

W UMa형 별들의 UV 방출선 연구

김용기¹, 한동주¹, 한원용²
¹충북대학교 천문우주학과
²한국천문연구원

UV LINE EMISSIONS OF W UMa STARS

Yonggi Kim¹, Dongjoo Han¹, Wonyong Han²

¹Department of Astronomy & Space Science, Chungbuk National University
Cheongju, 361-763, Korea

E-mail: ykkim@ast.chungbuk.ac.kr

²Korea Astronomy Observatory

E-mail: whan@hanul.kao.re.kr

(Received March 31, 2000; Accepted May 15, 2000)

요 약

IUE 저분산 자료를 가지고 44i Boo, W UMa, AW UMa 및 VW Cep에서 나오는 자외선 방출선들의 특징을 조사하였다. 단파장영역과 장파장영역에서의 방출선 선세기를 구하여, 이를 자외선 등급으로 변환하여 광도곡선을 얻었다. 단파장 영역에서 나오는 방출선인 C I, C II, C IV, Si IV, N V에 대한 선세기를 구한 결과, C IV가 모든 별에서 가장 세 방출을 보였으며, Si IV와 N V는 비교적 작은 양의 선세기를 나타내었다. 4개의 W UMa 별 중에는 44i Boo가 가장 높은 선세기를 보였으며, 단파장 영역에서는 위상 0.2와 0.8부근에서 자외선 광도가 maximum을 보이는 변광을 확인하였다. 또한, 전이영역에서 나오는 C IV, Si IV, N V 방출선을 합하여 이를 극소기의 태양값과 비교하여 태양보다 최대40배의 높은 활동성을 가지고 있음을 알았다. 짧은 주기를 갖는 별, 즉 44i Boo, W UMa, AW UMa 순으로 전이영역의 활동성이 감소하는 것으로 나타났다. 장 파장 영역에서는 AW UMa와 VW Cep의 Mg II 방출선을 조사하였는데, 단파장의 방출선 보다 뚜렷한 주기적 변광을 보였으며, 이를 이용하여 두 별의 유효온도를 추정하였다.

ABSTRACT

We reinvestigate UV line emissions of 44i Boo, W UMa, AW UMa and VW Cep, which are indicators of chromospheric activity of these stars. C I, C II, C IV, Si IV lines show significant variation in orbital phase. Among those lines, the Line of C IV showed the strongest line flux. while other Si IV and N V lines showed relative low line intensities. 44i Boo emitted the strongest flux than other stars. UV light curves of target stars showed UV maximum at phase around 0.2 and 0.8. Such UV emissions are generally believed to be observed at the active regions and contacting parts of the two stars due to the clear visibility at the phase 0.2 and 0.8. Total emissivity of four transitions lines lead to conclude that the activity of this region is 40 times larger than the quiet sun. It is obvious that the activity decrease according to increase period.

We obtained also Mg II light curve of AW UMa and VW Cep. These stars showed more clearly phase-dependent light curves. We estimated effective temperature of two star, AW UMa and VW Cep, using by Mg II flux.

1. 서 론

W UMa형 별들에서 나오는 자외선 방출연구는 IUE 자외선 인공위성이 발사된 이후 꾸준히 진행되고 있다. 특히 이 별들이 자기장에 기인한 풍부한 자외선 방출원이라는 것이 밝혀지게 되었다. W UMa형 별들은 높은 온도 (10^5K)에서 나오는 방출선인 C II, C IV, N V, Si IV 등과 보통 10^4K 의 온도에서 나오는 Mg II, Ly α , C I, O I 등의 방출선들에서 높은 surface flux를 가진다. 채층활동이 활발한 RS CVn 별들의 상황과 비교해볼 때, 이런 자외선 방출선들은, 강한 조석력과 깊은 대류층을 가진 별이, 빠른 자전을 함으로써 나타나는 결과인 자기발전이 그 원인이라 여겨진다. Bradstreet (1985)와 Yamasaki (1982)는 W UMa형 별들의 비대칭 광도곡선을 크고, 차가운 흑점을 고려함으로써 잘 설명한 바 있다.

