

## AZ Cas의 RI 관측과 측광학적 연구<sup>1</sup>

이용삼

충북대학교 천문우주학과

김동우

연세대학교 천문대

## RI OBSERVATIONS AND PHOTOMETRIC STUDY OF AZ CAS<sup>1</sup>

Yong-Sam Lee

Department of Astronomy and Space Science  
Chungbuk National University, Chungju 360-763, Korea  
e-mail leeys@astro.chungbuk.ac.kr

Dong-Woo Gim

Yonsei University Observatory, Seoul 120-749, Korea

(Received June 7, 1994; Accepted August 12, 1994)

### 요 약

초장주기 식쌍성 AZ Cas의 RI 측광관측을 1990년부터 1993년까지 3년간 연세대학교 천문대 60 cm Goto 반사망원경으로 수행하였다. 총 관측일 수는 77일이고 관측점은 884점이다. 매년 관측한 모든 관측값들을 가지고 표준화 등급으로 환산하여 AZ Cas의 R, I, 색지수의 광도곡선을 만들어 제시하였다. 이 광도곡선의 위상의 구간은 식현상이 없는 0.<sup>p</sup>54 ~ 0.<sup>p</sup>87 이며, 광도곡선상에서 식 바깥에서의 광도의 변화는 나타나지 않았다.

### ABSTRACT

RI photometric observations of an extreme long period eclipsing binary star AZ Cas have been made at the Yonsei University Observatory using the 60-cm Goto reflector for three seasons from 1990 to 1993. A total of 884 observations are made for 77 nights. All the data are standardized and determined the magnitudes and colors of AZ Cas. No significant light variation at the

---

<sup>1</sup>이 논문은 교육부의 1993년도 기초과학연구소 학술연구 조성비로 수행된 것임.

outside eclipse phase between  $0.^{\text{p}}54 \sim 0.^{\text{p}}87$ . *RI* and color curves of AZ Cas are presented.

## 1. 서 론

AZ Cas는 낮은 온도의 M형인 초거성과 B형인 고온의 동반성간에 확장된 대기의 식을 일으키는 VV Cep형의 초장주기 식쌍성이다. Ashbrook (1956)이 사진 관측자료를 처리하여 처음 변광현상을 발견한 이래 지금까지 약 9.3년 마다 반복되는 제 1식심은 총 4회가 있었으나 제 1식심 부분의 측광 관측만 부분적으로 관측되었을 뿐이다. 이 별의 광도가 어둡고 주기가 긴 때문에 전 위상에 걸친 연속적인 측광 관측은 아직 없는 상태이다. 지금까지의 측광 연구에서 AZ Cas의 주기는 VV Cep형의 일반적인 주기 20년 보다 주기가 짧은 3402 ~ 3406일 정도로 알려져 있으며, Ashbrook이 발견 당시 발표한 주기는 3406일이다. Larsson-Leander (1959)가 1957년에 있었던 제 1식심 부근의 제 3점측에서 제 4점측까지의 광전측광 관측으로 구한 식심 시각은 Ashbrook의 광도요소로 예상한 날 보다 6일 정도 더 빨리 일어났다. 그 후 Bonnell과 Herczeg (1976)는 주기를 3402일로 개정하였으나 Florkowski (1975)는 측광관측 자료로부터 3402일은 너무 짧은 값이라고 발표하였다. 그러나 Cowley *et al.* (1977)는 1957년과 1976년의 자료를 사용하여 오히려 공전주기가 더 짧은 광도요소

