

국외 출장 보고서

(2017년 11월 30일-12월 14일 / 칠레 CTIO)

2017년 12월

김 승 리
이 충 욱
이 동 주
이 용 석

한국천문연구원

I. 출장개요

1. 출장자

김승리, 광학천문본부 변광천체그룹, 책임연구원
이충욱, 광학천문본부 변광천체그룹, 책임연구원
이동주, 광학천문본부 변광천체그룹, 선임연구원
이용석, 광학천문본부 변광천체그룹, 연구원(계약직)

2. 출장기간

2017년 11월 30일부터 2017년 12월 14일까지(총 15일)

3. 목적지

칠레 CTIO(Cerro Tololo Inter-american Observatory)

4. 수행내용

외계행성 탐색시스템의 주요 연구주제인 우리은하 중심부 관측시즌이 종료됨에 따라 2017년 계획된 시스템 유지보수 작업을 진행하였다. 3월부터 10월까지 이루어지는 우리은하 중심부 관측 시즌에는 시스템의 변화와 관측시간의 손실을 최소화시키기 위하여 중대한 고장이 아니면 정비 시간을 배정하지 않고, 관측시즌이 끝난 11월에서 2월 사이에 집중적으로 정비를 수행하기 때문에, 약 4개월로 제한된 시간 내에 시스템정비를 완료하기 위해서 작업의 종류를 산출물 형태에 따라 크게 5가지로 분류하여 작업을 수행하였다.

(1) 카메라 전자부와 망원경 구동부의 노후 부품 교체 및 시스템 성능개선을 위해 추가 제작한 부품을 설치하고 미세 조정작업을 수행했다. 광학 성능개선을 위해 망원경의 미러셀을 분리하고 주경 가장자리에 배플을 설치했다. 이와 더불어 망원경 디스크면의 손상방지를 위해 디스크-구동롤러 정렬각을 미세 조정하였다. 국내에서 제작한 조정 도구를 이용하여 약 8톤의 망원경 경통을 들어 올리고 구동롤러의 정렬각도를 미세 조정하였다. (2) 기계 피로도의 누적으로 인해 잦은 고장을 일으키는 돔 관련 부품들을 새것으로 교체하고, 현재 돔의 상태를 파악하기 위해 돔을 받치고 있는 롤러의 레벨과 돔의 진원도를 측정하고 향후 돔 업그레이드를 위한 자료를 획득했다. (3) 시스템을 운영하며 현지 관측자와 매주 운영회의를 통해 자주 발생된 문제에 대해 점검 목록을 작성하고, 각각의 상태를 확인했다. (4) 관측도중 발생하는 갑작스런 문제에 능동적으로 대처하기 위해 관측자들이 현장에서 수행할 수 있는 수준에 대해서 상시 점검요소 및 즉시대처가 가능한 부품교체에 대한 현장교육이 이루어졌다. (5) 칠레천문대 기술지원팀 및 디렉터와의 대면회의를 통해 2018년도 관측 시스템을 안정적으로 운영하기 위한 방안을 모색하였다. 향후 미래 코팅에 대비하여 코팅 시설과 비용등에 대한 논의도 이루어졌다. 출장동안 수행한 작업을 종류별로 정리하여 표 1부터 표 7에 요약 정리했다.

표 1. 설치 및 교체 작업 목록 및 결과 요약

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
1	주경배플설치	출장자 모두	미러 리프트 설치 ⇒ 배플 조립 ⇒ 미러셀 분리 ⇒ 배플 설치 ⇒ 미러셀 설치 ⇒ 팬 고장 수리	4
2	디스크 정렬장치 설치	이충욱,이용석	RA disk 조정 킷 설치 ⇒ idle roller를 미세하게 조정 RA disk 마모량 체크 : 사진촬영(0.5~1년 뒤 확인)	4
3	idle 롤러 레퍼런스면 측정	이충욱,이용석	RA disk와 롤러 사이 평행블록을 사용한 차이 측정 Test indicator를 설치해 RA disk와 롤러 면 측정	
4	플랫 촬영용 돔 스크린 설치	김승리,이동주	돔 플랫 스크린 조립 ⇒ 돔 셔터 반대편에 고정 (EI=48, Az=89)	4
5	돔 플랫 광원설치	이충욱	CTIO 110V 임을 감안하여 40W 할로겐등을 설치하였으나, 더 밝은 등이 요구됨. (추후 60W로 교체 예정)	2
6	AWS 설치	김승리,이용석	AWS 외부 장착 및 케이블 연결, 프로그램 및 시스템 연동 기상데이터 FTP 전송시험	3
7	DEC 베어링 유흡착제 설치	김승리	Dec축 Grease 작업 ⇒ Dec 축 베어링에 유흡착제미니붐 설치(경면 베어링 그리스 낙하방지)	1
8	돔⇒장비실 환기구 냉각팬 설치	김승리	장비실 실내 온도를 낮추기 위해 환기팬 설치	2
9	RA 엔코더 디스크면 물흡수테이프 설치	김승리	엔코더 침수 방지용 흡수테이프를 RA disk 면에 설치	2
10	주경조정나사 및 모서리스펀지 설치	김승리,이동주	관측자의 안전을 위해 주경조정 나사 커버 및 리미트 구조물 등 망원경 모서리에 스펀지 설치	0.5
11	시저리프트 배터리 교체	이용석	시저리프트 배터리 교체, 기존 배터리에는 증류수를 채워 스페어로 보관	1
12	GPS 시각 모듈 관측실 설치	이동주,김승리 이충욱	display가 가능한 스페어 서버(NTP server)를 관측자 모니터 위쪽에 선반 제작하여 설치 및 설정 / 시각동기 코드 설치	2
13	구급함 설치	김승리	구급함 설치	0.3
14	스노건	이용석,이동주	국내에서 대체품 구매 예정(사이즈 측정)	

표 2. 돔 개선 작업 목록 및 결과

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
1	돔 회전부 점검	이충욱,이동주	돔 회전부에 대한 전반적 점검 (돔 회전시 진동에 의해 볼트상태가 매우 느슨해져 모든 볼트 조임, dome power feed finger 교체)	4
2	리듀서 볼트 보강	이충욱,이동주	현지 기술자들에 의해 보강판이 제작/설치되어 있음을 확인	4
3	돔 회전 간섭	김승리,이동주	롤러와 간섭되어 파손된 볼트 교체 (볼트 4개 유실)	4
4	기어리듀서 교체	이충욱,이동주	2개 모두 새로운 기어리듀서로 교체 (스프로켓도 함께 교체) 스페어 정리	2
5	웜기어 교체	이충욱,이용석	고장난 기어리듀서 웜기어 교체는 CTIO 현지 기술팀에 일임	0.5
6	Grease 도포	이충욱,이동주 김승리	돔 회전 레일에 Grease 도포	
7	돔 수평도 측정	이충욱,이동주	레이저수준기 이용 돔 레벨 측정	4
8	돔 센터링 측정	이충욱,김승리	레이저 거리 측정기를 이용하여 돔 센터링 측정	1

