

## 근접쌍성 AO Cam과 AW Cam의 공전 주기 연구<sup>1</sup>

김천휘 · 한원용<sup>2</sup>

한국표준과학연구원 천문대

나일성

연세대학교 천문대기과학과

(1992년 4월 17일 받음; 1992년 5월 10일 수리)

## PERIOD STUDIES OF CLOSE BINARIES, AO CAM AND AW CAM<sup>1</sup>

Chun-Hwey Kim and Won-Yong Han<sup>2</sup>

Korea Astronomy Observatory, Korea Research Institute of  
Standard and Science, Daejeon 305-348, Korea

and

Il-Seong Nha

Department of Astronomy and Atmospheric Science,  
Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

(Received April 17, 1992; accepted May 10, 1992)

### ABSTRACT

Photoelectric observations of close binary stars, AO Cam and AW Cam, were made during the 1984 observing season with the 61cm reflector at the Sobaeksan Observatory. One time of primary minimum for AO Cam and three primary epochs for AW Cam were derived from the observations of these two systems. Times of minimum light of these two binaries collected from literature were analyzed with a least square fitting method. New improved light elements for AO Cam and AW Cam were determined. The orbital period of AO Cam had been constant from October, 1980 (JD 2444520) to February, 1985 (JD 2446107). However, one secondary time of minimum (JD 2447864.7879) of AO Cam published recently by Mullis and Faulkner(1991) shows large deviation of about 4.6 minutes ( $0^d.0032$ ) from the one predicted by our new light elements. Future observations of times of minima for this

<sup>1</sup>이 연구는 과학기술처에서 시행하는 기본연구 개발 사업의 지원으로 수행되었음.

<sup>2</sup>Present address: Depart. of Physics and Astronomy, University College London, London, WC1E 6BT, U. K.

system are needed to test this period change. The orbital period of AW Cam has been constant as  $P = 0^d.77134645$  for about sixty years from the early 1930's to the present.

## 요 약

근접쌍성 AO Cam과 AW Cam을 1984년의 관측 계절에 소백산 천문대의 61cm 반사 망원경으로 광전 관측하였다. 이 두 별의 관측으로부터 AO Cam의 제 1 극심시각 1개와 AW Cam의 제 1 극심시각 3 개를 각각 구하였다. 여러 문헌으로부터 수집한 이 두 별의 극심시각들을 이용하여 최소자승법으로 AO Cam과 AW Cam의 새로운 광도요소를 구하였다. AO Cam의 공전주기는 1980년 10월(JD 2444520) 부터 1985년 2월(JD 2446107)까지 일정하였다. 그러나 최근에 Mullis와 Faulkner (1991)가 발표한 AO Cam의 1개의 제 2 극심시각 (JD 2447864. 7879)은 우리가 새로 구한 광도요소와 약 +4.6분 (0.0032일)의 큰 차이가 난다. AO Cam의 극심시각의 앞으로의 관측은 이 별의 공전주기 변화 연구에 중요하다. AW Cam의 공전주기는 지난 1930년대 초 이래 현재까지 약 60년 동안  $P = 0^d.77134645$ 로 일정하다.

## 1. 서 론

근접쌍성의 공전주기는 쌍성계의 역학적인 상태를 묘사하는 여러 변수들 중의 하나이다. 특히, 항성 내부 구조 상태, 제 3 천체의 존재, 또는, 질량 방출과 교환 등과 같은, 쌍성의 진화를 이해하는데 중요한 성질들이 근접쌍성의 공전주기 변화의 연구를 통해서 검출되기 때문에 근접쌍성의 공전주기는 많은 연구자들의 연구 주제이다. 이와 같은 근접쌍성의 공전주기는 극심시각의 분석을 통하여 결정되고, 개선되기 때문에 극심시각의 관측과 조직적인 수집은 이 분야의 연구를 위하여 필수적이다.

이러한 관점에서 Nha(1978)는 근접쌍성의 극심시각들의 조직적인 관측과 수집의 중요성에 대하여 역설한 바 있고, 관측한 극심시각과 계산된 극심시각의 차이를 그린 ( $O - C$ )도의 편찬 형식에 대하여 논의한 바 있다. 그러나 이러한 일련의 작업들은 그 양이 방대하여 국내외 여러 연구자들의 적극적인 협력없이 불가능하기 때문에 근접쌍성의 ( $O - C$ )도 편찬을 위한 Nha의 계획은 답보상태에 머물고 있었다. 다행히, 1991년 8월 아르헨티나 콜도바에서 "Evolutionary Processes in Interacting Binary Stars"란 주제로 개최된 IAU 심포지움 151에서 J. M. Kreiner, T. Herczeg, 그리고 필자(나일성, 김천휘)들은 근접쌍성의 공전 주기의 조직적 연구를 위하여 근접쌍성의 ( $O - C$ )도를 편찬하기로 합의하였다. 그 이후 이 연구가 국제 협력하에 본격적으로 현재 진행 중에 있다.

