

## W UMa형 식쌍성 AK Herculis의 측광학적 연구

박성홍 · 이용삼 · 정장해  
충북대학교 천문우주학과

### PHOTOMETRIC STUDY OF THE W UMA TYPE ECLIPSING BINARY AK HERCULIS

Seong-Hong Park, Yong-Sam Lee, and Jang-Hae Jeong  
Department of Astronomy & Space Science, Chungbuk National University, Korea  
e-mail: parksh@astronomy.chungbuk.ac.kr, leeys@astronomy.chungbuk.ac.kr,  
jeongjh@astronomy.chungbuk.ac.kr

(Received April 14, 1999; Accepted June 2, 1999)

#### 요 약

소백산 천문대에서 1997년 2월부터 1998년 3월까지 총 3일 밤 동안 *VRI* 필터를 가지고 AK Her에 대한 CCD 측광관측을 수행하여 얻은 관측점의 수는 *V*는 236점, *R*은 198점, *I*는 197점이다. 관측 기간 동안 주극심과 부극심 시각을 각각 1개씩 관측하였으며, 우리의 관측자료를 가지고 *VRI* 광도곡선과 (*O-C*) 도를 만들었다. Wilson-Devinney 방법으로 우리의 광도곡선을 분석한 결과 AK Her는 접촉형(모드 3)의 경우는 해를 구할 수 없었고, 나머지(모드 2, 4, 5)에 대해서는 접촉형에 가까운 분리형 또는 반분리형이라고 할 수 있었다. 우리의 최근자료를 가지고 만든 (*O-C*)도에서 AK Her의 공전주기는 Borkovits & Hegedus의 예상과는 다르게 1990년도 이후 증가하는 변화가 나타났다.

#### ABSTRACT

We perform CCD observations in *VRI* filters for AK Her during 3 nights in Feb 1997 and Mar 1998 at Mt. Sobaek National Observatory, and obtained 236 images in *V*, 198 in *R*, and 197 in *I* filter. From the data, we construct light curves which contain a pair primary and secondary minima and (*O-C*) diagram. We analyzed the obtained light curves of AK Her using the Wilson-Devinney code. From the analyses, we find that AK Her is more likely detached or semi-detached than contact system. From the (*O-C*) diagram, we find that the (*O-C*) residuals increases out of accordance with the expectation of Borkovits & Hegedus since 1990. However, we cannot identify cause of the periodic variation of the (*O-C*) residuals.

## 1. 서 론

AK Her(P : 0<sup>d</sup>.4215, Sp : F2+F6)의 변광은 Metcalf(cf. Pickering, 1917)가 처음으로 발견한 이래 여러 연구자들(Binnendijk 1961, Bookmyer 1961, 1972, Woodward & Wilson 1977(이하 WW77), Barker & Herczeg 1979, Bookmyer & Kaitchuck 1979, Tunca et al. 1987)에 의해 측광관측이 수행되어 여러 광도곡선이 발표되었다. 또한 발표된 광도곡선의 비대칭을 설명하기 위한 많은 연구가 있었지만 뚜렷한 원인을 설명할 수 없었다. AK Her의 기하 로쉬 형태에 대해서 WW77과 Lucy & Wilson(1979)(이하 LW79)은 약 10% 정도 과접촉 되있는 접촉형 쌍성이라고 하였으며, Nagy(1985)는 접촉형에 가까운 분리형이라고 하였다.

이 연구에서는 우리의 관측자료를 가지고 흑점인자를 사용하여 쌍성의 접촉형, 반분리형, 분리형에 대하여 Wilson-Devinney(이하 WD) 방법으로 광도곡선의 해를 산출하고, 아울러 과거에 발표된 광도곡선 자료를 수집하여 재분석해 보고자 한다. 또한 Sanford(1934)가 계산한 주성의 시선속도 자료를 가지고 AK Her의 질량과 반경 등의 절대량을 산출하고, 우리의 극심시각과 과거의 극심시각 관측자료를 수집하여 주기변화의 양상을 살펴보고자 한다.

## 2. 관측 및 광도곡선

AK Her의 CCD 측광관측을 1997년 2월부터 소백산천문대에서 VRI 필터를 가지고 수행하였다. AK Her 측광관측의 비교성으로는 여러 관측자들이 사용하여 밝기 변화가 없는 것으로 알려진 BD+16°3123을 사용하였다. 총 3일 밤 관측으로 V 필터는 236점, R 필터로 198점 그리고 I 필터로는 197점의 관측데이터를 얻었으며, 이 자료는 소백산 자료처리 프로그램을 가지고  $\Delta mag$ (변광성-비교성)으로 환산하였다.