9	돔 셔터 마모/ 커플링 상태 점검	이용석,이충욱	모터, 커플링, 스프로킷, 레일, 셔터이어 등 돔셔터를 구동하는 모든 부분 점검하고, 기록 사진촬영	1
10	셔터 이어 점검/교체	이용석	현지 기술팀에 셔터 이어 교체 요청	
11	돔 Sync 오류 원인 파악	김승리,이동주	(10/7) 돔셔터 싱크 오류 (망원경과 돔셔터 mis-align) (10/8) 정상작동 (원인 모름)	1
12	돔셔터 얼라인 확인 레터링스티커 부착	이동주,김승리	돔과 망원경의 sync 상태 점검 (초기값 : 90.4) / 방위 및 돔 셔터 각도를 표시하는 스티커 부착	2
13	방풍막 wheel 점검	이용석,이동주 김승리	방풍막 롤러 점검 및 3개 교체	1
14	돔 파워 라인 공유기	이충욱	스페어 2개를 제작하여, 작동 테스트 완료	
15	돔누수 위치 수집	이동주,이용석	추후에도 우천시 계속 진행	1

표 3. 컴퓨터 관련 개선 작업 목록 및 결과 요약

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
1	관측컴퓨터 개선 (RAM, SSD)	이용석	Lenovo tiny RAM 16GB /SSD 1050GB 업그레이드 OS, SW 설치	3
2	IC.M SSD failure	이용석	2016.12 IC컴퓨터 SSD 모두 교체 / 2017. 3,4월 IC.M SSD/HDD failure /File system error 발생⇒IC.M SSD 재교체	4
3	AUX PC 스페어 설치	이용석	AUX PC 스페어 설치 같은 랙에 붙어 있어 고장시 케이블만 교체하여 사용 가능	1
4	PC-TCS 스페어 설치	이용석	PC-TCS 스페어 설치 같은 랙에 붙어 있어 고장시 케이블만 교체하여 사용 가능	
5	TCC 스페어 설치	이용석,이충욱	새로 구매한 shuttle PC로 TCC를 교체하였으나, 시스템 복제에서의 오류로 인하여 망원경 위치제어에 실패	1
6	스페어 PDU 설치	김승리	새로 구매한 스페어 PDU를 장비실과 컴퓨터실에 설치	
7	PDU 펌웨어	이용석	computer room 2개, Equipment room 1개	
8	컴퓨터 랙 배선정리	이용석	망원경 컴퓨터 랙 전원 및 통신선 정리	
9	모니터 벽면설치	김승리,이충욱	VESA 마운트를 이용한 모니터 거치	
10	서지프로텍터 설치	이충욱,이용석	컴퓨터실에 2개의 서지프로텍터 설치 primary & spare	

표 4. 점검 조정 작업 목록 및 결과 요약

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
1	미러커버 기계부	이충욱,이동주	(20150622) 미러커버 지지대 파손 및 랜선 단선 온도 센서 신호선 복구, 힌지 보강	0.5
2	미러커버 전기부	이충욱,이용석	전기부 전반적인 점검결과, 양호 확인	0.5
3	망원경 저고도 멈춤 망원경 oscillation	이용석,김승리	3월 중 2회 발생 (현재 증상 보고 안됨) 1. 엔코더 리더 정렬 ⇒ 포인팅모델 적용 / 2. 리미트 35도 재설정	
4	경면상태 점검	이충욱,이용석	반사율측정 : CT7 reflectometer (7 bands from 365nm to 970nm) : Nicole David (12/4, Mon 10:00)	0.5
5	UPS 점검 및 전원배분	이용석	카메라 부분 : 차상목 망원경 부분 : 이용석	0.5
6	DEC 축 케이블 점검	김승리,이용석	전반적으로 잘 정리되어 있음	

표 5. 측정 및 교육/훈련 목록 및 결과 요약

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
1	정전시 UPS 및 DTS 대처요령 숙지	이용석,관측자	시범 및 관측자 교육	1
2	엔코더리더 재조정	관측자,이용석	RA/DEC 엔코더 리더 조정 및 조정방법 OP 교육	1
3	이슬점 온도 고려 칠러 온도 세팅	관측자,이용석	이슬점 온도표에 따라 냉각온도 세팅 변경 칠러 냉각수량 확인 교육	0.5
4	냉각기 가스 충전	관측자,이용석	PT30/13 가스 충전 및 관측자 인수인계	1
5	포인팅 모델 측정/갱신	관측자,이용석	미러셀 재설치 및 아이들 롤러 조정, 엔코더 리더 조정 완료 후 포인팅 모델 측정/갱신	4
6	냉각기 가스로버싱 교육	차상목,관측자	냉각기 R/S swap 방법 인수인계 Cryotiger blocked orifice(plugged head) 문제 해결 연습	2
7	듀어 진공펌핑/냉각	관측자,차상목	필요시 듀어 워밍, 진공펌핑, 재냉각을 진행	4
8	미러커버 수동 연결	이용석,관측자	미러커버 핸드패들 연결 및 구동 방법 교육 및 연습	
9	PT-13, PT-30 냉각법	차상목	관측자 요구	
10	관측자 교육	김승리	초점 개선 및 관측 방법 전반	

표 6. 회의 및 협의 요청 목록

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
1	미러코팅 협의 (에스테반)	이충욱,김승리 이용석,이동주	기존 Protected Ag 코팅 제거 약품 구매 논의, 주경 운반 방법 논의, 챔버 확인, 주경 박스 제작 논의	2
2	사이트 기술 및 물품구매 요청	이충욱,이용석	기술 요청 사항 검토 및 요청 물품 재고 확인 및 사이트 요청, 부동액 등 재고 확인	1
3	NOAO디렉터 미팅	이충욱,김승리 이동주	NOAO디렉터(Stephen Heathcote)와의 미팅 코팅 스케줄, 행정전반 문의, 돔 업그레이드 논의	2

표 7. 정리/청소 작업 목록

번호	작업명	담당자	세부내용	시간
72	배송품 정리	ALL	2차 배송품(32박스) 정리 및 작업 공간 확보	2
73	공구점검/ 정리	이동주	볼트 및 기타 공구류 정리	2
74	소프트웨어CD, 매뉴얼, 바인더 정리	이동주	바인더, 매뉴얼 등 정리	1
75	망원경 청소	이용석,이동주	망원경 먼지 제거	
76	관측실 청소	김승리,이충욱	바닥 청소 및 관측실 정리	

5. 외국인 접촉현황

일 자	성 명	국적	소속	비고
12월4일(월) - 12월12일(화)	Esteban Parkes Nicole David Steve Hethecote	칠레	CTIO	관측시스템 관련 점검 협의 주경 반사울 측정 주경 알루미늄 코팅 및 시스템 전반 관련 협의

II. 세부 수행내용

1. 광학계 성능측정 및 개선

외계행성 탐색시스템 1.6m 망원경 거울 가장자리의 turned down edge로 인해 발생하는 산란광 제거를 위해 주경면 가장자리를 가리는 주경배플을 설치하였다. 미러셀을 망원경 경통에서 분리하기 전에 경통 구조물과 미러셀의 위치에 미리 표시를 하여 미러셀의 탈 부착 과정이 순조롭게 이루어지도록 노력하였다. 주경배플의 설치 전후 영상의 개선효과를 비교하기 위해 11월22일과 12월16일 관측된 밝은별 주변의 회절형태를 그림 1에 나타냈다. 설치 전에는 별빛 회절상에서는 초점이 한곳에 모이지 않고 설치 후에 비해 넓게 분산되어 헤일로로 이루고 있다. 특히 설치 전 영상에서 3갈래로 뻗어나가는 검은 밴드형상은 지진으로 인해 미러셀에서 미러가 빠져나오는 것을 방지하기 위해 거울을 잡을 수 있도록 만든 ㄱ자 모양의 클립이 위치한 곳이다. 이곳은 거울의 가장자리를 걸쇠가 가리기 때문에 헤일로가 만들어지지 않았다. 배플을 설치 한 후 별 주변의 헤일로가 완전히 사라진 것을 볼 수 있었다. 미러셀을 설치 한 후에는 초점면에서의 PSF 분포를 분석하여 미러셀을 분리하기 전과 후의 광학정렬 상태를 동일하게 조정하였으며, 미러와 주초점부의 틸트를 미세조정하여 최종적으로 얻은 초점면의 PSF분포는 그림 1과 같다.