44i Boo (HD 133640)는 채층과 코로나의 방출이 다른 별에 비해 상당히 높기 때문에 UV나 X-선 방출이 쉽게 관측된다. 지금까지 이 별의 연구는 주로 광학영역의 측광 관측으로 이루어졌으나, 80년대에 들어서 인공위성에 의한 자외선 영역의 관측으로 많은 자외선 관측 자료를 얻을 수 있게 됨에 따라, 이 별의 물리적인 상황을 재분석할 수 있게 되었다. VW Cep (HD 197433)는 1948년부터 이 별에 대한 광전관측이 수행되어 왔는데, 광도곡선에서 심한 비대칭성을 보인다 (Kwee 1966). Dupree et al. (1980)은 44i Boo와 VW Cep의 IUE 관측자료를 이용해, 이 두 별의 자외선 방출선은 온도가 광구와 코로나 사이의 영역에서 나오며 극소기의 태양에서 나오는 flux의 20-100배 정도의 양이며, 평균 태양의 활동영역에서 나오는 flux보다도 4-10배 많은 surface flux를 내는 활동적인 별들이라 주장하였다. 하였다.

AW UMa (HD 99946)는 이번 연구에 사용된 별들 중에서 유일한 A-type, 즉 제 1 식심에서 반경이 작은 별이 큰 별을 가리는 transit을 일으키는 별이다. AW UMa는 보통의 W UMa형 별들이 가지는 질량비보다도 아주 작다 ($0.7 < q < 0.8$). W UMa (HD 83950)는 W UMa형 별들의 가장 대표적인 별로 두별의 질량이 2배 정도의 차이가 나며, 약간 비대칭의 광도곡선과 같은 질량의 주계열 별보다 유난히 밝은 반성 때문에 많은 관측이 행하여진 별이다.

본 연구에서는 W UMa형 별들의 채층과 전이영역의 자외선이 방출되는 영역에서의 물리적인 구조를 파악하기 위해서 IUE 관측자료를 이용하여 자외선 방출영역의 광도곡선을 만들어서 이들 영역에서의 물리적인 상황들을 연구하였으며, bolometric flux를 추산하여 주기와의 관계도 알아 보았다.

2. 자료수집 및 분석

충북대학교 천문우주학과에서는 1996년 1월부터 스페인의 VILSPA (Villafrance Satellite Tracking Station)가 구축한 ULDA Software의 USSP (User Search System Package)의 국내 서비스 서버로 지정 받아 저분산 자료를 이진파일이나 아스키 (ASCII) 파일로 보내주는 IUE 관측자료 검색서비스를 실시하고 있다. 그 후, 1998년부터는 VILSPA에서 개발한 INES (International Ultraviolet EXplorer

Newly Extracted Spectra) 시스템을 설치하여 서비스를 제공하고 있다. INES 시스템은 WWW상에서 FITS 파일형식으로 자료의 목록과 관측자료를 서비스하고 있다 (<http://210.115.168.91/ines/>).

이 연구에서는 충북대학교 서버에 있는 IUE 자외선 저분산 관측자료에서 W UMa형 별들의 관측자료를 검색한 결과 44i Boo, W UMa, AW UMa 및 VW Cep에 대한 자외선 자료들을 얻어서 사용하였으며, 고분산자료들은 VILSPA에서 직접 검색하여 사용하였다.

본 연구에 사용된 방출선들은 N V, C II, Si IV, C IV, He II, C I, Mg II들로서 방출선이 나오는 파장은 각각 1241 Å, 1335 Å, 1399 Å, 1549 Å, 1640 Å, 1657 Å, 2798 Å이다. 각 관측스펙트럼에 대해 해당 방출선 플럭스는 방출이 일어나고 있는 파장 부근에서 각각의 방출선 세기에서 연속스펙트럼 성분의 차이를 구한 다음 적분해서 식 (1)과 같이 계산하였다.

$$F_{line} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (F_{\lambda} - F_C) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} d\lambda} \quad (1)$$

이렇게 얻어진 각 파장영역에서의 자외선 방출선세기를 Bless et al. (1976)이 제시한 방법을 이용 다음과 같이 자외선 등급으로 환산하여 보았다.

$$m_{UV} = -2.5 \log_{10}(F_{line}) - 21.{}^m 1 \quad (2)$$

44i Boo의 위상에 따른 방출선 세기의 변화를 살펴보기 위해 Duerbeck (1975)의 광도요소를 이용하여 각 관측 시간의 공전주기에 대한 위상을 결정하였다.

