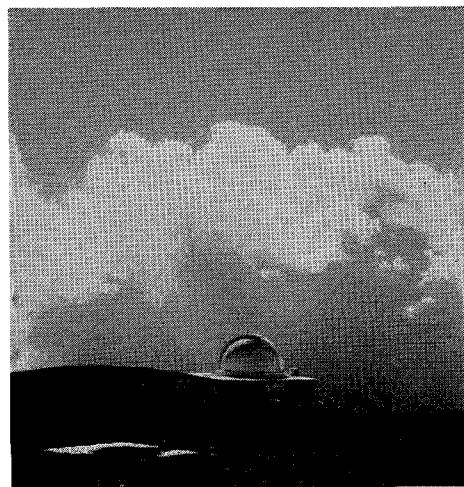


マウナケアにおける赤外線観測

奥 田 治 之*

ホノルル脱出

急上昇するアロハ航空、DC-9機の座席に落着いて、やっと我にかえる。全く、あわただしいホノルル脱出であった。もともと出発は明後日と決めていた。明日は、ハワイ大学の天文学教室で、コロキウムをしたあと、明後日以後、土曜、日曜、二日かけて準備をすれば、翌週からの観測に十分間に合うと考えていた。ところが二時間前に、ジェフリーズ所長から、マウナケア山上では、週末一人の夜当番を除いて、一切の職員が下山してしまうと聞いてびっくり、これでは観測器械を山へ上げることさえおぼつかない。急きょコロキウムを延期し、ヒロ行きの最終便の座席予約を秘書に頼みタクシーを呼び、ホテルにかけつけ、手荷物、衣類を、スーツケースにおしこんで空港にかけつける。離陸十分前にチェックインして辛うじてセーフ。生活習慣感覚の差があるとは言え、一応曜日に関係なく組まれたプログラムを見れば、最低限のサービスがあると思ったのが間違いであった。搭乗前の手荷物検査では、同行の川良君が携行した赤外線測光器がマークされたが“天体観測用器械だ。X線照射は受けたくない”と言ったら“あ、マウナケアで使うの



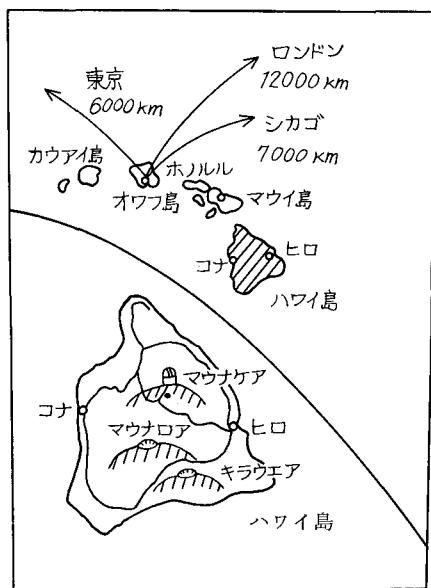
NASA の 3 m 赤外線望遠鏡ドーム

か、O.K.”とあっさりパス。機は、夕やみ迫るマウイ島カフルイ空港に一旦着陸する。ここで、米本土からきた大勢の観光団をおろした後再び、最終目的地、ヒロに向う。ホノルルからカフルイ空港も入れて約一時間でヒロに着く。ヒロは、ハワイ諸島南端のハワイ島最大の市ではあるが、人口は2万6,7千人と思のほか少ない。ハワイ島自身も、ハワイ諸島最大の島で面積は東京都の4倍、四国の半分余りもあるが総人口は約6万人でホノルルのあるオワフ島の60万人に比べて少く、観光客の数もめっきりと減る。

新装の空港から、タクシーでハイウェイをとぼし、15分程で海岸に面したホテルにひとまず落着く。ホテルといい、市中といい、日系人が多い。特にハワイ島はその比が高く、数十年前では80%が日系人だったと聞く。現在では、気候温暖で住み易いため、老後の生活を送るために、米本国人が入りこんで白系人が急増しているということである。