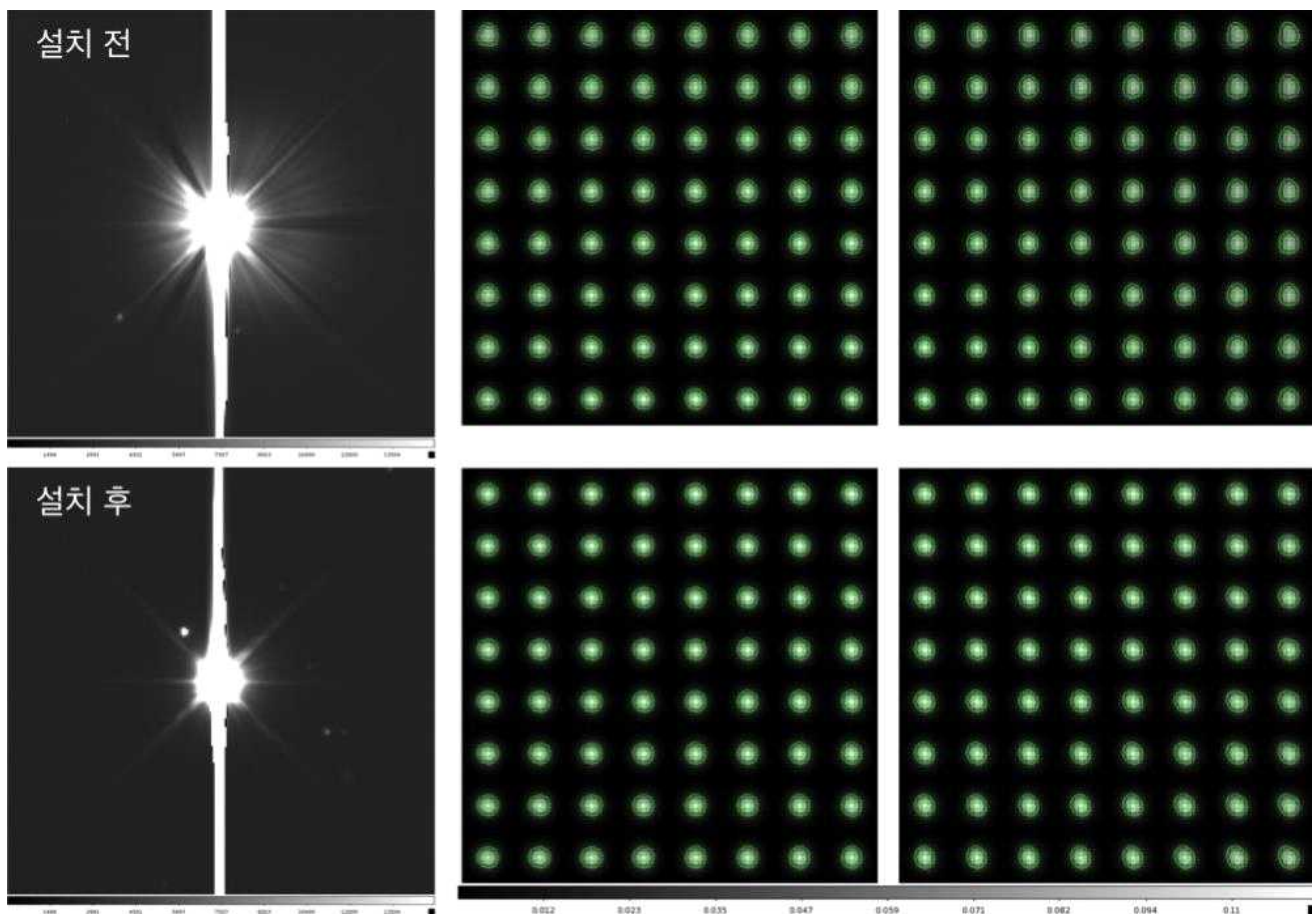


그림 1. 주경배플 설치전과 설치 후의 비교(왼쪽 위아래) 와 주경배플 설치 후 초점면 전체에서 구한 PSF분포(오른쪽). 4개의 모자이크 된 칩을 WCS을 고려하여 실제 크기로 윤곽을 나타내었다. 각각의 칩은 앰프를 기준으로 하여 가로세로 8개씩 대표되는 PSF를 구하여 초점면에서 PSF변화를 나타냈다.

육안 검사를 통해 경면 상태를 파악하였다. 관측일지에 의하면 칠레에서 관측을 하던 중 적 위축 베어링에서 흘러나온 그리스가 주경에 떨어진 일이 있었으며, 관측 후 바로 이를 인지하고 그리스를 제거한 바 있다. 이 자국은 그림 2처럼 아직도 거울면에 자국이 남아 있는데, 크기는 약 5cm 정도 되었으며 현재는 표면에서 유분이 모두 증발하여 그리스가 말라있는 상태이다. 전반적으로 거울면은 다른 천문대에 비해 깨끗한 상태였고, 호주에서와는 달리 protected silver 층이 전반적으로 양호해 보였다. 그림 2에 protected silver 층이 깨진 것으로 보이는 작은 검은점 부분을 현미경으로 확대한 모습을 나타냈다. 방사형으로 보이는 파손패턴은 호주에서와 비슷하였지만 크기는 비교가 어려울 정도로 작았다. 주경의 재코팅 여부를 판단하기 위해 CTIO 광기술팀이 가지고 있는 7밴드 반사율 측정기를 이용하여 경면 반사율을 측정하였다. 이 장비는 손바닥만한 크기로 남아공이나 호주에서 사용한 장비에 비해 휴대와 사용이 간편하였다. 또한 365 nm부터 970 nm까지 지정된 7개 파장역의 반사율을 측정 즉시 확인 할 수 있었다. 거울면의 반사율은 거울면의 뿌연 부분과 상태가 좋은 부분을 번갈아가며 동, 서, 남, 북 방향 7개 위치에서 측정하였다. 반사율의 측정 결과는 거울면의 국부적인 오염과는 상관없이 I-band에서 90%가 모두 넘는 것을 확인하였다. 위치 7번은 그리스가 떨어진 부분을 측정한 결과이다.

