

Be 星の分光学的諸問題について

— ムードン 便りにかえて —

小 暮 智 一*

昨年秋からこの8月中旬までパリ天文台天体物理部(ムードン)に滞在し、エルマン女史のところでは Be 星の仕事をしてきました。女史は 20 年来、Be 星の分光観測に打ちこんでいる生粋の観測家です。

Be 星についての私のこれまでの仕事といえば、純粋に理論的なもので、いわゆる Be 星型輻射場の特徴を明らかにするために、静的な平行平板大気を仮定して、バルマー線の輻射場をとくというやり方でした。これによってバルマー輝線の相対強度(バルマー減滅率)の理論値を計算し、それと観測値との比較から大気の平均的構造(ひろがりや光学的厚さなど)が考察されます。

しかし、この理論にもとづいて、ただちに実際の Be 星の輝線スペクトルを解析するというわけにはいきません。何故なら、実際の Be 星では観測量が相対強度のほか、輝線自体の強度(等価巾)、輝線プロフィール、視線速度などに及び、水素以外のスペクトル線との関係も重要になってきます。スペクトルの特徴が星ごとにことなるうえ、多くの Be 星ではこれらの観測量が時間的にかなり不規則に変化する、といった複雑な事情があるからです。

恐らく Be 星の表面は、高速自転も一因となって不安定な状態となっており、赤道方向にひろがる大気はたまに急激な変動にさらされているのでしょう。大気はときには光球からの流出ガスによってふくれあがり、ときには重力によって落下の状態にあり、大気が二重あるいは三重の構造をもつことも稀ではないようです。こうした大気構造とその変化をスペクトルから追跡するという仕事は、大気がバルマー線について十分に厚いという事情から簡単にはいきません。輻射場についての基本的理解がどうしても必要です。

そこで、われわれの理論をもとにして、輝線スペクトルの解析を実行するにはどうしたらよいであろうか、という問題がすぐに浮び上がって来ます。スペクトルの複雑さからみて、これまでの理論がそのままでは不十分であることはたしかです。しかし、どの方向に、どのように理論を改善するか、を見るためにも、まず、現在の理論でできるだけの説明を試みる必要があるでしょう。だから、エルマン研究室ではできるかぎり多くのスペクトルをしらべる一方、理論との比較のなかから、新しい解析法を探したい。これが日本を出るとき、私の直面していた問題でした。

エルマン研究室では観測の主眼をこのスペクトル変化においています。私が行く前、ドアザン夫人は HD 50138 について、ラコアレ嬢は HD 168957, HD 171406 などについてそれぞれ測定を行ない、論文や私信によって私も彼女らの仕事に興味をもっていました。私がムードンについたとき、お二人はそれぞれパリ天文台(パリ)、ニース天文台へと転出し、そのあとをうけて、デルプラス嬢は ζ Tau, プトン君は HD 4180, トルコから留学中のイルマズ嬢はプレオネ、といったように若い人たちがそれぞれ担当の星について測定を実施中でした。

変化を主眼におきますと、どうしても変化の著しい特異な星が対象となります。ζ Tau と HD 4180 のスペクトル変化はとりわけ私をおどろかせました。これらはどちらも代表的なガス殻星(shell star)で、バルマー輝線はガス殻による鋭い吸収線のために、紫側(V)と赤側(R)の二つの成分に分かれています。両成分の強度比(V/R)はどちらの星もほぼ7年の周期でゆるやかに変化しますが、その変化がときおり、はげしく乱され、10日ないし数週間にわたって、輝線にピークが4つあらわれたり、輝線の底にさらに幅広い輝線がせり上がってきたり、ドラマチックな変化の様相を示します。

こうした複雑な輝線の変化を大気構造の観点からどう理解したらよいか、これは果しない議論の題目でした。午後4時のお茶の時間も、よくこの話題でにぎやかになりました。しかし、いろいろと話しあうなかから、いわゆるガス殻星についての問題点がかなりはっきりしてきたように私には思われました。

ひろい意味での Be 星はガス殻吸収線の存否によって二つのグループに分けられます。一つは正常 Be 星、他はガス殻星です。両者を比較すると第1表のようになります。

