

대마젤란 은하(LMC) 관측방법

2019.1.7. 김승리

1) 핵심요약

- Dir/ENG 시간(ProjectID: Dir-LMC 또는 ENG-LMC) 등을 활용하여 LMC를 장기간 모니터링 관측
- V와 I 필터로 120초 노출. 측광정밀도를 높이기 위해 망원경 포인팅을 수동 보정(즉, 수동 가이드)
- Object 이름과 좌표 : LMC-1(05:34:12.0, -69:39:01.0), LMC-2(05:10:00.0, -69:30:00.0)

2) 관측위치 및 수동 가이드

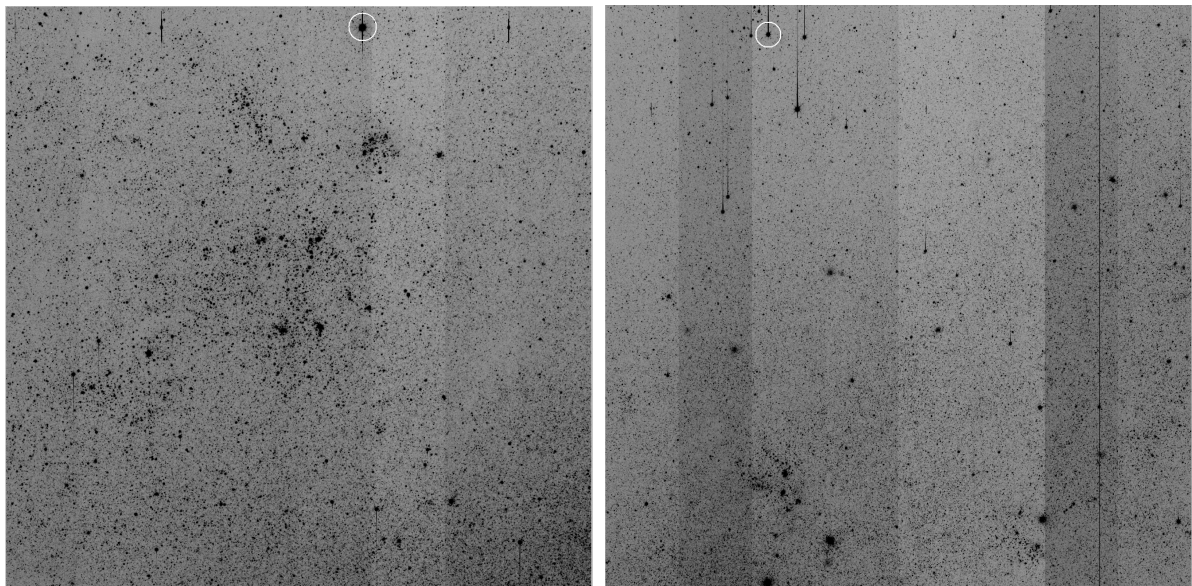
- 별지 모니터링과 마찬가지로, LMC 관측도 별의 위치를 최대한 일정하게 유지하는 것이 중요. 별지 모니터링은 offset 테이블을 이용하여 망원경 포인팅을 자동으로 보정하지만, LMC 관측은 CCD 영상에 찍힌 특정한 별의 위치를 확인해서 수동으로 망원경 포인팅을 보정함
- LMC 관측을 시작할 때 망원경을 LMC-1 또는 LMC-2 좌표(관측시작 전에 어떤 영역을 관측할지 연락할 것임)로 포인팅하고, 짧은 노출(10초?)로 2~3번 시험관측해서 망원경 초점과 관측 위치를 조정함. 관측위치 조정은 tguide를 사용하여 기준위치와 비슷하게 맞추는 것임. 이후에는, 망원경을 다시 포인팅하지 않고 추적(tracking) 상태로 계속 유지하면서, Script를 실행하여 V,I 필터 관측을 반복함. Script 관측 중에 가끔씩 영상의 위치를 확인하여 기준위치보다 많이 벗어나면(대략 10 픽셀 이상 차이), 영상 readout 중에 tguide로 위치를 보정함
- 10픽셀은 대략적인 값이고 아주 정확하게 기준위치에 맞출 필요는 없으며, 기준위치와 많이 다른 영상을 삭제할 필요도 없음. 다만, 위치가 비슷하면 비슷할수록 자료처리도 쉽고 관측 자료의 정밀성도 크게 좋아지기 때문에 가급적 기준위치와 비슷하게 관측하는 것이 좋음

표. LMC-1 영역의 스크립트 관측 파일 예제(LMC-2 영역 관측시에는 LABEL과 OBJECT-NAME을 LMC-2로 변경)

# KMTNet Observation script	DEC	COPT	IMGTYPE	OBJECT_NAME	FILTER	EXPTIME	UTOBS	UTTOL	#Comments
# LABEL RA									
LMC-1(V)	-	-	0	OBJECT	LMC-1	V	120	-	0 #1
LMC-1(I)	-	-	0	OBJECT	LMC-1	I	120	-	0
+start 1									

※ 망원경 좌표 값이 없고 "-"로 입력되었는데, 이것은 매 노출 때마다 tmove로 망원경을 이동시키지 않을 때(즉, 망원경을 새로 포인팅하지 않을 때) 사용하는 기능임

- CCD 영상에서의 기준위치



(왼쪽 그림) LMC-1 영역의 K칩 영상. 위쪽 둥근 원으로 표시한 밝은 별의 CCD 영상 값(X=3781, Y=348)이 기준위치.

