

경희대학교 태양관측시스템
SOLAR OBSERVATIONAL SYSTEM OF KYUNGHEE UNIVERSITY

김일훈, 김갑성

KIM, IL-HOON, KIM, KAP-SUNG

경희대학교 우주과학과

Department of Astronomy & Space Science, KyungHee University

(Received November 19, 1998; Accepted December 1, 1998)

ABSTRACT

We have developed solar observational system in the department of Astronomy & Space Sciences of KyungHee University, in order to monitor solar activities and construct solar database for space weather forecasting at maximum of 23rd solar cycle, as well as an solar education and exercise for undergraduate students.

Our solar observational system consists of the full disk monitoring system and the regional observation system for $H\alpha$ fine structure. Full disk monitoring system is made of an energy rejection filter, 16cm refractor, video CCD camera and monitor. Monitored data are recorded to VHS video tape and analog output of video CCD can be captured as digital images by the computer with video graphic card. Another system for regional observation of the sun is made of energy rejection filter, 21cm Schmidt-Cassegrain reflector, $H\alpha$ filter with 1.6Å pass band width and 375×242 CCD camera. We can observe $H\alpha$ fine structure in active regions of solar disk and solar limb, by using this system.

We have carried out intense solar observations for a test of our system. It is found that quality of our $H\alpha$ image is as good as that of solar images provided by Space Environmental Center. In this paper, we introduce the basic characteristics of the KyungHee Solar Observation System and result of our solar observations. We hope that our data should be used for space weather forecasting with domestic data of RRL(Radio Research Laboratory) and SOFT(Solar Flare Telescope).

I. 서 론

태양은 우리 태양계내의 모든 행성을 한 가족으로서 모여 살 수 있도록 엄청난 중력을 행사하는 동시에 지구를 비롯한 모든 행성이 살아 숨쉬고 활동할 수 있도록 막대한 복사 에너지를 끊임

입없이 제공하고 있다. 이러한 활동태양에서는 흑점, 플레어, 홍염 등으로 대표되는 표면활동현상이 주기적으로 그 수와 세기의 증감을 반복하면서 발생, 소멸되고 있으며 제 23번제의 태양 활동극대기에 접근하고 있는 지금, 태양계 전체에 막대한 영향을 미치는 대규모 폭발성 활동이 끊임없이 관측되고 있다.

현재 태양활동의 주요 감시 관측소는 미국 NJIT의 Big Bear 태양 천문대(BBSO), 미 국립태양천문대(NSO)산하 Kitt Peak, Sacramento Peak 관측소, 그리고 미국 고고도 천문대 HAO 산하인 하와이 마우나 로아의 태양관측소(MLSO), 월슨산 태양천문대, 하와이 대학의 Mees 태양관측소, 프랑스의 파리 천문대, 호주의 Learmonth 관측소, 일본 Hiraiso 태양-지구 환경센터(Akioka, 1997, 1998) 등 수 많은 지상 관측망이 활동 중이다. 우주에서도 Yohkoh, SOHO 위성 에 이어 최근에는 TRACE위성이 활동을 시작함에 따라 X선, EUV, UV 파장대의 태양관측상이 얻어지게되어 자외선 태양천문학의 새로운 장이 열리고 채층-코로나의 천이영역에 대한 연구가 활성화 되고있다.

국내의 경우, 현재 태양관측이 수행되고 있는 곳은 보현산 천문대와 서울대학교 천문대, 전파연구소 이천분소의 세 곳으로 보현산 천문대에서는 하나의 가대 위에 장착된 5개의 굴절망원경으로 구성된 태양 플레어 망원경(SOFT)을 이용하여 각각 자기장(VMG)과 속도장(LMG), $H\alpha$ 단색상, 백색광 및 전면상 모니터링 관측을 수행 (Park et al. 1997, Moon et al. 1997)하며 서울대학교에서는 5 인치 굴절망원경과 $H\alpha$ 단색 필터 및 비디오 CCD를 사용하여 태양의 상시 관측을 수행(김정훈외 4인, 1997)하고 있다. 또한 우주환경예보에 절대적으로 요구되는 태양 플레어 등의 태양 전파 관측은 전파연구소 이천분소에서 3개의 전파 수신안테나로 시스템을 구성하여 태양전파관측(조정석외 2인, 1997)을 활발히 수행 중에 있다.

태양활동의 상시 관측, 감시 작업에 첨단 태양관측 장비로 취득한 국외의 관측자료가 국제 전산망을 통해 이용될 수 있으나 일반적으로 하루 이상의 시간 차이가 나는 자료가 공개되고 연속적인 관측자료의 부재 등, 관측 자료이용의 한계가 있기 때문에 폭발성 활동 현상의 연구나 우주환경예보 등에 활용하기에 많은 어려움이 있다. 이에 경희대 우주과학과에서 태양활동 극대기를 대비하여 실시간으로 자료를 취득하고 학부학생의 교육실습에 활용될 수 있는 교육용 다목적 태양관측 시스템을 개발하게 되었다.

본 연구에 의해 개발된 태양관측계로 얻은 관측자료에 보현산 천문대의 SOFT 관측자료, 서울대학교 및 전파연구소의 태양전파 관측자료를 추가하면 순수한 국내 관측자료로도 폭발성 활동 현상을 실시간으로 추적, 감시할 수 있으며, 더욱이 국제 태양관측전산망으로 입수된 관측자료를 활용하여 보완한다면 태양활동 극대기에 요구되는 우주환경예보를 완벽히 수행할 수 있을 것이다.

