

질량비가 작은 접촉쌍성 HN UMa와 II UMa - III

이우백¹, 김호일¹, 강영운², 오규동^{3†}

¹한국천문연구원

²세종대학교 천문우주과학과

³전남대학교 지구과학교육과

LOW MASS RATIO CONTACT BINARY SYSTEMS

HN UMa AND II UMa - III

Woo-Baik Lee¹, Ho-il Kim¹, Young Woon Kang², and Kyu-Dong Oh^{3†}

¹Korea Astronomy & Space Science Institute, Daejeon 305-348, Korea

²Department of Astronomy, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

³Department of Earth Science Education, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

E-mail: ohkd@chonnam.ac.kr

(Received June 23, 2006; Accepted July 12, 2006)

요 약

BVRI CCD 측광 관측에 의하여 질량비가 작은 접촉쌍성 HN UMa와 II UMa의 새로운 광도곡선을 얻었다. 새로운 광도곡선과 이미 발표된 분광관측으로부터 Wilson-Devinney 프로그램을 이용하여 이 두 별의 궤도요소와 절대 물리량을 얻었다. HN UMa와 II UMa를 포함한 절대물리량이 잘 알려진 21개의 질량비가 작은 접촉쌍성들의 진화 상태를 조사하였다. 그 결과 질량비가 작은 접촉쌍성의 반성은 영년주계열 아래 놓이며, 이러한 현상은 질량이 작은 접촉쌍성의 반성에서의 질량손실을 가정할 경우, 비록 작의 양의 질량이지만 반성에서의 질량 감소는 상대적으로 광도의 감소가 현저히 작아지기 때문일 것으로 예상된다.

ABSTRACT

We present newly observed BVRI CCD light curves for low mass ratio contact binaries, HN UMa and II UMa. The absolute dimensions of these objects were obtained by applying the Wilson-Devinney program to previously published spectroscopic analysis and to our observed photometric data. The evolutionary status of all 21 low mass ratio contact binary system including HN UMa and II UMa was then considered. The secondaries of all low mass ratio contact binaries are located below the zero age main sequence in HR diagram. This phenomenon could be explained by mass loss from the secondary component in the low mass contact binary system because even small mass loss affects luminosity decrease in the low mass stars.

Keywords: low mass ratio contact binary, binary solution, evolution of binary stars

†corresponding author

1. 서 론

질량비가 극단적으로 작은 접촉쌍성은 결과적으로 공통대기를 갖는 접촉쌍성의 주성과 반성의 질량 차이가 매우 크다는 점과 함께 반성의 질량이 일반적인 주계열성의 한계 질량에 가까운 대략 $0.1m_{\odot}$ 에서 $0.4m_{\odot}$ 에 나타난다는 점에서 매우 흥미 있는 대상이다. 이에 따라 이러한 질량비가 작은 접촉쌍성의 물리적 특성과 그 진화 상태를 이해하기 위하여 오규동 등(2004, 2005)은 최근 Rucinski 그룹(Lu & Rucinski 1999, Rucinski & Lu 1999, Rucinski *et al.* 2000, 2001, 2002, 2003, Lu *et al.* 2001, Pych *et al.* 2004)에 의하여 발표된 분광 관측 결과와 함께 질량비가 작은 접촉쌍성들을 측광하여 이들의 물리적 특성을 지속적으로 발표하고 있다. 이번 연구도 이러한 연속적인 연구의 하나로서 아직까지 광도곡선이 전혀 발표되어 있지 않은 II UMa 및 HN UMa를 CCD 측광 관측하고, Rucinski *et al.*(2003, 2002)의 분광관측 결과를 Wilson-Devinney 프로그램(1971, 1992, 이후 WD)을 이용하여 이들 두 쌍성계의 절대 물리량과 그 진화 상태를 분석하고자 한다. HN UMa와 II UMa는 Rucinski *et al.*(2003, 2002)의 분광관측 결과에 따르면 분광형은 각각 F8V와 F5III이며 이들의 질량비는 0.140과 0.172로서 이 두 별은 모두 W UMa형의 A형 접촉쌍성이다. 그런데, UY UMa(Yang *et al.* 2001)를 제외한 지금까지 발표된 질량비가 작은 접촉쌍성들은 모두 W UMa형의 A형 접촉쌍성들에 속한다.