第 1 表

	正常 Be 星	ガス 殻 星
(1) 水素バルマー線のガス殻吸収線	存在しない。	存在する。
(2) 1 回電離金属線 (Fe II, Ti II, Si II 等)	弱い、または存在しない。	鋭く深い。ときに輝線を伴う。
(3) He I 吸収線	正常である。(B 星と変らず)	一般に極めて弱い。
(4) 輝線の中 Δ (km/sec) $\Delta_\alpha: H_\alpha; \Delta_\beta: H_\beta$	$\Delta_\alpha \approx \Delta_\beta$ $\Delta_\beta \approx V \sin i$	$\Delta_\alpha > \Delta_\beta$ $\Delta_\beta \approx V \sin i$

* 京都大学理学部

正常 Be 星は数の上ではガス殻星よりずっと多く存在します。スペクトル変化ももちろん示しますがドラマチックな変化は少ないようです。一般的にいて、正常 Be 星はやはり正常というか、安定に近い星であるようにみえます。このなかに、pole-on 星とよばれる Be 星の一群があります。定義ははっきりしていませんが、スレットバック (1949) によると、それらは第一に輝線が単純なプロフィールを示すこと、第二に光球吸収線の幅が中程度より狭いこと (自転速度でいて $V \sin i \leq 200 \text{ km/sec}$) で、これらの特徴から pole-on 星とは Be 星を自転軸に近いところから眺めている場合に当ると考えられています。一つの極端が純 pole-on 星であるとするれば、他の極端は赤道方向から眺めるという場合、つまり equator-on 星ともいうべきものです。Be 星大気をガス殻とみなすと、equator-on 星ではガス殻が光球正面に来て光球をかくしますから、それがガス殻星に特有なガス殻吸収線をつくる可能性があるわけです。ソレレフのプロフィール理論でもこの種の吸収線を考慮しています。

問題になるのは、equator-on 星にあたるのはそのままガス殻星であるのか、それとも、ガス殻星は正常 Be 星とは別種の現象であるのか、という点です。ガス殻吸収線の存否という見方でいえば両者は同じものといえそうですが、第 1 表の他の項目をみると両者は単純に傾斜角の相異だけではすまされないようにもみえます。ただし、最後の項目、つまり輝線の幅 $\Delta\alpha$, $\Delta\beta$ (km/sec) の不等関係については、これはアンダーヒル女史 (1953) が暗示し、リングレ・カスワルダ夫人 (1963) が支持しているものですが、いずれも測定した星の数が少なく、確言はできません。実さい、私がムードンで測定した星のうち、HD 202904 は正常 Be 星であるにかかわらず、 $\Delta\alpha \sim \pm 500 \text{ km/sec}$, $\Delta\beta \sim \pm 250 \text{ km/sec}$ ($V \sin i = 220 \text{ km/sec}$) という値を示して例外となっています。したがって、この関係についてはもう少し検討が必要であろうと思っています。

いずれにしても equator-on 星とガス殻星との関係は今後に残された問題の一つといえましょう。

エルマン研究室で使われている Be 星の乾板は、小分散スペクトル (100~300 Å/mm) についてはムードン天文台 60 cm 反射鏡のカセグレン分光器(グレーチング)、オートプロバンス天文台 120 cm 反射鏡のニュートン分光器 (プリズムとグレーチングとで 2 台) によるもので、これらは 1950 年ごろからの乾板があります。一方、高分散スペクトル (10~20 Å/mm) はオートプロバンス天文台 193 cm 反射鏡のクーデ分光器によるもので、1959 年以降の乾板があります。そのほか、エルマン研究室のル・コンテル氏は電子カメラによって高分散 (2 Å/mm) のスペクトルを β CMa 型星の $H\beta$ 線について撮影しています。

