

全国科学博物館協議会令和4年度海外先進施設調査報告

米国の天文台施設におけるオンラインサービスの取り組みの現状とこれからの展開に関する現地調査

《所属館園名》南阿蘇ルナ天文台(Luna株式会社) 《氏名》高野 敦史

1. 研修期間 令和4(2022)年9月20日(火)～10月 5日(水)

2. 研修施設

Mt. Wilson Observatory (ウィルソン山天文台)
Chabot Space & science center (シャボー宇宙科学センター)
Lick Observatory (リック天文台)
Kitt Peak National Observatory (キットピーク国立天文台)
Griffith Observatory (グリフィス天文台)
Palomar Observatory (パロマー天文台)
及び
Dark Sky New Mexico (ダークスカイニューメキシコ、天体望遠鏡設置サイト)

3. 目的と背景および実施方法

目的と背景

この調査の主な目的は3つある。それらは米国における著名な天文台、もしくは科学系博物館などの施設の、①オンラインサービスに対する考え方、現状、そして将来に向けた計画を調査すること。②公開活動に関する考え方、実施状況、これからの計画などに関する調査。そして、③博物館相当施設としての活動に関する考え方を調査することである。以上3つの軸に加えて、これまでの歴史や成り立ち、運営母体の違いによるそれぞれの運営上の難点や利点、天災やパンデミックなど未曾有の外的要因や政治的要因等によってもたらされた困難とその解決方法もあわせて調査できうる範囲で聞き取りを行い、日本の公開天文台と比較検討する参考事例・データを取得する。それにより、今後の公開天文台の可能性や運営のヒントを得ようという試みである。

この調査を発案するに至った背景として以下のような要因がある。まず、南阿蘇に位置する私達南阿蘇ルナ天文台は2016年に熊本地震で甚大な被害を受けた。また、阿蘇山の噴火の影響で、来館者の足が途絶えることもしばしばであった。また、世界的に広がったCOVID-19により、天文台等の施設、特に宿泊施設に来館されるお客様の数は激減した。そのような状況の中、時間や空間に縛られない新しいサービスの形としてオンラインにおける天文関連サービスの重要性に気づき、その構築を私立館である私達の生き残りをかけた対策として模索してきた。

実施方法

実際の調査の主な部分は現地を訪問しての当該施設の関係者らへのインタビュー調査である。その実施の実現のために調査対象施設の選定と事前調査を行った。

1) 調査対象施設の選定

調査の対象となる施設を選定するにあたって次の点について考慮した。

①公開活動、もしくはアウトリーチのプログラムを有している、②日程も考慮して米国西海岸地方かそれに近い地域にある施設であること、③比較的長い歴史を有している施設であること、これらの条件を満たす中で、公設、私設といった運営母体の違いや、天文台、科学博物館といった運営目的の違いをそれぞれ含むような施設のリストを作成し、その中からパンデミックでもアクセス可能な施設に対して様々な方法で調査依頼を行った。

その結果6つの施設、Mt. Wilson Observatory(カリフォルニア州)、Chabot Space & science center(カリフォルニア州)、Lick Observatory(カリフォルニア州)、Kitt Peak National Observatory(アリゾナ州)、Kitt Peakの代替案としてDark Sky New Mexico(ニューメキシコ州)、Griffith Observatory(カリフォルニア州)、Palomar Observatory(カリフォルニア州)を調査対象とした。

2) 事前調査など

現地での訪問インタビューは限られた時間で行われるため、当日の意思疎通を効率よく行うために、以下のような事前コミュニケーションを行った。まず、事前に調査対象である各施設の担当者に日本の公開天文台の歴史、南阿蘇ルナ天文台の歴史やこれまでのストーリー、そして本調査の背景や目的を完結にまとめた資料をメールで送付した。さらに、本調査の目的をよく理解していただくために、中心となる質問のリストを作成しメールで各担当者に送付し、時間があればメールで回答をいただくよう要請した。また、事前に担当者とZOOMでオンライン会議を開く機会も可能な限り設けるよう調整を行った。

3) 現地での調査

事前調査での結果を踏まえたうえで、現地での調査はLuna株式会社の副台長である高野が渡米し、16日間の旅程の間に各天文台の担当者と当該施設を見学しながらインタビュー形式の聞き取り調査を実施した。

Kitt Peak National Observatoryは直前まで調整を試みたが、渡米時点でパンデミックにより一般公開を完全に停止しており、本調査旅程中のインタビューが叶わなかった。代わりに、Kitt Peakのあるアリゾナ州ツーソンからほど近いニューメキシコ州のDark Sky New Mexicoという望遠鏡ホスティングサイトを訪れインタビューを行った。

4) Kitt Peak National Observatoryに代わる施設として追加調査

上で述べたDark Sky New Mexicoという望遠鏡ホスティングサイトは世界中の顧客を対象に望遠鏡の設置場所を提供している団体で、次世代型の公開天文台活動の可能性にヒントを与えるサービスと考え本調

査の一環としてKitt Peak National Observatoryとほど近いこともあり調査対象とした。サイトはニューメキシコ州のアニマスという小さな町の外れに位置し、晴天率は全米でも屈指の高さを誇る。近傍に強い人工の光源もほとんど存在せず、天体観測にとって理想的な条件を備えている場所と言える。ここは各種教育機関の観測機器やアメリカ以外の国の望遠鏡メーカーの試験的なサイトとしても稼働している。

4. 調査結果

1) Mt. Wilson Observatory

Mt. Wilson Observatory (ウィルソン山天文台)は標高1700m、ロサンゼルス郊外に位置するウィルソン山山頂の天文台。1904年、ヘール台長(G.E. Hale)が、Carnegie Institution of Washington (カーネギー財団)から出資を受けて開設した。出資は1904年から現在まで続く。設立当初はSolar Observatoryであり、後に望遠鏡が増えてウィルソン山天文台と呼称をあらためた。100年以上の歴史、天文学史に残る業績、財団や寄付に支えられた運営、840名もの濃い Los Angeles Astronomical Society (LAAS)というサポーター、ジョージア州立大学と協働の干渉計を用いたリサーチ活動を行っているなど、学術的側面と公開天文台業務の両面を持つ。現地での公開業務は短時間大人数の100インチツアー、長時間少人数の60インチツアー、10日間の学生向けプログラムや、1日にかけて体験するエンジニアツアーなど多岐にわたる。講演活動も積極的に実施、月に数度の学校等へのアウトリーチ活動を継続している。グループや富裕層による一晩貸切も多いそう(バースデーパーティー、卒業パーティー、ウェディングパーティーなど)。



図 1. ウィルソン山よりLAダウンタウンを望む

アウトリーチを取り仕切るTimothy Thompson (Tim) 氏の案内で、アウトリーチ活動への質問に答えていただきながら館内を練り歩くノンストップの4時間コースを体験した。Tim氏はLAASの会長をつとめ、また別の天体写真関係のグループも主催するなど、LAの天文文化を語る上で外せない人物であるようだ。

