J. Astron. Space Sci. 22(3), 223–232 (2005)

질량비가 작은 접촉쌍성 V410 Aur과 V776 Cas - II

오규동[1†], 김천휘[2], 김호일[3]
[1]전남대학교 지구과학교육과
[2]충북대학교 자연과학대학 천문우주학과, 기초과학연구소
[3]한국천문연구원

LOW MASS RATIO CONTACT BINARY V410 Aur AND V776 Cas - II

Kyu-Dong Oh[1†], Chun-Hwey Kim[2], and Ho-il Kim[3]
[1]Department of Earth Science Education, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea
[2]Dept. of Astron. & Space Sci., College of Natural Sciences and Institute for Basic Science Research Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea
[3]Korea Astronomy & Space Science Institute, Daejon 305-348, Korea
E-mail: ohkd@chonnam.ac.kr

(Received May 28, 2005; Accepted July 27, 2005)

요 약

질량비가 작은 접촉쌍성 V410 Aur과 V776 Cas를 소백산천문대의 61cm 망원경에 2K CCD 카메라를 부착하여 측광 관측을 하였으며, 그 결과 이 별들의 새로운 3색(BVR)의 완전한 광도곡선을 얻었다. 새로운 광도곡선과 이미 발표된 분광관측으로부터 WD 모델을 이용하여 이 두 별의 궤도요소와 절대 물리량을 얻었다. V410 Aur과 V776 Cas를 포함한 절대물리량이 잘 알려진 19개의 질량비가 작은 접촉쌍성들의 진화 상태를 조사하였다. 그 결과 질량비가 작은 접촉쌍성의 주성은 대부분 TAMS 상에 놓이며 반성은 ZAMS 아래 놓이고 있음을 재확인하였다.

ABSTRACT

New BVR CCD light curves of the low mass ratio contact binaries, V410 Aur and V776 Cas, were observed with the 61 cm reflector and a 2K CCD camera at the Sobaeksan Astronomical Observatory. The absolute dimensions of the low mass ratio contact binaries, V410 Aur and V776 Cas, were obtained using WD program from the published spectroscopic and newly observed photometric data. The evolutionary status of this type of binary system including V410 Aur and V776 Cas has been considered. We reconfirmed that the primary stars of the low mass contact binary system were located on the TAMS and secondary stars were located under the ZAMS in H-R diagram.

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

1. 서 론

쌍성의 여러 종류 가운데 주성과 반성이 모두 로쉬면을 채우고 있는, 따라서 두 별이 함께 공통대기(common envelope)를 갖는 접촉쌍성 가운데 주성과 반성의 질량 차이가 매우 커서 이들의 질

†corresponding author

량비 q(= m_2/m_1)가 0에 가까운 즉, 질량비가 극단적으로 작은 값을 갖는 접촉쌍성들이 나타난다는 것은 매우 특이하고 흥미 있는 현상 중에 하나일 것이다. 현재까지 발견된 접촉쌍성 가운데 가장 질량비가 작은 접촉쌍성으로서는 SX Crv(Rucinski *et al.* 2001)와 AW UMa(Rasio 1995)로서 이들의 질량비는 각각 0.066과 0.072로 알려져 있다. 한편, 지금까지 알려진 질량비가 작은 접촉쌍성의 총 질량(= $m_2 + m_1$)이 대략 $1m_\odot$에서 $3m_\odot$ 사이에 있다는 것을 고려한다면 질량비가 작은 접촉쌍성의 반성 질량은 일반적인 주계열성의 한계 질량에 가까운 대략 $0.1m_\odot$에서 $0.4m_\odot$로 나타난다는 면에서 더욱 흥미 있는 대상이다. 지금까지 밝혀진 질량비가 극단적으로 작은 값을 갖는 접촉식쌍성들의 개수는 매우 적은 편이며 더구나 절대 물리량이 정확히 알려진 별들의 수는 더욱 적은 편이다. 그 이유는 질량비가 매우 작은 접촉식쌍성이 매우 특이한 것이기도 하지만 실질적으로 이러한 별들에 대한 측광 및 분광 관측이 동시에 이루어져 있지 않기 때문이기도 하다. 따라서 질량비가 극단적으로 작은 접촉쌍성의 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, 2001, 2002, 2003, Lu *et al.* 2001, Pych *et al.* 2004)은 Hipparcos satellite star 가운데 접촉쌍성들에 대한 분광관측 결과를 지속적으로 발표하고 있다. 따라서 Rucinski 그룹이 발표한 접촉쌍성 가운데 측광관측이 이루어지지 않은 질량비가 작은 접촉쌍성들을 측광 관측하여 이러한 별들의 절대 물리량을 얻고자 한다.

