

국외 출장 보고서

(2018년 1월 22일-2월 6일 / 미국 OSU, 호주 KMTNet-SSO)

2018년 2월

김 승 리, 이 충 욱, 이동주, 차상목, 이용석

한국천문연구원

I. 출장개요

1. 출장자

김승리, 이충욱, 이동주, 차상목, 이용석

2. 출장기간

2018년 1월 22일부터 2018년 2월 6일까지(총 16일)

3. 목적지

미국 오하이오 주립대

호주 KMTNet-SSO

4. 수행내용

가. 18k 모자이크 카메라 워런티 종료 및 향후 기술지원 회의

미국 오하이오 주립대학교 영상과학실험실 ISL(imaging science laboratory)는 KASI와 KMTNet 18k 모자이크 CCD 카메라 개발 계약을 체결하고 2015년에 카메라 3대의 납품을 완료하였다. 납품된 카메라는 칠레, 남아공, 호주의 광시야 카메라에 설치되어 현재 운영중이며, 계약에 따라 OSU에서는 냉각가스관 히터의 개선, 월보드 개선, 냉각가스 콤푸레서 교체, UPS 교체 등의 시스템 유지 보수 서비스를 무상으로 제공하고 있다. 워런티 종료시점이 올해로 도래함에 따라 오하이오 주립대학교를 방문하여 현재 관측시스템의 상태를 OSU 기술진들에게 보고하고, 워런티 종료 후의 기술지원 등에 대해 협의하였다. OSU를 방문 중인 리더급 과학자 Andy Gould 교수님과 함께 현지 기술진과의 대면회의를 통해 지난 2년간의 자료 분석결과를 통해 초점 조정이 잘 이루어지지 않고 있음을 확인 하고, 이에 대한 개선책으로 가이드 칩을 이용한 실시간 초점 확인 소프트웨어를 개발에 대해 논의했다.

나. KMTNet-SSO 시스템 개선

외계행성 탐색시스템의 주요 연구주제인 우리은하 중심부 관측시즌이 종료됨에 따라 2017년 계획된 시스템 유지보수 작업을 진행하였다. 3월부터 10월까지 이루어지는 우리은하 중심부 관측시즌에는 시스템의 변화와 관측시간의 손실을 최소화시키기 위하여 중대한 고장이 아니면 정비시간을 배정하지 않고, 관측시즌이 끝난 11월에서 2월 사이에 집중적으로 정비를 수행한다. 따라서 제한된 시간 내에 시스템정비를 완료하기 위해서는 출장 전에 망원경의 상태를 정확히 이해하여 출장 기간 중 수행할 일들의 목록을 만들고 각 항목에 대한 예상 작업시간과 담당인력을 배정하는 일이 중요하다. 이로 인해 초기 망원경 설치과정에 참가해 관측시스템의 세부특성을 잘 알고 있는 운영인력 다수가 집중적으로 작업에 참여하여 시스템 개선에 대한 여러 작업을 수행하였다. 이번 출장 기간 동안에 수행한 작업은 돔 정렬 작업을 제외하고는 남아공 천문대와 칠레 천문대에서 수행한 내용과 비슷하며, 작업 결과물의 형태에 따라 크게 4가지로 분류된다. (1) 설

치 및 조정 - 카메라 전자부와 망원경 구동부의 노후 부품 교체 및 시스템 성능개선을 위해 추가 제작한 부품을 설치하고 미세 조정하였다. 광학 성능개선을 위해 망원경의 미러셀을 분리하고 새로 제작한 배플로 교체했다. 돔 수평정렬이 가능한지 확인하고 제작된 심을 이용하여 수평을 조정했다. 망원경 디스크 구동롤러의 정렬각도를 미세 조정했다. CCD 카메라의 전자부 조정과 냉각 콤프레서에 기름 흡수제를 설치하였다. 돔플랫영상 획득을 위한 플랫스크린을 설치하고 기상측정장비 세트를 설치하였다. (2) 측정 - 피로도 누적으로 인해 잦은 고장을 일으키는 돔의 수평도와 진원도에 대한 측정을 하였고, 향후 소프트웨어 시스템으로 업그레이드를 위한 관련 측정값을 얻었다. (3) 관측자 교육 - 관측도중 발생하는 갑작스런 문제에 능동적으로 대처하기 위해 관측자들이 현장에서 수행할 수 있는 상시 점검요소 및 즉시 대처가 가능한 부품교체에 대한 현장교육을 실시하였다. (4) 기술지원 회의 - 호주천문대 운영팀 및 기술지원팀과의 대면회의를 통해 ANU 기술인력으로 부터의 기술지원에 대한 협의가 이루어졌다. 출장동안 수행한 작업을 종류별로 정리하여 표 1부터 표 9에 요약 정리했다.

표 1. 설치 및 교체 작업 목록 및 결과 요약

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
1	주경배플설치	All	미러 리프트 준비/설치 ⇒ 부품unpacking+cleaning ⇒ 미러셀 분리 ⇒ 배플 설치 ⇒ 미러셀 설치 / 미러 온도 센서 스페어 설치	6
2	디스크 정렬장치 설치	이충욱,이동주	RA disk 조정 킷 설치 ⇒ idle roller를 미세하게 조정 RA disk 마모량 체크 (사진촬영)	3
3	idle 롤러 레퍼런스면 측정	이충욱,이동주	평행블록과 test indicator를 이용해 RA disk와 롤러 면의 각도 측정 (동쪽:0.04mm, 서쪽: 0.2mm)	0.5
4	플랫 촬영용 돔 스크린 설치	김승리,이동주	돔 플랫 스크린 조립 ⇒ 돔 스톱 상태일 때, 동쪽 편에 설치	3
5	돔 플랫 광원설치	이충욱	할로겐 광원 현지 제작 및 설치 (B,V : 60W / R,I : 20W)	2
6	AWS 설치	김승리,이용석	AWS 외부 장착 및 케이블 연결, 프로그램 및 시스템 연동 기상데이터 전송시험	6
7	DEC 베어링 유흡착제 설치	김승리,이동주	(2017.07.16.) 경면에 구리스 떨어짐 Dec 축 베어링에 그리스 낙하방지용 수건 설치	1
8	RA 엔코더 디스크면 물흡수테이프 설치	김승리	엔코더 침수 방지용 흡수테이프를 RA disk 면에 설치	1
9	주경조정나사 및 모서리스핀지 설치	김승리,이동주	관측자의 안전을 위해 주경조정 나사 커버 및 망원경 모서리에 스펀지 설치	0.5
10	GPS 시각 모듈 관측실 설치	김승리,이동주	display가 가능한 스페어 서버(NTP server)를 관측자 모니터 위쪽에 선반 제작하여 설치 및 설정 / 시각동기 코드 설치	3
11	스노건 교체 및 기존 스노건 수리	이충욱	(2017.11.18) 미러클리닝 용 CO2 가스 호스에서 가스 누출 윤슬 제작품으로 교체하고, 기존 제품을 수리하여 예비품으로 보관	1
12	망원경돔 입구 문 수리	이충욱	돔 입구 고정문 파손(2017.11.18) 수리	0.1
13	내부 IP 카메라 전원 위치 변경	이충욱	내부 카메라 근처의 콘센트 점검 후, 전원위치 변경	0.1
14	문고정용 말굽 설치	이충욱	돔 입구 등 4개 설치	1

표 2. 돔 개선 작업 목록 및 결과

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
15	돔 회전부 점검	이충욱, 이동주	돔레일/dome power feeding finger/볼트 상태점검(느슨해진 볼트 조임) 기어리듀서 이탈에 대비해 준비한 C클램프가 맞지 않아 크기 재측정	2
16	돔 회전 간섭	이동주, 김승리	롤러와 간섭을 일으켜서 파손된 볼트 교체 및 느슨해진 볼트 조임 (Ashdome에서 구매한 둥근머리 나사 5/16)	1
17	기어리듀서 및 스프로켓 점검	이동주	(2017.10.31) 스프로켓 마모, 리듀서 고정 볼트 파손(4개중 3개) (2017.11.12) 기어리듀서 양쪽 교체	0.5
18	고장난 기어리듀서 웜기어 교체	Rodney	고장난 기어리듀서 웜기어 교체	2
19	Grease 도포	이충욱, 이동주	(2017.11.12.) 로드니 셔터 스프로켓에 구리스 작업 돔 회전 레일에 Grease 도포	3
20	돔 수평도 측정	이충욱, 김승리	돔 레벨 측정 (레이저수준기)	4
21	돔 수평 조정	이충욱	유압램을 이용해 돔을 들어 올린 후, 롤러 아래에 심을 넣어 수평 조정	10
22	돔 센터링 측정	이충욱, 김승리	돔을 회전시키면서 레이저 거리측정기에 나타난 수치 기록	0.3
23	셔터부 마모/커플링 나사 상태 점검	Rodney	모터, 커플링, 스프로켓, 레일, 셔터이어 등 돔셔터를 구동하는 모든 부분 점검 / 셔터부 볼트가 풀려 여러번 관측 중단됨	1
24	셔터부 레일 점검	이동주, 이용석	셔터부 가로바 1칸의 크기 : 65.5cm 셔터 레일 2.5칸이 걸린 상태	1
25	셔터 이어 점검/교체	Rodney	2017.04.29. 셔터이어 교체 (4월 1일부터 셔터 소음 보고 있었음) 6일간 관측 중지/ 현지 돔 수리 업체에서 방문하여 교체 (로드니)	2
26	돔 Sync 오류 원인 파악	이동주	돔셔터 싱크 오류 지속적 발생 (2016.02.28./10.12)	0.5
27	셔터위치 초기값 조 정	김승리, 이용석 이동주	2017.05.06. 돔셔터 고장이후, 리미트 스위치 위치조정(4인치) 2017. 11월 AUX 컴퓨터에서 셔터위치 초기값 조정 (88.4⇒87.0)	0.5
28	돔셔터 얼라인 확인 레터링스티커 부착	이동주	돔과 망원경의 sync 상태 점검 후, 설정값 변경 / 방위 및 돔 셔터 각도를 표시하는 스티커 부착	1
29	방풍막 wheel 점검/ 교체	이동주, 이용석	(2017.05.30.) 방풍막 롤러 1개 교체 (조정우) 방풍막 롤러 점검 ⇒ 제일 아래 롤러의 간섭 해결	1
30	돔 파워 라인 공유기 스페어 2개	이충욱	전기모뎀 국내 제작 ⇒ 현지 테스트 성공	0.5
31	돔누수 위치 수집	이동주	누수 위치 : 돔셔터 오른쪽 5번째 근처 (돔셔터의 스톱워 위치를 북쪽으로 돔으로써 해결)	0.1

표 3. 컴퓨터 관련 개선 작업 목록 및 결과 요약

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
32	관측용컴퓨터 업그레이드 (RAM, SSD)	이용석	Lenovo tiny RAM 16GB /SSD 1050GB 업그레이드 및 OS, SW 설치	3
33	AUX PC 스페어 설치	이용석	AUX PC를 새로 구매한 PC로 교체 및 설정 그래픽카드 설치 (듀얼 모니터)	1
34	PC-TCS 스페어 설치	이용석, 이동주	PS-2마우스, 키보드 필요, 돔 엔코더 보드 없음	2

35	TCC 스페어 설치	이용석,김승리	칠레TCC를 한국에서 세팅(김동진,이용석)하여 테스트하였으나 실패 기존 TCC 계속 사용 / Dusty와 상의하여 문제 해결 예정	10
36	스페어 PDU 설치	김승리	컴퓨터실(3개) 및 장비실(3개) / 2개 사용, 1개 예비품	2
37	PDU 펌웨어 업그레이드	이용석	호주에 사용중인 모든 PDU의 펌웨어 업그레이드	0.5
38	컴퓨터 랙 배선정리	이용석	망원경 구동 관련 PC가 설치된 랙배선 정리 IC 컴퓨터가 설치된 랙배선은 정리 안함	5
39	모니터 벽면설치	김승리,이동주	AUX 모니터 2대를 벽면에 거치	3
40	서지프로텍터 설치	이용석	장비실에 서지프로텍터 설치, 컴퓨터실(기존에 설치됨)	0.5

