

時・緯度関係の天文台をたずねて

飯 島 重 孝*

はじめに

文部省の在外研究費(短期)を頂いて、1972年9月から11月にかけての約2ヶ月間にわたり、ヨーロッパ、カナダ、アメリカの時・緯度関係の天文台や研究所を歴訪した。訪問先の主な所を日程順に上げてみると、カリアリ大学天文研究所、カルロフォルテ国際緯度観測所、ミラノ天文台(ブレラおよびメラーテ天文台)、ニューシャテル天文台、チェコ・スロバキヤ科学アカデミー天文研究所(プラハ)、ドイツ水路研究所(ハンブルグ)、国立物理工学研究所(PTB, ブラウンシュバイク)、ベルギー王立天文台(ブリュッセル)、バリー天文台、国立物理研究所(NPL, テジントン)、王立グリニッジ天文台(ハーストモンスー)、国立研究会議(NRC, オタワ)、エネルギー・鉱山資源省オタワ PZT 観測所、アメリカ海軍天文台(ワシントン)、同リッチモンド支所(マイアミ近郊)、国立標準局(NBS, ボールドー)、エネルギー・鉱山資源省カルガリ PZT 観測所などである。これらの中からいくつかの天文台をぬき出して、それらの設備、研究の近況を御紹介する。

1. カリアリ大学天文研究所

カリアリ(Cagliari)はサルジニア島の南端にある港町、この小高い丘の上にカリアリ大学およびその天文研究所がある。所長はプロベルビオ(E. Proverbio)教授で、同時にカルロフォルテ(Carloforte)の緯度観測所長を兼ねている。カルロフォルテはカリアリ市から西に約60km、サルジニア島に連なる小島(有効直径 ≈ 5 km)、サンピエトロにある唯一の町である。カリアリ市からは車で荒野を走ること約1時間半、やがてフェリーの出る小港へつく。ここからフェリーで約30分という道順である。フェリーポートの上から緯度観測所がすぐ望見出来る。小高い城壁のような構造物の上に建てられているからである。ここでは3名が常住して、Wanschaffの天頂儀($a=10$ cm)で緯度観測に当たっている。話はカリアリへ戻るが、最近、カリアリ西郊外に新しくカリアリ天文台の敷地約20,000 m^2 が決定、観測室、研究室などの建

物の配置図面も出来上っていた。1973年の始めから工事にかかる由である。ここにはいまカリアリ大学にある別のWanschaffの天頂儀($a=8$ cm)、万能子午儀および写真天頂筒(PZT)の設置が計画されている。カリアリ天文台とカルロフォルテで緯度観測を数年にわたり平行して行ない、ゆくゆくはカルロフォルテを撤収、緯度観測所をカリアリ天文台へ結集する意向のようである。筆者は、プロベルビオ教授からの要請でかねて日本光学へ依頼してあったPZTの見積りをお届けする役目を引受けた。いずれにせよ2~3年の内には、イタリーとしては最初のPZTがここで活動を開始することと思われる。