$$\text{Min } I = \text{JD Hel. } 2432481 + 3401^{\text{d}}E \quad (1)$$

를 발표하였다. 제 1식심의 광도곡선을 살펴보면 식의 지속시간의 큰 변화가 있음을 알 수 있다. Ashbrook이 처음 연구했을 당시 1901년부터 1948년 사이의 사진관측 자료에서 얻은 평균 극심 지속시간은 86일 이었으나 후에 Cowley와 Hutchings (1977)은 1957년 식심때는 9일이 더 긴 95일 이었다. 그 후 1975년의 식심에서는 광전 관측을 통하여 식심부분의 위상 범위를 골고루 잘 관측된 자료와 분광 관측자료를 참고하여 개기식의 지속시간이 적어도 105일 정도 있었음을 알았다. 이와같이 개기식 시간이 계속 증가하는 현상이 나타나는 이유에 대해 Cowley와 Hutchings은 이 쌍성계의 궤도 경사각이 80도인 상태에서 M형 초거성의 5% 정도의 변화가 발생되었으며, 이와 같은 현상은 25 ~ 30년동안 0.1 등급의 광도 변화를 유발한다고 하였다. AZ Cas와 같이 이심율이 ( $e = 0.55$ ) 큰 쌍성계에서 근지점을 통과할때 강한 조석현상 등 상호작용이 발생되며, 공전 위상에 따라 운동속도가 일정하지 않기 때문에 이 쌍성계의 장축이 회전하는 근성점이동으로 인하여 현재의 궤도의 방향으로는 극소 지속시간은 앞으로도 계속 늘어날 것이라 하였다. AZ Cas는 두 별 사이에 강한 상호작용이 있고 공전궤도 이심율이 큰 쌍성계로 근성점을 통과할때 상호작용으로 인하여 질량 손실이 일어난다. AZ Cas의 전 위상에 걸친 광도곡선이 완성되어야 좀더 확실한 AZ Cas의 측광학적 해를 구할 수 있게 될 것이다. AZ Cas의 연구는 만기형 초거성의 질량, 반경과 질량이 큰 별의 진화의 연구와 질량 손실에 대한 정보를 얻고 항성의 대기구조를 파악하는데 중요한 자료가 될 것이다.

2. 측광관측과 광도 곡선

AZ Cas의 R과 I의 측광관측을 1990년 9월부터 1993년 1월까지 총 77일밤 관측을 수행하여 R과 I의 필터로 각각 442점을 얻었다. 이 관측은 1982년부터 1992년까지의 연세대학교 천문대 장주기 식쌍성 관측의 제 1차 10개년 계획에 포함된 것이다. 관측방법과 관측자료의 계산처리 과정은 Nha *et al.* (1992)이 제시한 방법으로 하였다. 관측에 사용한 관측기기들은 관측기간 중에 관측기기들의 교체로 인하여 동일한 것을 사용하지 못하였다. 1990 ~ 1991년 기간의 관측은 RCA C31034A 광전증배관을 장치한 광전측광기(정장해 외 1990)를 사용하였고 1992 ~ 1993년 기간에는 Optec사의 SSP-5 광전측광기를 사용하였다. 위 기간 동안 모두 연세대학교 천문대 일산관측소의 61-cm GOTO 카세그레인 망원경을 사용하였다. AZ Cas의 측광관측을 위해 사용한 비교성은 BD + 60°0308 (B8)이고 검토행은 BD + 60°0296 (G0) 이다. 비교성의 R, I 관측 자료를 가지고 매 관측일 밤의 대기 감광계수  $K_r$ 과  $K_i$ 를 구하여 관측계절에 관측한 표준성과 연구성의 기기등급을 구하였다. 1991년 9월부터 1991년 12월까지의  $K_r$ 과  $K_i$ 의 값은 Jeong *et al.* (1992)이 발표한 바 있으며 이 관측 기간동안 감광계수는  $K_r$ 이 0.399이고  $K_i$ 는 0.363이었는데 1992년 9월부터 1993년 1월까지 기간의  $K_r$ 과  $K_i$ 의 값은 관측한 별에 따라 표 1에 수록한 것 같이 동일한 관측일에도 적경과 관측 시간대가 서로 다른 경우  $K_r$ 과  $K_i$ 의 값이 상이함을 알 수 있다.

표 1. 연세대 천문대의 1992-1993년 관측일의 R과 I의 대기 감광계수  $K_r$ 과  $K_i$ .

관측일 월 일	26 Cyg 또는 BD + 60°0308 (31 Cyg, AZ Cas의 비교성)		$\lambda$ Aur ( $\epsilon$ , $\zeta$ Aur의 비교성)	
	$K_r$	$K_i$	$K_r$	$K_i$
9/3	0.140	0.137	0.325	0.258
24	0.162	0.154	0.301	0.277
10/1	0.176	0.149	0.282	0.202
23	0.362	0.334	0.450	0.358
23*	0.285	0.251	-	-
11/1	0.279	0.279	-	-
8	0.229	0.195	0.349	0.250
12/27	0.189	0.182	0.353	0.208
1/26	0.252	0.231	0.381	0.230
평균	0.230	0.212	0.349	0.255

\* 대기상태의 변화로 2개의 값이 있음.

