

CCD를 이용한 변광성의 측광관측*

정장해 · 이용삼 · 이충욱

충북대학교 천문우주과학과

양감장

미국 네브라스카대학 물리천문학과

CCD OBSERVATIONS OF SOME VARIABLE STARS

J. H. Jeong, Y.-S. Lee, and C. U. Lee

Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University

email: jeongjh@astro.chungbuk.ac.kr

K.-C. Leung

Department of Physics and Astronomy, University of Nebraska-Lincoln, NE

(Received November 5, 1994; Accepted November 16, 1994)

요 약

우리는 충북대학교가 보유하고 있는 1024×1024 pixel의 CCD 카메라를 이용하여 식변광성 U Cep를 1993년 1월 11-12일에 측광관측하였다. 이날 얻은 총 62개의 관측점을 가지고 제1극심 부근의 광도곡선을 완성하여 JD Hel 2448999.7274의 극심 시각을 결정하였다. 한편 1993년 10월 21-22일에 미국 네브라스카 대학의 Behlen 천문대에서 변광성 GW Cep와 V700 Cyg를 CCD 측광관측하여 총 168개의 관측점을 만들었다. 이들 자료를 가지고 광도곡선들을 완성하였고, GW Cep의 광도극심 시각 JD Hel 2449282.8485와 V700 Cyg의 광도극심시각 JD Hel 2449282.7979를 각각 결정하였다. Behlen천문대의 CCD 관측방법과 충북대의 관측방법의 장단점을 비교하고 충북대 관측 방법의 개선을 위해 노출후 램에 기억되어 있는 CCD화상으로부터 직접 필요한 부분의 밝기만을 측정하고 이를 저장하는 방식의 개념을 제시하였다.

ABSTRACT

Using 1024×1024 pixels CCD camera of Chungbuk National University Observatory (CBNUO), 62 photometric observations were made on January 11-12, 1993. A time of minimum lights of U Cep was determined as JD Hel

*이 연구는 교육부의 1992년도 대학교수 국비해외파견 연구지원에 의해 완성된 것임.

2448999.7274 from our data. On October 21-22 in 1993, CCD photometry in V and R for GW Cephei and V700 Cygni was carried out with 309 x 584 pixels cooled CCD system of Behlen Observatory, University of Nebraska-Lincoln (BOUNL) and 168 observations were obtained. From the data times of minimum lights JD Hel 2449282.8485 for GW Cep and JD Hel 2449282.7979 were determined. To develop a new CCD system of CBNUO, the CCD photometry method using at CBNUO is compared with at BOUNL.

1. 서 론

성능이 우수한 CCD를 이용하는 관측장치는 그 구성 또한 복잡하고 다양하다. CCD 카메라를 내장한 측광장치는 고성능 컴퓨터가 카메라를 제어하고 자료를 보정하고 분석하는 일을 수행하도록 되어 있다. 충북대학교 천문우주학과와 CCD 측광장치는 HPC사 1024 × 1024 pixel CCD 카메라와 PC를 사용하여 관측을 수행하고 SUN Spark workstation을 사용하여 관측 자료를 처리(reduction)하고 있다. 우리는 IBM 486DX2 PC를 우리가 보유하고 있는 다른 CCD 카메라들의 controller로 사용하고, 이를 포함하여 다른 PC들 모두를 workstation에 LAN으로 연결하여 서로 유기적으로 작동하게 하기 위하여 hardware적인 interface와 제반 software setup 방안을 모색하였다. 이의 단계적인 일로서, (1) U Cep 식변광성을 충북대 천문대에서 1024×1024 pixels CCD로 관측하였고, (2) 변광성 V523 Cas (이 별에 대해서는 별도의 논문을 발표하려고 준비 중에 있음), GW Cep, V700 Cyg 등을 네브라스카 대학의 베른천문대에서 390×584 pixels CCD로 관측하였고, (3) 이를 토대로 두 천문대의 CCD 측광관측 상의 문제점을 도출하고 개선 방안을 제시하였다.