표 4. 점검 조정 작업 목록 및 결과 요약

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
41	미러커버 기계부 점검	이충욱	(3월~6월) 미러커버 간섭 발생⇒5도 정도 열어놓음 / OTA에 연결된 볼트를 4mm->6mm bolts로 모두 교체	0.1
42	미러커버 전기부 점검	이충욱	(2017.05.30.) 남쪽 미러커버 안닫힘 : 커넥터가 분리되어 발생 2017.02월, 피복이 벗겨져 통신이 안 되는 문제 발생	0.1
43	망원경 (저고도) 멈춤	김승리,이용석	(2017.04.08./04.09/12.06) 12/6일은 55도에서 갑작스런 멈춤현상 발생 (2~3달 주기) 엔코더 헤더 값 확인 및 엔코더 테이프 클리닝	0.5
44	RA oscillation	김승리,이용석	(2017.07.23.)RA Oscillation 4회 발생, 엔코더 테이프 클리닝	0.5
45	Dec oscillation	김승리,이용석	2018년 현재도 Dec Oscillation 매우 심하다고 보고됨/월3회 이상 발생 (2017.08.22) DEC 1일 7회 발생, 캡스터 얼라인 및 Weight 확인	2
46	저고도에서 트래킹 에러	김승리,이용석	(2017.05.15) 저고도 관측 진행 중 Tracking Error가 발생하여 망원경이 Limit까지 이동 / 적경 엔코더 테이프 및 디스크 클리닝	0.5
47	포인팅 에러	김승리,이용석	(2017.08.22./08.30) 포인팅 에러 발생(저고도, 고고도 모두 발생) ⇒ TCC 재부팅으로 해결	0
48	경면상태 점검 및 반 사율 측정	이충욱,이용석 스티브	미러 코팅 후, 3개월마다 진행 중인 반사율 측정, 스티브 방문 (2/8: 88%, 5/9: 82%, 8/3: 81%, 11/17: 82%, 1/29 : 83%)	0.5
49	DEC 축 케이블 점검	김승리	망원경 DEC축을 움직이며, 육안 확인	0.5
50	포커스 액추에이터 연결 불량	이용석,이충욱 김승리,이동주	구모델 액추에이터와 신모델 드라이브의 연결 안됨 ⇒ 새 액추에이터 로 교체한 2번 드라이브만 교체, 여분의 네트워크 케이블 추가 설치	8
51	외부 IP 카메라 설치 위치 확인	이충욱,이동주	외부 카메라 설치 장소 물색	1
52	FSA 점검	all	FSA 교체 편의를 위해 제작한 장치 테스트 FSA를 내려서 볼트 상태 등 점검 및 조치	3
53	광학정렬/PSF 검토 및 광학계 조정	차상목	별상 검토 및 디포커싱 영상으로 광학계 정렬상태 검토 후 필요시 광학계 조정 (주경조정+PSF tip/tilt 조정)	18

표 5. CCD 카메라 전자부 및 부대장비 개선 결과 및 요약

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
54	전자부 HW 개선(1) Utility BD 점검	차상목	Utility BD 점검 및 BOG heater 업그레이드 완료, DMP Heater 설치/시험가동은 추후 예정	6
55	전자부 HW 개선(2) 부품교체	차상목	DC regulator 부품교체/개선 완료 - BIAS 노이즈 검토	3
56	전자부 HW 개선(3) POT/PA보드 조정	차상목	BIAS Jump 관련 POT/PA 보드 가변저항 불량 여부 검토 #03, #27 등 POT OD voltages 2회 조정, POT/PA 교체는 안함	6
57	전자부 CMRR/BIAS 레벨 확인 및 조정	차상목	CMRR/BIAS level 검토 - 돔플랫 3회 촬영/분석CMRR 상태 만족하여 CMRR은 조정 불필요하며, BIAS만 POT 2회 조정	16
58	PT30& PT13 internal adsorber 설치	차상목	PT30 #1/#2, PT13의 Internal adsorber 교체 및 정비	4
59	PT30& PT13 external adsorber 설치 준비	차상목	2.3M 설치상태 확인, 관련 부품정보 확보, Eq.room 설치 공간/위치 확인	2
60	R2000 업그레이드 + 점검 및 냉각수 보충	차상목,관측자	펌프 교체 및 마운트 업그레이드 완료 및 누수부위 보수	4
61	건조공기생성기 점검/노후부품 교체	차상목	새 유닛으로 교체, 기기상태 점검/밸브 설정/라벨링 완료, 기존 유닛은 Coalescing filter 모듈 및 컴프레서 cup seal 부품교체 후 스페어로 사용 예정	4
62	고장난 UPS 확인 및 수리여부 점검	차상목,이충욱	(2017.05.31) 고장난 카메라 UPS 검토 - CHARGER1 FAIL로 수리 혹은 새 유닛 교체 필요, Bypass는 사용가능	3
63	서지프로텍터 장비실 설치	이충욱	스페어 서지프로텍터를 장비실에 설치	0.5
64	장비실 컴프레서 UPS 설치	이용석 현지전기업체	현지 전기업체에서 방문하여 UPS 하드 와이어 작업	3
65	PDU 설정	차상목	장비실, 컴퓨터실, 스페어 APC PDU 설정/ 라벨링 및 설정 표 문서작성	1

표 6. 측정 및 교육/훈련 목록 및 결과 요약

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
66	엔코더리더 재조정 및 포인팅 모델 갱신	관측자,이용석	RA/DEC 엔코더 리더 점검 하였으나, 정상범위 조정방법 OP 교육	1
67	정전시 UPS 및 DTS 대처요령 숙지	이용석,관측자	시범 및 관측자 교육	1
68	이슬점 온도 고려 칠 러 온도 세팅	관측자,이용석	이슬점 온도표에 따라 냉각온도 세팅 변경 칠러 냉각수량 확인 교육	0.5
69	냉각기 가스 충전	관측자,이용석	PT30/13 가스 충전 완료	1
70	냉각기 가스리버싱 교육	차상목,관측자	냉각기 R/S swap 방법 인수인계 Cryotiger blocked orifice(plugged head) 문제 해결방법 연습	2
71	듀어 진공펌핑/재냉 각	관측자,차상목	필요시 듀어 위밍, 진공펌핑, 재냉각을 진행	4
72	미러커버 수동스위치 연결	이용석,관측자	AUX 컴퓨터를 이용한 미러커버 작동 오류시, 수동 연결 방법 교육	0.2
73	PT-13, PT-30 재냉각 을 재부팅 방법	차상목	관측자 요구	0.5
74	관측자 교육	김승리,이충욱	초점 개선 및 관측 방법 전반	1

표 7. 코드시험

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
75	스크립트관측 실험	차상목,관측자	관측에 활용 중인 스크립트 문제점 발생 시 수정	4
76	Auto Tip/Tilt/Focus (TTF) 코드 개발	이충욱	관측자가 쉽게 Tip/Tilt/Focus를 확인하는 코드 개발	15
77	시각동기화 코드	이충욱	자동 시각동기화 스크립트 시험 및 적용	1
78	pctcs catalog	차상목	(2017.12.05) pctcs cat에 NEO 좌표를 입력하고 난후 특정 좌표로 보낼 때, 좌표를 잃지 못하는 일이 수 회 발생 - 검토/해결 완료	0.5

표 8. 협의 및 자료수집

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
79	사이트 기술 지원 관련 회의	이충욱, 피터	현지스테프인 피터와의 기술지원관련 회의 (2/5) 외부 IP 카메라 위치 협의 / 상황 변화 시까지 보류	0.5
80	매뉴얼 자료 수집	all	각 업무별 매뉴얼 작성을 위한 기초자료 수집(사진 등)	수시

표 9. 정리/청소 작업 목록

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
81	재고/재물 조사	이동주	구매된 수량과 사용된 수량을 맞추어 보고 현재 남아있는 재고 수량 조사(사진촬영)	10
82	배송품 정리	이동주	1차, 2차 배송품(27박스) 정리 및 작업 공간 확보	2
83	공구상태 점검 공구함 정리	이동주	볼트 및 기타 공구류 정리	2
84	소프트웨어CD, 매뉴얼, 바인더 정리	이동주	선반 정리, 매뉴얼별 정리	1
85	망원경 청소	이동주	망원경 먼지 제거	1
86	시저리프트 배터리 정리	이용석	시저리프트 배터리 교체(2017.06), 기존 배터리에 증류수 채워 스페어로 보관 예정(Peter small 요청)	0.5
87	구급함, 달력, 옷걸이 등 설치	김승리	피스나사로 구급함, 달력, 안전모 등 정리	0.5

5. 외국인 접촉현황

일 자	성 명	국적	소속	비고
1월23일(화) - 1월24일(수)	Thomas O'Brien Jerry Mason Bruce Atwood Lick Pogge Dan Pappalardo Andy Gould	미국	OSU	KMTNet 관측시스템 현황 카메라 워런티 종료 후 기술지원 카메라 스페어 부품 외자 구매 유지보수 기술 훈련
1월29일(월) - 2월5일(월)	Peter Verwayen Steven Lee	호주	ANU	ANU 인력의 기술지원 KMTNet 주경 반사울 측정 진공 펌프 대여 AAT 와 ANU 합병

II. 주요 세부수행 내용

1. 18k 모자이크 카메라 워런티 종료 및 향후 기술지원 회의

1월 23일 과 24일 이틀간 OSU 회의실에서 크게 18k 모자이크 카메라 워런티 종료와 향후 기술지원에 대해 크게 5가지 주제로 회의가 이루어졌다. 첫날은 주로 카메라 관련한 이슈들에 대해 리포트와 대책 마련에 대한 아이디어가 오갔다. 둘째 날에는 돔을 포함한 망원경 관련한 이슈에 대한 논의가 이루어졌다. 회의때 사용한 아젠다와 주요 내용 및 논의사항을 표 10에 정리하였다.



그림 1. OSU 회의실에서 진행된 기술지원 회의 장면 (참석자 : 이충욱, 김승리, Thomas O'Brien, Jerry Mason, Bruce Atwood, Lick Pogge, Dan Pappalardo, Andy Gould)

표 10. 회의 아젠다

Day 1 (23 Jan 2018)

Report of Camera status — Overview of the current CCD camera

a. Compressor failure

- Time loss: 22 days (CL 4, SA 13, AU 5)
- Sudden power outage at SAAO makes a temperature rising, to recover it the cry-cooler needs to be reset
- It consumes at least two days: Vacuum pumping and the PT cool down procedure
- Additional UPS has been installed at each site to prevent power outage
- Some cry-cooler maintenance techniques have been achieved from local technicians such as gas reversing and installation of oil absorber
- Small air-conditioning device will be installed to control the room temperature
- Does KASI need to secure spares? YES. 1 for PT-30 and 2 for PT-13 (\$30,000)
- Gas reversing using a preinstalled reverse valve is proposed by Bruce (\$200)
- This procurement will be part of the 2018 Spare parts Contract

b. Air dryer failure

- Spare parts for air dryers
- Continue observation with N2 gas blowing
- Is there any durable model for making dry air?
- N2 gas cylinder fittings and regulator will be sent to each site (Bruce)
- All spare parts have been shipped at each site, so No need more purchasing
- What is the best pressure setting ?
- The best flow setting is to adjust the valve on the flow meter to set the flow to the lowest mark on the clear plastic scale. This is 2 SCFH (but it could be 0.2 SCFH)

c. R2000 failure

- Continue observation without HE box cover
- Spare parts are already prepared at site

d. ICS or IC crash + Scramble + Bias Jumping

- Records of Crash + Scramble + Bias jumping
- Observation is interrupted by ICS or IC crashes
- The statistics will be updated by chip and including the total number of images
- To get more detail info, I will let observers leave a full note if there is a IC* crash
- KASI (Sang-Mok) will report if there is any system change
- It is recovered by re-execute the codes or reboot of computers
- Current solution is shortening the rebooting time using an optimized rebooting script
- Jerry will check the code throughly
- Overhead times are different according to each site, WHY? Due to the difference of clocking sync in the internal circuit
- New exposure starts after writing on the disk, so the overhead time is 66 seconds
- How to minimize the overhead? Sang-Mok will contact Jerry directly to find the solution
- To make the script observation code efficient, the CCD software must be stable
- The simplest approach is minimizing the reboot time using the optimized reboot script when it crashes

e. Tuning of camera electronics — CMRR, BIAS level, Gain

- Sang-Mok adjusted CMRR, Gain, readout noise
- Recently measured gain for Australia (2017-03-23)
- Recently measured gain for South Africa (2017-11-25)
- Recently measured gain for Chile (2017-12-10)
- Gain variation at Australia
- Gain variation at South Africa
- Gain variation at Chile has been changed, Is it okay?

- Interpretation of currently adjusted result (CMRR, bias, gain etc)
- Feedback from Bruce: Sang-Mok will report what he did at each site and will get feedback from Bruce and Dan when he is in OSU

f. X-talk issue

- Coefficient is derived from images and post processing is used
- Pixel shifting (CL + AU: 1 pixel, SA KMT chips: 0.5 pixel, SA N chip: 0 pixel)
- Why 0.5pixel? Due to many sources, it could be shown that the 0.5 pixels is dominant
- X-talk change after replacing the N-CBB at SAAO
- Coefficient changes at CTIO after adjustment

g. Script observation code

- Sang-Mok wrote a script observation code so typing error will be minimized in future, however image acquisition code must be stable
- To get a best quality image focus adjusting is essential, however current wide field image is not easy to do this
- How to recognize the dome sync is done? Any idea to get the return signal from PC-TCS? Using the angle difference between telescope and dome (Tom), Jerry found that the PC-TCS gives 6 character string for "Dome Error in degrees"
- Sang-Mok will check the string and will report whether it works
- Jerry has verified that the TCS reports the difference angle between the actual dome angle and the target dome angle. When this is zero the dome has reached the target position

Camera software

h. Controlling Guide CCD

- Seeing distribution of all images obtained in 2017
- Sang-Mok reported that the current guide CCD control code does not work properly
- It strongly needs a simple but robust and practical code for getting FWHM info from four guide chips
- Who will develop it? Jerry will make all ICG and ICGui work properly within this week
- Jerry will provide the command list how to access the guide CCD
- It is extremely important to keep pushing on this issue. Access to the 4 GUIDE images should be verified during Australia visit.
- KASI (leecu) will develop a simple code to derive essential info: X, Y, FWHM and FITS images of four guide chip every given period
- The implementation in the ICMACS will be done later if there is no error in two codes: image acquisition and extracting seeing info
- Tom suggested to use the standard deviation method to find best focus
- Sample "Focus Curve" Image Sets should be taken – perhaps 10 images taken from 0.5mm

inside focus to 0.5mm outside focus. Experiment with parameters for best focus data.

