

# 구두 발표 초록

## 초청강연

### [초 IT-01] Observing the Supermassive Black Hole at the Center of M87 using EHT and GMVA+ALMA

Jongho Park<sup>1</sup>, Jae-Young Kim<sup>2</sup>, Do-Young Byun<sup>1</sup>, Taehyun Jung<sup>1</sup>, on behalf of the GMVA+ALMA M87 collaboration team.

<sup>1</sup>KASI, <sup>2</sup>Kyungpook National University

The nearby radio galaxy M87 is a prime target to study black hole accretion and jet formation. Event Horizon Telescope observations of M87 in 2017, at a wavelength of 1.3 mm, revealed a ring-like structure which was interpreted as gravitationally lensed emission around a central black hole. Here we report new images of M87 obtained in 2018, at a wavelength of 3.5 mm, showing that the compact radio core is spatially resolved. High resolution imaging reveals a ring-like structure of 8.4-1.1+0.5 Schwarzschild radii in diameter, ~50% larger than that seen at 1.3 mm, with the outer edge at 3.5 mm also being larger than that at 1.3 mm. This larger and thicker ring indicates a significant contribution from the accretion flow with high self-absorption opacity effects, added to the gravitationally lensed ring-like emission. The new images show that the edge-brightened jet connects to the black hole's accretion flow. Close to the black hole, the emission profile of the jet launching region is wider than the expected profile of a black hole driven jet, suggesting the possible presence of a wind associated with the accretion flow. A paper summarizing these findings has been accepted for publication in the journal Nature. During this presentation, I will discuss the physical significance of the M87 black hole images captured at 1.3 and 3.5 mm, as well as the experiments underway in Korea that aim to provide further insight into the characteristics of this black hole.

### [초 IT-02] Introduction of 4<sup>th</sup> Space Development Promotion Basic Plan and Establishing Space Exploration Roadmap (제4차 우주개발진흥 기본계획 및 우주탐사 로드맵 수립 계획 소개)

Jongbin Im(임종빈)

Science and Technology Policy Institute, Korea Space Policy Research Center

정부는 2022년 12월 2045년까지의 우주개발 추진 방향을 담은 제4차 우주개발진흥 기본계획(이하 4차 기본계획)을 발표하였다. 4차 기본계획은 기존 핵심 우주시스템 확보 중심에서 중장기 우주개발 임무 중심으로, 위성 및 발사체 기술개발 중심에서 우주탐사·과학까지 확장을, 공공 주도 연구역량·인프라 확보에서 민간참여 우주산업 확대로 정책 방향을 설정하였다. 또한 이러한 정책을 추진하기 위해서 5대 장기 임무를 설정하였는데, 그 중 2가지가 '우주탐사 확대'와 '우주과학 확장'이다. 이에 정부는 2023년부터 2024년에 걸쳐 두 개의 장기 임무에 대한 '대한민국 우주탐사 50년 로드맵'을 도출할 계획이다. 본 발표에서는 이러한 정부 우주탐사·과학 발전을 위한 정책을 소개하고, 전문가들의 다양한 의견을 청취하고자 한다.

### [초 IT-03] My GaLaxiEs and universeE (나의 은하와 우주)

Myung Gyoon Lee (이명균)

Seoul National University (서울대학교 물리천문학부)

Galaxies play two roles in cosmology. First, they can be used as a building block of the universe, telling about the structure and dynamics of the universe. In this case, they are considered as a test particle. Second, they are a remarkable ecological system where stars are born, grow, and die, telling about the history of structure formation in the universe. The morphology of galaxies in the multi-wavelength images is fascinating and diverse, arousing our curiosity. I review how I enjoyed the galaxies and universe for the last four decades.

### [초 IT-04] What use is science communication?

Orbit

Unrealscience

The importance of science communicators who deliver science and technology through scientific culture rather than academic knowledge is increasing day by day, but there is still no way to train professional manpower who can serve as suppliers of scientific culture. Scientific culture can be defined in any form of expressing science and technology, including universal scientific knowledge and attitudes of the public. Therefore, it is necessary to systematically train science communicators who can play the role of most efficient suppliers by clearly analyzing the cultural characteristics of science. To solve this problem, we are going to discuss with experts what kind of

use science communication is in our lives, and to arrange a communication time to devise a strategy to move to the next step.

### [초 IT-05] The Status and Direction of the K-band (24 GHz) Celestial Reference Frame

Aletha de Witt  
*South African Radio Astronomy Observatory (SARAO)*

High precision astrometric Very Long Baseline Interferometry (VLBI) measurements of positions of extra-galactic radio sources are used to define and maintain the International Celestial Reference Frame (ICRF). The third ICRF (adopted August 2018) contains positions of sources at 8.4 GHz (X-band), 24 GHz (K-band) and 32 GHz (Ka-band), making it the first multi-frequency frame ever realized. The use of K-band was motivated by the fact that the sources are generally intrinsically more compact at higher frequencies as shown in recent near-simultaneous images at S, X, K, and Q-band, as well as by the factor of three improvement in interferometer resolution relative to the historically standard S/X-band. For these reasons, astrometric VLBI observations of reference sources at higher radio frequencies permit the construction of a more accurate and more stable reference frame, which will be advantageous in tying the VLBI frame to optical frames such as Gaia.

The current K-band celestial reference frame (CRF) consists of 1038 relatively uniformly distributed sources - comparable to the number of regularly observed S/X sources - and is constructed from more than 2 million observations. These observations are comprised of ongoing sessions using the Very Long Baseline Array (VLBA) in the United States, and single-baseline sessions between the HartRAO 26-m antenna in South Africa, the Hobart 26-m antenna in Australia, and the Yebes 40-m antenna in Spain. For sources overlapping with the S/X-band CRF, the median precision of our current K-band frame is 47  $\mu$ as in right ascension and 80  $\mu$ as in declination. For comparison, the current S/X-band median precision for common sources is 47  $\mu$ as in right ascension and 59  $\mu$ as in declination. Looking to the future, the K-band CRF collaboration is developing a road map to not only extend our observation history, but to continually improve the quality of our observations. We are also growing collaborations to extend our network, such as the recently started collaborations with the Korean VLBI Network (KVN) which is expected to improve declination accuracy.

Observations combining antennas in Korea, South Africa, Australia, and Spain into a unified network will start in March 2023. Not only will these observations diversify and strengthen the K-band CRF network geometry and improve the astrometric accuracy, but it would tie Korea to the global VLBI K-band astrometric network and ensure that the KVN becomes a contributor to the next generation ICRF, which is likely to be a fully unified multi-waveband frame, also incorporating the optical realization by Gaia. In addition, these observations would complement and extend the ongoing K-band geodesy campaign on the East Asian VLBI Network (EAVN).

### [초 IT-06] Mindfulness from Weightlessness

Soyeon Yi  
*Noul*

우주인 이소연 박사는 2008년 4월 8일 Soyuz-TMA 12에 탑승하여 대한민국 최초 우주인으로 우주비행에 나섰다. 이틀간의 랑데부 후, 국제 우주정거장에 도착해 나흘간 18가지 우주과학실험을 수행하고 돌아왔다. 우주비행동안의 우주생활 뿐만아니라, 우주인이 되기까지의 여정, 러시아 유리 가가린 우주인 훈련소에서 우주비행을 준비하는 과정, 그리고 돌아오는 과정에서의 사고까지의 경험과 그때의 생각을 공유할 예정이다.

## 특별세션 LSST

### [구 LSST-01] Catching Dynamic Universe and Pursuing the Unseen Universe

Yun-Kyeong Sheen<sup>1</sup> and Galaxy Evolution Research Group in Optical Astronomy Division<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Korean Astronomy and Space Science Institute*

Rubin observatory's Legacy Survey of Space and Time (LSST) is an optical imaging survey in the Southern Hemisphere with a dedicated 8.4-m large telescope. The survey will start observations by the end of 2024 and operate for ten years to catch optical transients and collect lightcurves of all astronomical sources in the sky. In addition to that, the large FoV and huge light-collecting area of the telescope will provide imaging and catalog sets that reveal faint, unseen objects previously. Also, LSST data involves big data science inevitably. The Galaxy Evolution Research Group in KASI has been preparing to conduct extragalactic sciences utilizing all levels of LSST data products.

This talk introduces LSST science cases of the group and the group's efforts so far.

### [구 LSST-02] From Pixels to Cosmology: Weak Gravitational Lensing with Vera Rubin Observatory's Legacy Survey of Space and Time

M. James Jee

*Department of Astronomy, Yonsei University  
Department of Physics and Astronomy, UC Davis*

One of the primary scientific goals of Rubin's Legacy Survey of Space and Time (LSST) is to constrain the nature of dark energy by analyzing billions of galaxies' weak-lensing (WL) signals through space and time. After presenting a brief introduction to WL, I will explain how LSST will enhance our understanding of dark energy and dark matter. I will conclude by discussing the current outstanding challenges that we must overcome in order to achieve the proposed science goals.

### [구 LSST-03] Cosmology with Rubin

Arman Shafieloo (샤피엘루알만)

*Korea Astronomy and Space Science Institute  
(한국천문연구원)*

I will discuss the current status of the standard model of cosmology and how Rubin in few years will help us to understand the Universe better. I will also briefly discuss about the activities in Dark Energy Science Collaboration (DESC) of Rubin observatory.

### [구 LSST-04] Active Galactic Nuclei Sciences with the LSST and Synergies with Multiwavelength Time-domain Survey

Minjin Kim

*Kyungpook National University*

The characteristics of the intrinsic variability in active galactic nuclei (AGN) will allow us to explore the detailed structure of the AGN. We will briefly review how the LSST data will enhance our understanding of the physical properties of the AGN. We will present our recent works to investigate the optical and infrared variability of AGNs using the existing dataset. Finally, we will examine the benefit of combining the LSST data and the complimentary multiwavelength

time-domain data obtained from 7DS and SPHEREx regarding the AGN-related sciences.

### [구 LSST-05] Potential Solar System Scientific Research in the LSST Era

Hee-Jae Lee<sup>1</sup>, Youngmin JeongAhn<sup>1</sup>, Myung-Jin Kim<sup>1</sup>, Masateru Ishiguro<sup>2</sup>, Hong-Kyu Moon<sup>1</sup>, and Young-Jun Choi<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute*

<sup>2</sup>*Seoul National University*

<sup>3</sup>*Univ of Science and Technology*

The Vera C. Rubin Observatory, located in El Peñon, Cerro Pachón, Chile, is currently under construction and will feature the 8.4 m Simonyi Survey Telescope for the ten-year Legacy Survey of Space and Time (LSST). The LSST is a powerful ground-based system designed to capture multiple images of the visible sky, covering a wide field. One of the primary scientific objectives of the LSST is to thoroughly explore the solar system, including discovery of new small bodies and characterization of solar system objects. This research has two goals: to better understand the formation of our solar system and to mitigate the threat of collision with near-Earth asteroids.

In this talk, we will present the potential for solar system research that can be conducted with the LSST. Additionally, we will also introduce our plans to maximize the research outcomes of the LSST.

### [구 LSST-06] KASI In-Kind Contributions to Rubin/LSST Project

Narae Hwang, Min-Su Shin, Chang Hee Ree,

Byeong-Gon Park

*Korea Astronomy and Space Science Institute*

Legacy Survey of Space and Time (LSST) is a 10-year survey project to be carried out by the Vera C. Rubin Observatory from 2024Q4 or later with 8.4m Simonyi Survey Telescope combined with 3.2 gigapixel LSST Camera covering about 3.5-degree field of view. KASI has proposed a package of in-kind contributions to the Rubin Observatory in exchange for a certain number of PI data rights to access the proprietary Rubin/LSST survey data. The KASI in-kind contribution package is composed of Rubin commissioning and observation support (S1), KMTNet Observation Time (S2), and KASI Independent Data Access Center (S5). We present a brief introduction of the KASI in-kind contribution package in the context of the current status of the

Rubin/LSST Project. We also plan to share a rough idea on the expected number of PI data rights that would be available to Korean community scientists and the related conditions.

## 특별세션 SKA

### [구 SKA-01] Preparations for SKA participation in Korea

Bong Won Sohn  
*Korea Astronomy and Space Science Institute*

Based on long discussions and planning for more than 10 years and the internal planning research at KASI in 2020, preparations are underway to participate in the SKA construction project in 2024. The participation plan consists of three main parts. Those are construction and operation contribution, research and SKA regional center, and future technology development. The "Fair Work Return" rule applies to the construction contribution, allowing Korean industries to participate in SKA construction. In addition to supplying equipment and operation of SKA Low networks through cooperation with KASI, KISTI and domestic small and medium-sized companies, participation in SKA Mid antenna AIV (assembly, integration and verification) and supply of memory chips or energy storage are being discussed. From the second half of 2020, we are conducting research using SKA precursor and pathfinder with support from NRF. It is also being used as an opportunity to nurture the next generation and support the domestic SKA community. In the field of future technology development, high-speed data processing and transmission technology and participation in Phased Array Feeds development are being discussed. By using the renewed SKA Korea website, [ska.kasi.re.kr](http://ska.kasi.re.kr), SKA Korea's activities, especially information about the SKA Colloquium series and scientific meetings can be checked. Involvement and support from the government are essential for the participation of SKAO which is an international organization. The government's intention is well reflected in the recently revised Space Development Promotion Basic Plan (제4차 우주개발진흥 기본계획).

### [구 SKA-02] Era of Hyper-Network, SRC(SKA Regional Center) Network

Hyunwoo Kang

KASI

SRC(SKA Regional Center) Network는 SKA의 데이터를 가지고 실질적인 연구를 할 수 있는 연구환경을 제공한다. 호주의 13만 여개의 안테나와 남아프리카공화국의 197개의 전파망원경으로부터 실시간으로 나오는 데이터는 최고 성능의 슈퍼컴퓨터들에 의해 처리되어 연간 700PB 정도의 데이터가 쏟아져 나올 예정이다. SKA 회원국은 CERN 프로젝트의 경험을 토대로, 이보다 더 방대한 데이터를 처리하는 하나의 글로벌 네트워크, SRC Network를 건설하고 있다. SKA로부터 쏟아져 나오는 데이터는 전세계 스토리지에 분산 배치되고, 여러 나라의 고성능 컴퓨터들이 연구자의 분석 요청을 처리한다. 또한 사용자가 원하는 분석툴 및 여러 환경을 제공하며, 이 모든 환경이 한 번의 로그인으로 세계 곳곳의 데이터와 컴퓨팅 자원을 사용 가능하게 한다.

### [구 SKA-03] Diffuse HI Gas around Nearby Galaxies in the Local Universe from FAST Observation

Se-Heon Oh<sup>1</sup>, Jing Wang<sup>2</sup> and Dong Yang<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>*Department of Physics and Astronomy, Sejong University, Korea,* <sup>2</sup>*Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics, Peking University, China*

We present observations of diffuse HI gas components in the NGC 4631 group, which is experiencing tidal interaction, using the Five-hundred meter Aperture Spherical Telescope (FAST). The diffuse HI gas, with a typical column density of  $\sim 10^{19.5} \text{ cm}^{-2}$ , accounts for more than 25% of the total HI detected by FAST in and around NGC 4631. We used our newly developed tool, BAYGAUD, to perform profile decomposition of all the line-of-sight HI velocity profiles. Our analysis shows that the diffuse HI gas in the tidal tail region of the group is highly turbulent, with a velocity dispersion of  $\sim 50 \text{ km s}^{-1}$ , and appears to be associated with the kinematically warmer part of the dense HI gas components. Our modeling of the diffuse HI gas in the tail region suggests that it is likely inducing cooling out of the hot intragalactic medium (IGM), representing a condensing phase of the IGM. Based on these results, we propose that active tidal interactions may have produced the wide-spreading HI distribution and triggered gas accretion to NGC 4631 through the phase of the diffuse HI.

### [구 SKA-04] Studies of radio emissions from galaxy clusters and the cosmic web in the SKA era

Hyesung Kang

*Pusan National University*

Diffuse radio sources, such as radio relics and radio halos, are frequently detected in merging galaxy clusters. Radio relics are elongated peripheral structures associated with shock waves, while radio halos are centrally located sources believed to be a result of turbulence and magnetic field amplification in the intracluster medium. The study of these objects requires high-resolution, multi-frequency radio observations, along with complementary data from other wavelengths. In this paper, we review the current state of knowledge on these sources, including their observational properties, physical models, and recent advances due to the use of new low-frequency radio facilities, such as the LOw Frequency ARray (LOFAR) and the Murchison Widefield Array (MWA). The Square Kilometre Array (SKA) will play a crucial role in advancing our understanding of radio emissions from these sources. With its large collecting area and high sensitivity, the SKA will be able to detect and characterize a large number of radio relics and halos, providing new insights into the non-thermal processes operating in these structures and the cosmic web. Additionally, we highlight some of the outstanding questions and future directions for research in this field.

### [구 SKA-05] Cosmology with large area radio surveys

David Parkinson  
*Korea Astronomy and Space Science Institute*

The current and next generation of radio observatories will conduct large area extragalactic radio surveys, detecting galaxies through continuum and 21cm emission, as well as the delocalised neutral hydrogen through intensity mapping surveys. These surveys will allow us to map the large-scale distribution of matter, and use this matter distribution to learn about the physics of the dark energy and dark matter, as well as the initial conditions of the Universe. In this paper I will introduce and describe the current tests of the standard cosmological model ( $\Lambda$ CDM) using radio survey data from the Rapid ASKAP Continuum Survey (RACS), the GaLactic and Extragalactic All-Sky MWA-eXtended survey (GLEAM-X), and the Evolutionary Map of the Universe survey (EMU). I will also summarise how the Square Kilometer Array (SKA) will provide even deeper and more accurate measurements of the large-scale matter distribution, and so significantly improve our understanding of the cosmological

model.

### [구 SKA-06] How Close are We to Observing the First Light from the Epoch of Reionization?

Kyungjin Ahn  
*Chosun University*

One of the primary goals of the Low-frequency Square Kilometre Array (SKA-LOW) is to map the 3D distribution of hydrogen atoms in the early universe, marked by the Dark Ages (DA) and the Epoch of Reionization (EoR). The 21-cm hydrogen line background from these epochs will be shaped by the soft-UV intensity fluctuation (fluctuating Lyman-alpha pumping) and the H II bubbles. We will brief on the capability and status of Hydrogen Epoch of Reionization Array (HERA), a very prominent SKA precursor that seems very likely to observe the first statistical detection of the 21-cm power spectrum from EoR imminently in years if not in months. If detected, the result is expected to give stronger constraints to EoR scenarios. While the detection of very early galaxies by the James Webb Scape Telescope (JWST) is a version of EoR detection, even providing constraint on the galaxy luminosity function, due to its narrow field of view the statistical constraint from JWST observations should be taken with a grain of salt.

## 특별세션 7DT

### [구 7DT-01] 7-Dimensional Sky Survey Overview

Myungshin Im<sup>1</sup> & 7DS Team  
<sup>1</sup>*SNU Astronomy Research Center, Astronomy Program, Dept. of Physics & Astronomy, Seoul National University*

Recent time-domain surveys have found that the universe is full of interesting time-varying sources and transients, revealing the diverse nature of the death of stars and various phenomena occurring near objects with a strong gravitational field. At the same time, large area spectroscopic surveys have allowed us to understand the statistical properties of galaxies and quasars, advancing our knowledge of galaxy evolution and cosmology. However, the spectra of most astronomical objects are left unexplored, and even more, the time

evolution of spectral properties of various sources is very poorly known. To open the new field of time series, spectral mapping of the sky, we plan to conduct the 7-dimensional sky survey (7DS). 7DS will spectrally map the entire southern sky. In addition, thousands of square degrees of the sky will be monitored at a two-week cadence, providing spectral variability data of  $\sim 100,000$  AGNs. A smaller region will be monitored every night. The deepest stacked time-series data will reach the depth of the PS1 survey, providing us with spectral information on every object in the 7DS survey area. 7DS will provide an unprecedented view of the sky for studying AGNs, cosmology, galaxy evolution, solar system objects, galactic objects, transients, and multi-messenger astronomy. This talk introduces 7DS and its prospects.

### [7DT-02] 7-Dimensional Telescope and its Operation Readiness for LVK O4 Run

Ji Hoon Kim<sup>1</sup>, Myungshin Im<sup>1,2</sup>, Hyung Mok Lee<sup>1</sup>  
and Center for the Gravitational-Wave Universe  
<sup>1</sup>*Astronomy Research Center, Seoul National University,* <sup>2</sup>*Department of Physics and Astronomy, Seoul National University*

7-Dimensional Telescope (7DT), the main observational facility of Center for the Gravitational-Wave Universe, is a multi-telescope system designed to identify electro-magnetic (E&M) counterparts of gravitational-wave (GW) sources. Consisting of 20 50-cm telescopes equipped with 40 medium-band filters, 7DT will obtain low resolution ( $R \sim 25$ ) spectra of astronomical objects within a large field of view. This multi-object spectral imaging capability along with flexible operation, real-time data reduction and analysis enable 7DT to follow up GW events quickly and discover counterparts with unmatched efficiency. This talk updates the current status of 7DT which will be partly operational for the upcoming LVK O4 run.

### [7DT-03] Multi-Messenger Astronomy with 7DS

Gregory S.H. Paek<sup>1,2</sup>, Myungshin Im<sup>1,2</sup>, and Ji-hoon Kim<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>*Astronomy Program, Department of Physics & Astronomy, Seoul National University, Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Korea*  
<sup>2</sup>*SNU Astronomical Research Center, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Korea*

The rapid identification of kilonova (KN), the

optical counterpart of GW sources is the key to successful GW multi-messenger astronomy. However, it is challenging to identify KN, due to its faint, fast-decaying nature ( $< \text{few days}$ ), and a poorly constrained GW localization map. One usually requires multi-epoch observations followed by extensive spectroscopic observations to find a KN from many possible candidates. 7-dimensional telescope (7DT) specializes in the rapid identification of KN. It is one of the biggest multiple telescope systems in the world, with 20, 0.5 m wide-field telescopes in Chile, and can perform low-resolution spectroscopy for every pixel with 40 medium-filters from 4000Å to 9000Å to the depths of 20–21 AB mag with 180 sec exposure time per filter. This wide-field spectral imaging capability is the most significant advantage of the 7DT on identifying early KN from other transients with a single epoch covering a large area of the GW localization map. In this talk, we present our simulation work about the performance evaluation of 7DT for identifying the early KN in a single epoch observation. Various filter sets and observational configurations are tried to develop the optimal observation strategy of 7DT for multi-messenger astronomy in the upcoming gravitational-wave observing runs. Also, we discuss the best combination of filter sets and the transient kinds that are the most severe contaminants for finding a KN.

### [7DT-04] Galaxy Stellar Population Parameter Estimation with 7DS

Seong-Kook Lee<sup>1,2</sup>, Myungshin Im<sup>1,2</sup> and 7DT/7DS team  
<sup>1</sup>*SNU Astronomy Research Center, Department of Physics and Astronomy, Seoul National University, Seoul, Korea,* <sup>2</sup>*Astronomy Program, Department of Physics and Astronomy, Seoul National University, Seoul, Korea*

Accurate estimation of galaxy stellar population properties, such as stellar mass, star-formation rate, age, is crucial in the studies of galaxy evolution and cosmology. For 7DS, we will use a set of medium bands, and this will enable us improved estimation of stellar population properties of galaxies. Here, we present the results of analysis about the effects of medium-band data on galaxies' property estimation and on the study of galaxy evolution.

### [7DT-05] Redshift Estimates with 7DS

Eunhee Ko, Myungshin Im et al.

*SNU Astronomy Research Center, Seoul National University*

The 7-Dimensional Sky Survey (7DS) is expected to play a significant role in answering astronomical questions, but accurate predictions of the survey are essential to maximize its potential. In this study, we estimate the photometric redshifts that can be obtained from the Wide-Field Survey (WFS) and explore their synergy with upcoming surveys, particularly SPHEREx. To create a 7DS-like mock catalog that closely resembles real observations, we extract fluxes from model spectral energy distributions (SEDs) and take into account 7-Dimensional Telescope (7DT) systematics and observational conditions, following Saito et al. (2020). We find that a year of WFS observations will yield reliable photometric redshifts with sub-percent deviation from spectroscopic redshifts up to  $z < 1.5$  and a limiting magnitude of 22 in the 6250Å medium band. Additionally, infrared information from SPHEREx improves the accuracy of photometric redshift estimates for fainter sources and higher redshifts (up to  $z < 3$ ).

## 천문우주관측기술

### [구 AT-01] KMTNet Synoptic Survey of Southern Sky: Early Data Release Preparation (KS4 EDR)

Seo-Won Chang (장서원)<sup>1,2</sup>, Mankeun Jeong<sup>1,2</sup>, Joonho Kim<sup>3</sup>, Bomi Park<sup>1,2</sup>, Sung Ho Jung<sup>1,2</sup>, Myungshin Im<sup>1,2</sup>, and KS4 collaborations  
<sup>1</sup>SNU Astronomy Research Center, Seoul National University, <sup>2</sup>Astronomy program, Dept. of Physics & Astronomy, <sup>3</sup>Daegu National Science Museum

The KMTNet Synoptic Survey of Southern Sky (KS4) is an ongoing multi-band imaging survey that will eventually provides deep sky coverage of declination less than -30 degree. We are now ready to distribute its Early Data Release (EDR) to the astronomical community, roughly 2,400 deg<sup>2</sup> of BVRI imaging data collected from December 2019 to January 2022. EDR contains > 600 co-added images down to a 5-sigma upper limit of BVRI = 22-23.5 mag, as well as photometric catalogs for almost 96 million objects. As a validation, we provide a general assessment of the KS4 EDR data quality including astrometric and photometric precision and uniformity. We also present the basic contents of EDR catalog, its value-added products,

and early science use cases (e.g., southern quasar and galaxy cluster searches). Finally, we will show a preliminary version of data access tools that can empower the scientific community to accelerate new astrophysical findings.

### [구 AT-02] Photometric Calibration and Source Catalog Construction of KMTNet Synoptic Survey of Southern Sky (KS4)

Mankeun Jeong<sup>1,2</sup>, Myunshin Im<sup>1,2</sup>, Seo-Won Chang<sup>1,2</sup>, Joonho Kim<sup>2,3</sup>, Sunho Jung<sup>1</sup> and Bomi Park<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup>Astronomy Program, Department of Physics & Astronomy, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Korea,

<sup>2</sup>SNU Astronomical Research Center, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Korea

<sup>3</sup>Daegu National Science Museum, 20, Techno-daero 6-gil, Yuga-myeon, Dalseong-gun, Daegu 43023, Republic of Korea

KMTNet Synoptic Survey of Southern Sky (KS4) is a wide-field imaging survey which is planning to cover around 5000 deg<sup>2</sup> sky area. In this work, we introduce the pipeline for image post-processing and catalog construction of KS4 early data release. It includes data quality assurance, astrometry, zero-point homogenization, image stacking and photometry using reference catalogs such as APASS and SkyMapper. Consequently, we can achieve 5σ depths of roughly 22-23 ABmag and 0.05mag rms errors across the BVRI bands. We anticipate the KS4 catalog will open up the possibilities of extragalactic science projects in the southern sky and provide qualified reference images for transient searching.

### [구 AT-03] Optical Design of a Mode Matching Telescope for Quantum-Entangled Beams in an EPR Squeezing Experiment

Hojae Ahn<sup>1</sup>, Seunghyuk Chang<sup>2</sup>, Sumin Lee<sup>1</sup>, Soojong Pak<sup>1</sup>, Chang-Hee Kim<sup>3</sup>, Yunjong Kim<sup>3</sup>, Sungho Lee<sup>3</sup>, Sibilla Di Pace<sup>4</sup>, Valeria Sequino<sup>5</sup>, Martina De Laurentis<sup>5</sup>, Francesco De Marco<sup>4</sup>, Fiodor Sorrentino<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Kyung Hee University

<sup>2</sup>Center for Integrated Smart Sensors

<sup>3</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute

<sup>4</sup>Università degli Studi di Roma "La Sapienza" and INFN-Roma

<sup>5</sup>Università "Federico II" and INFN-Napoli

<sup>6</sup>INFN-Genova

Einstein-Podolsky-Rosen (EPR) quantum entanglement proposed as a very promising frequency dependent squeezing method for a broadband quantum noise reduction. We designed a mode matching telescope (MMT) for an EPR squeezing experiment with linear astigmatism free confocal off-axis configuration. The MMT consists of two freeform mirrors for expanding and positioning the beam and four flat mirrors for steering. Coupling loss is calculated as 0.02% with 10<sup>-7</sup> of polarization loss. Based on the sensitivity analysis and Monte-Carlo simulation, the most sensitive misalignment is  $\alpha$ -tilt and  $\beta$ -tilt of MT-1 ( $\pm 0.1^\circ$ ) for the angles and Z-decenters of MT-1 and MT-2 ( $\pm 0.2$  mm) for the lengths. The fabrication is expected to be feasible considering the mechanical fabrication tolerance of 10 microns.

#### [7 AT-04] Optomechanics Design and Optical Alignment Method of the Mode Matching Telescope for the EPR Squeezing Experiment

Sumin Lee<sup>1</sup>, Jimin Han<sup>1</sup>, Hojae Ahn<sup>1</sup>, Soojong Pak<sup>1</sup>, Chang-Hee Kim<sup>2</sup>, Sibilla Di Pace<sup>3</sup>, Martina De Laurentis<sup>4</sup>, Seunghyuk Chang<sup>5</sup>, Valeria Sequino<sup>4</sup>, Francesco De Marco<sup>3</sup>, June Gyu Park<sup>6</sup>, Yunjong Kim<sup>2</sup>, Sungho Lee<sup>2</sup>, Fiodor Sorrentino<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Kyung Hee University, <sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, <sup>3</sup>University of Roma "La Sapienza" and INFN-Roma1, <sup>4</sup>Università "Federico II" and INFN-Napoli, <sup>5</sup>Center for Integrated Smart Sensors, <sup>6</sup>Yonsei University, <sup>7</sup>INFN-Genova

In this study, we made an optomechanics and alignment procedure for the off-axis mode matching telescope. The Einstein-Podolsky-Rosen (EPR)- Small Scale Interferometer Ponderomotive Squeezing (SIPS) experiment is a demonstration of frequency-Dependent Squeezing (FDS) to attain broadband quantum noise reduction in gravitational wave detectors. For the EPR-SIPS experiment, we designed a reflective mode matching telescope (MMT) with a linear astigmatism-free confocal off-axis configuration with two freeform mirrors. To satisfy an optical tolerance budget of the system, we evaluate the misalignment of the mirrors via a Coordinate Measuring Machine (CMM) measurement of the absolute 3D coordinates of the optomechanics. Then we compensate for the alignment error by updating the mirror mounting structure. The two flat mirrors at the entrance of MMT compensate for the mismatch of the input beam from the optical parametric oscillator (OPO). Also, the other

flat mirror at the end of MMT adjusts the output beam to propagate toward the test cavity. We can achieve precise alignment within the optical tolerance budget of freeform mirror tilt ( $\pm 0.1^\circ$ ) and Z-decenters ( $\pm 0.2$  mm) through the CMM measurement and compensation processing.

#### [7 AT-05] Method for Measuring Misalignment of Individual Optical Components Using CMM

Jimin Han<sup>1</sup>, Hojae Ahn<sup>1</sup>, Joong Kyu Ham<sup>2</sup>, Daewook Kim<sup>3</sup>, Geon Hee Kim<sup>2</sup>, Sunwoo Lee<sup>4</sup>, Woojin Park<sup>5</sup>, Daehan Jung<sup>1</sup>, Seung-Wook Park<sup>6</sup>, Dae-Hee Lee<sup>5</sup>, Soojong Pak<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>School of Space Research, Kyung Hee University,

<sup>2</sup>AeroSpace Optics Center, Hanbat University,

<sup>3</sup>Wyant College of Optical Sciences, University of Arizona,

<sup>4</sup>Korea Basic Science Institute,

<sup>5</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute,

<sup>6</sup>EO/IR Systems R&D, LIG Nex1

We developed an infrared (MWIR/LWIR) hyperspectral spectrometer for small-size payload applications to aim for large-area surveillance. The system has an EPD (Entrance Pupil Diameter) of 40 mm, an f-ratio of 1.9, and a Field of View of  $8.25^\circ \times 6.21^\circ$ . The telescope adopts an unobscured off-axis Three-Mirror System (TMS) and satisfies the Linear Astigmatism Free (LAF) condition by utilizing freeform mirror surfaces. The tolerance range to achieve the Nyquist sampling for 80% EED (Encircled Energy Diameter) of 30  $\mu\text{m}$  over the full field is a decenter range of  $\pm 100 \mu\text{m}$  and a tilt range of  $\pm 3$  arcmin. To evaluate the optical misalignment of each mirror, we develop a coordinate modeling method using a coordinate-Measuring Machine (CMM). For the CMM probing, mirrors have reference planes (X, Y, and Z-plane) on the front side. In preparation for mirror assembly, we make local position models between the reference surfaces and the center of the reflective surface via CMM. During the assembly process, we monitor the mirror position by probing the reference surfaces by CMM and we calculate the alignment error of each mirror, respectively. Based on the error evaluation, we compensate for the misalignment by remanufacturing the mirror mounting structure. Then, we perform the OpticStudio (i.e., ZEMAX) simulation-based prediction and compare it with the optical imaging test result. As a result, the RMS spot size of the simulation and image test are similar (12  $\mu\text{m}$ ) to each other. However, the shape of the low irradiance side (i.e., Point Spread Function wing) is different. The simulation expects



80% EED for 14.2  $\mu\text{m}$  while the image test results show 80% EED of 21.8  $\mu\text{m}$ . Nevertheless, we figured out that both methods satisfy the tolerance budget and the Nyquist sampling, and, finally, the CMM-based alignment process has been successfully demonstrated.

### [구 AT-06] Introduction to National Supercomputing Center for Astrophysics and Space Sciences in IBS (IBS 우주 초고성능컴퓨팅 전문센터 소개)

Muyoung Heo(허무영)  
*Institute for Basic Science (기초과학연구원)*

2022년 지정된 분야별 초고성능컴퓨팅 전문센터 제도를 소개하고, 우주분야 전문센터로 지정된 IBS내 공동활용 가능한 초고성능컴퓨팅 자원과 향후 구축 계획에 관하여 설명한다. 특히, 현재 운영 중이 1PF급 CPU 클러스터와 올해 구축 예정인 GPU 클러스터에 관하여 소개하고, 우주분야 전문센터 전용 자원으로 2026년 구축 계획 중인 49PF급 슈퍼컴퓨터에 대하여 소개한다. 마지막으로, 우주 초고성능컴퓨팅 전문센터의 향후 운영계획을 발표하고 올해부터 시범운영 예정인 우주분야 R&D 지원프로그램을 소개한다.

### [구 AT-07] KMAG: initial observation and status

Ho Jin<sup>1</sup>, Khan-Hyuk Kim<sup>1</sup>, Ian Garrick Bethell<sup>2</sup>, Woojin Jo<sup>1</sup>, Hyeonhu Park<sup>1</sup>, Junhyun Lee<sup>1</sup>, Seul-Min Baek<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Dept. of Astronomy & Space Science, Kyung Hee University, Republic Korea*

<sup>2</sup>*Dept. of Earth and Planetary Sciences, U.C. Santa Cruz, U.S.A*

<sup>3</sup>*Korea Astronomy and Space science Institute, Republic of Korea*

KPLO is operating in the 100 km altitude moon polar orbit. The KPLO, launched in August 2022, approached the moon after sailing on a 4.5-month BLT trajectory. It is now operating at an altitude of 100 km since late December, 2022. After launch, except for a few days, KMAG operations did well during the whole mission operation period. There are no hardware issues and the temperature is also very reasonable. The KMAG is a magnetic field measurement payload with three fluxgate magnetometer sensors inside the boom.

During the BLT cruise phase, that observation was really useful for KMAG data analysis. From this data, we were able to derive the offset values and some spacecraft noise characteristics. The data showed good quality, like ground test

performance. Fortunately, because the DSCOVR mission is working at L1 point, we could compare between KMAG and DSCOVR during the BLT phase. From this comparison, we can confirm that KMAG data is quite stable and reliable. The KPLO is now operating in the nominal mission phase. But the spacecraft noise issues still remain. In this presentation, we describe the initial observations, results and discussion.

### [구 AT-08] Preliminary mechanical design of GrainCams payload for the CLPS lunar rover

Bongkon Moon<sup>1</sup>, Woojin Kim<sup>1,2</sup>, Dukhang Lee<sup>1</sup>, Dae-Hee Lee<sup>1</sup>, Minsup Jeong<sup>1</sup>, Jihun Kim<sup>1</sup>, Seonghwan Choi<sup>1</sup>, Min Bae Kim<sup>1</sup>, Jehyuck Shin<sup>1</sup>, Mingyeong Lee<sup>1,2</sup>, ChaeKyung Sim<sup>1</sup>, Sungsoo S. Kim<sup>3</sup>, Young-jun Choi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute,*

<sup>2</sup>*University of Science and Technology*

<sup>3</sup>*Kyung Hee University*

GrainCams is a lunar rover payload designed to explore the lunar dust. This payload is being developed for the Commercial Lunar Payload Service (CLPS), which is part of the Artemis program in the US. GrainCams consists of two cameras, SurfCam and LevCam. The main goal of SurfCam is to provide 3D imaging of fairy castle structures believed to exist on the lunar surface. LevCam's objective is to understand dust speed and track the trail of lofting dust on the lunar surface.

In this talk we present the preliminary results of the structure design of GrainCams. This camera will operate in the extreme temperature of the moon. The thermal control of the payload is achieved by using a radiator and some heaters. The mechanical stiffness of the camera is also capable of enduring the vibration and shock conditions of the launcher. Each camera should weigh no more than 5kg and consume no more than 20W of power.

### [구 AT-09] The First Geodetic VLBI Observation at 22/43/88/132 GHz with the KVN

Shuangjing Xu, Taehyun Jung,  
*Korea Astronomy and Space Science Institute, 776 Daedeok-daero, Yuseong-gu, Daejeon 34055, Republic of Korea*

Geodetic and astrometric Very Long Baseline Interferometry (VLBI) has various scientific and practical applications by measuring telescope

coordinates, positions of celestial objects, earth orientation parameters (EOPs), and so on. Geodetic VLBI typically operates at centimeter wavebands, such as 2.3/8.4 GHz, 2-14GHz, 24GHz, and 8.4/32 GHz. Here, we report the first geodetic VLBI experiment simultaneously observing at 22/43/88/132 GHz (K/Q/W/D bands) with the Korean VLBI Network. For the first time, we demonstrate that the W and D bands can be used for geodesy. The higher frequency bands exhibit reduced frequency-dependent systemic errors, which highlights the potential for using the Compact Triple-band (K/Q/W) Receiver (CTR) in geodetic VLBI.

### [구 AT-10] Capella: A Space-only High-frequency Radio VLBI Network Formed by a Constellation of Small Satellites

Sascha Trippe  
*Seoul National University*

Very long baseline radio interferometry with ground-based observatories is limited by the size of Earth, the geographic distribution of antennas, and (at high frequencies) the transparency of the atmosphere. We present Capella, a tentative design of a space-only VLBI system. Using four small (less than 500 kg) satellites on two orthogonal polar low-Earth orbits, and single-band heterodyne receivers operating at frequencies around 690 GHz, the interferometer is able to receive angular resolutions of approximately 7 microarcsec. Within a total observing time of three days, a near-complete uv-plane coverage can be reached, with a 1-sigma point source sensitivity of about 5 mJy for an instantaneous bandwidth of 1 GHz. Downlink data rates of 10 Gbps can be reached through near-infrared laser communication, a global network of ground stations provided. We note that all key components required for the Capella system are already available. Science cases are photon rings around supermassive black holes, the acceleration and collimation zones of plasma jets emitted from the vicinity of supermassive black holes, the chemical composition of accretion flows into active galactic nuclei through observations of molecular absorption lines, and the magnetic activity of stars.

### [구 AT-11] Large satellite constellations and their impacts on astronomy and the night sky

Narae Hwang<sup>1,2</sup>, Federico Di Vruno<sup>3,2</sup>, Constance Walker<sup>4,2</sup>, Piero Benvenuti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute,*

<sup>2</sup>*IAU Center for the Protection of Dark and Quiet Skies,* <sup>3</sup>*SKA Observatory,* <sup>4</sup>*NSF's NOIRLab*

The deployment and operation of large constellations of Low Earth Orbit (LEO) satellites is creating great global challenges for the science of astronomy and is even producing effects on the appearance of the night sky. Large number of satellites affect optical astronomy and the night sky by reflecting sunlight, appearing as "moving stars" in the night sky or as very bright "trails" in astronomical observations. Radio astronomy is affected by the very strong radio signals beamed towards Earth (when compared to celestial radio sources), potentially saturating receivers or increasing the overall noise in radio observations. The international Astronomical Union (IAU) has taken two lines of action to deal with this situation, first to seek the creation of international recommendations from the UN Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS), and second to establish a Centre for the Protection of the Dark and Quiet Sky from Satellite Constellation Interference (IAU CPS) in collaboration with the SKAO and NSF's NOIRLab. While obtaining international recommendations may be a long process, good progress has been made in that respect. On the other hand, the IAU CPS seeks to develop a much more agile interaction, in a collaborative way between astronomers, industry and many other affected groups. It seeks to raise awareness and implement mitigation measures in the short term.

We present an introduction to the large constellations' impact on astronomy and then focus on the work of the IAU CPS, its membership, the activities of the four hubs (SatHub, Industry and Technology, Policy and Community Engagement) and other recent developments, including some latest activities on satellite observations, software tools (for avoidance and masking), and other mitigation measures implemented and in planning for optical and radio observatories.

## 항성, 항성계/외계행성

### [박 SA-01] The Progenitor System of Type Ia Supernova via Early-Time Observation using Small Telescope Network

Gu Lim  
*Department of Earth Science, Pusan National*

University

Type Ia supernovae (SNe Ia) are the explosion of a white dwarf (WD) in a close binary system and play a crucial role in understanding stellar evolution and measuring extragalactic distance. However, the progenitor system of SNe Ia is still a subject of debate: a system of WD primary and non-degenerate companion (single degenerate; SD) or a WD binary (double degenerate; DD). One way to distinguish between different scenarios is to detect the signature of shock-heated cooling emission predicted from the collision between SN ejecta and the companion star in the early light curve.

In this work, we present results from the Intensive Monitoring Survey of Nearby Galaxies (IMSNG) program, which uses a network of small telescopes (0.4-1.5-m class) to monitor SNe Ia with a high cadence ( $\sim 1$  day). We describe a new addition to the system, the KIAS Chamnun Telescope (KCT), and present the characteristics of the telescope, its automated operation, and future plans for customization.

We then present the early light curve analysis of two SNe Ia observed by IMSNG: 2019ein and 2021hpr. We fit the early light curves of these SNe Ia with various models to search for the shock-heated cooling emission from SN ejecta-companion interaction. For SN 2019ein, we find no significant shock-heated cooling emission, which allows us to constrain the size of the companion star to be smaller than  $0.2 R_{\odot}$  in R-band. For SN 2021hpr, we find a significant "early excess" feature on the light curve, and we use a two-component model to explain this feature. We estimate the companion radius to be  $8.84 \pm 0.58 R_{\odot}$  assuming the optimal viewing angle.

Our study demonstrates the power of high-cadence observation using small telescopes to study the early light curves of SNe Ia, and provides observational evidence to rule out specific progenitor scenarios. The results also highlight the need for further investigation into the progenitor system of SNe Ia.

### [구 SA-02] KSP-OT-201701a: Discovery of a Short-period and Unusually Helium-deficient Dwarf Nova

Youngdae Lee<sup>1,2</sup> (이영대), Sang Chul Kim<sup>2,3</sup> (김상철), Dae-Sik Moon<sup>4</sup> (문대식), Hong Soo Park<sup>2,3</sup> (박홍수), Maria R. Drout<sup>4</sup>, Yuan Qi Ni<sup>4</sup>, Hyobin Im(임효빈)<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Astronomy and Space Science, Chungnam National University (충남대), <sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute (천문연),

<sup>3</sup>Korea University of Science and Technology

(UST), <sup>4</sup>David A. Dunlap Department of Astronomy and Astrophysics, University of Toronto

We present the first ever discovery of a short-period and unusually helium-deficient dwarf nova KSP-OT-201701a by the Korea Microlensing Telescope Network Supernova Program. The source shows three superoutbursts, each led by a precursor outburst, and several normal outbursts in *BVI* during the span of  $\sim 2.6$  yr with supercycle and normal cycle lengths of about 360 and 76 days, respectively. Spectroscopic observations near the end of a superoutburst reveal the presence of strong double-peaked H I emission lines together with weak He I emission lines. The He/H intensity ratios measured by  $\text{HeI}_{\lambda 5876}$  and  $\text{H}\alpha$  lines are  $0.10 \pm 0.01$  at a quiescent phase and  $0.26 \pm 0.04$  at an outburst phase, similar to the ratios found in long-period dwarf novae, while significantly lower than those in helium cataclysmic variables (He CVs). Its orbital period of  $51.91 \pm 2.50$  minutes, which is estimated based on time-series spectroscopy, is a bit shorter than the superhump period of  $56.52 \pm 0.19$  minutes, as expected from the gravitational interaction between the eccentric disk and the secondary star. We measure its mass ratio to be  $0.37 \pm 0.26$  using the superhump period excess of  $0.089 \pm 0.053$ . The short orbital period, which is under the period minimum, the unusual helium deficiency, and the large mass ratio suggest that KSP-OT-201701a is a transition object evolving to an He CV from a long-period dwarf nova with an evolved secondary star. This discovery was on the press releases presented by the Chungnam National University (e.g. [https://mobile.newsis.com/view.html?ar\\_id=NISX20220204\\_0001746350](https://mobile.newsis.com/view.html?ar_id=NISX20220204_0001746350)).

### [구 SA-03] 3-D Photospheric Convection Simulations for Low-mass Zero-Age Main-Sequences

Kiehunn Bach, Yong-Cheol Kim  
Yonsei University

This study investigates the three-dimensional radiation-hydrodynamics (RHD) of surface convection in solar-type low-mass zero-age main-sequence stars. The outer convection zone (CZ) of low-mass stars is a highly turbulent region composed of partly ionized, compressible gases at high temperatures. The transition region, or super-adiabatic layer (SAL), is where the transport of energy changes drastically from convection to radiation. To accurately describe the physical processes in this region, detailed radiative transfer

is included in our hydrodynamic computations. The initial stratification of the thermodynamic structure is obtained from standard stellar evolutionary theory. Once the numerical fluid is thermally relaxed, we collect 3D snapshots of the steady-state turbulent flow with second-order time accuracy. From the size distribution of granulation and the temperature contrast between upflow and downflow, our numerical simulations successfully reconstruct photospheric convection. Now we extend our simulations for a wide range of masses and evolutionary statuses to terminal-age main-sequence (TAMS) and red giant phase. Our findings will provide a deeper insight into the dynamics of the outer CZ of low-mass stars.

#### [구 SA-04] Chemical composition of wide binaries observed with IGRINS

Dongwook Lim<sup>1</sup>, Andreas Koch-Hansen<sup>2</sup>, Seungsoo Hong<sup>1</sup>, Young-Wook Lee<sup>2</sup>, Sang-Hyun Chun<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>CGER, Yonsei University, <sup>2</sup>ZAH/ARI, Heidelberg University, <sup>3</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI)

The existence of wide binaries that show wide separations between the two component stars is one of the important and unresolved topics in Galactic astronomy. Not only is the formation mechanism of these wide binaries puzzling, but these objects are also an efficient tool for studying the halo structure and the assembly process of the Milky Way, as well as the existence and property of planets. In order to confirm the presence of wide binary pairs and examine their properties, we observed five pairs of newly reported co-moving stars with wider separations ( $> 10000$  AU) using the IGRINS spectrograph on the Gemini-South telescope. From this observation, we found remarkably similar chemical and dynamical properties between the two component stars, indicating that these stars were formed in the same environment. In this talk, we will present the first result of IGRINS NIR spectroscopy for wide binaries and discuss the advantage of IGRINS in this study.

#### [구 SA-05] KVN project: SMASTES (Simultaneous Multi-mAser Survey Toward Evolved Stars) - The beginning

Jaeheon Kim<sup>1</sup>, Se-Hyung Cho<sup>2</sup>, Seong-Min Son<sup>3</sup>, Bianca Els<sup>3</sup>, Hyun Baek<sup>3</sup>, and Kyung-Won Suh<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Radio Astronomy Division, Korea Astronomy and Space Science Institute  
<sup>2</sup>Astronomy Program, Department of Physics and

*Astronomy, Seoul National University*  
<sup>3</sup>*Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University*

From this year, we are carrying out a simultaneous multi-maser survey using the upgraded wide 4 band system of the KVN radio telescopes towards about 155 oxygen-rich objects, including semi-Regular variables, Mira variables, and OH/IR stars. Here, we introduce the beginning of this new KVN observational project, SMASTES.

Based on our previous KVN observational results of H<sub>2</sub>O (22 GHz) and SiO (43 GHz) masers (2009 - 2013), these 155 objects were selected to be distributed similarly in IRAS regions II, IIIa, and IIIb, considering the evolutionary stage on the IRAS two-color diagram. The purpose of our observations is to investigate statistically the characteristics of kinematic changes in the H<sub>2</sub>O maser (22 GHz) and various SiO transition lines (43, 86, 129 GHz bands) associated with a mass-loss mechanism and asymmetric outflow from the central star to the atmosphere → dust layer → outer circumstellar envelope during the evolution of early AGB to a late AGB star. These kinematic changes include the effects of pulsation, shock, radiation pressure on dust, and others. A wide frequency range of 4 receiving bands will allow observations of additional SiO transition lines (SiO  $v = 3, J = 1-0; v = 2, J = 2-1, 3-2; 28\text{SiO } v = 0, J = 1-0, 2-1, 3-2; 29\text{SiO } v = 0, J = 1-0, 2-1$ ), and other thermal molecular lines to be performed simultaneously, in order to assess SiO abundance, excitation conditions, and the detection rate of the SiO  $v = 3, J = 1-0$  maser, in addition to the chemical environment of the circumstellar envelope in evolved stars according to evolutionary phase. A spectral energy distribution (SED) analysis will also be performed by collecting all available infrared data from 1.2 to 240  $\mu\text{m}$  wavelengths.

### 태양우주환경

#### [박 SS-01] A Novel Method for Reconstruction of Coronal Magnetic Fields Using a Poloidal-Toroidal Representation of Magnetic Field

Sibaek Yi<sup>1</sup> (이시백) and Gwangson Choe<sup>1,2</sup> (최광선)  
<sup>1</sup>Department of Astronomy & Space Science, Kyung Hee University, Yongin 17104, Korea  
<sup>2</sup>School of Space Research, Kyung Hee University,

Yongin 17104, Korea

In this paper, we present a novel method for reconstruction of coronal magnetic fields as force-free fields (FFFs), unprecedentedly employing a poloidal-toroidal (PT) representation of magnetic field. The PT representation does not only satisfy the solenoidal condition of magnetic field, but also enables us to implement the boundary conditions of FFF problems,  $B_n$  and  $J_n$ , with boundary values of the poloidal and toroidal functions only.

The code developed with our new method has been tested against the analytical FFF models by Titov and Démoulin (1999), which involve a complex field geometry with a flux rope. The performance of our code has been compared to those of other FFF codes for the same models. Our new code is found to outperform others in reproducing diverse topological features of the Titov-Démoulin models, a flux rope, a bald patch, quasi-separatrix layers and hyperbolic flux tubes.

We have applied our new code to a real active region NOAA AR 11974, which produced two solar flares and a coronal mass ejection (CME). The time sequence of our numerical solutions reveals the connectivity changes responsible for each eruption. Not only those grand scale phenomena, but also the small scale magnetic structure in the neighborhood of the light bridge in a sunspot umbra has also been exhibited by our numerical solution.

### [구 SS-02] Solar Atmospheric Heating Originating in a Magnetic Loop Emerging into the Solar Atmosphere

Tetsuya Magara<sup>1,2</sup>, Yeonwoo Jang<sup>2</sup>, and Donghui Son<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Astronomy and Space Science, Kyung Hee University*

<sup>2</sup>*School of Space Research, Kyung Hee University*

We investigate an atmospheric heating mechanism operating on the Sun. The Sun has a magnetized atmosphere where a number of magnetic loops coexist, and observations show that the illumination of those magnetic loops emerging into the atmosphere occurs sporadically and intermittently. To understand what causes this illumination, we performed a magnetohydrodynamic simulation of flux emergence to obtain a high-cadence simulated data, where temperature enhancement was identified at the footpoint of an emerging magnetic loop. Since this loop is an evolving loop dynamically formed in a low plasma beta

atmosphere, a downflowing plasma in the loop can locally be compressed by the magnetic field surrounding the loop, which drives a strong supersonic downflow generating an effective footpoint heating source. This introduces an energy conversion system to the magnetized atmosphere of the Sun, in which the free magnetic energy causing the compression via Lorentz force is converted to the flow energy, and eventually reduced to the thermal energy. We explain how this system contributes to solar atmospheric heating.