WW77, LW79와 Nagy(1985)는 AK Her의 이론적인 광도곡선을 관측된 광도곡선에 맞추는데 가장 중요하게 작용하는 인자는 반사도라고 하였다. WW77은 주성과 반성의 반사도( $A_1, A_2$ )가 1보다 큰 2.02라고 하였고, LW79는  $A_1=-0.82, A_2=0.86$ , Nagy(1985)는  $A_1=-0.67, A_2=0.11$  으로서 주성의 반사도를 음(-)의 값으로 제시하였다. 우리의 VRI 관측자료를 WD 방법으로 분석하기 위해 WD 프로그램의 초기 입력값으로 LW79의 측광학적 해 중에서 주성과 반성의 온도와 궤도경사각 그리고 질량비를 사용하였고, 주연감광 계수는 Van Hamme(1993)의 주연감광 계수를 사용하였다. WW77, LW79 그리고 Nagy(1985)의 연구에서는 반사도를 수정인자로 사용하였으나 이 연구에서는 분리형에 사용하는 모드 2, 접촉형에 사용하는 모드 3, 반분리형에 사용하는 모드 4와 모드 5에 대해 반사도와 중력감광 계수를 여러 조합으로 입력하여  $(\Sigma wt(O-C))^2$  값을 조사해  $(\Sigma wt(O-C))^2$  값이 0.009로서 가장 작을 때인  $A_1=0.5, A_2=1.0$ 과  $g_1=1.0, g_2=0.32$  값을 반사도와 중력감광 계수의 초기 입력값으로 사용하였다.

위에서 주어진 입력값을 가지고 질량비( $q=m_2/m_1$ ) 초기값에 대해서  $q$  찾기 방법(Leung et al.

표 1. 각각의 모드에 대한  $q$  search 결과값( $\Sigma wt(O-C)^2$ ).

$q(m_1/m_2)$	mode 2	mode 3	mode 4	mode 5
0.20	$\Omega_{in} > \Omega_2$	$\Omega_{in} < \Omega_{1,2}$	$\Omega_{in} > \Omega_2$	0.0129
0.21	$\Omega_{in} > \Omega_2$	$\Omega_{in} < \Omega_{1,2}$	0.0116	0.0108
0.22	0.0104	$\Omega_{in} < \Omega_{1,2}$	0.0102	diverge
0.23	0.0098	$\Omega_{in} < \Omega_{1,2}$	0.0097	0.0104
0.24	0.0094	$\Omega_{in} < \Omega_{1,2}$	0.0092	0.0120
0.25	0.0091	$\Omega_{in} < \Omega_{1,2}$	0.0089	0.0129
0.26	0.0090	$\Omega_{in} < \Omega_{1,2}$	0.0089	0.0135
0.27	$\Omega_{in} > \Omega_1$	$\Omega_{in} < \Omega_{1,2}$	0.0093	$\Omega_{in} > \Omega_1$
0.28	$\Omega_{in} > \Omega_1$	$\Omega_{in} < \Omega_{1,2}$	0.0098	$\Omega_{in} > \Omega_1$
0.29	$\Omega_{in} > \Omega_1$	$\Omega_{in} < \Omega_{1,2}$	0.0095	$\Omega_{in} > \Omega_1$
0.30	$\Omega_{in} > \Omega_1$	$\Omega_{in} < \Omega_{1,2}$	0.0107	$\Omega_{in} > \Omega_1$

1985)을 모드 2, 모드 3, 모드 4와 모드 5경우에 대해 실행한 결과( $\Sigma wt(O-C)^2$ )를 표 1에 나타내었다. 표 1에서 보면 모드 2와 모드 4에서 질량비가 0.25일 때 그리고 모드 5에서는 0.23일 때 ( $\Sigma wt(O-C)^2$ ) 값이 가장 작음을 알 수 있다. 모드 3인 경우는 주성과 반성의 포텐셜값( $\Omega_1, \Omega_2$ )이 내부 임계 포텐셜( $\Omega_{in}$ )보다 크게 나와 모드 3의 경우는 해당사항이 없다. 모드 2, 모드 4와 모드 5에서 수렴된 질량비 중에서 ( $\Sigma wt(O-C)_2$ ) 값이 가장 작은 질량비, 0.25, 0.25, 0.23을 AK Her의 새로운 초기 질량비 입력값으로 하였다.