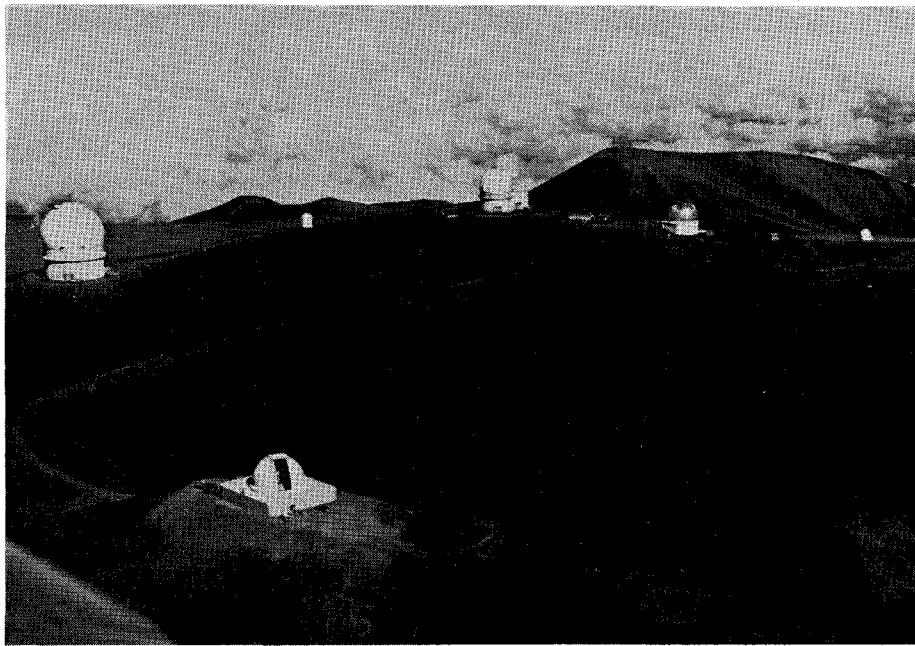
マウナケアに登る

翌朝早く、市内にあるマウナケア天文台の事務所に行く。事務所は、倉庫の一部を間借りした簡単なもので数人の職員が働いている。部長のクリーガー氏に会い、観測準備の打ち合せをする。エンジニアのルディ氏と共に空港へ行き、航空荷物取扱所で、日本から送った観測器械の荷受けをする。今回の観測は、望遠鏡は借りるもの、観測器械は、測光器からロックインアンプ、記録計、テープレコーダー、更に、赤外検知器冷却用のクライオ



ハワイ諸島とハワイ島の地形

* 京大・理 Haruyuki Okuda: Infrared Observation on Mauna Kea



マウナケア山頂の望遠鏡群

スタッフの真空引きをする吸着ポンプから工具類まで、一切の器具道具を運ばなければならなかった。三つの木箱に入った荷物は全体で 280 kg あった。これをトラックに積み込んでマウナケアに向う。

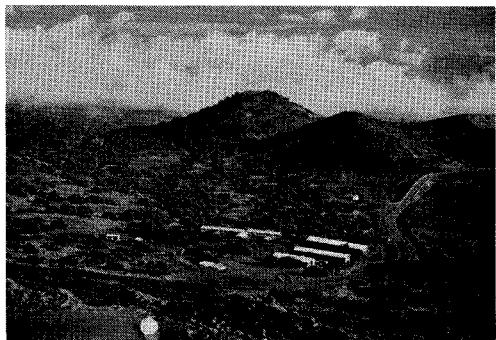
市内を出ると、やがてゆるい上り道を進む。はじめ、名も知らぬ黄色や赤の色彩豊かな花を持った熱帯植物や椰子の並木が多かったが、次第に、乾いた感じのする灌木が目につくようになる。道幅は、やっと二車線とれる程度の狭いもので途中からは、舗装も悪くなるのに、制限速度は 45 マイル (~ 70 km) と結構速い。道は起伏が多く、急に開ける前方の視界に対向車がとびこんできてヒヤリとすることたびたびである。しばらく行くと次第に灌木の背が低くなりやがてピッチを固めたような溶岩の堆積が道の両側に累々とひろがってくる。この道は、“saddle road” と呼ばれ、二つの火山、マウナロアとマウナケアの間をつっさって島を二分し、ヒロから保養地で有名なコナの町へつながる山岳道路である。しかし、我国の山岳道路と異なり、急カーブも急勾配もなく、ゆるやかに、しかし着実に高度をかせいでいく。ほぼ島の中央部で、幹線道路からはずれてマウナケアへの道に入る。両側には、広々とした牧場が広がるが一向に家畜の姿が見えない。ここからは、やや勾配が、きつくなるが完全舗装で車っけのない道を、ただ走る。やがて高度 3000 m の中間点、Hale Pohaku に着く。