オンラインの取り組み、電子観望の取り組みは、施設全体でほぼ皆無に等しい。そもそも天文台の公開

部分に「ディスプレイがない」ということだ。理由としては、パンデミックが終わり、リアルの活動に再度力を入れているとのこと。

また、本施設の自然災害リスクとしては、山火事が挙げられる。施設直前の森まで炎が迫り、特に2019年の火事はとても厳しいものだったそうだ。この山火事はコロナのパンデミックと重なり、1年半に及ぶ閉鎖期間を強いられた。一部賃料を除いて資金獲得の目処が立たず、アウトリーチ活動は窮地に立たされた。しかし大口の寄付が集まり難を逃れた。政府からの資金援助は一切受けていないとのことである。

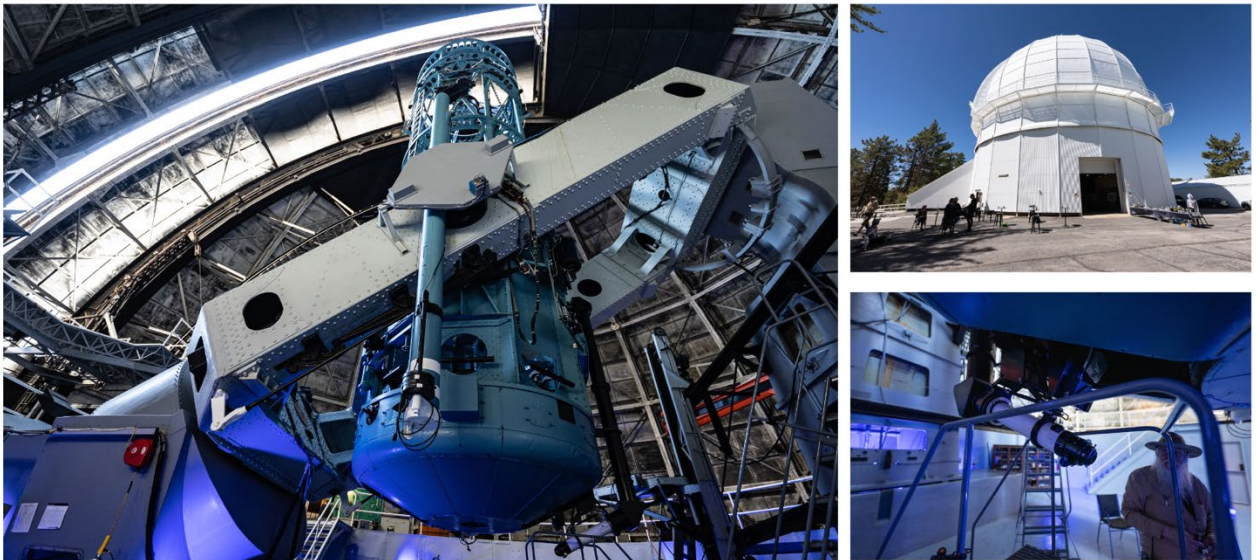


図 2. (左) 100インチフッカー望遠鏡、(右上) ドーム外観、(右下) 接眼部とTim氏

以下に特筆すべき設備を挙げる：

●100インチ(2.5m)フッカー望遠鏡

- ・100インチ(2.5m)フッカー望遠鏡。1917年完成、ファーストライト。現在の主鏡も当時のもの
- ・現在は一般公開を主として運用中(観測用途にも使える)
- ・「一般の人が覗くことができる」望遠鏡としては、世界最大級。(毎週一般公開してる)
- ・20世紀最高の天体望遠鏡といっても過言ではない。
- ・フッカー望遠鏡のデータを用いて、ラッセルは(HR図、Hertzsprung-Russell diagram)を作った
- ・ハッブルは、フッカー望遠鏡の観測をもとに、アンドロメダ銀河までの距離を測定した
- ・ハッブルと助手のヒューメイソンは、宇宙膨張の証拠である赤方偏移の存在を発見した
- ・公開スタイルは日本でもよくあるスタイルで、15名程度が入る→数天体見る→交代するという順番
- ・ワンダーアイに類似したのぞき口だが、可動しないとのこと(回転のみ?)。適宜梯子に登って観察する
- ・通常案内しない2F部分に、1917年当時のコンソールが現存している
- ・その横に、非常にシンプルな手動コントローラーが設置されている
- ・スペシャルなプライベートツアーのみの案内だが、実際に動かしてもらうこともするそうだ
- ・フッカー望遠鏡のドーム1Fには、貴重な資料が無骨に展示された小さなミュージアムがある

・フッカー望遠鏡の主鏡をウマやロバで運んだ当時の木製ケースや、重りを利用した20世紀前半の自動追尾ユニット、アインシュタイン来台時ゆかりの品などが展示されている

●60インチ、1.5mのヘール望遠鏡

- ・1908年ファーストライト、現在の主鏡も当時のもの
- ・分光分析、視差測定、星雲の写真観測、測光観測の先駆けとなった
- ・もともとニュートン焦点で観測する望遠鏡だった、後にカセグレン焦点が追加された
- ・同じ人物にちなむ同名のヘール望遠鏡がパロマーにもあるので注意
- ・自動導入装置はなく、座標を測るエンコーダーのみ取り付けしている
- ・一般公開を目的として運用中
- ・一般公開は25名程度、週末の日没～午前2時までと圧巻の5～6時間に及ぶもの
- ・スタッフは基本2名で担当する
- ・飲食物の持ち込みもOKで、LAASの会員さんが主となって集まり、天文台内には幅5m奥行き2mほどの飲食物専用のテーブルがあった(電子レンジやウォーターサーバーもあり)
- ・観望会というより、身内のパーティー感が強い(さすがアメリカといったところか)

2) Chabot Space & science center

シャボー宇宙科学センター(旧称オークランド天文台) はカリフォルニア中心部から車で30分、オークランド郊外の山中にある天文の一般公開を専門とする科学館(リサーチ活動は行っていない)。19世紀末より公開天文台として活動してきた天文台が母体。2度の移転を経験しつつ、現在も天文教育に尽力する。非営利団体として運営。日本における公開天文台と天文系科学博物館の要素を「じっくり融合させ熟成させたような完成度を感じる」施設である。



図 3. (右) シャボー宇宙科学センターの2つのドームと (左) 筆者

2つの天文台ドーム、1つのスライディングルーフ、1つの250席ハイブリッドプラネタリウム(Zeiss投影機)、1

つの250席ドーム型ホール(後述)、2つの実験室、5つ以上の多目的小会議室、企画展示室、カフェ、ほか常設展示多数。オークランド市中にあったオークランド天文台(1883年開台)が、2度の移転を経て、2000年に現在の形に落ち着いた。20世紀後半までオークランド天文台という名称だったので、アメリカの往年の天文ファンからは今もその名で呼ばれる。展示・体験ともに宇宙・天文に特化した内容で、子どもから大人まで楽しめる雰囲気がある。



図 4. (左) ソユーズのモジュール展示(実物)、(右上) ダイバーシーを象徴する壁画、(右下) プラネタリウム投影機と座席

館内のクリエイティブは「子ども目線」で統一されている。館の強いこだわりを感じる。訪れた土曜日は家族連れも多く、2つの企画展、ボランティア20名程度によるいくつかの体験アクティビティを実施中だった。毎週末9ヶ月かけて鏡を研磨し、自分の望遠鏡を作るクラブ活動が人気とのこと。

