

## 근접촉쌍성(NCBs)의 물리적 특성에 대한 통계적 분석

오규동  
전남대학교 지구과학교육과

### STATISTICAL SURVEY FOR THE PHYSICAL CHARACTERISTIC OF NEAR CONTACT BINARY(NCBs)

Kyu-Dong Oh

Department of Earth Science Education, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea  
E-mail: ohkd@chonnam.ac.kr

(Received July 27, 2005; Accepted August 11, 2005)

#### 요 약

66개의 근접촉쌍성(이하 NCBs)의 절대물리량과 궤도요소를 여러 목록으로부터 수집 분석하여 여러 물리량 사이의 상관관계와 NCBs의 물리적 특성을 조사하였다. NCBs의 질량비-광도비 관계는  $L_2/L_1 \approx (M_2/M_1)^{1.45}$ 로 나타났으며 CE형에 더 근접한 특성을 보였다. NCBs의 여러 물리량 사이의 상관관계에 따르면 F형이 A형에 비하여 주성과 반성의 질량, 반경, 광도 및 온도의 차이가 작게 나타났다. NCBs의 H-R도에 따르면 A형이 F형에 비하여 다소 더 진화된 종년주계열(TAMS)에 가까이 나타나고 있다.

#### ABSTRACT

The absolute dimensions and orbital elements of 66 near contact binaries, collected from literatures, have been analyzed to investigate the physical characteristics of the near contact binaries as well as co-relations among physical parameters. The relationship between the mass ratio and luminosity ratio of the near contact binary systems have been obtained as a  $L_2/L_1 \approx (M_2/M_1)^{1.45}$ , which is similar to that of the early type contact binary system. The physical parameters of the near contact binaries show that the difference in mass, radius, luminosity and temperature between the primary and the secondary components for the F type NCBs are smaller than those for the A type NCBs. In H-R diagram, the components of the A types are located closer to the terminal age main sequence than those of the F types.

*Keywords:* binary star, near contact binary, H-R diagram of near contact binary

#### 1. 서 론

일반적으로 쌍성 가운데 분리형이나 준분리형의 진화 상태는 로쉬구조에 따른 질량 교환을 통하여 그 진화 상태를 일부분 이해하고 있으나 접촉형 특별히 W UMa형의 진화 상태는 아직도 명확하게 이해하지 못하고 있다. 따라서 쌍성 가운데 접촉형으로 진화하기 이전 또는 그 이후의 진화 단계로서

예상되는 소위 근접촉쌍성(near contact binary system, 이하 NCBs; Shaw 1990, Shaw et al. 1996)에 대한 연구들이 최근 매우 활발하게 진행되고 있다. NCBs는 주성과 반성의 온도차가 큰 접촉쌍성에 가까운 별로서, 실제 이러한 NCBs에 대한 연구는 주성과 반성의 온도 차이가 크게 나타나지 않는 전형적인 W UMa형의 접촉형 쌍성의 진화를 이해하기에 앞서 우선 일차적으로 두 별의 온도 차이가 큰 접촉형 쌍성의 진화를 이해하기 위한 것이다. 실제 근접촉쌍성은 이미 Lucy & Wilson(1979)에 의하여 B-type 접촉쌍성으로서 제시된바 있으며, Leung(1992)은 접촉쌍성을 5가지의 유형으로 분류하였는데, 그가 분류한 접촉쌍성 가운데 소위 중간혼합접촉형(mixed-or intermediate type contact system)이 NCBs의 성질과 매우 유사한 별로서 그는 공통대기층으로 이루어진 접촉쌍성의 두 별의 온도차이가 크게 나타나는 것은 매우 흥미 있는 사실이라는 것을 언급하였다.

NCBs는 접촉쌍성과 같이 두 별이 모두 로쉬면을 완전히 채우고 있는 구조는 아니지만 두 별 가운데 어느 한별은 로쉬면을 채우고 있으나 그 외의 다른 한 별은 로쉬면에 매우 근접한 임계접촉(marginal contact) 상태를 갖는 별로서, 주성이 로쉬면을 채우고 있을 경우를 V1010 Oph형으로 반대로 반성이 로쉬면을 채우고 있는 경우를 FO Vir형으로 분류한다. NCBs는 대부분  $\beta$  Lyare형으로서 공전주기(P)가 1일 미만이며, 주성의 분광형은 A형과 F형을 갖으며, 대부분 광도곡선상의 비대칭성을 나타내는 O'Connell효과를 보인다. 한편, 앞서도 언급한바와 같이 근접촉쌍성에 대한 연구의 주된 목적은 전형적인 W UMa형의 접촉형 쌍성의 진화를 이해하기에 앞서 일차적으로 두 별의 온도 차이가 큰 접촉형 쌍성의 진화를 이해하기 위한 것으로서 특별히 접촉쌍성의 진화 이론 가운데 소위 TRO(thermal relaxation oscillation; Lucy 1976, Lucy & Wilson 1979) 이론을 검증하는데 보다 유용한 연구 대상이라는 점에서 이에 대한 연구가 많은 관심을 갖는 것이다(Odell 1996).

