

V711 TAU의 채층활동

강 영 운

세종대학교 지구과학과, 대양천문대

THE CHROMOSPHERIC ACTIVITY ON V711 TAU

Young Woon Kang

Daeyang Observatory, Department of Earth Science, Sejong University
e-mail: kangyw@astro.sejong.ac.kr

(Received April 30, 1997; Accepted May 10, 1997)

요 약

V711 Tau의 채층활동을 조사하기 위하여 자외선 영역의 Mg II 방출선의 세기와 광도 변화의 상관 관계를 유추하였다. 첫째, 가시광선 영역의 광도곡선의 형태와 자외선 영역의 광도곡선의 형태를 비교하고, 둘째, IUE 고분산 스펙트럼에서 Mg II 방출선의 세기를 위상별로 측정하고 방출선 부근의 연속선을 이용하여 자외선 광도곡선을 완성하였다. 방출선의 세기와 광도곡선을 비교한 결과 방출선이 강하게 나타나는 위상, 0.74에서는 광도가 어둡게 나타나 최소가 되고, 방출선의 세기가 약할 때는 광도가 밝아져서 최대가 되었다. 이는 자기장이 강한 위상에서는 채층활동과 흑점의 크기가 증가하고 반대로 자기장이 약한 위상에서는 채층활동과 흑점의 크기가 작다는 것을 뜻한다. 그러므로 자기장, 채층활동, 별 표면의 흑점과의 상관 관계가 밝혀지고, V711 Tau의 변광은 표면의 채층활동과 흑점에 의한 것이다.

ABSTRACT

The relationship between Mg II emission line and light variation of V711 Tau has been derived to investigate the chromospheric activity on V711 Tau. First, a shape of an optical light curve was compared with that of ultraviolet constructed from the IUE low resolution spectra. Second, the intensities of Mg II k emission lines have been reduced from IUE high resolution spectra. The intensity of Mg II k line was compared with brightness of the UV light curve at given phase. The Mg II line intensity is maximum at the phase 0.74 where the light is minimum. The evidence of chromospheric activity is indicated by the intensity variation of the Mg II emission line with orbital phase for V711 Tau.

1. 서 론

분광형이 만기형인 별들의 표면에서 일어나는 현상들을 설명하기 위하여 태양에서 일어나는 현상을 별에 적용하는 경우가 자주있다. 그 대표적인 예로 채층활동을 꼽을 수 있다. 채층활동은 별 표면 밑에 대류층을 형성하고 있는 별에서 주로 나타나는 현상이다. 태양과 같은 별들은 내부 깊숙한 곳에서는 에너지 전달이 복사로 이루어지고, 별 표면쪽으로 나오면서 에너지 전달 방식이 대류로 바뀐다. 이와같이 외부에 대류층이 형성되어 있는 별이 빠른 자전을 하면 별 표면에는 채층 활동이 활발해진다. Single star인 경우 분광형이 G-M형으로 만기형이면 외부에 대류층이 형성되고, 나이가 어리면 자전속도가 빠르다. 그 대표적인 예로 T Tauri 형 별들이 있다. 대부분의 single star들은 나이가 젊을 때는 강한 자기장으로 채층활동이 활발하지만 자전 속도가 ($V_{\text{rot}} = 1/P_{\text{rot}}$) 나이가 들면서 느려지게되고, 결국에는 자기장의 활동도 약해지고 소멸된다. 태양은 이미 자기장의 활동이 약해진 상태이며, single star들이 거성으로 진화하면 이미 나이가 많기 때문에 강한 자기장의 활동을 기대하기 어렵다.

근접 쌍성의 구성원들은 서로가 조석력으로 강하게 묶여 있어서 나이와 관계없이 별의 자전은 상대적으로 매우 빠르다. 일반적으로 태양같은 별은 자전 주기가 약 1달이 되지만 근접 쌍성인 경우 공전 주기가 수 시간에서 수일 정도이다. 대부분의 근접 쌍성은 공전 주기와 자전 주기가 같은 동주기 자전을 하므로, 자전 속도가 single star보다 매우 빠르다. 그러므로 근접쌍성에서 대류층이 형성되어 있으면 강한 자기장 활동이 유발되어 채층 활동이 활발해지고, 별 표면에는 흑점이 형성되고, 결과적으로 가시광선 영역의 광도 곡선은 비대칭을 이루거나 식 바깥부근에서 물결 모양의 광도 곡선을 형성한다. 근접 쌍성들이 single star와 다른 점은 공전과 함께 자전하는 synchronize rotation이 대부분이므로 시간이 흐름에도 불구하고 빠른 자전 속도를 유지하므로 자기장의 활동은 오랜 세월동안 유지되는 것이다. 이와같은 현상은 RS CVn형, BY Dra형 등의 별에서 나타난다.

