

질량비가 작은 접촉쌍성 GR Vir과 HV Aqr

오규동^{1†}, 김천휘², 강영운³, 김호일⁴, 이우백⁴

¹전남대학교 지구과학교육과

²충북대학교 자연과학대학 천문우주학과, 기초과학연구소

³세종대학교 천문우주학과

⁴한국천문연구원

SMALL MASS RATIO CONTACT BINARY GR Vir AND HV Aqr

Kyu-Dong Oh^{1†}, Chun-Hwey Kim², Young Woon Kang³, Ho-il Kim⁴, and Woo-Baik Lee⁴

¹Department of Earth Science Education, Chonnam National University, Kwangju, 500-757, Korea

²Department of Astronomy & Space Science,
College of Natural Sciences and Institute for Basic Science Research
Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea

³Department of Astronomy & Space Science, Sejong University, Seoul, 143-747, Korea

⁴Korea Astronomy Observatory, Daejeon 305-348, Korea

E-mail: ohkd@chonnam.ac.kr

(Received April 19, 2004; Accepted April 26, 2004)

요 약

질량비가 작은 접촉쌍성 GR Vir와 HV Aqr의 이미 발표된 분광 및 측광관측치를 WD프로그램에 적용하여 이 별들의 새로운 절대 물리량을 얻었다. GR Vir과 HV Aqr를 포함한 17개의 질량비가 작은 접촉쌍성들의 진화 상태를 조사하였다. 그 결과 질량비가 작은 접촉쌍성의 주성은 대부분 종년주계열상에 놓이며 반성은 영년주계열 아래 놓이고 있음을 확인하였다.

ABSTRACT

The absolute dimensions of low mass contact binary, GR Vir and HV Aqr were obtained using WD program from the published spectroscopic and photometric observational data. The evolutionary status of this type of system including GR Vir and HV Aqr has been considered. The primary stars of low mass contact binary system were located on the Terminal Age Main-sequence and secondary stars were located under the Zero Age Main-sequence in H-R diagram.

Keywords: contact binary, small mass ratio contact binary, binary solution

1. 서 론

접촉쌍성의 질량비 $q(=m_2/m_1; m_1=$ 주성의 질량, $m_2=$ 반성의 질량)는 1에서부터 가장 작은 값으로 알려진 AW UMa(Rasio 1995)의 0.075까지 매우 다양한 값을 갖는다. 그러나 일반적으로 공통대기를 갖고 있는 접촉쌍성의 질량비가 AW UMa의 경우와 같이 극단적으로 작게 나타난다는

[†]corresponding author

것은 매우 특이하고 흥미 있는 현상 중에 하나 일 것이다. 실제 지금까지 밝혀진 질량비가 0.2 이하의 극단적으로 작은 질량비를 갖는 접촉식쌍성들의 개수는 매우 적은 편이며 이와 함께 이러한 별들의 절대 물리량이 알려진 별들의 수는 더욱더 적은 편이다. 이러한 이유는 질량비가 매우 적은 접촉식쌍성이 매우 특이한 현상이기도 하지만 실질적으로 이러한 별들에 대한 측광 및 분광 관측이 동시에 이루어져 있지 않기 때문이기도 하다. 따라서 질량비가 극단적으로 작은 접촉식쌍성의 물리적 특성과 함께 그 진화 상태를 이해하기 위해서는 이러한 특성을 갖는 별들의 절대 물리량을 얻는 것이 필수적으로 요구되고 있다.

최근 Rucinski 그룹(Lu & Rucinski 1999, Rucinski & Lu 1999, Rucinski et al. 2000, Lu et al. 2001, Rucinski et al. 2001, Rucinski et al. 2002, Rucinski et al. 2003, Pych et al. 2004)은 Hipparcos satellite star 가운데 접촉쌍성들에 대한 분광관측 결과를 지속적으로 발표하고 있다. 이들 가운데서 질량비가 매우 작으며 측광관측에 의한 광도곡선만이 발표되어 있기 때문에 절대 물리량이 알려지지 않은 GR Vir와 HV Aqr를 택하여 Rucinski & Lu(1999)와 Rucinski et al.(2000)에 의하여 발표된 분광관측 결과와 함께 이미 발표된 광도곡선 관측치를 WD모델에 함께 적용하여 이들 두 별의 절대 물리량을 얻고자 한다. Rucinski & Lu(1999)와 Rucinski et al.(2000)의 분광관측 결과에 따르면 GR Vir와 HV Aqr의 분광형은 각각 F7/8V와 F5V이며 질량비는 각각 0.122와 0.145로서 질량비가 극단적으로 작은 W UMa의 A형의 접촉식쌍성들이다.

