

「天文学におけるシュミット望遠鏡の役割」の会議報告

石 田 蕙 一*

1. 1972年3月21日(火)から3日間、西独のハンブルクにおいて、表題のような会議が行われた。第1日の午前、オールト(J.H. Oort)を座長にして、ブラーウ(A. Blaauw)のあいさつで始った。この会議は、ESOとハンブルク天文台とイギリスの科学研究会議(SRC)の3者共催になるもので、約150名の参加者を得た。ここでESOとは、ヨーロッパの6か国、すなわちベルギー・デンマーク・西独・フランス・オランダ・スエーデンが協同で、南米のチリーに置いているヨーロッパ南天天文台(European Southern Observatory)のことである。

さて、この会議はかなり具体的な目的で開催された。つまり、ESOが昨年チリーで組立調整中のものと、SRCが1973年にオーストラリアに設置するものと、2台の大型シュミット望遠鏡が南半球で活動を始めるにあたり、北天でパロマーの48インチ・シュミット望遠鏡が20年前に果たした役割を、南天でどのようにして担うか、また両者で分担するかということである。ブラーウはESOの台長である。

2. 次にミンコフスキー(R.L. Minkowski)が、パロマーの48インチの計画が、200インチと併行して進められた当時の心意気を述べ、そして実際に天文学上に果たした役割について振り返った。第2次大戦のはじめの頃から設計図は何回もかきなおされ、ながい試作研究の年月があったこと、しかもその間未だ14インチ角(だいたい36cm角)で厚さ1mmのガラス乾板が確実に入手できるという保証はなかったとのことである。実際1949年から、48インチは活動をはじめたが、良質の乾板が得られなくて何か月も観測ができなかったこともあり、パロマーの写真星図には沢山のイーストマン天体があることも事実である。

パロマーの48インチによる写真星図はそこからまだまだ将来の研究がでてくる打出の木槌である。そこでは青と赤の2つの波長が選ばれている。青は写真等級として当時最も確立していた測光系であった。赤は星間物質を検出することを目的としてH_α光をその波長域におさめた。48インチは1951年から1955年までの4年間を殆んどこの写真星図のために費した。星雲団のカタログ、準星の同定、稠密星雲などの研究について、ここで改めて述べる必要はないだろう。

このパロマーの48インチについても、今から思えばこうすればよかったということはあるようで、対物プリズムがつけられる程に架台が強くないということなど幾つもあるらしい。ミンコフスキーは将来の課題として輝線で光っている天体を掃天するための、ファブリー・ペロー写真術などについても言及した。

この後、今までシュミット望遠鏡で行われてきた研究について、銀河構造(以上第1日午前)、固有運動測定、対物プリズム(以上第1日午後)、銀河系外星雲、電波源の同定(以上第2日午前)の各分野について概論があって南天の写真星図など将来のことについての議論に引き継がれた。

3. ベッカー(W. Becker)は、カプタインの選択領域におけるUGRの3色写真測光について述べた。UGRはパーゼルの人達を中心に提唱されている3色測光系で、UBV測光系に較べて晩期型星の測光に有効である

名称	有効波長	名称	有効波長
U	370 m μ	U	~370 m μ
B	430	G	470
V	550	R	640

という。それは2色図上で、B-Vに較べてG-Rの基線が長いことによる。具体的には、空間赤化の方向がU-G、G-Rの2色図上ではスペクトル型や空間吸収の量によってU-B、B-V図上におけるように変化しないで一定の勾配であること、巨星の絶対光度がG型とK型でわずかしら違わないこと、晩期型巨星を2色図上で主系列に対して右側巨星と左側巨星に分離できることなどだという。

晩期型巨星	絶対光度 M_V	絶対光度 M_G
G型の平均	+0.4	+0.9
K型の平均	-0.2	+0.8

写真乾板はパロマーの48インチで撮影したもので、測定はアイリス・ホトメーターおよびエジンバラのギャラクシー・マシンによっている。写真測光の場合に問題になるのは測光尺度をどのようにして得るかということである。特に問題なのは16等から19等位までの暗い星で、数個の領域では光電測光による尺度が用いられたがその4倍位の数の領域では外挿した尺度が代用された。