- “Best focus” for each of the 4 guide chips can be computed by simply calculating the Standard Deviation for each image, plotting this versus focus actuator position, and solving for focus position that maximizes the Standard Deviation.

i. PSF variation according to the change of telescope altitude

- Field distortion and coefficient variation are monitored
- A tilt compensation code using the tip/tilt/focus function is needed
- Deriving PSF patterns can be done by leecu
- Who is the proper person to make the Tip/Tilt/Focus function/code? Rick? Rick is super busy now. leecu will make it

Future technical supports from OSU after the end of warranty period

j. Hardware maintenance

- Video clips posted at YOUTUBE are excellent, however a maintenance training of KASI technician is still needed
- When? Who? What?
- between Feb and Mar
- the visiting duration will be 2 weeks
- Disassemble of the current test CCD camera and computer system, packing, replacing WB etc will be trained
- Sang-Mok will send the broken CBB board (SAAO)
- To maximize the training, trainee needs to prepare for the course (home works before training)
- Sang-Mok will make a list about what he knows and what he don't know, then it will be checked by OSU
- To practice camera maintenance skill at Lab, KASI will purchase testbed
- Who will do the high level maintenance such as replacing wall board, replacement of parts in the broken boards?
- Only simple board replacement is required for maintaining the CCD camera
- Who is the best technician to contact if KASI needs a help at each site (CL, SA, AU)? Estaban CL, Willie and John in SA, Peter Verwaywn AU
- It will be the best if Bruce introduce us to site technical experts for future technical requests
- Review of electrical condition at each site will be done by local electrician (suggested by Dan)

It is important that KMTNet have an electrical safety inspection at each of the sites now that all equipment is installed and they are basically completed. A licensed electrician or other qualified electrical safety person should review each site with regard to personnel safety. It should include but not be limited to:

1. Check panel board and breakers.
2. Review implementation of residual current (RC) protection. SSO and SAAO had some RC protection. In the case of SAAO it had to be temporarily disabled for the computer room UPS and computer rack because the 30mA RC protection was being tripped by the equipment. Local electricians were later called in to properly fix the computer room circuit. An inspector should review RC protection in circuits for the computer room and equipment room (and all circuits) at each of the KMTNet sites and make sure they are satisfactory.
3. Check for proper grounding of computer racks and other equipment. Now that all equipment is installed and the sites are complete, it would be good to check for proper grounding.

k. Software maintenance

- Camera software still needs upgrades in many parts
- There is nothing to be upgraded except mostly debugging, some function will be added
- Who is responsible for it? Who will do this? KASI has no ability to do this. Who? There is a serious language barrier, however KASI will report if there is issue then OSU will feedback to solve the issue
- The code debugging needs to be done at local site. There is no way except remote access

Purchasing Contract of camera spares in 2018

l. Priority list for purchasing item due to the limited budget (1.7억)

- HE box (to KASI)
- LN2 Dewar (to KASI)
- Additional boards (to KASI)
- CCD Chip (to KASI)
- Additional compressors (PT-30, PT-13)
- Consumable materials such as filter, external absorber (to KASI)
- Substitute local model for camera UPS?
- Any substitute for current air dryer or R2000?
- Quote and invoice
- Increase at shipping, so the total will be \$172,000. KASI will try to find more budget

m. Destination of delivery

- Principally KASI prefer heavy items be delivered directly to sites
- The previously shipped camera UPSs for SAAO and AU are broken, so UPSs have to delivered to SAAO and Australia with other items

n. Contract process

- Preparing document
- ETA will be Oct 2018 for avoid penalty issue, however the shipping will be done by April

Day 2 (24 Jan 2018)

Report of Telescope/Dome status — Overview of upgrading efforts of the current telescope

o. Statistics of observation Time 2017

- Considering the observation performance and exposure time at all three observatories, the value of one exposure hour is \$300 / hour
- The telescope time loss due to instrument failures is 247 hours
- The value of telescope time loss is \$74,100
- KASI's goal is minimize the time loss due to the instrumental failure

p. Telescope time allocation

- Total of 7,178 exposure hours for 2017
- BLG: 3,096 hours (43%)
- SN: 1,801 hours (25%)
- NEO: 1,137 hours (16%)

q. Dome rotation failure

- Time loss: 50 days (CL 35, SA 3, AU 12)
- Current status of the dome has been measured and analyzed
- Levelling of dome using shims, Employing VFD for soft dome rotation
- Any idea on the dome soft driving circuit except VFD + 3-phase motor
- Using Fake nuts or Lowering the level of the roller mount by cutting out the plywood block are suggested by Tom
- Bruce recommended the work procedure: Lifting the Dome using six bottle Jack then leveling
- KASI thinks that the level difference at Australia will be small, so it will be easier than the other sites
- The proper method will be re-discussed after applying the inserting shim at australia

r. Dome shutter ear failure

- Time loss: 11 days (CL 3, SA 0, AU 8)
- Minimize the usage
- Disconnecting the wind screen when there is no moon
- It will be okay to use the Stoffel's hardened shutter ear, so KASI will make new shutter ear using (SKD11 + heat treat)
- Wearing is maximized when two materials are the same (Tom)

s. Mirror cover failure

- Time loss: 1 day (CL 1, SA 0, AU 0)
 - Additional supporting block is installed and the actuator distance is precisely adjusted
- t. Focus actuator failure
- Time loss: 13 days (AU 13)
 - New actuator has been replaced at SSO
 - Three drivers will be replaced with brand new ones
 - Although one actuator is failed, observation can continue using the other two actuators
 - The three actuators are always being kept remained in the focus range
- u. Mirror coating
- Measurement of reflectivity is done every two months
 - above 90% in I-band for CL + SA
 - above 85% in I-band for AU
- v. CO2 cleaning
- Dust on the mirror surface is removed every two weeks before observing
- w. Improvement of PSF
- Installation of 1600mm diameter mask
 - Mirror cell was detached and installed again, however no serious optical alignment issue was found
- x. Alignment of friction disk
- Designing and fabrication of the disk aligning tool
 - Need to keep monitoring occurrence of iron powder under the disk
- y. FSA spare and replacement
- New FSA has been duplicated and delivered to SAAO
 - By changing the gear box for shutter, the shutter operation time has been shorten
 - It can minimize the overhead time, however it is not applied yet.
 - New procedure to replace FSA is being developed and required tools are being fabricated
- z. Dome flat for illumination correction
- It will improve preprocessing
 - also can be used for checking the camera status such as gain, rdnoise, CMRR
 - LED is more stable (Bruce) however Halogen lamp is used now
- aa. experiment of accessing ICG computer by Jerry
- ICG and ICGui computers will be ready to test within this week

— Simple test to get the guide images will be done at Australia

ab. Tip/Tilt/Focus function

— The math is adopted from Skip's code

— Simple code to find the best tilt and focus will be tested

— Simple version will give the result on the screen first, after then interfacing in ICMACS will be considered

ac. OSU's support

— KASI will report if there is any system change

— Jerry will fully support the code debugging

2. 가이드 영상을 이용한 실시간 초점/틸트 모니터링 코드

2017년 관측 자료의 시상분포를 분석하여 초점 조정이 완벽히 이루어지지 않고 있음을 짐작할 수 있었다. 이에 대한 요인으로서는 광시야 관측영상의 전체 영역에서 초점을 확인하는 위치가 극히 일부에 지나지 않기 때문에 특정 위치에 대한 초점을 확인할 수는 있지만, 제한된 시간 내에 전체적인 초점상태를 파악하여 초점을 조정하는 것이 매우 어렵다. 따라서 이런 문제를 해결하기 위해 초점면의 최외각에 배치된 4개의 EM CCD를 이용해 가이드 영상을 얻고, 이를 이용하여 틸트, 초점, 오토 가이드 등으로 활용할 계획이다. 카메라 제작사에서 제공한 소프트웨어의 경우에는 그래픽 GUI 환경으로 프로그램의 실행이 무거워서 빠른 시간동안 여러 타겟에 대한 관측이 이루어지는 경우에는 실질적인 사용이 어렵다. 이에, 간단히 초점의 상태와 각 가이드 영상의 대표 psf 를 측정할 수 있는 프로그램을 작성하였다. 현재는 이 프로그램을 시험하며 관측에 소극적으로 활용하고 있으나, 디버깅이 끝나면 3개 사이트에 모두 설치하여 본격적으로 사용할 계획이다. 그림 2는 프로그램이 실행되는 장면을 캡처하여 나타냈다. 그림에서 좌측 상단의 그래프는 관측 시간별로 측정되는 시상, 초점엑추에이터 값, 온도 등을 나타낸다. 한편 우측의 그림은 가이드 영상의 대표 psf와 측정된 시상의 크기 및 관측영상의 여러 정보를 나타낸다. 특히 psf 분포도를 이용하면 상하 및 좌우의 대칭성을 보고 틸트를 조정할 수 있다. 프로그램의 실행은 /run/ 디렉토리에서 ./do-GuideWatcher를 이용하여 실행시킨다. 프로그램이 실행되면 /data/ 디렉토리를 모니터링하고 있다가 가이드 영상이 저장되면 이를 감지하여 psf 및 시상 정보를 자동으로 추출한다. 표 11부터 표 13에 가이드 영상으로부터 시상 및 psf 정보를 추출하는 코드를 수록하였다.

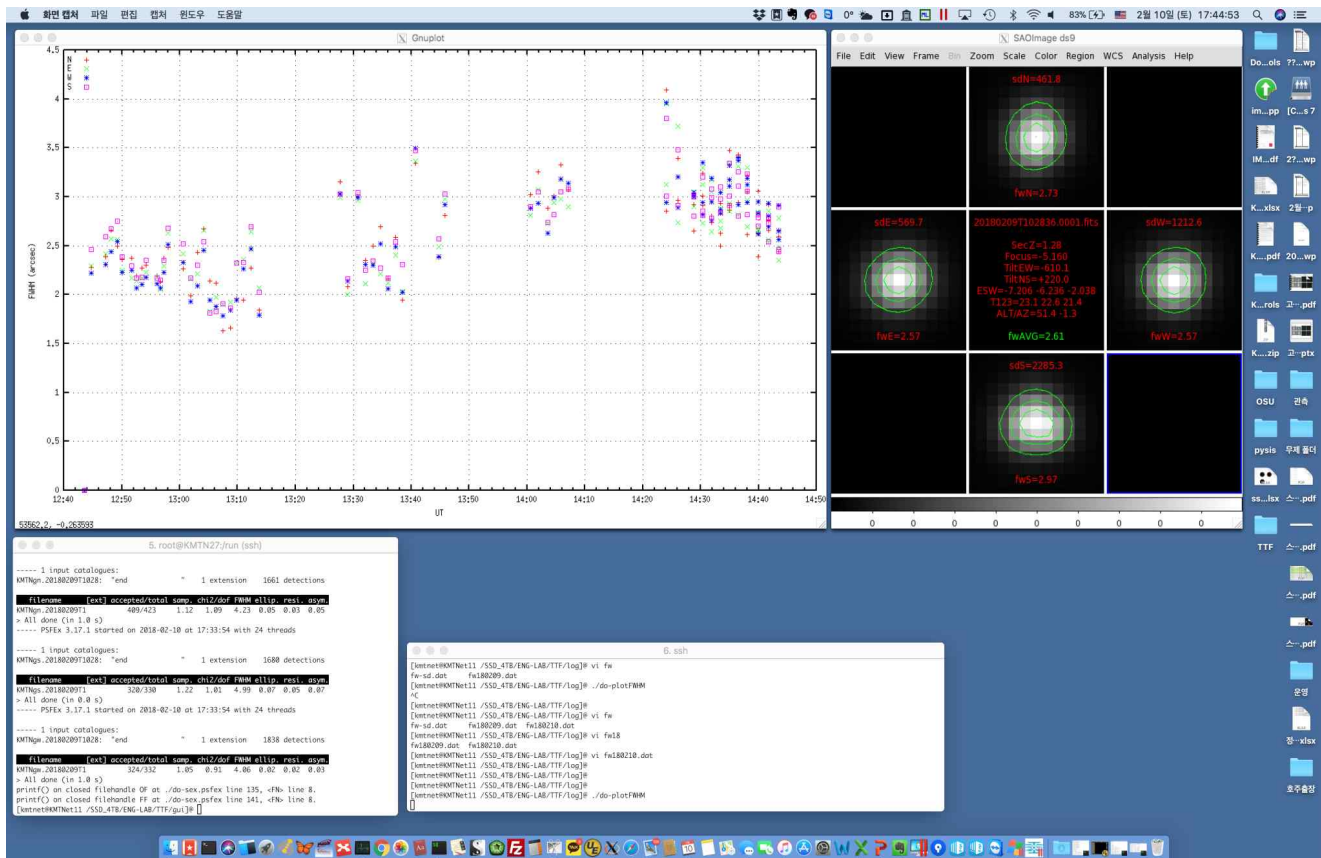


그림 2. x-terminal을 이용하여 ICGuide 컴퓨터에 접속하여 실행시킨 모니터링 프로그램

표 11. do-GuideWatcher 의 소스코드

```
#!/bin/sh

inotifywait -mr --timefmt '%y%m%d %H%M' --format '%T %w %f' \W
-e close_write /data | while read date time dir file; do

    FILED=${file}
    echo " ${time} on ${date}, file $FILED is going to sex+psfex"
    cp /data/$FILED /run/$FILED
    if [[ $FILED =~ "KMTNgw" ]];
    then
        echo "New guide images are obtained!!"
        ./do-sex.psfex
    fi
done
```

