

## EB형 접촉식쌍성에 대한 WD 모델 적용에 관한 분석

오수연, 오규동<sup>†</sup>  
전남대학교 지구과학교육과

### AN APPLICATION OF WD MODEL TO EB TYPE CONTACT BINARY SYSTEM

Su-Yeon Oh and Kyu-Dong Oh<sup>†</sup>  
Department of Earth Science Education, Chonnam National University  
Kwangju, 500-757, Korea  
E-mail: ohkd@chonnam.ac.kr

(Received October 05, 2000; Accepted October 25, 2000)

#### 요 약

주성과 반성의 온도차가 큰 ( $|\Delta T| \geq 1,000K$ ) EB형 접촉식쌍성에 WD 모델의 모드 3을 적용할 경우, 주성과 반성의 표면 반사율 ( $A$ ), 주변감광계수 ( $x$ ) 그리고 중력감광계수 ( $g$ )가 각각 서로 같은 값을 갖는 일반적인 경우와 각각 서로 다른 값을 갖도록 수정된 모드 3의 경우를 비교 분석하였다. EB형 접촉식쌍성인 DO Cas, GO Cyg 그리고 FS Lup에 적용한 결과, 수정된 모드 3에 의해 얻은 이론적인 광도곡선이 관측된 광도곡선을 더 잘 만족하고 있음을 확인하였다.

#### ABSTRACT

The EB type contact binaries show large temperature difference ( $|\Delta T| \geq 1,000K$ ) between two components. Thus we have modified the mode 3 of the WD program to adjust albedos, limb darkening coefficients and gravity darkening exponents for both components of such binaries, while the values for those parameters should be same for both components in the original WD program. Both of the modified and the original versions have been applied to the EB type contact binaries such as DO Cas, GO Cyg, and FS Lup. The computed light curves with modified version fit better to the observations.

*Key words:* stars, contact binary, light curves

#### 1. 서 론

로쉬 모델을 기초로 한 식쌍성의 광도곡선을 분석하는 프로그램 중에 가장 널리 사용되는 것은 Wilson & Devinney (1971, 이하 WD)와 그 후 개정된 Wilson (1992) 프로그램이다. WD 프로그램

<sup>†</sup>corresponding author

은 식쌍성의 로쉬 구조에 따라 8가지의 모드 (모드 -1, 모드 0, 모드 1, 모드 2, 모드 3, 모드 4, 모드 5, 모드 6)로 구성되어 있다. WD 프로그램의 모드 3은 기본적으로 W UMa형의 접촉식쌍성의 경우 공통대기를 갖고 있기 때문에 두 별의 온도 차이가 거의 없는 경우로서 각각 주성과 반성의 표면반사율 ( $A_1, A_2$ ), 주변감광계수 ( $x_1, x_2$ ), 중력감광계수 ( $g_1, g_2$ )가 서로 같은 값 ( $A_1 = A_2, x_1 = x_2, g_1 = g_2$ )을 갖도록 설정되어 있다. 그러나 두 별의 온도 차이가 큰 ( $|\Delta T| \geq 1,000K$ ) 접촉식쌍성으로서의 EB형 경우에 WD 모델의 접촉식쌍성에 적용되는 모드 3을 적용하였을 때, 이러한 EB형에서 두 별의 표면반사율, 주변감광계수, 중력감광계수의 값을 각각 주성과 반성의 두 별이 같은 값 ( $A_1 = A_2, x_1 = x_2, g_1 = g_2$ )으로 설정하여 WD 모델에 적용함으로써 결과적으로 접촉형으로 수렴되지 않는 것으로 결론 맺는 경우가 나타나게 된다. 또한 EB형 식쌍성계가 접촉식쌍성으로 수렴하는 경우라고 하더라도 W UMa와 같은 전형적인 접촉식쌍성계에 적용하는 것과는 다르게 WD 모델의 모드 3에서 각각 두 별의 A, x, g 값을 서로 다른 값을 적용하게 된다면, 지금까지 얻은 EB형 식쌍성의 광도곡선에 대한 분석 결과보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 본 연구에서는 두 별의 온도 및 분광형에서 큰 차이를 보이는 EB형의 접촉식쌍성을 WD 모델의 모드 3을 적용할 경우 앞에서 밝힌 A, x, g 값들이 서로 다른 값을 갖도록 WD 모델을 수정하여 EB형 접촉식쌍성에 적용하였을 때 그 결과가 지금까지 일반적으로 적용해 왔던 전형적인 접촉식쌍성인 W UMa형에 적용하는 결과와 어떤 차이점을 보이는가를 조사하였다. 이러한 분석을 위하여 EB형으로 두 별의 온도 차이가 크게 나타나는 접촉식쌍성으로서 여러 연구자에 따라 Roche 구조가 서로 다르게 나타나는 DO Cas (Oh & Ahn 1992), GO Cyg (Oh et al. 2000)와 FS Lup (Milano et al. 1987)의 관측 자료를 이용해서 WD 모델을 적용시켜 보고자 한다. 그 결과 본 연구에서 WD 모델의 수정된 모드 3과 수정되지 않은 모드 3의 결과를 비교해 봄으로써 수정된 모드 3의 WD 모델이 두 별의 온도 차이가 큰 EB형 접촉식쌍성에서 그 활용이 더욱 합리적임을 고찰해보고자 한다.