* 東京天文台

研究対象としては、初め散開星団の測光が行われた。シュミット乾板によって 42 個の星団（そのうち16個は若い星団）の測光が行われ、光電測光だけによって観測された星団と共に銀河面で渦巻腕状の分布を示すよい結果が得られた。

1962年から銀河面一般の星の分布を調べるために、カプタインの選択領域がとりあげられている。星の空間密度が調べられたのは銀河系の内側方向では 4kpc、外側方向では 8kpc あたりまでである。外側方向でこのように遠くまで観測されているのは空間吸収が少いためである。といっても、ここまでの距離に到達できるのは絶対光度 $M_g < +2$ の晩期型巨星に限られるので、それがそのまま銀河系の質量分布をあらわしているとい切ることとはできない。とにかく、観測のある限りでは、星の数は銀河中心からの距離の 2~2.5 乗に逆比例して、銀河面の太陽より外側で減少しているように見えた。この仕事に用いられたのはパロマーの 48 インチで、U は 60 分、G と R はそれぞれ 15 分露出の乾板であった。今後、詳しく調べなければならないことは、U-G、G-R 図上で主系列の右側にいる晩期巨星と左側にいるその差は何かということである。右側巨星は銀河系の外側の方向にあり、左側巨星は銀河中心方向にあるという。

現在は 1971 年から銀河系全般の星の分布を調らべるために、ハロー・プログラムがはじまった。銀河面外の方向を含めて、選択領域 51, 54, 55, 59, 71, 83, 94, 107, 108, 133, 158, 159, 161 が選ばれて、写真測光が行われている。銀河面外の方向について、10kpc 以上の距離にわたって星の数分布図が発表されるのも間近だろう。以上のようにベッカーの話は、バーゼルの人達の仕事をまとめたものだったが、カプタインの選択領域の測光的星数えによって銀河構造を研究している人達は、オルバニーのフィリップ、パチカンのマッカーシー、それからブラウ、あるいはアリゾナにいくつかあって、研究の協同分担を主張する人もいたが、測光系の違いや対象とする星の違い、各研究グループの状況の差異などで直ぐにはいかな問題であろう。また、ベッカーは、暗い星の測光尺度は外挿によるなどしながらも、状況証拠などによって楽観的見解を述べたが、これには多くの鋭い反論がでて暗い星の測光尺度を全天に確立することの重要性が主張された。

4. ルイテン (W.J. Luyten) は、シュミット乾板による固有運動測定の新しい方式を紹介して、その測定精度について論じた。その測定機は 1965 年頃から開発されたもので、気圧・温度・湿度の変化や振動などに依存しないで 2 枚の乾板の星像の位置を比較測定する。ヘリウム-ネオン・レーザー光や、3,000 rpm で廻る 8 角プリズムを使うなど工夫してあるが、測定機そのものは単

純動作でおびたしい量の数値を読み出し、それを計算機が自動的に処理するという、いわば計算機に入力装置として附属した測定機という感がある。

実際に 12.5 年の間隔を置いて撮った乾板について測定をする手順としては、先ず SAO のカタログ星の位置を実測して、それぞれの乾板の定数を算出しておいて乾板全域の絶対位置を決める。パロマーの乾板では、少くとも 60~70 個の SAO 星がある。一般の星については、乾板の端から 12mm×16mm ずつの領域毎に相対位置が測定された。隣の領域とは (3/4)mm ずつ重複させていくと 1 枚の乾板に 660 の領域がとれる。2."5 以下の位置のずれを固有運動の候補として 2 枚の乾板上の星像の組合わせを採って行くと、例えば 25,000 の固有運動候補の内約 500 が固有運動といった具合で、そのふるい落としもひと仕事になる。乾板 1 枚の測定時間は 3 時間で、計算機の使用料 50 万円とか。1973 年の終りまでに、銀河領域を除いた天域 ($|b| > 15^\circ$) について測定を完了する予定とのこと。

