

# 世界における光学望遠鏡の現状

小暮智一\*・田中靖夫\*・石塚俊久\*・井本三夫\*

## 1. はじめに

本稿は日本における天体物理観測の現状と将来を考える資料のひとつとして、世界の光学望遠鏡の現状をまとめたものである。最近の大気圏外観測をはじめとする天体観測の多面的な発展のなかで、光学望遠鏡の重要性がますます高まっている様子を資料はあきらかにしてくれる。それについて述べてみたい。

ここで取りあげる光学望遠鏡は口径 50 cm 以上の太陽観測用を除く天体物理観測用の望遠鏡である。シュミット、メニスカス望遠鏡は口径として補正板口径を採用した。文献としては Kuiper 編 Telescope (1966) 巻末望遠鏡一覧表をはじめとする最近の各種一覧表(1967年までをふくむ)を土台にし、最近の情報は IAU 総会への第9委員会報告(1964, 1967, 1970)およびアメリカ天文学会会報(1969, 1970, 1971)に主に基いている。そのほか、いくつかの天文台年報や Sky and Telescope 誌、天文月報記事も利用し、個人的情報も参考にした。こうして 1970 年までに建設された望遠鏡については大部分が網羅できたのではないと思われる。また、1970 から 1971 年の時点で製作途中のもの、ないし、予算決定・発注などあったものはすべて建設中とし、必要に応じて統計に加えた。個々の望遠鏡については性能、観測装備などで詳細の不明のものも少なくないが、これまでの資料から少なくとも次の点を指摘することができよう。

(1) 望遠鏡建設は北米、東西ヨーロッパを中心に世界的にみて急速に進んでいる。特に 1965 年以降のテンポが著しい。

(2) 大口径望遠鏡とともに中口径望遠鏡の建設も着実に進んでいる。なお、大口径・中口径の境界は国により時代によって差はあるが 150 cm 前後とするのが妥当ではないかと思われる。

(3) 従来、望遠鏡の少なかった南半球、とくにチリ、オーストラリアにおいて、南北両半球の連携を主体とした二国間あるいは多国間国際協力の下での望遠鏡建設が急速度で進行している。

(4) 世界を北—南アメリカ、ヨーロッパ—アフリカ、アジア—オセアニアと地域的に分けて見た場合、アジアの著しくおくれた状況が目立っている。

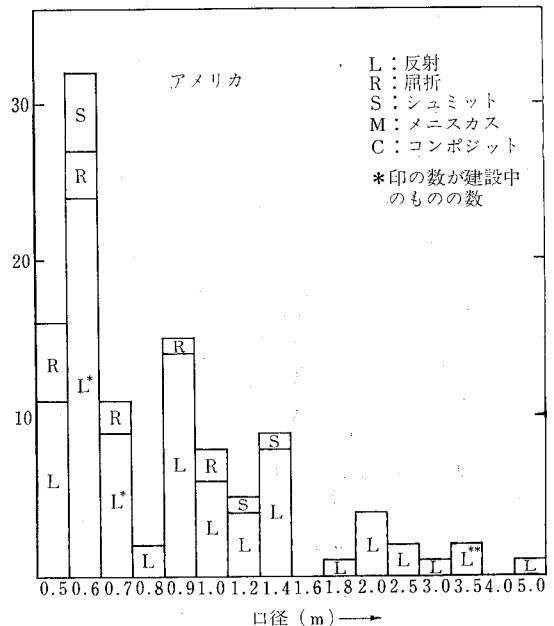
(5) 大口径望遠鏡では分光観測を主体とした汎用のものが多いが、中口径では目的を限定して観測能率を高め、また新しい観測技術の開発実験に重点をおいた特殊タイプの望遠鏡の比率が高い。

(6) 望遠鏡駆動、付属観測装置および測定機器の自動化、データ処理システムの採用が急速に拡まっている。

なお、本稿ではふれないが各種検出器の開発による観測能力の拡大 (image-tube による微光天体の観測、赤外検出器による赤外天体の観測など) も観測天文学発展の重要な要素となっていることを見逃すことはできない。