### [구 SS-03] Development of a diagnostic coronagraph on the ISS: CODEX progress report

Yeon-Han Kim<sup>1</sup>, Seonghwan Choi<sup>1</sup>, Su-Chan Bong<sup>1</sup>, Kyungsuk Cho<sup>1,2</sup>, Jeffrey Newmark<sup>3</sup>, Nat.

Gopalswamy<sup>3</sup>, KASI-NASA Coronagraph Team

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute, Korea*

<sup>2</sup>*University of Science and Technology, Korea*

<sup>3</sup>*NASA Goddard Space Flight Center, USA*

The Coronal Diagnostic Experiment (CODEX) is a KASI-NASA joint project to develop a diagnostic coronagraph on the ISS, which is designed to obtain simultaneous measurements of the electron density, temperature, and velocity using multiple filters in the 2.5-10 Rs range. The KASI is in charge of developing the flight models of KASI subsystems; focal plane assembly (FPA), filter wheel assembly (FWA), and mechanism control electronics (MCE) which controls the FWA and aperture door of the coronagraph. In August 2022, we had completed the flight models of KASI hard-wares and delivered them to the Goddard Space Flight Center (GSFC). The KASI is also responsible for developing the CODEX control electronics (CCE), the flight software, and ground operating software. After the delivery of KASI hard-wares, we have continuously supported CODEX assembly, integration, and test. Recently, the CODEX launch was delayed to the middle of 2024, which was originally planned at the end of 2023. In this presentation, we will introduce recent progress and future plan.

### [구 SS-04] Turbulent Magnetic Diffusivity $\beta$ effect in a Magnetically Forced System (자기 구동 플라즈마 시스템의 난류 자기 확산 계수 $\beta$ 효과)

Kiwan Park, Myung-Ki Cheoun, Chang-Bae Kim  
*Physics Dept., Soongsil University*

이 발표는 자기장 에너지 또는 전류가 역학 에너지보다 큰 플라즈마 시스템에서 자기장이 증폭되는 현상에 관한 내용을 다룬다.

플라즈마 시스템 내의 자기장 구동 방식의 다이나모는 역학적 구동 과정에 비해 직접적으로 관찰되는 현상은 아니다. 그러나 직접적인 역학적 요인이 관측되지 않는 항성 코로나, 강착 디스크, 플라즈마 실험실 또는 기타 자기화된 플라즈마 시스템에서 주된 메커니즘으로 존재하는 것으로 파악되고 있다. 플라즈마-자기장 상호 작용은 본질적으로 비선형적 커플링 현상이어서 직관적인 이해나 이론적인 계산이 쉽지는 않지만, 플라즈마 시스템이 헬리컬 에너지에 의해 구동되는 경우 비선형 프로세스는 의사 텐서  $\alpha$ ,  $\beta$ 와 자기장 자체로 선형화가 가능하다. 또 이로부터 태양 자기장의 11년 주기의 N-S극 역전 현상을 설명할 수 있으며, 원칙적으로 완전한  $\alpha$  &  $\beta$  계수는 비정상적인 태양 자기장 활동도 설명 및 예측이 가능하다.

현재까지 많은 이론적 수치적 연구에도 불구하고 정확한  $\alpha$ ,  $\beta$  텐서를 찾아내지 못했고, 대개 정성적인 이론적 추론과 그에 따른 수치적 접근이 주류를 이루고 있었다 (stretch-twist-folding). 전체 플라즈마 시스템의 비선형 자기장 증폭은 이러한 불안정한 이해를 바탕으로 연구가 진행돼 왔는데, 한 예로 종래의  $\alpha$ 효과가 운동에너지를 자기에너지로 변환하고 전이시키는 주된 다이나모 효과로 생각돼 왔으며, 반면 자기 확산  $\beta$  효과는 자기 에너지를 확산시키는 것으로 이해하고 있었다. 또한 유체 현상에 기반을 둔 대부분의 엄밀한 이론적인 접근 역시 (MFT, DIA, EDQNM) 이러한 개념적 결론을 추종하는 방향으로 진행돼 온 것이 사실이다.

본 논문에서는  $\alpha$ 와  $\beta$ 의 완전한 해석적 정의를 하거나 기존 이론을 나열하지는 않고, 근본적인 물리량인 자기장 에너지와 자기 헬리시티를 사용하는 해석식을 유도하고 해를 구한 다음, 이들을 가공하지 않은 컴퓨터 시뮬레이션 (DNS) 데이터에 적용하여 각 계수들이 시간적으로 변화하는 프로파일을 만들어 냈다. 그 결과, 기존의 이해처럼  $\alpha$  효과가 자기장을 증폭하는 데 주요 프로세스로 작용하는 것이 아니고, 오히려 단순 확산 효과만을 갖고 있다는  $\beta$  효과가 라플라시안과 ( $\nabla^2 \rightarrow -k^2$ ) 결합해 자기장을 증폭하는 것이 확인됐다.

그 외에도 마이너스  $\beta$  확산은 Navier Stokes 방정식의 로렌츠항을 통해 플라즈마 운동 에너지를 억제하는 것으로 확인됐다. 이는 플라즈마의 열, 역학적 에너지가 전자기장 에너지로 전환됨을 의미하는데, 이 과정이 마이너스 자기 확산  $\beta$  효과에 의해 선형적으로 설명된다.

논문에서는 수치적, 통계 난류 이론 및 전자기적 필드 구조 모델을 사용하여 프로세스를 설명하고 다각도로 증명하였다. (Park 2020, Park et al 2023, ApJ)

### [구 SS-05] A Comparative Analysis of Numerical Methods for Solving a 3D Self-Gravity Equation : Performance Evaluation in Single-Processing and Multi-Processing Systems using MPI and OpenMP

Donghui Son<sup>1</sup>, Yeonwoo Jang<sup>1</sup>, Tetsuya Magara<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Astronomy and Space Science, Kyung Hee University, Yongin 17104, Republic of Korea

<sup>2</sup>School of Space Research, Kyung Hee University, Yongin 17104, Republic of Korea

This study compares the performance of various numerical methods for solving a 3D self-gravity equation in both single-processing and multi-processing systems using MPI and OpenMP. The compared methods include Jacobi, Gauss-Seidel, SOR, Conjugate Gradient, and Multigrid. The ultimate goal of this study is to determine the gravitational field in the solar interior where anisotropic and unsteady conditions must be applied. The performance evaluation of each method focuses on speedup, efficiency, and accuracy. Additionally, the comparison is conducted on different grid systems with dimensions ranging from 201x201x201 to 1601x1601x1601 to provide a comprehensive analysis of each method's performance across various grid sizes and resolutions. The study highlights the suitability of each method for different grid systems and emphasizes the importance of selecting the appropriate numerical method for a given problem and grid system. The findings of this study will be useful for researchers and practitioners in the field of computational astrophysics.

### [구 SS-06] Quantitative characterization of active region magnetic structure based on the geometric property of force-free $\alpha$

Yeonwoo Jang<sup>1</sup>, Sibaek Yi<sup>1</sup> and Tetsuya Magara<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>School of Space Research, Kyung Hee University, 1732, Deogyong-daero, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do 17104, Rep. of Korea, <sup>2</sup>Department of Astronomy and Space Science, Kyung Hee University, 1732, Deogyong-daero, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do 17104, Rep. of Korea

We investigate how the geometric property of a scalar position function, the so-called force-free  $\alpha$  quantitatively characterizes the magnetic structure of solar active regions. The scatter plot of  $(\alpha, \nabla^2 \alpha)$  shows a characteristic curved shape representing a twisted magnetic field configuration in two model active regions, one of which is formed by an emerging magnetic flux tube composed of strongly twisted field lines while the other is formed by a weakly twisted flux tube. By generalizing the concept of an axis field line in a uniformly twisted cylindrical flux tube, we introduce a topological object called principal field line to represent magnetic structure reconstructed using force-free

fields. The geometry of principal field lines and associated scatter plots of  $(\alpha, \nabla^2 \alpha)$  may be used for quantitative classification of active regions with different magnetic configurations, generating various kinds of coronal plasmas and solar winds.

## 외부은하 / 은하단

### [구 GC-01] New estimators of quasar Lbol and MBH with MIR continuum luminosities

Dohyeong Kim<sup>1</sup>, Myungshin Im<sup>2</sup>, Minjin Kim<sup>3</sup>,  
Yongjun Kim<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>PNU, <sup>2</sup>SNU, <sup>3</sup>KNU

We derive new quasar bolometric luminosity (Lbol) and black hole mass (MBH) estimators using the mid-infrared (MIR) continuum luminosities measured from infrared (IR) photometric data of 2MASS and WISE. The new estimators can be used for dust-obscured quasars since they are relatively immune from dust extinction effects. In order to derive the estimators, we use 1103 unobscured SDSS quasars at  $z < 0.5$ , and they have wide ranges of Lbol ( $10^{44.12} - 10^{46.35}$  erg/s) and MBH ( $10^{7.52} - 10^{9.57}$  solar mass). We find that the new estimators allow the determination of Lbol and MBH at an accuracy of  $\sim 0.2$  dex against the fiducial estimates based on optical properties. Moreover, we apply the new estimators to 2501 SDSS quasars at  $z < 0.5$ . Finally, we find that a non-negligible fraction ( $>20\%$ ) of SDSS quasars is significantly affected by the dust extinction, and the dust extinction needs to be carefully taken into account when deriving quasar properties.

### [구 GC-02] Missing polarization problem of radio jet in NGC1275

Minchul Kam<sup>1</sup>, Jongho Park<sup>2</sup>, Sascha Trippe<sup>1</sup>,  
Do-Young Byun<sup>2</sup>, Jeffrey Hodgson<sup>3</sup>, Motoki Kino<sup>4,5</sup>,  
Hiroshi Nagai<sup>5,6</sup>, Andrew Fabian<sup>7</sup>, Jeremy Sanders<sup>8</sup>,  
Taehyun Jung<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Seoul National University, <sup>2</sup>Korea Astronomy and  
Space Science Institute, <sup>3</sup>Sejong University,  
<sup>4</sup>Kogakuin University of Technology & Engineering,  
Academic Support Center,  
<sup>5</sup>National Astronomical Observatory of Japan,  
<sup>6</sup>Department of Astronomical Science, the  
Graduate University for Advanced Studies, <sup>7</sup>The  
Institute of Astronomy at the University of  
Cambridge, <sup>8</sup>The Max Planck Institute for

### Extraterrestrial Physics

3C 84 is an active galactic nucleus with a young radio jet located at the center of the elliptical galaxy NGC 1275. It is well-known as an unpolarized source at cm wavelengths even though the main emission mechanism of radio jets is synchrotron radiation. This is probably due to depolarization by strong Faraday rotation. However, the origin of the Faraday rotation has been a matter of debate for the past 20 years. To investigate this, we measured the Faraday rotation measure (RM) at the jet termination region (C3) of 3C 84 with the Korean VLBI Network (KVN) and Very Long Baseline Array (VLBA) when C3 was at different locations over time. Surprisingly, all the RM values ranging from 1 to 10 pc decrease with distance from the central black hole, following a single power law. This strongly suggests that, contrary to previously assumed, the RM values measured at different positions actually originate from the same medium. Based on these observations, we conclude that the ionized gas distributed around the central AGN is the origin of the Faraday rotation.

### [구 GC-03] RadioAstron Space VLBI Imaging of the jet in M87: I. Detection of high brightness temperature at 22 GHz

Jae-Young Kim<sup>1,2</sup>, Tuomas Savolainen<sup>3,4,2</sup>, Peter  
Voitsik<sup>5</sup>, Evgeniya V. Kravchenko<sup>6,5</sup>, Mikhail M.  
Lisakov<sup>2,5</sup>, Yuri Y. Kovalev<sup>2,5,6</sup>, Hendrik Mueller<sup>2</sup>,  
Andrei P. Lobanov<sup>2,6</sup>, Kirill V. Sokolovsky<sup>7,8,9</sup>,  
Gabriele Bruni<sup>10</sup>, Philip G. Edwards<sup>11</sup>, Cormac  
Reynolds<sup>12</sup>, Uwe Bach<sup>2</sup>, Leonid I. Gurvits<sup>13,14</sup>,  
Thomas P. Krichbaum<sup>2</sup>, Kazuhiro Hada<sup>15,16</sup>,  
Marcello Giroletti<sup>17</sup>, Monica Orienti<sup>17</sup>, James M.  
Anderson<sup>18</sup>, Sang-Sung Lee<sup>19</sup>, Bong Won Sohn<sup>19</sup>,  
and J. Anton Zensus<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Kyungpook National University, <sup>2</sup>Max Planck  
Institute for Radio Astronomy, <sup>3</sup>Aalto University,  
<sup>4</sup>Aalto University Metsahovi Radio Observatory,  
<sup>5</sup>Lebedev Physical Institute of the Russian Academy  
of Science, <sup>6</sup>Moscow Institute of Physics and  
Technology, <sup>7</sup>University of Illinois at  
Urbana-Champaign, <sup>8</sup>Michigan State University,  
<sup>9</sup>Moscow State University, <sup>10</sup>INAF-Institutodi  
Astrofisica e Planetologia Spaziali, <sup>11</sup>CSIRO  
Astronomy and Space Science, Epping, Australia,  
<sup>12</sup>CSIRO Astronomy and Space Science, Bentley,  
Australia, <sup>13</sup>Joint Institute for VLBI ERIC, <sup>14</sup>Delf  
University of Technology, <sup>15</sup>Mizusawa VLBI  
Observatory, NAOJ, <sup>16</sup>The Graduate University for  
Advanced Studies, Japan, <sup>17</sup>INAF Istituto di  
Radioastronomia, <sup>18</sup>Leibniz Institute for Agricultural  
Engineering and Bioeconomy, <sup>19</sup>KASI

We present the first results from the 22 GHz space very-long-baseline interferometric (VLBI) observations of M87 by RadioAstron, the highest-frequency, longest-baseline space-VLBI program as of 2023. As a part of the Nearby AGN Key Science Program, M87 was observed in Feb 2014 at 22 GHz with 21 ground stations, reaching projected (u,v)-spacings up to  $\sim 11$  Giga-wavelength ( $G\lambda$ ), with the main goal of resolving event-horizon scale structures around the central SMBH. Fringes are detected up to  $\sim 2.8$  Earth Diameter or  $\sim 3 G\lambda$  baseline lengths, resulting in a new image with  $\sim 150$   $\mu$ as angular or  $\sim 20$  Schwarzschild radii spatial resolution. The new image not only shows edge-brightened jet and counterjet structures but also clearly resolves the VLBI core region. Remarkably, the ground-space fringe detection reveals the presence of substructures in the nucleus, whose minimum brightness temperature exceeds  $\sim 10^{12}$  K, the well known inverse-Compton catastrophe limit. We discuss these results in the context of the EHT black hole shadow and brand-new results from 3mm VLBI observations of M87.

#### [7 GC-04] External Compton Origin of the Gamma-ray Flares from the Jet of the Blazar CTA 102 in 2016-2018

Sang-Hyun Kim<sup>1,2</sup>, Sang-Sung Lee<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute,*

<sup>2</sup>*University of Science and Technology, Korea*

CTA 102 is a gamma-ray bright blazar that showed strong and variable gamma-ray flares detected by the Fermi Large Area Telescope in 2016-2018. We present a multiwavelength study of CTA 102 during 2012-2018 to reveal the nature of gamma-ray flares from the jet of the source. We used the radio, optical, X-ray, and gamma-ray data to investigate the correlation between multiwavelength flares at radio to gamma-ray. We found six flares in the gamma-ray light curve. The strongest gamma-ray flare was found to be peaking on 2016 December 27. Cross-correlation analysis of multiwavelength flares was carried out in different time ranges, including periods of individual flares and extended flaring periods. We found significant correlations between the strongest gamma-ray flare and optical flares with zero time lag above 95% confidence levels, implying a co-spatial origin. During a gamma-ray flaring period peaking on 2018 January 2, significant correlations were found between gamma-ray and radio/optical, with the gamma-ray leading radio and optical. In the 43 GHz Very Long

Baseline Array images on milliarcsecond-scales, a new jet component emerged from the radio core, which is coincident with the 2018 gamma-ray flare. We derived the location of the gamma-ray flaring region in 2018 to be 5-14 pc upstream of the millimeter radio core. Using the flux-flux relation, the correlated optical and gamma-ray fluxes suggest that external Compton scattering is the dominant emission mechanism for gamma-ray flares.

#### [7 GC-05] Impact of AGN on ionised gas kinematics

Sree Oh, Sukyoung Yi and the SAMI team  
*Yonsei University*

We investigate the impact of AGN on the gas and stellar velocity dispersions ( $\sigma_{\text{gas}}$  and  $\sigma_{\text{star}}$ ) using the 3D spectroscopy data from the SAMI galaxy survey.  $\sigma_{\text{star}}$  (derived from absorption lines) tends to be higher than  $\sigma_{\text{gas}}$  (measured using emission lines), suggesting that stars are generally dynamically hotter than ionised gas. We find that the ratio of  $\sigma_{\text{gas}}$  and  $\sigma_{\text{star}}$  ( $\Delta\sigma = \log \sigma_{\text{gas}}/\sigma_{\text{star}}$ ) strongly correlates with the contribution of AGN, implying that AGN inflates gas velocity dispersions. One possibility is AGN-driven outflow. We confirm the impact of AGN on gas kinematics by fitting emission lines with broad and narrow components. Galaxies with broad component show inflated gas velocity dispersions than the prediction. Also, we find a tight correlation between the velocity dispersion of the broad component ( $\sigma_{\text{broad}}$ ) and the power sources: AGN shows a much higher  $\sigma_{\text{broad}}$ . Therefore, we conclude that gas kinematics is sensitive to the power sources, and AGN contributes to inflated gas velocity dispersions.

#### [7 GC-06] Using Mutual Information for Time Delay Estimation in Reverberation Mapping

William Davison<sup>1,2</sup>, David Parkinson<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute,*

<sup>2</sup>*University of Science and Technology*

The continuum and line-emission spectra from active galactic nuclei vary with time, and one can lag the other, due to the location in the black hole accretion disk where it is emitted. Here we present a new method for measuring this time lag and estimating the dimension of the disk, known as the mutual information. The mutual information matches the time-series of the two spectra in a non-linear manner, and can potentially identify



multiple separate matches relating to different time-delays. Preliminary results from work on OzDES H Beta and MgII light curve data shows that the mutual information is competitive with current methodologies and shows good agreement with other time-delay methods.

### [구 GC-07] Evolution of Magnetized Gas in Disk Galaxies and Its Applications to the Observed Spiral Structures

Yonghwi Kim<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Astronomy, Yonsei University,

<sup>2</sup>School of Physics, Korea Institute for Advanced Study

During the last decades, galactic magnetic fields have been observed in detail in a number of disk galaxies. It is still unclear, however, how the magnetic fields interact with gas flow associated with spiral density waves. Several previous studies show that magnetic fields reduce the shock strength due to the magnetic pressure force, which in turn results in larger offsets between the stellar and gaseous arms and lower mass drift rates than those in the unmagnetized counterparts, based on the density wave theory. By performing numerical simulations, I investigate the morphological and dynamical evolution of the magnetized gas induced by stellar spiral arms and compare with the observed quantities of physical parameters, such as spiral strength, pitch angle, and momentum transport. From this study, I confirm that the substructures like spur and/or wiggles are suppressed, although not completely, by the magnetic stress and formation mechanism of these structures is based on the magnetized wobble instability. I also find that the measured spacing of these features is well consistent with that of observed interarm features and magnetic fields stretched by the spiral potential accumulate in between two shocks near the corotation radius, developing into magnetic arms with less density but stronger fields than the surrounding regions. In addition, I quantify the contribution of the magnetic stress to the physical values of gaseous features and present physical interpretations of our results. In the last, I will present another interpretation on the pitch angle of the gaseous arms which is smaller than that of the stellar arms by analyzing results both of numerical and observation samples, under the prediction of the density-wave theory, independently.

### [구 GC-08] WISDOM Project - Giant Molecular Clouds in the Central Region of

### the Barred Spiral Galaxy NGC 5806

Woorak Choi<sup>1</sup>, Lijie Liu<sup>2</sup>, Martin Bureau<sup>3</sup>, Michele Cappellari<sup>3</sup>, Timothy Davis<sup>4</sup>, Jindra Gensior<sup>5</sup>, Fu-Heng Liang<sup>3</sup>, Anan Lu<sup>6</sup>, Thomas Williams<sup>3</sup>, Aeree Chung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Astronomy, Yonsei University, Seoul, South Korea, <sup>2</sup>Cosmic Dawn Center, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark, <sup>3</sup>Sub-department of Astrophysics, Oxford University, Oxford, UK, <sup>4</sup>School of Physics and Astronomy, Cardiff University, Cardiff, UK, <sup>5</sup>Institute for Computational Science, Zurich University, Zurich, Switzerland, <sup>6</sup>McGill Space Institute and Department of Physics, McGill University, Montreal, Canada

We present high spatial resolution ( $\approx 24$  pc) Atacama Large Millimeter/sub-millimeter Array 12CO(2-1) observations of the central region of the nearby barred spiral galaxy NGC 5806 as part of the mm-Wave Interferometric Survey of Dark Object Masses (WISDOM) project. NGC 5806 has a highly structured molecular gas distribution with a clear nucleus, a nuclear ring and offset dust lanes. We identify 170 spatially- and spectrally-resolved giant molecular clouds (GMCs). These clouds have comparable sizes ( $R_c$ ) and larger gas masses, observed linewidths ( $\sigma_{\text{obs,los}}$ ) and gas mass surface densities than those of clouds in the Milky Way disc. The size - linewidth relation of the clouds is the steepest reported so far ( $\sigma_{\text{obs,los}} \propto R_c^{1.07}$ ), the clouds are on average only marginally bound (with a mean virial parameter  $\langle \alpha_{\text{vir}} \rangle \approx 2$ ), and high velocity dispersions are observed in the nuclear ring. These behaviours are likely due to bar-driven gas shocks and inflows along the offset dust lanes, and we infer a total molecular gas mass inflow rate of  $\approx 5 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$  with a velocity of  $120 \text{ km s}^{-1}$  into the nuclear ring. The number of clouds in the nuclear ring decreases with azimuthal angle downstream from the dust lanes without clear variation of cloud properties. This likely arises from the short estimated lifetime of the clouds ( $\approx 6 \text{ Myr}$ ). Overall, it thus seems that the presence of the large-scale bar and gas inflows to the centre of NGC 5806 affect cloud properties.

### [구 GC-09] Mg II Doublet Emission Line in Galactic Environments: The doublet ratio and escape fraction

Kwang-Il Seon(선광일)

Korea Astronomy and Space Science Institute  
(한국천문연구원)

Metallic doublet emission lines, such as Mg II 2796, 2803Å, provide crucial information for understanding galaxies and their circumgalactic medium. The Mg II doublet line's spectral shape, flux ratio, and escape fraction serve as proxies for physical conditions of the interstellar and circumgalactic media. Recently, it was suggested that Mg II could be used to infer the escape fraction of the Lyman Continuum (LyC) and Ly $\alpha$ , making it a valuable tool for investigating cosmic reionization sources. However, radiative transfer studies on its usefulness as a tracer of LyC leakage are scarce. We discuss the doublet line ratio ( $R = 2796/2803$ ) and escape fraction of Mg II using spherical and non-spherical models and their implications in understanding the recent observations. For instance, it was found that, in disk-like face-on galaxies, the Mg II line ratio can be higher than the optically thin value (i.e.,  $R > 2$ ).

#### [7 GC-10] KS4 Red Sequence Galaxy Cluster Survey at $z \sim 0.2-0.4$

Bomi Park<sup>1</sup>, Myungshin Im<sup>1</sup>, Joonho Kim<sup>3,1</sup>, Minhee Hyun<sup>2</sup>, Seong-Kook Lee<sup>1</sup>, Jae-Woo Kim<sup>2</sup>, Eunhee Ko<sup>1</sup> and KS4 team

<sup>1</sup>*SNU Astronomy Research Center, Department of Physics and Astronomy, Seoul National University, Seoul 08826, Korea*

<sup>2</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 34055, Korea*

<sup>3</sup>*Daegu National Science Museum, 20, Techno-daero 6-gil, Yuga-myeon, Dalseong-gun, Daegu 43023, Republic of Korea*

Galaxy clusters are the largest structures in the universe located at the top of the cosmological hierarchical model, so the evolution of the universe can be understood by studying clusters of galaxies. Therefore, finding a larger number of galaxy clusters plays an important role in exploring how the universe evolves. A large number of catalogs for galaxy clusters in the northern sky have been published; however, there are few catalogs in the southern sky due to the lack of wide sky survey data. KMTNet Synoptic Survey of Southern Sky(KS4) project, which observes a wide area of the southern sky about 7000 deg<sup>2</sup> with KMTNet telescopes for two years, is in progress under the SNU Astronomy Research Center. We use the KS4 multi-wavelength optical data and find massive galaxy clusters at redshift  $z < 1$  using the cluster red-sequence method, and this is the interim results at lower redshift. This will improve the study of galaxy clusters in the southern sky.

#### [7 GC-11] On The Origin And Evolution Of The Intra-Cluster Light: A Brief Review Of The Most Recent Developments.

Emanuele Contini  
*Yonsei University.*

Not all the light in galaxy groups and clusters comes from stars that are bound to galaxies. A significant fraction of it constitutes the so-called intracluster or diffuse light (ICL), a low surface brightness component of groups/clusters generally found in the surroundings of the brightest cluster galaxies and intermediate/massive satellites. In this talk, I will describe the mechanisms responsible for its formation and evolution, considering the large contribution given to the topic in the last decades by both the theoretical and observational sides. Starting from the methods that are commonly used to isolate the ICL, I will address the remarkable problem given by its own definition, which still makes the comparisons among different studies not trivial, to conclude by giving an overview of the most recent works that take advantage of the ICL as a luminous tracer of the dark matter.

#### [7 GC-12] Digging for red nuggets in DESI data

Christoph Saulder  
*Korea Astronomy and Space Science Institute*

We use DESI data to search for red massive ultra-compact galaxies, known as red nuggets. These objects are formed rapidly in the early universe and remain quiescent galaxies for the remainder of their existence. While most of them get destroyed by mergers over time, some few of them remain as relic galaxies and can be still found in the local universe. We use redshifts collected during the survey validation of DESI to identify red nuggets by calculating the stellar masses using CIGALE and radii using the distance-redshift relation. We discovered hundreds of red nugget candidates within early DESI data and can expect thousands for the completed survey, which will increase the number of known relics by orders of magnitude compared to previous surveys. We plan to further characterize the candidates, which will provide a unique insight into star formation in the early universe and since they only evolve passively provide also an excellent laboratory.

## [박 GC-13] On the evolution of galaxies in dense environments with cosmological hydrodynamic simulations

Jinsu Rhee

*Yonsei University (연세대학교)*

Galaxies in dense environments are only a minority in the universe but are consequential objects in the theory of galaxy formation and evolution. In the early universe, the first massive galaxies evolved from dense regions through enormous interactions with their surroundings. At the moment or later, the hierarchical formation paradigm predicts that dense environments are the last place where galaxies spend the rest of their life. The interplay between galaxies and their environments is a widespread phenomenon in the universe at all ages, and thus, a detailed understanding is required. We have used the two state-of-the-art cosmological hydrodynamic simulation data for clusters (YZICS; Choi & Yi, 2017) and for groups/fields (NewHorizon; Dubois et al. 2021).

At first, we introduce a new concept of galaxy finding—six-dimensional (6D) identification of galaxies—to the NewHorizon simulation which has an unprecedentedly high particle resolution allowing a large central number density of galaxies ( $10^6 \text{ kpc}^{-3}$ ). We encounter a very slow performance of the execution mainly due to the high-resolution features of the simulation. We develop several ideas to fix the cost-inefficient routines of the 6D metric calculations and achieve more than a factor of 1000 speed gains. Our new implementations result in the ideal performance of the identifications,  $O(N \log N)$ , without any loss of information on galaxies.

Then, we introduce a phase-space analysis that gives a new insight into comparing the prediction from cosmological simulations to galaxies in clusters in reality. We employ a phase-space diagram which is a plot of the velocity versus distance of galaxies with respect to their cluster centers. We confirm that a certain location of the phase-space can be connected to a certain orbital status of cluster galaxies. Provided that galactic properties in clusters vary over their orbital history, the phase-space distribution of galaxies infers the galactic properties. Along this line of thought, we provide statistical predictions of time since infall (TSI) and tidal mass loss of galaxies (subhalos) in the projected phase-space, which is directly applicable to the real cluster data.

We then utilize the phase-space analysis to the  $\sim 500$  SDSS clusters. By combining their SFR with our TSI prediction, we constrain the SFR

quenching timescale of cluster galaxies. We confirm that local cluster galaxies are quenched in a delay-then-rapid manner with a significant contribution from quenching prior to infall: galaxies are quenched before infall with  $\sim 3$  Gyr of the e-folding timescale, delayed for  $\sim 2$  Gyr after the entry to clusters, and then quickly quenched after the pericenter passage ( $\sim 1$  Gyr e-folding timescale). This implies that strong cluster effects have a strong impact on galaxies passing the pericenter, wherein ram pressure stripping is the most likely candidate. Furthermore, we conclude that the quenching occurring outside clusters is an important additional element of quenching inside clusters.

Lastly, we extend the scope of this thesis to group-sized halos. We use the NewHorizon simulations, wherein two small groups are simulated ( $M_{\text{vir}} = 1012.7$  and  $1012.9 M_{\odot}$ ). Satellite galaxies down to dwarf mass regime ( $10^7 - 10^8 M_{\odot}$ ) are investigated. We confirm that such small groups still show environmental quenching features in a way that they have a marginally higher fraction of quenched galaxies than their field counterparts. Half of the group satellite galaxies are quenched by the internal processes prior to infall through strong outflowing events or a decrease in the efficiency of their star-formation process. The other half has a cycle of the SFR quenching in groups, which is a different feature from the cluster quenching. Along the cycle, galaxies have a low amount of SFR at their pericenter passage, thereby the gas components are centralized and have a low star formation efficiency of which origin is still shrouded in mystery. In contrast, low-mass galaxies ( $< 10^8 M_{\odot}$ ) are mainly quenched through gas-removal processes (outflow or ram pressure stripping) perhaps due to their shallow potential.

Throughout the thesis, we study that galaxies are quenched with multiple channels. The importance of each channel depends on the condition of galaxies and environments (e.g., halo mass). Although a certain channel seems to be the dominant quenching process, it is not true that galaxies are quenched merely by that process. Galaxies have passed through several environments wherein different competitions between quenching processes are allowed in different environments. Thus, galaxies are quenched by the cumulative effects they have been affected during their life. Therefore, regardless of their final destinations, an understanding of their long-term evolution is required to study the star formation quenching of galaxies in dense environments.

## [구 GC-14] On the origin of the thick discs

## of spiral galaxies

Sukyoung K. Yi, San Han, J.K. Jang, Jinsu Rhee  
*Yonsei University, Department of Astronomy,  
 Seoul, Korea*

A thick disc is found in many disc galaxies including the Milky Way, and its origin has been an issue of debate ever since its discovery. Its significance in the disc ranges widely from a few to over fifty percent in mass fraction, depending on the galaxy and the measurement method. Recent high-resolution simulations resolve the vertical structure of discs and thus are suited to investigate this issue. We use the NewHorizon simulation that has the spatial and stellar mass resolutions of 34 pc and 104 solar mass. We also use the NewHorizon2 simulation that traces 9 chemical elements including alpha elements run on the same initial condition. Based on the sample of massive disc galaxies with stellar mass greater than 1010 Msun, the contribution of the thick disc to the galactic disc in r-band luminosity is roughly 10-20%, which is consistent with the external galaxy observations. Spatial sampling selecting the stars vertically off the galactic disc mid-plane reasonably secures finding the thick-disc stars, whereas an  $[\alpha/\text{Fe}]$  criterion is severely contaminated by kinematically-different stars. The mean positions of birth are not much different between spatially-thin and thick disc stars, and both are predominantly born in situ on the thin disc. Stars are generally born on the thin disc and get dynamically heated with time through various processes. Based on this simulation, we conclude that the dynamically hotter "thick" component of the disc is mainly of the internal origin reflecting the galaxy's star formation history rather than of an external origin. Naturally, more than one kinematically hot disc component is found in some galaxies because of their episodic star formation history.

## [7 GC-15] Slope of velocity dispersion profiles of galaxies in cosmological hydrodynamic simulations

San Han<sup>1</sup>, Sree Oh<sup>1</sup>, Mina Pak<sup>2</sup>, Sukyoung K. Yi<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*Yonsei University, Department of Astronomy,  
 Seoul, Korea.* <sup>2</sup>*Korea Astronomy and Space Science  
 Institute (KASI), Daejeon, Korea*

It has been suggested that radial velocity dispersion profiles of various shapes exist among galaxies. We investigate the inner and outer slopes of the stellar velocity dispersion of galaxies in two

cosmological hydrodynamic simulations, NewHorizon and Horizon-AGN, in comparison with the profiles measured in various integral field spectroscopic surveys. We find dispersion profiles of simulated galaxies agrees well with observation in inner slopes (for all mass range) and outer slopes (for massive galaxies). Inner slope is strongly dependent on the galaxy morphology and stellar mass, driven by different in-situ formation procedure. Outer slopes show wider range of distribution than inner slopes, which is driven by change of the velocity anisotropy due to different fraction of accreted stars. Overall, the mass and morphological dependence of velocity dispersion profiles can be explained by two factors. The mixing of ex-situ origin stars, and the dynamical heating of in-situ formed stars over time.

## [7 GC-16] Galaxy Quenching with Mass Growth History of Galaxy Groups and Clusters: The Importance of Post-Processing

So-Myoung Park<sup>1</sup>, Kyungwon Chun<sup>1</sup>, Jihye Shin<sup>1</sup>,  
 Hyunjin Jeong<sup>1</sup>, Joon Hyeop Lee<sup>1</sup>, Mina Park<sup>1,2,3</sup>,  
 Rory Smith<sup>4</sup>, and Jae-Woo Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI)*

<sup>2</sup>*School of Mathematical and Physical Sciences, Macquarie University*

<sup>3</sup>*ARC Centre of Excellence for All Sky Astrophysics in 3 Dimensions (ASTRO 3D), Australia*

<sup>4</sup>*Federico Santa Maria Technical University*

We investigate the fraction of quenched satellite galaxies in host galaxy groups and clusters using TNG300 in the IllustrisTNG cosmological magnetohydrodynamical simulations. Simulations show that most satellites are quenched after they fall into their hosts: post-processing is a more dominant mechanism of galaxy quenching than pre-processing. The fraction of quenched satellites at  $z = 0$  increases with host mass, which implies that more massive hosts have higher quenching efficiency. Furthermore, we find that hosts that have many early-infall satellites show a higher fraction of quenched satellites than those having many late-infall satellites, which results in a scatter of the quenched fraction of satellites in a given mass range of hosts at  $z = 0$ . Our results highlight the significance of the mass of hosts and the different infall times of satellites in understanding galaxy quenching.

## [7 GC-17] On the Origin of the Radius-Dependent Halo Spin Transition in the Cosmic Web

Jun-Sung Moon<sup>1,2</sup>, Jounghun Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Astronomy Program, Department of Physics and Astronomy, Seoul National University,* <sup>2</sup>*Research Institute of Basic Sciences, Seoul National University*

We examine the intrinsic alignment of inner halo spins with the cosmic web using the IllustrisTNG cosmological simulations. We measure the spin vectors in several different aperture radii around the halo center and find a radius-dependent spin alignment trend. The preferred spin direction transits from the intermediate to the major (maximum compression) principal axis of the local tidal field (Tweb) as the radius decreases. On a galaxy scale, dark matter (DM) and stellar spins are both aligned with the Tweb major axes. The transition radius turns out to be a function of halo mass, redshift, and Tweb smoothing scale: it moves outward as the former increases and the latter two decrease. We provide some clues for the possible origins of this peculiar spin transition as follows. (a) The same alignment trend is witnessed even in the DM-only runs, suggesting its non-baryonic origins. (b) The directions of the vortical flow, known as crucial for generating spins, always prefer to be perpendicular to the Tweb major axes, as opposed to the inner spins. (c) We provide an analytic model whose key tenet is that a competition between the internal tension and the tidal compression determines the principal directions in which the galaxy spins are aligned. The analytical and numerical results are in remarkable agreement with each other. [This abstract is extracted from Moon & Lee 2023a (ApJ in press, arXiv:2210.15905) and Moon & Lee 2023b (submitted to ApJ, arXiv:2302.00679)]

## 우주론/암흑물질/암흑에너지

### [구 CD-01] Search for primordial oscillations in the CMB power spectrum and bispectrum

Wuhyun Sohn<sup>1</sup> (손우현), Arman Shafieloo<sup>1</sup>, Dhiraj K. Hazra<sup>2,3</sup>, Akhil Antony<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute (한국천문연구원),* <sup>2</sup>*Homi Bhabha National Institute, India,* <sup>3</sup>*INAF/OAS Bologna, Italy*

I present our recent works on the search for oscillations in the primordial power spectrum and bispectrum. Using Planck CMB data, we constrain

various inflationary models which predict linear or log-spaced oscillations in the primordial spectra. Our newly developed public code, CMB-BEST, is utilised for a template-based search. We report a potential 'hint' of primordial features and discuss how we account for the look-elsewhere effect from having a large parameter space. Some future prospects for upcoming CMB surveys are provided.

### [구 CD-02] $Om3$ test of $\Lambda$ CDM with eBOSS data

Sangwoo Park<sup>1,2</sup>, Arman Shafieloo<sup>1,2</sup>, Varun Sahni<sup>3</sup>, and Alexei A. Starobinsky<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI), 776 Daedeok-daero, Yuseong-gu, Daejeon 34055, Korea,*

<sup>2</sup>*KASI Campus, University of Science and Technology, 217 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34113, Korea,*

<sup>3</sup>*Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics (IUCAA), Post Bag 4, Ganeshkhind, Pune 411 007, India,*

<sup>4</sup>*L. D. Landau Institute for Theoretical Physics RAS, Chernogolovka, Moscow region 142432, Russia*

The  $Om3$  diagnostic (Shafieloo et al. 2012) tests the consistency of the cosmological constant as a candidate for dark energy using Baryon Acoustic Oscillation (BAO) data. An important feature of  $Om3$  is that it is independent of any parametric assumption for dark energy, neither does it depend upon the dynamics of the Universe during the pre-recombination and post-recombination eras. In other words  $Om3$  can be estimated using BAO observables and used either to confirm or falsify the cosmological constant independently of the value of the Hubble constant  $H_0$  (expansion rate at  $z=0$ ), and the baryon drag epoch,  $r_d$  (which is a function of the physics of the Universe prior to recombination). Consequently  $Om3$  can play a key role in identifying the nature of dark energy (DE) regardless of the existing tensions in the standard model of cosmology and the possible presence of systematics in some of the data sets. We revisit  $Om3$  using the most recent BAO observables from the eBOSS survey in order to test the consistency of the cosmological constant with this data. Our results show a reasonable consistency of dark energy being the cosmological constant. Moreover with eBOSS data we have achieved an impressive precision of 1.5% for this three-point diagnostic. This demonstrates that  $Om3$  can be a very potent diagnostic of dark energy when used in conjunction with the high precision data expected from forthcoming large

scale structure surveys such as the Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) and Euclid.

### [ㄱ CD-03] Joint reconstructions of growth and expansion histories with minimal assumptions

Rodrigo Calderón<sup>1</sup>, Benjamin L'Huillier<sup>2</sup>, David Polarski<sup>3</sup>, Arman Shafieloo<sup>1</sup>, A. A. Starobinsky<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI),*

<sup>2</sup>*Sejong University*

<sup>3</sup>*Laboratoire Charles Coulomb & CNRS, Montpellier University*

<sup>4</sup>*Landau Institute for Theoretical Physics*

Using simulated data from upcoming (Stage-IV) cosmological surveys, we jointly reconstruct the Universe's growth and expansion histories using forward modeling and Gaussian Processes. Our approach only relies on few reasonable assumptions, namely:

- A (flat) Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker metric,

- An Einstein De Sitter (matter dominated) Universe at high-redshift.

We forecast the future surveys' potential to accurately reconstruct the Dark Energy (DE) evolution and thus to detect any possible deviation from a cosmological constant. We generate mock data for various alternative DE models, and illustrate how our method captures the correct DE behaviour in all cases — being capable of distinguishing them from  $\Lambda$  at more than 95% C.L.

We extend our methodology to include possible deviations from General Relativity (GR) at low- $z$ , by also reconstructing the phenomenological function  $Geff(z)$  governing the growth of (dust-like) matter density perturbations.

### [ㄱ CD-04] Zero-metallicity hypernova signature in the Sculptor dwarf galaxy

Tae-Yong Lee and Myoungwon Jeon  
*Kyung-Hee University*

Observing the first generation of stars, also known as Population III (Pop III), is difficult as they are expected to be brief and massive. Instead, finding fossil records of Pop III stars in local dwarf galaxies provides an alternate method to investigate their physical properties. Skuladottir et al. (2021) recently discovered a new star, AS0039, in the Sculptor dwarf spheroidal (dSph) galaxy, which suggests a possible imprint of the

first generation of stars. By comparing the abundance patterns of AS0039 with nucleosynthesis models for Pop III, they suggested that AS0039 may be well-matched with metal-free stars that have a mass of 21 solar masses exploding as a hypernova. This study explores whether cosmological hydrodynamic zoom-in simulations on dwarf galaxies can produce such a unique star that contains a distinct signature of the first stars. Additionally, this study discusses the environmental conditions required for an AS0039-like star to form.

### [ㄱ CD-05] Constructing Black Hole Dominated Universe Model by Numerical Relativity

Chan Park  
*Institute for Basic Science*

Modern cosmology has dark energy and dark matter problems. There are three major approaches to solving the problem. The first ways are to introduce exotic matters, and the second ways are to modify the theory of gravity. As a third way, we explore the effects of local inhomogeneities on universe. For this purpose, we construct a cosmological model including black holes with a rotation imitating galaxy cores. To solve the Einstein equation, we introduce numerical relativity. Then, we show the solutions and discuss their implications.

### [ㄱ CD-06] Imprint of patchy reionization on ultra-faint dwarf galaxies

Jaeun Kim and Myoungwon Jeon  
*School of Space Research, Kyung Hee University, 1732 Deogyong-daero, Yongin-si, Gyeonggi-do 17104, Republic of Korea*

Cosmic reionization is the most abrupt, simultaneous baryonic phase transition in the history of the Universe. Reionization has changed the gas and stellar properties of the galaxy by heating and ionizing the baryonic components. Low-mass galaxies, especially Ultra-Faint Dwarfs (UFDs), are likely the most vulnerable to reionization due to their shallow potential wells, experiencing the quenching of star formation by reionization. Recent observations have emphasized the importance of patchy reionization: the strength of the UV background might vary depending on the environment of the UFD at the time of reionization. As a result, UFDs can have different star formation histories (SFHs) depending on their

relative position with their host halo. However, in most cosmological hydrodynamic simulations, such environmental factors are not considered, and the effect of reionization has been applied homogeneously. In this work, we have performed a suite of cosmological hydrodynamic zoom-in simulations by considering the effect of patchy reionization. In this talk, we will present the details on how we implement the effect of reionization and discuss how the SFH of the simulated UFDs can vary due to the effect of patchy reionization.

### [구 CD-07] Investigating the scale of cosmic homogeneity using multi-fractal analysis of SDSS Quasar distribution.

Priya Goyal  
*Korea Institute for Advanced Study, Seoul*

The assumption that the Universe is homogeneous and isotropic on large scales is one of the fundamental postulates of cosmology. We have investigated the large-scale homogeneity of the eBOSS DR16 quasar distribution of Sloan Digital Sky Survey, by counting the number of quasars inside spheres of different radii,  $r$ , in the range  $5-150 h^{-1}$  Mpc centred on quasars. Different moments of the count-in-sphere were analysed to identify a range of length-scales ( $50-140 h^{-1}$  Mpc), where the moments show a power-law scaling behaviour, and to determine the scaling exponent that gives the spectrum of generalized dimension  $D_q$ . If the quasar distribution is homogeneous,  $D_q$  does not vary with  $q$  and is equal to the Euclidean dimension, which in our case is 3. Our analysis confirm the presence of a homogeneity scale in the spatial distribution of quasars as predicted by the fundamental assumptions of the standard cosmological model.

## 고에너지/이론천문학

### [구 HT-01] A Simulation Study of FR-I Jets: Structures and Dynamics

Ayan Bhattacharjee<sup>1</sup>, Jeongbin Seo<sup>1</sup>, Dongsu Ryu<sup>1</sup>, Hyesung Kang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Ulsan National Institute of Science and Technology*

<sup>2</sup>*Pusan National University*

Observational studies of radio galaxy jets show

that the morphology of the jet can be broadly divided into two types: the low-powered, center-brightened Fanaroff-Riley (FR) type I, which show a decelerated and diffused jet head, and the high-powered, edge-brightened FR-II, which remain highly relativistic and collimated till their termination. Recent observations have discovered low-powered FR-II sources and sub-classes of FR-I/II jets (lobed vs tailed FR-I; connected vs disconnected FR-II), suggesting that entrainment due to ambient media may play a more significant role than previously thought of, for the formation of FR-I jets. Furthermore, high-resolution imagings of FR-I jets confirm the existence of dynamic turbulent mixing layers, which are thought to be responsible for the formation of diffused and decollimated jet heads. In our recent 3D relativistic hydrodynamic simulations, we found that the jet morphology is primarily dictated by: 1. the longitudinal compression due to deceleration, and 2. the transverse expansion due to decollimation. We also found that: 1. the FR-I/II dichotomy was strongly dependant on jet power (lower power: FR-I like) and angle of observation (lower angles: FR-I like), 2. the density/pressure distribution of ambient media (steep vs flat) had a complex jet-power dependant effect on the morphology, and 3. the stellar mass-loading had negligible effects. In this study, we explore the detailed flow structures, such as the shocks, velocity shears, and turbulence, that form within the jet and backflow when a low-powered jet is injected into a stratified background media. We focus on: 1. the development of chaotic structures such as shocks and turbulence ("turbulent mixing layer") at the jet-backflow shear interface, 2. the energy dissipation through different components of the jets, and 3. connection between the deceleration and decollimation of the jet head. We also try to qualitatively connect our findings with the previous proposed mechanisms of generating such structures through different instabilities.

### [구 HT-02] Multi-wavelength analysis on the early afterglow of the extremely bright GRB 221009A

Donggeun Tak  
*Seoul National University*

GRB221009A is one of the most powerful gamma-ray bursts observed in the broad energy band from radio to TeV energy bands, providing invaluable information for a comprehensive understanding of the GRB afterglow. We performed the multi-wavelength analysis on the early afterglow phase of GRB221009A with optical, X-ray,

and gamma-ray data. We focused on investigating the evolution of the afterglow emission by studying the two time intervals, 0.5–0.8 and 1.2–2.1 days after the GRB trigger time. Our broadband spectral analysis across ten energy decades provides not only constraints on the physical parameters of synchrotron emission, but also reveals a rise of the cooling-break energy in time. The results are completely consistent with the external forward shock model with the electron spectral index of  $p = 2.25$  and the density profile of  $k=1.8$ . We identify the evolution of the cooling frequency in time approximately from 7.6 keV at 0.65 days to 15 keV at 1.68 days. In addition, we constrain the high-energy cutoff at around 1 GeV, which could be attributed to the maximum synchrotron limit.

### [구 HT-03] Constraint on the progenitor system and explosion mechanism of Type Ia supernova SN 2021aefx

Hyeonho Choi<sup>1,2</sup>(최현호), Myungshin Im<sup>1,2</sup>(임명신), Gu Lim<sup>1,2</sup>(임구), Gregory S.H. Paek<sup>1,2</sup>(백승학), Sophia Kim<sup>1,2</sup>(김소피아), Mankeun Jeong<sup>1,2</sup>(정만근), Seo-Won Chang<sup>1,2</sup>(장서원) and IMSNG Team<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>SNU Astronomy Research Center, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea

<sup>2</sup>Astronomy Program, Department of Physics & Astronomy, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea

The origin of Type Ia supernovae (SNe Ia) is still controversial with various models proposed to explain their progenitor system and the explosion mechanism. Since these models exhibit diversity in the very early phase light curve, the early phase observation plays a crucial role in constraining the model. The lack of early phase observation of SNe Ia, however, limits the testing of various models.

Here, we present the earliest observation of Type Ia supernova SN 2021aefx by IMSNG (Intensive Monitoring Survey of Nearby Galaxies) project and other facilities. The light curve of SN 2021aefx shows the unusual blue bump at the very early phase (2 days since first light). Since this feature is only expected by a few models, we compared three models: 1. Companion-ejecta interaction model, 2. Double detonation model, and 3. DOM-ejecta interaction model to reproduce the early bump shape and suggest the best-fit model to our early light curve. Furthermore, with the spectroscopic observations which can be also an important hint for the progenitor system, we present the conclusion on the origin of SN 2021aefx.

### [구 HT-04] A New Magnetohydrodynamic

### Code with a High-Order Constrained Transport Scheme

Jeongbhin Seo, Dongsu Ryu

*Ulsan National Institute of Science & Technology*

We built a magnetohydrodynamic (MHD) code based on fifth-order finite-difference weighted essentially non-oscillatory (WENO) scheme and fourth-order strong stability-preserving Runge-Kutta (SSPRK) time-integration scheme for studies of astrophysical phenomena such as jets, shocks, and turbulence. For the preservation of the divergence-free condition of magnetic field, the so-called constrained transport (CT) algorithms have been employed. To match the high-order spatial accuracy of WENO, we developed a new high-order CT scheme and incorporated it into our code. We confirmed that the new MHD code achieves high order and high accuracy in extensive tests, including the propagation of circularly polarized Alfvén waves and the propagation of a magnetic flux loop. In this talk, we introduce the code and present its performance in tests.

### [구 HT-05] 2023 K-GMT Science Program Report

Soung-Chul Yang, Eun Chong Kim, Sang Hyun Chun, and Ji Yeon Suk

*Korea Astronomy and Space Science Institute*

The Korea Gemini Office (KGO) supports the Gemini Users in the Korean Astronomy Society (KAS) in all phases of the Gemini observing cycle, from proposal preparation through data access. To encourage the general members and current Gemini users in the KAS to take full advantage of the observational opportunities provided by the K-GMT Science Program, we would like to introduce several observation modes being operated by the Gemini Observatory: Those observation modes include normal Queue Observation, Fast Turnaround (FT), Director's Discretionary Time (DDT), and Poor Weather (PW) programs. We also present the recent statistics of the K-GMT Science Program to provide the KAS members insights into how well those observation routes have been successfully utilized by the Gemini partners. Finally but not least, we present useful information on GHOST, a new high resolution optical echelle spectrograph to be mounted on the Gemini South. Potential users will find useful tips for preparing the upcoming special GHOST call for proposals scheduled in May and



September.

**교육홍보/고천문학/천문역법**

**[구 AH-01] Astronomy contents in the 2015, 2022 revised science curriculum (2015, 2022 개정 과학과 교육과정의 내용 구성을 중심으로 살펴본 천문학의 입지와 역할)**

Hyunjin Shim<sup>1</sup>, Woojin Kwon<sup>2</sup>, Jungjoo Sohn<sup>3</sup>, In-Ok Song<sup>4</sup>, Jeong Ae Lee<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Kyungpook National University, <sup>2</sup>Seoul National University, <sup>3</sup>Korea National University of Education, <sup>4</sup>Korea Science Academy of KAIST, <sup>5</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute

2007년 이후 국가 수준 교육과정은 수시 개정 체제로 운영되고 있으며, 2022년 12월 새로운 개정 교육과정이 공표되었다. 기존에 시행 중이던 2015 개정 교육과정에서는 고등학교 이후의 교과목이 고등학교 1학년에서 학습하는 공통 과목과 2, 3학년이 학습하는 선택 과목으로 나뉘며, 과학 교과관에서는 지구과학 I, 물리학 I, 화학 I, 생명과학 I 등이 일반 선택 과목, 지구과학 II, 물리학 II, 화학 II, 생명과학 II 등이 진로 선택 과목으로 운영되었다. 2022 개정 교육과정에서는 기존 교과목과 동일한 명칭을 유지하는 일반 선택 과목으로서의 지구과학, 물리학, 화학, 생명과학에 더해, 진로 선택 과목으로 천문학 내용 지식을 포함한 행성우주과학이라는 교과목이 융합 선택 과목과 더불어 신설되었다. 이 발표에서는 초중등 교육과정에 포함된 천문학 내용 지식의 수준과 학년별 배치에 대해 소개하고, 향후 교육과정 개정과 개발 과정에 천문학계의 의견을 어떻게 반영할 수 있을지 논의하고자 한다.