위에서 상술한 근접쌍성의 공전주기의 조직적인 연구의 일환으로 이 논문은 두 개의 근접쌍성 AO Cam과 AW Cam의 광전관측을 수행하여 얻은 극심시각을 제시하고 이 별들의 공전주기에 대하여 논의한다.

2. 관측과 새로운 극심시각

소백산 천문대의 61cm 반사망원경과 망원경에 부착된 광전측광기를 사용하여 AO Cam과 AW Cam을 1984년 1월부터 12월까지 총 13일 밤을 관측하였다. 관측에 사용한 필터는 Johnson의 *UBV* 필터와 근사한 유효 파장을 보이는 필터이다. 또한, 광전증배관은 Hamamatz 1P21으로 관측시 드라이아이스로 냉각시켰다. 광전증배관에서 나온 빛의 신호는 dc 증폭기에서 증폭되어 기록지에 기록된다. 기록된 출력 신호는 약 1분간 적분된 것이다. 관측 방법은 Kim *et al.*(1984)에 자세하게 설명되었으므로 여기서는 생략한다.

AO Cam의 밝기와 비교하기 위하여 선택한 비교성과 비교성의 밝기를 점검하기 위한 점검성 (check star)은 각각  $BD + 52^{\circ}0820(m_v = 9.3, Sp = G0)$ 와  $BD + 52^{\circ}0824(m_v = 9.4, Sp = K8)$ 이다. 한편, AW Cam의 비교성과 점검성은 각각  $BD + 69^{\circ}0390(m_v = 8.9, Sp = G0)$ 와  $BD + 70^{\circ}0419(m_v = 8.6, Sp = K8)$ 으로 Harris(1968)가 사용한 별들과 같다. 1984년의 관측 동안 AO Cam은 하루 밤 관측(1984년 12월 28일)에 성공하여 총 55점 (yellow는 22점, blue는 22점, ultraviolet는 11점)을 얻었다. 표 1에 AO Cam의 관측점을 수록하였고, 그 광도곡선은 그림 1과 같다. 한편, AW Cam은 총 12일 밤을 관측하여 총 889점 (yellow는 356점, blue는 352점, ultraviolet는 182점)을 얻었다. AW Cam의 관측점들과 광도곡선은 다른 곳에 발표할 예정이므로 이 논문에는 수록하지 않았다.

AO Cam과 AW Cam의 *ubv* 관측점들로부터 Kwee와 van Woerden(1956)의 방법을 이용하여 모두 12개의 제 1 극심시각을 구하였다. 각 필터 별로 얻은 AO Cam과 AW Cam의 제 1 극심시각들을 그들의 내부 오차와 함께 표 2에 수록하였다. 표 2에서 네번째 열은 각 필터 별로 얻은 극심시각들의 내부 오차를 고려하여 평균한 극심시각이다.

표 1. AO Cam의 *ubv* 관측점

JD Hel (2446060+)	$\Delta v$	JD Hel (2446060+)	$\Delta b$	JD Hel (2446060+)	$\Delta u$
2.9747	0.521	2.9755	0.761	2.9763	0.837
2.9776	0.545	2.9770	0.782	2.9876	1.042
2.9861	0.699	2.9868	0.974	2.9991	1.242
2.9889	0.753	2.9883	0.989	3.0070	1.370
2.9977	0.916	2.9983	1.172	3.0189	1.238
3.0005	0.939	2.9999	1.172	3.0267	1.078
3.0057	0.973	3.0063	1.224	3.0407	0.836
3.0084	1.003	3.0077	1.217	3.0498	0.748
3.0178	0.909	3.0183	1.148	3.0633	0.604
3.0202	0.871	3.0196	1.129	3.0730	0.587
3.0257	0.789	3.0264	1.006	3.0830	0.537
3.0295	0.714	3.0283	0.976		
3.0392	0.598	3.0398	0.829		
3.0422	0.564	3.0416	0.800		
3.0484	0.512	3.0490	0.742		
3.0511	0.498	3.0505	0.731		
3.0619	0.438	3.0625	0.666		
3.0654	0.432	3.0666	0.645		
3.0716	0.405	3.0723	0.629		
3.0746	0.387	3.0737	0.616		
3.0816	0.374	3.0823	0.612		
3.0845	0.369	3.0838	0.604		

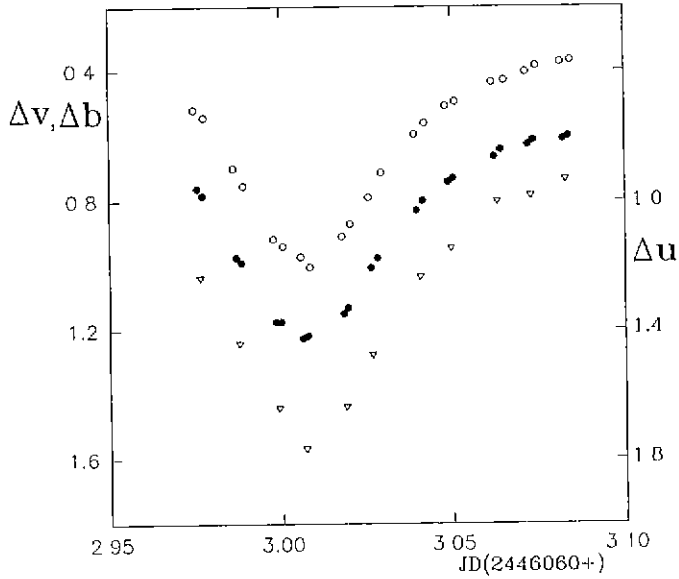


그림 1. AO Cam의 제 1 극심 *ubv* 부근의 광도곡선.