## 2. 国別に見た望遠鏡の保有数

1970 年現在で建設中をふくめた世界の望遠鏡総数は 320 台 (うち 29 台が建設中) で、35 国で保有されている。その内訳および 5 台以上を保有する国について国別台数を示したのが第 1 表である。内訳としては望遠鏡の種別によるものと、口径によるもの (口径 150 cm を境界とする) との 2 通りをあげた。なお、第 1 表の最後の列にその国に所属する IAU メンバー数を参考までに示した。これは保有数を考えるときに天文人口が当然重要な要素となるからである。もちろん、これは天文人口とし



第 1 図

\* 茨城大学理学部物理学教室

Tomokazu Kogure, Yasuo Tanaka, Toshihisa Ishizuka, Mitsuo Imoto: Optical Telescopes in the World

第1表 上位15ヶ国の望遠鏡

\* C: 複合鏡, M: メニスカス型

国名	総数	種別による内訳				口径別内訳		現有数	IAUメンバー数	
		反射	屈折	シュミット	その他*	大口径	中口径		1967	1970
アメリカ連	108	89	13	6	0	20	88	104	553	728
フランス	40	28	1	3	8 (M)	7	33	32	261	362
イギリス	20	15	3	1	1 (C)	5	15	19	147	168
イタリア	15	11	1	3	0	0	15	11	54	77
英国	13	7	4	2	0	1	12	13	189	237
ドイツ	13	8	2	3	0	1	12	13	31	33
西ドイツ	10	7	1	2	0	3	7	5	109	136
日本	9	5	2	2	0	1	8	7	73	105
オーストラリア	8	6	1	0	1 (C)	3	5	7	46	54
南アフリカ	7	4	2	1	0	2	5	7	9	13
カナダ	7	6	1	0	0	3	4	6	59	89
ES	7	6	0	1	0	2	5	6	—	—
チェコスロヴァキア	7	5	0	0	2 (M)	1	6	7	38	49
スウェーデン	6	2	1	3	0	0	6	6	37	42
オランダ	5	5	0	0	0	2	3	3	16	16
その他	45	30	7	8	0	2	43	45	339	503
合計	320	233	39	36	12	52	268	291	2021	2612

ては第0近似であって、実際の研究者数はこれらの数字の2~3倍にはなるであろう。

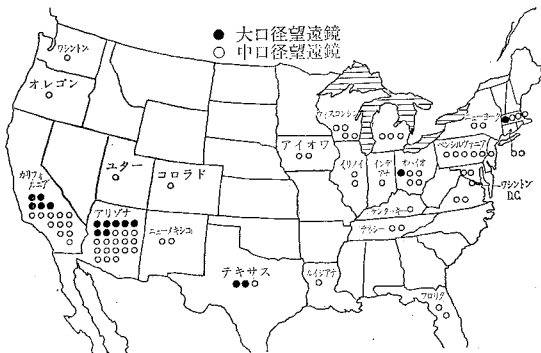
次に主な国について口径別分布とその特徴を眺めてみよう。

アメリカ合衆国(第1図)は世界の望遠鏡の1/3を保有しており、反射望遠鏡の90台というのも圧倒的である。ただ、建設中の望遠鏡台数は意外に少なくソ連、西ドイツに及ばない。これは建設が一段落ついたためなのであろうか、それとも、これまで大きな推進力となっていた航空宇宙局(NASA)関係の緊縮財政の影響が出はじめたということであろうか。それはともかく、第1図の口径別分布はパロマー山天文台の500cm反射鏡を頂点に60cm級の32台までみごとなピラミッドを形づくっている。口径50cm以上を装置する主要天文台の数は44、保有する望遠鏡数には60, 90, 150, 200cm級にピークが見られる。350cm級反射鏡2台は建設中で完成も間近い(キット・ピーク国立天文台)。一方、アメリカ本土内の分布をみると(第2図)、150cm級以上の大望遠鏡の3/4は南西部に集中して、アリゾナ州の7

台、カリフォルニア州の5台およびハワイの2台が目立つ。これはこれらの地域のすぐれた空の条件を反映したものである。他方、150cm級以下の中口径望遠鏡は北東部をはじめ全国的に散在して(ハワイは4台)、研究機関と密着し、大型望遠鏡とちがった機能のなかで大型望遠鏡を支えている様子が如実にうかがわれる。

