

輝線星研究の最近の動向

5. 早期型前主系列星 (HES)



小 暮 智 一

〈〒614-8322 京都府八幡市橋本狩尾 1-10〉

e-mail: tkogure@pa2.so-net.ne.jp

前主系列段階にある B, A 型星 (Herbig Ae, Be 星, まとめてここでは HES と記す) の最近の話題は降着円盤に対する光赤外での撮像観測と磁場の効果に集まっている。すばるの補償光学や赤外干渉計などによる高解像度の観測によって星を取り巻く降着円盤の複雑な構造が分解されてきている。また、磁場の検出と円盤、恒星風への効果も検討が進み、HES の一部は強磁場をもつ化学特異星 Bp, Ap 星の先駆天体であるという可能性も指摘されている。これらを中心に最近の動向を探ってみよう。

1. はじめに

B, A 型の前主系列星 (Herbig Ae/Be stars, HES) は HR 図上で ZAMS に向かって進化途上にある星である。バルマー線などに輝線を示すが、古典的 Be/Ae 星に比較して赤外超過が大きく、一般に暗黒星雲と結びついている。可視、赤外域分光観測によって恒星風とともに複雑な降着円盤の存在も明らかになっている。しかし、恒星風と降着流の構造や発達の度合いは星によって大きな違いがある。今回は HES の高解像度観測による円盤の構造、円偏光観測による磁場の検出と構造に焦点を当てて最近の動向を探りたい。HES のうち Ae 星と Be 星を区別する必要があるときはそれぞれ HAe, HBe と略記する。

2. 恒星風か降着流か

HES のなかには顕著な恒星風または降着円盤を示す星がある。少し例を挙げてみよう。

恒星風の直接的な指標は P Cyg 型輪郭で、この輪郭を示す星は 20% に近く、流入を示す逆 P Cyg 型を示す星が 1% 程度であることと対照的

ある。また、P Cyg 型輪郭を示す HES は分光型で主に B8-A2 型付近に集中することも特徴的であり、そのなかに AB Aur, HD 50138, HD 190073, MWC 419 などが含まれている。このうち MWC 419 (B8e) について Kurchakov ら¹⁾はカザフスタン高山天文台の 1 m 望遠鏡により、3 年間にわたる分光 ($H\alpha$, $H\beta$), 測光観測 (B, V, R) を行った。この期間に $H\alpha$ 線の等価幅は 60-90 Å の間を不規則に変動し、それに伴って P Cyg 型の吸収線輪郭にも大きな変動が現れた。変動には数日から数 10 日の不規則変動と、光度減少に向かう長期的変動が見られる。 $H\beta$ 線は常に P Cyg 型輪郭であるが、 $H\alpha$ 輝線は強度の大きいとき P Cyg 型から非対称的ダブルピークに移る。これは不安定な強い恒星風の存在を示し、彼らはモデル計算によってガスの流出率を $10^{-7} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ 程度と推測した。また、1 年あたり $3 \sim 5 \times 10^{-8} M_{\odot}$ 程度の変動も見られている。

AB Aur (A0e) に対し、Telleschi ら²⁾は XMM-Newton 衛星の高分解能分光 (波長域 1.5-10 Å) によって多数のコロナ輝線を同定するとともに、X 線強度が 42 時間の変動周期をもつことに注目

した。この周期は光学分光で得られた Mg II の変動周期 (45 時間) に極めて近いので、X 線源は光球近傍にあり、自転に同期していると思われ、彼らは X 線放射の起源について磁場によって制御された恒星風による可能性が高いと推測している。