## 2. EB형 접촉식쌍성에 대한 WD 모델 적용

이번 연구에 분석 대상으로 선택된 3개의 식쌍성 (DO Cas, GO Cyg와 FS Lup)들은 모두 EB형으로서 두 별의 온도 차이가 매우 큰 근접식쌍성 (near-contact binary: Shaw 1990, Shaw et al. 1996)들이다. 이러한 EB형 별들은 지금까지 여러 연구자들에 의하여 로쉬 구조가 매우 모호하게 알려진 식쌍성들로서 준분리형 또는 접촉형으로 심지어 분리형으로 분류한 바 있다 (Lazaro et al. 1995). 이러한 의미에서 관측된 광도곡선의 관측치를 활용할 수 있는 3개의 식쌍성 (DO Cas, GO Cyg와 FS Lup)을 택하여 분석하였다.

### 2.1 선정된 EB형 접촉식쌍성의 특징

DO Cas (HD 16506,  $BD + 59^\circ 529$ ) : DO Cas는 주기가 0.6847일로서 Hoffmeister (1947)에 의해서 그 밝기가 변한다는 사실이 발견되었고, EB형의 식쌍성계로서 1966년 Winkler에 의해서 분류되었다. 이 별의 분광형은 주성은 A2 (Henry Draper Catalogue), A2II (Fehrenbach et al. 1966), A4-A5 (Hill et al. 1975)의 분광형을 가지는 것으로 밝혀졌으며, 반성은 Koch (1973)에 의해서 F2로 추정되었다. 로쉬 구조에 대한 이 별의 연구를 살펴보면, Cester et al. (1977), Kaluzny (1985), Rovinthis-Livaniou & Rovinthis (1986) 등은 접촉식쌍성계라고 발표한 것에 비해, Giannone & Giannuzzi

표 1. DO Cas, GO Cyg와 FS Lup의 DC (A, g, x) 입력값과 출력값.

parameters	DO Cas			GO Cyg			FS Lup		
	input	output		input	output		input	output	
		unmodified	modified		unmodified	modified		unmodified	modified
$g_1$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.32	0.32	0.32
$g_2$	0.32	1.00	0.32	0.50	1.00	0.50	0.32	0.32	0.32
$A_1$	+1.00	1.00	1.00	+1.00	1.00	1.00	+0.50	0.50	0.50
$A_2$	+0.50	1.00	0.50	+0.50	1.00	0.50	+2.55	0.50	2.55
$x_1$ (U)	0.55	0.55	0.55				0.81	0.81	0.81
$x_2$ (U)	0.96	0.55	0.96				1.00	0.81	1.00
$x_1$ (B)	0.68	0.68	0.68	0.49	0.49	0.49	0.77	0.77	0.77
$x_2$ (B)	0.75	0.68	0.75	0.73	0.49	0.73	0.93	0.77	0.93
$x_1$ (V)	0.55	0.55	0.55	0.41	0.41	0.41	0.62	0.62	0.62
$x_2$ (V)	0.88	0.55	0.88	0.61	0.41	0.61	0.78	0.62	0.78