표 2. 소백산 천문대에서 관측한 AO Cam과 AW Cam의 극심시각

별 이름	극심시각 (JD 2440000+)	사용 필터	평균극심시각 (JD 2440000+)
AO Cam	6063.00836 ± 41	<i>u</i>	6063.00826 ± 36
	.00808 ± 33	<i>b</i>	
	.00838 ± 35	<i>v</i>	
AW Cam	5749.21977 ± 82	<i>u</i>	5749.22018 ± 51
	.22001 ± 37	<i>b</i>	
	22041 ± 35	<i>v</i>	5749.99183 ± 39
	.99210 ± 52	<i>u</i>	
	.99215 ± 28	<i>b</i>	
	.99116 ± 36	<i>v</i>	6032.30386 ± 23
	6032.30386 ± 39	<i>u</i>	
	.30378 ± 10	<i>b</i>	
	.30416 ± 20	<i>v</i>	

3. AO Cam의 공전주기 연구

1966년에 Hoffmeister에 의하여 광도가 변한다는 것이 처음 밝혀진 AO Cam ( $BD+52^{\circ}0389$ ,  $m_v = 9.5$ )은 공전주기가 0.330일인 W UMa형 근접쌍성이다(Evans III *et al.* 1985). Milone *et al.*(1982)은 AO Cam의 광전관측을 처음으로 시도하여 이 별의 예비적 광도곡선 해와 공전주기 ( $P = 0.329917$  일)를 산출하였다. 그 이후 Evans III *et al.*(1985)은 이 별을 다시 광전관측하여 AO Cam의 해와 공전주기( $P = 0.329905519$  일)를 개선하였다. 한편, Cooke와 Leung(1985)은 Milone *et al.*의 광도곡선을 재분석한 바 있다.

1980년에 수행된 Milone *et al.*의 AW Cam의 관측과 1984년에 시도된 Evans *et al.*의 관측 사이의 시간 간격이 약 4년으로 비교적 짧아서 Evans III *et al.*이 정한 광도요소가 그들의 연구 이후 현재까지 약 7년간에 걸쳐 발표된 극심시각들을 만족하는가의 여부와 이 별의 주기변화의 양상을 살펴보는 것은 의미있는 연구일 것이다. 따라서 AO Cam의 극심시각을 여러 문헌으로부터 조사하였고 표 3에 수록한 것 같이 이 연구에서 새로 결정한 1개를 포함하여 총 20개가 수집되었다. 수집한 극심시각들은 모두 광전관측에 의하여 결정된 것이다. 그 중에서 9개가 제 1 극심시각이며 그 나머지 11개가 제 2 극심시각이다. 표 3의 첫번째 열은 관측된 극심시각, 두번째 열은 극심시각의 형태로 I은 제 1 극심, II는 제 2 극심을 각각 나타낸다. 세번째 열은 관측 방법을 표시하는데 PE는 광전 관측을 나타낸다. 먼저 AO Cam의 공전주기 변화의 양상을 조사하기 위하여 가장 최근에 Evans III *et al.*이 결정한 다음과 같은 광도요소를 사용하였다.

표 3. 수집한 AO Cam의 극심시각

JD Hel (2440000+)	식의 형태	관측 방법	공전 횟수	$O - C_1$	$O - C_2$	비 고
4520.8657	II	PE	-3712.5	0.0005	-0.0006	Milone <i>et al.</i> (1982)
4558.8054	II	PE	-3597.5	0.0011	0.0000	Milone <i>et al.</i> (1982)
4559.7950	II	PE	-3594.5	0.0010	-0.0001	Milone <i>et al.</i> (1982)
4559.9610	I	PE	-3594.0	0.0020	0.0009	Milone <i>et al.</i> (1982)
5732.8067	II	PE	-39.5	-0.0014	-0.0012	Evans III <i>et al.</i> (1985)
5738.5463	II	PE	-21.5	-0.0001	0.0001	Evans III <i>et al.</i> (1985)
5745.6402	I	PE	0.0	0.0008	0.0011	Evans III <i>et al.</i> (1985)
5752.5676	I	PE	21.0	0.0002	0.0005	Evans III <i>et al.</i> (1985)
6006.4281	II	PE	790.5	-0.0016	-0.0010	Pohl <i>et al.</i> (1985)
6022.4290	I	PE	839.0	-0.0011	-0.0005	Pohl <i>et al.</i> (1985)
6024.7389	I	PE	846.0	-0.0005	0.0000	Evans III <i>et al.</i> (1985)
6036.2858	I	PE	881.0	-0.0004	0.0003	Pohl <i>et al.</i> (1985)
6036.4198	II	PE	881.5	-0.0013	-0.0007	Pohl <i>et al.</i> (1985)
6036.6157	I	PE	882.0	-0.0004	0.0003	Pohl <i>et al.</i> (1985)
6063.0083	I	PE	962.0	-0.0002	0.0004	This paper
6100.2871	I	PE	1075.0	-0.0007	-0.0000	Pohl <i>et al.</i> (1987)
6107.3796	II	PE	1096.5	-0.0012	-0.0005	Pohl <i>et al.</i> (1987)
6429.6979	II	PE	2073.5	-0.0006	0.0005	Faulkner(1986)
6436.6260	II	PE	2094.5	-0.0005	0.0006	Faulkner(1986)
7864.7879	II	PE	6423.5	0.0004	0.0032	Mullis & Faulkner(1991)