HN UMa(BD+38°2220, HIP055030)는 Hipparcos satellite(ESA 1997, 이후 HIP)에 의하여 광도 변화($\Delta m=0.12$)가 적은 근접쌍성일 가능성을 갖는 맥동변광성으로 발견된 이후 Pribulla *et al.*(2003), Selam(2004) 및 Bilir *et al.*(2005) 등에 의하여 W UMa형의 접촉쌍성으로 알려졌다. 그 후 Rucinski *et al.*(2003)는 분광관측과 함께 Tycho-2 data의 B-V=0.46를 통하여 이 별의 분광형을 F8V로 제시하고, 원궤도에 따른 시선속도 K_1 과 K_2 를 각각 $29.65 \pm 0.6 \text{ km/sec}$ 과 $212.22 \pm 0.96 \text{ km/sec}$ 로서 질량비 $q=0.140$ 을 얻었다. 또한 이들은 광도 변화 및 시선속도곡선의 진폭이 작게 나타는 것으로 보아 이 별의 공전 궤도 경사각(i)이 다소 작을 것으로 기대하였다. 한편, Zola *et al.*(2005)는 4색(UBVR)의 광도곡선과 Rucinski *et al.*(2003)의 분광곡선을 WD 프로그램을 이용하여 이 별의 궤도요소 및 해와 절대값을 얻었으며, Rucinski *et al.*(2003)에서 언급된 바와 같이 이들이 구한 궤도경사각(i)은 $46.^\circ 7$ 로서 이러한 값은 일반적인 접촉쌍성의 궤도경사각에 비하여 상대적으로 매우 작은 값을 나타낸다. 그런데, 이들이 발표한 광도곡선은 2003년 2월 27일의 하루의 관측으로 부터 이 별의 완전한 광도곡선을 얻었다.

II UMa(HD109247, HIP061237)는 분리각이 $0.87''$ 이며, 밝기 차이가 1.64^m 인 근접안시쌍성 ADS 8594 혹은 CCDM J12329+5448의 한 성분으로서 HIP에 의하여 밝기가 변한다는 것이 알려졌다. 그 후 Rucinski *et al.*(2002)는 분광관측을 통하여 이 별의 분광형을 F5III로 원궤도에 따른 시선속도 K_1 과 K_2 를 각각 $43.16 \pm 0.86 \text{ km/sec}$ 과 $250.96 \pm 2.74 \text{ km/sec}$ 로서 질량비 $q=0.170$ 로 발표하였다. 또한 이들은 제3체의 상대적인 밝기, $L_3/(L_1 + L_2) = 0.17 \pm 0.01$ 를 얻었다. 특별히 Rucinski *et al.*(2002)에 의하여 제시된 분광형은 F5III로서 일반적인 W UMa형의 접촉쌍성들에 비하여 주성이 거성에 놓인다는 면에서 매우 이례적인 진화 상태를 보이며, 공전주기 $P=0.825$ 일로서 일반적으로 W UMa형 접촉쌍성에 비하여 주기가 긴 편에 속한다.

2. CCD 측광관측

접촉쌍성 HN UMa는 2005년 3월 8일부터 11일까지 4일간, 그리고 II UMa는 2005년 5월 16일부

표 1. HN UMa와 비교성, 검토성의 특성.

Parameter	HN UMa	Comparison	Check
Identifier	BD +38°2220	GSC 03010-02333	GSC 03010-02496
RA(2000)	+11 ^h 12 ^m 56. ^s 38	011 ^h 16 ^m 24. ^s 41	11 ^h 16 ^m 13. ^s 8
Del(2000)	+37°38'35.''3	+37°44'00.''6	+37°42'06.''
V	9. ^m 82	10. ^m 9	10. ^m 8
Sp	F8		

표 2. II UMa와 비교성, 검토성의 특성.

