

비대칭 광도곡선을 갖는 W UMa형 식쌍성¹

오규동

전남대학교 사범대학 지구과학교육과

ASYMMETRIC LIGHT CURVE OF W UMa TYPE ECLIPSING BINARY SYSTEM

Kyu-Dong Oh

Department of Earth Science

Chonnam National University, Kwangju, 500-757, Korea

e-mail ohkd@chonnam.chonnam.ac.kr

(Received November 20, 1994; Accepted December 2, 1994)

요 약

소위 O'Connell효과라고 하는 비대칭 광도곡선을 갖는 27개의 W UMa형 식쌍성들을 수집하고 광도곡선 형태에 따라 12개의 +형과 15개의 -형으로 분류하였다. 이렇게 분류된 별들을 관측된 물리량 사이의 상대적인 상관 관계와 진화 상태를 조사하였다.

ABSTRACT

Data on 27 W UMa systems having a asymmetric light curve so called O'Connell effect have been collected. Investigated 27 W UMa systems were classified into 12 positive and 15 negative type according to the shape of its asymmetric light curve. A list of members of the group, their current observational status, and their physical and evolutionary relationship to asymmetric W UMa type binaries are discussed

¹이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

1. 서 론

일반적으로 식쌍성의 광도곡선은 여러가지 원인 (Catalano 1990, Samec 1990, Webbink 1977)에 의하여 관측된 광도곡선의 형태가 관측된 계절에 따라 그 모양이나 밝기가 주기적이거나 또는 매우 불규칙적인 모습으로 변화하는 것을 볼 수 있다. 그러나 이러한 일반적인 광도곡선의 변화는 위상 0.5를 중심으로 상호 비대칭성을 보이는 것이 아니라 임의의 위상에서 극부적으로 변화하는 것을 볼 수 있다.

Roberts (1906)는 식쌍성 광도곡선의 위상 0.5를 중심으로 광도곡선의 최대 밝기에서 비대칭성을 갖는 식쌍성들을 발견하고 이러한 비대칭성의 원인이 두 별 사이의 조석 효과이거나 근성점 효과 때문이라고 제시하였다. 그 후 O'Connell (1951)은 이러한 광도곡선의 비대칭성을 광범위하게 조사하기 위하여 87개의 광도곡선에서 비대칭을 보이는 식쌍성을 수집하여 등급에 따른 비대칭의 차이, Δm 과 식쌍성의 여러 물리량과의 상관 관계를 조사하였다. 여기서 $\Delta m (= \max II - \max I)$ 은 제 2식심 이후의 최대 밝기일 때인 위상 0.75의 밝기에서 제 2 식심 이후의 최대 밝기인 위상 0.25에서의 밝기를 뺀 것으로서, 제 1식심 이후의 최대 밝기가 제 2식심 이후의 최대 밝기 보다 밝다면 이때는 $\Delta m > 0$ 이 된다. 그런데 O'Connell의 조사에 따르면 일반적으로 비대칭을 보이는 식쌍성의 대부분이 $\Delta m > 0$ 을 나타내며, 특별히 m_{pg} 에서는 58개의 식쌍성 가운데 2개의 식쌍성 WZ Cep와 CV Cyg만이 $\Delta m < 0$ 을 나타냈었다.

한편, Milone (1968)은 처음으로 이와같이 광도곡선의 최대 밝기에서 비대칭성을 보이는 현상을 소위 O'Connell 효과라고 부르고 이러한 효과는 관측된 파장이 길어지면 길어질수록 커진다고 주장하였다. 그 후 Davidge and Milone (1984)은 O'Connell의 조사 이후 보다 정확한 광전 측광에 의해 측정된 관측 결과를 토대로 O'Connell에 의하여 조사된 식쌍성을 포함한 103개의 식쌍성을 대상으로 보다 광범위한 통계적인 O'Connell 효과를 조사하였다. 그런데 Milone의 조사에서는 O'Connell과는 반대로 최대 밝기가 더 밝은 쪽에서 더 적색화가 된다고 주장하였다. O'Connell과 Milone는 모두 RS CVn형과 W UMa형에 속하는 별들은 이들의 절대치가 불확실할 것이라는 가정하에 그들의 연구에서는 RS CVn형과 W UMa형을 제외시킨바 있다.

최근 Zhou and Leung (1990)는 접촉 식쌍성 가운데서 많이 발견되는 광도곡선의 비대칭 즉 O'Connell효과에의 원인은 Coriolis 효과에 의한 것으로서 두 별 사이의 물질의 이동 방향에 따라 서로 상반된 비대칭의 현상이 나타난다고 주장하였다. 또한 이들중 $\Delta m > 0$ 의 값을 갖는 식쌍성들을 positive형(+)으로, 반대로 $\Delta m < 0$ 의 값을 나타내는 식쌍성들을 negative형(-)으로 분류하였다.

