

ディアスポラ時代の検収をどうやって確実にしていくか How to Conduct On-site Inspection in this Age of Diaspora

林 左絵子 (国立天文台 TMT プロジェクト カリフォルニア事務所)

Saeko S. Hayashi (California Office, TMT Project, National Astronomical
Observatory of Japan)

概要 (Abstract)

TMT の光学チームは、パサデナを拠点に 4 カ国共同で主鏡の製作を推進している。もともと時差も含めてリモート状態で、主鏡を作り上げていく上で仕様書や図面の情報共有が重要であった。さらに現在はコアチームメンバーでさえ、同じオフィスにいたら肩越しに問題点を議論できたことができなくなり、また工場などでの現物検収がきわめて難しくなった。パサデナ近郊のラボでは、感染症防止対策のための改修工事が始まろうとしている。実際のモノを扱うグループとしての工夫と悩みを伝えたい。

Optics team of Thirty Meter Telescope (TMT) coordinates the fabrication of the primary mirror segments in four partner countries. To some extent members were used to deal with the time zone issues, like the meetings in the early morning or late evening. The technical information regarding the specification, the drawings and such are shared using on-line tools. When the travel restriction became inevitable due to the pandemic, we had to scramble to mitigate the situation or reschedule on-site inspection and hands-on activities. Lab work is also seriously affected. Even though the construction and renovation work of the lab is starting soon, the challenge continues.

1. 主鏡チームのラボ作業

TIO の本部オフィスがあるパサデナ市から東に 10km ほど離れたモンロビア市に、倉庫のような建物を借りたラボがある（電車 5 駅、徒歩 0.6 km + 1.6 km）。そこでは主鏡に関わる様々な基礎実験、部品検査、耐久試験などが展開されていた。

<https://www.tmt.org/multimedia/tmt-lab-monrovia-overview> (1'40")

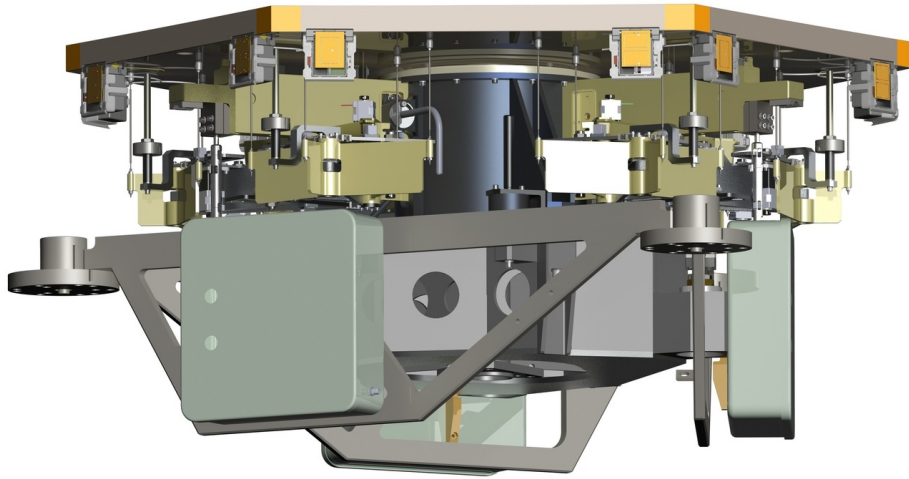
基礎実験としては、クリアセラム材（鏡材）にインバーを接着する実験、クリーニング機構のノズル形状に関するものがある。主鏡支持機構制御部の電子回路部品の試作も行われていた。

バネやモーター部品について、動作を数万回（数百万回？）繰り返す、しかも常温および冷蔵庫内でそれぞれ連続して行なっていた。SSA 組立工程の確立、SSA を（ダミー）鏡材と組合せる工程の確立、および出来上がったダミーセグメントをプロトタイプの主鏡セルに組込む手順が試行されていた。

ダミーセグメントをプロトタイプセルに搭載する練習 <https://www.tmt.org/multimedia/55> (2'31")