이에 따라 이번 연구에서는 쌍성 및 접촉쌍성의 여러 목록(Svechnikov & Kuznetsova 1990, Demircan & Selam 1990, Pribulla et al. 2003)들과 최근 Kim et al.(2004)과 Kreiner et al.(2003)이 발표한 AX Dra와 SW Lyn을 포함한 66개(Shaw et al. 1996)의 NCBs에 대한 절대물리량 및 궤도요소들을 수집하여 여러 물리량 사이에 상관 관계를 조사하였으며 이로부터 NCBs의 물리적 특성을 조사하였다. 실제 이러한 유사한 연구 분석은 Selam & Demircan(1994)에 의하여 조사된 바도 있으나 이번 분석에서는 특별히 NCBs 가운데 주성의 분광형이 A형인 별과 F형 사이의 물리적 특성을 구분하여 분석하였다.

## 2. 근접촉쌍성의 물리량 사이의 통계적 상관 관계

접촉쌍성과 근접촉쌍성의 물리량 사이의 상관 관계를 분석하기 위하여 Svechnikov & Kuznetsova (1990), Demircan & Selam(1990), Pribulla et al.(2003)의 목록들로부터 200개의 쌍성의 물리량을 얻었으며 표 1에는 Shaw(1990)와 Shaw et al.(1996)가 제시한 66개의 근접촉쌍성들만의 물리량을 제시하였다. 그 결과 NCBs들이 분포하고 있는 분광형 영역을 조사하여보면 NCBs의 주성의 분광형은 모두가 A형과 F형 사이의 값만을 갖으며, 66개의 NCBs 가운데 주성의 분광형이 A형에 해당되는 별은 30개이며 F형은 36개이다. 한편, 이러한 NCBs의 분광형은 접촉쌍성 가운데 분광형이 다소 조기형(O,B,A)에 속하며 공통복사대기층(common radiative envelope)을 갖는 조기형(early type contact binary - 이하 CE형)과 분광형이 다소 만기형(F,G,K형)에 해당되며 공통대류대기층(common convective envelope)을 갖는 소위 W UMa형(W UMa type contact binary - 이하 CW형)를 경계로

표 1. NCBs의 물리량.