オートプロバンス天文台は南仏 アビニオンから東へ 90 km ほど入った山のなかにあります。私も昨秋 2 週間滞在し、ル・コンテル氏の電子カメラの観測を見学したが、シーイングの状態ではクーデに切り替えて Be 星の観測をいたしました。11 月末はこの地方の天気がいちばん悪いときだとかいうことで、滞在中観測可能だったのは 1 週間ほどでした。ここのクーデ室は一二階に分かれて広々と場所がとってあり、二階はクーデ分光器、一階はエシエルと電子カメラ、となっています。

別のドームにある 120 cm 反射鏡はニュートン焦点だけの分光観測専用という珍しいもので、90° はなれた二つのニュートン口にそれぞれ別の分光器がとりつけられています。この望遠鏡は私の滞在中、アンドリア夫妻が使っていました。夫人は Be 星の赤外分光を精力的にやっているほか、QSS などにも興味をもって 3C 273 の赤外スペクトルをとったこともあり、京都での私たちの仕事、星雲核の輝線スペクトル、電波星雲の進化などにも大きな興味を示しました。

そのとき、私はアンドリア夫人から数枚の写真を貰いました。約 60 個の B および Be 星について赤外域と可視域のスペクトルを比較したものです。私の注意をつよくひいたのはパッシュン系列線 P 13~P 15 と、バルマー輝線 $H\alpha$, $H\beta$ との相関です。両者の輝線の現われ方は一見無関係のような感じをうけましたので、第 2 表のような相関をとってみました。これは写真を眺めての推定で

第 2 表 パッシュン線と $H\alpha$ 線の相関表

P 13~P 15	$H\alpha$		痕跡	弱い輝線を伴う	強い輝線を伴う	
	強い吸収線	弱い吸収線				
強い吸収線	7	2	1	8	1	
弱い吸収線	4	4	1	4	8	
痕跡	0	1	0	5	2	
弱い輝線を伴う	0	1	0	1	11	
強い輝線を伴う	0	0	0	0	4	
星数合計	65 =	11	8	2	18	26

すからごく粗いものですが、それでもある程度関係は認められます。たとえば P 13~P 15 で強い輝線を示す Be 星はかならず $H\alpha$ も強い輝線を示すけれども、その逆の、 $H\alpha$ 輝線の強い Be 星がかならずしも P 13~P 15 で輝線を示すとはかぎらない、という傾向は、輻射場についての大きな問題といえるでしょう。この関係がとくに重要なのはわれわれの大気論ではパッシュン系列線にたいする大気の光学的厚さが本質的な意義をもっているからです。とにかく、赤外スペクトルについてアンドリア夫人と話し合うことができたのは私にとって思いがけない収穫でした。

オートプロバンスからの帰途、ベッケア教授の招きでニース天文台を訪問し、ラコアレ嬢の歓待をうけまし

た。彼女はニースに移ってからは Be 星の仕事から離れているので、その代わりにドライブにお誘いしましょう、といってゴート・ダジュールをモナコまで案内してくれました。冬のパリの陰うつな空にくらべると、この空と地中海の海の紺碧は目にしみるばかりです。彼女もニースがすっかりお気に召してパリよりずっといい、などいっておりました。

パリに帰るとユトレヒトのアンダーヒル女史からの招待の手紙が待っていました。アムステルダム行の急行列車でまだ夜明け前のパリを発ったのが1月の中旬です。ユトレヒト天文台では当地在住の友人難波収氏の歓迎をうけ、年来の再会に話もはずみました。

アンダーヒル女史も私のためにセミナーを用意してくれたり、3日間の滞在中、数度にわたって討論する機会をもってくれたり、貴重な時間を割いて歓待してくれました。私としては、輝線スペクトルの解析にどこから理論的な手がかりを見出していったらよいのか、という点が当面の問題でしたので、輻射場理論の検討、輝線解析の具体的方法など、その方向に沿って、いろいろとお話をうかがいました。

女史の考え方はつきつめると、Be 星のスペクトル変化についてはまだ現象論の段階にあること、現在の理論はソボレフ理論にせよ、われわれの理論にせよ、まだ輝線解析を効果的になしうる段階にまで進んでいない、というものです。その観点からスペクトル変化の追跡の意義をしきりに強調しておられました。私の立場からは、それが果して最善の道であるかどうかには多少の疑問が残りましたが、それはそれとして、女史の考え方は十分に納得することができました。