표 12. do-plotFWHM 의 소스코드

```
#!/usr/bin/perl -W

$dd = `date +"20%y-%m-%d"`;
chop $dd;
$fw = `date +"fw%y%m%d.dat"`;
chop $fw;
$st = `date +"%H:%M:%S"`;
chop $st;

system "echo $st 0.01 0.02 0.03 0.04 -5.00 16.0 >> $fw";
sleep 1;
$st = `date +"%H:%M:%S"`;
chop $st;
system "echo $st 0.04 0.03 0.02 0.01 -5.00 16.0 >> $fw";

system "echo pause 5 > loop.plt";
system "echo reset >> loop.plt";
system "echo W'stats '$fw' u 7 nooutput W" >> loop.plt";
system "echo W'set title 'FFT (FWHM-FOCUS-TEMP) Monitoring' W" >> loop.plt";
system "echo set xdata time >> loop.plt";
system "echo W'set timefmt '%H:%M:%S' W" >> loop.plt";
system "echo W'set format x '%H:%M' W" >> loop.plt";
system "echo set key left top >> loop.plt";
system "echo W'set xlabel 'UT ($dd)' W" >> loop.plt";
system "echo W'set ylabel 'FOCUS (mm) / T (C) / FWHM (arcsec)' W" >> loop.plt";
system "echo set grid >> loop.plt";
system "echo replot >> loop.plt";
system "echo reread >> loop.plt";

#$cmd = "gnuplot -persist -e W'STATS_mean = 17; ";
#$cmd = "gnuplot -persist -e W'STATS_median = 17; ";
$cmd = "gnuplot -persist -e W'reset; stats W'$fw' u 7 nooutput; ";
$cmd = $cmd."set title W'FFT (FWHM-FOCUS-TEMP) MonitoringW'; set xdata time; set
timefmt W'%H:%M:%SW'; set format x W'%H:%MW'; ";
$cmd = $cmd."set key left top; set xlabel W'UT ($dd)W'; set ylabel W'FOCUS (mm) / T
(C) / FWHM (arcsec)W'; set grid; ";
$cmd = $cmd."plot [] W'$fw' u 1:2 title W'NW", W'$fw' u 1:3 title W'EW", W'$fw' u
1:4 title W'WW", W'$fw' u 1:5 title W'SW", ";
$cmd = $cmd."W'$fw' u 1:((W$6+5)*10) w li lw 2 title W'Focus+5.0W", W'$fw' u
1:(W$7-STATS_median) w li lw 2 title W'T-meanW'W' ";
$cmd = $cmd."loop.plt";
system $cmd;
#print $cmd;
```

표 13. do-sex.psfex 의 소스코드

```
#!/usr/bin/perl -W

#
# KMTNet Guider
# leecu@kasi.re.kr (2018-02-01)
#
# 2018-02-02: orientation is confirmed and applied
# 2018-02-03: guide orientation has been re-checked
# 2018-02-09: prevent redundant execution
# 2018-02-10: enable the XPA function
#

$num_args = $#ARGV + 1;
if ($num_args != 1) {
    print "\nUsage: ./do-sex.psfex 20180131T144100.0001.fits or ./do-sex.psfex\n";
    $region = `ls -tr KMTNg*.fits | tail -n 1 | awk W'{print substr(W$1,8,30)}W`;
    chop $region;
    print $region;
    $chkpsf = "psf.snap".$region.".png";
    if(-e $chkpsf){
        exit;
    }
}else{
    $region = $ARGV[0];
    print $region;
}

#
$doclean      = 0;
$dosex        = 1;
$dopsfex      = 1;
$dosnap       = 1;
$doxpa        = 1;

sleep 2;

if($doclean ge 1){
    system "rm -rf *KMTNg*";
}

if($dosex ge 1){
    system "ls KMTNg*$region > list";

    open FN, "list" or die "Error opening list for reading : $!";

    foreach $dataline (<FN>){
```

```

        chop $dataline;
        $id = $dataline;
        $cmd = sprintf("sex %s -c default.sex -PARAMETERS_NAME default.param.psfex
-CATALOG_NAME %s.psfex.cat", $id, $id);
        system $cmd;
    }
}

if($dopsfex ge 1){
    system "ls KMTNgn*$region.psfex.cat > list.in";

    open FN, "list.in" or die "Error opening list.in for reading : $!";

    foreach $dataline (<FN>){
        chop $dataline;
        system "psfex $dataline -c default.psfex";
    }
}

if($dosnap ge 1){

    $tmpfwn = `gethead KMTNgn.$region.psfex.psf psf_fwhm`;
    $tmpfwe = `gethead KMTNge.$region.psfex.psf psf_fwhm`;
    $tmpfww = `gethead KMTNgn.$region.psfex.psf psf_fwhm`;
    $tmpfws = `gethead KMTNgs.$region.psfex.psf psf_fwhm`;

    chop $tmpfwn;
    chop $tmpfwe;
    chop $tmpfww;
    chop $tmpfws;

    $fwn = sprintf("'fwN=%.2f'", $tmpfwn * 0.52);
    $fwe = sprintf("'fwE=%.2f'", $tmpfwe * 0.52);
    $fww = sprintf("'fwW=%.2f'", $tmpfww * 0.52);
    $fws = sprintf("'fwS=%.2f'", $tmpfws * 0.52);

    if (($tmpfwn * $tmpfwe * $tmpfww * $tmpfws) gt 0){
        $tmpfwavg = ($tmpfwn + $tmpfwe + $tmpfww + $tmpfws) / 4.0;
        $fwavg = sprintf("'fwAVG=%.2f'", $tmpfwavg * 0.52);
    }

    $tmpsecz = `gethead KMTNgn.$region SECZ`;
    $tmpfocus = `gethead KMTNgn.$region FAFOCUS`;
    $tmpiltew = `gethead KMTNgn.$region FATILTEW`;
    $tmpiltens = `gethead KMTNgn.$region FATILTNS`;
    $tmppose = `gethead KMTNgn.$region FAPOSE`;
    $tmpposs = `gethead KMTNgn.$region FAPOSS`;
    $tmpposw = `gethead KMTNgn.$region FAPOSW`;

```

```

$tmpens1 = `gethead KMTNgn.$region ENS1`;
$tmpens2 = `gethead KMTNgn.$region ENS2`;
$tmpens3 = `gethead KMTNgn.$region ENS3`;
$tmpalt  = `gethead KMTNgn.$region ALT`;
$tmpaz   = `gethead KMTNgn.$region AZ`;

```

```

chop $tmpsecz;
chop $tmpfocus;
chop $tmpiltew;
chop $tmpiltns;
chop $tmppose;
chop $tmpposs;
chop $tmpposw;
chop $tmpens1;
chop $tmpens2;
chop $tmpens3;
chop $tmpalt;
chop $tmpaz;

```

```

$id      = sprintf("%s", $region);
$secz    = sprintf("SecZ=%s", $tmpsecz);
$focus  = sprintf("Focus=%s", $tmpfocus);
$tiltew  = sprintf("TiltEW=%s", $tmpiltew);
$tiltns  = sprintf("TiltNS=%s", $tmpiltns);
$posesw  = sprintf("ESW=%s %s %s", $tmppose, $tmpposs, $tmpposw);
$temp123 = sprintf("T123=%s %s %s", $tmpens1, $tmpens2, $tmpens3);
$altaz   = sprintf("ALT/AZ=%s %s", $tmpalt, $tmpaz);

```

```

$tmpsdn = `iraf/iraf/bin.linux64/x_images.e 'imstatistics
images=KMTNgn.$regionW[10:500,70:970] fields=stddev lower=INDEF upper=INDEF nclip=0
lsigma=3.0 usigma=3.0 binwidth=0.1 format=no cache=no`;
$tmpsde = `iraf/iraf/bin.linux64/x_images.e 'imstatistics
images=KMTNge.$regionW[10:500,70:970] fields=stddev lower=INDEF upper=INDEF nclip=0
lsigma=3.0 usigma=3.0 binwidth=0.1 format=no cache=no`;
$tmpsdw = `iraf/iraf/bin.linux64/x_images.e 'imstatistics
images=KMTNgw.$regionW[10:500,70:970] fields=stddev lower=INDEF upper=INDEF nclip=0
lsigma=3.0 usigma=3.0 binwidth=0.1 format=no cache=no`;
$tmpsds = `iraf/iraf/bin.linux64/x_images.e 'imstatistics
images=KMTNgs.$regionW[10:500,70:970] fields=stddev lower=INDEF upper=INDEF nclip=0
lsigma=3.0 usigma=3.0 binwidth=0.1 format=no cache=no`;

```

```

$sdn = sprintf("sdN=%.1f", $tmpsdn);
$sde = sprintf("sdE=%.1f", $tmpsde);
$sdw = sprintf("sdW=%.1f", $tmpsdw);
$sds = sprintf("sdS=%.1f", $tmpsds);

```

```

#

```

```

$logfile = "/run/Log/logfile.txt";

```

```

open(OF, ">>$logfile");
    printf OF "%s %s %s %s %s %s %s %s %s %s %s %s %s %s %s %s\n", $id,
$secz, $fwn, $fwe, $fww, $fws, $sdn, $sde, $sdw, $sds, $focus, $tiltew, $tiltns, $posesw,
$temp123, $altaz;
close(OF);
#
$fwhmfile = `date +"/run/fw%y%m%d.dat"`;
chop $fwhmfile;
open(FF, ">>$fwhmfile");
    printf FF "%s:%s:%s %s %s %s %s %s %s\n", substr($id,10,2), substr($id,12,2),
substr($id,14,2), substr($fwn,5,4), substr($fwe,5,4), substr($fww,5,4), substr($fws,5,4),
substr($focus,7,6), substr($temp123,6,4);
close(FF);
}

if($doxpa ge 1){

    $pid = `ps -al | grep ds9 | awk W'{print W$4}W`;
    chop $pid;
    if ($pid) {
    }else{
        system "ds9 &";
    }

#####
# orientation & rotation (2018-02-03)
# E : -orient none -rotate 180
# N : -orient none -rotate 90
# W : -orient none -rotate 0
# S : -orient none -rotate 270
# re-check and confirm (2018-02-03)
#####

system "xpaset -p ds9 view info no";
system "xpaset -p ds9 view panner no";
system "xpaset -p ds9 view magnifier no";
system "xpaset -p ds9 view buttons no";
system "xpaset -p ds9 width 600";
system "xpaset -p ds9 height 600";
system "xpaset -p ds9 tile grid layout 3 3";
system "xpaset -p ds9 tile yes";
system "xpaset -p ds9 scale mode minmax";
# 1
system "xpaset -p ds9 frame 1";
system "xpaset -p ds9 fits null.fits";
system "xpaset -p ds9 zoom to 16 16";
system "xpaset -p ds9 orient none";
system "xpaset -p ds9 rotate to 0";

```

```

# 2
system "xplanet -p ds9 frame 2";
system "xplanet -p ds9 fits snap_KMTNgn.$region.psfex.fits";
system "xplanet -p ds9 scale mode minmax";
system "xplanet -p ds9 zoom to 16 16";
system "xplanet -p ds9 orient none";
system "xplanet -p ds9 rotate to 90";
system "xplanet -p ds9 contour mode minmax";
system "xplanet -p ds9 contour nlevels 5";
system "xplanet -p ds9 contour smooth 1";
system "xplanet -p ds9 contour yes";
system "echo W"image; text 8 13 # text=$fwn color=red textangle=270W" | xplanet ds9
regions";
system "echo W"image; text 18 13 # text=$sdn color=red textangle=270W" | xplanet
ds9 regions";
# 3
system "xplanet -p ds9 frame 3";
system "xplanet -p ds9 fits null.fits";
system "xplanet -p ds9 zoom to 16 16";
system "xplanet -p ds9 orient none";
system "xplanet -p ds9 rotate to 0";
# 4
system "xplanet -p ds9 frame 4";
system "xplanet -p ds9 fits snap_KMTNge.$region.psfex.fits";
system "xplanet -p ds9 scale mode minmax";
system "xplanet -p ds9 zoom to 16 16";
system "xplanet -p ds9 orient none";
system "xplanet -p ds9 rotate to 180";
system "xplanet -p ds9 contour mode minmax";
system "xplanet -p ds9 contour nlevels 5";
system "xplanet -p ds9 contour smooth 1";
system "xplanet -p ds9 contour yes";
system "echo W"image; text 13 18 # text=$fwe color=red textangle=180W" | xplanet
ds9 regions";
system "echo W"image; text 13 8 # text=$sde color=red textangle=180W" | xplanet ds9
regions";
# 5
system "xplanet -p ds9 frame 5";
system "xplanet -p ds9 fits null.fits";
system "xplanet -p ds9 zoom to 16 16";
system "xplanet -p ds9 orient none";
system "xplanet -p ds9 rotate to 0";
system "echo W"image; text 13 18 # text=$id color=red textangle=0W" | xplanet ds9
regions";
system "echo W"image; text 13 16 # text=$secz color=red textangle=0W" | xplanet ds9
regions";
system "echo W"image; text 13 15 # text=$focus color=red textangle=0W" | xplanet
ds9 regions";