이번 연구에서는 오규동 등(2004)의 연구에 이어서 질량비가 작은 접촉쌍성으로 측광관측이 이루어져 있지 않은 V410 Aur과 가장 최근 Djurasevic *et al.*(2004)에 의하여 광도곡선이 발표된 V776 Cas을 CCD 측광 관측하였다. 한편, V410 Aur과 V776 Cas의 측광 관측 자료와 Rucinski *et al.*(2001, 2003)의 분광 관측 자료를 Wilson and Divinney 모델(이후 WD)에 적용하여 이들 두 쌍성계의 절대 물리량을 얻고 그 진화 상태를 분석하고자 한다. Rucinski *et al.*(2001, 2003)의 분광관측 결과에 따르면 V410 Aur과 V776 Cas의 분광형은 각각 G0/G2와 F2V이며 이들의 질량비는 각각 0.144과 0.130으로서 이들은 모두 W UMa형의 A형 접촉쌍성들이다.

V410 Aur(HD280332, HIP23337)는 Hipparcos Astromery Satellite(ESA 1997)에 의하여 0.33등급의 밝기 변화를 갖는 W UMa형 식쌍성으로 발견되었으며 Hipparcos 광도곡선(Selam 2004)에 따르면 제3체의 광도(L_3)가 0.277로 나타난다고 밝혔다. 그 후 Rucinski *et al.*(2003)는 이 별에 대한 분광 관측을 통하여 원궤도에 따른 주성과 반성의 시선속도, K 값은 각각 42.14와 291.68km/sec로서 질량비(q) 0.144를 얻었으며 정확도는 다소 떨어지지만 제3체의 시선속도 값까지도 제시하였다. 한편, V410 Aur이 Hipparcos 위성에 의하여 발견된 이후 지금까지 이 별에 대한 측광관측은 발표된 바가 없다.

V776 Cas(HIP8821)는 Hipparcos Astrometry Satellite(ESA 1997)에 의하여 주식심과 부식심의 깊이가 거의 같은 0.147등급의 밝기 변화를 갖는 W UMa형 쌍성으로 발견되었다. V776 Cas는 안시쌍성 ADS1485(CCDM J01534+7003)의 밝은 주성으로서 반성은 V776 Cas에 비하여 2등급 더 어둡고 5.″8 떨어져 있다. Gomez-Forrellad *et al.*(1999)가 처음으로 이 별에 대한 V 측광 광도곡선을 발표하였으며, 주식심의 깊이가 부식심의 깊이보다 더 깊으며 주식심에서의 밝기 변화가 0.156등급으로 나타났다. 한편, Rucinski *et al.*(2001)는 원궤도에 따른 분광 관측 결과를 발표하였는데, 주성과 반성의 시선속도는 각각 31.97과 245.31km/sec로서 질량비(q) 0.130을 얻었으며 분광형이 F2V인 W

표 1. V410 Aur과 비교성, 검토성의 특성.

Parameter	V410 Aur	Comparison	Check
Identifier	HD 280332	HD 280406	HD 280414
RA(2000)	$05^h01^m10.^s84$	$05^h01^m39.^s69$	$05^h01^m46.^s49$
Del(2000)	$+34°30'26.''6$	$+34°24'00.''5$	$+34°11'31.''4$
V	10.3	10.9	9.5(B)
Sp	G0	F0	F2

표 2. V776 Cas와 비교성, 검토성의 특성.

