

A型特異星のシンポジウムに出席して

大 沢 清 輝*

昨年(1965年)の11月8日から10日までの3日間、アメリカ天文学会と航空宇宙局(NASA)との主催で、A型特異星のシンポジウムが開かれ、約100人が出席して40の研究論文が発表された。私は主催側から旅費を支給されてこのシンポジウムに出席し、岡山で私たちのやっているA型特異星関係の観測結果を報告し、また他の人の話をきいてその研究の様子を知ることができた。

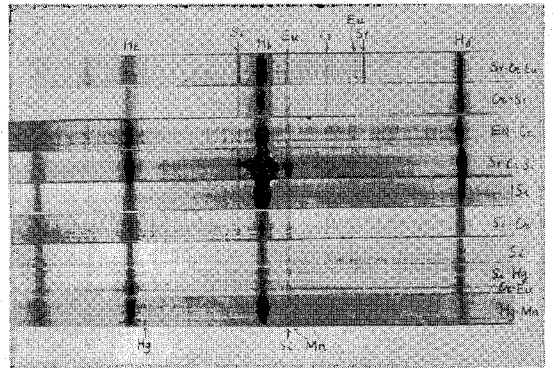
シンポジウムの概要をお伝えするのが本稿の目的であるが、その前に、シンポジウムの議題である A_p 型星と A_m 型星とがどんなものであるかを述べよう。

星のスペクトル型といえば、どなたも御存知のOBAFGKMの7種が普通の正常な星であって、その順番が高温度から低温度に向う順序になっていることもよく知られている。ところが、A型の附近には単純な分類の出来ない“特異星”のグループがあり、これは更に A_p 型のグループと A_m 型のグループとに二大別することができる。

A_p 型はおおよそ B_5 型から F_0 型ぐらいの温度に相当し、普通の正常なスペクトル線の他に、特殊な元素の線が異常に強いことが特徴である。その特殊さは星によって種々雑多であるが、水銀型、マンガン型、シリコン型、クローム型、ストロンチウム型、等に大別することができ、ユーロピウムやセリウムのような稀土類元素の線が強いものも多い。星の含有する原子の数に換算すれば、正常の数倍から数千倍という異常過剰に相当している。 A_p 型は磁場の測られたものが多く、恐らく A_p 星のすべては磁性を持っているだろうと思われている。(しかし、磁性を持っている星は A_p 型だけとは限らず、 A_m 型もあまり強くないが磁場を持ち、もっと温度の低い星でも磁場が検出されているものがある。)

A_m 型(金属線A型星)は、温度はおおよそ A_7 型から F_5 型に相当し、カルシウムのK線が異常に弱く、これに反して他の金属線が正常よりもやや強いことが特徴である。高分散のスペクトルでしらべると、カルシウムの他にスカンジウムの含有量も正常の1/5程度である。 A_p 型とちがうのは、 A_m 型では特別に強い金属線が見られないことである。

A_p 型と A_m 型とは分光的に見て多少の類似点があるが、両者の間の区別はかなり判然としているので、この二種類は一応別種の特異星と考えられている。このような特異星の数は意外に多く、HDの星表で A_8 から B_5



A型特異星のスペクトル

この写真は岡山の188cm望遠鏡のカセグレン分光器(60A/mm)でとったスペクトルを陽面に焼付けたものである。

までに分類されている星の総数のうちで10%程度は A_p 型、又は A_m 型であろうと言われており、人によっては20%という説さえある。見かけ等級6.5等よりも明るい特異A型星は分光的サーベイによってかなり発見されてしまったが、8等星、9等星となるとその捜索はまだ非常に散発的なものしか行なわれていない。

