

カイパー飛行天文台同乗記

舞原俊憲*

1. はじめに

1981年7月31日、この日は全国的に日食だった。日本では、北海道で8割程度の欠けになるのが最大の部分食なので、それほど関心を引くできごとではなかったが、たまたまこの日食を、私はカイパー飛行天文台(KAO)に乗って見る事ができた。太陽大気の接線方向の、リムと呼ばれる狭い領域の赤外線観測を目的とした、KAOのミッションに同乗する機会を得たからである。

KAOの機内に見学のために入ったことは2度ばかりあるものの、現に観測の行われている飛行中に立会ったことはない。私は今回の日食観測の天文学的な意義について、あまり詳しいことはよくわからないが、少なくとも赤外線天文学の分野で非常に質の高い観測データを、いとも簡単に出示してくるKAOの実際のアクティビティに触れて、うらやましいとも思ったし、日本も手をこまねいてばかりはいられない、という感じももった。

2. 日食観測のねらい

NASAから7月31日の北海道沖の日食観測を、日本を基地にして行う予定であるとの連絡が入ったのは、2月末だった。その時宇宙研に届いたテレックスでは、ガリレオの愛称をもつCV-990型ジェット機が使われるということだった。ガリレオは主に上層大気観測用の飛行機で、多機能の各種測定器を搭載しているが、太陽自身の観測ができるポートはせいぜい1つか2つしかない。しかし、いずれにしろこれはうまいぞ、と思った。というのは、私達も1983年のインドネシア日食で気球によるFコロナの観測を計画していたからで、彼らが私達の目的の観測を行ってくればインドネシアに行かなくて済むと考えたから、実際はそう甘くはなかったが。

ところがしばらくして、3月末にはガリレオはカイパーに代っていた。あとで聞くと、実際両方の飛行機が参加するはずだったが、ガリレオはすぐにキャンセルされたということだった。カイパー(KAO)の方は、91cmの本格的な望遠鏡を備えた、赤外線観測が専門の飛行天文台である。特別な目的で可視の観測に用いられることもある。天王星のリングの発見は余りにも有名。

カイパーで日食時に何を測るのか。私達のFコロナ観測計画とまさか同じではないだろう。NASAは日本の

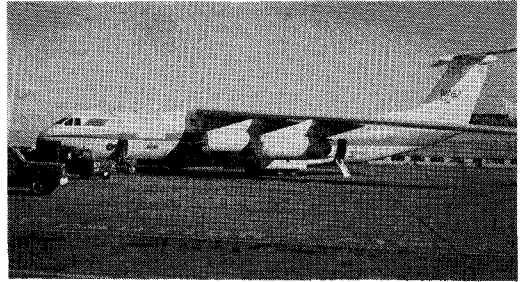


写真1 観測当日、横田基地に駐機しているKAO

研究者に同乗してもらうための座席も用意してある、ということだったので、ともかくこのプロジェクトのチーフ(PI)であるベックリンさんと、飛行機観測部門のマネージャーで何遍か会って話をしたこともあるキャメロンさんに手紙を書いておいた。

それにしても日食の観測にKAOを使うのは驚きだった。ベックリン、ガトレイ、ワーナーといった赤外屋さんが中心になっているようなので、私達と同様太陽近傍のダスト・リングがお目当てではないか、などと思った。KAOは4月のスペース・シャトル初飛行の際に、大気再突入時の機体温度分布を測るために使われている。私達がよく使うインジウム・アンチモン検出器の2次元アレイを用いて、シャトルがKAOの上空をかすめる一瞬をとらえて測定する。この検出器のシステムを用いてダスト・リングの検出ができそうに思ったからである。幸か不幸か、そうではなかった。

3. KAOの陣容

NASAは幾つかの上空飛行観測機をもっている。天文観測には、30cmの望遠鏡を装備しているリヤジェットと、91cmの望遠鏡を搭載するこのKAOが主に使われている。3°Kの輻射の測定に高度20km以上に達するU2機が用いられたこともある。KAOは年間、約20テーマを採用し、80フライトを行っている。たてまえとしてはアメリカ以外の研究者にもオープンであり、実際ヨーロッパのチームは年1~2回使っている。

飛行天文台としてのKAOの望遠鏡システムについては、富田さんが天文月報1977年12月号に詳しく書かれているので、ここでは簡単にその性能と特徴に触れておくにとどめよう。まず、飛行機のようなユラユラした基準の定まらないものの上で、どうやって星や太陽を安定に観測することができるのかということ。簡単に言えば