$$C_1 = JD Hel 2445745.6394 + 0^d.329905519 E. \quad (1)$$

표 3의 세번째 열과 네번째 열은 (1)식으로 산정한 공전 횟수  $E$ 와 개개의 관측된 극심시각과 (1)식으로 계산한 극심시각과의 차이( $O - C_1$ )를 각각 나타낸다. 이  $O - C_1$  값을 그림 2에 그렸다. 이 그림에서 열린 원과 플러스 기호는 제 1 극심과 제 2 극심을 각각 표시한다. 이 그림에서 오차 표시가 된 극심시각은 우리가 관측한 극심시각으로 Kwce와 van Woerden 방법으로 계산한 내부 오차 ( $\pm 0.0004$  일)를 그린 것이다.

그림 2에서 보듯이 AO Cam의 극심시각들의  $O - C_1$  값들은 공전 횟수  $E$ 가 -3,000 근처에서 2100까지 점차 감소하다가  $E$ 가 2100을 전후로 하여 증가하는 양상을 보인다. 이와 같은 AO Cam의 공전 주기 변화 양상을, 그림 2에서 포물선과 짧은 직선으로 보인 바와 같이, 두 가지 방법으로 해석할 수도 있다. 즉, AO Cam의 주기가 그림 2의 포물선 모양처럼 연속적으로 증가하고 있다고 설명할 수도 있고 그와는 반대로 그림 2의 직선처럼 일정한 주기를 갖다가  $E$ 가 2100을 전후로 하여 갑작스럽게 주기의 증가를 보인다는 해석을 내릴 수도 있다. 그러나 이 두가지 해석 중 어느 것이 AO Cam의 공전주기의 변화를 더 잘 설명할 수 있는지를 판단하는 것은 현재로서 매우 성급한 일이다. 그 이유는 만약 그림 2의 맨 마지막에 있는 제 2 극심시각( $JD Hel 2447864.7879$ )을 무시한다면 위의 두가지 해석은 사라져 버리고 AO Cam의 공전 주기는 그림 2의 직선처럼 일정하기 때문이다.

따라서 우리는 AO Cam의 공전 주기 변화에 대한 결론을 이 논문에서는 유보하고 그림 2의 맨 마지막에 있는 제 2 극심시각을 제외한 나머지 19개의 극심시각을 이용하여 최소자승법으로 AO Cam의 광도요소를 (2)식과 같이 개선하였다.

$$C_2 = JD Hel 2445745.6391 + 0^d.32990514 E. \quad (2)$$

$\pm 2 \qquad \qquad \qquad \pm 3$

이 식으로 구한  $O - C_2$  값들을 표 3의 다섯번째 열에 수록하였다. (1)식과 (2)식을 비교하면 우리가 구한 주기가 Evans III et al.의 것보다 약 0.03초 정도 더 짧다. (2)식을 가지고 새로 작성한 ( $O - C_2$ ) 도를 그림 3과 같이 그렸다.

#### 4. AW Cam의 공전주기 연구

Strohmeier et al.(1963)에 의하여 식쌍성으로 처음 발견된 AW Cam(BV 412,  $BD + 69^\circ 389$ , HD 48049)은 공전주기가 0.771일이며 주성과 반성의 분광형이 각각 A0V와 F7III-IV인 Lyrae형 근접쌍성이다. 이 별의 최초의 광전관측으로 얻은 광도곡선은 Bartolini(1967), Tempesti(1967), 그리고 Harris(1968)에 의하여 거의 같은 시기에 발표되었다. 이와 같은 시기에 최초의 분광관측도 Mammano et al.(1967)에 의하여 수행되었다. 그 이후 Bartolini와 Harris가 제시한 광도곡선들을 재 분석하는 연구들이 최근에 여러 학자들에 의하여 시도되었다 (Giuricin와 Mardirossian 1981, Russo와 Milano 1983).

