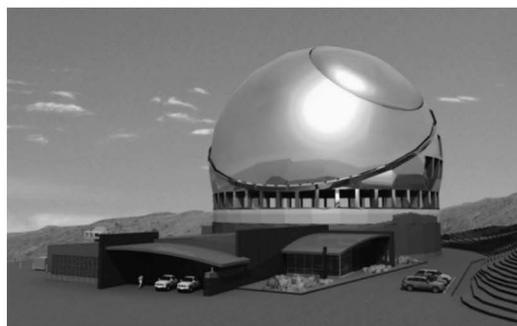
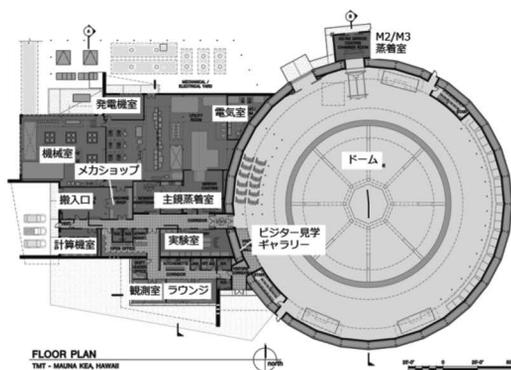


図2 TMT山頂施設の内部構造（左）とその概観（右）。

測装置の進展，計算機環境，ソフトウェア，アーカイブ，解析ソフトなどの状況報告をするほか，新しいユーザーへのプロポーザル準備，観測準備，観測技術，データ解析にかかわる定期講習も行う。

5. TMT観測所とそこで働く人々

5.1 山頂施設と山麓施設

図2と図3にそれぞれ山頂施設と山麓施設の設計図案を示す。TMT山麓施設本部はハワイ・ヒロのUH Science & Technology Parkの中に設置され，20,000平方フィートの建物と，140席あるオープンプラン式のオフィスを予定している。TMT本部はTMTコントロール室を所有し，リモート観測や，日中のエンジニアリングサポートに使われる。どのコンピューターからも山頂にアクセスはできるが，コントロール室には，高品質のビデオ会議室システムを備える。実験／開発スペース，倉庫も近隣にリースされる。

5.2 TMT観測所で働く人々

図4にTMT観測所の運用スタッフ組織図案を示す。総勢120名あまりがここハワイのTMT観測所で働く予定だ。執行部は観測所全体のマネジメント，方針決定，予算管理にあたる。観測所の安全運用，アウトリーチ，コミュニティとの協力なども執行部の責任となる。

管理部は調達，会計，監査，課税／予算管理，契約管理，パートナーの契約調達の一元管理，など運用に必要なサービス業務を行う。

科学運用部門は観測準備，観測をサポートし，観測プロセス全体を管理する部署である。ここには28名のスタッフがおり，サポートアストロノマー（SA）13名，望遠鏡／AOサイエンティスト4名，観測アシスタント7名，夜間アシスタント（セーフティバックアップ）3名を抱える。

TMT観測所の技術サポートは，エンジニア，テクニシャン，サポートスタッフの三つに大きく区分される。45名からなる技術運用部門は，山頂施設，ドーム，望遠鏡，AO，観測装置のメンテナンス，モニター，修理の業務を担う。

技術運用部とは別にエンジニアリング・技術グループを設け，長期的な技術課題解決，運用支援開発のための解析，設計，開発を行う。

観測装置開発部門では，新しい観測装置／AOの開発，建設，立ち上げについて責任をもつ。新装置・AOについて要求仕様書，インターフェイス管理書を作成改訂し，開発の進展をモニターし，定期的な設計レビューを開く。

ソフトウェアIT部門は，観測所全体のソフトウェアサポート／開発，ネットワーク管理維持を行う。

特殊な環境での仕事ということもあり，人員配

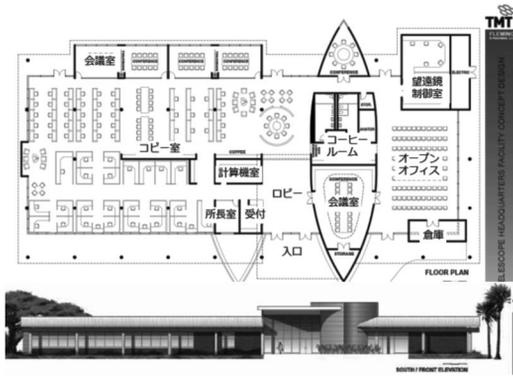
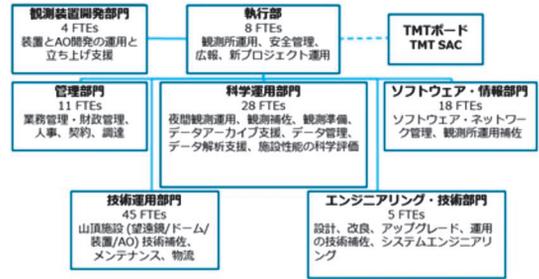