**[구 AH-02] Development of an astronomy education program focused on the cultivation of data literacy (데이터 리터러시 소양 함양에 강조한 천문 교육프로그램 개발)**

Jungjoo SOHN(손정주)<sup>1</sup>, Hyunjin SHIM(심현진)<sup>2</sup>, Chan-Kyong PARK(박찬경)<sup>3</sup>, In-Ok SONG(송인옥)<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Korea National University of Education(한국교육원대학교), <sup>2</sup>Kyungpook National University(경북대학교), <sup>3</sup>Jeonbuk National University(전북대학교), <sup>4</sup>Korea Science Academy of KAIST(한국과학영재학교)

새로운 개정교육과정이 2022년 12월 공표되었고, 중요 내용 중 초중고 학생들의 디지털AI 소양함양 강화가 과학과 교육에서 중요하게 다루어 지고 있다. 새로운 사업기술 혁신에 대응하여 미래 세대의 핵심 역량으로 디지털 기초 소양의 함양을 명시하고, 이를 위한 수업 방법 개선과 평가에의 혁신의 연계를 제시하고 있다. 이에 디지털 리터러

시와 컴퓨팅 사고력을 강조한 탐구활동에 활용할 수 있는 교수학습방법의 개발과 적용이 필수가 되었다. 한편, 이미 천문학은 관측 기기의 발전과 함께 천체와 천문현상을 관측한 자료를 데이터 베이스화하고, 데이터 사이언스를 적용한 연구활동을 지속해왔다. 천문학의 빅데이터 특성을 달, 외계행성, 별의 진화, 우주론에 이르는 분야에서 자료의 수집, 처리, 분석하는 과정으로 교수 학습하는 교육 자료를 개발한 결과를 소개하고자 한다. 본 자료는 지구과학 올림피아드 심화교육과 현장교사연수에 활용된 바 있다.

**[구 AH-03] The hitchhiker's guide for those who want to do public outreach activities in astronomy (천문대중화 활동을 원하는 과학자들을 위한 천문 대중과학활동 경험 공유)**

Minhee Hyun (현민희)  
Korea Astronomy and Space Science Institute(한국천문연구원)

현대 천문학은 대규모 국제적 네트워킹과 큰 규모의 자금 및 기술력 투입이 수반됨에 따라, 대중의 깊은 공감과 이해가 필연적으로 요구된다. 뿐만 아니라 JWST 발사, 다누리 발사 등 천문학계의 큰 이벤트들이 늘어남에 따라 대중들의 천문학에 대한 관심이 커져왔고, 이에 따라 다각화된 채널에서의 천문지식 습득에 대한 대중의 요구도 함께 증가해왔다. 이와같은 시대적 요구에 따라 대중 과학 활동에 적극적으로 참여하는 과학자들이 증가하고 있지만, 대중 과학 소통 방법 및 채널에 대한 충분한 정보를 얻기 어려웠던 것이 사실이다. 본 발표에서는 대중과학 활동을 원하는 과학자들을 위해 다양한 분야에서의 대중천문학 활동을 할 수 있는 채널 및 교육프로그램들을 소개하고, '천문학자들의 대중과의 소통'의 필요성에 대해 함께 논의하고자 한다.

**[구 AH-04] Universal Universe, Necessity of Universal Designs for Science Education Program (유니버설 우주, 과학 교육에도 유니버설 디자인이 필요하다.)**

Jeong Ae Lee<sup>1</sup>, Sujin Kim<sup>1</sup>, Hojun Lee<sup>2</sup>, Youngin Joh<sup>1</sup>, on behalf of Universal Universe

<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space science Institute, <sup>2</sup>Nowon Cosmos Science Center

연령, 성별, 국적, 장애의 유무 등에 관계없이 누구나 편안하게 이용할 수 있도록 건축, 환경, 서비스 등을 계획하고 설계하는 유니버설 디자인(Universal Design)은 모든 사람에게 공평한 세상을 만들것자함에 그 의미가 있다. 마찬가지로 교육에서도 유니버설 디자인이 필요하다. 특히, 사회 구성원으로서 살아가기 위해서 제공되는 기본적인 교육의 기회에서 차별이 있어서는 안 된다. 과거, 일반교육과 특수교육을 나누어 제공되었으나 최근에는 통합교육이라는 목표아래 누구나 사회의 일원으로 공평하게 성장할 수 있도록 동일한 교육 환경이 제공되고 있다. 그럼에

도 불구하고 장애인의 교육에서는 여전히 비장애인의 시각에서 제공되는 사례가 많고, 실제로 교육의 역할을 하지 못하는 콘텐츠들이 대다수이다.

유니버설 우주(Universal Universe)는 2019-2021년에 진행된 저소득층, 다문화가족 어린이 등과 함께했던 교육 프로그램인 Universe Awareness의 '애들아, 우주로 함께 가자'의 진행 경험을 바탕으로, '교육 프로그램의 유니버설 디자인'을 위해 새롭게 탄생한 천문, 우주과학 교육 프로그램이다. 한국천문연구원과 노원천문우주과학관이 함께하며 2022년에는 (사)한국난청인교육협회의 협력으로 보청보장구를 착용하는 청각장애 어린이가 수혜자로, 청각장애 고등학생들이 봉사자로 참여하였다. 2023년에는 대전맹학교의 시각장애 중학생들이 한국천문연구원을 방문하여 태양활동에 대한 활동과 흑점 관측을 진행하였고, 노원천문우주과학관에서는 한국천문연구원과 (사)한국시각장애인연합회의 협력으로 시각장애 성인들을 초대하여 달과 달 탐사의 주제로 다양한 활동을 진행하였다. 특히, 시각장애인들의 특성에 맞으면서 누구나 함께할 수 있는 교재, 과학놀이 활동, 관측방법 등을 여러 가지 측면으로 고민하여 개발하였고 실제 활동에서 활용하였다. 앞으로 유니버설 우주는 참여자들에게 가장 필요한 것이 무엇인지 고민하고 만들어가는 시간을 통해 모두를 위한 천문, 우주과학 활동의 하나로 나아갈 것이다.

● 문의 : uniuniverse2022@gmail.com

● Webpage :

<https://sites.google.com/view/lotusflower/Outreach?authuser=0>

#### [구 AH-05] The structure of Jeongnamilgu and its uses(조선 세종 대에 창제된 정남일구의 구조와 그 용법)

Jiwon Park<sup>1</sup>, Byunghee Mihn<sup>2,3</sup>, Sanghyuk Kim<sup>2</sup>  
Yonggi Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Chungbuk National University, <sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, <sup>3</sup>University of Science and Technology,

In this work, we demonstrate the structure and uses on Jeongnam-ilgu(the Fixing-South sundial). Numerous sundials were fabricated during the reign of King Sejong of the Joseon Dynasty. One among them is Jeongnam-Ilgu (the Fixing-South sundial), where the time can be measured after setting up the suitable meridian line without a compass.

The model of this study implemented the lower limb return under the horizontal ring. The existing model was designed with 13 solar terms of the spring equinox or the Angbuilgu, which has a time line under the horizon ring. These can be named 'return of equinoxes' or 'return of 24 periods', respectively, but all of them are far from 'return of summer solstice' in 『Sejong Veritable Records』. In this study, a model restored as recorded in the

Annals of King Sejong is presented and the return is implemented. In addition, this Jeong Nam-il-gu model drew a scale in minutes for the Jucheon frequency on Sayu-hwan. In the existing model, due to the size of the ring diameter, the scale of the principal celestial frequency could be displayed in degrees. In other words, unlike the explanation in the Annals of King Sejong, which suggests that observation is possible precisely, this study presents a restoration model by implementing in detail the ¼-minute scale of the Jucheon frequency mentioned in 『The Annals of King Sejong』.

It was designed by attaching rectangular plate-shaped feet to the outer corners of the southern and northern heads, which correspond to the bases of Jeongnamilgu, and designed to have needle holes on the Kyuhyeong trademark and crosshairs on the Hapyo. In addition, the Jucheondo scale was marked on the upper surface of the ring parallel to the top of the Kyuhyung, and a horizontal line was drawn in the center of the trademark of the Kyuhyung so that the Jucheondo scale could be clearly identified.

#### [구 AH-06] The lunar movement model presented in the Yuè lí lì zhǐ of the Chóngzhēn lìshū

(《송정역서(崇禎曆書)》〈월리역지(月離曆指)〉에 제시된 달 운동 모델)

Seung-Urn choe<sup>1,2</sup>, Min-Jeong Kang<sup>3</sup>, Myon U Lee<sup>4</sup>,  
Yang Hong-Jin<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Seoul national University,

<sup>2</sup>Sohnam Institute for History of Astronomy

<sup>3</sup>Institute for the Translation of Korean Classics

<sup>4</sup>Chuncheon National University of Education

<sup>5</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute

《송정역서》〈월리역지〉에서 달의 운동을 기술하기 위해 사용한 모델은 제3권 제27장 [총론월천상수급표원(總論月天象數及表原)] 즉 월천의 형상과 개수 및 표의 작성 원리에 대한 총론에 수록되어 있다. 여기에 제시된 운동 모델은 [그림 1]과 같다. '묘유심' 원이 본륜, '기계무' 원이 차륜이다. 달은 '기'의 위치에 있다고 하면 ∠'묘유심'이 자행이고, ∠'무심기'는 태양과 달 사이의 이각의 2배에 해당한다. '정'이 지구위치 이기에 황도상의 '갑'의 위치가 달의 평행이다. ∠'갑정무' 즉 갑신이 달의 초균수 값이고, ∠'무을기'를 2균수 혹은 차균수 값라 부르고 이에 따라 ∠'무정기' 즉 신경이 3균수 값가 되어 총균수 값는 값 값 값가 되어 달의 황도 상의 경도는 평행에 총균수를 보정하여 얻는다.

총균수를 어렵해 보면 달 궤도의 양심차 즉 이심률 때문에 발생하는 균수와 태양의 영향에 의한 출차(evection)로 인한 균수가 나타난다. 이 출차에 의한 균수는 프톨레마이우스가 《알마게스트》에서 처음 고안하였다.



degree with total intensity, dust temperature, column density, and polarization angle dispersion function. Polarization from this region follows the predictions of the Radiative Torque Alignment theory, except at high temperature and long wavelengths where we found evidence for the rotational disruption of grains as predicted by the Radiative Torque Disruption mechanism. The alignment and disruption sizes for the grains were found to be around  $0.1 \mu\text{m}$  and  $1 \mu\text{m}$  respectively. Magnetically Enhanced Radiative alignment (MRAT) was found to play an important role in the grain alignment due to the presence of a strong magnetic field. MRAT can lead to perfect alignment of the grains if they are super-paramagnetic in nature, even with a small level of iron inclusion of  $N_{\text{cl}} > 20$ . The maximum polarization observed was around  $p \sim 13\%$  at  $216 \mu\text{m}$  and comes from a region of high temperature, low column density, and ordered magnetic field. The region also shows the maximum size distribution of grains that can be aligned through MRAT. The mass of aligned grains was estimated using a parametric model for the fraction of the grains at high- $J$  attractors, and found to correlate weakly with the observed polarization degree. We observe a change in the polarization ratio, from  $p_{216\mu\text{m}}/p_{850\mu\text{m}} < 1$  to  $p_{216\mu\text{m}}/p_{850\mu\text{m}} > 1$  at  $T_d > 35 \text{ K}$  which suggests a change in the grain model from a composite to a separate population of carbon and silicate grains, with only the silicate grains aligned in the latter case.

#### [박 IM-04] A Near-Infrared [P II] and [Fe II] Line Survey of Supernova Remnants in the Magellanic Clouds

Rommy L. S. E. Aliste Castillo.  
*Seoul National University*

Supernova (SN) explosions affect the physical and chemical evolution of the interstellar medium (ISM). In particular, radiative shocks in supernova remnants (SNRs) process and/or destroy dust in the ISM, returning grain material to the gas phase. Additionally, observations of young SNRs allow us to study SN ejecta interactions with CSM/ISM and SN nucleosynthesis.

We observed 17 young and middle-aged SNRs in the Large and Small Magellanic Clouds (LMC and SMC, respectively) to investigate the dust destruction by SNR shocks in different environments, as well as possible detection of SN ejecta material. Due to their proximity, near-frontal geometries, and low galactic foreground absorption, the LMC and SMC are ideal for studying SNRs in great detail. We have

analyzed [P II] ( $1.189 \mu\text{m}$ ) and [Fe II] ( $1.257 \mu\text{m}$ ) narrowband images obtained with the InfraRed Survey Facility (IRSF) 1.4 m telescope in the South African Astronomical Observatory (SAAO), and it represents the first time that [P II] emission has been used in imaging observations.

We estimated the P/Fe abundance ratio by using the [P II]/[Fe II] line ratio, which provides a good indication of the dust content and/or processing in the ISM since P is not depleted, while Fe is mostly locked in dust grains. We found that some SNRs show lower P/Fe abundance ratios compared to the general ISM (e.g., Orion Bar), indicating that a significant fraction of dust grains are destroyed by shocks, in contrast to other remnants that present ratios comparable to or higher than the general ISM.

We explore the nature of the high abundance ratios by performing long-slit optical spectroscopic observations using the GMOS-S mounted on the 8.2 m Gemini-South telescope. We compare the observed emission lines with a family of self-consistent pre-ionization radiative shock models to estimate shock parameters and chemical compositions. The best-fit models imply two scenarios: (1) Fe still locked up in dust grains, and (2) contamination from nearby H II regions. On the other hand, the detection of in situ production of P in SN ejecta (e.g., SNR Cas A) was ruled out.

#### [구 IM-05] Variable star CW Leonis on Gemini telescope

Hyosun Kim(김효선)  
*Korea Astronomy and Space Science Institute*  
(한국천문연구원)

CW Leonis is a carbon star at the tip of the Asymptotic Giant Branch (AGB) that has recently undergone abrupt changes. These changes suggest that the star may be evolving off the AGB and entering the pre-planetary nebula (PPN) phase. Specifically, a red compact peak has appeared at the predicted stellar position, which may be an unveiling event of the star. Radial beams emerging from the stellar position resemble the feature of the PPN Egg Nebula. The light curve of CW Leonis has increased remarkably over two decades, which may be related to the phase transition. In this presentation, we report on further monitoring of CW Leonis using the Gemini telescope equipped with the Gemini-North's Near-infrared Integral Field Spectrometer (NIFS) and the Gemini South Adaptive Optics Imager (GSAOI) with a 7-year interval. Our multi-band spectro-imaging and imaging data trace the bright central core region and the extended circumstellar pattern. By

analyzing the temporal changes of the central red peak, radial beams, and extended shells, we aim to gain a more concrete understanding on the conditions that govern the transition between late stellar evolutionary phases.

### [구 IM-06] Multiple stellar populations of globular clusters from wide-field ground-based photometry

Sohee Jang<sup>1</sup>, Young-Wook Lee<sup>1</sup>, A. P. Milone<sup>2</sup>, A. F. Marino<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Center for Galaxy Evolution Research and Department of Astronomy, Yonsei University, Seoul 03722, Korea, <sup>2</sup>Dipartimento di Fisica e Astronomia “Galileo Galilei”, Università di Padova, Vicolo dell’Osservatorio 3, I-35122, Padua, Italy, <sup>3</sup>Istituto Nazionale di Astrofisica - Osservatorio Astronomico di Padova, Vicolo dell’Osservatorio 5, IT-35122, Padua, Italy

Hubble Space Telescope (HST) photometry has provided an extensive analysis of globular clusters (GCs). In particular, the pseudo two-color diagram dubbed ‘chromosome map (ChM)’ allowed to identify and characterize their stellar populations with unprecedented detail. The small field of view of HST, however, is the main limitation of these studies, which restricts most of them on GCs to the innermost cluster regions. To overcome the limitation, we have recently analyzed state-of-art wide-field photometry of 43 GCs obtained from ground-based facilities. We used photometry in the U, B, and I bands to derive the  $\Delta_{CU,B,I}$  vs.  $\Delta_{B,I}$  ChM of red-giant branch stars for 29 GCs, which revealed that this ChM is an efficient tool to identify first- and second-generation stars (1G and 2G) over a wide field of view. We present the ChMs of 29 GCs and detect a significant degree of variety. The fraction of 1G and 2G stars, the number of subpopulations, and the extension of the ChMs significantly change from one cluster to another. Notably, we find that the fraction of 1G stars generally anti-correlates with cluster mass, as discovered on the ChMs built with the HST photometry, but the fraction is clearly bifurcated at a given mass.

### [박 IM-07] Understanding of baryon cycle in and out of galaxies and how it correlates to the star formation in galaxy simulations

Eun-jin Shin<sup>1</sup>, Ji-hoon Kim<sup>1</sup>, Sandro Tacchella<sup>2</sup>, Boon Kiat Oh<sup>3</sup>, Joohyun Lee<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics and Astronomy, Seoul National University,

<sup>2</sup>Kavli Institute for Cosmology, University of Cambridge,

<sup>3</sup>University of Connecticut

<sup>4</sup>Department of Astronomy and Texas Cosmology Center, The University of Texas at Austin

We investigate the connection of the regulation of star formation and the cycling of baryons within and in and out of galaxies. We use idealized numerical simulations of Milky Way-mass galaxies, in which we vary the galaxy morphology and stellar feedback strength. By following individual gas parcels through the disk, spiral arms, and massive star-forming clumps, we quantify how gas moves through the different phases of the interstellar medium (ISM) and forms stars. We show that the residence time of gas in the dense ISM phase ( $\tau_{\text{SF}}$ ), the nature of spiral arms, and the clump properties depend on both the galaxy morphology and stellar feedback. We quantify signatures of the baryon cycle within galaxies using the temporal and spatial power spectrum density (PSD) of the star formation rate (SFR).

Stronger stellar feedback leads to more bursty star formation while the correlation timescale of the SFH is longer, because stronger feedback dissolves the dense ISM phase, leading to a more homogeneous ISM and a decrease in  $\tau_{\text{SF}}$ . The bulge strength has a similar effect: the deep gravitational potential in a bulge-dominant galaxy imposes a strong shear force that breaks apart gas clumps in the ISM; this subsequently inhibits the fragmentation of gas and therefore the star formation in the disk, leading to a decrease in the spatial power on scales of  $\sim 1$  kpc. We conclude that measurements of the temporal and spatial PSD of the SFR can provide constraints on the baryon cycle and the star formation process.

### [박 IM-08] Low-resolution Spectroscopic Study of Stellar Populations in Globular Clusters and the Milky Way Bulge

Seungsoo Hong(홍승수) and Young-Wook Lee (이영욱)

Department of Astronomy, Yonsei University, Seoul 03722, Korea

The Milky Way (MW) bulge exhibits properties of both a “classical bulge” (CB) that involves merging of substructures and a “pseudo bulge” formed through secular evolution triggered by bar/disk instabilities. The relative fraction of each component, however, is still under debate. In order to investigate the contribution of GCs in the

formation of the MW bulge, we first examine the chemical abundance patterns shown in the GCs with multiple populations. We then applied the results to study the double red clump (RC) phenomenon observed in the color-magnitude diagram of the MW bulge, because the origin of the double RC provides crucial information on the formation of the bulge. To achieve these, we performed low-resolution spectroscopy for the red giant branch (RGB) and RC stars in both the GCs and the bulge fields, and measured CN band strengths to trace N abundance. Photometric, astrometric, and high-resolution spectroscopic data from literature were then cross-matched with our low-resolution data. As a result, we found, in the high-latitude field of the bulge, a RC subgroup showing a sign of Na enhancement, despite insignificant enrichment in CN index. Since Na-enhanced stars are known to trace He-enriched populations originated from GCs, it implies that GC-like systems in terms of chemical enrichment may have played an important role in the formation of the CB component of the MW bulge. Based on our results, we discuss a formation history of the MW bulge. We also discuss the limitation of our low-resolution spectroscopic observations.

## 포스터 발표 초록

### 고에너지/이론천문학

#### [포 HT-01] Fermionic Compact Objects in Horava-Lifshitz Gravity

Edwin J. Son<sup>1</sup> (손재주), Kyungmin Kim<sup>2</sup> (김경민) and John J. Oh<sup>1</sup> (오정근)

<sup>1</sup>National Institute for Mathematical Sciences (국가수리과학연구소), <sup>2</sup>Ewha Womans University (이화여자대학교)

The mass-radius relations of fermionic compact objects are calculated in the Horava-Lifshitz (HL) gravity, a modified theory of gravity. The heavier and larger objects are made of fermions of lower energy, which is already known in general relativity (GR). However, the differences from GR are more easily observed by fermions of higher energy or the compact objects composed of them, since the HL gravity is designed as an ultraviolet complet theory of GR. Considering fermions of a given energy, a compact object composed of the fermions is getting more mass as the deviation from GR in HL gravity is getting larger.

### 고천문학/천문역법

#### [포 HE-01] Analysys of Oserved Data of an Eight-Feet Gnomon

Geoyoung-Han Yoo<sup>1</sup>, Byeong-Hee Min<sup>1,2</sup>, Hong-Soon Choi<sup>1</sup>, Yong-gi Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Chungbuk National University,

<sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute

This study analyzes the length of shadows observed with an eight-feet gnomon set up at KASI, based on the Small Gnomon (小圭表) constructed in Gyeongbok palace in 1440 (the 22nd year of the reign of King Sejong) during the Joseon dynasty. Initially, we created a new 3D design of the Small Gnomon by utilizing the structure of the Great Gnomon (大圭表) depicted in the Yuan History, which includes the scaled black stones (圭石) and their base (圭座). We also analyzed the length of shadows measured by a pin-hole definer

(景符) on the eight-feet gnomon at KASI over approximately four years. The results showed that the measured shadow lengths corresponded to the calculated lengths based on the sun's altitude, within a range of  $0.2 \pm 6.9$  mm. We will introduce the new 3D design of the Small Gnomon and our analysis results.

#### [포 HE-02] A Study on the 3D Model of Nam, Byeong- Cheol Armillary Sphere

Hong-Soon Choi<sup>1</sup>, Geoyoung-Han Yoo<sup>1</sup>, Byeong-Hee Min<sup>1,2</sup>, Sang-Hyuk Kim<sup>2</sup>, Kyoung-Uk Nam<sup>3</sup>, Yong-gi Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Chungbuk National University,

<sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute,

<sup>3</sup>Gwacheon National Science Museum

The structure of the Armillary Sphere proposed by Nam Byeong-cheol (1817-1863) has been studied. As an astronomer, Nam Byeong-cheol wrote Uigi-jipseol 『儀器輯說』 in 1859, and described the manufacture and usage of the Jaekukgwon, a three-polar ring(載極圈), which is a part of the Armillary Sphere. It is structured eight rings with five layers consisting of the outer horizontal ring(外環), a Yukhab-framed sphere(六合儀), a Samsin-framed sphere(三辰儀), the three-polar ring and a declination ring(四遊環) outside to inside. We developed a 3D model of Nam's armillary sphere including the brand-new three-polar ring, which enables the observation and conversion of celestial bodies in three coordinate systems: horizontal, equatorial, and ecliptic. Characteristics of the new designed and constructed 3D model of Nam's Armillary Sphere will be described here.

### 교육홍보

#### [포 AE-01] Universal Universe, Universal Designs for Astronomical Observation

유니버설 우주, 천문 관측을 위한 유니버설 디자인

Jeong Ae Lee<sup>1</sup>, Hojun Lee<sup>2\*</sup>, Sujin Kim<sup>1</sup>, Youngin Cho<sup>1</sup>, on behalf of Universal Universe

<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space science Institute

<sup>2</sup>Nowon Cosmos Science Center

\* 주발표자

2019년 국제 천문 연맹 100주년의 슬로건인 '모두의 밤하늘' 아래 장애인들의 공평한 참여를 유도하기 위한

‘영감을 주는 별(Inspiring Star)’ 프로젝트 시행 후 5년의 시간을 맞이하였다. 공평한 참여를 위해 수반되어야 하는 평등한 기회를 ‘유니버설 디자인(Universal Design)’에서 착안하여 천문 관측 분야에서도 누구나 동일한 교육 환경이 제공되고, 누구나 참여 할 수 있는 관측 환경을 만들 필요성이 있다. 그럼에도 불구하고 장애인이 참여 할 수 있는 천문 관측 프로그램은 한정되고, 실효성 면에서 장애인의 시각이 아닌 비장애인의 시각에서 만들어진 관측 프로그램으로 ‘유니버설 디자인(Universal Design)’이 고려되지 않은 경우가 대다수이다.

유니버설 우주(Universal Universe)는 2019-2021년에 진행된 저소득층, 다문화가족 어린이 등과 함께했던 교육 프로그램인 Universe Awareness의 ‘애들아, 우주로 함께 가자’의 진행 경험을 바탕으로, ‘과학 교육 프로그램의 유니버설 디자인’을 위해 새롭게 탄생한 천문, 우주과학 교육프로그램이다. 2022년 (사)한국난청인교육협회의 청각장애 학생 대상, 2023년 (사)한국시각장애인연합회의 회원들을 대상으로 시행된 ‘유니버설 우주 Part1’과 ‘유니버설 우주in’ 프로그램에서 장애인 대상 천문 관측을 진행하며 나타난 문제점을 공유하고, 유니버설 디자인이 반영된 천문관측 프로그램을 제안하고자 한다. ‘노원천문우주과학관’을 모두를 위한 천문 우주과학 활동의 하나로 유니버설 우주와 함께 나아가고자 한다.

문의 : astro@nowoncosmos.or.kr

Webpage : <https://www.nowoncosmos.or.kr/>

#### [포 AE-02] Kyungnam Messier marathon (경남 메시에 마라톤)

Sang Hyun Lee<sup>1,2</sup>(이상현), So Weol Lee<sup>3,4</sup>(이소월)

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute (한국천문연구원)*

<sup>2</sup>*Department of Physics, University of Ulsan (울산대학교 물리학과)*

<sup>3</sup>*Gaya Star Entertainment (가야별 연구소)*

<sup>4</sup>*The Korean Amateur Astronomical (한국아마추어천문학회)*

경남메시에 마라톤은 2016년부터 2019년까지 매년 춘분일 전후에 개최되었다. 경남지역의 아마추어 천문인 뿐만 아니라 안시관측을 위주로 활동하는 국내 각지의 아마추어 천문인들이 참가하였다. 참가자는 작게는 구경 4인치부터 크게는 26인치까지 다양한 종류의 개인 망원경을 가지고 참가하는데, 하루 밤 동안 메시에 목록의 천체들 중 최대 109개까지 관측한다. 코로나19로 최근 3년간 중단되었다가 2023년 3월 25일에 경남 산청에서 개최하게 된다. 본 발표에서는 4차례에 걸친 지난 메시에 마라톤과 금년에 진행하는 메시에 마라톤을 통한 아마추어 천문인들의 활동에 대한 소개를 하고자 한다.

## 천문우주관측기술

#### [포 AT-01] Status and Plan of KMTNet Operation

Chung-Uk Lee, Dong-Joo Lee, Dong-Jin Kim, Sang-Mok Cha, Yongseok Lee, Seung-Lee Kim, Hyunwoo Kang, Eon-Chang Sung, Moo-Young Chun, Jae-Woo Kim, Sungwook E. Hong, Seung-Cheol Bang, Hong Soo Park, Sangmin Lee  
*Korea Astronomy and Space Science Institute*

We are reporting on the results and plans of KMTNet's operation. In 2022, the system's operation rate was 99.6%. A total of 10,494.5 observation hours were allocated for scientific purposes, and 7,585.4 hours were used for astronomical observations, resulting in an observation rate of 72.0%. In this presentation, we will present annual statistics on weather and observation performance, as well as updates on the current progress of upgrading the observation environment for remote observation.

#### [포 AT-02] Filter Transmission Curve for the Medium Band Filters

Hongjae Moon<sup>1</sup>, Myungshin Im<sup>1</sup>, Changsu Choi<sup>2</sup>, Gregory Paek<sup>1</sup>, Hyeonho Choi<sup>1</sup>, Jinguok Seo<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*SNU Astronomy Research Center, Dept. of Physics & Astronomy, SNU, 2Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI)*

The 7DT telescope specialized in multi-messenger astronomical observations is planned to be installed in Chile this year. The 7DT employs a variety of band pass filters, including 20 narrow and medium band filters (25 and 50nm) and some broadband filters (SDSS ugriz). Photometric and low-resolution spectroscopic observations will be made by acquiring time-series images of millions of objects simultaneously using multiple wide-field telescopes. However, unlike the well-known broad band filter system, there aren't many measurement and analysis for the narrow and medium band filters. In order to increase the photometric accuracy, we aimed to measure the accurate transmittance before launching the 7DT, to reduce the systemic error resulting from incorrect transmittance information of the filters.

Here, we present the transmittance measurement results of filters. The wavelength range from 300 to 1000nm was measured and analyzed using a monochromator with 1nm resolution, a calibrated



Xenon lamp light source, and a CMOS camera. A number of filters matched the information provided by the manufacturer within a margin of error.

**[포 AT-03] KVNCS: 2. The fringe survey of new candidates for VLBI calibrators in the K band**

Jeong Ae Lee<sup>1</sup>, Taehyun Jung<sup>1,2</sup>, Bong Won Sohn<sup>1,2</sup>, and Do-Young Byun<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space science Institute*

<sup>2</sup>*University of Science and Technology*

The main goal of the Korean VLBI Network Calibrator Survey (KVNCS) is to expand the VLBI calibrators catalog for KVN, KaVA (KVN and VERA Array), EAVN (East-Asian VLBI Network), and other extended regions. The second KVNCS (KVNCS2) aimed to detect VLBI fringes of new candidates in the K band. 556 sources were observed with KVN in the K band, out of the 1533 sources whose single-dish flux density in the K band was measured with KVN telescopes (Lee et al. 2017). KVNCS2 confirmed the detection of VLBI fringes of 424 calibrator candidates over a single baseline. All detected sources had high Signal-to-Noise Ratio (SNR) of >30. Finally, KVNCS2 confirmed 347 new candidates as VLBI calibrators in the K band. The analysis of the flux-flux relationship improved the possibility of these candidates being calibrators. The sky coverage showed a 23% improvement compared to previous studies, and their spatial distribution was quasi-uniform across the observable region. Furthermore, to check the structures of the KVNCS sources, an imaging survey (KVNCS3) is currently ongoing. KVNCS3 not only confirms the VLBI calibrators but is also useful as a database of compact radio sources for astrophysical studies

**[포 AT-04] KJCC Correlation status for EAVN**

Young-Sik Kim, Se-Jin Oh, Dong-Kyu Jung, Jae-Hwan Yeom, Duk-Gyoo Roh, Chungsik Oh, Hyo-Ryoung Kim, Jeong Ae Lee, Dong-Hwan Yoon  
*Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 34055, Korea*

KASI (Korea Astronomy and Space Science Institute)/KJCC (Korea-Japan Correlation Center) is jointly operating the Daejeon hardware correlator with NAOJ (National Astronomical Observatory of Japan), which is the main correlator in East-Asian VLBI Network. In previous, the KaVA observation data was mainly processed, but EAVN open use was officially approved by EAVN Director's meeting

from 2019A. As a result, the observation was rapidly increased and data is waiting for making a correlation. And observation mode is also widely used for their spectral resolution improvement. These all KaVA and EAVN observation data for 1Gbps including 2Gbps (512 MHz BW) mode is accepted in KJCC. We will introduce the several statistics on the current status of KJCC and the current status of correlation processing of KaVA and EAVN observations. We will also discuss the various problems encountered during correlation process.

**[포 AT-05] Deep learning classification of Gravity wave transient noises using gravity wave auxiliary channel data**

Whansun Kim<sup>1</sup>, Edwin J. Son<sup>1</sup>, Young-Min Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*National Institute for Mathematical*, <sup>2</sup>*UNIST*

We demonstrate that a deep learning classifier utilizing only the auxiliary channel data from gravitational wave (GW) detectors can accurately distinguish between various types of non-Gaussian noise transients (glitches) with an accuracy of over 80%. We employ multi-scale neural networks (MSNN) implemented with PyTorch to achieve this. Glitches present a significant challenge to the detection and parameterization of GW signals, degrading the sensitivity of gravitational detectors. While numerous efforts have been made to track the origins of glitches and mitigate them, many glitches remain of unknown origin. We apply the MSNN classifier to publicly available GravitySpy glitch samples from the LIGO O1 run, using only the auxiliary channel data without the GW strain data. This approach is beneficial in identifying the sources of glitches since the auxiliary channel data records the physical and environmental conditions and the status of each part of the detector during the occurrence of glitches in the GW strain channel. By using explainable AI techniques of occlusion sensitivity, this classifier can provide an independent view of data quality and potentially offer clues to the origins of glitches.

## 태양계

### [포 SS-01] Slope Distribution in the Topography of the Lunar Surface (달 표면 지형의 경사도 분포)

Chae Kyung SIM(심채경)  
Korea Astronomy and Space Science Institute  
(한국천문연구원)

미국과 일본의 달 궤도선 Lunar Reconnaissance Orbiter(LRO)와 Kaguya(SELENE)의 달 표면 광학 및 레이저 고도계 관측 자료를 기반으로 만들어진 월면 지형 모델 SLDEM(SELENE and LRO Digital Elevation Model)에는 고도뿐 아니라 경사각과 경사면의 방위각 자료가 포함되어 있다. 달 크레이터를 이용한 우주풍화 연구에서 활용된 바와 같이, 월면의 경사는 해당 지역에 작용하는 우주풍화의 정도와 밀접하게 관련되어 있다. 여기에서는 기존의 크레이터 내벽 경사도 연구를 확장하여, 크레이터 뿐 아니라 월면상의 다양한 지형에 대한 경사도와 경사면 방위각 분포를 경·위도에 따라 살펴보고, 여기로부터 우주풍화의 주요 원인인 태양풍 입자와 미소유성체의 영향력을 분리할 수 있는지 알아본다.

### [포 SS-02] DALO: Science Payloads for CLPS Lunar Landers (DALO: CLPS 달 착륙선용 과학탐재체)

Chae Kyung SIM(심채경)<sup>1</sup>, Young-Jun CHOI(최영준)<sup>1</sup>, Dukhang LEE(이덕행)<sup>1</sup>, Seul-Min BAEK(백슬민)<sup>1</sup>, Jehyuck SHIN(신재혁)<sup>1</sup>, Jongho SEON(선종호)<sup>2</sup>, Sungsoo S. KIM(김성수)<sup>2</sup>, Minsup JEONG(정민섭)<sup>1</sup>, Ho JIN(진호)<sup>2</sup>, Sung-Joon YE(예성준)<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute (한국천문연구원), <sup>2</sup>Kyung Hee University (경희대학교), <sup>3</sup>Seoul National University (서울대학교)

DALO(Discovery Across Lunar Observations)는 한국천문연구원(이하 천문연)에서 추진하는 달 과학 연구 및 탐사 프로젝트를 총칭한다. 천문연은 달 표면의 특성과 환경을 직접 조사하기 위해 미항공우주국(NASA)의 민간달 탐재체서비스(Commercial Lunar Payload Services, CLPS)를 활용할 착륙선용 과학 탐재체 4기를 국내 대학 및 산업체와 함께 개발하고 있다.

달 우주환경 모니터(Lunar Space Environment Monitor, LUSEM)는 달 표면과 심우주의 양방향을 보는 두 쌍의 고에너지 입자검출기(solid-state telescope, SST)로, 수십 keV에서 수십 MeV 범위의 태양고에너지입자(Solar energetic particles, SEP)와 지자기포리 내 물질 등을 관측한다. LUSEM은 NASA/CLPS의 CP-11 달 착륙임무에 배정되어 2024년 인튜이티브 머신즈(Intuitive Machines)의 착륙선 Nova-C에 탑재되어 달 앞면의 라이너 감마(Reiner Gamma) 스월(swirl)에서 임무를 수행할 예정이다.

달 표토 3차원 영상 카메라(GrainCams)는 달 표면과 그 부근 입자를 관측하는 두 대의 라이트필드 카메라, SurfCam과 LevCam으로 구성된다. SurfCam은 현미경 광학계로, 월면 표토 최상층부의 미세구조를 관측해 3차원 구조에 대한 정보를 얻는다. LevCam은 월면의 미약한 전기장과 외부에서 입사하는 에너지 등에 의해 낮게 튀어 오르는 입자를 관측하고 그 움직임을 추적한다.

달 궤도선 다누리에 탑재된 자력계 KMAG를 착륙선용으로 개선한 달 표면 자기장 측정기(Lunar Surface MAGnetometer, LSMAG)는 탐사선이 달 표면으로 하강할 때 고도에 따른 자기장 변화를 관측하고, 착륙 후 해당 지역의 자기장 변화도 관찰한다. 두 개의 3축 플럭스게이트 자력계와 3축 이방성자기저항센서(AMR)를 사용해 착륙선으로부터의 간섭을 보정한다.

달 표면 우주방사선 측정기(Lunar Vehicle Radiation Dosimeters, LVRAD)는 달의 방사선 환경을 탐사하는 4개 모듈로 이뤄진다. 입자선량 및 분광계(PDS, Particle Dosimeter and Spectrometer)가 월면에서의 방사선량을 측정하고, 조직등가선량계(TED, Tissue-Equivalent Dosimeter)는 달 방사선 환경이 생체 조직에 미치는 정도를 알아본다. 고속중성자분광계(Fast Neutron Spectrometer, NS-F)와 열외중성자 분광계(Epithermal Neutron Spectrometer)를 통해 월면 환경에서의 중성자를 조사하고, 지하 수분 탐색을 위한 기초 정보를 얻는다.

이들 탑재체는 과학적 가치와 기술 기반을 고려해 선정된 것으로, 과학기술정보통신부가 이들 탑재체의 개발, 월면 현지에서의 임무 운용, 관측자료 분석 및 공유에 이르는 전 과정을 지원한다. 본 사업으로 얻을 지식과 기술, 경험은 우리나라의 미래 달 탐사에 확장·응용될 것이다.

### [포 SS-03] The Direction of Korean Space Explorations after the Korean First Lunar Exploration, Danuri.

Joo Hyeon Kim  
Korea Aerospace Research Institute, Korea.

On Aug. 5, 2022, the Korean first lunar orbiter, Danuri, was launched, which entered its nominal mission phase on February 3, 2023, following the completion of its commissioning phase. With this achievement, Korea has taken a significant step towards becoming one of the leading space exploration nations. Additionally, the Korean government released the 4<sup>th</sup> Space Development Promotion Plan in December 2022, which highlighted the importance of space exploration and space science research.

Against this backdrop, we propose to examine the appropriateness and necessity of the exploration targets and missions for Korea's future space explorations, beyond the Danuri era, with the aim of providing recommendations for Korea's future space missions.

## 태양우주환경

### [포 SS-04] The Condition for the Standard Poloidal-Toroidal Representation of Magnetic Field

Gwangson Choe<sup>1,2</sup>, Sibaek Yi<sup>2</sup> and Minseon Lee<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>*School of Space Research, Kyung Hee University, Yongin 17104, Korea*  
<sup>2</sup>*Department of Astronomy & Space Science, Kyung Hee University, Yongin 17104, Korea*

The poloidal-toroidal (PT) representation of magnetic field is quite often used in studies of astrophysical and planetary magnetism, especially in dynamo theories. In the PT representation, a magnetic field is decomposed into a poloidal field and a toroidal field, both solenoidal. The poloidal field is given as a curl of another toroidal field. Each field line of the toroidal field lies in a surface called toroidal field surface while the poloidal field has both normal and tangential components to the surface. In the so-called **standard PT representation**, the toroidal field is again a curl of another poloidal field. A surface, in which a set of toroidal field lines entirely lies, is a **standard toroidal field surface**. It has been known that parallel planes and concentric spheres can serve as a set of standard toroidal field surfaces, but it has not been clear whether there can be other types of standard toroidal field surfaces. In this paper, we present a mathematical proof that in a three dimensional Euclidean space, only parallel planes and concentric spheres can be qualified for standard toroidal field surfaces.

### [포 SS-05] MHD sausage wave instability due to shear flow and viscosity in a compressional cylindrical plasma

Dae Jung Yu(유대중)  
*Department of Astronomy and Space Science, Kyung Hee University*

The shear flow can induce an instability of MHD waves in the presence of dissipation mechanism, which is called dissipative instability. We investigate the dissipative instability of sausage mode in a compressional plasma cylinder with an axial background magnetic field under a photospheric condition where the axial shear flow is inside and the viscosity is outside the plasma cylinder. The plasma parameters inside and outside the cylinder are assumed constants. The

wave mode that satisfies the condition of negative energy wave can grow with time. By deriving and solving the dispersion relation, we show the dependence of the growth rate for the slow surface sausage mode on the axial wave number and the dynamic and bulk viscosities, comparing with an incompressible limit case.

## 항성, 항성계/외계행성

### [포 SA-01] Exploring the He abundance of Circumstellar Clumps in Cassiopeia A Supernova Remnant

Bon-Chul Koo<sup>1</sup>, Dongkok Kim<sup>1</sup>, Sung-Chul Yoon<sup>1</sup>, and John C. Raymond<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>*Department of Physics and Astronomy, Seoul National University*  
<sup>2</sup>*Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, USA*

We are presenting the results of our study on the He abundance analysis of dense circumstellar clumps, known as quasi-stationary flocculi (QSF), in the young supernova remnant Cassiopeia A. These QSFs are known to be enriched in He and N, but the extent of He overabundance compared to H has not been determined with certainty. We used near-infrared spectroscopic data for several QSFs and analyzed their He I 1.083  $\mu\text{m}$ /Pa $\gamma$  ratios and [Fe II] line ratios using the Raymond shock code. Our analysis suggests that He is overabundant relative to H by a factor of around three in most of these QSFs. This conclusion is consistent with the previous finding of N overabundance and suggests that QSFs were ejected when a significant portion of the H envelope of the progenitor star was removed. We discuss the progenitor star's mass-loss history and the origin of QSFs.

### [포 SA-02] Impacts of Existence of Planets on Chemical Properties of Their Host Stars

Sol Yun<sup>1</sup>, BerfinTogay<sup>1</sup>, Young Sun Lee<sup>2</sup>, Young Kwang Kim<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>*Department of Astronomy, Space Science, and Geology, Chungnam National University, Daejeon 34134, South Korea*  
<sup>2</sup>*Department of Physics and Astronomy, University of Notre Dame, Notre Dame 46556, USA*  
<sup>3</sup>*Department of Astronomy and Space Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, South Korea*

Chemical discrepancies between solar-type planet hosting stars (PHSs) and non-planet hosting stars (NHSs) are studied to understand impacts of the existence of planets on the atmospheric chemical abundances of their host stars. We used APOGEE and Gaia data to select solar-type stars in the Galactic thin disk, and cross-matched them with a catalog of Nasa Exoplanet Archive in order to identify the confirmed PHSs, which results in 97 PHSs with available chemical abundance ratios for 6 elements. Then, we investigate discrepancies in chemical abundance ratios between the PHSs and NHSs by deriving the trend of the condensation temperature for refractory elements. Through reproducing the depletion of the refractory elements in the Sun, we find that the depletion of refractory elements in the PHSs is potentially correlated with the existence of planets, particularly the radius and multiplicity of the terrestrial planets.

### [포 SA-03] Near-Infrared Approach to Multiple Populations of Globular Clusters using BOAO/KASINICS

Hak-Sub Kim<sup>1</sup>, Jae-Woo Lee<sup>1</sup>, Hyun-Il Sung<sup>2</sup>,  
Taehyoung Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Physics and Astronomy, Sejong University,*

<sup>2</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute*

Multiple populations in globular clusters have been one of the most important issues in globular cluster studies over the past decade, and their origin and formation processes are still debated. This study aims to extend our previous studies conducted in the optical bands to the infrared by utilizing a novel photometric system called JWL system. The newly devised JWL1.1 and JWL2.3 filter systems are utilized to measure CN and CO bands in the near-infrared region, respectively. In this poster, we present the initial results of observations for several Galactic globular clusters made with the JWL filter system installed at the BOAO/KASINICS. These results, combined with the data obtained with the optical JWL filter system, are expected to construct photometric indices for carbon, nitrogen, and oxygen content that serve as the basis for multiple population studies of globular clusters.

### [포 SA-04] A Monte Carlo Study of the Diffusion Process of Thomson-Scattered Line Radiation in Phase Space

Hyeon Yong Choe, Hee-Won Lee  
*Department of Physics and Astronomy, Sejong University*

We adopt a Monte Carlo approach to investigate the diffusion process of Thomson-scattered line photons in both real space and frequency spaces. Two scattering geometries, a sphere and a slab, are considered, where the line source is assumed to be point-like and monochromatic located at the center of the uniform free electron region. In the case of a sphere, the line profiles emergent at a location of Thomson optical depth  $\tau_m$  from the source exhibit the full width of the half maximum  $\sigma_\lambda \simeq \tau_m^{1.5}$ . In the slab case, we focus on the polarization behavior. It is proposed that the polarization flip to the parallel direction to the slab surface in optically thick slabs is attributed to the robustness of the Stokes parameter Q along the vertical axis with respect to the observer's line of sight whereas randomization dominates the remaining region as  $\tau_m$  increases.

### [포 SA-05] A study on the evolutionary process of late-type stars through maser observations

Se-Hyung Cho<sup>1,2</sup>, Jaeheon Kim<sup>2</sup>, Seong-Min Son<sup>3,1</sup>,  
Bianca Els<sup>3</sup>, Hyun Baek<sup>3,1</sup> and Kyung-Won Suh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*The Research Institute of Basic Sciences, Seoul National University*

<sup>2</sup>*Radio Astronomy Division, Korea Astronomy and Space Science Institute*

<sup>3</sup>*Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University*

NRF project “A study on the evolutionary process of late-type stars through maser observations” (called SMASTES: Simultaneous Multi-mAser Survey Toward Evolved Stars) started from Sept. 2022 with a three year plan. SMASTES aims to study statistically characteristics of SiO and H<sub>2</sub>O maser properties in ~150 oxygen-rich AGB, ~150 S-type AGB and ~150 post-AGB stars according to evolutionary stage using the upgraded wide four-band receiving system of the KVN. In addition to the existing main observation lines of 22 GHz H<sub>2</sub>O and 43/42/86/129 GHz ( $\nu = 1, 2, J = 1-0; \nu = 1, J = 2-1, J = 3-2$ ) SiO masers, SiO  $\nu = 3, J = 1-0; \nu = 2, J = 2-1, 3-2; {}^{28}\text{SiO } \nu = 0, J = 1-0, 2-1, 3-2; {}^{29}\text{SiO } \nu = 0, J = 1-0, 2-1$  lines will be further observed simultaneously together with CS, HCN, SiS, SO, and SO<sub>2</sub> thermal lines. Observations toward ~150 oxygen-rich AGB stars (SMASTES I) have been performed from Feb. 2023.

Through these observations we investigate a

kinematic acceleration of mass loss and asymmetric outflows from the central star to atmosphere → dust layer → outer circumstellar envelope during the evolution of early AGB, thermal pulse late AGB, and post-AGB stars. The intensity variations between H<sub>2</sub>O and SiO masers including the variations among various SiO transition lines will be also investigated during above evolutionary phases. In addition, chemical trends associated with characteristics of maser properties, SiO abundance and dust formation etc. will be explored according to the oxygen-rich AGB, S-type AGB, and post-AGB phases. In particular, we focus on S-type AGB stars as a transitional phase from oxygen-rich AGB stars to carbon-rich stars and post-AGB stars as a transitional phase from AGB stars to planetary nebulae for which not many observational studies have been performed yet.

**[포 SA-06] A kinematic study of the mysterious nebulae around the magnetic O-type star HD 148937**

Beomdu Lim<sup>1</sup>, Yaël Nazé<sup>2</sup>, Damien Hutsemékers<sup>2</sup>, Seok-Jun Chang<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Kongju National University, <sup>2</sup>Liege University, <sup>3</sup>Max Planck Institute

We present a kinematic study of the emission nebulae NGC 6164/5 surrounding the magnetic O-type star HD 148937. Mass-loss is a crucial factor to understand the evolution of massive stars. It is undoubtful that the origin of these nebulae is associated with episodic eruption events of the O-type star. However, the formation process of the nebulae is still veiled. Furthermore, its geometry has long been a controversial issue. Here, we investigate an emission nebula by means of multi-object high-resolution spectroscopy. Our three-dimensional data confirm that the bright lobes of NGC 6164/5 are receding away from HD 148937 and that the inner part of the nebulae has multiple velocity components. In order to explain the overall features in position-velocity space, we construct a simple hourglass-shaped geometric model using a radiative transfer code. Our model considers that the nebulae are composed of three components, the nitrogen-enriched ejecta, extended outflows, and hollow shells. The position-velocity diagrams of the modeled nebulae are compared with the observed ones. As a result, we confirm that our model reproduces well the observed features. Given the fact that the rotation axis of HD 148937 is nearly pole-on, this star might have undergone the multiple mass ejection events at its equator in different epochs. The

nitrogen-enriched gas might have been recently ejected and collided with the previously ejected material. The eruption process may be different from the asymmetric eruption in the equatorial plane of the Homunculus around  $\eta$  Carinae. Further investigation are required to understand the mass ejection mechanism of HD 148937 in detail.

**[포 SA-07] Simultaneous Time-monitoring Observations of H<sub>2</sub>O and SiO Masers toward the Supergiant VX Sagittarii**

Dong-Hwan Yoon<sup>1</sup>, Se-Hyung Cho<sup>1,2</sup>, Haneul Yang<sup>1</sup>, Youngjoo Yun<sup>1</sup>, and Jaeheon Kim<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, <sup>2</sup>Seoul National University

We performed simultaneous monitoring observations of the 22.2 GHz H<sub>2</sub>O and 43.1 / 42.8 / 86.2 / 129.3 GHz SiO masers toward the red supergiant VX Sagittarii using the Korean VLBI Network single-dish telescopes. The observations were conducted about every 2 months from 2013 May to 2019 January (30 epochs in total). They included four optical maxima in the active phase of the optical pulsation cycles. The line profile of a H<sub>2</sub>O maser always comprised various velocity components with a wider velocity range and varied from highly red-shifted to blue-shifted velocities with respect to the stellar velocity, in contrast to those of the SiO masers. We examined the relation between peak intensities and velocities of 11 detailed components in the line profile of the H<sub>2</sub>O maser and the pulsation phases. The peak intensity of each component generally exhibited a better correlation with the pulsation phases than that of total intensity. The peak velocities of several components gradually decreased or increased with respect to the stellar velocity, implying an accelerating motion and the development of asymmetries in the H<sub>2</sub>O maser region. The characteristics of four transition SiO maser properties were compared according to the stellar pulsation phases. The intensity and velocity variation trend of the 43.1 GHz SiO maser was similar to that of the 42.8 GHz SiO maser. However, the variation trend of the 43.1 and 42.8 GHz SiO masers was different from that of the 86.2 and 129.3 GHz SiO masers. This difference stems from the different location of each laser reflecting a different excitation condition.

## 특 LSST

**[포 LSST-01] Photometric properties of dwarf galaxies in the NGC 3717 group newly discovered from the KMTNet Supernova Program**

Jeehye Shin<sup>1,2</sup>, Hong Soo Park<sup>1,2</sup>, Sang Chul Kim<sup>1,2</sup>,  
Youngdae Lee<sup>3</sup>, and Dae-Sik Moon<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute*

<sup>2</sup>*University of Science and Technology*

<sup>3</sup>*Chungnam National University*

<sup>4</sup>*University of Toronto, Canada*

We present discoveries and photometric results of new dwarf galaxies in the NGC 3717 group from the KMTNet Supernova Program (KSP). We used wide-deep stacked images over 10 hours reaching  $\sim 28$  mag arcsec<sup>-2</sup> with  $\sim 9$  square degrees for the NGC 3717 group located at  $\sim 19$  Mpc. We have newly detected  $\sim 30$  dwarf galaxies in the NGC 3717 group via visual inspection. The dwarf galaxies are spatially concentrated on the center of the group. We obtained surface brightness profiles in *BVI* bands for the dwarf galaxies and derived several photometric properties and structure parameters such as total magnitudes, colors, central surface brightnesses, and effective radii. The surface brightness profiles of the dwarf galaxies show exponential behavior with a Sérsic index of  $\sim 1$ . The total absolute magnitudes of the dwarf galaxies are brighter than  $\sim -9.5$  mag, and the effective radii are greater than  $\sim 200$  pc. The dwarf galaxies show a scaling relation and most of them are old on a color-color diagram. These properties are similar to those of other groups previously found in the KSP survey. Interestingly, the color-magnitude relation of the NGC 3717 group appears to differ from that of the other groups. The slope of the luminosity function is  $\alpha \sim -1.3$ , which is shallower than model predictions and consistent with other KSP groups. Our dwarf galaxy survey with KSP will be a useful pilot study for the LSST survey since both surveys have similar depths.