외부에 대류층이 형성되어 있는 별의 자전속도가 태양의 자전속도 ($V_{\text{rot}} = 2 \text{ km/sec}$)보다 빠르면 태양과 같이 magnetic dynamo가 발생될 수 있다. 그러므로 dynamo에 의해서 자기장의 활동이 활발해지고 나아가서는 채층 활동이 활발해진다. 채층 활동이 활발한 별들은 가시광선 영역에서 Ca II H & K, 혹은 H α 방출선을 강하게 나타내고, 특히 천문 인공위성이 등장함에 따라 자외선 영역의 관측이 수행되면서 Mg II h & k, C IV 방출선들을 강하게 나타낸다는 사실이 밝혀졌다. 그러므로 이 방출선들은 채층 활동을 조사하는 좋은 지침으로 사용되고 있다.

이 논문에서는 위와 같은 이론적 배경을 기초로 하여 식현상이 일어나지 않는 RS CVn형 별로 알려진 V711 Tau을 선정하여 가시광선 영역에서의 광도변화와 채층활동의 지침으로 알려진 방출선과의 상관 관계를 분석하였다. 이 연구에서는 IUE 긴 파장 영역에서 관측 가능한 Mg II h & k 방출선을 사용하였다. 자외선 관측 자료는 IUE 천문대에 보관되어 있는 IUE archive spectra를 이용하고 가시광선 영역의 관측자료는 문헌에서 수집하고, 광도 변화가 가시광선 영역외의 자외선 영역에서도 일어나는지를 확인하고, 채층활동의 지표로 사용되는 Mg II h & k 방출선의 세기와 공전주기 위상과의

상관 관계를 조사하였다.

2. 자외선 광도곡선

V711 Tau는 식쌍성이 아님에도 불구하고 광도가 변하는 분광 쌍성이다. Cousins (1963)가 V711 Tau의 광도변화를 발견한 이후 Landis & Hall (1976)이 준 사인형의 광도곡선을 관측함으로써 그 변화가 확인되었고, Nha & Oh (1986)와 그 밖에 여러 관측자들이 지속적인 관측 보고로 V711 Tau는 대표적인 RS CVn형 별로 널리 알려졌다. V711 Tau의 광도곡선은 매 관측 계절마다 다른 형태로 나타나므로, 광도곡선이 변하는 원인으로 별 표면에 있을 것으로 추정되는 흑점의 변화를 생각할 수 있다. Kang & Wilson (1989)은 1963년과 1981년 사이의 광도곡선을 수집하여 흑점모형을 개발하여 흑점인자가 포함되는 약 20년간의 광도곡선에 나타난 흑점들의 인자를 분석한 결과 흑점의 이동 주기를 7.6년으로 계산하였다. 그밖에 V711 Tau에 대한 연구 역사는 Kang & Wilson (1989)이 자세하게 서술하였다.

