

보현산천문대 1.8m 망원경 돔의 방풍막 설치
WINDSCREEN INSTALLED AT THE BOAO 1.8M TELESCOPE DOME

김승리, 성현철, 육인수, 노진형

천문대, 보현산 천문대

KIM, SEUNG-LEE, SEONG, HYEON-CHEOL, YUK, IN-SOO, NOH, JIN-HYUNG

Bohyunsan Optical Astronomy Observatory, Korea Astronomy Observatory

(Received November 16, 1998; Accepted December 4, 1998)

ABSTRACT

We installed windscreen at the BOAO 1.8m telescope dome, in order to reduce the degradation of image quality under strong wind larger than 8m/sec. The windscreen was designed on the basis of that installed at the MSSSO 2.3m telescope dome in Australia. We developed control system (remote control and user program) of the windscreen, being able to operate the windscreen at observation room. We tested the performance of the windscreen under strong wind of 6~15m/sec. Tracking error of the telescope, especially in altitude-axis, was greatly decreased when the windscreen was used. Standard deviation of the error was estimated to be less than 0.3arcsec, which has little effect on image quality.

I. 서론

보현산천문대 1.8m 망원경은 1996년 9월부터 외부 관측 연구를 시작하여 지금까지 활발하게 관측을 수행해 오고 있다. 관측이 진행되는 중에 망원경이 초속 8m이상의 바람에서 흔들리는 문제를 알게되었다. 국내의 기상 여건이 가장 좋은 겨울철에 보현산천문대에서는 약 30% 정도가 풍속 8m/sec 이상이므로 바람에 의한 관측 효율 저하는 큰 문제점으로 대두되었다.

VLT(Very Large Telescope)가 설치된 칠레의 Paranal에서는 겨울철에 초속 10m 이상의 강한 바람이 부는 경우가 총 관측 시간의 30%에 이른다(Sarazin 1998). 이런 강한 바람은 높은 산 정상에 위치한 중대형 망원경의 경우에 흔히 겪을 수 있는 문제이기 때문에, 망원경과 돔의 설계시에 바람의 영향을 최소화하기 위해 많은 기술적인 노력들을 기울여 왔다. 미국의 APO(Apache Point Observatory) 3.5m 망원경은 평균 풍속 5m/sec 이상의 바람을 막아주도록 방풍막을 설계했고(APO Engineering paper, "MILT, the NSF proposal for the 3.5m telescope"), 하와이에 설치중인 일본의 SUBARU 8.0m 망원경의 경우는 방풍막과 돔내의 공기

흐름 장치를 이용하여 주경 근처의 바람이 2m/sec이하가 되도록 설계하였다(Mikami *et al.* 1994). 또한 GEMINI 8.0m 망원경의 경우는 원형돔에 6개의 서터식 방풍막을 설치하여 망원경 고도에 맞춰 서터가 올라가는 구조를 사용하고 있다(Raybould *et al.* 1994a, 1994b).

망원경의 부경부분은 바람 영향을 가장 많이 받기 때문에, 고도축이 흔들려서 CCD 영상에 찍힌 별이 망원경 고도축 방향으로 길게 늘어나 보인다. 바람은 짧은 시간동안에도 속도나 방향이 매우 불규칙하게 바뀌기 때문에, 전자적으로 바람의 영향을 완전히 보정할 수 없다. 그러므로 천체관측시 열게되는 돔 슬릿 공간에서 망원경이 지향하는 부분을 뺀 나머지 부분은 방풍막으로 막아 바람의 영향을 최대한 줄여야할 필요가 있다.

본 연구에서는 보현산천문대 1.8m 망원경 돔에 설치한 방풍막의 제작과 시험 가동 내용을 소개하고자 한다. 제 2 장에서는 방풍막의 설계시 고려 사항과 설치 과정을 살펴보고, 제 3 장에서는 보현산천문대에서 자체 개발한 방풍막 제어 시스템에 대해 알아본다. 제 4 장에서는 방풍막 설치후 바람의 방향과 세기에 따른 망원경 추적 오차를 조사하여 방풍막을 사용했을 때와 사용하지 않았을 때에 어느 정도의 차이를 보여주는지 알아보았다.