(1974), Karimie & Duerbeck (1985), Liu et al. (1988) 등은 준분리 식쌍성계로 분류하였다. 본 연구에 사용된 관측자료는 Oh & Ahn (1992)의 3색 (U, B & V)의 광전측광 관측치로서 WD 모델에 적용하기 위하여 U, B, V의 광도곡선에 각각 +0.21, +0.20 그리고 +0.15 등급을 더하여 규격화 시켰다. GO Cyg (HD 197728,  $BD + 34^{\circ}4095$ ): GO Cyg는 주기가 0.7177일의 식쌍성으로서 1928년 Schneller에 의해 발견된 이래, Pearce (1933)에 의해서 분광형이 B9 및 A0로 밝혀졌으며, 초기의 측광관측 결과 Kukarkin (1929)는 EB형의 식쌍성으로서 Szczyrbak (1932)는 Algol형으로 분류하였다. 최근의 측광관측은 Rovithis et al. (1990), Sezer et al. (1985, 1993), Edalati & Atighi (1997)와 Jassur (1997)에 의해 이루어 졌으며, 특별히 Sezer et al. (1993)와 Edalati & Atighi (1997)는 GO Cyg에 대하여 WD 모델을 사용하여 측광 궤도요소를 구하고 이 별이 "Reverse Algol" 형의 준분리 형으로 분류하였다. 그러나, Rovithis-Livaniou et al. (1997)는 Wood 모델을 적용하여 접촉형으로 분류하였다. 이번 분석을 위하여 Oh et al. (2000)의 2색(B & V) 광전측광 관측치를 택하였으며, 규격화 시키기 위해서 B와 V 광도곡선에 각각 +0.08 등급과 +0.12 등급을 더하였다.

FS Lup (S7620,  $BD - 51^{\circ}2217$ ): FS Lup는 주기가 매우 짧은 0.3814일의 EA형 식쌍성으로 Hoffmeister (1963)에 의해서 발견되었으며 그 후 Terzan & Didelon (1985)의 광전측광 결과에 의하여 EB형으로 분류되었다. 한편, Milano et al. (1987)는 Terzan & Didelon (1985)의 광도곡선을 WD 모델을 이용한 분석 결과 FS Lup가 과접촉 상태의 두 별 간의 온도차 (1,120K)가 매우 큰 EB형의 접촉식쌍성계로 분류하였다. 이번 분석에서는 Milano et al. (1987)의 3색 (U, B & V)의 광전측광 광도곡선으로서 U, B, V의 광도곡선에 각각 -11.04, -10.89 그리고 -10.26 등급을 더해 규격화시켜 WD 모델에 적용하였다.

2.2 분석 방법과 과정

비교 분석될 3개 (DO Cas, GO Cyg, FS Lup)의 EB형 식쌍성들의 관측된 광도곡선 자료를 WD 모델의 DC 입력 형식에 따라 광도를 위상 0.25 근처의 값을 1로 규격화 시켰으며, 각각의 별에 대한 규격화시킨 값은 앞의 절에서 제시하였다. 여기서 각 필터에 따른 관측된 광도곡선의 모든 관측

치는 같은 가중치를 주어 입력하였고, WD 프로그램의 여러 인자들에 대한 초기 입력값은 각각의 별들에 대한 지금까지 발표된 여러 문헌으로부터 조사하여 택하였다. 다음으로 각 별에 대해 여러 궤도 요소 가운데 수정하고자 하는 변수로서 위상 ( $\phi$ ), 궤도 기울기 ( $i$ ), 반성의 표면온도 ( $T_2$ ), 주성의 표면 포텐셜 ( $\Omega_1$ ), 질량비 ( $q$ ), 주성의 상대적 밝기 ( $L_1$ )를 택하였다. LS Lup에서는 반성의 알베도 ( $A_2$ )도 변수로 선택하였다. 한편, 서론에서 밝힌 바와 같이, EB형 접촉식쌍성은 두 별 사이의 온도 차이가 매우 크며, 따라서 두 별이 서로 다른 온도를 갖고 있기 때문에 주성과 반성에 대한 주변감광계수 ( $x$ )값을 Grygar et al. (1972)으로부터 구하여 각각 서로 다른 값을 입력하였다. 또한, 표면반사율 ( $A$ )과 증력감광계수 ( $g$ )값은 각각  $A=0.5$  또는  $1.0$ 와  $g=1.0, 0.5$  또는  $0.32$  (Lucy 1966)으로 각각 주성과 반성의 분광형에 따라 서로 다른 값으로 입력하였다. 이와 같이 DC 입력 형식과 변수를 선택한 후, 여러 차례의 반복된 계산과 수정을 거쳐서 관측된 광도곡선과 이론적인 광도곡선의 오차가 최소가 될 때까지 프로그램을 수행하여 얻은 궤도요소값을 DC 프로그램의 수정된 모드 3과 수정되지 않은 모드 3에 각각 적용시켰다. 다음으로 이렇게 얻은 WD 모델의 DC 결과를 LC에 적용하여 WD 모델의 이론적인 광도곡선을 얻었다. 이러한 과정을 3개 별의 각각의 필터에 따른 광도곡선에서 수정된 모드 3과 수정되지 않은 모드 3에서 각각 수행하였다. 그리고 이러한 실험 결과를 DC 프로그램의 입력과 그 결과를 표 1에, LC 프로그램에 의한 이론적인 광도곡선과 관측된 광도곡선을 그림 1, 2 그리고 3에 제시하였다.