そのあと、アンダーヒル女史はド・グルート氏らの仕事の紹介かたがた、数多くのスペクトルを見せてくれました。ここにはビクトリア天文台(カナダ)、ウイルソン山天文台(アメリカ)、オートプロバンス天文台といった各地からの乾板が集められていて、乾板を借出したり、必要に応じてアメリカに観測に行ったりはかなり自由に出来るとの由、やはりアンダーヒル女史の実績によるものと、あらためて感心いたしました。スペクトル変化の追跡の方法はムードンと変わりありませんが、スペクトルの処理を実際に見ることができたのはたいへん有益でした。

ムードンに帰ってのち、スペクトル変化のにぎやかな議論をつづけるなかで、私の頭のなかにはちょうど反対のこと、つまり、なるべく変化の少ない、プロフィールの簡単な Be 星について、理論と観測の結び目を求めるのが先決問題ではないか、という考えが浮びはじめていました。

一つの試みとして、同じ分光型の星(例えば B2V~B2Ve)について輝線強度の順にスペクトルを並べると

き、バルマー減減率、輝線プロフィールなどはどんな関係を示すか、をしらべて見たら面白いだろうと思いました。輝線強度は大気構造を反映するパラメーターの一つであろうから、それを手がかりにして大気のモデルに近づく道があるはずだという予想が働いていたのです。

エルマン女史はその計画にたいして、輝線成長という考え方は大変興味深い、うまく系列ができるだろうかとか多少あやぶんでおりました。しかし、とにかくやってみることにし、B2V 星を対象として候補の星をさがしてはそのスペクトルを印画紙に焼きとる、という作業を数日間つづけました。

ところが、B2V 型と限定すると使える星の数が案外少なく、また、輝線強度のパラエティもあまり大きくない、ということで、初めに期待したような系列は一寸できそうにないことがわかってきました。それに H α と H β の同時観測を行なった組合せの例も少ないという事情も加わりました。

こうして、スペクトルの使える星をえらび出しましたところ、それはどれもスレットバックのいう pole-on 星になっていました。pole-on 星についてはすでにパービッツ夫妻の論文(1953)がありますが、輝線解析の方法が今からみるとあまりに不十分です。一方、もし、われわれの静的大気論を適用するとすれば、やはり pole-on 星がいちばん好都合であろうと予想されますから、私は初めの予定どおり、それらの星についてバルマー線の測定を始めました。

すぐに問題として出てきたのは輝線の V, R 成分への二重化です。pole-on 星といっても輝線はしばしば二重化をおこしますが、しかし、その中心部の凹み方は明らかにガス殻星のものとは異っています。二重化の原因としては (a) 何らかの吸収によるか、(b) 大気中の視線速度の分布状態によるか、の二つが考えられますが、ここでは (b) の方が可能性が大きいように見えます。pole-on 星といっても純粋に自転軸方向からみたものは少なく、大体はある傾斜角をもったものであろうし、大気は赤道方向にひろがっているという考えを取り入れるなら、われわれは回転する円板を斜め上方から見るようになります。一方、理論的立場からはこの大気はバルマー線について極めて不透明で、輝線は大気のごく表面近くで形成されるはずで、こうして、この円板大気の各部分にわれわれの輻射場理論を適用し、表面からの輻射流量を適当に積分するならば、輝線強度ならびにプロフィールが計算できると期待されます。そこで私は (i) Be 星大気は円板状同心円柱である、(ii) pole-on 星では円板側面からの輻射は無視できる、との仮定の下に、その計算にとりかかりました。