Name	P (day)	Sp.	q ( $M_2/M_1$ )	Log $M_1$ ( $M_\odot$ )	Log $M_2$ ( $M_\odot$ )	Log $R_1$ ( $R_\odot$ )	Log $R_2$ ( $R_\odot$ )	Log $L_1$ ( $L_\odot$ )	Log $L_2$ ( $L_\odot$ )	Log $T_1$ ( $K_\odot$ )	Log $T_2$ ( $K_\odot$ )	Log $H$
V836 Cyg	0.6534	A0	0.30	0.3802	-0.1427	0.3617	0.0969	1.5900	0.2900	3.9801	3.7875	2.0574
BL And	0.7224	A0	0.35	0.3802	-0.0757	0.3802	0.1461	1.6100	0.4500	3.9758	3.8029	2.1334
AW Cam	0.7713	A0	0.46	0.3802	0.0414	0.3802	0.2175	1.6300	0.7300	3.9808	3.8372	2.2488
GO Cyg	0.7178	A0	0.36	0.5119	0.0792	0.4150	0.2041	1.8500	0.7900	4.0184	3.8589	2.3731
V525 Sgr	0.7051	A2	0.30	0.3324	-0.1871	0.3617	0.1139	1.4700	0.1900	3.9501	3.7540	1.9919
BF Vir	0.6406	A2	0.22	0.3324	-0.3279	0.3522	0.0212	1.4500	-0.0100	3.9498	3.7503	1.8468
KR Cyg	0.8452	A2	0.25	0.3324	-0.2676	0.4232	0.1303	1.5900	0.0300	3.9493	3.7058	1.9434
DM Del	0.8447	A2	0.36	0.3324	-0.1135	0.4065	0.1903	1.5460	0.3700	3.9467	3.7608	2.0855
ES Lib	0.8830	A2	0.44	0.3424	-0.0223	0.4065	0.2304	1.5500	0.5900	3.9477	3.7957	2.1822
V388 Cyg	0.8590	A3	0.39	0.3118	-0.0969	0.3979	0.1903	1.4900	0.4100	3.9370	3.7708	2.0874
V Tri	0.5852	A3	0.23	0.3118	-0.3279	0.3118	0.0000	1.3300	-0.0300	3.9401	3.7559	1.8187
BW Eri	0.6385	A3	0.17	0.3118	-0.4559	0.3617	-0.0132	1.4100	0.0300	3.9351	3.7775	1.7103
DO Cas	0.6847	A4V	0.30	0.2900	-0.2366	0.3424	0.0792	1.3300	0.0900	3.9247	3.7463	1.9104
RT Scl	0.5116	A5	0.27	0.2788	-0.2924	0.2553	-0.0223	1.1300	0.0100	3.9183	3.7771	1.8081
V392 Ori	0.6593	A5	0.22	0.2672	-0.3872	0.2672	0.0212	1.1500	-0.0500	3.9173	3.7403	1.7478
V Lep	1.0701	A5	0.58	0.3118	0.0792	0.4393	0.3222	1.4900	0.8100	3.9163	3.8048	2.2763
ZZ Aur	0.6012	A5	0.40	0.2788	-0.1192	0.2788	0.0792	1.1500	0.2100	3.9116	3.7763	1.9905
EI Aqr	1.2223	A5	0.30	0.2788	-0.2518	0.2788	0.2430	1.1500	0.3500	3.9116	3.7294	1.9719
RZ Dra	0.5509	A5	0.50	0.2788	-0.0269	0.1139	0.0969	0.8500	0.2700	3.9190	3.7825	2.0606
V1010 Oph	0.6614	A5V	0.34	0.2788	-0.1938	0.3222	0.0792	1.2500	0.1860	3.9148	3.7703	1.9363
AA And	0.9351	A5	0.44	0.5051	0.1461	0.4771	0.3010	2.1700	1.0100	4.0674	3.8654	2.4668
FO Vir	0.7756	A7	0.17	0.2430	-0.5229	0.3892	0.0212	1.3100	0.1300	3.8963	3.7853	1.6256
AG Vir	0.6426	A7	0.16	0.2430	-0.5528	0.3424	-0.0458	1.2100	0.1700	3.8947	3.8288	1.5699
ST Aqr	0.7810	A7	0.35	0.2430	-0.2147	0.3522	0.1303	1.2300	0.1100	3.8948	3.7258	1.9145
WX Eri	0.8233	A7	0.52	0.2430	-0.0410	0.2553	0.2041	1.0300	0.4600	3.8933	3.7739	2.0785
TZ Dra	0.8660	A7	0.35	0.2430	-0.2218	0.2553	0.1614	1.0300	-0.1100	3.8933	3.6552	1.9228
TT Her	0.9121	A7V	0.40	0.2430	-0.1549	0.3892	0.1903	1.3100	0.2500	3.8963	3.7308	1.9913
YY Cet	0.7905	A8	0.48	0.2304	-0.0862	0.2672	0.1903	1.0100	0.3100	3.8823	3.7458	2.0226
EE Aqr	0.5090	A8	0.33	0.2304	-0.2518	0.2304	-0.0088	0.9300	0.0700	3.8807	3.7853	1.8090
V747 Cen	0.5372	A9	0.24	0.1903	-0.4318	0.2430	-0.0555	0.8900	0.0100	3.8644	3.7937	1.6203
U Sct	0.9550	F0	0.45	0.2041	-0.1938	0.2304	0.2175	0.8100	0.2100	3.8507	3.7072	1.9331
WZ Cyg	0.5845	F0	0.32	0.1614	-0.3279	0.2430	0.0000	0.8300	-0.0300	3.8494	3.7559	1.7075
RW CrB	0.7264	F0	0.31	0.1644	-0.3468	0.2041	0.0607	0.7500	-0.1500	3.8489	3.6956	1.7238
RS Ind	0.6241	F0	0.40	0.1761	-0.2218	0.2553	0.0645	0.8500	0.2100	3.8483	3.7837	1.8247
RU UMi	0.5249	F0	0.33	0.2553	-0.2218	0.2430	0.0000	0.8300	-0.0300	3.8494	3.7559	1.8596
RV Crv	0.7473	F0	0.38	0.1644	-0.2596	0.3118	0.0969	0.9700	0.0500	3.8501	3.7275	1.8076
AX Dra	0.5682	F1	0.63	0.1643	-0.0362	0.1818	0.1367	0.6474	0.0043	3.8357	3.6947	1.9508
VY Pup	0.8168	F2	0.35	0.1303	-0.3188	0.1761	0.1139	0.6300	-0.1900	3.8329	3.6590	1.7410
BV Eri	0.5077	F2	0.33	0.1335	-0.3468	0.1959	-0.0410	0.6700	-0.0300	3.8330	3.7764	1.6489
V342 Her	0.8517	F2	0.20	0.1335	-0.5686	0.1761	0.0414	0.6300	-0.0300	3.8329	3.7352	1.5171
VZ CVn	0.8425	F2	0.88	0.1303	0.0792	0.1761	0.1139	0.6300	0.3700	3.8329	3.7990	2.0954
EU Hya	0.7782	F2	0.63	0.1303	-0.0655	0.1761	-0.0269	0.6300	-0.2900	3.8329	3.7044	1.9599
BS Vul	0.4760	F2	0.36	0.1303	-0.3010	0.1761	-0.0458	0.6300	-0.2300	3.8329	3.7288	1.6789
BZ Eri	0.6642	F2	0.81	0.1303	0.0414	0.1761	0.0792	0.6300	0.2100	3.8329	3.7763	2.0289
BX And	0.6101	F2V	0.79	0.1303	0.0212	0.1761	0.0792	0.6100	0.1300	3.8279	3.7563	1.9994
SW Lyn	0.6441	F2V	0.52	0.2345	-0.0462	0.2460	0.0860	0.7425	-0.2765	3.8261	3.6513	2.0316
FT Lup	0.4701	F2V	0.45	0.1303	-0.2147	0.1761	-0.0132	0.6300	-0.2300	3.8329	3.7125	1.7551
UU Lyn	0.4685	F3V	0.42	0.1614	-0.2147	0.1614	-0.0555	0.5900	-0.1500	3.8302	3.7537	1.7785
HL Aur	0.6225	F4	0.37	0.1139	-0.3188	0.1614	0.0414	0.5300	-0.0100	3.8152	3.7402	1.6893
RU Eri	0.6322	F4	0.60	0.1303	-0.0862	0.2304	0.1139	0.8100	-0.0100	3.8507	3.7040	1.9118
IR Cas	0.6807	F4	0.20	0.1139	-0.5850	0.1614	-0.0410	0.5300	0.0100	3.8152	3.7864	1.4550
DD Mon	0.5680	F5	0.45	0.0212	-0.3279	0.1335	0.0128	0.4955	-0.1871	3.8195	3.7091	1.5969
SU Ind	0.9863	F5	0.62	0.0969	-0.1079	0.1461	0.2304	0.4900	0.2100	3.8129	3.7007	1.9307
WZ Cep	0.4174	F5	0.41	0.1987	-0.1871	0.1461	-0.0862	0.5100	0.0100	3.8179	3.8090	1.8152
WZ And	0.6957	F5	0.77	0.1139	0.0000	0.1461	0.0414	0.4900	-0.0300	3.8129	3.7352	1.9870
CW Sge	0.6604	F5	0.98	0.1038	0.0934	0.1461	0.1367	0.4900	0.4500	3.8129	3.8076	2.0501
BN Peg	0.7133	F5	0.38	0.1038	-0.3188	0.2430	0.0792	0.6900	-0.2700	3.8144	3.6563	1.7013
CX Aqr	0.5560	F5	0.45	0.0969	-0.2518	0.1367	0.0212	0.4900	-0.0700	3.8176	3.7353	1.7204
FZ Del	0.7832	F5	0.35	0.1038	-0.3565	0.1461	0.0792	0.4900	-0.3500	3.8129	3.6363	1.6804
TZ Lyr	0.5288	F5V	0.42	0.1038	-0.2757	0.1461	0.0000	0.4900	-0.3100	3.8129	3.6859	1.6969
ZZ Cyg	0.6286	F6	0.46	0.0792	-0.2596	0.1139	0.0607	0.3700	-0.4700	3.7990	3.6156	1.7175
RV Psc	0.5540	F8	1.00	0.0607	0.0607	0.1038	0.1038	0.3100	0.3100	3.7890	3.7890	1.9615
V609 Aql	0.7966	F8	0.86	0.0607	-0.0044	0.1038	0.0374	0.3300	0.0100	3.7940	3.7472	1.9594
BD And	0.4629	F8	0.50	0.0607	-0.2366	0.0969	-0.0223	0.3100	-0.2700	3.7925	3.7071	1.6794
CN And	0.4628	F8	0.55	0.0607	-0.2007	0.0969	0.0000	0.3100	-0.1300	3.7925	3.7309	1.7112
EP Aur	0.5910	F8	0.40	0.0607	-0.3468	0.0969	0.0000	0.3100	-0.2700	3.7925	3.6959	1.6159