II. 태양 관측 시스템

본 연구에서 개발된 태양 관측시스템은 $H\alpha$ 미세구조 관측계와 백색광 전면상 관측계의 두 가지로 구성되어 있다. $H\alpha$ 미세구조 관측계는 초점비가 10인 구경 8인치 Celestron 반사망원경과 $H\alpha$ 단색필터 및 CCD 카메라로 구성되어 있으며 태양 활동 영역의 세부구조가 디지털 화상으로 출력되어 이를 컴퓨터로 전산처리 할 수 있도록 제작되었다. 백색광 전면상 관측계는

중국과학원에서 제작한 구경 6인치 굴절망원경에 태양광 감쇄필터와 비디오 CCD카메라를 장착한 구조로서 백색광 태양 전면상을 비디오에 녹화하고 TV로 상시 모니터링 할 수 있도록 개발되었다. 경희대학교 천문대 관측 시스템(진호, 김갑성 1995)을 기초로 하고 있는 태양 관측 시스템의 계통도는 그림 1과 같다. 미세 구조 관측계와 전면상 관측계에서 획득된 각각의 관측 자료는 하나의 종합분석시스템에서 처리된다. 이 장에서는 $H\alpha$ 미세구조 관측계와 백색광 전면상 관측계에 사용된 기기들의 사용법과 기본적인 사양 및 특성을 설명하고자 한다.

1. $H\alpha$ 미세구조 관측계

(1) 구경 8인치 반사망원경의 특성

$H\alpha$ 미세구조 관측계의 8인치 반사망원경은 미국의 Celestron 사의 제품으로 초점거리 f 가 80인치(2032mm)이고, 유효구경 D 는 8인치 (203mm)로 초점비(f/D)가 10인 Schmidt-Cassegrain 방식의 망원경이다. 주경의 크기는 8.25인치로 Celestron사의 Starbright 방식의 코팅이 다섯겹으로 되어 있고 2.25인치의 볼록한 쌍곡면의 부경을 갖고 있다. 반사경 자체의 광로차(Coma)에

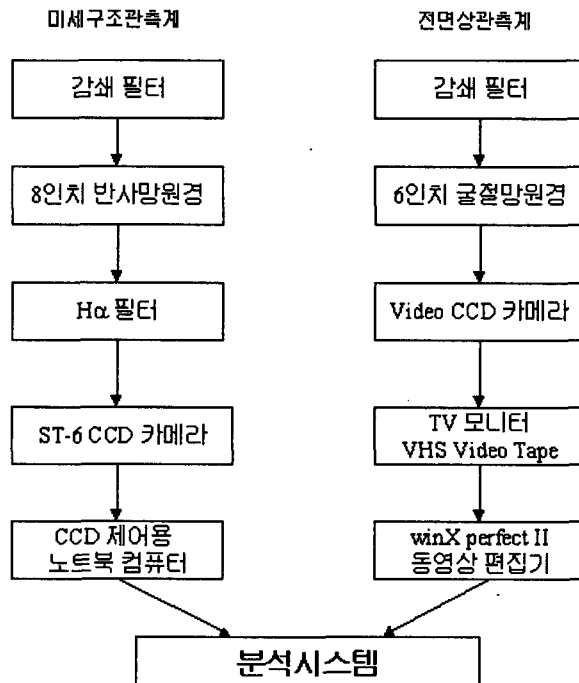


그림 1. 경희대학교 태양 관측 시스템의 계통도

의한 상의 왜곡 현상을 줄이기 위해 사용된 보정 렌즈는 8인치 구경에 0.190 인치의 두께를 가지며 렌즈보호용 MgF2 AR이 양쪽 면에 코팅되어 있다. 그림 2에 미세구조관측계에 사용된 Schmidt-Cassegrain 방식의 망원경 광학계가 나타나 있다.

굴절망원경은 동일한 구경의 반사망원경보다 훨씬 선명한 상을 보여 주기 때문에 일반적으로 태양 및 행성의 관측에 자주 사용된다. 그러나 굴절망원경의 치명적 단점인 색수차 문제와 더불어 초점 거리만큼 경통의 길이가 길어지게 되어 구경 8인치 굴절망원경을 사용할 경우, 경통 끝에 필터와 CCD를 부착하면 현재의 가대에서는 거의 바닥까지 내려가 관측에 많은 불편이 뒤따를 것으로 예상되었다. 이러한 이유로 본 연구에서는 슈미트-카세그레인 방식의 망원경을 선택하였다. 이 방식의 망원경은 그림 4에 보는 바와 같이 주경과 부경을 사용하는 반사 광학계로서 경통의 길이를 초점 거리의 반 정도로 줄일 수 있어 필터와 CCD의 부착이 용이하였다.

8인치 반사망원경은 짧은 경통에 알맞은 포크식 가대를 사용한다. 이 포크식 가대는 균형추가 없어서 무게가 가볍고 사용하기에 편리하다는 장점이 있으나 무거운 주경이 경통 뒷부분에 부착되어 있어 경통 이외에 필터와 CCD를 접안부 쪽에 부착할 경우 망원경의 무게의 균형을 잡기 힘들다는 단점이 있다. 적경축의 경우 필터와 CCD가 중심선에 부착 되기 때문에 문제가 없지만 적위축의 경우 망원경의 고정기 힘들 정도로 균형추를 제작하여 부착하는 방법을 고려했으나 가대의 허용 용량이 적기 때문에 적위축 고정장치만을 보강하였다. 경희대학교 8인치 반사식 태양 망원경의 사양이 표 1에 정리되어 있고 그림 3과 그림 4는 H α 미세구조 관측계인 8인치 반사망원경과 포크식 가대, 그리고 H α 필터와 CCD 카메라의 Head를 부착한 모습을 보여주고 있다.

(2) H α 필터의 특성

본 연구에서 사용된 H α 필터는 미국의 Day-Star사에서 제작한 것으로 석영과 방해석을 서로 다른 각도와 두께로 겹쳐서 6562.8Å에 가까운 파장만 통과시키고 나머지 파장의 빛은 상쇄 차단시키는 원리를 이용하고 있다.