식변광성 U Cep는 EA형으로 주극심이 매우 깊고(3등급 정도) 부극심은 얇은 분광식쌍성이다. 그 공전주기(P)는 2.495일 이며, 광도(V)는 6.63~9.79 등급, 분광형(Sp)은 B8+G2 이다. 이별에 대한 연구는 최근에 광도곡선의 해를 구한 Burnett *et al.*(1993), X-ray를 관측한 Gimenez *et al.*(1993) 등을 비롯하여 수백편의 논문이 발표되었다. GW Cep의 P는 0.3188일, V는 11.40~12.10 등급, Sp는 G3인 EW형 식변광성이다. 이별에 대한 최근의 연구로 Ragazzoni & Barbieri (1994), Landolt (1992), Hoffmann (1982) 등을 들 수 있다. 식변광성 V700 Cyg는 EW형으로 P는 0.3400일, V는 11.70~12.20 등급, Sp는 F2 이다. Koch (1974)는 이 별의 CN band 흡수량을 측정하였고, Hoffmann (1983)은 극심시각을 관측했으며, Giuricin *et al.*(1983)은 광도곡선의 모양과 공전주기에 대해 연구한 바 있다.

2. 충북대 천문대에서의 CCD관측

우리는 적도의식 추적장치 Mark-X에 Asahi-Pentax 500mm (F/4.5) 망원렌즈와 CCD 카메라를 부착하여 관측에 사용하였다. 구경은 11-cm 이지만 초점거리가 짧은 렌즈를 사용한 것은 천

표 1. 관측성과 비교성에 대한 SAO성표에서의 동정.

No	SAO		적경(1950)	적위(1950)	m_v	Sp
	No.	화면 좌표				
1	211	63, 210	01 13 13.828	81 17 50.46	8.0	G5
2	197	211, 361	01 08 03.793	81 30 52.17	8.7	-
3	*168	268, 638	00 57 44.916	81 36 24.59	6.8	A0
4	179	333, 560	01 00 47.706	81 41 37.57	8.3	A0
5	173	433, 608	00 59 04.052	81 49 59.74	8.4	G
6	177	541, 588	01 00 25.948	82 59 13.76	9.5	-
7	174	756, 599	00 59 36.838	82 16 31.15	9.0	-
8	166	858, 763	00 57 44.916	81 36 24.59	9.5	-
9	186	585, 489	01 03 48.639	82 02 08.54	9.4	-
10	225	190, 160	01 15 25.200	81 27 47.26	9.1	-
11	160	930, 853	00 54 38.856	82 31 11.02	9.2	-

* 는 U Cep

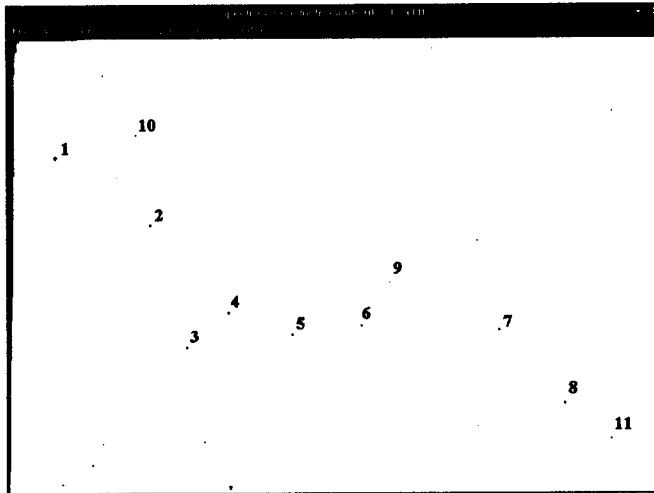


그림 1. U Cep 근처 하늘을 촬영한 CCD 화면 (U Cep는 3번).

체 망원경 보다 관측시야를 넓히고자 하는데에 있었는데, 이 경우에는 우리의 1024×1024 pixels CCD에 약 1.5도 가량의 시야를 화면에 담을 수 있었다. 그림 1은 이런 장치를 가지고 U Cep의 근처를 촬영했을때 얻은 CCD 사진들 중에 하나이다. 그림에서 번호는 측광에 사용한 관측성들을 표시한 것으로 표 1에 그 번호에 해당하는 별들의 정보를 정리하였다.

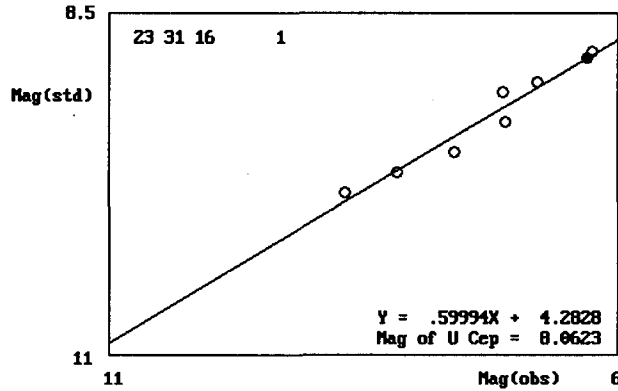


그림 2. 비교성의 표준등급과 관측으로 얻은 기계등급 간의 관계. 열린(open) 원은 비교성을, 채워진(closed) 원은 U Cep에 해당된다. 왼쪽 위의 23 31 16은 관측시각을 나타내며 그 옆의 1은 화면 순차번호를 뜻한다.