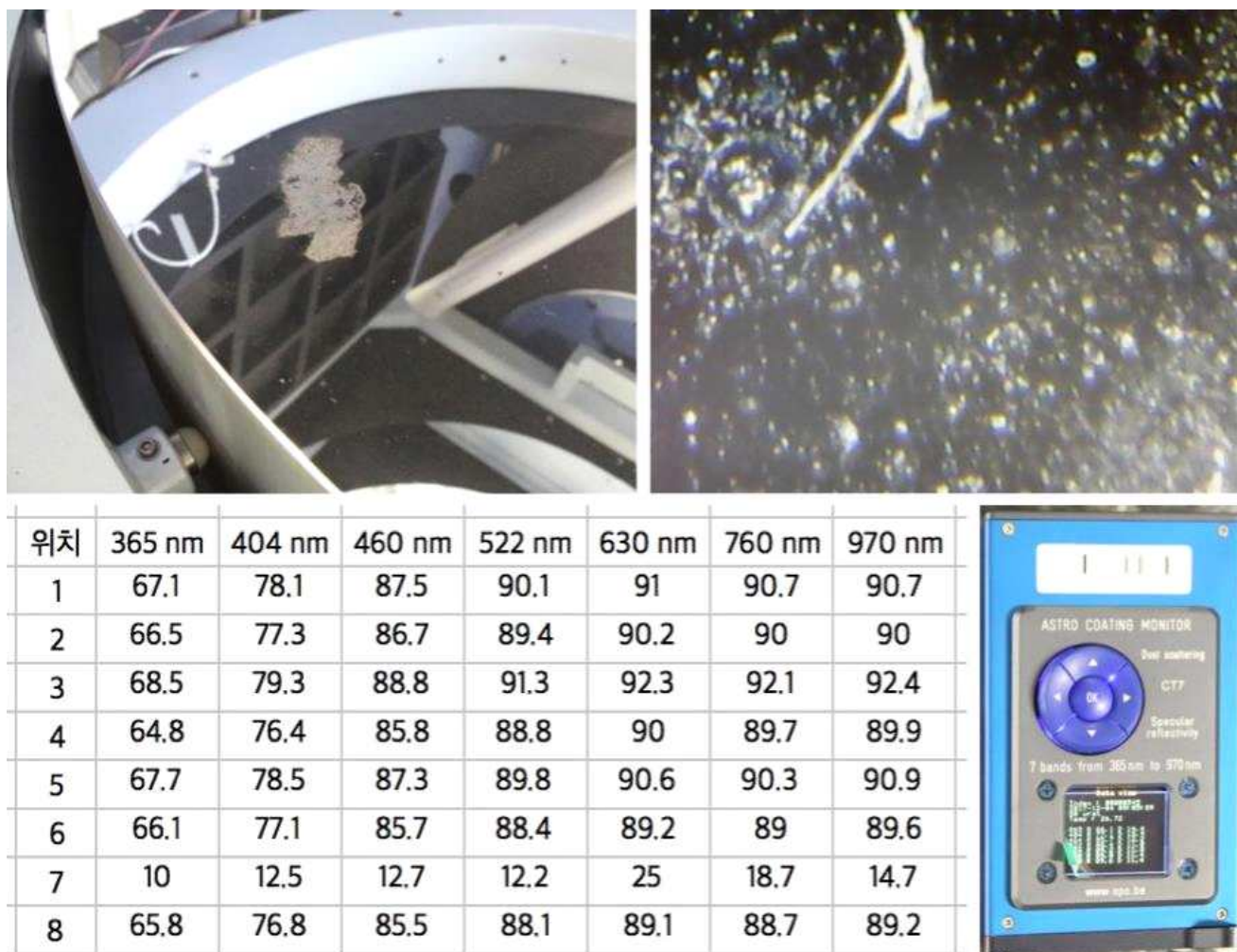


그림 2. 경면 육안 검사 및 반사율 측정. 거울면에 그리스가 떨어진 뒤 말라 굳은 자국(위 왼쪽)과 protected silver 층이 파손된 것으로 보이는 검은 점을 현미경으로 500배 확대한 모습(위 오른쪽). 반사율 측정기를 이용하여 거울면 전체에 대해 8곳을 측정한 값(아래 왼쪽)과 측정에 사용한 7파장 반사율 측정기(아래 오른쪽)

남아공 천문대에서와 마찬가지로 반사율이 저하될 경우를 대비하여 주경 코팅계획에 대해 칠레 기술지원팀과 논의하였다. 알루미늄으로 코팅을 할 경우 CTIO에서 이용할 수 있는 가장 가능성이 높은 시설은 1.5미터 망원경 건물에 있는 진공 챔버로 판단된다. 만약 protected silver 코팅을 해야 된다면 Cerro Pachon에 있는 제미니 망원경 시설을 이용할 수 있다고 하지만, 이온빔의 위치와 주경의 이동 등을 고려할 경우 제미니 시설을 이용하기는 매우 어려울 것으로 판단하였다. 그림 3에 진공챔버의 모습을 나타냈다. 진공챔버는 다른 시설과는 달리 특이하게 길다란 형태를 띄고 있었으며, 진공챔버가 설치된 곳은 공간이 매우 넓어서 거울면의 기존 코팅면 제거와 같은 작업을 하기에 어려움이 없어 보였다. 또한 거울을 챔버로 넣기 위해 천정 레일을 따라 설치된 2톤 용량의 크레인도 주경을 다루기에는 충분한 용량이었다. 1.5미터 망원경은 블랑코 망원경 바로 옆에 위치하고 있기 때문에 거울을 운반하기 위해서는 트럭과 미러박스의 보강이 필요하며, 미러박스 보강은 CTIO 기술진의 도움을 받을 수 있을 것으로 판단된다. 알루미늄 코팅이 결정되면 별도의 계약을 체결할 계획이고, 코팅에 소요되는 시간은 대략 2일 이내이며, 비용은 약 25,000USD정도가 될 것으로 추산한다.