표 1. 8인치 반사망원경의 사양

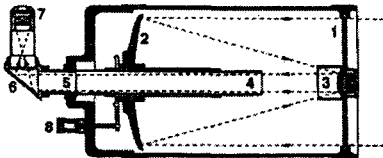


그림 2. Schmidt-Cassegrain 방식 망원경의 광학계

Design	Schmidt-Cassegrain Catadioptric
유효구경	8인치, 203.2mm
초점거리	80.6인치, 2048mm
초점비	f10
주경	지름 8.25인치, f1.9,
부경	지름 2.25인치
주경코팅	Celestron "Starbright" 5 step multilayer
보정렌즈	구경 8인치, 두께 0.190인치, MgF2 AR 양면코팅

필터의 투과 파장폭(Pass Band Width)은 1.6\AA 이다. 이 수치는 제작사에서 측정한 값으로, 본격적인 연구관측용으로 활용하기에는 투과폭이 큰 편이지만 태양 관측 실습용으로 사용하는 데는 충분하다고 생각되었다. 투과폭이 좁을수록 단색 필터로서의 제 기능을 발휘하게 되어 양질의 관측자료를 획득 할 수 있는데 보현산 태양 플레어 망원경의 경우 0.25\AA 의 투과파장폭을 가진 $H\alpha$ 용 리오필터가 사용되고 있다.

경희대 $H\alpha$ 필터는 필터 면의 경사각을 조절하여 투과되는 빛의 파장을 결정하는 방식이다. 따라서 경사각을 적절히 조절하여 $H\alpha$ 6562.8\AA 의 중심선에서 적색이나 청색쪽으로 다소 벗어나게 할 수 있고 이렇게 투과 중심 파장을 변화시키면 태양 대기의 깊이에 따라 채층에서 광구 높이 까지의 각기 다른 모습을 볼 수 있다. $H\alpha$ 흡수선운곽의 청색 또는 적색 날개에 해당하는 파장으로 관측하면 $H\alpha$ 중심선으로 본 모습보다 더 밝게 나타난다.

필터 면의 온도와 투과되는 파장은 밀접한 상관 관계가 있는데 제작사의 설명서에 따르면 필터 면의 온도가 21°C 이고 태양광이 필터 면에 수직하게 들어 올 때 투과되는 파장이 6562.8\AA 이 된다고 기술되어 있다. 물론 검증실험을 통하여 $H\alpha$ 필터의 관측 파장 중심을 알아내는 것이 필요하지만 현재 국내에는 단색필터를 시험할만한 태양 분광장치가 없기 때문에 설명서의 내용을 신뢰하고 관측을 수행하였다.

필터 내부에는 열전자 냉각방식의 냉각 장치가 장착되어 있으나 필터 면의 온도가 항상 21°C 를 유지하는 것은 아니다. 장시간의 관측에 따른 태양열로 필터 면의 온도가 상승하더라도 관측 중에는 필터 면의 온도를 측정할 수 있는 방법이 없어 틈이 나는 대로 필터 면의 경사각을 조절하여 투과파장이 6562.8\AA 에 가깝게 설정하여야 한다. 이 각도를 설정하는 방법은 먼저 저배율 아이피스로 태양의 테두리(Limb)나 흑점부근의 활동영역이 시야의 중심에 오게 망원경을 조절한 다음 고 배율 아이피스로 테두리 또는 활동영역을 관측하면서 홍염, 플라쥐, 필라멘트 등이 가장 선명하게 보이는 각도로 $H\alpha$ 필터의 경사각을 조절한다.

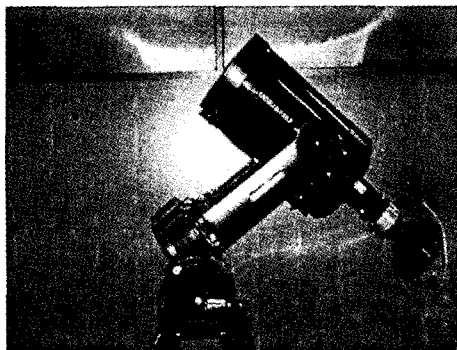


그림 3. 경희대학교 미세구조 관측용 8인치 반사망원경

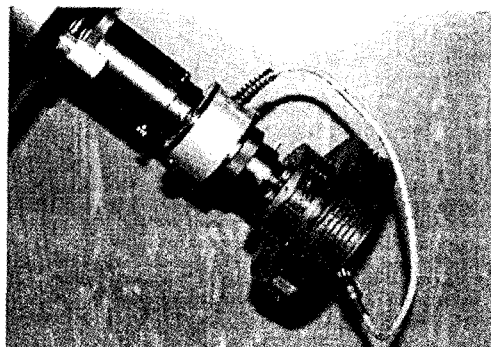


그림 4. 8인치 반사망원경에 부착된 $H\alpha$ 필터와 CCD 카메라

필터 경사각을 조절할 수 있는 범위를 온도로 나타내면 $7^{\circ}\text{C} \sim 32^{\circ}\text{C}$ 이다. 즉 필터면의 경사각을 아무리 기울여도 필터 면의 온도가 7°C 이하이거나 32°C 이상이면 필터가 $H\alpha$ 영역을 투과시킬 수 없다. 필터 면의 온도가 32°C 이상이면 내부에 부착된 열전자 방식의 냉각장치가 자동적으로 작동하게 되어 있어 큰 문제가 없다. 그러나 필터 면의 온도가 7°C 이하가 되는 한 겨울에 관측을 할 경우에는 필터 면의 온도를 높여 주어야만 필터가 $H\alpha$ 영역을 투과할 수 있다. 필터 면의 온도를 높여 주는 방법은 여러 가지가 있지만 본 연구에서는 별다른 장치를 이용하지 않고 태양열을 이용하여 필터 면의 온도를 높이는 방법을 사용하였다.

표 2에 본 연구에서 사용한 $H\alpha$ 필터의 특성이 정리되어 있다.