Parameter	V776 Cas	Comparison	Check
Identifier	+69°0121	+69°0119	GSC 04314-00961
RA(2000)	$01^h53^m23.^s44$	$01^h51^m13.^s47$	$01^h53^m24.^s28$
Del(2000)	$+70°02'33.''4$	$+70°05'31.''4$	$+70°04'01.''7$
V	9.00	9.92	11.1
Sp	F0	F0	

UMa형의 A형으로 발표하였다. 이 후 가장 최근에 Djurasevic *et al.*(2004)는 광전측광기 SSP-5A를 이용한 V776 Cas의 UBV 광전측광에 의한 광도곡선을 발표하였다. 그러나 이들의 관측은 2002년 10월 8일의 하루 밤의 관측 결과를 발표한 것이다. 한편, Djurasevic *et al.*(2004)는 각각 Hipparcos Double and Multiple Stars Annex(ESA 1997)과 2nd edition of CCDM catalogue(Dommanget & Nys 2002)의 광도곡선을 이용하여 V776 Cas의 제3체의 광도, L_3(V)를 0.136과 0.091로 제시한 바 있다.

2. CCD 관측

V410 Aur과 V776 Cas의 측광 관측은 2003년 9월부터 2004년 2월까지 소백산 천문대의 61cm 망원경(f/13.5)과 관측 시야가 $20.'5 \times 20.'5$인 2K CCD카메라를 이용하여 수행하였다. 표 1과 2는 각각 V410 Aur과 V776 Cas의 관측에 사용된 비교성과 검토성으로서 이들의 특성은 SIMBAD Astronomical Data Base로부터 얻었다. 관측자료의 전처리과정은 IRAF를 이용하였으며, 그 결과 관측점은 V410 Aur에서 각각 298점(B), 297점(V), 305점(R)이며, V776 Cas에서는 321점(B), 322점(V), 319점(R)을 얻었다. 한편, 관측 오차로서 비교성과 검토성에 대한 표준편차는 V410 Aur에서 각각 $\pm0.^m006$(B), $\pm0.^m008$(V), $\pm0.^m012$(R)이며, V776 Cas에서는 $\pm0.^m011$(B), $\pm0.^m019$(V), $\pm0.^m023$(R)으로 나타났다.

3. 궤도요소와 해

V410 Aur과 V776 Cas의 궤도요소와 절대 물리량을 얻기 위하여 각각 Rucinski *et al.*(2001, 2003)의 시선속도곡선과 우리의 관측된 3색(B,V,R) 광도곡선의 모든 관측점을 WD모델(Wilson & Devinney 1971, Wilson 1992)에 적용하여 분석하였다. 한편, 두 별은 모두 W UMa형의 접촉쌍성으

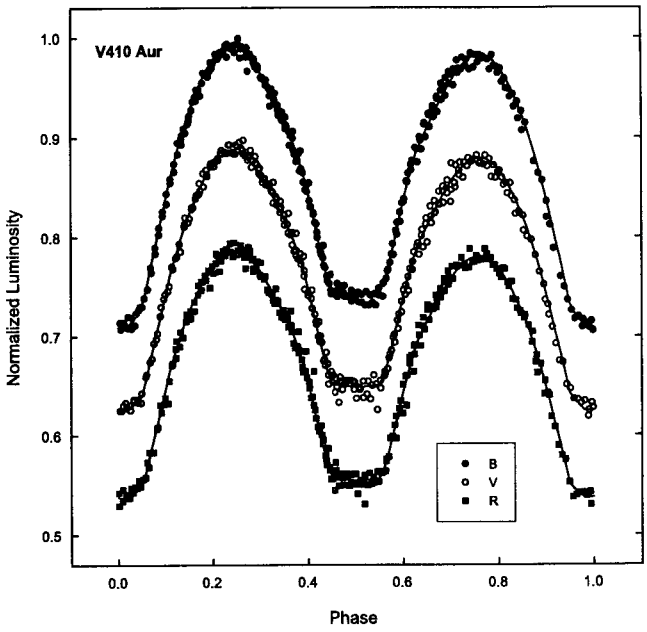

그림 1. V410 Aur의 3색(BVR)의 관측된 광도곡선과 WD모델에 의한 이론적인 광도곡선(실선).