표 2. U Cep의 관측치.

JD_{Hel} 2440000+	m_v	JD_{Hel} 2440000+	m_v	JD_{Hel} 2440000+	m_v
8999.60684	8.062	8999.67986	8.836	8999.75266	8.868
8999.60927	8.072	8999.68333	8.852	8999.75617	8.873
8999.61389	8.109	8999.68680	8.863	8999.78369	8.721
8999.61736	8.132	8999.69028	8.865	8999.78738	8.682
8999.62082	8.166	8999.69375	8.850	8999.79544	8.597
8999.62431	8.190	8999.69722	8.873	8999.79811	8.555
8999.62778	8.219	8999.70069	8.871	8999.80126	8.525
8999.63125	8.249	8999.70416	8.866	8999.81141	8.444
8999.63472	8.284	8999.70765	8.871	8999.81450	8.339
8999.63819	8.319	8999.71111	8.865	8999.81691	8.323
8999.64166	8.360	8999.71458	8.870	8999.82163	8.275
8999.64514	8.402	8999.71805	8.866	8999.82924	8.207
8999.64861	8.440	8999.72847	8.858	8999.83133	8.189
8999.65208	8.489	8999.72500	8.865	8999.83387	8.145
8999.65556	8.532	8999.72847	8.860	8999.83692	8.122
8999.65903	8.583	8999.73192	8.873	8999.84219	8.096
8999.66250	8.630	8999.73541	8.858	8999.84560	8.075
8999.66597	8.670	8999.73889	8.850	8999.84913	8.060
8999.66944	8.723	8999.74225	8.856	8999.85084	8.019
8999.67291	8.762	8999.74572	8.857	8999.85323	8.038
8999.67639	8.806	8999.74919	8.855		

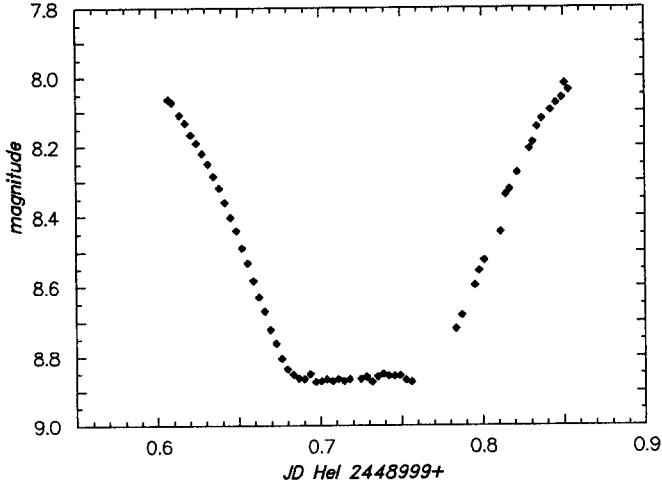


그림 3. U Cep의 광도곡선.

우리가 관측을 통하여 직접 얻은 화일은 천문학에서 많이 사용되고 있는 FIT 화일 형식을 취하고 있고, 전체는 1M pixels 이고 1개의 pixel이 갖는 명암구분은 2 bytes 이므로 2^{16} 단계이며, 따라서 1개의 화면을 저장하는 화일의 크기는 2M Bytes 가 된다. 우리는 1993년 1월 11-12일 밤에 충북대 천문대에서 60초 씩 노출하여 5-10분 간격으로 U Cep 근처의 하늘을 촬영하여 62장의 CCD사진을 얻었다. 이들 각각은 매 촬영후 관측시각을 화일 이름이 되게 하고 그 확장자를 .FIT로 하여 저장하였다.

