A 型特異星 (Ap) と金属線 A 型星 (Am)

成　相　恭　二*

1. はじめに

昨年末に「早期型特異星，特に Ap 及び Am 星に関するシンポジュウム」が東京天文台で開かれ，約40名が集って討論した．会議に参加する人員が多くなると散漫になりやすいので，主催者側は問題の範囲をしぼって，参加者の数が増えすぎないように配慮した．主催者が予想したよりも，多人数ではあったが，実質的な討論がなされたように思われる．詳しいことについて知りたい人は，集録がでる予定なので，それを参照して下さい．

A型特異星については本誌63巻31頁（1970年2月）に小平桂一氏による「磁変星の斜回転模型」という良い解説記事があり，また，本号にも会議に出席した数人の人に主な問題について書いて頂くはずなので，この後に書くことは他の記事と重複するかもしれないが，なるべくやさしく書いてみます．

2. Ap, Am の名前の由来

現在では星を分類するのに，モルガンとケナン(1943)による温度と大きさをパラメーターとした二次元分類が行なわれている．ところが星の状態をきめるのに，化学組成，大気構造，自転，磁場，爆発のような現象といろいろ他の要素があり，普通の二次元分類だけでは記述しきれない星もでてくる．そういう星は特異星としていろいろと研究の対象になる．例えば高温度のものではウォルフ・レイエ星，白鳥座P型星，B型輝線星，ヘリウム星，弱ヘリウム星，低温度のものでは種々の変光星，炭素星，フレア星，それから新星，超新星等々．

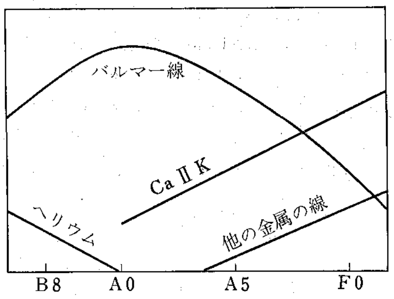
A型特異星 (peculiar A-type star, 以後 Ap と略) も金属線A型星 (metallic line A-type star, 以後 Am と略) も上記の二次元分類だけでは記述できない特異星であるが，どういうふうに特異であるかを話すには，まずA型F型あたりのスペクトル分類について説明しなければならない．スペクトル型でA型，温度で1万度から8千度のあたりは水素が電離しかけていて，バルマー線が非常に強い．低分散でとったA0主系列星のスペクトル写真を見ると，スタルク効果で幅広く拡がったバルマー線の他には，電離カルシウムのK線が見えるだけである．これより温度の高いB型星では水素の多くは電離してしまって，バルマー線は弱くなるが，中性ヘリウムの線が見られるようになる．温度が低い A5, A7, F0 へといくと，1万度では二回電離していた種々の金属が一回電離のものになるために，金属の線が低温度ほど強くなる（二回電離した金属の吸収線は写真域には少ない）．中でもカルシウムのH線K線は顕著になる．一方バルマー線は温度が下がるにつれて励起状態にある原子の数が減るので弱くなる．以上のことを図にかけば第1図のようになる．温度の分類は B 型星ではヘリウム線の見えぐあい，Aの後期からFにかけては，バルマー線とカルシュウムK線及び金属線の見えぐあいによっている．表面重力（質量が同じなら星の半径による）の判定にはバルマー線のスタルク効果によるひろがりが圧力に敏感なことが用いられる．

さて，上記のような温度分類だけでは説明できない異常に強い線を示す星があることは，スペクトル分類のパイオニアであったモーリー嬢，キャノン嬢のころから知られていたが，モルガンが1933年にそのような星があるかぎられた温度範囲，スペクトル型でいって B8-F0 にあり，特異性がその中でまた表面温度によることを指摘してから Ap として知られるようになった．温度の高い星にあらわれるものから順に特異な吸収線を並べると次のようになる．

元素	波長(オングストローム)
Si	4128, 4131　高温の星では 3955, 3992, 4200
Hg	3984
Mn	4137
Eu	3930, 4129, 4205
Cr	4111, 4171（ブレンド）
Sr	4077, 4215

以上の線は単独で強く見えるのも多いが， Hg-Mn, Si-Cr, Eu-Cr-Sr のように組になっているのもある．また，カルシウム，ヘリウムの線は弱い．

Am は Ap より温度が少し低く，カルシウムのK線，その他の金属の線が強くなる領域にあるが，金属の線は強くなるのにK線が普通の星にくらべて弱いので，どちらに着目するかによって別な分類をしてしまうことにな