자외선 영역의 광도곡선을 완성하기 위하여 IUE 천문대의 Merged Log를 조사한 결과 파장 영역이 약 2000-3000 Å인 LWP 카메라로 135개 스펙트럼이 (저분산 23개, 고분산 112개), 파장 영역이 1000-2000 Å인 SWP 카메라로 100개 스펙트럼이 (저분산 84개, 고분산 16개) 관측되었다. 가능한 가시광선 영역의 관측이 이루어진 시기와 동일한 시기에 관측된 IUE 스펙트럼을 찾기위하여 관측 시기를 조사한 결과 가시광선 영역에서 수행된 Mekkaden (1987)의 관측과 자외선 영역에서 1986년에 관측된 IUE 저분산 스펙트럼이 우연히도 V711 Tau를 같은 계절에 동시 관측하였음을 발견하였다. 그러므로 IUE 저분산 스펙트럼을 이용하여 광도곡선을 다음과 같이 완성하였다. IUE 스펙트럼은 엄밀히 말해서 spectrophotometry로써 지구 대기권 밖에서 관측한 것이므로 플럭스의 값을 절대값으로 환산하는 것이 용이하다. 그러므로 1986년에 관측된 23개의 저분산 스펙트럼을 NASA/GSFC의 IUE 천문대가 제공하는 RDAF(Regional Data Analysis Facility) 소프트웨어를 사용하여 각 파장별 플럭스의 값을 절대 단위 ($erg/cm^2 sec \text{ \AA}$)로 환산하였다. 처리된 자료를 100 Å 간격으로 적분하여 IUE에서 제공한 절대 플럭스와 등급간의 상수를 이용하여 등급계로 환산하였고, Bopp & Fekel (1976)이 발표한 다음의 광도요소를 이용하여 광도곡선을 완성하였다.

$$Min I = JD_{Hel} 2442760.069 + 2.^d83982E \tag{1}$$

표 1. 1986년 관측된 IUE 저분산 스펙트럼에서 얻은 V711 Tau의 자외선 등급.

위상	2700 Å	2800 Å	3000 Å	위상	2700 Å	2800 Å	3000 Å	위상	2700 Å	2800 Å	3000 Å
.0017	8.6821	7.9514	7.8381	.2381	8.5578	7.8677	7.7905	.4897	8.6867	7.9962	7.8554
.0303	8.6624	7.9538	7.8143	.2479	8.5371	7.8911	7.7685	.8597	8.6948	7.9355	7.8725
.0633	8.6706	7.9327	7.8112	.3281	8.6560	7.9855	7.8320	.8687	8.6630	7.9702	7.8649
.0903	8.6371	7.9381	7.8114	.3541	8.6655	7.9880	7.8758	.8788	9.4620	9.3828	9.0749
.1183	8.6437	7.9758	7.8149	.3830	8.7310	8.0041	7.8719	.8881	8.6811	7.9829	7.8552
.1411	8.5365	7.8969	7.8220	.4155	8.7044	8.0292	7.9381	.8962	8.6538	7.9744	7.8629
.1781	8.5998	7.9349	7.8026	.4418	8.6975	7.9797	7.8753	.9762	8.6676	7.9604	7.8319
.2292	8.4940	7.8386	7.7659	.4714	8.7528	8.0460	7.9168				

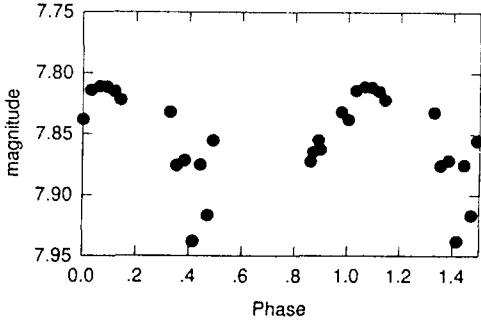


그림 1. 중심파장이 3000Å인 V711 Tau의 자외선 광도곡선.

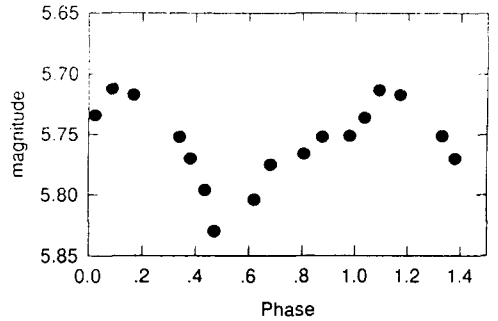


그림 2. Stromgren y 필터로 관측한 V711 가시광선 광도곡선.