Parameter	II UMa	Comparison	Check
Identifier	HD 109247	HD 238132	GSC 03841-00696
RA(2000)	12 ^h 32 ^m 54. ^s 84	12 ^h 32 ^m 16. ^s 62	12 ^h 33 ^m 40. ^s 4
Del(2000)	+54°47'42.''9	+54°47'57.''4	+54°42'27.''
V	8. ^m 27	10. ^m 01	11. ^m 0
Sp	F2	G5	

터 24일 사이의 5일간 초점비가 f/7.5인 레몬산 1m 망원경으로 2K CCD(Kim *et al.* 2005) 측광 관측을 수행하였다. 2K CCD(2084 x 2084) 화소의 크기는 24 μ m이며 관측시야는 22.'2 x 22.'2(0.''64 pixel⁻¹)이다. 표 1과 표 2는 각각 두 별의 관측에 사용된 비교성과 검토성으로서 이들의 특성은 SIMBAD Astronomical Data Base로부터 얻었다. 관측 자료의 전 처리과정은 IRAF 패키지를 이용하였으며, 그 결과 관측점은 HN UMa에서 각각 542점(B), 541점(V), 539점(R)이며, II UMa에서는 395점(B), 407점(V), 390점(R), 402점(I)을 얻었다. 한편, 관측 오차로서 검토성에 대한 비교성의 표준편차는 HN UMa에서 각각 $\pm 0.^m030$ (B), $\pm 0.^m020$ (V), $\pm 0.^m028$ (R)이며, II UMa Cas에서는 $\pm 0.^m018$ (B), $\pm 0.^m019$ (V), $\pm 0.^m0193$ (R), $\pm 0.^m018$ (I)로 나타났다.

3. 궤도요소와 해

서론에서도 밝힌 바와 같이 지금까지 II UMa의 광도곡선은 발표된 바가 없으며 이에 따라 이 별의 궤도요소 및 해와 절대 물리량 또한 발표된 바가 없다. 따라서 HN UMa와 II UMa의 궤도요소와 절대 물리량을 얻기 위하여 각각 Rucinski *et al.*(2003)와 Rucinski *et al.*(2002)의 시선속도곡선과 우리의 관측된 광도곡선의 모든 관측점을 WD프로그램에 적용하여 분석하였다. 한편, 두 별은 모두 W UMa형의 접촉쌍성으로 이미 잘 알려져 있기 때문에 WD프로그램의 mode 3을 적용하였으며 복사반사계수($A_1 = A_2$)는 모두 0.5로 고정하였으며, 주변감광계수($x_1 = x_2$) 및 복사보정계수 x_1 (bolo)와 x_2 (bolo)는 van Hamme(1993)으로부터 구하여 고정하였다.

3.1 HN UMa

3색(B,V,R)의 CCD 측광에 의한 새로운 광도곡선과 Rucinski *et al.*(2003)의 시선속도곡선을 WD 프로그램에 적용하여 이 별의 궤도요소 및 해와 절대값을 얻었다. HN UMa의 주성의 온도는 Rucinski *et al.*(2003)의 분광 관측에서 밝힌 바와 같이 F8에 해당하는 값을 de Jager & Nieuwenhuijzen(1987)에

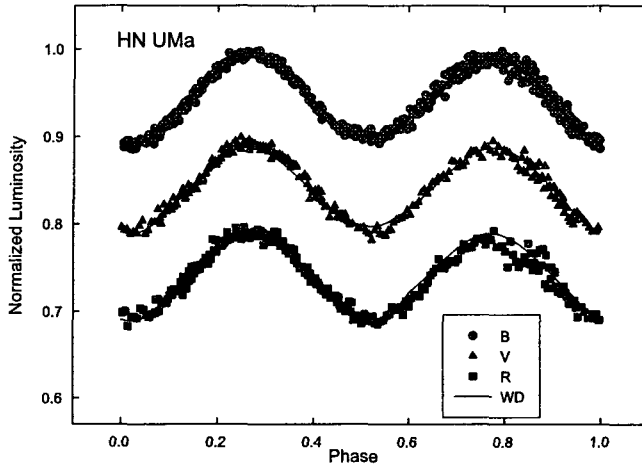


그림 1. HN UMa의 3색(BVR)의 관측된 광도곡선과 WD모델에 의한 이론적인 광도곡선(실선).