질량비( $q$ )와 각각의 궤도요소에 대한 초기값들이 결정되어 WD 프로그램의 모드 2에서는  $T_2, \Omega_1, \Omega_2, q, L_1$  모드 4에서는  $T_2, \Omega_2, q, L_1$  그리고 모드 5에서는  $T_2, \Omega_1, q, L_1$ 을 수정인자로 선택하여 먼저 흑점이 없을 때의 궤도요소를 구하여 표 2에 나타내었다.

우리의 광도곡선 분석에서 흑점인자를 적용하기 위해 흑점의 위도( $Lat.$ ), 경도( $Long.$ ), 반경( $R_{spot}$ ) 그리고 온도요소( $T.F_{spot}$ )를 수정인자로 사용하여 WD 프로그램을 실행하였으나 수렴되는 해를 구할 수 없었다. 따라서 흑점이 없는 경우의 이론적인 광도곡선과 관측된 광도곡선을 비교해 봤을 때 위상 0.5에서부터 위상 1.0까지 관측된 광도곡선이 이론적인 광도곡선보다 어둡게 나와 주성의 흑점 위치를 위도는  $90^\circ$ , 반경은  $30^\circ$  라는 가정을 하여 고정시켰고, 흑점이 없을 때 수정인자로 사용한 궤도요소들과 흑점의 경도와 온도요소를 수정인자로 선택하여 WD 프로그램을 실행하였다. 그림 1에 우리의 관측된  $VRI$  광도곡선과 모드 4에서 흑점이 있을 때와 흑점이 없을 때 이론적으로 계산된 광도곡선을 함께 제시하였고, 표 2에 흑점이 있을 때 측광학적 해를 제시하였다. WD 분석 방법으로 우리의 광도곡선을 분석한 결과 AK Her는 선택한 모드에 따라 분리형에서는 주성과 반성이 내부 로쉬 한계면을 99% 채웠고, 모드 4의 반분리형에서는 반성이 98% 그리고 모드 5의 반분리형에서는 주성이 99%를 채웠다. 따라서 AK Her는 분석하는 방법에 따라 접촉형에 가까운 분리형과 반분리형이라고 할 수 있으나 표 2에 제시한 것처럼 현재 접촉상태는 아니다. AK Her의 질량과 반경은 Sanford(1934)의  $K_1 = 78 \text{ km/sec}$  값과 각각의 모드에서 계산된 질량비를 가지고 계산하여 표 2에 제시하였다.

표 2. 1997-98년  $V, R, I$  광도곡선 분석 결과.

