

식쌍성의 극심시각 관측을 위한 소형 반자동 망원경 관측시스템의 구성

이충욱^{1†}, 박성수¹, 김천휘¹, 변응익²
¹충북대학교 자연과학대학 천문우주학과, 기초과학연구소
²연세대학교 천문우주학과

A CONSTRUCTION OF A SMALL SEMI-AUTOMATIC TELESCOPE FOR ECLIPSE TIMING OBSERVATIONS OF ECLIPSING BINARY STARS

Lee, Chung-Uk^{1†}, Park, Sung-Soo¹, Kim, Chun-Hwey¹, Byun, Yong-Ik²

¹Department of Astronomy & Space Science, College of Natural Sciences and Institute for Basic Science Research, Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea

²Department of Astronomy and Space Science, Yonsei University
Seoul, 120-749, Korea

E-mail: leecu@astro.chungbuk.ac.kr

(Received April 28, 2003; Accepted May 22, 2003)

요 약

식쌍성 극심시각의 체계적인 측광관측을 위하여 충북대학교 교내에 소형 반자동 망원경 관측시스템을 구축하였다. 이 시스템은 Paramount GT-1100s 독일식 마운트와 Celestron 14 광학계, 그리고 SBIG ST-8 CCD 카메라로 구성되었다. 한편, 관측시스템의 제어는 OBSTOOL이라는 소프트웨어에 의하여 이루어지는데, 이는 상용소프트웨어인 The Sky와 MaximDL에서 지원하는 COM(Component Object Model)을 이용하여 망원경과 CCD 카메라를 제어하도록 개발하였다. 이 시스템은 광전관측방법과 유사하게 망원경을 변광성, 비교성, 검토성 등으로 이동시키며 관측을 수행한다. 또한, 효율적인 자료처리를 위하여 작성한 Perl 스크립트로 관측 자료를 날짜별, 관측시야별, 필터별로 분류하고, IRAF 소프트웨어를 이용하여 관측 영상의 전처리작업을 수행하도록 하였다. 또한, 이 시스템으로 관측한 식쌍성들의 식부근 광도곡선을 제시한다.

ABSTRACT

We constructed the photometric observation system with a small semi-automatic telescope for the systematic observations of eclipse timings of eclipsing binary stars. The system is consisted of a Paramount GT-1100s mount system, a Celestron 14 optical system, and a SBIG ST-8 camera. We developed the OBSTOOL S/W which controls the telescope and the CCD camera using the COM(Component Object Model) supported by the softwares, The Sky and MaximDL. The system performs photometric observations of a variable, comparison and check stars by moving the telescope to the chosen star separately in a similar way such as the method of photoelectric observation. We wrote perl scripts which enable a data handling pipeline for the obtained data to be classified by each of date, object and filter. And thus the images are easily

[†]corresponding author

preprocessed using the IRAF S/W package. Eclipse light curves of some eclipsing binary stars observed with this system are presented.

Key words:

1. 서 론

1980년대 초부터 미국의 Fairborn 천문대를 주축으로 자동화된 소형망원경에 광전측광 장치를 부착한 자동 광전 망원경(Automatic Photoelectric Telescope, APT)이 개발된 이후(Boyd et al. 1987), 1980년대 후기에 들어서서 APT는 돔(Dome)의 개폐를 포함하여 관측의 시작으로부터 끝날 때까지 완전히 컴퓨터에 의하여 동작하는 로보틱(Robotic) 천문대로 진화되었다(Genet et al. 1989). 여기서 소형망원경이란 1m급 이하의 반사망원경을 의미한다(Crawford 1987). 로보틱 천문대는 컴퓨터, 제어, 구동계, CCD 등 검출기, 그리고 인터넷 기술 등이 결합되어 이룩한 합성품이라 할 수 있다. 세계 각국의 로보틱 천문대의 활동으로 지난 10여간 발표된 천문 관측 자료의 양은 과거에 비해 기하급수적으로 팽창하였다.

국내에서도 소형망원경을 자동화하는 연구가 1990년대부터 한국천문연구원을 중심으로 시도되었다(김천휘 등 1992). 그 이후, 한국천문연구원에서 2건의 1m급 자동망원경 구축 사업이 독립적으로 진행되어 1대는 경북 영천 보현산에 건설되었고, 또 다른 1대는 미국 Arizona Tucson의 Lemmon산에 설치되어 현재 시험 관측 중에 있다(진호 등 2002). 한편, 연세대학교는 한국천문연구원과 협동으로 우리 은하 내 변광성 및 지구근접천체의 탐사를 위한 로보틱 천문대를 국내의 천안, 남아공의 서덜랜드 등에 설치하여 현재 관측 중에 있다(Byun et al. 2002).

잘 구축된 소형 로보틱 천문대의 잇점은 과거의 수동 천문 관측에 비해, 1) 관측에 들어가는 관측 인력 및 기기 유지 예산이 훨씬 적게 들고, 2) 관측의 효율성이 크게 뛰어나 하루 밤에도 많은 양의 자료를 획득할 수 있다. 이러한 잇점 때문에 잘 계획된 특정 목적의 관측 프로그램을 수행할 경우, 천문학적 발전에 크게 기여할 수 있다.

