

Seung-Urn choe^{1,2}, Min-Jeong Kang³, Seulki Kim¹,
Sukjoo Kim⁴, Wonmo Suh⁵, Jinhyon Lee⁶, Yong Bok
Lee², Myon U Lee⁷, Hong-Jin Yang⁸

¹Seoul national University,

²Sohnam Institute for History of Astronomy

³Institute for the Translation of Korean Classics

⁴Anyang University

⁵Presbyterian University and Theological Seminary

⁶Graduate School of Theology, Sogang University

⁷Chuncheon National University of Education,

⁸Sohnam Institute for History of Astronomy

⁸Korea Astronomy and Space Science Institute

‘역상고성’은 ‘신법산서’에 수록되어 있는 티코브라헤의 역법체계와 그 밖의 천문 내용들을 중국인 천문학자들에 의하여 확실하게 정리를 하였지만 ‘역상고성’에 따른 추보는 천상과 불일치를 보게 되었다. 戴內淸(야부우치 키요시) 저(1969), 유경로 역(1985)에 의하면 이러한 불일치는 옹정 8년 6월 초 1일의 일식이었는데 예보의 오류를 정정한다는 것을 중국 천문학자들이 감당하기 어려웠다. 퀴글러(Ignatius Kögler, 戴進賢, 1680~1746)와 페레이라(Andreas Pereira, 서무덕(徐懋德), 1690 - 1743) 등의 선교사 천문학자들이 칙명을 받아 종사하게 되고, 이들이 중심이 되어 ‘역상고성’보다 더 진보된 서양천문 역법에 기초를 둔 역서가 편찬되게 되었다.

‘신법산서’와 ‘역상고성’은 모델에서는 평원(平圓)을 사용하지만 ‘역상고성후편’에서는 타원(橢圓) 모델을 사용하게 된다. 건륭 7년(1742년)에 10권이 완성되어 ‘역상고성후편’이라 명하였다. 타원모델을 채택하였지만 지동설에 대한 내용은 전혀 기술되어 있지 않다. 아마도 태양이나 달의 운동을 추보하는데 지구를 중심으로 해야 하기에 이에 대한 언급을 필요치 않았을 수도 있다. ‘역상고성후편’은 태양과 달의 운행, 일식과 월식에 대해서만 다루고 있다.

그러나 ‘역상고성’에서는 청몽기차나 지반경차를 티코브라헤의 표 값을 그대로 사용하였고, 이 값들이 관측과 관련이 되어 있음을 설명하려는 무리를 두고 있다. 너무 정확하게 값들이 관측 값들로부터 유도되어 의심이 갈 정도이다. 카시니(Giovanni Domenico Cassini, 喝西尼, 1625~1712)는 자신의 동료 리세와 함께 파리와 프랑스로 기아나 카이엔에서 총의 위치에 있는 화성과 부근 별의 고도를 관측하여 총의 위치에 있는 화성의 시차를 측정하여 최초로 태양과 지구 사이의 거리를 어렵고, 태양의 지반경차를 현재와 값과 거의 비슷하게 얻었다. ‘역상고성후편’에서는 이 내용을 상세하게 다루고 있다. 또한 대기에서 입사각과 굴절각 사이에 Snell의 법칙이 성립하는데 이를 이용하여 모호하게 알았던 청몽기차를 대기의 굴절을 이용하여 현재의 값과 비슷한 값을 얻어 사용할 수 있게 되었다. 이는 모든 천체의 위치를 관측하는데 있어서 매우 정확한 값들을 얻을 수 있게 되고 이에 따라 황도-적도 경사각도 정확하게 얻어진다. ‘역상고성후편’은 옹정원년을 역원으로 하고 있다.

태양의 운행에 있어서 케플러의 타원 궤도를 이용하게 된다. ‘신법산서’와 ‘역상고성’에서는 평균근점이각 M 을 모델에서 보여 줄 수 있지만 타원 궤도에서는 이 각이 면적각으로 주어지고, 원 대신 타원을 다루기에 쉽지 않다. 현재는 케플러 방정식을 풀어 가감차를 구하게 되는데 이를 기하학적으로 풀이하는 차적구적법을 소개하고 있다.

이와 함께 면적을 이용하여 타원계각과 타원차각을 구하는 차각구적법도 소개한다. 타원계각과 타원차각을 모두 고려하였기에 현재의 태양의 운동을 기술하는 타원모델과 완벽하게 같다. 다만 사용하는 상수가 아주 조금 다를 뿐이다. 태양의 경도를 추보하는 방법도 동지점을 기준으로 하고 현재의 방법과 동일하다. 달의 운행도 타원 궤도를 사용한다.

‘역상고성후편’의 내용은 우리나라의 전해져서 1860년 남병길이 쓴 ‘시헌기요(時憲紀要)’에는 태양, 달, 일·월식, 오행성의 운동, 항성의 위치, 시간 등을 추보하는데 필요한 내용들이 매뉴얼화 되어 기록되어 있고, 1862년 남병철이 쓴 ‘추보속해(推步續解)’에도 같은 내용을 담고 있다.