ここで小休の後、一気に頂上に向う。ここからは舗装が切れ、走行は、四輪駆動の自動車にかぎられる。ガラガラ道をモウモウと砂煙りを上げて登る。30 分程で高度

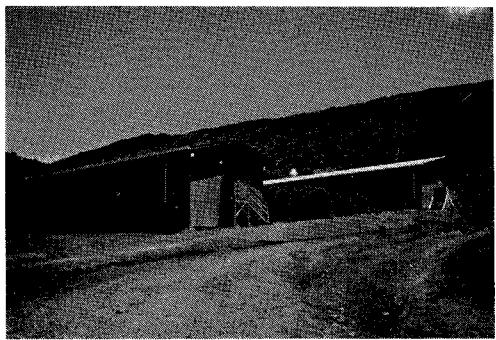
4200 m の山頂に着く。積荷を下ろして梱包を解く。6000 km の空の旅をして来た器械類も全て無事であった。望遠鏡についてバランスを取り一息入れる。作業は、気圧が低い（地上の 60%）ため緩慢にならざるを得ない。重い物を持ったり、階段の上り下りでは息切れがし、目がまわる。一般に、地上から直接、山頂に上がり作業することは禁じられている。普通の観測者は Hale Pohaku で一日、身体を低圧に慣らした後登ることになっている。禁を犯した我々は、翌日からひどい高山病に苦しまなければならなかった。一日遅れて来られた寿岳さんは、真面目に規則を守られて、その後全く快調であった。とにかく一日目の作業は、これで打ち切り Hale Pohaku の宿舎に引き揚げる。

Hale Pohaku (石の家)

ここには、観測者が居住する宿泊施設と、食堂、簡単な図書室、資料室が備えられている。その他水タンク、油タンクもある。造りは、木製のパラックで簡略そのものである。居室も狭く、やっとベッドが入る程度で、それにロッカーと小さな机が一つ用意されているにすぎない。それに比べて食堂は、なかなか立派で、二人のコックが交互で詰め、朝、昼、晩の三食の用意がされる。食事の内容、量ともに豊富で、デザート、クッキー、果物（メロン、パパイヤ、オレンジ、パイナップルなど）や冷えた飲料水（オレンジ、グワバなど）は、隨時、自由に取れる。ただ、酒類は、ビールも含めて、ないので、個人的に用意しなければならない。山頂でのアルコール飲料は