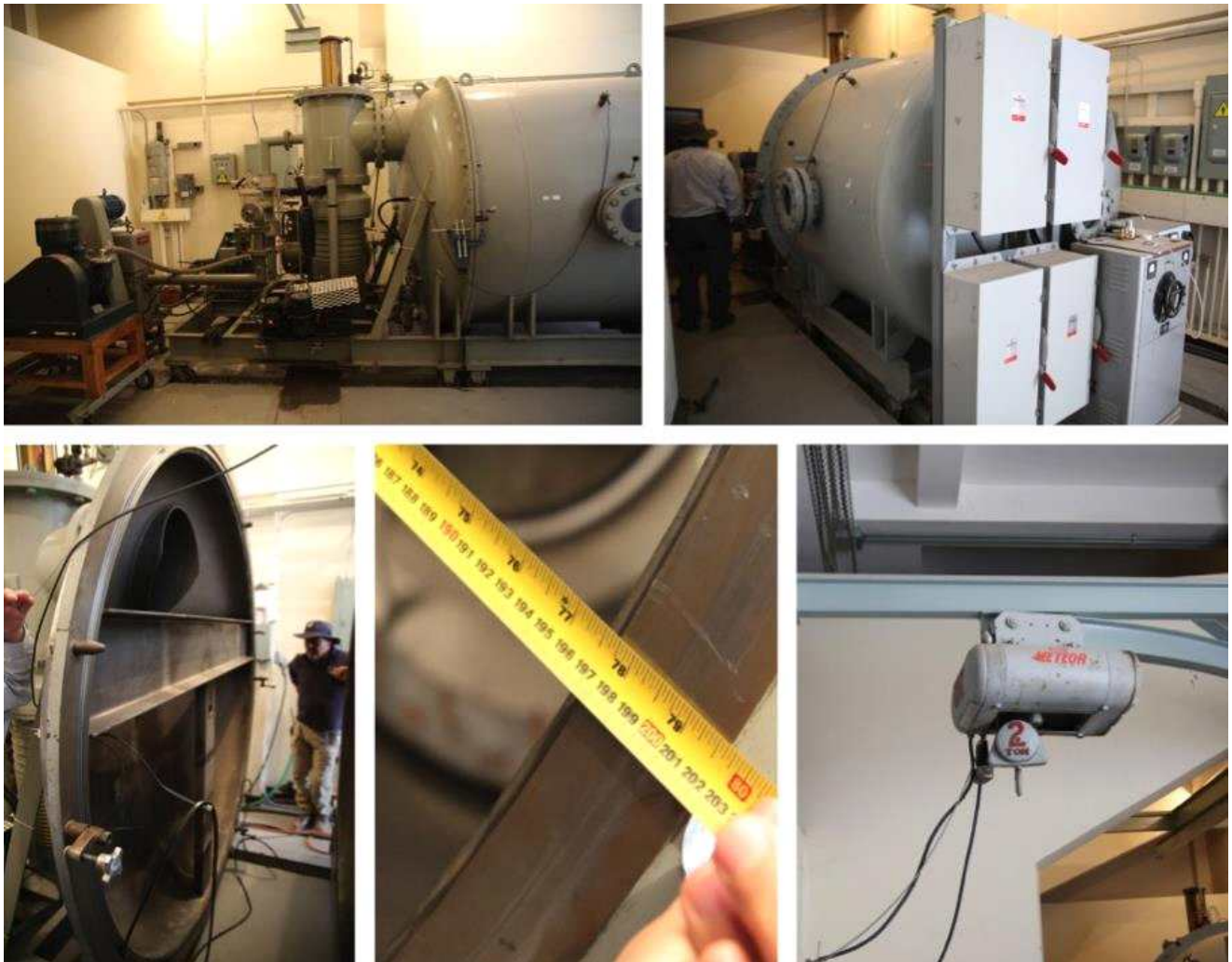


그림 3. 1.5m 망원경 건물에 설치된 진공챔버의 모습(위). 거울이 고정되는 챔버의 내부(아래 왼쪽). 챔버의 내경(아래 가운데). 거울을 챔버에 넣기 위해 천정에 설치된 크레인(아래 오른쪽).

2. 돔 및 기계부 점검과 성능 개선

KMTNet 관측 시스템의 가동 후 수집된 고장 이력에 따르면 돔 기계부 고장의 횟수가 가장 높은 것을 알 수 있다. 돔 고장은 하나의 관측소에서만 발생하지 않고 모든 관측소에서 여러 문제가 보고된다. 특히 돔 회전부의 기어 리듀서, 스프로킷 파손, 돔 셔터부 셔터이어 마모, 돔 셔터 커플링 풀림, 돔 셔터 싱크 오류 등이 자주 발생하는 문제이다. 칠레에서의 기어 리듀서 고장은 2015년 11월에 처음 발생되었고, 이후 2016년 9월, 2017년 8월에 발생했다. 따라서 대략 10개월의 교체 주기를 가지고 있다. 이처럼 돔 회전부에 사용되는 기어 리듀서의 수명이 오래 가지 못하는 원인이 무엇인지 확인하기 위하여 등간격으로 분포되어 돔을 떠받치고 있는 60개 롤러의 위치가 모두 일정한지 측정하였다. 돔레벨의 측정을 위해서 레이저 수준기를 이용하여 수평방향에 길다란 기준선을 만들고, 이 기준선으로부터 돔 롤러 축의 높이 편차가 얼마나 되는지 자로 측정하였다. 그림 4의 위쪽에 레이저 수평선과 롤러 5, 6, 7번의 위치가 함께 보인다. 5번과 6번은 롤러축의 아래로 기준선이 지나고 반면 7번은 레이저 기준선이 롤러축의 중앙을 지나고 있다.

