

美星天文台での Be 星観測

- プレオネ H 輝線の変動追跡 -

片平順一 (堺市教育センター)・井上和俊 (大阪府立箕面高校)
川端哲也 (美星天文台)・上原英明 (大阪府立東豊中高校)
川端善仁 (岡山県立鴨方高校)・中山浩 (京都市立堀川高校)

1. はじめに

私たちは美星天文台観測公募制度により、1999年からBe星観測を行っています。美星町の方がたに感謝しつつ、101cm望遠鏡に取り付けられた分光器で、年2回ほどの観測を4年間繰り返してきました。観測は高分散モード(1800本/mmの回折格子、分解能10000)液体窒素冷却CCDを使い、主にH領域で行いました。各回半夜の観測ながら、プレアデス散開星団中のBe星プレオネについては、長期的なH輝線強度変動の面白い時期を幸いにもカバーできました。今まで数回報告していますが¹⁻³⁾、あらためて今まで蓄積されている他の観測データとともに報告します。

2. Be星輝線プロフィールの古典的イメージとプレオネH輝線プロフィール変化

図1に、時間変化しない古典的Be星輝線プロフィールを説明するためによく使われる図⁴⁾を用いて、高速回転する外周円盤と観測者の視線方向によるプロフィールの違いを描いています⁵⁾。外周円盤の主な部分は、星の赤道領域に形成されています。

観測者が赤道方向(真横)から円盤を見ると、図1右下に描く輝線プロフィールになります。星の光球面の両脇に存在する円盤からの輝線成分が、それぞれのドップラーシフトのためダブルピークとして現れ、また円盤部分で生じる吸収が輝線中央のへこみ部分を連続光強度以下に押し下げます。

円盤を斜めから観測者が眺めると、吸収が弱まり図1右上に描かれた輝線プロフィールへと移行します。さらに、星の自転軸の方向から観測すると、円盤部分のドップラーシフト効果が消え、シングルピークの輝線プロフィールが生じることになります。(なお、図1に描いた輝線プロフィールは、光球で生じる幅広い吸収成分が輝線成分で埋まった場合に対応させています。)

さて、プレオネH輝線プロフィールは興味深い時間変化を示してきました。図2には、外周円盤が一番小さくなったと考えられる、1972年ごろをさむ時期の輝線プロフィールの年変化を示しています⁶⁾。なお光球の吸収成分(図中の破線)は埋もれたままです。これらのプロフィールの上下2つずつにはそれぞれ、図1で示した視線方向の違いに対応した種類を認めることができます。

図3には、美星天文台で観測したプロフィール変化が描いてあります。岡山天体物理観測所での観測では、最大期が1998年8月と示唆されています(京都大学・平田氏)ので、輝線強度が最も強くなった直後からのデータとなります。

大きな特徴として、最大強度期に長波長側輝線ピークが強くなり、シングルピーク的なプロフィールを示す

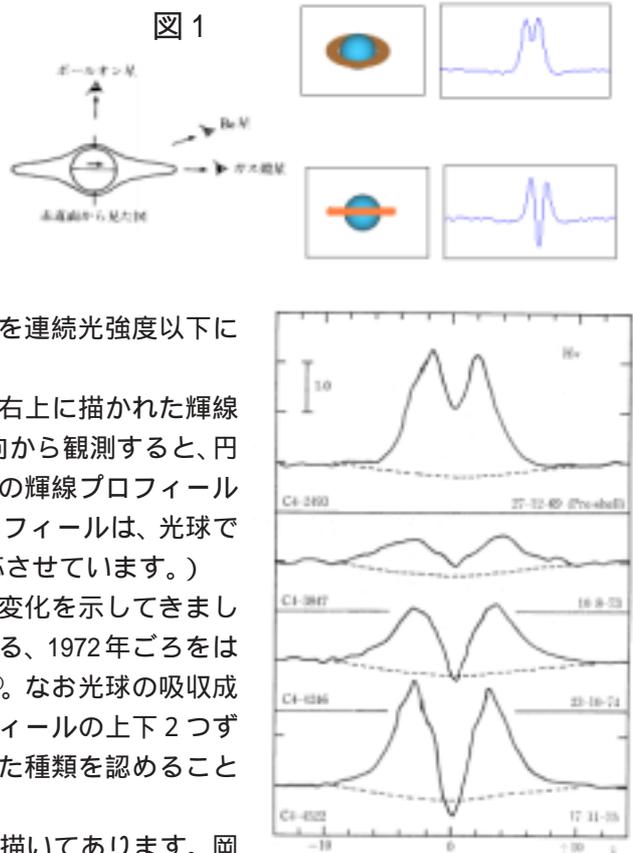


図2 輝線強度最小時期前後のプロフィール変化

ことがあげられます。さらにその時期、プロフィール中央部分が少し「くびれる」ような形にも気づきます。「くびれ」は、星の自転軸方向から円盤を眺めたと考えられている星に見られるプロフィールの特徴です。その後、輝線強度が弱まるにつれ、再びダブルピークのプロフィールに戻ってきました。