2. チェコ・スロバキヤ科学アカデミー天文研究所

この研究所は総員150名ぐらい、太陽(電波天文を含む)、宇宙空間(人工衛星を含む)、恒星および時の計4部門から構成されている。現所長はペレック(L. Perek)博士の由である。「時」の部長はステルンベルク(B. Šternberk)博士、しかし生憎入院中でお目にかかれなかった。お世話頂いたのは副部長格のプタチェック(V. Ptáček)さん、数年前、報時信号伝播の国際実験を実施した時以来の知己である。この研究所の本部はプラハ市中の古い大きな建物にある。時・緯度の観測機械はアスカニアの子午儀($a=10$ cm)で、これはプラハ市の西部、河を隔てた山の手にあるプラハ大学天文学教室の敷地に設置されていた。その他の観測機械はプラハの東方約30kmにあるオンドレヨフ(Ondřejov)天文台に集結している。2kmの反射望遠鏡などもその一つである。このオンドレヨフに案内された時、ここでカールツァイス(Carl Zeiss)製のPZTが1972年の始めから活動を開始したことを始めて知った。ちょっと風変わりな球形の上半身をもつPZTで、口径25cm、焦点距離375cmである。目下15群、計210星の観測を行ってPZT星系の完成を急いでいる段階、まだ国際報時局(BIH)へ観測結果を送るまでに到っていない。見せて貰った写真乾板にカブリは全くなく、星像は極めて鮮明であった。水銀反射面も一度清浄にすれば1ヶ月近くそのまま保たれる由で、全くうらやましい環境である。このPZTの乾板ホルダーの装填は、丁度機関銃などの弾の装填と同じような方式で大袈裟な感じである。水銀皿の上下による焦点調整はサーボ方式で、スイッチを入れると自動的に上下して最適位置

* 東京天文台
Shigetaka Iijima: Pilgrimage to Time and Latitude
Observatories

で止まる。PZT の位置は $\varphi=49^{\circ}56'N$, $\lambda=0^{\text{h}}59^{\text{m}}08.^{\text{s}}6$ の由であった。このプラハを加えると、実動の世界の PZT 観測所は合計 12 ケ所に達するはずである。

3. ドイツ水路研究所

エルベ河に面した港に近い丘の上に本部の建物が立っている。総員は 900 名の由、海事出版、海路測量、海洋科学、地球物理と天文、航海技術、管理と図書 of 6 部門があり、この中の地球物理と天文部門の中に時・緯度・測時部がある。部長はエンシュリン (H. Enslin) 博士、国際天文学連合 (IAU) では第 31 委員会(時)の副委員長を務めている人である。保時室はこの本部の建物にあり、セシウム原子時計を主時計としている。しかし恒温室に収めてないため、最近になって、外気温と歩度の間にかかなりの相関のあることが見い出されたという。そして、グラフを見せてくれたが、原子時計でも設置場所の恒温維持は不可欠であることを示すもので、他山の石とするに足る話である。ここでもプラハと同じように、テレビ電波の同期信号を利用した原子時計の精密比較がよく行なわれ、天文台、研究所間を 10 ns の桁の精度で結んでいるようである。

PZT はハンブルグ市中の公園の一角を借地して、そこに設置されている。口径 25 cm, 焦点距離 375 cm, レンズは 4 枚玉である。ちょっと変っているのは、一星当り 6 点像を撮影していることである(通常は 4 点像)。水路研究所は立派な工場部門もあって、この PZT もレンズ以外はほとんど自家製のようである。この建物は PZT 観測室と操縦室が一体でつながっている。このためか、PZT の緯度の観測結果に原因不明の年周変化が残る由であった。エンシュリン博士もその建物の構造を気にしていた。

4. パリー天文台

パリー天文台本部は市中にある 300 年来の古い建物に陣取っている。屋上に対称形に 2 つのドームを備えているが、一つは空っぽ、一つには古い望遠鏡が眠っている。現在ここで活躍しているのは、アストロラブ 2 台だけである。この建物の中に BIH があり、局長のギノー (B. Guinot) 博士以下 10 人足らずのメンバーで、世界の天文台、研究所から送られてくる天文観測や原子時計の比較データをさばっている。勿論このほかパリー天文台自身の天文時部門も共存していて、アストロラブはその一部である。セシウム原子時計は 3 台、内 2 台は独立、1 台を常に協定世界時 (UTC) の全世界平均である UTC (BIH) に $\pm 5 \mu\text{s}$ の範囲で保つべく操縦している。今後の国際原子時 (IAT) の確立については、商用型のセシウム原子時計の世界平均をまず作り、これを研

究室型のセシウム原子標準の世界平均と比べて、もし食違いがあれば、2~3 年の時定数でゆっくり歩度修正して最終的な IAT へ達するというのがギノー博士の方針のようである。各独立のセシウム原子時計の結果をどのような重みで合成するかが、目下の重要問題となっている。

