

ムードンとピック-デュ-ミ-ディ

守山 史生*

昨年9月、プラハの国際天文連合の総会后、私は京都大学の川口氏に連れられて、フランスを訪れた。ムードン、ピック-デュ-ミ-ディなどの太陽観測施設を視察するのがその目的である。残念ながら私はフランス語が出来ない。川口氏が丁度ピック-デュ-ミ-ディに滞在しておられたのでこれ幸いと御無理をお願いしたのである。以下簡単にフランスでの見聞を記したいと思う。

I. ムードン天文台

パリはモンパルナッスの停車場からヴェルサイユ行の国鉄電車に乗ると、約10分でベルヴェに到着。このあたりはパリ郊外の落付いた住宅地で、駅前を走る広い並木道を左に進めば、突当りがムードン天文台の正門である。

パリを眼下に望む小高い丘の上にひろがるこの天文台は、ルイ王朝華やかかなりし17世紀に建てられたシャトーの跡というだけあって、ヴェルサイユに続く森にかこまれ、静かで美しい環境に恵まれている。

ムードン天文台は400人以上の職員を擁する大きな組織で、天体物理学のほとんどすべての分野を研究している大天文台である。緑の芝生の中に点在する大小数々のドームや観測室のうち、特に眼をひくのは、現在建設中の白い巨塔—塔望遠鏡である。

高さ約35mの塔の屋上には口径80cmのシーロスタットが置かれ、太陽光を焦点距離45mの垂直望遠鏡に導く。望遠鏡はオール・ミラー式で、対物鏡の口径は60cm、光路は塔の中で二度折り曲げられ、地上に水平に置かれた分光器に入る。

望遠鏡の両端は、紫外線に対する透過率のよい平行平面ガラスで閉ざされている。また塔の構造は二重になっていて、内側が望遠鏡の筒に相当し、外側はエレベーター（7人乗）が走って最上階に通ずる。

シーロスタットを収めるドームは、観測時にはクレーンで吊上げ、広い屋上のプラットフォームの片隅に寄せられるようになっている。

焦点距離14m、現在作製可能な最大のグレーティングを使用する予定の分光器は、一定温度に空調された大きな部屋の中にさらにグラスファイバーを隔壁にした2.5m×15mくらいの小部屋に収容される。またスペクトルの撮影には写真だけでなく、エレクトロカメラ（光の像を一旦光電面上につくり、それから飛びだした

光電子を電子レンズで蛍光面上に集めて発光させ、それを撮影する装置）も利用する。

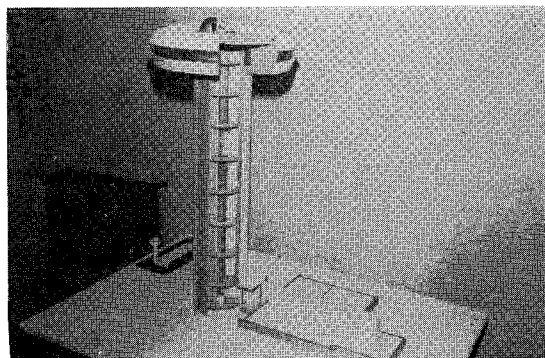
この望遠鏡は、今年中に観測を開始する予定で、太陽面現象や磁場の微細構造を研究することを目的としている。

現在ムードンで高分解能の太陽スペクトルを観測しているのは水平望遠鏡である。この装置は口径50cmのシーロスタット、焦点距離14m、口径40cmの対物鏡を使用し、焦点距離7mの分光器で5~7mm/Aの高分散スペクトルを得ている。グレーティングは大きさ5インチ×10インチ、300本/mmの9次乃至12次を使用し、粒状斑のコントラストを検出するseeing monitorを用いて、像質の良い時期を選んで観測する。実際に得られるスペクトルの空間的分解能は2"程度とのことであった。