ソ連(第3図)は建設中の8台をふくめて40台、世界の望遠鏡の12%を保有する。口径別分布はアメリカと同様、ピラミッドを作るが、ソ連型ともいべき分布の特徴は①ピラミッドの底辺が50cm級にあること、②中間のピークが70, 120, 300cm級にあり、ピークの位置がずれていること、などである。600cm反射鏡は1970年現在なお主鏡が未完成とあり、主鏡研磨に苦闘している様子がうかがわれる。また、中口径望遠鏡にメニスカス型が多く製作されているのもソ連の特徴であるが、最近はこの型の望遠鏡製作は少なくなっているようであるが何故であろうか。国内での分布は約20の天文台にほぼ平均しており、80~60cm級を主望遠鏡とする天文台が約1/3、8天文台にわたっている。ソ連のもう一つの特徴として第3図の範囲からはずれるが、48cm反射鏡がシリーズとして6台同時に製作されて別々の天文台に分散配置され、有機的関係を保ちながら観測を行なう、というシステムが注目される。

フランス(第3図)では建設中の400cm反射鏡をふくめて20台が低いアメリカ型ピラミッドをつくっている。主要な7天文台のうち4天文台が80~60cm級を主望遠鏡として全国に散在し、大型望遠鏡を支える底辺となっている。なお、ムードン天文台の420cm複合望遠鏡は60cm角の球面鏡を寄せ集めた主鏡を持ち、赤外線用の集光器であると同時に、未来の超大型望遠鏡の原型となることを意図しているものである。フランスはまた



第2図 アメリカの望遠鏡の分布

南天観測にも積極的で後にのべる ESO への貢献も大きい。

英国(スコットランドをふくむ)(第4図)では本島南端サセックスのハーストモンソー(グリニッジ天文台に)6台が集中し、250cm 反射鏡を中心に設備の近代化がはかられている。北部のスコットランドではエジンバラがユニークな天文台で望遠鏡、観測測定装置の自動化に重点をおきつつ(第5節)、他方、国際協力の面でもイタリアとの協同による 41/61cm シュミット望遠鏡(第2表)のほか、オーストラリアと協同して 120/180cm 大型シュミットをサイディング・スプリング天文台に建設することになったという高瀬文志郎氏からのホットニュースもある。

イタリア(パチカンをふくむ)(第3図)ではアジアゴ、メラテ天文台など北部に4天文台、望遠鏡9台と地域的重心があるが、最近ではシシリー島エトナ火山のカタニア天文台で91cm 反射鏡を主力とする設備拡充と、データ処理システムによる近代化がはかられている。また、パチカンは風光明媚なカステル・ガンドルフォに2台の60cm 級望遠鏡(1台はシュミット)をもっている。

西ドイツと東ドイツ(第4図)は同じ規模の保有数を示すが、その中味はむしろ対照的である。東ドイツがソ連型ピラミッドの分布を見せるのに対し、西ドイツは大型へ大型へと志向する。西ドイツのこの傾向はハイデルベルク・ケーニヒストゥール天文台長エルゼッサーの主旨で1969年に設立されたマックス・プランク天文学研究所で建設中の5台の望遠鏡が根幹となっている。ESOに出資した上で、さらに350cm 級をふくむ望遠鏡建設に取り組む西ドイツの熱意はわれわれとしても是非学びたいところである。

日本(第4図)の9台の内訳は東京天文台6(岡山天体物理観測所2,三鷹1,堂平2,建設中のシュミット1),京都大学飛騨天文台2(1台建設中),東大天文教室1台と、中央への集中率が高い。また、分光観測を主目的と