위에서 언급된 자료처리 과정을 통해서 2000 - 3000 Å 사이에서 각 100 Å 범위의 파장에서 자외선 광도곡선을 완성하여 총 10개의 광도곡선을 완성하였다. 그 중 흡수선과 방출선등의 영향을 가장 적게 받아서 광도의 변화가 비교적 잘 나타난 중심파장이 2700, 2900, 3000 Å인 자외선 광도곡선을 선택하여 위상과 등급을 표 1에 수록하였다. 한편 그림 1에는 중심파장이 3000 Å인 광도 곡선만을 나타내었다. 비록 자외선 광도곡선을 완성하는데 관측점이 충분하지 않아서 정확한 극심값을 결정하기에는 무리가 있지만 관측점들을 잘 만족시키는 임의의 곡선 (method of free hand curve)으로 연결해보면 위상 0.1에서 최대 밝기가 나타나고, 위상 0.5에서는 최소 밝기가 나타난다. 광도곡선의 진폭은 0.13으로 나타난다.

가시광선 영역의 광도곡선으로는 Mekkaden (1987)이 1986년에 Stromgren y 필터를 이용하여 ESO 50 cm 반사망원경으로 V711 Tau를 관측하여 완성한 광도곡선을 선정하여 그림 2에 그렸다. Mekkaden (1987)의 광도곡선에서도 최대 밝기와 최소 밝기가 각각 공전궤도 위상 0.1과 0.5부근에서 나타나고, 진폭은 0.12로 나타난다. 이는 자외선 광도곡선의 결과와 잘 일치하는 것이다.

3. 위상에 따른 Mg II 방출선의 강도 변화

광도곡선상에 나타나는 V711 Tau의 광도변화 요인을 별 표면의 흑점모델을 사용하여 Kang & Wilson (1989), Dorren *et al.* (1981) 등이 설명하였고, 가시광선영역에서 관측된 광도곡선과 비교하여 흑점인자를 포함하는 해를 구하였다. 그러나 이들이 사용한 자료는 가시광선 영역의 자료만 사용하였다. 흑점활동의 원인을 제공해 주는 자기장의 활동은 자외선 영역에서 확인하는 것이 보다 직접적인 방법이므로 자외선 영역에서 관측된 자료를 분석하여 광도변화를 설명하는 일은 흑점활동을 확인하는 직접적인 방법이다. 분광형이 단기형별에서 자기장의 불균형으로 나타나는 현상은 채층활동이다. 채층활동은 온도가 10⁴K - 10⁵K인 범위에서 나타나기 때문에 IUE 파장 영역 (1000 - 3000 Å)에

표 2. 1984년 관측된 IUE 고분산 스펙트럼에서 얻은 V711 Tau의 자외선 등급.

IUE Image	JD2440000+	위상	2789.5 Å	2790.5 Å	IUE Image	JD2440000+	위상	2789.5 Å	2790.5 Å
lwp5002	6049.427	.0001	9.3772	8.9324	lwp4992	6048.794	.7771	8.8481	8.8165
lwp5003	6049.479	.0182	9.8973	9.0145	lwp4999	6049.241	.9346	9.1810	8.8741
lwp4969	6046.651	.0220	9.2069	8.9652	lwp5000	6049.302	.9561	9.2320	8.9420
lwp4970	6046.719	.0457	9.2773	9.1807	lwp5001	6049.363	.9776	9.0641	8.8729
lwp5005	6049.581	.0543	9.2959	9.0724	lwp4968	6046.584	.9982	9.2882	9.0078
lwp5006	6049.634	.0729	9.0569	9.1973	lwp5002	6049.427	1.0001	9.3772	8.9324
lwp5007	6049.688	.0918	9.4504	9.2470	lwp5003	6049.479	1.0182	9.8973	9.0145
lwp4979	6047.679	.3841	9.6735	9.3061	lwp4969	6046.651	1.0220	9.2069	8.9652
lwp4980	6047.731	.4026	9.1991	9.1690	lwp4970	6046.719	1.0457	9.2773	9.1807
lwp4981	6047.781	.4201	9.2677	9.1862	lwp5005	6049.581	1.0543	9.2959	9.0724
lwp4982	6047.835	.4390	9.3983	9.0838	lwp5006	6049.634	1.0729	9.0569	9.1973
lwp4984	6048.206	.5698	9.2278	9.0062	lwp5007	6049.688	1.0918	9.4504	9.2470
lwp4985	6048.310	.6063	9.1572	9.0972	lwp4979	6047.679	1.3841	9.6735	9.3061
lwp4986	6048.370	.6274	9.1043	8.8667	lwp4980	6047.731	1.4026	9.1991	9.1690
lwp4987	6048.431	.6489	9.1171	9.0763	lwp4981	6047.781	1.4201	9.2677	9.1862
lwp4988	6048.499	.6729	9.0735	9.0042	lwp4982	6047.835	1.4390	9.3983	9.0838
lwp4991	6048.753	.7627	8.9829	8.5924					