写真に撮影する場合の露出時間は0.5~2秒程度であるが、エレクトロカメラを使って露出時間を1/10以下に短縮し、空間的な分解能の良いスペクトルを得ることに努力を集中している。現在エレクトロカメラのfieldは2cm×2cm程度であるが、数年のうちに5cm×5cmくらいに改良できるそうである。

フランスは、リオ以来コロナ観測については輝かしい歴史をもっている。1955年ドルフュスは、コロナ白色光の偏光を検出して、太陽上層大気の構造を研究するエレクトロン・コロナメーターを作ったが、この器械は現在ムードンとピック-デュ-ミ-ディの2カ所に据えつけられている。焦点距離4m、口径15cmの望遠鏡を利用し、太陽像の縁辺から1/5以上の外側を、直径1/3'の小さな孔を通して光電的に測定している。

また気球に搭載するコロナグラフも現在開発中である。



ムードン天文台に建設中の塔望遠鏡の模型。
高さは約35mである。

* 東京天文台

る。先端に太陽の光球をおおいかくす円板を取付けた全長 4 m のコロナグラフを、積載量 200 kg 上昇高度 30 km 程度の気球にのせ、暗赤色光で外層コロナを観測しようとするものである。望遠鏡を常に太陽の方向にむける sun follower は、追尾精度 $20''$ 、重さは約 100 kg である。

昨年 6 月予備実験として約 6 時間の飛翔を行った。本年 2 月第 2 回目の実験を行い、成功すれば続けて 4 回の飛翔を計画している。フランスの気球実験センターは南仏の Aire sur Adour にある。冬は西風が優勢なので、ここから気球を上昇させ約 500 km 東方の Gap 附近で回収し、夏は風向が逆転するので、飛揚箇所と回収箇所を入れかえる。

またムードン天文台では、リオの創意による、コロナ緑色輝線 (5303A) の光電測光器を完成させている。口径 16 cm の単玉対物レンズを使ったムードンにおける実験では、太陽周辺の散乱光が光球の数百分の 1 くらいの日でも観測出来ることが証明され、ピクサーデュミディにおけるコロナグラフの観測と比較して充分実用になることを確めている。現在はこの装置をニスに持ってゆき、口径 25 cm の 3 枚玉対物レンズ (フロントガラスをクラウンガラスではさむ) を使用して観測することであった。これを利用すれば、緑色輝線の観測時間は従来の方法の 1/3 程度に短縮できるので、将来有望な装置と考えられる。

この他、ムードンにある太陽観測装置を列挙すると次のようになる。

口径 75 cm のシデロスタット。

焦点距離 24 m 口径 40 cm の対物鏡と組合せて、焦点距離 7 m の分光器に光を導く。1200 本/mm の 2 次スペクトルを使って、太陽磁場の精密な測定を行う。

口径 50 cm のシーロスタット。

対物レンズは焦点距離 4 m、口径 25 cm のものを使用し、グレーティング或いは 3-プリズムの分光

器 (焦点距離 3 m) で $H\alpha$, K_1 , K_2 のヘリオグラムを撮影する。

$H\alpha$ パトロール・スパー。

2 個の $H\alpha$ ヘリオグラフを装備している。一つは 14 mm の太陽像をつくり、太陽面を 0.75 A の透過巾、縁辺外現象を 3 A の透過巾で連続撮影する。他は 40 mm の太陽像で、活動領域だけを取りだし、 $H\alpha$ の中心波長 6563 A および $6563 A \pm 0.7 A$ の 3 波長で連続撮影を行う。