### 3. WD 모델의 mode 3에 대한 적용과 그 결과

EB형 접촉식쌍성의 광도곡선은 주식심과 부식심의 깊이에서 많은 차이를 보이며 이에 따라 주성과 반성의 온도 차이가 매우 크게 나타난다. 따라서, 이러한 EB형의 접촉식쌍성인 경우 WD 모델의 모드 3을 적용할 때 두 별의  $A, x, g$  값이 모두 같은 값을 갖도록 하였을 경우에는 결과적으로 만족할 만한 궤도 요소의 해를 얻을 수가 없을 것이다. 이러한 이유 때문에 이번 분석에서는 WD 모델의 모드 3을 적용할 경우 주성과 반성의 분광형에 따라  $A, x, g$  값들이 서로 다른 값을 갖도록 WD 모델의 모드 3을 수정하여 EB형의 접촉식쌍성에 적용하여 봄으로써 그 타당성을 확인하여 보았다.

표 1은 각각 3개 식쌍성 (DO Cas, GO Cyg와 FS Lup)의  $A, x, g$  값에 대한 수정된 (modified) 모드 3과 수정되지 않은 (unmodified) 모드 3의 DC 입력값 (input)과 DC 출력 결과 (output)로서 3개의 식쌍성에 대한 분석 과정은 동일하다. 표 1에 나타난 바와 같이 수정되지 않은 모드 3의 경우에는 비록  $A, x, g$  값들을 주성과 반성에서 서로 다른 값으로 입력하였으나 반성에 대한  $A, x, g$  값들이 주성에 해당하는 값으로 동일하게 주어진 것과 같은 결과로 출력되었다. 그러나 이번 조사에서 수정하고자 하는 수정된 모드 3의 경우에는  $A, x, g$  값들을 주성과 반성에서 서로 다른 값을 입력하였으며, DC 프로그램 수행 결과도  $A, x, g$  값들이 서로 다른 값으로 출력되었다.

한편, 표 2에 이번 분석에서 3개의 식쌍성에 대한 관측된 광도곡선 (O)과 이론적인 광도곡선 (C)과의 편차의 제곱합인  $\Sigma(O-C)^2$  값을 각각의 필터에 따라 수정된 모드 3과 수정되지 않은 모드 3으로부터 얻은 결과를 비교 제시하였다. 표 2에서 편차값은 소수점 이하 5째 자리까지만 제시하였다.

그 결과 DO Cas의 경우, 표 2에서 수정된 모드 3를 적용하여 얻은  $\Sigma(O-C)^2$  값은 U, B와 V에서 각각 0.00166, 0.00167와 0.00104이며, 수정되지 않은 모드 3을 적용하여 얻은  $\Sigma(O-C)^2$  값은 U,

표 2. 수정된 mode 3과 수정되지 않은 mode 3의  $\Sigma(O - C)^2$  값 비교.

별	광도곡선	수정된 mode 3의 $\Sigma(O - C)^2$ 값	수정되지 않은 mode 3의 $\Sigma(O - C)^2$ 값
DO Cas	U	0.00166	0.00200
	B	0.00167	0.00304
	V	0.00104	0.00237
GO Cyg	B	0.01336	0.01894
	V	0.01362	0.02152
FS Lup	U	0.00398	0.03269
	B	0.00239	0.04839
	V	0.00323	0.02038