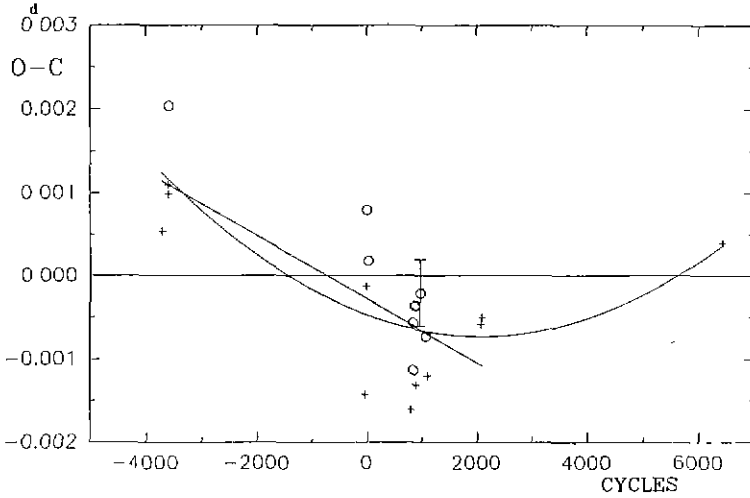


그림 2. Evans, III *et al.*(1985)의 광도요소로 계산한 AO Cam의  $(O - C_1)$ 도. 이 그림에서 열린원과 플러스 기호는 광전관측으로 얻은 제 1극심과 제 2극심시각을 각각 나타낸다. 이 그림에서 오차 표시가 된 극심시각은 우리가 관측한 극심시각으로 Kwee와 van Woerden 방법으로 계산한 내부 오차( $\pm 0.0004$ 일)를 그린 것이다. 그림의 직선과 포물선의 의미는 본문에 자세하게 설명되어 있다.

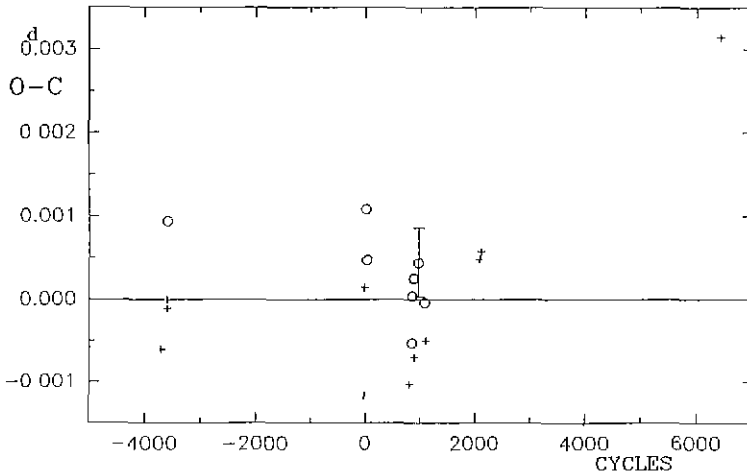


그림 3. (2)식의 광도요소로 계산한 AO Cam의  $(O - C_2)$ 도. 이 그림의 기호들의 의미는 그림 2와 같다.

AW Cam의 공전주기에 대한 연구는 Harris 이후 20여년이 지난 현재까지 수행되지 않고 있다. 따라서, AW Cam의 공전주기의 변화 양상을 살펴 보기 위하여 이 별의 극심시각을 여러 문헌으로부터 수집하였다. 이 별의 극심시각은 표 4에 수록한 것 같이 이 연구로 결정된 3개를 포함하여 총 61개가 수집되었다. 그 중 33개가 사진관측에 의한 것이고 그 나머지 28개가 광전 관측치이다. 광전관측치 중에서 Harris가 결정한 극심시각들은 그가 발표한 개개의 관측점들을 이용하여 Kwee와 van Woerden의 방법으로 재결정하였다. 표 4에서 첫번째 열의 \* 표로 표시된 것이 이렇게 다시 재결정한 Harris의 극심시각이다. 표 4의 각 열은 표 3에서 설명한 바와 같다. 단, 세번째 열의 PG는 사진관측을 나타낸다. 먼저, AW Cam의 공전주기 변화의 양상을 조사하기 위하여 Harris의 다음과 같은 광도요소

$$C_1 = JD \text{ Hel } 2426350.6225 + 0^d.7713468 E. \quad (3)$$

를 사용하였다. 개개의 관측된 극심시각과 이 광도요소로 계산한 극심시각과의 차이인  $O - C_1$  값이 표 4의 다섯번째 열에 수록된 값이다. 이  $O - C_1$  값을 그림 4에 그렸다. 이 그림 속의 작은 점들은 사진관측으로 얻은 제 1 극심시각을 표시한다. 그외의 기호 설명은 그림 2와 같다.