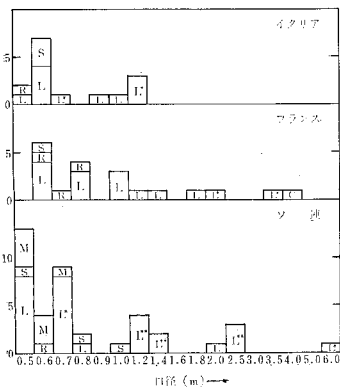
する反射望遠鏡の少ないのも将来のひとつの問題となるう。

カナダ(第5図)は西ドイツに似た保有数構成をもっている。4つの主要天文台がいずれも120cm 級以上の反射鏡をもつことも特徴的といえよう。

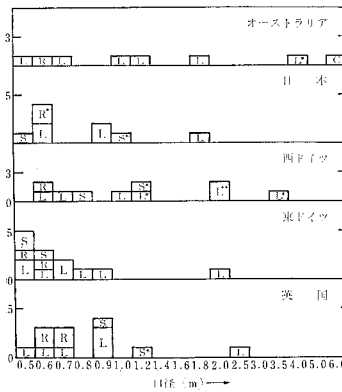
オーストラリア(第4図)、南ア共和国(第5図)は北半球諸国との協力の下に新しい建設が進められている。それについては後にふれる。オーストラリアで見落せないのはハンブリー・ブラウンがナラプライ天文台に作った恒星干渉計である。これはモザイク鏡の合成による口径6.5mの反射望遠鏡2台が1組になって半径94mの円形レール上を移動するもので、基線長の変化による干渉パターンから恒星直径を測定するものである。これによって明るい星については0.0007秒角といった角直径まで測定(例えば $\beta$  Cru,  $\gamma$  Oriなど)が可能となっている。

チェコスロバキア(第5図)ではオンドレーヨフ天文台の200cm 反射鏡と国内の60cm 級4台が中心となっており、スエーデン(第5図)は6台のうち2台がシュミットで、そのうちの1つ、50/66cm シュミットはウプサラ天文台南方観測所としてオーストラリアのストロムロ山天文台におかれている。アルゼンチン(第5図)ではラプラタ天文台長のJ. サハダが中心になって大口径への強い意欲をもっており、キット・ピーク天文台の216cm 反射鏡と同型のものを建設中である。そのほか、エジプト、ベネゼラのように大型望遠鏡に重心を傾けた特異な国もあるが、国内の研究体制がそれに追いつかず、折角の大型望遠鏡を十分に使いきっていないような状況がみられる。

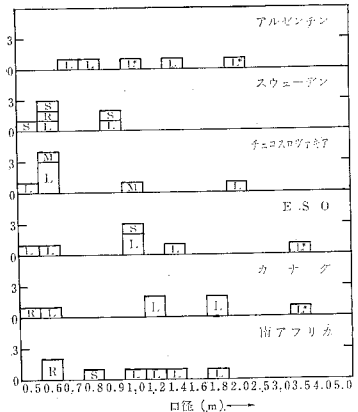
世界の国々の望遠鏡保有数、タイプ別口径別分布を見る場合、それらの国々のもつ研究者層の厚み、研究の重点、研究体制、また天候条件などを捨象して軽々しく比較することは許されない。例えば大口径望遠鏡をもたないオランダにおいて天体物理学の優れた研究が次々に生れているという例もある。しかし、一般的に見ると、や



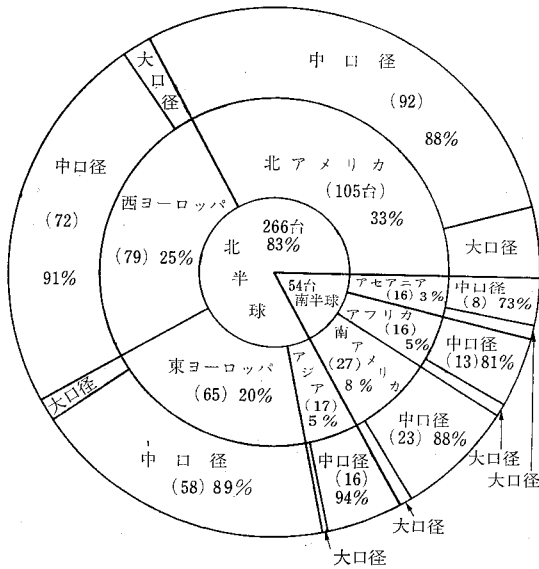
第3図



第4図



第5図



第6図 望遠鏡の分布

は、高度の水準で天体物理観測をすすめるにはある程度の保有数と、その国に見合った適当な大・中口径望遠鏡のバランスが必要であるように思われる。

3. 望遠鏡の地域分布, 国際協力

かつて、岡山天体物理観測所の建設推進にあたって萩

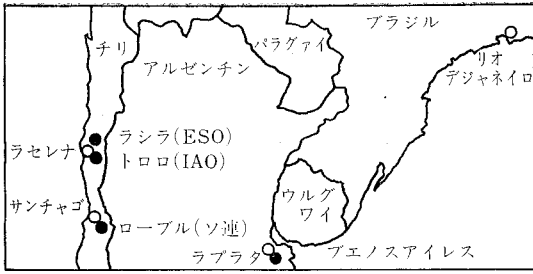
原雄祐先生は、日本は観測的にみて世界のかなえの一脚である、という卓見を出されたが、かなえの脚を充実させる重要さは今も当時と変わっていない。突発的天体現象やさまざまな変光天体の観測の上で、アジア、とくに日本の責任は大きい。この観点から望遠鏡の地域的分布についていちべつしてみたい。世界を7地域に分けて比較したのが第6図である。