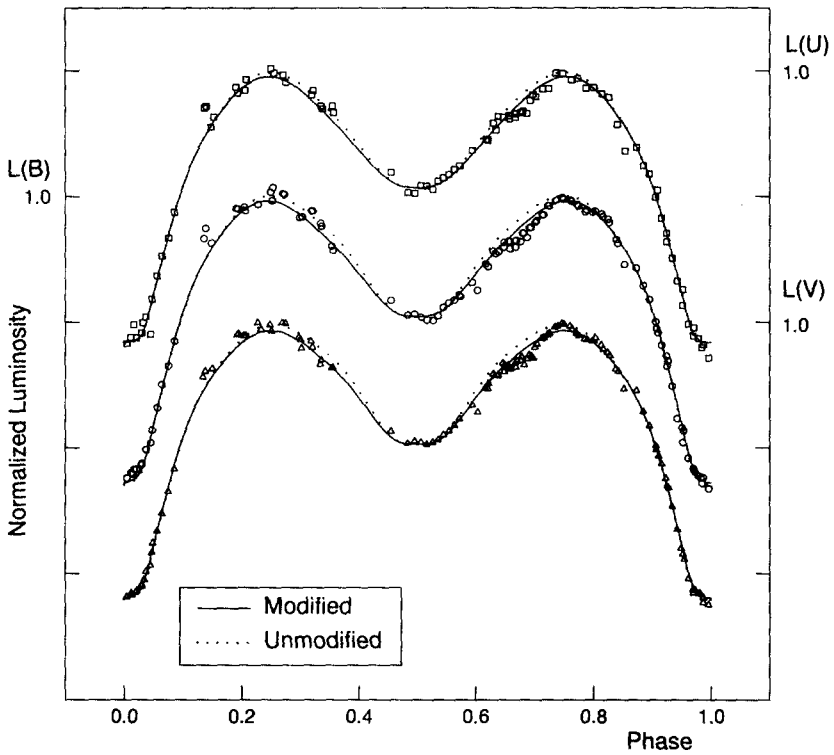


그림 1. DO Cas (U,B,V)에 대한 관측된 광도곡선과 이론적 광도곡선.

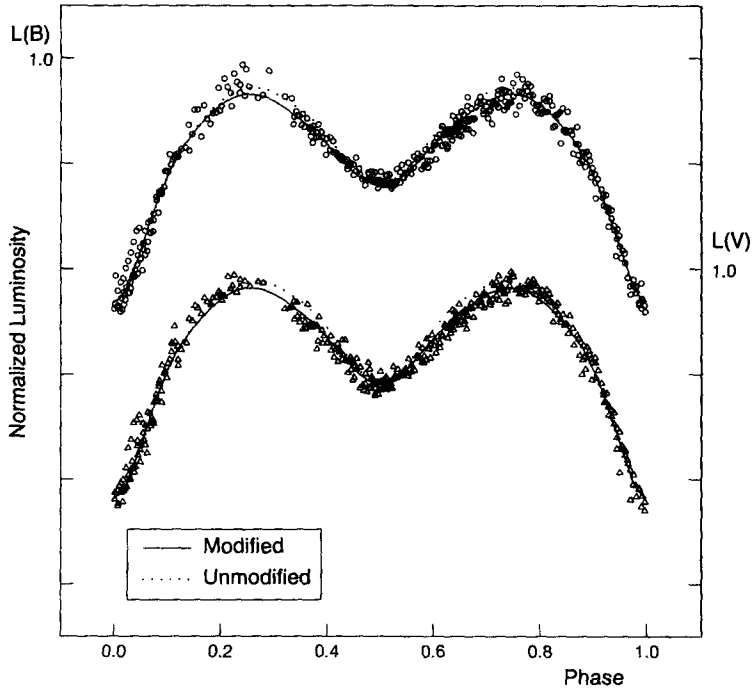


그림 2. GO Cyg (B, V)에 대한 관측된 광도곡선과 이론적 광도곡선.

B와 V에서 각각 0.00200, 0.00304와 0.00237로서 수정된 모드 3의 편차값이 보다 작은 값으로서 수정된 모드 3의 결과가 관측된 광도곡선을 더욱 더 잘 만족하고 있음을 알 수가 있다. 마찬가지로 표 2에서 GO Cyg와 FS Lup에서도 그 결과는 수정된 모드 3의 결과가 관측된 광도곡선을 잘 만족하고 있음을 확인할 수가 있다.

다음으로는 그림 1, 그림 2 그리고 그림 3에 각각 3개의 식쌍성에 대한 WD 모델의 결과로부터 LC에 의한 이론적인 광도곡선을 얻었다. 그림 1은 DO Cas에 대한 3색 (U, B & V)의 관측된 광도곡선과 WD 모델에 의한 이론적인 광도곡선으로서 표 2에서  $\Sigma(O - C)^2$  값이 보여준 바와 같이 수정된 모드 3으로 얻은 결과가 수정되지 않은 모드 3의 결과보다 관측된 광도곡선을 더욱 더 잘 만족시키고 있음을 다시 확인할 수가 있다. 여기서 실선 (-)은 수정된 모드 3으로부터 얻은 이론적인 광도곡선이며, 점선 (· · ·)은 수정되지 않은 모드 3으로부터 얻은 이론적인 광도곡선이다. 또 원 (o)은 관측한 광도곡선을 나타낸다.