第1図　定性的な線強度の変化のグラフ

* 東京天文台

Kyoji Nariai: A-Type Peculiar Stars and Metallic-Line A-Type Stars

る．このために普通の星と区別して Am と呼ばれるようになった．（ティトゥス．モルガン 1940）

3. Ap, Am の特徴

星の中には磁場の存在が認められているものがいくつかあるが，そのほとんどが Ap である．この磁場は時とともに変るので，磁変星と呼ばれる．磁変星はまたスペクトル線の強さの変化も示し，Spectrum Variable とも呼ばれる．この説明に最も有力なのは磁場が星の自転とともに向きをかえるので変化がおこるとする「斜回転模型」である．詳しいことは前掲小平氏の記事を参照されたい．観測される磁場は数千ガウスという強さで，星全面に太陽黒点内くらいの磁場があることになる．観測できる限界は自転によるスペクトル線の拡りにもよるが数百ガウスぐらいである．Hg—Mn 型の星は化学組成，自転が非常に遅い，連星が多いなどと他の Ap と異っているが，磁場も限界以上のものはみつかっていない．

一般のA型星は 100～150 km/s の自転速度を示すのに Ap, Am は自転が遅いことも特徴の一つである．太陽の自転は 2 km/s であるが，磁場があるためにコロナから流れだす太陽風が太陽の自転に制動をかけたという説が有力である．一般の星も対流層をもつF型以降のものは自転が遅いことは上記の説が正しいことを示しているようにみえる．しかし，現在対流層をもたないA型星に自転の速いものと遅いものの二種類あるのは何故か，まだ納得の行く説明はない．

Am はすべて連星であるというアブト（1961）の発見もある．彼はこの命題の逆，つまり「スペクトル型 A2—F0 の連星はすべて Am である」ということも観測で証明したが(1969)，このことがカルシウムK線の弱いこととどういう関係にあるのかわからない．また，Ap には連星が少ないということもある．

変光についてもふれなければならない．変光は長いものから短いものまである．周期数日のものは早くから見つけられており，周期が磁場変化の周期と一致しているところから自転と関連していると考えられる．周期数時間のものは HR 図上の位置から考えて星の固有振動と思われる．しかし，ウッド（1965）による Hβ 測光で得られた90秒の周期とか，大沢，小平両氏が研究されている HD 221568 における 160 日という長周期など，これからの解明を待たれている．

4. おわりに

Ap, Am の特異性が最初に記述されてから70年，モルガンによって一つのグループとして研究されるようになってからもうすぐ 40 年，磁場が発見されてから 20 年たってしまった．この間にいろいろな事実が発見されたが，本質への解明はあと一歩というところである．一番重要な「何故特定な元素の線が強いのか」という問には，実際に元素が多いからだとする説と，大気構造が異常なのではないかとする説があったが，今では前者に落ちついたように見える．しかし何故多いかについては，何らかの核反応の結果だとする説と，表面での拡散によるとする説がありこの両者について伊藤，尾崎両氏の詳しい解説があるはずである．磁場の起源については加藤氏が，それから本稿では特にふれなかったが，星団における Ap, Am 星のもつ意味について今川氏が書かれる予定である．

岡山の 188 センチ，91センチ鏡をつかって，主に東京天文台を中心として日本でもこの分野で重要な研究がなされてきたが，あともう一押しというこの段階で，若い研究者が沢山参加して欲しいものである．

早期型特異星 (Ap, Am 星) と星団中の「さまよえる」星

今　川　文　彦*

NGC 752 や M 67 など中期ないし晩期散開星団また M3 のような球状星団の中には，それらの H-R 図上主系列から準巨星列への折れ曲りの点の上方にも，運動学的に見て星団メンバーと考えられる星が存在することはかなり以前から知られている．これを青い「さまよえる」星（Blue Straggler）とよぶ．この H-R 図上の変則的な位置をどう説明するかは，星団や星の進化の研究上の一つの問題点で，今までいくつかの説が発表されている．その中主なものを挙げると，

(1) 新らしく生れた第二世代の星である．たとえばロバーツ（1960）．

(2) M67 などの「さまよえる」星は青色だけでなく黄色のものも存在するが，これらは球状星団の水平枝列と同じように考えるべきである．たとえばサージェント（1968）．

(3) 連星説　主星がその進化の過程で伴星に質量を与えるか，または爆発による灰を伴星にかぶらせて，その結果伴星の光度が増して主系列上を左上方に移動して現在の位置に来たのである．たとえばファン・デン・ホイベル（1968）やガスリー（1965）．

(4) 一旦主系列から離れた星がヘリウム点火の時機

* 京都大学 理学部 宇宙物理学教室
Fumihiko Imagawa: Early Type Peculiar Stars and Blue Stragglers in Star Clusters