국내에는 상당량의 소형 망원경이 대학에 산재되어 운용되고 있다. 그러나, 거의 대부분의 망원경이 연구용이라기 보다는 교육용으로만 활용되고 있으며, 그 이유로는 1) 대부분의 망원경이 수동 관측에 의존하고 있어, 관측자 인력이 절대적으로 부족한 현실과 관측자를 충당할 예산의 지속적 조달의 어려움 때문에 망원경 운영을 지속적으로 할 수 없으며, 2) 이를 극복하기 위해서 로보틱 망원경을 구축하려 할 경우, 로보틱 망원경이 요구하는 추적과 지향(pointing) 정밀도에 비해 기존 소형 망원경의 정밀도는 크게 못 미치기 때문에, 기존 망원경의 구동계의 대폭적 수리, 또는 교체가 요구된다. 3) 또한, 국내 대학이 보유하고 있는 망원경 모두가 도시 한가운데 있어 천문관측에 치명적인 공해와 광해(light pollution)에 노출되어 질 좋은 관측 자료를 얻을 수 없는 단점이 있다. 4) 마지막으로, 로보틱 망원경이 구축되었다 하더라도 이를 이용한 관측 프로그램은 3)항에 기인하여 제한을 받을 수 밖에 없는 등의 이유를 들 수 있다. 이러한 이유로 인해 대학에서 보유한 망원경은 교육에 사용되는 시간을 제외하곤 천문대 돔에 보관되어 있는 것이 우리의 현실이다.

그럼에도 불구하고, 최근 몇년간 IBVS(Information Bulletin of Variable Star)에 게재된 천문학적으로 중요한 변광성 관측자료들의 상당 부분이 60cm이하 급의 소형망원경을 이용하여 획득된 것이라는 점은 우리에게 시사하는 바가 크다. 즉, 도시의 공해와 광해가 있다 하더라도 잘 정의된 관측

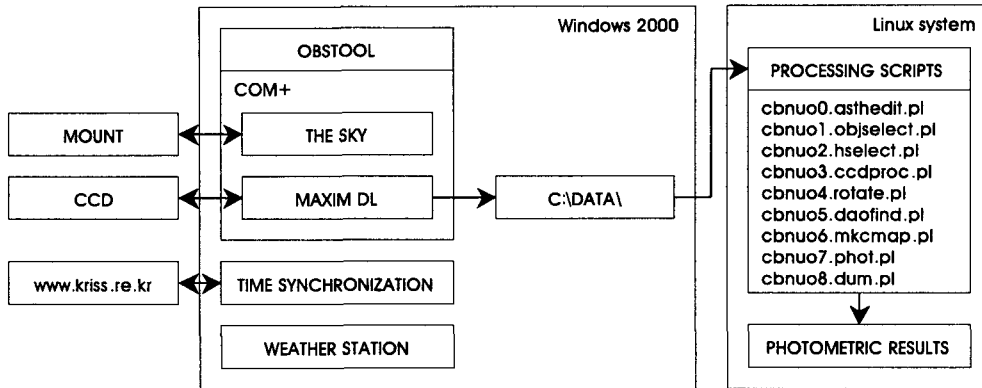


그림 1. 식쌍성의 극심시각 관측시스템의 구성도.

프로그램과 잘 구축된 로봇틱 망원경을 이용하여 지속적인 관측을 진행시킨다면, 천문학적으로 유용한 관측자료를 상당량 얻을 수 있다. 변광성 탐사와 같은 관측 프로그램은 잘 정의된 관측 프로그램의 한 예가 될 수 있다. 변광성을 찾아 내기 위한 탐사 관측은 한 지역에 대한 관측 횟수에 제한을 주어 되도록 넓은 영역을 훑어나감으로써 탐사효율을 극대화 시킬 수 있다. 이와 같은 방식의 관측을 통하여 오랜 기간에 걸쳐 많은 시점에서 관측자료가 얻어지게 되면 주기분석을 통해 변광성의 광도곡선을 찾아 낼 수 있다. 그러나 쌍성계의 역학적 진화 등에 초점을 맞출 경우, 광도곡선보다는 극심시각의 측정이 큰 중요성을 가진다. 극심시각의 결정은 위와 같은 광역 탐사 관측에서는 효율적으로 이루어지지 않기 때문에, 탐사 관측자료로부터 식변광성으로 분류된 대상들에 대해서는 별도의 극심시각관측이 부수적으로 행해지는 것이 매우 바람직하다.

식쌍성의 극심시각은 항성 진화 과정에 포함된 질량 이동, 방출, 제3,4체, 근성점 운동, 자기 활동 등 여러 물리 현상들과 아직 알려지지 않는 과정을 연구할 수 있는 기본 자료를 제공한다는 점에서 이들의 조직적이고 체계적인 관측이 필요하다. 극심시각은 식부근의 광도곡선으로 부터 극심시각만을 결정하기 때문에 필터를 굳이 사용할 필요가 없을 뿐더러, 우리의 측광 관측 경험에 의하면, 청주 시내에 있는 충북대학교에서도 필터를 사용하지 않았을 때 약 12등급의 별을 측광할 수 있고(그림 5의 좌측 상단의 RZ Tau), 이 자료로 부터 정밀한 극심시각을 얻을 수 있다. 최근 Kreiner et al.(2001)에 의하여 출간된 식쌍성의 (O-C)도 도록집에 수록된 1,140개의 근접 쌍성계 중에서 약 80%에 해당하는 891개의 쌍성계가 12등급 보다 밝다(10^m보다 밝은 별: 392개, 10^m ~ 11^m: 295개, 11^m ~ 12^m: 204개). 따라서, 식쌍성의 극심시각의 조직적인 관측이 도심에 위치한 소형망원경을 이용한 좋은 관측 프로그램들 중의 하나임을 결론지을 수 있다.