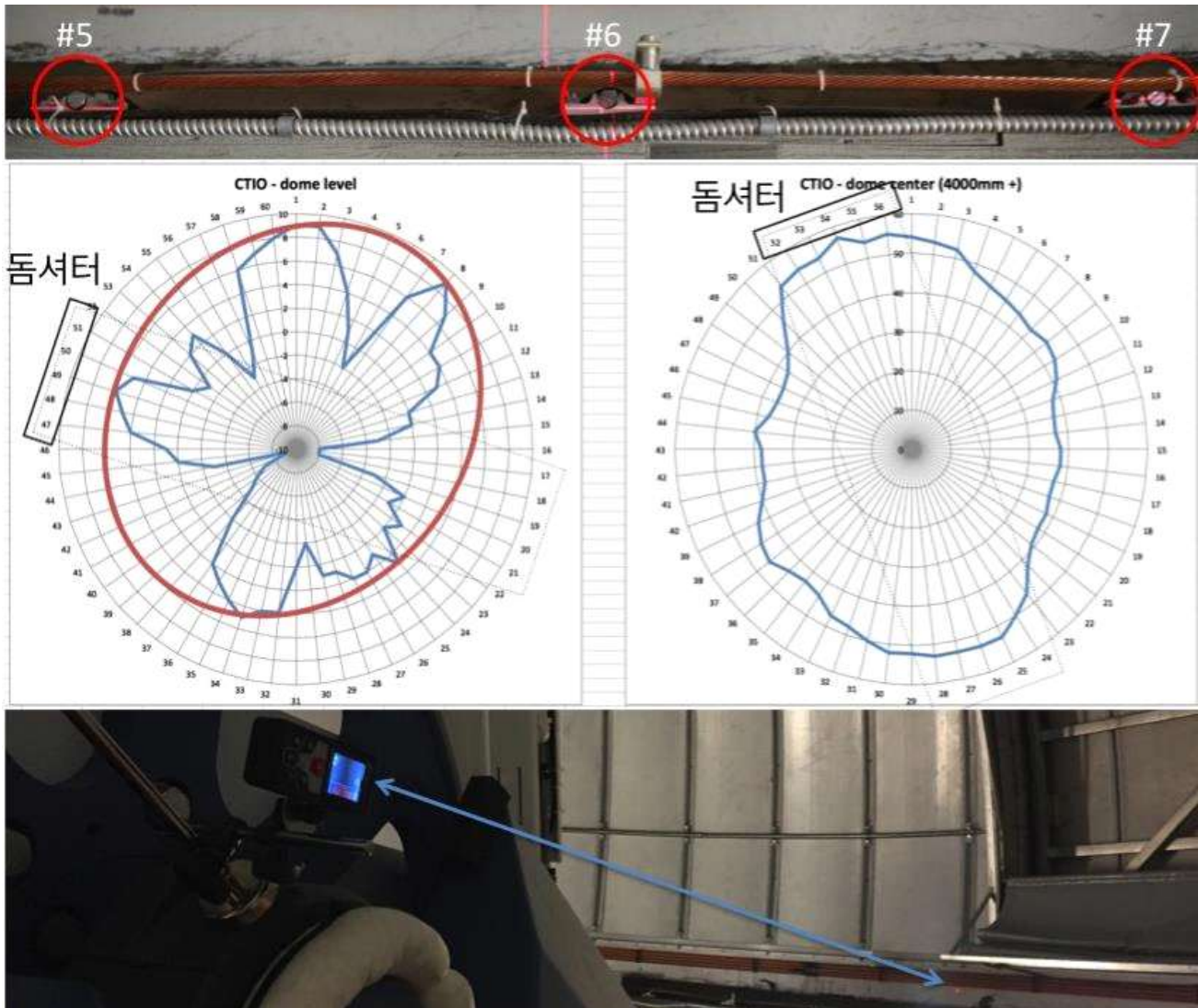


그림 4. 돔 레벨(위)과 진원도(아래) 측정방법. 돔을 받치고 있는 60개의 롤러에 대해 측정된 레벨 오프셋값(중간 왼쪽)과 56조각으로 이루어진 돔 구조물의 진원도(중간 오른쪽)를 측정할 때 돔셔터의 위치를 함께 나타 내었다.

60개 롤러 위치에서 측정한 높이 편차를 돔셔터의 위치와 함께 그림 4에 나타냈다. 그림에서 확인할 수 있듯이 현재 돔을 받치고 있는 롤러의 레벨은 모두 5곳에서 높고 낮음이 존재하고 있다. 이와 더불어 돔이 원형인지 여부를 확인하기 위해 돔을 돌려가며 한 점에서 레이저 거리측정기로 돔까지의 거리를 측정한 결과 칠레 돔은 돔셔터 부분으로 약간 길다란 타원 형태임을 알 수 있었다. 돔을 구성하고 있는 바닥 구조면이 강체가 아닐 경우 중량이 약 5톤에 이르는 타원형 돔은 돔을 받치고 있는 롤러의 높낮이 패턴의 영향을 그대로 받아 건물에 진동을 발생시키고 이는 기계회전부와 건물을 더욱 약하게 할 수 있다고 판단한다. 이처럼 돔 롤러의 레벨을 불규칙하게 만든 원인으로 우리는 잦은 지진에 의한 지반 약화를 생각하고 있다. 그림 5는 롤러의 높낮이 패턴과 돔건물 바닥에 나타난 크랙의 위치를 비교한 것으로 높낮이 패턴과 크랙 패턴이 서로 강하게 연관되어 있음을 알 수 있었다. 이 조정은 추후 롤러 아래에 심을 넣어 보정할 계획이다.

이와 더불어 이번 출장에서는 기존에 설치된 40:1 기어 리듀서를 60:1 기어 리듀서로 교체하였고, 이가 2/3 정도 닳은 스프로킷 2개를 새것으로 모두 교체하고 돔 레일에 그리스를 도포하였다. 준비된 그리스가 충분하지 않아 남아공에 비교하여 충분한 도포가 이루어지진 못했다. 다음 번에는 그리스를 충분히 준비하여 도포해야 할 것이다. 또한 돔 셔터이어 마모도 확인, 커플링 상태 확인, 돔 셔터 엔코더 연결 벨트 장력을 확인했다. 셔터이어는 육안으로 정확한 마모량을 확인하기 어려워 교체를 칠레 기술진에 요청했으며, 기어리듀서의 워HEEL과 셔터이어 및 테이퍼 베어링 등 기계 소모품들을 대량 확보하여 교체주기에 맞춘 시스템 관리가 절실히 요구된다.

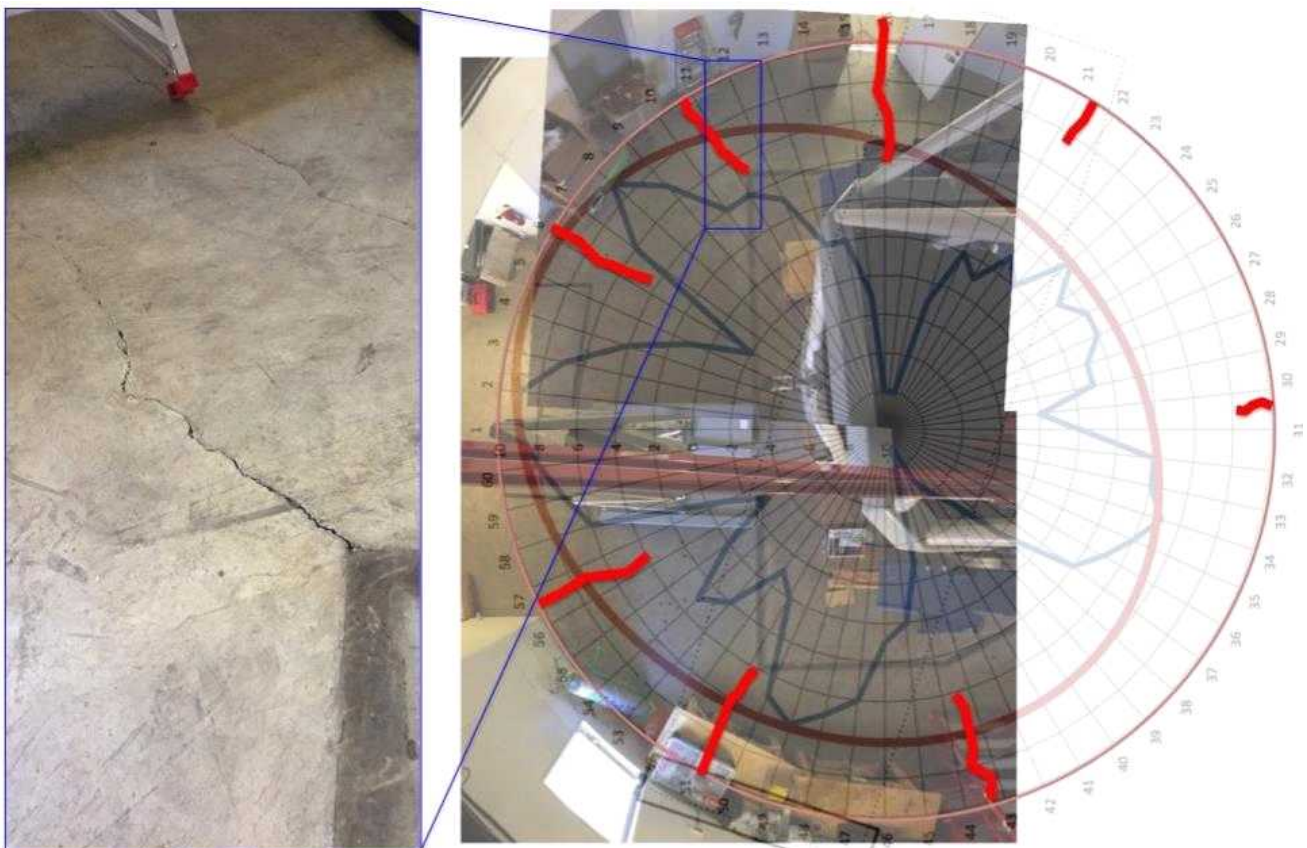


그림 5. 돔 건물 바닥에서 관찰되는 크랙(왼쪽)과 측정된 60개 롤러 위치에서의 돔 레벨값과 함께 표시한 건물 바닥 크랙 위치(오른쪽)