지금까지 비대칭 광도곡선을 갖는 식쌍성에 대한 연구(O'Connell 1951, Milone 1968, Davidge and Milone 1984)들은 모두 어떤 특정한 식쌍성에 대해서만 조사된 것이 아니고 비대칭성을 보이는 여러 분류의 식쌍성들을 함께 조사하였으며 또한 이들의 연구에서는 접촉 식쌍성으로서 W UMa형은 제외시킨바가 있다. 따라서 이번 연구에서는 비대칭성을 나타내는 접촉 식쌍성의 W UMa형만을 택하여 광도곡선의 형태에 따라 분류하고 그 분류된 +형과 -형의 물리량 사이에는 어떤 상대적인 상관 관계가 나타나며 이로 부터 비대칭성의 원인을 이해하기 위한 진화 상태를 조

사하였다.

2. 비대칭 광도곡선의 분류

일반적으로 접촉 식쌍성으로 W UMa형은 두 별 사이의 상호 작용이 활발하여 관측된 광도곡선이 여러가지 불규칙적인 형태를 보인다. 특별히 W UMa를 포함한 대단히 많은 W UMa형 식쌍성들이 광도곡선 상에 비대칭성을 보인다는 것은 매우 흥미있는 일이다. 그러나 이러한 비대칭성은 매번 관측된 광도곡선이 항상 일정한 형태의 비대칭을 보이고 있는 것은 아니다.

표 1에 W UMa형 중에서 광도곡선이 비대칭성을 보이는 27개의 식쌍성을 수집하고 이들의 물리량을 제시하였다. 표 1의 27개의 식쌍성에 대한 여러 물리량들은 그들 값에 일관성을 갖기 위하여 Svechnikov and Kuznetsova (1990)로부터 함께 얻고 이로부터 이 별들의 절대량과 각운동량(H)을 구하였다. 표 1의 네제 항은 Binnendijk (1970)에 의해 분류된 W UMa에 대한 W형과 A형으로서 여러 연구자에 의하여 조사된 분류로부터 채택하였으며 W/A는 연구자에 따라 그 분류가 모호한 별들이다. 그리고 표 1의 각각의 물리량 가운데 아래 첨자 1과 2는 각각 주성과 반성을 의미한다. 조사된 27개의 별들에서는 숫적으로 W형이 A형 보다는 다소 우세한 것으로 나타났으며, 이러한 분류는 +형에서는 A형이 우세하게 나타나며 -형에서는 W형이 다소 많은 것으로 나타나고 있다.

조사된 27개의 식쌍성 가운데 12개는 positive group으로 분류되었으며, 15개는 negative group으로 분류되었다. 그러나 표 1에 제시된 27개의 식쌍성중 12개는 항상 + group으로 나타나는 반면 15개는 - group으로 항상 분류되지는 않는다. 단지 지금까지 발표된 광도곡선 가운데 많은 수가 +형로 나타났을 경우에 positive group로 분류 하였다. 한 예로서 표 1에서 negative group으로 분류된 SW Lac의 경우 Jeong et al. (1994)의 표 2에 조사된 바와 같이 지금까지 발표된 11개의 광도곡선 가운데 7개가 -형태로 나타났으며 단지 1개의 광도곡선만이 +형태로 나타났다. 그리고 나머지 3개는 광도곡선이 대칭성을 보인다.

한편, 27개의 +형과 -형 별에 대한 일반적인 통계적 특성을 알아보기 위하여 그림 1에 각각 공전주기(P), 주성의 분광형, 질량비 ($q=m_2/m_1$) 그리고 두 별사이의 거리(A)에 따른 상대수를 비교하여 조사하여 보았다. 그 결과 상대적으로 + 형이 -형에 비하여 공전주기가 길고, 초기형에 속하며, 질량비가 작고, 두 별 사이의 거리는 다소 긴 것으로 나타났다.

3. 절대값과의 상관관계

표 1의 27개의 비대칭 광도곡선을 갖는 별들에 대한 몇가지 물리량과의 상관 관계를 조사하여 보았다.