parameter	Mode 2	Mode 2	Mode 4	Mode 4	Mode 5	Mode 5
	(without spot)	(with spot)	(without spot)	(with spot)	(without spot)	(with spot)
$q$	0.241±0.002	0.249±0.001	0.275±0.003	0.267±0.002	0.234±0.002	0.236±0.001
$\Omega_1$	2.344±0.005	2.373±0.003	2.411	2.391	2.340±0.005	2.339±0.003
$\Omega_2$	2.343±0.009	2.358±0.007	2.484±0.012	2.439±0.007	2.315	2.320
$i$	80.81	80.81	80.81	80.81	80.81	80.81
$T_1$	6400 K	6400 K	6400 K	6400 K	6400 K	6400 K
$T_2$	5454±14 K	5382±17 K	5426±11 K	5370±14 K	5452±13 K	5405± 15K
$L_1/(L_1+L_2)_V$	0.884±0.002	0.891±0.002	0.889±0.001	0.892±0.001	0.882±0.002	0.886±0.002
$L_1/(L_1+L_2)_R$	0.876±0.002	0.883±0.002	0.882±0.001	0.884±0.003	0.874±0.002	0.878±0.002
$L_1/(L_1+L_2)_I$	0.857±0.002	0.862±0.002	0.862±0.001	0.864±0.001	0.854±0.002	0.856±0.001
$x_1, y_1 (V)$	0.712, 0.279	0.712, 0.27	0.712, 0.279	0.712, 0.279	0.712, 0.279	0.712, 0.279
$x_1, y_1 (R)$	0.618, 0.283	0.618, 0.28	0.618, 0.283	0.618, 0.283	0.618, 0.283	0.618, 0.283
$x_1, y_1 (I)$	0.527, 0.268	0.527, 0.26	0.527, 0.268	0.527, 0.268	0.527, 0.268	0.527, 0.268
$x_2, y_2 (V)$	0.778, 0.200	0.778, 0.20	0.778, 0.200	0.778, 0.200	0.778, 0.200	0.778, 0.200
$x_2, y_2 (R)$	0.686, 0.230	0.686, 0.23	0.686, 0.230	0.686, 0.230	0.686, 0.230	0.686, 0.230
$x_2, y_2 (I)$	0.591, 0.229	0.591, 0.22	0.591, 0.229	0.591, 0.229	0.591, 0.229	0.591, 0.229
$A_1, A_2$	0.5, 1.0	0.5, 1.0	0.5, 1.0	0.5, 1.0	0.5, 1.0	0.5, 1.0
$g_1, g_2$	1.0, 0.32	1.0, 0.32	1.0, 0.32	1.0, 0.32	1.0, 0.32	1.0, 0.32
$r_1(\text{pole})$	0.470±0.001	0.469±0.001	0.461±0.001	0.465±0.001	0.470±0.001	0.470±0.001
$r_1(\text{point})$	0.604±0.006	0.610±0.005	0.627±0.015	0.632±0.006	0.592±0.005	0.598±0.003
$r_1(\text{side})$	0.507±0.001	0.506±0.001	0.497±0.001	0.502±0.001	0.507±0.001	0.508±0.001
$r_1(\text{back})$	0.531±0.001	0.530±0.001	0.521±0.001	0.526±0.001	0.529±0.002	0.530±0.001
$r_2(\text{pole})$	0.243±0.004	0.243±0.003	0.230±0.004	0.242±0.003	0.243±0.001	0.244±0.001
$r_2(\text{point})$	0.323±0.026	0.314±0.013	0.266±0.012	0.301±0.009	0.356±0.001	0.356±0.003
$r_2(\text{side})$	0.252±0.005	0.252±0.003	0.236±0.005	0.251±0.003	0.253±0.001	0.254±0.001
$r_2(\text{back})$	0.282±0.008	0.281±0.005	0.254±0.007	0.276±0.005	0.286±0.001	0.287±0.001
$\Sigma wt(O - C)^2$	0.009	0.005	0.009	0.004	0.009	0.005
$M_1/M_\odot$	2.06	2.05	2.00	2.02	2.07	2.07
$M_2/M_\odot$	0.49	0.51	0.55	0.54	0.48	0.49
$R_1/R_\odot$	1.62	1.62	1.60	1.61	1.62	1.62
$R_2/R_\odot$	0.84	0.84	0.82	0.83	0.85	0.85

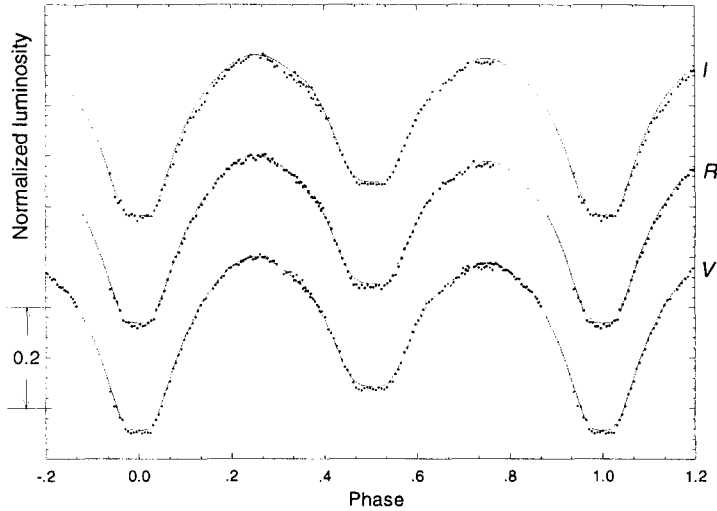


그림 1. 1997-98년 AK Her의 VRI 광도곡선(실선: 흑점이 있을 때, 점선: 흑점이 없을 때, 모드4 적용).