관측후 저장된 사진에서 별의 등급을 얻기 위해, DWENDA.EXE와 DAMDI.EXE 라는 2종의 S/W를 작성하였다. 전자는 (star+sky)의 광량에서 (star)만의 광량으로 계산하는 것으로, 별들의 좌표, 별들로부터 떨어진 sky의 좌표, 광량의 적분에 이용하는 반지름, 관측성과 비교성의 개수, 관측한 화일의 총개수, 관측일자, 관측자 등에 관한 정보가 담긴 DWENDA.INP 로부터 데이터를 읽은후, 관측화면에서 star, sky에 해당하는 좌표에서 반지름 R로 동그랗게 오려서 오려진 원안의 pixel이 담고있는 광량을 적분하고, 이 적분값을 [(star+sky) - (sky)]의 연산하는 과정을 지정된 모든 별에 대해서 수행하여 관측시각과 별들의 광량에 대한 정보를 DWENDA.OUT에 출력한다. 후자는 비교성들의 표준 등급과 우리의 관측으로 얻은 기계 등급 간의 관계를 최소자승법으로 도출하고 이 관계식으로 부터 관측성의 등급을 매 화일 마다 결정하는 S/W로 그 수행 결과는 그림 2와 같은 그래프의 형태로 화면에 출력한다. 이 때 얻은 U Cep의 등급과 JD Hel로 바꾼 관측시각을 표 2에 정리하였다. 우리가 얻은 이 62개의 관측점을 가지고 그림 3과 같은 광도곡선을 그렸다. 또한 이 관측점들로부터 개선된 포그슨 이분법을 이용하여 U Cep의 극심시각을 JD Hel 2448999.7274로 결정하였다.

3. Behlen 천문대에서의 CCD관측

Nebraska 대학 Behlen 천문대의 75-cm Boller & Chivens 반사 망원경과 CCD 측광장치를 이용하여 몇개의 변광성을 관측하였다. 이 관측장치들은 Micro VAX-I 컴퓨터를 사용하여 자동으로 조종하게 되어 있다. 이 망원경의 절대 pointing 정밀도는 10-20 초각이나 근처의 별들의 위치에 견준 상대적인 pointing 정밀도는 2 초각 미만이다. CCD 카메라는 cooling 장치와 특수 제어장치를 갖춘 Photometric 사 390x584 pixels의 TI4849 CCD로 출력 잡음이 10 electrons 미만이다. 이 망원경으로 CCD의 1 pixel당 0.456 초각(시야각)을 읽을 수 있다. 따라서 이 CCD 카메라의 시야는 남북 방향으로 2.96분각이고, 동서 방향으로 4.44분각이다. 이 카메라는 자동 휠터교환 장치를 갖춘 것으로 3 종류의 휠터 슬라이드를 사용하고 있으며 각 슬라이드는 7-10 개의 휠터를 장착하게끔 되어 있다. 3개의 슬라이드 중에 하나는 빛을 완전히 차단하거나 neutral and path 보상 휠터를 장착하고 다른 두개에는 *BVRI* 휠터 세트와 Strömgren 휠터 세트를 장착해 놓고 있다. 이 천문대의 망원경과 CCD 카메라를 조종하는 장치의 중추는 Micro VAX-I 이다. 조종 프로그램은 Vax FORTH 라는 언어와 FORTRAN 으로 작성된 것이며 자료 입출력, 세차보정계산, 그래프 등 각종 필요한 서브루틴들이 첨가되어 있다.

이곳에서 사용하고 있는 방법은 그림 8에서 보인 바와 같이 CCD 카메라에서 화상데이터 전부를 컴퓨터로 일단 가져오고(시간이 좀 걸림), 전체의 화상을 모두 저장하는 것이 아니라 필요한 부분만 읽어내어 저장하는 것(핵심 아이디어)이다. 이렇게 함으로써 전체를 읽을 때 25초 정도 걸리던 것을 부분적으로 필요한 곳만 읽어 내면 0.5초 밖에 걸리지 않아 관측 속도를 놀랄 만큼

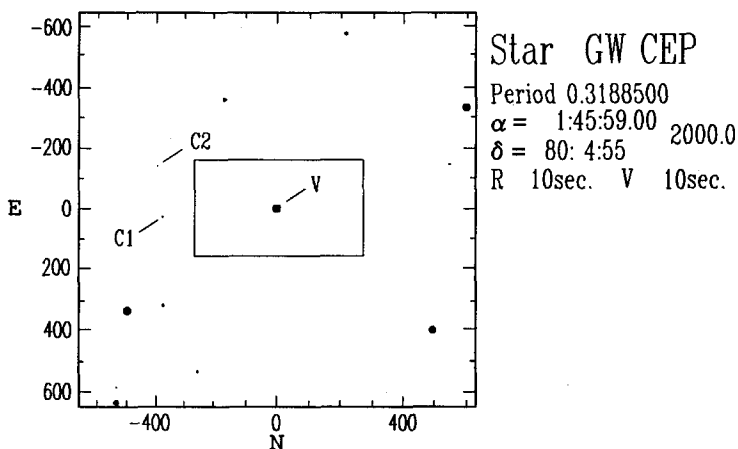


그림 4. GW Cep의 finding map. 그림의 아래쪽 방향이 하늘의 북쪽(N)을, 왼쪽 방향이 하늘의 동쪽(E)을 가르키며, 가로 및 세로 축의 눈금은 CCD pixel의 수에 대응되는 값이고, 그림 속의 네모는 관측소의 CCD 겹지기 시야이다.