乾板の測定と平行しながら、計算の方法などあれこれ考えているうちにムードンに春がやって来て、3月に入

るとムードンの谷間は桃に似た美しい花とその香りであつまれました。日足も一気にのびて人々の心も次第にはずんでくるようでした。

復活祭の休暇が終わったころのある日、イルマズ嬢がブレオネ (B8 Ve) のバルマー輝線の測定結果をもって私の研究室にやってきました。測定は小分散スペクトルによる H_α , H_β , H_γ , H_δ の輝線等価幅で、数年間にわたるブレオネのスペクトル変化を跡づけるものです。そのデータから大気構造の変化を追跡したいのだが、どうしたらよいか相談にのってほしい、というのが来室の趣旨です。測定値を眺めながら私はこれをつかって私の考えをたしかめられるかもしれないと思いました。そこでイルマズ嬢に H_α/H_β の等価幅の比をたて軸、 H_α の等価幅をよこ軸にとって測定点を図示するよう提案しました。翌日、彼女の作ってきた図を見ると、 H_α/H_β 比は H_α 等価幅の増加と共にほぼ直線上に増加しており、私の予想を強く裏づけてくれました。

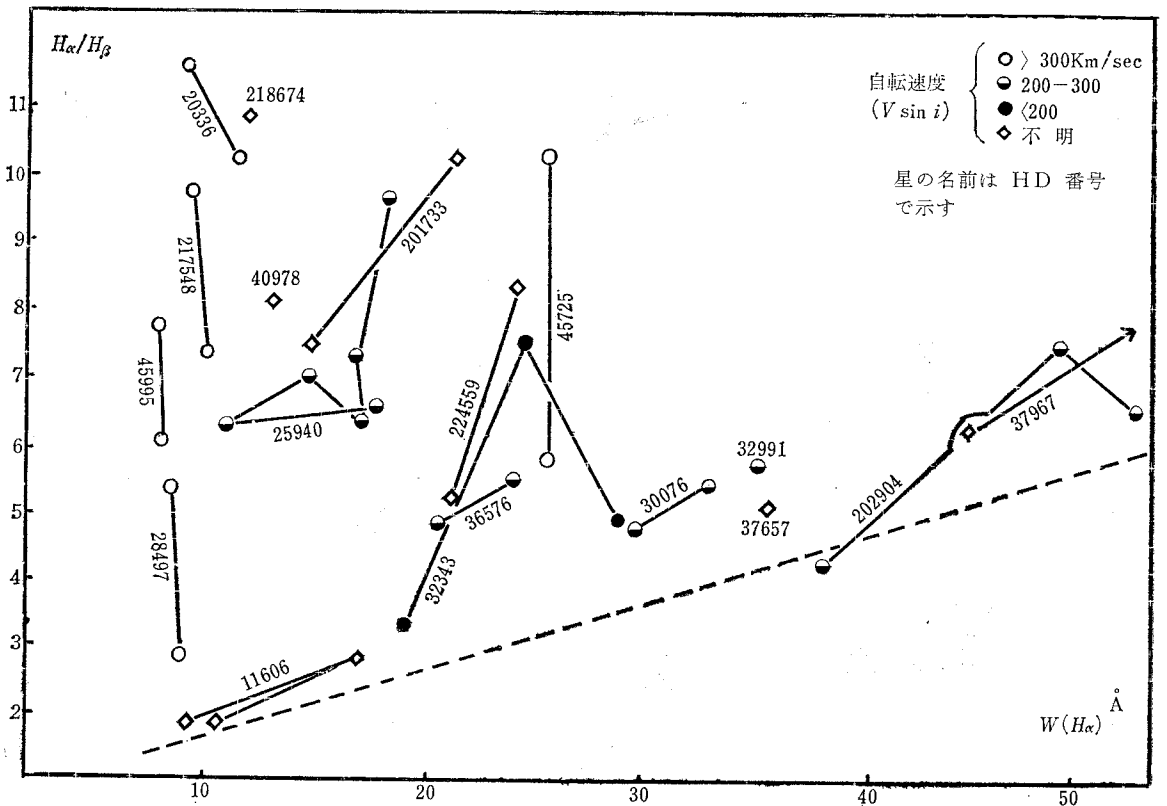
それについてジュバル氏と話していると、氏は「そのデータなら、200 個あまりの星についてドアザン夫人と昨年から測定をはじめ、結果の一部はここにある」といって、データを私に貸してくれました。測定は未了のことでしたが、早速部屋にもどって分光型別に B0 か

ら B9 まで、同じ関係図 ($H_\alpha/H_\beta - W_\alpha$) 図を作ってみました。B3 星についての例が第 1 図に示したものです。