II. 방풍막 설계 및 제작 · 설치

보현산천문대 1.8m 망원경 돔은 망원경의 크기에 비해 돔이 매우 작기 때문에 방풍막을 설치할 공간이 극히 적다. 이런 적은 공간에 순간 풍속 20m/sec의 강한 바람에도 견디는 튼튼한 방풍막을 설치하기 위해서, 공간이 허용하는 크기 정도의 직사각형 틀을 '口'자 형강으로 만들고 그 위에 항공천을 씌워(이하, 이 구조물을 '서터'라 부름), 가볍지만 튼튼한 구조물이 되도록 설계하였다. 이 모형은 보현산천문대 1.8m 망원경 돔과 같이 사각형 구조인 호주의 MSSSO 2.3m 망원경 돔에 설치된 방풍막의 설계를 토대로 한 것이다.

각각의 서터를 연결하는 부분, 레일, 구동 모터 부분, 와이어 줄 등도 많은 하중을 견딜 수 있도록 제작하였다. 방풍막의 안전을 위해서 구동 모터에는 상·하 한계 스위치를 내장하고 있으며, 방풍막의 유지·보수를 위해 방풍막 전체의 탈부착이 쉽도록 하였다.

약 한달동안 공장에서 방풍막을 제작하고 1997년 12월말에 보현산천문대 1.8m 돔에 방풍막을 설치했다. 그림 1은 바람의 영향을 줄이기 위해 방풍막을 올린 모습이고, 그림 2는 방풍막을 완전히 내린 모습이다. 방풍막의 설치 공간이 작아서 방풍막이 내려왔을 때는 돔 슬릿 안쪽 바닥에 서터가 쌓이기 때문에 망원경 고도축의 하한값(lower limit)이 과거에 비해 약 8도 정도 커져서, 망원경 시야를 가리지 않으려면 고도값이 25도 이상 되어야한다.

III. 방풍막 구동 시스템

1. 원격 제어 시스템

방풍막은 망원경이 설치된 4층에서 수동 조작 버튼(위/아래/정지)을 이용하여 제어할 수 있다. 그러나, 실제 관측시에는 1층의 관측실에서 망원경과 관측기기의 조작이 이루어지므로, 관측실에서 방풍막을 원격 제어를 할 수 없으면 관측자가 방풍막을 움직이기 위해서 1층에서 4층으로

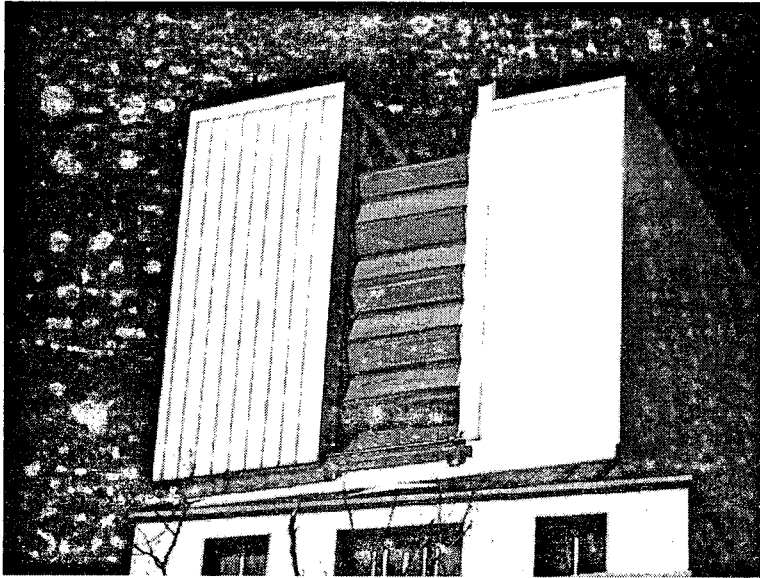


그림 1. 보현산천문대 1.8m 망원경 돔의 방풍막을 올린 모습.



그림 2. 방풍막을 내린 모습. 방풍막이 돔 슬릿 안쪽 바닥에 쌓이기 때문에 망원경의 고도측 하한값이 약 8도 커졌다.

오르내리는 번거로움이 생긴다. 방풍막 원격 제어에는 방풍막 구동 모터를 움직이는 기능과 방풍막이 어느 위치에 있는지를 알아내는 기능이 포함되어야 하며, 이 기술은 보현산천문대에서 자체 설계·제작하여 사용하고 있다. 원격 제어 시스템을 이루는 장비 및 부품은 아래와 같고, 구성도는 그림 3과 같다.