성간물질 및 은하

[구 IS-01] Multiepoch Optical Images of IRC+10216 Tell about the Central Star and the Adjacent Environment

Hyosun Kim^{1,2}, Ho-Gyu Lee¹, Youichi Ohyama², Ji Hoon Kim^{3,4}, Peter Scicluna^{2,5}, You-Hua Chu², Nicolas Mauron⁶, Toshiya Ueta⁷

¹KASI, ²ASIAA, ³NAOJ, ⁴METASPACE, ⁵ESO, ⁶Univ. de Montpellier and CNRS, ⁷Univ. of Denver

Six images of IRC+10216 taken by the Hubble Space Telescope at three epochs in 2001, 2011, and 2016 are compared in the rest frame of the central carbon star. An accurate astrometry has been achieved with the help of Gaia Data Release 2. The positions of the carbon star in the individual epochs are determined using its known proper motion, defining the rest frame of the star. In 2016, a local brightness peak with compact and red nature is detected at the stellar position. A comparison of the color maps between 2016 and 2011 epochs reveals that the reddest spot moved along with the star, suggesting a possibility of its being the dusty material surrounding the carbon star. Relatively red, ambient region is distributed in an Ω shape and well corresponds to the dusty disk previously suggested based on near-infrared polarization observations. In a larger scale, differential proper motion of multiple ring-like pattern in the rest frame of the star is used to derive the average expansion velocity of transverse wind components, resulting in ~ 12.5 km s⁻¹ (d/123 pc), where d is the distance to IRC+10216. Three dimensional geometry is implied from its comparison with the line-of-sight wind velocity determined from half-widths of submillimeter emission line profiles of abundant molecules. Uneven temporal variations in brightness for different searchlight beams and anisotropic distribution of extended halo are revisited in the

context of the stellar light illumination through a porous envelope with postulated longer-term variations for a period of 10 years.

[구 IS-02] Role of Mass Inflow and Supernova Feedback on Nuclear Ring Star Formation

Sanghyuk Moon¹, Woong-Tae Kim¹, Chang-Goo Kim², and Eve C. Ostriker²

¹*Department of Physics & Astronomy, Seoul National University,* ²*Department of Astrophysical Sciences, Princeton University*

Observations suggest the star formation in nuclear rings of barred galaxies proceeds episodically in time and sometimes asymmetrically in space. Existing theories and numerical simulations suggest that the episodic star formation is perhaps due to either supernova feedback combined with fluid instabilities or time-varying mass inflow rate. However, it has been challenging to discern what dominates in shaping the star formation history because the effects of the inflow and feedback are blended in global simulations of nuclear rings. To understand their effects separately, we construct semi-global models of nuclear rings, which treat the mass inflow rate as a model parameter. By running simulations with the inflow rates kept constant or oscillating in time, we find that the star formation rate (SFR) of the rings varies coherently with the inflow rate, while the feedback is responsible only for stochastic fluctuations of the SFR within a factor of two. The feedback instead plays an important role in maintaining the vertical dynamical equilibrium and setting the depletion time. While the asymmetry in the inflow does not necessarily lead to the asymmetry in the star formation, we find that the rings undergo a transient period of lopsided star formation when the inflow rate of only one dust lane is suddenly increased.

[박 IS-03] TRAO-TIMES: Investigating Turbulence and Chemistry in Two Star-forming Molecular clouds

Hyeong-Sik Yun¹, Jeong-Eun Lee¹, Yunhee Choi², Neal J. Evans II^{2,3}, Stella S. R. Offner³, Giseon Baek¹, Yong-Hee Lee¹, Minho Choi², Hyunwoo Kang², Jungyeon Cho⁴, Seokho Lee⁵, Ken'ichi Tatematsu⁵, Mark H. Heyer⁶, Brandt A. L. Gaches⁷, Yao-Lun Yang⁸

¹*School of Space Research, Kyung Hee University, Republic of Korea,* ²*Korea Astronomy and Space Science Institute, Republic of Korea,* ³*Department*

of Astronomy, University of Texas, Austin, USA, ⁴*Department of Astronomy and Space Science, Chungnam National University, Republic of Korea,* ⁵*National Astronomical Observatory of Japan, Japan,* ⁶*Department of Astronomy, University of Massachusetts, Amherst, USA,* ⁷*Center of Planetary Systems Habitability, University of Texas, Austin, USA,* ⁸*Department of Astronomy, University of Virginia, Charlottesville, USA*

Turbulence produces the density and velocity fluctuations in molecular clouds, and dense regions within the density fluctuation are the birthplace of stars. Also, turbulence can produce non-thermal pressure against gravity. Thus, turbulence plays a crucial role in controlling star formation. However, despite many years of study, the detailed relation between turbulence and star formation remain poorly understood. As part of the Taeduk Radio Astronomy Observatory (TRAO) Key Science Program (KSP), "mapping Turbulent properties in star-forming Molecular clouds down to the Sonic scale (TIMES: PI: Jeong-Eun Lee)", we mapped two star-forming molecular clouds, the Orion A and the ρ Ophiuchus molecular clouds, in six molecular lines (^{13}CO 1-0/ C^{18}O 1-0, HCN 1-0/ HCO^+ 1-0, and CS 2-1/ N_2H^+ 1-0) using the TRAO 14-m telescope. We applied the Principal Component Analysis (PCA) to the observed data in two different ways. The first method is analyzing the variation of line intensities in velocity space to evaluate the velocity power spectrum of underlying turbulence. We investigated the relation between the star formation activities and properties of turbulence. The other method is analyzing the variation of the integrated intensities between the molecular lines to find the characteristic correlation between them. We found that the HCN, HCO^+ , and CS lines well correlate with each other in the integral shaped filament in the Orion A cloud, while the HCO^+ line is anti-correlated with the HCN and CS lines in L1688 of the Ophiuchus cloud.

[구 IS-04] Complex organic molecules detected in twelve high mass star forming regions with ALMA

Giseon Baek¹, Jeong-Eun Lee¹, Tomoya Hirota², Kee-Tae Kim³ and KaVA Star-Formation Science Working Group

¹*School of Space Research, Kyung Hee University, 1732, Deogyeong-daero, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17104, Korea*

²*Department of Astronomical Sciences, SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), Osawa 2-21-1, Mitaka-shi, Tokyo 181-8588, Japan*

³*Korea Astronomy and Space Science Institute, 776*