**[포 LSST-02] Transient Search using Time-series Observations of LSST**

Hong Soo Park<sup>1,2</sup> (박홍수), Sang Chul Kim<sup>1,2</sup> (김상철),  
Youngdae Lee<sup>3</sup> (이영대)

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute*

(천문연), <sup>2</sup>*Korea University of Science and*

*Technology (UST)*, <sup>3</sup>*Chungnam National University*

(충남대)

We propose a transient (dwarf nova, nova, supernova, variable stars) search strategy using the Legacy Survey of Space and Time (LSST), which will be operated at the Vera C. Rubin Observatory to cover the southern hemisphere. LSST will have a cadence ranging from several minutes to a few weeks. Our strategy mainly involves searching for dwarf novae with a short cadence ( $<1$  day) and supernovae with a long cadence ( $>1$  day). Dwarf novae are binary systems with a short orbital period (ranging from a few minutes to about 10 hours) that consist of a white dwarf, a low mass star, and an accretion disk. Outbursts are triggered at the accretion disk due to thermal instability. These dwarf novae may evolve into Type Ia supernovae or be a source for a gravitational wave. Additionally, dwarf novae with an ultra-short period ( $<1$  hour) are rare systems, and therefore, more detections are needed to understand their evolution. For a long cadence, the primary target is a supernova. The origin of supernovae is still debated due to few early detections, and detecting their early phase can shed light on the issue. Deep and time-series observations using LSST will provide an opportunity to detect more supernovae in their early phase. Furthermore, variable stars such as Cepheid and RR Lyrae will be able to be detected in nearby galaxies. These variables may provide new insights of stars in a galaxy. In this poster, we will introduce the scientific issues of our main targets and discuss possible detections.

**[포 LSST-03] Galaxy clusters with LSST in KASI**

Jae-Woo Kim<sup>1</sup>, Yun-Kyeong Sheen<sup>1</sup>, Jongwan Ko<sup>1</sup>,  
Hyunjin Jeong<sup>1</sup>, Joon Hyeop Lee<sup>1</sup>, Jong Chul Lee<sup>1</sup>,  
Hyowon Kim<sup>1</sup>, Jaewon Yoo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute,*

<sup>2</sup>*Korean Institute for Advanced Science*

Galaxy clusters have been studied as a tool to understand various aspects in astronomy, since they are equivalent to the massive dark matter halos in the universe and play an important role on the galaxy evolution. In the near future, it is expected that the Legacy Survey of Space and Time (LSST) of Rubin Observatory discovers a huge number of galaxy clusters. Here, we introduce the planned science cases related to the galaxy clusters with LSST in KASI. The planned ones include the survey of galaxy clusters, the cluster property depending on the evolutionary stage, the evolution of cluster galaxies from  $z \sim 1$ ,

and low surface brightness features in galaxy clusters. Additionally, the potential synergy between LSST and KASI facilities for the cluster science is also discussed.

**[포 LSST-04] Detection and Characterization of Dwarf Galaxies in the Local Universe using LSST Data**

Seok-Joo Joo<sup>1</sup>, Hong Soo Park<sup>1,2</sup>, Jaemann Kyeong<sup>1</sup>, Soung-Chul Yang<sup>1</sup>, Eon-Chang Sung<sup>1</sup>, Hyunjin Jeong<sup>1</sup>, and Jeehye Shin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 34055, Republic of Korea,*

<sup>2</sup>*University of Science and Technology, Korea, Daejeon 34113, Republic of Korea*

As the most common type of galaxies in the universe and the basic building blocks of more massive systems, dwarf galaxies provide important implications for understanding galaxy formation and evolution. It is also well known that a more complete census of dwarf satellites is urgently required to resolve the missing satellite problem, the discrepancy between the number of observed dwarf galaxies and dark matter subhalos predicted by the standard cold dark matter (CDM) cosmological model. Using both time-series and stacked images from LSST, we are going to detect and characterize dwarf galaxies under the current detection limit, in the Local Group and nearby universe.

**[포 LSST-05] Big Data Technologies and Astronomical Research (빅데이터 처리 기술과 천문학 연구)**

Sungryong Hong(홍성용)  
*Korea Astronomy and Space Science Institute (한국천문연구원)*

With the advent of modern astronomy, we have been experiencing a surge in the releases of massive-scale data sets which cannot be handled by the traditional single node data processing tools. This poster provides a brief introduction of recent big data technologies and illustrates through astronomical examples how these big data technologies can be applied to properly handle such big astronomical data sets.

**[포 LSST-06] Machine Learning Applications for the LSST data**

Min-Su Shin  
*Korea Astronomy and Space Science Institute*

We present two examples of using machine learning algorithms in the LSST data era. First, our models of inferring photometric redshifts for LSST galaxies handle biased training spectroscopic data with methods finding out-of-distribution test data and measuring influence of training samples. Second, we also develop a machine learning method of classifying galaxies morphologically in Hubble sequence, focusing on semi-supervised approaches for the expected large number of unclassified LSST galaxies.

**[포 LSST-07] Korean In-Kind Contribution to the LSST with the KMTNet Telescopes**

Jae-Woo Kim, Min-Su Shin, Chung-Uk Lee, Seung-Lee Kim  
*Korea Astronomy and Space Science Institute*

We present the current status of activities preparing for the KMTNet in-kind contribution to the LSST survey. The in-kind contribution includes the AEON-compatible access to the KMTNet telescopes in all three observatories. The contribution will produce the fully-calibrated photometric data for the US community.

**[포 LSST-08] Korean Alert Processing System for the LSST Time-domain Science**

Seo-Won Chang<sup>1</sup>, Min-Su Shin<sup>2</sup>, Jae-Woo Kim<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>*Seoul National University,* <sup>2</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute*

We introduce our system to process LSST alerts delivered by the low-level community brokers such as FINK and ALeRCE. The system has been developed and tested with currently available alerts since 2016. The system consists of two units: streaming processor and local low-latency database.

**[포 LSST-09] Machine Learning Applications for the LSST data**

Min-Su Shin  
*Korea Astronomy and Space Science Institute*

We present two examples of using machine learning algorithms in the LSST data era. First, our models of inferring photometric redshifts for

LSST galaxies handle biased training spectroscopic data with methods finding out-of-distribution test data and measuring influence of training samples. Second, we also develop a machine learning method of classifying galaxies morphologically in Hubble sequence, focusing on semi-supervised approaches for the expected large number of unclassified LSST galaxies.

## 외부은하/은하단

### [포 GC-01] The KVN-Mopra Array: a dedicated mm global VLBI array at sub-mas resolution

Whee Yeon Cheong<sup>1,2</sup>, Sang-Sung Lee<sup>2,1</sup>, Do-Young Byun<sup>2,1</sup>, Hyeon-Woo Jeong<sup>1,2</sup>, Sang-Hyun Kim<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>University of Science and Technology,

<sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute

In early 2022, KASI has started to use a radio telescope, Mopra, located in Australia, establishing a joint very long baseline interferometry (VLBI) array between the Korean VLBI Network (KVN) and the Mopra telescope, the KVN-Mopra Array (KMA). In this poster, we describe the process of the joint VLBI observations of the array. The Mopra telescope is equipped with an OCTAD backend and Mark6 recorder. Such a setup provides unique global mm North-South baselines, with data rates up to 8 Gbps. We successfully demonstrated the feasibility of joint KVN-Mopra VLBI observations through a series of tests in 2021 and 2022. Fringes were obtained at 22, 43, and 86 GHz for both bright ( $S_{\text{KVN}} > 1$  Jy) and faint ( $S_{\text{KVN}} < 1$  Jy) continuum sources. We successfully applied polarization conversion (from linear to circular) to the Mopra 43 GHz and 86 GHz data, resulting in an increase of the VLBI fringe signal to noise ratios (SNRs). Based on these results, we conducted a fringe detection survey at 22, 43, and 86 GHz for a sample of 61 active galactic nuclei (AGNs), that are candidates for future high-cadence monitoring. We obtained a detection rate of 88.52%, 81.97%, and 32.79% at 22, 43, and 86 GHz respectively. Sources as faint as  $\sim 0.2$  Jy at the KVN baselines were significantly ( $\text{SNR} > 5$ ) detected on the KVN-to-Mopra baselines at 22 and 43 GHz. Preliminary imaging of the visibilities, and model-fitting to the closure quantities suggests sensitivity of the array to sub-mas structures near the radio core of AGN jets.

### [포 GC-02] On the evolution of satellite galaxies around Milky Way-like hosts in the NewHorizon simulation

Hyojeong Kim, Sukyoung K. Yi

Department of Astronomy, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Republic of Korea

For decades since the “Missing Satellites Problem” was first introduced, it has been suggested that including baryon feedback could explain the low abundance of observed dwarf galaxies in the Local Group (LG).

However, it is still unclear whether this issue is universal. In addition, recent observational studies suggest that low-mass satellites around Milky Way-mass hosts outside LG show low quenched fractions in contrast to quiescent LG dwarfs.

In this work, we select Milky Way-like hosts and identify the properties of their subhalos using a zoom-in hydrodynamic simulation, NewHorizon. We find that subhalos with lower mass tend to have a lower occupied fraction of stellar components. The embedded galaxies are broadly in agreement with the observed stellar mass function and the quenched fractions of LG satellites.

Finally, this study aims to investigate the star formation and mass growth histories of individual satellites during infall.

This work presents preliminary findings on the potential peculiarity of LG dwarfs in the current cosmological framework, and further investigations will be conducted to explore this matter.

### [포 GC-03] Efficient modeling of Lyman-alpha emitters in a large simulation box using an empirical approach.

Jaehong Park, Changbom Park, Jaehyun Lee and Juhan Kim

Korea Institute for Advanced Study

Lyman-alpha emitters (LAEs) are a good tracer of the large-scale structure of the Universe as well as high redshift galaxy formation physics due to their strong Lyman-alpha emission line redshifted into a visible window. However, fully numerical modeling LAEs in large simulation boxes is challenging due to their complex emission mechanism and limited simulation resolution. Here, we model LAEs using Horizon Run 5, a cosmological hydrodynamical simulation with a large volume (a Gpc scale) resolving  $\sim 1$  kpc. This modeling uses a probability distribution function of the rest-frame equivalent width of LAEs obtained



from observations. First, we present the Lyman-alpha luminosity functions (LFs) at  $z = 2.4$ , 3.1, and 4.5. Then, we analyze various properties of LAEs, such as stellar mass, star formation rate, and their host halo mass. Finally, we show clustering properties to investigate the large-scale structure.

**[포 GC-04] Updates of the JCMT/SCUBA2 850 $\mu$ m survey of the North Ecliptic Pole region : revised mosaic map and source catalog**

Hyunjin Shim on behalf of the NEPSC2 team  
*Kyungpook National University*

North Ecliptic Pole Survey with JCMT/SCUBA2 (NEPSC2) has a goal to obtain 850 $\mu$ m images over  $\sim 4$  deg<sup>2</sup> around the north ecliptic pole which is one of the most frequently visited areas on the sky. As of February 2023, 38 hours of observation has been completed that corresponds to 19 % of the total allocated time (200 hrs). New 850 $\mu$ m mosaic map with  $\sim 20$  % area coverage is going to be released within the team, as well as new 850 $\mu$ m source catalog. Science cases including cluster galaxy studies and searching for optically dark far-infrared sources are introduced in this poster.

**[포 GC-05] Star formation and dust properties of NGC 628 through spatially resolved SED fitting**

WonHyeong Lee, Hyunjin Shim  
*Department of Earth Science Education,  
Kyungpook National University, Daegu 41566,  
Republic of Korea*

Spatially resolved distributions of physical properties, such as stellar age, stellar mass, star formation rates (SFR) and dust luminosity allows us to understand overall galactic evolution. NGC628 is a nearby spiral galaxy with well-designed spiral arms, which still retains higher level of star formation activity despite the overall decline of star formation in the recent past. By combining dust map constructed through UV-to-FIR SED fitting with the observed 3.3 $\mu$ m PAH map by the JWST, we investigate the properties of HII regions in terms of SFR, stellar mass, and relative strength of PAH emission to total dust emission. With the line flux distribution and spatial distribution of parameters produced from SED models, the radial distribution of SFR shows the existence of circum-nuclear star formation ring

with radius of 6kpc from galactic center. PAH 3.3 $\mu$ m emission is suppressed in the center, while is enhanced in the spiral arm. Relative PAH strength, defined as  $L_{3.3}/L_{IR}$ , ranges 0.05~0.1% and no trend is found between galatocentric radius and relative PAH strength.

**[포 GC-06] The Simulated SPHEREx Spectra of Nearby Type 1 AGNs**

Hayeong Jeong<sup>1</sup>, Dohyeong Kim<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>*PNU Department of Physics, Pusan National University, Busan, Republic of Korea*  
<sup>2</sup>*PNU Department of Earth Sciences, Pusan National University, Busan, Republic of Korea*

SPHEREx will be launched in February 2025, and obtain 0.75~5.0  $\mu$ m spectra for the objects over all-sky. So far, near-infrared (NIR) and mid-infrared (MIR) spectra of type 1 AGNs have not been extensively obtained due to the difficulties in the infrared (IR) spectroscopic observation. However, the 0.75~5.0  $\mu$ m spectrum includes interesting line features, such as the hydrogen Paschen and Brackett lines, and polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) emission features at 3.3  $\mu$ m. The Paschen and Brackett lines have been used as black hole (BH) mass estimators, and the 3.3 PAH line has been suggested as a star-formation indicator. Hence, the 0.75~5.0  $\mu$ m spectra of nearby type 1 AGNs are very important for investigating the BHs and their host galaxies. In this work, we test how these line properties can be accurately measured via the SPHEREx data. Using the continuum shape of the IR composite spectrum in Glikman et al. (2006), we produce the model spectra of nearby type 1 AGNs, such as reverberation mapping AGNs and PG quasars. In the future, we will apply the yielded model spectra to SPHEREx Sky Simulator, and check the reliability of the line properties measured from the simulated SPHEREx data.

**[포 GC-07] Unsupervised Learning for Galactic Environments with the Variational Autoencoder**

Eun-Taek Gim<sup>1,2</sup>, Jun-Sung Moon<sup>3</sup>, Suk-Jin Yoon<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>*Department of Astronomy, Yonsei University, Seoul, 03722, Republic of Korea*  
<sup>2</sup>*Center for Galaxy Evolution Research, Yonsei University, Seoul, 03722, Republic of Korea*  
<sup>3</sup>*Astronomy Program, Department of Physics and Astronomy, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea*

The environment where a galaxy resides heavily influences how it evolves. Many methods have been put forward to quantify the galactic environment, but none is overwhelmingly powerful. To unravel intricate environmental features, here we apply unsupervised machine learning approach to ~67,000 SDSS galaxies. Specifically, we use the Variational Autoencoder (VAE), which is effective at extracting features from data. The VAE model is trained using a set of volume-limited galaxy distributions centered on each target. We find that disentangled galactic surrounding structures are mapped onto the low-dimensional latent space and the original distributions are well reconstructed from only 128 latent variables, each carrying unique information for an environment. We deduce the meaning and significance of the latent variables by correlating them with the conventional environmental parameters as well as various galactic intrinsic properties. Finally, the pros and cons of the use of machine learning for galactic environments are discussed. We expect that our study sheds light on the usefulness of unsupervised machine learning techniques for studying galaxy environments.

#### [포 GC-08] The Wide Band Polarization and Faraday Rotation Properties of Blazars

Sincheol Kang<sup>1</sup>, Sang-Sung-Lee<sup>1,2</sup>, Ivan Agudo<sup>3</sup>, Do-Young Byun<sup>1,2</sup>, Sang-Hyun Kim<sup>1,2</sup>, Whee Yeon Cheong<sup>1,2</sup>, Hyun-Woo Jeong<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science institute,*

<sup>2</sup>*University of Science and Technology,*

<sup>3</sup>*Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC), Spain*

Active Galactic Nuclei (AGNs) are very powerful and interesting celestial objects in the sky. These sources show dynamic variations of total fluxes as well as polarizations. One of the most powerful scenarios of the jet collimation and acceleration is that the magnetic field in the relativistic jets from AGNs play an important role to collimates and accelerates the jet. Therefore, it is necessary to conduct the polarimetric wide-band multi-wavelength monitoring observations in order to understand the kinematics of magnetic field around the jet. Our main goal is to understand what makes the variation of Faraday rotation measures at a wavelength range of centimeters to millimeters over a timescale of months. For producing a large synergy, we started to collaborate with a monitoring program (Polarimetric Monitoring of AGN at Millimeter Wavelengths: POLAMI) team, using IRAM 30 meter radio telescope, since February 2019. We have

been conducting our KVN single-dish polarimetric observations prior to POLAMI observations, in order to minimize the time lag between KVN and IRAM observations. By combining both data, we can estimate Faraday rotation measures, which is affected by the magnetic field around the jet at a wide range of frequencies. Here, we present our preliminary results for several sources of our target list.

#### [포 GC-09] Surviving in Cluster: The origin of the intracluster light

Seyoung Jeon, Sukyoung K. Yi

<sup>1</sup>*Department of Astronomy and Yonsei University Observatory, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Republic of Korea*

Galaxy clusters are considered the largest virialized objects in the Universe, but their dynamical state continuously changes due to the infall of satellite galaxies and gas inflow. Through this violent accretion history, intracluster light (ICL), a diffuse light source found among cluster galaxies, would be formed. In this study, we investigate the origin site and main formation channel of ICL, specifically via tidal stripping, using the Yonsei Zoom-in Cluster Simulation (YZiCS). By carefully tracking galaxy motion and defining the membership of stellar particles independent of the halo finder code, we obtain the spatial distribution of accreted stellar particles that entered with the satellite galaxy. Our preliminary results show that about half of the total accreted stars are tidally stripped since infall, and one-third of the stars initially tightly bound to the satellite galaxy remain stripped. The fraction and spatial distribution of stripped stars vary significantly depending on factors such as halo mass, assembly history, and redshift. These findings highlight the crucial role of tidal stripping in the formation of ICL in galaxy clusters.

#### [포 GC-10] Impact of galaxy interactions on the redistribution of angular momentum

Jeong-Sun Hwang<sup>1,2</sup>, Changbom Park<sup>3</sup>, and Soo-hyeon Nam<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Department of Physics and Astronomy, Sejong University,*

<sup>2</sup>*Department of Science Education,*

<sup>3</sup>*Gwangju National University of Education,*

<sup>4</sup>*School of Physics, Korea Institute for Advanced Study,*

<sup>4</sup>*Department of Physics, Korea University*

We study the impact that interactions have on the evolution of angular momentum of galaxies

using N-body/smoothed particle hydrodynamics simulations. We present some preliminary results of this study, focusing on the transfer of the spin and the orbital angular momenta between the interacting pair of galaxies as well as among the components of each galaxy. We compare and discuss the results from several sets of interacting pairs and also those from isolated ones.

**[포 GC-11] Searching for an effective stellar feedback model in high-resolution simulation during the reionization era**

Jiyoung Choe<sup>1</sup>, Taysun Kimm<sup>1</sup>, Daniel Han<sup>1</sup>, Martin P. Rey<sup>2</sup>, Jaehyun Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Department of Astronomy, Yonsei University,*

<sup>2</sup>*Sub-department of Astrophysics, University of Oxford,*

<sup>3</sup>*Korea Institute for Advanced Study (KIAS)*

Studying galaxy formation models has benefited greatly from simulations. Due to the challenges in observation, the history of star formation in the high-*z* universe particularly depends more on such simulations. Recent studies have shown that high resolution is necessary to accurately reproduce the interstellar medium's properties, and this requirement is thought to be more stringent in cosmological simulations. As computing power and resolution increase over time, finding a working feedback model is essential for an upcoming high-resolution cosmological simulation.

In this study, we simulated a dwarf galaxy in the reionization era with a spatial resolution of 7 pc and 1 pc and compared how the star formation history changes. We also increased the frequency of supernovae to see if and to what extent star formation was suppressed.

**[포 GC-12] Effect of Interaction on FIR-Radio Correlation of Star-forming Galaxies**

Dongseob Lee, Hyunjin Shim  
*Department of Earth Science Education,  
Kyungpook National University*

Far-infrared (FIR) emission and radio emission from star-forming galaxies (SFGs) are known to be tightly correlated, which is known to be FIR-radio correlation (FRC) since both share the same origin of star formation. The  $q_{\text{FIR}}$  index, defined as the ratio between FIR luminosity ranging from 40 to 120  $\mu\text{m}$  and radio at 1.4 GHz, is used in quantifying FRC. The index is suspected to be affected by galactic environmental effects such as interaction with other galaxies, merging, and harboring an

active galactic nucleus. To investigate the impact of galaxy interaction on  $q_{\text{FIR}}$  values, we explored radio-selected and FIR-selected SFGs in the Stripe-82 field. We present the overall  $q_{\text{FIR}}$  values of SFGs and the results comparing interacting and non-interacting galaxies.

**[포 GC-13] Constraining feedback processes with the circum-galactic medium**

Maxime Rey<sup>1,2</sup>, Jeremy Blaizot<sup>2</sup>, Joakim Rosdahl<sup>2</sup>, Taysun Kimm<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Yonsei University,* <sup>2</sup>*Centre de Recherche Astrophysique de Lyon*

With numerical simulations producing galaxies matching several observational properties, the study of galaxy formation and evolution has made significant progress in recent decades. However, the inner workings of the feedback processes that regulate their growth remain unclear. To investigate such physics, theorists developed a new generation of high-resolution simulations using subgrid models to describe unresolved phenomena. Despite their success in reproducing observed galaxies, an underlying degeneracy remains between subgrid models. To lift it, we turn to the circum-galactic medium (CGM), which is highly sensitive to feedback and challenging to model. This poster presents the results of a series of zoom-in cosmological simulations of a single galaxy using various subgrid models. We show that it is possible to distinguish these models through the CGM as they induce different feedback modes. Nonetheless, we also highlight that these simulations do not match observations, which might be due to inefficient galactic winds or incorrect modelling of the thermal state of the CGM. Finally, we conclude by discussing potential solutions that could pave the way for a better agreement between simulations and observations.

**[포 GC-14] Parsec-to-kpc scale VLBI imaging of the jet collimation region in a spiral DRAGN source 0313-192**

Seung-Yeon Lee<sup>1</sup>, Jae-Young Kim<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Kyungpook National University*

<sup>2</sup>*Max Planck Institute for Radio Astronomy,  
Germany*

Almost all DRAGNs (Double Radio Sources Associated with Galactic Nuclei) are hosted by elliptical galaxies. However, there are some spiral galaxies that also host double radio lobes on kpc-scales. This raises the question of how jets

can be produced and propagate from the spiral host. Here, we present a study of a peculiar galaxy, 0313-192, whose host is clearly spiral-shaped, exhibits 360 kpc-scale jets, and has previously detected VLBI-scale structures. For our analysis, we used three-band data, 8.5 GHz, 2.3 GHz, and 1.4 GHz, of our source observed with the VLBA. By analyzing the data, we identified the features of the jets and measured the width of the jet as a function of the distance from the black hole by re-imaging the VLBA data. This poster introduces the detailed methodology, VLBI data processing, and preliminary scientific implications of our results.

### [포 GC-15] Investigating the Evolution of the Approaching Radio Lobe in 3C84 Following the 2018 Distortion

Chanwoo Song<sup>1</sup>, Jongho Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Sogang University, Department of Physics*

<sup>2</sup>*Korean Astronomy and Space Science Institute*

This study focuses on the evolution of the approaching radio lobe in 3C 84 following the 2018 distortion. I analyzed the data of the monitoring observations of 3C 84 at 22 GHz using KVN and VERA Array (KaVA) from November 2019 to June 2020. I made a series of source images by conducting CLEAN and self-calibration of the data. I tracked the evolution of the jet by modeling the source structure with a set of two-dimensional Gaussian model components with the technique "modelfit". I also compared my results with Boston University Blazar Group (43 GHz) and MOJAVE Archive (15 GHz) data from 2018 to 2020. Previous research has shown that the approaching radio lobe in 3C 84 underwent two jet-cloud collisions, resulting in a flipped hotspot and a frustrated and distorted radio lobe in 2015 and 2016, respectively. Since the 2018 distortion, the hotspot component has been separated into several components, and a new component has been observed further south. This study provides insights into the ongoing evolution of the approaching radio lobe in 3C 84.

### [포 GC-16] Age-Divided Mean Stellar Populations: Simplified Star Formation and Chemical Evolution History of a Galaxy using Full Spectrum Fitting

Joon Hyeop Lee (이준협)<sup>1</sup>, Mina Pak (박민아)<sup>1,2,5</sup>,  
Hyunjin Jeong (정현진)<sup>1</sup>, Sree Oh (오슬희)<sup>3,4,5</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute,*

<sup>2</sup>*Macquarie University (Australia),* <sup>3</sup>*Yonsei*

*University,* <sup>4</sup>*Australian National University,* <sup>5</sup>*ASTRO*

### 3D (Australia)

We introduce a practical methodology for investigating the star formation and chemical evolution history of a galaxy: age-divided mean stellar populations (ADPs) from full spectrum fitting. In this method, the mass-weighted mean stellar populations and mass fractions ( $f_{\text{mass}}$ ) of young and old stellar components in a galaxy are separately estimated, which are divided with an age cut (selected to be  $10^{9.5} \text{ yr} \sim 3.2 \text{ Gyr}$  in this poster). To examine the statistical reliability of ADPs, we generate 10,000 artificial galaxy spectra, each of which consists of five random simple stellar population components. Using the pPXF package, we conduct full spectrum fitting to the artificial spectra with noise as a function of wavelength, imitating the real noise of SAMI galaxies. As a result, the  $\Delta$  (= output - input) of age and metallicity appears to significantly depend on not only signal-to-noise ratio (S/N), but also luminosity fractions ( $f_{\text{lum}}$ ) of young and old components. At given S/N and  $f_{\text{lum}}$ ,  $\Delta$  of young components tends to be larger than  $\Delta$  of old components. The age-metallicity degeneracy appears to be insignificant, but  $\Delta \log(\text{age}/\text{yr})$  shows an obvious correlation with  $\Delta f_{\text{mass}}$  for young stellar components. The impact of dust attenuation and emission lines appears to be mostly insignificant. We discuss how this methodology can be applied to spectroscopic studies of the formation histories of galaxies, with a few examples of SAMI galaxies.

### [포 GC-17] Multi-wavelength and VLBI study of a neutrino blazar 0735+178

Yoo-Sik Kim<sup>1</sup>, Jae-Young Kim<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Kyungpook National University*

<sup>2</sup>*Max Planck Institute for Radio Astronomy, Germany*

Neutrinos are chargeless particles, and therefore their spatial origins can be well traced regardless of interstellar magnetic fields. This makes neutrino blazars an excellent target to study the origin and physics of high-energy cosmic particles. We study PKS 0735+178, from which a flare of neutrinos was observed recently. By using data from multi-wavelength observations with radio (VLBA), gamma-ray (Fermi-LAT), X-ray (Swift X-ray), and optical (g, V) (ASSA-SN), we try to find a physical configuration that can explain the observed neutrinos and figure out the correlation between the generation of neutrinos and electromagnetic radiation in other wavelengths. The flux densities of electromagnetic radiation at all wavelengths rise contemporaneously when high-energy neutrinos were detected. To

constrain the radiation model, we attempt to fit a model of AGN jet emission (e.g. Synchrotron self-Compton model) to the SED of multi-wavelength data using AGNPY, a publicly available multi-wavelength modeling code. In this poster, we present the preliminary results of the fitting and implications for the production of neutrinos in this source.

### [포 GC-18] Interferometric Monitoring of a Flat Spectrum Radio Quasar PKS 1222+216

Ye-Ji Jo<sup>1</sup> and Sang-Sung Lee<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>*Department of Astronomy and Space Science, Chungnam National University,* <sup>2</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute,* <sup>3</sup>*University of Science and Technology*

We present the results of simultaneous multifrequency imaging observations at 22(K), 43(Q), and 86(W) GHz bands of a flat spectrum radio quasar PKS 1222+216 (4C+21.35,  $z=0.432$ ). The observations were performed in a time period of 2012 December to 2020 March, using the Korean Very Long Baseline Interferometry Network (KVN), as part of a KVN key science program - Interferometric Monitoring of Gamma-ray Bright active galactic nuclei (iMOGABA). We used the Astronomical Imaging Processing Systems (AIPS) and DIFMAP software packages to reduce the multifrequency monitoring data, yielding the CLEAN flux and light curves of the target source. The total flux density is in the ranges of 1.086 - 2.989Jy, 0.693 - 2.119Jy, and 0.448 - 1.542Jy at K, Q, and W bands, respectively. We found that the radio light curves decay exponentially with decay timescales of 733, 573 and 461 days, respectively. Also, We derived that the SSA magnetic field is 1.833 $\mu$ T, 2.073 $\mu$ T, and 2.312 $\mu$ T at K, Q, and W bands, respectively. We include the preliminary results of the relationship between particle energy and magnetic field energy.

### [포 GC-19] The Properties of Galaxies within Lyman Alpha Blobs: Connections to the CGM

Byeongha Moon<sup>1,2</sup>, Yujin Yang<sup>1,2</sup>, Ann Zabludoff<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI),* <sup>2</sup>*Korea University of Science and Technology (UST),* <sup>3</sup>*Steward Observatory, University of Arizona*

Many of studies have focused on the energy source of Ly $\alpha$  blobs (LABs). However, it is still lacking the direct evidence for an interaction between the embedded galaxies and their Ly $\alpha$  halo. Here, we investigate the properties of galaxies

within LABs and their connections to the extended Ly $\alpha$  halos. We probe into the galactic properties with rest-frame optical emission lines. Star-forming galaxies within LABs show similar properties with other high- $z$  star-forming galaxies, suggesting the embedded galaxies are not special. However, we reveal a new anti-correlation between O32, the proxy of ionization parameter, and systemic velocity offset of Ly $\alpha$  emission, the proxy of column density of neutral hydrogen (N(HI)). The anti-correlation suggests that stronger photo-ionization lead to lower N(HI) with smaller Ly $\alpha$  velocity offset. By comparing the anti-correlation with Green Peas, we discuss how far galaxies photo-ionize the surrounding medium and picture that the photo-ionization can occur in CGM due to the escaping ionization photons from galaxies.

### [포 GC-20] A study of the inner jet of M87 with new GMVA observation

Deokhyeong Lee<sup>1</sup>, Jae-Young Kim<sup>1,2</sup>, and the M87 collaboration

<sup>1</sup>*Kyungpook National University, Korea*

<sup>2</sup>*Max Planck Institute for Radio Astronomy, Germany*

M87 is well-known as the ideal source to study the jet launching region because of its proximity, large central SMBH, high spatial resolution, and bright jet. With the development of the millimeter radio antenna and observing technique, we can achieve ultra-high angular resolution using VLBI technique at millimeter wavelengths (down to 3.5mm and recently 1.3mm). Therefore, it is possible to observe and study the inner jet of M87 by direct imaging. Studying the multi-year evolution of the inner jet plays an important role because the position angle of the jet in M87 is known to vary periodically in time. Also, the very high energy (VHE) emission is believed to originate from the vicinity of the central SMBH (Rieger & Levinson, 2018). Here we present a new study of M87 using data from 86GHz Global Millimeter VLBI Array (GMVA) observation in APR 2020, in concert with the sensitivity upgrade of the radio telescopes. We then further discuss our studies, including an analysis of the position angle and the measurement of long-term core brightness temperature with the GMVA observations since 2004.

### [포 GC-21] GALEX UV Catalog of Low-redshift Galaxies for Estimating Transient Rates

Jeeun Hwang, Myungshin Im, Gregory S. H. Paek,

Hyeonho Choi, and IMSNG team  
*SNU Astronomy Research Center, Astronomy Program, Dept. of Physics & Astronomy, Seoul National University*

Detecting transients in early phase has become important for understanding the progenitor properties. Predicting which galaxy has the higher probability of hosting the transient events would help detect the early phase of the events and identify their progenitors. The supernova and kilonova rates are known to be closely related to the star formation rate (SFR) of the host galaxy. The SFR of the galaxy can be estimated from ultraviolet (UV) luminosity. However, the UV magnitudes have been scrupulously derived only for a limited number of nearby galaxies. Here, we introduce GALEX galaxy catalogs of all-sky UV brightness of low redshift galaxies. We derive the UV photometry of galaxies using the GALEX AIS images, supplemented by NGS and MIS data. From the NUV and FUV magnitudes, we calculate the SFRs of the galaxies, which will be useful for estimating the supernova and kilonova rate.

#### [포 GC-22] Photometric Selection of Unobscured QSOs in the SEP field with KMTNet

Woowon Byun<sup>1</sup>, Minjin Kim<sup>2</sup>, Yun-Kyeong Sheen<sup>1</sup>, Dongseob Lee<sup>3</sup>, Luis C. Ho<sup>4,5</sup>, Jongwan Ko<sup>1,6</sup>, Kwang-Il Seon<sup>1,6</sup>, Jong-Hak Woo<sup>7</sup>, Donghoon Son<sup>7</sup>, Hyunjin Shim<sup>3</sup>, Dohyeong Kim<sup>8</sup>, Yongjung Kim<sup>2</sup>, Hyunmi Song<sup>9</sup>, Joon Hyeop Lee<sup>1</sup>, Hyunjin Jeong<sup>1</sup>, Byeong-Gon Park<sup>1</sup>, Sang Chul Kim<sup>1,6</sup>, Yongseok Lee<sup>1,10</sup>, and Sang-Mok Cha<sup>1,10</sup>

<sup>1</sup>*Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 34055, Republic of Korea,* <sup>2</sup>*Department of Astronomy and Atmospheric Sciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Republic of Korea,* <sup>3</sup>*Department of Earth Science Education, Kyungpook National University, Daegu 41566, Republic of Korea,* <sup>4</sup>*Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics, Peking University, Beijing 100871, People's Republic of China,* <sup>5</sup>*Department of Astronomy, School of Physics, Peking University, Beijing 100871, People's Republic of Korea,*

<sup>6</sup>*University of Science and Technology, Korea, Daejeon 34113, Republic of Korea,* <sup>7</sup>*Department of Physics & Astronomy, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea,* <sup>8</sup>*Department of Earth Sciences, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea,* <sup>9</sup>*Department of Astronomy and Space Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea,*

<sup>10</sup>*School of Space Research, Kyung Hee University, Kyeonggi 17104, Republic of Korea*

We search for quasi-stellar objects (QSOs) in a wide area of the south ecliptic pole (SEP) field, which has been and will be intensively explored through various space missions. For this purpose, we obtain deep broadband optical images of the SEP field covering an area of  $\sim 14.5 \times 14.5$  deg<sup>2</sup> using Korea Microlensing Telescope Network. The  $1\sigma$  detection limits for point sources in BVRI bands are estimated to be  $\sim 24.6, 24.7, 25.0,$  and  $24.1$  mag, respectively. Unobscured QSO candidates are selected among the optically point-like sources, using the optical-MIR colors with data from Wide-field Infrared Survey Explorer. To further refine our selection and eliminate any contamination not adequately removed by the color-based selection, we perform spectral energy distribution fitting with data ranging from optical to MIR. As a result, we identify a total of 3,455 unobscured QSO candidates in the SEP field. The number count of QSO candidates we selected is in good agreement with those measured in other fields, indicating that our selection is reliable.

#### [포 GC-23] The evolution of baryon fraction for cluster galaxies using FORNAX simulation

Yeonho Kim, Sukyoung K. Yi  
*Department of Astronomy and Yonsei University Observatory, Yonsei University, Seoul 03722, Korea*

The interplay between baryon and dark matter (hereafter, DM) plays an important role in galaxy growth. The empirical relation between DM and the baryon mass fraction of galaxies has been studied using the SHMR (Stellar-to-Halo Mass Relation). Notably, the empirical relation follows a distinct track of rise and fall with respect to halo mass as well as redshift evolution. This 'turnover' between the uptrend and the downtrend occurs at a halo mass around  $1e12$  solar mass.

In this work, we include gas mass by using the term 'baryon fraction' to track the star formation history of each galaxy. We focus on a single cluster using high-resolution hydrodynamics simulation FORNAX. Internal evolution and environmental effects have been investigated to determine the origin of baryon fraction evolution.

We find that the turnover of the evolution track is related to the accretion speed of stellar mass and halo mass. In the early phases of galaxy evolution, stellar mass evolution exhibits a steeper upwards trend than that of halo mass with regard to total galactic mass, while in the later phases, halo mass accretion is steeper. The evolution of individual galaxies is divided into two groups of turnover distinction, modeled by Moster et al.

2018. The existence of a turnover seems to correlate with the existence of a major merger (mass ratio >1:4).

Furthermore, DM and baryon accrete via streams that DM creates to the center of the galaxies. As a result, when the baryon mass falls inside a galaxy while lowering the baryon fraction, the fraction of the nearby region compensates with a higher value.

**[포 GC-24] High  $z \sim 5$  Quasar Search via Deep Learning and Bayesian Information Criterion with Data from The Hyper Suprime-Cam SSP Survey PDR3**

Yunyi Choi, Myungshin Im, Suhyun Shin  
*SNU Astronomy Research Center (SNUARC),  
Astronomy Program, Department of Physics &  
Astronomy, Seoul National University, Republic of Korea*

Using data from the Hyper Supreme-Cam Subaru Strategic Survey Program data (HSC-SSP PDR3), we applied deep learning to select quasar candidates near  $z \sim 5$ . Faint quasars at high redshift are important indicators of the amount of ultraviolet photons that ionize the intergalactic medium (IGM) of the early universe. In previous studies, a flag called 'pixelflags\_crcenter' was used to exclude objects with cosmic rays detected within 3 pixels of the center of that object when selecting quasar candidates. This significantly reduced the effective survey area (nearly by a factor of two) and the number of quasars discovered. Excluding this flag increases the total number of objects to search for quasars from 4.9M to 10.2M, which is a 106% increase. Therefore, this study investigated the effect of the flag and the number of models used in order to select as many quasar candidates as possible. Using the deep layer data, we selected candidates based on preselection criteria and obtained final candidates using deep learning and Bayesian Inference Criterion methods. This approach allowed us to more accurately select quasar candidates compared to traditional color selection methods.

**성간물질/별생성/우리은하**

**[포 IM-01] Interferometric monitoring of a compact radio source Sgr A\* using Korean VLBI Network**

Siyeon Namkung<sup>1</sup>, Sumin Seong<sup>1</sup> and Sang-Sung Lee<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Chungnam National University, <sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, <sup>3</sup>Korea University of Science and Technology

Sgr A\* is a bright and compact radio source located at the center of our galaxy, between the constellations Sagittarius and Scorpio. In this poster, we present the results of our observations of Sgr A\* using Korean VLBI Network (KVN). The KVN enabled us to make 51 epochs of observations at different radio frequencies (22, 43, 86, and 128 GHz) in January 2013 to March 2020 (MJD 56308-58914). These observations allowed us to perform simultaneous multi-wavelength observations and better understand the properties of Sgr A\*. To process the data, we used the DIFMAP software package and AIPS for calibration. By doing so, we were able to produce CLEAN images and obtain multi-wavelength light curves. The CLEAN flux density of Sgr A\* were found to be 0.83-1.36 Jy, 0.90-1.62 Jy, 1.05-2.25 Jy, and 1.03-2.03 Jy at 22, 43, 86, and 128 GHz, respectively. Through this process, we were able to determine the spectral index and identify the physical characteristics of Sgr A\*.

**[포 IM-02] A Robust way to obtain kinematics-corrected spectra of the complex organic molecular (COMs) lines toward protostellar/protoplanetary sources**

Hyeong-Sik Yun<sup>1</sup>, Jeong-Eun Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, <sup>2</sup>Seoul National University

A variety of interstellar complex organic molecules (COMs) have been detected in various physical conditions. However, in the protostellar and protoplanetary environments, their complex kinematics make line profiles blend each other and the line strength of weak lines weaker. We utilize the principal component analysis (PCA) technique to develop a filtering method, which can extract COMs spectra from the main kinematic component associated with COMs emission and increase the SNR of spectra. For development, we adopt this

filtering method the ALMA BAND 6 spectral survey data of V883 Ori. We found that the filtering method corrects non-Gaussian line profiles caused by the kinematics but still preserves the original integrated intensities without any prior information.

### [포 IM-03] Dynamical Properties of Nitrogen Enhanced Stars in the Galactic Halo

Changmin Kim<sup>1</sup>, Young Sun Lee<sup>2,3</sup>, Young Kwang Kim<sup>2</sup>, Timothy C. Beers<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Department of Astronomy, Space Science and Geology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea*

<sup>2</sup>*Department of Astronomy and Space Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea*

<sup>3</sup>*Department of Physics and Astronomy and JINA Center for the Evolution of the Elements, University of Notre Dame, IN 46556, USA*

We present results of the analysis of dynamical properties of nitrogen enhanced stars in the Galactic halo, which are believed to have originated in disrupted Globular Clusters (GCs) or escaped from existing GCs. We identify 138 N-rich stars in the metallicity range  $-3.0 < [\text{Fe}/\text{H}] < 0.0$  from low-resolution stellar spectra from SDSS and LAMOST, and compare their dynamical properties with N-normal stars. We find that the N-rich population (NRP) and N-normal population (NNP) do not exhibit similarities in either in their metallicity distribution function or dynamical properties, indicating that the NRP has a distinct origin from typical halo stars. A more detailed dynamical analysis of the NRP reveals that our N-rich stars do not share a single common origin; more than 60% of them are not associated with those of typical Galactic populations, but probably have extragalactic origins associated with various disrupted dwarf galaxies.

### [포 IM-04] A Comparison of Two Star Formation Models in High-Redshift Dwarf Galaxies

Cheonsu Kang<sup>1</sup>, Taysun Kimm<sup>1</sup>, Daniel Han<sup>1</sup>, Harley Katz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Astronomy, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Republic of Korea*

<sup>2</sup>*Sub-department of Astrophysics, University of Oxford, Keble Road, Oxford OX1 3RH, United Kingdom*

It has been proposed that bursty star formation drives strong outflows, thereby regulating the star formation histories of galaxies. In this study, we employ cosmological radiation-hydrodynamic simulations to examine the impact of star formation models on dwarf galaxies at high redshift. We contrast two distinct techniques, a subgrid model based on local gravo-thermo-turbulent conditions (GTT) and a more precise model based on a sink particle algorithm (SINK). By running simulations of collapsing isothermal spheres and applying Shu's analytic solution, we determined that a sink particle's accretion radius should be set to be twice the minimum cell size. In turbulent GMCs, the SINK model converges in total star formation efficiency at a resolution of 0.25 pc, which corresponds to resolving the thermal Jeans length of the cloud with 19 cells. Our zoom-in simulations show that, albeit preliminary, star formation in SINK is more erratic than in GTT. The bursty model generates stronger outflows as a consequence of coherent supernova explosions, making the recovery timescale for star formation longer and reducing the proportion of neutral hydrogen in the circumgalactic medium. Although the GTT model predicts that stars are normally formed at densities that are around three times higher, the final stellar mass turns out to be almost comparable in both models because the gas accretion onto a sink is effective even at modest densities.

### [포 IM-05] Observability of the Vertical Shear Instability in Thermally-Stratified Disks

Han Gyeol Yun<sup>1,2</sup>, Woong-Tae Kim<sup>1</sup>, Jaehan Bae<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Physics & Astronomy, Seoul National University*

<sup>2</sup>*Department of Astronomy, University of Florida*

Although turbulence is believed to be a crucial factor in the mass accretion and planet formation in protoplanetary disks (PPDs), its physical origin still remains uncertain. The magnetorotational instability that has long been thought to be a main driver of turbulence in accretion disks is strongly suppressed in PPDS by a low-degree of ionization and the associated non-ideal effects. An alternative mechanism for turbulence in PPDs is the vertical shear instability (VSI), which is a pure hydrodynamic instability relying on a vertical gradient of the azimuthal velocity. While there has not yet been direct evidence of the VSI in PPDs, a recent study by Barraza-Alfaro et al. (2021) showed that the dynamical motion induced by the VSI in vertically-isothermal disks can be detected with the



ALMA. In this work, we extend their models to account for more realistic temperature distribution: the real disks are hotter at the surfaces than the midplane due to the stellar irradiation. We present how the thermal stratification can strengthen the VSI and impact their observability.

**[포 IM-06] Spatial decorrelation of young stars and molecular clouds in isolated disc galaxy simulations**

Daniel Han and Taysun Kimm  
*Department of Astronomy, Yonsei University*

Recent studies on the spatial decorrelation of dense molecular gas and star formation in nearby galaxies suggest rapid cycling between giant molecular clouds, star formation, and feedback. In this presentation, we present the preliminary results from our idealized radiation-hydrodynamic simulations of a disc galaxy with structural properties similar to NGC 300. To examine the effects of radiation feedback and supernovae on the decorrelation, we measure depletion timescales ( $\Sigma_{gas}/\Sigma_{SFR}$ ) around peaks of molecular gas and recent star formation ( $t = 2 - 5$  Myr) on 40 - 2560 pc scales. We find that radiation feedback affects the decorrelation on scales of a few tens of pc, whereas supernovae have a significant impact on  $> 100$  pc scales. In the run without any stellar feedback, the depletion timescales around the peaks of both molecular gas and recent star formation on 100 pc scale are nearly a quarter of galactic average. However, our preliminary results suggest that the simulations with normal stellar feedback struggle to match the observed level of spatial decorrelation.



# 사단법인 한국천문학회

## 학계보고서

경북대학교 천문대기과학과 .....	85
경희대학교 우주과학과 및 우주탐사학과 .....	86
고등과학원 .....	89
부산대학교 지구과학교육과 .....	90
서울대학교 물리·천문학부 천문학 전공 .....	92
세종대학교 천문우주학과 .....	102
연세대학교 천문우주학과 .....	107
울산과학기술원 .....	112
충남대학교 천문우주과학과 .....	114
충북대학교 천문우주학과 .....	116
한국천문연구원 .....	120



## 경북대학교 천문대기과학과

### 1. 인적사항

본 학과의 천문학 전공 교수는 박명구, 장현영, 김민진, 김재영 회원이다. 동교 사범대학 지구과학교육과의 심현진 회원도 대학원생 논문지도를 맡고 있다. 현재 김태현, 정일교, 박대성 회원이 연구교수로, 한두환, 김용정 회원이 박사후연구원으로 본 학과에서 천문학 연구를 수행하고 있다.

본 학과 학부 과정은 자연과학대학 지구시스템과학부 천문대기과학전공이며 대학원 과정은 천문학과와 대기과학과로 분리되어 있다. 2022년 3월에는 87명의 신입생이 수시 및 정시모집으로 지구시스템과학부에 입학하였고, 24명의 학생들이 2학년으로 올라오면서 천문대기과학전공으로 진입하였으며, 4명이 3학년으로 편입으로 들어왔다. 천문대기과학전공 학생은 천문학과 대기과학 과목들을 자유롭게 선택하여 공부할 수 있다. 대학원 천문학과에는 2023년 3월에 학석연계과정으로 1명의 학생이, 1명의 박사과정 학생이 입학하여 현재 8명의 석사과정 학생과 7명의 박사과정 학생이 재학 중이다. 2023년 2월에는 방태양 회원(지도교수 박명구)이 이 'Analysis of precise radial velocity periods for giant stars using BOES'로 박사학위를, 손지원 회원(지도교수 김민진)이 'COSMOS 활동성 은하핵을 활용한 SPHEREx 관측 특성 연구'로 석사학위를 취득하였다.

### 2. 연구 및 학술활동

박명구 회원은 천문연구원의 김강민 회원, 박찬 회원, 이병철 회원, 한인우 회원, UST 최연호 회원 등과 개발 완료한 외계행성투과스펙트럼에 최적화된 분광측광기 SPECTR를 이용하여 박사과정 방태양 회원 및 공주대구재림, UST 최연호 회원 등과 외계행성에 대한 투과스펙트럼 관측을 수행하고 그 자료들을 분석하고 있다. 또한 천문연구원의 외계행성 연구팀과 같이 BOES를 이용하여 외계행성 탐색 연구를 10여 년째 수행하고 있다. 또한 박사과정 오명환 회원과는 블랙홀 자기권에서의 입자 가속 연구, 경북대학교 한두환 회원과는 블랙홀 부착 현상, 경북대학교 김태현 회원, 천문연구원 이윤희 회원, 부산대학교 안홍배 회원과는 막대은하에 대한 연구를 수행하고 있다.

장현영 회원은 태양 흑점과 표면 자기장의 공간 분포를 분석하여 태양 자기장 생성에 관한 연구를 수행하고 있고, 우주환경과 장주기 기후 변화의 관계를 연구하고 있다. 박사과정 조윤아 회원과 Kepler, TESS 위성 자료를 이용하여 항성 진화와 구조를 성진학적 관점에서 연구하고 있으며, 중국의 Zhibin Zhang 박사와 GRB의 모체 연구를 진행하고 있다.

김민진 회원은 2022년 6월부터 기초연구실 과제의 일

환으로 SPHEREx 위성망원경으로 획득될 자료를 활용해서 할 수 있는 과학 연구에 대한 사전 연구를 경북대의 심현진 회원, 부산대의 김도형 회원, 충남대의 송현미 회원과 수행하고 있으며, 이를 위해서 천문연구원의 정웅섭, 양유진, 이보미 회원 및 한국의 SPHEREx과학연구 그룹과 공동으로 연구를 수행하고 있다. 경북대의 손수연 회원과 공동으로 가까운 활동성 은하핵의 토러스 구조의 특성 연구를 수행하고 있다. 천문연구원의 변우원, 신윤경 회원 및 천문연구원 연구팀(김상철, 선광일, 박병권, 이준협, 정현진 회원)과 함께 KMTNet망원경을 이용하여 가까운 은하의 깊은 이미징 자료를 얻어서 은하의 어두운 영역에서의 물리적 특성에 대한 연구를 수행 중이다.

김재영 회원은 활동성은하핵 및 블랙홀 물질방출 관련 고분해능 전파천문학 및 다파장 천문학 연구를 수행하고 있다. EHT 국제공동연구단 그리고 천문연구원 박종호 회원, 경북대 이덕형 석사과정 연구원 등 국내 연구진들과 함께 M87 및 근거리 활동성은하핵 관련 연구를 GMVA, ALMA, VLBA, VLA, KVN 등의 시설을 사용하여 집중 수행하고 있으며, 현재 EHT 공동연구단 내 활동성은하핵 연구그룹의 공동리더를 맡고 있다. 희귀한 거대전파 나선은하 및 감마선/뉴트리노 관련 극변광 천체들의 영상 및 시계열 데이터 분석을 경북대 이승연, 김유식 학생 연구원, Bindu Rani (NASA) 등과 함께 연구를 수행중이다. 또한 김재영 회원은 세종대 오세헌 회원, 조선대 안경진 회원, 연세대 정애리 회원, 울산과학기술원 류동수 회원, 천문연구원 손봉원 회원, 충남대 조정연 회원 등과 함께 해외대형연구시설활용 집단과제를 통한 SKA-precursor 활용 연구를 진행 중이다.

본 학과는 코로나 상황으로 인해 중단되었던 일반인을 위한 공개관측과 공개강연행사인 "밤하늘 이야기"를 2023년 3월부터 재개하기로 하였다. 시민과 학생들을 위해 학기 중 매달 열리는 본 행사는 지역의 대표적인 과학 행사이다.

### 3. 연구시설

본 학과는 계산 및 관측자료 처리를 위해 Intel server/cluster 및 다수의 워크스테이션을 운영하고 있다. 경북대 천문대에는 천체 관측 실습을 위한 31cm 뉴턴식 반사망원경이 설치되어 있으며 그밖에 H alpha 및 Ca K 태양망원경을 비롯하여 다수의 소형 반사 및 굴절 망원경 그리고 Fujinon 25×150 대형쌍안망원경 등을 교육 및 연구에 활용하고 있다. 또한 이동식 천체투영시스템도 교육에 활용하고 있다. 2023년 2월 이탈리아 Radio2Space 사의 1.4 GHz 주파수 관측용 2.3m 전파 망원경 (Spider 230C 모델) 을 도입하여, 향후 연구 및 교육에 활용할 예정이다.

## 경희대학교 우주과학과 및 우주탐사학과

### 1. 인적사항 및 주요동향

1985년에 창립되어 2023년에 38주년이 되는 경희대학교 우주과학과는 현재 응용과학대학에 소속되어 있고 학사과정과 함께 대학원에 석사, 박사, 석박사 통합과정을 두고 있다. 2009년 WCU(세계수준의 연구중심대학) 사업의 일환으로 대학원에 신설된 우주탐사학과는 석사, 박사, 석박사 통합과정을 두고 있다.

경희대학교 우주과학과와 우주탐사학과에는 2023년 3월 현재 총 11명의 교수(김관혁, 문용재, 박수종, 선종호, 이동훈, 이은상, 전명원, 진호, 최광선, 최윤영, Tetsuya Magara)가 강의와 연구를 수행하고 있다. 2017년 정년 퇴임한 김상준 회원, 2019년 정년 퇴임한 김갑성 회원, 그리고 2021년 퇴임한 장민환 회원은 명예교수로 재직 중이다. 2023년 9월, 우주 측지학을 전공한 호주 뉴캐슬 대학의 한신찬 교수가 임용될 예정이다. 현재 최윤영 회원이 우주탐사학과와 우주과학과 학과장을 맡고 있다.

우주과학과는 경희천문대와 함께 매년 다수의 공개 관측회를 개최하여 본교 학생들뿐만 아니라 일반인들에게도 천문현상을 접할 수 있는 기회를 제공하고 있다. 매년 하계방학 중, 우주과학과 학생회는 학과 및 천문대의 지원으로 중고생을 위한 우주과학캠프를 개최하여 청소년들에게 천문학 및 우주과학에 대한 체험의 기회를 부여하고 있다.

