

로 파일럿 프로그램을 개발 중이며 그 과정을 소개하고자 한다. 개발하는 프로그램은 과학관 천체투영관에 적용하여 실무자의 활용을 지원할 계획이며 다양한 교육콘텐츠 개발에 활용되기를 기대한다.

[구 EP-04] Development of the astronomical education kits using 3D printer and its application

Jongjin Lim(임종진), Yonggi Kim(김용기), Hyoungbum Kim(김형범), Taeyong Ha(하태용)
Chungbuk National University

천문 분야는 다른 과학 분야와 달리 탐구대상인 천체들이 먼 거리에 있고, 실험실에서 동일 실험과 반복 실험이 불가능하며, 추상적이고 직접 관측하기 어려운 개념에 대한 연구들이 많다. 따라서 최근 인공지능, 증강현실 및 3D 프린팅 기술 등은 천문교과 교육과정과 연계하여 학생들의 지각 능력을 자극하고 실제 활동과 유사한 경험을 제공할 수 있도록 단계적인 학습경험을 도와 천문 분야 체험활동으로 연결시키고 있다. 이에 본 연구는 학생들이 망원경의 원리와 분해 및 조립에 대한 지식함양을 위해 3D 프린팅 기술과 AR을 활용하여 학생들의 천문관측 망원경에 대한 이해와 천문관련 체험활동에 대한 프로그램을 개발하여 적용하였다.

이 연구에서 개발한 프로그램은 3D 프린팅 기술을 활용하여 망원경의 세부 부품을 학생들이 직접 설계 및 제작하고, 자석을 이용하여 망원경을 조립, 분해 실습을 할 수 있도록 하였다. 또한, AR(증강현실)을 활용하여 빛을 모으는 망원경의 구조를 직접 실험을 통해 확인하고 빛의 반사와 굴절 원리를 학습하는 내용을 개발 프로그램에 포함하였다.

[구 EP-05] Development and Fabrication of Astronomical Exhibitions

Chang Hyun Baek, Cheolhee Kim
National Science Museum

2020년 한국천문연구원 보현산천문대의 태양망원경이 국립중앙과학관으로 이전·설치되었다. 태양망원경 이전과 함께 신규로 건립된 국립중앙과학관의 천체관측소 운영을 활성화 하고 전시 및 교육 기능을 강화하기 위한 천문학 전시 콘텐츠를 개발하고 전시품을 제작하였다. 본 발표에서는 태양망원경 이전과정, 개발 중인 전시 콘텐츠와 제작된 전시품 등을 소개하고 앞으로 전국 지역 천문교육시설에서도 활용할 수 있는 천문학 전시 콘텐츠와 소규모 전시품 등을 제안해 보고자 한다.

[구 EP-06] Hybrid Astronomy and Space Science Room (하이브리드방식의 천문우주과학교실)

Taewoo Kim, Sun-gill Kwon, Sungjin Ahn, Wonseok Kang, Miso Park, Sohee Kim
National Youth Space Center

국립청소년우주센터는 전라남도 과학문화확산활동사업으로 하이브리드방식의 천문우주과학교실을 운영하고 있다. 사업은 '소통하는 천체관측 플랫폼'과 '내가 만든 천체사진' 프로그램 두 가지로 운영 중이다. '소통하는 천체관측 플랫폼'은 날씨가 맑은 날 시민이 있는 곳을 찾아가서 천체를 보여주며 인터뷰와 생중계를 하는 것이다. '내가 만든 천체사진 프로그램'은 하이브리드 방식으로 프로그램을 운영하며 기존에 촬영된 천체사진과 원격관측을 이용하여 날씨에 상관없이 천체사진을 제작 할 수 있게 운영된다. 밤하늘의 천체를 안시관측으로만 만족하지 않고 사진관측의 매력을 알려 천문관측의 패러다임을 변화 시킬 수 있도록 운영한다. 또한 천문관측을 값비싼 장비가 있는 곳에서만 가능 한 것이 아니고 장비공유를 통해 천문관측을 할 수 있도록 시스템을 구축했다.

[특별세션] LSB Universe with K-DRIFT

[구 KDC-01] A Brief Overview of the KASI-Deep Rolling Imaging Fast-optics Telescope(K-DRIFT): Exploring the Low-surface-brightness(LSB) Universe

K-DRIFT Collaboration: Jongwan Ko^{1,2} et al.

¹Korea Astronomy and Space Science Institute,

²University of Science and Technology

한국천문연구원에서는 낮은 표면밝기(Low Surface Brightness: LSB)의 천체를 효율적으로 관측할 수 있는 소형(>30cm) 광시야(>1°×1°) 광학망원경 및 관측기술 개발을 통한 은하형성 규명 연구를 수행 중에 있다. 이번에 개발한 K-DRIFT pathfinder는 비축 자유곡면 3반사 망원경 시스템(Linear Astigmatism Free-Three Mirror System; LAF-TMS)으로 넓은 시야에서 고품질의 이미지를 효율적으로 얻을 수 있는 광학 설계를 적용하고, 배경 값 변동 요인을 분석하여 가까운 우주의 LSB 천체 관측에 최적화될 수 있도록 하였다. 이번 특별세션에서는 '왜 LSB 우주 탐사를 하고, K-DRIFT를 개발하는지?'에 대해서 소개하고, K-DRIFT pathfinder의 개발 과정, 보현산천문대에서의 시험관측 결과 소개와 함께, LSB 천체 연구를 위한 맞춤형 시뮬레이션 개발 및 수행 내용을 소개한다.