KMTNet 망원경은 마찰구동방식으로 구동되는 적도의식 형태를 가지고 있다. 망원경의 추적 기능을 위해 망원경구조물의 중앙에 거대한 RA 디스크가 설치되어 있으며, 이 원추형 디스크는 원추 꼭지점에 해당하는 북쪽에 위치한 1개의 대형 베어링과 동쪽과 서쪽에서 RA 디스크면을 받치고 있는 2개의 아이들 롤러와 접촉하고 있다. 망원경 경통은 중량이 약 8톤정도에 이르기 때문에 망원경이 구동할 때 디스크면과 아이들 롤러가 정확히 기계적으로 정렬되어 있지 않으면 디스크면의 접촉점에서 회전축 방향으로 여분의 마찰력 벡터가 발생하게 되고 이 마찰력은 상대적으로 연한 디스크 표면을 마모시키게 된다. 칠레에서는 망원경을 설치한 직후 이러한 마모 현상을 목격하고 조정 작업을 실시하였으나, 설치 당시에는 아이들 롤러의 각도를 미세하게 조정할 수 있는 장비가 없어 완벽한 정렬이 이루어지지 않은 상태로 망원경을 계속 사용해 오고 있었다. 이에 RA 디스크와 아이들 롤러를 정렬할 수 있는 조정장치를 디자인하고 제작하고 남아공 천문대에서 이를 이용하여 성공적으로 아이들 롤러 정렬을 조정한 바 있다. 한편 칠레의 경우에는 RA 디스크와 망원경 바닥 구조물과의 거리가 다른 곳에 비해 무척 짧아 서쪽 아이들 롤러를 조정하기 위한 별도의 리프트 장치를 추가로 제작하여 조정에 사용하였다. 아이들 롤러의 미세각 조정은 유압잭을 이용하기 때문에 아주 적은 힘을 들이고서도 미세한 조정이 가능하며, 2곳에서 값을 측정하기 때문에 회전에 포함된 편이량이 보정되어 정확한 회전각의 측정이 가능하다.

DEG	RAD	값	b100mm	b200mm	b300mm	b400mm	회수	A	B	환산각	숫가루	
0	0.00000	0.00000	0.00	0.00	0.00	0.00	1	-0.26	0.16	-0.0602	x	CTIO-WEST
0.01	0.00017	0.00017	0.02	0.03	0.05	0.07	2	0.28	-0.30	0.0831	x	CTIO-EAST
0.02	0.00035	0.00035	0.03	0.07	0.10	0.14						
0.03	0.00052	0.00052	0.05	0.10	0.16	0.21						
0.04	0.00070	0.00070	0.07	0.14	0.21	0.28						
0.05	0.00087	0.00087	0.09	0.17	0.26	0.35						
0.06	0.00105	0.00105	0.10	0.21	0.31	0.42						
0.07	0.00122	0.00122	0.12	0.24	0.37	0.49						
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						
				v1	10.4							
				v2	9.9							
				변이	-0.5							
			b100mm	b200mm	b300mm	b400mm						
		환산각도	-0.29	-0.14	-0.10	-0.07						

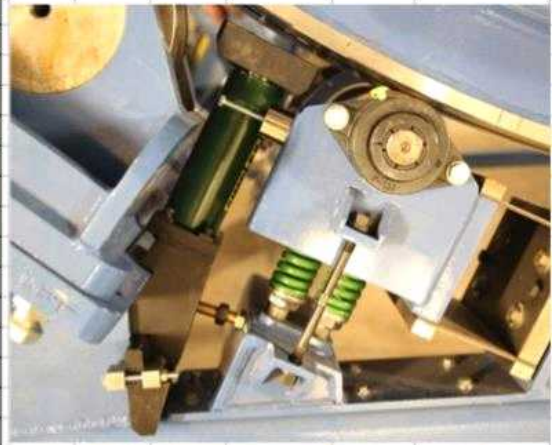


그림 6. 아이들 롤러 조정각 계산을 위한 환산표(왼쪽)와 동쪽과 서쪽 아이들 롤러에서 측정된 조정각(위 오른쪽). 서쪽과 동쪽에 설치된 조정기의 모습(오른쪽)

미러커버의 피아노 경첩을 고정하고 있는 미러힌지 마운트는 여러 천문대에서 돔과 더불어 문제를 일으킨 바 있으며, 이 원인으로는 마운트에 인가되는 하중에 비해 구조물을 고정하는 볼트가 너무 작기 때문으로 판단한다. 그러나 현재 힌지 마운트의 구조상 더 큰 볼트를 사용하기는 어렵기 때문에 커버가 여닫히면서 발생하는 힘을 완충할 수 있는 블록을 OTA 구조물에 지지할 수 있게 덧대어 커버를 열 때 힌지마운트에 인가되는 힘이 더 이상 마운트를 움직이지 않도록 보강하였다. 이 방법으로 문제가 해결되는지 실험을 위해 그림 7처럼 나무판자를 이용하여 보강하였고, 최종적으로 CTIO 기술진이 알루미늄으로 부품을 제작하여 교체 설치하였다. 특히 완충블럭을 추가한 이후에는 힌지 마운트가 더 이상 밀리지 않고 고정됨으로써 미러 커버를 여닫는 액추에이터의 작동 거리가 바뀌어 열고 닫힐 때 서로 간섭이 발생함을 확인하였다. 해결을 위해 남쪽 액추에이터의 길이를 최대한 짧게 조정하려 시도했으나, 액추에이터 폴립 방지용 너트의 두께가 너무 두꺼워 더 이상 조정이 어려웠다. 그래서 폴립방지 너트를 제거한 후에야 길이를 조절할 수 있었다. 액추에이터의 길이 조정은 액추에이터 막대를 좌우로 돌리며 조정하는 방법과 ㄷ자형으로 생긴 커버 홀더의 나사연결부를 좌우로 돌려 조정할 수 있다. 특히 ㄷ자형 홀더의 나사연결부를 이용하여 거리를 조정할 때에는 미러커버 홀더의 외형과 액추에이터에서 나온 나사축이 서로 간섭을 일으키지 않는 범위까지만 조정이 가능하다. ㄷ자형 홀더가 관통형으로 되어있어 나사연결부를 너무 많이 줄이면 나사축이 홀더 사이로 빠져 나오게 된다. 호주와 남아공에서도 액추에이터 길이 조정과 힌지 마운트의 보강이 요구된다.