ギノー博士の前任者として、長い間 BIH の局長を務め上げたストイコ (N. Stoyko) 博士は 75 歳前後で、すでに現職を離れ、現在はパリー天文台名誉員となっている。ストイコ夫人 (A. Stoyko) は現役に健在、ただし BIH の仕事からは手を引き、御夫妻で一緒に研究生活を楽しんで居られるようである。私の訪問を心から喜んでくれた。

ここで CERGA について一言報告しておく必要がある。フランス文部省に INAG (National Institute of Astronomy and Geophysics) という本部があり、これにパリー天文台、プザンソン天文台、計算センター (ムードン天文台内) などが直結している。CERGA (Centre d'Etudes et de Recherches Géodynamiques et Astronomiques) というのは、これら天文台と同格の地球物理・天文の新しい総合観測所である。場所は南仏ニースの近く、海岸から 30 km ばかり北のグラス (Grasse) で $\varphi=43^{\circ}44'N$, $\lambda=0^{\text{h}}27^{\text{m}}42^{\text{s}}E$ にある。この場所の選定には、数ヶ所の候補地を 5 年にわたるアストロラブの試験観測をつづけて決定した由であった。ここには子午環、人工衛星観測、月レーザー、VLBI、佐久間式の絶対重力計、傾斜計、伸縮計など、あらゆる天文、地物の観測機械を網羅する計画のようである。ここではアストロラブ 1 台がすでに定常観測を続けている。

5. 王立グリニッジ天文台

ロンドンから南へ約 70 km, 南海岸に近い古城の町、ハーストモンスー (Herstmonceux) にある。本部は外観をそのままに内部を改造したこの古城を利用している。この 3 階にある数ある宿泊室の一室へ泊めて頂いた。現台長はマーガレット・バービッジ (M. Burbidge) 教授、生憎オーストラリアへ出張中でお目にかかれなかったが、副台長のハンター (A. Hunter) 博士が大抵われわれの屋食につき合ってくれた。ケープ天文台などをも含めて計 11 部門、総員は約 200 名の由である。この中にはエレクトロニクス、機器開発、工学などの部門もあり、工場関係の充実ぶりには驚かされた。「時」部門の長はスミス (H. M. Smith) 博士、現在 IAU の第 19 委員会(地球回転)の委員長である。

ここではグラブパーソンズ (Grubb Parsons) 製の PZT (口径 25 cm, 焦点距離 347 cm) で観測をつづけている。ニューシャテル天文台の PZT も全くこれと同型のもの

である。1967年にカナダのカルガリーに新設されたPZT観測所は、このハーストモンズーと同緯度選ばれたもので、現在同じPZT星系を用いて共同観測をつづけている。PZTの主任はオホラ(N. P. O'Hora)さんで、ハーストモンズー、カルガリー両PZTの観測結果を見せてくれた。両者はかなりよく一致しているが、BIHの全世界平均に比べると、共通の系統差がはっきり出ていた。PZT星の位置の値に問題があるようである。反面、機械や環境による局地差は案外小さいという実証でもある。この天文台は海岸から約7km、この海岸での潮の高低差は6mに達するという。この引力効果が、PZTの位置での鉛直線に影響して、 t や φ の観測結果に半日周期の項が検出された由、データは1958年からの11年間を使っている。両振幅は t で約3^{ms}、 φ で約0^o03と出ているが、これを地球潮汐と海洋潮汐による影響とに分離するまでに至っていない。この実験式を用いて観測結果を修正しているとのことであった。