一方、降着流の指標は赤外線やミリ波帯で観測されるダストによる放射で、多くの観測があるが、ここでは発達した降着円盤の例として UX Ori (A2e, $V \sin i = 215 \text{ km s}^{-1}$) に対する Muzerolle ら³⁾ の Kitt Peak 国立天文台 4 m 望遠鏡のエッセル分光器による分光観測を挙げよう。波長域は $\lambda 4300\text{--}9200 \text{ \AA}$ でバルマー線、He I, Ca II, Na I など多くのスペクトル線が現われている。H α は赤側の弱いダブルピーク、H β , H γ は輝線の弱い逆 P Cyg 型輪郭を示し、He I は左右対称的な光球吸収線である。こうした線輪郭はこの星が降着流をもつことを示している。Mezzerolle らはこの星の降着流が磁気圏を通して星に流入するというモデルで解析し、降着率として $10^{-8} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ を得ている。

赤外域では van den Ancker⁴⁾ がマウナケアの 3 m 赤外望遠鏡 IRTF (NASA) を用いて 26 個の HES に対する高分散赤外分光 ($1.9\text{--}4.1 \mu\text{m}$) を行った。この波長域には水素の再結合線、Br α , Pf γ , Br γ , および CO バンドが現れており、水素輝線の強度と降着流光度に良い相関のあることを利用して降着率を推定している。その結果、降着率 $\dot{M}/M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ は 10^{-9} から 10^{-6} 台まで広い範囲にわたることが導かれた。van den Ancker は降着円盤を降着率によって能動型と受動型に分け、その境界を $2 \times 10^{-7} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ 程度としている。降着率の大きい能動型は降着流の運動エネルギーが回転円盤の粘性散逸によって円盤を加熱するタイプで、降着率の低い受動型は星表面からの放射によって加熱されるタイプである。能動型は円盤温度が高く、中間赤外域に特徴的なシリケートバンド ($10 \mu\text{m}$) の吸収線を示すのに対し、受動型では

温度が低く、紫外超過が見られないという特徴がある。

HES は星によって顕著な恒星風または降着円盤を示すが、相互に変換する場合もある。例えば HR 5999 (A7III-IVe) では Mg II の二重線が P Cyg 型 (1979-1990) から逆 P Cyg 型 (1992) に移行したことが Pérez ら⁵⁾ によって報告されている。多くの星には両者が共存すると考えられているが、それが星ごとにどれだけ異なるのか、一般にどのような関係にあるのか、当面は個別的な星の解析の積み重ねが必要であろう。

3. 撮像観測と星周辺の構造

最近、Hubble 宇宙望遠鏡 (HST)、地上大型望遠鏡 (すばる、VLT など)、および光赤外干渉計などさまざまな装置による高空間分解能の撮像観測が進み、円盤の複雑な構造がその姿を見せ始めている。ここではすばる望遠鏡と赤外干渉計による撮像の話題を取り上げよう。

(1) すばる望遠鏡

マウナケア山頂のすばる望遠鏡では赤外域の高解像度撮像観測によって円盤構造の解明が進んでいる。興味深いのは HD 142527 と AB Aur の 2 星である。

HES としては最晩期の HD 142527 (F6 IIIe, $d = 140 \text{ pc}$, 1 秒角 = 144 pc) は近赤外と中間赤外で異なった円盤の構造を見せている。Fukagawa ら⁶⁾ は CIAO (近赤外線コロナグラフカメラ) と補償光学装置で円盤の高解像度撮像 (解像度 0.13 秒角) を取得した。波長域は H バンド ($1.62 \mu\text{m}$) と K バンド ($2.2 \mu\text{m}$) であるが両バンドの円盤像はよく似ている。円盤はダストによる反射光として外半径は 490 AU まで広がっており、内部に非対称なホールが存在する。このホールは東側が 100 AU 程度に対し西側は 150 AU と広がり、また、外縁に北に向かって伸びる渦状構造も見られる。一方、中間赤外では近赤外に対して対照的な構造を示す。Fujiwara ら⁷⁾ は赤外撮像分光装置