마찬가지로 그림 2와 그림 3의 GO Cyg와 FS Lup에서도 수정된 모드 3의 이론적인 광도곡선 (-)이 수정되지 않은 모드 3의 이론적인 광도곡선 (· · ·) 보다 관측된 광도곡선을 더욱 잘 일치시키고 있음을 알 수가 있다.

표 3에 WD 프로그램의 수정된 모드 3으로부터 얻은 DO Cas, GO Cyg 그리고 FS Lup의 궤도요소값을 제시하였다.

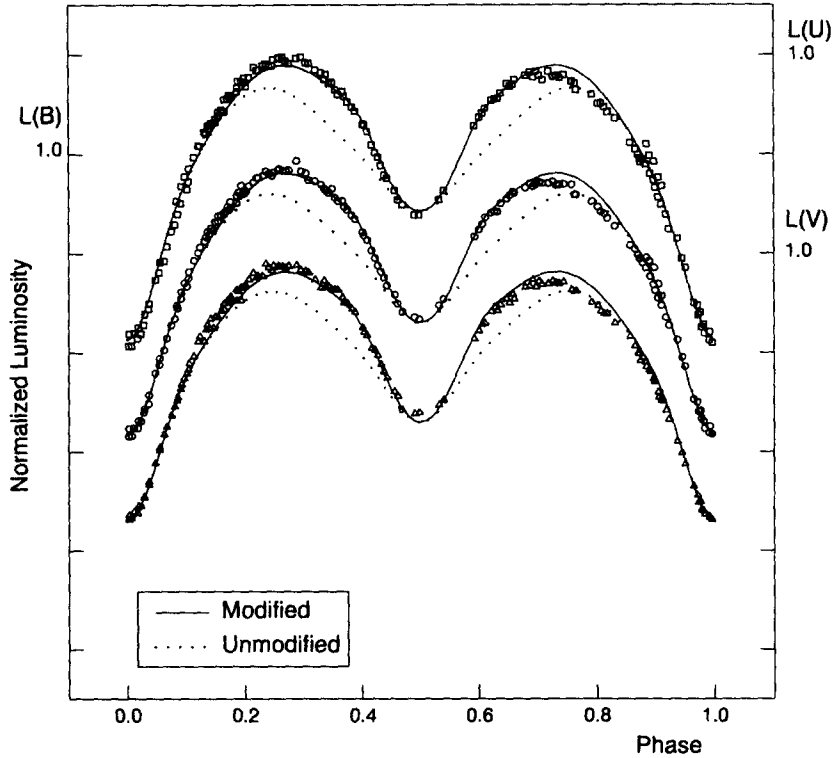


그림 3. FS Lup (U, B, V)에 대한 관측된 광도곡선과 이론적 광도곡선.

#### 4. 결 론

WD 모델 가운데 공통대기를 갖는 접촉형에 적용되는 모드 3의 경우, 접촉식쌍성의 두 별의 온도가 서로 비슷하기 때문에 초기의 여러 입력 인자 가운데 표면반사율 (A), 주변감광계수 (x), 중력감광계수 (g)가 두 별에 같은 값이 적용되도록 프로그램화되어 있다. 그러나 접촉형의 구조를 갖는 EB형의 광도곡선을 보이는 근접속식쌍성의 경우 두 별의 온도차가 매우 크다는 것을 고려하여 이러한 식쌍성에 대하여 WD 모델의 모드 3을 적용할 때 각각 A, x 그리고 g 값을 주성과 반성에 서로 다른 값을 입력함으로써 수정되지 않은 모드 3의 활용보다 더 타당하다는 것을 조사하였다. EB형 접촉식쌍성 DO Cas, GO Cyg와 FS Lup의 관측자료를 이용해서 WD 모델의 수정된 모드 3과 수정되지 않은 모드 3에 적용해 본 결과 표 2 그리고 그림 1, 그림 2와 그림 3에서 제시한 것처럼 실제 관측한 광도곡선과 이론적 광도곡선이 수정된 모드 3에서 서로 잘 일치하고 있음을 확인할 수 있었다. 표 2에 제시된 관측된 광도곡선과 이론적 광도곡선의 편차인  $\Sigma(O - C)^2$  값이 DO Cas의 경우 U, B, V의 광도곡선에서 수정된 mode 3는 각각 0.00166, 0.00167와 0.00104로, 수정되지 않은 mode 3는 각각 0.00200, 0.00304와 0.00237로 산출되었고, GO Cyg는 수정된 경우는 B 광도곡선에서는 0.01336, V 광도곡선에서는 0.01362로 계산되었고, 수정하지 않은 경우에는 광도곡선 B, V에서 각각 0.01894,

표 3. DO Cas, GO Cyg와 FS Lup의 궤도 요소값.