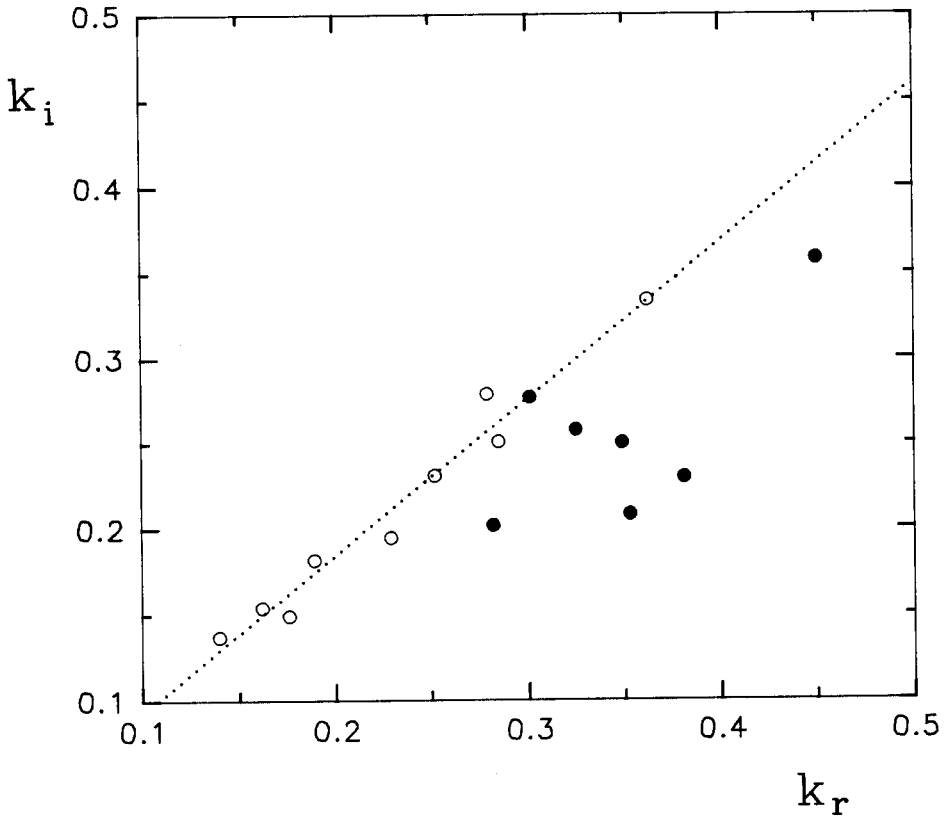


그림 1. 연세대학교 천문대의 1992-1993년 관측일의  $R$ 과  $I$ 의 대기 감광계수( $K_r$ ,  $K_i$ )도. 그림에서 열린 원은 26 Cyg와  $BD+60^\circ 0308$ 의 관측점이고 두계수의 관계를 점선으로 표시 하였고, 점으로 표시한 것은  $\lambda$  Aur의 관측점이다.

그림 1은 이 자료를 가지고  $K_r$ 과  $K_i$ 의 관계를 나타낸 것이다. 주로 서쪽 하늘을 향해 관측한 26 Cyg와  $BD + 60^\circ 0308$  (AZ Cas의 비교성)의  $K_r$ 과  $K_i$ 의 평균값은 각각 0.230과 0.212 이었으나 이 별을 관측한 후 동쪽을 향해 관측한  $\lambda$  Aur ( $\epsilon$  Aur,  $\zeta$  Aur의 비교성)에 대해선  $K_r$ 과  $K_i$ 의 평균값이 각각 0.349와 0.255이었다. 이 값의 차이는 서쪽 방향은 한강 하류와 서해쪽으로 이어지는 반면에 동쪽 하늘은 도심의 내륙쪽으로 이어져서 더 많은 공해의 영향을 받은 것으로 보인다. 관측 시간의 경과에 따라 저녁 보다는 새벽안개 등 기상 영향도 있겠다. 그림 1에서 열린 원(o)으로 표시한 26 Cyg와  $BD + 60^\circ 0308$  (AZ Cas의 비교성)의 값을 가지고  $K_r$ 과  $K_i$ 의 관계를 점선으로 표시한 후 서로의 관계식의 상수를 다음 식에 표시 하였다.

$$K_i = 0.001 + 0.917K_r \tag{2}$$

표준성의 감광계수는 동일한 관측일에 관측한 관측성 중에서 가장 가까운 시간에 관측한 것으로 시간각과 적위가 비슷한 별의 대기 감광계수를 적용하였다. AZ Cas 광도는 비교성과 관측 자료를 가지고 차등측광법 (differential photometry)으로 처리하여 광도 변화를 구하였다.