이 그림에서 보듯이 Harris의 광도요소는 1965년 이전의 사진관측치에 대해서는 잘 맞는 것 같으나 그 이후에 광전관측으로 얻은 극심시각은 그의 광도요소로부터  $O - C_1 = 0$ 의 아래로 비껴나가고 있다. 또한, 1965년 이후의  $O - C_1$  값들은 그림 4에 그랬듯이 하나의 짧은 직선으로 나타낼 수 있어 주기변화가 없는 것처럼 보인다. 이러한  $O - C_1$ 의 양상에 대하여 다음과 같이 추리할 수 있다. 만약, (3)식의 Harris의 광도요소가 1930년 부터 1965년경까지 AW Cam의 공전주기를 잘 표시한 것이라면 1965년경에 갑작스럽게 주기가 감소되어 그 이후의 관측치들은 Harris의 광도요소를 만족시키지 못한 것으로 판단할 수 있다. 그러나, 이러한 논리는 그림에서 보듯이 1965년 이전에 관측된 극심시각들의 심한 분산(scatter)을 감안한다면 타당하지 못한 것 같다. 사진관측으로 얻은 극심시각들은 거의 같은 시기에도 약  $\pm 0.03$ 일 정도의 큰 폭을 보이면서 서로 일치하지 않고 있다. 그 반면 1965년 이후의 광전관측치는 그 폭이  $\pm 0.001$ 일 정도로 사진관측치에 비하여 대단히 작다. 따라서, 사진관측에 의한 극심시각의  $O - C_1$  값들의 분산은 관측오차에 기인한 것이라고 판단된다. 그러므로 AW Cam의 공전주기가 1965년경에 갑작스러운 주기변화를 겪고 그 이후 공전주기가 일정하다고 보는 것은 사진관측치에 비중을 둔 타당하지 못한 것으로 결론짓는다. 따라서, 이 연구에서는 관측 정밀도가 높은 광전관측치만을 사용하여 이 계의 광도요소를 최소자승법으로 다음과 같이 재결정 하였다.

$$C_2 = JD \text{ Hel } 2438706.8269 + 0^d.77134645 E. \quad (4)$$

$\pm 2 \qquad \qquad \qquad \pm 3$

이 식으로 구한  $O - C_2$  값들을 표 4의 일곱번째 열에 수록하였다. (3)식과 (4)식을 비교하면 우리가 구한 주기가 Harris의 것보다 약 0.03초 정도 짧다. 그림 5는 (4)식을 가지고 새로 작성한 ( $O - C_2$ )도이다. 이 그림은 1965년 이후의 광전관측 극심시각들 뿐만 아니라 그 이전의 사진 관측치도 새로 정한 광도요소에 잘 따르고 있음을 보여주고 있다.



표 4. AW Cam의 관측된 극심시각

JD Hel (2440000+)	식의 형태	관측 방법	공전 횟수	$O - C_1$	공전 횟수	$O - C_2$	비고 <sup>+</sup>
26351.371	I	PG	1 0	-0.023	-16018.0	-0.028	ST
26365.288	I	PG	19.0	0.010	-16006.0	0.004	ST
26631.403	I	PG	364.0	0.010	-15655.0	0.005	ST
26654.534	I	PG	394.0	0.001	-15625.0	-0.005	ST
27039.438	I	PG	893.0	0.003	-15126.0	-0.003	ST
27060.244	I	PG	920.0	-0.018	-15099.0	-0.023	ST
27396.575	I	PG	1356.0	0.006	-14663.0	0.001	ST
27505.308	I	PG	1497.0	-0.021	-14522.0	-0.026	ST
27505.349	I	PG	1497.0	0.020	-14522.0	0.015	ST
27754.459	I	PG	1820.0	-0.015	-14199.0	-0.020	ST
28108.521	I	PG	2279.0	-0.001	-13740.0	-0.006	ST
28108.542	I	PG	2279.0	0.020	-13740.0	0.015	ST
28210.332	I	PG	2411.0	0.012	-13608.0	0.008	ST
28962.382	I	PG	3386.0	-0.021	-12633.0	-0.025	ST
29023.358	I	PG	3465.0	0.019	-12551.0	0.014	ST
29167.585	I	PG	3652.0	0.004	-12367.0	-0.000	ST
29303.328	I	PG	3828.0	-0.010	-12191.0	-0.014	ST
29303.349	I	PG	3828.0	0.011	-12191.0	0.007	ST
29367.388	I	PG	3911.0	0.028	-12108.0	0.024	ST
36603.341	I	PG	13292.0	-0.023	-2727.0	-0.024	ST
36603.386	I	PG	13292.0	0.022	-2727.0	0.031	ST
36603.386	I	PG	13292.0	0.022	-2727.0	0.021	ST
36613.358	I	PG	13305.0	-0.034	-2714.0	-0.035	ST
36613.358	I	PG	13305.0	-0.034	-2714.0	-0.035	ST
36630.333	I	PG	13327.0	-0.028	-2692.0	-0.029	ST
36637.299	I	PG	13336.0	-0.004	-2683.0	-0.005	ST
36637.299	I	PG	13336.0	-0.004	-2683.0	-0.005	ST
37318.378	I	PG	14219.0	-0.025	-1800.0	-0.025	ST
37318.428	I	PG	14219.0	0.025	-1800.0	0.025	ST
37345.377	I	PG	14254.0	-0.023	-1765.0	-0.023	ST
37696.367	I	PG	14709.0	0.004	-1310.0	0.004	ST
38002.560	I	PG	15106.0	-0.027	-913.0	-0.028	ST
38002.610	I	PG	15106.0	0.028	-913.0	0.022	ST
38706.8263	I	PE	16019.0	-0.0006	0.0	-0.0006	HA
38736.5246	II	PE	16057.5	0.0009	38.5	0.0009	BA
38738.4522	I	PE	16060.0	0.0001	41.0	0.0001	TE
38742.3084	I	PE	16065.0	-0.0004	46.0	-0.0004	BA
38765.4496	I	PE	16095.0	0.0004	76.0	0.0004	BA
38769.3068	I	PE	16100.0	0.0008	81.0	0.0008	TE
38785.5033	I	PE	16121.0	-0.0010	102.0	-0.0009	BA
38785.5040	I	PE	16121.0	-0.0003	102.0	-0.0002	TE
38786.2764	I	PE	16122.0	0.0068	103.0	0.0008	TE
38799.3830	I	PE	16139.0	-0.0005	120.0	-0.0005	BA
39047.7623*	I	PE	16461.0	0.0001	442.0	0.0003	HA
39050.8470*	I	PE	16465.0	-0.0006	446.0	-0.0004	HA
39064.7318*	I	PE	16483.0	-0.0000	464.0	0.0002	HA
39089.4145	I	PE	16515.0	-0.0004	496.0	-0.0002	TE
39094.8148*	I	PE	16522.0	0.0005	503.0	0.0006	HA
41990.4479	I	PE	20276.0	-0.0023	4257.0	-0.0008	ZB
42344.4962	I	PE	20735.0	-0.0022	4716.0	-0.0006	ZB
42417.3887	II	PE	20829.5	-0.0020	4810.5	-0.0063	ZB
45749.2202	I	PE	25149.0	-0.0030	9130.0	0.0062	TH
45749.9918	I	PE	25150.0	-0.0027	9131.0	0.0065	TH
46032.3039	I	PE	25516.0	-0.0036	9497.0	-0.0003	TH
46474.2849	I	PE	26089.0	-0.0043	10070.0	-0.0008	PO
46836.81707	I	PE	26559.0	-0.0051	10540.0	-0.00141	CB
46877.70027	I	PE	26612.0	-0.0033	10593.0	0.00043	CB
46894.67054	I	PE	26634.0	-0.0026	10615.0	0.00107	CB
47184.69471	I	PE	27010.0	-0.0049	10991.0	-0.00102	CB
47543.75928	II	PE	27475.5	-0.0022	11456.5	0.00178	CB
47596.59558	I	PE	27544.0	-0.0032	11525.0	0.00084	CB