また、プロフィール長波長側ウィングの弱まりも興味ある現象として認められます。

図2・3のプロフィール変化には、図1で示したイメージからすると、観測者の視線方向が変わったのではと思われるプロフィールが現れているわけです。

プレオネは自転速度 320km/s を示しており、星の離脱速度から見積もると、観測者の視線方向は星の赤道方向に近いといえます。また、プレオネの周りを取り巻く円盤は星の赤道領域に形成されると考えるのもごく自然ですから、観測者は円盤を赤道方向から観測していると推論されます。

このように考えると、図2・3に示したプレオネH プロフィールは、古典的Be星の輝線プロフィールの範疇では扱いにくい変動を示していることとなります。

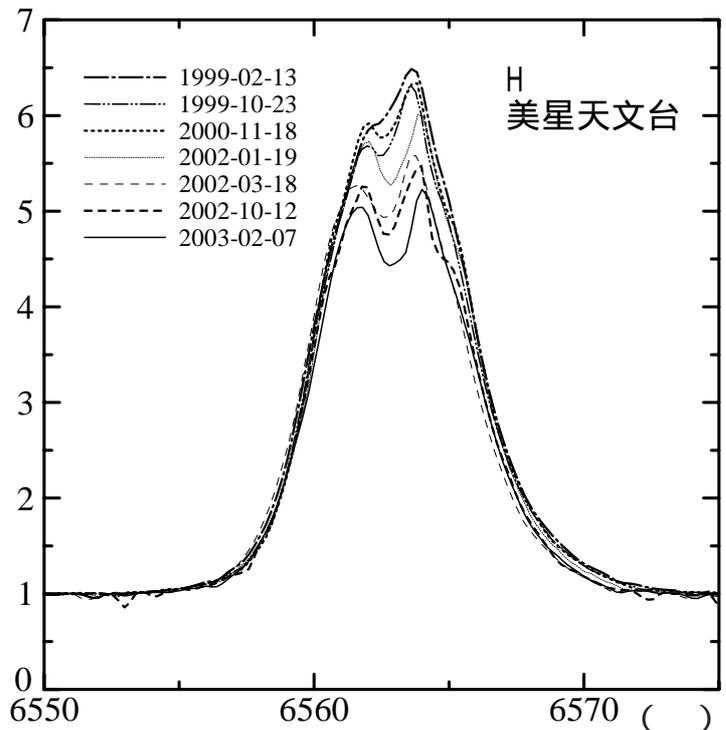


図3 強度最大期から減少期でのプロフィール変化

3. プレオネの外周円盤が歳差運動を起こす可能性

スペckル干渉法、及び円盤部分の吸収で形成されるシャープな吸収線の視線速度の解析から、プレオネは少なくとも、スペckル伴星と分光伴星からなる3重連星であることが分かりました⁷⁻⁹⁾。

主星の周りに形成された円盤は、2つの伴星から潮汐力をうけます。このような場合、円盤は歳差運動を起こす可能性が高いと考えられます。

今から5年前の論文で初めて、Be星円盤部分の歳差運動を仮定して、バルマー輝線の線幅変動を説明するアイデアが論じられました¹⁰⁾。2で紹介したようなプレオネH 輝線プロフィール変動にも、円盤の歳差運動の考えを適用できるのかもしれませんが、すなわち、「古典的Be星輝線プロフィール形成論の範疇で考えると、まるで観測者の視線方向が変化しているかのように思えるプロフィール変動は、実は、輝線が形成される円盤が歳差運動を起こしているからだ」という説明が成り立つのかもしれませんが。

4. 円盤の歳差運動仮説でのプロフィール変動の説明

H 輝線の特徴づけるパラメータの変動を、今まで発表された文献及び岡山天体物理観測所の観測から調べて、図4に示してみました。この図を、円盤の歳差運動仮説の立場で考えてみたいと思います。

