

우리은하 중심의 별탄생영역 근적외선 관측

이성호^{1†}, 박수종²

¹한국천문연구원 위성탑재체연구그룹

²경희대학교 우주과학과

NEAR-INFRARED OBSERVATIONS OF A STAR FORMING REGION IN THE GALACTIC CENTER

Sungho Lee¹ and Soojong Pak²

¹Satellite Payload Research Group, KASI, Daejeon 305-348, Korea

²Dept. of Astronomy and Space Science, Kyung Hee University, Gyeonggi-do 446-701, Korea

E-mail: leesh@kasi.re.kr, soojong@khu.ac.kr

(Received September 14, 2006; Accepted September 26, 2006)

요 약

우리은하 중심부의 Sgr A East에 인접한 별탄생 지역인 수소이온화영역 A 주변에서 충격파가 별탄생에 미치는 영향을 조사하기 위하여 2.1218 μm 수소분자 방출선(H_2 1-0 S(1))을 관측하였다. 관측은 3.8m United Kingdom Infrared Telescope(UKIRT)에서 에셀 분광 모드의 Cooled Grating Spectrometer 4(CGS4)를 사용하여 각분해능 약 2arcsec, 파장 분해능 약 18km s⁻¹으로 수행되었다. 검출된 수소분자선을 공간적인 구조와 속도 분포의 측면에서 각각 전파 연속선 방출광 및 암모니아 방출광과 비교한 결과, 수소분자 방출광은 Sgr A East의 충격파와 무관하며 수소이온화영역 자체의 분자해리영역에서 방출된 것이라는 결론에 도달하였다. 이는 해당 지역에서의 별탄생이 Sgr A East의 충격파에 의해 촉발된 것이 아니라는 것을 의미한다.

ABSTRACT

We observed 2.1218 μm H_2 1-0 S(1) emission from H II region A, which is located just next to Sgr A East and one of the nearest star forming regions to the Galactic center. Cooled Grating Spectrometer 4 (CGS4) at the 3.8 m United Kingdom Infrared Telescope (UKIRT) was used with an echelle grating at a velocity resolution of $\sim 18 \text{ km s}^{-1}$ and an angular resolution of $\sim 2 \text{ arcsec}$. Comparing the distributions and kinematics of the observed H_2 emission with radio continuum and NH_3 emission, we find no evidence that this H II region is interacting with Sgr A East. This conclusion supports that the star formation in this region has not been stimulated by the blast wave of Sgr A East.

Keywords: near infrared, Galactic center, star formation

1. 서 론

M-0.02-0.07(일명 50km s⁻¹ 분자운)은 은하 중심 10파섹 이내에 위치한 거대분자운(giant molecular cloud)으로서, 일련의 초기 수소이온화영역(compact HII region; 그림 1; 북쪽에서부터 남쪽으로

[†]corresponding author

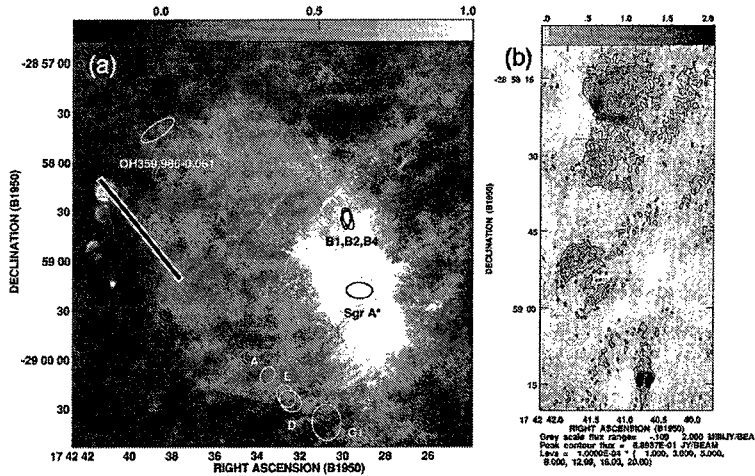


그림 1. (a) Yusef-Zadeh et al.(1999)의 6cm 전파 영상. Sgr A East의 동쪽에 일련의 수소이온화 영역이 보이고 서쪽에는 Sgr A West가 밝게 보인다. 다수의 타원은 OH 분자메이저가 관측된 위치를 표시한 것이며, 이 연구의 분광 관측 슬릿 위치는 긴 사각형으로 표시하였다. (b) 수소이온화 영역을 확대한 모습.