일차적으로 두 별의 총 질량과 각운동량(H)과의 상관관계를 조사하여 본 결과 그림 2에서와 같이

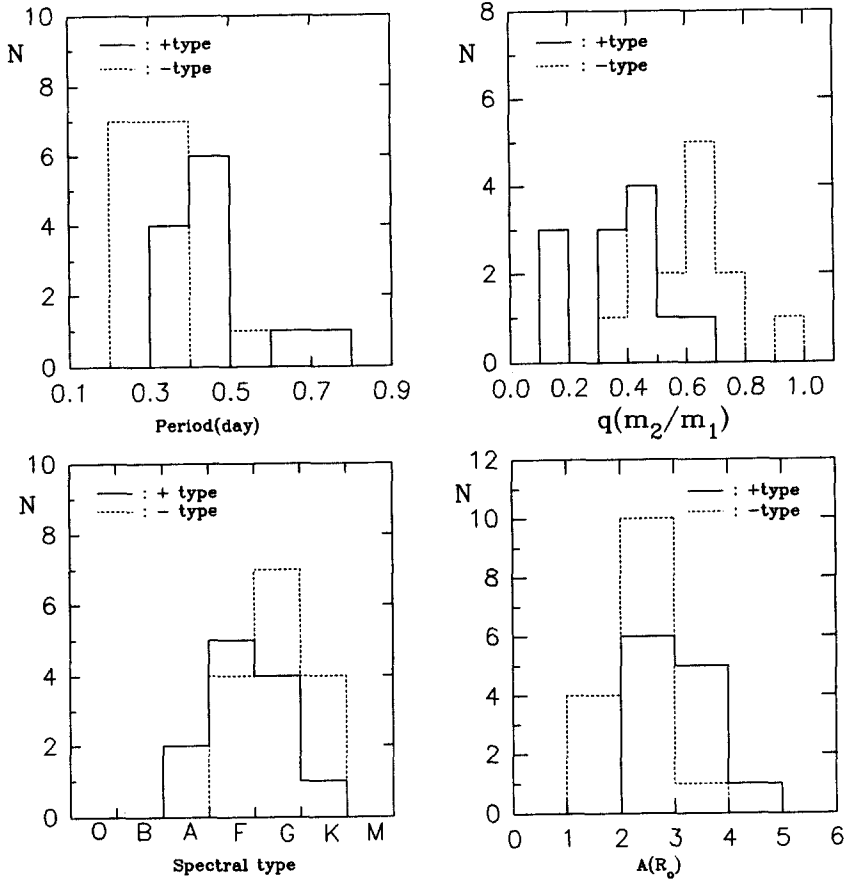


그림 1. 공전주기, 분광형, 질량비와 두 별 사이의 거리에 따른 상대수.

$$\text{Log}H = 0.152 + 1.675 \text{Log} \frac{m}{m_{\odot}} \quad (1)$$

의 상관 관계를 나타냈다. 이러한 상관 관계는 준분리형에 대한 오규동(1993)의 결과와 좋은 비교가 되며, Chaubey(1979)의 접촉 식쌍성들에 대한 질량-각운동량의 상관 관계식과는 기울기에서 대체로 일치하는 결과를 보였다.

다음으로 두 별의 질량비에 따른 밝기의 비($L2/L1$)를 조사하여 보면 그림 3에 나타난 바와 같이 이들 사이에는

$$\frac{L2}{L1} = -0.019 + 0.971q \quad (2)$$

의 매우 좋은 상관관계를 보이며 일반적으로 -형이 +형에 비하여 밝기의 비와 질량비가 큰쪽으로 분포하고 있다. 따라서 -형의 식쌍성은 주성과 반성의 질량이나 밝기의 차이가 +형에 비교하여 두 별 사이에 큰 차이를 보이고 있지 않음을 알 수 있다.

한편, +형과 -형에 대한 밀도와 온도 및 두 별 사이의 거리에 따른 관계를 조사하여 보면 그림 4에 나타난 바와 같이 각각 주성과 반성의 밀도와 두 별 사이의 거리는

$$\text{Log1} = 1.155 - 0.429A \quad (3)$$

$$\text{Log2} = 1.418 - 0.426A \quad (4)$$

표 1. 27개의 비대칭 광도곡선을 갖는 W UMa형의 물리량.

Name	Period (Day)	Sp	Type (W/A)	q	A (R_{\odot})	M1 (Bol)	M2 (Bol)	L2/L1	Log m1 (m_{\odot})	Log m2 (m_{\odot})
+ Type										
CN And	0.46279	F8	W/A	.55	3.05	3.95	5.05	0.315	0.060	-0.200
SS Ari	0.40599	F8	W/A	.39	3.00	3.75	5.05	0.298	0.190	-0.221
V752Cen	0.37022	G0	W/A	.36	2.67	4.1	5.20	0.369	0.136	-0.309
AK Her	0.42152	F7	A	.38	2.8	3.8	5.30	0.250	0.079	-0.337
CE Leo	0.30343	G6	W	.6	2.24	4.9	5.55	0.562	0.008	-0.221
TY Men	0.46167	A3	A	.14	3.3	1.75	4.25	0.111	0.290	-0.568
V502Oph	0.45339	G2	W	.46	3.4	3.75	4.70	0.408	0.243	-0.096
MW Pav	0.79499	F3	A	.19	4.3	2.3	4.20	0.162	0.152	-0.568
AE Phe	0.36238	G0	W	.4	2.62	4.2	5.25	0.369	0.117	-0.284
W UMa	0.33364	F8	W	.4	2.38	4.25	5.45	0.333	0.064	-0.337
AG Vir	0.64265	A8	A	.16	3.97	1.7	4.30	0.098	0.243	-0.552
AH Vir	0.40752	K0	W	.4	2.5	4.85	5.70	0.369	-0.045	-0.443
- Type										
AB And	0.33189	G5	W	.6	2.51	4.4	5.20	0.492	0.079	-0.142
TZ Boo	0.29716	K0	W	.4	2.02	5.3	6.10	0.515	-0.045	-0.443
XY Boo	0.37054	F6	A	.4	2.58	3.9	4.95	0.388	0.079	-0.318
CK Boo	0.35515	F8	A	.52	2.63	4.15	4.95	0.492	0.107	-0.180
44iBoo	0.26781	G2	W	.52	1.94	5.00	5.65	0.587	-0.045	-0.327
V523Cas	0.23369	K4	W	.74	1.69	6.65	7.05	0.694	-0.167	-0.301
RW Com	0.23735	G8	W	.4	1.56	5.6	6.80	0.369	-0.187	-0.585
SW Lac	0.32072	G3	W	.7	2.44	4.65	5.15	0.639	0.049	-0.107
BX Peg	0.28042	G4	W	.62	2.05	5.00	5.60	0.587	-0.040	-0.251
YZ Phe	0.3052	G6	W	.6	2.25	4.90	5.30	0.785	0.000	-0.221
VZ Psc	0.26119	K3	W	.9	2.00	6.20	6.40	0.818	-0.086	-0.130
AU Ser	0.3865	G5	W/A	.36	2.78	4.10	5.20	0.388	0.152	-0.301
AQ Tuc	0.59484	F4	A	.63	3.85	3.25	3.60	0.612	0.123	-0.075
BP Vel	0.26499	K1	?	.68	1.94	5.75	6.35	0.639	-0.080	-0.251
AZ Vir	0.34967	F8	?	.4	2.5	4.15	5.30	0.351	0.089	-0.309