固有運動のほかに、三角視差の測定も、シュミット乾板で 19 等位まで行けるので大いにやるべきであると主張していた。

5. バイデルマン (W.P. Bidelman) は、対物プリズムによるスペクトル写真で可能ないろいろの仕事を列挙した。

先ず掃天的観測として、例えば選択領域や特定のカタログの星全部について均質なスペクトル分類をすること、および特殊な星、例えば H_α 輝線のある星、惑星状星雲、ウォルフ・ライエ星、OB 型星、M 型超巨星、炭素星、S 型星、M 型星、白色矮星、弱金属線星などの抽出発見がある。掃天的観測で分散が低いことがどの位に不利になるかという例として、580 A/mm で行われたスレッチバックの弱金属線星と思われる星のリストを 76 A/mm の分散で調べると 4 分の 1 が誤同定だったという。これはずいぶんいい。スチーブソンは、セロ・トロロで 4."5 の対物プリズムを用いて南天の OB 星の掃天観測をしているが、 H_γ の幅を用いて分類をしている。バイデルマンは、 $4^\circ + 8^\circ$ の対物プリズムで 100 A/mm の分散を得て、適当に幅付けをして 20 分露出で沢山のいいスペクトルを得て、いろいろな変わり種の星を発見している。

次に、変光星、固有運動の大きい星、赤外線星、M 型矮星、T Tau 星などの観測。

それから特定波長、例えば近赤外領域の OI 線や CN 吸収帯を取出すなどの方法もある。

最後に、特定領域の天体のスペクトルを比較する仕事としてマゼラン雲がある。10° 対物プリズムで H II 領域のスペクトルをとって大小マゼラン雲と銀河系のもの

を比較すると、大マゼラン雲の状況は銀河系と似ているが、小マゼラン雲の H II 領域では窒素の 6584 Å の輝線が殆んど見えない。このことは、大質量の銀河の中心部では金属元素（水素とヘリウム以外の元素の意味）が多いのではないかとされていることを支持する観測資料である。

最後に、シュミットの対物プリズムとしては高分散の 100~300 Å/mm から 1,000~1,500 Å/mm の低分散、あるいは 10,000 Å/mm 以上の超低分散にいたるまでやるべきことは無数にある。要は、どの位遠くまでの星を調べたいか、どの位スペクトルの細部を調べたいかで、分散を選らばねばならないと結論した。

6584/H α の強度比	<0.1	0.1~0.5	>0.5	観測した H II 領域数
小マゼラン雲	97%	0%	3%	32
大マゼラン雲	61	15	24	110
銀河系	55	22	23	49

短いコメントの中で注目されたのは、カラカスのストック (J. Stock) の話である。彼は対物プリズムで撮った乾板で視線速度を測定している。セロ・トロロの 24 インチ・シュミットで 240 Å/mm のスペクトルを 20 分露出で、幅付け 15" して 10.5 等級の星までうつす。望遠鏡のクランプを返して別の乾板に同一の天域を分散方向を 180° 変えて撮る。この一対の乾板をプリング・コンパレーターに乗せてスペクトル線のずれを測定した。視線速度の知られている星々を乾板上に適当に分布させて乾板定数を決定すると、平均誤差で ± 20 km/sec の精度が得られる。200 km/sec 以上の星はプリング・コンパレーターで眼視によって抽出できるという。

対物プリズムに関するトピックスとしてはタウテンブルグの世界最大のシュミットに対物プリズムができたという (H. Beck, Jena)。補正板と一体になったもので H γ で 2500 Å/mm という低分散で、QSO や青い天体の 19 等までの掃天をする。補正板と対物プリズムを一体でつくることについては、60 cm のものをつくって 16.5 等までに使って、いい結果を得たので、直径 1.4 m のもの