図の特徴をまとめますと、

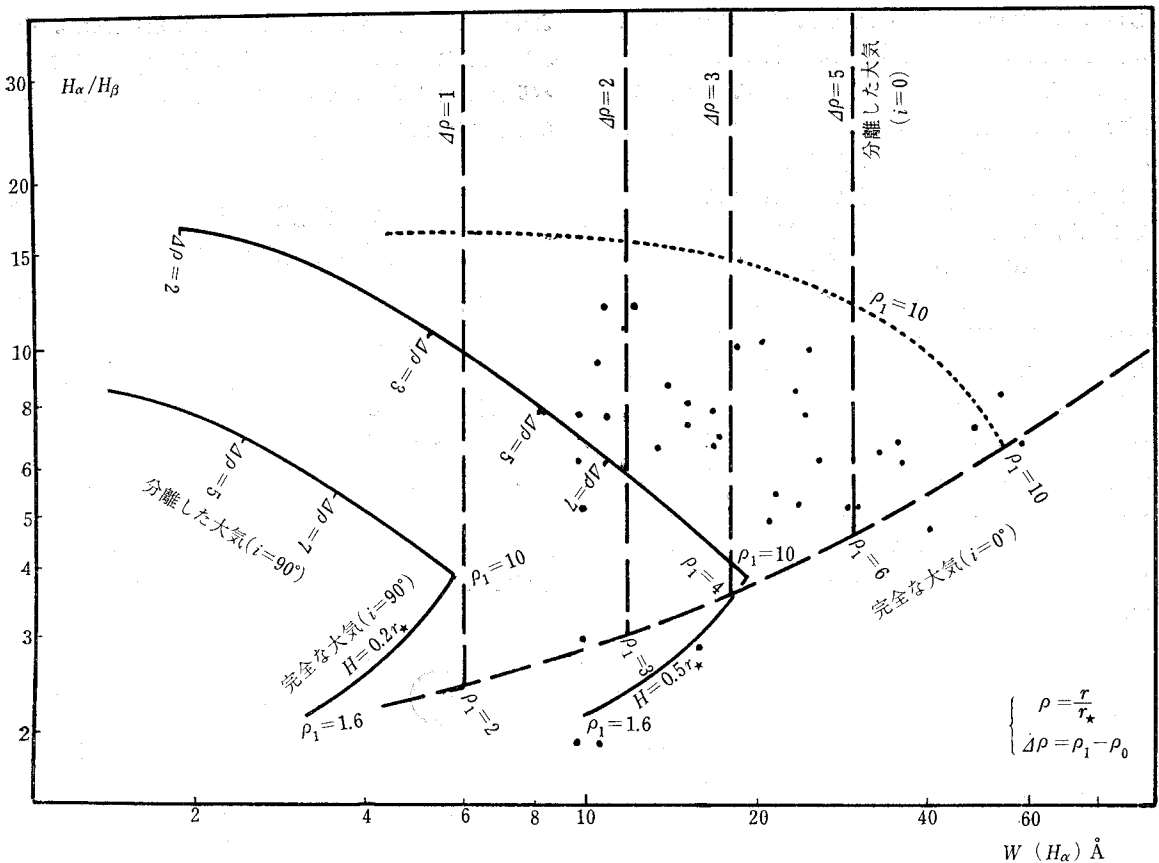
- 1° 観測点は図上に広く散らばるが、分布に下限があり、下限の傾きは分光型がすすむにつれて大きくなる。
- 2° 星の自転速度 $V \sin i$ と分布とは関係があるらしい。すなわち、自転の速い星は左方に集り、自転のおそい星は右方ないし下方に集る傾向がある。
- 3° 数点の測定値のある星はこの図上でかなり大きい変化の軌跡を示す。図中、直線で結んだのは同じ星を示す。ただし、観測日時を記入しなかったので変化の方向ならびに時間規模はここではわからない。