GR Vir는 Strohmeier et al.(1965)에 의하여 밝기가 변하는 별이라는 것이 알려졌으며 Harris(1979)는 이 별이 0.4등급의 변화를 갖는 근접쌍성이라는 것을 밝혔다. 그 후 Halbedel(1988)에 의하여 처음으로 광전 측광에 의한 V 색의 광도곡선을 얻었으며 이 별이 W UMa형이라고 밝혔다. 한편, Cereda et al.(1988)는 광전 측광에 의한 2색(B&V)의 완전한 광도곡선과 함께 이 별의 새로운 광도요소를 발표하였다.

HV Aqr가 변광 한다는 사실은 Hutton(1992)에 의하여 밝혀졌으며 그는 이 별의 B-V 값을 0.63에서 0.78 까지 비교적 오차의 범위가 다소 큰 값을 제시하였다. 한편, 같은 해에 처음으로 Schirmer & Geyer(1992)와 Robb(1992)에 의하여 각각 V와 V&R의 측광 관측이 수행되었다. 그 결과 Schirmer & Geyer(1992)는 식이 일어나지 않는 곳에서의 광도의 변화를 확인하여 그 원인을 두 별에서의 채층 활동 때문 일 것이라고 주장하였으며 주성의 분광형을 G5로 제시하였으며, Robb는 주성의 온도를 6,500K로 가정하여 예비 궤도요소를 구하였으며 그 결과 이 별의 측광학적 질량비를 0.146로 제시하였다. 이러한 측광학적 질량비 값은 Rucinski et al.(2000)의 분광 관측을 통하여 얻은 0.145와 거의 일치하는 값이다. 그 후 Molik & Wolf(2000)는 R filter의 CCD측광 관측을 통한 광도곡선을 발표하였으며, 이들은 주성의 분광형 G5로부터 주성의 온도를 5,500K로 고정하여 궤도 해를 구하였으며 측광학적 질량비로 0.18를 얻었다. 한편, HV Aqr에 대한 측광학적 질량비와 Rucinski et al.(2000)의 분광학적 질량비 사이에는 큰 차이를 보이고 있지 않다. 그러나 이 별의 분광형에서는 측광관측에 의한 G5와 분광관측에 의한 F5V로서 많은 차이를 보이고 있다. 이러한 이유 때문에 다소 만기형에 해당하는 별로서 이 별에 대한 주성의 온도는 6,500K(Robb 1992)와 5,500K(Molik & Wolf 2000)로서 1,000K 정도의 큰 차이를 나타내고 있다.

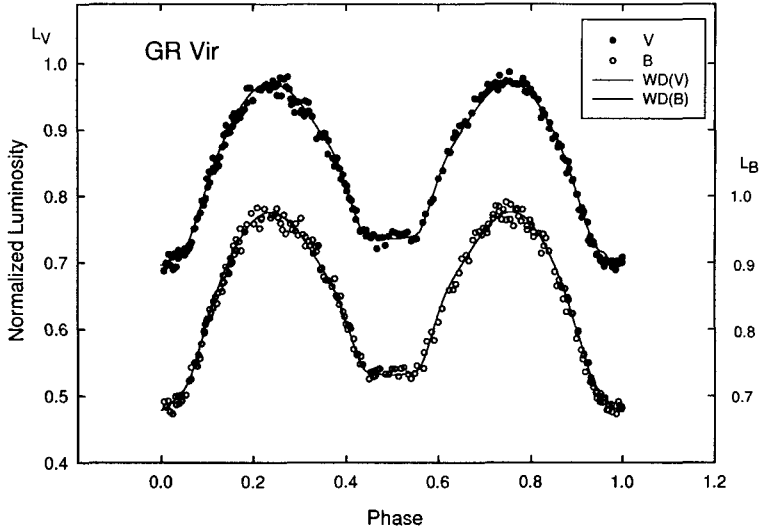


그림 1. GR Vir의 2색(V&B)의 관측된 광도곡선과 WD모델에 의한 이론적인 광도곡선(실선).