\* : 이 연구에서 재결정한 Harris의 극심시각임

+ : ST=Strohmeier *et al.* (1963), HA=Harris (1968), BA=Bartolini (1967),  
TE=Tempesti (1967), TH=This paper, ZB=Zavatti & Burchi (1975),  
PO=Pohl *et al.* (1987), CB=Caton *et al.* (1991)

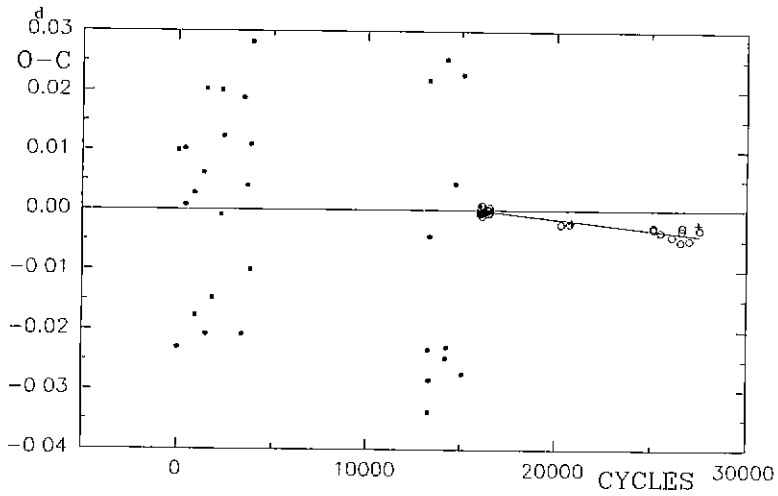


그림 4. Harris(1968)의 광도요소로 계산한 AW Cam의 ( $O - C_1$ )도. 이 그림에서 작은 점은 사진 관측으로 얻은 제 1 극심을 표시한다. 나머지 기호들은 그림 2에 설명된 것과 같다. 이 그림의 짧은 직선의 의미는 본문에 자세하게 설명되어 있다.