プログラムマネージャーのLisa Hoover氏の案内で、天文アウトリーチに関する質問を投げかけながら館内を巡る3時間のツアーを体験した。Lisaさんは1996年からシャボーに勤める最古参のスタッフのひとり。調査日は土曜日で家族連れが多かったが、「今日は天気が良いのでみんなトレッキングに行ってるみたい。今日の来館者は少ないけど、雨の日はこの倍以上になる」とのこと。流星群や日食の日は相当な来館があるとのこと。「大きな天文イベントだと3000名以上になる。館への道中で見ている人も含めるともっと多い！キャパを超えているから、その時は交通問題が深刻なの」とのことだった。

本施設の100年を越える歴史の中で、施設は幾度も存続の危機があった。2000年に移転したときは、施設直下にあった活断層が原因。そして現在のパンデミックが、大きな危機を引き起こしている。施設は、San Francisco Astronomical Society (SFAS)という市民団体との繋がりが強く、1915年以来の強固な関係があった。しかしパンデミックで、(理由は語られなかったが)SFASが空中分解、グループは深刻な状況に陥り、施設運営に支障をきたす事態に。さらに施設側も来館者が激減し、75%の職員を解雇せざるを得なかった。ボランティアも大部分が去った。加えて、もともと施設の土地は、市やSFAS等が出資して権利を

保有していたが、SFASの空中分解で存続が危ぶまれる事態になったとのこと。そこで、施設を運営する非営利団体が土地を買い取るという大きな決断を去年行った。パンデミックがある程度落ち着き、2021年11月から開館再開（調査時は、ちょうど再開館から1年）。しかしスタッフもボランティアも以前の水準にはほど遠い状態とのこと。科学館やスタッフを支援する複数の制度を活用し、スタッフの教育や施設間の情報交換、新しい展示の獲得を急ピッチで行った。基金から予算を獲得できたことが大きい。現在も難しい状況にはあるが、「すべてを新しい仕組みとして刷新することで切り拓いていくつもりだ」とのこと。

「日本の公開天文台は歴史が浅い施設が多いが、シャポー宇宙科学センターのように100年以上続く天文台になるにはどうすべきか？」という質問に対し、Lisaさんは「天文学という学問の体では一般の人に受け入れられることは難しい。アートやエンターテインメントを取り入れ、時代に合った展示や企画を行わなければ、すそ野は広がらない。また、特に重要なのは子ども達。彼らが大人になって宇宙や天文を志す人（それは仕事という意味に留まらない）になり、またこの施設を支えてくれる存在になり、地域や社会に還元されるループを生み出す。これをサポートしなくてはならない。（要約）」

との意見を頂いた。

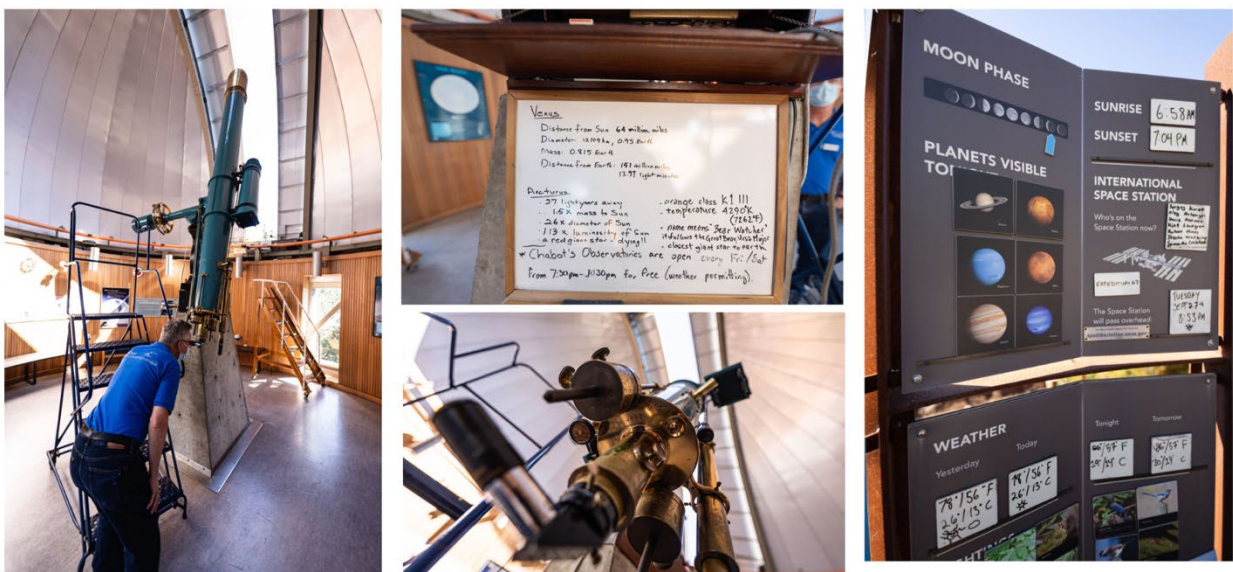


図 5. 8インチLeah屈折望遠鏡

以下に特筆すべき設備を示す：

●8インチ(20cm)Leah屈折望遠鏡 & 20インチ(51cm)Rachel 屈折望遠鏡

- ・1883年製造の20cm屈折望遠鏡が、今も現役で公開中
- ・白昼の空に浮かぶアルクトゥールスを実際に拝見、にじみなどもなく綺麗に見えた
- ・周囲には歴史資料が展示してあり、倉敷天文台のような「歴史の中にいる」雰囲気観望が楽しめる工夫があった
- ・1915年製造の510mm屈折望遠鏡はさすがの威容で、これも週末に観望会を実施中
- ・自動追尾装置のみ20世紀後半(それでも半世紀以上前だが)にモーターを取り付けたそうだが、それ以

外は基本オリジナルを保っている

- ・製造当時は合金技術が未熟であるため、真鍮と鉛で鏡筒は作られているようだ。
- ・製造当時のおもりを使った恒星時追尾装置が、赤道儀内に静態保存されている。
- ・観測室にはディスプレイもあり、望遠鏡にまつわる番組が放映されていた
- ・土曜日だからか、20cm屈折、51cm屈折ともに専門のスタッフが配され、熱心に解説を展開していた
- ・他に2000年の移転時に設置された91cm反射望遠鏡もあり、3本の望遠鏡で観望会を実施中
- ・天文台の公開は日没から22時まで
- ・眼視観望が基本で、テレビ観望はない
- ・パンデミック期に試しにライブ配信をしたことがあったが、今はよほど特別なイベントでないかぎり配信することはない(そもそもイベントの配信であり、テレビ観望ではない)
- ・一晩泊まり込みで体験できる子ども向けのツアーや、天文の講演＋ネイチャーゲーム＋カリフォルニアワインをからめたイベントなど、すそ野を広げる活動が多く展開されている
- ・天文台ドーム前の広場に、テントを広げて宿泊する人もいるとか