この図は3つの円グラフを合成したもので、中央の円グラフは南北両半球の望遠鏡の割合を示す。北半球に多いことよりも、むしろ、南半球の比重が高まっている様子を読みとるべきであろう。第2円帯が7地域での保有数の比率を示す。北アメリカ地域が圧倒的に多いこと、それと対照的にアジア地域の貧弱さがまず注目される。また、東西ヨーロッパの合計が北アメリカを上まわっている点も注目しておきたい。第6図の第3円帯には地域的にみた大、中口径望遠鏡の比率が示されている。一般に南半球で大口径の比率が高く、オーストラリアが、1:2.7、アフリカが1:4である。以下、南、北アメリカがそれぞれ1:7、それぞれヨーロッパ1:10、アジア1:15とつづく。ここでも大口径にたいするアジアの劣勢が目立つ。

次に二国間ないし多国間の国際協力による望遠鏡建設の現状を眺めてみたい。第2表にその資料を示す。ヨーロッパ内部の協力例を除くと、他はすべて南北両半球の

第2表 国際協力の現状

地域	天文台	設置場所		設置望遠鏡		協力天文台	協力国
		地名	国	口径種	設置年		
アフリカ	Boyden 天文台	Bloemfontein	南アフリカ	152 cm L	1930	Irish, Smithsonian, Michigan 天文台	アメリカ-ヨーロッパ-南アフリカ
	"	"	"	69 R	1926	"	"
	"	"	"	81/91 S	1950	Armagh, Dunsink, Harvard 天文台	"
	(未定)	(未定)	"	200 L	製作中	Max-Planck 天文研究所	西独-南アフリカ
	Leiden 南方天文台	Hartebeespoort	"	91 L	1958	Leiden 天文台	オランダ-南アフリカ
オセアニア	Mt. Stromlo・Siding Spring 天文台	Cambera	オーストラリア	66 R	1953	Yale, Columbia 天文台	アメリカ-オーストラリア
	"	"	"	50/66 S	1956	Uppsala 天文台	スウェーデン-オーストラリア
	"	"	"	120/180 S	製作開始	Edinburgh 天文台	イギリス-オーストラリア
	Mt. John 大学天文台	Canterbury	ニュージーランド	380 L	製作中	Flower & Cook 天文台	アメリカ-ニュージーランド
南	Yale-Columbia 南方天文台	El Leoncito	アルゼンチン	50 R	1964	Yale, Columbia 天文台	アメリカ-アルゼンチン
	"	"	"	50 R	"	"	"
	"	Cerro Lobos	チリー	70 M	1970	Pulkova 天文台	ソ連-チリー
	(未定)	(未定)	"	60 L	"	David-Dunlap 天文台	カナダ-チリー
	Inter-American 天文台 (IAO)	Cerro Tololo	"	350 L	計画中	"	アメリカ-チリー
ア	"	"	"	152 L	1967	Kitt-Peak, Lowell, Michigan, Yerkes, 各天文台など	"
	"	"	"	91 L	1968	"	"
メ	"	"	"	60/90 S	"	"	"
	"	"	"	60 L	1967	"	"
カリ	ヨーロッパ南方天文台 (ESO)	Cerro La Silla	"	350 L	計画中	各国の数天文台が協力	"
	"	"	"	152 L	1969	"	ベルギー
	"	"	"	100 L	1967	"	デンマーク
	"	"	"	100 L	?	"	西独
	"	"	"	100 L	?	"	フランス
	"	"	"	100/160 S	1971	"	スウェーデン
	"	"	"	50 L	1965	Copenhagen から	オランダ
	"	"	"	61 L	1967	西独 Bochum から	"
ヨーロッパ	Sphinx 天文台	Jungfrauoch	スイス	76 L	1966	Liège 天体物理研究所	ベルギー-スイス
	国立天文台 Outstation	Monte Porzio	イタリア	41/61 S	1967	Edinburgh 天文台	イギリス-イタリア
	Haute-Provence 天文台	Bases Alpes	フランス	60/ S	1966	Liège 天体物理研究所	ベルギー-フランス
	(未定)	(未定)	(スペイン)	220 L	製作中	Max-Planck 天文研究所	西独-(スペイン)