(오른쪽 그림) LMC-2 영역의 M칩 영상. 왼쪽 위 둥근 원으로 표시한 밝은 별의 CCD 영상 값(X=2738, Y=8783)이 기준위치.

위 그림들은 흰색과 검은색을 뒤집어서 별이 더욱 잘 보일 수 있도록 만든 것임.

** 주의 : ds9이나 MaxIm DL로 CCD 영상을 볼 때, K칩과 M칩의 readout 방향이 달라서 위와 같이 보이지 않을 수 있음.

위 그림들은 천구상에서 보이는 모습과 맞춰놓은 것으로, 위가 북쪽이고 오른쪽이 서쪽임. 2쪽의 LMC full map 참조

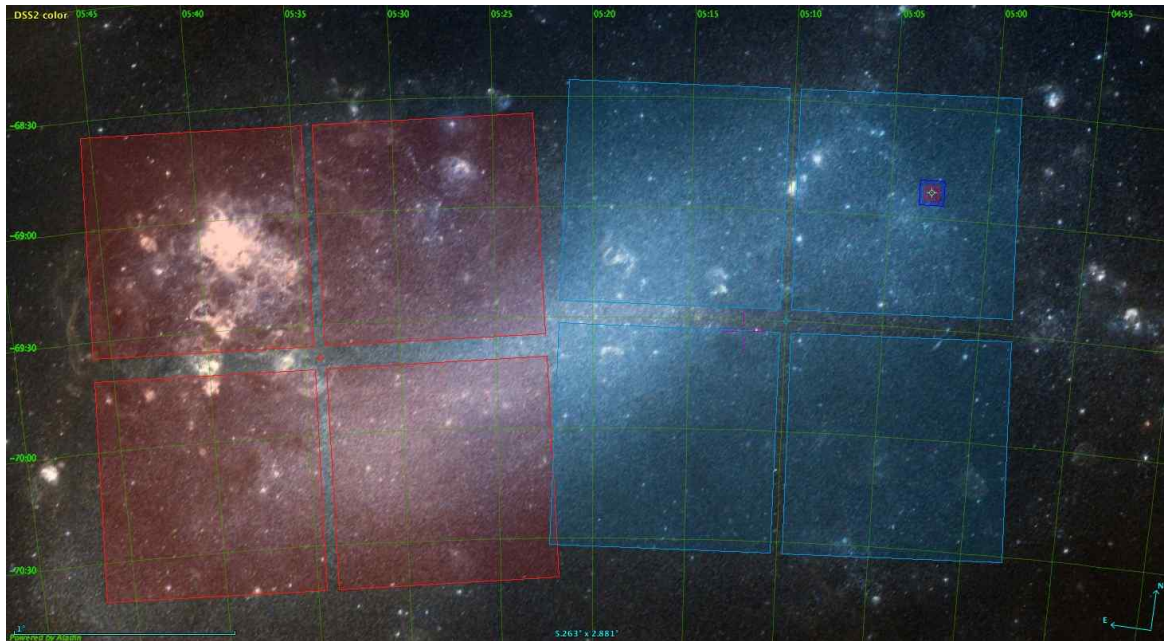


그림. LMC full map에 KMTNet 모니터링 관측 영역을 투영함. 빨간색은 LMC-1 영역이고 파란색이 LMC-2 영역임

- 수동 가이딩 보충 설명(2016년 9월 28일자 메일을 다시 정리했음)