우주과학과 학부는 올해 43명의 신입생을 맞이했으며 약 175명이 재학 중이다. 대학원 우주과학과/우주탐사학과에는 총 27명의 대학원생(석사 16명, 석박통합 6명, 박사 5명)이 재학하고 있다. 우주탐사학과 대학원에서 2021년 8월 이후 다음과 같이 석사 5명, 박사 6명이 학위를 받았다.

**\* 석사 졸업 - 5명**

- 조우현(22년 8월, 우주탐사학과 지도교수 이정은)
- 임진구(23년 2월, 우주탐사학과, 지도교수 문용재)
- 이종훈(23년 2월, 우주탐사학과, 지도교수 이은상)
- 장연우(23년 2월, 우주탐사학과, 지도교수 마가라)
- 손동희(23년 2월, 우주탐사학과, 지도교수 마가라)

**\* 박사 졸업 -6명**

- 이용희(22년 8월, 우주탐사학과, 지도교수 이정은)
- 백기선(22년 8월, 우주탐사학과, 지도교수 이정은)
- 이시백(22년 8월, 우주탐사학과, 지도교수 최광선)
- 이준현(22년 8월, 우주탐사학과, 지도교수 이은상)
- 박종엽(22년 8월, 우주탐사학과, 지도교수 문용재)
- 정현진(23년 2월, 우주탐사학과, 지도교수 문용재)

### 2. 연구 및 학술 활동

#### 태양우주기상연구실

문용재 회원이 이끄는 태양우주기상연구실(Solar and Space Weather Laboratory)은 태양 및 우주기상 연구를 수행하고 있으며 최근 딥러닝을 활용한 여러 연구 결과를 수행하고 있다. 2023년 2월에 정현진 회원이 박사학위, 임진구 회원이 석사학위를 받았다. 2023년 3월 현재 연구교수 11인(신준호, 이진이, 성숙경, 박진혜, 조일현, 지은영, 강지혜, 유대중, 이하림, 장수정, 로렌스), 박사후 3인(나현욱, 이강우, 정현진), 박사과정 5인(김진현, 전성경, 김태영, 수미야, 손지현) 및 석사과정 6인(신승헌, 이재원, 카리모프, 전웅, 임예림, 윤준무)이 연구를 함께 하고 있다. 신준호 회원은 '태양 플라즈마의 수직 구조 변화 연구', 이진이 회원은 '태양 분출 플라즈마의 질량 및 에너지 연구', 성숙경 회원은 '자기 권계면 예측 연구', 박진혜 회원은 '태양 고에너지 입자 예보 연구', 조일현 회원은 '코로나 구멍에서의 플룸 연구', 지은영 회원은 '딥러닝을 이용한 IRI 모델 개선 연구', 강지혜 회원은 '관측기반 시뮬레이션 모델을 통한 플레어/CME 기작 연구', 유대중 회원은 '코로나 플라즈마의 kink 파동 연구', 이하림 회원은 '딥러닝을 이용한 과거 흑점 자료 복원 연구', 장수정 회원은 '딥러닝을 이용한 코로나 밀도 산출 연구', 로렌스 회원은 '딥러닝을 이용한 코로나 그래프 영상 생성 연구', 나현욱 회원은 '딥러닝을 이용한 CME 3차원 구조 결정 연구', 이강우 회원은 '비지도 학습 기반 태양 딥러닝 모델 연구', 정현진 회원은 '딥러닝 자료를 활용한 벡터 자기장 생성 연구', 김진현 회원은 '태양 코로나그래프 광학 설계 및 검증 연구', 전성경 회원은 '딥러닝을 이용한 태양 자기장 영상 예보 연구', 김태영 회원은 '딥러닝을 활용한 태양 활동 예보 연구', 수미야 회원은 '딥러닝을 이용한 태양 자기유체역학 수치모델 결과 산출 연구', 신승헌 회원은 '딥러닝을 이용한 Kp 예보 연구', 손지현 회원은 '딥러닝을 이용한 태양풍 예보 연구', 이재원 회원은 '태양 가장자리 플레어 예보 연구', 카리모프 회원은 '태양 자기 에너지를 사용한 플레어 예보 모델 연구' 를 수행 중에 있다.

#### 적외선실험실

박수종 회원이 지도하는 적외선실험실은 광학/적외선 천문기기의 제작과 천체관측 연구를 한다. 2023년 3월 현재 적외선 실험실에는 박사과정 지태근, 한지민, 안호재, 김창곤 회원, 석사과정 정대한, 이수민, 김도훈 회원이 있다. 그리고 우주과학과 김나연, 기계공학과 백은서 회원이 학부 연구생으로 연구에 참여하고 있다.

본 적외선실험실은 2020년 8월 부터 참여한 5세대 SDSS (Sloan Digital Sky Survey) 의 관측기기 LVM (Local Volume Mapper) 제어소프트웨어 개발을 마무리

하고, 2023년 2월부터 시작한 시험 관측에 참여하고 있다.

2014년 7월부터 시작한 미래창조과학부의 우주핵심기술개발사업 “우주 적외선 관측을 위한 알루미늄 비축 반사망원경의 시험모델 개발” 연구는 2019년 6월에 성공적으로 마무리하고, 2020년 6월부터는 무인이동체 원천기술개발사업에 참여하여 무인이동체 임무장비 광학설계 및 분광영상 모델개발 연구를 시작하여 2022년 12월에 마무리 했다. 본 연구에서는 스마트IT융합시스템연구단 장승혁 박사와 공동으로 개발한 비축반사망원경 설계, 제작, 조립기술을 적용하여 자유곡면 알루미늄 반사경 3장으로 유효구경 40mm 초점/구경 비 1.9인 선형비점수차가 제거된 비축반사망원경 (LAF-TMS, Linear Astigmatism Free - Three Mirror System)을 제작하고 조립 정렬 연구를 수행했다. 2020년 12월부터 2022년 12월까지 수행한 연구재단의 한-프랑스 협력기반조성사업에 참여하여 파리천문대 David Valls-Gabaud 교수와 공동으로 수행한 “우주의 최저 표면 밝기를 관측하는 MESSIER 탐사위성의 타당성 조사 연구”에서는 유효구경 400mm 초점/구경 비 3인 선형비점수차가 제거된 우주망원경을 설계하고 성능의 모의 시험을 수행했다.

2022년 1월 부터는 한국천문연구원의 차세대 중력파 검출기 국제공동개발에 참여하여 2022년에는 양자조임상태 광원의 모드매칭 망원경의 광학 설계와 광기계 설계를 하였고, 2023년에는 제작한 모드매칭 망원경을 이탈리아 카시나의 유럽 중력파 천문대 (European Gravitational Observatory) 에 가져사서 설치 연구를 수행할 계획이다.

#### 우주과학탐재체연구실

선종호 회원이 지도하고 있는 우주과학탐재체연구실 (Space Science Instruments Laboratory)은 근지구 우주과학을 연구하기 위해 인공위성 탐재체를 개발하고 있다.

2023년 3월 현재 연구교수 2인(채규성 박사, 나고운 박사)과 박사과정 1인(설우형), 석박통합과정 1인(이찬행)이 연구를 함께 하고 있다. 우주과학탐재체 연구실은 연구실 구성원들이 함께 탐재체를 개발하고 발사하여 우주 환경에서 관측된 데이터를 해석하고 물리현상을 연구함이 목적이다. 연구원들은 검출기 Analog/Digital 회로 개발, 입자물리 시뮬레이션, 기계구조 설계 및 테스트, 소프트웨어 개발, 우주관측 데이터 해석 등을 직접 수행한다.

우주과학탐재체연구실은 2020년 7월에 시작된 미국 NASA와 한국천문연구원의 협력 사업인 한미 민간 달착륙선 탐재체 공동연구에 참여하여 달 표면에 입사하는 고에너지 하전입자 및 이차 입자를 관측하기 위한 Lunar Space Environment Monitor (LUSEM) 탐재체 개발을 진행하고 있다. LUSEM은 2024년 미국 NASA의 Commercial Lunar Payload Service (CLPS) 달착륙선

에 탑재되어 광학적 특이점인 라이너감마 (Reiner Gamma, 7.5°N 59.0°W) 지역에서 운영될 예정이다.

#### 우주공간물리연구실

이동훈 회원이 이끄는 우주공간물리 연구실은 우주 플라즈마에서 발생하는 여러 섭동 현상에 대한 이론 및 수치 모델 연구와 위성 관측 연구를 진행하고 있다. 현재, 우주전파센터의 우주환경 연구과제를 수행하고 있다. 주로 우주 환경에서 발생하는 여러 종류의 지자기 섭동 및 파동 등에 대한 모델 연구를 수행하고 있다. 또한 이동훈 회원은 지난 2년간 COSPAR 한국위원회 위원장으로서 2024년 COSPAR 총회의 국내 유치를 추진하고자 천문연 박종욱 현 위원장 및 관련 회원들과 함께 노력하고 있다.

이성환 회원은 자기권계면에서의 turbulence에 의한 자기권 섭동 과정에 대한 통계적인 연구를 수행하고 있으며 최지원 회원은 자기권에서 오랜 동안 미제로 남아 있던 poloidal mode의 연장 수명에 대한 이론적 근거를 제시하는 연구를 마무리하였다. 또한 Danish Naeem 회원은 전리권 및 실험실에서 발생하는 전자 파동에 대한 3-D 수치모델을 개발하였으며 박사과정에 새로 입학한 노상일 회원은 수치모델을 활용한 자기권 자기 음파의 실시간 수치실험을 수행하고 있다. 석사과정에서는 윤우철 회원이 AI 기법을 이용한 태양풍 섭동과 자기권 도착 시간에 대한 모델을 개발하고 있다.

#### 우주플라즈마물리연구실

이은상 회원이 이끄는 우주플라즈마물리 연구실은 현재 2명의 석박통합 학생(김희은, 고영경)이 위성 관측 데이터 분석과 시뮬레이션을 이용하여 우주플라즈마에서 발생하는 다양한 물리현상을 연구하고 있다. 김희은 회원은 Cluster 위성 데이터를 분석하여 이온이 지구 bow shock을 통과할 때 발생하는 heating 과정에 대해 연구하고 있다. 고영경 회원은 hybrid 시뮬레이션을 이용하여 지구 bow shock을 통과하는 이온에서 발생하는 플라즈마 불안정성에 대해 연구하고 있다. 2022년 8월 이준현 회원이 Van Allen Probes 위성 데이터를 분석한 지구 내부 자기권에 대한 연구로 박사학위를 취득하였고, 2023년 2월 이종훈 회원이 입자 시뮬레이션을 이용한 lunar swirl에서 고에너지 플라즈마 입자의 운동에 대한 연구로 석사학위를 취득하였다.

#### 초기우주 연구실

전명원 회원이 이끄는 초기우주 연구실은 초기우주에서 생성된 첫 세대 별(first stars)과 은하(first galaxies)의 탄생과 진화, 특성, 그리고 초기 별들과 관련하여 근거리 우주에서의 왜소은하(ultra-faint dwarf galaxies in the Local Universe)의 특성에 대한 연구를 수행하고

있다. 본 연구실에서는 우주론적 시뮬레이션을 이용하여 이론연구를 수행하고, 다양한 관측 결과와 비교하는 방법을 사용하고 있다. 전명원 회원은 현재 왜소은하 형성에 미치는 초기 우주에서의 불균일 재이온화(patchy reionization) 효과를 연구하는 과제와 초고성능 컴퓨팅을 활용한 왜소은하 형성 프로젝트인 다윈 프로젝트 과제에 참여 중이다.

현재 초기우주 연구실에는 석사과정 회원6인(이태용, 김재은, 정태봉, 강령욱, 고민성, 유보현)과 2명의 학부연구생이 초기 우주 연구를 진행 중이다. 이태용 회원은 'Sculptor 왜소은하 내 발견된 첫 세대 별 초신성 폭발의 흔적 구현'에 대한 연구를 수행하였다. 이에 대한 우주론적 수치계산 결과를 바탕으로 2023년 3월에 논문을 투고 하였다. 김재은 회원은 '왜소은하 형성에 미치는 초기 우주에서의 불균일 재이온화(patchy reionization) 효과'를 연구하여 이를 바탕으로 2023년 3월에 논문 투고 하였다. 정태봉 회원은 제임스 웹 우주 망원경(James Webb Space Telescope)으로 발견할 첫 세대 은하(first galaxies)의 스펙트럼 구현'에 대한 연구를 진행 중이며, 강령욱 회원은 다윈 프로젝트에 참여 하고 있다. 또한, 고민성 회원은 고분해능에서의 왜소은하 내 초신성 폭발 구현, 유보현 회원은 인공지능을 활용한 시뮬레이션 결과 분석 등에 대한 연구를 진행 중이다.

#### 태양권플라즈마연구실

최광선 회원이 이끄는 태양권플라즈마연구실(Heliospheric Plasma Physics Laboratory)은 태양으로부터 태양권계면(heliopause)까지 이르는 전 태양권 공간에 존재하는 플라즈마의 전자기적, 역학적 성질을 탐구하기 위해 설립되었다. 수년전부터는 태양권 밖의 천체에서 일어나는 플라즈마 물리 과정으로 연구 영역을 확대하였다. 이 연구실에서 다루는 주제들은 태양물리연구실과 공간물리연구실의 연구주제들과 밀접한 관련이 있기 때문에 이들 연구실과 연구 협력이 이루어지고 있다. 본 연구실에서는 플라즈마의 거시적 기술인 자기유체역학으로부터 미시적 기술인 입자운동론적 기술(kinetic theory)까지 다양한 방법을 사용하고 있다. 입자운동론적 연구에 있어서는 University of Maryland의 Peter H. Yoon 교수와 긴밀한 협력이 이루어지고 있으며 자기유체역학적 연구에 있어서는 Technical University of Berlin의 Joerg Buechner 교수 및 Max Planck Institute for Solar System Research의 Sami Solanki 교수와 협력하고 있다.

본 연구실의 이시백 회원(박사졸업, 현재 박사후연구원)과 최광선 회원은 학계 최초로 poloidal-toroidal representation을 사용한 태양코로나 자기장 구성 방법을 개발하여 이 방법이 학계에서 사용되는 어떤 방법보다 수월함을 입증하였고 이를 Astrophysical Journal에 발표하였다. 석사과정에 진학한 이민선 회원은 천체의

shear flow와 연계된 thermal instability를 해석적 방법으로 연구 중이다. 이중기 회원(박사수료)은 다차원(2, 3 차원) 플라즈마 입자 시뮬레이션 코드를 collisionless magnetic reconnection에 적용하여 microscopic scale에서만 나타날 수 있는 dynamo 현상을 연구 중이다. 셋트랙아이에 재직 중인 박근석 회원(박사수료)은 달과 같은 자기장이 없는 천체와 태양풍의 상호 작용을 3차원 자기유체역학적 시뮬레이션을 통해 연구 중이다. 전홍달 회원(박사수료)은 태양과 자기권 등에서 발생하는 ballooning instability에 대한 연구를 수행 중이다. 연구실을 이끄는 최광선 회원은 Peter H. Yoon 교수와 함께 그간 미시적 스케일에서 쓰이던 weak turbulence theory를 거시적 자기유체역학과 확장된 자기유체역학에 적용하는 연구를 수행 중이며 관련 논문 2편을 Physics of Plasmas에 발표하였다.

#### Solar Dynamics Laboratory Group

We aim to clarify the dynamical nature of the Sun represented by various kinds of active phenomena observed on it, such as the solar cycle, solar flares, solar winds, and coronal mass ejections. We investigate these phenomena by combining observational data analysis and theoretical modeling based on computer simulation. The members of the group are Dr. Tetsuya Magara (PI), Mr. Yeonwoo Jang, and Mr. Donghui Son. Our research targets are: I) dynamic recycling of magnetic fields in the solar interior II) dynamic transportation of magnetic fields through the solar convection zone to the solar atmosphere III) dynamic formation and diffusion of magnetic structures in the solar atmosphere IV) global eruption of magnetic fields toward the interplanetary space. We also collaborate with the space weather group with KASI to develop a state-of-the-art three-dimensional magnetohydrodynamic simulation model, which is used to explore the solar interior and exterior. We are currently conducting a medium-scale NRF project focused on the dynamic thermalization of a solar magnetized atmosphere (related to topic III mentioned above).

#### 3. 연구시설

##### 경희천문대

경희대학교 천문대는 1992년 10월 동형 건물의 완공과 76cm 반사망원경의 설치를 기점으로 개관하여 1995년 9월 민영기 교수가 초대 천문대장으로 부임하였다.



1999년 1월에 김상준 교수가 제 2대 천문대장으로 부임한 후, 2001년 3월에 인공위성 추적 관측을 위한 관측소를 설치하였다. 2003년 2월에 장민환 교수가 제 3대 천문대장으로 부임하였고, 2010년 3월부터는 박수중 교수가 제 4대 천문대장직을 수행하였다. 2012년 3월에 진호 교수가 제 5대 천문대장직에 부임한 후, 2013년 10월에 공식 명칭을 '우주과학교육관'에서 '경희대학교 천문대'로 변경하였고, 새롭게 홈페이지를 개선하였다. 2017년 3월부터 김관혁 교수가 제 7대 천문대장직을 수행하였고, 2020년 1월부터 이정은 교수가 제 8대 천문대장직을 수행하였다. 2021년 3월부터 선종호 교수가 제 9대 천문대장직을 수행하였다. 2023년 3월부터는 이동훈 교수가 제 10대 천문대장직을 수행중이다. 경희대학교 천문대는 연구 및 교육 활동 외에 천문우주과학 대중화 사업을 적극적으로 진행해 오고 있다.

본 천문대는 2009년에 리모델링 공사를 통하여 각종 연구시설을 정비하였고, 76cm 반사망원경의 TCS를 교체하여 보다 효율적이고 정확한 관측이 가능하도록 하였다. 또한 2010년에는 Meade사의 16인치 리치크레티앙식 망원경과 Paramount ME 마운트를 도입하여 위성 추적 및 천체 관측 실습용으로 사용 중에 있으며, 2011년과 2012년에는 FLI 4K CCD와 FLI 1K CCD를 각각 도입하여 관측에 활용하고 있다. 2013년에는 대구경 쌍안경을 도입하여 과학문화 대중화에 활용하고 있다. 2012년 4월에는 기존의 전시장 공간에 연구실을 신설하는 공사와 영상실 조성 공사가 완료되었다. 2015년 2월과 2016년 2월에는 천체관측지원을 위하여 주망원경 돐을 보수하였다.

본 천문대는 다양한 체험학습 프로그램과 과학문화 대중화를 위한, 천문 및 우주과학을 주제로 하는 교육프로그램을 상시 진행하고 있다. 이를 통해 천문·우주과학에 대한 일반의 관심을 향상시키고, 중고생들에게 전공진로 방향을 제시하는 등, 경희대학교 천문대는 지역사회 및 일반 천문동호인들에게 중요한 교육 및 체험 현장으로서 새로운 위상을 정립하고 있다.

경희대학교 천문대에는 천문우주과학 관측기기 및 인공위성의 개발과 관련된 다수의 실험실들이 설치되어 있다. 실험 시설로는 전자장비 개발 및 시험 시설, 기계구조부 제작 및 시험 시설, 청정실 등이 있으며, 경희대학교 인공위성 지상국도 현재 천문대에 설치되어 운용되고 있다.

## 고등과학원

The Astrophysics and Cosmology Group is headed by Prof. Changbom Park, Donghui Jeong, and Research Prof. Juhan Kim. Postdocs in the group include Drs. Jaehyun Lee, Jaehong Park, Ankit Singh, Alexandra Dupuy, Priya Goyal, and

Jaewon Yoo.

In 2022 Prof. Park has discovered that the majority of the first galaxies should have disk morphology, and the spheroidal and irregular morphologies are incidental and transient. This prediction found in the Horizon Run 5 (HR5) cosmological simulation has been confirmed by the recent JWST observation. The paper was selected by AAS Journal Author Series and an interview is posted at AAS Youtube channel. He has been carrying out the Korea Dark Energy Survey (KDES) program, which aims to uncover the nature of the dark energy component of the universe. He is a member of the Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) consortium as an effort of the program. Together with Dr. Fuyu Dong (now at Yunnan) he is applying the Alcock-Paczynski test extended by Park et al. (2019) to recent large galaxy redshift survey samples to constrain cosmology. Using the HR5 simulation he is working on many scientific projects such as defining galaxy proto-clusters and unrevealing evolution of galaxy morphology through out the history of the universe. He is working together with many astronomers in Korea to conduct multi-object spectroscopic survey of galaxies. One is A-SPEC (All-sky Spectroscopic Survey of the nearby universe) led by KASI and SNU, which aims to make spectroscopic observation of nearby galaxies out to redshift of about 0.15 over the whole sky. The other is a plan for building a 6.5m telescope dedicated to spectroscopic observation.

Research Prof. Juhan Kim has been studying the surface brightness distribution of high-redshift galaxies finding that a substantial fraction of low surface brightness galaxies could be missing in the current extragalactic catalogs. Prof. Kim is leading a project with Prof. C. Park and other KIAS members on developing a new cosmological hydrodynamic simulation code for Exa-scale supercomputing. A graduate student of SNU, Gain Lee, has recently joined the project. He is involved in a research project, DARWIN, to run cosmological hydrodynamic simulations for the study of formation and evolution of dwarf galaxies in the cosmological context.

Prof. Donghui Jeong has been working on a cosmological analysis to measure the dark energy

density at high redshift with the Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment, which is nearly 70% complete now and will complete in 2024. He also refines the cosmological constraints coming from the sub-solar mass range black-hole binary search from O3 run of LVK gravitational-wave observatories. With Dr. A. Dupuy, he is measuring the local dark-matter map from the recent Cosmic-Flow 4 dataset.

Dr. Jaehyun Lee generated the galaxy and halo catalogues and the merger trees of HR5, and is supporting HR5 data users. He investigates the formation and evolution of proto-clusters in the early universe based on HR5. He has also examined the origin of molecular clouds and young stars found in the tails of ram pressure-stripped galaxies in cluster environments using radiation hydrodynamical simulations with a pc-scale resolution. Currently, he is focusing on the impact of magnetic fields on ram-pressure stripped galaxies. This study gives a hint that magnetic fields may play a critical role in the formation of dense clouds and star formation in the ram pressure stripped tails.

Dr. Jaehong Park has been working on modeling Lyman alpha emitters (LAEs) in HR 5 that can be used to study the observed LAEs. He also worked on a semi-numerical simulation, 21cmFAST, to study the Epoch of Reionization. He contributed to developing Fisher-matrix wrapper for 21cmFAST, 21cmfish, in order to infer higher parameter space than MCMC approaches efficiently.

Dr. Ankit Singh is working on the impact of the large-scale environment on active galactic nuclei (AGN). He is also studying the effect of AGN on star formation rate estimation in infrared wavelength using Monte Carlo radiative transfer for galaxies in HR5. He is collaborating on studying the Mass-metallicity relation in the large-scale filament environment with Prof. B. Gibson (Hull) using HR5. He has been collaborating on studying how the large-scale filament environment affects the properties of the galaxies and the impact of trajectory on ram pressure stripping with Prof. J.S. Bagla (IISER Mohali). He is also leading the study of galaxy trajectories in galaxy mergers using isolated hydrodynamical simulations with Dr. J. Rosdahl (CRAL).

Dr. Alexandra Dupuy is collaborating with Profs. D. Jeong (PSU/KIAS), S. Hong (KASI), H. Hwang (SNU) and J. Kim (KIAS), to reconstruct the dark matter map from observed peculiar velocities derived from the Cosmicflows-4 (CF4) catalog of galaxy distances, by means of a deep learning algorithm, a convolutional neural network. She collaborated with Helene Courtois (IP2I) and published reconstructions of the local three-dimensional velocity and overdensity field also derived from the CF4 galaxy and grouped distances. She investigated the reconstructed velocity field and defined the watersheds of various superclusters and voids, such as the new shape of Laniakea.

Dr Priya goyal has been investigating the large scale properties of the Universe, namely the homogeneity and the isotropy of the universe on large scales, by studying the fractal properties of the quasar distribution from the SDSS survey. Also, she is now working on establishing the fundamental plane relation for the early type galaxies in HR5 simulations with the aim to understand the origin of its scatter hoping to tighten it further.

Dr. Jaewon Yoo is investigating the possibility of using (ICL) as a tracer for dark matter and an indicator for the dynamical evolution of galaxy clusters. She developed a new methodology (named Weighted Overlap Coefficient; WOC) to quantify the similarity of two or more 2-dimensional spatial distributions and applied the method to the 174 galaxy clusters ( $M > 5 \times 10^{13} M_{\text{sun}}$  at  $z=0.625$ ) at different dynamical stages simulated within HR5. Her results imply that the ICL combined with the brightest cluster galaxy is a stable tracer for dark matter. She is now investigating how the similarity in spatial distribution between ICL and DM evolves around major merging events.

## 부산대학교 지구과학교육과

### 1. 인적사항

본 학과에 재직하는 6명의 전임 교수 중 천문학 교육과 연구는 강혜성 교수와 김도형 교수가 담당하고 있다.

천문학 분야 연구실에는 조현진 박사와 임구 박사가 박사 후 연구원으로 근무하고 있으며, 정자희, 이수민, 정영주, 정석광, 임성훈 등 5명이 석사과정에 재학 중이다. 박사과정의 서정빈은 2022년 8월 박사학위를 받은 후, 현재 울산과학기술원 물리학과 박사후연구원으로 재직하고 있다.

## 2. 연구 및 학술 활동

강혜성 교수는 UNIST에 설치된 “고에너지 천체물리 연구센터(CHEA)” 소속의 공동연구자들과 함께 은하단물질(ICM)에서 발견되는 매우 약한 충격파에서 우주선 양성자와 전자의 가속과 비열적 복사에 관한 연구를 수행하였다. 한편, 2022년 8월 부산에서 개최된 국제천문연맹 31차 총회의 조직위원장을 맡아서, 코로나19 팬데믹 상황에도 불구하고 성공적으로 총회 행사를 치르는데 기여하였다.

김도형 교수는 서울대학교, 경북대학교 및 충남대학교 공동 연구자들과 함께 은하 병합을 통한 은하 진화를 연구하고 있다. 특히 은하 병합을 겪은 지 얼마 되지 않은 것으로 추정되는 붉은 활동성 은하핵을 연구하기 위해, 먼지가 많은 활동성 은하핵의 블랙홀 활동성을 대량으로 측정할 수 있는 방법을 새롭게 개발했다. 해당 내용은 미국 천문학회 학회지(The Astrophysical Journal)에 제출되었으며, 현재 Referee 리포트를 받고 수정 중이다. 그리고 후속 연구로 멀리 있는 활동성 은하핵의 블랙홀 활동성 측정법 개발과 해당 방법들을 먼지가 많은 활동성 블랙홀에 적용한 결과들을 미국 천문학회 학회지에 보고할 예정이다.

임구 박사 후 연구원은 중력파연구단 서울대학교 연구팀과 함께 초신성 관측 연구를 진행 중이며, 최근 Ia형 초신성 SN 2021hpr의 초기 광도 곡선에서 발견된 플렉스 초과 현상이 주계열성보다 큰 동반성과 초신성 분출물과의 충돌로 생기는 열복사 방출로 설명되는 측면이 있음을 보였고, 다른 모델의 설명 가능성에 대하여 언급하였다. 이 결과는 미국 천문학회 학회지 (The Astrophysical Journal)에 제출되었고, Referee 리포트를 받아 수정 중에 있다. 추가적으로 다른 초신성에 대한 분석도 수행 중에 있다. 또한 김도형 교수와 함께 초신성, 중력파천체, 외계행성, 활동성 은하핵과 같은 다양한 변광천체 관측 연구를 위하여 밀양아리랑우주천문대 0.7미터 주망원경의 학술 연구 활용을 위한 표준화 연구와 자동화 관측 작업 역시 수행 중이다. 밀양아리랑천문대를 국내 여러 대학과 과학관이 참여하는 소형망원경네트워크와의 시너지를 기대하고 있다.

서정빈 박사는 학위 과정을 통하여 “A Simulation Study of Ultra-relativistic Jets”라는 연구를 수행하였다. 상대론적 유체역학 코드를 개발하여 전파은하의 상

대론적 제트의 역학적 진화를 시뮬레이션 하였고, 또한 몬테카를로 방법을 이용하여 고에너지 우주선의 가속 현상을 정량적으로 계산하였다. 본 연구를 통하여 전파 제트가 초고에너지우주선(UHECRs)의 기원을 설명할 수 있음을 보였다.

석사과정의 정석광은 BASS 프로젝트 샘플 가운데 먼지가 많은 활동성 은하핵을 골라 이들의 hot dust covering factor가 일반적인 활동성 은하핵의 그것과 다른지 연구를 진행하고 있다. 그리고 임성훈은 밀양아리랑 우주천문대의 계절별 시상 변화 연구를 진행하고 있다.

## 3. 연구 시설

본과의 천문대에는 16인치 반사 망원경과, 14인치 슈미트 카세인 망원경, 6인치 굴절 망원경이 각각 독립된 돔에 설치되어 있고, 부대시설로는 CCD 카메라가 있어 학생들의 실습에 사용되고 있다. 또한 4인치부터 8인치에 이르는 소형 망원경들이 있어 학부생들의 관측 실습에 사용되고 있다. 뿐만 아니라, 본과는 밀양아리랑 우주천문대와 MOU를 맺어 연구 활동 및 대학원생의 관측실습에 밀양아리랑 우주천문대의 0.7m 주 망원경을 이용하고 있다. 그 외에, 8기의 계산용 워크스테이션과 1기의 GPU 서버를 보유하고 있다.

## 4. 국내외 연구논문(2019~)

- Ha, J.-H., Ryu, D., & Kang, H. 2020, Gamma-Ray and Neutrino Emissions due to Cosmic-Ray Protons Accelerated at Intracluster Shocks in Galaxy Clusters, *ApJ*, 892, 86
- Kim, S., Ha, J.-H., Ryu, D., & Kang, H. 2020, Electron Firehose Instabilities in High- $\beta$  Intracluster Shocks, *ApJ*, 892, 85
- Lee, W., Jee, M., Kang, H. et al. 2020, Reconstruction of Radio Relics and X-Ray Tails in an Off-axis Cluster Merger: Hydrodynamical Simulations of A115, *ApJ*, 894, 60
- Wittor, D., Vazza, F., Ryu, D., & Kang, H. 2020, Limiting the shock acceleration of cosmic ray protons in the ICM, *MNRAS*, 495, L112
- Kang, H., 2020, Semi-Analytic Models for Electron Acceleration in Weak ICM Shocks, *JKAS*, 53, 59
- Ha, J.-H., Ryu, D., & Kang, H. 2021, Modeling of Cosmic-Ray Production and Transport and Estimation of Gamma-Ray and Neutrino Emissions in Starburst Galaxies, *ApJ*, 907, 26
- Ha, J.-H., Kim, S., Ryu, D., & Kang, H. 2021, Effects of Multi-scale Plasma Waves on Electron

Preacceleration at Weak Quasi-perpendicular Intracluster Shocks, *ApJ*, 915, 18

· Kim, S., Ha, J.-H., Ryu, D., & Kang, H. 2021, Microinstabilities in the Transition Region of Weak Quasi-Perpendicular Intracluster Shocks, *ApJ*, 913, 35

· Seo, J, Kang, H. & Ryu, D., 2021, A Simulation Study of Ultra-Relativistic Jets - I. A New Code for Relativistic Hydrodynamics, *ApJ*, 920, 143

· Seo, J, Kang, H. & Ryu, D., 2021, A Simulation Study of Ultra-relativistic Jets - II. Structure and Dynamics of FRII Jets, *ApJ*, 920, 144

· Ha, J.-H., Ryu, D., Kang, H., & Kim, S. 2022, Electron Preacceleration at Weak Quasi-perpendicular Intracluster Shocks: Effects of Preexisting Nonthermal Electrons, *ApJ*, 925, 18

· Cho, H., Ryu, D., & Kang, H. 2022, Effects of Forcing on Shocks and Energy Dissipation in Interstellar and Intracluster Turbulences, *ApJ*, 926, 183

· Kang, H. 2021, Diffusive Shock Acceleration by Multiple Weak Shocks, *JKAS*, 54, 103

· Ha, J.-H., Ryu, D., & Kang, H. 2023, Cosmic-Ray Acceleration and Nonthermal Radiation at Accretion Shocks in the Outer Regions of Galaxy Clusters, *ApJ*, 943, 119

· Seo, J., Ryu, D., & Kang, H. 2023, A Simulation Study of Ultra-relativistic Jets - III. Particle Acceleration in FR-II Jets, *ApJ*, in press

· Shim, H. et al., 2023, Metallicity-PAH Relation of MIR-selected Star-forming Galaxies in AKARI North Ecliptic Pole-wide Survey, *AJ*, 165, 31

· Son, S. et al., 2022, A Mid-infrared Flare in the Seyfert Galaxy NGC 3786: A Changing-look Event Triggered by an Obscured Tidal Disruption Event?, *ApJ*, 937, 3

· Kim, Y. et al., 2022, The Infrared Medium-deep Survey. IX. Discovery of Two New  $z \sim 6$  Quasars and Space Density Down to  $M_{1450} = -23.5$  mag, *AJ*, 164, 114

· Kim, D., Lee, D., Im, M., 2022, Bolometric luminosity estimators using infrared hydrogen lines for dust obscured active galactic nuclei, *MNRAS*, 509, 1147

· Im, M. et al., 2021, SomangNet: Small Telescope Network of Korea, *JKAS*, 54, 89

· Kim, Y. et al., 2021, The Infrared Medium-deep Survey. VIII. Quasar Luminosity Function at  $z \sim 5$ , *ApJ*, 904, 111

· Kim, et al. 2021, GECKO Optical Follow-up Observation of Three Binary Black Hole Merger

Events: GW190408 181802, GW190412, and GW190503 185404, *ApJ*, 916, 47.

· Kim, D., Im, M., Kim, M., Ho, L. C., 2020, Gemini Multi-Object Spectrograph Integral Field Unit Spectroscopy of the Double-peaked Broad Emission Line of a Red Active Galactic Nucleus, *ApJ*, 894, 126

· Shin, S. et al., 2020, The Infrared Medium-deep Survey. VII. Faint Quasars at  $z \sim 5$  in the ELAIS-N1 Field, *ApJ*, 893, 45

· Yoon, et al. 2020, Frequency of Tidal Features Correlates with Age and Internal Structure of Early-type Galaxies, *ApJ*, 905, 154

· Lee, S.-K. et al., 2019, More connected, more active: galaxy clusters and groups at  $z \sim 1$  and the connection between their quiescent galaxy fractions and large-scale environments, *MNRAS*, 490, 135

· Kim, J. H. et al., 2019, The interplay between active galactic nuclei and star formation activities of type 1 active galactic nuclei probed by polycyclic aromatic hydrocarbon 3.3  $\mu\text{m}$  emission feature with AKARI, *PASJ*, 71, 25

· Kim, Y. et al., 2019, The Infrared Medium-deep Survey. VI. Discovery of Faint Quasars at  $z \sim 5$  with a Medium-band-based Approach, *ApJ*, 870, 86

· Yoon, et al. 2019, Observational evidence for bar formation in disk galaxies via cluster-cluster interaction, *Nature Astronomy*, 3, 844

· Im, et al. 2019, Intensive Monitoring Survey of Nearby Galaxies (IMSNG), *JKAS*, 52, 11

## 서울대학교 물리·천문학부 천문학 전공

### 1. 인적사항

서울대학교 물리·천문학부 천문학전공에서는 이명균, 박용선, 채종철, 임명신, 김웅태, 이정훈, 우종학, Masateru Ishiguro, 윤성철, Sascha Trippe, 황호성, 이정은, 손주비 등 13명의 교수가 교육과 연구를 담당하고 있다. 천문전공 주임은 2021년 3월에서 2023년 2월까지 우종학 교수가 맡았다. 2022년 1학기에는 김웅태, 2학기에는 임명신, 박용선, 이정훈 교수가 연구년을 보냈다. 임명신 교수는 서울대학교 천문우주연구센터 센터장을 맡고 있다. 윤성철 교수는 BK21 운영위원을 계속해서 맡고 있으며, 2022년 6월 21일까지 자연과학대학 기획부 학장을 맡았다. 이정은 교수와 손주비 교수는 2022년 9월 신규임용 되었다. 구본철 교수는 2022년 2월에 그리고 이명균 교수는 2023년 2월에 은퇴하였다.

전현성, 김지훈박사가 연구교수로 임용되었으며, 박사 후 연구원으로는 Elahe Khalouie, Md Arif Shaikh, 문준성, 김정초, 김미량, 백기선, 조기혁, 탁동근, Nicolas Chartier박사가 신규임용 되었다.

2022년도에는 박사 1명, 석박통합과정 6명, 학부과정 14명이 입학하였고, 박사 8명, 석사 1명, 학사 9명을 배출하였다. 학위를 받은 학생은 아래와 같다.

《 2022년 8월 학위 취득 》

■ 박사

이태석(지도교수: Sascha Trippe) a study on temporal variability, kinematics of AGN and relation with gamma-ray flares.

임구(지도교수: 임명신) The Progenitor System of Type Ia Supernovae via Early-Time Observation using Small Telescope Network

이정환(지도교수: 이명균) Environmental Effects on Ultra-diffuse Galaxies and Jellyfish Galaxies in Massive Galaxy Clusters

황성용(지도교수: 임명신) Spectral Variability Study of Active Galactic Nuclei with Medium-bands

문상혁(지도교수: 김웅태) Star Formation in Nuclear Rings of Barred Galaxies (막대은하 핵고리의 별 형성)

신수현(지도교수: 임명신) Survey for faint quasars at z~5 based on bayesian information criterion and artificial neural network

■ 석사

유수호(지도교수: 이정훈) Probing Cosmology with Drifting Coefficient of the Field Cluster Mass Function

■ 학사

이세하(지도교수: 윤성철)  
김수현(지도교수: 김웅태)

《 2023년 2월 학위 취득 》

■ 박사

롬미리디아(지도교수: 박용선) A Near-Infrared[P II] and [Fe II] Line Survey of Supernova Remnants in the Magellanic Clouds

김예솔(지도교수: 박용선) A Galactic Census of Extended Fe+ Emission Line Objects In Near-Infrared

■ 학사

박철준(지도교수: 이명균)  
박경훈(지도교수: Sascha Trippe)  
김민재(지도교수: 임명신)

송승욱(지도교수: 임명신)  
고광현(지도교수: 박용선)  
김태완(지도교수: 이명균)  
권민성(지도교수: Masateru Ishiguro)

2. 학술 및 연구 활동

김웅태 회원은 “파이썬으로 배우는 과학계산”이라는 전산천문학 교재를 출판하였으며 공동 연구자들과 함께 은하 원반과 행성 원반의 역학적 진화에 관한 연구를 계속하고 있다. 지도 학생 중 문상혁 회원(석박사통합과정)은 “Star Formation in Nuclear Rings of Barred Galaxies”라는 제목의 연구로 박사학위를 받은 후 미국 프린스턴대학교에서 박사후연구원으로 옮겨 갔다. 김웅태 회원은 문상혁 회원, 김창구 회원, Ostriker 교수(Princeton)와 함께 은하 중심부에 있는 핵고리(nuclear ring)의 자기장이 별 형성에 미치는 영향을 연구하였다. 윤한결 회원(석박사통합과정), 배재한 회원(University of Florida), 한정호 회원과 함께 원시행성원반과 행성의 상호작용을 연구하였고, 장다정 학생(석박사통합과정)과 함께 원반은하에서 막대의 형성 조건에 관한 연구를 수행하였다. 현재 김웅태 회원은 윤한결 회원과 함께 원시행성원반에서 일어나는 수직엇갈림불안정(vertical shear instability)에 관한 연구를, 장다정 회원(석박사통합과정)과 함께 헤일로 회전이 은하의 막대형성에 미치는 영향에 관한 연구를, Giulia Comodini 회원(박사과정)과 함께 나선은하에서 일어나는 별 탄생에 관한 연구를 진행하고 있다.

박용선 박용선 회원은 서울전파천문대 6미터 전파망원경을 이용한 VLBI 연구를 수행하고 있다. 2022년 6월초 KVN과 함께 86 GHz 대역 VLBI 시험관측을 수행하여 300 km 거리의 서울대-KVN울산 기선에서 3C84에 대해 프린지를 검출하는데 성공하였다. 조만간 200 GHz 대역으로 확대될 것이다. 새로 개발하고 있는 1.3mm 대역 수신기는 진공 테스트를 통과하였고, 믹서를 포함하여 각종 부품들을 설계, 제작하고 있다. 믹서는 종전의 수신기에 부착하여 2022년 겨울에 관측에 활용할 수 있을 것이다. 고흥우주센터에 설치했던 교육용 전파간섭계의 자료를 처리하여 프린지를 찾고 이미징을 하는 연구를 수행하고 있다. 대학원생의 전파천문학, 전파간섭계 교육에 활용될 수 있을 것이다. 또한 레이저를 이용한 우주-지상간의 광통신 연구를 수행하고 있다. 사전단계로서 지상-지상간의 장거리 통신용 광학계를 제작하여 최대 2km 거리에서 5 Mbps로 통신하는데 성공하였다.

손주비 회원은 다양한 관측 자료를 분석하여 은하단 및 은하군 내의 여러가지 현상에 대해 연구하고 있다. 배장호 회원(석박사 통합 과정)과는 JWST 관측 자료 이용하여 밀집은하군에 위치한 성단의 물리량을 측정하여 밀집은하군의 진화 과정을 연구하고 있다. 김태완 회원(석박사 통합 과정)과는 은하의 분광 스펙트럼을 분석

하여 별 속도 분산을 측정할 수 있는 파이썬 패키지를 개발 중이다. 그 외에도 IllustrisTNG 수치모의실험에서 은하단 및 은하군의 진화에 대한 다양한 연구를 학부 인턴 학생연들과 공동으로 수행 중이다. 특히 은하단 내에서의 속도 분산을 측정하여, 은하단 내 은하 진화를 추적하는 연구를 집중적으로 수행 중이다.

우중학 회원은 질량 측정을 통한 블랙홀의 진화 연구를 장기 과제로 진행하고 있으며 SNU AGN Monitoring Project (SAMP)로 6년간 진행한 측광 및 분광 모니터링 관측 결과를 분석하였고 23년도에 여러 편의 논문으로 주요결과가 발표될 예정이다. 이후 3년간 진행되는 SAMP II 를 1-2미터급 망원경과 8미터급 망원경을 함께 사용하여 진행하고 있다. 또한 울산과학기술원의 공동연구자들과 함께 기계학습을 이용하여 블랙홀 질량을 추정하는 연구를 진행하고 있다. 박사과정 김창석 회원 및 공동연구원들과 함께 JCMT의 서브밀리미터 관측 자료를 이용한 SED 기반의 별생성률 측정 및 AGN의 가스분출과 비교하는 연구를 진행하였다. 또한 제미니 천문대의 GMOS 집합필드분광 자료를 이용한 가스분출과 AGN 피드백 연구를 수행하였다. 박사과정 조호진 회원 및 미국 등의 공동연구원들과 함께 고광도 AGN의 H alpha 방출선의 메아리효과를 이용하여 블랙홀 질량을 측정하는 연구와 중간질량블랙홀을 찾는 연구는 진행하였다. 이란에서 방문중인 아쉬라프 아우비니아 회원과는 전파은하의 제트와 가스분출연구를 수행하였다. 박사후 연구원인 슈 왕 박사는 SNU Science Fellowship에 선정되어 연속스펙트럼의 시간차 측정 및 전통적인 H beta 방출선을 이용한 메아리효과 측정과 기존의 측정결과들을 재분석하여 새롭게 제시하는 연구를 수행하였다. 박사후 연구원 아 및 쿠말 회원과는 중적외선을 이용한 토러스의 크기를 측정하는 연구를 수행하였고 SAMP의 연속스펙트럼을 분석하여 디스크 모형과 비교검증하는 연구를 수행하였다. 선임연구원 손동훈 회원과는 SAMP 측광 결과를 분석하는 연구를 수행하였다.

윤성철 회원은 초신성과 초신성의 모체성에 관한 연구를 주로 진행해왔다. 윤성철 회원은 Type Ia 초신성 모체성 진화 가설 중 Sub-Chandrasekhar 질량 폭발 가설을 이론적으로 살피고 있다. 특히 질량강착하는 백색왜성에서 자기장의 영향에 따른 화학적 섞임이 초신성 폭발에 미치는 영향을 연구 중이다. 정무건 회원은 Ib/Ic형 초신성 모체성의 항성진화모델로부터 예측되는 대기의 특성을 항성대기진화코드를 사용하여 모체성의 관측적 특성 연구를 지속하고 있다. 특히 JWST와 Space Roman Telescope을 사용하여 근적외선에서 발견될 모체성의 측광학적 특성을 분석 중이다. 정용제 회원은 Ib형 초신성 모체성의 표면 온도 및 화학적 분포, 그리고 표면 중력이 수소 포피층의 질량에 어떻게 의존하는지를 분석하였고 이를 관측과 비교할 수 있는 방식을 연구 중에 있다. 박성현 회원은 Ib형 초신성의 폭발 중 발생하

는 레일레이터일러 불안정에 따른 화학적 조성비의 변화가 초기 초신성 광도 곡선에 미치는 영향을 분석하고 있다. 특히 SN 1993J에서와 같이 초기 광도가 매우 밝은 초신성의 진화 양상이 수소와 헬륨 간의 섞임에 따라 민감하게 변할 수 있음을 밝혔으며 논문으로 내용을 정리하여 발표 준비 중이다. 이현철 회원은 무거운 별의 쌍성계 진화 중 Case A 질량 전달이 발생하는 시스템에서 소위 말하는 초신성 폭발의 전도 과정을 규명 중이다. 장혜은 회원은 APGEE의 근적외선 분광 데이터와 IGRINS를 활용한 추후 관측을 통해 외계행성의 모체성의 함량비 분포를 살피는 연구를 지속하고 있다. 김희수 회원은 헬륨 거성의 고분산 UKIRT 데이터 분석 연구에 착수하였다. 아울러 SETI 연구소의 노정희 박사가 Brain Pool Fellow로 선정되어 그룹에 합류하였고 향후 3년간 한국을 정기적으로 방문하여 핵붕괴 초신성에서 생성되는 성간먼지 형성 과정을 공동 연구할 계획이다.

이명균 회원은 김유정, 강지수, 장인성 회원과 함께 NGC 4437 은하군 영역에 있는 은하들에 대한 Subaru/HyperSuprimeCam 자료를 분석하고, surface brightness fluctuation 방법을 사용하여 각 은하의 거리를 측정하였으며, 이로부터 은하군의 구성 은하를 선별하고, 이를 이용하여 은하군의 형성 역사를 조사하였다. 또한 IllustrisTNG 모의실험자료를 분석하여 가장 밝은 은하와 두 번째 밝은 은하의 등급차이(magnitude gap)가 은하단 형성과정을 밝히는 데 효과적임을 밝혔다. 고유경 회원, Eric Peng, Pat Cote 등과 함께, 처녀자리 은하단의 중심부에 있는 구상성단 692개의 분광 관측 자료를 분석하여 구상성단 항성종족의 특성 (중원소 함량 등)이 은하단 중심으로부터의 거리에 따라 변하는 현상을 조사하였다. 장인성 회원, Freedman(University of Chicago) 등의 공동연구자와 함께 TRGB/SN Ia를 이용하여 허블상수값을 측정하는 연구를 수행했다. 이정환, 문제연, 강지수, 조브라이언 회원과 함께 무거운 은하단에 있는 Jellyfish galaxies에 대한 GMOS 분광관측을 수행하고, 이로부터 얻은 결과를 이전 연구에서 나온 가벼운 은하단에 대한 결과와 결합하여 은하단 특성이 별생성에 미치는 효과를 밝혔다. 특히 해파리은하의 별생성률이 모 은하단의 질량(속도분산)에 따라 증가하는 경향을 처음으로 보였다. 배장호, 장인성 회원과 함께 제임스웹 우주망원경 적외선 카메라 관측 자료를 분석하여 43억 광년 거리에 있는 무거운 은하단에서 거대한 구상성단계를 발견하고, 이로부터 암흑물질의 분포와 은하단의 진화 과정을 조사하였다. 강지수, 장인성, 고유경, 손주비, 황나래, 박병곤 회원 등과 함께 무거운 원반 은하인 M104에 대한 CFHT/MegaCam 자료를 분석하여 이 은하에 있는 구상성단계의 특성을 조사하였다. 이로부터 이 은하에 이전 연구에 비해 더욱 거대한 구상성단계가 있음을 밝혔다. 또한 MMT/Hectospec 분광 관측 자료를 분석하여 이 구상성단계의 역학적 특성을 조사하였다. 오성아, 장인성 회원

과 함께 Subaru/HyperSuprimeCam 자료를 분석하여 코마은하단에 있는 구상성단계를 탐사하고, 이의 특성을 조사하였다. 특히 NGC 4839 은하군에 있는 구상성단계의 공간분포로부터 이 은하군이 은하단 중심부로 두 번째 떨어지고 있음을 밝혔다.

이정은 회원은 JCMT Large Program인 Transient Survey의 한국측 대표, ALMA Large Program들인 COMPASS (Complex Organic Molecules in Protostars with ALMA Spectral Surveys)의 co-PI, eDisk (Early Planet Formation in Embedded Disks) co-I로 참여하고 있으며, ALMA Spectral Survey of An eruptive Young star, V883 Ori (ASSAY)의 PI로서 질량이 작은 별탄생 과정에서의 물리적, 화학적 진화를 연구하고 있다. 지도 학생이었던 백기선 회원은 “Physics and chemistry of actively accreting YSOs at early phase of star formation”라는 제목의 연구로 박사학위를 받은 후 서울대학교 미래 신진연구자 박사후연구원으로 재직중이다. 백기선 회원과 이정은 회원은 Hirota 박사 (NAOJ), Aikawa 교수 (동경대), Evans 교수 (UT Austin), 강지현 박사 (천문연구원), Jorgensen 교수 (코펜하겐 대학)과 함께 폭발적으로 밝아진 고질량 원시성인 S255IR NIRS3에 대한 ALMA spectral survey 관측을 수행하여 새롭게 동정된 메탄올 메이저선들과 다양한 복합유기분자선들을 분석하여 연구중이다. SNU science fellow인 Carlos Pena Contreras 박사와 박사후 연구원인 김미량 회원, 그리고 경희대학교 석사과정생인 이시은 회원과 함께 NEOWISE 시계열 관측자료를 분석하여, 다양한 별탄생 영역과 다양한 시간규모에서의 원시성의 변광을 연구 중이며, 변광 원시성 중 흥미로운 대상들에 대해서는 Gemini를 이용하여 NIR spectroscopic observations 수행하여 변광의 원인과 강도를 연구하고 있다. 이정은 회원은 지도학생인 정재홍 회원, 백기선 박사, 천문연구원의 이석호 회원, 강지현 회원, 윤형식 회원, 서울대학교 학부생인 이선재 학생과 노진영 학생과 함께 ALMA의 광대역 관측을 이용하여, 별탄생 과정에서 만들어지는 복합유기분자 스펙트럼을 관측하고 동정하여, 별탄생 환경과 진화단계에 따라 복합유기분자가 어떻게 진화해 가는지 연구중이다. 이 연구에는 많은 국제연구자들도 참여중이다. 이와 더불어, 이정은 회원은 김철환 회원, Contreras 박사, 천문연구원의 김재영 회원과 함께 SPHEREx 미션에서 all sky ice spectral survey project에 참여하여, CfA 탐과 관측대상을 선정하고, 선정된 적외선원들의 변광을 연구하고 있다. 또한 JWST 프로그램인 CORONIS (COMs ORigin Investigated by the Next-generation Observatory in Space, PI: Yao-Lun Yang)의 co-I로서, 김철환 회원, 김재영 회원과 함께 JWST/MIRI로 관측된 중적외선 스펙트럼의 ice 분석에 참여하고 있다.

이정훈 회원은 한 명의 석사 (유수호 회원)를 배출했

고 총 4편의 주저자 SCI논문 (교신저자 2편, 제1저자 2편)을 Astrophysical Journal에 게재했으며 12월 일본 교토에 위치한 유카와 이론물리연구소에서 열린 우주론 워크숍에서 초청받아 강연을 하였다. 이 기간동안 이정훈 교수의 주요 연구 업적은 은하단 장축 정렬현상을 이용하여 질량이 있는 중성미자가 함께 있는 변형중력모델 검증하는 방법 고안, 은하 별스핀 정렬에 미치는 합병 역사 및 소용돌이장의 영향력 규명, 중성미자 질량을 스피어플래쉬백 질량함수의 발산 계수로 측정하는 방법 설계, 은하군 회전반경을 측정하여 변형중력을 제한하는 방법 제시 등이다.

임명신 은 퀘이사, 원시은하단, 은하진화, 중력파천체, 감마선 폭발, 초신성 등 다양한 주제에 관한 연구를 수행하였다.