우리는 독일식 마운트의 Paramount GT-1100s 구동계와 14인치 Celestron 광학계, 그리고 SBIG ST-8 CCD 카메라를 이용하여 식쌍성의 극심시각 관측을 위한 반자동 소형망원경을 충북대학교 41동 옥상에 구축하였다. 관측시스템의 구축시 중요하게 고려한 사항은, 우리가 관측하는 천체의 밝기가 약 12등급보다 밝은 관계로 CCD 화면에서 변광성과 버금가는 밝기와 분광형을 가진 비교성과 점검성(check star)이 없을 경우, 광전관측 방법과 같이 변광성으로 부터 조금 떨어져 있더라도 등급과 분광형이 비슷한 천체(비교성과 점검성)들을 선택하여 이들 사이로 망원경을 움직이며 관측할수 있다

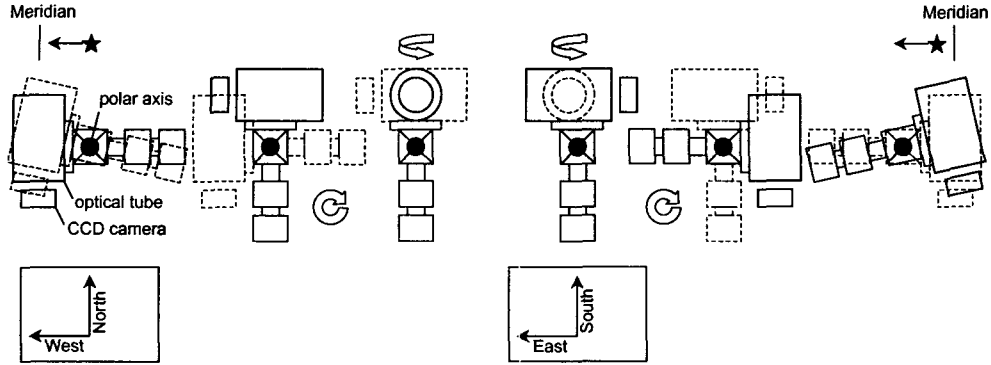


그림 2. 독일식 마운트 시스템의 자오선 통과시 CCD 시야에 들어오는 방위. 이 그림은 남쪽에서 북쪽으로 망원경의 극축을 평행하게 바라 본 모습이다.

록 배려한 것이며, 이를 위해서 구경이 40cm 이하의 소형망원경으로 현재 널리 사용되고 있는 Meade 나 Celestron 회사의 구동계보다 추적 및 지향성이 좋은 독일식 마운트의 Paramount GT-1100s 구동계를 채택하였다. 그림 1은 우리가 구성한 관측 시스템의 구성도이다.

이 연구에서 우리가 구축한 관측시스템과 그 관측 결과를 제시 하였다. 제 2장에서 관측 시스템의 구성에 대하여 기술하였고, 제 3장에서는 이 연구를 위해 개발한 관측제어 및 자료 처리 프로그램 들을 소개 하였으며, 제 4장은 이 시스템으로 관측한 식쌍성의 광도곡선을 제시함과 동시에, 구성된 시스템의 문제점 등을 논의하였다.

2. 관측 시스템의 구성

망원경의 구동 시스템은 상용으로 판매되고 있는 Paramount GT-1100s 독일식 마운트를 사용하였다. 이 마운트의 추적정밀도는 1시간에 1분각 미만이고, 지향 정밀도는 RMS 1분각 정도로써 다른 회사의 소형 마운트에 비하여 좀 더 정밀한 시스템이다. 또한, 이 마운트 시스템은 대상천체로의 이동속도가 빠르고, 경통의 인스톨이 쉬운 장점을 가진 반면, 독일식 마운트의 형태를 취하고 있어 자오선을 전후하여 관측 되는 영상의 남북방향이 180° 회전하는 단점이 있다. 독일식 마운트 시스템은 적경 회전축에 대하여 한쪽에는 망원경 경통을 다른 한쪽에는 이에 해당하는 추를 달아 밸런스를 맞추어 천체를 추적하도록 하는 구조를 띄고 있는데, 망원경 경통이 마운트를 받치고 있는 피어와 충돌하는 것을 방지하기위하여 망원경 경통은 추와 비교하여 항상 위쪽에 오도록 설계되어 있다. 따라서, 그림 2와 같이 한 천체를 계속 관측하며 자오선을 지날 때 쯤에서는 적경 회전축에 대하여 서쪽에는 망원경 경통이 동쪽에는 추가 수평으로 위치하다가 자오선을 지나는 순간, 동쪽에는 망원경 경통이 서쪽에는 추가 있는 형태로 바뀌게 된다. 이때, CCD카메라에 들어오는 시야는 남북 방향을 기준으로 180도 회전한 시야가 관측된다. 이 문제는 후에 소개하는 자료의 처리과정시 영상을 다시 돌려야 하는 문제(관측 자료를 처리하기 위해서는 flat fielding을 마친 후에 영상을 180도 돌려야 자오선 통과전의 영상과 같은 영상을 볼 수 있게 된다)를 야기 시키므로 보통의 포크식 마운트를 가진 망원경 구동 시스템으로 획득한 영상과 비교할 경우 불편한 점이 있다. 또한, 망원경 이동 중에 영상을 획득할 경우에는 이 영상은 사용할 수가 없게 되므로 자오선 근처에서 몇몇 영상 자료를 잃게 되는