フランスのBertaudという人が編集した“特異A型星カタログ”には、 A_p と A_m と合わせて全天で約500個が集録されている。これは対物プリズムなどによるA型特異星の散発的発見を集めたもので、この方面の研究者にとって非常に便利なものにはちがいないが、そこに記載してある分光分類は観測者によってまちまちで不統一である。私が岡山の74吋を使って北天の A_p 星244個の分光分類を統一したシステムでやり直し、さらに36吋を使ってUBV式測光をやって作ったカタログ(東京天文台年報、第9巻、第3号)は既にかかなり広く利用されているらしく、シンポジウムの講演でも私のカタログを引用した人や、これを基にして何か計画している人が多数あった。

シンポジウムの講演の大多数は観測結果とその解釈とに関するもので、測光的なものとは分光測光的なものとは大別することができる。

測光的な観測では、近年Strömgrenの提唱した干渉フィルターによる wby 式及び $H\beta$ 式の測光を A_p と A_m とに応用した結果(Cameron, 大沢)をあげることができる。 wby 式は有効幅180Å程度のフィルターを用いて、色指数に相当する $b-y$ と、金属線の強度を示す指数($m_1=v-2b+y$)及びバルマー系列端の飛躍を

* 東京天文台

示す指数 ($c_1 = u - 2v + b$) を測るのであるが、 A_m でも A_p でも m_1 が正常の星よりも大きいのが特徴である。 A_m では実際に金属線が強いのでこれは当然のことと考えられ、 A_p の大部分でも同じ解釈が成立つ。然し A_p の或るものは金属吸収線の強さだけでは解釈できないほどの大きい m_1 を示すものがあり、この原因は連続スペクトルのエネルギー分布の異常さにでも求めなければならないのかと思われる。

H_β の測光というのは、 H_β を中心とする幅の広いフィルターと幅の狭いフィルターとで交互に星の光を測ってその比から H_β 吸収線の強さを知るという方法である。Strömberg としては、こうやって測った H_β の指数と上述の c_1 とで 2 次元グラフを作り、早期星の量的二次元分類をやるのが本来の目的だったのであるが、これも A_p に応用されている。H. J. Wood (バージニア大学) が Kitt Peak の 36 吋で A_p 星の H_β 指数の時間的変化を測ったところ、非常に短時間の変化が検出された。特に、最大の磁場 (34,000 ガウス) を持つことで有名な HD 215441 では、たった 90 秒間に H_β の等価幅が 5.5 Å から 8.0 Å にまで急激に変化したことがある。光電測光の精度の許す限り時間的分解能を上げて 30 秒に 1 回の測定をやってみると、やはり数分間を週期とする不規則変化が H_β にあることがわかった。これから推察すると、 A_p 型の星の大気は、かなりひどい時間的変化、物質や磁場の運動、光球層上下にわたる出没、などが行なわれているらしい。

A_p の光電測光については、以上の他に Hiltner (ヤーキス) による偏光の観測も興味深かった。彼は独特の偏光観測用の 24 吋反射望遠鏡 (鏡筒全体が廻転可能) を作り、最高の精度 (と思われる方法) で偏光の時間的変化をしらべた。他の観測者が偏光の変化を主張している A_p の HD 71866 等の星について、Hiltner はそれらは観測誤差にすぎないと思う、と発表した。 A_p 星の光が偏光している原因はまだ明らかでないが、それが磁場の周囲の高速度電子によるシンクロトロン輻射のせいではないかという説もあり、一般の注目をひいていたところなのである。しかし Hiltner のこの観測、及びシンクロトロン輻射の m_1 指数は大きいとは反対に小さいはずであるという計算 (大沢) もあるので、シンクロトロン輻射の存在を考える必然性だけは少し遠のいた感じである。

次に A_p のスキャン測光 (連続スペクトルの測光) であるが、これはマウント・ウィルソンの人達やリック天文台の人達が盛んにやっている。ウィルソンののは岡山で我ががやっているのと同様に廻折格子を等速度で廻転させてスキャンする方法であるが、リックのは、幾つかの特定の角度で廻折格子を止めて光電測光を行なう方法を探