[구 KDC-02] The Design of the Linear-Astigmatism-Free Three-Mirror System for K-DRIFT (선형비점수차가 제거된 비축 3반경 K-DRIFT 망원경의 설계)

K-Drift Collaboration: Seunghyuk Chang et al
Center for integrated smart sensors

The optical design of the Linear-Astigmatism-Free Three-Mirror-System (LAF-TMS) for KASI-Deep Rolling Imaging Fast-optics Telescope(K-DRIFT) is presented. LAF-TMS is an all-reflective imaging

system consists of three freeform mirrors. Due to its well-corrected aberrations and obstruction-free clear aperture, the LAF-TMS provides a wide field of view with very low scattered lights.

[구 KDC-03] Fabrication, Assembly and Alignment of the Off-axis Freeform K-DRIFT Pathfinder

K-DRIFT Collaboration: Yunjong Kim¹, Dohoon Kim² et al.

¹Korea Astronomy and Space Science Institute,

²Green Optics Co., Ltd.

표준우주모형이 예측하는 천체의 성장 역사를 추적하기 위해서는 보통의 밤하늘 밝기보다 약 1000배 어두운 낮은 표면밝기(Low Surface Brightness, LSB) 우주 탐사가 필요하지만, 관측기술의 한계로 아직 LSB 우주는 거의 미지의 세계에 있다고 할 수 있다. 한국천문연구원에서는 LSB 천체 관측에 최적화된 직경 300 mm K-DRIFT Pathfinder 망원경을 개발하였다. LSB 천체는 ~ 28 mag/arcsec² 보다 어두운 천체로 표면밝기가 매우 낮기 때문에 망원경 내부의 미광(stray light)을 최소화하는 것이 중요하다. 이를 구현하기 위해 K-DRIFT Pathfinder 망원경에는 선형 비점수차가 제거된 비축 자유곡면 삼 반사경 형태를 적용하였다. 본 연구를 통해 가시광 영역에서 선형 비점수차가 제거된 비축 자유곡면 삼 반사 망원경의 설계, 제작 및 측정 가능성을 검증하였다. 본 발표에서는 K-DRIFT Pathfinder 망원경에 적용된 비축 자유곡면 광학면의 가공, 삼 반사 망원경의 조립 및 정렬 결과를 소개한다.

[구 KDC-04] A Simulation Study for Mid-spatial Frequency Errors: Scattering Effects from Residual Optical Fabrication Errors

K-DRIFT Collaboration: Gayoung Lee¹, Yunjong Kim², Kwang-Il Seon^{2,3} et al.

¹Kyungpook National University

²Korea Astronomy and Space Science Institute,

³University of Science and Technology

한국천문연구원에서는 LSB 천체 관측에 최적화된 유효 직경 300 mm의 비축 자유곡면 K-DRIFT pathfinder 망원경을 개발하였다. 밝은 별로 시험관측을 한 결과 설계에서 예상된 점퍼집함수(point spread function)보다 약 5 배 정도 (또는 목표로 한 점퍼집함수보다 약 1.5배 정도) 큰 점퍼집함수를 얻었다. 이에 대한 원인 분석 결과 비축 자유곡면을 가공하면서 발생한 툴 마크에 의한 MSF (Mid-Spatial Frequency) 효과가 점퍼집함수 증가에 주도적인 영향을 주는 것으로 판단되었다. 본 발표에서는 반사경면의 MSF를 다양한 조건에 따라 시뮬레이션한 결과를 소개하고 이를 토대로 실제 반사경 제작에서 MSF 효과를 최소화 하는 방안에 대해 논의하고자 한다.

[구 KDC-05] First Results from the K-DRIFT

pathfinder: A Single Curved Stellar Stream in the Nearby Galaxy NGC 5907

K-DRIFT collaboration: Woowon Byun^{1,2} et al.

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²University of Science and Technology, Korea

In a Λ CDM universe, most galaxies are believed to evolve by mergers and accretions. The debris resulting from such processes remains faint and/or diffuse structures, such as tidal streams and stellar halos. Although these structures are a good indicator of the recent mass assembly history of galaxies, they have the disadvantage of being difficult to observe due to their low surface brightness (LSB). To recover these LSB features by reducing the photometric uncertainties introduced by the optics system, we attempt to develop an optimized telescope, called a linear astigmatism free-three mirror system, that minimizes the loss and scattering of light within the telescope. With that prototype, we observe NGC 5907, known as a nearby galaxy with a fabulous loop structure(s), to inspect its performance. After a dedicated data reduction process, including flat-fielding with dark sky flat and sky subtraction, our observation reaches a 1σ surface brightness limit of $\mu_{\text{lim},r} \simeq 28.3$ mag arcsec⁻² in 10×10 arcsec boxes. We finally identify a single tidal stream that is likely the remnant of a nearly disrupted galaxy. This finding emphasizes that the capability of LSB detection with our telescope is comparable to that of much larger telescopes.

[구 KDC-06] Studies of LSB Features with K-DRIFT: Galactic Cirrus Clouds and Extragalactic Objects

K-DRIFT Collaboration: Kwang-Il Seon^{1,2} et al.

¹Korea Astronomy and Space Science Institute,

²University of Science and Technology

The low surface brightness (LSB) universe has been largely unexplored. The LSB structures are extremely difficult to image due to systematic errors of sky subtraction and scattered light in the atmosphere and in the telescope. Among the systematic errors of sky subtraction, the widespread presence of Galactic cirrus clouds is one of the major obstacles in studying the LSB features of extragalactic sources. Interstellar dust clouds are also fundamental to understand many issues in the Milky Way. Therefore, understanding the Galactic cirri is a crucial topic in the LSB studies. We present the ubiquitousness and current understanding of the Galactic cirri. We also discuss what is necessary to study the LSB features with