(3) CCD 카메라의 특성

$H\alpha$ 미세구조 관측계에 사용된 CCD 카메라는 미국의 Santa Barbara Instrument Group(SBIG)에서 제작한 것으로 Texas Instrument에서 제작한 TC241 칩을 사용하고 있다. CCD 소자의 크기는 $8.6 \times 6.5 \text{ mm}$ 이고 총 픽셀수는 375×242 이며, 한 픽셀의 크기는 $23 \times 27 \mu$ 이다. 열전자냉각(Thermo Electric Cooler : TEC)방식이 사용되며, 보조냉각장치로 2개의 바람개비(Cooler)를 돌리고 있다. CCD 카메라 시스템은 크게 카메라 머리부(Camera Head), 전자부 및 전원공급부의 3개 단위로 구성된다. CCD 카메라 머리 부분은 CCD 소자와 셔터, 냉각 장치가 내장되어 있고, 카메라 전자부는 CCD 칩의 온도 셔터의 제어 및 온도를 검출하는 역할을 하며, 화상자료를 임시로 저장하는 캐쉬(Cashe) 메모리가 내장되어 있다. 또한 전원 공급부는 카메라가 정상적으로 동작할 수 있도록 항상 일정한 양질의 전원을 공급한다.

위와 같이 세 부분으로 구성되어 있는 CCD 시스템의 전체적인 제어는 현재 P-233MHz를 사용하는 노트북 컴퓨터(IBM 호환기종)에 RS232 직렬 케이블로 카메라 전자부와 연결시켜 수행하며 제어프로그램은 CCD 제작사인 SBIG사에서 제공한 CCDOPS 3.6을 사용한다.

CCD는 열로 인해 발생하는 열전자 잡음을 제거하기 위하여 냉각을 하여서 사용한다. 현재 사용하고 있는 ST-6 시스템은 TEC 방식의 냉각 장치를 사용하며 제작사의 설명서에 의하면 -50°C 까지 냉각이 가능하다고 되어 있지만 실험 결과 -42°C 이하로 냉각되지 않는다는 사실을

표 2. $H\alpha$ 필터의 특성

유효 구경	32mm (1.25")
투과 파장 폭 측정	32mm (1.25")
측정된 투과 파장 폭	1.6A
Fully blocked transmittance	4%~8% of polarized light
작동 가능한 온도	$7^{\circ}\text{C} \sim 32^{\circ}\text{C}$

발견하였다. 이론상 CCD의 냉각온도는 외부의 온도보다 40℃~50℃ 정도 낮을 때 가장 잡음이 적다고 한다. 따라서 -42℃까지의 냉각만으로도 충분하며 잡음 발생 정도를 확인하기 위해서 외부 온도가 21℃일 때 CCD의 냉각 온도를 변화시켜 가면서 잡음의 발생정도를 측정하였다. 온도 단계를 5℃ 별로 나누고 외부의 온도보다 30~50℃ 정도 온도를 낮추어주면서 측정하였다. 측정 방법은 CCD의 암화면(Dark Image)를 얻어서 잡음이 발생한 정도를 확인하였다. 즉 암화면을 찍었을 때 가장 균일한 상이 나타나는 온도가 CCD의 잡음이 가장 적은 온도라 할 수 있다. 시험 관측 결과 외부온도와 차이가 50℃ 일 때 CCD의 잡음이 가장 적다는 것을 알 수 있었다. 이 결과가 그림 5에 나타나 있다.

노출시간은 0.01 ~ 3600초 범위 내에서 조절할 수 있으며, 픽셀의 최대 허용치는 65535이다. 시험 관측 중에 노출 시간, 광량 조절이 적당치 못해서 자주 포화현상이 일어났다. 정확한 노출 시간의 설정을 위하여 1998년 3월 20일에서부터 1998년 4월 30일까지 약 40일간의 시험관측을

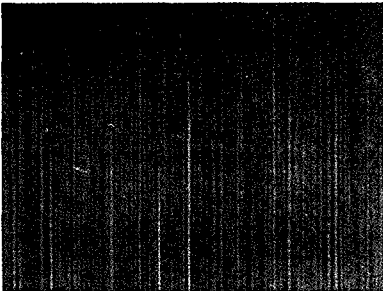


그림 5-1. 기온 21℃, CCD온도 -10℃ 일 때의 Dark Image

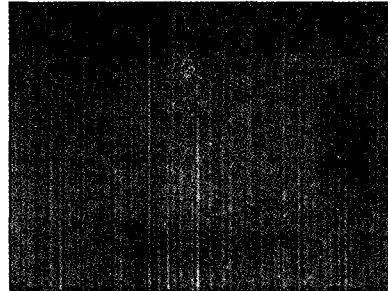


그림 5-2. 기온 21℃, CCD 온도 -15℃ 일 때의 Dark Image



그림 5-3. 기온 21℃, CCD 온도 -25℃ 일 때의 Dark Image



그림 5-4. 기온 21℃, CCD온도 -35℃ 일 때의 Dark Image

수행하였다. 시험관측 결과 아주 맑은 날 태양이 남중하였을 때 감쇄 필터와 $H\alpha$ 필터를 부착한 상태에서 적정 노출시간은 0.5초라는 결론을 얻었다. 물론 노출시간을 짧게 하면서 여러 장의 사진을 적분하는 방법도 고려하였으나 현재의 시스템으로는 불가능하였다.

SBIG사에서 제작한 ST-6의 전원 공급 장치는 입력 전압이 110V이고, 출력되는 전원은 12V 50VA라고 되어 있으나 실제 측정한 수치는 40VA 정도였고 그 상태에서 CCD가 -42°C 밖에 냉각되지 않았다. 물론 -42°C 정도라도 관측에는 큰 문제가 없으나 항상 일정한 전압, 주파수의 제공으로 기기의 안정된 작동을 보장하기 위해 정 전원 공급 장치를 제작하였다. CCD 전원 공급 장치의 입력 전압도 국내 표준인 220V로 교체하였는데 전원 공급 장치의 교체 이후 최저 냉각 온도가 -48°C 로 향상되었다.