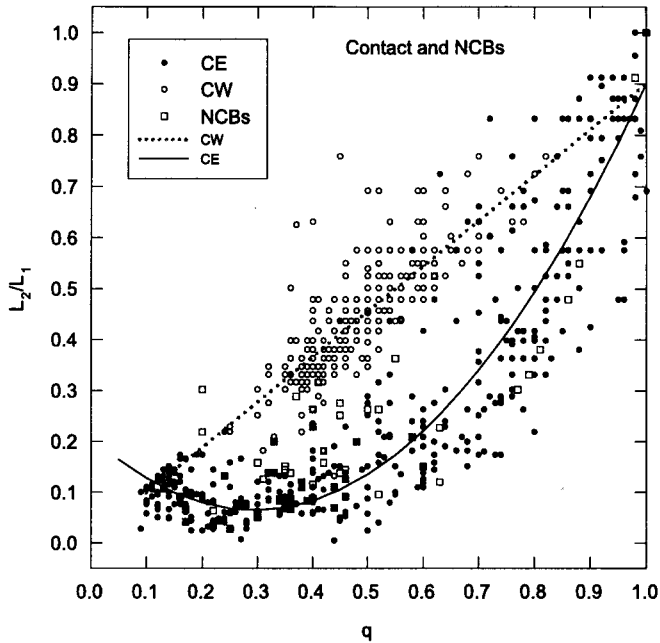


그림 1. 접촉쌍성 CE형과 CW형 및 NCBs의 질량비-광도비 관계.

하여 서로 분리해 놓은 그 사이에 놓이고 있기 때문에 NCBs는 접촉쌍성 CE형과 CW형의 진화와 밀접한 관계를 보이고 있을 가능성을 시사하고 있다.