표 1 계속

Name	Log m (m_{\odot})	Log H	Log L1 (L_{\odot})	Log L2 (L_{\odot})	Log T1	Log T2	Log 1	Log 2	Log R1 (R_{\odot})	Log R2 (R_{\odot})
+ Type										
CN And	0.250	0.655	0.31	-0.13	3.792	3.731	0.830	0.888	0.096	0.000
SS Ari	0.332	0.717	0.39	-0.13	3.788	3.779	0.796	1.652	0.146	-0.096
752Cen	0.269	0.583	0.25	-0.19	3.776	3.784	0.966	1.776	0.100	-0.136
AK Her	0.220	0.533	0.37	-0.23	3.799	3.774	0.770	1.667	0.113	-0.136
CE Leo	0.209	0.534	-0.07	-0.33	3.759	3.774	1.732	3.081	-0.026	-0.187
TY Men	0.346	0.484	1.19	0.19	3.927	3.882	0.434	1.020	0.267	-0.142
V502Oph	0.406	0.886	0.39	0.01	3.773	3.779	0.731	1.358	0.176	-0.026
MW Pav	0.227	0.464	0.97	0.21	3.825	3.810	0.165	0.348	0.361	0.012
AE Phe	0.262	0.589	0.21	-0.21	3.776	3.788	1.069	2.138	0.079	-0.154
W UMA	0.209	0.488	0.19	-0.29	3.790	3.791	1.229	2.594	0.041	-0.200
AG Vir	0.307	0.514	1.21	0.17	3.894	3.829	0.232	0.542	0.342	-0.045
AH Vir	0.100	0.337	-0.05	-0.39	3.721	3.743	0.834	1.480	0.060	-0.154
- Type										
AB And	0.283	0.672	0.13	-0.19	3.769	3.778	1.173	2.406	0.053	-0.124
TZ Boo	0.100	0.291	-0.23	-0.55	3.719	3.752	1.528	2.890	-0.026	-0.251
XY Boo	0.225	0.532	0.33	-0.09	3.806	3.812	0.979	1.813	0.079	-0.142
CK Boo	0.287	0.671	0.23	-0.09	3.791	3.803	1.187	2.206	0.060	-0.124
44iBoo	0.136	0.380	-0.11	-0.37	3.771	3.821	2.066	5.302	-0.070	-0.301
V523Cas	0.071	0.287	-0.77	-0.93	3.655	3.669	3.049	4.755	-0.167	-0.275
RW Com	-0.040	0.023	-0.35	-0.83	3.747	3.750	2.455	5.319	-0.142	-0.387
SW Lac	0.278	0.674	0.03	-0.17	3.771	3.783	1.579	2.607	0.000	-0.124
BX Peg	0.167	0.457	-0.11	-0.35	3.769	3.783	2.017	3.479	-0.065	-0.214
YZ Phe	0.204	0.528	-0.07	-0.23	3.757	3.799	1.645	3.081	-0.022	-0.187
VZ Psc	0.193	0.514	-0.59	-0.67	3.676	3.686	2.634	3.629	-0.119	-0.180
AU Ser	0.283	0.609	0.25	-0.19	3.769	3.793	0.911	2.055	0.113	-0.154
AQ Tuc	0.336	0.851	0.59	0.45	3.809	3.819	0.458	0.539	0.204	0.113
BP Vel	0.143	0.417	-0.41	-0.65	3.709	3.712	2.286	3.656	-0.096	-0.221
AZ Vir	0.235	0.539	0.23	-0.23	3.789	3.796	1.111	2.403	0.064	-0.180

의 관계를 나타냈으며, 일반적으로 +형이 -형에 비하여 밀도가 작으며 두 별사이의 거리는 큰 것으로 나타났다.