をつくったということである。

6. ファン・デン・バーク (S. van den Bergh) は銀河系外星雲の近年の研究を概観したあとで、彼自身の最近の研究を幾つか紹介した。

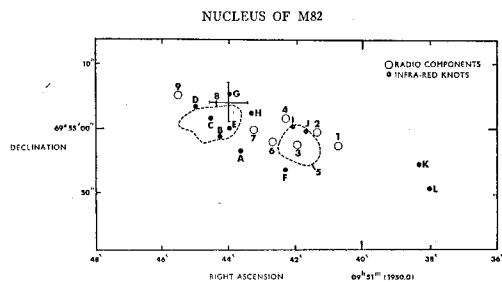
まず、QSO の掃天について新しい視点を提案した。それは在来の掃天が、電波と UV 超過によっているが、今までに発見されている最も大きい赤方偏位 $z=2.88$ をもつ 4C05.34 は UV 超過がない。一方、QSO の変光はますます一般的現象として認められてきている。そこで、彼はパロマーの 48 インチの乾板で変光天体を 20 等の限界等級まで調べて見ることを思い付いた。パロマーで同一天域が最も多く撮られているところを選び出して、次々にプリング・コンパレーターにかけて見た。6.2 平方度の領域を入念に検査した結果、彼は 1 平方度当りで 25 個の変光天体を検出した。変光範囲の検出限界は 0.5 等までと考えられる。銀河系内の変光星の数は、1 平方度当りで 7~10 個と推定される。仮に残りが QSO だとすると、サンディジの QSO の推定数の 3~4 倍という多い数になる。これらの変光天体が何であるかを調べることは興味のあることである。

次は、M 82 などの特異な銀河系外星雲について、パロマーの写真星図で撮られた青と赤の波長域のほかに、紫外光、近赤外光、あるいは青と赤の中間の夜天光の輝線をさけた波長域で写真を撮ることの意義である。M 82 の中心部を近赤外 (IN+W. 89B) で撮影して、約 12 個の明るい点が発見された。それらのひとつに、スリットを当ててスペクトルを撮って見ると B 型星が圧倒的に多いことがわかった。M 82 の中心部は巨大な H II 領域になっていて、その光量から推定すると約 8×10^8 個の O 型星がある筈である。従って、12 個の明るい点は、巨大な若い星の集団が、吸収物質で空間赤化を受けたものと考えられる。しかし、センチ波で見つかった 7 個の電波点源の位置は、それらの 12 個のいずれにも一致しないし、10 ミクロンの赤外点源にも一致しない。

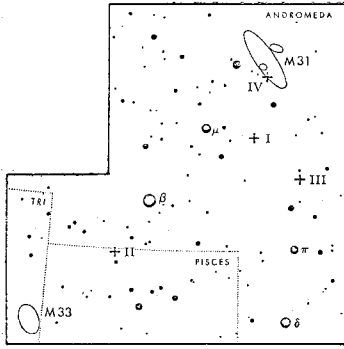
その他 NGC 5128=Cen A, NGC 1275=Per A, NGC 4151, M31, M33 などに関する研究の紹介があった。特に、コダックの IIIa-J 乾板によって、従来の 103a-O に較らべて矮小星雲のような淡い天体の検出が可能になって、その結果アンドロメダ星雲の伴星雲が 3 つも新しく発見されている。

7. ボルトン (J.G. Bolton) は、電波天文の立場から、初めノルトンの星図でかに星雲を探していたのが、シャプレーとアメスのカタログで銀河系外星雲を、そして今はパロマーの写真星図でも限界等級に近い天体を探しているという。それで南天においてもパロマーの写真星図に相当するものを一刻も早く欲しいという。

パークスでは、赤緯 $-30^\circ \sim -45^\circ$ の 4 つの赤経と赤



第 1 図



第 2 図

緯 -75° 以上の極域の合わせて 5 つの天域で波長 11 cm の掃天が行われる。0.20 f.u. まで 1 平方度当り 4,000 個、そのうち 80% は QSO と予想される。そこで SRC の大型シュミットができれば、先ず 1 色で上記の天域を 6 か月間に掃天を完了する。シーイングは 2" が限界で、1.45 以下が望ましい。波長域は UV Cut をした青が分解能もいいし限界等級もいい、と要求は極めて具体的であった。

同定について見ると 9 f.u. までの 3 CR カタログは 50%、2 f.u. までの 4 C カタログは 3% である。適当な波長域で 2~3 時間の露出をした 2 色の写真星図ができれば波長 11 cm で 0.5 f.u. 以上の点源は、40% が同定されるだろうという。