(COMICS) により波長帯 $18.75 \mu\text{m}$, $24.58 \mu\text{m}$ でこの星の観測を行った。この波長域は円盤からの熱放射を示し、円盤は向かい合う円弧状の構造を示し東側が発達している。西側は表面輝度も低く、渦状構造も見られない。NIR と MIR の非対称性の違いについて Fujiwara らはリング状円盤の西側が観測者に近いという関係で説明している。近赤外ではダストグレインによる散乱光を見ているが、ミクロンサイズのグレインでは前方散乱光が後方散乱光より著しく強いので、観測者に近い西側が明るく見える。それに対し MIR は熱放射を見ており、熱放射に最も寄与するのはリングの星に面した内壁とリングの表面部分であるから、内壁の見えている東側が明るく見える。

次に AB Aur (A0 Ve, $d = 144 \text{ pc}$, 1 秒角 = 144 AU) は HES のなかでは最も明るい星で、広い波長域で観測が行われ、その特異さで注目されている。Fukagawa ら⁸⁾はすばる望遠鏡の CIAO による H バンドのコロナグラフ撮像観測によって円盤に大規模な渦状構造のあることを見いだした。星を隠すマスクの半径は星の中心から 60 AU に対応するが、円盤は半径 580 AU まで広がり、観測者に対して約 30° の傾きをもっている。渦状構造は 200 AU から 450 AU の間に数本の腕をもち、一部は枝分かれている。円盤内に渦状構造の形成されるメカニズムについて Fukagawa らは円盤内の重力不安定によるとしている。Lin ら⁹⁾はこの星についてマウナケア山頂のサブミリ波アレイ (SMA) を用いて 345 GHz (0.29 ミリメートル) の連続波と ^{12}CO (3-2) 輝線の同時観測を実施している。連続波はダストの熱放射を表し、CO 輝線観測は分子ガスの分布と運動の情報を与える。連続波は $450 \text{ AU} \times 270 \text{ AU}$ のサイズに広がるが、H バンド図と異なり、星の両側に二つのピーク状の構造を示す。渦状構造は見られず、ピークはむしろ星を取り巻く円盤の一部のようである。それに対し、分子ガスはダスト域よりさらに広がっており、速度分布の解析から分子ガスは全体

として膨張している。それでは星と星の近傍ではどうか、AB Aur の話はまだ次項に続く。

(2) 光赤外干渉計観測

高解像度を狙った最近の干渉計観測は赤外域に集中している。干渉計観測は数ミリ秒角 (mas) の解像度をもつので、単一望遠鏡による解像度 0.1 秒角の撮像に比べてさらに星の表面に近い周辺の構造を浮かび上がらせる。HES の観測はおもに VLTI (Very Large Telescope Interferometer, ESO, Chile), PTI (Palomer Testbed Interferometer, Palomer Observatory, California), IOTA (Infrared Optical Telescope Array, Mt. Hopkins, Arizona), NI (Nulling Interferometers: MMT 6.5 m, Mt. Hopkins および Magellan 1, Las Campanas, Chile) で行われている。観測対象は明るい HES であるが、興味のある中心は AB Aur などすばる望遠鏡でも観測された数星に集まり、星近傍 1 AU 程度の円盤構造が注目されている。

PTI 干渉計 (基線長 85 m) を用いて Eisner ら¹⁰⁾は K バンドで 11 個の HES を観測しているが、そのなかで AB Aur に二重リング構造を検出している。内側のリングは外半径 0.1 AU、温度 2,300 K、外側のリングは内半径 0.3 AU から外へ数 AU まで広がり、平均の温度は 1,460 K である。円盤半径は波長とともに微増する傾向を示し、Eisner らはそれを円盤内に温度傾斜があるためではないかと示唆している。

