

## 研究简讯

## 狐狸座PU(PU Vul)的观测研究简况

刘宗礼

(中国科学院北京天文台)

## 提 要

本文第一部份给出了该星被发现前从1898年起至1979年4月3日止的历史记录,1977年前B星等在 $14^m-17^m$ 之间不规则地变化,从1977年以后逐渐增亮。

接着,本文综述了该星被发现后光谱和光度变化情况,到1980年2月止V星等大约为 $8.9^m$ ,此后,高度开始下降,9月达到极小,以后又重新增高,1981年8月达到新的极大。在两次极大时光谱为AF型,当1980年亮度下降和在极小时为M型。1982年10月出现强 $H_\alpha$ 发射线,1983年9月出现 $H_\beta$ 发射线,1983年12月 $H_\beta$ 发射线消失, $H_\alpha$ 发射线仍很强。

最后,本文简单介绍了对该星的几种看法,如慢新星、共生星、遮挡模型和双星模型等。

## 一、1979年4月5日前的观测记录

1979年4月5.82639日(UT),日本Y.Kuwano<sup>[1]</sup>在狐狸座发现了这颗特殊的类新星,当时 $m_{p,0}$ 为 $9.0^m$ ,日本M. Honda<sup>[2]</sup>也独立地发现了这个天体。1979年4月11.8和12.8日,日本Y.Norimoto<sup>[3]</sup>用103 $\mu$ -0乳胶拍得的光谱是正常的A4型。

由于这个天体的光度和光谱变化既不同于一般的新星和矮新星,<sup>4</sup>也不同于一般的类新星,因此引起了很多人的极大关注,他们查阅了过去有关的观测记录,得到了这颗星的很多历史资料,现扼要列表如下页。

从表可看出,在1977年以前的八十年内,这颗星的B星等(及照相星等 $m_{p,0}$ )在 $14^m-17^m$ 之间不规则地变化,1977年以后逐渐增亮。

## 二、1979年4月5日以后(发现后)观测结果简述

从1979年4月发现这颗天体迅速增亮后,很多人对其进行了各种观测,得到了大量观测资料。现分别简述如下:

## 1. 光度观测

E. A. Kolotilov和T. S. Belyakina<sup>[7]</sup>在1979—1981年期间进行了U. B. V.光电测光,与其他人<sup>[8-15]</sup>的结果结合起来,绘出该星V星等综合光变

曲线和B-V, U-B颜色曲线(见图1)。

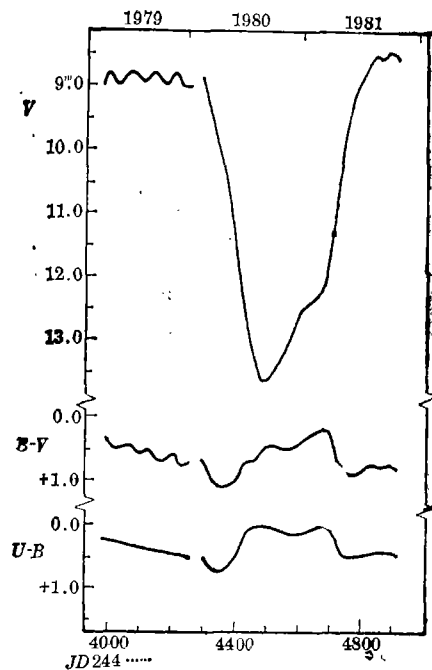


图1. 1979—1981年PU Vul光度和颜色变化。

1984年7月23日收到。

1986年3月27日收到修改稿。

发现前观测资料表

日期(UT)	星等和光谱型	资料来源	报告人(或观测者)	文献
1898—1956年	$m_{p,v} = 16.0 - 16.5$	哈佛大学天文台巡天底片	M. H. Liller, W. Liller	[4]
1951年7月8日	$B \approx 16^m, R \approx 15^m$	帕洛玛天图	K. Ishida等	[3]
1954年9月19日	$B > 17$	利克天文台天图	K. Ishida等	[3]
1956年7月	$m_{p,v} \approx 14.5$	帕洛玛天图	M. H. Liller, W. Liller	[4]
1958年8月30日	$I \approx 9.5^m, M4$	Burrell 施密特红外物端棱镜底片	C. B. Stephenson	[5]
1967年9月10日	$m_{p,v} \approx 16^m$	北京天文台巡天底片	刘宗礼, 黄珊	
1967年9月12日	$m_{p,v} \approx 16^m$	北京天文台巡天底片	李启斌	
1968年6月28日	$B > 13^m$	Vehrenberg天图	K. Ishida等	[3]
1968年10月14日	$V = 14.5^m \pm 0.15$	Burrell 施密特照相底片	C. B. Stephenson	[5]
1977年10月7.0日	$B = 14^m$	哈佛大学天文台巡天底片	M. H. Liller, W. Liller	[4]
1977年11月2.0日	$B = 12.5^m$	哈佛大学天文台巡天底片	M. H. Liller, W. Liller	[4]
1977年12月12.0日	$B = 12.5$	哈佛大学天文台巡天底片	M. H. Liller, W. Liller	[4]
1978年5月31.3日	$B = 11.4^m$	哈佛大学天文台巡天底片	M. H. Liller, W. Liller	[4]
1978年7月1.2日	$B = 10.9^m$	哈佛大学天文台巡天底片	M. H. Liller, W. Liller	[4]
1978年7月27.2日	$B = 10.1^m$	哈佛大学天文台巡天底片	M. H. Liller, W. Liller	[4]
1978年8月2日	$B > 11.5$	Y. Kuwano 的观测结果	K. Ishida	[3]
1978年8月19.59日	$I \approx 8$	东京天文台105cm施密特照相底片	K. Ishida	[3]
1978年8月21.515日	$m_{p,v} \approx 10^m$	M. Honda 的 Tri-x 软片照相	Y. Kozai	[2]
1978年9月2.2日	$B \approx 10.0^m$	哈佛大学天文台巡天底片	M. H. Liller, W. Liller	[4]
1978年9月6.59日	M4	东京天文台105cm施密特物端棱镜	K. Ishida	[3]
1978年9月25.1日	$B = 9.7^m$	哈佛大学天文台巡天底片	M. H. Liller, W. Liller	[4]
1978年10月3.0日	$B = 9.8^m$	哈佛大学天文台巡天底片	M. H. Liller, W. Liller	[4]
1978年11月3.0日	$B = 9.7$	哈佛大学天文台巡天底片	M. H. Liller, W. Liller	[4]
1978年11月26.0日	$B = 9.5^m$	哈佛大学天文台巡天底片	M. H. Liller, W. Liller	[4]
1978年12月26.38日	$V = 9.6^m$	东京天文台105cm施密特照相底片	K. Ishida	[3]
1979年3月26.8日	$m_{p,v} > 11$ 或 12	Y. Kuwano 的 Tri-x 软片照相	Y. Kozai	[1]
1979年4月3.175日	$m_{p,v} = 8.6^m$		M. Swan	[6]

从图 1 可看到, 在1979年期间 PUVul 平均亮度为  $V \approx 8.9^m$ , 1980年2月开始以  $\Delta V/\Delta t \approx +0.025^m/$ 天的速度下降, 大约在1980年9月2日下降到极小  $V = 13.65^m$ , 从1980年9月7日至1981年3月7日,

又以  $\Delta V/\Delta t \approx -0.008^m/$ 天的速度增亮, 从3月7日至8月13日以  $\Delta V/\Delta t \approx -0.023^m/$ 天的速度增亮, 在8月13日  $V \approx 8.5^m$ , 进入一个新的第二亮度极大期, 比1979年期间的极大还要更亮一些。U-B,

$B-V$ 也不断变化,其中 $B-V$ 的变化似与D. Chochol<sup>[16]</sup>所指出的78天光变周期有关。

1981年5月8日—12月28日,1982年4月6日—12月10日A. Purgathofer和A. Schnell<sup>[17], [18]</sup>的光电 $U. B. V.$ 观测结果表明:从1981年8月份此星一直处于极大亮度阶段,其间,1982年9月18日—11月4日有小的增亮, $V$ 星等从8.949<sup>m</sup>增到8.464<sup>m</sup>。

1982年10月27日—11月7日, J. Hron等人<sup>[19]</sup>也进行了 $U. B. V.$ 光电测光。

1979年4月S. Bensammar等人<sup>[20]</sup>进行了红外观测,与Ishida等人<sup>[4]</sup>的 $U. B. V. I.$ 测光结合起来,得到一个在可见区有色余的有效温度为3,200 K的黑体普朗克能量分布。