用している。この方法で星の連続スペクトルのエネルギー分布を観測し、標準星の絶対測定と組み合わせ、吸収線の補正 (高分散のスペクトルを測定して行なう) をやって、理論的に計算した大気モデル (たとえば Mihalas の) と比べて、星の温度や重力加速度を決定するわけである。このような方法が星の大気構造や化学組成の研究のためのオルソドックスの方法であることは、原理的には以前からわかっていたが、実際問題としては、観測技術の上からも理論的基礎からも、いろいろの問題があって正常な主系列星に対してすらやっとなん年になって実用化されたという程度である。

A_m や A_p に対するスキャンの応用は、今回のシンポジウムではかなり進んでいた。吸収線の影響を完全に補正しさえすれば、それらの特異量の連続輻射は普通の正常量のそれと殆んど違わないというのが大体の結論であった。この人たちがしらべた星に関する限りこの結論は正しいのであろう。しかし、上述の m_1 の問題とも関係があるけれども、この結論がすべての A_p 星について言えるかどうかは非常に疑問であると私は信じている。少くとも、HD 221568 (後述) だけは特別な例外のケースにちがいない。

スキャン観測を基礎におく高分散スペクトルの解析は、Aller, Wolff, Sargent, Hyland (ストロムロ), Mihalas, Hardorp 等の人たちが発表し、Wright はピクトリヤの 48 吋のグーデでの A_p 星の分光観測の結果を発表した。ここではその結果のすべてを詳しく紹介することはできないが、5 等ないし 6 等よりも明るくて、吸収線が太くなくて、しかも昔から有名な A_p 星の大部分は、すでに精密な分光解析が誰かによって行なわれてしまったという印象を受けた。マンガン型の星で Mn が多いことや、ストロンチウム型の星で Sr が多いことは既に昔から知られているところで、スキャンを補助とする温度や重力の決定は、定量分析の数値の精度を高めるに止まっているが、最近ではガリウム (Ga)、塩素 (Cl)、モリブデン (Mo) などという、天文屋には耳なれない元素も定量分析の対象になってきたようである。

A_p や A_m という名前は、通常は低分散のスペクトルによって分類され、 A_p の中のマンガン型とかストロンチウム型とかいう細分類もそうである。ところが、低分散で一見同じに見える星でも、高分散でしらべると、種々の元素の含有量がひどく違っているものが多い。Sargent と Searle によれば、同じマンガン型の A_p でも、チタンやクロムの含有量によって、a 型、b 型、ab 型、c 型などに分けることができるという。彼等はまた、低分散による分類とは別に、高分散による A_p の分類 (マンガン型、 S_i/O 型、 S_i/H 型の 3 種) が可能であるという持論も持っている。温度と重力との二次元グ

ラフにこれらの分類型をプロットすれば、かなり判然とした領域の区別があることも面白い結果である。

A_p 星の磁場に関しては、Babcock の観測で不規則型の磁変星だと思われていた β CrB その他のいくつかを、よくしらべてみたら規則正しい週期的磁変星であることがわかったという Steinitz の報告 (BAN に既刊) や、同じ人による四重極磁場による偏光スペクトルの吸収線の形状の予言なども注目された。二重極磁場の仮定だけで磁場を算出するのは危険といわなければならない。Preston は β CrB の磁場が、鉄の線とセリウムの線とでひどく違うこと、又、偏光成分を分けたスペクトルの解析に π 成分の混入の問題があることなどを指摘した。

A_m 星が二重星 (近接的) であること、またその自転が遅いことは Abt の既刊の論文で明らかになっているが、彼はその観測を A_p にまで拡張中で、すでに 150 枚のスペクトルを得たそうである。この種の測定には、ブラウン管式コンパレーターが非常に能率が良いようである。Deutsch も A_p の自転速度の統計から、その自転が遅いことを力説した。 A_p でない自転の遅い A 型星もかなり多数あるらしく (統計結果なので、具体的にその星の名前にあげることは出来ないが)、それらは星が進化して一度巨星になり、物質放出によって角運動量を失って主系列にもどってきたものだろうという仮説も面白いと思った。これは次に述べる特異星の進化の問題とも関係がある。