궤도요소	DO Cas	GO Cyg	FS Lup
a ( $R_{\odot}$ )	4.2590	5.5850	2.7300
i ( $^{\circ}$ )	84.924 $\pm$ 0.414	74.635 $\pm$ 0.138	78.061 $\pm$ 0.086
q	0.3216 $\pm$ 0.0014	0.4373 $\pm$ 0.0030	0.5325 $\pm$ 0.0029
$T_1$ (K)	9070	10700	6000
$T_2$ (K)	5342 $\pm$ 50	6113 $\pm$ 51	4895 $\pm$ 14
$L_1/(L_1 + L_2)_U$	0.9834		0.8855
$L_1/(L_1 + L_2)_B$	0.9688	0.9508	0.8489
$L_1/(L_1 + L_2)_V$	0.9572	0.9353	0.8266
$\Omega_1 = \Omega_2$	2.5134 $\pm$ 0.0047	2.7451 $\pm$ 0.0044	2.8824 $\pm$ 0.0033
$A_1$	1.000	1.000	0.500
$A_2$	0.500	0.500	2.553 $\pm$ 0.0466
$g_1$	1.000	1.000	0.320
$g_2$	0.320	0.500	0.320
$x_1$ (U)	0.550		0.810
$x_1$ (B)	0.680	0.490	0.770
$x_1$ (V)	0.550	0.410	0.620
$x_2$ (U)	0.960		1.000
$x_2$ (B)	0.750	0.730	0.930
$x_2$ (V)	0.880	0.610	0.780
$r_1$ (pole)	0.4504 $\pm$ 0.0077	0.4263 $\pm$ 0.0005	0.4182 $\pm$ 0.0054
$r_1$ (side)	0.4832 $\pm$ 0.0010	0.4542 $\pm$ 0.0007	0.4457 $\pm$ 0.0071
$r_1$ (back)	0.5087 $\pm$ 0.0019	0.4818 $\pm$ 0.0009	0.4779 $\pm$ 0.0010
$r_2$ (pole)	0.2662 $\pm$ 0.0018	0.2903 $\pm$ 0.0019	0.3142 $\pm$ 0.0016
$r_2$ (side)	0.2773 $\pm$ 0.0021	0.3029 $\pm$ 0.0023	0.3296 $\pm$ 0.0019
$r_2$ (back)	0.3100 $\pm$ 0.0036	0.3361 $\pm$ 0.0039	0.3684 $\pm$ 0.0035

0.02152의 값을 보였다. 마찬가지로 FS Lup의 경우도 U, B, V에 대해서 편차값이 수정된 경우에는 각각 0.00398, 0.00239, 0.00323으로, 수정되지 않은 모드 3의 경우에는 0.03269, 0.04839와 0.02037로 각각 계산되었으며 그 결과 수정된 모드 3에서  $\Sigma(O - C)^2$  값이 작게 계산되었다. 한편, 표 1에 제시된 바와 같이 WD의 모드 3에서 수정되지 않은 모드 3에서 입력 (input)시킨 인자인 주변감광계수 ( $x$ ), 중력감광계수 ( $g$ ), 표면반사율값 ( $A$ )을 주성과 반성에서 달리 입력시켜 프로그램을 수행시켜도 수행결과 출력된 결과 (output)에서는 3개의 요소값이 같은 값으로 산출되는 결과를 얻을 수 있었다. 이와 함께 수정된 모드 3에서는 위 3개의 인자값이 주성과 반성에서 서로 다르게 계산되어 출력되는 것을 볼 수 있다. 그러므로 수정된 모드 3의 DC 프로그램은 온도차이가 큰 접촉식쌍성인 경우 실질적인 두 별의 물리적 조건을 고려하고 있으므로 더 실제 별에 근접한 접촉식쌍성의 궤도요소 값을 얻을 수 있음을 확인하였다. 그런데, FS Lup의 경우에는 수정된 모드 3과 수정되지 않은 모드 3간의 편차가 다른 세 별에 비해 크다는 것을 그림 3에서 확인할 수 있었다. 이 큰 편차를 Milano et al. (1987)는  $\Sigma(O - C)^2$  값의 주기적인 변화 그래프에서 그 원인을 반성에 존재하는 bright spot의 활발한 활동 때문이거나 조석효과에 의해서 광도곡선이 비대칭을 이루고 있다고 설명하고 있다. 그러나, 본 연구에서는 WD 모델에 입력하는 인자 중 표면반사율, 주변감광계수와 중력감광계수값을 주성과 반성에 각각 달리 적용했을 때의 궤도해를 얻고자 했기 때문에 Milano et al. (1987)가 사용