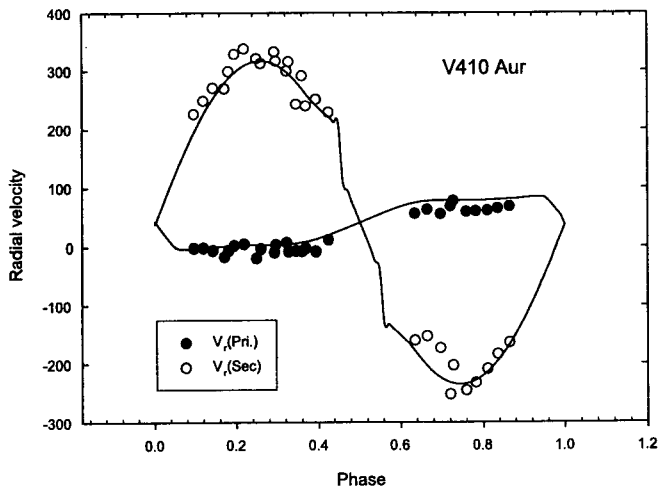

그림 2. V410 Aur의 시선속도곡선과 WD모델에 의한 이론적인 시선속도곡선(실선).

표 3. V410 Aur의 궤도요소.

Element	B	V	R	Radial velocity
a(AU)				2.360 ± 0.007
V_o(km/sec)				40.98 ± 2.38
i		85.920 ± 0.630		
q		0.1602 ± 0.0016		0.1602
T_1(K)		5942		
T_2(K)		5952 ± 13		
$\Omega_1 = \Omega_2$		2.0722 ± 0.0038		
$L_1/(L_1 + L_2 + L_3)$	0.8162	0.8160	0.8160	
$L_3/(L_1 + L_2 + L_3)$	0.0134	0.0141	0.0143	
$x_1 = x_2$	0.705	0.575	0.475	
r_1(pole)		0.5181 ± 0.0007		
r_1(side)		0.5740 ± 0.0011		
r_1(back)		0.5997 ± 0.0013		
r_2(pole)		0.2359 ± 0.0042		
r_2(side)		0.2480 ± 0.0052		
r_2(back)		0.3031 ± 0.0149		
Spot Φ		90.00		
Spot Θ		89.97 ± 0.21		
Spot r_s		9.28		
Spot TF		0.930 ± 0.228		

$f[= (\Omega_{in} - \Omega)/(\Omega_{in} - \Omega_{out})] = 0.565$

로 이미 잘 알려져 있기 때문에 WD모델의 mode 3을 적용하였으며 중력감광계수($g_1 = g_2$)와 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. 또한 V410 Aur과 V776 Cas의 광도곡선은 모두 비대칭을 보이고 있기 때문에 이러한 비대칭성을 설명하기 위한 여러 가지 원인 가운데 하나인 흑점을 고려하여 분석하였으며, 이때 두 별 모두 주성에 온도가 낮은 흑점이 있는 경우를 고려하여 분석하였다.

3.1 V410 Aur

3색(B,V,R)의 CCD 측광 관측치를 WD프로그램에 적용하기 위하여 각각의 광도곡선에 $0\overset{m}{.}97$, $0\overset{m}{.}98, 0\overset{m}{.}98$를 더하여 광도를 1로 규격화 시켰다. V410 Aur의 주성의 온도는 Rucinski *et al.*(2003)의 분광 관측에서 밝힌 바와 같이 G0/2V에 해당하는 값을 de Jager & Nieuwenhuijzen(1987)에서 채택하여 5942K로 고정하였다. 그림 1과 그림 2는 각각 V410 Aur의 광도곡선과 시선속도곡선으로서 WD 모델을 통하여 구한 이론적인 광도곡선(실선)과 시선속도곡선(실선)이 관측점들을 잘 대표하고 있다. 그러나 상대적으로 V410 Aur의 이론적인 시선속도곡선이 V776 Cas의 시선속도곡선에 비하여 오차가 크게 나타났다. 표 3에 V410 Aur의 측광 및 분광 궤도요소를 제시하였다. 한편, 표 3에 나타난바와 같이 V410 Aur의 제3체에 의한 광도(L_3)도 구하였는데 이러한 제3체는 Hipparcos 광도곡선(Selam 2004) 및 Rucinski *et al.*(2003)의 분광 관측 결과에서 언급된 바가 있다.