II. ナンセイ電波観測所

ムードン天文台は、パリから約 200 km 南のナンセイに支所として電波観測所をもち、ここに大規模な電波観測設備を集めている。

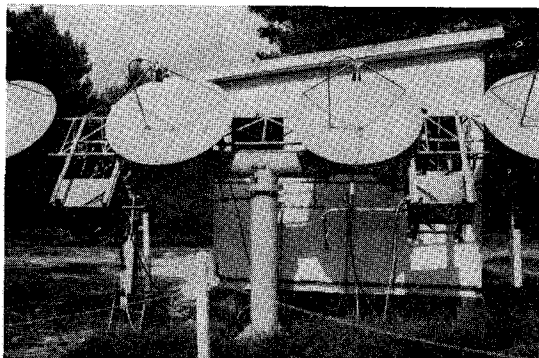
ジャンヌダルクで名高いオルレアンより自動車で約 1 時間半、人工雑音の少ない平坦地として撰ばれたナンセイは、電波観測には理想的な環境をもっている。雑木林につつまれた面積 150 ヘクタールの広い敷地の中には、太陽観測用の干渉計群と、巨大な固定球面鏡が据えつけられている。パリから来る研究者用の宿舎や職員食堂などは非常に綺麗で、機械工場、電子工学、実験室などの設備もよく整っている。

メートル波用の干渉計は、子午儀式架台にのせた直径 5 m のパラボラ 32 個を東西に、直径 10 m のパラボラ 8 個を南北に並べたもので、全長は約 1.5 km である。東西に並ぶ 32 個のパラボラのうち、一つおきの 16 個を 408 MHz で使用し、残りが 169 MHz 用である。東西方向の分解能は 169 MHz で $3/6$ 、408 MHz では $1/6$ を得ている。

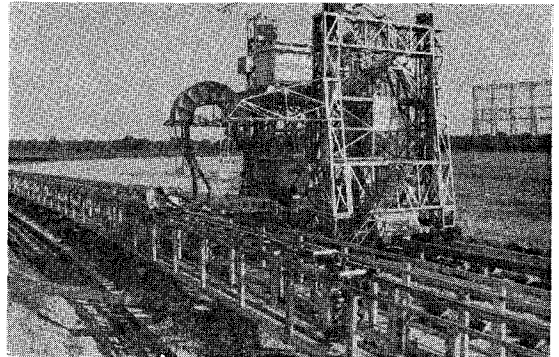
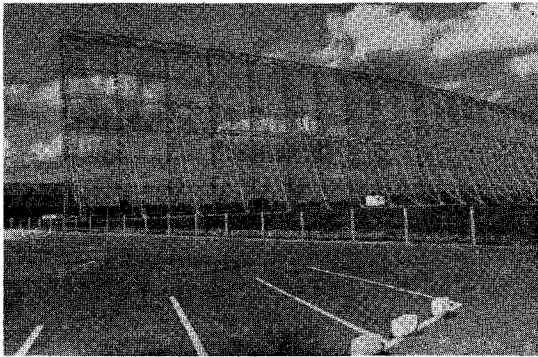
169 MHz では相隣る干渉縞の間隔 (約 1°) を 32 分割した multilobe interferometer として使用し、32 チャンネル受信機の出力は 32 個の蛍光板に供給される。それらの輝度変化を 35 mm フィルム上に連続的に記録するのである。この装置の感度は、電波源 Cyg A を検知出来る程度で、太陽面上の電波バースト源の位置、運動を測定する。普通は 2 cm/分のスピードでフィルムを送っているが、特に必要な場合は 2 cm/秒までフィルム送りのスピードを上げることが出来る。

408 MHz のシステムは普通の一次元干渉計で、太陽面上の電波源の東西方向の位置を観測する。

ここで聞いた話によると noise storm の源も S 成分 (黒点の消長に伴って強度がゆるやかに変化する成分) のそれと同じように、分離した 2 個の源からなっているものがあり、その間隔は双極黒点の間隔の倍くらいということであった。しかも noise storm の源の構造は複雑で、169 MHz で double, 408 MHz で single, 或いはその逆という場合も存在するそうである。また 408 MHz では noise storm はかなり強く、一般に S 成分より大



ナンセイ電波観測所のマイクロ波干渉計。直径 1.2 m のパラボラアンテナが東西に 16 個並んでいる。



ナンセイ電波観測所の大電波望遠鏡。(左)高さ 35m, 巾 300m, 曲率半径 560m の大球面鏡。
(右)大球面鏡の焦点面上を動く focus carriage.