ハレ・ポハクの遠景



ハレ・ポハクの宿舎

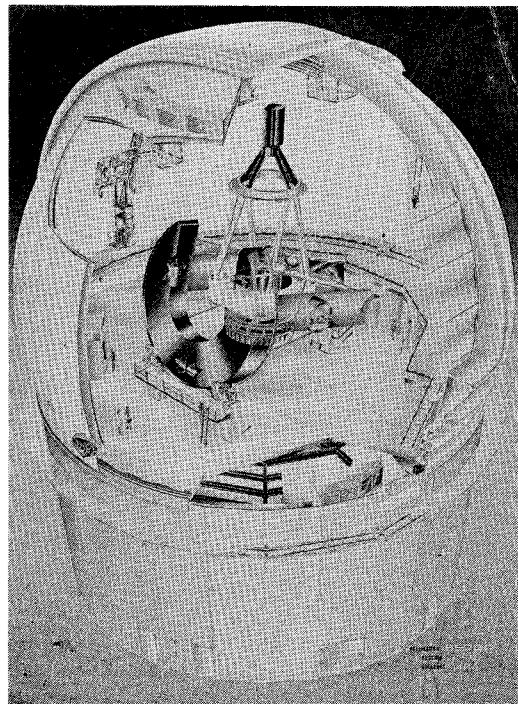
厳禁されているが、ここ Hale Pohaku では自由である。食堂で用意される食事以外に観測者は、夜食用或いは、昼の弁当にサンドウィッチを頼むことができる。パンの種類、はさむ材料など幾種類もの選択ができる、伝票で予約しておけば、時間までに用意される。

観測準備

いきなり、山頂へ上ったのがたたり、あくる日から激しい頭痛に悩まされる。しかし意を決して、午後から借り受けた大型ランドクルーザーを運転して上がり、観測準備に取りかかる。クライオスタットの真空引き、液体窒素を入れ、検知器のチェック、ロックインアンプに電源を入れ、観測系統の総合テスト。K-バンドだけ異常にノイズが大きい。回路の基板を引き抜き、点検、トランジスター、IC がソケットから多少浮いていた模様、押しつけ直したら、正常にもどる。ホッと一安心、その後プリアンプの異常が観測中にも出たが、これも基板取付のナットがはずれて回路ショートとわかった。準備を進めるにつれて、色々困ったことが持ち上がる。もちろん出発前には手紙で現地のダイク氏と何度も連絡して、準備を進めてきたが、連絡不十分の問題があちこちに出る。望遠鏡は、ボーラーシブンズの 61 cm 反射であるが、時代物で、望遠鏡の位置の読み取りは、すべて極軸の根元にある時計式のダイヤルで行われる。これは前もって知

っていたことであるので、正確な望遠鏡の方位付、読み取りは、案内望遠鏡によるオフセットガイドを使うことにしていた。それが驚いたことには、このオフセットガイドの X-Y stage の読み取りがマイクロメーターと聞いていたのが、ただの 1 mm 刻みの物指しがあるだけ。これでは、観測に必要な 1' 以下の位置決定はとても望めない。赤経、赤緯の文字盤は、時間の 1 分刻み、角度の 10' 刻みで、これでは、どうしようもない。はるばる苦労して遠い土地に来たというのに、まったく情なくなる。この他、クライオスタットの真空を引く拡散ポンプもない。ここでは多くのグループが赤外線観測をしている。当然、液体窒素、ヘリウム用のクライオスタットが使われているはずで、それらの真空引きに拡散ポンプが必要と考えたのだが、簡単なロータリーポンプ（しかも一台は故障）があるだけである。これは前もってわかつていたので、チャーコールトラップを利用した吸着ポンプを用意していった。彼らに聞けば、全てのクライオスタットに吸着剤を自蔵させており、それで、高真空を保っているとのこと、これも一つの方法であるが、我々にして見れば、誰もが共通して利用する拡散ポンプを、一台用意しておけば、吸着剤を備える手間など一切省けると思うのだが、この他にも考え方、流儀の差がいろいろなところで見出される。

あれこれ考えても妙案は浮かばない。電気系統のチェックは一応終り、正常に働くことを一応確認したところ



フランス・カナダ・ハワイの 3.6 m 望遠鏡のドーム内部図

で早目に Hale Pohaku に帰着する。ここまで下りてきても、相変わらず頭痛はやまない。夕食も食欲がわからず大半を残すことになる。仕方なく自室に戻って休むことにする。ベッドに入るが頭がガンガン痛む。寝つかれぬままに、何気なくカーテンを上げて窓外を見る。満天の星空に白い大河となって、とうとうと流れおちる天の川を見て息を呑む。