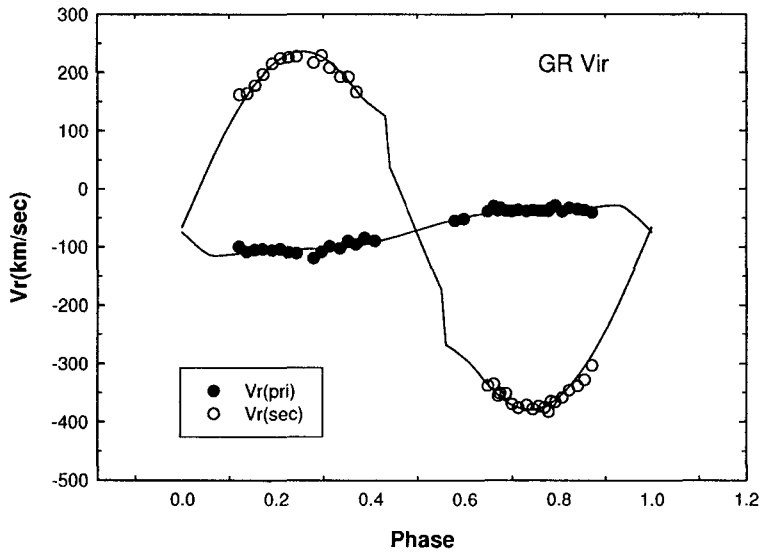


그림 2. GR Vir의 관측된 시선속도곡선과 WD모델에 의한 이론적인 시선속도곡선(실선).

2. 궤도요소와 해

서론에서 밝힌 바와 같이 공통대기를 갖는 접촉식쌍성이 질량비가 0.2 이하로 매우 적은 값을 갖는다는 것은 매우 흥미 있는 현상으로서 지금까지 이러한 별들은 대략 30개 정도가 알려져 있으며

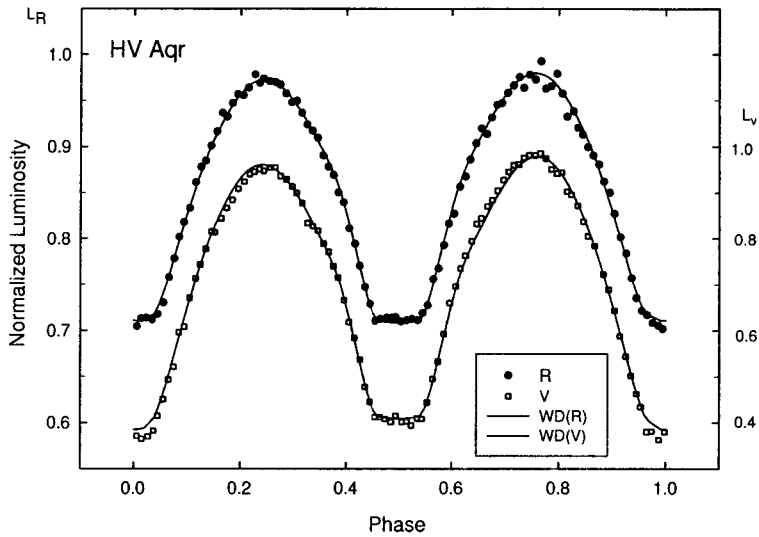


그림 3. HV Aqr의 2색(R&V)의 관측된 광도곡선과 WD모델에 의한 이론적인 광도곡선(실선).