はじめにこの図を見たとき、観測点のちらばりにとまどい、ブレオネのようにきれいな直線上にならばなかったことに失望いたしました。やがて、この散らばりは自転軸の傾斜角の相異なるのかも知れないと考えてみました。すでにのべた同心円柱状のモデル大気によれば、pole-on 星 ($i=0^\circ$) では $W_\alpha \propto r_1^2$ (r_1 は円板の外側半径)、equator-on 星では $W_\alpha \propto r_1$ であろうから、pole-on 星が分布の下限を与え、equator-on 星が左側の限界を与えるだろう、という予想です。前と同じ方法で H_α , H_β の等価幅の試算をやってみました。そのさ



第 1 図 ($H_\alpha/H_\beta - W_\alpha$) 図

B3 e 星についての観測値を示す。直線で結ばれた観測値は同じ星の異なった乾板上での値を示す。



第2図 ($H_\alpha/H_\beta - W_\alpha$) 図上の理論曲線

pole-on 星 ($i=0^\circ$) と equator-on 星 ($i=90^\circ$, 自転速度 $V=400$ km/sec) についての理論値を大気のひろがりの函数として示す, 小さい黒丸は第1図の観測値をそのまま記入したものである。

い, equator-on 星については視線速度を2倍の熱ドップラー幅でとって行き, 各等視線速度面では同じガウス形の輝線が形成されると仮定しました。これはもちろん静的な大気論で運動する大気を取扱うための苦肉の策だったわけです。こうして, バルマー減滅率と H_α 線等価幅とを円板大気の外径 r_1 の函数として計算し, 図上での試算による理論曲線を描かせたのが第2図です。

第2図は第1図に示した観測点がそのまま記入されています。その分布は理論曲線の予想する妥当な領域にはほぼ落ちついているようですが, それと同時に, はじめの予想とは少しちがった結果もできました。

まず, pole-on 星について理論曲線を見ましょう。円板大気 (内径 r_0 , 外径 r_1 , 厚さ $2H$) の内径が光球 (半径 r_*) と一致しているとき ($r_0=r_*$) を完全な大気, 離れているとき ($r_0>r_*$) を分離した大気, とそれぞれ名づけることにしますと, 完全な大気では r_1/r_* が1から5, 10 と増加するにつれて, 曲線は星の分布の下限近くを走り, 一方, 光球表面でのガス流出が止まって大気が分離しはじめると, 円板のひろがり一定 ($r_1-r_0=2r=$ 一定) という大気は H_α 線強度一定のまま H_α/H_β が増

加するので曲線は垂直上方に向きます。この図をみると大部分の星は分離した大気を持つこととなります。

一方, equator-on 星では輝線強度は円板の厚さ $2H$ に比例しますので, 観測点との比較から適当な値をきめますと $H/r_* \leq 0.5$ となります。この図では $V_0=400$ km/sec を仮定しましたので熱運動速度 20 km/sec の2倍で分けて行くと10個の等視線速度面を見ていることになり, 高速度面ほど大気の内側にあって大きな輻射流量をもちますから, その部分からの寄与が大きな比重を占め, 結局, 大気を無限に大きくしても H_α 線強度はバルマー減滅率とともにある有限値に収束します。それが完全な大気の場合ですが, 大気が分離しはじめると寄与の大きい内側部分から欠けはじめるために, H_α 線強度は減少し, H_α/H_β は増加の一途をたどります。以上の様子は第2図に見られるとおりです。

第2図は傾斜角については $i=0^\circ, 90^\circ$ の2通りしか計算されてありませんが, 図上の星のちらばりは傾斜角の相異よりも, 大気分離状態による相異の方が大きく効いているようです。そうした大気の構造を詳しく知るには, 同じ星の観測資料を多くし, この図上での軌跡を

しらべるのがいちばん良いでしょう。この図をスペクトル変化に応用すれば、その軌跡から円板大気のひろがり、光球との分離状況が追跡できる筈です。ただ、この図で困るのは大気分離が二重三重に行なわれて同心円板が2つ以上できる場合です。そのときはどうしても輝線プロフィールの解析に力を借りなければなりません。もちろん、この円板モデルにしたがえばプロフィールの計算も原理的にむずかしい点はありません。