第7図 南アメリカの天文台

協力である。小規模な協力関係はすでに 1926 年ごろから始まっているが、急速に進みだしたのは 1950 年代後半からで、とくに IAO, ESO のように政府間協定を伴う大規模な交流は 1960 年代の特色である。チリのセロ・トロロにおかれた IAO (Inter American Observatory) はウィスコンシン, ミシガン, キット・ピークなどの数天文台がチリと協同で建てたもので、第2表に見るような望遠鏡施設をもっている。

国際協力という点で特筆されるのはセロ・ラ・シーヤにおかれた ESO (European Southern Observatory) である。参加国はベルギー, フランス, オランダ, 西ドイツ, スウェーデンおよびあとから加わったデンマークである。これは素粒子物理学の CERN の天文版というべきものであろうか。1955 年頃, ライデン天文台オールト台長とウィルソン山天文台パーデとの話し合いに端を発し, 1962 年に政府間協定が結ばれて望遠鏡製作と候補地探しが始まった。建設地に選ばれたラ・シーヤはさすがに空の条件がよく, 観測日数は年間 365 日 (光電可能日が平均 238 日), シーイングは平均 0.7 秒角と, 日本からみるとうらやましいことばかりである。1969 年に開所式が行われたが, その前年から一部共同利用が始まった。1968—69 年度における ESO 利用者数の国別分布は第3表にみるとおりである。ここに多国間協同研究の結実した姿を見ることができよう。

4. 望遠鏡建設の歩み

望遠鏡建設の動向は国ごとに特色があるが, 大まかに見ると, 前節でのべた世界の7地域の状況が世界の動向を反映すると見られる。そこで, これらの地域ごとに望遠鏡建設状況を累積グラフに示してみたのが第8図であ

る。図は 10 年目ごとに, その年までに建設された望遠鏡の累積数を示す。1970—80 年間の点線は調べられた範囲内で建設中の数を加えたものであるから, 実際には点線を大幅に上まわることには間違いないであろう。

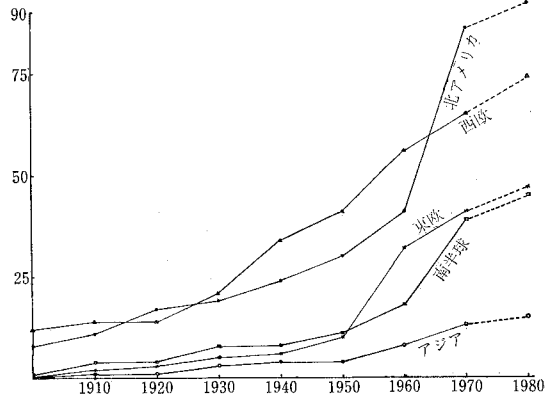
この図から, まず, アジアを除く諸地域での 1950 年以降の急激な伸びが注目される。とくに 1960 年代のアメリカの伸び率が大きく, ここで始めて西ヨーロッパを抜く。それと対照的なのがアジアである。絶対数, 伸び率ともに他地域との差が浮きぼりにされているのは, われわれにとっても残念なことである。

西ヨーロッパの累積グラフが 20 世紀初頭以来着実に上昇しているのは, やはり西ヨーロッパ諸国における伝統の重みを示すものであろうか。しかも, この累積グラフには南半球に建設された望遠鏡をふくめてないので, それを加えると 1960 年代の伸び率はさらに上昇するであろう。その反映が南半球の 1960 年代の伸び率に見られる。ここでは IAO や ESO の望遠鏡が大きな比重を占めている。

東ヨーロッパの累積グラフが 1950 年代に急激に上昇しているのは, ソ連が戦争の大きな痛手から立ち直って宇宙開発に乗りだした時期と一致する。それ以後, 着実な伸び率がつづいているのはソ連をはじめとする東欧諸国での天文学への関心の高さを示すものであろう。

5. 望遠鏡および付属装置の自動化

すでにのべたように, 最近の天体物理観測の目ざまし



第8図 望遠鏡数の年代別変化

第3表 1965~69 年 ESO の国別利用者数

年	国	フランス	ベルギー	オランダ	西独	スウェーデン	デンマーク	メキシコ	チリー	チェコ	アメリカ
1968		4	4	3	6	3	0	2	2	0	0
1969		20	2	4	3	1	1	0	0	1	1
計		24	6	7	9	4	1	2	2	1	1