```

```

system "echo W"image; text 13 14 # text=$tiltew color=red textangle=0W" | xpsset
ds9 regions";
system "echo W"image; text 13 13 # text=$tiltns color=red textangle=0W" | xpsset ds9
regions";
system "echo W"image; text 13 12 # text=$posesw color=red textangle=0W" | xpsset
ds9 regions";
system "echo W"image; text 13 11 # text=$temp123 color=red textangle=0W" | xpsset
ds9 regions";
system "echo W"image; text 13 10 # text=$altaz color=red textangle=0W" | xpsset ds9
regions";
system "echo W"image; text 13 8 # text=$fwavg color=green textangle=0W" | xpsset
ds9 regions";
# 6
system "xpsset -p ds9 frame 6";
system "xpsset -p ds9 fits snap_KMTNgw.$region.psfex.fits";
system "xpsset -p ds9 scale mode minmax";
system "xpsset -p ds9 zoom to 16 16";
system "xpsset -p ds9 orient none";
system "xpsset -p ds9 rotate to 0";
system "xpsset -p ds9 contour mode minmax";
system "xpsset -p ds9 contour nlevels 5";
system "xpsset -p ds9 contour smooth 1";
system "xpsset -p ds9 contour yes";
system "echo W"image; text 13 8 # text=$fww color=red textangle=0W" | xpsset ds9
regions";
system "echo W"image; text 13 18 # text=$sdw color=red textangle=0W" | xpsset ds9
regions";
# 7
system "xpsset -p ds9 frame 7";
system "xpsset -p ds9 fits null.fits";
system "xpsset -p ds9 zoom to 16 16";
system "xpsset -p ds9 orient none";
system "xpsset -p ds9 rotate to 0";
# 8
system "xpsset -p ds9 frame 8";
system "xpsset -p ds9 fits snap_KMTNgs.$region.psfex.fits";
system "xpsset -p ds9 scale mode minmax";
system "xpsset -p ds9 zoom to 16 16";
system "xpsset -p ds9 orient none";
system "xpsset -p ds9 rotate to 270";
system "xpsset -p ds9 contour mode minmax";
system "xpsset -p ds9 contour nlevels 5";
system "xpsset -p ds9 contour smooth 1";
system "xpsset -p ds9 contour yes";
system "echo W"image; text 18 13 # text=$fws color=red textangle=90W" | xpsset ds9
regions";
system "echo W"image; text 8 13 # text=$sds color=red textangle=90W" | xpsset ds9
regions";

```

```

# 9
system "xpsaset -p ds9 frame 9";
system "xpsaset -p ds9 fits null.fits";
system "xpsaset -p ds9 zoom to 16 16";
system "xpsaset -p ds9 orient none";
system "xpsaset -p ds9 rotate to 0";
system "xpsaset -p ds9 contour close";
system "xpsaset -p ds9 saveimage png psf.snap.$region.png";
}else{

# commandline mode

$cmd = "ds9 -view layout vertical -zoom to 16 16 -width 600 -height 600 -tile grid
layout 3 3 ";
# first three
$cmd = $cmd."null.fits -orient none -rotate to 0 ";
$cmd = $cmd."snap_KMTNgn.$region.psfex.fits -orient none -rotate to 90 -contour yes
-contour smooth 0 -regions command W"text 8 13 $fwn W# color=red textangle=270W"
-regions command W"text 18 13 $sdn W# color=red textangle=270W" ";
$cmd = $cmd."null.fits -orient none -rotate to 0 ";
# second three
$cmd = $cmd."snap_KMTNge.$region.psfex.fits -orient none -rotate to 180 -contour
yes -contour smooth 0 -regions command W"text 13 18 $fwe W# color=red
textangle=180W" -regions command W"text 13 8 $sde W# color=red textangle=180W" ";
$cmd = $cmd."null.fits -orient none -rotate to 0 -regions command W"text 13 18 $id
W# color=redW" -regions command W"text 13 16 $secz W# color=redW" -regions
command W"text 13 15 $focus W# color=redW" -regions command W"text 13 14 $tiltew
W# color=redW" -regions command W"text 13 13 $tiltns W# color=redW" -regions
command W"text 13 12 $posesw W# color=redW" -regions command W"text 13 11
$temp123 W# color=redW" -regions command W"text 13 10 $altaz W# color=redW"
-regions command W"text 13 8 $fwavg W# color=greenW" ";
$cmd = $cmd."snap_KMTNgw.$region.psfex.fits -orient none -rotate to 0 -contour yes
-contour smooth 0 -regions command W"text 13 8 $fww W# color=redW" -regions
command W"text 13 18 $sdw W# color=redW" ";
# last three
$cmd = $cmd."null.fits -orient none -rotate to 0 ";
$cmd = $cmd."snap_KMTNgs.$region.psfex.fits -orient none -rotate to 270 -contour
yes -contour smooth 0 -regions command W"text 18 13 $fws W# color=red
textangle=90W" -regions command W"text 8 13 $sds W# color=red textangle=90W" ";
$cmd = $cmd."null.fits -orient none -rotate to 0 -saveimage png psf.snap.$region.png
-quit";

system $cmd;
$pid = `ps -al | grep eog | awk W'{print W$4}W`;
chop $pid;
if ($pid) {
    system "kill -9 $pid";
}
system "eog psf.snap.$region.png&";
}

```

3. 돔 관련 점검 및 성능 개선

2017년 남반구 관측시스템 모두에서 공통적으로 가장 많은 문제를 일으킨 부분 중 하나가 돔 회전 구동부와 관련된 부분이다. 주로 기어리듀서의 내부 워HEEL이 닳거나, 돔을 회전시키는 스프로킷이 닳거나, 기어리듀서를 고정하는 볼트가 파손되는 경우가 많았다. 이 부품들의 잦은 교체의 원인은 돔의 수평도나 진원도 등에 문제가 있다고 판단하였다. 이에 2017년 남아공과 칠레에서 진행한 돔의 레벨 상태 측정으로부터 돔 전체를 떠받치고 있는 60개의 롤러 중 일부만이 돔의 바닥면과 접촉하고 있음을 확인하였다. 호주에서도 레이저 수평기를 이용하여 롤러가 설치된 나무 바닥이 기준면에 대해 얼마나 차이가 나는지 측정하였고, 이를 토대로 크기는 약 2cm 정도의 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 롤러가 돔을 받치고 있는 구조를 살펴보면, 건물 벽 위에는 나무 받침으로 마감이 되어있고, 그 위에 약 5mm의 고무판 위에 롤러와 연결된 마운트가 설치되어있다. 이 롤러 마운트를 고정하고 있는 볼트는 4개인데, 돔 안쪽의 볼트 2개를 조이면 롤러를 받치고 있는 고무판이 지렛대 역할을 하여 롤러가 들어 올려지고, 돔 바깥쪽의 볼트 2개를 조이면 반대로 롤러의 높이가 낮아져 돔의 완충역할과 함께 미세한 높낮이 조정이 가능하다. 이 방법으로 조정 가능한 높이 조정은 최대 5mm 정도이며, 그 이상의 조정이 필요한 경우 심을 넣거나 기존 심을 빼서 높이를 낮추는 방법을 이용하였다. 조정을 위해 준비제작한 심의 두께는 0.5mm, 1.0mm, 2.0mm이며, 스테인레스 재질로 이루어졌다. 심의 삽입 및 제거는 모두 2회에 걸쳐 수행하였고, 심 삽입 여부에 대한 검사도 2회 진행하였다. 현재 상태는 60개 롤러가 모두 돔 바닥면과 접촉하고 있으며, 돔 롤러와 바닥면 사이에 그리스를 주유하여 구동시 부드럽게 회전할 수 있도록 조치하였다. 이번에 이루어진 조정작업으로 총 5cm의 기존 철심이 제거 되었고, 총 14cm 두께의 심이 삽입되었다.

그림 3은 돔의 수평상태를 보여주는 그림으로 심작업을 시작하기 전에 측정한 롤러 받침을 지탱하는 나무 바닥면의 높이를 보여준다. 레이저 수평기를 이용하여 수평기준선을 만들고, 이

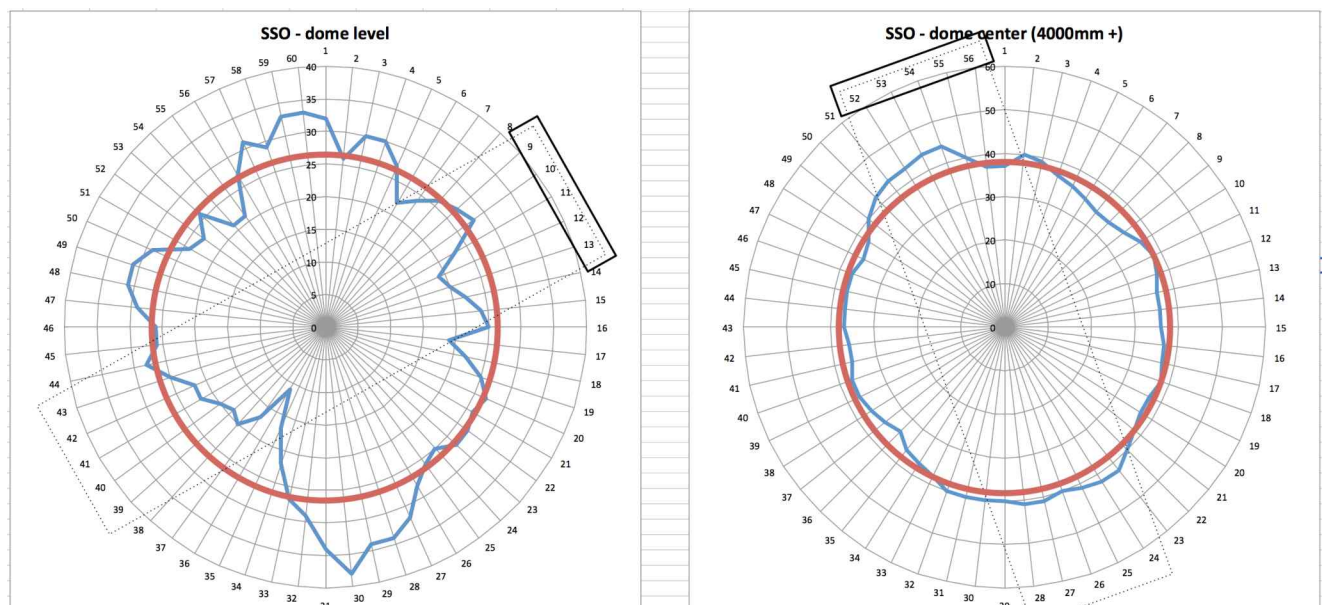


그림 3. 심작업을 하기 전에 측정한 롤러받침 나무 바닥면의 수평상태(좌)와 돔의 진원 상태(우). 그림에서 직사각형으로 표시한 부분은 값을 측정할 당시에 셔터가 놓여있던 방향이다.

수평선과 나무바닥면의 높이를 60개 롤러 위치에서 측정한 값의 차이를 그림에 나타냈다. 각각의 숫자는 롤러의 위치를 나타내는 ID 이며 1번은 북쪽이며 15번(우측)이 동쪽이다. 그림의 중앙에 보이는 빨간원은 전체 값의 평균값으로 돔과 롤러 사이의 차이를 쉽게 보기 위해 편의상 나타낸 가상의 선이다. 왼쪽그림에서 빨간 원 바깥에 나타난 파란색 선은 돔과 롤러 사이가 많이 떠있다는 것을 의미하고, 빨간선 안쪽의 파란선에 해당하는 롤러가 대부분의 하중을 떠받치고 있음을 의미한다. 그림에도 나타나 있듯이 실제 측정 때 살펴본 바에 의하면 36번 롤러는 돔 바닥면과 밀착해 있었고, 이를 제외한 26번부터 48번 롤러는 모두 돔 바닥면과 떨어져서 헛돌고 있었다. 또한 오랜 기간 동안 36번 롤러가 약 1/4에 해당하는 중량을 떠받치고 있었다는 증거로 36번 롤러의 표면은 매우 매끄럽게 닳아 있었다. 즉 돔 전체 질량이 약 4.5톤인데, 이 중 1/4에 해당하는 대략 1.1톤의 로드를 36번 롤러 하나로 오랜 기간 동안 받치고 있었음을 의미한다. 초기 설계대로라면 4.5톤의 중량을 60개로 분산하기 때문에 각각의 롤러에 가중되는 로드는 약 75kg 정도이어야 하나, 실제로는 이보다 15배 이상의 로드가 부여되다 보니, 실제 돔 구동에 있어 무리가 간 것으로 예상된다. 우측에는 돔의 진원도를 측정하여 그림으로 표현했다. 돔의 형상은 대체적으로 원형을 띄고 있었으며, 특별한 변형은 발견하지 못했다. 칠레에서 측정한 결과에서는 돔서터 부분으로 길쭉한 형상의 타원 형태를 보이고 있었던 반면, 이번에 호주에서 측정한 돔의 진원도는 대체적으로 원형에 가까운 형태를 보이고 있었다. 돔의 진원도를 측정하기 위해 오차 1mm 측정이 가능한 레이저 거리 측정기가 사용되었다. 레이저 거리 측정기는 망원경의 구조물에 수평으로 설치되었고 설치 위치에서 돔의 앞쪽면 철판까지 거리를 측정하고 각 조각편의 대푯값으로 나타내었다. 돔을 구성하는 조각은 롤러의 개수가 60개인 것과는 달리 총 56개로 이루어져 있다. 이 중 편의상 52-56 조각편이 놓인 위치를 서터부분으로 정의하고 북쪽을 향하고 있는 서터의 옆부분을 1번 조각으로 정의하였다.