从1979年8月到1980年12月,Белякина, Т. С.等人<sup>[21]</sup>进行了 $U. B. V.$ 和红外测光及偏振测量,在1980年亮度很快下降阶段出现了约1%的固有偏振,红外辐射在这一连续极小时期是1979年4月极大亮度时期的1/2。

IUE观测表明,在1979年4月22.06日和1980年1月1.29日之间,紫外流量在250nm下降1.6<sup>m</sup>,在290nm下降1.0<sup>m</sup>,而在此同一时期,目视星等仅变化0.2<sup>m</sup>±0.14<sup>m</sup><sup>[22]</sup>。

## 2. 光谱观测

1979年4月13和14日, S. Mochnacki<sup>[3]</sup>看到 $H_\alpha$ 线有很锐的PCyg型轮廓,吸收成份紫移~50km/s,  $H_\beta$ 线类似传统的Be壳层星谱线轮廓,在光谱中还有其他吸收线,包括Si I的红双线6,347和6,371 Å,并认为它可能是一个亮度接近极大的慢新星。

在1979年4月19.5日M. Schmidt和R. Green<sup>[5]</sup>所取得的光谱片上(3,600—6,700Å)可看见 $H_\alpha$ — $H_{11}$ 锐吸收线,他们肯定了S. Mochnacki的证认,并认为它可能是一个再发新星或者以前不知道的矮新星。

1979年4月20.3日, M. Honda<sup>[2]</sup>观测到 $H_\alpha$ — $H_\gamma$ 窄吸收线,认为这是亮度接近极大时新星的典型光谱。

1979年5月27日, J. Hron和H. M. Maitzen<sup>[23]</sup>没观测到发射线, CaH, K线清晰可见,且强度相等。

Гершберг, Р. Е.等人<sup>[24]</sup>从1979年8月到

1980年10月进行了光谱观测,在1979年光度极大期间该星是一个高光度F型星,在亮度下降阶段,F型光谱变成M型巨星光谱,且出现了 $H_\alpha$ 和NaD发射线,在 $H_\beta$ 线中也出现了弱发射。在持续极小期间,光谱型可能为M4,星云线[N I] 6,583Å和[O I] 5,007Å出现,NaD发射加强, $H_\alpha$ 发射减弱, $H_\beta$ 发射消失。1980年6月(亮度下降后阶段)光谱为M5—M6。从1979年10月14日到1980年10月10日10张底片的测量,得到视向速度为+18—+48km/s,其平均值~+30km/s,用不同谱线所得到的数值是有差别的。

Ladislav Hric等人<sup>[25]</sup>在1979年9—10月间所得光谱(I a-0乳胶)是吸收线,从Ca I (423nm), Ti I (431nm)和H $\gamma$ 的相对强度比推断其光谱型为F5(±0.1),从当时色指数 $B-V=0.4$ 也推出其光谱型为F5。他们得出的视向速度分布图明显不是高斯分布,所以他们认为所得到的光谱可能来自两个源,大多数光谱属于与M星相联系的稳定壳层,其平均视向速度为+30±6km/s(假设是高斯分布),其他谱线由一个膨胀壳层产生,其速度分布在-40—+25km/s范围内,极大值在+8km/s。他们还认为它可能是共生星。

1979年4月8日到1981年12月3日Y. Yamashita等人<sup>[26]</sup>的观测表明,在1979年4月和5月,总体看来该星类似超巨星的晚A型星,但金属线相当弱,中性和电离线相对强度表明它是A5 I或A5 I b型,几乎相等的Ca I K和Ca I H+H $\gamma$ 又表明它是FO型。在亮度极大期间随着时间的推移,由金属线比得到的光谱型稍微变得晚一点,但没看到发射线。1980年4月10日当 $V$ 星等从极大下降1<sup>m</sup>( $B$ 星等下降1.5<sup>m</sup>)时,光谱变成M和F型混合谱。因为TiO带清晰可见,其强度相当于M2型光谱。但由于Ca I 4,227Å, Cr I 4,254Å和4,275Å谱线不存在,而且 $H_\beta$ 线也比一般M型光谱更强,因此在4,000—4,300 Å范围最接近F型光谱。在极小时( $m_0 \approx 13.5^m$ )TiO带有点加强,相应于M4型,而整个区域仍然保持F型谱不变,但此时出现 $H_\alpha$ 和NaD $_1$ 、D $_2$ 很锐的发射线,且可见星云线[N I] 6,584Å和[O I] 5,007Å。1981年5月18和19日的光谱与1979年光度极大后半段相似,是A或FO型超巨星,随着时间的推移,光谱型也稍微变得更晚些。在1981年5月18日 $H_\beta$ 线