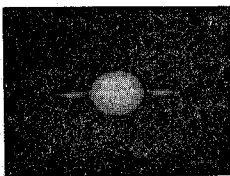
A_m 及び A_p 型特異星の問題で興味のある中心の一つは何といっても進化の問題であろう。測光観測にせよ、分光観測にせよ、その窮極の目的はここに収束するとも言えるが、それが未だ全くわかっていないのである。10 年ほど前からいろいろな説は出たけれども、あまり確実な証拠の上で言われたものではなかった。Fowler, Burbidge, Burbidge, Hoyle の新説 (A_p, J の新しい号にも出ています) はこの問題に爆弾を投じたような効果を与えた。この説 (FB²H 説と略称) によれば、 A_p と A_m とは共に、星が進化の末に主系列を離れて赤色巨星になり、水素の残った外層を吹きとばしてから、もう一度主系列近くにもどったものだという。そのとき、原子核反応が高度に進行した星の核ちかくの層が表面に出るわけである

が、すべての元素は一度は spallation によって御破算になり、新しく速い中性子の捕獲によって重元素の多い特殊な化学組成が出来上るといっているのである。

この新説に対する反対論が、こんどのシンポジウムで幾つも発表された。年齢の若い星団にも A_m や A_p が存在すること (Jaschek, Kraft, Conti 等)、速度楕円体から考えて不合理であること (Eggen 等)、原子核反応の理論からもおかしいこと (Truran 及び A. G. W. Cameron) などがその反対論の主旨であったようである。私はこの問題は詳しく自分で考えたことがないので、どちらが正しいかを論評することは出来ないが、星のスペクトルを実際に見た私だけの感じでは、正常星と特異星とは border-line case を含んで連続的な系列を形作っているような感じを避けることができないので、BE²H のような説は不自然なような気がしている。

岡山天体物理観測所で発見した A_p 型の変光星 HD 221568 も、シンポジウムで注目をひいた新事実の一つであったと思う。この星は Sr, Eu, Cr 型で変光週期は 160 日、振幅は実視等級で 0.14 等、B-V で 0.20 等にも達し、実視で最も明るいときに色は最も赤くなるという特性を持っている。 A_p 星には変光するものやスペクトルの変化するものが多く、その大半は明るい時に赤くなるという奇妙な特性を持っているが、週期は 1 日ないし 10 日ほどが大部分であり、振幅もせいぜい 0.03 等級という程度である。HD 221568 のように盛大に変光しているものはこれがはじめてである。uvby 式の測光 (上述) によればこの星の金属指数が吸収線による効果以上に大きいことがわかった。 c_1 指数は変光に伴って大幅に変わっており、実視光度極大のときには F_5 極小時には A_3 に相当している。岡山の 74 吋クーデ分光器によるこの星の高分散スペクトルは、目下小平氏が解析中であるが、ストロンチウムとシリコンとが交代して強くなること等、金属線の変化も非常に面白い。Hr の形状や Fe I : Fe II の変化からみて、この星の温度が変化していることは確実で、星の有効面積が 160 日の週期で大きくなったり小さくなったりしている事は疑う余地がないと思われる。

(46 頁に続く)



昨年 8 月 19 日、堂平で撮影。環は大分細くなっている。

環消失期の土星観測

関 口 直 甫*

§ 1. 1966 年の環消失

今年には土星の環の平面を地球が通過する年に当る。その

* 東京天文台

時には地球から見て土星の環が見えないから、この現象を環消失 (Ring Disappearance) という。この環消失の時期は、土星の本体や、その周囲の衛星がよく観察できる、ということの他に、環自身に特異な現象がおこる