きいらしい。

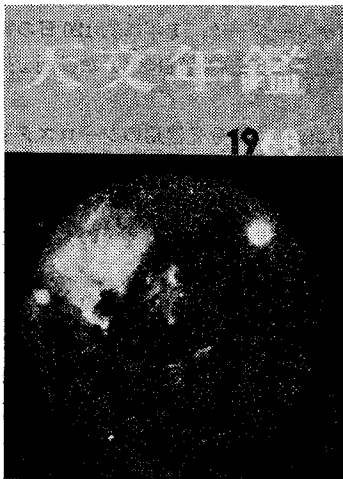
マイクロ波用としては、東西に直径 1.2m のパラボラ 16 個を並べた 10000 MHz 用干渉計があり、4' の分解能で太陽面上の一次元的な輝度分布を測っている。

1960 年以来 5 年の歳月と 1500 万フランの工費をかけて完成した大電波望遠鏡は、観測所の北端にある。曲率半径 560m という大きな球面の中央部を、高さ 35m, 巾 300m にわたって切りとり直立させたものと、南中附近の電波源からの放射をこの球面鏡に導く高さ 40m 巾 200m の平面鏡の組合せから成っている。平面鏡と球面鏡の間隔は 460m, それらの間に受信器を収容する

観測室がある。どちらの鏡も反射面は細かい網で、面の精度は $\pm 5\text{mm}$ くらいという。

平面鏡は 10 枚の独立したセクションに分れている。天体の南中高度に応じて傾斜が変えられるのはもちろんであるが、また個々のセクションと球面鏡との間隔を変えて位相を調整し、球面収差を補正する仕組みになっている。

球面鏡で集められた電波を受信機に供給する導波管開口部は、焦点面上に敷かれたレールの上を移動する電動車 (focus carriage と呼ぶ) に搭載されている。これは南中附近の天体を追尾し、時定数をかけて測定するため



ことしも天体観測は 「天文年鑑」で…… 1968年版 発売中!

●観測の年次計画, 季節計画, 月別計画に——
●毎日の目標決定に, ぜひご利用ください

毎日の天文現象が, 1 年を通してひと目でわかる観測ガイドブックです。惑星・月の出没図と時刻, 木星の衛星の位置図と時刻, 日食・月食・星食の予報, 日面経緯度・視半径・均時差, 太陽の月面余経度と月面緯度, 惑星のこよみ, 小惑星・彗星・流星・変光星の予報, 日本の日出没時と月出没時, 春分点の正中時, 人工天体一覧, 1 年間の天文界のおもな動き, おもな天文書などを掲載すると共に, ユリウス日や天文常数など必要な資料はすべて収めてあります。特に 1968 年版では, 天体写真撮影のための感光材料や露出のくわしいデータをのせました。星図と共になくてはならない本です。ぜひそなえて, 広く活用してください。

B 6 判 120 ページ
定価 250 円 円 55 円

(お近くの書店でお求め下さい)

である。

focus carriage の移動は、30 秒毎にパンチテープによる指令で制御され、平面鏡と共に観測室内のコントロールデスクで操作される。また focus carriage から観測室内にある主受信機までの接続ケーブルは、carriage の移動によって、無理な力がかからないよう、carriage と共に動く枠に巻かれてある。

現在 focus carriage は

1. 21 cm 水素線スペクトル用
2. 6 cm, 11 cm, 20 cm の連続波用
3. 電離層散乱 (バックスキッター) 観測用 (約 900 MHz)

の 3 種類が用意されている。

21 cm では、バンド巾 260 kHz, 時定数 4 分の 51 チャンネル受信機で、銀河系外星雲の水素線を系統的に観測するプログラムが進行中である。連続波用受信機は偏波を測定して、4 個の Stokes パラメーター (偏波の特徴を指定する量) を導くことができる。また近い将来水素の再結合線の観測も行うようであった。