### 3. 과거의 관측자료 재분석.

우리의 광도곡선에서 나타나는 Max I 과 Max II 의 밝기차이를 흑점 인자를 사용하여 WD 방법으로 분석해 보았다. 따라서 이 연구에서는 문헌에 발표된 AK Her의 관측자료 (Binnendijk(1961)의 1959-1960년 BV, Bookmyer(1972)의 1966년 BV, WW77의 1973년 BV, Tunca *et al.* (1987)의 1986년 BV)를 수집하여 WD 방법으로 흑점의 위도와 반경은 고정시키고, 경도와 온도요소를 수정 인자로 하여 각각의 모드 2, 4, 5에 대하여 분석하여 표 3(a)와 (b)에 연도별로 WD 분석 결과인 측광학적 해를 나타내었다. 1960년과 1973년 관측 자료는 모드 2에서 주성의 표면 포텐셜이 내부 한계 포텐셜 보다 작게 계산되었는데 이것은 주성이 로쉬 한계면을 채웠다는 의미로서 모드 2의 기본법칙에 어긋난 결과이다. 그림 2에 과거의 광도곡선 분석 결과 중에서 모드 4의 결과로 흑점이 없을 때(점선)와 있을 때(실선) 계산된 이론적인 광도곡선을 관측된 광도곡선과 함께 제시하였다. 1960년도 광도곡선은 흑점인자를 적용하지 않아도 계산된 광도곡선과 관측된 광도곡선이 잘 일치하고 있어 흑점이 없다고 판단하였다. 표 4에는 연도별 흑점의 위치와 온도요소를 나타내었다. 표에서 알 수 있듯이 흑점의 이동으로 Max I 이 Max II 보다 어두워지는 경우는 찾아 볼 수 없었다. 따라서 AK Her의 광도곡선에서는 O'Connell 효과가 나타났다고 볼 수 있으나 Max I 과 Max II 의 상대적 밝기 차이가 해마다 다르기 때문에 이에 대한 새로운 연구가 진행되어야 할 것이다.

#### 4. 주기변화

우리가 관측한 AK Her의 CCD 측광관측 자료를 가지고 VRI 필터별로 주극심과 부극심 1개씩 모두 6개의 극심시각을 포그슨의 이분법으로 계산하여 표 5에 제시하였다.

Barker & Herczeg(1979)의 광도요소

$$MinI = JD_{Hel} 2442186.460 + 0^d.42152227E \quad (1)$$

를 사용하여 AK Her의 주기변화를 살펴보기 위하여 문헌에서 수집한 과거의 극심시각과 우리의 극심시각을 포함하여 그림 3에 O-C(관측값-계산값)도를 나타내었다. 그림에서 화살표는 우리가 관측한 극심시각을 지시하고 있다. 그림 3에서 AK Her의 겉보기 공전주기 변화는 Borkovits & Hegedus(1996)가 발표한 제 3천체로 인한 광시간 효과 때문에 연속적인 사인형태의 주기변화를 보일 것이라는 결과와 일치되지 않고 1990년도 이후 주기가 길어지는 변화가 나타남을 알 수 있다. 따라서 이러한 원인을 설명하기 위해서는 제 3천체의 광시간 효과뿐만 아니라 또다른 원인에 대해서도 연구해 볼 필요가 있다. 이 그림에서 화살표는 우리의 극심시각을 나타내고, CCD는 CCD관측, PE는 광전관측, PG는 사진관측을 나타낸다. 그리고 I는 주극심, II는 부극심 시각을 나타낸다. 1990년 이후의 관측치는 Borkovits & Hegedus(1996)가 발표한 제 3천체에 의한 광시간 궤도와 정반대로 비껴가고 있다.

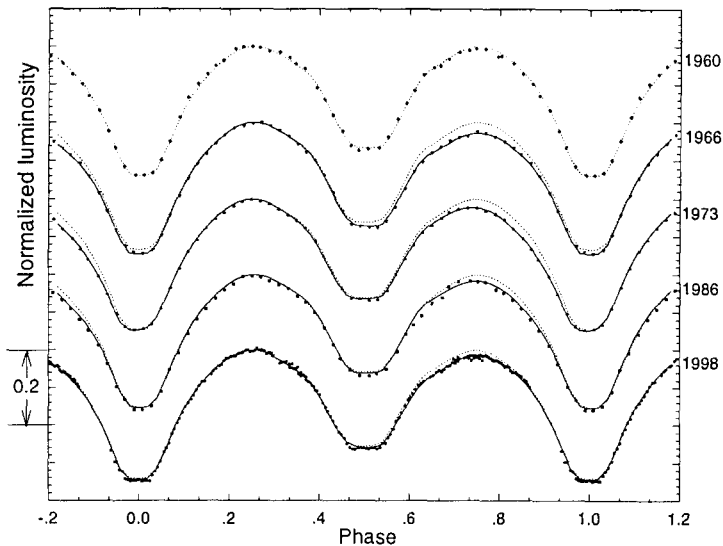


그림 2. 1960년, 1966년, 1973년, 1986년, 1998년 V 필터로 관측된 광도곡선 ( point : 관측점, 실선 : 흑점이 있을 때, 점선 : 흑점이 없을 때, 모드 4 적용 ).