2. 백색광 전면상 관측계

(1) 구경 6인치 굴절망원경

백색광 전면상 관측계는 구경 6인치의 굴절망원경과 태양광 감쇄 필터 그리고 비디오 CCD 카메라로 구성되었다. 그림 6에 전체적인 시스템의 모습이 나타나 있으며 그림 7에는 비디오 카메라가 장착된 부분이 확대되어 나타나 있다. 전면상 관측을 위한 굴절망원경은 중국과학원에서 제작한 것으로 구경이 6인치이며 초점거리가 750mm로 초점비가 5인 케플러식 굴절망원경이다. 주경에는 렌즈의 보호를 위해 코팅이 되어 있으며 색수차가 보정된 색지움렌즈(Achromatic Lens)를 사용하였다. 망원경의 가대는 전형적인 독일식 적도의(Equatorial Mounting)로 극축 조정을 위한 전용 망원경이 없고, 3 kg의 무게추가 두 개 부착되어 있으며 추적모터가 사용되지 않는다. 추적모터가 없기 때문에 장시간에 걸친 태양의 관측 시에는 수동으로 태양을 추적해야 하는 불편함이 있지만 극축만 정확히 설정해 두면 적위 미동 나사의 조작만으로 태양의 추적이 가능하다. 또한 부착되어 있는 Video CCD 카메라와 TV를 이용하여 모니터링 하기 때문에 태양의 추적에 그다지 문제가 없다.

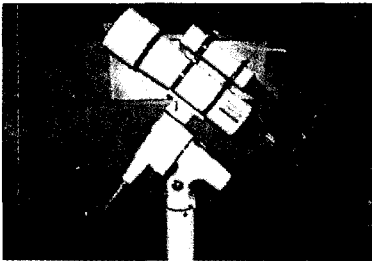


그림 6. 경희대학교 전면상 관측계의 6인치 굴절망원경

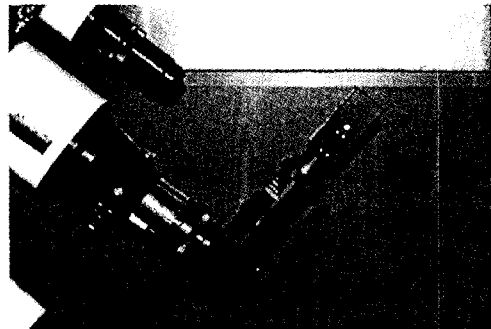


그림 7. 6인치 굴절망원경에 부착된 Video CCD 카메라의 모습

표 3은 6인치 굴절망원경의 사양을 정리한 것으로 추적장치가 보완되고 색수차가 더 보정 된다면 태양의 미세구조를 관측을 위해 사용하여도 충분한 정도의 성능을 보여준다. 태양 관측시스템을 구축하는 데에 두 개의 망원경을 사용한 이유는 6인치 굴절망원경에 부착된 Video CCD로써 태양 전면상을 모니터링 하면서 관측할 대상 또는 관측할 지역을 결정하고, 8인치 반사망원경에 부착되어 있는 CCD로 보다 정밀한 미세구조 관측을 수행하기 위한 것이다. 물론 하나의 가대에 두 개의 망원경을 함께 설치하여 동시 관측하는 방법이 바람직하지만 그 제작은 다음기회로 미루었다.

(2) 태양광 감쇄 필터의 특성

감쇄 필터는 일종의 ND(Neutral Density) Filter로써 태양의 직접광 세기를 감소시켜 망원경의 광학계와 카메라부를 보호해주는 역할을 한다. 미세구조 관측계와 전면상 관측계에 각각 사용된 망원경 주경의 크기와 같은 6인치와 8인치 필터를 사용하였으며 필요에 따라 감쇄 필터의 크기를 조절하여 망원경에 입사되는 태양 광을 더욱 줄일 수 있도록 제작되었다. 본 연구에서 사용된 감쇄 필터는 니켈과 크롬을 3중으로 도금한 것으로 Neutral Density가 8 정도이며 태양광의 95%를 차단하고, 입사되는 태양광의 모든 파장을 같은 세기로 약화시켜 50Å의 투과폭으로 투과시킨다.

(3) 비디오 CCD 카메라의 특성

굴절망원경에 부착된 Video CCD는 Astrovid2000으로 CCD 칩의 크기는 7.95 × 6.45 mm 이고 픽셀 수는 811 × 508이며 수평주파수(Horizontal Frequency)는 15.734KHz, 수직주파수(Vertical Frequency)는 60 Hz이고 출력되는 하나의 화면은 525 lines, 60 fields/sec으로 모니터 링용으로 사용하고 있다. 비디오 CCD 시스템은 CCD 칩과 냉각 장치가 내장된 비디오 CCD

표 3. 6인치 굴절망원경의 사양

Design	Kepler 식 굴절망원경
유효구경(Effective Aperture)	6인치, 152.4mm
초점거리(Focal Length)	30 인치, 762mm
초점비(Focal Ratio)	f5
주경(Primary Mirror)	6인치 Diameter, f5
주경코팅(primary Mirror Coating)	Multi-layer
보정렌즈(Corrector Lens)	3.25 인치 Aperture.

카메라 머리 부분과, 수평주파수와 수직주파수 그리고 출력 화면을 조정하는 전자 조정부 그리고 출력을 담당하는 TV 모니터 등 3개의 단위부품으로 구성되어 있고, TV 모니터에 출력되는 영상을 VHS 방식의 Video Tape에 녹화하고 녹화되어진 영상은 다시금 동영상으로 PC에서 편집이 가능하게 되어 있다.

III. 태양 관측 및 관측 데이터

본 연구에 의해 제작된 태양 관측 시스템으로 1998년 4월과 12월에 집중적인 태양 관측을 수행하였다. 전면상 관측계로 태양활동을 감시하면서 미세구조 관측계로 활동 영역의 플라즈마, 필라멘트 등과 태양 가장자리의 홍염 등을 관측하는 방법을 사용하였다.

1. 미세 구조 관측계에 의한 태양 관측

그림 8과 9는 경희대학교 태양 미세 구조 관측계의 8인치 반사망원경으로 1998년 4월 29일 16시 28분(UT)과 1998년 12월 28일 00시(UT)에 관측한 $H\alpha$ 단색상이다. 그림 9에 나타난 바와 같이 오른쪽 태양 테두리(Limb) 부분에 정지 홍염의 일부분이 눈에 띄고 왼쪽의 활동 영역에는 흑점에 뿌리를 둔 필라멘트가 발달된 모습이 보인다. 이 필라멘트는 수일 후 오른쪽 테두리로 돌아 갈 때 코로나 부분을 배경으로 밝은 홍염으로서 관측 될 것이다.