### 2.1 질량비( $q=M_2/M_1$ )와 광도비( $L_2/L_1$ )의 관계

그림 1은 접촉쌍성 CE형과 CW형 및 NCBs의 질량비( $q=M_2/M_1$ )에 따른 주성과 반성의 광도비( $L_2/L_1$ )와의 상관관계를 조사한 것으로서 접촉쌍성의 CE형과 CW형은 모두 질량비가 증가함에 따라 광도비도 증가하고 있는 것으로 나타났다. 이와 함께 CW형은 질량비와 광도비가 일정한 비례 관계(식 1)를 보이고 있는데 비하여 CE형은 광도비가 2차 함수(식 2)의 관계를 보이고 있다. 한편, 그림 1에 따르면 NCBs는 CW형에 비하여 대부분 CE형에 더 근접한 것으로 나타나고 있으며, 또한 NCBs와 CE형은 주어진 같은 질량비를 갖는 CW형에 비하여 보다 적은 광도비를 갖는다. 이러한 결과는 최근 Csizmadia & Klagyivik(2004)이 W UMa형의 W형과 A형 및 B형 즉, NCBs형에 대한 질량비와 광도비에 대하여 조사된 결과(Csizmadia & Klagyivik(2004)의 그림 1참조)와도 잘 일치하고 있다. 그러나 이들은 W UMa형의 질량비와 광도비의 관계를 조사함에 있어서 소위 B형인 NCBs가 CE형의 특성을 보이고 있다는 것을 밝히지 못하였다. 그림 1로부터 CE형과 CW형의 질량비-광도비의 상관 관계식은 각각

$$\text{CW type : } (L_2/L_1) = 0.01 + 0.89 q \tag{1}$$

$$\text{CE type : } (L_2/L_1) = 0.21 - 0.99 q + 1.68 q^2 \tag{2}$$

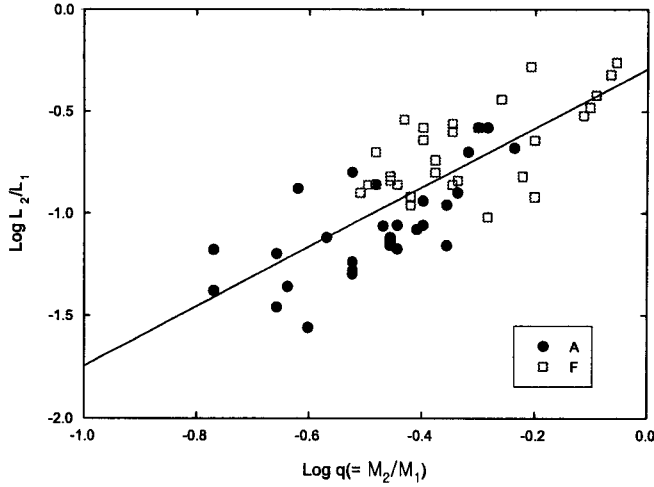


그림 2. NCBs의 질량비-광도비 관계.

로서 95% 신뢰도에 따른 결정계수( $r^2$ )는 각각 0.68과 0.87이다.

다음으로 그림 2는 NCBs의 질량비-광도비 관계로서

$$\log (L_2/L_1) = -0.29 + 1.45 \log q (= M_2/M_1) \tag{3}$$

이며 식(3)의 결정계수( $r^2$ )는 0.60이다. 한편, 식 (3)에 제시된 NCBs의 기울기 1.45의 값은 최근 Csizmadia & Klagyivik(2004)와 Webbink(2003)에서 언급한 Lucy(1968)가 접촉쌍성에 대하여 얻은  $L_2/L_1 \approx (M_2/M_1)^{0.92}$  보다는 다소 큰 값을 나타내지만, 주성과 반성이 모두 영년주계열(ZAMS)에 해당되는 분리형쌍성에서 얻은  $L_2/L_1 \approx (M_2/M_1)^{4.6}$ 의 값과는 매우 큰 차이를 보이고 있다. 결과적으로 NCBs의 두 별은 영년주계열성에 해당되는 분리형쌍성 보다는 접촉쌍성에 더 가까운 특성을 보이고 있다.

한편, 그림 2에서와 같이 NCBs의 A형과 F형사이의 질량비와 광도비와 관계만을 조사하여 보면 F형이 A형에 비하여 질량비 및 광도비가 모두 큰 값을 갖고 있음을 알 수가 있다. 따라서 F형의 광도비가 A형에 비하여 크게 나타난다는 사실로부터 F형은 주성과 반성의 두 별 사이의 온도 및 반경의 차이가 A형에 비교하여 크지 않다는 것을 추정 할 수가 있으며 이러한 사실은 그림 3의 질량-반경 관계 및 그림 6의 H-R도에서도 확인 할 수가 있다. 실제 그림 3에서 F형의 주성과 반성이 A형에 비하여 반경의 차이가 크게 나타나지 않으며, 그림 6에서는 F형과 A형의 주성과 반성이 모두 주계열 상에 놓이고 있다는 사실과 함께 F형의 주성과 반성은 온도 및 광도에서도 차이가 크게 나타나지 않고 있음을 다시 확인 할 수가 있다. 결과적으로 F형은 A형에 비하여 주성과 반성의 질량, 반경, 광도 및 온도의 차이가 크게 나타나지 않는다는 것이다.