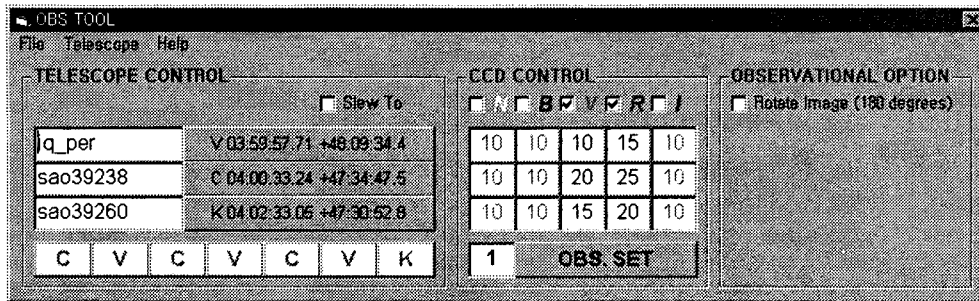


그림 3. 망원경과 CCD 제어에 사용하는 OBSTOOL의 주 화면.

단점이 있다.

광학계는 Celestron 14 경통을 사용하였다. 이 광학계는 f/11의 슈미트-카세그레인 형태로써 관측에 사용하는 SBIG ST-8 CCD 카메라를 초점면에 설치하였을 때, 입사 시야각이 약 12' x 8'에 이르게 된다. 우리는 망원경의 시야를 좀더 확보하기 위하여 f/7의 focal reducer를 사용하여 CCD에 들어오는 시야각을 약 19' x 12' 정도로 넓혔으며, 새벽녘에 이슬이 내려 앉아 슈미트 보정판이 어는 것을 방지하기 위하여 망원경의 슈미트 보정판 주위에 열을 내는 열판을 돌려서 보정판에 이슬이 얼어 붙는 것을 방지하였다. 한편 관측이 진행됨에 따라 기온의 하강으로 초점이 바뀌게 되는데, 현 시스템에서는 자정근처와 새벽녘에 초점을 수동으로 조정해주고 있으며, 추후 경통의 온도변화에 따라 초점을 보정할 수 있도록 보완할 계획이다.

관측에 사용하는 CCD의 픽셀크기는 9 μ m이며 그날의 시상(대개의 경우 4" 정도임)에 따라 2x2 또는 3x3 binning 모드를 사용함으로써 그 날에 적당한 샘플링 비율을 설정하여 사용하고 있으나, 교내의 시상이 좋지 않은 까닭에 보통 3x3 binning 모드로 사용하며, 이때 한 픽셀에 들어오는 시야는 약 2" 정도이다.

망원경이 설치되어 있는 41동 건물 옥상의 천문대는 관측시 지붕 전체를 여는 개방형 구조로 되어 있으며, 모든 관측장비는 옆 건물의 관측실에서 제어할 수 있도록 구성하였다. 또한, 관측 제어 컴퓨터는 네트워크에 연결되어 있어서 관측자가 원격으로 접속하여 어느 곳에서나 관측컴퓨터의 화면을 볼 수 있고, 제어 또한 가능하도록 구성하였다.

관측자료는 Windows 2000 운영체제를 사용하는 컴퓨터에 저장된다. 이 컴퓨터는 10분마다 한국표준과학연구원에 접속하여 컴퓨터 시각을 맞추도록 설정하였으며, 이 때의 관측 시각 정밀도는 약 0.5초 이내로 신뢰할 수 있다. 획득한 관측 자료는 하드디스크의 data라는 디렉토리에 자료 처리에 필요한 헤더 정보들을 포함하여 저장된다. 저장된 관측 자료 디렉토리는 samba 마운트로 연결되어 있는 Linux 운영체제의 컴퓨터에서 접근이 가능하다.

또한, Davis 웨더스테이션을 설치하고 매시간 마다 온도, 습도, 풍향, 풍속 등의 정보를 측정하고 이를 기록하도록 하였다. 기록된 온도나 습도는 자료처리 후 관측점의 신뢰도를 추정하는데만 현재 사용된다. 우리가 구축한 시스템이 향후 무인 자동화 관측 시스템으로 점차 개선될 경우, 기상 상태에 따라 돔의 개폐를 결정하는 데 기상 정보의 취득은 중요하다. 현재 우리가 구축한 시스템은 관측자가 관측을 수행하는 시스템이므로 관측의 중단은 관측자에 의하여 결정된다.

3. 관측제어 및 자료 처리 프로그램

효율적인 변광성의 극심시각 관측을 위하여 **OBSTOOL**이라는 프로그램을 작성하였다. 이 프로그램은 망원경을 변광성, 비교성, 검토휘 사이로 움직이며 CCD와 필터를 제어하는 프로그램으로써, 이 프로그램을 통하여 관측자는 관측에 사용할 필터의 선택 및 각각 필터에 따른 노출시간 등을 조정할 수 있다. 그림 3은 **OBSTOOL**을 실행 하였을때 나오는 주 화면이다.