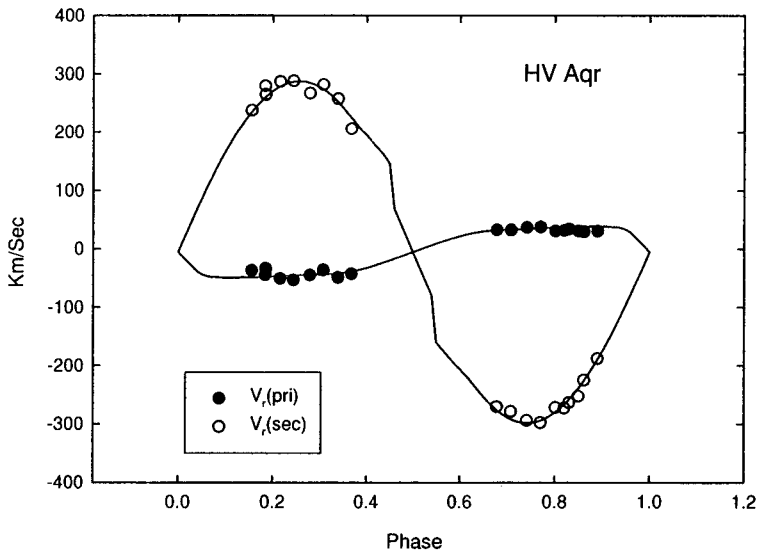


그림 4. HV Aqr의 관측된 시선속도곡선과 WD모델에 의한 이론적인 시선속도곡선(실선).

이 가운데서도 절대량이 잘 알려진 별들은 15개 정도에 불과하다. 이러한 원인은 이러한 별들에 대한 분광 관측이 동시에 이루어져 있지 않기 때문이다. 따라서 분광 관측과 함께 측광 관측이 동시에 이루어진 GR Vir과 HV Aqr의 궤도요소와 절대량을 얻기 위하여 각각 GR Vir는 Rucinski & Lu(1999)의 복선(double line) 시선속도곡선과 Cereda et al.(1988)의 2색(B&V)의 광도곡선을 이용하였으며 HV

Aqr은 Rucinski *et al.*(2000)의 복선시선속도곡선과 Robb(1992)의 2색(V&R)의 광도곡선을 이용하여 WD 모델에 적용하였다.

한편, 두 별은 모두 W UMa형의 접촉식쌍성으로 이미 알려져 있기 때문에 WD 모델의 모드 3을 적용하였으며 중력감광계수($g_1 = g_2$)와 복사반사계수($A_1 = A_2$)는 모두 0.5로 고정하였다.

1) GR Vir

Cereda *et al.*(1988)의 2색(B&V)의 측광 관측치를 WD의 프로그램에 적용하기 위하여 각각 B와 V의 광도곡선에 -8.74 와 -7.78 을 더하여 광도를 1로 규격화 시켰다. 주성의 온도는 Rucinski & Lu(1999)의 분광 관측에서 밝힌 바와 같이 F7V로서 de Jager & Nieuwenhuijzen(1987)으로부터 $6,252\text{K}$ 로 고정하였다. 주변감광계수 $x_1 = x_2$ 및 복사주변감광계수 $x_1(\text{bolo})$ 와 $x_2(\text{bolo})$ 는 van Hamme(1993)으로부터 구하여 고정하였다. 그림 1과 그림 2는 각각 GR Vir의 광도곡선과 시선속도곡선으로서 WD 모델을 통하여 구한 이론적인 광도곡선(실선)과 시선속도곡선(실선)이 관측점들을 잘 대표하고 있다. 표 1에 GR Vir의 측광 및 분광 궤도요소를 제시하였다.