그림 4에는 2회에 거쳐 측정한 돔 수평도를 함께 나타내었다. 왼쪽 그림에서 빨간선은 1차 때 측정한 나무 받침판의 수평도이고, 파란선은 1차 심작업을 마친 후 다시 측정한 나무 받침판의 수평도이다. 이 파란선의 수평도를 근거로 심작업을 한번 더 수행하였다. 이번 심작업에서는

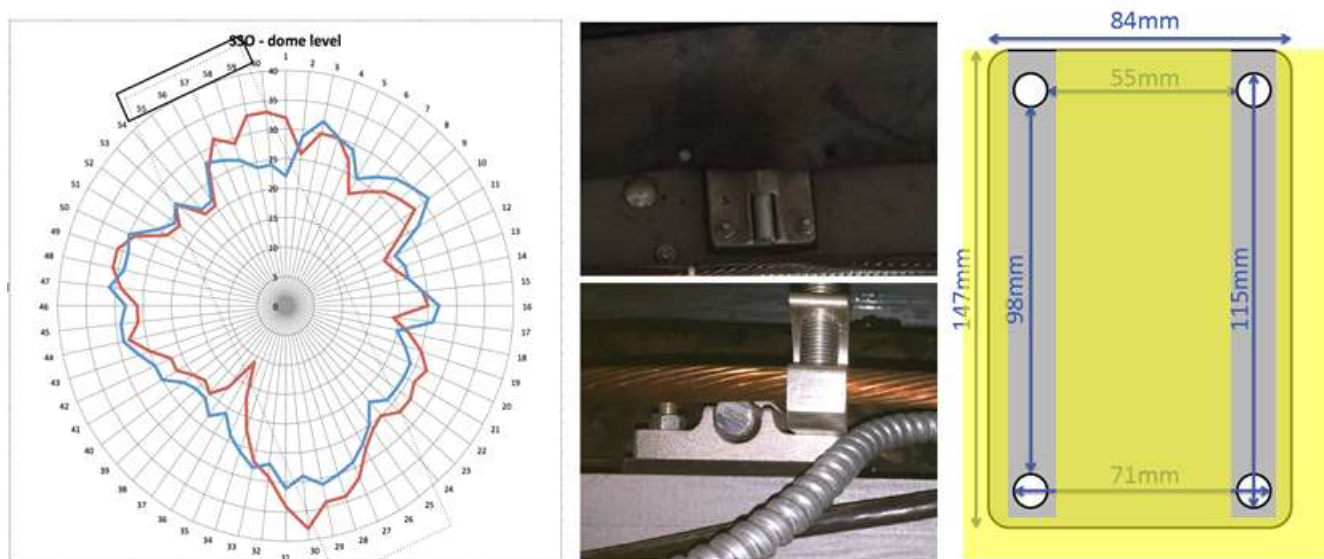


그림 4. 심조정 작업후 2번째 측정한 롤러 받침 나무 바닥면의 높이차이(좌)와 심작업을 위해 측정된 롤러마운트의 치수와 "E" 형태의 심(노란색)의 모양(우)

롤러의 수평도 조정을 위해 롤러 마운트의 치수를 정확히 측정하고 이를 바탕으로 높낮이 보정이 가능한 특별한 심을 제작하였다. 심의 제작시 특별히 고려한 사항은 심작업의 편리성을 위해 “E” 형태로 심을 제작하여, 마운트를 고정하고 있는 4개의 볼트를 우선 느슨하게 한 후 정면에서 고무판과 롤러마운트 중간 사이에 심을 쉽게 넣을 수 있도록 하였다. 심작업은 소형 유압잭을 이용하여 먼저 돔을 들어 올려 롤러로부터 돔 바닥면을 분리하고, 심을 넣은 후에는 다시 유압잭을 릴리즈하여 돔 바닥면이 롤러와 충분히 접촉하는지를 일일이 확인 하였다. 만약 돔이 롤러와 충분히 접촉하지 않는 경우에는 0.5mm 두께의 심을 최종적으로 넣어 돔이 충분히 밀착하도록 하였다. 작업을 하는 동안 느낀 점은 돔구조물의 바닥면이 충분히 강하여 하나의 롤러(36번)와 접촉하고 있음에도 불구하고, 이를 중심으로 양쪽으로의 처짐없이 그 형상을 유지하고 있었다. 이로 인해 36번 롤러를 중심으로 양쪽에 인접한 여러 개 롤러와는 모두 접촉이 이루어지지 않음을 쉽게 확인하였다.

관측시스템에서 많은 문제를 일으키는 또 다른 부분이 돔 셔터 부분이다. 특히 호주 관측소에서는 지난 1년간 돔 셔터부분에서 잦은 문제가 발생했다. 셔터이어가 닳아서 새로 제작해서 교체하기까지 6일 동안 망원경 운영이 정지된 일 외에도, 셔터부분에 있는 커플러의 볼트가 풀리거나, 모터샤프트와 기어샤프트를 연결하는 커플링이 고장나기도 하였으며, 셔터 레일이 많이 닳아 있다고 보고되었다. 그 이유는 셔터이어가 많이 닳을 경우, 셔터 부분에 있는 레일과 스프로킷이 정확히 맞물리지 못하고 유격이 커져서 스프로킷이 헛돌면서 그림 5의 왼쪽 사진과 같이 레일을 갉아 먹는 것으로 판단된다. 현재는 돔 셔터레일의 상태를 지속적으로 관찰하고 있으며, 향후 돔 제작사인 Ash dome 사로부터 돔 셔터레일을 구매하여 교체할 예정이다.

그 외에도 호주 돔 수리 계약을 맺고 있는 로드니가 방문하여 돔 셔터이어를 교체하였고, 커플러에서 이탈한 세트 스크류도 체결하였다. 또한 지난 12월 고장난 기어리듀서를 예비품으로 사용할 수 있도록 내부의 워휠을 교체하였다. 지난 1년간 자주 보고된 돔싱크 오류의 빠른 판단을 위해 열려진 돔 셔터의 위치(고도)를 표시하는 스티커를 붙였으며, 헐거워진 돔 스커트 볼트를 조이고, 돔 회전부의 스프로킷, 레일, 방풍막 휠 마모상태 등을 점검하였다.



그림 5. 돔 셔터부 레일이 닳아서 패인 모습(왼쪽). 돔 셔터부 점검(중앙). 찢어진 돔 스커트 수리(오른쪽)

4. 망원경 기계부 점검 및 성능 개선

남아공과 칠레에서 수행되었던 아이들 롤러 디스크의 정렬작업을 수행하였다. 정렬을 위해 지난해 제작한 도구는 많은 힘을 정밀하게 가하여 아이들롤러의 정렬각을 미세하게 조정하기에는 매우 적합하나, 현재 시스템에서는 정렬각 오차가 얼마큼인지를 정확히 측정하는데 한계가 있었다. 정렬작업의 원활한 수행을 위해서는 얼마만큼 기준면에서 어긋났는지 알아야 이에 대한 값을 보정 할 수 있기 때문에 아이들 롤러와 디스크면의 정렬오차를 측정하는 것은 매우 중요한 일이다. 그러나 아이들 롤러에 레퍼런스 면 가공이 되어 있지 않아 디스크면과의 정렬오차를 구하는 데 어려움이 있었다. 이번에는 여러 가지 실험을 통하여 평행 블록을 아이들 롤러의 옆면에 최대한 밀착시킨 상태에서 디스크면과의 오차각을 측정할 수 있는 방법을 알아내고, 이 값에 기초하여 아이들 롤러의 정렬각을 조정하였다.

표 14는 현재 각 천문대에서 최종적으로 조정한 정렬조정각도 상태를 보여주고 있다. 이번 호주 망원경의 경우에는 동쪽 아이들 롤러의 경우 0.0057 초각을 조정하였고, 서쪽 아이들 롤러는 0.0286초각을 조정하였다. 기준면을 모르기 때문에 1년간 망원경을 운영해보고 췌가루가 더 이상 발생하지 않는 천문대의 경우에는 조정을 더 이상 할 필요가 없으며, 췌가루가 더 많이 나오거나 더 적게 나오는 방향을 찾아 반대 방향 또는 순방향으로 조정을 계속함으로써 결국 베스트 정렬각으로 수렴시키는게 정렬 조정의 목적이다.

한편, 이번 출장에서는 필터서터 어셈블리의 설치와 제거를 1인이 할 수 있도록 기존의 FSA 홀더를 개량한 신형 홀더의 성능을 테스트 하였다(그림 6). FSA 고정 홀더는 설치와 제거가 매우 간편하게 이루어지도록 디자인 되었고, 망원경이 서비스 포지션에 있을 때의 각도와 일치하기 때문에 한손으로 탈부착이 가능하다. 실제 적용결과 필터서터를 혼자 힘으로 제거하거나 설치하

표 14. 각 천문대에서 정렬 조정한 아이들 롤러의 현재 조정각도

DEG	RAD	값	b100mm	b200mm	b300mm	b400mm	회수	A	B	환산각	췌가루	위치	조정날짜
0	0.00000	0.00000	0.00	0.00	0.00	0.00	1	7.06	6.90	0.0229		SA-EAST	01/11/17
0.01	0.00017	0.00017	0.02	0.03	0.05	0.07	2	3.45	2.34	0.1590		SA-WEST	01/11/17
0.02	0.00035	0.00035	0.03	0.07	0.10	0.14	3	6.72	7.02	-0.0430	x	SA-EAST	01/11/17
0.03	0.00052	0.00052	0.05	0.10	0.16	0.21	4	6.17	6.63	-0.0659	x	SA-WEST	01/11/17
0.04	0.00070	0.00070	0.07	0.14	0.21	0.28	5	-0.26	0.16	-0.0602	x	CL-WEST	04/12/17
0.05	0.00087	0.00087	0.09	0.17	0.26	0.35	6	0.28	-0.30	0.0831	x	CL-EAST	04/12/17
0.06	0.00105	0.00105	0.10	0.21	0.31	0.42	7	0.20	0.00	0.0286	x	AU-WEST	31/01/18
0.07	0.00122	0.00122	0.12	0.24	0.37	0.49	8	0.04	0.00	0.0057	x	AU-EAST	31/01/18
0.08	0.00140	0.00140	0.14	0.28	0.42	0.56							
0.09	0.00157	0.00157	0.16	0.31	0.47	0.63							
0.1	0.00175	0.00175	0.17	0.35	0.52	0.70							
0.2	0.00349	0.00349	0.35	0.70	1.05	1.40							
0.3	0.00524	0.00524	0.52	1.05	1.57	2.09							
0.4	0.00698	0.00698	0.70	1.40	2.09	2.79							
0.5	0.00873	0.00873	0.87	1.75	2.62	3.49							
0.6	0.01047	0.01047	1.05	2.09	3.14	4.19							
0.7	0.01222	0.01222	1.22	2.44	3.67	4.89							
0.8	0.01396	0.01396	1.40	2.79	4.19	5.58							
0.9	0.01571	0.01571	1.57	3.14	4.71	6.28							
1	0.01745	0.01745	1.75	3.49	5.24	6.98							
2	0.03491	0.03490	3.49	6.98	10.47	13.96							
3	0.05236	0.05234	5.23	10.47	15.70	20.93							
4	0.06981	0.06976	6.98	13.95	20.93	27.90							
5	0.08727	0.08716	8.72	17.43	26.15	34.86							

는데 큰 어려움이 없음을 확인 하였다. 그러나 실제 활용을 위해서는 몇 가지 해결해야 할 문제들이 있다. 첫째, 현재 사용하고 있는 집크레인을 작업이 진행되는 30여분 동안 지속 사용이 가능한 모델로 바꾸는 것이 중요하다. 이번 작업에서도 5분 작업 후 30분을 쉬며 모터의 과열을 막아야 하기 때문에 FSA를 망원경에서 제거한 후 타고 올라간 시저 리프트에 FSA를 올려놓고 아래로 이동시켰다. 50kg에 달하는 FSA를 시저리프트에서 바닥에 내리고 다시 케이스에 넣는 일은 혼자 작업하기에는 매우 위험하다. 이와 더불어 현재 사용하는 크레인 조작 스위치를 무선장치로 변환 시키는 것도 중요하다. 현재는 유선으로 연결된 2개의 장치를 들고 작업해야 하기 때문에 한손으로 제어가 어렵지만, 무선 조작 스위치로 교체할 경우 온전히 한손으로 제어가 가능해지기 때문에 1인 설치가 가능해진다. 일단 이에 대한 세부디자인이 완성되면 집크레인은 망원경에 영구히 설치할 예정이다. 현재 집크레인이 설치된 부분에 중량 30kg에 해당하는 질량추가 설치되어 있는데, 이 질량은 정확히 현재 집크레인 세트와 일치하기 때문에 질량추를 제거하고 이 위치에 집크레인을 영구 설치하는 것이 가능하다. 다만, 집크레인을 영구 설치하기 위해서는 기존 마운트와 집크레인 플랜지에 고정 핀과 홀을 가공 설치하여 집크레인 몸이 회전하는 것을 막아야 한다. FSA(Filter Shutter Assembly) 제거 및 설치 테스트와 겹쳐서 내부 상태 확인 및 조정 작업도 수행되었다. 모터 고정 및 타이밍 벨트 풀리 고정 볼트를 점검하여 다시 조여주는 작업을 수행하였고, I 필터의 타이밍 벨트의 장력을 조정하였으며, 필터 표면의 먼지제거 작업도 수행하였다.