관측자는 이 프로그램을 이용하여 변광성, 비교성, 검토휘성을 등록하여야 한다. 우선 망원경을 변광성, 비교성, 검토휘성 등으로 이동시킨 후 텍스트 상자 안에 대상천체의 이름을 기입한다. 천체의 이름을 기입할 때에는 될 수 있는 한 소문자를 이용하고 여백은 “ ” 등으로 처리하여 기입란에 여백이나 특수 문자 등이 들어가지 않도록 하여 기입한다. 예를 들어 IQ Per의 경우에는 iq_per로 SAO 39238의 경우에는 sao39238으로 기입한다.

기입이 끝나면 텍스트 상자 옆의 버튼을 눌러 등록을 하는데, 이때 프로그램은 망원경이 지향하고 있는 곳의 좌표를 가지고 와서 버튼의 캡션을 현재 지향하고 있는 좌표로 바꾼다. 관측성들의 입력을 마친 후 **TELESCOPE CONTROL** 프레임 우측 상단의 **Slew To** 체크상자를 선택하면, 각각의 버튼을 누를때 마다 망원경을 등록된 좌표로 이동할 수 있다. 관측은 보통 비교성, 변광성, 비교성, 변광성, 비교성, 변광성, 검토휘성의 순서가 1주기가 되도록 하였으며, 반복 관측하려는 횟수를 **CCD CONTROL** 프레임 하단의 텍스트 상자에 기록하고 **OBS. SET** 버튼을 누르면 대상필드들 사이로 망원경을 움직이며, 필터와 CCD를 제어하여 관측을 수행하게 된다. 한편, 우측 상단의 **OBSERVATIONAL OPTION** 프레임 체크 상자는 자오선을 통과 후 관측영상이 뒤바뀌어 나타나는 것을 보정하기 위한 것으로 이를 선택할 경우 화면에 보이는 모습이 뒤바뀌어 나타나게 되지만 실제로 저장되는 영상에는 영향이 없다.

관측한 영상은 앞서 기술한 바와 같이 Windows 2000 운영체제 컴퓨터(이후부터 CCD 컴퓨터라 함)의 하드 디스크로 일단 저장되며, 이 디렉토리는 Linux 운영체제의 컴퓨터(이후부터 자료처리 컴퓨터라 함)와 samba 마운트로 공유되어 있어서 자료처리 컴퓨터에서 CCD 컴퓨터의 하드디스크 접근이 가능하다.

그림 4는 자료의 처리에 사용하는 스크립트들과 스크립트의 실행에 따른 자료 저장 디렉토리의 구조, 그리고, 자료처리의 입력과 출력 파일들에 대하여 나타내었다. 관측자료의 처리는 관측이 모두 끝난 후에 이루어지며, 관측이 끝나면 CCD 컴퓨터 하드 디스크의 화일들을 자료처리 컴퓨터로 복사한다. 한 예로써 obsdata/cbnuo/2003/04/06/와 같이 각각의 날짜에 해당하는 디렉토리로 그날 관측으로 얻은 화일들을 모두 복사한다. 복사를 마친 후에는 각각의 관측영상에 기록된 관측시각을 유효관측시각으로 바꾸고, 이때의 airmass와 HJD 등을 계산하여 갱신한 후, 관측한 대상천체들의 목록을 만들어 주는 **cbnuo0.asthedit.pl** 스크립트를 관측일 디렉토리(예: obsdata/cbnuo/2003/04/06/)에서 실행시킨다.

자료 처리의 전 과정에 필요한 스크립트는 모두 **cbnuored.pl** 명령을 관측일 디렉토리에서 실행시킴으로써 구동시킬 수 있다. **cbnuored.pl** 명령을 실행시키면 스크립트 명령을 실행시킬 수 있도록 메뉴가 나타나게 되며 이때 각각의 스크립트 이름을 넣어줌으로써 각 단계별 작업을 진행해 나갈 수 있다.

관측한 자료들의 헤더정보들을 추가 또는 수정한 후에는 각 천체의 이름별로 관측자료를 나누어

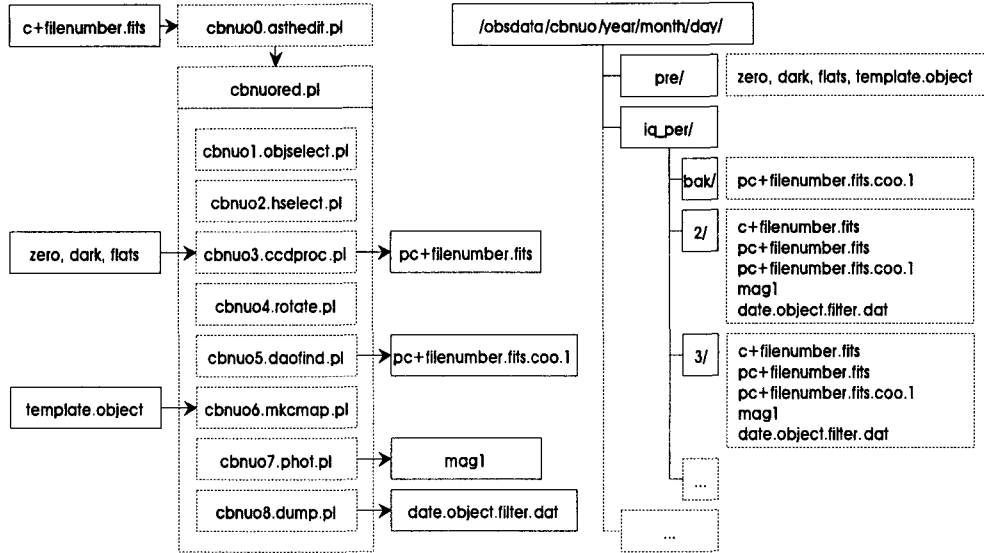


그림 4. 자료 처리 과정의 흐름과 구조도.