2) HV Aqr

Robb(1992)의 2색(V&R)의 측광 관측치에 각각 1.37 와 1.60 을 더하여 광도곡선의 광도를 1로 규격화 시켰다. 한편, 그림 3에 나타난바와 같이 R색의 광도곡선은 Max. I과 Max. II 사이에 다소 대칭성을 보이고 있으나, V색의 광도곡선은 Max. II에서 0.20 등급 더 밝은 소위 O'Connell 효과를 보이는 비대칭성을 보이고 있다. 이와 같은 유사한 현상은 최근 Yang & Liu(2004)가 발표한 CU Tau에서도 잘 나타나고 있다. 따라서 이러한 광도곡선상의 비대칭성을 설명하기 위한 여러 가지 원인 가운데 하나인 흑점을 고려한 궤도요소를 산출하였다. 여기서 온도가 낮은 흑점을 고려한 경우, 반성에 흑점을 두었을 때 이론적인 광도곡선은 관측된 광도곡선을 잘 대표하였다. 이 별의 주성의 온도는 Schirmer & Geyer(1992)와 Molik & Wolf(2000)는 주성의 분광형을 G5로 제시한바 있으나, Rucinski *et al.*(2000)의 분광 관측을 통하여 제시한 F5V를 적용하여 de Jager & Nieuwenhuijzen(1987)으로부터 $6,652\text{K}$ 로 고정하였다. 주변감광계수 $x_1 = x_2$ 및 복사주변감광계수 $x_1(\text{bolo})$ 와 $x_2(\text{bolo})$ 는 van Hamme(1993)으로부터 구하여 고정하였다.

그림 3과 그림 4는 각각 HV Aqr의 광도곡선과 시선속도곡선으로서 WD 모델을 통하여 구한 이론적인 광도곡선(실선)과 시선속도곡선(실선)이 관측점들을 잘 대표하고 있다. 표 2에 흑점을 고려한 HV Aqr의 측광 및 분광 궤도요소를 제시하였다.

3. 검토와 결과 - 질량비가 작은 접촉쌍성

표 3에 표 1과 표 2의 GR Vir와 HV Aqr의 궤도요소로부터 구한 이 별들의 절대값을 포함하여 지금까지 조사된 질량비가 작은 접촉식쌍성들 가운데 측광 관측 또는 분광 관측을 통하여 비교적 절대값이 잘 알려진 접촉식쌍성들의 절대 물리량 값들을 여러 문헌을 통하여 수집 제시하였다. 표 3에 따르면 AW UMa가 질량비가 가장 작은 접촉식쌍성으로서 조사되어 있으며, Rasio(1995)는 복사대기를 갖는 접촉식쌍성인 경우 역학적으로 안정한 가장 작은 최소 질량비(q_{min})는 0.09 이며 따라서 AW UMa의 경우 질량비가 0.075 라면 이 별은 다소 진화된 대류대기를 갖는 접촉식쌍성이라고 밝힌 바가 있다. 그러나 지금까지는 절대 물리량이 밝혀져 있지 않기 때문에 표 3에는 제시하지 않았지만

표 1. GR Vir의 궤도요소.

Parameters	V	B	Radial velocity
a(AU)			2.399±0.005
V _o (km/sec)			-71.56±0.36
i	92.496±0.467		
q	0.1249±0.0012		0.1249
T ₁	6252*		
T ₂	6047 ±18		
L ₁ /(L ₁ + L ₂)	0.8710	0.8739	
Ω ₁ =Ω ₂	1.9768±0.0026		
r ₁ (pole)	0.5357±0.0006		
r ₁ (side)	0.5997±0.0009		
r ₁ (back)	0.6238±0.0011		
r ₂ (pole)	0.2219±0.0041		
r ₂ (side)	0.2337±0.0051		
r ₂ (back)	0.2957±0.0182		

* fixed

$$f [= (\Omega_{in} - \Omega) / (\Omega_{in} - \Omega_{out})] = 0.69$$

표 2. HV Aqr의 궤도요소.

Parameters	R	V	Radial velocity
a(AU)			2.580±0.008
V _o (km/sec)			-3.30±0.30
i	79.654±0.338		
q	0.156±0.001		0.156
T ₁	6652*		
T ₂	6762		
L ₁ /(L ₁ + L ₂)	0.8239	0.8228	
Ω ₁ =Ω ₂	2.0703±0.0038		
r ₁ (pole)	0.5177±0.0007		
r ₁ (side)	0.5732±0.0010		
r ₁ (back)	0.5981±0.0010		
r ₂ (pole)	0.2321±0.0039		
r ₂ (side)	0.2436±0.0049		
r ₂ (back)	0.2946±0.0128		
Spot Φ	70.00		
Spot Θ	90.50±0.31		
Spot r _s	20.00		
Spot TF	0.908±0.039		

