

# Be型星プレオネの新円盤形成の始まり - なゆた望遠鏡での発見 -

片平順一（堺市教育センター）、鳴沢真也、尾崎忍夫（西はりま天文台）  
井上和俊（大阪府立箕面高校）、川端善仁（美星天文台）  
定金晃三（大阪教育大学）、平田龍幸（京都大学）

## 1. 「発見」のきっかけ

プレオネの美星天文台継続観測を対照として、西はりま 2 m 望遠鏡新分光器の性能確認観測の天体リストに選ばれたことが、この星の新しい活動期開始を目撃することにつながりました。

2 m 望遠鏡（以下、なゆた望遠鏡と表現）のナスミス焦点には、視野 5 分のロングスリットを備えた中低分散分光器が設置されています。2005 年 11 月から 12 月にかけて、分光器の 1800 本/mm グレーティング（波長分解能約 9000）と 2K × 2K CCD の組み合わせで観測しました。4400 近傍の連続光において、露出時間を 20 ないし 30 分かけると、1 ピクセルあたりの S/N 比 450 以上というような高精度のスペクトルが得られました。プレオネの新しい活動期の確認は、新しく開発された装置のすばらしいデータのもとで初めて検出可能な現象だったのです。

このような装置を作られた西はりま天文台に敬意を表しつつ、まず初めに一つの提案をしたいと思います。短時間変動を示す明るい星であれば、CCD で得られるスペクトルの幅が約 400 (0.2 /pixel) と広いと、一晩の観測で青から赤まで幅広い波長域のデータ取得が可能です。さらに、S/N を上げれば、驚くことに  $I(\text{ntensity}) = 0.003$  まで確認でき、新しい発見が可能です。また、ナスミス焦点の分光器ですからスペクトルが安定して得られ、解析上の悩みも少なくなるような気がします。なゆたスペクトルデータを、みんなで楽しむことを考えませんか。

## 2. プレオネは 3 重連星系で、主星は高速自転の星

プレオネはプレアデス星団メンバーです（図 1）。そして下のカットが示すように、3 重連星系です。主星のスペクトル型は B8Vpe、自転速度  $V \sin i = 345 \text{ km/s}$  という高速自転星です。

プレオネに似た星としてレグルス（しし座）があります。「スペクトル型 B7V、自転速度  $V \sin i = 330 \text{ km/s}$ 」のこの星は、図 2 の CHARA 光学干渉計の観測結果が 2005 年初めに発表されてから、プレオネの活動現象を考える上で直感的な示唆を与えてくれる星となりました。同図には高速自転による赤道部分の膨らみと、赤道部分の温度低下が読み取れます。同様な形状の星プレオネでも、赤道加速が何らかの原因で起きるなら、赤道部分から低温ガスの放出が起こると想像できます。

放出ガスは円盤を形成していくのですが、プレオネの場合、放出メカニズムとして 2 つの説が考えられています。一つは、恒星内部からの角運動量輸送による赤道加速、もう一つは、離心率の大き

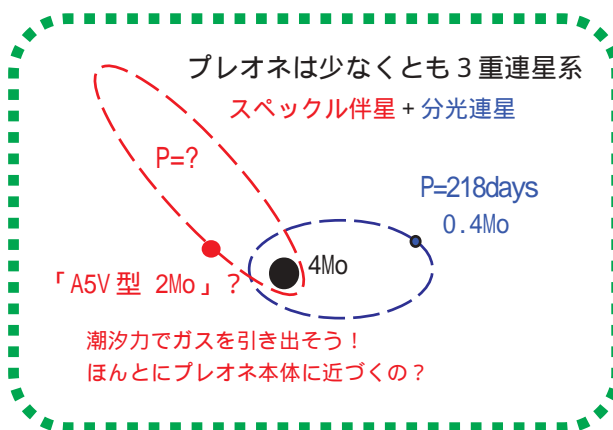


図 1. プレアデス星団 プレオネは左端 2 つの上側の星

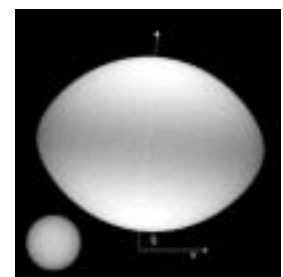


図 2. レグルスの姿（左下の丸は比較のための太陽）

い軌道を持つのではないかと仮定されるスペックル伴星の潮汐力(Gies et al. 1990, AJ 100, 1601)です。これからの観測で、両説が十分に検討されることが望まれています。