観測開始

寝不足で疲れがとれぬままに起きる。空はどこまでも青い、黒々とした空に太陽がまぶしい。日曜ではあるが昼食後、山頂に上がる。頭痛はまだ残っているが、それでもかなり改善された。ただ急な運動は禁物である。近くにハワイ大学の 2.2 m 望遠鏡のドームがある。ここは、技術者のたまり場であり、工作室、エレクトロニクス室などが備えられている。また夜の休憩室ともなっている。我々のドームからたった 100 m のところであるが、作業に行ったり、休憩に行ったりは全て重いランドクルーザーでの往復である。

一旦、夕食に Hale Pohaku まで帰り、サンドウィッチ、果物、かんづめスープを持って再び山頂に上がる。一通りの器械調整を終えて夕暮を待つ。真赤な太陽が水平線に沈む。ここでは日本が日沈む国である。ふり返って見ると、雲海の上に足下のマウナケアの影が円錐状に水平線まで続いている。

観測は、銀河面の赤外線によるサーベイである。これは数年来の気球観測の結果、予想されている、銀河中心から 5 kpc 離れて環状に拡がるいわゆる 5 kpc アームの存在を確認し、その性格を明らかにするために企てたものである。気球観測では、視野が広く、視線方向に積分された輝度分布が知られているのみである。これを分解能の高い地上望遠鏡によって個別天体に分解し、その構成天体を明らかにしたいというのがねらいである。気球で観測された輝度分布の銀緯分布からは、構成要素が M 型の超巨星である可能性もある。それならば、この観測で、十分、分解し、拾い上げることが出来る筈である。銀河中心をはさんで、北天、南天の両側にわたって、種々の銀経におけるこれらの構成天体の統計的処理から、この 5 kpc アームの持つ特性を知るのが目的である。

観測は携行した 4 色同時測光器によって、銀河面を選択的に掃天することである。この測光器は、ビームスプリッターを使って、I (0.81 μm), H (1.65 μm), K (2.21 μm), L (3.61 μm) の 4-バンドを同時に測光出来るように設計されており検知器には、Si ダイオードと InSb 光電圧素子が用いられている。61 cm の望遠鏡にとりつけて得られた限界等級は各バンドで 8^m5 (I), 7^m5 (H), 7^m5 (K), 3^m (L) である。L-バンドの限界等級が高い

のは、この望遠鏡は赤外観測用に設計されたものではなく、副鏡の支持金具が必要以上に大きく、また可視域測光時の散光防止のための長大なバッフルなどの影響で、バックグラウンド輻射が強いためでせっかくの大気輻射の少い条件を活用できなかったのは残念である。

初日の観測は、問題点が続出する。案じた通りまず望遠鏡の位置付けに、ほとほと苦労する。望遠鏡を掃天方向に正確に向けるため、まず赤経、赤緯の文字盤で概略位置を持っていき、あらかじめ用意した案内星図をたよりに、計算されたオフセット量に合わせて移動したファインダーの十字線に、参照星を合わせなければならない。銀河面に近いため、視野には星が多くある割には希望する方向に明るい参照星が選べるとは限らない。とりつけられているアイピースの種類も適當でなく、視野が狭い。その上望遠鏡の架台が片持ちのドイツ式で、方向によつては、ファインダーが望遠鏡におおいかぶさるようになり、測光器が邪魔になって極めて不自然な姿勢での観測を強いられる。それを避けるため、望遠鏡を極軸の西側に持つていけば、鏡筒が下がりすぎて、警報ブザーが鳴って、低空の西空の観測が不可能になる。とにかく使いづらい望遠鏡にイライラする。能率が悪く、疲労がはげしい。この点に関しては、上松の望遠鏡の方がまだましなどと悪態もつきたくなる。何よりもオフセットガイドの精度向上が肝要であるが、解決のないままテスト観測を終える。

次の日は月曜日で、ヒロから技術者が上って来た。天文台の総元締めのカート ナカヤマ氏にも初めて会う。名前からもわかるように、日系の三世で、工学部出の現場監督といったところ、その下に數名の機械技術者、電気技術者が働き Hale Pohaku のコックも含めて、一切を執りしきっている。年のかっこう 30 代中頃か。彼以外にも、日本名の苗字を持つ何人かのスタッフに会った。スタッフ全員大変親切であったが、心なしか日系の人々は我々の訪問に好意的であった。

