

details of the explosion of core-collapse supernova (SN). Previous optical and near-infrared (NIR) observations of Cas A have shown that the spatial distribution of the metal-enriched SN ejecta is very complicated, indicating that the SN explosion should have been asymmetric and turbulent, especially near the core. Recently, we obtained a long-exposure (~10 hr) image of Cas A by using the UKIRT 3.6-m telescope with a narrow-band filter centered at [Fe II] 1.644 μm emission. This 'deep [Fe II] image' provides an unprecedented panoramic view of Cas A, revealing the distribution of dense SN ejecta over the entire remnant. We have carried out NIR multi-object spectroscopic observations of the dense ejecta knots in the northeastern (NE) and eastern (E) outer regions of the remnant using the MMIRS attached on the MMT 6.5-m telescope. A total of 67 ejecta knots are detected. By analyzing their spectra, we have found that the knots in the NE area show strong [S II]/[S III] and [Fe II] lines but little or no [P II] line, while those in the E outer region show strong [Fe II] lines but weak [S II]/[S III] lines. In this talk, we present the preliminary results of our NIR spectroscopic observations and discuss the implications.

교육-홍보+수치해석

[구 EN-01] Astronomical Calendar and propagating the astronomical information

Ah-Chim Sul(설아침)^{1, 2}, Yonggi Kim(김용기)²
¹KASI, ²CBNU

대중에게 천문정보를 효과적으로 확산시키기 위해 최근에 다양한 시도들이 제시되고 있다. 천문달력을 제작 배포하는 일은 가장 전통적인 방법 중의 하나이다. 본 연구는 천문달력의 제작 배포가 천문정보의 확산에 어떤 기여를 하고 있는지 알아보기 위해 2006~2016년 사이 10년동안 한국천문연구원이 제작 배포한 천문달력과 그 외에 최근 제작된 국내 및 해외 천문달력에 수록된 내용들을 비교해 본 후, 천문달력 사용자들로부터 얻어진 피드백을 반영하여 개선한 전략을 수립하였다. 또한, 이를 실제 한국아마추어천문학회 천문달력 제작에 적용한 결과를 소개한다. 이를 바탕으로 향후 모바일 온리(Mobile Only) 시대를 맞아 천문정보 및 천문학의 효과적 확산 방향에 대해 논의해 보고자 한다.

[구 EN-02] Astronomy education in the Planetarium (천체투영관에서의 천문학 교육)

^{1,2}Sanghyun Ha, ¹Jungjoo Sohn, ²Soonchang Park
¹Korea National Univertiry of Education,
²METASPACE

천체투영관(Planetarium)은 천체의 움직임과 천문현상을 재현하여 천문학에 대한 관심과 교육에 큰 역할을 하고 있는 기관이다. 1923년 최초 독일박물관에 설치된 후 전세계적으로 3,648개(International Planetarium Society, IPS)가 있고, 우리나라에는 88개(박순창, 2017)가 운영되고 있다. 본 연구에서는 세계 주요 천체투영관의 천문학 교육프로그램의 유형 및 특징을 살펴보고, 천체투영관에서의 천문학 교육적 기능을 향상시키기 위한 기초 자료를 제공하고자 한다. 또한 천체투영관의 천문학 교육에 대한 관심 있는 관계자들의 의견을 듣고자 한다.

[구 EN-03] Exhibition Planning of Ongoing Astronomy : A New Approach to Science Exhibition Planning of Astronomy (20c 이후 천문학 연구성과로 전시 기획하기 : 천문분야 전시 기획의 새로운 접근)

Insun Ahn(안인선)
 Gwacheon National Science Museum(국립과천과학관)

아동·청소년을 대상으로 하는 대부분의 '우주'관련 도서들이 아직 현대 천문학을 적극적으로 다루지 못하고 있고, 과학관의 상설전시만으로는 천문우주 분야의 비약적인 발전상을 대중과 공유하는데 한계가 있는 것이 현실이다.

IAU 창립 100주년을 맞이하는 시점에서 관람객의 시야를 넓혀주고, 내용에 대한 체험적 인지를 돕는 천문우주 기획전시의 필요성을 느끼고, 태양계로 국한되는 물리적 우주탐사를 넘어 은하와 우주 전체를 연구하는 현대 천문우주과학을 소재로 하고, 실제 연구방법들을 기반으로 한 체험요소를 연출에 담은 전시를 구상 중이다.

이번 기획전에서는 1900년대 이후 주요 연구성과들을 중심으로 인간의 우주에 대한 호기심과 탐구의 흐름에 따라 관람할 수 있도록 전개하되, 천문학자들이 우주를 연구하는 방법의 원리를 단순화한 체험 프로그램을 설계·운영하여 연구성과에 대한 주입식 정보 전달이 아니라 관람객이 주도적으로 과정부터 이해하여 결과를 인지하도록 하고자 한다. 또한 전시 공간을 주제별 연구실로 꾸미고, 실제 과학자들의 연구사적으로 의미 있거나 인간적인 에피소드를 소개하여 관람객들의 관심과 공감을 끌어내고자 한다.