III. ピック-デュ-ミディ天文台

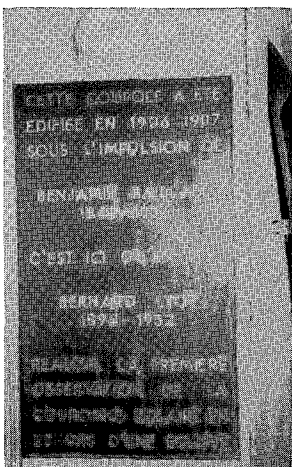
ピレネー山系の中にそびえる孤峰ピック-デュ-ミディは、リオの名と共に、太陽観測に関心を持つ者にとっては忘れられないものである。

パリから鉄道で南に下ること約 9 時間、スペインとの国境に近いバニエール-ドゥ-ピゴールの町に着く。日本でいえば軽井沢というところか、樹々の緑と白い建物が美しい調和をみせる綺麗な避暑地で、この町外れにピック-デュ-ミディ天文台のオフィスがある。

ここから山頂の天文台に行くには、自動車とロープウェイを利用して 2 時間足らずの行程である。バニエールより

ロープウェイの始発駅ラモンチまでは、陽光に恵まれた南フランスの牧歌的な風景がたっぷり、快いドライブを楽しむことができる。

ラモンチは標高 1800 m, 夏は避暑客、冬はスキー客で賑わう観光地で、小綺麗なホテルが林立し、附近には数多くのスキーリフトが設けられている。ラモンチから 20 人乗くらいのロープウェイに乗って先づタオレに行く。この間約 10 分。



ピック-デュ-ミディ天文台のリオの最初のコロナ観測を記念する銘板。

ここで小さいロープウェイ (10 人乗くらい) に乗りかえ、深い谷底を見下しながら約 20 分で天文台に着く。

ピック-デュ-ミディ天文台は、海拔 2877 m の高山にある観測所としては非常に規模が大きい。孤立した険阻な岩山の頂上に長さ 150 m にわたって高さ 6 層のビルがそびえている姿は正に壮観である。

ここは 19 世紀の末、気象観測のための観測所が設立されてから 100 年に近い歴史をもっているが、その間に次第に大きくなり、現在は天文・気象・宇宙線の観測を併せ行う大天文台に発展している。

立地条件が悪いにもかかわらず基礎設備の充実していることはうらやましい限りで、上記のロープウェイも天文台の設備である。また電力設備にしても、山の麓から約 7 km の距離を地下ケーブルでつなぎ 1500 KVA の電力が供給されているし、機械工場の設備もととのっていて、観測装置の補修なども余程大がかりなものでなければ山上で処理できるようである。

建物の上には大小いくつかのドームがそびえているが、一番大きいドームには口径 60 cm の屈折望遠鏡を収めている。この望遠鏡に平行して、リオの 20 cm コロナグラフとドルフェスのエレクトロンコロナメーターが同じ架台に取付けられており、ドームの内壁にはリオが初めて日食時外でコロナを観測したことを記す銘板がかけられている。

このコロナグラフでは、コロナ輝線の常時観測と、リオフィルターによる単色像の撮影が行われている。またエレクトロンコロナメーターは、1 年に約 120 日の観測が可能で、コロナ上層の構造の研究に大きな役割を果たしている。

大ドームの西南には、太陽分光器用のシーロスタートがある。口径約 60 cm の平面鏡を 3 枚使って、太陽光を水平に分光器室内に送り込む。分光器室は光の入口に平行平面ガラスをおいて外界と遮断し、次の 2 種類の分光器を装備している。