是双的, 5月19日是弥漫的, 但在7月22日却看不出任何反常。在1981年6月7日 $H_{\alpha}$ 呈现发射, 但12月3日却呈现弱吸收, 没有发射成份。从1979年6月10日到1981年9月16日7张底片的测量, 其视向速度为 $+19.9-+28.1\text{km/s}$ , 视向速度平均值为 $+26.6\pm 0.6\text{km/s}$ 。

1980年8月7日—8日Хчиквадзе, я. н.<sup>[27]</sup>所获得的物端棱镜光谱表明, 该天体不迟于G5—G8型, 根据1979年9月27日所拍有缝光谱和无缝光谱, 推断该星为F5—F6型。

S. W. Mochnecki等人<sup>[28]</sup>在1979年光度极大和1980年光度极小时所得光谱扫描表明, 它可能具有M型超巨星的综合谱。在1981年6月6、38日取得的蓝像管底片表明是F6 [b-]型光谱, 唯一不正常的是 $H_{\beta}$ 和 $H_{\gamma}$ , 可能被发射线充满。从18条线得到的视向速度为 $+18\pm 6\text{km/s}$ 。与此同时, 由视向速度扫描仪得到的为 $+27.5\pm 2\text{km/s}$ 。

J. Hron等人<sup>[19]</sup>在1982年10月30、31日和11月1日的底片(I a-O)上, 发现 $H_{\beta}$ 是带有PCy型紫移吸收的弱发射线。

1981年9月12日—1983年12月11日, 刘宗礼、郝象梁和梅苞利用云南天文台1米反射望远镜和北京天文台60/90厘米施密特望远镜的卡氏光栅摄谱仪, 对这颗星进行了有缝光谱观测, 取得了很多观测资料, 图2给出所拍摄的部份光谱照片。从图2可看到: 在1981年9月份光谱是晚F型, 氢巴尔末线是吸收线, 但 $H_{\alpha}$ 线不够清晰。在1982年10月份 $H_{\alpha}$ 线成为一条很强的发射线<sup>[29]</sup>。在1983年9月份发射线非常强, 除 $H_{\alpha}$ 线外,  $H_{\beta}$ 发射线也看得非常清楚<sup>[30]</sup>。1983年11月份,  $H_{\alpha}$ 发射线变弱,  $H_{\beta}$ 发射线仅剩下一点痕迹, 在同年12月份,  $H_{\beta}$ 发射线似已消失, 而 $H_{\alpha}$ 发射线还是相当强的<sup>[31]</sup>。值得指出的是,  $H_{\beta}$ 线的变化是很快, 在1983年8月29日 $H_{\beta}$ 还是吸收线, 但在9月1日它已成为发射线了。

### 三、目前提出的几种看法

到目前为止, 就这颗星的本质问题提出了各种可能性和看法。

M. Honda<sup>[2]</sup>, S. Mochnecki<sup>[3]</sup>以及其他<sup>[32], [33]</sup>认为它是新星慢新星、再发新星或矮新星。

S. Bensammar等人<sup>[20]</sup>比较明确地提出该星可能与共生星有关, Белякина, Т. С. 等人似同意

这种看法<sup>[21], [24], [25]</sup>, 这种看法可以解释在光谱中出现的M型光谱。

Y. Yamashita等人<sup>[26]</sup>认为它不是共生星, 他们认为共生星的想法不能解释光度极大时的AF型光谱和从光度极大下降 $1^m$ 以后在光谱中同时出现的M和F型光谱。根据截至1981年12月3日的观测资料, 他们提出一个遮挡模型: 即中心是一个F型星, 恒星本身抛出的星周物质由于冷却可能凝聚到固体粒子上, 与此同时在靠近恒星大气的地方形成TiO分子, 在离恒星表面大气很远的地方有尘埃云。这个模型可以解释1980年期间亮度的下降和上升, 但看来他们忽视了光度极大前长期缓慢增亮阶段和极大时出现的发射线, 在解释星云线的出现以及1958年8月和1978年9月的M型光谱方面, 似乎遇到了困难。