- ① 구동 컴퓨터 : SunSparc Workstation 1대
- ② 망원경과 돔 사이의 통신 : RF 모뎀 1 세트 (송/수신용 각 1 대씩)
- ③ RS232 <-> RS422 변환기 2개
- ④ 입출력기
 - ADAM 4053 모듈 - 16채널 입력 (DI 0-15)
 - ADAM 4050 모듈 - 8채널 출력/7채널 입력 (DO 0-7, DI 0-6)
 - ADAM 4520 모듈 - RS232 -> RS485 변환기
- ⑤ 위치 감지용 광센서 15개 및 반사판 1 개
- ⑥ 릴레이 4개 : 모터 구동용 3개(위/아래/정지), 광센서 전원 제어용 1개

구동 컴퓨터와 신호 입출력기 사이는 RS232 직렬 통신 방식을 사용하고 있다. 관측실에서 돔까지는 거리가 멀기 때문에 중간에 RS232 신호를 RS422 신호로 바꿔주는 변환기가 필요하며, 망원경과 별도로 움직이는 돔에 설치된 입출력기와 관측실에서 망원경까지 올라온 신호선을 연결하기 위해서 RS232 무선 통신 장치를 사용하였다. 방풍막 레일을 따라 광센서를 15개 설치하고 방풍막 상단에 반사판을 설치한 후, 광센서의 신호를 입력기에 연결하면 방풍막의 위치를 알 수 있게 된다. 방풍막의 상하 운동이 원활하도록 레일의 폭을 여유있게 제작하였기 때문에

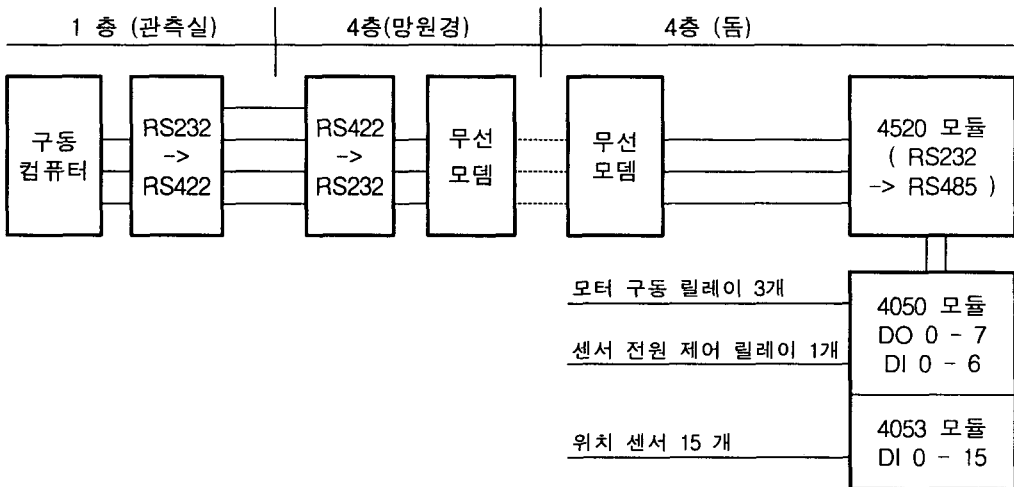


그림 3. 방풍막 원격 제어 시스템 구성도.

바람에 의해 방풍막이 앞뒤로 흔들거려서 근접 스위치나 접촉식 스위치 대신에 광센서와 반사판을 이용하였다. 광센서를 켜둔 상태에서 관측하는 경우에는 CCD 영상에 미세한 산란광 효과를 주기 때문에 방풍막을 움직이는 경우의에는 센서의 전원을 차단하도록 릴레이를 부착했다. 입출력기로는 ADVANTECH사의 ADAM 4000 시리즈를 이용하였으며, +24 V_{DC}의 광센서 입력 신호와 방풍막 구동 모터 제어 릴레이용 출력 신호, 광센서 전원 제어 릴레이용 출력 신호를 처리하게 하였다.

2. 방풍막 구동 프로그램

입출력기와 컴퓨터간의 교신을 점검하기 위해, PC를 이용하여 입출력기와 위치 센서, 방풍막 구동 모터등의 제어를 먼저 시험했다. 입출력 제어 명령어는 모두 ASCII 형태로 되어있으며, 명령어의 처음은 명령어 식별을 위해 '%'나 '#'과 같은 한 문자를 보낸다. 응답의 첫문자가 '!나 '>'일때는 정상적인 명령어에 대한 응답이고, '?'일때는 정의되지 않은 명령어를 보낸 경우이며, 명령어의 끝은 항상 'cr(carriage return)'을 붙여서 보내야 한다. 명령어와 응답의 형식은 표 1과 같다.