### 2.2 질량(M) - 반경(R) 관계

그림 3은 NCBs의 질량-반경 관계로서 A형과 F형은 모두 질량이 증가함에 따라 반경도 증가하

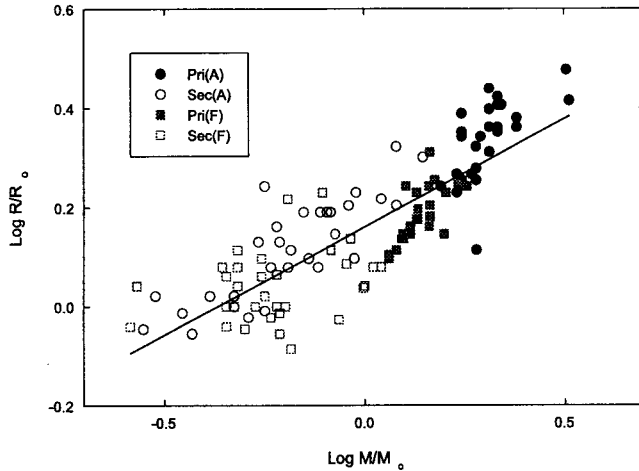


그림 3. NCBs의 질량-반경 관계.

는 상관 관계를 보이며 그 관계식은

$$\log R/R_{\odot} = 0.16 + 0.44 \log M/M_{\odot} \quad (4)$$

으로서 식(4)에 따른 결정계수( $r^2$ )는 0.69이다. 식(4)의 NCBs의 질량-반경 관계로부터 얻은 기울기 0.44는 최근 Gorda & Svechnikov(1999)가 112개의 주성과 반성이 모두 주계열성의 분리형쌍성에 대한 질량-반경 관계로부터 얻은 기울기 0.65( $\log M/M_{\odot} > 0.14$ )와 1.03( $\log M/M_{\odot} < 0.14$ )보다 작은 값을 나타내고 있다. 한편, NCBs의 주성 및 반성의 최대 질량의 한계가  $\log M/M_{\odot} < 0.5$  이라는 점과 Gorda & Svechnikov(1999)가 조사한 별은 분리형쌍성이라는 점에서 단순 비교는 할 수 없으나, NCBs는 Gorda & Svechnikov(1999)가 조사한 분리형쌍성에 비하여 질량이 증가함에 따라 같은 질량을 갖는 별에 비하여 상대적으로 주성 및 반성의 반경이 작게 나타나고 있음을 알 수가 있다. 그림 3에서 A형과 F형의 반성의 질량은 상호간에 큰 변화를 찾을 수 없으나 주성의 경우 A형이 F형에 비하여 상대적으로 질량과 반경이 모두 큰 것으로 나타나고 있다. 따라서 F형이 A형에 비하여 상대적으로 질량비가 크게 나타나게 되며 실제 그림 4의 NCBs의 분광형과 질량비와 관계에서 그 결과를 확인 할 수가 있다.

### 2.3 분광형(Sp) - 질량비(q) 관계

그림 4에 NCBs의 주성의 분광형과 질량비와 관계를 조사하였다. 그림 4에 따르면 A형과 F형 사이에 분광형과 질량비 사이에 특정한 상관 관계를 보이고 있지는 않지만 대체적으로 조기 A형에서 만기 F형으로 갈수록 점진적으로 질량비가 큰 값으로 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 이러한 이유는 실제 그림 3의 질량-반경 관계에서 설명되어진 바와 같이 A형과 F형의 반성에서는 상호간에 질량의 차이가 거의 없으나 A형의 주성이 F형의 주성에 비하여 질량이 크게 나타나기 때문에 상대적으로 F형의 질량비가 크게 나타나게 되는 것이다.

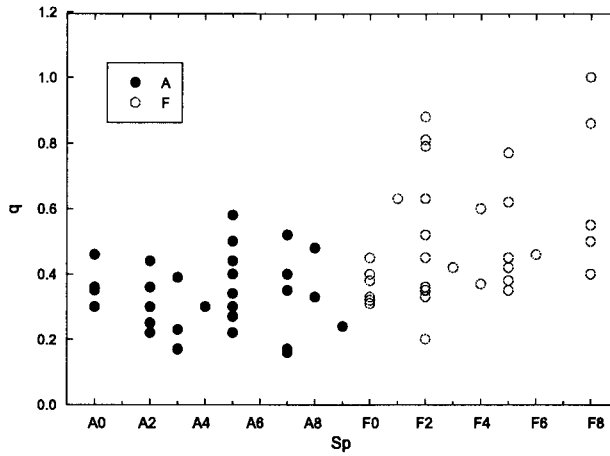


그림 4. NCBs의 분광형-질량비 관계.

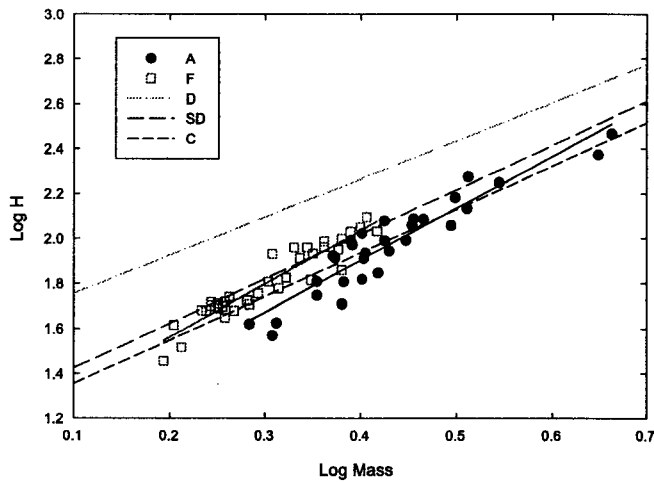


그림 5. NCBs의 총질량-궤도각운동량 관계.