표 3(a). 과거  $B, V$  관측자료에 대한 WD 분석 결과.

parameter	1960년	1966년	1973년	1986년	1960년	1986년
	(without spot)	(with spot)	(with spot)	(with spot)	(without spot)	(with spot)
mode	5	5	5	5	2	2
$q$	$0.237 \pm 0.001$	$0.244 \pm 0.001$	$0.235 \pm 0.001$	$0.249 \pm 0.001$	$0.251 \pm 0.003$	$0.252 \pm 0.001$
$\Omega_1$	$2.352 \pm 0.004$	$2.354 \pm 0.003$	$2.323 \pm 0.003$	$2.365 \pm 0.003$	$2.373 \pm 0.006$	$2.367 \pm 0.004$
$\Omega_2$	2.322	2.339	2.318	2.351	$2.379 \pm 0.011$	$2.364 \pm 0.006$
$i$	80.81	$80.51 \pm 0.21$	80.81	80.81	80.81	80.81
$T_1$	6400 K	6400 K	6400 K	6400 K	6400 K	6400 K
$T_2$	$5584 \pm 10$ K	$5566 \pm 10$ K	$5563 \pm 9$ K	$5448 \pm 11$ K	$5577 \pm 10$ K	$5455 \pm 10$ K
$L_1 / (L_1 + L_2)_B$	$0.876 \pm 0.002$	$0.877 \pm 0.001$	$0.882 \pm 0.001$	$0.887 \pm 0.001$	$0.880 \pm 0.002$	$0.888 \pm 0.001$
$L_1 / (L_1 + L_2)_V$	$0.867 \pm 0.001$	$0.874 \pm 0.001$	$0.871 \pm 0.001$	$0.877 \pm 0.001$	$0.871 \pm 0.001$	$0.878 \pm 0.001$
$x_1, y_1 (B)$	0.805, 0.242	0.805, 0.242	0.805, 0.242	0.805, 0.242	0.805, 0.242	0.805, 0.242
$x_1, y_1 (V)$	0.712, 0.279	0.712, 0.279	0.712, 0.279	0.712, 0.279	0.712, 0.279	0.712, 0.279
$x_2, y_2 (B)$	0.847, 0.098	0.847, 0.098	0.847, 0.098	0.847, 0.098	0.847, 0.098	0.847, 0.098
$x_2, y_2 (V)$	0.778, 0.200	0.778, 0.200	0.778, 0.200	0.778, 0.200	0.778, 0.200	0.778, 0.200
$A_1, A_2$	0.5, 1.0	0.5, 1.0	0.5, 1.0	0.5, 1.0	0.5, 1.0	0.5, 1.0
$g_1, g_2$	1.0, 0.32	1.0, 0.32	1.0, 0.32	1.0, 0.32	1.0, 0.32	1.0, 0.32
$r_1(\text{pole})$	$0.468 \pm 0.001$	$0.469 \pm 0.001$	$0.474 \pm 0.001$	$0.467 \pm 0.001$	$0.466 \pm 0.001$	$0.468 \pm 0.001$
$r_1(\text{point})$	$0.586 \pm 0.003$	$0.601 \pm 0.004$	$0.620 \pm 0.004$	$0.600 \pm 0.004$	$0.594 \pm 0.003$	$0.606 \pm 0.005$
$r_1(\text{side})$	$0.504 \pm 0.001$	$0.506 \pm 0.001$	$0.512 \pm 0.001$	$0.504 \pm 0.001$	$0.502 \pm 0.001$	$0.504 \pm 0.001$
$r_1(\text{back})$	$0.526 \pm 0.001$	$0.529 \pm 0.001$	$0.537 \pm 0.001$	$0.527 \pm 0.001$	$0.525 \pm 0.001$	$0.528 \pm 0.001$
$r_2(\text{pole})$	$0.244 \pm 0.001$	$0.247 \pm 0.001$	$0.244 \pm 0.001$	$0.248 \pm 0.001$	$0.243 \pm 0.007$	$0.247 \pm 0.003$
$r_2(\text{point})$	$0.357 \pm 0.001$	$0.360 \pm 0.002$	$0.356 \pm 0.008$	$0.361 \pm 0.001$	$0.314 \pm 0.022$	$0.335 \pm 0.023$
$r_2(\text{side})$	$0.254 \pm 0.001$	$0.257 \pm 0.001$	$0.254 \pm 0.001$	$0.258 \pm 0.001$	$0.252 \pm 0.005$	$0.257 \pm 0.003$
$r_2(\text{back})$	$0.287 \pm 0.001$	$0.289 \pm 0.001$	$0.286 \pm 0.001$	$0.291 \pm 0.001$	$0.281 \pm 0.009$	$0.288 \pm 0.005$
$\Sigma wt(O - C)^2$	0.027	0.033	0.026	0.020	0.024	0.019