根据历史上和近年来的观测, 作者本人认为这个天体是一个非常慢新星。在过去八十多年期间, 该星不断有小的活动, 从已知最小星等( $\sim 16^m$ )增亮至1979年时的 $8.9^m$ , 大约历经十多年的时间, 曾有人观测到PCy型轮廓, 这说明它有物质抛出。这个阶段似可看成光度极大前的增亮阶段。1980年2月亮度开始下降, 9月达到极小, 接着又重新增亮, 1981年8月达到新的极大, 这可能是主爆发。1982至1983年 $H_{\alpha}$ 和 $H_{\beta}$ 等巴尔末发射线的出现, 以及在持续极小时出现的星云线, 这些都是新星的重要特征。作者还认为它是由一个M巨星和一个低光度热子星组成的双星, 其轨道面与视线近似平行。由于物质交流和吸积, 使得热子星温度升高, 不断有小的爆发活动, 不断有物质抛出, 从而在热子星周围充满了星周物质。由于这些星周物质的消光, 使得热子星的能量分布曲线发生变化, 短波区辐射大大减弱, 所以在未增亮的情况下这个双星总体上的分光效果相当于一个M巨星, 而只有在热子星急剧增亮时总体上才显示出AF型星特征。用这样一个模型似可大致解释观测到的主要结果: 如在两次极大时出现的AF型光谱和极小时的M型光谱。由于有高温热子星存在, 所以可看到H和Na发射线及星云线。由于有大量星周物质消光导致巴尔末谱线大的减幅, 所以我们只能看到巴尔末线系的 $H_{\alpha}$ 和 $H_{\beta}$ 发射线。由于爆发活动比较缓慢, 爆发时作为光球的大气层向外扩张, 由于星的自身引力, 可能使光