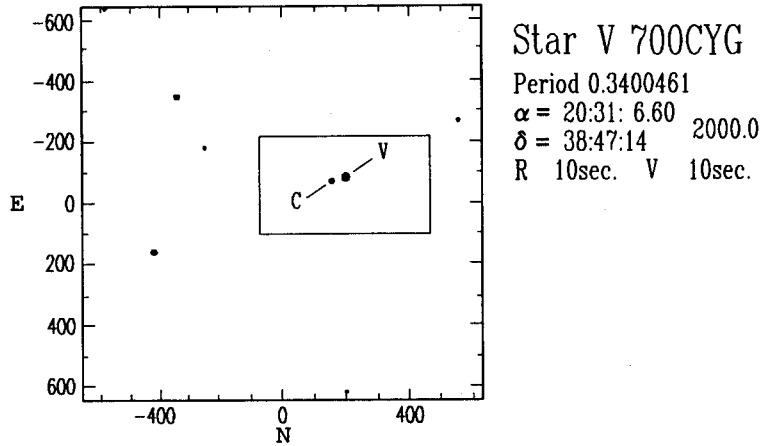


그림 5. V700 Cyg의 finding map. 그림의 아래쪽 방향이 하늘의 북쪽(N)을, 왼쪽 방향이 하늘의 동쪽(E)을 가르키며, 가로 및 세로 축의 눈금은 CCD pixel의 수에 대응되는 값이고, 그림 속의 네모는 관측소의 CCD 겹지기 시야이다.

표 3. GW Cep의 관측치.

JD_{Hel} 2440000+	ΔV	ΔR	$\Delta(V-R)$	JD_{Hel} 2440000+	ΔV	ΔR	$\Delta(V-R)$
9282.8340	-3.459	-3.365	-0.094	9282.8975	-3.839	-3.717	-0.122
9282.8359	-3.407	-3.348	-0.059	9282.8994	-3.870	-3.752	-0.118
9282.8379	-3.385	-3.294	-0.091	9282.9023	-3.849	-3.675	-0.174
9282.8438	-3.327	-3.263	-0.064	9282.9072	-3.889	-3.787	-0.102
9282.8467	-3.317	-3.255	-0.062	9282.9092	-3.885	-3.790	-0.095
9282.8516	-3.281	-3.195	-0.086	9282.9121	-3.888	-3.793	-0.095
9282.8535	-3.289	-3.224	-0.065	9282.9150	-3.894	-3.804	-0.090
9282.8584	-3.363	-3.249	-0.114	9282.9482	-3.896	-3.759	-0.137
9282.8604	-3.423	-3.299	-0.124	9282.9502	-3.872	-3.773	-0.099
9282.8633	-3.453	-3.348	-0.105	9282.9551	-3.857	-3.748	-0.109
9282.8652	-3.505	-3.413	-0.092	9282.9570	-3.825	-3.752	-0.073
9282.8701	-3.554	-3.480	-0.074	9282.9600	-3.811	-3.728	-0.083
9282.8721	-3.623	-3.526	-0.097	9282.9648	-3.774	-3.704	-0.070
9282.8770	-3.691	-3.566	-0.125	9282.9707	-3.717	-3.650	-0.067
9282.8818	-3.724	-3.637	-0.087	9282.9727	-3.716	-3.638	-0.078
9282.8848	-3.760	-3.655	-0.105	9282.9756	-3.652	-3.603	-0.049
9282.8867	-3.785	-3.673	-0.112	9282.9785	-3.594	-3.572	-0.022
9282.8896	-3.812	-3.676	-0.136	9282.9863	-3.534	-3.467	-0.067
9282.8945	-3.832	-3.720	-0.112	9282.9883	-3.511	-3.411	-0.100

표 4. V700 Cyg의 관측치.