#### 2.4 총질량(=M<sub>1</sub> + M<sub>2</sub>) - 궤도각운동량(H) 관계

NCBs의 총질량에 따른 궤도각운동량과의 상관 관계를 조사하여 보면 A형과 F형 모두 질량이 증가함에 따라 궤도각운동량도 일정하게 증가하고 있음을 알 수 있다. 그러나 이러한 상관 관계는 그림 5에 나타난바와 같이 A형과 F형 사이에는 뚜렷한 차이를 보이고 있으며 이들의 일차 상관 관계

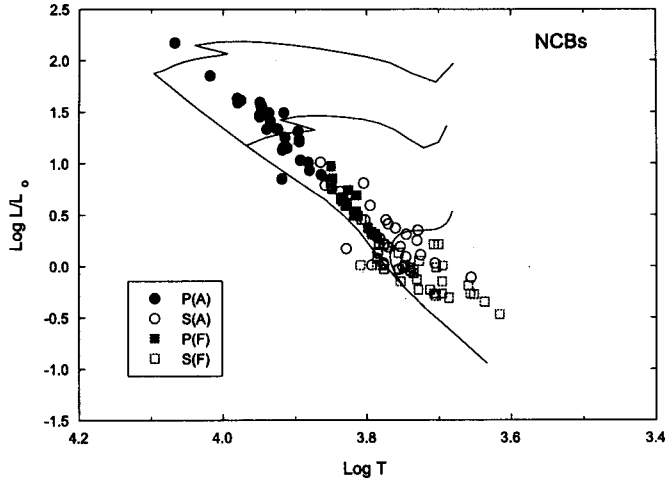


그림 6. NCBs의 H-R도.

식은 각각

$$\text{A type : } \log H = 0.98 + 2.30 \log M/M_{\odot} \tag{5}$$

$$\text{F type : } \log H = 1.09 + 2.36 \log M/M_{\odot} \tag{6}$$

로서 95% 신뢰도에 따른 결정계수( $r^2$ )는 각각 0.87과 0.89이다. 이러한 결과는 같은 질량을 갖는 NCBs의 경우 F형이 A형에 비하여 보다 더 큰 궤도각운동량을 갖는 것으로서 각각 질량손실에 따른 궤도각운동량의 감소를 가정한다면 A형의 감소량이 F형에 비하여 크게 나타난다고 가정 할 수가 있을 것이다. 한편, Chaubey(1979), Sistero & Marton(1983) 그리고 Trimble(1984)들이 제시한 분리형, 준분리형 및 접촉형쌍성들에 대한 총질량-궤도각운동량의 비례상수 값이 1.8에서 2.0 사이인 점을 고려한다면 NCBs의 비례상수 값은 다소 큰 값을 나타내고 있다. 이러한 차이는 이들이 고려한 쌍성들에 비하여 NCBs의 총질량의 범위가 매우 한정되어 있는 범위만을 고려한 것이 때문일 것이다. 이와 함께 오규동(1998)이 분리형(D), 준분리형(SD) 및 접촉형(C)쌍성들에 대한 총질량과 궤도각운동량 상관관계로부터 얻은 상관관계식을 그림 5에 적용하여 보면 NCBs들은 대체로 준분리형(SD)과 접촉형쌍성(C) 사이에 놓이고 있다.

### 2.5 H-R도

그림 6은 표 1에 제시한 66개의 NCBs에 대한 H-R도이다. 이러한 NCBs의 H-R도는 오규동 등(2000)이 27개만을 고려하여 얻은 H-R도와 크게 차이점은 없으나 66개의 보다 더 많은 NCBs를 적용하여 얻은 결과 A형이 F형에 비하여 다소 더 진화된 종년주계열(TAMS)에 가까이 나타나고 있다. 한편, 오규동 등(2000)에서도 밝힌 바와 같이 NCBs들은 모두 영년주계열(ZAMS) 바로 위에 그리고 ZAMS와 평행하게 놓이고 있으며, 이들은 Rovithis-Livaniou et al.(1992), Hilditch et al.(1988), Maceroni et al.(1985)들이 제시한 접촉쌍성들의 진화 위치와 거의 일치하고 있음을 재확인 할 수가



있었다.