* 京大理 Toshinori Maihara: Kuiper Airborne Observatory

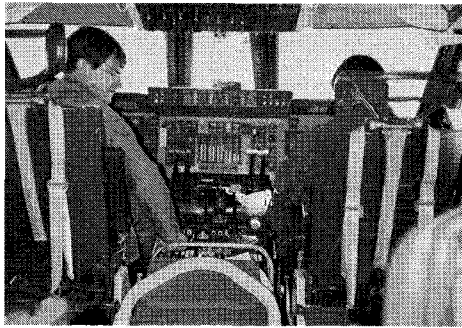


写真2 KAOの操縦席。安定な自動操縦のモードに入ってリラックスしている2人のパイロット。

ば、望遠鏡本体が全体として、空気軸受なるもので機体とは無接触に浮かせられているのがミソである。そして、3軸の精密なジャイロシステムを基準にしてサーボ制御されるので、光軸の振れの安定度としては3秒程度が実現されている。夜間の観測では、口径15cmの副望遠鏡にガイド星を入れて、自動追尾観測も可能だが、日食観測では、ジョイスティックを使った手動の位置決めが重要な操作になっていた。ともかく精密なジャイロ系の検出する誤差信号が、大きなトルクモータにフィードバックされていて、機体の揺れを補償し望遠鏡の安定化が行われているわけである。

実際に特定の天体を追尾するためには、飛行機の飛ぶ方向を、慣性航行装置による自動操縦機能によりゆっくりと変えてアジマス方向の粗い制御が行われる。一方仰角は35°から75°の間が観測可能な範囲となっている。このような制約のもとで日食観測を実施するということになる。飛行機の飛び方、即ち飛行スケジュールは意外に精密で細かな配慮をしたものでなければならない。しかも当日の上層の風向・風速によっては機敏に飛行経路を修正していく必要がある。しかし、そのようなアピオニクスに対する心配を、観測者（バックリンさん始め6人の天文屋さん）は一切する必要はない。その方は今回の場合、プロジェクト・マネジャーであるホーニイさんが全て責任をもっており、ナビゲータと終始連絡をとって、操縦席へ指示を出していた。

観測者（サイエンティスト）は、テレビ画面に映し出される皆既日食のリング状のイメージの特定の点を、予め決めておいた十字線上に移動させ、かつ必要ならばガイドするという仕事の他は、測光器・検出器系とチャート上のデータにだけ注意を集中しておけばよい。副鏡の振動の制御や、データ集録、CRTグラフィックスを使った簡単な処理データのクイック・ルック等何人かの技術的スタッフがそれぞれの部分を担当している。とにかく、コックピットの4人を除いて私を含めて18名という

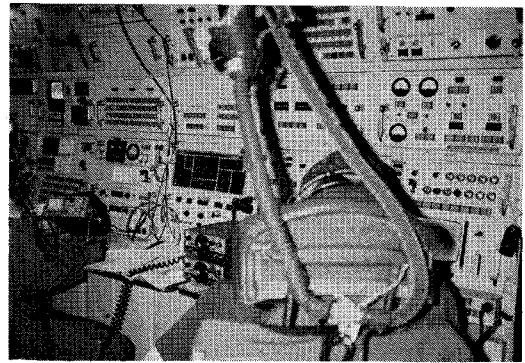


写真3 望遠鏡の姿勢制御や追尾と、副鏡の振動コントロールを行うためのコンソール部分。

のが今回の搭乗者数だった。地上要員も更に10名以上おり、本格的な天文台のスタッフとしても少ない方ではないであろう。この陣容からも、空飛ぶ天文台KAOの強力なサポート体制を想像できよう。

4. 飛行機から見る日食

皆既日食帯はシベリアから千島列島を横切って北海道のはるか東方へと延びていたが、KAOは千島列島から約200kmばかり沖の洋上で皆既をとらえる計画が立てられていた。飛び方は、望遠鏡が飛行機の左側についていたため、日食帯の進行方向とは逆になる。従って皆既継続時間は若干短か目にならざるを得ない。もしもより西の区域、つまり例えばオホーツク海上空で観測できるとすると、今度は反対に少し時間を得する飛び方ができる。そのことをベックリンさんに言うと、「いや私達の観測には、1分半の皆既時間は長すぎる位です」とおっしゃる。観測方法の説明を聞いて納得できた。それは、今回の観測は日食の期間に何かを測るのではなく、皆既になる瞬間（第2コンタクト）と、皆既が終る瞬間（第3コンタクト）にのみ観測の目的があるからである。それぞれのコンタクト点に望遠鏡のビームを向けておいて、月が太陽大気（リム）を素早く層状に隠していく、又は顕わしていく時のデータを取ることによって、