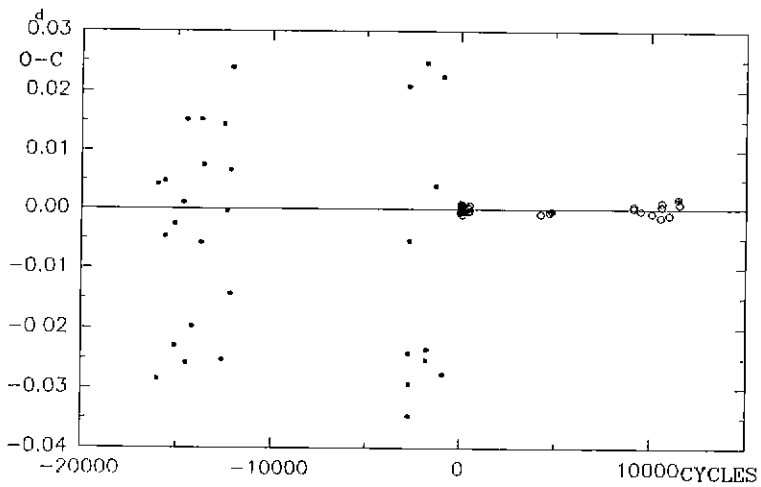


그림 5. (4)식의 광도요소로 계산한 AW Cam의 ( $O - C_2$ )도. 이 그림의 기호들은 그림 4에서 설명된 것과 같다.

## 5. 결론과 논의

AO Cam과 AW Cam의 극심시각의 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, AW Cam의 공전주기는 지난 1930년대 초 이래 현재까지  $P = 0^d.77134645$ 로 일정하다. 이 별의 관측을 위해서는 우리가 구한 AW Cam의 광도요소((4)식)를 일정기간 동안 변경함이 없이 사용할 수 있을 것이라고 기대한다. 둘째, Mullis와 Faulkner(1991)가 최근에 발표한 AO Cam의 1개의 제 2 극심시각 (JD Hel 2447874.7879)은 우리가 구한 (2)식의 광도요소와 약 +4.6분(0.0032일)이나 되는 큰 차이가 난다. 그러나 이 차이를 가지고 AO Cam의 공전주기의 변화 양상을 파악하려는 것은 현재로서는 성급한 것 같다.

한편, 그림 2와 3에서 보듯이 AO Cam의 경우에 있어서는 제 1 극심시각의 ( $O - C$ ) 값들은 거의 모두가 제 2 극심시각의 ( $O - C$ ) 값들 보다 약 1.5분(0.00107일) 정도 더 크다. 이와 같은 양상을 맨 마지막에 있는 세 개의 극심시각 (JD Hel 2446429.6979, JD Hel 2446436.6260, JD Hel 2447874.7879)에 적용하면 그 때의 제 1 극심시각은 제 2 극심시각의 ( $O - C$ ) 값 보다 약 1.5분 크게 나타났을 것으로 유추할 수 있다. 우리의 추리가 틀리지 않는다면 AO Cam의 공전주기는 짧은 기간 동안에도 연속적 또는 불연속적으로 변화하는 것으로 생각할 수 있다. 이러한 관점에서 AO Cam의 앞으로의 극심시각 관측은 이 별의 공전주기 변화 연구에 대단히 중요하다.

감사의 글 : 이 연구는 과학기술처에서 시행하는 기본연구 개발사업(과제 번호 92-5100-003)의 지원으로 수행되었음을 밝혀 둡니다. 이 논문의 원고의 타자를 도와 준 임조령 양께 감사합니다.

## 참 고 문 헌

- Bartolini, C. 1967, Mem. Soc. Astron. Ital., 38, 311.  
 Caton, D. B., Burns, W. C. & Hawkins, R. L. 1991, IBVS, No 3552.  
 Cooke, D. B. & Leung, K.-C. 1985, Ap&SS, 113, 25.  
 Evans III, E. E., Grosseoeehme, D. H. & Moyer, Jr. E. J. 1985, PASP, 97, 648.  
 Faulkner, D. R. 1986, PASP, 98, 690.  
 Giuricin, G. & Mardrossian, F. 1981, Ap&SS, 45, 85.  
 Harris, A. J. 1968, AJ, 73, 164.  
 Kim, C.-H., Han, W.-Y., Ahn, Y.-S. & Kim, T.-H. 1984, Pub. Korean Nat'l Astron. Obs., 6, 15.  
 Kwee, K. K. & van Woerden, H. 1956, Bull. Astron. Inst. Neth., 12, 327.  
 Mammano, A., Margoni, R. & Stagni, R., 1967, Mem. Soc. Astron. Ital., 38, 509.  
 Milone, E. F., Piggott, D. H. & Morris, S. L. 1982, J. Roy. Astron. Soc. Can., 76, No. 2, 90.  
 Mullis, C. R. & Faulkner, D. R. 1991, IBVS, No. 3593.  
 Nha, I.-S., 1978, Bull. Korean Astron. Soc., No. 3, 45.  
 Pohl, E., Akan, M. C., Ibanoglu, C., Sezer, C. & Gudur, N. 1987, IBVS, No. 3078.  
 Pohl, E., Tunca, Z., Gulmen, O. & Evren, S. 1985, IBVS, No. 2793.  
 Russo, G. & Milano, L. 1983, Ap&SS, 52, 311.  
 Strohmeier, W., Knigge, R. & Ott, H. 1963, Veroff. Remeis. Sternwarte Bamberg, 5, No. 6.  
 Tempesti, P. 1967, Mem. Soc. Astron. Ital., 38, 319.  
 Zavatti, F. & Burchi, R. 1975, IBVS, No. 1028.