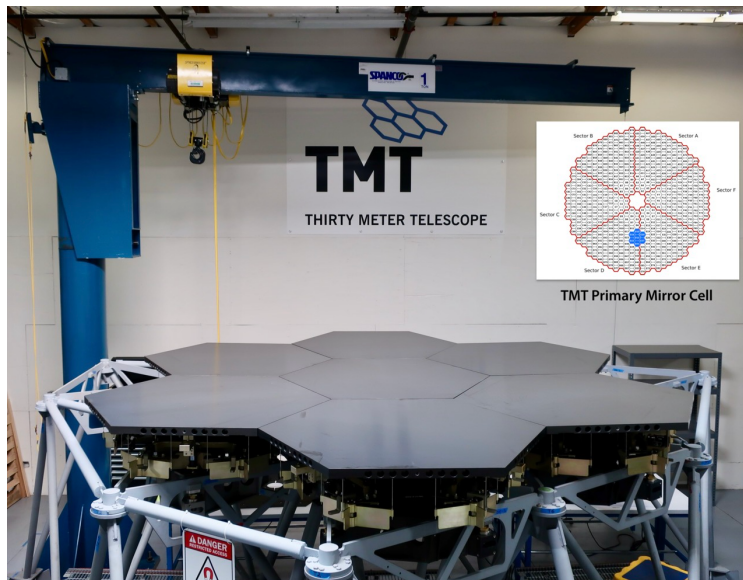
プロトタイプセルの搬入 <https://www.youtube.com/watch?v=Kueg6rH9fgw> (2'49")

セグメントを望遠鏡搭載後に計測するシステムの試行、エッジセンサーのプロトタイプや改良版のテストも始まりつつあった。SSA モジュールの量産タイプの組み立て開始が予定されていた。



図：TMT 主鏡セグメント単体を横からみたモデル。円形のクリアセラム材を研磨後、六角形にした鏡面の下に SSA と略称される主鏡支持機構および主鏡セル側に固定されているフレームがある。

Credit: TMT International Observatory, LLC



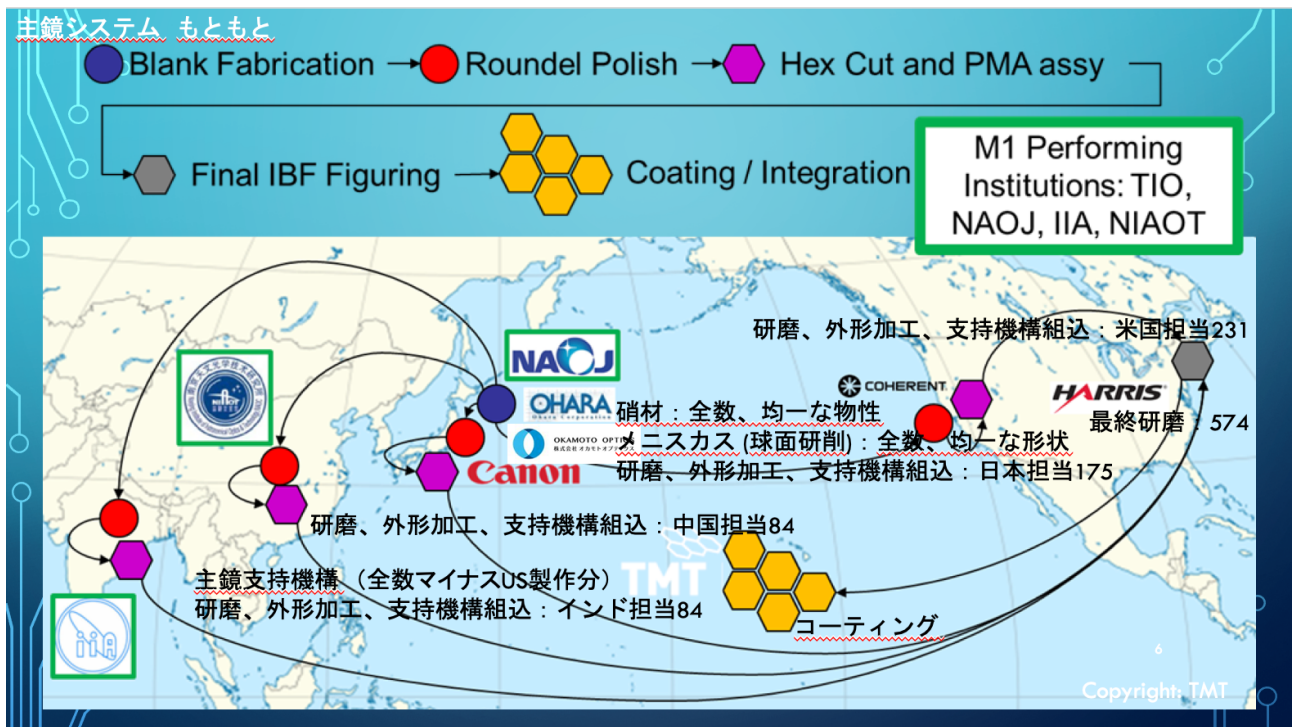
図：主鏡セルプロトタイプ（日立造船）に 7 枚のダミーセグメントを搭載したところ。鏡面はアルミ製。