주는 작업이 필요하다. 이 작업은 **cbnuo1.objselect.pl** 스크립트에 의하여 이루어지며, 작업이 실행된 후에는 관측일 디렉토리 아래에 각각의 관측성 이름의 디렉토리가 생성된다. 처음 관측성들의 이름을 등록할 때 공백이나 특수문자 등을 사용하지 않고 기입한 이유도 디렉토리를 만드는데 적합하지 않은 이름이 사용되는 것을 방지하기 위함이다. 또한, 이 작업을 실행시키고 나면 전처리과정에서 사용하는 flat, dark, zero 등의 영상들을 관측일 디렉토리 아래에 pre/ 라는 디렉토리를 만들고 모두 옮겨 놓는다.

cbnuo2.hselect.pl은 관측성이름으로 만들어진 서브디렉토리 아래에 각각의 필터별로 관측 화일들을 나누어주는 작업을 수행한다. 다음 단계를 수행하기에 앞서 pre/ 디렉토리에서 전처리과정에 필요한 각각의 영상들(flats, zero, dark)을 생성하여야 하며, 이 작업에 대하여는 Massey(1997)의 메뉴얼을 참조하기 바란다. flat 영상을 만들때 한가지 중요한 점은 헤더 정보 중에 subset을 포함하고 있는지를 확인한 후에 만일 포함하고 있지 않은 경우에는 각각의 필터에 해당하는 값을 hedit 명령을 이용하여 추가한다.

관측일 디렉토리 아래 pre/ 디렉토리에 전처리과정에서 사용할 flats, dark, zero 등의 영상을 만든 후에는 **cbnuo3.ccdproc.pl** 스크립트를 실행시켜서 각 영상들의 전처리 과정을 수행한다. 전처리과정의 보정을 마친 영상화일은 원본을 덮어쓰지 않고 화일이름 앞에 p자를 추가하여 새로운 화일을 만든다.

만일 한 천체에 대하여 관측을 시작하여 마치는 동안 자오선을 통과하는 일이 있었다면, 앞장에서도 설명한 바와 같이 저장되는 영상은 자오선 통과 전후를 비교하여 영상의 남북 방향이 뒤바뀌는 현상이 생기게 된다. 이러한 경우에는 자오선을 통과한 이후의 화일 번호를 확인한 후에 **cbnuo4.rotate.pl** 스크립트 화일의 \$rotnum 값을 고치고 실행 시킨다. 이 스크립트는 자오선 통과 전과 후의 남북 방향이 일치하도록 자오선 통과 전의 영상들에 대하여 180° 회전시키는 작업을 한다.

관측 자료의 처리는 IRAF의 구경 측광 패키지를 이용한다. 이의 사용을 위해서는 우선 **cbnuo5.daofind.pl** 스크립트를 실행시켜 별들의 좌표를 찾아야 한다. 이 스크립트가 실행되면 각각의 필터 디렉토리로 이동하여 관측한 영상에서 배경 하늘의 분산값을 읽어내어 각각의 영상에서 별을 찾기 위해 조정하는 각 파라미터의 값을 자동으로 조정한다. 이후, 별로 인식되는 좌표를 찾아내어 “영상화일이름.coo.1”(예: pc00234567.fits.coo.1)이라는 좌표 화일을 만든다.

한편, daofind 과정으로 생성된 좌표 화일에서 별로 인식한 갯수는 각각의 영상마다 다르다. 변광성 관측은 시계열로 관측을 수행하여 하룻밤에도 수백장의 영상을 얻는 것이 보통이다. 따라서, 관측한 영상들에서 기준이 되는 좌표 화일을 하나 선정하고, 이 좌표 화일과 비교하여 다른 좌표 화일에서 찾은 별들의 위치를 기준이 되는 좌표 화일의 것들로 바꾸어 주면 모든 영상에서의 좌표 번호가 같게 된다. 예를들어, 기준이 되는 영상에 daofind 과정으로 별을 찾았더니 변광성이 6번째 별로 인식된 반면, 다른 영상들에서 동일한 과정을 수행하였을 때 꼭 6번째 별이 변광성으로 인식되지 않기 때문에, 이를 기준이 되는 별의 좌표와 비교하여 번호를 바꿔 주는 작업을 수행하는 것이 **cbnuo6.mkcmap.pl** 스크립트이다. 이 스크립트를 실행시키기 위해서는 기준이 되는 좌표 화일이 관측일 디렉토리 아래의 pre/ 디렉토리에 “template.관측성이름”(예: template.iq_per) 형태로 있어야 하며, 맨 처음 daofind 과정에서 찾았던 좌표 화일들은 필터 디렉토리에서 bak/ 이라는 디렉토리로 옮겨지고 기준 좌표에 대하여 새롭게 수정된 좌표 화일들이 필터 디렉토리에 남게 된다.