### 3. 결론과 논의

쌍성의 여러 목록(Svechnikov & Kuznetsova 1990, Demircan & Selam 1990, Pribulla et al. 2003)들에 수록되어 있는 66개의 NCBs에 대한 절대물리량 및 궤도요소들을 수집하여 이들 물리량 사이에 상관 관계를 조사하였다. NCBs를 주성의 분광형에 따라 A형과 F형으로 분류하고 NCBs와 접촉쌍성 CE형과 CW형 사이의 질량비-광도비와의 관계를 통하여 NCBs가 CE형에 더 근접한 특성을 보이고 있음을 확인하였다. NCBs의 질량비 광도비의 관계는  $L_2/L_1 \approx (M_2/M_1)^{1.45}$ 로 나타났으며 이러한 결과는 Csizmadia & Klagyivik(2004)와 Webbink(2003)에서 언급한 Lucy(1968)가 접촉쌍성에 대한 제시한  $L_2/L_1 \approx (M_2/M_1)^{0.92}$ 에 비하여 다소 큰 값을 보이지만 분리형쌍성으로서 주성과 반성이 모두 영년주계열(ZAMS)에 해당되는 식쌍성에서 얻은  $L_2/L_1 \approx (M_2/M_1)^{4.6}$  보다는 큰 차이를 보인다. 따라서 NCBs의 두 별은 영년주계열성에 해당되는 분리형쌍성으로 해석하기는 어렵다. 한편, NCBs의 질량비-광도비관계, 질량-반경관계 및 분광형-질량비관계의 분석 결과에 따르면, F형이 A형에 비하여 주성과 반성의 질량, 반경, 광도 및 온도의 차이가 크게 나타나지 않으며 따라서 상대적으로 F형의 질량비가 크게 나타나고 있다. 다음으로 오규동(1998)이 분리형(D), 준분리형(SD) 및 접촉형(C)쌍성들에 대한 총질량과 궤도각운동량 상관관계로부터 얻은 상관관계식을 그림 5에 적용하여 보면 NCBs들은 대체로 준분리형(SD)과 접촉형쌍성(C) 사이에 놓이고 있다.

결과적으로 NCBs는 주성과 반성이 모두 영년주계열성의 분리형쌍성과는 다른 특성을 보이며 그림 6의 NCBs의 H-R도에 따르면 A형이 F형에 비하여 다소 더 진화된 종년주계열(TAMS)에 가까이 나타나고 있으며, 오규동 등(2000)에서도 밝힌바와 같이 NCBs들은 모두 영년주계열(ZAMS) 바로 위에 그리고 ZAMS와 평행하게 놓이고 있음을 재확인하였다.

끝으로 이번 분석에서는 NCBs의 여러 물리량들을 몇개의 한정된 목록에서 얻었기 때문에 자료의 일괄성은 있을 수 있으나, 보다 더 정확한 분석을 위하여서는 최근 새롭게 발표되는 별들의 물리량을 첨가하여 할 것으로 생각된다.

**감사의 글:** 이 논문은 2001년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

### 참고문헌

- 오규동 1998, 한국우주과학회지, 15, 83  
 오규동, 김호일, 강영운, 이우백 2000, 한국우주과학회지, 17, 151  
 Chaubey, U. S. 1979, Ap & SS, 64, 177  
 Csizmadia, Sz. & Klagyivik, P. 2004, A&A, 426, 1001  
 Demircan, O. & Selam, S. O. 1990, IBVS, 3492  
 Gorda, S. Yu. & Svechnikov, M. A. 1999, ARep., 43, 521  
 Hilditch, R. W., King, D. J., & McFarlane, T. M. 1988, MNRAS, 231, 341  
 Kim, K.-I., Lee, J. W., Kim, C.-H., Youn, J.-H., Kwon, S.-G., Lee, D.-J., & Koch, R. H. 2004, PASP, 116, 931  
 Kreiner, J. M., Rucinski, S. M., Zola, S., Niarchos, P., Ogloza, W., Stachowski, G., Baran, A.,

- Gazeas, K., Drozd, M., Zakrzewski, B., Pokrzywka, B., Kjurkchieva, D., & Marchev, D. 2003, *A&A*, 412, 465
- Leung, K. C. 1992, *The Astronomy and Astrophysics Encyclopedia*, ed. S. P. Maran (NY: Van Nostrand Reinhold)
- Lucy, L. B. 1968, *ApJ*, 151, 877
- Lucy, L. B. 1976, *ApJ*, 205, 208
- Lucy, L. B. & Wilson, R. E. 1979, *ApJ*, 231, 502
- Maceroni, C., Milano, K., & Russo, G. 1985, *MNRAS*, 217, 843
- Odell, A. P. 1996, *MNRAS*, 282, 37
- Pribulla, T., Kreiner, J. M., & Tremko, J. 2003, *yCat.*, 5119
- Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P., & Bitzaraki, O. 1992, *ApSS*, 189, 237
- Selam, S. O. & Demircan, O. 1994, *MmSAI*, 65, 405
- Shaw, J. S. 1990, *Active Close Binaries*, ed. C. Ibanoglu (Dordrecht: Kluwer Academic Pub.), p.241
- Shaw, J. S., Callault, J.-P., & Schmitt, J. H. M. M. 1996, *ApJ*, 461, 951
- Sistero, R. F. & Marton, S. 1983, *Ap & SS*, 94, 165
- Svechnikov, M. A. & Kuznetsova, E. F. 1990, *Catalogue of Approximate Photometric and Absolute Elements of Eclipsing Variable Stars, Vol. I&II* (USSR: Ural State U. Press)
- Trimble, V. 1984, *Ap&SS*, 104, 133
- Webbink, R. F. 2003, *3D Stellar Evolution*, ASP Conference Proceedings, eds. S. Turcotte, S. C. Keller & R. M. Cavalloot (CA: University of California), p.76