Credit: TMT International Observatory, LLC

。。。といった様々な試験や計測の進捗状況を今年は報告したかったが。

2. 2020 年 3 月までは

主鏡セグメントの製作は日米印中 4 カ国で行われる。日本では既に研磨加工まで進んでおり、六角形にするなどの外形加工試も行われていた。また米国でも量産品の研磨開始に向けて準備が進められていた。仕様書や図面、さまざまな技術資料をオンラインで共有することはもとより、オンライン・ミーティングも自然なものとして定常的に進めていた。ただし試作品や量産品の実物検収は大事なものであり、担当者が出張して、現地スタッフとの綿密な打ち合わせとともに検査作業などを行なって来た。特に鏡材のヒビのようなものは、機械計測が難しく、目視でよく見極めなければならないためである。隠れたヒビが次工程に影響しかねず、また長期運用で欠陥が露呈するような事態を極力避けたい。



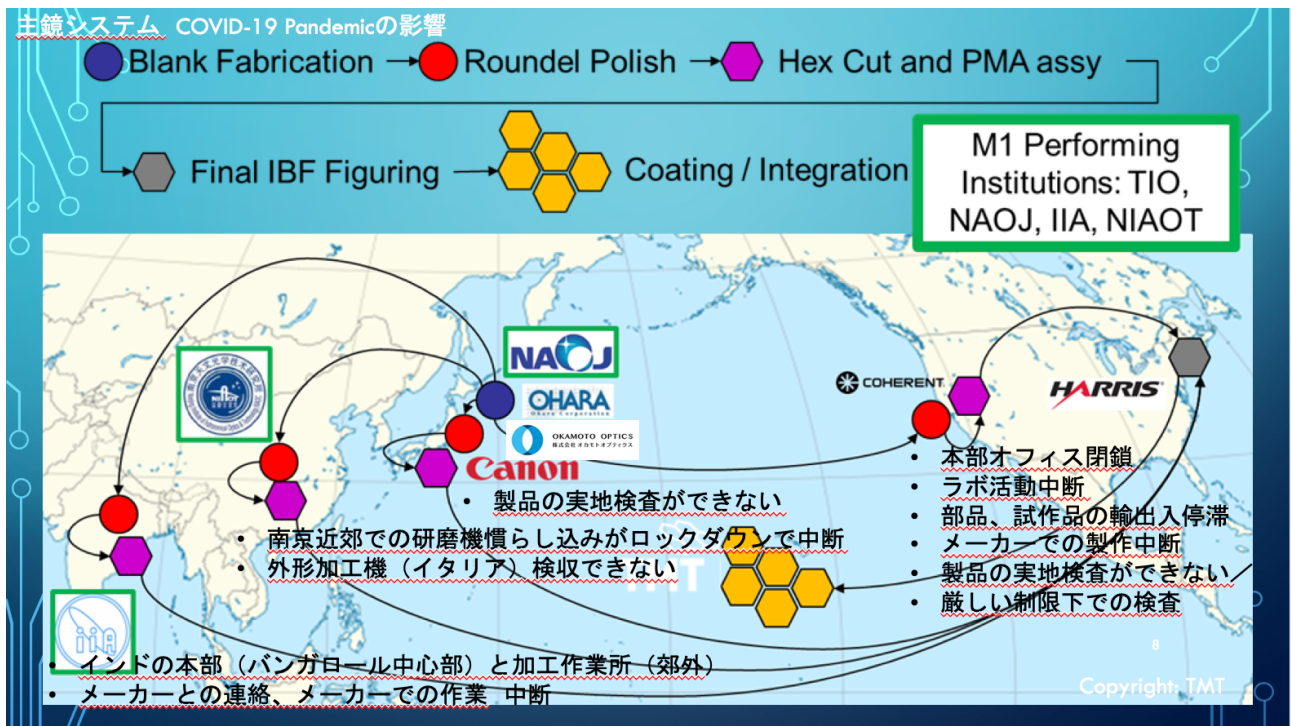
もとの図の Credit: TMT International Observatory, LLC