(a) フレアースペクトログラフ。

スリット上の太陽像の直径は約 7 cm. 600 本/mm のグレーティングと焦点距離 4.5 m, 口径 20 cm のカメラレンズを使用し、3700 Å から 9000 Å までの範囲を紫外、可視、赤外の三領域に分け、それぞれ 4 次、3 次、2 次のスペクトルで同時に撮影する。異った次数のスペクトルを分離するのはプリズムを用いている。

分散度は紫外域で 0.8 mm/Å, 10 秒くらいの撮影間隔で変化の激しい現象を追うことができる。

(b) 高分散スペクトログラフ。

スリット上の太陽像は直径約 20 cm, 焦点距離 9 m の分光器で分散度 4 mm/Å のスペクトルを撮り、彩層の微細構造とその時間的変化や、黒点の赤



ピック-デュ-ミディ天文台のいわゆる砲塔。
この写真では筒先がはずしてある。

外域スペクトルの光電測光を行っている。

東西に長い建物のほぼ中央には、ピック-デュ-ミディで最も口径の大きい 106 cm の反射望遠鏡のドームがある。この望遠鏡は、主として月・惑星・二重星の観測に使用されているが、極軸は直径 2.5m くらいの大きな円板のまきつ駆動で動かしており、月の運動を追尾するための特別な駆動装置も附属している。これで撮影した月や惑星の写真の解像力は約 0.3 で、ピック-デュ-ミディの空の状態の良さを物語っている。二重星の観測にはエレクトロンカメラが使用され、そのための空気液化装置もこのドーム近くの実験室に備えられている。

またパリの Ecole Polytechnique の研究者達は惑星間にただよう細かいちりの観測をレーザーを用いて行っている。106 cm 反射鏡で光を送り、すぐ近くのドームに収められた 60 cm 反射鏡で dust からの反射光を光電測光するものである。

天文台の東の端には砲塔 (Tourelle) と呼ばれる面白い形をした望遠鏡がある。小さいドームの外側に望遠鏡の筒先が飛び出していて、光学系を入れかえることにより、26 cm コロナグラフと 38 cm 屈折望遠鏡を兼用させる仕組になっている。これは望遠鏡附近の空気の揺動を出来るだけ少なくして、像質の良い写真を得ることを目的に設計されたもので、太陽粒状斑・惑星・プロミネンスやコロナの単色像などの観測を行っており、解像力の良い美事な写真が得られている。将来はかなり大型の分光器を装備する予定である。この天文台では、さらに幾つかの大きな望遠鏡の建設が計画されており、私の訪れた時も新しいドームがつくられつつあった。

フランスの天文学は数百年の輝かしい歴史をもっている。1 カ月足らずの短い滞在で得た印象では、フランスの研究者達はその伝統にゆるぎない自信を持ち、着実に歩を進めているように感じられた。近年、国家の政策として学問の振興に力を入れていることを考え合せると、フランスにおける天文学の将来は大いに注目すべきものと考えられる。

最も信頼されている科学の年表

理科年表 -43年版-

東京天文台編 A 6・¥ 500

毎年、各分野の専門監修者によって、最新資料に基づき更新されている最も権威のある正確なデータブックです。天文、気象など自然科学方面で日常必要とされる諸定数、諸知識は本書一冊の中に完全に集約されています。なお本年版よりさらに鮮明な印刷方法を用いました。学生、研究者、技術者、また一般の方々も、つねに座右に備えてご活用下さい。

● 主要内容 暦部/天文部/気象部/物理化学部/地学部/付録

分子の造型

—やさしい化学結合論—

“The Architecture of Molecules”

L. Pauling, R. Hayward 著 木村健二郎・大谷寛治訳 B 5変・¥1,500

物質を構成している分子が、どのような形・構造をしいものであるか、そして分子構造がその物質の性質にどのような関係をもっているのかについて、実験や観測によって確実に裏付けされた事実をもとに、独特の美しい図解でわかりやすく解説され、しかもその真髄にふれています。

M
丸善

東京・日本橋
振替東京5番