●プラネタリウムと、ドーム型ホール

- ・プラネタリウムはZeissの投影機で約250席・投映を見た限り現在最高性能の投影機ではないものの、必要十分な光学＋プロジェクタのハイブリッド構成
- ・プロジェクタはドームスライス6台＋講演等に使う正面投映用の1台の計7台構成
- ・プラネタリウムは1日5投映ほど
- ・季節の星座解説も館独自に番組化しており、誰でも投映を行えるようにしていた
- ・他にもう一つ250席のドームがあり、これはIMAX規格の360° フィルムを投映していたもの。金銭的な要因でフィルムの供給が絶たれた今も、講演会の会場として使っている
- ・館で保存されている1970年代に製造されたフィルムが、現在は展示に利用されている

3)Lick Observatory

リック天文台はカリフォルニア大学に所属する1887年完成の天文台。サンノゼの東にあるハミルトン山の標高約1,400mに設けられた天文台であり、「山頂に設けられた世界最初の天文台」である。(それ以前はすべて街中にあるのが普通だった)。たいへん景色の良い場所で、「カリフォルニアを一望できる屈指のロケーション」、ロードバイク乗りもたくさんいた(リック天文台のショップには天文台オリジナルデザインのウェアまで売っていた)。

施設には3名の大学教員、十数名の学生(変動する)、50名ほどの施設職員で運営している。現在、全部で10の天体望遠鏡(正確には赤道儀)を所有し、3本を一般公開&教育用に、7本を研究用に運用している。(今回拝見したのはそのうちの3本)。3人常駐している教員のひとりであり、アウトリーチをマネジメントしているDr. Elinor Gates氏にロングインタビューおよび2つの観測室の案内を受けた。



図 6. リック天文台外観

Dr.Gatesの専門は補償光学システムの開発と超新星に関わることだそう。もちろんDr.Gatesはリサーチの専門家なので、アウトリーチ活動を主な領域としているわけではない。非常に景色が良い場所で、美しいカリフォルニアの山々が広がり、遠くサンノゼのビル群が小さく見えた。

以下の質問に対して具体的な回答を得たので示す：

Q:ミュージック(アート)と天文の取り組みを1980年代から続けているが…？

- ・アートと天文の親和性はとても高い。
- ・写真家たちを招いて、望遠鏡と夜空のフォトセッションを開くこともある
- ・アウトリーチにおいて、アートの文脈はとても重要だと考えている

Q:コロナや他のリスクについて、またオンラインの取り組みについて

- ・コロナで施設は最低人数で管理する必要に迫られ、スタッフの半分以上が現地に来れなくなった
- ・うまくいっていた人的体制が壊れてしまい、未だうまくいっていない部分がある
- ・また、山火事の影響が大きい。特に2019年はひどく、天文台の周辺施設が燃えてしまったこともある
- ・特に大きな影響を受けたのがアウトリーチ分野
- ・アウトリーチには大学から予算は付かない。ツアーの代金やショップの売り上げでまかなっていて基金のお金も上手く使ってやっている
- ・しかしこれがコロナで全てストップし、窮地に追い込まれた
- ・オンラインによる講義を試しにやってみたが、これがかなり好評だった
- ・しかし、一般的に研究者は、自分の講演がネットに残り続けることを嫌う。なかなか引き受けてくれる人がいない
- ・現在、ネット上での取り組みはほぼなくなってしまった。

Q:シャボー宇宙科学センターのようなアウトリーチ専門の公開天文台と、リサーチを専門とするリックのような天文台は、アウトリーチにおいてどのように棲み分けているのか

- ・シャボーは子どもから大人向け、特に未就学児の受け入れにおいて特筆すべき点がある。言わば、最初のアウトリーチ、人生で初めての天文体験にフォーカスしている。
- ・我々は、より高度な数学、天文学を用いたアウトリーチに絞っている。実際、リックのアウトリーチは基本的に8歳以上の児童を対象としたものしかない
- ・私たちは全年齢をカバーするリソースはないが、低年齢層をシャボーのような博物館が担い、我々はより高い年齢層にリーチするという構図が成り立っている。

Q:あなたは研究者でアウトリーチでは評価されない立場、しかしできる限りアウトリーチに取り組もうとする姿勢を感じる。それはなぜか。

- ・私は天文を通して人々が笑顔になることが大好きだ。
- ・実は(貴重な)自分の研究費の一部をアウトリーチ活動に回している。
- ・困難な状況が続いているが、アウトリーチに対してできる限りのアプローチは続けたい
- ・もし叶うなら、私はできれば研究に専念したいので、アウトリーチ全体をマネジメントする能力のある人がいたらいいな、と思う



図 7. (左奥) Dr.Gates、(右上) アンナ・ニッケル1m反射望遠鏡とノベルティー

リサーチに特化している本天文台が行う天文アウトリーチ活動の特徴は以下のようなものが挙げられる:

- ・年間来場者数は、コロナ前で約35,000人/年
- ・歴史的な91cm屈折を解説ツアー付きで楽しめる昼のツアー(常設)、大学院生が案内している
- ・充実した天文台ショップがあり、魅力的なTシャツやグッズなどが多数販売
- ・週末+サマーシーズンに夜間の天体観望イベントを開催、91cmで有名な天体を紹介する、日本の公開天文台のツアーと近い形式:ひとり25ドルで200人程度
- ・1980年から続けている、月1回程度のミュージックコンサート+天体観察会双方楽しめるツアー 55ドル 150人程度
- ・アインシュタインを主役にした劇+ディナーをセットにした特別コンテンツ 219ドル ごく少人数

特筆すべき設備を以下に示す:

●ジェームズ・リック91cm屈折望遠鏡

- ・1888年ファーストライト、現在でも世界第二位の大きさを誇る屈折望遠鏡(一般公開用)
- ・その威容は圧倒的で、まるでロケットのブースターを見上げているかのような錯覚に陥る。



図 8. ジェームズ・リック91cm屈折望遠鏡

- ・恒星時追尾用のモーターのみ増設しているが、それ以外はほぼオリジナルのまま運用中
- ・台座に設けられた螺旋階段をのぼり、地上5mほどの高さの望遠鏡基部にある2つの舵輪風のギア（というか、舵輪そのもの）を回し、望遠鏡を手動制御する
- ・しかしギアからアイピースまでゆうに5m以上あり、望

遠鏡の操作を担当する者がファインダーをのぞくことは不可能

- ・天体の導入には、ファインダーに1名、ギアに1名の2名のコンビネーションが必須
- ・現在は使われていないそうだが、効率的な観測のために建造当時はきわめて革新的だった床の昇降システムが組み込まれている。（ヤーキス天文台ではこれに倣い同様のシステムが採用された）

●アンナ・L・ニッケル:1m反射望遠鏡

- ・超新星の確認観測等に完全リモートで制御できる望遠鏡
- ・LIGOの中性子星どうしの合体による重力波検出の際、この望遠鏡で即座に光学的な確認観測を行い成果を挙げたとのこと。（実際にLIGOのDr.Davidが確認した、とのこと）
- ・本望遠鏡は非公開、完全に研究用