ここではセシウム原子時計5台が運転されている。地下2階にあるいくつかの部屋へ1室1台ずつ収められ、各原子時計間の干渉のないよう細心の注意が払われている。地下室全体は廊下をも含めて完全に空調されていた。PZT乾板の測定のために、完全自動測定器Galaxy Mark 1を利用すべくテスト中であった。通常の測定器ではPZT乾板1枚のよみとりに1時間以上を要するが、この機械では3分ぐらいですむ由、しかしいきなりこの機械へかける前に、Pencil Followerという極く簡単な測定器で、各星像の座標を0.1mm精度で予めよみとり、これをプログラムとしてGalaxyにかける計画のようであった。

6. エネルギー鉱山資源省オタワPZT観測所

これはオタワ市中にあるもとドミニオン天文台の転身したものである。このPZTの歴史は1952年に始まる。最初には本館の子午儀室に設置され、1962年に独立のPZT観測室へ移された。口径は25cm、焦点距離425cmのカナダ国産機であった。1968年にはアメリカ海軍天文台へ製作依頼の新しいPZT(口径20cm、焦点距離454cm)が並行して設置された。この頃、機構改革で原子時関係は国立研究会議物理研究部へ、PZT関係はエネルギー鉱山資源省の地球物理部門へ属してもとの場所へとどまることとなった。やがて古いPZTはカナダ西部のカルガリー観測所へ移され、新しいPZTがオタワで観測をつづけたのである。1970年には、この新しいPZTは約16km、西郊外の新観測地へ移設された。これが現在のシャーレスベイ(Shirleys Bay)観測所である。この新型機は全アルミ製で非常にコンパクトに出来ている。PZT観測室はかなり大型で、屋根を閉めると暗室となり、完全

自動観測を容易にしている。観測室の中は昼間クーラーを働かして、夜間の温度との激差を防いでいる。また観測中は、露光時を除いて鏡筒の下部から小型ポンプで空気を引いているとのことである。

7. アメリカ海軍天文台

ワシントン市の西北地区にある。アリゾナにあるフラッグスタフ(Flagstaff)支所や、フロリダにあるリッチモンド(Richmond)支所など含めて総員約200名。天体物理、北天子午環、南天子午環、時、編暦の5部門からなる。現在の台長はデービッドソン(E. Davidson)海軍大佐、つい半年ぐらい前にセシウム原子時計の運搬比較で若い研究者の1人と共にさりげなく東京天文台を訪問されたのを思い出した。「このヒルトンホテルの居心地はどうですか?」と冗談を言って笑っていた。気さくな人柄である。私がワシントン滞在中はこの台内のささやかな一室に泊めて貰っていたからである。副台長は前回(1965年)訪問の時と同じく、ストランド(K. Aa. Strand)博士であった。天文時部はシモンニューカム研究棟という建物に陣取っている。前回の時はこの2階を天体物理部が占めていたが、いまは他の建物へ移り、全体を天文時が使っている。部長はウインクラー(G.M.R. Winkler)博士で、IAUでは第31委員会(時)の委員長を務めている。1965年当時からみると、陣容は大幅増の30数名、設備は2~3倍に強化されているようである。副部長のホール(R. G. Hall)博士の部屋の黒板に小さな紙片が一面に貼られている。この紙片の1枚1枚がセシウム原子時計の1台1台を示していた。正規群16台、予備群も10数台、このほか送信所や支所の分まで含めると、セシウム原子時計の総数は50台を越えているようである。これら時計間の相互比較や、各種報時信号の受信比較には、専用の計算機IBM 1800の一式を備えていて、正規群の原子時計から平均時計の算出もこれによっている。このほか屋外の小屋には水素メーザーがあり、これも連続運転されている。高安定度の比較発振器として利用されているが、平均時計の合成には関与していない。

天文観測はPZTとアストロラープの各1台のほか8時の赤道儀にセットされた月位置カメラの観測が細々ながら続けられていた。この天文台の工場まで手がかかれたPZTは計5台、#1(1934~1955)は解体されてすでに無く、現用機は#3(1954~)である。なお#2(1949~)はリッチモンド支所に、#4、#5はそれぞれオタワ、プンタ・インジオ(Punta Indio, アルゼンチン)で活躍している。現在は#6を組立中であつた。恐らく老朽化した#2か#3を更新するためと思われる。この新型機では乾板送りや頭部回転にステッピングモーターを採用するほか、レンズには4枚構成のものを外注中と