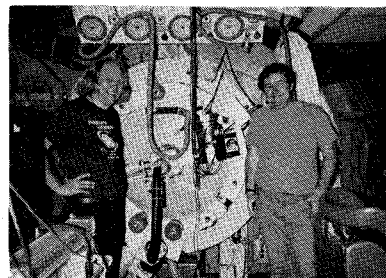


写真4 ベントカセグレンと呼ばれている焦点部品に取付けられた測光器。バックリンさん（左）とガトレイさん。

太陽大気の赤外線波長でみた光学的性質、又は温度の高度分布等が調べられるというわけである。

観測波長は、30, 50, 100, 200 ミクロンの4バンドで、これまでも銀河中心部や、オリオン星雲の遠赤外線強度分布の観測を行っている、いわばおなじみの測光器である。ビームは約1分角であるが、リムの構造を調べる時の空間的分解能という意味では、オカルテーションの方法なわけであるから、むしろサンプリングで決まり、約1秒角毎にリムの高度別強度分布が得られるという。

皆既日食の間、私は操縦席のすぐ後の窓際に坐って初めての異様な黒い太陽を眺めることができた。観測者の1人、リンゼイさんに、特に顕著なプロミネンスやストリーマが見えたらスケッチをたのむと言われて、目を凝らしたが、ぶ厚い2重窓を通して見るリング状のコロナは意外に小さく貧弱に見え、特にそれらしい特徴も認めないまま、約88秒の皆既が終ってしまった。

観測に先だって約1時間前から望遠鏡は太陽を追尾しはじめていた。高度約13kmを北北西に機首をとって飛びながら、かつ毎分0.1位のゆっくりした転回飛行を行う。望遠鏡は仰角については大幅に変えられるが、アジマス方向の余裕が $\pm 4^\circ$ しかないためである。ナビゲータのモリソンさんが、ホーニさんと頻りに連絡をとって飛行高度や方向等についてかなり細かい補正の指示をパイロットにだしていた。1つには、予定の高度で飛行中にシラスと呼ばれる薄雲が前方に認められ、急遽高度を500フィート高くとったり、又上層の偏西風で航路が予定より少し東に偏りすぎたためである。ホーニさんはこのような諸々の事態に機敏に対応できるように、大きな航路地図の上でトランスペアレンシーに描いた皆既ゾーンの長円を、スケールを合せながら少しずつ移動させては飛行データとつき合せていた。できるだけ太陽と月の中心を結ぶ線上で観測を行いたいわけだが、そのためには飛行機の航路と日食中心線とが、定められた時刻に交差するよう飛行しなければならないので、結

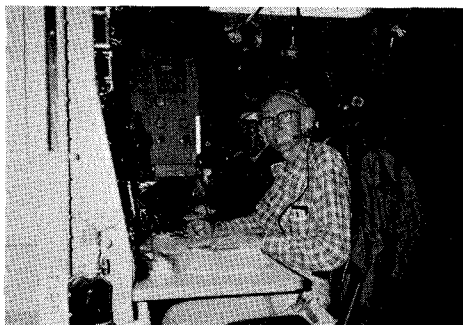


写真5 プロジェクト・マネージャーのルイス・ホーニさん。左の日系人は副鏡振動のコントロールを担当しているオオイシさん。

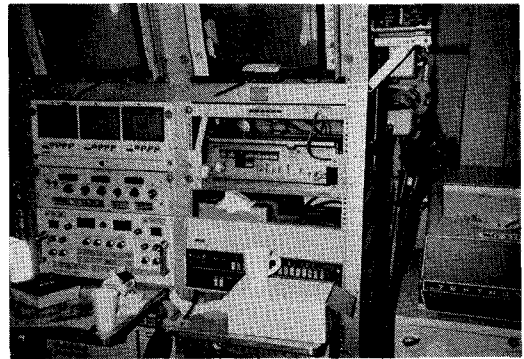


写真6 ガイド望遠鏡に取付けられたビデオ画面のモニタと集録を行う。手動ガイドも右上のテレビ画面を見ながら行う。

構気をつかうフライトであるということが理解できる。

これまで皆既日食を見たことはないが、飛行機で見る皆既は期待していたようなコロナの拡がりもなく、リムのうすいリングの輝きばかりはっきり見えて、むしろ金環食のような印象すら受けた。空もそれほど暗くならない。遠くの白い雲の嶺は日食帯に完全には入っていないためだろう。ダイヤモンド・リングが突然現われて本日のメイン・イベント終了となった。

直ちにホーニさんのアナウンスが流れてきた。「望遠鏡や観測装置も全て完全に動作し、観測は100%成功と思われる」、というものだった。早速、ガイド望遠鏡のとらえた皆既日食前後の太陽像のビデオテープの再生