●C・ドナルド・シェーン:3m反射望遠鏡

- ・1959年完成、現在も基本的に研究用。補償光学システムを搭載し、リック天文台のシンボリックな望遠鏡
- ・今回インタビューしたElinor博士はこの望遠鏡の補償工学システムの開発・メンテナンスを専門としているそう
- ・この望遠鏡もガラス越しの公開のみ、研究用

4) Kitt Peak National Observatory

アリゾナ州ツーソン近郊に有るKitt Peak National Observatoryは世界的に有名な学術的な観測施設の集まる、天文学においても貴重な場所である。ビジターセンターを設けアウトリーチ活動も盛んであった。

残念なことに渡米ギリギリまで交渉を続けたが、パンデミックの影響で継続の予定であった一般に対する公開活動は今後完全に閉じられることとなった。そのため本調査も受け入れていただけない結果となっ

た。以上の理由から、代替案として用意していたツーソンからほど近いニューメキシコ州の「Dark Sky New Mexico」に調査対象として変更した。

5) Dark Sky New Mexico

本施設は世界の顧客のリクエストに答えて望遠鏡の設置をホスティングするサイトである。多くの教育機関からの設置も要らされており、次世代の公開天文台のサービス構築に関して大きなヒントをもたらす施設であるため、Kitt Peak National Observatoryでの調査が無理な場合の代替案として本調査の一部とした。



図 9. Dark Sky New Mexicoの敷地内の様子

当施設は10年以上前に発足し、次のようなサービスを提供している。①リモート望遠鏡専用の設置場所提供(分譲住宅のイメージ、月額料金)、②スライディングルーフの保守管理、③オンデマンドによる機材点検&修理交換サービス(別料金、基本的にパーツはオーナー手配だが、簡単なケーブルなどは現地で用意すること)。場所は米国アリゾナ州のツーソン国際空港から車で約2.5時間(約250km)。ニューメキシコ州とアリゾナ州の州境付近の荒野の中にポツンと存在している。ダストストーム(小さな竜巻)が散見される荒野の一角にある。スライディングルーフが大小様々10前後点在しており、望遠鏡が1つだけの所もあれば、6つや9つのところもあった。望遠鏡は現在全15~20台程度。彼らが建てたスライディングルーフ以外のドームも敷地内に散見される。年間340日が観測可能(単純な計算で晴天率93%)の星空観測に最適の全米屈指のロケーションである。夏の季節風(モンスーン)の時期に時折雨が降ることがある。しかしごく稀であり、年間通してきわめて安定した晴れが続く。施設の一般公開や観望会などは開催していない。(公開を目的とした施設ではない)この施設は、オーナーであるLawrence Rosenberg夫妻、保守管理のマイケルさん+若いスタッフ(勉強中)+その他要員で、8名ほどがビジネスに関わっているとのこと。調査の日は忙しい折で、残念ながら関係者はマイケルさん以外ご不在とのこと。インタビューを以下の3点についてまとめる。



図 10. スライディンググループ内の望遠鏡の例

①スライディンググループの管理について

年間を通して湿度が10-15%とたいへん乾燥しており、カビや湿度による金属の錆びは皆無。問題となる自然現象は、強風・高温・降雨・砂埃の4つ。各スライディンググループ内は空調が効いており、昼間も涼しい状態。強風、高温、降雨は常に気象観測装置で監視しており、設定された閾値になるとルーフが自動開閉する仕組み。すべてのルーフ一つ一つにコンピューター一台が対応し、それらを束ねるコンピューターがあり、そのマシンのある場所が管理入室となっている(あるスライディンググループの中)。ルーフの開閉状況を常にコンピューターが監視しており、開閉時に関係者へ一斉にSMSで通知される仕組み。砂埃は定期的に業務用エアダスターで除去している。現在新しいスライディンググループを建設中、15カ所のポイントを持つ当地では最大級のもの(間もなく10月完成予定とのこと)。光回線の速度は「はっきりとはわからないが、十分速い」とのこと。実際に現地で拝見したWebページの読み込みを見る限り、極端に遅いということとは感じなかった。

②望遠鏡の保守管理、トラブルについて

メンテナンスの頻度はオーナーから依頼があれば、というのが基本スタンス。ケーブルの劣化やカメラの故障が多いとのこと。しかしながら発生頻度はそれほどでもない(マイケルさんは、普段は約14km離れた自宅でリモート監視している)。スライディンググループが増設されるそうだが、マイケルさん+助手の2名でこれからも保守を続けるそうで、増員の予定はないそうだ。自然災害でトラブルになったことは、そもそも自然災害がないためマイケルさんはこれまで経験がないそうだ。

③望遠鏡とその設置者について

設置希望者の目的はほとんどが天体写真、ごく一部が小惑星や彗星の変化の追跡など特殊用途がある。大学設置の望遠鏡もある。New Yorkの大学が設置した6連望遠鏡は系外惑星を探しているらしく、同一天体を6つの波長で見ているらしい。観測装置も特注品で、他の望遠鏡とは一線を画す。教育用の望遠鏡としても米国内の大学、天文学教室が設置した望遠鏡があるそうだ。リサーチ、教育用の望遠鏡は

全体の1/4～1/3とのこと。

6)Griffith Observatory



図 11. グリフィス天文台外観。LAを見渡せる山頂からの長めが素晴らしい。

グリフィス天文台は1935年に建設された公開天文台、現在はロサンゼルス市が運営を担当しており、基本的に全スタッフが市の職員。生前ウィルソン山天文台にいたく感激した資産家のグリフィス・J・グリフィス氏の遺産により建てられ、「天文台を無償公開すること」等を条件に、天文台やGreek theaterなどを含め1740ヘクタールにおよぶグリフィス公園すべてがロサンゼルス市に寄付された。2006年に4年間に及ぶ大規模な改築工事を完了。地上部分しかなかった施設に大規模な地下空間が増設され、西にはサンセットを観察するに最適なガラスのテラスが設けられた。その美しい建築で、多数の映画のロケ地に選ばれる。現在は映画「ラ・ラ・ランド」の大ヒット以降、来館者が激増した状態にあるとのこと。グリフィス天文台は入場無料の施設で、お金がかかるのはプラネタリウム料金(8ドル程度)のみ。これはグリフィス財団からの譲渡条件に従ったもので、今後も「将来にわたり8つの出入り口はすべて開放、無料の施設」として公開を続



図 12. (左) 筆者と副館長のマークさん、(右) 館内の装飾も素晴らしい

けるとのこと。コロナ以前の来館者数は、圧巻の年間平均160万人。ロサンゼルス市民に知らぬ者はいない、「ロサンゼルスシンボル」のひとつとなっているそう。有名なハリウッドサインがすぐそばにあり、ハリウッドの映像スタジオも周囲に多数存在する。

本調査に対応して頂いたのは、トップマネジメントのひとりでもある副館長Mark Pine氏であった。まず月1回のStar Partyが開催される土曜日に来館させていただき、一般公開の様子、プラネタリウムを観覧した。次にファウンダー(寄付を通して天文台を支援する方、必ずしも足繁く羅漢する方とは限らない)向けの特別公開が開催される月曜日に来館し、マークさんをロングインタビューし、その後天文台・プラネタリウム(Star Talk)・館内特別公開に参加させていただいた。マークさんは25年前にグリフィスのボランティアスタッフからはじめた、現場からのたたき上げだそうで、グリフィスの歴史にとっても明るく「哲学」という単語をよく使いながら時に熱弁をふるい運営について大いに語っていただいた。『自分たちは「公開天文台(Public Observatory)」だと認識している。ここはMuseumではない。館内のすべてのデザインには、一般の人がObserverになれるような工夫に満ちている』と明言されていた。