또한 AZ Cas는 변광주기가 길기 때문에 전 위상에 걸친 광도곡선을 완성하려면 10년 이상 여러해 동안 관측을 지속해야 하므로 관측기간 동안에 사용하는 망원경과 측광기 등 관측장치들의 교체가 예상된다. 따라서 매 관측년도 마다 관측값들을 표준화 하여야 하므로 표준화 작업을 위한 표준성들을 선정하여 연구성 이외에도 표준성 관측을 수행하였다. 표준성의 관측은 관측성과 같은 필터교환 순서로 연속해서 3회 관측하였다. 1990-1991의 관측 기간동안에는 AZ Cas를 위한 표준성을 관측하지 못하고 연세대학교 천문대에서 관측하는 연구성들의 비교성의 관측값과 표준 값을 가지고 표준성을 대신하여 표준화상수를 구하였다. 표준화에 사용한 별들의 이름과 분광형은 30 Cyg(A3III), BD + 44°4044(A2), λ Aur(G0V), BD + 62°2010(M3), BD + 60°0308(B8)이다. 1991-1992년에 관측한 표준성은 8개이며 10 Lac(O9V), 18 Tau(B8V), 134 Tau(B9IV), 54 χ<sup>1</sup> Ori(G0V), 30 μ Cas(G0V), 61 Cyg A(K5V), 61 Cyg B(K7V), 89 χ Peg(M2III)이다. 1992-1993년의 관측한 표준성은 10개이며 89 χ Peg(M2III), 24 θ And(A2V), 30 μ Cas(G5V), 107 Psc(K1V), HR 1046(A1V), 25 η Tau(B7III), 46 ζ Per(O7.5), 10 η Aur(B3V), 54 χ Ori(G0V), 62 ρ Gem(FOV)이다. 각 표준성의 관측 결과를 가지고 기계등급의 색지수  $v-r$ ,  $r-i$ 를 구하였다. 그림 2와 그림 3은 표준등급 색지수 ( $V-R$ ,  $R-I$ )를 가로축으로하고 우리가 관측한 기계 등급 색지수( $v-r$ ,  $r-i$ )를 세로축으로 하여 표준화를 위한 색-색도이다. 이 1991-1992년의 표준화를 위한 색-색도는 이미 Jeong *et al.* (1992)이 이미 발표한 바 있다. 그림으로부터 다음 표준화식의 표준화 상수  $C_1, C_2, C_3, C_4$ 를 구하여 표 2에 제시하였다.

$$V - R = C_1 + C_2(v - r) \tag{3}$$

$$R - I = C_3 + C_4(r - i) \tag{4}$$

표 2. 연세대 천문대의 1991-1993년의 R I 측광계의 표준화 상수.

표준화 상수	90-91	91-92	92-93
$C_1$	0.058	0.151	0.160
$C_2$	1.709	1.021	1.058
$C_3$	0.670	-0.242	-0.228
$C_4$	0.750	1.095	1.093

RI 관측값의 기계등급을 가지고 각 해당 년도의 표준화 상수를 사용하여 표준등급으로 환산한  $R, I, R-I$  등급을 JD를 종축으로 하여 관측년도 별로 광도곡선을 완성하였다. 1991년 관측한 광도곡선은 그림 3과 같고 1992년 관측은 그림 4와 같다.

그림 5는 1990-1993년의 3년간의 관측을 위상 (phase)을 종축으로하여 완성한 광도곡선이다. 관측점의 위상값은 Cowley *et al.* (1977)의 광도요소를 사용하였다.

이 광도곡선을 보면 위상이  $0.954 \sim 0.987$ 이며 식현상이 없는 범위이다.