早速、ナカヤマ氏とオフセットガイドの問題解決を相談する。結局、工作室にあったダイヤルゲージを、マグネット式の固定台によって望遠鏡底部にとりつけることとする。一旦決まると、作業はテキパキと進む。88 インチの工作室で固定用の金具の製作、望遠鏡への取り付けなど、技術者が一人でやってくれる。これで方向付けの問題は不便であるが、精度的には十分解決出来た。

その後、細かいトラブルは、いくつかあったが、定常的な観測態勢に入った。12 時少し前に起き、昼食をとりクライオスタッフの排気など必要があれば、山頂に行き作業の後、夕食のため下りる。早目の夕食をすませて、再び、ランドクルーザーで山頂へ。見慣れてしまった夕日の沈むのを待って、観測開始。用意した観測プログラム

に沿って予定した選択天域の掃天を日一日と消化していく、来る日も来る日も快晴である。Hale Pohaku では、ガスったり、時には小雨など降って、今日は、観測が休めてゆっくり出来るかと半分期待(?)しながら上ると、やがて雲は切れ、山頂は快晴になってしまう。こういう日が観測を始めた7月22日から8月4日まで、16日間続いた。はじめの予定では、5日観測して2日休み、これを3回繰り返し、全体で15日間の観測時間が与えられていた。しかし、長年しみついた我々日本人の貧乏性から抜けきれず、途中から佐藤君も応援にかけつけ頑張って観測を続けた。我々が、入山する前、2、3日崩れたこともあったそうだが、この季節、これが平均的な天気であることである。統計によれば、年間を通じて快晴日数(測光観測可能)は、平均40~50%程度で、特に夏期(6~8月)は、60~70%に達する。快晴といえば雲一つない快晴で、それが一晩中続く、安心してプログラムの実行が出来る。気温は0°C前後で、上松の冬に比べれば、結構暖いが、普通多少の風(5~6 m/s)があり、気圧が低いせいか、寒さは身にこたえる。上松並みの羽毛の防寒具を着てやっとしのぐことができる。空気は極端に乾燥していて、静電気のため、ドアの把手にさわるたびにショックを受け、頭の毛が逆立つ。我々の観測からは判断出来ないが、シーイングもよく、これも統計によれば、平均して、1秒角以下ということである。たしかにファインダーからのぞく星像は微動だにしないかに見えた。

こうして観測は続けられたが、期間の終りになって、

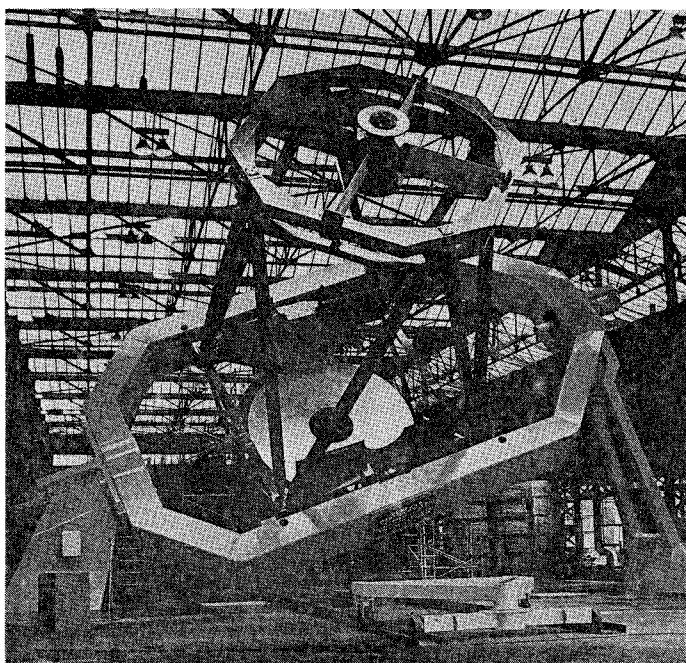
突如、X線衛星「白鳥」による MXB 1730-333 の X-burst の再来の報で、急きょ予定変更をし、burst の同時観測に切りかえられた。しかし、この頃になって、さすがの好天続きも崩れ、8月10日には夏季には珍しい雪さえ降るという奇現象に遭遇した。そのため burst の観測自身は断続的になったが、延々、約6時間の間に一回の burst も現われず、否定的な結論を得ることができた。