図4 aのパラメータ I_R 、 I_B 、 I_c はそれぞれ輝線の長波長側ピーク、短波長側ピーク、輝線中央のへこみ部分の強度を表しています。なお、強度は連続光強度を基準としたものです。この図から「輝線強度が最大値に達するまでは、短波長側ピークが長波長側ピークよりわずかに強いのに、輝線強度最大期の前後では、長波長側ピークが短波長側ピークより相当に強くなる」という面白い傾向が分かります。2で注目したシングルピーク的なプロフィールは、この変動の中で現れています。なお、上に述べた傾向をはっきりした形で読み取れるよう、2つの輝線ピーク強度を比 $V/R (=I_B/I_R)$ として、図4 (c)に描きなおしてあります。

図4 bは輝線全体の強度変化を示すために、輝線等価幅(輝線プロフィールを積分した量で、光球の吸収成分の補正なし)をプロットしてあります。この図から次の2点が注目されます。1984年から1994年までの輝線等価幅の急速な増大、等価幅が最大値を維持し続けている期間の終わりの時期に、長波長側ピークが強いシングルピーク的なプロフィールが現れることです。

これらの特徴を3で述べた円盤の歳差運動と関係づけると、つぎのような円盤の成長・運動が推測されます。

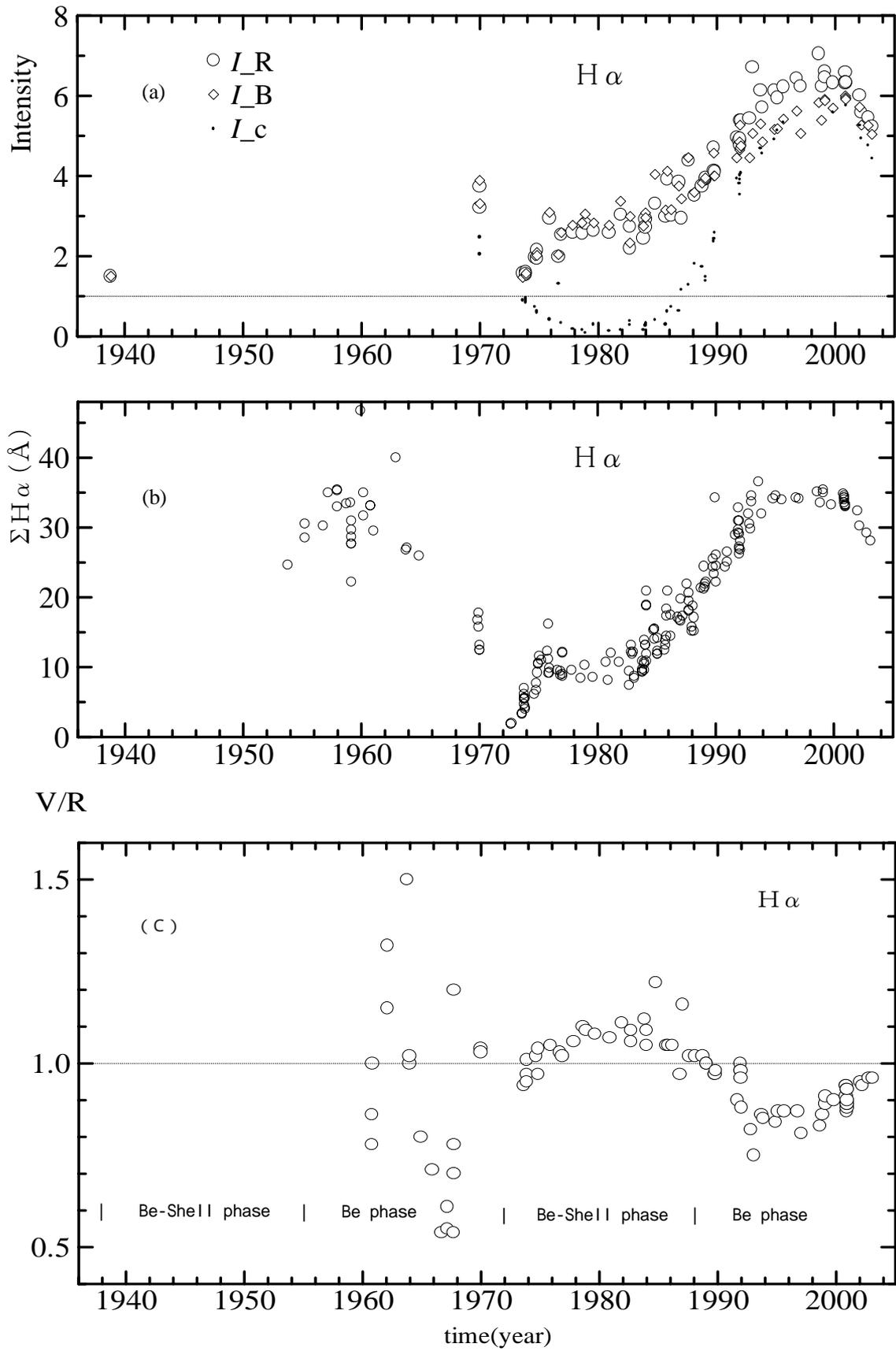


図4 H プロフィールを特徴づけるパラメータの変動

まず、図4 aの I_c が1より小さくなり始める時期は、図1右下のように円盤を横から観測者が眺めている状態です。1980年前後でほぼゼロにまで落ちているのは、星の赤道部分から供給されたガスが円盤内に蓄積され密度が急速に高まっていることを示しています。円盤の形成・成長は、星の赤道面領域で行われると考えるのが自然でしょう。その時期、輝線等価幅がほぼ一定の状態にとどまっているのも、うなずけます。

1984年以降の輝線等価幅の急速な増大は、歳差運動で円盤が傾きだし、観測者に対して円盤が大きく見え始める時期と考えられます。視線方向に対して円盤が張る面積が増え、それが輝線強度増加につながるでしょう。1988年に I_c が1より大きくなってしまいうのも、円盤が大きく傾いたため、視線方向での円盤の吸収量が少なくなったこと、すなわち円盤が星の赤道領域を隠さなくなったことを意味していると考えられます。また、この時点までに、星の赤道部分から円盤へのガス供給は止まったといえます。

そして、1998年～1999年でのシングルピーク的なプロフィール出現は、円盤が観測者に対して、最大限傾いた状態に対応すると推測されます。但し、このプロフィールはV/Rのほぼ周期的な変動の中で現れていますので(図4 c)、単純な解釈では説明できないのかもしれませんが。現在、周期的V/R変化は、ケプラー運動している円盤の中を回転する密度の濃淡の波を、赤道面に比較的近い視線方向から観測した場合生ずると解釈されています¹¹⁾。

5. プレオネはこれから変動が面白くなる