서 나타나는 방출선으로 채층활동의 유무 및 활동의 강도를 유추할 수 있다. V711 Tau에 대한 IUE Archive spectra를 조사한 결과 주로 긴 파장 영역에서 (2000 - 3000 Å) 관측이 많이 수행되었다. 채층활동의 지침으로 널리 알려진 방출선중에서 IUE 긴 파장영역에서 나타나는 대표적인 방출선은 Mg II 방출선이므로 1984년 관측된 고분산 스펙트럼을 분석의 대상으로 선정하였다. 선정된 스펙트럼은 한 계절동안에 연속적으로 관측된 것이므로 공전궤도 위상에 따른 변화를 조사하는데 매우 적합한 자료이다.

Mg II 방출선의 세기와 광도변화를 비교하기 위하여 IUE 고분산 스펙트럼의 관측이 이루어진 시기와 동일한 시기에 이루어진 광학 관측을 수집하여 비교분석하는 것이 이상형이나, 불행하게도 자외선 영역의 고분산 스펙트럼과 동일한 시기에 가시광선 영역의 관측이 이루어지지 않았다. 이 논문에서는 차선책으로 방출선 부근의 연속선의 밝기를 적분하여 자외선 영역의 광도곡선을 완성하여 Mg II 방출선의 세기와 비교하였다.

자외선 영역의 광도곡선을 구하기 위하여 1984년에 관측된 IUE 고분산 스펙트럼에서 채층활동의 지표로 잘 알려진 Mg II h & k 방출선과 방출선 부근의 연속선을 분석하였다. Mg II 방출선은 실험실에서 측정된 중심파장이 2796.0 Å와 2803.2 Å이므로 1984년에 관측된 20개의 고분산 스펙트럼에서 2790 Å과 2810 Å 사이의 파장 영역에 대하여 저분산 스펙트럼과 같은 방법으로 자료를 처리하였다. 20개의 스펙트럼을 방출선이 나타나는 전후의 연속선에서 4 Å 간격으로 적분하여 등급으로 환산하였다. 우리가 사용하는 IUE 관측 자료는 고분산이기 때문에 1 Å 간격 내에 약 50여개의 관측점이 포함된다. 연속선의 밝기를 구하기 위하여 1 Å 간격으로 적분하여 완성한 광도곡선과 4 Å 간격으로 적분하여 구한 광도곡선을 비교하였으나 오차의 범위 안에서 일치하였다. 이는 연속선의 밝기로 광도곡선을 구하는데 무리가 없다는 뜻이다.

표 3. 공전궤도 위상에 따른 Mg II k 방출선의 최대 플럭스와 연속선의 비율.

IUE Image	위상	f_{mg}/f_{cont}	IUE Image	위상	f_{mg}/f_{cont}	IUE Image	위상	f_{mg}/f_{cont}
LWP5002	0.0001	31.96	LWP4982	0.4390	32.19	LWP4992	0.7771	22.79
LWP5003	0.0182	37.31	LWP4984	0.5698	31.57	LWP4993	0.7938	28.96
LWP4969	0.0220	27.11	LWP4985	0.6063	25.89	LWP4999	0.9346	27.10
LWP4970	0.0457	30.78	LWP4986	0.6274	25.37	LWP5000	0.9561	28.42
LWP4979	0.3841	34.87	LWP4987	0.6489	26.73	LWP5001	0.9776	27.50
LWP4980	0.4026	31.53	LWP4988	0.6729	24.22	LWP4968	0.9982	27.82
LWP4981	0.4201	32.41	LWP4991	0.7627	25.32			

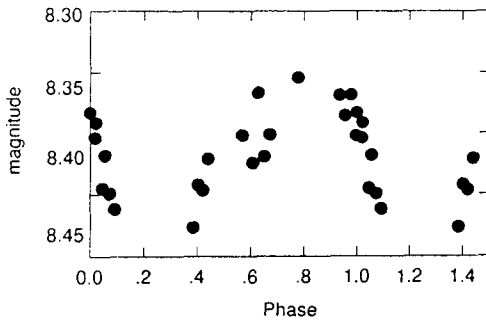


그림 3. 중심파장이 2790.5 Å인 V711 Tau의 1984년 광도곡선.