8. 以上で各分野の概論がおわって、あと南天でのシュミットの役割 (P. Wayman; ダブリン) という話に引続き、ESO (O. Heckmann; ハンブルク) と SRC (V.C. Reddish; エジソバラ) のシュミット建設の現状、AURA (C.R. Lynds; ツーサン) の 2 台の大型シュミット計画の話のほか、2 色の写真乾板をマイクロホトメーターでスキャンして計算機で天然色写真を合成した話 (J.D. Wray; エバンストン)、ボンのスペクトル・アトラスの続編について (W.C. Seitter; ボン) 等々の話があった。

第 3 日の午前、ブラウが座長になって南半球の掃天観測と写真星図の計画について討論が行われた。討論の引出し役は、ファン・デン・パークで、1950年から20年という時代の差を考えて、あまり保守的にならないで討論しようといって、III_a-J や IN の乾板を考慮すること、乾板の増感処理あるいは撮枠や鏡筒から空気を抜くことなどで乾板の感度をあげることが可能であろうと述べた。

ミラー (W.C. Miller; パサデナ) は写真観測の精度について述べた。あとで聞くとヘール天文台がチリーのラ・カンパナに計画している 100 インチ反射鏡では、20 インチ角の乾板を使用することが検討されており、ミラーはそのために現在総合的実験をしているという。

南天の掃天観測にどの色を選ぶかという討論は、議論が百出した。そこで、オールドは現在最善と思われる乾板とフィルターを選んで、南天を行い北天にもおよぼすことを提案した、しかし、それは III_a-J を用いることを意味したととれたので、ポルトンは顔を真赤にして反対した。6 か月位で、先ず青 (B) の掃天をやって欲しいという。UGR を主張する声もあった。こんどは、マールテン・シュミットが、広く共用する写真星図としてパロマーのと同じ青と赤で南天でもできるだけやく写真星図をつくる。次は、真空ペーキングした III_a-J で 70 分露出をすると、22.5 等までいける。選択領域からやって 2 年かかるだろうが、これなら電波源カタログの 5 C に対応するだろう、と提案した。これは、かなりの拍手を得た。そして、このあたりで時間切れになった。1972 年と 1973 年に相継いでできる ESO と SRC の 2 台の大型シュミットが掃天観測などをどう分担するかということにまでは討論が進まなかった。

9. 最後は、ストレングレン (B. Strömgren; コペンハーゲン) がまとめをやった。研究対象は、銀河系については渦巻構造、中心方向、反中心方向、ハローの星の数密度分布、スペクトル型の存在比、種族、運動、銀河系外については近傍の銀河系外星雲、分類、形態、分光測光、変光変位変形、電波天文と比較、赤方変位、空間分布、星雲団、宇宙論の検証などに分けることができる。研究方法は、写真星図、位置測定、多色測光、変光星、対物プリズム、系内星雲の測光、銀河系外星雲の測光、数密度分布、電波源との同定などがある。これらのなかで、乾板の共用をできるだけ可能にすることを考えると、多重露出は好ましくない。プリンク・コンパレータや計算機による重ね合わせで処理できるからである。多色測光と対物プリズムによる資料を統合する方法、光電測光による標準星を限界等級まで得るにはどうしたらいいか、可能な露出時間である程度の精度をもって、できるだけ暗い天体を検出する方法は何か、といった幾つかの問題点を提出して、参加者の宿題とした。

3 日目の午後は貸切りバス 2 台でベルゲドルフのハンブルク天文台へ行った。1930年に作られたベルンハルト・シュミットの第 1 号シュミットの架台のところで、ポルトンとレディッシュがまた、議論を蒸し返していた。ハンブルク天文台の 80 cm シュミットは、マックス・プランク研究所が多分スペインにつくるであろう新しい天文台へ数年のうちに移転する。東京天文台が本曾に建設を進めている大型シュミット望遠鏡にも多くの期待がかけられている。1975 年の完成が待たれることである。