### 3. 新円盤検出の手がかりは「Ca II K線」

プレオネは100年以上の観測歴があり、そのスペクトル型をB型星 Be-shell型星 Be型星 Be-shell型星 Be型星と変えてきています。「Be-shell型星 Be型星」を活動期変化の1サイクルとすれば、周期35年が見積もられます(図3)。図3左が示すように、近々新しい活動期の出現が期待され、美星天文台中分散分光器でモニター観測を行っていました。

Kogure & Hirata(1977, PASJ 29, 477)およびGulliver(1977, ApJS 35, 441)らは、Be-shell型活動期開始時には、その前兆として、非常に幅広く、かつ、浅いCa II K線が出現することを明らかにしていました。

今回はこの吸収線の出現を、活動期開始の非常に早い時期に検出したのです。高性能のCCD観測により、ガス円盤形成の過程を詳しく観測できるチャンスに巡り合わせたといえます。H およびH線は、強度が弱まりながらも、依然、強いダブルピーク輝線を示しています。これは、前活動期に作られたガス円盤がまだ消えないうちに、新しい円盤が作られつつある面白い状況に

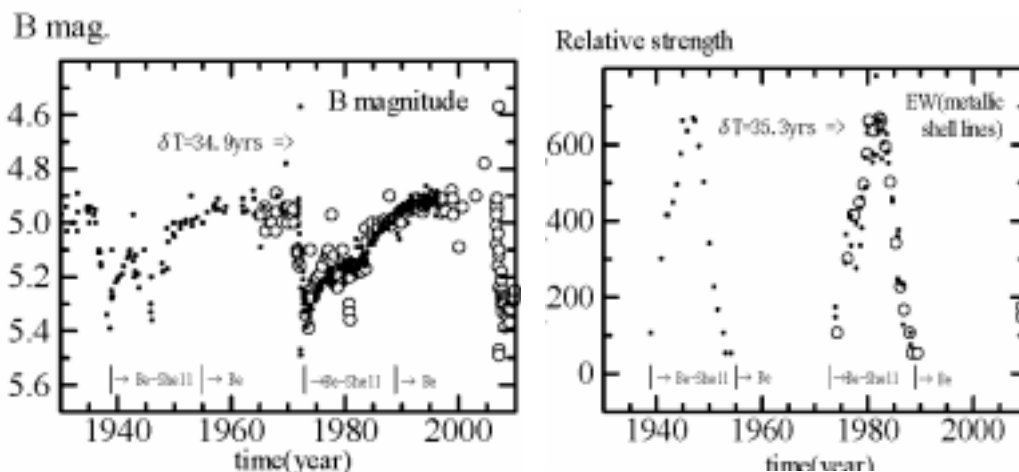


図3. プレオネの35年周期の活動パターン

あることを示しています。

幅広く浅いCa II K線が2005年12月16日に検出された状況を、図4中の赤線で示しています。美星天文台観測から分かるように、1年前には出現していなかった幅広い吸収線が確認できます。この検出後、美星天文台で行われた追試観測結果も同図に描いています。図からは約1ヶ月ほどの間に、Ca II K線が徐々に強まる様子が分かり、明らかに、プレオネが新しい活動期に入ったことを確認させるものです。(幅広いCa II K線の形成領域は星の赤道部分からのガス放出領域と考えられます。)

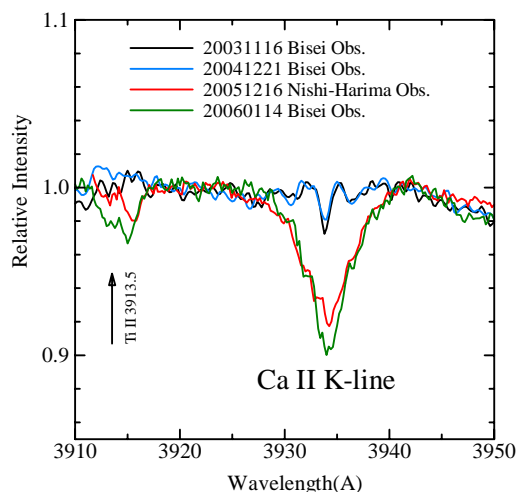


図4 新活動期到来を示す「プリカーサー」Ca II K線の出現

### 4. 新円盤が存在することの判断材料

西はりま天文台および美星天文台での観測で、幅広いが深さ0.03ほどのごく浅い金属吸収線に特徴的な構造があることが分かってきました。図4中のTi II 3913や図5のFe I線などに見えますが、Cr II、Ti II、Fe Iなどの吸収線中央に擬似輝線成分(以下、CQEと表現)が現われてい