보다 태양 활동이 활발해진 겨울에 관측된 것으로 그림 9-1은 8인치 반사 망원경에 2배로 확대하는 바로우 렌즈(Barlow Lens)를 사용하여 0.2초의 노출을 주어 촬영하였다. 태양상을 보면

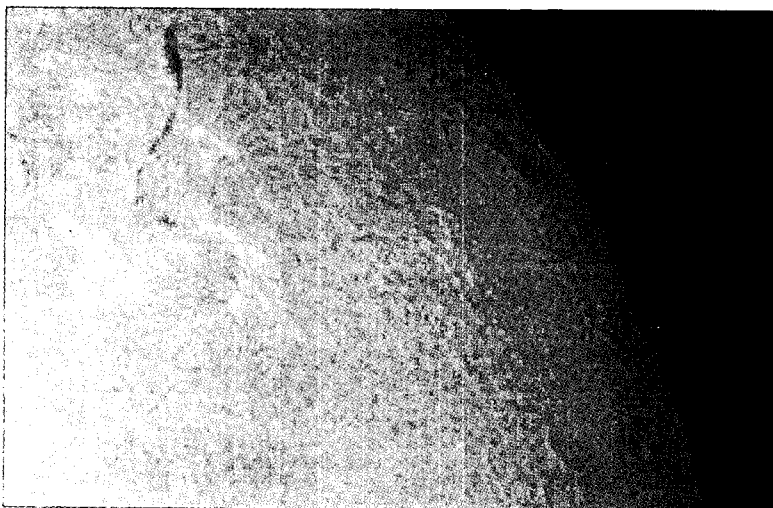


그림 8. 미세구조관측계에 의한 $H\alpha$ 상(UT 1998년 4월 29일 16 : 28)

흑점주변의 활동 영역에 밝은 플라쥐 위에 어두운 필라멘트가 아치(arch) 모양으로 걸려 있는 모습이 보인다. 마찬가지로 2배율의 바로우 렌즈를 사용하여 0.5초의 노출로 촬영 한 태양 테두리 상이 그림 9-2에 나타나 있다. 보이는 바와 같이 넓은 영역에 걸쳐 있는 홍염의 모습이 뚜렷하다. 그림 9-3은 그림 9-1과 같은 지역을 관측한 것으로 보다 자세한 미세구조를 파악하고자 2.5배율의 바로우 렌즈를 추가로 사용하였으며 노출 시간은 0.2초이다. 필라멘트의 형태가 그림 9-1보다 훨씬 선명하게 나타나 있다.

그림 10 및 11은 같은 날 미국 BBSO 천문대(Denker et al. 1998)와 호주 Learmonth 태양관측소에서 관측한 H α 단색상을 나타내고 있다. 경희대학교 태양 망원경으로 촬영한 부분이 사각형으로 표시되어 있고 비교해 보면 그다지 뒤떨어지지 않는 품질의 태양상이 관측 된 것으로 판단된다.

미국 Kitt Peak 태양 관측소에서 관측한 마그네토그램이 그림 12에 나타나 있다. 본 연구에서 관측한 태양상(그림 9-3)에 보이는 필라멘트 구조가 자기장의 +극성과 -극성의 경계면인 중성선을 따라 발달된 것이 확실히 드러나 있다.

경희대학교 태양관측 시스템의 8인치 반사망원경을 통해 얻어진 관측자료는 16Bit 표준 Fits 형식으로 저장된다. CCD의 Pixel이 375×242이고, 망원경의 유효 구경이 203.2 mm이므로 직소점으로 촬영할 때 CCD 화면에 태양상이 가득 들어왔을 때에는 태양면적의 약 30%정도이다.

소자의 크기가 보다 큰 CCD 카메라가 있다면 태양의 미세구조나 태양의 전면상 관측에 보다 용이할 것으로 보인다. CCD 카메라의 크기가 작은 것은 관측을 계속 한다면 추후에 개선되어야 할 것이다.

2. 전면상 관측계에 의한 모니터링 관측

앞에서 기술한바와 같이 6인치 굴절망원경에는 AstorVid2000이라는 Video CCD 카메라가 부착되어 있다. 이는 태양의 Full-Disk를 모니터링 하기 위한 것으로 VHS Video Tape에 영상으로 저장되게 되어있다. 또한 이를 컴퓨터를 통한 작업이 가능하도록 하기 위해서 하나의 하드웨어와 소프트웨어가 사용되었다. 먼저 하드웨어는 국내의 가산전자에서 제작한 것으로 제품명은 WinX-Perfect II이다. 이 제품은 대만의 Trident 사의 TGU - I9682XGi 칩을 사용하며 Video에서 보내는 영상을 PC 모니터에 출력하는 기능을 한다. 또한 PC 모니터에 출력되는 영상을 동영상으로 편집하는 소프트웨어는 가산전자에서 제작한 Video Man Capture를 사용하여 PC용 동영상 파일인 .AVI 파일로 편집 할 수 있도록 하였다. 일단 .AVI 파일로 편집된 관측 데이터는 Video Man Capture를 사용하여 각 시간대 별로 정지 화상을 .JPG나 .GIF 형식으로 얻을 수 있고, 이를 .FITS로 변환 시켜 자체 제작한 분석 소프트웨어로 처리 할 수 있다.

그림 13에 전면상관측계로 태양을 모니터링하는 모습이 나타나 있다.