[구 EN-04] Current Status of Korean Astronomical Communities Derived from the Number of Astronomers (나라별 천문학자수로 본 한국 천문학의 위상)

Sang-Hyeon Ahn
 Korea Astronomy and Space Science Institute

각국의 인구와 국민총생산 등에 대한 천문학 및 천체물리학 관련 박사 연구자수의 상관관계를 구하였다. 그 결과, 국가별 상황에 따라 몇 개의 그룹으로 나뉘음을 발견하였고, 신흥 선진국과 전통적 선진국 사이의 상관관계가 차이가 있음을 발견하였다. 이를 바탕으로 각국의 과학이나 경제 정책 등과의 관련성을 논의할 것이며, 특히 한국 천문학의 현주소에 대해 정량적으로 논의하고자 한다. 이를

통해 한국은 후발국과 선진국 사이의 중간자적인 입장을 밝혔고, 한국 천문학을 선진국 수준으로 발전시키기 위한 투자 규모를 정량적 수치로 제공한다.

[구 EN-05] A Fast Poisson Solver of Second-Order Accuracy for Isolated Systems in Three-Dimensional Cartesian and Cylindrical Coordinates

Sanghyuk Moon¹, Woong-Tae Kim¹, Eve C. Ostriker²

¹Seoul National University, ²Princeton University

We present an accurate and efficient method to calculate the gravitational potential of an isolated system in three-dimensional Cartesian and cylindrical coordinates subject to vacuum (open) boundary conditions. Our method consists of two parts: an interior solver and a boundary solver. The interior solver adopts an eigenfunction expansion method together with a tridiagonal matrix solver to solve the Poisson equation subject to the zero boundary condition. The boundary solver employs James's method to calculate the boundary potential due to the screening charges required to keep the zero boundary condition for the interior solver. A full computation of gravitational potential requires running the interior solver twice and the boundary solver once. We develop a method to compute the discrete Green's function in cylindrical coordinates, which is an integral part of the James algorithm to maintain second-order accuracy. We implement our method in the Athena++ magnetohydrodynamics code, and perform various tests to check that our solver is second-order accurate and exhibits good parallel performance.

[구 EN-06] Deep Learning Model on Gravitational Waves of Merger and Ringdown in Coalescence of Binary Black Holes

¹Joongoo Lee, ¹Gihyuk Cho, ²Kyungmin Kim, ³Sang Hoon Oh, ³John J. Oh and ³Edwin J. Son

¹Seoul National University,

²The Chinese University of Hong Kong,

³National Institute for Mathematical Sciences

We propose a deep learning model that can generate a waveform of coalescing binary black holes in merging and ring-down phases in less than one second with a graphics processing unit (GPU) as an approximant of gravitational waveforms. Up to date, numerical relativity has been accepted as the most adequate tool for the accurate prediction of merger phase of waveform, but it is known that it typically requires huge

amount of computational costs. We present our method can generate the waveform with ~98% matching to that of the status-of-the-art waveform approximant, effective-one-body model calibrated to numerical relativity simulation and the time for the generation of ~1500 waveforms takes $O(1)$ seconds. The validity of our model is also tested through the recovery of signal-to-noise ratio and the recovery of waveform parameters by injecting the generated waveforms into a public open noise data produced by LIGO. Our model is readily extendable to incorporate additional physics such as higher harmonics modes of the ring-down phase and eccentric encounters, since it only requires sufficient number of training data from numerical relativity simulations.

항성 및 항성계

[박 SA-01] Atomic Raman Spectroscopy of Wind Accretion in Symbiotic Stars

Jeong-Eun Heo (허정은)¹, Hee-Won Lee (이희원)¹, and Rodolfo Angeloni²

¹Sejong University (세종대학교), ²Universidad de La Serena

We present our observational and theoretical investigation of Raman-scattered features in symbiotic stars (SySts). SySts are long interacting binaries, consisting of a hot compact star and an evolved giant, whose interaction via accretion process is at the origin of a tangled network of gas and dust nebulae. These systems are ideal objects to study a variety of important astrophysical problems, and have also been proposed as possible progenitors of type Ia supernova. In this talk, we emphasize that Raman-scattered features are exclusive spectroscopic tools to probe the stellar wind accretion processes in SySts. We studied mass transfer and mass loss processes in SySts using high resolution spectra obtained with 1.8m telescope at Mt. Bohyun and the 6.5m Magellan-Clay telescope combining with the theoretical modeling of radiative transfer of Raman-scattered features. We also note that there are a much smaller number of SySts known in our Galaxy, implying the necessity of systematic search programs. In view of the fact that Raman O VI features at 6830 Å are found in only bona fide SySts, we will carry out a photometric search of objects with Raman O VI features using a narrow band filter centered at 6830 Å in Local group galaxies.