한 것과 같이, 표면반사율값을 보다 큰 값을 적용하여 그 해를 구했다. 그리하여 실제 관측한 광도곡선을 수정된 모드 3의 적용 결과 얻은 이론적 광도곡선이 잘 만족하고 있음을 확인할 수 있었다.

끝으로 이번 분석에서는 3개의 EB형 접촉식쌍성만을 비교하였기 때문에 보다 많은 EB형 접촉식쌍성에 대한 광도곡선을 이용하여 이번 연구 결과를 적용하여 그 결과를 함께 비교하여 보는 것이 필요하다고 사료된다.

### 참고문헌

- Cester, B., Giurichinn, G., Mardirossian, F., & Pucillo, M. 1977, *A&Ap. Suppl.*, 30, 223
- Edalati, M. T., & Atighi, M. 1997, *Ap&SS*, 253, 107
- Fehrenbach, Ch., DufLOT, M., Boulon, J., Rebeiro, E., & Lanoe, C. 1966, *Publ. Obs. de Haute Provence*, 8, 289
- Giannone, P., & Giannuzzi, M. A. 1974, *Ap&SS*, 26, 289
- Grygar, J., Copper, M. L., & Jurkervich, I. 1972, *BAC*, 23, 147
- Hill, G., Hildith, R. W., Younger, F., & Fisher, W. A. 1975, *MmRAS*, 79, 131
- Hoffmeister, C. 1947, *AN*, 1, 407
- Hoffmeister, C. 1963, *AN*, 287, 59
- Jassur, D. S. 1997, *Ap&SS*, 249, 111
- Kaluzny, J. 1985, *Acta Astron.*, 35, 327
- Karimie, M. T., & Duerbeck, H. W. 1985, *Ap&SS*, 117, 375
- Koch, R. H. 1973, *AJ*, 78, 410
- Kukarkin, B. W. 1929, *Mon. Not. Var. Stars*, 2, 26
- Lazaro, C., Niarchos, P., Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P., Arevvalo, M. J., & Antonopoulou, E. 1995, *AJ*, 110, 1796
- Liu, Q.-C., Zhang, Y.-I., & Zhang, Z.-S. 1988, *Acta Astron. Sinica* 29, 1
- Lucy, L. B. 1966, *Z. Ap*, 65, 89
- Milano, L., Russo, G. & Terzan, A. 1987, *A&Ap*, 183, 265
- Oh, K.-D., & Ahn, Y.-S. 1992, *Ap&SS*, 187, 261
- Oh, K.-D., Kang, Y.-W., Ra, K.-S., & Park, H.-S. 2000, *Ap&SS*, 271, 303
- Pearce, J. A. 1933, *J. R. Astron. Soc. Canada*, 72, 62
- Rovithis-Livaniou, H., & Rovithis, R. 1986, *Ap&SS*, 119, 381
- Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P., Oprescu, G., Dumitrescu, A., & Suran, M. D. 1997, *A&A*, 327, 1017
- Rovithis, R., Rovithis-Livaniou, H., & Niarchos, P. G. 1990, *A&AS*, 83, 41
- Sezer, C., Gulmen, O., & Gudur, N. 1985, *IBVS* 2743
- Sezer, C., Gulmen, O., & Gudur, N. 1993, *Ap&SS*, 203, 121
- Shaw, J. S. 1990, *Active Close Binaries*, ed. C. Ibanoglu, Kluwer Academic Pub., 241
- Shaw, J. S., Caillault, J-P., & Schmitt, J. H. M. M. 1996, *ApJ*, 461, 951

Szczyrbak, S. 1932, SAC, 10, 44

Terzan, A., & Didelon, P. 1985, IBVS 2716

Wilson, R. E. 1992, *Documentation of Eclipsing Binary Computer Model*, University of Florida

Wilson, R. E., & Devinney, E. J. 1971, ApJ, 166, 605