표에서 'AA'는 각 모듈의 주소, 'NN'는 새로운 주소, 'TT'는 모듈 형태, 'CC'는 통신속도(2400, 4800, 9600, 19200, 38400bps), 'FF'는 7번째 비트가 '1'일때 checksum Enabled이고 '0'이면 Disabled임을 나타낸다. 'BB'는 모든 채널에 쓸 때는 '00', 한 채널만 값을 보낼 때는 '1'과 채널번호('0'부터 '7'까지)를 나타낸다. 'DD'는 모든 채널에 쓸 때는 1번째 비트부터 8번째 비트까지가 DO0부터 DO7 채널의 LOW('0'), HIGH('1') 상태를 결정하고, 한 채널만 값을 보낼 때는 '0'과 그 채널의 LOW('0'), HIGH('1') 값을 보낸다. 응답의 경우, 4050일때 앞의 DD는 출력 채널(DO0 - DO7), 뒤의 DD는 입력 채널(DI0 - DI6)의 상태를 나타내고, 4053일때 앞의 DD는 입력 채널 DI8부터 DI15까지, 뒤의 DD는 채널 DI0부터 DI7까지의 상태를 채널당 한 비트씩 표시한다.

관측실에서 방풍막을 원격 구동하는 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 망원경 구동 PC로부터 망원경의 고도값을 알 수 있는 SunSparc Workstation에서 수행되며, X 윈도우에서 사용자 환경(GUI)을 구현했다(그림 4). 이 프로그램은 방풍막을 임의의 위치로 이동하기, 방풍막의 현재 위치 읽기, 망원경 고도값을 이용한 자동 제어 등을 할 수 있다. 통신 상태를 점검하는 초기화 과정이 끝난 후 방풍막을 임의의 위치로 움직일 때는, 현재 위치와 가야할 위치를 비교

표 1. 방풍막 구동에 사용한 입출력기와 교신하는 명령어 및 응답 형식.

명령어 형식	내 용	응 답
%AANNTTCFF(cr)	주소, 입력값 범위, 통신 속도, Checksum 상태 등 설정	!AA(cr)
\$AA6(cr)	디지털 입력값 읽기	!DDDD00(cr)
#AABDD(cr)	디지털 출력값 보내기(4050의 경우만)	>(cr)
\$AA2(cr)	설정 상태 읽기	!AATTCFF(cr)

하여 구동 모터의 방향을 결정하고 광센서의 전원을 켜 후, 가야할 위치의 광센서가 켜질 때까지 방풍막을 움직이고 나서, 광 센서의 전원을 끈다.

IV. 방풍막 성능 시험

방풍막의 성능 검증을 위해, 풍속 6~15m/sec의 강한 바람에서 시험 가동하면서, 망원경의 추적 오차를 조사하였다. 방풍막을 망원경의 고도에 맞춰 올렸을 때와 방풍막을 완전히 내렸을