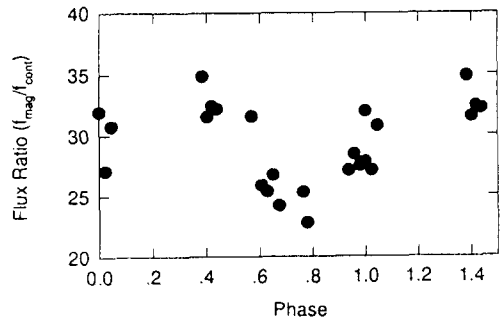


그림 4. 공전궤도 위상에 따른 Mg II k 방출선의 세기.

8개의 광도곡선이 완성된 것 중에서 비교적 표준편차가 적은 광도곡선 2개를 선정하여 표 2에 위상과 등급을 수록하였다. 그 중 중심파장이 2790.5 Å (1 Å 간격)인 광도곡선을 그림 3에 나타내었다. 이 광도곡선은 위상 0.040과 0.078에서 각각 최소 밝기와 최대 밝기를 나타내고, 진폭은 약 0.2 등급으로 측정되었다.

광도곡선을 완성하는데 사용한 20개의 고분산 스펙트럼에서 Mg II의 k 방출선의 세기를 측정하기 위하여, 방출선의 최대 플럭스와 연속선의 평균 플럭스의 비, 즉 f_{mg}/f_{cont} 를 구하여 방출선의 세기를 표 3에 수록하였다. 방출선의 세기가 공전궤도 위상과의 상관 관계를 알아보기 위하여 f_{mg}/f_{cont} 를 공전궤도 위상에 대하여 그림 4에 그렸다. Mg II k 방출선의 세기는 위상 0.037과 0.078 부근에서 각각 최대값과 최소값이 나타났다. 방출선의 세기는 밝기와는 반대로 나타난 것이다. 즉 방출선의 세기가 최대가 되는 위상에서는 밝기가 어둡게 나타나고, 방출선의 세기가 최소가 되는 위상에서는 밝기가 최대로 나타났다.

4. 토의와 결론

V711 Tau는 분광 쌍성임이 밝혀진 이후 대부분의 관측은 가시광선 영역에서 이루어졌고, 전파 대폭발이 보고되면서 전파와 자외선 영역에서 관측이 수행되었다. 특히 자외선 영역의 관측이 활발해짐

에 따라 V711 Tau에서 나오는 플레어에 대한 연구가 활발하게 진행되었다. Rodono *et al.* (1987)은 채층과 transition 영역에서 나오는 방출선과 광구 표면에 위치한 저온의 흑점과의 상관 관계를 시도하였으나 명확한 관계를 유추하는데는 실패하였다. Andrew *et al.* (1988)는 Mg II k 방출선과 transition 영역의 방출선의 세기를 측정 한 결과 이 영역의 모든 방출선들은 위상이 0.^o23과 0.^o75에서 증가하는 것을 발견하였다. 그밖에 Simon & Linsky (1980), Linsky *et al.* (1989) 등의 논문을 종합하여 분석하면, 채층활동이 활발한 시기와 활발치 못한 시기로 구분되며, 이 시기에 따라서 방출선들의 세기는 증가하고 감소하였다. 이는 채층활동의 장주기 변화라고 할 수 있다. 계절에 따라서 채층활동이 심한 계절도 있고 상대적으로 활동이 없는 시기도 (quiescent period) 관측되었다.