掃天観測に関しては、結局、約18日間の観測で、銀経350°から25°の間、5°おきに、ほぼ予定通り終えることができた。これを悪天候の日本で行ったとすれば2~3年はかかったことであろう。

山頂の新望遠鏡群

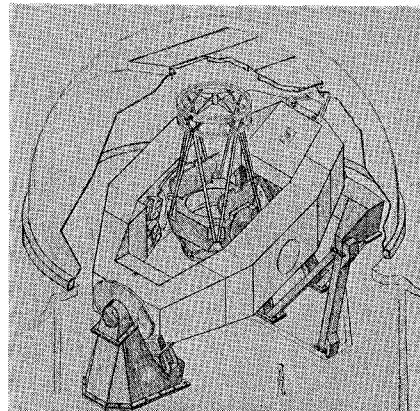
今回の観測に使った望遠鏡は、山頂では最も小さいものの一つであった。これは掃天観測の性格上、能率をよくするため出来るだけ視野の広い、従って、短焦点の望遠鏡が適當だったということと、長期間の望遠鏡時間を得るために、比較的需要の少い望遠鏡を選んだためである。

山頂には、この他に、前述のハワイ大学の2.2m望遠鏡が古く(1969年)から使われている。これはハワイ大学所属の望遠鏡であるが、本国及び国外からのゲスト観測者にも開放されていて、非常に忙しい望遠鏡である。観測時間も岡山並みの混みようで、3~6日区切りの割り当てである。我々の滞在中も、ひっきりなしに観測者の交替があり、コロラド大の、ティモシィ氏らの紫外観測(Channeltron), テキサス大のスミス氏らのファブリペ



◆ 工場内で仮組立されたイギリスの
3.8m 赤外線望遠鏡 (=UKIRT)

▼ NASA の 3m 赤外線望遠鏡。UKIRT
とは対照的な堅固なヨーク構造が特徴的

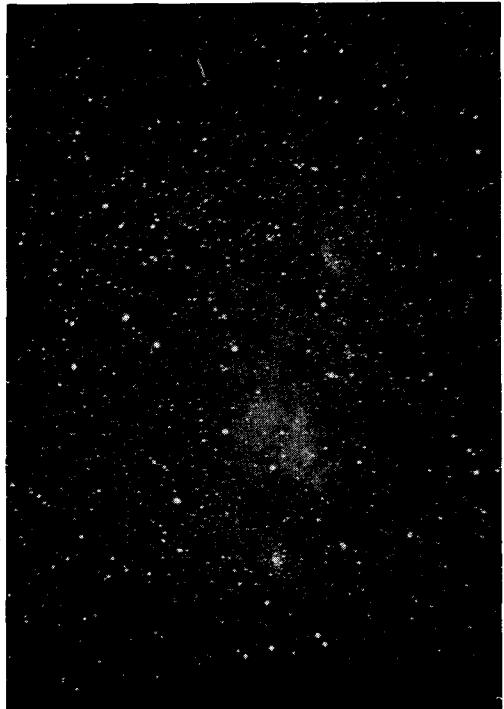


ロー観測、シカゴ大のヒルデブランド氏らのサブミリ測光に地元のハワイ大のグループの小惑星の観測などに入れ替り、立ち替り、望遠鏡を使っていた。観測日数が短いにもかかわらず、好天のせいか、予定の観測を消化して帰っているようであった。