IOTA (35 m \times 15 m アレー) を用いた Millan-Gabet ら¹¹⁾も AB Aur に H バンドで類似の二重円盤構造を検出している。内側円盤の外半径は 0.23 AU、外側のリングは 1-4 AU まで広がっている。AB Aur はまた、星から 1.4 AU 離れた位置に未分解の赤外点源があり、彼らはこの点源は原始惑星の可能性があると推測している。Monnier ら¹²⁾は同じ IOTA 干渉計により、円盤の非対称性という観点から AB Aur, MWC 10805 など 14 星の近赤外観測 (波長 $1.65 \mu\text{m}$) を行い、すべての星に半径 0.2-8 AU の非対称的な円盤構造の存在を認めた。

AB Aur も半径 0.23 AU の非対称リングを示している。非対称性リングではリングの一部が欠けて三日月のようになる。リングの内側で星に面した部分はダストの昇華した高温のガス領域である。

Liu ら¹³⁾は相殺干渉計 (Nulling Interferometry) という干渉装置で HES の観測を行っている。この装置は地球型惑星を検出するために Bracewell によって 1978 年に提案された技術に基づいている。二つの望遠鏡から入射した中心星の波面を干渉によって相互に相殺させ、惑星の光を強調して取り出そうとするものである。Liu らはこの型の干渉計を用いて赤外 10 μm 帯の観測を 13 個の HES について行い、AB Aur を含む 3 星に円盤を検出した。円盤の直径は 3 星とも 20–30 AU (AB Aur は 27 AU) に達している。中間赤外の 10 μm 帯では円盤の熱放射を表し、すばる撮像と干渉計観測の中間領域にあたる。Liu らの観測は内部から外方に広がる低温のダスト円盤の存在を示している。

VLTi で観測された星の中で MWC 297 (B1.5 Ve) は早期 HBe 型として貴重な例である。この星は H α , H β 線とともに Br γ に非対称的なダブルピークの輝線を示す。Benisty ら¹⁴⁾はこの星が Br γ を放射する星風と赤外連続光を放射する光学的に厚い円盤の二つの成分をもつと想定し、VLTi の K バンド観測を行った。その結果によると、輝線放射域はほぼ球対称の星風で有効半径 1.25 AU まで広がっており、赤道面には半径 0.88 AU まで広がる円盤が存在する。この円盤は光学的に厚いので星風の一部は円盤に隠され非対称な輝線輪郭を形成する。

HR5999 (A7III–IVe, $d=208$ pc) は A1.5 型の伴星をもつ実視連星で、H α 輝線は中央に深い吸収線を伴うダブルピークになっている。すでに述べたようにこの星は P Cyg 型から逆 P Cyg 型に輪郭を変動させた経歴ももっている。最近以降の降着流の時期にあたり、Preibisch ら¹⁵⁾は VLTi の中間赤外域 (8–13 μm) の干渉計観測によって、ダスト

円盤の熱放射領域のサイズと構造を解析した。円盤の外縁半径は波長 8 μm で 1.2 AU から波長 13 μm で 1.8 AU 程度まで増加する傾向を示す。円盤の傾斜角は 58° と見積もられ、観測者はかなり赤道より円盤を見ていることになる。また、円盤のサイズが予想より小さいのは伴星の重力効果によって外縁が切り取られたと Preibisch らは推定している。円盤の内部は電離圏になっていて、強い H α 輝線を形成する。輝線がダブルピークを示すことは円盤が回転しており、中央の深い吸収線は輝線域前面に吸収帯の存在することを示している。こうした輝線輪郭は傾斜角が大きいことで説明される。