그림 7. 임시로 보완한 미러커버 지지대(위)와 알루미늄으로 최종 보강된 지지대(아래)

3. 기타 시스템 유지 보수

카메라 성능 상태확인과 돔 플랫폼을 이용한 illumination correction을 위해 돔 플랫폼 스크린을 설치하였다. 스크린의 직경은 2m이고, 나일론 재질의 흰색 천을 사용한다. 돔 플랫폼은 돔을 홈 위치로 보낸 후 망원경을 방위각 89도, 고도 48도 위치에서 획득한다. 칠레에서는 110V만 사용하고 있어, BV 와 RI 밴드에서 각각 사용하기 위해 25W와 40W 할로젠 램프를 사용했으나, 40W가 충분히 밝지 않아 60W로 교체가 요구된다. KMTNet-CTIO 관측소의 기상상태를 정밀히 분석하고 예측하고자 천문대 건물에 Vaisala 통합형 기상센서 WXT536을 설치했다. 이 장비는 기온, 습도, 풍향, 풍속, 기압, 강우량 등을 제공하며 실시간 기상 정보 모니터링은 AUX 컴퓨터에 설치한 MCC201 소프트웨어에서 확인이 가능하다. 축적된 기상자료는 본원으로 전송하여 활용할 계획이었으나, FTP 전송 문제가 아직 해결되지 않은 상태이다. 관측자들의 관측 집중도와 각종 모니터의 가시성을 높이기 위해 관측실 벽면을 이용하여 모니터를 4개의 모니터를 한 번에 볼 수 있도록 관측 콘솔을 구성하였다. 이로써 관측실에 설치된 책상의 공간 활용도를 높였으며, 벽면에 설치된 GPS 시계와 PC-TCS 시각 동기 여부를 한눈에 확인 할 수 있게 되었다. 돔 셔터 개폐 위치와 망원경의 포인팅이 어긋날 경우 육안으로 판단할 수 있게 10도 간격으로 돔 셔터의 위치를 표시하였다(그림 9).



그림 8. 돔플랫폼 스크린(위 왼쪽)과 기상장비(위 오른쪽) 설치 모습. 벽면에 설치 고정된 GPS시계와 모니터(아래 왼쪽) 및 돔 셔터 고도를 알려주는 레터링(아래 오른쪽)

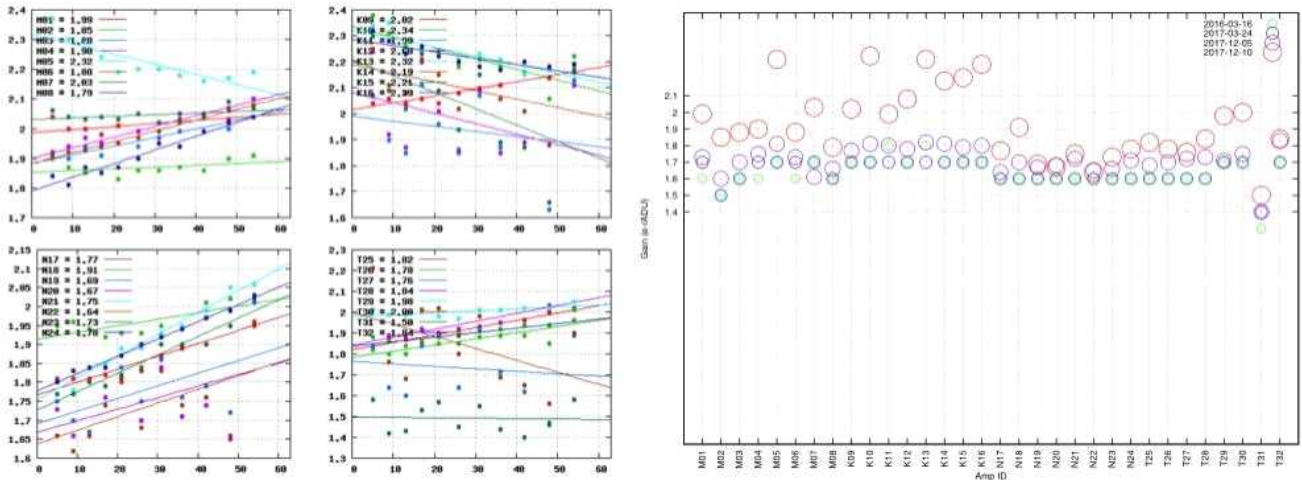


그림 9. 카메라 전자부 조정 후 앰프별 게인값 특성(왼쪽)과 최종 측정된 앰프별 게인값(오른쪽)

이번 출장에서 카메라 전자부의 미세조정이 이루어졌고, 이로 인해 32개 스트립으로 구성되는 MEF CCD 영상의 바이어스 레벨이 서로 비슷해졌다. 그림 9에 돔플랫을 이용하여 CCD 카메라의 게인 측정과정과 각 앰프별로 측정된 결과를 과거와 비교하여 나타냈다. 우측 그림에서 연두색과 파란색은 각각 2016년 3월과 2017년 3월에 측정한 값으로 두 측정값은 서로 일정한 값을 가지고 있음을 알 수 있다. 한편 붉은 색으로 표현된 2017년 12월 측정값은 각각 카메라 전자부의 1차 조정과 2차 조정 직후에 측정된 값들이다. 동일한 방법을 이용하여 게인 값을 측정하였기 때문에, 최근 전자부 조정 이후에 게인값이 과거에 비해 변한 것을 알 수 있다. 추후 카메라 전자부 성능추적을 위해 돔플랫 관측과 특성 측정을 정기적으로 수행 할 예정이다.

시저리프트의 배터리를 새것으로 교체하고, 기존 사용하던 배터리는 배터리 내부에 증류수를 충전하여 예비품으로 보관하였다. 배터리 배선 연결 시에 극성이 서로 바뀌지 않도록 주의해서 연결했으며, 접지선이 (-)극에 연결되어 있으므로 배터리 연결 해제시는 (+)극, (-)극, 직렬 연결 와이어 순으로 연결을 해제하고, 재 연결 시에는 이의 역순으로 진행했다. 부팅 문제로 인해 교체하지 못했던 IC.M 컴퓨터의 스피들 디스크를 SSD로 교체했다. 이로써 카메라를 구성하는 컴퓨터의 모든 디스크는 SSD로 교체가 완료되었다. KMTNet 망원경의 구동부 제어를 구성하는 구동모터(Kollmorgen) - 엔코더카운터(EIB) - 서보제어용 컴퓨터(TCC) - PCTCS컴퓨터 체계에서 스페어 시스템을 구성하기 위해 새로 구입한 TCC 컴퓨터에 기존 시스템의 디스크를 복사하여 설치하였으나, 시스템의 오동작을 확인하였다. 이 원인으로 하드웨어와 소프트웨어의 매칭 오류로 파악하고 있다. 따라서 소프트웨어를 복사하지 않고 리눅스서버에 etherlab, ethercat 드라이버 및 Dusty가 개발한 kmtnet-control 소프트웨어를 컴파일하여 인스톨 할 수 있도록 실험 중이다. AUX 컴퓨터와 PC-TCS 컴퓨터 스페어를 컴퓨터 랙에 설치하고 기존의 것과 바뀌서 시험가동 한 결과 망원경 부대장비의 제어 및 모든 시스템의 동작이 정상적으로 작동하는 것을 확인했다. 관측용 컴퓨터의 메모리를 4GB에서 16GB로 업그레이드 하고, HDD를 1TB SSD로 교체하였다. 5kVA UPS를 기기실에 설치하고 카메라 냉각기를 연결하였다. 3대를 동시에 가동할 경우 약 15분 가동이 가능하다.