중력파우주연구단: 이형목 회원과 함께 2021년 7월부터 과학난제도전융합연구개발사업, “중력파우주연구단”을 이끌고 있다. 중력파우주연구단은 중력파 사건의 전자기파 대응천체를 신개념 망원경과 인공지능기법을 활용하여 신속하게 찾고, 이를 활용하여 허블상수 갈등과 같은 우주론 난제를 풀고자 하는 연구과제이다. 이형목, 임명신, Arman Shafieloo, 김정리, 엄정휘, 정재훈 회원 등이 주축이 되어 연구를 진행하고 있다. 임명신 회원은 이 과제의 제2세부과제 책임자로, 7차원적 망원경 (7-Dimensional Telescope, 7DT)라는 새로운 다중망원경 시스템을 개발하고 이를 활용한 중력파 천체의 전자기파 대응천체의 관측을 준비하고 있다. 7DT는 7차원적 우주탐사(7-Dimensional Sky Survey, 7DS)라는 탐사관측도 수행하여, 광시야 시계열 분광 우주탐사라는 분야를 개척할 예정이다. 7DS는 우주론, 은하진화, 거대질량 블랙홀, 태양계소천체, 항성종족, 돌발천체, 다중신호천문학 등 천문학 여러 분야에 새로운 자료를 제공할 것으로 기대된다. 7DT를 이루는 망원경 1, 2호기가 2023년 상반기 중에 설치 예정이다.

다중신호천문학 연구: 중력파 사건에 대한 후속관측과 관련하여, 임명신 회원은 최창수, 임구, 김준호, 김소피아, 황성용, 백승학, 정만근, 최현호, 황지은, 문홍재, 이재원 회원 등과 함께 중력파 천체 후속 관측을 위한 관측을 LIGO O3 run 연구 결과를 정리하고 2023년 5월에 시작될 O4 run을 준비하고 있다. 또한 백승학, 장서원, 김지훈, 정재훈 회원 등과 함께 인공지능을 도입하여 전자기파 천체를 찾기 위한 연구를 수행하고 있다.

퀘이사/활동은하핵 연구: 임명신 회원이 수행해왔던 Infrared Medium-deep Survey(IMS) 자료를 바탕으로 김용정 회원과 함께 초기우주 퀘이사 후보들에 대한 선별 및 분광관측 확인 연구를 진행하여 어두운 초기우주 퀘이사를 다수 발견하였고, 적색이동 5, 6에 위치한 퀘이사의 광도함수를 확립하였다. 김도형 회원과는 성간먼지에 가려 붉게 보이는 AGN의 bolometric luminosity와 black hole mass를 luminosity를 계산하는 방법론을 새로이 개발하고 있다. 전현성 회원과는  $z=1.42$ 에 있는 극

단적으로 무거운 블랙홀(Extremely Massive Black Hole, EMBH)의 환경을 연구하여, 활동적으로 성장하고 있는 EMBH가 은하단 중심이 아닌, 은하단 인근 지역에서 탄생하였음을 보였다. 이에 대한 Gemini 후속 관측 연구도 수행 중에 있다. 최윤이, 신수현 회원과 함께 인공지능 기법으로 고적색이동 퀘이사를 발견하기 위한 연구를 수행하고 있다.

은하진화 연구: 현민희 회원과 함께 JWST Time-Domain Field에 대한 JCMT submm 관측을 수행하여, 이 field에 있는 submm source 약 100개를 선제적으로 발견한 연구를 출판하였다. 이성국, 현민희, 백인수, 김재우, 박보미 회원과 함께 IMS 은하단 분광관측 연구를 수행하고 있다. 황지는 회원과 함께, 적색이동작은 은하(500 Mpc 이하)의 별형성율을 GALEX UV 자료로부터 도출하기 위한 연구도 수행하고 있다. 고은희, 이성국 회원과 함께 우주거대구조가 은하진화에 미치는 영향을 연구하고 있다. 박보미 회원과 함께 KS4 탐사관측 영역에서 새로이 은하단을 찾기 위한 연구를 수행하고 있다.

탐사관측/돌발천체 연구: 김준호, 정만근, 박보미, 장서원 회원과 함께 KMTNet Synoptic Survey of Southern Sky(KS4)라고 하는 광시야 탐사관측 수행하여, 현재 이 탐사관측 자료에 대한 분석을 진행 중이다. 목표했던 자료의 약 70%에 해당하는 자료를 획득하였다. 또한, 최창수 회원, 임구 회원, 김소피아 회원, 백승학 회원, 정만근, 최원호 회원 등과 함께 이상각 망원경의 SNUCAM-II, 미국의 0.8-m 망원경, 레몬산 1-m 망원경, 우리나라 소백산 천문대 0.6-m 망원경, 덕흥천문대 1-m 망원경, 우즈베키스탄 1.5-m 망원경, 칠레 참눈 망원경, RASA36 망원경 등을 이용하여 가까운 은하의 monitoring 관측 연구를 수행하였다. Intensive Monitoring Survey of Nearby Galaxies (IMSNG)라고 명명된 이 연구는 초신성 폭발 순간의 light curve를 확보하여 초신성 원형별의 특성을 규명하기 위한 연구이다. 최근에는 임구, 윤성철 회원 등과 함께 SN 2021hpr이라는 초신성의 초기광도곡선 연구 결과를 발표하였다.

소망넷 연구: 김용기, 윤요나, 박수종, 강원석, 김태우, 이희원, 심현진, 성현일, 이충욱, 이성국, 장서원, 김도형 회원 등과 함께 소형망원경 네트워크 사업을 시작하여 우리나라 소형망원경을 활용한 연구를 수행 중이다. 2022년도에도 소망넷을 통해 태양계 소천체, 뉴트리노 발생 블레이자 천체 등에 대한 논문이 수 편 발표되었다.

기타 활동: 임명신 회원은 2022년 동안 한국천문학회 광학천문분과 위원장, 한국천문올림피아드 위원, K-GMT 과학기기자문위원회 위원장, 서울대학교 천문학과 시설위원회 위원장, 서울대학교 천문우주연구센터(SNU Astronomy Research Center) 센터장으로 활동하였다. 서울대학교 평창캠퍼스에 새로이 60cm 광학망원경을 설치하기 위한 사업도 수행하고 있다. 2023년 3월부터는 서울대학교 천문전공주임 업무를 수행하고 있

다.

채종철 회원이 이끄는 태양천문학 그룹에는 2022년 12월 말 기준으로 채종철 교수, 이경선 박사, 정혜원 박사, 박사과정 이겨레, 강주형, 강수상 학생이 있다. 조규현 박사는 2022년 3월 미국 Lockhheed Martin Solar and Astrophysics Laboratory로 이직했으며, 곽한나 박사는 2022년 10월 한국천문연구원으로 이직했다. 강주형 학생은 군복무(한국천문연구원전문요원) 마치고 9월에 학업에 복귀했다. 채종철 회원은 한국연구재단의 지원을 받아 태양 흑점 지역의 자기유체 알펜파를 검출하는 연구를 수행하고 있다. 분광학적인 방법을 써서 최초로 알펜파를 검출하는데 성공하였으며, 이 방법을 확장하여 알펜파에 대한 체계적인 조사 연구를 수행하고 있다. 기초과학원 선임연구원인 이경선 박사는 딥러닝 기계 학습법을 활용한 플레어 스펙트럼 분류 기법 및 고속 분광도치(fast spectra inversion) 기법을 성공적으로 개발하였다. 한국연구재단의 지원을 받아 태양 코로나에서 이온화에너지가 낮은 원소들의 비정상적 증가(fractionization of low FIP element)와 알펜파에 의한 폰더모티브힘의 관계에 대한 관측 연구를 수행하고 있다.

황호성 회원은 지도학생들과 함께 관측과 수치모의실험 자료를 활용하여 은하 및 우주 구조 형성에 관한 연구를 수행하고 있다. 한국천문연구원, 고등과학원과 함께 국내 주도의 전천 은하 분광 탐사인 A-SPEC(The All-sky SPECtroscopic survey of nearby galaxies)을 위한 다천체 분광기를 개발 중이다. 이를 위해 김동국 회원(박사과정)과 함께 Metrology system 구축 및 mock 자료 제작/분석을 하고 있고, 권민성 회원(석박사통합과정)과는 Fiber assignment algorithm 개발을 하고 있다. 이가인 회원(박사과정)과는 우주론적 유체역학 수치 모의실험 중 하나인 IllustrisTNG 자료를 분석해서 주로 암흑 물질로만 이루어진 은하의 특성을 살펴보고 있다. 한상현 회원(석박사통합과정)과는 암흑물질 대신 Emergent gravity로 은하의 회전 곡선 및 다양한 은하 특성 관계식을 설명하는 방법에 대해서 연구하고 있다. 임상혁 회원(석박사통합과정)과는 The One Hundred-square-degree DECam Imaging in Narrowbands (ODIN) survey 공동연구팀에 참여해서 우주 거대 구조 연구를 진행 중인데, 특히 고등과학원에서 수행한 우주론적 유체역학 수치 모의실험인 Horizon Run 5의 mock 자료를 분석하고 있다. 박형욱 회원(석박사통합과정)과는 SPHEREx 전천 탐사 자료를 활용한 은하단 연구를 수행하기 위해서 Planck에서 찾아진 은하단 후보를 Gemini로 분광 탐사해서 전천 은하단 목록을 제작하는 연구를 수행중이다. 정다운 회원(석박사통합과정)과는 은하 회전 곡선의 다양성에 대한 물리적 기작을 이해하기 위해서 IllustrisTNG 자료를 분석 중이다.

Masateru Ishgiuro 회원의 연구팀은 태양계의 기원과



진화를 조사하기 위해 현존하는 태양계 원시 천체를 연구해왔다. 5명의 대학원생 (Bach, Yoonsoo P.; Geem, Jooyeon; Jin, Sunho; Jo, Hangbin; Lim, Boohoo 회원)과 수 명의 학부 인턴십 학생들이 활동하였다. 2022년도에는 JAXA DESTINY+ 미션 천체인 (3200) Phaethon 등에 대한 연구가 진행되었다. Ishiguro, Geem회원이 중심이 되어 소행성의 편광도로부터 함수 여부를 판단하는 방법에 대하여 최초로 제시하였고 (Ishiguro, Bach, Geem et al. 2022, incl. 임명신, 이명균, 서진국 회원), 이를 Phaethon 에 적용하였다 (Geem, Ishiguro et al. 2022, incl. Jin, Bach, Jo 회원). 또한 Phaethon의 자전에 따른 색변화, 반사율과 크기를 특정하고자 3파장 동시측광 논문에 참여하였다 (Beniyama et al. 2023, incl. Ishiguro, Geem, Bach 회원). 2021년에 참가한 Phaethon 엄폐 국제관측캠페인의 결과도 출판되었다 (Yoshida et al. 2023, incl. Ishiguro, 김태우(NYSC), Jin, 강원석(NYSC), 김기현, 서진국 회원). JAXA의 Hayabusa2 미션에 관련하여 소행성 (162173) Ryugu 샘플 연구에 기여, Tachibana et al. (2022, incl. Ishiguro 회원), Nakamura et al. (2022, including Ishiguro 회원), Ito et al. (2022, incl. Ishiguro 회원), Okazaki et al. (2022, incl. Ishiguro 회원), Noguchi et al. (2023, incl. Ishiguro 회원) 등 논문에 참여하였다. 졸업한 Yuna G. Kwon회원과 함께 거대한 T형 소행성의 표토에 대한 조사를 실시하기도 하였다 (Kwon et al. 2022, incl. Ishiguro 회원). 특히 Jin, Sunho 회원의 경우 2000년대 초중반의 JAXA Hayabusa 미션에서 얻은 데이터를 분석하여 소행성 (25143) Itokawa의 표면에서 일어나는 우주풍화에 대한 논문을 작성, 국제저널 A&A에서 하이라이트 논문으로 선정되기도 하였다 (Jin & Ishiguro 2022). 또한 서울대 천문대 1미터 망원경을 이용한 측광 및 분광을 통해 소행성 (596) Scheila가 2010년 활동성을 보인 후 10여년 동안 표토 진화가 어떻게 이루어졌는지에 대한 연구도 출판되어 서울대 천문대의 연구활용가능성을 확인하였다 (Hasegawa et al. 2022, incl. Geem, 임명신, 서진국, Bach, Jin, Ishiguro 회원). 지난 2019년부터의 관측경험을 바탕으로 Bach et al. (2022 incl. Ishiguro, Geem 회원)에서는 일본 Nishi-Harima Astronomical Observatory의 적외선 편광기기 자료처리 파이프라인을 제작하는 데 성공하였다. Bach 회원은 이를 이용하여 소행성 Vesta와 Ceres의 근적외선 편광 관측 결과를 도출하였고 출판 준비중에 있다 (Bach, Ishiguro et al., incl. Geem 회원). 최근에는 낮은 반사율을 갖는 소행성의 모사체를 이용한 고위상각 편광 실험연구에도 기여하였다 (Hadamcik et al. 2023, incl. Ishiguro 회원). 현재 Jin, Geem 회원 등을 중심으로 선형편광 관측장비의 개발과 평창캠퍼스 망원경의 활용방안이 심도있게 논의되고 있는 등 교내 연구시설의 학술적 활용방안이 진지하게 고려되고 있다. 또한, 조항빈 (Hangbin Jo) 회원이 중심이 되어 근태양 소행성의 붕괴/먼지 방출 및 쌍둥이

자리 유성우의 기원에 관한 이론적 연구가 진행 중이다. Lim 회원은 혜성 81P/Wild의 Stardust 탐사선 이미지로부터 혜성의 움푹패인 부분들의 부피와 형성역사를 연구하고 있다. 최근 Ishiguro, Geem, Bach회원은 NASA DART 미션 천체인 Didymos 계를 측광/편광관측한 결과를 출판준비중에 있다.

Prof. Trippe's group at Seoul National University studies the properties of the relativistic jets of active galactic nuclei, especially blazars, to understand the physical mechanisms of the ejection, collimation, and propagation of the jet plasma. The group currently comprises four graduate students. They perform radio astronomical observations using data from various radio telescopes and interferometers, including KVN, KaVA, VLBA, and ALMA. The group is a member of the East Asia VLBI Network and Event Horizon Telescope collaborations, and part of the BK21+ program. Notable results in 2022 were:

- 3C 84 (NGC 1275) is the radio source at the centre of the Perseus cluster and exhibits a bright radio jet. We observed the source with the Global Millimeter VLBI Array (GMVA) between 2008 and 2015, with a typical angular resolution of  $\sim 50$  microarcsec. The observations revealed a consistent double nuclear structure separated by  $\sim 770$  gravitational radii assuming a black hole mass of  $3.2e8 M_{\text{sun}}$ . The region is likely too broad and bright to be the true jet base anchored in the accretion disc or black hole ergosphere. A cone and parabola were fit to the stacked (time averaged) image of the nuclear region. The data did not strongly prefer either fit, but combined with a jet/counter-jet ratio analysis, an upper limit on the viewing angle to the inner jet region of  $< 35$  degrees was found. This provides evidence for a variation of the viewing angle along the jet (and therefore a bent jet) within  $\sim 0.5$  pc of the jet launching region. In the case of a conical jet, the apex is located  $\sim 2400$  gravitational radii upstream of the bright nuclear region and up to  $\sim 600$  gravitational radii upstream in the parabolic case. We found a possible correlation between the brightness temperature and relative position angle of the double nuclear components, which may indicate rotation within the jet.

- The Seoul Radio Astronomy Observatory (SRAO) operates a 6.1-meter radio telescope on

the Gwanak campus of Seoul National University. We present the efforts to reform SRAO to a Very Long Baseline Interferometry (VLBI) station, motivated by recent achievements by millimeter interferometer networks such as Event Horizon Telescope, East Asia VLBI Network, and Korean VLBI Network (KVN). For this goal, we installed a receiver that had been used in the Combined Array for Research in Millimeter-wave Astronomy and a digital backend, including a hydrogen maser clock. The existing hardware and software were also revised, which had been dedicated only to single-dish operations. After several years of preparations and test observations in the 1 and 3-millimeter bands, a fringe was successfully detected toward 3C 84 in 86 GHz in June 2022 for a baseline between SRAO and KVN Ulsan station separated by 300 km. Thanks to the dual frequency operation of the receiver, the VLBI observations will soon be extended to the 1 mm band and verify the frequency phase referencing technique between 1 and 3-millimeter bands.

- The Crab nebula is widely used as a polarization angle calibrator for single-dish radio observations because of its brightness, high degree of linear polarization, and well-known polarization angle over a wide frequency range. However, the Crab nebula cannot be directly used as a polarization angle calibrator for single-dish observations with the Korean VLBI Network (KVN), because the beam size of the telescopes is smaller than the size of the nebula. To determine the polarization angle of the Crab nebula as seen by KVN, we use 3C 286, a compact polarized extragalactic radio source whose polarization angle is well-known, as a reference target. We observed both the Crab nebula and 3C 286 with the KVN from 2017 to 2021 and find that the polarization angles at the total intensity peak of the Crab nebula are  $154.2 \pm 0.3$  deg,  $151.0 \pm 0.2$  deg,  $150.0 \pm 1.0$  deg, and  $151.3 \pm 1.1$  deg at 22, 43, 86, and 94 GHz, respectively. We also find that the polarization angles at the pulsar position are  $154.4 \pm 0.4$  deg,  $150.7 \pm 0.4$  deg, and  $149.0 \pm 1.0$  deg for the KVN at 22, 43, and 86 GHz. At 129 GHz, we suggest to use the values  $149.0 \pm 1.6$  deg at the total intensity peak and  $150.2 \pm 2.0$  deg at the pulsar position obtained with the Institute for Radio Astronomy in the Millimeter Range (IRAM) 30-meter Telescope. Based on our

study, both positions within the Crab nebula can be used as polarization angle calibrators for KVN single-dish observations.

- The Event Horizon Telescope collaboration completed the analysis of global 230-GHz VLBI data collected in 2017 and presented the first image ever of the photon ring around Sagittarius A\*, the supermassive black hole in the center of the Milky Way. The map of the photon ring is in agreement with the expectations from general relativity and the mass of Sgr A\* which was known in advance from the dynamics of stars orbiting the black hole. Model comparisons disfavor scenarios where the black hole is viewed at high inclination ( $i > 50$  deg), as well as nonspinning black holes and those with retrograde accretion disks.

### 3. 발표논문

Chae, Jongchul; Cho Kyuhyun, Kang; Juhung, Lim; Eun-Kyung, 2022, "Propagating Alfvénic Waves Observed in the Chromosphere around a Small Sunspot: Tales of 3-minute Waves and 10-minute Waves", *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol.933

IM, Myungshin; Yoon Chan Taak; Insu Paek; Minhee Hyun; Yongjung Kim, 2022, "High- $z$  Universe probed via Lensing by QSOs (HULQ) II. Deep GMOS spectroscopy of a QSO lens candidate", *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, vol.665

IM, Myungshin; Kim Dohyeong; Lee Daye, 2022, "Bolometric luminosity estimators using infrared hydrogen lines for dust obscured active galactic nuclei", *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY*, vol.509, pp.1147~1159

IM, Myungshin; Holoien Thomas W-S; Neustadt Jack M. M.; Auchettl Katie; Bersier David; Bose, 2022, "Investigating the Nature of the Luminous Ambiguous Nuclear Transient ASASSN-17jz", *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol.933

IM, Myungshin; Shim Hyunjin; Lee Dongseob; Ao Yiping; Barrufet Laia; Chapman Scott, 2022, "Multiwavelength properties of 850- $\mu$ m selected sources from the North Ecliptic Pole SCUBA-2 survey", *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY*, vol.514, pp.2915~2935

IM, Myungshin; Shin Suhyun; iang Linhua; Kim Yongjung, 2022, "NEWLY DISCOVERED  $z$  similar to 5 QUASARS BASED ON DEEP LEARNING AND BAYESIAN INFORMATION CRITERION", JOURNAL OF THE KOREAN ASTRONOMICAL SOCIETY, vol.55, pp.131~138

IM, Myungshin; Ishiguro Masateru; Bach Yoonsoo P.; Akitaya Hiroshi; Arai Tomoko; Devogele, 2022, "Polarimetric properties of the near-Sun asteroid (155140) 2005 UD in comparison with other asteroids and meteoritic samples", MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, vol.509, pp.4128~4142

IM, Myungshin; Hasegawa Sunao; DeMeo Francesca E.; Avdellidou Chrysa; Bach Yoonsoo, 2022, "Spectral Evolution of Dark Asteroid Surfaces Induced by Space Weathering over a Decade", ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, vol.939

IM, Myungshin; Kim Yongjung; Choi Changsu; Hyun Minhee; Jeon Yiseul; Jiang Linhua; Jun, 2022, "The Infrared Medium-deep Survey. IX. Discovery of Two New  $z$  similar to 6 Quasars and Space Density Down to  $M(1450)$  similar to -23.5 mag", ASTRONOMICAL JOURNAL, vol.164

IM, Myungshin; Shin Suhyun; Kim Yongjung, 2022, "The Quasar Luminosity Function at  $z$  similar to 5 via Deep Learning and Bayesian Information Criterion", ASTROPHYSICAL JOURNAL, vol.937

Yoon, Sung Chul; Jung Moo-Keon; Kim Hyun-Jeong, 2022, "Effects of Winds on the Optical Properties of Type Ib and Ic Supernova Progenitors", ASTROPHYSICAL JOURNAL, vol.925

Yoon, Sung Chul; Moriya Takashi J., 2022, "Mass-loss of massive helium star supernova progenitors shortly before explosion constrained by supernova radio properties", MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, vol.513, pp.5606~5610

Yoon, Sung Chul; Aguilera-Dena David R.; Antoniadis John; Dessart Luc; Graefener Gotz; Langer, 2022, "Stripped-envelope stars in different metallicity environments I. Evolutionary phases, classification, and populations", ASTROPHYSICAL

JOURNAL, vol.661

Yoon, Sung Chul; Chun Sang-Hyun; Hwang Narae; Oh Heeyoung; Park Byeong-Gon, 2022, "Red Supergiant Stars in IC 1613 and Metallicity-dependent Mixing Length in the Evolutionary Model", ASTROPHYSICAL JOURNAL, vol.939

Lee, Jounghun; Moon Jun-Sung; Yoon Suk-Jin, 2022, "How Do the Galaxy Stellar Spins Acquire a Peculiar Tidal Connection?", ASTROPHYSICAL JOURNAL, vol.927

Lee, Jounghun; Ryu Suho, 2022, "The Splashback Mass Function in the Presence of Massive Neutrinos", ASTROPHYSICAL JOURNAL, vol.933

Lee, Jounghun; Moon Jun-Sung, 2022, "Merger Effects on the Spin and Shape Alignments of Galaxy Stellar, Cold Gas, Hot Gas, and Dark Matter Components", ASTROPHYSICAL JOURNAL, vol.936

Lee, Jounghun; Balch Marco, 2022, "Combined Effects of  $f(R)$  Gravity and Massive Neutrinos on the Turnaround Radii of Dark Matter Halos", vol.938

Ho Seong Hwang; Lee, YH; Ann, HB; Chung, H; Kim, T; Park, MG, 2022, "Properties of Fast and Slow Bars Classified by Epicyclic Frequency Curves from Photometry of Barred Galaxies", ASTROPHYSICAL JOURNAL, vol.926

Ho Seong Hwang; Kim Hyowon; Kim Jae-Woo; Ko Jongwan; Shin Jihye; Smith Rory; Song, 2022, "Is A2261 a Fossil Galaxy Cluster in a Transitional Dynamical State?", ASTROPHYSICAL JOURNAL, vol.928

Ho Seong Hwang; Appleby Stephen; Buchert Thomas; Hong Sungwook E.; Kim Juhan; Park, 2022, "Minkowski Functionals of SDSS-III BOSS: Hints of Possible Anisotropy in the Density Field?", ASTROPHYSICAL JOURNAL, vol.928

Ho Seong Hwang; Pearson W. J.; Brough S.; Ho S. C-C; Holwerda B. W.; Hopkins A. M.; Huang, 2022, North Ecliptic Pole merging galaxy catalogue, ASTRONOMY & ASTROPHYSICS, vo.661

Ho Seong Hwang; Abdurro'uf; Accetta Katherine; Aerts Conny; Aguirre Victor Silva; Ahumada, 2022, "The Seventeenth Data Release of the Sloan Digital Sky Surveys: Complete Release of MaNGA, MaStar, and APOGEE-2 Data", *ASTROPHYSICAL JOURNAL SUPPLEMENT SERIES*, vol.259

Ho Seong Hwang; Kim Changseok; Woo Jong-Hak; Baek Junhyun; Chung Aeree; Jadhav, 2022, "Determining Star Formation Rates of Active Galactic Nucleus Host Galaxies Based on SED Fitting with Submillimeter Data", *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol.928

Ho Seong Hwang; Ko Youkyung; Abadi Mario G.; Alamo-Martinez Karla A.; Blakeslee John, 2022, "The Next Generation Virgo Cluster Survey. XXXIII. Stellar Population Gradients in the Virgo Cluster Core Globular Cluster System", *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol.931

Ho Seong Hwang; Yoo Jaewon; Sabiu Cristiano G.; Chun Kyungwon; Jee M. James; Kim, 2022, "Comparison of Spatial Distributions of Intracluster Light and Dark Matter", *ASTROPHYSICAL JOURNAL SUPPLEMENT SERIES*, vol.261

Ho Seong Hwang; him Hyunjin; Ao Yiping; Barrufet Laia; Chapman Scott C.; Clements David, 2022, "Multiwavelength properties of 850- $\mu$  m selected sources from the North Ecliptic Pole SCUBA-2 survey", *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY*, vol.514, pp.2915~2935

Ho Seong Hwang; Shin Jihye; Kim Jae-Woo; Ko Jongwan; Lee Jong Chul; Smith Rory; Song, 2022, "Spatial Distribution of Dark Matter in and Around Galaxy Clusters Traced by Galaxies, Gas, and Intracluster Stars in a Simulated Universe", *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol.934

Ho Seong Hwang; Chown Ryan; Brown Toby; Evans Fraser; Gao Yang; Lin Lihwai; Parker, 2022, "The cold gas and dust properties of red star-forming galaxies", *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY*, vol.516, pp.84~99

Masateru Ishiguro; 2022, A polarimetric study of asteroids in comet-like orbits, *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, vol.658, pp.158

Masateru Ishiguro; 2022, Pebbles and sand on asteroid (162173) Ryugu: In situ observation and particles returned to Earth, *SCIENCE*, vol.375, pp.1011~1016

Masateru Ishiguro; 2022, Polarimetric properties of the near-Sun asteroid (155140) 2005 UD in comparison with other asteroids and meteoritic samples, *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY*, vol.509, pp.4128~4142

Masateru Ishiguro; 2022, The Appearance of a "Fresh" Surface on 596 Scheila as a Consequence of the 2010 Impact Event, *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*, vol.924, pp.9

Sascha Trippe; Oh, Junghwan, 2022, A persistent double nuclear structure in 3C 84, *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY*, vol.509, pp.1024~1035

Sascha Trippe; Georgiev, Boris, 2022, A Universal Power-law Prescription for Variability from Synthetic Images of Black Hole Accretion Flows, *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*

Sascha Trippe; Broderick, Avery E., 2022, Characterizing and Mitigating Intraday Variability: Reconstructing Source Structure in Accreting Black Holes with mm-VLBI, *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*

Sascha Trippe; Akiyama, Kazunori, 2022, First Sagittarius A\* Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole in the Center of the Milky Way, *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*

Sascha Trippe; Akiyama, Kazunori, 2022, First Sagittarius A\* Event Horizon Telescope Results. II. EHT and Multiwavelength Observations, Data Processing, and Calibration, *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*

Sascha Trippe; Akiyama, Kazunori, 2022, First Sagittarius A\* Event Horizon Telescope Results. III. Imaging of the Galactic Center Supermassive Black Hole, *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*

Sascha Trippe; Akiyama, Kazunori, 2022, First

Sagittarius A\* Event Horizon Telescope Results. IV. Variability, Morphology, and Black Hole Mass, *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*

Sascha Trippe; Akiyama, Kazunori, 2022, First Sagittarius A\* Event Horizon Telescope Results. V. Testing Astrophysical Models of the Galactic Center Black Hole, *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*

Sascha Trippe; Akiyama, Kazunori, 2022, First Sagittarius A\* Event Horizon Telescope Results. VI. Testing the Black Hole Metric, *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*

Sascha Trippe; Maciek Wielgus, 2022, Millimeter Light Curves of Sagittarius A\* Observed during the 2017 Event Horizon Telescope Campaign, *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*

Sascha Trippe; Kim, Daewon, 2022, Radio and  $\gamma$ -Ray Activity in the Jet of the Blazar S5 0716+714, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*

Sascha Trippe; Farah, Joseph, 2022, Selective Dynamical Imaging of Interferometric Data, *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*

Sascha Trippe; Cho, Ilje, 2022, The Intrinsic Structure of Sagittarius A\* at 1.3 cm and 7 mm, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*

Sascha Trippe; Satapathy, Kaushik, 2022, The Variability of the Black Hole Image in M87 at the Dynamical Timescale, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*

Sascha Trippe; Issaoun, Sara, 2022, Resolving the Inner Parsec of the Blazar J1924-2914 with the Event Horizon Telescope, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*

Sascha Trippe; Satoko Sawada-Satoh, 2022, Circumnuclear dense gas disk fuelling the active galactic nucleus in the nearby radio galaxy NGC 4261, *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*

Sascha Trippe; Kazunori Akiyama, 2022, Overview of the Observing System and Initial Scientific Accomplishments of the East Asian VLBI Network (EAVN), *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY*

KIM, WOONG TAE; Moon, S , Kim, CG , Ostriker, EC, 2022, Effects of Varying Mass Inflows on Star Formation in Nuclear Rings of Barred Galaxies, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol.925

KIM, WOONG TAE; Han, C , Albrow, MD , Cha, SM , Chung, SJ , Gould, A , Hwang, KH , Jung, 2022, OGLE-2019-BLG-0468Lb,c: Two microlensing giant planets around a G-type star, *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, vol.925

Woo, Jong-Hak; Kim Changseok, Baek Junhyun, Chung Aeree, Hwang Ho Seong, Jadhav, 2022,

Determining Star Formation Rates of Active Galactic Nucleus Host Galaxies Based on SED Fitting with Submillimeter Data, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol.928

Woo, Jong-Hak; Ayubinia Ashraf, He Zhicheng, Huynh Anh Nguyen Le, Lin Xiaozhi, Miraghaei, 2022, Exploring the Fundamental Mechanism in Driving Highest-Velocity Ionized Outflows in Radio AGNs, *Universe*, vol.8

Woo, Jong-Hak; Shim, Hyunjin, 2022, Multiwavelength properties of 850 selected sources from the North Ecliptic Pole SCUBA-2 survey, *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY*,

Woo, Jong-Hak; Argo, M. K, Brooks, J. E, Cho, Hojin, 2022, Revealing dual radio sources in a sub-kpc-scale binary active galactic nucleus candidate, *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY*, vol.512, pp.27

Woo, Jong-Hak; Shin Lael, Cho Hojin, Gallo Elena, Kang Wonseok, Kim Taewoo, Son Donghoon, 2022, Search for Intermediate-mass Black Holes at Low Redshift with Intra-night Variability, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, vol.163,

Woo, Jong-Hak; Pandey Shivangi, Rakshit Suvendu, Stalin C. S., Woo Jong-Hak, 2022, Spectroscopic reverberation mapping of Quasar PKS 0736+017: broad-line region and black-hole mass, *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY*, vol.516, pp.2671~2682

Woo, Jong-Hak; Juneau Stephanie, Alexander David M., Banfield Julie, Bauer Franz E., Bianchi, 2022, The Black Hole-Galaxy Connection: Interplay between Feedback, Obscuration, and Host Galaxy Substructure, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol.925

Woo, Jong-Hak; Villafana Lizvette, Barth Aaron J., Bennert Vardha N., Bentz Misty C., Brewer, 2022, The Lick AGN Monitoring Project 2016: Dynamical Modeling of Velocity-resolved H beta Lags in Luminous Seyfert Galaxies, vol.930

Woo, Jong-Hak; Vivian U., Abolfathi Bela, Abramson L. E., Armen Stephen F., Bae, 2022, The Lick AGN Monitoring Project 2016: Velocity-resolved H beta Lags in Luminous Seyfert Galaxies, vol.925

## 세종대학교 천문우주학과

### 1. 인적사항

세종대학교 물리천문학과에는 천문학을 전공하는 전임 교수로 이희원, 이재우, 채규현, 김성은, M. van Putten, G. Rossi, 오세현, Jeffrey Hodgson, Benjamin L'Huillier 회원이 재직하고 있으며, 박사후 연구원으로 김학섭 박사, Maryam Aghaei, Michael Michaux, Linfeng Xiao 연구원이 재직하고 있다. 현재 박사과정에는 이경민 회원과 David Gil Fernandez, 김대현, 김민수, 김지유, 김태형, 김현, 임진, Lorena Ruiz Amaya 학생이 석사과정에는 김재범, 노시형, 최현용, 홍성화 학생이 재학하고 있다.

### 2. 연구 및 학술 활동

이희원 회원은 공생별과 젊은 행성상성운에서 나타나는 산소 이온선과 헬륨 이온선의 라만 산란광과 초기 우주의 라이먼 알파 방출 천체와 활동성 은하핵의 주변 두꺼운 수소 지역에서 되는 산란광의 원자 물리학과 복사 전달을 연구하고 있다. 이희원 회원은 현재 최현용 회원과 김지유 회원을 지도하고 있다. 최현용 회원은 위상 공간에서 톰슨 산란광의 선운곽과 편광 형성 과정의 기초 연구를 수행하고 있으며 공생별에서 나타나는 강한 원자외선 방출선의 톰슨 산란에 의한 날개 형성의 시뮬레이션을 수행하고 있다. 김지유 회원은 젊은 행성상 성운에서 He II 방출선의 라만 산란선 형성 과정의 모델링과 분광 관측 연구를 수행하고 있다. 이희원 회원은 Max Planck Institute for Astrophysics에서 박사후 연구원으로 재직하고 있는 장석준 회원, 한국천문연구원의 선

광일 회원, 양유진 회원과 함께 은하 주변 공간의 중성 수소에 산란되는 라이먼 알파 분광선의 복사 전달을 연구하고 있으며, 칠레 제미니 천문대의 Rodolfo Angeloni 박사와 남반구의 젊은 행성상 성운의 분광 관측 협력 연구를 수행하고 있다.

이재우 회원은 지난 10년간 칠레의 세로토롤로 미국립천문대 망원경을 이용한 남반구 구상성단 확장 스트림그렌 협대역 측광 전천 탐사 관측을 종료하였으며, 2017년 WIYN cosortium의 공식 파트너로 참가하여 북반구 구상성단에 대한 가시광 전천 탐사 관측을 새로이 시작하였다. 이재우회원은 기존에 수행하였던 CaII H&K를 포함하는 확장 스트림그렌 측광계와 세계 최초로 고안한 JWL34, JWL39, JWL43 필터시스템을 포함하는 "JWL 측광계"를 확립하였다. JWL34, JWL39, JWL43 필터는 각각 NH  $\lambda 3360 \text{ \AA}$ , CN  $\lambda 3883 \text{ \AA}$ , 그리고 CH  $\lambda 4300 \text{ \AA}$  분자대 흡수선의 세기를 측정하며, 이론적으로 계산한 합성측광인자와의 비교를 통하여 중금속 함량 이외에 탄소와 질소의 함량을 도출할 수 있다. 이재우회원이 개발한 측광인자들은 허블우주망원경으로부터 얻은 결과들보다 우수하며, 구상성단 거성계에 대한 완결한 다중종족 샘플을 확보할 수 있다. 2021년 상반기에 Gemini GMOS용 JWL 필터를 제작 완료하여, 칠레에 위치한 Gemini-South GMOS에 장착 완료하였다. 2021년에 이어 2022년에도 칠레에 위치한 Gemini-South 천문대의 GMOS 카메라와 본 연구팀에서 개발한 JWL 필터시스템을 사용하여 남반구 천체에 대한 측광 관측이 수행되었다. 2022A에는 단일종족으로 구성된 구상성단이라 생각되는 NGC5694와 수평계열성의 분포로부터 이질적인 중금속함량을 가진 것으로 생각되는 NGC6388에 대한 JWL 측광관측이 수행되었다. 2022B에는 대마젤란 은하에 속한 구상성단인 Hodge 11에 대한 JWL 측광이 수행되었다. 이는 구상성단이 속한 모은하계의 물리적 성질에 따른 구상성단 다중종족의 특성을 연구하는데 사용될 예정이다. 이재우 회원은 2019년 "적외선 JWL 측광계"를 새로이 개발하였으며, 2020년부터 보현산 천문대의 KASINICS를 사용한 구상성단의 다중종족에 적외선 관측 연구를 진행하고 있다. 적외선 JWL 측광계는 가시광선 JWL 측광계와 함께 사용하여 탄소, 질소 이외에 산소함량을 측광학적으로 측정할 수 있다. 본 연구는 세종대의 김학섭회원 및 천문연구원의 성현일회원과 함께 연구를 수행하고 있으며, 새로운 적외선 관측자료는 구상성단 다중종족의 기원 및 진화를 이해하는데 가장 중요한 CNO함량에 대한 중요한 정보를 제공할 것으로 기대한다. 2022년 관측에서는 우리의 측광 결과에 대한 검증을 위하여 성단의 상하좌우 영역을 겹치게 관측하여 수신기의 중심부와 외곽부에서 측광의 차이가 나는지를 확인할 수 있게 하였다. 현재까지 다섯 개의 구상성단(M3, M5, M10, M15 M71)과 한 개의 산개성단(NGC 7789)에 대하여 J, JWL1.1, Ks, JWL2.5 밴드에 대한 다파장 관측을 수행하였으며, 확보한 자료에 대한 전처리를 완료하였다. 전처리 과정에서 적외선 영역 필터 특성으로 인하여

JWL2.3 밴드 데이터에서 독특한 형태의 열잡음이 나타나는 것을 확인하였고, 이를 처리하기 위한 방법을 고안하였다. 현재 각 성단별로 전체 자료를 모아 측광을 일차적으로 완료하였으며, 좀 더 정밀한 측광결과를 얻기 위하여 다양한 테스트를 진행 중이다. 측광이 완료된 별들을 GAIA 데이터와 매칭하여 성단의 멤버십 별들을 결정하고 2MASS 데이터로 표준화를 진행하였다. 또한, 학계에 공개되어 있는 측광 데이터 및 분광 데이터와 결합하여 분석을 진행하고 있다.

이재우 회원은 SYNTH와 MOOG를 사용하여 대규모 항성 진화 모형에 대응하는 합성스펙트럼을 계산하였으며, 자외선부터 적외선 JWL측광계에 대한 측광인자 계산을 완료하였다. 이 계산결과를 사용하면, JWL측광계를 사용한 측광 관측자료로부터 매우 개별 별들에 대한 정밀한 중금속함량, 탄소, 그리고 질소 함량을 측정할 수 있다. 47 Tuc은 우리은하 두꺼운 원반 종족을 대표하는 중금속 함량이 높은 구상성단이다. 지금까지 이 성단은 단일 중금속함량분포를 가진 것으로 간주되어 왔으나, 이재우 회원은 JWL측광 관측을 통하여 2개 이상의 중금속분포를 갖는 metal-complex 성단임을 최초로 규명하였다. 이는 지금까지 고려되어 왔던 점근거성계열에 의한 다중종족의 화학적진화과정 이외에 초신성에 의한 중금속 오염 과정이 추가되어야 함을 시사하며, 47 Tuc의 화학적 진화에 대한 가장 쉬운 설명은 이질적인 중금속함량을 가진 두 개의 성단이 외부 왜소은하의 환경에서 병합하여 우리은하에 유입되었다는 것이다.

김학섭 회원은 색지수-중원소함량의 비선형성 여부와 이로 인하여 색지수 분포에 나타나는 투사효과(projection effect)의 영향을 관측적으로 밝히는 것을 목표로 두 개의 가까운 거대타원은하인 NGC 5128 과 NGC 4594 의 구상성단계에 대하여 다파장 측광 관측자료와 분광자료를 결합하여 분석을 진행하였다. 두 은하 모두 중심부에 최근에 은하 병합을 겪은 흔적인 뚜렷한 먼지띠를 가지고 있어서 상대적으로 나이가 어린 구상성단들이 존재할 것으로 예상된다. 나이가 어린 구상성단은 또다른 색지수-중원소함량 관계를 갖기 때문에 다양한 조합의 색색도를 활용하여 나이가 많은 구상성단만 골라내는 작업을 진행하였다. 이렇게 골라진 구상성단의 색지수-중원소함량 관계와 항성종족모델의 예측값을 비교함으로써 모델에서 예측한 비선형성이 관측에서 잘 나타나고 있음을 직접적으로 확인할 수 있었다. 특히 이 연구에서는 매칭된 측분광 자료를 활용하여 중원소함량이 큰 쪽에서 고점을 갖는 중원소함량 분포가 오히려 푸른 쪽의 색지수에서 고점을 갖는 색지수 분포로 나타나는 극단적 투사효과를 관측적으로 처음으로 확인하는 성과를 이루었다. 이 연구결과는 *Astrophysical Journal*에 출판되었다.

채규현 회원은 2022년에 수정중력 이론들이 예측하는 외부 중력장 효과를 은하 데이터로 테스트 하는 연구를 진행하였다. 이를 위해서 AQUAL과 QUMOND 두 비선형

장방정식 이론들의 수치해를 먼저 구하였고 (Chae & Milgrom 2022), 데이터로는 SPARC 데이터베이스의 은하회전속도 곡선들이 사용되었다. Modified Newtonian dynamics(MOND)에 기초한 두 수정중력 이론들 AQUAL과 QUMOND 중에서 AQUAL이 현재 데이터와 부합되고, QUMOND는 잘 부합되지 않는 것으로 나타났다 (Chae et al. 2022). AQUAL의 상대론적 중력 이론들이 보다 활발하게 연구되고 있는 점을 감안하면, 이 연구 결과는 수정중력 연구 흐름상 나쁘지 않아 보인다. 다만 현재 데이터로 AQUAL과 QUMOND가 확고히 구별된 것은 아니다. 또한, 채규현 회원은 수정중력 이론과 수정관성 및 LCDM이 은하회전 속도 곡선에 대해서 예측하는 바의 차이점이 가속도 평면에서 어떻게 나타나는지를 계산하고, 이것을 SPARC데이터와 비교하였다. 그 결과 현재 데이터는 명확하게 수정관성 보다는 수정중력(AQUAL 이론 사용)에 더 잘 부합되었다. 또한, 현존하는 LCDM 시뮬레이션 예측들보다 AQUAL 이론이 데이터와 더 잘 부합됨을 발견하였다. 채규현 회원은 현재 이탈리아 INAF의 Federico Lelli 박사와 함께 SPARC-II 데이터베이스를 구축하고 이를 활용하여 수정중력 이론을 보다 확고히 검증하고자 연구 프로젝트를 진행하고 있다.

김성은 회원은 세종대학교 테라헤르츠 및 전파 천문 연구실 소속 연구원과 함께 다파장 관측 자료를 분석하여 테라헤르츠 및 서브밀리미터 파장대역에서 두드러지게 나타나는 천체들의 천체물리학적 특성을 규명하고자 하였다. 본 연구에서 각 대상 천체들이 속한 우주 내 적색편이 분포와 별 형성을 밀도를 파악하고 상대론적 우주에서 각각의 병합과정으로 인해 발생하는 은하원시운들의 질량 변화 추이를 이해하고자 하였다. 테라헤르츠 파장대역에서 주로 전자기파를 방출하는 은하들 및 천체들을 관측한 자료로부터 약 5447개의 은하들이 주로 분포한 적색편이 영역에서의 별 형성을 밀도를 구하였고, 병합나무코드를 활용하여 우주 내 암흑 헤일로 밀도 변화와 별 형성을 밀도 변화와의 상관관계를 도출하고자 하였다. 한편, 측광학적 적색편이를 측정하기 위해 사용된 HYPERZ, ZEBRA 코드 등을 분석하여 측광학적 적색편이의 오차 범위에 관해 재조명하였다. 이 중 1752 개의 은하들에 관한 결과를 *Astrophysics and Space Science* 국제 학술지에 발표하였다. 적색편이에 따른 별 형성을 밀도 분포 양상과 별 형성을 밀도의 최대 값이 관측되는 적색편이 영역이 Madau and Dickinson (2014) 결과와 차이가 있음을 발표하였다. 별 형성 밀도 (SFRD) 측정 시 측광학적 적색편이를 사용한 경우와 분광학적 적색편이를 사용한 경우 별 형성 밀도 (SFRD) 분포에 차이가 있음을 밝혔다. 이에 대해 IAU GA 2022 학술대회에서 발표하였다. 한편, 김성은 회원은 하버드 스미소니언 천체물리연구소의 Antony Stark 연구원과 함께 12개의 SPT 클러스터에 속하는 은하간 물질의 천체물리학적 특성에 관해 연구하고 있으며, 이들 은하단들의 측광학적 적색편이 분포 오차에 관해 측정해 왔다. 현재 천문우주학과 대학원 석사학위 과정 연구생

인 흥성화 학생을 지도하고 있다.

Maurice van Putten 회원은 우주론, 중력파, 외계행성 등에 대해 연구하고 있으며, 그룹 멤버로는 박사후 연구원 Maryam A. Abchouyeh, 박사과정 이경민, 임진 등이 함께 연구하고 있으며, 본 대학원 석사 졸업생인 김신나, 김신정, 박혜진 연구원과 초기질량함수에 대해 연구해 왔다. Maurice van Putten 회원은 CHEA/UNIST, the gravitational-wave experiment KAGRA (recently joined with LIGO-Virgo), the GRB satellite mission THESEUS (Italy) and the Laser Interferometric Space Antenna (LISA)의 일원으로  $H_0$ -tension과  $q_0$ -diagram에 대해 연구 중이다. Maurice van Putten 회원은  $H_0 = (73.37 \pm 0.54)$  km/s/Mpc 과  $q_0$  즉  $2(q_0 - \Lambda\text{CDM})$  값이  $-1.08 \pm 0.29$ 임을 국제천문연맹 학술대회에서 발표하였다. 또한, LIGO-Virgo-KAGRA 관측팀에서 O4 관측을 수행 중이며 감마선 폭발 (GRBs)과 핵심부 붕괴 초신성 (core-collapse supernovae)의 병합 및 중심 엔진으로부터의 일시적 방출에 대한 검색 파이프라인을 개발해 왔다.

Graziano Rossi 회원은 2022년 동안 Rossi 은하 분포 및 우주거대구조, 수치시뮬레이션, 중성미자, 그리고 암흑에너지에 대한 연구를 수행하고 있다. 문정인, 유호균 지도 학생들과 함께 최초로 질량이 있는 중성미자를 포함한 우주론 모형에서 임계점들의 군집 분포를 연구했다. 해당 연구로 중성미자 질량의 상한선을 정하는 새로운 방법을 제안했다 (Moon, Rossi, Yu, ApJS, 2023). 이 외에도 DESI 팀과 함께 수행한 프로젝트에서 문정인 학생이 연구를 주로 이끌었고, 초기 DESI 데이터로부터 첫 BAO 측정을 이뤄냈다. 이 연구는 DESI collaboration을 4세대 서베이 관측들 중 가장 경쟁력 있는 survey로 만들어 주는 데 중요한기점이 될 것이다. Rossi 회원은 연구실 소속 박사후 연구원인 Michael Michaux 박사와 수치시뮬레이션에 대한 연구를 수행해왔으며, cross-correlation을 통해 HI constraint, 초기 non-Gaussianity 등 새로운 기술들을 이용한 우주론 변수들 constraint에 대한 연구를 진행해왔다. Rossi 회원은 DESI 학회 위원회장으로 임명되었고, 미국 버클리과 멕시코 칸쿤에서 열린 두 차례의 학회 조직을 맡았으며, DESI 외부 collaborator 위원회 일원으로 임명되었다. 한편, 박사후 연구원인 Linfeng Xiao 박사가 2022년 9월 연구실에 합류했고, Rossi 회원과 Xiao 박사는 이후 BINGO collaboration의 일원이 되었다. 2022년 12월, 석사과정 학생인 문정인 학생이 중성미자 우주론 모형으로 석사학위 논문 심사를 통과했으며, 문정인 학생은 2023년 4월부터 막스플랑크연구소에 박사과정 학생으로 입학할 예정으로 Komatsu 박사와 Sanchez 박사로부터 공동 지도를 받을 계획이다. Rossi 회원은 2022년 국제 학회들에서 연구 결과들을 발표하였고, 독일 Garching에 위치한 천체물리학 막스플랑크연구소(MPA)에서 S. White박사와 V. Springel 박사의 초대를 받아 방문 교수

로 지냈다.

오세현 회원은 고분해능 중성수소 선 스펙트럼 관측을 통해 외부은하들의 가스 동역학이 성간 물질의 구조와 은하 내 물질분포 및 별 생성에 미치는 영향과, 궁극적으로 이들이 은하 형성과 진화 과정에서 어떤 역할을 하는지 연구하고 있다. 이를 위해, 호주와 남아프리카공화국에서 운용 중인, Square Kilometre Array (SKA) Pathfinders (ASKAP-호주, MeerKAT-남아프리카 공화국)를 사용한 고분해능 외부은하 중성수소 관측 프로젝트들 (WALLABY, MHONGOOSE 등)에 참여해오고 있다. 오세현 회원은 호주의 ASKAP 전파 간섭계를 사용한 남반구 외부은하 중성수소 전천탐사 프로젝트인 WALLABY에서 "국부 우주에 위치하는 외부은하들에 대한 과학 연구" 분야의 공동의장을 맡고 있으며, ASKAP 초기 관측으로부터 얻어진 외부은하들의 가스 동역학 및 성간물질의 특성 연구를 수행해오고 있다.

Jeffrey A. Hodgson 회원은 공동연구자들과 함께 BL Lacs의 43 GHz VLBA 관측과 86 GHz GMVA 관측 데이터를 활용하여 BL Lacs 내 블랙홀로부터 5 pc 떨어진 지점에서의 제트 확장 profile의 변화가 Bondi 반경에서의 외부 압력의 변화로 설명될 수 있음을 보였다. 상기 연구 결과는 Astronomy & Astrophysics 국제 학술지에 게재되었다. 한편, KVN과 호주에 위치한 MOPRA 안테나를 간섭계로 연결하여 시험 관측을 수행하였으며, 곧 정상적인 운용 준비를 하고 있다.

Benjamin L'Huillier 회원은 최신 우주론 데이터에 첨단 통계 방법을 적용하여 우주론의 Concordance 모형의 여러 측면을 테스트하고 있다. DESI Collaboration에서는 코드 비교 프로젝트인 GOTPM을 이끌고 있다.

### 3. 연구 및 교육시설

세종대학교가 교육과 연구 목적으로 보유하고 있는 관측시설은 곤지암에 설치된 76cm 반사망원경과 40cm 반사망원경이 있으며, 캠퍼스에 여러 소형 망원경을 관측실습 및 공개 행사에 사용하고 있다. 세종대학교 물리천문학과는 외국의 천문대 공동 운영에도 참여하고 있다. 이재우 회원은 WIYN Consortium의 공식 파트너로 참여하여 WIYN 0.9m 천문대의 공동 운영 및 관측 장비를 이용한 구상성단 다중 종족에 대한 연구를 수행하고 있다. Maurice van Putten 회원은 중력파 관측 프로젝트인 KAGRA의 멤버로서 중력파 관측 자료를 이용한 연구를 수행하고 있다. Graziano Rossi 회원은 슬론 디지털 전천 탐사 (SDSS)의 파트너로 참여하여 대규모 관측 자료를 이용한 우주론 연구를 수행하고 있다. 학부생들의 관측실습으로 주로 교내 영실관 옥탑의 간이 관측소에 설치되어 있는 11인치 반사망원경 및 다수의 소형 굴절 망원경을 이용하고 있으며, SRT 소형 전파망원경으로 사용하여 전파관측 실습을 하고 있다. 학부생 및 대학원생들의 컴퓨터 교육을 위해 천문계산실에 총 18대의 PC를 구비하고 있으며, Linux/Windows 운영 환경을 제공하고



있다. 학부생의 취미 및 장래 진로를 위해 학과 내에 천문관측동아리 JOA와 컴퓨터 프로그래밍 동아리 ASC가 학생들의 자발적인 활동으로 활발하게 유지·운영이 되고 있으며, 졸업생들의 취업에 기여해 왔다. 한편, 이재우 회원은 항성분광학의 국제적인 전문가인 University of Texas Austin의 Christopher Sneden 교수를 초청하여 국내 천문학과 대학원 및 학부생을 대상으로 2022년 8월 8일부터 10일까지 항성분광학 특강을 개최하였다. 본 특강에서는 복사전달방정식, 항성 대기 모형, 원자 천이 확률 등 분광학적 기초에 관한 이론 배경을 소개하였으며, 이를 바탕으로 개별 별들의 고분산 스펙트럼을 사용하여 원소 함량을 측정하는 방법에 대한 고찰 및 우주의 화학적 진화 과정에 대한 강의가 진행되었다. 본 특강에는 총 44명의 학생이 수강하였다.