3.2 V776 Cas

3색(B,V,R)의 CCD 측광 관측치를 WD프로그램에 적용하기 위하여 각각의 광도곡선에 $1\overset{m}{.}20$,

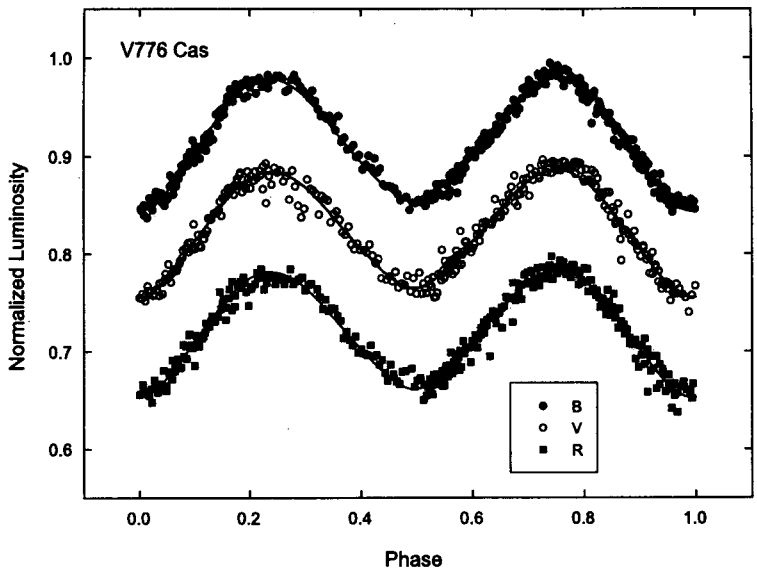

그림 3. V776 Cas의 3색(BVR)의 관측된 광도곡선과 WD모델에 의한 이론적인 광도곡선(실선).

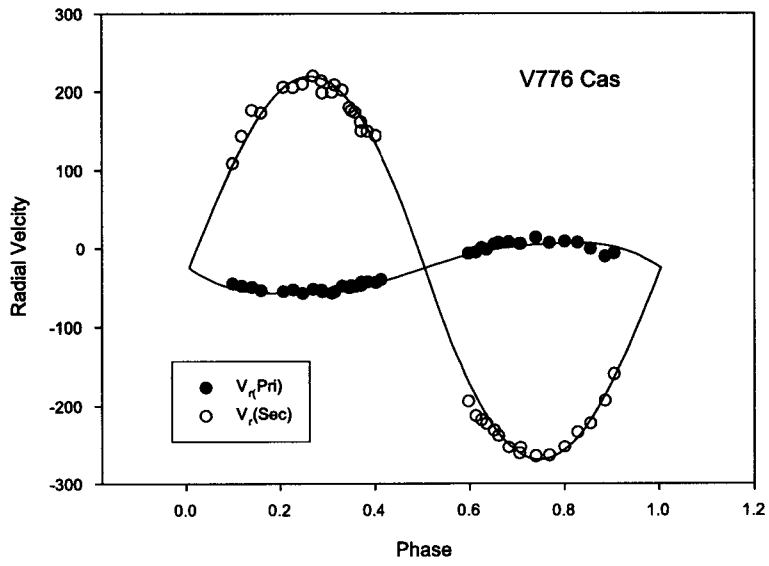

그림 4. V776 Cas의 시선속도곡선과 WD모델에 의한 이론적인 시선속도곡선(실선).