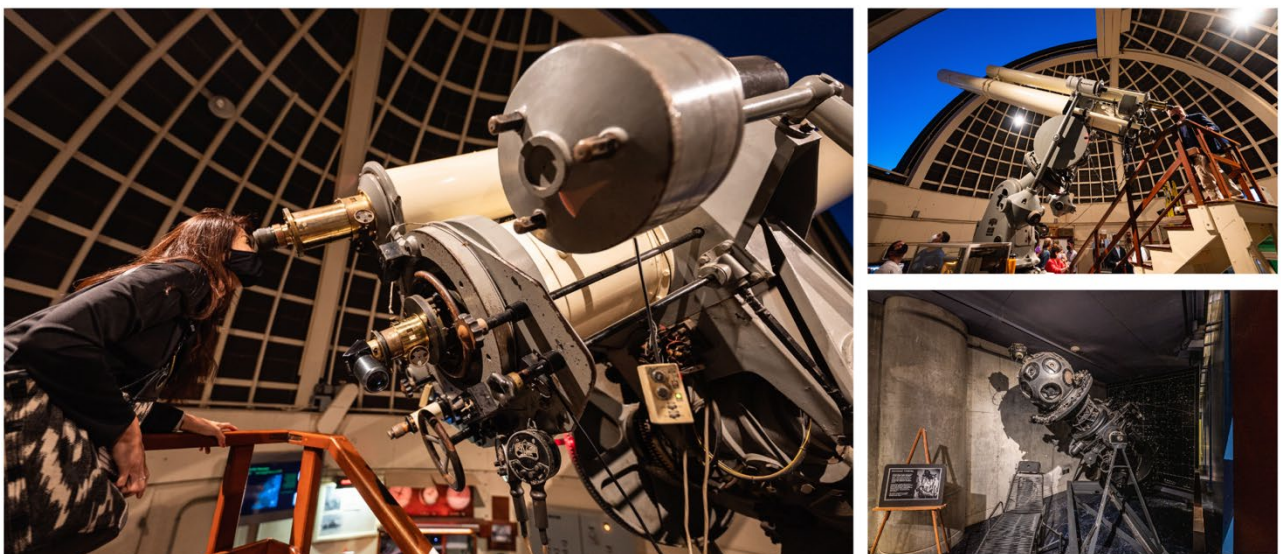


図 13. Carl Zeiss 12インチ屈折望遠鏡

①プラネタリウムと天文台について

投映は、まるで映画のような極めて完成度の高いハイブリッド投映とBGMに、解説者が情感豊かに生解説する30分番組。映像+音楽はハリウッドスタジオと協働し、20名のスタッフで4年間かけて制作されている。予算は驚愕の800万ドル、しかしすでに400万ドル回収したそう。プログラムのコンセプト「Sign of Life」は15年ずっと同じで、ログラン公演を続けている。ただし、最新の天文学の成果に基づき、映像と台本は定期的に作り直しているとのこと。小さなカットにも細心の注意が払われており、能動的な演出に合わせて絶妙な生解説のライブプレゼンテーションが加わる。生解説が出来るスタッフが13名。全員少しずつ解説のテイストが異なるそう。まるでミュージカルのような完成度であり、大人から子どもまで文字通り魅了するプログラム。少なくとも演出面では間違いなく世界最高峰と言えるだろう。投影機はZeiss Mark9 星像はきわめてシャープで、最新の投影機と遜色ない実力がある。デジタル投映、プロジェクタは6台、解像度は8Kとのこと。

ドームは東西に2棟ずつある。ひとつには、望遠鏡はCarlZeiss(イエナ)1982年製12インチ屈折望遠鏡が設置されている。天文台は夜の時間のみ公開(調査時は月を見せてもらった)。テレビ観望のディスプレイ

も設置。星像はきわめてシャープで、ロサンゼルス気候がたいへん落ち着いていることを示している(猛烈な光害があるが…)。もう一方は、立ち入り不可の太陽望遠鏡専用のドーム。電視観望で得られるリアルタイムの太陽面が館内に投映されている。

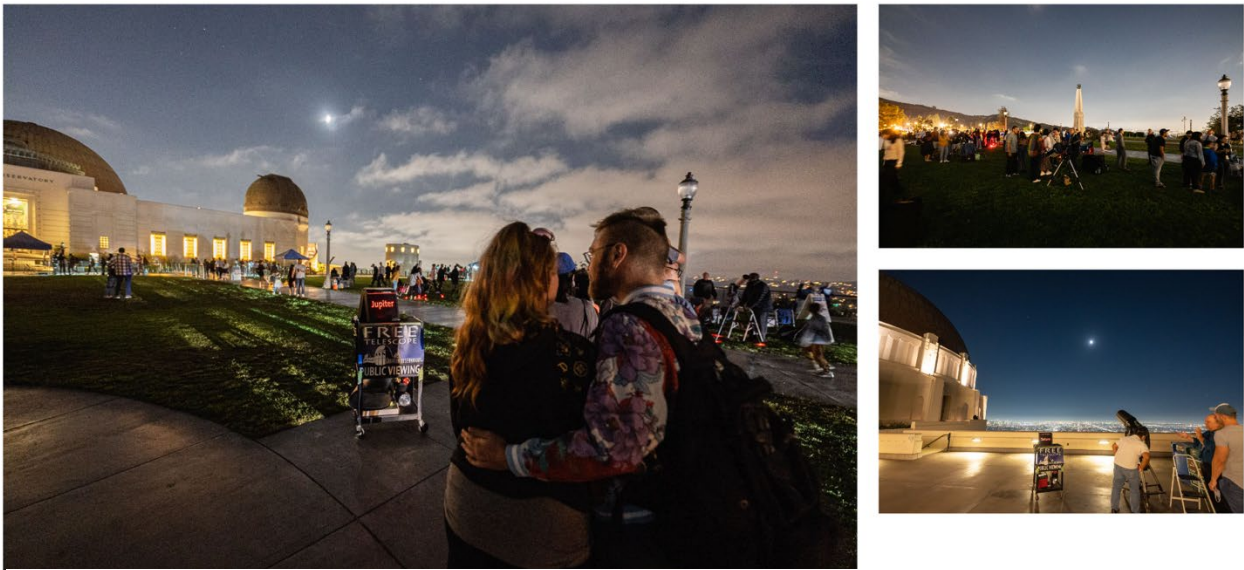


図 14. Star Party の様子

②“Star Party(スターパーティー)”というイベントとパンデミックによる危機

スターパーティーというイベント日を毎月設定している。スターパーティーの概念は、日本のそれとほぼ同じであるようだ。LAAS(ウィルソン山天文台参照)はじめロサンゼルス3団体と協働し、グリフィスの敷地内に団体会員が望遠鏡を出し、自由に一般市民に公開している。グリフィスも3台の望遠鏡を出しているそうで、他の望遠鏡も含める10本以上がいつもあるそうだ。グリフィス側がやっているのは、(i)相談の上で年間予定を決定、(ii)場所の提供、(iii)現在は入館者へのワクチン接種の確認のみ。グリフィス側は、一切マーケティング活動を行っていないそうだ。「来館者がSNSで自由にマーケティングしてくれる。天文現象にはTV中継の申し入れもある。映画のロケ地になって知名度が上がる。私たちがやることは『本当になにもない』。とおっしゃっていた。10年以上前からやるようになったそうだ、「気づいたら今の形になっていた」。スターパーティーは、ロサンゼルス夜とは思えない和やかな雰囲気。「ロサンゼルス市民はここを大切な自分の場所だと思っている」とのこと。