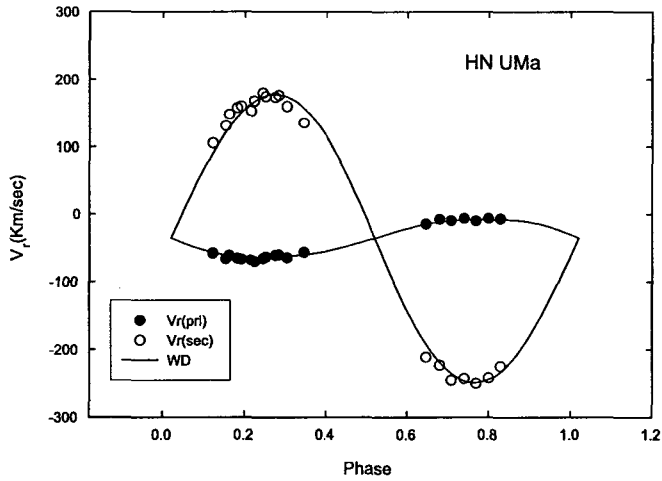


그림 2. HN UMa의 시선속도곡선과 WD모델에 의한 이론적인 시선속도곡선(실선).

서 채택하여 6252K로 고정하였다. 그림 1과 그림 2는 각각 HN UMa의 광도곡선과 시선속도곡선으로서 WD 모델을 통하여 구한 이론적인 광도곡선(실선)과 시선속도곡선(실선)이 관측점들을 잘 대표하고 있다. 표 3에 HN UMa의 측광 및 분광 궤도요소와 해를 제시하였다.

3.2 II UMa

4색(B,V,R,I)의 CCD 측광에 의한 새로운 광도곡선과 Rucinski *et al.*(2002)의 시선속도곡선을

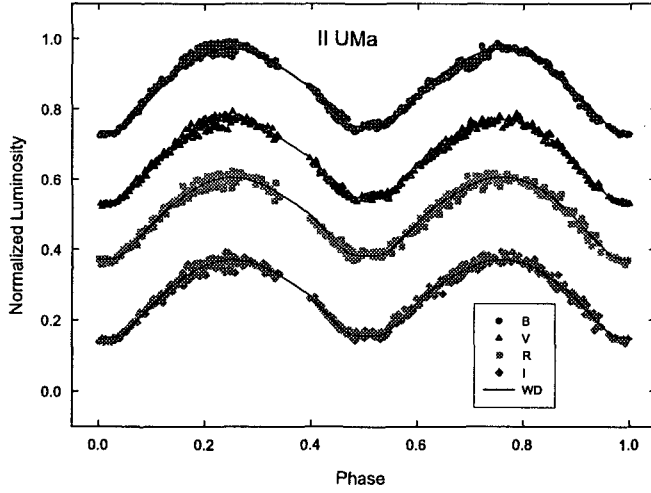


그림 3. II UMa의 3색(BVR)의 관측된 광도곡선과 WD 모델에 의한 이론적인 광도곡선(실선).

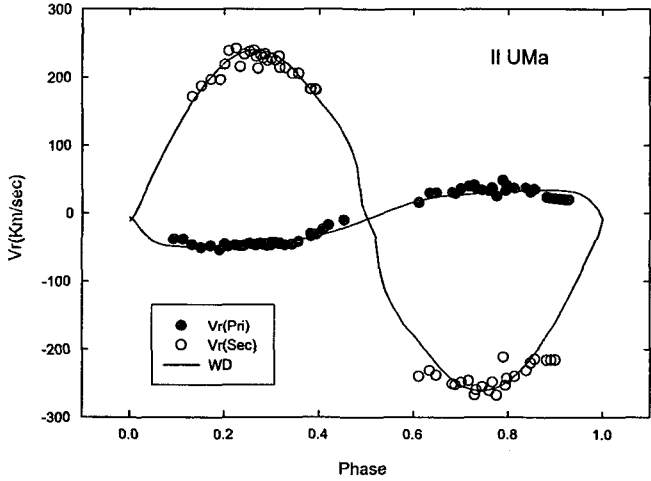


그림 4. II UMa의 시선속도곡선과 WD 모델에 의한 이론적인 시선속도곡선(실선).