い発展のなかで、観測・測定装置の自動化とデータ処理システムの発展がその基礎にあることを見逃すことは出来ない。その場合、自動化の内容として

望遠鏡駆動、ガイドの自動化

付属観測装置の自動化

測定機器の自動化

データ処理機構（計算機と周辺機器）

をあげることができよう。これらは無論相互に密接な関係にあるが、国や天文台によって取り組み方にはかなりの相異があり、それぞれに特色を出しているともいえる。全体的にいえば、すべての天文台はそれぞれ何らかの程度・形態で自動化システム化に努力して、それが観測精度の向上、解析速度の上昇に大きな進歩をもたらしていることは疑えない。ここではいくつかの例について最近の動向を探ってみたい。

上の分類のなかで、望遠鏡の自動化はまだ開発途上にあるといえるようである。完全自動望遠鏡とよばれるものもすでにいくつかはある。例えばウォッシュバーン天文台の 20 cm 自動望遠鏡、エディンバラ天文台の 2 連式 40 cm プログラム望遠鏡、クリミヤ天文台の 125 cm 自動測光望遠鏡（建設中）などである。しかし、これらはまだ規模も小さく、目的も光電測光専用に限られている。クリミヤ天文台の 125 cm 自動望遠鏡は 2 台 1 組を同じデスクからコントロールするもので、目的星と標準星の同時観測から自動的に目的星光度を解析し結果をアウトプットさせるものである。この望遠鏡の原型は 50 cm 反射鏡 2 台の組合せとして、すでにラトビアのストゥルベ天文台で稼動しているとのことである。

次に、付属観測装置についてみると、光電多色測光装置はすでに多くの天文台で自動化デジタル化が進み、現在の関心は光電スキャナーの自動化に向っている。この面ではアメリカが開発が進んでいて、ウォッシュバーン天文台、ハーバード大学天文台、ゲーテ・リンク天文台、リック天文台、ローウェル天文台などにその例がみられる。例えばウォッシュバーン天文台のスキャニング・スペクトロメーターでは光電データが増幅された後、マルチチャンネル・デジタルアナライザーに送られて処理される。また、ハーバード大学天文台のダブルチャン

ネル・スキャニング・スペクトロフォトメーターは計算機によってコントロールされるシステムになっている。他の天文台でも、それぞれ、分光光電データを解析する処理機構をもっている。光電多色測光も同様の処理機構で解析されるが、その応用としてハーバード大学、ストックホルム天文台の自動偏光測光装置や、スチュワード天文台の計算機コントロールをもつ 2 次元的エリアスキャナーなどが注目される。後者は面積をもつ天体、とくに銀河中心核に観測のねらいを定めているようである。

アメリカにくらべるとヨーロッパ、ソ連はむしろ測定機の自動処理に重心をおいているように見える。スコットランドのエジンバラ天文台とソ連のプルコバ天文台がこの方面で進んでいる。エジンバラではマイクロフォトメーター、アイリスフォトメーターの自動化につづいて、有名な GALAXY (=General Automatic Luminosity And XY Measuring Engine) を完成させた。プルコバ天文台では光電的自動座標測定機をすでに完成させ、現在、高速自動マイクロフォトメーターを製作中であるという。

日本でも観測・測定自動化についてはすでに多くの試みがある。望遠鏡の建設・整備と共にこの方面の努力も今後の観測天文学の発展における重要な要素となるであろう。

## 6. む す び

世界における望遠鏡および付属施設の現状を概観するなかで、われわれは日本の観測態勢のおくれと、一方、アジアのなかでの日本の役割の重要さを痛感させられた。日本の天文学、天体物理学における将来計画、研究体制全般を考えるさいに、世界の現状を把握することは基本的な必要性をもつものである。本稿がそのための素材の一つとなれば幸である。

なお、本稿は観測天文学シンポジウム（昭和 46 年 12 月東京）にたいする報告の一部である。最後に、資料、討論などをおして貴重な援助を寄せられた東京天文台高瀬文志郎、菊池仙、京都大学今川文彦、平田竜幸の各氏に深甚の謝意を表したい。

× × × ×

× × × ×