IV. 토의 및 결론

현재는 6인치 굴절망원경에 의한 전면상 모니터링과 8인치 반사망원경을 통한 미세 구조 관측이 별도의 관측시스템으로 분리 구성되어 있으나 이 두가지 망원경은 동시에 태양의 같은 영역

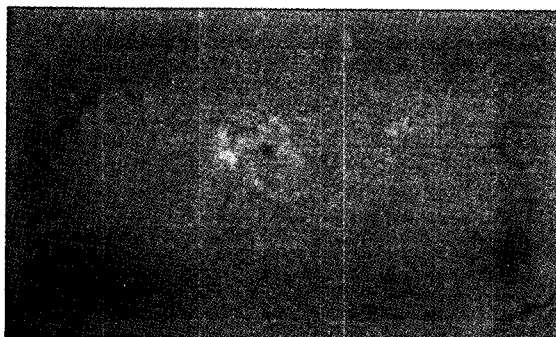


그림 9-1. 노출 0.2초, 미세구조 관측계에 2배율 발로우 렌즈로 확대 관측한 디스크상
(UT 1998년 12월 28일 00시 00분)

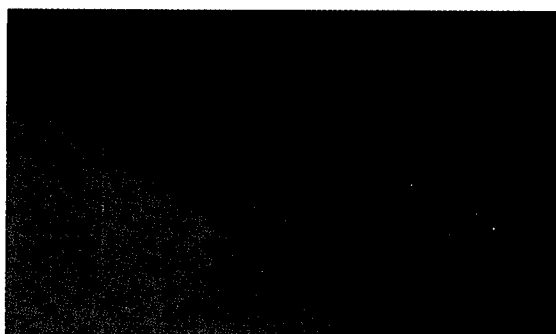


그림 9-2. 노출 0.5초, 미세구조 관측계에 2배율 발로우 렌즈로 확대 관측한 테두리상
(UT 1998년 12월 28일 00시 14분)



그림 9-3. 노출 0.2초, 미세구조 관측계에 2배율과 2.5배율 발로우 렌즈로 확대 관측한 디스크상
(UT 1998년 12월 28일 00시 08분)

을 관측할 수 있어야 한다. 따라서 두가지 관측시스템으로 같은 영역을 동시에 관측 할 수 있도록 현재 사용중인 구경 8인치 의 반사망원경과 같은 별도의 망원경을 추가로 하나의 가대에 올리는 작업을 수행하였다. 따라서 두 개의 경통 무게를 견딜 수 있고 자동 추적이 가능한 가

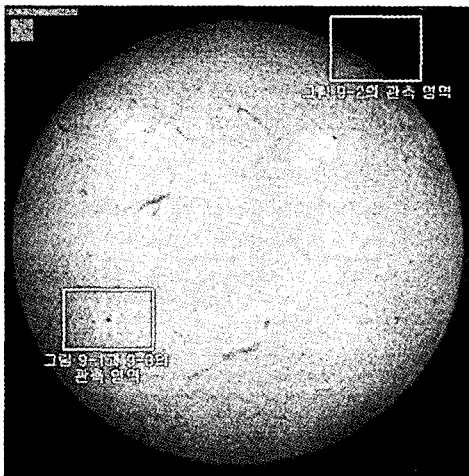


그림 10. BBSO에서 관측한 H α 단색상
(UT 1998년 12월 27일 17 : 59)

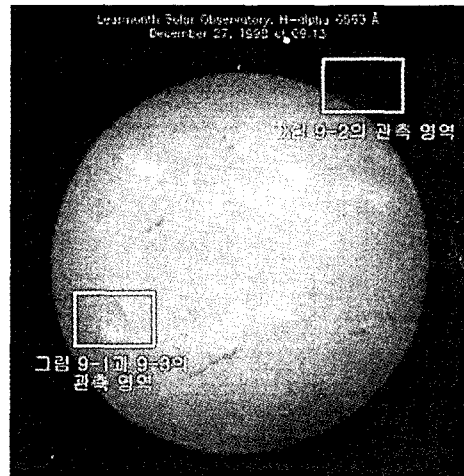


그림 11. 호주 Learmonth 태양 관측소의 H α 단색상(UT 1998년 12월 27일 09 : 18)

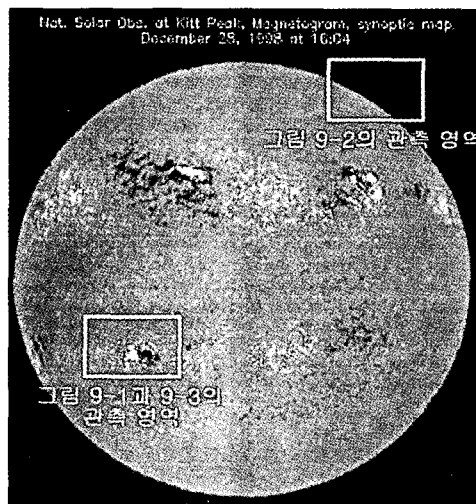


그림 12. Kitt Peak의 마그네토그램
(1998년 12월 28일 UT 16 : 04)