JD_{Hel} 2440000+	ΔV	ΔR	$\Delta(V-R)$	JD_{Hel} 2440000+	ΔV	ΔR	$\Delta(V-R)$
9282.69340	-1.445	-1.364	-0.081	9282.75490	-1.424	-1.340	-0.084
9282.69530	-1.444	-1.363	-0.081	9282.75880	-1.400	-1.330	-0.070
9282.69820	-1.459	-1.384	-0.075	9282.75980	-1.389	-1.308	-0.081
9282.69920	-1.464	-1.382	-0.082	9282.76170	-1.377	-1.297	-0.080
9282.70120	-1.478	-1.376	-0.102	9282.76370	-1.381	-1.291	-0.090
9282.70210	-1.488	-1.383	-0.105	9282.76660	-1.318	-1.252	-0.066
9282.70610	-1.509	-1.392	-0.117	9282.76860	-1.301	-1.247	-0.054
9282.70700	-1.498	-1.415	-0.083	9282.77150	-1.248	-1.191	-0.057
9282.71000	-1.497	-1.404	-0.093	9282.77440	-1.202	-1.146	-0.056
9282.71190	-1.511	-1.410	-0.101	9282.77830	-1.133	-1.065	-0.068
9282.71480	-1.523	-1.426	-0.097	9282.78130	-1.064	-1.005	-0.059
9282.71680	-1.527	-1.426	-0.101	9282.78320	-1.020	-0.970	-0.050
9282.71780	-1.525	-1.432	-0.093	9282.78420	-0.976	-0.932	-0.044
9282.71970	-1.517	-1.436	-0.081	9282.78810	-0.919	-0.849	-0.070
9282.72270	-1.532	-1.427	-0.105	9282.78910	-0.880	-0.814	-0.066
9282.72360	-1.530	-1.419	-0.111	9282.79880	-0.786	-0.711	-0.075
9282.73440	-1.534	-1.454	-0.080	9282.80270	-0.798	-0.733	-0.065
9282.73730	-1.512	-1.440	-0.072	9282.80570	-0.868	-0.806	-0.062
9282.73930	-1.511	-1.428	-0.083	9282.80760	-0.929	-0.849	-0.080
9282.74020	-1.500	-1.427	-0.073	9282.80960	-0.950	-0.878	-0.072
9282.74220	-1.479	-1.379	-0.100	9282.81150	-0.983	-0.916	-0.067
9282.74900	-1.465	-1.367	-0.098	9282.81450	-1.068	-1.002	-0.066
9282.75100	-1.442	-1.357	-0.085	9282.81540	-1.096	-1.013	-0.083
9282.75290	-1.435	-1.353	-0.082	9282.81740	-1.144	-1.035	-0.109

크게 개선하는 것이다. Beheln천문대의 CCD 시야각이 5분각 미만이므로 여기에 우리가 원하는 관측성(12등급 정도 됨)을 넣기 위해서 Hubble Space Telescope Guide Star Catalogue (2장의 CD ROM에 17등성 까지 수록)를 가지고 plot 하는 S/W를 이용하여 그림 4와 그림 5의 finding map을 그렸다. 그림에서 아래쪽 방향이 하늘의 북쪽(N)을 가리키고, 왼쪽 방향이 하늘의 동쪽(E)을 가르키며, 가로 및 세로 축의 눈금은 CCD pixel의 수에 대응되는 값이고, 그림 속에 있는 네모는 관측소의 CCD 카메라 시야에 해당하는 크기이다.

우리는 1993년 10월 21-22일 밤에 공전주기가 0.3188일인 GW Cep와 공전주기가 0.3400일인 V700 Cyg를 관측하여 GW Cep에 대하여 72점의 관측치와 V700 Cyg에 대하여 96점의 관측치를 얻었다. 관측 기기와 자료처리 과정에 대하여 보다 자세한 정보는 Schmidt (1988)의 논문에서 찾을 수 있다. 이들을 표 3과 표 4에 정리하였고, 이들의 데이터를 이용하여 그림 6 및 그림 7과 같이 광도곡선을 완성하였다. 각각의 광도곡선으로부터 포그슨의 이분법을 이용하여 GW Cep의 극심시각 JD Hel 2449282.8485와 V700 Cyg의 극심시각 JD Hel 2449282.7979를 결정하였다.