この他、山頂には、新しい望遠鏡が相次いで完成した。フランスとカナダが共同建設していた 3.6 m の望遠鏡は、我々の滞在期間中に初めて写真を取り、9月に開かれる I.A.U. 総会のおみやげが出来たとケイレル氏を中心としたグループの面々は、張り切って仕事をしていた。この望遠鏡は、汎用の光学望遠鏡で、本格的なパロマ型のヨークマウントの巨体は圧巻であった。ドームも大型で、他のどれよりも立派である。建設費も、しっかりしていて、100 億円に近い巨額を投じたとのことである。ハワイ大学が敷地を提供し、観測時間の 15% を使用する権利を確保している。

NASA の 3 m 赤外望遠鏡は、10 月から始まる定常観測のためのコンピューター関係の最終調整に忙しかった。この望遠鏡は、ボエジャーの木星探査計画に呼応して建設されたと聞くが、多少完成が遅れ、今までに 5 ミクロンでの木星マップの採集などを行っている。架台は、イギリスヨーク式であるが、たわみなどによる変形を避けるため、びっくりする程、堅固で巨大なヨーク枠を持っている。これは、大部分が不可視天体である赤外線源への方向付け、追尾を高精度で行うために考えられたもので絶対方向付けの精度は 5 秒以内、追尾精度は 0.1 秒を切るという話である。広いクーデ室が用意され、将来は、フーリエ干渉分光器や、ヘテロダイイン観測器を備える予定であると聞いた。観測時間の 70% は、国内、国外の共同利用に提供され、すでに公募が始まっている。残りの 30% はハワイ大学の持ち分で、これについては、今回、我々の観測と同様、外部からの利用にも解放されるという話であった。

赤外線望遠鏡はもう一本、イギリスのものが完成間近であった。これは、口径 3.8 m と山頂の望遠鏡では最大を誇っているが、ドームを始め、全体に軽量、低コストを徹底して追及しているように見受けられる。主鏡の厚さは 25 cm と従来の常識を破った超薄型、架台もイギリスヨーク型であるが、その骨組は心配な程、細くて、きゃしゃである。それでも軽量化に成功した結果、像質、方向付け、追尾精度にも、全く問題がないと、現場で働いている技術者が力説していた。この点 NASA と発想が対照的で、果してどちらの考え方方が軍配が上がるかと興味深く見る。いずれにしても、各国独自の志向と、技術を持って、積極的に開発研究に取り組んでいるのに感心した。なかでも、イギリス、フランスなど、ハワイからは、ほとんど、地球の裏側にある国々が、国情、歴史



NASA 3 m 望遠鏡に同架して 35 mm カメラで撮った銀河中心方向

の差はあるとは言え、このような努力をしているのを見たあたりに見て、考えさせられるものがあった。

かってカイパーが試験用の望遠鏡をかついで登ってから、いまだ 16 年しか経っていない。それが、マウナケアの山頂は、いまや国際的な天体観測的一大基地に変わつつある。高度といい、天気の良さといい、天体観測には、またとない好条件に恵まれている。それに長年に亘る米国の投資によって、道路、電力、水利などの諸施設の整備は、他に見られない有利な条件を備えている。このような、観測条件の良さ以外に特筆すべき点は国際化の進んだ山頂では、様々な国の第一線の研究者が集まり、学問的な情報交換が自然に行われる場になっていることである。我々の滞在期間中にも多くのグループが往来し、山頂に於いて、また Hale Pohaku に於いて、機会あるごとに話ができた。最前線の研究内容や、開発された新技術を直接、見聞きすることは、貴重な経験であった。

三週間を越える長い、長い観測を終え、望遠鏡から取りはずした観測器械を荷造りし、トラックに積んでマウナケアを下りながら、我国でも、こんな場所に自前の望遠鏡を持ちたいという気持を禁じ得なかった。初めての経験でありながら、観測を無事終えることができたのは、ナカヤマ氏はじめ、天文台職員、エンジニアからコックさんも含めての、親切な援助と、もてなしのたまものであることを感謝し、再訪を約して別れを告げた。