#### 4. 연구논문

Lee, Young-Min, Kim, Hyosun, Lee, Hee-Won, 2022, ApJ, 931, 142, "Formation of the Asymmetric Accretion Disk from Stellar Wind Accretion in an S-type Symbiotic Star", ApJ, 931, 142

Chang, Seok-Jun, Yang, Yujin, Seon, Kwang-II, Zabludoff, Ann, Lee, Hee-Won, 2023, "Radiative Transfer in Ly Alpha Nebulae. I. Modeling a Continuous or Clumpy Spherical Halo with a Central Source", ApJ, 945, 100

Kyu-Hyun Chae, Mordehai Milgrom 2022 ApJ 928 24 "Numerical Solutions of the External Field Effect on the Radial Acceleration in Disk Galaxies"

Kyu-Hyun Chae, Federico Lelli, Harry Desmond, Stacy S. McGaugh, and James M. Schombert 2022 Phys. Rev. D 106 103025 "Testing modified gravity theories with numerical solutions of the external field effect in rotationally supported galaxies"

Kyu-Hyun Chae 2022 ApJ 941 55 "Distinguishing Dark Matter, Modified Gravity, and Modified Inertia with the Inner and Outer Parts of Galactic Rotation Curves"

Lee, J.-W. 2022, ApJS, 263, 20, "Multiple Stellar Populations of Globular Clusters from Homogeneous Ca-CN-CH-NH Photometry. VII. Metal-poor Populations in 47 Tucanae (NGC 104) "

Gontcharov, G. A., Khovritchev, M. Y., Mosenkov, A. V., Il'in, V. B., Marchuk, A. A., Poliakov, D. M., Rytina, O. S., Savchenko, S. S., Smirnov, A. A.,

Usachev, P. A., Lee, J.-W., Camacho, C., Hebdon, N. 2023, MNRAS, 518, 3036, "Isochrone fitting of Galactic globular clusters - IV. NGC 6362 and NGC 6723"

Kim, H.-S., Yoon, S.-J., Lee, S.-Y., Han, S.-I. 2022, ApJ, 936, 15, "Nonlinear Color-Metallicity Relations of Globular Clusters. XI. Nonlinearity Effect Revealed by NGC 5128 (Centaurus A) and NGC 4594 (Sombrero) Galaxies"

Moon, J., Rossi, G., Yu, H., 2023, ApJS, 264, Issue 1, id.26, "Signature of Massive Neutrinos from the Clustering of Critical Points: I. Density Threshold-Based Analysis in Configuration Space"

Abareshi, B., ... Rossi, G., et al., 2022, The Astronomical Journal, Volume 164, Issue 5, id.207, "Overview of the Instrumentation for the Dark Energy Spectroscopic Instrument"

Neveux, R., ... Rossi, G., et al., 2022, MNRAS, 516, 1910, "Combined Full Shape Analysis of BOSS Galaxies and eBOSS Quasars using an Iterative Emulator"

Chapman, M.J., ... Rossi, G., et al., 2022, MNRAS, 516, 617, "The Completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: Measurement of the Growth Rate of Structure from the Small-Scale Clustering of the Luminous Red Galaxy Sample"

Yu, J., ... Rossi, G., et al., 2022, MNRAS, 516, 57, "Model BOSS and eBOSS Luminous Red Galaxies at  $0.2 < z < 1.0$  using SubHalo Abundance Matching with Three Parameters"

Mueller, E. M., ... Rossi, G., et al., 2022, MNRAS, 514, 3396, "Primordial non-Gaussianity from the Completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey II: Measurements in Fourier Space with Optimal Weights"

Yang, L., ... Rossi, G., et al., 2022, ApJ, Volume 935, Issue 2, id.121, "Metal Lines Associated with the Lyman- $\alpha$  Forest from eBOSS Data"

Cawthon, R., ... Rossi, G., et al., 2022, MNRAS, 513, 5517, "Dark Energy Survey Year 3 Results: Calibration of Lens Sample Redshift Distributions"


using Clustering Redshifts with BOSS/eBOSS”


Aubert, M., ... Rossi, G., et al., 2022, MNRAS, 513, 186, “The Completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: Growth Rate of Structure Measurement from Cosmic Voids”

Semenaite, A., ... Rossi, G., et al., 2022, MNRAS, 512, 5657, “Cosmological Implications of the Full Shape of Anisotropic Clustering Measurements in BOSS and eBOSS”


Paviot, R., ... Rossi, G., et al., 2022, MNRAS, 512, 1341, “Angular Systematics-Free Cosmological Analysis of Galaxy Clustering in Configuration Space”

Zhao, C., ... Rossi, G., et al., 2022, MNRAS, 511, 5492, “The Completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: Cosmological Implications from Multi-Tracer BAO Analysis with Galaxies and Voids”

Abdurro’uf., ... Rossi, G., Moon, J., et al., 2022, ApJS, Volume 259, Issue 2, id.35, 39 pp., “The Seventeenth Data Release of the Sloan Digital Sky Surveys: Full Release of MaNGA and APOGEE-2 Data (SDSS-IV Collaboration)” 

Wolz, L., ... Rossi, G., et al., 2022, MNRAS, 510, 3495, “HI Constraints from the Cross-Correlation of eBOSS Galaxies and Green Bank Telescope Intensity Maps” 

Gatti, M., ... Rossi, G., et al., 2022, MNRAS, 510, 1223, “Dark Energy Survey Year 3 Results: Clustering Redshifts Calibration of the Weak Lensing Source Redshift Distributions with redMaGiC and BOSS/eBOSS”

Chabanier, S., ... Rossi, G., et al., 2022, ApJS, Issue 1, id.18, “The Completed SDSS-IV Extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: The Damped Lyman- $\alpha$  Systems Catalog” 

Valluri, M., ... Rossi, G., et al., 2022, Contributed white paper to Snowmass 2021, CF03 (eprint arXiv:2203.07491), “Snowmass 2021 Cosmic Frontier White Paper: Prospects for obtaining Dark Matter Constraints with DESI”

Minsu Kim, Se-Heon Oh, 2022, “Global HI Properties of Galaxies via Super-profile Analysis”, Journal of the Korean Astronomical Society, 55, 149

N. Deg, K. Spekkens, T. Westmeier, T.N. Reynolds, P. Venkataraman, S. Goliath, A. X. Shen, R. Halloran, A. Bosma, B. Catinella, W.J.G. de Blok, H. Dénes, E. M. Di Teodoro, A. Elagali, B.-Q. For, C. Howlett, G. I. G. Józsa, P. Kamphuis, D. Kleiner, B. Koribalski, K. Lee-Waddell, F. Lelli, X. Lin, C. Murugesan, S. Oh, J. Rhee, T. C. Scott, L. Staveley-Smith, J.M. van der Hulst, L. Verdes-Montenegro, J. Wang, O. I. Wong, 2022, “WALLABY Pilot Survey: Public release of HI kinematic models for more than 100 galaxies from phase 1 of ASKAP pilot observations”, Publications of the Astronomical Society of Australia, 39, E059

Hye-Jin Park, Se-Heon Oh, Jing Wang, Yun Zheng, Hong-Xin Zhang, W. J. G. de Blok, 2022, “Gas dynamics and star formation in NGC 6822”, The Astronomical Journal, 164, 82

Marcin Glowacki, Jordan D. Collier, Amir Kazemi-Moridani, Bradley Frank, Hayley Roberts, Jeremy Darling, Hans-Rainer Klöckner, Nathan Adams, Andrew J. Baker, Matthew Bershady, Tariq Blecher, Sarah-Louise Blyth, Rebecca Bowler, Barbara Catinella, Laurent Chemin, Steven M. Crawford, Catherine Cress, Romeel Davé, Roger Deane, Erwin de Blok, Jacinta Delhaize, Kenneth Duncan, Ed Elson, Sean February, Eric Gawiser, Peter Hatfield, Julia Healy, Patricia Henning, Kelley M. Hess, Ian Heywood, Benne W. Holwerda, Munira Hoosain, John P. Hughes, Zackary L. Hutchens, Matt Jarvis, Sheila Kannappan, Neal Katz, Dušan Kereš, Marie Korsaga, Renée C. Kraan-Korteweg, Philip Lah, Michelle Lochner, Natasha Maddox, Sphehile Makhathini, Gerhardt R. Meurer, Martin Meyer, Danail Obreschkow, Se-Heon Oh, Tom Oosterloo, Joshua Oppor, Hengxing Pan, D. J. Pisano, Nandrianina Randriamiarinarivo, Swara Ravindranath, Anja C. Schröder, Rosalind Skelton, Oleg Smirnov, Mathew Smith, Rachel S. Somerville, Raghunathan Srianand, Lister Staveley-Smith, Masayuki Tanaka, Mattia Vaccari, Wim van Driel, Marc Verheijen, Fabian Walter, John F. Wu, Martin A. Zwaan, 2022, “Looking at the Distant Universe with the MeerKAT Array: Discovery of a Luminous

OH Megamaser at  $z > 0.5$ ", *Astrophysical Journal Letters*, 931, L7

Shun Wang, Jing Wang, Bi-Qing For, Bumhyun Lee, Tristan Reynolds, Xuchen Lin, Lister Staveley-Smith, Li Shao, O. Ivy Wong, Barbara Catinella, Paolo Serra, Lourdes Verdes-Montenegro, Tobias Westmeier, Karen Lee-Waddell, Baerbel S. Koribalski, Chandrashekar Murugesan, Ahmed Elagali, Dane Kleiner, Jonghwan Rhee, Frank Bigiel, Albert Bosma, Benne Holwerda, Se-Heon Oh, Kristine Spekkens 2022, "WALLABY Pre-Pilot Survey: The effects of tidal interaction on radial distribution of color in galaxies of the Eridanus supergroup", *The Astrophysical Journal*, 927, 66

B. Abareshi et al. (incl. B. L'Huillier), "Overview of the Instrumentation for the Dark Energy Spectroscopic Instrument.", *AJ* 164, 207 (2022).

R. Calderón, B. L'Huillier\*, D. Polarski, A. Shafieloo, and A. A. Starobinsky, "Joint reconstructions of growth and expansion histories from stage-IV surveys with minimal assumptions: Dark energy beyond  $\Lambda$ .", *Phys. Rev. D* 106, 083513. (2022).

C. Grove, C.-H. Chuang, N. C. Devi, L. Garrison, B. L'Huillier, Y. Feng, J. Helly, C. Hernández-Aguayo, S. Alam, H. Zhang, Y. Yu, S. Cole, D. Eisenstein, P. Norberg, R. Wechsler, D. Brooks, K. Dawson, M. Landriau, A. Meisner, C. Poppett, G. Tarlé, and O. Valenzuela, "The DESI N-body simulation project - I. Testing the robustness of simulations for the DESI dark time survey.", *MNRAS* 515, 1854 (2022).

E. Abdalla et al. (incl. B. L'Huillier), "Cosmology intertwined: A review of the particle physics, astrophysics, and cosmology associated with the cosmological tensions and anomalies.", *J. High Energy Astrophys.* 34, 49 (2022).

H. Koo, R. E. Keeley, A. Shafieloo, and B. L'Huillier, "Bayesian vs frequent comparing Bayesian model selection with a frequentist approach using the iterative

smoothing method.", *J. Cosmology Astropart. Phys.* 3, 047 (2022).

## 5. 학술발표

Kim, S. 2022, "Measurements of star formation rate density across the cosmic time", IAU GA 2022 Meeting, J division Meeting

Rossi, G., 2022 - American Astronomical Society Meeting #240, id. 312.08. *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 54, No. 6, June 2022 - e-id 2022n6i312p08 - "Cosmic Topology, Persistent Homology, and Massive Neutrinos"

Rossi, G., 2022 - APS April Meeting 2022, abstract id.Y14.003, 2022APS..APRY14003R, "Dark Sector and Cosmological Neutrinos: The Sejong Hydrodynamical Simulation Suite"

Rossi, G., 2022 - 31st Texas Symposium on Relativistic Astrophysics, held 12-16 September, 2022 in Prague, Czech Republic. Online at <https://texas2021.org>, id.117, 2022tsra.confE.117R, "The Sejong Simulation Suite: Dark Sector and Massive Neutrinos"

Rossi, G., 2022 - Proceedings of the 56rd Rencontres de Moriond, "2022 Cosmology" - ISBN: 979-10-96879-16-8 -pp. 23-26 (arXiv:2204.05368), "Massive Neutrinos, Dark Sector, and Hydrodynamics: The Sejong Suite"

Moon, J., Rossi, G., Yu, H., 2022년 봄 제 105차 한국 천문 학회 학술 대회(한국 천문 학회), 2022-04, "Clustering of Critical Points in Massive Neutrino Cosmologies"

B. L'Huillier 2022, IAU Symposium 368 Machine Learning in Astronomy: Possibilities and Pitfalls, Panelist

## 연세대학교 천문우주학과

### 1. 인적사항

본 학과의 교수진은 2023년 3월 현재, 12명의 교수(이영욱, 변용익, 김용철, 박상영, 손영중, 윤석진, 이석영,

정애리, 박찬덕, 지명국, 김태선, 박준규)와 4명의 명예교수(나일성, 천문석, 최규홍, 김석환)로 구성되어 있다. 학부와 대학원은 박사 후 전문 연구원 6명, 대학원 석사과정 34명, 박사과정 14명, 석사과정 22명, 그리고, 학부생 138명으로 구성되어 있다. 학부 1학년 신입생들은 연세대학교의 정책에 따라 송도의 국제캠퍼스에서 1년간 기숙사 생활을 하면서 Residential College 교육을 받고 있다.

학과 교수진의 활동을 요약하면 다음과 같다. 이영욱 회원은 연세대학교 대학교부설연구원으로 설립된 은하진화연구센터의 센터장직을 수행하고 있다. 이영욱 회원이 이끄는 은하진화연구센터는 2022년 교육부 대학중점연구소 사업에 신규 선정되어 총 9년간 연구비를 지원받게 되었다. 박상영 회원은 교내 항공우주전략연구원 부원장과 초소형위성센터의 센터장을 맡고 있다. 손준혁 회원은 2022년부터 한국우주과학회 부회장으로 활동하고 있다. 윤석진 회원은 한국천문학회 IAU GA 2021 유치위원회 위원, 운영위원회 위원을 거쳐 현재 조직위원회 위원으로 활동하고 있다. 윤석진 회원은 2022년 1학기에 연세대학교 천문우주학과 학과장을 역임하였고, 현재는 연세대학교 BK21 지구-대기-천문 교육연구단의 단장 및 지구-천문-대기 대학원 학과의 주임교수를 맡고 있다. 이석영 회원은 연세대학교 천문대장직을 수행하고 있다. 정애리 회원은 IAU GA 2022 조직위원으로 활동하고 있으며, 2021년 3월부터 2년 임기로 연세대학교 이과대학 기획부학장직을 수행하고 있다. 지명국 회원은 한국 대형광학망원경 과학기술팀그룹 위원, 미국 Vera C. Rubin Observatory(구 LSST) DESC 회원 심의위원, Gemini North Adaptive Optics 과학위원으로 활동하고 있다. 김태선 회원은 한국천문학회 학술위원과 천문학논총의 편집위원으로 활동하고 있다. 박준규 회원은 LIGO-VIRGO-KAGRA collaboration의 회원이자 LVK Opendata group의 KAGRA 쪽 co-chair로 활동하고 있다.

본 학과는 17명의 연구교수 및 박사후 연구원(Sanjaya Paudel, 박기훈, 임성순, 정철, 조혜진, Xilong Liang, 임동욱, 오슬희, Maxime Rey, 백준현, 김용휘, 홍승수, 김극남, 이진수, 최진행, Emanuele Contini, 장소희)이 활발한 연구 활동을 펼치고 있다. 또한 역량있는 천문우주학 전공 박사들을 배출해내는 교육기관의 책임을 다하고 있으며, 2022년 2월에는 김진협 회원(지도교수 지명국)과, 백준현 회원(지도교수 정애리), 2023년 2월에는 홍승수 회원(지도교수 이영욱), 이진수 회원(지도교수 이석영), 노현욱 회원(지도교수 정애리), 김극남 회원(지도교수 이상원), 이상원 회원(지도교수 박상영)이 박사학위를 받았다.

## 2. 연구 및 학술 활동

이영욱 회원은 정철, 박승현, 손준혁 회원과 함께 Ia형 초신성의 광도 표준화 과정을 연구하고 있고, 이로부터 표준화 과정의 핵심인 Width-Luminosity Relation이 세페이드 변광성의 주기-광도 관계와 유사하게 항성종족의 나이에 따라 심한 영점 이동을 보인다는 충격적인 사실을 발견하였다. 이 효과를 보정할 경우 초신성우주론에서 제시된 우주속팽창의 증거가 대부분 사라지기 때문에 다른 적색편이 구간에서의 후속연구가 절실히 필요한 상황이다. 따라서, 조혜진, 안승현, 손준혁, 박승현 회원과 함께 여러 적색편이 구간에 있는 호스트 은하의 다파장 측광자료 분석을 통해 초신성 모항성의 나이를 측정하는 야심찬 프로젝트를 새롭게 착수하였다. 이를 통해 초신성의 광도표준화 과정을 개선하여 보다 정밀한 초신성우주론 연구를 수행할 예정이다. 또한, 정철, 박승현 회원과 함께 초신성 호스트 은하의 여러 성질과 Hubble residual 사이에 보고된 step과 상관관계의 근본 원인이 무엇인지를 심층 탐구하는 연구를 수행 중이다. 우리는 하 별지의 구조와 형성기원에 대해서도 홍승수 회원과 함께 우리은하 별지 red clump 항성들의 제미니 저해상도 분광관측/분석 및 DES 측광자료 분석을 수행하였다.

변용익 회원은 화구 및 유성체를 관측하는 전천카메라 시스템을 운영 중이다. 초당 25 프레임의 고해상도 멀티캠 시계열 관측이 이루어지며, 야간에는 4등급 이상의 유성 현상 검출이 가능하다. 2023년 초 현재 인제, 운이덕, 화천, 춘천, 청주, 세종, 광주, 부산, 영양, 울산, 고흥, 영월 등 12곳에 설치한 상태이다. 2022년 중반 이후 1만 5천여개의 유성에 대해 다중 검출이 이루어졌으며, 특히 12월의 쌍둥이자리 유성우에서 3천개 이상의 유성체 솔루션을 도출하는 등 화구 및 유성체의 대기권 내 궤적과 태양계 궤도 계산을 지속하고 있다.

김용철 회원은 생성 초기 항성의 내부구조와 활동성 연구, 항성표면 복사유체 수치모사연구, 그리고 등연령곡선 제작 등의 3가지 연구를 진행하고 있다. 항성에서 관측되는 활동성(activity)의 관측 자료와 상세한 내부구조의 이론적 모형을 함께 연구하여 항성구조와 항성 자기활동성의 인과관계를 체계적으로 이해하고자 하는 것이 활동성 연구의 궁극적 목표이다. 박기훈 회원과 함께 수행하고 있는 항성표면 복사유체 수치모사연구는 복사와 유체의 상호 작용을 고려한 항성표면 수치모사를 통해 항성대기와 분광 스펙트럼합성을 수행하고, 이로부터 분광 자료 분석의 이론적 체계를 정립하는 것이 연구의 목표이다. 그리고 등연령곡선 연구는 다양한 개별 원소의 영향이 성단 색 등급도에 어떻게 나타나는지를 체계적으로 설명하는 연구를 수행하고 있으며, 외계 행성계의 모항성에 대한 표준 모형을 구축하는 연구는 박기훈 회원의 주도로 진행되고 있다.

박상영 회원이 지도하는 우주비행제어 연구실(Astrodynamics and Control Lab)은 편대비행 위성의

궤도 결정 및 제어, 자세결정 및 제어, 위성 자세제어 하드웨어 시뮬레이터, 편대비행 설계 및 최적화, 상대우주 항법에 관한 연구를 꾸준히 수행하고 있으며, 편대위성들의 우주항법을 검증하기 위한 하드웨어 시스템도 개발하고 발전시키고 있다. 2기의 큐브위성으로 우주에서 인공일식을 구현하여 태양의 코로나를 관측하는 우주미션(CANYVAL-C)을 개발하였으며 2021년 3월에 발사하였다. 또한 미세먼지를 모니터링하는 정보를 제공하는 MIMAN 우주 미션에 필요한 초소형 위성을 개발하였으며, 2022년 6월 우리나라 발사체인 누리호에 실려 발사되었다. MIMAN 큐브위성은 전력충전이 원활하고 지상국과의 통신도 수월하며, 2023년 중반기에 미션을 수행할 준비를 하고 있다. 위성간 도킹과 랑데부 등의 근접 운영 알고리즘도 개발하고 있으며, 우주감시에 필요한 정밀궤도 결정과 소행성 탐사에 대한 연구도 꾸준히 추진하고 있다. 이러한 연구성과를 바탕으로 2018년에 초소형위성센터를 설립하였으며, 교내 여러 연구실과 함께 초소형 위성에 필요한 본체/탑재체/영상분석에 관한 연구를 선도적으로 진행하고 있다. 더 나아가, 국방과학연구소의 지원을 받아 광통신을 시현하는 편대비행 위성을 개발하고 있다.

손영중 회원의 관측천문학연구소(YOAL)에서는 구상성단과 근거리 은하 내 분해되는 항성종족의 자외선 및 근적외선 측광 관측을 통한 후기 항성 특성에 대한 연구를 진행 중이다. 이를 위해 UKIRT WSA-DR11 Near-IR 자료를 분석하며, 국제 공동 연구 Astrosat/UVIT legacy survey of Globular Clusters (GlobULeS) 프로젝트에 참여하여, 2016년 이후 FUV 관측 연구를 진행하고 있다. 한편, KMTNet CTIO 망원경으로 관측된 소행성들의 BVRI 측광 영상 자료를 분석하고, 이로부터 얻은 소행성들의 측광학적 특성에 대하여 머신러닝을 적용한 taxonomy 분류 및 궤도요소 분석을 통한 공간 분포와 형성 기원에 대한 연구를 시행하고 있다.

윤석진 회원은 (1) 한상일/김학섭/이상윤 회원과 함께 Subaru 8m 및 CTIO 4m 망원경을 이용한 은하 및 성단의 측광과 분광 관측 연구, (2) 정철/이상윤 회원과 함께 항성진화 종족합성 이론을 이용한 Yonsei Evolutionary Population Synthesis (YEPS) 모델 개발 연구와 외부은하 성단계의 '색분포 양분이론'을 이용한 초기우주 은하형성 연대기 규명 연구, (3) 문준성/김명훈 회원과 함께 GALEX 우주망원경 관측자료 및 SDSS 관측자료를 이용하여 은하의 Recent Star Formation History와 AGN Activity에 이웃 은하가 끼치는 영향에 대한 연구, (4) 윤기윤/문준성/김지우 회원과 함께 YUMMy (Yonsei Unstructured Moving-Mesh Hydro-simulation) 코드의 개발과 검증 연구, (5) 지웅배/Sanjaya Paudel/문준성 회원과 함께 SDSS 관측자료를 이용하여 Disk Galaxies의 Warp 및 Bar 현상에 대한 연구, (6) Sanjaya Paudel/문준성 회원과 함께 Dwarf

Galaxies 사이의 중력 및 유체역학적 Interaction의 빈도와 영향에 대한 연구, (7) Xilong Liang 회원과 함께 우리은하 Halo 및 Disk의 Stellar Substructures (예: Hercules Moving Group)의 기원 규명 연구, (8) 안성호/문준성 회원과 함께 외부은하의 Spin-Orbit Alignment의 기원 규명 연구, (9) 문준성/김은택 회원과 함께 Machine Learning을 통해 은하의 주변 환경을 정량화하는 연구, (10) 양홍진/이효준 회원과 함께 고천문학 연구, (11) 이영욱/정철 회원과 함께 Super Nova Cosmology 연구, (12) 안성호/문준성 회원과 함께 우주 거시구조와 은하간 Merger/Flyby 사이의 상관관계에 대한 연구, (13) 서찬울/Sanjaya Paudel/문준성 회원과 함께 Milky-Way-like Galaxies 주변 Satellite Galaxies의 Planar Alignment의 기원 및 우주론적 의미 규명 연구를 수행하고 있다.

이석영 회원이 이끄는 은하진화연구소(GEM)에서는 주로 RAMSES 코드를 이용하여 여러 물리 현상이 포함된 우주론적 수치모사 실험(NewHorizon, NewCluster)을 수행하여 다양한 환경에서 은하형성을 연구하고 있다.

정애리 회원은 Interstellar Medium and Galaxy Evolution (IM&GE)의 구성원들과 함께 다양한 은하 종족에 대한 연구를 수행 중이다. 특히 ALMA, JVLA 및 KVN 등 전파 관측 자료를 토대로 은하의 주변 환경과 성간물질의 특성이 은하 진화에 미치는 영향을 연구하고 있다.

지명국 회원은 Yonsei Observable UNiverse Group (YOUNG)의 구성원들과 함께 은하단의 관측 및 시뮬레이션 연구를 진행하며 이를 바탕으로 암흑물질의 정체를 규명하고 우주론 파라미터의 정밀한 측정을 목표로 하고 있다. 현재 (1) 조혜진 회원, 조보성 회원과 함께 약중력렌즈를 이용한 총돌하는 은하단 내 질량 분포 분석 및 총돌 역사 규명 연구, (2) 김형한 회원과 함께 약중력렌즈 분석을 이용한 근거리 은하단 내의 우주 거대 구조 관측 연구, (3) 이원기 회원, 박동악 회원과 함께 시뮬레이션을 이용한 총돌하는 은하단의 관측 구조 기원 연구, (4) 주형진 회원과 함께 고적생이동 은하단 관측을 바탕으로 intracluster light 형성 기작 연구, (5) 차상준 회원과 함께 중력렌즈의 multiple images를 이용한 은하단 내 세부 질량 구조 분석 및 우주론 파라미터 추정 연구, (6) Zach Scofield 회원, 주형진 회원, 차상준 회원과 함께 James Webb Space Telescope (JWST)를 이용한 은하단 관측 연구를 수행하고 있다.

김태선 회원은 복사유체 수치실험을 이용하여 항성 피드백과 별 생성이 은하의 진화, 우주의 재이온화에 미치는 연구를 진행하고 있다. 한다니엘 회원과 함께 고립된 은하 내 Ha와 분자기체의 Spatial decorrelation 연구를 수행 중이며, 강천수 회원과 함께 sink particle을 활용

한 우주론적 수치실험, 최지영 회원과 함께 다양한 항성 피드백의 효과가 은하 특성에 미치는 연구를 진행 중이다. Maxime Rey 회원과 함께 다양한 피드백 모델이 은하 주변부 중원소 물질 분포에 미치는 영향을, 송현미/유태화 회원과 함께 초기 은하에서 라이먼 연속선과 알파 선의 탈출률을, 이재현 회원과 함께 은하 환경에 따른 RAM 압력 효과를 연구 중이다.

박준규 회원은 중력파 검출기에 사용되는 광학 센서 및 광학계 개발, 중력파 검출기 디자인에 관한 연구를 진행하고 있다. KAGRA 중력파 검출기 성능 향상을 위한 KAGRA filter cavity project에 한국 천문연구원과 함께 참여하여 광학계 개발을 담당하고 있으며 VIRGO검출기의 연구진과도 연구교류를 유지하면서 Einstein-podolsky-rosen squeezing을 이용한 중력파 검출기 성능향상 연구도 진행 중이다. 차세대 중력파 검출기인 Einstein telescope의 설계를 위한 광학계 디자인과 분석 연구로 중력파 검출기 분야에서 한국의 역할을 확장하는 데 노력하고 있으며 중력파 검출기 외에도 한국의 표준과학 연구원과 기초과학지원연구원의 공동 연구로 우주용 대형 광학계 가공 및 제작에 필요한 광학 기반의 측정 기술을 연구하고 있다.

### 3. 교육 및 연구 시설

천문우주학 교육 시설로서 천문대 소속의 일산 관측소 61cm 반사 망원경, 교내 관측소 40cm 반사 망원경, 4대의 10인치 미드 망원경, 다수의 소형 망원경들을 확보하여 학생들의 관측 실습에 활용하고 있다. 신촌 캠퍼스 내에 설치되어 있는 KVN 전파망원경은 전문 연구자들의 관측과 함께 학부 및 대학원 학생들의 교육에도 기여하고 있다. 또한, 정밀 연구를 위해 해외 대형 망원경을 적극적으로 활용하고 있다.

우주비행제어연구실은 과학과 국방에 필요한 초소형위성들을 개발하고 있다. 우주광학연구실은 대구경 우주 광학 시스템 개발을 위한 다수의 설계 및 해석 S/W와 정렬 및 조립 성능 평가를 위한 각종 간섭계 및 광학 측정 장비를 운영하며 연구 및 프로젝트 형 교육기법에 활용하고 있다.

### 4. 국내외 연구논문

Jang, S et al. "Chromosome Maps of Globular Clusters from Wide-Field Ground-Based Photometry." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 517, no. 4, 2022, pp. 5687-703.

Lee, Young-Wook et al. "Evidence for Strong Progenitor Age Dependence of Type Ia Supernova

Luminosity Standardization Process." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 517, no. 2, 2022, pp. 2697-708.

Lim, Dongwook et al. "High-Resolution near-Infrared Spectroscopy of Globular Cluster and Field Stars toward the Galactic Bulge." *arXiv preprint arXiv:2208.02887*, 2022.

Kim, Geuk-Nam et al. "Design of Novel Laser Crosslink Systems Using Nanosatellites in Formation Flying: The Vision." *Aerospace*, vol. 9, no. 8, 2022, p. 423

Lee, Sangwon et al. "Mission Design and Orbit-Attitude Control Algorithms Development of Multistatic Sar Satellites for Very-High-Resolution Stripmap Imaging." *Aerospace*, vol. 10, no. 1, 2023, p. 33

김극남 et al. "3 M 급 광학영상 촬영을 위한 6u 초소형 위성 시스템 개념설계." *항공우주시스템공학회지*, vol. 16, no. 3, 2022, pp. 105-14.

송영범 et al. "초소형 위성군 궤도배치 전략 분석." *항공우주시스템공학회지*, vol. 16, no. 2, 2022, pp. 63-72.

신진영 et al. "한반도 감시·정찰을 위한 초소형 위성군 설계." *한국항공우주학회지*, vol. 50, no. 6, 2022, pp. 401-12.

Choi S et al. "Taxonomic Classification of Asteroids using KMTNet Multi-band Photometry Dataset", *Planetary Science Journal*, in print, 2023

Prabhu, Deepthi S et al. "Globular Cluster Uvit Legacy Survey (Globules). Iii. Omega Centauri in Far-Ultraviolet." *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 939, no. 2, 2022, p. L20.

Sahu, Snehalata et al. "Globular Cluster Uvit Legacy Survey (Globules)-I. Fuv-Optical Colour-Magnitude Diagrams for Eight Globular Clusters." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 514, no. 1, 2022, pp. 1122-39.

Di Cintio, Pierfrancesco et al. "Introducing a New Multi-Particle Collision Method for the Evolution of Dense Stellar Systems-Ii. Core Collapse." *Astronomy & Astrophysics*, vol. 659, 2022, p. A19.

- Kim, Hak-Sub et al. "Nonlinear Color-Metallicity Relations of Globular Clusters. Xi. Nonlinearity Effect Revealed by Ngc 5128 (Centaurus a) and Ngc 4594 (Sombrero) Galaxies." *The Astrophysical Journal*, vol. 936, no. 1, 2022, p. 15.
- Lee, Jounghun et al. "How Do the Galaxy Stellar Spins Acquire a Peculiar Tidal Connection?" *The Astrophysical Journal*, vol. 927, no. 1, 2022, p. 29.
- Paudel, Sanjaya et al. "Early-Type Dwarf Galaxies in the Local Universe. Evidence of Ex Situ Growth." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, vol. 520, no. 1, 2022, pp. L5-L10, doi:10.1093/mnrasl/slac159.
- Zee, Woong-Bae G et al. "Warped Disk Galaxies. I. Linking U-Type Warps in Groups/Clusters to Jellyfish Galaxies." *The Astrophysical Journal*, vol. 935, no. 1, 2022, p. 48.
- Gridale, Kearn et al. "On the Viability of Determining Galaxy Properties from Observations-I. Star Formation Rates and Kinematics." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 513, no. 3, 2022, pp. 3906-24.
- Jeon, Seyoung et al. "Star Formation History and Transition Epoch of Cluster Galaxies Based on the Horizon-Agn Simulation." *The Astrophysical Journal*, vol. 941, no. 1, 2022, p. 5.
- Jung, S Lyla et al. "Massive Central Galaxies of Galaxy Groups in the Romulus Simulations: An Overview of Galaxy Properties at  $Z=0$ ." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 515, no. 1, 2022, pp. 22-47.
- Oh, Sree et al. "The Sami Galaxy Survey: The Difference between Ionized Gas and Stellar Velocity Dispersions." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 512, no. 2, 2022, pp. 1765-80.
- Reddish, J et al. "The Newhorizon Simulation-to-Bar or Not to Bar." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 512, no. 1, 2022, pp. 160-85.
- Rhee, Jinsu et al. "Performance Enhancement of Tree-Based Friends-of-Friends Galaxy Finder for High-Resolution Simulations of Galaxy Formation." *The Astrophysical Journal*, vol. 927, no. 1, 2022, p. 129.
- Santucci, Giulia et al. "The Sami Galaxy Survey: The Internal Orbital Structure and Mass Distribution of Passive Galaxies from Triaxial Orbit-Superposition Schwarzschild Models." *The Astrophysical Journal*, vol. 930, no. 2, 2022, p. 153.
- Baek, Junhyun et al. "Circumnuclear Medium around the Central Agn in a Cool-Core Cluster, Abell 1644-South." *The Astrophysical Journal*, vol. 932, no. 1, 2022, p. 64.
- Choi, Woorak et al. "Ram Pressure Stripping of the Multiphase Ism: A Detailed View from Tigress Simulations." *The Astrophysical Journal*, vol. 936, no. 2, 2022, p. 133.
- Kim, Changseok et al. "Determining Star Formation Rates of Active Galactic Nucleus Host Galaxies Based on Sed Fitting with Submillimeter Data." *The Astrophysical Journal*, vol. 928, no. 1, 2022, p. 73.
- Lee, Bumhyun et al. "Alma/Aca Co Survey of the Ic 1459 and Ngc 4636 Groups: Environmental Effects on the Molecular Gas of Group Galaxies." *The Astrophysical Journal Supplement Series*, vol. 262, no. 1, 2022, p. 31.
- Lee, Seona et al. "Ram Pressure Stripping and Ism Disc Truncation: Prediction Versus Observation." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 517, no. 2, 2022, pp. 2912-24.
- Rose, Tom et al. "The Variability of Brightest Cluster Galaxies at High Radio Frequencies." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 509, no. 2, 2022, pp. 2869-84.
- Villanueva, Vicente et al. "Vertico. Iv. Environmental Effects on the Gas Distribution and Star Formation Efficiency of Virgo Cluster Spirals." *The Astrophysical Journal*, vol. 940, no. 2, 2022, p. 176.
- Zabel, Nikki et al. "Vertico Ii: How H I-Identified Environmental Mechanisms Affect the Molecular

Gas in Cluster Galaxies." *The Astrophysical Journal*, vol. 933, no. 1, 2022, p. 10.

Han, Daniel et al. "Impact of Radiation Feedback on the Formation of Globular Cluster Candidates During Cloud-Cloud Collisions." *The Astrophysical Journal*, vol. 935, no. 1, 2022, p. 53.

Kimm, Taysun et al. "A Systematic Study of the Escape of Ly $\alpha$  and Ly $\gamma$  Photons from Star-Forming, Magnetized Turbulent Clouds." *The Astrophysical Journal Supplement Series*, vol. 259, no. 1, 2022, p. 21.

Lee, Jaehyun et al. "Simulating Jellyfish Galaxies: A Case Study for a Gas-Rich Dwarf Galaxy." *The Astrophysical Journal*, vol. 928, no. 2, 2022, p. 144.

Lee, Wonki et al. "Weak-lensing Mass Bias in Merging Galaxy Clusters" *The Astrophysical Journal*, vol. 945, no. 1, 2023, p. 13.

Hwang, Seung-gyu et al. "How to use GP: effects of the mean function and hyperparameter selection on Gaussian process regression" *Journal of Cosmology and Astroparticle physics*, vol. 2023, no. 2, 2023, p. 20.

Joo, Hyungjin & Jee, M. James "Intracluster light is already abundant at redshift beyond unity" *Nature*, vol. 613, no. 7942, 2023, p. 37.

Finner, Kyle et al. "Hubble Space Telescope and Hyper-Suprime-Cam Weak-lensing Study of the Equal-mass Dissociative Merger CIZA J0107.7+5408" *The Astrophysical Journal*, vol. 942, no. 1, 2022, p. 11.

Yoo, Jaewon et al. "Comparison of Spatial Distributions of Intracluster Light and Dark Matter" *The Astrophysical Journal Supplement Series*, vol. 261, no. 2, 2022, p. 13.

Cha, Sangjun & Jee, M. James "MARS: A New Maximum-entropy-regularized Strong Lensing Mass Reconstruction Method" *The Astrophysical Journal*, vol. 931, no. 2, 2022, p. 27.

## 울산과학기술원

### 1. 인적사항

본 학과에 현재 류동수, 광규진 등 2명의 천문학 전공 교수가 재직 중이다. 이와 더불어 김선정, 김영민 2명의 연구교수, 조현진, 신복균, 성광현, 이혜승, Ayan Bhattacharjee, 하지훈, 서정빈 7명의 박사후연구원, 그리고 이은유, 이남욱, 윤정관, 정기현, 성광연, 김선호, 김종훈, 최정운, 손창희, 차하경, 이우진 12명의 대학원생 및 학부생이 천문학 연구를 수행 중이다.

### 2. 연구 및 학술 활동

류동수 교수와 은하단 연구 그룹에서는 은하단과 우주 거대 구조에서의 난류, 자기장, 충격파, 그리고 우주선(cosmic ray), 중성미자의 특성 및 기원에 대한 연구를 수행 중이다. 자기유체역학, PIC(Particle-in-Cell), 등의 다양한 시뮬레이션 기법, 선형 및 준선형(quasi-linear) 분석 기법, 실험 천체물리 등을 활용하여 은하단 전파, X-선, 우주선, 중성미자 등으로 관측되는 고에너지 천체 현상을 연구하고 있다.

광규진 교수와 밀집천체 연구 그룹에서는 블랙홀, 중성자별과 같은 밀집천체 주변에서 발생하는 고에너지 천체 현상의 특성 및 기원에 대한 연구를 수행하고 있다. 중성자별의 구조 및 표면에서 발생하는 고에너지 천체 현상은 핵물리학과 밀접한 관련이 있어 이와 관련한 연구도 병행하고 있다.

### 3. 국내외 연구논문 (2022년 1월 1일 이후 발표)

1. Electron Preacceleration at Weak Quasi-perpendicular Intracluster Shocks: Effects of Preexisting Nonthermal Electrons,

Ha, J.-H., Ryu, D., Kang, H., and Kim, S.

2022, *The Astrophysical Journal*, 925, 88 (9pp)

2. Effects of Forcing on Shocks and Energy Dissipation in Interstellar and Intracluster Turbulences,

Cho, H., Ryu, D., and Kang, H.

2022, *The Astrophysical Journal*, 926, 183 (14pp)

3. Isotopic Compositions of Ruthenium Predicted from the NuGrid Project,

Seonho Kim, Kwang Hyun Sung, Kyujin Kwak,

2022, *The Astrophysical Journal*, 924, 88

4. Strong Suppression of Heat Conduction in a Laboratory Replica of Galaxy-Cluster Turbulent Plasmas,



- Meinecke, J., Tzeferacos, P., Ross, J. S., Bott, A. F. A., Feister, S., Park, H. -S., Bell, A. R., Blandford, R., Berger, R. L., Bingham, R., Casner, A., Chen, L. E., Foster, J., Froula, D. H., Goyon, C., Kalantar, D., Koenig, M., Lahmann, B., Li, C. -K., Lu, Y. Palmer, C. A. J., Petrasso, R., Poole, H., Remington, B., Reville, B., Reyes, A., Rigby, A., Ryu, D., Swadling, G., Zylstra, A., Miniati, F., Sarkar, S., Schekochihin, A. A., Lamb, D. Q., Gregori, G.  
2022, *Science Advances*, 8, 10
5. Observation of Variations in Cosmic Ray Single Count Rates During Thunderstorms and Implications for Large-Scale Electric Field Changes,  
D. Ryu 외 The Telescope Array (TA) Collaboration  
2022, *Physical Review D*, 105, 062002
6. Insensitivity of a Turbulent Laser-Plasma Dynamo to Initial Conditions,  
Bott, A. F. A., Chen, L., Tzeferacos, P., Palmer, C. A. J., Bell, A. R., Bingham, R., Birkel, A., Froula, D. H., Katz, J., Kunz, M. W., Li, C.-K., Park, H-S., Petrasso, R., Ross, J. S., Reville, B., Ryu, D., Seguin, F. H., White, T. G., Schekochihin, A. A., Lamb, D. Q., & Gregori G.  
2022, *Matter and Radiation at Extremes*, 7, 046901
7. Search for continuous gravitational waves from 20 accreting millisecond X-ray pulsars in O3 LIGO data,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, *Physical Review D*, 105, 022002
8. All-sky, all-frequency directional search for persistent gravitational-waves from Advanced LIGO's and Advanced Virgo's first three observing runs,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, *Physical Review D*, 105, 122001
9. Search for Gravitational Waves Associated with Gamma-Ray Bursts Detected by Fermi and Swift During the LIGO-Virgo Run O3b,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, *The Astrophysical Journal*, 928, 186
10. Constraints on dark photon dark matter using data from LIGO's and Virgo's third observing run,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, *Physical Review D*, 105, 063030
11. Search for intermediate mass black hole binaries in the third observing run of Advanced LIGO and Advanced Virgo,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, *Astronomy & Astrophysics*, 659, A84
12. Search for gravitational waves from Scorpius X-1 with a hidden Markov model in O3 LIGO data,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, *Physical Review D*, 106, 062002
13. Search for continuous gravitational wave emission from the Milky Way center in O3 LIGO-Virgo data,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, *Physical Review D*, 106, 042003
14. Searches for Gravitational Waves from Known Pulsars at Two Harmonics in the Second and Third LIGO-Virgo Observing Runs,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, *The Astrophysical Journal*, 935, 1
15. First joint observation by the underground gravitational-wave detector KAGRA with GEO 600,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, 2022, 063F01
16. Narrowband Searches for Continuous and Long-duration Transient Gravitational Waves from Known Pulsars in the LIGO-Virgo Third Observing Run,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, *The Astrophysical Journal*, 932, 133
17. All-sky search for gravitational wave emission from scalar boson clouds around spinning black holes in LIGO O3 data,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA

Collaboration,  
2022, Physical Review D, 105, 102001

18. The Current Status and Future Prospects of KAGRA, the Large-Scale Cryogenic Gravitational Wave Telescope Built in the Kamioka Underground,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, Galaxies, 10, 3

19. Search for subsolar-mass binaries in the first half of Advanced LIGO and Virgo's third observing run,  
Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration,  
2022, Physical Review Letters, 129, 061104

20. Optimizing parameters of information-theoretic correlation measurement for multi-channel time-series datasets in gravitational-wave detectors,  
P. Jung, S. H. Oh, E. J. Son, Y.-M. Kim, and J. J. Oh,  
2022, Progress of Theoretical and Experimental Physics, 2022 073H01

21. Identifying multichannel coherent couplings and causal relationships in gravitational wave detectors,  
P. Jung, S. H. Oh, Y.-M. Kim, E. J. Son, T. Yokozawa, T. Washimi, and J. J. Oh,  
2022, Physical Review D, 106, 042010

22. Search for the early O3 LIGO data for continuous gravitational waves from the Cassiopeia A and Vela Jr. supernova remnants,  
Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration,  
2022, Physical Review D, 105, 082005

23. Search for Spatial Correlations of Neutrinos with Ultra-High-Energy Cosmic Rays,  
D. Ryu 외 The Antares Collaboration, The IceCube Collaboration, The Pierre Auger Collaboration & The Telescope Array (TA) Collaboration,  
2022, The Astrophysical Journal, 934, 164 (21pp)

24. Performance of the KAGRA detector during the first joint observation with GEO 600 (O3GK),  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, Progress of Theoretical and Experimental Physics, 2022, ptac093

25. Input optics systems of the KAGRA detector

during O3GK,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, Prog. Theor. Exp. Phys., ptac166

26. Model-based cross-correlation search for gravitational waves from the low-mass X-ray binary Scorpius X-1 in LIGO O3 data,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, The Astrophysical Journal Letters, 941, L30

27. All-sky search for continuous gravitational waves from isolated neutron stars using Advanced LIGO and Advanced Virgo O3 data,  
K. Kwak, Y.-M. Kim 외 LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, and KAGRA Collaboration,  
2022, Physical Review D., 102008

28. Cosmic Ray Acceleration and Nonthermal Radiation at Accretion Shocks in the Outer Regions of Galaxy Clusters,  
Ha, J.-H., Ryu, D., & Kang, H.  
2023, The Astrophysical Journal, 943, 119

28. A Simulation Study of Ultra-relativistic Jets - III. Particle Acceleration at FR-II Jets,  
Seo, J., Ryu, D., & Kang, H.  
2023, The Astrophysical Journal, in press

## 충남대학교 천문우주과학과

### 1. 인적사항

본 학과(학과장 조정연)는 현재 8명의 전임교수(외국인 전임 교원 1명 포함), 및 조교 1인을 중심으로 교육과 연구에 임하고 있다. 2023년도에는 학부과정에 33명, 석사과정에 2명, 박사과정에 2명이 입학하였으며, 박사 후 연구원 및 연구교수 12명이 관련 전공 분야 대학원생과 전임교수와 긴밀히 연구를 수행하고 있다. 2023년 현재 학부에 약 157명, 대학원 석박사 과정에 약 22명이 재학 중으로 지방국립대 중 최대 규모의 천문우주과학 관련 학과를 운영하여 교육과 연구에 전념하고 있다. 한편, 대학원 과정의 경우 천문우주과학과, 지질환경과학과, 대기과학과를 통합한 우주·지질학과를 운영 중이며 천문우주, 지질환경, 대기과학의 융합 교육 및 연구를 꾀하고 있다.

## 2. 연구 및 학술활동

이 유 교수는 전남대 오수연 교수와 함께 Neutron Monitor 관측소를 현재 표준연구원 내에 구축하여 관측을 하고 있고, 올해 2020년 남극대륙 내의 장보고 기지에 제2 관측소 설치를 완성하였다. 이와 더불어 전 세계 관측소들의 자료를 사용하여 관측되는 우주선 강도의 감소현상 (Forbush Decrease) 및 급증 현상 (Ground Level Enhancement) 을 연구하여 오고 있다. 이런 현상들을 태양과 지구간의 행성간 자기기름 물리적 변화로 설명하려는 연구를 지속하고 있다. 이와 관련하여 태양과 태양형 항성들의 자기 활동 변화 주기의 통계 연구를 진행하고 있다. 그리고 향후 달탐사를 위한 기초연구로서 LRO/CrATER 관측 자료를 이용하여 달 궤도에서의 우주선 환경변화를 연구하고 있으며, 달에서 인류가 주거 가능한 전초 기지가 될 수 있는 달의 용암동굴을 찾기 위한 연구를 진행하고 있다. 또한, 최근에는 미국 NOAA 자료와 프랑스 Coriolis 프로젝트로 구축된 해양 관측 자료를 활용하여 지구 기후변화 원인에 대한 깊은 관심을 갖고 연구 중이다.

조정연 교수는 MHD 난류의 성질 및 천문학적인 응용에 대해 연구하고 있으며, 성간 먼지의 정렬현상 및 이에 의해 야기되는 적외선 편광에 대해 연구하고 있다. 또한 외부은하의 내부소광과 CMB foregrounds의 효과적 제거 방법에 대해 연구하고 있다. 현재 관측을 통한 난류의 물리량을 구하는 방법을 연구하고 있으며 블랙홀이나 중성자성의 자기권에서 발생하는 난류에 관한 연구를 하고 있다.

이수창 교수는 광학, 자외선, 그리고 전파 등 다파장 관측자료를 이용하여 은하단, 은하그룹, 필라멘트, 필드(field) 등 다양한 환경에 있는 은하들의 특성 및 환경에 따른 은하의 진화를 연구하고 있다. 특히, 처녀자리 은하단 주위에 존재하는 필라멘트 구조에 있는 은하들의 다파장 자료를 이용하여 필라멘트에 있는 은하들의 특성 차이와 이에 대한 기작 연구를 수행하고 있다. 또한, 적색편이 0.05 이내에 있는 밀집타원은하(compact elliptical galaxy)의 목록을 구축하고 환경에 따른 밀집타원은하의 종족 특성 차이와 블랙홀의 질량 계산으로부터 이들의 형성 기작에 대해 연구하였다.

Prof. David Hui (허중우) conveys extensive studies on a wide range of high energy phenomena related to compact objects and their interaction with circumstellar environment, including rotation-powered pulsars, X-ray/Gamma-ray binaries, gravitational waves from compact binary coalescences. In the recent years, the group led by Hui has devoted effort in exploring different machine learning algorithms in

tackling problems in high energy astrophysics. Apart from being the founder of Fermi Asian Network (FAN) for promoting collaborations among high energy astrophysicists in Asia, Hui is also a member of the scientific congress for KAMioka GRAvitational Wave Detector (KAGRA) and the guest scientist for Cherenkov Telescope Array (CTA). His group is dedicated to improve the data analysis techniques as well as predicting promising targets for the future of multi-messenger astronomy.

이영선 교수는 Sloan Digital Sky Survey (SDSS), SEGUE (Sloan Extension for Galactic Understanding and Exploration), BOSS (Baryon Oscillation Spectroscopy Survey), 그리고 현재 중국에서 진행 중인 LAMOST (Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope) 등에서 관측한 별의 스펙트럼을 처리하여 별들의 온도, 중력, 금속 함량비, 탄소, 질소, 나트륨 및 알파원소 함량비를 결정하는 일괄처리 프로그램들을 개발하는 연구를 수행하고 있다. 일괄처리 프로그램을 통하여 결정된 별의 물리량과 화학원소 함량비와 가이아 위성이 제공하는 별의 연주시차, 고유운동 정보를 이용하여 우리은하의 원반 (disk)과 헤일로 (halo)에 있는 별들의 운동학적, 화학적 특성과 분포를 조사하여 원반과 헤일로의 형성과정과 화학적 진화에 대한 연구도 수행하고 있다. 또한, Gaia-Enceladus같이 헤일로를 구성하는 여러 하부구조에 속한 별의 고분산 스펙트럼을 얻어 자세한 원소함량비를 결정하여 모왜소은하의 특성을 규명하는 연구도 수행하고 있다.

이윤곤 교수는 대기과학 분야에서 대기물리, 대기환경, 위성기상과 관련된 교육과 연구를 수행하고 있다. 지상/위성 관측자료, 기상/기후 모델링자료를 다각적으로 활용하여 재난기상(황사, 가뭄, 폭염, 태풍, 한파)의 감시 및 기후변동성과의 메커니즘 분석, 미세먼지 및 온실기체 농도의 시공간적 특성/추세 파악 및 기후변화와의 피드백 메커니즘 분석 연구를 수행하고 있다. 기상과 기후분야의 미래수요와 관련해서는 드론을 이용한 열지도 생산 및 시정/안개 감시, 도심항공교통(UAM) 버티포트 주변 기상 및 환경 영향 평가, 세종과 부산 스마트시티 지역 내 안개발생 및 소멸 예측 연구도 수행하고 있다. 한국항공우주연구원과 차세대중형위성 1호 절대복사검보정 체계 개선, 한국에너지기술연구원 신재생에너지센터와 태양광, 풍력 발전을 위한 기상모델 자동화시스템 개발 등 활용 연구도 활발히 진행 중이다. 또한, 현재 운영 중인 정지궤도 기상위성(천리안 2호)과 환경위성(GEMS)의 자료 산출 알고리즘 및 활용기술 개발에 주도적으로 참여를 하였으며, 2029~2030년에 발사 예정인 후속기상위성과 후속환경위성의 기획위원으로 활동하고 있다.

민경국 교수는 지구 자기권 내 플라즈마 파동과 이 파동이 환전류와 방사선 대를 구성하는 고에너지 전자와 이온들에 미치는 영향을 위성 관측 데이터 분석과 이론과 모델링을 통해 연구해오고 있다. 현재 쌍극자 자기장 내에서 particle-in-cell simulation을 통해 적도 소음(equatorial noise)이라 불리는 파동의 생성과 전파 연구에 주력하고 있으며, 대학원 학생 지도를 통해 자기권뿐만 아니라 태양권 내에서 일어나는 전반적인 플라즈마 물리현상 연구로 연구영역을 넓혀 나가고 있다.