표 4. V776 Cas의 궤도요소.

Element	B	V	R	Radial velocity
a(AU)				3.042 ± 0.033
V_o(km/sec)				-25.20 ± 0.25
i		53.584 ± 0.134		
q		0.145 ± 0.001		0.145
T_1(K)		7047		
T_2(K)		7004 ± 39		
$\Omega_1 = \Omega_2$		2.0127 ± 0.0019		
$L_1/(L_1+L_2+L_3)$	0.8217	0.8222	0.8227	
$L_3/(L_1+L_2+L_3)$	0.0174	0.0162	0.0152	
$x_1 = x_2$	0.606	0.497	0.397	
r_1(pole)		0.5306 ± 0.0005		
r_1(side)		0.5929 ± 0.0008		
r_1(back)		0.6200 ± 0.0011		
r_2(pole)		0.2372 ± 0.0025		
r_2(side)		0.2507 ± 0.0032		
r_2(back)		0.3284 ± 0.0149		
Spot Φ		90.00		
Spot Θ		274.90 ± 0.62		
Spot r_s		10.00		
Spot TF		0.980 ± 0.010		

$f[= (\Omega_{in} - \Omega)/(\Omega_{in} - \Omega_{out})] = 0.819$

$1^m.14$, $1^m.10$를 더하여 광도를 1로 규격화 시켰다. V776 Cas의 주성의 온도는 Rucinski *et al.*(2003)의 분광 관측에서 밝힌 바와 같이 F2V에 해당하는 값을 de Jager & Nieuwenhuijzen(1987)에서 채택하여 7047K로 고정하였다. 그림 3과 그림 4는 각각 V776 Cas의 광도곡선과 시선속도곡선으로서 WD 모델을 통하여 구한 이론적인 광도곡선(실선)과 시선속도곡선(실선)이 관측점들을 잘 대표하고 있다. 표 4에 V776 Cas의 측광 및 분광 궤도요소를 제시하였다. 한편, 표 4에 나타난바와 같이 V776 Cas의 제3체에 의한 광도(L_3)는 3색(B,V,R)에서 각각 0.0174, 0.0162, 0.0152로 나타났는데, 이러한 값은 Djurasevic *et al.*(2004)가 ESA(1997)과 Dommanget & Nys(2002)의 광도곡선을 이용하여 V776 Cas의 제3체의 광도, L_3(V) 0.136과 0.091와 다소 차이를 보이고 있다.

4. 검토와 결과

표 5에 V410 Aur과 V776 Cas의 궤도요소를 적용하여 구한 이 별들의 절대물리량을 포함하여 지금까지 측광 및 분광관측이 이루어짐으로서 이들의 절대물리량이 잘 알려진 17개의 질량비가 작은 접촉쌍성의 절대물리량들을 여러 문헌으로부터 수집하여 함께 제시하였다. 한편, 이 두 별은 모두 소위 O'Connell 효과라 부르는 광도곡선상에 비대칭을 나타나고 있기 때문에 흑점을 고려하여 분석하였으며 또한 제3체에 의한 광도(L_3)도 구하였다. 이러한 제3체의 광도는 이미 V410 Aur에 대하여는 Hipparcos 광도곡선(Selam 2004)과 Rucinski *et al.*(2003)의 분광 관측 결과에서 언급된 바가 있으며, V776 Cas에 대하여는 Djurasevic *et al.*(2004)에서 언급된 바가 있다. 그러나 이러한 제3체에 대한 절대 광도가 알려진 값이 없기 때문에 이에 대한 직접적인 비교는 할 수가 없었다. 표 5의 질량비가 작은 접촉쌍성들의 여러 물리량들에 대한 특성들에 대해서는 이미 오규동 등(2004)에서 자세히 언급한

표 5. 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
ϵCrA	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
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
OU Ser	A/W?	F9/G0V	0.2967	0.173	1.018	0.176	1.088	0.505	1.33	0.38	3.775	3.805P	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-Livaniou *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. this paper