또한 그림 5에서와 같이 주성의 온도와 평균밀도와의 관계를 조사하여 보면 +형은 영년주계열성(ZAMS) 보다는 밀도가 작고, -형은 ZAMS에 가까이에 놓임을 알 수 있다. 그림 5에서 ZAMS와 TAMS는 질량 $0.7M_{\odot}$ 에서 $3.0M_{\odot}$ 사이의 중원소 함량비 $z=0.0169$ 의 Van den Berg (1985)의 이론적인 값을 채택하였다. 한편, Mochnacki (1981)의 접촉 식쌍성에 대한 주성의 온도와 밀도와의 관계에 대한 조사에 따르면 일반적으로 A형은 ZAMS 보다는 밀도가 작은 것으로

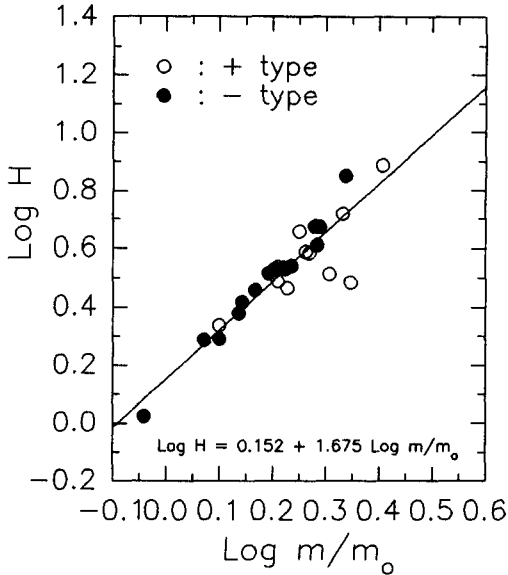


그림 2. 질량과 각운동량 관계.

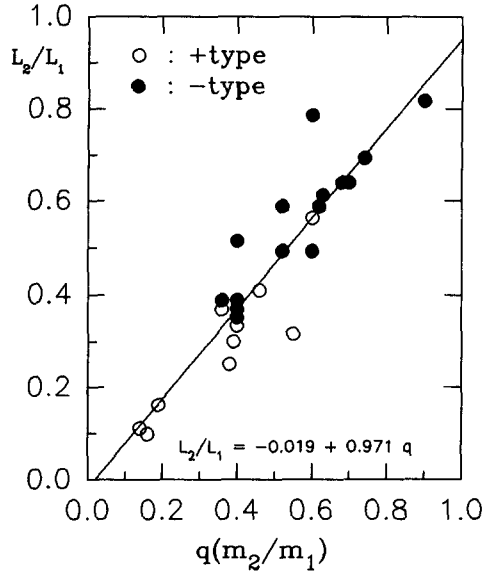


그림 3. 질량비와 밝기비 관계.

나타나며 W형은 ZAMS에 가까이 나타난다는 것을 밝힌 바가 있다. 이러한 Mochnacki의 조사와 그림 5에 나타난 27개의 비대칭성을 보이는 W UMa형들의 분포를 상호 비교하여 보면, CE Leo와 AQ Tuc를 제외하고는 대체적으로 +형들은 A형과 유사한 위치에 놓이며, -형들은 W형과 유사한 위치에 나타나고 있다. 그런데 CE Leo는 Samec et al.(1993)의 광도곡선으로부터 +형으로 분류되었으며, AQ Tuc는 Williamon et al. (1978)과 Maceroni et al. (1981)의 광도곡선으로부터 -형으로 분류되었다. 따라서 앞으로 AQ Tuc와 CE Leo에 대해서는 새로운 광도곡선의 관측을 통하여 비대칭성의 변화에 대한 조사가 더욱 요구된다.

표 1의 27개의 비대칭성을 보이는 접촉 식쌍성의 +형과 -형의 진화 상태를 비교하여 보기 위하여 그림 6의 질량-반경 관계와 그림 7의 온도-밝기 관계를 조사하여 보았다. 그런데 그림 6의 질량-반경 관계에서 +형과 -형의 각각의 주성과 반성 사이의 분포를 조사하여 보기 위하여 +형에 관해서만 각각의 주성과 반성을 연결하여 표시하였다. 그 결과 그림 6에 나타난 바와 같이 일반적으로 -형은 +형에 비하여 ZAMS에 근접하여 나타나고 있는데 비하여 +형은 TAMS 근처에서 나타나고 있다. 이러한 결과는 Kaluzny (1985), Maceroni et al. (1985) 그리고 Rovithis-Livaniou et al. (1992)의 결과와 일치하는 것이다. 그런데 +형의 반성들은 질량-반경 관계에서 그 위치가 매우 산만하게 분포하고 있다. 특별히, 그림 6에서 -형으로 분류된 AQ Tuc은 +형이 주로 분포하는 위치에서 함께 나타나고 있으며, AQ Tuc의 이러한 특이한 점은 주성에 대한 온도와 밀도의