그림 6. RA 디스크 정렬 장치(좌), FSA의 1인 설치를 위해 새롭게 디자인하여 제작한 고정 홀더 및 설치작업(중앙, 우)

5. CCD 카메라 전자부 및 부대장비 점검 및 개선

BIAS Jump 교정을 위해 POT 보드 조정을 수행하였다. 전자부의 바이오스가 불안정하여 같은 영상에서도 그 세기가 단차를 보이는 경우가 있다. BIAS Jump라 부르고 있는 이 현상은 리드아웃 회로 중 POT 보드의 CCD output drain voltage를 조정하는 포텐시오미터, 혹은 PA 보드의 BIAS level을 조정하는 포텐시오미터가 불량이거나 불안정한 위치로 설정되어 있는 경우가 주된 원인이다. 호주 시스템에서 최근 50일 동안의 BIAS Jump 발생 기록을 살펴본 결과 M3(image #03) 채널에서 28회, T3(image #27) 채널에서 13회로 상대적으로 많이 발생하였고, 그

외에도 M4(image #04), M6(image #06), T7(image #31), N1(image #24), N4(image #21) 채널에서도 1내지 4회가 발생한 것으로 보고되었다. 이들의 BIAS Jump 발생 빈도를 줄이고자 POT 보드의 해당 포텐시오미터를 조정하여 보다 안정적인 위치로 설정되도록 하였다. 조정 이후 7일의 관측 동안에는 BIAS Jump가 발생하지 않아 개선된 것으로 보이지만, 개선여부를 보다 확실히 파악하기 위해서는 장기간의 관찰이 필요하다.

전자부의 DC 전원 레귤레이터 보드 업그레이드를 수행하였다. 남아공과 칠레 시스템과 마찬가지로 K/M/T/N/G CCD의 CBB 및 PA 보드 리드아웃 회로에 DC 전원을 공급하는 5개의 레귤레이터 보드의 부품을 교체하여 전원부를 개선하였다. 표 15는 BIAS 영상 차감을 통해 측정한 채널별 읽기 잡음과 평균 BIAS level이다. 읽기 잡음은 변경 전 평균 8.0 e-에서 변경 후 8.1 e-로 큰 차이를 보이지 않았으며, POT 보드 조정에 의해 변경 후에 몇몇 채널에서 BIAS level이 약간 변한 것을 볼 수 있다.

표 15. 전자부 변경 전후의 채널 별 읽기 잡음 및 평균 BIAS level

BEFORE	Readout noise (e-)	BIAS level (ADU)	R. noise Nor. (e-)	AFTER Reg. Up & BIAS Adj	Readout noise (e-)	BIAS level (ADU)	R. noise Nor. (e-)
K1 - 16	8.4	1733	9.7	K1 - 16	8.7	1729	10.0
K2 - 15	7.9	1725	9.2	K2 - 15	8.3	1729	9.6
K3 - 14	7.8	1707	9.2	K3 - 14	7.9	1703	9.3
K4 - 13	7.5	1724	8.6	K4 - 13	7.7	1722	8.9
K5 - 12	7.8	1741	9.0	K5 - 12	8.1	1738	9.3
K6 - 11	7.8	1739	9.0	K6 - 11	8.1	1732	9.3
K7 - 10	8.7	1742	9.9	K7 - 10	7.7	1740	8.8
K8 - 09	7.8	1738	9.0	K8 - 09	8.1	1737	9.3
M1 - 01	7.0	1742	8.0	M1 - 01	7.6	1753	8.6
M2 - 02	7.0	1759	7.9	M2 - 02	7.5	1795	8.3
M3 - 03	7.3	1737	8.4	M3 - 03	7.5	1746	8.5
M4 - 04	7.0	1750	8.0	M4 - 04	7.1	1733	8.2
M5 - 05	7.5	1717	8.7	M5 - 05	7.6	1687	9.0
M6 - 06	8.2	1731	9.4	M6 - 06	8.3	1692	9.8
M7 - 07	7.8	1768	8.8	M7 - 07	8.3	1789	9.3
M8 - 08	7.2	1735	8.3	M8 - 08	7.7	1757	8.8
T1 - 25	8.9	1709	10.4	T1 - 25	8.1	1642	9.8
T2 - 26	8.3	1746	9.5	T2 - 26	7.8	1743	9.0
T3 - 27	9.3	1684	11.0	T3 - 27	8.9	1648	10.8
T4 - 28	8.4	1749	9.6	T4 - 28	8.1	1746	9.2
T5 - 29	9.0	1754	10.3	T5 - 29	10.1	1718	11.8
T6 - 30	8.4	1736	9.7	T6 - 30	10.1	1731	11.7
T7 - 31	10.2	1745	11.7	T7 - 31	9.9	1724	11.4
T8 - 32	8.7	1706	10.1	T8 - 32	8.5	1739	9.8
N1 - 24	7.2	1757	8.2	N1 - 24	7.5	1735	8.6
N2 - 23	7.9	1750	9.1	N2 - 23	8.2	1745	9.4
N3 - 22	7.9	1739	9.1	N3 - 22	7.9	1732	9.2
N4 - 21	8.2	1731	9.4	N4 - 21	8.5	1761	9.7
N5 - 20	7.7	1740	8.8	N5 - 20	7.6	1730	8.8
N6 - 19	7.9	1750	9.1	N6 - 19	7.9	1749	9.1
N7 - 18	7.1	1744	8.1	N7 - 18	7.1	1751	8.1
N8 - 17	7.2	1798	8.0	N8 - 17	7.3	1687	8.7
Average	8.0	1738	9.2	Average	8.1	1730	9.4
RMS	0.7	20	0.9	RMS	0.7	32	0.9
P-V	3.2	114	3.8	P-V	3.0	153	3.7
Gain=	1.7			Gain=	1.7		
BoxSize=	100x1000			BoxSize=	100x1000		
ImageA=	KMTNx.20180128.039005 (BL)			ImageA=	KMTNx.20180204.039997 (BL)		
ImageB=	KMTNx.20180128.039006			ImageB=	KMTNx.20180204.039998		

전자부 조정 전후의 CMRR 및 BIAS level을 측정하여 전자부 상태를 검토하였다. 호주 카메라 전자부는 2017년 2월에 CMRR과 BIAS level 조정 작업이 목표한대로 이루어져 더 이상의 조정 작업은 불필요한 것으로 예상되었다. 이를 확인하기 위해 이번 POT 보드 조정 및 DC 전원 레귤레이터 보드 업그레이드 작업 전과 후에 돔플랫 세트를 촬영하여 채널별 CMRR과 BIAS level을 측정하였고, 그 결과는 표 16과 같다. 그림 7에서는 전자부 변경 후 최종 측정된 채널별 CMRR 및 BIAS level을 보여준다.

표 16. CCD 32개 채널에 대한 CMRR 값의 평균치 및 BIAS level 평균과 분산 변화.

< 기존, 2017-02-17 측정 >			< 변경 전, 2018-01-28 측정 >			< 변경 후, 2018-02-04 측정 >		
32 Amps	CMRR	BIAS	32 Amps	CMRR	BIAS	32 Amps	CMRR	BIAS
Ave	10719	1745	Ave	9463	1731	Ave	8046	1726
RMS	-	9.1	RMS	-	17.9	RMS	-	31.9
P-V	-	43.5	P-V	-	84.6	P-V	-	153.2

HE Temp	Before	After	HE Temp	Before	After	HE Temp	Before	After
Air in	23.4	23.7	Air in	24.4	25.0	Air in	24.4	24.4
Air out	22.6	23.0	Air out	23.4	23.4	Air out	21.5	21.3

출장 기간 중인 2018년 1월 28일 전자부 변경 전에 측정한 CMRR 평균치 및 BIAS level 평균과 분산은 작년 2017년 2월에 측정한 값과 큰 차이는 없었고, 11개월 전에 조정한 CMRR과 BIAS level의 설정이 그대로 유지되며 허용범위 내에 위치하고 있는 것을 보였다. 반면 POT 보드 조정 후인 2018년 2월 4일에 측정한 값은 CMRR이 1500 가량 감소하였고 BIAS level의 분산도 증가한 것을 볼 수 있는데 CMRR은 여전히 6000 ADU 이상으로 허용 범위 안에 위치하고 있었지만 BIAS level의 P-V는 목표치인 100 ADU를 넘어서게 되었다. 몇몇 채널 간에 보이는 150 ADU의 BIAS level 차이는 측광성능에 큰 저하는 없을 것으로 예상되지만, 추후 필요시 P-V 100 ADU 이내로 채널별 BIAS level을 조정하는 것은 어려움 없이 가능하다. 현 상태에서 BIAS level을 다시 조정하기 위해서는 BIAS Jump를 교정하기 위해 맞춰놓은 POT 보드를 조정하기 보다는 PA 보드의 포텐시오미터를 조정해주어야 한다.

CCD 카메라 시스템의 부대장비인 듀어 냉각기 컴프레서의 보수작업이 이루어졌다. 남아공과 칠레 시스템에 이어 CCD 냉각기 컴프레서 3기의 internal adsorber를 교체하였다. 이 과정에서 PT30 #1, #2, PT13의 덮개를 열어 내부 점검 및 청소를 수행하였고 각 냉각기의 냉매 가스량을 확인하고 조정하였다. 또한 안정적인 냉각기 컴프레서 운용을 위해 서지프로텍터와 함께 전용 UPS 및 스페어 PDU를 장비실에 설치하였다. 스페어 PDU 설치 후에 기존 PDU와 동일하게 기기 설정을 해주어 유사시에 즉각적인 PDU 교체가 이루어지도록 하였다. 장비실 PDU의 사이트별 설정은 표 17 및 표 18과 같다.

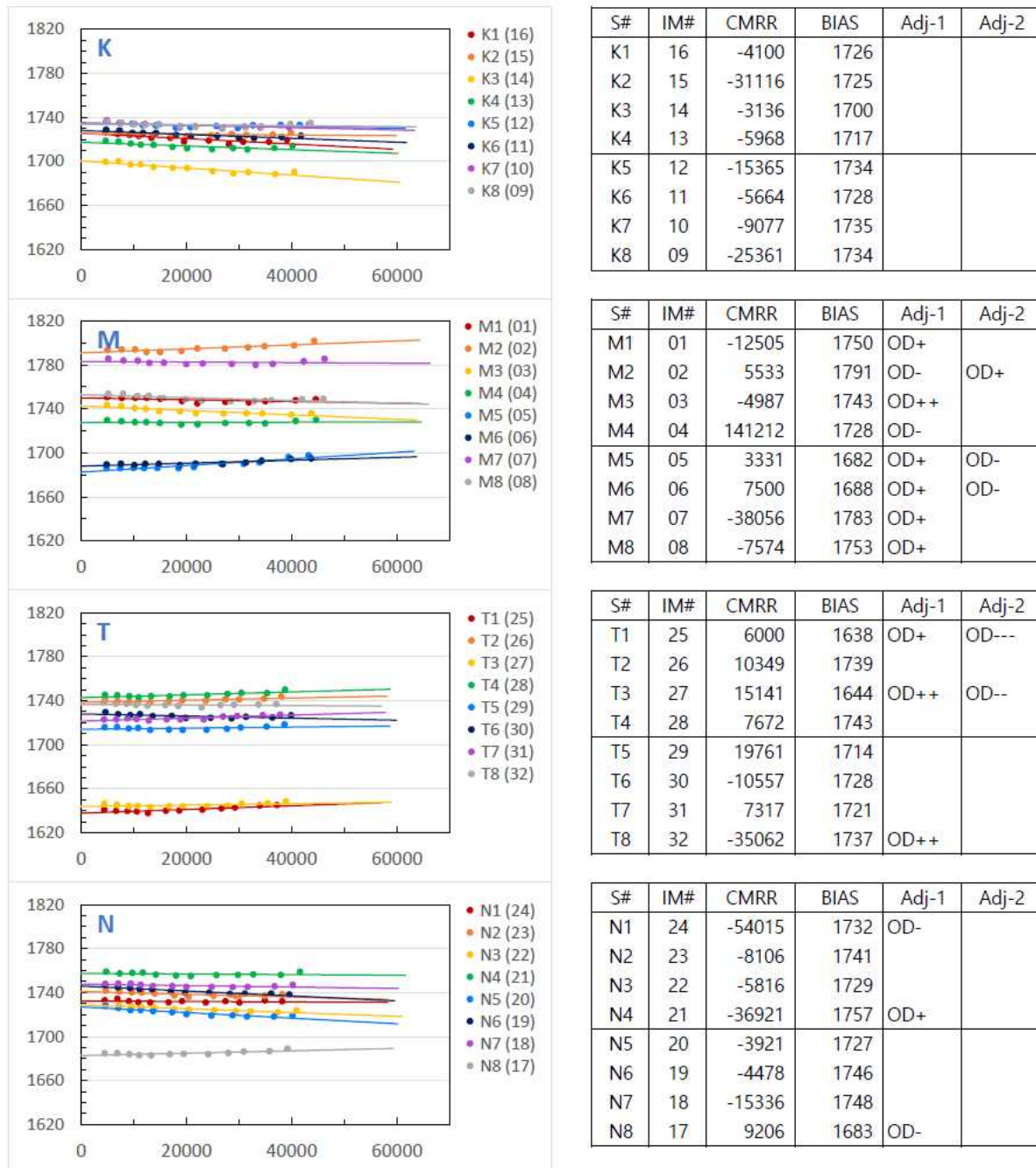


그림 7. 전자부 변경 후 최종 CMRR 및 BIAS level 측정 결과 (2018-02-04 측정).