표 3(b). 과거  $B, V$  관측자료에 대한 WD 분석 결과.

parameter	1960년	1966년	1973년	1986년
	(without spot)	(with spot)	(with spot)	(with spot)
mode	4	4	4	4
$q$	$0.275 \pm 0.003$	$0.279 \pm 0.001$	$0.235 \pm 0.001$	$0.291 \pm 0.002$
$\Omega_1$	2.410	2.419	2.318	2.447
$\Omega_2$	$2.478 \pm 0.011$	$2.480 \pm 0.009$	$2.318 \pm 0.003$	$2.529 \pm 0.008$
$i$	80.81	80.81	80.81	80.81
$T_1$	6400 K	6400 K	6400 K	6400 K
$T_2$	$5555 \pm 9$ K	$5533 \pm 9$ K	$5566 \pm 8$ K	$5434 \pm 11$ K
$L_1/(L_1+L_2)_B$	$0.885 \pm 0.001$	$0.884 \pm 0.001$	$0.884 \pm 0.001$	$0.893 \pm 0.001$
$L_1/(L_1+L_2)_V$	$0.876 \pm 0.001$	$0.873 \pm 0.001$	$0.873 \pm 0.001$	$0.884 \pm 0.001$
$x_1, y_1 (B)$	0.805, 0.242	0.805, 0.242	0.805, 0.242	0.805, 0.242
$x_1, y_1 (V)$	0.712, 0.279	0.712, 0.279	0.712, 0.279	0.712, 0.279
$x_2, y_2 (B)$	0.847, 0.098	0.847, 0.098	0.847, 0.098	0.847, 0.098
$x_2, y_2 (V)$	0.778, 0.200	0.778, 0.200	0.778, 0.200	0.778, 0.200
$A_1, A_2$	0.5, 1.0	0.5, 1.0	0.5, 1.0	0.5, 1.0
$g_1, g_2$	1.0, 0.32	1.0, 0.32	1.0, 0.32	1.0, 0.32
$r_1(\text{pole})$	$0.463 \pm 0.001$	$0.462 \pm 0.001$	$0.475 \pm 0.001$	$0.458 \pm 0.001$
$r_1(\text{point})$	$0.629 \pm 0.003$	$0.628 \pm 0.025$	$0.644 \pm 0.003$	$0.624 \pm 0.002$
$r_1(\text{side})$	$0.499 \pm 0.001$	$0.497 \pm 0.001$	$0.514 \pm 0.001$	$0.493 \pm 0.001$
$r_1(\text{back})$	$0.523 \pm 0.001$	$0.522 \pm 0.001$	$0.538 \pm 0.001$	$0.518 \pm 0.001$
$r_2(\text{pole})$	$0.241 \pm 0.003$	$0.243 \pm 0.003$	$0.243 \pm 0.001$	$0.242 \pm 0.003$
$r_2(\text{point})$	$0.293 \pm 0.011$	$0.298 \pm 0.011$	$0.337 \pm 0.021$	$0.292 \pm 0.007$
$r_2(\text{side})$	$0.249 \pm 0.005$	$0.252 \pm 0.004$	$0.252 \pm 0.002$	$0.250 \pm 0.003$
$r_2(\text{back})$	$0.272 \pm 0.007$	$0.276 \pm 0.006$	$0.285 \pm 0.003$	$0.273 \pm 0.004$
$\Sigma wt(O - C)^2$	0.024	0.030	0.026	0.017