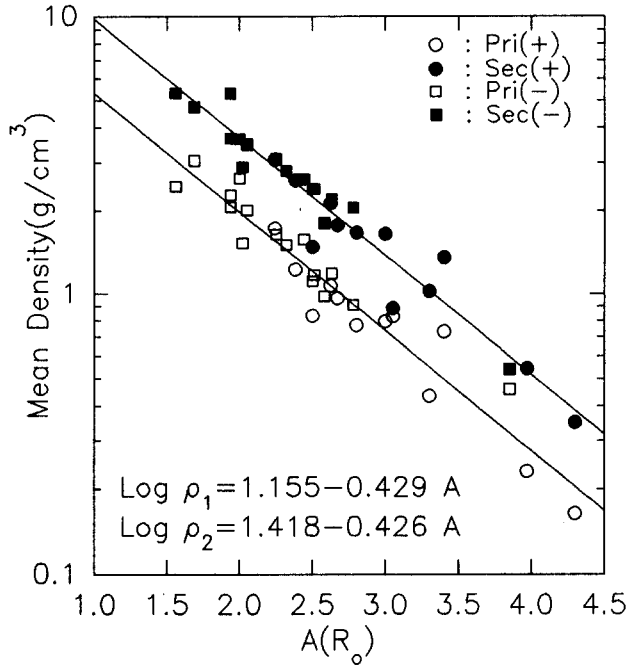


그림 4. 두 별 사이의 거리와 평균 밀도 관계.

관계를 보인 그림 6에서도 나타난 바와 같이 주로 +형들이 분포하는 위치에서 나타나고 있다.

한편, 그림 7의 온도-밝기에 따른 H-R도 상에서 +형과 -형의 위치는, W UMa형으로 접촉 식쌍성에 대한 Rovithis-Livanou *et al.* (1992), Maceroni *et al.* (1985), Hilditch *et al.* (1988) 등의 연구에서도 조사된 바와 같이, W UMa형에 속하는 비대칭 접촉 식쌍성들도 주성은 대부분 ZAMS와 TAMS 사이에 놓이는데 비하여 반성들은 $[Fe/H]=0.0$ 인 중원소 함량비가 $z=0.0169$ 인 ZAMS 보다 낮은 위치에서 나타나고 있다. 이러한 문제는 실제 W UMa의 진화 상태를 설명하는데 있는 매우 어려운 과제이다. 따라서 그림 7에서와 같이 중원소 함량비를 변화시키므로 ZAMS의 위치를 달리하였을 경우 W UMa의 위치를 조사하여 보면 중원소의 함량비가 적은 $z=0.0017$ 인 ZAMS를 채택하였을 경우 대부분의 반성들이 ZAMS 상에 나타나고 있음을 알 수 있다.

4. 토의 및 결론

이번 연구에서 조사된 27개의 비대칭 접촉 식쌍성은 광도곡선상의 비대칭성만을 가지고 +형과 -형으로 분류한 것으로서 서론에서도 밝힌 바와 같이 계절에 따라 그 형태가 +형과 -형으로 반복되어 나타나는 경우가 대부분이다.

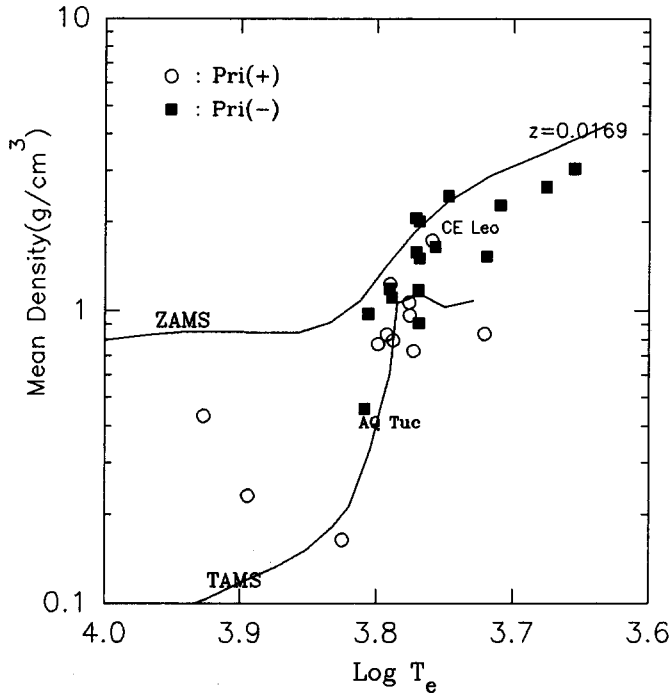


그림 5. 주성의 온도와 평균 밀도 관계.