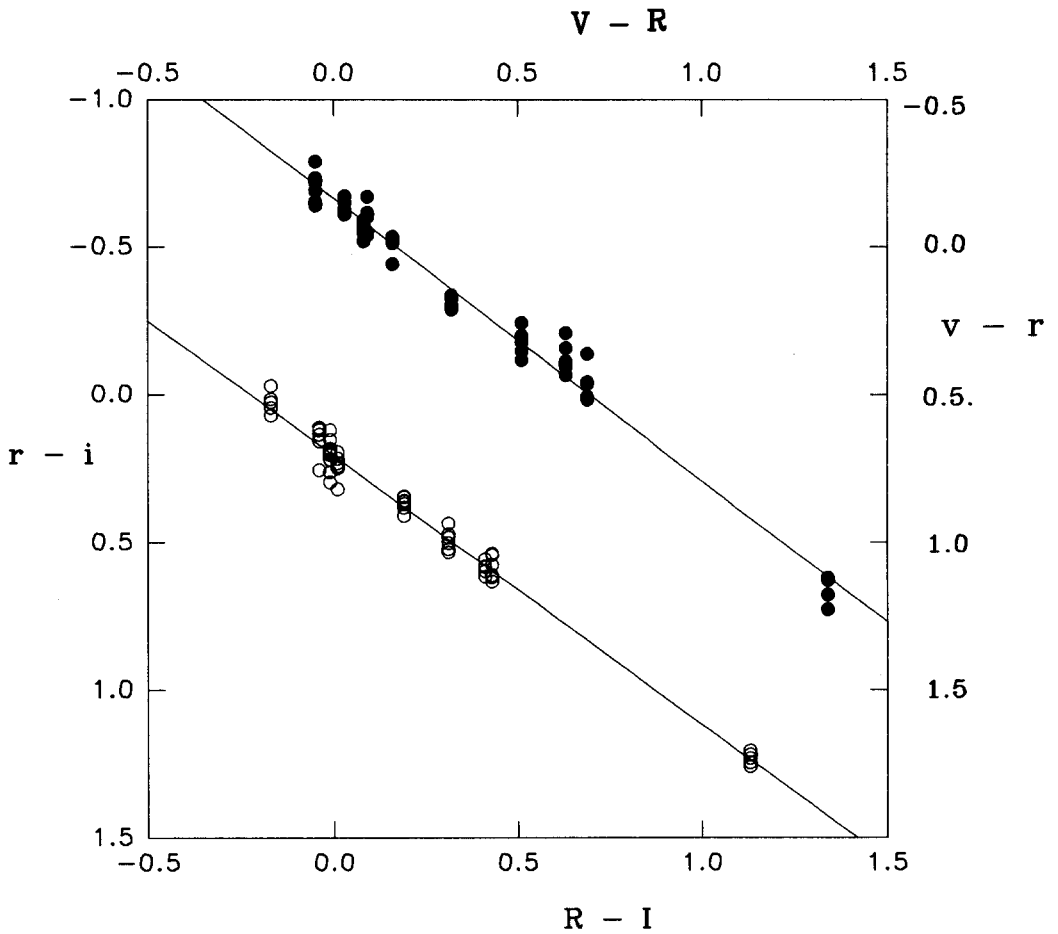


그림 2. 연세대 천문대의 1991-1993년의 RI 측광계의 기계등급 색지수( $v-r, r-i$ )와 표준등급 ( $V-R, R-I$ ) 색지수도.