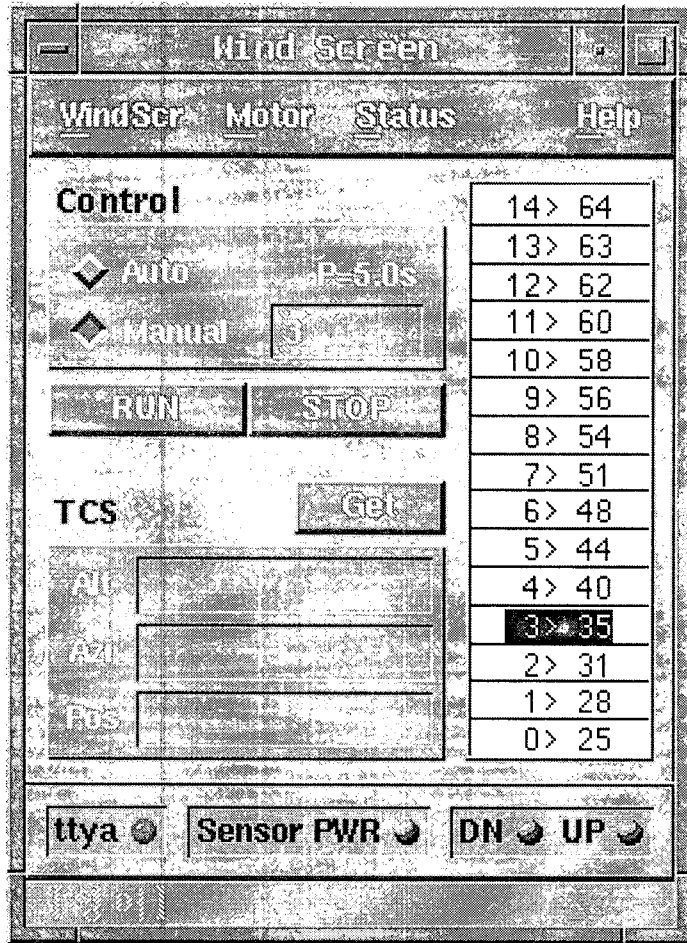


그림 4. 방풍막 제어 프로그램(XWS) 화면. 방풍막의 초기화, 임의의 위치로 옮기기, 현재 위치 읽기, 망원경 고도값에 맞춰 자동으로 움직이기 등을 수행한다. 오른쪽에 보이는 숫자는 방풍막 위치 센서 15개(0~14)의 높이에 해당하는 망원경의 고도값이다.

때에 추적 오차를 조사하여 비교한 결과, 방풍막이 고도 30도 이상에서는 대부분의 바람을 막아주어 망원경이 바람의 영향을 거의 받지 않는 것으로 나타났다. 그림 5는 망원경 고도 66~69도에서 방위각의 방향을 바람 방향과 일치시키고 풍속이 6~10m/sec인 상태에서 방풍막을 고도에 맞춰 올리고("ON") 추적오차를 조사한 것과 방풍막을 완전히 내린 경우("OFF")를, 시험한 순서대로 정리하여 비교한 것이다. 방풍막을 올렸을 때 추적오차가 훨씬 줄어드는 것을 알