송현미 교수는 다양한 관측 및 수치실험 자료를 활용하여 우주거대구조 및 은하의 형성과 진화를 살펴보는 연구를 국내외 여러 연구자들과 협력하여 수행하고 있다. 최근에는 HorizonRun과 N-Cluster run과 같은 우주론적 수치실험 자료를 분석하여 우주거대구조 중에서도 거대필라멘트구조가 은하의 형성과 진화에 미치는 영향을 살펴보았다. 은하의 라이만알파 특성을 이해하기 위한 라이만알파 복사전달 연구도 수행하고 있다. 성간물질 뿐만 아니라 우주재이온화시기의 은하간물질에서의 라이만알파 산란 및 흡수 과정을 다양한 파라미터 공간에서 살펴보고 있다. 이 계산 결과를 바탕으로 하여 MUSE에서 관측한 100여개의 라이만알파 방출 은하의 특성을 재현하는 연구를 석사과정 유상은 학생과 함께 수행하고 있다. 고적색이동 라이만알파 방출 은하를 탐사 관측하는 국제 공동연구그룹에 참여하여 라이만알파 방출 은하의 라이만연속선 방출을 살펴보는 연구를 석사과정 서은숙 학생과 함께 수행하고 있다. 이 외에도 천문연구원과 고등과학원을 비롯한 여러 기관에서 협력하여 제작 중인 국내 최초 다천체분광기 K-SPEC을 사용하여 얻게 될 가까운 우주의 전천 분광 탐사 자료(A-SPEC)를 활용한 과학연구 개발에 참여하고 있다. 가상의 A-SPEC 자료를 활용하여 가까운 우주의 은하군 및 은하단을 찾을 수 있는 여러 방법론을 테스트하는 연구를 석사과정 김다찬 학생과 함께 수행하고 있다.

### 3. 연구시설

연구 시설로는 다수의 워크스테이션 서버와 고성능 PC가 갖추어진 천문서버실, 광학실험장치, Photodensitometer, 인공위성 추적시스템이 갖추어져 있는 광학실험실이 있다. 그리고 천문대, 시뮬레이션실, 스마트강의실 등이 학부 학생들의 교육을 위한 실험실습실로 이용되고 있다. 천문대에는 16인치 슈미트-카세그레인 반사망원경이 4m 돔에 설치되어 있고, 14, 12, 10인치 슈미트-카세그레인 망원경, 7인치 반사망원경, 6, 5인치 초저분산 굴절망원경, 6인치 쌍안경, 분광기, 그리고 다수의 냉각 CCD 카메라가 있다. 그리고 대전 시민천문대의 10인치 굴절망원경의 원격제어 시스템을 완성해 시민천문대가 운영을 마친 11시 이후에 이를 활용하여 관측수업을 진행 중이다. 또한 천체투영관과 지구과학현상 3차원 투영시스템을 구축하여 학부 관측수업 및

지구와 태양계 내의 여러 물리현상 교육을 위한 보조 장비로 활용하고 있다. 이들 장비는 충남대학교 별 축제에서 일반 대중을 위한 천문교육에도 이용되고 있다.

## 충북대학교 천문우주학과

### 1. 기본사항

충북대학교 천문우주학과에는 서경원, 김용기, 이대영, 하야사키키미타케, 안홍준, 김경찬 회원 등 6명의 전임 교수가 169명의 학부생과 27명의 대학원생의 교육과 연구를 맡고 있다. 국내 대학 중 유일한 대학본부 소속 기관인 충북대학교 천문대는 2018년 10월부터 김용기 교수가 천문대장직을 수행하고 있으며 윤요라 회원이 업무를 담당하고 있다. 학과 행정업무는 2017년부터 이민희 회원이 조교로 근무하고 있다.

### 2. 연구 및 학습활동

서경원 교수는 AGB 및 post-AGB 항성의 특성과 진화 과정에 대한 연구를 수행하고 있다. 이를 위하여 진화된 항성의 목록을 개선하고 체계화하며 관련된 적외선 및 전파 관측 자료들을 수집하여 분석하고 있다. 또한 진화된 항성의 구조와 진화에 따른 주변 먼지입자의 특성에 대한 이론적 모형의 개발과 적용을 위한 연구도 함께 진행 중이다.

김용기 교수는 대학원 대중천문학과정을 담당하고 있다. 자기격변변광성의 관측 및 관측자료 처리에 대한 연구를 하고 있으며 우크라이나 ONMU 대학의 Andronov 교수와 자기격변변광성에 대한 공동연구를 하고 있다. 또한 충북대학교 망원경 자동관측시스템을 이용한 자기격변변광성 모니터링관측, 그리고 망원경 자동관측시스템을 이용한 과학대중화사업에의 연계연구에도 관심을 갖고 부산과학관, 경기과학고의 망원경 및 관측시스템 개발에 참여한 바 있다. 김용기 교수는 다수의 천문학 서적의 번역에 참여하고 있으며, 한국창의재단의 지원으로 STEAM교육프로그램을 개발하고 있다. 현재 김동훈, 김태우, 한기영, 박지원 회원이 박사과정, 김상걸, 김하정, 이승윤, 이현석, 임종진, 하태용, 유경한, 최홍순, 서영준, 허민 회원이 석사과정을 이수하고 있으며, 김하은, 설아침, 김혜민, 조아라 회원이 통합과정에서 김용기 교수의 지도를 받고 있다. 박은미회원이 2022년 2학기에 “조선후기 이후 천문기록에 대한 통계분석 및 활용”제목으로 박사학위를 취득하였다. 2021년 중기부지원으로 메이커스페이스 전문랩사업의 사업책임자로 선정되어 2026년 8월까지 충북Pro메이커센터의 센터장을 맡아 메이커 문화 확산에 기여하고 있다.

이대영 교수는 현재 4명의 full-time 석.박사 과정 대학원생들과 3인의 연구교수 및 박사후 연구원으로 구성

된 우주물리/우주환경 연구 그룹을 이끌고 있다. 연구실의 핵심 연구원이 이었던 최경은 박사는 금년 3월부터 UC-Berkeley Space Science Lab.의 박사후 연구원으로 이동하였다. 우리 그룹에서는 주로 space plasma instabilities, radiation belt electron dynamics, wave-particle interaction, solar wind/interplanetary/heliospheric physics, 행성 자기권-전리권 MHD simulation 관련 기초 연구와 우주 자기장 측정기 개발에 집중하고 있다. 특히, 수년 전 한국연구재단 지원 사업을 통해 극단적 우주환경 조건에서 고성능으로 운영이 가능한 자기장 측정기 (fluxgate magnetometer)를 거의 100% 자체적으로 개발하였으며 우주전파센터에서 운영하는 이천 지자기 관측기의 온도 조절 장치를 자체 개발하여 제공함으로써 자기장 측정기 관련 기술 국산화를 정착시키고 있다. 이때 양성된 핵심 인력들이 현재 개발 중인 차세대 중형위성 3호에 탑재될 자기장 측정기 개발의 중추적 역할을 맡고 있다. 또 다른 한국연구재단 지원 사업을 통해서도 우주환경 교란의 가장 주요한 현상인 radiation belt의 발생 근원에 대한 매우 새로운 이론을 시험하기 위한 중장기 연구를 수행 중에 있다.

하야사키 키미타케 교수는 블랙홀 연구실을 이끌고 있다. 연구실은 현재 한 명의 박사 후 연구원과 세 명의 대학원생들로 멤버가 구성되어 있다. 다른 사람들과 블랙홀 천문학에 대한 새로운 통찰력을 공유하는 것을 목표로 하고 있다. 주로 tidal disruption events(TDEs)로부터 발생하는 다중-주파수(multi-wavelength)와 다중-메신저(multi-messenger) 신호들에 대한 TDEs의 다양성을 야기하는 물리학을 이해시키는 연구를 중점적으로 하고 있다. Disk-binary interaction의 맥락에서의 강착원반 이론과 binary supermassive black holes의 병합 과정 연구들도 함께 진행 중이다. (Prof. Kimitake Hayasaki leads a research group on black hole astrophysics at the Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University. The current group member is composed of a postdoc and three graduate students. Our goal is to share new insights into black hole astrophysics with others on this planet. We are primarily interested in understanding the physics to cause the diversity of tidal disruption events (TDEs) from multi-wavelength and multi-messenger signals arising from TDEs. We are also interested in the accretion disk theory and the merging process of binary supermassive black holes in the context of disk-binary interaction.)

안홍준 교수는 현재 국제 협력 연구단인 Fermi 연구단에 참여하고 있으며, X선 및 감마선 관측을 통하여 고에너지 천체현상을 연구 하고 있다. 고에너지 복사는 우리 은하뿐만 아니라 외계은하에 존재하는 밀집성에서 나타나는데, 주로 중성자 별 및 그 성운, 초신성 잔해, 거

대 블랙홀 등이 연구대상이다. 이런 물체에서 발생하는 고에너지 현상을 통하여 그 물체들의 특성을 추정하는데, 중성자별 연구는 최종적으로 그 질량을 추정하여 현재의 물리학적 지식을 기반으로 유도한 상태방정식을 검증함으로써 초 고밀도하에 존재하는 물질의 상태를 추정하는 것을 목표로 한다. 중성자별 성운, 중성자별 쌍성, 그리고 거대 블랙홀 주변에서는 입자들이 초고에너지로 가속되는 현상이 발생하여 X선 및 감마선이 방출되는 것으로 추정하는데, 관측된 물리량을 이론 모형화하여 플라스마 물질의 가속현상들 이해하여 초고에너지 우주선의 기원을 밝혀내는 것을 목표로 하여 연구하고 있다. 현재 두 명의 대학원생과 함께 연구를 진행하고 있다.

김경찬 교수는 현재까지 명확히 알려지지 않은 지구, 목성, 그리고 토성의 방사선대 진화과정을 이해하고 궁극적으로는 태양계 행성의 방사선대 생성원리로서 플라즈마 파동-입자 상호작용 이론을 정립하는 연구를 수행하고 있다. 이를 위해 현재 한국연구재단이 지원하는 지구 방사선대 생성원리에 관한 연구를 진행 중이며, 2명의 석사과정 대학원생이 과제에 참여하고 있다. 향후 우주공간물리 연구실에서 생성하는 다양한 태양계 탐사 위성 자료 분석자료 및 예보모델 개발 결과는 목성 및 주변 위성을 탐사하기 위해 계획 중인 우주 탐사선들의 기본 개발 도구로써 제공될 예정이다.

### 3. 연구시설

각 교수의 연구실 및 실험실에는 최신 PC 및 관련 주변 기기, 그리고 워크스테이션 및 ~150-core server가 구비되어 있으며, 또한 교내 35cm 반자동 천체망원경, 40cm 자동 천체망원경 및 3m 태양 망원경, 5m 위성 전파수신기, 그리고 최근 자체 제작한 2.8Ghz 전파 수신기 등 천문우주 교육에 필요한 다수의 장비를 갖추고 있다. 이와 더불어 대학 본부 부속기관인 충북대학교 천문대(충북 진천군 소재)가 2008년 4월 개관이후 시험 관측을 거쳐 현재 활발히 천문관측을 수행하고 있다. 충북대학교 천문대는 국내 대학 규모로는 최대인 1m 반사 망원경을 보유하고 있고 60cm 광시야 망원경을 이용하여 천문 교육과 연구에 활용될 뿐만 아니라 지역사회에 개방되어 천문지식 보급에도 크게 기여하고 있다.

### 4. 국내외 연구 논문(2021-2023)

Suh, Kyung-Won, 2022, Infrared Properties of OGLE4 Mira variables in our Galaxy, Journal of the Korean Astronomical Society, vol.55, no.6, p.195-205.

SciCluna, P. et al. (Suh, K.-W.) 2022 (March 17), The Nearby Evolved Stars Survey II: Constructing a volume-limited sample and first results from the James Clerk Maxwell Telescope, Monthly Notices of

the Royal Astronomical Society, 512, 1091

Suh, Kyung-Won, 2021, A New Catalog of Asymptotic Giant Branch Stars in Our Galaxy, The Astrophysical Journal Supplement Series, 256, 43.

Lee, Jeong-Eun, Lee, Sieun, Lee, Seonjae, Suh, Kyung-Won, Cho, Se-Hyung, Byun, Do-Young, Park, Wooseok, Herczeg, Gregory, Pena, Carlos Contreras, and Johnstone, Doug, 2021, AGB interlopers in YSO catalogues hunted out by NEOWISE, The Astrophysical Journal Letters, 916, L20.

김용기, 정경숙 역, 2023, 이것이 최초의 블랙홀 사진입니다, 천문학의 역사와 블랙홀 관측여정, 서울:에코리브르 (원저, H. Falcke and J. Roemer, 2021 Klett-Gotta)

J. Jeon, and Y. Kim, 2022, Analysis Of Articles Published In The Journal Of The Korean Astronomical Society From 1968 To 2021 JKAS, 55, 99

J. Jeon, J. Park and Y. Kim, 2022, Analysis Of Articles Published In The Publication Of The Korean Astronomical Society From 1984 To 2021, PKAS, 37,49

Morgado et al. , 2022, Milliarsecond Astrometry for the Galilean Moons Using Stellar Occultations, AJ, 163.240

김용기 감수, 2022, 한권에 담은 우주의 역사, 서울:북스힐 (원저,장크폴, 로버트에질, 김희라역)

김용기 감수, 2022, 가볍게 읽는 우주의 신비, 서울:북스힐(원저, 다니구치요시아키, 이재화역)

김상걸, 김형범, 김용기, 2022, 3D프린터 활용 체험형 STEAM프로그램 개발연구: 태양개념을 중심으로, 한국지구과학교육학회지, 15(1), 62

박은미, 민병희, 이기원, 김상혁, 현재연,김용기, 2022, 현종동궁일기의 천문기록 통계분석, 천문학논총, 37, 59

Im Myungshin, Kim Yonggi, et al., 2021, SOMANGNet:Small Telescope Network of Korea, Journal of the Korean Astronomical Society, 54, 89

유상미, 김형범, 김용기, 김흥태, 2021, WWT 빅데이터

를 활용한 중학교 STEAM프로그램 개발 및 적용, 2021, 한국지구과학학회지, 14(1), 33

설아침, 김형범,김용기,허윤정, 2021, 블랜드리닝을 통한 HTE 창의교육 프로그램이 중학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향, 한국콘텐츠학회논문지, 21(7), 1

박은미,민병희,김태우,김용기, 2021, 좁생이별보기 풍속의 전국적 현황과 통계적분석, 민속학연구, 49, 55

Kim H-J, Noh SJ, Lee DY, Lyons L, Bortnik J, Nagai T, Choe W and Hua M (2023), Can strong substorm-associated MeV electron injections be an important cause of large radiation belt enhancements? Front. Astron. Space Sci.

Dooyoung Choi, Seunguk Lee, Joonsung Kim, Dae-Young Lee, Kyu-Cheol Choi, Junghee Cho (2022), Development of Thermostat for the Fluxgate Magnetometer in Icheon Geomagnetic Observatory and Stability Evaluation after Installation, JSTA.

Kyung-Eun Choi, D.-Y. Lee, Katsuhide Marubashi, and Seunguk Lee, 2022, Near-orthogonal Orientation of Small-scale Magnetic Flux Ropes Relative to the Background Interplanetary Magnetic Field", Astrophysical Journal.

Kim, H.-J., Lee, D.-Y., Wolf, R., Bortnik, J., Kim, K.-C., Lyons, L., et al. (2021). Rapid injections of MeV electrons and extremely fast step-like outer radiation belt enhancements. 2021, Geophy. Res. Letter.

Park, J., Min, K. W., Seo, H., Kim, E.-J., Ryu, K., Sohn, J., et al. (2021). Multi-year statistics of LEO energetic electrons as observed by the Korean NextSat-1. Space Weather.

Choi, K.E., D.-Y. Lee, H.E. Wang, S. Lee, K.C. Kim, & K.S. Park, 2021, Characteristics of Suprathermal Electrons in Small-Scale Magnetic Flux Ropes and Their Implications on the Magnetic Connection to the Sun, Solar Phys.

D.-Y. Lee, 2021, Sensitive dependence of ultrarelativistic electron precipitation on EMIC wave frequency, Journal of Geophysical Research: Space Physics

H. M. Kim,..., D.-Y. Lee, et al. 2021, Observations

of Particle Loss due to 2 Injection-Associated EMIC Waves, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*

Noh, S., D.Y. Lee, et al., 2021, Upper limit of proton anisotropy and its relation to EMIC waves in the inner magnetosphere, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*.

Cheong R. Choi, M.-H. Woo, P. H. Yoon, D.-Y. Lee, and K. S. Park, 2021, Anomalous Proton Velocity Diffusion by Quasi-Monochromatic Kinetic Alfvén Waves, *Astrophysical Journal*.

Ji-Hyeon Yoo, Dae-Young Lee, Eo-Jin Kim et al., 2021, A Substorm Injection Event and the Radiation Belt Structure Observed by Space Radiation Detectors onboard NEXTSat-1, *J. Astron. Space Sci.*

J.-H. Lee, G. Jee, Y.S. Kwak, S.B. Hong, H. Hwang, I.S. Song, Y.-S. Lee, E. Turunen, and D.-Y. Lee, 2021, polar middle atmospheric responses to medium energy electron (MEE) precipitation using numerical model simulations, *Atmosphere*.

Impact of radiation-driven angular momentum loss and scale-height derivative on general relativistic slim disks in tidal disruption events T. Mageshwaran & Kimitake Hayasaki, submitted to *ApJ* (2023)

Neutrinos form tidal disruption events Kimitake Hayasaki, *NatAs*, 5, 436 (2021)

Establishing accretion flares from massive black holes as a major source of high-energy neutrinos S. van Velzen, R. Stein, M. Gilfanov, M. Kowalski, K. Hayasaki, S. Reusch, Y. Yao, S. Garrappa, A. Franckowiak, S. Gezari, J. Nordin, C. Fremling, Y. Sharma, L. Yan, E. C. Kool, J. Sollerman, P. Medvedev, R. Sunyaev, E. Bellm, R. G. Dekany, D. A. Duev, M. J. Graham, M. M. Kasliwal, R. R. Laher, R. L. Riddle, B. Rusholme, arXiv:2111.09391 (2021)

On the origin of late-time X-ray flares in UV/optically-selected tidal disruption events

Kimitake Hayasaki & Jonker, Peter G, *ApJ*, 921, 20 (2021)

Broadband X-ray observations of the 2018 outburst of the changing-look Active Galactic Nucleus NGC 1566 Arghajit Jana, Neeraj Kumari, Prantik Nandi, Sachindra Naik, Arka Chatterjee, Gaurava K. Jaisawal, Kimitake Hayasaki, & Claudio Ricci, *ApJ*, 507, 687, (2021)

Park, J., Kim, C., Woo, J., An, H., et al. "A broadband X-ray study of the Rabbit pulsar wind nebula powered by PSR J1418–6058", 2023, *ApJ*, in press

Park, J., Kim, C., Woo, J., An, H., et al. "X-Ray Studies of the Pulsar PSR J1420–6048 and Its TeV Pulsar Wind Nebula in the Kookaburra Region", 2023, *ApJ* in press

Park, J., Jeon, J., and An, H. "A list of guest-star records in Korean history and their possible counterparts", 2022, *AN*, 343, 9

Kim, J., An, H., and Mori, K., "Investigation of the broadband emission of the gamma-ray binary HESS J0632+057 using an intrabinary shock model", 2022 *ApJ*, 936, 32

Burgess, D. et al. "The Eel Pulsar Wind Nebula: a PeVatron-Candidate Origin for HAWC J1826–128 and HESS J1826–130", 2022, *ApJ*, 930, 148

An, H. "Gamma-ray orbital modulation of the transitioning millisecond pulsar binary XSS J12270–4859", 2022, *ApJ*, 924, 91

Tokayer, Y. M., An, H., Halpern, J. P., et al. "Multi-Wavelength Observation Campaign of the TeV Gamma-Ray Binary HESS J0632+057 with NuSTAR, VERITAS, MDM, and Swift", 2021, *ApJ*, 923, 17

Yoo, S., Lee, S., Kim, S., and An, H. "Investigation of the jets of the blazar 3C 279 with KVN 29-129GHz observations", 2021, *JASS*, 38, 4

Kandel, D., Romani R. W., and An, H. "XMM-Newton observes the IntraBinary Shock of PSR J1959+2048", 2021, *ApJL*, 917, L13

Rho, J., An, H., et al. "Near-infrared and optical observations of type IC SN 2020oi and broad-lined IC 2020bvc: Carbon Monoxide, Dust, and

High-Velocity Supernova Ejecta”, 2021, ApJ, 908, 232

Kim, M. and An, H. “X-ray properties of the pulsar PSR J0205+6449 in 3C 58”, 2021, JKAS, 54, 1

Kyung-Chan Kim, 2022, Empirical Modeling of the Global Distribution of Magnetosonic Waves with Ambient Plasma Environment using Van Allen Probes, J. Astron. Space Sci.

Kyung-Eun Choi, Dae-Young Lee, Hee-Eun Wang, Seunguk Lee, Kyung-Chan Kim, Kyung Sun Park, 2021, Characteristics of Suprathermal Electrons in Small-Scale Magnetic Flux Ropes and Their Implications on the Magnetic Connection to the Sun. Sol. Phys.

Wooyeon Park, Jaejin Lee, Kyung-Chan Kim, Jongkil Lee, Keunchan Park, Yukinaga Miyashita, Jongdae Sohn, Jaeheung Park, Young-Sil Kwak, Junga Hwang, Alexander Frias, Jiyoung Kim and Yu Yi, 2021, Operational Dst index prediction model based on combination of artificial neural network and empirical model. J. Space Weather Space Clim.

Kim, H.-J., Lee, D.-Y., Wolf, R., Bortnik, J., Kim, K.-C., Lyons, L., et al., 2021, Rapid injections of MeV electrons and extremely fast step-like outer radiation belt enhancements. Geophys. Res. Lett.

## 한국천문연구원

### 1. 기관 현황

한국천문연구원은 우리나라 천문 연구의 정통성을 계승한 대한민국 대표 천문연구기관으로서 1974년 국립천문대로 출범하여 현재에 이르기까지 중·대형 관측 장비의 구축과 운영을 통해 국가 천문 연구를 수행하며 과학 발전의 토대를 마련하고 있다. 국내 유일의 천문우주과학 정부출연연구기관으로서 광학, 전파, 이론, 관측 천문학 및 우주과학 연구를 통해 21세기 천문우주 핵심과제를 규명하고, 천문우주 관측시스템 구축 및 핵심 기술 개발을 통해 우주시대를 선도하는 일류 선진연구기관으로 도약하고 있다.



### 가. 주요 보직자 현황

제8대 원장 박영득  
 부원장 육인수  
 감사부장 김경호

광학천문본부장 양유진  
 전파천문본부장 김기태  
 우주과학본부장 이재진  
 대형망원경사업단장 박병곤  
 우주위험감시센터장 조성기  
 이론천문센터장 김진호  
 천문우주기술훈센터장 백지혜  
 고천문연구센터장 양홍진  
 정책부장 이서구  
 기획부장 안효창  
 행정부장 윤양노

### 나. 주요 연구본부 소개

#### 1) 광학천문본부

광학천문본부는 은하진화그룹, 변광천체그룹, 보현산천문대, 소백산천문대의 4개 그룹으로 구성되어 별과 우주의 시작과 변화를 과학적으로 분석하고 있다. 은하진화그룹은 광학/적외선을 비롯한 다양한 파장의 자료를 이용하여 우리은하와 외부은하의 형성과 진화를 연구하고 있다. 변광천체그룹은 고정밀 측광 및 고분산 분광 관측 자료를 활용하여 변광성과 외계행성의 물리적 특성을 연구하고 있다.

이러한 연구를 위하여 광학천문본부는 보현산천문대, 소백산천문대, 레몬산천문대, 외계행성 탐색시스템(KMTNet) 등의 관측시설을 운영하고 있다. 외계행성 탐색시스템은 2015년 10월에 칠레, 호주, 남아프리카공화국의 남반구 3개 관측소를 완공하고, 광시야 망원경과 모자이크 CCD 카메라를 사용하여 외계행성, 변광성, 초신성, 소행성, 외부은하 등 본격적인 연구관측을 시작해 성과를 창출하고 있다.





2) 전파천문본부

전파천문본부는 전파천문연구그룹, 대덕전파천문대, 전파기술개발그룹, ALMA(Atacama Large Millimeter/submillimeter Array)그룹 및 KVN(Korean VLBI Network, 한국우주전파관측망)의 5개 그룹을 운영하고 있다. KVN 등의 대형 관측장비를 활용하여 별 탄생 영역과 활동성 은하 영역에 대한 선진연구를 수행하고, ALMA, KaVA(KVN and VERA Array) 등을 통해 국제 공동 관측 프로그램을 진행하고 있다. 또 핵심 관측 장비의 성능 향상을 위한 시스템 개발을 하며 우수 연구 결과를 창출하고 있다.



3) 우주과학본부

우주과학본부는 태양 및 근지구 우주환경 연구, 달 및 행성 과학, 그리고 레이저 기술을 이용한 고정밀 우주물체 추적연구를 통해 우주에 대한 인류의 지식 확대에 기여하고 있다. 또한 우주측지기술을 활용한 지구 변화 정밀 분석과 태양활동에 의한 지구영향 예측, 위성 및 로켓 탑재체 개발 등 우주에서의 관측천문 연구에 주력하고 있으며 대한민국 공식 역서를 발간하고 있다.

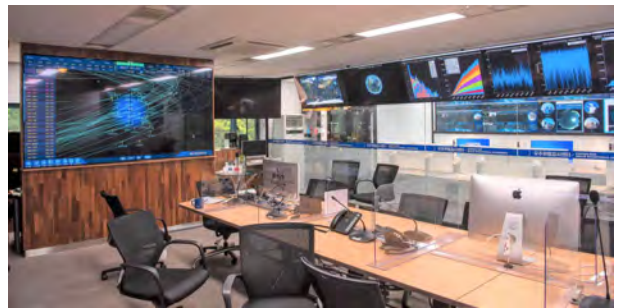


4) 우주위험감시센터

한국천문연구원은 2014년 개정된 우주개발진흥법 및 동법 시행령, 국가우주위험대비기본계획에 근거하여 우주

위험대응 전문기관인 우주환경감시기관으로 지정되었고, 우주위험감시센터는 우주환경감시기관 역할 수행을 위한 전담부서로 우주위험에 대한 체계적 감시 및 대응을 위한 연구개발을 수행하고 있다.

국가과학기술연구회 국가현안해결형사업인 우주물체 전자광학감시 시스템(Optical Wide-field patrol; OWL-Net) 개발 사업을 통해 국내의 5개 곳에 직경 0.5m급 우주물체 추적 광학망원경을 설치 완료했으며, 우리나라 국적위성, 한반도 정지궤도 영역을 독자적으로 감시하고 있다. 이 네트워크는 광시야 광학망원경, 고속 마운트, 효과적인 스케줄링을 채용하여 빠르게 움직이는 인공위성이나 소행성의 추적감시가 가능하며, 세계 최초로 관측 계획부터 데이터 분석까지 전 과정을 천문연구원에서 무인원격으로 관리할 수 있다.

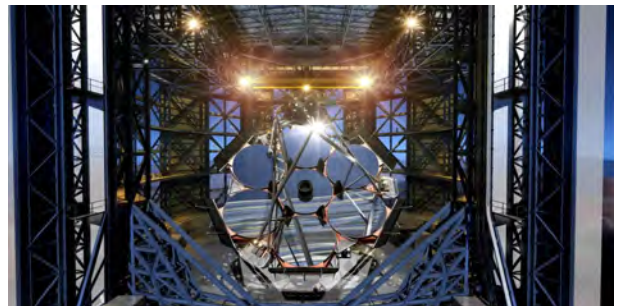


5) 대형망원경사업단

대형망원경사업단은 대형광학망원경의 국제공동건설 및 공동활용, 대형망원경용 관측기기 개발 등의 업무를 수행하고 있다.

주요사업으로는 거대마젤란망원경(GMT) 국제공동 건설 지분 10% 확보를 골자로 하는 대형망원경개발사업과 8m급 중대형망원경 국제공동 활용, 광학 및 적외선 관측기기 개발, GMT용 관측기기 및 부경 국제공동개발 등을 들 수 있다.

특히 GMT 시대를 대비한 연구역량의 개발과 인력 양성을 위하여 천문학계를 위한 중대형망원경 관측시간 지원, 대학원생 및 박사후연수원을 대상으로 하는 계절학교 운영, 해외 GMT 참여기관과 공동연구 및 펠로우십 프로그램 운영, 천문학 분야 국제공동연구 참여 등 다양한 업무를 수행하고 있다.



6) 이론천문센터

이론천문센터에는 우주론, 천체물리 분야의 연구자들

이 참여하고 있다. 우주론 및 천체물리 분야는 우주거대 구조 이론과 관측 연구를 통해 우주초기조건, 암흑물질 및 암흑에너지에 관한 연구를 수행하고 있으며, DESI 등 주요 국제관측사업에 참여하고 있다. 천체물리 연구자들은 시뮬레이션을 통한 천체물리 연구 및 시뮬레이션코드 개발 등을 수행하며, 한국과학기술정보연구원, 국가수리과학연구소와 공동으로 중력파 융합연구도 활발하게 진행 중이다.

7) 천문우주기술센터

천문우주기술센터는 천문우주과학 연구를 위한 경쟁력 있는 기술개발 전략을 수립하고, 국가 위상을 높일 수 있는 첨단 기술개발 및 체계적인 엔지니어링 기반을 구축하고 있다. 천문연 내에서 수행하는 연구개발 프로젝트에 참여하여 다양한 기술개발을 수행하고 있으며, 특히 우주용 카메라 플랫폼 개발 기술, 분광기 개발 및 중력파 검출 기술, 소프트웨어 개발 기술, 광학계 정렬 및 조각거울 기술, 적응광학 기술 등 많은 핵심 기술을 보유하고 있다. 이를 바탕으로 국내외 천문우주 분야 프로젝트 참여는 물론 국방 및 산업계에도 기술 파급을 위해 노력하고 있다.

8) 고천문연구센터

우리나라는 청동기 시대부터 조선에 이르기까지 다양하고 많은 천문 유산을 남겼다. 특히, 삼국시대부터 조선 시대에 이르는 2천 년 이상의 꾸준하고 연속적인 관측기록은 우리의 대표적인 천문 유산이다. 신라와 고려와 청성대를 비롯해 세종 시대에 만들어진 다양한 천문 관측의기들 또한 소중한 천문 자산이다. 고천문연구센터는 이러한 역사 천문기록을 분석하고 고대의 천문 의기를 연구하고 있으며 학제간 연구를 통해 고고천문학과 민속천문학, 남북천문협력 등의 분야에서 다양한 연구를 진행하고 있다.

9) 천문전산융합센터

천문전산융합센터는 빅데이터 연구 국민 참여와 세계적 성과 창출을 목표로 2018년 4월 새로 구축됐다. 기하급수적으로 증가하는 천문우주 빅데이터의 저장·분석·공유와 시스템을 구축하는 역할을 한다. 기존의 광학·전파·적외선 파장별 관측 데이터를 비롯해 대규모 수치 모의실험을 통한 데이터, 우리나라의 특장점인 과거 조선시대 천문 관측기록부터 현재와 미래에 구축할 최신 인프라의 데이터들까지 망라할 계획이다. 또 국민들이 직접 연구에 참여하고 그 성과를 체감할 수 있는 플랫폼을 구축해나가고자 한다.

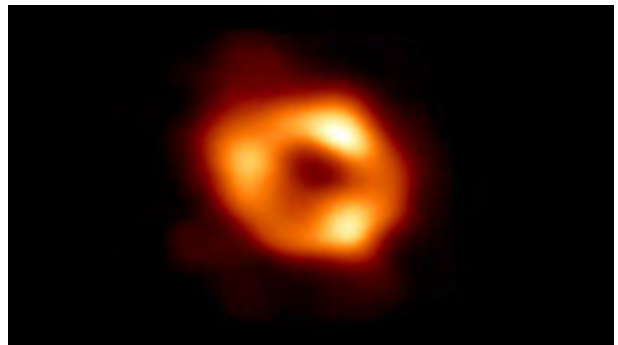
2. 한국천문연구원 주요 연구 및 개발 성과

가. 우리은하 중심 블랙홀 모습 포착

한국천문연구원이 참여한 EHT 국제 공동 연구진은 우

리은하 중심에 위치한 초대질량 블랙홀 궁수자리(Sgr A\*) 영상을 포착하여 2022년 5월 12일 공개했다.

한국천문연구원 한국우주전파관측망(KVN) 3기는 EHT 다파장 캠페인에 참여해 궁수자리 A 블랙홀의 구조가 원형에 가까움을 확인했으며, 이로부터 블랙홀의 부착원반면이 지구 방향으로 향하고 있음을 제시했다. 또한 한국천문연구원 소속 등 국내 연구자와 해외 거주 한국인 연구자들은 EHT 주요 망원경인 칠레의 아타카마 밀리미터/서브밀리미터 전파간섭계(ALMA)와 하와이의 제임스 클러크 맥스웰 망원경(JCMT) 운영에 참여해 이번 연구의 관측, 자료처리, 영상화에 이르는 다양한 과정을 수행했다.



나. 제31차 국제천문연맹 총회(IAU GA) 성공적인 공동 개최

제31차 IAU 총회가 올해 8월 2일부터 11일까지 성공적으로 개최됐다. 우리나라에서 처음 개최된 이 행사는 한국천문학회와 한국천문연구원이 공동 주관했다.

총 205개 세션에서 약 1,700개의 학술 발표, 대중을 위한 다양한 주제의 초청 강연 등이 진행돼 성황리에 마무리됐다. 한국천문연구원은 주관기관으로서 본 행사의 전반적인 운영에 참여하였는데, 특히 정책부는 기관 대표사업들을 소개하는 부스 전시, 시민 대상 관측회와 IAU 산하 과학문화 조직인 IAU OAO(Office for Astronomy Outreach) 워크숍 지원, 외계행성 이름짓기 공모전 대회 홍보 등을 집중적으로 진행했다.



다. 세계 최초 전천 영상분광 탐사 우주망원경 (SPHEREx) 성능 시험장비 개발

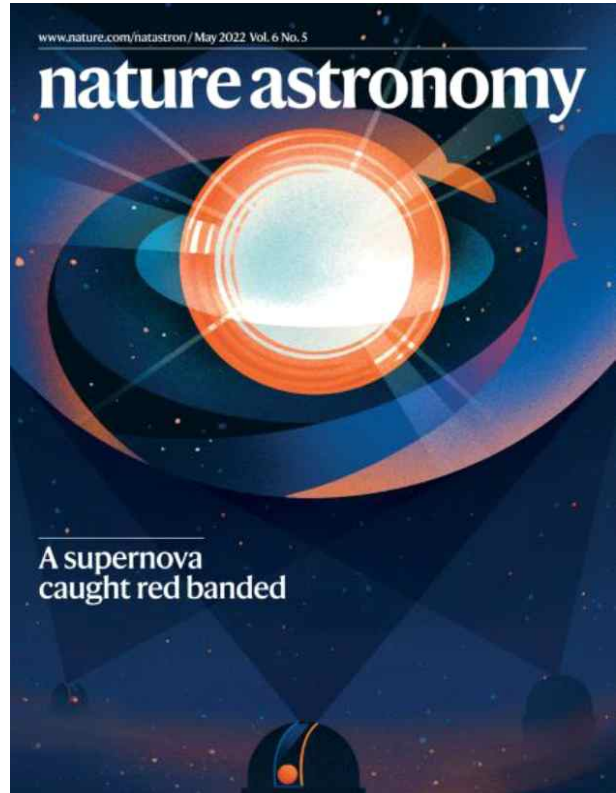
한국천문연구원은 NASA SPHEREx 우주망원경의 성능 시험을 위한 장비 개발을 완료했다. 한국천문연구원

은 2019년 8월부터 3년 동안 장비를 개발하고 2022년 6월에 미국으로 이송해 설치 및 시운전을 마쳤다. 천문연이 이번에 개발한 장비 중 핵심장비는 극저온 진공챔버다. SPHEREx에 최적화해 개발한 이 진공챔버는 망원경이 우주에서 냉각되어 도달할 영하 220도 이하의 극저온 진공상태를 구현하며, 망원경의 초점면 정렬과 분광 성능을 측정한다. 한국은 SPHEREx 프로젝트에 공동으로 참여하는 유일한 국가로서, 기기개발, 자료처리, 과학연구까지 전 과정에 참여하며 중형 미션의 개발 경험을 쌓게 된다. SPHEREx는 2025년 4월 경, Space-X에 실려 발사되어 2년 6개월 동안 온 하늘을 총 네 번 102개의 색깔로 촬영하는 임무를 수행할 예정이다.



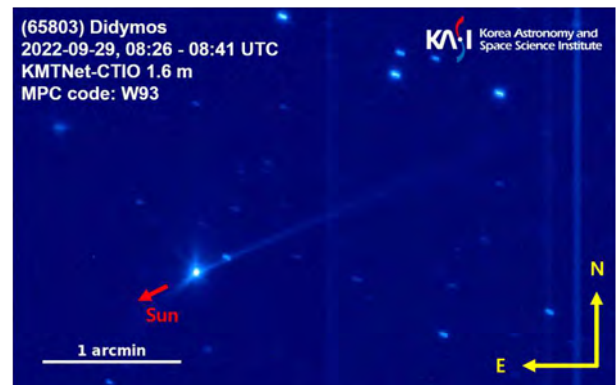
라. KMTNet 망원경으로 초신성 폭발 직후의 어린 빛 포착

한국천문연구원이 칠레, 남아공, 호주에 운영하는 24시간 관측용 KMTNet 망원경으로 폭발한 지 1시간밖에 안되는 초신성 'SN 2018aaz'의 어린 빛을 포착하여 제 Ia형 초신성의 폭발 기작을 알아내는 데 중요한 단서를 찾아냈다. 이번 관측을 통해 연구진은 폭발 후 1~12시간 사이 초신성의 색이 붉어진다는 사실을 확인했고, 이러한 색 변화는 철 성분이 초신성 가장자리에 더 많이 분포하기 때문이라는 것을 밝혀냈다. 과거 연구에서의 폭발 후 11시간, 7시간, 3.6시간보다 훨씬 빠른 포착을 통해 별의 진화 연구에 크게 기여하였고, Nature Astronomy 저널의 2022년 5월호(Vol. 6, Issue 5) 표지 그림으로 선정되었다.



마. NASA 닥트 탐사선 소행성 디모포스 충돌 현장과 충돌 이후 변화 관측

한국천문연구원은 우주물체 전자광학 감시네트워크(OWL-Net)로 NASA 닥트 탐사선의 소행성 디모포스 충돌 실험 현장을 포착했다. 보현산천문대 1.8m 망원경, 레문산천문대 1.0m 망원경, 소백산천문대 0.6m 망원경, 우주물체 전자광학 감시네트워크(OWL-Net, Optical Wide-field patrol Network) 0.5m 망원경 등을 이용해 디모포스의 궤도 변화를 조사했다. 관측 결과 충돌 직후 소행성 표면에서 먼지가 분출되는 모습을 확인했다.






## 연구 성과 및 기업 홍보




다누리  
Korea Pathfinder Lunar Orbiter



PolCam  
Wide-angle  
Polarimetric Camera

**KASI** is leading  
at the forefront of  
Korean lunar science & exploration



**LUSEM** LUnar Surface Environment Monitor  
달 앞면 Reiner Gamma Swirl 착륙 예정 (2024년)




Upcoming Korean Payloads for NASA's CLPS Lunar Landers

<p><b>GrainCams</b> Light-field Cameras for Regolith Grains</p>  <p>LevCam SurfCam</p>	<p><b>LSMAG</b> Lunar Surface MAGnetometer</p> 	<p><b>LVRAD</b> Lunar Vehicle RADIation Dosimeter</p> 
---	--	---



한국천문연구원은 다누리(KPLO)에 실린 광시야 편광 카메라(PolCam)를 운용 중이며, NASA의 CLPS(Commercial Lunar Payload Services) 계획에 참여할 달 표면 과학 탑재체 4종의 개발에서부터 임무 운영, 관측자료 분석까지 지원합니다(<http://planetary.kasi.re.kr/clps>). DALO(Discovery Across Lunar Observations)는 천문연의 달 과학/탐사 활동을 총칭하는 이름입니다. 천문연은 오늘도 과학적 호기심을 가득 안고 DALO 한발 더 다가갑니다(<http://dalo.kasi.re.kr>).



## 초고성능컴퓨팅 활용 고도화사업 - 우주분야 연구과제 차세대의 우주론적 유체역학 수치실험 'DARWIN' 수행을 통한 왜소은하의 형성기원 규명

### 왜소은하 연구

- 은하 진화 과정을 좌우하는 미시적/거시적 물리 현상이 극대화되는 천체
- 왜소은하의 관측된 특성은 표준우주모형의 유효성에 중요한 근본 질문을 제기
- 차세대 망원경(JWST, K-DRIFT, LSST, GMT, SPHEREx)의 핵심 관측 대상

### 왜소은하 형성기원 규명을 위한 필요조건: 우주론적 유체역학 수치실험

- 왜소은하 형성/진화의 이론적 토대를 마련하여 차세대 관측 데이터를 해석
- 초고해상도 분해능+ 초정밀 바리온물리+ 우주론적 규모 공간: 시뮬레이션 분야의 가장 도전적인 과제
- 세계 최고 수준의, 차세대 우주론적 유체역학 수치실험 수행

### 최종목표

- 국가슈퍼컴퓨터에서 최고의 계산속도를 발휘할 수 있는 고효율의 수치모형 개발
- 초고분해능을 구현할 수 있는 최신의 초정밀 바리온 물리 모듈 개발
- 왜소은하의 형성 기원을 규명할 수 있는 세계 최고 수준의 시뮬레이션 DARWIN 수행
- 표준우주모형 및 왜소은하 난제 해결에 도전

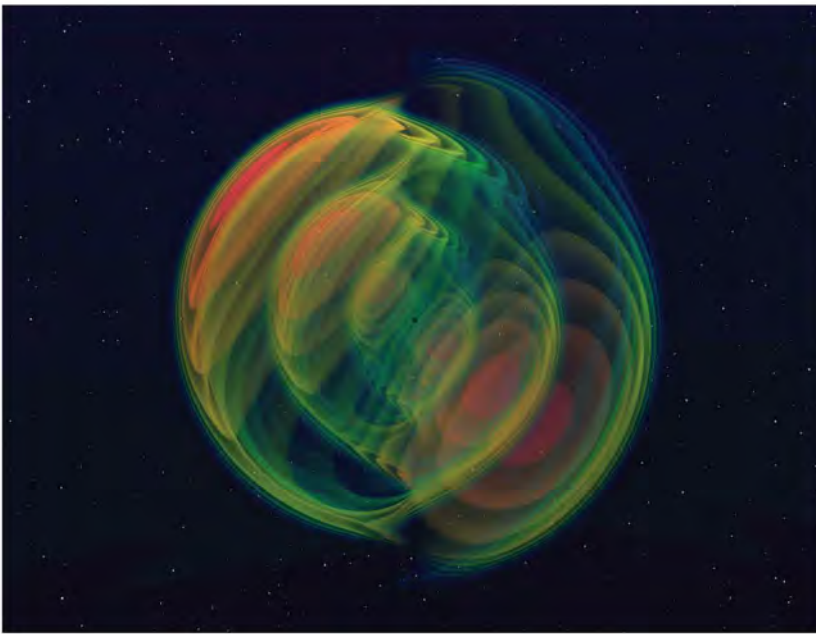
### 3단계 분해능 시뮬레이션 DARWIN 수행 (2024년 - 2025년 수행)

DARWIN: DAzzling Realization of dWarf galaxies In the Next generation of cosmological hydrodynamic simulations



참여기관	성명
한국천문연구원(주관)	신지혜(책임), 홍성욱, 홍성용, 천경원, 박소명
한국과학기술정보연구원	권오경, 김종찬, 육진희
고등과학원	김주한, 이재현, 최이나
연세대학교	김태선, 김용휘
서울대학교	김지훈
경희대학교	전명원
충남대학교	송현미



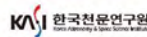


# Center for the Gravitational-Wave Universe



We are trying to understand the Universe better through multi-messenger astronomy with GW events and AI techniques.

- One of 8 National Science Challenge Initiatives
- More than 30 researchers across 3 universities and 1 research institute (PI: Hyung Mok Lee, Co-PI: Myungshin Im)
- Our observation facility, 7DT, will start its operation soon.





# HectoMAP - A Glimpse of the Middle-Aged Universe

Full data release : Sohn et al. (2023), ApJ, 945, 94

## 연구 목표 및 성과:

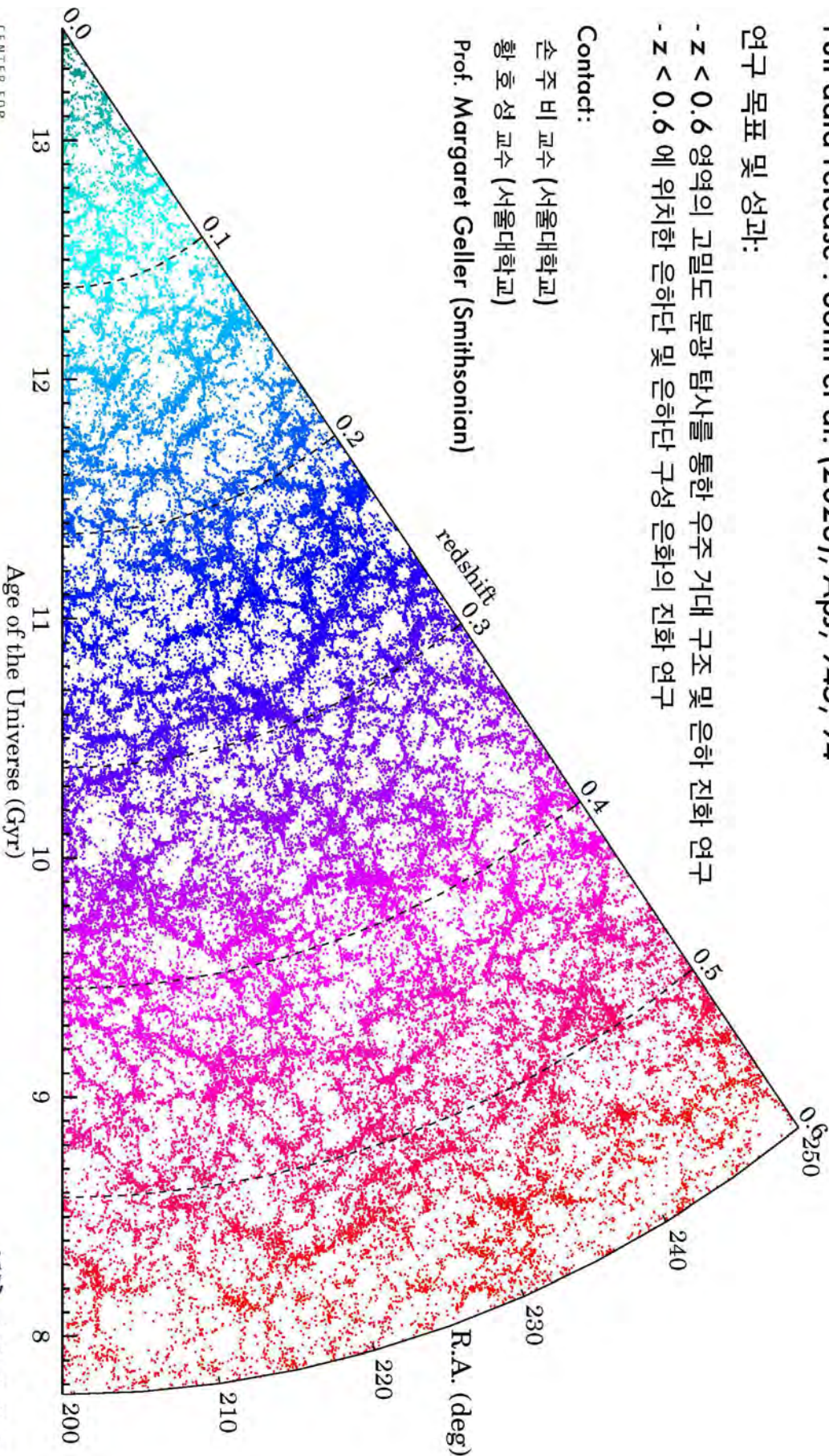
- $z < 0.6$  영역의 고밀도 분광 탐사를 통한 우주 거대 구조 및 은하 진화 연구
- $z < 0.6$  에 위치한 은하단 및 은하단 구성 은하의 진화 연구

## Contact:

손 주 비 교수 (서울대학교)

황 호 성 교수 (서울대학교)

Prof. Margaret Geller (Smithsonian)







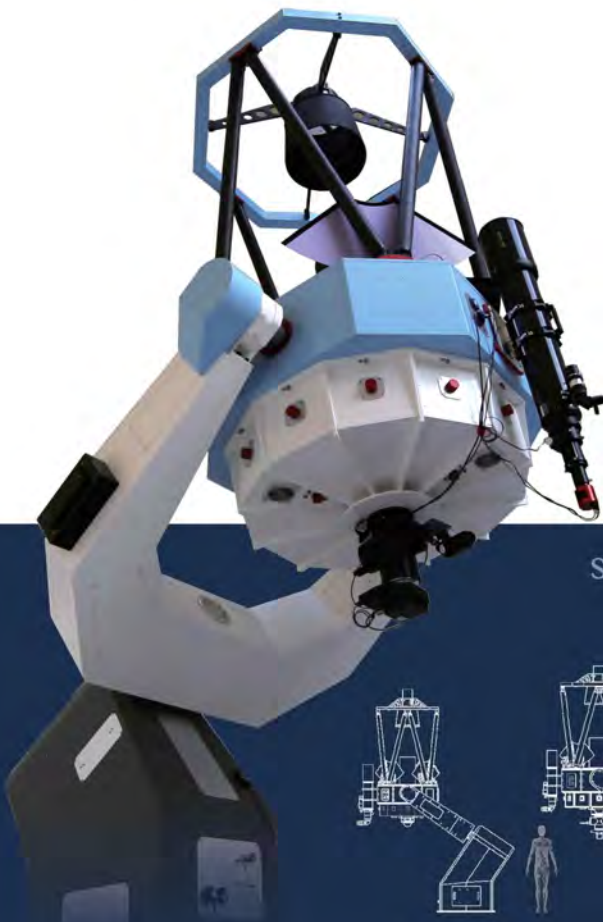
에스엘랩  
SPACE LIGHT LABORATORY

# REALIZATION OF THE FUTURE ASTRONOMY!

(주)에스엘랩은 한국산 최대구경 망원경(1.2m)을 제작했으며, 창의적 연구를 위한 주문제작 관측기기를 현실화할 수 있는 기업입니다. Ground Base로는 대형 천체망원경은 물론 우주정찰, 추적 및 위험물체 감시로 적용 분야를 넓혀가며 Space Base에서는 특수 지구 환경을 위한 관측 시스템, 위성체와 월면 망원경을 위한 우주 광학계를 연구하고 있습니다.

지금 우리는 인간이 이룩한 기술의 결합을 통해, 천문학의 패러다임이 바뀌는 정점에서 있습니다.

**오늘도 에스엘랩은 미래 천문학을, 지금 여기에 실현합니다.**



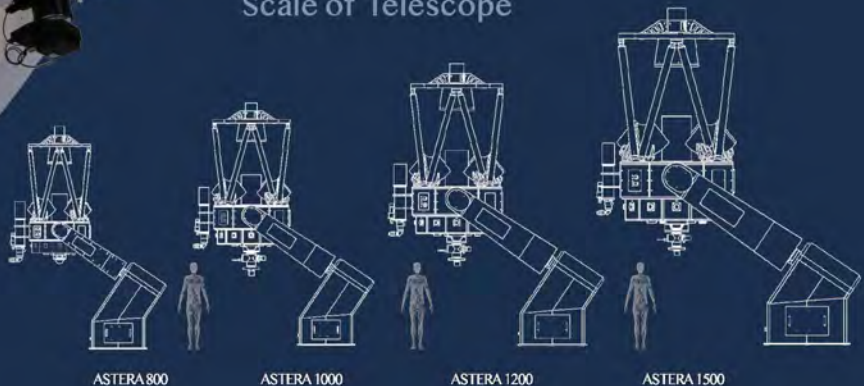
## ASTERA series (Astronomical Telescope)

- Professional RC Flatten System
- 0.5 / 0.6 / 0.8 / 1.0 / 1.2 / 1.5 m Line-up
- We allow System F7, 7.5 and 8
- Diffraction Limited 100mm Image plane
- Computerized M2 Auto Focuser
- Computerized Mirror Cover and Cooling Fan

## TRI series (Mount)

- 주)에스엘랩의 마운트 시리즈
- TRI-X(120kg), TRI-Z(300Kg) and TRI-α(ALTAZ)

### Scale of Telescope



국립광주과학관  
ASTERA 1200 RC

www.sllab.co.kr 02)416-0376