コロナで職員の40%が去ったという事実も伺った。解雇したわけではないが、公開活動に並々ならぬ情熱を持っていたが故に、13ヶ月におよぶ休館は職員のモチベーションを奪うことは簡単だったとのこと。現在スーパーバイザー級の職員が不足しているが、人を育てるには時間がかかる、解消には時を要すること。職員の育成は、スーパーバイザーが集中して手がけ、(現場の一般職員の場合、)人によって2週間～6週間程度で完了する。先週(9月末)から週5開館、2022年前半に4日開館、去年は3日開館でリスタートした。できれば年内に週6開館に戻りたいとマークさんはおっしゃっていた。

③グリフィス天文台の運営形態

施設の組織は、3-4名ほどのトップマネジメント、4名のスーパーバイザー(2名:コンテンツ・プログラムのマ

ネジメント、2名:オペレーションや施設のマネジメント)、60名ほどの一般職員+週20時間以下のパートタイマーで構成される。職員はすべてロサンゼルス市の職員である。一般職員のうち半数は施設や設備の専門家であり、半数が公開活動に関わっている。現在カリフォルニアの賃金が急激に上昇しており、以前はアドバンテージがあったグリフィスの給与も見劣りするようになってしまったとのこと。かつては職員募集に多数の応募があったが、今は目に見えて激減している。なんとか待遇を上げたいが、市の施設なので時間がかかる。難しいところだ、とおっしゃっていた。

④グリフィス天文台の「哲学」

グリフィスは「人による解説」をきわめて重視している。プラネタリウム、展示、チケット売り場も含め、すべて人による対応を継続している。現在の「科学館の自動化の潮流には真っ向から反対」の立場を取っているそうだ。人が語ってこそ、人に伝わる。「グリフィスは人と人のつながりが作った施設。」。美しい自動映像、著名人のナレーション、すばらしいかもしれないが、それが主役になるような展示をグリフィスはよしとしない。業界団体としては唯一国際プラネタリウム協会(IPS)に加盟しているが、職員を派遣したことはなく、ちょっとした報告を投稿しただけ。「我々の哲学に従い、私たちは独自の道を歩む」。もう一つ、「やるべきことを、ちゃんとやること」。時間になったら扉が開き、各自の任された仕事を適切に行うこと。またそのチェックを欠かさないこと。マークさんのようなトップマネジメントから、スタッフ全員へメールを出すことが年数回ある。その場合は内容や言い回しに細心の注意を払い、自分たちの意思をしっかりと伝えることに細心の注意を払っているそうだ。現場とのコミュニケーションをきわめて重視している。時を惜しまず、いつでも議論に応じる開かれたトップマネジメントであろうと努力しているとのこと。

7) Palomar Observatory



図 15. パロマー天文台のドーム

パロマー天文台は、カリフォルニアのパサデナ南東260kmに位置する、標高1700mのパロマー山にあるカリフォルニア工科大学(カルテク)所属の天文台。現役の研究専門の私設研究機関である。ステークホルダーによって明確に優先順位が決まっている。第1に観測、第2にメンテナンス、そして空いた時間のごく一部がアウトリーチの時間となる。ウィルソン山の台長も務めたヘールらの努力で、ロックフェラー財団から資金援助を受け設立さ

れた。ロックフェラー財団の支援は現在も続く。1936年にドームが、1948年に200インチ(5m)「ヘール望遠鏡」が完成。1975年まで世界最大の望遠鏡だった。1948年に48インチ(1.2m)シュミット望遠鏡も完成し、POSS(パロマー天文台スカイサーベイ)が行われ、20世紀後半の天文学のめざましい進歩を支える基礎資料となった。日本でも1970年代に発売された「巨



図 16. ヘール 5 m 反射望遠鏡と鏡面蒸着用チャンバー

人望遠鏡がとらえた宇宙の姿 パロマー天体写真集」などが有名であり、かつての天文少年の胸に深く刻まれている。周囲はたいへん景色の良いワインディングロードで、週末なこともあって趣味のバイク乗りがたくさんいて楽しそうな様子。

オンラインサービスに関しては、さほど行われていない。リモート講義とウェブ上での施設のバーチャルツアー(用意された3D画像データを閲覧するもの)程度である。

①現地調査の様子

事前調査ではトップマネジメント級のAndy Boden氏が対応されたが、現地調査ではアウトリーチの現場に携わるSteveさんに90分ほどお話を伺った。Steveさんはボランティアスタッフから入り、現在はアウトリーチ活動に従事するためにパロマー天文台(故にカルテク)の職員という立場。現場に立って13年とのこと。

②現役の研究天文台で行う公開活動

パロマー天文台はほぼ純粋に学術的な観測のための天文台であり、アウトリーチを目的とした施設ではない。施設の公開は土日に各3回30名定員1時間のツアーを実施するのみ。望遠鏡の整備などの関係で、ツアーを中止にすることも頻繁にある。施設の使用時間は厳格に管理され、自由に出入りすることもできないし、超過滞在は許されない。ツアーには現在30名いるボランティアスタッフが担当している。ボランティアの教育用にマニュアルを整備している。現時点では昼間の施設見学ツアーのみであり、夜間の天体観察をともなうツアーは実施していない。

コロナのパンデミックで厳しい入館制限を受け、2年半にわたって現在も関係者以外は立ち入り禁止の状況が続いている。今回の現地調査もワクチン接種証明書の事前提出をした上で、特別な許可をいただいたことで実現した。休館を機に、天文学者や専門家がZoomで解説するオンライン授業を開講した。現在も2週間に1度のプログラムを継続しているとのこと。Steveさんがホストをしているが、講演はしない。非常に好評で、リーチ出来る人数も格段に多く、パンデミック後も続けていく可能性が高い。ただし、通常のツ



図 17. 5m望遠鏡とスティーブさん

アーもオンライン授業も継続していくことはマンパワー的に困難なことが予想され、なんらかの変更を加えないと継続は難しいかもしれない。Steveさん個人としては「不安だ」とのこと。