WD프로그램에 적용하여 이 별의 궤도요소 및 해와 절대값을 얻었다. II UMa의 주성의 온도는 Rucinski *et al.*(2002)의 분광 관측에서 밝힌 바와 같이 F5III에 해당하는 값을 de Jager & Nieuwenhuijzen(1987)에서 채택하여 6412K로 고정하였다. 그림 3과 그림 4는 각각 II UMa의 광도곡선과 시선속도곡선으로서 WD 모델을 통하여 구한 이론적인 광도곡선(실선)과 시선속도곡선(실선)이 관측 점들을 잘 대표하고 있다. 표 3에 II UMa의 측광 및 분광 궤도요소와 해를 제시하였다. 한편, 표 3에

표 3. HN UMa와 II UMa의 궤도요소와 해.

Element	HN UMa	II UMa
a(R _o)	2.526±0.021	5.137±0.011
V _o (km/sec)	-35.67±0.29	-10.80±0.30
i(degree)	47.66±0.50	76.736±0.304
q	0.1446±0.0018	0.1724±0.0014
T ₁ (K)	6252	6412
T ₂ (K)	5946±70	6334±16
Ω ₁ = Ω ₂	2.0617±0.0058	2.0805±0.0031
L ₁ (B)	0.8784	0.8001
L ₁ (V)	0.8729	0.8018
L ₁ (R)	0.8698	0.8001
L ₁ (I)		0.8002
L ₃ (B)		0.0283
L ₃ (V)		0.0245
L ₃ (R)		0.0254
L ₃ (I)		0.0234
r ₁ (pole)	0.5172±0.0015	0.5188±0.0007
r ₁ (side)	0.5717±0.0024	0.5758±0.0011
r ₁ (back)	0.5941±0.0030	0.6043±0.0014
r ₂ (pole)	0.2199±0.0040	0.2477±0.0033
r ₂ (side)	0.2298±0.0049	0.2616±0.0041
r ₂ (back)	0.2705±0.0111	0.3321±0.0154
g ₁ =g ₂	0.539±104	0.5
x ₁ =x ₂ (B)	0.508±48	0.661
x ₁ =x ₂ (V)	0.522±62	0.534
x ₁ =x ₂ (R)	0.502±70	0.434
x ₁ =x ₂ (I)		0.351
x ₁ (bol)=x ₂ (bol)	0.64	0.639
y ₁ (bol)=y ₂ (bol)	0.232	0.238
f=(Ω _{in} - Ω/Ω _{in} - Ω _{out})=	0.285	0.741

The subscripts 1 and 2 refer to the primary and secondary stars, respectively.

나타난바와 같이 II UMa의 제3체에 의한 광도, $L_3/(L_1 + L_2 + L_3)$ 는 4색(B,V,R,I)에서 각각 0.0283, 0.0245, 0.0254, 0.0234로 나타났으며 Rucinski *et al.*(2002)에 의해서도 $L_3/(L_1 + L_2) = 0.17 \pm 0.01$ 로 제시한 바가 있다. 그러나 우리의 값과 Rucinski *et al.*(2002)가 제시한 값의 차이는 초기에 입력한 여러 인자 값의 차이 때문에 나타날수도 있기 때문에 앞으로 이에 대한 비교가 있어야 할 것이다.