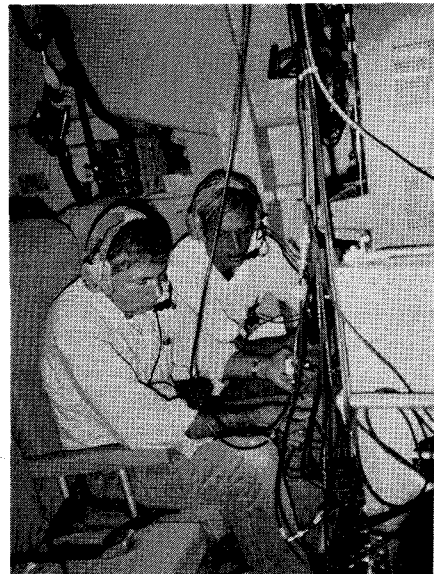


写真7 4台のロックインアンプからの測光データがチャートに書き出されるが、オーラルさん(左)とリンゼイさんがそのモニタを行っている。

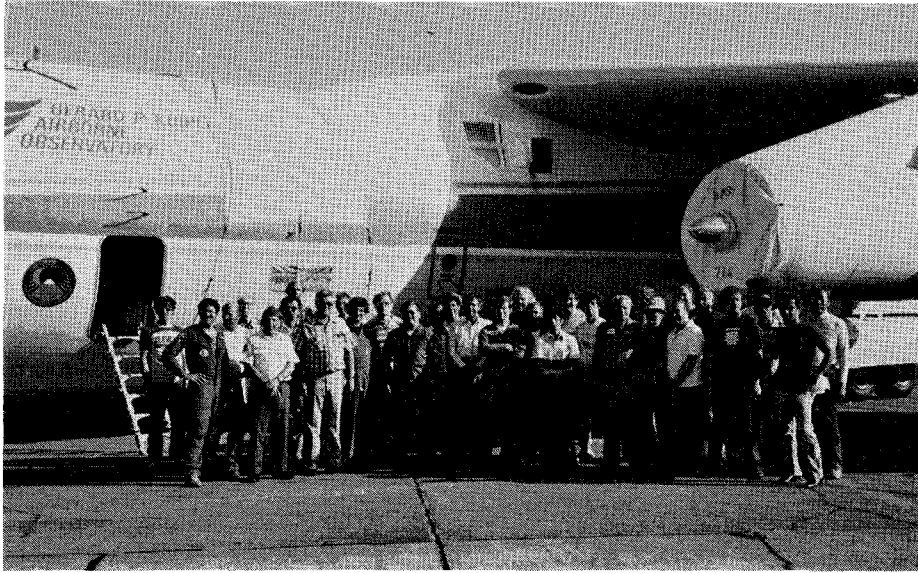


写真 8 今回の日食観測のためにKAOに同乗して日本にやってきた総勢 21 名（筆者を除く）。

を行う。それには、第2コンタクト点に向けた状態での望遠鏡の視野を示すマークが同時に記録されている。皆既になってしまうと、次のねらいである第3コンタクト点にビームを移していく。ガトリイさんのジョイスティックさばきにより、巧みに画面上でリムの指定の点へ移動していく様子がわかる。その点で太陽が見え始める最後の瞬間のデータを取れば観測は終了というわけだ。何ともあっけない観測ではある。何回かビデオの再生を行った頃、ADAMS という愛称をつけられたグラフィック・ディスプレイ付きのデータ処理装置による簡単な解析が早速始められる。この部分はソフト専門のクリシュナさんの担当で、予めこの観測用に開発されたソフトウェアを利用して、色々なバンドや、タイムスケールでの測光データのグラフィック表示を出させて、そのハードコピーをとっていた。

観測が終わってから、日本でのKAOの根拠地となった横田基地に飛んで帰るまで3時間以上あるので、太陽学者のオーラルさんとリンゼイさんは、それらのデータから早くも太陽大気の遠赤外各波長における輝度分布の様子を大雑把に求める作業を始めた。赤外観測の常として、望遠鏡自体や大気の熱輻射成分をキャンセルするために副鏡振動による差動チョッピングで天体の明るさを検出する。今回の場合は、リムを隠す月自身も結構強い輻射源なので、30Hzのチョッピングに加えて、少し広い範囲の早いスキャン動作も重畳させている。2人はその複雑な1次データから、大体的特徴的なリムの高度別輝度を概算できたようだった。

5. おわりに

今回カイパー飛行天文台に同乗して、実際の観測活動を直接見ることができたことは、同じ赤外観測に携わっている者として色々と得る所も少なかった。とは言うものの、やはり理想的な機械を強力なサポート体制のもので使えるということの強味を改めて知らされた感が強い。何時になるかわからないが、NASAは次期飛行天文台計画として、ジャンボ機に3mクラスの望遠鏡を搭載する案を考え始めている。その場合、国際協力の体制のもとの建設と利用形態が考えられているようである。勿論まだ単にお話しの段階だが、そのような案が次々として出てきて、天文のコミュニティの中に自然に入って行くのである。本当に重要なのは、そのような姿勢というか、雰囲気なのかも知れない。

☆ ☆ ☆

☆ ☆