すばるの撮像観測では 100 AU スケールでの複雑な構造を描き出したが、干渉計観測では 1 AU 以下の星近傍にも複雑なリング構造の存在を明らかにしている。円盤、リングは見る装置によってさまざまな姿を現している。特に AB Aur に対しては 1 AU から数 100 AU までの広いスケール範囲での撮像で複雑な円盤や恒星風の構造が観測されているが、星本体についてひとこと付言しよう。この星は Catala ら¹⁶⁾による分光キャンペーンや美星天文台の分光観測¹⁷⁾によって奇妙な振舞いが注目されている。H α 線は P Cyg 型輪郭で恒星風の存在を示し、また、A0 型にもかかわらず He I $\lambda 5876 \text{ \AA}$ に強い輝線を示して彩層起源と見なされている。しかも、この輝線は二つの成分に分かれ、青側成分は常に輝線を示すのに対し、赤側成分は輝線から吸収線への交代を繰り返している。Kawabata¹⁷⁾によると青側成分は 35 時間、赤側成分は 46 時間の周期をもち、Ca II, Mg II にも同様の周期が見られる。この変化は一般に自転に関する周期変化とも対応しており、彩層の存在と短期変動が X 線や周辺の構造とどのような関連をもつか全体像の解明に期待される。

4. 星と周辺の磁場

古典的 Be 星の場合と同じように HES の磁場の検出と測定は 2000 年代に入ってからようやく本格的になり、主として VLT と CFHT に装備した分光偏光装置によって進められている。

(1) VLT (Very Large Telescope, ESO, Chile)

VLT では Hubrig, Wade ら¹⁸⁾⁻²⁰⁾のグループが観測を進めている。Wade ら²⁰⁾は VLT 8.2 m 鏡に装備した偏光分光装置 (FORS 1) を用い、バルマー線 (H β -H16), Ca II H, K 線などの光球吸収線翼部の円偏光を測定し、磁場の検出と測定を行っている。この円偏光から星の観測者に面した半球の平均磁場経度成分 $\langle B_z \rangle$ が導かれる。彼らは 50 個の HES (B0-F2) についてサーベイを行い、そのうちの 4 星に有意の磁場を検出した。磁場の可能性のある星を含めて磁場をもつ星の割合は 8-12% と推定している。検出された 4 星はすべて A 型 (A2-A9) で、磁場 $\langle B_z \rangle$ はほぼ 100 G ほど (87-450 G の範囲) である。Wade らは測定された磁場が双極磁場であると仮定すると、磁極での強度は 1 kG 程度になると推測している。

星の磁場は、通常、吸収線輪郭が対称であるとの仮定の下に導かれるが、Hubrig ら²¹⁾は星周圏磁場の寄与によって線輪郭が非対称になる点を考慮し、光球磁場と星周圏磁場の分離を試みた。その結果を、(a) 観測された星は光球磁場をもつ、(b) 磁場が弱く光球起源と星周圏磁場か判別でき

ない、(c) 星周圏起源の磁場をもつ、の 3 タイプに分類している。このうち (c) の磁場は Ca II H, K 線の複雑な輪郭から導かれたものであるが、磁場の強さは輝線形成域の活動度にも依存し、活動度が高い時期ほど強い磁場を示す傾向がある。また、このタイプの星が自転速度の大きい星に集中しているのも注目される。これらは星周圏の形成や構造に磁場が関与することを示唆している。

(2) CFHT (Canada-France-Hawaii Telescope, Mauna Kea, Hawaii)

CFHT では 2005 年に新しい偏光分光装置が 3.6 m 望遠鏡に装備され、Catala, Alecian ら²²⁾によって HES の磁場の検出と測定が進められている。Alecian ら²³⁾は質量 $1.5 M_{\odot}$ から $15 M_{\odot}$ をもつ 55 個の HES について磁場の探査を行い、そのうち 4 星に有意の磁場を検出した。彼らはこれらの星が双極磁場をもつと仮定し、測定された経度成分から磁極の磁場強度 B_p (G) を導いている。4 星の結果を表 1 にまとめよう。磁場星の検出率は 7% である。有意の磁場の検出できなかった残りの 51 星について Alecian らはその大部分の星は実際に磁場が弱く、磁気圏も存在しないのはいかと推測している。