로 A, B, C, D로 통칭)들을 거느리고 있어서 은하 중심에서 가장 가까운 별탄생 현장의 하나로 주목받고 있다(Serabyn et al. 1992, Yusef-Zadeh & Mehringer 1995). 이 수소이온화영역들의 내부에서 발견된 초기형 항성들의 탄생은 바로 옆에 위치한 고에너지 초신성 잔해인 Sgr A East의 충격파에 의해 촉발되었을 가능성이 제기되어 왔다(Ekers et al. 1983, Mezger et al. 1989, 그림 1 참조). 그러나 50km s^{-1} 분자운의 구조와 Sgr A East의 진화에 대한 연구들에 따르면(Serabyn et al. 1992, Maeda et al. 2002) Sgr A East의 충격파는 아직 이 지역을 통과하지 못했을 것으로 예상된다.

고분해능 6cm 전파 관측(Yusef-Zadeh & Mehringer 1995) 이미지를 보면 이 수소이온화영역들의 형상은 부분적으로 고리형의 대칭 구조가 파괴된 모습을 보이고 있다(그림 1b). 특히 가장 북쪽의 수소이온화영역 A의 경계면은 Sgr A East가 위치한 서쪽으로 열려있는 형태인데, 같은 방향으로 10arcsec(1arcsec \simeq 0.05파섹) 더 나아간 위치에는 충격파의 흔적으로 의심되는 선형의 전파원이 보인다. 이러한 형태학적 특성들은 이 지역이 Sgr A East의 영향을 받고 있는가 하는 오래된 논쟁을 다시금 불러일으키게 한다.

근적외선 파장대의 $2.1218\mu\text{m}$ 수소분자선(H_2 1-0 S(1))은 가장 대표적인 충격파 방출선의 하나로서 50km s^{-1} 분자운의 수소이온화영역들과 Sgr A East 충격파의 관계를 연구하기에 가장 적합한 관측 수단이다. 이 연구에서는 Sgr A East 주변의 수소분자선 탐사(이성호 2005)의 일환으로 수행된 수소이온화영역 A 지역의 분광 관측 결과를 소개한다.

2. 관측 및 자료 분석

그림 1a에 표시한 관측 영역은 3arcsec 간격의 두 개의 나란한 슬릿 위치로 구성되어 있다. 관측은 2001년 3.8m United Kingdom Infrared Telescope(UKIRT)에서 에셀 분광 모드의 Cooled Grating Spectrometer 4(Mountain et al. 1990)를 사용하여 수행되었다. 각분해능은 약 2arcsec, 파장 분해능은 약 18km s^{-1} 이며 슬릿의 길이는 약 90arcsec이다(이성호 2005). 관측 자료의 초기 전처리는