$$Min I = JD_{Hel} 2443604.5880 + 0^d.26781753E \quad (3)$$

또한 VW Cep의 경우는 Vilhu & Heise (1986)의 광도요소를

$$Min I = JD_{Hel} 2445636.3680 + 0^d.2783176E \quad (4)$$

사용하였고, AW UMa의 경우는 Istomin et al. (1981)의 광도요소를

$$Min I = JD_{Hel} 2443966.3420 + 0^d.4387323E \quad (5)$$

를 사용하였으며, W UMa의 경우는 Rucinski (1985)의

$$Min I = JD_{Hel} 2444332.7680 + 0^d.3336381E \quad (6)$$

이란 광도요소를 사용하였다.

3. 결과 및 토의

각 천체들에 대한 자외선 방출선세기를 구하고, 자외선 등급을 환산한 다음 자외선 광도곡선을 그려 보았다. 그림 1은 44i Boo의 단파장에서의 자외선 광도곡선이다. 그림에 제시된 방출선 등의 평균자외선 등급은 C IV, He II, C II, C I, Si IV의 순으로 8.4 ± 0.26 , 9.15 ± 0.27 , 9.48 ± 0.26 , 9.99 ± 0.39 , 10.79 ± 0.83 의 값들이 얻어졌다.

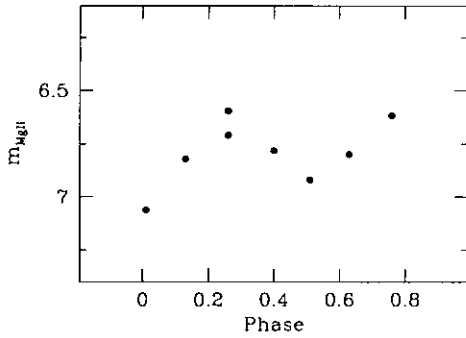


그림 3. VW Cep의 Mg II 자외선 광도곡선.

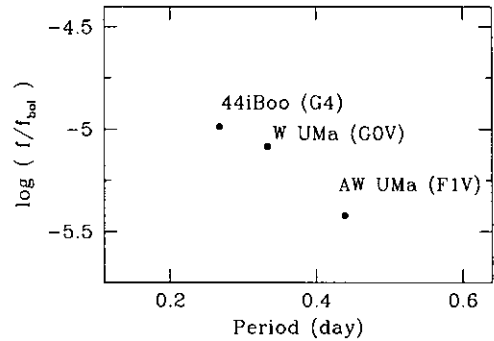


그림 4. W UMa형 별들의 주기와 자외선 방출관계.

정성적으로 재생하는 프로그램을 개발한다면, 본 연구에서의 결과가 이용될 수 있을 것이다. 앞으로의 연구에서 각 천체들의 자외선 광도곡선을 이용, 채층 및 전이 영역의 물리적인 상태를 추정하여 볼 계획이다.

감사의 글: 이 연구는 교육부 기초과학연구소 학술연구조성비 (BSRI-1998-015-D00286)의 일부 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

- Ayres, T. R., & Linski, J. L. 1980, ApJ, 241, 749
 Ayres, T. R., Marstad, N. C., & Linski, J. L. 1981, ApJ, 247, 545
 Bless, R. C., Code, A. D., & Airchild, E. T. 1976, ApJ, 203, 410
 Bradstreet, D. H. 1985, ApJS, 58, 413
 Duerbeck, H. W. 1975, IBVS 1023
 Dupree, A. K., Hartmann, L., & Raymond, J. C. 1980, Observation and Interpretation of Close Binary Stars, IAU Symp., 88, 39
 Istomin, L. F., Orlov, L. M., & Kulagin, V. V. 1981, Perem. Zvezdy, 21, 583
 Kim, Y., & Kim, M. 1996, JKAS, 29, S247
 Kwee, K. K. 1966, Bull. Astron. Inst. Netherlands Suppl. 1, 245, 265
 Nha, I.-S., & Nha, S. L. 1996, JA&SS, 13, 113
 Rucinski, S. M. 1985, A&A., 143, 153
 Rucinski, S. M., & Vilhu, O. 1983, MNRAS, 202, 1221
 Vilhu, O., & Heise, J. 1986, ApJ, 311, 937
 Yamasaki, A. 1982, Astrophys. Sp. Sci., 85, 43