表 1 に示した星のうち HD 200775 について詳しい観測が行われた。HD 200775 (B2III-IVe) は HBe 星としては初めて有意な磁場の観測された例である。ダブルライン連星系で、伴星は主星とほぼ同じ分光型をもつ前主系列星であるが磁場は

表 1 CFHT において検出された HES の双極磁場の磁極強度 B_p ²³⁾

HD	分光型	自転速度 $V \sin i$ (km s ⁻¹)	自転周期 P (d)	磁極磁場 (kG)	
				B_p	$B_{p(\text{ZAMS})}$ ^(注1)
200775	B2	26	4.328	1	3.6
72106	A0	41	0.63995	1.3	1.3
V380 Ori	A2	9.8	[7.6, 9.8]	1.4	2.4
190073 ^(注2)	A2IIIe	< 8.5	—	[0.1, 1]	[0.4, 4]

(注1) 星が ZAMS に入ったときに保持すると予想される磁場 (Alecian ら²⁵⁾)

(注2) この星は 2 年間のモニターでストークスパラメーター V に変動が認められなかった。

表中の括弧 [] は測定値の上下限を示す。

検出されていない。この連星は軌道周期 1,412 日で離心率 $e=0.31$ の扁平な軌道をもっている。磁場の経度成分の変動が自転周期とよく一致することから Alecian ら²⁴⁾ は双極磁場をもつ磁気回転星とみなし、磁極の磁場強度 $1,000 \pm 150 \text{ G}$ を導いた。主星はまた、顕著な幅広い輝線（バルマー線、Fe II, Si II など）と狭い輝線（Fe II, NiI, O II など）を示す。幅広い H α 輝線は等価幅が近星点の近くで極大になることから、離心率の高い連星の近星点付近での相互作用の存在を示し、狭い輝線は 2 年間のモニター観測で視線速度変化を示さなかったことから、それらは星を取り巻く星雲で形成されると Alecian らは推測している。

(3) 磁場の起源と Bp/Ap 星

(i) 磁場と自転速度 星が誕生時に大きな磁場をもっていると、太陽の場合と同じように磁場のブレーキ作用で星の自転は遅くなる。進化の速い HES ではどうであろうか。統計的に見ると HES は古典的 Be, Ae 星や正常の B, A 型星に比較しても自転速度の遅い星が多い。Aleccian ら²⁵⁾ は大局的磁場をもつ星はほとんど数十 km s^{-1} 以下の低速自転星である点に注目している。また、その仲間には化学的異常を示す星も多い。彼らはこれらの星が磁束を保存しながら進化したと仮定し ZAMS に到達したときに予想される磁極強度を推定した。その値は $B_p(\text{ZAMS})$ として表 3 に示してある。これらの値が Ap/Bp に観測される磁場の値にほぼ一致するところから Aleccian らは磁場をもつ HES は Ap/Bp 星の前駆天体として位置づけられると考えている。

(ii) HES と Ap 星との関係を示す例 CFHT で観測された Herbig Ae 星のうち HD 72106 は実視連星で、Folsom ら²⁶⁾ によると主星は磁場をもつ Ap 星、伴星は磁場をもたない HAe 星で、主星の磁場は双極型とすると磁極強度は 1.3 kG と推定される。また、Doppler imaging 法によって異常組成を示す元素 Si, Ti, Cr, Fe の表面分布も描き出されており、これらの元素はそれぞれ異なっ

た分布を示すが 4 元素とも磁極付近で大きなスポットを示し、磁場との関係を示唆している。この星は HES と Ap 星との深い関係を示す例となっている。

(iii) 化石磁場と磁場星の頻度 磁場の起源については化石説が広く採用されている。磁場の強度が星の性質（光度、質量、表面重力など）によらないこと、双極磁場の減衰時間が $10^9\text{--}10^{10}$ 年と長く HES の前主系列段階で十分に磁場の保全が可能なのが化石説に有利である。Wade ら²⁷⁾ によると、原始星の磁場の保存には下限があり、ある強度以下では磁場は不安定性によって消滅する、その限界以上の星のみが化石磁場として保有され、HES を経て化学組成の異常を生じて Bp/Ap 星になりうる。この限界磁場を超える星の割合は 10% 程度で HES における磁場の検出率と同程度になる。