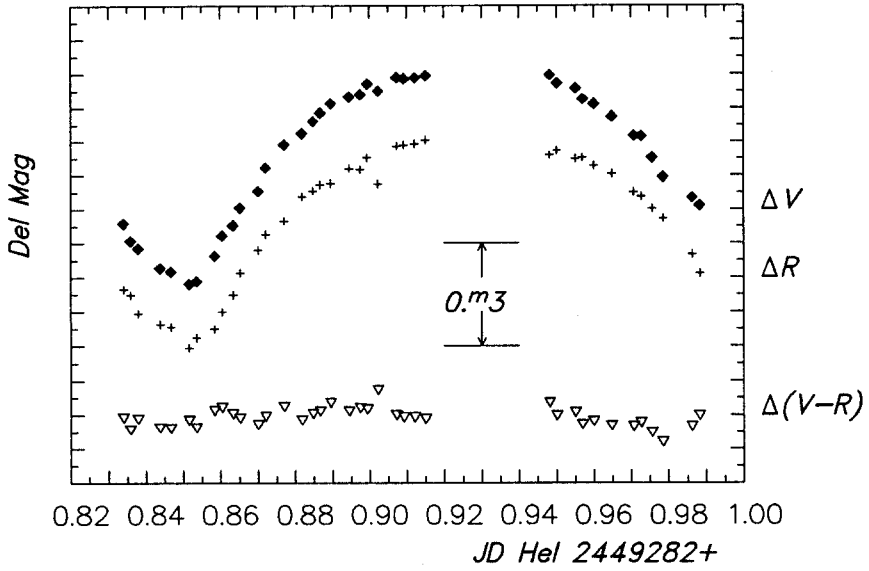


그림 6. GW Cep의 광도곡선.

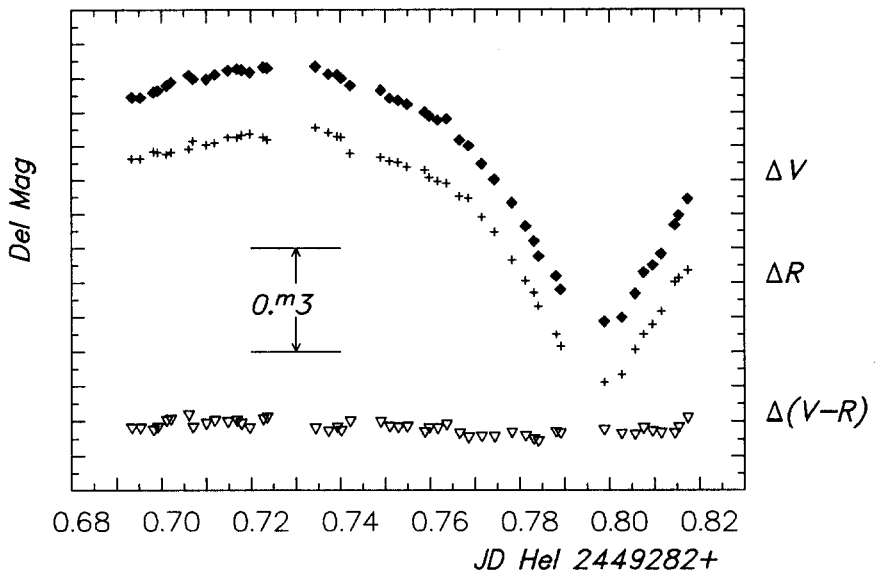


그림 7. V700 Cyg의 광도곡선.

4. 토의 및 검토

충북대에서 사용한 관측방법은 그림 8의 위 그림에서 보듯이 하나의 화면을 촬영후 화면 전체를 보조기억장치(hard disk: HDD)에 저장하고 다시 촬영하는 것을 반복하였다가 후처리과정(reduction)에서 각 화면을 불러 필요한 pixel 값만 읽어 광도를 계산하는 것이다. 반면, Behlen 천문대에서 사용한 방법(그림 8의 아래 그림 참조)은 하나의 화면을 촬영 후 전체 화면이 아니고 필요한 부분의 화면만 저장하고 이런 과정을 반복하였다가 후처리과정에서 저장된 부분 화면의 pixel을 읽어 광도를 계산하는 것이다.

이 두 방법은 컴퓨터의 처리 속도와 HDD의 용량 면에서 해마다 놀랄만큼 개선된 오늘날의 상황에서 보면 언뜻 이해하기 어렵다. 1982년 완성된 Behlen천문대의 CCD 장치는 당시의 최신 컴퓨터 VAX-I (지금의 486DX66 PC 보다 느림)를 사용하고, 대용량인 50MB HDD (지금은 PC에도 보통 500MB의 HDD를 사용) 채용했음에도 불구하고 하나의 화면 당 0.5MB 씩 필요한 화면 전체를 저장한다는 것은 좋지 않은 방법이라고 판단했던 것 같다. Behlen 천문대 CCD 장치의 또 한가지 단점은 카메라 자체의 노출조정 기능이 없다는 것이다. 하나의 화면 촬영의 노출 시간이 보통 30초-5분 정도 되기 때문에 만약 control 컴퓨터가 노출 기능을 카메라 자체의 노출 장치에 맡길 수 있었다면, 이 노출 시간 동안에 방금 전에 촬영한 화면으로부터 필요한 pixel의 값들을 읽고, dark field 및 flat field 처리를 하여 광도를 계산하고 그 최종 등급과 관측시간 만큼 HDD에 저장하는 등의 일을 충분히 할 수 있어 관측의 종료와 더불어 자료처리가 완료되게 했을 것이다.