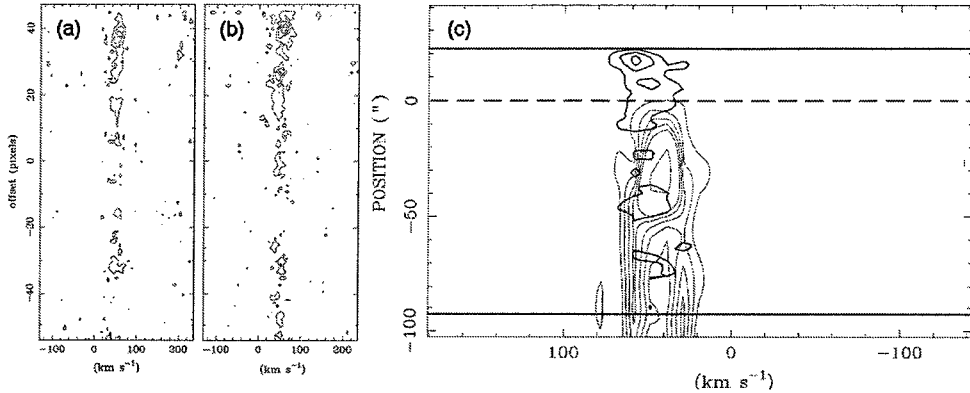


그림 2. (a) 북서쪽 슬릿 위치의 위치-속도 분포도(position-velocity diagram). 수소이온화영역 A의 북쪽 가장자리를 지난다. 가로축은 LSR(local standard of rest) 속도이고 세로축은 슬릿 상의 상대적인 위치를 픽셀 단위로 나타낸 것이다. 등고선의 간격은 $6 \times 10^{-22} \text{W m}^{-2} \text{arcsec}^{-2} \text{km}^{-1} \text{s}$. (b) 남동쪽 슬릿 위치의 위치-속도 분포도. 수소이온화영역 A의 중심부를 관통한다. (c) 이 연구의 수소분자 관측 자료(굵은 등고선; $15, 30, 45 \times 10^{-22} \text{W m}^{-2} \text{arcsec}^{-2} \text{km}^{-1} \text{s}$)와 암모니아 관측 자료(McGary et al. 2001; 가는 등고선; 2, 4, 6, 8, 10, $20 \times 0.01 \text{Jy beam}^{-1} \text{km s}^{-1}$)를 비교한 위치-속도 분포도. 세로축은 슬릿 방향을 따라 상대적인 위치를 arcsec 단위로 나타낸 것이다. 두 개의 굵은 실선 수평선은 이 연구의 관측 영역 경계를 표시한 것이며, 파선은 암모니아 관측의 경계선이다.

UKIRT의 자동분석 프로그램인 ORAC-DR을 사용하여 수행되었으며 배경하늘 빼기, 영상변형 보정, 별 연속 스펙트럼 제거와 파장 및 밝기 검교정을 포함한 대부분의 전처리는 IRAF를 사용하여 수행하였다. 전처리된 자료로부터 위치-속도 분포도를 구성하고 다른 관측 자료와 비교하는 등의 결과 분석은 주로 전파 간섭계 자료 분석에 이용되는 MIRIAD를 사용하여 수행하였다.

3. 결과 및 토의

그림 2a,b는 각 슬릿 위치에서의 분광 영상 자료를 처리한 결과로서 두 그림의 공통점은 상당 20% 부분에 수소분자 방출광이 집중되어 있다는 것인데, 슬릿 위치를 표시한 그림 1과 비교해 보면 이 부분이 바로 전파 영상에서 보이는 수소이온화영역 A의 위치에 해당된다는 것을 알 수 있다. 수소분자 방출광의 분포를 자세히 보면 슬릿의 길이 방향을 따라 두 개의 봉우리로 구분되는데, 이러한 양상은 그림 2a에 비해 그림 2b에서 두드러진다. 이는 슬릿 위치가 수소이온화영역을 관통한다는 점을 고려할 때 이 연구에서 관측된 수소분자 방출선이 수소이온화영역 둘레의 광해리지역(photo-dissociation region; PDR)에서 나온 것이라는 해석을 가능케 한다. 실제로 그림 2b에서 두 방출광 봉우리의 간격은 약 13arcsec(약 15픽셀)인데 이는 수소이온화영역 A의 직경 10arcsec와 비교할 때 PDR 구조에 부합하는 값이다.