4. 검토와 결과

표 3의 분광 및 측광관측을 통하여 얻은 궤도요소와 해로부터 HN UMa와 II UMa의 절대 물리량을 포함하여 질량비가 작은 접촉쌍성 가운데 측광 및 분광관측이 이루어짐으로서 절대 물리량이 잘 알려진 19개(오규동 등 2005)와 함께 모두 21개의 질량비가 작은 접촉쌍성의 절대물리량들을 표 4에 제시하였다. 이러한 21개의 질량비가 작은 접촉쌍성들은 UY UMa를 제외하면 모두 접촉쌍성의 A형에 속하며, 분광형은 대부분 W UMa형의 접촉쌍성이 갖는 F에서 G형에 속하고, 공전주기 P는 0.8일 보다 작지만 대부분 0.5일 미만이며, 주성과 반성의 질량합(= $m_1 + m_2$)은 대부분 $1m_{\odot}$ 에서 $2m_{\odot}$ 사이의 작은 값을 갖는다. 특별히 TZ Boo와 Y Sex는 주성과 반성의 질량합이 $1m_{\odot}$ 보다 작

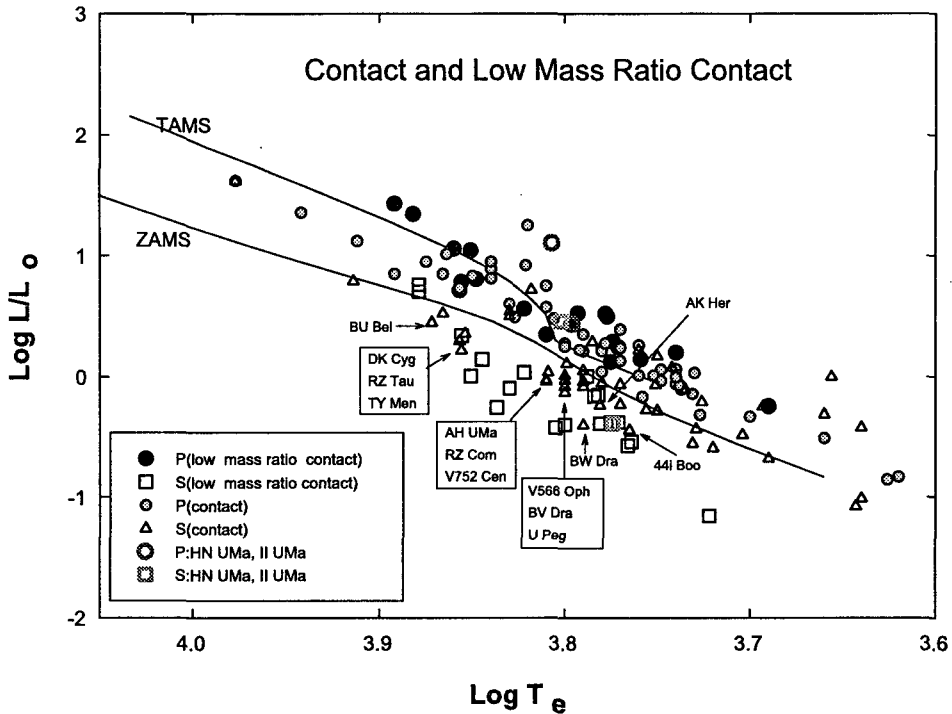


그림 5. 접촉쌍성과 질량비가 작은 접촉쌍성의 H-R도. P와 S는 각각 주성과 반성.

다. 이와 함께 반성의 질량은 $0.1m_{\odot}$ 에서 $0.4m_{\odot}$ 사이에 놓이는데 특별히 반성의 질량이 가장 작은 별은 TZ Boo로서 $0.1m_{\odot}$ 를 갖는다. 한편, 지금까지 알려진 별 가운데 질량비가 가장 작은 접촉쌍성들은 V857 Her(Qian *et al.* 2005), SZ Crv(Rucinski *et al.* 2001) 등이 있으나 절대량이 잘 알려진 질량비가 작은 접촉쌍성은 AW UMa(Rasio 1995)이며, II UMa의 경우 주성의 분광형이 F5III로서 거성에 놓인다는 점에서 매우 특이한 접촉쌍성에 속한다. 그림 5에서와 같이 HN UMa와 II UMa를 포함한 21개의 질량비가 작은 접촉쌍성들은 이미 오규동 등(2004, 2005)에서 언급된 바와 같이 주성은 중년주계열(TAMS) 보다 다소 진화된 위치에 놓이는 반면, 반성은 영년주계열(ZAMS)보다 광도가 다소 낮은 위치에 놓고 있음을 다시 한번 확인하였다. 한편, 이러한 질량비가 작은 접촉쌍성 진화 형태를 조사하기 위하여 그림 5에 Demircan & Selam(1990)의 “접촉 및 근접접촉쌍성 목록”에 수록되어 있는 일반적인 접촉쌍성 가운데 질량비가 작은 접촉쌍성과 유사한 온도 및 광도 범위를 갖는 49개의 접촉쌍성들과 표 4에 제시한 21개의 질량비가 작은 접촉쌍성들을 H-R도에 함께 비교하여 보았다. 그 결과 그림 5에 나타난 바와 같이 전형적인 접촉쌍성 가운데에서도 일부의 별들(BU Bel, DK Cyg, RZ Tau, TY Men, AH UMa, RZ Com, V752 Cen, V566 Oph, BV Dra, U Peg, DW Dra, AK Her, 44i Boo)은 반성이 ZAMS 아래 놓이며, 이러한 별들의 특성을 조사하여 본 결과 이들도 대부분 두 별의 질량합이 일반적인 접촉쌍성에 비하여 다소 작으며, 더욱이 반성의 질량이 매우 작은 값을

