

and transverse to the line of sight. A large sample of 690,000 galaxies from The Baryon Oscillation Spectroscopy Survey Data Release 11 are used to determine the Hubble expansion H , angular distance D_A , and growth rate GT at an effective redshift of $z=0.57$. After careful bias and convergence studies of the effects from small scale clustering, we find that cutting transverse separations below 40 Mpc/h delivers robust results while smaller scale data leads to a bias due to unmodelled nonlinear and velocity effects. The converged results are in agreement with concordance Λ CDM cosmology, general relativity, and minimal neutrino mass, all within the 68% confidence level. We also present results separately for the northern and southern hemisphere sky, finding a slight tension in the growth rate -- potentially a signature of anisotropic stress, or just covariance with small scale velocities -- but within 68% CL.

[구 GC-07] Constraints on dark radiation from cosmological probes

Graziano Rossi¹, Christophe Yèche², Nathalie Palanque-Delabrouille², Julien Lesgourgues^{3,4}
¹Department of Astronomy and Space Science, Sejong University, 209 Neungdong-ro, Gwangjin-gu Seoul, South Korea, 147-747,
²CEA, Centre de Saclay, Irfu/SPP, F-91191 Gif-sur-Yvette, France, ³CERN, Theory Division, CH-1211 Geneva 23, Switzerland, ⁴LAPTh, Univ. de Savoie, CNRS, B.P.110, Annecy-le-Vieux F-74941, France

We present joint constraints on the number of effective neutrino species N_{eff} and the sum of neutrino masses Σm_ν , based on a technique which exploits the full information contained in the one-dimensional Lyman- α forest flux power spectrum, complemented by additional cosmological probes. In particular, we obtain $N_{\text{eff}} = 2.91 \pm 0.22$ (95% CL) and $\Sigma m_\nu < 0.15$ eV (95% CL) when we combine BOSS Lyman- α forest data with CMB (Planck+ACT+SPT+WMAP polarization) measurements, and $N_{\text{eff}} = 2.88 \pm 0.20$ (95% CL) and $\Sigma m_\nu < 0.14$ eV (95% CL) when we further add baryon acoustic oscillations. Our results tend to favor the normal hierarchy scenario for the masses of the active neutrino species, provide strong evidence for the Cosmic Neutrino Background from $N_{\text{eff}} \approx 3$ ($N_{\text{eff}} = 0$ is rejected at more than 14σ), and rule out the possibility of a sterile neutrino thermalized with active neutrinos (i.e., $N_{\text{eff}} = 4$) -- or more generally any decoupled relativistic relic with $\Delta N_{\text{eff}} \approx 1$ -- at a significance of

over 5σ , the strongest bound to date, implying that there is no need for exotic neutrino physics in the concordance Λ CDM model.

[구 GC-08] Statistical property of the velocity dispersion profiles of elliptical galaxies : dark matter versus MOND

In-Taek Gong and Kyu-Hyun Chae
 Department of Physics and Astronomy, Sejong University

운동학적으로 측정된 질량과 측광으로 측정된 질량이 불일치하는 질량 불일치 문제는 현대천문학의 중요한 문제이다. 현재 이러한 질량 불일치에 대한 두 가지 해결책이 제시되었다. 하나는 현대 표준우주론인 Λ CDM 패러다임의 핵심 요소인 암흑물질, 다른 하나는 Milgrom에 의해 제시된 수정된 뉴턴역학(Modified Newtonian dynamics: MOND)이다. 두 방법에 대한 많은 연구가 진행되었는데, 최근 연구 결과에 의하면 나선형 은하의 회전속도 윤곽은 MOND와 잘 부합한다. 여기서 우리는 타원형 은하의 속도분산 윤곽을 분석한다. 속도분산 비등방성의 다양한 가정 하에 거의 구형인 2000여개의 SDSS 은하들의 예측되는 속도분산 윤곽을 계산하고, 이 들로부터 얻어진 속도분산 기울기 분포를 15개의 ATLAS^{3D} 구형 은하들의 관측된 분포와 비교하였다. 잘 정의된 하나의 interpolation function을 사용하는 MOND 모형에 의해서 단지 관측된 은하의 항성 질량 분포만으로 관측된 속도 분산 윤곽의 기울기 분포가 잘 설명되었다. 이러한 결과는 표준 패러다임의 경우 관측된 속도 분산 윤곽을 설명하기 위해 개별적인 암흑물질의 양과 밀도 윤곽을 필요로 한다는 점에서 주목할 만하다. 향후 타원형 은하들의 개별적 속도분산 윤곽을 정밀하게 분석하는 것이 매우 유용할 것으로 판단된다.

[구 GC-09] On the Deviation from the Hubble Flows around the Virgo Cluster

Jounghun Lee¹, Suk Kim², Soo-Chang Rey²
¹Seoul National University,
²Chungnam National University

은하단 주변 은하의 속도 프로파일을 이용하여 중력 법칙을 검증하는 방법론에 관한 최근 공동 연구 결과 (arXiv:1501.07064, submitted for publication in ApJ)를 발표한다.