수소분자 방출선의 PDR 기원에 대한 해석은 가스의 운동학적 측면에서도 확인할 수 있다. 그림 2c는 수소분자 방출광(굵은 등고선)의 위치-속도 분포를 McGary et al.(2001)이 관측한 암모니아 방출광(가는 등고선)과 비교한 것인데 두 분자 방출광의 속도 분포는 서로 차이가 없는 것을 알 수 있다. 암모니아 방출광은 100K 이하의 차가운 가스를 대표하고 수소분자 방출광은 자외선에 의해 들뜬 PDR 가스나 2000K 이상으로 가열된 충격파 가스를 대표한다. 이 때, 충격파에 의해 발생한 수소

분자 방출선은 차가운 가스의 방출선에 비해 충격과 속도만큼 이동되거나 퍼진 속도 분포를 보이는 반면, 비열적으로 발생하는 PDR 방출선은 차가운 가스의 방출선과 동일한 속도 분포를 보인다. 따라서 이 연구에서 관측한 수소이온화영역 A 주변의 수소분자 방출광은 충격과에 의해 발생한 것이 아니라 PDR에서 기인한 것임을 알 수 있다. 한편, 이 연구의 결과는 외부은하의 PDR을 관측한 Lee et al.(2005)의 결과와 방출광의 공간 분포나 속도 분포의 측면에서 모두 매우 흡사하다.

4. 결 론

이성호(2005)는 Sgr A East가 주변의 분자운과 접촉하는 지역들을 탐사관측하여 Sgr A East의 충격과에 의해 발생한 수소분자 방출광의 분포를 조사하였다. 이 결과와 비교해 보면, 이 연구에서 관측된 수소분자 방출광은 Sgr A East의 수소분자 방출광 경계로부터 30arcsec(약 1.5파섹) 이상 떨어져 있다. 이러한 사실은 앞에서의 분석 결과와 함께 수소이온화영역 A 방향에서 관측된 수소분자 방출광이 Sgr A East의 충격과와는 무관하게 수소이온화영역 자체의 PDR에서 방출된 것이라는 결론에 도달하게 한다. 이 결론은 이 지역에서의 별탄생이 Sgr A East의 충격과에 의해 촉발된 것이 아니라 Serabyn et al.(1992), Maeda et al.(2002) 등의 주장을 뒷받침한다.

감사의 글: 관측을 도와주신 UKIRT 천문대의 Chris Davis 박사님, Gemini 천문대의 Tom Geballe 박사님, 콜롬비아 대학의 Robin Herrnstein 박사님과 JAC/UKIRT의 관계자 여러분들께 감사드립니다. 또한 MIRIAD 사용을 도와주신 한국천문연구원의 최민호 박사님과 이 연구의 내용이 보다 충실해 질 수 있도록 많은 도움을 주신 UCLA의 Mark Morris 교수님께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 이성호 2005, 박사학위 논문, 서울대학교
- Ekers, R. D., van Gorkhom, J. H., Schwarz, U. J., & Goss, W. M. 1983, *A&A*, 122, 143
- Lee, S., Pak, S., Lee, S.-G., Davis, C. J., Kaufman, M. J., Mochizuki, K., & Jaffe, D. T. 2005, *MNRAS*, 361, 1273
- Maeda, Y., Baganoff, F. K., Feigelson, E. D., Morris, M., Bautz, M. W., Brandt, W. N., Burrows, D. N., Doty, J. P., Garmire, G. P., Pravdo, S. H., Ricker, G. R., & Townsley, L. K. 2002, *ApJ*, 570, 671
- McGary, R. S., Coil, A. L., & Ho, P. T. P. 2001, *ApJ*, 559, 326
- Mezger, P. G., Zylka, R., Salter, C. J., Wink, J. E., Chini, R., Kreysa, E., & Tuffs, R. 1989, *A&A*, 209, 337
- Mountain, C. M., Robertson, D. J., Lee, T. J., & Wade, R. 1990, in *SPIE Proc. 1235, Instrumentation in Astronomy VII*, ed. D. L. Crawford (Bellingham: SPIE), 25
- Serabyn, E., Lacy, J. H., & Achtermann, J. M. 1992, *ApJ*, 395, 166
- Yusef-Zadeh, F. & Mehringer, D. M. 1995, *ApJ*, 452, L37
- Yusef-Zadeh, F., Roberts, D. A., Goss, W. M., Frail, D. A., & Green, A. J. 1999, *ApJ*, 512, 230