표 4. 질량비가 작은 접촉쌍성.

Star	type	Sp.	P	q	M_1/M_\odot	M_2/M_\odot	R_1/R_\odot	R_2/R_\odot	L_1/L_\odot	L_2/L_\odot	$\log T_1$	$\log T_2$	Ref.
AW UMa	A	F0	0.4387	0.07	1.52	0.11	1.60	0.53	6.06	0.56	3.856	3.837	1
ϵ CrA	A	F0	0.5914	0.11	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	11
TZ Boo	A	G9	0.2971	0.13	0.79	0.10	1.05	0.32	0.57	0.07	3.690	3.722	2
UY UMa	W	G0	0.3760	0.13	1.19	0.16	1.40	0.63	1.58	0.42	3.740	3.771	3
V677 Cen	A/W	G2	0.3251	0.14	1.06	0.15	1.19	0.51	1.39	0.27	3.759	3.766	1
FG Hya	A	G0	0.3278	0.14	1.08	0.15	1.27	0.53	1.75	0.29	3.771	3.764	4,5
HN UMa	A	F8V	0.3826	0.14	1.91	0.19	1.42	0.61	2.72	0.41	3.796	3.774	13
V776 Cas	A	F2V	0.4404	0.145	1.71	0.25	1.77	0.81	6.83	1.39	3.848	3.845	12
HV Aqr	A	F5V	0.3744	0.145	1.43	0.22	1.45	0.66	3.63	0.80	3.822	3.830	11
TV Mus	A	G0,F2	0.4457	0.15	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	1.70	0.77	3.31	0.71	3.778	3.782	6
V410 Aur	A	G0/2V	0.3663	0.16	1.14	0.18	1.33	0.62	1.95	0.42	3.774	3.775	12
AH Aur	A	F7V	0.4942	0.169	1.683	0.284	1.853	0.891	3.33	1.01	3.793	3.788	7
II UMa	A	F5III	0.8252	0.172	2.14	0.37	2.91	1.42	12.72	2.87	3.807	3.802	13
OU Ser	A/W?	F9/G0V	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	0.18	1.80	0.32	2.15	0.96	11.44	2.19	3.860	3.856	1
XY Boo	A	F8	0.3705	0.18	1.49	0.27	1.47	0.63	5.17	1.01	3.857	3.851	1
MW Pav	A	A5	0.7950	0.18	2.13	0.39	2.70	1.31	22.10	5.05	3.882	3.879	1
TY Pup	A	A9	0.8192	0.18	2.30	0.42	2.84	1.39	26.91	5.75	3.892	3.879	9
Y Sex	A	F8	0.4198	0.20	0.76	0.15	1.20	0.54	2.23	0.40	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.*(1993); 10. Hilditch *et al.*(1988); 11. 오규동 등(2004);
 12. 오규동 등(2005); 13. this paper