* fixed

$$f [= (\Omega_{in} - \Omega) / (\Omega_{in} - \Omega_{out})] = 0.50$$

Rucinski *et al.*(2001)의 분광관측 결과에 의하면 SX Crv의 질량비가 0.066으로서 지금까지 조사된 별들 가운데 가장 작은 값으로 밝혀졌다. 따라서 SX Crv의 질량비 0.066은 Rasio가 주장하는 바와 같이 역학적으로 안정한 최소 질량비인 0.09 보다 더 작은 질량비를 갖는다는 의미에서 SX Crv는 매우 흥미 있는 접촉쌍성이라고 생각된다.

한편, 표 3에 나타난바와 같이 17개의 질량비가 작은 접촉쌍성들은 UY UMa를 제외하곤 거

표 3. 질량비가 작은 접촉쌍성.

Name	type	Sp.	$P(\text{day})$	$q(M_2/M_1)$	$M_1(M_\odot)$	$M_2(M_\odot)$	$R_1(R_\odot)$	$R_2(R_\odot)$	$L_1(L_\odot)$	$L_2(L_\odot)$	$\log T_1(K)$	$\log T_2(K)$	Ref.
AW UMa	A	F0	0.4387	0.072	1.52	0.11	1.60	0.53	6.06	0.56	3.856	3.837	1
ϵ CrA	A	F0	0.5914	0.112	1.76	0.20	2.20	0.79	11.07	1.08	3.851	3.822	1
GR Vir	A	F7/8V	0.3468	0.122	1.37	0.17	1.41	0.59	2.68	0.41	3.796	3.781	this paper
TZ Boo	A	G9	0.2971	0.13	0.79	0.10	1.05	0.32	0.573	0.071	3.690	3.722	2
UY UMa	W	G0	0.3760	0.134	1.19	0.16	1.40	0.63	1.58	0.42	3.740	3.771	3
V677 Cen	A/W	G2	0.3251	0.142	1.06	0.15	1.19	0.51	1.39	0.27	3.759	3.766	1
FG Hya	A	G0	0.3278	0.142	1.08	0.15	1.27	0.53	1.75	0.29	3.771	3.764	4,5
HV Aqr	A	F5V	0.3744	0.145	1.43	0.22	1.45	0.66	3.63	0.80	3.822	3.830	this paper
TV Mus	A	G0,F2	0.4457	0.150	1.32	0.20	1.66	0.75	3.14	0.69	3.777	3.784	1
EF Dra	A	F9	0.4240	0.16	1.81	0.29	1.701	0.778	3.314	0.718	3.778	3.782	6
AH Aur	A	F5V	0.4942	0.169	1.683	0.284	1.853	0.891	3.33	1.01	3.793	3.788	7
OU Ser	A/W	F9/GOV	0.2967	0.173	1.018	0.176	1.088	0.505	1.33	0.38	3.775	3.805	8
RR Cen	A	F5,F2	0.6057	0.180	1.80	0.32	2.15	0.96	11.44	2.19	3.860	3.856	1
XY Boo	A	F8	0.3705	0.182	1.49	0.27	1.47	0.63	5.17	1.01	3.857	3.851	1
MW Pav	A	A5	0.7950	0.182	2.13	0.39	2.70	1.31	22.10	5.05	3.882	3.879	1
TY Pup	A	A9	0.8192	0.184	2.30	0.42	2.84	1.39	26.915	5.754	3.892	3.879	9
Y Sex	A	F8	0.4198	0.20	0.76	0.15	1.20	0.54	2.238	0.407	3.810	3.800	10

1. Maceroni & van't Veer(1996); 2. Rovithis-Livanou *et al.*(1992); 3. Yang *et al.*(2001); 4. Lu & Rucinski(1999); 5. Yang & Liu(2000);
6. Pribulla *et al.*(2001); 7. Pribulla & Vanko(2002); 8. Vanko *et al.*(2001); 9. Gu *et al.*(1999); 10. Hilditch *et al.*(1988)