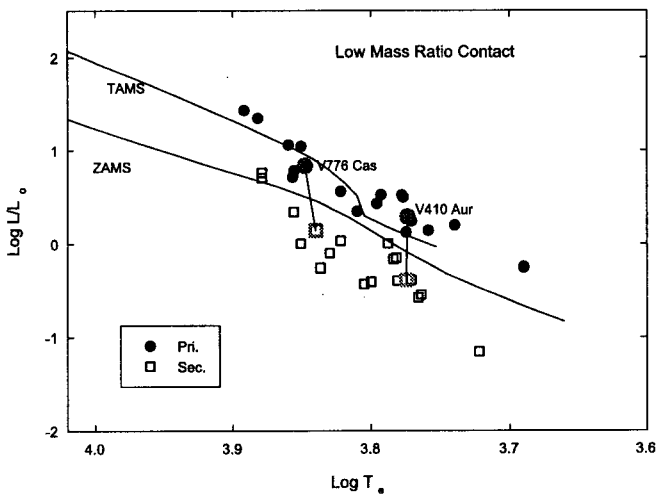

그림 5. 질량비가 작은 접촉쌍성의 H-R도.

바 있으며, 질량비가 작은 접촉쌍성의 특성 가운데 하나로 제시된 바와 같이 V410 Aur과 V776 Cas 또한 W UMa형의 A형에 속한다. 따라서 이번 연구에서는 오규동 등(2004)이 제시하였던 질량비가 작은 접촉쌍성들의 H-R도상에서의 진화 상태와 이번에 분석된 V410 Aur과 V776 Cas의 진화 상태만을 조사하여 보았다. 그림 5는 표 5에 제시한 19개의 질량비가 작은 접촉쌍성의 H-R도로서 이번에 관측된 V410 Aur과 V776 cas를 포함하고 있다. 이 그림에서 보듯이 질량비가 작은 접촉쌍성의 주성은 종년주계열(TAMS) 보다 다소 진화된 위치에 놓이는 반면, 반성은 영년주계열(ZAMS) 보다 광도가 다소 낮은 위치에 놓이고 있음을 다시 한번 확인하였다. 끝으로, 질량비가 작은 접촉쌍성으로서 Rucinski 그룹에 의하여 분광관측 결과가 이미 발표되어 있으나 측광 관측 결과가 발표되어 있지 않은 별들(V445 Cep, HN UMa, II UMa, V972 Her, KR Com, V728 Her, TV Mus)과 측광 관측이 이루어져 있으나 단색 관측이어서 관측자료 이용에 부족함이 있는 별들(NSV 223=BD+2075))에 대하여 충분한 측광 관측이 이루어져야 할 것이다. 이로부터 질량비가 작은 접촉쌍성의 절대 물리량들을 얻는다면 하나의 그룹으로서 이러한 분류의 별들의 진화 상태에 대한 이해를 넓힐 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글: 이 논문은 한국학술진흥재단(과제번호: KRF-2002-015-CP0150)의 지원과 한국천문연구원(2005-1-320-01)의 부분 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

오규동, 김천휘, 김호일, 강영운, 이우백 2004, 한국우주과학회지, 21, 83

de Jager, C., & Nieuwenhuijzen, H. 1987, A&A, 177, 217

Djurasevic, G., Albayrak, B., Selam, S. O., Erkapic, S., & Senavci, H. V. 2004, NewA, 9, 425

Dommanget, J., & Nys, O. 2002, Observation et Travaux 54, 2 (VizirR On-Line Data catalog:I/274)

ESA 1997, The Hipparcos and Tycho Catalogs, SP-1200

Gomez-Forrellad, J. M., Gaecia-Melendo, E., Guarro-Flo, J., Nomen-Torres, J., & Vidal-Sainz, J. 1999, IBVS, 4702

Gu, S., Yang, Y., & Zhang, Z. 1993, ApSS, 203, 161

Hilditch, R. W., King, D. J., & McFarlane, T. M. 1988, MNRAS, 231, 341

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., & 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

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