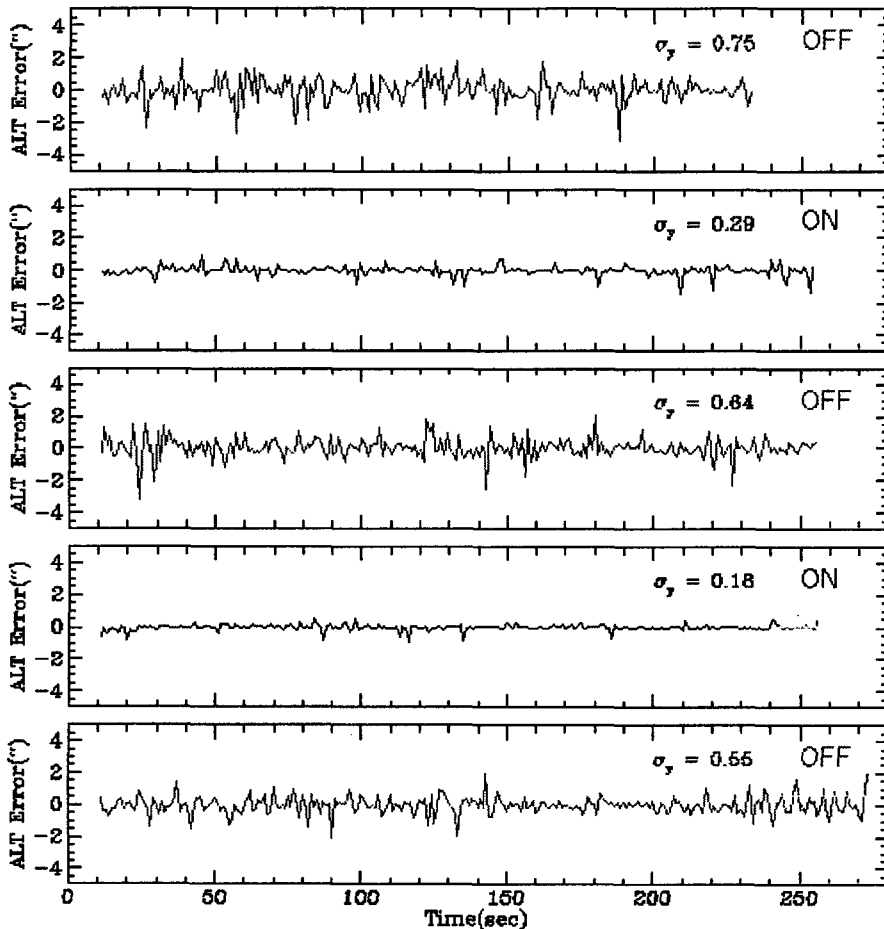


그림 5. 방풍막을 망원경 고도에 맞춰 올리고("ON") 망원경 고도축(ALT) 추적 오차를 조사한 것과, 방풍막을 완전히 내렸을 때("OFF")를 비교(위부터 시험한 순서대로 정리). 이때의 망원경 고도는 66~69°이고 방위각은 바람 방향과 같이 했으며, 풍속은 초속 6~10m정도였다. 방풍막을 사용했을 때, 표준편차(σ_y)의 값이 약 1/3정도 줄어든 것을 알 수 있으며 추적오차가 1"0이내이고 표준 편차가 $\leq 0".3$ 이므로 관측 자료에 거의 영향을 주지 않는다.