지금까지 조사된 비대칭성 광도곡선을 갖는 W UMa형 식쌍성들의 물리량에 대한 비교 분석에 따르면 이러한 별들 사이에는 몇 가지 물리량에서 뚜렷한 상관 관계를 나타내었으며 이러한 상관 관계는 또한 +형과 -형 사이에도 그 물리적 성질의 차이가 나타남을 알 수 있었다.

이러한 상관 관계는 그림 2, 그림 3 그리고 그림 4에 보인 바와 같이 식 (1), 식 (2) 그리고 식 (3)으로 상호 물리량 사이의 매우 잘 일치하는 일차적인 상관관계를 보인다. 그림 2의 총 질량과 각운동량과의 상관 관계는 Chaubey(1979)의 상관 관계와 기울기에서 잘 일치하고 있다. 이런 상관 관계와 더불어 그림 3의 두 별의 질량비-밝기 관계에서 +형이 -형에 비하여 질량비와 밝기의 비가 각각 작은 값을 갖으며, 그림 4의 두 별사이의 거리-밀도 관계에서는 +형이 -형에 비하여 밀도가 작고 두 별사이의 거리는 큰 것으로 나타나서 +형과 -형 사이에서도 물리적 성질의 상대적 차이가 나타나고 있다.

다음으로 그림 5의 주성의 밀도-온도와의 관계에서 +형은 ZAMS 보다 밀도가 낮은 곳에서 나타나며, -형은 ZAMS의 근처에서 나타나고 있다. 이러한 사실과 함께 Mochnacki(1981)의 주성의 색지수-온도 관계와 상호 비교하면 +형은 A형이 위치하는 곳에서 나타나며 -형은 W형이

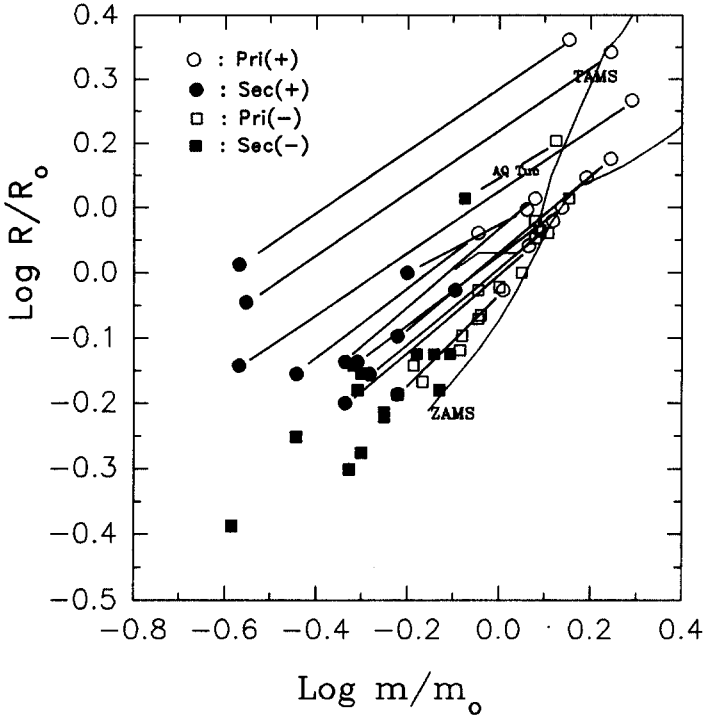


그림 6. 질량과 반경 관계.

위치하는 곳에서 나타나고 있다. 실제 표 1의 27개의 비대칭 식쌍성 가운데 +형으로 분류된 별들은 가운데는 A형이 많으며, -형으로 분류된 별들 가운데는 W형이 많다.

한편 지금까지 여러 연구자(Hilditch *et al.* 1988, Kaluzny 1985, Maceroni *et al.* 1985, Rovithis-Livaniou *et al.* 1992)에 의하여 접촉 식쌍성으로서 W UMa형들의 진화 상태를 조사하기 위한 질량-반경 관계 및 질량-밝기 관계에서는 주성과 반성이 모두 ZAMS와 TAMS 사이에 놓이거나 보다 더 진화된 상태에서 나타나고 있으며 H-R도 상에서는 반성이 ZAMS의 아래에 위치하므로써 이 별들의 진화 상태를 설명하는데 많은 어려움이 있다. 그러나 이번 조사에서 그림 7에 보인바와 같이 ZAMS의 중원소 함량비를 $z=0.0017$ 로 작게 하였을 경우 반성들이 ZAMS 상에 대부분 놓이고 있으므로 접촉 식쌍성들의 중원소 함량비를 작은 값을 주었을때 조사함으로써 이 별들의 진화를 해석하는 또 다른 연구가 필요하다고 생각된다. 끝으로 표 1의 27개의 접촉 식쌍성들의 물리량들은 그 물리량을 산출하기 위해 사용된 광도 곡선에 따라 다소 그 값들에서 상이한 차이를 보일 수도 있기 때문에 보다 많은 비대칭 식쌍성들을 수집하여 분석함으로써 보다 더 좋은 물리적 상관 관계를 얻을 수 있을 것으로 기대되며, 이러한 상관 관계는 비대칭성을 보이는