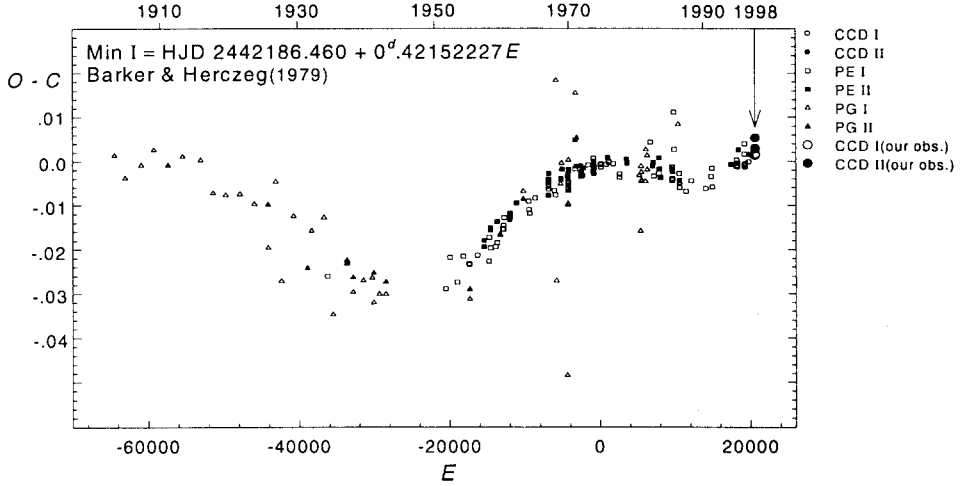


그림 3. 최근의 극심시각 자료를 사용하여 만든 우리의 (O-C)도

### 5. 결과 및 토의

이번 연구에서 WD 방법을 사용하여 1997-1998년 AK Her의 광도곡선을 분석한 결과 AK Her는 접촉형에 가까운 분리형과 반분리형의 분석 결과를 얻을 수 있었으나 접촉형의 분석으로는 수렴값을 얻지 못하여 현재 AK Her는 접촉형에 가까운 분리형 또는 반분리형 상태라고 할 수 있지만 현재 접촉형이라고는 볼 수 없었다.

과거에 발표된 극심시각자료와 우리의 극심시각을 포함하여 AK Her의 공전주기 변화 양상을 살펴보면 AK Her의 겉보기 공전주기가 1990년도 이후 Borkovits & Hegedus(1996)의 예상과는 다르게 길어지는 변화가 나타났다. 따라서 우리의 (O-C)도는 아직까지 밝혀지지 않은 공전주기 변화의

표 4. 연도별 흑점의 위치, 반경 그리고 온도요소.

Obs. year	Lat.*	Long.	$R_{spot}^*$	$T.F._{spot}$
1966	90°	98°	30°	.971
1973	90°	56°	30°	.973
1986	90°	66°	30°	.982
1998	90°	120°	30°	.985

\*고정인자

표 5. 이 연구에서 관측된 AK Her의 극심시각.

	MIN I ( $JD_{\odot}$ )	MIN II ( $JD_{\odot}$ )
<i>V</i>	2450889.2100	2450890.2653
<i>R</i>	2450889.2102	2450890.2656
<i>I</i>	2450889.2105	2450890.2679

원인이 있음을 보여주고 있어 지속적인 극심시각 관측으로 AK Her의 공전 주기 변화에 대한 새로운 연구가 진행되어야 할 것이다.

감사의 글: 이 연구는 1997년도 교육부 기초과학연구소 학술연구조성비( 과제번호 BSRI-97-5426) 지원에 의한 것임.

### 참고문헌

- Barker, L. A. & Herczeg, T. J. 1979, *PASP*, 91, 247  
 Binnendijk, L. 1961, *AJ*, 66, 27  
 Bookmyer, B. B. & Kaitchuck, R. H. 1979, *PASP*, 91, 234  
 Bookmyer B. B. 1961, *AJ*, 66, 24  
 Bookmyer, B. B. 1972, *PASP*, 84, 566  
 Borkovits, T. & Hegedus, T. 1996, *A&AS*, 120, 63  
 Leung, K. C., Zhai, D., Liu, Q., & Yang, Y. 1985, *AJ*, 90, 115  
 Lucy, L. B. & Wilson, R. E. 1979, *ApJ*, 231, 502  
 Nagy, T. A. 1985, *PASP*, 97, 1005  
 Pickering, E. C. 1917, *Havard Circ.* 201  
 Sanford, R. F. 1934, *ApJ*, 79, 89  
 Tunca, Z., Keskin, V., Akan, M. C., Evren, S., & Ibanoglu, C. 1987, *Ap&SS*, 136, 63  
 Van Hamme, W. 1993, *AJ*, 106, 2096  
 Woodward, E. J. & Wilson, R. E. 1977, *Ap&SS*, 52, 387