るのです。

図6に示したFeII 4924では、緑色の縦矢印を付けた旧円盤起源のダブルピーク輝線成分が徐々に弱まり、それに伴い、吸収成分が発達するさまが読み取れます。同時に、FeIなどで見えたCQEが微かに見え、かつ、吸収成分の両ウイングに輝線成分が現われ始めています。新円盤起源の成分と考えられ、図中では赤色で斜めの矢印を付けています。また、FeII 4233などの強い線には、強度が連続光位置を越えるようなダブルピーク輝線成分が吸収線の中に見えますが、図6のダブルピーク輝線成分と同じく旧円盤起源のものです。

FeII 4924 ような強いFeII線プロフィールの特徴は、すばるHDSスペクトルでは明確に捉えられています。まとめると、吸収線中央のCQE、その両脇のダブルピーク輝線成分、吸収線の両ウイングに重なる輝線成分の3つです。

FeI吸収線の存在は、明らかに星の周りを回転する低温領域ができたことを示しています。さらに、上記のCQEおよびウイングの輝線成分は回転円盤の存在でスムーズに説明できます。Hanuschik (1995, ApJ 295, 423) は、半径の小さな回転円盤では、視線速度ゼロ付近（吸収線中央付近）で吸収のし残し起きて擬似輝線状成分（CQE）が現われる、特にFeI、FeII線ではっきり現われるはず、と注意を喚起しています。

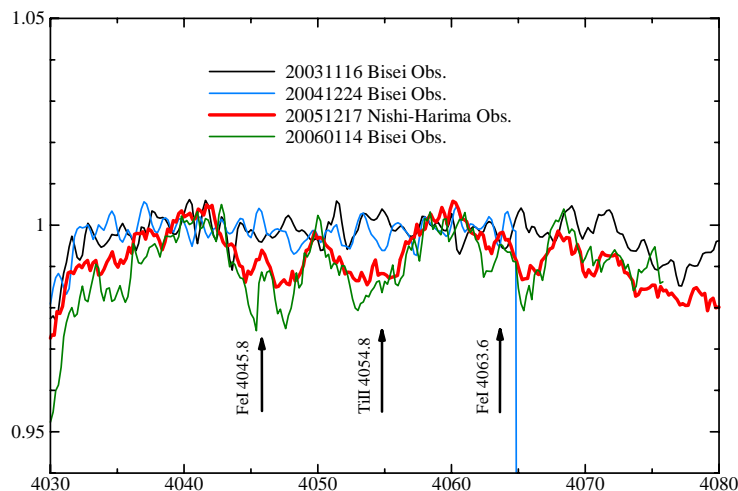


図5 . FeI線の擬似輝線成分

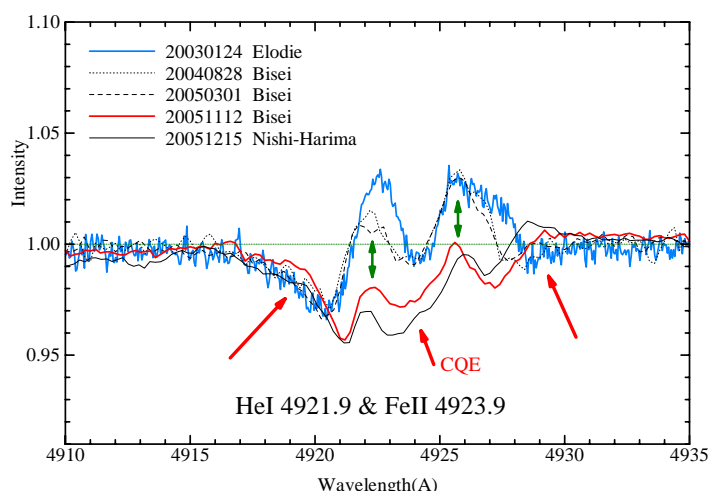


図6 . FeII 4923の面白いプロフィール変化

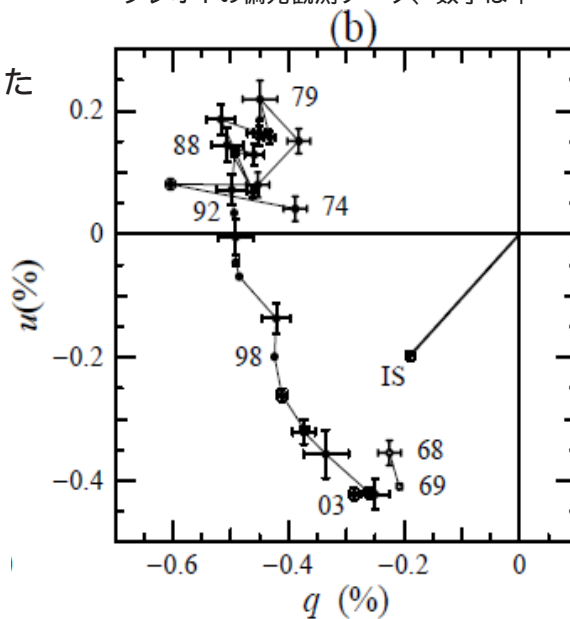
## 5 . 新円盤と旧円盤の幾何：偏光解析で求めた旧円盤歳差運動からの情報

新旧2つの円盤の存在が、金属吸収線に現われる擬似輝線成分および輝線成分の確認から確かめられました。しかしその位置関係は分光観測からは求まらず、偏光観測から判断できるものです。