③以下の追加質問にも答えていただいた。

Q: パロマーは研究機関であって、アウトリーチに取り組む必要性はあるのか。

大いにある。パロマー天文台が建設当初、切手になったり雑誌の表紙を飾ったり、一般の人に愛された。しかし今は「まだあるの?」という人も少なくない。パロマー天文台は施設天文台であり、地域に自分たちの存在を知ってもらうことが重要だ。また、パロマーには天文クラブ的な団体は存在しないが、ボランティアそれぞれが自分の地域で天文クラブに所属し、間接的なつながりを保っている。子ども達に「カルテクに入りたい」、「カルテクでこの望遠鏡を使いたい」と感じてもらうことも大事にしている。いかに観測用の施設

であっても、地域社会とのつながりをないがしろにすることはできない。

Q: パロマーでのアウトリーチの難しさはどのようなところか

パロマーは私設の研究機関であり、ステークホルダーによって明確に優先順位が決まっている。第1に観測、第2にメンテナンス、そして空いた時間のごく一部がアウトリーチの時間となっている。アウトリーチの現場に立つ者としては忸怩たる思いがあるが、受け入れていかなければならない。施設の資金は十分に(?)まかなわれているので、アウトリーチの予算に関して現場が関知することはない。言い換えれば、アウトリーチの予算が取れない時期は、アウトリーチを停止するだけだ。私はこの天文台が好きだ、この巨大なハール望遠鏡を見て、子ども達が歓声を上げるのが好きだ。パロマー天文台にとってアウトリーチが必ずしも重要で無いことは理解しているが、私はここで活動を続けていきたいと思っている。

(スティーブさんの発言を要約)

特筆すべき設備について以下に示す:

●口径5m(200インチ)ヘール望遠鏡

・1936年にドームが、1948年に200インチ(5m)「ヘール望遠鏡」が完成。1975年まで世界最大の望遠鏡だった

・有効口径508cm、副鏡も口径104cmに達する巨大なもの

・現在のドーム、望遠鏡ともに建造当初のオリジナルを用いている

・赤道儀は英国式をもとにした馬蹄型であり、極方向の観測も可能

・その製造の難しさにより、計画は7年遅れで達成された

・カセグレン焦点はF16、クーデ焦点はF30

・ドームと望遠鏡本体は基礎を共有しておらず、ドーム稼動時の微振動が伝わらないように設計されている

・パロマー山は建造当時の調査で天体観測に最適の場所であると結論づけられた場所だが、2つの活断層に挟まれた地域にあり、ドームや望遠鏡はM7.5の地震にも耐えられる設計となっているとのこと

・建造当初の頃は鏡の蒸着には銀が使われていたが、パロマー天文台の所属するカルテクによってアルミニウム蒸着が開発され、現在も主流となっている

・ヘール望遠鏡は、建造当初はニュートン焦点で眼視観測も行われていた

・現在もメンテナンスに使用する空中通路(?)を通じて、望遠鏡の頂部付近に「乗り込んで」観測を行っていたそう

5. 考察および今後の課題等

①考察

本研修によってアメリカにおける天文台の成り立ちや問題解決に対する考え方が日本の公開天文台と根本的に異なることが見えてきた。研修対象となった施設の数が6つとサンプル数に限りがあるが、米国ではアウトリーチ活動の対象と天文教育の対象が明確に分かれており、アウトリーチ活動は主にステークホルダーに対する理解や応援を促進するための活動に重きが置かれているようだ。また教育活動は明確に受講対象グループの属性を定義し、それに伴ってデザインされたものを提供しているということが理解できた。そのため各施設の評価を、教育プログラムの効果や受講人数、受講団体数、アウトリーチの間接的な評価として外部資金獲得額など立体的に行うことが可能となる。

一方、日本の公開天文台ではアウトリーチの対象も教育活動の対象も一般地域住民という幅広い属性を含んだグループを想定し、生涯学習的な教育活動を提供することによる社会貢献が重要視されているため、評価の基準も「来館者数」という限られた基準しか存在していない。これはどちらが善い悪いの議論ではなく、双方の天文関連施設のそもそもの成り立ち、歴史、また国民性や政治・行政的要因に起因している差異であると私達は現時点では捉えている。

資金調達やサポートの文化も大きな差が認められた。米国では寄付文化が根づいており、各館は運営資金に関して寄付や外部資金の獲得に戦略的に動くのが常識となっているようだ。サポート団体(地域のア

マチュア天文団体など)とのつながりも強く、サポート団体からボランティアスタッフの起用などを行って、公開業務などの安定的な実行に対する解決策の一つとしている。カリフォルニアの山岳部の天文台は特に頻繁に山火事にさらされ、時に直接的・間接的な甚大な被害を被るが、そういった折にも各施設のサポート団体や寄付で事態を乗り切る例が見受けられた。こういったところにも外部資金の獲得のノウハウの蓄積や、日頃からのサポート団体との良好な関係構築が生かされているように見受けられる。

一方、オンラインによるサービスの展開や、電子観望会などに関する状況は、日本の公開天文台ではそういったサービスや技術は徐々に導入され、昨今ではやや当たり前になってきているが、今回訪れた米国の施設に関しては Palomar 天文台がウェブ上で館内のバーチャルツアー(用意された3D データを閲覧するだけのもの)を提供していたり、不定期で ZOOM 等によるリモート講義のようなものがいくつか有ったりするだけで特筆するようなものは見受けられなかった。

米国における天文台は、学術的研究目的で各施設が独自の明確な科学的目的を持って建設され、天文学に大きく貢献した後に公開活動を始めて、徐々にそちらの方の比重が大きくなった、というような発展をしているものが多い。一方、日本の公開天文台は多くの場合、公開業務を目的に始まった施設が大半を占める。こういった歴史的背景の大きな違いがあることも再認識することとなった。この影響は様々な側面に現れている。例えば、日本では公開天文台は JAPOS という協会を形成し横に連携して様々な問題を共有している。言い換えると、日本のそれぞれの公開天文台が抱えている問題は共通する要素が多いため、サービス開発や運営維持の有効策の打ち出しなどのヒントを得ることにおいてスケールメリットを活かそうとする横連携が有効であるといえる。一方、米国では各館が強い独自性を保ちそれぞれ違った問題を抱えており、業界団体を形成して協力をしていくような発想が生まれにくいのか、顕著な施設関連連携のような活動は見られなかった。

②今後の課題など

今回の研修では限られた数の、それも特にカリフォルニア周辺の施設に限られた施設での調査であった。その中でも、日米の施設の比較により施設運営に対する哲学や資金調達などの実際の傾向の違いが見え始めてきた。今後の課題としては、米国内のサンプル数をさらに増やし、日米の比較において見えてきた傾向が果たして一般的な傾向であるのかの検証を進めたい。更には天文学の発祥の地であるヨーロッパにも調査の幅を広げ、同じような比較研究を進めてゆくことが次のステップとなる。また、サイエンスコミュニケーションやファシリテーション、またインタープリテーションの技術などに関して、米国やヨーロッパの天文台や科学系博物館相当施設としてどのような研究や努力がなされているかの調査にも広げてゆけば、日本の公開天文台において有益な知見を得られると感じた。

謝辞:

最後に大変学びの大きな貴重な機会となりました本研修の実現に多大なるご協力をいただきました、カメイ社会教育振興財団様、および全国科学博物館協議会様にあつく御礼を申し上げます。