球又有些许收缩,因此所测量到的视向速度几乎都是正的。

目前对这颗星的观测研究正向更深更广的方面

进展,红外和紫外波段的观测可望得到更令人鼓舞的结果,在不久的将来,将能得到较重大的突破性进展。

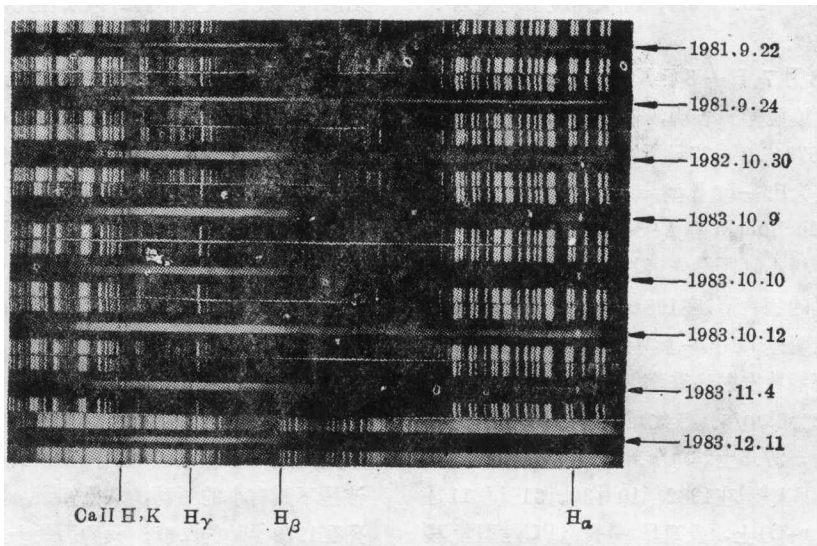


图 2. 狐狸座PU(PU Vul)光谱图(3,500—6,700Å,167Å/mm)。

### 参 考 文 献

- [1] Kozai, Y., IAU Cir., No. 3344, (1979).
- [2] Kozai, Y., IAU Cir., No. 3348, (1979).
- [3] Norimoto, Y., Ishida, K., Yamashita, Y., Nariai, K., Mochnacki, S., Schmidt, M. and Green, R., IAU Cir., No. 3350, (1979).
- [4] Liller, M. H., Liller, W. and Ishida, K., IAU Cir., No. 3352, (1979).
- [5] Stephenson, C. B., IAU Cir., No. 3356, (1979).
- [6] Swan, M., IAU Cir., No. 3346, (1979).
- [7] Kolotilov, E. A. and Belyakina, T. S., I B V S, No. 2097, (1982).
- [8] Whitney, C. A., IAU Cir., No. 3348, (1979).
- [9] Zissel, C. E., IAU Cir., No. 3355, (1979).
- [10] Mins, S. S. and Mullikin, T. L., IAU Cir., No. 3380, (1979).
- [11] Margrave, T. E., IAU Cir., No. 3421, (1979).
- [12] Mahra, H. S., Joshi S. C., Srivastava, J. B. and Dhir, S. L., IBVS, No. 1683, (1979).
- [13] Bruch, A., IBVS, No. 1805, (1980).
- [14] Nakagiri, M. and Yamashita, Y., Tokyo Astron. Bull., (1980), No. 263, 2993.
- [15] Purgathofer, A. and Schnell, A., IAU Cir., No. 3604, 3610, (1981).
- [16] Chochol, D., IBVS, No. 2059, (1981).
- [17] Purgathofer, A. and Schnell, A., IBVS, No. 2071, (1982).
- [18] Purgathofer, A. and Schnell, A., IBVS, No. 2264, (1983).
- [19] Hron, J. and Maitzen, H. M., IBVS, No. 2273, (1983).
- [20] Bensammar, S., Friedjung, M. and Assus, P., Astron. and Astrophys., 83 (1980), 261.

- [21] Белякина, Т. С., Ефимв. Ю. С., Павленко, Е. П., Шенаврн, В. И., А. Ж., 59 (1982), Вып. 1, 1—5.  
 [22] Holm, A. V. and Wu, C. C., IAU Cir. No. 3471, (1980).  
 [23] Hron, J. and Maitzen, H. M., IAU Cir., No. 3487, (1980).  
 [24] Гершберг, Р. Е., Краснбабиев, В. И., Петров, П. П., Чуваев К. К., А. Ж. 59 (1982), Вып. 1, 6—11.  
 [25] Ladislav Hric and Drahomir Chochol, *IBVS*, No. 1835, (1980).  
 [26] Yamashita, Y., Maehara, H. and Norimoto, Y., *PASJ*, 34 (1982), No. 2, 269.  
 [27] Хчиквадзе, Я. Н., *Астрономический Циркуляр*, (1981), No. 1150, 7—8.  
 [28] Mochnecki, S. W. and Harris, H. C., IAU Cir, No. 3614, (1981).  
 [29] Liu Zongli, Hao Xiangliang and Mei Bao, *IBVS*, No. 2291, (1983).  
 [30] Liu Zongli and Hao Xiangliang, *IBVS*, No. 2446, (1983).  
 [31] Liu Zongli and Hao Xiangliang, *IBVS*, No. 2466, (1984).  
 [32] Honda, M., Ishida, K., Noguchi, T., Norimoto, Y., Nakagiri, M., Soyano, T. and Yamashita, *Tokyo Astron. Bull.*, (1979), No. 262, 2983.  
 [33] Liller, M. H. and Liller, W., *Astron. J.*, 84 (1979), 1357.

(责任编辑 刘金铭)

## Observations and Investigations of the Star PU Vul

Liu Zongli

(Beijing Observatory, Academia Sinica)

### Abstract

Some historical records of the star PU Vul, which were obtained from 1898 to April 3, 1979 before discovered, are given in this paper. It was found that before 1977 the star appeared to have irregular brightness variations in both rising and falling stages. Since 1977 it became brightened gradually.

A summary of the behavior of the star since it was discovered on April 5, 1979, is presented. Until February 1980 the object had an average magnitude of  $V=8.9^m$  with fluctuation amplitude of  $\pm 0.5^m$ . Since that time its brightness had been decreasing and reached to a minimum in September, 1980. It became brightened again, and came up to a new maxima in August, 1981. The spectral type was classified as AF during the phases of maximum, but it was a M-type star during the period when the brightness dropped quickly and at the minimum. Sometimes hydrogen, sodium and nebula lines appeared from 1979 to 1982. From October, 1982 to December, 1983 (final observation)  $H_\alpha$  emission line became strong.  $H_\beta$  emission line appeared in September and became very strong in October, 1983 and disappeared in December, 1983.

Finally, we discuss several interpretations on the behavior of this star, veiling model and binary system etc.