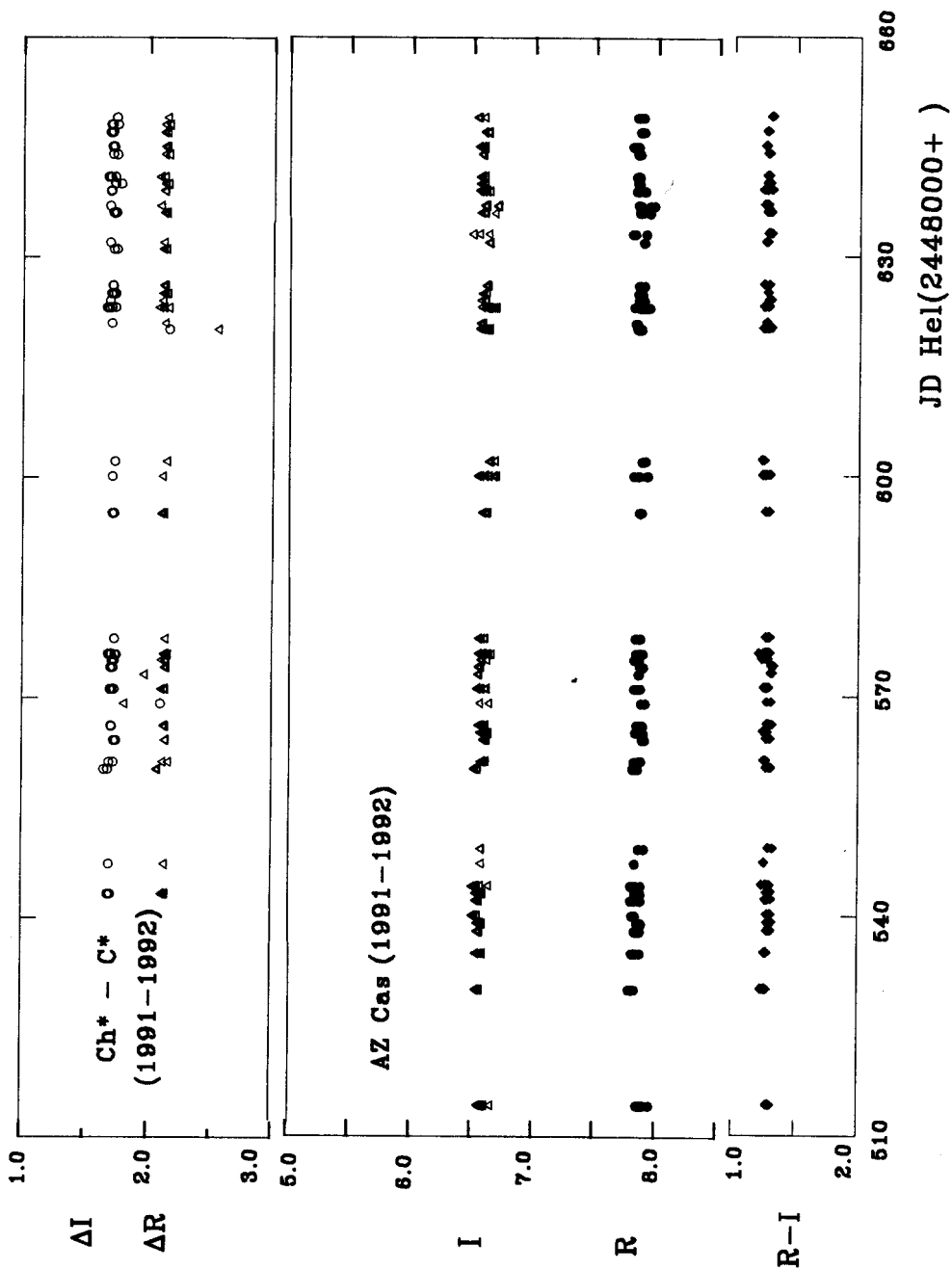


그림 3. 1991-1992년의 AZ Cas와 겹토성(BD+60°0296)-비교성(BD+60°0308)의 R, I, R - I 광도곡선.