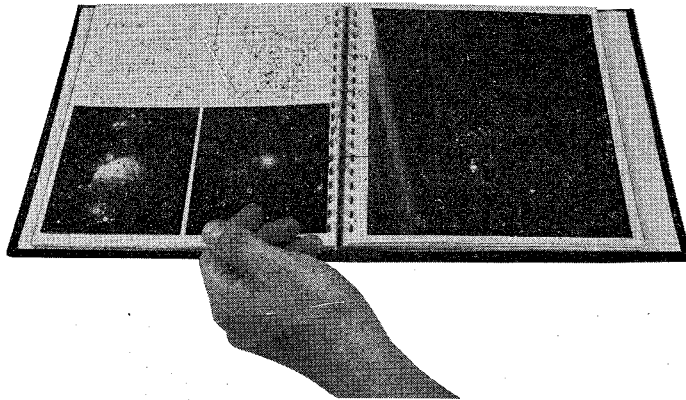
のことであった。非常に画期的なのは、#7に相当する口径 65 cm の大 PZT 計画が着々と進められていることである。これは焦点距離 13 m、従って写真乾板も 6 吋×8 吋という大型のものを使用して測定精度を 3 倍に上げることを狙っている。また視野を両幅で 1° まで広げ、水沢 PZT の星をすっきりカバーする計画である。このほか乾板の ASA 感度の 500 相当のものを利用して光度 11~12 等までの微光星まで観測する他、数個の星雲を撮り込んで、PZT 星の固有運動の決定をも狙っている。露光時間は 10 秒から 60 秒まで可変、数枚の乾板を自動交換して出来る限り多くの PZT 星を観測し、PZT 星総数は、2,000 星以上を目標としている。この計画の主任は、編暦部から天文時へ転属してきたクレプチンスキー (W.J. Klepczynski) 博士である。ワシントン滞在中、筆者は彼と同室だったので、この 65 cm PZT に関して多くの討論をする機会を得た。

8. その他の物理研究所

今回の旅行では、天文台以外に、研究室型のセシウム

原子標準の研究・観測を行なっている代表的な 4 つの研究所をのぞくことが出来た。これらは西独の国立物理工学研究所 (PTB)、英国の国立物理研究所 (NPL)、カナダの国立研究会議 (NRC) およびアメリカの国立標準局である。つい先頃までは、これらの中で研究室型のセシウム原子標準の観測比較をつづけていたのは僅かに PTB と NRC だけであって、国際原子時 (IAT) の確立に一抹の不安があった。今回の訪問で判ったことは、これら研究所の全部が、新しい改良機の組立に、期せずして同じ歩調をとっていることである。中でももっともテンポの速いのは、NRC と NBS で、近々の内に新型機の運転が開始される見込みである。これに伴って、商用型のセシウム原子時計の性能も格段と向上して来ている。世界の天文台や研究所で運転される多数のセシウム原子時計を総合して IAT が作られる。この IAT は今後の暦表時や地球自転の研究に不可欠なタイムスケールとなるものである。

家庭で楽しめる“プラネタリウム”



■10月5日発売
■定価 1,800円

藤井 旭著

透視版 星座アルバム

本書は、家族全員で星座の勉強ができるように工夫した編集です。掲載した星座は四季別に日本で見ることのできる50数星座、そのほか星座写真のとり方や広い視野の星座写真などを紹介しました。家庭ではもちろん、学校教材、学習にぜひご活用ください。

■透明ビニールシート48枚／写真48枚／B5変型判／168ページ

誠文堂新光社

東京・神田錦町1-5 振替東京6294 TEL (292) 1211