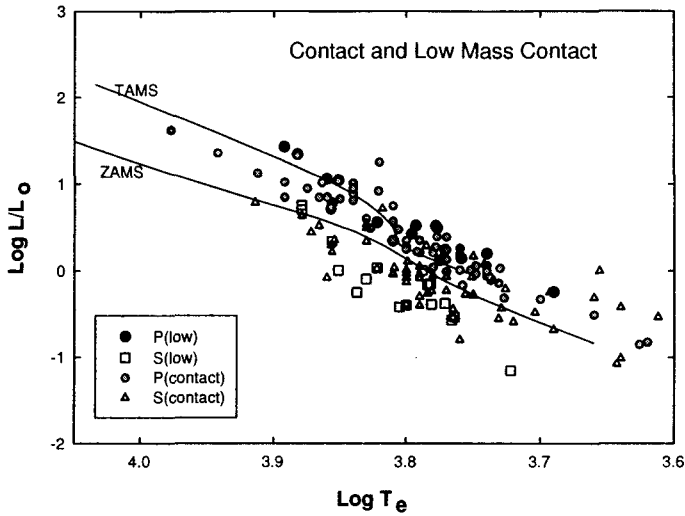


그림 5. 접촉쌍성(contact binary)과 질량비가 작은 접촉쌍성(low mass contact binary)의 H-R도. P와 S는 각각 주성과 반성이다.

의 모든 별들이 W UMa형의 A형에 속한다. 이와 함께 MW Pav와 TY Pup의 두 별을 제외하면 거의 모든 별들은 분광형이 만기의 F형에서 조기의 G형으로 매우 좁은 영역에 나타나고 있으며, 주기(P)는 0.6일 이하로 나타난다. 또한 주성과 반성의 질량의 합은 대부분 $2M_{\odot}$ 이하로서 매우 작은 값을 가지며 실질적으로 주성에 비하여 반성의 질량이 대부분 $0.3M_{\odot}$ 이하의 매우 작은 값을 갖는다는 면에서도 질량비가 작은 접촉쌍성은 매우 흥미 있으며 심지어 TZ Boo의 경우에는 질량의 합이 $0.9M_{\odot}$ 이하로 가장 작은 값을 갖으며 이와 함께 반성의 질량이 소위 주계열성의 한계질량에 가까운 $0.1M_{\odot}$ 으로 조사되었다. 다음으로 질량비가 작은 접촉쌍성들의 진화 상태를 조사하기 위하여 Demircan & Selam(1990)의 “접촉 및 근접접촉쌍성 목록”에 수록되어 있는 84개의 접촉쌍성들을 포함한 표 3의 17개의 접촉쌍성들의 절대 물리량으로부터 그림 5에 H-R도를 제시하였다. 그 결과 그림 5에 나타난바와 같이 일반적인 접촉쌍성들은 대부분 종년주계열(TAMS)과 영년주계열(ZAMS) 사이와 함께 다소 광도가 높거나 혹은 낮은 위치의 여러 영역에 위치하고 있는데 비하여 질량비가 작은 접촉쌍성들은 거의 모든 별들이 주성은 다소 진화된 종년주계열 위에 놓이며 반성은 영년주계열보다 다소 광도가 낮은 위치에 놓이고 있음을 확인 할 수가 있다. 따라서 질량비가 작은 접촉쌍성들은 일반적인 접촉쌍성의 진화 상태와는 다소 구별되는 특징을 보이고 있음을 알 수가 있었다.