図3 TMT山麓施設（ヒロ）の内部構造。

置や仕事のやり方にもいくつか配慮されている。4,200 mの高地での作業は困難を極める。山頂での作業は必要最小限とし、可能な限り、組み立てや部分構造の試験は平地にて実施したうえで山頂に搬送する。山頂ではすべてのスタッフに携帯酸素ボンベが支給される。建設初期においてネットワーク通信は十分に確立させ、ソフトウェア制御・試験は山麓もしくは島外から遠隔で実施できるようにする。山麓施設からの、問題解決/システムチェックのためのリモート技術運用、診断も行われる。技術スタッフは現場での作業が必要な場合のみ山頂にあがる。

望遠鏡、ドーム、AO、装置、施設設備などすべてを含む複雑なシステムメンテナンスプログラムは、定期的な検診とステータスマニターによって構築される。システム効率を維持し、パフォーマンス低下や大きなトラブルにつながる潜在的な問題点を検出・是正することが目的である。技術運用のうち、専門のメンテナンスチームがこのプログラム運用にあたる。

通常、望遠鏡の操作は山頂コントロール室で一人の観測アシスタントによって行われるが、安全性の理由からもう一人が山頂にいなければならない。この役割は特にスキルを要求しない。建物のメンテナンスや施設や装備のチェック、なども補助し、またレーザースポッターのバックアップと



TMT観測所の組織図 (全119FTEs)

図4 TMT観測所組織案。8名からなる執行部の下に管理、科学運用、観測装置開発、ソフトウェア・情報、技術運用、エンジニアリング技術の六つの部門で構成され、常勤職員は合計119名である。

しての役割もある。現在、レーザーガイド星システムの運用にあたって、US連邦航空局 (FAA) は、航空機の光を監視するレーザースポッターを屋外に配置するよう求めている。レーザーを航空機が横切る危険がある場合には、スポッターはただちにレーザー照射システムのシャッターを閉じるよう指示する。全天カメラなどの技術を用いた飛行物自動検出システムが現在開発中であるが、まだFAAに使用は認められていない。このTMT基本運用計画では3名 (2名が監視、1名が休憩) のスポッターを考慮している。特殊技術は必要としないが、高地の屋外で極寒の環境であり、勤務環境は過酷である。

6. さいごに

以上TMTの科学運用計画についてまとめてみたが、いかがだったでしょうか？ よくデザインされていることは確かだが、一方で未来の望遠鏡にしては、その運用のしかたは現在の延長のようには見えない部分もある。また国際観測所としての運用の難しさが込められている部分も見え隠れする。例えば、時間割り当ては原案では、パートナーごとのTACによって決定されるとなっているが、パートナーを超えて一つの大きな観測プロジェクトを走らせることはできないか、などが

ISDT (International Science Development Team) でボトムアップ的に検討され始めてきている。冒頭にも述べたように、TMTの運用を決めるのは、みなさんの意見、アイデアなので、どしどしフィードバックをかけてほしい。なお今回はユーザーの視点に立ってまとめたため、技術的な運用体制についての記述は割愛した。将来TMT国際天文台で働いてみたい、という方がいれば資料は提供できるので参考にしていただきたい。

まだまだ先と思っても悲しいかな10年後は、転がるようにすぐにやってくる。すばる建設のときにも同様な議論があったことをうっすらと記憶しているが、その当時理想とした運用の方法は、その後実現したものもあるし、現実という波にさらされていまだ実現されていないものもある。まだ現実の波が押し寄せていない今だからこそ、私たちの理想的で快適な観測スタイルを追求しようではないか。

参考文献

- 1) TMT.OPS.TEC.11.099.REL01

TMT Operations Plan

Nobunari KASHIKAWA

*TMTJ Project Office, National Astronomical
Observatory of Japan, 2-21-1 Osawa,
Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan*

Abstract: The main purposes of TMT operations are to maintain the Observatory to run nightly at peak performance, to support efficient observations for astronomers from the partnership. TMT will initially have two observing modes: PI-Directed Mode—each PI operates the instruments and executes the observations and has direct control of real-time decision making. Pre-Planned Queue Service Observing—TMT staff members execute pre-defined observations on behalf of PIs in a queued sequence. Most science observations with the TMT will be carried out remotely; either from the sea-level TMT Headquarters or from remote observing centers in the partner countries. Observing time allocation will be the responsibility of each partner organization and partners will each establish and operate their own observing proposal and assessment processes. All data obtained with the TMT instruments will be stored indefinitely along with meta-data describing weather conditions and the state of many telescope and instrument+AO parameters calibration data required for subsequent engineering and scientific analysis. A nominal 18 month proprietary period is planned for science data. Instruments will be delivered with standard data reduction software pipelines and observation simulators. The TMT Headquarter facility will be located in Hilo with an open-plan style of office seating for ~120 staff.