[구 GC-10] Dependence of galaxy properties on void filament straightness

Junsup Shim¹, Jounghun Lee¹ and Fiona Hoyle²
¹Astronomy Program, Department of Physics and Astronomy, Seoul National University,
²Pontificia Universidad Catolica de Ecuador, 12 de Octubre 1076 y Roca, Quito, Ecuador

We investigate the properties of galaxies belonging to the filaments in cosmic void regions, using the void catalogue constructed by Pan et al. (2012) from the SDSS DR7. To identify galaxy filaments within a void, voids with 30 or more galaxies are selected as a sample. We identify 3067 filaments in 1050 voids by applying the filament finding algorithm based on minimal spanning tree and reducing processes to spatial distribution of the void galaxies. We study the correlations between galaxy properties and the specific size of filament which quantifies the degree of the filament straightness. For example, the average magnitude and the magnitude of the faintest galaxy in filament decrease as the straightness of the filament increases. We also find that the correlations become stronger in rich filaments than in poor ones with fewer member galaxies. We discuss a physical explanation to our findings and their cosmological implications.

[구 GC-11] Spectroscopic Confirmation of Galaxy Clusters at $z \sim 0.92$

Jae-Woo Kim, Myungshin Im, Seong-Kook Lee, Minhee Hyun and IMS team
Center for the Exploration of the Origin of the Universe, Department of Physics and Astronomy, Seoul National University

Galaxy clusters have provided important information to understand the evolution of the universe, since the number density and mass of clusters are tightly related to the cosmological parameters. In addition, galaxy clusters are an excellent laboratory to investigate the galaxy evolution in dense environments. However, finding galaxy clusters at high redshift ($z \geq 1$) still remains as a main subject in astronomy due to their rareness and difficulty in identifying such objects from optical imaging data alone.

Here, we report a spectroscopic follow-up observation of distant galaxy cluster candidates identified by a deep optical-NIR dataset of Infrared Medium-deep Survey. Through the galaxy spectra taken with the IMACS instrument on the Magellan telescope, we confirm at least 3 massive clusters at $z \sim 0.92$. Interestingly, the maximum spatial separation between these clusters is ~ 8 Mpc, which implies that this system is a new supercluster in the distant universe. We also discuss properties of galaxies in these clusters based on multi-wavelength photometric data.

[초 GC-12] 오스터호프 이분법의 규명과 우리은하

별지의 기원에 대한 새로운 해석

Young-Wook Lee(이영욱), Seok-Joo Joo(주석주), Chung, Chul(정철), Sohee Jang(장소희)
연세대학교 은하진화연구센터/천문우주학과

우리는 최근 현대천문학의 가장 오래된 난제로 우리은하 헤일로와 형성과 깊은 관련이 있는 구상성단계의 오스터호프 이분법이 다중항성종족 패러다임 하에서 76년 만에 완벽히 규명되는 것을 발견하였다. 또한 이 연구의 기본 개념을 우리은하 별지에 적용한 결과, 기존 국제학계의 이론과 완전히 다른 별지의 형성기원에 대한 새로운 해석에 도달하였다. 우리은하의 별지에 대한 대규모 측광 서베이 분석으로부터 double red clumps가 있다는 것이 2010년에 발견되었고, 이는 디스크와 바 불안정에 기인하는 은하중심부 X-shape 구조의 증거로 널리 받아들여지고 있다. 그러나 우리는 이와 같은 국제학계의 해석이 수평계열성의 항성진화이론을 간과한데서 비롯된 허구일 가능성을 제시하고자 한다. 우리의 모델에 의하면 관측된 double red clumps는 Omega Cen을 포함하는 대다수의 구상성단에서 발견되는 것과 동일한 헬륨함량이 증가된 2세대 별들(G2)에 의한 효과이다. 우리은하 별지에 위치한 Terzan 5 구상성단처럼, 중원소함량이 높은 별지에서는 G2에 해당하는 수평계열성들이 광도가 약 0.5등급 더 밝은 red clump 위치에 놓이게 되어 자연스럽게 double red clumps를 형성하게 된다. 앞으로 우리의 새로운 해석이 Gaia에 의한 삼각시차 거리결정으로 확인된다면, 이는 우리은하 별지를 이루는 대부분의 별들이 Terzan 5와 같은 원시 빌딩블럭들의 합병과 붕괴에 의해 형성되었다는 것을 암시하여, 우리은하는 물론, 조기형은하의 형성기원 연구에 큰 전환점이 될 것으로 기대한다.

[구 GC-13] An MMT/Hectospec spectroscopic study of globular clusters in the M81 group

Sungsoon Lim^{1,2}, Jubee Sohn³, Youkyung Ko³, In Sung Jang³, Myung Gyoon Lee³, Narae Hwang⁴, Sang Chul Kim^{4,5}, and Hong Soo Park^{4,5}
¹*Department of Astronomy, Peking University, Beijing, China,*
²*Kavli Insititute for Astronomy and Astrophysics, Peking University, Beijing, China*
³*Department of Physics and Astronomy, Seoul National University,*
⁴*Korea Astronomy and Space Science Institute,*
⁵*Korea University of Science Technology*

We present a spectroscopic study of globular clusters in the M81 group that is one of the ideal laboratories for understanding mass assembly and evolution of galaxies, such as M81, the twin galaxy of the Milky Way, and the starburst galaxy M82, in the group environments. Spectra of about 800 globular cluster candidates are obtained using MMT/Hectospec, and about one hundred globular clusters are confirmed by their radial velocities.