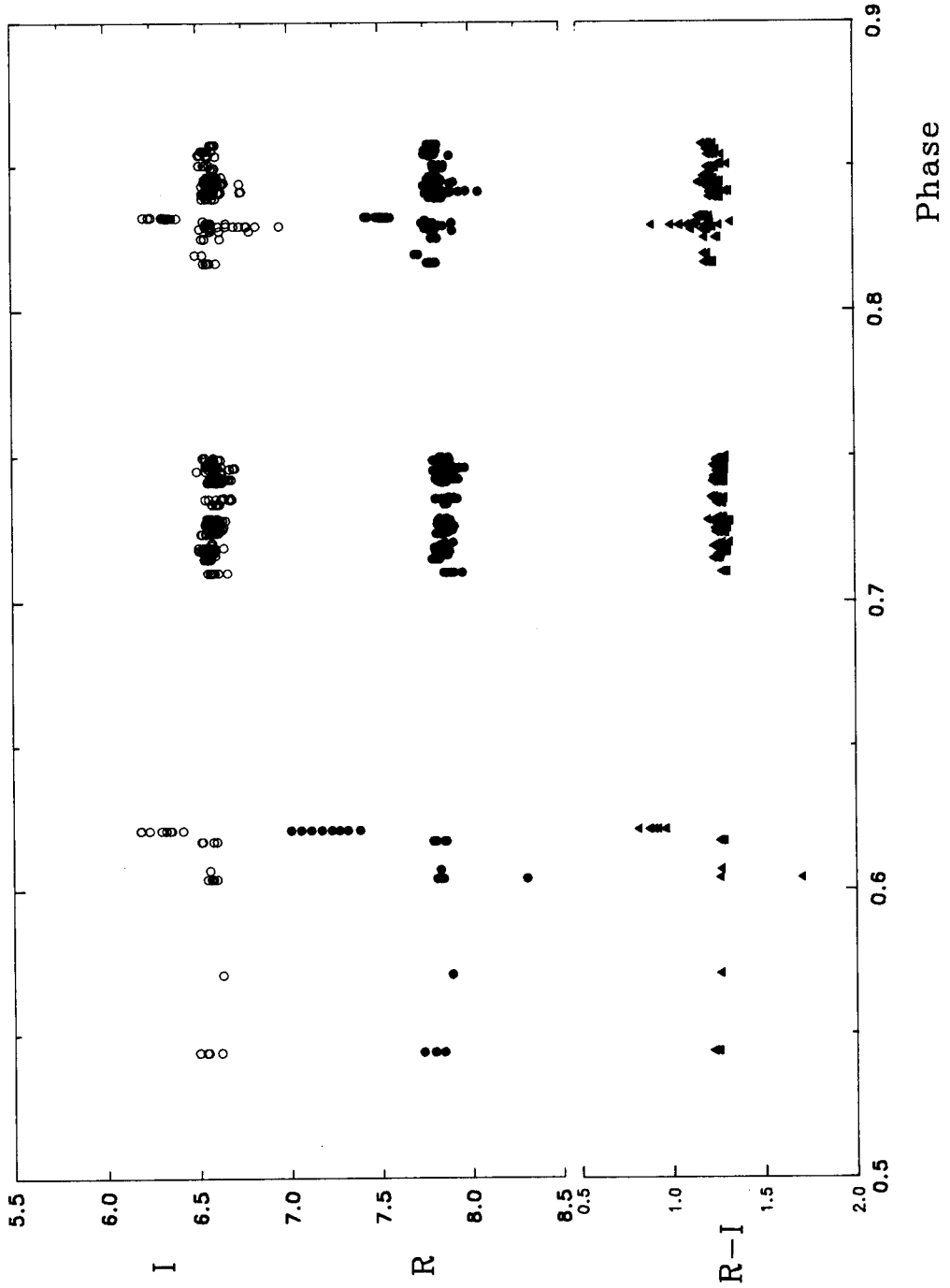
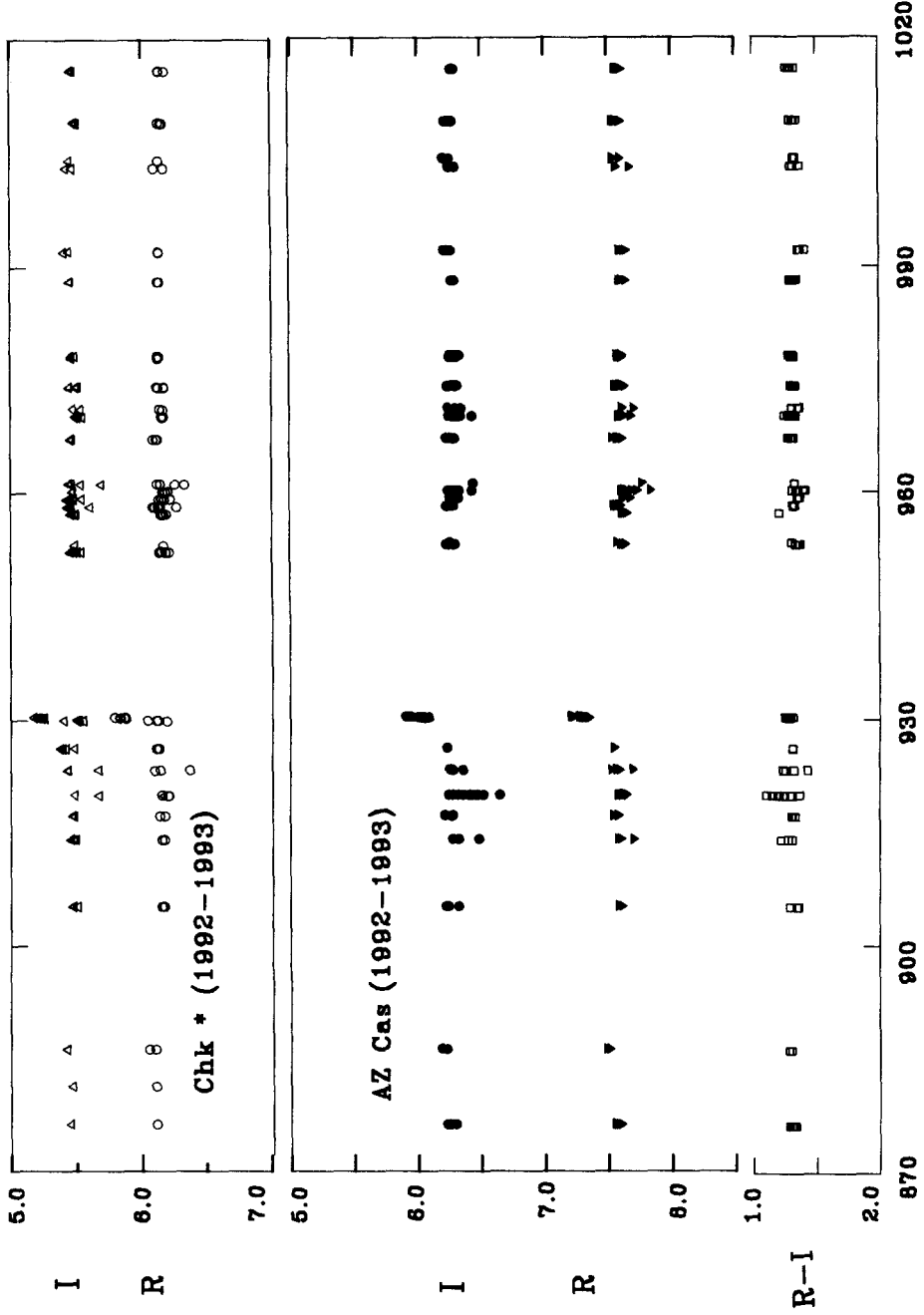