갖는 별들이라는 것을 확인하였다. 결과적으로 보면, ZAMS 아래 반성이 놓이는 일부의 접촉쌍성들은 비록 질량비가 작은 접촉쌍성은 아니지만, 질량비가 작은 접촉쌍성의 일반적인 특성과 매우 유사하다는 것을 확인할 수가 있었다. 한편, 주성과 반성의 질량합이 작으며 더욱이 반성의 질량이 상대적으로 매우 작은 쌍성의 경우, 질량이 매우 작은 반성에서 질량 손실이 일어난다면, 그 반성은 주성에 비하여 상대적으로 광도가 현저히 작아질 수밖에 없다는 사실에 따라 질량이 매우 작은 접촉쌍성의 반성이 H-R도 상에서 ZAMS 아래 놓이게 될 것으로 기대되는 것이다. 실제, 주성과 반성의 질량이 $2M_\odot$ 와 $0.3M_\odot$ 인 쌍성에서 각각 $0.1M_\odot$ 의 질량손실이 있었을 경우, 주계열성에 적용되는 가장 일반적인 질량-광도 관계식인 $L \propto m^{3.3}$ 을 고려하여 본다면, 각각 주성과 반성에서 이러한 질량손실에 따른 주성의 상대적인 광도의 감소비($\Delta L/L_1$)는 0.00005인데 비하여 반성의 상대적인 광도의 감소비($\Delta L/L_2$)는 0.00266으로서 질량이 작은 반성에서의 질량 감소가 상대적으로 광도의 감소비가 크게 나타게 되는 것이다. 더욱이 반성에서 주성으로의 질량이동을 가정한다면 이러한 설명이 좀더 가능성을 갖겠으나, 질량비가 작은 모든 접촉쌍성들이 이러한 질량이동을 갖는 것은 아니기 때문에 그 설명에 다소 어려움이 있다. 끝으로 질량비가 작은 접촉쌍성의 공전주기 변화의 연구 등을 통하여 이러한 질량손실 및 질량이동은 앞으로 검증되어야 할 것이다.

감사의 글: 이 논문은 2003년도 전남대학교 연구년 교수연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

참고문헌

- 오규동, 김천휘, 김호일 2005, 한국우주과학회지, 22, 223
- 오규동, 김천휘, 김호일, 강영운, 이우백 2004, 한국우주과학회지, 21, 83
- Bilir, S., Karatas, Y., Demircan, O., & Eker, Z. 2005, MNRAS, 357, 497
- de Jager, C. & Nieuwenhuijzen, H. 1987, A&A, 177, 217
- Demircan, O. & Selam, S. O. 1990, IBVS, 3492
- ESA 1997, The Hipparcos and Tycho Catalogs, SP-1200
- Gu, S., Yang, Y., & Zhang, Z. 1993, ApSS, 203, 161
- Hilditch, R. W., King, D. J., & McFarlane, T. M. 1988, MNRAS, 231, 341
- Kim, S.-L., Lee, J. W., Kim, C. H., Lee, C.-U., Kang, Y. B., & Koo, J.-R. 2005, PASP, 117, 184
- 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
- Pribulla, T., Kreiner, J. M., & Tremoko, J. 2003, CoSka, 37, 38
- 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
- Qian, S.-B., Zhu, L.-Y., Soonthornthum, B., Yuan, J.-Z., Yang, Y.-G., & He, J.-J. 2005, AJ, 130, 1206
- Rasio, F. A. 1995, ApJ, 444, L41
- Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P., & Bitzaraki, O. 1992, ApSS, 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
- Selam, S. O. 2004, A&A, 416, 1097
- 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
- Wilson, R. E. 1992, Documentation of Eclipsing Binary Computer Model (Florida: University of Florida)
- Wilson, R. E. & Devinney, E. J. 1971, ApJ, 166, 605
- Yang, Y. & Liu, Q. 2000, A&AS, 144, 457

Yang, Y., Liu, Q., & Leung, K.-C. 2001, *A&A*, 370, 507

Zola, S., Kreiner, J. M., Zakrzewski, B., Kjurkchieva, D. P., Marchev, D. V., Baran, A., Rucinski, S. M., Ogłóza, W., Siwak, M., Koziel, D., Drozd, M., & Pokrzywka, B. 2005, *Acta Astronomica*. 55. 389