그러나 광도 변화와 관련된 방출선의 세기 변화는 몇 논문에서 시도 되었으나 명확한 관계를 발견하지 못하였다. 단지 Jeong *et al.* (1994)은 W UMa형인 SW Lac에서 방출선의 세기와 광도 변화에 대한 상관 관계를 유추하였다. 이 논문을 수행하는 과정에서도 상관 관계를 찾는데 여러번의 시행착오를 반복하였다. 즉 V711 Tau는 매 계절 광도곡선이 변화하고, 심지어는 같은 계절에서도 관측 계절 초기와 말기에도 서로 다른 형태의 광도곡선을 보이고 있기 때문이다. 그러므로 같은 시기에 관측된 방출선과 광도곡선이 있어야만 상관관계를 정확히 유추할 수 있다. 특히 IUE 관측은 calibration의 문제가 있어서 flux를 절대값으로 환산하여도 관측 시기가 서로 다른 스펙트럼을 비교하는데는 세심한 주위가 필요하다.

이 논문에서는 방출선과 광도곡선이 동시에 관측된 것이 없으므로, 첫째 가시광선 영역에서 관측한 광도곡선의 형태와 자외선 영역의 광도곡선 형태가 동일하게 유지됨을 확인하였다. IUE 관측에서 저분산 관측은 노출시간이 고분산에 비하여 매우 짧으므로 관측 횟수가 상대적으로 훨씬 많다. 그러므로 가시광선 관측과 IUE 저분산 관측이 동일한 시기에 이루어진 것을 찾는 것이 가능하였다. 두 파장 영역의 광도곡선의 형태가 동일하다는 것을 확인한후 IUE 고분산 관측에서 방출선과 광도곡선을 동시에 얻어 방출선의 세기와 광도의 변화를 분석한 결과 상관 관계가 제 3장에서 보는 바와 같이 명확하게 나타났다.

앞장에 나타난 결과는 방출선의 세기가 강하게 나타나는 위상 0.^o4 부근에서는 광도가 최소로 나타나고, 방출선의 세기가 약하게 나타나는 위상 0.^o8 부근에서는 광도가 최대로 나타났다. 이는 채층활동과 흑점관계를 잘 설명해 주는 것이다. 자기장의 활동이 강하게 나타나는 위상에서는 채층활동이 강하고, 광학적으로는 흑점이 크게 나타나서 광도는 어두워져서 최소가 된다. 흑점모델을 적용하여 흑점인자를 구해본 결과 흑점의 크기는 반경이 30° 이상이며, 온도는 주위 온도에 0.7배 정도로 낮았다. 이는 두 별중 한 별에만 흑점이 있다는 가정아래 구한 흑점 인자이므로 다소 큰 규모의 흑점으로 산출되었다. 또한 자기장의 활동이 약한 위상에서는 채층활동과 흑점활동도 약해서 광도는 상대적으로 밝아진다.

감사의 글: 이 논문의 기본 자료가 되는 IUE Archive spectra를 공급하여 준 IUE 천문대에 감사드립니다.

참고문헌

- Andrew, A. D., Rodono, M., Linsky, J. L., Brown, A., Buter, C. J., Catalano, S., Scaltriti, F., Busso, M., Nha, I. S., Oh, J. Y., Henry, M. C. D., Hopkins, J. L., Landis, H. J. & Engelbrekton, S. 1988, *A&A*, 204, 177
- Bopp, B. W. & Fekel, F. C. 1976, *AJ*, 81, 77
- Cousins, A. W. J. 1963, *Mon. Notices Astron. Soc. S. Africa*, 22, 58
- Dorren, J. D., Siah, M. J., Guinan, E. F. & McCook, G. P. 1981, *AJ*, 86, 572
- Jeong, J. H., Kang, Y. W., Lee, W. B. & Sung, E. C. 1994 *ApJ*, 421, 779
- Kang, Y. W. & Wilson, R. E. 1989, *AJ*, 97, 848
- Landis, H. J. & Hall, D. S. 1976, *IBVS*, 1113
- Linsky, J. L., Neff, J. E., Brown, A., Gross, B. D., Simon, T., Andrew, A. D., Rodono, M. & Feldaman, P. A. 1989, *A&A*, 211, 173
- Mekkaden, M. V. 1987, *IBVS*, 3042
- Nha, I. S. & Oh, J. Y. 1986, *A&ASS*, 118, 299
- Rodono, M., Byrne, P. B. & Neff, N. E. 1987, *A&A*, 176, 267
- Simon, T. & Linsky, J. L. 1980, *ApJ*, 241, 759