결과적으로 이번에 분석된 GR Vir와 HV Aqr을 포함한 17개의 질량비가 작은 접촉쌍성들은 표 3과 그림 5에 나타난바와 같이 여러 가지 물리량 및 그 진화 상태에서 매우 흥미 있는 결과들을 보이고 있음을 알 수가 있었다. 따라서 이러한 부류에 속한 별들의 보다 더 확실한 물리적 특성을 이해하기 위하여서는 이러한 부류에 속한 별들을 측광관측과 분광관측을 통한 절대물리량들을 얻기 위한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 서론에서도 밝힌 바와 같이, 최근 Rucinski 그룹은 연속적으로 여러 접촉쌍성들에 대한 분광관측을 통한 접촉쌍성들의 질량비 값을 계속적으로 발표하고

있다. 그러나 이 가운데 대부분의 별들은 오히려 측광관측이 이루어져 있지 않기 때문에 이러한 별들의 절대값이 발표되지 않고 있다. 이러한 의미에서 앞으로 Rucinski 그룹의 분광관측으로부터 질량비가 잘 알려진 질량비가 작은 접촉쌍성들 가운데 측광관측이 이루어지지 않았기 때문에 이들 별들의 절대값을 구하지 못한 별들에 대한 측광관측을 계속할 계획이다.

감사의 글: 이 논문은 한국학술진흥재단(과제번호: KRF-2002-015-CP0150)의 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- Cereda, L., Misto, A., Poretti, E., & Niarchos, P. G. 1988, *A&AS*, 76, 255
 de Jager, C., & Nieuwenhuijzen, H. 1987, *A&A*, 177, 217
 Demircan, O., & Selam, S. O. 1990, *IBVS* 3492
 Gu, S., Yang, Y., & Zhang, Z. 1993, *Ap&SS*, 203, 161
 Halbedel, E. M. 1988, *IBVS* 3132
 Harris, A. W. 1979, *IBVS* 1921
 Hilditch, R. W., King, D. J., & McFarlane, T. M. 1988, *MNRAS*, 231, 341
 Hutton, R. G. 1992, *IBVS* 3723
 Lu, W. & Rucinski, S. M. 1999, *AJ*, 118, 515
 Lu, W., Rucinski, S. M., & Ogloza, W. 2001, *AJ*, 122, 402
 Maceroni, C., & van't Veer, F. 1996, *A&A*, 311, 523
 Molik, P., & Wolf, M. 2000, *IBVS* 4951
 Pribulla, T., & Vanko, M. 2002, *CoSka*, 32, 79
 Pribulla, T., Vanko, M., Chochol, D., & Parimucha, S. 2001, *CoSka*, 31, 26
 Pych, W., Rucinski, S. M., DeBond, H., Thomson, J. R., Capobianco, C. C., Blake, R. M., Ogloza, W., Stachowski, G., Rogoziecki, P., Ligeza, P., & Gazeas, K. 2004, *AJ*, 127, 1712
 Rasio, F. A. 1995, *ApJ*, 444, L41
 Robb, R. M. 1992, *IBVS* 3798
 Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P., & Bitzaraki, O. 1992, *Ap&SS*, 189, 237
 Rucinski, S. M., Capobianco, C. C., Lu, W., DeBond, H., Thomson, J. R., Mochnacki, S. W., Blake, R. M., Ogloza, W., Stachowski, G., & Rogoziecki, P. 2003, *AJ*, 125, 3258
 Rucinski, S. M., & Lu, W. 1999, *AJ*, 118, 2451
 Rucinski, S. M., Lu, W., Capobianco, C. C., Mochnacki, S. W., Blake, R. M., Thomson, J. R., Ogloza, W., & Stachowski, G. 2002, *AJ*, 124, 1738
 Rucinski, S. M., Lu, W., & Mochnacki, S. W. 2000, *AJ*, 120, 1133
 Rucinski, S. M., Lu, W., Mochnacki, S. W., Ogloza, W., & Stachowski, G. 2001, *AJ*, 122, 1974
 Schirmer, J., & Geyer, E. H. 1992, *IBVS* 3785
 Strohmeier, W., Knigge, R., & Ott, H. 1965, *IBVS* 115
 van Hamme, W. 1993, *AJ*, 106, 2096

- Vanko, M., Pribulla, T., Chochol, D., Parimucha, S., Kim, C. H., Lee, J. W., & Han, J. Y. 2001, *CoSka*, 31, 129
- Yang, Y., & Liu, Q. 2000, *A&AS*, 144, 457
- Yang, Y., & Liu, Q. 2004, *Ap&SS*, 289, 137
- Yang, Y., Liu, Q., & Leung, K.-C. 2001, *A&A*, 370, 507