cbnuo7.phot.pl는 수정된 좌표에 대하여 구경측광을 실시하는데, 이 스크립트는 각각의 이미지에서 대상 천체의 FWHM 값을 읽어내어 이 값에 2를 곱한 값을 구경측광의 크기로 설정하고 측광을 실시한다. 여기서, FWHM 값에 2를 곱한 값을 구경측광의 크기로 정한 것은 경험에 바탕을 둔 것인데, 이 시스템으로 획득한 자료들을 여러 번의 시행착오를 거쳐서 처리한 결과로 얻은 것이다.

cbnuo8.dump.pl 스크립트는 측광 결과로 부터 HJD, airmass, 등급, 등급오차의 값들을 추출해 내며, 그 결과를 연도, 날짜, 별이름, 그리고 필터가 조합된 화일로 저장하도록 하였는데, 예를 들어 “2003.0406.iq_per.2.dat”는 2003년 4월 6일 IQ Per를 2번째 필터(여기서는 V에 해당)로 측광한 결과를 의미한다.

위에서 기술한 자료처리 과정은 각각의 단계에 대하여 “단계이름.LOG” 형태의 화일이 작업 디렉토리에 기록 되도록 하였는데 이는 각각의 자료 처리시 발생할 수 있는 오류 등을 확인하기 위함이다.

4. 관측 결과 및 논의

우리가 구축한 시스템으로 2002년 11월 1일부터 2003년 4월 6일 현재까지 총 59개의 식쌍성에 대한 극심시각 관측을 수행하였다. 관측대상 식쌍성은 Kreiner et al.(2001)의 데이터 베이스에 수록된 각 별의 광도요소를 이용하여 식이 일어나는 시각을 미리 계산 한 후, 고도와 방위각, 극심 시각, 밝기 등이 적절한 별들을 선택하여 관측하였다. 우리가 관측한 식쌍성 중에서 식부근의 광도곡선이 잘 정의된 몇가지 예를 그림 5에 보였다. 이 그림에서 다른 것들에 비해 AW Cam의 광도곡선에서 보이는 심한 분산은 관측일의 날씨가 좋지 않았기 때문이다.

RZ Tau($P = 0.^d416$)의 극심시각 밝기는 약 $m_v = 11.^m4$ 등급으로 청주시내의 도심 밝기를 고려하면 이 정도의 밝기를 가진 별은 측광이 안될 것으로 생각되었으나 그림에서 보듯이 매우 깨끗한

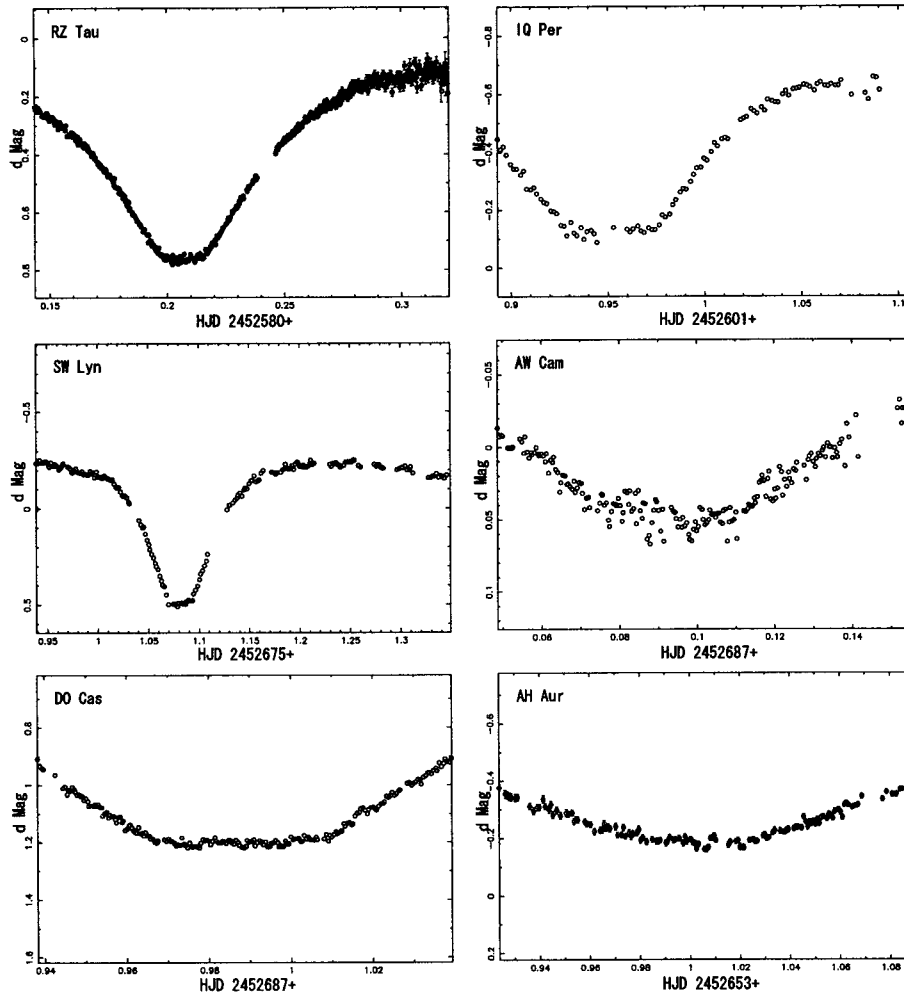


그림 5. 본 시스템으로 관측하여 얻은 몇개의 식쌍성들의 광도곡선.