그림 5. 1990-1993년의 3년간의  $R$ ,  $I$ ,  $R - I$  광도곡선.





JD Hel(2448000+ )

그림 4. 1992-1993년의 AZ Cas와 견토성의 R, I, R-I 광도곡선.

### 3. 검토 및 결론

Nha *et al.* (1988)과 Nha *et al.* (1992)의 AZ Cas 연구에 의하면 전형적인 VV Cep형 식쌍성의 변광형태는 식이 끝난 위상 범위에서 약 100일 정도의 주기를 갖는 미세한 변광현상이 광도곡선상에서 나타난다고 하였다. 그러나 최근에 Nha (1994)가 1985년부터 1990년까지 관측한 5년간의 AZ Cas *UBV* 광도곡선을 보면 전형적인 VV Cep형의 변광현상이 없음을 알 수 있다. 우리의 관측에서도 그림 5의 광도곡선을 보면 0.<sup>p</sup>54 ~ 0.<sup>p</sup>87의 위상 범위에서 관측오차의 범위로 추정되는 변광 이외의 변광은 나타나지 않고 있음을 알았다. AZ Cas는 만기형인 M형 초거성을 포함하는 것으로 식 바깥 부분의 장과장 영역인 *RI*의 광도곡선은 만기형 초거성 분석하는데 도움이 될 것이다. 이 광도곡선으로부터 식 밖에서의 AZ Cas의 등급은  $R = 7.86$ ,  $I = 6.58$ ,  $R - I = +1.28$ 이며, 검토성의  $R$ 과  $I$ 의 오차(p.e)는 각각  $\pm 0.007$ 과  $\pm 0.013$ 이다. 초장주기의 지속적인 측광관측을 통해서 장주기의 미세한 변광상태를 알아내기 위한 정밀한 표준화를 위해서는 가급적 사용하는 측광장치의 교체나 변동이 없어야 할 것이다. 우리의 관측에서 표 2를 보면 3개년의 표준화 상수의 값의 차이가 많음을 알 수 있다.

감사의 글: 이 연구를 위하여 관측에 참여하시고 관측 자료를 제공해주신 연세대학교 천문대 나일성 교수와 관측에 참여한 연세대학교 대학원생들에게 감사드립니다. 이 논문을 작성하는 동안 함께 수고해 주신 연세대 천문대 정남해 선생과 충북대 대학원생 권수진 양에게 감사드립니다.

### 참고 문헌

- 정장해, 이용삼, 정남해, 1990, 연세대 천문대 연구보고서 No.6  
 Ashbrook, J. 1956, Harvard Ann. Card No. 1340  
 Bonnell, J. T. & Herczeg, T. J. 1976, IBVS, 1146  
 Cowley, A. P. & Hutchings, J. B. 1977, IBVS, 1318  
 Cowley, A. P., Hutchings, J. B. & Popper, D. M. 1977, PASP, 89, 882  
 Florkowski, D. R. 1975, Ph.D. Dissertation, Univ. of Florida  
 Jeong, J.-H., Kim Y. & Nha, I.-S. 1992, JA&SS, 9, 135  
 Larsson-Leander, G. 1959, Arkiv fur Astr., 2, 347  
 Nha, I.-S., Lee, Y.-S., Kim, H.-I. & Lee, K.-H. 1988, JA&SS, 5, 53  
 Nha, I.-S., Im, H.-S., Lee, Y.-S. & Jeong, J.-H. 1992, JA&SS, 9, 89  
 Nha, I.-S. 1994, JA&SS, 11, 21