매일 1번째 영상을 얻었을 때는, 기준위치와 다를 것입니다. CCD 영상의 X,Y 위치를 기준위치와 비교해서 망원경 offset(예를 들어, 동쪽 몇 arcsec, 북쪽 몇 arcsec)을 결정하고 tguide로 포인팅 위치를 보정한 후에 2번째 영상을 얻습니다. offset 보정이 정상이면 기준위치와 비슷할 것입니다. 동서남북의 방향(offset에서 + 또는 -)을 잘못 입력하면, 1번째 영상보다 2번째 영상이 기준위치에서 더 많이 벗어날 것입니다. 1~2번 시험해보면, 동서남북 방향과 offset 보정 값을 어렵지 않게 알 수 있을 것입니다. 2번째나 3번째 offset 보정해서 기준위치와 비슷해졌다면, 그때부터는 계속 모니터링 관측하면 됩니다. 이때 “영상 획득 -> 위치 확인 -> 망원경 offset 보정 -> 다음 영상 획득” 하는 방식으로 관측하면 시간 손실이 많습니다. 영상 확인은 다음 영상을 찍는 중에 하고, CCD 영상 readout 중에 망원경 offset을 보정하면 시간 손실이 없습니다. 예를 들어, 10번째 영상을 얻고 11번째 영상 노출을 시작했다고 가정합니다. 10번째 영상을 확인해서, 기준위치와 10픽셀 이상 차이가 나면 offset 값을 계산해서 11번째 영상의 readout 중에 망원경 위치를 보정합니다. 11번째 영상의 readout이 끝나면, 12번째 영상 노출을 시작해서 영상을 얻은 후에 13번째 영상 노출을 합니다. 13번째 영상 노출 중에 12번째 영상을 확인해서 offset 보정이 잘 되었는지 확인합니다. 잘 안되었으면 같은 방법으로 13번째 영상을 readout할 때 망원경 offset을 보정합니다. 즉, 영상을 얻고 바로 위치를 확인해서 offset을 보정하는 것이 아니라, 2장 늦게 확인과 보정을 하는 것입니다. 이렇게 하면 시간 손실 없이 연속해서 관측할 수 있습니다. 망원경 추적(tracking) 성능이 아주 나쁘지는 않기 때문에, 이런 방식도 괜찮을 것으로 예상합니다.

10픽셀은 대략적인 값이고, 아주 tight하게 기준위치에 맞출 필요는 없습니다. 기준위치와 많이 다른 영상을 삭제할 필요도 없습니다. 다만, 위치가 비슷하면 비슷할수록 자료처리도 쉽고 관측 자료의 정밀성도 크게 좋아지기 때문에 가급적 기준위치에 맞춰서 관측하는 것이 좋습니다. 별지 관측시에 포인팅 offset을 보정하는 것도 이런 이유 때문입니다. 별지 관측과 달리, 망원경 좌표를 새로 넣고 포인팅하는 것이 아니라, 1개 좌표로 계속 tracking하면서 offset만 보정하는 방식이라서, 보통은 동쪽이나 서쪽 방향으로 일정하게 위치가 이동할 가능성이 많습니다(예를 들면, 동쪽하늘에서는 계속 서쪽으로 조금씩 이동하다가 서쪽하늘로 넘어가서는 동쪽으로 조금씩 이동하는 형태). 모니터링 관측하다 보면 영상마다 어느 정도씩 어느 방향으로 이동하는지 경험할 수 있을 것입니다. 매 영상마다 확인하고 offset을 보정해야할 정도로 망원경의 tracking 성능이 나쁘지는 않을 것으로 예상합니다. 너무 힘들지 않게 관측하면서도 영상이 기준위치와 비슷하게 얻을 수 있으면 됩니다.

제가 관측한다고 가정하고 예를 들면 이렇습니다. 초기 2~3번의 포인팅 조정으로 기준위치와 맞추고 모니터링 관측을 시작했다면, 1번째 영상은 기준위치와 비교해서 1.5픽셀 동쪽 (offset 보정하지 않고 계속 관측) -> 2번째 영상은 기준위치와 비교해서 3.0픽셀 동쪽 (계속 관측) ... -> 7번째 영상은 10.0 픽셀(즉, 4 arcsec) 동쪽 -> 8번째 영상 노출 -> 8번째 영상 readout 중에 망원경을 동쪽으로 8.0 arcsec 이동 (별이 동쪽에 있으면 망원경을 동쪽으로 이동시켜야 기준위치로 돌아옴. 계속 동쪽으로 움직인다고 가정하고 offset을 2배로 줌) -> 8번째 영상은 11.5 픽셀 동쪽 (offset 보정 전에 얻은 영상이라 보정이 안된 상태임; 계속 관측) -> 9번째 영상은 9.0 픽셀 서쪽(offset 보정하고 얻은 첫번째 영상) -> 10번째 영상은 서쪽으로 7.5 픽셀 서쪽 ... -> 16번째 영상은 기준위치와 거의 비슷 ... -> 23번째 영상은 10.0 픽셀 동쪽 -> 24번째 영상 readout 중에 망원경을 다시 동쪽으로 8.0 arcsec 이동 ... 이런 방식으로 반복 관측합니다. 이렇게 관측하면 기준위치와 비교하여 대략 +/- 10 픽셀의 위치 차이를 가질 것입니다. 이것은 평균적으로 약 3분 동안 망원경이 동쪽으로 1.5 픽셀 이동하는 경우를 예제로 든 것이고, 관측소별로 tracking 성능이나 극축 조정 상태에 따라 달라지니 관측하면서 확인해보시면 됩니다.