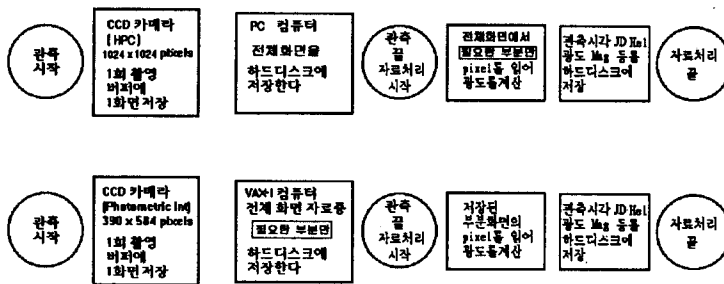


그림 8. 충북대에서 사용한 방법(위)과 Behlen 천문대에서 사용한 방법(아래).

충북대에서 사용한 방법의 문제점은 표 1에서 선정한 비교성이 10개 이지만 실제로 쓸만한 상은 화면의 상태에 따라 다르기 때문에 그림 2의 경우 7개의 비교성만이 쓰이게 된다는 것이다. 쓸만한 비교성의 수가 적어지면 결정된 U Cep 등급의 오차가 커지게 된다. Airmass의 증가와 열은 구름의 간헐적 통과 때문에 그림 3에서 후반부의 관측 data가 전반부 보다 오차가 크게 나타났다.

충북대학교 천문우주학과는 HPC사 1024 × 1024 pixel CCD 카메라 이외에도 SBIG의 ST-4 CCD 카메라를 보유하고 있다. ST-4나 ST-6(최근 모델)은 PC에서 take_image Command (01H), end_exposure Command (02H), get_readout_peak Command (03H), shutter_control Command (04H), clr_buf Command (06H), get_line Command (07H) 등 여러가지 명령을 카메라 CPU로 보낼 수 있기 때문에 노출후 카메라의 RAM에 기억되어 있는 CCD화상으로부터 직접 필요한 부분의 밝기만을 측정하고 이를 저장하는 방식이 가능하다. 우리가 작성한 S/W DWENDA.EXE(제2절에서 설명한) 중에서 HDD에 저장된 화상 자료를 읽어들이는 대신 카메라 RAM에 저장된 화상 자료를 읽도록 바꿔 주기만 하면 이런 기능이 가능한데, 이렇게 되면 화상 자료 전체를 읽어와서 HDD에 저장하므로 해서 생기는 HDD 용량 문제와 자료 전송(RAM에서 가져다가 HDD에 저장)에 걸리는 시간 문제를 해소하게 될 것이다.

감사의 글: 이 연구는 교육부의 92년도 대학교수 국비 해외 파견 연구지원에 의해 완성된 것임을 밝혀 둡니다. 이 연구가 원만히 이루어 지도록 도와 주신 관계자 여러분에게 감사 드립니다. 또한 네브라스카 대학 Behlen 천문대에서 CCD 측광관측을 수행함에 있어 컴퓨터 설비를 비롯하여 각종 관측 기자재를 사용할 수 있도록 편의를 제공해 준 D. J. Talyer, E. G. Smith, N. R. Simon 교수들과 관측에 큰 도움을 준 Mr. S. Goderya에게 감사드립니다. This research has made use of the Simbad database, operated at CDS, Strasbourg, France.

참고문헌

- Burnett, B. J., Eitzel, P. B. & Olson, E. C. 1993, *AJ*, 106, 1627
 Gimenez, A., Guinan, E. F. & Gonzalez-Riestra, R. 1993, *A&ApSS*, 97, 261
 Giuricin, G., Mardirossian, F. & Mezzetti, M. 1983, *A&ApSS*, 54, 211
 Hoffmann, M. 1982, *Ap&SS*, 83, 195
 Hoffmann M. 1983, *IBVS*, 2344, 1
 Koch, R. H. 1974, *AJ*, 79, 34
 Landolt, A. U. 1992, *PASP*, 104, 336
 Ragazzoni, R. & Barbieri, C. 1994, *PASP*, 106, 683
 Schmidt, A. 1988, *Automatic Small Telescopes*, eds. D. S. Hayes & R. M. Genet (Fairborn Observatory: Mesa, Arizona), 195