Hirata(2005, in Active OB Stars: Laboratories for Stellar and Circumstellar Physics: Sapporo)は1969年～2003年の偏光観測データを解析し、分光連星によって引き起こされる円盤の歳差運動を求めています(図7、平田氏講演参照)。

1972年は前回、Be-shell型活動期が始まった時

プレオネの偏光観測データ、数字は年



です。新しく検出された円盤は、1972年のデータが示す位置にいると考えられます。旧円盤の現在位置を見積り、新旧円盤の位置関係を示すと図8となります。図で用いた円盤半径の導出については6で述べます。

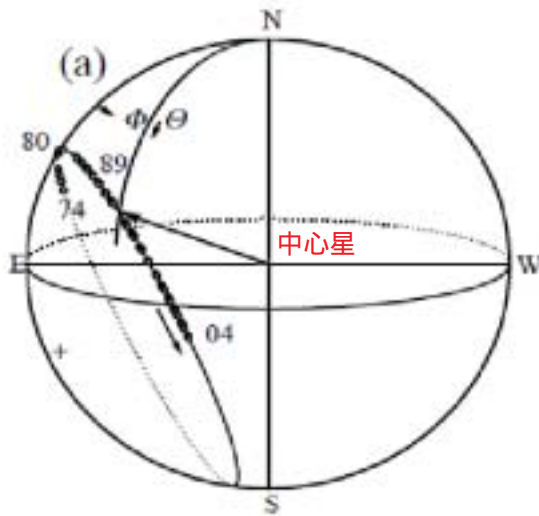


図7．一様歳差運動を仮定した、円盤回転軸の動き（天球上の図） 数字は年

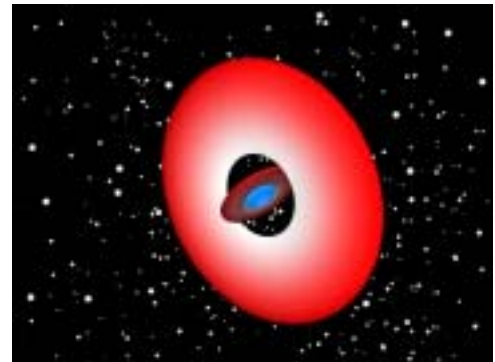


図8．現在の新旧2つの円盤の配置とスケール(西はりま天文台、坂元誠様提供)

## 6．輝線からの形成領域推定

右図のように、ダブルピーク輝線成分のピーク間隔PS、輝線成分の幅TW、擬似輝線成分の幅CQEを測ると、次の関係式で半径に換算できます。

ケプラー運動を前提とすると、

$$\text{輝線成分によるリング状円盤の外径 } r_{\text{outer}} = \{ (2Vc \cdot \sin i_d) / PS \}^2$$

$$\text{輝線成分によるリング状円盤の内径 } r_{\text{inner}} = \{ (2Vc \cdot \sin i_d) / TW \}^2$$

$$\text{擬似輝線成分による吸収外径 } r_a = \{ (2Vc \cdot \sin i_d) / CQE \}^{2/3}$$

となります。

図8の円盤半径を計算する時に用いた仮定は、次の通りです。

旧円盤の現在の傾斜角  $i_d=30$ 、新円盤の傾斜角  $i_d=60$   $< = =$  偏光解析より

星半径での円盤回転速度  $Vc=410$  km/s (ここでの経験的な選択値)

そして、PS、TW、CQEの測定精度を上げるために、すばるデータを使って諸半径を計算しました。図8で示した旧円盤と新円盤の接触半径は、FeII輝線成分でみると1.7となっています(但し、全体のスケールは仮定したVcに依存します)。

## 7．新旧円盤の追跡観測の楽しみ

プレオネはこれから半年ほどの間に、図3左に示したような急激な明るさ変化を起こし、新円盤は大きく発達すると予想されます。35年前は見つけれなかった新しい現象が、きっと発見できるでしょう。こんな変動に興味ある方は、西はりま天文台・美星天文台での観測、大量のデータ解析へご参加されことを呼びかけます。

謝辞：本稿では「すばるデータ」を使用しました。国立天文台の有本信雄様、田実晃人様に感謝申し上げます。