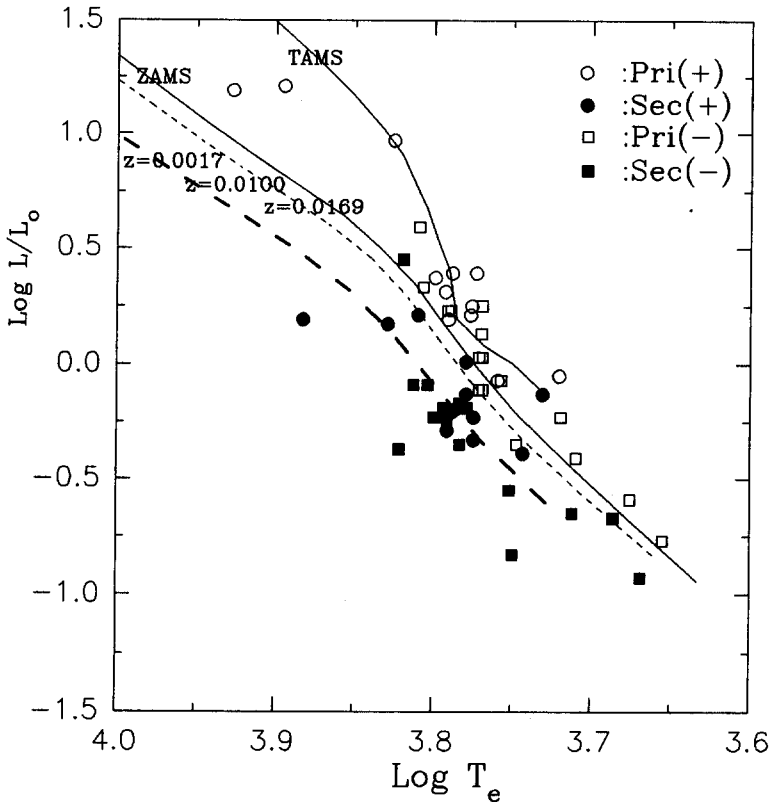


그림 7. 온도와 밝기 관계.

W UMa형의 비대칭성 원인을 규명하는 선행 연구가 될 것이다. 특별히, 그림 5와 그림 6에서 나타난 바와 같이 AQ Tuc의 새로운 광도곡선의 관측을 통하여 AQ Tuc의 특이한 성질을 새롭게 조사할 필요가 있다.

참고 문헌

오규동 1993, 한국우주과학회지, 10, 44
 Binnendijk, L. 1970, *Vistas in Astron.*, 12, 217
 Catalano, S. 1990, "Active Close Binaries", ed. Ibanoglu, C., Kluwer Academic Pub., p.347
 Chaubey, U. S. 1979, *Ap&SS*, 64, 177
 Davidge, T. J. & Milone, E. F. 1984, *ApJS*, 55, 571
 Hilditch, R. W., King, D. J. & McFarlane, T. M., 1988, *MNRAS*, 231, 341

- Jeong, J. H., Kang, Y. W., Lee, W. B. & Sung, E. C., 1994, *ApJ*, 421, 779
Kaluzny, J., 1985, *Acta Astron.*, 35, 313
Maceroni, C., Milano, L., Russo, G. & Sollazzo, C. 1981, *A&ApS*, 45, 187
Maceroni, C., Milano, L. & Russo, G., 1985, *MNRAS*, 217, 843
Milone, E. F. 1968, *AJ*, 73, 708
Mochnicki, S. W. 1981, *ApJ*, 245, 650
O'Connell, D. J. K. 1951, *Pub. Reverview College Obs.*, 2, 85
Roberts, A. W. 1906, *MNRAS*, 66, 123.
Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P. & Bitzaraki, O. 1992, *Ap&SS*, 189, 237
Samec, R. G. 1990, *AJ*, 100, 808
Samec, R. G., Su, W., Terrell, D. & Hube, D. P. 1993, *AJ*, 106, 318
Svechnikov, M. A. & Kuznetsova, E. F. 1990, "Catalogue of Approximate Photometric and Absolute Elements of Eclipsing Variable Stars", Vol.I & Vol.II, Ural State University Press, USSR
Van den Berg, D. A. 1985, *ApJ*, 58, 711
Webbink, R. F. 1977, *ApJ*, 215, 851
Williamon, R. M., Collins, T. F. & Chen, K-Y. 1978, *A&ApS*, 34, 207
Zhou, D-Q. & Leung, K-C. 1990, *ApJ*, 355, 271