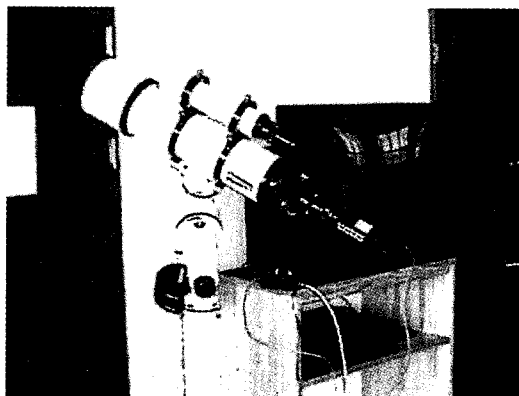


그림 13. 전면상 관측계

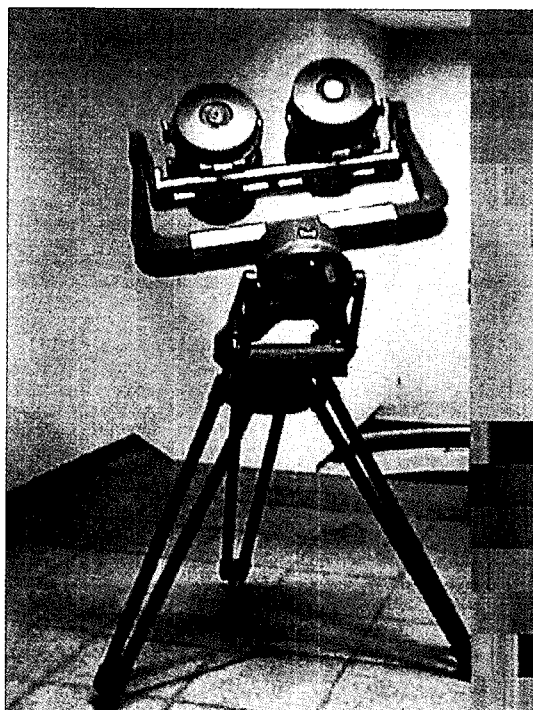


그림 14. 개조 작업을 끝낸 8인치 망원경과 가대의 모습

대가 절실히 요구되는 바, 현재 우주과학과에 보유 중이고 사용하지 않고 있는 11 인치 Celestron Schmidt-Cassegrain 망원경의 가대를 개조하여 사용하기로 하였다. 11 인치 경통의 무게가 약 22kg이고 8인치 반사망원경의 경통 무게는 10kg, 6인치 굴절망원경의 경통 무게는 14 kg으로 경통 무게만을 고려하면 8인치 반사망원경과 6인치 굴절망원경을 함께 11 인치 반사망원경용 가대 위에 올리는 것이 불가능하였다. 결국 경통 무게가 가벼운 8인치 반사망원경 두 개를 올리는 방법을 사용하였다. 8인치 반사망원경 경통의 무게가 10kg이고 H α 필터의 무게가 1kg, Video CCD Camera의 무게가 0.5kg 그리고 CCD Camera의 무게가 2kg이므로 충분히 가능하다는 결론을 내리고 가대를 개조하였다. 그림 14에 개조된 가대의 모습이 나타나 있는데 아직 정확한 세팅이 끝나지 않았지만 앞으로 계속 된 시험 관측이 완료되고 도입을 추진하고 있는 적외선 필터가 준비되면 본격적인 태양관측에 활용할 것이다.

본 연구내용을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 경희대학교 태양 관측 시스템의 관측장비에 대한 성능 및 특성을 조사하고 사용된 망원경 두개의 기기적인 특성 및 원활한 운용을 위한 조정방법에 관하여 조사 및 정리하였다. 또한 태양 관측 시에 사용되는 H α 필터의 기본 적인 특성과 사용 방법을 알아보았고, 데이터를 저장하는 CCD와 Video CCD의 기본적인 특성을 조사하였다.

둘째, 구축된 태양 관측시스템을 사용하여 태양을 관측하고 그 결과를 외국의 데이터와 비교하였다. 그 결과 본 연구에서 얻은 태양상의 품질이 미 우주환경센터에서 제공하는 태양상에 전혀 뒤떨어지지 않아 사용된 장비의 성능을 고려할 때 우수한 결과를 얻었다고 할 수 있다.

또한 본 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 태양활동 극대기를 대비한 태양관측으로 우주환경예보에 활용될 수 있는 자료를 얻기 위해서는 H α 이외의 파장대역을 관측 할 수 있는 필터와 망원경이 요구된다. 따라서 태양의 활동성을 가장 잘 알 수 있는 영역중의 하나인 적외선(Ca II 8542 line, He I 10830 line 등) 영역을 관측하여 데이터의 질을 높이는 방법을 강구하여야 할 것이다.

둘째, 정확한 극축을 설정한 뒤에 망원경을 고정시켜야 한다. 현재의 이동식 망원경의 장점도 있으나 극축 설정이 어렵고 태양 추적 성능의 문제 등 단점이 더 많은 관계로 반드시 고정을 시키고, 정확한 추적 성능을 갖는 가대를 마련하여야 하겠다.

셋째, 태양표면의 미세구조를 연구하기 위해서는 보다 큰 CCD 카메라가 필요하다. 현재 사용되는 CCD의 pixel 수는 375 × 242 이다. 이 크기로는 흑점이나 필라멘트의 세부 구조를 확대하여 볼 때 정확한 형태를 구별하기가 힘들다. 이를 보완하기 위해서는 보다 해상도가 높은 CCD 카메라가 필요하다는 결론을 내렸다.

넷째, 현재 관측된 데이터의 품질을 높이기 위해서 여러 화상을 합쳐 하나의 화상으로 합성하는 화상적분이 요구된다. 이 방법을 사용하면 노출시간을 짧게 할 수 있고 픽셀당 비트수를 증가시킬 수 있다. 참고로 보현산 SOFT에서는 16개의 화상을 적분하여 16비트 화상을 얻고있으며 BBSO에서는 512개의 화상을 적분하는 것으로 알려져 있다.

참고 문헌

- 김갑성, 1995, 천문학논총, 제 10권, 1호, 135~146
- 김정훈, 이상우, 봉수찬, 이현숙, 윤홍식, 1997, "SNU Solar Patrol Telescope", 보현산천문대 태양플레어 망원경 공개 기념 세미나
- 조경석, 이근호, 김갑성, 1997, 한국우주과학회지, 제 14권, 2호, 320
- 진호, 김갑성, 1994, 천문학논총, 제9권, 1호, 101
- Park Young Deuk, Moon Yong-Jae, Jang Be-Ho, Sim Kyung Jin, 1997, "Observation System of Solar Flare Telescope", Publication of The Korean Astronomical Society, Vol. 12, No. 1, 35~45
- Moon Yong-Jae, Yoon So-Yoon, Park Young Deuk, Jang Be-Ho, 1997, "Telescope Control and Data Analysis Softwares for the SOFT", Publication of the Korean Astronomical Society, Vol. 12, No. 1, 47~62
- Maki Akioka, 1997, "Solar Observation Facilities at Hiraiso/CRL", 1997ssp.confE.26A
- Maki Akioka, 1998, Private communication