광도곡선을 보이고 있다. Kwee & van Woerden(1956)을 사용하여 이 광도곡선으로 부터 구한 RZ Tau의 극심시각은 HJD 2452580.20637이며, 그 오차는 $\pm 0.^d00006(\pm 5\text{초})$ 이다. 이 결과를 기준으로 할 때 우리가 구축한 시스템으로 약 12등급까지의 별들에 대한 측광이 가능하리라 생각된다. 그림 5에 보인 AH Aur($P = 0.^d494$), AW Cam($P = 0.^m771$), DO Cas($P = 0.^d685$), SW Lyn($P = 0.^d644$), 그리고 IQ Per($P = 1.^d744$)의 극심에서의 m_v 는 각각 $10.^m5$, $9.^m2$, $9.^m0$, $10.^m7$, 그리고 $8.^m4$ 이다.

결론적으로 우리는 체계적인 식쌍성의 극심시각 관측을 위하여 35cm 급의 소형망원경을 이용하여 반자동 관측시스템을 구성하였다. 우리가 구성한 시스템에서 망원경의 구동과 제어, 그리고 CCD 제어는 자동으로 제어하는 반면, 돔의 개폐, 초점 맞추기 등은 수동으로 제어된다. 이 시스템을 구성을 하는 데 우리가 주력한 점은 1) 변광성, 비교성, 검토성 사이를 움직이며 관측할 수 있도록 하였고, 2) 관측 후의 신속한 측광 결과를 구하기 위하여 perl 스크립트를 사용하여 자료의 분류, 전처리,

측광 등의 작업이 가능하도록 하였으며, 이를 통하여 체계적인 식쌍성의 관측과 식쌍성의 극심시각 데이터베이스를 구축하기 위한 자료처리 구조를 체계화 하였다.

한편, 식쌍성의 극심시각 관측 등과 같이 어떤 천체의 시계열 관측을 위한 시스템을 구축할 때, 독일식 마운트 보다 포크식 마운트를 채택하는 것이 더 바람직 하다. 그 이유는 독일식 마운트의 경우, 1) 자오선 통과 전과 후의 관측 영상이 남북방향으로 180° 뒤바뀌는 현상을 자료처리 과정에서 고려해야하는 번거로운 작업이 발생하며, 2) 자오선 통과시 망원경 경통이 서쪽에서 동쪽으로 180° 회전하기 때문에 야기되는 지향오차의 보정이 추가로 뒤따라야 하기 때문이다.

본 연구에서 성공적으로 시도된 반자동 극심시각 관측시스템은 앞으로 전자동 관측시스템으로 발전되는 것이 바람직하다. 기존에 알려져 있는 식변광성들의 갯수에 버금가는 새로운 식변광성들이 계속 발견되고 있고, 앞으로 훨씬 더 많은 새로운 식변광성들이 발견될 추세이고 보면, 체계적인 극심시각 관측전용시스템이 필수적으로 필요하기 때문이다.

감사의 글: 이 연구는 학술연구재단의 기초기술과제(과제번호: KRF-2002-070-C00045)의 지원을 받아 수행 되었습니다.

참고문헌

- 김천휘, 한인우, 백기동, 염충 1992, 소형자동천체망원경 제작, 과학기술처 특정연구 N9016 (대전: 한국천문연구원)
- 진호, 이충욱, 김호일, 김승리, 한원용, 경재만, Mack, P. 2002, 천문우주 DB 구축 및 자료처리 워크샵 (대전: 한국천문연구원), p.43
- Boyd, L. J., Genet, R. M., & Hall, D. S. 1987, The Photoelectric Photometry Handbook, Eds. D. R. Genet, R. M. Genet, & K. A. Genet (Arizona: Fairborn Press), chap.19
- Byun, Y.-I., Han, W.-Y., Kang, Y.-W., Moon, H.-K., Yim, H.-S., Park, S., Yu, S.-Y., Bae, Y.-H., Lee, S.-H. & Chun, M.-S. 2002, in NEO and Wide Field Astronomy (Taejeon: Korea Astronomy Observatory), p.63
- Crawford, D. L. 1987, New Generation Small Telescope (Arizona: Fairborn Press), p.7
- Genet, R. M., Hayes, D. S., Epanand, D. H., Boyd, L. J. & Keller, D. F. 1989, Robotic Observatories (Arizona: AutoScope Co.)
- Kreiner, J. M., Kim, C.-H. & Nha, I.-S. 2001, An Atlas of (O-C) Diagrams of Eclipsing Binary Stars, vols.1-6 (Krakow: Press of Pedagogical Univ.)
- Kwee, K. K., & van Woerden, H. 1956, BAN, 12, 327
- Massey, P. 1997, A User's Guide to CCD Reductions with IRAF (<http://iraf.noao.edu/iraf/ftp/iraf/docs/ccduser3.ps.Z>)