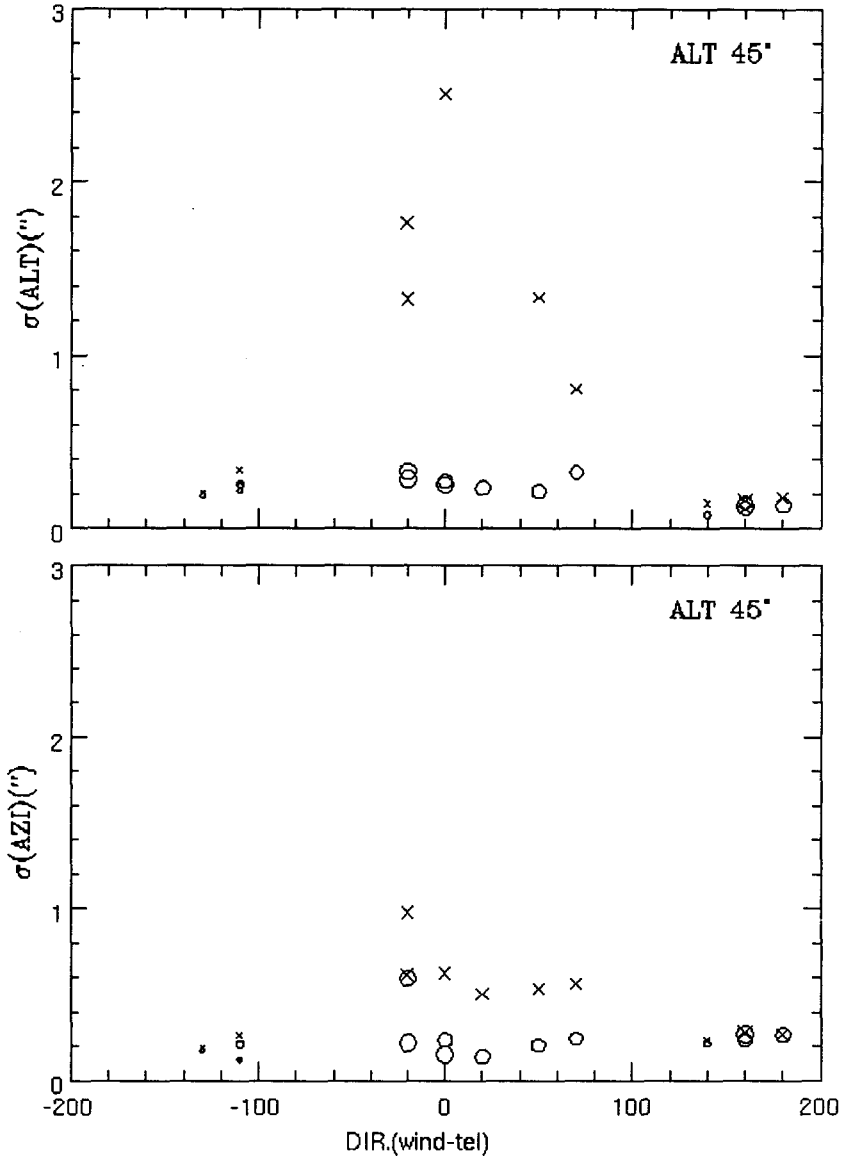


그림 6. 망원경 고도 45°에서 바람 방향과 속도에 따른 망원경 추적오차의 표준편차 값. 위는 고도축, 아래는 방위각축 오차이다. 'X'는 방풍막을 완전히 내렸을 때이고 'O'는 방풍막을 망원경 고도에 맞춰 올렸을 때이며, 자료의 크기는 바람의 세기로써 가장 큰 것은 초속 15m이며, 가장 작은 것은 초속 10m이다. 망원경과 바람의 방향이 비슷할 때(DIR=0° 부근)에 방풍막을 올리지 않은 경우와 올린 경우가 크게 차이남을 알 수 있다.

수 있으며(표준 편차 값이 약 1/3 정도), 보현산천문대의 평균 시상이 약 1.5각초이고 최고 시상이 0.8초 정도임을 고려해도, 방풍막을 사용하는 경우에는 표준편차가 0.3각초 이내이므로 관측 자료에 거의 영향을 주지 않을 것으로 여겨진다.

그림 6은 망원경 고도가 45도 상태에서 바람방향과 속도에 따른 망원경 추적 오차의 표준 편차 값을 보인 것이다. 자료의 크기는 바람의 세기로 가장 큰 것이 초속 15m이고 가장 작은 것이 초속 10m이며, 가로축은 바람 방향과 망원경 방위각 방향의 차이로 DIR=0이 서로 일치하는 경우이다. 방풍막을 완전히 내렸을 때('X')는 DIR=0 근처에서 고도축 추적오차의 표준편차가 1~3각초까지 올라갔으나, 방풍막을 올린 경우('O')에는 15m/sec의 강풍에도 고도축 추적오차가 0.3각초 정도로 크게 작아짐을 알 수 있다. 이 값은 바람과 망원경 방향이 120도 정도 틀어져 있을 때 값과 거의 일치한다.

V. 요약 및 결론

보현산천문대 1.8m 망원경이 초속 8m이상의 바람에서 고도축이 흔들리는 문제를 해결하기 위해 망원경 돔에 방풍막을 설치했다. 4층에 있는 방풍막을 1층의 관측실에서 구동하기 위해 원격 제어 시스템과 구동 프로그램을 보현산천문대 자체 기술로 개발하여 사용하고 있다. 방풍막의 성능 검증을 위해 6~15m/sec의 강한 바람이 부는 상태에서 망원경의 추적 오차를 조사한 결과, 방풍막을 망원경 고도값에 맞춰 올렸을 때는 방풍막을 완전히 내린 경우보다 추적 오차가 크게 줄어드는 것을 알 수 있었고, 방풍막을 사용하는 경우에 고도축 추적오차의 표준 편차는 0.3각초 이내로써 관측 자료에 거의 영향을 주지 않을 것으로 추정되었다.

현재 방풍막 제어에 사용하고 있는 컴퓨터인 SunSparc Workstation은 CCD 구동 프로그램을 같이 수행하는 것으로 방풍막 입출력기와 통신상의 장애를 가끔씩 발생하고 있어서, 향후에 WINDOW 환경을 사용하는 AGU 구동 PC로 프로그램을 이식시킬 계획이다.

이 자리를 빌어 MSSSO 2.3m 망원경 돔의 방풍막 자료를 얻는데 많은 도움을 준 MSSSO의 John Hart와 경북대의 성환경 박사님께 감사드립니다. 또한 방풍막을 제작하고 설치하는데 많은 노력을 기울여 주신 (주)진성기업·탑의 관계자 분들과 방풍막 성능 시험 자료를 얻어준 보현산천문대 성현일, 최호성씨에게 감사드립니다.

참고문헌

- Mikami, I., Yamauchi, H., Itoh, N., Kawahara, S., Ando, H., Karoji, H., Kodaira, K., Noguchi, T., Hayashi, S., 1994, *Advanced Technology Optical Telescope V* (SPIE Vol 2199), 430
 Raybould, K., Ford, R., Gillett, P., Hardash, S., Pentland, G., 1994a, *Advanced Technology Optical Telescope V* (SPIE Vol 2199), 452
 Raybould, K., Gillett, P., Hatton, P., Pentland, G., Sheehan, M., Warner, M., 1994b, *Advanced Technology Optical Telescope V* (SPIE Vol 2199), 376
 Sarazin, M., 1998, *The ESO Messenger*, 93, 2