プレオネは輝線強度が急速に弱まる時期にはいってききました(星から円盤へのガス供給が止まってから、約15年ほど経っています)。これからは、円盤の歳差運動の行方及び円盤の崩壊過程がプロフィール変化に現れてくることでしょう。ちなみにプレオネは、分光伴星との間にガスの流れがない連星系と考えられていますので、円盤のガスは崩壊時には主星へ戻るはずで。

プレオネの観測史上、今回が精度よくプロフィール変化を観測できる最初の機会です。円盤の運動とその状態変化を考える上で今後確認したい点は、次のようなことです。輝線等価幅はどのように弱まるのか、1960年代のデータが示唆するように徐々に弱まるだけなのか。図3で見え出したプロフィール長波長側ウイング強度の減少は、さらに継続するのか。パラメータV/Rは、以前と同じく短周期の振動を示すのか。

美星天文台での観測で、4の解釈で重要な役割を果たす、輝線強度最大期でのシングルピーク的なプロフィールを捉えることができました。これからも観測を続けていくなら、より楽しめる情報が得られることうけあいです。世界各地で観測が行われているでしょうが、同天文台の同じシステムで継続観測する意義は十分あります。

6. いっしょに研究しませんか

これからプレオネは微妙な変動を示す時期に入るだろうと思われれます。それを詳しく追い、プレオネの変動を楽しみたいのですが、観測グループのマンパワー不足があります。私たちのグループメンバーは、おおよそ月1日ほどの時間で天文学の研究を進めているようなものです。これから分光観測を志したい方、パソコンさえあれば解析作業が進められますので、ぜひいっしょに研究を楽しみませんか。心から呼びかけます。

引用文献

- 1)片平順一・井上和俊 1999年, 第5回天体スペクトル研究会集録, p.18
- 2)井上和俊・川端哲也・片平順一・上原英明 2001年, 第6回天体スペクトル研究会集録, p.52
- 3)井上和俊・川端哲也・片平順一・上原英明・中山浩 2002年, 第7回天体スペクトル研究会集録, p.39
- 4)小暮智一 2002年, 輝線星概論, p.224
- 5)<http://www.astrosurf.com/buil/us/bestar.htm>にある図を部分的にコピーし、加筆
- 6)Hirata R., Kogure T. 1977, Publ. Astron. Soc. Japan, vol.29, p.477
- 7)McAlister et al. 1989, Astrophysical Journal, vol.97, p.510
- 8)Mason et al. 1993, Astrophysical Journal, vol.106, p.637
- 9)Katahira et al. 1996, Publ. Astron. Soc. Japan, vol.48, p.317
- 10)Hummel W. 1998, Astron. Astrophys. vol.330, p.243
- 11)小暮智一 2002年, 輝線星概論, p.259