ところが、モンロビア・ラボでの SSA 組立の準備を進めていた矢先、カリフォルニア州で Stay Home Order が出てしまった。州北部で始まった SARS-CoV-2 ウイルスによる感染症、すなわち COVID-19 が州全体で急激に広がってしまったためである。3 月 16 日、TMT 本部オフィスおよびラボの閉鎖、職員の出張禁止が宣言された。州を越えての移動禁止に備えて、既に前の週から、他の州に自宅があるなどの事情があるスタッフに対して、移動を済ませてしまうようアドバイスが出ていた。

3. 2020 年 3 月以後は

オフィスやラボに立ち入ることが禁止されてしまったので、そこでの作業ができないのはどうしようもない。カリフォルニア州北部で研磨工程を担当する工場も停止した。既に移動／出社禁止になっていた中国のパートナーの様子を聞きながら、ある程度の心算はしていたものの、主鏡チームとしては現場作業全て緊急停止状態である。ただし大規模な自然災害や大停電と異なり、電子的な連絡手段は生きている。オフィスに入れないので国際電話は無し。ぼちぼち使い始めていた Zoom での会議が定着し、立ち話のかわりに Slack などの連絡手段を導入してきた。こういう手段は「うっかり」立ち上げ忘れるとタイミング逸することもあるが、集中してデータ確認などしているときは、外的要因による中断がないのは良い。気の利いたスタッフは Slack で、今はじゃましないでくれのフラッグを立てている。

次の図で、パンデミックによる主鏡チーム業務への主な影響を示す。



もとの図の Credit: TMT International Observatory, LLC

さて、2021 年 1 月になっても、当地ではいまだにパンデミックが猖獗をきわめている。レストランの屋外営業が「再び」可能になるなど規制が緩和されつつあるが、この後、感染状況やワクチン接種状況がどう推移するだろうか。米国内出張が解禁されても、米国から日本、インド、中国への出張が認められるようになるのはかなり先になるであろう。

4. 2021 年夏以後は

モンロビア・ラボでの実験に加え、SSA 量産の本格化に対応できるよう、スペースの拡張およびそれに伴うラボとしての床張りや新たなクレーンの設置なども含む改修工事が予定されていた。それに加え、本部オフィスとして借りていた建物のリースが更新されず、2 月をもってオフィスがなくなる。換気について感染症対策ができないことが大きな理由として挙げられている。このためラボ拡張時に、より広い面積を確保し、小会議室やオフィススペースも設けることになった。サーバーもそちらに移設する。数人規模の打合せやリモート会議ができる会議室も 2 つ設けられる。だが、70 人超が常駐していたのに対し、20 セット程度の机になり、もはや個人には割り当てず、机の使用申請・許可制度になる。

5. 困っていること

2 節でも言及したように、鏡材の目視検査が大問題。キズから内部にヒビが進行していないかどうか、といったことは強い光をあてて様々な角度から観察する必要がある。ヒビがある場合には、対処することでそのあとの加工を続けられる。隠れたヒビが次工程あるいは運用中に露呈し、大問題になることを極力避けたい。こうした検査をビデオカメラ越しにリモートで行うことは、有効とは言えない。現地（たとえば研磨工場のように）それなりの専門スタッフがいればともかく、経験が不十分なスタッフのみの場合、どうするか。スケジュールもからみ、たいへん困った問題である。