카메라 부대 장비 중 Air Dryer의 유지보수 작업과 R2000 점검 및 개선작업도 이루어졌다. Air dryer는 내부 소모품을 교체하던 중 coalescing filter부의 일부 부품의 상태가 좋지 않아 소모품 교체가 불가능하여 새 스페어 유닛으로 교체하였다. 추후 coalescing filter 모듈 전체를 교체하여 기존 유닛을 복구하고 예비품으로 사용할 계획이다. 카메라 전자부 냉각기인 R2000은 기존에 기기 진동으로 인한 펌프 구동축 연결부와 구리파이프의 파손을 방지하기 위해 펌프 마운트 부분을 개선하여 업그레이드 하였고, 커플링을 견고한 부품으로 교체하고 thread locker를 적용하였고, 세트 스크류를 강하게 고정하여 진동으로 인한 풀림이 방지되도록 하였다.

표 17. CCD 카메라 부대장비실 컴프레서 전용 PDU 설정 (2018-01-31 설정, CTIO는 추후 설정확인 필요)

Site /InputV oltage	Label	Outlet No.	Bank No.	Power On Delay (sec)	Low Load Warning (W)	Near Overload Warning	Overload Alarm (W)	Input Current (A)	Power (W)	Temp (°C)
CTIO /200V	PT30 #2	7	1	90	250	800	1000	1.9	360	-160
	PT30 #1	9	1	60	250	800	1000	2.0	380	-160
	PT13	23	2	30	250	800	1000	1.8	340	-190
SAAO /220V	WALLFAN	1	1	10	40	400	600	0.4	90	-
	PT30 #2	5	1	30	200	800	1000	2.8	470	-150
	Dew Point Meter	7	1	0	0	80	120	0	0	-
	PT30 #1	10	1	60	200	800	1000	2.8	460	-130
	Heater	16	2	5	0	2800	3500	7.3	1220	-
	PT13	20	2	90	200	800	1000	2.6	400	-208
	NC	8/24	-	0	0	3200	4000	0	0	-
SSO /240V	NC	others	-		0	2000	2500	0	0	-
	WALLFAN	1	1	10	40	400	600	0.4	80	-
	PT30 #2	5	1	30	200	800	1000	2.8	470	-150
	PT30 #1	10	1	60	200	800	1000	2.8	460	-130
	FAN (ventilation)	15	2	5	0	300	400	0.7	165	
	Heater	16	2	5	0	2800	3500	7.3	1440	-
	PT13	20	2	90	200	800	1000	2.6	400	-208
	NC	8/24	-	0	0	3200	4000	0	0	-
	NC	others	-		0	2000	2500	0	0	-

표 18. CCD 카메라 부대장비실 R2000 전용 PDU 설정 (2018-01-31 설정, CTIO는 추후 설정확인 필요)

Site /InputV oltage	Label	Outlet No.	Bank No.	Power On Delay (sec)	Low Load Warning (W)	Near Overload Warning	Overload Alarm (W)	Input Current (A)	Power (W)	Temp (°C)
SAAO /220V	FAN (ventilation)	1	1	5	0	300	400	0.7	150	-
	R2000	8	1	15	100	1000	1200	5.9	450	-
	Air Dryer	18	2	25	0	600	800	3.8	300	-
	NC	16/24	-	0	0	3200	4000	0	0	-
	NC	others			0	2000	2500	0	0	-
SSO /240V	Dew Point Meter	7	1	0	0	80	120	0	0	-
	R2000	8	1	15	100	1000	1200	5.9	450	-
	Air Dryer	15	2	25	0	600	800	3.8	300	-
	NC	16/24	-	0	0	3200	4000	0	0	-
	NC	others			0	2000	2500	0	0	-

- Name: KMTNA.Compressor / Location: SSO / Contact: Tom O'Brien / Model#: AP8641 / IP:192.168.15.14/LogInterval:20min/Time:UT/P.NTP:192.168.15.88/S.NTP:2.au.pool.ntp.org
- Sensor:Compressorairin/Max:35/High32/Hysteresis:1/Low:15%RH/Min:10%RH
- Name: KMTNA.R2000+AirDryer / Location: SSO / Contact: Tom O'Brien / Model#: AP8641 / IP:192.168.15.15/LogInterval:20min/Time:UT/P.NTP:192.168.15.88/S.NTP:2.au.pool.ntp.org



그림 8. 카메라 듀어 냉각기 컴프레서 internal adsorber 교체작업

6. 기타 작업

광학성능 개선을 위해 배플을 교체하였다. 호주 관측소는 지난 2016년 시제품으로 제작한 내경 1,600mm의 배플이 이미 설치되어 있다. 호주 배플을 통한 관측 결과를 바탕으로 광학성능과 집광력이 최적화된 1,580mm의 배플을 제작하여 남아공과 칠레에 설치하였으며, 이번 출장에서 호주 배플도 새로운 모델로 교체하였다. 한편 망원경의 미러셀 가장자리에서 미러의 움직임을 막기 위해 방사형으로 12개의 나일론 볼이 미러면과 접촉하고 있는데, 지난번 미러 코팅 때 그중 하나의 나사산이 모두 망가진 것을 확인하고 이번에 이를 대체할 부품을 가공하여 설치하였다. 설치된 고정 장치는 모두 5개의 나사를 이용하여 바깥쪽으로 돌출된 나사산 뒤편을 고정하는 방식이다. 또한 측광학적 정밀도의 향상을 위해서는 돔 플랫폼 스크린을 설치하였다. 호주의 돔 플랫폼 스크린은 피뢰침과 연결된 구리선 때문에 남아공이나 칠레보다 조금 낮은 고도에 설치하였다. 호주 관측소의 돔플랫폼 촬영 위치는 돔 슬릿 위치가 정북인 상태(홈 찾기 후 stow 실행)에서 망원경이 Elevation 43.7, Azimuth 90.7을 향하도록 하면 된다. 돔플랫폼 촬영에 사용되는 조명은 모든 관측소에서 같은 할로겐 조명을 사용할 예정이다. 남아공과 호주 관측소의 정격전압은 220V에서 240V이지만, 칠레는 110V이기 때문에, 호주 관측소에서도 칠레 관측소와 램프의 밝기를 비슷하게 유지하기 위해 110V 강압 변압기에 연결하였다. BV 필터는 상대적으로 밝은 60W 할로겐 램프를 사용하고, R과 I 돔플랫폼 촬영시에는 20W 할로겐 램프를 사용한다. 현재 남아공에서는 20W 램프를 220V와 110V 강압 트랜스를 이용해서 촬영하고 있으나, 모든 관측소에서 호주와 같은 조건으로 만들 예정이다. 돔플랫폼 스크린 설치 후 플랫폼 광원 시험을 진행하였다. 광원 설정과 노출시간 별 영상에서 나타나는 필터별 평균 영상밝기는 표 19와 같다. 평균 밝기는 BIAS 값을 뺀 ADU의 평균 값이다.

표 19. SSO 돔플랫 광원 설정 및 노출시간에 따른 필터별 영상밝기

	ExpTime	Averaged ADU	Power	Ratio H/L
I	5s	11000	low	
I	5s	44000	high	4.0
R	30s	25000	low	
R	20s	17000	low	
R	10s	7700	low	
R	10s	33000	high	4.3
V	60s	6100	low	
V	60s	27000	high	4.4
B	120s	2600	low	
B	120s	12000	high	4.6
bias	0s	1800		

* Datum: im#12 (K5)

기존에 사용해 오던 CO2 클리닝 도구의 잦은 고장으로 인해 새로운 모델을 제작하였다. 제작한 모델은 릿 천문대에서 사용하고 있는 모델을 복사하였다. 노즐의 구멍크기는 4.9mm이며, 분사각도는 60도로 디자인하였다. 미러면에 이물질이 붙는 것을 막기 위하여 인라인 미세필터를 설치하였다. CO2 클리닝은 차가운 공기가 주변의 수증기를 눈으로 만들고 이 눈송이가 거울면의 먼지를 둘러싼 후에 자체 중력으로 거울면에서 떨어내는 역할을 한다. 클리닝은 2주일에 한번 꼴로 관측 전에 실시하며, 미러 전체를 간단히 청소한다. 이외에도 남아공과 칠레에서 수행하였던 같은 작업들이 수행되었다. 관측용 컴퓨터를 업그레이드하였으며, 관측에 활용되는 컴퓨터 및 주변기기의 갑작스런 고장에 대비해 여분의 PC-TCS, AUX PC, TCC, PDU 등을 컴퓨터실 랙에 설치하였다. 또한 관측자의 관측편의를 위해 기상장비 설치, 시각동기화 코드 적용, 스크립트 관측 실험, 관측 모니터 벽면설치, GPS 시각 모듈의 관측실 설치 작업 등을 진행하였다.

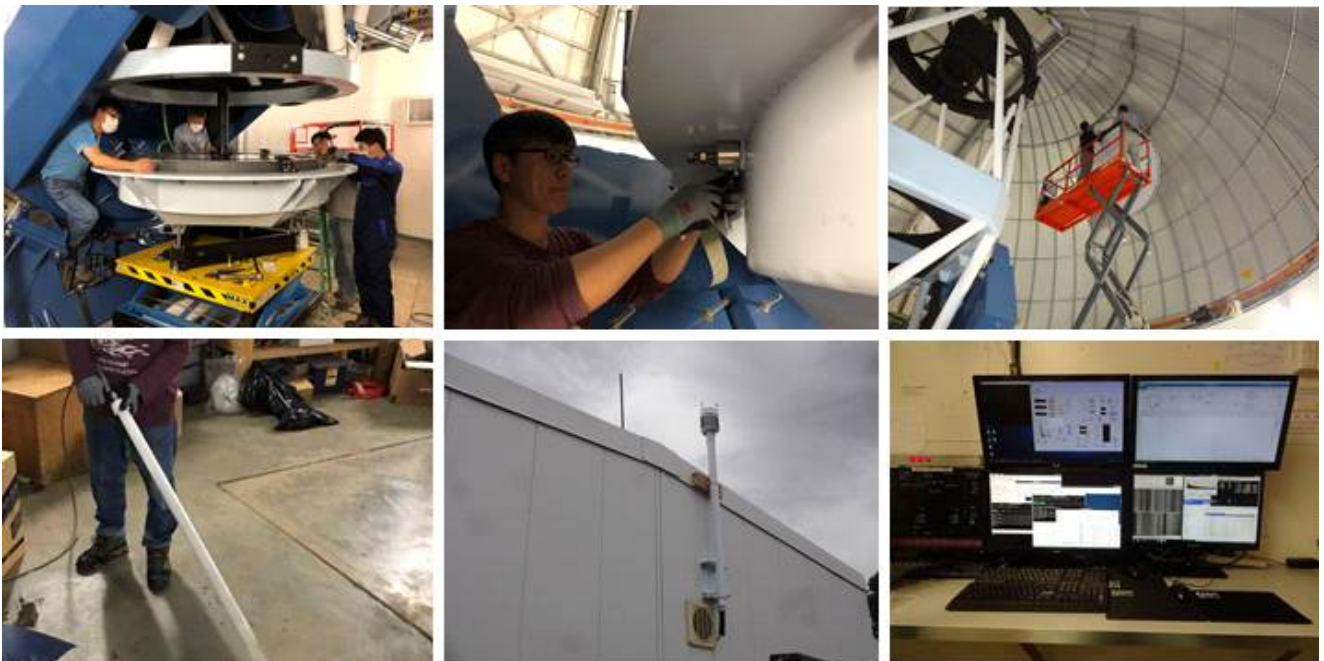


그림 9. 시계방향으로 배플 설치, 미러볼 설치, 돔 플랫폼스크린 설치, 모니터 벽면설치, 기상장비 설치, 스노건 교체