これらの観測やモデル考察によって磁場をもつ HES の割合や磁場の化石起源、また、Ap/Bp 星との関係などが広く理解されるようになってきた。

参考文献

- 1) Kurchakov A. V., Pogodin M. A., et al., 2007, *Astrophysics* 50, 207
- 2) Telleschi A., Güdel M., et al., 2007, *A&A* 468, 541
- 3) Muzerolle J., D'Alessio P., et al., 2004, *ApJ* 617, 406
- 4) van den Ancker M. E., 2005, *Proc. High Resolution IR Spectroscopy in Astronomy, ESO Workshop*, p. 309
- 5) Pérez M. R., et al., 1993, *A&A* 174, 381
- 6) Fukagawa M., Tamura M., et al., 2006, *ApJ* 636, L153
- 7) Fujiwara H. Honda M., et al., 2006, *ApJ* 644, L133
- 8) Fukagawa M., Hayashi M., et al., 2004, *ApJ* 605, L53
- 9) Lin S. Y., et al., 2006, *ApJ* 645, 1297
- 10) Eisner A., Chiang E. I., et al., 2007, *ApJ* 657, 347
- 11) Millan-Gabet R., Monnier J., et al., 2006, *ApJ* 645, L77
- 12) Monnier J. D., Berger J.-P., et al., 2006, *ApJ* 647, 444
- 13) Liu W. M., Hinz P. M., et al., 2006, *ApJ* 658, 1164
- 14) Benisty M., Malbet F., et al., 2005, *Protostars and Planets V, LPI Contribution No. 1286*, p. 8395
- 15) Preibisch Th., Kraus S., et al., 2006, *A&A* 458, 235
- 16) Catala C., Donati J. F., et al., 1999, *A&A* 345, 884
- 17) Kawabata T., 2003, in *Stellar Astrophysics, Proc. Sixth Pacific Rim Conf.*, p. 305
- 18) Hubrig S., Schöller M., Yudin R. V., 2004, *A&A* 428, L1

- 19) Hubrig S., Yudin R. V., et al., 2006, A&A 446, 1089
- 20) Wade G. A., Bagnulo S., et al., 2007, MNRAS 376, 1145
- 21) Hubrig S., Pogodin M. A., et al., 2007, A&A 463, 1039
- 22) Catala C., Alciañ E., et al., 2007, A&A 462, 293
- 23) Alciañ E., Wade G. A., et al., 2007, IAUS 243, 43
- 24) Alciañ E., Wade G. A., et al., 2007, Proc. Semaine de l'Ap Francaise, J. Bouvier et al. (eds.), in press
- 25) Alciañ E., Catala C., et al., 2008, MNRAS, in press
- 26) Folsom C. P., Wade G. A., et al., 2007, Proc. CP and AP Stars Workshop, in press
- 27) Wade G. A., Silvester J., et al., 2007, Proc. Solar Polarisation Workshop, in press

Recent Developments in the Studies of Emission-Line Stars

5. Early-type Pre-main Sequence Stars (HES)

Tomokazu KOGURE

1-10 Toganoo, Hashimoto, Yawata, Kyoto 614-8322, Japan

Abstract: Recent studies of pre-main sequence Ae and Be stars (Herbig Ae/Be stars, or shortly HES) are mainly focused on the imaging of stellar circumstellar disks and the detection and measurements of magnetic fields of these stars. Adaptive optics of Subaru Telescope and infrared interferometric observations in some observatories revealed the complicated structure of stellar disks in different scale of lengths. Magnetic fields of HES suggest the close relationship between magnetic HES and chemically peculiar Ap/Bp stars.