結局、この $(H\alpha/H\beta - W\alpha)$ 図を中心に輝線プロフィールも考慮しながら、輝線スペクトルを解析して行く、というのが私の得た新しい分光学的方法の内容です。

しかし、私のムードン滞在はこの方法の着想までで終わってしまいました。図の理論曲線、輝線プロフィールの計算方法など、目下ジュバル氏らとの共同でプログラミングの進行中です。円板大気モデルで輝線強度とプロフィールとが同時にうまく観測を説明しえたときに、はじめてこの方法の有効性がたしかめられるわけで、いまは、それを期待するばかりです。

プラーハの IAU 総会では、エルマン女史を主任とする Be 星ワーキンググループの集会でこの方法の紹介を行ない、スレットバック氏、ウジョー氏、ハック女史、ットバックアンドリア女史ら、多くの人の興味をひきました。スレ氏は円板モデルで正常 Be 星とガス殻星の相異を説明することができるか、という質問をよせましたが、今の段階ではまだ何ともいえません。それがいえるためには電離金属線の輝線機構を明らかにしなければならないし、ヘリウム線の問題も残っています。他方、理論面においても、静的大気論を運動をふくむ理論へ発展させる仕事が根本に控えています。そうした一連の発展を経た後でなければエルマン女史やアンダーヒル女史の期待する複雑なスペクトル変化の解明に力をかすわけにいきません。しかし、ともあれ、ムードン滞在 10 か月の間に、今後の Be 星研究に対する一つの扉が開かれたように思われるのです。

ムードンを去る日、生憎の雨でしたがエルマン女史、ジュバル氏をはじめ、研究室の人たちは固い握手で別れを惜しんでくれました。即席のフランス語学習で日本をとおび立ってから 10 か月あまり、下手なフランス語でこれまでよくも討論をやったものだと言さながら寒心？ されるのですが、これも研究室の人たちが辛棒づ

よく私の言葉を聞いてくれたからにはほかなりません。それに甘えてフランス語会話に大した進歩を見せないままパリを離れねばならなかったのが、今となっては何よりの心残りとなっています。

日本学術会議会員選挙の 有権者登録について

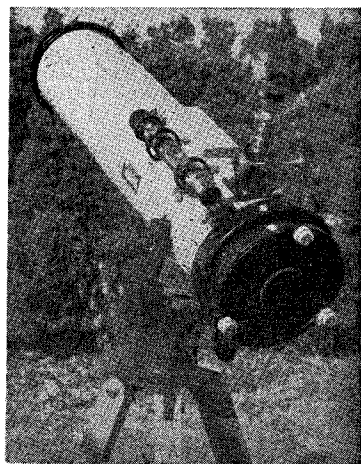
次回の日本学術会議会員の選挙は昭和 43 年 11 月 25 日に行なわれます。ついでには前回の選挙で有権者でなかった有資格の方(天文月報第 60 巻第 6 号 128 頁参照)で登録を希望される方は

1. 大学・研究機関等に属する方は当該機関を通じ、
2. それ以外の方は 東京都台東区上野公園日本学術会議中央選挙管理会 に直接

登録用カードを御請求下さい。登録の期限は 43 年 3 月末日です。



カンコー天体反射望遠鏡



二十
糎
C
G
式
焦
点
距
離
二
段
切
換
天
体
反
射
望
遠
鏡

- ★ 天体望遠鏡完成品各種
- ★ 高級自作用部品
- ★ 抛物面鏡, 平面鏡, 軸外し抛物面鏡
- ★ アルミニウム鍍金
- ★ 電源不要観光望遠鏡(カタログ要 30 円切手)

関西光学研究所

京都市東山区山科竹鼻 TEL 京都 680057

昭和 42 年 11 月 20 日

印刷発行

定価 100 円

編集兼発行人 東京都三鷹市東京天文台内

印刷所 東京都港区西新橋 2 丁目 22 番 6 号

発行所 東京都三鷹市東京天文台内
電話武蔵野 45 局 (0422-45) 1959

広瀬秀雄

東京学術印刷株式会社

社団法人 日本天文学会
振替口座東京 13595